团　体　标　准

水利水电工程弃渣场稳定安全评估规范

T/CWHIDA 0018—2021

条　文　说　明

目　　次

1　总则 …… 53
2　术语 …… 56
3　基本规定 …… 58
4　基本资料 …… 64
5　调查与勘测 …… 66
6　稳定安全评估 …… 75

1 总　　则

1.0.1 根据《中华人民共和国水土保持法》（2010年修订）第二十八条的规定，弃渣场的选址应当由水土保持方案确定，并采取措施保证不产生新的危害。水利部高度重视弃渣场的设计、实施与运行安全，先后颁布和制定了《水利部办公厅关于进一步加强生产建设项目水土保持设施验收工作的通知》（办水保〔2016〕227号）、《水利部关于加强事中事后监管规范生产建设项目水土保持设施自主验收的通知》（水保〔2017〕365号）和《生产建设项目水土保持设施自主验收规程（试行）》（办水保〔2018〕133号）等文件和规程，明确要求生产建设项目水土保持自主验收应严格执行水土保持设施验收标准和条件，确保人为水土流失得到有效防治，并要求弃渣场稳定性评估作为专章列入验收报告中。

目前，国家尚未制定弃渣场稳定安全评估的技术标准。制定本标准，一方面，可以进一步规范和指导水利水电工程弃渣场稳定安全评估的技术工作；另一方面，也便于指导水土保持设施验收后的弃渣场维护。

1.0.2 工程实践表明，在堆渣期间，弃渣场的形貌随着工程建设进度是动态变化的，弃渣场的堆渣量、堆渣最大高度、堆渣坡比和防护措施等尚未最终确定。因此，为准确评估弃渣场的稳定安全状况，本条规定的适用范围是指堆渣结束之后、防护措施已实施且水土保持设施验收之前的弃渣场。弃渣场稳定安全评估应在弃渣场的选址和设计合规合法的基础上进行。

1.0.3 在弃渣场稳定安全评估工作开展前，需要对已有的设计、施工、监理、监测及其他弃渣场相关的资料进行复核与分析。对于已经开展了调查和勘测的弃渣场，应尽可能利用满足弃渣场稳定安全评估工作的相关成果。鉴于当前我国水利水电工程弃渣场

的现状，进入水土保持设施验收项目的弃渣场的调查与勘测工作开展较少，为便于弃渣场稳定安全评估工作开展，需在已有资料成果的基础上，补充相关的调查与勘测工作。

1.0.4 弃渣场稳定安全评估工作是以弃渣场场地及其对渣体的稳定性分析为主，同时需要复核包含拦挡工程、防洪排导工程、斜坡防护工程、土地整治工程、植被恢复与建设工程的防护措施对弃渣场稳定安全的影响。弃渣场周边涉及的生态环境、人民生命及财产、公共基础设施等均属于敏感因素，其种类众多，包括但不限于现行技术标准 GB 51018—2014《水土保持工程设计规范》、GB/T 32864—2016《滑坡防治工程勘查规范》等规定弃渣场周边存在的城镇、工矿企业、居住区、军事设施、水库大坝、水利水电枢纽生活管理区、水利工程取用水建筑物、泄水建筑物、灌（排）干渠（沟）、干线铁路、公路、机场、桥梁、航道、高压输变线路、铁塔、大型通信设施、市政基础设施、放射性设施、核电、港口码头、垃圾处理场、水处理厂、油（气）管道、储油（气）库、河道、湖泊、海洋等。在弃渣场稳定安全评估结论提出后，从弃渣场长期安全运行角度考虑，定性分析弃渣场对其的影响。对于可能存在潜在安全风险的，提出合理化的建议。

1.0.5 弃渣为无序堆存的土、石或土石混合的松散堆积体，成分较复杂，其发生的失稳破坏断面一般表现为弧线、折线、复合型等。对于弃渣场的稳定性分析，目前现行的 GB 51018—2014《水土保持工程设计规范》、SL 575—2012《水利水电工程水土保持技术规范》等标准规定，主要采用传统的圆弧滑动法、简化毕肖普法、摩根斯顿-普赖斯法、改良圆弧法等。这些方法为传统的边坡二维极限平衡方法，没有考虑条分之间的推力，或只考虑条分间的水平推力，计算结果虽满足规范要求，但尚需进一步实践研究新方法新技术加以补充。因此，鼓励对于 3 级及以上、存在防洪排洪要求或周边有建（构）筑物的大型弃渣场，鉴于其可能存在的安全风险和隐患，在采用二维极限平衡方法的基础上，还需要采用三维刚体极限平衡法等数值分析法对其做进一步分

析。数值分析法包括有限单元法、边界单元法、离散单元法等，可根据边坡体内的应力和位移分布确定边坡的稳定性。

某水电站1号渣场，堆渣量420万m^3，最大堆渣高度106m。在渣场设计过程中，采用邓肯E-B双曲线模型模拟堆渣的应力-应变关系，渣体的沉降及位移如图1～图2所示。经过分析，1号渣场的典型断面最大沉降量为77cm，最大水平位移为43cm，这也符合一般弃渣场的变形规律的。

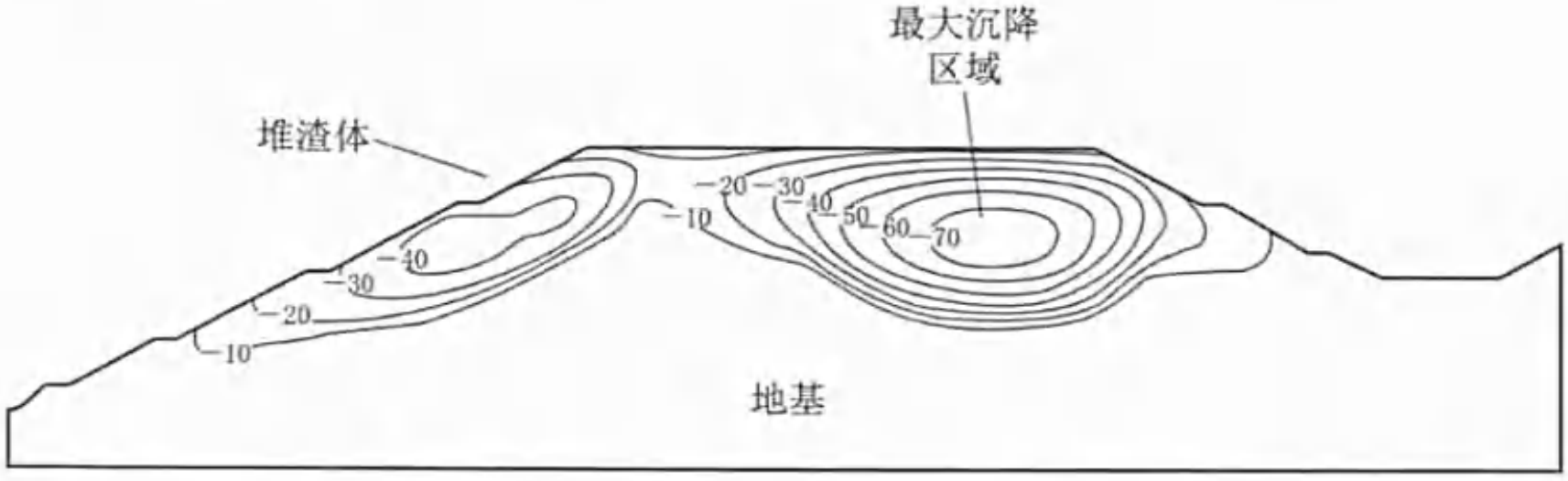


图1　1号渣场典型断面沉降等值线图

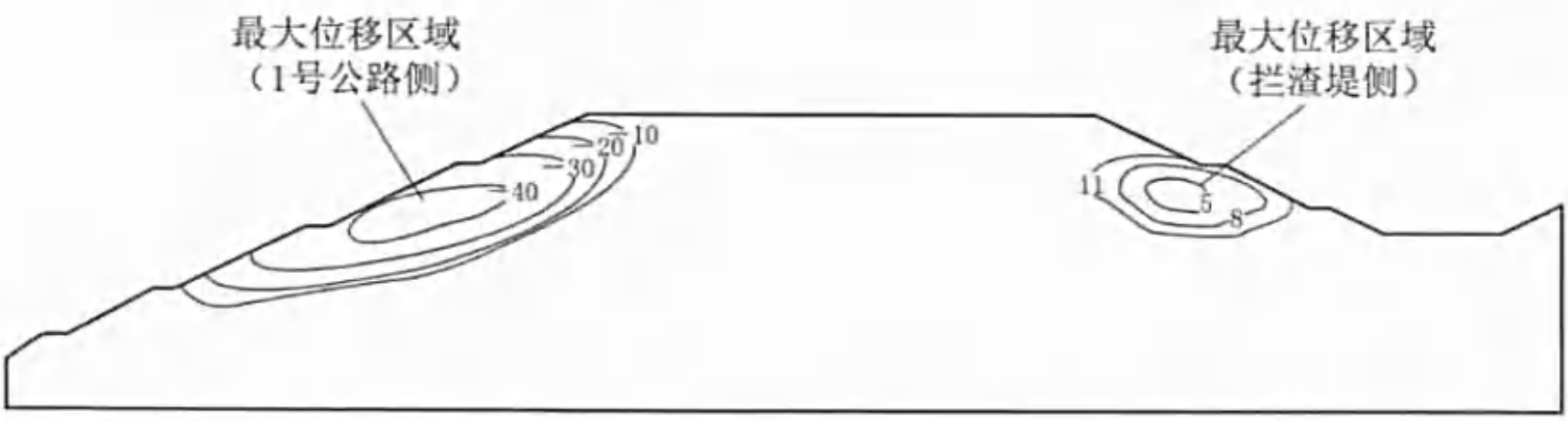


图2　1号渣场典型断面位移等值线图

通过新技术和新方法的应用，可在弃渣场现状稳定分析的基础上，更准确地了解弃渣场堆渣体的内部应力应变和变形情况，对于后期的部分弃渣场整改、利用改造方式等提供更准确的技术支持。

2 术　　语

2.0.1　本标准所述的弃渣场，指弃渣场场地和渣体的总称。

2.0.3　弃渣场的稳定性是弃渣场稳定安全评价的最重要因素，主要包括弃渣场的整体稳定性和堆渣边坡的稳定性。根据已经开展的弃渣场稳定性评估工作经验，在弃渣场堆渣现状基础上，结合基本资料、调查、实地测量和地质勘察成果，首先通过分析弃渣场场地、渣体与场地接触面、场地的软弱夹层等是否存在发生整体滑动的可能性及最不利滑弧对应的抗滑稳定安全系数；其次，分析渣体各台阶边坡等可能发生滑动的最不利滑弧对应的抗滑稳定安全系数；最后，综合分析给出弃渣场的稳定性分析结论。如在某工程弃渣场稳定性评估工作中，根据相关标准开展了弃渣场稳定性分析，计算结果见表1和表2。

表1　某工程弃渣场的整体抗滑稳定安全系数计算结果一览表

弃渣场名称	正常工况		连续降雨工况		地震工况	
	计算值	规范值	计算值	规范值	计算值	规范值
SLM弃渣场	2.257	1.35	1.700	1.15	—	—
XXG弃渣场	2.814	1.25	2.162	1.10	—	—
FQSGK弃渣场	2.477	1.35	1.807	1.15	1.742	1.15
DZC弃渣场	1.077	1.25	0.859	1.10	0.888	1.05

表2　某工程弃渣场堆渣边坡的抗滑稳定安全系数计算结果一览表

弃渣场名称	正常工况		连续降雨工况		地震工况	
	计算值	规范值	计算值	规范值	计算值	规范值
SLM弃渣场	1.441	1.35	1.056	1.15	—	—
XXG弃渣场	2.093	1.25	1.603	1.10	—	—

表 2（续）

弃渣场名称	正常工况		连续降雨工况		地震工况	
	计算值	规范值	计算值	规范值	计算值	规范值
FQSGK 弃渣场	1.092	1.35	0.804	1.15	0.941	1.15
DZC 弃渣场	0.968	1.25	0.771	1.10	0.901	1.10

根据表 1 和表 2 可知，XXG 弃渣场的整体和堆渣边坡的抗滑稳定安全系数满足规范要求，弃渣场稳定；SLM 弃渣场、FQSGK 弃渣场、DZC 弃渣场的整体抗滑稳定安全系数满足规范要求，但堆渣边坡不满足规范的要求。根据弃渣场的现状，各弃渣场整体稳定，但局部堆渣边坡出现滑动、塌滑等情况，计算结果符合弃渣场的现状。在对局部边坡实施削坡、护坡等整治后，各弃渣场的堆渣边坡稳定满足规范要求。

2.0.6 现行的 GB 51018—2014《水土保持工程设计规范》、SL 575—2012《水利水电工程水土保持技术规范》等标准中，按照弃渣场地形条件、弃渣场与河（沟）相对位置、洪水处理方式等，将弃渣场划分为沟道型弃渣场、临河型弃渣场、坡地型弃渣场、平地型弃渣场和库区型弃渣场共 5 类弃渣场，弃渣分类较多。在弃渣场稳定安全分析实践中，对其稳定性结论起到重要主导的因素，主要为弃渣场场地条件、渣场布置型式及堆渣高度、渣体成分情况等。因此，以堆渣最大高度、场地复杂性、渣体成分复杂性等因素，划分弃渣场稳定安全评估工作级别，可极大地减少评估工作量。

3 基本规定

3.1 工作大纲和内容

3.1.2 编制弃渣场稳定安全评估地质勘察工作大纲，对弃渣场稳定安全评估工作所需要的工程地质测绘精度及范围、工程地质勘探范围、勘探线布置、钻孔数量和钻孔深度、渣料及场地取样数量、土工试验组数等加以明确，可有利于勘察准备工作，节省现场工作时间。根据实践经验，对于堆渣量或堆渣最大高度较高且安全风险较大的弃渣场，宜编制弃渣场稳定安全评估地质勘察工作大纲。

3.2 评估工作范围和级别

3.2.1 《水利部办公厅关于进一步加强生产建设项目水土保持设施验收工作的通知》（办水保〔2016〕227号）、《水利部关于加强事中事后监管规范生产建设项目水土保持设施自主验收的通知》（水保〔2017〕365号）和《生产建设项目水土保持设施自主验收规程（试行）》（办水保〔2018〕133号）等文件和规程明确提出原则上4级及以上的弃渣场应开展稳定性评估，其他弃渣场应根据弃渣场选址、堆渣量、最大堆渣高度和周边重要防护设施情况等开展必要的稳定性评估。本条依据上述文件和规程对弃渣场稳定安全评估的工作范围进行明确。

3.2.2 弃渣场场地的综合坡度是弃渣场可能发生整体失稳的重要影响因素。从简洁明了的角度出发，在GB 51018—2014《水土保持工程设计规范》等标准中弃渣场分类的基础上，根据众多大中型水利水电工程的实践经验及弃渣场可能发生整体失稳风险状况，将按场地综合坡度分为平缓场地弃渣场和斜陡场地弃渣场。

根据CJJ 57—2012《城乡规划工程地质勘察规范》附录C，

工程建设适宜性按照不适宜、适宜性差、较适宜和适宜四级，对应的场地条件为地面坡度大于50%、大于等于25%且小于50%、大于10%且小于25%、小于等于10%，换算成角度分别为大于26.565°、大于等于14.036°且小于26.565°、大于5.711°且小于14.036°、小于等于5.711°。根据GB/T 15772—2008《水土保持综合治理　规划通则》中A.1.1.2.4款的规定，坡度组成一般分为五级：小于5°、5°～15°、15°～25°、25°～35°、大于35°。从对土壤侵蚀影响的角度，坡度组成可分为六级：小于5°、5°～8°、8°～15°、15°～25°、25°～35°、大于35°。根据GB/T 51297—2018《水土保持工程调查与勘测标准》中表B.0.1土地利用现状分类表，坡耕地为地面坡度大于5°的耕地。因此，结合目前已经堆存的大量弃渣场地现状，从便于弃渣场稳定安全评估工作角度出发，将平缓场地弃渣场定义为地面综合坡度小于5°的弃渣场，将斜陡场地弃渣场定义为地面综合坡度大于或等于5°的弃渣场。

根据GB 51018—2014《水土保持工程设计规范》等标准的规定，弃渣场划分为沟道型、临河型、坡地型、平地型、库区型5种类型。对照GB 50433—2018《生产建设项目水土保持技术标准》、SL 575—2012《水利水电工程水土保持技术规范》等标准中关于弃渣场的划分成果，在开展弃渣场稳定安全评估工作时，将坡地型弃渣场、沟道型弃渣场、地面坡度大于等于5°的临河型弃渣场和地面坡度大于等于5°的库区型弃渣场界定为斜陡场地弃渣场；其余弃渣场界定为平缓场地弃渣场。

3.2.3　对于斜陡场地弃渣场，从弃渣场的防护设计和工程实践看来，弃渣场级别越高，其安全风险越大；弃渣场地越复杂，不可预知的安全风险越大；渣体越复杂，在堆存过程中发生滑坡的可能性更大。因此，本条提出，将弃渣场级别、场地复杂性和渣体成分复杂性作为划分斜陡场地弃渣场稳定安全评估级别的依据。

根据GB 51018—2014《水土保持工程设计规范》、SL 575—

2012《水利水电工程水土保持技术规范》中关于弃渣场级别的规定，按弃渣场失事对主体工程或环境造成的危害程度划分弃渣场级别，严重和较严重对应的为1级、2级弃渣场。对于失事后果为严重和较严重的弃渣场，其评估工作级别应按最高级，即评估一级；3～5级弃渣场的评估工作级别分别为评估二级、评估三级和评估四级。

根据CJJ 57—2012《城乡规划工程地质勘察规范》附录A.0.2条，场地复杂性分为三级，即一级（复杂）、二级（中等复杂）和三级（简单）。根据CJJ 57附录C，工程建设适宜性按照不适宜、适宜性差、较适宜和适宜四级，并相应地对场地稳定性、地面坡度、岩土种类、洪水或地下水等进行分级。考虑到弃渣场场地复杂性对弃渣场稳定安全的重要影响，参照CJJ 57并根据弃渣场稳定计算实践，将弃渣场场地复杂程度划分为复杂场地、中等复杂场地、一般复杂场地和简单场地。其中，根据本条文说明3.2.1条中关于场地适宜性的角度分类，以及结合GB 15772—2008《水土保持综合治理规划通则》中A.1.1.2.4条的规定，提出地面综合坡度5°～15°、15°～25°、大于25°作为场地复杂性判别的一个重要因子，这与众多弃渣场稳定性分析的判别基本一致。

根据GB 50201—2014《防洪标准》，特殊性岩土因其特性会对弃渣场的长期稳定造成影响。因此，将渣体成分复杂性作为弃渣场评估工作级别的一个重要依据，渣体成分复杂性包括渣体成分的复杂，以及弃土和弃石渣类别的复杂。其中，湿陷土在一定压力下浸水呈现强烈的湿陷性，易造成边坡塌陷、渣体发生滑坡等；红黏土上硬下软、表面收缩、裂隙发育，其裂隙会影响渣体的整体强度，降低其承载力，是渣体稳定的不利因素；膨胀土因其吸水膨胀、失水收缩并且反复变形的性质，以及土体中杂乱分布的裂隙，对堆渣边坡具有严重的破坏作用；软土具有显著的蠕变特性，易导致渣体的抗剪强度低，易发生沉降破坏从而破坏堆渣边坡；冻土具有流变性，其长期强度远低于瞬时强度特征，在

冻融循环过程中，容易导致堆渣边坡出现崩塌、滑坡等破坏；盐渍土渣体易发生溶蚀、盐涨、翻浆等病害，危及堆渣体的安全。特殊岩石如膨胀性岩石、崩解性岩石等，在浸水条件下，容易发生破坏，危及堆渣体的安全。因此，根据弃渣的岩（土）体成分和特性，将渣料对应分为四级。

在工程实践中，存在部分堆渣高度较低、场地复杂性一般的弃渣场，因渣体成分较复杂而确定较高的评估工作级别，从而可能会极大地增加弃渣场稳定安全评估工作量。因此，本标准提出，先以堆渣最大高度和场地复杂性初步确定弃渣场的稳定安全评估工作级别，再根据渣体成分复杂性进行复核确定。当以堆渣最大高度和场地复杂性初步确定的弃渣场稳定安全评估工作级别为评估一级时，则弃渣场的稳定安全评估工作级别为评估一级；当以堆渣最大高度和场地复杂性初步确定的弃渣场稳定安全评估工作级别为评估二级且渣体主要成分为湿陷土、红黏土、膨胀土、软土、盐渍土、冻土等特殊性土以及遇水易软化、崩解的泥质岩类时，弃渣场稳定安全评估工作级别为评估一级，若渣体为其他成分时为评估二级；当以堆渣最大高度和场地复杂性初步确定的弃渣场稳定安全评估工作级别为评估三级且渣体主要成分为湿陷土、红黏土、膨胀土、软土、盐渍土、冻土等特殊性土、遇水易软化、崩解的泥质岩类、膨胀性岩石、崩解性岩石等特殊性岩石时，弃渣场的稳定安全评估工作级别为评估二级，若渣体为其他成分时为评估三级；当以堆渣最大高度和场地复杂性初步确定的弃渣场稳定安全评估工作级别为评估四级且渣体主要成分不是一般弱风化或微新石渣时，弃渣场的稳定安全评估工作级别为评估三级；上述情况之外的其他弃渣场的稳定安全评估级别为评估四级。

3.2.4 对于平缓场地弃渣场，其可能发生的失稳破坏主要是局部堆渣坡面的滑动、崩塌，而堆渣高度越高，边坡可能失稳的风险和可能发生的危害性相对较大。因此，平缓场地弃渣场的稳定安全评估工作级别，按照现状堆渣最大高度将其评估级别划分为

四级。同时，填凹（坑）的弃渣场主要为回填凹地、料场开采坑和坑塘，其堆渣顶面位于地面以下的部分，堆渣受四周原状土体的约束，不会发生渣体垮塌，也不会对周边敏感目标造成危害，因此，对这类填凹（坑）的弃渣场可不进行稳定安全评估；对于渣顶高出地面的填凹（坑）的弃渣场，其堆渣最大高度从地面以上起算，根据本标准表 3.2.4－1 确定弃渣场的稳定安全评估工作级别。

当弃渣场的成分中存在 3.2.3 条中的情况时，需要先根据超出地面以上的堆渣最大高度并按表 3.2.4－1 确定弃渣场的稳定安全评估工作级别，再根据本标准表 3.2.3－1 的渣体复杂性确定弃渣场的稳定安全评估工作级别进行复核。当按渣体复杂性确定弃渣场的稳定安全评估工作级别更高时，从利于弃渣场稳定性分析角度出发，提高一级弃渣场的稳定安全评估工作级别。

3.3 评估工作任务、深度和报告要求

3.3.1 《水利部办公厅关于进一步加强生产建设项目水土保持设施验收工作的通知》（办水保〔2016〕227 号）、《水利部关于加强事中事后监管规范生产建设项目水土保持设施自主验收的通知》（水保〔2017〕365 号）和《生产建设项目水土保持设施自主验收规程（试行）》（办水保〔2018〕133 号）等政策性文件明确，原则上 4 级及以上的弃渣场应开展稳定性评估，其他弃渣场应根据弃渣场选址、堆渣量、最大堆渣高度和周边重要防护设施情况等开展必要的稳定性评估。工程实践中，灌溉工程、河道治理工程等线性工程，存在布置较多的小型弃渣场，这些弃渣场按照 GB 51018—2014《水土保持工程设计规范》、SL 575—2012《水利水电工程水土保持技术规范》等规定，级别为 5 级弃渣场，但该部分弃渣场因为堆渣持续时间较长、堆渣边坡较陡、渣体内存在渗漏通道等原因，也可能存在一定的安全隐患。从弃渣场的长期安全运行角度，该部分弃渣场也应开展必要的稳定安全评估工作。

在荒漠区、戈壁荒滩、无人区设置且周边无敏感因素的弃渣场，按照设计要求进行堆存和防护后，不会造成较大的水土流失危害。从减少不必要的工作量角度出发，可适当减少工作任务和工作深度。

3.3.2 水利水电工程的弃渣场数量多、类型复杂，且部分弃渣场均可能存在不同的安全隐患和安全风险。为统一弃渣场稳定安全评估报告的格式编排，规范弃渣场的稳定安全评估报告的编写，结合已经开展的弃渣场稳定性评估工作经验及其他水土保持工程设计文件内容和格式，提出本条，以供编写弃渣场稳定安全评估报告时参考。

4 基本资料

4.1 一般规定

基本资料是开展弃渣场安全评估的基础，可从水土保持方案报告书、水土保持初步设计、水土保持监理、水土保持监测、水土保持设施施工等方面资料中获得，由于技术人员、阶段不同，基础资料会存在差异，因此，进行评估时，首先要核实各方面资料是否一致，是否全面。当不一致时，应分析其原因，并选取可采用的资料；当基本资料不全或不能满足评估要求时，应提出获取基本资料的途径和方法。

4.2 基础资料

4.2.1 本标准基础资料主要指的是弃渣场稳定安全评估报告中项目区概况叙述所需要的资料，为区域性的较宏观的资料，一般通过收集项目设计或其他相关资料后即可获得。

4.2.2 气象、水文、土壤、植被、土地利用都是影响弃渣场区水土流失的重要因子，都应进行调查。地理位置调查用以反映弃渣场与周边防护因素的位置关系，分析弃渣场可能对周边环境造成的影响；地形地貌调查有助于了解弃渣场选址条件并复核弃渣场类型；地质调查有助于了解弃渣场场区工程和水文地质情况，进而复核弃渣场场区地质评价；水文调查围绕上游汇水进行调查，进而复核与设计边界条件有无变化；土壤调查除调查弃渣场场区及其上下游的原生土壤特性外，还应对弃渣体的各种土壤属性进行调查，以充分了解弃渣体特性，石料较多时还应对其岩性及主要物理特征进行调查和记录。

4.3 弃渣场资料

4.3.1 开展弃渣场稳定安全评估工作，需充分掌握弃渣场场地、

弃渣堆置、渣体特性、防洪标准、弃渣场防护措施、水土流失现状及危害、周边敏感因素等弃渣场资料。

4.3.2 弃渣场场地的地形、地质资料能反映弃渣场的下垫面情况，是开展弃渣场稳定安全评估的基础资料；弃渣场上、下游范围内的地形、地质资料可以有助于了解弃渣场周边情况对弃渣场的影响，从而可以更全面分析弃渣场的安全状况。上、下游可能影响范围主要指涉及敏感因素或有不良地质现象和地质灾害的弃渣场，需要进一步调查的范围。

弃渣堆置资料是直接反应弃渣场规模及外部轮廓的资料，渣体特性资料主要反映弃渣体内部堆置情况，两者需结合使用，是判别弃渣场边坡是否稳定的重要基础资料。弃渣场防护措施是防治弃渣场水土流失的关键，各项防护措施均可在不同程度上影响弃渣场的稳定，因此也是分析弃渣场安全的重要因素，其中又以防洪排导工程最为关键，应作为重点进行收集或调查。

4.3.3 弃渣场场区水土流失类型、分布、面积和强度等资料可以反映弃渣前场区的水土流失情况，再结合对堆渣现状的分析，可以判断弃渣场是否存在水土流失隐患。涉及山洪泥石流沟道灾害影响的弃渣场资料，应包含泥石流灾害发生的原因和物源，用以分析弃渣与灾害发生的关系。

4.3.4 周边敏感因素虽不是影响弃渣场稳定安全与否的因子，但弃渣场的运行会对敏感因素带来影响。因此从弃渣场长期安全运行的角度考虑，需充分调查和了解周边敏感因素，为定性分析弃渣场对这些因素的潜在影响提供基础数据。

5 调查与勘测

5.1 一般规定

5.1.3 根据《中华人民共和国测绘法》（2017年修订版）第二章第九条的规定，国家设立和采用全国统一的大地基准、高程基准、深度基准和重力基准。1987年5月16日，国家测绘局正式上报的《关于变更国家高程基准面数据的请示》获国务院批准，1985国家高程基准作为全国新的统一的高程控制系统启用。2008年3月，由国土资源部正式上报国务院《关于中国采用2000国家大地坐标系的请示》，并于2008年4月获得国务院批准；国土资源部国家测绘局以《国土资源部国家测绘地理信息局关于加快使用2000国家大地坐标系的通知》明确，自2017年3月10日起，中国将全面启用2000国家大地坐标系，国土资源部国家测绘局授权组织实施。

补充测量和勘察工作所采用的地形图，应采用2000国家大地坐标系。如果不是2000国家大地坐标系的，应进行转换；若利用已有的测量和勘察资料的，也应转换为2000国家大地坐标系。

2000国家大地坐标系与其他坐标系统的转换模型可根据弃渣场所在位置确定：全国及省级范围的坐标转换选择二维七参数转换模型；省级以下的坐标转换可选择三维四参数模型或平面四参数模型。对于相对独立的平面坐标系统与2000国家大地坐标系的联系可采用平面四参数模型或多项式回归模型。

1985国家高程基准与各高程基准的换算需根据弃渣场所在区域确定，常见换算如下：

1985国家高程基准高程＝1956年黄海高程－0.029（m）

1985国家高程基准高程＝吴淞高程基准－1.717（m）

1985国家高程基准高程＝珠江高程基准＋0.557（m）

1985 国家高程基准高程＝废黄河零点高程－0.19（m）

1985 国家高程基准高程＝大沽零点高程－1.163（m）

1985 国家高程基准高程＝渤海高程＋3.048（m）

5.2 调　　查

5.2.2 本条的外业调查范围的规定考虑了可能影响弃渣场安全的因素，主要包括弃渣场地形、上游汇水、弃渣体物质组成、弃渣场不良地质条件等；同时也考虑了弃渣场失稳后可能对周边敏感因素产生的潜在危害。

弃渣场上游的调查范围，主要考虑地形地貌、地质、土壤、植被等因素均可能对上游水土流失、汇水、以及防洪排导工程的正常运行产生影响，确定为上游汇流范围。沟道型、坡地型、临河型和库区型弃渣场原始地形有一定坡度，应进行上游汇流范围内的影响因素调查；平地型弃渣场无上游汇水，其调查范围为弃渣场场区及其周边的一定范围。

弃渣场下游的调查范围，主要考虑失稳后可能产生的潜在危害，故将堆渣最大高度和上游有无集中汇流作为确定的主要依据。实际调查中采用的调查范围宜不小于规定的范围。山区、丘陵区的沟道型弃渣场，根据上述原则确定的调查范围超出沟口的，可用沟口进行控制；未至沟口的，调查范围可根据现场情况外延至沟口。

涉及敏感因素的弃渣场，应首先根据工程资料及现场情况排查并确定弃渣场涉及敏感因素情况，再根据涉及敏感因素的具体位置，结合上述规定的范围进行调查。

5.2.4 本条对调查方法进行了规定。调查的基本方法主要有询问调查、收集资料、典型调查、重点调查、普查、抽样调查等，根据调查对象的不同，又有不同的运用。其中土壤调查可通过开挖剖面进行调查，也可通过现有开挖断面进行调查。无人机在水土保持工作中的应用已较广泛，可作为一种辅助工具，在水土流失现状调查、地形测绘和植被调查中加以应用。

5.3 实地测量

5.3.1 本条规定的测量范围主要在现状资料收集和现场调查的基础上，考虑了弃渣场安全评估级别、弃渣场与周边敏感因素之间的影响程度等综合分析后确定的。

1 对于占地范围较大、地形地质条件较复杂、弃渣失事后危害程度较高、周边存在敏感因素的弃渣场，可结合遥感影像和弃渣场所在县（市）、乡（镇）的土地利用现状地形图等资料复核确定。

2 位于城镇区域的弃渣场、汇流面积较大的弃渣场或地质条件较复杂的弃渣场，考虑一旦渣场失事后可能发生的危害后果及影响，测量范围需经多种方法复核后确定。在实地测量前，可搜集弃渣场周边或下游的城镇规划成果。

3 部分测量精度、测量范围满足弃渣场稳定安全评估工作要求的弃渣场，从节约投资的角度，可不重复开展本范围的工作。

5.3.2 在 SL 575—2012《水利水电工程水土保持技术规范》发布之前，大部分弃渣场没有开展地形图测量工作；SL 575 发布后，4 级及以上的弃渣场，一般都按照 SL 575 等标准的要求开展了相应精度要求的场地地形资料。当弃渣场的稳定性分析所需的堆渣之前的原地形图资料缺失时，可通过收集水利、国土和林业等部门的地形图，也可利用高分卫星影像资料进行解译。

5.3.3 本条给出了弃渣场的堆渣现状地形测量精度、堆渣断面的测量精度和条数的规定，是根据当前已有工作经验确定的。从目前已经完成和正在开展的南水北调中线工程、滇中引水工程、嘉陵江亭子口水利工程、构皮滩水电站工程等工程的弃渣场测量情况来看，规模较大的弃渣场，一般存在占地范围较大、堆渣高度较高、堆渣坡向较多等特点，且因为弃渣场的来源、堆存方式等各不相同，一般根据渣场现状完成 2 个及以上的断面的稳定性分析。

5.3.4 本条的测量方法是根据国家现行标准 SL 197—2013《水利水电工程测量规范》、GB/T 51297—2018《水土保持工程调查与勘测标准》并结合弃渣场具体情况确定的。弃渣场的平面地形测量和断面测量，可采用 GPS、全站仪、经纬仪等开展测量；拦挡工程、防洪排导工程、斜坡防护工程等弃渣场建（构）筑物的尺寸测量，常可采用手持 GPS、皮尺、测绳、罗盘、花杆、手持水准仪等开展测量。

5.4 地质勘察

5.4.1 结合 GB/T 51297—2018《水土保持工程调查与勘测标准》、GB 51018—2014《水土保持工程设计规范》等标准和弃渣场勘察设计实践，本条给出了弃渣场地质勘察范围的规定。

考虑到弃渣场自身稳定性，以及弃渣场周边存在的敏感因素，在进行弃渣场地质勘察工作时，其范围应在调查和实地测量的范围基础上并结合弃渣场所在区域的地质条件确定。

按照 GB 51018—2014《水土保持工程设计规范》和 SL 575—2012《水利水电工程水土保持技术规范》标准的规定，挡渣墙的作用不参与弃渣场稳定性分析计算。个别水电工程的弃渣场，在设计中弃渣场的挡渣墙具有抗滑桩功能并参与稳定性分析计算的，也应复核挡渣墙的稳定情况，以及对弃渣场稳定的作用。

5.4.3 本条给出了勘察工作布置，并根据弃渣场地质勘察现状和特点进行补充说明：

1 在 GB/T 51297—2018《水土保持工程调查与勘测标准》发布之前，对弃渣场的勘察没有详细的要求，大部分弃渣场场地未开展勘探工作；在 GB/T 51297 发布之后，4 级及以上的弃渣场逐步开展了弃渣场场地勘察工作，部分弃渣场还采取了钻探、坑槽探工作。在大型水利水电工程堆渣过程中，弃渣场的施工单位和监理单位对渣体成份及分层情况进行了施工记录。因此，根据各弃渣场的实际情况，场地勘察工作和渣体的成份及分层情况

均能满足要求的，可不开展地质勘探但应对渣体取样并开展岩土试验工作；对已经开展了场地勘察工作并能满足稳定安全评估要求，但渣体成分和分层情况不明的，应补充渣体的勘察工作。

4 弃渣场的勘探线和勘探点布置，需要从弃渣场稳定分析角度考虑，根据弃渣场的现状和可能的滑动方向确定。对于有多个斜面且均具有较大滑动可能的弃渣场，宜在每个最可能滑动的斜面布置一条勘探线，且每条勘探线上勘探点不少于3个。对于评估一级和评估二级弃渣场、场地条件复杂或渣体成分复杂的，为了更准确分析弃渣场的稳定安全评估状况，需要适当增加勘探线和勘探点布置，具体根据弃渣场实际情况确定。

5 根据弃渣场设计和计算的实践经验，在我国黄土高原区、北方风沙区以及南方场地覆盖层较厚地区的弃渣场，稳定计算所产生的整体滑动深度，一般不会超过0.5倍的最大堆渣高度。因此，对于这些地区，从技术经济合理的角度，在满足弃渣场稳定安全评估工作需要的基础上，根据实践经验，提出钻孔的深度宜取0.5～1.0倍的堆渣厚度，评估一级和评估二级的弃渣场取上限，评估三级和评估四级弃渣场取下限。

5.4.4 本条给出了地质勘察方法的规定，并对评估四级弃渣场进行补充说明。

2 弃渣场的勘探方法，可结合弃渣场的实际情况具体确定。对于评估四级的平缓场地弃渣场，稳定运行多年且周边无敏感目标的，结合工程实践经验可以确定弃渣场发生稳定安全的风险较小，从减少工程量角度考虑，可考虑不进行专门的勘探，只做出地质评价。

5.4.5 本条给出了岩土试验的规定。

3 由于岩土特性指标的变异性，单个指标不能代表岩土的工程特性，必须通过统计分析确定其代表值，故规定了原状岩土试样和原位测试的最少数量，以满足统计分析的需要。当场地较小时，可利用场地邻近的已有资料。

当$3 \leqslant n \leqslant 6$时，可取平均值进行折减作为标准值，故明确

规定岩石抗剪强度（试验）的试验数量不少于3组。

明确有条件时应进行结构面的抗剪强度试验。

本标准采用概率理论对测试数据进行处理，根据概率理论，最小数据量 n 由 $t_p/\sqrt{n}=\Delta r/\delta$ 确定。式中 t_p 为 t 分布的系数值，与置信水平 P_s 自由度（$n-1$）有关。一般土体的性质指标变异多为变异性很低～低，要较之岩体（变异性多为低～中等）为低。故土体6个测试数据（测试单值）基本能满足置信概率 $P_s=0.95$ 时的精度要求，而岩体则需9个测试数据（测试单值）才能达到置信概率 $P_s=0.95$ 时的要求。由于岩石三轴剪切试验费用较高等原因，所以在工作中可以根据地区经验确定岩体的 c、φ 值并应用测试成果做校核。

当试验数据量不足时，一般可采用平均值乘以0.85～0.95的折减系数作为标准值。当 $3<n\leqslant 6$ 且极差小于平均值的30%，宜取平均值乘以0.85～0.95的折减系数作为标准值（其数值不应小于最小值）；当 $n=3$ 或 $3<n\leqslant 6$ 且极差大于平均值的30%，可取平均值乘以0.85～0.95的折减系数作为标准值，其数值不应大于最小值。折减系数根据岩土均匀性确定。均匀时取较大值，不均匀时取较小值。

在专门性边坡工程地质勘察时，对有特殊要求的岩体边坡宜做岩体蠕变试验。

岩石（体）作为一种材料，具有在静载作用下随时间推移出现强度降低的“蠕变效应”。根据研究资料表明，长期强度一般为平均强度的80%左右。对于一些有特殊要求的岩质边坡，从安全、经济的角度出发，进行“岩体流变”试验是必要的。

5 在岩土工程勘察中，原位测试是十分重要的手段，在探测地层分布，测定岩土特性，确定地基承载力等方面，有突出的优点，应与钻探取样和室内试验配合使用。在有一定工程试验参数的地区，可以原位测试为主。在选择原位测试方法时，应考虑的因素包括土类条件、设备要求、勘察阶段等。

布置原位测试，应注意配合钻探取样进行室内试验。一般应

以原位测试为基础，在选定的代表性地点或有重要意义的地点采取少量试样，进行室内试验，有助于缩短勘察周期，提高勘察质量。

原位测试的成果，应与地区已有工程试验参数进行比照分析并加以应用。由于我国各地的土层条件、岩土特性有很大差别，难以建立全国统一的工程试验参数的经验关系，应以地区的工程试验经验关系为主要参考。

各种原位测试所得的试验数据，造成误差的因素是较为复杂的，由测试仪器、试验条件、试验方法、操作技能、土层的不均匀性等所引起。对此应有基本估计，并剔除异常数据，提高测试数据的精度。静力触探和圆锥动力触探，在软硬地层的界面上，有超前和滞后效应，应予注意。

地下水的长期观测和深部位移观测是十分重要的。地下水的长期观测可以为地下水的动态变化提供依据；深部位移观测则是滑坡预测的重要手段之一。

（1）静力触探试验：利用静探资料可估算场地土和渣体土渣、渣体特殊性土渣的强度参数、浅基或桩基的承载力、砂土或粉土的液化。只要经验关系经过检验已证实是可靠的，利用静探资料可以提供有关设计参数。利用静探资料估算变形参数时，由于贯入阻力与变形参数间不存在直接的机理关系，可能可靠性较差；利用孔压静探资料有可能评定土的应力历史，这方面还有待于积累经验。由于经验关系有其地区局限性，采用全国统一的经验关系不是方向，宜在地方标准中解决这一问题。

（2）圆锥动力触探试验：用来判定场地砂土、渣体石渣、渣体土石渣的力学特性，具有勘探和测试双重功能。

（3）标准贯入试验：用来判定场地土、渣体土渣、渣体特殊性土渣性质。由于 N 值离散性大，故在利用 N 值解决工程问题时，应持慎重态度，依据单孔标贯资料提供设计参数时不可信的；在分析整理时，与动力触探相同，应剔除个别异常的 N 值。依据 N 值提供定量的设计参数时，应有当地的经验，否则只能

提供定性的参数。

（4）十字板剪切试验：限于场地饱和软黏性土，渣体软土渣，对于其他的土，十字板剪切试验会有相当大的误差。

（5）现场直接剪切试验：不包括三轴剪切试验。

现场直剪试验应根据现场工程地质条件、工程荷载特点，可能发生的剪切破坏模式、剪切面的位置和方向、剪切面的应力等条件，确定试验因素，选择相应的试验方法。由于试验岩土体远比室内试样大，试验成果更符合实际。

岩体试样尺寸不小于 50cm×50cm，一般采用 70cm×70cm 的方形体，与国际标准一致。土体试样可采用圆柱体或方柱体，使试样高度不小于最小边长的 0.5 倍；土体试样高度则与土中的最大粒径有关。

（6）参照 DL/T 5213—2005《水利水电工程钻孔抽水试验规程》和 DL/T 5331—2005《水利水电工程钻孔压水试验规程》的相关规定执行。

标准中只规定了岩土试验项目和试验方法的选取以及一些原则性问题，至于具体的操作和试验仪器规格，则应按有关的标准执行。由于岩土试样和试验条件不可能完全代表现场的实际情况，故规定在岩土工程评价时，宜将试验结果与原位测试成果或原型观测反分析成果比较，并作必要的修正。

6 室内试验所用的土试样具有随机性的特点，受土样本身质量影响较大，多数情况下仅能反映所取土样的渗透性能，或者说仅能反映某一深度处土体的渗透性能，如土试样中有腐烂的植物根系、生物活动遗留的虫孔、风干所形成的裂缝时，其所形成的孔洞、裂缝对试验结果影响往往很大，且不能反映孔洞、裂缝的相互连通情况，由此得到的渗透系数有一定的局限性。实际遇到的土体往往是各向异性的，水平渗透系数与垂直渗透系数往往相差较大，尤其是具有夹层、互层构造的土层。理论假设条件是建立在统计学基础上的，与实际情况是有出入的。有时同一水平面上同一土层在两个不同方向上的渗透系数也会相差很大，这可

能与土层形成时的沉积环境（流速、水流形态等）有关。因此，室内试验土的渗透系数取值应与野外抽水试验或注水试验的成果比较后确定。

7　土的抗剪强度试验：排水状态对三轴试验成果影响很大，不同的排水状态所测得的 c、φ 值差别很大，故本条在这方面做了一些具体的规定，使试验时的排水状态尽量与工程实际一致。不固结不排水剪得到的抗剪强度最小，用其进行计算结果偏于安全，但是饱和软黏土的原始固结程度不高，而且取样等过程又难免有一定的扰动影响，故为了不使试验结果过低，规定了在有效自重服力下进行预固结的要求。

虽然直剪试验存在一些明显的缺点，如受力条件比较复杂，排水条件不能控制等，但由于仪器和操作都比较简单，又有大量实践经验，故在一定条件下仍可利用，但对其应用范围应予限制。

正确确定场地岩土和渣体结构面的强度指标，是弃渣场稳定分析和设计成败的关键。本条强调了下列几点：第一，场地岩土和渣体强度室内试验的应力条件应尽量与自然条件下岩土体的受力条件一致；第二，对控制性的软弱结构面，宜进行原位剪切试验，室内试验成果的可靠性较差，对软土可采用十字板剪切试验；第三，实测是重要的，但更要强调结合当地经验，并宜根据现场坡角采用反分析验证；第四，岩土性质有时有“蠕变”，强度可能随时间而降低，对于永久性边坡应予注意。

对于渣体堆渣高度较大或场地、渣体中存在承载力较低的软土时，应进行地基承载力参数试验。

8　试件含水状态可根据需要选择天然含水状态、烘干状态和饱和状态。同一含水状态下每组试件数量不应少于 3 个。

9、10　规定了岩土工程勘察时，对岩石试验的一般要求，具体试验方法按现行标准 GB/T 50266—2013《工程岩体试验方法标准》的规定执行。

6 稳定安全评估

6.1 一般规定

6.1.1 一般情况下弃渣场稳定安全评估工作需要分步开展。第一步针对现状弃渣场按照稳定安全评估工作流程和要求进行评估，得出初步评估结论，对存在一定稳定安全隐患和较多的稳定安全隐患的弃渣场提出整改建议，便于业主进行整改决策；第二步针对整改后的弃渣场再次进行复核评估，对于仍然存在稳定安全隐患的继续提出整改建议，如此反复，直至得出稳定安全结论止，从而提出稳定安全的最终结论，作为进行验收的支撑材料。在得出稳定安全最终结论的基础上对周边存在敏感因素的弃渣场的潜在风险进行分析，提出处置建议，包括设置警示牌、移除风险源等。

6.1.2 表 6.1.2 中堆渣综合边坡指的是弃渣场某侧边坡分多级堆置，稳定性分析计算时将其统一整体考虑，主要分析从边坡顶部到底部滑动的抗滑稳定安全系数。表 6.1.2 中第一类渣场指该弃渣场不存在稳定安全隐患，现状运行良好，截止评估报告完成时弃渣场可维持现有的状态，可以进行验收；“需进行局部整改”指的是评估后弃渣场的整体和堆渣综合边坡是稳定的，不存在整体滑塌风险，但局部台阶现状存在损毁、滑塌或台阶边坡抗滑稳定安全系数不满足 GB 51018 的要求，或者防护措施存在损毁或部分功能丧失的情况，符合第二类渣场的条件，弃渣场存在一定的稳定安全隐患，应对弃渣场的隐患部位进行排除，包括削坡、损毁措施修复等，需要在评估报告中提出局部整改的建议；“需全面整改”指的是评估后弃渣场的整体和堆渣体综合边坡的抗滑稳定安全系数不满足 GB 51018 的要求，并应当综合考虑台阶边坡的稳定性，以及大部分台阶现状是否存在滑塌、渣体出现裂缝且有发展的趋势，防护措施是否存在损毁严重或功能丧失，符合

第三类渣场的条件，弃渣场存在较多的稳定安全隐患，需要在评估报告中提出全面整改的初步建议，如对部分渣体进行清运、对边坡进行削坡加固、增设或修复排洪设施等。

6.2 弃渣场稳定性分析

6.2.1 近年来弃渣场安全问题日益受到重视，水利部水利水电规划设计总院《关于印发水利水电工程水土保持技术规范（SL 575）补充技术要点（试行）的通知》（水总环〔2019〕635号）中规定，“对于3级及以上有重大影响的弃渣场，可行性研究阶段应基本确定安全监测方案，初步设计阶段应进行安全监测设计”，因此在进行弃渣场稳定安全评估时，对于开展了安全监测的弃渣场应搜集相关资料，评估时要对该项工作的开始结束时间、监测内容及方法、过程及最终成果进行说明，对监测成果中涉及变形、拉伸、滑塌等情况的重点进行关注，并对稳定分析成果进行比照分析和校验。

6.2.2 对调查发现或通过安全监测数据反映的弃渣场整体或某侧边坡已出现明显滑移、变形、滑塌，如滑动超出原占地边界一定距离、边坡隆起或凹陷甚至断层式滑塌；或者渣体出现较大裂缝、错落，可能导致降雨流入渣体内加大裂缝发展的，一般判定为第三类渣场，需进行全面整改。对调查仅发现局部台阶边坡出现损毁情况的，对应边坡可不再进行稳定计算，一般判定为第二类渣场，需进行局部整改。

6.2.3 本条对弃渣场的稳定计算工况作出了相应的规定，说明如下：

位于消落带上的库区型弃渣场和临河型弃渣场，其临水侧边坡水位在水库设计正常蓄水位、洪水位与死水位之间降落及在河道设计水位、校核水位降落时，需要计算水位骤降条件下的边坡抗滑稳定性，参考GB 50286—2013《堤防工程设计规范》并按正常工况考虑。

某水库2号弃渣场，位于水库的消落带上，堆渣量80万

m^3，堆渣最大高度 10m，类型为库区型，弃渣场级别为 4 级，边坡坡比 1∶2.5。水位骤降条件下的边坡抗滑稳定分析时，根据地质勘察提供的水上及水下有效应力、内摩擦角、降落期孔压系数，根据水库降落前水位线和降落后水位线，采用了简化毕肖普法进行计算，计算简图及抗滑稳定安全系数如图 3 所示。

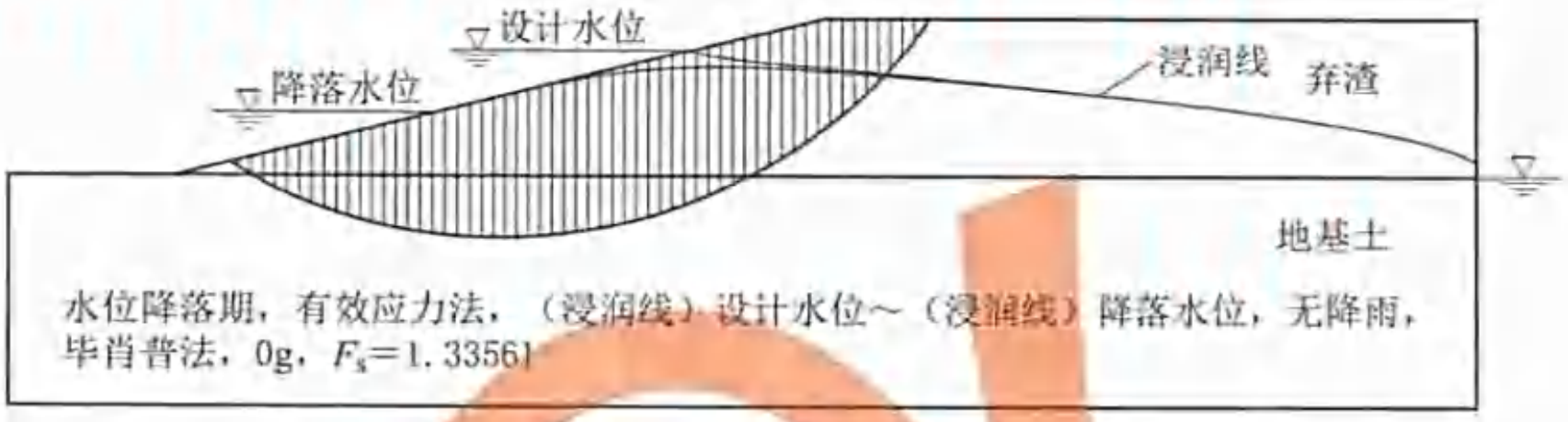


图 3　某水库 2 号弃渣场水位骤降条件下边坡抗滑稳定计算简图

6.2.4　GB 50286—2013《堤防工程设计规范》9.2.3 节规定："多雨地区的土堤应根据填筑土的渗透和堤坡防护条件，核算长期降雨期堤坡的抗滑稳定性，其安全系数可按非常运用条件采用，即计算施工期的临水、背水侧堤坡工况。"其条文说明 9.2.3 节进行了说明："我国的堤防工程堤坡普遍采用草皮护坡，不设排水设备，雨水可以渗入堤身土体内，当汛期江河发生洪水时，有可能遭遇长期降雨，在降雨量较大的情况下，对填土渗透系数较大（$k>1\times10^{-4}$cm/s）的堤身，含水率达到饱和状态的土层较厚，甚至使浸润线抬高时，应验算堤坡的稳定性"。GB 51018 和 SL 575 规定弃渣场稳定计算时，多雨地区的弃渣场还应核算连续降雨期边坡的抗滑稳定，其安全系数按非常运用工况采用。

弃渣场堆渣大多数情况下是不考虑碾压指标的，一般会要求分层堆置，运输车辆在堆置期间进行了碾压，但这种压实度不能与堤防相提并论，渗透系数比较大，从安全性角度考虑，本标准参考 GB 50286、GB 51018 和 SL 575 的规定，要求进行核算多雨地区连续降雨期边坡的抗滑稳定。由于现行标准 GB 51018 未对"多雨地区"进行定义，因此在进行弃渣场稳定分析计算时，

无法据其确定弃渣场是否位于多雨地区，是否应进行连续降雨期边坡的抗滑稳定计算，同时，该标准对连续降雨期弃渣场边坡抗滑稳定计算应采用的暴雨标准也未作明确规定。

2020 年 10 月发表在《人民黄河》第 42 卷总第 422 期的一篇文章《降雨入渗条件下弃渣场稳定计算方法探讨》对此问题进行了探讨，该文章根据降雨特征及经济社会发展的重要程度初步确定需要进行连续降雨期弃渣场边坡抗滑稳定计算的区域，进而对降雨入渗条件下的弃渣场稳定计算方法进行探讨，可供开展弃渣场稳定安全评估工作时参考或借鉴：

该文章分析了季风气候区具有冬季低温干燥、夏季雨热同期的显著特点，降雨集中在 5—9 月，连续强降雨易引发洪涝灾害，影响弃渣场边坡稳定，季风气候区覆盖了我国绝大部分重要的经济社会快速发展地区，城镇、村庄星罗棋布，人口稠密，各类建设项目设置的弃渣场数量众多，弃渣边坡一旦发生滑塌，将对周边环境和人民群众的生产生活产生较大影响，该文章认为对季风气候区（即大兴安岭—阴山—贺兰山—横断山一线以东、以南区域）的弃渣场，均应核算其连续降雨期边坡的抗滑稳定。

该文章进一步分析了现行的连续降雨期边坡抗滑稳定计算或研究情况。提及郭健等人在进行某渣场边坡在堆载过程中稳定性演化研究时，根据室内试验和工程类比获取了暴雨状态下的渣土体、覆盖层和基岩的物理力学特性参数，参数的选取较为可靠，但获取难度较大，难以大范围的在弃渣场设计、稳定性评估等工作中普及［来源于《某渣场边坡在堆载过程中的稳定性演化研究》，发表于《人民长江》杂志 2013 年 44（23）期］；2013 年出版的《水工设计手册（第 2 版）第 3 卷征地移民、环境保护与水土保持》列举了位于四川、广东、山西、河南、浙江 5 省共 10 个弃渣场设计案例，其中仅对四川省某电站项目小坝沟弃渣场进行了连续降雨期弃渣场的稳定计算，工况条件为“排水不畅导致水深 3m”，未考虑降雨入渗影响；2017 年底，南水北调中线干线工程建设管理局组织多家大型勘察设计单位开展了南水北调中

线一期工程陶岔～古运河南段沿线共计176个弃渣场的稳定性评估工作，针对降雨入渗条件下的弃渣场稳定计算，各评估单位所采用的计算条件、参数和方法不甚统一，在计算条件及参数选取方面，有些单位采用渣土、地基土在饱和状态下的物理力学性指标（γ_{sat}、c_{sat}、φ_{sat}）进行计算，参数易获取，但过于保守，与弃渣场遭遇连续降雨时的实际运行状态有一定差异，有些单位根据经验设定折减系数对渣土、地基土在自然状态下的物理力学性指标（γ、c、φ）修正后再进行计算，或根据经验直接设定连续降雨造成的弃渣场上层饱和土厚度，下部土体仍视作自然状态，按复杂土层进行计算，但此两种算法的经验设定参数均带有一定的主观性，在稳定计算方法的选取方面，各评估单位大多采用了瑞典圆弧滑动法，个别采用了简化毕肖普法或摩根斯顿-普莱斯法，降雨入渗导致弃渣场上层土体含水量增加，会形成一定厚度强度指标较低的高含水率土层，使得渣土体为非均质状态，弃渣边坡的潜在滑动面易呈非圆弧形，因此相比较而言，摩根斯顿-普莱斯法更适用于降雨入渗条件下的弃渣场稳定计算，采用该方法进行稳定计算的首要工作是确定弃渣场上层不同含水率土层的厚度。

该文章还对连续降雨期边坡抗滑稳定计算方法进行了探讨。先推求降雨入渗量，由于影响降雨入渗的因素较多，且与降雨入渗量难以建立全面且准确的量化关系，文章根据水量平衡方程，采用水文分析法推求降雨入渗量，降雨期间蒸发作用较弱，短时间内蒸发量较小，且在弃渣场使用结束后一般也按要求对场区进行平整，计算时可忽略蒸发量和表层填注量，对于弃渣场等面积较小的区域，降雨量可采用该区域点雨量数值，点雨量可根据给定的降雨历时和频率，利用各地区中小流域设计暴雨洪水图集来进行计算；然后概化计算条件，当遭遇一定强度以上的连续降雨时，雨水入渗会导致弃渣场上层土体含水量增加，并形成一定厚度的饱和土层，饱和土层以下土体的含水率会在一定深度范围内自上而下由饱和含水率逐渐降低至天然含水率，含水率渐变土层

以下仍为天然含水率土层，为便于计算时的参数选取，将降雨入渗工况计算条件概化为：弃渣场上层为连续降雨造成的饱和土，下部仍为自然状态；最后按照 GB 51018 的有关规定，采用摩根斯顿-普莱斯法进行降雨入渗条件下的弃渣场稳定计算。

该文章从某个角度对连续降雨期间弃渣场稳定计算进行了初步探讨。

鉴于连续降雨对弃渣场稳定的影响非常复杂，可能涉及降雨历时、降雨强度、渣体组成、上下游水位变化、防洪排导措施运行状况等多种因素，实际运用时建议评估人员从多角度分析并进行综合判断。

6.2.5 本条对稳定性计算方法和抗滑稳定安全系数做出了相应规定，说明如下：

稳定计算方法及抗滑稳定安全系数与 GB 51018 保持一致，所依据的理论为极限平衡理论，具体根据弃渣场场地及渣体的情况，选取瑞典圆弧法、简化毕肖普法、摩根斯顿-普赖斯法、改良圆弧法进行抗滑稳定计算，这些方法已在大量的工程中应用，比较成熟可靠。近年来，随着计算机水平的发展，一些大型工程利用数值分析模拟来进行边坡稳定性分析和计算，使用比较多的是各类有限单元法、边界单元法或离散单元法等，在电脑软件中再现各类坡体的变形、失稳等过程，直观体现坡体内部应力变化模式，并快速地计算出安全系数，本标准也是鼓励采用的。

6.2.6 本条对弃渣场的抗滑稳定分析计算断面选取做出了相应规定，说明如下：

1 平缓场地弃渣场一般情况下不存在弃渣场整体滑动的情况，斜陡场地弃渣场的整体抗滑稳定计算选取的代表性断面一般沿原地面主坡方向，如果原地面有多个坡向时，应在各坡向上均至少选择 1 个典型断面进行计算，断面选择时需考虑坡高、坡比、坡长等条件，以及软弱夹层等情况。

2 根据工程实践经验，堆渣综合边坡和台阶边坡的抗滑稳定分析计算大部分是通过选取典型断面进行分析计算获得的，通

过对典型断面的计算达到全面反映弃渣场堆渣综合边坡和台阶边坡的稳定状况。堆渣综合边坡和台阶边坡的抗滑稳定分析计算典型断面一般是指最不利断面或能反映弃渣场综合边坡或局部台阶边坡稳定状况的断面。当一个断面不能反映总体情况时，应根据实际情况选择多个断面作为计算典型断面。首先，可根据弃渣场的类型来选择典型断面，坡地型弃渣场可选择沿坡度方向的堆渣剖面，沟道型弃渣场、临河型弃渣场可选择临近沟道出口或临河侧堆渣边坡剖面，库区型弃渣场可选择受水位涨落影响的堆渣边坡剖面，平地型弃渣场可选择临近重要建（构）筑物侧的堆渣边坡剖面；其次，可根据弃渣场边坡高度、边坡坡比、分级堆放情况来选择典型断面。另外，还应参考渣体的岩（土）体物理力学特性指标、现场查勘情况、历史堆渣过程资料等选择代表性断面。

2017 年，河南省水利勘测设计研究有限公司在开展南水北调中线工程 DMS 弃渣场稳定性评估时，根据弃渣场的类型、堆置高度、堆置方式，结合地质勘察剖面、参数、现场查勘情况，对堆渣综合边坡和台阶边坡各选择了 2 条代表性断面来进行稳定性计算，具体如下：

（1）DMS 弃渣场概况。

DMS 弃渣场位于南水北调总干渠穿黄工程入口东北侧，堆渣量约 860 万 m^3，占地面积约 81.18hm^2，类型为坡地型，原地面综合坡度 10°，渣场级别为 2 级，地震基本烈度Ⅶ度，分 3 个平台堆放，弃渣四周边坡坡比介于 1∶1.73 至 1∶1.43 之间，地理位置及地质勘察断面布置如图 4 所示。弃渣场最大边坡高度 30m，位于三级平台东侧，1—1′勘测断面东端，该处边坡分三级，综合坡比 1∶1.73，最陡段边坡坡比约 1∶1。

（2）地质勘察情况。

弃渣场位于黄河南岸邙山岭区，属黄土地貌，在勘探深度范围内，渣料来源的岩性较均一，差异不大，揭露地层岩性为人工堆积的渣填土（Q_s）及第四系上更新统风积（Q_3^{eol}）的马兰黄

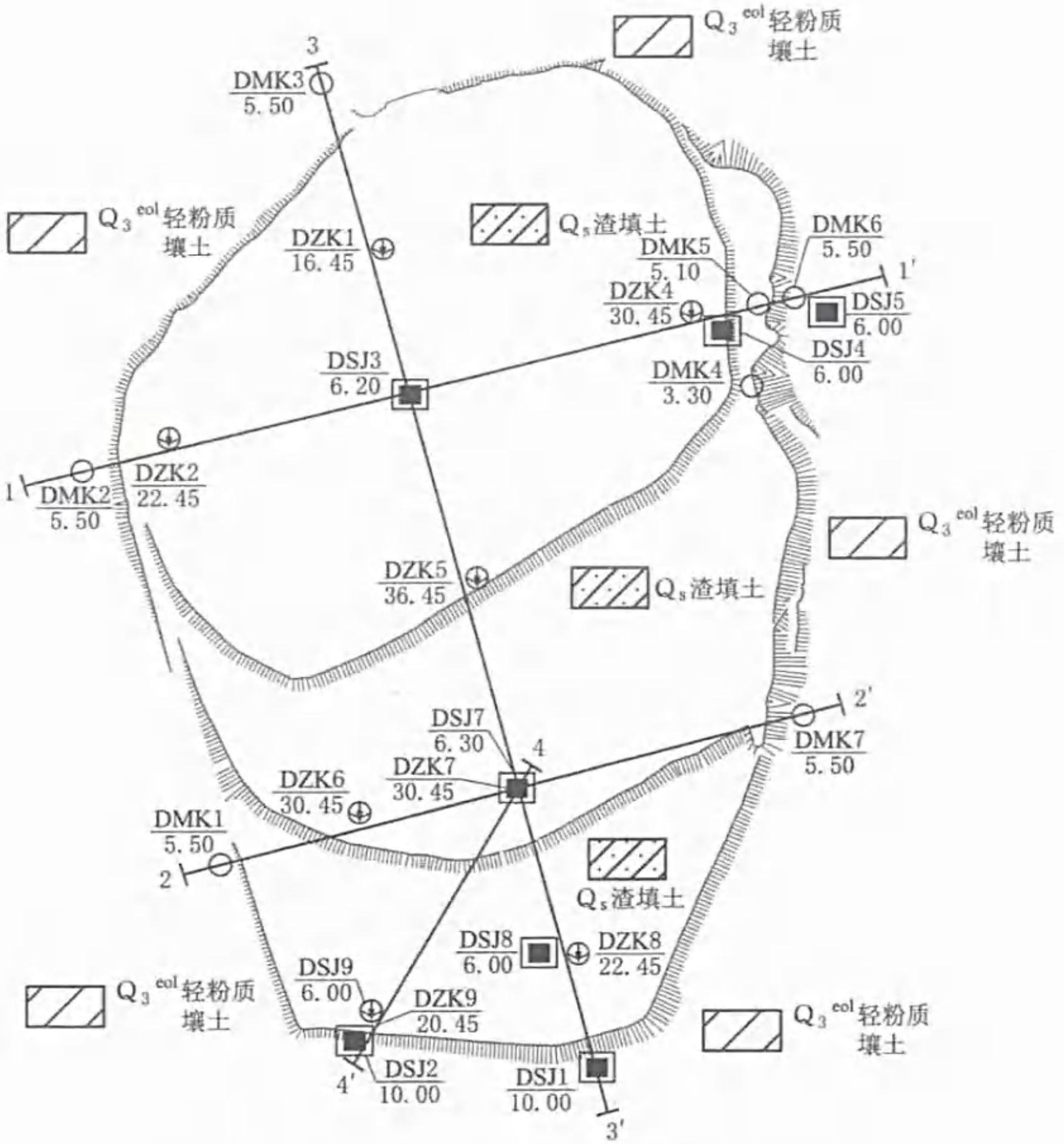


图 4　DMS 弃渣场位置及地质勘察断面布置图

土，岩性为轻粉质壤土，属湿陷性轻微～湿陷性中等，具自重湿陷，场区地下水埋藏较深，勘察深度内未见地下水，渣体湿陷性为轻微～强烈，弃渣及地基土中无软弱夹层，各土体单元物理力学性指标建议值见表 3。

（3）现场查勘情况。

弃渣场坡脚设有浆砌石镇墩，顶面设有浆砌石埂及截排水沟，边坡草灌防护，一级、二级平台顶面为苗圃，三级顶面为荒

草地，措施总体运行良好，局部存在损毁现象，渣场西侧建有一座景观塔楼，该处弃渣边坡高度约 10m，塔楼与弃渣最近距离约 60m，南侧弃渣坡脚与南水北调总干渠最小距离约 100m。

表 3　DMS 弃渣场各土体单元物理力学性指标建议值表

岩土编号	地层岩性	物理性质		自然快剪		饱和快剪	
		天然容重 γ /(kN/m³)	饱和容重 γ /(kN/m³)	凝聚力 C /kPa	内摩擦角 φ /(°)	凝聚力 C /kPa	内摩擦角 φ /(°)
①	填土（Q_s）	16.88	18.44	15.0	21.0	12.0	14.0
②	轻粉质壤土（Q_3^{eol}）	15.82	19.42	30.0	23.0	12.0	16.0

（4）典型计算断面的选取。

根据 DMS 弃渣场资料和本标准弃渣场稳定安全评估级别的相关规定，DMS 弃渣场的稳定安全评估工作级别为斜陡场地评估三级渣场，按照本标准应计算断面不应少于 2 个。根据弃渣场类型、渣场堆置方式、勘测成果和现场调查情况，3—3′勘测断面纵贯弃渣场南北，与弃渣前场地坡度基本一致，该断面先后与一级、二级、三级平台边坡交叉，交叉处弃渣边坡高度、坡比均具有较强的代表性，因此，选取 3—3′勘测断面作为堆渣综合边坡和台阶边坡典型断面进行稳定性分析计算。同时，选取 1—1′勘测断面（东端）堆渣高度最大、边坡坡度最陡，且距离敏感因素较近，作为最不利断面也进行稳定性分析计算。

6.2.7　本条对弃渣场的整体稳定性分析做出了相应规定，说明如下：

1　弃渣场的整体沿软弱夹层滑动的情况包括两种，一是场地存在软弱夹层时，沿场地内的软弱夹层进行滑动；二是场地地质条件较好但渣体内部存在贯通的软土层、淤泥土层，整体滑动沿该层进行滑动。

2　与设计资料对比时，重点分析结论不一致的情况，在对

评估过程和成果校对复核的基础上，从堆渣高度、边坡坡比、渣料来源、堆置方式、外部边界条件的变化等方面进行分析。

6.2.9 弃渣场的整体、堆渣综合边坡及台阶边坡的抗滑稳定计算完成后，需与 GB 51018 中抗滑稳定安全系数进行对照分析，给出稳定或不稳定的评价结论。以南水北调中线一期工程两个弃渣场稳定计算为例，进一步说明不同情况下稳定计算过程，这两个均不存在整体稳定性问题，以下仅示例堆渣综合边坡和台阶边坡的稳定计算。

（1）斜陡场地弃渣场稳定性分析，以 DMS 弃渣场为例说明：

——渣场基本情况：条文说明 6.2.6 中介绍了 DMS 弃渣场的概况、地质勘察及现场查勘情况，选取了 1—1′勘测断面（东端）和 3—3′全断面作为堆渣综合边坡代表性计算断面，选取 3—3′断面二级台阶边坡和 3—3′断面三级台阶边坡作为台阶边坡代表性计算断面。

——稳定计算：根据前述基本情况判定，DMS 弃渣场稳定计算分为正常运用工况、非常运用（地震）工况，还核算了连续降雨期边坡的抗滑稳定性。正常运用工况为弃渣场处于正常和持久的最终状态，渣体无渗流；非常运用（地震）工况为弃渣场在正常运用工况下遭遇Ⅶ度地震；连续降雨期核算为弃渣场在正常运用工况下遭遇连续降雨。抗滑稳定计算采用不计条块间作用力的瑞典圆弧滑动法，2 级渣场抗滑稳定安全系数允许值查 GB 51018 确定，正常工况下为 1.20，非常运用工况（地震）及连续降雨期为 1.10，抗滑稳定安全系数计算值见表 4，其相应的潜在滑动面如图 5 和图 6 所示。

——稳定性分析：DMS 弃渣场水土保持施工图设计弃渣边坡坡比为 1∶1.75，根据勘测成果，部分弃渣场现状边坡未达到设计要求，经计算，3—3′断面（典型断面）在 3 种工况下的抗滑稳定安全系数均满足 GB 51018 的要求，为稳定边坡；1—1′断面（最不利断面）在 3 种工况下的抗滑稳定安全系数均小于 1，

不满足 GB 51018 的要求，为不稳定边坡。根据地质勘察成果，DMS 弃渣场弃渣的湿陷性为轻微～强烈，基底土的湿陷性为轻微～中等，根据现场调查情况，场区内已存在因边坡坡度较陡、坡面土体湿陷引起的裂缝、塌陷等现象，造成了浆砌石田埂、排水沟、镇墩等水土保持措施局部破坏。

表 4　DMS 弃渣场抗滑稳定安全系数计算表及允许值表

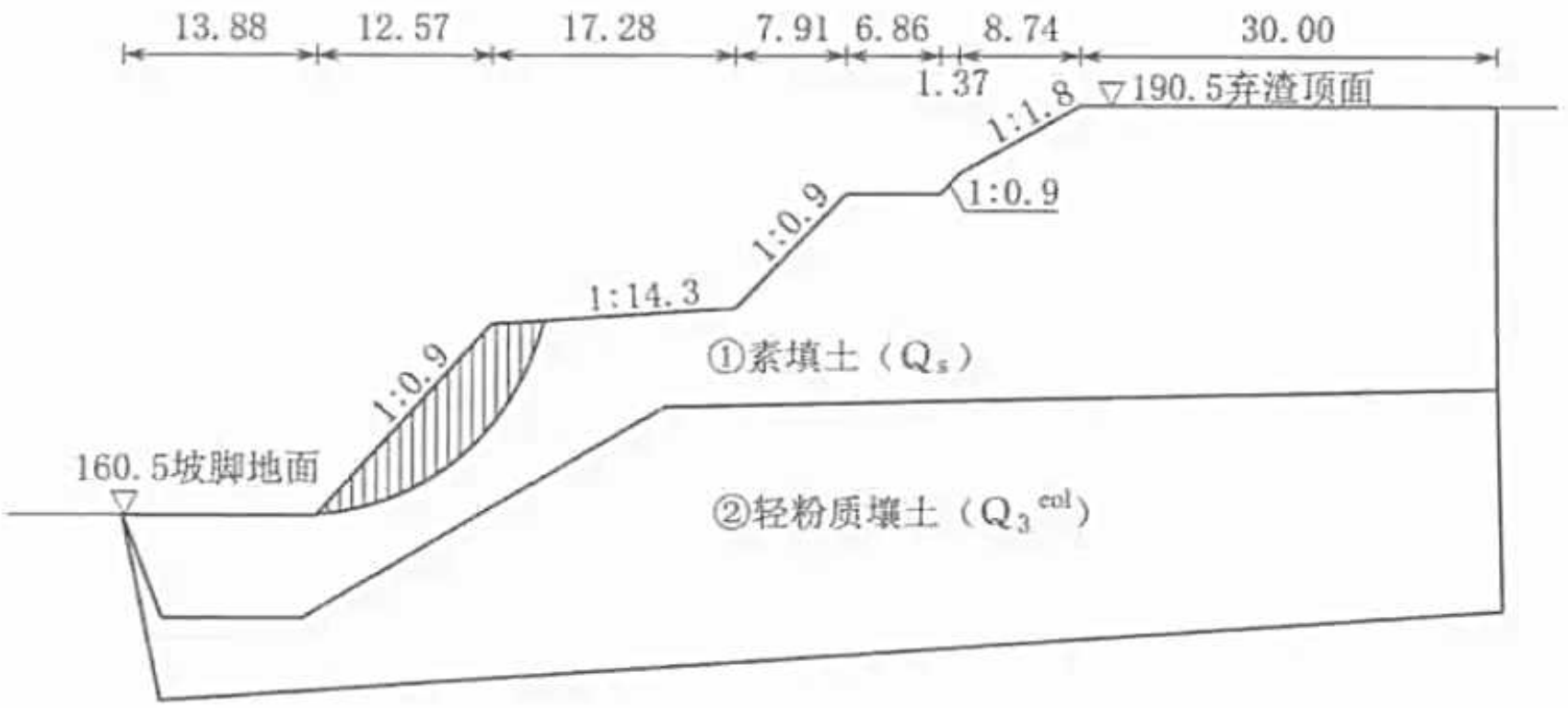
序号	计算断面	抗滑稳定安全系数（瑞典圆弧滑动法）					
		正常工况		非常工况（地震）		连续降雨期	
		计算值	允许值	计算值	允许值	计算值	允许值
1	1—1′断面（东端）	0.965	1.20	0.930	1.10	0.923	1.10
2	3—3′全断面	1.201	1.20	1.136	1.10	1.146	1.10
3	3—3′断面二级台阶边坡	1.266	1.20	1.213	1.10	1.216	1.10
4	3—3′断面三级台阶边坡	1.356	1.20	1.295	1.10	1.302	1.10

评估单位在上述稳定性分析及其他稳定安全评估的基础上，经分析认为 DMS 弃渣场为第二类渣场，结论为基本稳定安全，需进行局部整改，评估单位提出需进行局部整改的建议。

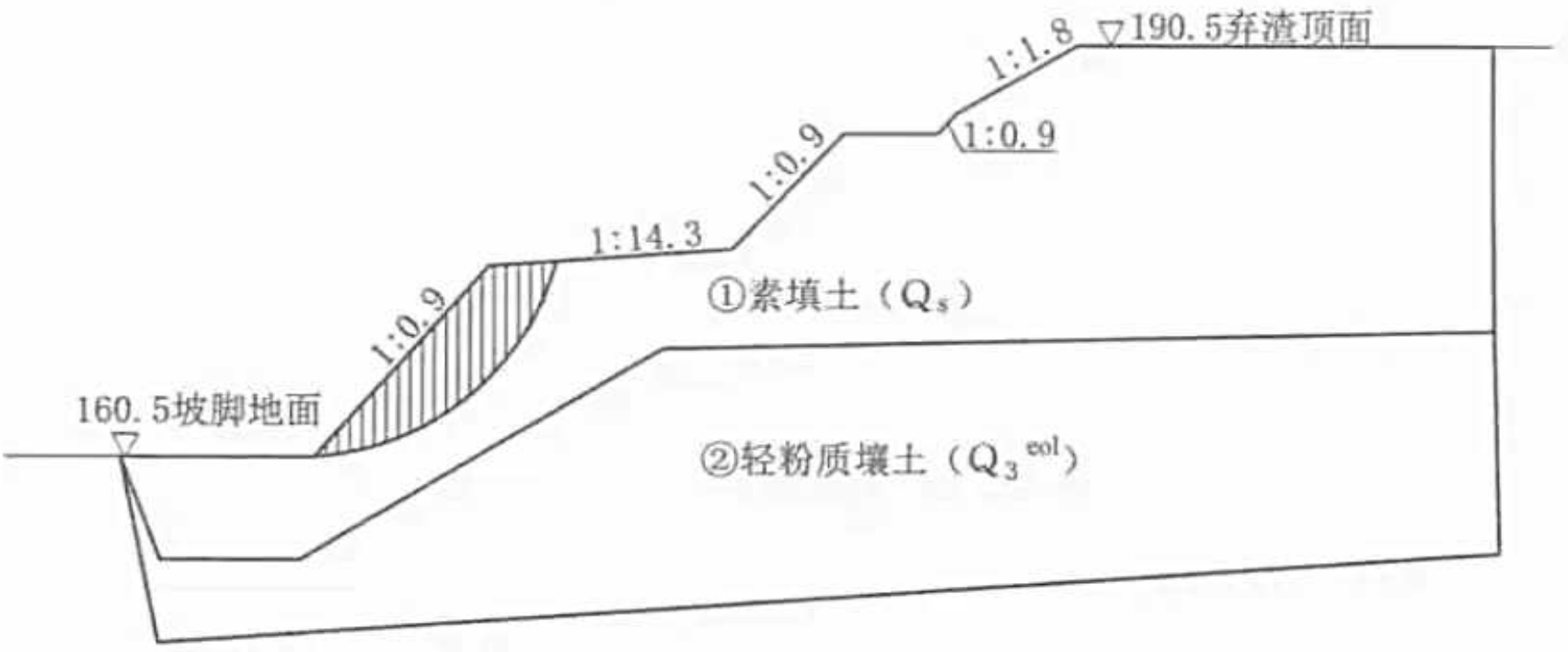
2018—2019 年建设单位组织设计单位开展了 DMS 弃渣场的整改设计，组织施工单位开展了该弃渣场的整改施工，通过验收后再经评估单位进行复核，该弃渣场稳定计算后抗滑稳定安全系数满足 GB 51018 的要求，DMS 弃渣场稳定性分析结论为稳定。

（2）平缓场地弃渣场边坡稳定性分析，以 MC 弃渣场为例说明：

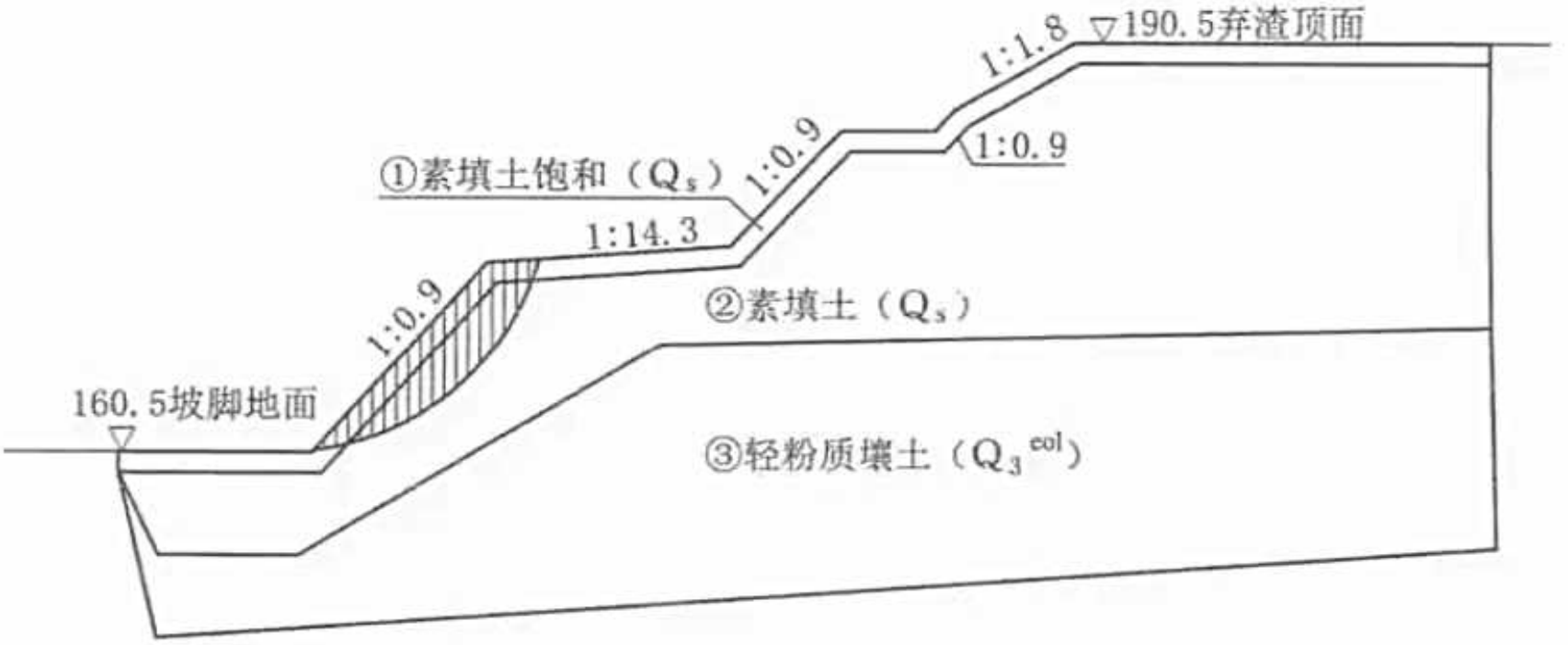
——MC 弃渣场概况：该弃渣场位于南水北调总干渠右岸，距总干渠堤防 300m，堆渣量约 86 万 m^3，占地面积约 17.67hm^2，为平地型渣场，级别为 4 级，地震基本烈度Ⅶ度，分东、西两个地块堆放，中间被生产路隔开，一级放坡，顶面均自西北向东南缓倾，西侧地块边坡最高处约 4m；东侧地块边坡最高处约 7m，



（a）1—1′勘测断面（东端）正常运用工况潜在滑动面位置

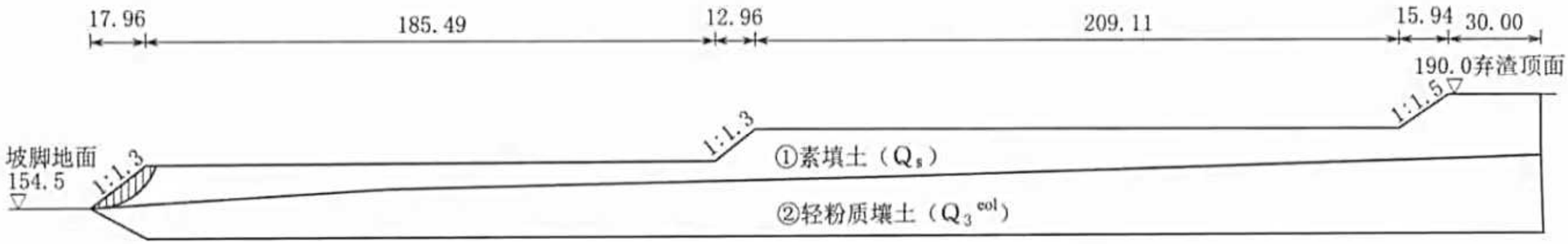


（b）1—1′勘测断面（东端）非正常运用（地震）工况潜在滑动面位置

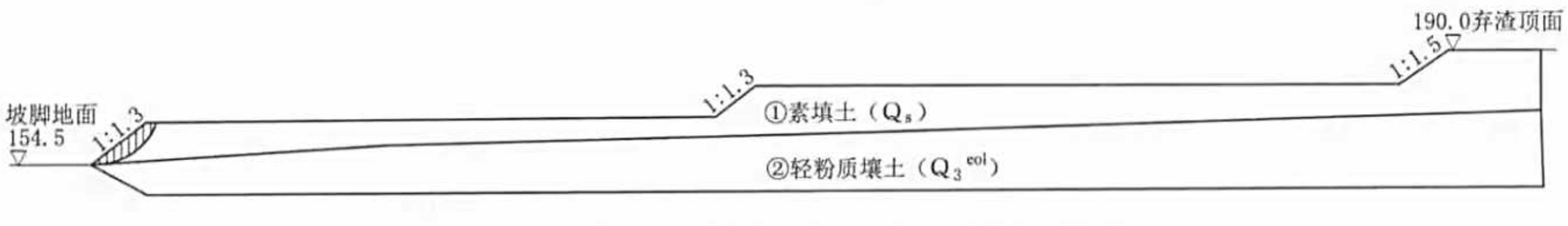


（c）1—1′勘测断面（东端）连续降雨期工况潜在滑动面位置

图 5　DMS 弃渣场 1—1′勘测断面（东端）情况及潜在滑动面位置图



（a）3—3′勘测断面正常运用工况潜在滑动面位置



（b）3—3′勘测断面非正常运用（地震）工况潜在滑动面位置



（c）3—3′勘测断面连续降雨期工况潜在滑动面位置

图 6　DMS 弃渣场 3—3′勘测断面情况及潜在滑动面位置图

边坡坡比约1：1.5，该渣场稳定安全评估工作级别为平缓场地评估四级渣场，按照本标准应计算断面不应少于2个。

——地质勘察情况：场区位于太行山前冲洪积倾斜平原，地形平坦，渣料来源的岩性较均一，差异不大，揭露地层岩性为人工堆积的渣土体（卵石等）及重粉质壤土（Q_2^{alp}），场区地下水埋藏较深，弃渣为非均质体，弃渣及地基土中无软弱夹层，各土体单元物理力学性指标建议值见表5。

表5　MC弃渣场各土体单元物理力学性指标建议值表

岩土编号	地层岩性	物理性质		自然快剪		饱和快剪	
		天然容重 γ /(kN/m³)	饱和容重 γ /(kN/m³)	凝聚力 C /kPa	内摩擦角 φ /(°)	凝聚力 C /kPa	内摩擦角 φ /(°)
①	渣土体（卵石、重粉）	15.78	18.46	19	14	18	12
②	重粉质壤土（Q_2^{alp}）	18.13	18.97	20	16	18	14

——现场查勘情况：弃渣场坡脚设有浆砌石排水沟，坡面间断布设混凝土排水沟，顶面复耕，边坡草灌防护，坡脚排水沟和坡面排水沟运行基本良好，周边无敏感因素。

——代表性计算断面的选取：根据弃渣场类型、渣场堆置方式、勘测成果和现场调查情况，渣场东地块东侧边坡高约7m，坡比1：1.4，为该弃渣场最不利边坡，选取该处边坡作为典型性断面进行稳定性分析计算，另一个计算断面选择西地块的西侧边坡。

——稳定计算：根据前述基本情况判定，MC弃渣场稳定计算分为正常运用工况、非常运用（地震）工况，还核算了连续降雨期边坡的抗滑稳定，其安全系数按非常运用工况。正常运用工况为弃渣场处于正常和持久的最终状态，渣体无渗流；非常运用（地震）工况为弃渣场在正常运用工况下遭遇Ⅶ度地震；连续降雨期核算为弃渣场在正常运用工况下遭遇连续降雨。抗滑稳定计

算采用不计条块间作用力的瑞典圆弧滑动法，4级弃渣场抗滑稳定安全系数允许值查GB 51018确定，正常工况下为1.15，非常运用工况（地震）及连续降雨期为1.05，抗滑稳定安全系数计算值见表6。

表6　孟村弃渣场抗滑稳定安全系数计算表及允许值表

序号	计算断面	抗滑稳定安全系数（瑞典圆弧滑动法）					
		正常工况		非常工况（地震）		连续降雨期	
		计算值	允许值	计算值	允许值	计算值	允许值
1	渣场东地块东侧边坡	1.378	1.15	1.327	1.05	1.292	1.05
2	渣场西地块西侧边坡	1.453	1.15	1.412	1.05	1.305	1.05

——稳定性分析：MC弃渣场东地块东侧边坡（最不利边坡）和西地块的西侧边坡（代表性断面）在3种工况下的抗滑稳定安全系数均大于GB 51018规定的允许值，满足GB 51018的要求，MC弃渣场稳定性分析结论为稳定。

6.3　防护措施对弃渣场稳定安全的影响评价

6.3.1　防护措施为弃渣场拦挡工程、防洪排导工程、斜坡防护工程、土地整治工程、植被恢复与建设工程的统称，且防护措施为弃渣场稳定安全评估时的现状防护措施。弃渣场重要防护措施和一般防护措施主要依据防护措施对弃渣场安全的影响大小进行判定。弃渣场可能有一项或几项重要防护措施，重要防护措施一旦失事，可能会造成弃渣场局部滑动、崩塌及潜在的失稳，直接关系到弃渣场的安全运行。如：起抗滑作用的拦挡工程、汇流范围较大的沟道型或坡地型弃渣场的防洪排导工程、具有固定沟床和排导泥石流的工程、具有坡面防渗作用的混凝土护坡等均应判定为重要防护措施。其他的防护措施损毁后虽可能发生水土流失，但不会危及弃渣场安全，如仅起拦渣作用的拦挡工程，以及汇流面积较小的截排水工程，均可判定为一般防护措施。

6.3.2 防护措施对弃渣场稳定安全的影响评价包括两方面内容。一是防护措施实施及运行情况分析，对工程现状的完好程度、有无损毁及功能发挥情况、与设计的一致性、与现行技术标准的相符性等进行分析评价，并根据其对弃渣场稳定安全的重要程度判定弃渣场的重要或一般防护措施，再选取不同的方法进行评价；二是防护措施试运行管理状况分析，主要从工程管理和维护角度出发，根据防护措施完工后至水土保持设施验收移交期间的运行状况，分析其正常运行的保障能力。根据分析评价结果，对现状存在问题提出合理化整改建议。

6.3.3 对于在 SL 575—2012《水利水电工程水土保持技术规范》发布之前实施的弃渣场，其工程设计标准可能与现行标准不同，对重要防护措施进行评价时应分别复核是否满足设计标准和现行标准，工程若满足设计标准但不满足现行标准，应将评估结果及可能发生的风险告知建设单位，并提出合理化建议。

6.3.4 本条给出了拦挡工程对弃渣场安全的影响评价规定，补充说明如下。

1

1）拦挡工程外观评价主要内容包括三方面。一是分析工程外观尺寸变化，根据现场调查或测量资料中的拦挡工程尺寸，与拦挡工程设计断面型式进行对比分析。二是评价工程外观质量，主要评价拦挡工程表面的平整度及观感，主要包括砌体是否排列、铺放整齐，勾缝宽度是否均匀，砂浆填塞是否平整，是否有石块脱落；混凝土是否有蜂窝空洞、麻面，是否有钢筋外露或锈蚀；土石坝工程是否填筑平整等。三是查看工程有无变形或损毁情况，混凝土拦挡工程主要查看有无倾覆、裂缝；浆砌石工程主要查看有无倾覆、裂缝、塌陷、不均匀沉降、冲毁等现象；土质拦渣堤、拦渣坝主要查看有无孔洞、不均匀沉降、塌陷、裂缝、滑坡、集中渗漏等现象。

3）拦挡工程复核计算应结合弃渣场堆置形式、拦挡工程现状情况选取有代表性的断面进行。对作为重要防护措施的挡渣墙，外观危及建筑物乃至弃渣场安全的变形或损毁时，应复核其现状情况下的抗滑稳定、抗倾覆稳定和基底应力等计算；外观有变形或损毁的拦渣坝，根据需要复核其抗滑稳定、坝体应力、调洪验算及坝顶超高等计算。

对拦挡工程的稳定、调洪验算、堤顶超高、堤脚冲刷等采用公式计算法复核，具体要求详见 GB 51018—2014《水土保持工程设计规范》、SL 575—2012《水利水电工程水土保持技术规范》，根据计算结果分析工程是否满足设计及现行规范要求。复核计算需要采用现状条件下的地质参数，要求弃渣场地质勘察断面和钻孔布置综合考虑防护措施的评价要求。

2 同一个弃渣场可能会因为拦挡工程作用的不同，既包括重要拦挡工程，又包括一般拦挡工程。进行拦挡工程对弃渣场安全的影响评价时，需重点对重要拦挡工程综合考虑各项措施对弃渣场安全影响的评价结果，评价结论以影响较大的为准，就高不就低。

拦挡工程对弃渣场安全影响评价案例：

某山丘区 XH 弃渣场堆渣量 209 万 m^3，堆渣最大高度堆高 38m，为 2 级弃渣场。弃方主要由碎石、含碎石壤土及壤土组成，场地地基岩性自上而下：Q_3^1 黄土状壤土，Q_1 含砾壤土，P_{2sh} 砂岩，O_{2m} 灰岩。

XH 弃渣场设计为：坡脚设置浆砌石挡渣墙，挡渣墙后弃渣分级堆放，每高度 6m 分一级，边坡坡比为 1∶2.5。挡渣墙型式为直立式重力挡墙，挡渣墙设计高 3.0mm，墙后填土 2.5m，预留部分超高，顶宽为 0.6m，墙面边坡为 1∶0.5，基础埋深 0.6m，内外各留 0.3m 墙趾，底部设 0.15m 厚碎石垫层，挡渣墙上布设 1 排排水孔，水平孔距为 2m。挡渣墙布置如图 7 所示，结构设计见图 8 所示。

XH 弃渣场的挡渣墙仅具有堆渣坡脚拦挡功能，对弃渣场的



图 7　XH 弃渣场挡渣墙布置图

图 8　XH 弃渣场挡渣墙结构图

稳定不起抗滑作用，因此判定该挡渣墙为一般防护措施。

经现场调查和评价，已实施的浆砌石挡渣墙长度、砌筑材料、断面型式及结构尺寸与设计一致；挡渣墙表面平整，砌体排列、铺放较整齐，勾缝宽度基本一致，砂浆填塞平整，外观质量较好；局部挡渣墙有少量裂缝。经分析，挡渣墙外观评价结论为较好，对弃渣场安全基本无影响。

6.3.5　本条给出了防洪排导工程对弃渣场安全的影响评价规定，补充说明如下。

1　防洪排导工程根据其对弃渣场安全的影响大小判定是否为重要防护措施。防洪排导工程按所处空间，可分为地面防洪排导工程和地下防洪排导工程。地面防洪排导工程的规模与弃渣场的汇流范围有直接关系，一般山区和丘陵区的弃渣场汇流范围和地形坡度较大，周边汇流若不能及时排出将浸润弃渣场，提高弃渣场内地下水位和渣体含水率，或冲刷渣体形成弃渣场水土流失，造成弃渣场稳定隐患，严重时危及弃渣场安全，因此山区、丘陵区弃渣场的防洪排导工程对弃渣场安全至关重要，原则上将其判定为重要防护措施；平原区弃渣场的汇流范围主要与弃渣场面积和堆高有较大关系，渣体堆高较大的弃渣场顶面及边坡的汇水集中下泄对坡脚也会造成较大冲刷危害，另外平原区弃渣场还应分析其周边汇流范围大小、经过河流规模等情况，分析周边的行洪影响，平原区弃渣场需综合分析以上因素判定防洪排导工程是否为重要防护措施。地下防洪排导工程主要布设在有涝渍灾害或大型沟道型弃渣场，用于排除地下水和降低地下水位，评估时应根据地下水位对弃渣场安全影响的重要程度判定是否将地下防洪排导工程判定为重要防护措施。

1）防洪排导工程外观评价主要结合现场调查和测量进行简要分析。调查防洪排导工程的外观尺寸、外观质量、历史洪痕、有无排洪（水）渠（沟）进口堵塞、出口冲刷、结构损坏、沟渠漫溢等不良现象，初步判定防洪排导工程的过流能力和工程质量，综合判断其对弃渣场的安全影响。不同材料防洪排导工程的外观质量评价内容可参考拦挡工程。

2）部分多雨地区且汇流量较大的弃渣场或设置在大坝下游坡脚的弃渣场，为排出渣体内积水设置了盲沟、导渗沟、截渗沟等隐蔽排水工程，对弃渣场的安全运行有重要作用。评估时对隐蔽工程的评价以分析建设期资料为主，并结合弃渣场安全监测资料及出水口冲痕等情况，判定其排水是否通畅，定性评价其运行情况。

3）当防洪排导工程判定为重要防护措施时，需分析设计、施工、监理资料，并结合弃渣场安全监测、现场调查等资料，分析其上游或上侧汇流范围、地形地貌、下游泄洪排水等边际条件变化，根据变化情况，复核防洪排导工程是否满足设计标准和现行标准的要求。

若与设计相比，弃渣场上游汇流范围发生变化，应采用最新地形及水文资料进行水文分析，进行设计洪水复核或调洪计算，并复核排洪工程设计断面的过流能力，评价防洪排导工程现状抗（泄）洪能力是否满足设计和现行标准的要求。

对于建成时间比较久的弃渣场，无设计资料时，应确定防洪排导工程的设计标准和防洪标准，收集和分析项目区气象水文资料、地形资料等，采用最新地形图进行水文计算，据此复核防洪排导工程现状抗（泄）洪能力是否满足现行规范和安全要求。

拦洪坝、拦渣堤的工程级别和防洪标准应符合 GB 50201—2014《防洪标准》要求，防洪排导工程设计流量采用小流域面积设计流量公式计算，满足 SL 575—2012《水利水电工程水土保持技术规范》要求，拦洪坝的调洪验算应符合 SL 104—2015《水利工程水利计算规范》要求，拦洪坝坝顶安全超高、河道凹岸段水位超高值应满足 SL 575 要求，排洪明渠过水断面主要尺寸、设计水深及超高应满足 GB 50288—2018《灌溉与排水工程设计标准》的要求，排水沟不冲不淤流速应满足 SL 575—2012《水利水电工程水土保持技术规范》要求。

对存在损毁、淤积、冲刷且对弃渣场安全产生影响的防洪排导工程，应根据现场运行情况分析措施破坏的原因，并结合弃渣场稳定评估开展必要的勘察工作，对工程的结构安全及防洪排导能力等进行复核计算。

2 在同一个弃渣场可能会因为防洪排导工程作用的不同，既包括重要防洪排导工程，又包括一般防洪排导工程。进行工程对弃渣场安全的影响评价时，需综合考虑该弃渣场的重要防洪排导工程和一般防洪排导工程的评价结果，评价结论以影响较大的

为准，就高不就低。

防洪排导工程对弃渣场安全影响评价案例：

（1）BQ 弃渣场。

BQ 弃渣场为低山区沟道型弃渣场，由西南向东北倾斜，地面高程为 153.36～205.58m，沟道纵坡 10%～15%。弃渣场占地面积 5.60hm^2，堆渣量 114 万 m^3，弃渣主要为含碎石壤土，场地基础为黄土状壤土。上游汇流面积 0.88km^2，距弃渣场下游 200m 处为集中居民点和某旅游公路。

BQ 弃渣场沿沟道按六级堆放，单级堆高 2～8m，堆放边坡坡比约 1∶2.5。其中自下而上一～四级平台为工程弃渣，五级、六级平台为采石尾矿砂，六级平台上游为废弃的采石场。

设计在五级平台边坡处设混凝土挡渣坝，坝顶宽 3.0m，顶长 129m，共分为 10 个坝段，中间的两个坝段为溢流坝段，溢流净宽 25m，坝顶至下游地面高程间采用消能跌水台阶，坝脚下游设长 20.0m、厚 0.5m 的混凝土护底。一～四级平台中间设浆砌石跌水工程，浆砌石跌水台阶宽 15m，每节台阶高 0.4m，宽 1m，坡度为 1∶2.5，底板厚度 500mm，跌水两侧设置干砌石护坡。稳定评估时，弃渣场防护措施已实施完毕。拦渣坝布置如图 9 所示，4 号跌水典型剖面如图 10 所示。

BQ 弃渣场汇流面积较大，坡度较陡，汛期汇流较大，对下游有一定危害，因此将拦渣坝和跌水工程确定为重要防护措施。根据现场调查和测量，拦渣坝和跌水工程均已按设计实施，措施外观尺寸与设计一致，表面平整，质量良好，弃渣场内无淤积、冲刷情况，溢流末端消能防冲效果良好，经评价防洪排导工程的外观评价结论为完好。

防护措施建设完毕后，BQ 弃渣场上游汇流范围、下垫面覆盖情况等均与原设计一致，经对其原设计进行复核，原设计的坝体过流能力、坝体稳定和基底应力及冲刷计算成果均满足规范要求。

因此综合以上分析评价，防洪排导工程对 BQ 弃渣场的安全

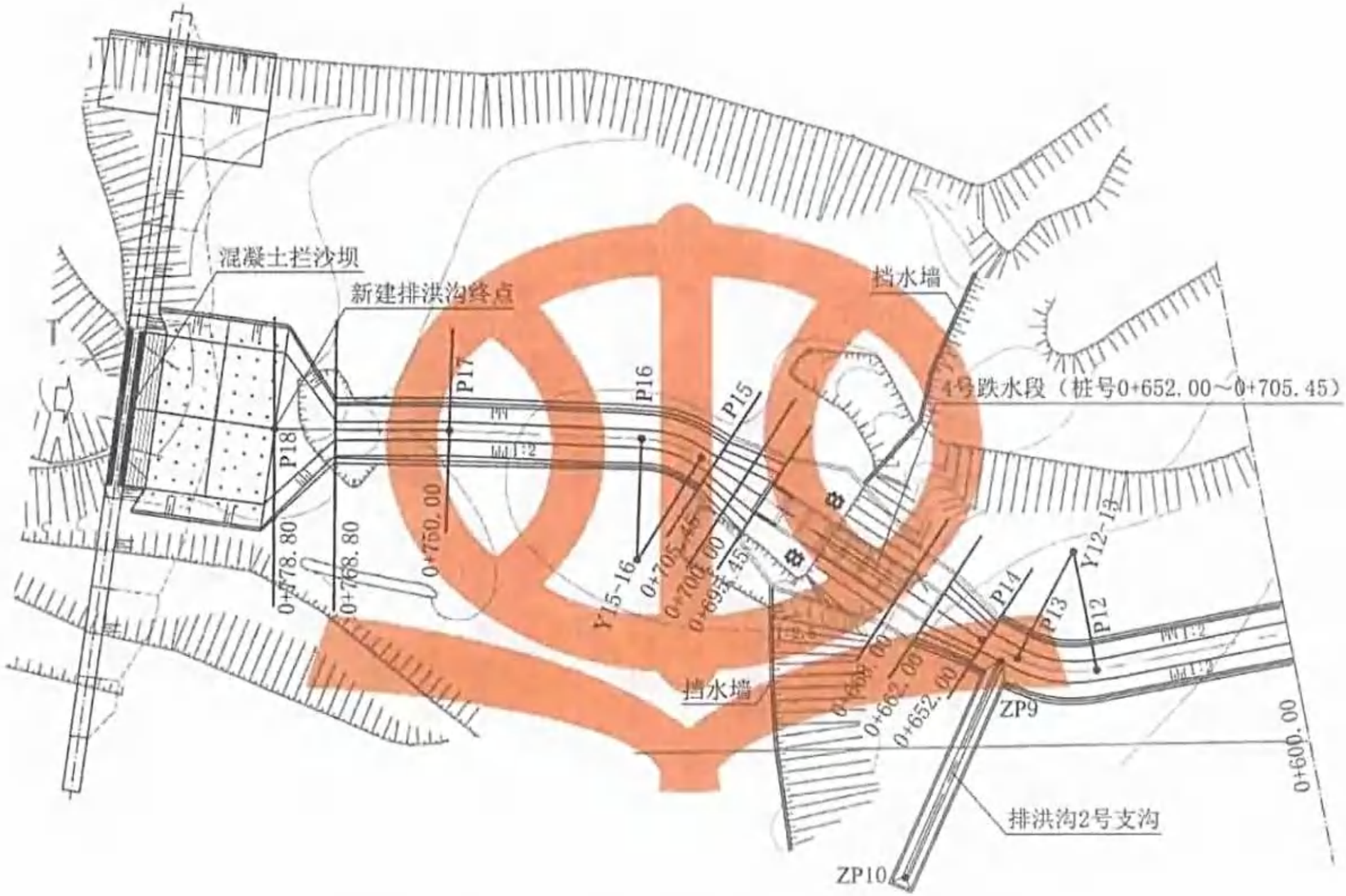


图 9　BQ 弃渣场防洪排导工程平面布置图（局部）

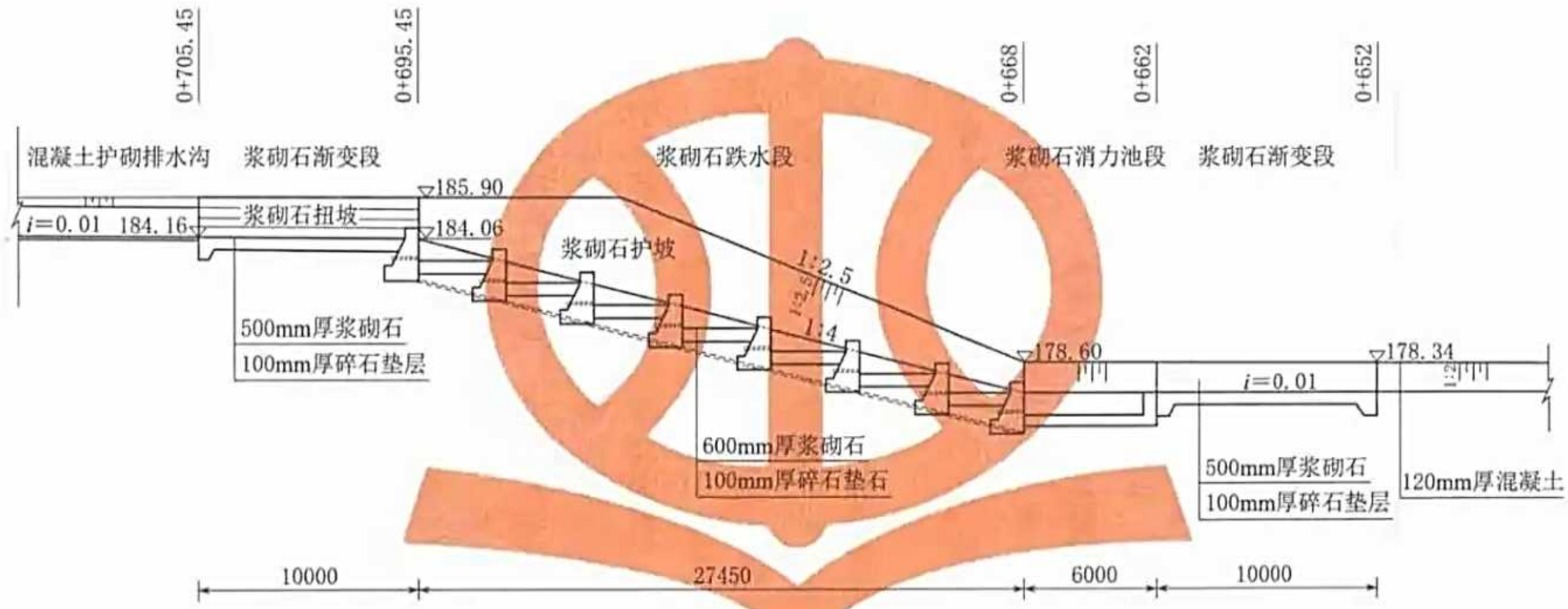


图 10　BQ 弃渣场 4 号跌水剖面图

基本无影响。

（2）平原区 HF 弃渣场。

HF 弃渣场为山前平原区沟道型弃渣场，堆渣量 262 万 m^3，占地面积 49.63hm^2，最大堆高 6.5m，周围无敏感因素，属于 3 级弃渣场。弃渣场最大堆高 6.5m，边坡现状坡比 1∶2～1∶2.5。弃方主要由少量杂填土和 Q_4 黏土组成，场地土壤为 Q_4 黏土。

弃渣场防洪排导工程设计为：弃渣场顶面中间设一条纵向排水沟，以排除上游村庄排水及弃渣场范围汇水。排水沟设计流量采用小流域面积计算，弃渣场沟道外围汇流面积为 0.26km^2，含弃渣场及周边汇流区域的截排水范围共 0.63km^2，设计排水流量为 12.54m^3/s。排水沟采用梯形浆砌石结构型式，底宽 90cm，深 120cm，边坡坡比 1∶1.5，末端设消力池。排水沟布置见图 11。

经复核 HF 弃渣场设计资料及现场堆放情况，弃渣堆放、现状汇流范围、顶面地形地貌等与设计基本一致，弃渣场顶面平均比降 2%，地势平缓。由于 HF 弃渣场位于平原区，且汇流范围较小，因此将排水沟判定为一般防护措施。

经现场调查，已实施排水沟断面型式和尺寸与设计一致；排水沟表面平整，外观质量良好；排水沟无淤积、冲刷破坏及漫溢现象；但末端无消能防冲设施，坡脚有冲刷现象，破坏较小；因此外观评价结论为较差。考虑到排水沟为一般防护措施，因此综合评价认为排水沟对弃渣场安全的影响较小，为避免弃渣场排水沟下游冲刷破坏，建议对排水沟末端补充防冲或导流措施。

6.3.6 本条给出了斜坡防护工程对弃渣场安全的影响评价规定，补充说明如下。

1 对于斜坡防护工程来说，根据其对弃渣场稳定安全所起作用的大小，分为重要的斜坡防护工程和一般斜坡防护工程。包括但不限于临河型弃渣场的护坡、护脚，高、陡渣体边坡上设置的锚杆、土工格栅等，具有坡面防渗作用的混凝土护坡、土工膜防护等，因它们起着防止水流冲刷、渣体边坡变形滑移、弃渣场

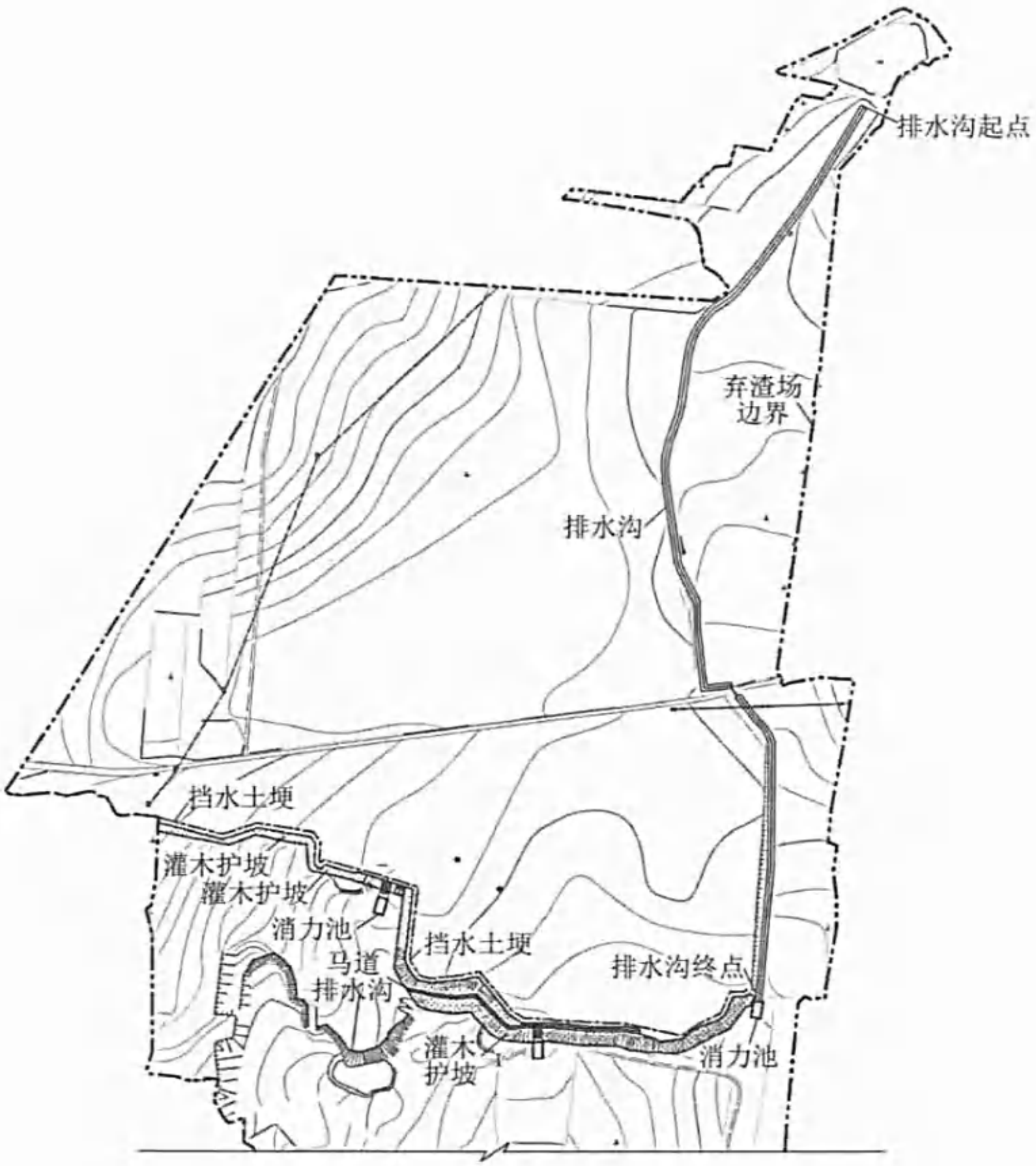


图 11　HF 弃渣场排水沟平面布置图

发生渗透破坏等重要作用，其质量的好坏，可能直接影响着弃渣场的稳定安全，此类斜坡防护工程称为重要的斜坡防护工程；一般的砌石护坡、生态护坡等，其对弃渣场的稳定安全影响不大，称为一般斜坡防护工程。

对于缺失、损毁或功能丧失后直接影响弃渣场稳定安全的重要斜坡防护工程，当其外观有变形或损毁等情况时，包括被水流冲毁的护坡和护脚，宜通过定量分析评价其对弃渣场稳定安全的影响大小。

对于一般斜坡防护工程，可采用定性分析评价其对弃渣场稳定安全的影响大小。

2　对于重要的斜坡防护工程，若其未按设计实施或现状损毁严重、功能丧失，则存在重大安全隐患，可能直接影响弃渣场的稳定安全，应评价其对弃渣场的安全影响较大，并对其进行全面整改，以确保弃渣场的稳定安全。

对于一般斜坡防护工程，即使其未按设计实施或现状损毁严重、功能丧失，对弃渣场稳定安全的影响也不大，可评价其对弃渣场安全的影响较小，只需对其进行修复即可。

6.3.7　本条给出了土地整治工程对弃渣场安全的影响评价规定，补充说明如下。

1　对于基础资料缺乏的水利水电工程弃渣场，在开展土地整治工程对弃渣场安全的影响评价时，需补充开展必要的调查和实地测量，主要包括土地表面平整度、沉降及裂缝情况、坑洼及沟槽情况、地面附着物情况等。

对于土地整治工程来说，即使其未按设计实施或实施不完善，也一般不会造成堆渣边坡变形滑移等稳定安全问题。但是，土地整治工程实施不到位形成的坑凹积水、复耕水田、水浇地或蓄水设施等损坏，可能会使得渣体含水量过高而影响弃渣场的稳定安全。

2　土地整治工程对弃渣场安全的影响评价，以外观定性评价为主，辅以必要的测量进行定量评价。土地整治工程对弃渣场安全的影响评价可采用资料分析法和现场调查法：

（1）资料分析法。通过收集、分析土地整治工程相关资料，分析土地整治工程实施情况，评价其对弃渣场安全的影响。

（2）现场调查法。通过调查，分析平整度、沉降及裂缝、坑洼及沟槽、地面附着物等外观质量情况，评价其功能是否正常发挥和对弃渣场安全的影响。

6.3.8　本条给出了植被恢复与建设工程对弃渣场安全的影响评价规定，补充说明如下。

1　对于基础资料缺乏的水利水电工程弃渣场，在开展植被恢复与建设工程对弃渣场安全的影响评价时，需补充开展必要的调查和实地测量，主要包括植物配置方式及生长状况、植被覆盖度、灌溉条件、临坡侧表层土剥落情况、对河道行洪的影响程度等。

对于植被恢复与建设工程来说，即使其未按设计实施或实施不完善，也一般不会造成堆渣边坡变形滑移等稳定安全问题。但是，植被恢复与建设工程实施不到位、植被覆盖度较低造成渣体表面裸露，雨水冲刷形成的水土流失也会对弃渣场的稳定安全产生一定影响；后期植被抚育管护时，如浇灌时间较长、水量过大，可能会使得渣体含水量过高而影响弃渣场的稳定安全；对于临河型弃渣场，其临河侧坡面存在高大或茂密树木、侵占河道行洪断面较大时，可能会影响河道行洪，造成河道水位抬升、流速加大从而冲刷渣体，影响弃渣场的稳定安全。

2　植被恢复与建设工程对弃渣场安全的影响评价，以资料分析定性评价为主，辅以必要的测量进行定量评价。植被恢复与建设工程对弃渣场安全的影响评价可采用资料分析法和现场调查法：

（1）资料分析法。通过收集植被恢复与建设工程相关资料，分析植被恢复实施情况，评价其对弃渣场安全的影响。

（2）现场调查法。通过调查，分析植物配置方式及生长状况、植被覆盖度、灌溉条件、临坡侧表层土剥落情况、对河道行洪的影响程度等，评价其功能是否正常发挥和对弃渣场安全的影响。

植物配置方式及生长状况、植被覆盖度调查采用样方测量和面积推算法为主。调查样方选择有代表性的地块作为标准地，一般采用正方形、长方形、圆形（草地、草坪），标准地的面积为投影面积，乔木林面积宜大于 400m^2，样方尺寸 20m×20m 或 20m×30m。灌木林面积宜为 25～100m^2，样方尺寸 5m×5m 或 10m×10m。草地面积宜为 1～4m^2，样方尺寸 2m×2m 或可采

用圆形抛圆环。

植被覆盖度为地块内植被覆盖面积与地块总面积的百分比。野外调查常采用线段法或插针法。①线段法：用测绳或皮尺在所选定样方植物上方水平拉过，垂直观察植物在测绳上的投影长度，并用卷尺测量。植物总投影长度与测绳或样方总长度之比，即为植物覆盖度。在选定样方内测定三次求其平均值。②插针法：在所选定样方内，选取 2m×2m 的小样方，测绳每 20cm 处用细针（ϕ2mm）做标记，顺次在小样方内的上、下、左、右间隔 20cm 的点上，从植物的上方垂直插下，针与植物相接触即算有，不接触即算无。针与植物相接触点数占总点数的比值，即为植被覆盖度。用此法在样方不同位置取 3 条线段求取平均值。

6.3.9 本条给出了防护措施对弃渣场稳定安全的影响评价的综合结论，补充说明如下。

1 防护措施试运行管理的目的是通过对弃渣场在堆渣结束之后、防护措施已实施完成且水土保持设施验收之前这段试运行期运行管理状况的分析，评价弃渣场现有管理工作是否满足弃渣场安全运行的需要，并为改进弃渣场运行管理工作提供指导性意见和建议。

防护措施试运行管理的内容主要包括对弃渣场管理机构、管理制度、管理设施等试运行管理能力的分析，安全监测和维修养护等试运行资料的分析，弃渣场维修养护情况的分析等。

管理机构和管理制度的分析主要是复核弃渣场是否按照 SL 575 等标准的规定组织建立适合弃渣场运行管理需要的管理单位，明确管理单位责任人和相应的管理人员，制定适合弃渣场实际的正常运行、安全监测、维修养护、行政管理、技术档案等管理制度。

管理设施的分析主要是复核弃渣场安全监测设施、工程维修养护设备和应急抢险设施等是否完备和处于正常运行状态。

安全监测和维修养护等试运行资料的分析主要是复核弃渣场是否按照 SL 277 等标准的要求，定期开展弃渣场安全巡视检查

与仪器监测、维修养护等工作，并及时对安全监测和维修养护等试运行资料进行整编分析、建立技术档案，用于指导弃渣场安全运行。

弃渣场维修养护情况的分析主要是复核弃渣场管理单位和权属人是否按照 GB 51018 等标准的规定，对拦挡工程、防洪排导工程、斜坡防护工程、土地整治工程、植被恢复和建设工程、监测设施等进行经常性的检查、测试、养护及修理，以及对影响弃渣场安全的生物破坏进行防治，以使弃渣场处于安全和完整的工作状态。

6.4 弃渣场周边敏感因素分析

6.4.1 条文中所说的“经初步评估、整改和复核，在得出明确稳定安全结论且满足验收条件的基础上，对弃渣场周边可能存在的敏感因素进行分析”，适用于“评估时弃渣场现状周边敏感因素与原设计相比增多”或“评估时弃渣场现状周边敏感因素与原设计无变化，且原设计已考虑全部周边敏感因素”的情况。

对于“评估时弃渣场现状周边敏感因素与原设计无变化，但有部分周边敏感因素原设计未考虑”的情况，在初步评估时就应分析原设计未考虑的周边敏感因素是否影响原弃渣场设计成果，进而影响渣场稳定安全。对于影响渣场稳定安全的，应提出整改建议。

6.4.2 在进行资料分析及现状调查时，应查明弃渣场周边是否存在敏感因素。对敏感因素识别要全面、不能遗漏，尤其要重点分析原设计边界条件与评估时弃渣场现状周边敏感因素的变化情况以及弃渣场级别和设计标准是否满足现行标准的规定。

弃渣场周边涉及的生态环境、人民生命及财产、公共基础设施等的敏感因素均属于敏感因素，其种类众多，包括但不限于城镇、工矿企业、居住区、军事设施、水库大坝、水利水电枢纽生活管理区、水利工程取用水建筑物、泄水建筑物、灌（排）干渠（沟）、干线铁路、公路、机场、桥梁、航道、高压输变线路、铁

塔等。敏感因素类别可参考 GB 51018—2014《水土保持工程设计规范》、GB/T 32864—2016《滑坡防治工程勘查规范》等的规定。

6.4.3 对实施与原设计一致且评价结论为稳定、防护措施对弃渣场的安全基本无影响的弃渣场，对其周边存在的敏感因素，补充说明如下。

1 当评估时弃渣场现状周边敏感因素与原设计相比增多时，应分析弃渣场对新增敏感因素可能存在的潜在风险并告知弃渣场管理单位或权属人，同时可对弃渣场管理单位或权属人提出合理的处理建议。例如，某沟道型弃渣场在设计时下游并无敏感因素，但安全评估时弃渣场下游正在修建一条等级公路。此时，评估人员应分析已建弃渣场对新建等级公路可能存在的潜在风险，并将其告知弃渣场管理单位或权属人。同时，评估人员可对弃渣场管理单位或权属人提出加强等级公路防护或调整等级公路线路等合理化建议。又如，某沟道型弃渣场在设计时上游并无敏感因素，但安全评估时在该弃渣场所在沟道的上游正在修建一座水库。此时，评估人员应分析水库建成后是否影响原弃渣场设计成果，进而影响弃渣场稳定安全。对于影响弃渣场稳定安全的，评估人员应将其告知弃渣场管理单位或权属人。同时，评估人员可对弃渣场管理单位或权属人提出加强弃渣场防护或加强弃渣场管理等合理化建议。

2 当评估时弃渣场现状周边敏感因素与原设计无变化，但弃渣场级别和设计标准不符合现行标准的规定时，应按现行标准对弃渣场级别和设计标准进行复核。当弃渣场级别和设计标准不满足现行标准的规定时，应分析弃渣场未按现行标准进行设计可能对周边敏感因素产生的潜在风险，并将其告知弃渣场管理单位或权属人。同时，可对弃渣场管理单位或权属人提出合理的处理建议。

例如，南水北调中线一期工程的弃渣场在设计时现行标准尚未施行，在对部分弃渣场的防护措施对进行稳定安全影响评价

时，发现其设计标准不满足 GB 51018—2014《水土保持工程设计规范》等现行标准的规定。此时，评估人员应分析弃渣场防护措施未按现行标准进行设计可能对周边敏感因素产生的潜在风险，并将其告知弃渣场管理单位或权属人。同时，评估人员可对弃渣场管理单位或权属人提出改扩建、拆除重建不满足现行标准要求的防护措施等合理化建议。

6.4.4 对于需进行整改的第二类渣场和第三类渣场，提出的整改建议中可考虑现状弃渣场周边敏感因素的影响。

6.5 评估结论与建议

6.5.1 根据本标准表 6.1.2，综合弃渣场稳定性分析、防护措施对弃渣场安全的影响评价给出的评估结论，为验收提供依据。弃渣场稳定安全评估报告是在进行弃渣场现状调查的基础上，通过评估工作，给出评估结论。

6.5.2 根据弃渣场的稳定安全评估结论，对各类弃渣场提出建议方案，重点是第二类渣场和第三类渣场。