ICS 07.060
P13

团　体　标　准

T/CAGHP 032—2018

崩塌防治工程设计规范（试行）

Code for Design of Rock Fall Control Engineering

2018-10-01发布　　2018-12-01实施

中国地质灾害防治工程行业协会　　发布

目　　次

前言 …… Ⅲ
引言 …… Ⅴ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语、定义和符号 …… 2
3.1　术语和定义 …… 2
3.2　符号 …… 3
4　基本规定 …… 4
4.1　一般规定 …… 4
4.2　崩塌分类 …… 5
4.3　防治工程等级 …… 5
4.4　设计原则 …… 6
5　荷载与计算 …… 7
5.1　荷载 …… 7
5.2　稳定性计算 …… 7
5.3　稳定性评价 …… 8
6　崩塌防治工程设计 …… 9
6.1　一般规定 …… 9
6.2　清除 …… 9
6.3　锚固 …… 10
6.4　防护网与拦石墙 …… 13
6.5　支撑与嵌补 …… 16
6.6　抗滑桩(键) …… 17
6.7　棚洞 …… 19
6.8　挡土墙 …… 22
6.9　挂网喷锚 …… 24
6.10　截、排水工程 …… 26
6.11　其他防护措施 …… 26
7　监测 …… 27
7.1　一般规定 …… 27
7.2　监测设计 …… 28
7.3　监测方法和监测数据处理 …… 30
7.4　监测期限及周期 …… 30
8　设计成果 …… 31
8.1　设计成果内容 …… 31

8.2 设计成果要求 …… 32
附录A（规范性附录） 崩塌威胁设施重要性分类 …… 33
附录B（规范性附录） 地震荷载计算 …… 34
附录C（规范性附录） 岩质崩塌稳定性计算 …… 35
附录D（规范性附录） 锚杆选型 …… 41
附录E（规范性附录） 柔性防护网配置型号 …… 42
附录F（规范性附录） 拦石墙缓冲层厚度计算 …… 44
附录G（规范性附录） 危岩崩塌支撑柱(墙)反力计算 …… 45
附录H（资料性附录） 崩塌落石冲击力及弹跳运动轨迹 …… 48
附录I（资料性附录） 棚洞结构受力计算 …… 50
附录J（资料性附录） 土质崩塌破坏模式与治理措施 …… 55
附:条文说明 …… 57

前　言

本规范按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则　第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本规范的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F 和附录 G 为规范性附录；附录 H、附录 I 和附录 J 为资料性附录。

本规范由中国地质灾害防治工程行业协会(CAGHP)提出并归口。

本规范起草单位：中铁二院重庆勘察设计研究院有限责任公司、中国地质大学(武汉)、招商局重庆交通科研设计院有限公司、西北综合勘察设计研究院、贵州省地质环境监测院、中铁西北科学研究院有限公司及湖北鄂西地质基础工程有限公司。

本规范主要起草人：李正川、刘贵应、胡峰、谢晓林、周彬、王亮清、王万值、彭家贵、谭新平、刘科、柴贺军、罗炳佳、管宏新、李海平、郑静、戴玉、刘勇、黄波、徐海涛、王建松、葛云峰、王文涛、季学亮、吴胜、万军、王庆乐、石志龙、赵彪、朱要强、吴琼、戴俊巍、王正兵、董迪迪、赵志纯、刘强、杨敏、张国伟、杨小刚。

本规范由中国地质灾害防治工程行业协会负责解释。

引　言

为推动地质灾害防治工程行业健康发展，国土资源部发布了《国土资源部关于编制和修订地质灾害防治行业标准工作的公告》（国土资源部公告 2013 年第 12 号），确定将《崩塌防治工程设计规范》纳入地质灾害防治行业标准，特制定本规范。

本规范是在收集和研究国内外崩塌灾害防治工程成熟的技术方法基础之上，经广泛调查研究，认真总结我国崩塌地质灾害防治的经验和教训，借鉴国内外有关标准的规定，充分吸收全国勘查设计单位在崩塌灾害防治工程勘查设计中的先进经验和成功做法编写而成。

本规范由范围，规范性引用文件，术语、定义和符号，基本规定（一般规定，崩塌分类，防治工程等级，设计原则），荷载与计算，崩塌防治工程设计[主要包括：清除，锚固，防护网与拦石墙，支撑与嵌补，抗滑桩（键），棚洞，挡土墙，挂网喷锚，截、排水工程及其他防护措施]，监测，设计成果等 8 章组成。

崩塌防治工程设计规范(试行)

1 范围

本规范规定了崩塌防治工程设计的一般原则、技术标准、计算方法、防治措施等。

本规范适用于岩质和土质崩塌防治工程设计。

本规范适用于因人身财产和环境保护及城镇规划等各种需要而进行的崩塌防治工程设计,对崩塌进行应急抢险工程设计可参照本规范执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规范的引用而成为本规范的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本规范。凡是未注日期的引用文件,其最新版本适用于本规范。

GB 50009 建筑结构荷载规范

GB 50011 建筑抗震设计规范

GB 50010 混凝土结构设计规范

GB 50003 砌体结构设计规范

GB 50330 建筑边坡工程技术规范

GB 50111 铁路工程抗震设计规范

GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范

GB 50086 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范

GB 50843 建筑边坡工程鉴定与加固技术规范

GB 50487 水利水电工程地质勘察规范

YB/T 5294 一般用途低碳钢丝

YB/T 5343 制绳用钢丝

GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计规范

GB/T 706 热轧型钢

GB/T 14370 预应力筋用锚具、夹具和连接器

GB/T 912 碳素结构钢和低合金结构钢热轧薄钢板和钢带

JTG D70 公路隧道设计规范

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

SL 386 水利水电工程边坡设计规范

T/CAGHP 011—2018 崩塌防治工程勘查规范

3 术语、定义和符号

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本规范。

3.1.1

崩塌 rock fall

陡坡或陡崖上的岩土体脱离母体下落的现象。

3.1.2

危岩 dangerous rocks

陡坡或陡崖上可能离开母体下落的地质体。

3.1.3

外倾结构面 extroverted structural planes

危岩体倾向坡外的结构面。

3.1.4

软弱结构面 weak structural planes

两壁较平滑、充填有一定厚度软弱物质且延伸较长的结构面。

3.1.5

滑移式崩塌 sliding rock fall

危岩沿光滑结构面或软弱面滑移，距离坡脚一定高度的坡面上滑移剪出，或土体沿坡顶最大张应力处张裂，于坡脚一定高度处剪出的现象。

3.1.6

倾倒式崩塌 toppling rock fall

危岩以垂直节理或裂隙与母体分开，以危岩底部的某一点为转点，发生转动性倾倒的现象。

3.1.7

坠落式崩塌 falling rock fall

危岩下方悬空或支撑承载力不足抵抗自重而以自由落体方式脱离母体的现象。

3.1.8

抗滑桩(键) anti-slide pile(tie)

穿过滑移式崩塌体伸入稳定岩体的桩柱，用以支挡滑体的滑动力，起稳定边坡的作用。抗滑键是埋在滑面附近的短桩柱，适用于加固厚层、巨厚层状岩质滑移式崩塌。

3.1.9

棚洞 shed tunnel

棚洞是为防止崩塌危及保护对象设置的一种构筑简支顶棚架，并回填而成的洞身。

3.1.10

拦石墙 retaining wall against falling rocks

修建于崩塌源坡脚处平台，用于拦截崩塌落石块体的挡土墙，通常采用浆砌砌筑或混凝土浇筑。

3.1.11

喷射混凝土 shotcrete

利用压缩空气或其他动力，将按照一定配比拌制的混凝土混合物沿管路输送至喷头处，以较高

速度垂直喷射于受喷面，依赖喷射过程中水泥与骨料的连续撞击，压密而形成的一种混凝土。

3.1.12

动态设计法 method of information design

根据信息法施工和施工勘查反馈的资料，对地质结论、设计参数及设计方案进行再验证，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。

3.2 符号

3.2.1 作用与作用效应

G——危岩体自重力；

G_b——竖向附加荷载作用力；

Q——水平荷载作用力；

V——裂隙面水压力；

U——滑移面水压力；

R——支撑反力；

P——锚杆轴向力；

P_d——等效冲击作用力；

E_0——静止土压力；

E_a——主动土压力；

E_p——被动土压力。

3.2.2 材料性能和抗力

E_c——混凝土弹性模量；

E_s——钢筋弹性模量；

δ_s——钢筋抗剪断强度；

δ_c——混凝土抗剪断强度；

σ_k——崩塌体抗拉强度；

γ——岩土体重度；

c——岩土体黏聚力；

φ——岩土体内摩擦角；

c_s——外倾软弱结构面的黏聚力；

φ_s——外倾软弱结构面内摩擦角；

H_{tk}——锚杆水平拉力标准值。

3.2.3 几何参数

H——危岩体后缘裂隙上端到未贯通段下端的垂直距离；

h——危岩体后缘裂隙深度；

H_0——危岩体后缘潜在破坏面高度；

a——块体重心到基座顶面前缘的水平距离；

b——后缘裂隙延伸段下端到基座顶面前缘的水平距离；

β——危岩体后缘裂隙倾角；

α——危岩体与基座接触面倾角；

l——支撑体距离主控裂隙面在危岩底部出露点的水平距离；

A——锚杆杆体截面面积；

A_c——锚固体截面面积；

A_s——锚杆钢筋或预应力钢绞线截面面积；

A_{cs}——抗滑键扣除纵向钢筋截面面积；

l_a——锚杆锚固体与地层间的锚固段长度或锚筋与砂浆间的锚固长度。

3.2.4 计算参数

γ_0——防护结构重要性系数；

λ——侧压力系数；

K_a——主动岩、土压力系数；

K_0——静止土压力系数；

K_p——被动岩、土压力系数；

F_s——危岩体稳定系数；

F_{st}——危岩体稳定安全系数；

K——结构安全系数。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 防治工程设计应综合考虑崩塌区工程地质条件、地形地貌、破坏类型、规模、稳定性及邻近建(构)筑物的分布情况、施工设备和施工季节等条件，因地制宜，合理设计。崩塌防护结构型式应考虑场地地质和环境条件、崩塌规模大小和失稳破坏模式以及工程安全等级等因素选定。

4.1.2 崩塌防治工程设计应搜集下列基础资料：

a) 崩塌防治工程设计所依据的勘查成果及监测资料。

b) 崩塌影响区的范围大小、区内的建(构)筑物分布及规划资料。

c) 施工条件、施工技术、设备性能和施工经验等资料。

d) 相应设计阶段的有关行政批复。

4.1.3 崩塌防治工程结构设计使用年限为50年，且不应低于被保护的建(构)筑物设计使用年限。

4.1.4 崩塌防治工程设计划分为可行性方案设计、初步设计和施工图设计3个阶段。对于规模小、地质条件清楚的崩塌，可简化设计阶段。

4.1.5 可行性方案设计：根据灾害评估或初勘报告、防治目标，对多种方案的技术、经济、社会和环境效益等进行论证；进行防治工程估算；提交可行性方案报告及设计附图册等。

4.1.6 初步设计：依据初勘或详勘报告，对推荐方案进行充分论证和试验；提出具体工程实现步骤和有关工程参数，进行结构设计；进行工程概算；提交初步设计报告及设计附图册等。

4.1.7 施工图设计：依据详勘报告，对初步设计确定的工程图进行细部设计；提出施工技术、施工组织和安全措施要求，满足工程施工和招投标要求，编制工程施工图件及说明；进行工程预算；提交施工图设计报告及设计附图册等。

4.1.8 应急抢险治理工程设计可简化4.1.5～4.1.7设计阶段，设计内容根据现场应急抢险治理需要综合确定。可采用临时刷方减载、临时排水隔水、临时支挡支撑、临时锚固、临时拦挡防护等措施。

有条件时，后期崩塌综合防治工程设计应利用应急抢险治理工程措施。

4.1.9 崩塌防治工程措施应与周边环境相协调，宜采用动态设计。

4.1.10 对于复杂、大型的崩塌防治工程应进行专项设计方案论证。

4.2 崩塌分类

4.2.1 崩塌按破坏方式主要分为滑移式崩塌、倾倒式崩塌及坠落式崩塌三大类，可参见表1。

表1 崩塌按破坏方式分类

崩塌类型	主要岩性	破坏方式
滑移式崩塌	多为软硬相间的岩层、黄土、黏土、坚硬岩层下伏软弱岩层	危岩体沿软弱面滑移，距离坡脚一定高度的坡面上滑移剪出；土体沿坡顶最大张应力处张裂，于坡脚一定高度处剪出
倾倒式崩塌	多为黄土、直立或陡倾的岩层	危岩体转动倾倒塌落
坠落式崩塌	多见于软硬相间的岩层	悬空或悬挑式岩(土)体拉断塌落

4.2.2 按崩塌破坏单体体积可分为小型危岩崩塌体、中型危岩崩塌体、大型危岩崩塌体和特大型危岩崩塌体，可参见表2。

表2 危岩崩塌单体按体积分类

危岩崩塌单体体积 V/m^3	$V\leqslant 1\,000$	$1\,000<V\leqslant 10\,000$	$10\,000<V\leqslant 10\times 10^4$	$V>10\times 10^4$
危岩崩塌单体类型	小型危岩崩塌体	中型危岩崩塌体	大型危岩崩塌体	特大型危岩崩塌体

4.2.3 按所处相对高度可分为低位崩塌、中位崩塌、高位崩塌、特高位崩塌，可参见表3。

表3 危岩体按所处相对高度分类

危岩体相对崖底高差 H/m	$H\leqslant 15$	$15<H\leqslant 50$	$50<H\leqslant 100$	$H>100$
危岩体崩塌类型	低位崩塌	中位崩塌	高位崩塌	特高位崩塌

4.2.4 按崩塌体的岩土性质可分为土质崩塌和岩质崩塌两类。

4.3 防治工程等级

4.3.1 崩塌防治工程等级应根据崩塌威胁对象按表4进行划分。

表4 崩塌防治工程等级划分

防治工程等级		特级	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级
崩塌威胁对象	威胁人数/人	≥5 000	≥500 且<5 000	≥100 且<500	<100
	威胁设施的重要性	非常重要	重要	较重要	一般
注：表中只要满足1项即可按就高原则划分等级。					

4.3.2 崩塌威胁设施的重要性分类可按附录A确定。

4.3.3 长度较大或方向差异较大的崩塌防治工程等级应根据威胁对象重要性和威胁人数多少的差异分段划分。

4.4 设计原则

4.4.1 崩塌防治工程设计应符合下列原则：

a) 崩塌防治工程设计应遵循主动治理和被动防护相结合的原则。

b) 崩塌防治工程设计应与社会、经济和环境发展相适应，与城市规划和土地利用相结合。

c) 崩塌防治工程设计应进行方案比选、技术与经济论证，使工程达到安全可靠、经济合理。

d) 崩塌防治工程设计应在保证崩塌坡体处于稳定与安全基础上，同时考虑环境保护与景观需求。

4.4.2 崩塌防治技术分类

4.4.2.1 按照防治技术分类，可分为加固、拦截与引导、遮盖。

4.4.2.2 支撑与嵌补、抗滑桩(键)、挡土墙、锚杆(索)、挂网喷锚、裂隙灌浆等加固措施可结合使用。

4.4.2.3 拦石墙、防护网、防护林等拦截措施，主要终止崩塌运动或改变崩塌体运动轨迹，减轻灾害。

4.4.2.4 棚洞、明洞等遮盖措施，遮盖建筑需直接承受崩塌冲击荷载，要求有一定刚度和耗能结构，耗能结构吸收撞击能后便于修复更换。

4.4.2.5 崩塌防护结构常用型式可按表5选择。

表5 崩塌防护结构常用型式

防护结构类型	防护机理	适用危岩的特征	防护结构主要作用及要求
清除	主动去除	规模小、稳定性差的危岩体	采用人工或机械措施，将危岩体直接剥离母岩并进行无害化妥善处置。若清除施工扰动不会对下方保护对象造成危害时，应优先采用；但裂隙较发育，清除后易产生连锁失稳时不宜采用
支撑	主动加固	危岩体底部悬空存在较大凹岩腔	在凹岩腔中，利用支撑结构将上部危岩体的重力传力于稳定地基上
嵌补	主动加固	危岩体底部悬空存在较小凹岩腔	使用混凝土等材料充填和封闭凹腔防止凹腔风化而进一步扩大
锚固	主动加固	倾倒式、滑移式危岩体	用锚杆或锚索将危岩体与稳定的母岩连接在一起，约束其变形和位移
抗滑桩(键)	主动加固	滑移式危岩体	用混凝土桩体穿过危岩体的滑移面进而起到阻滑作用，滑面薄用键，滑面厚或间隔多层用桩
挂网喷锚	主动加固	陡崖整体稳定，表面破碎，有随机的落石	在易落石的陡崖面上用钢筋网片、喷射混凝土和短锚杆支护系统加固和封闭松动坡面，用于防止其形成的落石。在裂隙水不发育的硬质岩面上使用效果较好。城镇、景区等对环境视觉要求高的区域，应慎重使用
主动防护网	主动加固	陡崖整体稳定，表面破碎，有随机的落石	用柔性支承网覆盖于节理发育密集的坡面，并通过锚杆系统施加紧固力防止坡面松动产生落石下坠
被动防护网	被动抗御	陡崖整体稳定，有随机的零星落石	在崩塌落石源与保护对象之间设置的用于截停单个落石的拦石网系统，在陡崖下有缓坡地形时优先使用
拦石墙	被动抗御	陡崖整体基本稳定，可能有小规模崩塌形成落石群	在崩塌落石源与保护对象之间设置的抗落石冲击力较强，可截停并容纳较多落石的拦石构筑物，在陡崖下有缓坡宽敞地形设置落石槽时应优先使用
棚洞	被动抗御	陡崖高位危岩落石	在陡崖下方重要的公路、铁路等保护对象顶上设置的全封闭或半封闭防落石危害的自保性构筑物

4.4.3 崩塌防治工程的混凝土结构耐久性设计要求应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》(GB/T 50476)的规定。

4.4.4 对于特级崩塌防治工程应进行专项方案论证。

5 荷载与计算

5.1 荷载

5.1.1 崩塌防治工程设计荷载：

a) 危岩体自重。

b) 地表和地下水产生的荷载，包括裂隙水压力和渗透压力等。

c) 地震荷载：地震荷载计算参见附录 B。

d) 活动荷载：活动荷载按设计基准期为 50 年标准值计算，可参照《建筑结构荷载规范》(GB 50009)规范取值。

e) 崩塌体冲击荷载：冲击荷载计算参见附录 H。

f) 其他荷载。

5.1.2 荷载标准

崩塌防治工程暴雨强度重现期和地震荷载取值标准如表 6 所示。

表 6 崩塌防治工程暴雨强度重现期和地震荷载强度标准

崩塌防治工程等级	暴雨强度重现期/年		地震荷载(年超越概率 10 %)/年	
	设计	校核	设计	校核
特级	50	100	50	100
Ⅰ级	50	100	50	100
Ⅱ级	20	50		50
Ⅲ级	10	20		

注 1：暴雨强度按 10 年～100 年的重现期计。

注 2：地震荷载按 50 年～100 年超越荷载率的地震加速计。

5.1.3 设计工况

崩塌防治工程设计计算工况可分为现状工况、暴雨工况，地震烈度为Ⅶ度及以上时，应考虑地震工况。其中暴雨强度应根据防治工程等级选取，如表 6 所示。

现状工况：自重＋裂隙水压力＋工程荷载(活动荷载＋其他荷载)；

暴雨工况：自重＋裂隙水压力＋工程荷载(活动荷载＋其他荷载)；

地震工况：自重＋裂隙水压力＋工程荷载(活动荷载＋其他荷载)＋地震力。

一般工况指现状工况和暴雨工况，校核工况指地震工况。

5.2 稳定性计算

在进行崩塌体稳定性计算之前，应根据崩塌范围、规模、地质条件，崩塌体破坏模式及已经出现的崩塌路径，采用地质类比法对崩塌体的稳定性做出定性判断。

5.2.1 崩塌体岩土物理力学参数取值

物理力学参数可根据勘查报告，并采用试验法、反算法和经验数据类比等分析方法综合确定。

5.2.2 土质崩塌稳定性计算

对于滑移面为圆弧形的土质、破碎或较破碎软质岩崩塌体，稳定性可采用简化毕肖普法，具体计算参考《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330)的要求；对于滑移面为折线形时稳定计算可参考传递系数法进行计算。

5.2.3 岩质崩塌稳定性计算

岩质崩塌稳定性计算参照附录C。对于复杂结构危岩体的稳定性计算要采用有限元方法进行计算评价。

5.3 稳定性评价

5.3.1 危岩安全系数取值

危岩稳定安全系数应根据崩塌防治工程等级和崩塌破坏类型按表7综合确定。

表7 危岩稳定安全系数 F_{st}

崩塌破坏类型	崩塌防治工程等级							
	特级		Ⅰ级		Ⅱ级		Ⅲ级	
	一般工况	校核工况	一般工况	校核工况	一般工况	校核工况	一般工况	校核工况
滑移式	1.40	1.15	1.40	1.15	1.30	1.10	1.20	1.05
倾倒式	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.15	1.30	1.10
坠落式	1.60	1.25	1.60	1.25	1.50	1.20	1.40	1.15
注：一般工况指天然工况和暴雨(融雪)工况，校核工况指地震工况。								

5.3.2 危岩体稳定性评价

根据危岩体计算的稳定性系数 F_s，按照表8进行稳定性评价。

表8 危岩体稳定性评价标准

崩塌类型	崩塌稳定状态			
	不稳定	欠稳定	基本稳定	稳定
滑移式崩塌	$F_s<1.0$	$1.00\leqslant F_s<1.15$	$1.15\leqslant F_s<F_{st}$	$F_s\geqslant F_{st}$
倾倒式崩塌	$F_s<1.0$	$1.00\leqslant F_s<1.25$	$1.25\leqslant F_s<F_{st}$	$F_s\geqslant F_{st}$
坠落式崩塌	$F_s<1.0$	$1.00\leqslant F_s<1.35$	$1.35\leqslant F_s<F_{st}$	$F_s\geqslant F_{st}$
注：表中 F_{st} 为崩塌防治工程设计安全系数，其取值方法见5.3.1。				

6 崩塌防治工程设计

6.1 一般规定

6.1.1 崩塌防治工程设计应做到安全适用、经济合理、技术先进，确保工程质量、提高工程效益，进而达到减免和防范崩塌地质灾害的目的。

6.1.2 应根据崩塌威胁区域的地形、地质、水文、气象、环境等，制定相应的安全施工技术和环境保护措施，确保施工安全和防止水土污染、流失。

6.1.3 崩塌防治工程设计措施应根据崩塌破坏模式选择。

6.1.3.1 滑移式崩塌宜采取清除、抗滑桩(键)、挡土墙、锚杆(索)等措施。

6.1.3.2 倾倒式崩塌宜采取清除、支撑与嵌补、上部锚杆(索)加固、封闭顶部裂隙等措施。

6.1.3.3 崩塌体易产生剥落破坏后坠落的，可采取浅层加固措施，如挂网喷浆与锚固，也可采取防护网、拦石墙等措施。

6.1.3.4 崩塌体易产生错落破坏后坠落的，可采取清除、支撑与嵌补、上部锚杆(索)加固等措施。

6.1.3.5 直接产生坠落破坏的，可采取岩腔嵌补与支撑。

6.1.3.6 崩塌体清除后应进行表面加固防护处理，不得形成次生灾害。

6.1.4 在有建(构)筑物的崩塌地区进行防治工程设计时，拟采用的工程措施不应危及建(构)筑物的安全和正常使用。其防治工程等级应不低于影响区范围内建(构)筑物的安全等级。

6.1.5 位于水库区或江河岸边的崩塌防治工程设计，应考虑水位变化对崩塌的影响以及防治工程对环境的影响。

6.1.6 崩塌防治工程设计应以地质勘查资料成果为依据，根据设计需要或发现勘查资料与实际不符时，应对崩塌体做稳定性复核验算。

6.1.7 崩塌防治工程设计应根据施工过程反馈的地质信息及施工监测数据及时调整设计措施及施工方案，做到动态设计、指导安全施工以满足信息化施工的要求。

6.1.8 滑移式崩塌应根据危岩体的完整性，可以采用抗滑桩(键)、锚杆和(或)预应力锚索等治理措施。当采用预应力锚索时，不应使它处于受剪状态。

6.2 清除

6.2.1 一般要求

6.2.1.1 当危岩体有清除条件时，可清除危岩体，但不得破坏母岩的稳定性。

6.2.1.2 土质崩塌坡体有放坡条件，且无不良地质时，宜尽量采取放缓坡率法提高崩塌体整体稳定性。

6.2.1.3 对危岩单体及孤石清除应按从上而下顺序，尽量采用人工撬除或机械破碎清除。

6.2.1.4 对土质崩塌体高度大于 10 m、岩质崩塌体高度大于 15 m 的高陡崩塌体，需分级放坡时，可参考《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330)中的表 14.2.1、表 14.2.2 选取坡率。

6.2.1.5 崩塌体清除放坡后，为防止风化剥落，可采取各类护坡或防护工程进行防护。

6.2.2 施工技术要求

6.2.2.1 放缓坡率应按照设计坡率进行，避免超挖或开挖不到位，开挖施工自上而下有序进行，预先设置有效的防护处置措施，保证弃土、弃渣、滚石等不造成次生灾害。

6.2.2.2 爆破清除施工应编制专项方案，宜采用静态爆破、控制爆破等弱爆破措施，防止对整体边坡或母岩稳定造成不利影响。

6.2.2.3 危岩清除应先清除崩塌体坡面浮石、浮土后，从上至下、由外向内逐层清除。当有危及下方过往车辆与行人、建(构)筑物等安全隐患时，应事先采取防护、警示、警戒等措施，确保施工安全。

6.2.2.4 清除施工质量检验，主要内容应包括核实放坡坡率是否满足设计要求、检查是否存在产生次生灾害的软弱层、滑动面、不利结构面等。

6.2.2.5 崩塌清除过程中应有监控，并加强施工监测。

6.2.2.6 对清除开挖形成坡面应及时进行防护和排水处理。

6.2.2.7 清除后的弃渣应运至指定弃渣场，严禁乱弃乱放，影响安全和环境。

6.3 锚固

6.3.1 一般要求

6.3.1.1 锚固主要指采用锚杆或锚索加固，锚杆适用于倾倒式及浅表层滑移式崩塌，锚索适用于大型滑移式崩塌。

6.3.1.2 当采用锚杆(索)时，应充分考虑锚杆(索)的特性、锚杆(索)与被锚固结构体系的稳定性、经济性以及施工可行性。

6.3.1.3 锚杆(索)设计使用年限应与所服务的工程设计使用年限相同，其防腐等级见《混凝土结构耐久性设计规范》(GB/T 50476)规范要求。

6.3.1.4 对于较破碎的岩质崩塌体及土质崩塌体，当采用锚杆(索)时，应与格构梁或肋柱配合使用；对于完整性好的岩质崩塌体，可采用单锚。

6.3.1.5 下列情况宜采用预应力锚杆(索)：

a) 崩塌体变形控制要求严格时。

b) 崩塌体在施工期稳定性差时。

c) 高度较大的土质及岩质崩塌体采用锚杆支护时。

6.3.1.6 对特殊条件下专项设计的预应力锚杆，必须在充分调查研究和必需的试验基础上进行设计。

6.3.2 设计计算

6.3.2.1 作用于锚杆(索)结构物上的荷载有：水压力、下滑力(对滑移式崩塌)、地震力及其他荷载等。

6.3.2.2 锚杆(索)设计计算可参照《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330)规范中的有关条款及附录D要求进行。

6.3.2.3 对于较破碎的岩质崩塌体及土质崩塌体，当采用锚杆(索)与格构梁或肋柱配合使用时，应对竖向格构梁或肋柱的基础进行验算。

6.3.3 构造设计

6.3.3.1 预应力锚杆(索)总长度应为锚固段、自由段和外锚段的长度之和，并应满足下列要求：

a) 锚杆(索)自由段长度按外锚头到潜在滑裂面的长度计算；预应力锚杆自由段长度应不小于5 m，且应超过潜在滑裂面不小于1.5 m。

b) 锚杆(索)锚固段长度应根据设计计算确定。当锚固段位于土层，其长度不应小于4 m，且