

# 基于波场模拟的《地震勘探》课程教学探索

蔡志成<sup>1</sup> 曹静杰<sup>2</sup>

(1. 河北地质大学河北省战略性关键矿产资源重点实验室 河北 石家庄 050031;

2. 河北地质大学地球科学学院 河北 石家庄 050031)

**[摘要]**地震勘探课程要求学生必须掌握地震波动力学和运动学基本概念,但有关内容公式较多,学生学习过程中反映不容易理解,学习效果差。针对教学中公式繁杂、内容抽象等特点,提出了将正演数值模拟引入到地震勘探课程教学中,将地震勘探的理论、实践教学与数值模拟技术紧密结合在一起。基于正演模拟的教学内容设计,能够可视化、动态化解释地震波地下传播规律;直观揭示地震勘探数据观测记录过程,深入剖析观测系统设计理论;同时还能差异化展示典型地质构造与地震剖面的差异。通过直观、形象的课程内容调动学生求知欲望,激发学生兴趣,从而收到事半功倍的教学效果。

**[关键词]**波场模拟;波场方程;课程教学;地震勘探

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.04.668

## 引言

地震勘探是地球物理勘查类专业的核心课程,近年来该领域中的理论与应用技术迅速发展。该方向的知识创新、技术进步、设备换代和软件功能化增强都非常迅速。随着这一方法与高速发展的计算机、网络、通讯与信号处理专业的交汇,自然应该形成一种全新的教学理念与教学规划,不断更新教学内容。近年来在国内含有地球科学专业的院校在地震勘探课程上纷纷进行了教学改革尝试。宋先海等<sup>[1]</sup>针对课程学时少、内容多、理论复杂、难度大和需要的知识面宽等特点,对该课程的教学内容和课程体系进行了合理地优化设计;严哲<sup>[2]</sup>从实验课程改进角度进行了教学方法初探;程飞<sup>[3]</sup>利用超声地震物理模拟系统模拟实际海洋地震采集系统,探索了课程讲授过程中相应的实验教学方案设计。中国石油大学,王保丽等<sup>[4]</sup>通过浅层折射地震勘探实验将理论知识与实际应用进行了有效结合,研究了浅层折射地震勘探的基本原理及实践教学环节。李景叶等<sup>[5]</sup>充分分析高年级同学目前存在的学习状况和心理特点,建立问题导向式课堂氛围,注重实践能力的培养。中国矿业大学苑春方<sup>[6]</sup>通过课程内容优化、加强平时教学互动、增强实践和改进考核方式进行了教学改革。桂林理工大学李亚南等<sup>[7]</sup>基于工程教育专业认证背景下的标准,着眼于学生的实践能力和创新能力的培养,对地震勘探实验课的教学改革进行了研究。丁彦礼等<sup>[8]</sup>在分析地震勘探实验课程特点的基础上,从实验前、实验期间和实验后三个阶段对地震勘探的实验教学方法进行了探讨。长江大学李谋杰等<sup>[9]</sup>探讨了实践教学在地震勘探课程中的问题。汪勇<sup>[10]</sup>利用Matlab进行计算机辅助教学作为实践教学有益的补充,通过直观的图形和动画等辅助手段帮助学生理解和掌握地震勘探的原理和方法。

地震勘探这门课程主要是学习地震勘探的基本理论、基本原理、野外数据采集工作方法、地震资料处理与解释等。要求学生必须掌握地震波动力学和运动学的基本概念、基本原理与分析方法,但是有关地震波动力学和运动学方面的内容公式较多,推导较繁,而且比较抽象,因此学生在学习的过程中普遍反映不容易理解,学习效果差。针对地震波理论的理解难点,设计均匀模型与层状介质模型正演模拟可视化波传播过程;其次正演模拟时设计规则观测点,详细解析地震记录形成过程及对应时距曲线应用方式;通过设计动态的震源与观测点,动画演示数据采集过程,并结合实验课程深入剖析常规观测系统设计机理;设计典型地质构造模型,通过平面波正演数值模拟直观展示两者区别以及根本原因。形成一套基于正演数值模拟的地震勘探课程教学设计。

## 一、地震波场正演数值模拟

地震波场正演模拟是根据岩石物理对应关系,先设计地震波速度模型;然后通过数值模拟计算得到地震波在地下介质模型中的传播过程,同时得到地面检波点记录结果。可以将模拟过程中波传播现象直观动态显示,能够帮助理解波传播特点。数值模拟非常适用于理论教学过程,可以通过软件在课堂上现场模拟地震波的传播,此方法简单方便,同时又有助于帮助学生理解。

## 二、教学应用实例

波场正演模拟能够应用于整个知识点结构体系教学过程中,下面通过三个方面具体说明。

### (一) 帮助理解理论重点

1. 理解情况下地震波传播过程(费马原理、惠更斯原理)

波动传播原理主要包含惠更斯原理和费马原理,这两个原理也是波动方程描述波传播过程的另一种方式。一般教学时通过示意图进行展示帮助学生详细理解,但针对实际地下波传播过程,较为模糊。

通过均匀介质地震波模拟,具体生动的显示地震波地下传播过程,将抽象的原理生动视觉化,让学生能够理解实际波传播过程。同时在模拟过程中,能够引出波前、波尾、波动、振动、波前面、等相位面等较难理解的重点。而且能够在空间状态下理解这些概念,加强理论与实际的联系。

### 2. 理解斯奈尔定律、介质分界面处地震波传播规律

在介质分界面处,地震波传播过程遵循斯奈尔定律,常用简单示意图展示。示意图能够非常清晰理解定律本身,但缺少地下空间中波传播实际过程的理解。设计两层介质模拟,进行波动方程正演得到波场快照。在波场快照中可以生动展示反射波及透射波传播过程,特别是能够深刻理解波传播过程是遵循波动理论,示意图表示方式仅能表达某一个方向波传播过程。采用波场快照更清晰认识了介质分界面波传播方向选择,波动过程直观展示了斯奈尔定律。另一方面折射波的形成机理对初步接触的学生来说是难以理解的,波场快照中则清晰显示了折射波在盲区之外产生,而且发生这一现象需满足对特定速度条件,远偏移距之后折射波比直达波更先到达观测点。这一系列波传播规律都可在波场快照图中准确展现,有助于学生在空间理解这些概念。

### (二) 深刻理解实践教学理解误区、难点

地震勘探课程中实践教学是重要组成部分,特别是地震记录的形成过程,利用多次覆盖观测系统采集地震记录等概念难以理解。通常是利用地震仪具体在野外采集数据,向学生演示数据采集过程,然而对于为何采取相关观测方式进行数据采集,得到的数据记录为何呈现目前的形式。因此在进行实际数据采集前后,进行理论的数值采集实验。正演模拟时,采取多次覆盖观测系统,同时关注地震波地下传播状态和地面接收点得到的振动信号。通过软件正演模拟过程中能够展示地震波到达地面的过程,同时显示设置检波器得到地震记录的形态特征。针对野外数据采集仅能观测最后采集结果,而对地下发生的波传播过程完全是盲目的,地震波模拟能够弥补这一理解的缺失。

### (三) 加强综合理解波传播过程

地震勘探得到的最终解释剖面能够反映地下情况,然而实际构造的形态与地震剖面的形态有较大差别。特别是地震剖面上存在回转波、发散波、绕射波、断面波等特殊情况下,对于学生迅速掌握这些特征有着较大难度。通过平面波的正演数值模拟,能够清晰的解释针对这些特殊构造地震勘探所能得到剖面结果。设计多种特殊地下构造,然后利用平面波正演得到自激自收剖面,即得到了最终地震勘探处理叠加剖

(下转第791页)

覆盖、互为补充、相互协作的学校美育师资体系。

最后,加强第三课堂建设,利用现代技术手段,优化线上教学。在此次重大疫情期间,各学校开启了以网络空间为主的美育第三课堂,利用丰富的网络教学平台和资源。实现了教育部提出了“停课不停学”,例如依托学习强国平台的““最美课本”课程,将现代艺术、传统艺术、儿童舞台剧、非物质文化遗产等近两百种艺术表现形式、精美课程视频融入小学教材,让传统课本知识鲜活起来,实现了美育赋能传统教育,既提高学习兴趣和效率,又潜移默化地完成以美育人。在充分利用网络资源的同时加强美育网络资源建设,新疆各学校成立美术、音乐教研团队,开展网络教研,把抗疫期间的感人故事转化为教育资源,通过绘画、书法、手工制作及手抄报等艺术形式致敬时代最可爱的人,发现这场伟大战役中的真善美。通过举办班级音乐会、故事会,充分展示学生才艺,抒发爱国主义情怀,既能学到艺术新知,又能成为学生心理自我疏导方式。一场突如其来的疫情,开启了通过网络资源指导培养学生良好的自主学习美术音乐的习惯,为消除网络信息传播的碎片化对于中小学生学习知识体系的完整性的影响,美育工作应深入把握在线教育资源和教学方法,将美育的系统性和连贯性与网络教育的便捷性、互动性相结合,统筹好主动性和创新性,通过不断改进现代技术手段,让高水平美育课程为更多的学生所共享。

我们坚信必将取得抗击疫情的最终胜利。我们相信,在疫情期间美育通过“第一、第二、第三课堂”相辅相成持续

有效的实施,一定能在这场疫情防控融入每个学生的心灵深处,一定能深入体验疫情抗击中的人物、事件和制度,一定能把伟大的抗疫精神内化为自己的价值观,健康成长,全面发展。

#### 参考文献

- [1]《关于全面加强和改进学校美育工作的意见》国办发〔2015〕71号印发 2015.9.15
- [2]《习近平给中央美术学院老教授回信》新华社 2020.8.30
- [3]《新时代美育如何培根铸魂》吉爱明 魏晓亮中国教育 2020-08-02
- [4]《传统文化如何真正走进校园》顾之川 中国教育 2020-04-03
- [5]《“五育融合”提升育人质量》李政涛中国教育 2020-01-17

#### 作者简介:

周庆莲(1968-),女,山东济阳人,副研究员,教育学硕士,新疆儿童教育实践创新研究中心成员,新疆教师教育研究中心成员,主要从事中小学教师教育研究。

[基金项目]本成果获新疆师范大学“新疆儿童教育实践创新研究中心”基金资助,项目题目《乌鲁木齐小学美育教育现状调查研究》(XJNURWJD2019B23),项目负责人:周庆莲

(上接第696页)

面,形象展示了背斜、向斜、凹陷、断层等构造在地震剖面上的特殊形态。

#### 三、总结

在具体的教学实践中,学生反馈基于这一方法的教学过程能够帮助他们理解抽象的数理公式。对地震记录形成、时距曲线等概念有了跟深层次的理解。结合实际数据采集过程,能够展现实验背后的波传播过程,使得学生更能理解地震勘探的思想。

#### 参考文献

- [1]宋先海.“地震勘探原理”教学优化设计与教学方法探索[J].中国地质教育,2015(02):44-48.
- [2]严哲.地球物理专业实习教学方法初探——以地震勘探为例[J].教育教学论坛,2013,000(017):84-85.
- [3]“海洋地球物理勘探”课程地震方向实验教学探索[J].教育教学论坛,2018,000(039):262-264.
- [4]王保丽,印兴耀,周家惠,等.浅层折射地震勘探实践教学[J].实验室研究与探索,2016(10):175-178.
- [5]李景叶,陈小宏,王守东.地震勘探新方法课程教学改革研究与实践[J].教育教学论坛,2016,000(034):80-81.

(上接第692页)

总而言之,互联网技术对于教育事业的发展有着很强的推动作用,当互联网技术和课堂教学进行融合时,就能够达到更好的教学效果。俄语学习对于学生的成长和发展来说是很重要的,互联网技术的应用能够使我国的俄语教学的开展更加顺利,互联网技术与传统的俄语课堂教学活动相结合,能够让学生在课堂教学中有一个全新的学习体验,也能够让教师对互联网辅助教学手段更加熟练,从而为今后的互联网教学打下一个坚实的基础。因此,只有将互联网技术与课堂教学完美地融合在一起,同时结合学生实际的学习情况对教学方法做出调整,这样才能够有效地推动俄语教学的发展。

[6]苑春方,王占刚.地震勘探原理课程教学改革的探讨[J].佳木斯职业学院学报,2016,000(001):199-200.

[7]李亚南,罗润林.工程教育专业认证背景下的地震勘探实验教学改革[J].高教学刊,2018,000(011):146-148.

[8]丁彦礼,张智,罗润林,等.“地震勘探”课程实验教学方法研究[J].教育教学论坛,2015(23):240-241.

[9][1]李谋杰,毛宁波,陈雪菲.《地震勘探原理》国家精品课程教学改革探索与实践[J].教育教学论坛,2012,000(005):230-231.

[10]汪勇.浅谈Matlab在地震勘探教学中的应用[J].中国地质教育,2012,21(004):108-110.

#### 作者简介:

蔡志成(1989.7),男,汉族 湖北黄冈人 学历:博士研究生 职称:讲师 主要从事地震波正演数值模拟、复杂介质偏移成像的教学科研工作。

基金项目:本文得到了河北地质大学教改项目(编号:2019JF02)和河北地质大学2018年度博士科研启动基金(编号: BQ201822)的资助。

#### 参考文献

[1]王丽.谈利用互联网提高俄语教学质量的可行性研究[J].教育现代化,2019,6(19):237-238.

[2]刘祥云,张雪琳,邓指挥.“互联网+”背景下高校俄语教学改革新思路[J].吉林广播电视大学学报,2017(08):1-2.

#### 作者简介:

王雪娇 性别:女 出生日期:1990-05-07 籍贯:吉林省长春市 民族:汉 职称:讲师 学历:硕士研究生 研究方向:俄语语言文学。