DZ

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0220—2006

泥石流灾害防治工程勘查规范

Specification of geological investigation for debris flow stabilization

2006-06-05 发布　　2006-09-01 实施

中华人民共和国国土资源部　发布

目　　次

前言 …… Ⅲ
引言 …… Ⅳ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　基本规定 …… 2
5　泥石流类型划分及危害性分级 …… 2
6　泥石流调查 …… 4
7　泥石流治理工程勘查 …… 8
附录A（资料性附录）　泥石流类型划分 …… 13
附录B（规范性附录）　暴雨强度指标R …… 15
附录C（资料性附录）　泥石流沟发展阶段的识别 …… 16
附录D（规范性附录）　单沟泥石流危险区预测 …… 17
附录E（资料性附录）　泥石流调查的主要方法 …… 18
附录F（资料性附录）　泥石流试验方法 …… 19
附录G（规范性附录）　泥石流沟的数量化综合评判及易发程度等级标准 …… 21
附录H（资料性附录）　泥石流调查表 …… 24
附录I（规范性附录）　泥石流特征值的确定 …… 26
附录J（规范性附录）　区域性泥石流活动性调查评判 …… 32

前　言

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

本规范由国土资源部地质环境司提出。

本规范由国土资源部国际合作与科技司归口管理。

本规范主要起草单位：四川省国土资源厅。

参加起草单位：中铁西南科学院、中科院成都山地灾害研究所、铁道第二勘查设计院、成都理工大学、四川省地矿局。

本规范起草人：葛文彬、谭炳炎、唐邦兴、蒋忠信、刘汉超、李前银、柳源、徐志文、薛佩瑄、蒋俊、胡涛、杨敏。

本规范由国土资源部地质环境司负责解释。

引　言

为避免或减轻泥石流灾害造成的损失，维护人民生命财产安全，统一技术标准，规范泥石流勘查工作，使泥石流防治工程经济合理、技术可行、安全可靠，实现经济和社会可持续发展的防灾减灾宗旨，根据国务院第394号令《地质灾害防治条例》，制定本规范。

泥石流灾害防治工程勘查规范

1 范围

本规范规定了泥石流类型划分及危害性分级、泥石流灾害的调查与勘查等内容。

本规范适用于自然或人为因素引发的危及城镇人口集中区、大中型工矿企业、风景名胜区等公共安全的泥石流灾害勘查工作；也可适用于危及水利水电、公路、铁路等基础设施安全的泥石流灾害勘查工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。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标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 50007—2002 建筑地基基础设计规范

GB 50021—2001 岩土工程勘查规范

GB/T 50266—1999 工程岩体试验方法标准

GB 50287—1999 水利水电工程地质勘查规范

GBJ 27—1991 铁路工程地质泥石流勘测规则

GBJ 50—1990 城市防洪工程设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

泥石流 debris flow

由于降水(暴雨、冰川、积雪融化水)在沟谷或山坡上产生的一种挟带大量泥砂、石块和巨砾等固体物质的特殊洪流。其汇水、汇砂过程十分复杂，是各种自然和(或)人为因素综合作用的产物。

3.2

泥石流灾害 debris flow hazard

指对人民生命财产造成损失或构成危害的灾害性泥石流；泥石流如不造成损失或不构成危害，则只是一种自然地质作用和现象。

3.3

潜在泥石流沟 potential debris valley

经调查无近期泥石流活动史，但存在可能暴发泥石流部分条件的沟谷。

3.4

泥石流勘查 debris flow investigation

在收集已有资料的基础上，对泥石流活动区域进行的有关泥石流形成、活动、堆积特征、发展趋势与危害等方面的各种实地调查、综合分析与评判，结合泥石流调查确定的防治工程方案，采用测绘、勘探(钻探、物探等)、试(实)验等手段，查明对应的可行性论证阶段、设计阶段和施工阶段防治工程所需要的工程地质条件的工作过程。

3.5

泥石流防治　debris flow stabilization

包括泥石流预防(避让、监测、预警预报)和工程治理两个方面。

3.6

防灾预案　preparadness of hazard reduction

贯彻“以人为本”宗旨,在泥石流活动地区为避免和减轻泥石流危害而制定的监测、预警预报、避让、搬迁等预防性防灾措施,并明确相关责任人的主动防治泥石流危害的群测群防方案。

4　基本规定

4.1　泥石流勘查目的和阶段划分

泥石流勘查的目的是查明泥石流发育的自然环境、形成条件,泥石流的基本特征和危害,为泥石流防治方案的选择和防治工程的设计提供基础资料。

泥石流勘查工作划分为泥石流调查、可行性论证阶段泥石流勘查、设计阶段泥石流勘查、施工阶段泥石流勘查阶段。在突发或遇灾前兆过程中,可采取应急治理泥石流勘查。

4.2　泥石流调查工作

对暴发泥石流可能危及人民生命财产安全的流域沟谷,针对泥石流的形成要素和泥石流特征,通过调查与判别,区分泥石流沟(含潜在泥石流沟)和非泥石流沟,确定易发程度和危害等级并对泥石流沟、潜在泥石流沟的防治方案提出建议。

4.3　可行性论证阶段泥石流勘查

在泥石流调查的基础上,对发育泥石流的自然地理、地质环境和泥石流的形成条件进行定量勘查,并查明泥石流的特征和危害,进一步论证泥石流工程治理方案的可行性,提出工程治理的建议方案和地域范围。

4.4　设计阶段泥石流勘查

初步设计阶段,结合泥石流可行性论证阶段优化的工程治理方案,围绕可能采用的工程措施、工程设计所需的泥石流参数和工程地质条件进行进一步勘查、论证和比选工程治理方案,提出工程措施建议。

施工图设计阶段,对前阶段勘查的遗留问题和工程设计中需增补的设计参数进行补充勘查,重点是工程建设地段的工程地质详勘。

4.5　施工阶段泥石流勘查

在治理工程实施过程中,对施工揭示的地质信息加以综合,补充、修正和完善勘查资料;为变更设计进行补充勘查。

4.6　应急治理泥石流勘查

在发现泥石流临兆之前或发生泥石流的过程中及泥石流发生后,为消除或减轻泥石流危害和尽快恢复生产、生活秩序而实施的应急治理工程所需开展针对性很强的勘查工作。

5　泥石流类型划分及危害性分级

5.1　泥石流类型划分

5.1.1　按水源成因及物源成因可分为暴雨(降雨)泥石流、冰川(冰雪融水)泥石流,溃决(含冰湖溃决)泥石流;坡面侵蚀型泥石流、崩滑型泥石流、冰碛型泥石流、火山泥石流、弃渣泥石流、混合型泥石流等(参见附录A表A.1)。

5.1.2　按集水区地貌特征可分为沟谷型泥石流和坡面型泥石流(参见附录A表A.2)。

5.1.3　按暴发频率分:高频泥石流(一年多次至5年1次)、中频泥石流(1次/5年～20年)、低频泥石流(1次/20年～50年)和极低频泥石流(>1次/50年)。

5.1.4 按泥石流物质组成，可分为泥流型、水石型和泥石型泥石流(参见附录 A 表 A.3)。

5.1.5 按流体性质可分为粘性泥石流(重度 1.60 t/m^3～2.30 t/m^3)和稀性泥石流(重度 1.30 t/m^3～1.60 t/m^3)。(参见附录 A 表 A.4)。

5.1.6 按泥石流一次性暴发规模可分为特大型、大型、中型和小型四级(表 1)。

表 1 泥石流暴发规模分类

分类指标	特大型	大型	中型	小型
泥石流一次堆积总量/(10^4 m^3)	>100	10～100	1～10	<1
泥石流洪峰量/(m^3/s)	>200	100～200	50～100	<50

5.2 泥石流危险性分级

5.2.1 单沟泥石流活动性定性分级：根据泥石流活动特点、灾情预测，其活动性可划分为低、中、高和极高四级(见表 2)。

表 2 单沟泥石流活动性分级表

泥石流活动特点	灾情预测	活动性分级
能够发生小规模和低频率泥石流或山洪	致灾轻微，不会造成重大灾害和严重危害	低
能够间歇性发生中等规模的泥石流，较易由工程治理所控制	致灾轻微，较少造成重大灾害和严重危害	中
能够发生大规模的高、中、低频率的泥石流	致灾较重，可造成大、中型灾害和严重危害	高
能够发生巨大规模的特高、高、中、低频率的泥石流	致灾严重，来势凶猛，冲击破坏力大，可造成特大灾难和严重危害	极高

5.2.2 根据泥石流灾害一次造成的死亡人数或直接经济损失可分为特大型、大型、中型和小型 4 个灾害等级(见表 3)。

表 3 泥石流灾害危害性等级划分

危害性灾度等级[a]	特大型	大 型	中 型	小 型
死亡人数/人	>30	30～10	10～3	<3
直接经济损失/万元	>1 000	1 000～500	500～100	<100
[a] 灾度的两项指标不在一个级次时，按从高原则确定灾度等级。				

5.2.3 对潜在可能发生的泥石流，根据受威胁人数或可能造成的直接经济损失，可分为特大型、大型、中型和小型四个潜在危险性等级(见表 4)。

表 4 泥石流潜在危险性分级表

潜在危险性等级[a]	特大型	大 型	中 型	小 型
直接威胁人数/人	>1 000	500～1 000	100～500	<100
直接经济损失/万元	>10 000	10 000～5 000	5 000～1 000	<1 000
[a] 潜在危险性等级的两项指标不在一个级次时，按从高原则确定灾度等级。				

5.2.4 区域泥石流活动性和危险区的划分，应充分利用 GIS 技术，调查影响区域泥石流活动性的相关因子，并将其集成综合分析，作为区域泥石流活动性和危险区划分的依据(参见相关文献)，并评价其危害性。

6 泥石流调查

6.1 泥石流调查工作内容

6.1.1 资料收集

在现场调查之前，应收集调查区的气象水文、地形地貌、地层岩性、地质构造、地震活动、泥石流发生的历史记录、前人调查研究成果、已有勘查资料和泥石流防治工程文件、与泥石流有关的人类工程活动等资料，以此作为调查工作的基础。

6.1.2 自然地理调查

6.1.2.1 地形：量测流域形状、流域面积、主沟长度、沟床比降、流域高差、谷坡坡度、沟谷纵横断面形状、水系结构和沟谷密度等地形要素。

6.1.2.2 气象：主要收集或观测各种降水、气温资料。降水资料主要包括多年平均降水量、降水年际变率、年内降水量分配、年降水日数、降水地区变异系数和最大降水强度，尤其是与暴发泥石流密切相关的暴雨日数及其出现频率、典型时段(24 h、60 min、10 min)的最大降水量及多年平均小时降雨量。

6.1.2.3 水文：收集或推算各种流量、径流特性、主河及下游高一级大河水文特性等数据。

6.1.2.4 植被与土壤：调查流域植被类型与覆盖程度，植被破坏情况，土地利用类型和侵蚀程度等。

6.1.3 地质调查

6.1.3.1 地层岩性：查阅区域地质图或现场调查流域内分布的地层及其岩性，尤其是易形成松散固体物质的第四系地层和软质岩层的分布与性质。

6.1.3.2 地质构造：查阅区域构造图或现场调查流域内断层的展布与性质、断层破碎带的性质与宽度、褶曲的分布及岩层产状，统计各种结构面的方位与频度。

6.1.3.3 新构造运动与地震：从区域地质构造及流域地貌分析新构造运动特性，从《1∶400 万中国地震烈度区划图》查知地震基本烈度。

6.1.3.4 不良地质体与松散固体物质：调查流域内不良地质体与松散固体物源的位置、储量和补给形式。

6.1.3.5 水文地质：调查地下水尤其是第四系潜水及其出露情况，岩溶负地形及消水能力。

6.1.4 人为活动调查

主要调查与泥石流形成有关的人类活动。

6.1.4.1 泥石流活动范围内人类生产、生活设施状况，特别是沟口、泥石流扇上居民点及工农业相关基础设施、泥石流沟槽挤占情况。

6.1.4.2 水土流失：主要调查植被破坏、毁林开荒、陡坡垦殖、过度放牧等造成的水土流失状况。

6.1.4.3 弃土弃碴：主要调查筑路弃土和工厂、矿业弃碴及其挡碴措施。

6.1.4.4 水利工程：对可能溃决形成泥石流的病险水库、输水线路的安全性、发生原因、条件、危害性和溃决条件应进行详细调查。

6.1.5 冰川泥石流调查内容

6.1.5.1 冰雪融水泥石流：调查冰川 U 形谷的地貌特征，沿沟分布的冰碛物、冰水沉积物的堆积规模、特征及稳定性，冬春季雪崩、冰崩的规模和频度，春季冰雪融水的径流量及其时间分布，冰川和积雪的面积，雪线变化等。

6.1.5.2 冰湖溃决泥石流：调查冰川舌的进退及可能发生的冰滑坡，冰碛湖的面积、水量与水深，阻湖终碛堤的空间形态和物质特征，冰湖下游的沟谷形态和支沟径流，沿沟的冰碛物和冰水沉积物等。

6.1.6 泥石流活动性、险情、灾情调查

6.1.6.1 泥石流特征：查阅历史资料和通过现场访问，调查暴发泥石流的时间、次数、持续过程、有无阵性、堵溃、断流、龙头高度、流体组成、石块大小、泥痕位置、响声大小等泥石流特征。

6.1.6.2 引发因素：发生泥石流前的降雨时间、雨量大小、冰雪崩滑、地震、崩塌滑坡、水渠渗水、冰湖和

水库溃决等引发因素。

6.1.6.3 堆积扇：调查泥石流堆积扇的分布、形态、规模、扇面坡度、物质组成、植被、新老扇的组合及与主河(主沟)的关系，堆积扇体的变化，扇上沟道排泄能力及沟道变迁，主河堵溃后上、下游的水毁灾害。

6.1.6.4 既有防治工程：调查既有泥石流防治工程的类型、规模、结构、使用效果、损毁情况及损毁原因。

6.1.6.5 **危害性**

a) 危害作用方式：调查泥石流侵蚀(冲击、冲刷)的部位、方式、范围和强度，泥石流淤埋的部位、规模、范围和速率，泥石流淤堵主沟的原因、部位、断流和溃决情况，泥石流完全堵塞或部分堵塞主河的原因、现状、历史情况及溃决洪水对下游的水毁灾害。

b) 危险区的划定：确定泥石流危险区范围，可参考表5。

表5 泥石流活动危险区域划分表

危险分区	判别特征
极危险区	1. 泥石流、洪水能直接到达的地区：历史最高泥位或水位线及泛滥线以下地区。 2. 河沟两岸已知的及预测可能发生崩坍、滑坡的地区：有变形迹象的崩坍、滑坡区域内和滑坡前缘可能到达的区域内。 3. 堆积扇挤压大河或大河被堵塞后诱发的大河上、下游的可能受灾地区
危险区	1. 最高泥位或水位线以上加堵塞后的壅高水位以下的淹没区，溃坝后泥石流可能到达的地区。 2. 河沟两岸崩坍、滑坡后缘裂隙以上50m～100m范围内，或按实地地形确定。 3. 大河因泥石流堵江后在极危险区以外的周边地区仍可能发生灾害的区域
影响区	高于危险区与危险区相邻的地区，它不会直接与泥石流遭遇，但却有可能间接受到泥石流危害的牵连而发生某些级别灾害的地区
安全区	极危险区、危险区、影响区以外的地区为安全区

c) 灾害损失：调查每次泥石流危害的对象，造成的人员伤亡、财产损失，估算间接经济损失，评估对当地社会、经济的影响；预测今后可能造成的危害。估计受潜在泥石流威胁的对象、范围和程度；按预测的危险区评估其危害性。

6.1.7 **调查报告**

调查报告应主要包括以下内容：

a) 泥石流沟判别结果(见附录G表G.1)；

b) 泥石流特征；

c) 泥石流危险区；

d) 危险性分级；

e) 场地适宜性评价；

f) 防治方案建议；

g) 附图及相关资料。

6.2 泥石流活动性、危险性调查评判

在一般调查的基础上，为对泥石流活动性、危险性进行评判决策，开展进一步调查。根据服务对象，可分为区域性泥石流活动性评判、单沟泥石流活动性判别、泥石流危险性评估和泥石流防治评估决策等四类调查、评判。

6.2.1 单沟泥石流活动性调查判别

6.2.1.1 调查范围

以泥石流发育的小流域周界为调查单元。主河有可能被堵塞时，则应扩大到可能淹没的范围和主

河下游可能受溃坝水流波及的地区。

6.2.1.2 **调查的主要内容**

在一般调查内容中突出以下重点，参见附录 H《泥石流调查表》中的项目进行调查。

a) 确认诱发泥石流的外动力：暴雨、地震、冰雪融化、堤坝溃决。其中，暴雨资料包括气象部门或泥石流监测专用雨量站提供的该沟或紧临地区的年、日、时和 10 min 最大降雨量和多年平均雨量，前期降雨及前期累计降雨量等。对冰川泥石流地区，应增加日温度、冰雪可融化的体积、冰川移动速度、可能溃决水体的最大流量的调查。

b) 沟槽输移特性：实测或在地形图上量取河沟纵坡、产沙区和流通区沟槽横断面、泥沙沿程补给长度比、各区段运动的巨石最大粒径和巨石平均粒径，现场调查沟谷堵塞程度、两岸残留泥痕。

c) 地质环境：根据地质构造图了解震级和区域构造情况、按附录 G《泥石流沟易发程度和流域环境动态因数综合分级评判表》中的要求实地调查核实、并按流域环境动态因数综合分级确定构造影响程度。现场调查流域内的岩性，按软岩、黄土、硬岩、软硬岩互层、风化节理发育的硬岩等五类划分。

d) 松散物源：调查崩坍、滑坡、水土流失（自然的、人为的）等的发育程度，不稳定松散堆积体的处数、体积、所在位置、产状、静储量、动储量、平均厚度，弃碴类型及堆放形式等。

e) 泥石流活动史：调查发生年代、受灾对象、灾害形式、灾害损失、相应雨情、沟口堆积扇活动程度及挤压大河程度，并分析当前所处的泥石流发育阶段（见附录 C）。

f) 防治措施现状：调查防治建筑物的类型、建设年代、工程效果及损毁情况。

6.2.1.3 **泥石流活动强度**

泥石流活动强度按表 6 判别

表 6 泥石流活动强度判别表

活动强度	堆积扇规模	主河河型变化	主流偏移程度	泥沙补给长度比/%	松散物贮量/(10^4 m^3/km^2)	松散体变形量	暴雨强度指标 R
很强	很大	被逼弯	弯曲	>60	>10	很大	>10
强	较大	微弯	偏移	60～30	10～5	较大	4.2～10
较强	较小	无变化	大水偏	30～10	5～1	较小	3.1～4.2
弱	小或无	无变化	不偏	<10	<1	小或无	<3.1

6.2.2 **泥石流活动危险性评估**

泥石流活动危险性评估在泥石流活动性调查的基础上进行。

6.2.2.1 泥石流活动危险性评估的核心是通过调查分析确定泥石流活动的危险程度或灾害发生的机率。

暴雨泥石流活动危险程度或灾害发生机率的判别式：

危险程度或灾害发生机率(D)＝泥石流的致灾能力(F)/受灾体的承(抗)灾能力(E)

$D<1$ 受灾体处于安全工作状态，成灾可能性小；

$D>1$ 受灾体处于危险工作状态，成灾可能性大；

$D\approx1$ 受灾体处于灾变的临界工作状态，成灾与否的机率各占 50%，要警惕可能成灾的那部分。

6.2.2.2 泥石流的综合致灾能力 F 按表 7 中四因素分级量化总分值判别。

表 7　致灾体的综合致灾能力分级量化表

活动强度[a]	很强	4	强	3	较强	2	弱	1
活动规模[b]	特大型	4	大型	3	中型	2	小型	1
发生频率[c]	极低频	4	低频	3	中频	2	高频	1
堵塞程度[d]	严重	4	中等	3	轻微	2	无堵塞	1

[a] 按表 6 确定；

[b] 按表 1 确定；

[c] 按 5.1.3 确定；

[d] 按附录 I 表 I.1 确定。

F=16～13：综合致灾能力很强；

F=12～10：综合致灾能力强；

F=9～7：综合致灾能力较强；

F=6～4：综合致灾能力弱。

6.2.2.3　受灾体(建筑物)的综合承(抗)灾能力 E 按表 8 中四因素分级量化总分值判别：

E=4～6 ：综合承(抗)灾能力很差；

E=7～9：综合承(抗)灾能力差；

E=10～12：综合承(抗)灾能力较好；

E=13～16：综合承(抗)灾能力好。

表 8　受灾体(建筑物)的综合承(抗)灾能力分级量化表

设计标准	＜5 年一遇	1	5～10 年一遇	2	20～50 年一遇	3	＞50 年一遇	4
工程质量	较差，有严重隐患	1	合格，但有隐患	2	合格	3	良好	4
区位条件[a]	极危险区	1	危险区	2	影响区	3	安全区	4
防治工程和辅助工程的工程效果	较差或工程失效	1	存在较大问题	2	存在部份问题	3	较好	4

[a] 可按表 5 确定。

6.2.3　泥石流防治评估决策

6.2.3.1　根据综合致灾能力的强弱和受灾体综合承灾能力进行治理紧迫性分析(表 9)。治理紧迫性判别结果，可作为泥石流治理可行性综合评判的依据内容之一(见 6.2.3.3)。

表 9　泥石流治理紧迫性分析一览表

致灾能力(F)	承灾能力(E)			
	很差 (4～6)	差 (7～9)	较好 (10～12)	好 (13～16)
很强 (16～13)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ
强 (12～10)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
较强 (9～ 7)	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ
弱 (6～ 4)	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ

注：Ⅰ治理紧迫；Ⅱ治理较紧迫；Ⅲ预防为主。

6.2.3.2　根据综合危害性评价和治理紧迫性评价，对需进行治理的泥石流应提出勘查方案。

6.2.3.3　根据泥石流调查结果，按其危害性、治理紧迫性、发生频数、防治经济合理性、治理难易程度等

要素进行模糊综合评判，确定防治工作方向和阶段。评价因素、权重和评价集可参考表 10。

表 10　模糊综合评判评价因素集合评价集参考表

评价因素集	权重值	评价集(治理必要性划分)B		
		必要	符合条件时必要	不必要 (搬迁、避让、群防)
危害性	0.25	特大型(85～100) B_{11}	大、中型 (60～85) B_{12}	小型 (＜60) B_{13}
治理紧迫性	0.25	紧迫 (85～100) B_{21}	较紧迫 (60～85) B_{22}	预防为主 (＜60) B_{23}
发生频数	0.20	高频数 (85～100) B_{31}	中频数 (60～85) B_{32}	低频数 (＜60) B_{33}
防治经济合理性	0.15	合理 (85～100) B_{41}	较合理 (60～85) B_{42}	不合理 (＜60) B_{43}
治理难易程度	0.15	易治理 (85～100) B_{51}	较易治理(60～85) B_{52}	难治理(＜60) B_{53}

结合泥石流调查结果，对照表 10 中因素集对应的评价集，进行赋值；对 B_{11} ……B_{13}，……，B_{51} ……B_{53}，每一行的赋值总分值不大于 100；单项值未赋时为 0；权重值按专家推荐参数值，可形成模糊综合评判矩阵：

$$K=[0.25 \quad 0.25 \quad 0.20 \quad 0.15 \quad 0.15]\cdot\begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & B_{13} \\ B_{21} & B_{22} & B_{23} \\ B_{31} & B_{32} & B_{33} \\ B_{41} & B_{42} & B_{43} \\ B_{51} & B_{52} & B_{53} \end{bmatrix}$$

对上述进行“取小”法则进行复合运算：

$$K=[K_1 \quad K_2 \quad K_3]$$

归一化后，取 K_1、K_2、K_3 中的最大值作为 K 值，并按以下规则评判：

当隶属度值(K)：

$K>0.85$，勘查治理；

$K=0.7\sim0.85$，需满足高频数、易治理条件时，勘查治理；否则进一步调查论证；

$K=0.6\sim0.7$，满足高频数、易治理、经济合理时，勘查治理；否则搬迁、避让、群测群防；

$K<0.6$ 时，搬迁、避让、群测群防。

7　泥石流治理工程勘查

7.1　基本规定

7.1.1　工程地质测绘

7.1.1.1　遥感解释：从卫星图像和航空像片解译泥石流的区域性宏观分布、地貌和地质条件；有条件可用不同时相的影像图解译，对比泥石流发展过程、演化趋势；编制遥感图像解释图，航片比例尺宜为 1∶8 000～1∶34 000。

7.1.1.2　填图要求：所划分的单元在图上标注的尺寸最小为 2 mm。对小于 2 mm 的重要单元，可采用扩大比例尺或符号的方法表示。在 1∶500～1∶2 000 的地形图上可能修建拦挡工程和排导工程地段，其地质界线的地质点误差不应超过 3 mm，其他地段不应超过 5 mm。

7.1.1.3　地质地貌测绘：对全流域及沟口以下可能受泥石流影响的地段，调绘与泥石流形成和活动有关的地质地貌要素(参见附录 E)，编制相应地貌图与地质图，填绘纵剖面图与横断面图。流域平面填图比例尺宜为 1∶10 000～1∶50 000，分区平面填图比例尺宜为 1∶500～1∶5 000；纵剖面图比例尺横向宜为 1∶500～1∶2 000，竖向宜为 1∶100～1∶500；横断面图比例尺横向宜为 1∶200～1∶500。测绘方法以沿沟追索、实测和填绘剖面为主。

7.1.2 **水文测绘**

7.1.2.1 暴雨洪水：泥石流小流域一般无实测洪水资料，可根据较长的实测暴雨资料推求某一频率的设计洪峰流量。对缺乏实测暴雨资料的流域，可采用理论公式和该地区的经验公式计算不同频率的洪峰流量。有关计算公式见水文计算手册。

7.1.2.2 溃决洪水：包括水库溃决洪水、冰湖溃决洪水和堵河(沟)溃决洪水。溃决洪水流量据溃决前水头、溃口宽度、坝体长度、溃决类型(全堤溃决或局部溃决，一溃到底或不到底)采用理论公式计算或据经验公式估算，并结合实际调查进行校核。有关计算公式见溃坝水力学。

7.1.2.3 冰雪消融洪水：冰雪消融洪水可根据径流量与气温、冰雪面积的经验公式来计算；在高寒山区，一般流域均缺乏气温等资料，常采用形态调查法来测定；下游有水文观测资料的流域，可用类比法或流量分割法来确定。

7.1.3 **泥石流体勘查**

7.1.3.1 泥痕测绘：选择代表性沟道，量测沟谷弯曲处泥石流爬高泥痕、狭窄处最高泥痕及较稳定沟道处泥痕。据泥痕高度及沟道断面，计算过流断面面积，据上、下断面泥痕点计算泥位纵坡，作为计算泥石流流速、流量的基础数据。

7.1.3.2 泥石流流体试验

a) 浆体重度测定：泥石流流体重度可根据泥石流体样品采用称重法测定。泥石流体样品一般难以采到，可了解目击者回忆，根据泥痕和堆积物特征进行配制，采用体积比法测定。

b) 粒度分析：对泥石流体样品中粒径大于 2 mm 的粗颗粒进行筛分，粒径小于 2 mm 的细颗粒用比重计法或吸管法测定颗粒成分。对泥石流体中固体物质的颗粒成分，从堆积体中取样测定。取样数量应结合粒径来确定。

c) 粘度和静切力测定(必要时进行)：用泥石流浆体或人工配制的泥浆样品模拟泥石流浆体，其粘度可采用标准漏斗 1006 型粘度计或同轴圆心旋转式粘度计测定；其静切力可采用 1007 型静切力计量测。

7.1.3.3 泥石流动力学参数计算

a) 流速：据勘查所得泥石流流体水力半径、纵坡、沟床糙率及重度等参数计算；也可按泥石流的性质和所在地域，选择适合的地区性经验公式计算。

b) 流量：泥石流流量可采用形态调查法(据泥痕勘测所得的过流断面面积乘以流速)或雨洪法(按暴雨洪水流量乘以泥石流修正系数)确定。暴雨小径流的地区性经验公式较多，暴雨洪水流量应采用适用的经验公式计算。

c) 冲击力：可用附录 I 中公式计算泥石流整体冲击力、泥石流中大石块冲击力。泥石流中大石块冲击力的计算方法较多，除采用附录 I 所列公式外，还可采用其他公式加以印证。

d) 弯道超高与冲高：泥石流流动在弯曲沟道外侧产生的超高值和泥石流正面遇阻的冲起高度可参见附录 I 中公式计算。

7.1.3.4 堆积物试验：通过调查、实验，按 GB/T 50123—1999《土工试验方法标准》确定泥石流堆积物的固体颗粒比重、土体重度、颗粒级配、天然含水量、界限含水量、天然孔隙比、压缩系数、渗透系数、抗剪强度和抗压强度等参数，供治理工程比选和设计使用。

7.1.3.5 泥石流的形成区、流通区和堆积区测绘。

a) 工程治理区实测剖面至少应按一纵三横控制；

b) 重点区应有 1～3 个探槽或探坑(井)控制；

c) 各区测绘内容参见附录 E。

7.1.4 **勘探试验**

7.1.4.1 **勘探**

勘探工程主要布置在泥石流堆积区和可能采取防治工程的地段。勘探工程以钻探为主，辅以物探

和坑槽探等轻型山地工程。受交通、环境条件的限制，在泥石流形成区，一般不采用钻探工程；当存在可能成为固体物源的滑坡或潜在不稳定斜坡必须采用时，勘探线及钻孔布置可参照“滑坡勘查”的有关规定执行。

7.1.4.2 钻探

泥石流防治工程场址主勘探线钻孔，宜在工程地质测绘和地球物理勘探成果的指导下布设，孔距应能控制沟槽起伏和基岩构造线，间距一般 30 m～50 m。当松散堆积层深厚不必揭穿其厚度时，孔深应是设计建筑物最大高度的 0.5～1.5 倍；基岩浅埋时，孔深应进入基岩弱风化层 5 m～10 m。

7.1.4.3 物探

物探工作除作为钻探工程的补充和验证外，在施工条件较差、难以布置或不必布置钻探工程的泥石流形成区，可布置 1～2 条物探剖面，对松散堆积层的岩性、厚度、分层、基岩面深度及起伏进行推断。

7.1.4.4 坑槽探

结合钻探和物探工程，在重点地段布置一定探坑或探槽，揭露泥石流在形成区、流通区和堆积区不同部位的物质沉积规律和粒度级配变化；了解松散层岩性、结构、厚度和基岩岩性、结构、风化程度及节理裂隙发育状况；现场采集具有代表性的原状岩、土试样。

7.1.4.5 试验

对坝高超过 10 m 以上的实体拦挡工程宜进行抽水或注水试验，获取相关水文地质参数；在孔内或坑槽内采取岩样、土样和水样，进行分析测试，获取岩土体的物理力学性质参数；水样一般只做简分析，拟建的防治工程应增加侵蚀性测定内容。

7.1.5 对各类防治工程提供以下主要设计参数

7.1.5.1 各类拦挡坝：覆盖层和基岩的重度、承载力标准值、抗剪强度，基面摩擦系数，泥石流的性质与类型，发生频次，泥石流体的重度和物质组成，泥石流体的流速、流量和设计暴雨洪水频率，泥石流回淤坡度和固体物质颗粒成分，沟床清水冲刷线。

7.1.5.2 其他工程：桩林着重于桩锚固段基岩的深度、风化程度和力学性质；排导槽、渡槽着重于泥石流运动的最小坡度、冲击力、弯道超高和冲高；导流堤、护岸堤和防冲墩着重于基岩的埋藏深度和性质、泥石流冲击力和弯道超高、墙背摩擦角；停淤场着重于淤积总量、淤积总高度和分期淤积高度。

7.1.6 施工条件调绘

7.1.6.1 结合可能采取的泥石流防治工程技术，调绘施工场地、工地临时建筑和施工道路的地形地貌，并进行地质灾害危险性评估，测图范围和精度视现场情况而定。

7.1.6.2 了解泥石流防治工程周围所需天然建筑材料的分布情况，对砂石料质量和储量进行评价。如天然骨料缺少或不符合工程质量要求，须对就近的料场或人工料源进行初查。

7.1.6.3 了解泥石流防治工程周围的水源状况并采样分析，对防治工程及生活用水的水质水量进行评价，提出供水方案建议。

7.1.7 监测

7.1.7.1 勘查阶段，只要求进行简便的常规监测。

7.1.7.2 降雨观测。必要时，根据流域大小，在流域内设置 1～3 个控制性自记式雨量观测点，定时巡视观测。观测点的设置要避免风力影响和高大树木的遮掩。

7.1.7.3 泥位、流速观测。有条件时，可进行泥位和流速观测。

7.1.7.4 预警预报。出现泥石流临灾征兆时，应及时报告有关部门进行预警预报。

7.2 可行性论证阶段勘查

7.2.1 一般规定

可行性论证阶段勘查是泥石流防治工程勘查的关键阶段。通过该阶段工作，进一步查明泥石流形成的地质环境条件，泥石流类型、规模、活动特征及危害程度，形成区、流通区和堆积区的一般特征，初步确定泥石流流速、流量、重度及动力学特征值参数，为泥石流防治方案比选提供依据。

7.2.2 自然环境条件调查

本阶段的调查是在泥石流一般调查工作的基础上根据防治工程需求进行的有针对性的调查，是前期调查工作的深入，调查内容见 6.1。

7.2.3 勘查工作

根据 7.1 规定和流域实际情况，选择必要的项目进行勘查，满足防治方案比选的要求，并进行简易监测。

7.2.4 勘查报告

正文应包括：序言，泥石流形成的地质环境条件，泥石流形成区、流通区、堆积区的工程地质和水文地质特征，泥石流的成因、类型、规模、活动特征、危害程度及发展趋势，泥石流特征值的确定方法和计算结果，泥石流防治工程方案比选及建议。并提供相应的平面图、剖面图、钻孔柱状图、坑槽探展示图、岩土物理力学测试报告、地球物理勘探报告和泥石流监测成果等附图与附件。

7.3 设计阶段勘查

7.3.1 一般规定

7.3.1.1 设计阶段的勘查，是对选定的防治工程进行的工程地质勘查。

7.3.1.2 设计阶段勘查应充分利用可行性论证阶段的勘查成果，结合防治工程方案，有针对性地进行定点勘查或补充勘查，提供工程设计所需的泥石流特征参数和岩土体物理力学参数。

7.3.1.3 对高坝(格栅坝 10 m～15 m，拦沙坝 15 m～30 m)，勘查范围以坝轴线为中线，上下游各 100 m；低坝(格栅坝＜10 m，拦沙坝＜15 m)及丁坝，勘查至上游 50 m～100 m，下游 20 m～50 m。对堤、渠、槽等线性排导工程，勘查范围为轴线两侧最高洪水位以上 5 m～10 m。

7.3.2 工程地质测绘

7.3.2.1 根据选定的防治工程方案，开展工程部署区大比例尺测绘。

7.3.2.2 拦挡工程及堤、渠、槽等线性排导工程测绘应沿轴线进行。拦挡工程的测绘比例尺为 1∶100～1∶200，排导工程的比例尺为 1∶500～1∶1 000。为满足库容计算的需要，拦挡工程尚须测制淤积区 1∶1 000 的地形图。

7.3.2.3 测绘内容主要是防治工程区域及其外围的地形地貌、岩性结构、松散堆积层成因类型、厚度及斜坡稳定性等。同时结合钻探、物探和坑槽探成果，沿工程轴线实测并绘制大比例尺工程地质剖面。对于较长的排导工程，尚应提供不同地段的横剖面图。

7.3.2.4 停淤场的测绘以面上控制为主，内容主要包括地形起伏、岩土体类型及分布状况、停淤场面积及最大可能停淤量、地表水发育及地下水出露等。此外，应结合勘探资料，实测纵横剖面。测绘比例尺以 1∶200～1∶500 为宜。

7.3.3 勘探试验

7.3.3.1 勘探线沿防治工程主轴线布置，孔距 20 m～30 m，每条勘探线的钻孔、探坑数一般不低于 2 个。

7.3.3.2 钻探

钻孔深度应按 7.1.4.2 的要求控制。

地质条件复杂时可加密钻孔或沿勘探线布置物探剖面对地质情况进行辅助判断。

加强钻孔岩心编录，查清工程布置区地层岩性、地质构造、岩土体结构类型、松散堆积层厚度及基岩埋深与起伏状况。

7.3.3.3 试验

采取岩土试样，测定物理、力学性质指标。

施工钻孔应进行注(抽)水试验，提供相关水文地质参数，布设为水位动态观测孔，并延续至工程竣工后。

7.3.4 **监测**

7.3.4.1 对高频泥石流，可在勘查期内的汛期时段，提出和实施泥石流活动的监测方案。

7.3.4.2 对可行性论证阶段布设的监测站点的监测内容，宜结合工程布设。

7.3.4.3 结合治理工程宜提出工程防治效果的监测方案。

7.3.4.4 当地下水影响泥石流形成和防治工程效果时，开展地下水的监测工作。

7.3.5 **勘查报告**

7.3.5.1 报告正文应包括：序言，泥石流流域工程地质和水文地质条件，泥石流活动特征、危害程度及发展趋势，泥石流治理工程区工程地质和水文地质条件，治理工程基础及边坡的稳定性，泥石流特征值的确定及确定方法等。并提供岩(土)体物理力学测试、原位测试、设计参数和各种监测的资料及附件。

7.3.5.2 结合泥石流治理工程，以纸质和电子文档形式提交供设计使用的工程地质图册，包括各治理单元的平面图、立面图、剖面图、钻孔柱状图及坑槽探展示图等。

7.4 **施工阶段勘查**

7.4.1 **一般规定**

7.4.1.1 施工阶段勘查包括治理工程实施期间，对开挖和钻孔揭露的地质露头的地质编录、重大地质问题变更的补充勘查和竣工后的地形地质状况测绘，并编制与原地质报告相应的对比变化图，检验、修正前期地质资料及评价结论。

7.4.1.2 施工阶段勘查应采用信息反馈法，结合治理工程实施，及时分析编录地质资料，将重大地质变更及时通知业主，情况紧急时应及时通知设计单位和施工单位，采取必要的应对措施。

7.4.1.3 勘查中应针对现场地质情况的变化，对施工及时提出改进意见及相关措施，保证治理工程施工符合实际工程地质条件。

7.4.2 **开挖露头测绘与补充勘探**

7.4.2.1 对开挖露头的测绘主要是采用观察、素描、实测、照相、摄像等方法对施工揭露的地质现象进行编录和记录，必要时对治理工程基础持力层岩土体物理力学性质进行复核性测试。

7.4.2.2 开挖过程中的编录内容主要应包括松散堆积层的岩性、结构、物质组成、分层厚度、分层界线，基岩的岩性、结构、揭露厚度、风化程度、基岩面起伏和节理裂隙发育状况。同时应测定地下水位。

7.4.2.3 对施工开挖形成的最终地质露头，应在工程实施前采用以上方法进行编录测绘，制作平面图、剖面图、断面图或展示图。

7.4.2.4 施工期间发现地质条件有重大差异时，应进行补充勘查，提交补充勘查报告。重大差异包括治理工程基础出现较厚的软弱夹层、沟谷侵蚀深槽或持力层的深度与原报告相差较大等。

7.4.2.5 补充工程地质勘查应采用地面测绘、物探和山地工程等查明地质体的空间形态、物质组成、结构特征、成因类型、岩土体的物理力学性质；评估地质条件变化对治理工程实施的影响。

7.4.2.6 补充勘查工作量应根据地质问题的复杂性、设计阶段勘查情况和场地条件等因素确定。应充分利用各种施工开挖工作面进行地质现象的观测和地质资料收集。

7.4.2.7 当地质条件的差异可能给防治工程造成较大影响时，应对设计方案和施工方案提出变更建议。

7.4.3 **监测**

7.4.3.1 继续开展已有监测站点和地下水的监测工作。

7.4.3.2 选择有代表性的监测站点作为竣工后的长期监测点，并提出监测要求。

7.4.4 **补充工程地质勘查报告**

应根据工程实际存在的问题有针对性地编制。报告正文包括：序言、施工情况及暴露问题、地质条件变化情况及其对治理工程的影响、岩土体物理力学性质、治理工程变更设计建议等；附图附件包括平面图、剖面图、钻孔柱状图、施工开挖和山地工程展示图、岩土体物理力学测试报告以及各监测站点的监测资料。

附 录 A
（资料性附录）
泥石流类型划分

表 A.1 泥石流按水源和物源成因分类

水体供给		土体供给		
泥石流类型	特征	泥石流类型		特征
暴雨泥石流	泥石流一般在充分的前期降雨和当场暴雨激发作用下形成，激发雨量和雨强因不同沟谷而异	混合型泥石流	坡面侵蚀型泥石流	坡面侵蚀、冲沟侵蚀和浅层坍滑提供泥石流形成的主要土体。固体物质多集中于沟道干，在一定水分条件下形成泥石流
冰川泥石流	冰雪融水冲蚀沟床，侵蚀岸坡而引发泥石流。有时也有降雨的共同作用。属冰川泥石流		崩滑型泥石流	固体物质主要由滑坡崩塌等重力侵蚀提供，也有滑坡直接转化为泥石流者
			冰碛型泥石流	形成泥石流的固体物质主要是冰碛物
			火山泥石流	形成泥石流的固体物质主要是火山碎屑堆积物
溃决泥石流	由于水流冲刷、地震、堤坝自身不稳定性引起的各种拦水堤坝溃决和形成堰塞湖的滑坡坝、终碛堤溃决，造成突发性高强度洪水冲蚀而引发泥石流		弃渣泥石流	形成泥石流的松散固体物质主要由开渠、筑路、矿山开挖的弃渣提供，是一种典型的人为泥石流

表 A.2 泥石流按集水区地貌特征分类

坡面型泥石流	沟谷型泥石流
1. 无恒定地域与明显沟槽，只有活动周界。轮廓呈保龄球形。 2. 限于30°以上斜面，下伏基岩或不透水层浅，物源以地表覆盖层为主，活动规模小，破坏机制更接近于坍滑。 3. 发生时空不易识别，成灾规模及损失范围小。 4. 坡面土体失稳，主要是有压地下水作用和后续强暴雨诱发。暴雨过程中的狂风可能造成林、灌木拔起和倾倒，使坡面局部破坏。 5. 总量小，重现期长，无后续性，无重复性。 6. 在同一斜坡面上可以多处发生，呈梳状排列，顶缘距山脊线有一定范围。 7. 可知性低、防范难	1. 以流域为周界，受一定的沟谷制约。泥石流的形成、堆积和流通区较明显。轮廓呈哑铃形。 2. 以沟槽为中心，物源区松散堆积体分布在沟槽两岸及河床上，崩塌滑坡、沟蚀作用强烈，活动规模大，由洪水、泥沙两种汇流形成，更接近于洪水。 3. 发生时空有一定规律性，可识别，成灾规模及损失范围大。 4. 主要是暴雨对松散物源的冲蚀作用和汇流水体的冲蚀作用。 5. 总量大，重现期短，有后续性，能重复发生。 6. 构造作用明显，同一地区多呈带状或片状分布，列入流域防灾整治范围。 7. 有一定的可知性，可防范

表 A.3　泥流型、水石型、泥石型识别条件

分类指标	泥流型	泥石型	水石(沙)型
重 度	≥1.60 t/m³	≥1.30 t/m³	≥1.30 t/m³
物质组成	粉沙、粘粒为主，粒度均匀，98%<2.0 mm	可含粘、粉、沙、砾、卵、漂各级粒度，很不均匀	粉沙、粘粒含量极少，多为>2.0 mm 各级粒度，粒度很不均匀(水沙流较均匀)
流体属性	多为非牛顿体，有粘性，粘度>0.3～0.15 Pa·s	多为非牛顿体，少部分也可以是牛顿体。有粘性的，也有无粘性的	为牛顿体，无粘性
残留表观	有浓泥浆残留	表面不干净，表面有泥浆残留	表面较干净，无泥浆残留
沟槽坡度	较缓	较陡(>10%=5.71°)	较陡(>10%)
分布地域	多集中分布在黄土及火山灰地区	广见于各类地质体及堆积体中	多见于火成岩及碳酸盐岩地区

表 A.4　泥石流按流体性质分类表

性　　质	稀性泥石流	粘性泥石流
流体的组成及特性	浆体是由不含或少含粘性物质组成，粘度值<0.3 Pa·s，不形成网格结构，不会产生屈伏应力，为牛顿体	浆体是由富含粘性物质(粘土、<0.01 mm 的粉砂)组成，粘度值>0.3 Pa·s，形成网格结构，产生屈伏应力，为非牛顿体
非浆体部分的组成	非浆体部分的粗颗粒物质由大小石块、砾石、粗砂及少量粉砂粘土组成	非浆体部分的粗颗粒物质由>0.01 mm 粉砂、砾石、块石等固体物质组成
流动状态	紊动强烈，固液两相作不等速运动，有垂直交换，有股流和散流现象，泥石流体中固体物质易出、易纳，表现为冲、淤变化大。无泥浆残留现象	呈伪一相层状流，有时呈整体运动，无垂直交换，浆体浓稠，浮托力大，流体具有明显的辅床减阻作用和阵性运动，流体直进性强，弯道爬高明显，浆体与石块掺混好，石块无易出、易纳特性，沿程冲、淤变化小，由于粘附性能好，沿流程有残留物
堆积特征	堆积物有一定分选性，平面上呈龙头状堆积和侧堤式条带状堆积，沉积物以粗粒物质为主，在弯道处可见典型的泥石流凹岸淤、凸岸冲的现象，泥石流过后即可通行	呈无分选泥砾混杂堆积，平面上呈舌状，仍能保留流动时的结构特征，沉积物内部无明显层理，但剖面上可明显分辨不同场次泥石流的沉积层面，沉积物内部有气泡，某些河段可见泥球，沉积物渗水性弱，泥石流过后易干涸
容重	1.30 t/m³～1.60 t/m³	1.60 t/m³～2.30 t/m³

附 录 B
（规范性附录）
暴雨强度指标 *R*

暴雨强度指标 R 的计算见式(B.1)：

$$R = K(H_{24}/H_{24(D)} + H_1/H_{1(D)} + H_{1/6}/H_{1/6(D)}) \quad \cdots\cdots(B.1)$$

式中：

K——前期降雨量修正系数，无前期降雨时：$K=1$；有前期降雨时：$K>1$；但目前尚无可信的成果可供应用；现阶段可暂时假定：$K=1.1\sim1.2$；

H_{24}——24 h 最大降雨量 mm；

H_1——1 h 最大降雨量 mm；

$H_{1/6}$——10 min 最大降雨量 mm；

$H_{24(D)}$、$H_{1(D)}$、$H_{1/6(D)}$ 该地区可能发生泥石流的 24 h、1 h、10 min 的限界雨值见表 B.1。

表 B.1 可能发生泥石流的 $H_{24(D)}$、$H_{1(D)}$、$H_{1/6(D)}$ 的界限值表

年均降雨分区	$H_{24(D)}$	$H_{1(D)}$	$H_{1/6(D)}$	代表地区(以当地统计结果为准)
>1 200	100	40	12	浙江、福建、台湾、广东、广西、江西、湖南、湖北、安徽及云南西部、西藏东南部等省山区
1 200～800	60	20	10	四川、贵州、云南东部和中部、陕西南部、山西东部、辽东、黑龙江、吉林、辽西、冀北部、西部等省山区
800～500	30	15	6	陕西北部、甘肃、内蒙古、京郊、宁夏、山西、新疆部分、四川西北部、西藏等省山区
<500	25	15	5	青海、新疆、西藏及甘肃、宁夏两省区的黄河以西地区

根据统计综合分析结果：

$R<3.1$ 安全雨情；

$R\geqslant3.1$ 可能发生泥石流的雨情；

$R=3.1\sim4.2$ 发生机率<0.2；

$R=4.2\sim10$ 发生机率 0.2～0.8；

$R>10$ 发生机率>0.8。

附 录 C
（资料性附录）
泥石流沟发展阶段的识别

表 C.1 泥石流沟发展阶段的识别表

识别标记		形成期(青年期)	发展期(壮年期)	衰退期(老年期)	停歇或终止期
主支流关系		主沟侵蚀速度≤支沟侵蚀速度	主沟侵蚀速度>支沟侵蚀速度	主沟侵蚀速度<支沟侵蚀速度	主支沟侵蚀速度均等
沟口地段		沟口出现扇形堆积地形或扇形地处于发展中	沟口扇形堆积地形发育,扇缘及扇高在明显增长中	沟口扇形堆积在萎缩中	沟口扇形地貌稳定
主河河型		堆积扇发育逐步挤压主河,河型间或发生变形,无较大变形	主河河型受堆积扇发展控制,河形受迫弯曲变形,或被暂时性堵塞	主河河型基本稳定	主河河型稳定
主河主流		仅主流受迫偏移,对对岸尚未构成威胁	主流明显被挤偏移,冲刷对岸河堤、河滩	主流稳定或向恢复变形前的方向发展	主流稳定
新老扇形地关系		新老扇叠置不明显或为外延式叠置,呈叠瓦状	新老扇叠置覆盖外延,新扇规模逐步增大	新老扇呈后退式覆盖,新扇规模逐步变小	无新堆积扇发生
扇面变幅		+0.2 m～+0.5 m	>+0.5 m	−0.2 m～+0.2 m	无或成负值
松散物贮量		5 万 m^3/km^2～10 万 m^3/km^2	>10 万 m^3/km^2	1 万 m^3/km^2～5 万 m^3/km^2	<1 万 m^3/km^2
松散物存在状态	高度	H=10 m～30 m 高边坡堆积	H > 30 m 高边坡堆积	H<30 m 边坡堆积	H<5 m
	坡度	ϕ=32°～25°	ϕ>32°	ϕ=15°～25°	ϕ≤15°
泥沙补给		不良地质现象在扩展中	不良地质现象发育	不良地质现象在缩小控制中	不良地质现象逐步稳定
沟槽变形	(纵)	中强切蚀,溯源冲刷,沟槽不稳	强切蚀、溯源冲刷发育,沟槽不稳	中弱切蚀、溯源冲刷不发育,沟槽趋稳	平衡稳定
	(横)	纵向切蚀为主	纵向切蚀为主,横向切蚀发育	横向切蚀为主	无变化
沟坡		变陡	陡峻	变缓	缓
沟形		裁弯取直、变窄	顺直束窄	弯曲展宽	河槽固定
植被		覆盖率在下降,为30%～10%	以荒坡为主,覆盖率<10%	覆盖率在增长,为30%～60%	覆盖率较高,>60%
触发雨量		逐步变小	较小	较大并逐步增大	

附　录　D
（规范性附录）
单沟泥石流危险区预测

单沟泥石流危险区包括泥石流形成区、流通区和堆积区范围，其中堆积区是危害成灾的主要部位。可通过对历史泥石流的回访和调查确定危险区，也可由以下经验公式预测泥石流堆积区的最大危险范围 $s(km^2)$：

$$s = 0.666\,7L \times B - 0.083\,3\,B^2\,\sin R/(1-\cos R) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (D.1)$$

式中：

L 为泥石流最大堆积长度 (km)，$L = 0.8061 + 0.0015A + 0.000033W$；

B 为泥石流最大堆积宽度 (km)，$B = 0.5452 + 0.0034D + 0.000031W$；

R 为泥石流堆积幅角(度)，$R = 47.8296 - 1.3085D + 8.8876H$；

A——流域面积(km^2)；

W——松散固体物质储量($10^4\ m^3$)；

D——主沟长度(km)；

H——流域最大高差(m)。

附 录 E
（资料性附录）
泥石流调查的主要方法

E.1 泥石流调查的主要方法

a) 不需要动用地勘手段，以地面调查为主，充分利用卫片、航片、地形图、水文气象资料和地方志等宏观资料。

b) 调查线路先从堆积扇的水边线开始，沿河沟步行调查至沟源，再上至分水岭俯览全流域进行宏观了解后返回。

c) 对堆积扇重点调查四方面内容：

1) 堆积扇形态和发育的完整性：堆积扇的发育状态反映了主沟和支沟输沙能力的相互组合关系，泥石流沟口一般都残存有堆积扇。沟口堆积扇也可能是冲洪积扇，冲洪积扇和泥石流堆积扇的区别参见表 E.1。

表 E.1 冲洪积扇和泥石流堆积扇的区别

冲积扇	洪积扇	泥石流堆积扇
由河流搬运作用而成，泥砂粒径上游粗、下游细，磨圆度高，层次清晰，砾石常呈叠瓦状排列	山区洪流作用形成，规模视洪流大小不同而异，分选性差，磨圆度差，层次不明显，孔隙度及透水性较大	成整体停积、分散堆积两种；粗大颗粒在扇缘停积，无分选性，常见龙头堆积与侧堤堆积，沟槽绕龙头堆积两侧发展，有明显的受阻绕流特征，流路不稳；扇形地形态不完全符合统计规律，流路呈随机性，扇纵、横面不甚连续，常呈锯齿装
沉积特征：冲积扇常具有二元结构特征。洪积扇的粗大颗粒堆积在扇面顶部及出山口附近，向边缘逐步变细，有分选性；常可划分为砾石相，亚粘土砂相、亚砂土粘土相的相变和多元结构特征；垂直等高线发展，流路较稳		

2) 堆积扇挤压主河的程度：根据主河河形是否发生挤压变形和主流是否受挤偏向对岸来判别，并按弯曲和偏移程度来定级。

3) 堆积扇前沿及扇上的巨石粒径与平均粒径测量：用线格法或网格法量测 50～100 个巨石的三轴向尺寸，计算几何平均粒径，作为工程设计与评估该沟泥石流能级的参考。

4) 叠置形式：叠瓦式的逆向堆积表明泥石流活动在减弱，前进覆盖式堆积则表明泥石流活动在增强。

d) 对形成区，主要调查不良地质体的发育状况、松散物源的规模、性质、分布、产状、稳定性、补给长度、植被覆盖率、河沟冲淤变幅、堵塞情况等。

e) 对流通区，调查重点是河沟的纵、横剖面形态的几何尺寸，沟床坡度、糙率，河沟两岸山坡坡度、稳定性等。泥石流流通区和形成区的弯道变形形态与洪水河道的弯道变形形态相反，是凹岸淤积、凸岸冲刷。

f) 沟谷型泥石流按物质组成分为泥流型、泥石型、水石型三种。

附 录 F
（资料性附录）
泥石流试验方法

F.1 泥石流体地质试验内容

a） 取代表性土样作泥石流流体重度（γ_c）和颗粒分析试验。

b） 取样作试验或用比拟法确定固体颗粒重度（γ_H）。

c） 对大型重点控制性泥石流沟，取主要补给区的土样作天然含水量（w_n）和天然密度等试验，必要时取泥石流堆积物土样作粘度（η）和静切力（τ）试验。

d） 在黄土和粘土地区以泥石流堆积物作工程地基时，取泥石流堆积物土样做物理力学性质、湿陷性或湿化性试验。

F.2 泥石流流体重度（γ_c）的测定

F.2.1 现场调查试验法

现场请当地曾亲眼看见过该沟泥石流暴发的老居民多人次，在需要测试的沟段，选取有代表性的堆积物搅拌成暴发时的泥石流流体状态，进行样品鉴定，然后分别测出样品的总质量和总体积，按下式求出泥石流流体重度。

$$\gamma_c = \frac{G_c}{V} \qquad \text{……(F.1)}$$

式中：

γ_c——泥石流流体密度，t/m^3；

G_c——样品的总质量，t；

V——样品的总体积，m^3。

F.2.2 形态调查法

在泥石流沟现场多人次请当地亲自目睹过该沟泥石流暴发或受过灾害的村民描述泥石流流体特征和流体运动状况。然后按表F.1的特征确定泥石流流体重度。

表F.1 泥石流流体稠度特征表

重度	稀浆状	稠浆状	稀粥状	稠粥状
γ_c（t/m^3）	1.20～1.40	1.40～1.60	1.60～1.80	1.80～2.30

在使用上述办法时，应慎重。泥石流流体密度应根据调查分析和试验结果作综合研究后确定。

F.3 颗粒级配分析

F.3.1 体积法

在需要试验的沟段，选择有代表性的试验点，清除表层杂质，量取1 m^2、深约0.5 m～1.0 m的取样坑，取出其全部土、砂、石，从中挑出粒径大于200 mm以上的石块单个分别称重，其余按粒径分筛为200 mm～150 mm，150 mm～100 mm，100 mm～50 mm，50 mm～20 mm，20 mm以下若干级，每级分组称重，计算分组质量与总质量之比，绘制颗粒级配曲线，求算颗粒级配特征值。此方法较准确，但劳动强度较大。

F.3.2 方格网法

在取样地段，选出代表性沟段画出 100 个 1 m×1 m 的小方格，取每个小方格交点上的一石块（剔除个别大孤石）来作统计。量取每个石块的三边尺寸（长宽高），计算三边尺寸的几何均值 $d_{cp}=\sqrt[3]{Lbh}$ 或算术平均值 $d_{cp}=(L+b+h)/3$，作为该石块的平均直径。然后按粒径大小分成若干个粒径组，称出各粒径组的质量与总质量之比，绘制颗粒级配曲线，求算颗粒级配特征值。此法较简单，但精度较差。

F.4 泥石流流体的粘度（η）和静切力（τ）测试

取泥石流浆体，使用标准粘度计或旋转粘度计和泥浆静切力计测试。

F.4.1 泥浆取样方法

a) 实测法：在观测站于在泥石流暴发时取样。

1) 在沟槽边岸人工取样：用绳索套上铁桶抛入沟槽泥石流流体中，在沟岸上提取，或直接下到河滩边吸取。此法简单，但沟中样品不易取到，还要特别注意人身安全。

2) 机械取样：先在取样断面架设缆索，悬挂滑车，用铅鱼将取样器沉入泥石流流体中，可选取断面线上任一部位的泥石流样品。此法要求设备复杂，所取样品代表性强，是目前最理想的取样手段。

b) 取土样搅拌法：在泥石流发生后，于沟床或沟边堆积物中清除表面杂质，挖取具有代表性的细颗粒 2 kg～3 kg，投入桶内，加水搅拌成泥浆，存放一段时间（24 h 以上），观察浆体无固液两相物质分离现象，即可当作实验用的泥石流浆体样品。

F.4.2 泥石流粘度（η）的测试

a) 漏斗粘度计测定法：用量杯取通过筛网（小于 0.2 mm）的泥浆 700 cm^3 于漏斗中，让泥浆经内径为 5 mm 的管子从漏斗流出，注满 500 cm^3 容器所需的时间（以 s 计），即为测得的泥浆粘度。

b) 旋转粘度计测定法：通过圆筒在流体中作同心圆旋转，测定其扭矩；也可连续改变旋转的角速度，测定各剪切速率下的剪应力，从而测得流体的流变曲线。根据有关公式可求得流体的粘度。

c) 形态调查法

现场调查、观察形成泥石流的山坡、沟床、土壤特征和访问老居民所见的暴发泥石流时的流体形态描述，按表 F.2 选定泥石流粘度。

表 F.2 泥石流稠度、土壤与粘度对照表

土壤特征	轻质砂粘土	粉土及 重质砂粘土	粉土及 重质砂粘土	粉土及 重质砂粘土	粘土
泥石流体稠度	稀浆状	稠浆状	稀泥状	稠泥状	稀粥状
粘度/(Pa·s)	0.3～0.8	0.5～1.0	0.9～1.5	1.0～2.0	1.2～2.5

此法简单，具有很大的经验性。应根据调查分析和试验结果综合比选确定。

F.4.3 泥石流静切力（τ）测试

采用 1007 型静切力计测量。将过筛的泥浆倒入外筒，把带钢丝的悬柱挂在支架上，钢丝要悬中，泥浆面和悬柱顶面相平。静止 1 min 或 10 min，分别测定钢丝扭转角度，此读数乘以钢丝系数即为 1 min 或 10 min 的剪切力。

附 录 G
（规范性附录）
泥石流沟的数量化综合评判及易发程度等级标准

G.1 泥石流沟易发程度数量化评分标准

表 G.1 泥石流沟易发程度数量化评分表

序号	影响因素	量级划分							
		极易发(A)	得分	中等易发(B)	得分	轻度易发(C)	得分	不易发生(D)	得分
1	崩坍、滑坡及水土流失(自然和人为活动的)严重程度	崩坍、滑坡等重力侵蚀严重，多层滑坡和大型崩坍，表土疏松，冲沟十分发育	21	崩坍、滑坡发育，多层滑坡和中小型崩坍，有零星植被覆盖冲沟发育	16	有零星崩坍、滑坡和冲沟存在	12	无崩坍、滑坡、冲沟或发育轻微	1
2	泥砂沿程补给长度比	＞60%	16	60%～30%	12	30%～10%	8	＜10%	1
3	沟口泥石流堆积活动程度	主河河形弯曲或堵塞，主流受挤压偏移	14	主河河形无较大变化，仅主流受迫偏移	11	主河河形无变化，主流在高水位时偏，低水位时不偏	7	主河无河形变化，主流不偏	1
4	河沟纵坡	＞12° (21.3%)	12	12°～6° (21.3%～10.5%)	9	6°～3° (10.5%～5.2%)	6	＜3° (3.2%)	1
5	区域构造影响程度	强抬升区，6级以上地震区，断层破碎带	9	抬升区，4～6级地震区，有中小支断层	7	相对稳定区，4级以下地震区，有小断层	5	沉降区，构造影响小或无影响	1
6	流域植被覆盖率	＜10%	9	10%～30%	7	30%～60%	5	＞60%	1
7	河沟近期一次变幅	＞2 m	8	2 m～1 m	6	1 m～0.2 m	4	0.2 m	1
8	岩性影响	软岩、黄土	6	软硬相间	5	风化强烈和节理发育的硬岩	4	硬岩	1
9	沿沟松散物储量 (10^4 m^3/km^2)	＞10	6	10～5	5	5～1	4	＜1	1
10	沟岸山坡坡度	＞32° (62.5%)	6	32°～25° (62.5%～46.6%)	5	25°～15° (46.6%～26.8%)	4	＜15° (26.8%)	1
11	产沙区沟槽横断面	V型、U型谷、谷中谷	5	宽U型谷	4	复式断面	3	平坦型	1
12	产沙区松散物平均厚度	＞10 m	5	10 m～5 m	4	5 m～1 m	3	＜1 m	1
13	流域面积	0.2 km^2～5 km^2	5	5 km^2～10 km^2	4	0.2 km^2 以下、10 km^2～100 km^2	3	＞100 km^2	1
14	流域相对高差	＞500 m	4	500 m～300 m	3	300 m～100 m	2	＜100 m	1
15	河沟堵塞程度	严重	4	中等	3	轻微	2	无	1

G.2 数量化评分(N)与重度、($1+\phi$)关系

表 G.2 数量化评分(N)与重度、($1+\phi$)关系对照表

评分	重度 γ_c/(t/m³)	$1+\phi$ ($\gamma_h=2.65$)	评分	重度 γ_c/(t/m³)	$1+\phi$ ($\gamma_h=2.65$)	评分	重度 γ_c/(t/m³)	$1+\phi$ ($\gamma_h=2.65$)
44	1.300	1.223	73	1.502	1.459	102	1.703	1.765
45	1.307	1.231	74	1.509	1.467	103	1.710	1.778
46	1.314	1.239	75	1.516	1.475	104	1.717	1.791
47	1.321	1.247	76	1.523	1.483	105	1.724	1.804
48	1.328	1.256	77	1.530	1.492	106	1.731	1.817
49	1.335	1.264	78	1.537	1.500	107	1.738	1.830
50	1.342	1.272	79	1.544	1.508	108	1.745	1.842
51	1.349	1.280	80	1.551	1.516	109	1.752	1.855
52	1.356	1.288	81	1.558	1.524	110	1.759	1.868
53	1.363	1.296	82	1.565	1.532	111	1.766	1.881
54	1.370	1.304	83	1.572	1.540	112	1.772	1.894
55	1.377	1.313	84	1.579	1.549	113	1.779	1.907
56	1.384	1.321	85	1.586	1.557	114	1.786	1.919
57	1.391	1.329	86	1.593	1.565	115	1.793	1.932
58	1.398	1.337	87	1.600	1.577	116	1.800	1.945
59	1.405	1.345	88	1.607	1.586	117	1.843	2.208
60	1.412	1.353	89	1.614	1.599	118	1.886	2.471
61	1.419	1.361	90	1.621	1.611	119	1.929	2.735
62	1.426	1.370	91	1.628	1.624	120	1.971	2.998
63	1.433	1.378	92	1.634	1.637	121	2.014	3.216
64	1.440	1.386	93	1.641	1.650	122	2.057	3.524
65	1.447	1.394	94	1.648	1.663	123	2.100	3.788
66	1.453	1.402	95	1.655	1.676	124	2.143	4.051
67	1.460	1.410	96	1.662	1.688	125	2.186	4.314
68	1.467	1.418	97	1.669	1.701	126	2.229	4.577
69	1.474	1.426	98	1.676	1.714	127	2.271	4.840
70	1.481	1.435	99	1.683	1.727	128	2.314	5.104
71	1.488	1.443	100	1.690	1.740	129	2.357	5.367
72	1.495	1.451	101	1.697	1.753	130	2.400	5.630

G.3 泥石流沟易发程度数量化综合评判等级标准

表 G.3 泥石流沟易发程度数量化综合评判等级标准表

是与非的判别界限值		划分易发程度等级的界限值	
等级	标准得分 N 的范围	等级	按标准得分 N 的范围自判
是	44～130	极易发	116～130
		易发	87～115
		轻度易发	44～86
非	15～43	不发生	15～43

附　录　H
（资料性附录）
泥石流调查表

表 H.1　泥石流调查表(一)

项目名称：　　调查单位：

沟名		野外编号		统一编号	
沟口位置	经度：° ′ ″	省(市) 区街道			
	纬度：° ′ ″	水系名称			

泥石流沟与主河关系	主河名称	泥石流沟位于主河道	沟口至主河道距离(m)
		□左岸　□右岸	

泥石流沟主要参数、现状及灾害史调查					
水动力类型	□暴雨　□冰川　□溃决　□地下水	沟口巨石大小(m)	ϕ_a	ϕ_b	ϕ_c
泥砂补给途径	□面蚀　□沟岸崩滑　□沟底再搬运	补给区位置	□上游□中游□下游		

降雨特征值	$H_{年\ max}$	$H_{年cp}$	$H_{日\ max}$	$H_{日cp}$	$H_{时\ max}$	$H_{时cp}$	$H_{10分钟\ max}$	$H_{10分钟cp}$

沟口扇地形特征						
	扇形地完整性(%)		扇面冲淤变幅	±	发展趋势	□下切□淤高
	扇长(m)		扇宽(m)		扩散角(°)	
	挤压主河	□河形弯曲主流偏移　□主流偏移　□主流只在高水位时偏移　□主流不偏				

地质构造	□顺沟断层　□过沟断层　□抬升区　□沉降区　□褶皱　□单斜	地震烈度(度)	

不良地质体情况					
	滑坡	活动程度	□严重　□中等　□轻微	规模	□大　□中　□小
	人工弃体	活动程度	□严重　□中等　□轻微	规模	□大　□中　□小
	自然堆积	活动程度	□严重　□中等　□轻微	规模	□大　□中　□小

土地利用(%)	森林	灌丛	草地	缓坡耕地	荒地	陡坡耕地	建筑用地	其他

防治措施现状	□有　□无	类型	□稳拦　□排导　□避绕　□生物工程
监测措施	□有　□无	类型	□雨情　□泥位　□专人值守

威胁危害对象	□城镇　□村寨　□铁路　□公路　□航运　□引灌渠道　□水库　□电站　□工厂　□矿山 □农田　□森林　□输电线路　□通讯设施　□国防设施		
	威胁人口(人)	威胁资产(万元)	

灾害史	发生时间(年/月/日)	死亡(人)	大牲畜损失(头)	房屋(间)		农田(亩)		公共设施		直接经济损失(万元)
				全毁	半毁	全毁	半毁	道路(km)	桥梁(座)	

泥石流特征	重度(t/m³)		流量(m³/s)		泥位(m)	

表 H.2　泥石流调查表(二)

泥石流综合评判表

沟名		调查编号			调查单位					
地理位置	东经	行政区位	省		市(县)		县级邮编			
	北纬		区		乡(镇)		电 话			
选用地形图号		比尺	选用地质图号				比尺			
水系名		泥石流沟汇入河道名		岸别	左 右		出山口至水边距离(m)			

不良地质现象发育程度	AB CD	评分	水动力类型	暴雨	冰川	溃决	地下水	出口巨石粒径(mm)		
补给段长度比(%)	AB CD	评分	泥沙补给性质	面蚀	沟岸崩滑	沟底再搬运		补给区位置	上游	中游 下游
沟口扇形地状况	AB CD	评分	降雨特征值	$H_{年\ max}$	$H_{24\ max}$	$H_{1\ max}$	$H_{1/6\ max}$	$H_{年CP}$	H_{24CP}	H_{1CP} $H_{1/6CP}$
主沟纵坡(%)	AB CD	评分								
构造影响	AB CD	评分	山口扇形地特征值	扇形地完整性(%)			扇面上冲淤变幅(m)		发展趋势	下切淤高
植被覆盖率(%)	AB CD	评分		扇长(m)		扇缘宽(m)		扇面角(°)	挤压大河	AB CD
冲淤变幅(m)	AB CD	评分	区域构造特征	地震烈度		顺沟断层	过沟断层	褶曲	强抬升、抬升区	相对稳定沉降区 单斜
岩性	AB CD	评分	不良地质体类型及发育程度、规模	崩塌	严中轻 大中小	滑坡	严中轻 大中小	人工弃体	严中轻 大中小	自然堆积 严中轻 大中小
松散物储量 104 m^3/km^2	AB CD	评分	土地利用状况占地面积(%)	森林	灌丛	草地	农耕地	荒地	伐林程度	坡耕地
山坡坡度(°)	AB CD	评分								
河沟横坡面	AB CD	评分	防治措施现状	有无		类型	栏	排	绕	生物工程
松散物平均厚(m)	AB CD	评分	监测现状	有无		类型	雨情	泥位	专人值守	
流域面积(km^2)	AB CD	评分	可能受威胁或受危害的对象	城镇	场村	铁路	公路	航运	水利设施	电站 工厂
相对高差(m)	AB CD	评分		矿山	输电线路	通讯设施	国防	农田	森林	
堵塞程度	AB CD	评分		人口数(人)			估计经济损失(万)			
		总分	灾害史	灾害发生年代						
易发程度				受灾对象						
泥石流类型				人员(人)	死	伤	失踪	牲畜(头)	死	伤 失踪
重度(t/m^3)				房屋(间)	全毁	半毁		农(田)亩	全毁	半毁
发生频次/发展期				公共施舍	道路 (处)		(m^3)	桥梁	(处)	(m)
					水库 (座)		(m)	渠道	(处)	(m)
				估计经济损失(万元)				冲淤变化(m)		冲淤
				泥石流特性	重度(t/m^3)			石块大小(mm)		
					泥位(m)			流量(m^3/s)		

泥石流沟主要参数、现状及灾害史调查

附 录 I
（规范性附录）
泥石流特征值的确定

I.1 泥石流流量

I.1.1 泥石流流量包括泥石流峰值流量和一次泥石流输沙量，是泥石流防治的基本参数。

I.1.2 泥石流峰值流量计算

I.1.2.1 形态调查法

在泥石流沟道中选择2～3个测流断面。断面选在沟道顺直、断面变化不大、无阻塞、无回流、上下沟槽无冲淤变化、具有清晰泥痕的沟段。仔细查找泥石流过境后留下的痕迹，然后确定泥位。最后测量这些断面上的泥石流流面比降（若不能由痕迹确定，则用沟床比降代替）、泥位高度 H_C（或水力半径）和泥石流过流断面面积等参数。用相应的泥石流流速计算公式，求出断面平均流速 V_C 后，即可用式(I.1)求泥石流断面峰值流量 Q_C。

$$Q_C = W_C \cdot V_C \qquad \cdots\cdots (I.1)$$

式中：

W_C——泥石流过流断面面积(m^2)；

V_C——泥石流断面平均流速(m/s)。

I.1.2.2 雨洪法

在泥石流与暴雨同频率、且同步发生、计算断面的暴雨洪水设计流量全部转变成泥石流流量的假设下建立的计算方法。其计算步骤是先按水文方法计算出断面不同频率下的小流域暴雨洪峰流量（计算方法查阅水文手册），然后选用堵塞系数，按式(I.2)计算泥石流流量。

$$Q_C = (1+\phi)Q_P \cdot D_C \qquad \cdots\cdots (I.2)$$

式中：

Q_C——频率为 P 的泥石流洪峰值流量(m^3/s)；

Q_P——频率为 P 的暴雨洪水设计流量(m^3/s)；

$(1+\phi)$——可参照表G.2确定；

ϕ——泥石流泥沙修正系数。

$$\phi = (\gamma_C - \gamma_W)/(\gamma_H - \gamma_C) \qquad \cdots\cdots (I.3)$$

γ_C——泥石流重度(t/m^3)；

γ_W——清水的重度(t/m^3)；

γ_H——泥石流中固体物质比重(t/m^3)；

D_C——泥石流堵塞系数，可查经验表I.1；有实测资料时，也可按式(I.4)、式(I.5)估算。

$$D_C = 0.87\ t^{0.24} \qquad \cdots\cdots (I.4)$$

$$D_C = 58/Q_C^{0.21} \qquad \cdots\cdots (I.5)$$

t——堵塞时间(s)。

表 I.1　泥石流堵塞系数 D_C 值

堵塞程度	特　　征	堵塞系数 D_C
严重	河槽弯曲，河段宽窄不均，卡口、陡坎多。大部分支沟交汇角度大，形成区集中。物质组成粘性大，稠度高，沟槽堵塞严重，阵流间隔时间长	＞2.5
中等	沟槽较顺直，沟段宽窄较均匀，陡坎、卡口不多。主支沟交角多小于 60°，形成区不太集中。河床堵塞情况一般，流体多呈稠浆—稀粥状	1.5～2.5
轻微	沟槽顺直均匀，主支沟文汇角小，基本无卡口、陡坎，形成区分散。物质组成粘度小，阵流的间隔时间短而少	＜1.5

I.1.3　一次泥石流过程总量计算

一次泥石流总量 Q 可通过计算法和实测法确定。实测法精度高，但因往往不具备测量条件，只是一个粗略的概算。计算法根据泥石流历时 T(s)和最大流量 Q_C(m^3/s)，按泥石流暴涨暴落的特点，将其过程线概化成五角形，按式(I.6)计算 Q(m^3)。

$$Q = 0.264TQ_C = KTQ_C \qquad \text{(I.6)}$$

K=0.264

当 F＜5 km^2，K=0.202；

F=5～10 km^2，K=0.113；

F=10～100 km^2，K=0.0378；

F＞100 km^2，K＜0.0252。

一次泥石流冲出的固体物质总量 Q_H(m^3)：

$$Q_H = Q(\gamma_C - \gamma_W)/(\gamma_H - \gamma_W) \qquad \text{(I.7)}$$

I.2　泥石流流速

泥石流流速是决定泥石流动力学性质的最重要参数之一。目前泥石流流速计算公式为半经验或经验公式，概括起来一般分为稀性泥石流流速计算公式、粘性泥石流计算公式和泥石流中大石块运动速度计算公式三类。

I.2.1　稀性泥石流流速计算公式

a)　西南地区(铁二院)公式

$$V_C = \frac{1}{\sqrt{\gamma_H \phi + 1}} \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \qquad \text{(I.8)}$$

式中：

V_C——泥石流断面平均流速(m/s)；

$\frac{1}{n}$——清水河床糙率系数，查水文手册；

R——水力半径(m)，一般可用平均水深 H(m)代替；

I——泥石流水力坡度(‰)，一般可用沟床纵坡代替。

b)　北京市政设计院推荐的北京地区经验公式

$$V_C = \frac{m_W}{a} R_C^{2/3} I^{1/10} \qquad \text{(I.9)}$$

式中：

m_W——河床外阻力系数，可通过查表 I.2 获取。

$$a = (\gamma_H \phi + 1)^{1/2} \qquad \text{(I.10)}$$

表 I.2　河床外阻力系数

分类	河床特征	m_w	
		$I>0.015$	$I\leqslant 0.015$
1	河段顺宜，河床平整，断面为矩形或抛物线形的漂石、砂卵石或黄土质河床，平均粒径为 0.01 m～0.08 m	7.5	40
2	河段较顺直，由漂石、碎石组成的单式河床，河床质较均匀，大石块直径 0.4 m～0.8 m，平均粒径为 0.4 m～0.2 m；或河段较弯曲不太平整的 1 类河床	6.0	32
3	河段较为顺直，由巨石、漂石、卵石组成的单式河床，大石块直径为 0.1～1.4 m，平均粒径为 0.1～0.4 m，或较为弯曲不太平整的 2 类河床	4.0	25
4	河段较为顺直，河槽不平整，由巨石、漂石组成的单式河床，大石块直径为 1.2 m～2.0 m，平均粒径 0.2 m～0.6 m；或较为弯曲的不平整的 3 类河床	3.8	20
5	河段严重弯曲，断面很不规则，有树木、植被、巨石严重阻河床	2.4	12.5

c)　铁三院经验公式

$$V_C = (15.5/a) H_C^{2/3} I_C^{1/2} \qquad \cdots\cdots (I.11)$$

d)　铁一院(西北地区)经验公式

$$V_C = (15.3/a) H_C^{2/3} I_C^{3/8} \qquad \cdots\cdots (I.12)$$

I.2.2　粘性泥石流流速计算公式

a)　东川泥石流改进公式

$$V_C = K H_C^{2/3} I_C^{1/5} \qquad \cdots\cdots (I.13)$$

式中：

K—— 粘性泥石流流速系数，用表 I.3 内插。

表 I.3　粘性泥石流流速参数 K 值表

H_C/m	<2.5	3	4	5
K	10	9	7	5

b)　甘肃武都地区粘性泥石流流速计算公式

$$V_C = M_C H_C^{2/3} I_C^{1/2} \qquad \cdots\cdots (I.14)$$

式中：

M_C—— 泥石流沟床糙率系数，用内插法由表 I.4 查得。

c)　综合西藏古乡沟、东川蒋家沟、武都火烧沟的通用公式

$$V_C = \frac{1}{n_C} H_C^{2/3} I_C^{1/2} \qquad \cdots\cdots (I.15)$$

式中：

n_C——粘性泥石流的河床糙率，用内插法由表 I.5 查得。

表 I.4　泥石流沟床糙率系数 M_C 值表

类别	沟床特征	M_C			
		H_C/m			
		0.5	1.0	2.0	4.0
1	黄土地区泥石流沟或大型的粘性泥石流沟，沟床平坦开阔，流体中大石块很少，纵坡为 20‰～60‰，阻力特征属低阻型		29	22	16
2	中小型粘性泥石流沟，沟谷一般平顺，流体中含大石块较少，沟床纵坡为 30‰～80‰，阻力特征属中阻型或高阻型	26	21	16	14
3	中小型粘性泥石流沟，沟谷狭窄弯曲，有跌坎；或沟道虽顺直，但含大石块较多的大型稀性泥石流沟；沟床纵坡为 40‰～120‰，阻力特征属高阻型	20	15	11	8
4	中小型稀性泥石流沟，碎石质河床，多石块，不平整，沟床纵坡为 100‰～180‰	12	9	6.5	
5	河道弯曲，沟内多顽石、跌坎，床面极不平顺的稀性泥石流，沟床纵坡为 120‰～250‰		5.5	3.5	

表 I.5　粘性泥石流糙率 n_C

序号	泥石流体特征	沟床状况	糙率值	
			n_C	$\frac{1}{n_C}$
1	流体呈整体运动；石块粒径大小悬殊，一般在 30 cm～50 cm，2 m～5 m 粒径的石块约占 20%；龙头由大石块组成，在弯道或河床展宽处易停积，后续流可超越而过，龙头流速小于龙身流速、堆积呈垄岗状	河床极粗糙，沟内有巨石和挟带的树木堆积，多弯道和大跌水，沟内不能通行，人迹罕见，沟床流通段纵坡在 100‰～150‰，阻力特征属高阻型	平均值 0.270 H_C<2 m 时， 0.445	3.57 2.25
2	流体呈整体运动，石块较大，一般石块粒径 20 cm～30 cm，含少量粒径 2 m～3 m 的大石块；流体搅拌较为均匀；龙头紊动强烈，有黑色烟雾及火花；龙头和龙身流速基本一致；停积后呈垄岗状堆积	河床比较粗粮，凹凸不平，石块较多，有弯道、跌水；沟床流通段纵坡 70‰～100‰，阻力特征属高阻型	H_C<1.5 m 时， 平均 0.040 H_C≥1.5 m 时， 0.050～0.100 平均 0.067	20～30 25 10～20 15
3	流体搅拌十分均匀；石块粒径一般在 10 cm 左右，挟有个别 2 m～3 m 的大石块；龙头和龙身物质组成差别不大；在运动过程中龙头紊动十分强烈，浪花飞溅；停积后浆体与石块不分离，向四周扩散呈叶片状	沟床较稳定，河床物质较均匀，粒径 10 cm 左右；受洪水冲刷沟底不平而且粗糙，流水沟两侧较平顺，但干而粗糙；流通段沟底纵坡 55‰～70‰，阻力特征属中阻型或高阻型	0.1 m<H_C<0.5 m 0.043 0.5 m<H_C<2.0 m 0.077 2.0 m<H_C<4.0 m 0.100	23 13 10
4		泥石流铺床后原河床粘附一层泥浆体，使干而粗糙河床变得光滑平顺，利于泥石流体运动，阻力特征属低阻型	0.1<H_C<0.5 m 0.022 0.0<H_C<2.0 m 0.033 2.0<H_C<4.0 m 0.050	 46 26 20

STANDARDS PRESS OF CHINA

I.2.3 泥石流中石块运动速度计算公式

在缺乏大量实验数据和实测数据阶情况下，为便于以堆积后的泥石流冲出物最大粒径大体推求石块运动速度的经验公式：

$$V_s = \alpha \sqrt{d_{max}} \qquad \cdots\cdots(I.16)$$

式中：

V_s——泥石流中大石块的移动速度(m/s)；

d_{max}——泥石流堆积物中最大石块的粒径(m)；

α——全面考虑的摩擦系数(泥石流容重、石块比重、石块形状系数、沟床比降等因素)。$3.5 \leqslant \alpha \leqslant 4.5$，平均 $\alpha = 4.0$。

I.3 泥石流动力学特征值的确定

I.3.1 泥石流冲击力

泥石流冲击力是泥石流防治工程设计的重要参数。分为流体整体冲压力和个别石块的冲击力两种。

a) 泥石流体整体冲压力计算公式

1) 铁二院(成昆、东川两线)公式

$$\delta = \lambda \frac{\gamma_C}{g} V_C^2 \sin\alpha \qquad \cdots\cdots(I.17)$$

式中：

δ——泥石流体整体冲击压力(Pa)；

g——重力加速度(m/s^2)，取 $g = 9.8\ m/s^2$；

α——建筑物受力面与泥石流冲压力方向的夹角(°)；

λ——建筑物形状系数，圆形建筑物 $\lambda = 1.0$，矩形建筑物 $\lambda = 1.33$，方形建筑物：$\lambda = 1.47$。

2) 日本公式

$$\delta = \gamma_C \cdot H_C \cdot V_C^2 \qquad \cdots\cdots(I.18)$$

3) 沙砾泥石流冲压力公式

$$\delta = 4.72 \times 10^5\ V_C^2\ d \qquad \cdots\cdots(I.19)$$

式中：

d——石块粒径(m)。

b) 泥石流体中大石块的冲击力 F：

1) 对梁的冲击力

$$F = \sqrt{\frac{3EJV^2}{gL^3}} \sin\alpha \text{(概化为悬臂梁的形式)} \qquad \cdots\cdots(I.20)$$

$$F = \sqrt{\frac{48EJV^2W}{gL^3}} \sin\alpha \text{(概化为简支梁的形式)} \qquad \cdots\cdots(I.21)$$

式中：

E——构件弹性模量(Pa)；

J——构件截面中心铀的惯性矩；

L——构件长度(m)；

V——石块运动速度(m/s)；

W——石块重量(t)。

2) 对墩的冲击力

$$F = r V_C \sin\alpha[W/(C_1 + C_2)] \qquad \cdots\cdots(\text{I.22})$$

式中：

r—— 动能折减系数，对圆形端 $r=0.3$；

C_1、C_2 分别为巨石、桥墩的弹性变形系数，$C_1 + C_2 = 0.005$。

3) 公式三

$$F = \gamma_H \cdot A \cdot V_C \cdot C \qquad \cdots\cdots(\text{I.23})$$

式中：

A—— 撞击接触面积；

C—— 石块弹性波动传递系数。

I.3.2 泥石流冲起高度

a) 泥石流最大冲起高度 ΔH 为：

$$\Delta H = \frac{V_C^2}{2g} \qquad \cdots\cdots(\text{I.24})$$

b) 泥石流在爬高过程中由于受到沟床阻力的影响，其爬高 ΔH：

$$\Delta H = \frac{bV_C^2}{2g} \approx 0.8\frac{V_C^2}{g} \qquad \cdots\cdots(\text{I.25})$$

式中：

b—— 迎面坡度的函数。

I.3.3 泥石流的弯道超高

由于泥石流流速快，惯性大，故在弯道凹岸处有比水流更加显著的弯道超高现象。

a) 根据弯道泥面横比降动力平衡条件，推导出计算弯道超高的公式：

$$\Delta h = 2.3\frac{V_C^2}{g}\lg\frac{R_2}{R_1} \qquad \cdots\cdots(\text{I.26})$$

式中：

Δh—— 弯道超高(m)；

R_2—— 凹岸曲率半径(m)；

R_1—— 凸岸曲率半径(m)；

V_C—— 泥石流流速(m/s)。

b) 日本(高桥保)公式

$$\Delta h = 2 B_C V_C^2/(R_C g) \qquad \cdots\cdots(\text{I.27})$$

式中：

B_C—— 泥石流表面宽度(m)。

附 录 J
（规范性附录）
区域性泥石流活动性调查评判

J.1 评判方法

根据对暴雨资料的统计分析，按 24 h 雨量（H_{24}）等值线图分区，并结合前述泥石流形成的相关地质环境条件进行区域性泥石流活动综合评判量化，按表 6 中的项目进行统计分析，确定泥石流活动性分区。

表 J.1 区域性泥石流活动综合评判量化

序号：_____ 地区名：_____ 地区：_____ H_{24} = _____

综合得分_____， 属于_____活动区

地面条件类型	极易活动区	评分	易活动区	评分	轻微活动区	评分	不易活动区	评分
综合雨情	$R>10$	4	$R=4.2\sim10$	3	$R=3.1\sim4.2$	2	$R<3.1$	1
阶梯地形	二个阶梯的连接地带	4	阶梯内中高山区	3	阶梯内低山区	2	阶梯内丘陵区	1
构造活动影响（断裂、抬升）	大	4	中	3	小	2	无	1
地震	$M_s\geq7$ 级	4	$M_s=7\sim5$ 级	3	$M_s<5$ 级	2	无	1
岩性	软岩、黄土	4	软、硬相间	3	风化和节理发育的硬岩	2	质地良好的硬岩	1
松散物及人类不合理活动（10^4 m^3/km^2）	很丰富 >10	4	丰富 10～5	3	较少 5～1	2	少 <1	1
植被覆盖率	<10%	4	10%～30%	3	30%～60%	2	>60%	1
注：R 值见附录 B。								

J.2 区域性泥石流活动量化分级标准

极易活动区 :（总分 28～22 分）；

易活动区：（总分 21～15 分）；

轻微活动区：（总分 14～8 分）；

不易活动区：（总分<8 分）。

中华人民共和国地质矿产
行 业 标 准
泥石流灾害防治工程勘查规范
DZ/T 0220—2006
*
中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045
网址 www.bzcbs.com
电话:68523946 68517548
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销
*
开本 880×1230 1/16 印张 2.5 字数 68 千字
2006年11月第一版 2006年11月第一次印刷
*
书号:155066·2-17343 定价 18.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533

DZ/T 0220-2006