

流浪地球的 bug——数学建模思政案例设计

孙玺菁 赵文飞 顾丽娟

(海军航空大学数学教研室, 山东 烟台 264001)

摘要: 课程思政是高校教育的重要组成部分。本文基于科幻电影《流浪地球》，设计了《流浪地球的 bug》思政案例，基于家国情怀，科学方法论，科学伦理与科研精神三个层面给出了课程思政的设计方案。该案例历经3年教学实践，目标达成度高，学生反馈良好。

关键词: 流浪地球；课程思政；数学建模；案例设计

一、数学建模开展课程思政的重要意义

2020年颁发《高等学校课程思政建设指导纲要》明确指出：理学、工学类专业课程，要在课程教学中把马克思主义立场观点方法的教育与科学精神的培养结合起来，提高学生正确认识问题、分析问题和解决问题的能力。理学类专业课程，要注重科学思维方法的训练和科学伦理的教育，培养学生探索未知，追求真理，勇攀科学高峰的责任感和使命感。工学类专业课程，要注重强化学生工程伦理教育，培养学生精益求精的大国工匠精神，激发学生科技报国的家国情怀和使命担当。根据《纲要》，可以从三个方面外延高校理工类课程思政概念的内涵：

(1) 家国情怀与大国工匠精神。强化党和国家意识，社会主义核心价值观，民族精神与时代精神，传承中国传统文化，是构建课程思政体系的“骨架”。

(2) 科学方法论。培养学生具备正确认识问题，能够发现问题，进而分析和解决问题的能力，是构建课程思政体系强健有力的“神经网络”。

(3) 科学伦理和科研精神。培养学生不畏困难，敢于质疑，

勇于探索，严谨务实，实事求是的科研精神，以学术道德规范约束学生行为，是构建课程思政体系的“循环系统”。

数学建模课程既具备理类专业课程的特点，也具备工学专业课程的特点，教学实践案例来源于各行各业各个领域的实际问题，资源丰富，和时政联系紧密，作为数学课程，与思政体系融合具有“先天优势”，加工巧妙的案例是课程思政体系外观的“肌肉和皮肤组织”。与数学建模课程本身合二为一，在培养高新技术人才科研实践能力方面起到的作用是其他数学课程无法比拟的。

二、《流浪地球》案例思政设计构想

《流浪地球》根据刘慈欣同名小说改编的中国首部大制作科幻电影。故事发生在幻想中的将来，太阳急速的衰老膨胀，地球面临被吞没的灭顶之灾，为了拯救地球，人们团结一致，决定在地球的半球面上建造上万座的行星发动机，以推动地球逃离太阳系，去往4.2亿光年外的理想家园。为了实现这一宏伟的计划，无数的人挺身而出，不怕牺牲，勇往直前，历经千难万险，九死一生，地球终于逃离木星，带着牺牲的烈士对亲人的眷恋和爱护，满载劫后余生的人们对未来的希望，踏上了漫长的流浪之旅。影片传递了大国工匠精神，面对困难不屈不挠的拼搏精神，舍小我顾大家的家国情怀，非常适合思政元素的自然融入。通过提出质疑流浪地球是否能够实现，在质疑中论证，培养学生发现问题敢于质疑的科研态度，在论证过程中培养学生具备科学方法论，培养学生严谨务实的科研态度。基于流浪地球是否能够实现的角度进行案例设计，便于从三个角度引入课程思政。

三、“流浪地球”的 bug——案例思政教学设计

教学环节	教学内容	教学过程、方法和思政设计
教学目标 【知识目标】了解数学建模，了解解决实际问题的科学方法论的一般流程 【能力目标】借助案例，学生能够对解决问题的各个环节有明确的认识，能够解决小型建模问题 【思政目标】1. 培养学生大国工匠精神、不屈不挠的拼搏精神，培养学生的家国情怀； 2. 培养学生的科学方法论； 3. 培养学生敢于质疑，小心求证，严谨务实的科研精神。		
【问题引入】 通过两个电影片段提出质疑，引出问题	第1段：开头关于1万座行星发动机相关数据段 第2段：结尾流浪地球各阶段计划完成时间数 和学生一起欣赏视频片段，通过讲述电影概要和学生一起回顾电影情节，在此过程中强调两段视频中的关键数据。 【设计测试题】作为数学建模课程，引入这个电影，希望我们提出什么问题？	【思政设计】 就电影所展现的人文精神进行展开： 1. 大国工匠精神 2. 不怕困难的拼搏精神 3. 家国情怀
【发现问题】 根据电影提供的条件，“流浪地球”是否真能实现？	“流浪地球”和人造卫星逃离地球的过程类似，条件类似。可利用研究人造卫星逃离地球的过程来研究“流浪地球”是否可行。	【教学方法】 类比法进行知识迁移 【思政设计】 科学方法论第1个环节，发现问题
【建立数学模型】 以人造卫星为对象，对其运动构建数学模型。	以人造卫星为对象，假设火箭引擎足够强大，卫星在近地轨道绕地球做匀速圆周运动，且仅受到地球引力作用，推导第一宇宙速度和第二宇宙速度，即人造卫星逃离地球需达到的最小速度。 第一宇宙速度 $v = R\sqrt{\frac{g}{r}} \approx 7.9 \text{ km/s}$ ， 第二宇宙速度 $v_2 = \sqrt{2Rg} \approx 11.2 \text{ km/s}$	【思政设计】 科学方法论第2个环节，通过合理假设和简化将实际问题化为数学问题。第3个环节，针对数学问题建立数学模型。
【模型移植】 类比人造卫星逃离地球，构建“流浪地球”模型。	假定地球绕日做匀速圆周运动，且仅考虑受太阳引例影响，即在不考虑木星引力影响下，流浪地球需满足的条件。可以计算出地球想要逃离太阳需要达到的最小速度为 $V = \sqrt{2R_{\text{日}}g} = \frac{\sqrt{2 \times 274 \times 6.963 \times 10^5}}{1000} \approx 617.72 \text{ km/s}$	【教学方法】 知识迁移，完成流浪地球数学模型，确定可行条件。

<p>【模型求解】 根据影片提供的数据,验证流浪地球是否能够实现</p>	<p>地球的质量为 6×10^{24} kg, 影片中人们建造了 10000 个行星发动机, 共计提供 150 万吨的推力, 即 15×10^{16} kg 的推力, $1\text{kg}=9.8\text{N}$, 近似为 $1\text{kg}=10\text{N}$, 于是 10000 个行星发动机将提供的推力为 15×10^{17} N, 忽略空气摩擦力, 先假定在逃离过程中地球的质量不发生明显变化, 由 $F = M_{\text{地}}a$, 可以求得匀加速运动的加速度</p> $a = \frac{F}{M_{\text{地}}} = \frac{15 \times 10^{17}}{6 \times 10^{24}} = 2.5 \times 10^{-7} \text{ m/s}^2 = 2.5 \times 10^{-10} \text{ km/s}^2$ <p>则地球要达到逃离太阳的最小速度所需要的时间为 $t = \frac{V}{a} = \frac{617.72}{2.5 \times 10^{-10}} = 2.47 \times 10^{12} \text{ s} \approx 78323$ 年</p>	<p>【思政设计】 敢于质疑、严谨务实、小心求证的科研精神 【再次质疑】 地球质量不发生明显变化的假设是否合理?</p>
<p>【发现新问题改进模型】 修改地球质量发生变化的假设, 基于新假设重新建模验证</p>	<p>第二个验证思路: 假定质量减少的速度是相同的, 不放假设为 h, 于是有</p> $a(t) = \left(\frac{F}{M_{\text{地}} - ht} \right) \times 10^{-3}$ <p>根据影片中的描述地球将在脱离太阳后, 在 500 年内加速到光速的 $5\%c$, 即 $v_0 = 1500\text{km/s}$, 500 年时间为 $t_0 = 3600 \times 24 \times 365 \times 500 = 15.768 \times 10^9$ s,</p> $v_0 = \int_0^{t_0} a(t) dt = \int_0^{t_0} \left(\frac{F}{M_{\text{地}} - ht} \right) \times 10^{-3} dt$ <p>在 500 年内地球均加速达到 v_0, 故有</p> $= -\frac{F \times 10^{-3}}{h} \ln \left(1 - \frac{ht_0}{M_{\text{地}}} \right)$ <p>于是有 $\left(e^{-\frac{v_0}{F \times 10^{-3}}} \right)^h = 1 - \frac{ht_0}{M_{\text{地}}}$ 即 $\left(e^{-\frac{1}{10^2}} \right)^h = 1 - 2.6 \times 10^{-15} h$</p>	<p>【启发引导】 回到影片, 影片中关于行星发动机的工作原理叙述不多, 但台词中有“反应堆”这一关键词汇, 猜想行星发动机产生推理的过程并非化学变化, 而是物理变化, 这种变化有质量损失, 提出新的验证角度。 【思政设计】 培养学生解决问题的过程中实事求是的科研态度</p>
<p>【发现新问题改变建模思路】 这个问题不属于模型问题, 尝试新的解决角度</p>	<p>【设计测试题】这是以 h 为变量的一元非线性方程, 是否可以求解? 理论上这个方程可求解, 但是 $e^{-1/10^2} \approx e^0 = 1$, 在这种情况下, 受近似数和计算机计算误差的影响, 这个非线性方程很难求得数值解。不妨估算一下, 如果地球要想在 500 年后由均加速运动达到 1500km/s, 在 15×10^{17} 的推力下, 地球的质量为多大才能满足需求? 不妨假设地球的质量为 M_0, 于是有</p> $v_0 = \frac{F}{M_0} t_0 \Rightarrow M_0 = \frac{F t_0}{v_0} = \frac{15 \times 10^{17} \times 15.768 \times 10^9 \times 10^{-3}}{1500} = 1.58 \times 10^{21}$ <p>地球减少的总质量为</p> $\Delta M = M_{\text{地}} - M_0 = 6 \times 10^{24} - 1.58 \times 10^{21} = 5.9984 \times 10^{24}$	<p>【思政设计】 科学方法论第 4 个环节: 针对数学模型设计算法(这个环节要提, 但不展开, 因为可以借助软件工具箱来实现) 科学方法论第 5 个环节: 根据算法进行计算机程序设计 【设悬留疑】 方程求解受计算机舍入误差影响, 无法求出满足精度要求的解, 引导学生探讨新思路, 尝试从地球质量变化的角度加以验证。</p>
<p>【得到结论】</p>	<p>能够为提供核反应的原料来源于地壳, 而地壳的质量为 0.026×10^{24}, 远小于上述计算的地球减少的质量。实际上地球的质量是逐渐减少的, 要想在 500 年实现速度达到 1500km/s, 地球需要减少的质量要更多。所以电影给定的参数设定下地球是无法成功流浪的。</p>	<p>【思政设计】 科学方法论第 6 个环节: 由数学模型结果分析得出结论</p>
<p>【模型评价】</p>	<p>【设计测试题】得出结论的过程你是否存有疑问? 学生可能会就“匀速圆周运动这一假设提出疑问”, 认为和实际情况相差较远。在验证“流浪地球”的建模过程中, 建立的模型基于地球绕太阳做匀速圆周运动这一假设, 这是一个较为粗糙的模型, 我们的目的并不是去求地球流浪的轨道这类高精度的问题, 而是通过估算来验证“流浪地球”的可行性。建模思路简洁便于计算, 建模精度满足问题要求。</p>	<p>【思政设计】 科学方法论第 7 个环节: 对模型进行评价——所建立的模型是否能够较为方便、准确的解决所提问题</p>
<p>【给出解决方案】 如何消除 bug?</p>	<p>如果假设一台行星发动机的推力是 150 万吨, 则需要 7.83 年左右就可以达到逃离太阳的最低速度。在科幻背景下, 参数设定可以更加大胆。</p>	<p>【课程思政】 细节决定成败, 修改电影台词中的一个词语, 流浪地球就可以实现</p>

四、案例思政设计评价

本案例安排在数学建模课程第一次课, 其目的是让学生了解什么是数学建模, 对利用数学解决实际问题产生浓厚的兴趣, 并对规范的流程有基本了解。首先, 本案例来源于科幻电影, 《流浪地球》是 2019 年上映的电影, 作为中国首部大制作科幻片口碑好票房高, 影响力大, 几乎所有的学生都看过且印象深刻, 切入点趣味性很高, 很容易引发学生的共鸣和思考。其次, 该案例以高中物理知识为基础, 通过知识迁移建立数学模型, 便于大一学员接受, 问题的解决完整体现了解决实际问题的一般方法论流程。最后, 该影片充满正能量, 非常适合在案例讲解的过程中自然融入思政元素, 并从三个不同角度进行思政设计。在近三年三次实践教学活动中, 学生非常喜欢这个案例, 从课堂实际授课效果来看,

案例教学目标基本都能实现, 是设计非常成功的案例。在此特别感谢山东师范大学附属中学宁卫兵老师, 其设计的微课案例《流浪地球可行性分析》给我们的案例设计很大的启发。

参考文献:

- [1] 教育部.《高等学校课程思政建设指导纲要》[S]. 中华人民共和国教育部, 2020.
- [2] 郭帆导演.《流浪地球》[Y]. 中国电影股份有限公司, 北京京西文化旅游股份有限公司等联合出品, 2019.
- [3] 刘慈欣. 流浪地球 [M]. 北京: 中国华侨出版社, 2016.