一致性分析视角下的初中物理课程标准比较研究

周毅慧[1,2]　杲思琦[1,3]　姚建欣[1]

（1. 北京师范大学物理学系　北京　100875；2. 包头市第九中学　内蒙古自治区　包头　014010；
3. 阿克苏地区第二中学　新疆维吾尔自治区　阿克苏　843000）

摘　要：课程标准是教材编写、教学实施和考试评价的重要依据.本研究基于“SEC 一致性”分析模型，编码并定量计算了《义务教育物理课程标准(2011 年版)》和《义务教育物理课程标准(2022 年版)》两版课程标准之间的一致性系数，并从内容主题和学生表现期望两个角度具体分析了两版课程标准之间的差异.研究发现，新旧课程标准具有较高的一致性.在具体内容方面，新课程标准体现出对旧课程标准良好的延续性，但在物理学科核心素养分布方面，两版课程标准之间存在一定的差异.根据对差异的分析，我们对新版课程标准颁布后教科书的编写、试题的命制及教学活动的开展等提出了初步建议.

关键词：课程标准；一致性；SEC 模型；初中物理；核心素养

中图分类号：G633.7　　**文献标识码**：B　　**文章编号**：1008-4134(2024)02-0002-05

2016 年《中国学生发展核心素养》研究报告提出核心素养体系后，由核心素养引领的新一轮基础教育课程改革拉开了序幕.教育部于 2018 年 1 月印发了《普通高中物理课程标准(2017 年版)》，并在 2020 年进行了修订，该版课程标准凝练了物理学科核心素养，并在学业质量水平划分等方面进行了探索.沿承物理学科核心素养的培养要求，义务教育物理课程标准也随之进行了修订.2022 年，教育部印发《义务教育物理课程标准(2022 年版)》，该版课程标准将在今后较长一段时间统领初中物理教育发展.新课程标准颁布后，对教学材料的编写、教学活动的开展及教学评价的设计等有重要的指导作用.鉴于此，本文基于国际上广泛使用的“SEC(Surveys of Enacted Curriculum)一致性”分析模型对新旧课程标准进行对比，挖掘其在课程内容、学业要求等方面的异同，为了解新课程标准提供参考.

1　理论基础

20 世纪 80 年代，在美国广泛开展关于评价与标准一致性的研究.20 世纪末到 21 世纪初，研究者们先后提出多种一致性研究模型，其中使用较为广泛的是 Webb 模型、Achieve 模型和 SEC 模型.Webb 模型由美国学者诺曼·韦伯等人在 1997 年开发完成.韦伯全面分析传统课程研究中匹配性研究方法的缺陷和各个教学要素之间的相互作用后，提出了由 5 个层面组成的分析框架，该框架被广泛应用于美国多个州和其他国家的评价标准一致性研究中[1].但该模型也存在一些不足，例如它限于评价与标准之间的一致性评估，限于考察学科知识层面的一致性等[2].

在 Webb 模型的基础上，美国非盈利教育研究机构成就公司(Achieve，Inc)的罗斯曼(R. Rothman)等在系统分析多个方面的影响因素后，开发了 Achieve 一致性分析模型[3].与 Webb 模型相比，Achieve 模型考察维度更多，综合性更强.但该模型的分析主要停留在定性的水平，无法进行定量的描述[4].2001 年，安德鲁·帕特和约翰·史密斯借鉴和吸纳美国学者韦伯的相关研究成果，以实施课程调查(Survey of Enacted Curriculum)的数据为基础，开发 SEC 一致性分析模型，用以评估课堂教学与学业评价之间的一致性[5].相比于上述两个模型，SEC 一致性分析模型的优势在于该模型不仅可用于标准、教材、教学、评价等教育要素之间的一致性分析，也可以对不同教育体系下教育要素的一致性进行分析，还可以进行教育要素间一致性的发展性研究，因而得到了广泛的应用[6].

SEC 一致性分析模型本质上是一种内容分类法[7]，它通过评估两材料各个教育组成部分的学生表现期望的匹配程度，通过计算得到一致性系数，反映

基金项目：北京科学中心 2023 年度委托课题“北京课外科学教育现状摸底项目”(项目编号：202307022).

作者简介：周毅慧(1998-)，硕士研究生，研究方向：中学物理教学研究；
杲思琦(1997-)，硕士研究生，研究方向：中学物理教学研究.

通讯作者：姚建欣(1989-)，副教授，博士生导师，研究方向：物理教育研究.

两材料的一致程度[8].Porter 一致性系数计算公式为：

$$p = 1 - \sum_{i=1}^{n} \frac{|X_i - Y_i|}{2}$$

其中 n 为计数点总数，i 表示二维矩阵中的一个特定计数点，其数值为从 1 到 n 的整数，X_i、Y_i 分别表示矩阵 X、Y 的第 i 个计数点的数值.p 指数表示两个材料在多大程度上具有相同的分类内容，p 的范围为 0~1.若 $p=0$，表示两组数据的差异性最大，即完全不一致；若 $p=1$，表示两组数据完全没有差异，即具有完美的一致性.

上述一致性系数计算时要求两矩阵的比例精确一致，无法计算给定标准矩阵之外的内容的一致性，所以在一些分析中还会计算替代一致性指数[9]，公式如下：

$$a = \sum_{i \mid X_i > 0} Y_i$$

即如果 Y 矩阵中的计数点 i 包含在 X 矩阵中，则该替代一致性指数将该计数点中的内容计数视为一致.这个指数可以双向计算，若以标准为参照，该指数反映教科书中包含标准计数点的内容所占的比例；以教材为参照，该指数反映标准中包含教科书计数点的内容所占的比例[10].

2 研究对象

《义务教育物理课程标准(2011 年版)》(以下简称“旧课程标准”)与《义务教育物理课程标准(2022 年版)》(以下简称“新课程标准”)均通过“内容要求”“活动建议”对不同内容主题下学生通过物理课程的学习应达到的表现做出明确的要求，该部分要求是课程开展、教材编写、试题命制的直接依据，其变化将直接影响基于标准的其他教学材料的修订，并对教学活动的开展产生重要的影响.

在具体内容主题方面，与旧课程标准相比，新课程标准增加“跨学科实践”主题，这是新课程标准在课程内容方面做出的重大调整.由于旧课程标准中没有跨学科实践的内容，为全面对比新旧课程标准在全部内容及共有内容方面的差异，本研究在包含全部内容主题及不含跨学科实践主题两种情况下，将新旧课程标准中对应的“内容要求”“活动建议”文本作为研究对象进行一致性分析，比较新旧课程标准之间的差异，并进一步分析二者在内容主题和学生表现期望两个维度上分布情况的异同.

3 分析框架

在 SEC 一致性分析模型中，构建“内容主题×学生表现期望”的二维矩阵是首要的，也是关键的步骤.关于内容主题，新旧课程标准均对物理课程内容进行了分类(见表 1).可以看出，两版课程标准中“物质”“运动与相互作用”“能量”这三部分内容的分类是一致的.“实验探究”是对实验相关要求的说明，可以根据实验项目主题将其与“物质”“运动与相互作用”“能量”中的条目建立对应关系，故可不作为单独分类.此外，新课程标准单独设置了“跨学科实践”主题，这是旧课程标准中没有的内容.

表 1 两版课程标准一级内容主题分类

旧版课程标准	新版课程标准
物质	物质
运动与相互作用	运动与相互作用
能量	能量
	实验探究
	跨学科实践

综上，为了全面对比新旧课程标准在内容主题方面的差异，将内容主题分类确定为物质、运动与相互作用、能量、跨学科实践四个模块.为了更细致地研究新旧课程标准各内容主题细节上的变化，以新课程标准中的内容主题的二级分类作为分类标准并对其进行编码.对于学生表现期望分类，从物理学科核心素养的角度对学生通过物理学习应具备的科学素养进行分类.物理学科核心素养分为物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任四个维度，每一维度下又进行更具体的划分.为全面研究新旧课程标准在培养要求上的变化，将物理学科核心素养的二级分类作为学生表现期望的分类并对其进行编码.

由此得到“内容主题×物理学科核心素养”的 SEC 一致性分析框架.根据分析框架，两名具有物理教育学背景的研究者分别独立地对新旧课程标准的“内容要求”“活动建议”文本进行划分和编码.两编码者编码的 Pearson 相关系数分别为 0.978 和 0.991，表明编码框架和两名编码人员的编码结果具有可靠性和良好的稳定性.为进一步提高编码的准确性，对两位编码者存在分歧的条目，进行讨论、协商及询问专家意见，最终得到一致的新旧课程标准编码统计结果.

4 研究结果

对统计结果进行分析与计算，从整体的角度计算新旧课程标准之间的 Porter 一致性系数和替代一致性系数，明确二者之间的一致性程度.通过对比新旧课程标准内容主题-物理学科核心素养二维分布情况，明确二者总体分布情况的差异.进一步从内容主题和物理学科核心素养两个维度对新旧课程标准进行对比，明确新课程标准在具体维度上发生的变化.最后分析每个内容主题下，新课程标准中物理学科核心素养培养要求的变化，为新课程标准颁布后相关教学改进指明方向.

4.1 Porter 一致性系数分析

仅计算两材料的 Porter 一致性系数,无法对其一致性是否良好做出科学判断[11].需预先计算两研究对象一致性系数的临界值,当实际的 Porter 一致性系数大于临界值时,才能认为两研究材料具有统计学意义上的显著一致性[12].经计算本研究中两种情况下矩阵对应的临界值分别为 0.631 和 0.627.

根据编码结果,分别计算两种情况下新旧课程标准的 Porter 一致性系数.在考虑全部内容主题时,二者的一致性系数为 0.849.而排除旧课程标准缺乏的跨学科实践主题,只考虑新旧课程标准共有的内容时,这一系数提高至 0.965.可以看到在两种情况下,新旧课程标准的 Porter 一致性系数均大于对应的临界值,因此新旧课程标准在两种情况下都体现出良好的一致性.

4.2 替代一致性系数分析

当两种材料的内容主题分类不一致时,可以计算两材料的替代一致性系数来反映某一材料与另一材料相同的分类计数点所占的比例.分别计算新课程标准对照旧课程标准的替代一致性系数和旧课程标准对照新课程标准的替代一致性系数,来更加全面地比较新旧课程标准二维矩阵在计数点级别上的变化情况.计算结果如下.

新课程标准对照旧课程标准的替代一致性系数:$a_1=0.863$

旧课程标准对照新课程标准的替代一致性系数:$a_2=0.999$

计算结果表明,以旧课程标准为参考,新课程标准中 86.3%的内容能与旧课程标准中的计数点找到对应.而以新课程标准为参考,旧课程标准的几乎全部内容都能与新课程标准中的计数点找到对应.这表明在内容主题-物理学科核心素养分类下,新课程标准是在旧课程标准的基础上增加了一些计数点.具体对比后发现,增加的计数点主要来自于跨学科实践主题,该部分内容约占新课程标准的 14%.

4.3 内容主题-物理学科核心素养二维分布

新旧课程标准对不同内容主题、物理学科核心素养的侧重不同.为了分析新旧课程标准在两个维度上的侧重点及其变化,绘制了新旧课程标准的内容主题-物理学科核心素养分布图及二者差值(新课程标准-旧课程标准)分布图(如图 1 所示).其中横轴代表物理学科核心素养二级分类,纵轴代表内容主题二级分类,对应分类点占比多少通过颜色反映.从分布图可以看出,物理课程内容主要由 1 个较大区域和若干相互独立的较小区域组成,并形成 2 个较为突出的中心(b 运动与相互作用和 c4 电磁能).相较于旧课程标准,新课程标准的分布图计数点分布面积更大,在同一内容主题中涉及到的物理学科核心素养类别也有所增加.这表明新课程标准对学生核心素养的培养更丰富且具体.差值图表明,新旧课程标准的差异主要集中在“跨学科实践”部分.在其他几个内容主题下,两者的差异保持在 1%以内,具有高度的一致性.

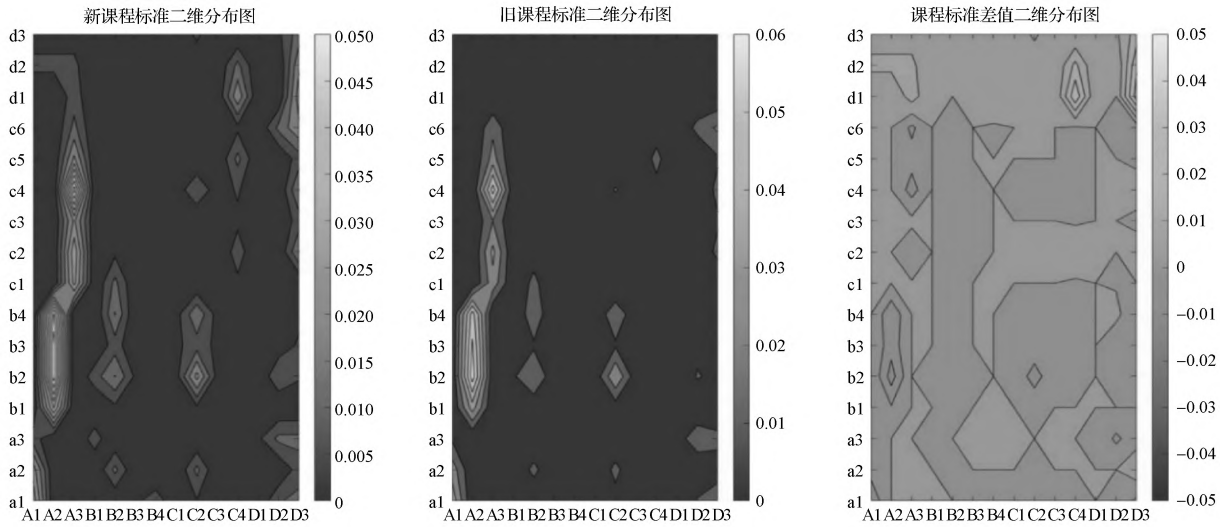


图 1 新旧课程标准内容主题-物理学科核心素养二维分布图

4.4 内容主题和核心素养分布

SEC 一致性分析模型从内容主题、物理学科核心素养两个维度对新旧课程标准进行整体分析,综合性较强,但缺乏对信息细节的描述.为了更直观地比较新旧课程标准在每个维度上的变化情况,下面更细致地分析新旧课程标准在两维度上分布的差异.

在内容主题分布方面,从新旧课程标准各二级内容主题占比及两者差值(新课程标准 - 旧课程标准)

情况(见表2)可以看出,由于新课程标准中跨学科实践内容的增加,其他内容主题所占比例均有所下降.但不同内容主题的变化情况不同,与旧课程标准相比,新课程标准中内容主题占比变化比较大(超过1%)的有:物质的形态和变化、物质的结构和物体的尺度、机械运动和力、声和光、电和磁、能源与可持续发展.

表2　新旧课程标准内容主题占比及差值

内容主题维度	旧课标	新课标	差值
a1 物质的形态和变化	0.087 7	0.068 7	−0.019 0
a2 物质的属性	0.057 0	0.053 4	−0.003 6
a3 物质的结构和物体的尺度	0.052 6	0.042 0	−0.010 6
a4 新材料及其应用	0.035 1	0.030 5	−0.004 6
b1 多种多样的运动形式	0.043 9	0.038 2	−0.005 7
b2 机械运动和力	0.153 5	0.126 0	−0.027 6
b3 声和光	0.105 3	0.087 8	−0.017 5
b4 电和磁	0.109 6	0.091 6	−0.018 0
c1 能量、能量的转化和转移	0.048 2	0.045 8	−0.002 4
c2 机械能	0.057 0	0.057 3	0.000 2
c3 内能	0.039 5	0.038 2	−0.001 3
c4 电磁能	0.096 5	0.087 8	−0.008 7
c5 能量守恒	0.048 2	0.042 0	−0.006 3
c6 能源与可持续发展	0.065 8	0.053 4	−0.012 4
d1 物理学与社会发展	0.000 0	0.053 4	0.053 4
d2 物理学与日常生活	0.000 0	0.053 4	0.053 4
d3 物理学与工程实践	0.000 0	0.030 5	0.030 5

新旧课程标准在核心素养各维度的组织上有何差异也是值得关注的问题.因此,分别统计新旧课程标准在物理学科核心素养四维度上的分布情况及二者的差值.总体上新课程标准降低了物理学科核心素养中物理观念和科学思维的占比,提高了科学探究和科学态度与责任的占比(见表3).

表3　新旧课程标准物理学科核心素养占比及差值

物理学科核心素养维度	物理观念	科学思维	科学探究	科学态度与责任
旧课程标准	0.473 7	0.140 4	0.171 1	0.214 9
新课程标准	0.440 8	0.126 0	0.189 6	0.243 6
差值	−0.032 8	−0.014 4	0.018 5	0.028 7

进一步比较新旧课程标准在物理学科核心素养二级分类上的差异,分别统计了新旧课程标准在核心素养二级分类上的分布情况及两者差值(新课程标准-旧课程标准).由统计结果发现,新旧课程标准差别比较大(超过1%)的几个物理学科核心素养有运动与相互作用观、科学推理、交流、科学态度及社会责任,其中社会责任这一素养的占比相差最大.

4.5　各内容主题下物理核心素养分布

各个内容主题下物理学科核心素养占比的变化,对相关教学材料中各个内容主题的修订具有实践意义.因此,将每一内容主题下各个物理学科核心素养占比进行归一化处理,考察新旧课程标准同一内容主题下不同物理学科核心素养占比的差异.研究发现,除跨学科实践主题外,新旧课程标准中各个内容主题下物理学科核心素养分布的总体差异不大,表现出良好的一致性.其中差异相对较大的几个内容主题为“a2 物质的属性”“c2 机械能”“c6 能源与可持续发展”.在依据新课程标准设计相关教学材料时应格外注意这几个内容主题上的变化.此外,对新课程标准中的跨学科实践部分的统计表明,“物理学与日常生活”部分着重培养学生 A 物理观念、C1 问题、C4 交流、D3 社会责任等素养.“物理学与工程实践”部分着重培养学生的 A 物理观念、C2 证据、D2 科学态度、D3 社会责任等素养.“物理学与社会发展”部分着重培养学生的 A3 能量观、B4 质疑创新、C4 交流、D3 社会责任等素养.

5　结论与讨论

本研究从内容主题、物理学科核心素养的维度出发,基于 SEC 一致性分析模型分析新旧课程标准的差异,探查新课程标准在内容主题、物理学科核心素养维度的变化,为新课程标准修订后指导教材的编写、试题的命制、教学活动的开展提供参考.研究发现,修订后的义务教育课程标准顺应新时代的育人要求,沿承普通高中课程标准的目标体系,凝练物理课程核心素养,既体现对旧课程标准良好的延续性,又在部分内容上做出调整,增强物理课程的育人价值,引领初中阶段物理课程新的发展方向.

5.1　新课程标准具有良好的延续性,同时在素养培养要求上做出部分调整

研究表明,新旧课程标准的 Porter 一致性系数较高.对照新课程标准,旧课程标准的替代一致性系数也达到 0.99 以上.这表明从原有的“科学内容”来分析,新课程标准几乎涵盖旧课程标准的全部内容主题与物理学科核心素养培养要求,保证义务教育阶段物理课程的稳定性.新旧课程标准的差异性主要体现在各个内容主题和物理学科核心素养占比不同.例如,总体来看新课程标准降低了对物理观念、科学思维的要求占比,提高了对科学探究、科学态度与责任的要求占比.此外新课程标准由于加入了跨学科实践主题,其余各个内容主题占比均有所下降.

通过对比新旧课程标准各个内容主题中物理学科核心素养占比发现,新课程标准在培养要求方面做出了一定的调整.例如,在新旧课程标准差异较大的

“a2 物质的属性”主题中,新课程标准提高了 C1 问题、C2 证据、D2 科学态度、D3 社会责任等素养占比,降低了 A1 物质观、B1 模型建构、B2 科学推理、B3 科学论证等素养占比.这启示教师在这部分内容的教学中要加强实验教学,重视培养学生的科学探究能力,积极引导学生动手做实验,在实践中发现问题、解决问题.此外在教学中要坚持学科育人导向,注重联系生活实际,让学生感受到学科的社会功能.在相应的试题命制中,也要注意加强对实验能力的考查,同时精选试题情境素材,注重展示我国先进科学成就,弘扬中国优秀传统文化,增强学生文化自信,促进学生形成正确的科学态度与社会责任感.

课程标准修订后,基于课程标准的其他教学材料也将做出相应的调整与修订.对现有的物理教材等教学材料,如何进行修订既能保留必需的主体内容,又能融合随时代发展而衍生的新内容,成为一个重要议题.而在这里较有效的一种方法就是分析新版课程标准和旧版教材之间的一致性,系统对比旧版教材和新版课程标准之间的差异,发现其中的差异所在,精确定位,精准修订.

5.2 学科交叉融合成为重要的发展方向,需在培养综合型人才方面持续探索

打破专业壁垒,实现学科融合、学科交叉是当前科技发展的重要趋势.本次新课程标准的重大改变之一就是增加了跨学科实践的内容,体现了对培养综合性、实践性、创新型人才的重视.通过对跨学科实践主题下物理学科核心素养培养要求的分析发现,该主题将培养重点放在了 B4 质疑创新、C1 问题、C2 证据、C4 交流、D2 科学态度、D3 社会责任等素养上,即重视培养学生综合分析能力、合作探究能力以及科学态度与社会责任等高阶素养.

基于以上的培养要求,在进行跨学科实践教学时,要坚持素养导向,关注对学生学科关键能力与价值观的培养,引领学生全面发展.其次要坚持问题驱动,让学生在真实的情境中解决实际问题,培养学生质疑创新的能力.学生正是在与不同情境互动中通过体验或反思而获得经验,进而把经验升华为规律,并用规律指导后续行动,最终形成稳定的思维品质即素养.所以要让学生实践体验,亲历问题解决全过程,真正做到像科学家一样思考,在不断试错、合作交流的过程中促进经验反思与建构,进一步促进思维品格、价值观念的形成.

此外,新课程标准在课程实施上给予了更为系统的指引.“课程内容”配套“学业要求”“教学提示”,基于大规模测试明确学业质量标准,还在原来教学、评价、教材编写、课程资源开发与利用四方面建议的基础上增加“学业水平考试命题要求”和“教师培训与教学研究”建议,例如“学业水平考试命题要求”从考试性质和目的、命题原则、试卷规划、试题命制、考试例题等方面提出明确要求.这些都值得在后续研究中给予关注.

参考文献:

[1]段戴平,李广洲,倪娟. 课程一致性:方法比较、问题反思与本土化探寻[J]. 中国教育学刊,2015(06):73-78.

[2]Webb N L. Criteria for Alignment of Expectations and Assessments in Mathematics and Science Education. Research Monograph No. 6.[J]. Academic Achievement,1997,01(11):46.

[3]Achieve. An alignment analysis of Washington State's college readiness mathematics standards with various local placement tests[M]. Cambridge,MA: Achieve,2006.

[4]Roach A T, Niebling B C, Kurz A. Evaluating the alignment among curriculum, instruction, and assessments: Implications and applications for research and practice[J]. Psychology in the Schools,2010,45(02):158-176.

[5]Porter A C, Smithson J L. Defining, Developing, and Using Curriculum Indicators. CPRE Research Report Series[J]. academic standards,2001.

[6]P. Kreikemeier,E. Quellmalz,A. Haydel. Testing the Alignment of Items to the National Science Education Inquiry Standards [R]. Paper Scheduled to Be Presented at Annual Meeting of the American Educational Research Association,San Diego,2004.

[7]Andrew C. Porter. Measuring the Content of Instruction: Uses in Research and Practice[J]. Educational Researcher,2002,31(07): 3-14.

[8][9][10]Fulmer, G W, Tanas J, Weiss K A. The challenges of alignment for the Next Generation Science Standards [J]. Journal of Research in Science Teaching, 2018, 55(07): 1076-1100.

[11]Porter A C,Polikoff M S, Zeidner T,et al. The Quality of Content Analyses of State Student Achievement Tests and Content Standards [J]. Educational Measurement Issues & Practice,2008,27(04):2-14.

[12]Fulmer,G W.Estimating critical values for strength of alignment among curriculum, assessments, and instruction [J]. Journal of Educational and Behavioral Statistics, 2011, 36(06): 381-402.

(收稿日期:2023-10-01)