

## 教学方法

## 模块化程序在工程物探教学中的应用

杨坪<sup>1,2</sup>, 周飞棚<sup>2</sup>, 薛守宝<sup>2</sup>, 王建秀<sup>1,2</sup>, 宋立<sup>2</sup>

1. 同济大学 岩土及地下工程教育部重点实验室, 上海 200092; 2. 同济大学 土木工程学院, 上海 200092

**摘要:** 在工程物探方法基本原理教学过程中引入模块化程序, 基于Matlab平台, 分别编制了地震反射波、折射波和绕射波的模块, 建立工程物探方法原理综合解释平台。实践表明, 将模块化程序应用于工程物探方法原理教学, 能够更有效发挥其优势, 提高课堂效率, 学生能更快速更容易地理解工程物探中有关地震波的传播原理及规律。

**关键词:** 模块化程序; 地震波; 工程物探

**图分类号:** G641

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-9372(2018)01-0070-04

**DOI:** 10.16244/j.cnki.1006-9372.2018.01.017

**Title:** The Application of Modular Programs into the Teaching of Engineering Geophysical Exploration Method

**Author(s):** YANG Ping, ZHOU Fei-peng, XUE Shou-bao, WANG Jian-xiu, SONG Li

**Keywords:** modular programs; seismic wave; engineering geophysical exploration method

### 一、概况

工程物探是应用于工程建设的地球物理勘探, 主要测量地下岩土体、障碍物与周围岩土体之间弹性参数、电性参数、磁性参数等指标的差异, 从而对地下岩土体的分布状况进行确定。工程物探在中国始于20世纪50年代初, 由著名地球物理学家顾功叙先生率领电法组, 在北京石景山地区进行地下水资源勘测研究<sup>[1]</sup>。随着科学技术的进步以及实际工程中不断地应用实践, 工程物探不仅在技术以及设备上得到了快速发展, 应用领域也得到了大幅度的扩展。目前, 工程物探技术已经广泛应用于轨道交通、市政道路、桥梁、隧道、高速公路、铁路、管线铺设、水利工程等领域。可见, 工程物探的前景十分广阔, 急需培养大量掌握工程物探专业知识人才。

“工程物探”作为土木工程学院地质工程专业的一门专业基础课, 传统的教学过程中, 工程物探各种方法的基本原理是重点介绍的内容。诸如:

反射波、折射波、绕射波的时距曲线等内容, 由于原理比较抽象, 不能很好地进行演示, 学生理解比较困难, 导致学生学习积极性下降。因此, 无法达到教学的真正目的, 对后续教学内容的衔接造成一定的阻碍。因此, 工程物探教学迫切需要更新传统教育观念、创新教学方法。

国内外许多学者已经通过开发软件或是建立平台的方法在教学过程中进行辅助与应用, 在教学起到了很大的促进作用。而其中模块化在程序软件制作中也有很多的应用, 是软件平台制作中一种十分有效的方法。如廖云伢等<sup>[2]</sup>提出了通过Java和Matlab相联接, 设计虚拟实验平台, 详细介绍了该平台的设计以及实现的过程。魏华<sup>[3]</sup>开发了健美操网络教学资源与教学平台, 通过运用网络资源改善了该学校健美操的教学模式, 为学生学习起到促进作用。蒋宁等<sup>[4]</sup>建立基于Zoho Wiki的云计算辅助教学平台。赵晓英<sup>[5]</sup>阐述了模块化程序的几个特点, 同时对模块程序的

收稿日期: 2017-12-20。

基金项目: 教育部专业综合改革试点项目——高等学校本科教学质量与教学改革工程(教高函[2013]2号); 同济大学教学改革研究与建设项目。

作者简介: 杨坪, 男, 副教授, 主要从事软土工程、环境土工、数字化图像分析、注浆工程的教学和研究工作。

投稿邮箱: www.chinageoeducation.net.cn 联系邮箱: bjb3162@cugb.edu.cn

引用格式: 杨坪, 周飞棚, 薛守宝, 等. 模块化程序在工程物探教学中的应用[J]. 中国地质教育, 2018, 27(1): 70-73.

制作流程、执行过程以及参数传递进行了解释，并以 Visual FoxPro 编写程序加以验证。邢菁等<sup>[6]</sup>系统地解释了模块化程序，以及其在一体化平台中的应用。魏赞等<sup>[7]</sup>介绍了 VB 两种不同过程的设计过程，并进行验证，得出 VB 模块化的特性。何晓波<sup>[8]</sup>介绍了大型系统控制程序模块化设计方法，将复杂、大规模的系统控制进行模块化，使其更简单清晰。因此，本文总结前人的研究经验，将模块化程序应用于工程物探教学平台中。通过改变不同的影响因素，得到各种振动波的时距曲线以及地层界面形态的软件平台。学生可在教学平台上改变各个参数，实现对振动波的传播变化规律更深入的理解。通过老师对基本原理的阐述以及学生在教学平台上的体验，能够很好地提高“工程物探”课程的接受度，为后续内容的开展做好铺垫。

### 二、模块化程序设想

“工程物探”课程中，在讲解有关振动波的传播方式时，当地震波到达地层界面时，可能会同时产生反射波、折射波和绕射波等多种波的传播，学生一时难以理解，不利于教学的进行，为了更好地展示各个振动波传播的规律，在进行程序设计过程中，可以将其分为反射波、折射波以及绕射波模块，分别进行模块化设计。学生可以对各种波的传播特征分别进行理解，然后对各个模块进行综合，最终达到对各种波的传播特点深入了解，能够很好地达到教学目的。

将 MATLAB 仿真技术和 GUI(Graphical User Interfaces) 界面<sup>[9]</sup>引入到可视化工程物探方法原理综合解释平台，并通过模块化程序的方法开发了折射波、反射波和绕射波时距曲线等模块。

该教学模式发挥了教师为主导，学生为主体的教学思想，通过课堂仿真，学生可以对各个模块的性能与参数的输入有所了解。通过对仿真参数的调整，可以使学生更深入地了解时距曲线，快速全面掌握时距曲线的知识。

MATLAB 中 GUI 图形用户界面是由窗口、图标、菜单、文本、按钮等对象构成的用户界面，如图 1。通过 GUI 图形用户界面，可以设计出包括反射波模块、折射波模块以及绕射波模块等多个模块，对每个模块分别进行设计，最终完成一个工程物探方法原理综合解释平台如图 2。

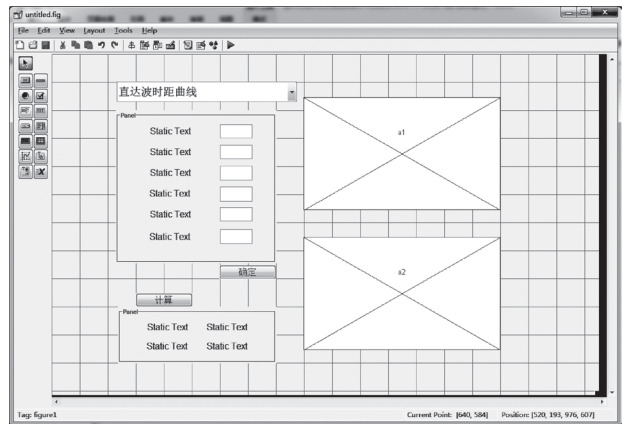


图 1 GUI 图形用户界面

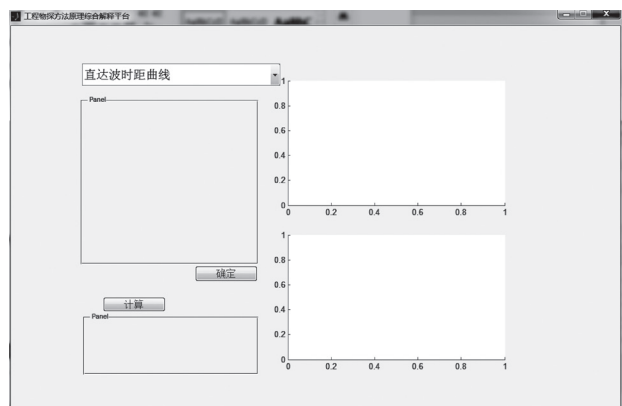


图 2 工程物探方法原理综合解释平台

### 三、模块化程序实现

#### 1. 反射波模块

反射波是振动波在遇到不同介质之间的界面时，当两种介质的波阻抗（其数值为介质密度  $\rho$  与波速  $v$  的乘积）不相同，该振动波会产生一个返回原来密度介质的波束，该波束则称为反射波。反射波的时距曲线方程为：

$$t = \frac{\sqrt{x^2 + 4h^2} + 4hx \sin(\theta)}{v} \quad (1)$$

其中： $t$ —时间（s）； $x$ —距振源距离（m）； $h$ —振源距地层界面深度（m）； $\theta$ —地层倾角（°）； $v$ —在该层介质的速度（m/s）。

根据反射波的时距曲线方程，通过 MATLAB 设计水平地层的反射波的模块，得到反射波模块如图 3 和图 4。

图 3 表明，当选择反射波时距曲线选项后，只出现与反射波有关的参数，通过改变波速、地层厚度，以及检波器距离参数，可以得到不同情况下的时距曲线。

当地层倾斜时，反射波的规律则有所不同，

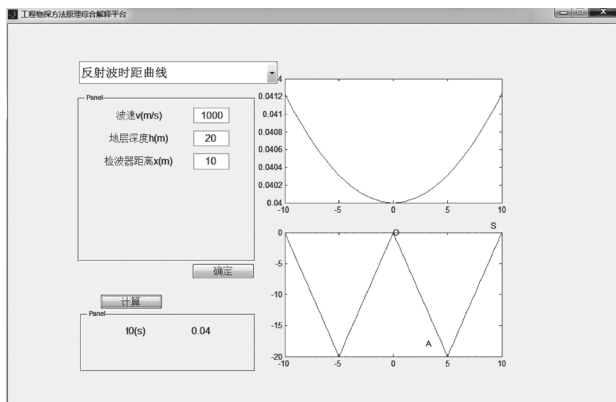


图3 水平地层的反射波模块

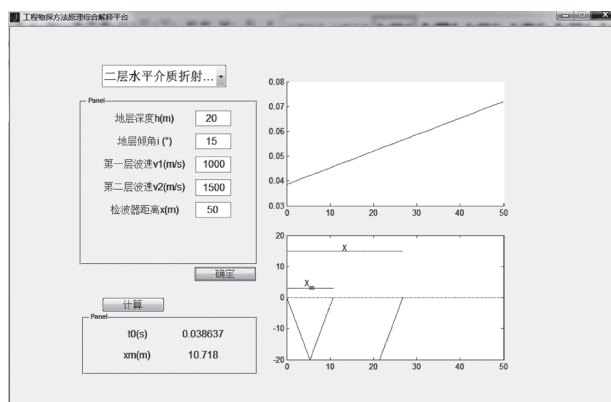


图5 水平地层的折射波模块

可通过选择倾斜地层反射波模块演示地层倾斜时反射波的传播规律,如图4所示。

图4很好地演示不同的地层倾角下反射波的时距曲线,以及在倾斜的地层界面下反射波的传播规律。地层倾斜时反射波的规律演示过程与地层水平时反射波的规律模块并没有关联,为独立模块,也验证了模块化的优势所在。

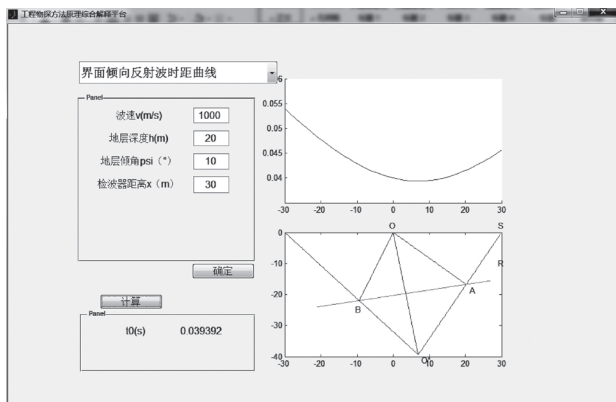


图4 倾斜地层反射波模块

## 2. 折射波模块

地震波在传播过程中,由于界面下层波速高于上层,则会产生折射。折射波的时距曲线方程为:

$$t = \frac{x \cos(\theta)}{v_2} + \frac{2h + x \sin(\theta) \cos(\varphi)}{v_1} \quad (2)$$

其中:  $t$ —时间(s);  $x$ —距振源距离(m);  $h$ —振源距地层界面深度(m);  $\theta$ —地层倾角( $^\circ$ );  $\varphi$ —临界角;  $v$ —在该层介质的速度(m/s)。

根据折射波的时距曲线方程,通过MATLAB编制水平地层的折射波的模块,如图5所示。

图5演示了在选择二层水平介质折射波时距曲线的选项时,折射波各个参数出现,包括有

地层厚度、临界角,两种介质的速度以及检波器的距离,输入不同参数后可以得到不同情况下的折射波时距曲线以及折射波在水平二层介质中的传播规律,同时还能够计算折射波的盲区。

当地层界面发生倾斜时,折射波时距曲线也会产生不一样的变化,因此建立了另一个模块来反映倾斜地层下折射波的特性,如图6所示。

图6所演示的是改变两层介质界面倾角后所得到的结果,能够准确地反映出倾斜界面时折射波的时距曲线,以及折射波传播规律。通过调节5个参数来改变波速以及地层性质,从而能够得到不同条件下折射波的基本规律,能够更好地理解折射波的概念。

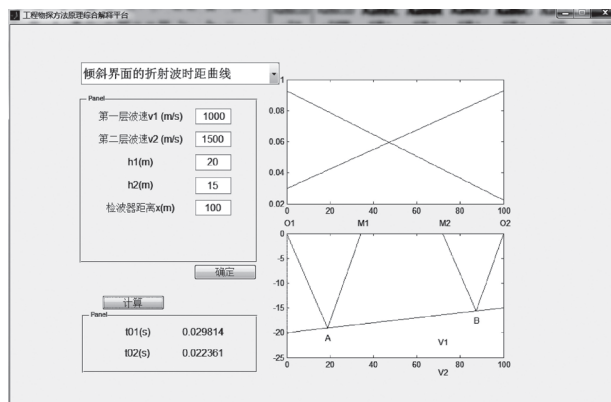


图6 倾斜地层折射波模块

## 3. 绕射波模块

地震波在断层的断点、断棱,地层尖灭点,不均匀体、侵入体和地下礁的边缘等所引起的波称为绕射波。绕射波的时距曲线方程如下:

$$t = \frac{1}{v} \sqrt{L^2 + (L \tan(\theta) + \frac{h}{\cos(\theta)})^2} + \sqrt{(x-L)^2 + (L \tan(\theta) + \frac{h}{\cos(\theta)})^2} \quad (3)$$

其中： $t$ —时间（s）； $x$ —距振源距离（m）； $L$ —绕射点地表投影与振源距离（m）； $h$ —振源距地层界面深度（m）； $\theta$ —地层倾角（°）； $v$ —在该层介质的速度（m/s）。

根据上述的时距曲线方程，建立一个绕射波模块，如图 7 所示。

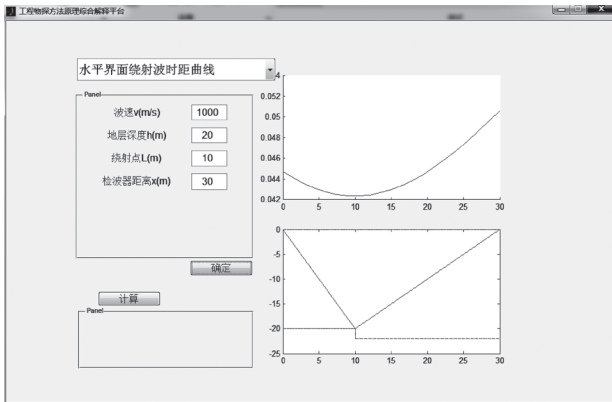


图 7 水平地层的绕射波模块

根据图 7，可得到水平界面绕射波与波在介质传播的速度、地层厚度、绕射点地表投影位置以及检波器距离这 4 个参数有关。能够看出通过改变一定的参数，时距曲线也发生相应的变化，能够很好地从图 7 中了解绕射波时距曲线的特性。

当地层界面是倾斜时，对振动波的传播规律会产生很大的影响，倾斜界面的绕射波时距曲线模块如图 8 所示。图 8 表明，该模块与水平绕射波模块相互独立，同时多出一个界面倾角的参数。通过改变上述的参数，能够很好地反映出倾斜界面绕射波模块的特点。

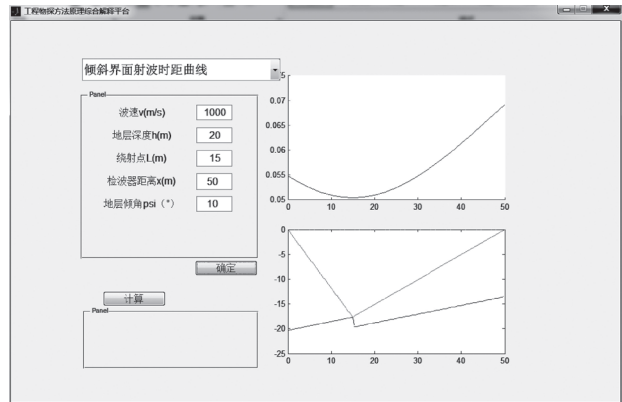


图 8 倾斜地层的绕射波模块

#### 四、结论

(1) 编制了反射波、折射波以及绕射波三个模块，各个模块之间相互独立。各模块能够很好地反映各种振动波时距曲线与各参数之间的关系，通过改变参数输入，能够快速准确地了解到时距曲线的不同形态。

(2) 工程物探教学中，将模块化程序应用于工程物探方法原理综合解译平台中，能够更有效地在工程物探教学中发挥其优势，提高课堂效率，学生根据自己的时间，通过工程物探方法原理综合解释平台演示，更快速更容易地理解工程物探中有关振动波的时距曲线的内容。

(3) 后续将继续完善该平台，可以制作手机 APP 搭载平台，能够使工程物探的教学更加简便，在实际工程中，也可以对工程物探的技术人员进行基本概念、基本知识的培训，提高效率。

#### 参考文献：

[1] 王立群. 中国工程物探的现状与发展 [J]. 地球物理学报, 1994(S1): 385-395.  
 [2] 廖云伢, 王建新, 盛羽. 基于 Java 与 Matlab 集成的虚拟实验平台的设计与实现 [J]. 计算机应用, 2007, 27(2): 394-396.  
 [3] 魏华. 健美操技术课网络化教学平台构建 [J]. 北京体育大学学报, 2010, 33(1): 91-94.  
 [4] 蒋宁, 杨姝, 杨雪华. 基于 Zoho Wiki 的云计算辅助教学平台 [J]. 沈阳师范大学学报: 自然科学版, 2012, 30(2): 232-235.  
 [5] 赵晓英. 关于模块化程序设计中的三个主要问题 [J]. 雁北师范学院学报, 2004, 20(2): 24-25.  
 [6] 邢菁, 林军, 黄伟. 模块化程序设计在一体化检定平台中的应用 [J]. 电测与仪表, 2015, 52(15): 88-91.  
 [7] 魏贇, 魏邦龙, 冯婕, 等. Visual Basic 语言模块化程序的设计 [J]. 农业网络信息, 2014(10): 114-116.  
 [8] 何晓波. 大型系统程序设计模块化 [J]. 装备维修技术, 2005(2): 2-7.  
 [9] 李国朝. MATLAB 基础及应用 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2011.