



# 中美课标中电磁学内容的比较研究

余克梅 苏玉成

(中央民族大学理学院 北京 100081)

(收稿日期:2018-12-12)

**摘要:**针对美国2013年《新一代科学教育标准》和中国2017年《普通高中物理课程标准》,以高中电磁学内容为例,从核心素养的4个维度对比了两国课程标准内容编排上的相同性与差异性,进而提出一些建议。

**关键词:**课程标准 电磁学 比较研究

课程标准是依照课程计划的要求,每门学科以纲要的形式编写的、有关各学科教学内容的指导性文件。美国《新一代科学教育标准》(《The Next Generation Science Standards》以下简称美国《课标》)于2013年颁布<sup>[1]</sup>,以少数大概念统整科学知识,教学内容、教学方法及教学评价相互渗透,使教育多元、学习方式多元<sup>[2]</sup>。中国《高中物理课程标准》(以下简称中国《课标》)以“立德树人”为根本任务,提升学生的物理核心素养,优化了课程结构,指导性更加突出<sup>[3]</sup>。

电磁学内容是高中物理除力学之外的一个重要部分。库仑定律与万有引力定律的相似性、电与磁之间的对称性等知识对学生认识自然规律,体会物理学之美具有重要意义。同时,高中阶段学习有关电磁学的内容,在生活中具有广泛的应用。本文以高中阶段的电磁学内容为例,将美国《课标》与中国《课标》进行比较研究。

本文第一部分介绍两国《标准》的背景资料;第二部分比较两国课程标准中高中阶段电磁学内容的差异;第三部分总结两国课程标准的差异并提出具体建议。

## 1 背景介绍

美国《课标》以“提高基础教育阶段学生的科学素养,并为美国未来的经济社会发展培养具有批判性思维、探究并解决问题能力的劳动力”为目标<sup>[1]</sup>。课程内容由学科核心概念(Disciplinary Core

Ideas)、科学与工程(Science and Engineering Practices)和共通概念(Crosscutting Concepts)组成,又渗透了科学本质及其STSE教育的内容<sup>[2]</sup>。中国《课标》以培养学生的学科核心素养展开,物理学科核心素养是学生在接受物理教育过程中逐步形成的适合个人终身发展和社会发展需要的关键能力和必备品格。课程内容包括物理学概念和规律、实验探究、科学本质、科学思维态度、科学与社会发展等部分<sup>[3]</sup>。

## 2 高中阶段电磁学内容的比较研究

中国的高中物理课程结构总体分为必修课程、选修性必修课程和选修课程,每部分课程由3个模块组成。本文研究的是电磁学内容,所以仅选择与电磁学相关的必修3和选择性必修2两部分进行研究。在进行内容对比时,按中国《课标》物理核心素养的4个维度展开:

- (1) 物理观念;
- (2) 科学思维;
- (3) 科学探究;
- (4) 科学态度与责任。

### 2.1 中美课标关于电磁学中物理观念的比较

物理观念是建立在物理学科核心概念基础上的,是概念、规律等在头脑中的提炼与升华。电磁学部分的核心概念主要围绕电场与磁场中力与能的性质展开,包括电场、库仑定律、电场强度、电势、电势能、磁场、电磁感应、楞次定律等。中美课标中对于电

磁学的物理观念这部分内容都进行了相关要求,具体内容见表1.

(注:本文表中所列出的内容均来自美国《课标》和中国《课标》)

表1 中美课标关于电磁学中物理观念的比较

美国	中国
<p>PS1 物质的结构和性质</p> <p>(1) 在大规模上,物质的结构和相互作用是由原子内部和原子间的电力决定的.</p> <p>(2) 在原子尺度上,电荷间的引力和斥力解释了物质的结构、性质和转换以及物体间的接触力</p>	<p>电磁场的物质观</p> <p>(1) 知道电磁场的物质性.</p> <p>(2) 能用电场强度、电势、磁感应强度等物理量描述电场或磁场的性质</p>
<p>PS2 相互作用的类型</p> <p>(1) 利用万有引力定律和库仑定律的数学表示来描述和预测物体之间的引力和静电力.(说明:重点是对引力场和电场的定量和概念描述)(评估边界:评估限于两个对象的系统)</p> <p>(2) 磁体或电流产生磁场;电荷或变化的磁场产生电场.</p> <p>(3) 通过电场或磁场来说明物体之间的力和物体由于相互作用而导致的能量变化.(说明:模型的示例可以包括附图、图表和文本,例如,解释当两个异种电荷靠近时,物体能量如何变化,如何与场的能量变化相关)(评估边界:评估限于两个对象的系统)</p>	<p>电磁学中的运动和相互作用观</p> <p>(1) 会用库仑定律分析点电荷之间的相互作用.</p> <p>(2) 会用闭合回路欧姆定律等分析电路各部分之间电学量的相互关系.</p> <p>(3) 理解法拉第电磁感应定律、楞次定律的内涵.</p> <p>(4) 能分析带电粒子在磁场中运动的问题和电磁感应问题</p>
<p>PS3 能量</p> <p>(1) 当两个物体通过场相互作用且改变相对位置时,储存在场中的能量也会发生变化.</p> <p>(2) 一定距离上的力传递能量可以通过空间的场(引力场、电场和磁场)渗透空间来解释.</p> <p>(3) “电能”可指储存在电池中的能量或通过电流传输的能量</p>	<p>电磁学中的能量观</p> <p>(1) 知道静电场中的电荷具有电势能.</p> <p>(2) 知道不同形式的能可互相转化,在转化过程中能量总量保持不变,能量转化是有方向性的.能用电势能和焦耳定律等分析电学中的能量转化问题.</p> <p>(3) 了解发电机和电动机工作过程中的能量转化</p>

由表1分析比较可知,在有关电磁学的物质观中,中国《课标》在必修3中提到“形成初步的物质观”,在选择性必修2中提出要“进一步培养学生的物质观念……,引导学生通过安培力与洛伦兹力的学习进一步认识场的概念”.通过引入电场线、磁感线来描述场,“看到”场的存在,并通过场表现出来的力来加深对场的认识.美国《课标》从微观层面上,将物质的结构性质与组成物质的微粒之间的相互作用(包括引力和电力)联系起来,强调仅限于两个物体的系统中,对引力场和电场的定量描述和概念描述.对场产生的认识,建立在相互作用的基础上,与中国《课标》中“通过电场力的性质来加深对场的认识”是一致的.

在有关电磁学中的相互作用观中,美国《课标》强调物体在电场与磁场中运动时,物体的受力和能

量、场的能量之间的关系.能量包括物体的能量和场的能量,对于学生理解势能的相对性、与场有关的能量定义、守恒、转换等十分重要.中国《课标》在分析物体在场中运动时,过于注重研究对象的能量变化,而忽视了场也是一种物质,能量是场与物体共同拥有的这一关系.所以,这样的安排不利于学生把握知识的本质内容.中国《课标》从两点电荷间的受力,导出点电荷会激发电场,电荷在电场中受力是场之间的相互作用.此外,中国课标还提出电路中各电学量之间的关系、磁场变化与电流之间的相互作用等内容,知识点更为广泛.

在有关电磁学的能量观中,中国《课标》提出了电势能、电势、电势差等物理概念、电场力做功与电势能之间的关系、焦耳定律的运用、生活中常用机械的能量转换等,知识面更广.美国《课标》知识点相

对集中,重点分析当物体位置发生变化时,场及物体能量改变的原因.这对生理解场的力的性质、能的性质是一个较高的要求.此外,在电路的学习中,美国《课标》提出认识电能在电路中的表现和储存,但没有过多分析电路中各电学量之间的关系.可见,美国《课标》更注重学生对一个知识点理解的深度,而非广度.

## 2.2 中美课标关于电磁学中科学思维的比较

表2 中美课标关于电磁学中科学思维的比较

美国	中国
<p>(1) 库仑定律提供了一种数学模型来描述和预测距离对物体之间的引力和静电力的影响.</p> <p>(2) 数学表达式量化了系统中存储的能量如何取决于它的相对位置.例如,带电粒子的相对位置、弹簧的压缩及动能如何取决于质量和速度,允许用能量守恒的概念来预测和描述系统行为.</p> <p>(3) 创建一个概念性的模型来计算已知系统中某个部分的能量流动时,系统内其他部分能量的变化.(说明:重点在于解释模型中使用的数学表述的含义)(评估边界:评估限于基本代数运算,两到三个系统.只研究内能、动能和重力场、磁场以及电场中的能量)</p> <p>(4) 构建并使用模型说明:宏观上的机械能可以被解释为动能和势能的结合.(说明:宏观上的例子可以包括动能转化为内能的转换、位置升高而具有势能的物体以及两个带电板之间的能量)(评估边界:构建的模型可以包括图表、描绘和程序模拟)</p> <p>(5) 建构在电场或磁场中的两个物体模型,并使用构建的模型来说明物体之间的力及能量变化.(说明:模型可以包括附图、图表和文本,比如当两个异种电荷靠近时发生的变化,如何解释物体间的能量变化如何与场的能量变化相关)(评估边界:评估仅限于包含两个对象的系统)</p>	<p>(1) 能用原子结构模型和电荷守恒的知识分析静电现象.</p> <p>(2) 体会探究库仑定律过程中的科学思想和方法.</p> <p>(3) 了解电场强度,体会物理量之比定义新物理量的方法.会用电场线描述电场.</p> <p>(4) 能分析带电粒子在电场中的运动情况,能解释相关物理现象.</p> <p>(5) 能用洛伦兹力分析带电粒子在匀强磁场中的圆周运动,了解带电粒子在匀强磁场中的偏转及其应用.</p> <p>(6) 应用磁感线、匀强磁场等综合模型分析磁场和电磁感应的问题.</p> <p>(7) 能用公式和图像描述正弦交变电流.</p> <p>(8) 能恰当使用证据推出物理结论或质疑已有结论.</p> <p>(9) 通过法拉第电磁感应定律和楞次定律有关的科学探究,掌握对实验证据进行分析与归纳的方法,能用实验归纳和理论演绎等不同方式来研究物理问题.</p> <p>(10) 会用闭合回路欧姆定律分析电路各部分之间电学量的关系.</p> <p>(11) 理解电功、电功率及焦耳定律,能用焦耳定律解释生产生活中的电热现象</p>

由表2分析比较可知,中美课标在科学思维的要求中都提到了模型建构与使用,推理与论证知识点.美国《课标》倾向于学生在分析问题的基础上,去建构物理模型来解释物理现象,并规定了物理模型可以是数学模型、概念模型、图表、文本、程序模拟、附图等.原始的模型建构,难度较大,同时也更具开放性和创造性,学生只有在理解知识的前提下,才能正确建构出模型[表中的第(4)、(5)、(6)条都提到了模型的建构,(1)、(2)条体现了数学模型的理解和建构].而中国《课标》的建模难度小、范围大,

科学思维揭示了事物的本质特征和内在规律,主要包括模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新等要素.物理学不同分支间的概念和方法的移植、类比的思想、提出新概念、发现新规律、建立新的理论模型都属于科学思维<sup>[4]</sup>.中美课标都对学生在电磁学学习中涉及到的科学思维做了相关要求,具体内容如表2所示.

研究问题较具体,且几乎都围绕课堂中的教学重难点展开.教师在课上的引导、启发几乎已经帮助学生完成建模,学生只需要理解并应用[表中的第(1)、(4)、(5)、(6)、(7)条体现了学生对模型的理解运用,第(2)、(3)、(8)、(9)、(10)、(11)条就要求学生掌握物理方法和思维,学会分析和推理].当然,无论是在模型的建构及运用、改进等,都需要学生具有收集论据、进行分析推理、类比原有方法,并针对问题加以创新修改等.所以,两国课标都注意到了对学生科学分析推理的要求.

### 2.3 中美课标关于电磁学中科学探究的比较

首先,澄清科学思维中的“科学推理、科学论证”与实验探究中的“解释”意义,科学思维强调具备物理思维,掌握典型的物理方法;科学探究强调运用物理知识对实际问题进行研究<sup>[5]</sup>.即科学探究是从发

现问题开始到解决问题的整个过程,而科学思维强调学生具有的一种能力与品格.科学探究主要包括:问题、证据、解释、交流等要素.中美课标在电磁学这部分对学生的科学探究能力也都做了要求,具体内容如表3所示.

表3 中美课标关于电磁学中科学探究的比较

美国	中国
(1) 计划和进行调查,以提供证据,证明电流可以产生磁场,变化的磁场可以产生电流.(评估边界:评估仅限于设计和对所提供的材料和工具进行调查)	探究实验1:探究并了解金属导体的电阻与材料、长度和横截面积的定量关系. 探究实验2:探究影响感应电流方向的因素,理解楞次定律. 探究实验3:探究并了解变压器原副线圈电压与匝数的关系,知道远距离输电时通常采用高压输电的原因.
(2) 设计、构建并改进一个工作在已知条件下,可以将一种形式的能量转换为另一种能量形式的装置模型.(说明:重点在于定性和定量的设备评估)(评估边界:评估仅限于用提供给学生的材料构建的设备)	探究实验要求学生能根据检验假设的思路,制订科学探究实验方案;能正确操作实验器材,获得可靠的实验数据,通过分析数据、发现规律,进而归纳形成简洁的、具有普遍意义的结论;能分析实验中的误差,判断误差的来源;能写出完整的科学探究实验报告

由表3分析比较可知,两国课标都提到了有关磁场的探究实验.美国《课标》让学生收集论据并自行设计实验,探究“电生磁,磁生电”,电磁之间具有对称性.同时,注重学生对探究活动的兴趣,学生更容易理解并运用自己“探究”得来的知识.中国《课标》探究“磁生电”,且重点为楞次定律的理解.实验探究更注重知识本身,是学生在必修课程中学习了相关概念和定律的前提下,在选择性必修课程中进行探究,实验探究对学生的要求在课标中明确且具

体地给出,对实验的操作过程也更注重规范性.

### 2.4 中美课标关于电磁学中科学态度与责任的比较

科学态度与责任是指在认识科学本质、认识科学·技术·社会·环境关系的基础上,逐渐形成的探索自然的内在动力,严谨求是和持之以恒的科学态度,以及遵守道德规范,保护环境并推动可持续发展的责任感.主要包括科学本质、科学态度、社会责任等要素.中美课标对于科学本质、科学态度和科学责任的具体内容要求见表4.

表4 中美课标关于电磁学中科学本质、科学态度、社会责任的比较

美国	中国
(1) 定律是关于可观察现象之间关系的陈述或描述. (2) 理论和定律为科学提供了解释. (3) 科学知识在自然系统中具有秩序性和一致性.科学假设宇宙是一个巨大的单一系统,其中基本定律是一致的. (4) 科学是人类努力的结果. 1) 技术进步影响了科学的进步,科学影响了技术的进步. 2) 科学和工程受到社会的影响,社会受到科学和工程的影响. (5) 科学知识可以根据新的证据进行修订. 1) 大多数科学知识都是普遍成立的,但原则上要根据新的证据和对现有证据的重新解释而改变. 2) 科学论证是一种逻辑话语模式,用来阐明观点和证据之间关系的强度,这种关系可能导致解释的修改	(1) 体会探究库仑定律过程中的科学思想和方法. (2) 体会物理量之比定义新物理量的方法. (3) 体会物理模型在探索自然规律中的应用. (4) 初步了解场的统一性与多样性,体会物理学对统一性的追求. (5) 在实践中能做到安全用电和节约用电,具有可持续发展与环境保护的意识. (6) 认识科学对技术的推动作用,体会技术进步对人类生活和社会发展的影响. (7) 认识科学·技术·社会·环境的关系,知道保护环境、节约能源、促进可持续发展的重要意义

由表4分析比较可知,美国《课标》对于科学本

质的要求体现在第(1)~(3)条的内容中,科学知识



是基于自然现象,建构的科学模型、理论、定律,并用来解释自然现象.中国《课标》对于科学本质的要求体现在第(1)~(4)条的内容中,要求学生体会知识中所蕴含的物理思维.同时,两国课标在电磁学这部分内容的教学中都重视引导学生形成对科学规律一致性与统一性的认识.对于科学本质的教学,除了让学生去感受科学思想、方法、规律的共通性,还将所学的知识与自然界的现象联系起来,将科学知识作为一种生活素养.对于科学态度与责任部分,美国《课标》的要求体现在第(4)、(5)条的内容中,中国《课标》则体现在第(5)、(6)、(7)条的内容中.中美课标都提到了科学与人类社会之间的相互影响,美国《课标》提出科学知识是可以被修正的,重视学生的质疑创新精神.中国《课标》则强调对于自然环境的保护,更重视对学生的可持续发展观念的培养.

### 3 总结和建议

综上所述,在物理观念这一层面上,美国《课标》重视物理概念和原理,课程内容的难度和深度较大.中国《课标》涉及的知识要点较为零散,课程内容显得广而不深,不利于学生从本质上认识科学.在科学思维这一层面上,美国《课标》重视物理模型的结构、理解与运用,而中国《课标》则较为注重科学事实、自然现象与过程的认识、理解和分析.在科学探究这一层面上,美国《课标》重视学生的兴趣需求,主张学生在收集论据的基础上,展开探究.中国《课

标》则强调学生在探究过程中,操作的规范性、数据收集与整理等细节方面,而对更能体现学生理解运用知识的设计实验环节反而要求不高.在科学态度与责任这一层面上,美国《课标》与中国《课标》都对学生的社会责任、科学本质、科学与社会、环境之间的关系做出了要求.

因而,为了更好地提升学生的物理学科核心素养,我国高中物理教师应加强自身专业知识功底,注意知识前后的连贯性,挖掘知识之间最本质的联系.在教学中,鼓励学生在理解知识的基础上,学会建立模型.在探究实验教学中,应更多地调动学生的兴趣,让学生主动地理解知识并进行探究,而不是“依葫芦画瓢”.此外,还应引导学生认识到不仅社会在发展,科学知识也是在不断发展的.要鼓励学生在将知识运用于生活的过程中,留心生活,从生活中发现新现象,并敢于质疑.

### 参考文献

- 1 National Research Council. Next Generation Science Standards. Washington D C: The National Academies Press, 2013: 246 ~ 260
- 2 郭玉英,姚建欣,彭征. 美国《新一代科学教育标准》述评. 课程·教材·教法, 2013, 33(8): 118 ~ 127
- 3 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准. 北京: 人民教育出版社, 2017
- 4 郭玉英. 从三维课程目标到物理核心素养. 物理教学, 2017(11): 4 ~ 6
- 5 艾静,熊建文. 物理核心素养的解析与重构. 物理教师, 2018, 38(7): 2 ~ 7

## Comparative Study on Electromagnetic Contents in Chinese and American Course Standards

Yu Kemei Su Yucheng

(School of Science, Minzu University of China, Beijing 100081)

**Abstract:** This paper compares the 2013 New Generation Science Education Standards and China's 2017 General High School Physics Curriculum Standards, taking the high school electromagnetics as example, and comparing the curriculum standards of the two countries from the four dimensions of core literacy. The sameness and difference, and then make some suggestions.

**Key words:** curriculum standards; electromagnetics; comparative study