

## 实践教学与基地建设

## 地质灾害治理与监测预警实践教学基地建设与应用

张彬，徐能雄，张中俭

中国地质大学（北京）工程技术学院，北京 100083

**摘要：**我国是地质灾害频发的国家，开展地质灾害治理及监测预警是防灾减灾的重要手段。地质灾害防治方向作为中国地质大学（北京）地质工程、土木工程专业本科人才培养的特色方向，在整个人才培养中重视实践教学环节，构建野外教学基地成为其提高人才培养质量的重要保障。本文详细介绍了北京市门头沟区秋坡滑坡灾害治理与监测预警实践教学基地的设计、建设及应用情况，学生通过实地参观及动手操作，可充分认识滑坡灾害的发生机理，学习“抗滑桩+预应力锚索”边坡联合加固技术，了解自动气象站、北斗GNSS位移监测、坡体深部位移监测、分布式光纤监测及地基边坡雷达（GB-SAR）等地质灾害监测预警新技术，增强学习兴趣和自主创新能力。

**关键词：**地质灾害；实践教学；实习基地；治理工程；监测预警

中图分类号：G643

文献标识码：A

文章编号：1006-9372（2020）01-0111-04

DOI:10.16244/j.cnki.1006-9372.2020.01.020

**Title:** Construction and Application of Practical Teaching Base for Geological Disaster Control and Monitoring System

**Author(s):** ZHANG Bin, XU Neng-xiong, ZHANG Zhong-jian

**Keywords:** geologic hazard; practical teaching; practice base;treatment engineering; monitoring system

地质灾害是指由于自然或人为原因引起的，对人类生命财产造成直接或间接损失的现象，主要包括滑坡、崩塌、泥石流、采空塌陷、地裂缝及地面沉降等<sup>[1-2]</sup>。随着我国基础设施建设向艰险山区等复杂地质环境的逐渐深入，一系列严重的地质灾害问题不断凸显，亟待解决，急需培养一大批高素质的专业人才投入到生产建设当中<sup>[3-5]</sup>。

中国地质大学（北京）作为我国地学人才培养的摇篮和地学研究的重要基地，学校秉承“艰苦朴素，求真务实”的校训，坚持“品德优良、基础厚实、知识广博、专业精深”的人才培养目标，培养了大批地质专业人才，为新中国工业的起飞和地质事业的发展做出了不可磨灭的贡献。中国地质大学（北京）地质工程、土木工程专业以工程地质、岩土工程为特色，一直以来都将地质灾害预测、防治及监测预警作为重要的人才培养方向。实践教学是地质灾害防治学科方向培养基础理论扎实、实践能力

突出的高素质专业人才的重要环节。为突出中国地质大学（北京）地质工程、土木工程的专业特色，培养复合型与创新型人才，建设地质灾害治理与监测预警野外实践教学基地具有重要的现实意义。

北京市门头沟区秋坡滑坡灾害治理与监测预警实践教学基地依托某大型滑坡治理工程，设计了边坡灾害治理及监测预警教学点及相应的教学内容。该基地交通便利、基础设施完备，且具有典型的高陡顺层岩质滑坡特征，以及涵盖特大滑坡治理的主要工程措施与完善的监测预警系统，可为学生形象地讲授滑坡变形破坏机理、地质灾害治理措施及监测预警等方面的知识。教学主要针对地质工程、土木工程专业本科二年级学生，在其初步掌握了地质与力学基础理论后，对其开展较为全面的认识训练，以趣味性为主，激发学生的专业学习兴趣，培养学生的专业思维能力，提高学生的专业实践能力与创新能力<sup>[6-9]</sup>。

收稿日期：2019-10-23；修回日期：2019-11-10。

基金项目：中国地质大学（北京）教学研究与教学改革项目（JGYB201703）；中国地质大学（北京）本科教学质量提升计划项目（2019）。  
作者简介：张彬，男，副教授，博士生导师，主要从事工程地质与岩土工程、地质灾害防治等方面的教学与研究工作。

投稿网址：[www.chinageoeducation.net.cn](http://www.chinageoeducation.net.cn) 联系邮箱：[bjb3162@cugb.edu.cn](mailto:bjb3162@cugb.edu.cn)  
（C）1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>  
引用格式：张彬，徐能雄，张中俭.地质灾害治理与监测预警实践教学基地建设与应用[J].中国地质教育，2020，29（1）：111-114.

## 一、教学基地概况

实践教学基地为一典型的顺层岩质滑坡治理工程，位于北京市门头沟区永定镇秋坡村，距离中国地质大学（北京）约36km。

基地区域主要受马鞍山背斜的影响，地质构造复杂，主要发育有F1、F2两条断层。岩性主要为石炭系太原组一二叠系山西组( $C_t-P_s$ )碳质砂岩、碳质泥岩，奥陶系马家沟组( $O_m$ )灰岩。

边坡由于前期的开挖扰动，发生了小规模坍塌滑动，随后经过研究，确定该边坡的变形破坏模式为沿软弱碳质泥岩夹层的多级滑动（图1、图2），并根据其变形破坏特征设计了相应的治理工程。



图1 秋坡滑坡全貌

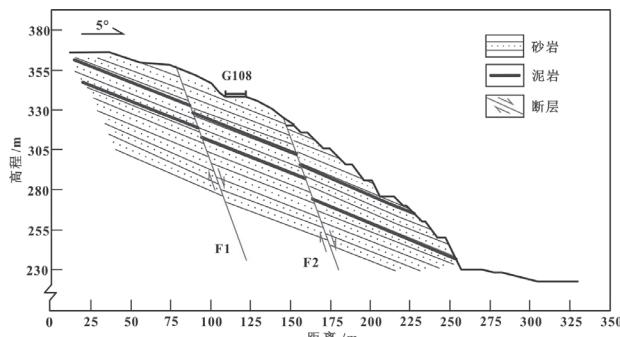


图2 秋坡滑坡剖面图

## 二、实践教学内容

### 1. 地质灾害治理工程教学点

秋坡高边坡为典型的顺层岩质滑坡，采取“多锚点抗滑桩+预应力锚索”的组合加固结构对其进行治理。如图3所示，在F2断层附近设置第一排预应力锚索抗滑桩，以补偿开挖体对上级边坡的支撑作用，在边坡中部布设第二排预应力锚索抗滑桩，在坡脚布设第三排预应力锚索抗滑桩，以抵抗开挖后浅层和深层滑体的滑动推力，桩身截面为 $2.4m \times 3.6m$ ，桩长50.0m左右，桩间距 $6.0m$ ，桩身上部分别布设3排6孔预应力锚索、2

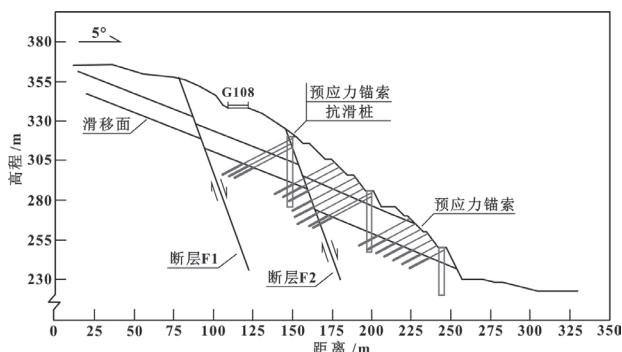


图3 秋坡滑坡治理工程布置图

排4孔及1排2孔预应力锚索，锚索倾角 $28^\circ$ ，锚固段长度12.0m。

该教学点的教学内容如下：观察滑坡地貌形态、识别坡体岩性、认识结构面产状对边坡稳定性的控制作用。了解常见的边坡加固措施及结构组成。学生可在现场近距离观察边坡坡体结构、变形特征，切身感受抗滑桩与锚索等支护结构，激发学生的学习兴趣，在头脑中形成工程结构的形象概念。

### 2. 监测预警系统教学点

教学基地布设了视频监测系统、自动雨量监测系统、自动北斗GNSS位移监测系统、滑坡深部位移监测系统、分布式光纤、锚杆内力监测及边坡雷达监测系统(GB-SAR)等(图4)，分别从地表到地层深部进行监控量测，在滑坡产生变形破坏趋势时进行及时预警。基地交通便利，场地开阔，方便学生近距离观察，可使学生认识到地质灾害监测预警的重要性，并培养学生对新技术的兴趣，激发学生学习动力。

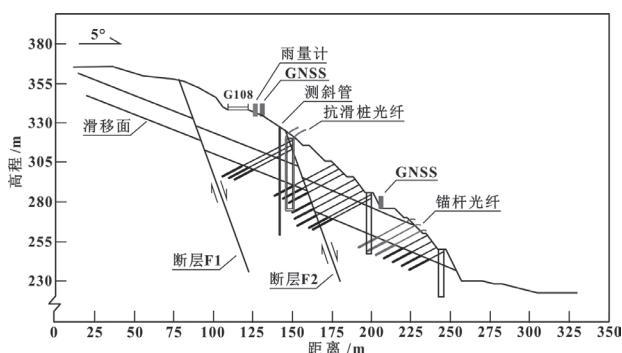


图4 秋坡滑坡监测预警系统布置图

### (1) 北斗GNSS实践教学点。

北斗GNSS分别布置在G108国道与第二排抗滑桩附近，用于监测边坡的地表变形。其监测原理如图5所示，已知某一时刻一组卫星(至少四颗)的位置坐标( $X, Y, Z$ )，通过某种数据链就

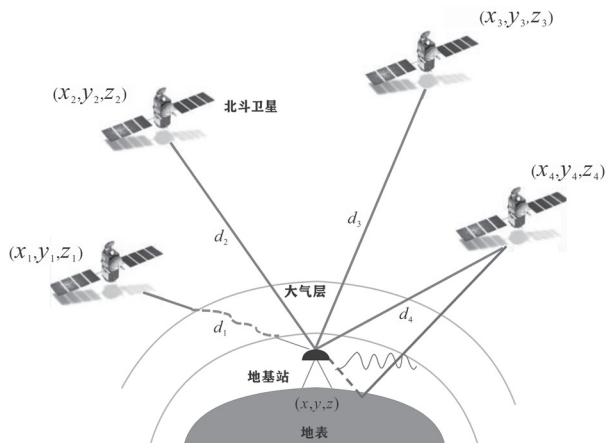


图 5 北斗监测技术原理图

可精准地获取地基站的坐标信息( $x, y, z$ )，从而实现对地表位移的实时监测。

该教学点的教学内容如下：使学生了解 GNSS 位移监测系统工作原理、布点原则、基于位移的预警模式与模型。

#### (2) 抗滑桩应变监测实践教学点。

利用抗滑桩内的钢筋作为载体，在安放钢筋笼的同时，选取滑坡主滑方向受拉和受压侧的两根纵向筋体，将特殊封装的传感光纤捆绑在钢筋上，同时向下放入桩孔内。如图 6 所示，传感光纤和温度补偿光纤在桩体内呈 U 字型布设，底部圆滑过渡相连，孔口处采用 PU 管和金属波纹进行保护后从侧边引出。光纤布设完成后，从桩身混凝土初凝时起，定期监测传感光纤的应变变化，从而获得抗滑桩的应变信息。

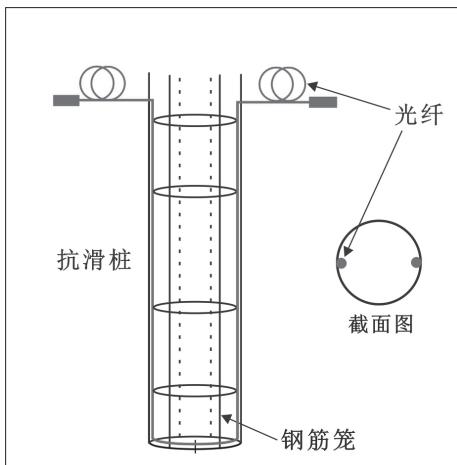


图 6 抗滑桩光纤布设示意图

该教学点的教学内容如下：使学生了解分布式光纤监测结构物应变的工作原理，了解抗滑桩的受力特点，以及基于桩身应变监测的边坡形变演化趋势。

#### (3) 锚杆应力监测实践教学点。

采用特殊黏结剂将传感光纤、温度补偿光纤与锚杆钢筋黏贴在一起，呈 U 型布设（图 7），其中，温度补偿光纤采用 PU 管和金属波纹管进行封装，使其不受应变影响，只对温度敏感。在锚杆上安装分布式传感光纤后，将多根锚杆上铺设的光纤通过光缆串接在一起，从而实现在一端测量就可以同时监测多根锚杆的应力变化情况。

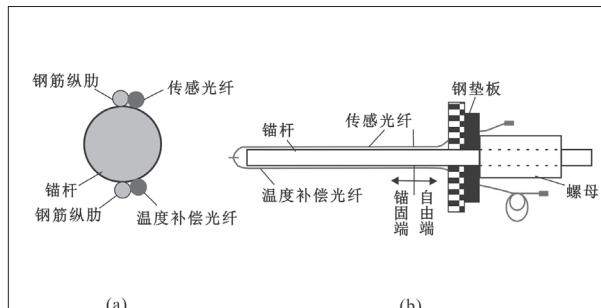


图 7 锚杆光纤布设示意图

该教学点的教学内容如下：使学生了解预应力锚索的结构组成、工作机理，掌握基于应变的锚索受力行为监测原理，了解基于锚索应变的边坡稳定性状演化规律。

#### (4) 边坡深部位移监测实践教学点。

在边坡变形突出位置布设深部水平位移监测点，通过测斜管及传感器实现边坡深度位移监测。测斜管监测是用测斜仪每隔一定时间逐段测量钻孔的斜率，从而获得岩体内部水平位移及其随时间的演化规律。基地内采用滑移式测斜仪进行滑坡深部位移监测（图 8），监测孔与地表 GNSS 测点靠近布置，以便相互校正。

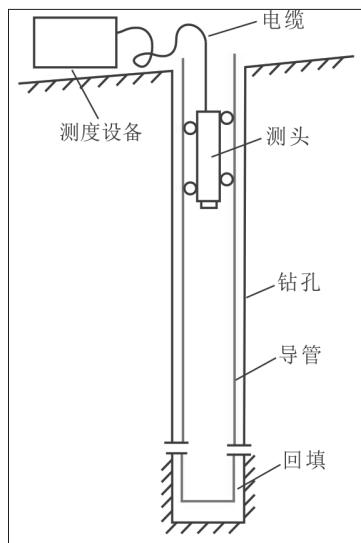


图 8 测斜管示意图

该教学点的教学内容如下：使学生掌握滑坡深部位移演化规律及基于深部位移的滑坡稳定性演化规律，了解深部位移监测仪（测斜仪）的工作原理及野外布设原则，了解基于深部位移的滑坡灾害监测预警模式。

#### （5）雨量计实践教学点。

自动气象站是地质灾害监测预警的重要设备，基于降雨量的监测预警阈值一直是滑坡、泥石流灾害监测预警的重要参量。雨量计是一种用来测量一段时间内某地区降水量的仪器（图9）。降雨量的大小对滑坡的稳定性有着重要影响，通过雨量计对降雨量进行实时监测，可起到及时预警的目的。

该教学点的教学内容如下：通过对学生讲解雨量计的监测原理及目的，使学生更加深刻地理解降雨对于地质灾害的诱发作用，使学生了解基于降雨量的滑坡灾害预警方法及模型。



图9 自动气象站（雨量计）

#### 参考文献：

- [1] 黄德志,古黄玲,辛宇佳.矿山开采和道路建设与岩石结构破坏及诱发地质灾害——构造地质学教学实践与思考[J].生态经济,2012(10):165-168.
- [2] 蔡国军,巨能攀,付小敏,等.岩土工程勘察实习教学内容改革探讨[J].实验室研究与探索,2012,31(6):164-167.
- [3] 夏楚林,胡夏嵩,崔彬,等.青海坎布拉国家地质公园地质认识实践教学基地建设研究[J].中国地质教育,2010,19(3):64-68.
- [4] 李天斌,蔡国军,付小敏,等.地质工程与土木工程的“一三五”实践教学体系[J].实验室研究与探索,2012,31(10):103-108.
- [5] 张紫昭,董青红,赵新生,等.新疆大学昌吉实习基地建设和教学应用[J].中国地质教育,2012,21(3):61-63.
- [6] 刘汉湖,杨武年.高校地学专业遥感地质学精品课程教学改革[J].测绘科学,2013,38(6):195-203.
- [7] 曹秋香,刘向铜,郭福生,等.浅析俄罗斯特鲁达流波夫卡国家级野外地质教学基地建设[J].中国地质教育,2013,22(1):86-89.
- [8] 左双英,陈筠,杨根兰,等.贵州大学地质工程研究生创新实践基地运行机制与教学体系[J].中国地质教育,2018,27(2):73-77.
- [9] 任云生,张梅生,高淑贞,等.吉林大学兴城教学基地综合教学资源建设与应用[J].中国地质教育,2018,27(1):83-86.

#### （6）边坡雷达（地基 SAR）实践教学点。

地基 SAR（图10）是一种对表观形变进行全场监测的重要技术手段，在不同时间点通过天线在水平轨道上的运动获取 SAR 数据，从而实现边坡的形变监测，监测结果精度可至毫米级。基地内采用地基 SAR 对滑坡进行实时监测与数据采集，达到及时预警的目的。



图10 边坡雷达（地基 SAR）

该教学点的教学内容如下：使学生了解基于点状北斗 GNSS 位移的接触式监测技术和实现全场非接触实时监测的地基 SAR 技术的工作原理及区别，使学生接触到当前地质灾害监测的技术前沿，激发学生学习新技术的动力和创新能力。

#### 三、结语

实践教学是新时代、新工科背景下，创新型本科人才培养体系中的重要环节，地质灾害治理与监测预警系统实践教学基地的建设为地质工程、土木工程专业本科生提供了良好的实习环境与丰富的学习内容。

通过实践教学，学生可直观地观察地质灾害治理工程与监测预警系统，认识地质灾害发生机理，学习“抗滑桩+预应力锚索”边坡联合加固技术，了解自动气象站、北斗 GNSS 位移监测、坡体深部位移监测、分布式光纤监测及地基边坡雷达（G-SAR）等地质灾害监测预警新技术，最大程度地激发学生的学习潜能，提高学生的自主创新能力。