

# 学科融合视角下项目式学习的 案例研究

——以“地球运动中的数学问题”项目为例

辛一诺

北华大学数学与统计学院, 吉林 吉林

收稿日期: 2026年5月15日; 录用日期: 2026年6月18日; 发布日期: 2026年6月25日

## 摘要

学科融合与项目式学习是当前基础教育课程改革的重要方向。2022年版义务教育课程方案明确提出“加强学科间相互关联”，并要求各学科安排不低于10%的课时用于跨学科主题学习。地理学作为一门综合性强、与数学联系紧密的学科，为数学教育提供了丰富的应用情境。本文在梳理学科融合与项目式学习核心概念的基础上，以建构主义理论、多元智能理论和布鲁纳发现学习理论为分析框架，对“地球运动中的数学问题”项目进行案例研究。以“建模-实验-应用”为闭环，通过构建黄赤交角立体几何模型、运用太阳高度角公式优化建筑采光、利用球面几何分析最短航线等一系列实践，实现了数学与地理的深度融合和交叉应用，符合高中数学课程标准中强调培养学生数学建模、逻辑推理和数据分析等核心素养要求。

## 关键词

学科融合, 项目式学习, 案例研究, 高中数学, 高中地理

# A Case-Study of Project-Based-Learning from the Perspective of Inter-Disciplinary Integration

—Taking the Project “Mathematical Problems in Earth’s Motion” as an Example

Yinuo Xin

School of Mathematics and Statistics, Beihua University, Jilin Jilin

Received: May 15, 2026; accepted: June 18, 2026; published: June 25, 2026

## Abstract

Inter-disciplinary integration and project-based learning are important directions of the current basic education curriculum reform. The 2022 version of the compulsory education curriculum plan clearly states “strengthen the interrelation among subjects”, and requires each subject to allocate no less than 10% of class hours for interdisciplinary theme learning. Geography, as a highly comprehensive discipline with close ties to mathematics, provides rich application scenarios for mathematics education. This article, based on the core concepts of inter-disciplinary integration and project-based learning, uses constructivist theory, multiple intelligences theory, and Bruner’s discovery learning theory as the analytical framework, and conducts a case study on the “Mathematical Problems in Earth Movement” project. With a closed loop of “modeling—experimentation—application”, through the construction of a three-dimensional geometric model of the obliquity of the ecliptic, the optimization of building lighting using the solar altitude angle formula, and the analysis of the shortest route using spherical geometry, etc., the deep integration and cross-application of mathematics and geography were achieved, which conforms to the requirements of the high school mathematics curriculum standards that emphasize cultivating students’ core competencies such as mathematical modeling, logical reasoning, and data analysis.

## Keywords

Inter-Disciplinary Integration, Project-Based Learning, Case Study, High School Mathematics, High School Geography

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

当前，我国教育领域正经历着一场深刻的变革。传统的分科教学模式虽然在知识传授的系统性方面具有优势，但面对日益复杂的现实问题，单一学科的知识往往难以提供完整的解决方案。《义务教育数学课程标准（2022版）》明确提出：“项目式学习的设计以解决现实问题为重点，综合运用数学和其他学科知识解决问题，体会数学知识的价值以及数学与其他学科的关联”[1]。在此背景下，高中数学作为一门基础性学科，在教学中应实现跨学科学习，将学生置于真实情境中，使用多角度跨学科的方法激发学生探究欲望并解决问题，完成任务，促进学生认知深度和广度的发展。

在学科融合视角下，项目式学习(PBL)为数学教学提供了真实情境下的探究路径。已有研究表明，PBL教学通过真实问题驱动学生主动建构知识，在提升学生问题解决能力与高阶思维方面具有显著优势[2]。STEAM教育理念则为跨学科教学提供了理论框架，强调以项目任务整合多学科知识，打破传统学科壁垒，本文中“数学 + 地理”的融合思路与其高度契合。

然而，如何在学科融合的视野下设计并实施数学项目式学习，仍是一个有待深入探索的问题。本文选取“地球运动中的数学问题”项目作为案例，尝试回答以下问题：学科融合视角下的数学项目式学习应如何设计与实施？这种学习方式对学生数学素养的发展有何促进作用？通过对这一案例的分析，本文旨在为数学教育发展提供实践参考和理论启示。

## 2. 核心概念与理论基础

### 2.1. 核心概念的界定

学科融合是指打破学科之间的壁垒，将两个或两个以上学科的知识、方法和思维方式有机整合，以解决复杂问题或完成综合性任务的教学理念与实践方式。学科是以知识的分门别类为基点的，与知识的分类和学习有关。其次是“融合”不仅仅是学科知识的简单叠加，而是打破学科间的壁垒，寻找学科间的联系，将各学科进行整合，创造出新的知识框架和研究方法，提升综合素养，实现深层次的学科融合[3]。

项目式学习是一种以真实问题为驱动、以学生为中心的教学模式，学生通过参与具有挑战性的项目任务，在解决问题的过程中建构知识、发展能力。项目式学习的核心特征包括：真实的问题情境、持续的探究过程、学生的自主性与选择权、跨学科的知识整合、公开的成果展示以及反思与评价。在数学教育领域，项目式学习为学生提供了将抽象数学概念应用于真实情境的机会，有助于培养学生的数学建模能力和应用意识。

### 2.2. 研究理论基础

建构主义理论作为现代教育理论的重要分支，其发展深受皮亚杰(Jean Piaget)的认知发展理论和维果茨基(Lev Vygotsky)的社会文化理论的影响。皮亚杰的认知发展理论强调个体认知结构的动态发展过程，认为儿童通过不断地与周围环境相互作用，实现认知的逐步发展；维果茨基的社会文化理论则突出社会文化环境在个体认知发展中的重要作用，强调个体的学习和发展是在社会交往中实现的。建构主义理论融合了两者的精华，核心观点认为知识并非是外部世界的客观反映，而是学习者在与环境的互动过程中主动建构的产物[4]。

多元智能理论由加德纳提出，他认为每个人都具有言语智能、逻辑数学智能、空间智能、音乐智能、身体动觉智能、人际智能、自我认知智能等多种智能类型。多元智能理论为学科融合提供了理论支撑：不同学科对应着不同的智能类型，学科融合有助于激活学生的多元智能，让不同智能优势的学生都能在学习中找到自己的位置。在项目式学习中，通过设置多样化的任务角色，可以充分发挥学生的智能特长。

布鲁纳发现学习理论强调学习的主动性，认为学生应通过自己的探索和发现来获取知识。布鲁纳提倡“发现学习”，主张教师应创设有利于学生发现知识的情境，让学生像数学家一样思考，经历知识产生的过程。这一理论为项目式学习中的探究性学习提供了方法论指导：学生不是被动接受现成的数学结论，而是在解决真实问题的过程中“发现”数学知识，理解数学的本质。

本文以学科融合逆向教学设计模型为指导，采用“建模-实验-应用”的闭环结构进行教学设计。其中，模型构建环节直接借鉴了PBL教学中“问题表征-模型转化-求解验证”的实施路径，确保了数学核心素养的落实；实验与应用环节则依托地理真实情境，体现了跨学科教学中“认知适配性”的设计原则[5]。同时，本文也回应了当前跨学科教学中“主从式融合”的争议，明确以数学为核心学科，为地理问题提供量化分析工具，避免了“学科拼盘”的浅层融合问题。

## 3. 项目式学习案例设计与实施

### 3.1. 项目主题分析

数学与地理之间的天然联系尚未在课堂教学中得到充分体现。譬如，地球的自转与公转、黄赤交角、太阳高度角的变化、地图投影、球面距离计算等地理知识背后，都蕴含着丰富的数学原理。然而，在分科教学的现实格局下，地理教师讲授这些知识时往往只能告诉学生结论，而无法深入揭示其数学推导过

程；数学教师则苦于找不到生动的情境来承载抽象的数学概念。本项目正是为弥合这一断裂而设计的，它让学生在地理的真实问题中发现数学的价值，在数学的精确推导中理解地理的规律。

从学科融合的角度看，“地球运动中的数学问题”项目属于典型的“主从式”融合模式——以数学学科为主，融合地理学科知识。数学学科提供公式推导、几何建模和数据分析的方法工具，地理学科提供真实的问题情境和研究对象。项目以数学知识的学习和数学思维的发展为核心目标，同时让学生在探究过程中建立对地球运动规律的系统理解。这一模式与2022年版新课标倡导的“以某一学科为核心，整合其他学科知识”的跨学科主题学习理念高度契合。

项目围绕“地球运动背后的数学原理是什么”这一核心问题，设置了四个递进式的子问题：(1) 如何用数学方法测量地球的大小？(2) 如何用几何模型解释黄赤交角与回归线纬度的关系？(3) 如何用函数模型优化建筑采光设计？(4) 如何用球面几何确定地球表面两城市之间的最短航线？四个子问题从经典实验复现到现代工程应用，完整覆盖了从理论到实践的知识链条。

### 3.2. 课程标准要求

高中数学课程标准强调培养学生的数学抽象、逻辑推理、数学建模、直观想象、数学运算和数据分析六大核心素养。其中，数学建模素养要求“能够在实际情境中发现问题、提出问题，分析问题、建立模型，确定参数、计算求解，检验结果、改进模型，最终解决实际问题”。本项目通过地球周长测量、太阳高度角计算、楼间距优化、球面距离推导等一系列活动，使学生在真实的地理情境中经历完整的数学建模过程，有效落实了数学建模和直观想象两大核心素养的培养要求。

具体而言，项目涉及的知识点与课标内容高度对应：弧长公式与圆周率计算对应“平面向量及其应用”中的弧长公式；相似三角形与比例关系对应“平面几何”中的相似形判定与性质；立体几何中的三维坐标系构建对应“立体几何初步”中的空间几何体与坐标系；球面三角公式对应“球面几何”选修内容；正切函数与太阳高度角计算对应“三角函数”中的正切函数及其应用；导数与变化率分析对应“导数及其应用”中的变化率与极值问题。

高中地理课程标准强调地理实践力的培养，要求“能够运用地理信息技术或其他地理工具，收集和呈现地理信息，设计并实施地理实践活动”。在地理学习中，有些立体抽象的知识点学生难以理解、无所适从，成为他们学习的瓶颈，如地球运动、大气运动等。其实，这些知识点与数学知识息息相关。如果我们运用数学思想方法去呈现这些知识难点地理问题就会迎刃而解[6]。

### 3.3. 项目目标确定

基于课程标准要求和项目主题分析，本项目确立了以下三维目标：

#### (1) 数学学科目标

- 理解弧长公式、相似三角形比例关系、球面三角公式、正切函数等数学知识的内涵与应用条件，能够在具体情境中正确运用这些公式进行推导和计算。
- 掌握数学建模的基本流程，能够从现实问题中抽象出数学结构，建立恰当的数学模型，并对模型结果进行解释和验证。
- 培养空间想象能力，能够在三维坐标系中构建几何模型，理解平面几何与球面几何的差异及各自适用范围。
- 培养数据分析能力，能够收集、整理、分析测量数据，评估结果的误差来源，并提出改进方案。

#### (2) 地理学科目标

- 理解地球的形状和大小、经纬度的含义、地球自转与公转的基本规律。

- 掌握黄赤交角的概念及其地理意义，理解回归线纬度与黄赤交角的等价关系。
- 理解太阳高度角的定义、变化规律及其对地表热量分布的影响，能够运用太阳高度角公式解决实际问题。
- 理解地球曲率对航线的影响，知道球面上两点间最短距离的确定方法。

### (3) 跨学科综合素养目标

- 建立“数学是描述自然规律的语言”的跨学科观念，体会数学在认识世界、改造世界中的工具性价值。
- 培养科学探究精神，经历“提出问题 - 设计方案 - 收集数据 - 分析解释 - 得出结论”的完整研究过程。
- 发展团队协作能力，能够在小组合作中明确分工、有效沟通、协同完成研究任务。
- 培养交流表达能力，能够清晰、准确地呈现研究成果，回应他人的质疑和建议。

## 3.4. 项目计划设计

开展“地球运动中的数学问题”为主题的项目式学习计划为期6周，共计12课时(每课时45分钟)，利用研究性学习课和部分课后时间开展。整体设计为“四阶段、四板块”的结构。

### (1) 时间安排与阶段划分

为保证项目的顺利推进，我们制定了合理的时间安排和阶段划分，如表1所示。

**Table 1.** Specific task assignments  
**表 1.** 具体任务安排

阶段	时间	主要任务	对应板块
第一阶段	第1周(2课时)	情境导入与问题生成	启动与选题
第二阶段	第2~3周(4课时)	经典实验复现与几何测量	板块一：丈量地球
第三阶段	第4~5周(4课时)	模型构建与应用探究	板块二、三、四
第四阶段	第6周(2课时)	成果整理与展示评价	结题汇报

### (2) 资源准备

教学资源包括：地球仪、量角器、激光笔、卷尺、计算器、GeoGebra 软件、Stellarium 天文软件、经纬度查询工具、投影设备等。教师资源包括：数学教师1名、地理教师1名，联合备课与指导。

### (3) 分组安排

学生以4~5人为一组，建议组内分工包括：组长(统筹协调)、记录员(数据记录与整理)、计算员(公式推导与数值计算)、报告撰写员(成果整理)。不同板块可以轮换角色。

### (4) 各板块具体计划

板块一：复现经典实验，几何丈量地球(2课时 + 课后实践)。教师介绍埃拉托色尼测地实验的历史背景和科学意义；学生分组讨论实验方案，明确所需数据(两地距离、正午太阳高度角差值)；学生利用课余时间完成测量(可使用学校不同地点的模拟测量，或利用已知地理数据)；汇总数据，运用弧长公式计算地球周长，分析误差来源。

板块二：构建三维模型，揭秘黄赤交角(2课时)。教师提供地球仪、激光笔、量角器等教具；学生分组构建赤道面与黄道面的三维坐标系模型；通过旋转演示，测量并记录不同位置的光线入射角度；运用球面三角公式推导黄赤交角与回归线纬度的关系；小组间交流各自的推导过程和结论。

板块三：应用函数模型，优化建筑采光(1课时 + 课后探究)。教师给出真实情境：某小区规划建设30米高的住宅楼，请计算合理的楼间距以保证冬至日一层住户仍有2小时以上的采光。学生运用太阳高

度角公式(太阳高度角 =  $90^\circ - |\text{当地纬度} \pm \text{太阳直射点纬度}|$ )计算冬至日正午太阳高度角,再运用正切函数推导楼间距计算公式。利用 Stellarium 天文软件或在线工具模拟验证计算结果。拓展任务:计算不同纬度城市的最小楼间距,分析纬度与楼间距的关系。

板块四:运用球面几何,解析最短航线(1课时)。提出问题:从上海( $31^\circ\text{N}$ ,  $121^\circ\text{E}$ )到洛杉矶( $34^\circ\text{N}$ ,  $118^\circ\text{W}$ ),飞机应该怎么飞?学生直觉认为“向东直飞”,教师引导学生思考地球曲率的影响。介绍球面几何中的劣弧原理和大圆航线概念。引导学生查询两地的经纬度坐标,运用球面三角公式(或近似公式)计算大圆航线距离,并与平面几何中的直线距离(通过勾股定理)进行对比,讨论差异的原因。

### 3.5. 项目实施过程

第一阶段:情境导入与问题生成(第1周,2课时)

第1课时:教师以一组引人入胜的问题开启项目:“你知道古人是怎么测量地球周长的吗?如果没有现代仪器,你如何知道地球有多大?”“为什么北回归线的纬度是  $23^\circ26'$ ?这个数字是怎么来的?”“为什么同样是30米高的楼,在广州需要的楼间距比北京小?”“从北京飞纽约,为什么航班路线看起来是‘绕远’的弧形,实际却是最短路径?”这些问题立即引发了学生的好奇心和探究欲。

教师随后播放一段关于地球运动的科普视频,引导学生回顾已学的地理知识(地球的自转与公转、黄赤交角、太阳直射点的移动等)和数学知识(圆与弧长、相似三角形、三角函数等)。教师明确指出:我们将在接下来的几周里,用数学的眼光重新审视这些地理现象,像科学家一样去测量、计算和推导。

第2课时:学生以小组为单位,围绕教师提出的核心问题进行头脑风暴,提出自己感兴趣的具体问题。教师引导学生将零散的问题归纳为四个探究板块,并介绍各板块的主要任务和预期成果。各小组根据自己的兴趣选择主攻方向(四个板块均需完成,但各小组可以有所侧重)。教师下发项目学习手册,明确各阶段的任务要求、时间节点和评价标准。

第二阶段:板块一——复现经典实验,几何丈量地球(第2~3周,4课时+课后)

第3课时:教师系统讲解埃拉托色尼实验的科学原理和数学方法。埃拉托色尼发现,在夏至日正午,塞恩纳(今阿斯旺)的阳光可以直射井底(即太阳高度角为  $90^\circ$ ),而亚历山大城的阳光与垂直方向夹角为  $7.2^\circ$ 。他由此推断两地与地心连线的夹角为  $7.2^\circ$ ,而两地距离约为800公里,因此地球周长 =  $800 \times (360^\circ/7.2^\circ) = 40,000$  公里。

学生认识到,这个实验的核心数学工具是弧长公式:弧长 = 圆心角  $\times$  半径。已知弧长和圆心角,就可以求出半径(或周长)。由于测量条件限制,学生无法实际前往两个不同纬度地点同时测量。教师提供替代方案:利用已知地理数据(如厦门与北京之间的大致距离和正午太阳高度角差值)进行计算,或者利用学校操场上不同地点的影子长度进行模拟实验。

第4课时:各小组进行实际操作。模拟实验方案如下:在操场上选择两个距离较远的点(如足球场两端),分别测量同一时刻(正午)立杆的影子长度,利用正切函数计算当地的太阳高度角,得到两个地点的太阳高度角差值。测量两地之间的实际距离(可借助步测或地图工具)。将数据代入弧长公式,计算地球周长。各小组记录数据、计算过程和结果。

课后:各小组整理实验数据,计算地球周长,与现代测量值(约40,075公里)进行对比,计算相对误差。分析误差的可能来源(测量精度、两地是否在同一经线上、大气折射等),思考改进方案。

第5课时:各小组汇报自己的测量结果和误差分析。有的小组测得周长约为3.9万公里,误差约2.5%;有的小组误差较大,达到8%。教师引导学生讨论:哪些因素导致了误差?如何改进实验设计?通过讨论,学生加深了对科学实验严谨性的认识,也体会到“测量精度”在数学建模中的重要性。

第三阶段:板块二、三、四的探究实践(第4~5周,4课时)

第 6~7 课时(板块二): 构建三维模型, 揭秘黄赤交角。教师首先提问: “为什么课本上说‘北回归线的纬度等于黄赤交角’? 你能证明吗?” 学生带着问题进入探究。教师提供地球仪、激光笔和量角器。学生小组将激光笔固定在合适的位置, 模拟太阳平行光线。旋转地球仪, 观察光线直射点的纬度变化。测量并记录赤道面与黄道面的夹角(即黄赤交角)。随后, 教师引导学生运用球面三角知识进行推导。

推导过程: 在地球球面上, 考虑一个直角三角形, 其三个顶点分别为: 北极点(N)、太阳直射点( $0^\circ$ 纬度)和北回归线上的一点(T)。通过球面三角形的边角关系, 可以证明回归线纬度在数值上等于黄赤交角。教师不要求学生掌握复杂的球面三角公式, 但要求理解“角度对应”的基本逻辑。学生通过动手操作和直观演示, 清晰地看到了“二维平面图”与“三维空间运动”之间的转换关系, 空间想象能力得到有效锻炼。

第 8 课时(板块三): 应用函数模型, 优化建筑采光。教师呈现一个真实的问题情境: “某房地产公司在厦门( $24^\circ\text{N}$ )规划建设一栋 30 米高的住宅楼, 为了保证冬至日一层住户的正午采光, 楼间距至少应为多少米?” 学生首先回顾太阳高度角公式: 正午太阳高度角 =  $90^\circ - |\text{当地纬度} \pm \text{太阳直射点纬度}|$ 。计算冬至日(太阳直射  $23^\circ26'\text{S}$ )厦门的正午太阳高度角:  $H = 90^\circ - |24^\circ + 23^\circ26'| = 42^\circ34'$ 。然后学生绘制简单的几何示意图: 楼高、楼间距和太阳光线构成一个直角三角形。利用正切函数:  $\tan H = \text{楼高}/\text{楼间距}$ , 因此楼间距 =  $\text{楼高}/\tan H$ 。查表或计算器得到  $\tan 42^\circ34' \approx 0.918$ , 计算得楼间距  $\approx 30/0.918 \approx 32.7$  米。

学生完成计算后, 教师引导进一步思考: 如果是在北京( $40^\circ\text{N}$ )呢? 楼间距会如何变化? 学生自主计算北京的冬至日正午太阳高度角为  $26^\circ34'$ ,  $\tan 26^\circ34' \approx 0.5$ , 楼间距约为 60 米。学生直观地认识到: 纬度越高, 冬至日太阳高度角越小, 需要的楼间距越大。这一结论与生活常识完全一致。学生利用 Stellarium 软件模拟不同纬度冬至日的太阳轨迹, 验证计算结果。

第 9 课时(板块四): 运用球面几何, 解析最短航线。教师展示一张世界地图, 提问: “从上海到洛杉矶, 飞机应该怎么飞?” 学生普遍认为“沿着纬线向东飞”。教师展示实际的航班路线图, 学生惊讶地发现航线是向北凸起的弧形——经过白令海峡附近, 为什么?

教师引入球面几何的基本概念: 在球面上, 两点之间的最短距离是过这两点的大圆的劣弧。大圆是过球心的平面与球面的交线。赤道和经线都是大圆, 而纬线(赤道除外)不是大圆。因此, 从上海到洛杉矶的最短航线不是沿着纬线(约  $30^\circ\text{N}$ ), 而是先向东北、再向东南的弧形路线。

学生分组计算: 已知上海( $31^\circ\text{N}$ ,  $121^\circ\text{E}$ )和洛杉矶( $34^\circ\text{N}$ ,  $118^\circ\text{W}$ ), 利用球面三角公式(或近似公式)计算大圆距离。教师提供简化版的球面距离公式:  $d = R \times \arccos(\sin\varphi_1 \cdot \sin\varphi_2 + \cos\varphi_1 \cdot \cos\varphi_2 \cdot \cos\Delta\lambda)$ , 其中  $R$  为地球半径,  $\varphi$  为纬度,  $\Delta\lambda$  为经度差。学生代入数据进行计算, 并与平面几何方法(用勾股定理计算直线距离, 再转换为弧度)得到的结果进行对比。通过对比, 学生深刻理解了“模型选择”的重要性——在球面上使用平面几何模型会产生显著误差。

第四阶段: 成果整理与展示评价(第 6 周, 2 课时)

第 11 课时: 各小组整理项目研究成果, 制作汇报 PPT。汇报内容应包括: 研究问题、探究过程、数据与计算、结论与反思。鼓励学生使用图表、模型照片、计算过程截图等可视化方式呈现成果。教师提供汇报模板和评分标准, 引导学生规范地呈现学术成果。

第 12 课时: 举行结题汇报会。各小组依次上台展示(每组 8~10 分钟), 其他小组和教师进行提问和点评。汇报结束后, 学生填写自评表和互评表, 教师根据过程性记录和最终成果给出综合评价。

### 3.6. 项目评价阶段

本项目采用过程性评价与终结性评价相结合的方式, 注重对学生知识掌握、能力发展和素养提升的全面考查。

### (1) 评价原则

- 多元主体：教师评价、学生自评、小组互评相结合。
- 多维指标：既关注最终成果，也关注探究过程；既关注知识掌握，也关注能力发展和态度变化。
- 发展导向：评价的目的是促进学习，而非简单判定优劣。教师应及时反馈，帮助学生明确改进方向。

### (2) 评价标准

为深入洞察案例教学下学生的学习过程成效，制定了较为全面的评价体系，如表 2 所示。

**Table 2.** Assessment indicator system

**表 2.** 评价指标体系

评价维度	评价指标	权重	评价方式
过程参与	出勤与任务完成度、小组合作表现、探究主动性	20%	教师过程记录、学生自评
知识理解	数学公式的准确运用、地理概念的正确理解、跨学科联系的把握	25%	过程性问答、实验报告、计算题
能力发展	数学建模能力、数据分析能力、空间想象能力、问题解决能力	30%	实验报告、模型展示、汇报答辩
成果呈现	报告结构的完整性、数据的准确性、表达的清晰性、反思的深刻性	25%	结题报告、PPT、汇报表现。

### (2) 评价标准

- 过程性记录：教师在每次活动中记录各小组的参与情况、合作表现和关键表现(如提出了有价值的问题、有创意的解决方案等)。学生每人填写学习日志，记录自己的收获、困惑和反思。
- 实验报告评价：每个板块结束后，小组提交相应的实验报告或探究报告。报告应包含：问题陈述、方法步骤、原始数据、计算过程、结果与讨论、误差分析。教师从科学性、完整性和规范性三个维度进行评分。
- 模型展示评价：在板块二中，各小组需要展示自己构建的三维模型(可用实物模型或 GeoGebra 虚拟模型)，并讲解黄赤交角与回归线纬度关系的推导逻辑。教师和同学从模型的可视化效果、讲解的清晰度和逻辑性进行评价。
- 结题汇报评价：在结题汇报会上，每组进行 8~10 分钟的成果展示。评价标准包括：研究问题的明确性、探究过程的完整性、数学方法的正确性、结论的可靠性、表达的逻辑性和感染力、回答提问的准确性。其他小组填写互评表，提出至少一条优点和一条建议。
- 自评与反思：项目结束后，学生填写个人反思表，回答以下问题：我在项目中最大的收获是什么？我遇到了哪些困难，是如何克服的？如果重新做这个项目，我会在哪些方面改进？我对数学与地理的关系有了哪些新的认识？
- 评价结果的应用：评价结果以“项目学习报告单”的形式反馈给学生，报告中包含各维度的得分等级、教师的质性评语以及后续学习的建议。评价结果计入研究性学习课程成绩，但不作为甄别和筛选的工具，而是作为促进学生持续发展的依据。

## 4. 结论

“地球运动中的数学问题”项目的实践表明，学科融合视角下的数学项目式学习具有显著的教育价值。

第一，实现了数学与地理的双向赋能。正如项目所秉持的理念——“用数学语言诠释地理规律，以

地理视角激活数学思维”，数学为地理问题的解决提供了精确的量化工具，地理为数学知识的应用提供了真实的情境土壤。学生在探究过程中既深化了对数学公式的理解，又掌握了地理规律背后的数学本质，实现了“以数解地、以地悟理”的融合目标。系统综述研究也表明，地图制图、天文学与太空旅行等是数学与地理整合教学中最常见的内容主题，而地球运动恰是这一领域中的核心议题。

第二，有效促进了学生数学核心素养的发展。项目通过“建模-实验-应用”的闭环设计，使学生在真实的问题情境中经历数学建模的全过程——从测量数据到建立模型，从公式推导到结果验证。学生在球面几何中理解模型选择的重要性，在太阳高度角计算中体会函数的应用价值，在地球周长测量中感受比例思想的魅力。这些体验远比单纯的习题训练更能培养学生的数学建模能力、逻辑推理能力和数据分析能力。

第三，构建了可迁移的跨学科教研模式。地理与数学学科组建“数理经纬”跨学科教研组的做法，为学校开展跨学科教学提供了组织保障。两个学科教师联合教研、共同备课、协同指导，既保证了学科知识的准确性，又实现了融合内容的有机整合。这一模式对于其他学科融合主题(如数学与物理、数学与生物等)具有借鉴意义。

本研究也存在一定的局限。作为单一案例研究，结论的推广性有限；如何建立与项目学习相适应的评价体系，仍需要深入研究。本案例在不同学段学生中的实施效果存在差异，初中阶段学生更倾向于通过具象实验理解抽象数学知识，而高中阶段学生则能更深入地运用函数模型、几何解析等工具解决复杂问题，这与跨学科教学中“认知适配性”的研究结论一致[7]。以数学为主、地理为辅的融合模式，可能导致部分地理背景复杂的任务弱化数学学习目标，这一问题在STEM教学的相关研究中也多次提及。

未来研究可以在以下方向继续探索：一是开展多案例比较研究，提炼数学与地理融合项目式学习的普遍规律；二是关注不同学段学生的认知特点，设计适切性更强的融合项目；三是将信息技术(如GIS、数学软件等)更深入地融入项目学习，探索技术赋能下的跨学科教学模式。

总之，在课程改革不断深化的背景下，学科融合视角下的项目式学习为数学教育提供了新的可能。数学与地理作为天然具有紧密联系的两个学科，其融合教学既顺应了科学发展的内在逻辑，也契合了学生认知发展的实际需求。教师应立足于学科特点，积极整合校内外资源，设计具有真实性和挑战性的项目任务，引导学生在解决问题的过程中建构知识、发展素养，让数学学习真正发生。

## 参考文献

- [1] 谢文举. 学科融合视角下初中数学项目式学习教学设计案例研究[D]: [硕士学位论文]. 扬州: 扬州大学, 2025.
- [2] 张屹, 李幸, 黄静, 等. 基于设计的跨学科STEM教学对小学生跨学科学习态度的影响研究[J]. 中国电化教育, 2018(7): 81-89.
- [3] 罗瑶. 基于学科融合的初中数学项目式学习案例设计与实施[D]: [硕士学位论文]. 株洲: 湖南工业大学, 2025.
- [4] 张卓诗. STEAM教育理念下学科融合的初中数学综合与实践教学研究[D]: [硕士学位论文]. 南宁: 南宁师范大学, 2025.
- [5] 方海光, 张旭, 满文琪, 等. 面向深度学习的学科融合逆向教学设计模型研究——以数学与信息科技学科融合为例[J]. 中国教育信息化, 2023, 29(12): 102-109.
- [6] 楼许静. 巧用数学思想解决地理问题——以“地球运动”一节为例[J]. 教学月刊·中学版(教学管理), 2013(21): 22-23.
- [7] 张廷艳, 孙晓天, 胡娜. 中小学数学跨学科主题学习: 变迁、内涵与实施[J]. 教师教育学报, 2024, 11(3): 95-103.