中信出版集团

杨振宁

百年科学之路

杨振宁 百年科学之路

潘建伟 饶毅 施一公
主编

了解杨振宁
就了解一个世纪的科学与家国
一部横跨百年的科学史诗与人生传奇

中信出版集团

这本书以“百年人生”为经纬，编织出20世纪伟大的物理学家杨振宁的真实人生图景。从清华园的翩翩少年到斯德哥尔摩的领奖台，从普林斯顿的科研巅峰到归根故土的晚年坚守，杨振宁先生用一生诠释了“我的起点就是终点”的圆满轨迹。

这是一部科学巨人的百年史，也是一部中国科学走向世界的百年发展史。全书分为六个篇章：真实人生、中国之子、诺贝尔奖、风云时代、科学之外、清华与教育。书中既有杨振宁与父亲的温情联结、西南联大的求学岁月，也坦诚分享了他在科研路上的困境与成功因素，揭开了“圆满人生”背后的煎熬与坚守。同时，书中回顾了他作为“中国之子”，率先架起中美学术桥梁的艰难历程，帮助中国人克服不如人的心理，以及持续为祖国科技战略建言献策，以赤子之心践行“共同途”的承诺。

这也是一部有大量珍贵史料，多维度、立体化的科学史诗与人物传奇。书中既有奥本海默、弗里曼·戴森、彼得·范尼乌文赫伊曾、张基荣、施郁等科学家对杨振宁科学成就和科研精神的精辟评价，也有陈方正、杨振玉、朱邦芬、江才健等人讲述与杨振宁的深厚情谊，以及杨振宁一生中的重大抉择。还有科学之外，杨振宁对艺术、《易经》的独到见解，“宁拙毋巧”的人生智慧，晚年将全部心血倾注于祖国人才培养之中的真挚情怀。同时，潘建伟、饶毅、施一公等中国学术界的代表也深情回顾了杨振宁对他们的深远影响。

扫码关注

我们提供知识 以应对变化的世界

我一生最重要的贡献是帮助改变了中国人自己觉得不如人的心理作用，我想我的科学工作的成就帮助中国人的自信心增加了。

——杨振宁

ISBN 978-7-5217-8290-5

扫码免费领取
中信知识好礼

定价：79.00 元

潘建伟　量子物理学家，中国科学院院士，中国科学技术大学常务副校长，纪录片《杨振宁：百年科学之路》共同出品人。

饶　毅　生物学家，北京大学讲席教授，纪录片《杨振宁：百年科学之路》共同出品人。

施一公　生物物理学家，中国科学院院士，西湖大学校长，纪录片《杨振宁：百年科学之路》共同出品人。

智识学研社

全称为北京市海淀区智识前沿科技促进中心，是一家科学公益机构，纪录片《杨振宁：百年科学之路》和同名图书出品方，运营有“知识分子”“赛先生”等科普平台。

图书策划　中信出版·陆海创新工作室
总策划　李穆　寇艺明
策划编辑　王元　孙宇
责任编辑　王元　杨舒钠　姚涵之　于贺　杨杉杉　寇艺明
营销编辑　姜楠
装帧设计　尹秋蕾

出版发行　中信出版集团股份有限公司
服务热线：400-600-8099　网上订购：zxcbs.tmall.com
官方微博：weibo.com/citicpub　官方微信：中信出版集团
官方网站：www.press.citic

杨振宁
百年科学之路

潘建伟
饶毅　主编
施一公

中信出版集团 | 北京

图书在版编目（CIP）数据

杨振宁：百年科学之路 / 潘建伟等主编 . -- 北京：中信出版社，2026. 1. -- ISBN 978-7-5217-8290-5

Ⅰ. K826.11

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2025YG1257 号

杨振宁：百年科学之路

主编：　潘建伟　饶毅　施一公

出版发行：中信出版集团股份有限公司

（北京市朝阳区东三环北路 27 号嘉铭中心　邮编　100020）

承印者：　河北鹏润印刷有限公司

开本：787mm×1092mm　1/16　　印张：25.25　　字数：320 千字

版次：2026 年 1 月第 1 版　　印次：2026 年 1 月第 1 次印刷

书号：ISBN 978-7-5217-8290-5

定价：79.00 元

版权所有 · 侵权必究

如有印刷、装订问题，本公司负责调换。

服务热线：400-600-8099

投稿邮箱：author@citicpub.com

序言一

充实而有光辉的一生
——敬悼杨振宁先生[①]

周五（2025年10月17日）早上翁帆发来消息，告知杨先生状态不好，“应该就是这两天的事了”。果不其然，周六中午过后，清华大学高等研究院的吴念乐兄来电话，告知杨先生过了！当天下午，恰逢高等研究院基金会董事会周年大会，大家一起默哀三分钟，然后开会，感觉十分沉重，话题总绕不开杨先生，总结讨论的时候有人说：“我们现在已经进入后杨振宁时代了！”的确，杨先生的离去虽然非常安详平静，医生已经预见，家人和清华大学校方都有充分心理准备，甚至他自己也早已经料到，但它对大家仍然造成强大的无形冲击：他走了，一个时代也就结束了！

---

① 本文作者陈方正，香港中文大学中国文化研究所前所长、荣休高级研究员。本文于2025年10月23日发表在“赛先生”。

这样说，好像有些夸张，其实不然。整 30 年前，在接受香港电台记者访问的时候，杨先生讲了一句很自豪，后来变得很有名的话："我一生最重要的贡献是帮助改变了中国人自己觉得不如人的心理作用，我想我在科学工作的成就帮助中国人的自信心增加了。"[①] 他之所以会有这样的感觉，起初应该是由于得到诺贝尔奖，跟着到各地演讲，受到盛大热烈的欢迎，从而生出感触。可是到了 1995 年，他郑而重之地把这个感觉清晰具体地讲出来，意义就不一样了。那时他得奖已将近 40 年，而中国和华裔科学界得奖者已经有好几位，所以他此话背后的意义不在诺贝尔奖，而在他更早也更重要的贡献，即 1954 年发表的非阿贝尔规范场论。[②] 当时高等物理学发展不久，崭新和强有力的加速器产生了大量前所未知的微观"粒子"（particles），有关它们性质和相互作用的各种猜测、构想一时百花齐放，蔚为大观。其中杨先生提出的理论很独特：它从两个早已经建立起来的对称原理出发，把它们熔铸成为一个崭新的粒子动力理论，那就是非阿贝尔规范场论。它看起来非常严谨美妙，但高度抽象而复杂，而且包含了一个巨大的困难，因此无法直接应用到实际问题上去，大家对之虽然颇感兴趣，实际上却无从措手，因此不久就被搁置下来。这样，直到将近 20 年后，也就是 1967—1973 年，它方才由于理论和实验上的许多突破，而变得重要起来，最终与默里·盖尔－曼在 1964 年提出来的夸克（quark）理论结合，成为所谓"粒子标准模型"（Standard Model）的基础。该模型所预测的多种前所未知的粒子以及它们之间的相互作用，绝大部分在 20 世纪 80 年代中期已经被陆续证实，而到 2012 年则被完全证实了。

---

① 杨振宁著，翁帆编译，曙光集，北京：生活·读书·新知三联书店，2018，第 232 页。

② 此理论是由杨振宁和他访问布鲁克海文国家实验室时共用同一研究室，当时还是研究生的米尔斯合作发表的，故相关理论亦称"杨－米尔斯规范场理论"。

人类对大自然的根本了解以牛顿发现万有引力定律为开端，其后跟随他的脚步，后来者继续将基本理论推进，有19世纪末发现电磁定律的麦克斯韦，20世纪初提出狭义和广义相对论的爱因斯坦，1924—1926年发现量子力学的路易·德布罗意、海森伯和薛定谔，以及1927年发现相对性量子力学和量子场论的保罗·狄拉克。而在他们之后，能够对于基本理论做出相类似划时代贡献的，就是杨振宁和盖尔－曼了。中华文明是独特的，与西方文明迥然不同。然而，在世界文明核心即科学的整个进程中，杨先生却稳占一席位，中国人因而并没有缺席。这就是为什么在七十多岁回顾一生的时候，他能够很自信地断言，自己最重要的贡献在于“帮助改变了中国人自己觉得不如人的心理作用”。

其实，这句话也折射出了他一生最重要的三件事情：中国、科学、西方。中国是孕育他感情和归属的根，科学是令他心往神驰的理念，以美国为代表的西方则是令他得以充分发挥天赋的世界。美国和科学成就了他，使他得享大名，更予以他在面临大西洋的长岛胜地安居，穷三十三载筚路蓝缕之功，建立一所举世知名的物理研究所的黄金机会。但这一切都不足够，都无法平复他内心的激烈冲突与矛盾，因为通过清华园的潜移默化和西南联合大学的淬炼，中国人百余年来的深重苦难和奋斗精神早已经深深灌注于他的血脉乃至灵魂之中。纽约州立大学石溪分校虽好，却始终不是他安身立命之地。事实上，早在20世纪50年代他的至交邓稼先和黄昆毅然选择返回祖国的时候，他内心这种去就之间的斗争就已经很激烈了。所以，他一直保持着与国内家人的联系，而且刻意回避与美国国防有关的一切设备和事务，以免影响前途。

然而，回归之路却非常艰苦和漫长。其开端是他因为提出宇称守恒问题而成大名，由是得以于1957年在日内瓦与父亲会面。其后，他在1964

年应邀访问香港，发表公开演讲，微妙地宣示了他对于归属的期盼。最后，中美关系升温，他听到消息之后立刻抓紧机会，得以在1971年7月回国访问，这比美国前国务卿亨利·基辛格秘密访华仅晚一个星期；此后他开始频繁来访，待到改革开放之后，更与香港中文大学建立了密切关系，以作为回归的中转站。但他至终完成这漫长的回归之旅，则已经是1999年从纽约州立大学石溪分校退休，同时接受清华大学正式聘任为教授之时了，这距他初次回国，已将近30年了。

回归并非旅行，它意味着会见许多新旧朋友，重建各种感情和关系，遍游久违的大地山河，重新认识迥异昔时的社会与文化，也就是把自己逐渐从美籍华人改变成为来往于中美之间的中国人。而这样，自然也就逐渐生出许多新的关注和工作，包括大力推动中美之间关系和两者之间的学术交流，这些努力对于中美在1979年建交这个大转变无疑是有相当帮助的：他在当年1月以全美华人协会会长身份设宴欢迎邓小平访美就是其中关系的象征。而他离开石溪分校，回归清华大学之后，这些工作的重点很自然地就转为从许多不同方向促进中国科学的进步了。他在庆祝百岁诞辰的聚会上披露了邓稼先在1971年与其重新见面时写给他的一封信，其中以“但愿人长久，千里共同途”之句共勉，然后做了如下解释：他现在真正懂得什么叫“共同途”了，而且自信过去50年间的确是能够符合这位老朋友的属望的。这样，我们也可以说，在那半个世纪间，他是通过自己在科学上的独特地位，来努力化解中国和美国之间的冲突，从而心安理得地重新成为一个有热情、有理想、有担当的中国人吧！

杨先生是伟大的科学家，这不仅仅是由于他有着过人的天赋、眼光和毅力，更由于他风云际会，在粒子科学飞跃发展之际来到它最新的萌发中心，更能够立足于潮流之外，默默地在最基础、最根本处用力，由是成

就大业。然而，他不仅仅是科学伟人，更是秉承中华传统文化理念以及民族复兴宏愿，灌注了五四运动和十四年抗战精神的中国人，而且在异国生活、奋斗、工作的那半个世纪间，从未忘却自己华夏之子的身份。所以，他更是充实而有光辉的伟大中国人，是我们为之感到无比自豪，也是我们会长久悼念的。杨先生，你美好的一生结束了，但你开辟的道路，还会有无数人跟着走下去，你好好安息吧！

2025 年 10 月 22 日晨

序言二

共同讲述我们眼中的杨振宁先生

2024年1月24日，由我和饶毅、施一公担任出品人的纪录片《杨振宁：百年科学之路》在北京首映。能够为杨振宁先生拍一部纪录片，是我自己，也是科学界很多人的愿望。

从人类文明史的角度看，杨先生是最伟大的物理学家之一；从中国人的角度看，杨先生自己讲过，他这一生最重要的成就之一是让中国人变得自信；从中国科学界的角度看，杨先生是对中国科学家影响最深远的人之一。

1971年，中美关系刚刚解冻，杨振宁先生就访问了中国，为中国重回世界科学舞台做出重要贡献。以杨先生为代表的那一代杰出的华人科学家，让中国人在近代科学史上不再失语，也给了中国人追求科学的信心和勇气。

从这个意义上说，不仅是我和饶毅、施一公，实际上，我们这辈科学家都或多或少受惠于此。因此，由我们这一辈的中国科学家，来推动这样一部纪录片的问世，不仅仅是一种愿望，更是一种责任。

纪录片能够顺利问世，我们要感谢杨振宁先生，纪录片项目在得到杨先生本人首肯后正式启动，杨先生还帮助我们获得很多此前未公开的珍贵史料并授权使用。我们也要感谢拍摄制作过程中，杨先生和翁帆女士提供的大力支持。

纪录片中有大量杨先生亲自拍摄的影像，都是首次公开。杨先生很喜欢摄影，还专门去学过，他和家人团聚的时候、参加学术会议的时候，有空就会用胶片记录下来，所以在影片中看到的杨先生的部分家庭成员，还有他的一些物理学同行——狄拉克、海森伯、惠勒等，都是他自己拍摄的。

纪录片也得到了横店集团、字节跳动，以及多位热心人士的支持。正是因为他们的支持，我们才有机会与世界一流的纪录片团队合作。我们也要感谢多位科学家和多个学术机构的支持，让我们的制作团队有机会深入搜集和调研珍贵史料，并沿着杨先生的足迹在中美多地探访拍摄。当然，由于拍摄制作集中在新冠疫情期间，我们也有一些遗憾，比如有些重要的采访拍摄没能进行。

因此，纪录片上映后不久，我们便着手策划出版一本同名图书，旨在汇聚海内外杨振宁先生的故交、同行、同事等人，共同讲述他们眼中的杨振宁先生，力求更加全面地展示这位伟大科学家的一生及其对中国科学界的深远影响。

正如杨振宁先生的好友、香港中文大学中国文化研究所名誉高级研究员陈方正先生所说，对于杨先生最好的纪念，是把有关杨先生生平所有的

资料有系统地、好好地收集起来，建成一个大的资料库，以便后人从不同的方向、不同的层次来研究、了解。

实际上，杨先生在晚年仍积极关注中国科学界的事务，关注下一代科学家的培养与成长。“知识分子”和“赛先生”有幸发表了他亲自撰写的多篇文章。在这本《杨振宁：百年科学之路》中，我们从“知识分子”和“赛先生”发表的近百篇与杨振宁先生相关的文章中，精心挑选了30余篇。这些包括杨先生本人撰写的四篇文章、一篇经过他修订的演讲稿，以及我们编辑团队整理的两场公开演讲。此外，还有几位科学界同人与杨先生的对话，以及中国物理学界、科学史界的多位同人、杨先生的同事和胞妹对他的研究风格、科学贡献与家国情怀的亲身感受与评价。编辑团队还重新整理了纽约州立大学石溪分校杨振宁先生的两位同事在纪录片采访中未能完全展示的素材，展现了杨先生的独特领导风格和对物理学的深刻洞察。这些都是非常珍贵的历史记录，将为后人提供重要的视角和启示。

令人痛心的是，杨先生于2025年10月18日永远离开了我们，我们再也无法将这本书亲手呈现给他。这是我们心中无法弥补的遗憾。先生离世，我们痛失了一位伟大的师长，但他给予我们的智慧与勇气，将永远激励我们，将他的精神化为前行的力量，在科学的道路上不断创新、不断突破。

在此，我谨代表三位编者，向在本书出版过程中给予重要支持的友人和机构表达感谢。杨振宁先生的夫人翁帆女士在文稿使用与授权方面给予了极大的支持；杨振宁先生的秘书许晨女士为我们提供了细致周到的协助与宝贵建议。杨振玉女士、陈方正先生、朱邦芬教授、施郁教授、蔡天新教授、黄庆桥教授、刘钝教授、王作跃教授、蒲慕明教授、赵午教授、厚宇德教授、倪鸣先生、江才健先生、李晓明先生、章剑锋先生以及中国美

术馆等在文稿使用和授权方面提供了大力支持。可以说，这本《杨振宁：百年科学之路》是我们共同完成的一个心愿。

我们三位编者有幸曾与杨振宁先生同行，深受他的影响与指引。也希望这本《杨振宁：百年科学之路》，能够成为科学界与公众深入了解杨振宁先生的一个新的起点。

潘建伟

中国科学技术大学教授

智识学研社共同发起人

“赛先生”总编辑

2026 年 1 月 27 日

目 录

第一章 真实人生

父亲与我 003

对西南联大的新回忆 017

我知道我没有变 029

我的一生可以算作一个圆 038

一生圆满背后的矛盾、痛苦和煎熬 053

科学研究者一生的两个困难时期 061

做科研成功的重要因素 063

第二章　中国之子

破冰之旅：1971 年率先回到中国 069

对中美科学交流的贡献 075

杨振宁的中国情怀 084

杨振宁石溪继任者：他从未忘记中国 090

基础与应用之辩：李政道与杨振宁对中国科技战略制定的价值 097

中国科学研究的现状与未来 116

第三章　诺贝尔奖

物理学之美：杨振宁的 32 项科学贡献 131

杨振宁在 1957 年的诺奖晚宴上说了些什么？ 182

美苏争霸，“暗战”李政道、杨振宁获诺奖始末 190

“全班师生获诺贝尔奖”的传说对不对？ 199

第四章　风云时代

二战后最接近爱因斯坦的人物 209

杨振宁与李政道当年的友谊与情趣 216
弗里曼·戴森：杨振宁是保守的革命者 229
科学家与政治：杨振宁谈泰勒与奥本海默 237
杨振宁先生：仁者寿 257
杨振宁先生于我亦师亦友亦同道 265
我与杨振宁先生交往的若干往事 273
杨振宁先生对我的影响，从治学到为人 279

第五章　科学之外

许宝騄和“移棋相间法” 289
美在科学与艺术中的异同 294
《易经》对中华文化的影响 311
漫谈数学和物理的关系 319
人生哲学 327
眼光、天才和使命感 341
平凡一面 347
百岁传奇 359

第六章　清华与教育

指导研究生的目标：走进“活的物理学”　365
品味和风格对教育思想的影响　370

第一章
真实人生

父亲与我[①]

1922年，我在安徽合肥出生的时候，父亲是安庆一所中学的教员。安庆当时也叫怀宁。父亲给我取名“振宁”，其中的“振”字是杨家的辈名，“宁”字就是怀宁的意思。我不满周岁的时候，父亲考取了安徽留美公费生，出国前，我们一家三口在合肥老宅院子的一角拍了一张照片。父亲穿着长袍马褂，站得笔挺。我想那以前他恐怕还从来没有穿过西服。两年以后，他自美国寄给母亲的一张相片，是在芝加哥大学照的，衣着、神情都已进入了20世纪。父亲相貌十分英俊，年轻时意气风发的神态，在相片中清楚地显示出来。

父亲1923年秋入斯坦福大学，1924年得到学士学位后转入芝加哥大学读研究生。40多年以后，我在访问斯坦福大学时，参加了该校的中国同学会在一座小洋楼中举行的晚餐会。小洋楼是20世纪初，因为中国同学受到歧视，旧金山的华侨社团捐钱盖的，楼下供中国学生使用，楼上供

① 本文作者杨振宁，文章转载自公众号“清华校友总会订阅号”，文章曾刊载于《水木清华》2021年第5期，“知识分子”和“赛先生”获授权转载，略有修订并发表于2024年1月24日。此处有修改，未经杨振宁先生本人审阅。

少数中国学生居住。20 世纪 60 年代，这座小楼仍在，后来被拆掉了。那天晚餐前，有一位同学给我看了楼下的一个大木箱，其中有 1924 年的斯坦福大学年刊，上面 Chinese Club（中国同学会）的团体照极为珍贵。



图 1.1　杨武之出国留学前一家三口在老宅留影

1928 年夏，父亲取得了芝加哥大学的博士学位后乘船回国，母亲和我到上海去接他。我这次看见他，事实上等于看见了一个完全陌生的人。几天以后，我们三人和一位自合肥来的用人王姐乘船去厦门，因为父亲将就任厦门大学（以下简称“厦大”）数学系教授。

我记得，厦门那一年的生活是很幸福的，也是我自父亲那里学到很多东西的一年。那一年以前，在合肥，母亲曾教我认识了大约 3 000 个汉字，我又在私塾里学过背《龙文鞭影》，可是没有机会接触新式教育。在厦门，

父亲用大球、小球为我讲解太阳、地球与月球的运行情形；教了我英文字母 A、B、C、D、E……当然也教了我一些算术和鸡兔同笼一类的问题。不过他并没有忽略中国文化知识，也教我读了不少首唐诗，恐怕有三四十首；教我中国历史朝代的顺序是“唐虞、夏、商、周……”，干支的顺序是“甲、乙、丙、丁……”和“子鼠、丑牛、寅虎……”，八卦有“乾三联，坤六段，震仰盂，艮覆碗，离中虚，坎中满，兑上缺，巽下断”，等等。

父亲少年时候喜欢唱京戏。那一年在厦门，他还有时唱“我好比笼中鸟，有翅难展……”。不过，他没有教我唱京戏，只教我唱一些民国初年的歌曲，如“上下数千年，一脉延……”“中国男儿，中国男儿……”等。

父亲的围棋下得很好。那一年，他教我下围棋。记得开始时，他让我 16 子，多年以后，渐渐退为 9 子，可是我始终没有从父亲那里得到“真传”。一直到 1962 年，我们在日内瓦重聚时下围棋，他还是要让我 7 子。

在厦大任教了一年以后，父亲改任北平清华大学教授。我们一家三口于 1929 年秋搬入清华园西院 19 号，那是西院东北角的一所四合院。西院于 20 世纪 30 年代向南扩建后，我们家的门牌改为 11 号。



图 1.2　清华园西院 11 号中的少年杨振宁

注：1935 年摄于清华园西院 11 号杨家院中。照片背面的题字，左为杨武之手书，右为杨振宁所写。

我们在清华园里一共住了 8 年，从 1929 年到全面抗战开始那一年。清华园的 8 年在我的回忆中是非常美丽、非常幸福的。那时，中国社会十分动荡，内忧外患，困难很多。但我们生活在清华园的围墙里头，不大与外界接触。我在这样一个被保护起来的环境中度过了童年。在我的记忆里，清华园是很漂亮的。我跟我的小学同学在园里到处游玩。几乎每一棵树，我们都爬过；几乎每一棵草，我们都研究过。

我在 1985 年出版的一本小书《读书教学四十年》中提到的“在园里”到处游玩，主要是指今天的近春园附近。那时，西北起今天的校医院、近春楼、伟伦学术交流中心，南至今天的游泳池和供应科，东至今天的静斋，北到今天的蒙民伟楼（学生文化活动中心）旁的河以南的建筑，都还没有兴建，整块都是荒地，只有一些树丛、土山、荷塘、小农田和几户农家，成了我们游玩的好地方。

我读书的小学成志学校，现在是工会的办公场所。自 1929 年起，我在这里读了四年书。我每天自西院东北角的家门口出发，沿着小路向南行，再向东南走，爬过一个小土山便到达当时的清华园围墙，然后沿着围墙北边的小路东行到成志学校。这样走一趟要差不多 20 分钟，假如路上没有看见蝴蝶或者蚂蚁搬家等重要事件的话。

另外一条我常常骑自行车走的路是自家门口东北行的大路。此路的另一端是当时的校医院（即今天的蒙民伟楼）旁的桥。每逢开运动会，我就骑自行车沿此路此桥去体育馆，和成志学校的同学们组织啦啦队呐喊助威。

父亲常常和我自家门口东行，沿着小路去古月堂或科学馆。这条小路特别幽静，穿过树丛以后，有一大段路，左边是农田与荷塘，右边是小土山。路上很少遇见行人，春、夏、秋、冬的景色虽不同，幽静的气氛却一样。童年的我当时未能体会到，在小径上父亲与我一起走路的时刻是我们

单独相处中最亲近的时刻。

我 9 至 10 岁的时候，父亲已经知道我学数学的能力很强。到了 11 岁入初中的时候，我在这方面的能力更充分显示出来。回想起来，他当时如果教我解析几何和微积分，我一定学得很快，会使他十分高兴。可是他没有这样做。

我初一升初二的暑假，父亲请雷海宗教授介绍一位历史系的学生教我《孟子》。雷先生介绍他的得意学生丁则良来。丁先生学识丰富，不仅教我《孟子》，还给我讲了许多上古历史知识，那是我在学校的教科书上从来没有学到的。下一年暑假，他又教我另一半的《孟子》，所以到中学的时候，我可以背诵《孟子》全文。

我父亲的书架上有许多英文和德文的数学书籍，我常常翻看。印象最深的是戈弗雷·哈罗德·哈代和爱德华·梅特兰·赖特的《哈代数论》（*An Introduction to the Theory of Numbers*）中的一些定理，以及安德烈亚什·施派泽的《有限群论》（*Theorie der Gruppen von endlicher Ordnung*）中的许多空间群图。因为当时我的外文基础不够，所以不能看得懂细节。我曾多次去问父亲，他总是说“慢慢来，不要着急”，只偶尔给我解释一两个基本概念。

1937 年，全面抗战开始，我们一家先搬回合肥老家，后来在日军进入南京以后，我们经汉口、香港、海防、河内，于 1938 年 3 月到达昆明。我在昆明昆华中学读了半年高二，没有念高三，于 1938 年秋以“同等学力”的资格考入了西南联合大学（以下简称“西南联大”）。

1938—1939 年，父亲引导我接触了近代数学的精神。他借了戈弗雷·哈罗德·哈代的《纯数学教程》（*A Course of Pure Mathematics*）与埃里克·坦普尔·贝尔的《数学大师》（*Men of Mathematics*）给我看。他和

我讨论集合论、不同的无限大、连续统假设等观念。这些都给了我不可磨灭的印象。40 年以后，我这样写道：

> 我的物理学界同事们大多对数学采取功利主义的态度。也许因为受我父亲的影响，我较为欣赏数学。我欣赏数学家的价值观，我赞美数学的优美和力量：它有战术上的机巧与灵活，又有战略上的雄才远虑。而且，奇迹的奇迹，它的一些美妙概念竟是支配物理世界的基本结构。

父亲虽然给我介绍了数学的精神，却不赞成我念数学。他认为数学不够实用。1938 年，我报名考大学时很喜欢化学，就报了化学系。后来为准备入学考试，自修了高三物理，发现物理更合我的口味，这样我就进了西南联合大学物理系。

1941 年秋，为了写学士毕业论文，我去找吴大猷教授。他给了我一本《现代物理评论》（*Reviews of Modern Physics*），叫我去研究其中一篇文章，看看有什么心得。这篇文章讨论的是分子光谱学和群论的关系。我把这篇文章拿回家给父亲看。他虽不是念物理的，却很了解群论。他给了我伦纳德·尤金·迪克森所写的一本小书，叫作《近代代数理论》（*Modern Algebraic Theories*）。

迪克森是我父亲在芝加哥大学的老师。这本书写得非常合我的口味。因为它很精简，没有废话，在 20 页之间就把群论中的“表示理论”非常美妙地完全讲清楚了。我学到了群论的美妙，以及它在物理中应用的深入，这对我后来的工作有决定性的影响。这个领域叫作对称原理。我对对称原理产生兴趣实起源于那年吴先生的引导。

1997年，为了庆祝吴先生的九十寿辰，邹祖德和我写了一篇文章，用群论方法计算C60的振动频率。C60是一个对称性特高的分子，用群论讨论最合适。（有这样高度的对称分子，不仅吴先生和我在1941年没有预料到，我在1983年写上面那段话时也还没有任何人预料到。）

抗战时期[①]是艰苦困难的日子，也是我一生学习新知识最快的一段日子。最近，三弟杨振汉曾这样描述1945年夏抗战结束时我家的情形：

> 1945年夏，大哥获取了留美公费，将离家赴美国读博士。父亲高兴地告诉我们，艰苦和漫长的抗日战争看来即将过去，反德国法西斯战争也将结束。我们家经受了战乱的洗礼，虽有精神和物质损失，但我们家七口人都身体健康，学业有进，更可喜的是儿女们都孝顺父母，兄弟姐妹之间和睦相处，亲情常在，我们一家人相互之间的关系，的确非比寻常，这是我们每个人都十分珍视的。
>
> 抗战胜利至今已51年了，父亲、母亲和振复（我们的五弟，1937年生，1985年卒）均已长眠于苏州东山。回忆抗战时期的艰苦岁月，我们家真可称得上美好、和睦和亲情永驻的家。

我还记得1945年8月28日那天，我离家即将飞往印度转去美国的细节：清早父亲只身陪我自昆明西北角乘黄包车到东南郊拓东路等候去巫家坝飞机场的公共汽车。离家的时候，四个弟妹都依依不舍，母亲却很镇定，记得她没有流泪。到了拓东路，父亲讲了些勉励的话，两人都很镇

---

① 抗战是从1931年九一八事变到1945年日本投降，这里主要指1937年七七事变到1945年日本投降这段时间。

定。话别后我坐进很拥挤的公共汽车，起先还能从车窗往外看见父亲向我招手，几分钟后他即被拥挤的人群挤到远处去了。车中同去美国的同学很多，谈起话来，我的注意力即转移到飞行路线与气候变化等问题上去。等了一个多钟头，车始终没有发动。突然我旁边的一位美国人向我做手势，要我向窗外看：骤然间发现父亲原来还在那里等！他瘦削的身材，穿着长袍，额前头发已显斑白。看见他满面焦虑的样子，我忍了一早晨的热泪，一时迸发，不能自已。

1928—1945 年这 17 年时间，是父亲与我常在一起的年代，是我童年到成人的阶段。古人说，父母对子女有“养育”之恩。现在不讲这些了，但其哲理我认为是有永存价值的。

1946 年初，我注册为芝加哥大学研究生。选择芝加哥大学倒不是因为它是父亲的母校，而是因为我仰慕已久的费米教授去了芝加哥大学。当时芝加哥大学物理、化学、数学系都是第一流的。我在校共三年半，头两年半是研究生，获得博士学位后留校一年任教员，1949 年夏转去普林斯顿高等研究院。父亲对我在芝加哥大学读书成绩极好，当然十分高兴。更高兴的是我将去有名的普林斯顿高等研究院，可是他当时最关怀的不是这些，而是我的结婚问题。1949 年秋，吴大猷先生告诉我胡适先生要我去看他。我小时候在北平曾见过胡先生一两次，不知道隔了这么多年他为什么在纽约会想起我来。见了胡先生的面，他十分客气，说了一些称赞我学业的话，然后说他在出国前曾看见我父亲，父亲托他关照我找女朋友的事。我今天还记得胡先生极风趣地接下去说：“你们这一辈比我们能干多了，哪里用得着我来帮忙！”

1950 年 8 月 26 日，杜致礼和我在普林斯顿结婚。我们相识倒不是由胡先生或父亲的其他朋友介绍，而是因为她是 1944—1945 年我在昆明联

大附中教书时中五班上的学生。当时我们并不熟识，后来在普林斯顿唯一的中国餐馆中偶遇，这恐怕是前生的姻缘吧。20 世纪 50 年代，胡先生常来普林斯顿大学葛斯德图书馆，曾多次来我家做客。第一次来时他说："果然不出我所料，你自己找到了这样漂亮能干的太太。"

父亲对我 1947 年来美国后发表的第一篇文章与翌年我的博士论文特别发生兴趣，因为它们都与群论有密切关系。1957 年 1 月，吴健雄的实验证实了宇称不守恒理论以后，我打电话到上海给父亲，告诉他此消息。宇称不守恒与对称有关，因而也与群论有关，父亲当然十分兴奋。那时他身体极不好（1955 年因多年糖尿病加某种感染，不能吸收胰岛素，医生曾认为已无希望，后来幸能克服感染，但身体仍十分虚弱），得此消息对他精神安慰极大。

1957 年，我和杜致礼及我们当时唯一的孩子光诺（那时 6 岁）去日内瓦。我写信请父亲也去日内瓦和我们见面。他得到统战部的允许，以带病之身，经北京、莫斯科、布拉格，一路住医院，于 7 月初飞抵日内瓦，到达以后又立刻住入医院。医生检查数日，认为他可以出院，但每日要自己检查血糖与注射胰岛素。我们那年夏天在 Rue de Vermont（佛蒙特街）租了一间公寓，每天清早，光诺总是非常有兴趣地看着祖父用酒精灯检查血糖。我醒了以后，他会跑来说 "It is not good today, it is brown."（今天不好，棕色。）或 "It is very good today, it is blue."（今天很好，蓝色。）过了几个星期，父亲的身体逐渐恢复健康，能和小孙子去公园散步。他们非常高兴在公园一边的树丛中找到了一个 secret path（秘密通道）。每次看他们一老一少准备出门，父亲对着镜子梳头发，光诺雀跃地开门，我都感到无限的满足。

父亲给致礼和我介绍了新中国的许多新事物。他对毛主席万分敬佩，尤其喜欢毛主席的诗句，如 "指点江山，激扬文字，粪土当年万户侯" "惜

秦皇汉武，略输文采；唐宗宋祖，稍逊风骚。一代天骄，成吉思汗，只识弯弓射大雕。俱往矣，数风流人物，还看今朝”等。

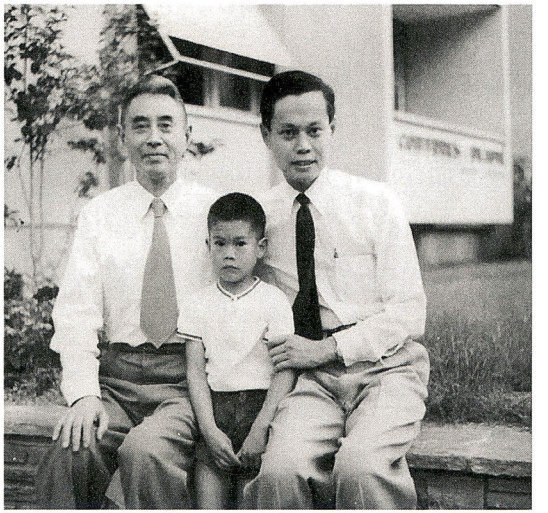


图 1.3　杨武之（左）、杨光诺（中）、杨振宁合影

有一天他给致礼和我写了两句话。今天的年轻人恐怕会觉得这两句话有一点封建味道，可是我以为封建时代的思想虽然有许多是要不得的，但也有许多是有永久价值的。

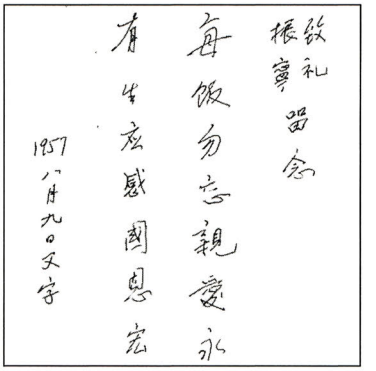


图 1.4　杨武之给杨振宁、杜致礼的话

1960年夏及1962年夏，父亲又和母亲两度与我在日内瓦团聚。致礼、光宇（我们的老二）和二弟振平也都参加了。每次团聚头两天总是非常感情冲动，讲一些自己和家人与亲友们的遭遇。以后慢慢平静下来，才能欣赏瑞士的一切。

父亲三次来日内瓦，尤其后两次，都带有使命感，他觉得应当劝我回国。这当然是统战部或明或暗的建议，不过一方面也是父亲自己灵魂深处的愿望。可是他又十分矛盾：一方面他有此愿望，另一方面他又觉得我应该留在美国，力求在学术上更上一层楼。

和父亲、母亲在日内瓦的三次见面，对我影响极大。那些年，我在美国对中国的实际情形很少知道。三次见面使我体会到了父亲和母亲对新中国的看法。记得1962年我们住在Route de Florissant（弗洛里桑路），有一个晚上，父亲说新中国使中国人真正站起来了，从前不会做一根针，今天可以制造汽车和飞机（那时还没有制成原子弹，父亲也不知道中国已在研制原子弹）。从前常常有水灾旱灾，动辄死去几百万人，今天完全没有了。从前文盲遍野，今天至少城市里面所有小孩都能上学。从前……今天……正说得高兴，母亲打断了他的话，说："你不要专讲这些。我摸黑起来去买豆腐，排队站了三个钟头，还只能买到两块不整齐的，有什么好？"父亲很生气，说她专门扯他的后腿，给儿子错误的印象，气得走进卧室，"砰"的一声关上了门。

我知道他们二位的话都有道理，而且二者并不矛盾：国家的诞生好比婴儿的诞生，只是会有更多的困难，会有更大的痛苦。

1971年夏天，我回到了阔别26年的祖国。那天乘法航自缅甸东飞，进入云南上空时，驾驶员说："我们已进入中国领空！"当时我激动的心情是无法描述的。

傍晚时分，到达上海。母亲和弟妹们在机场接我。我们一同去华山医院看望父亲。父亲住院已有半年。上一次我们见面是1964年底在香港，那时他68岁，还很健康。6年半之间，受了一些隔离审查的苦，老了、瘦了许多，已不能自己站立行走。见到我当然十分激动。

1972年夏天，我第二度回国探亲访问。父亲仍然住在医院，身体更衰弱了。次年5月12日清晨，父亲长辞人世，享年77岁。5月15日，在上海为父亲开的追悼会上，我的悼词有这样两段：

> 近年来父亲身体日衰。他自己体会到这一点，也就对我们的一切思想和行为想得很多。1971年、1972年我来上海探望他，他和我谈了许多话，归根起来他再三要我把眼光放远，看清历史演变的潮流，这个教训两年来在我身上产生了很大的影响。
>
> 父亲于1973年5月12日长辞人世。在他的一生77年的时间里，历史有了惊天动地的演变。昨天收到他一位老同学，又是老同事的信。上面说："在青年时代，我们都向往一个繁荣昌盛的新中国。新中国成立以后二十多年来，在毛主席和中国共产党的英明领导下，当时我们青年梦寐以求的这个新中国实现了。"我想新中国实现这个伟大的历史事实以及它对于世界前途的意义正是父亲要求我们清楚地掌握的。

6岁以前我生活在老家安徽合肥，在一个大家庭里面。每年旧历新年，正厅门口都要换上新的春联，上联是"忠厚传家"，下联是"诗书继世"。父亲一生确实贯彻了"忠"与"厚"两个字。另外他喜欢他的名字杨克纯中的"纯"字，也极喜欢朋友间的"信"与"义"。父亲去世以后，我的

小学同班同学、挚友熊秉明写信来安慰我，说父亲虽已过去，我的身体里还循环着他的血液。是的，我的身体里循环着的是父亲的血液，是中华文化的血液。

我于1964年春天入美国籍，差不多20年以后，我在论文集中这样写道：

> 从1945至1964年，我在美国已经生活了19年，包括了我成年的大部分时光。然而，决定申请入美国籍并不容易。我猜想，从大多数国家来的许多移民也都有同类问题。但对一个在中国传统文化里成长的人，做这样的决定尤其不容易。一方面，传统的中国文化根本就没有长期离开中国移居他国的观念。迁居别国曾一度被认为是彻底的背叛。另一方面，中国有过辉煌灿烂的文化。她近一百多年来所蒙受的屈辱和剥削在每一个中国人的心灵中都留下了极深的烙印。任何一个中国人都难以忘却这一百多年的历史。我父亲在1973年故去之前一直在北京和上海当数学教授。他曾在芝加哥大学获得博士学位。他游历甚广。但我知道，直到临终前，对于我的放弃故国，他在心底里的一角始终没有宽恕过我。

1997年7月1日清晨零时，我有幸在香港会议展览中心参加了回归盛典。看着中华人民共和国国旗在“起来，不愿做奴隶的人们”的音乐声中冉冉上升，想到父亲如果能目睹这历史性的、象征中华民族复兴的仪式，一定比我还要激动。他出生于1896年——101年前，马关条约、庚子赔款的年代，在残破贫穷、被列强欺侮、实质上已被瓜分了的祖国。他们那一辈的中国知识分子，目睹洋人在租界中的专横，忍受了“二十一

条”、五卅惨案、九一八事变、南京大屠杀等说不完的外人欺凌，出国后尝了种族歧视的滋味，他们是多么盼望有一天能看到站起来的、富强的祖国，能看到“大英帝国”落旗退兵，能看到中国国旗骄傲地向世界宣称：这是中国的土地。这一天，1997 年 7 月 1 日，正是他们一生梦寐以求的一天。

父亲对这一天的终会到来始终是乐观的。可是直到 1973 年去世的时候，他都完全没有想到他的儿子会躬逢这一天的历史性的盛典。否则他恐怕会改吟陆放翁的名句吧：

国耻尽雪欢庆日，
家祭毋忘告乃翁。

对西南联大的新回忆[①]

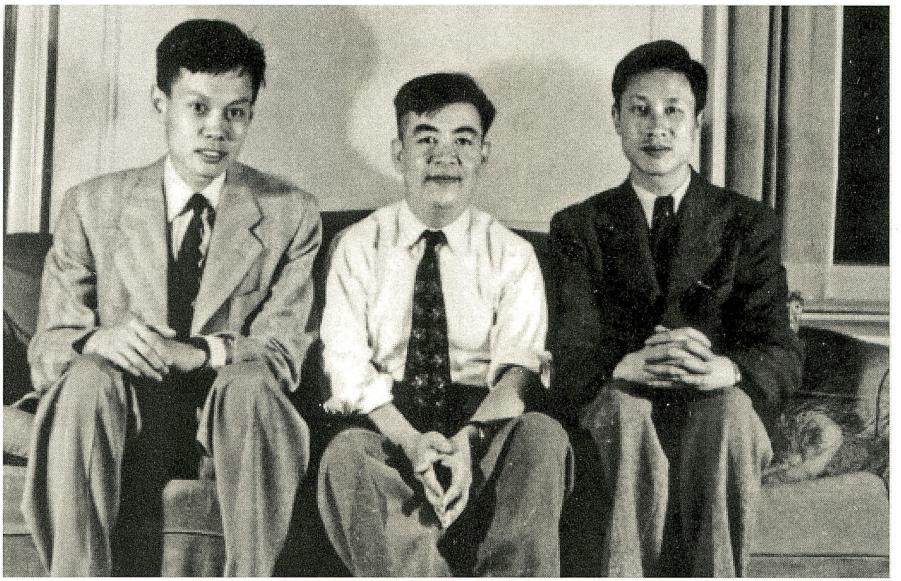


图 1.5　1949 年，杨振宁、吴大猷（中）和马仕俊（右）

① 本文作者杨振宁、施郁（中国科学技术大学教授，从事量子物理与量子信息凝聚态物理和粒子物理方面的研究工作）。2014 年 7 月 21 日，在清华大学的办公室里，杨振宁和施郁谈了他在西南联合大学的学习和研究经历，大部分内容是以前没有详述过的。本文保留了口述风格，但为方便读者阅读，已将其中夹杂的英文译为中文，并分成段落和章节，加上了小标题。原文于 2021 年 4 月 3 日在“知识分子”发表。此处有修改。

在西南联大，吴大猷和王竹溪分别将杨振宁引向了对称性分析和统计力学两大研究方向。杨振宁谈到，许宝騄和马仕俊对他的影响也很大。许宝騄讲授的矩阵理论对杨振宁理解量子力学帮助很大，而马仕俊的场论课一方面将杨振宁引导到场论的最前沿，另一方面让杨振宁熟练掌握了反厄米矩阵，对几年后研究伊辛模型产生了决定性影响。当时杨振宁还自学了埃德蒙·泰勒·惠特克和乔治·奈维尔·沃森的《现代分析教程》，建立了数学背景。本篇文章是施郁与杨振宁先生的谈话，杨振宁先生在谈话中回忆了他的第一篇论文、在国际上发表的第一篇物理论文、当年教科书的情况，以及量子场论的早期历史。

许宝騄

杨振宁：我在不同的地方、不同的文章里讲过我在西南联大的学习经历。可是其中有两个人对我有很大的影响，过去没有特别讲。

在西南联大，吴大猷先生引导我到对称性这个领域，王竹溪先生引导我到统计力学。我上过很多课，多半对我没有多大真正的影响。可是有两位对我有特别重要影响的老师。

第一个叫作许宝騄。你知道这个人吗？

施郁：数学家，研究数理统计。

杨振宁：数理统计。他的姐姐是俞平伯的夫人，而俞平伯是俞樾的曾孙[①]。俞樾是清朝末年的大文学家。你如果到苏州，可以看到“夜半钟声到

① 根据郑忠国和杨瑛的《许宝騄先生的青少年时代事——俞润民先生访问记》，俞樾的二女儿是许宝騄的祖母（祖父许佑申），而许先生的大姐又是俞平伯的妻子，即俞润民的母亲。

客船”几个字，那就是他写的。俞平伯是清华大学的教授，我很熟悉，他的儿子、女儿都跟我是小学同学。

许宝騄[①]的年纪跟陈省身先生差不多，就是比我大十岁的样子，然后他到英国去，那个时候数理统计刚刚开始发展，他在那边学得非常成功，所以他回到西南联大的时候，西南联大数学系就有了三个非常杰出、后来都有大成就的数学家，就是华罗庚、陈省身和许宝騄，所以那个时候大家就知道了，他们三个人是世界级的。

他开了数理统计的课，我没有选，我去旁听。这次旁听对我有很大的作用。为什么呢？因为我记得，他第一学期前一半，讲的是矩阵理论，他的矩阵理论讲得非常之正式，而且他的讲法就是：命题、证明，命题、证明，写得非常清楚。而且他的命题常常是包罗很多东西的，比如说对角化，比如说一个矩阵，它的本征值，厄米矩阵，有本征值；反厄米矩阵，有本征值。厄米矩阵能不能对角化，反厄米矩阵能不能对角化，这些他都讲得非常详细[②]。所以这个半学期，我对矩阵理论是理解透彻了。

这个对于后来念保罗·狄拉克的书[③]有极大的帮助，因为狄拉克的书相当于就是用左矢和右矢的记号来表达的。这对于我后来理解量子力学和希尔伯特空间有非常大的影响，而且他的矩阵理论讲得很深，远比我们平

---

① 许宝騄1933年从清华大学毕业，杨振宁的父亲杨武之是他的老师。许宝騄1936年考取赴英庚款公费留学，在英国伦敦大学学院攻读博士学位，1940年回国任教于西南联大，1945年赴美，先后在伯克利加州大学和哥伦比亚大学访问一学期，然后与哈罗德·霍特林一起去了北卡罗来纳大学，1947年回国，任北京大学教授，1970年逝世。俞平伯和许宝騄中学时代从清朝褚稼轩的著作中得知数学游戏“移棋相间法”，后来该游戏在西南联大师生中流行。2019年，杨振宁写了《许宝騄和“移棋相间法”》(《数学文化》，第10卷第4期，106—108页)。

② 与杨振宁的回忆一致，许宝騄的美国学生回忆：“许宝騄吸引我们的是，对于简单性与理解深度的坚持，首先是对学术最高目标和标准的深深的、显然但没有明说的坚守。”

③ P. A. M. Dirac, *The principles of quantum mechanics*. Oxford University Press, 1982.

常念量子力学所需要的更深，所以这对我有很大的帮助。

这一学期的第二部分是讲测度论，关于集合论、测度论和勒贝格积分等，学得很多。我当时对这个领域很有兴趣，不过后来没有走进这个领域。所以事实上，我只旁听了一学期，后来我不晓得为什么没有再旁听下去。是不是后来他离开了，我现在不记得了。所以事实上我从他那里是学到了两个领域，而且都学得很透彻，也就是测度论和矩阵理论。可是真正的数理统计，他还没讲到，我后来就没再听下去了，所以我没有走进数理统计。

抗战胜利以后，他到美国去，在北卡罗来纳大学成立了一个系，那个系今天还在，而且今天大家都还公认北卡罗来纳大学的数理统计系是美国数理统计这个领域重要的中心之一，所以他在这个领域里很有地位，我不知道有没有人写过他的传记。我想，关于这个领域在20世纪，假如你要讲四五个最重要的、早年的数理统计的带头人，他就是其中的一个，这是没有问题的。比如，后来在纽约州立大学石溪分校（以下简称“石溪分校”）[①]有一个非常有名的数理统计教授，我问起他来，他说：“哦，许宝騄是我们的开山祖师。”

马仕俊

杨振宁：另外一个对我有非常大影响的是马仕俊。在我的论文选集[②]里有张照片，你看见过是吧？

---

① 这是杨振宁曾长期任教的大学。

② C. N. Yang, *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983.

施郁：对，而且您和李政道写过一个他的讣告，收入了那本论文选集。

杨振宁：对。我的场论就是跟马先生念的，而且马先生是非常透彻的。

我记得很清楚，场论在1930年前后很混乱。为什么呢？因为一方面有巴尔默谱线系，有氢原子。氢原子是怎么做出来的呢？是先有一个库仑场，在这个库仑场里算出来本征值，所以就有了巴尔默谱线系，这跟实验相符合。下一步，怎么计算跃迁幅呢？这就要用对应原理，可是这种办法怎么跟动力学理论联系在一起呢？这在当时是非常混乱的，其中最重要的一个混乱的原因就是，你在用正则公理把拉格朗日量去量子化的时候，出了一个问题，就是φ，就是规范势A的标量分量，就是A0。A还有个矢量分量，它没有正则共轭变量，没有正则共轭变量，所以阵法大乱。我记得很清楚，维尔纳·海森伯跟沃尔夫冈·泡利写了一系列非常复杂的、很长的文章。我花了很长的时间去念了，念了以后还不得要领。

解决这个问题的人是费米。

而费米的解决方案，我的印象里，在战后我做研究生的时候，多半教这个课的人，以及我同辈的研究生，都没有学到。可是我在西南联大的时候，马先生就教了，而且教得很清楚。所以，我到芝加哥大学的时候，对于量子电动力学怎么通过费米的办法从拉格朗日量开始变成哈密顿量，知道得很清楚，这个完全是我从马先生那儿学到的。

马先生为什么在抗战初期就了解了这个理论？因为马先生大概是1940年前后从英国回来的。

费米的这个理论，我记得很清楚，乔治·乌仑贝克曾经跟我讲，1930年前后，没有人真正懂量子电动力学，直到费米理论的文章发表。费米的文章最重要的就是它告诉你怎么把这个A0消除，消除以后就出了库仑场。在这个拉格朗日形式里头，一开始，没有库仑作用，可是后来出

来的时候，要出库仑作用，这就是费米的贡献。费米对于这一贡献非常骄傲，所以我在芝加哥大学念书的时候，他就把它介绍给了他的学生。而这一点，我是从马先生那儿学到的。

所以我从马先生那儿学到的东西达到了当时场论的最前沿。还不止于此，因为它是非常系统化的，某种意义上，他的讲义也跟许宝騄有类似的地方，就是非常详细，都是表述成清清楚楚的定理。

我记得非常清楚，另外一个从他那儿学到的、很清楚的，就是狄拉克方程。

在讨论狄拉克方程是相对论不变的时候，马先生讲得非常清楚，而且使得我对于反厄米算子 α 和 β 知道得很清楚，而且不止四个。我不记得是马先生讲的，还是练习的，或是我自己去做过的，总而言之，我就是弄得非常清楚，随便多少个反厄米矩阵的表示，学得都很清楚。

这对我产生了什么决定性的影响呢？就是后来我讲的，华金·洛廷格告诉我拉尔斯·翁萨格和布鲁里亚·考夫曼的那个解，我立刻就懂了，因为当初我的数学根基已经打好了，所以一下子就对上去了[①]。

所以我昨天晚上想了想，假如要问我，我在西南联大所学到的东西，哪几个人对我影响最大，那就是我以前讲过的，吴先生、王先生，当然还有我跟黄昆、张守廉的讨论，不过我想特别讲的就是他们两个。别人的课我听过很多，都没有什么特别对我产生影响的。

---

① 这是指 1949 年，翁萨格的学生考夫曼将翁萨格 1944 年关于二维伊辛模型的严格解（L. Onsager, *Phys. Rev.* 65, 1944:117）做了简化，其中关键是用到了反厄米矩阵（B. Kaufman, *Phys. Rev.* 76, 1949:1232）。在此基础上，1951 年，杨振宁严格计算了这个模型中的磁化率（C. N. Yang, *Phys. Rev.* 85, 1952:808），这是杨振宁做过的最长的计算。杨振宁在 1983 年的论文集中曾说，因为熟悉反厄米矩阵，立即理解了翁萨格和考夫曼的方法。当时没有说为什么熟悉。

自学数学

杨振宁：我还记得，那个时候，因为中国的传统对于数学很崇拜，所以，我记得，有一个夏天我决定要仔细研究一本很厚的、英国的书，叫作《现代分析教程》，我记得是惠特克和沃森写的[①]，这本书把古典的贝塞尔函数、勒让德函数、伽马函数、雅可比椭圆函数，讲得非常透彻，而且有很多练习。我记得那个暑假，我下定决心，把书仔细给念了一遍。我想，我的数学背景就是受到那时的影响。



图 1.6　杨振宁的第六届清华大学留美公费生考试准考证

施郁：您 1952 年关于伊辛模型的文章用了很多雅可比椭圆函数吧？

杨振宁：对，那里面用了很多椭圆函数，就从这个《现代分析教程》里头学到的。

---

① E. T. Whittaker, G. N. Watson, *A Course of Modern Analysis*. The MacMillan Company, 1943. 1902 年第一版的作者是惠特克一人，后来的版本是两个人。

施郁：弗里曼·戴森称您的这篇文章为“雅可比椭圆函数理论的大师式练习”。

西南联大时期的教科书

杨振宁：20世纪30年代末到40年代的时候，美国的学术远不能跟欧洲比，所以当时我们所用的比较高等的书都是英国来的。比如说《统计力学》(*Statistical Mechanics*)，就是几本这么厚的书，是拉尔夫·富勒[①]自己，以及拉尔夫·富勒和爱德华·古根海姆[②]合写的。

在数学方面，大家都看这本《现代分析教程》。我想现在你到图书馆去，也一定还有，但已经没有人念那些书了。

相反地，美国人写的书都比较浅，比如说，我大一时的微积分是姜立夫先生教的，用的是威廉·奥斯古德的教科书[③]。奥斯古德是哈佛大学的教授，他的微积分的水平就很浅。

像电学，就是大二的电学，是吴有训先生教的，我们用的教科书是利·佩奇和诺曼·亚当斯的版本[④]，这又是典型的美国式教科书，可是佩奇和亚当斯的书就不能跟詹姆斯·琼斯的比。琼斯也有一本[⑤]。

---

① R. H. Fowler, *Statistical Mechanics, the Theory of the Properties of Matter in Equilibrium*. Cambridge University Press, 1929. 2nd edition, 1936.

② R. H. Fowler and E. A. Guggenheim, *Statistical Thermodynamics*. Cambridge University Press, Cambridge, 1939.

③ 姜立夫在哈佛大学给奥斯古德当过助教。1934—1936年，奥斯古德从哈佛大学退休后，到北京大学访问，助教正是许宝騄。许宝騄深受奥斯古德影响，精通矩阵，在分析和代数都有了很好基础。

④ L. Page and N. I. Adams, *Principles of Electricity*. Van Nost Reinhold Press, 1947.

⑤ J. Jeans, *Mathematical Theory of Electricity and Magnetism*. Cambridge University Press, 1923.

英国的传统（教科书），现在中国也不用了，中国后来都沿用美国的（教科书）。

施郁：1949年以后（中国）先用了很多苏联的书，后来又用很多美国的。

杨振宁：对。在西南联大的时候，可以这样讲，在本科生的时候做的东西是从美国来的，研究生期间是从英国来的。那个时候，像王先生、马仕俊，他们都是英国留学回来的。

施郁：是不是本科生用美国教科书是因为那些老师，像吴有训，是从美国回来的？

杨振宁：对，不过当时美国人不大写高等的教科书，因为到底英国比美国更早起步。在西南联大的时候，跟我同时做研究生的，还有一位叫作顾震潮，后来他在国内的气象学上，是我这个年纪的人里头最最重要的一位[①]。他后来大概是病死掉了。你如果去问气象学的人，他们都知道他是非常重要的。

施郁：但是，您念过您父亲的老师迪克森那本书，他是美国的。

杨振宁：对。事实上，在20世纪初，美国的数学才刚刚开始。当时美国数论最重要的人就是迪克森，也可以说，他是代数数论的最后的大师，他写了一本特别厚的书，等于是数论历史[②]，这个书你可以翻翻看，因为那里收录了我父亲所做的那一类数论研究。恰巧到了迪克森晚年，也就是1930年前后的时候，这个领域做不下去了，而解析数论开始了。这个领域的中心就跑到英国去了。

---

① 顾震潮，1920年9月生于上海，1942年毕业于中央大学，1943—1945年在西南联大读研究生，1945—1947年在中央研究院气象研究所，1947—1950年留学瑞典斯德哥尔摩大学，1950年起在中国科学院工作，1976年逝世。

② Leonard Eugene Dickson, *History of the Theory of Numbers*. Vol. I–3. G. E. Stechert & Co., 1934.

第一篇论文

施郁：您的第一篇论文[①]感谢了一位老师，那位后来在南京大学做数学教授。

杨振宁：曾远荣。

施郁：您觉得那篇论文反而影响不是很大？

杨振宁：那个没有什么，那个等于是我的一个猜想，像是做了一个练习。那是在我念高等微积分的时候。我大一念的是微积分，大二念的是高等微积分，高等微积分是曾远荣先生教的，他教了以后，我现在模糊记得是在做练习的时候，我写了这么一个东西，好多年以后他跟我说，应该寄出去发表，发表在一个不重要的杂志，好像叫作美国……

施郁：《美国数学会汇刊》，现在网上能找到，那天我就找出来了。

杨振宁：它居然发表了，不过我当时就知道，这并不重要，曾先生后来离开了西南联大。在中华人民共和国成立以后，他就在南京大学[②]。所以我 20 世纪 70 年代到南京大学，还见到了这位曾先生。

在国外发表的第一篇物理论文

杨振宁：事实上，到了美国，我最发生兴趣的事情，我还记得。那个时候我硕士论文的一部分，是关于准化学方法的，刚刚发表在《化学物理

---

① C. N. Yang, "On the Uniqueness of Young's Differentials", *Bulletin of the American Mathematical Society* 50, 1944:373. 这是杨振宁的第一篇论文，但是是数学论文。

② 曾远荣，1903 年生于四川，1927 年毕业于清华大学并赴美国留学。1933 年获芝加哥大学博士学位。1935 年任中央大学教授。1937 年起任清华大学教授。1942—1945 年任燕京大学客座教授。1945—1950 年任四川大学数学系主任。1950 年起任南京大学教授。1994 年去世。

杂志》(*Journal of Physical Chemistry C*)[①]。我在中国的时候就知道它发表了，可是我没看到，所以我到了美国就去看。我到美国是1945年11月，我还记得天气很冷，我特意到美国物理学会的办公室，我还记得是在34街，东河的附近。那个时候，美国物理学会的整个办公室都在那儿。所以到那儿以后，就问秘书，我有一篇文章好像是在1944年发表了。秘书就帮我去找，果然找出来了。所以这是我第一次看见我在物理方面在外国发表的第一篇文章[②]。这件事我还记得很清楚。

那篇文章，其实还是有点道理的，为什么呢？那个准化学方法不是我发明的，我觉得它是古根海姆发明的。那个时候，搞统计力学最多的是英国。研究最多的人就是富勒。而王先生、张宗燧都是富勒的学生。

施郁：狄拉克。

杨振宁：狄拉克也是，因为剑桥那时只有很少的教授。我记得他大概是唯一的理论教授。他是欧内斯特·卢瑟福的女婿。他专门写很厚的书。

那是在20世纪30年代，就是王先生去的时候，当时最热门的题目就是合金的相变，用的就是贝特的方法，后来有古根海姆的这个。

这些方法，你从今天看起来，都叫作平均场理论，但是有不同版本的平均场理论。古根海姆有个平均场理论，他给它起了个名字，叫作准化学方法。他的准化学方法是这样的，思想当然在物理上很有趣，可是他的这个版本得出来以后，要倒着解一些方程，就是你有一些对称的参数，那么这些参数放进去以后，得出来一组方程，你要算的时候，就要解这些方程。

---

① C. N. Yang, "A Generalization of the Quasi-Chemical Method in the Statistical Theory of Superlattices", *J. Chem. Phys.* 13, 1945:66.

② 作为西南联大学生，杨振宁共发表过五篇论文，其中两篇发表于国外，也就是本文提到的这两篇，其他三篇发表在《中国物理杂志》上。第一篇发表在国外的物理论文是总的第三篇论文。

结果我发现，如果用一个勒让德变换，变换了以后，就不必再解方程了，可以直接计算出来。所以这是一个很大的进步[①]。

事实上我记得戴森有一篇文章，还讲了这个问题。他大概仔细看了这篇文章，所以他说，他觉得我擅于用一些数学技巧，把一个复杂的东西给简单化，大概是那个意思。

所以我当时对这个文章很在意，就在我刚到纽约，还没到芝加哥的时候，当时我觉得，这是我做的最最重要的工作。不过后来到了芝加哥以后，虽然梅耶跟他太太都在芝加哥，可是他们已经对统计力学完全没有兴趣了[②]。

① 杨振宁这篇文章还引用了张宗燧在剑桥写的文章，以及前面提到的富勒的教科书《统计力学》。

② 1938—1939年，梅耶夫妇的相变理论首次将不同相统一在同一个微观运动系统中。

我知道我没有变[①]

一

杨振宁小时候曾经从父亲口中学到一首五四时期的歌曲[②]：

中国男儿，
中国男儿，
要将只手撑天空。
……
长江大河，
亚洲之东，
峨峨昆仑，
翼翼长城，

① 本文作者施郁，中国科学技术大学教授，从事量子物理与量子信息凝聚态物理和粒子物理方面的研究工作。原文于2017年2月23日在“知识分子”发表。此处有修改。

② 杨振宁著，翁帆编译，曙光集，北京：生活·读书·新知三联书店，2008。

……

泱泱大风，

决胜疆场，

气贯长虹，

古今多少奇丈夫。

碎首黄尘，

燕然勒功，

至今热血犹殷红。

这首歌一直萦绕于杨振宁心中。

二

赴美留学的杨振宁，立即成为芝加哥大学物理系同代研究生中的佼佼者，后来又登上物理学的高峰，成为国际理论物理与高能物理的领袖。

1949 年 5 月，上海解放。杨振宁觉得自己有权与那里的家人联系，所以发了一封电报并得到回电“平安”。从此，即使在中美关系敌对的时期，杨振宁仍然一直与国内的家人保持着联系[①]。

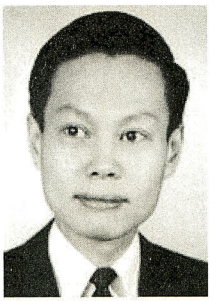
1957 年，中国公民杨振宁与李政道获得诺贝尔物理学奖。杨振宁在宴会演讲中讲述了作为一名中国科学家的他，是近代中国与西方两种文化的冲突和协调的产物[②]。

---

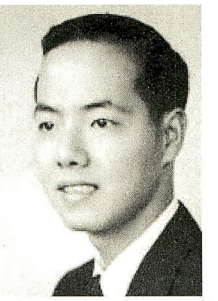
① C. N. Yang, *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983.

② 同①。

The Nobel Prize in Physics 1957



Chen Ning Yang
Prize share: 1/2



Tsung-Dao (T.D.) Lee
Prize share: 1/2

The Nobel Prize in Physics 1957 was awarded jointly to Chen Ning Yang and Tsung-Dao (T.D.) Lee *"for their penetrating investigation of the so-called parity laws which has led to important discoveries regarding the elementary particles"*

图 1.7　1957 年 10 月，杨振宁、李政道共同获得诺贝尔物理学奖

注：图中英文意为：

1957 年诺贝尔物理学奖

杨振宁奖金份额 1/2，李政道奖金份额 1/2

1957 年诺贝尔物理学奖共同授予杨振宁与李政道，以表彰他们对宇称守恒定律的突破性研究，该研究为基本粒子领域带来了重要发现。

图片来源：The Nobel Foundation。

这个诺贝尔奖使得全球华人为之振奋。1960 年，杨振宁在巴西里约机场受到几百名华人的热烈欢迎。杨振宁意识到这个诺贝尔奖的荣誉超越了个人的意义。

杨振宁说过[①]：

① 杨振宁著，翁帆编译，曙光集，北京：生活·读书·新知三联书店，2008。

我一生最重要的贡献是帮助改变了中国人自己觉得不如人的心理作用，我想我的科学工作的成就帮助中国人的自信心增加了，这个恐怕是我一生最重要的贡献。

这也使杨振宁感到自己的责任。1971 年，已成为美国公民的杨振宁敏感地注意到中美关系的缓和，抓住机会通知美国政府，他要回中国探亲。7 月 15 日，杨振宁从纽约飞巴黎。4 天之后，飞往上海[①]。当年 11 月，《今日物理学》（*Physics Today*）杂志报道了杨振宁的中国之行（2013 年杨先生特地将这篇报道收入论文集中）。次年，杨振宁再度回中国探亲。两次探亲后回到美国，杨振宁都做了一些感情丰富的演讲。现在在杨先生办公室墙上，挂着当年杨振宁所在的石溪分校中国同学会《石溪通讯》中关于杨先生 1971 年 9 月演讲的报道。

杨振宁一直在帮助建立一个中国和美国之间的桥梁。1978 年，杨振宁任会长的全美华人协会在《纽约时报》以广告形式呼吁美国与中华人民共和国建交[②]。

在国际上，杨振宁始终是中华民族的一员。

三

1983 年，杨振宁写道[③]：

---

① 江才健，规范与对称之美：杨振宁传，广州：广东经济出版社，2011。

② 同①。

③ C. N. Yang, *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983.

1964年春天，我成为美国公民。

我在美国已经生活了19年，包括了我成年的大部分时光。然而，决定申请入美国籍并不容易。我猜想，从大多数国家来的许多移民也都有同类问题。但对一个在中国传统文化里成长的人，做这样的决定尤其不容易。一方面，传统的中国文化根本就没有长期离开中国移居他国的观念。迁居别国曾一度被认为是彻底的背叛。另一方面，中国有过辉煌灿烂的文化。她近一百多年来所蒙受的屈辱和剥削在每一个中国人的心灵中都留下了极深的烙印。任何一个中国人都难以忘却这一百多年的历史。我父亲在1973年故去之前一直在北京和上海当数学教授。他曾在芝加哥大学获得博士学位。他游历甚广。但我知道，直到临终前，对于我的放弃故国，他在心底里的一角始终没有宽恕过我。

杨先生接着描述了美国华人曾经的悲惨遭遇和他本人在美国遇到过的歧视。然后写道（笔者翻译）：

是的，有许多事让我踯躅不前。但我知道，美国对我很慷慨。我本来是有很好的基础，但美国给了我发挥我的潜力的机会。我知道世界上没有其他国家对待移民如此慷慨。我也意识到，我在这里的根在不知不觉中扎深了。

1961年1月，我观看电视上肯尼迪的就职典礼。肯尼迪请罗伯特·弗罗斯特朗诵他的诗。他选择了《没有保留的奉献》。我听到诗句：

拥有我们未拥有的，

被我们不再拥有的所拥有。

我们的保留使我们软弱，

直到我们发现是我们自己，

我们从生活之地退缩，

在屈服中获得拯救。

似乎有什么东西触动我的心。我在一本选集中找到弗罗斯特的诗。很美。有力。这在我申请美国国籍的决定中起了作用。

1999年，杨振宁从石溪分校荣休时，特别感谢美国给予他的发展机会。

四

在1999年杨振宁荣休会议上，著名科学家戴森做了晚宴演讲，这就是著名的《保守的革命者》（“A Conservative Revolutionary”）一文[①]。戴森高度评价了杨振宁对物理学的伟大贡献，特别是杨－米尔斯方程[②]，以及杨先生的研究风格。他指出：“杨教授是继爱因斯坦和狄拉克之后20世纪物理学卓越的风格大师。”[③] 值得注意的是，戴森还特别讲述了杨先生的文

① Dyson F J. Int. J. Mod. A Conservative Revolutionary. *Phys*. A 14, 1999:1455.

② 杨－米尔斯方程，亦称杨－米尔斯理论或杨－米尔斯规范场论。——编者注

③ 关于杨振宁先生的学术贡献，可参阅本书第三章的“物理学之美：杨振宁的32项科学贡献”。

章《父亲与我》，讲述了杨先生与父亲及祖国分离的痛苦，以及杨先生成为美国公民时的纠结。戴森还引述了杨振宁关于参加香港回归典礼的激动感想。

2015 年，戴森评述，他这篇《保守的革命者》强调杨振宁三个方面的优秀品质的可贵结合[①]。一是卓越的数学才能，使得他能解决具体问题。二是对自然的深刻理解，使得他能够问重要的问题。三是集体精神，使得他在中国文化的复兴中扮演重要角色。这三个品质一起将杨振宁造就成杨振宁，一位继往开来（values the past and leads the way to the future）的保守的革命者。

五

2003 年 12 月 22 日，杨振宁先生告诉我，他将于当月 24 日从石溪分校搬家到清华大学。第二天他又告诉我他写了一首诗描述这次搬家，并传真给我。这是当年 11 月定稿的《归根》：

昔负千寻质，高临九仞峰。
深究对称意，胆识云霄冲。
神州新天换，故园使命重。
学子凌云志，我当指路松。
千古三旋律，循循谈笑中。
耄耋新事业，东篱归根翁。

① Dyson F J, Birds and Frogs (Selected Papers, 1990–2014), *World Scientific*, Singapore, 2015.

2007年，杨先生写道[①]：

鲁迅、王国维和陈寅恪的时代是中华民族史上一个长夜，我和联大同学们就成长于此似无止境的长夜中。

幸运地，中华民族终于走完了这个长夜。

六

在回到中国定居的十几年中，杨振宁住在北京和香港。他是美国公民兼中华人民共和国香港特别行政区永久性居民。2015年4月1日，杨先生放弃了美国国籍，自动成为中华人民共和国公民。人们并不知道这个事情，中国科学院也是今年（2017年）才知道。

这也不是一个简单容易的决定。杨先生告诉新华社记者[②]：

美国是一个美丽的国家，是一个给了我做科学研究非常好的机会的国家。

我感激美国。

但是，杨先生最后还是做出了这个决定。

这使得“归根”有了新的、更正式的含义。正如当年杨先生加入美国

① 杨振宁著，翁帆编译，曙光集，北京：生活·读书·新知三联书店，2008。

② 孙琪，“对话”杨振宁、姚期智：我为什么放弃外国国籍？，新华社，2017年2月21日。

国籍正式确认了他与中国的分离，现在杨先生放弃美国国籍正式确认了他对中国的回归。

1983 年杨先生将他的诺贝尔宴会演讲收入论文集时，评论道：

> 今天重读这个讲话，我知道我没有变。[①]

直到今天，杨振宁一直没有变。

---

① C. N. Yang, *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983.

我的一生可以算作一个圆 ①

清华园是杨振宁小时候成长的地方。2003 年，杨振宁先生回国定居，又回到了清华园，住在照澜院的一座小楼里。这座小楼，杨先生起名“归根居”，还写了一首诗——《归根》。

杨振宁先生和夫人翁帆大部分时间住在北京清华园，有时节假日会去香港中文大学。除了出席必要的公开活动，日常生活里，他和翁帆有不少共同的朋友，不时会参加朋友们的私人聚会。记得翁帆曾向我透露，杨先生早上爱睡懒觉。杨先生的拐杖是一年前配的，只是为了行走时更快捷、方便、安全。

我与杨振宁先生通信已近三年，起因于邀请杨先生做客浙江大学的理学大讲堂，我是这个大讲堂的坛主。经过友人的介绍，我们用电子邮件通信，我用中文写，他用英文回复，通常会在一两个小时内收到回复。杨

① 本文作者蔡天新，浙江大学数学学院教授。2015 年 4 月，杨振宁先生应蔡天新之邀，做客浙江大学理学大讲堂并发表演讲。在活动间隙，杨振宁先生接受了蔡天新的访问，他回顾了自己少时在清华园的生活、西南联大的岁月、在美国的治学经历，以及 2003 年后回到清华大学居住的生活。他说：“我的一生可以算作一个圆，从一个地方开始，走了很远的地方，现在又回来了。”原文于 2016 年 7 月 16 日在“知识分子”发表。此处有修改。

先生原先答应2013年春天来杭州，一切安排妥当，不料出发前一天上午，因头天《新闻联播》报道上海有禽流感，杨先生打电话给我说取消行程。当时正好是课间休息，杨先生声音洪亮，同学们都听见了。几分钟以后，他又来电，说杭州还没有出事，可以来。不幸，当天《新闻联播》又报道，杭州禽流感死人了，杨先生当晚给我来信确认取消行程。几个星期以后，我把这篇访谈的问题发给杨先生，两天以后我收到回答，杨先生用钢笔亲自写在空白处。

今年（2015年）3月，杨先生通知我要来杭州，终于在一个月后迎来了他老人家，我有幸在刘庄与他单独相处数小时，在往返浙江大学和去机场的途中以及贵宾室里，我们又继续闲聊，借此机会对访谈做了补充和注释，个别问题有过改换。完成之后，曾寄杨先生修正数处。

从这次杭州之行可以看出，他虽93岁高龄，仍思维敏捷、记忆力很好，戴上助听器后仅右耳反应稍显迟缓。他在浙江大学演讲时，有记者注意到了，他两个小时都没喝一口水。杨先生善于与人交往，对粉丝的合影要求基本上也有求必应，包括刘庄宾馆和萧山机场贵宾室的服务生。以下为访谈实录。

蔡天新：杨先生好！首先，十分感谢您接受我们的邀请做客浙江大学理学大讲堂，同时也感谢您接受我的采访。可惜当初亲笔给您写信的杨卫校长已经离开浙江大学，不能亲自欢迎您。当得知您要来浙江大学时，他回信给我说：“非常高兴杨先生终于能来讲了！”我想知道，您以前来过几次杭州，您还记得第一次看见西湖是什么时候吗？

杨振宁：我是1972年夏天第一次来杭州，先后来过五六次。差不多每次都要来浙江大学，第一次是在“文革”期间，我到玉泉校园里头走了走，没有遇见一位熟人。杨卫校长也是清华大学校友，他离开杭州回北京

工作以后，我们还没有碰过面。[①]

蔡天新：您出生在合肥，与李鸿章是同乡（刚好相差一个世纪）。那时合肥只是安徽的一个县，您父亲在省会安庆做中学老师，那时安庆叫怀宁，这也是您名字振宁的来历。您的发小邓稼先出生在怀宁，他是您的中学和大学同学，留学美国时又是新泽西的室友。可您听说过1964年在怀宁县一座村庄出生的海子吗？25岁那年，他在山海关卧轨自杀，如今已是中国家喻户晓的诗人，您读过这位小老乡的诗歌吗？

杨振宁：我没有听说过海子，也没读过他写的诗。我出生在合肥一条叫四古巷的小街，在那里长到6岁。前些年我回过合肥，也参观过“杨振宁故居”，但不是我小时候待过的那个地方了。当然，我没跟接待人员这么说。四古巷因从前有过四座古墓而得名，据说巷名在200多年前的《合肥县志》里就有记载了。

蔡天新：您不满周岁父亲就去美国留学了，6岁那年您在上海港再次见到他，全家一同前往厦门。在那里您第一次看见电灯、吃到香蕉、喝到牛奶，一年以后您父亲受聘清华大学，您来到北京，在清华园住了8年。据说您小时候数学就很出色，已经能读《哈代数论》和《数学大师》了。但身为数学教授的父亲却为您请来古文老师教您《孟子》，这个经历对您后来的人生有何影响？

杨振宁：我父亲回国后在厦门大学教了一年书。1929年夏天，他接受了清华大学的聘请，我们一家就从厦门经上海到了北京，那时候叫北平，住在清华园里。我在清华园的8年很美丽，一切都令我非常怀念。那

---

① 杨先生做客浙江大学前一天，他已见过新上任的林建华校长。讲座那天，未来的校长吴朝晖亲自作陪。和我闲聊时，杨先生提到已故浙江大学物理系的汪容教授和李文铸教授，并问起李政道先生最近有没有回母校浙江大学。

时候清华大学规模虽小，也有50来个教职员子弟，所以就成立了一所小学，我在那里读书。《孟子》对我有很大的影响，里面的故事告诉我中国传统文化的世界观，还有做人原则。

蔡天新：家父比您年长一岁，与您一样，20世纪40年代就读于昆明的西南联合大学。他读的是历史学，与您一样也听（修）过闻一多先生的（诗词）课，可他34年前便已过世。我想请教您，当时西南联大每届招收多少学生，有多少教授和老师？同学们的生活如何管理？西南联大与同在西南（贵州）的浙江大学有交流吗？您对西南联大最美好的记忆是什么？

杨振宁：当时西南联大每年招收约400名新生，我不记得西南联大与浙江大学有什么交流。西南联大本科生是三校合一的，研究生就各校自己管理了，那时好像只有清华大学有研究生院，因为有庚子赔款。说到我个人的兴趣爱好，我年轻时很喜欢唱歌，但唱得不太好。卢沟桥事变后，我们一家先回到合肥，我继续读书，翌年我还没有中学毕业，是以同等学力考入西南联大的。

蔡天新：您的父亲杨武之先生是中国第一位数论博士（芝加哥大学），是我敬仰的前辈同行。他证明了可以将正整数表为某种类型的三次多项式之和，王元先生后来称赞，这在那个年代是很好的结果。实际上，这是华林问题的一个变种，他证明了，每个正整数可以表为至多9个四面体数之和。86年过去了，最好的结果还需要8个四面体数。1994年，您在《中国科学》数学卷发表过一篇论文（与邓越凡合作），以翔实的数据和推导预测，每个正整数可以表为至多5个四面体数之和，充分大的正整数可以表为至多4个四面体数之和。这是对您父亲的一种纪念和敬意吗？

杨振宁：这不能说是对父亲的纪念。我曾尝试读他的博士论文，但发

现一时不能读懂，因为其中有很多 lemma（引理）。我估计至少要花一两周时间才能懂，所以就放弃了。[①]

蔡天新：杨老先生任教清华大学时，引发了华罗庚对数论的兴趣，华先生英国访学归来后，杨老又力主破格晋升只有中专学历的他为正教授。您入读西南联大时，华先生、陈省身先生和许宝騄先生是否已经大名鼎鼎了？听说您的初恋女友是数学系的高才生，曾是您父亲的助教。我想知道，您为何当初没有选择数学系而是进了化学系？有一个传说，当时您觉得，数学没有诺贝尔奖。

杨振宁：我在西南联大读书时，华、陈、许三位都已十分有名。我曾喜欢张景昭，她是浙江（嵊州）人，后来任教于北京大学。至于那个传说，完全无依据。我选择化学系是因为我父亲觉得，化学可能比数学有用。但我还没有等到开学，便向理学院院长吴有训提出换到物理系并取得成功。那时候的女生都穿蓝布大褂，张景昭却穿着红色西装，非常显眼。[②]

蔡天新：1945 年，您经由印度搭乘美国的运兵船赴美留学，那是您第一次出国吧？您还记得那次旅行吗？路上花费了多少时间？都经过哪些港口？记得华先生 1946 年从昆明出发去苏联也是从加尔各答走的，他选择的是陆路和空中路线的结合，经过巴基斯坦、伊拉克、伊朗、阿塞拜疆、格鲁吉亚等地，历时一个多月。

杨振宁：我们留美庚款同学约 20 人于 1945 年 8 月底（从昆明）飞到加尔各答，10 月下旬登上美国的运兵船，经红海、地中海（和大西洋）

---

① 非常巧合的是，杨先生做客浙江大学理学大讲堂那天，即2014年4月14日，刚好是杨武之先生 118 周年诞辰。

② 杨先生曾说他在见到张景昭以前，心像是平静的湖水，见到她以后就变成风暴了。因此，这可能是他的暗恋。

于 11 月下旬抵达纽约。我们没有搭乘经过太平洋的轮船，是因为那时日本虽已战败，但还没有正式签署投降书，那条海路虽比较近却有危险。

蔡天新：密歇根湖畔的芝加哥是 19 世纪美国文化的中心，这一地位延续到 20 世纪上半叶。1915 年创办的《诗刊》（*Poetry*）被认为是 20 世纪先锋派诗歌最重要的阵地，西奥多·德莱塞的《嘉莉姐妹》（*Sister Carrie*）为美国文学开辟了一个新的天地，欧内斯特·海明威也出生在芝加哥郊外，后来又有索尔·贝娄执教芝加哥大学。芝加哥大学的数学和物理学也同样享誉世界，您在芝加哥大学取得博士学位后前往普林斯顿，那是全世界自然科学的最高殿堂。您沐浴在这两所大学的光辉中，完成了一生的主要工作。您对这两座城市有何不同的感受和记忆呢？高研院的数学贡献是否大于物理学呢？

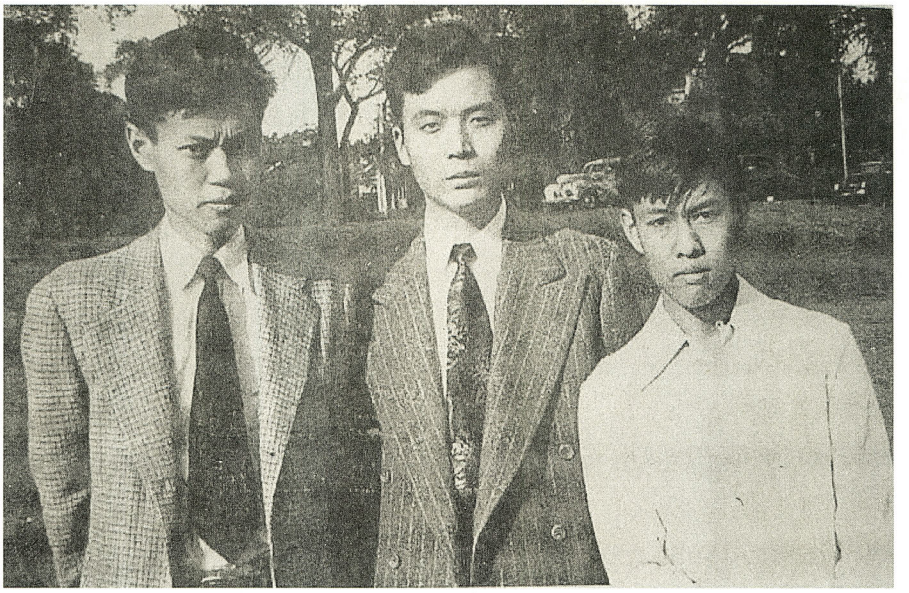


图 1.9　杨振宁兄弟（左、右）和邓稼先（中）1949 年于芝加哥大学

杨振宁：我在芝加哥大学学到了做研究的方法和态度，后来在普林斯顿的17年则是我一生研究最成功的17年。但你说的没错，高研院在数学方面的成就超过了在物理学领域的贡献。[①]

蔡天新：您曾说过，牛顿虽然知道自己的《自然哲学的数学原理》是一项极漂亮的工作，但他不可能意识到自己的工作将会改变人类对物理和生物世界基本结构的理解，会永远地改变人类与环境的关系。在这个意义上，您对自己的工作如何评价？比如非阿贝尔规范场论、宇称不守恒理论和杨－巴克斯特方程。非阿贝尔规范场论是否在规范场论中占据主流？非阿尔贝规范场论和麦克斯韦的电磁场理论、爱因斯坦的引力场理论是人类迄今所发现的三大场理论，它们目前的研究状况如何？

杨振宁：我很幸运，很早就认识到，必须有一个数学原则或原理控制“力”的传播。同时我很早就对对称发生兴趣，两者合在一起就产生了非阿尔贝规范场论。此理论显然是一个重要的步骤，但还没有完全达到统一场论的最终目标。这个终极目标也是爱因斯坦晚年致力的目标，他试图建立囊括电磁学和广义相对论的统一场论，却未取得成功。

蔡天新：2000年，杨－米尔斯存在性和质量缺口假设成为纽约克莱数学研究所提出的“千禧年七大难题”之一，您和罗伯特·米尔斯的名字作为仅有的非数学家出现在其中，这应该是让许多数学大家羡慕的事。您认为，您的数学直觉来自遗传，还是其他方面的教育？有人称亨利·庞加莱的研究风格“是开拓者，而非殖民者”，那您的风格呢？是否干一行爱

---

① 杨先生来杭州之前，看到中国台湾出版的拙作《难以企及的人物：数学天空的闪耀群星》中有关冯·诺伊曼一文提到20世纪90年代，普林斯顿高等研究院迎来六十华诞时总结了三项标志性的成果：哥德尔对连续统问题的研究，冯·诺伊曼关于量子力学的数学基础和代数学的研究，以及杨振宁和李政道推翻宇称守恒定律。杨先生尚不知此事，写信问我出处并亲自加以核实。

一行，“既不废旧，又有立新”？

杨振宁：我想我欣赏数学的原因，一半是遗传，一半是有机会很早就接触到了数学。我说过，我对群论的最初了解来源于我父亲，我在昆明时跟吴大猷先生和王竹溪先生做的学士和硕士论文分别是关于对称原理和统计力学的，它们后来也成为我毕生的研究方向。在研究题目方面，我喜欢搞新的东西。但并非一味求新，比如现在比较热闹的弦理论，这是理论物理学的新兴领域，许多数学家投身其中，但目前看起来，弦理论对物理学的意义尚不及对数学的意义。

蔡天新：您曾引用过爱因斯坦的话：“正确的定律不可能是线性的，它们也不可能由线性导出。”您也谈到过爱因斯坦对几何学的偏爱，他提出重力和力学应该用黎曼几何来描述，电磁学也是几何的。您还指出，爱因斯坦寻找的几何结构是规范场，最简单的阿贝尔规范场是麦克斯韦的电磁场，而非阿贝尔规范场必定是非线性的。您在 1975 年发现规范场与陈省身先生的纤维丛有密切的联系时十分激动，您个人也应该偏爱几何学。近些年来，国际上多次召开过物理学与数论学术会议，例如，将莫比乌斯反演公式应用于凝聚态物理的一系列问题。您了解这方面的进展吗？

杨振宁：这听起来很有意思，要真有这方面的成果，你若找到相关的文章或资料的话请写信告诉我。2011 年 10 月，我在南开大学召开的陈省身先生诞辰 100 周年纪念会上做过报告，后来我把讲稿整理成文《量子数、陈类和菩萨》交给《今日物理学》发表了。记得我曾把校样寄给过你，其中一个小标题正是：当物理学遇见几何学。[①]

---

① 杨先生在讲座时提到，他与爱因斯坦同事多年，常在普林斯顿见到他，知道他的生活规律。有一次杨先生等在路上，当爱因斯坦走过时，他让自己年幼的长子站在爱因斯坦面前拍了张照。杨先生后来说过，至今他仍然后悔，当初没有与爱因斯坦合影。

蔡天新：将近 12 年前，您曾经用四个词对四位早您一辈的理论物理学家进行尝试性的比较，泡利（威力）、费米（稳健、有力）、海森伯（深刻的洞察力）、狄拉克（笛卡儿式的纯粹），您也曾提到泡利与海森伯的关系一度十分紧张。假如让您对您自己和几位同辈同行（杨振宁、李政道、吴健雄……）进行尝试性的比较，您会选用什么词语呢？

杨振宁：物理学与数学有些时候是不同的。以 19 世纪为例，数学远远看过去，有二十多个大大小小的山头，而物理学远远看过去，只有几座大的山头。

蔡天新：您是 1960 年美国数学会吉布斯（Gibbs）讲座的演讲人。2008 年，在美国数学会的爱因斯坦讲座上，英裔美国物理学家弗里曼·戴森对您和您的规范场论大加赞赏，他的演讲稿《飞鸟与青蛙》（“Bird and Frogs”）2009 年被刊载在《美国数学会杂志》（*Journal of the American Mathematical Society*）上，这篇文章在数学家中影响很大。我还读过他写的《保守的革命者》，他称“杨对数学美的感受，照亮了他的所有工作”。他认为您是继爱因斯坦和狄拉克之后，20 世纪物理学的卓越设计师。我注意到您的一些代表作都是与他人共同完成的，这说明您善于与人交际和合作。陈省身先生晚年总结过一生最好的三个中国朋友和最好的三个外国朋友，假如让您来总结，答案是什么呢？

杨振宁：我一生和许多人合作做过研究，其中最成功的要数与李政道、米尔斯和吴大峻的合作。杨 – 巴克斯特方程虽然也有名，但巴克斯特与我并没有合作，我曾为他的命运抱不平。[①]

---

① 巴克斯特是在杨振宁之后独立从事这类方程研究的人。吴大峻是杨先生的学生、哈佛大学教授、台湾“中央研究院”院士，两人在量子场论和粒子物理等领域有过很好的合作。

蔡天新：戴森提到，他在学术生涯的关键时刻和费米交谈了20分钟，从中学到的比从与奥本海默（原子弹之父）20年交往中学到的还多。您博士毕业以后，曾给费米做过一年的助手。在他诞辰100周年之际，您也曾撰文纪念他，认为他是20世纪所有伟大的物理学家中最受尊敬和最值得崇拜者之一。我想知道，您对您的导师、氢弹之父爱德华·泰勒有何评价？还有他的匈牙利老乡约翰·冯·诺伊曼，后者（与您一样最初学化学）跨越的领域无人能及，您在普林斯顿与他有过交往吗？我还注意到，虽然您的合作者众多，但您指导的学生并不多，是您对自己的学生要求过高吗？

杨振宁：关于泰勒，他是很聪明、创新力极强的人。他对朋友很好，我个人没有看到他对人不好的一面。我到普林斯顿时研究很投入，等我取得成绩时，冯·诺伊曼已经病重，他因为参与原子弹试验遭受了核辐射。我的博士生不多，因为我没有好题目，就不愿意收新研究生。

蔡天新：不久以前，中国政府提出了大学要引领文化，这是在培养人才、科学研究、服务经济之外的第四项任务。在您看来，包括自然科学工作者在内的大学老师能做些什么，应该做些什么？在经过1952年的院系调整和后来的文理分科之后，这项工作的难度明显增大了。这是否与2 000多年来独尊儒学有关？在周公和墨子之后，再无横跨文理的大家，孔子的学说里似乎从没提到过数学和物理学。

杨振宁：各种不同的介绍科学的研究或普及的工作是全世界都需要注意和重视的。我有一个主意，现在中国大学生就业很困难，如果一些普通的本专科院校、中专学校等单位都有人专职从事科学普及和科学文化方面的教学工作，那么在提高大家科学素养的同时，也可以解决一大批知识青年的就业问题。

蔡天新：读了您的著作《曙光集》，我发现您也是一位科普大家，让我想起18世纪的欧拉。在《美与物理学》一文中，您用实验—唯象理

论—理论框架来描述物理学的三个领域及其与数学的关系，并指出后者是物理学的最高境界。您还提到，理论物理的语言是数学，并把数学和物理学的关系比喻为两片在茎处重叠的叶片。同时您还指出，布拉赫、开普勒和牛顿的工作分属这三个领域。2009 年，我们海内外不同大学的十多位数学工作者创办了《数学文化》季刊，旨在探讨数学的文化、思想和方法，营造一座沟通数学与自然科学、人文、工程技术和日常生活的桥梁。您能经常收到我们的杂志吗？

杨振宁：我看过几期，觉得很好。[①]

蔡天新：1986 年，您谈到了德国数学家赫尔曼·外尔在物理学方面的贡献，讲到他一生珍爱的两样东西——规范场论和非阿贝尔李群，后来被您和米尔斯糅合在一起，发展出了非阿贝尔规范场论。您还提到外尔的著作《数学和自然科学之哲学》（*Philosophy of Mathematics and Natural Science*），以及书中引用的英国诗人艾略特的诗句“少年时离开故乡，随着我们年龄的增长，世界变得陌生，死和生的模式更是错综复杂”。这是《四个四重奏》（*Four Quartets*）之一《东科克尔村》里的诗句，您知道这是谁译的吗？

杨振宁：这个我不知道。我们在海宁的时候，翁帆和她姐姐曾去参观徐志摩的故居。[②]

蔡天新：秦九韶是宋代的数学家，也是最有成就和最具国际知名度的

---

① 闲聊时杨先生谈到最新一期《数学文化》上连载的介绍数论学家闵嗣鹤先生的文章，他记得其中的细节并有补充，对闵先生很是敬佩，原来杨家和闵家在西南联大时走得比较近。此文由编委张英伯教授和主编之一刘建亚教授合作撰写，杨先生还提到他与《数学文化》另一位主编汤涛教授在澳大利亚的首次谋面。事实上，正是汤涛教授介绍笔者与杨先生通信。

② 此次来杭期间，杨先生应邀赴嘉兴海宁出席香港著名实业家、社会活动家、慈善家查济民先生诞辰 100 周年纪念活动。闲聊时，杨先生也谈及最近与莫言的对话，与诗人北岛的交往和对他回国探亲、到香港工作的帮助，杨先生也读过哈金的英文小说《等待》（*Waiting*）。

中国古代数学家，他发现的中国剩余定理出现在中外每一本基础数论的教程中，在抽象代数和当前其他一些数学及密码学等科学领域也有重要应用。2012 年，一座以他的字命名的桥梁——道古桥在杭州西溪河畔复名立碑。美国科学史家、“科学史之父”萨顿曾写道：“秦九韶是他那个民族、他那个时代，也是所有时代最伟大的数学家之一。”在您心目中，古代中国最好的物理学家是谁？最出色的工作又是哪一项？

杨振宁（想了一会）：沈括，他是杭州人，写过《梦溪笔谈》，里面谈到了光学方面的发现。你知道吗？清朝乾隆年间，外国传教士带来了眼镜，曾造成北京万人空巷。因为那时候，中国人尚不会制造玻璃，妇女用铜镜照镜子。[①]

蔡天新：物理学面临一个强有力的竞争对手——“后起之秀”生物学。您是否同意？詹姆斯·沃森和弗朗西斯·克里克发现的 DNA（脱氧核糖核酸）双螺旋结构，其地位相当于物理学中牛顿的万有引力定律。如果这样的话，达尔文的生物进化论相当于物理学中的自由落体运动。伽利略发现了自由落体的规律，却没能准确解释原因。如此说来，生物学家中的“爱因斯坦”是否尚未出现？

杨振宁：你应该听说过罗萨琳德·富兰克林小姐的故事吧，没有的话我跟你讲讲。她是英国物理化学家、晶体学家，事实上，是富兰克林小姐最早拍摄到了双螺旋晶体衍射图片（有些模糊），成为最后解出 DNA 结构的关键因素，可是富兰克林生前却没有获得过任何荣誉。1958 年，她因患卵巢癌去世，年纪只有 37 岁。4 年以后，沃森、克里克和莫里斯·威

① 我曾打算在送客路上建议杨先生经停以秦九韶的字命名的道古桥参观，让两位中国历史上最有成就的科学家相聚合影。遗憾的是，那天恰好是杭州机场高速封闭修路首日，我们被迫绕道而行了。

尔金斯因为 DNA 的工作获得了诺贝尔生理学或医学奖，威尔金斯是富兰克林小姐在伦敦国王学院的同事。沃森和克里克来找过富兰克林小姐要求合作，被她拒绝了，她认为自己可以拍摄到清晰的图片，威尔金斯看到过，便在没有征得富兰克林小姐的同意下，向沃森和克里克进行了描述，帮助他们找到了 DNA 双螺旋的结构模型。

蔡天新：1971 年夏天，您在相隔 26 年以后第一次回国，为何选择从缅甸进入中国？我记得那年稍早基辛格博士访华是从巴基斯坦入境。您在上海见到了父母，还去了北京和山西大寨等地。那次旅行您一定感慨万分，那会儿您对今天的中国有过设想吗？

杨振宁：那时候只有法国航空公司有航班飞中国，且要经过缅甸（当时的）首都仰光，没有其他选择，因此我转道欧洲。是呀，中国的变化实在太大了，我万万想不到以后 40 年中国的改变。那一次空中旅行很是难忘的，我记得穿越国境线以后，我在空中首先看见的，竟然是我读大学和离开中国前生活的城市昆明。不过，1957 年以来，我父亲便能到日内瓦和我团聚。

蔡天新：中国民间有所谓“七年之痒”的说法，您和翁帆结婚已经 10 年了，不知您对婚姻生活有何心得？听说您喜欢用数码摄像机来记录，那您应该是喜欢旅行。我想知道，您一生游历过多少国家？居住过一年以上的城市有哪几座？您和翁帆婚后一起游历过哪些地方？

杨振宁：这些年我们去过很多国家，居住则只有北京和香港。去过美国多次，但每次不过一两个月。[①]

---

① 有几次翁帆插话，她对杨先生的称谓是 Darling（亲爱的）。还有一次我们细数杭州的风云人物，当说到互联网英雄马云时，杨先生和翁帆都提到曾与他一同用餐，也说到了一些趣事。

蔡天新：您30岁时，正准备着手从事规范场论的研究吧。您60岁时，谈到您父亲的朋友朱自清先生曾把李商隐的诗句“夕阳无限好，只是近黄昏”改为“但得夕阳无限好，何须惆怅近黄昏”，您认为这一改动符合您晚年的心境。我想告诉您，最近我们浙江大学人文学院的一位教授举证说明，唐朝时“只是”的意思就是“恰似”，这样一来，朱自清先生就无须改诗了。我想知道，您过90岁生日时，有何特别的感想呢？有没有赋诗一首？

杨振宁：有，写过一首，即将发表。

蔡天新：10年前，您返回北京定居，指导创建了清华大学高等研究院并担任名誉院长。能否说说您现在的日常生活，您在北京和香港的时间如何分配？如今的清华园与您童年时代的清华园在您心中有何不同？我知道您的双亲安葬在苏州，您现在还会时常回忆起他们吗？1957年，您与父亲在日内瓦重逢时的照片令人感动和难忘。如今您的身体依然健康，依然能够旅行和演讲，您能否告诉我们保养身体的秘诀？当然，自然规律谁都无法回避，您将来的墓志铭又会是什么？是否有特别属意的数学公式？

杨振宁：我和三个弟妹关系密切，我们当然时时怀念双亲和儿时的一切。清华园是我小时候成长的地方，我的一生可以算作一个圆，从一个地方开始，走了很远的地方，现在又回来了。[①]

蔡天新：明年是杨－米尔斯方程发现50周年，您会出席哪些纪念活动呢？当初你们发现，量子物理揭示了基本粒子物理与几何对象的数学之间存在着令人瞩目的关系，这一预言后来在纽约的布罗克哈文、斯坦福、

① 2003年，杨先生回国。后来，在清华园照澜园里有了一座小楼，作为杨先生的起居和办公的地方。杨先生起名“归根居”，还写了一首诗《归根》：“昔负千寻质，高临九仞峰。深究对称意，胆识云霄冲。神州新天换，故园使命重。学子凌云志，我当指路松。千古三旋律，循循谈笑中。耄耋新事业，东篱归根翁。”末句的“翁”字应是双关语。

日内瓦的欧洲粒子物理研究所和日本的筑波得到证实，为何中国的高能物理实验室没能够证实呢？您认为质量缺口假设和存在性理论的证明还需要多少年？能否在这一代数学家和物理学家中获得解决？

杨振宁：是60周年[①]，10年前曾由杰拉德·特·胡夫特主编出版过一本书。中国物理学发展得很快，前途十分光明，许多人的悲观看法是因为他们不了解内情。[②]

---

① 杨－米尔斯方程首次发表于1954年，60周年应为2014年，杨先生书面回答是在2013年。——编者注

② 特·胡夫特是1946年出生的荷兰物理学家，以对粒子物理学中规范场论的发展做出贡献而著称，由于他的博士论文引进了维数正规化的技巧，并给出杨－米尔斯方程可重整化的证明，先后获得1981年和1999年的沃尔夫和诺贝尔物理学奖，他也是法国科学院和美国国家科学院的外籍院士。

一生圆满背后的矛盾、痛苦和煎熬[①]

科学上的伟人

“杨振宁是当之无愧的科学伟人。”陈方正从三个方面高度评价杨振宁的学术成就。

> 在基本理论方面，他所提出的非阿贝尔规范场论为深切了解基本粒子之间四项相互作用中的三项奠定基础，从而大大增进人类对于大自然在最深层次结构和作用的认识。
>
> 在粒子物理学方面，他与李政道所共同提出的弱作用是否宇称守恒问题导致一个多年来未经实证的基本假设被推翻，由是为他们赢得诺贝尔物理学奖的荣誉。

---

① 本文作者李晓明，前“知识分子”“赛先生”编辑总监，现从事科学基金资助与传播相关工作。2023 年 5 月 27 日下午，西湖大学湖心讲堂，中国文化书院和西湖大学联合举办的“汤一介当代学人讲座”第二讲，香港中文大学中国文化研究所前所长、荣休高级研究员陈方正面向数百位观众，讲述他眼中的“杨振宁和他的世界”。原文根据该讲座内容撰写，并于 2023 年 6 月 2 日发表在“知识分子”。此处有修改。

在统计力学方面，他同样有许多精妙的重要发现。更意想不到的是，他有两项重要的物理学发现与同时代的数学发展不谋而合，是相通的。除此之外，他在领导科学发展与国际合作，以及推动中国的科学与教育事业发展这两方面，也都做出了卓越贡献。

“他在物理学上的成就可以和狄拉克、海森伯、马克斯·普朗克、爱因斯坦、詹姆斯·麦克斯韦、牛顿等前辈大师相比。”陈方正如是总结。

杨振宁的痛苦和煎熬

未能出席这次活动现场的杨振宁特意录制了一段视频，给自己的百年人生“打分”：

这个中国文化传统几千年了，是要讲做人的原则。是什么呢？是立德、立功、立言。如果要给自己打分数，这德、功、言，我自己觉得我做得还不坏，而且是非常中国式的。

立德、立功、立言的“三不朽”之说最早见于《左传》，被传统士大夫视为最高的人生理想。由此可见，杨振宁浸润并受传统文化影响之深，也反映出他对自己的极高期许。

然而，陈方正深知，这样的期许极具挑战。他在演讲中表示：了解杨先生并不容易，这不仅仅是由于他的学问博大精深，更是因为他所处的时代和他所生活的世界充满剧烈变动和不可消弭的冲突。要在这样的时代和世界中充分发挥个人才华，而又不辜负父母、师友、广大中国知识分子，

乃至国际同行寄予他的厚望，还有他对于自己的期许，那是极其困难，甚至不大可能的。

“因此，在巨大成功的背后，他同样要忍受常人经常面对的矛盾、煎熬、痛苦。”这也是陈方正曾经在《晨曦集》发布时概括说的：“物理学的巨大成就仅仅是杨先生的一半，另外一半是他的中国情怀，两者互为表里，关系密不可分。”

杨振宁这一辈学人生于五四年代，长于战乱之中，身负国仇家恨，在20世纪的巨变中常常面临种种重大选择，取舍之间，人生道路大为不同。

第一个人生重大选择发生在20世纪50年代。陈方正回顾道：“在林荫覆盖的普林斯顿之外，世界正在发生巨变。1949年，中华人民共和国成立；1950年底，美军逼近鸭绿江，中国志愿军入朝，中美兵戎相见。杨振宁的两个好朋友——去了美国普渡大学的邓稼先和去了英国布里斯托大学的黄昆，都在获得博士学位之后毫不犹豫地回国……此外，1950年前后，还有很多在美国访问或者工作的中国科学家，如吴有训、王淦昌、华罗庚等选择回归；至于钱学森和张文裕，则直到20世纪50年代中期，方才冲破重重困难回国。他们都要在报效祖国与获得更高学术成就之间，做出关乎一生命运的重大抉择。这些关乎时局和师友去留的消息传来，不免在杨振宁敏感的心灵中引起矛盾，从而带来巨大的压力和痛苦，因为同时还有另一个天地在等待他发现，一些具有无比强大吸引力的工作在召唤他。”

杨振宁没有选择回国。他留在美国的最高学府，与世界顶尖的物理学家共事，在学术上取得了巅峰成就。“从（20世纪）50年代开始，杨振宁看起来就像是一艘在平滑海面上吃饱了风一往无前的帆船：结婚成家，发表重要成果，获得诺贝尔奖，去纽约石溪开创自己的新天地……一切顺利圆满。”陈方正讲述道，“其实，在他内心深处，仍然翻腾着极大的矛盾、

痛苦、煎熬，理由非常简单：骨子里他还是一个中国人，一个带有五四运动和西南联大的烙印，背负着父母师长深厚期望的中国知识分子，而中国此时正在天翻地覆之中。”

1957 年，李政道、杨振宁共同提出弱相互作用中宇称不守恒理论，名动国际学术界。但冲突与矛盾如影随形。陈方正谈道，当年夏天，杨振宁有机会在日内瓦和离别 12 年的父母重聚。此后在 1960 年、1962 年和父母还有两次相聚。一家人久别重逢，有惊喜激动，可是一旦深谈，父母对新中国的看法相左。父亲再三劝说杨振宁回国，这有时候会让三个人的情绪陷入低谷。

1964 年是一个大转折。当年杨振宁终于加入了美国籍，为此，他十分内疚。将近 20 年后，他还讲：“直到临终前，对于我的放弃故国，他（父亲）在心底里的一角始终没有宽恕过我。”

为何杨振宁会在此时做这样的决定，陈方正认为有很多理由。“一个是他在书中写的，肯尼迪总统在 1961 年的就职典礼破天荒邀请诗人罗伯特·弗罗斯特朗诵诗篇，打动了他；两年后，美国总统又把费米奖授予奥本海默，后者曾经被美国国会右派羞辱过。这加深了杨振宁对这个国家的亲切感。”

他继续讲道：“此外可能还有更深的原因，就是‘李杨之争’。李政道比杨振宁小四岁，1946 年到了芝加哥后，二人很快就成了好朋友，合作无间。1949—1962 年，二人合作 20 篇论文，情同手足，然而这一切到了 1962 年戛然而止，二人断绝合作，不再往来。杨为此感到非常沮丧和痛心，失去了 20 年来亲密合作的伙伴，打击很大。这很可能是他加入美籍的真正原因。最直接的证据就是，二人 1962 年分道扬镳，1963 年李政道加入美国籍，1964 年杨振宁加入美国籍。两个人很亲密，在异国很有安全感；散伙了，孤独了，在异国没有安全感。”

1971 年是另一个攸关重大的关键之年。当时，中美之间冰封已久的关系刚刚露出一点缓和的迹象。杨振宁抓住了这次稍纵即逝的历史性机遇，回到了阔别已久的中国。他见到了自己“中学、大学、在美国的知心朋友”“超越了兄弟关系”的邓稼先。

临别时，杨振宁从邓稼先的一封信中得知，中国的原子弹基本没有外国人的参与。根据杨振宁自述，他当时读信时受到了极大的情感震荡，热泪满眶，不得不去洗手间洗脸整容。他在百岁之际回忆道，这次访问“对于以后 50 年我的人生轨迹有了非常大的影响”。

1971 年，邓稼先送别杨振宁信的原文最后是这样写的：“这次送你走后，心里自然有些惜别之感。和你见面几次，心里总觉得缺点什么东西似的，细想起来心里总是有‘友行千里心担忧’的感觉。因此，心里总是盼望着‘但愿人长久，千里共同途’。”

其中深意，杨振宁后来才有所体察。2022 年，在清华大学举办的杨振宁百岁华诞纪念活动中，面对满座高朋，杨振宁的讲话主题就是“但愿人长久，千里共同途”，几乎是单独给邓稼先一个人的倾诉与回应。他的原话这样说道：

> 这个信如果仔细看很有意思，因为它除了讲他（邓稼先）验证了中国的原子弹基本没有外国人参与，当然没有寒春。这封信后边还有几段显示得很清楚，他在那几个星期里跟我见过好多次，他有想跟我说的话说不出来，所以他在信的尾巴上描述了一下他想要跟我讲什么，可是不知道怎么讲。
>
> 在这个信的最后他这样给了我一个期望，是“但愿人长久”，他把“千里共婵娟”改了一下，变成“千里共同途”，当时我看了

信以后没有看懂这句话。“千里共同途”是什么意思呢？我后来想了想，知道这是一个很深的意思。最近这个信发表了，仔细看了以后，我觉得今天，五十年以后，我可以跟邓稼先说：稼先，我懂你“共同途”的意思，我可以很自信地跟你说，我这以后五十年是符合你“共同途”的属望，我相信你也会满意的。再见！

陈方正也谈及杨振宁百岁的这次讲话，认为杨振宁非常在意邓稼先的这封信。“他当然是深受民族主义影响的中国人，自认为一生最重要的贡献是帮助改变了中国人自己觉得不如人的心理，帮助中国人的自信心增加了。他的至交邓稼先比他早半个世纪回国，以 1964 年的中国原子弹来证明，中国人绝非不如人。百岁之际他披露了这封信，而且给出了可以告慰邓稼先的回应：稼先回来了，为中国造了原子弹，他也回来了，为中国做了很多事情。大家殊途而同归。”

但另一方面，陈方正也指出，杨振宁的思想观念、习惯同样深受美国文化、特别是个人主义的影响。例如，他发表个人意见都很自信，特立独行，不受舆论左右。他和翁帆结婚、大力推崇《易经》都是如此。“他强调他身上流的血是中国人的血，然而，美国和美国文化在他心灵上也是深刻而不可磨灭的。”

然而，所有的冲突在杨振宁的身上最终走向了融合。他曾经说“我的一生可以算作一个圆”，一再强调，他的一生非常幸运。陈方正表示，所谓幸运，不止于上天所赋予他的卓越才能，他所碰到的难得机会，以及由此而带来的成功与声誉，还在于他在后半生所选择的安身立命之道。

“事实证明，这选择不但明智、符合初衷，也为他带来幸福和安泰。”陈方正表示，在人生的道路上，杨振宁相比狄拉克、海森伯、普朗克、爱

因斯坦、麦克斯韦都幸运得多，唯有牛顿与其大致相当。

我和杨振宁的观点也有不同

陈方正并不讳言自己与杨振宁有一些观点并不相同。在报告中，他谈及杨振宁对中国传统文化、中国发展道路、科学整体还有人类前途的看法就很复杂。

“有一次，我心血来潮问杨先生，一生之中对你影响最大的会不会就是孔子呢？他毫不犹豫地说，那当然。他早已对这个问题想得很清楚。

“中国经济高速发展，大家经常讨论是什么原因。杨先生的回答很干脆，就是中国传统文化加强势领导。可是，改革开放显然和经济起飞是一脉相传的，而改革开放和那两个原因，好像还不完全一样吧？还有些冲突。为了这个我们辩论了很久，当然也不会有结论。”

而对于中国传统文化与现代科学的关系，陈方正在《继承与叛逆：现代科学为何出现于西方》一书中有深刻的追问和研究。他认为，中国的传统文化从源头上就缺少科学的基因，缺少刨根究底的理论性思辨，没有孕育出现代意义上的科学。历史上许多技术发明主要起于实用，往往知其然而不深究其所以然，缺少了西方科学史上那种特殊精神，即长期而系统地通过数学化来探求宇宙的奥秘。

“杨先生是伟大的科学家，但他对现代科学的前景看得比较暗淡，半个世纪之前就说高能物理盛宴已经结束。在他看来，人的力量比起宇宙的奥秘来微不足道，永远不可能完全破解和掌握。他像牛顿一样，感到自己是海边拾贝的小孩子，还有浩瀚无边的海洋等待他去发现。就像庄子所说，‘吾生也有涯，而知也无涯’，他恐怕也有这个感觉。”

而对于科学在中国的未来前景，陈方正则持乐观的态度。他认为，一方面科学在中国发展的历史比较短，仅有百余年，虽然根基尚浅，但已经扎根下来了，中国人也知道科学的重要性；另一方面即使有一些不利影响，科学也应该会得到继续发展。只要中国能够保有一些不受外界影响的小环境，如杨振宁所办的清华大学高等研究院或西湖大学这样的象牙塔，让一些对基础科学有兴趣的人能在那里持续发展，不需要很多的钱，也不需要很多人，中国那么大，或许 20 个就够了。

对于当下中美博弈对科学的影响，陈方正认为，这对中国实用科学的发展会有一些不利的影响，对基础科学的发展照理说不应该有太大的影响。

可是中美之间的交流慢慢变少了以后，可能也有间接的影响。“我想美国要抵制中国，可能一时间是抵制得了的，再长了也抵制不了。最多就是让中国发展慢一点，可是长期来讲，对中国是有利的。因为中国人有自己的头脑，有自己的勤劳，有自己的制度，即使发展慢一点也并不那么可怕，因为它终究还是要继续发展的。”

“以 50 年、100 年为尺度，科技的进步一定会给人类带来很大的幸福，只要人类能够认识世界的大形势，能够好好地运用这种了解自然界的巨大力量。”陈方正曾在一次访谈活动中阐释其观点，“但从更长远来讲，科技带来的是不是一定就是好事情？这个我有点疑惑。”

他进一步的解释透露出一种哲学意味的思考：“因为再过一两百年，当人能充分利用无数科学发明的时候，人的生存就再也没有任何威胁，他不用做任何事情就能活得很好，但那时候，以前觉得极其享受，极其好玩、好看的东西可能就都变得反而没有意思了，那时候生命的意义到底是什么呢？在我看来，这个似乎很幼稚的问题，可能是人类将来最需要思考，也最难解决的（问题）。”

科学研究者一生的两个困难时期[①]

我很荣幸参加此次第一届腾讯“科学探索奖”。请允许我讲一些话。我觉得腾讯这个奖办得非常好，从设想到评奖程序、选的学科和非常严谨的评选，以及今天的颁奖典礼都非常成功。我们大家都应该向腾讯基金会，向参与成就（这个）奖的各个专家学者表达我们的感谢。

这个奖特别是为了比较年轻的学者。这是一个非常有远见的想法。我们知道，一个科学研究工作者，一生有两个最困难的时期。第一个就是在做研究生的时候，要选题目。因为在做学生的时候是在学习已经有的知识，做研究生，就要改变、发展一个新的方向。这个问题是困难的。我自己就有经验，所以1947年对我的一生是比较不开心的一年。

第二个困难的时间，就是获得博士学位后的5~10年。要选择一个领域，做出一个站得住的工作，是一个新的挑战。腾讯这个奖特别关注了这个时间段的学者，我想这是非常有远见的一个计划。

---

① 本文作者杨振宁，由“知识分子”和“赛先生”编辑部整理，并于2019年11月2日发表在“赛先生”。此处有修改，未经杨振宁先生本人审阅。

我想借这个机会，一方面祝贺今天得奖的 50 位学者，一方面也和他们讲几句话。

20 世纪的科学发展，从基础科学到应用科学再到工程的发展是人类历史上空前的。因为这些发展，所以 20 世纪初到 20 世纪末年，人类的生产力提高了几百倍，并且提高的几百倍今天还在继续推动 21 世纪人类的发展。一个年轻的学者在这个时候进入科技研究队伍，一方面是非常幸运的机会，一方面也是非常有挑战的。

为什么说幸运？因为今天科技发展的方向铺陈出来数不清楚的新领域，每个领域都可以做出惊人的、传世的工作，但这也就带来一个问题：一个开始做研究的人怎么选择走哪一条路、哪一个专题，用什么方法去研究？

我个人对这个有些意见，也许会对各位有点用处。要想了解哪一个领域，不管是红得不得了的，还是已经被很多人抛弃的，做选择最主要的一点是要先了解自己，了解自己的能力和兴趣。如果掌握了自己的能力和兴趣，再根据这一了解去选择要走的路径，我想是最容易成功的。

最后，我要讲一句话，是我觉得整个腾讯这个奖的发起和推进，到今天做成这样，有一位最最重要的人物就是饶毅。我希望以后，第二届、第三届腾讯科学探索奖，我还能继续来参加，继续了解其发展的方向。

做科研成功的重要因素①

我非常高兴参加这一次颁奖典礼。我记得非常清楚，15年以前，2000年，求是科技基金会也曾经在中国科学技术大学举行过颁奖典礼。我每一次到合肥来，发现中国科学技术大学变（更）大了，我想这也就代表了整个中国的高等教育、科技发展都是在高速成长。求是科技基金会能够为中国的高速成长做一些贡献，我想这是让查老先生、查太太，还有所有跟求是科技基金有关系的人都感到非常高兴的。我没有很多时间，我想讲一下我个人关于创新、创业的感想。我觉得尤其是在科学研究的创新方面，个人的兴趣，尤其是早年的兴趣跟能力，常常扮演一个非常重要的角色。

我给大家举几个例子。爱因斯坦是在1905年，26岁的时候，写出了狭义相对论（的论文），这是人类历史上一个大的观念上的革命。可是你会问，为什么一个26岁的人就会做这件事情呢？研究过爱因斯坦的人知道，他不是26岁的时候才开始，是还在念书的时候，就是19世纪最末期

① 本文作者杨振宁。2015年9月19日，杨振宁出席“2015年度求是奖颁奖典礼”并发表演讲。“知识分子”根据现场演讲整理成文，并于2015年9月20日发表。此处有修改，未经杨振宁教授本人审阅。

的时候，他给当时的女朋友，也就是后来他的夫人写信的时候，就讲他对于电动力学很感兴趣。电动力学就是后来狭义相对论里面爱因斯坦做出革命性文章的领域。所以（这）证明，他事实上是在念书的时候，就对后来做出大成就的领域产生了兴趣。

再举一个例子。我们都知道，1953 年生物学出现了一个大的、世纪性的重要发展，那就是发现 DNA 双螺旋结构。这个是沃森和克里克做的工作，那个时候，克里克是研究 X 射线方面的专家。他们两人注意到，必须研究的事情就是 DNA 分子的结构。如果你看了沃森写的《双螺旋》（*The Double Helix*）一书，你就可以看到他们对这件事情是多么重视。这次获奖也表明了他们的兴趣（是非常重要的因素），但并不是只有他们两人（对 DNA 分子结构）感兴趣，当时有好多人感兴趣，但他们特别专注，我想这是他们之所以成功的原因。

还有一个例子。20 世纪数学界有一个大成就，就是陈省身教授在 1944 年所发表的一篇文章。这个文章是怎么形成的呢？它所做的事情是把高斯 – 博内公式扩充到四维空间。高斯 – 博内公式 19 世纪就有了，是在二维空间里的。陈先生生前再三地讲，他对这个定理很早就产生了兴趣，还在巴黎做博士后的时候，就产生了兴趣。然后他到西南联大做了一个年轻的教授，在这方面延续自己的兴趣。他用了新的技术，把二维的高斯 – 博内定理的证明简化。他当时之所以做这个事情，是因为他对这个问题有非常大的兴趣。这又为他后来做出的实质性重要工作奠定了基础。事情源于他在 1943 年到美国去访问，他的朋友、一个大科学家叫作奥斯瓦尔德·维布伦给他看了一篇 100 多页的文章，那个文章把高斯 – 博内定理扩充到四维空间，这当然是一个很重要的工作。可是这篇文章非常难懂、非常复杂，所以写了 100 多页。陈先生因为本来就有对于二维空间（进

行）证明的一个新的、简单的想法，看了这篇 100 多页的文章中非常复杂的、关键的想法后，他懂了。所以一个星期之内，他写出来了一篇 7 页的文章，这个文章就奠定了整体微分几何学的基础。整体微分几何学是 20 世纪非常重要的一个数学界的领域，对于数学界里面的代数、几何、分形、拓扑都有关键性的影响。整体微分理论就起源于他的这一篇 7 页的文章，而这篇 7 页的文章起源于他早就对这件事情产生兴趣。

我也可以告诉大家，我觉得自己已经做过的工作中，最重要的叫作规范场论。这是 1954 年我在美国和一个年轻的博士后米尔斯合写的文章。为什么我要写这篇文章呢？就是因为我在读研究生的时候，事实上在西南联大做硕士研究生，以及后来在芝加哥大学做博士研究生的时候，我就对两个东西特别感兴趣。其中一个是对称，因为当时有一个大数学家叫作赫尔曼·外尔，他在 1929 年写了一篇文章最先讨论规范场。可是这个规范场没有什么用。虽然是很漂亮的东西，但没有用，所以有多半的人都没有对它产生兴趣。我对这个很漂亮但没有多大用的东西产生了兴趣。后来到了 1954 年，这个兴趣就起了作用。米尔斯和我就把赫尔曼·外尔这个不太有用的规范场论进行推广，这后来成为我一生最重要的工作。

所以，我要跟同学们，尤其是年轻的各位同学讲，做科研成功，有好几个非常重要的因素。一个是兴趣，一个是能力，当然有兴趣和能力还不够，我想世界上做科学研究的人有很大的兴趣，有很好的能力，可是并没有做出重要工作的人比比皆是。为什么呢？因为还要有机遇。一个人的兴趣和能力恰巧与当时有机会发展的方向重叠在一起的时候，他就有成功的希望。爱因斯坦在 20 世纪初对电动力学产生兴趣，（这个问题）恰恰是当时人们面临的一个困扰。所以这三点就聚在一起了，兴趣、能力、机遇，他就能够成功。我想沃森、克里克的成功也是（因为）他们有兴趣、有能

力，而恰巧从那之后，用 X 射线衍射的方法研究 DNA 结构达到了成熟的地步。所以这个机遇，就造成了他们后来有大成就的结果。

这些故事我想是值得大家讨论的，怎么能够从这些例子中，发现自己的兴趣、自己的能力，以及这些兴趣、能力是不是在当时有一个最好的机遇，我想这个问题没有人能够给任何一个人（提供）建议，或者是给任何一个人有用的劝告。谢谢。

第二章
中国之子

破冰之旅：1971 年率先回到中国[①]

杨振宁放弃美国国籍转为中国科学院院士的消息曾引起人们的热议。其实，20 世纪 70 年代，杨振宁还是第一个回国访问的美籍华人，这一点却鲜为人知。考察这段尘封的历史，也许有助于我们理解杨振宁为何放弃美国国籍回归祖国。

20 世纪 50 年代，伴随着新中国的成立，滞留海外的一大批学有所成的科学家回到中国，加入新中国的建设。在这一波回国大潮中，没有杨振宁。1964 年 3 月 23 日，杨振宁加入美国籍。“这是一个痛苦的决定。”他曾经在 1983 年出版的一本书中谈及此事，说父亲到临终都没原谅他放弃中国国籍。

囿于国内政治环境的重大变化，20 世纪 50 年代之后，海外华人的回国基本趋于停滞。然而，就在 20 世纪 70 年代初，杨振宁率先回国，为中美关系的破冰，为海外华人消除疑虑做出了历史性的贡献。

---

① 本文作者黄庆桥，上海交通大学马克思主义学院教授。原文于2017年2月22日发表在“知识分子”。此处有修改。

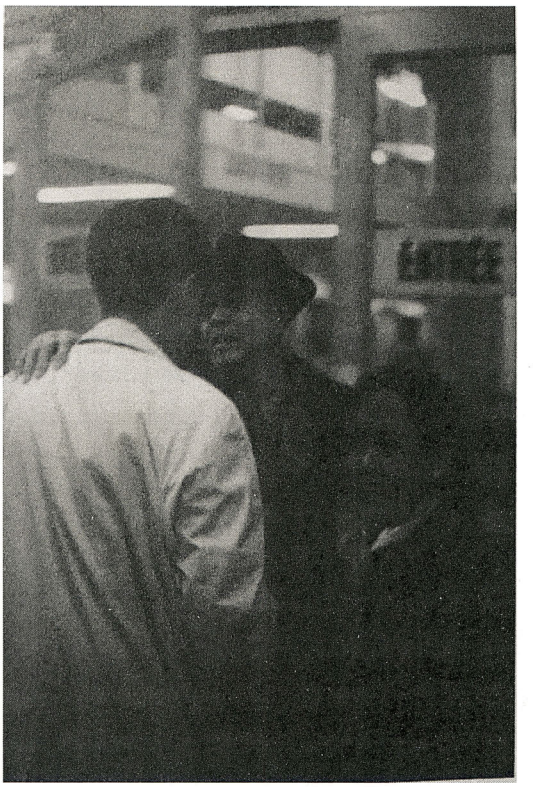


图 2.1　1962 年 5 月 21 日，杨振宁在日内瓦机场迎接父亲杨武之（中）和母亲罗孟华（右）
图片来源：《杨振宁传》（杨建邺著，2012 年），拍摄：黄长风。

杨振宁的破冰之旅，还要从著名的“乒乓外交”说起。1971 年之前，中美两国处于对峙状态，这不仅不利于中国的发展，而且长期的对峙显然也不符合美国的国家利益，寻找打破僵局的突破口就成为当时两国领导人的战略议题。1971 年 3 月 28 日，第 31 届世界乒乓球锦标赛在日本名古屋开幕。在周恩来的亲自关心下，中国政府决定派代表团参加，用意是借助这次参赛恢复对外关系。正如中方所料，比赛期间，参赛的美国乒乓球队主动与中国队接触，表示愿意访华，中国乒乓球队迅速将情况报告给了国内，经毛泽东批准，4 月 7 日，中国方面正式向美国乒乓球队发出了访

华邀请。这便是著名的“乒乓外交”。

“乒乓外交”非常成功，就在周恩来接见美国乒乓球代表团的4月14日，时任美国总统尼克松宣布结束20多年来对中美两国贸易的禁令，放宽对新中国的货币和航运管制。杨振宁正是抓住了中美关系解冻的历史性机会，率先实现了回国探亲的愿望。

1971年4月的一天，杨振宁忽然从美国报纸的一个很不显眼的地方，看到美国政府发布的一个通告。美国公民护照上原来印有美国公民不可随便去的共产主义国家，包括越南、古巴、中国和朝鲜，而这个通告把对去中国的限制取消了。杨振宁立即认识到这个通告的重大政治含义，他决定抓住这个机会，迅速实现回到中国的愿望——此时他的父亲、著名数学教育家杨武之正因重病住院。

然而，在当时中美政府高层尚未接触的情况下，像杨振宁这样有着重要影响力的国际著名科学家，要回到中国谈何容易！杨振宁彼时任教于纽约州立大学石溪分校，他将自己的想法告诉了校长约翰·托尔，并得到了支持。在各方支持下，杨振宁正式通知美国政府，说他要回国探亲。美国政府是通过白宫科学顾问回复他的：“同意杨振宁到中国去探亲，但不能帮助他拿到签证。”

杨振宁办事恰如他做学问一样，缜密细致。他在通知美国政府之前，已经给父亲杨武之写了一封信，说自己打算回国探亲。杨武之将此事上报，受到了中国政府的重视。国务院通知杨武之，欢迎杨振宁回国探亲，并请他到加拿大或法国的中国大使馆去办理签证。

1971年7月15日，杨振宁由纽约飞到巴黎，顺利地拿到了赴中国的签证。7月19日，杨振宁登上了飞往上海的飞机，踏上了26年来（杨振宁于1945年赴美）的首次返国之旅。

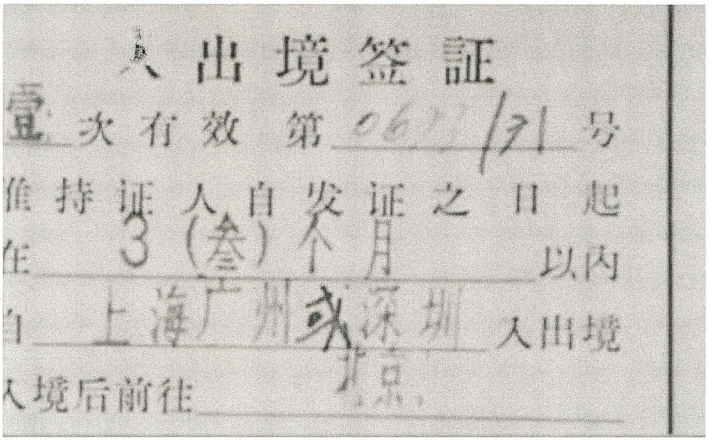


图 2.2　杨振宁的签证

图片来源：凤凰卫视《我们一起走过》截图。

杨振宁第一次回国访问，一直停留到 8 月 17 日才离开，差不多有一个月的时间。他的日程被安排得满满的。在上海，杨振宁除了陪侍重病住院的父亲，也抽时间访问了复旦大学、中国科学院上海生物化学研究所[①]等，还回了他的出生地合肥。在北京，他访问了北京大学、清华大学、中国科学院原子能研究所（1984 年改称中国原子能科学研究院）等，还见到了青少年时代的好友邓稼先、西南联大时的同窗黄昆，拜访了他的老师吴有训、周培源、王竹溪、张文裕等，还见到了自己的岳父杜聿明先生。

7 月 28 日，周恩来总理在人民大会堂会见了杨振宁并设宴款待。整个会见前后近 5 个小时，在中美关系解冻的大背景下，周恩来想多了解一些美国的情况，因此交谈话题几乎不涉及科学，“周恩来想多了解美国的

① 2000年，中国科学院上海生物化学研究所与原中国科学院上海细胞生物学研究所整合成了中国科学院生物化学与细胞生物学研究所。——编者注

情况，于是询问了学生运动、大学改革、黑人运动、失业和选举相关的政治气氛，以及美国对日本的态度等问题”。



图 2.3　1985 年 6 月，杨振宁到医院看望病中的邓稼先

杨振宁回到美国后，曾先后四次公开发表演讲，介绍新中国的建设成就，为推动中美两国之间的了解和交流做出了贡献。当年 8 月在康奈尔大学的物理学会议上、9 月在他任教的纽约州立大学，他都做了介绍中国之行的公开演讲，正面评价新中国的建设成就，这些演讲都十分轰动。此外，1971 年 11 月，美国《今日物理学》杂志编辑采访了杨振宁，在这次采访中，杨振宁介绍了中国科学的发展情况。后来，这次采访以《对中华人民共和国的物理的印象》为题发表在《今日物理学》上。[①] 此外，杨振宁还利用各种机会，不只在美国，还在欧洲、南美洲、亚洲其他国家演

① Gloria B. Lubkin, C. N. Yang discusses Physics in People's Republic of China, *Physics Today*, 1971.

讲，不失时机地介绍新中国的情况，促进各国与中国的沟通。

杨振宁的破冰之旅更是在华人圈里引起了轰动和积极的反响。在杨振宁之后，大批华裔学者逐渐消除了顾虑，纷纷申请回国探亲、访问、旅游。其中，最有名的是以林家翘为团长，包括任之恭、何炳棣在内的20多名华裔著名学者访问团来到中国，受到毛泽东和周恩来的接见。林家翘在接受记者访问时表示，他们都是受了杨振宁回国的启示和鼓舞，才决定到新中国去的。

关于杨振宁1971年的破冰之旅的意义，诸多著名人士给予高度评价。美籍华裔物理学家聂华桐说："1971年，中美关系稍有松动，他马上就决定回中国看一看。回到美国以后，他对中国的情形做了很多报告，由于他的名望和地位、他的作风和为人，他的演讲和报道在美国社会引起了很大的反响。在当时中美关系还没有解冻的情况下，他这样做是担了相当大的风险的，但他认为正面报道中国在各方面的许多发展是他的义务。由于他在学术上的地位，他经常到欧洲、南美洲、东南亚等地去讲学或访问，大家往往都要求他做关于中国情况的报告，他在这些地方的报告，尤其对当地的华侨产生了很大的影响，许多美国人，尤其是科学家对中国持友好的态度，愿意同中国亲近，杨先生的功劳是非常大的。"

美国国务院东亚和太平洋事务原助理国务卿詹姆斯·利利（李洁明）在20世纪80年代说："诺贝尔物理学奖得主杨振宁博士当年到中国，对中国的现代化有促进作用，而美国目前的政策也是支持及愿意协助中国进行现代化的，杨振宁可说是首开其端。"

我国著名科学家周培源先生也说："杨振宁是美籍华裔科学家访问中国的第一人，也是架设起中美之间科学家友谊和交流桥梁的第一人。光是这方面的贡献，杨振宁的成就就是无人能及的。"

对中美科学交流的贡献[①]

2025年10月18日，世界物理学大师杨振宁先生在北京去世，引起人们的广泛悼念。本文追思了他在当代世界物理学中的杰出成就，以及他对中美两国科学教育和中美科技交流的巨大贡献。

1957年，杨振宁先生和另一位杰出华人物理学家李政道先生因为推翻宇称守恒定律而获得诺贝尔物理学奖，不仅轰动了世界科学界，而且对全球华人产生了巨大影响。他们的成就极大地增强了华人的自信心和自豪感，让很多华人认识到，现代科学不只是西方人的科学，而是整个人类的科学，中国人也可以在科学中做出杰出的贡献。

他们的成功还改变了世界上其他人对中国人科学潜力的认知，并促进了中美在冷战期间进行科学交流。这从下面的故事可以得到例证。在杨振宁、李政道获诺贝尔奖之后不久，丹麦物理学家、哥本哈根大学理论物理研究所（1965年改名为尼尔斯·玻尔研究所）所长奥格·玻尔接到

① 本文作者王作跃，美国加州州立理工大学波莫纳分校历史系教授、美国科学促进会会士，研究方向包括近代物理学史、近现代美国和中国科技史以及美籍华人科学家历史。原文于2025年10月20日发表在“赛先生”。此处有修改。

中国科学院的访华邀请。奥格·玻尔是原子量子论奠基人尼尔斯·玻尔之子，所以也被称为小玻尔。他在美国有很多物理学家朋友，包括杨振宁、李政道和伊西多·艾萨克·拉比。拉比是李政道在哥伦比亚大学的同事和1944年诺贝尔物理学奖得主。他听到小玻尔被邀访华的消息后，就写信鼓励他接受邀请，并引用杨振宁和李政道的例子来说明开启西方与中国科学交流的重要性：

> 我听我们共同的朋友们说你正在考虑是否接受中国科学院彭桓武的邀请去中国访问。我写这封信就是敦请你接受这个邀请，迈出打开我们的中国同事和在西方的我们之间文化关系的重要一步。说实在的，我很羡慕你有这个机会。我们关于中国物理学的知识实在乏善可陈。就我们所知而言，中国也许到处都有李政道和杨振宁那样的人才。但另一方面，他们也可能相当孤陋寡闻，因此外部的激励对于他们的科学发展也可能很重要。我希望等你访华回来以后能见到你，听你讲讲你的经历。[①]

小玻尔后来在1962年对中国进行了成功的访问，并在杨振宁和李政道的帮助下，促成中美科学家在冷战期间于尼尔斯·玻尔研究所进行了难得的科技交流、合作。[②]

---

① I. I. Rabi to Aage Bohr, April 19, 1961, I. I. Rabi Papers, Library of Congress Manuscript Division, box 1, folder "Bohr, Aage, 1948–1985, undated". 关于小玻尔1962年访华经历，参见尹晓冬，丹麦物理学家奥格·玻尔1962年来华始末及影响，自然科学史研究，2012，第31卷第3期，第329—342页。

② 王作跃、尹晓冬，1963年中国物理学家赴丹麦玻尔研究所访问研究的历史考察，自然科学史研究，2013，第32卷第4期，第470—490页。



图2.4　1976年，杨振宁与诺贝尔物理学奖得主伊西多·艾萨克·拉比（前排右一）、瓦尔·洛格斯登·菲奇（后排左一）、詹姆斯·沃森·克罗宁（后排中）、丁肇中（后排右一）

图片来源：维基百科。

杨振宁和李政道获诺贝尔奖后，吸引了很多年轻的中国人去研习物理。例如，我于1978年参加高考，考上大学后读物理，在一定程度上就是受到了他们的影响。我后来从物理转向了科学史，目前正在做的是关于杨振宁这一代留美科学家的历史研究，尤其关注他在中美科技教育交流方

面做出的独特贡献。

1949 年中华人民共和国成立时，杨振宁已经在年前获得芝加哥大学物理博士学位，彼时正在美国著名的普林斯顿高等研究院做访问研究人员，随后他决定留在美国。当时美国有 5 000 名左右的中国留学生、科学家。到了 20 世纪 50 年代，有 1 300 人左右回到了中国，4 000 人左右留在了美国。杨振宁和李政道无疑是后者最有名的代表，在获诺贝尔奖后，他们马上成为世界关注的人物，并成为海峡两岸争取的对象。这方面的一个例证就是在中美关系隔绝的年代，中国政府仍然允许、支持杨振宁的家人多次到国外、境外与他见面。

在留美华人科学家里，杨振宁是比较早就参与了美国和美国华人社会政治活动的人。其中大家比较熟悉的是，1970 年，他参与了美国华人的“保钓运动”，还亲自到美国国会做证，呼吁美国把钓鱼岛归还中国。而鲜为人知的是，在这之前杨振宁已经在他任教的纽约州立大学石溪分校参与并组织了一系列师生反对美国越南战争的校园活动。

当然大家最熟悉的是，1971 年，在时任美国总统尼克松访华之前，杨振宁就率先回到中国进行访问，在中美两国都引起很大的反响。在那次访问中，周恩来总理接见了他，并邀请了数位中国科学家参加接见。这次接见帮助改善了陪同接见者和其他一些中国科学家的处境。

杨振宁还在美国利用他的影响力推动了中美交流。在 20 世纪 70 年代初回国访问后，他在美国做了多场报告，对增进美国人民对中国的了解起到了促进作用。当然他事后也承认：“我承认我是蹩脚的新闻记者，可是请注意我不是以一个新闻记者的身份或心情去中国的。”[①] 20 世纪 70 年代

① 徐胜蓝、孟东明编著，杨振宁传，上海：复旦大学出版社，1997，第 104 页。

末，杨振宁担任全美华人协会会长，对中华人民共和国与美国在1979年1月份的正式建交做出了贡献。

从1971年第一次回国访问开始，杨振宁就积极参加了中国科技教育政策的讨论。他在20世纪70年代初回国时，跟中国科学家和领导人就基础研究做了大量的探讨和建议。当时中国强调生产实践和实用技术，而忽视基础研究。所以他提出中国应该重视基础研究，并引起了中国政府尤其是周恩来总理的重视。[①] 有意思的是，早在1971年7月20日杨振宁第一次抵达上海进行返国访问之前（7月6日），周恩来在北京接见全国教育工作会议领导小组时就提到“杨振宁教授担心我们对理论工作是否能搞上去”。[②] 后来杨振宁又提出了很多关于加强应用研究的建议，也引起广泛讨论。

具体到科研方面，他在回国访问中不仅报告了自己的研究成果，还带回了丰富的世界科技进展信息。这对中国科学家，尤其是在20世纪70年代比较与世隔绝的情况下，是非常重要的，也是他促进中美科学交流的有效举措。他还通过邀请中国科学家（例如复旦大学数学家谷超豪）到美国访问，做合作研究，来促进中美科学交流。

20世纪与21世纪之交，杨振宁先生从石溪分校退休，并在夫人杜致礼女士去世以后，回到北京在清华大学定居，积极参与创建、领导了清华大学高等研究院，以其为平台在校内外开展学术活动。能有机会与杨振宁这样的世界顶尖科学家面对面接触，这对增加中国学生的自信心有很大帮助。而且像以前一样，杨振宁不只就具体科研提供建议，而是对世界科学

---

① 刘金岩、张柏春、吴岳良，杨振宁：中美科技交流合作的推手，自然科学史研究，2021，第40卷第3期，第374—386页；王作跃，华裔美国科学家和美中科学关系：从尼克松到李文和，载尹晓煌、孔秉德，美籍华人与中美关系，北京：新华出版社，2004，第239—262页。

② 武衡，科技战线五十年，北京：科学技术文献出版社，1992，第351页。

前沿提出见解，这对国内科学家和学生是非常有价值的。

杨振宁先生一贯对科学史感兴趣，并对科学史学者的工作给予了大力支持。2011 年，我得到杨先生的许可，先是到香港中文大学的杨振宁学术资料馆做研究，然后又有幸在清华大学跟他做了两次访谈，内容非常丰富，对我的留美华人科学家与中美科学交流史的研究有很大帮助。

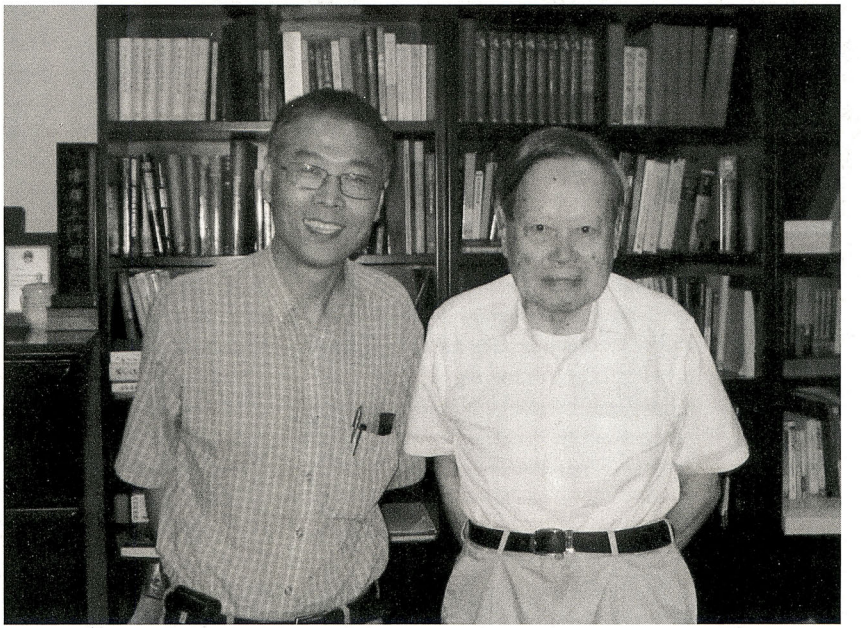


图 2.5　杨振宁于 2011 年 8 月 1 日在清华大学高等研究院接受王作跃的访谈

在与杨先生的访谈中，有几个方面使我印象深刻。当时他已经 89 岁高龄，但记忆力极好，思维清晰。我们讨论到他在 1949 年前后如何决定暂时留美，而没有像他的一些朋友（比如核物理学家邓稼先）一样立即回国。他回忆说，当时留在美国的决定是一个缓慢的过程，并且是由多因素促成的。例如，他记得他在 1950 年在普林斯顿和杜致礼女士结婚以后，给上海家人写信，问当地电压是多少，用什么样的胶卷。这是因为他要买

电器、照相机等家用品，希望回国了还能继续使用，反映出当时“脑子里面觉得是要回国的”。[①]

为什么后来还是长期留在了美国？杨先生觉得有这么几个因素。一个是20世纪50年代，他们的孩子出生、成长，慢慢让他觉得自己在美国扎下了根。另外，1952年，普林斯顿高等研究院为他颁发了永久成员的聘书，这不仅提供了学术和生活的保障，而且说明他当时的科研进展非常顺利。所以他在访谈中说：“我想假如大概要讲我的心理上的改变，也许是得到永久的聘书以后，渐渐地我就觉得要留在美国了。”[②]

杨先生的科学才能确实在他获得诺贝尔奖之前就获得了广泛认可。20世纪50年代初，他在芝加哥大学的老师、意大利裔美国物理学大师恩里科·费米在为他给普林斯顿高等研究院院长、美国著名物理学家罗伯特·奥本海默写的一封推荐信中，夸奖杨振宁为“一个具有超人才华的理论物理学家”。奥本海默本人也盛赞杨振宁，说他的工作显示出“卓越的想象力和基本概念的简洁性，以及可观的分析能力。他在风格上表现出优异的品位、克制力和批判性判断能力，而这在如此年轻的科学家身上是相当罕见的”。[③]

在访谈中，杨先生还提到他多年来对中美科学、社会、文化等所做的观察、比较和思考。他一直认为自己深受中国儒家文化影响，并在他最敬爱的老师费米身上看到很多和儒家理想相似之处[④]：

---

① 2011年7月21日，杨振宁与王作跃的访谈，清华大学高等研究院。

② 同①。

③ “Celebrating Chen Ning Yang at 100”（庆祝杨振宁百岁诞辰），2022年9月22日，普林斯顿高等研究院网站 https://www.ias.edu/news/celebrating-chen-ning-yang-100（2024年11月）。

④ 2011年8月1日，杨振宁与王作跃的访谈，清华大学高等研究院。这段话来自杨振宁，“他永远脚踏实地——纪念恩里科·费米诞辰100周年”，载杨振宁著，翁帆编译，曙光集，北京：生活·读书·新知三联书店，2018，第380页。

他永远可靠和可信任；他永远脚踏实地。他的能力极强，却不滥用影响，也不哗众取宠，或巧语贬人。我一直认为他是一个标准的儒家君子。

相比之下，他觉得美国土生土长的物理学家如理查德·费曼就很不一样，比较咄咄逼人。他认为各种个性和文化传统对科学发展的影响非常值得研究。

在访谈中，杨先生显示出强烈的家国情怀和忧患意识。他回忆起他1995年1月28日在香港接受香港电台记者曾智华访谈时所说的那句名言："我一生最重要的贡献是帮助改变了中国人自己觉得不如人的心理作用。"他说自己当时是"脱口而出"，表达了这"在我的灵魂深处是非常重要的一点"。[①] 他还表示担忧中美关系在未来的发展，认为美国经常低估中国的发展潜力，而这种低估会引起中美冲突。尽管当时（2011年）中美关系还是比较好的，但近年来中美关系趋于紧张，并影响到中美科学交流，在一定程度上印证了杨先生的忧思。我想，他去世前肯定也和大家一样，希望中美关系能够在未来得到改善，他所致力推动的中美科学交流能够扩展，并帮助我们解决人类所共同面对的，像气候变化和公共健康那样的全球性问题。

纵观杨振宁非凡的百年科学人生，可以说，他是经历并推动了中国当代科技教育发展、中美交流的关键人物。他出生在20世纪初，在民国时期受到了良好的教育。日本侵华战争破坏了中国建设，但他在西南联大和

① 2011年7月21日，杨振宁与王作跃的访谈，清华大学高等研究院。杨振宁，"接受香港电台访问的记录"，载杨振宁著，翁帆编译，曙光集，北京：生活·读书·新知三联书店，2018，第300页。

美国留学期间，又幸运地得到了杰出科学家们的教导，在自己身上融合了中国和西方优秀的科学文化，充分发挥了自己的才华，在美国做出了领先世界的科学成就，成为世界物理学大师。在 20 世纪 70 年代中美重启交往后，他又一次幸运地较早回国进行科技交流和合作，并参与了中国科技教育政策的讨论和制定，对中国近年来的迅速发展做出了贡献。21 世纪，他回国归根定居，更是把晚年奉献给了中国科学文化教育和中美交流。

杨振宁的中国情怀[①]

诺贝尔奖得主杨振宁宣布放弃美国国籍，成为中华人民共和国的公民，引起社会广泛的讨论。[②]杨振宁是最早获得诺贝尔奖的两位中国人之一，20世纪50年代以降一直是中国人心目中的一位典范人物。这背后有近代中国对于科学的一种崇拜，对于自己在近代历史中所受到屈辱的挫折心理，以及对于如诺贝尔奖之类西方价值标准的高度评价。这种诺贝尔奖的症候群，造成社会对于获奖者有一种过度的期待和要求。

杨振宁1945年离开中国，以公费到美国留学，在理论物理和相关的数学理论方面，他进入芝加哥大学研究所时就被公认是一个天才。他的物理视野，因与大物理学家费米等的学研过程飞跃突进，事实上，他12年之后与李政道合作得到诺贝尔奖的宇称不守恒工作，并不是他在科学历史上最有贡献的工作，在那之前的杨－米尔斯方程和非阿贝尔规范场论，早

---

① 本文作者江才健，资深科学文化工作者，《中国时报》前科学主笔，《知识通讯评论》发行人兼总编辑，台湾大学新闻研究所兼任副教授，《规范与对称之美：杨振宁传》作者。原文于2017年4月发表于《观察》杂志，“知识分子”获授权转载，并于2017年11月12日发表。此处有修改。

② 2017年2月媒体广泛报道此事，实际上，杨振宁已于2015年4月放弃美国国籍。

已经被世界公认是20世纪第二次世界大战后最重要的理论发展。简单来说，与杨－米尔斯方程和非阿贝尔规范场论相比，宇称不守恒在物理科学的探索深度以及在科学历史上的重要性，都相去甚远。

苏联有一位著名的理论物理学家列夫·郎道，对苏联的物理科学以及传承有很重要的贡献。1962年，郎道发生了一次严重的车祸，伤及脑部，尔后不能从事物理工作，但由于他在理论物理方面早有杰出成就，当年他就获得了诺贝尔物理学奖。

郎道在1968年去世，他除了在理论物理方面有许多重要的工作，还留下一个所谓的“郎道尺度”（Landau Scale），是衡量科学家的标准。根据这个“郎道尺度”，譬如牛顿、麦斯韦尔和爱因斯坦是第零级的跨世纪伟大物理学家，第一级的世纪大物理学家就是如费米和杨振宁等的物理学家，再下来的第二级则包括诺贝尔奖得主在内的物理学家。杨振宁之所以位列世纪大物理学家，主要是因为他在杨－米尔斯方程和非阿贝尔规范场论上的成就。1994年，杨振宁因杨－米尔斯方程和非阿贝尔规范场论获得美国地位崇隆的鲍尔科学成就奖，颁奖颂辞即说“杨－米尔斯方程和非阿贝尔规范场论的重要性，可以与麦斯韦尔以及爱因斯坦的工作相提并论”，而杨振宁在国际物理学界受到普遍推崇的道理，也来自他半个世纪以来物理工作所展现的深邃且精简的美妙风格。

杨振宁并不是2003年底才回到中国的，其实，他早在冷战炽烈的1971年就率先回到了中国。杨振宁1945年离开中国到美国留学，没几年，国共内战造成中国政权易手。在中国新政权建立之初，一些中国留学生响应新中国成立呼吁回国，但更多的留学生留在美国，静观其变。很快，朝鲜战争爆发，中美成为冷战交战的敌对国家。

冷战期间，别说是在美国的中国人不能到中国，就是一般美国人也禁

止前去。杨振宁除了一个大弟也在美国做物理教授，父母与弟妹四人都在中国。他的父亲杨武之早岁留学美国，在芝加哥大学取得数学博士学位，后来在清华大学、西南联大与复旦大学教书。杨振宁 1957 年获得诺贝尔奖之后，他父亲得到政府批准，到日内瓦与杨振宁见面几次。他与儿子谈到新中国的进步，这激起了杨振宁的好奇心。杨武之曾劝杨振宁回国看看，但他知道杨振宁追求学术更上层楼，应该留在美国，因此并没有要儿子回到中国工作。

杨振宁 1957 年、1960 年、1962 年与父母三次在日内瓦见面，感触良多。1964 年，他与父母在香港见面，头一回见到睽违近 20 年的三弟和小妹。其间，他与家中有通信，1966 年受“文革”影响而中断，杨振宁只能由他在日内瓦的一个存折，看到父亲取钱留下的刚劲字迹。1970 年，杨振宁因为到香港讲学，希望父母和弟妹再来重温 1964 年的美好相聚，但他父亲有糖尿病，加上“文革”时办手续困难重重，结果只有三弟陪母亲到港相聚，妹妹留在上海照顾重病的父亲。

在美国多年，杨振宁虽在学术界，但他研究的物理学之中的核物理，与原子弹武器有密切关系，所以在 26 年当中，他特别有意地避免这方面研究，也绝不去美国制造核武器的洛斯阿拉莫斯国家实验室，连 IBM 公司的顾问职位都辞掉，以免影响回中国的可能。

1971 年 7 月，杨振宁几经波折，克服了许多困难，成为最早公开访问中国的在美国的著名科学家，他在中国停留了近一个月时间，除与家人会面，探望已卧病医院的父亲，也到好些地方访问，会见旧识好友，看到 26 年家国的变化，感怀深重，甚有一些无可忍抑的涕泣情境。

杨振宁回到美国，当时世界上对中国的发展十分好奇，尤其那段时间有法国五月风暴以及美国的反越战风潮，杨振宁受邀在多处公开演讲，有

人认为他盛赞新中国建设有着过于热烈的情怀，他多年后回顾自己当年观察的结果，也承认自己是一个蹩脚的新闻记者，但我最近仔细重看当时他在任教的纽约州立大学石溪分校的演讲以及会后问答，他对一些事情的观察结论其实还是相当客观而谨慎的。

1971 年，中美关系还是冷战状态，第二年才有尼克松访问中国的破冰之旅，所以杨振宁的中国之行，并不是没有风险的。他回来之后，就有美国联邦调查局探员来访，杨振宁拒绝他们到家中的要求，他们在办公室见面时，一位调查员语带威胁，杨振宁还特别要秘书进来记录他们的对话。

后来杨振宁在 1972 年与 1973 年再次回国，以后也多次回国。1984 年，杨振宁的老师吴大猷出任“中央研究院”院长，次年，他便头一次访问台湾，以后多次到台湾开会讲学，最近一次是 2015 年赴台接受台湾大学的荣誉博士学位。

20 世纪 70 年代末，中国改革开放伊始，物理学界有建造大型加速器，迎头赶上欧美之议。杨振宁虽不是做实验物理的，但他的理论工作中部分确与加速器实验相关，杨振宁没有因为那也算是他的科学领域而自然地倡议支持，反倒几乎是独自一人公开反对此议，不但让他的一些物理同侪不快，甚至也没有附和后来拍板定案的邓小平的看法。杨振宁不愿支持中国造大加速器的道理，除了认为此一研究在物理科学的完满理论追求上并非关键因素，更主要是中国当时改革起步，百废待举，建造大型加速器并非当务之急。当时他与许多物理学家辩论此事的记录，还有一个“杨振宁舌战群儒”的名称。后来，北京建了北京正负电子对撞机，但杨振宁的意见对于其规模与发展方向也产生了一定作用。

20 世纪 90 年代，杨振宁开始在清华大学建立高等研究院，还亲自出

面向外募款，那时因为太太杜致礼重病，一直到2003年太太去世后，他才搬回清华园长住。除了反对建造大型加速器，几十年来，杨振宁一贯反对中国搞大学术计划，甚至不鼓励追求诺贝尔奖，认为民生经济更加重要。2016年，他为了响应丘成桐的文章，首次公开发表他近年一贯反对中国建造大型加速器的看法。除了科学价值上的评断，也因为他深知就中国整体来说，还有大量低收入的贫困人口，而且在美国多年的观察也让他深知美国那一套制度与体系的问题。他这些看法由他的文章或言谈宣之于众，常引起许多在学术圈自视高人一等的知识中人的不满。

2004年，杨振宁与相差54岁的翁帆结婚。面对社会对他们婚姻与关系的挑战，杨振宁与翁帆一向言行坦然，但因为某种奇怪的社会意识，例如对权势的既恶又好的矛盾心态，对真诚人性的算计与怀疑，加上网络时代许多莫须有的虚构传言，杨振宁的社会印象一再被妖魔化，社会上一度议论纷纷。

多年来，他访问中国各地，接触甚深，特别能体会中国底层社会的困境，也认为中国农民性格诚朴可贵。他身在象牙塔，却从不觉得只有学术是“清高事业”。他回中国后曾经认为，中国的大学教育对中国的贡献不比美国大学对美国的贡献少，引起一些议论。

后来，杨振宁放弃美国国籍，也有质疑他动机的怪论。一些传闻说，他回国是为了享受部长级待遇，也有说他一年获得了多少收入。其实如果要追求利益，杨振宁为清华大学设立的一个基金已捐到1 200万美元，其中包括杨振宁将美国房子卖掉捐出的120万美元，这都是有账可查的。他在放弃美国国籍之前，已经是中国香港特别行政区居民，等完善处理了放弃美国籍的相关事宜，在2015年正式放弃了美国籍。

爱因斯坦晚年对于量子力学的不满，使得主流科学对他有些微词，杨

振宁并没有爱因斯坦的地位，但他确实是当前世界公认在理论物理方面的顶尖人物。关于他对近代理论物理发展的评价，他在2015年在新加坡“杨－米尔斯规范场论”60周年会上发表的“物理学的未来——重新检讨”主题演讲，可以说是最清楚的。

杨振宁日前回信给一些学界朋友，谢谢他们筹划出版谈论杨振宁回国贡献书籍的好意，他说许多人因他反对大科学计划而憎恨他，他认为要评价物理学家杨振宁，最好等他身后再说。前不久，中国学界的一份刊物刊登了美国诺贝尔奖得主谢尔登·格拉肖的访问，格拉肖甚至引用“一个葬礼造成科学进步”这样的话语，来反对杨振宁对物理科学的评价。

一流物理学家，同时在美国社会备受崇仰的文化知识分子戴森，在杨振宁退休纪念会的晚宴演说上，推崇杨振宁的物理境界以及民族情怀。他说：“对杨振宁来说，他个人的离开父亲，以及政治上的离开中国，是同一悲剧的两个部分。”杨振宁放弃美国籍在中国社会引起的一些议论，反映出由清末以降对自我文化的一种自卑情绪，以及对西方价值标准的盲从，对此现象，我一直心存疑惑。

杨振宁石溪继任者：他从未忘记中国[①]



图 2.6　1999 年杨振宁先生在北师大做报告

注：图片原为“杨振宁与科学技术史研究”一文配图，作者厚宇德，2017 年 12 月 10 日发表于“知识分子”。原图由《大学物理》编辑部提供。

---

① 本文来源于采访音频资料，采访人史蒂夫·伯恩斯（Steve Burns，美国导演，曾两次获得艾美奖，《杨振宁：百年科学之路》的导演之一），整理、撰写人“赛先生”主编陈晓雪。2022 年 6 月，83 岁的纽约州立大学石溪分校荣休教授彼得·范尼乌文赫伊曾（Peter van Nieuwenhuizen），接受了《杨振宁：百年科学之路》纪录片拍摄团队的采访，回忆了他对于杨振宁的中国情结的理解。

“我的一生可以算作一个圆，从一个地方开始，走了很远的地方，现在又回来了。”

在大半生的游历之后，杨振宁在2003年回到儿时成长的清华园，担任全职教授，并在中国定居。当时的他，特别喜欢20世纪英国大诗人艾略特的一首诗，其中的两句：“我的起点，就是我的终点……我的终点，就是我的起点。”

对于杨振宁的选择，美国纽约州立大学石溪分校杨振宁理论物理研究所的物理学家彼得·范尼乌文赫伊曾表示毫不意外。“他从未忘记中国。”范尼乌文赫伊曾说。范尼乌文赫伊曾是杨振宁亲自挑选的石溪分校杨振宁理论物理研究所所长的接班人，以超引力的研究而闻名世界。

“他在这里（石溪分校）工作的同时，对中国一直保持着兴趣。”范尼乌文赫伊曾提到，杨振宁曾经花很多时间思考中美教育的相似与不同，思考为什么中国的教育非常系统，但在物理学方面的研究水平仍然不及美国。

他也曾提到，杨振宁离开时，“我问他我们能不能得到他的著名论文（的手稿），但他说不，他会把它们给中国。我认为他总是有回去的想法”。

从某种程度上，范尼乌文赫伊曾与杨振宁的相知、相遇和相知，也犹如一个圆。

1957年，年轻的范尼乌文赫伊曾还是荷兰一所大学物理系的本科生，他和家人前往瑞士的山间度假。其间，他和父亲爬到了一座小山的山顶，父亲告诉他，他最近读到了一个有趣的故事——两名年轻的中国物理学家，登上了《时代》杂志，因为他们发现“上帝是个左撇子”。对于父亲的话，范尼乌文赫伊曾并未太当真，因为他觉得父亲不了解物理，可能对“上帝是个左撇子”的理解有误，但是他记住了杨振宁和李政道的名字。

在之后的岁月里，范尼乌文赫伊曾也在世界各地游历，他去了位于日

内瓦的欧洲核子研究中心，然后是巴黎，接着在波士顿的布兰迪斯大学待了两年……然后，他来到了石溪分校的杨振宁理论物理研究所，并在杨振宁退休时接替该所所长一职。

2022 年 6 月，83 岁的纽约州立大学石溪分校荣休教授彼得·范尼乌文赫伊曾接受了《杨振宁：百年科学之路》纪录片拍摄团队的采访，回忆了作为科学领导者的杨振宁，以及他对于杨振宁的中国情结的理解。

他非常简洁

1975—1999 年，范尼乌文赫伊曾与杨振宁共事 24 年。他由杨振宁招募至石溪分校。当杨振宁卸任研究所所长时，范尼乌文赫伊曾是他亲自挑选的继任者。

对于这位前同事、前任所长，范尼乌文赫伊曾的评价是“非常简洁”。

“杨振宁的备忘录只有两行长。几乎每次开会都很简短。教职工会议通常只有 20 分钟，30 分钟就算长了。有很多正式会议，但他总是专注于科学。”范尼乌文赫伊曾说。

杨振宁是奥本海默亲自招募至普林斯顿高等研究院的青年物理学家，曾在这所明星云集的机构工作 17 年。当奥本海默从研究院院长的位置卸任前，杨振宁被邀请担任院长一职，但是他拒绝了。

“我认为（当时拒绝普林斯顿邀约的）原因是他不想在行政管理上浪费太多时间。有很多人一旦成为主任，就停止做研究，把所有时间都花在行政管理上。”范尼乌文赫伊曾说。

不久后，杨振宁决定加入纽约州立大学石溪分校，除了担任爱因斯坦讲席教授，还担任新建的理论物理研究所的首任所长。当时，这所学校成

立仅仅 9 年。

“事实上，当我们迎来杨振宁时——我曾经在一篇文章中写过，一位普林斯顿的教授说，全世界都在羡慕我们，但我们会全力以赴把他留住。当时，杨振宁是最受追捧的人。他来到什么都没有的石溪分校，这是一个奇迹。因为他在那里，人们才会被他吸引、来到石溪分校。”范尼乌文赫伊曾说。

而对于杨振宁来说，“这是一个美丽的地方，我可以做我喜欢的事情。为什么不来呢？”杨振宁要从头把理论物理研究所[①]建起来，并且，坚持做个人的研究。

“我认为他没有这样做（放弃个人的研究）非常好，因为他仍然是物理学的核心人物。这也是石溪分校杨振宁理论物理研究所发展起来的原因：他是这个研究所形成的核心人物。”

在管理上，杨振宁“总是直奔主题，清晰明了”。“他不喜欢讲模糊的话。他实际上试图以这种方式管理研究所——实际上他并没有管理，而是研究所在追随他的步伐。”范尼乌文赫伊曾说。

他举例道，比如，在一些教职工会议上，杨振宁会说：“我认为我们应该这样做，但让我来问问你们……”但是，教职员工随后一致说道：“不，我们应该照你的说法做。”

“他有无可置疑的权威，但他让人们完全自由。”范尼乌文赫伊曾说。

范尼乌文赫伊曾说，对于他个人而言，这点非常有帮助。当他与塞尔焦·费拉拉和丹尼尔·弗里德曼合作研究超对称和超引力时，杨振宁未进行任何干涉，也并没有告诉他他认为应该做什么。在范尼乌文赫伊曾加入

① 纽约州立大学石溪分校理论物理研究所后更名为杨振宁理论物理研究所。——编者注

石溪分校一年后，三人提出了一种新的理论——超引力，统一了广义相对论和超对称性。2019 年，三人因为超引力的研究，获得有“科学界的奥斯卡”之称的科学突破奖。

“在这方面，他是一个非常理想的所长。他让人自由，但通过自己的行为树立了榜样。你可以尝试达到这个标准，当然没人能达到，但我们尝试了。”范尼乌文赫伊曾说。

把人留住

范尼乌文赫伊曾来到石溪分校的故事非常具有戏剧性。

1975 年，范尼乌文赫伊曾第一次收到杨振宁的邀约，内心有些犹豫，因为许多波士顿的朋友告诉他，纽约很危险。在石溪分校的校园，范尼乌文赫伊曾在老物理大楼附近散步时，看到有一个老人在追着一个年轻人跑，把他按倒在地。他后来了解到，这个年轻人在考试中冒充另外一个学生，而老人是一名教授，他想抓住那个学生。范尼乌文赫伊曾以为这是教授和学生之间交流的常态，因此他拒绝了邀请，回到波士顿。

但杨振宁没有放弃。他打电话给范尼乌文赫伊曾，让他再来一次。

“所以我第二次来了。一开始不太好。现在石溪分校大学很漂亮，但那时候只有泥巴。在去物理系的路上，我的鞋子陷在泥里，不得不依靠丹尼尔·弗里德曼才找到我的鞋子。但最后我到了研究所，做了报告，大家都很感兴趣，所以我接受了邀请。”范尼乌文赫伊曾说。

最初，范尼乌文赫伊曾因个人原因不想在石溪分校待太久，但杨振宁早已为留下他做了准备。

“几年后我的生活发生了很大的变化，我对他说，我想接受这里的终

身教职，他说我们早已安排好，你只管工作。”

范尼乌文赫伊曾意识到，杨振宁一开始就看准了他。“他看待事物的方式非常有逻辑。他是我见过的最有逻辑的人。他总是坚持事实。人们说我不确定是否会留下，他（杨）会说他（范）会留下，然后他会把事情安排好。从这个意义上说，他是一个非常成功的所长。”

他从未忘记中国

1999 年，杨振宁从纽约州立大学石溪分校荣休。他将许多文章、信札、手稿及奖章捐赠给香港中文大学，包括诺贝尔奖章。

“他从未忘记中国。他在这里工作的同时，总是对中国很感兴趣。这就是为什么他带年轻的中国物理学家来这里。例如，当他离开时，我问他我们能不能得到他的著名论文（的手稿），但他说不，他会把它们给中国。”范尼乌文赫伊曾说。

范尼乌文赫伊曾说，杨振宁曾经花很多时间思考中美教育的相似与不同，思考为什么中国的教育非常系统，但在物理学的研究水平方面却仍然不及美国。

“他曾告诉我，美国人有时虽然没有那么多正式的知识，但他们能在实践中学习，具有一定的实际知识，他认为这也非常有用……他告诉我，他花了很长时间才意识到，美国的体制在某种程度上是基于资本主义的，在顶端有非常优秀的人，他们可以在这种不确定的结构中生存，成为世界顶尖人才。而其余的人有点儿被牺牲了。在中国，每个人都接受了相同的严格教育，但缺乏那种激励人们超越界限的不确定性。”

范尼乌文赫伊曾说，杨振宁自己就受益于中美两种文化的结合，所以

也希望自己未来能给学生们这样的机会。有一个中国学生受杨振宁影响颇深，那就是范尼乌文赫伊曾的博士生张首晟。

1983 年，从德国柏林自由大学获得理论物理硕士学位的张首晟，来到纽约州立大学石溪分校，希望能做杨振宁的学生。杨振宁推荐他找范尼乌文赫伊曾做导师。于是，张首晟跟随范尼乌文赫伊曾做超引力的研究。

后来，在一次交谈中，杨振宁问张首晟想做什么。张首晟回答说，想做爱因斯坦想做的，把所有物理学统一在一个大理论中。对此，杨振宁的回答是，建议他不要这样做，因为那是非常困难的事情，还有很多其他的好物理学。

虽然非常沮丧，张首晟还是听从了杨振宁的建议，博士后期间转向凝聚态物理的研究，并于 2006 年提出开创性的量子自旋霍尔效应，他被认为是最靠近诺贝尔奖的华人学者之一。遗憾的是，张首晟在 2018 年因抑郁症离世，但在凝聚态物理领域，他依然是最为顶尖的一个。

2003 年底，81 岁的杨振宁全职回到清华工作，除了给本科生上课，他还帮助建设清华大学高等研究中心（2009 年更名为清华大学高等研究院）。在他的感召下，张首晟、文小刚、李东海、何天伦、华泰立等一批在国际物理界最出色的华人学者来到高等研究中心工作，国际理论计算机领域的著名学者姚期智也全职加盟清华大学高等研究中心，数学和密码学交叉领域的杰出女科学家王小云也从山东大学来到清华大学。

2017 年，95 岁的杨振宁由中国科学院外籍院士转为中国科学院院士。

范尼乌文赫伊曾说：“他回到中国，从某种意义上，那是一个圆，绝对的。他从那里开始，他有一个相当好的背景。他的父亲是数学家，也在美国工作过。所以他也来这里（美国），可能是因为他父亲建议他来这里。但正如我所说的，他每天思考中国和思考美国的时间一样多。”

基础与应用之辩：李政道与杨振宁对中国科技战略制定的价值[①]

改革开放以来，李政道和杨振宁（以下简称“李、杨”）对中国科技发展战略有着不同的观点和建议。李政道针对特殊历史时期对基础研究的否定以及改革开放后功利主义的盛行，极力主张中国要重视基础科学研究，并支持中国建设高能加速器；杨振宁针对中国科技和工业落后的现实状况，极力主张中国要更加重视应用科学研究以满足国家建设的急需，并反对中国建设高能加速器。

在如何看待李、杨观点相左这一问题上，不能陷入非此即彼的窠臼，非要评判二者孰优孰劣、谁对谁错。二人的观点都很深刻，都有理有据，只是他们看问题的角度不同罢了。李、杨二人观点相左，对于中国科技发展而言，反而是好事。不同观点的碰撞，能让中国领导人听到不同的声音，进而能让中国的科技战略决策更加理性、务实、周全。

---

① 本文作者黄庆桥，上海交通大学马克思主义学院教授。原文发表于《中国科技论坛》2020 年第 1 期上，“知识分子”获授权转载，改写为《基础与应用之辩：李政道与杨振宁对中国科技战略的不同观点及现实意义》后发表于 2021 年 10 月 26 日。此处有修改。

问题的提出：基础与应用之辩

改革开放以来，中国加快探索实现国家现代化的道路。在这一过程中，决策层深刻认识到，要实现国家现代化，就必须大力发展科学技术。于是，采取什么样的方针和路线就成为一个非常重要的问题。现代科学技术是一个复杂巨系统，不仅门类众多，新的科学技术分支不断产生，而且科学技术有基础研究和应用研究之分。如果说人们对科学技术的重要性已形成共识，那么在基础研究与应用研究孰轻孰重，抑或二者该如何保持平衡的问题上，则是存在很大分歧的。其实，新中国成立后，“任务带学科”与“学科促任务”之争就一直存在。不过，在改革开放新时期的历史条件下，老问题逐渐被新难题取代。

改革开放初期的中国面临着一个十分纠结的两难境地：面对“文革”对基础科学的否定，我们需要拨乱反正，为基础科学正名，进而大力开展基础研究，并在此过程中培养科学技术人才；面对改革开放和国家现代化建设的现实急需，我们又必须使用好有限的资源，大力开展应用研究，以解决大量而紧迫的实际需求。从道理上讲，基础研究和应用研究当然都重要，这是不需要争辩的，但在资源有限并且科学技术门类众多的情况下，到底该采取怎样的具体发展路线，不可避免地成为争论的焦点。因此，20 世纪 80 年代前后，围绕基础研究和应用研究，争辩非常激烈，中央决策层与科学界之间、科学界内部、科学界与实业界之间，都有博弈。引人关注的是，在这一争论与博弈的过程中，李政道和杨振宁这两位著名华人科学家也参与其中。

李、杨介入基础与应用之辩，发端于对中国当代科学史上一个有名的大科学工程的讨论——中国是否应该发展高能物理并建设高能加速器。非常有意思的是，李、杨给出的意见和建议截然相反，但他们的论证都雄辩

有力、有理有据。由此生发，他们二人在中国究竟该如何对待基础研究和应用研究的问题上，也发表了一系列观点相左的意见和建议；同样，他们那些针锋相对的意见和建议也都具有很强的逻辑性和说服力。

现实总是联系着历史。在世界面临百年未有之大变局的时代背景下，全社会都认识到实现关键核心技术自主可控的极端重要性，与此相伴，基础科学的重要性再次引发人们的关注。关键核心技术的自主可控和基础科学研究的高质量发展，已经上升到国家发展前所未有的战略高度。

值此时代背景下，梳理并总结李政道和杨振宁关于基础研究与应用研究的不同观点和建议，或许能为现实问题的深入讨论提供某种启发和借鉴。

李政道强调基础科学研究

李政道自 1972 年 9 月第一次回国开始，就一直向中国领导人、科学界及社会大众做“科普”，强调基础科学研究的重要性。他不仅直接推动了中国基础科学研究的重大工程——北京正负电子对撞机的建成，而且通过各种途径传播自己的基础科学理念。

大力支持中国建设高能加速器

中国高能物理的发展与高能加速器的建设，因受到周恩来、邓小平等领导人的特别关心而在中国当代科技发展史上有着特殊的影响。周光召先生认为：“中国的基础研究在 20 世纪 80 年代的象征就是高能加速器。”[①] 而

① 中国高等科学技术中心编，李政道教授八十华诞文集，上海：上海科学技术出版社，2009，第 127 页。

李政道就是这一“象征”的大力支持者、推动者。

中国高能加速器的建设，从1972年启动，到1984年正式动工建设小型正负电子对撞机，历经十余载，“七下八上”，其间多次咨询过中外科学家的意见，先后提出过多个工程方案，过程极为复杂。李政道从一开始就参与了对这一工程的建议，力主中国应建设正负电子对撞机而不是大型的质子加速器，最终被中国政府采纳。

1984年5月21日，邓小平接见李政道。在会谈中，李政道提纲挈领地回顾了他参与中国高能加速器建设的过程。他说：“1972年我第一次回国，在北京，周总理提出如何使高能物理在中国发展的问题，以后我一直在思考，主要是想将基础和应用结合起来。1976年秋，我通过美国斯坦福高能物理加速所寄给国内成套的关于电子对撞机及有关同步辐射的资料。1977年来北京时，我提出自己的想法，建议造一架规模较小的二三十亿电子伏的正负电子对撞机……1977年底，袁家骝、吴健雄教授写了一份关于质子加速器的建议，请我联名加入。我加了个附录，是关于电子加速器的，其中强调了质子与电子不同的地方……1978年中国决定造大的质子加速器，虽然与我的建议不同……1981年国家对高能的方向有所改变，故我又提出小型电子对撞机方案……现在看来，这个方向是对的。”[①] 这段话清楚地表明了李政道在北京正负电子对撞机建设过程中所发挥的作用。另外，在《我和祖国的高能物理事业》[②] 一文里，李政道更为详细地回忆了自己参与、支持中国高能加速器建设的全过程。

时任中国科学院院长的周光召先生对李政道在中国高能物理加速器建

---

① 李政道，李政道文录，杭州：浙江文艺出版社，1999，第25—26页。

② 中国高等科学技术中心编，李政道文选（科学与人文），上海：上海科学技术出版社，2008，第19—54页。

设中的特殊作用，曾这样评价："当时很多人认为钱不应该花在这方面。国内除小平同志的坚持，还有我们中国高能物理科技人员的努力，而在国外，最关键的则是李政道……政道从来不对中国发展中的一些事情说三道四，总是从正面的角度来帮助、来推进中国科技的发展。"[①]

陈和生也有过更为具体的评价："应当说，没有李政道先生对发展中国高能物理的远见卓识和孜孜不倦的努力，就不会有北京正负电子对撞机的建设和成功。从它的物理目标选择到加速器方案的确定，从工程设计到关键设备在美国订货，从人才培养到工程管理，从物理研究到国际合作，都凝聚着李政道先生的很多心血。"[②] 陈和生曾任中国科学院高能物理研究所所长，是北京正负电子对撞机创建过程的亲历者，因此，他的上述评价是可信的。

极力主张中国应重视基础科学研究

李政道第一次回国就注意到国内对基础科学研究的忽视与偏见。1974年5月第二次回国时，他向毛泽东和周恩来呈送了著名的《参观复旦大学后的一些感想》，提出了重视基础科学研究、培养科学技术人才的建议，并在周恩来总理的接见会上舌战"四人帮"，力陈基础科学研究的重要性。[③]

这次经历也让李政道认识到，在当时的历史条件下，要从道理上讲清楚并让中国人明白基础研究的重要性及其与应用研究的关系，不是一件容易的事情。正因如此，从那时开始，以后李政道每次回国，都要在不同场合、不同层面谈到这个问题，从而形成了其特色鲜明的基础科学观。

---

① 中国高等科学技术中心编，李政道教授八十华诞文集，上海：上海科学技术出版社，2009，第77页。

② 同①。

③ 中国高等科学技术中心编，李政道文选（科学与人文），上海：上海科学技术出版社，2008，第28—30页。

第一，从常识的视角用打比喻的方式阐释基础科学的不可或缺性。

李政道认为，要让科学界之外的普通人认识到基础科学研究的重要性，最好用大白话、用形象的比喻、用打比方的方式去交流，这样效果会比较好。为此，他不断地寻找贴切的比喻，用更加有说服力的例子来阐述自己的观点。

李政道回忆："我开始的时候，曾拿人的手足来比喻，想说明他们的不可偏废。之后又拿粮食和药材作比喻，想说明，粮食固然重要，但亦不能全国每个人都搞粮食，而没有人去生产药材。后来我又拿水、鱼和鱼市场来比喻三者的关系，也是为了说明，基础科学研究是根本，但也不能忽视后二者的重要性。很显然，没有水，就没有鱼；没有鱼，也就是不会有鱼市场。"[①] 李政道在这里谈到的"水·鱼·鱼市场"理论，最为形象贴切，因而也最为有名。据李政道回忆，大概是在1984年或1985年，他在与谷羽和柳怀祖的一次谈话中，第一次想出来"水、鱼、鱼市场"的比喻并加以引用。[②] 李政道还为此作了一首打油诗："基础科学清如水，应用科学生游鱼，产品科学鱼市场，三者不可缺其一。"[③] 这首诗形象地说明了基础科学、应用科学和产品开发三者之间的关系，生动而易于理解。李政道在和记者交谈的多个场合，以及在一些会议的讲话、演讲中，常用到这一比喻。

第二，从科学技术发展史的视角分析基础科学研究与应用科学研究的关系。

作为从事基础科学研究的著名科学家，李政道自然不会只停留在打比

---

① 中国高等科学技术中心编，李政道文选（科学与人文），上海：上海科学技术出版社，2008，第48页。

② 中国高等科学技术中心编，李政道文选（科学与人文），上海：上海科学技术出版社，2009，第150页。

③ 同①。

方的浅层次上说明基础科学的重要性。李政道深谙科学技术史，因此他特别注重从现代科学技术发展史的角度，论证基础研究与应用研究的关系问题。他经常提到19世纪、20世纪科学史上几个有名的基础研究发现对应用研究的推动。

一个例子是19世纪法拉第关于电磁相互关系的实验，以此为基础，导致了19世纪末麦克斯韦方程的诞生。而这一突破带来了发电机、电动机和电报电视雷达等现代化的通信手段。另一个例子是20世纪初的两个基础研究，一是迈克耳孙－莫雷实验，为爱因斯坦提出相对论奠定了基础；二是福克尔－普朗克方程，为量子力学奠定了基础。

“20世纪所有现代科学和技术的发展，如原子结构、分子物理、核能、激光、X射线、半导体及超级计算机等，都是因为有了相对论和量子力学。人类对自然界的了解，一切20世纪的科学文明，全都基于这两个理论。”[①] 李政道在深入分析现代科学技术发展史尤其是20世纪的情况之后，得出结论，“没有今日的基础科学，就没有明日的科技应用”，并认为基础研究相当于一个“总机关”，“总机关一动，下面的整体就要发动”。[②] 应当说，李政道从科学技术发展史的角度，深刻阐明了基础科学与应用科学之间的关系，是非常具有说服力的。

第三，从发达国家经验的视角探讨基础科学的发展路径。

从科学技术发展史的角度，只能在一般学理意义上阐明基础科学与应用科学的关系。然而，不同的国家历史背景不同，会有不同的发展道路。因此，还要从历史经验的角度，阐明科技发达国家是如何发展基础科学并

---

① 中国高等科学技术中心编，李政道文选（科学与人文），上海：上海科学技术出版社，2008，第136页。

② 同①。

恰当处理基础科学与应用科学的关系的。

李政道选择了自己所在的美国以及二战后迅速崛起的日本为例，来阐述这一问题。他回顾了美国和日本科学技术发展的历程之后指出："日本在早期比较穷困的时候，是比较注重基础研究的。这和其后来科学上的成功，以及工业上的发展，有极大的关系。为什么在国家穷的时候，要注重基础科学研究呢？那是因为支持基础科学所需的经费比较低。"[①] 而美国的情况则不同，"美国早期根本不注重基础"，原因在于"美国起步的时候，和西欧关系密切，工业技术已经有一定发展……第二次世界大战后，西欧受到战争的破坏，才促使美国重视基础研究"[②]。

虽然日本和美国的历史很不一样，但近期情形一样，两个国家都高度重视基础研究，"基础、应用和开发研究经费的比例，近期也都基本保持在 15%、25%、60% 左右"[③]。中国的历史和国情与日、美不一样，因此要走自己的路，但一些共同的规律性的东西，也应该借鉴过来，为我所用，"关键是要处理好基础、应用、开发三方面的关系。经费的投入大致保持一定比例，才能协调地发展"[④]。李政道的论证逻辑性非常强，充满历史感和国际视野。

20 世纪 70 年代末以来，李政道每年多次回国。在有限的回国时间里，李政道不仅在事关基础科学研究的诸多问题上向中国领导人建言献策，而且在全国各地不同层面宣讲自己对于基础科学研究及其与应用科学研究的

---

① 中国高等科学技术中心编，李政道文选（科学与人文），上海：上海科学技术出版社，2008，第 150 页。

② 中国高等科学技术中心编，李政道文选（科学与人文），上海：上海科学技术出版社，2008，第 147 页。

③ 同②。

④ 中国高等科学技术中心编，李政道文选（科学与人文），上海：上海科学技术出版社，2008，第 148 页。

关系的基本观点。

鉴于李政道的特殊地位和影响，国内媒体都乐于报道他的讲学、演讲内容。查阅当时的报纸杂志，李政道关于基础科学和应用科学关系的言论和思想在当时有着大量的报道。在改革开放初期资讯尚不发达的年代，这对扭转当时社会上对基础科学研究的偏见，开阔人们的视野，产生了积极影响，起到了思想启蒙的作用。

杨振宁强调应用科学研究

与李政道恰好相反，杨振宁于 1972 年 6 月第二次回国时就反对中国建造大型加速器。此后，他又突出强调中国要大力开展发展性科学、应用性科学研究。更重要的是，杨振宁突出强调应用研究的理由，也同样雄辩有力，同样给中国领导人和中国科学界以极大的启发。

持续反对中国建设高能加速器

杨振宁于 1971 年 7 月首次回国访问，回国期间主要是省亲和参观各条战线上的“样板”工程，与中国科学界并未深入交流。1972 年 6 月，杨振宁第二次回国（李政道同年 9 月第一次回国）。也是在这次回国期间，杨振宁开始介入中国高能加速器建设的争论之中。

1972 年 7 月 4 日，杨振宁应邀参加中国科学院组织的“高能物理发展与展望”座谈会，会上，中国物理学家提出中国要建造大型高能加速器，赶上世界先进水平，并在此过程中培养人才。出乎参加座谈会的中国科学家意料的是，杨振宁在会上反对中国建造大型高能加速器，而且态度坚决。

他说：“拿几千万美元的投资来发展高能加速器，从中国工业发展来

看，我很难投票赞成……中国去年的钢产量是 2 100 万吨，可以等这个数字增加三倍以后再来讨论。这个数字是美国和苏联的六分之一，但美国和苏联的人口是中国的三分之二。中国有很多别的事情做，中国应当对人类有较大贡献，但我不觉得应当就是在高能加速器方面。”[①] 应当说，眼界开阔、对中美情况都有了解的杨振宁是务实的。

确实，1972 年的中国经济处于崩溃的边缘，奢谈建造大型加速器极不现实，而且当时高等教育几乎停滞，没有人才根本就不可能建成大型加速器。在杨振宁看来，中国当务之急是要恢复并发展教育，培养更多的人才。尽管中国科学家对杨振宁的直言不讳感到很不舒服，但杨振宁的意见确实很在理，这对处于封闭状态下的中国科学家而言，无疑是一针清醒剂。

尽管杨振宁极力反对中国建造高能加速器，但中国科学家有着自己的长远考虑，张文裕等 18 名科学家联名于当年 9 月给周恩来总理写了一封信，提出发展中国的高能物理并建造高能加速器的建议。周恩来亲笔批示给予支持。1973 年，中国科学院高能物理研究所正式成立，高能加速器建设也提上日程。1975 年，国家批准建造 400 亿电子伏质子同步加速器；1978 年国家改为批准建造 500 亿电子伏质子同步加速器，然后建造 5 000 亿伏质子加速器，史称“八七工程”。

也就在“八七工程”上马的时候，杨振宁再次回国，并且“不识时务”地再次公开反对中国建造大型加速器。1978 年 8 月 18 日，邓小平和方毅接见杨振宁，会谈中，杨振宁明确表示自己反对祖国建造大型加速器，以至于邓小平在会见结束时指示在场的副总理方毅，专门组织专家再次与杨振宁详谈。8 月 19 日下午，方毅率张文裕、周培源、吴有训、钱

---

① 杨建邺，杨振宁传，北京：生活·读书·新知三联书店，2012，第 436 页。

三强、朱洪元等著名物理学家再次与杨振宁座谈。虽然杨振宁坚持自己的反对意见，但“八七工程”上马已成既定事实。[①] 此时的中国科学界，急于奋起直追的心情更为迫切，不可能因为杨振宁的反对而下马一个好不容易争取来的重大科学工程。

然而，好景不长，“八七工程”过于贪大求高，不幸被杨振宁言中，不符合中国实际，被迫下马。

1978 年底“八七工程”上马后，因耗资巨大，也遭到国内科学界其他学科的反对，据说就有“我们这儿饭都吃不饱，高能物理所在那儿吃肥肉”[②] 的说法。因此，从 1979 年起，国家就开始考虑调整高能加速器建设，也就是下马“八七工程”。

1980 年 1 月，改革开放大幕拉开后中国举办的第一个国际大型学术会议——广州粒子物理理论讨论会召开，包括李政道、杨振宁在内的海内外华裔物理学家群贤毕至。会议期间，由李政道牵头拟就了一封致中国政府的信，呼吁中国政府继续支持建设高能加速器。绝大多数到会物理学家都在这封信上签名了，而杨振宁却没有签名。不仅如此，他还于当年 3 月 12 日给所有参会的科学家写了一封信，再次亮明自己的观点，反对中国建造大型加速器。他说：“中国的领导人和科学家已经十分清楚我的意见……我不能够无愧于心地去签署这个文件，因为我认为真正需要的不是我的签名，而是中国人民的签名。”[③] 这是有史可考的、杨振宁第三次公开反对中国建造大型加速器。

1981 年底，在经过更为理性、周全的论证与国际咨询之后，中国政

---

① 江才健，规范与对称之美：杨振宁传，广州：广东经济出版社，2011，第 9 页。
② 同①。
③ 同①。

府决定放弃建设大型质子同步加速器，改为建设规模较小的正负电子对撞机。就在中国政府做出这个决策不久，也就是1981年底，杨振宁致信邓小平和方毅，再次提出反对意见。这次意见更有针对性、更为具体、更具前瞻性，试图给中国的科学研究指出方向。这封信影响很大，因而有必要详细介绍一下这封信的主体内容及有关情况。

杨振宁在信中明确了自己反对建造大型加速器的观点，进而深刻指出，中国的科学研究“倾向于走两个极端：或者太注意原理的研究，或者太注意产品的研究（制造与改良）。介于这两种研究之间的发展性研究似乎没有被注重……发展性研究是一种中期的投资，希望五年、十年或二十年内的成果能增强社会生产力。这种投资我觉得是当前中国科技研究系统中十分脆弱的一个环节……原理的研究成果往往名气大、叫得响，而发展性的研究各工厂视为财富，不肯公开，所以在中国容易产生一个错误的印象，以为美国原理研究经费比发展性的研究多得多。事实与此正相反”。杨振宁指出，美国的发展性研究经费大约是原理性研究经费的10倍：“原理的研究的社会支持在美国只是这三十年才开始的。这个历史发展的顺序，先实际后原理，先短、中期后长期，这是由经济规律所决定的，绝对不是偶然的。”[①] 在这些论证基础上，杨振宁认为中国应大力开展发展性研究，并提出了具体的建议。

必须承认，杨振宁的上述观点是非常精辟的，已经超越了就事论事的层面，转而从学理层面、中国实际以及汲取国际经验的角度，为中国科技发展提出了极具指导意义的建设性意见。

1981年12月28日，邓小平审阅了杨振宁的这封信，并做出重要批示：

---

① 杨振宁，对于中国科技发展的几点想法，光明日报，1982年3月5日。

“由有关部门进行讨论，拟出方案。”[①] 由此可见，邓小平是非常重视这封信的内容的。又因杨振宁的这封信有理有据，不仅找准了中国科技发展的“痛点”，为中国科技战略发展指出了明确的方向，而且还有邓小平的明确批示，所以此信内容引起中国政府和科技界的广泛讨论。《光明日报》于1982年3月5日以较大篇幅刊登了此信的主体内容，并特意加了一个“编者按”：“希望本文能引起国内科技界的重视，并欢迎大家就本文提出的问题发表意见。”[②] 这足以看出当时中国官方的态度。

也就是从这封信开始，鉴于中国政府已正式决定建设正负电子对撞机，杨振宁不再公开反对中国建造高能加速器，而是主张中国政府要更多地重视发展性研究，也就是应用科学研究。

极力主张中国要更加重视应用科学研究

杨振宁于1972年7月4日第二次回国时“舌战群儒”，坚持反对中国建造大型加速器；而李政道第一次回国是在当年9月，就此而言，杨振宁强调应用科学并非专门针对李政道。杨振宁作为著名的基础科学家，不可能不明白基础科学的重要性，他之所以突出强调中国要更加重视应用科学研究，与他对基础科学的理解以及他对中国现状的把握是分不开的。事实上，杨振宁的意见和建议，同样给20世纪末的中国人以极大的启发。

第一，基础科学研究的重要性是从长远观点来讲的。杨振宁本身就是从事理论物理研究的，他不可能否定自己所从事的行当。但是，对基础研究的作用，杨振宁强调不能一概而论，要做具体分析。

---

① 冷溶、汪作玲主编，邓小平年谱（1975—1997），北京：中央文献出版社，2004，第793页。
② 杨振宁，对于中国科技发展的几点想法，光明日报，1982年3月5日。

1980年3月，杨振宁在上海市科学技术协会演讲，针对1979年全国高考招生考化学的学生比较少这一情况，他说："粒子理论物理是一个很重要的学科。我相信在30年、50年或100年以后，肯定会与人类的日常生活发生关系，基本粒子的研究是会影响世界生产力的。但是，这是从长远观点讲的。长期投资和短期投资的分布，各国需要不一样，不能一概而论。在中国，假如把我干的那一行强调得太高，将会产生不良的影响。"[①]

可见，杨振宁特别强调不同的国家、不同国家的不同发展阶段，发展基础研究的战略应该是不一样的。他还突出强调，不要抬高自己的研究领域。

1984年底，杨振宁在北京大学回答学生的提问时说："理论物理所面临的问题，不是中国目前所要解决的问题。理论物理在中国似乎很热，这是一种迷信。"[②]1986年5月底到6月初，杨振宁访问中国科学技术大学研究生院并做演讲，在回答师生提问时说："我猜想今后30年，高能物理将处于困难时期。这不表示没有重要工作，也不表示没有人去做了，不过不再是一种蓬勃的局面了……粒子物理实验所需经费愈来愈大，今后30年它不可避免地要走下坡路。在实验愈来愈少的情况下，做理论的人却很多，其中有很多聪明人，这样，愈来愈数学化的倾向是不可避免的。"[③]可见，杨振宁对基础科学研究，尤其是高能物理学有着自己的独特看法。

第二，改革开放初期的中国更需要应用科学研究。杨振宁之所以突出强调应用研究，与他对改革开放初期中国面临的时代任务的认识密切相关。在他看来，20世纪80年代中国的首要任务是摆脱贫困，因而在科学

① 杨振宁，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998，第1003页。
② 杨振宁，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998，第1022—1023页。
③ 杨振宁，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998，第510页。

技术上要优先做应用性、发展性的研究，这在1981年底他写给邓小平和方毅的信中都有系统阐述。此后，他一直坚持这一观点。

1982年4月，杨振宁在美国与《光明日报》记者谈话时说："像我这样有了点名气的人，也有不好的影响。在国内有许多青年人都希望搞我这一行。但是，像我这样的人，中国目前不是急需。要增加中国的社会生产力，需要的是很多会动手的人。"[①]

1984年10月3日，杨振宁在与时任中华人民共和国科学技术委员会主任宋健、时任中国科学院副院长严东升谈话时说："现在中国应该是'生产第一''生产第一''生产第一'……从全民族的利益来看，基础研究的投资不变（不增加）是一个头等重要意义的选择……暂时冻结基础研究的经费是合乎民族利益的唯一可能的选择。"[②]杨振宁的这一席话遭到了国内一些基础科学家的反对，被认为观点偏激。

1986年5月，杨振宁应中国科学技术促进发展研究中心邀请发表谈话，在谈到高技术发展时，他说："中国派人出国学习，主要不是跟我这样的人学，因为这对目前中国的经济发展没有多大效果。"[③]应当说，杨振宁的观点主要是着眼于中国的现实需求，在20世纪80年代也是比较符合中国实际的。

第三，结合中国国情和现实需要，建议海外学子开阔视野。1984年1月21日，杨振宁应邀在美国戴维斯与中国访问学者和留学生谈话，他说："各个不同的社会所需要的科技发展是不一样的，能够发展的科技方向也是不一样的。从1971年我第一次访问新中国以后，就不断地提到过，

---

① 杨振宁，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998，第1007页。
② 季承，诺贝尔奖中华风云：李政道传，北京：国际文化出版公司，2010，第187页。
③ 杨振宁，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998，第506页。

在这里学习物理的中国学生需要花更多力量注意中国所需要的物理方向。我所搞的高能物理，不是中国所急需要的方向，这是费钱而不赚钱的方向。什么样的方向合乎中国国情呢？譬如说，发展固体物理就较合乎中国国情。”①

1986年5月底到6月初，杨振宁访问中国科学技术大学研究生院，在回答师生提问时说：“很多年来，我对一些念物理的人说，除非你觉得绝对非念高能物理不可，还是不要念高能物理。高能物理与中国的‘翻两番’毫无关系，甚至会起反作用，因为高能物理太费钱了。这不表示高能物理没有重要性，高能物理当然有重要性，但中国的问题是‘翻两番’的问题而不是高能物理的问题。”②

理性分析，杨振宁的意见和建议出发点是好的，旨在希望青年学子有更为开阔的眼界，更多去了解祖国的现实需要，但杨振宁的话也的确给人感觉有偏激之嫌。

基础与应用之辩的时代意义

通过前文的梳理和分析，我们可以发现，虽然李、杨二人观点相左，但他们给予中国的意见和建议都有理有据，都是出于要把中国的事情尤其是科学技术发展好这一爱国心，并非出于一己之私。这一点必须首先明确。

李、杨二人的观点相左，主要源于他们看待中国问题进而提出解决中

① 杨振宁，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998，第469页。

② 杨振宁，杨振宁文选：读书教学再十年，台北：时报文化出版企业有限公司，1995，第12—13页。

国问题的办法的出发点不同。李政道针对“文革”对基础研究的否定及其恶劣影响，以及改革开放后功利主义在中国的盛行，极力主张要重视基础科学研究，当然没有错；杨振宁针对中国科技和工业落后的现实状况，极力主张要更加重视应用科学研究以满足国家建设的急需，也没有错。他们二人的观点不同，只是他们看问题的角度不同罢了。

本来，基础科学研究和应用科学研究都非常重要，二者不可偏废，这是无须争论的，但这个问题在中国有其特殊性。中国的近代科学是从西方移植过来的，科学技术的发展从一开始就背负起救亡图存、振兴中华的沉重使命。这就决定了中国的科学技术发展一定是与国家战略、国家需要紧密结合在一起的。

新中国成立以后，人们就“学科”与“任务”之间到底该如何平衡的问题一直争论不休。后来，国家建设步入正轨，各个领域都急需财政支持，可是国家却很穷，分摊到科学技术研究上的科研经费极为有限，这里多拿一分，那里就少了一分。这也是那个历史时期基础与应用之争以及李、杨关于基础与应用之辩的根本原因之所在。

李、杨二人是20世纪极有影响力的海外华裔科学家。更重要的是，他们二位都是十分爱国的。1980年10月，当时在美国访学的周光召在给时任中国科学院副院长钱三强的一封信中谈及了华裔科学家莫伟的一些看法：“莫伟找我谈了三次，谈了一些情况和意见，他意思是希望我把这些意见转告国内……有些人不了解中国情况，有些人有私心，中国政府不要轻信他们……莫讲据他看只有李和杨没有私心，热情希望把中国事情搞好。”[①] 这从一个侧面反映了海外华人对李、杨二人的评价，中国政府也因

① 葛能全，钱三强年谱长编，北京：科学出版社，2013，第521页。

此对他们二人的意见和建议格外重视。

就此而言，李、杨二人观点相左，对于中国科技发展而言，反而是好事情。不同观点的碰撞，能让中国领导人听到不同的声音，进而能让中国的科技战略决策更加理性、务实、周全。或许，这也是李、杨关于基础与应用之辩的最大现实意义之所在。

近年来，关于中国要不要建造大型加速器，科学界争论很大，特别是从杨振宁先生的《中国今天不宜建造超大对撞机》[①]和王贻芳先生针锋相对的回应文章《中国今天应该建造大型对撞机》[②]的发表，使原本仅限于科学界的讨论，变成了一个社会场域中的热点话题，社会各界对此话题高度关注，纷纷发表意见。2019年6月5日，《科技日报》在头版头条刊发了《“中国不应建大加速器”——南开大学物理学教授葛墨林院士答科技日报记者问》[③]一文，再次引发人们对这一问题的关注和热议。

历史总是能给现实带来某些启发。总结历史，关于中国要不要建造大型加速器，对以下几个维度的深入讨论是必不可少的。

第一，必须充分研判建造大型加速器的科学价值和科学目标。至少从目前的争论来看，科学界内部对大型加速器的科学价值的看法还很不一致，尽管可能会有不同学术观点和流派争鸣的因素，但对耗资巨大的大型科学装置的主要科学目标，还应在科学界内部充分酝酿，尽量取得某些基本共识。科学界内部形成某种共识，是说服国家和公众的前提。

第二，必须充分考虑国情。发展科学从来都不能脱离一个国家的具体

---

① 杨振宁，中国今天不宜建造超大对撞机，科学文化评论，2016，13（5），第18—19页。

② 王贻芳，中国今天应该建造大型对撞机，科学文化评论，2016，13（5），第20—27页。

③ 高博，“中国不应建大加速器”——南开大学物理学教授葛墨林院士答科技日报记者问，科技日报，2019年6月5日。

情况，国情是发展现代科学技术的根本条件。建造大型加速器的必要性是什么，可行性在哪里，这些根本性问题都要深入地研究清楚，而不能先入为主地盲目给予肯定或否定。人才与技术储备、成本与收益分析、风险评估与控制等，这些深层次的具体问题，都需要进行严肃、专业性的深入研究。

第三，必须重视整合公众意见。在当代，建造大型科学装置已不再仅仅是科学界内部的事情，社会场域对大型科学装置的关注度极高，在一定意义上也会左右大型科学装置的决策和进展。因此，一方面，对于公众关注关心的焦点问题，必须给予正面而且有力的回应；另一方面，对于在较长时期的舆论中形成的有科学依据和广泛共识的民意，决策者也应该积极考虑吸纳，以形成决策者、科学共同体与社会公众之间的良性互动。

随着中国综合国力的不断增强，中国科技事业蓬勃快速发展，科技强国战略与路线坚定而清晰。可以预见的是，在迈向科技强国的过程中，很多大型科学装置的建造都会被提出，基础研究与应用研究孰轻孰重及其发展路线的话题必然会反复涉及，希望本文能带来某些有益的启示。

中国科学研究的现状与未来①

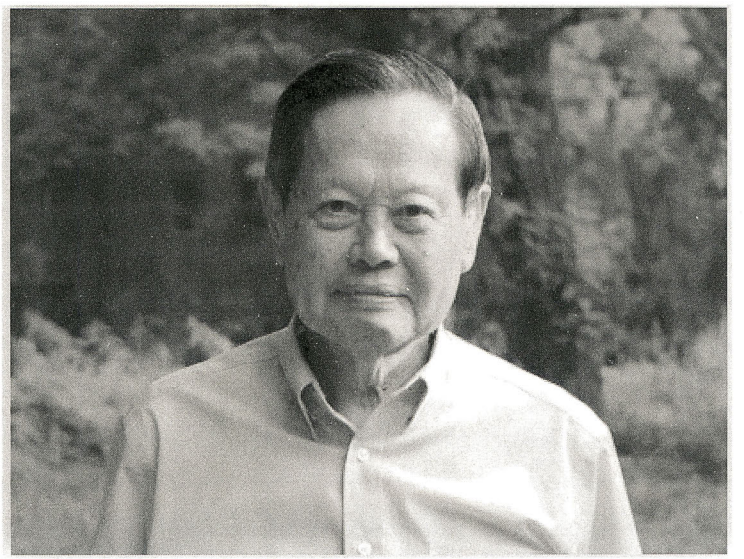


图 2.7　杨振宁

图片来源：杨振宁先生提供。

① 本文作者蒲慕明［《国家科学评论》（*National Science Review, NSR*）执行主编、神经生物学家］，赵午（斯坦福大学加速器物理学家）。本文英文原文于 2019 年 8 月 7 日在线发表于《国家科学评论》，“知识分子”获 *NSR* 授权转载，并于 2020 年 3 月 22 日发表该文中文版。此处有修改。

2019 年 3 月 21 日，《国家科学评论》执行主编、神经生物学家蒲慕明和斯坦福大学加速器物理学家赵午赴清华大学，与杨振宁先生进行了一场对话。在对话中，杨振宁回顾了杨 – 米尔斯方程产生的历程，并谈及与他同时代的物理学家、科学研究品位、中国科学研究的现状与未来发展等多个话题。如下为此次对话内容的摘录。

杨 – 米尔斯规范场论

赵午：我们从杨 – 米尔斯理论谈起。很多人都认为，在您为科学做出的诸多重要贡献中，杨 – 米尔斯理论是最重要的一个。您同意这种说法吗？您觉得这个理论为什么重要？

杨振宁：在基础物理学领域中，大家公认杨 – 米尔斯规范场论是奠基性的重要工作。这项工作最早发表于 20 世纪 50 年代，那时候绝大部分人不看好它。后来到 20 世纪 70 年代，出现了最早的一批实验证据，又有新的重要的见解，也就是对称性破缺的观点加入进来，于是它逐渐发展成了标准模型。标准模型是 20 世纪下半叶基础物理学领域最重要的发展。

规范场论未来会怎么发展呢？我在 1980 年写了一篇关于爱因斯坦的文章，其中我写了一句话：“Symmetry dictates interaction。”就是说宇宙中所有力的来源，都与对称有密切的关系。所以，这句话可以这样翻译成中文：“对称支配力量。”我想这个短句可以概括规范场论之所以重要，也概括了它未来发展的方向。

在我们现在还没有解决的问题中，最重要的就是怎么把引力引入进来，统一到现有的模型中。我想，我和大部分物理学家相信，实现统一的方法还是要引入更多的对称。在过去的 40 多年中，大家都想寻找这些新

的对称，但现在还没有成功。

赵午：这里所说的对称肯定不是简单的左右对称。

杨振宁：没错，肯定是更复杂、更微妙的对称。

对称的观念在中国文化中早就有了，比如说中国文学中的对联就是对称性的一个表现。在西方文化中，希腊时期，人们就非常重视对称，他们认为世界上的一切都是由对称性统治的。希腊人的观念也可以看作一个古代哲学版本的“对称支配力量”，而现代人用精确的数学语言重新描述了它。

规范场论这个名词也不是我发明的。20 世纪第二个十年中期，爱因斯坦说，我们现在有两个场论：一个是电磁学，一个是引力学。我们应该把它们统一起来，构建一个统一理论。爱因斯坦自己在接下来的几十年里一直努力做这件事，可是没有成功。1918 年，赫尔曼·外尔响应爱因斯坦的号召，他在麦克斯韦电磁方程组中发现了一个新的对称。这个新的对称和广义相对论中平行位移的概念相关，和尺度的变化，也就是测量规范（gauge）的变化相关。所以说，规范场论这个名词是外尔发明的。

蒲慕明：您在 1949 年听过爱因斯坦的演讲，之后在 1954 年完成了杨 – 米尔斯理论。这两件事之间有关系吗？或者说您有受到爱因斯坦的影响吗？

杨振宁：我还在芝加哥读研究生的时候，就受到了爱因斯坦把自然界中不同的力统一起来这一号召的影响，也受到了外尔电磁规范对称理论的影响。

但驱使我提出杨 – 米尔斯理论的更加直接的原因是，从 1945 年开始的 10 年中，有很多新的基本粒子被实验发现。这些粒子怎么和传统的粒子，怎么和质子、中子和电子相互作用？这些新粒子之间又是怎么相互作用的？当时有很多文章，有理论的文章，也有实验的文章，都在讲 θ 粒

子是如何与 K 粒子相互作用的，Σ 粒子又是如何与 Λ 粒子相互作用的，等等，五花八门。我当时在芝加哥大学读研究生，我想到，应该有一个普遍的原则来描述不同粒子之间的相互作用，而这个普遍的原则或许能够从外尔的规范对称理论出发，推广得到。

那时候，粒子物理学中有一个很重要的概念，叫作同位素自旋对称，也就是在 20 世纪 30 年代最早发现于核物理学领域的 SU(2) 对称。很自然地，人们根据同位素自旋值，1、1/2 或者 3/2 等，来对新发现的粒子进行分类。我一直都对对称的概念，以及数学上的群论方法很感兴趣。所以，我想到应该把外尔的规范对称理论从 U(1) 对称推广到 SU(2) 对称。

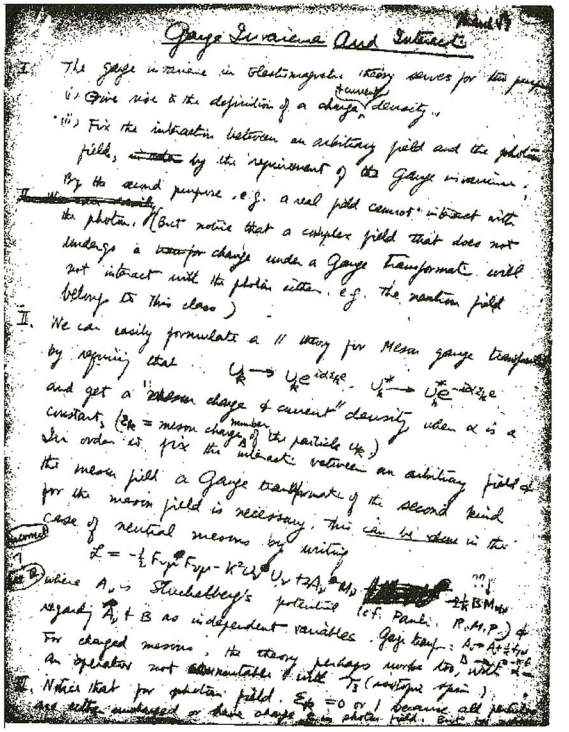

Gauge Invariance And Isotopic

图 2.8　1947 年杨振宁笔记中的一页

图片来源：杨振宁先生提供。

蒲慕明：也就是说，您是从数学理论出发得到可以解释物理事实的理论。很多人说，这是您的独特之处。

杨振宁：但这个过程不是一帆风顺的，因为 U(1) 对称是对易对称，而 SU(1) 对称是非对易对称：在数学上，非对易对称的最初几步运算可以很简单，但算到后面会变得越来越复杂，以至于我只能暂时把它搁置起来。过了几年，又发现了更多新的粒子。这让我感觉到，我们对普遍原则的需求更加迫切了，于是我又重新考虑这个问题，结果遇到了同样的麻烦，卡在同一个地方。

1947—1954 年，这样的过程我重复了三四次。在那之后，1953—1954 年，我到布鲁克海文国家实验室（以下简称“布鲁克海文”）访问，和米尔斯共用一间办公室。米尔斯当时刚刚博士毕业，非常年轻，也非常聪明，他也是一位虔诚的基督徒。很自然地，我们讨论了很多物理问题，其中也包括我为创建 SU(2) 规范场论而做过的那些失败的尝试。在一次讨论中，我们注意到在计算后期产生了很多复杂的二次项和三次项。那么我们能不能在开始的时候加入一些二次项和 / 或三次项，从而把后期产生的二次项、三次项消掉呢？结果，我们只加入了一个二次项，就奇迹般地把后面产生的所有那些复杂的、“坏”的东西全都消掉了！消掉之后，我们得到了非常漂亮的数学结果，那一刻我们就知道，这是挖到宝贝了。

赵午：在这之后就很顺利了吧？

杨振宁：也不是。按照我们当时的理论，应该存在一种有电荷但没有质量的粒子，而这样的粒子无论如何是不可能存在的！

1954 年 2 月，普林斯顿高等研究院当时的院长罗伯特·奥本海默听说了我们的工作，于是叫我回研究院做一个报告。我去了。当时沃尔夫冈·泡利在座。泡利当时也做了类似的工作，并且也遇到了有电荷无质量

粒子的麻烦。在我做报告的过程中，他提了很多问题，让我吃了很多苦头。我在后来发表的《杨振宁论文选集》（*Selected papers with Commentary*）中详细描写了当时的细节。回到布鲁克海文之后，我和米尔斯又花了几个月的时间，想要解决这个问题，但没有成功。

这个理论如此漂亮。我们能不能在其中包含尚未解决的问题的情况下，就把它发表呢？

我们为这个问题纠结了很久，最后还是决定发表，因为它真的是非常非常漂亮，而且，场论也还没有得到数学上的精确描述。场论的发展困难重重，但这并没有阻止它在重整化方案中获得神奇的成功。所以，场论有可能在将来解决我们遇到的问题。

而泡利的选择是不发表。

蒲慕明：感谢您对杨－米尔斯理论诞生历程的细致回顾。我们还想问一个杨－米尔斯理论诞生之后的问题。有电荷无质量粒子的问题后来是如何解决的？

杨振宁：是由对称性破缺这个新概念的引入而解决的。对称性破缺将自然界中的三种力（强相互作用力、电磁力和弱相互作用力）非常漂亮地定量统一在一起，由此得到了人们现在所说的标准模型。标准模型已经在数百个实验中得到了验证。它应该被认为是过去 60 到 70 年中实验和理论高能物理界中最辉煌的成果。已经有十几位理论和实验物理学家因此而分享了几次诺贝尔奖。

纤维丛理论、数学和物理

蒲慕明：有人说，您在 20 世纪 70 年代将数学和物理这两个学科连接

在了一起。给我们讲讲这个故事吧。

杨振宁：1975 年，吴大峻和我发表了一篇文章，内容是物理学家的电磁场理论，以及它和数学家的纤维丛理论之间的关系。为了说清楚这两个理论之间深层次的相互关系，我们建立了一个二者之间的名词对照词典。1976 年，伊萨多·辛格刚好到纽约州立大学石溪分校访问，我就把这篇文章拿给他看。他把这篇文章带到了牛津，给迈克尔·阿蒂亚和其他数学家看。他们都对这篇文章很感兴趣，并且开始研究规范场论相关的数学问题。结果是，在接下来的一段时间中，数学家和物理学家之间开展了很多非常紧密的合作。我想，在这两个学科的长期历史中，这都是一个有重要意义的事件。1988 年，辛格在一篇关于外尔的文章中回顾了这段故事。图 2.9 是辛格在文章中引用的吴 – 杨词典：

Wu & Yang Dictionary, 1975

Gauge field terminology	Bundle terminology
gauge (or global gauge)	principal coordinate bundle
gauge type	principal fibre bundle
gauge potential b_μ^k	connection on a principal fibre bundle
S_{ba}	transition function
phase factor Φ_{QP}	parallel displacement
field strength $f_{\mu\nu}^k$	curvature
source[1] J_μ^k	?[2]
electromagnetism	connection in a $U_1(1)$ bundle
isotopic spin gauge field	connection in a SU_2 bundle
Dirac's monopole quantization	classification of $U_1(1)$ bundle according to first Chern class
electromagnetism without monopole	connection on a trivial $U_1(1)$ bundle
electromagnetism with monopole	connection to a nontrivial $U_1(1)$ bundle

图 2.9　1988 年，辛格文章中的吴 – 杨词典

注：经美国数学学会许可转载。

当我认识到规范场论的方程其实是数学中的一个理论，也就是纤维丛理论方程的一个特例时，我非常吃惊。我曾经和纤维丛理论的创始人之一陈省身先生有过一段对话。在一篇 1979 年纪念爱因斯坦百年诞辰的文章中，我这样回顾了这段对话：

1975年，规范场和纤维丛之间存在关联这个事实深深打动了我，所以我驱车前往伯克利附近的埃尔塞里托，去陈省身先生家中拜访他。（20世纪40年代早期，我上过陈先生的课。他当时是西南联大的一位年轻教授，而我是西南联大的本科生。那时候，纤维丛理论还没有成为微分几何领域中的重要理论，陈先生也还没有因为他在广义高斯－博内理论和陈类方面的重要贡献而被载入史册。）我们聊了很多话题：朋友、亲戚、祖国。聊到纤维丛的时候我说，从詹姆斯·西蒙斯那里，我终于体会到了纤维丛理论的美，也了解了深奥的陈－外尔定理。我说我对规范场与纤维丛之间的精确对应感到十分惊讶，数学家竟然可以在完全没有物理世界实际依据的情况下创造出这样的理论。我补充说，“我既惊恐又疑惑，你们数学家可以凭空想象出这些概念来”。他马上反驳说：“不，不。这些概念不是凭空想出来的。它们是自然的、真实的。”

关于“科学研究的品位”

蒲慕明：弗里曼·戴森曾经称您为“保守的革命者”。您同意吗？

杨振宁：在他这样说之前，我从没想过我是保守的。他在1999年的演讲中这样说之后，我想了想，觉得他是很有道理的：我重视传统，通常只在必要的情况下，才会去探索新的方向。

蒲慕明：这和科学研究的品位是相关的。您经常说做科学研究，有自己的品位是非常重要的。

杨振宁：没错，而且我还要说，不只是大的科学问题需要品位。即便是对一个研究生，发展自己的品位也很重要，他需要判断哪些观点、哪类

问题、哪些研究方法是自己愿意花精力去做的。品位的形成受到很多因素的影响，与个人的能力、家庭环境、早期教育、自身的性格还有运气都有关系。

蒲慕明：您自己的物理学品味是怎样形成的？

杨振宁：我数学很好，但我父亲不支持我学数学，因为他认为当时的中国不需要数学。非常幸运的是，在大学期间，我在战时的昆明遇到了吴大猷和王竹溪两位老师。他们指引我进入了物理学中的一些领域，而这些领域后来发展成了非常重要的研究方向。在这两个新生领域中的研究工作，对我的研究品位与风格产生了重要的影响。

关于“中国科学发展”

杨振宁：你刚刚说中国科学家特别用功、特别专注、特别能坚持。中国当初能够在非常落后的条件下完成人工合成牛胰岛素，并发现抗疟药物青蒿素，这些都是很重要的原因。

我同意你的观点，还想做一些补充。

中国有独特的儒家文化：重视努力与坚持；把家、国放在个人之前；非常重视教育。

蒲慕明：我非常同意，但儒家的传统会不会过于保守？

杨振宁：和美国的文化传统相比，中国的文化传统确实是比较保守的。但保守是坏事吗？我的回答是，在某些方面确实不好。但我觉得，美国的文化传统可能更不好，它太“激进”了。

赵午：中国经济的快速发展是不是也和这些文化传统有关系？

杨振宁：我想有非常密切的关系。

赵午：所以从经济发展的角度看，是不是可以说保守、尊重权威都是好的？可以所有人都为了共同的目标而努力？

蒲慕明：没错。但是，太过保守可能会导致科学发展缓慢。

杨振宁：对。要决定一个国家的科学发展应该保守还是激进，这是一个非常复杂的问题。

我想其中应该有两个基本原则：第一是国家利益要高于团体利益；第二是要奉行中庸之道，不走极端。

蒲慕明：我感觉现在有很多对中国发展政策的误解。比如说（共建）“一带一路”倡议本来是合作、友善的计划，但在美国的眼中，这就是中国要谋求霸权。

杨振宁：美国很害怕中国取得成功，（共建）“一带一路”倡议是这样，我们在非洲的成功也是这样。我想这些成功和儒家传统中为人处世的态度有很大的关系，美国人、英国人、日本人的处世态度和中国人是完全不一样的。我不知道有没有人做过相关的研究。

蒲慕明：现在整个世界都受到民粹主义、极端民族主义和种族主义的巨大影响。全球的科技发展也不可避免地会受到这些因素的影响。您对此怎么看？

杨振宁：我同意。

赵午：西方国家曾经把非洲变成自己的殖民地，它们那时候去非洲的目的就是要去掠夺资源。但（共建）“一带一路”倡议不是这样，它是一个互利、共赢的模式。

杨振宁：我们从大的方面讲，中国从孔夫子的时候就开始讲“有教无类”，所以类似印度种姓制度的现象是不可能出现在中国的。在生物学中，生物都需要有原始的“非我族类”的概念，但中国文化用一种非常聪明的

方式把这个概念模糊掉了，在我们的教育传统中，从最早的婴儿时代开始，就在强调“和为贵”。

关于“开展国际大科学项目”

蒲慕明：可能是受到国际政治、经济竞争的影响，几个领域的科学家已经开始准备这一类项目的计划书。您认为这是一个可以实现的、现实的期望吗？

杨振宁：在一些领域中，中国科学家已经是世界领导者。我想对于这些领域来说，这一类大项目是值得去做的。但这样的项目会耗费巨大的资源。

蒲慕明：现在中国政府和学术界都同意要提高国家对基础研究的投入。但关键问题是，应该加强对哪些基础研究的投入？是大科学还是小科学？可以投入很多资源来建设几个基础研究的大装置，也可以把钱分散投给很多个小实验室和小研究项目。

杨振宁：我的观点是，中国经济在过去的 40 多年中取得了辉煌的成功。前瞻性的大工程在这一成功中扮演了重要的角色。但这种模式不适用于基础科学的发展，因为基础科学中的革命性突破从来都不来源于大科学工程，而是来源于少数个体的智慧。电磁理论、达尔文理论、核聚变、半导体、双螺旋、青霉素，所有这些基础科学中的伟大变革都是由少数个体用很少的经费做出来的，而不是大科学项目的成果。

回顾、遗憾与建议

赵午：在您的学术生涯中，您对科学和社会都做出过非常重要的贡

献。在这个历程中，您也一定做过很多决定。那么，当您回顾过去的时候，有没有什么遗憾的地方？会不会想，当时本应该做另一个决定？

杨振宁：当然有。在物理学研究方面，我最大的失误是，在20世纪60年代的时候，我不喜欢“对称性破缺”这个概念。我在《杨振宁论文选集》中也说过这个问题。

除此之外，在物理学研究方面，我没有其他非常后悔的地方了。在人生的轨迹中，我做过很多非常正确也非常重要的决定：我1971年回国访问，后来在2003年前后决定完全回国，2004年我和比我小54岁的翁帆结婚。这些都是正确的决定。

赵午：最后，我们还有一个很简单的问题。我们想请杨先生给年轻人提些建议。很多年轻人非常努力，但不知道怎么做才能做得更好。

杨振宁：我想，中国的年轻人对自己兴趣的重要性常常不够重视，这可能是受到了中国教育体制和社会风气的影响。年轻人总是被教导要服从社会需求，但很少有人告诉他们，要去发现自己的兴趣，实现自己的兴趣。所以我给中国年轻人的建议是，要更加关注自身兴趣的发展。但是，如果你让我给美国的年轻人提建议，我会建议他们对自己所谓的兴趣少关注一点，也要多考虑社会和科学的发展趋势。

当然，这也是给中国家长和老师的建议：希望你们能鼓励和培养年轻人的兴趣。

第三章
诺贝尔奖

物理学之美：杨振宁的 32 项科学贡献[①]

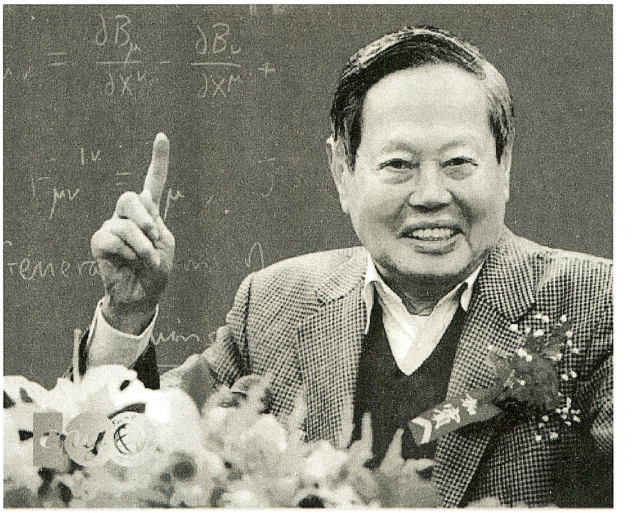


图 3.1　2010 年 4 月 10 日，杨振宁先生在清华学堂物理班开班仪式上

图片来源：《庆祝杨振宁先生百年华诞文集》。

① 本文作者施郁，中国科学技术大学教授，从事量子物理与量子信息凝聚态物理和粒子物理方面的研究工作。在由清华大学、中国物理学会、香港中文大学主办，于清华大学举行的杨振宁先生学术思想研讨会上，作者做了题为《物理学的美与真：杨振宁的科学贡献》的演讲。原文收入《庆祝杨振宁先生百岁华诞文集》，“知识分子”获授权转载，并于 2021 年 10 月 2 日发表。此处有修改。

在2002年于巴黎举行的国际理论物理大会最后一个报告中，杨振宁指出，20世纪理论物理的主旋律是量子化、对称性和相位因子。[①]

杨振宁对这三个主旋律都有重要贡献。而对称性更是杨振宁物理生涯的主旋律，对物理学之美的追寻贯穿了他的整个科学生涯。

1928年，6岁的杨振宁在海滩捡贝壳，与众不同地挑选极小却精致的贝壳。[②]异于常人的独特观察力、品味和风格在他成年后的物理学生涯中不断表现出来，成就了当代最卓越的一位理论物理学风格大师和物理学基本理论结构设计师。[③]正如弗里曼·戴森于1999年所说："杨教授是继爱因斯坦和狄拉克之后，20世纪物理学的卓越风格大师……向费米学到了最多的物理……他是保守的革命者。"[④]

对此，戴森于2015年解读："我强调了杨振宁的三个杰出品质，这些品质通常很难结合在一起。第一，奇特的数学技巧，这使他能够解决技术问题。第二，对自然的深刻理解，这使他能够问出重要的问题。第三，社会精神，这使他在中华文明的复兴中扮演了重要角色。这三个品质共同将他塑造成他，一位继往开来的保守革命者。"[⑤]

杨振宁很重视物理上的风格和品味。[⑥]对于20世纪的几位理论物理大师，他用"深广"形容爱因斯坦；用"笛卡儿式的纯粹"（cartesian purity）

---

① Yang C N. *Selected Papers II With Commentaries*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2013 .

② 杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998。

③ Yang C N. *Selected Papers II With Commentaries*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2013 . 杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998。Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

④ Goldhaber A, Shrock R, Smith J, Sterman G, van Niuwenhuizen P, Weisberger W. (Ed.), *Symmetry and Modern Physics*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2003.

⑤ Dyson F. Birds and Frogs (Selected Papers, 1990–2014). *World Scientific*, Singapore, 2015.

⑥ 同③。

形容狄拉克，称其工作是“神来之笔”“秋水文章不染尘”，还用高适的诗“性灵出万象，风骨超常伦”描写狄拉克方程和反粒子理论；用“厚实”和“稳健有力”（solidity，strength）形容费米；用“深刻的洞察力”（deep insight）形容海森伯；用“威力”（power）形容泡利。

杨振宁回忆：“我物理上的品味很大程度上形成于1938年到1944年在西南联大学习的时期。在这些年里，我开始欣赏爱因斯坦、狄拉克和费米的工作。他们当然有不同的风格。然而，他们都有一种能力，能够从物理概念、理论结构或者物理现象中提炼出基本，然后集中于本质……我不能与海森伯的风格共振。但这不是说我不能领会到他是一位伟大的物理学家。我一直能领会到。”[①]

杨振宁本人的风格受到爱因斯坦、狄拉克和费米三种风格的影响，也具有“提炼出基本，集中于本质”的能力。

我尝试用四个词来描绘杨振宁的风格：原创、优雅、功力、物理。

1983年，杨振宁出版了《论文选集及评论》（*Selected Papers with Commentaries*）[②]。2013年，杨振宁又出版了续集《论文选集及评论Ⅱ》（*Selected Papers II With Commentaries*）。[③]在1983年文集的序言中，杨振宁引用了唐代诗人杜甫的名句：

文章千古事，得失寸心知。

---

① Goldhaber A, Shrock R, Smith J, Sterman G, van Niuwenhuizen P, Weisberger W. (Ed.), *Symmetry and Modern Physics*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2003.

② Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

③ Yang C N. *Selected Papers II With Commentaries*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2013 .

这句诗总结了杜甫的创作心态，深得杨振宁喜爱。他曾经在自己的诗《赞陈氏级》中化用此句："造化爱几何，四力纤维能。千古寸心事，欧高黎嘉陈。"[①] 陈省身发现纤维丛理论中的陈氏级（Chern class），贡献极大；10年后，杨振宁和米尔斯提出非阿贝尔规范场论；再20年后，杨振宁和吴大峻意识到规范场和纤维丛的对应。

杜甫的这一诗句也被用来反映杨振宁自己的研究心态。正如他在该书2005年再版序言中所说，这本论文选集是一个人在物理学一个很激动人心的时代中的旅程的记录。事实上，这同时也是20世纪下半叶理论物理被一位关键参与者记下的发展史。

戴森评论："所选的文章有的重要，有的不重要；有的是专业的，有的是通俗的。每篇文章都是珍品。弗兰克（杨振宁的非正式英文名字）没有试图将尽量多的硬科学塞进这500页。他试图在500页中向我们展示一位伟大科学家的精神。他辉煌地成功了。"[②]

"文章千古事，得失寸心知"也被刻于一个黑色立方体的上平面，那是杨振宁90岁时收到的一件生日礼物。立方体的四个垂直平面则分别刻了他对统计力学、凝聚态物理、粒子物理、场论等物理学四个领域的共13项重要贡献：

（A）统计力学

A1. 1952 Phase Transition（相变理论）。论文序号：[52a], [52b], [52c]。

A2. 1957 Bosons（玻色子多体问题）。论文序号：[57a]，[57b]，[57h]，

---

① 杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998。

② Goldhaber A, Shrock R, Smith J, Sterman G, van Niuwenhuizen P, Weisberger W. (Ed.). *Symmetry and Modern Physics*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2003.

[57i]，[57q]。

A3. 1967 Yang–Baxter Equation（杨－巴克斯特方程）。论文序号：[67e]。

A4. 1969 Finite Temperature（一维 δ 函数排斥势中的玻色子在有限温度的严格解）。论文序号：[69a]。

（B）凝聚态物理

B1. 1961 Flux Quantization（超导体磁通量子化的理论解释）。论文序号：[61c]。

B2. 1962 ODLRO（非对角长程序）。论文序号：[62j]。

（C）粒子物理

C1. 1956 Parity Nonconservation（弱相互作用中宇称不守恒）。论文序号：[56h]。

C2. 1957 T，C and P（时间反演、电荷共轭和宇称三种分立对称性）。论文序号：[57e]。

C3. 1960 Neutrino Experiment（高能中微子实验的理论探讨）。论文序号：[60d]。

C4. 1964 CP Nonconservation（CP 不守恒的唯象框架）。论文序号：[64f]。

（D）场论

D1. 1954 Gauge Theory（杨－米尔斯规范场论）。论文序号：[54b]，[54c]。

D2. 1974 Integral Formalism（规范场的积分形式）。论文序号：[74c]。

D3. 1975 Fibre Bundle（规范场与纤维丛的对应）。论文序号：[75c]。

论文序号是杨振宁给自己所有文章编的序号（出版年加上排序字母）。统计力学与凝聚态物理密切相关，场论与粒子物理密切相关，区分有一定的任意性，只是统计力学和场论的理论性和普遍性更强点，而凝聚态物理和粒子物理更针对具体现象。

参照代表郎道 10 项重要贡献的“郎道十诫”，杨振宁的 13 项重要贡献或可称为“杨振宁 13 诫”。[①]

我们再按时间顺序列出杨振宁的 19 项其他贡献：

E1. 1947 Quantized Spacetime（量子时空）。论文序号：[47a]。

E2. 1948 Angular Distribution（角分布）。论文序号：[48a]。

E3. 1949 Weak Interactions（弱相互作用普适性）。论文序号：[49a]。

E4. 1949 Fermi–Yang Model（费米 – 杨模型）。论文序号：[49b]。

E5. 1950 Selection Rule（π^0 选择定则）。论文序号：[50a]。

E6. 1950 Phase Factors of the Parity Operator（宇称算符相位因子）。论文序号：[50c]。

E7. 1956 G Parity（G 宇称）。论文序号：[56d]。

E8. 1957 Two–Component Theory of Neutrino（中微子二分量理论）。论文序号：[57f]。

E9. 1957 Hyperon（超子衰变）。论文序号：[57o]。

E10. 1960 Intermediate Boson（中间玻色子）。论文序号：[60e]。

---

① 施郁，物理学之美：杨振宁的 13 项重要科学贡献，物理，2014，第 43 卷第 1 期，第 57—61 页。

E11. 1962 ξ limit（ξ 极限）。论文序号：[62i]。

E12. 1967 Nonabelian Wu–Yang Monopole（非阿贝尔吴 – 杨磁单极）。论文序号：[67d]。

E13. 1968 High Energy Scattering（高能散射几何模型）。论文序号：[68b]，[68c]，[68d]。

E14. 1970 Charge Quantization（电荷量子化）。论文序号：[70a]。

E15. 1976 Monopole Without Strings（无弦磁单极）。论文序号：[76c]，[76d]。

E16. 1977 Self–dual Gauge Fields（自对偶规范场）。论文序号：[77g]。

E17. 1978 SU(2) Monopole in 4D Spherical Space [四维球空间上的 SU(2) 磁单极]。论文序号：[78a]，[78g]。

E18. 1989 η pairing（η 配对）。论文序号：[89d]。

E19. 1990 SO(4) in Hubbard Model [哈伯德模型的 SO(4) 对称性]。论文序号：[90b]。

下面按时间顺序，对这 32 项贡献进行简要评述，其间穿插对杨振宁科学历程的回顾，然后分析这些工作的影响，并做进一步讨论。

32项科学贡献分项评述

1947 年的量子时空（E1）

1945 年，杨振宁赴美留学，希望师从费米做实验论文，或追随对称性原理的开创者维格纳，因此进入了费米任教的芝加哥大学。当时，费米的实验室不接收外国人，因此将杨振宁推荐给了理论物理学家泰勒和实验物理学家艾立逊。

关于在芝加哥时期，杨振宁的老同学、1988 年诺贝尔物理学奖得主施泰因贝格尔曾经回忆，“最令人印象深刻的是杨振宁，战后，24 岁的他从中国来。虽然战时中国条件有限，但他来芝加哥读研究生时，熟悉所有的现代物理”[①]，又说他“基本上知道我们所有课程的内容”[②]。

1947 年初，杨振宁给黄昆写信，说有点幻灭（disillusioned）。[③]然而，就在同年，他完成了 E1 这篇论文，在斯奈德理论的基础上，讨论了如何通过时空弯曲来实现时空量子化的平移不变性。这也可归类为对称性方面的工作，是他在美国的第一篇文章。

在美国，杨振宁逐步走到了物理学的前沿。特别是，20 世纪下半叶是粒子物理学蓬勃发展的时代，杨振宁和他的同事与粒子物理学一同成长。

1948 年的角分布（E2）

如果在杨振宁所有的论文和演讲中找出一个主导性基调，那就是对称性。对称性不仅是物理学之美的一个重要体现，也在粒子物理中扮演着重要角色。维格纳指出，基本粒子可被视为庞加莱群（由洛伦兹变换和时空平移组成）的不可约表示。二战后，物理学家回到基础研究，粒子物理学迎来大发展。对称性分析成为关键工具，而这正是杨振宁所擅长的领域，他由此逐步成长为理论粒子物理的奠基人之一。

杨振宁对粒子物理诸多具体问题的贡献，充分展现了他运用对称性分析的高超能力。他往往能精准地利用对称性，用优雅的方法很快得到结

---

① M. Brown, M. Dresden and L. Hoddeson (ed.). *Pions to Quark*. Cambridge University Press, 1989.

② Steinberger J. *Learning about Particles–50 Privileged Years*. Springer, 2005. Cronin J W (ed.). *Fermi Remembered*. University of Chicago, 2004:34.

③ Yang C N. *Selected Papers II With Commentaries*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2013 .

果，并且突出其本质和巧妙之处。

群论是关于对称性的数学。1942 年，在西南联大撰写学士论文时，杨振宁请吴大猷教授指导。吴大猷给了他一篇关于群论在分子光谱学中的应用的综述文章。[①]同时，在父亲杨武之的介绍下，他开始从迪克森的《近代代数理论》中系统学习群论。在芝加哥大学，泰勒正是将群论应用于原子、分子及核物理的专家，杨振宁从他那里学到了很多物理知识，包括群论的应用。

1947 年，杨振宁还钻研了四个课题，其中之一是核物理与粒子物理中的角分布。角分布（E2）论文与之密切相关。这是杨振宁的博士论文工作，基于对转动对称性和空间反演对称性的分析，得出了核反应与核衰变产物的角分布公式。[②]其中 β 衰变的相对论性情形是泰勒建议他研究的。在泰勒的建议下，杨振宁以此为博士论文，以泰勒为导师，放弃了从事实验物理的尝试。1948 年，杨振宁获得博士学位，并留校做了一年教员。

1949 年的弱相互作用的普适性（E3）

1948 年，杨振宁与李政道和罗森布鲁斯注意到，缪子衰变、缪子被原子核俘获与 β 衰变具有相同数量级的作用强度。他们由此猜想，这些过程可能由同一种中间场（后来被证实的中间玻色子）传递。这篇仅半页纸的文章与其他几个研究组的文章一起，将弱相互作用确定为一种基本相互作用。[③]

这篇文章是李政道和杨振宁的第一篇合作论文。1946 年，李政道从

---

① Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary.* W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

② 同①。

③ 同①。

西南联大来到芝加哥大学读博士，导师是费米。

1949 年的费米 – 杨模型（E4）

尽管当时普遍认为介子是基本粒子，但 1949 年，费米和杨振宁问“介子是基本粒子吗”，探讨了核子和反核子组成 π 介子的假设。这具有很重要的历史意义，相当于发现原子后追问原子是否可分。

杨振宁后来评论道：“我们并没有幻想我们的建议与实际一致。事实上，我倾向于将这个工作完全埋藏在笔记本里，不发表。但费米说，学生解决问题，研究人员提出问题；他觉得我们提出的问题值得发表。我们提出的问题今天（1963 年）还没有解决。”[①] 这是戴森 2015 年所说的杨振宁问重要问题之一例。

施泰因贝格尔说：“如果将核子换成夸克，现在还是这个图像。”[②] 这说明基本物理思想是最重要的。因“渐近自由”理论而获得 2004 年诺贝尔物理学奖的维尔切克做过跟施泰因贝格尔精神一致但更详细的评论，指出费米和杨振宁提出的问题富有成果[③]：

第一，这个模型坚实地以相对论量子场论为框架（那时，量子场论还没有被普遍接受为粒子物理的框架）。第二，借助于结合能，由重得多的粒子组成轻的粒子是个解放性的观念，夸克和胶子组成介子和核子正是这一思路的延续。第三，费米 – 杨模型对强作用采用与弱作用的费米理论类似的形式，这预示了强、弱相互作用机制可能存在深刻相似性。这是标准

---

① Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary.* W. H. Freeman and Company Publishers, 1983;2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

② Steinberger J. *Learning about Particles–50 Privileged Years*. Springer, 2005.Cronin J W (ed.). *Fermi Remembered.* University of Chicago, 2004:34.

③ Cronin J W (ed.). *Fermi Remembered.* University of Chicago, 2004:34.

模型的中心特征，而标准模型正是建立在杨振宁本人提出的杨－米尔斯规范场论基础上。

1950 年的 π^0 选择定则（E5）

1949 年，在芝加哥大学的一次讨论会上，有人提出 π^0 介子可以衰变为两个光子。第二天，杨振宁便研究出选择定则。[①]

这一年，杨振宁加入普林斯顿高等研究院，将在这里工作 17 年。

1950 年的宇称算符相位因子（E6）

这是杨振宁在普林斯顿的第一个工作，和 J. 蒂欧姆诺探讨了在 β 衰变等过程中，自旋 1/2 粒子的宇称算符的相位因子问题。次年，在芝加哥的一个会议上，费米专门安排时间来讨论这篇文章。[②]

角分布（E2）、π^0 选择定则（E5）和宇称算符相位因子（E6）这三篇论文，初步确立了杨振宁在粒子物理对称性分析领域的领先地位。其中，π^0 选择定则（E5）的论文最为著名。

1952 年的相变理论（A1）

统计力学也是杨振宁的主要研究方向之一，而相变是其中的核心问题。杨振宁的统计力学研究始于 1942—1944 年在西南联合大学的硕士学位论文，导师是清华大学的王竹溪。

在芝加哥大学期间，尽管身边包括相变理论的先驱梅耶在内的教授对

---

① Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

② 同①。

相变兴趣不浓，但杨振宁在主攻粒子物理之余，始终保持对统计力学的兴趣。1947 年，他钻研的四个课题之二是昂萨格的二维伊辛模型严格解，但他当时没能理解其整体思想。伊辛模型是统计力学里最基本且极重要的模型，但它在理论物理中的重要性直到 20 世纪 60 年代才被广泛认识，这里就有杨振宁的贡献。

1949 年 11 月，在普林斯顿，杨振宁从同事路丁格处了解到，考夫曼简化了昂萨格的方法。杨振宁开始研究这个问题。1951 年 1 月，他发现可以计算出自发磁化强度。[①]

1951 年秋，李政道也来到这里，后来去了哥伦比亚大学。两人总共合著了 30 多篇文章，其中包括杨振宁 13 项重要贡献中的 4.5 项。

1952 年，杨振宁单独以及与李政道合作，共发表了三篇有关相变理论的重要论文。第一篇是他于前一年独立完成的关于二维伊辛模型自发磁化强度的论文，得到了 1/8 这一临界指数。这是杨振宁做过的最长的计算之一，堪称一项壮举。戴森称其为“雅可比椭圆函数理论的大师式练习”[②]。在杨振宁的建议下，张承修计算了长方形格点，与杨振宁计算的正方形格点的临界指数都是 1/8。这是临界指数普适性的最早迹象之一。[③]

同年，杨振宁还和李政道合作完成并发表了另外两篇关于相变理论的系列论文，将伊辛模型的研究扩展到格气模型，并严格计算出了相图。论文通过解析延拓到逸度的复平面上，巧妙地研究了巨配分函数的解析性质，并指出其零点的分布决定了状态方程和相变性质等热力学性质。在热力学极限

---

① Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

② Liu C S, Yau S T. (Ed). *Chen Ning Yang: A Great Physicist of the Twentieth Century*. International Press, 1997.

③ 同①。

下，这些零点趋向于正实轴，代表相变。这两篇论文澄清了相变的本质，消除了自梅耶 1937 年的文章以来，学界对于同一相互作用下是否可存在不同热力学相的长期疑惑，即“气体分子如何‘知道’它们何时聚集成液体还是固体”[①]。这两篇论文同时投稿和发表，发表后引起了爱因斯坦的关注。

该系列论文的高潮是第二篇论文中提出的单位圆定理。该定理指出，对于伊辛模型或者与之等效的吸引相互作用的格气模型，其巨配分函数的零点分布在复平面的单位圆上。在统计力学和场论中，这个理论精品就像一个小而精致的贝壳，至今魅力不减。杨振宁本人称其为“一个小珍品”。数学物理学家吕埃勒以此作为杰出典范，解释数学定理是如何被猜测和证明的。[②]

1954 年的杨 – 米尔斯规范场论（D1）

1947 年，在芝加哥大学期间，杨振宁钻研的四个课题之三，是泡利在其综述文章中介绍的电磁规范场论。杨振宁对通过规范（指相位）不变性得到电荷守恒印象深刻，后来才知道这个理论是外尔创立的。同年，杨振宁曾试图将它推广到非阿贝尔规范场论，以便描述粒子间的相互作用，但没有成功。[③] 当时也有实验背景。1947 年，π^+ 介子在宇宙线中被发现。所以，杨振宁试图与介子挂钩。

这里的不变性就是对称性。根据诺特定理，对称性对应于守恒量。因此，“对称”和“守恒”这两个词常可以互换。规范不变性是说，在波函

---

① 施郁，物理学之美：杨振宁的 13 项重要科学贡献，物理，2014，第 43 卷第 1 期，第 57—62 页。

② Ruelle D. *The Mathematician's Brain*. Princeton University Press, 2007.

③ Yang C N. *Selected Papers II With Commentaries*.World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2013. Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

数或量子场的相位变换下，物理定律保持不变。相位变换的意思是乘以一个相位因子，这是一个模为 1 的复数。而且外尔考虑的是局域相位变换，也就是说，相位因子依赖于时空坐标。两个复数相乘，如果顺序颠倒，乘积不变，这叫阿贝尔。非阿贝尔规范场论将单个的复数推广为矩阵。两个矩阵相乘，如果顺序颠倒，乘积可能改变，因此叫作非阿贝尔。规范对称性与通常的对称性有一点不同，它是指对于同一个物理状态有不同描述，是一种冗余，而通常的对称性是指不同状态之间的关系。

1953—1954 年，杨振宁在布鲁克海文访问，与米尔斯在同一间办公室。杨振宁向米尔斯介绍了推广规范场论的尝试。当时，越来越多的粒子被发现。人们考虑各种形式的相互作用。杨振宁觉得，显然需要一个原理，来写下相互作用。[①] 用戴森 2015 年的话说，杨振宁问了非常重要的问题：如何用规范原理确定相互作用？

1954 年，杨 – 米尔斯规范场论（非阿贝尔规范场论）发表。在两篇短文中，杨振宁和米尔斯将外尔的阿贝尔规范场论推广到非阿贝尔规范场论。这两篇短文是：

C. N. Yang, R. Mills, Conservation of Isotopic Spin and Generalized Gauge Invariance, *Phys. Rev.* 95, 631 (1954) ;

C. N. Yang, R. Mills, Conservation of Isotopic Spin and Isotopic Gauge Invariance, *Phys. Rev.* 96, 191 (1954)。

这个当时没有被物理学界看重的理论，通过后来许多学者在 1960 年到 20 世纪 70 年代引入的对称性自发破缺与渐进自由等概念，发展成今天的

① Yang C N. *Selected Papers II With Commentaries*.World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2013. Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

标准模型。其中，电弱统一理论是 U(1) × SU(2) 杨 – 米尔斯理论，量子色动力学是 SU(3) 杨 – 米尔斯理论。这被普遍认为是 20 世纪下半叶粒子物理学和量子场论的总成就，主导了长期以来粒子物理学和量子场论的研究。

杨振宁和米尔斯进行这项推广的第一个动机，在其 1954 年的第一篇短文[①]中得到了清晰阐述。那是杨振宁在当年于华盛顿召开的美国物理学会四月会议 M 会场（主持人是戴森）上所做报告的摘要，大约是在 4 月 1 日之前投稿的。它的标题是《同位旋守恒与广义规范不变》，摘要写道："电荷是电磁场的源。这里的一个重要概念是规范不变性，它紧密相关于（1）电磁场的运动方程、（2）流密度的存在，以及（3）可能存在的带电的场与电磁场的相互作用。我们尝试将这一规范不变性的概念推广，以用于同位旋守恒。"

因此，杨振宁和米尔斯所做的是将电荷守恒与同位旋守恒类比：既然电荷守恒是阿贝尔规范不变性的结果，那么同位旋守恒也是一种规范不变性的结果，因此将电磁相互作用与阿贝尔规范场之间的紧密关系推广到一种新的相互作用与非阿贝尔规范场之间的紧密关系。电磁相互作用定律和同位旋守恒都是有实验基础的。

另一个动机，正如第二篇短文（论文）的标题和摘要强调的，是将同位旋对称从与时空无关的整体对称性推广到依赖于时空的局域对称性，从而确定相互作用的形式。[②]它的标题是《同位旋守恒与同位旋规范不变》，摘要写道："……探讨了在局域同位旋转动下的不变性。这导致建立同位

---

① Yang C N. *Selected Papers II With Commentaries*.World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2013. Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

② Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

旋规范不变性原理，以及 b 场（杨 – 米尔斯规范场）的存在，它和同位旋的关系同于电磁场与电荷的关系。b 场满足非线性微分方程。b 场的量子是自旋 1、同位旋 1、电荷 ±e 或零的粒子。”

杨振宁和米尔斯的思路如下：与局域相位变换联系的阿贝尔规范不变性表现为电荷守恒，并导致电磁相互作用。外尔发现了这个理论结构，虽然当时电磁相互作用是已知的。杨 – 米尔斯理论将它推广为与局域同位旋变换联系的非阿贝尔规范不变性，由此决定新的、待确定的相互作用。

从数学观点讲，这是从描述电磁学的阿贝尔规范场论到非阿贝尔规范场论的飞跃；而从物理观点讲，这是用此种推广发展出新的相互作用的基础规则。也就是说，他们敲开了后来杨振宁所说的“对称支配力量”（或者说“对称性支配相互作用”）这一原理的大门。这是划时代的、革命性的。

今天我们知道，在自然界的四种基本相互作用中，引力由爱因斯坦的广义相对论描述，电磁和弱相互作用统一成电弱相互作用，它和强相互作用都分别由杨 – 米尔斯理论描述，而描述引力的爱因斯坦的广义相对论也与杨 – 米尔斯理论有类似之处。杨振宁称之为“对称支配力量”。[①] 这是最初由爱因斯坦在创立广义相对论时开启的原理。杨 – 米尔斯理论是 20 世纪下半叶伟大的物理成就，杨 – 米尔斯方程与麦克斯韦方程和爱因斯坦方程都具有极其重要的历史地位。

杨 – 米尔斯理论的成功是物理学史上的一场革命。但杨振宁的出发点并不是要搞革命，而是要在复杂的物理现象背后寻找一个原理，建立一种

---

① Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

秩序。这种秩序的建立是杨振宁追求物理美的一个主要表现。作为保守的革命者，他引起的革命是不得已而为之，是建设性的，而非破坏性的。但当确实需要革命性的思想时，他又果断地采纳。虽然最初得到杨－米尔斯规范场论时，杨－米尔斯规范粒子的质量问题不能解决，但物理直觉、理论的美以及对规范对称性的重视使得杨振宁相信这个理论一定是正确的一步。

1956 年的 G 宇称（E7）

1955 年，反质子被发现后，杨振宁和李政道提出了 G 宇称的概念。这一概念将电荷共轭对称和同位旋对称相结合，为强相互作用过程的一些选择定则提供了理论依据。[①]

1956 年的弱相互作用中宇称不守恒（C1）

1956 年，$\theta-\tau$ 之谜是物理学中最重要的难题。θ 和 τ 这两个粒子在弱相互作用主宰下，分别衰变成 2 个和 3 个 π 介子。由于 π 介子的宇称是 -1，因此 θ 和 τ 的宇称分别是 $+1$ 和 -1。但是，θ 和 τ 的质量和寿命完全一样。当时普遍讨论，在 θ 和 τ 的衰变中，由于某种特殊原因，宇称是否可以不守恒。如果宇称守恒，那么 θ 和 τ 就是两种不同的粒子，大自然就需要将它们的质量和寿命微调成完全一样。这是很奇怪的，很不自然、缺乏美感。

杨振宁和李政道从 $\theta-\tau$ 之谜这个具体的物理问题走到一个更普遍的

---

① Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

问题，将这个难题扩展为弱相互作用的普遍问题，又提出“宇称在强相互作用与电磁相互作用中守恒，但在弱相互作用中也许不守恒”的可能，将弱相互作用主宰的衰变过程独立出来，然后经具体计算发现，原来以前并没有实验证明在弱相互作用中宇称是否守恒。他们还指出了好几类弱相互作用关键性实验，以测试弱相互作用中宇称是否守恒。

1956 年夏，β 衰变实验家吴健雄决定做他们指出的几类实验中的一项关于极化钴-60 原子核（60Co）β 衰变的实验（杨振宁后来评论她“独具慧眼”）。吴健雄邀请低温物理学家 E. 安布勒、R. W. 海沃德、D. D. 霍布斯和 R. P. 赫德森进行合作。次年 1 月初，她领导的实验表明，在弱相互作用中，宇称确实不守恒。这引起了整个物理学界的巨大震动。因“对于宇称定律的透彻分析，导致关于基本粒子的重要发现”（诺贝尔奖颁奖词），杨振宁和李政道于 1957 年获得诺贝尔物理学奖。

回顾历史，从经典物理以及晶体结构，到量子力学与粒子物理，对称性分析始终是物理学中的有力工具。而量子力学的兴起使得对称性在物理学中占据了前所未有的重要地位。它将原子光谱中的量子数 l 和 m 解释为转动算符的本征值。到了 20 世纪 50 年代，所有的量子数均与对称操作联系在一起。宇称与空间反演或镜面反射相联系。因此，宇称守恒有着直觉上的吸引力，被当作自然的、神圣的，而且在实验上非常有用，特别是在核物理的实验分析方面。在这样的气氛下，1956 年，杨振宁和李政道建议检验弱相互作用中宇称是否守恒的文章受到普遍的异议乃至嘲弄，便不难理解。1957 年初实验结果宣布后，杨振宁和李政道的这一工作当年即被嘉以诺贝尔物理学奖。这个得奖速度创造了诺贝尔奖整个历史上的纪录，前无古人，后无来者。

温伯格说过：“李政道和杨振宁扭转了从爱因斯坦开始的物理学家的

一个倾向，即对称性是不言而喻的原理。每个人都感到这一突破带来的激动。”[①]

1957 年的时间反演、电荷共轭和宇称三种分立对称性（C2）

质疑弱相互作用中宇称是否守恒的论文预印本使得欧米于 1956 年 8 月致信杨振宁，提出了弱相互作用中宇称（P）、电荷共轭（C）和时间反演（T）这三个分立对称性之间关系的问题。这直接促成了杨振宁、李政道与欧米讨论 P、C、T 各自不守恒之间的关系。[②] 他们于 1956 年底写好论文，宇称不守恒在实验上确定后，于 1957 年 1 月 7 日投稿。此文对 1964 年所有关于 CP 不守恒的理论分析产生了决定性的影响。

物理定律在某个层面的不对称在实验中被揭示出来后，可以用更全面的对称来“挽救”。所以，当时人们期待 C 和 P 的联合操作 CP 下的对称性。杨振宁 1983 年评述：“为什么我们没有预料到 CP 违反？原因又是，每个人自然偏向于更多的对称性。在这个情形下，事实上，也没有疑难驱使我们考虑 CP 违反。1964 年以前的所有工作都是将电荷共轭包括进来，重新定义反射操作的。”[③] 现在依然认为 CPT 联合操作是守恒的。

1957 年的中微子二分量理论（E8）

三天以后，1 月 10 日，杨振宁和李政道便将关于中微子二分量理论的论文投稿。宇称不守恒意味着，可以用手征性区分中微子和反中微子

---

① Weinberg S. *Facing Up: Science and Its Cultural Adversaries Trade*. Havard. 2003.

② Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

③ 同②。

（自旋总是沿着或逆着运动方向），各自的波函数只有两个分量。文章详尽讨论了实验相关问题，简洁地指出中微子探测的截面应该是原来理论结果的双倍。[①] 在有实验证据之前不随便猜测，而在有实验证据后透彻讨论，这种研究风格有费米之风。

1960 年，中微子发现者莱因斯和考恩宣布，截面确实应该比他们最初（1956 年）公布的结果增加一倍。[②] 1979 年，莱因斯解释："当初对于探测器效率估计过高。"[③] 在 2002 年的诺贝尔奖演讲中，莱因斯再次重申："正如我们几年后从李政道和杨振宁的工作中了解到的，因为宇称不守恒及中微子的手征性，截面应该扩大到原来的两倍。"

1957 年的玻色子多体问题（A2）

出于对液氦超流现象的兴趣，杨振宁在 1957 年前后与合作者完成了一系列关于稀薄硬球玻色子多体系统的论文。这是物理上受液氦超流驱动、数学上定义完善的模型。

从 1955 年开始，杨振宁和黄克孙、路丁格合作，将赝势法（最初由费米等人在核物理中发展出来）用到玻色子多体问题。由于一个发散问题，这项工作的两篇论文直至 1956 年 10 月才得以投稿。[④]

1956 年 4 月至 6 月，杨振宁和李政道集中研究 $\theta-\tau$ 之谜。在写好相关论文，等待宇称实验结果的那段时间，杨振宁和李政道研究玻色子多体

---

① Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

② Reines F, Cowan C L Jr, Harrison F B, McGuire A D, Kruse H W. 1960. "Detection of the Free Antineutrino". *Physical Review* 117 (1): 159.

③ Reines F. 1979. "The Early Days of Experimental Neutrino Physics". *Science* 203 (4375): 11.

④ 同①。

问题，用二元碰撞方法得到了与赝势法一致的结果，而且通过将最发散的项求和，首先得到了正确的基态能量修正。随后，又和黄克孙用赝势法得到同样的结果以及低激发谱。他们得到的能量修正中最令人惊讶的是著名的平方根修正项，被称为“李－黄－杨修正”，但当时无法得到实验验证。

由于粒子物理研究工作的压力，他们写了二元碰撞计算的简单总结，并于12月投稿。1957年1月，在多体理论会议上，杨振宁对这两种方法做了综述。3月19日，他们将赝势法的结果投稿。

在获得诺贝尔物理学奖之后，杨振宁和李政道有时间回到玻色气体问题的研究上。他们先是将李－黄－杨赝势法扩展到有限温度，写了两篇文章，然后又写了5篇文章，通过巨正则系综和变分方法讨论了各种性质。[①] 1960年，在多粒子问题会议上，杨振宁对这些工作做了综述，其中一些讨论与两年后的非对角长程序论文相关。

出乎他们意料的是，近年来，他们的理论结果，特别是“李－黄－杨修正”，随着冷原子物理学的发展而得到了实验证实。1992年，杨振宁被问及如何“选择在10到20年后变得重要的问题”，他回答：“必须寻找与物理现象或者与物理学基本结构直接相关的课题。”[②] 玻色子问题就是他这一方法论的一个很好的例子，并且其重要性在40到50年后越发彰显。

1957年的超子衰变（E9）

宇称不守恒定律确立后，人们纷纷研究其他弱衰变实验，包括超子衰变为 π 介子和核子。杨振宁和李政道对此进行了分析。他们定义的几个

---

① Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

② 杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998。

关键参数成为这个领域的标准语言。

1960 年的高能中微子实验的理论探讨（C3）

1960 年，实验物理学家施瓦茨指出如何通过中微子束得到更多弱相互作用的实验信息。李政道和杨振宁在理论上探讨了高能中微子实验的重要性。[①] 这是关于中微子实验的第一个理论分析，引导出后来许多重要的研究工作。

施泰因贝格尔与莱德曼及施瓦茨因中微子束方法和 μ 中微子的发现而共同获得了 1988 年诺贝尔物理学奖。施泰因贝格尔指出："这种实验的物理意义在李政道和杨振宁的论文中被列表讨论，这个文章被证明是预知未来的……当中微子束和探测器越来越有力后，这些过程成为多年深入实验的课题。"[②]

在这篇文章中，杨振宁和李政道也讨论了传递弱相互作用的中间玻色子，并将其命名为后来被广泛采用的 W ± 。

1960 年的中间玻色子（E10）

在 1957 年 4 月的罗切斯特会议上，杨振宁评论道："如果 β 衰变相互作用是矢量相互作用而不是标量相互作用，那么人们应当问一个问题，这是否与一些矢量场有关。而这些矢量场产生于局域守恒定律的概念。"[③] 这是历史上首次有人提出弱相互作用的中间矢量场可能是规范场。后来有

---

① Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

② Cronin J W (ed.). *Fermi Remembered*. University of Chicago, 2004:34.

③ 同①。

更多人这么猜测。

杨振宁和李政道并不喜欢猜测性的工作，而是采取更踏实的策略，集中于中间玻色子的唯象和逻辑分析。[①] 他们考虑实验事实的限制，对中间玻色子场做了若干理论探讨。另外，他们还与合作者 P. 马克施泰因做了中微子束产生 W 粒子的截面计算。

1961 年的超导体磁通量子化的理论解释（B1）

1961 年夏，杨振宁访问斯坦福大学。[②] 在那里，费尔班克和迪弗在实验中发现超导环中磁通量以 hc/2e[③] 为基本单位进行量子化。费尔班克疑惑，这是不是因为电磁场有超越麦克斯韦理论的新规律。杨振宁和拜尔给出了这一现象的理论解释，证明电子配对即可导致观测到的现象，而无须引入新的关于电磁场的基本原理，并纠正了伦敦和昂萨格的推理错误。在证明过程中，他们巧妙地将规范变换运用于凝聚态系统。这也是杨振宁与实验物理学家互动的一个例子。

1962 年的 ξ 极限（E11）

这篇文章也是杨振宁和李政道关于 W 粒子的唯象和逻辑研究，是关于它们与电磁场的相互作用的。为了处理一个发散问题，杨振宁发明了叫作 ξ 极限的方法。[④] 这个方法后来也被用在规范场论中。

这篇文章是两人合作的最后一篇论文。1999 年，诺贝尔物理学奖得

---

① Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

② 同①。

③ hc/2e 为量子化单位，其中，h 为普朗克常数，c 为光速，e 为电子电荷量。

④ 同①。

主韦尔特曼说："他们刚开始系统研究矢量玻色子（弱相互作用的 W 和 Z），无从得知他们在发展标准模型上可以走多远。"[①]

1962 年的非对角长程序（B2）

杨振宁对稀薄玻色气体的研究引导他深入思考密度矩阵的结构，而磁通量子化工作引导他思考超导理论的含义，这些问题最终被统一起来。1962 年，杨振宁提出非对角长程序的概念，统一刻画超流和超导（或称量子凝聚）的本质，同时也深入探讨了磁通量子化的根源。这是当代凝聚态物理的一个关键概念。杨振宁后来指出，此文是"我一直所喜爱的文章，虽然意犹未尽"[②]。

2006 年，因超流氦 3 的理论工作而获得 2003 年诺贝尔物理学奖的莱格特出版了一本关于各种量子凝聚的专著。他在该书的序言中明确写道："我从一开始就采纳由杨振宁首先阐明的观点，即应该简单地考虑在对所有粒子的行为平均之下单粒子或者粒子对的行为，用术语说，就是单粒子或两粒子密度矩阵。"[③]

1964 年的 CP 不守恒的唯象框架（C4）

1964 年，克里斯滕森、克罗宁、菲奇和特莱的实验发现了弱相互作用中的 CP 不守恒。后来，克罗宁和菲奇因此获得了 1980 年诺贝尔物理学奖。

1957 年宇称（P）不守恒被发现后，人们猜测 CP 守恒，但没有想到

---

① Veltman M. *Facts and Mysteries in Elementary Particle Physics*. World Scientific, 2003.

② Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

③ Leggett A J. *Quantum Liquids*. Oxford University Press, 2006.

CP 也不守恒。1964 年 CP 不守恒的实验发现引发了很多理论文章，其中有众多乱猜其根源。杨振宁和吴大峻没有理会那些脱离实际的理论猜测，而是做了 CP 不守恒的唯象分析，集中于未来实验的仔细分析，建立了后来分析此类现象的唯象框架。这反映了杨振宁脚踏实地的作风，显示出费米对其的影响。

1993 年，克罗宁指出："在 1964 年的所有这些理论文章中，只有两篇今天仍被引用。其中之一是吴大峻和杨振宁题为《K 介子衰变的 CP 守恒的破坏的唯象分析》的文章……在过去的 29 年中，它一直是实验研究的指导。"[①]

此文与三种分立对称性（C2）论文一起，共同定义了被物理学界沿用至今的理论框架和术语。施泰因贝格尔回忆，正是吴 – 杨文章启发他去测量中性 K 介子衰变的主要参数。[②]

1967 年的非阿贝尔吴 – 杨磁单极（E12）

杨振宁认为不应当马虎地将规范场变成唯象的东西，因为牵强尝试破坏了规范不变性。[③] 因此，1955—1967 年，虽然杨振宁时不时思考规范场问题，但没有就此发表任何论文。

20 世纪 60 年代后期，杨振宁重返规范场论的研究。本文是他 1955 年之后在规范场领域的第一篇论文，是和吴大峻获得的经典纯杨 – 米尔斯理论的第一个解。他们的策略是先寻找无奇点的解，再通过微扰方法寻找

---

① Liu C S, Yau ST. (Ed.). *Chen Ning Yang: A Great Physicist of the Twentieth Century*. International Press, 1997.

② Cronin J W (ed.). *Fermi Remembered*. University of Chicago, 2004:34.

③ Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

激发态。这个方案与对称性自发破缺的思想有类似之处。[①]

1967 年的杨 – 巴克斯特方程（A3）

1947 年，在芝加哥大学，杨振宁钻研的四个课题之四是贝特 1931 年关于一维铁磁体的波函数的一个假定，其关键是自旋波没有衍射。1951 年，杨振宁研究二维伊辛模型时，又仔细钻研了贝特的方法。

1962 年，杨振宁完成非对角长程序工作之后，寻找具有这种长程序的模型。这个寻找将他引导到量子统计模型的严格解，并重燃他对贝特假定的兴趣。他研读了 E. H. 利布和 W. 林内格用贝特假定研究一维 δ 函数排斥势中玻色子的工作。

1964—1966 年，他和杨振平研究格气模型里的相变及其量子推，然后研究与之等效的各向异性海森伯链，用了贝特假定，并如此命名，就此发表了一系列论文。[②] 在此期间，杨振宁离开普林斯顿，加入纽约州立大学石溪分校，创办了理论物理研究所。

1967 年，杨振宁发现，一维 δ 函数排斥势中的费米子量子多体问题可以转化为一个矩阵方程。这个方程后来被称为杨 – 巴克斯特方程，因为 1972 年，巴克斯特在另一个问题中也发现了这个方程。同一年，杨振宁还写了一篇于次年发表的文章，进一步探讨了此问题的 S 矩阵。后来，人们研究了很多可解模型的 S 矩阵。

人们后来发现，杨 – 巴克斯特方程在数学和物理中都是极重要的方程，与扭结理论、辫群、霍普夫代数乃至弦理论都有密切的关系，因而它

---

① Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

② 同①。

成为一个重要领域。

另外，杨振宁当年讨论的一维费米子问题近年来在冷原子的实验研究中显得非常重要，为许多一维实验提供了分析基础。而他在文中发明的嵌套贝特假设方法，次年被利布和伍法岳用来解出了一维哈伯德（Hubbard）模型。

1968 年的高能散射几何模型（E13）

从 1965 年开始，杨振宁与合作者（吴大峻、拜尔、邹祖德、贝内克、阎爱德等）对高能强子碰撞做了一系列研究。他们将强子视为一个延展物，发展了一个唯象几何模型。这个模型解释了很多实验现象，并提出了许多被后续研究普遍使用的概念。[①]

1969 年的一维 δ 函数排斥势中的玻色子在有限温度的严格解（A4）

1969 年，杨振宁和杨振平将一维 δ 函数排斥势中的玻色子问题推进到有限温度的情形。这是历史上首次得到有相互作用的量子统计模型在有限温度（$T > 0$）下的严格解。近年来，这个模型及其结果也在冷原子系统中得到实验实现和验证。

1970 年的电荷量子化（E14）

1970 年，杨振宁写过一篇仅有一页的文章，证明了规范群的紧致导致所有电荷必须是某个基本单位的整数倍。这篇文章很特别，短而深刻。因

---

① Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

为拓扑相变和拓扑物质相而获得2016年诺贝尔物理学奖的索利斯在《非相对论物理学中的拓扑量子数》(*Topological Quantum Numbers in Nonrelativistic Physics*)一书中介绍了杨振宁的这个论证。

杨振宁没有研究过生物物理，不过，他问过一个重要问题。1971年，杨振宁给著名的20卷丛书“相变与临界现象”(东布和格林编，1971—2001)的第一卷撰写序言，最后一段提到了统计力学与脑功能的关系[①]：

> 今后几十年的一个重大智力挑战是脑组织的问题。记忆存储的基本机制是什么？什么过程实现体内基本上化学的过程与大脑的很特定、非统计的操作之间的联系？最重要的，人脑如何实现概念的形成？我疑惑，是不是这些研究中的物理学精神与感动“热力学的合理基础”奠基者的并不相似。

在这个方向上，利特尔的文章发表于1974年，霍普菲尔德的文章发表于1982年。

1974年的规范场的积分形式(D2)

杨－米尔斯理论还把物理与数学的关系推进到一个新的水准。1967—1968年，杨振宁注意到规范场场强与黎曼几何中黎曼张量之间的类似，意识到规范场有深刻的几何意义。于是，他致力于研究规范场的积分形式，发现了不可积相位因子的重要性，并于1974年成文发表。

---

① Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

此文在1954年推广规范场论的两个动机之后，给出了第三个动机或者方法：将不可积相位因子推广为不可积李群元素。

1975年的规范场与纤维丛的对应（D3）

20世纪70年代早期，杨振宁认识到规范场的几何意义，也意识到规范场的积分形式实际上是几何的发展。因此，他向西蒙斯学习纤维丛理论。[①]

1975年，杨振宁和吴大峻最终意识到，物理学家所谓的规范对应于数学家所谓的主坐标丛，而物理学家所谓的势对应于数学家所谓的主纤维丛上的联络，规范场具有整体的几何含义，可以自然地用纤维丛概念表述。

他们发表了论文《不可积相位因子的概念与规范场的整体形式》（D3），用不可积相位因子的概念给出了电磁学以及杨－米尔斯理论的整体描述，讨论了阿哈罗诺夫－玻姆（Aharonov-Bohm，AB）效应和磁单极问题，揭示了规范场在几何上对应于纤维丛上的联络。

这篇文章里面有一个“词典”，把物理学中规范场论的基本概念准确地“翻译”成数学中纤维丛理论的基本概念，包括一个与规范场论中的源相对应的问号，代表当时数学上还没研究。这个词典引起数学界的广泛兴趣，大大促进了数学与物理学以后几十年的成功合作。

这篇文章还包含用不可积相位因子的概念重新研究狄拉克磁单极问题。用两个有重叠的区域组成磁单极外的空间，每个区域有矢量势，在重叠区域，两个矢量势只能相差一个梯度，因为磁场强度是唯一确定的，由

---

① Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

此得到两个波函数之间的关系。而波函数的单值性就给出了狄拉克量子化条件。这解决了有几十年历史的奇异弦困难，揭示了拓扑和物理的深刻联系。文献中有时将其称作阿贝尔吴－杨磁单极。

出于对阿哈罗诺夫－玻姆效应的浓厚兴趣和深刻理解，杨振宁还建议外村彰用超导环验证阿哈罗诺夫－玻姆效应，实验于 1986 年取得成功，通过电子全息术测量了阿哈罗诺夫－玻姆相位。[①]

1976 年的无弦磁单极（E15）

杨振宁和吴大峻合作，进一步用纤维丛的概念讨论狄拉克磁单极问题，揭示狄拉克磁单极背后的非平庸丛的真正特性。杨振宁认为，这是他最优雅的工作之一，并就此发表了两篇文章。[②]

第一篇文章指出，不可积相位因子文章里提出的两个有重叠区域的波函数就是数学上的截面，这个方法消除了奇异弦。然后，他详细计算分析了角动量算符的本征截面，由磁单极球谐函数（比通常的球谐函数多一个刻画截面的量子数）描述。

第二篇文章给出了一个多值的经典拉格朗日量。不需要奇异弦，解释了狄拉克关于经典作用量的结论，即可以加减 $4\pi eg/c$，导致狄拉克量子化条件。

1977 年的自对偶规范场（E16）

对于无源规范场，杨振宁讨论了 SU(2) 规范场（杨－米尔斯场）的

---

① Yang C N. *Selected Papers II With Commentaries*.World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2013 .

② Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

自对偶条件，得到一个类似拉普拉斯方程的方程。这后来被称为杨方程，被证明是四维可积系统，并与杨－巴克斯特方程有关。自对偶解，即瞬子解，于 1975 年由别拉温（Belavin）、波利亚科夫（Polyakov）、施瓦茨（Schwarz）和特尤普金（Tyupkin）（四人合称 BPST）首先得到。

1978 年的四维球空间上的 SU(2) 磁单极（E17）

1978 年，杨振宁将狄拉克磁单极推广到五维平直空间或四维球空间的 SU(2) 规范场，它具有 SO(5) 对称性。这是四维平直空间的 BPST 瞬子解在四维球空间的共形映射。同年，他还进一步计算了它的磁单极球谐函数。[①]

1989 年的 η 配对（E18）

杨振宁从 20 世纪 60 年代就开始寻找本征态具有非对角长程序的费米子模型。1986 年高温超导被发现以后，二维哈伯德模型成为这个领域的一个重要模型。1989 年，杨振宁终于通过 η 配对机制，在哈伯德模型里找到很多具有非对角长程序的本征态。η 配对是总波数为 π 的电子之间配对（传统配对的总波数为 0）。

1990 年哈伯德模型的 SO(4) 对称性（E19）

在 η 配对基础上，杨振宁和张首晟很快发现了哈伯德模型的 SO(4) 对称性，由与 η 配对相关的 SU(2) 对称性以及自旋 SU(2) 对称性构成，因此与超导性和磁性都相关。在此基础上，张首晟发现了一个集体模，后

---

① Steinberger J. *Learning about Particles–50 Privileged Years*. Springer, 2005. Cronin J W (ed.), Fermi Remembered, University of Chicago, 2004:34.

来又发展出高温超导的 SO(5) 理论，将超导性与磁性统一起来。张首晟称之为“对称性支配相图”。[①]

影响和引用情况

从影响力和引用情况上说，以上列出的 32 项工作主要可以分为八类。为有助于分析，我们参考了 Web of Science（引文索引类）数据库（截至 2021 年 8 月 12 日。此数据库范围有限，也存在收录遗漏，特别是早期数据，仅供参考）。

第一类是特殊型，属于此类的是杨 – 米尔斯理论（D1）。原文已发表多年，成为标准知识，绝大多数研究不再引用原文，反衬其重要性，就好比关于相对论的文章一般不引用爱因斯坦的原文。在 Web of Science 文章主题中搜索“Yang Mills”（杨 – 米尔斯），得到 20 031 篇文章，是原文引用数的十几倍，在标题中搜索“Yang Mills”，得到 6 616 篇文章；在文章主题和标题中搜索“non abelian gauge”（非阿贝尔规范），分别得到 7 724 篇和 959 篇文章；在文章主题和标题中搜索“nonabelian gauge”，分别得到 5 590 篇和 137 篇文章。

很少有人知道第一篇短文（会议报告摘要）的存在。第二篇论文被 1 192 篇文章引用（见图 3.2）。在 1978 年的最高峰之前，每年引用数量几乎呈增加趋势，特别是 20 世纪 60 年代初和 20 世纪 70 年代中期有跳跃式增加，然后原文引用数量下降，自 20 世纪 90 年代以来又持续稳定增加。

---

① Goldhaber A, Shrock R, Smith J, Sterman G, van Niuwenhuizen P, Weisberger W. (Ed.), *Symmetry and Modern Physics*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2003.

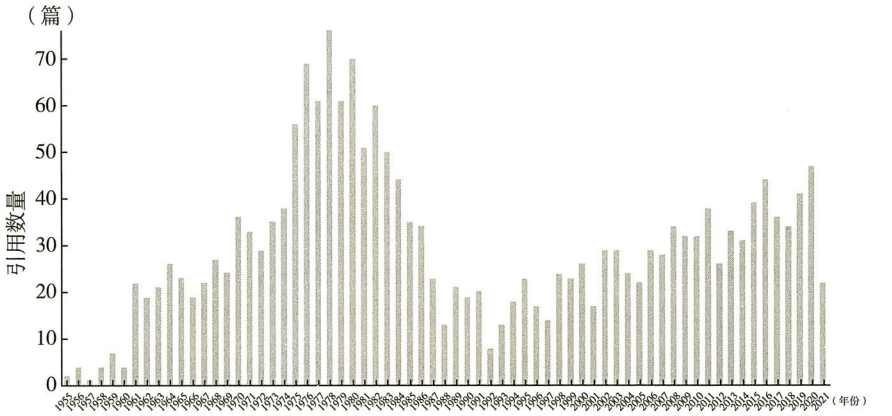
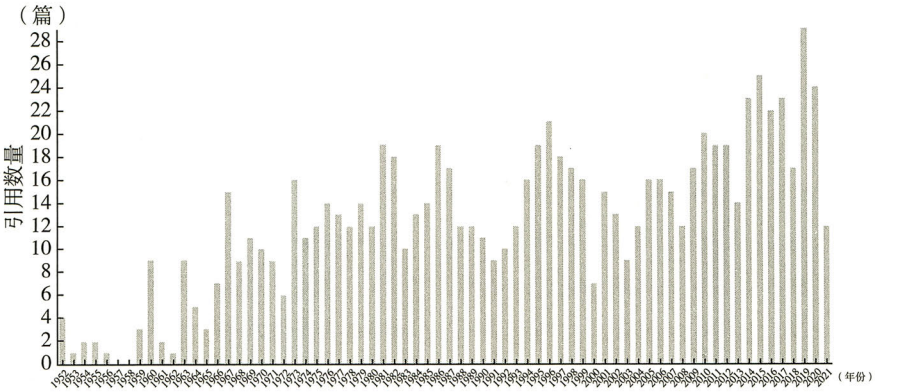


图 3.2　1954 年杨 - 米尔斯理论论文的历年施引文章数，总数为 1 192

第二类是不断上升型。属于此类的是相变理论（A1）。其重要性没有在刚发表时立即充分显示，但此后不断彰显，每年引用数基本保持上升趋势，涨落幅度很小，直到现在。图 3.3 显示，三篇文章被引情况非常类似，在 20 世纪 60 年代有一个跳跃，然后一直保持增长。通常而言，论文发表若干年后，被引用数开始呈下降趋势。这个“反常”的共同形态反映了统计力学的发展情况和持续性，以及这三篇相变论文的重要地位。



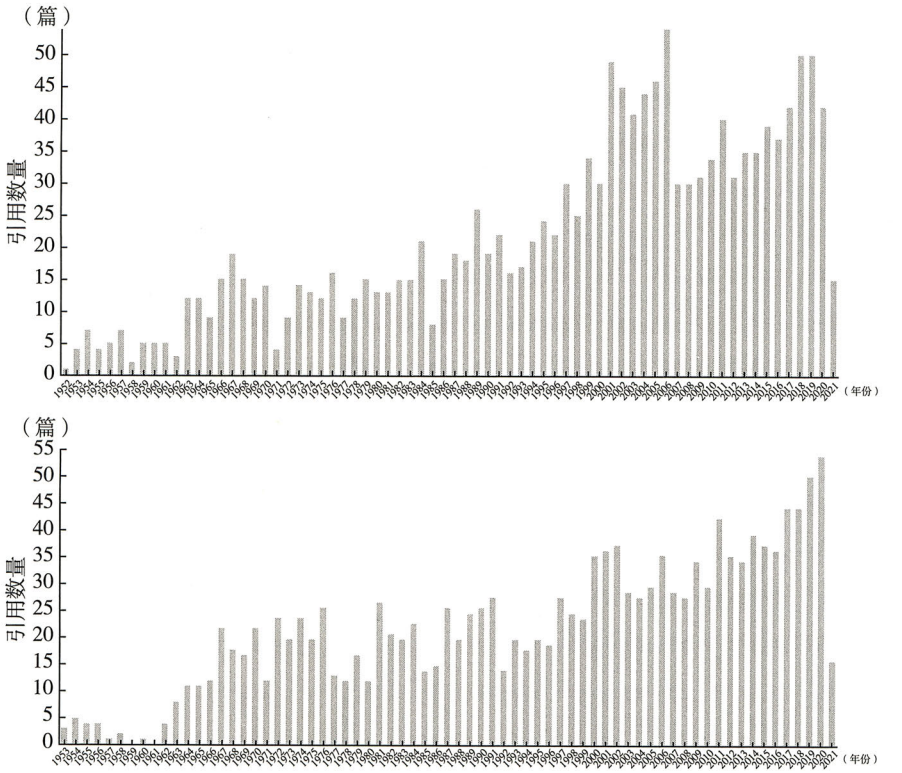


图 3.3　1952 年三篇相变论文（按发表顺序排列）的历年施引文章数，总数分别为 875、1 103 和 1 135

第三类是波浪上升型。属于此类的有杨 – 巴克斯特方程（A3）和有限温度（A4）（见图 3.4）。A3 被 1 175 篇文章引用，20 世纪 80 年代有一个峰值，20 世纪 90 年代有一个更大的峰值，2000 年以来稳定增长。A4 被 1 152 篇文章引用，在 20 世纪 70 年代、80 年代、90 年代以及 21 世纪，都有越来越高的峰值。

与第二类相比，第三类的引用存在一些明显的下降阶段，但不改变其向上的长期趋势。这说明该领域在冷却一些时段后有新发展，而且当热潮再次兴起，其持续时间和高度都超过以往。

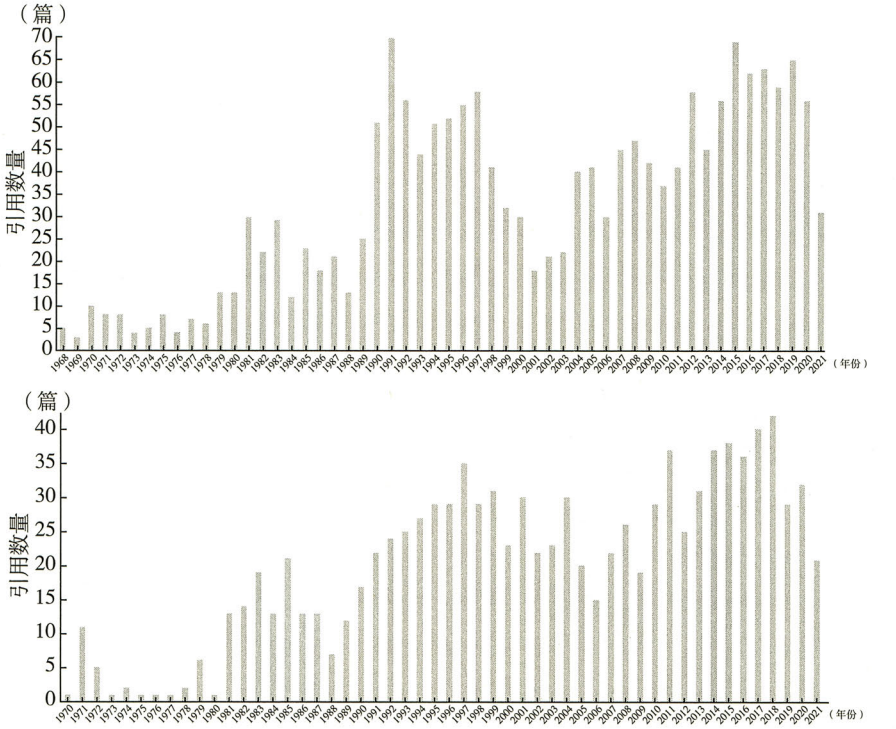


图 3.4　1967 年杨 – 巴克斯特方程论文（A3）和 1969 年有限温度下一维玻色子论文（A4）的历年施引文章数，总数分别为 1 175 和 1 152 次

第四类是衰减复兴型。属于此类的有：宇称（C1）、TCP（C2）、玻色子（A2）、磁通量子化（B1）、非对角长程序（B2）、角分布（E2）、费米 – 杨模型（E4）、π^0 选择定则（E5）、超子衰变（E9）。这类工作被发表后立即有其他研究者跟随，体现于发表后紧随的引用数量峰值，然后有个衰减阶段。但后来因为新的发展，引用数量又开始增加。

获得诺贝尔奖的 C1 很快为实验所证实，引用数量出现极高峰（见图 3.5）。这是里程碑式的工作，问题被解决后，成为本领域的核心知识，原文的引用数量自然出现衰减。但 20 世纪 90 年代以来，引用数量又增加起来，C2 亦类似，不过都没有超过当初的高峰。

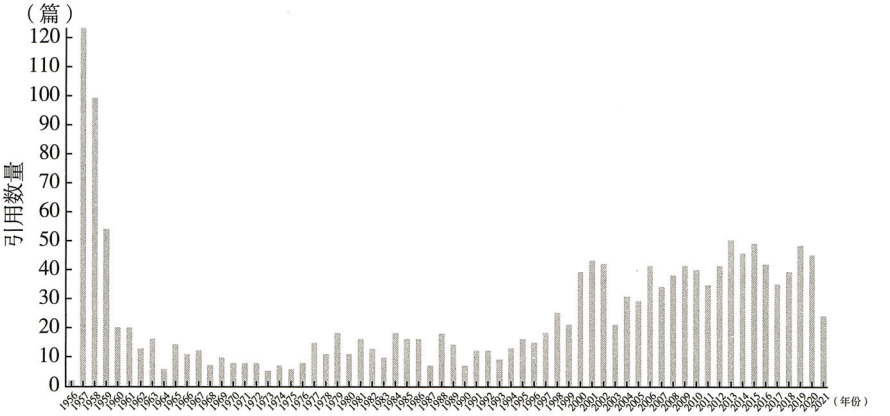


图 3.5　质疑弱相互作用中宇称是否守恒的论文（C1）的历年施引文章数，总数为 1 140

而 A2、B1、B2 复兴后的影响和引用都远超当初，因为后来的相关实验和理论工作远多于当初，理论也越发显得重要。例如，A2 研究的玻色气在当初没有完全对应的实验，后来冷原子新领域带来了大量后续研究。四篇文章都是这种类型，特别是李－黄－杨修正文章近年来增长势头强劲，并不断创造新高（见图 3.6）。

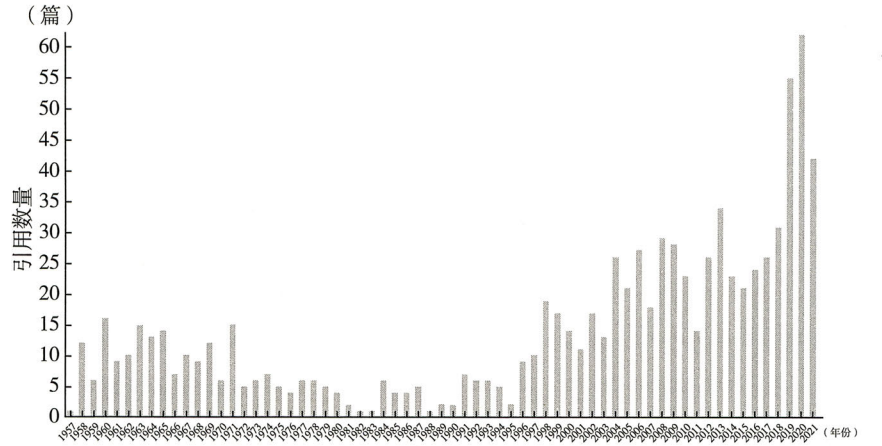


图 3.6　李－黄－杨修正论文（A2）的历年施引文章数，总数为 897

磁通量子化（B1）论文发表不久后有个被引高峰，而在 20 世纪 90 年代有个大得多的峰，从此保持高原状态（见图 3.7）。这表明很多年后，这个领域取得了很大进展。

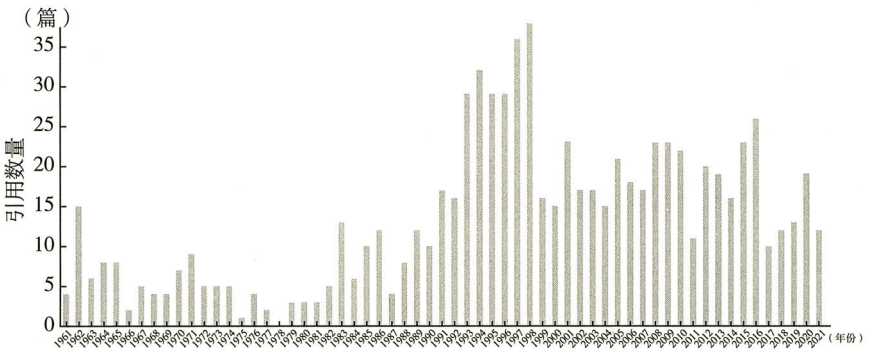


图 3.7　拜尔与杨振宁 1961 年的超导体磁通量子化论文（B1）的历年施引文章数，总数为 817

非对角长程序（B2）论文在 1968 年前后有一个引用峰值，20 世纪 80 年代后出现了高原（见图 3.8），表明近年来关于量子凝聚现象的研究有很多。

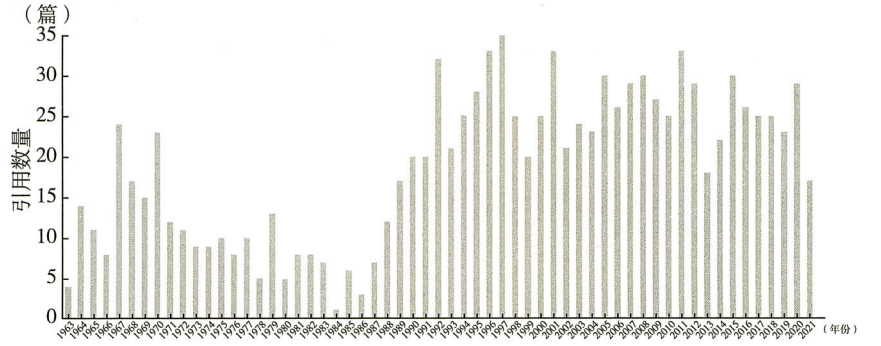


图 3.8　非对角长程序论文（B2）的历年施引文章数，总数为 1 106

π^0 选择定则（E5）的引用复兴尤为突出（见图 3.9），在 20 世纪 50 年代引用较多，这是很自然的。有趣的是，从 20 世纪 70 年代开始，引用

数呈现递增趋势。21 世纪以来，每年都有很多引用，甚至远超以前，出现了引用高原。

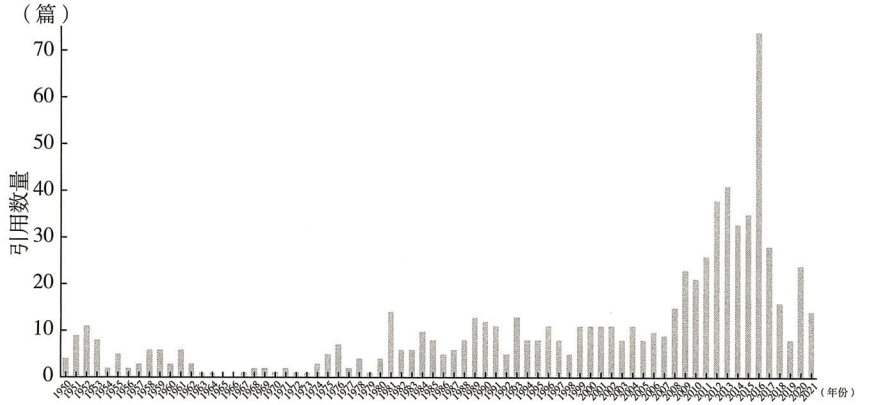
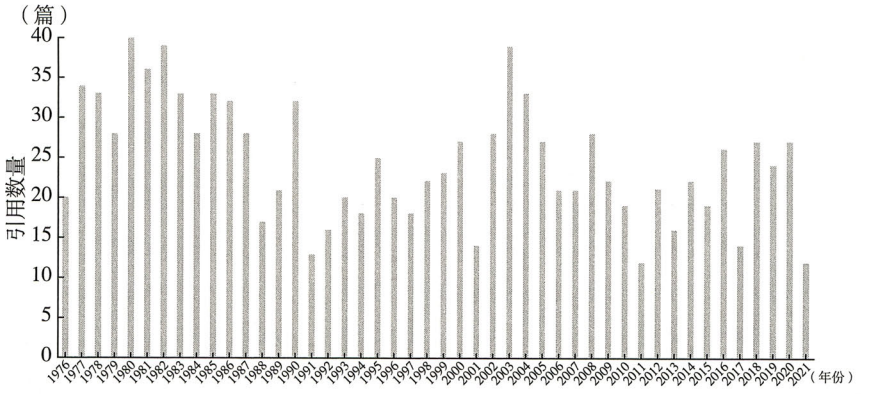


图 3.9　π^0 介子衰变为两个光子的选择定则文章的历年施引文章数，总数为 749

第五类是恒强型。属于此类的有，规范场与纤维丛的对应（D3）、无弦磁单极（E15）。

D3 和 E15 的第一篇文章发表后立即产生了重大影响，引发了热潮，很多年来引用趋势基本没有衰减（见图 3.10）。这是因为这些工作发现了丰富的矿藏，物理学家和数学家能从中不断挖掘出新结果。



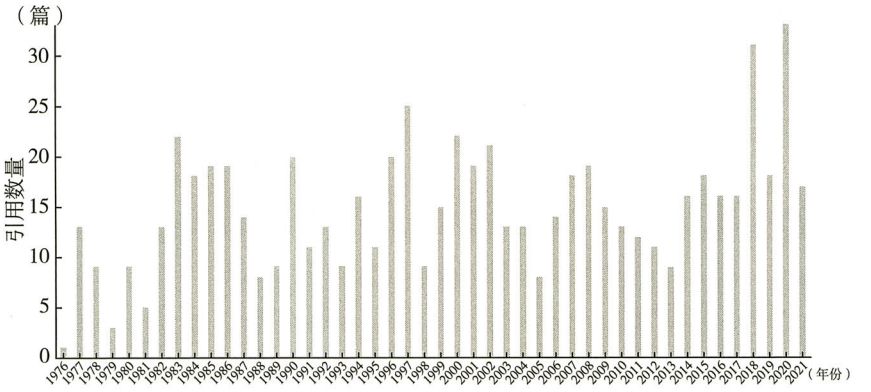


图 3.10　杨振宁和吴大峻 1975 年规范场与纤维丛的对应论文（D3）以及 1976 年第一篇无弦磁单极论文（E15）的历年施引文章数，总数分别为 1 128 和 683

第六类是波浪型。属于此类的有，η 配对（E19）。随着相关领域的情况变化，引用数有峰有谷。E19 在 1997 年达到高峰（见图 3.11），然后下降，目前正在攀登第二个高峰。相对而言，此文发表时间距今还不长。

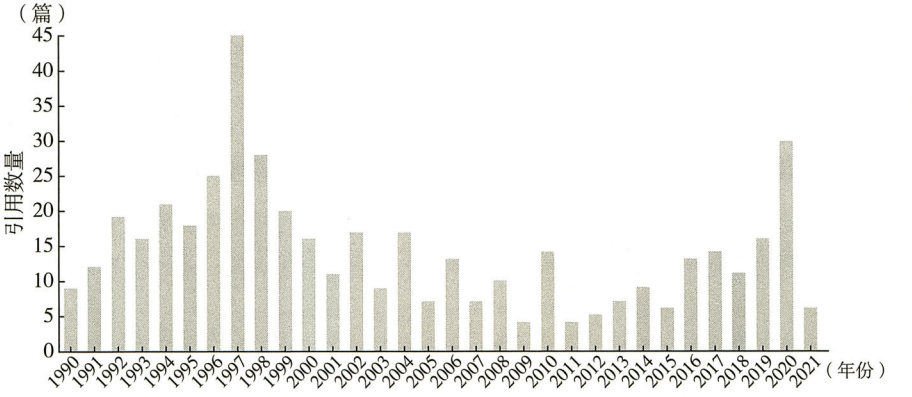


图 3.11　杨振宁 1990 年关于哈伯德模型中 η 配对的文章的历年施引文章数，总数为 459

第七类叫沉睡苏醒型。属于此类的有，量子化时空（E1）、SU(2) 磁单极（E17）。发表后一直引用极少，但在多年后，年引用数开始逐年增加。从沉睡时间和苏醒幅度来说，最突出的是 E1。20 世纪 90 年代之前，

引用数很少，但从 20 世纪 90 年代开始，特别是 21 世纪以来，因为非对易几何的兴起，其引用数大大增多（见图 3.12）。

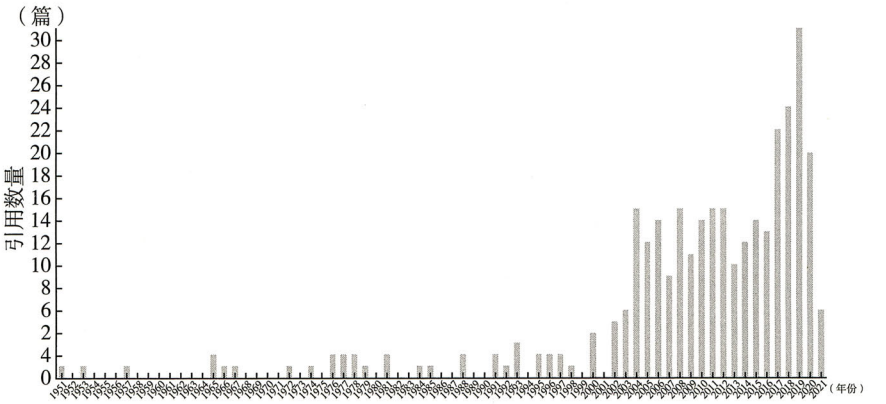


图 3.12　杨振宁 1947 年量子化时空的短文（E1）的历年施引文章数，总数为 322

第八类是衰减型。属于此类的有，C3、C4、D2、E6、E7、E8、E10、E11、E13、E16。D2 和 E16 属于开辟新领域，其他则都是粒子物理唯象工作，与实验密切联系，有很强的时效性。大多数工作已经成为重要的标准知识，进入教科书，很多人不再引用原文。

E3 和 E14 引用较少，因为讨论基本问题，很快成为标准知识。E12 发表在泰勒 60 岁祝寿文集中，很多人不引用原文，而 E19 发表于一个新杂志，作为支持。二者在 Web of Science 中均没有引用信息，但在 Google Scholar（谷歌学术）中分别有 80 个和近千个引用。显然，哈伯德模型的 SO(4) 对称性（E19）影响极大。

迄今为止，13 项重要贡献总共被 14 466 篇文章引用 17 764 次，19 项其他贡献中的 17 项（除 E12 和 E19）被 5 563 篇文章引用 6 656 次，198 篇文章（几乎所有被 Web of Science 收录的文章）总共被 24 439 篇文章引用 32 203 次。图 3.13 显示了历年引用数。可以看到，13 项重要贡献和所

有文章的总引用趋势非常一致，说明它们确实是突出代表。更可以看到，杨振宁很多研究成果具有强大的生命力，说明他的眼光非常深远。

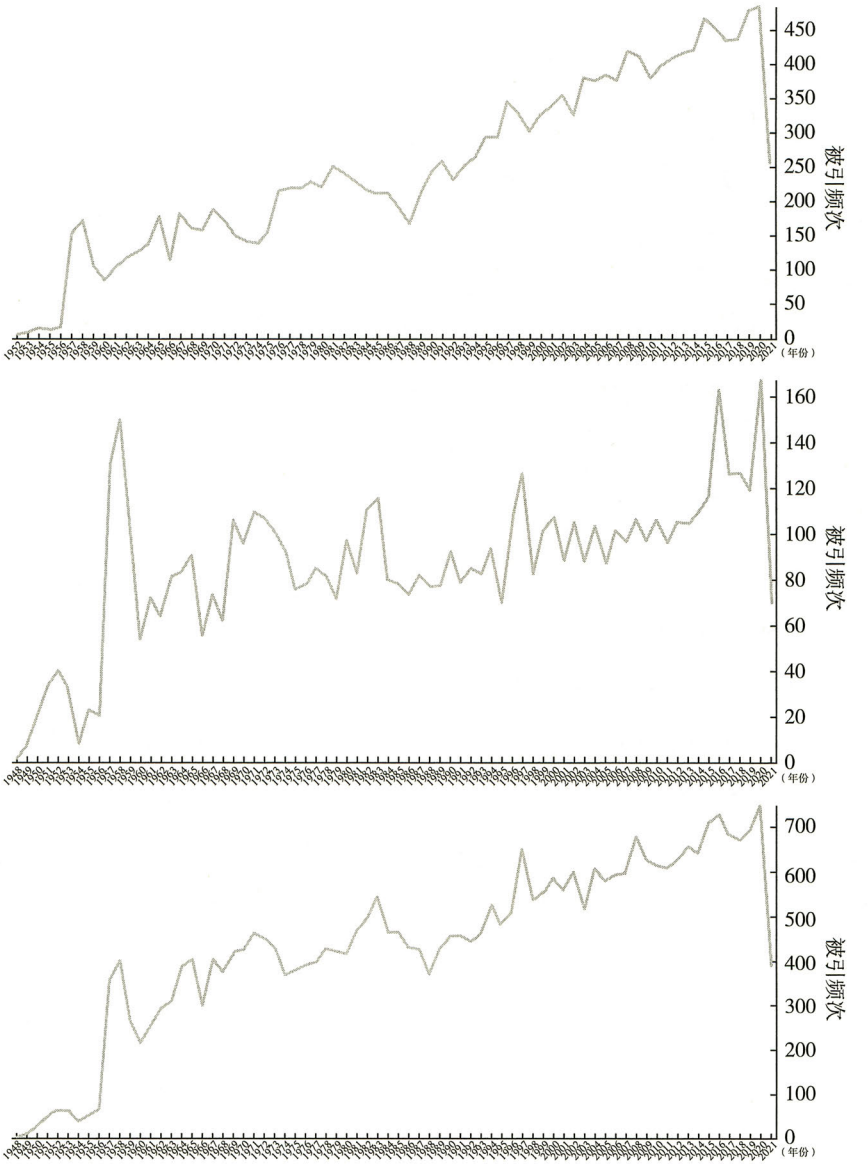


图 3.13　杨振宁的 13 项重要贡献、17 项其他贡献以及 198 篇文章的历年引用数

眼光、坚持、力量

杨振宁是20世纪下半叶的理论物理大师，具有极其鲜明独特的研究风格和品味。他曾经总结自己工作的三个要素：眼光（perception）、坚持（persistence）、力量（power）。[①]

杨振宁粒子物理唯象工作的特点可以总结如下：杨振宁和合作者脚踏实地，运用对称原理，立足实验分析，提出未来实验方向，而不随便猜测，体现了费米的影响。例如，和李政道提出中微子二分量理论时，在有实验证据之前不随便猜测，而有了实验证据后透彻讨论；和吴大峻分析CP不守恒时，没有理会脱离实际的理论猜测，而做了CP不守恒的唯象分析，集中于未来实验的仔细分析，建立了分析此类现象的唯象框架。这些工作与实验密切联系，引领了本领域发展，大多已成为标准知识，进入教科书，人们一般不引用原文了。因为科研新发展，部分文章近年来引用数又开始明显增加。

杨振宁统计力学（含多体和凝聚态理论）工作的特点可以总结如下：杨振宁和合作者对扎根于物理现实的普遍模型进行严格求解与分析，从而漂亮地抓住了问题的本质和精髓。这方面工作与物理现象、场论和数学都有深刻联系，对称性也起了重要作用。大多数工作具有极强的生命力，原文引用数不断创新高。

无论是场论与粒子物理，还是统计力学与凝聚态物理，杨振宁的研究工作都体现了他对物理学理论之美的追寻，一方面与实验事实紧密相关，另一方面又注重物理学的基本结构和理论形式的优美。这种追求和特征贯穿了他的整个研究生涯。从学生时代直到现在，杨振宁总是有独立的思想、

① 杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998。

想法和直觉，做研究不赶时髦、不随大溜、不落俗套，而是独立思考，从物理现象和自身的物理思想出发，做出深刻的发现，展示物理之美。

杨振宁的科学研究伴随并深刻影响了20世纪下半叶物理学的发展。他有些工作的重要性因得到实验支持而很快被承认，很多粒子物理唯象工作属于这种情况，最著名的例子是关于弱相互作用中宇称不守恒的工作；而有些工作的重要性经过很多年以后才被其他物理学家接受，成为相关领域的奠基石，最著名的例子就是杨－米尔斯规范场论；也有些工作的重要性是随着时间的推移逐步显现出来的，统计力学领域的很多工作都是如此，包括相变理论和杨－巴克斯特方程。因为醉心于自己的追求，杨振宁会把一时还不能完善或重要性未显的想法搁置一旁，等待时机成熟。他将论文选入选集时，也不单纯以物理重要性为标准。正所谓“文章千古事，得失寸心知”。

1954年，杨振宁和米尔斯从物理结构出发提出杨－米尔斯理论时，虽然知道这是一个极美的理论，但当时并没有意识到它如此重要，更不了解规范场的几何意义。杨振宁是物理学家，不是数学家，是从物理现象中归纳基本理论，而这些基本理论的结构需要用数学表达。在追寻物理理论之美的过程中，他扎根于物理现实。但他又具有高超的数学能力，能够欣赏数学之美。

在杨振宁的13项重要贡献中，有2/3以上是关于物理现象与代数或几何对称性之间的关系，包括杨－米尔斯理论。在另外列出的19项贡献中，情况也是类似。在统计力学的很多工作中，对称性也起了重要作用。这表明，在杨振宁的思考中，对称性占据中心地位。1999年，在石溪举行的一次学术会议上，杨振宁被称为“对称之王”（Lord of Symmetry）。[①]

杨振宁着重追寻“物”之“理”，致力于设计物理学的基本理论结

① 施郁，物理学之美：杨振宁的13项重要科学贡献，物理，2014，第43卷第1期，第57—62页。

构。但他又深刻地认识到实验现象是物理学之根本，十分关注新的实验发现，富有成效地同实验物理学家互动，对物理学各个领域保持兴趣，包括一些看似较“小”但反映了物理学精神的问题，比如超导环磁通量子化和阿哈罗诺夫－玻姆效应实验验证，从中提炼出美妙的物理，而对一些研究“大”问题但猜测性太强的领域不感兴趣。这些特征显然是受到费米的影响。杨振宁从费米那里学到，物理从近距离开始才能得到大的规律，抽象化应在具体工作之后，应该将大部分时间用于简单的实际问题。[①]

20 世纪 70 年代后，凝聚态物理的实验新发现层出不穷，而高能物理的进步则依赖加速器的发展，因此他对凝聚态物理和加速器物理这两个领域特别关注，并鼓励青年人投身这些领域。[②]

杨振宁的风格和品味中有很多成分出自多年前埋下的“小的种子”（seedling）。[③] 他对对称性的浓厚兴趣与他天生的气质和幼时的经历不无关系，又与他本科阶段的学习密切相关。统计力学的研究则起源于其硕士论文。他在很多工作中表现出的数学能力和对数学美的欣赏，与少年时期对数学的接触分不开。受费米的影响，杨振宁又对很多领域保持兴趣。

杨–米尔斯理论的后续发展

1954 年杨－米尔斯理论的原始论文最后一段写道：“在电动力学中，

---

① 杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998。

② 杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998。Goldhaber A, Shrock R, Smith J, Sterman G, van Niuwenhuizen P, Weisberger W. (Ed.), *Symmetry and Modern Physics*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2003.Leggett A J. *Quantum Liquids*. Oxford University Press, 2006.

③ 施郁，物理学之美：杨振宁的 13 项重要科学贡献，物理，2014，第 43 卷第 1 期，第 57—62 页。

人们认为，电荷守恒要求光子质量消失。对于 b 场，没有相应的论证，虽然同位旋守恒成立。因此，我们对于 b 量子（杨 – 米尔斯规范粒子）不能做出任何结论。”[①]

这段话颇有预见性。后来发现，杨 – 米尔斯规范粒子的质量确实可能不为零，也可能为零。对称性自发破缺在保持物理定律对称性的前提下，允许现象上的对称性破缺，这导致弱相互作用的规范粒子质量。而在描述强相互作用的量子色动力学中，规范对称没有破缺，规范粒子胶子的质量确实为零，但夸克和胶子被禁闭着。

对于对称性自发破缺机制，杨振宁曾评论道：“自发破缺的观念既解决了规范粒子的质量问题，又没有破坏对称精神。”[②]

标准模型的建立是多位理论物理学家努力的成果，他们因此获得了诺贝尔奖。下面摘录了一些诺贝尔学术报告（Nobel Lecture）

1979 年诺贝尔奖是关于建立在杨 – 米尔斯理论基础上的电弱统一理论

格拉肖说：“今天我们有个被称作基本粒子物理学的‘标准理论’，其中强、弱和电磁相互作用都从局域对称原理给出……这个概念在 1954 年被用到非阿贝尔局域对称群。”

温伯格说：“更复杂的群的推广是 1954 年在杨和米尔斯一篇重要文章中做出的，他们展示了怎样构造一个强相互作用的 SU(2) 规范场论……我们目前关于基本粒子相互作用的细节性理论可以作为对称原理和对付无穷大的可重正化原理的后果。”

---

① Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

② 杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998。

1999 年诺贝尔奖是关于杨 – 米尔斯理论的可重正性

韦尔特曼说："杨 – 米尔斯理论大概是对于重正化来说最好的理论……从探究杨 – 米尔斯理论中的费曼图开始，我确定了很多发散的消失。"

特·胡夫特说："我计算了场论的标度性质，我尝试的第一个理论是杨 – 米尔斯理论……量子色动力学是一种规范群 SU(3) 的杨 – 米尔斯理论。"特·胡夫特也发现了渐近自由，但没有发表。

2004 年诺贝尔奖是关于杨 – 米尔斯理论的渐近自由

格罗斯（David Gross）说："特·胡夫特关于杨 – 米尔斯理论可重正性的杰出工作将非阿贝尔规范场论重新介绍到业内……我们判断可以计算杨 – 米尔斯理论的 β 函数……"

维尔切克说："我们发现展示渐近自由的理论叫作非阿贝尔规范场论，或者杨 – 米尔斯理论（杨和米尔斯，1954）。"

戴森对杨 – 米尔斯理论做过很多评论[①]：

- 非阿贝尔规范场的发现打下新的知识结构基础，这个知识结构的建造花费了 30 年。现代理论描述，又被现代实验证实，物质的状态是非阿贝尔规范场的汤，这些规范场由杨振宁 45 年前发现的数学对称性聚集在一起。
- 杨振宁占据了外尔的位置，成为我这一代物理学家的领头鸟……杨振宁还画龙点睛地指出，爱因斯坦引力理论符合

① Goldhaber A, Shrock R, Smith J, Sterman G, van Niuwenhuizen P, Weisberger W. (Ed.). *Symmetry and Modern Physics*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2003. Dyson F. Birds and Frogs (Selected Papers, 1990–2014). *World Scientific*, 2015.

同一个框架……非阿贝尔规范场生成非平庸的李代数，场之间的相互作用形式被唯一地确定下来，因此对称性支配相互作用。这个想法是杨振宁对物理学最大的贡献。

- 杨－米尔斯规范场是狄拉克方程之后，理论物理最重要的发现。

杨－米尔斯理论也带来一系列数学进展：

- 阿蒂亚研究了瞬子解分类，与 N. 希钦和辛格计算了瞬子模空间的维数。
- K. 乌伦贝克将杨－米尔斯方程表示成椭圆系统，导致一系列结果（2019 阿贝尔奖成果的一部分）。
- C. 陶布思研究瞬子模空间边界和自对偶四维流形的黏结。
- S. 唐纳森在前面三人工作的基础上，用瞬子模空间研究四维微分流形拓扑，得到了唐纳森定理。结合弗里德曼定理，说明存在一种四维可微流形，与四维欧几里得空间拓扑等价却不微分等价（1986 菲尔兹奖）。
- 威滕用超对称杨－米尔斯理论研究低维拓扑等数学问题。

阿蒂亚说："1977 年以后，我的兴趣转向规范场论以及几何与物理的相互作用……辛格告诉我杨－米尔斯方程，通过杨振宁的影响，它正在向数学圈渗透。"[①]

乌伦贝克说："杨－米尔斯方程正等着被发现。但是，数学家不能自

① Atiyah M. *Collected Works: Volume 5: Gauge Theories*. Oxford University Press, 1988:1.

己创造它们。规范场论是个被领养的孩子。物理学家杨和米尔斯于 1954 年写下了他们的方程。”①

杨振宁开启了物理与数学前沿两个汇合点，大大促进了数学与物理学以后的成功合作：

- 杨 – 米尔斯理论
- 杨 – 巴克斯特方程

有多个菲尔兹奖获奖工作与杨 – 巴克斯特方程或杨 – 米尔斯理论有密切的关系，这两者之间的深刻联系也越来越多地被揭示出来。

杨振宁感怀道：“我的大多数物理同事对数学采取实用主义的态度。也许因为我父亲的影响，我对数学有更多的欣赏。我欣赏数学家的价值判断，我崇尚数学的美和力量：既有战术操纵上的机智和复杂，也有战略行动上激动人心的扫荡。而且，当然，奇迹中的奇迹，数学中的一些概念竟提供了主宰物理宇宙的基本结构！”②

物理定律的定律

1979 年，在纪念爱因斯坦百年诞辰的演讲中，杨振宁总结了“对称支配力量”（或者“对称性支配相互作用”）总原理。③

---

① Uhlenbeck K. *Instantons and their Relatives*. Proceedings of the AMS Centennial Symposium, 1988.

② Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

③ 同②。

杨振宁梳理指出，在爱因斯坦提出的狭义相对论基础上，闵可夫斯基最早发现了对称性原理：物理定律必须满足在洛伦兹变换下的不变性。广义相对论基于从洛伦兹不变性到广义坐标不变性的推广。

爱因斯坦从广义坐标不变性决定了引力场方程，确定了未知的引力定律。因此，爱因斯坦通过广义相对论开启了“对称性支配相互作用”这个原理。

外尔最初试图推广广义相对论，统一引力和电磁力。后来他将规范变换修改为量子力学中的相位变换，从阿贝尔规范不变性确定了电磁定律，虽然当时电磁定律已经是已知的。

杨－米尔斯理论提出时，是作为外尔的电磁规范场论的推广，从非阿贝尔规范不变性确定未知的新的相互作用定律。

所以，四种基本相互作用都由对称性决定。引力由广义相对论描述；其他三种力直接主宰物质微观结构，由杨－米尔斯理论描述。杨－米尔斯理论是20世纪理论物理三个主旋律交融和变奏的高潮。

特·胡夫特说：“规范场论成为基本粒子理论的中枢概念，并被期待在更基本的理论构造中扮演同样必要的角色，以提供普适物理定律的包容一切的图像。”[①]

因此，今天可以清楚地看到：（1）“对称性支配相互作用”这个论断简洁地抓住了过去半个世纪理论物理主要的概念性进展；（2）这个论断将继续为理论物理的进步提供一般性指导。

我称之为物理定律的定律（Law of laws）。

“对称性支配相互作用”使得主宰世界的基本规律别无选择，成为必然，可以被确定，消除了任意性。也就是说，在深层次的规律上，美就是

① Gerardus't Hooft (Ed.). *50 Years of Yang–Mills Theory*. World Scientific, Singapore, 2005.

真，真就是美，美支配真，通过美确定真。当然，这要通过实验检验。这是人类思想史上极其深刻的一笔。可谓大美至真！

格罗斯说："对称性支配相互作用，而杨振宁支配对称性。"[①]

杨振宁曾经回顾1954年的价值判断："（A）规范不变性的美和力量，以及（B）规范玻色子的质量问题。对于米尔斯和我来说，中心动机来自（A），正如我们的短摘要所表明的。至于（B），米尔斯和我探讨了各种可能性，我们1954年的文章最后总结道：'因此，我们没有得到关于b量子的质量的任何结论。'也就是说，我们将（B）当作未来的问题。"

杨－米尔斯理论非常美，然而提出时，规范粒子质量问题没有被解决，没有直接的实验支持。但从非阿贝尔规范不变性得到相互作用，是杨－米尔斯理论的核心思想，是美和力量，是正确的。规范粒子质量问题后来得到了解决。粒子物理标准模型的成功证实了杨振宁基于美的眼光、判断和勇气。这是物理学历史的幸运。

谈到历史，我们可以从哥白尼的日心说中得到教益。哥白尼日心说的核心思想是，所有行星绕日运动，由此自然地解释了托勒密地心说中很多奇怪的规定。这是一个大美。

哥白尼日心说的优点在于美，但它并不比托勒密的地心说更符合观测。它甚至也借用托勒密的方法，如偏心和本轮。日心说在对观测符合上的优势，要等到伽利略基于望远镜的发现。而基于正圆的理论缺陷，要等到开普勒的椭圆轨道来消除。

然而，哥白尼日心说的核心思想是正确的，其他问题后来得到解决。

---

① Liu C S, Yau ST. (Ed.). *Chen Ning Yang: A Great Physicist of the Twentieth Century*. International Press, 1997.

我们还可以看到，圆对称（甚至扩大为球对称）转移到深层次的牛顿引力定律，而轨道形状由于对称性自发破缺而成为椭圆。这在细节上也与杨－米尔斯理论有类似。

500 年前哥白尼的日心说，在今天依然重要，其核心思想的重要性和正确性更清楚。可以期待，杨－米尔斯理论在 500 年后将依然重要，其核心思想的重要性和正确性也会更清楚。

“对称性支配相互作用”原理的历史脉络：

爱因斯坦—外尔—杨振宁

这三位关键人物与戴森曾同是普林斯顿高等研究院的同事，虽然杨振宁没有与爱因斯坦和外尔讨论过这个问题。[①] 杨－米尔斯理论完美诠释了研究院院徽（见图 3.14）所表达的美与真的理念。那是研究院创办者弗莱克斯纳从济慈的诗中受到的影响。



图 3.14　普林斯顿高等研究院的院徽

注：“Beauty is truth，truth beauty”，美即是真，真即是美。

① Yang C N. *Selected Papers II With Commentaries*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2013. 杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998。Yang C N. *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983; 2005 Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

杨振宁在 1957 年的诺奖晚宴上说了些什么？ ①

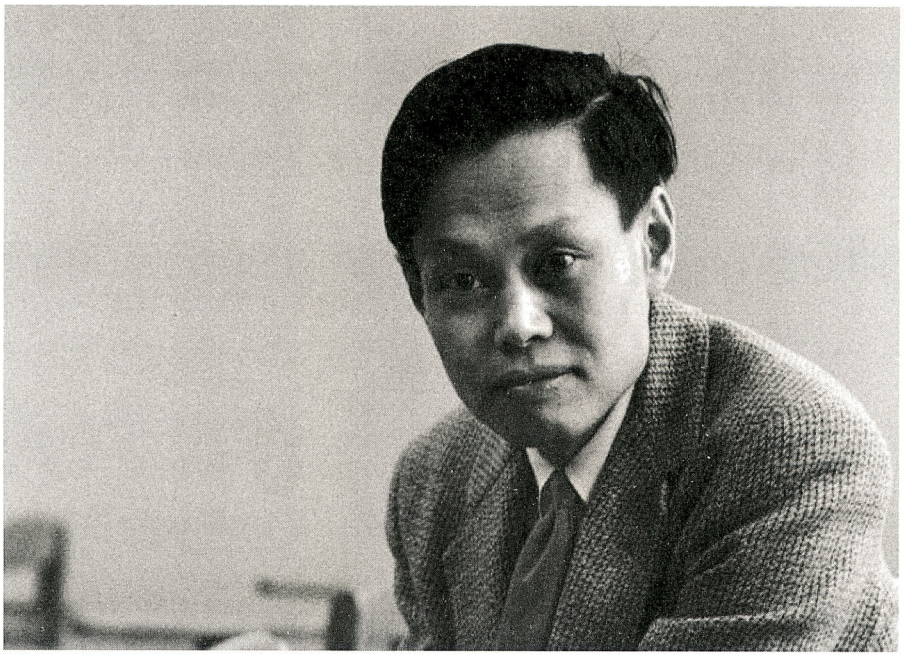


图 3.15　早年的杨振宁

① 本文作者施郁，中国科学技术大学教授，从事量子物理与量子信息凝聚态物理和粒子物理方面的研究工作。原文于 2021 年 4 月 5 日发表在“赛先生”。此处有修改。

1900 年，量子概念诞生。1901 年，《辛丑条约》签订。同年，第一届诺贝尔奖颁发。1905 年，光量子概念和狭义相对论诞生。1912 年，中华民国成立。1913 年，玻尔原子模型诞生。1915 年，广义相对论诞生。1918 年，规范理论诞生。同年，第一次世界大战结束。1919 年，五四运动爆发。同年，英国天文学家观测光线弯曲。1921 年，中国共产党成立。1922 年，爱因斯坦和玻尔分获前一年和当年的诺贝尔物理学奖，当时爱因斯坦途经上海，前往日本。这就是杨振宁出生时的时代背景。

1922 年 10 月 1 日，杨振宁生于合肥。[①] 名字中的“振”来自排行，“宁”来自怀宁（今名安庆），因为当时他父亲杨武之（字克纯，毕业于北京师范大学）在那里做中学数学教师。[②]

杨振宁 10 个月时，杨武之赴美国，在斯坦福大学一年，获学士学位，又赴芝加哥大学读博士，师从代数数论专家伦纳德·尤金·迪克森。他在芝大的中国同学包括物理学家吴有训和心理学家潘菽等。此后五年中，杨振宁与母亲罗孟华相依为命，母亲教了他 3 300 字，超过了他一生所认字的一半。[③] 杨振宁认为[④]，他本人的个性和作风，受到父母的影响都很大，明显的影响（如学术知识）来自父亲，不明显的影响（如精神气质）来自母亲，而中国旧时代的妇女，往往比男人意志坚强。

---

① Kenneth Young. *After-Banquet Speech*. International Symposium on Frontiers of Science in Celebration of 80th Birthday of C. N. Yang, 2002.

② 杨振宁，父亲与我，1997 年。后收入杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998。

③ 杨振宁，读书教学四十年，1983 年。后收入杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998。

④ 杨振宁，答《新加坡新闻》记者问，1987 年。后收入杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998。

对于中国旧式的妇女，杨振宁还说过[①]：

她做任何事情都不是从个人出发，她的一生是从她的父母、她的丈夫、孩子来出发的，而这个观念是绝对的，她从来不怀疑应把丈夫与孩子的福利放在第一位。对于她，这是绝对的一件事。我想，人的思想如果把一件事情变成绝对化以后，就变成一种力量……这个力量的来源是因为它有个信念，这个信念是绝对的，是不容置疑的。



图 3.16　杨武之一家人在厦门时候的照片

① 杨振宁，和潘国驹谈中国文化，1988 年。后收入杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998。

杨武之留学回国后，担任厦门大学教授，两年后任清华大学教授。因此杨振宁6到7岁在厦门度过，然后在清华园住了8年，其中，11岁到15岁时（1933—1937年）在崇德中学（英国教会学校）读书。[①] 在崇德中学，杨振宁所熟悉的清华子弟包括朱自清长子朱迈先和邓以蛰之子邓稼先。杨振宁在清华园也有很多玩伴。杨振宁当时就表现出喜欢当大哥的性格，这个在成年后时有表现。



图3.17　杨振宁4岁时候的照片

杨振宁小时候，父亲曾教他鸡兔同笼、正十七边形的圆规直尺作图等数学问题。[②] 1934年和1935年的两个暑假，由雷海宗介绍，丁则良给杨

① 杨振宁，读书教学四十年，1983年。后收入杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998。

② 施郁，杨振宁先生与复旦大学物理系教师的座谈，物理，2011，第40卷第8期，第491—499页。

振宁讲《孟子》。[①]1935年4月，杨武之在一张照片后写下“振宁似有异禀，吾欲予以伯璜”。杨振宁经常翻看父亲的数学书，包括A. 斯派泽关于空间群的书，16到17岁时，他父亲给他介绍了近代数学的精神。[②]

卢沟桥事变后，杨振宁在合肥六中读了几个月，然后全家到了昆明，因为清华大学与北京大学和南开大学组成了西南联合大学，他父亲要去那里工作。于是杨振宁在昆华中学读高二，同年考入西南联大。他报考了化学系，但入校后立即改成了物理系。从16岁到20岁，杨振宁是联大本科生，然后读了两年硕士研究生（三校的研究生分开招生，杨振宁算是清华大学的），直到1944年。[③]

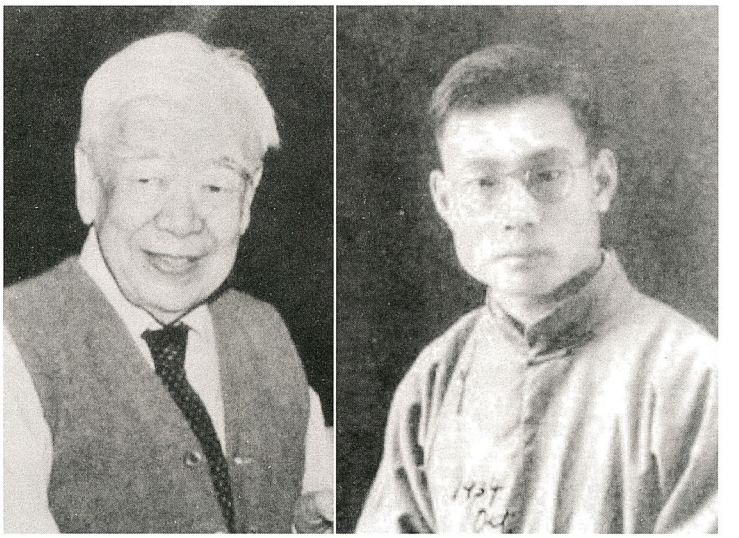


图3.18　吴大猷（左）和王竹溪（右）

① 杨振宁，父亲与我，1997年。后收入杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998。

② 同①。

③ 杨振宁，读书教学四十年，1983年。后收入杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998。有关杨振宁对西南联大的新回忆，请见发表在“知识分子”上的文章。

在西南联大，给杨振宁影响最深的老师是本科毕业论文导师吴大猷和硕士导师王竹溪。[①] 吴先生给了杨振宁一份 J. E. 罗森塔尔和 G. M. 墨菲关于分子光谱和群论关系的文章《群论与多原子分子的振动》(Group Theory and the Vibrations of Polyatomic Molecules)。杨振宁回家后又从父亲那里得到伦纳德·尤金·迪克森的《近代代数理论》，此书简练地介绍了群表示论。本科期间，杨振宁还从王竹溪的系列演讲中了解到相变，硕士期间在王竹溪指导下研究相变。两位导师分别影响了杨振宁关于对称原理和统计力学两大方向的研究。

另外，在西南联大，数学家许宝騄和场论专家马仕俊对他的影响也很大。[②] 许宝騄是 20 世纪早期最重要的数理统计专家之一。杨振宁旁听了一学期许宝騄在矩阵理论方面的课。课上内容深刻，水平超过了学习量子力学所需要的内容。这对于他后来理解量子力学，特别是狄拉克的《量子力学原理》一书帮助很大。1941—1944 年，杨振宁跟随马仕俊学习场论，学到了当时最前沿的水平。

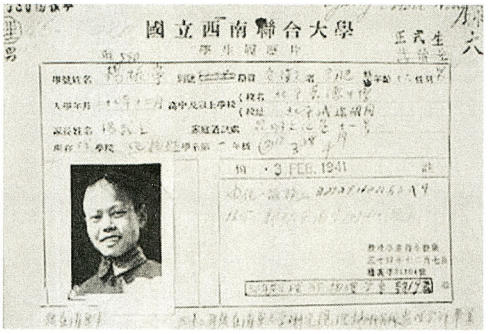

國立西南聯合大學
學生履歷卡
3 FEB. 1941

图 3.19　杨振宁在西南联大的学生履历卡

① 杨振宁，读书教学四十年，1983 年。后收入杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998。

② 杨振宁、施郁，杨振宁对西南联大的新回忆，世界科学，2021。

后来，1962 年，马仕俊在澳大利亚自杀，杨振宁曾和李政道合写了篇悼念文章。[①] 文中提到，1949 年，马仕俊指出了费米处理量子电动力学洛伦兹规范条件的困难，这导致了一年后古普塔和布洛伊勒各自提出解决方法。A. 佩斯在关于微观物理历史的《向内走》（*Inward Bound*）中也介绍了马仕俊的这个工作（马指出，费米的方法中，量子态的范数是无穷大），还介绍了 1947 年马仕俊关于经典理论中消除无穷大的一个工作。[②] 除了李政道和杨振宁，马仕俊是佩斯书中唯一提到的中国理论家。

杨振宁认为自己在物理学上的品味很大程度上形成于西南联大，学会了欣赏爱因斯坦、狄拉克和费米的工作，他们都有提炼物理精髓的能力。在量子力学的表述形式中，杨振宁更喜欢薛定谔的波动力学。[③] 可以看出，许宝騄和马仕俊对杨振宁欣赏狄拉克和费米起了作用。

1944 年，杨振宁考取了庚款留美。此后，杨振宁在西南联大附中教了一年数学，业余时间研究场论。

1945 年，23 岁的杨振宁赴美留学。这时的杨振宁，不但物理品味很大程度上已经形成，而且在文化、思想、性格上也趋于成熟。杨振宁认为自己的道德观念和作风受到了东方传统的影响。[④]

1957 年，杨振宁在诺贝尔奖晚宴上的演讲全部集中于他的中西文化背景。[⑤] 他首先指出，1901 年既是诺贝尔奖第一年，又是义和团运动失败、八国联军攻入北京后签订条约的那一年。条约规定了中国给列强 5 亿盎

---

① T. D. Lee, C. N. Yang. Obituary for Dr. Shih-Tsun Ma, 1962.

② A. Pais. *Inward Bound.* Oxford University Press, 1986.

③ C. N. Yang, *Selected Papers (1945–1980) With Commentary*. W. H. Freeman and Company Publishers, 1983.

④ 杨振宁，答《新加坡新闻》记者问，1987 年。后收入杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998。

⑤ 同③。

司[①]白银的巨额赔款。10年后，美国用部分赔款建立了清华大学，并设立了留学基金。杨振宁从这两个项目中直接受益。他最后说：

“我沉重地意识到，在不止一个意义上，我是中西文化和谐和冲突的产物。我既以我的中国传统和背景骄傲，又献身于现代科学，它从西方文明起源，我已经并将继续为之工作。”（I am in more than one sense a product of both the Chinese and Western cultures, in harmony and in conflict. I should like to say that I am as proud of my Chinese heritage and background as I am devoted to modern science—a part of human civilization of Western origin—to which I have dedicated and shall continue to dedicate work.）

杨振宁后来说：“我一生最重要的贡献是帮助改变了中国人自己觉得不如人的心理作用，我想我的科学工作的成就帮助中国人的自信心增加了。”[②]

1901年过去120年了，在又一个辛丑年回顾这些历史，别有一番意义。

---

① 1盎司=31.103 476 8克。——编者注

② 杨振宁，接受香港电台记者的访问记录，1995年。后收入杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998。

美苏争霸，“暗战”李政道、杨振宁获诺奖始末[①]

1956年10月，中国籍留美青年物理学家李政道、杨振宁提出弱作用下宇称不守恒理论假说。该理论旋即于1957年1月被美籍华裔女物理学家吴健雄等人的实验证实，引起国际物理学界巨大震动，并于当年10月获诺贝尔物理学奖，获奖速度之快，在诺贝尔奖百年历史上实属罕见。

正因为李、杨提出的新理论极具颠覆性与影响力，加之二人的特殊身份，在美苏争霸的时代背景下，美国和苏联围绕李、杨的科学理论及其获诺贝尔奖，展开了一场国际争夺战，典型地反映了科学背后的政治竞争。

两大阵营对峙：科学发现优先权之争的表与里

李、杨的理论假说在1956年10月发表之后，虽然受到科学界尤其是物理学界的关注，但其影响并未扩散至社会和政治层面。原因在于，普通

① 本文作者黄庆桥，上海交通大学马克思主义学院教授。原文于2019年9月26日发表在“知识分子”。此处有修改。

公众对这一高深的高能物理理论并不理解；另一方面，宇称不守恒理论仍处于假说阶段，还未得到实验的严格检验与证实，很多知名物理学家并不认可这个理论假说。比如，当时被人们认为是最伟大的理论物理学家泡利在给韦斯科夫的一封信中就曾说："我不相信上帝是个没用的左撇子，我愿意打一个大赌，实验一定会给出一个守恒的结果。"[①]

1957 年 1 月 15 日，哥伦比亚大学通过召开新闻发布会的方式，公布吴健雄等人的两组验证宇称不守恒理论的实验，一下子让李、杨的理论假说变成了革命性的科学理论。与此同时，采取新闻发布会这一特殊方式，也让这个普通人难以理解的科学理论进入了社会舆论场域。

1957 年 1 月 16 日，《纽约时报》围绕哥伦比亚大学的新闻发布会和宇称不守恒理论，以两篇专文、两篇实验报告给予了充分的报道，显示了美国主流媒体对于这一重大科学发现的高度关注。

标题为《物理学中的基本概念在实验中被报失效：核理论中的宇称守恒定律受到哥伦比亚大学和普林斯顿大学研究所的科学家的质疑》的长篇报道，全面解读了前一天哥伦比亚大学新闻发布会的内容。该报道援引哥伦比亚大学诺贝尔奖获得者赖比的话："在某种程度上，一个相当完整的理论结构的根基已经被摧毁了，我们不确定该如何重组这些碎片。"[②] 该报道还援引另一名物理学家的话："在某种意义上，人们曾经多年在一扇紧闭的门上捶打核物理学，但最终却发现，它根本就不是一扇门，而是绘于墙上的门的画像。现在，科学至少已经进入了再次寻找真正的门的状态。"[③] 整

---

① 杨建邺，杨振宁传，北京：生活·读书·新知三联书店，2012。

② Harold M. Schmeck Jr. Basic concept in physics is reported upset in tests. *New York Times*, 1957-1-16.

③ 同②。

篇报道对李、杨的科学理论充满了溢美之词。不过，《纽约时报》并未强调李、杨二人的中国国籍，而是用了他们“都出生于中国”这样非常模糊的表述。

标题为《外表与真实》的编辑部文章则重点解释了宇称不守恒理论及其实验的重要性。文章最后的一段话写道：“人们相信，这件事（宇称不守恒的发现）移开了通往建立一个关于构成物质宇宙的基本单元的统一理论的主要路障。理论会是什么样子，也许还要花上二十年时间，但物理学家们现在感到有信心，他们至少从现在的‘宇宙丛林’里找到了一条出路。”[①]

另外，《纽约时报》还在同一天刊登了哥伦比亚大学发布的两组实验的报告文本，并说：“以上两组实验都是在两位理论物理学家的建议下展开的，即哥伦比亚大学的李政道和新泽西州普林斯顿高等研究院的杨振宁。”[②] 这反映了当时哥伦比亚大学官方的态度，或许也无意中埋下了 9 个月后吴健雄未能与李、杨一起获诺贝尔奖的伏笔。

1957 年正值美苏争霸的高潮期，美国大张旗鼓地宣传基础科学上的成就，自然会引起苏联的关注和反击。2 月 15 日，苏联《真理报》发表长篇文章，报道苏联科学院院士、物理学家郎道提出的复合反演论，文章说，郎道院士的复合反演论说明宇称守恒理论不具有普遍性，“最近有消息说，在美国，物理学家们所做的这种实验得到了肯定的结果”。[③]很明显，苏联在美国哥伦比亚大学新闻发布会的一个月后高调宣传郎道的复合反演论，就是针对美国，意在与美国争夺这一热门科学发现的优先权。

---

① 季承、柳怀祖、滕丽，宇称不守恒发现之争论解谜，兰州：甘肃科学技术出版社，2004。

② Text of Columbia report on physics experiments. *New York Times*, 1957–1–16.

③ 新华社，郎道院士提出复合反演论说明宇称守恒定律不具普遍性，新华半月刊，1957，第 6 期。

美国媒体对此有着敏锐的嗅觉。比如，《纽约时报》就在2月21日发表了针对苏联《真理报》长篇报道的评论文章，一针见血地指出："有关郎道教授的猜想的报道被刊登在了上周的《真理报》上。发布这个不同寻常的公告，可能目的在于确认郎道教授做出该科学发现的优先性。因为《真理报》说，郎道的新理论1956年12月11日已经投给了苏联的一家物理学期刊，比哥伦比亚大学的公告早一个月。"①

应当说，苏联《真理报》的宣传是很牵强的，因为即便郎道的复合反演论确实是1956年12月11日投稿的，也不能说明他在推翻宇称守恒理论上的优先性，因为李、杨已经在1956年10月发表了宇称不守恒理论假说，哥伦比亚大学在1957年1月召开新闻发布会所公告的，只是实验物理学家对李、杨理论假说的实验确证。

1957年也正值中苏合作蜜月期，那时，处于西方封锁之中的新中国，是社会主义阵营的重要成员。全面向苏联学习，特别是学习苏联先进的科学技术，是新中国的重大战略决策。在此背景下，苏联的宣传自然也会引起新中国的关注与声援。

2月25日，新华社发布了1 100多字的长篇通稿，全面介绍了2月15日苏联《真理报》上关于郎道的复合反演论的文章，《光明日报》在头版显著位置刊登了新华社的这篇通稿，并且没有突出李、杨这两位中国籍科学家的工作，只是在"编者按"中极为简略地提到："中国理论物理学家李政道、杨振宁去年夏天在美国也已提出了类似的观念。"②

其实，中国物理学家非常清楚李、杨的工作和贡献，因为在这之前的

---

① Harry Schwartz. Russian presents theory in physics: Atom scientist's hypothesis may replace invalidated principle of parity. *New York Times*, 1957-2-21.

② 新华社，在热核子和原子核理论上，苏联物理学家取得重要成就，1957年2月25日。

2月18日，中国物理学会已经给李、杨发去了贺信，“中国的物理学家们为你们的成就感到巨大的赞佩和骄傲”。[①] 仅仅一个星期之后的新华社通稿却抬高郎道而淡化李、杨，其背后的政治缘由已不言而喻。

面对苏联在科学发现优先权上的“挑衅”和社会主义阵营的附和，美国媒体也不甘示弱，发表重磅文章，给予回击。2月25日（与中国新华社的通稿同一天），《纽约时报》在显著位置发表了题为《<真理报>隐藏了什么》的评论文章，矛头直指苏联和中国。

该文在第一段就尖锐指出，《真理报》的行为是要“努力‘证明’科学技术的每一项重要产物都是最先在苏联发现的”。接着，该文认为《真理报》的报道“在几个方面具有误导性”：“对于不知情的读者来说，这份报纸给人的印象是，物理学中的宇称守恒定律首先受到了郎道院士的质疑。它没有提及李政道和杨振宁所做出的突破性的贡献。去年，这两人在这个国家首先质疑这个定律。《真理报》也没有提及上个月哥伦比亚大学发布的科学实验的结论，这个结论证实了李和杨对宇称定律失效的怀疑。《真理报》只是含糊地提到了一些‘美国物理学家所做的实验’。”[②]

文章在最后完全脱离了科学，转而从意识形态上攻击苏联和新中国：“很明显《真理报》试图隐藏的是什么。李和杨都出生于中国，哥伦比亚大学的吴健雄也出生于中国。在对宇称定律的无效性进行实验验证的过程中，吴健雄扮演了重要角色。对于《真理报》来说，告诉读者全部的事实就等于承认华裔科学家们正在美国自由且卓有成效地工作着。这就无疑会完全摧毁其所做的宣传，他们宣称中国学生和科学家们在这个国家正遭受

① 吴之，原子核物理学的重要发现，科学通报，1957，第4期。

② What Pravda hides. *NewYork Times*, 1957–2–25.

迫害。因此，对于那些承担了我们这个时代最杰出研究的科学家，《真理报》毫不犹豫地否认了他们所做出的贡献。”[①]

20世纪50年代，新中国向滞留海外的知识分子发出公开信，号召他们回国参加国家建设，大批滞留在美国的科技工作者因此纷纷要求回国，形成了一股回国潮。而美国是不愿意看到大批学有所成的科技人才回到中国的，因而想尽一切办法从中作梗。在此背景下，李、杨的出色工作显然给了美国人显示其优越性并大做文章的机会。

美苏争霸：诺贝尔奖对决人造卫星

1957年10月31日，该年度诺贝尔物理学奖揭晓，李政道、杨振宁折桂；不仅如此，李、杨二人还是该年度唯一一对在美国工作并获得诺贝尔奖的科学家。因此，美国主流媒体对李、杨获诺贝尔奖之事高度关注，并给予了大量报道。

在10月31日诺贝尔物理学奖揭晓之前，瑞典媒体已经提前知晓该奖项的结果，因此斯德哥尔摩当地报纸在10月30日就报道，在美国工作的两位中国物理学家将获得诺贝尔物理学奖。《纽约时报》旋即于10月31日转载了这一报道，并配以《在美国的中国人获诺贝尔奖》的标题。[②]

值得注意的是，与1957年初淡化李、杨的国籍身份不同，这时的美国媒体突出强调了李、杨的中国国籍身份。10月31日，诺贝尔物理学奖揭晓，11月1日，《纽约时报》在头版发表了题为《诺贝尔物理学奖被颁发给

① What Pravda hides. *NewYork Times*, 1957-2-25.

② Nobel prize seen for Chinese in U.S. *New York Times*,1957-10-31.

了两个在美国工作的中国人》，文章开篇写道："10 月 31 日——今天，两个出生于中国并在美国工作的中国人被授予了诺贝尔物理学奖。"①

在同一天该报的第八版，还刊发了题为《两名诺贝尔奖获得者享用安静的晚宴：年轻的中国科学家像往常一样办公之后回家吃饭》的通讯文章，介绍李、杨获奖当天的工作和生活。文章同样多次谈及李、杨的身份，比如："杨说他今早写了一封信给他的父亲杨克纯。他的父亲是上海一所大学非常有名的数学家。""20 世纪 40 年代初，这两名年轻的科学家在中国昆明的一所大学里遇见，但当时他们还没有开始一起工作。一直到 1948 年，两人都来到美国学习。他们都不是美国公民，但都是美国的永久居民。"②

显然，在已经不需要与苏联争夺科学发现优先权的情况下，突出强调李、杨的中国人身份，是有明显好处的。这种做法无疑是在宣传美国社会和美国大学的开放性、包容性。

就在美国人铺天盖地宣传李、杨获诺贝尔奖的时候，争霸的另一方苏联则是另一番景象。1957 年 10 月 4 日，苏联抢在美国的前面，发射了世界上第一颗人造地球卫星"伴侣一号"，开创了人类进军地球外层空间的新纪元。这件事显然意义更为重大，因为卫星的实用价值尤其是其军事意义，是美苏双方都极为看重的。

因此，尽管 1957 年没有苏联科学家获诺贝尔奖，但苏联并不示弱，他们在人造卫星上做足了文章，包括中国在内，整个社会主义阵营都对苏

---

① Felix Belair Jr. Nobel prize in physics awarded to two Chinese working in U.S.: winners of 1957 Nobel prizes. *New York Times*, 1957-11-1.

② 2 Nobel winners have quiet party: Young Chinese scientists dine at home after going to offices as usual. *New York Times*, 1957-11-1.

联成功发射卫星进行了铺天盖地的报道。与此相对的是，有关诺贝尔奖的消息则极少出现在苏联媒体上。即便苏联媒体报道诺贝尔奖，也要与苏联扯上关系。比如，苏联斯穆什凯维奇教授就在苏联《科学与生活》上发表长篇文章介绍李、杨获诺贝尔奖的科学成就，认为这“的确是极重大的科学成果”，并认为，“苏联科学家郎道院士也研究了同类现象。他提出了一种新的假说‘复合反演论’来解释它们”。[①] 总之，苏联在科技上毫不示弱，其在卫星科技上的成功，风头力压美国。

在苏联发射卫星的巨大压力下，美国也投入巨资，加紧研制。在科研经费投入相对固定的情况下，这无疑会挤占其他领域尤其是基础科学领域的研究经费，进而引发争论。事实正是如此。

当时，美国国会、行政当局，尤其是企业界，对基础科学及其价值提出了疑问，它们希望美国政府能把更多的钱投入类似研制卫星这样的应用科技，而减少对类似宇称不守恒理论这样的纯粹基础科学的支持，以便在与苏联的争霸中赢得主动。这种实用主义的科学观自然会引起美国基础科学工作者和一些有识之士的不满及反对。

1957 年 11 月 23 日，《纽约时报》援引美国国家科学基金会高能加速器小组发出的警告：“苏联的高能物理装置见证了以下这些事实：（1）几乎完全无视建设经费，并且强调加快施工进度；（2）在该领域开展有关活动时迅速提出管理决策。”[②] 显然，美国国家科学基金会是要告诉美国人，苏联不仅重视卫星等应用科技，而且在建设基础科学重大装置上也“完全无视建设经费”。言外之意，美国绝对不能减少对基础科学的支持与投入。

---

① 人民日报，苏联科学家介绍李政道、杨振宁等人的工作，确定宇称并不守恒是重大科学成果，苏联郎道院士的“复合反演论”解释了同类现象，1957 年 12 月 11 日。

② Midwest seeking atom-smashers. *New York Times*, 1957-11-24.

李政道也卷入了关于基础科学是否有用的争论。他接受记者采访，发表了对于基础科学研究重要性的看法。11 月 24 日，《纽约时报》就基础科学及其意义发表了长篇署名文章，文章援引李政道的话："我们这些做基础研究的人并不低估实际应用的重要性。但作曲家最主要的兴趣是作曲，如果没有他们，交响乐团永远不可能演奏出乐曲来。拿电作为例子来说。现在，每一件家用电器都是与电能有关的。但当电的原理被发现时，它是纯理论研究的发展。我们的研究工作的实际应用，如果有的话，我也是完全不清楚的。"①

应当说，李政道的话是非常深刻的。从后来的发展来看，美国不仅没有减少对基础科学的投入，而且凭借其强大的国力财力，在美苏争霸中不断增加科技和军事投入，最终拖垮苏联。

20 世纪 50 年代后期，在美苏争霸、社会主义阵营和资本主义阵营对峙的时代背景下，李、杨提出的重大科学理论及其获诺贝尔奖已不再是单纯的科学事件，其影响已不再仅限于科学领域，而在科学之外的社会与政治场域产生了令人意外的重要影响。美苏双方围绕宇称不守恒理论的发现这一重大科学事件所展开的舆论战，既是一场科学发现优先权之争，更是美苏双方透过科学进行的一场争霸较量，典型地体现了科学与政治、无国界的科学与有国界的政治参与之间的复杂关系。

---

① John Pfeiffer. The Basic need for basic research: It provides the "raw" knowledge for every "practical" advance. *New York Times*, 1957-11-24.

“全班师生获诺贝尔奖”的传说对不对？①

钱德拉塞卡（1910—1995年）是印度裔美国理论天体物理学家，因为对恒星结构和演化的物理过程的研究，获得1983年诺贝尔物理学奖。他于1933年在英国剑桥大学获博士学位，又留在剑桥做了4年博士后研究员，后加入芝加哥大学所属的叶凯士天文台（位于威斯康星州的威廉斯湾）。

有一件关于钱德拉塞卡、杨振宁和李政道的趣事流传很广。芝加哥大学教授彼得·弗洛恩德在《探索热情》（*Passion for Discovery*）中绘声绘色地讲述，钱德拉塞卡要从叶凯士天文台去芝加哥大学校区上课，只有几位选课的学生，上过几次课后，只剩下两位学生，就是李政道和杨振宁，系主任决定取消这门课，但钱德拉塞卡本人坚持要上，因为学生很优秀，



图3.20　钱德拉塞卡

① 本文作者施郁，中国科学技术大学教授，从事量子物理与量子信息凝聚态物理和粒子物理方面的研究工作。原文于2024年2月24日发表在“知识分子”。此处有修改。

他乐于讲下去。后来全班师生都获得了诺贝尔奖。

我曾经在2013年1月25日和2014年6月7日通过电子邮件向杨振宁先生求证这个故事，杨先生说“精神上对（correct in spirit），但细节不对”。

2014年7月22日，我们在面对面的长谈中，又讨论到此事。

施郁：据说钱德拉塞卡从叶凯士天文台去芝加哥大学上课，只有您跟李政道两个学生。您说细节不是太对？

杨振宁：这个故事后来有人写了一篇文章，这个人是个很有名的人，叫奥斯特布罗克，奥斯特布罗克曾经跟李政道同时在叶凯士天文台，是杰出的天体物理学家，他后来写了一篇文章，对这个事情做了详细研究，得出的结果是，这个故事意思是对的，具体细节是不对的。后来，李政道去了叶凯士天文台，跟钱德拉塞卡发生过冲突。但李政道的60岁会议，钱德拉塞卡还去了，所以李政道很高兴。

施郁：是关于宇称不守恒30年和李政道60岁的研讨会。李政道自己的报告，就是由钱德拉塞卡主持的，他一开始还对芝加哥大学当年的盛况做了介绍，提到很多当年的教师和学生的名字，称李政道为“当年的学生、今天的物理大师”。刚才您说，钱德拉塞卡给你们上课的事，“意思是对的，具体细节是不对的”，是说并不是真正上课还是什么情况？

杨振宁：是上课。下大雪，钱德拉塞卡开了汽车，走了一个半钟头，到芝加哥大学来上这门课，去听的学生很少。这些都是对的。可是不止我们两个人，而且我们两人都没有选这门课，我们都是旁听的。

施郁：传说戏剧化了。

杨先生这里提供了新的信息，有一次（或几次）“下大雪”了。这使他印象很深。事实上，钱德拉塞卡上了一学期的课，肯定不止“下大雪”的这一次。

24 日，我查阅了 C. K. 瓦利写的钱德拉塞卡传记《孤独的科学之路：钱德拉塞卡传》（英文原版于 1991 年出版）和瓦利编辑的钱德拉塞卡自传。传记里面写道：“有一个著名的故事，钱德拉塞卡经常从威廉斯湾到芝加哥上一门仅有两个学生的课。1975 年 4 月 22 日，芝加哥大学校长约翰·威尔逊在向听众介绍钱德拉做赖尔森讲座（Ryerson Lecture）的报告时说：‘在讲究成本效益及其在高等学术上被频繁误用的今天，我忍不住告诉你们，钱德拉塞卡向陷入困境的教务长们提供了一个出色的榜样，以捍卫我们这所大学的教育传统。在 20 世纪 40 年代中后期，钱德拉塞卡经常每周驱车几百英里[①]，往返于威廉斯湾的叶凯士天文台和（芝加哥）大学之间，与一个由两个学生组成的班级相会。即使在当时，人们可能也提出时间和精力的相对价值问题，但我怀疑他甚至没有过这样的想法。1957 年诺贝尔物理学奖颁发时，该奖项被授予了全班：李和杨两位先生。’”这里有些许口误或者笔误，事实上威廉斯湾距芝加哥只有一百英里。

但瓦利给这段文字加了个注释：“1983 年之前，‘全班’只是指这两位学生：李政道和杨振宁。1983 年起，这个词也包括了教师。我必须指出，这个故事的历史准确性遭到了质疑。显然其他几个人（比如唐纳德·奥斯特布罗克和恩利克·费米）也听课，但时间不固定。”

瓦利写这本传记时，钱德拉塞卡给了他一个记事本的复印件，说等他去世后，如果钱德拉塞卡夫人和瓦利感兴趣，可以发表。后来瓦利将这个

---

① 1 英里 ≈ 1.61 千米。——编者注

记事本编辑成《孤独的科学之路：钱德拉塞卡传》。

钱德拉塞卡的自传中说："我在校园里讲授辐射转移。我的班上只有李和杨两人。这个 1948 年的班级后来全班都得到了诺贝尔奖！"看来，1975 年校长的话影响了钱德拉塞卡本人的记忆。

钱德拉塞卡回忆 1950 年春的时候，还提到："李政道这时已经加入我在叶凯士的研究团队。"这是指 1950 年前 8 个月，李政道在钱德拉塞卡那里做博士后。

25 日，我又找到几篇唐纳德·奥斯特布罗克的回忆文章，图 3.21 是其中一篇的首页。

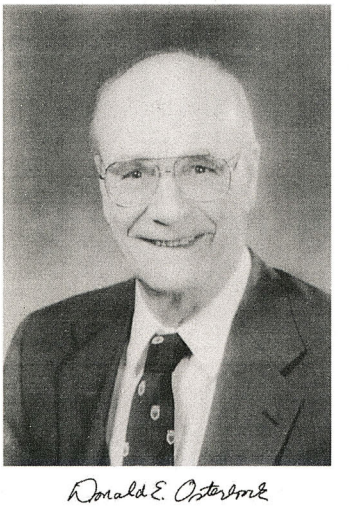


图 3.21　唐纳德·奥斯特布罗克

这些文章中有一篇就是杨先生谈话中提到的看过草稿但不知发表在哪儿的文章[①]，这篇文章系统介绍了钱德拉塞卡教学和指导学生的情况，其

① D. E. Osterbrock, J. Astrophys. *Astr.* 17, 1996:233–268.

中写道："班上有好几个学生，费米的博士后杨振宁和费米的学生李政道都不是正式选课的。旁听的人包括杨、李、费米、马塞尔·沙恩（研究宇宙线的物理教授）以及其他几位青年教师、博士后和研究生……随着学期的进行，旁听人数越来越少，但费米、沙恩（经常在第一排睡觉而且打鼾，引起钱德拉塞卡明显但从未说出口的不悦）、杨和李一直坚持到最后，可能还有其他我不能清楚记得的几位。钱德拉塞卡签名的成绩记录表明，有 6 位学生正式选课。其中 3 位，费米的另一位学生理查德·加温，后来在塔夫茨大学做物理教授的阿瑟·乌利尔，以及我，都留在芝加哥大学获得博士学位。第四位约翰·戈达德不久后去世了，没有完成学位。我和加温、乌利尔都认真上课，学到了很多，我认为戈达德也是。约翰·威尔逊讲的故事清楚表明，事情过了很久之后，人的记忆容易出错，当时的记录极具价值。杨和李的记忆与我的记忆（以及记录）相符，杨告诉《纽约时报》钱德拉塞卡讣告的作者沃尔特·沙利文，有这个班级，但不止两个人。"

这篇文章后面还提到："李政道在大学校园里，在费米的指导下，完成了关于白矮星的博士论文，钱德拉塞卡是其天文学顾问。然后他在叶凯士天文台度过了两个学期——1950 年的春季和秋季。这位杰出的年轻博士后（时年 23 岁）固定参加理论报告会，并在讨论中扮演重要角色。他们风格迥异，钱德拉塞卡的风格数学化得多，而李更物理，当他们在试图理解湍流，得到不同结论时，会发生非常激烈的争吵。但他们都保持礼貌，第二天又讨论平均湍流动能密度是近似等于平均湍流磁能密度（李的理论）还是一个包含磁场的旋度的均方表达式（钱德拉塞卡的结果）。有时就像十几年前爱丁顿和杰出的青年钱德拉塞卡关于白矮星内部结构的争论的重演，现在是在美国叶凯士天文台的安静的大厅里，而不是在英国皇

家天文学会的会议上。”

25 日晚上，杨先生和我又做了一点儿讨论。

杨振宁：奥斯特布罗克是不是详细地讲了那一次下雪的事情？

施郁：没有专门讲下雪，是讲从天文台到大学来上课这个常态。

杨振宁：我的印象，他给了我他的草稿。而整篇用于发表的文章我没见过。

施郁：（该文章）发表在印度的一个天文学杂志上。我查了一下，奥斯特布罗克在芝加哥大学校园学习了 3 年，1949 来到叶凯士天文台，导师是钱德拉塞卡，1952 年博士毕业，去普林斯顿大学做了 1 年博士后，其间用过冯·诺依曼在高等研究院的计算机，1960 年又到高等研究院访问了 1 年。2007 年去世了。

杨振宁：哪一年在高等研究院？

施郁：1960—1961 年。

杨振宁：我那时候一定见过他。虽然他在高等研究院，可是他在天文（系）那几个人那边。我只知道他是一个做得很成功的理论天文学家。对于李政道和钱德拉塞卡的争吵，当时在叶凯士的人一定都有很深的印象，因为跟钱德拉塞卡发生争吵是很少有的现象。

施郁：钱德拉塞卡是一个比较难处的人，学生都怕他，避免和他碰面，对吧？

杨振宁：对，他比较难处。

施郁：他也是个整洁、安静、害羞、私密的人，是吧？

杨振宁：对，与他是印度人有关系。印度人我想因为皮肤比

较黑，在美国容易被人歧视，他们又受英国人统治了很多年。事实上很多年以前有一个美国的年轻人在写玻色传。我不知道玻色传后来发表出来没有，可是他在写的时候，还没有定稿以前，就写过一篇文章，那篇文章我看了，里面就讲，玻色告诉写传的这个人：英国人在印度几百年，它的政策，就是要使印度人觉得他们不如英国人。

施郁：印度后来很多有成就的人是贵族家庭出来的，钱德拉塞卡是拉曼的侄子，对吧？

杨振宁：对。

施郁：钱德拉塞卡在英国被爱丁顿欺负，跟他是印度人有没有关系？

杨振宁：与那个有关系，不过我想更主要的是爱丁顿这人那个时候有点奇怪。你知道爱丁顿后来还发明了一个理论？

施郁：137 那个，是吗？

杨振宁：对。

施郁：后来狄拉克也觉得精细结构常数的数字 1/137 很重要，他对量子电动力学不满意的原因就是不能解释这个数字。

杨振宁：他有过一个猜测，说这个数字随时间改变。

施郁：对，大数假设。

第四章
风云时代

$$\mathcal{L}=-\frac{1}{4}\mathbf{f}_{\mu\nu}\cdot\mathbf{f}_{\mu\nu}-\bar{\psi}\gamma_\mu(\partial_\mu-i\epsilon\boldsymbol{\tau}\cdot\mathbf{b}_\mu)\psi-m\bar{\psi}\psi.$$

$$\mathbf{f}_{\mu\nu}=\frac{\partial\mathbf{b}_\mu}{\partial x_\nu}-\frac{\partial\mathbf{b}_\nu}{\partial x_\mu}-2\epsilon\mathbf{b}_\mu\times\mathbf{b}_\nu.$$

二战后最接近爱因斯坦的人物[①]

杨振宁对物理学的三大重要贡献

自 20 世纪初，在爱因斯坦、海森伯、薛定谔等人的领导下，科学尤其是物理学取得了许多重要进展。因此涌现出一大批革命性成果，如狭义相对论、量子力学，以及后来发展出的广义相对论。

“这些进展不仅在物理学上带来了革命，也引发了人类思维上的革命。可以说使我们对宇宙的认识发生了几乎是哲学性的改变。”张基荣说。

在这一系列改变人类思维的革命中，爱因斯坦因对相对论和量子力学等多个领域都有贡献，被认为是“世纪伟人”。

而杨振宁，则引领了第二次世界大战后的思想和认知革命。除了众所

---

① 本文来源于采访资料，采访者史蒂夫·伯恩斯（美国导演，曾两次获得艾美奖，《杨振宁：百年科学之路》的导演之一），受访者张基荣（Chang Kee Jung，韩裔美国实验物理学家、中微子振荡领域的顶尖专家，2021 年开始担任纽约州立大学石溪分校物理系系主任，曾与杨振宁共事 9 年），整理、撰写人“赛先生”主编陈晓雪。2022 年 6 月 23 日，在纽约州立大学石溪分校的校园中，张基荣与《杨振宁：百年科学之路》纪录片拍摄团队聊了聊他与杨振宁交往的一些细节、他和杨振宁相似的哲学观念，以及杨振宁承认自己在中微子的质量问题上犯了一个错。

周知的他与李政道合作完成的、质疑弱相互作用下宇宙是否守恒的革命性文章，“据我所知，他在 20 世纪 50 年代写了一篇对统计力学有深远影响的论文。后来，他提出了一个叫作巴克斯特方程的公式，并被广泛用作凝聚态物理学中最重要的方程之一。因此，他的工作不仅限于粒子物理，还对物理学的其他领域产生了深远的影响。我不知道是否有其他很多物理学家能在不同领域有如此广泛且深远的影响。”张基荣说。

张基荣认为，杨振宁对于物理学有三大重要贡献。

第一个重要贡献是宇称不守恒。

从某种角度来说，世界是由许多对称的方式构成的。例如，当我们看镜子时，看到的图像左右是颠倒的，但除此之外，一切都是一样的。

“我们在物理学中相信对称性起着非常重要的作用，许多物理学原理都是基于对称性这一概念发展的。”张基荣介绍说。

1956 年，杨振宁和李政道提出了弱相互作用下宇称不守恒的理论假设。1957 年 1 月，这一假设被哥伦比亚大学的吴健雄和美国国家标准局的安布勒领导的实验证实，宣告宇称守恒这一物理学基本定律在弱相互作用中被推翻。

“在杨振宁和李政道之前，人们认为这种镜像对称性在所谓的弱相互作用中是守恒的。但他们发现，实际上这种镜像对称性并不在弱相互作用中保持不变。这是一个革命性的概念，就像以前人们认为地球是平的，然后有人说，实际上它是圆的一样。”张基荣说。

“这是一个范式的本质转变。这不仅是理论上的预测，而且通过实验得到了证实。”张基荣解释说。

杨振宁的第二个影响更为深远的贡献是杨 – 米尔斯理论。

“这涉及光子、质子和中子的关系。所谓的同位旋对称性，再次涉及

对称性。这一理论在物理学中具有深远的影响，但非常难以建立。”

张基荣回忆说，杨振宁曾经告诉自己，他在芝加哥大学工作时，曾师从恩里科·费米进行研究，但无法解决这个问题。后来，杨振宁来到奥本海默主持的普林斯顿高等研究院工作。1953 年，他前往纽约长岛的布鲁克海文国家实验室访问，为该实验室新建的加速器研究做理论研究支持，并重新思考这个问题。此时，即将拿到博士学位的罗伯特·劳伦斯·米尔斯在布鲁克海文做博士后研究，他们二人合用一间办公室。之后，杨振宁邀请他一起合作。

“幸运的是，他们最终解决了这个问题。这成为所有现代所谓标准模型或粒子相互作用的基础，对粒子物理学产生了深远影响。这一理论不仅在标准模型中，而且在更高级别的统一理论和其他理论中被广泛应用，对粒子物理学有着广泛的影响。”张基荣说。

张基荣说，杨振宁应该因杨 – 米尔斯理论再获得一次诺贝尔奖。就此，他和杨振宁还讨论过，他的哪个贡献更重要，是弱作用下的宇称不守恒，还是杨 – 米尔斯理论。

“令我惊讶的是，我以为他会选择杨 – 米尔斯理论，但他毫不犹豫地说，宇称不守恒是最深刻的，因为这个概念真正显示了我们思维方式的范式转变。”张基荣说。

他继续讲道：“我们曾认为对称性是黄金法则，是自然界应该保持的。然而，宇称不守恒显示，情况并非如此。这是哲学思维中的一个巨大变化。从数学上看，从提供工具和发展的角度来说，杨 – 米尔斯理论在粒子物理学家的实际工作中可能影响更大。但在他看来，在哲学上，宇称不守恒具有更深远的影响。”

张基荣后来意识到，我们不仅找到了宇称不守恒，而且发现了电荷宇

称（CP）不守恒，特别是在轻子和中微子中。这些现象解释了为什么宇宙中充满了物质而不是反物质。

“因为在宇宙大爆炸初期，所有东西应该是对等的，在极高温下，粒子和反粒子应该均等存在。然而，大爆炸后，事物迅速演变，现在我们看到的只是物质，反物质几乎不存在。这表明，在初始对称性中有破缺，物质开始占据主导地位。然后，物质的主导地位使你我得以存在。”张基荣说。

“我们之所以能讨论所有这些事情，无论是废话还是别的，都是因为这种不对称性。从某种意义上说，这一切都可以追溯到杨振宁和李政道关于弱相互作用中宇称不守恒的理论。这就是这一切的开端。所以我现在理解了为什么杨振宁可能会认为这是最根本的。”张基荣说。

杨振宁的第三个贡献是杨－巴克斯特理论。

“事实上，他是在纽约州立大学石溪分校期间发展了这一理论，这涉及许多我不太了解的内容，但它在凝聚态物理学和许多其他不同领域中有着广泛的应用。弦理论也在使用这一理论。”张基荣说。

对哲学的思考影响了我们的工作

杨振宁对科学和自然的兴趣，始于他在上学的路上，观察蚂蚁搬家，看蝴蝶。而让他转向科学的关键，则是英国著名数学家、物理学家詹姆斯·金斯的著作《神秘的宇宙》（*The Mysterious Universe*）。

“我当时看的是中文翻译的，因为书里讲了在 20 世纪初物理学中的重大革命，即包括量子学和相对论，我很感兴趣。现在回想起来，我一生对物理学产生兴趣，和这本书有密切的关系。”2019 年 4 月，杨振宁在中国

科学院大学的一次演讲中讲道。

在韩国出生、长大的张基荣，直到1980年来到美国印第安纳大学读博，之后就一直在美国工作和生活。

他说，尽管他不确定是受到出生在亚洲文化中还是个人因素的影响，但他可以确定，他和杨振宁的对话，相比于他与其他物理学家的对话，的确更多地讨论了许多哲学性的事物。

“我可以肯定地说，我们在物理学中提出的问题是有哲学根基的，同时某种程度上的哲学偏见也确实影响了我们的工作。”

他回忆说，有时候，当他和杨振宁谈话时，杨振宁会用一些“中微子没有质量，意味着中微子将以光速移动，这是多么美丽的事情”之类的表述。

“为什么这会被认为是美丽的呢？这可能与美丽这个概念有关系。这对于大多数人而言没有意义。但因为这个特定的解释为中微子状态提供了一个简单的解决方案，在他看来这是美的。”张基荣在采访中解释说。

他进一步解释道：“在某种程度上，简单性，宇宙以某种简单而优美的规则存在，这是我们的渴望，对吧？这就像大自然可能根本不关心我们的想法，大自然不在乎我和杨振宁怎么想。但至少我们希望，我们的渴望是宇宙可以用一些简单的方程描述的，这种规则是美丽的。”

杨振宁承认的最大错误之一

张基荣从20世纪90年代开始，就从事中微子的研究工作。

中微子是一种被泡利预言的基本粒子，直到1956年才在实验中被观测到。1957年，美国物理学家莫里斯·戈德哈伯与合作者发现，中微子

是“左撇子”，即具有“左手螺旋度”。

而在标准模型的框架内，中微子就是个“左撇子”，只有左手螺旋度，没有静止质量，只参与弱相互作用，以光速在空间传播。

到了20世纪60年代和70年代，科学家们发现，中微子不仅有电子中微子和缪子中微子，还有第三种类型：陶子型中微子。

直到20世纪90年代，人们还认为所有的中微子无质量，是个左撇子，三种不同类型的中微子也不会相互转换，即不会发生中微子振荡。

杨振宁即是这一观点的持有者。

1996年，张基荣到日本的大型中微子探测器超级神冈参观，发现刚刚启动的实验已经显示出中微子有质量的迹象。

也是在1996年前后，张基荣在学校的停车场遇到了杨振宁。“当时我们刚开始采集数据。所以我对杨振宁说，我认为中微子是有质量的。他并没有说很多，他是那种非常安静的人。他简洁地说，不可能，中微子没有质量，这是一件非常美好的事情。”

对此，张基荣没有和杨振宁进一步讨论。

1998年6月，日本物理学家梶田隆章在1998年国际中微子大会期间，报告了关于大气中微子的测量结果，明确发现了大气中微子振荡现象的证据，也就是中微子可以从一种类型变成另一种类型，而且结论与模型无关。

“它们会自发地改变它们的类型或形式。这是一种量子力学效应。事实证明，这种转换只能在中微子有质量的情况下发生。如果中微子没有质量，这种转换就不会发生。通过观察这种振荡现象，我们证明了中微子是有质量的。”张基荣解释说。

在宣布这一发现后，张基荣又一次在停车场遇到了杨振宁。

“不知道为什么，我总是在停车场遇见他。我告诉杨振宁，我们发现中微子有质量。他看着我说：‘我想你是对的，自然有时很神秘。’他放弃了中微子没有质量这一美丽的想法。”

不仅如此，“几个月后，他还即兴做了一个非常好的研讨会，谈论中微子有质量以及这对他思维方式的影响”。张基荣回忆说。

张基荣在访谈里没有提及的是，2002 年，在纽约州立大学石溪分校举办的“中微子与超出标准模型的物理”研讨会上，杨振宁在开幕致辞中讲道：“我过去不相信中微子振荡，这一信念甚至在戴维斯艰苦的工作与巴考细致的分析以后都没有改变过。现在，对于接下来几天我们将要听到的漂亮实验报告，我不得不举双手投降，并接受中微子振荡这一现实。”

2016 年，张基荣到杨振宁在清华大学的住处拜访了他。张基荣回忆说，那是一次美妙的讨论，持续了大约三个小时，他们谈论了物理学和许多不同的事情。其间，杨振宁谈道，“在中微子问题上，我的直觉失败了”。

“这可能是他一生中承认的最大的错误之一。即使是最伟大的头脑，也无法完全理解自然的复杂性。我们还有很多东西需要学习，即使是那些最聪明的人，也无法预测一切事情。我们会持续学习，这是成为一名物理学家的乐趣所在，正是不断学习，不断发现，并且可能会一直这样。”张基荣说。

杨振宁与李政道当年的友谊与情趣[①]

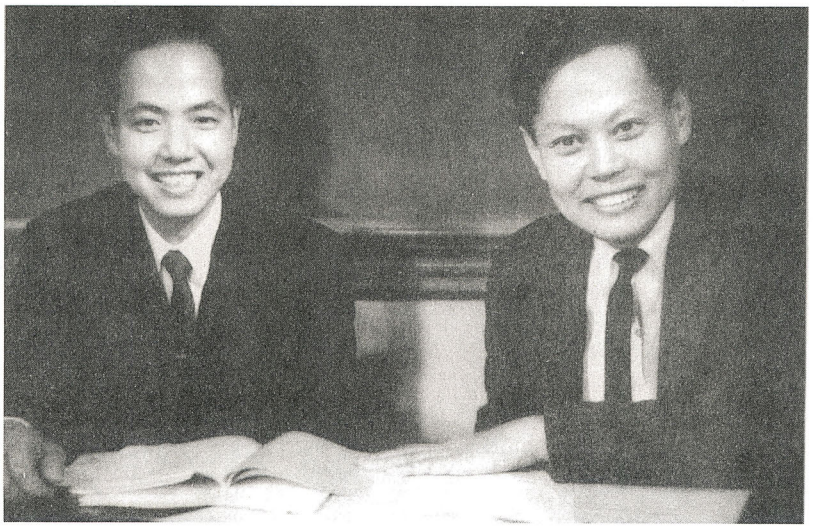


图 4.1　杨振宁和李政道

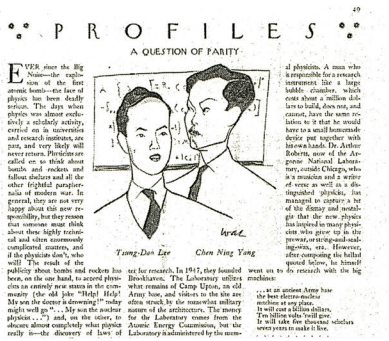
图片来源：普林斯顿高等研究院。

① 本文作者刘钝，国际科学史研究院院士，科学史家，中国科学院自然科学史研究所研究员。刘钝至今和杨振宁先生交往已将近 30 年。原文发表于《科学文化评论》2022 年第 19 卷第 2 期上，“知识分子”选取第一部分并于 2022 年 7 月 31 日发表（感谢方在庆研究员提供的资料和宝贵建议）。此处有修改。

科学作家伯恩斯坦在他那篇介绍“宇称问题”的普及性文章中，透露了杨振宁、李政道在普林斯顿、布鲁克海文等地合作研究的一些情况，以及他们之间的亲密关系与业余消遣。当年的许多同事也记得“两个聪明的中国人”在办公室里讨论问题的情况，后来担任布鲁克海文国家实验室主任的戈德哈伯还讲述了一段物理学家费曼插科打诨的趣事。通过引述这些逸事，作者赞美李、杨两人当年的合作、友谊、欢乐与激情。

20 世纪 50 年代的普林斯顿高等研究院，群英荟萃，众星云集，杨振宁、李政道就在其中。“掌门人”奥本海默当年说过，他最喜欢看到的景象，就是杨振宁、李政道这两个年轻的中国人一起走在普林斯顿的草地上。

李、杨二人的同事中间，有一位哈佛毕业的博士后伯恩斯坦，他的物理学功底在诸多天才中间不算突出，可是论起舞文弄墨来算得上一把好手，后来成为一些著名杂志的科学专栏作者。此公又喜欢八卦，那篇惹事的《宇称问题》[①]，就是他发表在 1962 年 5 月 12 日出版的《纽约客》上的。本文无意追索文中有关两个朋友失和的隐性爆料，恰恰相反，笔者在“伯氏八卦”中读到的是青春、友谊，以及他们对传统文化的热爱和业余消遣。



40

PROFILES

A QUESTION OF PARITY

EVER since the Big Noise—the explosion of the first atomic bomb—the face of physics has been deadly serious. The days when physics was almost exclusively a scholarly activity, carried on in universities and research institutes, are past, and very likely will never return. Physicists are called on to think about bombs and rockets and fallout shelters and all the other frightful paraphernalia of modern war. In general, they are not very happy about this new responsibility, but they reason that someone must think about these highly technical and often enormously complicated matters, and if the physicists don't, who will? The result of the publicity about bombs and rockets has been, on the one hand, to accord physicists an entirely new stature in the community (the old jobs "Help! Help! My son the doctor is drowning!" today might well go ". . . My son the nuclear physicist . . .") and, on the other, to obscure almost completely what physicists really is—the discovery of laws of

Tsung-Dao Lee Chen Ning Yang

ter for research. In 1947, they founded Brookhaven, The Laboratory utilizes what remains of Camp Upton, an old Army base, and visitors to the site are often struck by the somewhat military nature of the architecture. The money for the Laboratory comes from the Atomic Energy Commission, but the Laboratory is administered by this mum-

went us to do research with the big machines:

. . . at an atomic Army base the best electron-nucleus machine at any place. It will cost a billion dollars. Ten billion volts. It will give. It will take five thousand scientists seven years to make it live.

al physicists. A man who is responsible for a research instrument like a large bubble chamber, which costs about a million dollars to build, does not, and cannot, have the same relation to it that he would have to a small homemade device put together with his own hands. Dr. Arthur Roberts, now of the Argonne National Laboratory, outside Chicago, who is a musician and a writer of verse as well as a distinguished physicist, has managed to capture a bit of the dismay and nostalgia that the new physics has inspired in many physicists who grew up in the prewar, or string-and-sealing-wax, era. However, after composing the ballad quoted below, he himself

图 4.2　伯恩斯坦发表在《纽约客》上的《宇称问题》首页

① J. Bernstein. “A Question of Parity”. *New Yorker*, 1962.

李、杨打卦问前程

根据伯恩斯坦的叙述，李政道曾对他讲："神奇的预言有时候会让你不得不改变思维方向。"

1959 年 11 月 26 日，正逢美国感恩节，又是李政道 33 岁生日[①]，李、杨两个家庭团聚时，两年前共同摘得诺贝尔物理学奖桂冠的一对朋友玩起了占卜游戏。他们用投掷三枚硬币统计正反面的方法代替《周易》中的揲蓍法，具体来说就是令正面为阴对应数值 2、背面为阳对应数值 3，投掷三枚硬币后所得数值之和为 9、8、7、6 之一，奇数为阳，偶数为阴，相当于《周易》筮法中的"三变得一爻"；如此重复六次即"十有八变而成卦"[②]。他们求问的是基本粒子物理在今后 20 年内是否会有突破，得到的卦象是第五十三卦——"渐"。

接着，伯恩斯坦卖弄了一番不知从哪里趸来的《周易》[③]知识，称其"是中国上古智慧的结晶，古代哲人据此从日常事务和生活经验顿悟人生哲理，与西方的《圣经》相似"。"渐"卦又称"风山渐"，属于非常吉利的上上卦；至于卦象的意义，按照《天语物道：李政道评传》作者的转述："下艮上巽相叠。艮为山，巽为木，山上有木逐渐成长，山也随着增高，表现逐渐进步的过程。渐卦的主卦辞是：'渐，女归吉，利贞。'用现代的话来说是：'女子出嫁是吉利，利于坚持下去。'……伯恩斯坦文中说，正是由于这一卦，李政道得以从统计力学中解脱，全力以赴重新聚焦基本

---

① 按李政道1926年11月25日生于上海，此处应为"刚过完33岁生日"。网上资料多显示，李政道出生日期是1926年11月24日，其实那是他到美国后自己转换的。

② 这里要强调一下：两位用如此复杂的操作获得爻和卦（既不是简单地用一枚硬币投掷6次，也不是所谓的"金钱卦"占法）完全是为了符合《易传·系辞传》中描述的生卦程序。

③ 阮元校刻，十三经注疏（影印本），北京：中华书局，1979。

粒子理论。”[①]

最后这句话不知根据何在？笔者仔细检阅了伯恩斯坦的文章，没见到这一表述，估计是《天语物道：李政道评传》作者根据伯文前面提到李、杨在统计力学方面合作过的事实发挥的。伯恩斯坦似乎也不懂《周易》经文的结构，他很可能参阅了某个英译本，内中把“渐”译成“发展”（development），又抄录了部分象辞与全部爻辞的译文，[②]最终加上自己的选择性解说。如“山上有棵树”（On the mountain a tree）、“野雁逐渐靠近高原”（The wild goose gradually draws near the plateau）、“野雁逐渐接近云层”（The wild goose gradually draws near the cloud heights）、“野雁逐渐飞向顶端”（The wild goose gradually draws near the summit），等等，显示一个循序渐进的过程，且都是吉兆。[③]

李、杨是否真的打卦问前程，但是人不说，我们已难考证，猜想伯恩斯坦凭空杜撰的可能性很小，多半是从李先生那里听说过事情梗概，而后者是作为一个轻松谈资抛出来的，自己也未必当真。不过伯恩斯坦转述的这一故事倒是透露出两个中国物理学家当年的友谊与情趣，以及他们对中国传统文化熟悉的程度。其实伯恩斯坦要用这段故事做哏，只需引用“渐”卦的彖辞就可以了，其文为：“渐之进也，女归吉也。进得位，往有功也。进以正，可以正邦也。其位刚，得中也。止而巽，动不穷也。”[④]

无论如何，粒子物理在1957年后的发展的确如山高树长、持续前进。

---

① 赵天池，天语物道：李政道评传，北京：中国计划出版社，2017。

② 《周易》“渐”卦的卦辞和爻辞是：“渐：女归吉，利贞。初六，鸿渐于干，小子厉，有言，无咎。六二，鸿渐于磐，饮食衎衎，吉。九三，鸿渐于陆，夫征不复，妇孕不育，凶；利御寇。六四，鸿渐于木，或得其桷，无咎。九五，鸿渐于陵，妇三岁不孕；终莫之胜，吉。上九，鸿渐于陆，其羽可用为仪，吉。”参见阮元校刻，十三经注疏（影印本），北京：中华书局，1979，第63页。

③ J. Bernstein. “A Question of Parity”. *New Yorker*, 1962.

④ 阮元校刻，十三经注疏（影印本），北京：中华书局，1979。

赵天池写道：

近代基本粒子物理的突破点是1957年宇称不守恒的发现。从这个起点算起，基本粒子物理理论一步一步走来，花了几十年时间，最终形成了现今被称为“基本粒子标准模型”的一个相当完善的体系。粗略地数起来，攀登上这一人类文明顶峰的重要里程碑有：

1957年：宇称、电荷共轭、时间反演不守恒发现

1958年：弱相互作用V–A理论创建

1959—1961年：弱相互作用和电磁相互作用统一模型建立

1961年：介子8重态、重子10重态发现

1961年：强相互作用SU(3)规范对称性创建

1961—1979年：强相互作用量子色动力学（QCD）建立

1963—1967年：基于SU(2)×U(1)的弱电统一规范场论成型

1964年：希格斯（Higgs）机制和希格斯粒子提出

1964年：夸克–胶子（quark–gluon）模型提出

1973年：量子色动力学和渐近自由理论发明

1974—1977年：τ轻子（τ–lepton）实验发现

1975年：粲夸克（charm quark，c夸克）实验发现

1977年：底夸克（bottom quark，b夸克）实验发现

1979年：胶子实验发现

1983年：弱相互作用中间玻色子$W^{\pm}$、Z^{0}实验发现

1995年：顶夸克（top quark，t夸克）实验发现

2012 年：希格斯粒子 H（Higgs）实验发现[①]



图 4.3　杨振宁和李政道在普林斯顿高等研究院的办公室里讨论问题

图片来源：普林斯顿高等研究院。

伯恩斯坦继续炫耀中国文化知识

伯恩斯坦文中还介绍了杨、李二人的出身、教育背景与来美后的经历，他们对中国文化与艺术的兴趣，以及各自的家人等。

文中完整引录了杨振宁 1957 年 12 月 10 日在诺贝尔奖颁奖典礼上的致辞，内中提到义和团是“骄傲的中国人挫败与愤怒的感情宣泄，他们遭受

① 赵天池，天语物道：李政道评传，北京：中国计划出版社，2017。

着日益加重的外来压榨和内部的腐化堕落”。杨在致辞结尾时说：“我是中国和西方两种文化共同的产物，二者既有冲突也有协调。我想说，我既为我的中国根源和背景感到骄傲，也为我献身于现代科学而感到满意。现代科学是人类文明起源于西方的一部分，对于它，我将继续奉献我的努力。”[①]

与此同时，李政道受邀为公众演讲，听众主要是瑞典的大学生。伯恩斯坦对李政道演讲中提到的《西游记》很感兴趣，相当完整地叙述了“猴子”的故事，从猴王出世到大闹天宫，直到与如来佛斗法。最后是李政道从这个故事中引出来的结论：“在寻求知识的过程中，我们可能会在某一刻获得飞快的进步。但我们必须牢记，即使来到佛的手指下面，距离绝对真理还十分遥远。”[②]

伯恩斯坦以另一个八卦故事作为全文的结尾：那是1961年6月21日，打卦的人是生于荷兰的犹太裔理论物理学家亚伯拉罕·派斯，他也是李、杨二人的朋友，以及普林斯顿高等研究院的同事。派斯求问的是：是否存在一个有关强相互作用、电磁作用与弱相互作用的统一理论？卜得的结果是第五卦——“需”。

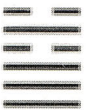


图4.4　需卦

伯恩斯坦引用的译名是“等待”（waiting）。此卦下方乾代表天，上方坎代表云，因此卦象是“云升上天，君子吃喝”（Clouds rise up to heaven……Thus

① J. Bernstein. “A Question of Parity”. *New Yorker*, 1962.

② 原文是“In our search for knowledge, we may be making rapid progress. But we must remember that even at the bottom of the Buddha’s finger we are still very far from absolute truth”。

the superior man eats and drinks）；而“如果你真诚，就将获得光和成功，毅力带来好运，可以涉过大水”（If you are sincere, you have light and success. Perseverance brings good fortune. It furthers one to cross the great water）。这里显然是“需”卦的象辞与卦辞[①]，括号中的译文大体不错，唯卦辞中的“孚”字或有歧义（“孚”或训作“俘”，一说象征捉到俘虏或者获利；或作“孵”，如同禽鸟孵卵有固定时节，这里引申译作“毅力”，与“等待”切合）。

不同于对李、杨所占“渐”卦的解释，伯恩斯坦下面没有引用爻辞，而是用了一段不知何人写的注（疏）作为本次占卜的结论：“当云升腾至天际，就是将要下雨的征兆。此时除了等待下雨外没有任何事情要做。生活中也是同样道理，起作用的是命运。在时机成熟之前我们不要操心和企图通过干预事物来谋求改变未来。我们需要带着愉悦和欢乐，安静地用饮食来强化自己的身体与心灵。”[②]

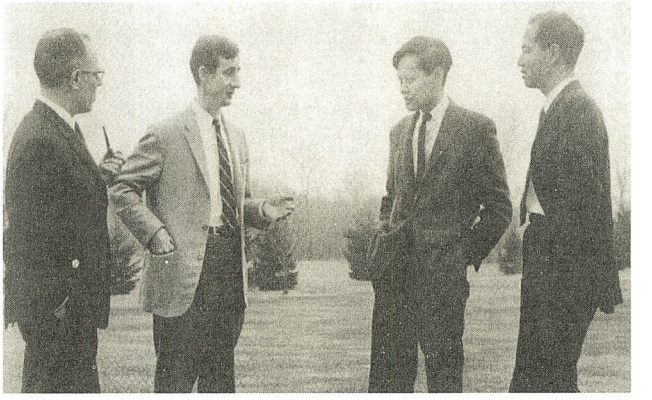


图 4.5　派斯、戴森、杨振宁、李政道（左起）在普林斯顿高等研究院的草地上

图片来源：普林斯顿高等研究院。

① 按《周易》“需”卦的卦象是：“云上于天，需；君子以饮食宴乐。”卦辞是：“有孚，光亨贞吉，利涉大川。”参见阮元校刻，十三经注疏（影印本），北京：中华书局，1979，第 23 页。

② J. Bernstein. “A Question of Parity”. *New Yorker*, 1962.

接着伯恩斯坦写道："李和杨正满怀愉悦和欢乐地等待着、工作着。"他就用这句话结束了《宇称问题》。

派斯问卜不久，弱相互作用与电磁作用的统一理论就被建立起来了，而包括强相互作用与引力在内的大统一理论（GUT），至今前沿理论物理学家仍在努力与等待。

李、杨隔空演草与费曼搅局

在同一篇《宇称问题》中，伯恩斯坦绘声绘色地讲起杨振宁和李政道在办公室工作的情况：尽管他们都能讲英语，但在讨论物理问题时则几乎全用中国话，因此旁听者只能根据偶尔冒出来的一些英文术语猜测他们的对话内容，或者时而听到类似"Oh, I see now"（哦，现在我了解了）这样的英语短句。关于他们讨论问题的场所与独特方式，伯恩斯坦写道[①]：

> 作为一名物理学家，我曾多次无意听到他们两人之间的工作对话。一个在普林斯顿或布鲁克海文与他们的办公室毗邻的人，几乎总是能无意地听到他们的声音。他们对工作都带着浓厚的兴致，通常扯开嗓门争论。他们以极大的乐趣投入彼此间的计算竞赛，由于两人都是极为敏捷的思考者，观看或倾听他们的工作，会是令人振奋但有时又耗费精力的体验。

他还提到1961年夏天在欧洲核子研究中心与李政道的一次谈话，起

① J. Bernstein. "A Question of Parity". *New Yorker*, 1962.

因是纽约大都会艺术博物馆即将展览台北故宫博物院若干珍贵收藏，李向他介绍中国艺术与书法，讲话时很富表现力地挥舞双手。还说“他（李）和杨在没有黑板与纸笔进行计算时，就用手指在空中写字。李告诉我这是在（抗日）战争期间养成的习惯，当时纸张严重匮缺”[①]。

在西方学习或生活过的中国人可能会有这样的体会：即使受过很好的教育、举手投足都很斯文的人，说话声音较之西方同事似乎也偏大一些，特别是在没有意识到第三者能够听到的场合。中国台湾学者江才健在写作《规范与对称之美：杨振宁传》时采访了许多当事人，关于李、杨二人在办公室高声讨论与隔空演草的情况，他们当年的同事，后来担任布鲁克海文国家实验室主任的戈德哈伯提供了如下的证词[②]：

> 杨振宁和李政道扯开嗓门，并且用手指在空中凌空计算，是许多认识他们的物理学家都看过的景象。有一次杨振宁和李政道正在布鲁克海文的办公室里这样地进行物理工作，一向以好促狭著称的物理学家费曼刚好走过，于是就走进办公室，并且也开始用更大的声音讲话，李政道就讲得更大声，这个时候杨振宁注意到了，于是放小了声音。

画外音

杨振宁与李政道的学术合作始于 1949 年，在此之前的三年他们在芝

---

① J. Bernstein. “A Question of Parity” . *New Yorker*, 1962.

② 江才健，规范与对称之美：杨振宁传，广州：广东经济出版社，2011。

加哥大学已成为好友。1957 年是两位青年才俊的高光时刻，他们的获奖论文不仅对困惑粒子物理学的“θ－τ 之谜”做了回应，而且对空间反演不变性与电荷共轭不变性的实验进行了系统考察，他们给出的建议导致了物理学理论根本结构的巨大转变，并引出了包括弱电统一理论、基本粒子标准模型及近年来一系列重要发现在内的伟大成果。



图 4.6　杨振宁、李政道在 1957 年诺贝尔奖颁奖典礼上

李、杨当年挑战的是所有理论物理学家都视为普遍规律的守恒普适性，从他们各自的陈述可以知道，这是两个人反复讨论、多次辩难切磋的结果，不应该也不能够以某一次讨论、某一个细节或某个第三者的陈述，来确认或排斥其中一个人的贡献。对弱相互作用宇称守恒的质疑，是李、杨二人密切合作的结晶。他们的共同朋友派斯说：

> 迄今为止，李和杨对物理学所作的主要贡献——宇称守恒，在两年前的物理学领域从来未被实验检验过，两年前的实验虽多

（有 β 衰变、π 衰变、μ 衰变），但还不足以说明它们检验了这个定律；他们两人指出，这一系列实验必须在讨论了它们的实验条件以后才能做出判断和得出结论。

李和杨的许多关于基本粒子的论文都含有推测的成分，例如他们对重费米子守恒定律的建议，或对宇称共轭的建议。但他们都建议用实验来检验他们的推测，虽然他们有时失误，却错得十分有品味，而且他们还有勇气再试一次。

李和杨的工作具有其独特的品味和独创性，反映出他们对物理学的敏锐洞察力和对形式的深刻感知力。他们的建议总是被理论物理学家和实验物理学家探索求证。就这点而言，他们很像后期的费米。[①]

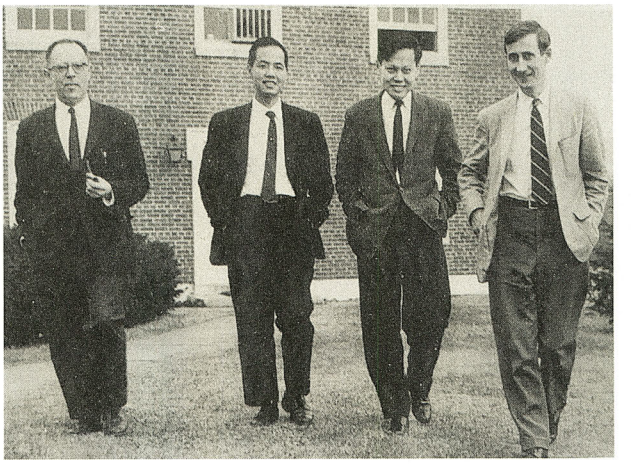


图 4.7　四位意气风发的理论物理学家（左起）：派斯、李政道、杨振宁、戴森
图片来源：普林斯顿高等研究院。

① 亚伯拉罕·派斯著，肖雪、肖润喜译，我认识的李政道与杨振宁，科学文化评论，2010，7（第 6 期），第 95—101 页。

李、杨失和是一件令人遗憾的事情。本文作者没有资格对此加以评论，也厌恶那些道听途说、断章取义的妄评。李、杨二人都为人类的科学事业、母国的尊严与繁荣做出了伟大贡献，如今两位耄耋、期颐的老人享受着宁静而幸福的晚年生活，祝福他们健康长寿。结束这篇文字的时候，奥本海默当年最乐于看到的温馨画面——杨振宁、李政道这两个年轻的中国人一起走在普林斯顿的草地上，正如同电影一样生动地浮现于作者的脑海。

弗里曼·戴森：杨振宁是保守的革命者[①]

我很高兴有这个机会来称颂我的老朋友和老同事富兰克·杨（杨振宁）。我的题目是“保守的革命者”，它的含义将在演讲词末彰显。

1983 年，富兰克为庆祝他的 60 岁生日出版了《杨振宁论文选集》，这是我最喜爱的书之一。书中的评注是他自己写的，用来阐述各篇文章写作时的情景。书里只收录了他的文章的 1/3，都是他自己选的。这比由一个专家委员会来挑选（文章）更能揭示他的思路和个性。

他所选的文章中有些是重要的，有些是不重要的；有些是专业的，有些是通俗的，可是每一篇都是瑰宝。他不是试图在 500 页中塞进尽量多的、艰深的科学，而是试图揭示一位伟大科学家的精神。

他做得十分成功。他选的这些文章既揭示了个人的奋斗，也揭示了他的科学成就；它们揭示了他的成就的深远源泉，揭示了他对培育他的中国

---

① 本文作者弗里曼·戴森（著名数学家和理论物理学家），译者杨振玉（杨振宁之妹）、范世藩（杨振宁之妹夫）。1999 年 5 月 22 日，在杨振宁于纽约州立大学石溪分校荣休学术讨论会的晚宴上，曾与杨振宁共事多年的弗里曼·戴森教授作了题为“保守的革命者”的演讲，杨振玉、范世藩夫妇曾将其译成中文，首次发表于《21 世纪》（香港）1999 年 8 月号。“赛先生”获授权转载并于 2015 年 5 月 5 日发表。此处有修改。

文化的骄傲，也揭示了他对在中国和在美国的老师的崇敬；它们还揭示了他对数学形式美的热爱，以及同时掌握缤纷的实验物理世界和抽象的群论与纤维丛世界的能力。

他巧妙地将 80 页的评注结集在一起放在书的开始部分，而不是附在各篇文章的后面。这样，评注可以连续地读，成了他的科学自传，一部极好的自传。这部文选以清楚而简练的词句描述了他的一生，朴实地描述了他工作背后的强烈感情和始终不渝的忠诚。换言之，它描述了杨振宁何以成为杨振宁。

> 费米的思考方法对杨振宁的思想产生了无法磨灭的影响。在一生中，杨振宁均衡地处理了他抽象数学的天才和费米对于物理细节的脚踏实地的关注。

书中最短却又是最精彩的“瑰宝”，是一篇两页长，对恩利克·费米的描述。作为费米和杨振宁合写的一篇文章的序言，该文曾收录在费米的选集中。1946—1949 年，富兰克师从费米。他从费米那里学到的物理比从任何他人处学到的都多。

费米的思考方法对富兰克的思想产生了无法磨灭的影响，他写道：“我们懂得了，学物理不应该只狭窄地学一个专业。学物理应该从平地开始，一块砖一块砖地砌，一层一层地加高。我们懂得了，抽象化应在具体的基础工作之后，而绝非在它之前。”

费米崇尚实际的精神，可以从其 1954 年发表的“杨 – 米尔斯”这篇卓越的文章的题目中看出。今天任何一位谈到这篇文章的人，都会将它称作引入非阿贝尔规范场的文章。可是，文章的题目《同位旋守恒与同位旋

规范不变性》并没有提到非阿贝尔规范场。

如何了解同位旋守恒这个物理问题出现在先，而抽象数学观念非阿贝尔规范场出现在后？这是费米处理这类问题时会采用的方式，也是富兰克处理这个问题所用的方式。费米的伟大在于他既懂得如何计算，又懂得如何倾听自然的声音。

请允许我在这里简短地讲一个和这次讲话主题无关、有关费米的故事，而这个故事和富兰克也没有关系。我不是费米的学生，但我有幸在学术生涯的关键时刻和费米谈了 20 分钟。我从这 20 分钟里学到的，比我与奥本海默交往的 20 年中学到的还多。

1952 年，当时我以为自己拥有了一个强相互作用的好理论，于是组织了一大批康奈尔大学的学生和博士后，按照这个理论来计算介子 – 质子之散射。我们运算的结果和费米在芝加哥回旋加速器上量到的截面很符合，于是我得意地从伊萨卡去芝加哥给费米看我们的结果。

费米很客气和友好，但我们的结果并没有引起他的兴趣。他说："计算的途径有两种。第一种是我愿意采用的，是先有一幅清晰的物理图像。第二种是有严格的数学架构的。你的则两者都不是。"这既结束了他和我的对话，也终结了我们的理论。以后我们弄清楚了，由于没有将矢量相互作用考虑在内，我们的理论是不可能正确的，而费米直觉地看出了这个理论必然是错误的。

在这 20 分钟里，他脚踏实地的见识省掉了我们几年的无谓计算。这个教训是富兰克无须学习的，因为他在芝加哥大学当学生时，已经充分汲取了费米的见识。

在选集发表后的 15 年中，富兰克没有闲着。1995 年，一本庆祝他 70 岁生日的文集出版了，这次不是他自己而是他的朋友们写的，题目是《杨

振宁——20世纪一位伟大的物理学家》。隐藏在书中的专业文章里，有一些个人的颂赞和回忆，它们描述了富兰克如何积极帮助科学在中国大陆、中国台湾和中国香港成长和繁荣。富兰克很高兴能够偿还他欠故土和文化的债。

上述两本书都没有收录的，是富兰克两年前写的题为《父亲与我》的文章。这是献给他的父亲，一位于1973年去世的数学教授的文章。它极精彩而微妙地描述了他和父亲的关系，以及分离给二人带来的痛苦。

他的父亲在艰难的岁月里留在中国，而那段时间富兰克在美国成为名家。他们都知道还是这样为好：没有美国，富兰克不会成为一位世界级的科学家；不住在祖国，他的父亲将成为无根之木。然而，分离也深深地伤害了两人。对富兰克来说，他和父亲的分离同美国和中国在政治上的隔绝，是一场悲剧的两面。

> 杨振宁在《父亲与我》一文中写道："我父亲……在芝加哥大学获得博士学位。他游历甚广。但我知道，直到临终前，对于我的放弃故国，他在心底里的一角始终没有宽恕过我。"

很幸运，尼克松总统适时地决定承认中华人民共和国。[①] 因此，富兰克能够在他父亲去世以前重返中国，能够在他父亲病危时坐在他的床边。在选集的评注中，富兰克描述了他在1964年如何困难地做出成为美国公民的决定。这个决定正式承认了他脱离中国、脱离他的父亲。

---

① 1978年12月16日，中美《联合公报》发表，美国承认中华人民共和国政府为中国唯一合法政府。1979年1月1日，中美正式建立大使级外交关系。——编者注

《父亲与我》有一个快乐的结尾，一个光辉的重圆。富兰克描述1997年7月1日清晨零时，他站在香港会议展览中心，凝视着英国国旗缓缓下降，中国国旗缓缓上升，乐队奏着“起来，不愿做奴隶的人们……”，他写道：“父亲如果能目睹这历史性的、象征中华民族复兴的仪式，一定比我还要激动……他们那一辈的中国知识分子，目睹洋人在租界中的专横……说不完的外人欺凌……他们是多么盼望有一天能看到站了起来的富强的祖国，能看到大英帝国落旗退兵，能看到中国国旗骄傲地向世界宣称：这是中国的土地。这一天，1997年7月1日，正是他们一生梦寐以求的一天。”

富兰克那夜站在那里，他（也是他父亲）对重圆的深层感触使我们动心。而他表达的骄傲和满足的心情，特别引起我的共鸣。因为，我也属于一个伟大而古老的文明。我在英国的故乡，也是阿尔弗雷德这位学者国王的故乡。1 100年前，当唐朝建立了在中国持续千年之久的科举制度时，阿尔弗雷德国王将拉丁文典籍译成英文。他与唐朝诗人杜甫几乎处于同时代。富兰克在他的选集前面引用了杜甫的诗句：“文章千古事，得失寸心知。”

和富兰克一样，我也离开了故土，成为美国公民。我仍记得我在托伦顿（美国新泽西州首府）受到的羞辱。那一天我宣誓忠于美国，主持仪式的那位无知的先生祝贺我逃出了奴隶之乡来到了自由之邦，我好不容易才忍住没有大叫。我的祖辈们解放我们的奴隶，比他的祖辈们解放他们的奴隶要早得多。

我和富兰克对美国有着同样的矛盾感情。这个国家对我们两人是如此慷慨，可是对我们的古老文明的了解又是如此之少。我同样感受了他亲睹英国国旗和平地降下、中国国旗冉冉升起时的骄傲。那时他身处的香港，

正是两种文明短暂地走在一起、催生出崭新事物的地方。

杨振宁是一位保守的革命者。和富兰克林以及华盛顿一样，他爱护过去，尽可能少地摧毁它。他对西方科学的杰出思维传统和对中国祖先的杰出文化传统同样崇敬。

5年前，我很荣幸在费城美国哲学学会授予他富兰克林奖章的仪式上讲话。我们聚集在学会的有历史意义的会议室中，学会创始人富兰克林和最活跃的成员杰弗逊的画像俯视着我们。不消说，富兰克林和杰弗逊都会赞同富兰克获奖。我们知道他给大儿子取名为富兰克林，是因为他特别崇敬富兰克林。我愿用我在那个愉快场合称颂富兰克的话来结束今天的讲话。

杨教授是继爱因斯坦和狄拉克之后，20世纪物理学的卓越设计师。从当年在中国当学生到以后成为石溪分校的哲人，引导他思考的，一直是他对精确分析和数学形式美的热爱。这种热爱导致了他对物理学最深远的和最有创见的贡献——和罗伯特·米尔斯发现的非阿贝尔规范场。

随着时间的推移，他所发现的非阿贝尔规范场已渐渐成为比宇称不守恒更美妙、更重要的贡献。后者使他获得了诺贝尔物理学奖。发现宇称不守恒、发现左手和右手手套并非在各方面都对称，是一项了不起的破坏行动，它摧毁了人们在前进道路上的思维结构的基石，这个结构此后经过30年才建立起来。今天，当代理论所描述并为当代实验证实了的物质的本质，是各种非阿贝尔规范场的组合。它们为杨振宁在45年前首先猜测的数学对称性所支配。

和重建城市以及国际政治一样，在科学中摧毁一个老的结构比建立一

个持久的新结构容易。革命领袖可以分为两类：像罗伯斯比尔和列宁，他们摧毁的比创建的多；像富兰克林和华盛顿，他们建立的比摧毁的多。无疑，杨振宁属于后一类的革命者，他是一位保守的革命者。与富兰克林以及华盛顿一样，他爱护过去，尽可能少地摧毁它。他对西方科学的杰出思维传统和对中国祖先的杰出文化传统同样崇敬。

杨教授喜欢引用爱因斯坦的话："创造的源泉在于数学，因此，从某个意义上讲，我认为，纯思维可以掌握现实，像古人所梦想的那样。"在另一场合，他讲道："乍听起来，一个人的爱憎和风格竟与他对物理学的贡献有如此密切的关系，也许会令人感到奇怪，因为一般人认为物理学是一门客观地研究物质世界的学问。然而，物质世界具有结构，而一个人对这些结构的洞察力，对这些结构的某些特点的喜爱，某些特点的憎厌，正是他形成自己风格的要素。因此，爱憎和风格之于科学研究，就像它们对文学、艺术和音乐一样至关重要，这其实并不是稀奇的事情。"

杨教授对数学美的感受，照亮了他所有的工作。它使他的相对最不重要的计算成为袖珍的艺术品，使得他的深入的猜测成为杰作。它使他，与爱因斯坦和狄拉克一样，对自然的神秘能够比别人看得更远一点。

附文：杨振宁转杨振玉、范世藩来信

戴森是重要的数学家和理论物理学家，量子电动力学的奠基人之一。他是天才，兴趣极广，在天文学、核工业、生物学、宗教等方面都有独到见解和重要著作。

戴森和杨振宁曾在美国普林斯顿高等研究院共事多年。杨振宁于1999年5月从美国纽约州立大学石溪分校退休，在他的退休宴会上戴森做了题为“保守的革命者”的演讲。（演讲）以深入流畅的文字，刻画了杨振宁处世做人的态度、研究风格与特性，以及他对孕育他的中国和对容许他发展的美国的复杂情感。

我们曾于1999年在《21世纪》（香港）发表了此演讲的译文。2015年戴森在其新书《飞鸟与青蛙：戴森的经典论文1990—2014》中收入了这篇演讲。有鉴于该文的特点以及内地读者可能没有机会看到《21世纪》，我们在此重新发表。

译者：杨振玉、范世藩

科学家与政治：杨振宁谈泰勒与奥本海默[①]

> 比如像冯·诺依曼、泰勒他们在政治上的见解不是从一开始就这样的，都是慢慢演变成这样的。这个演变与整个世界局势的发展变化有密切的关系……实际人不是分成两类的，在两个极端之间，人的分布是连续的。另外，一个人在政治里的位置是随时都在改变的。
>
> ——杨振宁

2015 年 12 月，作者受杨振宁先生邀请，曾有幸到清华大学高等研究院做过一次讲座。其间，与杨先生有过两次长谈。其后通过电子邮件沟通，双方觉得有再次就一些问题做些深度交流的必要。2016 年 5 月 6 日上午，作者再次拜访杨先生，并就有些问题向他请教、求证。如下是对话录音的文字整理。

---

① 本文作者厚宇德，山西大学科学技术史研究所教授、博士生导师。原文发表于《物理》杂志 2021 年第 9 期，“赛先生”获授权转载并发表于 2023 年 9 月 6 日。此处有修改。

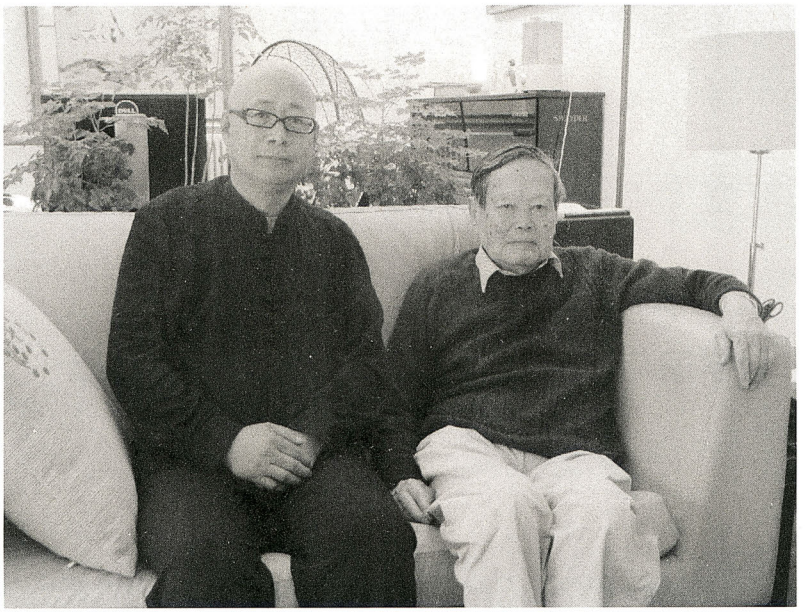


图 4.8　厚宇德与杨振宁

图片来源：2016 年 5 月 6 日摄于杨振宁先生家中。

厚宇德：杨先生，您好！很高兴再次见到您！感觉您的气色比去年 12 月的时候好了许多。

杨振宁：年龄大的人，自然就怕冷，到了夏天，天气温暖起来，身体会比冬天感觉舒适很多。

厚宇德：那我就开门见山吧。我今天要请教您的第一个主题与去年 12 月来见您时有关。那次在您的安排下，我在清华高等研究院做了一个讲座，当时您因事未能亲临。报告之后我们（朱邦芬院士、秦克诚教授、葛惟昆教授、楼宇庆教授等）一起讨论的问题之一是科学家与政治的话题。科学家大体可以分为两类，如马克斯·玻恩、费米等，他们更多地乐于做科学研究与教学工作，而不是直接投身于与政治相关的社会管理类事务；有些人则相反，比较擅长甚至热衷于这类事务，如奥本海默，还有爱

德华·泰勒以及弗雷德里克·林德曼（丘吉尔的顾问）等。这个话题涉及的一个人物是冯·诺依曼，他和您在普林斯顿时是同事吧？

杨振宁：对，冯·诺依曼是我在普林斯顿的同事，他比我大十几岁。

厚宇德：在冯·诺依曼的一本传记里，传记作者说冯·诺依曼有一个极端的观点，他不仅参与社会政治事务，还积极建议美国在冷战时期搞核威慑，呼吁搞先决性打击。在我看来，这是近乎疯狂的极端想法。这本书中说哲学家、数学家罗素是先发制人战争的主要推动者，而冯·诺依曼更加强硬，热衷于出其不意地用核武器进行先决打击[①]。您看到的冯·诺依曼，确实这么偏激、强横吗？

杨振宁：你讲的有些是事实，可你的解释我觉得可能不太正确。比如像冯·诺依曼、泰勒他们在政治上的见解不是从一开始就这样的，都是慢慢演变成这样的。这个演变与整个世界局势的发展变化有密切的关系。你的解释把人分成两类，实际人不是分成两类的，在两个极端之间，人的分布是连续的。另外，一个人在政治里的位置是随时都在改变的。我想是这样，有些人专门做他自己的研究，不管别的事情；有的人除了自己的研究，也管别的事情。这两种不同的人的天性是很显然的，古今中外都有这个现象。像奥本海默，年轻时他是很聪明的物理学家，可是他对世界上发生的事情也很有兴趣，所以他在20世纪30年代就加入了很多美国的左派组织。但这并不代表他这时要投身政治，他只是觉得这是一个现代人应该做的事情。而费米呢，对这些也不是没有兴趣，但他不去参加这个组织、那个组织。回过来说，中国人也一样，有的中国物理学家喜欢发表对政治的意见，有的不喜欢。整个世界局势发生改变的时候，这也会影响每个人

① 威廉姆·庞德斯通著，吴鹤龄译，囚徒的困境，北京：北京理工大学出版社，2005，第5页。

的发展方向。比如说奥本海默在20世纪30年代跟很多左派组织有密切的关系，后来美国政府要做原子弹又选中了他作为重要负责人。所以你也可以说，这就把他一生的命运从本来主要做物理的方向推到了另一个方向。而在这一变化发生之后，他个人的长处在其中得以发挥，但最后也给他带来了打击。所以我想讲的就是，不能预先固定这个人是这一派、那个人是那一派，他是随着时间和形势的转移而变化的。

再比如泰勒，他是我的导师，他做我老师的时候主要做物理学研究，可也是出于特别的原因，奥本海默让他去研究制造氢弹，从而改变了他的人生轨迹。奥本海默让泰勒去研究氢弹更具有一定的偶然性。奥本海默的真正目的，不是因为他觉得氢弹研究在当时真的是必须要做的，事实与此相反。奥本海默召集很多物理学家研究原子弹，泰勒是其中的一员，他俩的年纪差不多，他们的关系那时也很好。在曼哈顿工程里有个理论组，里面非常重要的两个人是汉斯·贝特和泰勒，贝特是组长（厚：他后来获得了诺贝尔物理学奖），对，贝特很有名，他在20世纪30年代写的3篇长的文章[①]，发表在《现代物理评论》（*Reviews of Modern Physics*）上面。后来到我做研究生的时候，这几篇文章都成为核物理方面经典的必读著作，所以奥本海默就让贝特做理论组的组长。结果研究搞了几天以后，贝特就来找奥本海默，说泰勒在我们这组里边起“负”作用。什么缘故呢？贝特说，因为泰勒新的见解非常之多，每天早上来就讲两三个新的见解，组里的年轻人的注意力都被他的新见解给吸引去了，泰勒在理论组里，使大家，尤其年轻人严重分散注意力，不能集中到研制原子弹的工作上，这个问题得

① 维格纳在其传记中也提到了贝特1936—1937年发表的这几篇文章，称之为“奇妙的论文”。参见维格纳、桑顿著，关洪译，乱世学人：维格纳自传，上海：上海科技教育出版社，2001，第149页。

想办法解决。奥本海默说，想什么办法呢？如果你把他调出呢，泰勒会不满意。结果奥本海默就想出来一个聪明的办法。因为泰勒这个人思想奔放，喜欢思考新的东西。奥本海默思考后说，这样，把泰勒找来。然后他对泰勒说，你去做一个小组的组长，专门研究氢弹。奥本海默的本意是把泰勒从贝特那个理论组分出去，这样子一说泰勒非常高兴。泰勒就找了几个人组成一个小组，他是头儿，专门研究如何制造氢弹。因为这个，1942年他就开始研究氢弹，这决定了泰勒后来一生的命运。所以你看这里头也有一些偶然的因素。奥本海默认为：第一，氢弹是虚无缥缈的，一时做不出来；第二，反正让他去做这个的话，就解决了贝特的问题。这个事情不仅决定了泰勒的一生，而且对整个世界政治格局的发展都有一定影响。[①]

厚宇德：您以泰勒如何介入研究氢弹为例，说明科学家对有些工作甚至人生道路的选择，具有一定的偶然性。而且这往往与外界事态的发展有关。这样理解也有道理，科学家和其他人一样，他的想法和抱负等，不可能与社会完全隔绝。与此有关，前面您说奥本海默与美国当时的各种左派组织有联系，后来（这些行为）出现在关于他的听证会上，他的这些行为也成了相关的证据，是吧？

杨振宁：你讲的这件事情发生在1954年。20世纪50年代，从现在看起来，那个时候奥本海默在整个美国，尤其是在华盛顿影响非常大，因为他主持过原子弹建造的相关工作，原子弹爆炸以后，全世界都非常注意，所以奥本海默在美国的地位，尤其是在美国国会的影响是非常之大的。可

---

① 曼哈顿工程涉及一大批一流的有个性的物理学家，人际关系较为复杂，从不同人的角度，都有不少不同的故事。杨振宁先生讲述的奥本海默妥善安排泰勒的故事，在泰勒传记中有一定呼应，如其中说："到了芝加哥以后，他（泰勒）没有分配到什么具体工作。惆怅之余，他不停地思索着的脑子又转回到了氢弹的理论探讨上面。"参见斯坦利·布卢姆伯格、格温·欧文斯著，华君铎、赵淑云译，美国氢弹之父泰勒，北京：原子能出版社，1991，第118页。

是后来，杜鲁门在1949年下了命令，说是美国要全力发展氢弹，原因是美国发现苏联也搞出了原子弹，杜鲁门就做出了研究氢弹的决定。决定以后，泰勒非常得意，因为这本来就是他想做的东西，所以他就找人来，请这些年轻人跟他一块来研究怎么做氢弹。他觉得受了奥本海默的影响，一些年轻人都不肯去，所以从1949年起，他们关系就变得非常之坏。（厚：原来他们二人的关系从1949年就变得紧张了。）不是当面吵，是背后说。泰勒后来说，我去找这人，这人对研制氢弹不发生兴趣；去找那人，那人也对研制氢弹不发生兴趣，这些人都是受了奥本海默的影响。这不是一个明争，而是一个暗斗。这个情况后来扩散到了政界，泰勒因为想搞氢弹，所以他跟美国军方，尤其是与那时并存的空军部、海军部、陆军部都有密切关系，尤其是空军对发展氢弹最为积极，因为泰勒跟美国的空军部、空军部部长有很密切的关系。美国的军方要研制氢弹，从他们的立场来看，如果氢弹发展起来，那么军队的力量就变强大。换个角度，发展氢弹国家要投入很多钱，其中也掺杂着军方某些人的私人利益。不管怎么样，泰勒就是和军方，尤其空军搞到了一起。但他在推动此事的过程中，发现有来自奥本海默的巨大阻力，他意识到只有把奥本海默的权力和影响消灭掉，他们才能顺利发展氢弹。这就是1954年出现听证会的背景，他们就去找了艾森豪威尔。在艾森豪威尔的授意下，他的手下给奥本海默写了一封信，说是我们要停止你参加美国的国防工作，我们给你选择，第一个选择是你自动退出，这是最好的选择。第二个如果你不同意，并选择要追究政府为什么不再让你参加国防工作了，那我们就要搞个听证会。结果是奥本海默不选择自动退出，所以后来就有了听证会。听证会是当时世界上的大事之一，所以你看这一切的事情不是预先就能讲好这个人是这一派，那个人是那一派；形成这个样子，与整个国际局势的发展都有很重要的关系。

厚宇德：如此看来，1954 年听证会的出现，是一步步促成的，可以说与泰勒有直接关系。核心问题是他认为奥本海默是阻碍他研制氢弹的“绊脚石”。

杨振宁：当然与泰勒有很大的关系，但听证会的出现是有很多原因的，泰勒只是其中一个因素。听证会上很著名也很有趣的一件事情：听证会组织者邀请泰勒来坐镇，泰勒可以同意，也可以不同意，他的很多朋友不同意他参加，我和这件事情不发生关系，我是他的学生，跟我同时代的泰勒的另一个学生叫作罗森布鲁斯，就跟泰勒说你不要去听证，你去参加，当众讲出来的话，会引起很大的是非。结果，他还是去了。为什么大家劝他不要去呢？因为这件事情非常复杂，你何必要纠缠在里边呢？他一定要去。他后来讲，他去之前在旅馆的屋子里走来走去，一直到半夜，思考人家问起什么他该如何回答，他就想出来一段话。真到了听证会之后，有人问他，泰勒博士，你觉得奥本海默博士是不是对美国忠诚？于是泰勒就搬出他在旅馆准备好的一段话，后来变得非常有名：“我不认为奥本海默博士是不爱国的，可是他的一些言行我不了解，所以假如美国的安全事业不放在奥本海默手上，我更感觉安全。”[①]你看，他不说奥本海默不爱国，但因为不了解他的言行，所以国防大事放在奥本海默手里，他不放心。这句话后来被普遍解释为，他要赶走奥本海默，这对泰勒余生的影响是非常大的，因为泰勒的性格使他需要朋友，可是这样一来，99% 的物理学家都不理他了。

---

① 泰勒传记作者从泰勒的视角出发，认为：“在战后的年代中，爱德华·泰勒觉得奥本海默的政治观点不仅令人感到不安，而且有时难以捉摸。”1953 年尤其如此。如此看来，泰勒的这句名言，不仅仅是他谨慎智慧而又具有杀伤力的措辞手段，也许至少部分是他内心的真实想法。参见斯坦利·布卢姆伯格、格温·欧文斯著，华君铎、赵淑云译，美国氢弹之父泰勒，北京：原子能出版社，1991，第 299 页。

厚宇德：当年的奥本海默在业内是很有威望的，也展示出了出色的领导能力。

杨振宁：对绝大多数的科学家而言是这样的。

厚宇德：泰勒这话得罪了奥本海默，也给大部分物理学家留下了极坏的印象。

杨振宁：对。说起来，泰勒和奥本海默有冲突可能还和另外一件事有关。在20世纪美国科学界有三位重要人物，一个是泰勒，一个是冯·诺依曼，一个是后来得了诺贝尔物理学奖的尤金·维格纳。这三个人我都很熟。他们都是匈牙利人，都是在布达佩斯成长的犹太人，都是重要的物理学家与数学家。他们坚决反对共产主义，所以他们反对奥本海默，或多或少与他们的背景有密切的关系，因为他们认为奥本海默是亲左派的。所以一个人最后成为什么样子，有很复杂的原因，说有的人喜欢与政治发生关系，有的人不喜欢与政治发生关系，就显得过于简单。有些人最后的人生结果，并不是靠他自己就能决定的，外部的、他人的作用有时候也不可忽略。

维格纳是个很喜欢思考的人，他是个很好的物理学家，从研究的角度看，我喜欢他，他很早提出宇称，也是最早搞群论和对称在物理学应用（的人）。而我也是搞这个的，但比他晚，所以我对他很佩服。他在做人方面也有很多地方是我很佩服的。但在政治或对社会的主张上我们有根本的区别。还有一个与维格纳有关的故事。20世纪30年代的时候，他从欧洲到美国，[①] 刚去的时候是在普林斯顿，可是没有得到永久的位置，所以中

① 维格纳自己在传记中讲，1930年10月，他在柏林收到了美国普林斯顿大学提供的一个学期的讲师席位，于是他来到了美国。出于对维格纳和几乎与他同时期到来的冯·诺依曼工作的满意，普林斯顿大学提出，在未来的5年里，他们二人可以半年在普林斯顿大学工作，半年去他们想去的欧洲工作。1935—1936年，普林斯顿给维格纳提供了全职访问教授的职位。维格纳、桑顿著，关洪译，乱世学人：维格纳自传，上海：上海科技教育出版社，2001，第147—148页。

间他又跑到别的地方。[①] 这也许是 1938 年或 1939 年，那个时候我记不准是周培源还是别的谁，就想把他请到中国来。到清华大学和北京大学去查档案的话，应该能查到相关史料。后来这事没成功。[②] 中间维格纳去威斯康星大学工作两年，然后又回到普林斯顿。[③] 我不清楚他为什么离开，两年后又回来。可我知道他好像是对普林斯顿给他的待遇不满意，所以他就走了。我提这个就是说明，他们三人对要不要参与政治的态度，完全是不一样的。三个人是好朋友，可是在做人态度、言谈风度方面却是完全不一样的。[④]

厚宇德：周培源当时是与西方物理界广结善缘的知名教授之一。我读玻恩的传记发现，1933 年后，玻恩曾致函周先生，期待他能帮忙为其学生和助手安排工作。1936 年，周培源先生也曾回函玻恩，说清华大学希望得到一位学者，但当时计划在对日关系正常化之后实施。事实上，接下来日本的侵略更加猖獗，此事也只能作罢。[⑤]

您以前的著述说过，您二位的交往较多，去年您给我的文章中[⑥] 提到了他和帕斯夸尔·约当合作的论文，他的名字写在前面，但他说实际上约

---

① 维格纳在传记中说，1936 年普林斯顿大学解雇了他。之后威斯康星大学麦迪逊分校为他提供了一个代理教授职位。参见维格纳、桑顿著，关洪译，乱世学人：维格纳自传，上海：上海科技教育出版社，2001，第 153、157 页。

② 结合维格纳自己的回忆，1938 年普林斯顿大学已经再次为维格纳提供了教职，由此推断周培源计划引进维格纳，可能比 1938—1939 年更早。

③ 1938年6月13日普林斯顿大学再次为维格纳提供了数学物理教授岗位。参见维格纳、桑顿著，关洪译，乱世学人：维格纳自传，上海：上海科技教育出版社，2001，第 161 页。

④ 杨振宁曾说奥本海默、泰勒等美国科学家锋芒毕露、标榜自己，参见杨振宁，六十八年心路：1945—2012，北京：生活·读书·新知三联书店，2014。但杨振宁却说："维格纳为人谨诚，不苟言笑，与美国科学家盛气逼人的态度截然不同。"参见杨振宁著，翁帆编译，曙光集，北京：生活·读书·新知三联书店，2008，第 53 页。

⑤ 厚宇德，对玻恩写给彭桓武一封信函的译释，物理，2015，第 3 期，第 187 页。

⑥ Yang C N. Fermi's β –decay theory. *International Journal of Modern Physics* A, 2012(3&4), 27:1–7.

当的贡献更大。

杨振宁：对，这也是他的一个个性，做事诚实。这个故事给我的印象很深，所以我写下来了。他确实是个非常诚实的人。[①]

厚宇德：维格纳算是比您年长一代的人，那一代理论物理学家对他的评价都很高吗？这些只依靠书本（能了解的情况）很有局限。

杨振宁：这就牵扯到另外一个关系。有很多人包括我在内，对他评价很高，可是又有很多人觉得他不行。理论物理学家对于要知道多少数学有很多不同的意见，像海森伯，我猜想终其一生，他都觉得维格纳不是很好的物理学家，他认为维格纳太数学化了。（**厚**：他对玻恩也是这个态度。）对，他对玻恩是这样，对维格纳更是这样，因为维格纳是个很好的数学家，他对于数学的态度和知识都远超过玻恩，所以像海森伯年轻时就看不起这类物理学家。维格纳自己晚年，获得诺贝尔物理学奖后讲过："我在年轻的时候，我的工作没有一个被人家重视，今天我的工作不管对不对，都被人重视。"玻尔和海森伯贬低与数学有关系的物理工作。可是海森伯晚年的时候也改了，他意识到离开数学，什么也做不了。

厚宇德：确实如此，这一点我是可以找到足够的证据材料的。玻恩在哥廷根时，他周围有多位年轻人厌倦玻恩过多使用数学，甚至可能包括在哥廷根时的费米。我觉得有些学习物理的年轻人有这种想法可以理解。但后来费米的数学是很强的。

杨振宁：对。费米在哥廷根的时候非常不开心，我想最主要的就是海森伯和泡利当时看不起他，这对他的自信心有很大的影响，那时泡利和海

---

① 杨振宁借此指出了中国学者以及他看到有的中国人，做事说话有欠诚实，他对此有批评和忧虑。

森伯都非常有名了。后来费米就去了荷兰莱顿大学，在保罗·艾伦费斯特那里待了半年，他后来讲，在这半年里他恢复了自己的自信心。

厚宇德：根据玻恩的回忆，费米在哥廷根的时候表现出了很聪明、很能干的一面。

杨振宁：你如果能够把费米在哥廷根的时候做了些什么事情写成文章，再探讨下当时他跟海森伯、泡利和玻恩之间的关系，我认为将是非常重要的工作。

厚宇德：关键如您所说，他和您提到的几个人或者其他人的关系有点紧张，他和玻恩之间倒没有什么，这从费米夫人为费米写的传记里边可以看出，玻恩对费米还是友好的，但也没说别人对费米不好。

杨振宁：我读过费米太太的这个传记，我没注意到。[①]

厚宇德：在文献里目前找不到别人对费米不友好的直接证据，（我）大体上认为是由于玻恩是内向的，哪个学生主动靠近他，就会与他有更多的交流。可是费米本人也内向，于是他们两个渐行渐远或始终保持着距离。对于这些，（我）能够理解但很难论证。

杨振宁：海森伯和泡利的信件中可能会透露出一些信息。你可以在这些信件和当时的文章中找到证据，这是很重要的历史文献。

厚宇德：您说得很有道理，条件允许时值得留意关注。费米是了不起的实验和理论物理学家，是两方面的大师。除此之外，我认为他还是一个很理性的人。奥本海默成立原子能委员会，里面还有利奥·西拉德等人，后来费米主动退出。他说，我可以不退出，但我不能保证我能做出正确的

---

① 在费米的传记中，费米夫人写道："玻恩本人是亲切而好客的。"参见劳拉·费米著，何兆武译，费米传，北京：商务印书馆，1998，第33页。

结论。作为物理学家，他能判断自己的工作对与错，但对于这类人类复杂性的事务，他就感觉没把握了，不知道自己投出的一票是对是错，而一旦有这个感觉，他就觉得自己应该退出。这也充分展示了他作为科学家的诚实与求实的精神。

杨振宁：我也听说过这件事。奥本海默对费米的回答很佩服，所以他告诉了我。

厚宇德：这是奥本海默直接告诉您的？

杨振宁：是他亲口讲给我的。因为他知道我是费米的得意学生，他去跟费米谈了没成功，他就回来了。奥本海默很显然注意到了这点，很佩服，所以他把费米退出美国原子能委员会这件事告诉了我。

还有一个与费米有关的故事[①]，是关于寒春的。她曾在洛斯阿拉莫斯国家实验室费米的实验室里给费米做助手，做的是研制原子弹的重要工作。战后费米去了芝加哥，寒春成为芝加哥大学的研究生，还没开始做论文。1947 年我们就认识了，她让我教她中文，她当时没讲为什么学中文，第二年她忽然讲她要到中国去，我才知道她学中文的目的。我记得很清楚，她要坐火车从芝加哥到旧金山，然后坐船到上海。1948 年 3 月，我借了辆车，送她到芝加哥火车站，然后她就开始了中国之旅。她到中国以后，我们还通过几封明信片（联系过），可惜都丢掉了。1971 年我第一次回国时，有人安排我去大寨参观，没想到在大寨恰巧遇见了她，我们长谈了一晚。后来有人说一定是政府有意安排的，我觉得不是。那时我为什么去大寨呢？因为政府部门想让我知道农业学大寨的成就。她为什么去的呢，因

① 在2008年（当时寒春还健在）生活·读书·新知三联书店出版的杨振宁《曙光集》中，杨振宁曾讲过这个故事的大体梗概，参见该书第 314—315 页。

为她哥哥（韩丁）是共产党员，前几年回到美国，1971 年第一次回到中国，[①] 她领着她哥哥到中国的农业区到处转。所以偶然性很大，不是有意安排。那天晚上谈话时，她给我讲了这么一个故事。1948 年想要到中国来时，她说："我觉得这个事情我一定要告诉费米。"因为她跟费米做的原子弹研究是敏感的事情，她说，考虑了半天最后还是告诉了费米她要去中国。她当时非常之怕，怕费米把她的计划告诉华盛顿，从而阻止她来华。结果费米没有告诉华盛顿，就没有人阻止她。她说："因为这件事情，我永久感谢他。"她的这句话我觉得非常重要，所以回到美国我立刻打电话给费米太太，说我在中国见到了寒春，讲了这个经过，特别告诉她寒春对费米的感激之情。

厚宇德：那我是不是可以设想一下，如果寒春女士的导师不是费米，情况会怎么样呢？很可能会结束她的中国之行。

杨振宁：她读研究生的时候和费米很熟，但费米不是她的导师。这件事能很好地展现出费米的人品。

厚宇德：20 世纪 60 至 70 年代，农村常播放关于大寨的纪录片，我是通过电影了解大寨的。您当年到大寨参观，是什么感受？

杨振宁：他们的宣传做得很好，陈永贵招待我，去参观的都住招待所，寒春也住在那，所以就碰到了。陈永贵带我们去看大寨人自力更生种的田。

厚宇德：结合这几件事情，我对费米就有了更深刻的了解。玻恩说，有的科学家忘掉了自己的本职工作，完全投入政治活动中是过分的，并认

---

① 准确的事实是：韩丁 1947 年就随联合国善后救济总署到过中国，并来解放区恢复生产培养农机人员，到 1953 年他才回到美国。1971 年是他在离开多年后应周总理之邀重返中国。

为这与人的性格有关。我觉得他的话也有几分道理。有的人活跃有承担，有的人就内向而胆怯。

杨振宁：这是个非常复杂的问题，对于名利、权力与金钱，全世界不同行业里面每一个人都有自己的判断，生活环境与性格不同，做出的判断稍微有一点不同，就可能产生人生最后很大的分别，所以最后结果与人的成长环境和当时的社会动荡等都有密切的关系。在这点上，中国传统的儒家做人之道，与西方也有区别。儒家传统的修身、礼仪等理念是比较保守的，西方不反对这样做，但它们不够注意，所以它们是比较向外的，儒家是比较向内的，这一点上是有区别的。这种文化区别对人的影响也不可忽视。这种文化区别谁好谁坏也不是一个能简单回答的问题，在不同的情形之下、在不同的时代会有不同的认知。

厚宇德：我们提到了奥本海默，提到了费米和原子弹，这就让我想起了爱因斯坦。当年爱因斯坦曾与西拉德等人联名给美国总统写信，建议研制原子弹。您觉得此信起作用了吗？

杨振宁：我觉得这封信起了作用，但没起到很大的作用。很不幸的是，中国的学术界有人孤陋寡闻，胡乱发表意见。爱因斯坦的信寄去以后，最初没有被美国政府注意。这也并不稀奇，因为政府非常之大，它通常不管学术界的事情。爱因斯坦名气非常之大，可是很多人觉得他是个老先生，已经过时了，是一个与世没有多少关系的人，所以美国政府里的人对这封信不感兴趣并不稀奇。可是，后来我不知道里面具体发生了什么事情，结果就是美国政府又对这封信产生了一点兴趣，所以美国开始搞原子弹是与这封信有关系的。所以我说这封信没有产生很大的影响，而且影响不是立刻产生的，可是最后还是产生了影响。我觉得这样的评价最准确。上次我跟你说过彭越的事，他为研究原子弹的历史，读了很厚的十多本

书，才写出很好的文章。中国有些学者不踏实读书，所以孤陋寡闻，这样发表的意见难免会出现错误。

厚宇德：您说得很对，其实据我所知，中国现在也有些学者的研究工作很严谨。但只要有一个人类群体，往往就存在一个近似的正态分布。中国的市场经济早期充斥着造假现象，后来商人发现靠欺骗是无法持续赚钱的，所以经济发达地区（生产产品）自觉地变得越来越规范了，产品的质量也越来越好。我期待中国的学术界也能如此。刚才说原子弹的事，我忽然产生了一个念头：您的导师泰勒搞氢弹时期，您是有机会介入的，为什么没介入呢？

杨振宁：我 1949 年离开了芝加哥大学，那以后的 17 年我一直在普林斯顿大学，偶尔能见着泰勒，因为他有时候来普林斯顿大学开会，另外在美国物理学会开会时也能见到，但总的来说很少（见面）。见面时多数也就讲讲 hello，how are you（你好，你怎么样）之类的。我离开芝加哥大学以后和他接触时有几次较长的谈话，谈的内容也都与氢弹研究没有一点关系。第一次我跟他有比较长的交流，也就半个小时、不到一个小时的时间，是 1955 年夏天我到伯克利去访问，他约我谈过，谈的与核武器没有关系。记得我们谈过两件事情，一个是他问了关于规范场的问题，因为那时我与米尔斯合作的文章已经发表。他大概略微有点兴趣，于是问了我一点问题，但没有深入。还有一个是，他跟我说……我不记得是我提出的还是他提出的，可能是我提出来的，但我们谈了下面这件事。那时他跟奥本海默的冲突是全世界都知道的，我记得好像是我和他说，我觉得最好他来做点事情弥补一下，怎么弥补呢？因为他刚刚得到了美国总统发给他的恩里克·费米奖。[①] 费米 1954 年去世，在他去世前病得很厉害的时候，美国

① 资料显示，泰勒获得的是1962年的费米奖，因此杨先生说1955年他们谈论为奥本海默提名，时间记忆可能有误差。

国会通过了一个法令，要设立一项恩里克·费米奖。当时的奖金很多，第一笔就给了费米，[1]这个奖一直存在，现在还有。于是我跟泰勒说，你刚得了费米奖，你为什么不给奥本海默提名一次呢？后来，泰勒为奥本海默提名，下一年奥本海默就获得了费米奖。可是我猜想这不能归功于我，我想他自己也想到了，而且我相信别人也一定会提醒他，这是一个很好的弥补方法。但是，至少我记得我和他谈过这件事。我记得我后来可能还给他写过一封信讲这个事情。

厚宇德：您给他的那封信如果找到了，一定给我看一看。

杨振宁：好的。我再接着回忆泰勒。我和泰勒从来没有谈论氢弹的问题，后来有这样一个接触，1971 年我到北京，那件事很引人关注，当时美国的报纸都登出来了。他很注意，因为第一我是他的学生，第二当时他在华盛顿影响很大。他有一个外甥是位教授，我和他很熟。他现在我想也快 80 岁了，他说他的舅舅要来看他，他希望和我谈谈关于中国的事情。所以那天他就只请了我和泰勒到他家吃饭，饭后泰勒把我带到一间屋子，他外甥领着太太走掉了。泰勒和我单独谈话，很显然泰勒想要知道中国的信息，我也很愿意告诉他。我们谈了好几个小时，讲的是对中国的印象，泰勒想知道中国是什么情形，他想知道我对中国是什么意见。可能他想试探我是不是想回中国？我没法断定。他知道我和原子弹没有任何关系，他会猜想到中国非常希望我回去，不只是做科学方面的工作，他猜想如果我回中国的话，中国会让我做原子弹的工作。我想他有试探一下我的态度的可能。泰勒和美国军方很熟，军方可能会让他试探我一下，这个可不可能

---

① 目前的资料显示，费米奖的第一位获得者是前文多次提到的冯·诺依曼，也许杨先生记忆有误。

呢？这是个非常复杂的问题。因为在美国我是很有名的物理学家，科学界以外的普通人——比如美国军方的人——认为物理学家和原子弹是很近的，但其实并不近。再比如说 1964 年底我到香港，我父亲、母亲、弟弟、妹妹从上海到香港，我们见面一起待了两个星期。后来我回到美国，当时有个教授，叫作乔治·凯南，是美国外交方面的重要人物，是外交理论界的重要人物之一。20 世纪 40 年代，美国和苏联变成两个阵营，那个时候美国应该怎么处理与苏联的关系？当时有篇文章发明了一个观点叫作遏制战略（containment policy），就是围起来不让出来，这是第二次世界大战之后外交理论最重要的组成，这位作者几年前才去世，他比我大几岁。他后来成为普林斯顿大学的教授。1964 年，我与父母分开，从香港回到美国，他请我吃饭，问了很多我从父母那里得到的关于中国的消息，我后来猜想他可能也是想试探一下我与父母接触，是不是想回中国。我猜想这可能是美国方面让他试探一下。换句话说，美国政府里面有人非常关注杨振宁是不是想回中国这件事。1971 年回国前，我给美国总统科学顾问写了一封信，我为什么给他写封信呢？我如果不告诉他而忽然出现在中国，有可能产生纠纷，我想不如我事先告诉他一下。我给他写了信，他回答说很高兴我能回国访问，但不能给我签证，事实上我当时不需要他帮助。这件事情过去没多久，我在芝加哥大学的一个多年未见的同学忽然来看我，我想那时我至少十多年没有他的消息了。他在我家住了一天，我后来猜想他可能是受美国哪个部门的指使来试探我的。我为什么这么想呢？他在芝加哥大学读书后做新闻记者，驻在香港，他在香港做了一件事情，是他一生中最重要的事情，就是他在香港访问了张国焘，写了《张国焘传》，这奠定了他在新闻记者中的地位，因为张国焘是个重要的历史人物。所以我猜想他跟美国政府大概有些关系，我后来没问过他。所以这些人，包括泰勒的来访，

我多多少少觉得他们要试探杨振宁是不是要回国。

厚宇德：谢谢您结合第一个话题谈了这么多，其中有的部分是我以前有所了解的，有的部分是第一次听说的。信息量很大，我觉得我们可以在这里结束第一个问题了。我今天期待向您请教的第二个问题，是关于物理学与哲学关系的。做实验物理的人似乎很少有人关心这个问题。部分理论物理学家关心它，如玻尔尤其喜欢做哲学讨论，玻恩有时也说哲学是重要的，要求学生对哲学有所了解，但他又警告学生不要彻底归顺于任何哲学流派，而要保持质疑和批判的精神。还有部分理论物理学家如费米、费曼对哲学怀有不友好，甚至不屑一顾的态度。我注意到，您以前对此的观点是，在历史上较早的时候，哲学对于物理学是有积极意义的，但随着物理学的发展，哲学对物理学的影响越来越弱化了。您现在怎么看待这二者的关系？

杨振宁：关于哲学和物理学的关系，是的，在不同的时代，物理学界的看法是不一样的。也就是说，这个关系随着时代的变迁、随着物理学的进化是不断改变的。在19世纪的时候，因为沿袭当初科学叫作自然哲学的传统，仍然认为科学跟哲学有密切的关系。到了19世纪末的时候，许多科学家还认为物理学几乎是从哲学脱胎而来的，尤其是厄恩斯特·马赫的影响非常之大。但你看今天，甚至20世纪我在物理学前沿从事研究的时候，实际从事研究工作的物理学家，没有人关注哲学。这就代表19世纪与20世纪之间，物理学家对于哲学家的哲学[①]的看法有了很大的改变。这个改变呈现在不同的人身上。当然，同一时代的物理学家，有的人喜

① 杨振宁曾指出，哲学有两种含义，其一为哲学家的哲学；其二是对物理学问题长、中距离（甚至短距离）的看法。这种看法与一个人的风格、喜好有极为密切的关系。参见杨振宁，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998，第513—514页。

欢讲哲学，有人不喜欢讲哲学。你讲得很对，比如玻尔就喜欢讲哲学，费米不喜欢讲哲学，有这种分野是不可避免的。这个可能是因为不同人有不同的爱好，问题的关键还是看哲学是不是真的指导了物理学的研究，是不是物理学家不能离开哲学。至少从我们这一代物理学家身上去看，我觉得不是。

厚宇德：事实上今天发生了反转，如您说过的那样，现在不是哲学影响或指导物理学研究，而是物理学在影响哲学发展。

杨振宁：是的，具体一点说，我想量子力学的发展是一个很好的例子，量子力学不是从哲学来的，虽然有人认为是这样的，但我觉得不是这样的，很明显，量子力学是从研究原子光谱出发建立起来的。量子力学发展起来以后，它反过来对哲学界有很大的影响，这个过程现在仍在继续。

厚宇德：量子力学关注的微观世界与宏观世界存在根本的不同，20世纪前30年这个领域不但对物理学家来说是陌生的、新开拓的，研究结果对哲学家来讲也完全是新鲜事物，所以他们一定要吸收、学习、理解这个新事物，这个过程必然会出现。您个人的看法是，一个物理学家完全没有必要先去研读哲学著作，然后借助它形成自己的思维方法，从而影响物理学的研究工作。

杨振宁：要尊重科研过程的客观事实，我没有研究过哲学，我所见过的理论物理学家也没有人像必须学习和使用数学一样对待哲学。坂田昌一认为理论物理研究需要哲学指导，我说过，[①]我不同意他说自己的研究起源

---

① 1986年杨振宁在中国科学技术大学研究生院（北京）所做的报告中提出过这个说法。参见杨振宁，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998，第514页。

于哲学的观点，他从哲学出发得不出物理学结论，我认为他越少涉及哲学的时候，物理学成就才越大。

厚宇德：如此说来，您对于物理学与哲学的关系问题的基本看法，和30年前是高度一致的。谢谢您清晰回答我的问题。

杨振宁先生：仁者寿[①]

参考《论语》，是写杨振宁先生的捷径。

不仅题目立即有了，六个小标题有了四个，而且每一次见杨先生的感觉，都可以用《论语》早就写过的话来形容："君子哉若人。"

我认识的最聪明的人

《论语》非常重视人际关系的智慧，但不太重视智力的聪明，这个小标题我只好自拟。

杨振宁先生是我认识的最聪明的人。

杨先生的多项杰出科学成就被物理学家公认。

杨先生的聪明和智慧在平时的、非科学的交往就可以感受到。我现在比较后悔，每次不仅应该当时认真听杨先生讲话，而且应该事后记录。但

① 本文作者饶毅，生物学家，北京大学终身讲席教授。原文收录于《杨振宁先生百岁华诞文集》。"饶议科学"发表于2021年9月24日。此处有修改。

实际我只记录过一次，以至于不容易说清楚为什么认为杨先生最聪明。也许只能依赖感觉，来自二三十次见面和百余封邮件（我的计算机缺2011年之前的邮件，保留的邮件有72封来自杨先生）。

虽然我也认识少数数学家、物理学家、化学家和计算机科学家，但能判断的主要是生物学家，所以对比有样本局限性。

诺贝尔生理学或医学奖得主中有自认为笨的。与纯数学、理论物理相比，生物和很多行业一样，不需要高智商。如果有足够长时间的积累，大多数人都能做得很好（甚至杰出）。生物学领域也有比较聪明的，有些能做好研究，但被耽误的也不少，因为智力在生物的作用较小。如果施一公哪天因生物学研究获诺贝尔奖，并非用其智力的强项。

DNA双螺旋结构的共同发现者美国生物学家詹姆斯·沃森，比杨振宁先生小6岁。沃森的科学贡献非常突出，大多数人公认沃森和英国物理学家弗朗西斯·克里克于1953年共同发现DNA的双螺旋结构是20世纪最重要的生物学工作。虽然我觉得其重要性次于1944年奥斯瓦尔德·埃弗里等提出DNA是遗传物质的工作，但毫无疑问，DNA的双螺旋结构的发现确实至关重要。

沃森的几本书很多人读过。我用他主编的《基因的分子生物学》教过学生。2017年，沃森访问过清华大学，杨先生和他同台。2018年，他们两人也都访问过西湖大学。沃森夫妇到我家做过客。沃森和杨先生在一起的时候，很难不被比较。出生更晚的沃森在逻辑思维、语言表达和反应速度等方面，不如杨先生头脑更清楚。比较他们两人年轻时的著述、讲话，也觉得杨先生更胜一筹。

君子怀德

杨先生关心大事，世界的、中国的、科学的大事。

对世界和中国的过去、现在和未来，杨先生有自己独到的洞见。有些很深刻，有些很有趣；有时让人豁然开朗，有时让人感到高屋建瓴、雄视天下。

杨先生完全从公心出发，理性分析，得出自己的观点。

孔夫子的“君子坦荡荡”，适用于中国历代人物中类似杨先生者，对他们气质的描述是传神之笔。

杨先生对于社会的看法，有引起误解的情况。例如，我猜测，有些他表达的是他觉得合理的速度和步伐，而被人以为那是他认为的终极目标。

对中国科学的发展和未来，杨先生更是长期多方面提供支持和帮助。近年，我熟悉的两件事情都有杨先生的支持。

2016 年，我参加发起未来科学大奖，并确定了第一批科学家委员会 9 位中的 7 位。对于这一给在两岸暨港澳做出重要科学贡献的大奖，从酝酿到颁奖，杨先生都非常支持。施一公和我请杨先生参加了 2017 年 1 月 17 日的第一次颁奖仪式。

2018 年，马化腾和我提议新设科学探索奖。对于这一支持中国年轻科学家的奖项，杨先生不仅成为发起人之一，而且连续两年参与提名候选人，支持后辈青年科学家。2019 年，我请杨先生参加 11 月 2 日的颁奖典礼，97 岁的杨先生不仅到场，而且发表讲话。11 月 4 日，杨先生还专门发邮件肯定了科学探索奖。

对设立和持续颁发中国最公平、最有荣誉含量的科学奖，杨先生的教导、激励、参与和道义监督非常重要。

君子喻于义

杨先生看问题，从大义。

有杨先生在的场合，众人能从他的言谈得到精神的享受和思想的升华。

用论语的词汇，杨先生“文质彬彬”。对大型对撞机，杨先生几十年来不赞成，但都是理念性的，基于他对物理发展的理解、对于大型对撞机意义的认识。他的批评对事不对人。而且，杨先生没发起公开辩论，只是在被公开拉进辩论，并感到自己被置于不妥当的理解中后，才被迫公开表明态度。

2016 年，杨先生和王贻芳在“知识分子”发表公开辩论，他们二人有截然不同的看法，是当年中国科学界影响较大的事件。双方都没有在文章之外施加影响。2019 年，王贻芳获未来科学奖的物质科学奖。杨先生不仅事先、事后从未批评我们评奖委员会发错了奖，而且亲自参加了颁奖仪式。这是杨先生君子风范的自然流露。

“君子泰而不骄。”杨先生并不固执己见，更不居高临下。我在香港和北京，都见过“走向未来丛书”的主编与杨先生讨论、争论。有一次对方声音急促、脸都红了，但杨先生丝毫不介意。杨先生对其回国，提供了很大的帮助。

君子成人之美

杨先生得奖那年，我的三舅在北京大学物理系读大五，他和全中国的物理学师生都深受鼓舞。大姨父是理论物理学家和核物理学家，20 世纪

80年代在德国期间，杨先生到过其导师的研究所。姨父和教大学物理的姨妈也曾于1991年去美国拜访杨先生。

杨先生建议物理教学要融合物理学史，姨妈遵循了建议，确实很有效果。杨先生对科学史的了解超出了物理学的范畴，他也了解华人电生理学家凌宁、中国生理学家冯德培等生物学方面的相关历史和人物。杨先生曾任美国著名的索尔克生物学研究所顾问委员会委员，在面临重大方向的争议时，他力排众议，力推研究所坚持基础、追求卓越。

我自己在2006年之后，才有机会近距离了解杨先生，经常见证杨先生习惯性从多方面帮助他人、提携年轻人。

我最早听说田刚和夏志宏，是因为读到杨振宁先生20世纪90年代公开称赞田刚、夏志宏两位的数学成就突出。杨先生的评价让不少人关注田刚、夏志宏。十年后，我才先后在美国西北大学见到夏志宏、在北京大学见到田刚。

物理学家张首晟曾给我讲述杨振宁先生如何与他长期通信，讨论物理学问题。杨先生在多种场合肯定张首晟的物理学成就。

2006年，邵逸夫奖的生命科学与医学奖得主王晓东在香港科技大学发表演讲。我正好在香港科技大学。午餐时，杨先生让王晓东叫我过去，这是我第一次有幸与杨先生交谈。不久，我去清华大学杨先生住所，也见到翁帆和物理学家聂华桐，后同去丙所晚饭。

杨先生在多种场合以多种方式给予我宝贵的支持，也委婉地给予教诲。2011年，我介绍屠呦呦和张亭栋的文章出来后，杨先生发邮件予以肯定。杨先生偶尔温和的点拨和我妻子经常的提醒，是近年我发现需要多反省自己、多倾听他人意见的两大原因。

杨先生对清华大学无私奉献。他也支持北京大学，例如参与我在北京

大学的教学工作。我曾开设本科生选修课“科学是什么”。第一堂请杨先生开讲，这对北京大学本科生是很好的教导。

杨先生两次让我代替他去参加国际科学活动。日本那次，我因为既没有美国护照也没有中国护照而未能成行。参加的那次，其他国家去的都是诺贝尔奖得主，我和女儿享受了一次诺贝尔奖得主的“待遇”。施一公回国后，赵仁滨不久带孩子回国。杨先生、翁帆也参与两校几家人欢迎施一公、赵仁滨定居清华。一公的文章叙述了杨先生对他诸多支持的一部分。

君子周而不比

杨先生提倡“君子以文会友”。2007 年，我全职回国后，杨先生提议以两校教授为主，小型聚会交流。

我安排了来自北京大学、清华大学、中国科学技术大学、中国科学院、北京医院的学者，轮流在北京大学、清华大学聚会。每次先有交流，一人主讲，后面讨论，共进晚餐。

第一次是在清华大学高等研究院，杨先生开讲。杨先生的演讲和他的文化性文章一样，清新隽永。

这些交流，让我受益匪浅，建设了科学的文化，增长了见识，了解了多个学科、不同的人。

但是，杨先生“周而不比”。虽然我们很多人都非常尊敬和崇拜杨先生，但他不对我们施加其他影响。

作为“知识分子”的主编之一，[①]早期我参与较多，后来编辑部本身做

① 本文写于2021年9月初,9月18日饶毅卸任“知识分子”主编，改任“知识分子”编委。

得很好，我的参与逐渐减少，到后来不用参与。

有些比我还年轻的华人，因“知识分子”发表有作者署名的文章而猛批我，横眉冷对，甚至从此不来往。其中好几篇文章我事先并没看过，何况作者文责自负，发表的文字不代表主编或者编辑部就同意其观点。如果发表的文章都代表编辑部的观点，那它就是一个很差的平台。如果“知识分子”发表的都是我个人同意的观点，它就应该关门大吉。

与此形成鲜明对照的是，杨振宁先生从来没有因为崇敬他的后辈参与的刊物发表什么文字而以任何方式表示不高兴。杨先生也从未以任何方式施加任何影响。这是杨先生的君子风范使然，令人钦佩。

有一篇文章，事后发现里面有内容似乎影射杨先生。还有一篇文章，事先就看得出对杨先生有较大的偏见。但我们在尊重文责自负的作者和担心杨先生意见两难中，最后按公平的编辑方针按作者的原文刊出。这两篇文章的发表，杨先生都丝毫没有怪罪我们。其实第二篇的题目和内容都很明显，杨先生不可能不注意到。我想，一方面是杨先生大度，另一方面也是他有足够自信，并不担心一篇文章就能改变历史的事实。

杨先生的保守

旅美英国物理学家弗里曼·戴森称杨先生的物理研究风格为“保守的革命者”。

对杨先生的保守，我有些许体会。

1996 年前后，我在美国任教期间，用传真给杨先生发了一个建议，希望他能够参与倡议中国建设研究型大学。那时我的想法是以中国科学院为基础，因为高等学校似乎力量不够。杨先生回复传真就一句话，大意是

太早了。

我后来直接给周光召先生提议，得到的回复是应该让高等学校建设研究型大学。当然，我那时觉得高等学校的研究还差得比较远，所以没有联系教育系统。但1999年，中国开始建设世界一流大学，从最初的口号，到十几年后，中国确实在研究型大学建设过程中迈进了很大的步伐。这一例子，杨先生和我对中国发展的预计都比实际要慢。准确地说，杨先生比我更保守。

2012年，杨先生90岁。碰巧意大利犹太裔神经生物学家、第一位百岁诺贝尔奖得主丽塔·莱维－蒙塔尔奇尼以102岁的高龄发表研究论文。我为此写了一篇介绍，寄给杨先生。杨先生回复我一篇他刚发表的物理学论文。我祝愿他能够打破意大利神经生物学家的纪录，105岁发表论文。

杨先生当时回复：有信心95岁。事实已经再次证明，杨先生太保守了。

2020年夏天，杨先生、翁帆和我们夫妇午餐，杨先生三个小时思路清晰、毫无倦意，精力和状态明显优于我。如果我不更新预期，那就是对自己缺乏信心。

而且，时代在前进、健康在改善，施一公的爷爷就要110周岁了。

我应该反省自己：也不要太保守，把十年前对杨先生105岁写文章的愿望，更新为现在对杨先生110岁写文章的期盼。

2021年9月5日

杨振宁先生于我亦师亦友亦同道[①]

一直以来，杨振宁先生在我的心目中都是一位极富传奇色彩的科学泰斗，可望而不可即。1957年，他和李政道先生因为发现弱相互作用中宇称不守恒同获诺贝尔物理学奖，这也是中国人第一次获得诺贝尔奖，让全世界的华人都振奋不已。他们的学术成就，激励了一代又一代中国青年崇尚科学、发愤图强，从中产生了一大批在基础研究领域做出重要贡献的科学家。我也算是其中一分子，从这个意义上说，我早已是杨先生的敬慕者和追随者。1997年，我完成了博士后研究工作，即将开始在普林斯顿大学的独立科研生涯。2004年，从新闻中得知杨先生回到了我的母校清华大学，并且为本科生开设了物理学的大课，我兴奋不已。一方面羡慕清华大学的学弟学妹们有机会近距离接触杨先生，有幸听他亲自授课，另一方面也憧憬着今后自己能在清华园与杨先生邂逅。2007年，我从美国回到清华大学，梦想中的机缘便很快来临。夏日的一天，我收到一封来自

① 本文作者施一公，生物物理学家，中国科学院院士，西湖大学校长。原文于2021年9月24日发表于《新清华》。“赛先生”获授权转载并发表于2021年9月24日。此处有修改。

“cnyang”的电子邮件，打开一看，分外惊喜，居然是来自杨先生的！自此，我与杨先生的交往逐渐密切起来。因为他不用手机，所以我们一直通过电子邮件保持联系。

日前，我整理电子邮箱，发现和杨先生的邮件往来已经有200余封，其中不乏对科学敏感话题的探讨。过去14年，从求是科技基金顾问委员会共事到日常聚会和讨论，我有幸多次领略杨先生睿智的洞见和率真的品格。于我而言，杨先生亦师亦友亦同道！

老师杨振宁

2008年，国内的科学研究已经开始长足进步，但学术氛围仍有很大改善空间，尚缺乏一种有浓厚底蕴的科学文化氛围。杨先生对此应该是有更加深刻的感受，因此他提议由他本人代表清华大学、饶毅代表北京大学，组织一个小范围的科学艺术论坛。

2009年9月12日的第一讲，他做了题为“物理学之美”的精彩讲座，大约一小时。杨先生做了认真准备，幻灯片上一张张老照片、一句句经典评论……他以著名物理学家为线索，如数家珍地勾画出19世纪末至20世纪中期这一物理学大发展黄金年代的一个个重大历史性突破。

爱因斯坦、普朗克、狄拉克、玻尔、海森伯、费曼、薛定谔……杨先生绘声绘色地描述了每个人的独特个性和治学风格，一个个鲜活的学者形象跃然言语之间。他非常敬佩爱因斯坦，以一种近乎崇拜的语气介绍了爱因斯坦卓越的贡献，也讲到了他与爱因斯坦在普林斯顿高等研究院短暂而难忘的交集。结尾之时，杨先生感叹，物理学，真是世界上一门万分精妙美丽的科学。

毫无疑问，杨先生这次集科学、历史、艺术、感想于短短 60 分钟的讲座，“观古今于须臾，抚四海于一瞬”，是我 30 多年科学生涯里最受震撼、最为享受的一次心灵和思维之旅！他就像一座博物馆，通过娓娓道来的演绎，跨越时空，把每一位物理学大师的贡献和对整个物理学史的深刻洞察表达得淋漓尽致。

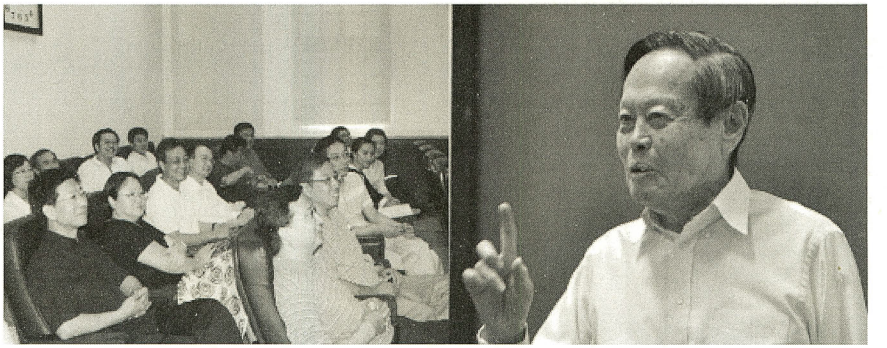


图 4.9　“物理学之美”讲座现场

这是我唯一一次聆听杨先生系统介绍近代物理学历史，也是我听过的杨先生时间最长的一次讲座。此后，我又多次在不同场合聆听杨先生的演讲和分享，参加了很多与他相关的重要活动。我特别喜欢听杨先生讲述历史和人物，他思路清晰，反应敏捷，记忆力尤其惊人，哪怕是几十年前的事情，细节都记得清清楚楚，丝毫不逊色于年轻人。

自 2012 年我受邀担任求是科技基金会顾问以来，每年的顾问委员会会议和年会颁奖典礼都会与他一起讨论问题，令我欣喜和兴奋的是，我与杨先生的很多观点经常不谋而合。他每次的发言平实、深刻又充满洞见，实事求是、当仁不让是他的一贯风范。举两个例子，第一个例子，2015 年，为了庆祝屠呦呦先生获得诺贝尔生理学或医学奖，求是科技基金在中国科协举办了一次别开生面的求是之家研讨会，邀请了往届求是青年学者和求

是大奖获得者参加。

杨先生以“救亡”为主题做了发言，阐述了他对中国科技发展的忧虑和建议，大意是改革开放37年来，中国科技已经取得巨大进步，但其现状不足以支撑一个泱泱大国的科技安全，希望科学工作者们以“救亡”的态度时不我待、全力进取，帮助中国尽快取得全方位的科技自强自立。当时杨先生的发言极其震撼、励志！而现在回味一下，想想2018年以来中美之间的贸易摩擦和科技对立，不得不叹服杨先生的先见之明！

第二个例子，2012年以来，关于是否应该建造超大型对撞机，引发了国内学术界争论。杨先生对于这一计划直抒己见，从美国以往的经验教训、资金的投入与回报、高能物理学的发展历史和前景、大型对撞机的可能成果等各个方面陈述了不赞成的理由。杨先生知道这样做容易引来诸多争议，但他还是选择坚持自己基于史实和逻辑的判断，秉持公心、直言不讳。

在历次公开和私下的讲话中，杨先生的视野常常不局限于物理学界，而是着眼整个科技界，乃至整个国家和民族的现实需要和未来发展。应该说，他一直在理性务实地为国家建言献策。这种至真至纯的品格、无私无畏的情怀，令人感佩。杨先生也十分关心我个人的学术进展。日常交谈中，他多次问我对结构生物学和生物物理学的看法，并分享自己的见解。2015年8月，我带领团队首次捕获剪接体高分辨率结构，他9月初发来邮件，邀请我到清华高研院做专题分享，由他亲自主持。一个多小时的讲座分享之后，杨先生也认真地问了不少问题。我时常感慨，自己何其幸运，能得到这样一位大师级科学家的关爱和帮助；也许，他对我如此用心的支持，不仅仅是在提携一位自己寄予厚望的后辈，更体现着一种对科学家精神传承的期冀。杨先生对青年人格外关心。2012年，清华大学生命

科学学院第一届学堂班毕业生学术年会，学生们特别希望能请到杨先生，他欣然应允，出席了整整一上午的活动，给学生们分享了他的科学品位，回答了学生们踊跃提出的问题，和大家一起合影留念，活动结束后还应学生之邀留言："今天是一个大时代，年轻人应抓住机会。"

2017 年，杨先生出席了由我主持的面向清华师生的一次巅峰论坛。主讲人是 DNA 双螺旋的发现者之一詹姆斯·沃森，我专门邀请杨先生作为嘉宾和沃森对话；可以说，这是近代科学史上，生物学和物理学两大巨擘之间的一次巅峰对话。已是 95 岁高龄的杨先生提出的问题犀利而深刻，89 岁的沃森回答起来也直截了当，精彩纷呈的对话令清华师生回味无穷。

朋友杨振宁

在日常交往中，杨先生也对我颇为关照，让我受益匪浅。

2012 年 6 月底，清华大学为杨振宁先生举办九十岁寿宴，杨先生携夫人翁帆出席。前来参加寿宴的有陈吉宁校长、胡和平书记，清华的一些老领导，邓稼先遗孀许鹿希女士，还有杨先生的亲属、挚友和学生。让我感到意外又骄傲的是，我被安排在了亲友桌，与翁帆的父母及杨先生的表弟、亲属和多年的至交坐在一起。

寿宴上，播放了杨先生的弟子张首晟组织拍摄的纪录片，纪录片以杨先生 1971 年首次归国之旅为起点，内容包括受毛主席、周总理等国家领导人接见的一些珍贵历史影像资料，真实地记录了杨先生多年来为祖国奔走献策、默默奉献的人生历程，给我留下了深刻印象。

其间，邓稼先夫人许鹿希还讲述了杨、邓两人的手足之情。在首次归国之旅中，杨先生写了一份他想见的人的名单呈递给周总理，其中排在第

一位的就是邓稼先先生；在周总理的斡旋下，邓稼先从西北荒漠里一个条件极为恶劣的劳动基地回到北京，得以继续为国家核武器事业做贡献。讲到动情处，许鹿希几度哽咽，潸然泪下，在场众人无不为之动容。

2016 年，杨先生夫妇邀请我和妻子赵仁滨一起参加在清华科技园全聚德餐厅举行的晚宴，欢迎西蒙斯夫妇。在他的引见下，我结识了著名数学家、对冲基金传奇人物西蒙斯。他与陈省身先生共同提出了陈 – 西蒙斯规范理论，在美国科教界、金融界都赫赫有名，被称为“华尔街最伟大的投资者”。



图 4.10　杨振宁与施一公

尤其值得一提的是，杨先生知道创办西湖大学需要募集社会捐赠，特意告诉我西蒙斯热心公益捐赠，因此我也在晚餐中向他重点介绍了西湖大学的创办理念。杨先生是个十足的乐天派，他兴趣广泛，热爱艺术，喜欢美食，尤其对小笼包情有独钟，有空的时候喜欢去中关村当代商城的鼎泰丰品尝蟹粉小笼包，我和仁滨也有幸受邀一起在那里共进午餐；还有一次，学校领导在清华大学丙所招待杨先生夫妇和一些海归教授，餐叙开始不久，服务员说鼎泰丰的小笼包到了……大家不约而同地开怀大笑。

同道杨振宁

自 2015 年起，我和一批志同道合的朋友立足杭州创办西湖大学。在此前很早的一次拜访中，我就向杨振宁先生汇报了我们的办学目标和理念。他表示支持，建议我们把困难预估充分，鼓励我们团结一致向着目标前进。

到了 2018 年初大学正式成立前夕，钱颖一和我专程到杨先生家里，邀请他担任学校顾问委员会委员、董事会名誉主席，他当即欣然应允，并不辞辛劳出席了当年 10 月 20 日在杭州举行的西湖大学成立大会，为新生的西湖大学揭牌。特别值得一提的是，杨先生非常认真地在我们准备的 60 个首日封上一一亲笔签名，留下了珍贵的历史纪念。

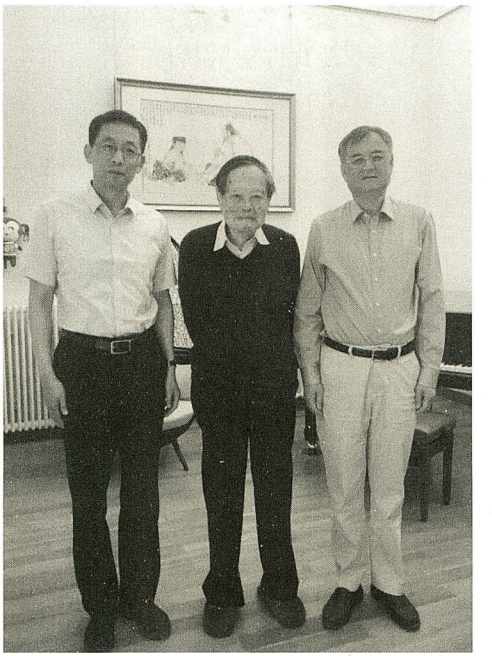


图 4.11　杨振宁、施一公（左一）与钱颖一（右一）

我清楚地记得成立大会那一天，96岁的杨先生早早就来到会场，他身着深蓝色条纹西装，里面穿着浅蓝色衬衫搭配一条红色领带，整个人神采奕奕。仪式上，我与杨先生、韩启德老师、当时的浙江省省长袁家军和教育部代表一起揭牌。

但万万没有想到，就在揭牌后，杨先生不小心被脚下的红绸布绊倒在了主席台上！当时惊出我一身冷汗，赶忙上前把他扶起，慢慢步行到座位上，他执意坚持到仪式结束才回房间休息。下午，翁帆告诉我杨先生无大碍，休养恢复即可。我惴惴不安一整晚，没想到，第二天的顾问委员会会议，他照常全程出席，跟大家一起讨论问题，并对学校学术评价标准提出了中肯的建议，让我非常感动。

于我而言，杨振宁先生亦师、亦友、亦同道。作为老师，他过去十几年一直对我悉心帮助，他的学术成就、家国情怀、科研品味，特别是对科学极致之美的追求，无一不是我仰望的榜样；作为朋友，他对我许以信任和友谊，对我直抒己见，这份信任和友谊是永存我心底的一股暖流；作为同道，他对西湖大学特别地关心、关注和支持，为学校建言献策，凝聚各方力量。

他曾经告诉我："如果年轻30岁，我也会加入西湖大学的！"这真是对我们最好的鼓励！我期待着2028年，与杨先生共同回顾西湖大学正式成立的10年历程，希望届时他会感到由衷的欣慰和骄傲。值杨先生百年寿辰之际，回顾与先生交往点滴，谨以此文表达敬仰之忱，祝愿先生幸福安康、松柏常青！

我与杨振宁先生交往的若干往事[①]

杨振宁先生对中国科学的影响，不仅在于他自身取得的卓越成就，更在于一种莫大的精神鼓舞。杨振宁先生、李政道先生是首次获得诺贝尔科学奖的华人科学家，向世界证明了中国人同样能够做出顶尖的科学发现，激励着众多年轻学者投身于科学探索之中。一路走来，我自己从事的研究工作也一直得到杨先生的有益指引。

我第一次见到杨先生，是在1992年6月。当时，中国科学技术大学为了庆祝杨先生70岁生日，举办了非线性科学与理论物理学术报告会。我当时刚刚本科毕业，兴冲冲地一早就来到了会场，非常巧地正好坐在杨先生的身后。

那时候还没有PPT（演示文稿），参会的谢希德、葛庭燧等老先生都是手拿胶片在幻灯机上边写边讲，将熟记于胸的复杂原理娓娓道来，对于我这样一个年轻的学生，确实是感受到大师精于治学的风范，当然也听不太懂。我还清晰地记得杨先生当时讲过的一段话："对于你们年轻人来说，

① 本文作者潘建伟，量子物理学家，中国科学院院士，中国科学技术大学常务副校长。原文于2021年9月22日发表在"赛先生"。此处有修改。

听这样的报告不一定马上就能有所收获，但也许在将来某个时刻，你会发现你以前所听到的会影响你的一生。”

实事求是地讲，当年的那场学术报告对于当时的我而言过于深奥，给我留下最深印象的却是杨先生的这句话；而没过几年，这句话就得到了应验。1995年，我参加了葛墨林先生在南开大学举办的理论物理前沿研讨会。当时我在中国科学技术大学读研，学习的是量子物理基础理论。我趁着理论物理研讨的机会，希望可以与前辈们交流一下我硕士论文的内容，做了关于量子芝诺效应的报告。

在会议上，我了解到杨先生认为玻色－爱因斯坦凝聚（BEC）是非常重要的研究方向。果然，后来激光冷却原子获得了1997年诺贝尔物理学奖、BEC的发现获得了2001年诺贝尔物理学奖。而当年埃里克·康奈尔、沃尔夫冈·克特勒、卡尔·维曼刚刚实验实现BEC，杨先生就已经敏锐地洞察到了它的重要性，这也是我第一次了解到BEC这一概念。南开大学的这次会议，对我后来科研道路的发展起到了很重要的指导作用。

1996年，我到奥地利留学，从此进入了量子信息这一新兴领域。最初我们开展的是量子光学实验，但随着理论和实验技术的发展，由BEC而兴起的超冷原子量子调控对于实现可扩展的量子模拟和计算的重要价值越发显现。因此，我在从事光量子信息研究的初期，就拟定了超冷原子量子模拟和量子计算这一长远目标。时至今日，这个方向一直是我们实验室工作的最重要内容之一。

2001年，我开始在中国科学技术大学组建实验室，在国内开展光量子信息研究工作。正是为了超冷原子量子调控的梦想，在国内发展光量子信息技术的同时，2003年起，我又在德国洪堡基金会索菲亚奖、欧盟玛丽·居里杰出研究奖，并在德国研究联合会（DFG）埃米·纳脱基金的支

持下，在德国开展合作研究，积累相关的技术。

到了 2004 年，我们在国内的团队取得了比较好的进展，当年在国际上首次实现了五光子纠缠，我国的量子信息实验研究终于走在了国际前列。2005 年 3 月，朱邦芬老师告诉我，杨先生对五光子纠缠的工作很感兴趣，问我能否向杨先生介绍一下量子信息技术。

那是我第一次和杨先生面对面地交流。我们在杨先生的办公室交谈了整整一个上午，杨先生对我们的工作非常感兴趣，末了还意犹未尽地邀请我到家里吃饭。通过与杨先生的交谈，我感受到他虽然已是高龄，但思路却非常清晰，对于新鲜事物，比如我所从事的量子信息研究，更是如同孩童般充满好奇，这也许就是杨先生之所以成为物理学大师的根源。

杨先生对我们在光量子信息方面的工作非常认可，并且意味深长地讲道“激光有无限的 future（未来）”。在杨先生家里，我看到客厅的名字就叫“归根居”，非常感动。临行前，杨先生赠送给我一本《杨振宁文集》，并且鼓励我尽早全时回国工作。

2008 年，我在国外的技术积累已经比较充分的时候，全时回到中国科学技术大学工作。回国所开展的工作，除在光量子信息处理方面继续发展，我一直铭记着当年杨先生对超冷原子的判断。同时由于技术的不断发展，基于超冷原子的量子计算与模拟已然成为国际上最前沿的领域之一。

2009 年，杨先生在接受《知识通讯评论》的采访时讲道：“这新领域叫作‘冷原子’研究，现在是一个最红的领域……这个领域还要高速发展，在 20 世纪 50 年代可以说是理论走在前面，现在则是实验带着理论走……”尽管当时国内在超冷原子量子调控方面几乎还是一片空白，但杨先生的话无疑极大地鼓舞了我们深入这一领域的决心。

2010 年开始，我们着手搭建超冷原子实验平台。经过数年的学习和积

累，到了2016年终于有了比较好的进展，我们在国际上首次利用中性原子实现了二维自旋轨道耦合的人工合成。此后又不断地实现新的进展，到目前，我们已经成为超冷原子量子模拟与量子计算方面走在国际前列的研究团队之一。因此，尽管我与杨先生并未从事同一方向的研究，但杨先生对物理学前沿的敏锐判断以及对年轻人的鼓励，一直是我们前进的指引。

杨先生对我的帮助，不仅仅局限于学术方面。我回国开展光量子信息实验研究时，其实就已经与我在奥地利留学时的老师安东·蔡林格教授形成了一定程度的竞争，后来甚至和他之间产生了一些误会，给我们的国际合作带来了一些困扰。

杨先生了解到这一情况后，主动地帮我协调，专门邀请蔡林格教授到清华大学来访问，借此机会和我还有蔡林格教授一起进行了沟通，促使我们团队后来和奥地利科学院基于“墨子号”卫星成功开展洲际量子通信的合作研究。直到现在，我们和蔡林格教授团队还时常有合作。因此，在大多数人看来，杨先生是受众人崇敬的科学大师，但对我而言，他则更像是一位充满智慧且关爱学生的师长。

与杨先生的交往中，还不时出现一些趣事。在2005年第一次与杨先生交谈时，他告诉我，我获得了当年的“求是杰出科学家奖”。后来我到新疆去参加颁奖典礼，正好在电梯里遇见了杨先生。我很激动地向他问好，杨先生却问：“你是哪个单位的？”我回答是中国科学技术大学的。杨先生说中国科学技术大学有一个叫潘建伟的工作不错，这回获奖了。我只得直言我就是潘建伟，杨先生听后哈哈一笑，说：“抱歉，我记不清你长什么样子了。”

后来又与杨先生见过几回面，他仍然没有记住，直到见面的次数多了，才终于记得我的样子。其实这并不是由于杨先生年纪大了，我们团队的很多年轻教授，包括我自己在内，都是对一个人的工作记得很清楚，却

往往记不清他的长相，这应该是我们都专注于学问本身使然。

还有一次偶然的事件让我印象深刻。2016 年杨先生在北京大学出席求是颁奖典礼时不慎跌倒。杨先生当时已是九旬高龄，在场的所有人都很揪心，杨先生却像一个孩子似的笑着对我说：“潘建伟啊，我刚才摔了一跤！”无论是“脸盲”还是“老顽童”，其实都是体现了一个学者醉心于学术的纯净的灵魂；而这种纯净的灵魂，正是产生大师的心灵土壤。

杨先生曾经深有感触地告诉我一些他过去的经历，例如，1945 年他出国留学的时候，在去往美国的船上第一次吃到了冰激凌，感叹道世上竟然有如此美味的食物。杨先生甚至还说，直到到了美国之后才知道什么叫吃饱了。从这些略带辛酸的往事，可以感受到杨先生他们那一辈科学家，在艰难的环境中坚持求学的不易，而这份对科学真理的向往和执着，最终带来了中国今天的科技繁荣。

2019 年，随着“墨子号”量子卫星得到国内外的广泛关注，我们荣幸地将“墨子号”载荷样机捐赠给了国家博物馆，杨先生出席了捐赠仪式。在捐赠仪式上，杨先生感慨道：“我们这一辈人过去总是盼望着中国‘天亮’，如今我们终于可以看到中国的未来有无限的可能。”



图 4.12　杨振宁出席“墨子号”量子科学实验卫星载荷及手稿资料捐赠仪式

是的，杨先生所经历的这 100 年，恰是中国的科学研究从拓荒到腾飞的 100 年。杨先生等老一辈科学家执着求真、关怀后进的精神，将一直激励我辈勇担科技创新的时代重任，这也是我们能献给杨先生百年华诞最好的贺礼！

杨振宁先生对我的影响，从治学到为人[①]

从中国人的角度看，杨先生自己讲过，他这一生最重要的成就之一是让中国人变得自信。但从整个人类的文明史来讲，杨先生应该是人类历史上最伟大的物理学家之一。杨先生不仅在粒子物理学，而且在统计物理和凝聚态等领域都做出了里程碑式的贡献。

一

杨先生有一个让我感受特别深的事就是，学问要做得好，非常重要的是要找到适合自己的、同时正在快速发展的方向。

正如他在回忆当中所讲的，他在1938年被西南联大录取时，报考的是化学系，他是没有学过高中物理的，但他在准备入学考试的时候自修了物理，发现物理更有趣，更合他的口味，所以进入大学以后转到物理学。

① 本文作者潘建伟，量子物理学家，中国科学院院士，中国科学技术大学常务副校长。本文为潘建伟2023年5月27日在西湖大学的报告实录，2023年6月16日首发于西湖大学网站。“知识分子”获授权转载并于2023年6月22日发表。此处有修改。

这件事给我的感悟是，要做一个比较好的事情，最好要找到适合自己、自己感兴趣的事情。

到了 1945 年的时候，他去美国留学攻读博士学位，在费米的推荐下，他首先跟着爱德华·泰勒攻读博士学位。但杨先生刚刚去的时候，特别想做的是实验物理研究，因为他当时认为自己得回到中国去，回国后理论物理没什么用，中国需要的是实验物理。所以在 1946 年的时候，费米就推荐杨先生到芝加哥大学的核物理研究所，在阿里森实验室做博士论文。

非常有意思的是，杨先生后来发现自己实在不太擅长做实验，所以到 1948 年的时候，他终于接受了泰勒的建议，专心从事理论物理研究了。

做了这个决定以后，他如释重负。他说：“这就是我今天不是一个实验物理学家的原因，有的朋友说这恐怕是实验物理学的幸运。”

但我愿意说这是理论物理学的幸运，是物理学的幸运。正因为他选择了适合自己做的事情，所以取得了非常重要的成就。

杨先生 1946 年出国，1948 年完成博士论文。到 1949 年的时候，他在芝加哥大学听到了奥本海默关于量子电动力学重整化的演讲，产生了去普林斯顿高等研究院工作的想法，但等他到了普林斯顿后并没有研究量子电动力学重整化的问题，因为当时他已经了解到，重整化的主要问题已被施温格、费曼、戴森等一些聪明人解决了。

他认为要加入，甚至是开辟蓬勃发展的方向才容易取得成果，正因为这样，赫尔曼·外尔提出的局域规范不变思想，对杨先生产生了很大的影响。到 1954 年的时候，他就利用局域规范不变性的普遍性推广了麦克斯韦理论，把它发展到了非阿贝尔规范理论。

其实他的这种想法不仅在自己的工作和研究当中践行，他也指导青年学生这么践行。比如他后来建议张首晟最好不要做粒子物理，可能很多聪

明人已经把工作都做完了，要把他聪明的脑袋用来做凝聚态的理论，所以后来张首晟先生在凝聚态方面做了很好的工作。

前面的工作介绍得太抽象，太难懂，但杨先生讲过这么一句话："你听很多科普，可能没有完全听懂，甚至完全不懂，但不要紧，慢慢地，它会对你的整个价值观发生影响。"所以杨先生中学的时候，在图书馆借阅科普书，这些书给了他很多的营养，尽管内容不完全了解，但对于他后来的研究之路非常有帮助。他在西南联大的时候听过有关麦克斯韦方程的讲座，当时他才大学一年级，还不可能完全了解。听了演讲之后，吸收到当时的那种"空气"，对他后来的发展还是很有好处的。这里面其实也包括在西南联大期间他学习的王竹溪先生的统计力学，陈省身先生的微分几何，吴大猷先生的量子力学和对称性原理，马仕俊先生的量子场论，等等。在 1954 年做博士后的时候，因为他在西南联大时已经听过关于相变的演讲，所以他一直是非常有兴趣的。

为什么这一点令我的印象比较深刻？我首次见到杨先生是 1992 年 6 月，当时我在中国科学技术大学读本科，毕业论文已经做完了，准备读研究生。那天学校正好要为杨先生庆祝 70 岁的生日，举办了一个学术报告会，他当时做的报告是关于长程有序方面的，我那时本科刚毕业，还不能完全听懂，但我对杨先生当时讲的一句话印象非常深刻，他说："对于你们年轻人来说，听这样的报告不一定马上就能有所收获，但也许在将来某个时刻，你会发现你以前所听到的会影响你的一生。"

后来这个说法确实应验到我身上。1992 年之后，杨先生认为原子物理里面发生的玻色 – 爱因斯坦凝聚是一种新的凝聚态，他觉得这是非常重要的，所以他当时支持给南开大学的葛墨林先生一笔钱，在他每年举办的理论物理前沿研讨会上，组织一些人跟年轻的学生讲一讲玻色 – 爱因斯坦

凝聚态的实验。当时我别的全都记不住了，但对于如何把一团冷原子给抓住，怎样能够让这些比较低温的原子不跑掉（记得很清楚），这就好比现在有一个杯子里面装了原子，让那些热的原子蒸发，最后温度就冷却下来了。这给我留下了非常深刻的印象。

后来关于冷原子的量子物理和量子信息研究，就成为我近 30 年来的主要研究方向，对我的影响非常深刻。

我进入量子信息领域，最开始从事的是光量子信息研究，用光子来做量子的信息处理有很多好处，但光子飞行得太快了，每秒钟 30 万千米，很容易就飞掉了。要进行量子信息处理，就需要能够存储光子，以后需要用的时候再把它的状态提取出来，这里面正好需要用到很多冷原子方面的技术，所以后来慢慢地，我为了把光子储存起来，就去研究冷原子，研究完冷原子之后我又研究了超冷原子，而超冷原子就和杨先生在 20 世纪 90 年代提到的凝聚态方面的工作有了很大关联。

我 1996 年出国留学，在国外工作过一段时间，也申请了国外的项目。回过头去看我当时的申请书，里面既有光量子信息处理，也有超冷原子量子模拟方面的内容。所以时至今日，超冷原子量子模拟这个方向一直是我工作的重要内容之一，这是杨先生在治学方面对我的影响。

二

另外一点也很重要，你治学的鉴赏力，有没有明显的 taste。杨先生讲，一个做学问的人，除了学习知识，还要有你的一个 taste，这个词不太好翻译，有的翻译成品味，有时候翻译成喜好。

一个人想要有大的成就，就要有相当清楚的 taste。所以他说他在西南

联大的 7 年，对他一生最重要的影响就是让他对整个物理学的判断形成了他个人的 taste。

对于杨先生来讲，对称性是一个非常美的东西，这是杨先生物理生涯的主旋律，对于数学和物理之美的遵循，贯穿了他的整个科学生涯。他曾经讲到，他有自己的兴趣、品位、能力和历史背景。但如果有人问他，他的总体研究方向是什么，他会说自己对物理学里面对称性的作用是他最感兴趣的。现在大家都承认他在对称性方面的好几个方向都做出了奠基性的贡献，不仅包括宇称不守恒、规范场论，甚至他后来把它推广到凝聚态里面，体现了他的 taste。

这个例子对于我个人来讲印象非常深刻，因为我在大学的时候，其他所有课业都是比较顺的，唯独量子力学，我一开始学就糊涂了，觉得量子叠加、量子纠缠怎么这么奇妙。所以我在做本科论文的时候，决定要把量子纠缠搞得更加清楚，但还是没搞清楚。攻读硕士期间，我希望能够把量子纠缠理论做一个系统性梳理，后来在做实验的过程中我也一直沿着这个方向做下去。

三

我们常说，君子有三立：立德、立功、立言。而杨先生在立德和为人方面对我的影响也很大。

2004 年，中国首次实现了五光子纠缠，当时这一成果同时入选了英国和美国物理学会评选的年度物理学十大进展。杨先生对这个工作比较感兴趣，就让朱邦芬老师联系我去给他介绍一下。2005 年 3 月的某一天，我在他在清华大学的办公室给他大概讲了一个上午，从 9 点到 12 点，讲

完以后，他说我最近刚刚结婚了，你知不知道？我说我知道，然后他说你到我家里去吃个饭，后来我们就一直交谈了很长时间。

1992 年，我第一次见到杨先生的时候，只是坐在他后面，不敢说话，2005 年这一次是我第一次和杨先生面对面交流。我的个人感受是，杨先生的大脑还跟年轻人一样，思路非常清晰，而且对新鲜事物充满好奇。临别的时候，杨先生还鼓励我早一点回国来开展工作。

2009 年，杨先生接受一家香港媒体采访的时候说，现在超冷原子有望率先实现可扩展量子模拟的物理体系，现在这是一个最红的领域，这个领域未来还要高速发展。20 世纪 50 年代可以说是理论走在前面，现在则是实验带着理论走。所以杨先生的关门弟子翟荟做的就是冷原子理论方面的工作，后来我们有很多合作。

在杨先生的鼓励之下，我开始开展这方面的工作，前面的十几年这个领域太难了，通过多年的技术积累，2016 年开始，我们在超冷原子量子模拟方面，总算有比较好的工作进展。目前，在整个量子信息实验领域我们也是国际上最好、最前沿的研究团队之一。从 2016 年到现在，我们基本上每年都在《自然》《科学》上有好几篇文章发表。

四

除了在研究学术上对我的指引，还有一点令我感触特别深，就是杨先生对我个人的关爱。

我回国开展光量子信息实验研究的时候，其实就已经和我在奥地利留学时的老师，也就是 2022 年获得诺贝尔物理学奖的安东·蔡林格，形成了一定程度的竞争，后来甚至和他之间产生了一些误会，给我们的国际合

作带来了一些困扰。

杨先生在2005年去日本的时候了解到这一情况，就专门把他请到清华大学来访问，一起吃饭，借此机会协调我和蔡林格的关系。后来他一直拉着我与蔡林格保持着非常好的合作关系。杨先生是孔孟的遵循者，我觉得他不仅关注我的学术成长，还关心我的自身成长。

关于杨先生心系祖国的事迹，陈先生已经讲得很多了，我就举一个我经历的例子。2018年，在杨先生的鼓励下，我们把“墨子号”量子科学实验卫星载荷初样鉴定件捐给国家博物馆，杨先生在致辞的时候说，我们这一辈人过去总是盼望着中国“天亮”，现在看到中国的科技走到前沿之后，终于看到中国的未来有无限的可能。

最后，我以这一篇杨先生自己写的《归根》来祝愿杨先生健康长寿。

昔负千寻质，高临九仞峰。
深究对称意，胆识云霄冲。
神州新天换，故园使命重。
学子凌云志，我当指路松。
千古三旋律，循循谈笑中。
耄耋新事业，东篱归根翁。

第五章
科学之外

许宝騄和“移棋相间法”①

移棋相间游戏最早被记载于我国清代康熙年间成书的笔记小说《坚瓠集》中，在日本和英国亦曾以“鸳鸯游戏”和“泰特问题”之名风行。它要求玩家将 n 个相邻的白色棋子和 n 个相邻的黑色棋子，通过移动相邻两子的方式得到“黑白相间”的结果。

《坚瓠集》中记载，清代顺治年间，胡励之曾发现当 $3 \leqslant n \leqslant 10$ 时，经过 n 次移动均可得到“黑白相间”现象。在数百年后的 20 世纪 20 年代，是年尚在读中学的数理统计学开创者之一、我国数学家许宝騄和他的好友、“新红学”开拓者俞平伯在阅读此书后，曾将上述规律推至 20 棋子。许宝騄在一年后总结出“合四为一”的新规律，据称一分钟即可讲完，使人豁然贯通。然而，由于后来科学研究任务繁重，许先生最终未能如愿将这一公式整理出来。

而对这一游戏规律的探寻，一直传承到了十余年后许宝騄任教的西南联大学生身上。

---

① 本文作者杨振宁。原文于 2019 年 12 月 26 日发表在“数学文化”。“赛先生”获授权转载并于 2020 年 1 月 5 日发表。此处有修改。

1940 年前后，西南联大物理系和数学系的师生许多都喜欢玩一个移动 $2n$ 个围棋子的游戏。我也在它上面花过不少时间，但始终未能完全解决。20 多年后，我在美国重新研究它，终于解决了所有 n=3, 4, 5……的游戏，可是没有把答案写下来，只记得解决的一个关键方法是 modulo 4。

最近看到一本关于许宝騄[①]的书《道德文章垂范人间》，其中 316 页上有一篇俞润民的文章[②]，说许曾研究“移棋相间法”，曾发现“合四为一之新律”。我猜，此新律恐怕就是后来我发现的 modulo 4 方法。

这几天重新研究此游戏，再度得到全解，在下面描述。

游戏初始：p(3)

六个棋子摆成一行，如 (1)，黑子 (b) 在左，白子 (v) 在右。

bbbvvv (1)

bvvvbb (2)

bvv bvb (3)

vbvbvb (4)

然后移动最左二子至最右，成 (2)，再移动二子成 (3)，再移动二子成 (4)。

从 (1) 到 (4)，三步移动，达到黑白相间是游戏 p(3) 的三步解。请注意，每次移动，必须是相邻二子，平行移动。

p(4)

bbbbvvvv (5)

---

① 数理统计学起源于 20 世纪上半叶。创建此学科的五六位学者中有许宝騄。

② 俞润民是许宝騄的外甥，是俞平伯的儿子。俞文还说此游戏“始于清顺治六七年”。

b bvvvvbb (6)

bvvb vvbb (7)

bvvbvbv b (8)

vbvbvbvb (9)

p(5)

bbbbbvvvvv (10)

b bbvvvvvbb (11)

bvvbbvv vbb (12)

bvvb vbvvbb (13)

bvvbvbvbv b (14)

vbvbvbvbvb (15)

p(6)

bbbbbbvvvvvv (16)

b bbbvvvvvvbb (17)

bvvbbbv vvvbb (18)

bvv bvbbvvvbb (19)

bvvbvbvb vvbb (20)

bvvbvbvbvbv b (21)

vbvbvbvbvbvb (22)

p(7)

bbbbbbbvvvvvvv (23)

b bbbbvvvvvvvvbb (24)

bvvbbbbvvv vvbb (25)

bvvb bvvvbbvvbb (26)

bvvbvbbvvvbbv b (27)

bvvbvb vvbbvbvb (28)

bvvbvbvbv bvbvb (29)

vbvbvbvbvbvbvb (30)

p(8)

bbbbbbbbvvvvvvvv (31)

b bbbbbvvvvvvvvbb (32)

bvvbbbbbvvvv vvbb (33)

bvvbb bvvvvbbvvbb (34)

bvvbbvvb vvbbvvbb (35)

bvvbbvvbvbv bvvbb (36)

bvvb vbvbvbvbvvbb (37)

bvvbvbvbvbvbvbv b (38)

vbvbvbvbvbvbvbvb (39)

从 (31) 到 (39) 八步平行移动可以分成三段：

第一段 (31) 到 (33) 两步。请注意，中间八子 bbbbvvvv 完全不动。

第二段 (33) 到 (37) 四步。请注意，左右两端的 bvvb 和 vvbb 八子完全不动。

第三段 (37) 到 (39) 两步。其中第一步先不动 (37) 的最左四子 bvvb，只把最右四子的中间二子 vb 移到左面，成 (38)。第二步则把 (38) 中最左

的 bv 二子移到右面，成 (39) 。

极重要的比较：

比较第二段 (33) 到 (37) 这四步，与 p(4) 的 (5) 到 (9) 这四步，前者去掉最左四子与最右四子就与后者完全雷同！！！也就是说，p(4) 是 p(8) 的中心。p(8) 在中心以外还有第一段的两步和第三段的两步，以及左右八子，合起来形成一框，我们称它为“外框”。

Modulo 4

p(8) 的中心是 p(4) 。四周是一个外框。我们把此关系写为：

$$p(4) \rightarrow p(8)$$

这个关系显然可以推广：

$$p(4) \rightarrow p(8) \rightarrow p(12) \rightarrow p(16)...$$

同样

$$p(5) \rightarrow p(9) \rightarrow p(13) \rightarrow p(17)...$$
$$p(6) \rightarrow p(10) \rightarrow p(14) \rightarrow p(18)...$$
$$p(7) \rightarrow p(11) \rightarrow p(15) \rightarrow p(19)...$$

至此，我们已显示所有 $n > 3$ 时 $p(n)$ 的解法。

2019 年 11 月完稿于清华园

美在科学与艺术中的异同[①]

我非常高兴今天在中国美术馆里跟大家谈谈“美在科学与艺术中的异同”。

先讨论一下科学中的美。大家都知道，艺术与美有密切的关系。但也许有很多人觉得，科学跟美没有什么关系。所以，我现在就用几分钟的时间先给大家阐释一下科学里为什么有美。

我是研究物理学的。物理学的发展要经过四个阶段。第一个阶段是实验，或者说是与实验有关系的一类活动；第二个阶段是从实验结果抽炼出来一些理论，叫作唯象理论；唯象理论成熟了以后，如果把其中的精华抽取出来，就成了理论架构——这是第三个阶段；最后一个阶段，理论架构要跟数学发生关系。上述四个不同的步骤里都有美，但美的性质不完全相同。

---

① 本文作者杨振宁。2015 年 4 月 18 日杨振宁教授应邀到中国美术馆学术报告厅做主题演讲，为中国美术馆“大师讲大美”学术讲坛系列讲座的第二场。本文原载《中国美术馆》杂志，杨振宁先生略有修订，授权“知识分子”刊载。

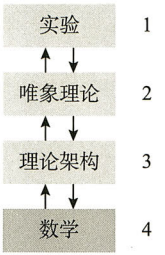


图 5.1　物理学的发展要经过四个阶段

我以虹和霓的现象为例，讲讲实验。有人在很小的时候就看见过虹和霓，觉得漂亮极了、美极了。为什么会觉得美呢？因为觉得它们都呈圆弧状，而且有很特别的规律：虹是 42 度的圆弧，红色在外边，紫色在里边；霓是大一点的弧，是 50 度的弧，其色彩排列顺序与虹相反，红色在里面，紫色在外面。虹和霓具备这个规律，所以即使是小孩子，也会觉得它们非常非常漂亮。这是一种在实验经验里美的标准的例子。

实验阶段结束后，就到了唯象理论阶段。虹和霓到底是怎么回事？了解多了以后，我们就会发现，原来虹和霓是太阳光在小水珠里折射而产生的光学现象。在虹的小水珠里是一次内反射，在霓里是两次内反射。这样，我们就可以计算。计算的结果验证了这样的事实：一次或者两次反射以后，就会出来 42 度或者 50 度的弧。一个人了解到这点以后，他对于这个很美的现象的理解又深入了一层。

再进一步就到了理论架构阶段，这个到 19 世纪才完成。19 世纪中叶，一个名叫麦克斯韦的英国人写下了一组方程式，用这组方程式就可以彻底地解决折射现象的问题。在前面的唯象理论阶段，人们是不了解折射现象的，而麦克斯韦方程式可以告诉你为什么有折射现象。这就更进一步了，也等于更上一层楼。上一层的美跟底下一层的美当然有所不同。

再上一层是数学。麦克斯韦方程式是在 19 世纪中叶推导出来的，一个

世纪以后，到了20世纪70年代，物理学家才了解原来这个麦克斯韦方程式的结构有极美的纯数学的根源，叫作纤维丛。纤维丛是一个数学观念，这个数学观念在发展的时候与物理学没有关系，与实际现象没有关系。可是到了20世纪70年代的时候，人们忽然发现，原来麦克斯韦方程式的结构就是纤维丛。这到达了一个更高的境界，使得我们知道原来世界上非常复杂、非常美丽的现象最后的根源是一组方程，就是麦克斯韦方程式。

事实上，如果今天你问问物理学家对于宇宙结构的了解，他们会告诉你，最后的最后就是一组方程，包括牛顿的运动方程、刚才讲到的麦克斯韦方程，以及爱因斯坦的狭义和广义相对论方程、狄拉克方程和海森伯方程。这七八个方程就“住在”了我们所看见的一切里，它们非常复杂，有的很美妙，有的则不是那么美妙，还有的很不容易被人理解，但宇宙结构都受这些方程的主宰。

麦克斯韦方程式看起来很简单，可是等到你懂了它的威力之后，会心生敬畏。为什么说这些方程有威力呢？因为无论是星云那么大的空间还是基本粒子内部那么小的空间，无论是漫长的时间还是短短的一瞬，都受这几个方程控制。这是一种大美。我们也可以说，这些方程式是造物者的诗篇。为什么？因为诗就是语言的精华。造物者用最浓缩的语言，掌握了世界万物，包括人的结构、人的情感，世界上的一切都在“诗人”——造物者写下来的东西里浓缩起来了！其实这也是物理学家最后想达到的境界。

这些方程式的内涵往往随着物理学的发展而产生当初完全没有想到的新意义。我以诗歌对于读者的感受为例，阐述这一点。你少年时诵读一首诗，当时就会对那首诗歌的内涵、意境等有所了解。但当你进一步成熟之后，以及你步入晚年之后，又会发现这首诗的含义远远比你小时候所领悟的要多得多。同样的道理，这些方程在不同时期被人们运用的时候，也会

产生不同的新意义。

诗人对科学的美曾经有过一些描述。英国大诗人威廉·布莱克写过一首有名的诗，译成中文是：

一粒砂里有一个世界，
一朵花里有一个天堂。
把无穷无尽握于手掌，
永恒宁非是刹那时光。

陆机的《文赋》有这样一句话："观古今于须臾，抚四海于一瞬"，表达的意思类似。

上面两个例子，都是诗人用诗性的语言阐述对于宇宙结构的了解，传达出一种大美。牛顿故去以后，英国大诗人亚历山大·蒲柏这样表述牛顿，译成中文是："自然与自然规律为黑暗隐蔽！上帝说，让牛顿来！一切遂臻光明。"

人类从远古以来就知道有日月星辰的运动，这些运动有很好的规则，可是在这些规则里又有一些不规则的变化，很奇怪。我想，这些现象是几千年、几万年以来人类想要了解又难以了解的。最后，牛顿来了。牛顿的方程式对于日月循环，对于行星的运转甚至对于星云等一切天体运动的现象都有非常准确的描述。我想，这是人类历史上非常重要也非常美的一个新的发展。

前面列举的诗句所描述的是物理学的美，它们给了我们特别的感受。诗人对于美的描写很到位，可是仅有这些还不够，因为诗句里缺少庄严感、神圣感，以及初窥宇宙奥秘的畏惧感。这种庄严感、神圣感，也是哥

特式教堂的建筑师们所要歌颂的东西，即崇高美、灵魂美、宗教美、最终极的美。这个最终极的美是客观的。

我们知道，早在人类尚未出现的时候，麦克斯韦方程式以及刚才所讲的那些方程就已经支配着宇宙间的一切了，所以这些最终极的美与人类没有关系。我想，庄子所讲的“天地有大美而不言”也包含类似的意思。

接下来，我们讨论艺术中的美。

物理学的发展历经了几个明确的阶段，而艺术不然。事实上，人类对艺术的了解远远早于对科学的了解。比如说在三千多年以前，商朝的金属铸造师们就已经具备了非常好的艺术感。商朝的一个小犀牛形青铜器，现保存在美国旧金山亚洲艺术博物馆里，是镇馆之宝。

而商朝的另外一个青铜器，叫作觚，现保存在美国华盛顿的弗瑞尔博物馆里。弗瑞尔是一个有钱人，他在 20 世纪初到北京买了很多铜器，这个觚是其中一个。弗瑞尔博物馆是美国所有博物馆中收藏中国古文物最丰富的。

青铜器的制造师们或许不懂甲骨文，更不懂艺术理论，可是他们对美的感受已经达到了极高的境界。小臣艅犀尊和青铜觚都很美，可是有不同的美法，让我们分析一下。

小臣艅犀尊是童稚型的，青铜觚是思考型的；小臣艅犀尊体现出直觉的美，青铜觚是抽象的美；小臣艅犀尊的美是“形似”的美，青铜觚是“神似”的美。它们显示，艺术中的美离不开人类，这与科学中终极的美不同。

我刚才讲，科学里的终极的美是客观的，没有人类的时候就已经有这些美了。可是，没有人类就没有艺术，也就没有艺术中的美。换句话说，科学中的美是“无我”的美，艺术中的美是“有我”的美。

大家知道，这个“无我”和“有我”的概念是王国维在《人间词话》

里提出的，很有名。王国维拿它来描述诗词的意境，我想也可以拿来分辨科学中的美和艺术中的美的基本不同点。

艺术创作的本质是什么？唐朝画家张璪说是“外师造化，中得心源”。这句话概括地描述了艺术真正的精髓，道出了人类怎样感受到美并开展艺术创作。这个犀牛形青铜器的塑造者“外师造化”，它的美来源于铸造者所看到的一个真正的犀牛，所以这是写实的美。而青铜觚是一种“中得心源”的美，它之所以漂亮，是因为有曲线轮廓，用几何学的术语来讲叫“双曲线”。商朝的人当然不知道什么是“双曲线”，可是直觉告诉他们，这是抽象的美。这就是所谓的“中得心源”，是从心里了解到了自然界的美，因此这个青铜觚的美也是一种“写意”的美。

西方的艺术在很长一段时期向写实方向发展，而东方的艺术则主要向写意方向发展。为什么会有这两种不同的发展方向呢？这值得深思，我觉得这方面的研究还不够。西方在19世纪才充分认识到写意美的重要意义，从而发展出来印象派。印象派之所以出现，简单讲起来就是因为西方人了解到在写实的美以外还有写意的美，就尽量向这个方向发展，于是就发展出来印象派以及19世纪之后的种种新流派，审美观也因此更多元化。

到了20世纪初，毕加索和布莱克把多元审美观进一步具体化，创建了立体派。立体派的出现是艺术界的大革命。有人说他们是受爱因斯坦在1905年提出的相对论的影响，这个观点很有意思，不过据我所知，现在还没有成定论。毕加索的《生活》这张画是在他所谓的“蓝色时代”，即立体派出现之前绘制的，而《三个音乐家》的创作时间在立体派出现之后。其中的不同点显示出毕加索意识到艺术美的新方向。毕加索等人的探索，带来了20世纪众多的新尝试。毕加索是一位天才，他既有眼光和魄力，又有技巧，他关于创新的尝试非常之多。可是，他的创新中也有怪异

的东西，不堪入眼，扭曲了美的含义。

科学追求的是认识世界、理解造化，并从认识中窥见大美。我认为，艺术若是完全朝着背离造化的方向发展，就会与美渐行渐远。

附录　杨振宁答听众问

提问：科学家能否给艺术写一个方程？

杨振宁：艺术的美是不能用一个方程捕捉下来的，但强调这一点并不是说艺术的美跟科学的美没有共同点。“艺术”“科学”这两个概念与同一个字“美”相连，这绝非偶然。可是，非但艺术不能用一个方程来描述，科学里的美也不是一个方程所能概括的，因为它是很多方程的总和。

提问：著名的“钱学森之问”发人深思。有人说，清华大学60年以来没有诞生过像您这样的大师。对此，您怎么看？

杨振宁：科学的发展需要一个过程，要有一个传统。西方近现代的科学发展到今天，我想有三四百年的传统。中国要想在三四十年里把别人三四百年的传统浓缩起来一蹴而就，是不可能的事情。当然，我不是说中国的科学没有发展前途，而是说需要时间。

客观地讲，近些年，中国科学的发展不是太慢，而是非常快。为什么这么讲呢？简单地回顾一下历史就能明白我的意思。我上西南联大的时候，中国现代意义上的高等教育、科学教育才刚刚开始。一些于一九一几年、一九二几年出国留学回来的先贤教我这一代人。我父亲他们那一辈人就是我们最早的老师。所以，可以说是一代或者两代的教育就可以培养出来一个像我这样的人。我到美国的时候，科研水平已经达到了美国的最前沿。这种速度，

让人很难想象。

现在第三世界所有的国家都努力发展科技，不过绝大多数国家没有中国发展得这么快。原因何在？应该去讨论讨论。换个角度说，不要老是抱怨中国为什么没有发展得那么快，而是要思考什么样的背景、什么样的文化传统才能够使得中国发展得更快。

中国有这么多人口，在这么短时间之内，从第三世界中崛起。目前中国经济的发展快得惊人，是历史上所没有过的。现在中国的经济虽然不能说达到了第一世界的水平，可是毕竟已经达到了很不错的水平。今天，世界上没人可以忽视中国。中国成功的原因何在？这是非常重要的研究课题，但还没有得到很深入的研究。

提问：在讲座的最后，您强调“艺术若是完全朝着背离造化的方向发展，就会与美渐行渐远”。您这里说的“造化”是不是与上帝的“造物”有关？您如何认识科学和上帝之间的关系？

杨振宁：简单地说，中国的传统里面没有上帝的观念，可是中国传统有一个造化的概念。所以，中国的造化就是西方的上帝。

提问：假如您当年和钱学森先生一样回到国内，您觉得您还能获得诺贝尔奖吗？

杨振宁：我是1945年在西南联大得了学士、硕士学位以后到美国去的。事实上，在1949年、1950年前后，亦即我在美国做今天所谓的博士后的时候，就跟我父亲他们那一代的人一样计划学成后回国，因为当时所有的留学生都觉得这就是前途。然而，1950年6月，朝鲜战争爆发。于是，美国总统杜鲁门下令，说是

在美国得到理工博士学位的中国人不准回国。大家也许晓得，钱学森当时就被扣住了。几年后，中美两国通过外交途径磋商，美国同意用几个被中国抓住的美国空军飞行员来交换钱学森。

在我做博士后的后几年，由于上述原因没能回国的人有很多。有没有回来的呢？有，但为数很少，而且还用了特别的办法。

举个例子，谢希德，即后来复旦大学的校长，就是少数回国者之一。谢希德在美国得了学位，先到英国去，因为美国没有限制中国的博士生到英国去。而随后，她就假道英国回中国了。

但这样的例子极少。我没回国。在美国，我的研究工作做得很好。所以就有人问了，说是先不管这个杜鲁门的法令，假如你20世纪50年代初回国，你还能不能获得今天的成就？

我的回答也很清楚，我说我跟李政道得到诺贝尔奖的工作叫作宇称不守恒，那是1957年得到的。假如我在1953年、1954年回国的话，我不可能做出来这个工作。为什么呢？因为这个工作与当时国际上前沿的实验有密切的关系，假如我回国的话，我得到的科研信息就要比在国外晚五六个月，甚至一年。科研前沿的竞争很激烈，所以我就不可能参与宇称不守恒的研究工作。

我一生最重要的工作不是宇称不守恒，而是研究规范场理论，它与宇称不守恒也有重要关系。事实上，我在这方面的成就也是学术界公认的。

1954年，我跟一个名叫米尔斯的年轻美国博士后合作写出一篇论述规范场的文章，那是纯理论研究的结果，与当时的实验没有直接关系。当时有了一个问题，这个问题大家都没注意，而我注意到了，所以我就去研究能否有一种理论的结构可以解决当时

很多问题的总和，结果一下子就解决了。我很幸运，因为我同时代的人都没向这个方向发展，而我向这个方向发展了。

我要强调的是，假如我在1951年或1952年回国，我写出这篇文章的可能性比在美国还要大。为什么呢？因为我回到中国以后，跟实验的消息就隔绝了，所以只能做一些跟实验不大发生关系的研究，恰巧这个规范场就是一个跟当时的实验没多少关系的研究。所以，如果我1951年或1952年回来后，很可能看着别人在研究宇称不守恒而自己没法参与，只能转而求其次，朝这个方向发展。在20世纪五六十年代，因为里头有一个没有被解决的问题，这篇文章当时也就没有被人注意。可是到了70年代，一直到今天，这50多年之中，这个理论大放光明。

提问：在现在这个信息爆炸的时代，家长培养孩子的时候怎么兼顾科学和艺术？

杨振宁：科学要发展，艺术也要发展。中国美术馆邀请不同学科的人士讲美，我觉得非常好，因为这深化了国民、市民对于美术的含义以及它跟人类别的活动之间的关系的理解。1945年底，我从昆明出发，历时一个多月，辗转多地，最后到了纽约。我们同船的二十几个公费留学生住在同一个旅馆，以后的一个星期，天天去看博物馆。先前我们没有见过那么大的博物馆，比如说大都会艺术博物馆、纽约现代艺术博物馆，以及美国自然历史博物馆。我记得我到美国自然历史博物馆里看见橱窗里陈列着老虎的标本，非常漂亮。

幸运的是，中国经济目前发展到了一个较好的阶段，所以我相信以后中国各个城市一定会有很多更好、更能够对大众产生作

用的博物馆出现。

提问：我们生活中有很多美，包括一草一木的美，或者一段爱情的美。在您的生活中有没有具体的美给您的科学研究带来了灵感或者让您受到了启发？

杨振宁：一个人的发展，与他成长时候的环境，与他家庭的结构，与当时的社会结构都有极为密切的关系。

我想多半在座者都比我年轻很多，都没有经历过我所经历过的安徽合肥的落后状态。

大家都看过《红楼梦》，那部小说描述的是大家族的兴衰，也反映出乾隆时代或者是更早时期的社会结构。巴金的小说《家》所描述的，是作者成长的时代四川一个有钱家族的生活情形，该书其实就是作者的自传。当然，比起《红楼梦》里所描述的大家族，巴金的家族要小得多，但两者的基本结构以及当时社会人际关系的结构没有明显不同。

而在安徽合肥我们杨家，在一九二几年我出生的时候，家族规模更小，可以说是中产阶级最穷的，但仍是一个大家庭。我父亲的叔伯兄弟很多，都聚族而居。当时，我的长辈亲戚里抽鸦片的非常多，纳妾的也非常多。合肥当时没有电，没有自来水，我们家就有一口井，喝的水都从里面打上来。

从那样一个社会，忽然到了今天这个社会，其变化之大，我感触很深，在座的各位很难有我的感受，因为你们没有见过中国从前那样落后的情形。这种感触，对于我的整个生活以及世界观，特别是对于个人应该做什么事情，有决定性的影响。

很多人常常问，为什么西南联大能那么成功？答案很简单，

因为西南联大当时不过一千多名学生，规模很小，可是我们所有人都有救亡的意识，都觉得国家民族面临生死存亡之关口。在那样一个困难的时候，我们还能够坐下来学一些学术上的东西，非常不容易，所以，大家都非常珍惜每一分钟、每一秒钟。这是西南联大成功的基本原因。

现在，如果一个家庭问我应该怎么样教育下一代人，我想说，最重要的就是要了解到这个小孩成长时的环境。孩子成长时，其他人的言行以及孩子吸收的知识，是决定他将来命运的重要因素。这是每一个父母必须注意的。

提问：您是1922年生人，以您的年龄，如何能保持这么健康的状态？您的思路之清晰，也让我非常敬仰。到您目前这个年龄，有没有什么东西始终困扰着您？

杨振宁：一个人年纪大了以后，不可避免地对养生之道越来越产生兴趣。我有没有什么经验可以介绍给大家呢？没有。事实上，我是一个比较懒得运动的人，我从未系统地遵循某个所谓的养生方法。我想，我“最占便宜”之处是我的基因很好。我的祖父很年轻时就得了糖尿病，那个时候得糖尿病比今天得癌症还要可怕。我父亲没有姊妹，只有一个弟弟，他们兄弟俩都有糖尿病。可是我跟我的弟弟妹妹都没有糖尿病，我最小的妹妹现在也八十几岁了。显然是母亲给了我们好的基因。好的基因不是决定健康长寿的唯一因素，但至少起到50%的作用。

提问：50年或100年以后，随着物理学的发展，会不会出现“时空穿越”、人工智能？人工智能会不会比人更加聪明，会不会取代人类？

杨振宁：“时空穿越”这一类的东西，我认为纯粹是科幻，与实际的科学发展没有关系。至于说今后50年科技发展要出什么成果，这是所有科学家都非常注意的事情。我的看法是，科技还将突飞猛进，这是因为全世界都知道科技的发展对于人类的生活有极大的影响，所以努力发展科技。这个发展将有多快呢？我认为其速度不像第二次世界大战以后的头几年那么乐观。在第二次世界大战的头几年及结束后的几年，比如说一九四几年的时候，人类发现了一个新的能量来源，就是核能。后来，人们知道核能既有非和平用途，像制造原子弹、氢弹，也可以有和平的用处，譬如发电。

那个时候，世界各国都在恢复经济，发展科技。美国在20世纪40年代末至五六十年代的时候，科技突飞猛进。美国的突飞猛进是因为占了一个大便宜，就是在第二次世界大战的时候，希特勒把很多犹太人赶出来，逃到美国的犹太人中包括非常优秀的科学家。这样一来，美国的科技一跃而执世界之牛耳。

大家也许知道，在20世纪二三十年代，美国的年轻人倘若学科学，就要到欧洲去修博士学位。奥本海默就是其中之一。他出生于1904年，在美国长大，可是1928年、1929年的时候，他要到德国去，因为那个时候，美国的科学水平远不能跟欧洲比。

二战爆发以后，大批优秀的科学家从欧洲跑到美国，美国一跃变成了执世界科技执牛耳者，今天依然保持这样的地位。

当然，美国科技发展得这么成功，也有其他原因。不过，我们现在不探讨美国的成功之道。我要讲的，是在20世纪五六十年代，美国的科学家们不可一世，觉得科学的作用大得不得了。我还记得当时有一个新的学科叫“人工智能”，而且很多大学都设立

人工智能系（专业）。当时的人觉得，无须等到10年、20年或30年，人们就会知道大脑的结构，就可以造出比人脑更聪明的东西，“人工智能”的前景无限光明。可是，50多年以后，到了今天，没有人讲这个话了。为什么呢？因为50多年的研究发现，大脑的结构远比现在科学家所了解的要复杂得多。结论现在反过来了：有一种观点认为，人类永远不能了解人脑的结构。这一观点似乎悲观，但我觉得可能是正确的。

提问：科学领域的人想了解艺术，比艺术领域的人了解科学要容易很多。艺术专业的很多学生或者艺术工作者，他们的数学能力好像没有被激发出来。我们学艺术的人小时候看起来都非常没有数学天赋，似乎脑子里全是形象思维。从教育的角度看，如何激发小孩子的数学潜能？

杨振宁：你所讲的第一部分我当然同意。一个学科学的人想要去对艺术多了解一点，是比较容易的。而一个艺术专业的人想要多学一点科学是比较困难的。不过，我想这个还不是他个人的问题，而是一个社会的问题，牵涉科普工作。

我早年曾在北平崇德中学学习。崇德中学在宣武门附近，那个学校现在还在，不过已改名为三十一中，就在绒线胡同。那所学校当时是教会学校，条件不是特别好，但学校里有一个非常小的图书馆，其实就是一间屋子。我就不时到那个屋子里翻看，就翻看到一本书。那本书是英国的大物理学家金斯写的，叫作《神秘的宇宙》（*The Mysterious Universe*），描述的是20世纪头30年里物理学领域的三大革命，包括爱因斯坦的相对论。我看了以后非常神往。这件事情对我有长远影响，我一生都不会忘记。

这个故事说明了科普工作对社会的作用。所以，我建议那些既有写作才能又对科学有一些认识的人以科普工作作为自己的事业。

提问：20 世纪 70 年代，我就听过您在中央电视台的演讲。当时您还赋诗一首，其中有“云水风雷变幻急，物竞天存争朝夕”的句子。请您对今天所有在座的朋友也送一句格言。谢谢！

杨振宁：根据我自己的经验、我孩子的发展经验，以及我所认识的很多同辈人及其孩子的发展经验，我觉得一个小孩可以有不同的发展方向，而且不同的发展方向在不同的小孩身上是可能完全不一样的。

对一个小孩，不管是父母也好，老师也好，要鼓励孩子，发现自己的兴趣，培养自己的兴趣，发展自己的兴趣。我一些朋友的孩子非常聪明，什么都好，但恰恰要非常注意，因为这种小孩未必找得到自己的兴趣，最后可能不成功。

讲到这里，我可以再举一个我自己的例子。我升入中学以后，算学就很好。我父亲是大学算学教授，所以最容易发生的事情就是他赶忙教我数学。现在回想起来，假如我父亲在我初中一、二年级的时候就教我微积分、高等分析，我会学得很好，他一定会很高兴。可是我父亲很明智，他不做这个事情。他的想法是，我（杨振宁）已经发展得很快，不用着急，我将来自己会发展的。我父亲要做的，是弥补我的不足。所以我念完初一之后的那个夏天，我父亲就在清华大学找了一个历史系的高才生教我学《孟子》。那位先生名叫丁则良，他很会讲，后来是很成功的历史学家。他一方面教我读了《孟子》，让我知道了孟子与儒家的思想；另一方面《孟子》里有很多故事，丁老师给我讲了很多我在课堂里听不到的

故事。一个暑假过去了，我没念完《孟子》，于是第二学年后又念了半个暑假。两个暑假以后，我可以把《孟子》从头到尾背下来。这段经历对我的人生有决定性的影响，远比我早早地去学一些高等分析、微积分更有用。

然而不幸的是，目前多半聪明小孩的父母都没有我父亲当年看得远。这类父母都有一个倾向，就是尽早把孩子送到学校，提前学一些高深的课程。前些年香港许多报纸报道说有一个15岁的小孩被浸会大学接收成研究生了，宣传得非常厉害。后来我问了浸会大学的人，他们说确实接收过这么一个孩子，孩子每天由父亲陪着来上课。而现在几年过去了，已经没有人提这个小孩了。

我刚才讲的两个故事，值得家长和老师思考。

提问：现在世界各国竞争非常激烈，主要是科学技术的竞争。有人说文化在科技中的作用是深层次的。您在中国和外国都有丰富的生活阅历，您认为中国的文化能够推动中华民族走向复兴吗？

杨振宁：中国文化的竞争力非常大。刚才我讲过好几次，中国最近四五十年的发展成就很大，这么多的人在这么短的时间，从那么贫苦的状态达到了今天的小康状态，这是人类历史上未曾有过的成就。当然，今天的问题多得不得了，可是当你看看已经有的成绩，就会得出较为客观的结论。其他国家的元首都佩服中国的发展成就，然而我相信他们未必懂得中国成功的原因。成功的根本原因何在？我觉得答案很简单，一句话，就是中国的文化使然。

中国文化有它的特殊之处，中国文化传统产生的影响处处可见。比如说，今天中国要大举跟非洲发生关系就比美国跟欧洲发生关系来得容易。什么缘故呢？不是因为中国比美国更有钱，美

国当然比中国有钱；也不是因为美国的科技没有中国的科技好，美国的科技今天当然还是比中国发达。可是中国的文化传统所孕育出来的人跟美国人不一样，所以中国人去了以后，中国工厂的运营方法是美国人、日本人都做不出来的。行为模式的差异来自文化传统的差异。我认为可以用文化传统来解释刚才讲的很难解释的现象，就是为什么中国能从那么困难的地步发展到今天这个状态。也正是因为这一点，我才对未来持很乐观的态度。

《易经》对中华文化的影响[①]

我的题目是《〈易经〉对中华文化的影响》，以下几十分钟要讨论许多观念：精简、比类、天人合一、联想、取象、汉语汉字之形成与归纳等。这么多观念在很短时间内不能讲得清楚，主要讨论的集中于三点。

第一，《易经》影响了中华文化的思维方式，而这个影响是近代科学没有在中国萌芽的重要原因之一。这也是我所以对于《易经》产生了兴趣。

第二，《易经》是汉语成为单音语言的原因之一。

第三，《易经》影响了中华文化的审美观念。

我是研究物理学的，没有研究过历史学、考古学、语言学、语音学、美学、哲学，等等。可是，对于中国文化的成因，我近年来产生了兴趣，所以今天在这个场合大胆地跟大家谈谈我自己的一些想法。

《易经》，大家知道是中国非常古老的一个文献，据说是夏朝已经有了最早的《易经》，叫《连山》，商朝有了比较晚一点的，叫《归藏》，都失

① 本文作者杨振宁。在北京召开的“2004文化高峰论坛”上杨振宁先生做了有关《易经》对中国文化影响的演讲，原文刊载于《自然》杂志2005年第1期，“知识分子”获杨振宁先生授权并于2016年5月11日发表。此处有修改，未经杨振宁先生本人审阅。

传了。我们现在所看见的《易经》是西周时候的《周易》。所以，《易经》的孕育前后至少经过 1 100 多年，这个结论我想大家是可以同意的。

《易经》里面 64 卦开始是乾卦和坤卦。如果问《易经》是怎么形成的，以下这个说法大家似乎可以接受：最早中国发展了占卜，因为要对占卜做系统性了解，就发展了卦符，所有 64 卦都有卦符。乾就是六个连线，坤是六个断线。有了符以后，还得有名与字。卦名有音，有音还不够，就有了一个字。我不是研究考古学的，不过我想，这个次序很可能是对的。

可是我们知道，孕育《易经》的年代也正是汉语汉字开始形成的年代，是中华文化孕生的年代。这些卦是“象”，这是《周易》里讲的，是浓缩了的观念，以卦符卦名将天、地、人的变迁分类为“象”。

上面这几句话可以说是用今天的语言来描述到底《易经》的精神是什么。浓缩化、分类化、抽象化、精简化、符号化是《易经》的精神。这种精神我认为贯穿了几千年以来中国文化的每一个角落。

譬如分类精简，例子极多。今天大家知道，中医理论中重要的一点就是把疾病与医药各分成阴阳、寒暖、表里等类，用这个分类的观念做大前提发展中医理论。这是从《易经》的传统中遗留下来的。像这样的例子，我们可以举很多。

近代科学没有在中国萌生的原因

近代科学为什么没有在中国萌生，已经有很多人讨论过了。归纳起来大概有五种道理：

第一，中国的传统是入世的，不是出世的。换句话说就是比较注重实际，不注重抽象的理论架构。

第二，科举制度。

第三，观念上认为技术不重要，认为是“奇技淫巧”。

第四，中国传统里面无推演式的思维方法。

第五，有“天人合一”的观念。

第四点与第五点两点，我认为跟《易经》都有密切的关系。

先讲第四点，关于推演与归纳两种思维方法。近代科学的思维方法见图 5.2。

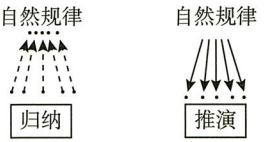


图 5.2　近代科学的两条寻求自然规律的思维方法

注：归纳法用虚线表示，以示其难。推演法用实线表示，以示其易。

归纳与推演都是近代科学中不可缺少的思维方法。为说明此点，让我们看一下麦克斯韦创建麦克斯韦方程的历史。

麦克斯韦是 19 世纪最伟大的物理学家之一。他在 19 世纪中叶写了三篇论文，奠定了电磁波的准确结构，从而改变了人类的历史。20 世纪发展出来的无线电、电视、网络通信等，统统都基于麦克斯韦方程式。他是怎样得到此划时代的结果的呢?

他的第一篇文章里面用的是归纳法，其中有这样一段话：“我们必须认识到互相类似的物理学分支。就是说物理学中有不同的分支，可是它们的结构可以相互印证。”

他用这个观念来研究怎样写出电磁学方程式，以流体力学的一些方程式为蓝本。这种研究方法遵循了归纳法的精神。

几年以后，在第三篇文章中，他对用归纳法猜出的电磁方程式运用推

演法而得出新结论：这些方程式显示电磁可以以波的形式传播，其波速与当时已知的光速相符，所以“光即是电磁波”。这是划时代的推测，催生了20世纪的科技发展与人类今天的生活方式。

上面的故事清楚地显示归纳与推演二者同时是近代科学的基本思维方法。

中华传统文化的一大特色是有归纳法，可是没有推演法。其中归纳法的来源是什么？

“易者象也”“圣人立象以尽意”“取象比类”“观物取象”都是贯穿《易经》的精神，都是归纳法，是向上求整体“象”的方法。

可是，中华文化没有发展出推演法。我们怎么可以证明此欠缺呢？请看徐光启的一些话。徐光启是明朝末年一位大臣，而且是一位大学者。大家知道他是最早与利玛窦合作翻译欧几里得的《几何原本》的人，翻译了前六章。他们翻译的原版，现在在国内还有几本，我曾经在北京图书馆请他们给我看过一本。

欧几里得的几何学是人类历史上一个大贡献，第一次把推演法规律化，其影响不可以道里计。后来牛顿写了《自然哲学的数学原理》。如果你翻一下此书，就会发现他写的方法完全是照着欧几里得《几何原本》的方法，是由公理、定理，然后到证明，等等。它是照抄欧几里得的推演法的形式。不幸的是，徐光启翻译《几何原本》的时候虽早（那时牛顿还没有出生），可是这个翻译有将近300多年在中国没有发生应该有的影响。

徐光启在翻译了以后，了解到推演法的一个特点就是“欲前后更置之不可得”，就是一条一条推论不能次序颠倒。这跟中国传统不一样。中国传统对于逻辑不注意，说理次序不注意，要读者自己体会出来最后的结论。徐光启又有这样几句很有名的话：“似至晦，实至明；似至繁，实至

简；似至难，实至易。”

这也是推演法的特点。懂了推演法的精神以后就知道，推演其实比归纳容易。

下面要讲上述第五点，关于“天人合一”的观念。

“天人一物”、“理一分殊”和“内外一理”，起源于易经每一卦都包含天道、地道与人道在内，认为天的规律跟人世的规律是一回事。

我们知道王阳明格竹子，是要用人世间的“理”追求自然界的“理”，这样当然格不出近代科学。近代科学的一个特点就是要摆脱“天人合一”这个观念，承认人世间有人世间的规律，有人世间复杂的现象，自然界有自然界的规律与自然界的复杂现象，这两者是两回事，不能把它们合在一起。

当然，我讲这句话会使得很多人，尤其是研究中国哲学的人觉得我对中国的传统哲学攻击得太厉害了。我完全没有攻击的意思。“天人合一”的内涵绝不止内外一理，还有更重要的“天人和谐”。天人和谐对于中国的传统影响极大，而且从今天的世界现状讲起来，我们可以问，摒弃“天人合一”而完全用西方的办法发展下去是否将要有天人对立的现象？这是一个非常重要的题目，不过不在我今天所能够讨论的范围之内。

汉语汉字的成因

世界上原始语言与成熟语言几乎都是复音的，单音的语言是仅有的。我不晓得是否有任何一个别的成熟的语言是像汉语这样是单音的。近年考古学家发现，1.6 万年以前江西的居民已经采集野生稻为主要的粮食。所以在一万多年以前，已经开始形成中华文化。我们可以相信他们已经有语

言，我们也有理由可以假设，我们的这些祖先所用的语言是复音的。那么，后来怎么变成了单音的汉语呢？

从复音的汉语变成单音的汉语这中间一定有一个很长的过程，而且一定有它的道理，因为这是十分独特的事情。

我的一个大胆的假设是：这变化是受了《易经》的影响。卦名是单音的。乾、坤……都是单音的。这是统治者用的，是神秘的，有重大影响的，念起来有分量的。久之就形成了一个重视单音符号的价值观，从而影响后来整个汉语的发展。在座有语言学的专家，我这个讲法是很大胆的，希望不会被语言学家批评得体无完肤。我们看元、亨、利、贞、吉、凶、阴、阳、日、月、天、地，这些有声有色、有分量的，讲出来有影响的单音字对整个语言文字的发展当然产生了重要的影响，所以我刚才说我猜想汉语、汉字之所以变成单音的语言文字，与《易经》有密切关系。

中华文化的审美观

《易经》浓缩化、分类化、抽象化、精简化和符号化的精神对中华文化的影响极深又极广。下面，我简单讨论它对汉语、汉文法、文学、艺术、书法等的影响。

英文“word”，通常翻译为字。这不恰当，应翻译为词，它是由一个或好几个字构成的。比如“现代”，比如“所以”，都是两个字的词。词可以是由一个、两个或更多字所组成的，可是绝大多数是一个或者两个字的，不太有三个字以上的词。多半的三个字或以上的词都是复词，或是音译的词。前者例如“外祖父”“洞庭湖”，后者例如“成吉思汗”。

19 世纪开始翻译元素名字的时候也只用一个字，氧、硫、镭，这些

在英文里面都是复音，在中国翻译都变成一个单音的词。为什么这样吝啬呢？我认为在中华文化形成时代，在汉语形成时代，受《易经》的卦名的影响，发展出来了“精简为美，浓缩为美”的深层观念。此审美观影响了词的形成。

世界所有的语言都有共同的深层文法，然后在此深层文法之上，不同的语系各自发展，这是乔姆斯基的一个大发现。比较不同的语言就会发现，每一种语言都有名词、动词、形容词、介词，等等。汉语亦然。可是，汉语的一大特点就是极少用助词。例如，不说“我的父亲”，而说“我父亲”；不说“慢慢地跑”，而说“慢慢跑”，把助词省略了。所以西方人说中文是电报式的文字，尤其是古文。好的古文确实是极美的文学。美的原因之一就是古文不遵循通常文法的发展方式，而力求用最少的词表达出最多的意思。这种审美观念应是《易经》的浓缩化、精简化的延伸。

联想在世界任何文学之中都占重要的位置，而在汉文文学之中占有特别重要的位置，因为汉文中的词既常常建构于数个单音的字，就往往是根据联想而形成的。譬如风气、风云、风流、风景、风光、风雨、风俗都是联想形成的词。风云一词的形成可用图 5.3 来表示。这种词的结构更进一步促使汉文学演化成联想的文学，“云想衣裳花想容”“秦时明月汉时关”就都是升华了的联想。

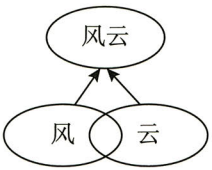


图 5.3　风云图

中华传统绘画所追求的意境与西方传统绘画完全不同，是“观物取象”的象，不是影像的像；是精神的象，不是形似的像；是“天人合一”的象，不是歌颂自然的像。我认为，这种思维精神是从《易经》中来的。

至于说《易经》对书法的影响，更是非常清楚。书法在传统的中华文化中占极重要的位置，是其他文化所没有的。书法显然跟《易经》的浓缩化、符号化、抽象化的精神有直接关系。我的一个好朋友，书法家、雕塑家、文学家、文学评论家熊秉明在《中国书法理论体系》里面曾说：“中国文化的核心是哲学，中国文化核心的核心是书法。”我之所以完全同意他这句话，就是因为书法把《易经》的精神具体化、现实化了。

漫谈数学和物理的关系[①]

有关数学的两则“笑话”

20世纪80年代初，杨振宁曾在韩国汉城（今首尔）做物理学演讲时说：“有那么两种数学书，第一种是你看了第一页就不想看了，第二种是你看了第一句话就不想看了。”当时，这使得物理学家们哄堂大笑。

此话事出有因。

1969年，杨振宁察觉物理上的规范场论和数学上的纤维丛理论可能有关系，就把著名拓扑学家斯廷洛德所著的《纤维丛的拓扑》（*The Topology of Fibre Bundles*）一书拿来读，结果一无所获。原因是该书从头至尾都是定义、定理和推论式的纯粹抽象演绎，生动活泼的实际背景淹没在形式逻辑的海洋之中，使人摸不着头脑。

---

① 本文作者张奠宙，国际欧亚科学院院士、数学家。本文中有关数学与物理学的关系，来自作者1995年末在纽约州立大学石溪分校访问杨振宁先生时的一些谈话材料，不是系统的谈话。原文的繁体中文版于1992年4月在中国台湾《数学传播》上发表，内容不完全相同的英文版则刊于《数学信使》（*Mathematical Intelligencer*）.Vol.15, NO.4, 1993。后者的中译文已收入《读书教学再十年》。“赛先生”获授权转载并发表于2021年10月1日。此处有修改。

上述汉城演讲中那句话本来是即兴所开的玩笑，不能当真，岂料不久之后被《数学信使》杂志公之于众。这在数学界当然会有人表示反对，认为数学书本来就应该是那样的。不过，杨振宁先生说："我相信会有许多数学家支持我，因为数学毕竟要让更多的人来欣赏，才会产生更大的效果。"

我想，杨振宁是特别偏爱数学，而且大量运用数学的少数当代物理学家之一。如果连他都对某些数学著作的表达方式啧有烦言，遑论其他物理学家！更不要说生物学家、经济学家、社会科学家和读者了。

另一则笑话，可在波兰裔美国数学家斯塔尼斯拉夫·乌拉姆的自传《一位数学家的历险》（*Adventures of a Mathematician*）中读到。该书 294 页上写道："杨振宁，诺贝尔物理学奖获得者，讲了一个有关现时数学家和物理学家间不同思考方式的故事。一天晚上，一帮人来到一个小镇。他们有许多衣服要洗，于是满街找洗衣房。突然，他们发现一扇窗户上有标记：'这里是洗衣房'。一个人高声问道：'我们可以把衣服留在这儿让你洗吗？'窗内的老板回答说：'不，我们不洗衣服。'来人又问道：'你们窗户上不是写着是洗衣房吗？'老板又回答说：'我们是做洗衣房标记的，不洗衣服。'这很像数学家。数学家只做普遍适合的标记，而物理学家却创造了大量数学。"

杨振宁教授的故事是一则深刻的寓言。数学圈外的人对数学家"只做标记，不洗衣服"的做法是不赞成的。数学家乌拉姆在引了杨振宁的"笑话"之后问道，信息论是工程师香农创立的，而纯粹的数学家为什么不早就建立起来？他感叹道："现今的数学和 19 世纪的数学完全不同，甚至 99% 的数学家不懂物理。然而，有许许多多的物理概念要求数学的灵感、新的数学公式，以及新的数学概念。"

理论物理的“猜”和数学的“证”

1995 年 12 月，杨振宁先生接到复旦大学校长杨福家的来信，请他 1996 年 5 月到复旦为“杨武之讲座”做首次演讲。杨武之教授是杨振宁的父亲，又是中国数学的前辈，早年任清华大学数学系系主任多年，20 世纪 50 年代后则在复旦大学任教授，所以杨振宁很愉快地接受了邀请。但他不能像杨福家校长要求的那样做 20 次演讲，而是只准备讲三次。顺着这一话题，杨振宁先生又谈了理论物理和数学的一些关系。

杨先生说：“理论物理的工作是‘猜’，而数学讲究的是‘证’。理论物理的研究工作是提出‘猜想’，设想物质世界是怎样的结构，只要言之成理，不管是否符合现实，都可以发表。一旦‘猜想’被实验证实，这一猜想就变成了真理。如果被实验否定，发表的论文便一文不值（当然，失败是成功之母，那是另一层意思了）。数学就不同，发表的数学论文只要没有错误，总是有价值的。因为那不是猜出来的，而是有逻辑的证明。逻辑证明了的结果，总有一定的客观真理性。”

“正因如此，数学的结果可以讲很长时间，它的结果以及得出这些结果的过程都是很重要的。高斯给出代数学基本定理的五种证明，每种证明都值得讲。如果让丘成桐从头来讲卡拉比猜想的证明，他一定会有 20 讲。但让我讲‘宇称不守恒’是怎么想出来的，我讲不了多少话。因为当时我们的认识就是朝否定宇称守恒的方向想，‘猜测’不守恒是对的。根据有一些，但不能肯定。究竟对不对，要靠实验。”

杨先生最后说：“理论物理的工作好多是做无用功，在一个不正确的假定下猜来猜去，文章一大堆，结果全是错的。不像数学，除个别错的以外，大部分都是对的，可以成立。”

杨先生的这番话，使我想起不久前奎因和贾菲的一篇文章，发表于《美国数学会通报》（*Bulletin of AMS*）1993 年 8 月号，曾引起很大轰动。该文的主题是“猜测数学是否允许存在”。其中提到，物理学已经有了分工，理论物理做“猜测”，实验物理做“证明”。但是，数学没有这种分工。一位数学家既要提出猜想，又要同时完成证明。除了希尔伯特那样的大人物可以提出 23 个问题，其猜想可以成为一篇大文章，一般数学家至多在文章末尾提点猜想，以增加读者的兴趣，而以纯粹的数学猜想为主体的文章是无处发表的。因此，两位作者建议允许“理论数学”，即“猜测数学”的存在。

这样一来，现在有两种相互对立的看法。一方面，物理学界中像杨振宁先生那样，觉得理论物理的研究太自由，胡乱猜测皆成文章，而数学还比较好。另一方面，数学界如奎因和贾菲那样，觉得目前数学研究要求每个结论都必须证明这一要求太束缚人的思想，应该允许人们大胆地猜测，允许有根据而未经完全确认的数学结论发表。二者孰是孰非，看来需要一个平衡。许多问题涉及哲学和社会学层面，不是三言两语可以解决的。

复数、四元数的物理意义

虚数 $i=p-1$ 的出现可溯源至 15 世纪时求解三次方程，但到 18 世纪的欧拉时代，仍称之为“想象的数”（imaginary）。数学界正式接受它要到 19 世纪，经柯西、高斯、黎曼、魏尔施特拉斯的努力，以漂亮的复变量函数论赢得了历史地位。至于在物理学领域，一直认为能够测量的物理量只是实数，复数是没有现实意义的。尽管在 19 世纪，电工学中大量使用复数，有复数的动势、复值的电流，但那只是为了计算方便。没有复数也

能算出来，只不过麻烦一些而已。计算的最后结果也总是实数，并没有承认在现实中真有“复数”形态的电流。鉴于此，杨振宁先生说，直到21世纪初，情况仍没有多少改变。一个例证是创立量子电动力学的薛定谔。1926年初，据考证，他似乎已经得到现在我们熟悉的方程：

$$ih\frac{\partial\psi}{\partial t}=H\psi(x,t) \tag{1}$$

其中含有虚数单位 i，是复函数，但最后总是取实部。薛定谔因其中含虚数而对方程（1）不满意，力图找出不含复数的基本方程。于是，他将上式两面求导后化简，得到了一个没有虚数的复杂的高阶微分方程：

$$-h^2\ddot{\psi}=H\psi \tag{2}$$

1926年，6月6日，薛定谔在给洛伦兹的一封长信中，认为这一不含复数的方程（2）“可能是一个普遍的波动方程”。这时，薛定谔正在为消除复数而努力。但是，到同年6月23日，薛定谔领悟到这是不行的。在论文中，他第一次提出：“是时空的复函数，并满足复时变方程（1）。”并把方程（1）称为真正的波动方程。其内在原因是，描写量子行为的波函数，不仅有振幅大小，还有相位，二者相互联系构成整体，所以量子力学方程非用复数不可。另一个例子是外尔在1918年发展的规范场论被拒绝接受，也是因为没有考虑相因子，只在实数范围内处理问题。后来由福克和伦敦用加入虚数 i 的量子力学加以修改，外尔的理论才又复活。《数学传播》第21卷第2期关于牛顿力学中的量全都是实数量，但到量子力学，就必须使用复数量。杨振宁和米尔斯在1954年提出非交换规范场论，正是注意到了这一点，才会把外尔规范场论中的相因子推广到李群中的元素，完成了一项历史性的变革。1959年，阿哈罗诺夫和玻姆设计了一个

实验，表明向量势和数量势一样，在量子力学中都是可以测量的，打破了“可测的物理量必须是实数”的框框。这一实验相当困难，最后由日本的田野村及其同事先后于 1982 年和 1986 年完成。这样，物理学中的可测量终于扩展到了复数。

令我惊异的是，杨振宁教授预言，下一个目标将是四元数进入物理学。

1843 年，爱尔兰物理学家和数学家哈密顿发现四元数之后，曾花后半辈子的时间试图把四元数系统像复数系统那样广泛运用于数学和物理学，开创四元数的世纪，但其结果是令人失望的。人们曾评论，这是“爱尔兰的悲剧”。

时至今日，数学系的毕业生可能根本不知道有四元数这回事，最多不过是非交换代数的一个例子而已。我还记得，1986 年春，钱学森在致中国数学会理事长王元的一封信中，曾建议多学计算器知识，而把研究“四元数解析”（复变函数论的推广）的工作贬为“像上一个世纪”的东西。总之，我和许多数学工作者一样，认为四元数的发现只不过是“抽象的数学产物”，不会有什么大用处。

杨振宁向我解释了他的想法：物理学离不开对称。除了几何对称，还有代数对称。试看四元数 $a+bi+cj+dk$，其基本单位满足 $i^2=j^2=k^2=-1$，而 $ij=k, jk=i, ki=j; ij=-ji, jk=-kj, ki=-ik$。像这种对称的性质在物理学中经常可以碰到。问题是这种四元数的对称还没有被真正用于物理现象，而且物理现象中的一些对称也还没有找到基本的数学缘由。

最近，丘成桐等人的文章中说：“我在 1977 年发表的一篇文章‘Condition of Self-duality for SU(2)gauge fields on Euclidean fourdimensionalspace’[《欧几里得四维空间上 SU(2) 规范场的自对偶条件》]，曾推动代数几何中稳定丛的解析处理理论。我还没有问过数学家，不知道这

是怎么一回事。许多工作，包括运用四元数表示的物理理论，也许会在这种交流中逐步浮现。”

杨振宁先生又说，至于将复变函数论形式地推广到四元数解析理论，由于四元数乘积的非交换性，导数无法唯一确定，因此不会有什么好结果。现在也有物理学家写成著作，用四元数来描写现有的物理定律，就没有引起什么注意。将来要用四元数表达的物理定律，一定会是一组非线性微分方程组，其解的对称性必须用四元数来表示。所以，杨先生相信，“爱尔兰的悲剧是会变成喜剧的”。

“双叶”比喻

数学和物理学的关系，应该是十分密切的。在数学系以外的课程中，物理系开设的数学课最多、最深。“物理学公理化、数学化”，曾是一个时期中许多大学问家追逐的目标。

不过，擅长将数学应用于物理学的杨振宁教授却认为，二者间的差别很大。他有一个生动的“双叶”比喻，来说明数学和物理学之间的关系（如图 5.4）。他认为数学和物理学像“对生”的树叶，它们只在基部有很小的公共部分，而多数部分则是相互分离的。

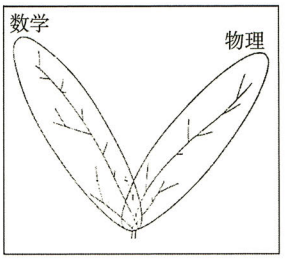


图 5.4 “双叶”比喻

杨振宁先生解释说："它们有各自不同的目标和价值判断准则，也有不同的传统。它们的基础概念部分令人吃惊地分享着若干共同的概念，即便如此，每个学科仍旧按照自身的脉络在发展。"

人生哲学[①]

杨先生认这个账

网易科技：杨先生百岁诞辰，很难得，杨先生的生日是几号？

刘钝：杨振宁先生到底是哪一天生日？至少对我本人这还是一个谜。无论看他的传记，还是在维基、百度上搜索，都是10月1日。他二弟杨振平写的《父亲与大哥》中也说，“1922年阴历八月十一日，大哥出生于安徽省合肥县”，翻检《中国史历日和中西历日对照表》，那一年的阴历八月十一日正是公历的10月1日。

还有人发现，杨先生一生最重要的两篇科学论文，刊出的日期都是10月1日。不过还有一个不乏依据的说法，称杨先生的生日实际上是公历9月22日，据说他的旧护照上写的是这个日子。9月22日新华社通稿

---

① 本文来源于采访资料，作者章剑锋，网易科技“科学大师”栏目负责人；被访者刘钝，国际科学史研究院院士、科学史家、中国科学院自然科学史研究所研究员。适值杨先生百岁华诞之际，网易科技特别邀请刘钝先生谈一谈认识杨振宁先生的经过及相关的故事。“赛先生”获授权转载并于2021年9月27日发表。此处有修改。

中用的也是这个日子，但当晚 CCTV-4 首播的《大先生杨振宁》第一集中则是 10 月 1 日。我不知道哪个更确切，可能要向杨先生本人求证。

不管怎么样，这次清华大学携手中国物理学会与香港中文大学，在国庆日前一周举办庆祝活动，9 月 22 日庆寿，9 月 23 日学术研讨。在 22 日的庆寿活动中，杨先生精神矍铄，与大家合影留念，接受领导与各方人士的祝福（包括香港中文大学与国外的线上贺词）。杨先生在几分钟的简短讲话中，感情充沛、条理清楚地回顾了他与邓稼先的深厚友谊，特别阐释了最近公布的邓稼先给他的一封信中“千里共同途”的深意。

网易科技：您跟杨先生是怎么认识的？

刘钝：我是搞科技史的，认识一位令人尊敬的前辈张奠宙先生（华东师范大学教授，泛函分析专家、数学教育家、数学史家）。1991 年他到美国访问，曾在纽约州立大学石溪分校多次会见杨先生。不久他就给我写信，说杨先生对近代科学进入中国的经过及其早期发展很有兴趣，让我提供近期发表的相关文章。我就把那几年在《自然辩证法通讯》杂志上发表的三篇文章寄给张先生，由他转交给杨先生。

1993 年，杨先生在香港大学做了一次演讲，报告的题目是《近代科学进入中国的回顾与前瞻》，里面提到了我那几篇少作。这篇演讲发表后曾被许多媒体转载，在当时有较大的影响。

杨先生这样的大科学家，对我来说是高山仰止，专业上更没有交集。到了 1996 年，我们要在深圳举办第七届国际中国科学史会议，当时我刚出任分管国际合作的副所长，我们的老所长席泽宗先生（中国科学院院士、天文学史家）与杨先生结识于日本仙台的东北大学，他说可以尝试邀请杨先生前往深圳出席这次会议。

当时我们想试试也无妨，杨先生这样一位大人物，我们一个小学科的

会议，未必请得动。没想到杨先生欣然应邀，他大概是从香港那边过来参会的，会议期间还接受了我们研究所的名誉研究员称号。要知道，我们这个所在中国科学院里是一个小单位，但杨先生接受了这个头衔，我感到挺意外的。

我记得会议开幕式前，席先生跟杨先生还有当地的领导坐在主席台上，席先生把我叫上去，对杨先生说，我给你介绍一下，这是某某。杨先生反应很快，说我知道他。他这么一说，我有点儿受宠若惊。这么看，杨先生是非常平易近人的，记性特别好，许多小事情和小人物他都能记住。



图 5.5　1996 年 1 月深圳第七届国际中国科学史会议开幕式前

图片来源：刘钝供图。

以后与杨先生见面的机会就多了些，比方说他的《曙光集》发布会、三联版《杨振宁传》的发布会，杨先生都把我圈进嘉宾名单里，那我就跟

着去学习吧。

还有一个因素是“朋友圈”的交叉，例如陈方正先生和金观涛、刘青峰夫妇，以及杨先生不同传记的作者江才健、杨建邺、高策等人，都是熟人。

杨先生与翁帆女士编著的《曙光集》、三联版《杨振宁传》的责任编辑徐国强，是我在科学史研究所的最后一名博士，他是清华大学物理与中国文学的双学士，杨先生对他的编辑工作十分满意。

网易科技：杨先生对科学史研究很重视吗？

刘钝：我感觉，杨先生对科学史是蛮喜欢的，他在多篇文章中述及物理学史，例如1986年他在中国科学技术大学研究生院演讲，就分别对费米、泰勒、奥本海默、爱因斯坦、泡利、海森伯、狄拉克、昂萨格这些大物理学家做了点评，也述及自己和他们当中多数人的关系。他对20世纪初几位大物理学家风格的归纳十分精辟，这是专业科学史工作者无法胜任的。他对中国现当代物理学史的研究也提出过很好的建议。

我现在也在清华大学科学史系做点事，这个系是2017年设立的，学校领导很支持，吴国盛教授为创系主任。当年6月30日，杨先生出席了建系揭牌仪式。他年事已高，平常是不怎么走动的，一般人也不会去惊动他，但他还是到场祝贺并发表讲话。

网易科技：您之前担任过国际科学史学会的主席，是首位华人主席，这跟杨先生有关系吗？

刘钝：没有关系，但杨先生鼓励科学史研究是确实的。他一直是中国科学院自然科学史研究所的名誉研究员，他认这个账。



图 5.6　2017 年 6 月 30 日，杨振宁先生与邱勇校长等人共同为清华大学科学史系揭牌
图片来源：清华科学史系供图。

2005 年，我的所长任期即将结束，恰好那一年我们要举办第 22 届国际科学史大会，地点在北京。那一年很重要，是国际上的“爱因斯坦奇迹年”。

为什么叫“奇迹年”？因为 1905 年爱因斯坦发表了 5 篇论文，在三个方面取得伟大成果：一是狭义相对论，二是光量子假说，三是分子运动理论。这是继牛顿 1666 年三项重要成果（万有引力定律、微积分、光的解析）诞生后，人类科学史上第二次“奇迹年”的出现。这么巨大的成就，改变了整个科学的面貌与人类的世界观，一年间在一个人的头脑里突然迸发出来，如同《圣经》里宣称的“奇迹”一般。

我们的会议主题之一就是要纪念“爱因斯坦奇迹年”100 周年，当然就想到要请杨先生做大会报告。他当时已定居北京，我们请他有得天独厚

的条件。考虑到杨先生年纪大了，不好意思让他写文章，但我刚好看到他前一年在爱因斯坦家乡德国乌尔姆市举行的会议上的文章，感觉写得很漂亮，我就问杨先生可不可以在我们的大会上报告此文。

杨先生却说："不，我给你另写一篇。"这就是那篇著名的《爱因斯坦：机遇与眼光》。杨先生在开幕式后用英文做的大会报告，由翁帆译成中文后在《科学文化评论》上发表，后来不断被转载和引用。

杨先生讲话直率，提出的批评让很多人有压力

网易科技：交往这么多年，杨先生给您印象比较深的是什么？

刘钝：印象特别深的地方是，杨先生是一个性情直爽的人，讲话不会拐弯抹角的，平时他是什么问题都讲，家庭童年、和父母在合肥与清华的生活、去国外读书的情况等。他也非常关心社会层面的事，例如批评《易经》和中医的取象比类思维，反对建造大型超导对撞机，这些大家都知道，也引起了大争论。

顺便说一下，我认为有关中国是否要建造大型超导对撞机的讨论（不算看热闹起哄的"跟帖"），论辩双方都抱着平和理性的态度参与，是一个健康的学术争鸣，也是社会进步的表现。

杨先生记忆力非常好，平易近人，逻辑清楚，从我第一次见他到现在，20 多年来几乎没有什么变化。

在新冠疫情暴发前的 2019 年 4 月，杨先生在中国科学院大学怀柔校区给本科生们做过一次报告，回答问题时应对自如，逻辑清晰，给人的感觉是他的思维如同他喜欢的诗句一样，"秋水文章不染尘"。当时大礼堂近千个席位都已坐满，气氛非常热烈。我一个非常挑剔的同事说："杨先生

不是凡人，就是个老神仙。”

我感觉他是一个家国情怀非常重的人，不但是顶尖的科学家，而且是一个充满人文关怀的知识分子。从他言谈举止能看出，他的父亲杨武之先生，一位有名的代数学家、清华教授，从小就请人教他读《孟子》，讲一些国故。中国传统文化中的美德深深影响了杨先生。

网易科技：您说到杨先生性情直爽，有例子吗？

刘钝：2018 年 9 月，中国科学院大学在玉泉路校区举办建校 40 周年活动，当时也正好赶上中国科学院《自然辩证法通讯》创刊 40 周年，合在一起开了一个小规模座谈会，杨先生去了。他在会上讲了很多事情，其中讲到“中国的科学史做得一塌糊涂”，第二天一些媒体就抓住这句话做文章，让很多做科学史研究的人感到有压力。

我是非常坦然的，感觉杨先生批评得对，“一塌糊涂”是他对某方面不满意的常用语。他是针对我们对一些中国科学家早期贡献缺乏认识而说的，在这方面，无论是对原始文献的分析还是与国际同行的对比，中国科学史界做得确实不够。

记得杨先生在一个场合讲过，至少有五位中国近代物理学家的工作值得深入研究，这五人是王守竞、吴有训、王淦昌、赵忠尧和吴大猷。作为一个大物理学家，他亲自垂范，利用业余时间对赵忠尧在电子偶湮灭方面的观测、王淦昌涉及中微子探测的实验设计，做了细致的分析，认为他们在 20 世纪三四十年代非常艰苦的环境下，发现的现象与提出的研究和实验思路，都是不得了的创举。

杨先生的研究很深入、很细致，这些本来应该由科学史家来做，所以他的批评没错。这也反映了杨先生很直率，他说话不会考虑你是谁，要不要换一种口气。

当然，我认为杨先生不是说整个中国的科学史研究都不行，不是要对整个学科进行颠覆。据我所知，钱临照教授就指导研究生做过有关的论文，后来我也寄了一本科学史所老专家戴念祖先生主编的《20 世纪上半叶中国物理学论文集粹》给杨先生。

毕竟我们这个学科有它的特殊性，既需要从业者具有文史哲方面的人文修养，也要懂得科学，但要做到杨先生那个份儿上，必须达到他那个眼界，具备他那种造诣才可以。

晚年行动多有不便，但从未停止学术上的思考

网易科技：杨先生在平时生活中是什么样的状况？

刘钝：这个问题我没有多少发言权。在清华园里，我偶尔会见到杨先生。记得有一个周末，在清芬园教工食堂，当时人很少，我看到杨先生在前面，翁帆在旁边帮着取餐。这种情况下，我就提醒自己走慢点，不要去打扰他们用餐，行个注目礼就好了。

我也去过杨先生在清华园的家——“归根居”，这名字是他自己起的。

杨先生身体健康、头脑清楚，但听力似乎不太好。我记得可能是他右耳听力不行，你看他跟翁帆在一起的照片，翁帆常常是坐在他左侧，说明必要时需要有人帮助，特别是重要场合，他怕听漏了什么。

毕竟年岁大了，他晚年行动也不太便利。有一次我问他，您的健康秘诀是什么？他说我也不怎么锻炼，只是每天坚持在屋里走 15 分钟，拄着拐杖在屋里行走，他说这对身体特别有好处。

他拄着拐杖走路的时候，你不要去扶他，因为杨先生有自己的力学平衡系统，要是有外力的扰动，就会破坏这个平衡，反而不好了。有时候别

人不知道，特别当他下台阶的时候，想去扶一把，他就叫别人不要动，自己慢慢走下来。他的司机也知道他的习惯，就把车门拉开，让杨先生自己慢慢坐进车里，他一般不要人去搀扶。不过这大约是两年前的事情了。

网易科技：杨先生在生活中有什么消遣吗？

刘钝：2018 年那次在中国科学院大学玉泉路会议之后，杨先生跟我说："我们什么时候聊一下吧。"后来他就约了在清华大学甲所用餐。这种场合翁帆一般都不去，她有自己的事情要忙，杨先生由司机接送。如果杨先生出差去外地或者在一些重大活动场合，翁帆会陪着。

那次吃饭，杨先生也不知怎么的就聊起小说来了。他提到一本小说，让我大吃一惊，就是英国学者 C. P. 斯诺写的《院长》（*The Masters*），杨先生说这本书很好看。

斯诺提出过"两种文化"——人文文化和科学文化的分裂与制衡，在一般人印象中，他首先是个学者和科学管理者，在文学领域算不上一个知名作家，中国人知道这个人和这本书的，应该说是非常少。

杨先生觉得小说中描写的剑桥大学生活与学院里的文化生态特别有趣，就像我们现在很多大学一样。可以说，杨先生的阅读面是特别广的。最近我翻阅季理真等人编著的《杨振宁访谈录》，才知道杨先生读过斯诺写的很多书，认为他写哈代写得好，而根本不懂爱因斯坦。

据清华大学的朱邦芬教授介绍，最近几年杨先生仍然发表学术论文，也为学术刊物审稿。我记得杨先生不久前在《数学文化》上发表过一篇有关"移棋相间"的论文，说是数理统计学家许宝騄先生和当年西南联大的学生们喜欢的一种数学游戏，更早则来自许宝騄姐夫俞平伯的先人清朝大学者俞樾。杨先生开动脑筋提出了全新的解法，这是 2019 年新冠疫情暴发前的事。

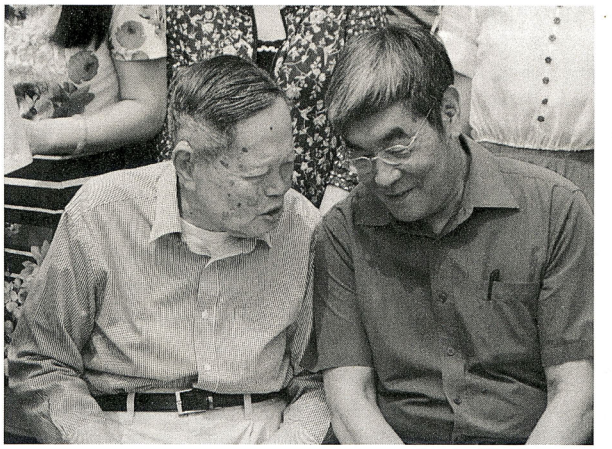


图 5.7　刘钝聆听杨先生对科学史学科发展的建议

图片来源：清华科学史系供图。

杨先生现在这么大年岁，我们当然不可能期望老先生再在物理学前沿做出突破性的工作，但他在学术上可以说一直没有停止思考。

得益于翁帆的照顾，杨先生身体健康、生活愉快

网易科技：杨先生名望极高，但晚年也受到一些非议，尤其是在他和翁帆女士的结合上，外人有各种声音和不理解，杨先生自己在意吗？

刘钝：现在网络发达是好事情，但也有负面效应，常常会引起起哄、“吃瓜”的情形。对杨先生的各种议论，段子手、键盘侠尤其无聊，他们的无聊，多数来自无知，少数则来自无耻。对于这些事情，杨先生未必不知道，但他认为不必理会，这种事情对他来讲没有什么影响。

我觉得杨先生很幸运，有一位心甘情愿追随他、崇敬他的知性女性，在晚年能陪伴他、照顾他，我们应该祝福杨先生。的确，我们也很感谢翁帆对他的照顾，使杨先生在清华园过得愉快、身体健康，这是好事。

杨先生家人对这件事也很高兴，他的儿女、弟妹和朋友们也都很高兴。杨先生的子女都在国外生活，他们和翁帆的关系也不错，都是好朋友。

我记得一件事，陈方正先生跟杨先生，那交情是很好的，是真正的老朋友。2004 年，我请陈先生担任自然科学史研究所的竺可桢讲席教授，讲座对全国科学史研究生开放。他班里有一位学生正好在清华大学行政处工作，陈先生就跟这个同学说，你跟学校说一声，要照顾好杨先生。

可能那时候陈先生看杨先生一个人孤独地住在清华园里，尽管有一位师傅给他做饭并照顾起居。

过了不久，杨先生和翁帆女士订婚的消息传开了，陈先生知道后很高兴，说“看来不用我操心的”。

不要说是好朋友，我觉得只要是正直的、善良的人，思想不那么死板保守的，都会觉得这是好事情。

杨先生的人生哲学是知足常乐

网易科技：百岁高龄的一位老人，从民国一直走到今天，在交流当中，杨先生会有意无意流露一些人生哲学或者人生经验吗？

刘钝：杨先生常说的一句话就是他很幸运。我记得在一次私人聚会上，他主动提到人生有四福（知福、惜福、培福、种福），曾文正也提到“四种福相”，他自己很知福，归纳为“聪明、长寿、成功、太平”四个方面。

杨先生说，他从小生在一个知识分子的家庭，当时中国大多数人没有这样的条件，不能读书，而他父亲还在中国最好的学校教书。然后他又在精力十足的时候在西南联大学习，有一个非常好的学术氛围，有好同学（黄昆、张守廉、邓稼先等）、好老师（叶企孙、吴大猷、王竹溪、周培源等）。

到了美国，又赶上物理学白银时代的余绪，爱因斯坦、外尔、费米等老英雄仍在，狄拉克、泡利、泰勒正值壮年；特别是在普林斯顿高等研究院，掌门的是奥本海默，聚集了戴森、费曼、派斯、李政道和杨振宁等一帮青年才俊，可以说是风云际会了。

中国改革开放以后，国力日增，摆脱了过去的贫穷落后，他回来定居，这都是好时代，所以他说：他有福。

我觉得他的人生哲学就是知足常乐。社会上的人很少知道，他把纽约长岛的大房子卖了，连同自己的部分积蓄捐给清华大学建设高等研究院。清华给他配的经费，我听说多数也都被捐给中心了。他当然不差钱，钱财对他已是身外之物了。

“杨氏十三诫”，改变了中国人不如外国人的自卑心

网易科技：现在有一种声音说杨先生的学术地位非常高，比如将他称为二战后最伟大的科学家，是能排在牛顿、爱因斯坦之后的，您怎么看这种评价？

刘钝：任何人都不要与牛顿和爱因斯坦比，但杨先生与牛顿、爱因斯坦的研究风格是一脉相承的，就是相信大自然的奥秘是可以认识的，数学与对称性支配原理有助于达到这一目的。

在理论物理方面，杨先生的工作是顶尖的，我觉得他是当代最伟大的物理学家，也许加个“之一”就更保险一点。

你们大概也知道，清华大学在他 95 岁时送了一件礼物，是一个黑色大理石立方体，顶面是一句杜甫的诗——“文章千古事，得失寸心知”，这是杨先生特别喜欢的诗句；四面则分别刻着他在物理学四个领域的贡献。

四个领域分别是凝聚态物理、统计力学、粒子物理和场论，每一项下面又有若干子项，合起来一共13项，都属于创造性的一流成果。苏联物理学家、诺贝尔奖得主郎道是一个聪明绝顶的人，他的同事、弟子将他的创造性工作归结为10项，仿照《圣经》中的“摩西十诫”称为“郎道十诫”。清华大学那件寿礼，可以称为“杨氏十三诫”，复旦大学施郁教授对此有很好的解说。

当然，杨先生没有像牛顿或爱因斯坦那样的“奇迹”，依我看，人类今后也不会再有1666年和1905年那样的机会。不过，杨先生的成就足以改变后来物理学的面貌，他的工作是奠基性的，非常重要。杨先生的贡献，还包括他以自己的例子改变了中国人自愧不如外国人的自卑心理，这是他感到得意的事，他多次讲过。

杨先生对中国的前景很乐观，他寄希望于未来

网易科技：钱学森先生曾经提到我们大学为什么培养不出大师，杨先生会有这方面的困惑吗？

刘钝：在我印象里，杨先生没有提过类似的问题；反过来，我觉得杨先生好像比较乐观。他总是说中国有最好的大学生，因为他在清华给本科生讲过课，虽然时间不长，但他觉得这些孩子都聪明得不得了，加上国家对人才培养的重视，中国人又有读书成才的传统，所以他是比较乐观的，他跟我们许多人都不一样。

当然，你要是读他的文章，可以知道他也会委婉地说出问题所在，最重要的可能就是文化氛围，要有一种自由的学术研究气氛，所以他总是怀念在西南联大的时候，怀念在普林斯顿高研院的时候，说那种自由探索的

气氛是造就人才的一个必不可少的因素。

你要理解杨先生的这种乐观情绪，就需要站在中国近代史的角度来看，他父亲那一辈当年教给他的那些东西，中国从鸦片战争、甲午战争、《辛丑条约》中遭受的诸多屈辱，包括后来的南京大屠杀，这些东西深深埋藏在他心里，所以他看到现在中国国运昌盛很高兴，这些在他的《曙光集》《晨曦集》中都提过。

在2007年出版的《曙光集》前言中，他说过一句话，说自己年纪大了，看不到天大亮了，翁帆答应帮他看到。10年后，杨先生在《晨曦集》前言中则说："最近10年，中国与世界都发生了大变化，如果我运气好的话，也许能看到天大亮！"

有些人批评他，说什么的都有，但你非要让杨先生去当一个政论家，对什么事都骂上两句，那也不现实。他不是那种性格。

网易科技：改革开放40多年，中国社会发生天翻地覆的变化，接下来的30年，您觉得我们国内能再出杨振宁这样的人吗？

刘钝：我觉得30年内中国再出诺贝尔奖或者诺贝尔奖级的科研成果，是绝对可能的，但30年内像杨振宁这样的大师不可能再出现，因为这样的人，不但要有学术上的天分，而且要有人文情怀，有艺术修养，有美学品位，是全面综合的一种文化素养的反映。

现在有很多中青年科学家，也很受追捧，在学术上可能已经达到或接近国际顶尖水平了，但要说达到杨先生的地位，能被世人公认，能青史留名的，我觉得30年的时限可能还是近了一点儿，还得再往远一点儿看。杨先生也希望能有更多杰出的中国人成为世界顶尖的科学家，他也讲过，他寄希望于将来。

眼光、天才和使命感[①]

一位顶尖物理学家的科学眼光是怎样的？是“自由”的飞鸟与青蛙。那是一种俯视、孤持，战略洞察的能力，又是能够高明地解决具体技术性问题的本领；而这种眼光贯穿了杨振宁的百年科学之路。

从中国到中国，从清华园到清华园，跨越近一个世纪的“圆圈”被杨振宁先生总结为，“学子凌云志，我当指路松……耄耋新事业，东篱归根翁”。这不是建一所机构或是办一个特色班级所能概括的，它是一种时代潮流：关于打破坚冰与重构信任，关于人的自信与决心，关于种子与未来，而家与国是这种使命感的底色。

杨先生在世界物理年（2005 年，“爱因斯坦奇迹年”100 周年）写了《爱因斯坦：机遇与眼光》一文。我认为，杨振宁之所以成为今天的杨振宁，与他的眼光、天才以及使命感密不可分。

---

① 本文作者朱邦芬，凝聚态物理学家，中国科学院院士，清华大学高等研究院教授、物理系教授，“清华学堂”物理班首席教授，清华大学物理“攀登计划”首席教授。2024 年 1 月 24 日，在“知识分子”和“赛先生”主办的纪录片《杨振宁：百年科学之路》首映式上，朱邦芬院士凭借其过去二十多年与杨振宁先生共事的经历，以其个人视角，讲述了这位大师、同事、朋友如何成为今天的自己。原文于 2024 年 1 月 25 日发表在“知识分子”。此处有修改。

一

20 世纪前 30 年是物理学发展的“黄金时代”。所谓“黄金时代”，对物理学研究者来说，就是一个遍地黄金的时代，有大把的机会发现新奇物理效应，甚至可能像牛顿那样，演示世界体系的框架。杨振宁说：“19 世纪末，物理学发现了很多无法解决的问题、不能理解的现象，比如放射性。物理学一度被困扰。经过 30 年的努力，物理学史上最重要的三大革命——狭义相对论、量子力学、广义相对论打开了物理学的大门。”在物理学的黄金时代，爱因斯坦对狭义相对论、量子力学、广义相对论都做出了伟大的贡献，他遇到了可以修正牛顿所建的世界体系的框架的机会。这样的机遇当然对同时代的所有科学家开放，然而能否抓住机遇的关键在于眼光！眼光不仅包括概括问题、提出问题、认识课题的重要性，还包括“自由的眼光”（用杨先生的话来说就是，同时近观和远看同一课题）。既是飞鸟，俯视、孤持，有战略洞察力；又是青蛙，能够高明地解决具体的技术性问题。

杨振宁的研究生涯开始于物理学的“白银时代”。虽然他没有赶上牛顿、爱因斯坦的机遇，但用他的话来说，白银时代“物理学的大发展打开了很多新的方向，只要找准方向坚持下去，就会有好结果”。他的“孤持、隔离、自由眼光”促成了“杨 – 米尔斯非阿贝尔规范场论”！ 1947 年在芝加哥大学读研究生时，他就想把电磁学的规范不变性加以推广，想用一个统一的模型描述层出不穷的奇异粒子，然而周围没有人感兴趣。1954 年，尽管杨振宁知道自己的模型无法解释质量的起源，然而出于对美的欣赏，他坚持发表他和米尔斯的论文。除了泡利，当时没有其他人感兴趣。“杨 – 米尔斯非阿贝尔规范场论为宇宙中基本作用力和自然规律提供了解

释”[①]，大自然的一切相互作用力被归结为“对称性支配相互作用”这条基本原理。从某种意义而言，这是一个仅次于牛顿、爱因斯坦的诠释大自然的基本框架，堪比黄金时代的大成果。正是杨振宁的眼光创造了机遇！

二

黄昆先生是杨振宁的老同学与挚友。黄昆是莫特的博士生，也是玻恩的博士后与合作者。他的同学中有多人获得诺贝尔物理学奖，他也熟悉多位固体物理领域的诺奖获得者。我在中国科学院半导体研究所与黄昆先生同室办公 15 年。闲聊中，黄昆并不认为这些诺奖获得者都是天才，然而他认为，杨振宁是天才，并衷心佩服。

杨振宁的天才表现在：

（1）巨大的创造性。除了最重要的三项研究成就——杨 – 米尔斯非阿贝尔规范场论、弱相互作用中宇称不守恒定律、杨 – 巴克斯特方程——杨振宁在基本粒子、场论、统计物理、凝聚态物理 4 个物理学分支领域共有 13 项重要的贡献；不仅在物理学领域，他在数学、科学技术史领域也有开创性的研究成果；不仅在自然科学研究，他在文学、艺术、教育、考古等其他人文社科领域也有独特的见解。

（2）杨振宁在普林斯顿高等研究院的同事弗里曼·戴森在《飞鸟与青蛙》的序言中写道，杨振宁具有三个很突出，但也很少有人能将其结合在一起的特点：第一，十分高超的数学能力，使他能够解决技术性问题；第二，对自然的深刻理解，使他能提出重要的问题；第三，一种团队精神，

① 美国费城富兰克林研究所颁发鲍尔奖给杨振宁的文告，1994 年。

使他在中国文化的再生中起主要作用。对于他的领导力、亲和力和团队精神，我深有感受。套用黄昆的话，杨振宁是一位“最正常的天才”，完全没有许多科学天才的怪癖。

（3）我在多年与杨先生的接触中体会到：他既有大物理学家的远见和洞察力，又有杰出的数学感觉和功力；他具有罕见的、超常的记忆力；他具有数学公式般简洁、优美的文字和口头表达能力；他具有神奇的直觉，帮助他做出几乎总是正确的选择。

三

杨振宁在颁发诺贝尔物理学奖贺宴上的讲话中说：“我既为我的中国根源和背景感到骄傲，也为我献身于现代科学而感到满意，现代科学是人类文明起源于西方的一部分——对于它，我将继续奉献我的努力。”杨振宁在《杨振宁文集》的扉页上题词：“假如今天曾先生问我，你觉得你一生最重要的贡献是什么？我会说，我一生最重要的贡献是帮助改变了中国人自己觉得不如人的心理作用。”[①] 无论是1971年率先到大陆的破冰之旅，还是2003年全职回到清华任教；无论是与至交邓稼先的“千里共同途”，还是半个多世纪以来不计个人得失，为中国科技教育事业呕心沥血——百年杨振宁的心和根始终在中国，他对中国的复兴和人民的幸福始终怀着强烈的使命感。

我在《回归后杨振宁先生所做的五项贡献》一文中简要记述了杨振宁回到祖国定居后所做的贡献，今天我只是简单地说一说，他提出清华物理

① 杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998。

“攀登计划”，在探索中国杰出人才成长上所做的事。

杨先生归根后，把培育中国杰出人才，特别是世界一流物理人才，作为自己心目中最重要的一项使命。为此他做了大量的，多方面、多层次和全局性的工作，包括对杰出人才培养模式探索的指导。从1997年成立的基础科学班到2009年创立的清华学堂叶企孙物理班，再到2023年启动的清华物理“攀登计划”，无不浸透着杨先生的教育理念和心血。例如，同时强化学生的数学与物理基础，让学生在研究中掌握“渗透式”学习方式，不拘一格地培育人才，等等。

在杨先生指导下，清华的基础科学班、清华学堂物理班努力建设一个杰出人才容易脱颖而出的良好“环境”，取得明显进步，涌现出一批杰出的物理学家和高科技领域的领军人物，例如进入21世纪以来，已有25位物理系毕业同学获得斯隆研究奖。尽管如此，杨先生还是不太满意。2018年7月14日，在清华大学物理系“基科班20年·学堂班10年庆典活动暨杰出人才培养论坛”上，杨先生指出：“有一点值得关注，就是创建一流科学家不太成功。”他问道：“是不是有这个现象？有没有可以改进的地方？到底重要不重要，值不值得去研究？”他心目中的一流科学家是指能引领世界科学技术发展的大师。2022年1月，刚过完百岁华诞的杨振宁向中央领导递交了一封信。信中写道，中国今天到了这个程度，特别需要拔尖的人才，而中国的物理学人才是非常少的，培养人才机制也不够完善。杨先生建议国家在坚持和发扬中国传统教育的基础上，对于人数极少的特别优秀的学生，规矩放松一些，不要限制得太死，以利于这些有才干的人尽早发挥才智。

在杨先生的指导下，最近我们正在探讨培育一流科学家所需解决的一些深层次问题，包括：（1）降低急功近利大环境的干扰；（2）减少传统文

化和教育模式对个人原创力的抑制；（3）解决缺少世界级的科学大师的困难；（4）破解国际交流中存在的障碍；（5）面向未来的中学和大学物理教学的改革，特别在人工智能飞速发展的背景下，更注重思维能力而不是注重知识。我们讨论了解决这些问题的思路和可能的改革路径，计划在继承数理基科班和清华学堂物理班成功经验的基础上，把培育一流杰出科学家的事业推向新高度。

这部纪录片反映了现代科学在中国播种、生根、发芽和发展的过程，反映了中西方两种文化的碰撞与融合，从侧面折射了中华民族百年复兴的艰难历程。

平凡一面[①]

生物学家说，他喜欢美食，偏爱鼎泰丰的包子，也好奇战斗的蝈蝈和金丝猴；数学家说，他喜欢谈论区块链；科学史家说，他笔下生花的著述能力让人自惭形秽。

而他的家庭影像则记录了他的活泼与平凡。在首次修复并公开的 8 毫米胶片镜头下，他看着大儿子在老式高大的自行车上打滑，妻子做着摇摆的骑车姿势从镜头前划过，也担忧地注视着小女儿在巷子里摇摇晃晃地骑独轮车，并反复地大叫着“又礼，be careful，be careful，stop，very dangerous，stop，please stop，糟糕、糟糕、糟……”[②]。话音未落，女儿便在巷子尽头接近主路的地方摔倒了，于是他长舒了一口气：“Thank God（感谢上帝）。”

他的人生可以用诗构成。在首映式上，伴随着悠扬的旋律，生物物理

---

① 本文来源于2024年1月24日《杨振宁：百年科学之路》纪录片首映式的圆桌讨论实录，主持人是清华大学文科资深教授、智识学研社共同发起人钱颖一。圆桌嘉宾有：西湖大学校长施一公，中国科学院院士、凝聚态物理学家谢心澄，北京通用人工智能研究院院长朱松纯，中国科学院自然科学史研究所原所长刘钝。原文于 2024 年 1 月 27 日发表在“知识分子”。此处有修改。

② 此句中的英文意为“小心，小心，停下，非常危险，停下，请停下来”。——编者注

学家王志珍和清华大学教授薛澜朗诵了威廉·布莱克的一首诗《天真的预言》，这是杨振宁先生喜爱的诗。“一粒砂里有一个世界，一朵花里有一个天堂。把无穷无尽握于手掌，永恒宁非是刹那时光。”在战火纷飞的动荡年代，父母的臂弯撑起了一片广袤的自然天堂，杨振宁的足迹一路踏过合肥、厦门、北平、昆明，在海边捡拾精美的贝壳，用大小球凝望太阳、地球与月亮；爬过清华园里的每一棵树，研究过每一株草，与蝴蝶或蚂蚁搬家等重要事件对话；也在昆明的茶馆里与三两好友辩论量子力学，从白天论至深夜，直到谁也不能说服谁，再从宿舍的床上爬起来，翻开海森伯的书。

或许正是这种浸染，在之后的很多年，他做出的物理最终都化为了这样美丽的、强有力的诗歌，寥寥几行字藏下所有复杂的思想。那些数不清的复杂现象都被简化为几个美妙的方程，凝练为宇宙物质结构的基本原理。4个物理分支、13项重要贡献，那个黑色大理石方块镌刻的，是艺术与永恒。

人工智能专家朱松纯感叹道：“我一直念念不忘的是物理的大一统理论。在对计算机建模的过程中读到杨先生的规范群和相变理论时，实在令人钦佩。要知道人工智能很少有很美的模型，现在很多人在谈论的那些人工智能大模型非常丑陋。”

但诗不总是纯粹的优美。作为中国之子的杨振宁，其身世浓缩了中国百年的沧桑巨变。“我的起点即是我的终点，我的终点即是我的起点。”在杨振宁看来，他的一生是一个圆圈。不论是惆怅地去国离乡，还是坚定地重归故土，分离与团聚都是这一百年来最具时代性的故事。夹在中美两国、传统文化与现代科学之间，杨振宁的家庭中亦体现了这种分裂与胆怯。他回忆起1960年邀请母亲到日内瓦游玩，她却再三推辞，因为母亲幼时曾裹过脚，而她担忧畸形的脚展露着中国的落后与丑陋。时隔60多

年，这样的讲述出现在纪录片的镜头中还是无比深切的沉重。

这不仅是杨振宁自己需要回答的问题，也关乎一个国家如何对未来做出选择与承诺。它需要机缘、决心与热忱，没有人比杨振宁更适合做这道桥梁。因为他本身就彰显着一种最大的平等，“科学活动向所有文化和人类开放”。无数后辈科学家被他的故事激励，也因他的选择而开启了一波科学家流动的大潮。

杨振宁的身份从来不局限于伟大的科学家，他还是一位敢于直言的公共知识分子、为小辈们无私奉献的慷慨前辈、热心教育的活动家……

以下为《杨振宁：百年科学之路》纪录片首映式圆桌讨论实录。

钱颖一：施老师您跟杨先生有许多交往，想请您跟我们分享一下，在跟杨先生交往中一些印象深刻的故事或者事情。

施一公：因为时间关系，我举一个特别小的事例。在我刚回国不久，2009 年 9 月，北大饶毅、清华杨振宁一起组织了一场科学艺术论坛。那是唯一一次听杨先生讲了足足 60 分钟，讲物理学之美。他自己做的幻灯片，用的都是最原始的资料。他很好地分享了对每一位大师级的物理学家——从爱因斯坦到狄拉克——的学术、为人、学术进展等的看法。虽然我的大学物理忘得差不多了，但听完那节课，我感觉不仅恢复了，而且对物理学的感受力和对世界的理解有了更深层次的认识。他的语言非常简洁，但很有洞见，观察问题非常细致深入，他是一个天才。

钱颖一：一位生物学家听物理学家讲了一小时的课，之后印象深刻。谢心澄老师是物理学家，请谢老师分享一下对杨先生的印象。

谢心澄：我自己的领域实际不是杨先生的主流领域，即使这样，在我自己的科研生涯中，也有好几次不得不看杨先生的原著（大概三四篇），虽然不是最著名的文章，但在我的生涯中一直需要仔细学习，可见他在物

理学领域的广度，纪录片也有反映。

纪录片中提到杨振宁先生 90 多岁后，还继续在原子领域写文章，刚才朱（邦芬）老师提到很多文章是在他的杂志上发表的，实际有些文章发表在国外知名杂志上还是遇到了困难的，但他坚持不懈地继续工作在第一线，这给我留下了深刻印象。但通过我跟杨先生的接触和讲话，我觉得他对整个科研大环境相对更乐观一些。氛围的改善非常重要的一点就是，希望我们广大的科学工作者一直要工作在第一线，真正在工作中有突破。

钱颖一：谢谢。下面有请朱松纯，他是研究人工智能的。

朱松纯：我从小向往物理学，1986 年我高考报的是咱们中科大（中国科学技术大学）的近代物理系，被大一统的梦想吸引，结果我家里到招生办把我的志愿改了，当时大家都觉得未来科技的前沿可能在计算机方向，所以我就进入了计算机专业。但我一直认为，计算机跟物理比起来，还是肤浅了许多。

刚才杨先生在纪录片中讲到，他有 1/3 的论文是在统计力学（统计物理）领域，2/3 是关于宇称。我很有幸在哈佛大学做博士研究的时候，有两个机会接触到了杨先生的工作。在计算机视觉建模过程中，我读到了两篇杨先生在统计物理方面的文章，当时感到非常惊人。

第一次是重正化群（renormalization group）。当时我们想要构建一个视觉的模型，人看世界的视角走近走远看都是一样的，我们的感觉是不变的，所以，视觉的模型应该是尺度不变的。有人指出物理学也考虑过这个问题，所以我就找到了他的文章，看了之后感到非常震撼。

第二次是相变（phase transition），他在影片中特别谈到相变理论。相变就是在某个特定的温度，比如在零度冰水汽的状态转变，这是一个很复杂的物理现象，他们居然能够把这个现象解释成为统计物理的模型中的一

个特征，就是，概率模型的熵率的函数（entropy rate function）在某一个点上的一阶导数不存在，就是有奇异点存在，在那个点上不可微分，而对应有多个导数值，从而出现相变。我们在人工智能领域建模，也经常有从一个模型转到另外一个模型的时候，比如逻辑（像冰）、概率（像水）、神经网络（像汽）同时存在于我们的思维中。这是如何切换的？我一直在考虑这些问题。

能不能像杨先生这一辈物理学家那样，用简单的物理方程来解释非常复杂的现象？物理学家在这方面的工作非常令我们佩服。要知道，现在做人工智能很少有美感的模型，现在很多人在谈论的那些人工智能大模型非常丑陋，连这些模型是什么都说不清楚，更不要谈美感。

杨先生给我们这些非物理专业的人，在山顶上树立了一个标杆。因为我一直念念不忘大一统理论，当时在中国科学技术大学读书的时候，我没死心，我就想智能也是各种现象（认知智能、感知智能、具身智能、心智、社会智能等），跟物理学中的各种现象（光、电、磁、重力等）是类似的。我就相信在这么多复杂的、说不清楚的现象背后，一定有一个非常简单、很美的数学理论，这是人类智能和人工智能所共有的。我在大学的时候就思考这个问题，30 多年过去了，到今天仍然相信，这是为什么我后来做通用人工智能（AGI），我认为 AGI 一定不是一个几万亿参数的大模型能够做出来的这么一个说不清楚的东西，一定是一个非常美的、简单的东西。在影片中，杨先生一直在谈物理之美这一点，我觉得从精神上受到杨先生他们这些人对美的追求和信仰的影响，就是你相信这个东西一定要存在，所有科学都是追求用最简约的模型来解释纷繁复杂的现象。

我相信现在科学的前沿确实是朝着信息科学、智能科学转移，从物理空间转向信息、思维和认知的空间。在这些新的空间，它们的复杂度和模

型与物理的模型显然是不一样的，这也是我们中国成为世界科学中心的一个机会。

我们希望北京建成世界的科创中心，这个科创中心必须有原创的思想、原创的技术路线，不能跟着人家的大模型、阿尔法围棋（AlphaGo）跑，那永远也不可能建成一个世界科学中心。我们要有这种胆量、气魄与定力，在新的科学花园中去构造自己的理论，有可能我们这一代人也只是做一个转移和铺垫，但我相信我们能够做出杨先生那样的大师级的、领先世界的成就。在通用人工智能领域，或许我们有机会做出可以贡献给全人类的成果。

钱颖一：刘钝老师是研究科学史的，他说科学家向前做工作，他们科学史是向后看，但往往有时候向后看的时候看得更清楚，而且刘钝老师跟杨先生有很多交往，请您也给我们分享一下印象深刻的故事。

刘钝：你已经把我要说的说了。其实这话是我们老院长路甬祥说的，中国科学院的研究所大多是做前沿的，是往前看的，我们所是往后看的，往后看也有往后看的用处，急匆匆赶路的时候稍微停下脚步回头看一看我们是怎么走过来的，看看周边的环境怎么样，这是必要的，也是一种历史感。历史感是一种高级的思想体验，不是知道唐宋元明清，不是能说出清朝十个皇帝的庙号就是懂历史。

我觉得杨先生就是一位特别有历史感并在前沿工作的科学家，我跟他接触还是比较早的（有 30 年）。20 世纪 90 年代初，他就通过在石溪访问的张奠宙老师，问能不能提供一些关于中国近代科学的文章，后来张老师就跟我说，我就给他寄了几篇不成样子的小作。

后来杨先生就在他那篇有名的《中国近代科学的回顾与展望》中引用了，而且以后他就记住了我这个小人物。在不同场合有人介绍，因为我这

个人很害羞，不太愿意主动打扰大人物，没想到杨先生总是说“我认识”甚至“很认识”。

刚才我们看片子也知道，他还保留着一些物理大家的视频，刚才朱老师的话“‘白银时代’的一些物理学家”特别好。这话我也问过杨先生，我说可不可以说你们是“白银时代”，杨先生本人就是物理学“白银时代”的代表。他研究了很多物理学家，从“黄金时代”的爱因斯坦开始，到“黄金时代”与“白银时代”之间的那批人，包括那些量子力学的建造者，对他们的研究风格都有非常中肯的分析。同时，他也对他同时代的人，像施温格、戴森等都做过研究。

他也很关注中国近代物理学，曾批评中国在这方面一塌糊涂，弄得有些同事觉得脸上挂不住。我觉得一方面这是他的口头禅，另一方面确实是这样，我们做得很不够，达不到他那个深度。他提出中国近代物理学起码有五个人值得研究，一个是王守竞，两个姓吴的——吴有训、吴大猷，另外两个——赵忠尧、王淦昌——更重要。后两人的工作是在20世纪三四十年代做的，特别是王淦昌是在抗战时期，他们在物理学前沿提出的想法与后来获得诺奖的工作有关。对这些人，我们中国的科学史家当然应该做研究，所以我是口服心服的，最近他对吴健雄的贡献也做出很精彩的评论。我看完这个影片觉得非常好。

刚才朱老师还提到杨先生2005年的那篇文章，我可以讲一点儿小故事。2005年是“爱因斯坦奇迹年”100周年，恰好我们在北京举办第22届国际科学史大会，我是大会组织委员会的负责人。我跟杨先生说，我看过他前一年在乌尔姆写的纪念爱因斯坦的文章，我们可不可以请他用这个做一场大会报告。他说不要，他给我重写，他有一篇新的东西给我。后来不到三个月，他就写出来了，而且他在大会开幕式后做了主题演讲，就是

那篇《爱因斯坦：机遇与眼光》。

施一公：大家讲的都是杨先生对学术的看法，我给大家说说杨振宁先生学术之外的一些事情。他是一位特别热爱生活的老人，而且童心未泯，特别喜欢美食，尤其是鼎泰丰小笼包。有时候我们在清华吃饭，会专门从鼎泰丰订一笼小笼包送过来。我第一次和杨先生出去吃饭，也是在鼎泰丰，就在中关村当代商城 6 楼。

还有一次，杨先生要去范曾先生家里吃饭，请我们一起去。范曾先生养了一笼蝈蝈，应该是会叫会打架的那种蝈蝈。杨先生特别感兴趣，想打开像保温杯一样立着的笼子看看，结果一碰到笼子，笼子就倒了，盖子也开了，蝈蝈暴露在外面。大家一阵手忙脚乱……其实杨先生是一个特别有趣的人，很普通、很平常，但很亲切。

不圆滑的科学家

钱颖一：除诺贝尔奖得主的身份外，杨先生有哪些工作努力和付出，是外界不太了解但你们比较了解的？请给我们分享一下。

谢心澄：我可能不知道大家不了解的，我觉得大家可能都了解。我觉得对国家事情的关心，有的事情哪怕是可能会得罪人的，他都非常率真、非常真诚，这点我是有体会的，大家可能也能感受到。

朱松纯：我们很多顶尖的科学家都不敢说话，科学方面有争议的事情不敢站出来说，怕得罪人。有的时候是怕冒犯领导，有的时候是怕得罪我们同行，所以开会的时候，大家都是一团和气。特别是年轻人讲话中规中矩，让他们发言吧，基本都是讲废话、客套话，这个气氛对科学的发展是非常不利的。

我非常佩服杨先生几年前论证高能物理大项目的事情，我这里不评论他说的是否正确，但他站出来敢于说他不同意，他提出反对的理由。敢于站起来说得罪很多人的话，这种精神是当代缺失的。我觉得在科学争论上能够不那么圆滑、不那么世故，我国大多数科学工作者做不到这一点。

我现在的很多发言，有好心人就来提醒："朱老师，为了保护你，你这个话就别说了。"我常常需要"被保护"，我觉得这主要还是因为科学文化的缺失，是科学共同体的问题。科学的争论最后还是需要科学家出来说话，敢于辩论。年轻人要敢于否定前辈，不要在发言或者写邮件的时候，开口闭口"尊敬的某某院士"。我觉得杨先生在这件事上也给我们做出了榜样。

我再多说一个感触。现在中国科学的发展已经到了一个新的时期，我们正在走向世界科学舞台的中央，但大家都在问，为什么我们一直没有世界级大师出来？我觉得在很大程度上是因为我们的文化，我们一直都在否定我们自己人。你说霍金是不是大师？你说图灵是不是大师？在中国的社会舆论中，都说他们是世界级大师，都是科学的顶峰。

但是，学物理的人都知道，杨振宁的科学贡献远在霍金之上，这是客观的事实。但是，为什么霍金在中国受到这么多崇拜，而杨先生受到这么大非议？如果我们不能去保护我们的科学家，不在世界舆论中宣传我们的优秀科学家，那么我们这个民族就没有代表，我们就只能永远去崇拜国外的科学家。

刚才杨先生说了一句话，他说他最大的贡献就是让中国人有自信，自信可以在国际科技前沿做出杰出的贡献，但是，我觉得中国人直到今天在科学上还是没有足够的自信，我们这个社会总是否定我们自己的天才人物，抓住他们的小事情不放过。我要在这里呼吁一下，中华民族在科学上

不是没有人，只是我们不推崇自己的人。

刘钝：我很感佩他的“码字”能力，我们很多文科编辑，甚至记者、写手，现在写的东西不能看，不妨看看杨先生给我们的范文，《邓稼先》《我的父亲》《我的母亲》，真的是非常漂亮。他出国多年，在美国肯定不会常用祖国文字，结果笔下生花，很了不起。还有他的艺术造诣，片子里有很多范曾先生的镜头，其实杨先生的艺术家知音还有很多，如小时候的玩伴、后来成了著名书法家与雕塑家的熊秉明，还有目前担任中国美术馆馆长的吴为山。杨先生的审美品位是非常高的，这是我印象特别深的。

施一公：大家讲的我都同意。在杨先生和李先生获得诺奖之前，在世界范围内，中国人没有足够的自信，不觉得中国人可以把科学做得很好。原因很简单，世界上代表科学最前沿的发现，由中国人做出来的非常少，当时中国人还没有得过诺奖。所以对中国而言，1957 年两位先生得诺奖是历史性的事件，对当时那一代人，甚至后面几代人的触动都非常大。现在的孩子也许不这样看，他们只是看教科书，可不要忘记，现在孩子的老师的老师的老师，都是从那个时代过来的。

我在普林斯顿大学做教授的时候，比我年长的同事跟我说，他们都认为杨、李对中国人甚至对亚裔的贡献都很大，他们让中国人意识到自己并不笨，我们也可以做最前沿的科学。从这个意义上讲，杨振宁、李政道对中国的贡献可以说是无人出其右。

另外，杨先生在回来之后，经常有人说他年纪大了，这也是片面的看法。杨先生在清华大学高等研究院是定海神针，帮助清华引进了一批原本不可能回来的大师级的科学家，这一点是无可争辩的。

而杨先生回到国内、回到清华本身就是一个信号，对海外资深学者的影响非常大。在我接触的圈子里，很多人都会说：“你看，杨先生都回来

了！他会影响60岁的人、50岁的人，甚至40岁、30岁的人。”也许20多岁的小伙子不会因为杨先生在清华而回来，但他的老师会因为杨先生在清华而回到清华，这一点很多人没有意识到，所以杨先生对中国即便是过去20年的科学进步、人才引进，也做出了很大的贡献。

提携后辈

钱颖一：接下来问一公一个问题，请另外三位每人用一句话简短概括。问题是，杨先生出任西湖大学董事会名誉主席，这对你、对西湖大学意味着什么？

施一公：其实就一句话，西湖大学是一所非常年轻的大学，但得到了老一辈科学家的极大支持。杨先生2016年接待詹姆斯·西蒙斯夫妇来清华访问的时候，专门让我从杭州回来一起吃晚餐。杨先生告诉我说西蒙斯很有钱，并且愿意做慈善捐赠，也许可以帮助西湖大学。杨先生也不止一次表示，如果年轻30岁，他会加入西湖大学，就像当时加入石溪分校一样，创建一个新的学科。当然我相信，在杭州这样的好地方，西湖大学会走得更远一点，这对我们是极大的鼓舞。

谢心澄：杨先生给我的印象是惜字如金，总是抓住问题的关键，没有废话，所以我也不讲了。

朱松纯：感谢施一公、饶毅和潘建伟发起制作这部纪录片，我认为这意义非常重大，中国需要热爱我们民族的杰出科学家，弘扬科学家精神，在当下关键的十年，涌现出更多原创的科学成果和大师级的科学家。

刘钝：重复施一公的话，杨先生是定海神针。爱因斯坦在德国，德国是世界物理学中心，爱因斯坦到了普林斯顿，美国成了世界物理学中心。

愿杨先生这根定海神针长寿，继续为我们做榜样。

钱颖一：我对刚才的影片印象最深刻的一句话是杨先生说的，这个世界最神奇的地方是，这么复杂的物理世界居然可以用这么简单、这么美的数学公式来描述出来，我想这是所有科学家非常嫉妒物理学家的一个方面。

影片中还有一个让我印象深刻的画面是，杨先生在海边捡贝壳，他自己说捡到几个贝壳，相信我们的中国科学家应该会捡到更多的贝壳。

百岁传奇[①]

我为了写《规范与对称之美：杨振宁传》，和他有很多深度的交谈，也和他几度出游，我发现他虽然是一个大科学家，却也是一位极能尊重他人、没有身份架子的平易人物。

杨振宁100岁了，他的一生是一个传奇，他如此长寿又如此快乐，是大家都感动的传奇。

1985年6月5日，一个星期三，我在石溪分校头一次见到杨振宁。那是一次长程采访之旅的一站，后来我写了一篇文章《石溪行——会见杨振宁》，刊登在《中国时报》的人间副刊，可以说开始了往后同杨先生愈益深远的长久交谊，其中包括1998年正式开始的《规范与对称之美：杨振宁传》的写作，却都是当时始料未及的。

近40年前对杨先生的初次印象，是他虽然穿着整齐，但显然不讲究细节，因为头一次他同我见面时，打的领带是歪的。

---

① 本文作者江才健，资深科学文化工作者，《中国时报》前科学主笔，《知识通讯评论》发行人兼总编辑，台湾大学新闻研究所兼任副教授，《规范与对称之美：杨振宁传》作者。原文发表于《亚洲周刊》，“赛先生”获授权转载并发表于2021年10月10日。此处有修改。

2017年为了杨振宁的95岁生日，同样在北京的清华大学有一个半天的小研讨会，在中午的一个“不讲究”的午宴中，我有机会上台说几句话，我在讲“杨先生的几个印象”中先展示出一张照片，是他那次同我见面站在办公室里的照片，他的领带明显地歪向一边，当时我用了一个词“asymmetric”（不对称）来形容，而杨先生一生物理思想最重要的核心概念，乃是“对称决定交互作用”。

《石溪行——会见杨振宁》在同他见面半年多后才刊出，是一篇比较成功的文章，我把文章寄给他后，他马上给我回了信，内容很短，只说“谢谢你寄来你的文章。我觉得写得很好”，充分显现他的平实个性，不过信后倒是花了一些笔墨，介绍新出版的两本谈20世纪物理学的书给我。

此后我同他开始有较多的通信，每次他都很快地回信给我，信封也都是自己动手写的。那几年间他就鼓励我写吴健雄的传记，1989年，我到纽约一年，开始写《吴健雄传》，同他来往见面甚多，有在石溪分校，也有在纽约曼哈顿市区，可以说已是无话不谈。

1992年，我头一次到大陆。除了在北京、天津的活动，我还同杨先生一起坐夜车到太原，坐山西大学的小汽车北游五台山到大同，回到北京再去了合肥以及上海，有两个多星期。

那年正好杨先生70岁，在上海新锦江饭店的庆祝晚宴后，杨振宁跟我说：“我们出去散散步。”他的汽车送我们到人民广场，我们下来绕了一圈，还在路边用了一个收费的厕所。路上他背了韦庄的词《菩萨蛮》，开头是“人人尽说江南好，游人只合江南老”。杨振宁还说，许多年后，你一定会记得这一天晚上。他说得不错。

1998年，我再到美国，开始《规范与对称之美：杨振宁传》的写作工作，多次同他在石溪分校的办公室谈话。记得在一次谈话中，他突然向

我提起，说希望以后我的传记写出一章后，能给他看看。我当时没有吭气，他立刻知道我并没有同意，就没有再说，但没有放弃这个想法。

到2001年9月，我已经回到台北，《规范与对称之美：杨振宁传》也写了两年多。有一次，我同他为传记的事通传真信，他简单说了那些事后，接着写道：

> 我想了一下，觉得你最好把你的稿子给我看一下，因为：
>
> （1）可以避免错误；
>
> （2）可以对轻重与辞意，我会提出好的意见。

他在最后还加上了一句话："你不采取我的意见，我不会在乎。"

因为有这样的一个"但书"，我同意了，因为他知道这个传记是我的著作，理当操之在我。

事后来看，杨振宁的看法对不对呢？就第一项来说，应该绝对是对的，我极可能有过一些事实的错误，也更正了。就第二项来看，他有没有对轻重与辞意提出意见呢？有的，但是不是好的意见呢？我以为未必尽然，因为事涉复杂，不适合在这篇短文中来讨论。

我之所以要提出这样一个传真信的事，是因为这正显现出杨振宁虽然是一个大科学家，却也是一位极能尊重他人、没有身份架子的平易人物。我认识的著名华人科学家不少，能够像他这样不讲究身段、没有架子的，其实很少。我也好几次看到他在一个研讨会的休息时间，被一个年轻学生缠着讨论问题、不克分身的场面，因为他多不会拒人于千里之外。

2000年，我随他一起到云南，出席昆明旅游节，他是受邀参加的贵宾，因此后来旅游有一位保护他的警官随行。我们到了丽江，要坐缆车上

有冰川的玉龙雪山。因为海拔较高，那位警官不准他跟他的两个弟弟和我一起上山，杨振宁居然说他可以做伏地挺身，证明他身体很好，但那位警官还是不为所动。那天天气极好，我们下来后，杨振宁一再追问山上情形，还对那位警官说："下次我还要再来，而且不要你们保护。"后来，他果然再去了两次丽江，也都上了玉龙雪山。

平易和懂得人情世故，确实是杨振宁令人仰望的特质，我想这与他自幼因父亲出国留学五年，与母亲在大家庭中成长的早熟有关。他的个性也反映在他的近友与门生之上，我认识他的一些学生，多是寡言沉潜个性，他的故友，如最近他提到的邓稼先，还有西南联大的同窗黄昆，清华园一起长大的熊秉明，都有他所喜欢的"宁拙毋巧"。



图 5.8　2008 年，杨振宁在玉龙雪山留影

图片来源：清华大学。

第六章
清华与教育

指导研究生的目标：走进“活的物理学”①

理论物理学家杨振宁，于20世纪60年代中期从美国普林斯顿高等学术研究院转到成立不久的纽约州立大学石溪分校物理系，任爱因斯坦讲座教授，组建了理论物理研究所（Institute of Theoretical Physics，ITP）并任所长。石溪距美国布鲁克海文国家实验室不远，形成了良好的互补研究环境。杨振宁在ITP前后任职33年，于1999年退休。

杨振宁去石溪分校以前在普林斯顿没有研究生，到石溪分校才开始指导研究生。他后来说，他指导研究生（的目标）主要是把他们带进“活的物理学”。在其所著《读书教学四十年》一书中，杨振宁写道：“有血有肉的物理学，才是活的物理学。”

那么，什么才是“活的物理学”呢？要回答这个问题，让我们先看看斯坦福大学讲座教授张首晟（清华大学特聘教授，因发现拓扑绝缘体而获得2015年富兰克林奖章）所说的一段话，其中记述了他自己作为杨振宁

① 本文作者杨振玉，杨振宁之妹。原文发表于《中华读书报》2015年6月17日第05版，“赛先生”获授权转载并发表于2015年6月21日。此处有修改。

的研究生所取得的经验。

很幸运，杨为入学的研究生们开了一门课“理论物理中的特选课题”。在这门课程中，杨完全没有提到我所考虑的物理学前沿的问题，而是讨论了阿哈罗诺夫－玻姆效应、伊辛模型的双重性、一个超导体的量子化、相变和全息成像、非对角长程序，以及规范场和磁单极的概念。我学到最多的是题目的选择，这些题目反映了杨对物理学的个人品味，这是从书本上学习不到的。在这些题目中，我领悟到了复杂的自然界能够通过简单而漂亮的理论公式来掌握，这也就是理论物理学。①

比张首晟早十几年，杨振宁的另外一位研究生比尔·萨瑟兰（犹他大学教授，现已退休）在《杨振宁：20世纪一位伟大的物理学家》一书中写道：

让我描述一下与杨一起工作的情形。我是杨在石溪的第一位研究生，在3年的时间里，杨似乎有无限的时间可以用在我身上。我记得有许多次，当我在早上想要去杨教授的办公室，看看他有没有几分钟时间和我讨论某些问题时，我会被请入一间气氛愉快的房间。我们从讨论开始，很快会进入各自安静的、“平行的”工作状态。杨在白纸上写，我则在黄纸上写，我们不时地比较各自

① G. Sterman, A. Goldhaber, R. Shrock, *Symmetry & Modern Physics*, New Jersey: World Scientific Publishing Company, 2003:20.

的草稿。杨的秘书有时进来看看我们需要什么，或是杨要与什么人谈话。杨或许会停止几分钟去接一个电话，有时候是去会晤一位访问者。这时，会有较长的间歇，我就去翻阅成堆的预印本、书架上的书或者油印本，以及诺贝尔奖的演奖词，等等。然后，杨会从附近的食品店购买可口的三明治到工作室。在午餐时间或之后，我们会做更多的讨论和工作，比较两人的（研究）结果，直到午后结束。我会感到跟上杨的工作很吃力。日复一日如此工作，我体会到从未有过的努力和从未有过的愉快。在那间工作室里，有十分温暖和被呵护的感觉，而气氛又是充满了智慧和激情的。许多好的工作就出自那样的气氛，并且是源源不断地。我感谢杨振宁教授离开普林斯顿高等学术研究院的“象牙塔”而转入更大的世界，对杨而言，这是一个相当大的转变。我感谢杨所给予我的，远多于单纯的教育友谊。

另外一位杨振宁的研究生是赵午（粒子加速器设计的前沿理论学家之一，现为美国斯坦福大学教授）。他在《杨振宁：20 世纪一位伟大的物理学家》一书中写道：

1973 年，我还是石溪分校学高能物理的研究生，受教于杨教授时，他督促我去学习一个叫加速器物理的题目。遵照他的指导，我选了欧内斯特·库朗教授的加速器理论课，而且非常喜欢。后来，在 1974 年我毕业之前，杨教授又很认真地建议我选择加速器物理作为我的事业。起先我很犹豫，当再次与杨谈话，且经过辩论，最终我听从了他的建议。今天，当我回顾过去，我知道对我

而言那是一个正确的选择。我很幸运，在我学术生涯的关键时刻获得了他的指导。加速器物理是物理的一个分支，涉及带电的粒子束，涵盖很宽的活跃的范围。但我将只谈及一个范畴——非线性动力学，我相信杨教授对这一题目一直保持着兴趣。

再举一个例子。余理华（美国布鲁克海文国家实验室资深物理学家，上海浦东加速器自由电子激光项目首席科学家）于1979年成为杨振宁的研究生，他在《对称性与现代物理学》（*Symmetry and Modern Physics*）一文中写道：

在（和杨的）对话中，我学到了科学的许多不同方面，认识到不同领域的科学是活的，有其生命周期。有快速发展时期，也有缓慢发展时期……杨教授教导我研究就如“找金矿”，在已被彻底地探索过的领域，很难再找到金矿，但如果在未被探索过的领域，发现金矿的概率会更高。有一天，在一场原子物理的学术报告会后，杨教授告诉我，我应该像天线一样，开拓我的头脑去研究和捕捉信息。此后，我就开始注意不同方向的学术报告，并且总是记得寻找活跃的、有兴趣的领域。我发现自己对自由电子激光很感兴趣，并且它充满机遇，此后我就进入这一领域工作。

杨振宁的另一位研究生韦杰（现任美国密歇根州立大学大型重粒子加速器主任），在回国参与中国科学院高能物理研究所和中国科学院物理研究所合作的某加速器建设项目时，曾在采访中谈起杨振宁。采访他的清华大学的王珊珊记述道：

在读书期间，每当他（指韦杰）遇到重大问题，不知道该怎么办的时候，就去找杨先生帮助。在他博士资格考试口试和毕业答辩的时候，杨振宁都是主席。与杨先生的接触，让韦杰感受到了大师的智慧与力量……他说杨先生的成就不是他所能望其项背的，很多科学家研究的范围很窄，是地地道道的“专”家，但杨先生对物理学有整体的把握，已经达到了融会贯通的境界……

杨振宁的研究生中只有一人是高能物理学家，其余都成为活跃在物理学不同前沿领域的重要科学家。他们受杨振宁的影响，选择了有血有肉的活的物理学。

品味和风格对教育思想的影响[①]

研究的创造性与研究风格和品味

杨振宁先生是一位“继爱因斯坦和狄拉克之后，在20世纪物理学领域有卓越风格的大师”，弗里曼·戴森这样评价道。

杨先生和米尔斯提出的“杨－米尔斯非阿贝尔规范场论”“为宇宙中基本作用力和自然规律提供了解释”，大自然的一切相互作用力被杨先生归结为“对称性支配相互作用”这条基本原理；杨先生和李政道先生提出在弱相互作用中宇称不守恒，堪称石破天惊，具有革命性的意义，以至于从论文发表到获得诺贝尔奖相隔只有一年零几天，至今仍是一项世界纪录；而杨先生和巴克斯特分别独立提出的杨－巴克斯特方程是一个基本的数学结构，在物理和数学两个领域都有极广泛的意义。

---

① 本文作者朱邦芬，凝聚态物理学家，中国科学院院士，清华大学高等研究院教授、物理系教授，“清华学堂”物理班首席教授。文章根据朱邦芬2021年9月23日在“杨振宁先生学术思想研讨会世纪物理情”的报告整理而成，原文收入《庆祝杨振宁先生百岁华诞文集》（香港商务印书馆，2022）。“赛先生”获授权转载并发表于2021年9月25日。此处有修改。

为什么杨振宁先生具有如此巨大的创造性？这与他独特的风格和 taste 有关。在《杨振宁论文选集》[*Selected Papers*（*1945—1980*）*with Commentary*]一书中，他的第一个评注这样写道：

> 在每一个有创造性活动的领域里，一个人的 taste，加上他的能力、脾气和机遇，决定了他的风格，而这种风格反过来又决定他的贡献。
>
> 乍听起来，一个人的 taste 和风格竟与他对物理学的贡献关系如此密切，也许会令人感到奇怪，因为物理学一般认为是一种客观的研究物质世界的学问。然而，物质世界具有结构，而一个人对这些结构的洞察力，对这些结构的某些特点的喜爱，某些特点的憎厌，正是他形成自己风格的要素。
>
> 因此，taste 和风格之于科学研究，就像它们对文学、艺术和音乐一样至关重要，这其实并不是稀奇的事情。

杨先生的这段话可以做这样的解读：

taste 和风格，不仅仅属于文学艺术，对于创造性的科学研究同样重要。物理（科学）所研究的宇宙是非常复杂多样的，呈现出多面性

就像音乐家有不同的风格，科学家也有非常不同的风格，不同风格的科学家都可以做出杰出的贡献。然而，具有某种风格和品味的科学家，容易对某些问题产生兴趣，有较高的概率产生共振，从而为解决它创造前提。

例如，在西南联大，杨振宁对群论、对称性与不变性有浓厚兴趣；在芝加哥，他对外尔发现的电磁学的规范不变性非常感兴趣，又想把它推

广，而周围的其他研究生则没有兴趣，也不会去研究，这样，杨振宁就有较大的可能性取得成功，而其他人则没有这种可能性。

taste 和风格既有联系，也有区别。风格决定具体贡献，而品味是决定风格的一个要素

一个人要有大的成就，就要有相当清楚的 taste。做出创造性成果的研究者，观察事物往往与别人的视角不同，思考问题往往想人之所未想，解决难题往往有“独门绝技”。因此，研究者的研究风格和研究品味越与众不同，越可能产生独特的创造性成果。培育杰出的创造性人才，首先要让这些人有自己的品味和风格。

科学品味往往在学习知识的时候开始形成

就像杨先生所说，“一个人在刚接触物理学的时候，他所接触的方向及其思考方法，与他自己过去的训练和他的个性结合在一起，会形成一个英文，叫作‘taste’”。

而从这样的 taste 出发，进一步学习和研究就会逐步形成“对他将来的工作会有十分重要的影响，也许可以说是有决定性的影响”的风格。

风格通常为一个成熟的研究者所具有

杨振宁先生曾经的同事马克斯·德雷瑟在庆祝杨先生 70 寿辰文集[①]中撰写了一篇题为《试论物理学中的风格和品味》的文章。

---

① 丘成桐、刘兆玄编，甘幼坪译，杨振宁：20世纪一位伟大的物理学家，桂林：广西师范大学出版社，1996。

这篇文章讨论了风格的多样性，尝试对风格进行分类，包括奥斯特瓦尔德的分类、郎道图、戴森分类、克拉默斯分类，还用费米和海森伯、乌伦贝克和杨振宁两个实例来具体比较风格的差异。

杨先生评价“这是一个最后没有完成的关于物理研究风格的非常有趣的分析。这一研究如果彻底做完，我相信将为物理史研究确立一个重要的新方向”。以下对科学家一些风格的分析，可参见德雷瑟的文章。

杨振宁先生的科学风格

杨振宁先生曾用一个数学式子（D+E+F）/3 来描述他自己的风格，其中 D 代表狄拉克，E 代表爱因斯坦，F 代表费米，这三位物理学大师都是杨先生心中的偶像。

狄拉克、爱因斯坦和费米这三位科学大师虽然有共同的特性，但也具有不兼容的风格，例如，根据戴森分类，爱因斯坦、狄拉克是“统一派”，而费米属于“多样派”。杨先生各取三人的 1/3，其实是取三人的部分并加之修改，形成了自己独特的风格。在戴森分类中，杨振宁是统一派，但杨先生同时也是一位著名的多样派。

对数学之美的欣赏和对物理之美的追求

对数学之美的欣赏和对物理之美的追求并存，并一以贯之，是杨振宁研究风格最显著的特点，其根源也许来自对美的欣赏和追求。

数学是理论物理学家最常用的语言。爱因斯坦认为“物理学的创造性原理存在于数学之中”，非常强调数学的重要性；狄拉克强调“必须只运用美丽的数学，才可以建立有效和相关的物理理论”“数学的美丽是区分

有希望的理论和混乱的死胡同最重要的单一结构”；“费米是最后一位在理论和实验领域都做出伟大贡献的物理学家”，他总是使用最少的必要的数学去达到描述新物理现象的目的，但该用时也从不回避非常规的数学，如他的 β 衰变理论最早用了二次量子化语言，实际上是一种场论。

受父亲影响，杨振宁欣赏数学的优美和力量。杨振宁既是大物理学家，又积极推动了现代数学的发展，他的杨 – 米尔斯规范场和杨 – 巴克斯特方程的影响遍及多个数学分支学科。杨振宁一直批评一些物理学家对数学的“实用主义态度”，不同意一些人持有的“有一类研究数学性太强，未必与实际物理学现象有关”的观点。

杨振宁在从事某些课题研究时“以一种直接、平淡的方式去处理问题，分析和解释实验结果。这时他常常以一种革新和出其不意的态度尽最大努力在现有的理论中发掘，很少显示出要进行根本性变革的愿望，使人想到费米的风格”（马克斯·德雷瑟）。

例如，关于杨振宁受费米崇尚实际的风格的影响，戴森在其著名文章《保守的革命者》中说得很清楚。

“从 1954 年发表的‘杨 – 米尔斯’这篇卓越的文章的题目中可见，今天任何一个谈到这篇文章的人，都会将它称作引入非阿贝尔规范场的文章。可是，文章的题目《同位旋守恒与同位旋规范不变性》并没有提到非阿贝尔规范场……如何了解同位旋守恒这个物理问题出现在先，而抽象数学观念非阿贝尔规范场出现在后。这是费米处理这类问题时会采用的方式，也是富兰克（杨振宁的英文名）处理这个问题所用的方式。

“费米的伟大在于他既懂得如何计算，又懂得如何倾听自然的声音。在其一生中，富兰克均衡地处理了他抽象数学的天才和费米对于物理细节的脚踏实地的关注。”

又如，杨振宁擅长群论和对称性分析。对于对称原理重要性的敏感和认识，使他发现许多“大算”可以化为不必要，“顿悟”出解决 $\theta-\tau$ 之谜的关键观念——赝标量。杨振宁对非阿贝尔规范场的数学形式“美”矢志不渝，一旦得到干净的美的表达式，即使质量问题尚未解决，也认为值得发表，颇有狄拉克所信仰的“美丽的数学”的味道。而杨振宁把外尔的标度（规范）不变修改为相位不变，貌似简单地推广而得到“对称决定相互作用”的思想，这又使人想到爱因斯坦的物理。

独立

克拉默斯的物理学家分类方案包括 4 种对偶分类，其中一种对分是“独立者”和“附属者”。在克拉默斯看来，附属型物理学家可以与独立型物理学家一样具有很高的创造性和革新性，但附属型物理学家由于不能“完全信服自己工作的正确性和重要性，对自己研究的极端重要性缺乏绝对信心”。

杨振宁最敬仰的三位大师——爱因斯坦、狄拉克、费米，都是独立型物理学家。被克拉默斯拿来与杨振宁做比较的著名物理学家乌伦贝克是一位附属型物理学家，尽管他的研究做得极好。这可以从他的名言“在物理学领域内，你必须追随一位大师”反映出来。

而杨振宁是一位极有主见的物理学家。无论是 1980 年在广州粒子物理会议上舌战群儒，独自反对当时中国建大质子加速器的建议，还是在 20 世纪 80 年代初便宣称高能物理“盛宴已过”（party is over），其观点均不受别人左右，独立性是他的一大风格。这种强大的“气场”或许源自他从小熟读的《孟子》，“吾善养吾浩然之气”。

杨振宁在读博士时期自己独立选择的 4 个题目，都是极有意义的课

题，但短时间内都没有获得满意的结果，遇到了一些挫折。随着困难一一被解决，对于选择研究课题，杨振宁的自信心越来越强。

从杨－米尔斯规范场论的建立，到杨－巴克斯特方程在物理和数学界越来越受到重视，他总结出“要找与现象有直接简单关系的题目，或与物理基本结构有直接简单关系的题目”，他还认为“把问题扩大往往会引导出好的新发展方向”，并多次以自身的经历告诫学生“最好在领域开始时进入一个新的领域”。这既是他的经验，也是他的研究风格之一。

简洁

在克拉默斯的物理学家分类方案的 4 种对偶分类中，还有一对是“绝对思想家”和“语言思想家”。在克拉默斯看来，玻尔是典型的语言思想家，他把语言表达过程作为界定和修饰理念和思想的手段，文章写好后又反反复复修改，重写，重新细查，重新组织，没完没了。

与之形成鲜明对照的是，“绝对思想家理念的展开、科学计划的执行、分析和计算工作似乎在很大程度上不依赖任何语言表达，经过紧张的思考和深刻的集中后，他们的论文一气呵成，几乎无须修改，文笔洗练，一针见血”。狄拉克、费米、杨振宁都是明显的例子。

杨先生形容狄拉克的文章“秋水文章不染尘”，没有任何渣滓，直达深处，直达宇宙的奥秘；又用高适的诗句“性灵出万象，风骨超常伦”来形容狄拉克方程和反粒子理论。杨振宁的文章、演讲稿（包括幻灯片文件）也是如此，言简意赅、一气呵成，无须修改，极具渗透力，毫无八股味。

这样的表达风格反映了对美的追求和思考的清晰与深刻，内容富有直接的逻辑性。同样，杨振宁的散文也有简洁的风格，加上内心深处的感情，十分动人，《邓稼先》《父亲与我》这两篇文章堪称现代散文的典范。

影响杨振宁品味的几个因素

杨振宁先生曾说过："一个做学问的人，除学习知识外，还要有taste……一个人要有大的成就，就要有相当清楚的taste。""我在西南联大7年，对我一生最重要的影响，是我对整个物理学的判断，已有我的taste。"①

"一个人在刚接触物理学的时候，他所接触的方向及其思考方法，与他自己过去的训练和他的个性结合在一起，会形成一个英文，叫作'taste'。"为了更好地理解杨振宁先生的育人理念，看看影响杨先生的物理taste的几个因素（个性、过去的训练，特别是刚接触物理时的方向及其思考方法）是饶有兴味的。

个性

1928年，6岁的杨振宁在海滩捡贝壳，"杨武之特别注意到儿子挑的贝壳常常是很精致而且多半是极小的，显现出不同于常人的观察力"（杨振平）。杨振宁自己回忆，"清华园是很漂亮的。我跟我的小学同学们在园里到处游玩，几乎每一棵树我们都曾经爬过，每一棵草我们都曾经研究过"。从杨振宁住的清华园西院走到他上的成志学校，通常需要六七分钟，而他走一趟需要20分钟，假如路上没有看见"蝴蝶或者蚂蚁搬家等重要事件"。

这些描述可以体现出杨振宁从小就有的爱美之心、对细微事物十分细致的观察，以及对什么事物都要研究的好奇心。6岁前，母亲已教他认识

① 杨振宁著，张奠宙编，杨振宁文集，上海：华东师范大学出版社，1998，第840页。

3 300 多个字，为他从小喜欢阅读，兴趣广泛，什么都看，看完书后习惯给弟妹和小伙伴讲故事，打下了基础。

杨振宁 12 岁上初一时，看了一本名为《神秘的宇宙》的书，被书中奇妙的宇宙吸引，回家竟对父母说："将来有一天，我要拿诺贝尔奖！"1935 年，杨武之在杨振宁一张照片后面写下"振宁似有异禀"。这些反映了杨振宁很小就具有的雄心壮志和自信心，演变到后来发展为"独立"的风格。[①]

过去的训练

杨振宁的数学家父亲的书架上有许多外文数学书，杨虽然不能看懂细节，但经常翻看，哈代和赖特的《哈代数论》中的一些定理，施派泽的《有限群论》中许多空间群的图形，给他留下了深刻印象，产生了潜移默化的影响。

杨振宁中学没有学过物理，高二以同等学力考取西南联大化学系。在入学前的暑假里，他自学了物理，对此很有兴趣，于是转入物理系。杨振宁在西南联大本科时上的数学课、物理课，乃至作为通识课的中文阅读和写作课均由名师讲授。

他在本科时曾用一个夏天自学惠特克和沃森的《现代分析教程》。除了物理系本科生必修的数学课和物理课，杨振宁在本科阶段选修了 4 门研究生课程：陈省身先生讲授的"微分几何"、周培源先生讲授的"流体力学"、王竹溪先生讲授的"统计力学"和马仕俊先生讲授的"理论物理"。他还旁听了许宝騄的"数理统计"等数学研究生课程。总的来说，杨振宁

① 杨建邺，杨振宁传，北京：生活·读书·新知三联书店，2011。

的数学和物理根基都打得很扎实，作为一个物理系学生，他接受的数学训练远超过数学系的一般本科生。

刚接触物理时的方向及其思考方法

杨振宁很特殊，也很幸运，在学术起步阶段遇到吴大猷和王竹溪两位良师，他们指引他进入他一生具有浓厚兴趣且方兴未艾的物理学前沿领域。杨振宁本科毕业论文的指导教授是吴大猷，研究题目是《群论和多原子分子的振动谱》。在研究中，他通过自学很好地掌握了群论，体会到了对称性的美妙。

杨振宁的硕士导师是王竹溪教授，硕士论文题目是《超晶格统计理论探究》。王竹溪曾在西南联大围绕“相变”问题开过系列讲座，杨振宁都积极地去听了，虽然似懂非懂，但印象深刻，感觉“很妙”。

王先生数学功底很深，教学十分认真，学生中流传的一条重要经验是“谁要想学习理论物理学，一个最有效的办法是借阅王竹溪教授的笔记本看”。王竹溪先生很重视数学论证和物理规律研究的结合，他的 taste 与杨振宁正在形成的 taste 十分相合。

吴先生指引他进入物理学的对称原理领域，王先生把他带入统计力学领域。杨振宁一生最重要的研究工作，正是围绕对称原理和统计物理展开的，这与他对数学之美的欣赏和对物理之美的追求相洽。可以说，西南联大的七年学习为杨振宁未来的学术腾飞奠定了难得的极好的学术基础。

杨先生对物理学的 taste 基本上是 1938—1944 年在昆明求学时形成的。在那七年中，他学会了欣赏爱因斯坦、狄拉克和费米的工作，即具有把物理概念、理论结构或物理现象的本质提炼出来，并准确地把握其精髓的能力，尽管这是杨振宁从他们的文章中猜想到的。这种 taste 对后来杨振宁

形成自己的（D+E+F）/3 的风格有决定性的作用。

杨振宁先生对于培育杰出人才的理念

美国诺贝尔物理学奖获得者伊西多·艾萨克·拉比说过："我们这代人远渡重洋，主要是去德国，到那儿不是学具体的知识，而是学习那种品味——那种风格、品质和传统。我们知道歌词，但是我们还要学习乐章。"[①]

20 世纪 20 年代，德国是引领量子力学发展的全球物理研究的中心，艾萨克·拉比到德国留学不仅学知识，更要体会和琢磨"品味""风格""品质""传统"等无形的东西。杨振宁在 2003 年回到清华大学，为中国培育杰出人才是他回归后最看重的一项使命，正如他在回归抒怀的"归根"诗中所写，"学子凌云志，我当指路松"。这里讲的"指路松"，不仅是传授知识，更重要的是把他 80 年的教书研究经验传给年轻的学子，指导他们形成自己的物理品味和学术风格。

对比中美教育，为中国杰出人才成长指引道路

杨振宁在中国的大学接受了系统而严格的本科和硕士阶段训练，又到芝加哥大学跟随费米、泰勒、艾立逊等名师攻读博士学位。他融会了中美两国教育的长处，又避免了两国教育的弊端。杨先生既熟悉中国教育，又非常了解美国教育的理念，是一位有自己独特理念和深刻思想的教育家。

2011 年，在中国物理学会第十届物理教学委员会第一次会议上，杨

---

① 原文为"People of my generation went abroad, mostly to Germany, and learned not the subject, but the taste for it, the style, the quality, the tradition. We knew the libretto, but we had to learn the music"。

先生发表了如下简洁且深刻的演讲：基于深及历史和文化的原因，关于教育的哲学，中美之间存在巨大的差异。单词“educate”系从一个含义为“养育”“抚育”的拉丁文单词衍生而来。反观汉语中，“教育”是两个汉字，“育”字的含义为“抚育”，它之前的“教”字的含义是“教导”。在中国的教育哲学中，教导和养育至少同等重要。教育一词，中美二者之异，含义非凡。

我想这一巨大的差异还没有被教育家、教育者和教授们充分分析。我们这些与会者、物理教师，一定会观察到在教育学生方面，中美之间的这一差别。相信这是一个非常重要的课题，理由当然不止一个。我想这次会议可能会给予这个差别一个较好的分析，特别是在物理教师的培养方面。

对此我的体会是，美国的教育更多意义上是“放养”，给学生很多的自由空间，让学生自生自灭，差生几乎没学到什么，而天才学生不受影响，甚至发展得更好；而在中文里，“教”“育”二字都是会意字，“教”字从攴从孝，攴是形部，孝是声部。“攴”的篆体字形是用手持杖或执鞭。从汉字造字之初就说明了，教育带点暴力强制训导和机械灌输的含义，“养不教”便成“父之过”了。

在杨先生教育思想的指引下，这些年来，我们对优秀学生进行因材施教的理念有所转变。我们传统的因材施教是，学生越优秀，教师越要对他们“多教一点，教深一点，早教一点”；但是，对于特别优秀的学生，到底是教师指导之下的、学生被动的“多学一点、学深一点、学早一点”，还是给特别优秀的学生一个更宽松的自主空间，让他们自己主动地去获取自己感兴趣的知识，主动地多思考、提出、研究、解决自己感兴趣的问题？

这些年来，我们的清华学堂物理班优秀同学选择的是后一种因材施

教——越优秀的同学，给予的自主空间越大，规定动作越少。

1999 年初，在香港举行的一次大学校长论坛上，杨振宁先生还比较了中美两个国家教育制度下学生的一般特点，这两种教育制度各有优缺点，如表 6.1 所示。

表 6.1　杨振宁比较中美教育制度下学生的一般特点

中国教育	美国教育
严格坚实的训练	不规范的训练
兴趣集中于较窄的领域	随心涉足宽阔领域，兴趣广泛
谦虚和循规蹈矩	自大且充满活力
小心谨慎、缺乏自信	勇敢、自信
相对被动	主动进攻

更有意思的是，表 6.1 中中美教育的优缺点并不是绝对的，而是相对的，因人而异。正如杨先生指出，中国严格坚实的训练模式对七八十分的学生比较好，因为基础打得比较扎实；而美国不规范的训练模式对九十分以上的学生更有利，因为这些优秀学生可以得到更多的自主空间，能随心涉足宽阔领域，培养广泛兴趣。

又如，杨先生指出，费米是一位标准的儒家君子，永远可靠和可信，脚踏实地，从不哗众取宠，但有这种品格的物理学家在欧美凤毛麟角；绝大多数成功的欧美物理学家非常有进攻性，做事渴望取胜，为胜利甚至有时可以不择手段，如奥本海默、泰勒、费曼、T. 库恩等。

杨先生提出，欧美多数物理学家这种进攻性格跟他们的学术成就到底有没有关系？这是值得研究的，虽然杨先生自己并不赞成这种做人方式，更喜欢费米、周光召、米尔斯这类具有君子风度的物理学家。我曾在一篇文章中把杨先生的这个想法称为“杨振宁猜想”，这个问题至今还没有答

案，值得我们进一步探讨。

“渗透式”学习方法

杨先生在清华大学多次强调大学生要学会“渗透式”学习方法。2004年，他在给清华大学物理系一年级本科生上普通物理课程时，也在课堂上多次鼓励同学掌握这种学习方法。我们在学校里的学习，通常是一个知识点一个知识点地循序渐进地学习，一门课一门课地上，一本书一本书地学。

然而还有一种学习方法，叫“渗透式”学习。所谓“渗透式”学习，就是遇到不懂的内容，通过自己查文献资料、与人讨论，经过似懂非懂的阶段而有了初步理解，而后就继续往下走。一开始不懂的点很多，通过这样的反复从不懂到慢慢弄懂的过程，不懂的地方逐步减少，掌握的知识点逐步从点到线再到面，慢慢地就全面掌握了一门没有在课上学过的知识。这是一种让人终身受益、快速高效的“渗透式”学习方法。

对优秀的大学生和研究生来说，特别是他们将来离开学校独立工作后，许多新知识的获取并不是通过循序渐进、系统的学习得到的，“渗透式”学习往往成为主要途径。

清华大学物理系于1998年成立基础科学班，为杨先生的高等研究中心输送了一批有潜质的优秀本科毕业生。基础科学班专门设立了一门名叫“Seminar”的研究型课程。这门课的做法是，从大三开始，让学生选择一位研究导师，参加其研究组活动，持续三个学期，中间可以更换导师。这门课的目的并不是要学生早出成果，而是要他们掌握这种“渗透式”学习方法，体会科研的过程和乐趣，如果能发现自己感兴趣的领域就更好了。我认为，每一个清华大学学生，都应该逐步掌握这种“渗透式”学习方

法，这会影响一个人一辈子的学习，非常重要。

怎样选择未来的研究领域

大学阶段形成自己的 taste，关键点是刚接触物理时的方向及其思考方法，而且刚接触物理时的方向往往又持续影响到自己未来的研究领域。一位有才能的年轻科学家，未来能否取得较大的成就，其选择的领域至关重要。

杨振宁先生这些年来根据自己的经验，几次三番对清华大学研究生、清华大学物理系本科生、清华学堂班学生做演讲，重点是告诉同学如何选择未来的研究领域。杨先生的部分讲演内容曾经发表在物理杂志上，题为《我的学习与研究经历》。文章中谈到他对研究生的十点建议：

（1）一方面直觉非常重要，可是另一方面又要及时吸取新的观念，修正自己的直觉；

（2）和同学讨论是极好的真正学习的机会；

（3）博士生为找题目而沮丧是极普遍的现象；

（4）最好在领域开始时进入一个新的领域；

（5）兴趣→准备工作→突破口；

（6）物理中的难题，往往不能求一举完全解决；

（7）和别人讨论往往是十分有用的研究方法；

（8）永远不要把“不验自明”定律视为必然；

（9）把问题扩大往往会引导出好的新发展方向；

（10）一个研究生最好不要进入粥少僧多的领域。

第（3）（4）（9）（10）点都与选择领域有关，都是十分宝贵的指导。

2000 年 1 月，我离开中国科学院半导体研究所来到清华大学高等研究中心担任教授。在中国科学院半导体研究所，我和黄昆先生在同一办公

室做研究工作达 15 年之久，无拘无束，我几乎每天都和他讨论问题，有幸成为世上受他教诲最多的一个人。

从西南联大开始，尽管杨振宁先生和黄昆先生的品味和风格不相同，却是心有灵犀的挚友。黄昆先生内心不认为许多诺贝尔奖获得者是天才，但他最佩服杨振宁，认为他是天才，一位“最正常的天才”。

21 年来，杨振宁先生待我如学生、如子侄、如忘年之交，我们常一起吃饭聊天。聆听杨先生畅谈物理学的人和事，真是一种享受。我在清华大学物理系曾担任的系主任工作，与现在的学堂物理班首席教授的工作，都得到杨先生的大力支持，我个人也承蒙杨先生无微不至的关怀。杨先生从人生的起点画下一个圆，又回到了起点，我从黄昆的学生，来到杨振宁先生身边，似乎从来没有动过窝。