

边坡工程

(第二版)

Slope Engineering

- Design, Monitoring, Appraisal
and Reinforcement

——设计·监测·鉴定与加固

刘兴远 雷 用 康景文 编著

中国建筑工程出版社

边坡工程

第2版

Second Edition

陈仲颐 主编

——设计 · 监测 · 稳定与加固——

陈仲颐 王 明 陈永红 主编



中国水利水电出版社

边坡工程

——设计·监测·鉴定与加固

(第二版)

刘兴远 雷 用 康景文 © 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

边坡工程——设计·监测·鉴定与加固/刘兴远等编著. —2
版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2015. 4
ISBN 978-7-112-17982-4

I. ①边… II. ①刘… III. ①边坡-道路工程 IV. ①U416.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 062026 号

本书第二版按照最新颁布实施的《建筑边坡工程鉴定与加固技术规范》(GB 50843—2013)、《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2013)、《建筑边坡工程施工质量验收规范》(DBJ/T 50—100—2010)、《建筑边坡工程检测技术规范》(DBJ 50/T—137—2012)、《建筑边坡工程安全性鉴定规范》(DBJ 50—170—2013), 对第一版内容进行了全面修订, 重点阐述《建筑边坡工程鉴定与加固技术规范》(GB 50843—2013) 中建筑边坡工程安全性鉴定方面的内容, 并用实例说明 GB 50843—2013 在建筑边坡工程安全性鉴定中的应用。重点修改了建筑边坡工程监测、检测及安全性鉴定方面的内容, 并补充了大量的工程实例, 对其他内容略作修改和说明。全书内容浅显、易于学习、方法实用。

本书可供从事房建、公路、铁路、水利、市政、水运、矿山等工程的设计、施工、检测、加固和科研的人员以及高等院校相关专业师生学习参考。

* * *

责任编辑: 范业庶

责任校对: 姜小莲 赵 颖

边 坡 工 程 ——设计·监测·鉴定与加固 (第二版)

刘兴远 雷 用 康景文 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京密云红光制版公司制版

北京盈盛恒通印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 29½ 字数: 713 千字

2015 年 7 月第二版 2015 年 7 月第七次印刷

定价: 69.00 元

ISBN 978-7-112-17982-4

(27222)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

序

我国幅员辽阔，山区面积很大，是世界上地质灾害严重的国家之一，随着我国经济建设与大规模基本建设的进行，我国边（滑）坡治理工程急剧增多。如何确保边（滑）坡工程的安全可靠，减少工程事故；如何提高我国边（滑）坡工程勘察设计、变形控制、施工技术、安全监测预报和加固、改造的科技水平，是一项相当繁重与紧迫的任务。

经过我国几代岩土工作者的辛勤工作和不懈努力，边（滑）坡工程治理与预警预报水平有了日新月异的发展。重庆市曾率先制定了《建筑边坡支护技术规范》（GB 50/5018—2001），随后又编制了国家标准《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330—2002），使我国建筑边坡工程治理与预警有了一定依据。然而，边坡工程的工程地质条件复杂多变，地区差异很大，现有技术水平较低，还需在如下边坡研究领域进行艰苦的科研工作与实际经验的积累：

- （1）边坡工程的勘察、设计、施工理论与方法；
- （2）边坡工程变形计算与控制理论；
- （3）边坡监测与安全预警预报；
- （4）边坡检测、鉴定技术和验收标准；
- （5）已建边坡的评价、改造与加固技术。

本书作者在吸收和消化前人理论研究和工程实践的基础上，通过大量的工程实例探讨了边坡工程的设计、监测、检测、鉴定和改造加固理论和技术，初步展示了边坡工程安全方面的相关问题，尤其是工程实例的剖析将给读者留下深刻的印象。

祝青年岩土科技工作者为我国岩土工程理论和实践的兴旺发达不断奋斗，勇创辉煌；为建立我国人地和谐与可持续发展社会做出更大贡献。

中国工程院院士 

2007年10月

第 二 版 前 言

本书自 2007 年发行以来，在推进建筑边坡工程科技进步方面起到了积极作用，在此基础上作者参加了《建筑边坡工程鉴定与加固技术规范》（GB 50843—2013）的制定工作，参与了《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330—2013）的修订工作，且主编了地方标准《建筑边坡工程施工质量验收规范》（DBJ/T 50—100—2010）、《建筑边坡工程检测技术规范》（DBJ 50/T—137—2012）、《建筑边坡工程安全性鉴定规范》（DBJ 50—170—2013），为此应中国建筑业出版社的邀请，对本书进行了适当修编，重点阐述《建筑边坡工程鉴定与加固技术规范》（GB 50843—2013）中建筑边坡工程安全性鉴定方面的内容，并用实例说明《建筑边坡工程鉴定与加固技术规范》（GB 50843—2013）在建筑边坡工程安全性鉴定中的应用。作者在参与 5 本规范编写的基础上，重点修改了建筑边坡工程监测、检测及安全性鉴定方面的内容，对其他内容略作修改和说明；希望本书对正确使用《建筑边坡工程鉴定与加固技术规范》（GB 50843—2013）有积极推进作用。

第一版前言

本书是作者根据近二十年来对工程实践经验总结和重庆地区工程建设的需要，应中国建筑工业出版社的邀请进行编写的；重点阐述边坡工程的检测、监测、鉴定、验收和边坡工程排危处理、加固技术，其阅读对象是一般工程技术人员，以岩土工程师为主，因此，对边坡设计理论和复杂计算不做重点说明，本着“简单、方便、实用”的原则编写本书。边坡设计理论主要以《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2002)为主线进行说明。尽管某些计算理论和基本原理不完全满足工程实际现实，且不同“规范”对同一个问题的定义、理解和规定也存在较大差别，但在目前科技水平条件下，有可以依赖的“规范”比没有强，部分内容也带有学术研究价值，请读者自由选择和判断。

几点重要说明：

1. 本书在边坡设计理论上主要使用《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2002)的内容，引用了相关技术“规范”的条文，同时借鉴了许多技术资料，若有未尽内容和事宜，请工程技术人员、学者和专家谅解。

2. 本书工程实例主要以山区(重庆市)条件下的边坡工程为背景，几乎全部工程实例，作者均参加了相关技术工作。由于受多种因素的制约、我国技术管理制度、社会环境的影响，工程实例的许多细节和感受不能一一论述，且切忌对号入座，工程实例为学术探讨，请读者自己体验，但每一个工程均有其特殊性，完全照搬本书的相关技术要求和图纸，由此引起的工程事故、纠纷及法律问题，作者概不负责。

3. 本书对某些边坡设计理论的说明，仅代表作者的观点，具体是否使用和使用到什么程度由读者自己把握，由此引起的相关问题，作者概不负责。

4. 边坡工程涉及多种学科的知识，完全掌握、灵活应用边坡设计理论解决工程实际问题，对每一个工程技术人员均需要一个过程，同时应注意边坡工程是一个实践性很强的实验科学；正确应用边坡设计理论进行工程设计，未必就一定有好的结果，因此，信息施工和动态设计是其灵魂，但即使是“规范”编制者也未必掌握了其精髓，况且，我国有关法律、法规并不健全，在实际应用中，信息施工法和动态设计法可能是死的，也可能是活的，可是业主(投资者)的损失谁来“买单”，工程师们应引起特别关注。

5. 由于边坡变形理论的复杂性，边坡变形预警值的控制是非常困难的工作，可谓“仁者见仁，智者见智”。在边坡工程实践中，请工程师们特别关注自己所设计的边坡工程所发生的变形，切忌用“正常应力重分布，变形是正常现象”来麻痹自己，科学的态度是：正视问题，在监测条件下，用工程数据说明问题。

6. 本书中有许多工程实际资料由于各种原因未作详细描述，对此部分资料有兴趣的读者可与作者联系。

重庆市建筑科学研究院结构工程研究所，中国人民解放军后勤工程学院建筑设计研究院、后勤工程检测中心，中国西南建筑西南勘察研究院有关科技工作者对本书编写中所使

用的工程实践资料做了大量的工作，由于参与这些工程实践的工作人员较多，作者不能一一列举他们的名字，为此作者对参与这些工作的同仁表示深深的感谢。

本书引用了其他单位或个人的技术资料，为此作者对这些单位和个人表示深深的感谢。

向所有为本书作出贡献的同仁表示感谢。

由于时间仓促、水平有限，书中错漏不足在所难免，恳请广大专家读者提出宝贵意见，以便我们做得更好！

目 录

第一篇 边坡工程设计及实例

1 边坡工程设计	3
1.1 边坡工程的概念	3
1.1.1 边坡工程的有关概念	3
1.1.2 滑坡工程的有关概念	4
1.1.3 基坑工程的有关概念	4
1.1.4 边坡、滑坡、基坑的关系	4
1.1.5 边坡工程的重要性及分级	5
1.2 岩土工程勘察	5
1.2.1 边坡工程勘察	6
1.2.2 基坑工程勘察	11
1.2.3 滑坡勘察	12
1.2.4 危岩崩塌勘察	17
1.3 边坡的类型与稳定性	18
1.3.1 边坡的类型	18
1.3.2 边坡的强度参数	19
1.3.3 边坡稳定性的影响因素	22
1.3.4 边坡的稳定性评价	23
1.4 斜坡与边坡的地质作用	24
1.4.1 斜坡与边坡地质作用的类型	24
1.4.2 斜坡变形破坏的防治	27
1.5 边坡工程设计原则	28
1.5.1 建筑地基基础设计规范的有关规定	28
1.5.2 建筑边坡工程技术规范的有关规定	29
1.6 岩土作用计算	30
1.6.1 土压力计算	31
1.6.2 岩石压力计算	41
1.6.3 特殊情况下的岩土压力计算	42
1.6.4 算例分析	49
1.7 常见支护结构设计要点	55
1.7.1 重力式挡土墙	55
1.7.2 锚杆(索)挡墙	55

1.7.3 抗滑桩	60
1.7.4 高边坡设计	63
1.8 关于建筑边坡工程建设中几个问题的思考	65
1.8.1 建筑边坡工程技术规范发展的认识	65
1.8.2 建筑边坡工程设计的宏观认识	66
1.8.3 边坡工程国家、行业现行标准的合理使用问题	67
2 边坡工程设计实例	71
2.1 重力式挡土墙及扶壁式挡墙设计实例	71
2.1.1 【实例 2-1】 ××研究院边坡治理	71
2.2 锚杆喷射混凝土挡墙设计实例	76
2.2.1 【实例 2-2】 ××学院 19 号~20 号边坡工程	76
2.3 板肋式锚杆挡墙设计实例	85
2.3.1 【实例 2-3】 板肋式锚杆挡墙设计	85
2.4 抗滑桩设计实例	92
2.4.1 【实例 2-4】 ××监狱改造工程抗滑桩设计	92
2.5 岩石锚喷支护设计实例	98
2.5.1 【实例 2-5】 某部队经济适用住房环境边坡治理工程	98
2.6 格构锚杆设计实例	105
2.6.1 【实例 2-6】 某农转非安置房边坡工程	105
2.7 基坑支护设计实例	110
2.7.1 【实例 2-7】 ××饭店基坑工程	110
2.8 危岩治理设计实例	115
2.8.1 【实例 2-8】 ××中心报警台危岩治理工程	115
2.9 预应力锚索桩设计实例	120
2.9.1 【实例 2-9】 ××办公大楼边坡治理工程	120
2.10 坡率法+锚杆治理岩质边坡工程设计实例	130
2.10.1 【实例 2-10】 路堑岩质边坡工程	130

第二篇 边坡监测、检测及鉴定

3 边坡工程监测	137
3.1 边坡工程的变形控制	137
3.1.1 边坡工程的变形控制	137
3.1.2 边坡工程的变形控制措施	138
3.2 边坡工程变形监测	140
3.2.1 建筑边坡工程变形监测依据	140
3.2.2 滑坡监测	145
3.2.3 基坑现场监测	146
3.3 边坡工程变形监测常用设备	147
3.3.1 应力计和应变计原理	147

3.3.2	常用几类传感器	148
3.3.3	边坡位移测量常用设备	148
3.4	边坡工程变形监测系统	150
3.5	边坡工程监测实例	151
3.5.1	【实例 3-1】 ××二期工程高切坡挡土墙变形监测	151
3.5.2	【实例 3-2】 ××路 K0+660~K0+740 边坡、建筑物变形监测	156
3.5.3	【实例 3-3】 ××道路工程 K1+280~K1+320 段道路西侧边坡变形及边坡上 建筑物变形监测报告	172
3.6	边(滑)坡治理效果评估	184
3.6.1	高切坡安全评估工作的基本要求	184
3.6.2	高切坡安全性评估标准	187
3.6.3	高切坡安全性评估基本情况	190
3.6.4	三峡库区重庆市三期已治理高切坡安全性评估结论及建议	194
4	边坡工程质量检验与安全性鉴定	197
4.1	边坡工程检验及验收	197
4.2	边坡工程质量检测与鉴定常用设备	205
4.3	边坡工程常规检测	206
4.3.1	【实例 4-1】 ××区 A7、A8 危改工程锚杆抗拔力检测报告	206
4.3.2	【实例 4-2】 某基坑边坡挡墙施工质量鉴定	208
4.3.3	【实例 4-3】 8 号楼西侧及北侧边坡挡墙施工质量鉴定	226
4.3.4	【实例 4-4】 某小区北西侧环境边坡挡墙施工质量鉴定	234
4.3.5	边坡工程地基承载力检测	242
4.3.6	边坡工程岩石、土工及原材料检测	243
4.4	边坡工程对邻近建筑物安全性影响鉴定	243
4.4.1	【实例 4-5】 ××边坡工程对××县老干部集资住宅楼的安全性影响鉴定	243
4.4.2	【实例 4-6】 高边坡削坡施工对××还建住宅楼安全性影响鉴定	249
4.4.3	【实例 4-7】 基坑边坡对邻近建筑物安全性影响鉴定	256
4.5	边坡工程垮塌事故鉴定	263
4.5.1	工程勘察失误产生的边坡垮塌事故	263
4.5.2	设计失误产生的边坡垮塌事故	283
4.5.3	施工失误产生的边坡垮塌事故	291
4.6	边坡工程司法鉴定案例	306
4.6.1	【实例 4-14】 ××住宅工程质量及受邻近建筑边坡开挖影响问题鉴定	306
4.6.2	【实例 4-15】 ××公司排水沟挡土墙工程司法鉴定	309
4.6.3	【实例 4-16】 ××厂综合楼挡墙工程司法鉴定	313
4.7	边坡工程安全性鉴定	318
4.7.1	【实例 4-17】 ××山庄挡 32~挡 40 段挡土墙安全性鉴定	318
4.7.2	【实例 4-18】 某工业园区××边坡治理工程鉴定	323
4.7.3	【实例 4-19】 某建材城五期项目重力式挡墙安全性鉴定	327

4.7.4 【实例 4-20】 某小区 9 号楼与 11 号楼之间观景台挡墙安全性鉴定 339

4.7.5 【实例 4-21】 某项目一期环境边坡治理工程 F9~G15 段支护结构安全性鉴定 346

第三篇 边坡工程排危及加固实例

5 边坡工程排危及加固实例 369

5.1 边坡工程事故排危工作的组织 369

5.2 边坡工程事故排危实例 371

5.2.1 【实例 5-1】 某高切坡边坡工程事故排危实例 371

5.2.2 【实例 5-2】 重庆市某高边坡变形原因分析及应急抢险措施 378

5.2.3 【实例 5-3】 某加筋土挡墙鉴定与加固 384

5.3 边坡工程加固 388

5.3.1 建筑边坡事故主要原因分析 389

5.3.2 建筑边坡加固的主要原则 390

5.3.3 建筑边坡工程加固设计计算要点 391

5.3.4 边坡加固工程加固要点 392

5.4 抗滑桩在边坡支护中的应用实例 395

5.4.1 【实例 5-4】 某公司综合楼边坡工程加固 395

5.4.2 【实例 5-5】 实例 4-17 中的某挡土墙加固工程 400

5.5 灌浆法和树根桩法在边坡加固中的应用实例 407

5.5.1 【实例 5-6】 树根桩法加固临时边坡实例 407

5.5.2 【实例 5-7】 回填土地基边坡加固工程实例 410

5.6 锚杆挡墙在边坡加固中的应用实例 413

5.6.1 【实例 5-8】 实例 4-18 中的某边坡工程加固 413

5.6.2 【实例 5-9】 锚杆加固某重力式挡墙实例 416

5.7 抗滑短桩在加固边(滑)坡工程中的应用 420

5.7.1 【实例 5-10】 东林煤矿矸石山防治工程 420

附录 A 支护结构设计计算书 428

A1 【实例 2-1】 重力式挡土墙验算 428

A2 【实例 2-1】 扶壁式挡土墙验算 430

A3 【实例 2-2】 ××学院 19 号~20 号边坡工程支护结构计算书 434

A4 【实例 2-4】 ××监狱改造工程抗滑桩设计计算书 436

附录 B ××城市道路工程 K1+280~K1+320 段道路西侧边坡变形
及边坡上建筑物变形监测数据表 442

附录 C 边坡加固工程计算书 453

C1 【实例 5-5】 ××山庄挡土墙加固工程结构计算书 453

C2 【实例 5-9】 锚杆加固某重力式挡土墙安全性验算 455

参考文献 458

第一篇 边坡工程设计及实例

1 边坡工程设计

1.1 边坡工程的概念

建筑边坡支护技术,涉及工程地质、水文地质、岩土力学、支护结构、锚固技术、建筑材料工程、施工及监测等多门学科,边坡支护理论及技术发展也较快,部分工程实践存在超前现象;但因勘察、设计、施工、监理、监测、管理和维护不当,部分已修的支护结构工程质量低劣,已建的边坡工程中时有垮塌事故和浪费现象发生,造成国家和人民生命财产严重损失,滋生了社会不安定因素,同时遗留了一些安全度、耐久性及抗震性能低的边坡支护结构物给国家带来了严重的财政负担。正确、合理、经济的处理边坡工程,确保建筑物工程的安全是每一个工程技术人员都关注的问题。

在实际工程实践中,工程技术人员在讨论某一具体工程问题时,常常因为没有事先明确讨论问题的内涵和外延,花费了大量的时间和精力也未说清楚所述问题,其原因是不同工程技术人员对同一问题各有不同的理解和定义。因此,在《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330)第2章中为了明确工程的具体概念,采用了术语一节来具体表达主要的名词概念,尽管规范在明确具体工程术语时存在许多值得探讨的问题,但它给出了一个平台,在这个平台上再讨论问题时将节省大量的人力、物力,因此应正确理解边坡的工程概念。

坡的概念:当岩土体外表面与水平面的夹角不为零时,所形成外表面即为坡。通常岩土体外表面与水平面的夹角小于 10° 时,坡面平缓,对人类生活、生产影响较小,未引起人们的特别注意;当岩土体外表面与水平面的夹角在 $10^\circ\sim 30^\circ$ 之间时,坡面对人类生活、生产有一定影响,且在特定的条件下,将引发有关安全问题,已引起人们的注意,此时称之为缓坡;当岩土体外表面与水平面的夹角在 $30^\circ\sim 50^\circ$ 之间时,坡面对人类生活、生产影响很大,在一定的条件下,易引发安全问题,已引起人们的高度注意,此时称之为陡坡;当岩土体外表面与水平面的夹角超过 50° 时,坡面对人类生活、生产有严重影响,且在一般条件下,必将引发安全问题,已引起人们的特别注意,此时称之为陡壁,特殊情况岩土体外表面与水平面的夹角为 90° ,此时称为直立边坡(峭壁)。

边坡工程的研究对象是:建筑工程开挖过程中形成的坡体(或自然边坡)及坡体对建筑工程、人类生活、生产及自然环境造成的影响和危害。建筑边坡工程重点研究边坡的安全及对环境的危害和保护。

这里讨论的边坡工程主要适用于岩质边坡和非软土类边坡,软土类边坡具有一定的特殊性,本书不作专门论述。

1.1.1 边坡工程的有关概念

建筑边坡:在建筑场地及其周边,由于建筑工程和市政工程开挖或填筑施工所形成的

人工边坡和对建（构）筑物安全或稳定有影响的自然边坡，简称边坡^[3]。

临时性边坡：设计使用年限不超过 2 年的边坡^[3]。

永久性边坡：设计使用年限超过 2 年的边坡^[3]。

软弱结构面：断层破碎带、软弱夹层、含泥或岩屑等结合程度很差、抗剪强度极低的结构面。

外倾结构面：倾向坡外的结构面。

边坡塌滑区：计算边坡最大侧压力时潜在滑动面和控制边坡稳定的外倾结构面以外的区域。

岩体等效内摩擦角：包括边坡岩体黏聚力、重度和边坡高度等因素影响的综合内摩擦角。

工程滑坡：因建设和市政建设等工程行为而诱发的滑坡^[3]。

信息法施工：根据施工现场的地质情况和监测数据，对地质结论、设计参数进行验证，对施工安全性进行判断并及时修正施工方案的施工方法^[3]。

动态设计法：根据信息法施工和施工勘察反馈的资料，对地质结论、设计参数及设计方案进行再验证，如确认原设计条件有较大变化，及时补充、修改原设计的设计方法^[3]。

岩体结构面：岩体内开裂的和易开裂的面，如层面、节理、断层、片理等，又称不连续构造面^[1]。

支挡结构：使岩土边坡保持稳定、控制位移、主要承受侧向荷载而建造的结构物^[1]。

1.1.2 滑坡工程的有关概念

滑坡：斜坡上的岩土体沿某一界面发生剪切破坏向坡下运动的现象^[6]。

滑体：沿滑动面作整体滑动变形的岩土体^[6]。

滑带：滑体与滑床之间的软弱岩土夹层^[6]。

滑床：滑带土下的不动岩土体^[6]。

1.1.3 基坑工程的有关概念

基坑：为进行建（构）筑物地下部分的施工由地面向下开空间^[4]。

基坑侧壁：构成建筑基坑围体的某一侧面^[4]。

基坑支护：为保护地下主体结构施工及基坑周边环境的安全，对基坑挖出的采用的临时性支挡、加固、保护与地下水控制的措施^[4]。

1.1.4 边坡、滑坡、基坑的关系

边坡、滑坡、基坑均属于岩土工程中广义边坡的范畴，但边坡、滑坡、基坑在不同条件下其概念又有所差异。就建筑范畴而言，边坡支护结构主要属构筑物，一般为建筑物的环境工程，特殊条件下为建筑基坑的一部分，在山区建筑中，有一部分边坡既是建筑边坡，又是建筑基坑；基坑为地下室空间，一般仍属于建筑物范围，通常建筑物外墙可兼作支护结构，山区地基和软土地基建筑基坑的控制和设计有很大差别，实际工程设计时不可混为一谈；滑坡通常属于地质灾害的范畴，未经治理的滑坡场地不应作为建筑场地使用，滑坡影响范围远比建筑边坡影响范围广，产生的危害也比建筑边坡大，在很特殊的情况下，滑坡控制才由岩土压力控制，通常情况下滑坡推力由滑坡体下滑力、动水压力等因素控制。

1.1.5 边坡工程的重要性及分级

根据边坡工程的重要性及破坏后果的危害性，对边坡工程安全性有 3 条规定：

(1) 边坡工程应按其损坏后可能造成的后果（危及人的生命、造成经济损失、产生社会不良影响）的严重性、边坡类型和坡高等因素，根据表 1-1 确定边坡的安全等级。

边坡工程安全等级分类表				表 1-1
边坡类型		边坡高度 H (m)	破坏后果	安全等级
岩质边坡	岩体类型为Ⅰ或Ⅱ类	$H\leqslant 30$	很严重	一级
			严 重	二级
			不严重	三级
	岩体类型为Ⅲ或Ⅳ类	$15<H\leqslant 30$	很严重	一级
			严 重	二级
		$H\leqslant 15$	很严重	一级
			严 重	二级
			不严重	三级
			土质边坡	$10<H\leqslant 15$
严 重	二级			
$H\leqslant 10$	很严重	一级		
	严 重	二级		
	不严重	三级		

注：1. 一个边坡工程的各段，可根据实际情况采用不同的安全等级；
2. 对危害性极严重、环境和地质条件复杂的特殊边坡工程，其安全等级应根据工程情况适当提高。

(2) 破坏后果很严重、严重的下列建筑边坡工程，其安全等级应定为一级：

- 1) 由外倾软弱结构面控制的边坡工程；
- 2) 危岩、滑坡地段的边坡工程；

3) 边坡滑塌区内或边坡影响区内有重要建（构）筑物的边坡工程。破坏后果不严重的上述边坡工程的安全等级可定为二级。

(3) 边坡塌滑区范围可按下式估算：

$$L = H / \tan \theta \tag{1-1}$$

式中 L ——边坡坡顶塌滑区边缘至坡底边缘的水平投影距离 (m)；

H ——边坡的高度 (m)；

θ ——边坡的破裂角 (°)。对直立土质边坡可取 $45^\circ + \varphi/2$ ， φ 为土体的内摩擦角；对斜面土质边坡，可取 $(\beta + \varphi)/2$ ， β 为坡面与水平面的夹角， φ 为土体的内摩擦角；对直立岩质边坡可按文献 [35] 中的第 6.3.3 条和第 6.3.4 条确定；对倾斜坡面岩质边坡可文献 [35] 中的第 6.3.5 条确定。

1.2 岩土工程勘察

边坡工程勘察（广义的）包括边坡工程勘察（狭义的）、基坑工程勘察、滑坡勘察、