

GO
FAI
PO KANCHA YU
GCHENG SHEJI

公路滑坡勘察与 防护工程设计

任祥 何勇成 编著



冶金工业出版社
www.cnmip.com.cn

公路滑坡勘察与 防护工程设计

任祥 何勇成 编著

北京
冶金工业出版社
2019

内 容 提 要

本书系统地介绍了公路滑坡的勘察内容、稳定性分析与评价、推力计算、排水措施设计、重力式抗滑挡土墙设计、抗滑桩设计、锚杆(索)设计、卸载与反压设计、注浆加固设计、格构锚固设计、坡面防护设计、滑坡防治监测设计,以及滑坡治理工程设计报告编写内容和格式等。

本书实用性较强,可供公路工程及从事滑坡勘察设计工作的技术人员阅读,也可供大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路滑坡勘察与防护工程设计/任祥,何勇成编著. —北京:
冶金工业出版社, 2019. 1

ISBN 978-7-5024-7986-2

I. ①公… II. ①任… ②何… III. ①公路路基—滑坡—
防护工程 IV. ①U418.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 012519 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 杨 敏 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 卿文春 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7986-2

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2019 年 1 月第 1 版,2019 年 1 月第 1 次印刷

169mm×239mm; 17.25 印张; 336 千字; 261 页

82.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

滑坡（俗称走山），是指在一定的地层结构、岩性和水文地质条件下的具有倾斜结构的斜坡上的土体或者岩体，受河流冲刷、地下水活动、地震、水库水位波动及人工开挖边坡等因素影响，在重力作用下，沿着一定的软弱面或者软弱带，整体或者分散地顺坡向下滑动的自然现象。

近年来，随着国家交通基本建设的持续投入，山区建造高速公路、省国道提升改造项目越来越多。山区公路的大量兴建，公路边坡病害在施工期、运营期经常发生，已成为困扰公路建设、设计、施工及监理单位的最棘手问题，也成为岩土工程界的热点、难点问题之一。公路边坡病害是山区公路的主要病害，由于其产生的条件、作用因素、运动机理的多样性、复杂性和多变性，导致病害预测困难和治理费用昂贵，因而长期以来一直是世界各国道路工程、岩土工程研究的重要问题。

本书结合作者在工作中对公路滑坡勘察设计的实践经验，较系统地介绍了公路滑坡的勘察、分析、稳定性计算以及常见公路滑坡的防治方法。本书实用性较强，可供公路工程及其他行业从事滑坡勘察设计工作的技术人员参考和借鉴。

本书分3篇共20章，第1~17章由任祥编写，第18~20章由何勇成编写。

在本书编写过程中得到了梁龙龙、姚伟、杨俊生、王荣等的帮助，还参阅了大量的文献资料，在此一并表示衷心的感谢！

由于作者水平有限，书中难免有疏漏和不足之处，敬请读者批评指正。

作 者

2018年9月

目 录

第 1 篇 公路滑坡基础知识

1 公路滑坡概述	3
1.1 公路滑坡的概念	3
1.2 公路滑坡的危害	3
1.3 滑坡勘察技术的发展	4
1.4 滑坡治理与监测技术的发展	4
1.4.1 滑坡治理技术的发展	4
1.4.2 滑坡监测技术的发展	5
2 公路滑坡的认识与调查	7
2.1 公路滑坡的形态特征	7
2.2 公路滑坡的形成要素	8
2.2.1 形成滑坡的内在因素	8
2.2.2 产生滑坡的外在因素	9
2.3 公路滑坡的类型	9
2.4 公路滑坡调查	11
2.4.1 遥感技术调查	11
2.4.2 滑坡野外鉴别	12
2.5 滑坡区公路选线	18

第 2 篇 公路滑坡勘察

3 公路滑坡勘察的类型	23
3.1 概述	23
3.1.1 一般规定	23
3.1.2 工程地质测绘	23

3.1.3	勘探与测试	25
3.2	滑坡可行性研究勘察	27
3.2.1	工程可行性研究阶段滑坡勘察内容	27
3.2.2	工程可行性研究阶段勘察工作规定	27
3.2.3	工程可行性研究勘察成果资料	28
3.3	滑坡初步设计勘察	28
3.3.1	初步设计阶段滑坡勘察手段及要求	28
3.3.2	初步设计勘察成果资料	29
3.4	滑坡施工图勘察	29
3.4.1	施工图勘察任务要求	30
3.4.2	施工图勘察工作量布设要求	30
3.4.3	施工图勘察成果资料	31
4	公路滑坡稳定分析与评价	32
4.1	滑坡稳定性定性分析	32
4.1.1	根据地貌特征分析滑坡稳定性	32
4.1.2	工程地质及水文地质条件对比分析滑坡稳定性	33
4.1.3	滑动前的迹象及滑动因素的变化	33
4.2	滑坡稳定性评价	33
4.2.1	恢复山体极限平衡状态核算	34
4.2.2	圆弧滑动条分法	36
4.2.3	平面滑动法	37
4.2.4	折线滑动法	39
4.3	滑坡稳定状态的划分	40
4.4	滑坡稳定性验算	40
4.4.1	圆弧滑动面 (Bishop 法) 验算滑坡稳定性系数	40
4.4.2	折线形滑动面 (传递系数法) 验算滑坡稳定性系数	42
5	公路滑坡推力计算	44
5.1	滑动面 (带) 的确定	44
5.1.1	滑动面 (带) 的主要类型	44
5.1.2	滑动面 (带) 的主要特征	45
5.1.3	滑动面 (带) 的识别方法	45
5.2	滑动面 (带) 岩土体计算参数选择	47
5.2.1	不同部位、不同发育阶段滑动面 (带) 土的抗剪强度	47

5.2.2	滑动面(带)土的抗剪强度指标的确定	48
5.2.3	滑动面(带)土的抗剪强度分析与指标选取	52
5.3	稳定安全系数的选取	53
5.4	滑坡推力计算方法	54
5.4.1	滑坡推力计算原则	54
5.4.2	滑坡推力的分布	54
5.4.3	传递系数法	54
6	滑坡工程地质勘察报告编写内容及格式	57

第 3 篇 公路滑坡防治

7	防治原则与治理方法分类	63
7.1	公路滑坡防治原则	63
7.2	公路工程预防“工程滑坡”的方案	63
7.2.1	预防边坡开挖形成滑坡的方案	63
7.2.2	路堤滑坡的处理方案	66
7.3	公路滑坡治理方案应考虑的因素	66
7.4	滑坡治理方法分类	67
7.5	公路滑坡治理方案的选择	69
7.5.1	绕避滑坡的方案	69
7.5.2	线路通过滑坡的治理方案	69
8	地表排水措施设计	73
8.1	地表水排水措施设计一般要求	73
8.2	地表水汇流计算程序	74
8.3	截水沟设计	74
8.3.1	截水沟流量计算	74
8.3.2	截水沟断面设计	76
8.3.3	截水沟断面形式选择	79
8.4	排水沟设计	79
8.4.1	排水沟的平面布置	79
8.4.2	排水沟流量计算	79
8.4.3	排水沟断面形式	80

9 地下排水措施设计	81
9.1 地下排水措施设计的一般要求	81
9.1.1 地下排水支撑渗沟设计要求	81
9.1.2 仰斜排水孔设计要求	82
9.1.3 井点降水设计要求	83
9.1.4 排水隧洞设计要求	83
9.2 渗透系数的确定	84
9.3 滤水沟设计	85
9.3.1 支撑渗沟设计	85
9.3.2 坡面滤水沟设计	87
9.3.3 截水盲沟设计	88
9.4 排水隧洞设计	88
9.4.1 排水隧洞排水能力计算	88
9.4.2 排水隧洞类型	89
9.4.3 排水隧洞结构断面	90
9.4.4 排水隧洞布置	90
9.4.5 排水隧洞排水能力复核	91
9.4.6 辅助排水滤管	91
9.5 排水孔设计	91
9.5.1 排水孔布置	91
9.5.2 排水孔设计参数	92
9.5.3 垂直排水孔	93
10 重力式抗滑挡土墙设计	94
10.1 重力式抗滑挡土墙设计的一般要求	94
10.2 设计原则与程序	94
10.2.1 重力式抗滑挡土墙设计原则	94
10.2.2 重力式抗滑挡土墙设计程序	95
10.3 重力式抗滑挡土墙设计	96
10.3.1 重力抗滑式挡土墙滑坡推力、主(被)动土压力	96
10.3.2 重力式抗滑挡土墙墙背荷载及组合	100
10.4 重力式抗滑挡土墙构造要求	100
10.5 重力式抗滑挡土墙验算	103
10.5.1 滑动稳定性验算	103

10.5.2	倾覆稳定性验算	107
10.5.3	地基应力与偏心距验算	109
10.5.4	墙身截面强度验算	112
10.5.5	基础强度验算	114
10.5.6	场地环境影响	116
10.5.7	整体稳定计算	118
11	抗滑桩设计	120
11.1	概述	120
11.2	设计原则与程序	121
11.2.1	抗滑桩设计原则	121
11.2.2	抗滑桩设计程序	122
11.3	抗滑桩布置	122
11.3.1	抗滑桩平面位置	122
11.3.2	抗滑桩锚固深度	123
11.4	抗滑桩外力计算	124
11.4.1	滑坡推力计算	124
11.4.2	地基反力计算	128
11.5	抗滑桩内力计算	130
11.5.1	抗滑桩类型判别	130
11.5.2	抗滑桩内力计算	130
11.6	抗滑桩的配筋计算	133
11.6.1	桩截面配筋率 μ 的取值和截面高度 h 的确定	134
11.6.2	桩主断面主筋配筋设计和割筋设计	136
11.6.3	桩的抗剪能力与箍筋设计	137
11.7	抗滑桩构造措施	137
11.8	抗滑桩工程的施工设计图内容	138
11.8.1	滑坡(桩力计算)断面图	138
11.8.2	桩力结构图	139
11.8.3	桩基坑护壁图绘制	139
11.8.4	桩位布置纵断面图	139
12	锚杆(索)设计	140
12.1	概述	140
12.1.1	锚杆(索)的作用机理	140

12.1.2	锚杆(索)的结构与分类	141
12.1.3	锚杆(索)在滑坡处治中的应用	143
12.1.4	常用边坡锚杆形式	147
12.2	设计原则与程序	148
12.2.1	锚杆(索)设计原则	148
12.2.2	锚杆(索)设计程序	148
12.3	锚杆(索)布置	149
12.4	锚杆(索)设计荷载计算	150
12.5	锚杆(索)设计锚固力的确定	152
12.6	锚杆(索)锚筋的设计	153
12.7	锚固体设计	155
12.8	锚杆弹性变形计算	157
12.9	锚杆(索)的试验与观测	158
12.9.1	锚杆(索)的性能试验	158
12.9.2	锚杆(索)的验收试验	158
12.9.3	锚杆(索)的蠕变试验	159
12.9.4	锚杆(索)的长期观测	160
12.10	锚杆(索)防腐设计	160
12.11	锚杆(索)的构造措施	162
13	卸载与反压设计	165
13.1	概述	165
13.1.1	削方减载	165
13.1.2	反压加载	166
13.1.3	减载与反压相结合	166
13.2	卸载与反压原则及程序	166
13.3	卸载设计	167
13.3.1	削坡坡比	167
13.3.2	边坡稳定复核	167
13.3.3	截水与排水	168
13.3.4	边坡防护与绿化	168
13.4	反压设计	169
13.4.1	回填反压体设计	169
13.4.2	反压堆载体坡比	170
13.5	卸载与反压后滑坡稳定性校核	170

14 注浆加固设计	171
14.1 概述	171
14.2 设计原则与程序	172
14.2.1 注浆加固设计原则	172
14.2.2 注浆加固设计程序	173
14.3 静压注浆加固设计	173
14.3.1 静压注浆基本原理	173
14.3.2 注浆材料	177
14.3.3 注浆方案选择	179
14.3.4 注浆压力的确定	180
14.4 高压喷射注浆加固设计	180
14.4.1 高压喷射注浆法的定义与种类	180
14.4.2 高压喷射注浆法的特点及适用条件	183
14.4.3 高压喷射注浆法加固机理	185
14.4.4 高压喷射注浆机械	188
14.4.5 高压喷射注浆孔布置	194
14.4.6 加固体直径的设定	195
14.4.7 硬化剂用量的优选	195
14.4.8 加固体的强度	196
14.5 深层搅拌注浆加固设计	196
14.5.1 概述	196
14.5.2 深层搅拌注浆加固设计工艺原理	197
14.5.3 对地层勘察的特殊要求	197
14.5.4 加固体形式的选择	197
14.5.5 置换率和桩数计算	198
14.5.6 桩位平面布置	198
15 格构锚固设计	199
15.1 概述	199
15.2 格构锚固设计	199
15.2.1 格构锚固设计荷载确定	199
15.2.2 格构型式选择	199
15.2.3 格构内力计算	200
15.2.4 格构弯矩、钢筋混凝土强度验算	204

15.3	各类型格构设计	204
15.3.1	浆砌块石格构	204
15.3.2	现浇钢筋混凝土格构	206
16	其他抗滑工程设计	208
16.1	微型桩加固设计	208
16.1.1	概述	208
16.1.2	微型钢管抗滑桩机理分析	208
16.1.3	微型抗滑桩设计计算	209
16.2	抗滑键加固设计	211
17	坡面防护设计	212
17.1	概述	212
17.2	设计原则	212
17.2.1	坡面防护设计的一般要求	212
17.2.2	常用坡面防护措施的选择原则	213
17.3	坡面防护设计	215
17.3.1	植物防护	215
17.3.2	土工合成材料与植草复合防护	218
17.3.3	空心砖内植草护坡	220
17.3.4	骨架护坡	222
17.3.5	喷护	226
17.3.6	挂网喷护	230
17.3.7	砌石防护	233
18	滑坡防治监测设计	243
18.1	一般规定	243
18.1.1	滑坡监测阶段的适用范围	243
18.1.2	滑坡监测网布置要求	243
18.1.3	滑坡监测方法、仪器的确定	244
18.1.4	滑坡监测系统组成	244
18.2	滑坡监测内容与周期	245
18.2.1	滑坡监测内容	245
18.2.2	滑坡施工期监测断面、监测点布置要求	246
18.2.3	滑坡施工期监测的观测频率要求	246

18.2.4	滑坡防治效果监测阶段的监测内容、周期与观测要求	247
18.2.5	公路运营期滑坡长期监测要求	247
18.3	滑坡监测方法与技术要求	247
18.3.1	地表变形监测方法与技术要求	247
18.3.2	深部位移监测方法与技术要求	248
18.3.3	地下水监测方法与技术要求	248
18.3.4	支挡结构应力监测方法与技术要求	248
18.4	监测数据分析与处理的要求	249
18.5	滑坡监测应提供的资料	249
19	滑坡预警预测与治理工程动态设计	250
19.1	一般规定	250
19.2	滑坡预测预警	251
19.3	滑坡防治工程动态设计	252
20	滑坡治理工程设计报告编写内容及格式	254
20.1	滑坡治理工程初步设计报告编写内容及格式	254
20.2	滑坡治理工程施工图设计报告编写内容及格式	258
	参考文献	260

第 1 篇

公路滑坡基础知识



1 公路滑坡概述

1.1 公路滑坡的概念

斜坡上的部分岩体和土体在自然或人为因素的影响下沿某个滑动面发生剪切破坏向下运动的现象称为滑坡。随着我国高等级公路和高速公路向山区延伸，省国道干线的提升改造，公路建设大规模改变了土地的利用方式，挖填方等土石方工程日益增大，随之而来的是滑坡灾害日益严重。滑坡，作为一种主要地质灾害，由于其产生的条件、作用因素、运动机理的多样性、复杂性和多变性，预测的困难，治理费用的昂贵，一直是世界各国研究的主要地质和工程问题之一。

滑坡滑动面可以是受剪应力最大的贯通性剪切破坏面或带，也可以是岩体中已有的软弱结构面。规模大的滑坡一般是缓慢的、长期的往下滑动，有些滑坡滑动速度也很快，其过程分为蠕动变形和滑动破坏阶段，但也有一些滑坡表现为急剧的滑动，下滑速度从每秒几米到几十米不等。滑坡多发生在山地的山坡、丘陵地区的斜坡、岸边、路堤或基坑等地带。滑坡对公路工程建设的危害很大，轻则影响施工，重则破坏路基稳定；由于滑坡，常使交通中断，影响公路的正常运行；大规模的滑坡，可以堵塞河道，摧毁公路，破坏厂矿，掩埋村庄，对交通设施危害很大。

公路滑坡主要与工程建设开挖切割坡脚有关，它与一般山体滑坡有许多共同点，也有其特殊性。公路中滑坡的滑出方向绝大多数是垂直或近似于垂直路线走向，极少部分是斜交于公路路线。公路滑坡的规模有大有小，但是滑坡的发生概率较大，特别是在公路建设过程中。从公路沿线滑坡产生的诱发因素角度来看，地质构造、地层岩性及地下水是主控因素，地形、气候等是次要因素，公路工程建设活动是主要的诱发因素。公路滑坡约有 50% 是由于工程建设引发的新滑坡，约 30% 的滑坡是在工程建设中复活的古滑坡，约 20% 的滑坡是在勘察设计中已经发现而路线无法绕避的。

1.2 公路滑坡的危害

滑坡对公路建设的危害，主要有以下几点：

(1) 在公路的上边坡范围内爆发将致使交通道路阻塞，交通中断，严重危害道路的截排水系统，路面受到破坏。