

核心素养下的物理跨学科实践研究——以“设计与制作简易直流发电机模型”项目为例

刘露云（上海市南洋模范初级中学）

摘要：在义务教育物理课程标准强调核心素养培育的背景下，跨学科实践成为落实学科育人目标的重要途径。本文以人教版九年级物理“电与磁”单元为依托，设计并实施了“设计与制作简易直流发电机模型”跨学科项目化学习活动。该项目将“电磁感应”“直流发电机工作原理”“能量转化”等核心物理知识转化为四个递进式子任务，引导学生经历“设计制作、问题生成、探究验证、优化展示”的完整学习过程。通过融合劳动技术、工程设计等多学科知识与技能，学生在解决真实问题的过程中建构物理观念、发展科学思维、提升科学探究能力，同时培养工程实践与创新意识。实践表明，跨学科项目化学习能够有效激发学生的学习兴趣，促进物理学科核心素养的综合发展，为初中物理教学改革提供了可借鉴的实践模式。

关键词：核心素养；跨学科实践；项目化学习；直流发电机；电磁感应

一、引言

《义务教育物理课程标准日常修订版（2022年版2025年修订）》明确提出，物理课程要以核心素养为导向，注重学科间的相互渗透，引导学生运用跨学科知识与方法解决真实问题。^[1]传统的物理教学往往以知识传授为主，学生被动接受概念和规律，缺乏将知识应用于实际的机会，难以形成解决复杂问题的能力。跨学科实践作为一种新型学习方式，能够打破学科壁垒，将抽象的物理知识与真实的工程实践相结合，让学生在“做中学”“用中学”“创中学”，实现知识的深度建构与核心素养的全面发展。

“电与磁”是九年级物理的重要单元，其中电磁感应现象和发电机工作原理是教学的重点和难点。传统教学中，学生通常通过教师演示实验和课本插图来理解这些内容，难以直观感受发电机的工作过程和能量转化机制。为此，我们设计了“设计与制作简易直流发电机模型”跨学科项目，将教材中的知识点转化为具有挑战性的真实任务，让学生在制作发电机模型的过程中，综合运用物理、劳动技术、工程等多学科知识，解决“如何用日常材料制作出能稳定点亮LED灯的发电机”这一核心问题，从而实现从知识学习到能力培养的转变。

二、项目设计理念与目标

（一）设计理念

本项目以“素养为本”为核心理念，坚持“做中学”的教学思想，将学科核心知识与工程实践有机融合。项目设计遵循以下原则：

- 1.真实性原则：**以“夜间骑行照明”这一真实生活情境为切入点，提出制作简易发电机的任务，让学生感受到物理知识的实用价值。
- 2.进阶性原则：**将复杂的制作任务分解为四个递进式子任务，从基础结构设计到性能优化，再到稳定性改进，最后到成果展示，符合学生的认知发展规律。
- 3.跨学科原则：**融合物理、劳动技术、工程设计、美术等多学科知识，培养学生的综合素养。
- 4.探究性原则：**引导学生在实践中发现问题、提出问题、解决问题，经历完整的科学探究过程。

（二）核心素养目标

本项目旨在通过跨学科实践活动，全面培养学生的物理学科核心素养：

- 1.物理观念：**通过制作和调试发电机模型，深入理解电磁感应现象的产生条件，掌握发电机的工作原理，建立“机械能可以转化为电能”的能量观念。
- 2.科学思维：**通过分析影响感应电流大小和稳定性的因素，培养学生的科学推理和论证能力；通过设计和优化发电机结构，发展学生的模型建构和创新思维。
- 3.科学探究：**通过设计对照实验探究感应电流的影响因素，培养学生提出问题、设计实验、收集数据、分析结论的能力。
- 4.科学态度与责任：**通过小组合作完成项目任务，培养学生的团队协作精神和严谨求实的科学态度；通过了解发电机在生产生活中的应用，增强学生的社会责任感和创新意识。

三、跨学科项目化学习的整体设计

本项目面向九年级物理学科实施，总课时为4课时，依托人教版《物理》九年级全一册“电与磁”单元，以“设计与制作简易直流发电机模型”为核心任务。项目将教材中的核心学习内容转化为若干子任务，采用任务驱动的方式组织探究实践。各子任务的设置、对应的物理学习内容及课时分配建议见表

1。

表 1：各子任务的设置、对应的物理学习内容、课时分配建议及任务目标表

子任务	学习内容	课时
设计并制作发电机模型基础结构	电磁感应现象、发电机基本结构	1
探究与优化发电机发电性能	感应电流影响因素、能量转化规律	1
解决发电稳定性问题	换向器工作原理、电路接触优化	1
展示与交流发电机成果	跨学科实践展示、原理应用表达	1

（一）任务目标设计

本项目从四个环节设计了分层递进的学习目标：

- 1.设计制作环节：**通过设计与制作简易直流发电机模型的任务，认识电磁感应现象的产生条件，了解发电机的基本结构与工作机制，能够利用实验结论对模型进行初步优化，从而发展科学探究意识与工程设计能力。
- 2.问题生成环节：**通过观察模型发电现象、比较不同结构的发电效果差异，能够提出与感应电流相关的科学问题，运用已有知识作出合理假设，从而发展问题意识与科学思维水平。
- 3.探究验证环节：**通过实验验证影响感应电流大小与稳定性的因素，综合运用物理规律、数据分析与工程实践的方法，分析实验数据、解释现象，从而提升实验探究、数据分析与创造性解决问题的能力。
- 4.优化展示环节：**通过对发电机模型的改进与展示，能在问题解决中发现并优化设计方案，形成科学思维与工程意识，体验科学探究与技术应用的融合，从而发展合作交流、反思调控与原理表达等综合素养，体现物理学习的创造性与社会性价值。

（二）关键问题设计

在本项目中，问题的提出基于对学科核心内容与真实任务需求的双重分析。我们分别从“指向学科本质理解”和“驱动持续探究与创作”两个层面，对学习问题进行了系统提炼，并以此构建项目的问题体系（见表 2）。

表 2：项目问题体系表

学习问题	核心提问内容	问题的功能定位
本质问题	电磁感应现象如何产生？影响感应电流大小与稳定性的因素是什么？直流发电机如何实现电能的持续输出？	指向学科本质理解
驱动性问题	如何用身边的日常材料（漆包线、磁铁、铜片等），制作出能稳定点亮 LED 灯的简易直流发电机模型，展现创意与工程实践能力？	驱动持续探究与创作

（三）学习活动设计

1.任务一：设计并制作发电机模型基础结构（第 1 课时）

本任务中的学习活动按照“情境引入、方案设计、结构制作、初步测试”的思路加以组织。学生在活动中从熟悉的夜间骑行照明情境和已有的物理学科知识出发，通过对发电机工作原理的探究与分析，逐步明确并聚焦发电机的核心结构。各项学习活动既指向简易发电机基础结构的设计与完成，又为后续围绕发电性能开展的探究提供了必要的实物基础和问题情境（见表 3）。

表 3：设计并制作发电机模型基础结构学习活动设计表

学习活动	活动内容	活动要求	设计意图
想一想： 发电机工作原理	你知道发电机的基本结构有哪些？它是如何将机械能转化为电能的？	结合生活经验与科普视频，尝试用已有知识描述发电机的工作方式，不要求表述完全准确。	激活已有经验，引出“电磁感应产生电能”的认识，为后续结构设计奠定认知基础。
活动 1： 确定制作方案	小组讨论发电机的核心部件（线圈、磁极、换向器等），选择合适的制作材料，明确各部件的连接方式。	小组协作完成方案讨论，明确材料清单及部件功能，形成一致选择。	通过真实设计情境，关注“发电核心结构”这一关键要素，使方案确定成为后续制作与探究的起点。
活动 2： 设计结构	绘制发电机模型设计图纸，标注核心部	图纸需体现模型的基本结构，标注清	将对发电原理的初步认识转化为结构化表达，

并绘制图纸	件、材料类型及关键尺寸，说明动力来源与LED灯连接方式。	楚核心发电部件，尺寸可为估计值。	发展工程设计意识，为后续制作提供可操作的物质基础。
活动 3：制作并初步测试	依据图纸制作发电机模型，完成线圈缠绕、磁极固定、换向器安装等关键步骤，测试模型是否能使LED灯初步发光。	模型结构完整，能够尝试实现发电功能，不追求稳定发光效果。	通过成果测试检验结构设计的可行性，在操作中生成新的问题，为后续围绕发电性能的探究活动创设真实情境。

2.任务二：探究与优化发电机发电性能（第 2 课时）

本任务中的学习活动围绕“探究、验证、优化”的逻辑加以组织。学生在完成发电机模型基础结构的基础上，进一步探索发电性能的核心影响因素，通过有目的地改变模型的结构或操作方式，体验并分析感应电流大小与稳定性的变化规律（见表 4）。

表 4：探究与优化发电机发电性能学习活动设计表

学习活动	活动内容	活动要求	设计意图
活动 1：探究感应电流大小的影响因素	设计对照实验，分别改变线圈匝数、磁场强弱、转动速度等变量，观察 LED 灯亮度或测量电流大小，记录实验数据。	控制单一变量，规范记录实验现象与数据，能分析变量与发电效果的关系。	从实际操作入手，认识发电效果与结构参数的关系，为理解感应电流相关因素提供直观经验。
想一想 1：提出问题（电流大小）	结合实验过程中遇到的困难，提出三类问题（一般问题、具体问题、拓展问题），如“什么是感应电流？”“线圈匝数如何影响电流大小？”等。	问题需围绕实验过程，体现问题层次的分，紧扣实际困惑。	通过问题分类发展科学提问能力，学习从操作困难走向更有指向性的物理探究问题。
活动 2：探究能量转化规律	分析发电机工作过程中能量的输入与输出形式，记录转动线圈时的用力情况与 LED 灯亮度的关联。	能明确机械能向电能的转化过程，说明操作方式对能量转化效率的影响。	建立能量观念，理解发电机的能量转化本质，为优化发电效率提供思路。
想一想 2：思考优化方向	影响发电机发电效率的因素有哪些？你们小组准备如何优化模型的发电性能？	能结合实验结论，从材料、结构或操作方式提出合理设想。	从多因素角度认识发电效率差异，为综合优化模型性能提供思路。

活动 3：发电性能优化	基于实验结论，对模型进行针对性改进，如增加线圈匝数、更换强磁铁等，测试改进后的发电效果。	描述具体改进方法及调整效果，体现改进前后的变化对比。	通过反复调整与比较，学习将物理规律应用于真实作品的改进，提升工程实践与反思能力。
-------------	--	----------------------------	--

3.任务三：解决发电稳定性问题（第 3 课时）

本任务中的学习活动按照“辨析、探究、应用”的思路组织。学生在前期完成发电机模型制作与发电性能优化的基础上，进一步关注发电过程中出现的电流不稳定现象，通过分析换向器的工作原理，形成对发电稳定性的科学认识（见表 5）。

表 5：解决发电稳定性问题学习活动设计表

学习活动	活动内容	活动要求	设计意图
想一想：辨析电流不稳定的原因	思考并讨论：发电机模型产生的电流为何会闪烁？换向器在发电机中起到什么作用？	结合模型结构与工作原理进行判断，能说明换向器的核心功能。	区分交流与直流电的差异，激活已有经验，形成问题意识。
活动：提升发电稳定性的方法探究与应用	探究换向器接触稳定性、电路连接方式等对发电稳定性的影响，尝试调整换向器铜片角度、加固导线连接等改进方法。	选择一种或多种改进方法进行尝试，清楚展示改进前后的发光稳定性变化，说明改进思路。	通过实际操作与效果对比，了解电流不稳定的产生原因，体验基于证据的改进过程，发展工程优化意识。

4.任务四：展示与交流发电机成果（第 4 课时）

本任务中的学习活动围绕“展示呈现、反思梳理、交流评价”的思路加以组织。学生在完成发电机模型的结构设计、性能优化与稳定性改进的基础上，运用改进后的模型进行实际演示与成果展示，并对整个项目实施过程进行系统回顾与反思（见表 6）。

表 6：展示与交流发电机成果学习活动设计表

学习活动	活动内容	活动要求	设计意图
活动 1：成果演示与原理讲解	使用改进后的发电机模型进行演示，展示 LED 灯稳定发光效果，结合设计图纸与实验报告，阐述发电原理、设计思路及改进过程。	演示过程清晰完整，能准确表达核心原理与设计逻辑，体现模型的改进效果。	将前期设计与改进成果转化为可展示的学习作品，体验物理学习的实践价值。
活动 2：项目过程回顾与反思	梳理项目实施中遇到的主要困难、解决策略及收获，以 PPT 或书面形式进行展示。	内容结构清晰，能够体现“问题 - 策略 - 结果”的完整过程。	对项目实施过程进行系统反思，提升元认知与表达能力。
活动 3：交流评价与经验总结	完成组内互评与组间评价。组内互评：总结组员的优势与自身的成长；组间互评：分享对他人作品的启发与自身特色；总结评价：提炼项目学习对后续实践的启示。	评价有依据，能够从他人作品中获得启发，总结自身特色与不足。	通过多元评价深化学习理解，形成对项目化学习方式的整体认识。

（四）任务评价设计

本项目采用过程性评价与成果性、反思性评价相结合的多元评价体系，全面评价学生的学习表现。

1.过程性评价

通过观察记录、实验报告和合作表现等方式，对项目化学习过程中的表现进行全面评价，帮助学生在实施中不断发现问题并及时改进（见表 7）。

表 7：过程性评价表

评价项目	评分等级	评分标准	分值区间
设计图纸 (10 分)	A	图纸结构清晰，材料标注齐全，能体现发电机核心发电结构与连接方式	9-10
	B	图纸基本完成，标注较为清楚，设计有初步想法	6-8

	C	图纸结构不清或缺失，设计构想模糊	0-5
创意美观 (10分)	A	外形设计新颖，结构合理，装饰与功能协调，具有鲜明特色	9-10
	B	结构完整，有一定装饰设计，功能实现良好	6-8
	C	结构粗糙，装饰简单或无设计，功能实现较差	0-5
实验探究 (30分)	A	能规范设计对照实验，准确记录数据，分析结论科学，能解决实验中出现的問題	24-30
	B	能完成实验设计与操作，记录基本完整，能在指导下分析结论与解决问题	18-23
	C	实验设计不规范，数据记录混乱，无法独立分析结论与解决问题	0-17
问题解决 (30分)	A	能发现并主动提出制作或调试中的关键问题，自主设计改进方案并验证效果	24-30
	B	能在教师或同伴帮助下识别问题并改进，改进方案具有一定可行性	18-23
	C	对问题反映不积极，依赖提示，改进效果不明显	0-17
团队协作 (10分)	A	分工明确，主动协作，对小组成果有积极贡献，沟通高效	9-10
	B	有合作但效率一般，部分成员参与较少	6-8
	C	配合不畅，协作意识薄弱	0-5

2.成果性-反思性评价

聚焦项目成果展示与学习反思，综合评价学生的知识应用、实践创新、团队合作、成果展示与自我反思。学生通过组间互评与小组自评，既展示成果，也回顾成长与不足（见表8）。

表 8：成果性-反思性评价表

一级指标	二级指标	细化指标	小组 1	小组 2
知识应用	跨学科学习	理解并掌握制作中融合的跨学科知识（物理原理、劳动技术等）		
	综合运用	在调试和优化过程中综合运用多学科知识与方法		
	原理应用	能灵活调用电磁学知识分析并解决发电相关问题		

（二）实验探究阶段：优化发电机发电性能

在实验探究阶段，学生在调试与使用发电机模型的过程中不断产生疑问，如“为什么线圈匝数越多，灯越亮？”“磁铁磁性强弱对发电有什么影响？”等。这些基于实践经验生成的疑问，最初呈现出零散、表层的特点。为引导学生将零散的问题转化为可探究的研究方向，教师引入“项目化学习中的问题类型分类表”，引导学生按照问题层次（一般、具体、拓展）对已有疑问进行整理与表达（见表9）。

表9：项目化学习中的问题类型分类表

问题类型	定义	目的	示例（以“直流发电机模型”为例）
一般问题	围绕项目核心概念的基础性疑问，范围较广	帮助学生建立知识框架，明确探究方向	直流发电机如何产生稳定的直流电？
具体问题	聚焦某个关键部件或影响因素的操作性问题	引导学生设计实验验证假设，解决实际问题	线圈匝数如何影响感应电流的大小？
拓展问题	基于已有问题的深度探究，涉及原理应用或创新改进	激发创造性思维，推动模型优化	如何改进换向器结构，提升电流稳定性？

经过问题的分类整理与集体讨论，学生逐步从零散的现象性疑惑转向系统性思考，最终聚焦出后续实验探究的核心方向：线圈匝数、磁场强弱、转动速度如何影响感应电流大小？如何通过结构优化提升能量转化效率？针对这些核心问题，学生设计对照实验，规范记录数据，分析实验结论，并将结论应用于模型改进。



图2 发电机模型改进设计图

（三）改进完善阶段：解决发电稳定性问题

在改进完善阶段，学生重点关注发电机模型发电不稳定的问题，通过分析换向器的工作原理，认识到“换向器接触不良”是导致LED灯闪烁的主要原因

因。各小组结合这一发现，开展针对性改进：有的小组调整换向器铜片的角度，增加与电刷的接触面积；有的小组加固导线连接，减少电路连接处的接触不良问题；还有的小组优化转子结构，使线圈转动更平稳。通过反复测试与调整，绝大多数小组的模型实现了 LED 灯稳定发光的目标。



图 3 换向器结构图

（四）作品与展示交流

在项目完成后，学生以小组为单位对自制发电机模型作品进行集中展示。各小组呈现的作品在结构形式、材料选择与发电效果等方面各具特点，体现了学生在项目学习中的多样化设计思路与创意表达，比如部分小组设计了简易手柄便于控制转动速度，部分小组加装了扇叶利用吹风机模拟风速带动转子转动。

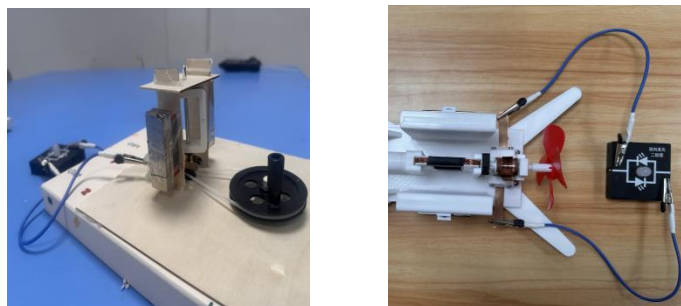


图 4 学生自制多样化发电机设计图

展示过程中，学生通过现场演示发电机模型点亮 LED 灯的效果，借助 PPT 对模型的发电原理、制作过程中遇到的主要问题及相应的改进方案进行说明。在讲解与交流中，学生不仅回顾了发电机从设计、制作到调试与优化的全过程，也进一步加深了对电磁感应原理与能量转化规律的理解。

第一组汇报的关键信息：换向器，把交流电转化为直流电。	
你的收获：	换向器通过铜片和电刷的配合，将交流电转化为直流电。
你的疑问：	✓
你的反思：	✓
第二组汇报的关键信息： 1. 转速问题 2. 转速大小问题。→ 加装转盘 → 加快转速	
你的收获：	转速越快，感应电流越大。
你的疑问：	✓
你的反思：	用齿轮传动代替转盘？增加稳定性。
第三组汇报的关键信息： 线圈匝数问题：增加线圈匝数，增加磁通量。→ 电流大小	
你的收获：	线圈匝数越多，电流越大；加扇叶，用风带动线圈转动。
你的疑问：	实际情况下风速是足够快，能带动线圈转动？
你的反思：	可以将铜线换成铝线？减小线圈质量，风速需求就会小。
第四组汇报的关键信息： 交换磁极与磁极，再视法拉第电磁感应实验。	
你的收获：	当线圈转动时，周围磁场的变化时，线圈中也能产生电流。
你的疑问：	为什么不增加磁极？即使让磁极悬空，也能发电呀！
你的反思：	✓

第一组汇报的关键信息：基于电流磁效应原理，模拟电动机发电。	
你的收获：	增加电压，使LED灯的亮度持续更亮。
你的疑问：	如何增加LED灯的亮度？
你的反思：	换向器的结构实现电流方向的一致。
第二组汇报的关键信息：线圈转速是感应电流偏暗的原因。	
你的收获：	线圈转速越快，感应电流在电流表越大。
你的疑问：	转速会不会太快？有没有什么替代方案？
你的反思：	加装转盘，齿轮传动代替转盘，可提高转速。
第三组汇报的关键信息：增加线圈匝数，增加切割磁感线的导线长度，可改变电流大小。	
你的收获：	线圈匝数越多，感应电流在电流表越大。
你的疑问：	气流从自然的风速来，会不会太慢被吹散？
你的反思：	加风扇，可使线圈快速转动。
第四组汇报的关键信息：与线圈匝数的增加类似，因磁极也会有电流产生。	
你的收获：	交换磁极与磁极，改变线圈，可产生电流。
你的疑问：	是否增加磁极？
你的反思：	如何能转动磁极的发电机输出直流电？

图 5 学生交流反思图

五、核心素养发展成效与教学反思

(一) 核心素养发展成效

通过参与本项目，学生的物理学科核心素养得到了全面发展：

- 1.物理观念的深化：**学生不再是死记硬背电磁感应的概念和规律，而是通过亲手制作和调试发电机模型，直观感受电磁感应现象的产生过程，深入理解发电机的工作原理和能量转化机制，形成了清晰、稳定的物理观念。
- 2.科学思维的发展：**在探究影响感应电流大小和稳定性的因素时，学生运用控制变量法设计实验，通过分析实验数据得出结论，培养了科学推理和论证能力。在优化发电机结构时，学生能够从多个角度思考问题，提出创新的改进方案，发展了创新思维和模型建构能力。
- 3.科学探究能力的提升：**学生经历了“提出问题、作出假设、设计实验、进行实验、收集数据、分析结论和应用改进”的完整科学探究过程，掌握了科学探究的基本方法，提高了实验操作能力和数据分析能力。
- 4.跨学科综合素养的培养：**在项目实施过程中，学生综合运用了物理、劳动技术、工程设计、美术等多学科知识与技能。例如，运用劳动技术中的绘图和手工制作技能制作发电机模型；运用工程设计的思想优化发电机结构；运用美术知识美化发电机外观。这不仅拓宽了学生的知识面，也培养了学生解决复杂问

题的综合能力。

（二）教学反思与启示

本项目的实施取得了良好的教学效果，但也存在一些需要改进的地方：1. 时间安排有待优化：由于项目涉及的环节较多，部分小组在制作和调试过程中花费的时间较长，导致成果展示环节时间略显紧张。在今后的教学中，可以适当延长项目总课时，或者将部分制作环节安排在课后进行。2. 教师指导需要更加精准：在学生遇到困难时，教师的指导有时过于直接，没有给学生足够的思考空间。今后，教师应更加注重引导学生自主发现问题、解决问题，培养学生的独立思考能力。3. 评价体系需要进一步完善：目前的评价主要侧重于过程性评价和成果性评价，对学生的创新思维和跨学科应用能力的评价还不够全面。今后，可以引入多元化的评价方式，如学生自评、家长评价等，使评价更加客观、全面。

本项目的实践经验为初中物理跨学科教学提供了以下启示：1. 立足学科核心知识，找准跨学科融合点：跨学科教学不是简单的学科知识叠加，而是要以学科核心知识为基础，找准与其他学科的融合点。在本项目中，我们以“电磁感应”这一物理核心知识为基础，融合了劳动技术、工程设计等学科知识，使跨学科学习服务于物理核心素养的培养。2. 设计真实的驱动性问题，激发学生的学习兴趣：真实的驱动性问题是跨学科项目化学习的核心。教师应从学生的生活经验出发，设计具有挑战性和吸引力的真实问题，让学生在解决问题的过程中主动学习、积极探究。3. 注重过程性评价，促进学生全面发展：跨学科项目化学习强调学习过程的重要性。教师应建立多元化的过程性评价体系，关注学生在学习过程中的表现，及时给予反馈和指导，促进学生的全面发展。4. 加强教师跨学科培训，提升教师的专业素养：跨学科教学对教师的专业素养提出了更高的要求。学校应加强教师的跨学科培训，鼓励教师开展跨学科教研活动，提升教师的跨学科教学能力。

六、结语

跨学科实践是落实核心素养培育目标的重要途径。“设计与制作简易直流发电机模型”项目将物理学科核心知识与工程实践有机融合，让学生在解决真实问题的过程中，不仅掌握了物理知识和技能，更发展了科学思维、科学探究能力和创新意识。在今后的教学中，我们将继续探索跨学科教学的有效模式，

不断优化教学设计，为学生提供更多高质量的跨学科学习机会，促进学生核心素养的全面发展。

七、参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部.义务教育物理课程标准日常修订版（2022年版 2025年修订）[S].北京：北京师范大学出版社，2025.