中华人民共和国行业标准

铁路工程不良地质勘察规程

Code for unfavorable geological condition investigation of railway engineering

TB 10027—2001

J 125—2001

主编单位：铁道第二勘察设计院
批准部门：中华人民共和国铁道部
施行日期：2001 年 12 月 1 日

中 国 铁 道 出 版 社

2001年·北 京

关于发布岩土分类等6项铁路工程建设标准的通知

铁建设〔2001〕90号

《铁路工程岩土分类标准》(TB 10077—2001)、《铁路工程地质勘察规范》(TB 10012—2001)、《铁路工程不良地质勘察规程》(TB 10027—2001)、《铁路工程特殊岩土勘察规程》(TB 10038—2001)、《铁路路基支挡结构设计规范》(TB 10025—2001)和《铁路工业站、港湾站设计规范》(TB 10078—2001)6项铁路工程建设标准，经审查现批准发布，自2001年12月1日起施行。原《铁路工程地质技术规范》(TBJ 12—96)、《铁路工程地质泥石流勘测规则》(TBJ 27—91)、《铁路工程地质岩溶勘测规则》(TBJ 28—91)、《铁路工程地质滑坡勘测规则》(TBJ 34—91)、《铁路工程地质风沙勘测规则》(TB 10053—98)、《铁路工程地质黄土地区勘测规则》(TB 10055—98)、《铁路工程地质膨胀土勘测规则》(TB 10042—95)、《铁路工程地质软土勘测规则》(TBJ 38—93)、《铁路工程地质盐渍土勘测规则》(TB 10045—96)、《铁路路基支挡结构物设计规则》(TBJ 25—90)同时废止。

对勘测设计中新老规范衔接问题，按《关于实施新发布设计规范有关问题的通知》(建技〔1999〕88号)办理。

以上标准由部建设管理司负责解释，中国铁道出版社和铁路工程技术标准所组织出版发行。

中华人民共和国铁道部

二〇〇一年八月二十七日

前　言

本规程是根据铁道部铁建设函〔1999〕50号文的要求，在《铁路工程地质泥石流勘测规则》(TBJ 27—91)、《铁路工程地质岩溶勘测规则》(TBJ 28—91)、《铁路工程地质滑坡勘测规则》(TBJ 34—91) 和《铁路工程地质风沙勘测规则》(TB 10053—98) 的基础上修订而成。

本规程内容包括：总则，术语，滑坡和错落，危岩、落石和崩塌，岩堆，泥石流，风沙，岩溶，人为坑洞，水库坍岸，地震区，放射性地区，有害气体等13章，另有6个附录。

本规程主要修订的内容有：

1. 增加了错落、危岩、落石和崩塌、岩堆、人为坑洞、水库坍岸、地震区、放射性地区和有害气体等勘察内容。

2. 规定了各种不良地质条件的定义和分类。

3. 增加了观测等工作内容。

4. 规定了岩溶地区的勘察工作必须延续至施工阶段。

在本规程执行过程中，希望各单位结合工程实践，认真总结经验，积累资料。如发现需要修改和补充之处，请及时将意见和有关资料寄交铁道第二勘察设计院（成都市通锦路3号，邮政编码：610031)，并抄送铁路工程技术标准所（北京市朝阳门外大街227号，邮政编码：100020)，供今后修订时参考。

本规程由铁道部建设管理司负责解释。

本规程主编单位：铁道第二勘察设计院。

本规程参编单位：铁道第一勘察设计院、铁道第三勘察设计院、铁道第四勘察设计院。

本规程主要起草人：谭鸿增、刘薇、卞国忠、周正礼、曾长贤。

目　　次

1　总　　则 …… 1
2　术　　语 …… 2
3　滑坡和错落 …… 6
　3.1　一般规定 …… 6
　3.2　工程地质选线 …… 6
　3.3　地质调绘 …… 7
　3.4　勘探与测试 …… 11
　3.5　观测与评价 …… 12
　3.6　踏　　勘 …… 14
　3.7　初　　测 …… 14
　3.8　定　　测 …… 16
4　危岩、落石和崩塌 …… 18
　4.1　一般规定 …… 18
　4.2　工程地质选线 …… 18
　4.3　地质调绘 …… 18
　4.4　勘探与测试 …… 19
　4.5　观测与评价 …… 19
　4.6　踏　　勘 …… 19
　4.7　初　　测 …… 20
　4.8　定　　测 …… 21
5　岩　　堆 …… 22
　5.1　一般规定 …… 22
　5.2　工程地质选线 …… 22
　5.3　地质调绘 …… 22
　5.4　勘探与测试 …… 23

5.5 评　　价 …… 23
5.6 踏　　勘 …… 23
5.7 初　　测 …… 24
5.8 定　　测 …… 25
6 泥 石 流 …… 27
6.1 一般规定 …… 27
6.2 工程地质选线 …… 27
6.3 地质调绘 …… 28
6.4 勘探与测试 …… 30
6.5 观测与评价 …… 30
6.6 踏　　勘 …… 31
6.7 初　　测 …… 31
6.8 定　　测 …… 32
7 风　　沙 …… 34
7.1 一般规定 …… 34
7.2 工程地质选线 …… 34
7.3 地质调绘 …… 36
7.4 勘探与测试 …… 39
7.5 观测与评价 …… 40
7.6 踏　　勘 …… 41
7.7 初　　测 …… 41
7.8 定　　测 …… 43
7.9 改建铁路 …… 45
8 岩　　溶 …… 46
8.1 一般规定 …… 46
8.2 工程地质选线 …… 46
8.3 地质调绘 …… 47
8.4 勘探与测试 …… 49
8.5 观测与评价 …… 51
8.6 踏　　勘 …… 52

8.7 初　　测 …… 53
8.8 定　　测 …… 54
8.9 施工阶段的岩溶勘察 …… 56
9 人为坑洞 …… 58
9.1 一般规定 …… 58
9.2 工程地质选线 …… 58
9.3 地质调绘 …… 59
9.4 勘探与测试 …… 60
9.5 观测与评价 …… 60
9.6 踏　　勘 …… 62
9.7 初　　测 …… 62
9.8 定　　测 …… 64
10 水库坍岸 …… 65
10.1 一般规定 …… 65
10.2 工程地质选线 …… 65
10.3 地质调绘 …… 65
10.4 勘探与测试 …… 66
10.5 观测与评价 …… 66
10.6 踏　　勘 …… 67
10.7 初　　测 …… 68
10.8 定　　测 …… 69
11 地 震 区 …… 71
11.1 一般规定 …… 71
11.2 工程地质选线 …… 71
11.3 地质调绘 …… 71
11.4 勘探与测试 …… 72
11.5 场地评价 …… 72
11.6 踏　　勘 …… 73
11.7 初　　测 …… 73
11.8 定　　测 …… 74

12 放射性地区 …… 76
12.1 一般规定 …… 76
12.2 工程地质选线 …… 76
12.3 地质调绘 …… 76
12.4 勘探与测试 …… 77
12.5 评价与防护 …… 77
12.6 踏　　勘 …… 78
12.7 初　　测 …… 79
12.8 定　　测 …… 80
13 有害气体 …… 81
13.1 一般规定 …… 81
13.2 工程地质选线 …… 81
13.3 地质调绘 …… 81
13.4 勘探与测试 …… 82
13.5 评　　价 …… 82
13.6 踏　　勘 …… 83
13.7 初　　测 …… 83
13.8 定　　测 …… 85
附录 A 滑坡的分类和稳定性检算 …… 87
附录 B 崩塌的分类 …… 91
附录 C 泥石流的分类与分期 …… 92
附录 D 风沙的分类 …… 95
附录 E 岩溶的分类 …… 97
附录 F 煤层瓦斯涌出量的计算 …… 98
本规程用词说明 …… 101
《铁路工程不良地质勘察规程》条文说明 …… 102

1 总　　则

1.0.1 为统一铁路工程不良地质勘察的技术要求，保障勘察质量，适应铁路工程建设的需要，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建、改建铁路勘测设计阶段的不良地质勘察，也可用于施工与运营阶段地质病害监测及工程整治中的不良地质勘察。

1.0.3 铁路工程不良地质勘察，应按勘测设计阶段循序渐进地进行，逐步查清不良地质现象和病害的成因、规模，提供可行的整治方案，满足设计需要。

1.0.4 补充定测阶段不良地质勘察，应结合整治工程需要，补充和完善定测阶段勘察中存在的不足，勘察的技术要求与定测阶段相同。

1.0.5 改建铁路的不良地质勘察，应搜集既有铁路的有关资料，分析利用既有铁路病害预防和整治的经验，参照新建铁路勘测阶段的不同要求，有所侧重地进行。绕行地段应按新建铁路要求开展工作。

1.0.6 铁路工程不良地质勘察，应采用综合勘探和综合分析方法，积极采用新技术、新方法。

1.0.7 铁路工程不良地质勘察，除应符合本规程外，尚应符合国家现行的有关强制性标准的规定。

2 术　　语

2.0.1 不良地质　unfavorable geological condition

由于各种地质作用和人类活动而造成的工程地质条件不良现象的统称。铁路修建与运营中常见的不良地质现象有：滑坡、错落、危岩、落石、崩塌、岩堆、泥石流、风沙、岩溶、人为坑洞、水库坍岸、地震区、放射性和有害气体等。

2.0.2 古（老）滑坡　ancient landslide

滑动历史久远，现已停止活动并处于稳定状态的滑坡。常因自然营力作用或人类活动，滑坡地貌特征保存不完整甚至基本消失。

2.0.3 主滑段　main slide section

在滑坡轴向断面上，沿滑动面（带）产生推力，其滑动力方向与滑动面（带）倾斜方向一致的地段。一般情况下，滑动面倾角大于滑带土综合内摩擦角。

2.0.4 抗滑段　slide-resisting section

在滑坡轴向断面上，产生沿滑动面（带）的抗滑力，其抗滑力方向与滑动面（带）倾斜方向相反的地段。一般情况下，滑动面倾角小于滑带土的综合内摩擦角。

2.0.5 泥石流扇　debris flow fan

泥石流冲出沟口后，固体物质堆积形成的扇形地貌。

2.0.6 泥痕　mud trace

泥石流在流动过程中粘附在沟坡上的残留物或沟坡受冲撞留下的痕迹。

2.0.7 残留层　residual layer

粘性泥石流在流动过程结束后，粘附和停留在沟床中的物质。

2.0.8 沙丘 sand dune

风力作用下沙粒堆积成的丘状或垅岗状地貌。沙丘一般高几米至几十米，个别亦有超过百米的。

2.0.9 沙地 sand land

风力作用下沙粒堆积成近乎水平状的沙质地貌。沙地中一般沙丘高度较小，起伏平缓或零星分布低矮沙堆。

2.0.10 戈壁 Gobi

地面由粗沙、砾石组成的砾漠。在各种成因的堆积物上，由于强大的风力吹蚀作用，留下粗沙、砾石覆盖整个地表，形成大片的砾石滩。

2.0.11 植物群落 plant group

泛指在一定的生态环境中，由植物物种间，以及植物与环境间的相互关系所联系的植物组合。任何一个植物群落都有它自己的植物种类组成一定的外貌，各个植物种类的个体，在数量比例与空间分布上也有一定规律。

2.0.12 植被覆盖度 plant-covering degree

在一定面积内，植物种群所占面积的百分率。植物种群所占面积一般按树冠或草丛在地上的垂直投影面积计算。

2.0.13 风影区 wing shadow area

气流通过地形、地物障碍时，障碍物背风侧由于流线辐散、风速急剧减弱的空间范围。

2.0.14 岩溶基准面 karst base level

岩溶作用向地下深处所能达到的下限。一般为当地的河水面、湖水面、岩溶泉或暗河的最低水面等。基准面的高程与可溶岩的底板高程和可溶岩中非可溶岩夹层有关。

2.0.15 裸露型岩溶 exposed deposit karst

可溶岩绝大部分出露地表，仅在漏斗、洼地内有薄层土覆盖。

2.0.16 覆盖型岩溶 covered plied karst

可溶岩被第四系松散堆积物所覆盖，岩石一般不出露于地

表。在地面上常有塌陷漏斗或洼地，有时出露灰岩石牙。

2.0.17 **埋藏型岩溶** hidden outcrop karst

可溶岩类岩层在上覆厚层已胶结的非可溶岩层之下发育的岩溶。这种岩溶不反映于地表。

2.0.18 **岩溶洼地、岩溶盆地** karst depression，karst basin

底部平坦、面积较大、形态不规则的封闭状负地形称洼地。有松散沉积物覆盖的大型岩溶洼地称岩溶盆地。

2.0.19 **干谷、盲谷** dry valley、blind valley

岩溶地区，由于河谷进入地下排水系统，在地表遗留的干涸的或间歇性有水的河谷称干谷。无出口、其水流消失在河谷末端陡壁下而转为暗河者为盲谷。

2.0.20 **垂直渗流带** vertical seepage zone

丰水期地下水位以上，大气降水或地表水受重力作用沿可溶岩的裂隙、孔洞作垂向运动的地带。此带水流一般不具有静水压力，并且不连续。

2.0.21 **水平径流带** horizontal runoff zone

岩溶含水层最低水位以下，受当地岩溶排水基准面控制，具有连续水位的地带。浅饱水带岩溶发育强烈，深饱水带岩溶发育渐弱，逐渐过渡为深部缓流带。

2.0.22 **岩溶地面塌陷** karst ground collapse

在覆盖型岩溶地区，由于覆盖土层向溶洞中运移和土洞的扩大，造成地表变形和陷落破坏的统称。

2.0.23 **移动盆地** moving basin

地下矿层大面积采空后所形成的地表下沉变形区。地表变形开始时为凹地，随着采空区的不断扩大，凹地不断向外发展，故称为移动盆地。

2.0.24 **非充分采动和充分采动** inadequate mining and adequate mining

在既定采深条件下，当采空区的长度和宽度均小于开采深度时，地表移动盆地呈碗状，地表不出现应有的最大下沉值，称为

非充分采动。当采空区的长度和宽度分别等于或大于开采深度时，地表移动盆地呈盘状，地表出现应有的最大下沉值，称为充分采动。

2.0.25 浅滩磨蚀角 shoal abrasion angle

库岸在波浪的长期冲刷与磨蚀作用下形成的稳定坡角，即水库高程在正常高水位加波浪侵袭高与正常低水位减波浪影响深之间的稳定岸坡角。

2.0.26 地震动峰值加速度 seismic peak ground acceleration

与地震动加速度反应谱最大值相应的水平加速度。

2.0.27 地震动反应谱特征周期 characteristic period of the seismic response spectrum

地震动加速度反应谱开始下降点的周期。

2.0.28 全新活动断裂 active fault in Holocene epoch

在全新世时期（1 万年）内有过地震活动或近期正在活动，在未来 1 百年内可能继续活动的断裂。

2.0.29 非全新活动断裂 inactive fault in Holocene epoch

1 万年以前活动过，1 万年以来没有发生过活动的断裂。

2.0.30 放射性 radioactivity

不稳定的原子核在自发转变的过程中释放出带有一定能量的粒子或以电磁辐射的形式释放能量的现象。

2.0.31 瓦斯 gas

指煤层中的有害气体，其主要成分为甲烷。

2.0.32 地震动参数区划 seismic ground motion parameter zonation

以地震动峰值加速度和地震动反应谱特征周期为指标，将国土划分为不同抗震设防要求的区域。

3 滑坡和错落

3.1 一般规定

3.1.1 滑坡是指斜坡上岩、土体，由于环境的改变或影响，在以重力为主的力的作用下，沿着一定的滑动面（带）整体下滑，其主滑段的垂直位移与水平位移之比与滑动带倾斜值一致的坡体变形。

3.1.2 错落是指斜坡上岩、土体，由于下伏软弱岩层或破碎带因应力状态改变，在重力的作用下，沿着陡倾角结构面作整体下错，其主滑段的垂直位移与水平位移之比大于下卧主错动带的倾斜值的坡体变形。

3.1.3 线路通过斜坡地区，当山坡呈明显的圈椅状地貌，有较陡的后壁，坡面不顺直呈台阶状，前缘呈舌状凸出，侵占或挤压沟（河）床，坡脚出露泉水或湿地，两侧地层有扰动或不连续现象时，应按滑坡进行工程地质勘察。

3.1.4 线路通过斜坡地区，当山坡坡面呈明显错台、后壁陡且岩体中存在陡倾角结构面、外形类似滑坡但坡度较陡，或坡体高陡、其重力足以促使下卧松散岩土层组成的主错动带产生压缩变形时，应按错落进行工程地质勘察。

3.1.5 滑坡的分类应符合附录 A 的规定。

3.2 工程地质选线

3.2.1 滑坡和错落地区工程地质选线应符合下列要求：

1 线路应绕避稳定性差的巨型、大型（古）滑坡和错落或滑坡和错落群；

2 当滑坡和错落规模小、边界条件清楚，整治方案技术可

行、经济合理时，线路可选择在有利于滑坡和错落稳定的安全部位通过；

3 线路通过稳定的滑坡和错落体时，不宜在其上部填方或下部挖方。

3.2.2 具有滑坡和错落产生条件或因修建铁路可能产生滑坡和错落地段的工程地质选线应符合下列要求：

1 确保山体稳定条件不受到削弱或破坏；

2 线路不应与大断裂平行，不宜切割松散堆积体或风化破碎岩的坡脚，宜绕避岩层或贯通节理产状倾向线路的地段，特别是地下水发育的地段；

3 越岭地段线路应绕避岩层严重风化破碎带或构造破碎带形成的垭口；在山坡的同一侧展线时，上、下线位应避免相互影响。

3.3 地质调绘

3.3.1 滑坡和错落地质调绘前应搜集地形图，区域地质资料，遥感图像，气象、地震、水文资料，既有滑坡和错落的调查和观测资料，以及地方志、地震史料中有关滑坡和错落灾情的记载。

3.3.2 滑坡和错落遥感图像解译应包括下列内容：

1 滑坡和错落的分布范围、地质背景，包括地质构造、岩性特征和岩土结构，山脉主脉及支脉山脊的形态，岩层产状与主、支脉间的关系；

2 滑坡和错落的平台、后缘壁、洼地、鼓丘等地貌特征，阶地形态，河流、沟系，植被，井、泉、湿地、水塘位置。

3.3.3 滑坡和错落的地形、地貌调绘应包括下列内容：

1 沟谷或陡坎的分布、形态特征、与斜坡走向的关系，河岸或谷坡受冲刷、淤积情况及河道的变迁；

2 地面坡度、相对高度，台阶位置、个数、平台宽度、阶坎高度，反坡、洼地，植被，醉林和马刀树的形状、大小和树种名称；

3　滑坡和错落的周界形状，后壁走向、陡度、高度与擦痕的指向和倾角，前缘形态，临空面特征，滑动或错落面（带）出口位置，裂缝的分布位置、性质、形状、宽度、深度、延伸长度、充填情况，裂缝产生的时间和变化情况。

3.3.4　滑坡和错落的地层、岩性、地质构造调绘应包括下列内容：

1　土的成因类型、颗粒成分、结构特征、潮湿程度、密实程度、软弱夹层；

2　岩层层序、岩性，岩坡内硬软岩的组合与分布，特别是软弱破碎带在坡体上的展布特征，以及层间错动、岩石风化破碎程度、含水情况；

3　褶皱、断层、节理、劈理等的性质、产状、组合延伸状况、发育程度；

4　可能形成滑动面（带）的层位和位置。

3.3.5　滑坡和错落的水文地质条件调绘应包括下列内容：

1　沟系发育特征、径流条件，地表水、大气降水与地下水的关系；

2　井、泉、水塘、湿地的位置，井、泉的类型、流量及季节性变化情况；

3　含水层的位置、性质、厚度，地下水的水质、水温及其变动，流向、补给及排泄条件。

3.3.6　滑坡和错落的历史和现状调查应包括下列内容：

1　发生、发展历史及相关因素；

2　地貌演变，地表水渗漏，修路、开矿、弃碴等人为活动情况；

3　斜坡、房屋、水渠、道路、古墓等的变形、位移、裂缝位置、状态，井、泉、水塘等的突然干枯或浑浊现象。

3.3.7　不同类型滑坡和错落地质调绘重点应包括下列内容：

1　黏性土滑坡

1）地貌形态、裂隙的性质与发育程度；

2）地表水的聚集与排泄，地下水活动情况；

3）层间的软弱层、砾石层、结核层，上覆土层与下伏岩层接触面的形态；

4）海相黏土中高塑性黏土层的分布、倾斜、富水与夹砂状况，含盐黏土中盐分的淋滤与湿化；

5）河湖相黏土中富集高岭土或蒙脱土层的埋藏、分布和产状；

6）膨胀土应搜集当地降雨、蒸发、气温、日照资料，确定大气影响深度。

2 黄土滑坡

1）新、老黄土的分界面，古土壤层、粉细砂层、砂卵石层、钙质结核等夹层的分布和倾斜度，与下伏岩层接触面的形态，含水情况；

2）黄土柱状节理、卸荷裂隙等的分布、发育程度、组合情况；

3）黄土底层积水软化呈软塑状态的增厚尺寸与速度；

4）新构造发育地区老黄土中构造裂隙的组合分布，特别是倾向斜坡裂隙的产状和受水气作用的情况。

3 堆积土滑坡

1）不同成因类型堆积土的组合与分布情况；

2）不同堆积土顶底面、软弱夹层、下伏岩层顶面等的形态特征与富水情况；

3）地表、地下水的活动情况，以及补给、排泄条件。

4 填土滑坡

1）填土类别、特征，以及填土方式；

2）软弱土层分布、含水条件，以及下伏岩层顶面形态特征；

3）原地面形态、坡度，填土两侧积水与地下水出露位置、排泄条件；

4）道碴囊积水和路堤坡面变形、冲蚀情况，堤前积水可

能形成的堤内渗流情况；

5）填筑岩土的风化情况，雨水下渗和振动对路堤稳定的影响。

5 破碎岩体滑坡和错落

1）破碎岩体的分布范围、厚度、风化破碎程度与胶结情况；

2）断层产状、性质，上、下盘接触面特征，断层泥、糜棱岩带的部位；

3）可能产生主滑（错）动带岩土的分布、厚度、松散程度和含水条件；

4）地下水发育情况及其与滑坡和错落的关系。

6 岩体滑坡和错落

1）岩层结构特征、性质、成层与节理发育情况；

2）软岩与硬岩接触带、顺坡结构面等在斜坡上的产状变化，层间错动情况，以及软弱夹层在临空面上出露的位置；

3）构造裂隙面的组数、组合、产状、宽度、长度、贯通性、充填情况、力学性质，以及地下水活动情况。

3.3.8 特殊地区滑坡和错落地质调绘重点应包括下列内容：

1 水库地区滑坡和错落

1）水库最高、最低水位资料；

2）风速、风向，波浪侵袭高度，岸边水流流向、流速，以及岸坡坡脚冲蚀、淤积对滑坡和错落的影响；

3）滑坡和错落地段岩土的特征、水理性质、冻融危害，以及岩石风化破碎程度；

4）水库蓄、放水的速度，库水位变化幅度和速度及其对具有滑坡和错落条件地段和古滑坡稳定性的影响。

2 采空区滑坡和错落

1）采空区、残采区和规划开采区等的平面、剖面，以及保留矿柱、回填、加固等资料；

2）采空作业方式、顺序、速率等与斜坡体的关系；

3）采空塌陷地面移动区的变动、地表裂隙走动变化和性状等与斜坡体的关系；必要时应进行地表变形位移观测；

4）滑坡和错落与抽取地下水、排除地表水、爆破等的关系；

5）对于背向采空塌陷区的坡体应查明因塌陷使底部岩土松弛造成坡体内倾向斜坡临空方向的构造裂隙面松弛、贯通和地下水变动情况。

3 地震区滑坡和错落

1）地震史、震中位置、地震动峰值加速度、地震频率、发震季节，以及地震的危害；

2）建筑物破坏痕迹，山崩、滑坡、错落、地裂情况；

3）岩层结构特征、风化破碎程度，层间软弱夹层；

4）断层的展布特征、性质，破碎带宽度，含水情况。

4 融冻土地区滑坡

1）地表冲沟、坡体内含冰，地表草皮的分布等与融冻土滑坡的关系；

2）冻土的类型、结构特征、厚度；

3）当地气温、地温，在工程保证安全年代内多年冻土上限埋深及其可能的变化，融冻季节及冻融变化规律；

4）地下水类型，地表水、热融水对滑坡的补给关系。

3.4 勘探与测试

3.4.1 滑坡和错落勘探应采用物探、钻探、坑探相结合的综合勘探，必要时可采用井探或洞探，查明滑（错）动面（带）的空间分布和性质、地下水及其变化情况。

3.4.2 滑坡和错落勘探点布置应符合下列要求：

1 沿主轴和垂直主轴方向，结合测试和整治工程需要布置；

2 主轴断面上的勘探点不得少于3个，地质条件复杂地段应

加密；

3　滑坡和错落体外围，必要时应布置勘探点。

3.4.3　滑坡和错落勘探深度应至稳定岩土层内不小于3 m，且钻入基岩深度不小于滑坡体中最大块石直径的1.5倍。

3.4.4　滑坡和错落钻探应符合下列要求：

1　钻探应采用干钻、无泵反循环或双层岩芯管方法进行；

2　当钻至接近预计滑动面（带）以上5 m或发现滑动面（带）迹象（软弱面、地下水）时，必须采用干钻或空气钻进，并宜增大钻压、降低转速，提高岩芯采取率；回次进尺不得大于0.3 m，并应及时检查岩芯，确定滑动面位置；

3　钻探发现地下水时应分层止水并测定初见、稳定水位，含水层厚度。

3.4.5　滑坡和错落测试应取代表性岩、土、水样，作物理力学性质试验和水质分析；必要时应对岩样进行切片和黏土矿物鉴定。

3.4.6　滑动面（带）测试应符合下列要求：

1　取原状土样试验；当无法采取原状土样时，可取保持天然含水量的扰动土样，作重塑土样试验；

2　结合滑动条件、岩土性质、工程要求，选择快剪、固结快剪、浸水饱和剪、残余强度试验；

3　有条件时，可进行原位大面积剪切试验或其他原位测试工作。

3.5　观测与评价

3.5.1　控制或影响线路方案及施工和运营安全或具有多层滑动带的滑坡应进行动态观测。

3.5.2　滑坡动态观测应符合下列规定：

1　内容

1）地面变形，包括水平、垂直位移，裂缝延伸变化及移动方向；

2）建筑物变形，包括开裂、破坏及位移；

3）深部位移，包括地面下不同深度的滑坡体位移；

4）水文地质条件，包括孔隙水压力、地表水位、水量，井、泉、钻孔等的水位、水量、水质、水温、流向；特别是滑动带含水层的特征；

5）气象观测。

2 方法

1）布置地面观测网监测滑坡及建筑物动态变化；

2）在钻孔内进行深部位移观测，监测不同深度滑坡体位移变化；观测孔终孔孔径应满足测试仪器的要求；

3）同步观测水文地质条件动态变化。

3 要求

1）小型滑坡可进行简易动态观测；

2）控制和影响线路方案的大型滑坡应直接测量位移量，采用顺轴向和垂直轴向的方格网、放射网或任意格网等方法进行；

3）观测期限应根据工程需要确定，一般不宜少于1个水文年。

4 资料编制

1）观测说明，应阐明工作概况，包括任务依据、时间、测网布置、观测方法、仪器设备及完成工作量；观测经过，包括补设观测桩、复测、加测情况；观测资料分析、结论及建议；

2）观测网布置平面图，比例视需要确定；

3）位移矢量图，比例视需要确定；

4）位移或降雨量与时间关系曲线图，位移与降雨量相关曲线图，比例视需要确定；

5）位移与地下水动态相关曲线图，深部位移曲线图，比例视需要确定；

6）观测记录、气象资料、访问记录、照片等原始资料。

3.5.3 滑坡稳定性评价应包括稳定性检算和综合评价。

1　稳定性检算

1）选择有代表性的断面，并划分出牵引、主滑和抗滑地段；

2）各段滑动带的计算指标宜采用各种状态下的反算法取得初步值，然后按工程保证年限内最不利组合时的状态与反算指标比较后进行调整，再与最不利条件下可能的试验指标，经验数据进行综合比较后确定；

3）滑坡稳定系数 K_s 计算可按本规程附录 A 的规定进行；

4）滑坡体内地下水已形成统一水面时应计入浮托力和动水压力；

5）除整体稳定性外，尚应检算局部滑动的可能性。

2　综合评价应根据滑坡在斜坡体构造格局中所在部位及其与四周各块之间的相互支撑与水力联系，滑坡的规模、位置、工程地质与水文地质条件，滑动的主导因素，滑动前兆，以及稳定性检算结果等综合判定滑坡的稳定性、发展趋势及危害程度。

3.6　踏　　勘

3.6.1　踏勘阶段滑坡和错落勘察应搜集区域地质、水文地质、地貌、气象、地震及遥感图像资料，了解巨型、大型和地质复杂的滑坡和错落在山体构造格局中所占的位置及其与四周坡块之间的稳定关系。

3.6.2　踏勘阶段滑坡和错落资料编制应包括下列内容：

1　工程地质说明，应阐明巨型、大型滑坡和错落的工程地质条件和方案比选意见，对下阶段工程地质勘察工作的建议；

2　全线工程地质图，比例为 1∶50 000～1∶200 000，应标明滑坡和错落分布位置及类型。

3.7　初　　测

3.7.1　初测阶段滑坡和错落地质调绘应符合下列要求：

1　查明勘察范围内滑坡和错落的分布范围、规模、类型和稳定程度；

2　控制和影响线路方案的滑坡和错落地段应进行重点地质调绘，查明工程地质、水文地质条件，微地貌特征，软弱夹层，变形情况等；

3　对与线路方案有关的可能形成新滑坡和错落的地区，亦应进行地质调绘。

3.7.2　控制和影响线路方案的滑坡和错落工点勘探与测试应符合下列要求：

1　勘探点应布置在滑坡和错落主轴断面和必要的横断面上，主轴断面上的数量不得少于3个，且至少有1个控制性深孔；

2　在滑动带及其上、下各种土层中，应分别采取代表性土样，进行物理力学性质试验；

3　有地下水时应查明地下水的分布层数，含水层的组成和厚度，各层地下水的初见和稳定水位、流量等，并取样作水质分析；

4　土层滑坡可采用瑞利波法、地震反射波法和四极对称直流电测深法等综合物探方法确定滑动面位置、土层与基岩的分界面。

3.7.3　对线路方案影响大、地质复杂、稳定性难以判断的滑坡，必要时应进行动态观测。

3.7.4　初测阶段滑坡和错落资料编制应包括下列内容：

1　综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明滑坡和错落的分布规律、危害程度、处理原则，对线路各方案的评价和比选意见，存在问题及定测注意事项；

2）全线工程地质图，比例为1∶10 000～1∶200 000，应标明滑坡和错落分布范围及类型；

3）详细工程地质图，比例为1∶2 000～1∶5 000，应标明滑坡和错落范围界线；

4）工程地质分段说明，应阐明滑坡和错落的分布、特征、规模，发生和发展的原因，稳定性及其对工程的影响。

2 工点资料

1）工程地质说明，应阐明滑坡和错落的勘探过程和结果，工程设计所需参数，需要采取的防护措施等；

2）工程地质图，比例为1:500～1:2 000，必要时可用1:200，应标明滑坡和错落的范围界线、主轴方向、滑坡体开裂变形特征等；

3）轴线工程地质断面图，比例为1:200～1:1 000，必要时可用1:100，应标明滑坡和错落的滑、错动带界线，滑、错动方向和裂缝位置；

4）代表性轴向和横向工程地质断面图，比例为1:200～1:1 000，必要时可用1:100，应标明滑坡和错落的滑、错动带界线，滑、错动方向和裂缝位置；

5）勘探、测试资料，观测点、地质照片等资料。

3.8 定　　测

3.8.1 定测阶段滑坡和错落地质调绘应查明下列内容：

1 地形、地貌、微地貌形态，地表裂缝和建筑物的破坏变形及其发展进程，井、泉、池塘、湿地等的分布与变化，植被、滑坡要素；

2 物质成分、性质、厚度，滑（错）动带的位置、个数、形态特征；

3 测区地层岩性、地质构造、各种结构面特征及组合关系、层间软弱夹层，含水层性质、厚度、补给源等水文地质条件。

3.8.2 定测阶段滑坡和错落勘探与测试应符合下列要求：

1 勘探孔应根据滑坡和错落规模、滑床形态并结合整治工程类型布置，每个地质断面不宜少于3孔，间距和深度应满足工程整治设计的需要；有条件时可在主要断面上进行综合物探；

2 滑动带及其上、下各种土层中应分别采取代表性土样作物理力学性质试验，主滑段和抗滑段中应分别取滑动带土样不少于3组，牵引段中亦宜取滑动带土样进行力学试验；

3　有条件时，宜在滑动带处进行大面积剪切试验；

4　地下水发育时应进行水文地质试验，并对地表、地下水分别取样进行水质分析，必要时测定地下水流速、流向。

3.8.3　需要采取分期整治的滑坡，必要时应进行动态观测。

3.8.4　定测阶段滑坡和错落资料编制应包括下列内容：

1　综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明滑坡和错落的工程地质条件、评价及处理原则；

2）全线工程地质图，比例为 1∶10 000～1∶200 000，应补充修改初测成果；

3）详细工程地质图，比例为 1∶2 000～1∶5 000，应补充修改初测成果；

4）详细工程地质纵断面图，比例为横 1∶10 000，竖 1∶200～1∶1 000，有标注条件时应标明滑坡和错落的滑、错动带界线，滑、错动方向。

2　初测已有的工点除应补充、修改既有资料以外，必要时应补充水文地质图、滑床或基岩等高线图、滑坡地段的过湿带分布图，比例同工程地质图。

3　新增加工点应符合本规程第 3.7.4 条的规定。

4 危岩、落石和崩塌

4.1 一般规定

4.1.1 危岩是指具有产生崩塌和落石危险的陡坡上的岩体或个别岩块。

4.1.2 落石是指陡坡上个别的岩块在重力作用下突然向下坠落或滚落的现象。

4.1.3 崩塌是指陡坡上部分岩土体，在以重力为主的力的作用下，突然向下垮塌的现象。

4.1.4 线路通过斜坡地区，当坡高、陡，坡面不平整，上陡下缓，岩土体的节理、裂隙发育，结构面多张开，坡脚、坡面有崩塌物停积时，应按危岩、落石和崩塌进行工程地质勘察。

4.1.5 崩塌的分类应符合附录 B 的规定。

4.2 工程地质选线

4.2.1 线路应绕避可能产生大规模崩塌或治理难度极大的危岩、落石和崩塌地段。

4.2.2 当落石及潜在崩塌体规模小、危岩边界条件或个体清楚，防治方案技术可行、经济合理时，线路可选择在有利部位通过。

4.3 地质调绘

4.3.1 危岩、落石和崩塌地质调绘前应搜集地形图、区域地质资料、遥感图像、气象和地震资料，既有崩塌和落石调查、观测资料，以及地方志、地震史料中有关崩塌和落石灾情的记载。

4.3.2 危岩、落石和崩塌地质调绘应包括下列内容：

1 危岩的地质背景；

2　地形、地貌特征，危岩的周界、空间分布，裂缝的位置、性质、形状、宽度、深度、延伸长度、充填和变化情况；

3　岩层层序、岩性、岩体结构、软弱结构面、软弱夹层特征，层间错动、岩石风化破碎程度、含水情况；

4　褶皱、断层、节理、劈理等的性质、产状、组合情况、发育程度；

5　崩塌和落石的范围、数量、岩块直径、滚落方向、影响范围，以及防治经验。

4.4　勘探与测试

4.4.1　裂隙勘探应以挖探为主，查明覆盖层厚度、裂隙发育程度及充填特征。

4.4.2　勘探点应根据挡护和整治工程的需要布置。

4.4.3　裂隙充填物测试可取代表性土样作物理力学性质试验。

4.5　观测与评价

4.5.1　控制或影响线路方案，以及影响施工和运营安全的危岩中正在发展的张裂隙，宜进行变形观测；必要时宜设立观测点长期观测。

4.5.2　当落石滚落的方向、途径、跳跃高度、影响范围等难以判明时，宜在现场作简易岩块滚落试验。

4.5.3　危岩、落石和崩塌评价应阐明其分布范围、类型，发生和发展的原因，稳定程度及发展趋势。

4.6　踏　　勘

4.6.1　踏勘阶段危岩、落石和崩塌勘察应搜集区域地质、工程地质、水文地质、气象、地震及遥感图像资料，了解大型危岩的类型、规模和成因。

4.6.2　踏勘阶段危岩、落石和崩塌资料编制应包括下列内容：

1　工程地质说明，应阐明大型危岩、落石和崩塌的分布地

段、规模、工程地质条件和方案比选意见，对下阶段工程地质勘察工作的建议；

2 全线工程地质图，比例为1:50 000～1:200 000，应标明大型危岩、落石和崩塌的类型、分布位置。

4.7 初　　测

4.7.1 初测阶段危岩、落石和崩塌地质调绘应符合下列要求：

1 查明勘察范围内危岩、落石和崩塌的分布范围、规模、类型及稳定程度；

2 控制和影响线路方案的危岩、落石和崩塌应重点进行地质调绘，查明工程地质、水文地质、地震、水文、气象条件，微地貌特征、裂隙发育、变形破坏情况等。

4.7.2 控制和影响线路方案的危岩、落石和崩塌工点，宜结合工程需要进行勘探与测试，必要时进行变形观测。

4.7.3 初测阶段危岩、落石和崩塌资料编制应包括下列内容：

1 综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明危岩、落石和崩塌的分布规律、危害程度、处理原则，对线路各方案的评价和比选意见，存在问题及定测注意事项；

2）全线工程地质图，比例为1:10 000～1:200 000，应标明危岩、落石和崩塌分布范围；

3）详细工程地质图，比例为1:2 000～1:5 000，应标明危岩、落石和崩塌范围界线；

4）工程地质分段说明，应阐明危岩、落石和崩塌的类型、分布、特征、规模、数量、岩块直径，发生和发展的原因，稳定程度及其对工程影响的评价。

2 工点资料

1）工程地质说明，应阐明危岩、落石和崩塌的勘探过程和结果，工程设计所需参数，需要采取的防护措施等；

2）工程地质图，比例为1:500～1:2 000，应标明裂隙位

置，危岩、落石和崩塌范围界线；

3）代表性轴向、横向工程地质断面图（必要时作），比例为1:200～1:1 000，应标明裂隙位置，危岩、落石和崩塌范围界线；

4）勘探、测试资料，观测点、地质照片等资料。

4.8 定　　测

4.8.1 定测阶段危岩、落石和崩塌勘察应查明地形、地貌、微地貌形态与植被，地层岩性、地质构造、各种结构面特征及组合关系、层间软弱夹层、风化程度，地表、地下水对危岩稳定的影响；必要时进行简易岩块滚落试验。

4.8.2 定测阶段危岩、落石和崩塌勘探与测试宜结合工程需要进行。

4.8.3 定测阶段危岩、落石和崩塌资料编制应包括下列内容：

1 综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明危岩、落石和崩塌的工程地质条件、评价及处理原则；

2）全线工程地质图，比例为1:10 000～1:200 000，应补充修改初测成果；

3）详细工程地质图，比例为1:2 000～1:5 000，应补充修改初测成果；

4）详细工程地质纵断面图，比例为横1:10 000，竖1:200～1:1 000，有标注条件时应标明危岩、落石和崩塌的类型、位置与范围界线。

2 初测已有的工点应补充、修改既有资料。

3 新增加工点应符合本规程第4.7.3条的规定。

5 岩　　堆

5.1 一 般 规 定

5.1.1 岩堆是指岩体经过物理风化等作用形成碎块，经以重力为主的力的搬运，在山坡上或坡脚形成的松散堆积体。

5.1.2 线路通过斜坡地区，当山坡或坡脚堆积有岩块松散堆积体，其表面坡度与堆积物的安息角相近时，应按岩堆进行工程地质勘察。

5.1.3 岩堆可根据组成物质的大小划分为：碎屑、碎石、块石、大块石岩堆。

5.2 工程地质选线

5.2.1 线路应绕避补给来源丰富、结构松散、处于发展阶段或具有软弱夹层、地下水丰富、极易产生变形的大型岩堆。

5.2.2 线路可采取适当措施通过规模较小、边界条件清楚或停止发展和稳定的古岩堆。

5.3 地 质 调 绘

5.3.1 岩堆地质调绘前应搜集地形图，区域地质、水文地质资料，遥感图像，气象与地震资料。

5.3.2 岩堆地质调绘应包括下列内容：

1 岩堆形成的地质背景；

2 岩堆床的形态、岩层层序、岩性、岩体结构、软弱结构面、软弱夹层特征，以及层间错动、岩石风化破碎程度；

3 堆积岩块的孔隙性、岩性、粒径、分布、厚度、成层与稳定情况，岩块间填充物的物质成分、颗粒级配、潮湿、密实、

胶结情况、软弱夹层；

4　地表水和地下水对岩堆稳定性的影响；

5　补给区危岩体的分布、陡度、高度，裂隙密度、性质、延伸方向及危岩体的稳定性。

5.4　勘探与测试

5.4.1　岩堆勘探应采用综合物探、钻探、坑探相结合的综合勘探方法，查明岩堆的物质成分、孔隙性、均匀性、软弱夹层及岩堆基底的稳定性。

5.4.2　岩堆勘探点应结合整治工程布置在轴线断面上，复杂地段应适当加密；勘探深度应至岩堆基床下稳定岩土层内不小于3 m，且大于最大块石直径1.5倍。

5.4.3　岩堆钻探中应观测地下水位，必要时作水文地质试验，并取样作水质分析。

5.4.4　岩堆取原状土样困难时，可在现场进行荷载试验或其他原位测试工作。

5.5　评　　价

5.5.1　岩堆评价应包括其发展阶段、自身的稳定性，及其作为建筑物地基、路堑边坡和隧道围岩等周边环境的稳定性。

5.5.2　岩堆的稳定性评价应包括岩堆沿地面或软弱夹层变形的可能性，岩石成分、岩块大小与均匀性、岩块结构的密实程度及不均匀下沉量。

5.6　踏　　勘

5.6.1　踏勘阶段岩堆勘察应搜集区域地质、工程地质、水文地质、气象、地震及遥感图像资料，了解大型岩堆的类型、规模、形成条件和发育规律。

5.6.2　踏勘阶段岩堆资料编制应包括下列内容：

1　工程地质说明，应阐明大型岩堆的工程地质条件和方案

比选意见，对下阶段工程地质勘察工作的建议；

2 全线工程地质图，比例为 1:50 000～1:200 000，应标明岩堆分布位置。

5.7 初　　测

5.7.1 初测阶段岩堆地质调绘应符合下列要求：

1 查明勘察范围内岩堆的分布范围、规模、类型及稳定程度；

2 控制和影响线路方案的岩堆应重点进行地质调绘，查明工程地质、水文地质、地震、水文、气象条件，孔隙性、均匀性、软弱夹层等。

5.7.2 控制和影响线路方案的岩堆勘探与测试应符合下列要求：

1 勘探点应布置在岩堆主轴断面和必要的横断面上，主轴断面上的数量不宜少于 3 个，且至少有 1 个控制性深孔；

2 取软弱带土层的代表性土样，进行物理力学性质试验；

3 有地下水时应查明地下水的分布层数，含水层的组成和厚度，各层地下水的初见和稳定水位，水量、水质、水温、流向及其变动，并取样作水质分析；

5.7.3 初测阶段岩堆资料编制应包括下列内容：

1 综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明岩堆的分布规律、危害程度、处理原则，对线路各方案的评价和比选意见，存在问题及定测注意事项；

2）全线工程地质图，比例为 1:10 000～1:200 000，应标明岩堆位置；

3）详细工程地质图，比例为 1:2 000～1:5 000，应标明岩堆范围界线；

4）工程地质分段说明，应阐明岩堆的分布、特征、规模、稳定性及其对工程的影响。

2 工点资料

1）工程地质说明，应阐明岩堆的勘探过程和结果，工程设计所需参数，需要采取的防治措施等；

2）工程地质图，比例为1:500～1:2 000，应标明岩堆的范围界线；

3）代表性轴向和横工程地质断面图（必要时作），比例为1:200～1:1 000，应标明岩堆的界线、软弱夹层、地下水的位置；

4）勘探、测试资料，观测点、地质照片等资料。

5.8 定　　测

5.8.1 定测阶段岩堆地质调绘应查明下列内容：

1 地形地貌、地层岩性、地质构造、各种结构面特征及组合关系、层间软弱夹层与岩堆基底的稳定性；

2 堆积岩块粒径、填充物性质、胶结情况、岩堆床形态、地下水情况。

5.8.2 定测阶段岩堆勘探与测试应符合下列要求：

1 勘探孔应根据岩堆规模、基底形态并结合整治工程类型布置，每个地质断面不宜少于3孔，间距和深度应满足工程整治设计的需要；必要时在主要断面上进行综合物探；

2 软弱带土层宜采取代表性土样进行物理力学性质试验，必要时可在软弱带处进行大面积剪切试验；

3 地下水发育时应进行水文地质试验，并对地表、地下水分别取样进行水质分析，必要时测定地下水流速、流向。

5.8.3 定测阶段岩堆资料编制应包括下列内容：

1 综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明岩堆的工程地质条件、评价及处理原则；

2）全线工程地质图，比例为1:10 000～1:200 000，应补充修改初测成果；

3）详细工程地质图，比例为1:2 000～1:5 000，应补充

修改初测成果；

4）详细工程地质纵断面图，比例为横 1:10 000，竖1:200～1:1 000，有标注条件时应标明岩堆界线，软弱层、地下水的位置。

2 初测已有的工点应补充、修改既有资料。

3 新增加工点应符合本规程第 5.7.3 条的规定。

6 泥 石 流

6.1 一 般 规 定

6.1.1 泥石流是指挟带大量泥、砂、石块等固体物质的洪流；根据泥石流形成的水动力条件可分为暴雨型与冰川型。本规程仅适用于暴雨型泥石流。

6.1.2 线路通过山区沟谷，当沟口或沟谷中存在大量无分选的堆积物，沟谷两侧或源头坡面存在较厚的松散堆积层，同时存在坍塌、滑坡等不良地质现象时，应按泥石流进行工程地质勘察。

6.1.3 泥石流的分类应符合附录 C 的规定。

6.2 工程地质选线

6.2.1 线路应绕避处于发育旺盛期的特大型泥石流、大型泥石流或泥石流群，以及淤积严重的泥石流沟。

6.2.2 线路应远离泥石流堵河严重地段的河岸。

6.2.3 峡谷河段线路应在查明泥石流活动痕迹、判明泥石流规模和发展趋势的基础上以高桥大跨通过。

6.2.4 宽谷河段线路应根据主河床与泥石流沟淤积率、主河摆动趋势确定。

6.2.5 线路跨越泥石流沟应符合下列要求：

1 绕避沟床纵坡由陡变缓的变坡处和平面上急弯部位。

2 跨沟建筑物应有足够的孔跨，不宜压缩沟床断面、改沟并桥或沟中设墩。

3 高程应根据泥痕高度、残留层厚度、沟床淤积高度、设计保证年限内累计淤积厚度和输移大漂石所需高度等确定，并留足净空。

4　当以隧道或明洞通过泥石流沟时应留足抗冲蚀的顶板厚度和防止泥石流外溢的长度。

6.2.6　线路通过泥石流扇应根据扇面淤积率确定线路高程，不得在泥石流扇上挖沟设桥或作路堑。

6.3　地质调绘

6.3.1　泥石流地质调绘前应搜集下列资料：

1　地形图、区域地质资料、遥感图像、地震动峰值加速度与地震频率资料；

2　年降雨量及其分配、暴雨强度分布等气象与水文资料；

3　既有泥石流调查、观测资料，以及地方志、地震史料中有关泥石流灾情的记载；

4　与泥石流有关的环境变化资料，包括兴修水利、道路、采矿弃碴、农垦开荒、植被破坏等。

6.3.2　泥石流遥感图像解译应包含下列内容；

1　室内解译

1）地貌类型、岩性特征、地质构造；

2）沟谷平面形态，纵、横坡概略特征，沟内植被及其覆盖率；

3）流域内各种新、老不良地质现象的分布、范围和性质，泥石流扇特征；

4）控制和影响线路方案的泥石流，宜进行现状和多时像变化情况解译。

2　野外验证

1）核实、补充、修改解译标志；

2）核实重要的地质构造、岩性、地貌点，主要的滑坡、崩塌、岩堆，并在航空遥感图像上作刺点记录；

3）核实、修改植被分布范围，人为活动情况。

6.3.3　泥石流地质调绘应包括下列内容：

1　冰雪融化和暴雨强度、前期降雨量、一次最大降雨量，

地表河流平均及最大流量，地下水活动情况。

2 地层、岩性、地质构造和地震活动特征。

3 沟谷的地形、地貌特征，包括沟谷的发育程度、切割情况，坡度、弯曲、粗糙程度，并圈绘沟谷的汇水面积。

4 山坡的坡度、风化破碎程度，滑坡、崩塌、岩堆等不良地质现象的发育程度，可能形成泥石流固体物质的分布范围和储量。

5 泥石流流动状态的痕迹与残留物，沟谷弯曲处泥石流超高泥痕，狭窄处最高泥痕、泥痕坡度及沟槽宽度。

6 泥石流堆积物的分布范围、形态特征、物质组成和厚度，粒径组成与最大粒径，对主河床的影响，植被发育情况。

7 弃碴、切坡、毁林、陡坡开荒与过度放牧等人类活动情况。

8 对线路工程影响较大时，尚应包括下列内容：

1）沟床溯源侵蚀趋势与摆动情况，冲淤变化幅度；

2）松散固体物质补给和潜在补给储量，可能参与泥石流的数量及一次补给的可能数量；

3）流域内湖泊、水库、地表径流状态，以及对泥石流的影响，地下水露头的分布、流量，以及对沟坡稳定的影响。

6.3.4 峡谷河段泥石流地质调绘重点应包括下列内容：

1 主河床的冲淤情况与泥石流堆积痕迹；

2 沟口泥石流痕迹和堆积阶地物质组成特征及其成因；

3 沟床平、剖面形态，沟坡稳定性，最高泥痕，沟内最大块石直径；

4 人为活动促发泥石流或增强泥石流破坏作用情况。

6.3.5 宽谷河段泥石流地质调绘重点应包括下列内容：

1 主河床淤积段落及淤积率；

2 流体性质、规模、排入主河床固体物质数量；

3 泥石流扇的物质组成和形态特征，扇面纵坡、淤积率、淤积坡度和冲淤变化规律，扇上漫流和沟床改道现状与历史情

况，及其发展趋势。

6.3.6 泥石流地质调绘中应向当地居民调查以下内容：

1 历次泥石流爆发的时间、原因、规模、频数、形成过程和泥痕位置，灾害情况及危害程度；

2 泥石流爆发前降雨量和降雨强度的变化，地震、滑坡、崩塌、水库或堰塘溃决情况；

3 既有泥石流防治工程类型、综合整治措施及使用效果。

6.4 勘探与测试

6.4.1 泥石流地区勘探应采用综合物探、钻探、挖探相结合的综合勘探，查明泥石流堆积物的组成、厚度和泥石流流体性质。

6.4.2 泥石流堆积物勘探深度应至基床下稳定岩土层内不小于3 m，且大于最大块石直径1.5倍。

6.4.3 泥石流流体的密度、固体颗粒密度、颗粒分析试验宜在现场进行，黏度和静切力试验可在室内进行，堆积物土样应在有代表性的地点采取。

6.5 观测与评价

6.5.1 严重危害铁路安全的泥石流应进行动态监测。

6.5.2 泥石流动态监测可采用下列方法：

1 遥感泥石流规模、发育阶段、活动规律的中长期动态监测；

2 多光谱地面立体摄影测量泥石流基本参数的短期动态变化。

6.5.3 泥石流评价应确定其类型、发育阶段、爆发频率，松散堆积物的稳定性和储量，设计保证年限内累计淤积厚度及对线路的影响。

6.5.4 泥石流在设计保证年限内累计淤积厚度应按下式计算：

$$H_n = K \cdot n \cdot \overline{h} \tag{6.5.4}$$

式中 H_n——设计保证年限内累计淤积厚度（m）；

K——淤积趋势系数，根据调查确定，间歇期可取 0.5～1.0，旺盛期可取 1.0～1.5；

n——计算年限（a）；

$\overline{h}$——多年平均年淤积厚度（m/a）。

6.6 踏　勘

6.6.1 踏勘阶段泥石流勘察应搜集区域地质、地貌、地震、气象资料和遥感图像，了解大型泥石流的分布、类型、规模、发育阶段。

6.6.2 踏勘阶段泥石流资料编制应包括下列内容：

1 工程地质说明，应阐明特大型、大型泥石流的工程地质条件和方案比选意见，对下阶段工程地质勘察工作的建议；

2 全线工程地质图，比例为 1∶50 000～1∶200 000，应标明特大型、大型泥石流流域分布位置。

6.7 初　测

6.7.1 初测阶段泥石流地质调绘应符合下列要求：

1 查明勘察范围内泥石流的分布、范围、规模、类型及发展阶段；

2 控制和影响线路方案的泥石流应对全流域及其主河影响范围进行区域地质调绘，查明工程地质、水文地质、地震、水文、气象条件，微地貌特征，坡面松散堆积物，沟内冲、淤特征及泥石流堆积物性质与分布特征；当泥石流的主要补给源为滑坡、崩塌时，应查明滑坡、崩塌规模。

6.7.2 控制和影响线路方案的泥石流勘探与测试应查明历次泥石流流体性质、组成物质和堆积厚度。

6.7.3 初测阶段泥石流资料编制应包括下列内容：

1 综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明泥石流的分布规律、危害程度、处理原则，对线路各方案的评价和比选意见，存在问题及定测注意事项；

2）全线工程地质图，比例为1:10 000～1:200 000，应标明泥石流流域分布范围；

3）详细工程地质图，比例为1:2 000～1:5 000，应标明泥石流范围界线；

4）工程地质分段说明，应阐明泥石流的分布、特征、规模，发生和发展的原因、性质及其对工程影响的评价。

2 工点资料

1）工程地质说明，应阐明泥石流特征、规模、发生与发展原因、固体物质补给方式、储量、一次性补给量，预测泥石流爆发频率，淤积、冲蚀对工程的影响；

2）泥石流流域工程地质略图，比例为1:10 000～1:50 000，应标明松散固体物质分布范围和储量；

3）沟床地质纵剖面图（必要时作），比例为横1:100～1:5 000，竖1:100～1:500，应标明松散固体物质的厚度；

4）勘探、测试资料，观测点、地质照片等资料。

6.8 定　　测

6.8.1 线路跨越泥石流沟应查明下列内容：

1 桥渡上、下游影响范围内沟坡稳定性，沟床纵坡和断面的变化，泥石流补给区物质组成；

2 建筑物基础地质情况；

3 桥位附近泥痕高度和坡度，泥石流输移的最大块石粒径，冲蚀、淤积情况；

4 治理泥石流的经验和既有跨越泥石流沟建筑物遭受泥石流破坏情况。

6.8.2 线路通过泥石流扇应查明其物质组成与冲淤特点，建筑物基础地质情况，泥石流扇上沟床摆动情况。

6.8.3 当泥石流流域内的滑坡、崩塌等不良地质现象需要整治时应提供整治所需的工程地质资料。

6.8.4 定测阶段泥石流勘探的位置和数量应满足铁路工程和泥石流防治工程设计的要求；泥石流堆积物勘探，宜采用干钻，查明建筑物基础下软弱夹层的深度、厚度和分布。

6.8.5 定测阶段泥石流的测试应根据工程设计需要确定测试项目；在黄土和黏性土地区，当泥石流堆积物作建筑物基础时，应取堆积物土样作物理力学性质、湿陷性或湿化性试验。

6.8.6 定测阶段泥石流资料编制应包括下列内容：

1 综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明泥石流的工程地质条件、评价及处理原则；

2）全线工程地质图，比例为1:10 000～1:200 000，应补充修改初测成果；

3）详细工程地质图，比例为1:2 000～1:5 000，应补充修改初测成果；

4）详细工程地质纵断面图，比例为横1:10 000，竖1:200～1:1 000，有标注条件时应标明松散堆积物界线。

2 初测已有的工点除应补充、修改既有资料以外，尚应补充下列资料：

1）流域工程地质图（必要时作），比例为1:10 000～1:50 000，应标明松散堆积物范围；

2）工程地质图，比例为1:500～1:5 000，范围应包括桥渡及上、下游防治建筑物，应标明松散堆积物范围界线；

3）沟床工程地质纵断面图（必要时作），比例为横1:500～1:5 000，竖1:100～1:500，范围应包括桥渡上、下游防治建筑物，应标明松散堆积物界线；

4）沟床工程地质横断面图（必要时作），比例为1:200～1:500，应标明泥石流洪峰及松散堆积物界线；

5）防治建筑物工程地质纵、横断面图，比例为1:200～1:500，应标明泥石流洪峰及松散堆积物界线。

3 新增加工点应符合本规程第6.7.3条的规定。

7 风　　沙

7.1 一般规定

7.1.1 风沙是指在风力作用下，地表松散砂粒的吹蚀、搬运、堆积的过程及其形成的地表形态。

7.1.2 线路通过地表分布大片各类沙层与各种沙丘的沙漠，粗砂、砾石组成的戈壁，或因人类过度的经济活动而形成沙漠化土地的地段应按风沙地区进行工程地质勘察。

7.1.3 风沙的分类应符合附录 D 的规定。

7.2 工程地质选线

7.2.1 风沙地区工程地质选线应符合下列要求：

1 线路宜绕避风沙危害严重地段；当有造林条件、工程措施可靠、经济上合理时，可穿越风沙地区，选择在沙漠中固定或半固定的沙丘和沙地，风蚀洼地、低矮沙丘，下伏古河床和山前平原潜水溢出带；

2 线路走向宜与主风向平行，不设或少设曲线，必须设置曲线时应避免采用小半径，并宜将曲线设计为路堤，外侧朝向主风方向；

3 线路宜采用路堤，高度不宜小于 1 m；避免采用零断面、半堤半堑及路堑，特别是长深的路堑，必要时可采用敞开式浅路堑；

4 涵洞宜采用大孔径；

5 线路宜靠近水源、防护材料产地和既有天然防护林带地段，并应设计在林带背风一侧；

6 大型车站应选择在风沙轻微地段，避开有风沙活动的隘

口处，站房和住房应朝向背风方向。

7.2.2 大面积流动沙丘、沙地地区工程地质选线应符合下列要求：

1 线路应选择在风沙轻微的沙漠边缘地带、山前洪积扇前缘和潜水溢出带及丘间低地通过；

2 线路深入到大沙漠中时应选择在有造林条件的现代河流两岸、古代河床及湖盆、草滩地带；

3 在沙丘连绵不断的地区，线路应通过低矮沙丘，不宜直穿高大沙丘；

4 线路通过沙漠中大型丘间地时，应远离沙丘背风坡；

5 在纵向沙垄地区，线路宜顺主风向从垄间地通过。

7.2.3 在局部流动沙丘、沙地与半固定、固定沙丘、沙地为主的地区工程地质选线应符合下列要求：

1 线路宜绕避流动沙丘、沙地和遭到破坏的半固定、固定沙丘与地表为深厚沙物质组成的沙地；

2 线路宜选择在沙漠中的河流、湖盆与草滩的背风侧通过；

3 线路避免采用高路堤、深路堑。

7.2.4 山地积沙地带工程地质选线应符合下列要求：

1 线路宜绕避山地陡坡积沙地带；

2 线路通过山地丘陵时，宜选择在背风侧风影区以外的位置通过；

3 线路宜沿山地积沙带的丘间地通过，当必须跨越沙带时应选择在沙带较窄和沙丘起伏较小的地带通过。

7.2.5 戈壁风沙流、大风地带工程地质选线应符合下列要求：

1 在戈壁地区，线路宜选择在地表为砾质覆盖，无流沙地带通过；

2 线路宜绕避大风风口地区，选择在风力较小的地段通过；

3 线路宜选择在走向与风向夹角大的沟谷通过；

4 车站宜避免设置在风口地区和大风地区；宜利用山丘等屏障，选择在风力较小的地点。

7.2.6 沙漠化土地地带工程地质选线应符合下列要求：

1 线路宜绕避环境恶化、土地沙漠化迅速的地带；

2 线路宜绕避大面积的严重沙漠化土地的腹部。

7.3 地质调绘

7.3.1 风沙地区地质调绘应与生态环境调查相结合，调绘前应搜集区域地质、水文地质、气象、风沙和遥感图像（以航空黑白片、彩色红外片为主）资料。

7.3.2 风沙地区遥感图像解译应包括下列内容：

1 室内解译

1）各类风成地貌类型的分布范围及形态要素（长度、宽度、高度、坡度）；

2）沙漠下伏地貌形态和水文地质特征，包括古冲沟、古河床、古湖盆的位置、范围及埋藏条件；

3）从沙丘排列及迎风坡、背风坡的方向解译主导方向和沙丘移动方向；

4）利用不同时期的航空像片测定沙丘移动速度和风沙动态；

5）植被种类、覆盖度及其生态特征；

6）风沙区道路、居民点、水系、泉、井、灌溉渠及林带的位置。

2 实地验证

1）补充、修改风沙解释标志；

2）核实风沙地貌类型、分布范围、形态特征及重要地物等；

3 视需要编制风沙地貌解译图及说明。

7.3.3 沙源地质调绘应包括下列内容：

1 野外调查

1）沙漠周围地区山体的岩性，下伏地层沉积物类型及岩性特征，利用各种天然剖面分层描述其颜色、粒度、

成分、结构及剥蚀面等，必要时进行简易勘探，如洛阳铲、手摇钻或坑探；

2）沙漠下伏地貌特征，了解地表起伏情况和下伏地貌成因类型，剥蚀区和堆积区的分布轮廓。

2 实验室分析

1）应沿主风方向或河流方向按适当距离分别在沙丘及下伏地层采集沉积物样品；

2）对所采集的样品进行颗粒分析、矿物分析、沙粒表面特征的观察、生物化石等沉积物的分析，必要时可进行孢子花粉等的分析、对比。

7.3.4 风沙地区气象资料调查重点应包括下列内容：

1 定时气温、最高和最低温度，以及出现的日期、日温差及年温差的变化幅度；

2 历年平均降水量（5～10 年）、年最大及最小降水量、降水的季节分配、降水种类、降水强度、降水持续时间、连续无雨期及降水期；

3 最多风向和频率、最大风速及其风向、年（日）平均风速、起沙风速、频率及出现季节、持续时间、风沙日数；其中风速、风向资料可用动力风向图和风向风速年图表示。

7.3.5 风沙地区地貌调绘应包括下列内容：

1 风蚀地貌

1）形成条件、区域展布；

2）轮廓、排列方向、长度、宽度、深度，面积和体积，底部及斜坡组成物质；

3）风蚀残丘的高度、宽度、长度，以及间距，组成物质、形态特征、排列方向。

2 风积地貌

1）沙丘的相对高度（最大、最小和平均值）、间距（最大、最小和平均值）、排列方向（走向）、迎风坡、背风坡的长度、坡度和坡向；

2）沙丘各部位表层结皮情况及干沙层厚度。

3　沙漠化土地

1）地表组成物质的性质，包括颗粒大小、矿物成分、结构、胶结物等；

2）沙漠化发展过程中，地表形态的变化，包括地表风蚀和出现流沙的发展过程及沙漠化程度、沙地盐渍化程度、沙层含水量及干沙层厚度等；

3）植物破坏后，半固定、固定沙地演化成流动沙地的过程。

4　戈壁风沙流、大风地带

1）地表组成物质、胶结程度、自然坡度和冲沟发育情况等；

2）砾砂的分布特征，包括砾砂的粒径、高度、间距、排列方向；

3）沙丘的分布情况，包括形态、范围和疏密程度。

7.3.6　风沙地区工程地质调绘应查明下列内容：

1　风积沙覆盖厚度、下伏地貌形态和地层岩性特征；

2　沙层基本承载力、沙的内摩擦角、相对密度和力学分层，以及判定饱和沙层地震液化的可能性。

7.3.7　风沙地区水文地质调绘应包括下列内容：

1　河流、湖泊的分布范围、位置和利用的情况；

2　古河床的位置、走向、形态、规模、埋深、富水性，以及变迁和掩埋情况等；

3　深入沙漠的现代河流两岸淡水层分布范围；

4　地下水的分布情况、赋存条件、补给来源、含水层的岩性、埋深、厚度、水质、渗透系数及给水度；

5　地下水露头（泉、井、湿地等）的位置，地面高程和出露条件，产水量和水的利用；

6　喜水植物的分布与地下水埋深、水化学成分的关系。

7.3.8　植物、林带及防护材料地质调绘应配合有关专业进行，

包括下列内容：

1　植物的种类、生长状况、分布特征、演替过程及固沙作用，每3～5 km应选取主要植物群丛标准地进行样本调查，分别记录植物的名称、株高、主径、冠幅、覆盖度、根系等情况；

2　既有人工林的成活和生长情况，各主要树种生物学和生态学特征。

3　卵砾石、黏土、矿渣、草类等防护材料的产地、数量及运输条件。

7.4　勘探与测试

7.4.1　风沙地区勘探，宜采用物探、钻探、挖探、触探等综合勘探。

1　物探宜采用电法、地震法、放射性测井等；

2　在松散沙层中，宜采用泥浆护壁钻进，活套接头单管泥浆循环钻进或无泵反循环钻进；在戈壁砾（碎）石层中，宜采用冲击钻进与硬质合金或钢粒钻进；

3　原位测试宜采用静力触探或标准贯入试验；

4　当风积沙层较薄（小于2 m）时，可采用挖探。

7.4.2　风沙地区勘探点布置应符合下列要求：

1　一般路基地段及风沙轻微地段，宜沿线呈带状布置；

2　风沙严重、中等地段与设置工程地段，宜结合工程或按网格状布置；

3　勘探点的密度和间距应视风沙严重程度及建筑物类型而定。

7.4.3　风沙勘探深度应根据风积沙层厚度及建筑物类型确定，当沙层厚度不大时宜穿过风积沙层至下伏地层，若沙层厚度较大应钻至路基面设计高程（或建筑物基础底面）以下不小于3 m。

7.4.4　风沙测试应包括下列项目：

1　沙的颗粒组成、矿物成分、磨圆度、比重、密实度、含水量、天然坡角。

2　砾（碎）石的颗粒组成、矿物成分及胶结物等。

3　地下水的总矿化度、阴阳离子分析等。

4　丘间低地、沙丘迎（背）风坡应分别取样测定沙层含水量和干沙层厚度。

5　植树造林时，应测定沙层的含盐量、pH 值，以及氮、磷、钾、有机质含量等。

7.5　观测与评价

7.5.1　线路通过风沙地区，对分布范围广、活动性大、影响线路方案的风沙严重地段应进行定位及半定位观测。

7.5.2　风沙定位观测应成立专门气象观测站，观测的项目、次数、时间及观测事项应根据设计需要及气象观测规范办理，观测延续时间至少应 2 年。

7.5.3　风沙半定位观测可利用附近气象台（站）资料，辅以临时某项气象要素的观测进行补充与核对，观测延续时间应经过 1～2 个风季。

7.5.4　风沙观测应包括气象、风沙运动、地表风蚀强度、沙丘移动和大气沙尘等内容。

7.5.5　风沙气象观测应包括下列内容：

1　定时气温、最高最低气温、日温差与年温差的变化幅度；

2　降水量、降水时间、降水种类及降水强度；

3　风向、风速及风的性质；

4　湿度、积雪、能见度、沙面温度等。

7.5.6　风沙运动观测可使用集沙仪和手持风速仪在不同沙质表面（如组成物质的粗细、植被的疏密等）和沙丘部位(如迎风坡、坡腰、丘顶和背风坡脚,以及两翼)进行,应获得下列资料：

1　起沙风的风向频率平均值和风速平均值，起沙风风向频率玫瑰图、动力风向图、风向风速矢量曲线图；

2　风沙流结构特征；

3　靠近地表气流层中沙粒移动的方向和数量；

4　沙丘表面风沙流速变化情况；

5　输沙量；

6　地表风蚀强度。

7.5.7　沙丘移动观测应满足下列要求：

1　室内航片分析对比与多次反复实测沙丘平面形态和纵断面相结合；

2　编制不同时期沙丘形态平面图，确定沙丘移动速度。

7.5.8　大气沙尘测定可采用称重法和沉降法取得单位体积空气中的沙尘量和不同粒径所占百分比。

7.5.9　风沙评价应确定风沙危害程度、沙丘与沙地活动程度、土地沙漠化程度、既有铁路沙害程度等，其划分依据应符合附录D的规定。

7.6　踏　　勘

7.6.1　踏勘阶段风沙地区勘察应符合下列要求：

1　搜集、研究风沙区的区域地质、地形地貌、水文地质、遥感图像、气象、地震等资料；

2　遥感图像解译，概略了解沿线风沙分布范围、类型、特征、严重程度，编制遥感图像风沙解译略图，拟定踏勘重点、踏勘路线及应重点解决的问题；

3　重点核对验证遥感图像解译成果。

7.6.2　踏勘阶段风沙地区资料编制应包括下列内容：

1　工程地质说明，应阐明风沙的工程地质条件和方案比选意见，对下阶段工程地质勘察工作的建议；

2　全线工程地质图，比例为1:50 000～1:200 000，应标明风沙分布位置、类型及主导风向等。

7.7　初　　测

7.7.1　初测阶段风沙地区地质调绘应符合下列要求：

1　查明勘察范围内风沙的分布范围、形成条件、沙物质来

源和活动程度；

2 控制和影响线路方案的风沙地区应查明下列内容：

1）区域地质、气象、植被、水资源情况等；

2）风积和风蚀地貌形态；

3）沙层覆盖厚度、下伏地貌形态、地层岩性、地下水分布范围和埋藏条件；

4）戈壁的成因、类型、组成物质、侵蚀沟发育情况，砾砂及流沙分布特征，风沙流活动程度等；

5）沙漠化土地的成因、类型、组成物质、地表形态、分布特征及植被状况；

6）风沙对道路、房屋、水井等的危害程度及防沙措施和效果；

7）配合有关专业进行防护材料、植物、造林条件等的调查工作。

7.7.2 控制和影响线路方案的风沙勘探应满足下列要求：

1 宜使用挖探或钻探，条件适宜地区亦可采用物探；

2 勘探点间距宜为1～2 km；

3 勘探深度应满足初步查明沿线风积沙覆盖厚度、下伏地貌形态、地层岩性、地下水情况及代表性设计工点工程地质条件的要求。

7.7.3 控制和影响线路方案的风沙测试应在沙丘及丘间地分别采取代表性沙样进行试验，有地下水时应取样进行水质分析。

7.7.4 控制和影响线路方案的风沙严重地段宜布置定位或半定位动态观测。

7.7.5 初测阶段风沙地区资料编制应包括下列内容：

1 综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明风沙区自然地理位置，气象条件及风沙物质来源，风沙地貌类型特征，评价其活动程度、严重程度及可能对线路造成的危害，防护措施，对线路各方案的评价和比选意见，存在问题及

定测注意事项；

2）全线工程地质图，比例为1:10 000～1:200 000，应标明风沙范围界线、类型及主导风向；

3）详细工程地质图，比例为1:2 000～1:5 000，应填绘风沙分布范围界线、类型、主导风向等，其宽度应包括工程防护及植物防护范围；

4）风沙地段地质地貌图，风沙严重地段地质地貌条件复杂时作，比例为1:5 000～1:10 000，应填绘风沙范围界线、地貌类型、代表性地质断面及主导风向等，宽度为线路每侧1～3 km；

5）工程地质分段说明，应阐明风沙的分布范围、类型、危害程度及其对工程影响的评价。

2 工点资料

1）工程地质说明，应阐明风沙地段自然地理位置及气侯特征、勘测工作概况，风沙的分布范围、类型、活动及危害程度，植物状况，水文地质，活动程度与严重程度的评价及可能对线路造成的危害，工程设计所需要的参数，防护措施及环境保护建议、施工注意事项等；

2）工程地质图，比例为1:2 000～1:5 000，应填绘风沙界线、类型、主导风向等；

3）工程地质横断面图，比例为1:200～1:500，应填绘沙丘高度、间距和坡度，下伏地貌、地层及地下水情况；

4）工程地质纵断面图(必要时作)，比例为横1:500～1:5 000，竖1:100～1:500，应填绘风积沙厚度；

5）勘探、测试、观测点、地质照片等资料。

7.8 定　　测

7.8.1 定测阶段风沙地区地质调绘应包括下列内容：

1 沿线风沙地貌类型、形态特征、活动情况及河流两岸被

沙掩埋的冲沟发育情况；

2 沿线风蚀、风积地貌，选择有代表性的沙丘、风蚀洼地、风蚀残丘进行形态测量，包括其大小、高度、深度、坡度、间距、排列方向及物质组成等；

3 局部地形和隧道口、桥孔、涵洞口、高路堤、深路堑等建筑物对风向、风速、输沙量的干扰情况；

4 地下水分布及埋藏条件、地下淡水埋深、含水层岩性及其空间分布；

5 风沙对当地工农业、交通运输和居民点的危害，当地防沙措施及其效果；

6 配合有关专业调查防护和植物沙障材料，以及植被、地下水资源状况。

7.8.2 定测阶段风沙地区勘探与测试工作应符合下列要求：

1 宜采用挖探、钻探和触探相结合的方法勘探；

2 按不同风沙地段及建筑物类型布置，沿线勘探点间距宜为 500～1 000 m；取代表性沙样作一般物理、化学、力学试验；

3 取地表水及地下水作水质分析；

4 采用标贯、触探等方法确定站场建筑、桥基等的地基承载力；

5 沿主风向按适当距离分别在沙丘及下伏地层取样，测定其颗粒组成、矿物成分及磨圆度等，分析风沙物质来源；

6 黏土、卵石、碎石等防护材料应进行勘探试验。

7.8.3 对线路危害大并且防治困难的大范围流动沙丘及戈壁风沙流地段应进行半定位或定位动态观测，在前期建立的观测站、点应继续观测。

7.8.4 定测阶段风沙资料编制应包括下列内容：

1 综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明沿线风沙地貌特征、沙丘、沙地类型、分布及活动情况（包括沙丘移动速度及输沙量等），工程防护措施，固沙造林的水源条件及林带

设计原则；

2）全线工程地质图，比例为1:10 000～1:200 000，应补充修改初测成果；

3）详细工程地质图，比例为1:2 000～1:5 000，应补充修改初测成果；

4）详细工程地质纵断面图，比例为横1:10 000，竖1:100～1:1 000，有标注条件时应填绘风积沙的厚度、分布范围等。

2 初测已有的工点应补充、修改既有资料。

3 新增加工点应符合本规程第7.7.5条的规定。

7.9 改建铁路

7.9.1 改建铁路风沙勘察应包括下列内容：

1 搜集既有铁路勘测设计、施工及运营期间积累的地质资料；

2 调查既有铁路沿线沙害的发生和发展过程、整治经过、效果和现状；

3 了解防沙林带设计、施工过程，水源条件，林木生长情况和环境保护措施等；

4 进行必要的勘探、试验，提供防沙工程设计所需资料。

7.9.2 线路并肩或并行地段应利用既有防沙设施并满足下列要求：

1 宜选择在既有线主风向背风一侧采用并肩路基；

2 并行地段宜与既有线等高。

7.9.3 在既有铁路上进行风沙勘测必须注意大风和沙（尘）暴的袭击，采取周密措施保证行车、人身和机具的安全。

7.9.4 改建铁路风沙资料编制除应满足不同勘察阶段的要求外，必要时应编制风沙地段地质地貌图，整理风沙动态观测成果资料。

8 岩　　溶

8.1 一 般 规 定

8.1.1 岩溶是指可溶性岩石受水体以化学溶蚀为主、机械侵蚀和崩塌为辅的地质营力综合作用，以及由此所产生的地质现象的统称。

8.1.2 线路通过广泛分布可溶岩地层，具有岩溶地质灾害的地区应按岩溶进行工程地质勘察。

8.1.3 岩溶的分类和分级应符合附录 E 的规定。

8.2 工程地质选线

8.2.1 线路应绕避或以大交角通过岩溶强烈发育地带，地表塌陷、土洞分布密集地带，可溶岩与非可溶岩的接触带，岩溶水富集区及排泄带。

8.2.2 孤峰平原区线路应选择在覆盖土较厚、地下水埋藏较深的地段，宜绕避多元土层结构、地下水埋藏较浅且变化幅度较大或水位线在基岩面附近的地段。

8.2.3 峰林谷地、峰丛洼地及溶丘洼地区线路宜绕避垭口并高于岩溶水的最高洪水位，对可能受岩溶水危害的地段，宜采用填石路堤或桥通过。

8.2.4 河谷地区线路宜选择在岩溶发育较弱的一岸，高于岩溶水排泄带，绕避谷坡上岩溶负地形和无水溶洞群，避免位于岩溶地下水位以下。

8.2.5 越岭地区线路宜选择在岩溶负地形之间，地下分水岭附近；线路高程宜在垂直渗流带中，不宜在水平径流带中；对处于水平径流带及深部缓流带中的隧道宜采用“人”字坡，平行导坑

应设在地下水上游一侧。

8.3 地质调绘

8.3.1 岩溶地质调绘前应搜集地形图、遥感图像，区域地质、水文地质、地貌、第四纪地质、气象、水文资料，既有岩溶调查、观测资料与地方志、史料中有关岩溶灾情的记载。

8.3.2 岩溶遥感图像解译应包括岩溶正负地形形态、地层、岩性、地质构造，岩溶发育与阶地、剥夷面的关系，并划分岩溶地貌单元。

8.3.3 岩溶地层、岩性调绘应查明下列内容：

1 可溶岩的地层时代、岩性成分、结晶程度、层厚、产状、所含杂质及溶蚀、风化程度；

2 可溶岩与非可溶岩的分布特征、接触关系，夹层的厚度、岩性、产状、分布层位及工程地质特征。

8.3.4 岩溶地质构造调绘重点应包括下列内容：

1 断裂的力学性质、产状，断裂带的破碎程度、宽度、胶结程度、阻水或导水条件，以及岩溶发育规律。

2 褶曲轴部的不同部位的特征，节理、裂隙性质，岩体破碎程度，以及岩溶发育规律。

8.3.5 岩溶地貌调绘重点应包括下列内容：

1 岩溶平面分布特征，溶洞层分布与河流阶地、剥夷面的关系。

2 岩溶正地形

1）丘、峰排列特征，绝对高程与相对高差；

2）垭口形态与特征。

3 岩溶负地形

1）洼地、岩溶盆地、干谷的排列方向、高程、分布范围、覆盖层性质与厚度，高程从分水岭向排泄区递减的规律；

2）竖井、漏斗、落水洞的分布位置、高程、形态、尺寸，地貌单元，所在层位的岩性特征、节理裂隙发育程度；

3）水系发育特征，暗河、岩溶泉的出露位置，落水洞的消水特征。

4 近代岩溶基准面

1）可溶岩地层的底板埋深与高程；

2）裸露型岩溶区河流的最枯水位，高悬于河面以上的暗河或岩溶泉的位置、高程；

3）覆盖型岩溶区，河水面以上岩溶泉的位置、高程；

4）海平面。

8.3.6 岩溶洞穴调绘应包括下列内容：

1 溶洞、竖井、漏斗、洼地、落水洞、塌陷、岩溶泉、暗河等的形状、大小、位置、高程。

2 与线路有关、人能进入的洞穴、竖井、暗河

1）洞口位置，洞底高程，洞穴的规模、层数及延伸变化，溶洞所在层位、岩性和地质构造特征，洞壁完整性及稳定程度；

2）洞内地下水枯、洪水位，实测流量；

3）洞内充填情况，化学沉积、机械堆积物的物理力学性质及化学成分等；

4）线路附近的洞穴应实测平面、代表性纵横断面图，并附说明；

5）远离线路的洞穴，可将地质调绘结果列表作简要说明。

8.3.7 岩溶水文地质调绘应包括下列内容：

1 可溶岩地层应查明富水程度，圈定储水构造。

2 岩溶水点

1）出露地层、层位、岩性，环境、形式，高程、水位、埋深、水深、流量及变幅、洪水痕迹；

2）岩溶水的物理、化学性质，实测水温、气温；

3）绘制水点示意图，重要水点应摄影。

3 既有钻孔和水井

1）点位、高程、深度、结构及周围地面塌陷史；

2）出水层位、岩性、含水层厚度，出水量及水位、含砂量变化情况。

4 突水人工坑道或洞室

1）突水位置、高程，突水口形态；

2）突水地层、岩性，突水量、持续时间、疏干范围；

3）突水原因，与大气降水、地表水、地面塌陷的关系。

5 岩溶水补给、径流、排泄条件

1）岩溶区的汇水和集水面积；

2）岩溶水补给来源和范围；覆盖层、植被、地形对降雨入渗的影响；

3）岩溶含水层的性质，水位埋深，较集中的岩溶水流分布范围；岩溶含水层与相邻非可溶岩地层的水力联系；地下水的流向、流速、水力坡度；

4）岩溶水排泄的方式、排泄带位置及水量变化特征；

5）岩溶水与地表水相互转化关系。

6 地表分水岭两侧暗河、竖井、既有钻孔的地下水位与地下分水岭位置。

8.3.8 岩溶地面塌陷调绘应查明下列内容：

1 可溶岩的分布范围、溶蚀程度，以及与构造线的关系；

2 覆盖层成因、性质、厚度；

3 地下水补给来源、埋藏深度，各含水层间的水力联系，地下水开采量、开采方式；

4 塌陷形成的原因、过程、规模、密度，分布规律、工程处理措施及效果；

5 单个塌陷发生的时间、原因，位置、形态、大小、坑壁倾斜方向。

8.4 勘探与测试

8.4.1 岩溶地区勘探主要应采用综合物探，并在代表性物探异常点布置验证钻孔查明下列内容：

1　覆盖层厚度，可溶岩地层的顶底板埋深；

2　岩溶发育强度分级，圈定岩溶水富水区；

3　较大岩溶洞穴、暗河的分布及深度，测定地下水的流向、流速；

4　钻孔内划分地层岩性、含水层厚度、溶洞位置和充填物的厚度、性质。

8.4.2　浅层溶洞和覆盖土层厚度可用挖探查明或验证，土洞可用轻便型、密集型勘探查明或验证。

8.4.3　岩溶勘探点布置，勘探深度，钻孔护壁方法及材料应根据勘察阶段、建筑物类型、并结合地下物探方法、水文地质试验的要求确定。

8.4.4　岩溶地区钻探应满足下列要求：

1　岩芯采取率

1）完整岩层≥80%；

2）破碎带≥50%；

3）溶洞充填物＞50%（软塑、流塑体除外）。

2　钻探资料编录

1）钻具自然下落或自然减压的情况及起止深度；

2）发生异常声响、孔内掉块、钻具跳动等情况及起止深度；

3）冲洗液变化情况，如漏水、涌水和水色突变的情况及起止深度；

4）测定岩心的岩溶率。

8.4.5　岩溶地区采取水、土、岩样的位置、数量，应根据勘察阶段、建筑物类型、基础位置、不同岩溶形态的试验要求确定。

8.4.6　岩溶测试的水样、土样、岩样分析应符合下列要求；

1　地表、地下水样除进行一般试验项目外应增加游离 CO_2 和侵蚀性 CO_2 含量分析，必要时进行放射性同位素测试；

2　覆盖层土样应作物理力学性质、膨胀性、渗透性试验，必要时进行矿物与化学成分分析；溶洞充填物样应作物理力学性

质试验，必要时作黏土矿物成分分析；

3 代表性岩样应作物理力学性质试验，必要时选样作镜下鉴定、化学分析和溶蚀试验；泥灰岩应增加软化系数试验。

8.5 观测与评价

8.5.1 当溶洞发育且需要查明其分布规律、主发育方向时应进行连通试验；水文地质条件复杂的隧道应进行水文地质动态观测。

8.5.2 溶洞连通试验应符合下列要求：

1 选择与铁路工程有关的暗河、天窗、竖井、落水洞进行；

2 无水洞穴在保证安全的条件下可用烟熏、水灌、放烟雾等方法；

3 有水洞穴宜在丰水或平水季节进行，必要时两个季节均作；宜选择浮标法、粒子法、化学试剂法、染色法、水位传递法、物探充电法、放射性同位素示踪、地质炸弹示踪及微型电波发射机等方法；必要时可进行工程范围地表、地下水的天然同位素测试；

4 连通试验应记录示踪物投放点、接受点的位置、高程、地下水流量，示踪物投放和接收的时间、种类、数量或浓度，接受及检测示踪物的方法；

5 连通试验报告应阐明试验过程，分析试验成果，确定地下水流向，计算地下水流速。

8.5.3 岩溶水文地质动态观测应符合下列要求：

1 观测时间不应少于1个水文年。

2 观测井、泉、暗河、天窗、钻孔及铁路附近的地表水体、积水洼地等。

3 井、钻孔、地表水及洼地积水的水位观测应在同一时间进行，旱季 3～5 日 1 次，雨季每日 1 次，近河地表水点应增加观测次数。

4 井孔深度宜每月测量1次。

5　泉、暗河、河流的流量观测应根据流量大小分别采用薄壁堰、量水槽、溢流坝及流速断面法；观测时间与水位观测同步。

6　远离气象台（站），以及地形高差大的地区应自建简易气象观测站逐日观测降雨、蒸发及气温资料；气象观测站应设在动态观测点附近平坦、开阔的地方。

7　资料编制

1）观测报告，应阐明观测过程，分析观测成果，确定各地下水点间的水力联系，地下水与地表水、大气降水的关系；

2）动态观测成果，包括水位与时间关系图，流量与时间关系图，水位、降雨、蒸发、气温与时间关系图；

3）水文地质参数计算，包括降雨入渗系数、渗透系数、释水系数等。

8.5.4　岩溶隧道涌水量应采用多种方法计算比较确定，并应对隧道排水可能造成的地表水枯竭、新的地面塌陷等环境地质问题作出预测和评估。

8.5.5　岩溶地面塌陷应根据岩溶发育程度、土层厚度与结构、地下水位等主要因素综合评价，分析塌陷的主要原因，提出处理措施意见。

8.5.6　铁路工程可建在顶板稳定且足以支撑附加荷载的溶洞上面。

8.6　踏　　勘

8.6.1　踏勘阶段岩溶勘察应搜集区域地质、地貌、气象、遥感图像资料，了解地层、岩性、构造、地貌、岩溶发育特征及分布规律。

8.6.2　踏勘阶段岩溶资料编制应包括下列内容：

1　工程地质说明，应阐明可溶岩概况，岩溶发育特征及岩溶工程地质条件和方案比选意见，对下阶段工程地质勘察工作的

建议；

2 全线工程地质图，比例为 1:50 000～1:200 000，应标明岩溶强烈发育地段，列表说明可溶岩存在形式与岩溶发育特征。

8.7 初　　测

8.7.1 初测阶段岩溶地质调绘应符合下列要求：

1 查明勘察范围内岩溶的分布范围、发育程度和地层组合类型。

2 控制和影响线路方案的岩溶地段应进行重点地质调绘，内容包括：

1）查明测区地层、岩性、地质构造、岩溶发育规律；调绘范围宜包括岩溶水的补给边界和隔水边界；

2）查明与线路有关的暗河、大型溶洞，岩溶泉的流量变化及补给、径流、排泄特征；

3）大比例尺工程地质图调绘应使用仪器测绘重要岩溶形态。

8.7.2 初测阶段岩溶勘探应符合下列要求：

1 特大桥、高桥、岩溶地质复杂的大中桥，地形条件适宜时应使用综合物探；每个工点的控制性钻孔不应少于 2 孔；孔深应至完整基岩内10 m，必要时钻至当地侵蚀基准面高程；

2 岩溶地质复杂的隧道应布置控制性钻孔，查明贮水构造、断层破碎带、岩体溶蚀程度；孔深应根据路肩设计高程、岩溶发育深度、岩溶水排泄基准面高程确定；

3 岩溶发育地段路基应沿线路纵向进行综合物探，对代表性物探异常点进行钻孔验证；一般地区勘探孔间距不宜大于 200 m，孔深应至路基基底下 10～15 m。

8.7.3 初测阶段岩溶测试应取地表、地下水样与代表性岩、土样进行试验。

8.7.4 与线路有关的暗河、大型溶洞，岩溶泉，宜进行连通试验。

8.7.5 初测阶段岩溶资料编制应包括下列内容：

1 综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明岩溶的分布规律、危害程度、处理原则，对线路各方案的评价和比选意见，存在问题及定测注意事项；

2）全线工程地质图，比例为1:10 000～1:200 000，应标明岩溶类型及分布范围；

3）详细工程地质图，比例为1:2 000～1:5 000,应标明单个岩溶形态及范围界线；

4）工程地质分段说明，应阐明岩溶的分布、特征、规模、类型及其对工程影响的评价。

2 工点资料

1）工程地质说明，应阐明岩溶勘察的过程和结果，工程设计所需参数，需要采取的防治措施；

2）岩溶工程地质图（必要时作），比例为1:10 000～1:50 000,应标明单个岩溶形态，特别是大型溶洞和暗河的投影位置，进行岩溶发育强度分区；

3）大型岩溶洞穴、暗河实测或调查成果图,比例为1:100～1:500，应填绘建筑物测点位置、测图导线、断面位置，溶洞平、断面投影形态，溶洞充填情况及充填物性质，围岩裂隙产状及充填情况，地下水；说明测图情况和对溶洞的认识和分析；

4）勘探、测试资料，观测点、地质照片、调查、分析表等资料。

8.8 定　　测

8.8.1 定测阶段岩溶地质调绘应符合下列要求：

1 实测线路附近的暗河、溶洞、竖井

1）洞穴顶板节理、裂隙分布及充填、胶结程度，岩层产状，单层厚度，洞顶、洞底、洞壁完整程度；

2）洞穴的形态尺寸，建筑物跨越洞穴的位置、宽度，洞顶板至建筑物基底间的岩层厚度；

3）洞内沉积物、水痕、积水、水流情况。

2 必要时，取样作岩石密度、弹性模量、泊松比和抗拉、抗压强度试验。

8.8.2 定测阶段岩溶勘探与测试应符合下列要求：

1 对站场、房屋建筑物应先开展综合物探圈定异常范围，再采用钎探、挖探、钻探验证物探异常，查明基底岩溶洞穴和土洞。

2 对路基工点应先开展综合物探圈定异常范围，再采用钻探验证物探异常，查明基底岩溶洞穴和土洞。

3 对隧道不同含水层段及断裂破碎带应布置代表性钻孔，查明岩溶洞穴和岩溶水；综合利用钻孔进行物探、水文地质试验和地下水动态观测。

4 桥基

1）岩溶复杂地段的桥基应勘探2次，先进行控制性勘探，再按墩台位置勘探；有条件时应采用孔内无线电波透视和综合测井等综合物探；

2）一般明挖基础应在基础中心钻孔，高桥的明挖基础应在基础对角布置2孔；发现溶洞后，宜增加钻孔数量；

3）沉井基础应布置5孔，当基岩溶蚀严重或基岩面参差不齐时应增加钻孔；

4）柱桩基础宜每桩1孔，摩擦桩基础每个墩、台不宜少于2孔。

5 钻探深度应至建筑物基础以下10～15 m，桩基础应至桩尖以下10 m，揭露溶洞时应结合工程需要适当加深。

6 分层、分区取地表和地下水、土、岩样进行分析。

8.8.3 定测阶段岩溶资料编制应包括下列内容：

1 综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明岩溶的工程地质条件、评

价及处理原则，提出施工阶段需进行岩溶勘察的地段和工作内容；

2）全线工程地质图，比例为1:10 000～1:200 000，应补充修改初测成果；

3）详细工程地质图，比例为1:2 000～1:5 000，应补充修改初测成果；

4）详细工程地质纵断面图，比例为横1:10 000，竖1:200～1:1 000，应标明岩溶发育情况，特别是溶洞的位置。

2 初测已有的工点除应补充、修改既有资料以外，尚应补充下列资料：

1）工程地质纵断面图（必要时作），比例为横1:500～1:2 000，竖1:100～1:500，应标明岩溶发育情况，特别是溶洞的位置；

2）工程地质横断面图（必要时作），比例为1:200～1:500，应标明岩溶发育情况，特别是溶洞的位置；

3）岩溶洞穴实测成果图，比例为1:100～1:500，应填绘建筑物测点位置、测图导线、断面位置，溶洞平、断面投影形态，溶洞充填情况及充填物性质，围岩裂隙产状及充填情况，地下水；说明测图情况和对溶洞的认识和分析。

3 新增加工点应符合本规程第8.7.5条的规定。

8.9 施工阶段的岩溶勘察

8.9.1 施工阶段岩溶勘察宜在路基基本成型以后的路堑和隧道路基面上进行。

8.9.2 施工阶段岩溶地质调绘应符合本规程第8.8.1条的规定。

8.9.3 施工阶段岩溶勘探应符合下列要求：

1 采用综合物探查明路基面下隐伏岩溶洞穴的位置；

2 根据物探资料布置验证钻孔；

3　根据钻探验证结果修订物探异常成果图，作出预测隐伏岩溶图。

8.9.4　施工阶段岩溶勘察资料编制应包括下列内容：

1　工程地质说明，应阐明岩溶工程地质条件，线路施工经过及路面状况，勘察目的、要求、过程，完成工作量，验证效果及勘察取得的成果；

2　隐伏岩溶图，比例为1∶500～1∶2 000，应标明隐伏岩溶的位置、埋藏深度、类型和验证钻孔；

3　代表性溶洞断面图，比例为1∶100～1∶1 000，应标明经钻孔验证并修订后的溶洞和其他岩溶范围。

9 人为坑洞

9.1 一般规定

9.1.1 人为坑洞是指人工开凿正在使用或废弃的各种坑道和洞穴。

9.1.2 线路通过正在开采或已废弃的各类矿区和小型坑洞地区及沿沟、河岸有矿苗露头、矿点分布的地带应按人为坑洞进行工程地质勘察。

9.1.3 人为坑洞可根据开采现状分为古老采空区、现代采空区和未来采空区，可根据采空程度分为大面积采空区和小型采空区。小型采空区可根据其开挖目的分为掏煤洞、掏沙洞、掏金洞、坎儿井等。

9.1.4 在进入人为坑洞调查时应注意安全，避免因坍塌、地下水、有害气体等造成危害。

9.2 工程地质选线

9.2.1 线路宜绕避下列地区：

1 人为坑洞密集、时间久远难以查明的古老采空区分布地带和处理工程复杂的大面积采空区及其影响范围；

2 矿坑开采过程中可能出现非连续变形地段；

3 地表处于移动活跃阶段或位于移动盆地边缘地带；

4 因地表移动和变形可能引起边坡失稳和山崖崩塌地段；

5 特厚煤层和倾角大于55°的厚煤层露头地段。

9.2.2 当线路绕避人为坑洞有困难时，对埋藏浅的小型坑洞应开挖回填，对不易开挖的坑洞应进行必要的勘探查明坑洞情况，经处理后通过。

9.2.3 线路宜绕避确认的矿区，当必须通过时应与有关单位协商，了解矿区具体规划，采取措施在安全地带通过。

9.3 地质调绘

9.3.1 人为坑洞地区地质调绘前应搜集各种地质图，矿床分布图，矿区规划图，地表变形和有关变形的观测、计算资料，地表最大下沉值、最大倾斜值、最小曲率半径、移动角等资料；了解加固处理措施及效果。

9.3.2 人为坑洞地区地质调绘应包括下列内容：

1 地层层序、岩性、地质构造，矿层的分布范围、开采深度、厚度；

2 采空区的开采历史、开采计划、开采方法，开采边界、顶板管理方法、工作推进方向和速度，巷道平面展布方向、断面尺寸及相应的地表位置，顶板的稳定情况、塌落、支撑、回填、充水情况，洞壁完整性和稳定程度；

3 不良地质现象的类型、分布位置与规模等；

4 地下水的季节与年变化幅度、最高与最低水位、巷道充水情况及地下水动态变化对坑洞稳定性的影响；了解采空区附近工农业抽水和水利工程建设情况及其对采空区稳定的影响；

5 有害气体的类型、分布特征、压力和危害程度。

9.3.3 地表变形和建筑物变形调查应包括下列内容：

1 地表变形

1）变形的特征和分布规律，地表塌陷、裂缝、台阶的分布位置、形状大小、深度、延伸方向、发生时间、发展速度，以及它们与采空区、岩层产状、主要节理、断层、开采边界、工作面推进方向等的相互关系；

2）移动盆地的特征及边界，划分均匀下沉区、移动区和轻微变形区。

2 建筑物变形

1）变形的类型（倾斜、下沉、开裂）、变形开始时间、发

展速度、裂缝分布规律、延伸方向、形状大小等；

2）建筑物的结构类型、所处位置及长轴方向与采空区、地质构造、开采边界、工作面推进方向的相互关系。

9.4 勘探与测试

9.4.1 在人为坑洞分布无规律、地面痕迹不明显，无法进入坑洞内进行调查和验证的地区，应采用电法、地震及地质雷达等综合物探，并用物探结果指导钻探，必要时进行综合测井；有条件时亦可用触探等简易勘探方法，使各种方法的勘探结果得到相互补充和验证。

9.4.2 人为坑洞地区勘探应查明采空区的空间位置、塌落、回填和充水情况，残留的有害气体的成分和分布情况，地下水的动态变化及其对采空区的影响；在勘探过程中应注意有害气体对人体造成危害。

9.4.3 人为坑洞地区勘探点应根据线路纵、横断面方向，并结合工程建筑物类型、坑洞的埋藏深度、延伸方向进行布置，数量和深度应满足各类建筑物与防护加固、治理工程设计的要求。

9.4.4 人为坑洞地区测试应包括下列内容：

1 对上覆不同性质的岩、土层应分别取代表性试样进行物理力学性质试验，提供稳定性检算及工程设计所需参数；

2 分别取地下水和地表水样作水质分析；

3 对煤层或可能储气部位，必要时应进行有害气体含量、压力的现场测试。

9.5 观测与评价

9.5.1 线路通过大面积采空区，当缺乏资料且勘探难以查明采空区的基本特征时应进行定位观测。

9.5.2 定位观测应符合下列规定：

1 地表移动和变形观测、建筑物变形观测；

2 测线宜平行或垂直矿层走向成直线布置，其长度应超过

移动盆地的预计变形范围；平行矿层走向时，应有一条测线通过预计最大下沉值的位置；垂直矿层走向时，测线不宜少于2条；观测点间距宜相等；

3 观测周期可根据地表变形速度或开采深度确定。

9.5.3 地表移动和变形观测应包括下列内容：

1 地表裂缝的位置、数量、长度、宽度、深度、延伸方向、张开程度、发生时间、发展速度和趋势等；

2 塌陷坑和碟形洼地的位置、形态、大小、坑深、塌陷发生的时间、发展速度和趋势等；

3 台阶的错高、位置、宽度、长度、延伸方向、排列方向；

4 预测地表最大下沉值、最大倾斜值、最大曲率、最大水平移动和变形值、最大下沉速度及地表移动盆地边界，确定地表变形分区。

9.5.4 建筑物变形观测应包括下列内容：

1 裂缝的分布位置、走向、长度、宽度，必要时包括裂缝的数量与发展史；

2 水平和垂直位移量、倾斜度、倾斜方向、倾斜速度及发展趋势等；

3 沉降量、沉降速度和趋势。

9.5.5 人为坑洞地区评价应包括下列内容：

1 大面积采空区的稳定性

1）当开采尚未达到充分采动时，整个移动盆地内水平和垂直变形都发展较快且不均匀属不稳定区，不得作为工程建筑场地；

2）当开采已充分采动且无重复开采时，移动盆地中间区属变形稳定区，可作为建筑场地。

2 小窑采空区的稳定性应根据建筑物的基底压力、采空区埋深、范围和上覆岩、土层的力学性质等进行综合评价。

3 因人为坑洞引起的地表裂缝和塌陷地带，属不稳定区。

4 人为坑洞中残存的有害气体及其造成危害的可能性。

9.6 踏　　勘

9.6.1 踏勘阶段人为坑洞地区勘察应包括下列内容：

1 搜集区域地质、地形地貌、水文地质、地震、气象资料，矿床分布图、矿区规划图；

2 调查古窑、小窑分布范围，分析其与线路方案的关系。

9.6.2 踏勘阶段人为坑洞地区资料编制应包括下列内容：

1 工程地质说明，应阐明采空区的工程地质条件和方案比选意见，对下阶段工程地质勘察工作的建议；

2 全线工程地质图，比例为1:50 000～1:200 000，应标明采空区分布位置。

9.7 初　　测

9.7.1 初测阶段人为坑洞地质调绘应符合下列要求：

1 查明勘察范围内历史久远的古窑和小型采空区的开采历史，古窑、小窑的分布范围。

2 控制和影响线路方案的人为坑洞地区应进行重点地质调绘，查明下列内容：

1）正在开采的矿区的设计、实施资料，以及开采时间、开采方法、顶板处理措施，初步确定采空区及影响范围；

2）尚未开采的矿区设计、规划资料，与有关部门共同商定线路通过的位置；

3）地形地貌、地层、岩性、构造、开采层位及水文地质情况；

4）建筑物变形、地表变形和塌陷、裂缝、碟形洼地、坑槽的分布规律、稳定情况、发展趋势及诱发其他不良地质现象的类型、位置和规模；

5）矿区有害气体的分布及危害。

9.7.2 控制和影响线路方案的人为坑洞勘探与测试应符合下列要求：

1　开展综合勘探，查明人为坑洞的特性与稳定性；

2　在上部覆盖层中取样，进行物理、力学性质试验，提供稳定性检算参数。

9.7.3　当勘探难以查清控制和影响线路方案的人为坑洞时，可采用定位观测直接查明地表变形特征、变形规律和发展趋势，划分地表变形均匀下沉区、移动区和轻微变形区。

9.7.4　初测阶段人为坑洞资料编制应包括下列内容：

1　综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明采空区的自然地理位置，区域地质条件及主要开采层位，坑洞分布范围、类型、地表变形的分布规律，地下水位的变化对坑洞稳定性的影响，各线路方案的评价；提出线路方案比选意见及应采取的整治措施意见；对定测工作的建议等。

2）全线工程地质图，比例为1:10 000～1:200 000，应填绘采空区分布范围、地表裂缝、塌陷、台阶的位置及地表移动盆地的范围。

3）详细工程地质图，比例为1:2 000～1:10 000，应填绘采空区分布范围界线、地表裂缝、塌陷、台阶的位置及地表移动盆地的范围界线。

4）工程地质分段说明，应阐明采空区的范围、地表变形的类型及分布规律、特征，可能对线路造成的危害，工程措施意见。

2　工点资料

1）工程地质说明，应阐明采空区工程地质条件及危害，评价场地稳定性及需要采取的工程处理措施意见；

2）工程地质图，比例为1:2 000～1:5 000，应填绘采空区的分布范围，地面塌陷、裂缝的位置；

3）工程地质纵、横断面图，比例为1:200～1:500，应填绘人为坑洞的空间分布特征、洞穴位置、地下水位线等资料；

4）勘探、试验、观测点等资料。

9.8 定　　测

9.8.1 定测阶段人为坑洞地质调绘重点应包括下列内容：

1 小型坑洞的确切空间位置与稳定性；

2 矿区的设计、实施情况，既有和可能的采空区对铁路工程的影响；

3 实测线路附近的洞穴、地表变形（裂缝、塌坑、台阶等）及建筑物变形。

9.8.2 定测阶段人为坑洞勘探与测试应符合下列要求：

1 开展综合勘探，查明人为坑洞分布范围、规模与稳定性；

2 对需要进行稳定性检算的采空区盖层取样进行物理力学性质试验。

9.8.3 当既有资料不能说明采空区的基本特征和变形规律时应进行定位观测；前期设立的观测站、点应继续观测。

9.8.4 定测阶段人为坑洞资料编制应包括下列内容：

1 综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明沿线人为坑洞的分布范围、埋深，采空区地表及建筑物变形的范围、分布规律，以及对工程建筑物的影响，评价建筑场地的稳定性，提出工程措施、施工注意事项和环境保护意见；

2）全线工程地质图，比例为 1∶10 000～1∶200 000，应补充修改初测成果；

3）详细工程地质图，比例为 1∶2 000～1∶5 000，应补充修改初测成果；

4）详细工程地质纵断面图，比例为横 1∶10 000，竖1∶100～1∶1 000，有标注条件时应填绘采空区洞穴位置、空间大小。

2 初测已有的工点应补充、修改既有资料。

3 新增加工点应符合本规程第 9.7.4 条的规定。

10 水库坍岸

10.1 一般规定

10.1.1 水库坍岸是指水库蓄水后在波浪等力的作用下岸坡被淘刷、冲蚀、搬运而产生的变形。

10.1.2 线路沿水库岸坡边缘行进或跨越水库支沟、支流时应按水库坍岸进行工程地质勘察。

10.1.3 水库坍岸勘察应对水库岸坡稳定性进行分析和评价，预测水库坍岸线及坍岸范围，提出设计参数，以及地基和边坡加固防护的建议。

10.2 工程地质选线

10.2.1 线路应选择在水库预测坍岸范围以外；当采取措施能确保线路稳定，技术经济综合比较合理时，也可在水库预测坍岸范围内以短距离通过。

10.2.2 线路应绕避不良地质体、覆盖层下的基岩面向水库倾斜或浸水后不稳定的库岸地段，选择在岸坡稳定、浸水后变形较少的一侧通过。

10.2.3 软硬相间岩层组成的岩石库岸，线路宜选择在岩层倾向山内一侧。

10.2.4 线路宜选择在水库背风一侧；线路走向宜与主导风向一致。

10.2.5 线路位于水库下游且需考虑溃坝影响时，应选在溃坝影响范围以外。

10.3 地质调绘

10.3.1 水库坍岸地质调绘前应搜集地形、地貌、区域地质、水

文地质资料及遥感图像，风向、风速等气象资料和地震资料，以及水库设计水位、波浪要素等水文数据，库周坍岸、浸没、渗漏、湿陷、淤积等变化的预测资料和既有水库岸坡形态及稳定性调查与观测资料。

10.3.2 水库坍岸地质调绘应包括下列内容：

1 遥感图像解译水库坍岸的地质背景，必要时可利用多时段图像测定水库坍岸的动态变化；

2 库岸岸缘形态，岸坡的自然稳定坡度、自然浅滩磨蚀角及水下堆积物的坡率、粒径、成分与稳定状态；

3 库岸的地层、岩性，岩体的节理与风化情况，各类结构面的产状；

4 既有不良地质现象的性质、范围、规模及稳定性；

5 地下水埋藏条件、渗水层分布特征。

10.3.3 既有水库坍岸地质调绘宜在水库低水位时进行。

10.4 勘探与测试

10.4.1 水库坍岸勘探应采用物探、钻探、坑探与原位测试相结合的综合勘探，查明软弱岩层，特别是遇水软化岩层或裂隙面的空间分布特征；必要时进行水文地质试验。

10.4.2 水库坍岸的勘探点位、勘探深度应根据工程类别及基础类型等设计要求确定；最小勘探深度应至水库岸坡稳定坡角线以下。

10.4.3 水库坍岸测试应根据岸坡稳定性检算和工程建筑的需要分层取样，试验岩、土层的物理力学性质和水理性质；当水下工程基础为软质岩层时应进行旁压试验、崩解试验或饱和抗压强度试验。

10.5 观测与评价

10.5.1 当水库坍岸影响线路方案且地质条件复杂，附近无既有水库时，宜在水库蓄水初期进行水库坍岸观测。

10.5.2 水库坍岸观测应符合下列要求：

1 观测库岸变形和水下淤积情况；

2 代表性观测断面应设在库尾、库腹、库首等不同地貌、地层和库岸形态中铁路工程可能产生坍岸病害的地段；

3 观测周期宜为0.5～1.0年。

10.5.3 水库坍岸评价应包括下列内容：

1 库岸可根据其稳定性划分为：

1）稳定库岸，地层以完整硬岩为主，物理、水理、力学性质好；工程荷载及其他人类作用影响小，库水位影响轻微；覆盖层浸水稳定，几乎没有坍岸现象（边坡重力失稳除外）；

2）较稳定库岸，地层以较完整岩层为主，物理、水理、力学性质好；各种因素对库岸的稳定影响较小；覆盖层浸水欠稳定，没有或仅有少量小规模坍岸现象；

3）不稳定库岸，地层为较破碎岩层或土层，结构较松散，物理力学性质较差，水稳定性差；各种因素影响较强烈；覆盖层浸水不稳定，库岸变形、失稳较严重，坍岸数量较多，且具有一定规模。

2 水库坍岸现象应根据库岸稳定性、铁路位置及路基稳定性进行综合分析和评价；

3 水库坍岸线的预测方法应综合分析地质调绘、勘探、测试、观测资料，以及既有河流、附近水库岸坡的稳定特点，根据库岸的工程地质、水文地质条件及地貌特征确定。

10.6 踏　　勘

10.6.1 踏勘阶段水库坍岸勘察应搜集区域地质、地形、地貌、地层岩性、水文地质、工程地质资料，了解既有与拟建水库概况及可能坍岸范围。

10.6.2 踏勘阶段水库坍岸资料编制应包括下列内容：

1 工程地质说明，应阐明水库坍岸的工程地质条件和方案

比选意见，对下阶段工程地质勘察工作的建议。

2 全线工程地质图，比例为1:50 000～1:200 000，应标明水库坍岸分布位置。

10.7 初　　测

10.7.1 初测阶段水库坍岸地质调绘应符合下列要求：

1 既有水库地段应重点调绘的内容：

1）搜集区域地质、水文地质资料和水库设计有关数据；

2）地层、层理特征、岩性、岩体风化破碎程度、岩石的物理力学性质；

3）地形、地貌特征、岸坡形态、冲淤变化、水位升降特征、淹没范围、岸滩变化趋势等，岸坡的稳定性，尤其是水的作用（包括波浪力、地下水等）对岸坡稳定的影响；

4）周边井泉、洼地的水位升降变化，地下水的类型及其与地表水的水力联系、补给与排泄条件；

5）库岸不良地质现象的性质、范围、规模，以及坍岸情况等。

2 设计水库地段应调绘设计图上的库岸范围。

10.7.2 初测阶段水库坍岸勘探与测试应符合下列要求：

1 地层简单的坍岸地段可选坍岸最宽处布置代表性地质断面；

2 地层比较复杂的坍岸地段可沿库岸线方向布置代表性地质断面，断面间距宜为200～500 m；

3 断面上的勘探点不应少于2个，勘探深度应达到稳定坡角线以下，或工程基础底面以下2～6 m；

4 取代表性土、岩样，进行一般物理指标、渗透系数、抗剪强度等试验；对软质岩石，宜作崩解试验、饱和抗压强度试验等。

10.7.3 初测阶段水库坍岸资料编制应包括下列内容：

1　综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明水库坍岸的分布规律、危害程度、处理原则，对线路各方案的评价和比选意见，存在问题及定测注意事项；

2）全线工程地质图，比例为1∶10 000～1∶200 000，应标明水库坍岸分布范围；

3）详细工程地质图，比例为1∶2 000～1∶5 000，应标明水库坍岸范围界线。

2　工点资料

1）工程地质说明，应阐明水库地段工程地质条件，不良地质现象及特殊岩土特征，预测坍岸线及有关参数，工程地质条件比选，存在问题等；

2）工程地质图，比例为1∶2 000～1∶10 000，应标明预测坍岸范围和断面位置等；

3）预测坍岸变形地质断面图，比例为1∶200～1∶500，应标明各种水位、地下水雍升线、预测坍岸线等；

4）工程地质纵、横断面图(必要时作)，比例为横1∶500～1∶5 000，竖1∶200～1∶1 000，应标明各种水位、地下水雍升线、预测坍岸线等；

5）勘探、测试、气象、地震等资料。

10.8　定　　测

10.8.1　定测阶段水库坍岸地质调绘应查明下列内容：

1　地形地貌与地层岩性的关系，以及水库库岸的工程地质特性；

2　库岸地层与对应的水上稳定坡角、浅滩磨蚀角及水下稳定坡角的关系；

3　水库坍岸的发生、发展和演变情况；

4　水库蓄水引起不良地质现象的性质、范围、规模及对铁路工程稳定性的影响。

10.8.2　定测阶段水库坍岸勘探与测试应包括下列内容：

1　根据工程的要求布置勘探孔，勘探深度应根据地质条件、基础类型、地表水与地下水影响深度确定；

2　取代表性土、岩样，进行一般物理指标、渗透系数、抗剪强度试验。对软质岩石，宜作崩解试验、饱和抗压强度试验。

10.8.3　定测阶段水库坍岸资料编制应包括下列内容：

1　综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明水库坍岸的工程地质条件、评价及处理原则；

2）全线工程地质图，比例为1:10 000～1:200 000，应补充修改初测成果；

3）详细工程地质图，比例为1:2 000～1:5 000，应补充修改初测成果；

4）详细工程地质纵断面图，比例为横1:10 000，竖1:200～1:1 000，有标注条件时应标明各种水位、地下水雍升线、预测坍岸线等。

2　初测已有的工点应补充、修改既有资料。

3　新增加工点应符合本规程第10.7.3条的规定。

11 地 震 区

11.1 一 般 规 定

11.1.1 当线路通过地震动峰值加速度为0.1~0.4g地区时应按本规程进行工程地质勘察；当地震动峰值加速度大于0.4g时，其勘察要求需作专门研究。

11.1.2 地震区可根据场地工程地质条件分为抗震有利地段和抗震不利地段；活动断裂可分为全新活动断裂、非全新活动断裂。

11.2 工程地质选线

11.2.1 线路应绕避全新活动断裂或在断裂较窄处以大交角通过；不应在断裂带中，特别是断裂密集处、交汇处及主要活动断裂的端点、拐角处，设桥、隧等重要建筑物；不应在逆断层上盘迂回展线。

11.2.2 在宽大的活动断裂带内，线路应在查清区域性活动断裂结构和稳定性差异的基础上，选择相对稳定的部位通过，重点工程必须置于“安全岛”内。

11.2.3 线路应绕避山坡严重变形或地震时可能发生大规模滑坡、崩塌和地陷的地段，以及悬崖深谷、高耸孤立的山丘；不得在松散的山坡堆积层上设置高桥或深挖路堑，高填、半填半挖路基。

11.2.4 线路应选择在非液化土层或可液化土层埋藏较深、范围较窄的地段通过，不得直接以可液化土层作为建筑物的持力层。

11.3 地 质 调 绘

11.3.1 地震区地质调绘前应搜集活动断裂、区域地质，水文地质资料和地震破坏变形的历史资料。

11.3.2 地震区地质调绘应完成下列工作：

1 查明区域地质构造，尤其是主要断裂带和活动断裂带的特征及与线路的关系；

2 调查各类不良地质现象的规模、特征，判断地震使其发展或复活的可能性，分析容易造成地震危害的地貌和岩体的稳定状态；

3 调查河流变迁、古河道分布、第四系地层特征，地下水情况和可液化土埋深与分布范围；

4 根据现行《中国地震动参数区划图》(GB18306)，结合工程地质和水文地质条件及工程设置，划分铁路沿线地震动峰值加速度和地震动反应谱特征周期分区的区段和里程。

11.4 勘探与测试

11.4.1 地震区勘探与测试应查明地震时不稳定地带和可液化土的分布范围和厚度，活动断裂的具体位置、宽度、产状、破碎带组成物质、胶结程度及含水情况等。

11.4.2 地震区可液化土勘探可采用静力触探、标贯试验、剪切波速等方法判定液化情况；测试孔应根据工程类别布置，路堤或路堑地段的孔间距不应大于 500 m，挡土墙地段的孔应与勘探孔结合，桥应按墩、台布孔。

11.4.3 地震区可液化土勘探深度应符合现行《铁路工程抗震设计规范》的规定。

11.4.4 地震区必要时可采用地脉动测试方法对地震动反应谱特征周期进行测试。

11.5 场地评价

11.5.1 地震区场地评价应包括下列内容：

1 地震导致建筑物的变形破坏；

2 地震造成场地、地基的失稳或失效，包括液化、地裂、震陷、滑坡等；

3　地表断裂错动（含地表基岩断裂及构造性地裂）造成的破环；

4　局部地形、地貌、地层结构的异变引起地面异常波动造成的特殊破环。

11.5.2　在地震动峰值加速度大于或等于0.1g 的地区应划分场地土类型和建筑场地类别，其划分方法应符合现行《铁路工程抗震设计规范》的规定。

11.6　踏　　勘

11.6.1　踏勘阶段地震区勘察应搜集区域地质资料及地震资料，了解断裂的性质、规模、分布和活动性及其对方案的影响，根据《中国地震动参数区划图》(GB 18306）初步划分沿线地震动峰值加速度及地震动反应谱特征周期分区。

11.6.2　踏勘阶段地震区资料编制应包括下列内容：

1　工程地质说明，应阐述沿线地震动参数的划分情况及划分依据，方案比选意见，对下阶段工程地质勘察工作的建议。

2　全线工程地质图，比例为 1∶50 000～1∶200 000，应标明地震动峰值加速度及地震动反应谱特征周期分界线。

11.7　初　　测

11.7.1　初测阶段地震区地质调绘应符合下列要求：

1　调查沿线发生的地震历史；

2　查明控制线路方案的长大活动断裂，特别是全新活动断裂的位置、产状、规模、破碎带宽度；

3　查明地层、特别是可液化地层的性质、埋深、厚度与范围，岩性、构造等工程地质和水文地质条件；

4　查明各类不良地质现象的分布、规模及对铁路工程的影响；

5　根据现行《中国地震动参数区划图》(GB 18306）和调查测试资料划分沿线地震动峰值加速度及其分界线。

11.7.2 初测阶段地震区测试宜在主要方案通过地区进行；一般路基及支挡结构，地质条件简单的大、中桥工点，可按地貌单元作代表性测试；地质条件特别复杂的路基工点，大、中桥和特大桥、高桥应逐个工点进行测试。

11.7.3 对地震区的特殊桥梁、特大型站房等特殊工程应专门进行工程场地地震安全性评价。

11.7.4 初测阶段地震区资料编制应包括下列内容：

1 综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明沿线划分地震动参数分区界线的意见和依据，地震的危害程度及处理原则，对线路各方案的评价和比选意见，存在问题及定测注意事项；

2）全线工程地质图，比例为 1∶10 000～1∶200 000，应标明地震动峰值加速度及其分界线；

3）详细工程地质图，比例为 1∶2 000～1∶5 000，应标明地震动峰值加速度及其分界线，可液化土的分布范围；

4）工程地质分段说明，应阐明地质构造特征、可液化土的分布、特征、规划及其对工程的影响，分段标注原位测试结果。

2 在相应工点资料中阐明地质构造特征，可液化土的分布、特征、规模及其对工程的影响，提供原位测试结果。

11.8 定　　测

11.8.1 定测阶段地震区勘察应包括下列内容：

1 沿线地层、岩性、构造、水文地质和工程地质条件，各类不良地质现象的分布、规模及其对铁路工程的影响；

2 对特大桥、高桥及其他重点工程进行剪切波速测试及地脉动测试，进行场地土和场地类别评价；

3 可液化地层的性质、埋深、厚度与范围；

4 根据初测资料并结合工程地质条件，划分沿线地震动峰

值加速度分区。

11.8.2 定测阶段地震区资料编制应符合下列要求：

1 综合资料

1）工程地质勘测报告，补充修改初测结果；

2）全线工程地质图，比例为 1∶10 000～1∶200 000，补充修改初测结果；

3）详细工程地质纵断面图，比例为 1∶2 000～1∶5 000，补充修改初测结果；

4）详细工程地质纵断面图，比例为横 1∶10 000，竖1∶200～1∶1 000，应标明地基可液化土的分布位置。

2 初测已有的工点应补充、修改既有资料。

3 新增加工点应符合本规程第 11.7.4 条的规定。

12 放射性地区

12.1 一般规定

12.1.1 放射性地区是指所含放射性物质超过国家有关规定的地区。

12.1.2 线路通过有放射性矿床分布、辐射γ异常场、水源放射性超过限制浓度或放射性地方病蔓延地区应按放射性地区进行工程地质勘察。

12.1.3 放射性物质限制浓度应符合国家现行的有关强制性标准的规定。水源中主要放射性限制浓度，天然铀(U)为 0.05 mg/L、镭(^{226}Ra)为 1.11 Bq/L、氡(^{222}Rn)为 3.70 Bq/L(氡子体的 α 潜能值不得大于 4×10^4 Mev/L)、总 α 为 0.1 Bq/L、总 β 为 1.0 Bq/L。

12.2 工程地质选线

12.2.1 线路应绕避已知或可能存在放射性矿床地区、放射性异常地段及放射性物质超过限制浓度地区。

12.2.2 当线路必须通过规模较大的放射性地质体时应选择矿床较薄、放射性强度较低、构造简单地段以短距离通过。

12.2.3 车站和生活区不得建在放射性超过国家规定标准的地段。

12.2.4 饮用水源严禁建在水质放射性超过国家规定标准的地区。

12.3 地质调绘

12.3.1 放射性地区地质调绘前应搜集区域地质、矿产地质、水文地质、遥感图象资料，核辐射环境质量评价报告，放射性地方

病的记载和资料。

12.3.2 放射性地区地质调绘应包括下列内容：

1 查明岩浆活动、地质构造、地层、岩性、岩相、古地理，地球化学及风化程度；

2 查明辐射场的强度和分布规律；

3 查明测区水文地质条件及物理化学特征；

4 调查当地的生态环境、植物特征、地方史及社会历史情况。

12.4 勘探与测试

12.4.1 放射性地区勘探与测试应查明环境 γ 辐射场，露天水源中的铀、镭、氡及总 α、总 β 浓度，空气中的氡的含量。

12.4.2 放射性地区勘探方法应以物探、化探为主，并结合钻探、坑探等进行综合勘探。

12.4.3 放射性地区地面物探应以地面 γ 总量测量为主，必要时进行 $\gamma+\beta$ 测量和射气测量等。

12.4.4 放射性地区勘探钻孔应根据工程需要并结合放射性异常验证布置，同时进行钻孔放射性编录和 γ 测井；必要时进行水文地质试验，并取水样和岩样进行放射性和化学分析。

12.4.5 放射性测试应包括下列项目：

1 环境地表 γ 辐射剂量率；

2 空气中氡及氡子体 α 潜能浓度；

3 地表、地下水中放射性核素浓度。

12.5 评价与防护

12.5.1 线路通过放射性地区应进行放射性分级和放射工作场所分区，评价放射性对施工、运营的影响和必须采取的防护措施。

12.5.2 测量地面 γ 总量，可确定 γ 总量异常点、异常带和对 γ 场进行分级；γ 场可根据 γ 背景值 μ 和标准偏差 σ 划分为低场（$\gamma<\mu-2\sigma$）、偏低场（$\mu-2\sigma\leqslant\gamma<\mu-\sigma$）、正常场（$\mu-\sigma\leqslant\gamma$

$<\mu+\sigma$)、偏高场（$\mu+\sigma\leqslant\gamma<\mu+2\sigma$)、高场（$\mu+2\sigma\leqslant\gamma<\mu+3\sigma$)、异常场（$\gamma\geqslant\mu+3\sigma$)。

12.5.3 放射工作场所可根据年有效剂量当量 H_e 划分为非限制区（$H_e<5$ mSv)、监督区（5 mSv$\leqslant H_e\leqslant$15 mSv)、控制区（$H_e>15$ mSv)。

12.5.4 辐射剂量限制体系、辐射照射的控制措施、放射性废物管理、辐射监测、辐射防护评价等应符合现行《辐射防护规定》(GB 8703）及其他相关规定的要求。

12.5.5 核辐射环境质量评价应符合现行《核辐射环境质量评价一般规定》(GB 11215）及其他相关规定的要求。

12.5.6 环境 γ 辐射照射对公众产生的有效剂量当量 H_e，可用下式进行估算：

$$H_e=D_r\cdot K\cdot t \tag{12.5.6}$$

式中 H_e——有效剂量当量（Sv)；

D_r——实测环境地表 γ 辐射空气吸收剂量率（Gy/h)；

K——有效剂量当量率与空气吸收剂量率比值（0.7 Sv/Gy)；

t——公众在环境中停留的时间（h)。

12.6 踏　勘

12.6.1 踏勘阶段放射性地区勘察应包括下列内容：

1 搜集区域地质、水文地质、地貌、气象、水文、遥感图像及放射性矿点专项地质资料；

2 了解放射性异常的分布、赋存条件、形态特征。

12.6.2 踏勘阶段放射性地区资料编制应包括下列内容：

1 工程地质说明，应阐明放射性地区的工程地质条件和方案比选意见，对下阶段工程地质勘察工作的建议；

2 全线工程地质图，比例为 1∶50 000～1∶200 000，应标明放射性类型、异常及分布位置。

12.7 初　　测

12.7.1　初测阶段放射性地区地质调绘应符合下列要求：

1　查明勘察范围内放射性地区的分布、范围、规模、类型；

2　控制和影响线路方案的放射性地区应重点进行地质调绘，查明测区地质构造、地层岩性、围岩蚀变，以及地貌特征，调查测区内居民所受的放射性危害或地方病史，矿区的核素种类和浓度。

12.7.2　初测阶段放射性地区勘探与测试应符合下列要求：

1　应用物探探测各种地质体的 γ 辐射量、射气量等；

2　勘探点的数量和深度应结合放射性地区形成的地质条件和形态、工程类别确定；

3　取岩样作光谱或理化分析，测定放射性物质含量；取水样分析，测定铀、镭、氡、总 α、总 β 浓度；采集大气样品分析，测定氡及氡子体等的浓度。

12.7.3　初测阶段放射性地区资料编制应包括下列内容：

1　综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明放射性测试结果、分布规律、危害程度、处理原则，对线路各方案的评价、比选意见，存在问题及定测注意事项；

2）全线工程地质图，比例为 1∶10 000～1∶200 000，应标明放射性异常及分布范围；

3）详细工程地质图，比例为 1∶2 000～1∶5 000，应标明放射性异常范围界线；

4）工程地质分段说明，应阐明放射性测试结果与异常的分布、特征、规模及其对工程材料、施工及人体影响的评价。

2　工点资料

1）工程地质说明，应阐明放射性勘探过程和结果，工程设计所需参数，需要采取的防护措施等；

2）工程地质图，比例为1:2 000～1:10 000，应填绘γ总量异常点、异常带和γ场的分级界线；

3）工程地质纵、横断面图，比例为1:200～1:2 000，应标明放射性地质体位置及γ场的分级界线；

4）地质调绘、勘探、测试等原始资料。

12.8 定　　测

12.8.1 定测阶段放射性地区地质调绘应查明线路部位放射性变化特征。

12.8.2 定测阶段放射性地区勘探与测试应符合下列要求：

1 物探或钻探应结合线路位置和工程类型布置；

2 通过测井、测试，获取设计参数；

3 查明地表水和地下水中各种核素含量和浓度。

12.8.3 定测阶段放射性地区资料编制应包括下列内容：

1 综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明放射性地区的工程地质条件，预测施工过程中，核辐射和放射性物质释放对环境的影响范围和污染程度，环境治理和防护原则，提出运营过程中需要跟踪监测的问题；

2）全线工程地质图，比例为1:10 000～1:200 000，应补充修改初测成果；

3）详细工程地质图，比例为1:2 000～1:5 000，应补充修改初测成果；

4）详细工程地质纵断面图，比例为横1:10 000，竖1:200～1:1 000，应标明放射性地质体位置及γ场的分级界线。

2 初测已有的工点应补充、修改既有资料。

3 新增加工点应符合本规程第12.7.3条的规定。

13 有害气体

13.1 一般规定

13.1.1 有害气体是指对人体或工程会造成危害的天然气体。

13.1.2 线路通过煤、石油、天然气层或有气苗或含气的圈闭构造的地区，曾发现过有害气体的地区应按有害气体进行工程地质勘察。

13.1.3 有害气体可根据其存在环境和基本成分分为煤田气（CH_4）、油田气（CH_4、C_2^+、N_2、CO_2）、气田气（CH_4、N_2、CO_2）、分散气体（CO_2、CH_4）等。

13.2 工程地质选线

13.2.1 线路应绕避地质复杂、有害气体具有突出危险的地段。

13.2.2 当线路必须通过规模较大的有害气体地质体时应选择矿床较薄、构造简单、有害气体突出危险性小的地段，以短距离通过。

13.3 地质调绘

13.3.1 有害气体地质调绘前应搜集下列资料：

1 区域地质、矿产地质、水文地质资料和有害气体区测资料；

2 地方有关有害气体的利用及危害情况。

13.3.2 有害气体地质调绘应包括下列内容：

1 结合既有矿井调查，查明含瓦斯地层及其围岩的岩性、物理化学特征、空间分布；

2 查明形成瓦斯的地质构造，煤层、油气层、油页岩层所

处构造的位置，特别是储积气体的圈闭构造；

3 查明瓦斯生成、聚集及盖层的地质条件，确定瓦斯运移、排放和储存的地质因素；

4 查明地表、地下水的发育程度，地下水补给、径流、排泄条件，地下水与瓦斯占有空间的互补性，确定地下水量，水、气运移和分布特征对瓦斯的影响；对油气田应查明地下水的封闭条件，以及地下水的物理化学性质等；

5 调查浅层有害气体的出露及利用情况。

13.4 勘探与测试

13.4.1 有害气体勘探与测试应以钻探为主，结合物探测井、现场测试，查明煤、油页岩、油气等矿体及有害气体的类型、分布、含量、压力及涌出量。

13.4.2 有害气体钻探应符合下列要求：

1 根据工程需要布置孔位，并结合含煤、含油地层分布或储气构造确定；

2 岩芯采取率不宜小于80%，煤层不得小于90%；

3 各主要煤层或储油、气层应取样1～2组，顶、底板岩层各1组。

13.4.3 利用钻孔和既有矿井进行有害气体测试应包括下列项目：

1 瓦斯的含量、压力、涌出量；

2 含瓦斯介质的物理化学性质；

3 封闭有害气体的顶、底板的物理力学性质。

13.5 评　　价

13.5.1 线路通过煤层应划分煤层瓦斯风化带和预测煤与瓦斯突出危险、瓦斯涌出量，评价有害气体对施工及运营的影响。

13.5.2 煤层瓦斯风化带应根据相应煤矿采用的标准进行划分；当无相应标准时，可用瓦斯中 CH_4 含量≤80%、瓦斯压力

≤0.15 MPa、相对瓦斯涌出量≤2 m^3/t 的标准划分。

13.5.3 煤与瓦斯突出的地质条件应根据煤层的构造类型、所处的构造部位、地应力、煤层厚度、煤体结构、煤层瓦斯含量和压力等进行综合评价。

13.5.4 煤与瓦斯突出危险性预测应根据煤的破坏类型、瓦斯放散初速度、煤的坚固系数、煤层的瓦斯压力等指标综合判定。当4项指标全部满足临界值要求时，应确定为突出煤层；否则为非突出煤层。

13.5.5 煤层瓦斯涌出量计算应符合附录F的规定。

13.5.6 油页岩地区应测定岩石的有机碳含量，推算瓦斯含量。

13.5.7 天然气地区应根据岩石孔隙、天然气压力、瓦斯压缩系数计算游离瓦斯含量。

13.6 踏　勘

13.6.1 踏勘阶段有害气体勘察应包括下列内容：

1 搜集线路通过地区的区域地质、水文地质、地貌、气象、水文、遥感图像及瓦斯等矿点专项地质资料；

2 了解有害气体分布地段矿体赋存条件、形态特征。

13.6.2 踏勘阶段有害气体资料编制应包括下列内容：

1 工程地质说明，应阐明有害气体地区的工程地质条件和方案比选意见，对下阶段工程地质勘察工作的建议；

2 全线工程地质图，比例为1:50 000～1:200 000，应标明有害气体类型及分布位置。

13.7 初　测

13.7.1 初测阶段有害气体地质调绘应符合下列要求：

1 查明勘察范围内有害气体的分布、范围、规模、类型；

2 控制和影响线路方案的有害气体应重点进行地质调绘，查明工程地质、水文地质条件，查明各种含气的圈闭构造，调查当地居民所见的有害气体情况，既有矿井的有害气体种类、含

量、压力等。

13.7.2 初测阶段有害气体勘探应符合下列要求：

1 根据含气构造，结合隧道工程布置代表性地质纵、横断面；

2 控制矿体空间分布的勘探点不应少于3个；

3 勘探深度应至隧道路肩设计高程以下10～20 m或必须查清的构造部位。

13.7.3 初测阶段有害气体测试应包括下列内容：

1 现场测定瓦斯含量及压力。

2 室内分析

1）煤的品质、水分、灰分、挥发分、孔隙率、容重，以及坚固性系数、瓦斯放散初速度；

2）油页岩的矿化、有机物和沥青含量；

3）气的化学成分；

4）水的侵蚀性。

13.7.4 初测阶段有害气体资料编制应包括下列内容：

1 综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明有害气体类型、分布规律、含量、压力及危害程度，处理原则，对线路各方案的评价和比选意见，存在问题及定测注意事项；

2）全线工程地质图，比例为1:10 000～1:200 000，应标明有害气体类型及分布位置；

3）详细工程地质图，比例为1:2 000～1:10 000，应标明有害气体类型及分布范围界线；

4）工程地质分段说明，应阐明有害气体的类型、特征、分布规模及其对工程材料、施工及人体影响的评价。

2 工点资料

1）工程地质说明，应阐明有害气体勘探过程与结果，赋存的地质条件，相关设计参数及对工程及人体的危害、处理措施建议等；

2）工程地质图，比例为1:2 000～10 000，应填绘有害气体类型及分布范围、有关的测试参数；

3）工程地质纵、横断面图，比例为1:200～1:2 000，应填绘煤、油页岩、油气层的具体位置、瓦斯风化带分界线、有关的测试参数等；

4）地质调绘，勘探、测试等原始资料。

13.8 定　　测

13.8.1 定测阶段有害气体地质调绘应包括下列内容：

1 查明含气地段的工程地质、水文地质条件，含气岩系沉积环境、岩性特征，气体的生成、储藏和保存条件；

2 查明含气地层的具体位置、层数、厚度及其纵、横方向上的变化特征；

3 查明地质构造，特别是圈闭构造对有害气体赋存条件的影响；

4 查明地下水的补给、径流、排泄条件，地下水与有害气体的共存关系；

5 查明有害气体的类型、物理化学性质及对工程和人体的危害。

13.8.2 定测阶段有害气体勘探与测试应符合下列要求：

1 结合有害气体类型按线路纵、横断面方向布置综合勘探，勘探点数量应满足工程设计需要。勘探孔布置要求：

1）煤层地段勘探孔宜布置于工程通过煤层部位；

2）油页岩地段勘探孔宜布置于工程通过油页岩部位；

3）油气地段勘探孔宜布置于各种含气闭圈构造中最有利出气的部位（如长轴方向的轴线高点、陡翼、转折带等）。

2 勘探深度应满足工程需要，必要时需揭露有害气体。

3 结合有害气体类型进行测试，取样与测试要求：

1）煤层钻孔宜取煤样测定煤的类型、水分、灰分、挥发

分、空隙率、容量等，必要时，测定煤的破坏类型、坚固系数、瓦斯放散初速度，现场测试瓦斯压力、含量；

2）油页岩钻孔宜取岩样作有机物、沥青、还原硫、2价铁、3价铁等含量的测定，取水样作水质分析；

3）油气层钻孔宜现场测试瓦斯压力、含量，并取气样作物理化学分析。

13.8.3 定测阶段有害气体资料编制应包括下列内容：

1 综合资料

1）工程地质勘察报告，应阐明隧道工程地质条件及有害气体情况；煤层应包括工程的穿煤情况（通过含煤地层长度、揭煤位置、穿煤长度、煤层与线路交角、煤层厚度与倾角等），煤层顶底板特征，影响瓦斯赋存的地质条件，控制煤与瓦斯突出的地质因素，主要瓦斯参数，涌出量预测，煤与瓦斯突出危险性评价，煤的自燃倾向、煤尘爆炸性等；油气层应包括工程与含气层的关系，气源分析、闭圈构造、储气条件、封盖遮挡条件，裂缝与油气的关系，油气压力及含量，含气段预测；工程措施建议；

2）全线工程地质图，比例为1:10 000～1:200 000，应补充修改初测成果；

3）详细工程地质图，比例为1:2 000～1:5 000，应补充修改初测成果；

4）详细工程地质纵断面图，比例为横1:10 000，竖1:200～1:1 000，应填绘煤、油页岩、油气层的具体位置、瓦斯风化带分界线、有关的测试参数等。

2 初测已有的工点应补充、修改既有资料。

3 新增加工点应符合本规程第13.7.4条的规定。

附录 A　滑坡的分类和稳定性检算

A.0.1　滑坡的分类应符合下列要求：

1　根据滑坡体体积（V）大小可分为小型滑坡（$V<4\times10^4\ m^3$）、中型滑坡（$4\times10^4\ m^3\leqslant V\leqslant30\times10^4\ m^3$）、大型滑坡（$30\times10^4\ m^3<V\leqslant100\times10^4\ m^3$）、巨型滑坡（$V>100\times10^4\ m^3$）。

2　根据滑动面埋藏深度（H）可分为浅层滑坡（$H<6$ m）、中深层滑坡（$6\leqslant H\leqslant20$ m）、深层滑坡（$H>20$ m）。

3　根据主滑动面与层面的空间关系可分为岩层倾向与坡向一致且顺层面滑动的顺层滑坡和滑动面切割层面的切层滑坡。

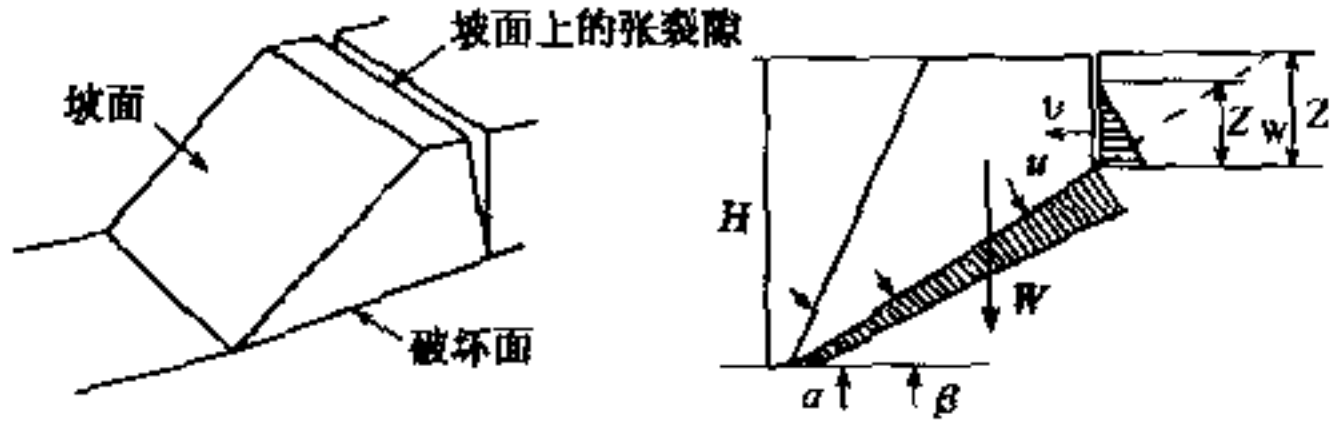
4　根据滑动方式可分为中上部滑坡体挤压推动前缘段且整体性较好的推移式滑坡和前缘段发生滑动后牵引后缘而产生的牵引式滑坡。

5　根据组成滑坡体的主要物质成分分类应符合表 A.0.1 的规定。

表 A.0.1　滑坡按组成滑坡体的主要物质成分分类

类　别	特　　征
黏性土滑坡	发生在黏性土(海湖相成因的黏土及河湖相的膨胀土)中，多沿高塑性黏土(含沙粒)富水层、膨胀土富集层或基岩顶面，以及裂隙面滑动
黄土滑坡	发生在各时期黄土层中，多群集出现。常见于高阶地边缘斜坡上
堆积土滑坡	发生在各种成因堆积层中，多沿基岩表面或堆积软弱面滑动
填土滑坡	发生在路堤或人工弃土堆中，多沿老地面或基底以下松软层滑动
破碎岩体滑坡	发生在构造破碎带或严重风化带形成的凸形山坡上，滑坡规模大
岩体滑坡	发生在岩体内，多沿层面或软弱结构面滑动

A.0.2　当滑面呈直线形时，滑坡稳定系数 K_s 可按图 A.0.2 和下式计算：



(a)立体图　　(b)剖面图

图 A.0.2　直线滑坡稳定系数计算

$$K_s = \frac{cA + (W\cos\beta - u - v\sin\beta)\tan\varphi}{W\sin\beta + v\cos\beta} \qquad (A.0.2\text{—}1)$$

$$A = (H - Z)\csc\beta \qquad (A.0.2\text{—}2)$$

$$u = \frac{1}{2}\gamma_w Z_w (H - Z)\csc\beta \qquad (A.0.2\text{—}3)$$

$$v = \frac{1}{2}\gamma_w Z_w^2 \qquad (A.0.2\text{—}4)$$

$$W = \frac{1}{2}\gamma H^2 \left\{\left[1 - \left(\frac{Z}{H}\right)^2\right]\cot\beta - \cot\alpha\right\} \qquad (A.0.2\text{—}5)$$

式中　c——滑面物质的黏聚力（kPa），用直接快剪或三轴固结不排水剪求得；

A——单位滑体滑面的面积（m^2）；

W——单位滑体所受的重力（kN）；

u——孔隙水压力（kPa）；

v——裂隙静水压力（kPa）；

γ_w——水的重度（kN/m^3）；

γ——岩体的重度（kN/m^3）；

Z_w——裂隙充水高度（m）；

H——滑坡脚至坡顶高度（m）；

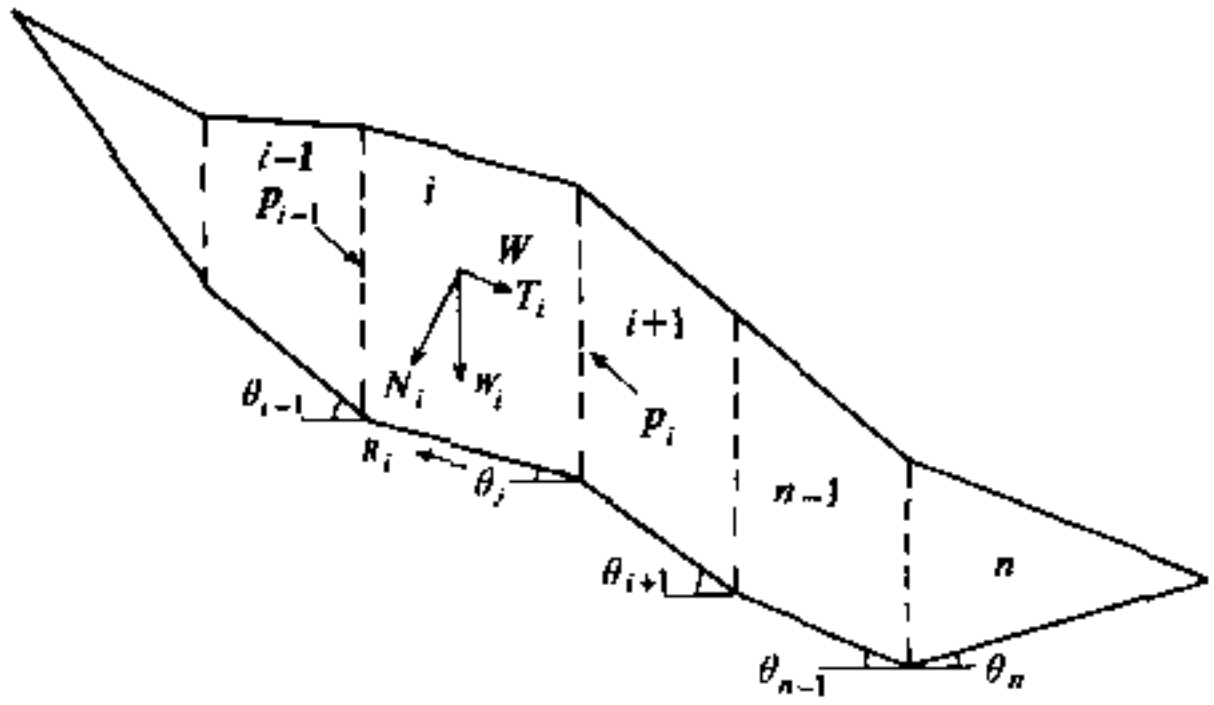
Z——坡顶至滑坡面深度（m）；

α——坡角（°）；

β——结构面倾角（°）；

φ——结构面摩擦角（°）。

A.0.3 当滑面呈折线形时，滑坡稳定系数K_s可按图 A.0.3 和下式计算：



$$N_i = W_i\cos\theta_i \qquad T_i = W_i\sin\theta_i$$

图中：P_i—第 i 块段以下滑体对其施加的抵抗力（kN/m）；

P_{i-1}—第 i 块段以上滑体对其施加的传递下滑力（kN/m）。

图 A.0.3 折线滑坡稳定系数计算

$$K_s = \frac{\sum_{i=1}^{n-1}\left(R_i\prod_{j=i}^{n-1}\Psi_j\right) + R_n}{\sum_{i=1}^{n-1}\left(T_i\prod_{j=i}^{n-1}\Psi_j\right) + T_n} \qquad \text{(A.0.3—1)}$$

$$\Psi_j = \cos(\theta_i - \theta_{i+1}) - \sin(\theta_i - \theta_{i+1})\tan\varphi_{i+1} \qquad \text{(A.0.3—2)}$$

$$\prod_{j=i}^{n-1}\Psi_j = \Psi_i \cdot \Psi_{i+1} \cdot \Psi_{i+2} \cdot \cdots \cdot \Psi_{n-1} \qquad \text{(A.0.2—3)}$$

$$R_i = N_i\tan\varphi_i + c_iL_i \qquad \text{(A.0.3—4)}$$

式中 W_i——第 i 块段滑体所受的重力（kN/m）；

R_i——作用于第 i 块段滑体的抗滑力（kN/m）；

R_n——作用于第 n 块段滑体的抗滑力（kN/m）；

N_i——作用于第 i 块段滑动面上的法向分力矢量(kN/m)；

θ_i——第 i 块段滑动面的倾角，与滑动方向相反时为负值（°）；

φ_i——第 i 块段滑动带土的内摩擦角（°）；

c_i——第 i 块段滑动带土的黏聚力（kPa）；

L_i——第 i 块段滑动面长度（m）；

T_i——作用于第 i 块段滑动面上的滑动分力矢量(kN/m)；

T_n——作用于第 n 块段滑动面上的滑动分力矢量(kN/m)；

Ψ_i——第 i 块段滑体的剩余下滑动力传递至第 $i+1$ 块段滑体时的传递系数（$j=i$）。

附录 B　崩塌的分类

B.0.1　崩塌可根据其发生地层的物质成分分为黄土崩塌、黏性土崩塌、岩体崩塌。

B.0.2　崩塌按形成机理分类应符合表 B.0.2 的规定。

表 B.0.2　崩塌按形成机理分类

类　型	岩　性	结构面	地　貌	受力状态	起始运动形式
倾倒式崩塌	黄土、直立岩层	多为垂直节理、直立层面	峡谷、直立岸坡、悬崖	主要受倾覆力矩作用	倾倒
滑移式崩塌	多为软硬相间的岩层	有倾向临空面的结构面	陡坡通常大于 55°	滑移面主要受剪切力	滑移
鼓胀式崩塌	黄土、黏土、坚硬岩层下有较厚软岩层	上部垂直节理，下部为近水平的结构面	陡坡	下部软岩受垂直挤压	鼓胀伴有下沉、滑移、倾斜
拉裂式崩塌	多见于软硬相间的岩层	多为风化裂隙和重力拉张裂隙	上部突出的悬崖	拉张	拉裂
错断式崩塌	坚硬岩层、黄土	垂直裂隙发育，通常无倾向临空面的结构面	大于 45°的陡坡	自重引起的剪切力	错落

附录 C　泥石流的分类与分期

C.0.1　泥石流的分类应符合下列要求：

1　按固体物质成分分类应符合表 C.0.1—1 的规定。

表 C.0.1—1　泥石流按固体物质成分分类

名　称	分　类　标　准
泥　流	固体物质为黏粒、粉粒、少量砂砾、碎石
泥石流	固体物质为黏粒、粉粒、砂砾、砾石、碎石、块石、漂石
水石流	固体物质为块石、碎石、砾石、少量砂粒、粉粒

2　按规模分类应符合表 C.0.1—2 的规定。

表 C.0.1—2　泥石流按规模分类

类　别	固体物质储量 V_v(m^3/km^2)	固体物质一次最大冲出量 V_c(m^3)
小　型	$V_v \leqslant 5\times10^4$	$V_c < 1\times10^4$
中　型	$5\times10^4 < V_v \leqslant 10\times10^4$	$1\times10^4 < V_c \leqslant 5\times10^4$
大　型	$10\times10^4 < V_v \leqslant 100\times10^4$	$5\times10^4 < V_c \leqslant 10\times10^4$
特大型	$V_v > 100\times10^4$	$V_c > 10\times10^4$

3　按频率分类应符合表 C.0.1—3 的规定。

表 C.0.1—3　泥石流按频率分类

类　别	泥　石　流　特　征	流　域　特　征
高频率	基本上每年均发生泥石流。固体物质主要来源于沟谷的滑坡、崩塌。泥石流爆发雨强≤4 mm/10 min。规模和性质与固体物质丰富程度有关	多位于地壳强烈抬升区。岩层破碎，风化强烈，山体稳定性差。沟床和扇形地上泥石流堆积物新鲜，几乎无植被。黏性泥石流沟中、下游沟床坡度≥4%
低频率	泥石流爆发周期一般在 10 年以上。固体物质主要来源于沟床。泥石流爆发雨强＞4 mm/10 min。规模一般较大	分布于各类山地。山体稳定性较好，无大型活动性滑坡、崩塌。沟床和扇形地上巨石遍布，植被较好。黏性泥石流沟中、下游沟床坡度＜4%

4　按流域形态特征分类应附录符合表 C.0.1—4 的规定。

表 C.0.1—4　泥石流按流域形态特征分类

类别	流域面积 $S(km^2)$	主沟长度 $L(km)$	形态特征	沟床纵坡	不良地质现象	沟口堆积物
沟谷型	$S>1$	$L>2$	沟谷形态明显，一般上游宽下游窄，支沟发育	一般在 15°以下，有卡口、跌坎	沟内常发育滑坡、崩塌	呈扇形或带状，颗粒有一定磨圆
山坡型	$S\leqslant 1$	$L\leqslant 2$	沟谷短、浅、陡，一般无支沟	与山坡坡度基本一致	中、上游常产生坡面侵蚀和崩塌	呈锥形，颗粒粗大，棱角明显

5　按流体性质分类应符合表 C.0.1—5 的要求。

表 C.0.1—5　泥石流按流体性质分类

性质	黏性		稀性		
类别	泥流	泥石流	泥流	泥石流	水石流
流体密度 $\rho_c(kg/m^3)$	$\rho_c>1.5\times10^3$	$1.6\times10^3\leqslant\rho_c\leqslant2.3\times10^3$	$1.3\times10^3\leqslant\rho_c\leqslant1.5\times10^3$	$1.2\times10^3\leqslant\rho_c\leqslant1.6\times10^3$	$\rho_c<1.2\times10^3$
黏度 $\eta(Pa\cdot s)$	$\eta>0.3$	$\eta>0.3$	$\eta\leqslant0.3$	$\eta\leqslant0.3$	
流态特征	呈层流状态。固、液两相物质呈整体等速运动。黏滞性强，浮托力大，能将巨大干土块浮托出沟。无垂直交换。阵性流明显，遇卡口常发生堵沟、断流	呈层流状态。固、液两相物质呈整体等速运动。黏滞性强，浮托力大，能将巨大的漂石悬移或滚动。无垂直交换。阵性流明显，有堵沟、断流和浪头出现，弯道处常发生爬高	呈紊流状态。有时具波状流。有泥浪，砾石、碎石、块石呈滚动或跃移前进。具有垂直交换。阵性流不明显。弯道处常见泥浆	呈紊流状态。漂块石流速慢于浆体流速，呈滚动或跃移前进。具有垂直交换。阵性流不明显，偶有股流或散流	呈紊流状态。固体物质流速慢于浆体流速，砾石、块石呈推移式前进。垂直交换明显。无阵性流现象
堆积特征	多呈舌状或坎坷不平土堆，表层常有“泥球”。堆积物一般保持流动时结构特征。堆积剖面中，粗颗粒具有悬浮状特点	呈扇状或舌状，表面坎坷不平间有“泥球”。堆积物一般保持流动时结构特征，无分选，砾石、块石呈悬浮或支撑状。堆积剖面中，一次堆积无层次，各次堆积分层明显	呈扇状或垄岗状。间有“泥球”出现。堆积剖面中粗粒物质一般呈底积状态	呈扇状或垄岗状。泥石流过后水与固体物较快分离。堆积分选差、空隙大、结构较松散，表面细颗粒物质较少。剖面中可见固体物质呈叠置状	一般呈扇状。堆积物有分选性，结构松散，表面粗颗粒物较多

续表 C.0.1—5

性　质	黏　　性		稀　　性		
类　别	泥　　流	泥石流	泥　　流	泥石流	水石流
危害作用	大量泥土冲出沟口或沟外，堵塞桥涵，淤塞道路或农田村庄	来势迅猛，冲击破坏力大，直进性强，能使大型桥梁、房屋、护岸建筑等在短时间内破坏	冲击破坏力较小，对建筑物产生慢性冲刷破坏，淹没农田、道路	冲击破坏力较大，磨蚀力较强，有淤有冲，以冲为主，对建筑物慢性冲刷破坏	较洪水破坏力大。以冲刷为主，对护岸及桥涵建筑物慢性冲刷破坏

C.0.2　泥石流的发育阶段分期应符合表 C.0.2 的要求。

表 C.0.2　泥石流的发育阶段分期

阶　　段	发育初期	旺　盛　期	间　歇　期
形态特征	沟床纵坡陡。上游沟床浅，下游呈 V 字形。沟口泥石流扇面新鲜，无固定沟槽	沟床纵坡陡。沟谷呈 V 字形。多急弯。常发生泥石流堵沟。泥石流扇面新鲜且发育，有漫流现象	沟床纵坡较缓。沟谷呈 U 字形。支沟较多，主沟内常有零星阶地。泥石流扇陈旧，部分已辟为耕地或建有村舍
地质作用	沟谷内溯源侵蚀和坡面侵蚀较严重。崩塌、滑坡正处于发展阶段	沟谷山坡稳定性极差，滑坡、崩塌、岩堆很发育，松散固体物质丰富，补给量大，坡面和沟床侵蚀严重	沟谷内滑坡、崩塌体已趋于稳定，局部小坍方。松散固体物质补给量小。沟床有下蚀和侧蚀现象
坍方面积率 A(%)	$1 \leqslant A \leqslant 10$	$A > 10$	$A < 1$
冲淤趋势	沟谷上游以冲刷为主，下游以淤为主，淤积速度增快	沟谷上游以冲刷为主，下游以淤为主或大冲大淤	沟谷上、下游有淤有冲，冲刷下切速度大于淤积速度

附录 D　风沙的分类

D.0.1　风沙危害程度分类应符合表 D.0.1 的规定。

表 D.0.1　风沙危害程度

危害程度	特　　征
严　重	线路通过大面积（>10 km^2）的高大、密集流动沙丘、风沙流活动频繁地区，附近有大面积稀疏、低矮流动沙丘，沙丘年向前移动值大于 10 m
	线路通过大面积的严重沙漠化土地
	风力强大（常年有 10 级以上大风），沙源丰富（包括明沙与暗沙）的山口及单位长度内年输沙量大于 10 m^3/m 的戈壁风沙流地带
中　等	线路通过大面积半固定沙丘和部分流动沙丘为主的地区，沙丘年向前移动 5～10 m
	线路通过沙层疏松深厚的沙地及中度沙漠化土地，风蚀作用显著
	单位长度内年输沙量为 5～10 m^3/m 的戈壁风沙流地带
轻　微	线路通过半固定沙丘地区，植被遭到破坏，大风时有风沙流活动
	线路通过轻度沙漠化土地，附近有零星的流动沙丘
	单位长度内年输沙量小于 5 m^3/m 的戈壁风沙流地带

D.0.2　沙丘、沙地活动程度分类应符合表 D.0.2 的规定。

表 D.0.2　沙丘、沙地活动程度

活动程度	特　　征
流　　动	植被稀疏，覆盖度小于 15%，甚至丘表完全裸露。风沙流活动显著，形态变化主要依风力转移，剖面无分化特征
半 固 定	植被稀疏，覆盖度为 15%～40%，流沙呈斑点状分布。有风沙流活动。剖面分化不明显
固　　定	植被稀疏，覆盖度大于 40%，表面风沙流活动不显著，剖面分化明显

D.0.3　土地沙漠化程度分类应符合表 D.0.3 的规定。

表 D.0.3　土地沙漠化程度

名　　称	植被覆盖率 γ(%)	地　　表　　特　　征
严重沙漠化土地	$\gamma<10$	流动沙丘占绝对优势，并以密集连片方式分布
中等沙漠化土地	$10\leqslant\gamma<30$	流动沙丘成片分布，并与固定、半固定沙丘交错分布
轻度沙漠化土地	$30\leqslant\gamma<60$	流沙斑点状分布，沙堆灌丛较密集，表土普遍受风蚀，地表大部粗化
潜在沙漠化土地	$\gamma\geqslant60$	流沙及风蚀点小面积零星分布

D.0.4　既有铁路沙害程度分类应符合表 D.0.4 的规定。

表 D.0.4　既有铁路沙害程度

沙害程度	沙害等级	积沙状况	危　　害
严　重	一　级	积砂掩埋轨头	危及行车安全
中　等	二　级	积砂掩埋扣件	影响巡道及养护作业
轻　微	三　级	积砂掩埋道床	污染道床，引起线路病害

附录 E　岩溶的分类

E.0.1　岩溶按埋藏条件分类应符合表 E.0.1 的规定。

表 E.0.1　岩溶按埋藏条件分类

类　　型	裸露型	浅覆盖型	深覆盖型	埋藏型
地表可溶岩出露情况	大部分	少量	几乎没有	无
覆盖层	土	土	土	非可溶岩
覆盖土厚度 h（m）	$h<10$	$h<30$	$h\geqslant30$	—
地表水与地下水连通情况	密切	较密切	一般不密切	不密切

E.0.2　岩溶按发育强度分级应符合表 E.0.2 的规定。

表 E.0.2　岩溶发育强度分级

级 别	岩溶强烈发育	岩溶中等发育	岩溶弱发育	岩溶微弱发育
岩溶形态	以大型暗河、廊道、较大规模溶洞、竖井和落水洞为主	沿断层、层面、不整合面等有显著溶蚀，中小型串球状洞穴发育	沿裂隙、层面溶蚀扩大为岩溶化裂隙或小型洞穴	以裂隙状岩溶或溶孔为主
连通性	地下洞穴系统基本形成	地下洞穴系统未形成	裂隙连通性差	裂隙不连通
地下水	有大型暗河	有小型暗河或集中径流	少见集中径流常有裂隙水流	裂隙透水性差

附录 F　煤层瓦斯涌出量的计算

F.0.1　相对瓦斯涌出量按瓦斯梯度法预测，可按下列公式计算：

$$a_t = \frac{H_2 - H_1}{Q_2 - Q_1} \qquad \text{(F.0.1—1)}$$

$$a_t = \frac{H - H_0}{Q_x - Q_0} \qquad \text{(F.0.1—2)}$$

$$Q_x = \frac{H - H_0}{a_t} + Q_0 \qquad \text{(F.0.1—3)}$$

式中　a_t——瓦斯梯度，即相对瓦斯涌出量每增加 $1m^3/t$ 的延深（$m \cdot t/m^3$）；

H_2——第二水平的开采深度（m）；

H_1——第一水平的开采深度（m）；

Q_2——第二水平的瓦斯涌出量（m^3/t）；

Q_1——第一水平的瓦斯涌出量（m^3/t）；

H——计算点的垂直深度（m）；

H_0——瓦斯风化带深度（m）；

Q_x——相对瓦斯涌出量（m^3/t）；

Q_0——H_0 处的相对瓦斯涌出量（m^3/t）。

F.0.2　绝对瓦斯涌出量可根据瓦斯含量计算

1　单煤层隧道揭煤时绝对瓦斯涌出量可按下列公式计算

$$Q_g = Q_{01} + Q_{02} \qquad \text{(F.0.2—1)}$$

$$Q_{01} = nMvZQ_{00}\left(2\sqrt{\frac{L}{v}} - 1\right) \qquad \text{(F.0.2—2)}$$

$$Q_{02} = bvM\gamma(W_h - W_c) \qquad \text{(F.0.2—3)}$$

$$Q_{00} = 0.026W_h(0.0004V_r^2 + 0.16) \qquad \text{(F.0.2—4)}$$

$$b = \frac{B}{\cos\alpha} \qquad \text{(F.0.2—5)}$$

$$W_c = \frac{W_{kc}(100 - W_f - A_f)}{100(1 + 0.31W_f)} \qquad \text{(F.0.2—6)}$$

式中 Q_g——隧道工作区的绝对瓦斯涌出量（m^3/min）；

Q_{01}——隧道暴露煤壁的瓦斯涌出量（m^3/min）；

Q_{02}——隧道中采落煤块的瓦斯涌出量（m^3/min）；

n——煤壁的暴露个数，一般为2；

M——煤层厚度（m）；

v——煤巷平均掘进速度（m/min）；

Z——有因次系数，一般为1 $min^{1/2}$；

L——煤壁中巷道掘进长度（m）；

Q_{00}——单位面积煤壁初始瓦斯涌出量（m^3/min）；

W_h——瓦斯含量（m^3/t）；

V_r——煤的挥发分（%）；

b——隧道中煤层宽度（m）；

γ——煤层重度（t/m^3）；

W_c——煤中残存的瓦斯含量（m^3/t）；

B——隧道宽度（m）；

α——煤层与隧道断面的夹角（°）；

W_f——煤中水分（%）；

A_f——煤中灰分（%）；

W_{kc}——折合成可燃物的残余瓦斯含量(m^3/t)，可按表F.0.2取值。

表F.0.2 折合成可燃物的残余瓦斯含量

挥发分 V_r(%)	$2<V_r$ ≤8	$8<V_r$ ≤12	$12<V_r$ ≤18	$18<V_r$ ≤26	$26<V_r$ ≤35	$35<V_r$ ≤42	$42<V_r$ ≤50
W_{kc} (m^3/t)	$12>W_{kc}$ ≥8	$8>W_{kc}$ ≥7	$7>W_{kc}$ ≥6	$6>W_{kc}$ ≥5	$5>W_{kc}$ ≥4	$4>W_{kc}$ ≥3	$3>W_{kc}$ ≥2

2　多煤层隧道绝对瓦斯涌出量尚应增加未衬砌煤层的瓦斯涌出量，可按下式计算

$$Q_{03} = M_0 S Q_{0c} e^{-\alpha t} \qquad \text{(F.0.2—7)}$$

式中　Q_{03}——未衬砌煤层的瓦斯涌出量（m^3/min）；

M_0——未衬砌的煤层厚度（m）；

S——隧道周长（m）；

Q_{0c}——未衬砌煤层初始涌出强度（$m^3/m^2 \cdot min$）；

α——瓦斯涌出衰减系数（d^{-1}）；

t——揭露煤层与未衬砌的煤层时间差（d）。

本规程用词说明

执行本规程条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

（1）表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

（2）表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

（3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。