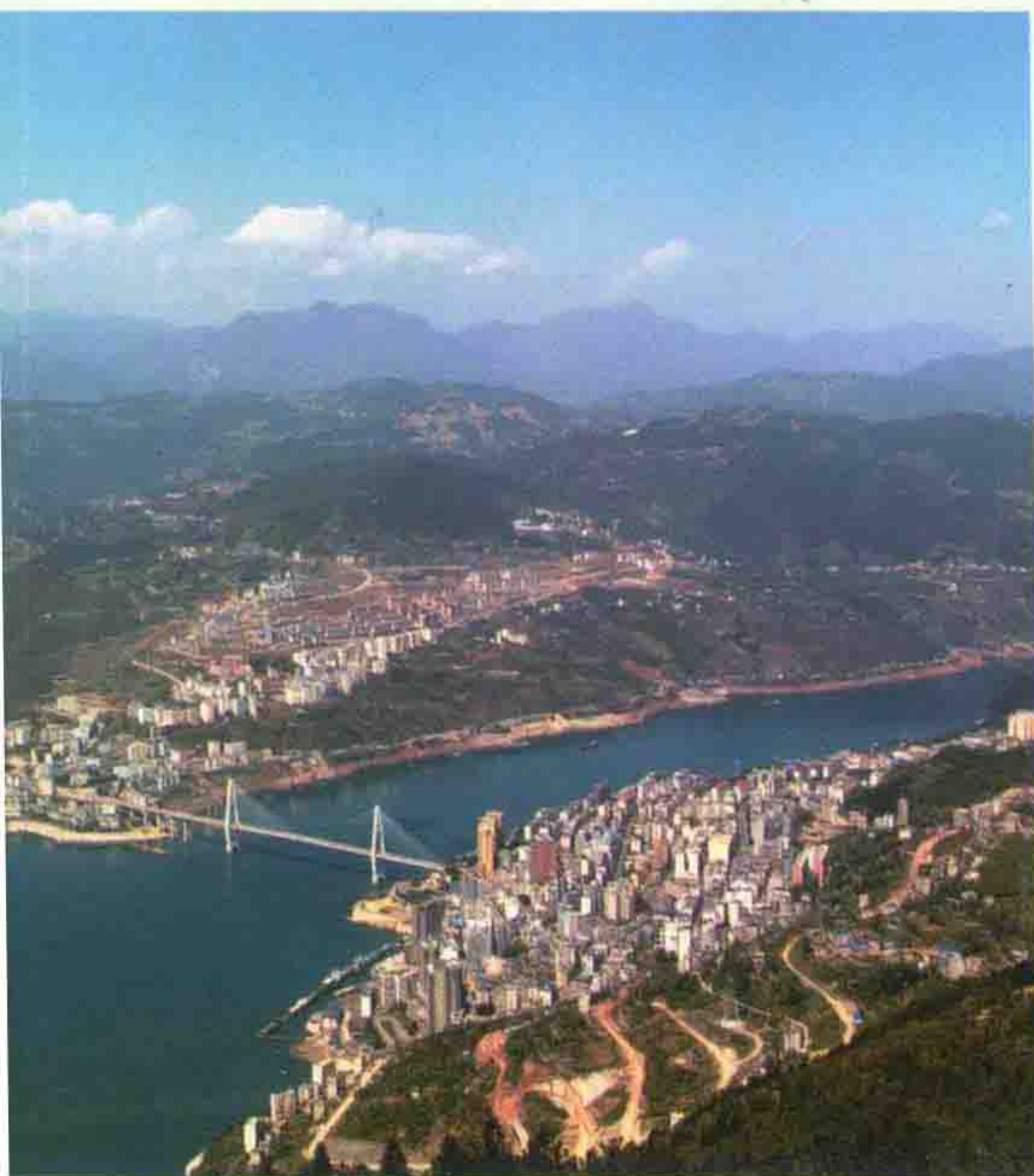


中央高校教育教学改革基金(本科教学工程)资助

# 三峡库区巴东科教基地 地质灾害防治实践教学教程

项伟 苏爱军 王菁莪 崔德山 编著



SANXIA KUQU BADONG KEJIAO JIDI  
DIZHI ZAIHAI FANGZHI  
SHIJIAN JIAOXUE JIAOCHENG



中国地质大学出版社  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

国家高等教育改革基金(本科教学工程)资助

# 三峡库区巴东科教基地 地质灾害防治实践教学教程

SANXIA KUQU BADONG KEJIAO JIDI

DIZHI ZAIHAI FANGZHI SHIJIAN JIAOXUE JIAOCHENG

项 伟 苏爱军 王菁莪 崔德山 编著



## 图书在版编目(CIP)数据

三峡库区巴东科教基地地质灾害防治实践教学教程/项伟等编著. —武汉:中国地质大学出版社,2019.9

ISBN 978-7-5625-4636-8

I. ①三…

II. ①项…

III. ①三峡水利工程-地质灾害-灾害防治-巴东县-高等学校-教材

IV. ①P694

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 195734 号

三峡库区巴东科教基地地质灾害防治实践教学教程

项伟 苏爱军 编著  
王菁菽 崔德山

责任编辑:胡珞兰

责任校对:张咏梅

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传 真:(027)67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://cugp.cug.edu.cn>

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

字数:392 千字 印张:15 插页:1

版次:2019 年 9 月第 1 版

印次:2019 年 9 月第 1 次印刷

印刷:武汉市珞南印务有限公司

印数:1—1 000 册

ISBN 978-7-5625-4636-8

定价:48.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

# 前 言

我国山地丘陵地貌区面积约占国土面积的 65%，地质条件复杂，构造活动频繁，崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等地质灾害隐患多、分布广，且隐蔽性、突发性和破坏性强，防范难度大，是世界上地质灾害最严重、受威胁人口最多的国家之一。地质灾害防治相关科学知识的教学与研究主要依托地质工程学科，属于地球科学与工程科学的交叉领域，主要研究人类工程活动与地质环境之间的相互制约关系，应用性强，要求从业人员具有扎实的理论基础知识和工程实践能力。中国地质大学(武汉)是我国地球科学最高学府，自建立之初，即高度重视实践性教学工作，先后建立了北戴河野外实践教学基地、周口店野外地质实践教学中心、秭归产学研基地等一系列享誉国内外的专业实践教学基地，为我国地球科学研究与工程实践培养了大批科研、教学与工程技术人才。目前，中国地质大学(武汉)地质工程学科是国家级重点学科与国家“双一流”建设学科。自三峡工程规划建设之初，我校结合自身专业优势服务国家重大需求，积极投身于三峡工程建设与地质环境保护工作之中。经教育部批准，我校于 2008 年建立了“长江三峡库区地质灾害研究‘985’优势学科创新平台”，同时成立“教育部长江三峡库区地质灾害研究中心(以下简称三峡中心)”作为创新平台的建设与运行主体。该平台肩负着地质灾害防治人才培养、科学研究、社会服务的历史使命，是我校地质工程重点学科的重要依托。位于三峡库区巴东县的大型野外综合试验场是“三峡中心”建设的重要组成部分。巴东野外综合试验场选址三峡库区黄土坡滑坡区域，于 2012 年 12 月 30 日竣工，是中国地质大学(武汉)集滑坡地质灾害教学、科研、生产于一体的综合性野外教学研究基地。通过试验场隧洞群系统，专家学者能直接进入黄土坡临江 1 号滑坡体近距离观测滑床、滑带和滑体，并开展相关实验研究与深部监测工作，为大型涉水滑坡防治理论与技术的研究提供了前所未有的有利条件，同时也为地质灾害防治提供了不可多得的特色教学资源。与巴东野外综合试验场配套的巴东科教基地环境优美、设施完备，业已成为地质灾害领域重要的教学、科研与学术交流基地。

随着巴东野外综合试验场与巴东科教基地迎来日益增多的专业实践教学、行业培训与科普参观人员，急需一份教学资料来系统总结教学内容，统一教学要求，进一步提高教学质量。因此，在中央高校教育教学改革基金(本科教学工程)的资助下，我们组织编写了本实践教学教程，同时也可作为相关专业从业人员提供参考，服务地质灾害防治科学知识的普及与推广。地质灾害防治实践教学是地质工程及相关学科专业教学内容的重要组成部分，整个实践教学过程包括室内课程、野外典型地质现象考察、独立地质填图实训、地质灾害调查实训以及地质灾害防治工程勘查设计实训等内容，旨在提高专业学员(包括本科生、研究生和企事业单位员工及科普受众等)解决实际地质灾害防治工程问题的实践能力，增强广大人民群众保护环境与防灾减灾意识，提高灾害发生时的自救能力。全部的课程内容主要包括野外考察实践教学路线、地

质灾害调查实践教学和防治工程设计实践教学 3 个部分。其中,野外考察实践教学路线部分包括 8 条典型的地质考察路线,地质灾害调查实践教学内容包括区域地质灾害调查实践与滑坡区工程地质勘查实践,防治工程实践教学选取教学区内典型滑坡地质灾害为实践案例,要求学员依据相关行业技术标准,完成地质灾害防治工程设计计算、报告编制与图件绘制。针对相关学科的本科生、研究生,以及企事业单位员工与广大人民群众等不同的教学对象,课程内容设置也有一定的区别。对于地质灾害防治学科方向的本科生与研究生,原则上要求完成课程全部实践教学内容。对于其他相关专业学生、行业培训人员与科普受众,可根据各单位教学安排选修部分内容,教学进度安排可根据不同的教学对象与教学要求自由组合定制。

本教程共分为 7 章,其中第一章阐述了教学目的与意义、内容设置、进度安排与成绩评定方法,不同的教学对象可根据该章节内容自由定制教学计划与成绩评定方法。第二章系统回顾了地质灾害防治相关的岩石学、构造地质学、水文地质学以及地质灾害的基本概念、调查评估、勘查设计与监测预警等基础知识。第三章介绍了实践教学区的地质环境背景,包括整个长江三峡库区较大范围尺度与巴东县较小范围尺度的自然地理、地层岩性、地质构造与水文地质条件等。第四章分别详细介绍了巴东野外综合试验场路线、长江南岸沿江路路线、史家坡—铜鼓包路线、亩田湾—大面山路线、长江北岸沿江路路线、黄腊石—宝塔河路线、茶店子镇巴人河路线、巴东—秭归长江水上路线共 8 条野外考察实践教学路线的路径、教学目的与内容、教学点位与背景资料等。第五章介绍了野外地质填图、地质灾害调查与勘查野外工作方法,划定了区域地质灾害调查与滑坡工程地质勘查实训教学区域,提出了教学目的、任务、方法与要求。第六章选取实践教学区典型的地质灾害防治工程案例,阐述了项目概况与工程地质条件,要求学员根据相关规范开展地质灾害评价与防治工程设计训练。第七章规定了实践教学资料整理与成果提交要求,包括野外记录、调查报告与附图、勘查报告与附图、设计报告与附图等。项伟教授主持本教材大纲制定、教学内容安排与教学方案设计,并具体负责第一章与第二章内容的搜集与编写;崔德山副教授负责第三章内容的搜集与编写,王菁莪助理研究员负责第四章与第五章内容的搜集与编写;苏爱军研究员提供了防治工程实践教学的案例资料,并负责第六章与第七章内容编写。由项伟教授负责统稿。

本教程基础知识部分的编写主要参考引用了前人区域地质调查报告、工程项目报告、科研论文与编著者多年的工作与教学成果,编著过程中得到了中国地质大学(武汉)三峡中心与工程学院科研教学人员的大力支持。余宏明教授、刘佑荣教授、周汉文教授、邓清禄教授、马淑芝教授、滕伟福副教授、熊承仁副教授、刘军旗副教授、Joachim Rohn 教授等专家先后亲赴现场,在教学内容与教学路线等方面提出了重要的参考意见。巴东县委县政府对巴东野外综合试验场的建设与实践教学活动的顺利开展提供了有力的政策保障。巴东县自然资源局邓明早副局长为实践教学点背景资料的编写提供了部分地质资料。在此,对所有提供帮助与支持的老师和同仁们表示衷心的感谢。由于巴东野外综合试验场与巴东科教基地运行的时间不长,关于实践教学区的基础地质条件与一些科学问题的认识可能存在不足,加之地质灾害防治相关理论与技术发展快速,鉴于作者水平有限,时间仓促,本教程中难免存在错漏之处,诚邀广大读者不吝赐教,使之在后续的实践教学中不断完善。

编著者

2018 年 12 月 8 日

# 目 录

第一章 实践教学要求 .....	(1)
第一节 教学目的与意义 .....	(1)
第二节 教学内容设置 .....	(1)
第三节 教学进度安排 .....	(2)
第四节 成绩评定 .....	(3)
第二章 地质灾害防治基础知识 .....	(4)
第一节 基础地质 .....	(4)
一、岩石的基础知识 .....	(4)
二、地质构造 .....	(7)
三、水文地质 .....	(13)
第二节 地质灾害的类型与野外识别 .....	(15)
一、崩塌 .....	(15)
二、滑坡 .....	(17)
三、泥石流 .....	(21)
四、地面塌陷 .....	(23)
五、地裂缝 .....	(24)
六、地面沉降 .....	(25)
第三节 地质灾害调查与评估 .....	(26)
一、地质灾害调查的内容与要求 .....	(26)
二、地质灾害评估的基本要求、范围和级别 .....	(29)
三、地质灾害危险性评估的内容 .....	(31)
四、地质灾害危险性评估成果 .....	(32)
第四节 地质灾害勘查与防治 .....	(33)
一、地质灾害勘查目的与内容 .....	(33)
二、地质灾害勘查阶段划分 .....	(33)
三、地质灾害防治工程勘查阶段划分 .....	(35)
四、地质灾害防治工程勘查设计 .....	(35)
五、地质灾害勘查方法 .....	(36)
六、地质灾害的防治 .....	(38)
第五节 地质灾害监测与预警 .....	(42)

一、地质灾害监测	(42)
二、地质灾害预警	(45)
<b>第三章 实践教学区地质环境背景</b>	<b>(47)</b>
第一节 长江三峡概况	(47)
一、自然地理	(47)
二、长江三峡形成过程	(48)
三、三峡工程简介	(50)
四、三峡库区地质灾害概况	(53)
第二节 三峡库区地层与地质构造	(54)
一、三峡库区地层	(54)
二、三峡库区地质构造	(54)
第三节 实践教学区自然地理概况	(58)
第四节 实践教学区地层	(61)
一、志留系(S)	(62)
二、泥盆系(D)	(63)
三、石炭系(C)	(63)
四、二叠系(P)	(64)
五、三叠系(T)	(65)
六、侏罗系(J)	(66)
七、白垩系(K)	(67)
八、第四系(Q)	(67)
第五节 实践教学区地质构造	(68)
一、区域构造背景	(68)
二、近东西向构造	(68)
三、北北东向构造	(72)
四、新构造运动	(74)
第六节 实践教学区水文地质条件	(75)
一、地下水生成条件	(75)
二、岩溶分布和发育情况	(76)
三、地下水类型及富水性	(77)
<b>第四章 野外考察实践教学路线</b>	<b>(81)</b>
第一节 巴东野外综合试验场路线	(81)
第二节 长江南岸沿江路路线	(100)
第三节 史家坡—铜鼓包路线	(107)
第四节 亩田湾—大面山路线	(116)
第五节 长江北岸沿江路路线	(121)
第六节 黄腊石—宝塔河路线	(125)
第七节 茶店子镇巴人河路线	(135)

第八节	巴东—秭归长江水上路线	(140)
<b>第五章</b>	<b>地质灾害调查与勘查实践教学</b>	<b>(171)</b>
第一节	野外填图工作方法	(171)
一、	填图研究的内容	(171)
二、	填图阶段划分	(172)
三、	注意事项	(176)
第二节	地质灾害调查工作方法	(176)
一、	基本要求	(176)
二、	滑坡调查要点	(177)
三、	崩塌调查要点	(179)
四、	潜在不稳定斜坡调查要点	(180)
五、	泥石流调查要点	(182)
六、	地质灾害危险性分级	(185)
第三节	区域地质灾害调查实践	(186)
一、	实践教学目的与任务	(186)
二、	教学方法与要求	(187)
三、	实践教学区概况	(187)
第四节	滑坡工程地质勘查实践	(189)
一、	实践教学目的与任务	(189)
二、	教学方法与要求	(189)
三、	滑坡稳定性分析方法	(189)
四、	实践教学区概况	(192)
<b>第六章</b>	<b>防治工程设计实践教学</b>	<b>(194)</b>
第一节	实践教学目的、任务与方法	(194)
一、	教学目的	(194)
二、	实践任务	(194)
三、	教学方法	(194)
第二节	实践教学项目概述	(195)
第三节	设计依据	(195)
第四节	工程地质条件	(196)
一、	地形地貌	(196)
二、	地层岩性	(198)
三、	地质构造	(198)
四、	水文地质条件	(199)
五、	新构造运动	(199)
第五节	项目区稳定性分析与评价	(199)
第六节	治理工程设计	(201)
一、	治理工程设计原则	(201)

二、治理工程设计要求 .....	(201)
三、重力挡墙设计与施工规范 .....	(201)
四、抗滑桩设计与施工规范 .....	(206)
<b>第七章 资料整理与实践教学成果要求 .....</b>	<b>(214)</b>
第一节 野外记录要求 .....	(214)
一、野簿记录 .....	(214)
二、工作手图 .....	(215)
三、地质灾害调查表 .....	(215)
第二节 调查报告与附图 .....	(216)
一、地质灾害调查报告 .....	(216)
二、地质灾害调查图件 .....	(217)
第三节 勘查报告与附图 .....	(218)
一、滑坡勘查报告 .....	(218)
二、滑坡勘查图件 .....	(219)
第四节 设计报告与附图 .....	(220)
一、滑坡防治工程设计报告 .....	(220)
二、滑坡防治工程设计图件 .....	(220)
<b>主要参考文献 .....</b>	<b>(221)</b>
<b>附图 1 实践教学区平面影像图</b>	
<b>附图 2 实践教学区区域地质图</b>	
<b>附表 1 滑坡隐患点调查表 .....</b>	<b>(225)</b>
<b>附表 2 崩塌(危岩)隐患点调查表 .....</b>	<b>(227)</b>
<b>附表 3 潜在不稳定斜坡隐患点调查表 .....</b>	<b>(229)</b>
<b>附表 4 泥石流隐患点调查表 .....</b>	<b>(231)</b>

# 第一章 实践教学要求

## 第一节 教学目的与意义

地质灾害防治实践教学是地质工程与岩土工程及相关学科专业教学内容的重要组成部分,同时也服务于地质灾害防治相关企事业单位的专业培训与继续教育以及广大人民群众的科学普及工作。整个实践教学过程包括室内课程、野外典型地质现象考察、独立地质填图实训、地质灾害调查实训以及地质灾害防治工程设计实训等内容,要求学员在专业教师的指导下,开展搜集资料、地质现象观察、基础数据分析计算,并按照行业技术标准编制技术报告与绘制图件。通过本次地质灾害防治实践教学,相关专业本科生与研究生可系统回顾专业知识,巩固前期学习效果,训练专业技能与工作方法,磨炼意志,提高自主学习与实际解决地质灾害防治工程问题的实践能力;对于地质灾害防治相关企事业单位员工,可更加深入地将专业基础知识与实际工程问题相结合,通过实践教学过程开展广泛讨论与技术交流,巩固理论基础,提高创新能力;针对科普受众,可普及地质灾害防治相关科学知识,增强广大人民群众保护环境与防灾减灾意识,有效预防地质灾害,提高灾害发生时的自救能力。

## 第二节 教学内容设置

全部的教学内容主要包括野外考察实践教学路线、地质灾害调查实践教学和防治工程设计实践教学 3 个部分。其中,野外考察实践教学路线包括 8 条典型的地质考察路线,分别为巴东野外综合试验场路线、长江南岸沿江路路线、史家坡—铜鼓包路线、亩田湾—大面山路线、长江北岸沿江路路线、黄腊石—宝塔河路线、茶店子镇巴人河路线以及巴东—秭归长江水上路线(附图 1)。不同考察路线的教学目的与内容各异,涵盖实践教学区地质环境背景、典型地质灾害、地质灾害野外试验场、地质灾害防治工程、岩溶地质、大型人类工程活动等各个方面。地质灾害调查实践教学内容包括区域地质灾害调查实践与滑坡区工程地质勘查实践,要求学员在实践教学区划定的范围内独立开展野外工作与室内资料分析、报告编制与图件绘制。防治工程实践教学选取教学区内典型滑坡地质灾害为实践案例,要求学员依据相关行业技术标准,完成地质灾害防治工程设计计算、报告编制与图件绘制。

本次地质灾害防治实践教学课程对象包括相关学科的本科生、研究生,以及企事业单位员工与广大人民群众。针对不同的教学对象,课程内容设置也有一定的区别。对于地质工程专业地质灾害防治学科方向的本科生与研究生,原则上要求完成课程全部实践教学内容;对于其

他相关专业的本科生与研究生,可根据各专业实际情况必修野外考察实践教学内容,选修地质灾害调查、勘查与防治工程设计教学内容;对于开展培训与继续教育的企事业单位员工,可根据单位安排选修野外考察、地质调查、勘查与防治工程设计教学内容;对于开展科普教育活动的广大群众,可根据组织机构安排,选择性地参观野外考察路线。

### 第三节 教学进度安排

本课程进度安排可根据不同的教学对象与教学要求自由组合定制。对于地质工程专业地质灾害防治学科方向的本科生与研究生,建议实践教学时间为 28 天,包括如下 4 个阶段。

#### 1. 动员准备阶段(1d)

教学活动开展前,召开实践教学动员大会,由专业教师向学员介绍实践区基本情况,教学目的、内容,时间安排与要求。根据班级人数将学员分组,确定小组负责人,以小组为单位准备野外工作用具,包括野簿、地质罗盘、地质锤、放大镜、皮尺(测绳)、小刀、三角板、量角器、铅笔、稀盐酸、劳保用品等。分发工作手图与影像图,学员根据实践教学教材与图件熟悉工作区基本情况。明确教学规章制度与注意事项,重点学习安全纪律、保密纪律、群众纪律,强调团队合作精神。

#### 2. 野外考察路线教学阶段(8d)

学员在专业教师的带领下,逐条开展野外考察路线的实践教学任务。各路线主要教学安排如下:

**路线 1** 为巴东野外综合试验场路线。该路线步行路程约 2km,主要参观巴东县黄土坡滑坡地下隧洞群、现场监测设施及护坡结构,考察时间约 3h。

**路线 2** 为长江南岸沿江路路线。该路线主要途经赵树岭滑坡、白岩沟、红石包滑坡、凉水溪与黄土坡,沿巴东城区长江南岸沿江路 6km,考察时间为 4h。

**路线 3** 为史家坡—铜鼓包路线。该路线主要途经史家坡、张家梁子与铜鼓包,其中史家坡部分路线 2.1km,铜鼓包路线 3.2km,考察时间为 4h。

**路线 4** 为亩田湾—大面山路线。该路线主要途经绕城公路、白岩沟沟头、张家坡、亩田湾与大面山,包括绕城公路 9km,大面山 15km,考察时间 4h。

**路线 5** 为长江北岸沿江路路线。该路线主要途经物流码头、焦家湾、枣子树坪与雷家坪,沿巴东城区长江北岸沿江路 6.5km,考察时间 4h。

**路线 6** 为黄腊石—宝塔河路线。该路线主要途经黄腊石滑坡、宝塔河煤矿与黄腊石村。包括沿江路车程 25km 或水路乘船 10km,步行考察 4km,考察时间为 4~6h。

**路线 7** 为茶店子镇巴人河路线。该路线位于巴东县茶店子镇巴人河景区范围内,路程包括 25km 车程与 3km 步行考察路程,考察时间为 6h。

**路线 8** 为巴东—秭归长江水上路线。该路线沿长江主航道乘船考察,起止码头为秭归港与巴东港,乘船距离约为 65km,考察时间为 4h。

### 3. 地质灾害调查实践教学阶段(12d)

地质灾害调查实践教学经过专业导师指导后,由学员独立完成,包括两项实践教学内容,对应两个不同的教学区域,各实践教学项目安排如下:

**项目 1** 为区域地质灾害调查实践。对应的教学区位于巴东县长江北岸东壤口镇,调查区平面形状近似矩形,长约 3 400m,宽约 3 200m,总面积 10km<sup>2</sup>。时间安排为野外工作 6d,室内教学与资料整理 2d。

**项目 2** 为滑坡区工程地质勘查实践。实践教学区位于巴东县长江北岸官渡口镇西壤口村的史家坡区域,神农溪入口西岸。区域平面形状近似矩形,长约 1 300m,宽约 1 100m,总面积 1.5km<sup>2</sup>。时间安排为野外工作 3d,室内教学与资料整理 1d。

### 4. 防治工程设计实践教学阶段(4d)

本次地质灾害防治工程设计实践教学项目名称为“巴东县第一高级中学(以下简称为巴东一中)新校区体育场高切坡治理工程”。项目区位于巴东县信陵镇白土坡区域,该高切坡位于巴东一中新校区南侧,以北为体育场、体育馆,以南为 209 国道,系体育场场地平整时形成的高切坡,高切坡失稳危害巴东一中新校区体育场、体育馆及 209 国道安全。该高切坡全长 379m,坡脚设计高程 480m,坡顶地面高程 494~506m,最大坡高 26m,设计坡角 70°,坡面规划面积 14 000m<sup>2</sup>。教学时间安排为野外工作 1d,室内教学 1d,资料整理、设计计算与图件绘制 2d。

### 5. 成果编制与提交阶段(3d)

该阶段为本次实践教学过程的总结部分,需要对实践教学期间所搜集的各类地质资料、标本、数据、图片及计算结果进行系统梳理、归纳和总结。部分第一手地质资料的整理要求在野外工作结束当天晚上完成,本阶段需要对地质资料进行进一步整理与归档,查漏补缺,清绘图件,按照行业技术标准的要求,编写和制作规范的调查报告、设计报告以及相关附图与附件。

## 第四节 成绩评定

实践教学结束后,学员按照成果要求与相关技术标准完成并提交野簿、工作手图、地质灾害调查表、地质灾害调查报告与附图、滑坡防治工程设计报告与附图。指导老师根据野外记录的翔实情况,对调查、设计报告与附图的合理性与规范性进行综合成绩评定。实践教学成绩分为优秀(90~100分)、良好(80~89分)、中等(70~79分)、及格(60~69分)与不及格(60分以下)5个等级。针对实践教学成绩不及格的学员,不可获得本次实践教学课程学分,必须重新进行一次教学实践教学(实践教学经费自理),如果重修仍无法达到及格要求,则无法获得学位。

## 第二章 地质灾害防治基础知识

### 第一节 基础地质

#### 一、岩石的基础知识

岩石是指造岩矿物按一定的结构集合而成的地质体,依据其成因可分为火成岩、沉积岩和变质岩三大类。岩石的鉴别是野外地质工作的基本技能,要得出岩石特征的正确结论必须要在较大范围露头上观察,并且可以通过结合野外鉴别以及室内实验对某些特定岩石命名。

##### (一)火成岩的野外鉴别

火成岩又称岩浆岩,一般是指由地下深处炽热的岩浆在地下或地表冷凝形成的岩石。岩浆作用是指地壳深处的岩浆具有很高的温度,遭受很大的压力,当地壳出现破裂带时,局部压力降低,岩浆向压力降低的方向运移,沿着破裂带上升,侵入到地壳浅部或喷出到地表,最后在适宜的条件下冷凝、结晶成为固体岩石。

火成岩的野外鉴别,一般是观察岩石的颜色、结构、构造、矿物成分及其含量等,即先根据岩石出露的产状、结构构造、矿物成分等特征区分岩石是深成岩、浅成岩还是喷出岩,再根据矿物的颜色、解理等外部特征,确定出主要的造岩矿物以及次要的造岩矿物,进而精准地命名。

火成岩的结构是指组成岩石的矿物的结晶程度、颗粒大小、晶体形态及晶粒间的相互关系。火成岩的结构可根据结晶程度、矿物颗粒的大小、矿物的自形程度以及矿物颗粒之间的相互关系和矿物颗粒的排列方式等划分。常见的火成岩结构有全晶质结构、半晶质结构、玻璃质结构、等粒结构、不等粒结构等。

火成岩的构造是岩石中不同的矿物集合体之间或矿物集合体与其他组成部分之间的排列和充填方式。常见的火成岩构造有块状构造、斑杂构造、流纹构造、球状构造、杏仁状构造、气孔构造、枕状构造、层状构造等。

火成岩的颜色主要描述岩石新鲜面的颜色,也要注意风化后的颜色。岩石的总体颜色描述,如白色、黄色、红色等。有的颜色介于两者之间,则可用复合名称,如灰白色、红褐色、暗紫色等。火成岩颜色的深浅往往可以反映暗色矿物和浅色矿物相对的含量比例。一般暗色矿物含量大于60%,则称为暗色岩,暗色矿物含量介于30%~60%之间的则称为中色岩,小于30%的称为浅色岩。总的来说,火成岩在地表的露头往往由于风化等因素使颜色变浅。

火成岩的矿物成分常见的有20多种,长石、石英、云母、角闪石、辉石和橄榄石等为主要的

造岩矿物,其次还有少量的磷灰石、锆石等副矿物。根据化学成分的特点和颜色,造岩矿物可分为硅铝矿物和铁镁矿物两类。硅铝矿物是指  $\text{SiO}_2$  和  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的含量较高,不含  $\text{FeO}$ 、 $\text{MgO}$ ,包括石英、长石和似长石类矿物。由于这些矿物颜色较浅,故又称浅色矿物。铁镁矿物是富含镁、铁、钛等的硅酸盐和氧化物矿物,其中包括橄榄石、辉石、角闪石和黑云母等。这些矿物的颜色一般较深,故又称为深色或暗色矿物。暗色矿物在火成岩中的体积百分比含量,常称为色率,是火成岩的鉴别和分类的重要标志之一,根据色率可大致推断出岩石的化学性质,判断岩石的类别。一般花岗岩的色率为 9,花岗闪长岩的色率为 18,闪长岩的色率为 30,辉长岩的色率为 35,纯橄榄岩的色率为 100。

根据岩石  $\text{SiO}_2$  含量,火成岩的类别可分为超基性岩( $\text{SiO}_2$  含量低于 45%)、基性岩( $\text{SiO}_2$  含量 45%~52%)、中性岩( $\text{SiO}_2$  含量 52%~65%)与酸性岩( $\text{SiO}_2$  含量高于 65%)。常见的超基性岩有橄榄岩、辉石岩、金伯利岩等;常见的基性岩有辉长岩、斜长岩、玄武岩等;常见的中性岩有正长岩、安山岩等;常见的酸性岩有花岗岩、花岗斑岩、流纹岩等。

## (二) 沉积岩的野外鉴别

沉积岩占地壳岩石总体积的 7.9%。它主要分布在地壳表层,在地壳出露的三大岩类中,其面积占 75%,是最常见的岩石。沉积岩是在地表不太深的地方,其他岩石的风化产物和一些火山喷发物经过水流或冰川的搬运、沉积、成岩作用形成的岩石。

沉积岩的野外观察描述主要从岩石的颜色、物质成分、结构构造、岩石的命名等几个方面进行,另外,针对不同碎屑岩应根据其特征进行补充描述。如粗碎屑岩的描述除以上几方面外,还要描述岩石的粒度、分选性、磨圆度、形状以及岩石表面特征等。

沉积岩的物质成分主要受控于母岩的性质和沉积作用过程。其化学成分会随着岩石的类型不同表现出较大的差异,但总的来说,沉积岩的化学成分与火成岩的化学成分相近。沉积岩中的矿物成分可以分为自生矿物和他生矿物。自生矿物是岩石在成岩过程中形成的,即自生矿物是沉积岩自己生成的;他生矿物是在沉积岩形成之前就已经生成的矿物。他生矿物按来源可分为陆源碎屑矿物和火山碎屑矿物两类。陆源碎屑矿物是母岩以岩石碎屑或晶体碎屑形式供给于沉积岩,故也称为继承矿物;火山碎屑矿物是由火山爆发直接提供给沉积岩的。

沉积岩的颜色主要取决于岩石中的物质组成,是重要的宏观特征之一,对沉积岩的野外鉴别有重要意义。按成因分类,沉积岩的颜色可分为原生色和自生色,其中原生色又可以分为继承色和自生色两种。继承色岩石的颜色主要来自于碎屑矿物呈现的颜色,是某种颜色的矿物富集的表现,常在碎屑岩中可见。自生色主要取决于岩石在沉积和成岩的过程中形成的自生矿物或有机质所呈现的颜色,可见于任何沉积岩,为大部分黏土岩、化学岩和部分碎屑岩具有的颜色。次生色是岩石在成岩之后,在后生作用或风化作用中形成的次生矿物所呈现的暗色,常呈色斑状、不规则状分布。在野外对岩石的颜色进行描述时,除描述颜色的种类外,还要说明颜色的深浅、亮度等,有时也可以用复合名称描述岩石的混合色,如深紫红色、浅黄灰色等,前面的为次要的颜色,后面的为主要的颜色。

沉积岩的构造是指在沉积作用或成岩作用中形成的岩石各组分在空间的分布状态和排列形式,一般在成岩的早期生成。常见的沉积岩构造有层理构造、波痕构造、泥裂构造、缝合线构造等。

常见陆源沉积岩有砾岩、砂岩、粉砂岩、黏土岩等。

砾岩具有砾状或角砾状结构,是由大于 30% 岩石含量的砾石与基质、胶结物组成的岩石。碎屑为圆形或次圆形者为砾岩;碎屑为棱角形或半棱角形者为角砾岩。

砂岩是具有砂状结构的碎屑岩石。碎屑成分常为石英、长石、白云母、岩屑、生物碎屑及黏土矿物。岩石颜色多样,随碎屑成分与填隙物成分而异。

粉砂岩是具有粉砂状结构的岩石。碎屑成分常为石英及少量长石与白云母,颜色为灰黄、灰绿、灰黑、红褐等颜色。粉砂岩野外观察研究的内容与砂岩基本相同,但因其颗粒太细,故其粒度和碎屑成分较难测定,因此,对粉砂岩不必再详细划分类型,但可根据其胶结物成分和颜色进行命名,如深灰色泥质粉砂岩。黄土是另一种半固结的粉砂岩。

黏土岩是由黏土矿物组成并常具有泥状结构的岩石。硬度低,用指甲能刻划。主要黏土矿物有高岭石、蒙脱石、伊利石等,其中高岭石是最为常见的矿物。除了黏土矿物外,黏土岩中可以混有不等量的粉砂、细砂以及  $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  等化学沉淀物,有时含有机质。黏土岩具有灰白、灰黄、灰绿、紫红、灰黑等颜色。黏土岩中固结微弱者,称为黏土;固结较好但没有层理者,称为泥岩;固结较好且具有良好的层理者,称为页岩。

常见的内源沉积岩有硅质岩、石灰岩与白云岩等。

硅质岩化学成分主要为  $\text{SiO}_2$ ,组成矿物为微晶质石英和玉髓,少数情况下为蛋白石。质地坚硬,小刀不能刻划,性脆。含有机质的硅质岩的颜色为灰黑色;富含氧化铁的硅质岩称为碧玉,常为暗红色,也有灰绿色。硅质岩中含黏土矿物丰富者(黏土矿物大于 50%),称为硅质页岩,其质地较软,应该归属黏土岩类。

石灰岩主要由方解石组成,遇稀盐酸剧烈起泡。岩石为灰色、灰黑色或灰白色。性脆,硬度 3.5。石灰岩常具有燧石结核及缝合线,有颗粒结构与非颗粒结构两种类型。

白云岩由白云石组成,遇冷盐酸不起泡。岩石常为浅灰色、灰白色,少数为深灰色。断口呈晶粒状。其晶粒往往较石灰岩粗,硬度和密度均较石灰岩略大,岩石风化面上有刀砍状溶蚀沟纹。

### (三) 变质岩的野外鉴别

变质岩是组成地壳的三大岩类之一,占地壳总体积的 27.4%。它在地面的分布范围较小,也不均匀。变质岩是指由先前形成的岩石(原岩)经变质作用所形成的新型岩石。变质作用是指岩石基本处于固体状态下,受到温度、压力和化学活动性流体的作用,发生矿物成分、化学成分、岩石结构构造的变化,形成新的结构、构造或新的矿物与岩石的地质作用。由于变质岩的原岩可能发生矿物成分、化学成分、岩石结构构造的变化,因此岩石的类型和特征受到两个方面的控制:原岩特征和变质岩成岩过程中地质环境与物理化学条件的影响。

变质岩的矿物成分按其成因可以分为新生矿物、原生矿物和残余矿物 3 类。其中新生矿物是指在变质的过程中新形成的矿物;原生矿物是指经过变质作用之后母岩所保存下来的稳定的矿物;残余矿物是指变质作用之后母岩保留下来的不稳定矿物。

变质岩的结构是指组成岩石的矿物晶粒的形状、大小和晶体之间的结合关系等所呈现的特征。变质岩的结构根据成因可以分为变晶结构、变余结构、碎裂结构以及交代结构。

变质岩的构造是指岩石的矿物及其集合体的形态、空间分布及排列方式等所呈现的形貌特征。变质岩的构造可以完全有别于原岩,也可存在原岩的某些构造。变质岩的构造主要有变成构造、变余构造两类。

变质岩的类型包括区域变质岩、接触变质岩、气液变质岩与动力变质岩。

区域变质岩是由区域变质作用形成的一系列岩石。由于区域变质作用规模大、因素复杂、环境多样,故区域变质作用的产物遍布大陆、大洋各大区域。常见的区域变质岩有板岩、千枚岩、片岩、片麻岩等。

接触变质岩是当岩浆侵入围岩时,在侵入体与围岩接触带附近,由于受岩浆所散发的热量及气体挥发或流体的影响,围岩发生重结晶、变质结晶和交代作用等,形成热接触变质岩。常见的接触变质岩有大理岩、石英岩、角岩、矽卡岩等。

气液变质作用既包括岩浆岩侵入的变质作用,也包括各种围岩的蚀变作用,主要发生在地壳浅部。气液变质作用常形成各种自变质岩石或蚀变围岩。引起气液变质作用的气水热液既可以是液相,也可以是气相。常见的气液变质岩为蛇纹岩。

动力变质岩是指由动力变质作用形成的变质岩石。动力变质作用常与构造运动有关。常见的动力变质岩为构造角砾岩

## 二、地质构造

地质构造是指组成地壳或岩石圈的岩石、岩层和岩体在力的作用下发生变形的产物,如褶皱、节理、断层、叶理和线理等。

地质构造可分为原生构造和次生构造。原生构造是指在沉积作用或岩浆作用过程中形成的构造,如沉积岩中的斜层理、波痕、泥裂等和火成岩中的流动构造、原生节理等。次生构造是指岩石、岩层或岩体形成之后,在力的作用下发生变形而形成的构造,如褶皱、节理和断层等。地质构造的规模有大有小,大至岩石圈内部的结构和巨大构造单元,如板块或古板块、造山带等,小至露头尺度的构造或手标本的组构,更小的构造甚至需要借助显微镜才能观察。

### (一)岩层的产状要素

为了研究地质构造,首先确定岩石的空间位置,即其产出状态,简称产状。层状岩石的产状取决于岩层层面的走向、倾向、倾角以及岩层的厚度。

走向:层面与假想水平面交线的方向,它标志着岩层的延伸方向。

倾向:层面上与走向垂直并指向下方的直线,称为倾斜线。它的水平投影所指向的方向即为倾向,它代表层面倾斜的方向,恒与走向垂直。

倾角:层面与假想水平面的最大交角,沿倾向方向测量的倾角,称为真倾角;沿其他方向测量的交角均较真倾角小,称为视倾角。视倾角所在的岩层倾斜方向,称为视倾向。

层面的走向、倾向和倾角,称为岩层的产状要素,产状要素可以用地质罗盘进行测量(图2-1)。应该指出,一切面状要素的空间位置都可以通过测量该面的产状要素确定。岩层的厚度是岩层面顶底面之间的垂直距离,它是确定岩层产状的辅助要素。

### (二)褶皱

褶皱是岩层或岩石受力而发生的弯曲变形,是地壳中最基本的构造样式。褶皱的形态千姿百态、复杂多样,规模差异很大,小至显微镜下或手标本尺度的微型弯曲,大至几万米或几十万米的区域性褶皱。构成褶皱的面可以是任何原生或次生构造,如沉积岩和火山岩的层理面,

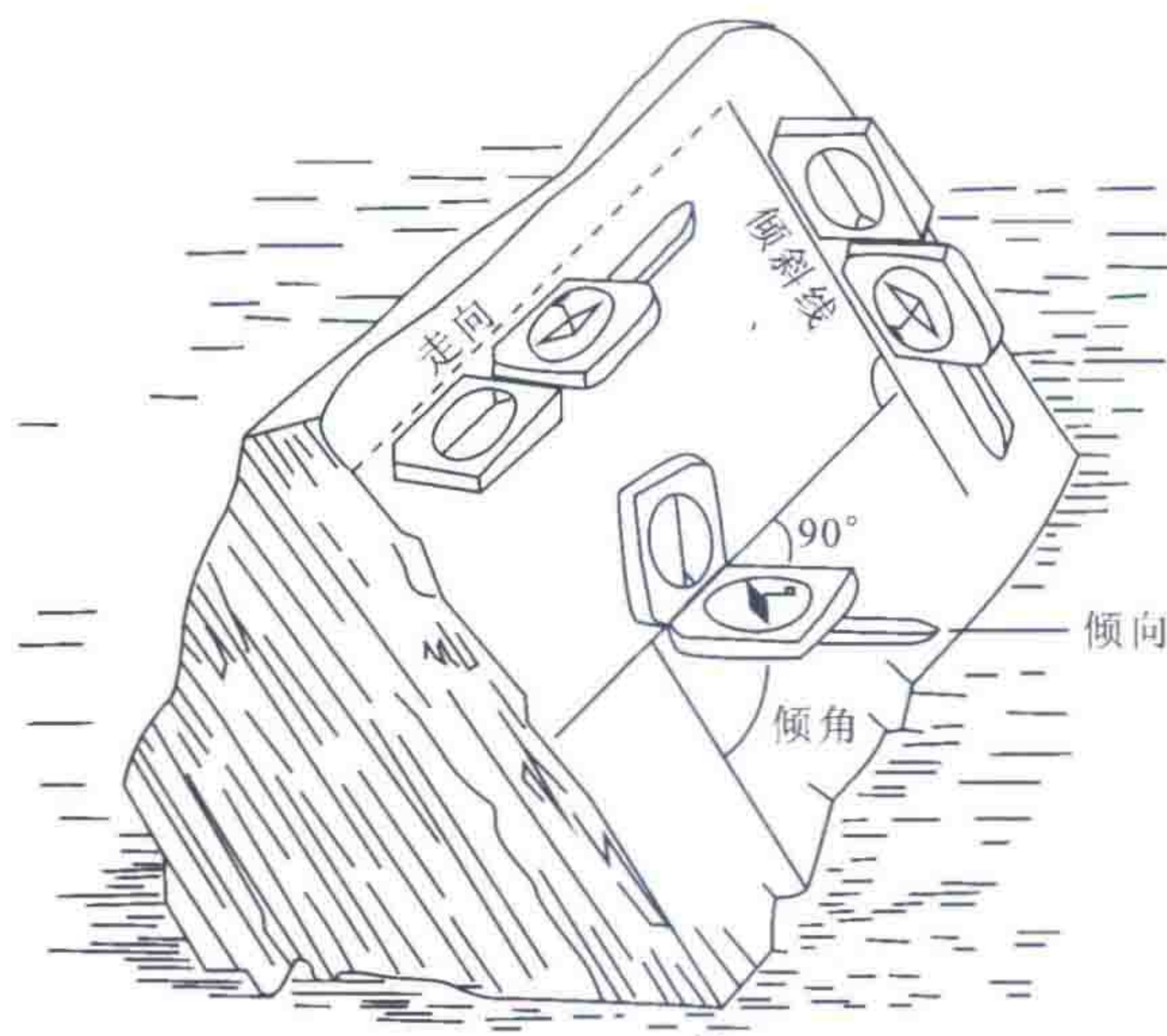


图 2-1 岩层产状要素及测量方法

火成岩中的原生流面,变质岩中的劈理面或片理面,各种岩石中的节理面、断层面和不整合面。根据褶皱的形态和组成褶皱的地层面向,将褶皱分为两种基本类型:背斜和向斜(图 2-2)。背斜是核部由老地层、翼部由新地层组成的褶皱;向斜是核部由新地层、翼部由老地层组成的褶皱。

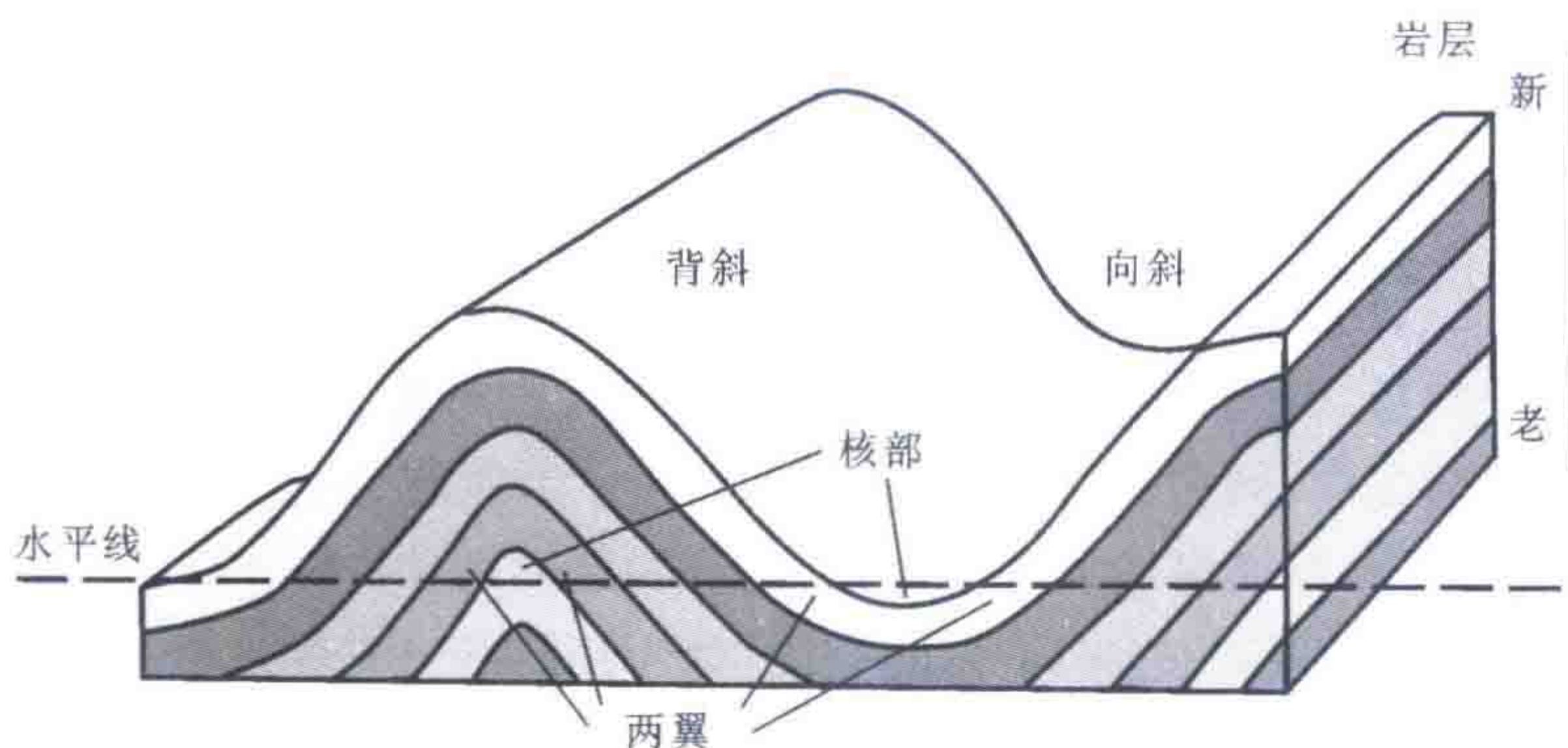


图 2-2 向斜和背斜示意图

褶皱要素是指褶皱的基本组成部分,包括核、翼、拐点、翼间角、转折端、枢纽、脊线、槽线与轴面(图 2-3)。

核:褶皱的中心部分。

翼:褶皱中心两侧平弧状的部分。

拐点:相邻的背形和向形共用翼的褶皱面常呈“S”形弯曲,褶皱面相反凸向的转折点称作拐点。如果翼平直,则取其中点作为拐点。

翼间角:正交剖面上两翼间的内夹角。圆弧形褶皱的翼间角是指通过两翼上两个拐点的切线之间的夹角。