



高等学校土建类专业**应用型本科**“十三五”规划教材

土木工程事故分析 与安全技术

TUMU GONGCHENG SHIGU FENXI YU ANQUAN JISHU

编著 罗 章



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press

高等学校土建类专业应用型本科“十三五”规划教材

土木工程事故分析与安全技术

罗 章 编 著

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 简 介

全书一共十五章,分上、中、下三篇。其中,上篇为岩土工程事故分析,包括:岩土工程事故研究进展,岩土工程事故及其处理,膨胀土对建筑工程的危害分析与处理,湿陷性黄土、软土、冻土的工程危害分析与处理,基坑工程事故案例分析与处理;中篇为混凝土、砌体结构、钢结构及装饰工程事故分析,包括:混凝土工程常见病害分析及其处理,混凝土裂损病害分析及其处理,混凝土工程事故案例分析,砌体结构房屋工程事故分析与处理,钢结构工程事故分析与处理,装饰工程事故分析与处理。下篇为土木工程安全技术,包括:土木工程结构加固技术,土木工程事故案例分析,土木工程事故预防与处理方法,土木工程安全生产管理知识。

本书既可作为普通高等院校及高职高专土木工程专业和其他土建类相关专业的必修或选修课程的教材,也可以作为从事土木工程防灾减灾及事故处理工作的土建类工程技术人员的参考用书,亦可作为安全技术及工程专业硕士研究生的选修教材。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程事故分析与安全技术/罗章编著. —武汉:武汉理工大学出版社,2016.8

ISBN 978-7-5629-5223-7

I. ① 土… II. ① 罗… III. ① 土木工程-工程质量事故-事故分析 ② 土木工程-安全技术
IV. ① TU712.4 ② TU714

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 193004 号

项目负责人:王利永(027-87106428)

责任编辑:王 思 王利永

责任校对:梁雪姣

装帧设计:许伶俐

出版发行:武汉理工大学出版社

地 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.wutp.com.cn>

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:荆州市鸿盛印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:17.5

字 数:437 千字

版 次:2016 年 8 月第 1 版

印 次:2016 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~3000 册

定 价:36.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87391631 87664138 87785758 87165708(传真)

· 版权所有,盗版必究 ·

高等学校土建类专业应用型本科“十三五”规划教材

编 审 委 员 会

顾 问:马成松 江义声 杜月中 孟高头 唐友尧 熊丹安

主 任:李新福 杨学忠

副 主 任:(按姓氏笔画排列)

向惠生 许立强 许程洁 陈升平 陈礼和 陈 蓓

陈俊杰 陈宜虎 张秀成 张志国 张伯平 杨和礼

杨子江 郑 毅 柳立生 姜 袁 姚金星 荀 勇

胡铁明 袁海庆 蒋沧如

委 员:(按姓氏笔画排列)

牛秀艳 邓 训 王有凯 王晓琴 卢晓丽 史兆琼

毕 艳 孙 艳 许汉明 刘富勤 刘 江 刘 伟

刘 芳 刘 斌 刘黎虹 刘广杰 刘红霞 邹祖绪

吴秀丽 张端丹 张 敏 张朝新 张淑华 张耀东

陈金洪 沈中友 杜春海 苏 卿 李永信 李武生

宋非非 宋 平 罗 章 杨双全 周 燕 周先齐

赵 峰 赵 亮 赵元勤 胡忠君 柯于锴 施鲁莎

徐中秋 徐 珍 董晓琳 韩东男 程 瑶 鲁晓俊

赫桂梅 熊海滢 熊瑞生

总责任编辑:于应魁

秘 书 长:王利永

前 言

衣、食、住、行是人类生存的四大基本要素。构建和谐社会,实现中国梦,离不开住和行!对于土木工程技术人员来说,最根本的任务无疑是确保建筑工程质量,营造良好的居住、出行环境;建筑工程质量的好坏,直接关系到国家和人民生命财产安全。

为贯彻“安全第一,预防为主,综合治理”的方针,有效控制土木工程建设过程中潜在的危险因素,确保人民生命财产安全,必须对土木工程建设过程中存在的重大危险源进行辨识、检测、监控和管理,危险源监控的目的不仅是预防安全事故发生,而且要做到一旦发生事故,就能将事故危害控制到最低程度。

近四十年来,我国的建筑设计、结构设计、施工技术和管理水平都取得了长足的进步,这是全世界有目共睹的事实。同时,我们也应该清醒地认识到,由于一些不可抗力的自然因素,如地震、大风、大雪、洪水、泥石流等,当然,更多的还是因为勘察、设计、施工、材料、管理或使用的不当等人为方面的失误,使得建筑工程质量存在许多问题,安全事故接连不断,安全生产形势十分严峻,严重影响了人们的生活质量。土木工程是一个事故多发的行业,几乎所有灾害都与土木工程直接或间接相关,特别是在建筑工程施工中,伤亡事故频繁发生。建筑施工一线工人工作环境条件恶劣,不少建筑施工企业安全意识差,安全管理不到位,施工作业不规范,凡此种皆是导致目前安全事故频发的根本原因。因此,应该对建筑工程中存在的质量问题采取有效的措施,并予以预防和处理。同时,应该了解由工程质量问题到土木工程事故发生(灾变)的内在联系及演变规律,正确预测及预防土木工程事故,熟悉工程事故的处理方法。这既是搞好工程建设的需要,也是一个合格的土木工程技术人员必须掌握的一项基本技能。

土木工程防灾减灾是一门跨专业的新学科,涉及的知识面极广,目前,在我国尚未形成全面、系统的理论体系,但它的重要性及在土建类相关专业作为专业课程开设的必要性与迫切性正逐渐凸显出来,国内不少高校进行了一些有益的尝试,但缺乏可供参考的教材。基于此,本书主要讲述土木工程事故分析及安全技术,侧重于土木工程的防灾减灾及灾后处理。

本书在编写过程中,参阅了国内外不少学者与工程技术人员的著作和资料,并吸纳了其中一些优秀成果,谨在此一并表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者及同行批评指正。

编 者

2016年7月

目 录

上篇:岩土工程事故分析

1	岩土工程事故研究进展	(1)
1.1	概述	(1)
1.2	岩土工程灾害防治的内涵	(1)
1.3	岩土工程灾害分类及一般防治措施	(2)
1.3.1	滑坡	(2)
1.3.2	崩塌	(3)
1.3.3	泥石流	(3)
1.4	我国岩土工程灾害研究现状	(4)
1.4.1	滑坡灾害预测预报及发展趋势	(4)
1.4.2	边坡稳定性分析系统	(7)
1.5	结语	(8)
	思考题	(8)
2	岩土工程事故及其处理	(9)
2.1	概述	(9)
2.1.1	地基与基础	(9)
2.1.2	常见地基与基础工程事故分类及原因	(9)
2.1.3	地基与基础加固方法	(11)
2.2	地基与基础工程事故及处理	(11)
2.2.1	地基沉降及失稳造成的工程事故	(11)
2.2.2	基槽土方工程施工质量低劣造成的质量缺陷与事故	(13)
	思考题	(15)
3	膨胀土对建筑工程的危害分析与处理	(16)
3.1	膨胀土地基	(17)
3.1.1	膨胀土对建筑物的危害	(17)
3.1.2	膨胀土的特征	(17)
3.1.3	膨胀土的工程特性指标	(19)
3.1.4	膨胀土地场与地基评价	(20)
3.1.5	膨胀土地基处理的工程措施	(21)
3.2	典型案例分析	(22)
3.2.1	案例一	(22)

3.2.2	案例二	(24)
3.2.3	案例三	(26)
3.2.4	案例四	(27)
3.3	膨胀土滑坡预防	(30)
3.3.1	膨胀土滑坡的防治原则	(30)
3.3.2	膨胀土滑坡的预防	(30)
3.3.3	膨胀土路堑边坡工程防护与加固	(31)
	思考题	(36)
4	湿陷性黄土、软土、冻土的工程危害分析与处理	(37)
4.1	湿陷性黄土对建筑工程危害的分析与处理	(37)
4.1.1	黄土的分布	(37)
4.1.2	湿陷性黄土的概述	(37)
4.1.3	湿陷性黄土引发的工程危害	(39)
4.1.4	湿陷性黄土地基上建筑的分类及设计措施	(39)
4.1.5	湿陷性黄土地基的处理方法	(41)
4.1.6	案例一	(43)
4.2	软土地基处治	(44)
4.2.1	软土概述	(44)
4.2.2	软土地基工程地质特性	(44)
4.2.3	案例二	(45)
4.2.4	案例三	(47)
4.3	冻土地基整治	(49)
4.3.1	冻土概述	(49)
4.3.2	冻土的组成	(49)
4.3.3	土冻结时的物理力学过程	(50)
4.3.4	案例四	(50)
4.3.5	案例五	(52)
	思考题	(54)
5	基坑工程事故案例分析与处理	(55)
5.1	概述	(55)
5.2	基坑工程事故常用处理措施	(55)
5.2.1	常用处理措施	(55)
5.2.2	案例一	(56)
5.3	深基坑工程事故分析	(59)
5.3.1	概述	(59)
5.3.2	地表沉陷性状分析	(59)
5.3.3	结论	(61)

5.3.4 案例二	(61)
5.4 深基坑喷锚网支护工程事故分析	(61)
5.4.1 概述	(61)
5.4.2 案例三	(62)
5.5 基坑围护工程事故分析	(63)
5.5.1 概述	(63)
5.5.2 案例四	(63)
5.6 桩基工程事故分析	(65)
5.6.1 案例五	(65)
5.6.2 案例六	(66)
思考题	(67)

中篇:混凝土、砌体结构、钢结构及装饰工程事故分析

6 混凝土工程常见病害分析及其处理	(68)
6.1 混凝土工程常见病害分析	(68)
6.1.1 蜂窝	(68)
6.1.2 麻面	(68)
6.1.3 孔洞	(69)
6.1.4 露筋	(69)
6.1.5 缝隙、夹层	(70)
6.1.6 缺棱掉角	(70)
6.1.7 表面不平整	(71)
6.1.8 强度不够,匀质性差	(71)
6.2 混凝土工程的质量控制	(72)
6.2.1 混凝土工程质量问题原因分析	(72)
6.2.2 混凝土质量事故的控制	(73)
思考题	(76)
7 混凝土裂损病害分析及其处理	(77)
7.1 混凝土构件中裂缝的一般概念	(77)
7.2 常见混凝土裂损缺陷形成的原因及处理经验	(77)
7.2.1 常见混凝土裂损缺陷形成的原因	(77)
7.2.2 工程裂损问题处理经验总结	(79)
7.3 混凝土裂损的原因与防治	(80)
7.3.1 引起变形裂缝的主要原因	(80)
7.3.2 施工中的防治措施	(81)
7.4 模板工程导致的混凝土裂损问题分析	(81)
7.5 钢筋工程导致的混凝土裂损问题分析	(83)
7.5.1 钢筋材料品质不良	(83)

7.5.2	钢筋加工制作差错	(84)
7.5.3	纵向钢筋安装偏差、错位	(84)
7.5.4	漏筋、少筋	(84)
7.5.5	箍筋制作、安装差错	(84)
7.5.6	漏放构造钢筋	(84)
7.5.7	钢筋代换错误	(85)
7.5.8	钢筋连接缺陷	(85)
7.5.9	钢筋锈蚀	(85)
7.5.10	预应力钢筋质量、制作、安装不符合要求	(85)
7.5.11	预应力钢筋张拉控制应力出现差错	(86)
7.5.12	后张法预应力孔道留置不当	(86)
7.6	钢筋混凝土结构裂损原因与修补方法	(86)
7.6.1	裂缝产生的原因	(86)
7.6.2	裂缝修补方法	(87)
7.7	混凝土无损检测方法	(87)
7.7.1	无损检测方法的工作原理及其特点	(88)
7.7.2	小结	(90)
7.8	案例分析——某大型设备基坑渗漏治理	(91)
7.8.1	工程概况	(91)
7.8.2	渗漏原因剖析	(92)
7.8.3	施工工序	(92)
7.8.4	施工处理技术要点	(94)
7.8.5	结语	(94)
	思考题	(95)
8	混凝土工程事故案例分析	(96)
8.1	模板工程事故案例分析	(96)
8.1.1	案例一	(96)
8.1.2	案例二	(97)
8.2	钢筋混凝土框架结构裂缝案例分析	(100)
8.2.1	概述	(100)
8.2.2	案例三	(102)
	思考题	(105)
9	砌体结构房屋工程事故分析与处理	(106)
9.1	概述	(106)
9.1.1	砌体结构的基本概念与特点	(106)
9.1.2	砌体的适用范围	(109)
9.1.3	砌体结构事故产生的原因	(109)

9.2 砌体结构事故案例分析与处理	(110)
9.2.1 工程概况	(110)
9.2.2 事故处理与预防	(110)
思考题	(112)
10 钢结构工程事故分析与处理	(113)
10.1 钢结构工程事故分类	(113)
10.2 钢结构的缺陷分析	(114)
10.2.1 缺陷的概念	(114)
10.2.2 钢结构缺陷的分类	(114)
10.2.3 钢结构缺陷的类型及原因	(114)
10.2.4 钢结构缺陷的检测方法	(115)
10.2.5 钢结构缺陷的预防和处理	(116)
10.3 钢结构的材料事故	(116)
10.3.1 材料事故的类型及产生的原因	(116)
10.3.2 材料事故的处理方法	(116)
10.3.3 事故实例分析	(117)
10.4 钢结构的变形事故	(118)
10.4.1 变形的类型	(118)
10.4.2 钢结构变形事故的处理方法	(118)
10.5 钢结构的脆性断裂	(121)
10.5.1 脆性断裂产生的原因	(121)
10.5.2 脆性断裂的防治措施	(121)
10.6 钢结构的疲劳破坏事故	(122)
10.6.1 疲劳破坏的概念及其特点	(122)
10.6.2 影响疲劳破坏的因素	(122)
10.6.3 提高和改善疲劳性能的措施	(123)
10.7 钢结构的失稳事故	(123)
10.7.1 钢结构失稳的类型及产生的原因	(123)
10.7.2 钢结构失稳的处理与防范	(124)
10.8 钢结构的锈蚀破坏事故	(124)
10.8.1 锈蚀的类型及影响因素	(124)
10.8.2 钢结构锈蚀处理及防腐方法	(125)
10.9 钢结构的火灾破坏事故	(125)
10.9.1 钢结构在火灾中的失效分析	(125)
10.9.2 钢结构的防火方法	(126)
10.9.3 钢结构事故实例	(126)
思考题	(127)

11 装饰工程质量事故分析与处理	(128)
11.1 室内装饰工程质量事故分析与处理.....	(128)
11.1.1 内墙抹灰工程.....	(128)
11.1.2 顶棚抹灰工程.....	(131)
11.1.3 吊顶工程.....	(133)
11.1.4 楼地面工程.....	(136)
11.2 室外装饰工程质量事故分析与处理.....	(146)
11.2.1 面砖工程.....	(146)
11.2.2 水刷石工程.....	(149)
11.2.3 干粘石工程.....	(152)
11.2.4 油漆涂料工程.....	(154)
11.2.5 涂料工程.....	(158)
思考题.....	(160)

下篇:土木工程安全技术

12 土木工程结构加固技术	(161)
12.1 概述.....	(161)
12.1.1 基本概念.....	(161)
12.1.2 土木工程结构进行鉴定的原因.....	(162)
12.1.3 建筑可靠性鉴定方法、鉴定程序.....	(162)
12.1.4 鉴定目的.....	(164)
12.2 混凝土结构加固方法.....	(164)
12.2.1 增大截面加固法.....	(164)
12.2.2 置换混凝土加固法.....	(164)
12.2.3 外加预应力加固法.....	(164)
12.2.4 粘贴纤维复合材加固法.....	(165)
12.2.5 植筋技术.....	(165)
12.2.6 锚栓技术.....	(165)
12.2.7 连接的加固与加固件的连接.....	(165)
12.2.8 焊缝连接的加固.....	(166)
12.2.9 裂缝的修复与加固.....	(166)
12.3 工程结构加固特种技术.....	(166)
12.3.1 化学灌浆加固技术.....	(166)
12.3.2 喷射混凝土加固技术.....	(169)
12.3.3 外包混凝土加固技术.....	(171)
12.3.4 外包钢加固技术.....	(171)
12.3.5 粘贴钢板加固技术.....	(172)
12.3.6 钢纤维增强混凝土.....	(173)
思考题.....	(174)

13 土木工程事故案例分析	(175)
13.1 概述.....	(175)
13.2 工业与民用建筑安全事故案例分析.....	(176)
13.2.1 案例一.....	(176)
13.2.2 案例二.....	(176)
13.2.3 案例三.....	(177)
13.2.4 案例四.....	(178)
13.2.5 案例五.....	(179)
13.3 国内桥梁工程安全事故案例纵览.....	(182)
13.3.1 国内近年桥梁垮塌事故盘点.....	(182)
13.3.2 国内桥梁垮塌事故分析与处理.....	(187)
13.3.3 结论.....	(194)
13.4 国外桥梁垮塌事故综述.....	(194)
13.5 土木工程事故分析与处理综述.....	(200)
13.5.1 近年社会负面影响较大的土木工程事故盘点.....	(200)
13.5.2 典型案例分析.....	(202)
13.6 其他典型的工程事故.....	(217)
13.7 正确的工程事故处理方式.....	(218)
思考题.....	(218)
14 土木工程事故预防与处理方法	(219)
14.1 概述.....	(219)
14.2 事故防范与事故控制的区别.....	(220)
14.2.1 基本概念.....	(220)
14.2.2 危险源.....	(221)
14.2.3 现代安全管理基本理论.....	(222)
14.2.4 事故防范与事故控制的基本方法.....	(222)
14.2.5 工程事故的分类.....	(223)
14.2.6 工程事故发生的主要原因.....	(223)
14.2.7 工程事故分析的主要目的.....	(225)
14.2.8 工程事故的处理原则与程序.....	(225)
14.3 事故防范措施.....	(225)
14.3.1 事故预防原理.....	(225)
14.3.2 土木工程事故特点.....	(227)
14.3.3 土木工程事故防范措施.....	(228)
14.4 事故控制手段.....	(229)
14.5 建筑火灾事故与防火减灾对策.....	(230)
14.5.1 概述.....	(230)

14.5.2	2014—2015 年我国发生的一些社会影响突出的火灾事故	(231)
14.6	建筑消防安全技术	(233)
14.6.1	建筑物消防系统的标准及规范	(233)
14.6.2	消防设备布置	(234)
14.6.3	火灾自动报警系统的消防联动控制	(235)
14.7	高层建筑防火安全技术	(236)
14.7.1	高层建筑的火灾危险性分析	(236)
14.7.2	高层建筑火灾特点	(236)
14.7.3	高层建筑自救灭火的主要措施	(238)
14.7.4	现阶段高层建筑消防工作存在的问题及应对措施	(238)
14.7.5	高层建筑防火安全技术	(240)
	思考题	(241)
15	土木工程安全生产管理知识	(242)
15.1	安全生产基本概念	(242)
15.1.1	概述	(242)
15.1.2	安全生产概述	(243)
15.2	土木工程安全基本常识	(245)
15.2.1	土木工程生产的特点	(245)
15.2.2	施工现场的主要安全事故	(246)
15.2.3	进入施工现场的基本安全纪律	(246)
15.3	安全生产管理基础知识	(246)
15.3.1	根据《安全生产法》等法律法规,制订有关制度章程	(246)
15.3.2	全面推行安全生产“三级管理、四级台账”制度	(246)
15.3.3	倡导安全生产理念,组织安全检查	(247)
15.3.4	从事故发生的要素中查找原因,落实防范措施	(247)
15.3.5	按国家有关规定配置安全设施和消防器材	(250)
15.3.6	保障疏散通道、安全出口畅通	(251)
15.3.7	劳动密集型单位须消除“三合一”现象	(251)
15.3.8	企业“三级安全教育”	(251)
15.3.9	企业员工的安全职责	(252)
15.3.10	岗位操作安全	(252)
15.4	工程总包与分包单位安全生产责任制	(253)
15.4.1	总包单位的安全生产责任制	(253)
15.4.2	分包单位的安全生产责任制	(253)
15.4.3	安全教育培训制度	(253)
15.4.4	安全生产检查、验收制度	(254)
15.5	土木工程安全技术	(256)
15.5.1	安全帽的作用和使用注意事项	(256)

15.5.2 安全色的含义及用途..... (256)

15.5.3 作业现场的基本安全知识..... (257)

15.5.4 作业过程中危险因素的识别..... (258)

15.6 土木工程事故处理的一般程序..... (259)

15.7 施工伤亡事故的处理程序..... (260)

15.8 本章小结..... (261)

思考题..... (262)

参考文献..... (263)

1 岩土工程事故研究进展

1.1 概 述

岩土工程灾害是由具有破坏性的自然因素(地震、降雨、火山爆发等)或人类工程地质活动(山体开凿、建筑大坝、基坑开挖等)引起的,造成人员伤亡和物质财富损毁的自然、社会现象或过程。当今世界,各种岩土工程灾害已经成为危及人们生存与社会发展的一个严重问题。

20 世纪 60 年代以前,岩土工程灾害的研究主要限于成灾机理及预测,重点是调查分析岩土工程灾害形成条件与活动过程。20 世纪 80 年代以后,岩土工程灾害的研究得到了广泛而深刻的关注。迄今为止,已召开了多届“国际自然和人为灾害会议”,第一届会议于 1982 年在美国的夏威夷召开;第二届会议于 1986 年在加拿大的里木斯基召开;第三届会议于 1988 年在墨西哥的因森达召开;第四届会议于 1991 年在意大利的培卢基召开;第五届会议于 1995 年在中国的青岛召开。此外,1994 年 5 月在日本的横滨召开了“世界减灾大会”。继 1994 年日本横滨的减灾大会之后,1999 年 7 月,在瑞士日内瓦召开了第二次“世界减灾大会”,其目的在于对联合国“国际减灾十年(IDNDR)”予以总结,并制定 21 世纪减灾发展战略。1999 年由联合国 IDNDR 秘书处公布的“国际减灾日”主题为“防灾的收益”,充分反映出国际组织对防灾减灾的新追求。最近的一次相关会议于 2015 年 3 月 14—18 日在日本的仙台市召开,是联合国关于降低自然灾害风险的第三次国际会议。

岩土工程灾害对人类社会的发展和经济建设的危害,是在世界范围内受到普遍关注的重要问题。随着我国经济建设的快速发展,大规模的土木工程基础设施以令人瞩目的速度兴建,岩土工程灾害对土木工程基础设备的危害也日益严重。大规模的工程活动,甚至一些小型的土木工程施工,都可能诱发边坡失稳、地表塌陷、地基失效等工程灾害。国家自然科学基金作为国家资助基础研究的主渠道之一,多年来一直重视基础研究与国家经济建设整体目标的紧密结合,先后在重大项目、重点项目和面上项目等多个层次上资助了土木工程基础设施减灾领域的研究,并在诸多领域取得了积极的进展和成果。

1.2 岩土工程灾害防治的内涵

对于岩土工程,学术界至今都没有一个准确的定义,岩土界的很多专家对岩土工程有不同的释义,综合起来大概有以下三个层次:

- (1) 以土力学与基础工程、岩石力学与工程为基础,并和工程地质学密切结合的综合性学科。
- (2) 以岩石和土的利用、整治或改造作为研究内容。
- (3) 服务于各类主体工程的勘察、设计与施工的全过程,是这些主体工程的组成部分。当

然,岩土工程不是一门独立于土木工程之外的学科,而是属于各主体工程之中的学科。

我国疆域辽阔,地质结构复杂,地理生态环境多变,承灾能力弱,所以形成的灾害类型多、分布广、频度高、强度大、影响面宽。据有关资料统计分析,滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等不同种类的地质灾害在我国发育较为严重,其中崩塌、滑坡、泥石流的散布领域约占国土面积的 50%,以西南、西北地区最为严重。这些灾害还在随着社会经济的发展日益增长,所以,开展积极有效的岩土工程灾害预防,采取切实可行的防治措施,对避免和减轻岩土工程灾害给人民生命财产造成严重损失,维护社会稳定,保护生态环境,促进社会经济发展都有重要意义。

有关滑坡的研究,最早的报道是海姆(Heim A)在 1882 年发表的一篇关于瑞士阿尔卑斯山区某处滑坡的文章,随后诞生了很多治理滑坡的理论和技術。一个多世纪以来,对岩土工程灾害防治的研究方兴未艾,目前岩土工程已经成为一门成熟的独立学科。从岩土工程出发,通过研究岩石力学、土力学、工程地质,以及一些岩土工程新技术和新材料学等对地质灾害的防治有很大贡献。同时,人们加强了对地质灾害的预报,把一切工作做在灾害来临之前,防患于未然,达到“防”的目的,将灾害拒之门外!

1.3 岩土工程灾害分类及一般防治措施

1.3.1 滑坡

滑坡是指在某种诱发因素下,斜坡土和岩体在重力作用下失去原有的稳定状态,沿着斜坡内某些滑动面(或滑动带)整体向下滑动的现象。在滑坡防治方面,采用的措施主要有:地下排水、刷方减重、设支挡、滑带土质改良、绕避等。

(1) 地下排水

地下排水主要采用平孔、支撑盲沟、渗水盲洞等工程,这已广泛地应用于滑坡的治理当中。20 世纪 80 年代以来,法国已用虹吸排水方法稳定了约 100 个滑坡。这种方法的最大优点是可以自流排水,降低滑坡地下水位。

(2) 刷方减重

刷方减重主要的方式是减重和反压,这是经济有效的防治滑坡措施,现今已得到了广泛的应用,特别是对厚度大的主滑段和牵引段滑面较陡的滑坡效果更为明显,但其合理应用则需先行准确判定主滑段、牵引段和抗滑段。英国人 Hutchinson 提出的“中性线”方法为减重和反压计算提供了理论论据,该方法通过对边坡的稳定性分析,可计算出在滑坡断面上需将多少滑坡体上部土体移至滑坡体下部才可达到要求的稳定系数。

(3) 设支挡

支挡工程的主要发展表现在“一大、二锚、三小”,即大直径抗滑桩、锚索和微型桩的研究和应用。在桩方面,除了广泛应用的单排桩外,成都铁路局还采用过排架桩,铁道部第四设计院设计过刚架式椅式桩墙,但由于施工上的一些困难,后来应用得不多。很多单位通过室内和现场试验研究了抗滑桩的受力模式和计算方法,我国在这一方面的研究与应用居于世界前列。

20 世纪 80 年代研究提出的锚索抗滑桩,使抗滑桩形成上、下两个支点,这样桩的弯矩大大减小,因而其截面尺寸和埋深也随之减小。我国先后在四川省金鸡岩煤矿滑坡、四川省江油

松花岭滑坡、成昆线莫洛滑坡、川藏公路二郎山龙胆溪滑坡等数十个滑坡上进行了锚索抗滑桩的应用,设置锚索抗滑桩比单桩节省约 30% 的投资。

20 世纪 80 年代以来,微型桩群发展迅速,使得早期用于房屋地基加固的微型桩也用于斜坡和滑坡加固。其设计方法分两类:一是极限平衡分析法,二是位移分析法。目前有关的设计方法和参数的研究还存在若干不足,今后可能成为一个重要的课题。

近三十年来,随着高强度锚索的生产和防腐技术的解决,预应力锚索在边坡加固和滑坡治理中已广泛应用,或与抗滑桩联合使用,或单独使用。我国在李家峡水电站、漫湾水电站滑坡治理,敦煌、榆林窟和山东蓬莱阁丹崖加固等上百处大型工程中成功应用了预应力锚索技术。

(4) 滑带土质改良

滑带土质改良的目的在于提高滑带土的强度,增加滑坡自抗滑能力。过去曾研究过灌浆、爆破、焙烧等方法,但至今进展甚小,没有获得广泛应用,主要是处理效果难以验证。

此外,在滑坡治理工程竣工后还需要通过监测以检验治理效果。如发现治理效果未达到预期目标,就需要修改设计或进行第二期治理工程论证,治理工程达到预期目的仍需进行定期监测,以便判定某些工程是否需加维护。

1.3.2 崩塌

崩塌是指在陡峻或极陡斜坡上,某些大块或巨块岩石突然崩落或滑落,顺山坡猛烈翻滚跳跃,岩块相互撞击破碎,最后堆积于坡脚的过程。岩土类型、地质构造、地形地貌三个条件统称为地质条件,它是形成崩塌的基本条件。崩塌的发生是突然的,但是导致崩塌不平衡的因素却是长期积累的。崩塌的规模往往很大,崩塌堆积以大块岩石为主,直径大于 0.5 m 者往往达 50% 以上。它常对崖壁下的房屋、道路和其他建筑物带来威胁,尤其对各种线性工程的危害最为严重。随着研究工作的开展,人们对崩塌有了更深的了解,逐渐认识到最有效的也是最主要的防治方法还是岩土工程方法。常规方法有遮挡、拦截、支挡、护墙、护坡、削坡、排水等措施,这与滑坡的防治方法和原则是相同的。

近年来,一种全新的 SNS 柔性拦石网防护技术在我国水电站、矿山、道路等各种工程现场的崩塌落石防护中得到了广泛的应用,SNS 系统是利用钢绳网作为主要构成部分来防护崩塌落石危害的柔性安全网防护系统。当崩塌落石能量高且坡度较陡时,SNS 钢绳网系统不失为一种十分理想的防护方法。

1.3.3 泥石流

泥石流是山区常见的一种自然地质灾害,大都形成于沟谷和坡地,由于暴雨或冰湖、水库等溃决而在沟谷或坡面产生的一种携带有大量泥沙、石块等固体物质的特殊洪流。泥石流是一种危害性极强的地质灾害,其灾害具有突然爆发、历时短暂和破坏力强大的特点,是各种自然因素和人类工程活动因素共同作用的结果。

泥石流的形成必须具备地形、地质和气象三个基本条件。我国对泥石流的治理始于 20 世纪 50 年代,经历了由被动地灾后治理,到主动地将灾前预防与灾后治理相结合的过程,目前已经发展到工程防御与生物防御阶段。