

水运工程高边坡施工安全风险防控技术指南

主编单位：重庆白马航运发展有限公司

二〇二四年二月

目 次

1 总则	- 1 -
2 规范性引用文件	- 1 -
3 术语与定义	- 1 -
3.1 水运工程边坡 slopes in ports and waterwaies engineering	- 1 -
3.2 风险 risk	- 1 -
3.3 安全 safety	- 2 -
3.4 施工安全风险评估 risk assessment in construction safety	- 2 -
3.5 边坡监测 slope monitoring	- 2 -
3.6 变形监测 deformation monitoring	- 2 -
3.7 应力监测 stress monitoring	- 2 -
3.8 爆破振动 blasting shake	- 2 -
3.9 风险防控 risk prevention and control	- 2 -
3.10 信息化施工 information construction	- 2 -
4 基本要求及规定	- 2 -
5 风险评估	- 3 -
5.1 开挖	- 3 -
5.2 边坡开挖、钻孔、爆破及运输作业风险评价	- 11 -
5.3 边坡稳定性评价	- 13 -
5.4 风险评估报告编制	- 15 -
6 风险监测与预警	- 16 -
6.1 一般规定	- 16 -
6.2 监测项目	- 18 -
6.3 监测方法	- 38 -
6.4 信息反馈与预警	- 42 -
6.5 监测报告编制	- 43 -
7 风险防控	- 45 -
7.1 一般规定	- 45 -
7.2 治理和防护加固方法	- 46 -
7.3 治理和防护加固工程施工	- 61 -
	- 1 -

7.4 风险防控报告编制	- 62 -
8 质量和验收	- 63 -
8.1 一般规定	- 63 -
8.2 质量和验收	- 64 -
8.3 效果评估	- 71 -
9 安全与环保	- 75 -
9.1 一般规定	- 75 -
9.2 安全	- 75 -
附录 A 水运工程高边坡施工风险评估报告格式	- 77 -
附录 B 水运工程高边坡施工风险监测与预警报告格式	- 78 -
附录 C 水运工程高边坡施工风险防控报告格式	- 79 -
附录 D 水运工程高边坡施工质量与验收报告格式	- 80 -
附录 E 水运工程边坡地质条件复杂程度分类表	- 81 -
附录 F 测压管安装埋设方法	- 82 -

1 总则

1.0.1 为规范重庆市水运工程高边坡施工与安全防控，不断提升工程质量，促进水运工程高边坡施工及管理标准化、精细化，编制本指南。

1.0.2 本指南适用于列入重庆市水运工程边坡施工项目，其他类似水运工程边坡施工可参照执行。

1.0.3 本指南相关规定仅作为重庆市水运工程高边坡施工安全防控标准化的参考，应符合工程建设强制性标准等有关要求。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB50487-2008 水利水电工程地质勘察规范

GB50330-2002 建筑边坡工程技术规范

GB50843-2013 建筑边坡工程鉴定与加固技术规范

DL/T5255-2010 水电水利工程边坡施工技术规范

DL/T5337-2017 水电水利工程边坡工程地质勘察技术规程

DL/T 5113.1-2019 水电水利基本建设工程单元工程质量等级评定标准

SL386-2007 水利水电工程边坡设计规范

SL176-2007 水利水电工程施工质量检验与评定规程

YS/T5230-2019 边坡工程勘察规范

GB51214-2017 煤炭工业露天矿边坡工程监测规范

GBT 37697-2019 露天煤矿边坡变形监测技术规范

GB51016-2014 非煤露天矿边坡工程技术规范

3 术语与定义

3.1 水运工程边坡 **slopes in ports and waterwaies engineering**

修建水运工程形成的、因修建水运工程有可能影响其稳定的以及对水运工程安全有影响的边坡统称为水运工程边坡。

3.2 风险 **risk**

某一事故发生的可能性和潜在不利后果的组合。

3.3 安全 safety

免除了不可接受风险的状态。

3.4 施工安全风险评估 risk assessment in construction safety

针对工程施工过程潜在的风险进行辨识、分析、估测、提出控制措施的系列工作，包括总体风险评估和专项风险评估。

3.5 边坡监测 slope monitoring

为监视边坡动态变化和判定边坡定性而对边坡坡体变形、应力变化、地下水位及水压力变化等进行观测的行为。

3.6 变形监测 deformation monitoring

对地表和地下一定深度范围内的边坡岩土体与其上建(构)筑物的位移、沉降、隆起、倾斜、挠度、裂缝等微观、宏观现象，在定时期内进行周期性的或实时的监测，并进行变形分析的过程。

3.7 应力监测 stress monitoring

在边坡体内埋设应力计，获取其应力变化的测量工作。

3.8 爆破振动 blasting shake

爆破能量形成的地震波向外传播时引起相关介质质点振动的物理过程。

3.9 风险防控 risk prevention and control

为防止工程项目在施工、组织、管理过程中出现的各种风险而采取的防控措施。

3.10 信息化施工 information construction

结合施工现场的地质情况和监测数据，对边坡的地质结论、设计参数进行验证，对施工安全进行判断并及时修正设计与施工方案的施工管理方法。

4 基本要求及规定

4.1 在项目初步设计阶段，选定建设单位后应尽快根据工程实际情况编制标准化实施大纲，并组织有关专家进行审查。实施大纲应明确项目的总体施工方案，推行“大标段制”。

4.2 建设单位应督促设计单位将标准化建设要求细化到设计文件中，并在招投标文件中明确标准化建设要求。

4.3 设计单位应加强标准化设计理念和技术创新，在编制初步设计文件时，应突出施工工艺、风险监测与预警、安全防控等标准化设计，行业主管部门在审查初步设计时，应对标准化专项设计内容进行重点审查。

4.4 施工单位应积极推进精细化管理，注重技术创新，在施工准备阶段应根据本指南及实施大纲要求编制标准化建设实施方案，细化标准化建设具体内容，提出具体可行的施工要求。

5 风险评估

5.1 开挖

5.1.1 一般规定

5.1.1.1 开挖前应做好施工区域内的排水系统。

5.1.1.2 边坡开挖原则上应采用自上而下分层分区开挖的施工程序。

5.1.1.3 边坡开挖过程中应及时对边坡进行支护。

5.1.1.4 边坡开口线、台阶和洞口等部位，应采取“先锁口、后开挖”的顺序施工。

5.1.1.5 开挖测量应包括以下主要内容：

- (1) 开挖区原始地形的测量；
- (2) 测放开挖面特征标识；
- (3) 开挖放样测量；
- (4) 开挖断面测量；
- (5) 开挖施工过程检测测量；
- (6) 绘制竣工图。

5.1.2 清坡

5.1.2.1 清坡应自上而下分区进行。

5.1.2.2 清理边坡开口线外一定范围坡面的危石，必要时采取安全防护措施。

5.1.2.3 清除影响测量视野的植被，坡面上的腐殖物、树根等应按照设计要求处理。

5.1.2.4 清坡后的坡面应平顺。

5.1.3 岩质边坡开挖

5.1.3.1 岩质边坡应遵循：施工准备→标孔→钻孔→药包制作→药包装填及堵塞→网络连接与检查→安全防护→警戒→起爆→爆后检查、盲炮处理的施工顺序，基本流程如图 1 所示。

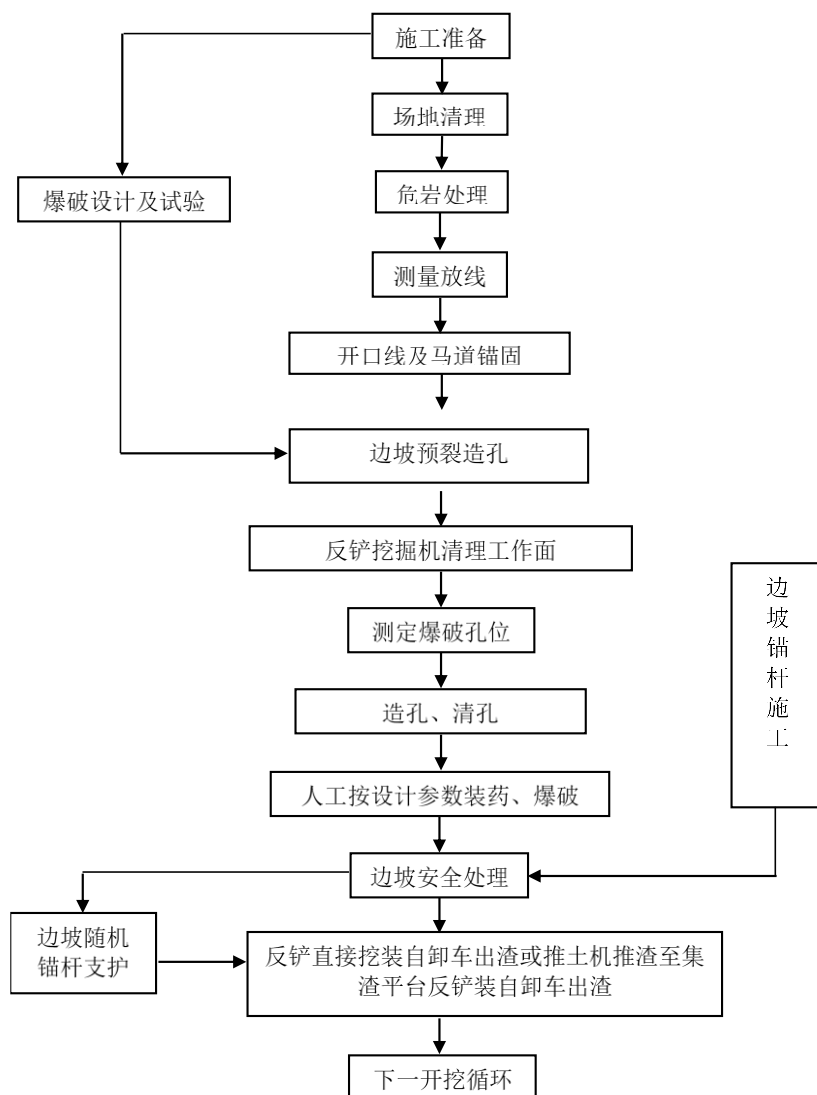


图 1 岩质边坡开挖流程

5.1.3.2 岩石边坡开挖应遵循以下基本要求：

(1) 边坡开挖梯段高度应根据地质条件、马道设置、施工设备等因素确定，一般不宜大于 15m。

(2) 同一梯段的开挖宜同步下挖。若不能同步时，相邻区段的高差不宜大于一个梯段高度。

(3) 对不良地质条件和需保留的不稳定岩体部位，应采取控制爆破，及时支护。

(4) 设计边坡面的开挖应采用预裂爆破或光面爆破。预裂和光面爆破孔孔径不宜大于 110mm，梯段爆破孔孔径不宜大于 150mm。保护层开挖，其爆破孔孔径不宜大于 50mm。

(5) 分区段爆破时，宜在区段边界采用施工预裂爆破。

(6) 紧邻水平建基面、新浇筑大体积混凝土、灌浆区、预应力锚固区、锚喷（或喷浆）支护区等部位附近的爆破应按 DLT5389 相关规定执行。

5.1.3.3 爆破实施前应进行专项爆破试验或生产性试验，爆破试验按照 DL/T5389 相关规定执行。

5.1.3.4 爆破设计应遵循以下基本要求：

(1) 应根据设计文件、地质情况、爆破器材性能及施工机械等条件，进行爆破设计。爆破设计应包括以下主要内容：

1) 工程概况；2) 工程地质及水文地质条件；3) 爆破孔网参数；4) 炸药品种、炸药用量及装药结构；5) 起爆网络；6) 爆破安全控制及监测；7) 绘制爆破孔布置平面图及剖面图、爆破孔装药结构图、起爆网络设计图、爆破器材用量表、轮廓线钻孔(预裂、光爆)参数表等。

(2) 预裂爆破和光面爆破：

1) 预裂爆破或光面爆破的最大一段起爆药量宜通过试验确定；

2) 预裂炮孔应比梯段炮孔超钻一定深度，超深值不宜小于 30 倍的梯段炮孔的药卷直径；

3) 分区爆破时，预裂范围超出同一高程相邻爆破区的距离不宜小于 5m；

4) 预裂爆破孔和梯段爆破孔若在同一网络中起爆，预裂爆破孔应先于梯段爆破孔起爆，领先时间不小于 75ms。

(3) 梯段爆破：

1) 开挖分区应按爆破规模、边坡稳定、岩石特性、梯段高度、开挖强度、周边环境等因素确定。

2) 梯段爆破的最大一段起爆药量，由爆破试验决定。

3) 爆破石渣块度和爆堆高度应适合挖装机械作业。

4) 临近重要建筑物进行爆破施工时，应进行专项设计，各项要求应满足 DL/T5389 的相关规定。

5.1.3.5 开挖轮廓面应遵循以下基本要求：

(1) 开挖轮廓面上残留爆破孔痕迹应均匀分布。残留爆破孔痕迹保存率（半孔率）；对完整的岩体，应大于 85%；对较完整的岩体，应大于 60%；对于破碎的岩体，应达到 20% 以上。

(2) 相邻两残留爆破孔间的不平整度不应大于 15cm。对于不允许欠挖的结构部位应满足结构尺寸的要求。

(3) 残留爆破孔壁面不应有明显爆破裂隙。除明显地质缺陷处外，不应产生裂隙张开、错动及层面抬动现象。

5.1.3.6 钻孔应遵循以下基本要求：

(1) 预裂孔钻孔应选用稳定性较好的钻机，钻杆的刚度应满足预裂孔钻孔的要求，并与钻机的压力相适应，不应使用弯曲、变形的钻杆钻孔。

(2) 预裂孔钻孔应设置定位导向装置。

(3) 钻机架设、钻孔对位、钻孔作业应满足钻孔的要求预孔孔位偏差不应大于 5cm；缓孔孔位差不宜大于 10cm。爆破孔孔位偏差不宜大于 20cm。

(4) 预裂孔钻孔过程中应对倾角和方位进行检查，开孔及孔口段钻进要加密检查频次。

(5) 预裂孔钻孔倾角方位偏差不宜大于 1° ，孔深偏差不宜大于 5cm；缓冲孔和施工预裂孔钻孔倾角和方位偏差不宜大于 2° ，孔深偏差不宜大于 20cm；爆破孔倾角和方位偏差不宜大于 2° ，孔深偏差不宜大于 20cm。

5.1.3.7 爆破施工应遵循以下基本要求

(1) 装药、网络连接、起爆均应按爆破设计执行。

(2) 在爆破后应有爆破专业人员进入爆破现场进行爆后检查导火索爆破起爆不得早于 15min，电力起爆不得早于 5min。

(3) 爆破后应对爆破效果进行分析评价，根据评价结果及时调整爆破参数。

(4) 爆破作业应严格按照名字(DL/T5135)的规定执行

5.1.3.8 特殊部位的开挖应遵循以下基本要求

(1) 边坡马道开挖

1) 边坡开挖时马道上方宜预留 1.5m~2.5m 保护层，宜采用水平控制爆破开挖，水平预裂孔直径不宜大于 50mm，孔间距不宜大于 60cm。

2) 马道的锁口锚杆(束)应在保护层开爆前完成。

(2) 边坡洞挖

1) 对建基面、地质条件复杂或大断面洞(室)等部位宜采用先边坡开挖, 后进行洞挖的方式开挖。

2) 先边坡开挖后进行洞挖时, 进洞前先进行洞口锁口支护; 洞口段(两倍洞径范围)应采用短进尺、弱爆破等控制爆破措施。

3) 先洞挖后进行边坡开挖时, 洞内应先进行锁口, 并在洞内进行辐射状的预裂衔接孔施工, 衔接预裂爆破宜先于边坡梯段爆破进行; 临洞边坡梯段开挖时, 应调整爆破参数, 避免破坏已成洞(室)。

(3) 坝肩建基面(坝肩槽)开挖

1) 坝肩建基面开挖应采用预裂爆破

2) 坝肩建基面开挖的爆破梯段高度宜小于 10m。

3) 当相邻建基面由陡变缓时, 预裂孔不应深入设计轮廓线内, 且应预留不小于 50cm 的安全距离

4) 当相邻建基面由缓变陡时, 预裂孔按上段边坡轮廓布置。爆破后预裂面与下段边坡轮廓之间的岩体宜采用小直径、小间距的光面爆破开挖

5) 预裂孔最大单响药量一般不应大于 20kg。

6) 残留爆破孔痕迹保存率(半孔率); 对完整的岩体, 应大于 85%; 对较完整的岩体, 应大于 60%; 对于破碎的岩体, 应达到 20% 以上。

7) 梯段爆破最大一段起爆药量应通过试验确定, 距建基面 30m 以外单响药量不宜大于 250kg, 30m~15m 范围内不宜大于 150kg, 15m 以内不宜大于 75kg。

8) 当梯段爆破邻近坝基预裂面时, 一次起爆排数不宜超过 8 排。

9) 爆前、爆后坝基岩体的声波波速衰减率和爆后声波波速值应满足设计要求。

(4) 坝基缺陷置换开挖

1) 沟槽(坑)爆破应采用小直径炮孔进行分层爆破开挖应遵循先中间后两边的 V 形起爆方式, 周边爆破应采用光面或预裂爆破。

2) 沟槽两侧的预裂爆破不宜同时起爆, 需同时起爆时其中一侧的预裂爆破应至少滞后 100ms。

3) 坝基面槽挖预裂孔最大单响药量不应大于 20kg, 槽挖最大单响药量及一次总药量最终由爆破试验确定最大单响药量不应大于 50kg。

5.1.4 土质边坡开挖

5.1.4.1 土质边坡应遵循：工程开工→测量放线→临时道路施工→上部排水沟、截水设施施工→土方开挖→支护施工的开挖顺序，基本流程如图 2 所示。

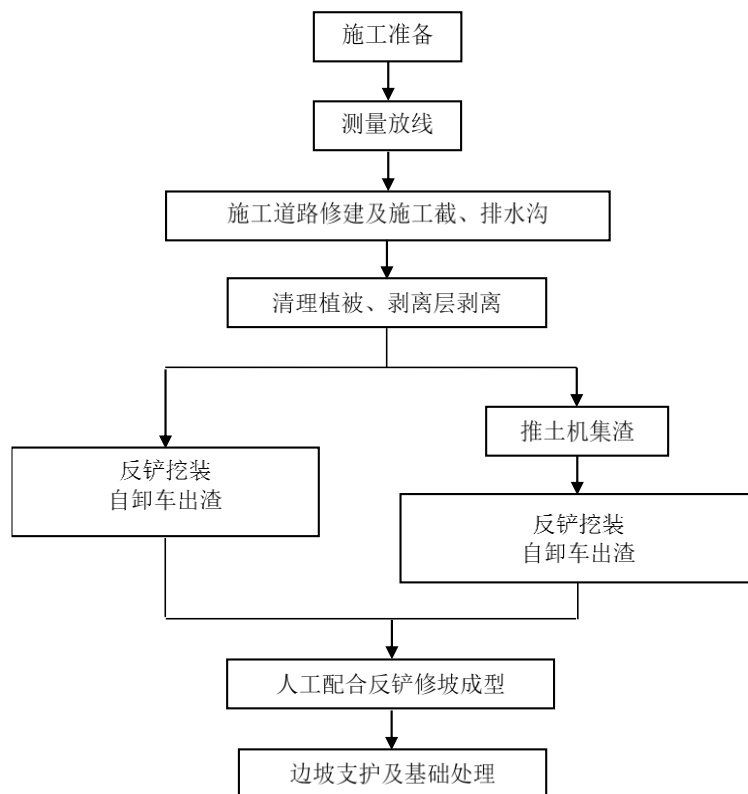


图 2 土质边坡开挖流程

5.1.4.2 土质边坡开挖应遵循以下原则

(1) 土方开挖的顺序和方法必须与设计工况相一致，严格按照“由外向内，从上到下”的作业程序，并遵循“竖向分层、水平分区分段、严禁超挖”原则，确保工程安全质量前提下快速施工，减少土体开挖后的暴露时间。

(2) 开挖时，其纵横向边坡放坡根据地质、环境条件采取安全坡度，严格按照设计图纸进行施工。根据边坡梯段高度，土方分层高度控制在 5m 以内，开挖过程中每小层开挖深度控制在 2.5~3m，严禁在一个工况条件下，一下开挖到底。

(3) 纵向放坡开挖时，在坡顶外设置截水沟或者挡水土堤，防止地表水冲刷坡面和高边坡外排水再回流渗入坑内，防止边坡坍塌。

(4) 加强明水排放，在边坡开挖后，及时设置排水沟，防止积水，在雨季施工，严格执行雨季施工方案。

(5) 机械挖土时，土质边坡坡面保留 30cm 厚土层用人工挖除整平，防止超挖。

5.1.4.3 施工组织

(1) 分层

土方开挖采用自上而下、分层开挖的方式，分层厚度不大于 5m。

① 对于有覆盖层的岩石边坡，开挖高度要根据石方开挖爆破梯段高度进行土方开挖，按照石方爆破分区、分层开挖，每一小层开挖深度控制在 2.5~3m，土方开挖完成后进行岩石边坡预裂爆破，并及时完成岩石边坡的支护工作。

② 土质边坡开挖根据每层马道之间高度，采取分区、分层开挖，每一小层开挖深度控制在 2.5~3m，严禁超挖，以确保边坡的安全。支护的施作须控制在预定的时间以内，确保高边坡及时封闭。

(2) 施工机械选择

1) 截水沟、削坡、清面

截水沟开挖、削坡、施工清面设备采用 1.2m³、1.6m³ 反铲为主；出渣设备采用 20t 自卸汽车。

2) 大面积土方开挖

装车设备采用 2.0m³ 反铲、1.6m³ 反铲，出渣设备采用 20t、25t 自卸汽车。

(3) 开挖准备

1) 开挖前弃土场地、后续支护工作已落实规划好。

2) 交通导行措施已经得到实施。

3) 高边坡周围排水沟已经修好，并能够正常使用。

4) 根据开挖进展情况，做好临边防护，在高边坡四周搭设强度符合要求、高度不低于 1.20m 的防护栏杆，护栏外侧挂设绿色密目安全网封闭，防止物体打击、高空坠落等不安全因素的发生。

(4) 土方开挖施工

边坡土方开挖顺序、方法必须与设计工况相一致，并遵循“分层开挖、严禁超挖、先挖先支护”的原则。土方明挖自上而下进行施工，采用反铲、推土机配合自卸汽车进行开挖和运输

1) 根据现场地形条件，土质边坡采用挖掘机配自卸汽车从高至低分层开挖，每层开挖深度控制在 2.5~3m。开挖至距设计坡面线 50~100cm 用机械修坡，然后再用人工修坡，坡面线杜绝超挖。

2) 根据现场地形条件，对于有覆盖层的岩石边坡，开挖层高要根据石方开挖爆破梯段高度进行土方开挖，也采用挖掘机配自卸汽车从高至低分层开挖，每层开挖深度控制在 2.5~3m，为石方开挖留有施工通道。

3) 土质边坡土方开挖示意图如图 3 所示。

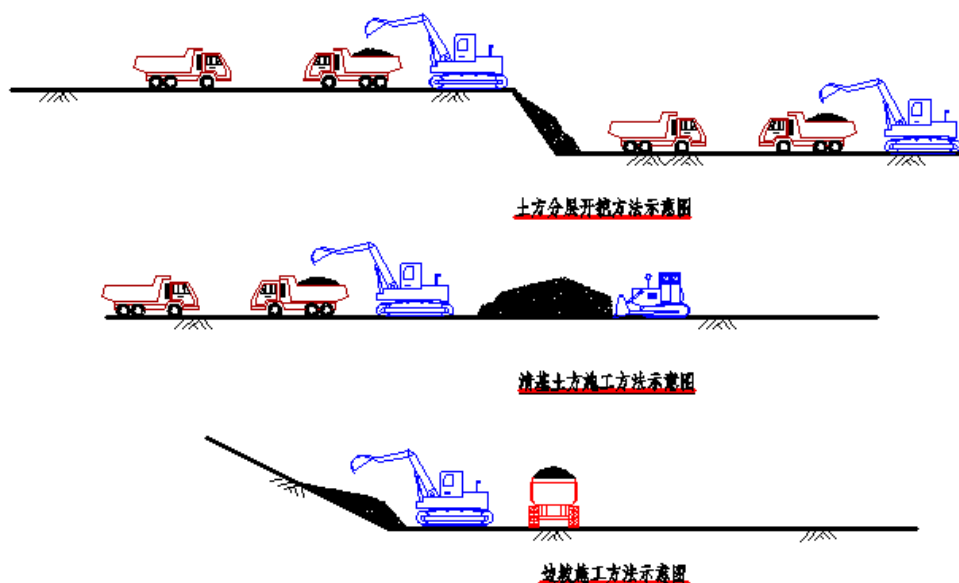


图 3 土质边坡土方开挖示意图

(5) 土方开挖施工要点

土方开挖按照“逐层开挖，逐级整修”的原则组织施工。采用反铲自上而下开挖装车，自卸汽车运输，人工配合反铲整修成型，机械设备不能够到位的“死角”，采用人工整修。

- 1) 边坡开挖前，先沿开口线做好截水沟，以防地表水汇入基础低洼处。
- 2) 雨期施工土方开挖时，采取雨期施工相应措施，并在两侧护坡根据边桩位置，预留 0.3m 的保护层，基础面预留 0.5m 保护层，待分段土方完成后人工挖除并整理平整。
- 3) 开挖中若发现土层性质有变化时，及时报监理工程师，合理修改方案。
- 4) 严格按设计自上而下开挖，不得欠挖和超挖。
- 5) 开挖接近水平基础时，按设计横断面放线，开挖修整压实，水平基础两侧脚墙采用人工开挖并整修。
- 6) 开挖后如果地质不能满足承载力要求，应报监理工程师进行处理。

5.1.5 出渣

5.1.5.1 应进行利用料与弃渣料的规划，开挖渣料应按规划分类堆。

5.1.5.2 边坡开挖应采取避免渣料入江的措施

5.1.5.3 地形较缓适合布置道路时，应直接出渣；地形较陡不能直接出渣时，应分层设置集(出)渣平台，集中出渣，地形陡峻不能设置集(出)渣平台时，可采用溜渣井出渣或先截流后开挖渣料直接推入基坑，在基坑内集中出渣。

5.1.5.4 施工道路应考虑永久道路与临时道路的结合，施工道路规划应满足开挖运输强度的要求，同时考虑运输安全、经济和设备的性能。

5.1.5.5 渣场应保持自身体边坡稳定，必要时进行分层碾压。应及时对渣场坡面进行修整并修建排水、防护设施。

5.2 边坡开挖、钻孔、爆破及运输作业风险评价

5.2.1 一般规定

5.2.1.1 应根据工程建设规模、地质条件、工程特点、诱发因素、施工环境、资料完整性等，评估高边坡施工安全风险。

5.2.1.2 应结合现场勘察资料和边坡特点，综合考虑结构面特征、岩性、地形坡度、岩体风化与卸荷程度、地下水和地表水等影响水运工程边坡岩体稳定性的因素。

5.2.1.3 风险评估主要包括土石方开挖、钻孔作业、爆破作业期间潜在的安全隐患以及边坡失稳风险等。

5.2.2 边坡土石方开挖的作业内容与潜在风险类型见表 1。

表 1 边坡土石方开挖作业内容与潜在风险类型

作业内容	潜在风险类型
清理作业面	高处坠落
土石方开挖	坍塌
削坡作业	坍塌或高处坠落
坡面危岩处理	物体打击或高处坠落
机械操作	机械伤害
机械维修及保养	机械伤害

5.2.3 钻孔作业内容与潜在风险类型见表 2。

表 2 钻孔作业内容与潜在风险类型

作业内容	潜在风险类型
湿式作业	职业病
个人防护	职业病
空压机运行	机械伤害

	爆炸
钻孔施工	机械伤害或物体打击
	坠落伤害

5.2.4 爆破作业内容与潜在风险类型见表 3。

表 3 爆破作业内容与潜在风险类型

作业内容	潜在风险类型
炸药领取、搬运	其他风险
装药现场管制	其他风险
装药施工	爆炸伤害
炮孔堵塞	爆炸伤害
连线和起爆	爆炸伤害
爆破后检查和处理	爆炸伤害

5.2.5 土石方运输作业内容与潜在风险类型见表 4。

表 4 土石方运输作业内容与潜在风险类型

作业内容	潜在风险类型
机动车运行	车辆伤害
车辆装卸	车辆伤害

5.2.6 边坡土石方开挖、钻孔、爆破及运输作业风险综合评分可参考表 5。

表 5 边坡土石方开挖、钻孔、爆破及运输作业风险综合评分表

风险发生可能性及危害程度	表现形式	综合评分
发生的可能性	可能性小，完全意外	0.5
	很不可能，可以设想	1
可能发生的次数	每周一次或偶然暴露	3
	每天工作时间内暴露	6
造成危害的严重程度	严重，重伤，或造成较小的财产损失	7
	非常严重，一人死亡或造成一定的财产损失	15
	灾难，数人死亡或造成很大财产损失	40

针对每一种作业内容的潜在风险类型，分别对该风险发生的可能性、可能发生的次数以及造成危害的严重程度进行综合打分，并将三项综合评分相乘作为评价风险等级的依据，评分值与风险等级参考表 6。

表 6 边坡土石方开挖、钻孔、爆破及运输作业风险分级标准

等级	评分值 (R)	情况
Ⅲ级	$0 < R \leq 45$	低风险
Ⅱ级	$45 < R \leq 120$	一般风险
I级	$120 < R \leq 240$	较大风险

5.3 边坡稳定性评价

5.3.1 评估指标

(1) 结构面特征

结构面特征包括结构面不利组合、主控结构面倾角、结构面张开充填及连通情况。结构面不利组合越完备，主控结构面张开度越大，连通性越好，边坡的稳定性越差，在稳定性评分标准中得分值越高。

(2) 岩性

软岩由于强度和抗风化能力均较低，很少形成高陡边坡的危岩体；坚硬或较坚硬的脆性岩石，常形成高陡边坡。

在相同的高度及坡度情况下，软岩边坡危岩体的稳定性程度相对更差，在稳定性评分标准中得分值更高；软硬相间的岩石由于风化差异，更易形成危岩体，稳定程度是最差的，在稳定性评分标准中得分值最高。

(3) 坡度

参考《水电水利工程边坡工程技术勘察规程》(DLT5337—2006)分类方法，按照坡度将边坡划分为缓坡—斜坡 ($0^\circ \sim 30^\circ$)、陡坡—峻坡 ($30^\circ \sim 65^\circ$)、悬坡—倒坡 ($>65^\circ$) 3 个等级。

(4) 岩体风化与卸荷程度

边坡岩体风化-卸荷程度越深，对原岩的成分和结构改变越大，强度越低，岩体稳定性越差。根据危岩体的风化卸荷程度，划分为弱风化—弱卸荷、弱风化—强卸荷和强风化—强卸荷 3 个等级，稳定性依次变差。

(5) 地表水

根据地表水的汇集情况，将地表水分为坡面漫流、坡面积水和沟槽积水。地表水对危岩体的稳定性可以按照以上 3 种形态进行评分。

(6) 地下水

根据地下水的丰沛程度，将地下水分为干燥、潮湿—串珠状滴水、线状—股状流水 3 个等级。

(7) 判断分

特殊因素如地震、根劈作用（即：岩石裂隙中植物根系不断地长大，对裂隙壁产生挤压，从而引起岩石破坏）等，可结合工程实际情况给予一定判断分。判断分以正负 15 分为限。

5.3.2 风险评分

水运工程边坡稳定性综合评分可参照表 7。

表 7 水运工程边坡稳定性影响因素及综合评分

影响因素	影响因素表现形式	综合评分
结构面特征	结构面不利组合不完备或较完备，主控结构面微张或闭合，连通性一般	1~5
	结构面不利组合完备或较完备，主控结构面微张，连通性较好	6~10
	结构面不利组合完备，主控结构面张开，完全连通	11~15
	主控结构面倾角 $0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$	1~5
	主控结构面倾角 $15^\circ < \alpha < 45^\circ$	6~10
	主控结构面倾角 $\alpha \geq 45^\circ$	11~15
岩性	硬岩	1~5
	软岩	6~10
	软、硬相间岩	11~15
坡度	缓坡—斜坡($0^\circ \sim 30^\circ$)	0~5
	陡坡—峻坡($30^\circ \sim 65^\circ$)	6~12
	悬坡—倒坡($> 65^\circ$)	13~15
风化与卸荷程度	弱风化—弱卸荷	1~5
	弱风化—强卸荷	6~10
	强风化—强卸荷	11~15
地表水	坡面漫流	0
	坡面积水	1~3
	沟槽积水	4~5
地下水	干燥	0
	潮湿—串珠状滴水	1~3
	线状—股状流水	4~5
判断分	特殊因素，如地震、冻融、根劈等；具体问题具体分析，酌情加减 15 分	

5.3.3 风险等级

依据边坡综合得分，将水运工程边坡稳定性划分为如下三类：

表 8 边坡稳定性分级标准

等级	评分值 (R)	情况
III类	$R < 40$	稳定性一般
II类	$40 \leq R \leq 70$	稳定性较差
I类	$R > 70$	稳定性差

注：根据评估工点风险的具体情况，结合地区经验，可对表的数值区间进行适当调整。

5.4 风险评估报告编制

5.4.1 风险评估报告是施工安全风险评估过程的记录，应反映风险评估过程的全部工作，将风险评估过程中的记录表格、采用的评估方法、获得的评估结果、推荐的控制措施等写入评估报告中。

5.4.2 风险评估报告应内容全面，文字简洁，数据完整，客观公正，提出的风险控制措施具有可操作性。

5.4.3 总体风险评估和专项风险评估的最终报告，应作为工程项目竣工文件进行归档管理。

5.4.4 风险评估报告编制应包含以下内容：

(1) 编制依据

- 1) 项目风险管理方针及策略；
- 2) 相关的国家和行业标准、规范；
- 3) 项目立项批复文件；
- 4) 项目可行性研究报告、工程地质勘察报告、初步设计文件、施工图设计文件等；

5) 现场调查资料。

(2) 工程概况

- 1) 全线边坡分布和规模；
- 2) 全线地质条件及周边环境；
- 3) 全线边坡采取的主要工程措施。

(3) 评估过程和评估方法

(4) 评估内容

- (5) 对策措施及建议
- (6) 评估结论
 - 1) 风险等级;
 - 2) 专项风险评估对象;
 - 3) 风险控制措施建议;
 - 4) 评估结果自我评价及遗留问题说明。
- (7) 附件（评估计算过程、评估人员信息、评估单位资质信息等）

5.4.5 风险评估报告评审

5.4.5.1 总体风险评估报告或专项风险评估报告编制完成后，组织专家评审。

5.4.5.2 总体风险评估报告由建设单位组织专家审查，专项风险评估报告由施工单位组织专家审查。评审专家组不得少于 5 人，专家应由建设、设计、勘察、监理、施工等单位具有高边坡勘察、设计、施工管理经验的人员组成。评估小组根据专家评审意见对评估报告进行修改，形成最终报告。

5.4.5.3 专项风险评估报告评审通过后应向项目建设单位报备。当专项评估等级达到 I 级（较大风险）时，建设单位应组织专家论证。

5.4.5.4 施工过程风险评估报告以报表形式反映。当风险等级达到 I 级（较大风险）时，应向建设单位报告，并由建设单位组织专家论证。

6 风险监测与预警

6.1 一般规定

6.1.1 基本原则

应坚持“综合监测、科学分析预测预报、保障安全”的基本原则。并应遵循“定人、定时、定设备的三固定方针”。

6.1.2 监测工作等级划分

应根据边坡高度、条件复杂程度、生产规模等综合划分，按表 9 划分。

表 9 水运工程边坡工程监测工作等级

监测工作等级	边坡高度 H(m)	边坡条件复杂程度
一级	>300	简单~复杂
	300≥H>100	复杂
二级	300≥H>100	中等复杂

	≤ 100	复杂
三级	$300 \geq H > 100$	简单
	≤ 100	简单~中等复杂

注：地质条件复杂程度按附录 E 的规定确定。

6.1.3 监测阶段

应根据边坡工程监测时间节点，按表 10 划分。

表 10 水运工程边坡监测阶段

边坡工程监测阶段	边坡工程监测阶段时间节点划分
I	是指从水运工程边坡开始施工初期至发现边坡失稳之前所进行的监测工作。
II	是指在 I 级监测阶段或用其他勘察手段圈定出不稳定边坡分区之后所进行的监测工作。
III	当已存在的不稳定高陡边坡对安全施工构成威胁时，或者是设计选取了最优边坡角需进行强化开采时为保证连续生产提供条件所进行的监测工作。

6.1.4 监测项目的选择

6.1.4.1 水运工程边坡工程监测项目应根据边坡工程监测工作等级，并综合考虑边坡工程实际监测需求，分别进行变形监测、应力监测、地下水监测、爆破振动监测与其他监测等。

6.1.4.2 水运工程边坡工程监测项目按表 11 选择。

表 11 水运工程边坡工程监测项目选择表

监测项目	监测内容	测点布置	边坡工程检测工作等级		
			一级	二级	三级
边坡巡视监测			应测	应测	应测
变形监测	地表变形（水平和垂直位移）		应测	应测	应测
	地表裂缝		应测	应测	应测
	地表隆起		应测	应测	应测
	地下变形		宜测	宜测	可不测
应力监测	土压力检测	土质边坡部分	应测	宜测	可不测
	地应力监测	岩石边坡内部	宜测	宜测	可不测
	支护结构检测	结构应力最大处	应测	宜测	可不测
	锚杆（索）监测		应测	宜测	可不测

地下水监测	地下水位监测	矿区范围	应测	应测	应测
	地下水温监测	宜测	应测	应测	可不测
	地下水水质监测	宜测	宜测	宜测	可不测
	地下水压监测	宜测	宜测	应测	应测
	边坡渗水监测	边坡渗出点	应测	应测	宜测
爆破振动监测	爆破振动监测	爆破振动影响 K	应测	应测	宜测
降水量监测	降水量监测		应测	宜测	宜测

6.1.5 监测设备

6.1.5.1 监测仪器、传感器等现场监测设备，应根据监测项目、内容选择，并应符合本规范相关的规定。

6.1.5.2 监测传感器应适应监测区域的环境条件，并应满足边坡工程监测精度、量程等要求。

6.2 监测项目

6.2.1 变形监测

6.2.1.1 基本规定

(1) 边坡建设和开采阶段，应设置监测站对水运边坡进行变形监测。变形监测网宜采用独立的平面坐标系统和高程基准，并进行一次布网。必要时可采用国家坐标系统和高程基准或当地平面坐标系统和高程基准。

(2) 变形监测应包括地表变形监测和地下变形监测等。地表变形监测应包括地表位移监测、地表裂缝监测和地表隆起变形监测。

(3) 边坡变形监测方法可包括：卫星导航定位测量、三维激光扫描测量、数字近景摄影测量、全站仪边角测量、全站仪三角高程测量、几何水准测量等。变形监测方法可根据水运边坡工程的变形类型、精度要求、变形速率、现场作业条件以及边坡体的安全性等，按表 12 选用。并可采用多种方法进行监测。

表 12 变形监测方法选择

类别	监测方法
水平位移监测	全站仪法、极坐标法、交会法、GNSS 测量、伸缩仪法、多点位移计、倾斜仪等
垂直位移监测	水准测量、电磁波测距三角高程测量等
三维位移监测	全站仪自动跟踪测量法、卫星导航定位测量、摄影测量、三维激光扫描

	等
地表裂缝监测	精密测（量）距、伸缩仪、测缝计、位移计、摄影测量等
地表隆起监测	比例尺、小钢尺、精密测（量）距、自动监测仪或传感器自动测记法
应力、应变监测	应力计、应变计

(4) 应根据边坡工程的实际情况、边坡特点、监测目的、任务要求以及测区条件等，确定变形监测的内容、精度等级、基准点与变形点布设方案、监测周期、仪器设备及检定要求、观测与数据处理方法、提交成果内容等，并编写变形监测方案。

(5) 应布设监测网，监测网应包括基准网与变形监测网；监测网的网点，宜分为基准点、工作基点和变形观测点。其网点布设应符合下列规定：

1) 基准点，应设置在边坡变形影响区域之外稳固可靠的位置。应至少有 3 个基准点。其水平位移基准点应采用带有强制归心装置的观测墩，垂直位移基准点宜采用双金属标或钢管标；

2) 工作基点，应设置在监测区域稳定且方便使用的位置。水平位移监测工作基点宜采用带有强制归心装置的观测墩，垂直位移监测工作基点可采用钢管标。对通视条件较好的小型边坡，可不设立工作基点，在基准点上直接测定变形观测点；

3) 变形观测点，应设置在能反映边坡体变形特征的位置或监测断面上，监测断面应包括：关键断面、重要断面和一般断面。需要时，还应埋设一定数量的应力、应变传感器；

4) 监测墩的制作与埋设，应符合监测墩类型结构图标准规定；

(6) 监测网和监测点的初次监测，应在埋设标石 10d~15d 后进行。

(7) 水运工程边坡变形监测基准网初期宜每隔半年观测 1 次一年后可每年观测 1 次；当对变形监测成果发生怀疑时，应随时校核监测基准网。

(8) 水运工程边坡工程变形监测阶段可划分为 I、II 阶段当监测进 I 阶段后期时，可采用遥测装置。

(9) 变形监测周期应根据边坡的变形特征、变形速率、观测精度和工程地质条件等因素综合确定。并应符合下列规定：

1) 监测点的监测周期宜每月监测 1 次~2 次；

2) 雨季应适当增加监测次数，暴雨前后增加观测频率；

- 3) 边坡变形剧烈时，应每日观测 1 次或多次；
- 4) 监测网点和监测点被破坏时，应及时恢复，并与之前监测成果校核。

(10) 变形监测周期应根据地表变形和地下变形的具体情况确定，并应符合下列规定：

1) 地表变形监测周期应根据监测阶段等综合确定。I级监测期应每年 2 次，II级监测期应每月 1 次或与其他观测同步进行。采掘与整治过程前后均应监测。当变形速度加剧时应增加监测次数。但每年监测不得少于 4 次。每年应提交监测分析报告；

2) 当野外地质调查或地表变形监测发现局部地段有不稳定迹象时，应进行地下变形监测。监测周期可根据位移速度和季节变化确定。

(11) 变形监测网应在水运工程建设和开采初期建立。

- 1) 监测工作可用全站仪、GNSS 和水准仪进行，应定期观测和进行数据整理；
- 2) 当边坡处于I级监测阶段时，在关键地区应增加观测站，并应增加观测次数；
- 3) 当边坡周边影响范围内出现裂缝或隆起等迹象时，应采用位移计、伸长计来测量滑体位移，必要时可采用遥测装置进行自动化监测。

(12) 应对监测资料定期、及时整理并应根据边坡变形的实际情况提交成果分析报告，宜包括下列内容：

- 1) 变形监测成果统计表；
- 2) 监测点位置分布图；
- 3) 裂缝位置及观测点分布图；
- 4) 隆起位置及观测点分布图；
- 5) 位移矢量图（水平位移矢量图、垂直位移矢量图、水平与垂直位移迭加分析图）；
- 6) 位移（水平或垂直）速率、时间、位移量曲线图；
- 7) 其他图表；
- 8) 变形监测报告。

6.2.1.2 地表变形监测

(1) 边坡地表位移监测包括地表水平位移与地表垂直位移监测，其检测精度，不宜低于三等。

(2) 地表位移监测技术主要包括大地测量技术和位移计监测技术。

(3) 水运工程边坡地表水平位移监测基准网和监测点的精度，应符合表 13 的要求。

表 13 边坡地表水平位移监测基准网和监测点精度要求

精度等级	基准网	监测点	适用范围 (边坡工程稳定性等级)
	相邻基准点点位中误差 (mm)	点位中误差 (mm)	
三等	±3	±6	I、II
四等	±6	±12	III

(4) 水运工程边坡地表垂直位移监测基准网和监测点的精度，应符合表 14 的要求。

表 14 边坡地表垂直位移监测基准网和监测点精度要求

精度等级	基准网	监测点	适用范围 (边坡工程稳定性等级)
	基准点高程中误差 (mm)	高程中误差 (mm)	
三等	±1		I、II
四等	±2	±4	I、II
五等	±4	±8	III

(5) 地表水平位移监测基准网，宜采用全站仪边角同测网，也可采用 GNSS 网三角形网导线网等。

(6) 采用全站仪边角同测可进行水平位移监测基准网观测及基准点与工作基点间的联测；采用全站仪小角法、极坐标法、前方交会法和自由设站法可进行监测点的水平位移观测；采用全站仪自动跟踪测量系统可进行连续观测。

(7) 全站仪的测角、测距标称精度宜符合表 15 的规定。

表 15 全站仪的测角、测距标称精度

精度等级	测角中误差 (°)	测距中误差 (mm)
三等	≤2.0	≤(2mm+2×10 ⁻⁶ D)
四等	≤2.0	≤(2mm+2×10 ⁻⁶ D)

(8) 用全站仪边角测量进行水平位移监测基准网观测及基准点与工作基点间联测，应符合表 16 的要求。

表 16 全站仪边角测量基准网的主要技术要求

精度等级	相邻基准点的点位中误差	平均边长 L (m)	测角中误差 (")	测边相对中误差	水平角观测测回数	
					全站仪测角标	全站仪测角标

	差 (mm)				称精度 1"	称精度 2"
三等	±6	≤450	≤2.0	≤1/100000	2	4
四等	±12	≤600	≤2.0	≤1/80000	1	2

(9) 监测基准网的水平角观测,宜采用方向观测法,并应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的规定。

(10) 监测基准网边长,应采用电磁波测距,并应符合表 17 的要求。

表 17 电磁波测距主要技术要求

精度等级	仪器精度等级	每边测回数		一测回读数较差 (mm)	单程各测回较差 (mm)	气象数据测定的最小读数		往返较差 (mm)
		往	返			温度 (C°)	气压 (Pa)	
三等	5mm 级仪器	2	2	5	7	0.2	50	≤2 (a+b×D)
四等	10mm 级仪器	4	—	8	10			

注: 1. 测回是指照准目标 1 次,读数 2 次~4 次的过程;
2. 根据具体情况,测边可采取不同时间段代替往返观测;
3. 测量斜距,应经气象改正和仪器的加、乘常数改正后才能进行水平距离计算;
4. 计算测距往返较差的限差时, a、b 分别为相应等级所使用仪器标称的固定误差和比例误差系数, D 为测量斜距 (km)。

(11) 全站仪交会法、极坐标法的主要技术要求,应符合下列规定:

1) 当采用边角交会时,应在 2 个测站上测定各监测点的水平角和水平距离。分别按测角交会和测边交会计算监测点的平面坐标,当其较差值不超过要求精度值的 22 倍时,取其中数作为该监测点的最终坐标;

2) 当仅采用测角或测边交会进行水平位移监测时,宜采用三点交会法,角交会的交会角,宜为 60°~120°,边交会法的交会角,宜为 30°~150°;

3) 用极坐标法进行水平位移监测时,宜采用双测站极坐标法;

4) 测站点应采用有强制对中装置的观测墩,变形观测点,可埋设安置反光镜或觇牌的强制对中装置或其他固定照准标志;

5) 测站点与监测点之间的观测距离、边长和角度观测测回数宜符合表 18 的要求。

表 18 全站仪观测距离长度及观测测回数

全站仪标称精度	三等		四等	
	边长 L (mm)	观测测回数	边长 L (mm)	观测测回数
0.5" (1mm+2×10 ⁻⁶ D)	≤1200	1	≤1800	1
1.0" (1mm+2×10 ⁻⁶ D)	≤800	1	≤1200	1

2.0" (1mm+2×10 ⁻⁶ D)	≤500	2	≤800	1
---------------------------------	------	---	------	---

(12) 用全站仪自由设站法进行位移观测，应符合下列规定：

1) 用全站仪自由设站法进行二维或三维变形测量，设站点应至少与 4 个基准点或工作基点通视，且该部分基准点或工作基点的平面分布范围应大于 90°，至设站点的距离比不超过 1: 3，同时应符合本规范表 10 的规定；

2) 用全站仪自由设站法观测的二维或三维监测点中不少于 2 点在其他测站应同期观测；

3) 用全站仪自由设站法进行位移观测的水平角和距离观测测回数，应符合本规范表 10 的规定；

(13) 全站仪自动跟踪测量，应符合下列规定：

1) 测站应设立在基准点或工作基点上，并采用有强制对中装置的观测台或观测墩；测站视野应开阔无遮挡，周围应设立安全警示标志；应同时具有防水、防尘设施；

2) 监测体上的变形观测点宜采用观测棱镜，距离较短时也可采用反射片；

3) 全站仪的自动照准应稳定、有效、单点单次照准时间不宜大于 10s；

4) 观测方法和精度估算应根据观测精度、全站仪精度等级、监测点到仪器测站的视线长度确定。并可参照本规范第 6.2.2.10 条、第 6.2.2.11 条的规定执行，每站每次观测不应少于 1 个测回；

5) 多台全站仪联合组网观测时，相邻仪器间宜设置不少于两个 360°棱镜进行联测，相邻测站应有重叠的观测目标；

6) 数据通信电缆宜采用光缆或专用数据电缆，并应安全敷设，连接处应采取绝缘和防水措施；

7) 作业前应将自动观测成果与人工测量成果进行对比，确保自动观测成果无误后，方能进行自动监测；

8) 测站和数据终端设备应备有不间断电源；

9) 数据处理软件，应具有观测数据自动检核、超限数据自动处理、不合格数据自动重测，观测目标被遮挡时，可自动延时观测处理和变形数据自动处理、分析、预报和预警等功能。

(14) 全站仪小角法测量，应按本规范第 6.2.2.10 条及现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 有关规定执行。

(15) 水运工程边坡地表垂直位移监测基准网，应布设成环形网。宜采用几何水准测量方法观测，可采用全站仪三角高程测量垂直位移监测基准网的主要技术要求，应符合表 19 的要求。

表 19 垂直位移监测基准网技术要求

等级	相邻基准点高差中误差 (mm)	每站高差中误差 (mm)	往返较差或环线闭合差 (mm)	检测已测高差较差 (mm)
三等	1.0	0.30	$0.06\sqrt{n}$	$0.8\sqrt{n}$
四等	2.0	0.70	$1.40\sqrt{n}$	$2.0\sqrt{n}$
五等	4.0	1.40	$2.80\sqrt{n}$	$4.0\sqrt{n}$

(16) 水准观测应符合表 20 的要求。

表 20 水准观测要求

等级	水准仪型号	水准尺	视线长度 (m)	前后视距较差 (m)	前后视的距离较差累积 (m)	视线离地面最低高度 (m)	基本分划、辅助分划读数较差 (mm)	基本分划、辅助分划所测高差较差 (mm)
三等	DS05	钢瓦	50	2.0	3	0.3	0.5	0.7
		钢瓦	50	2.0	3	0.3	0.5	0.7
四等	DS1	钢瓦	75	5.0	8	0.2	1.0	1.5
五等	DS3	钢瓦	85	大致相等			3.0	4.5

注：数字水准仪观测，不受基、辅分划读数较差指标的限制，但测站 2 次观测的高差较差，应满足表中相应等级基、辅分划所测高差较差的限制。

(17) 全站仪三角高程测量，应符合下列规定：

- 1) 应在两个测量点上设置棱镜，在中间设置全站仪。观测视线长度不宜大于 300m，最长不应超过 500m，视线垂直角不应超过 20°。每站的前后视线长度之差，对三等观测不应超过 30m，四等观测不超过 50m；
- 2) 视线高度和离开障碍物的距离不应小于 1.3m；
- 3) 当使用单棱镜观测时，每站应变动 1 次仪器高进行 2 次独立观测。当 2 次独立观测计算高差的较差值符合表 21 的要求时，取其中数作为最终高差值。

表 21 两次观测高差较差限差

等级	两次观测高差较差限差 (mm)
三等	$\leq \pm 10\sqrt{D}$
四等	$\leq \pm 20\sqrt{D}$

五等	$\leq \pm 30\sqrt{D}$
----	-----------------------

注：D 为两点间距离，以 km 为单位。

(18) 全站仪三角高程测量距离和垂直角观测，应符合下列规定：

1) 每次距离观测时，前、后视应各测 2 个测回。每测回应照准目标 1 次、读数 4 次。距离观测应符合表 22 的要求；

表 22 距离观测要求

全站仪测距标称精度	一测回读数间较差限值 (mm)	测回读数间较差限值 (mm)	气象数据测定最小读数	
			温度 (C°)	气压 (mmHg)
$\leq (1\text{mm}+1\times 10^{-6}D)$	3	4.0	0.2	0.5
$\leq (1\text{mm}+2\times 10^{-6}D)$	4	5.5	0.2	0.5
$\leq (2\text{mm}+2\times 10^{-6}D)$	5	7.0	0.2	0.5

2) 每次垂直角观测时，应采用中丝双照准法观测。观测测回数及限差应符合表 23 的要求；

表 23 垂直角观测要求

全站仪测角标称精度	测回数			两次照准目标读数差 (")	垂直角测回差 (")	指标差较差 (")
	三等	四等	五等			
0.5"	2	1	—	1.5	3	3
1"	4	2	—	4	5	5
2"	—	4	—	6	7	7
2"			2	8	10	10

3) 观测宜在日出后 2h 至日落前 2h 的期间内目标成像清晰稳定时进行。阴天和多云天气可全天观测。

(19) 垂直位移监测基准（网）点测量的其他技术要求，按现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 有关规定执行。

(20) 水运工程边坡三、四等位移监测可采用卫星导航定位测量（GNSS）法。边坡 I、II 级变形监测阶段可采用静态测量模式，边坡 III 级变形监测阶段可采用动态测量模式。

(21) 卫星导航定位测量（GNSS）静态测量作业，应符合下列规定：

1) 点位应视野开阔，视场内障碍物的高度角不宜超过 15°，点位附近不应有强烈干扰接收卫星信号的干扰源或强烈反射卫星信号的物体；

- 2) 通视条件好，应便于使用全站仪等进行后续测量作业；
- 3) 作业中应严格按照规定的时间计划进行观测；
- 4) 观测前，应对接收机进行预热和静置，同时应检查电池的容量、接收机的内存和可储存空间是否充足；
- 5) 天线安置的对中误差，不应大于 2mm；天线高的量取应精确至 1mm；
- 6) 观测中，应避免在接收机近旁使用无线电通信工具；
- 7) 作业时，接收机应避免阳光直接照射。雷雨天气时，应关机停测，并应卸下天线以防雷击；
- 8) 对于三等以上的 GNSS 变形监测，应采用双频接收机，并采用精密星历进行数据处理。四等变形监测可选用预报星历进行数据处理。观测数据处理和质量检查应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 有关规定，同一时段观测值的数据采用率不宜小于 85%。

(22) 卫星导航定位测量（GNSS）动态测量作业，应符合下列规定：

- 1) 应设立永久性固定参考站作为变形监测的基准点，并建立实时监控中心；
- 2) 参考站，应设立在变形区之外或受变形影响较小的地势较高区域，上部天空应开阔，无高度角超过 10°的障碍物，且周围无 GNSS 信号反射物（大面积水域、大型建构物），及无高压线、电视台、无线电发射站、微波站等干扰源；
- 3) 流动站的接收天线，应永久设置在监测体的变形观测点上，并采取保护措施。接收天线的周围应无高度角超过 10°的障碍物。变形观测点的数目应根据监测项目和监测体结构布设。接收卫星数量不应少于 5 颗，并采用固定解成果；
- 4) 数据通信，参考点站和监测点应与数据处理分析系统通过通信网络进行连通，并应保证数据实时传输。

(23) 水运工程边坡变形监测采用摄影测量方法时，应符合下列规定：

- 1) 应根据监测体的变形特点、监测规模和精度要求，合理选用作业方法，可采用时间基线视差法、立体摄影测量方法或实时数字摄影测量方法等；
- 2) 监测点标志，可采用十字形或同心圆形，标志的颜色应使影像与标志背景色调有明显的反差，可采用黑、白、黄色或两色相间；
- 3) 像控点应布设在监测体的四周；当监测体的景深较大时，应在景深范围内均匀布设。像控点的点位精度不宜低于监测体监测精度的 1/3。当采用直接线性变换法解算待定点时，一个像对的控制点宜布设 6 个~9 个；当采用时间基线视差法

时，一个像对宜布设 4 个以上控制点；

4) 对于规模较大、监测精度要求较高的监测项目，可采用多标志、多摄站、多相片及多量测方法；

5) 摄影站，应设置在带有强制归心装置的观测墩上。对于长方形的监测体，摄影站宜布设在与物体长轴相平行的一条直线上，并使摄影主光轴垂直于被摄物体的主立面；对于圆形监测体，摄影站可均匀布设在与物体中轴线等距的周围；

6) 多像对摄影时，应布设像对间起连接作用的标志点；

7) 变形摄影测量的其他技术要求，应满足现行国家标准《工程摄影测量规范》GB 50167 有关规定。

(24) 水运工程边坡变形监测其他测量方法的技术要求，按现行国家标准《工程测量规范》(GB 50026) 有关规定执行。

(25) 水运边坡工程地表裂缝监测，应测定采场边坡与排土场边坡顶部及各台阶或坡面上出现的裂缝的空间分布位置和裂缝的走向、长度、宽度、深度及其变化情况。

(26) 地表裂缝监测可结合边坡巡视工作进行。地表裂缝监测应统一进行编号、描述、观测、拍照、建档。

(27) 地表裂缝监测，可采用伸缩仪、位移计或千分卡尺等。应符合下列规定：

1) 地表裂缝监测应设置观测点，每条裂缝应布设不少于 2 组观测点，并根据裂缝的走向和长度，分别布设在裂缝的最宽处和裂缝的末端；

2) 观测点处应设置裂缝观测标志，并应跨裂缝牢固安装在裂缝两侧的稳定部位；标志安装完成后，应拍摄裂缝观测初期的影像；

3) 裂缝观测标志设置应牢固，并应标注可供量测的固定点。短期观测时，可采用打入地下一定深度的木桩或钢钎；长期观测时，可采用埋入地下一定深度的素混凝土或钢筋混凝土墩，并在墩顶面设置观测中心点；

4) 裂缝量测规模较小时，可采用直尺、小钢尺、游标卡尺或坐标格网板等工具进行人工量测；规模较大且不便于人工量测时，宜采用精密测（量）距方法；需要连续监测裂缝的变化时，可采用测缝计或传感器自动测记方法进行观测；

5) 裂缝观测，裂缝宽度数据应量至 0.1mm，裂缝错位数据应量至 0.5mm，裂缝深度数据应量至 1.0mm；

6) 裂缝的观测周期，应根据裂缝变化速度确定。裂缝初期可每周观测 1 次，

基本稳定后宜每月观测 1 次，当发现裂缝加大时应及时增加观测次数，必要时应持续观测。

(28) 监测地表缝监测应提交下列资料：

- 1) 裂缝空间位置分布图；
- 2) 裂缝宽度变化时-距曲线图；
- 3) 裂缝深度变化时-距曲线图；
- 4) 裂缝错位变化时-距曲线图；
- 5) 裂缝观测成果表。

(29) 水运工程边坡地表隆起变形监测，应测定水运边坡坡脚出现隆起的平面分布位置和隆起的走向、长度宽度、高度及其变化情况。

(30) 地表隆起变形的监测可结合边坡巡视工作进行。地表隆起监测应统一进行编号、描述、观测、拍照和建档。

(31) 地表隆起变形监测，应符合下列规定：

1) 地表隆起变形监测应设置观测点，每条隆起应根据隆起的走向和长度布设不少于 2 组观测点；

2) 观测点处应设置隆起监测标志，并应牢固安装在跨隆起两侧的稳定部位与隆起轴部的特征部位；标志安装完成后，应拍摄隆起观测初期的影像；

3) 隆起监测标志设置应牢固，并应标注可供量测的固定点短期观测时，可采用打入地下一定深度的木桩或钢钎；长期观测时，可采用埋入地下一定深度的素混凝土或钢筋混凝土墩，并在墩顶面设置观测中心点；

4) 隆起的量测，规模较小，可采用比例尺、小钢尺、游标卡尺或坐标格网板等工具进行人工量测；规模较大且不利于人工量测的隆起宜采用精密测（量）距方法；需要连续监测隆起的变化时，可采用自动监测仪或传感器自动测记方法进行观测；

5) 隆起观测中，隆起检测数据应量至 0.5mm，隆起高度数据应量至 1.0mm；

6) 隆起的观测周期，应根据隆起变化速度确定。隆起初期可每 15d 观测 1 次，基本稳定后宜每 30d 观测 1 次，当发现隆起加大时应及时增加观测次数，必要时应持续观测。

(32) 监测地表隆起变形监测应提交下列资料：

- 1) 隆起平面位置分布图；

- 2) 隆起观测成果表;
- 3) 隆起宽度变化时-距曲线图;
- 4) 隆起高度变化时-距曲线图

6.2.1.3 地下变形监测

(1) 地下变形监测应确定可能滑动的滑面位置、滑坡规模、变形特征等。地下变形监测应包括水平位移监测、垂直位移监测和大地位移监测，并应符合下列规定：

- 1) 水平位移监测应采用钻孔倾斜仪、应变式传感器和伸长计等；
- 2) 垂直位移监测应采用沉降仪、卧式水平孔倾斜仪等；
- 3) 大地位移监测应采用固设式倾斜仪、位移计等；

(2) 当野外地质调查或地表位移监测发现局部地段有不稳定迹象时或地质构造复杂、稳定性较差的重要边坡，应进行地下变形监测。地下变形监测线的数量，应根据地下变形区的走向长度确定，但不宜少于 3 条，且每条线不宜少于 3 个监测点。可采用钻孔倾斜仪或位移计测量边坡内部深层水平位移。

(3) 当采用钻孔测斜仪测定边坡深部位移时，应符合下列规定：

1) 测斜仪宜采用能连续进行多点测量的滑动式仪器；

2) 监测点钻孔位置应布设在边坡滑动区关键部位，并可对边坡滑坡体上局部滑动和可能具有的多层滑动面进行观测；其测斜管埋设深度应在预计滑动层（面）以下 5m~10m；

3) 埋设测斜管时，应先用地质钻机成孔，将分段测斜管连接放入孔内，将测斜管吊入钻孔内时，应使十字形槽口对准观测的水平位移方向。管底端应装底盖，测斜管连接部分及底盖处应密封处理，测斜管与钻孔壁之间空隙宜回填细砂或水泥与膨润土拌和的灰浆，其配合比应根据土层的物理力学性能和水文地质情况确定。测斜管的安装埋设方法及技术要求应符合本规范附件 B 的规定；

4) 测斜管埋好后，应停留一段时间，使测斜管与边坡岩土体固连为整体；

5) 观测时，可由管底开始向上提升测头至待测位置，或沿导槽全长每隔 500mm（轮距）测数 1 次，将测头旋转 180°再测 1 次。2 次观测位置（深度）应一致，依此作为 1 个测回。每周期观测可测 2 个测回，每个测斜导管的初测值，应测 4 个测回，观测成果取中数。

(4) 地下位移的监测深度，应在预计滑动层（面）以下 5m~10m，并应及时对

监测数据及岩体稳定状况进行整理和分析。

(5) 监测资料应定期、及时整理，并提供有关图表。图表应包括位移矢量图、钻孔位移曲线图和位移与时间曲线图等。

6.2.2 应力监测

6.2.2.1 应力监测可包括土压力、地应力、工程结构内力与锚杆（索）应力应变监测，监测项目可根据边坡工程实际情况选择。

6.2.2.2 应包括编制监测方案、设置应力监测点、安装应力监测装置、实施监测并记录监测数据、整理应力监测数据、提出应力监测报告。

6.2.2.3 应力监测成果应根据监测内容确定，宜包括应力监测分析报告、土压力历时曲线图、地应力历时曲线图、支挡桩（墙）结构内力监测曲线图、锚杆（索）预应力历时曲线图。

6.2.2.4 土压力监测

(1) 土压力监测点应根据土层性质、挡土结构特点、施工工艺荷载大小及作用条件等设置。

(2) 土压力计的选用，应符合下列规定：

1) 土压力计的测试满量程应大于设计最大压力值的 1.2 倍，土压力计传感器的计量精度应小于满量程值的 0.5%；

2) 土压力传感器应具有足够的抗压强度、抗腐蚀性和耐久性，并具有抗震和抗冲击性能；

3) 土压力传感器应灵敏反应土压力的变化，在加压和减压时保持线性良好；

4) 土压力传感器设置于含水土层中时，应能保持在特定水压条件下正常使用。

(3) 土压力传感器埋设之前，宜对土压力计装置进行封闭性检验和标定。检验标定内容宜包括压力标定、温度标定和初始值标定。土压力传感器的埋设应符合下列规定：

1) 回填土性状与周围土体宜保持一致；

2) 传感器承压面与结构物表面接触紧密，并保持与应力方向垂直；

3) 传感器周边应设置柔性缓冲保护层；

4) 连接电缆宜按一定线路集中于观测站，并分别编号。

(4) 土压力传感器埋设完毕，宜进行检验性观测 5 次~10 次，其中应该有 3 次~5 次连续校差在 2kPa 以下的稳定值。

6.2.2.5 支护结构内力监测

(1) 边坡采用桩（墙）结构支挡时，可进行结构内力监测。

(2) 支挡桩（墙）结构内力可采用安装在结构内部或表面的应力应变装置量测。并应符合下列规定：

1) 支挡桩（墙）构筑物内力监测点可沿深度设置，间距宜为 1m~3m，且应在底部向上支挡结构高度的 1/3 处布点；

2) 内力监测值应考虑温度变化等因素的影响；

3) 应力计或应变计的量程宜为设计值的 2 倍，量测精度不宜低于 0.5%F·S，分辨率不宜低于 0.2%F·S；

4) 内力监测传感器埋设前应进行性能检验。

6.2.2.6 锚杆（索）监测

(1) 边坡采用锚杆（索）支护或通过锚杆（索）应力应变反映边坡荷载变化时，应对预应力锚杆（索）进行监测。

(2) 边坡工程监测工作等级为一、二级的边坡，宜选择应力最大处测定锚杆（索）应力和预应力损失，并应符合下列规定：

1) 非预应力锚杆（索）监测数量不应少于锚杆（索）总数的 5%，且不得少于 3 根；

2) 预应力锚杆（索）监测数量不应少于锚杆（索）总数的 10%，且不得少于 5 根；

3) 长期监测的锚杆（索）数量不应少于总数的 5%

4) 应用锚杆（索）应力应变反映边坡荷载变化时，监测数量为 100%。

(3) 锚杆（索）内力监测宜采用专用测力计、钢筋应力计或应变计，并应符合下列规定：

1) 当使用钢筋束时宜监测每根钢筋的受力状况；

2) 专用测力计、钢筋应力计与应变计的量程不宜小于设计值的 2 倍，量测精度不宜低于 0.5%F·S，分辨率不宜低于 0.2%F·S；

3) 锚杆（索）施工完毕，应对专用测力计、钢筋应力计与应变计进行检查测试。

6.2.3 地下水监测

6.2.3.1 受地下水影响范围内的边坡应进行地下水动态监测。

6.2.3.2 地下水动态监测应结合地质资源勘查、边坡工程岩土工程勘察、水文地质勘察、开采进度、地下水控制方案等工作进行。

6.2.3.3 地下水动态监测内容可包括：地下水水位、水量、水温、水质、地下水压及边坡渗出量等。

6.2.3.4 地下水动态监测点，应利用已有的资源勘探孔、水文地质勘察（监测）孔、边坡勘察（监测）孔疏干降水井边坡地下水出露点和泉等。

6.2.3.5 地下水动态监测线孔的布置，应控制监测边坡工程影响范围内的地下水动态。根据不同的监测目的，监测孔、线的布置宜符合下列规定：

(1) 监测孔应具有一种或多种观测功能；

(2) 查明各含水层之间的水力联系时，可分层布置监测孔；

(3) 需要获得边界地下水动态资料时，监测孔宜在有代表性的边界地段布置；

(4) 需要获得用于计算地下水径流量的水位动态资料时，监测线宜垂直和平行计算断面布置；

(5) 需要获得用于计算地区降水入渗系数的水位动态资料时监测孔宜在有代表性的不同地段布置；

(6) 需查明地下水与地表水体之间的水力联系时，监测线宜垂直地表水体的岸边线布置；

(7) 需查明开采疏干降水过程中地下水下降漏斗的发展情况时，宜通过漏斗中心布置相互垂直的两条监测线；

(8) 为满足地下水数值法模拟计算要求，监测孔的布置应保证对计算区各分区参数的控制。

6.2.3.6 当需查明地表水和地下水之间的水力联系时，应在进行地下水动态监测的同时，监测有关地表水的动态。

6.2.3.7 地下水位监测

(1) 地下水位监测宜通过钻孔设置水位监测管，并应符合下列规定：

1) 根据现场监测条件、监测精度与监测频率要求，地下水位监测可采用测绳、水位计或地下水多参数自动监测仪等；

2) 水位监测应从固定点量起，并应将读数换算成从地面算起的水位埋深及标高；

3) 每次测量水位时，应记录观测井近期是否进行疏干降水，以及是否受到附

近疏干降水井的影响；

4) 采用测绳测量水位前，应对其伸缩性进行校核，并应消除误差；

5) 采用电测水位仪时，应检查传感器的导线和测量用导线连接是否牢固，连接处应采用绝缘胶带仔细包扎，并应检查电源音响及灯显装置是否正常，测量用导线应做好长度尺寸标记；

6) 安装自记水位仪的观测点，宜每个月用其他测量设备对地下水位实测 1 次，以核对自记水位仪的记录结果；应在安装后第一个月及以后每半年，用其他测量设备实测 2 次水位，核对自动监测仪的记录结果；

7) 当承压水水头高于地面时，可用压力表测量水位，当水头高出地面不多时，也可采用接长井管或测压管的方法测量水位。

(2) 地下水位监测应分层观测，水位观测管的滤管位置和长度应与被测含水层的位置和厚度一致，被测含水层与其他含水层应采取有效的隔水措施。

(3) 水位监测管的安装应符合下列规定：

1) 水位监测管的导管段应顺直，内壁应光滑无阻，接头应采用外箍接头；

2) 观测孔孔底应设置沉淀管；

3) 观测孔完成后应进行洗孔，观测孔内水位应与地层水位保持一致，且连通性良好。

(4) 地下水位监测频率应符合下列规定：

1) 人工观测水位宜每 10d 观测 1 次。对于承压含水层，可每月观测 1 次；

2) 安装有自动水位监测仪的观测孔，宜每日观测 4 次，观测时间宜为 6 时、12 时、18 时和 24 时。存于存储器内的数据可每月采集 1 次，也可根据需要随时采集；

3) 当遇有中雨以上降雨时，潜水层中的观测点应从降雨开始加密观测次数至雨后 5d；

4) 对傍河的观测孔，洪水期每日观测 1 次，从洪峰到来起，应每日早、中、晚各观测 1 次，并应延续至洪峰过后 48h 为止；

5) 对流量较稳定的边坡地下水出露点水位，应每 10d 观测 1 次；当边坡地下水出露点水位变化异常时，应每日观测 1 次，直至水位相对稳定为止；

6) 水运工程的疏干排水孔初期，地下水位变化较大，应加密观测次数，每日观测 1 次~2 次，直至水位变化接近疏干降水控制水位时，可每 10d 观测 1 次；

7) 当需测定地下水与地表水之间的水力联系时，应对地下水水位与地表水水位同步进行观测，可每 10d 观测 1 次；但汛期及水位变化较大时，应每日观测 1 次。

(5) 地下水水位监测精度应符合下列规定：

- 1) 水位监测数值应以米为单位，并应测记至小数点后三位；
- 2) 人工监测水位时，同一测次应量测 2 次，间隔时间不应少于 1min，并应取 2 次水位的平均值作为监测结果，两次测量允许偏差应小于 10mm；
- 3) 自动监测水位仪精度误差不应大于 10mm；
- 4) 每次测量结果应当场核查，出现异常时应及时补测。

(6) 当需对与边坡影响范围内地下水有水力联系的地表水体水位监测时，应按现行行业标准《水文普通测量规范》SL 58 执行。

6.2.3.8 地下水量监测

(1) 地下水量监测，可采用流量表法、流量计法、堰测法及流速仪法。

(2) 地下水量监测应符合下列规定：

- 1) 水量观测应包括出水量及回渗量的观测，出水量应包括实测的泉水流量、降水井的排水量等，回渗量应包括影响区内各水井、管线和渗水池的入渗量；
- 2) 水量观测点应包括对边坡影响范围内的生产井、疏干降水井及泉水等；
- 3) 利用疏干降水井进行流量观测时，每眼井均应安装有流量表或自动流量监测仪，并应按规定时间观测累计出水量；
- 4) 对不同地下水类型和含水层的疏干井，应分别统计出水量；
- 5) 观测过程中流量表数据出现异常时，应及时检查，确保观测数据的准确性。

(3) 地下水量观测与调查频率应符合下列规定：

- 1) 对水运工程疏干降水井，宜在每月末观测或调查 1 次累积出水量；
- 2) 泉水流量宜每 10d 观测 1 次，遇流量发生突变时，应每日观测 1 次，并应换算成月累积出水量。

(4) 地下水量观测精度应符合下列规定：

- 1) 当使用堰测法或孔板流量计进行水量观测时，固定标尺读数应精确到 1mm，其换算单位流量值应计算至小数点后两位；
- 2) 流量表观测精度不应低于 0.1m^3 ，对疏干降水井排水量统计值应精确至 1m^3 。

6.2.3.9 地下水压监测

(1) 地下水压监测应包括下列内容：

1) 测定岩土体内部地下水压力及其变化值，结合边坡渗流场的分析，用于确定边坡稳定性分析和地下水控制所需的地下水水压；

2) 通过地下水压监测数据评估地下水控制效果。

(2) 地下水压监测应建立水压计网络。测线布置应在采掘场周围选择有代表性的剖面。水压监测孔数量及布置原则宜包括下列内容：

1) 地下水对边坡稳定的重要性；

2) 地质条件的复杂性；

3) 勘察阶段；

4) 滑坡规模；

5) 含水层的数量；

6) 应贯彻一孔多用的原则。

(3) 采用地下水控制措施的边坡，应在工程实施时设置水压计。

(4) 水压计选择应符合下列规定：

1) 不大于 50m 的浅孔，宜用竖管式水压计；

2) 孔深大于 50m 或边坡活动已进入 I 监测阶段时，宜采用电气式水压计；

3) 必要时，可采用遥测式水压计。

(5) 地下水压监测应符合下列规定：

1) 钻孔应清水钻进，并应确定含水层及滑面位置；

2) 测压管安装埋设方法应按本指南附件 F 中 F.1 节执行；

3) 水压计应满足测试深度和精度要求。孔隙水压力计安装埋设方法应符合本指南附件 F 中 F.2 节要求，安装过程中应进行监视；

4) 水压测量频率应定期进行。水压计正常运行后宜每月 1 次，当季节变化或数据变化较大时，应加密观测频率。

(6) 地下水压监测仪器设备应定期进行系统标定，且在使用前应经过检验。

(7) 观测资料应及时整理分析，并应绘制地下水压、降水量的历时曲线，同时应结合勘探资料分析监测成果，并应提交地下水压监测报告。

6.2.3.10 边坡渗水监测

(1) 水运工程边坡渗水监测可包括边坡渗流浸润线监测与渗流量监测。

(2) 边坡渗流浸润线监测可采用孔隙水压计进行，并应符合下列规定：

1) 监测设施安装及埋设要求与方法应符合本指南附件 F 的规定；

2) 浸润线监测孔安装完成后，以周边高程控制点为起算点用水准仪或全站仪测定浸润线监测孔孔口高程。测量方法及技术要求宜按现行国家标准《工程测量规范（GB 50026）》有关规定执行；

3) 浸润线监测孔孔口高程宜每 3 个月观测 1 次；

4) 采用水位计监测，每次观测 2 次，其读数差不应大于 20mm，取 2 次读数值的平均值作为本次浸润线监测值；

5) 采用孔隙水压力计读数仪进行 2 次读数，2 次读数较差不应大于 2 个读数单位，取 2 次读数值的平均值作为本次监测值。

(3) 边坡渗水量监测可根据边坡现场实际条件选用容积法或量水堰法等方法。

(4) 采用容积法监测边坡渗流量应符合下列规定：

1) 在边坡坡脚附近设置导渗沟，导渗沟出口处设渗流集水坑；集水坑周壁应作防渗等隔断处理，切断其他水力联系。并在集水坑壁设置标尺用以测量读数；

2) 容积法充水时间不得小于 10s；

3) 边坡渗流量监测每次应观测 2 次，2 次的测量误差不应大于平均值的 5%，取 2 次测量值的平均值作为本次边坡渗流量的监测值。

(5) 采用量水堰法监测边坡渗流量应符合下列规定：

1) 量水堰应设在排水沟直线段的堰槽段。该段应采用矩形断面，两侧墙应平行和铅直；槽底和侧墙应加砌护，不漏水，不受客水干扰；

2) 堰板应与堰槽两侧墙和来水头流向垂直，堰口水流形态应为自由式；

3) 测量堰上水头的水尺或测针应布设于堰口上游 3 倍~5 倍堰上水头处，其零点高程与堰口高程之差不应大于 1mm。水尺或测针等测读装置应保持铅直方向；

4) 每次渗流量监测时，应对监测水尺读数 2 次读数差不应大于 2mm，取 2 次读数值的平均值作为本次水位监测值。

6.2.4 降水量监测

6.2.4.1 降水量监测可采用人工监测或自动化监测。

6.2.4.2 降水量人工监测宜选用雨量器进行，并应符合下列规定：

(1) 雨量器安装及埋设要求与方法应符合本指南附录 H 的规定。安装高度选定后，不得随意变动，以保持历年降水量观测高度的一致性和降水记录的可比性；

(2) 降雨器安装完毕后，应用水平尺复核，检查承水器口是否水平；

(3) 雨量监测可采用定时分段观测，少雨季节采用 1 段或 2 段次，遇暴雨时应随时增加观测段次。

(4) 在观测时间若有降雨，应取出储水筒内的储水器，放入备用储水器，然后到室内用量雨杯测记降水量。如降水很小或已停止，可携带量雨杯到观测现场测记降水量；

(5) 为减少蒸发损失，应在降水停止后及时观测降水量；

(6) 使用量雨杯读数时，视线与水面凹面最低处平齐，观读至量雨杯的最小刻度；

(7) 降水量记录至 0.1mm，不足 0.05mm 的降水不作记载，历时记至分钟。

6.2.4.3 降水量自动化监测可选用自记雨量器、遥测雨量器或自动预报雨量器等仪器设备，并应符合下列规定

(1) 边坡影响范围区域内应至少设置 1 处降水量监测点；

(2) 雨量器设置位置应避开强风区，其周围应空旷，平坦，不受突变地形、树木和建筑物以及烟尘的影响，并方便检查维护；

(3) 雨量器的安装方法应符合规范规定。安装完毕后，应用水平尺检查雨量器器口水平状况；

(4) 在安装雨量器的同时，应安装供电通信控制装置和防雷击设施；

(5) 雨量器安装调试时，应使用专用雨量量筒，进行 3 次人工注水试验，每次注水 10mm，在 5min~10min 内均匀注完水量，观测仪器计数是否与所注水量一致，测试误差应在士 0.2mm/10mm 以内，超过误差应进行调试。实验完毕，应清除实验数据；

(6) 汛期前应对雨量器进行检查调试。

6.2.5 爆破振动监测

6.2.5.1 水运工程爆破对水运边坡工程的爆破振动效应，宜通过爆破振动监测或爆破试验确定。

6.2.5.2 水运工程边坡爆破振动监测时，应编制专项监测方案，制定安全措施。

6.2.5.3 爆破振动监测应对爆破过程中爆破质点振动的速度、加速度及分布规律进行监测，并分析确定爆破振动对边坡工程的振动影响。

6.2.5.4 爆破振动监测传感器的安装应与被监测边坡之间刚性黏结，并使传感器

的定位方向与所测量的振动方向一致。传感器固定可采用下列方法：

(1) 被监测边坡为坚硬岩石时，宜采用环氧砂浆环氧树脂胶石膏或其他高强度黏合剂将传感器固定在坚硬岩石表面；

(2) 被监测边坡为土体时，可先将表面松散土体实，再将传感器埋入夯实的土体之中，并使传感器与土体紧密接触；

(3) 当需在边坡体的钻孔中设置爆破监测点时，应在钻孔中预埋传感器并填充水泥砂浆，使传感器轴线垂直于边坡坡面；

(4) 传感器电缆应连接可靠、放置平稳，电缆接头的绝缘、屏蔽效果要保持完好。

6.2.5.5 仪器安装和连接后应进行监测系统的测试；监测期内整个监测系统应处于良好工作状态。

6.2.5.6 爆破振动监测仪器的量程精度应符合现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定。

6.2.5.7 爆破振动监测点的布设及要求应按现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定执行。当监测边坡不同高度的振动时，应在边坡坡脚至坡顶的不同高度部位依次布设监测点。

6.2.5.8 爆破振动监测分析成果宜包括下列内容：

(1) 爆破监测质点振动速度、加速度历时曲线；

(2) 微震监测速度、加速度历时曲线；

(3) 其他图表。

6.3 监测方法

6.3.1 巡视监测

6.3.1.1 边坡巡视监测应指定专人负责。采用简易的工具，人工对边（滑）坡表面及影响范围进行巡视检查。

6.3.1.2 边坡巡视监测人员应符合下列规定：

(1) 边坡巡视人员中应由一名经验丰富、熟悉本工程情况的水工环地质专业工程师负责，并应有熟悉本工程的测量与采矿专业工程师参加；

(2) 边坡巡视人员应相对固定、连续，不得任意抽调或更换；

(3) 当发生滑坡等特殊情况时，边坡巡视检查组可聘请有关专家组成，但日常边坡巡视人员应参加。

6.3.1.3 边坡巡视监测应包括日常巡视、年度巡视与特殊巡视。

6.3.1.4 边坡巡视监测工作，应包括下列内容：

(1) 边（滑）坡地表或排水洞有无新裂缝、坍塌发生，原有裂缝有无扩大、延伸发生，断层有无错动发生；

(2) 地表有无隆起或下陷；边（滑）坡后缘有无拉裂缝；前缘有无剪出口出现；局部楔体有无滑动现象；

(3) 地面与地下排水系统是否完好；

(4) 是否有新的地下水出露，原有的渗水量和水质有无变化；

(5) 边坡监测网各种监测设施是否损坏。

6.3.1.5 边坡巡视监测应形成记录，并可根据边坡巡视情况确定是否形成报告。边坡巡视监测记录应符合下列规定：

(1) 边坡巡视监测记录应包括：时间、地点、参加人员、巡视目的和内容以及巡视中发现的问题；

(2) 边坡巡视监测记录可采用文字、照相、摄像和素描等。

6.3.1.6 边坡巡视监测宜配备地质锤、手持定位仪、地质罗盘、皮尺、放大镜、照相机、摄像机等必要器具。

6.3.2 自动化监测

6.3.2.1 自动化监测系统应遵循实用可靠先进、经济和环保的设计原则，监测仪器设备应力求准确、简单、稳定、便于维护、易于改造和升级。

6.3.2.2 边坡工程监测区域符合下列条件之一时，宜进行自动化监测：

(1) 边坡工程监测区域进入第 I 监测阶段时；

(2) 人工监测难以实施或有危及人身安全的监测区域；

(3) 处于无人值守的边坡监测区域。

6.3.2.3 自动化监测系统应定期进行维护，并制定完善的管理制度。

6.3.2.4 重要区域的自动化监测宜采用一套及以上监测系统。

6.3.2.5 系统设计

(1) 自动化监测系统可包括远程自动化监测系统，传输系统监测中心（数据分析、处理、显示、存储）系统组成。远程监测系统通过现场传感器、自动化监测站等采集/处理数据，并通过有线或无线的传输系统传至监测中心，经过专业人员及软件分析、处理显示、存储。

(2) 采用摄像机进行视频监控时，应对边坡进行宏观视频监控，监测范围应覆盖主要坡面。视频监控设计应符合现行国家标准《视频安防监控工程设计规范》(GB 50395)和《民用闭路监视电视系统工程技术规范》(GB 50198)的有关规定。

(3) 自动化监测站可划分为自动化监测采集站和自动化监测管理站。自动化监测站设置应符合下列规定：

- 1) 自动化监测站不应设置在具有较强电磁干扰设备附近；
- 2) 自动化监测站应有防火、防盗和防电磁干扰等防护设施；
- 3) 自动化监测管理站应配置监测管理软件和网络通信软件。应能对整个自动化监测系统的采集进行设置和管理。自动化监测管理站应设置在边坡稳定区域；
- 4) 自动化监测站站房防火设计应符合现行国家标准《建筑防火设计规范》GB 50016的有关规定。

(4) 自动化监测站安装时，应对监测仪器设备进行检验试验、参数标定，并做好详细记录。在改造工程的监测传感器安装时，不宜破坏原有监测设施。自动化监测仪器设备调试时，自动采集数据应与人工监测数据同步比测。

(5) 自动化监测采集站基本功能，应符合下列规定：

- 1) 具有自动巡测、选测、自检、自诊断功能；
- 2) 具备掉电保护功能；
- 3) 具有现场网络数据和远程通信功能；
- 4) 具有网络安全防护功能；
- 5) 具有防雷及抗干扰功能；
- 6) 具有工程所要的精度、量程；
- 7) 具有存储数据功能，存储格式应具有多种格式，应具有人工巡检采集数据周期的存储容量。

(6) 自动化监测管理站基本功能，应符合下列规定：

- 1) 具有处理和分析数据等功能；
- 2) 具备人工测量接口，可进行补测、比测；
- 3) 应配置监测管理软件和网络通信软件，应能对整个监测系统的采集进行设置和管理；
- 4) 应设置在边坡稳定区域。

(7) 自动化监测传输系统，应符合下列规定：

1) 数据传输之间采用开放的通信协议和标准数据传输方式数据传输宜采用有线传输方式，有线传输难以实现时，可采用无线传输方式；

2) 根据工程实际选用定时、随机、实时、直接等通信方式；

3) 远程数据传输必须采用具有校验功能的通信协议，能够及时纠正传输错误的数据包；

4) 传输系统设计除满足上述规定外，尚应符合国家现行标准的有关规定。

(8) 监测中心应符合下列规定：

1) 监测中心宜设置在水运工程调度中心；

2) 监测中心应配备计算机管理用的软硬件设施，满足水运工程安全生产、边坡工程维护与管理的需要；

3) 监测中心应配置专用调度和行政电话。

(9) 自动化监测数据存储，应符合下列规定：

1) 原始监测数据应全部储存入数据库；

2) 数据存储应采用开放型的标准关系数据库，并具有足够的数据库容量和网络共享功能，良好的可扩充性和快速的检索功能；

3) 存储的监测数据应便于维护、定期自动的备份和数据库应用开发，备份的数据与主数据库存放在不同服务器中；

4) 监测历史数据可转换为 TXT、Excel 等多种文件格式保存，并满足监测中心数据库对数据的备份、共享和数据传递等操作，存储的数据需要时可方便提取，并可在通用的计算机中读取。

(10) 自动化监测计算机管理应符合下列规定：：

1) 自动化监测系统配置相应的专用系统软件；

2) 能够对有效数据进行统计和分析，并自动生成各种报表和分析图表；

3) 可人工录入监测数据及巡查报告；

4) 具备安全管理功能。

6.3.2.6 系统供配电、防雷及接地

(1) 监测中心设备宜采用两回交流电源供电，并应配备不间断电源 UPS。

(2) 自动化监测站供电应符合下列规定：

1) 自动化监测站电源宜采用太阳能电源单独供电或与电网电源、风能电源、柴/汽油发电机组组合的供电方式；

2) 采用电网电源或太阳能电源时，应配置免维护蓄电池组外部电源故障时，保证重要监测设备持续工作；

3) 供配电系统应具有断电报警功能；

4) 采用电网交流电源供电时，应设置电源稳压装置；监测仪器设备应选用直流供电的设备，电压宜统一。

(3) 监测中心、自动化监测站供配电设计应符合国家现行相关标准的有关规定。

(4) 监测中心、自动化监测站宜采取防雷及接地措施。防雷接地设计应符合现行国家标准《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB 50343、《建筑物防雷设计规范》GB 50057 和《通信局（站）防雷与接地工程设计规范》GB 50689 的有关规定。

6.4 信息反馈与预警

6.4.1 应及时反馈监测信息，以达到边坡工程维护与管理的动态化与信息化。

6.4.2 应根据各有关工程监测信息的反馈结果，及时分析、研究、总结，对采场边坡与排场边坡的稳定性做出预警预报。

6.4.3 信息反馈

6.4.3.1 监测信息应及时反馈给设计单位，对水运工程边坡角进一步优化。

6.4.3.2 监测信息应及时反馈给生产单位，为水运工程的安全生产与边坡维护提供决策依据。

6.4.4 预警

6.4.4.1 监测预警预报可划分为中长期预报短期预报和临灾预报。

6.4.4.2 监测预警预报应根据监测反馈信息分阶段提出，并应符合下列规定：

(1) 中长期预报，应在月报、季报、年报中提出；

(2) 短期和临灾预报，应做到随时出现随时提出，并以专报形式提交。

6.4.4.3 水运工程边坡安全预警预报应根据边坡体及影响范围内的地表水平位移与竖向位移、地下位移、地表裂缝和坡脚隆起的发展趋势等综合确定。

6.4.4.4 边坡工程发生下列情况之一时，必须立即预警，同时增加监测频率并调整监测方案：

(1) 变形量或变形速率出现异常变化；

(2) 变形量达到或超出预警值；

(3) 边坡影响范围内出现崩塌、滑坡迹象；

(4) 边坡影响范围或周边建（构）筑物及地表出现异常；

(5) 地震、暴雨、冻融等引起变形异常。

6.5 监测报告编制

6.5.1 监测方案

6.5.1.1 水运工程边坡进行施工前应编制边坡工程监测方案。

6.5.1.2 应综合考虑监测边坡的工程地质和水文地质条件、工程爆破、周边环境条件、边坡轮廓以及施工方式等因素进行。

6.5.1.3 监测方案编制前应对监测现场进行详细踏勘，进一步收集已有资料，并根据工程现场、边坡类型、边坡滑移模式、变形阶段和危害程度等划分边坡工程监测工作等级，提出边坡监测技术要求。并应收集下列资料：

(1) 可行性研究报告，初步设计报告；

(2) 区域气象、水文、地震的有关资料；

(3) 边坡补充勘察和稳定性评价成果文件；

(4) 边坡工程影响范围内的道路、输电线、地下管线、地下设施及周边建筑物的有关资料。

6.5.1.4 监测方案应按监测边坡段所处的I、II、III监测阶段分别进行编制。

6.5.1.5 宜对下列特殊条件边坡工程的监测方案进行专门论证：

(1) 地质和环境条件特别复杂的边坡工程；

(2) 对人员设备安全构成严重威胁和重大经济损失的边坡工程；

(3) 形成整体滑坡的边坡工程；

(4) 重新修改设计和治理的边坡工程。

6.5.1.6 监测单位应根据监测任务书编制监测方案并应包括下列内容：

(1) 工程概况(自然条件地质环境、边坡工程的特征等)；

(2) 监测方案编制依据；

(3) 监测目的；

(4) 监测范围；

(5) 监测项目的确定；

(6) 监测方法选定(监测点网布设、监测精度要求、监测频率监测预报预警、监测人员及仪器设备、监测措施应急预案、工序管理及信息反馈等)；

(7) 监测数据记录制度；

(8) 监测数据分析方法等。

6.5.2 监测报告

6.5.2.1 监测报告编制内容应包括文字说明附图、附表与影像资料等。

6.5.2.2 监测报告文字说明应内容丰富全面章节条理清晰、结构层次合理、重点描述突出、计算分析合规、结论意见可信、文字简洁顺畅，宜包括下列内容：

- (1) 工程概况；
- (2) 监测依据；
- (3) 监测方案编制与实施；
- (4) 监测仪器设备叙述（包括仪器设备名称、性能、精度、校验等）；
- (5) 监测仪器设备安装埋设；
- (6) 监测基准点的埋设；
- (7) 工程地质条件；
- (8) 水文地质条件；
- (9) 边坡巡视和监测工作情况说明；
- (10) 监测内容与监测结果；
- (11) 综合计算与分析；
- (12) 结论意见；
- (13) 下阶段工作建议。

6.5.2.3 监测报告附图、附表资料数据来源应有据可查、真实可靠；图表清晰美观、结构构架合理；统一分类编号，宜包括下列内容：

- (1) 水运工程区域总平面；
- (2) 水运工程边坡设计图；
- (3) 水运工程排土场边坡设计图；
- (4) 水运边坡工程地质图；
- (5) 水运工程水文地质图；
- (6) 被监测边坡剖面图；
- (7) 变形监测控制网布设图；
- (8) 变形监测监测网布设图；
- (9) 位移矢量图（水平位移矢量图、垂直位移矢量图、水平与垂直位移迭加分析图）；

- (10) 位移历时曲线图；
- (11) 位移与深度关系曲线图；
- (12) 地下水动态与时间关系曲线图；
- (13) 地下水水位与疏干降水关系曲线图；
- (14) 边坡出水流量与疏干降水关系曲线图；
- (15) 爆破监测质点振动速度、加速度历时曲线；
- (16) 边坡巡视记录表；
- (17) 地下水位监测记录表；
- (18) 各变形监测记录表；
- (19) 其他图表

6.5.2.4 监测报告影像资料来源应真实可靠影像清晰、分别标明拍摄时间地点与方位等，宜包括下列内容：

- (1) 水运工程原始地形地貌的影像资料；
- (2) 排土场原始地形地貌的影像资料；
- (3) 边坡影响范围内出现裂缝的影像资料；
- (4) 边坡影响范围内出现隆起的影像资料；
- (5) 边坡巡视影像资料；
- (6) 水运工程边坡建设与生产过程中，边坡形成的影像资料；
- (7) 排弃物堆积过程中，排土场边坡形成的影像资料；
- (8) 边坡发生滑坡前、后时的影像资料；
- (9) 其他影像资料。

7 风险防控

7.1 一般规定

7.1.1 边坡的治理和加固设计应遵循下列原则，经多方案的技术经济比较后选定：

- (1) 应综合考虑边坡的地形、地质条件、施工技术水平及难易程度等因素，与建筑物相关的边坡还应考虑建筑物与边坡的相互关系；
- (2) 若需要采用多种措施进行边坡治理和加固，应综合考虑各种措施的技术特点和用途，使其形成有机的治理和加固体系；
- (3) 应优先考虑采用治理措施，若仍不能满足要求或难以实施，再考虑采取加

固措施；

(4) 应根据施工期揭露的地质条件变化和安全监测反馈的有关信息，完善和修正设计；

(5) 应论证采用新技术、新结构、新材料、新工艺的技术可行性和经济合理性；

7.1.2 对于与新建建筑物相关的边坡，在满足建筑物布置的前提下，开挖边坡的走向、形状应根据地形、地质条件的特点，以及边坡稳定的需要确定。若开挖边坡的走向、形状与相关建筑物布置相矛盾，在建筑物布置允许的前提下，宜调整建筑物的布置。

7.1.3 边坡的治理和加固可采用下列一种或多种措施：

(1) 减载、边坡开挖和压坡；

(2) 排水和防渗，排水包括坡面、坡顶以上地面排水、截水；

(3) 坡面防护，包括用于土坡的各种形式的护砌和人工植被，用于岩坡的喷混凝土、喷纤维混凝土、挂网喷混凝土，以及柔性主动支护、土工合成材料防护等措施；

(4) 边坡锚固，包括各种锚杆、抗滑洞塞等；

(5) 支挡结构，包括各种形式的挡土墙、抗滑桩、土钉、柔性被动支护措施等。

7.1.4 进行边坡治理和加固时，宜设置完善的地面截水、排水系统。若边坡的稳定安全性状对地表水下渗引起的岩、土体饱和和地下水升高敏感，还应做好坡面防渗和坡面附近的地面防渗。

7.1.5 当需要采取锚固措施加固边坡时，应研究以下几种锚固措施加固边坡时，应研究以下几种锚固与支挡结构组合的技术可行性和经济合理性：

(1) 锚杆与挡土墙；

(2) 锚杆与抗滑桩；

(3) 锚杆与混凝土格构；

(4) 锚杆与混凝土塞或混凝土板；

7.1.6 边坡的治理和加固应考虑环境保护，并应与周围建筑物和环境相协调。

7.2 治理和防护加固方法

7.2.1 减载、边坡开挖和压坡

7.2.1.1 减载措施可采用坡顶开挖、削坡等方式。

7.2.1.2 减载措施宜用于松动变形和可能发生滑动、倾倒、崩塌等破坏情况下，潜

在滑动面上陡下缓且滑体厚的边坡治理。

7.2.1.3 当地条件允许时，边坡开挖、减载和压坡措施宜配合使用。

7.2.1.4 采用减载方法治理边坡，应根据潜在滑动面的形状、位置、范围确定减载方式，并避免因减载开挖引起新的边坡失稳。

7.2.1.5 边坡马道的间距、宽度和纵向坡度等应根据边坡岩土体性质、地质构造特征，并应考虑边坡稳定、坡面排水、防护、维修及安全监测等需要综合确定。马道的最小宽度不宜小于 2m。

7.2.1.6 在边坡的平均坡度满足抗滑稳定要求的前提下，黄土边坡宜开挖成“陡坡宽马道”的形式。马道间的高度为 5~10m 时，两马道之间的开挖坡度可陡于 1: 0.5。边坡总高度大于 40m 时，可在坡高的 1/2 稍高处设置宽平台。平台宽度应根据边坡的整体稳定和局部稳定要求，经计算确定。

7.2.1.7 对于含有膨胀性岩、土的边坡治理，可根据地质情况采取预留开挖保护层、盖压、砌护封闭、保湿和置换等措施。

7.2.1.8 压坡体的高度、长度和坡度等应经压坡局部稳定和边坡整体稳定计算确定。

7.2.1.9 压坡材料宜与边坡坡体材料的变形性能相协调。当采用土料和堆石料填筑岩质边坡的压坡时，对于需要严格限制变形的边坡，压坡体提供的抗力应按主动土压力计。

7.2.2 坡面防护

7.2.2.1 喷射混凝土防护施工应遵循《水电水利工程锚喷支护施工规范(DL/T 5181)》的相关规定。

7.2.2.2 主动柔性防护网应遵循以下基本要求：

(1) 钢绳锚杆施工：

1) 锚杆孔深度应根据防护网型的标准配置确定，孔深应大于锚杆设计长度 50mm；

2) 锚杆砂浆强度不应低于 M20，宜采用中细砂，水泥：砂宜为 1：1~1：2（质量比），水灰比不宜大于 0.45；1.3 锚杆安装注浆后，不得随意敲击，待凝 24h 后方可进行下道工序施工；

(2) 纵横向支撑绳安装：张拉紧的支撑绳两端应与锚杆外露环套固定连接；

(3) 格栅网安装：

1) 应自上而下铺挂格栅网，格栅网间重叠宽度不应小于 5cm。坡度小于 45°，

扎结点间距不应大于 2m；坡度大于 45°，扎结点间距不应大于 1m；

2) 宜自上而下铺设钢绳网并采用与防护网等级相适合的钢绳缝合。格栅底部应向坡面折叠，其宽度不小于 0.5m；

7.2.2.3 被动柔性防护网应遵循以下基本要求：

(1) 钢绳锚杆施工，应参照 7.2.2.2 的相关要求执行；

(2) 基座混凝土抗压强度应大于 10MPa，方可进行基座与钢柱安装；

(3) 上、下支撑绳宜采用张力不小于 10kN 的拉紧葫芦张紧，支撑绳应与上拉锚杆环套牢固连接；

(4) 钢绳网沿上支撑绳应均匀布置，并应采用钢绳与钢柱及上、下支撑绳联结。缝合绳应无松动；

(5) 格栅底部应向坡面折叠，其宽度不小于 0.5m，格栅间重叠宽度应不小于 10cm；

(6) 格栅应用扎丝固定在纵横支撑绳上，每平方米格栅绑扎点不应少于 4 处；

7.2.2.4 砌石护坡应遵循以下基本要求：

(1) 干砌石护坡：

1) 干砌块石护坡厚度小于 0.35m 时应单层铺砌，大于 0.35m 时应双层铺砌。双层铺砌时下层厚度宜为 0.15m~0.25m，上层厚度宜为 0.25m~0.35m；

2) 砌体缝口应错缝砌紧，底部应垫稳、垫实，严禁架空；

3) 宜用立砌法，不得叠砌和浮塞，明缝应用小片石料填塞紧密；

4) 砌体外露面的坡顶和侧边，应选用整齐的大石块砌筑，平整牢固。干砌片石表面砌缝的宽度不应超过 25mm；

(2) 浆砌石护坡：

1) 砌筑前应将石料表面的泥垢去除。砌筑时，石料保持湿润；

2) 砌筑时应先铺浆后砌筑，砌筑要求平整、稳定、密实、错缝；

7.2.2.5 混凝土护坡施工应按《水工混凝土施工规范（DL/T 5144）》中的相关规定执行。

7.2.2.6 网格护坡应遵循以下基本要求：

(1) 网格护坡可采用现浇混凝土方式，也可采用预制混凝土块的方式，混凝土施工应按 DL/T 5144 中的相关规定执行；

(2) 网格沟槽的开挖应按测量放样的要求进行，沟槽的验收满足设计的相关要

求；

(3) 网格内需填补的种植土土质应满足设计要求，且覆盖均匀，填充密实；

7.2.2.7 框格梁护坡应遵循以下基本要求：

(1) 先初步放样，划出梁边界，用人工开挖、清理，基槽深度 10cm。基槽挖好后报请监理工程师检验，合格后进行下道工序施工。基坑各部分尺寸应满足设计及施工要求。

(2) 按设计图纸进行钢筋的加工及安装。钢筋应按图纸所示的位置准确的安装，并用批准的支撑将钢筋牢靠固定好，使其在浇注过程中不致移位。钢筋安装完毕，经监理工程师检验合格后进行模板安装

(3) 内侧用 $\Phi 20$ 对拉螺杆，外侧用方木支撑固定，在钢筋检验合格后，安装侧模，模板拼装要求稳固、严密，不漏浆，以保证砼的施工质量。模板内侧应涂刷脱模剂，模板拼装时严格按照设计图纸尺寸作业，垂直度、轴线偏差、标高均应满足技术规范规定。

(4) 模板检验合格后进行砼浇筑。砼应自下而上分层浇筑、分层振捣，用插入式振捣器振捣，浇筑上层时应插入下层 5cm，砼要求振捣充分，不漏振，以保证砼的密实度。砼浇注要连续进行，中间因故间断不能超过前层砼的初凝时间，砼浇注到顶面，应按要求修整、抹平。砼拌和采用电子称按施工配合比要求计量，施工中应严格控制砼的塌落度，以使砼具有很好的和易性和流动性，利于砼的浇筑，保证砼的施工质量。

(5) 砼达到强度的 50%即可拆模板，模板拆除时要小心按顺序拆卸，防止撬坏模板和碰坏结构，并注意对系梁各边角的保护。砼浇注后要及时覆盖养生，经常保持砼表面湿润，确保砼后期强度。

7.2.2.8 植生袋护坡应遵循以下基本要求：

(1) 植生袋采用 PP 聚丙烯，克重 $\geq 100\text{g/m}$ ，经纬纱 UV 含水量 1%，经向拉力标准 $\geq 20\text{kN/m}$ ，纬向拉力标准 $\geq 15\text{kN/m}$ ，经纬向伸长率 $\leq 28\%$ ，顶破强力 $\geq 1.5\text{kN/m}$ ，尺寸为 $40\text{cm} \times 80\text{cm}$ 或 $43\text{cm} \times 81.5\text{cm}$ 。

(2) 装袋填土料中添加灌草种籽、水、农家肥和复合肥，其中，填土、灌木种籽、草籽、水、农家肥和复合肥分别为 0.08m^3 、 0.6g 、 2.4g 、 0.001m^3 、 0.01m^3 和 0.02m^3 ；各材料最终用量根据现场试验确定。

(3) 植物物种采用灌草种子，杜鹃、胡枝子、马桑，草本选择狗牙根、三叶草、

黑麦草。

(4) 在格构混凝土强度达到 70% 设计强度后，方可进行植生袋施工。用装满配好填土料的植生袋逐层压紧均匀码放在框格内，植生袋表面铺设一层防护网，避免下部爆破施工破坏。

7.2.3 边坡锚固

7.2.3.1 土锚钉

(1) 土锚钉施工应遵循以下基本要求：

1) 土锚钉可采用打设或钻孔埋设两种方式施工，根据设计要求的孔深、孔径、倾角等选择施工设备及器具；

2) 采用有压注浆时，注浆压力应根据设计要求或试验确定；

3) 土锚钉安装注浆后，不得随意敲击，待凝 24h 后方可进行下道工序施工。

有预应力施加要求时，注浆体应达到设计强度；

7.2.3.2 锚杆

(1) 锚杆施工应遵循 DLT 5181 的有关规定。

(2) 锚筋束（桩）施工应遵循以下基本要求：

1) 锚筋束（桩）的孔位应按设计要求布置，其孔径应大于锚筋束（桩）直径 40mm，开孔孔位偏差应小于 100mm，钻孔倾角、方位角误差均应小于 2°，孔深偏差值不大于 50mm；

2) 锚筋束（桩）应按图纸加工，其钢筋连接可采用套筒法或焊接法，接头不应在同一断面；锚筋束应设置对中环，对中环外径宜小于孔径 10mm。每个锚筋束（桩）在至少应有两个对中环；注浆管及排气管应固定在锚筋束（桩）体上并保持畅通；锚筋束（桩）插入孔内后，应对孔口进行固定和封堵；

3) 锚筋束注浆的水泥砂浆配合比应通过试验确定，水泥与砂的比例宜为 1：1~1：2(质量比)；水灰比宜为 0.45~0.50；锚筋束宜采用“先插杆后注浆”的施工工艺；拌制的砂浆放置时间不宜超过 2h；锚筋束孔注浆后 24h 内，不得敲击、碰撞和拉拔。

7.2.3.3 预应力锚索

(1) 预应力锚索应遵循以下基本要求：

1) 施工前准备工作

a) 应进行锚索基本性能试验，基本性能试验应遵守下列规定：

- ① 基本试验数量不得少于 3 根；
 - ② 基本试验所用的锚索结构施工工艺及所处的工程地质条件应与实际工程所采用的相同；
 - ③ 基本试验最大的试验荷载不宜超过锚索束体承载力标准值的 0.9 倍；
 - ④ 基本试验应采用分级循环加、卸荷载法。拉力型锚索的起始荷载可为计划最大试验荷载的 10%，压力分散性或拉力分散性锚索的起始荷载可为计划最大试验荷载的 20%；
 - ⑤ 锚索破坏标准：后一级荷载产生的锚头位移增量达到或超过前一级荷载产生位移增量的 2 倍时；锚头位移不稳定；锚索束体拉断；
 - ⑥ 试验结果宜按循环荷载与对应的锚头位移读数列表整理，并绘制锚索荷载—位移(Q-s)曲线，锚索荷载—弹性位移(Q-S_e)曲线和锚索荷载—塑性位移(Q-S_p)曲线；
 - ⑦ 锚索弹性变形不应小于自由段长度变形计算值的 80%，且不应大于自由段长度与 1/2 锚固段长度之和的弹性变形计算值；
 - ⑧ 锚索极限承载力取破坏荷载的前一级荷载，在最大试验荷载下未达到规定的破坏标准时，锚索极限承载力取最大试验荷载值；
- b) 应完成辅助设施的规划与布置。对承载结构应进行专项设计；
 - c) 操作人员应岗前培训，持证上岗；
- 2) 锚索钻孔：
 - a) 造孔设备及机具应根据边坡地质条件、钻孔参数及开挖施工程序等因素选择确定，一般采用潜孔锤冲击回转钻进造孔；
 - b) 钻孔结构应根据边坡地质条件、设计要求、锚索结构及钻孔方法等具体情况进行计算确定；
 - c) 钻进技术参数应根据岩石状况及钻具性能合理选择；
 - d) 钻孔施工应遵循《水电水利工程预应力锚固施工规范》(DL/T 5083) 的相关规定；
 - e) 复杂地质条件钻孔施工时，锚索孔深小于 30m，终孔倾角偏差与方位角偏差均不应大于 3°；锚索孔深大于 30m，终孔倾角及方位角偏差应根据设计要求并结合现场钻孔试验确定；
 - f) 开孔遇到覆盖层或风化破碎岩体时，宜镶筑孔口管。遇到孔内严重掉块、

卡钻、排渣困难等成孔难度大或成孔后缩颈时，宜采用跟套管钻进成孔或进行固结灌浆处理；

g) 钻孔前应研究岩层特征，制定有针对性的孔斜控制和纠正措施，在施工中调整防斜纠偏方法；

h) 钻孔施工应采取降尘措施；

3) 锚索编束：

a) 普通拉力型锚索的编束方法应遵循《水电水利工程预应力锚固施工规范》（DL/T 5083）的相关规定；

b) 对于压力分散型锚索的编制，应遵循以下基本要求：

① 应按技术要求和锚索结构下料，下料长度等于各组张拉长度+锚垫墩厚度+张拉所需尺寸+外露长度。下料前应对钢绞线的 PE 套进行检查，对破损的 PE 套应进行处理；

② 进行承载体组装时，承载板应与带 PE 套的钢绞线紧密结合，用挤压套压紧。同组钢绞线挤压完成后，应在挤压套与导向帽之间填充防腐油脂，进行密封与防腐处理；

③ 锚索体自由段的隔离架间距宜为 1.5m~2m，锚固段的承载板间距宜为 2m。锚固段灌浆宜采用双注浆管形式，管材的耐压能力应不小于 2Mpa；

④ 在锚索两个隔离架之间应采用专用黑铁丝捆扎锚索编制完成后，应分组逐根进行钢绞线的编号，并挂牌标识；

4) 锚索安装：

a) 锚索安装前应对锚索孔进行检查；

b) 锚索穿束过程中宜采用胶垫隔离、支撑过渡等方式，避免锚束 PE 套损坏。安装时弯曲半径不宜小于 3m。

c) 钢绞线应在孔内保持平顺，孔内外顺序一致，宜在孔口安装 1~2 个隔离支架；

5) 孔道灌浆：锚固段灌浆宜在锚索安装后完成。锚固段在锚墩浇筑前，也可在锚墩浇筑完成后实施灌浆；

a) 锚索灌浆宜采用孔口封闭器进行灌浆，也可采用封孔或带阻浆塞的方法灌浆；

b) 锚索孔道灌浆的其他要求应参照《水电水利工程预应力锚固施工规范》

(DL/T 5083) 的相关规定执行；

c) 锚索孔道灌浆因漏失量较大而难以正常结束的部位，应采取如锚索安装前进行固结灌浆处理或采用土工布包裹锚固段等措施；也可采用反复多次灌浆或屏浆后利用排浆管再进行一次压浆的措施。

d) 锚索孔道灌浆因故中断时，应采取措施疏通进、回浆管；发现灌浆管堵塞时，应及时采用补救措施；

6) 锚墩制作：锚索孔口平整或预应力施加要求紧迫的区宜采用钢质锚墩或预制锚墩。采用钢筋混凝土锚墩，应遵《水电水利工程预应力锚固施工规范（DL/T 5083）》和《水工混凝土施工规范（DL/T 5144）》的相关规定；

7) 锚索张拉：

a) 普通拉力型锚索的张拉方法应遵循《水电水利工程预应力锚固施工规范》（DL/T 5083）的相关规定；

b) 压力分散型锚索的张拉，应遵循以下基本要求：

① 锚索张拉前应绘制钢绞线与锚具上的对应分布图，记录单根钢绞线的下料长度、外露长度；

② 锚索张拉应采用先预紧再分组分级单根对称循环张拉或分组整体张拉的方法，所有钢绞线张拉完毕后应再次按原顺序循环张拉至少 1 次；

③ 锚索张拉的施荷方式、加卸载速率、持荷稳压时间及补偿张拉时间等均应满足设计要求，并应遵循《水电水利工程预应力锚固施工规范》（DL/T 5083）的相关规定；

④ 复杂地质条件下张拉施工，锚索钢绞线伸长值控制标准按照不小于自由段长度变形计算值的 80%，且不应大于自由段长度与 1/2 锚固段长度之和的弹性变形计算值；

8) 封锚：

a) 锚索锚头封闭应遵循《水电水利工程预应力锚固施工规范》（DL/T 5083）的有关规定。

b) 有特殊防腐要求的锚索，应按设计要求进行锚头的防护处理。水下锚索锚头宜先用金属防护罩保护，再浇混凝土封锚。

7.2.4 边坡支档

7.2.4.1 抗滑桩

(1) 钢管桩

1) 放样、钻孔:

a) 依据钢管抗滑桩中心轴线坐标值测放钢管桩中心点，中心偏差不应大于 50mm;

b) 开孔孔位偏差小于 100mm，钻孔倾角、方位角误差不应大于 2°，孔深允许偏差不得大于 50mm;

c) 钻孔完毕后应进行验孔，孔内不得有残渣及积水;

2) 抗滑桩钢管安装，宜采用整体安装。分段安装时连接件应满足结构的强度要求。遇堆积体或松散破碎岩体时，宜直接采用跟套管成孔;

3) 钢筋束宜采用套筒连接，也可采用焊接法连接，接头不宜在同一断面;

4) 灌注水泥砂浆前应用稀浆润滑输浆管道，注浆结束标准应满足设计要求;

(2) 挖孔桩

1) 在满足规范 JGJ94—2008 中允许使用人工扩孔桩的前提下，人工挖孔桩的孔径（不含护壁）宜大于 1.2m，孔深不应大于 30m;

2) 挖孔应自上而下逐层进行，应根据具体地质条件制定开挖方法，开挖断面为设计桩径加 2 倍的护壁厚度，每节的高度应根据地质条件确定，一般为 0.9m~1.2m;

3) 挖孔桩钢筋笼的制作超过 12m 时宜分段制作;

4) 混凝土的灌注作业应连续进行;

(3) 沉井

1) 单节井筒应连续浇筑完成，施工应遵循 DL/T 5144 的相关规定;

2) 底节井筒模板拆除后，井筒混凝土经养护达到设计强度 70% 以后，才能抽除垫木，开始挖渣下沉作业;

3) 抽除垫木应分区、依次、对称、同步地进行，先隔墙、后井筒，先短边、后长边，最后保留设计支承点;

4) 沉井的接高应遵循以下基本要求：接高前沉井顶面出露地面不应小于 1m；沉井每节高度一般为 5m 左右;

5) 接高时模板不应支撑在地面上;

6) 接高时应防止沉井突然下沉或倾斜，宜在刃脚处回填或支垫;

7) 接高后的各节井筒中心轴线应为一直线;

7.2.4.2 抗剪洞、锚固洞

(1) 洞室开挖及支护应遵循《水工建筑物地下工程开挖施工技术规范》(DLT 5099) 的相关规定。洞室回填:

- 1) 回填混凝土宜采用中热微膨胀水泥、并掺粉煤灰;
- 2) 回填混凝土应遵循 DL/T 5144 相关规定;
- 3) 较大规模的洞室回填应分区、分段、由低到高逐段进行;

(2) 回填、接触及固结灌浆应遵循《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》(DL/T 5148) 相关规定;

7.2.4.3 抗滑挡墙

(1) 基础施工时应采取防水、排水措施;

(2) 浆砌石挡土墙采用台阶式基础时, 基础与墙体应同时砌筑, 基底及墙趾台阶转折处不应砌成垂直通缝, 砌体与台阶壁间的缝隙砂浆应饱满;

(3) 混凝土挡土墙应遵循 DL/T 5144 的相关规定;

(4) 伸缩缝与沉降缝侧壁应竖直、平齐, 无搭叠; 在砌(浇)筑墙身时应预设排水孔, 并保证畅通;

(5) 回填应在墙身强度达到设计强度的 75% 后进行。距墙, 背 0.5m~1.0m 范围内, 不宜用重型碾压设备碾压。

7.2.5 预灌浆

7.2.5.1 施灌之前应进行灌浆试验确定灌浆参数。

7.2.5.2 灌浆孔孔位及孔向应符合设计要求。

7.2.5.3 预灌浆施工应在相应部位开挖前完成。

7.2.5.4 边坡预灌浆钻孔不宜采用给水钻进。

7.2.5.5 预灌浆孔宜镶注孔口管, 孔口管镶注深度应根据地质条件确定。

7.2.5.6 浆液应采用低水灰比浓浆或砂浆, 水灰比宜不大于 0.5: 1 (质量比)。

7.2.5.7 30m 范围内的预灌浆未结束不应施工排水孔。

7.2.5.8 预灌浆的其他要求, 应遵循 DL/T 5148 中关于岩基固结灌浆的相关规定。

7.2.6 排水和防渗

7.2.6.1 边坡的排水和防渗系统应包括排除地表水、地下水和减少地表水下渗等措施。地表排水、地下排水与防渗措施宜统一考虑, 使之形成相辅相成的防渗、排水体系。

7.2.6.2 地表排水系统应包括边坡坡面及其以外集水面积内的截水、排水和防渗等设施。

7.2.6.3 地表排水系统应根据集水面积、降雨强度、历时和径流方向等进行整体规划和布置。潜在滑动体范围内的地表排水系统宜分开布置，自成体系。

7.2.6.4 地表排水和截水沟的位置、数量和断面尺寸，应根据降雨强度、历时、分区汇水面积等，经计算确定。坡面排水沟尺寸的确定，除考虑坡面径流量外，还应计入坡体内渗出的水量。

7.2.6.5 对于天然滑坡体范围内的地表排水，主排水沟方向应有利于快速排除地表水。

7.2.6.6 排水沟可选择梯形或矩形断面。可采用混凝土现浇或块石、预制混凝土件砌筑，接缝面应设置止水措施。

7.2.6.7 当边坡受降雨、泄流雨雾或其他原因影响其稳定时，除应做好地表排水外，还应研究是否需要进行防渗处理。

7.2.6.8 边坡坡体内排水可采用下列一种或多种措施：

- (1) 坡面排水孔；
- (2) 排水洞及其排水孔；
- (3) 网状排水带和排水盲沟；
- (4) 贴坡排水。

7.2.6.9 坡面排水孔宜采用梅花形布置，孔、排距宜不大于 3m，孔径可为 50~100mm。孔向宜与边坡走向正交，并倾向坡外，倾角可为 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 。在岩质边坡中，孔向宜与主要发育裂隙倾向呈较大角度布置。

7.2.6.10 排水洞应布置在潜在滑动面以下的稳定岩土层内。设置多条排水洞时，应形成完整的排水体系。排水主洞走向宜与边坡走向一致或接近。排水洞内的排水孔的深度、方向和孔位布置应根据裂隙发育情况、产状、地下水分布特点等确定。排水孔的孔、排距不宜大于 3m，孔径可为 50~100mm。

7.2.6.11 在土质边坡、散体结构的岩质边坡和断层、裂隙密集带等部位，以及排水孔穿过泥化夹层等时，排水孔内应设置排水管，并应做好反滤保护。对于地质条件较好的岩质边坡，其排水孔可仅设孔口管。

7.2.6.12 挡土墙的排水设计应按照《水工挡土墙设计规范》(SL379—2007)的有关规定执行。

7.2.6.13 采用压坡措施进行边坡治理时，压坡体的排水设计可参照《碾压式土石坝设计规范》(SL 274—2001)的有关规定执行。

7.2.6.14 当边坡体内的地下水位降低可能对周围环境造成不利影响时，应研究地下水位降低的幅度是否适度或能否采取其他替代措施。

7.2.6.15 对I级临水边坡，当坡面排水孔位于水位变动区时，宜在排水孔孔口设置带有逆止阀的单向排水管。

7.2.7 临近既有铁路与航道爆破安全防护

7.2.7.1 爆破振动与飞石防护

临近既有铁路设施进行爆破施工时，危险源来自爆破的振动、飞石以及雷管与起爆药包的加工等方面，且应选则无列车经过时进行爆破。临近既有铁路爆破安全防护应包含以下内容：

(1) 爆破振动防护

爆破工程除应控制每次爆破的最大单响药量外，还应控制每次爆破规模。并采取以下措施：

1) 控制爆破规模，一次爆破药量小于设计值。
2) 控制钻孔超深，避免钻孔超深过大而增加底盘抵抗线，造成爆破振动过大。底盘抵抗线控制在设计范围内，过大时应调整炮孔的倾角加以解决。优化爆破孔网参数。

3) 通过优化装药结构，在装药顶部或者中部，设置空气间隔，以达到降低爆破振动的效果。

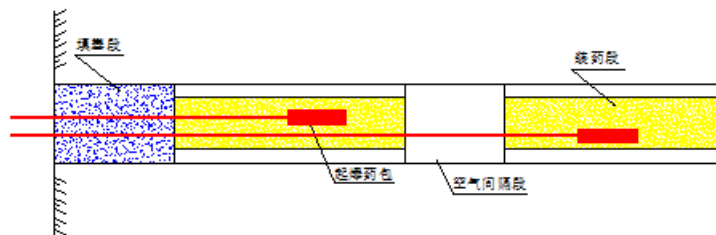


图 4 空气间隔装药结构示意图

4) 使爆岩获得最大松动，可采用斜线起爆，使排间延迟时间大于临孔延迟时间可以获得最大松动。

5) 减少布孔和钻孔误差。

6) 控制合理超深（控制超深为 0.3 倍底盘抵抗线，钻孔过深时，应回填）、

7) 避免孔间殉爆。

(2) 爆破飞石防护

为防止飞石溅落到公路、铁路、航道等，在爆破施工时应采取以下安全技术措施：

1) 控制爆破的自由面方向，使科技大道处于爆破自由面的后方或侧方；严格按设计装药和堵塞。进行爆破作业时，除采用微差松动爆破外，控制爆破规模，减小一次爆破总药量及单响药量。

2) 严格按设计布孔，爆破前对所有炮孔进行验收，不符合设计的要求的重新钻孔，否则不许进行装药爆破。认真校核最小抵抗线，精确计算装药；根据试爆，确定合理的单位炸药消耗量，据此严格控制单位炸药消耗量不超过经过研究确定值，同时还避免局部部位单位炸药超过设计允许值的现象发生。

3) 慎重选择炮孔位置，尽量避免将炮孔位置选择在软弱夹层、断层、裂隙、空洞、破碎带处或附近处。

4) 选择合理的排（孔）间微差间隔时间，以及炮孔起爆顺序。避免因前排（孔）爆后，后排起爆时间间隔过长，造成后排（孔）抵抗线过小而产生飞石。

5) 保证填塞质量，不但要保证堵塞长度，还要保证堵塞密实，避免夹杂碎石。

6) 爆破现场应在爆破工程技术人员的指导下进行施工，现场装药发生情况发生变化，现场爆破工程技术人员应立即向公司反映，在确保安全的情况下可以进行处理，处理措施应上报公司，并记录处理过程。

7.2.7.2 爆破施工期间通航安全防护

(1) 爆破施工期间通航管制

爆破施工期间应采取临时通航管制措施。上行船舶于下游码头处等让并在此处设置维护站，下行船舶于上游施工水域范围外等让并在些处设置上游维护站，等爆破施工完成后，即可恢复该航段船舶航行。施工设有专安全人员及维护船舶，维护人员负责与维护船舶联系，维护船舶值班人员向上下行船舶通报水域的通航安全信息，引导过往船舶安全通过施工水域。此外，施工期间采取加装摄像头等方式加强施工水域及上下游来船监控，以便及时发现爆破过程中不按交通组织通行的船舶，避免发生安全事故。

(2) 爆破施工期间航路调整

根据施工水域水位情况，在低水位时与主航道较近，高水位时保持有一定的安全距离，有必要时，按照规定程序申请对部分航路进行调整。需设置施工专用

标识和单向通航维护。

(3) 通航安全防护

1) 施工前与海事、导航和航道部门沟通，办理相关许可手续。并制定详细的施工进度安排表及施工期通航安全保证措施。必要时确定第三方维护单位进行现场监督和通航安全维护，得到批准后方可施工。并商请海事管理部门发布施工河段航行通告。并通过导航系统向过往船舶播放爆破施工信息。

2) 在规定的施工区域内施工，施工组织设计中施工方案、维护安排、安全措施等必须作出具体详细的交待，并取得当地航道管理机构的批准。

3) 起爆作业时间的确定需要充分工程河段船舶航行密度等特点，尽可能避开船舶通行高峰时间。

4) 施工期间，施工方应配备甚高频、无线电话、扩音器等通信联络设备，作业人员必须随时注意前后信号，统一通信联络方式。

5) 根据实际工作需要，现场安全人员应提前半小时通知维护船舶，在施工水域无过往船舶的情况下尽快爆破。

6) 夜间和大雾时一般不得进行爆破。夜间确需进行爆破，必须有可靠的安全措施和足够的照明设备，并经主管部门批准。遇雷雨时应立即停止爆破作业，人员迅速撤至安全地点。

7) 施工爆破后由安全员进行安全检查，检查是否发生盲炮，如果有盲炮应立即进行排除，爆破所产生的盲炮未排除前，任何非接音炮船舶不能驶入爆破区域，各警戒船和警戒人员不能撤离警戒区域，经施工安全检查员检查确认后施工爆破区域已经确保安全，经施工现场负责人同意。

8) 施工期间应配合主管部门对工程河段航道设施建设及维护工作，如果在施工过程中有大型块石落入江中，需暂停施工，紧急对工程河段进行清障作业，清障作业另作专项方案，报备至海事管理部门。

7.2.7.3 爆破施工期间交通组织与安全警戒

(1) 爆破施工期间交通组织

1) 交通绕行分流

在相关路段设置宣传告示，提示来往车辆在爆破警戒时段前往（或通过）临近爆破点的车辆绕行。

2) 车辆限行

因爆破施工时可能产生石块、石渣滚落，对临近道路警戒路段内行驶的车辆通行安全影响较大，需在爆破时对警戒路段和路口实施交通管制，爆破作业结束后放行并疏导指挥至正常通行。

(2) 爆破施工期间交通安全警戒

1) 确定爆破时段：综合考虑开挖强度、交通通行时间、扰民程度、通行流量等因素，按照早、中、晚三次爆破进行规划。起爆时间尽量避开交通通行时间。

2) 依据《爆破安全规程》，计算爆破安全距离、爆破空气冲击安全距离及飞散物安全允许距离，同时考虑警戒时段道路边坡落石伤及车辆的风险，综合确定爆破安全警戒区范围。

3) 警戒点：根据爆破安全警戒区交通通行情况设置一定数量的爆破警戒点。并在施工水域上、中、下游合适位置各设置一座施工专用标识，明确标出施工作业水域范围，提醒过往船舶在施工水域外等候爆破警戒解除、确认安全后通行。

4) 警戒时间：根据警戒路段车流量调查结果及警戒路段长度、车速等因素确定每日车流量高峰期时间段，警戒时间应避开车流量高峰期。

5) 警戒信号

爆破信号包括视觉信号和音响信号，警戒开始时间在起爆前 20 分钟开始，爆破结束 15 分钟后解除；为尽量减小对国道交通影响交通管制开始时间在起爆前 20 分钟开始，爆破结束 10 分钟后结束。

起爆程序：距离起爆前 20 分钟，拉响第一次警戒信号→距离起爆前 20 分钟开始交通管制，警戒范围内人员、车辆管制，20 分钟内撤离完毕→距离起爆前 1 分钟，所有警戒准备完毕，进入起爆最后程序→警戒指挥向总指挥汇报→总指挥下达允许起爆指令→总指挥下达允许连线指令→总指挥下达起爆器充电与起爆指令→爆后技术人员现场检查，随后向总指挥汇报→爆破结束 10 分钟后，解除警戒信号。

a) 第一次信号——预告（警戒）信号

爆破作业面准备工作完成，警戒人员进入警戒哨岗，设置警戒信号。

警戒人员按规定发出预告信号：间断鸣三次长声（30s-停-30s-停-30s），施工人员和机械撤离至安全地区；预告信号发出 10 分钟后警戒人员开始对道路实行限行管制，在 15-18 分钟内利用巡逻车辆对道路警戒范围进行细致的排查，并及时对警戒范围内的人员、车辆进行疏散，确保警戒圈范围内无车辆和人员。预告（警戒）

信号在起爆前 20 分钟前发出。

b) 第二次信号——准备信号

各警戒点和警戒人员在确信具备安全条件时发出准备信号：间断鸣一长、一短；三次（20s、10s-停 20s、10s-停 20s、10s），用对讲机报告爆破指挥，并申请发出可起爆信号。

c) 第三次信号——起爆信号

爆破指挥在收到所有警戒点可爆报告后，须经再次核实确认，发起起爆信号。起爆信号为：连续三短声（10s-停-10s-停-10s）。起爆信号结束后起爆。

d) 第四次信号——解除警戒信号

爆破结束 10 分钟后，爆破作业人员进入炮区检查确认无异常情况，向总指挥发出解除申请。解除警戒信号为一次长声（60s），同时撤下爆破警戒标志。警戒人员检查警戒区内是否有因爆破造成的损坏，有异常及时向总指挥汇报，无异常则协助进行道路交通疏导至平常状态后撤离。

6) 通信联络

爆破总指挥与起爆点、各警戒点、交通指挥、警戒指挥之间以对讲机建立并保持通信联络，严格按照规定程序进行相互呼叫。对讲机编号为：爆破总指挥为 1 号、副总指挥为 2 号、安全警戒指挥为 3 号、交通指挥为 4 号、其余 11 个警戒点编号依次为 5~15 号。

7.3 治理和防护加固工程施工

7.3.1 施工组织设计

7.3.1.1 边坡工程的施工组织设计应包括下列内容：

- (1) 边坡环境、工程地质与水文地质条件、施工条件、工程特点和技术难点；
- (2) 组织机构图和职责分工，规章制度和合同工期；
- (3) 技术准备、施工所需的设备、材料进场、劳动力安排等计划；
- (4) 平面布置，边坡施工的阶段划分，施工程序；
- (5) 削坡减载、疏排水、锚固支挡等结构工程施工方案、附属脚手架施工方案、试验与检测及监测方案；
- (6) 施工进度计划；
- (7) 质量保证体系和措施；
- (8) 职业健康管理和施工；

(9) 应急预案。

7.3.2 信息化施工

7.3.2.1 采用信息施工法，准备工作应包括下列内容：

(1) 熟悉边坡工程环境资料，掌握工程地质和水文地质特点，了解影响边坡稳定的地质特征和其他因素；

(2) 掌握设计意图和对施工的特殊要求，了解边坡治理施工的特点和技术难点；

(3) 搜集同类边坡工程的施工经验；

(4) 参与制定和实施边坡治理工程结构、边帮重要部位的监测方案。

7.3.2.2 信息化施工法应符合下列规定：

(1) 施工单位应配合监测单位实施监测，掌握边坡工程监测情况；

(2) 应编录施工现场揭示的地质现状与原地质资料的对比变化图；

(3) 应根据施工方案，按可能出现的不利工况进行边坡稳定性验算和设计校核；

(4) 应建立信息反馈制度，当监测值达到报警值和警戒值时，应向设计、监理、业主通报，并应根据设计处理对策调整施工方案；

(5) 施工过程中出现险情时应按本规范第 5.3.4.2 节的有关规定进行处理。

7.3.3 施工险情应急措施

7.3.3.1 施工时应做好工程结构和边帮环境异常情况的搜集、整理及汇编等工作。

7.3.3.2 当边坡变形及变形速率超过设计允许值等险情征兆时应暂停治理工程的施工。根据险情原因采取下列应急措施：

(1) 坡脚被动区临时压重；

(2) 对已完成的结构临时加固；

(3) 通报业主申请停止爆破作业；

(4) 做好临时排水、封面处理；

(5) 对险情段加强监测；

(6) 划定危险作业区，将人员、设备撤离危险区。

7.3.3.3 边坡工程施工出现险情时，应反馈信息，开展勘察和设计资料复审，按施工现状工况验算边坡稳定性。

7.4 风险防控报告编制

风险评估报告应包含以下内容：

- (1) 编制依据
 - 1) 国家相关法律法规
 - 2) 国家相关部门颁布的现行标准、规范、规程、导则、指南、办法等
 - 3) 政府、业主相关管理文件
- (2) 工程概况
 - 1) 地质概况
 - 2) 气象条件
 - 3) 水运工程高边坡工程概况表
 - 4) 水文地质条件
- (3) 施工风险评估
- (4) 治理和防护加固方案
- (5) 附件（文字说明附图、附表等）

8 质量和验收

8.1 一般规定

8.1.1 开工前施工单位应制定工程质量保证措施，对施工人员进行技术交底和相关技术培训。

8.1.2 质量检查工作，按施工单位建立的检查制度逐级进行，做好质量检查记录。

8.1.3 单元工程划分原则按《水电水利基本建设工程单元工程质量等级评定标准第1部分：土建工程》（DL/T 5113.1）的相关规定进行，单元工程的质量检查和评定按 DL/T 5113.1 的相关规定执行。

8.1.4 验收程序如下：

由业主、设计、勘察、监理及施工单位按照规定程序共同验收，对危大工程现场实体质量进行检查后，通过会议形式进行正式验收。

- (1) 会议主持人员介绍会议主题及参会各方。
- (2) 参会各方验收危大工程实体；
- (3) 施工单位进行施工总结汇报；
- (4) 检查相关内业资料；
- (5) 参会各方发表验收意见；

(6) 会议支持人员汇总各方意见并宣布最终验收意见。

8.2 质量和验收

8.2.1 开挖

8.2.1.1 整修结束后，将基岩面冲洗干净排除积水后，及时安排必要的作业时间，进行工程地质和水文地质情况的复查、基础岩体质量检查的弹性波波速测试。

8.2.1.2 边坡开挖工程质量检查项目和验收标准见表 24。

表 24 边坡开挖工程质量检查项目和标准

项类	检查项目	质量标准	
主控项目	1.开挖坡面	稳定无松动岩块，对不良地质应按设计要求进行处理	
	2.平均坡度	不陡于设计坡度	
	3.保护层开挖	浅孔、密孔、少药量、控制爆破	
一般项目	1.坡脚标高	±20cm	
	2.不平整度	15cm	
	3.半孔率	完整的岩体	>85%
		较完整的岩体	>60%
破碎的岩体		>20%	

8.2.1.3 建基面开挖质量检查和验收标准为：无倒坡，无松动岩块、小块悬挂体、陡坎尖角、爆破裂隙，光面、平直，结构面凿毛处理，结构面上的泥土、锈斑、钙膜等必须清除或处理。超欠挖符合《水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范》(DL/T 5389)的要求。按设计要求进行爆前、爆后声波测试，声波降低率小于10%，或达到设计要求声波值以上。

8.2.1.4 基础验收合格后，应及时测绘基础竣工地质图和地形图，编写竣工地质报告和开挖施工报告。

8.2.2 治理和防护加固

8.2.2.1 喷混凝土

8.2.2.1.1 质量控制

(1) 喷射混凝土用的水泥、砂、石及外加剂均应进行质量检验，检验合格方可使用；

(2) 作业前应对称量器具进行检查和校正，并检查配合比。拌制混合料的称量

允许偏差应符合下列规定：水泥和外加剂：±2%；砂、石：±3%；

(3) 喷射混凝土一般检测混凝土 28d 龄期的抗压强度，每 100m³ 混合料取两组试件，每组 3 块。

8.2.2.1.2 质量检验

(1) 混凝土厚度检测应符合以下规定：

1) 检查断面的数量按 50m~100m 的间距确定。

2) 边坡实测喷层厚度达到设计尺寸的合格率应满足：不合格测点的最小厚度应不小于设计厚度的 1/2，但其绝对值不得小于 50mm；实测厚度的平均值应不小于设计尺寸。

(2)按以下规定检查喷射混凝土的整体性：

1) 不应出现夹层、砂包、蜂窝等缺陷。

2) 在结构接缝、墙角、洞形或洞轴急变等部位，喷层应有良好的结合。

3) 无漏喷、脱空现象。

4) 无仍在扩展中或危及使用的贯穿性裂缝。

5) 出现过的漏水点已做妥善处理。

8.2.2.2 主（被）动防护网

(1) 施工质量检查

1) 所用材料应进行质量检查，合格后方可使用。

2) 锚杆用的水泥砂浆的配合比以及拌和的均匀性，每工作班检查次数不应少于一次，条件变化时应及时检查。每天用的砂浆应做试块一组，一组三块，养护 28d 进行检测。

3) 格栅的固定方式、尺寸和叠置宽度应满足设计要求，固定应牢靠。

4) 钢绳网的固定、缝合应满足设计要求。

5) 缝合绳外观和手动感受上应无松动，否则应重新张拉。

6) 锚杆钻孔数量、孔深、孔径、钻孔清洗质量以及锚杆直径符合设计要求。

7) 锚固混凝土基础面的清理应符合浇筑要求。

8) 锚固混凝土应达到设计要求，浇筑前检查结构钢筋的数量、规格尺寸及安装位置。

(2) 验收检测试验

1) 卡扣的抗错动拉力检验及抗脱落拉力检验。

- 2) 钢丝绳抗破断能力检验。
- 3) 钢丝（绳）表面镀锌检验。
- 4) 减压环变形检验。
- 5) 砂浆、混凝土试件强度试验。
- 6) 锚杆注浆密实度。
- 7) 防护网组合试验。

8.2.2.3 砌石护坡的砌体质量检查和验收按《砌体结构工程施工质量验收规范（GB 50203）》相关规定执行。

8.2.2.4 混凝土护坡的混凝土施工的质量要求和检查验收按 DL/T 5144 中的相关规定执行。

8.2.2.5 植物护坡的工程质量验收应按植物防护设计要求执行。植物护坡的覆盖率指标应满足设计要求。

8.2.2.6 土锚钉、砂浆锚杆、锚筋束（桩）

(1) 施工质量控制

1) 土锚钉、锚杆、锚筋束（桩）安装前应保证孔深满足设计要求。锚杆、锚筋束（桩）杆体安装不应强行送入孔内，防止注浆管堵塞。

2) 砂浆配合比应按要求进行配制。需拔出注浆管的锚孔，应在孔口返出浓浆后缓慢将注浆管拔出。对注浆后孔内浆液漏失的应进行复灌。

3) 应保证锚杆、锚筋束（桩）的杆体在锚孔内居中。

4) 注（灌）浆后，不得随意敲击，碰撞和拉拔土锚钉、锚杆、锚筋束（桩）。

5) 锚杆的材料及黏结、灌浆、防腐材料的性能指标均应符合设计要求。

(2) 质量检验及验收

1) 非张拉锚杆的质量检查与验收一般应采用在锚杆锚固 7d 后进行抗拔力检测，抽检数量按每 200 根一组，每组不小于 3 根。地质条件或原材料变化时，应至少抽样一组。合格标准：同组锚杆的抗拔力平均值符合设计要求，且任意一根的抗拔力不得低于设计值的 90%。

2) 张拉型锚杆的垫板与岩面应紧密接触，垫板不得出现弯曲；应有完整的锚杆性能试验及验收检验资料以及施工记录，锚杆性能试验应符合设计要求。

3) 锚杆的质量检验与验收也可采用无损检测，检查锚杆注浆密实度。锚杆注浆密实度或杆体长度小于设计规定值，则判断该锚杆不合格。单元工程锚杆检测

合格率低于设计规定值，则判断单元工程锚杆不合格，应按抽样检测的不合格比例对该单元锚杆进行补打。

8.2.2.7 预应力锚索

(1) 质量控制

1) 锚索施工使用的原材料，如钢绞线、锚具及其配套的器件，均应按相关规定进行检验。

2) 锚索钻孔孔壁应光滑、顺畅，锚固段应处于设计要求的岩土层内。锚索钻孔偏斜的质量控制应满足相关要求，终孔孔深应大于设计孔深 40cm。

3) 锚索编束时，钢绞线应调直，束体内钢绞线无搅扰。压力分散型锚索的承载体的相关组装件密封可靠，防腐油脂充填饱满。

4) 锚索运输与安装过程中，不得损坏钢绞线 PE 套管。入孔时，索体应顺直，无扭曲。

5) 锚索锚固段灌浆过程中，应严格控制浆液的水灰比和注入率，达到规定的灌浆结束条件方可结束灌浆。注浆体 7d 抗压强度一般应大于 30MPa。

6) 锚索锚墩制作的质量控制应遵循《水电水利工程预应力锚固施工规范 (DL/T 5083)》和《水工混凝土施工规范 (DL/T 5144)》中的相关规定。锚墩混凝土 7d 抗压强度一般应大于 30MPa。对于钢质和预制锚墩，其质量控制要求应满足相关设计要求。

7) 锚索张拉过程中，应严格遵循张拉作业程序，控制加、卸载速率及持荷稳压时间，加载速率每分钟不宜超过设计应力的 10%，卸荷速率每分钟不宜超过设计应力的 20%，持荷稳压时间为 2min~10min。应实时测量钢绞线伸长值，做好张拉记录，校验复核钢绞线伸长值。夹片的平整度及钢绞线回缩量应满足要求。

8) 锚头封闭时应将混凝土锚墩及结构面凿毛，锚头应清洗干净。锚头混凝土采用的强度等级应满足规定要求，保证浇筑密实；采用金属罩封闭锚头时，专用防腐油脂应充填饱满，锚头密封牢固。

(2) 完工抽样检查与验收

1) 完工抽样检查的合格标准，应以应力控制为准，实测值应满足设计规定值。当验收试验与完工抽样检查合并进行时，其试验数量应不小于锚索总数的 5%。当完工抽样检查的锚索中有一束不合格时，应加倍扩检，扩检不合格，应按监理工程师的指示进行处理。

2) 验收应按施工图纸和设计要求指示随机抽样进行, 抽样数量不应小于三束, 对边坡预应力锚索验收应在张拉后及时进行, 其总数应不小于锚索总数的 5%, 验收的合格标准一般应由设计确定。若以应力值作为验收标准, 锚索锁定应力值小于设计值的 90% 时, 应进行补偿张拉。

8.2.2.8 边坡支挡

(1) 抗滑桩

1) 造孔开挖时应以起吊钢绳作为挖孔粗控中心, 每节造孔完成后, 应通过孔桩位十字线挂重锤检查开挖成孔断面、桩斜。

2) 桩体石方爆破开挖前应进行现场爆破试验确定爆破参数, 并应控制爆破单响药量。

3) 每节造孔支护混凝土支撑完毕, 应通过桩位十字线检测模板位置, 并对模板支撑的稳定性进行检查, 其施工质量控制参照 DL/T 5144 的相关规定执行。

4) 钢筋安装前应进行接头连接工艺试验; 搭接型式、搭接长度、接头距应满足设计要求; 规格、数量、间距、保护层等均应按设计施工。

5) 桩体混凝土的原材料: 水泥、砂石骨料应符合设计规范要求; 混凝土配合比应经试验确定; 混凝土浇筑前应清除井内沉渣、积水。

6) 沉井质量控制中的允许偏差和检验方法应遵循表 25 的相关要求执行。

表 25 沉井允许偏差和检验方法表

项目		允许偏差 mm	检验方法
制作质量	平面尺寸	长度、宽度	$\pm l/200$ 且不大于 100
		曲线部分半径	$\pm r/200$ 且不大于 100
		对角线差	$b/100$
	井壁厚度		± 15
下沉位置	刃脚平均高		± 100
	底面中心位置偏移	$H > 10m$	$H/100$
		$H \leq 10m$	100
	刃脚底面高差	$L > 10m$	$\pm l/200$ 且不大于 100
$L \leq 10m$		100	

注: l —长度或宽度, r —半径, b —对角线长, H —下沉总深度, L —最高与最低两角间距离。

(2) 锚固洞和抗剪洞

1) 隧洞爆破开挖前应进行现场爆破试验确定爆破参数，并应控制单响药量。隧洞开挖施工的其他质量控制措施应遵循《水工建筑物地下工程开挖施工技术规范（DLT 5099）》的相关规定。

2) 隧洞混凝土施工质量控制应遵循《水工混凝土施工规范（DL/T 5144）》的相关规定。

3) 锚固洞与抗剪洞需进行回填灌浆、固结灌浆及接缝灌浆时，其灌浆施工质量控制按《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范（DL/T 5148）》的相关规定执行。

(3) 挡土墙：

1) 挡土墙所用石料的质量和规格应符合设计要求。砂浆所用水泥、砂、水的质量应符合设计要求，并按规定的配合比施工。

2) 挡土墙地基承载力需通过检测并达到设计要求。

3) 挡土墙的外观检查应达到规定要求，砌石挡土墙按《砌体结构工程施工质量验收规范(GB 50203)》的相关规定执行，混凝土挡土墙按《水工混凝土施工规范（DL/T 5144）》的相关规定执行。

8.2.2.9 预灌浆

(1) 边坡预灌浆钻孔孔径、孔向及孔深应符合设计规定。

(2) 预灌浆质量检查应采用岩体声波检查为主、压水试验为辅的方法检查灌浆前后的效果，具体的检查控制指标应满足设计要求和《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》（DL/T 5148）的相关规定。

8.2.3 工程验收

8.2.3.1 一般规定

(1) 水运工程边坡治理工程应按设计要求进行质量检查、工程检测和工程验收。

(2) 水运工程边坡治理工程应按隐蔽工程验收的规定，现场进行施工过程的检查控制和最终检查、检测，从外观鉴定、实测项目、基本要求方面进行评定。

(3) 各种检查，检测和验收记录应随原始资料和成果报告书一并归档。

8.2.3.2 质量检验和工程检测

(1) 边坡支护结构的原材料质量检验应包括下列内容：

1) 材料出厂合格证检查；

2) 材料现场抽检；

3) 注浆体和现浇混凝土的配合比试验，强度等级检验。

(2) 锚杆的质量检验与工程检测应符合下列规定：

1) 锚杆的质量检验应检查孔位、孔径、锚固角度、锚固段长度、砂浆配合比及强度；

2) 预应力锚杆应进行锚固力和预应力损失检测；

3) 锚杆的锚固力应达到设计锚固力的 120% 以上；

4) 锚杆的质量检验与工程检测应按现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330）的有关规定执行。

(3) 喷射混凝土的检验与工程检测应符合下列规定：

1) 面板护壁厚度检测可采用凿孔法或钻孔法，孔数量为每 100m² 抽检一组。

2) 检查点喷层厚度 60% 以上不应小于设计厚度，最小值不应小于设计厚度的 50%，厚度平均值不应小于设计厚度。

3) 采取直径 100mm 岩心样经加工后，其抗压强度试验值可用作混凝土强度等级评定；直径 50mm 岩样经加工后，其抗压强度试验结果的统计值可供混凝土强度等级评定参考。

(4) 抗滑桩的质量检验与工程检测应符合下列规定：

1) 抗滑桩的质量检验应检查原材料质量，孔位偏差、桩身断面尺寸、孔底标高、孔的偏斜、嵌固深度、桩身内力、桩顶和桩身位移、钢筋笼焊接、钢筋笼和制作、混凝土强度桩身质量、桩顶标高。检查方法为目测，尺检、测量，取样试验。

2) 成桩深度、嵌固段长度和桩身断面应达到设计要求；充盈系数应满足设计要求；桩身应连续完整；原材料和混凝土强度应符合设计要求；钢筋配置和焊接应符合设计要求。

3) 钢筋位置、间距、数量和保护层厚度可采用钢筋探测仪复检，也可采用非破损或局部破损的方法进行校准。

4) 抗滑桩可采取低应变动测法检验。

(5) 框架梁铺固的质量检验与工程检测应符合下列规定：

1) 框架梁锚固质量检验应检查块石、砌筑砂浆或混凝土、钢筋，锚管原材料质量及制作质量；

2) 砌石和钢筋混凝土框架梁的质量检验方法应符合现行国家标准《砌体结构

工程施工质量验收规范》(GB 50203)和《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204)的有关规定。

(6) 注浆加固的质量检验与工程检测应符合下列规定:

1) 注浆加固质量检验应检查原材料质量、孔位偏差、孔深、加固范围、加固后岩土体强度、变形和耐久性。

2) 对注浆效果的检查,应根据设计提出的要求进行,检验时间应在注浆结束28d后进行。

3) 注浆效果检测点宜为注浆孔数的3%~5%,且不应少于5个;检测点位置应根据现场条件和检测方法由施工单位和设计单位共同确定。

4) 检验点合格率应大于90%,且检验点的平均值应达到设计要求。

(7) 工程质量检测报告应包括下列内容:

1) 检测点分布图;

2) 检测方法与仪器设备型号;

3) 检测资料整理和分析;

8.2.3.3 验收

(1) 治理工程竣工验收应按设计要求进行,分为初步验收和最终验收两个阶段。在治理工程施工完成之后,应进行竣工初步验收,待试运行期结束后,应再进行竣工最终验收。

(2) 采场边坡治理工程验收应提交下列资料:

1) 任务委托书、合同书、施工图设计、施工组织设计、施工记录和竣工;

2) 采场边坡工程位置关系图;

3) 设计变更通知,重大问题处理文件和技术洽商记录;

4) 原材料出厂合格证,场地材料复检报告或委托试验报告;

5) 混凝土强度试验报告,砂浆试块抗压强度等试验报告;

6) 锚杆抗拔试验报告;

7) 采场边坡监测报告。

8.3 效果评估

8.3.1 边坡稳定性主要考虑该边坡的地形地貌、地层岩性、岩体结构等内在因素和水的的作用、风化卸荷、震动、植被、鸟兽活动等外在因素。

8.3.2 应结合地质认识评估、治理设计评估、施工组织评估、稳定状况评估以及经

济、环境与社会效益评估对其进行量化评估。

8.3.3 评估指标

8.3.3.1 地质认识评估指标

应准确分析滑坡形成的主要因素、破坏机理和变形特征，合理选择力学参数，制定科学的治理方案，使防治工程效果达到最佳。建立地质认识评估指标体系如图 5 所示。

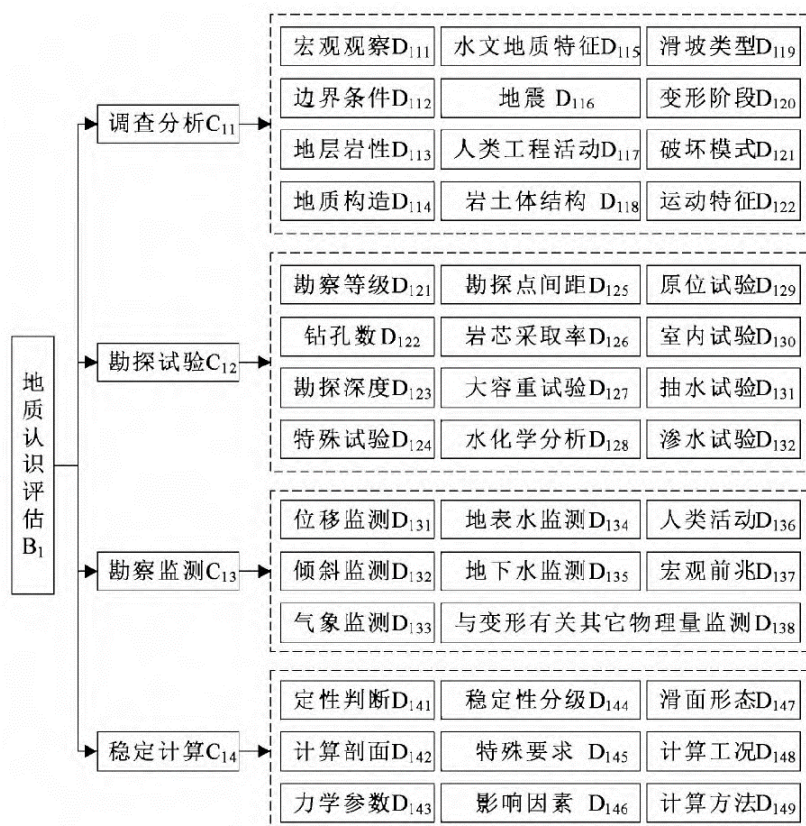


图 5 地质认识评估指标体系

8.3.3.2 治理设计评估

应制定科学、合理的防治工程措施方案。在滑坡规模相同、地质条件相似的前提下均使滑坡稳定，则认为工程措施简易、易于施工以及造价低廉者优，建立治理设计评估体系如图 6 所示。

8.3.3.3 施工组织评估

应从具体的工程措施出发，考虑施工阶段中影响治理工程效果的主要因子，如工程质量、施工工序等，建立施工组织评估指标体系如图 7 所示。

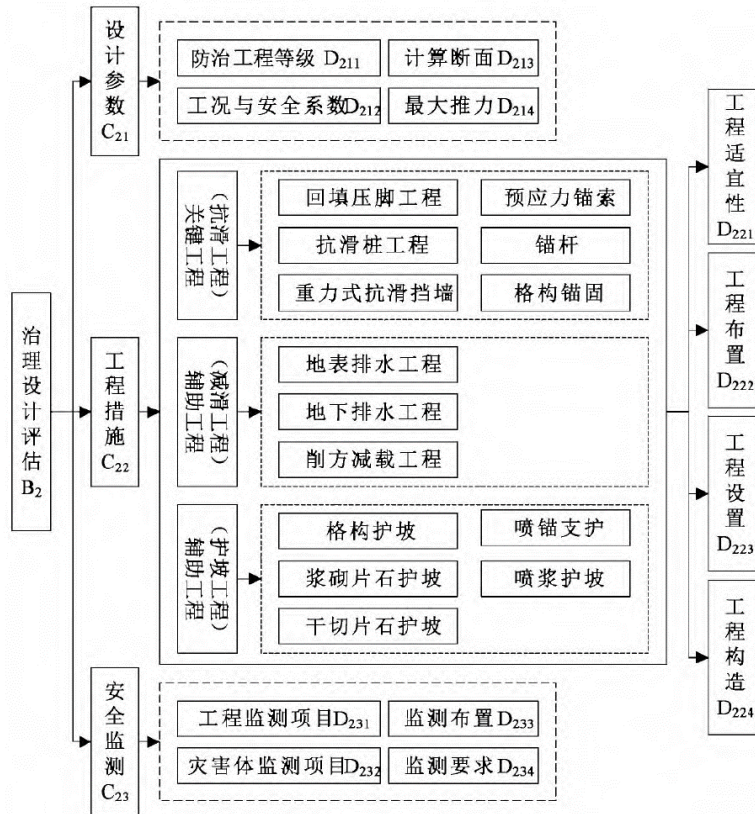


图 6 治理设计评估

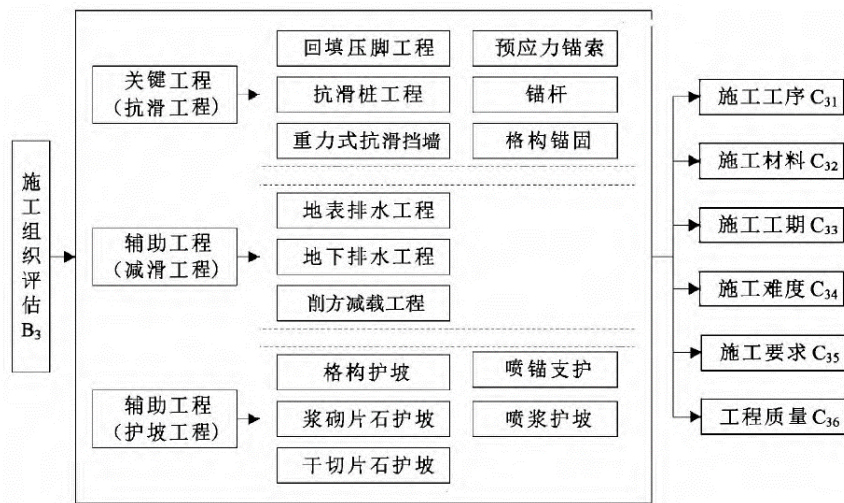


图 7 施工组织评估指标体系

8.3.3.4 稳定状况评估

根据防治效果监测项目的设置情况，确定其治理工程完成后的稳定状况评估指标体系如图 8 所示。

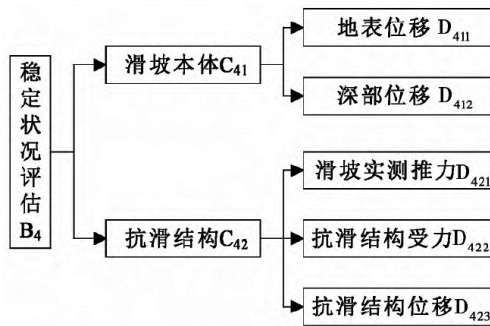


图 8 地质认识评估指标体系

8.3.4 效果评估

指标量化处理指标量化处理是将定性或半定量的指标数据按照某一合理的原则转化为定量数据，并以得到的定量数据为基础进行模型计算。针对指标层 D，考虑到指标数量较多，并且各指标之间的相关性也不是很明显，因此采用以二值法（0—1 评分法）为主，辅以（0—1 插分法）。如指标位移监测 D₁₃₁，当勘察期间设置了位移监测则取值 1，否则取值 0；而力学参数指标 D₁₄₃，其量化情况则详见表 26 所示。另外针对指标层 C 与子目标层 B 则采用 Likert 标度尺对其进行分析，按因子对效果的敏感性大小进行赋值，数值越大，效果好的可能性也大。据此对其量化处理。

表 26 指标层 D 量化处理（力学参数 D143）

强度参数	根据测试,反分析和当地经验综合确定	由其中的两项确定	单一确定	无任何依据
取值	1	0.7	0.3	0

表 27 指标层 C 量化处理（力学参数 D143）

稳定计算	稳定性计算分析合理	稳定性分析比较合理	稳定性分析基本合理	稳定性分析不合理
取值条件	$>90\% * C_{-max}$	(70%~90%) $*C_{-max}$	(50%~70%) $*C_{-max}$	$<50\% * C_{-max}$
取值	3	2	1	0

注：C-max 为稳定计算 C₁₄ 理论最大值。

根据系统工程原理将其划分为一个多层次、多指标的多级评估过程，分阶段建立各子目标层评估的独立指标体系，再根据子目标层评价结果构建综合评估模型，最终得出目标层 A 的等级划分表，据此来定量评价工程治理效果，见表 28。

表 28 目标层 A 的等级划分表

结果	很好	良好	一般	过于保守或失败
----	----	----	----	---------

条件	>90%*A-max	(70%~90%) *A-max	(50%~70%) *A-max	<50%*A-max
评价内容	滑坡已稳定，抗滑结构受力合理、经济。	已基本消除危害，抗滑结构受力基本合理	已收到一定治理效果，抗滑结构受力不太合理，或滑坡仍然存在一定威胁。	滑坡尚未完全根治，威胁较大，需继续整治。

9 安全与环保

9.1 一般规定

9.2 安全

9.2.1 水运工程应有边坡安全管理专职人员检查水运工程边坡安全工作，制定好应急处理预案。

9.2.2 爆破施工应按现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定组织施工，爆破场地至人员及其他维护对象间应保留要求的安全距离。

9.2.3 边坡出现滑坡或坍塌迹象时，应立即停止影响区生产作业，撤出相关人员和设备，设立警示标识。

9.2.4 边坡治理期间，应在边坡可能发生滑塌的范围周边设置危险警示标识，禁止无关人员及车辆出入，等竣工验收完毕后方可撤销危险警示标识。

9.2.5 每个台阶开挖终了后，应清理边坡上的悬石、浮石及伞岩等。

9.2.6 施工前应制定安全事故应急救援预案，并宜在施工现场设置临时医务室并配备应急救援设备。

9.2.7 雨季时，应加强对边坡的安全检查。

9.3 环保

9.3.1 环境保护

9.3.1.1 工程施工需要在施工场地范围内进行砍树、清除表土和草皮时，必须严格按环保部门批准的环境规划和监理人批准的施工总布置设计执行。

9.3.1.2 施工场地内发现国家保护级的鸟巢、受保护动物及其巢穴，应按国家规定妥善保护，并立即报告监理人。

9.3.1.3 施工区内及附近的水域，严禁滥捕库鱼。

9.3.1.4 严禁捕猎工程区及其附近区域的野生动物，破坏其生存环境。

9.3.1.5 严禁非法采集工程区及其附近区域的野生植物，破坏其生长环境。

9.3.1.6 土石方工程采用小型液压反铲挖掘机就近挖填，尽量平衡，多余渣料，按

照规划采用自卸汽车运至指定堆渣地点。

9.3.2 水土保持

9.3.2.1 施工中保护好施工场地周边的林草和水土保持设施(包括水库、渠、塘坝、梯田和拦渣坝等), 避免或减少由于施工造成的水土流失。

9.3.2.2 做好合同防治责任范围内各项开挖支护、截水、挡护结构及排水等工程防护措施。

9.3.2.3 对场内道路的上、下边坡采取有效的水土流失防治措施, 并应负责维护其场内道路及其他交通设施的水土保持设施。

9.3.3 交通扬尘的削减与控制

9.3.3.1 经常清扫施工场地和道路, 保持场地和所有道路的清洁, 并向多尘工地和路面充分洒水, 避免施工场地及机动车在运行过程中产生扬尘。

9.3.3.2 配备洒水车对道路进行定时洒水并清洁路面, 无雨天每天定时洒水 4~5 次避免扬尘。配置除尘喷雾车对施工区进行喷雾抑尘, 早、中、晚各洒水 1 次, 遇到干旱气候, 施工高峰期增加洒水次数

9.3.3.3 施工场地内限制卡车、推土机等车速以减少扬尘:运输过程中可能产生粉尘物料的敞蓬运输车, 在其车厢两侧及尾部配备挡板。运输粉尘物料应用干净的雨布加以遮盖。运输车辆驶出施工区时, 应对车辆轮胎、底盘等容易夹带泥土的部位进行冲洗。

9.3.3.4 结合水保措施, 做好公路绿化, 依不同路段地形情况, 在绿化区段有针对性的种植树木或草坪, 以降低扬尘污染

9.3.3.5 施工期表土堆场、渣场等裸露边坡、平台均覆盖绿色防尘网。周期性对施工场地、道路周边的乔木、灌木等其他绿色植被进行洒水喷淋, 避免扬尘。

附录 A 水运工程高边坡施工风险评估报告格式

水运工程高边坡施工风险评估报告（推荐格式）

1 编制依据

1.1 项目风险管理方针及策略

1.2 相关的国家和行业标准、规范

1.3 项目立项批复文件

1.4 项目可行性研究报告、工程地质勘察报告、初步设计文件、施工图设计文件等

1.5 现场调查资料

2 工程概况

2.1 全线边坡分布和规模；

2.2 全线地质条件及周边环境；

2.3 全线边坡采取的主要工程措施。

3 评估过程和评估方法

4 评估内容

5 对策措施及建议

6 评估结论

6.1 风险等级；

6.2 专项风险评估对象；

6.3 风险控制措施建议；

6.4 评估结果自我评价及遗留问题说明。

7 附件（评估计算过程、评估人员信息、评估单位资质信息等）

附录 B 水运工程高边坡施工风险监测与预警报告格式

水运工程高边坡施工风险监测与预警报告（推荐格式）

- 1 工程概况
- 2 监测依据
- 3 监测方案编制与实施
- 4 监测仪器设备叙述（包括仪器设备名称、性能、精度、校验等）
- 5 监测仪器设备安装埋设
- 6 监测基准点的埋设
- 7 工程地质条件
- 8 水文地质条件
- 9 边坡巡视和监测工作情况说明
- 10 监测内容与监测结果
- 11 综合计算与分析预警
- 12 结论意见
- 13 下阶段工作建议
- 14 附件（文字说明附图、附表与影像资料等）

附录 C 水运工程高边坡施工风险防控报告格式

水运工程高边坡施工风险防控报告（推荐格式）

1 编制依据

- 1.1 国家相关法律法规
- 1.2 国家相关部门颁布的现行标准、规范、规程、导则、指南、办法等
- 1.3 政府、业主相关管理文件

2 工程概况

- 2.1 地质概况
- 2.2 气象条件
- 2.3 水运工程高边坡工程概况表
- 2.4 水文地质条件

3 施工风险评估

4 治理和防护加固方案

5 附件（文字说明附图、附表等）

附录 D 水运工程高边坡施工质量与验收报告格式

水运工程高边坡施工质量与验收报告（推荐格式）

1 编制依据

- 1.1 国家相关法律法规
- 1.2 国家相关部门颁布的现行标准、规范、规程、导则、指南、办法等
- 1.3 政府、业主相关管理文件

2 工程概况

- 2.1 地质概况
- 2.2 气象条件
- 2.3 水运工程高边坡工程概况表
- 2.4 水文地质条件

3 开挖与风险防控措施专项施工方案

4 开挖工程质量检验

5 治理和防护加固工程质量检验

6 验收结论

7 附件（文字说明附图、附表等）

附录 E 水运工程边坡地质条件复杂程度分类表

地质条件复杂	地质条件中等复杂	地质条件简单
<p>(1) 对抗震危险的地段；</p> <p>(2) 不良地质作用强烈发育；</p> <p>(3) 地质环境已经或可能受到强烈破坏；</p> <p>(4) 地形地貌复杂；</p> <p>(5) 地质构造复杂，岩土种类多，性质变化大；</p> <p>(6) 坚硬岩层与软岩互层，软弱结构层(面)发育；</p> <p>(7) 地下水丰富，对工程影响大。</p>	<p>(1) 对抗震不利的地段；</p> <p>(2) 不良地质作用一般发育；</p> <p>(3) 地质环境已经或可能受到一般破坏；</p> <p>(4) 地形地貌较复杂；</p> <p>(5) 地质构造较复杂，岩土种类较多，性质变化较大；</p> <p>(6) 坚硬岩层与软岩互层，有软弱结构层(面)；</p> <p>(7) 地下水中等丰富，对工程具有一定影响。</p>	<p>(1) 对抗震有利的地段；</p> <p>(2) 不良地质作用不发育；</p> <p>(3) 地质环境基本未受到破坏；</p> <p>(4) 地形地貌简单；</p> <p>(5) 地质构造简单，岩土种类单一，性质变化不大；</p> <p>(6) 坚硬岩层为主，岩性变化不大，岩层产状稳定，软弱结构层(面)不发育；</p> <p>(7) 含水性差，对工程影响不大。</p>

附录 F 测压管安装埋设方法

F.1 测压管安装埋设方法

F.1.1 造孔

(1) 埋设测压管时，采用人工或钻机造孔。

(2) 装单管时钻孔直径不宜小于 100mm。埋设多管时，应根据装管数量及其直径，自下向上 2 逐级扩径，每增加一根测管孔径至少扩大一级。自上而下逐级成孔。自下而上逐管埋设。

(3) 造孔均宜采用岩芯管冲击法干钻，并对岩芯作编录描述。

严禁用泥浆固壁。需要防止塌孔时，可采用套管护壁，如难以拔出，应事先在监测部位的套管壁上钻好透水孔。终孔后应测量孔斜，以便精确确定测点位置。

F.1.2 测压管制造

(1) 测压管由透水段和导管组成。透水段可用导管管材加工制作，面积开孔率为 10%~20%(孔眼形状不限，但须排列均匀和内壁无毛刺)，外部包扎足以防止土颗粒进入的无纺土工织物，管底封闭，不留沉淀管段。也可采用与导管等直径的多孔聚乙烯过滤管或透水石管作透水段。透水段顶端与导管牢固相连。

(2) 导管长度视管材和埋设方便而定。两端接头处宜用外丝扣，用外接头相连。

测压管结构见图 E.1。

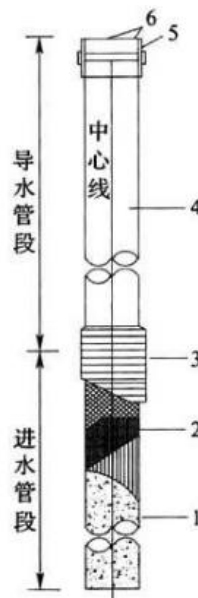


图 E.1 测压管结构

1-进水孔；2-土工织物过滤层；3-外缠铅丝；4-金属管或硬工程塑料管；5-管盖；6-电缆出线及通气孔

F.1.3 测压管安装

(1) 埋设前，应对钻孔深度、孔底高程、孔内水位、有无塌孔以及测压管加工质量、各管段长度、接头、管帽情况等进行全面检查并做好记录。

(2) 下管前应先在孔底填约 10 cm 厚的反滤料。下管过程中，将测压管逐根对接下入孔内。就位后，应在测压管与孔壁间回填反滤料，逐层夯实，直至设计进水段高程。

(3) 反滤料应既能防止细颗粒进入测压管，又具有足够的透水性，一般其渗透系数宜大于周围土体的 10 倍~100 倍。对黏性土或砂类土可用纯净细砂。对砂砾石层可用细砂—粗砂的混合料。反滤料回填前需洗净，风干，缓慢入孔。

测压管安装埋设见图 E.2。

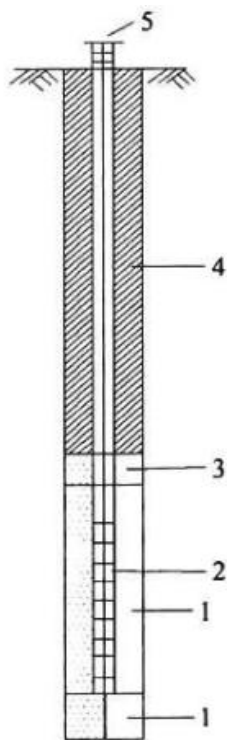


图 E.2 测压管安装埋设示意图

1-中粗砂反滤；2-测压管；3-细砂；4-封孔料；5-管盖

F.1.4 封孔

(1) 不需要监视渗透的非反滤料孔段，均应严密封闭，以防降水等干扰。对一孔埋设多个分层测点的，更需注意各测点间的隔离止水质量，必要时需在导管外叠套橡皮圈或油毛毡圈 2 层~3 层，管周再填封孔料，以防水压力串通。

(2) 封孔材料，宜采用膨润土球或高崩解性黏土球。土球应由直径 5mm~10mm 的不同粒径组成，应风干，不宜日晒或烘烤。封孔时需逐粒投入孔内，必要时可

掺入 10%~20% 的同质土料。并逐层捣实。切忌大批量倾倒，以防架空。管口下 1m~2m 范围内应采用黏土夯实回填。

(3) 封至设计高程后，向管内注水，至水面超过泥球段顶面，使泥球崩解膨胀。

F.1.5 灵敏度试验

(1) 测压管安装、封孔完毕后应进行灵敏度试验，试验应在库水位稳定期进行。试验前先测定管中水位，然后向管内注水。若进水段周围为黏性土料，注水量相当于每米测压管容积的 3 倍~5 倍；若为砂粒料，则为 5 倍~10 倍，注入后不断观测水位，直至恢复到或接近注水前的水位。对于黏性土，注水水位在 120h 内降至原水位为合格；对于砂类土，24h 内降至原水位为合格；对于砂砾土，1h~2h 降至原水位或注水后水位升高不到 3m~5m 为合格。

2 当一孔埋多根测压管时，应自上而下逐根检验，并同时观测非注水管的水位变化，以检查它们之间的封孔止水是否可靠。

F.1.6 管口保护

灵敏度合格者，应尽快安设管口保护装置。管口保护装置可采用混凝土预制件、现浇混凝土或砖石砌筑，但均要求结构简单、牢固，能防止雨水流入和人畜破坏，并能锁闭且开启方便。尺寸和形式，应根据测压管水位的测读方法而定。当采用自记或遥测装置时，还应满足测量仪表的各种需求。

F.2 孔隙水压力计安装埋设

F.2.1 孔隙水压力计的埋设法包括坑式埋设法与钻孔埋设法。

F.2.2 坑式埋设法

(1) 坑式埋设法。在坡体内埋设时，当坡面堆筑高程超出测点埋设高程约 0.3m 时，在测点挖坑，坑深约 0.4m，采用砂包裹体的方法，将孔隙水压力计在坑内就地埋设。砂包裹体由中粗砂组成，并以水饱和。然后采用薄层铺料、专门压实的方法，按设计回填原开挖料。埋设后的孔隙水压力计，仪器以上的填方安全覆盖厚度应不小于 1m。

(2) 孔隙水压力计的连接电缆可沿坝面开挖沟槽敷设。当横穿防渗体敷设时，应加阻水环；当在堆石坝壳内敷设时，应加保护管；当进入监测房时，应以钢管保护。

1) 连接电缆在敷设时必须留有裕度，并禁止相互交绕。敷设裕度依敷设的介质材料、位置、高程而定，一般为敷设长度的 5%~10%。

2) 连接电缆、水管以上的填方安全覆盖厚度,在黏性土填方中不应小于 0.5m,在堆石填方中不应小于 1.0m。

F.2.3 钻孔埋设法

(1) 钻孔孔径,依该孔中埋设的仪器数量而定,一般采用 108mm~146mm。成孔后,应在孔底铺设中粗砂垫层,厚约 20cm。

(2) 孔隙水压力计的连接电缆,必须以软管套护,并铺以铅丝与测头相连。埋设时,应自下而上依次进行,并依次以中粗砂封埋测头,以膨润土干泥球逐段封孔。封孔段长度,应符合设计规定,回填料、封孔料应分段捣实。

(3) 孔隙水压力计埋设与封孔过程中,应随时进行检测,严禁损坏仪器测头与连接电缆,一旦发现,必须及时处理或重新埋设。