

# 经典力学知识与数学类专业本科毕业论文的有机结合

李雪阳 朱碧云

湘潭大学, 中国·湖南 湘潭 411105

**摘要:** 针对当前数学类专业本科毕业论文普遍存在的问题和困难, 本文的研究基于对本科毕业论文的定位思考, 提出以经典力学知识为核心切入点的毕业论文选题模式。该选题模式旨在培养学生的知识迁移能力, 以过程价值为主, 结果创新为辅。基于实际指导经验, 本文对该选题模式的具体指导过程进行了总结, 并探讨了该选题模式的具体案例和效果优势。

**关键词:** 本科毕业论文; 经典力学; 常微分方程; 知识迁移能力

## The organic combination of classical mechanics knowledge and undergraduate thesis in mathematics majors

Li Xueyang, Zhu Biyun

Xiangtan University, China Hunan Xiangtan 411105

**Abstract:** In response to the common problems and difficulties in undergraduate theses in mathematics majors, this study is based on the positioning of undergraduate theses and proposes a graduation thesis topic selection model with classical mechanics knowledge as the core entry point. This topic selection mode aims to cultivate students' knowledge transfer ability, with process value as the main focus and result innovation as a supplement. Based on practical guidance experience, this article summarizes the specific guidance process of this topic selection mode and explores the specific examples and effectiveness advantages of this topic selection mode.

**Keywords:** Undergraduate thesis; Classical mechanics; Ordinary differential equations; Knowledge transfer ability

### 1 数学类专业本科毕业论文的现状

本科毕业论文是高校本科教育中重要的综合性实践教学环节, 要求学生综合运用所学知识和技能, 独立完成具有一定学术价值或应用价值的研究成果。而数学专业的本科毕业论文是抽象思维与逻辑表达的精密结合, 其价值不仅在于结果本身, 更体现在对数学思想严谨性与创新性的实践领悟中。

当前数学专业本科毕业论文普遍面临理论抽象性与实践应用性失衡的双重困境: 一方面, 部分论文陷入纯粹数学符号的抽象推演, 但是对研究内容的价值没有清晰的认识, 也缺乏将数学工具应用于具体科学问题的能力; 另一方面, 受计算机技术普及影响, 部分论文陷入工具依赖型误区, 即过度依赖现有软件进行数据拟合或算法调用, 却未深入分析模型背后的方程构造和算法原理, 这与本科阶段所学的核心专业知识脱节。这种两极分化暴露出毕业论文与科研需求的断层。过度理论化选题源于学科交叉案例库建设的滞后, 而工具滥用则反映部分师生对“数学工具解释力”与“软件工具执行力”的认知混淆。

从本科生的角度出发, 书写毕业论文主要存在以下几点困难。

时间紧迫。当前, 大多数普通高校数学专业的本科毕业论文都是安排在大四进行, 时间周期不到一年。虽然到了大四的时候, 专业主干课程基本已经结束, 但是除了少数成功保研的学生以外, 一般学生都要面临考研或就业压力, 所以不可能将主要精力完全用于毕业论文的写作。

缺乏研究经验。大多数学生可能是第一次正式书写研究性论文, 而之前的课程学习中缺乏科研基础训练。学生将基础教育中的解题惯性迁移至研究场景时, 会发现机械套用例题模式已经失效, 从而表现出面对开放课题的答案焦虑。

创新困难。本科毕业论文至少要在某一方面要展现出与已有文献不同的地方, 并需要通过查重审核。大多数学生在此之前的课程学习都是以应试为导向, 缺乏创造性思维, 对学科背景也缺少了解, 而一旦面对创新要求时, 他们会表现得难以适从。

导师的研究内容与学生的认知结构不匹配。一般来

说,很多导师自身的研究课题至少需要研究生级别的知识储备才能实施,这与本科生认知储备存在较大落差。一些导师将自己的研究课题中的一些内容生硬地教给学生,这样一方面会造成学生的认知超载与学习效能衰减,另一方面很多论文工作必须由导师帮忙完成从而加重了导师的工作负担。

当前,国内有不少专家对数学类专业本科毕业论文提出了一些改革思路。文献<sup>[1]</sup>考虑了如何将数学分析课程中的研究性内容转化成本科毕业论文。文献<sup>[2]</sup>提出了一些提升毕业论文质量的改革建议。文献<sup>[3]</sup>讨论了如何将学科竞赛与毕业论文进行有机结合。文献<sup>[4]</sup>探讨了基于导师制的数学类专业教改模式,并以此来培养本科生的科研能力,从而获得高质量的本科毕业论文。而本文的研究目的,主要是提供了一种数学类专业本科毕业论文的选题思路,并希望这种选题思路能够有效应对当前数学类专业本科毕业论文实施过程中存在的问题和困难。

## 2 数学类专业本科毕业论文的定位

作为一名数学专业的大学老师,在帮助学生进行本科毕业论文的选题时,首先要对数学类专业本科毕业论文有一个清晰准确的定位。对于国内普通高校的大部分数学类专业的本科生,撰写毕业论文的主要目的并不是能做出实质性的理论创新或者能落地解决实际问题。这是因为数学领域的实质性创新需建立在完备的知识体系与长期研究积累之上,大多数学生的能力只停留在解决教材习题中的封闭问题,没有深刻意识到课程知识在整个数学体系架构中的作用。这种较为肤浅的认知难以应对开放性问题,更无法支撑深度理论突破。而解决实际问题往往是比较复杂的,一方面需要学生具有跨学科知识融合与工程化能力,另一方面需要外界环境为学生提供良好的平台,而这种客观条件并不一定是所有学生都能拥有的。

在本文作者看来,指导本科生书写毕业论文应当以过程价值为主,结果创新为辅,其主要目的是培养学生的能力可迁移性,而不是期望学生能实现短期突破,具体概括为以下几点。

基础巩固,本科毕业论文是构建系统化知识网络的核心载体。国内普通高校的数学专业普遍采用的是分科教学的方式,这种方式的优点是知识系统性、逻辑严密性和教学高效性,然而分科教学会造成知识割裂与跨学科整合不足,并且容易削弱学生的学习兴趣并造成认知负担。相比之下,本科毕业论文需要学生在单一课题中整合多门课程的知识,能将数学理论知识与具体应用背景结合起来,从

而有助于提升学生的学习动机。

能力训练,本科毕业论文是学术研究的模拟训练场。书写本科毕业论文能让学生体验到学术研究的完整过程,包括文献调研、规范化的论文写作、符号的正确使用以及最后的论文答辩。学生需要通过这样一个全流程实践来提升综合能力,并为今后的学习和工作做准备。此外,数学专业有一定的编程类课程,本科毕业论文给他们提供了一个锻炼动手能力的机会。

思维奠基,本科毕业论文是创新素养的渐进式培育。对普通高校本科生而言,毕业论文的“创新”应定位为创新思维的启蒙与方法论奠基,而非追求实质突破性成果。其核心包括问题意识觉醒,方法迁移能力和批判性思维构建。

## 3 将经典力学知识融入本科毕业论文

经典力学是基于牛顿运动定律的宏观世界动力学框架,它以确定性数学描述为核心,在低速宏观尺度下精确刻画物体运动规律。其本质是运用数学工具建立力学模型,并通过理想模型简化复杂系统,强调逻辑演绎。该课程知识依赖微分方程、微分几何、变分法等数学工具,对学生的数学功底有一定的要求。

### 3.1 发现问题

将经典力学与本科毕业论文结合,首先,需要引导学生花费少量时间用泛读理论力学教材以及与经典力学相关的数学、物理方面的文献。重点关注书中或文献中的一些具体案例,从中寻找感兴趣的问题。理论力学教材中的大多数例题或习题,通常会对已知条件有很高的限制,使得问题可求出解析解。对于这种情况,可以鼓励学生对问题扩展至较一般的情形,然后,再通过对数学专业课程的知识迁移,来考虑这种更具一般化的问题。当然,发现问题的方式不局限于阅读专业书籍或文献,其实在现实生活和科普读物当中也能够经常发现与经典力学相关的问题,这些都可以成为本科毕业论文的研究素材。

### 3.2 解决问题并撰写论文

在解决问题之前,需要学生对问题的物理背景和模型的构建有一定的了解,此时可在普通物理学的基础上适当补充一些专门的知识。这种针对性学习的效果是能对自己研究的具体问题构造出相应的常微分方程(组)。

构造方程意味着物理问题已被转化成数学问题,接着便可以充分发挥数学专业的优势。利用常微分方程理论来分析解的存在唯一性、稳定性,利用微分几何来讨论解的几何性质,利用数值计算方法来对方程进行近似求解。在

此基础上, 还可以补充一些前沿的数学知识例如辛几何算法<sup>[5,6]</sup>。辛几何算法的核心理论非常深奥, 但是它的基本格式却相对简单, 一般的数学类专业本科生完全能够掌握。

接下来便是数值实验。学生需要通过编程工具(Matlab、Python、C++ 等) 来实现数值格式。在数值实验中, 一方面需要从数值结果中分析原问题的物理现象和性质, 另一方面需要通过多种数值格式对比来分析它们的优劣。求解常微分方程的常用数值格式包括 Runge-Kutta 格式(包括几类 Euler 格式)、梯形格式、分裂格式等。一般来说, 在动力学问题中, 满足辛几何条件的算法格式(例如中点欧拉格式、分裂格式等) 在长时间计算过程中是有显著优势的, 学生需要在他们的数值结果描述中将这一特性体现出来。

### 3.3 具体案例

本人在近十年的高校数学教师工作中, 多次指导本科生将经典力学知识融入本科毕业论文的写作中, 积累了一定的经验, 以下列举了几个具有代表性的案例。

案例一、三体问题的数值计算。所谓三体问题, 指的是三个天体在万有引力的作用下得到的动力学方程。虽然三体问题无法得到解析解, 但是运用辛几何算法的思想进行长时间模拟并不困难。可通过数值格式观察三体问题的运动轨迹并摸索它的物理规律。在学生的论文中可以看到, 受初始条件的影响, 三体运动展现出了截然不同的物理现象, 它的长时间发展趋势可能是稳定的也可能是不稳定的, 有时候还可能表现出混沌性质的轨迹。

案例二、圆轮滚动的数值模拟。在理论力学教材中, 将圆轮滚动的路线限制在圆弧上, 这样便可以得到解析解。可引导学生将圆轮滚动的路线推广至一般的光滑函数。在此基础上运用牛顿力学和转动惯量的相关知识构建模型, 得到常微分方程, 并通过数值求解得到质点的运动轨迹。

案例三、基于 FPUT 问题的动力系统数值计算。FPUT 问题起源于 1955 年费米、帕斯塔、乌拉姆和秦古的数值实验, 研究一维非线性弹簧质点链的能量传递行为。可指导学生聚焦于一维三体非线性振子的动力学演化, 通过构建牛顿运动方程和胡克定律的非线性修正项, 对弹簧能量进行分步迭代追踪, 揭示短时间尺度内能量在相邻弹簧间的局域化传递特征。

案例四、荡秋千的物理机制与数值模拟。基于荡秋千的物理机制和搜索结果的科学分析, 构建综合数学模型, 重点描述秋千角度、重心位置与时间的动态关系。模型结合了单摆运动方程和人体重心变化的影响机制, 引用多个

来源的核心原理进行推导。针对重心位置的不同变化方式, 通过数值计算来模拟出它们对荡秋千效果的影响。

## 4 结语

在实践经验中, 我们发现将经典力学知识融入本科毕业论文的写作, 具有以下几点优势。

论文课题符合一般本科生的认知结构。经典力学的主要研究对象是质点运动和刚体运动, 数学专业本科生已在普通物理学课程系统学习过。所以, 他们只需要将已经学过的物理知识和数学类专业课程进行关联, 这符合本科毕业论文重在培养学生能力可迁移性的定位。

题材丰富。经典力学的问题非常广泛, 除了在教材中能找到很多具体问题以外, 生活中也能随处发现相关范例。这种丰富的题材可有效避免重复。

有助于培养学生的知识迁移能力。学生需将经典力学中的实际问题抽象为常微分方程模型, 这一过程训练其将物理直觉转化为数学语言的能力, 在求解力学模型时, 学生需将课堂所学的数值计算方法迁移至具体场景。这种结合以低门槛的力学模型为载体, 通过“物理问题→数学抽象→算法实现→结果验证”的全流程训练, 使学生将碎片化的数学知识(常微分方程理论、数值计算) 迁移整合为系统性工程能力, 为后续解决复杂问题奠定思维基础。

有效培养学生的编程能力。大多数数学类专业本科生的编程实操能力比较缺乏, 所以需要为其提供一个相对较简单的编程任务来培养他们的动手能力。经典力学问题所涉及的算法大都简单易行, 本科生有能力独立、完整地编写整个算法的程序, 而不需要过多地依赖其他软件或程序库。

### 参考文献:

- [1] 刘小松. 高师数学专业本科毕业论文撰写论析——以数学分析研究性内容为例. 当代教育理论与实践, 2011, 2:54-55.
- [2] 张伟峰, 刘鹏飞, 张昕, 李朗, 陆琪. 提升数学类专业本科毕业论文质量的几点思考. 大学教育, 2017, 3: 61-63.
- [3] 吴新杰, 杨洋, 刘世兴, 吴张晗. 学科竞赛与毕业论文(设计) 进行有机融合的教学改革探索. 辽宁大学学报(自然科学版), 2021, 48(2):178-181.
- [4] 于波. 导师制下数学类专业本科毕业论文模式探索研究. 教育进展, 2025, 15(1):834-838.
- [5] 冯康, 秦孟兆. 哈密尔顿系统的辛几何算法. 浙江科学技术出版社, 杭州, 2003.

[6] Hairer E., Lubich C. and Wanner G. Geometric Numerical Integration, StructurePreserving Algorithms for Ordinary Differential Equations. Springer-Verlag, Berlin, 2006.

基金项目：论文系湘潭大学校级教改项目“数学专业

本科生的学习问题调查以及衔接教育的改革探究”（发文号：湘大教发〔2023〕15号）研究成果。

作者简介：李雪阳(1984-)，博士，副教授，研究方向：计算数学研究。