·初中园地·

聚焦能量传递的初中物理能量模块作业设计

周洋平　刘佳琪
（北京师范大学物理学系，北京　100875）

摘　要：能量观念是物理学科核心素养中的重要组分.作业作为课堂教学的延伸在促进学生能量观念的形成上有着至关重要的作用.本文在核心素养培育目标下，通过对比能量分析的两种常用视角的教育功能，强调在初中阶段能量模块的作业设计中应聚焦于能量传递，并据此呈现以能量传递模型为抓手的作业设计策略，为教师设计指向学生能量观念培养的初中物理作业提供参考.

关键词：能量传递；初中物理；能量观念；作业设计

能量观念在物理学科中具有极其重要的地位.在能量观念下，围绕能量守恒定律这一核心的一系列能量概念与能量分析法，为人们提供了审视微观和宏观世界的视角以及分析解决相关问题的有效工具.基础教育阶段，《义务教育物理课程标准（2022 年版）》在课程目标上从物理学科的育人本质出发，突出初中物理课程重点培养学生的物理学科核心素养，能量观念包含于物理学科核心素养下辖的物理观念之中.[1]针对“能量”这一内容主题，课程标准在知识学习上突出“从物理学视角上认识能量，了解不同形式的能量，认识能量转化与守恒的普遍规律”，在能力指向上明确“发展学生综合分析问题和解决问题的能力”，强调让学生在学习相关知识的基础上，通过基于真实情境问题的分析促使学生整合基于生活经验的前概念和科学化概念、掌握能量分析的方法并生成使用能量工具进行分析的意识，从而初步形成能量观念.[2]

在教学的时空场域中，作业一方面作为联系教学与评价的纽带，使得教师可以明晰学生的知识掌握情况与能力水平；另一方面也构建了课堂教学与生产生活的桥梁，促使学生在有意义的问题情境下进行知识应用.[3]对于能量这一具有较强综合性和跨学科性的内容模块，依据课程目标设计充分指向知识应用与能力提升的作业对于学生能量观念的形成具有至关重要的作用.本文从科学本质出发，首先对比“聚焦于能量形式”和“聚焦于能量传递”的两种能量分析视角在教育功能发挥上的差异，说明“聚焦于能量传递”的能量分析视角能够更好地实现作业的减负增效；随后在新时代教育评价改革基本理念的指引下，以能量传递模型为抓手呈现一种能量模块的作业形式及其设计路径.以期为一线教师提供一种能够更好地辅助学生形成能量观念、培养其问题解决能力的作业模式.

1　初中阶段的两种常用能量分析视角

如若从科学本质出发，则能量相关概念均应围绕能量守恒定律展开，而能量分析则是在此基础上讨论研究问题所关注的系统的能量变化、能量传递的方向以及系统相关属性（包括但不限于物体的宏观运动速度、温度、形状、微观结构等）的变化.通过对于系统间能量的传递（包括能量转移、能量形式上的转化以及能量储存和耗散等）情况的分析来确定系统相关属性的变化，反之也可以通过系统属性的变化来判断能量的变化.聚焦于能量传递的能量分析往往可以帮助研究者从整体上把握系统间相互作用状况.能量概念的抽象性与普适性也使得基于能量传递的分析模式有助于研究者了解宏观现象与微观机理间关系甚至是发现新的物质，例如中微子的发现.

图 1 呈现了初中阶段聚焦于能量传递的能量分析的一个实例（从能量角度分析并描述太阳光照射下水温升高过程）.在该种视角分析过程中，研究者从选取参与过程的主要物体入手，在能量守恒的观念下，通过分析物体能量的转入和转出确定能量传递的方向，以“主要物体—物体能量变化—物体间能量传递”这一逻辑链条来描述物理过程.研究者并未首先将注意力集中于是什么形式的能量发生了变化，亦或是什么形式的能量转化为了另一种形式的能量，因为问题解决的核心往往在于明确所参

基金项目：本文系 2021 年度江苏省中小学教学研究第十四期课题“基于课标的初中物理教师命题能力提升研究”（项目编号：2021JY14－L384）阶段性研究成果.

中国知网　https://www.cnki.net

与的系统、系统能量的变化和系统间能量的传递，而例如动能、势能和化学能等能量形式的表述，在更为细分的研究过程中会有所体现.

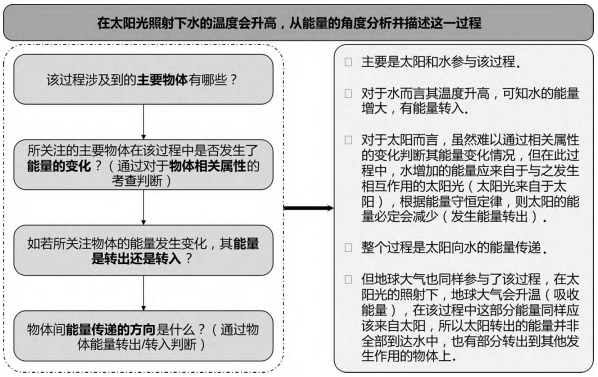

图 1　聚焦于能量传递的能量分析实例

聚焦于能量形式的能量分析更多关注在该过程中有什么形式的能量发生了变化以及不同形式能量间的转化，通过不同形式能量间的转化来描述物理过程，突出了正确确定能量形式并判断特定形式能量变化情况的重要性.在目前初中阶段的物理教学和测评中更多地倾向于以能量形式为切入点的能量分析，通过讲授、作业、测评等强化学生对于“运动的物体具有动能”“被举高的物体具有重力势能”“物体的动能和物体的运动速度有关”以及“动能和势能可以相互转化”等概念.诚然，这是一种相对简单的让学生认识和理解能量的方式，也同样能够较好地使学生掌握动能、势能和内能等常见能量的概念，但淡化了能量分析中对于系统（在初中阶段多为常见的宏观物体）的选取以及能量守恒的观念.Nordine 等人的研究表明：局限于对于能量形式的判别、对于不同形式能量大小的判断和在理想条件下不同形式能量转化的分析，一方面限制了能量分析法的使用场景，另一方面也并不能够有效地促进学生形成使用能量守恒和能量传递的观点分析问题的意识.[4]

2　能量模块作业设计的聚焦点——能量传递

目前，因为聚焦于能量形式的能量分析过程可以得到简洁且明确的答案，所以多出现在初中学业水平测试及阶段性测验中，用于在一定程度上考查学生对于能量模块知识与方法的掌握情况，[5]并间接反映学生物理学科核心素养的达成状况.但测验一方面注重以评价引导教学，在教学的时间序列上具有一定的滞后性；另一方面纸笔测验的固有属性以及诸如初中学业水平测试“两考合一”的考试要求决定了测验往往只能考查主要内容和主要方法，同时也难以精细地反映学生的思维过程.

然而作业题具有更为开放的发挥空间，且能够更为细致地反映学生思维过程，因此应将作业题和测试题的设计区分开.在能量模块的作业设计中突出聚焦于能量传递的能量分析视角，在促进学生初步形成能量观念从而能够更好地应对未来发展的层面上具备 3 点主要功能，相较于聚焦于能量形式的能量分析也相应地具备 3 点突出优势，与此同时也能兼容对于常见能量形式及其间转化规律的教学需求.

一是从问题情境所涉及的主要物体入手考查物体能量的转入和转出，使得学生优先从整体把握主要物体，而考查能量在物体间传递情况则促使学生以能量传递的方向性构建物体间联系.在涉及多物体的能量分析情境中也可以让学生认识到选取不同的物体往往会导出不同的能量分析结果，促使学生思考在分析解决实际问题的过程中应如何根据问题需求选取恰当的物体.例如在前例中大气所导致的能量耗散给学生提供了一个较好的评判，是否需要考虑大气作用的思考场域，也隐含了能量耗散及误差分析的观念.

二是在分析过程中并没有将重心落在对具体能量形式的判别上，而是定性判断物体一般性意义上的“能量”变化.例如从水温升高判断水吸收了能量，这是一个相对普适的推理过程，至于水吸收的能量到底是转化成微观层面上的分子动能还是转化成宏观层面上水的内能并不是首要考虑的内容.对于学生而言这就使得能量分析的使用场景大大增加，学生可以根据自己已经学到的能量相关的知识对参与某过程的物体的能量增减做出定性的判断，从而建立相互作用的物体间能量传递的“桥梁”.即便学生并不清楚这种能量形式具体是什么，但其依然可以从基本的能量传递和能量守恒角度描述所遇到的问题，甚至预测物体的相关属性的变化情况（例如物体可能会运动起来或物体可能会燃烧）.随着学习的深入，学生可以更为精确地建立物体属性变化和能量变化间的双向联系，此时聚焦于能量形式的能量分析可以应对更为细分的分析场景及定量分析需求.但在能量分析的起步阶段就聚焦于能量形式往往使得学生下意识地套用已经学过的有具体形式的能量，无形中限制了能量分析的使用场景，也不利于目前所倡导的基于真实问题情境的教学与评价导向的落地.

三是能量传递的分析视角是建立在能量守恒

中国知网 https://www.cnki.net

定律上的，学生在此基础上可以更为轻松地把握相互作用的物体间能量的此消彼长及能量传递.在前述例子中，学生自然会认识到太阳的能量是在减少的，虽然此时学生并不清楚是什么能量在减少，更不清楚其能量减少的机理，但学生可以认识到太阳并不能一直发光（或者说太阳并不是永动机），在基于能量形式的分析中是无法如此自然地形成该认识的.

3　能量模块作业设计的切入点——能量传递模型

在分析解决问题的过程中往往通过建立能量传递模型来获得更清晰且一目了然的物理过程表征.Jeffrey Nordine 等人于 2018 年所发表的研究文章中呈现了能量传递模型的样态，[6] 这一模型在初中阶段的能量教学中可以作为一种直观有效的认知工具辅助学生的学习.其主要通过桑基图（Sankey diagram）来描述某问题情境中物体自身属性变化、能量增减及物体间能量传递方向，以第 1 章中的问题情境为例，可以得到如图 2 所示的能量传递模型，其主要包含了 3 个部分，分别是：(1) 参与物理过程的主要物体，(2) 主要物体的相关属性变化和能量增减，(3) 表征能量传递方向的箭头，这 3 个部分也分别对应了能量分析的 3 个主要步骤.能量传递模型的核心在于表征能量传递方向及所传递能量大小的有宽度的能流箭头，箭头具有宽度是能量守恒定律的基本要求（在图像上具体表现为从某物体出发的箭头不论分出多少分支，但同源箭头的箭矢宽度总和应与箭尾宽度保持一致）.

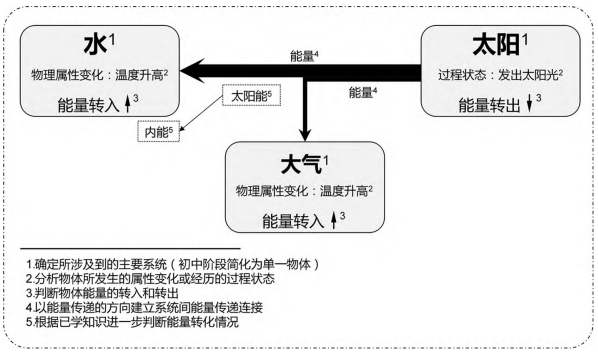

图 2　能量传递模型

4　聚焦能量传递的作业设计的基本策略

如前所述，聚焦于能量传递的能量分析方法在促成学生能量观念的形成上有着更为积极深远的作用.在能量模块的作业中，能量传递模型则是引导学生分析实际问题、掌握普适的能量分析方法进而初步形成能量观念的抓手.[7] 然而能量传递模型并不能直接应用于作业中让学生进行填空或简答.从聚焦于能量传递的能量分析视角的分析理念和实践抓手的层面出发，能量模块作业的有效设计要求教师首先在充分理解能量模块内容要求的基础上重新审视作业设计的基本原则及目标指向，随后立足真实情境下的问题解决优选契合初中阶段学生思维发展的生产生活情境，最后基于问题所对应的能量传递模型搭建逻辑清晰、步骤明确的作业问题链.

4.1　把握作业设计基本原则，指向学生能量观念培养

日常作业作为课堂教学与考试评价间的重要中介环节，从作业作为及时评价课堂教学效果的工具层面看作业需要具备基础性，通过作业反映学生对于基础知识和基本方法的掌握情况；从作业作为课堂教学活动延伸的层面看作业需要具备开放性，通过设计具有相对开放回答的作业提供学生在真实情境中应用知识与方法的空间，同时也使得学生能够相对细致地反映自身思维过程；从作业作为考试评价的补充的层面看作业需要具备引导性，通过设计顺应学生思维发展的引导性问题，为学生形成科学的分析方法和问题解决模式提供必要的引导、参考和支架；从作业作为以学生为主体的问题解决过程的层面看作业需要具备发展性，通过能够激起学生探究兴趣的问题情境和能够激发学生思考的问题，在能力和素养上为未来的学习和生活奠定方法论与价值观的基础.当教师认识到作业设计应具备如上几点基本原则后，方能更好地发挥作业的本征功能，而非直接将测试题及其编制方法搬运或套用到日常作业中去.在此基础上，能量传递模型自然成为更契合能量模块作业设计要求的抓手.

4.2　立足能量概念科学迁移，优选真实生产生活情境

当作业设计的理念落于实践中时，对于作业中问题情境的选择与处理应是首当其冲的.能量传递模型的引入使得能量模块作业情境的选择无须受限于学生已学的能量形式，转而关注问题情境的选择对于初中阶段学生能量观念形成的有效程度.其有效程度可以从两方面考虑：一是所选择的问题情境是否能够提炼出对于初中阶段学生有价值且能够上手的能量传递模型；二是所选择的问题情境是否能够在学生已有能量迷思概念的基础上促进其对能量概念的科学化理解，并拓展其运用能量分析解决问题的场景.

对于第一个方面，这是作业问题情境的教育

中国知网 https://www.cnki.net

性和适切性所带来的基本要求，需要注意的是作业情境与学生实际生活的贴合程度.但第二个方面却在目前的作业设计中常常被忽视，在 Watts 的研究中指出学生在进入初中阶段的学习前已经存在对于能量的认识和理解，可以分为如表 1 中的 1～7 共 7 项，随后 Gilbert、Pope 以及 Trumper 基于 Watts 的研究，一方面增补第 8 项：当某个过程发生时，能量会从一种形式转化为另一种形式(Transformation)，另一方面证实了这 8 项在很大程度上覆盖了初中生对于能量模块概念的理解.[8,9]除了第 8 项是对于能量的科学化认识(虽然其并不能完全描述能量传递中的转移和转化，但至少在部分场景下是科学的)，其余 7 项均可以被认为不符合对于能量的科学化表述和理解，也即迷思概念.然而学生能够产生这些迷思概念往往是因为它们能够被用于解释学生此前所遇到的一些问题，虽然并不一定正确，但是学生也没有认识到这些迷思概念并不能应对多元化的问题情境.因此如果能够根据所教学生群体框选出学生所熟悉的问题情境范围，在此范围内根据学生不同的迷思概念状态选择能够激发学生认知冲突的情境，则可让学生自发地从不完备的迷思概念迁移到科学概念，同时形成科学的分析方法.相较于传统教学直接将科学化表述和方法传授给学生以此取缔迷思概念的方式，从学生的迷思概念入手实现概念理解和方法使用上的迁移，在熟悉的问题情境中应用科学的分析方法，其所激起的前后认知冲突可以让学生有更为深刻的认识，避免科学概念取缔不到位所导致的科学概念与迷思概念间的混乱和冲突，使得学生更有信心使用科学概念和方法解决问题.

表 1　初中阶段学生的能量迷思概念分类

1	能量是人类所特有的一种物质(Anthropocentric)
2	能量是物体中的处于休眠状态的一种成分，需要一些方式来触发它(Ingredient)
3	能量储存于一些物体中，而另一些物体需要能量(Depository)
4	能量通过能够被观察到的活动状态得以显化，这种显化的活动就是能量(Activity)
5	能量是在某过程中短时间存续的副产物(Product)
6	能量是一种被普遍用于技术设备的燃料(Functional)
7	能量是在某些过程中发生传递的一种流体(Flow-transfer)

4.3　依循学生思维发展特点，搭建逻辑清晰问题链条

针对选定的问题情境直接让学生对其建立能量传递模型并进行能量分析显然是不合适的.教师需要根据情境特征及预期发挥的教育功能搭建层层递进、逻辑清晰的问题链条，同时配以恰当的作业呈现形式，从而引导学生在有思维支撑的情况下逐步建立起能量传递模型并在此过程中体会能量分析的一般性方法和流程，与此同时将对于常见能量形式及其间转化的教学要求融入作业之中，在此基础上再设置相应的变式情境供学生自行操练与体会.

根据聚焦于能量传递的能量分析视角以及能量传递模型的核心构件，在问题链条的设计上存在一条基本思路，同样以前述“从能量角度分析并描述太阳光照射下水温升高过程”这一问题情境为例，展示如何在此前的能量分析思路下搭建一套围绕能量传递模型的作业问题链，并呈现其配套的作业形式.

如图 3 所示，在问题链的设计上主要从基本要素、辅助要素和个性化要素 3 个方面出发.其中基本要素所导出的问题是形成能量传递模型的核心构件，以此撑起能量分析中“选定主要物体—判断能量变化—表征传递方向”的分析思路，指向基本的能量分析方法.在此基础上穿插问题链辅助要素，其主要从初中阶段学生思维特征出发，契合初中阶段重在让学生体会与经历模型建构过程的要求，以必要的支架保障学生在分析解决问题中的思维连贯性.而问题链的个性化要素(SQ1～3)则使得真实情境下的开放性问题能够得到更符合教学需求和能力指向的开发与挖掘.在本例中，个性化问题首先指向了对于能量转化的考查，因为在该问题情境中包含学生已经学习过的能量形式，可以借此巩固知识的同时让学生体会到能量形式间的转化是依附于能量传递的；其次引导学生重新审视自己建构起来的模型，探索该模型对于问题的解释是否全面，也同时涉及到能量转移和转化效率的问题；最后一问指向了能量守恒的应用，并通过必要的说明文字指导学生对于原有能量传递模型的箭头进行增补，实际体会能量传递过程中守恒的思想.

此外，作业呈现方式上的设计是保证问题链的教育功能顺利发挥的重要一环.在本例中的每一核心问题(Q1～6)后都相应配置了学生在思考后需要具体动手操作的内容(D1～6)，包括写下关键词、做标注、作图等，也同时对作答内容给出了必要的文字和图形支撑，以此确保学生能够跟随问题进程一步步向前推进，最终在纸上所留下的思维过程恰恰就是其面对其他问题时进行能量分析的一般化思路.

中国知网 https://www.cnki.net

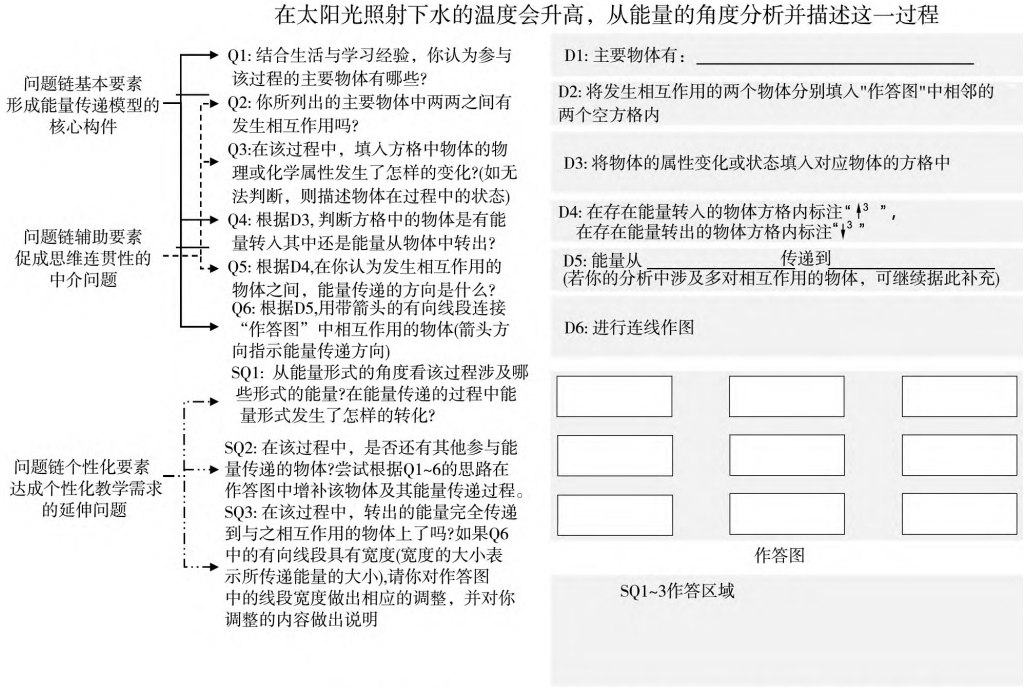

图 3 能量模块作业问题链及形式设计示例

当然，在作业完成后也需要教师对学生的作答情况给予回应，对作业中存在的问题给予方法上的指导.在内容要求上相对独立而在思维过程上逻辑清晰的作业问题也使得教师在分析学生作答内容时更易精准定位学生存在的问题点，从而给予针对性的指导，提高教学效益，降低学生负担.

5 总结

在新时代教育评价改革的背景下，作业成为落实过程性评价以及达成“教—学—评”一致的有力一环，与此同时初中新课标所带来的课程目标和能量内容模块学业质量要求上的转变，也敦促教师能够及时有效地改进作业设计理念与手段，从而切实发挥作业的教育功能，实现减负增效.聚焦于能量传递的能量分析视角为能量模块的作业设计提供了更契合科学本质的设计思路，使作业问题链能够更为贴近能量分析的一般性思路，能量传递模型则为学生通过完成作业而掌握能量分析方法、初步形成能量观念提供了认知辅助工具.前述作业设计路径所生成的作业更多关注学生的方法掌握和观念形成，同时也考查了学生对于基本知识的习得情况，在实际使用过程中教师可以根据学生的实际情况和教学需求有的放矢地设计具体的作业任务，但需要把握住理念层面的设计要求.

参考文献：

1 李春密，张霄.《义务教育物理课程标准(2022 年版)》的变化分析[J].物理教师，2022，43(6)：35－44.
2 张玉峰.物理观念发展的关键过程：关联整合、迁移创新[J].物理教师，2023，44(4)：14－18.
3 谢桂英，余耿华.“双减”背景下初中物理作业设计与实施探索——以《物理》8 年级上册为例[J].物理教师，2022，43(8)：41－43.
4 Nordine J，Krajcik J，Fortus D. Transforming energy instruction in middle school to support integrated understanding and future learning[J]. Science education，2011，95(4)：670－699.
5 蒋炜波，赵坚.物理核心素养的试题命制与评价策略研究——以物理观念为例[J].物理教学，2019，41(11)：5－8.
6 Jeffrey Nordine，David Fortus，Yaron Lehavi，et al. Modelling energy transfers between systems to support energy knowledge in use[J]. Studies in Science Education，2018，54(2)：177－206.
7 John W，Jewett. Energy and the confused student II：systems[J]. The Physics Teacher，2008，46(2)：81－86.
8 John K，Gilbert，Maureen L，Pope. Small group discussions about conceptions in science：a case study[J]. Research in Science & Technological Education，2006，4(1)：61－76.
9 D Michael Watts. Some alternative views of energy[J]. Physics Education，1983，18(5)：213.

(收稿日期：2024－03－02)

中国知网 https://www.cnki.net