

ICS 27.140

P 59

备案号：J2494—2018

NB

中华人民共和国能源行业标准

P

NB/T 35111—2018

水电工程渣场设计规范

Design Code for Spoil Areas of Hydropower Projects

2018 - 04 - 03 发布

2018 - 07 - 01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国能源行业标准

水电工程渣场设计规范

Design Code for Spoil Areas of Hydropower Projects

NB/T 35111—2018

主编部门：水电水利规划设计总院

批准部门：国家能源局

施行日期：2018年7月1日

中国水利水电出版社

2018 北京

国家能源局
公 告

2018 年 第 4 号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法(试行)〉及实施细则的通知》(国能局科技〔2009〕52号)有关规定,经审查,国家能源局批准《风力发电机组振动状态评价导则》等168项行业标准,其中能源标准(NB)56项、电力标准(DL)112项,现予以发布。

附件:行业标准目录

国家能源局
2018年4月3日

NB/T 35111—2018

附件：

行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
...						
31	NB/T 35111— 2018	水电工程渣场 设计规范			2018-04-03	2018-07-01
...						

前 言

根据《国家能源局关于下达 2014 年第一批能源领域行业标准制(修)订计划的通知》(国能科技〔2014〕298 号)的要求,规范编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国内先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本规范。

本规范的主要技术内容是:渣场选址和布置、渣场分级和设计标准、渣场稳定分析、渣场挡护、渣场截排水、渣场监测与管理。

本规范由国家能源局负责管理,由水电水利规划设计总院提出并负责日常管理,由能源行业水电勘测设计标准化技术委员会负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送水电水利规划设计总院(地址:北京市西城区六铺炕北小街 2 号,邮编:100120)。

本规范主编单位:中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

本规范参编单位:中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司

中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司

本规范主要起草人员:任金明 曾建平 王永明 周垂一

陈永红 邓 渊 杜运领 秦光辉

何俊乔 钟伟斌 刘占博 陈义军

涂小兵 吴文洪 田达松 吴 伟

本规范主要审查人员:魏志远 常作维 崔 磊 卢兆钦

石青春 春光魁 李家亮 许文涛

代振峰 王永胜 付 峥 曹驾云

周春根 王洪军 韩建博 张万全

何 伟 岳增壁 李仕胜

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	3
4	渣场选址和布置	4
4.1	一般规定	4
4.2	渣场选址	4
4.3	渣场布置	5
5	渣场分级和设计标准	6
5.1	渣场分级	6
5.2	设计标准	7
6	渣场稳定分析	9
6.1	一般规定	9
6.2	渣场荷载及其组合	9
6.3	渣场岩土物理力学参数选择	11
6.4	渣场抗滑稳定分析	11
7	渣场挡护	13
7.1	一般规定	13
7.2	渣场坡脚支挡	13
7.3	渣场坡面防护	13
8	渣场截排水	15
8.1	一般规定	15
8.2	渣体排水方式	15
8.3	渣体外截排水方式	15
8.4	截排水建筑物设计	16
9	渣场监测与管理	18

附录 A 渣场边坡抗滑稳定计算方法	19
附录 B 渣体堆置自然安息角	22
本规范用词说明	23
引用标准名录	24
附:条文说明.....	25

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms	2
3	Basic Requirements	3
4	Site Selection and Layout of Spoil Areas	4
4.1	General Requirements	4
4.2	Site Selection of Spoil Areas	4
4.3	Layout of Spoil Areas	5
5	Classification and Design Standard of Spoil Areas	6
5.1	Classification of Spoil Areas	6
5.2	Design Standard	7
6	Stability Analysis of Spoil Areas	9
6.1	General Requirements	9
6.2	Load and Load Combination	9
6.3	Selection of Rock/Soil Physical and Mechanical Parameters ...	11
6.4	Analysis of Stability Against Sliding	11
7	Retaining and Protection of Spoil Areas	13
7.1	General Requirements	13
7.2	Retaining Structure at Slope Toe	13
7.3	Slope Surface Protection	13
8	Water Interception and Drainage of Spoil Areas	15
8.1	General Requirements	15
8.2	Drainage Methods in Stockpiles	15
8.3	Water Interception and Drainage Methods Outside Stockpiles	15
8.4	Design of Water Interception and Drainage Structures	16

9 Monitoring and Management of Spoil Areas 18

Appendix A Calculation Method of Slope Stability Against
Sliding of Spoil Areas 19

Appendix B Natural Repose Angle of Stockpiles 22

Explanation of Wording in This Code 23

List of Quoted Standards 24

Addition; Explanation of Provisions 25

1 总 则

- 1.0.1 为规范水电工程渣场设计，制定本规范。
- 1.0.2 本规范适用于大、中型水电工程渣场设计。
- 1.0.3 渣场设计应做到因地制宜、安全可靠、经济合理，并满足环境保护与水土保持要求。
- 1.0.4 水电工程渣场设计，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 渣场 spoil area

水电工程施工中用于堆放弃料的场地、渣体及其挡排防护建筑物。
重在一个“弃”字

2.0.2 永久渣场 permanent spoil area

在水电工程施工期及电站永久运行期均存在的渣场。

2.0.3 临时渣场 temporary spoil area

仅在水电工程施工期存在的渣场。

???渣体汇水面积指什么?渣场顶部面积、整个渣场投影面积、露出地表的渣场表部真实面积???

3 基本规定

3.0.1 渣场设计应根据渣场布置要求,收集水文、地形地质、环境保护、水土保持等方面的资料

3.0.2 渣场水文资料应包括渣场所在区域的汇水流域面积、设计洪水流量和渣体汇水面积、降雨强度等资料。

3.0.3 临江、临河侧的渣场,应收集渣场场址处河道的水位流量关系资料。

3.0.4 渣场地形、地质资料应满足下列要求:

1 地形图比例尺精度应满足相应设计阶段要求。

2 渣场堆渣区域地质勘察内容及深度应满足相应阶段勘察要求。

3 渣场地质勘察宜针对堆渣区域、渣场挡护设施、渣场截排水建筑物展开。

4 对拟布置渣场的沟道,应查明泥石流特性,并对堆渣场地作出适宜性评价,提出防治方案的建议。

3.0.5 渣场设计内容应包括渣场选址布置,确定渣场级别及设计标准,进行渣场稳定分析、渣场挡护、截排水设施设计,提出渣场监测与管理方案及措施。

4 渣场选址和布置

4.1 一般规定

- 4.1.1 渣场选址应根据工程土石方平衡成果确定的渣场容量，选择满足堆渣容量要求的场地。
- 4.1.2 渣场应选择地形、地质条件适宜的堆渣场地，对于地形、地质条件适应性差的渣场，需采取相应的工程措施。
- 4.1.3 堆渣体应满足安全稳定和后期利用要求。
- 4.1.4 渣场选择和布置应结合施工总布置规划统筹考虑。
- 4.1.5 与转存料场结合的渣场，转存料回采完成后，剩余的渣料应采取防护措施保证渣体稳定或清运至其他渣场堆置。

4.2 渣场选址 → 已废止

4.2.1 渣场选址应符合现行行业标准《~~水电工程施工组织设计规范~~》DL/T 5397、《~~水电水利工程施工总布置设计导则~~》DL/T 5192和《~~水电建设项目水土保持方案技术规范~~》DL/T 5419的有关规定。

4.2.2 渣场不得布置于法律规定禁止的区域；不得影响工程、居民区、交通干线或其他重要基础设施的安全。

4.2.3 渣场选址地形图比例尺不应小于 1 : 5000。

4.2.4 渣场选址应遵循下列原则：

- 1 渣场位置应与场内交通、渣料来源相适应。转存料场应便于渣料回采，避免或减少反向运输。
自己理解：转存料场又分为很多类，这里指转存渣料的转存料场???
- 2 渣场宜靠近开挖作业区的山沟、山坡、荒地、河滩等地段，不占或少占耕地、林地。

3 有条件时渣场可选在水库死水位以下，不应妨碍施工期

导流度汛及永久建筑物的正常运行。

4 利用下游河滩地布置渣场时，渣场不得影响河道的正常行洪、航运和抬高下游水位。

5 不宜在泥石流沟设置渣场，确需设置的，应进行专门论证，采取必要的防治措施确保渣场安全稳定。

6 渣场地基承载力应满足堆渣要求，渣场底部应无软弱结构面。

4.3 渣场布置

4.3.1 渣场布置场地地形图比例尺不应小于 1 : 2000，渣场拦挡建筑物地形图比例尺不应小于 1 : 1000。

4.3.2 渣体堆渣高度不宜超过 200m，超过 200m 应进行专门论证研究。

4.3.3 堆渣高度 50m 以上的渣场，宜考虑各高程段堆渣道路的布置。

4.3.4 根据渣场布置，应计算渣场总容量及分高程对应的堆渣容量，1 级、2 级渣场宜采用三维建模的方法计算堆渣容量。

4.3.5 渣场同时堆置工程开挖有用与无用土石料时，应设置明确堆渣分区，便于有用料的回采。渣场堆置开挖有用土石料，还叫渣场

4.3.6 临江、临河侧布置的渣场，应进行渣场占用河道过流断面行洪影响分析，确保渣场布置不影响河道行洪。

5 渣场分级和设计标准

5.1 渣场分级

5.1.1 渣场级别应根据渣场规模及失事后对主体工程或环境造成的危害程度划分为5个级别，并按表5.1.1的规定确定。

表 5.1.1 渣场级别

规模	渣场分级	堆渣量 $V(\text{万 m}^3)$	最大堆渣高度 $H(\text{m})$	渣场失事对主体工程或环境的危害程度
特大型	1	$V \geq 300$	$H \geq 100$	严重危害
大型	2	$300 > V \geq 100$	$100 > H \geq 60$	较严重危害
中型	3	$100 > V \geq 50$	$60 > H \geq 20$	中等危害
小(1)型	4	$50 > V \geq 10$	$20 > H \geq 10$	较轻危害
小(2)型	5	$V < 10$	$H < 10$	无危害

注：1 按堆渣量、最大堆渣高度、渣场失事对主体工程或环境的危害程度确定的渣场级别不一致时，应按高级别执行。

2 渣场失事对主体工程的危害是指对主体工程施工和运行的影响程度；渣场失事对环境的危害是指对城镇、乡村、工矿企业、交通等建筑物的影响程度。

3 严重危害是指相关建筑物遭到大的破坏或功能受到大的影响，可能造成人员伤亡和重大财产损失的。

4 较严重危害是指相关建筑物遭到大的破坏或功能受到大的影响，需进行专门修复后才能投入正常使用。

5 中等危害是指相关建筑物遭到破坏或功能受到影响，及时修复可投入正常使用。

6 较轻危害或无危害是指相关建筑物遭到较小破坏或功能受到影响较小，及时修复或无需修复可投入正常使用。

5.1.2 渣场挡护、排水建筑物级别应根据渣场对应的级别选择，并按表5.1.2的规定确定。

表 5.1.2 渣场挡护、排水建筑物级别

渣场分级	挡护建筑物级别		排水建筑物
	挡水坝	支挡结构	
1	3	3	3
2	4	4	4
3、4、5	5	5	5

5.2 设计标准 设计标准只包括洪水标准和抗滑稳定吗???

5.2.1 洪水标准应按永久渣场与临时渣场分别确定。

5.2.2 永久渣场洪水标准应根据渣场级别按表 5.2.2 的规定确定。

表 5.2.2 永久渣场洪水标准

渣场级别	1	2	3	4、5
洪水重现期 (年)	100	100~50	50~30	30~10

5.2.3 临时渣场洪水标准应根据渣场级别按表 5.2.3 的规定确定。

表 5.2.3 临时渣场洪水标准

渣场级别	1	2	3~5
洪水重现期 (年)	20	20~10	10~5

5.2.4 渣场边坡抗滑稳定最小安全系数应符合表 5.2.4 规定的数值。

边坡抗滑稳定问题就是边坡稳定问题吗？也就是说边坡稳定问题只包括边坡抗滑稳定???

表 5.2.4 渣场边坡抗滑稳定最小安全系数

计算方法	运用条件	渣场级别			
		1级	2级	3级	4级、5级
不计条块间作用力	持久状况	1.25	1.20	1.15	1.10
	短暂状况	1.15	1.10	1.05	1.05
	偶然状况	1.10	1.05	1.05	1.05

续表 5.2.4

计算方法	运用条件	渣场级别			
		1级	2级	3级	4级、5级
简化毕肖普法、摩根 斯顿-普莱斯法	持久状况	1.35	1.30	1.25	1.20
	短暂状况	1.25	1.20	1.15	1.10
	偶然状况	1.15	1.10	1.10	1.05

计及条块间作用力

6 渣场稳定分析

正常状况就是持久状况???自:是

6.1 一般规定

6.1.1 渣场稳定分析应按永久渣场与临时渣场分别考虑。永久渣场应考虑正常、短暂、偶然三种设计状况，临时渣场应考虑正常、短暂两种设计状况。

6.1.2 临时渣场应按施工期渣体最大填筑高度以及最不利填筑体型进行稳定分析。

6.1.3 对地质条件较差或结构受力复杂的渣场，其抗滑稳定分析宜作专门研究，并应采取工程措施确保渣场整体稳定。

6.1.4 有场地利用要求的渣场，应按其使用要求进行相应的分析论证。

6.2 渣场荷载及其组合

6.2.1 渣场边坡稳定分析时，永久渣场应分别进行基本荷载组合和偶然荷载组合计算分析，临时渣场进行基本荷载组合计算分析。

6.2.2 渣场荷载及作用应主要包括自重荷载、水荷载、加固力、地震作用、其他荷载或作用。其类别划分应符合下列要求：

- 1 渣场岩土体及附属建筑物的自重，宜包括：
 - 1) 岩土体自重。
 - 2) 渣场附属建筑物自重。
 - 3) 渣场顶部其他设备自重。
- 2 地下水产生的荷载，宜包括：
 - 1) 持久状态地下水产生的荷载。
 - 2) 挡水坝拦蓄后引起的地下水产生的荷载。

- 3) 含水量较高的细颗粒渣料引起的地下水产生的荷载。
- 4) 暴雨或久雨引起的地下水产生的荷载。
- 5) 库水位引起的地下水产生的荷载。
- 6) 泄洪雾化引起的地下水产生的荷载。

- 3 渣场进行挡护时施加的加固力。
- 4 其他出现机会较多的荷载。
- 5 校核水位对应的地下水产生的荷载。
- 6 地震作用。
- 7 其他出现机会很少的作用。

6.2.3 荷载组合应符合表 6.2.3 的规定。

表 6.2.3 荷载组合

设计状况	荷载组合	主要考虑情况	荷载类别					备注
			自重	地下水	加固力	地震荷载	其他荷载	
持久状况	基本组合	1. 正常运用情况	1	2 1)	3	—	4	
		2. 上游挡水坝库内高水位情况	1	2 2)	3	—	4	沟道型渣场，上游设置挡水坝
		3. 渣场内部存在含水量较高的细颗粒渣料情况	1	2 3)	3	—	4	与砂石加工系统配套的渣场，易产生石粉、泥饼等细颗粒渣料
短暂状况	基本组合	1. 施工期情况	1	2 1)	—	—	4	施工过程各个阶段临时荷载
		2. 暴雨或久雨情况	1	2 4)	3	—	4	
		3. 库区内水位骤降情况	1	2 5)	3	—	4	水位在设计正常蓄水位、洪水位与死水位之间降落
		4. 泄洪雾化情况	1	2 6)	3	—	4	

渣场需在水库库区内???

2(?) 还是2下面的荷载都要考虑???

续表 6.2.3

设计状况	荷载组合	主要考虑情况	荷载类别					备注
			自重	地下水	加固力	地震荷载	其他荷载	
偶然状况	偶然组合	1. 库区内校核洪水水位骤降情况	1	5	3	—	7	水库水位的非常降落, 如自校核洪水水位降落、降落至死水位以下, 以及大流量快速泄空
		2. 地震情况	1	2	3	6	7	

注: 1 基本组合为第 6.2.2 条第 1 款~第 4 款的永久和可变作用产生的效应组合, 偶然组合应在基本组合下计入第 6.2.2 条第 5 款~第 7 款的一个偶然作用。
 2 荷载类别中数字 1~7 分别表示第 6.2.2 条中对应的 7 类荷载, 1)~6) 分别表示第 6.2.2 条第 2 款中 6 类荷载对应项下的细分荷载。

6.2.4 渣场边坡稳定分析计算时, 各种条件下地下水产生的荷载宜通过渗流分析确定。

6.3 渣场岩土物理力学参数选择

6.3.1 渣场地基的岩土物理力学参数宜采用地质建议值或通过工程类比确定, 也可通过试验确定。

6.3.2 渣体的物理力学参数应考虑渣料性质和排水条件, 通过工程类比或试验确定。

不考虑地质建议值了吗???

6.4 渣场抗滑稳定分析

6.4.1 渣场边坡抗滑稳定分析计算宜采用瑞典圆弧法、简化毕肖普法、摩根斯顿-普莱斯法。渣场边坡抗滑稳定计算方法应符合本规范附录 A 的规定。

6.4.2 渣场边坡稳定分析计算应符合下列规定:

- 1 砂、碎石或砾石堆积物宜按平面滑动计算。
- 2 黏性土、混合土和均质堆积物宜按圆弧滑面计算。
- 3 沿土层或堆积物底面或其内部特定软弱面发生滑动破坏

时，宜按复合形滑面计算。

4 对多层结构土边坡，应采用试算法得出最危险滑面和相应安全系数。

6.4.3 渣场堆渣坡比宜由渣场稳定分析计算确定。当缺乏工程地质资料时，对于4级、5级渣场，稳定的堆渣比可根据渣料自然安息角并考虑安全裕度分析确定。

6.4.4 渣体自然安息角应根据渣体岩土体组成确定，可按照本规范附录B的规定确定。

7 渣场挡护

7.1 一般规定

7.1.1 渣场挡护设计应根据渣场稳定分析成果及运行防护要求，对渣场采取坡脚支挡和坡面防护等措施。

7.1.2 渣场挡护设施应满足自身稳定及防洪标准要求，并应满足耐久性要求。

7.2 渣场坡脚支挡

7.2.1 渣场坡脚支挡结构应根据渣场布置型式、地形地质条件、防护要求、建筑材料来源等综合选定，可选用重力式、衡重式、悬臂式、扶壁式或加筋式等结构型式。

7.2.2 渣场坡脚支挡结构断面型式及尺寸应通过抗滑稳定、抗倾覆稳定和基底应力计算等确定。

7.2.3 渣场坡脚支挡结构布置应根据渣场布置型式及堆渣规划确定。

7.2.4 对于临江、临河侧渣场，渣场坡脚支挡结构型式应满足抗冲稳定要求。

7.3 渣场坡面防护

7.3.1 渣场坡面防护应满足坡面稳定、环境保护和水土保持的要求。

7.3.2 坡面防护型式可采用堆石、干砌石、浆砌石、混凝土板块、框格梁、土工合成材料及草皮等，应结合渣场类型、设计洪水位、水流流速等综合选取。

7.3.3 渣场迎水坡面水位变幅区宜采用混凝土框格梁、浆砌石、

NB/T 35111—2018

钢筋石笼等护坡型式。

7.3.4 永久渣场挡护措施宜采用工程措施与植物措施相结合，在满足安全稳定的前提下，渣场坡面防护宜以植物措施为主。

8 渣场截排水

8.1 一般规定

- 8.1.1 渣场截排水应考虑渣体外截排水、渣体排水，渣体排水标准与渣体外截排水标准应一致。
- 8.1.2 渣场截排水设计应根据渣场周边环境的水流特性，采取适宜的渣体外和渣体内截排水方式。
- 8.1.3 渣场截排水应结合渣场规划统筹考虑，可分期实施，各阶段可采用不同的截排水方式。
- 8.1.4 当渣场布置于泥石流沟道时，渣场截排水应结合泥石流防治工程统筹考虑。

8.2 渣体排水方式

- 8.2.1 渣体排水方式应包括渣体内部排水和渣体表面排水两部分。
- 8.2.2 渣体内部排水方式宜通过在渣体底部顺原始沟道或低洼地形设置的排水盲沟、排水涵管排至渣体外；渣体表面排水措施包括在堆渣体顶部、周边及马道设置截排水措施。
- 8.2.3 渣体底部一定厚度范围内应堆置透水性较好的石渣。
- 8.2.4 渣场规模较大、填筑时段较长，宜考虑渣体临时排水措施，并宜与渣体永久排水设施相结合。

8.3 渣体外截排水方式

- 8.3.1 沟道渣场上游宜设置截排水工程措施将上游沟水排至渣体外。
- 8.3.2 渣体外截排水方式应根据地形地质、渣场布置等条件综

合分析确定。

8.3.3 渣体外截排水建筑物选择应符合下列要求：

1 排水洞适用于沟道两岸地形较陡、布置排水渠困难、地质条件适合开挖排水洞的情况。

2 排水明渠适用于地形较缓，布置排水渠的开挖或填筑边坡不高，施工条件较好的情况。

3 排水竖井、斜井适用于进出口高差大的情况，需采用竖井、斜井对各部位的排水建筑物进行连接的情况。

8.3.4 对于排水出口受库水位影响的排水涵、排水洞，应考虑施工和运行期排水方式，保证渣体运行安全。

8.4 截排水建筑物设计

8.4.1 截排水建筑物规模宜根据渣体安全、布置条件、水力计算成果、运行要求及技术经济比较确定。

8.4.2 渣场排水建筑物设计应结合地形、地质条件，顺直布置。应根据排水建筑物运行维护要求，设置排水设施的维修通道。

8.4.3 渣场挡水坝设计应满足下列要求：

1 挡水坝坝址应根据地形、地质条件、渣场布置等综合确定。

2 挡水坝宜与堆渣体相结合布置。

8.4.4 渣场排水洞设计应满足下列要求：

1 渣场排水洞进口、出口布置应避开滑坡、泥石流、崩塌等区域。**挡水坝的上游还应设置拦渣坝或拦漂坝？？**

2 排水洞进口上游可设置拦渣、拦漂设施，确保排水洞进口不淤堵。排水洞出口宜与已有的沟道、河道顺接，出口应设置消能防冲措施。

3 排水洞的纵坡可根据运行要求、施工和检修条件等确定，并应保证洞内不淤积、不冲刷。

4 当排水洞设计为泥石流排导洞时，应同时满足泥石流排

导和排洪的要求。

8.4.5 排水渠、涵设计应满足下列要求：

- 1 排水渠进口高程宜高于原沟底，并应满足排水渠防淤堵要求。
- 2 排水渠出口应考虑消能防冲措施。
- 3 排水涵水流流态宜按明流设计。

8.4.6 排水竖井、斜井设计应满足下列要求：

- 1 排水竖井、斜井宜进行水力学模型试验。
- 2 竖井、斜井应布置在地质条件较好的山体内，并应采用抗冲耐磨混凝土衬砌。
- 3 竖井、斜井直径应根据设计流量、入口流速及竖井高度综合分析确定。

8.4.7 排水建筑物出口消能防冲设计应满足下列要求：

- 1 排水建筑物出口消能防冲设计标准应与渣场防洪标准相协调。
- 2 排水建筑物出口消能防冲设计应结合地形地质条件，可采用挑流消能、台阶消能、组合消能等方式。
- 3 消能防冲建筑物可采取设置钢轨、掺硅粉混凝土等抗冲磨措施。

8.4.8 渣场周边截水沟可与渣体外排水建筑物相结合布置；对于渣场规模较大、填筑时段较长的情况，渣场周边截水沟可随渣体堆渣上升分期实施。

9 渣场监测与管理

- 9.0.1 永久渣场监测应纳入工程整体监测范围。
- 9.0.2 渣场监测内容应根据渣场失事危害程度、渣场布置等因素确定。
- 9.0.3 渣场监测断面或测点设置应根据渣场布置、稳定分析等因素确定，并应考虑监测通道的设置。
- 9.0.4 沟道洪水及泥石流对渣场稳定有较大影响的渣场，宜设置雨情及泥石流监测设施。
- 9.0.5 渣场挡护、截排水等设施应定期检查，及时清淤。
- 9.0.6 应明确工程施工期及运行期渣场管理的范围和要求。

附录 A 渣场边坡抗滑稳定计算方法

A.0.1 圆弧滑动条分法（图 A.0.1），应符合下列规定：

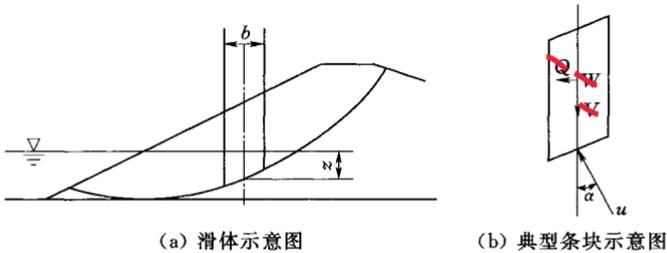


图 A.0.1 圆弧滑动条分法

瑞典圆弧法应按下式计算：

$$K = \frac{\sum \{ [(W+V) \cos \alpha - ub \sec \alpha - Q \sin \alpha] \tan \varphi' + c' b \sec \alpha \}}{\sum [(W+V) \sin \alpha + M_c / R]} \quad (\text{A.0.1-1})$$

简化毕肖普法应按下式计算：

$$K = \frac{\sum \{ [(W+V) \sec \alpha - ub \sec \alpha] \tan \varphi' + c' b \sec \alpha \} [1 / (1 + \tan \alpha \tan \varphi' / K)]}{\sum [(W+V) \sin \alpha + M_c / R]} \quad (\text{A.0.1-2})$$

式中：W——土条重力（kN）；

Q——地震水平惯性力，Q 与边坡滑动方向一致取“+”，反之取“-”（kN）；

V——地震垂直惯性力，V 向上取“-”，向下取“+”（kN）；

u——作用于土条底面的单位孔隙水压力（kN/m）；

α——条块重力线与通过此条块底面中点的半径之间的夹角（°）；

它沿这个半径方向???自:是的

$$M_e = \int_a^b \frac{dQ}{dx} h_e dx \quad (\text{A. 0. 2 - 6})$$

$$c'_e = \frac{c'}{K} \quad (\text{A. 0. 2 - 7})$$

$$\tan\varphi'_e = \frac{\tan\varphi'}{K} \quad (\text{A. 0. 2 - 8})$$

$$\tan\beta = \lambda f(x) \quad (\text{A. 0. 2 - 9})$$

式中：dx——土条宽度（m）；

dW——条块重量（kN）；

q——坡顶的外部竖向荷载（kN/m）；

M_e——地震水平惯性力对土条底部中点的力矩（kN·m）；

dQ——土条的地震水平惯性力（kN）；

dV——土条的地震垂直惯性力（kN）；

α——条块底面与水平面的夹角（°）；

β——土条侧面的合力与水平方向的夹角（°）；

h_e——地震水平惯性力到土条底面中点的垂直距离（m）；

f(x)——tanβ的分布形状函数，一般可取为1；

λ——确定tanβ值的待定系数。

附录 B 渣体堆置自然安息角

表 B 渣体堆置自然安息角

弃渣类别		自然安息角 (°)	堆渣坡比	
岩石	硬质岩石	花岗岩	35~40	1 : 1.85~1 : 1.60
		玄武岩	35~40	1 : 1.85~1 : 1.60
		致密石灰岩	32~36	1 : 2.10~1 : 1.85
	软质岩石	页岩(片岩)	29~43	1 : 2.35~1 : 1.45
		砂岩(块石、碎石、角砾)	26~40	1 : 2.70~1 : 1.60
		砂岩(砾石、碎石)	27~39	1 : 2.55~1 : 1.70
土	碎石土	砂质片岩(角砾、碎石)与砂黏土	25~42	1 : 2.80~1 : 1.65
		片岩(角砾、碎石)与砂黏土	36~43	1 : 1.80~1 : 1.65
		砾石土	27~37	1 : 2.55~1 : 2.0
	黏土	松散的、软的黏土及砂质黏土	20~40	1 : 3.60~1 : 1.80
		中等紧密的黏土及砂质黏土	25~40	1 : 2.80~1 : 1.80
		紧密的黏土及砂质黏土	25~45	1 : 2.80~1 : 1.5
		特别紧密的黏土及黏土	25~45	1 : 2.80~1 : 1.5
		亚黏土	25~50	1 : 2.80~1 : 1.30
		肥黏土	15~50	1 : 4.85~1 : 1.30
	砂土	细砂加泥	20~40	1 : 3.60~1 : 1.80
		松散细砂	22~37	1 : 3.20~1 : 2.00
		紧密细砂	25~45	1 : 2.80~1 : 1.50
		松散中砂	25~37	1 : 2.80~1 : 2.00
		紧密中砂	27~45	1 : 2.55~1 : 1.50
	人工土	种植土	25~40	1 : 2.8~1 : 1.8
密实的种植土		30~45	1 : 2.3~1 : 1.5	

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词，说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用

“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定（要求）”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《水土保持工程设计规范》GB 51018
- 《水电水利工程施工总布置设计导则》DL/T 5192
- 《水电工程施工组织设计规范》DL/T 5397
- 《水电建设项目水土保持方案技术规范》DL/T 5419

中华人民共和国能源行业标准

水电工程渣场设计规范

NB/T 35111—2018

条文说明

编制说明

《水电工程渣场设计规范》NB/T 35111—2018，经国家能源局 2018 年 4 月 3 日以第 4 号公告批准发布。

本规范编制过程中，编制组结合专题研究成果和有关工程设计、施工、运行管理实践，调研了国内渣场研究和应用成果，总结了渣场设计、施工和运行等方面的经验和技术要求等，吸收了近年来水电工程渣场设计方面所取得的科技成果，并向有关设计、施工、建设和科研单位征求了意见。

为便于广大设计、施工、建设、科研和学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《水电工程渣场设计规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1	总则	28
3	基本规定	29
4	渣场选址和布置	31
4.1	一般规定	31
4.2	渣场选址	31
4.3	渣场布置	31
5	渣场分级和设计标准	33
5.1	渣场分级	33
5.2	设计标准	34
6	渣场稳定分析	37
6.1	一般规定	37
6.2	渣场荷载及其组合	37
6.3	渣场岩土物理力学参数选择	40
6.4	渣场抗滑稳定分析	42
7	渣场挡护	44
7.1	一般规定	44
7.2	渣场坡脚支挡	44
7.3	渣场坡面防护	46
8	渣场截排水	47
8.1	一般规定	47
8.2	渣体排水方式	47
8.3	渣体外截排水方式	48
8.4	截排水建筑物设计	49
9	渣场监测与管理	54
	附录 B 渣体堆置自然安息角	55

1 总 则

1.0.1 渣场设计是水电工程施工组织设计重要内容之一，水电工程可行性研究设计报告编制规程中明确要求将此作为一个重要内容进行技术经济论证。

渣场设计涉及范围较广，包括了挡排、防护、沟水处理、泥石流防治等，目前我国西部水电工程渣场主要布置在沿河、沿江滩地和大中型冲沟内，渣场安全稳定问题较为突出，个别渣场甚至出现了工程事故。渣场设计目前主要参照的规范《水电工程施工组织设计规范》DL/T 5397 和《水电建设项目水土保持方案技术规范》DL/T 5419，上述规范对渣场设计等方面的标准不完全统一，各设计单位参照的设计标准不尽相同。因此，为规范和统一渣场设计和管理方面的技术要求，特编制本规范。

1.0.2 大、中型水电工程渣场规模大，渣场布置对工程周边环境及枢纽建筑物影响较大，本条突出本规范在大、中型水电工程渣场设计中的应用。对于渣场规模较小、渣场安全稳定问题不突出的小型水电工程，本规范可参照使用。

同时强调了本规范仅适用于水电工程渣场设计。作为工程渣场，受工程弃渣进度影响，渣体很难做到分层碾压，在确保渣体稳定的条件下，对堆渣料的填筑要求相对宽松。对工程中利用填渣形成的施工场地、施工营地、移民安置等场地平整设计，应参照相应建筑物设计标准进行场地平整设计，提出填渣料的物理力学指标及碾压参数等要求。

3 基本规定

3.0.1 不同设计阶段，渣场设计所需资料侧重点也不同。水电工程可行性研究阶段确定渣场设计主要任务是确定渣场布置位置、规模，进行渣场挡护、排水方案设计，提出渣场防护工程措施及主要工程量；招标、施工图阶段渣场设计主要结合枢纽建筑物招标设计成果，复核渣场堆渣容量，对渣场挡护、截排水建筑物进行结构设计，满足工程施工招标及现场施工要求。

工程设计过程中由于资料收集不全或缺失，会发生渣场布置占用政府划定的生态红线范围、生态保护区域等情况，需重视环境保护、水土保持政策方面的要求。

3.0.2 通常情况下，水电工程渣场所在的冲沟、支沟坡降陡峻、地质条件复杂，不具备水文测验条件。从我国西部区域现有水文测站分布资料情况来看，开展水文测验的小河站极其稀少。为计算设计洪水，需收集渣场汇水流域面积、降雨强度等资料，在此条件下，渣场支沟、冲沟设计洪水一般采用设计暴雨推算洪水方法，具体有推理公式法、单位线法等，除此而外，还可采用水文比拟法、地区综合法、经验公式法等方法进行计算。

占用沟道的渣场，水文资料应包含设计频率洪水流量、常遇流量及沟道流域特性、沟道流域面积及沟道长度等资料；不同渣场布置位置对水文资料的需求有所不同。占用沟道的渣场侧重于沟道的洪水资料；利用坡地堆渣的渣场侧重于堆渣区域的降雨资料；对于临江、临河布置的渣场，渣场所处河道段水位、流量、流速等资料与渣场挡排建筑物设计密切相关。

3.0.4 在渣场规划布置阶段，地质勘察主要任务是查明堆渣场地是否存在软弱夹层及不利于渣场稳定的结构面，场地是否具备布置渣场的条件。在渣场招标、施工图设计阶段，地质勘探工作

结合渣场挡护、截排设计成果，有针对性地进行地质勘探工作。现行《岩土工程勘察规范》GB 50021，其第 4.5 节明确了工业废渣堆场、垃圾填埋场等固体废弃物处理工程的勘察要求。

遇水后物理力学性质较天然状态发生变化较大的地层对堆渣场地稳定是不利的。如 BHT 水电站新建村临时渣场，施工阶段地质钻孔揭示地基凝灰岩夹层物理力学指标较高，渣场堆渣后，由于沟道水流未进行引排，水流下渗造成凝灰岩夹层软化，渣场边坡失稳。后期钻孔揭示该地层软化呈泥塑状，实测土体有效内摩擦角仅有 16° 。

渣场选址原则上应避开泥石流沟道，但由于受场地条件等因素的限制，没有合适的替代场地，渣场只能选址于存在泥石流安全隐患的场地时，需开展泥石流实地调查，主要对泥石流形成的地形条件、物源条件、降雨条件，泥石流活动特征、泥石流运动参数、泥石流易发程度与类型划分、泥石流发展趋势等进行调查研究，研究成果作为泥石流防治方案设计依据。

4 渣场选址和布置

4.1 一般规定

4.1.4 渣场选址围绕枢纽施工总布置在一定的施工区域范围内展开，通过选择具备堆渣条件的场地，结合枢纽建筑物布置、场内交通、施工工厂设施布置等条件综合确定渣场位置。如 BHT 水电站工程，渣场数量较多，渣场规模较大，渣场选址成为施工总布置方案比选重要内容之一。

4.1.5 转存料场作为施工期临时渣场，渣场回采完成后还存在剩余渣料，提出了对剩余渣料的处理措施及要求。

4.2 渣场选址

4.2.1~4.2.2 现行《水电工程施工组织设计规范》DL/T 5397 和《水电建设项目水土保持方案技术规范》DL/T 5419 对渣场选址有较详细规定，在综合上述规范规定的基础上，根据工程经验，增加堆渣场地需满足渣体整体稳定的相关规定。要求在设计中遵循。

《中华人民共和国河道管理条例》《中华人民共和国水土保持法》等法律法规的有关规定对于渣场选址和规划也有相应原则性的规定。

4.3 渣场布置

4.3.2 堆渣体高度指从渣场坡脚最低处至最大堆渣高程的高差。由于渣体物理力学指标较差，渣体越高，渣场安全稳定问题越突出。部分工程由于堆渣规模大，渣场堆渣高程超过 200.00m。该类渣场，需从渣场安全稳定性等方面进行专题研究论证。

4.3.3 对于施工道路布置困难的渣场，通常在渣场区域内设置“之”字形马道用作堆渣道路。

4.3.4 随着计算机技术的发展，三维设计在水电工程设计中发挥了较大的作用。对于堆渣体型复杂、堆渣量大的渣场，结合数字地面模型建立渣场三维模型，可较精确计算渣场分高程、分区域及总堆渣容量，同时也可形象的展示堆渣三维体型。BHT水电站矮子沟、海子沟渣场设计中均使用渣场三维建模。

4.3.5 受堆渣场地限制，工程上大多有用料堆渣场在底部垫渣形成较大的堆渣平台后再堆置有用料。BHT海子沟渣场作为有用料渣场，渣场 705.00m 高程以下堆置弃渣料，705.00m～780.00m 高程堆置开挖有用料。

4.3.6 靠近河（江）侧布置的渣场，渣场坡脚及坡面处于水位变幅区内，渣场会占用部分河道行洪断面，通过行洪影响分析，论证渣场布置不影响河道正常行洪，坝址下游渣场不抬高河床水位影响发电效益。部分工程渣场行洪影响分析成果见表 4-1。

表 4-1 部分工程渣场行洪影响分析成果表

工程名称	渣场名称	渣场占用河道行洪面积比	壅水高度(m)
BHT 水电站	荒田渣场	15.8%	0.2
XLD 水电站	癞子沟渣场	7.25%	0.7
DG 水电站	下游右岸渣场	21.3%	0.28

5 渣场分级和设计标准

5.1 渣场分级

5.1.1 结合《水电建设项目水土保持方案技术规范》DL/T 5419、《水土保持工程设计规范》GB 51018 相关规定，依据渣场容量将渣场规模分为：300 万 m³ 及以上、300 万 m³~100 万 m³、100 万 m³~50 万 m³、50 万 m³~10 万 m³ 及 10 万 m³ 以下共 5 个级别。按堆渣量、堆渣体高度、渣场失事的危害程度作为确定渣场级别的依据。部分已建、在建工程渣场堆渣规模见表 5-1。

表 5-1 部分已建、在建工程堆渣规模一览表

工程名称	渣场名称	堆渣量(万 m ³)	堆渣边坡高度(m)	渣场类型
BHT 水电站	矮子沟渣场	4100	180	库面型
	海子沟渣场	4600	180	库面型
	荒田渣场	120	100	临河型
XLD 水电站	溪洛渡沟渣场	686	/	沟道型
	豆沙溪沟渣场	1720	/	沟道型
JPEJ 水电站	海腊沟渣场	500	/	沟道型
MW 水电站	丹坞壑渣场	1200		沟道型
SPEJ 水电站	火烧营渣场	200	100	坡面型
	干河沟渣场	70	65	坡面型
YFG 水电站	上铺子沟渣场	1100	200	沟道型
	中铺子渣场	550	50	坡面型
JPYJ 水电站	印把子沟渣场	2600	350	沟道型
	三滩沟渣场	1604	190	库底型
	道班沟渣场	178	182	沟道型

续表 5-1

工程名称	渣场名称	堆渣量(万 m ³)	堆渣边坡高度(m)	渣场类型
CHB 水电站	响水沟渣场	710	180	库面型
	磨子沟渣场	950	200	沟道型
LHK 水电站	瓦支沟渣场	2900	180	库底型
	左下沟渣场	400	160	沟道型
SXG 水电站	深溪沟渣场	737	100	沟道型
HZY 水电站	色古沟渣场	1854	240	库面型
TZL 水电站	头道河渣场	750	60	沟道型
GD 水电站	黑水沟渣场	840	180	库面型
SJK 水电站	英戈洛渣场	2525	170	库面型
LT 水电站	雷公滩渣场	525	120	库底型
	姚里沟渣场	1030	110	沟道型
	纳付堡渣场	946	125	沟道库面型
	那边沟渣场	132	95	沟道型
	龙滩沟渣场	522	110	沟道型
XJB 水电站	莲花池渣场	1270	85	沟道型
	新田湾渣场	1670	115	沟道型
	新滩坝渣场	2340	65	库内滩地型
SBX 水电站	南斗溪 1 号沟渣场	70	80	沟道型
	南斗溪 2 号沟渣场	290	80	沟道型
	八洋河渣场	310	30	河流改道型

5.2 设计标准

5.2.1~5.2.3 针对渣场防洪设计标准提出相关规定，渣场洪水设计标准根据渣场级别按永久渣场与临时渣场分别确定。

参照《水电建设项目水土保持方案技术规范》DL/T 5419、《水电工程施工组织设计规范》DL/T 5397，结合工程渣场设计

情况，提出确定渣场防洪标准的相关规定。部分已建、在建工程渣场的防洪设计标准见表 5-2。

表 5-2 部分已建、在建工程渣场的防洪设计标准

工程名称	渣场名称	堆渣量 (万 m ³)	洪水设计标准及相应流量	
			洪水设计标准	流量(m ³ /s)
BHT 水电站	矮子沟渣场	4100	2%(施工期)/ 1%(永久运行期)	292(施工期)/ 328(永久运行期)
	海子沟渣场	4600	2%(施工期)/ 1%(永久运行期)	474(施工期)/ 532(永久运行期)
	荒田渣场	120	1%	79.4
XLD 水电站	溪洛渡沟渣场	686	5%(设计) 2%(校核)	497(设计)/ 630(校核)
	豆沙溪沟渣场	1720	10%(设计) 3.33%(校核)	662(设计)/ 810(校核)
JPEJ 水电站	海腊沟渣场	500	2%(设计)/ 1%(校核)	192(设计)/ 219(校核)
MW 水电站	丹坞壑渣场	1200	2%(设计)/ 0.5%(校核)	45.8(设计)/ 67.2(校核)
YFG 水电站	上铺子沟渣场	1100	2%	113.75
JPYJ 水电站	印把子沟渣场	2600	20%(设计)/ 2%(校核)	56(设计)/ 99(校核)
	三滩沟渣场	1604	20%	96.1
	道班沟渣场	178	2%	81.4
CHB 水电站	响水沟渣场	710	2%	71
	磨子沟渣场	950	2%	113
LHK 水电站	瓦支沟渣场	2900	5%	83.2
	左下沟渣场	400	2%	32.4
SXG 水电站	深溪沟渣场	737	1%	283
HZY 水电站	色古沟渣场	1854	2%	56.8

续表 5-2

工程名称	渣场名称	堆渣量 (万 m ³)	洪水设计标准及相应流量	
			洪水设计标准	流量(m ³ /s)
TZL 水电站	头道河渣场	750	5%	235
GD 水电站	黑水沟渣场	840	3.33%	423
SJK 水电站	英戈洛渣场	2525	5%	/
LT 水电站	姚里沟渣场	1030	5%	54.7
	纳付堡渣场	946	5%	35.5
	那边沟渣场	132	5%	21.5
XJB 水电站	龙滩沟渣场	522	5%	28.3
	莲花池渣场	1270	5%	34.1
	新田湾渣场	1670	5%	20.6
SBX 水电站	南斗溪 1 号沟渣场	70	10%	16.3
	南斗溪 2 号沟渣场	290	10%	30.9
	八洋河渣场	310	5%(设计) 0.5%(校核)	449.4(设计)/ 1007(校核)

5.2.4 提出渣场边坡安全稳定设计安全系数。渣场边坡级别及设计安全系数目前可参考的规范有《水电水利工程边坡设计规范》DL/T 5353 和《碾压式土石坝设计规范》DL/T 5395。《水电水利工程边坡设计规范》DL/T 5353 按所属枢纽工程等级、建筑物级别、边坡所处位置、边坡重要性和失事危害程度来划分边坡类别和安全级别；《碾压式土石坝设计规范》坝坡抗滑稳定是根据土石坝的级别确定坝坡抗滑安全稳定系数。渣场从地形、地质条件、填筑材料、填筑程序、结构功能、荷载工况等方面与碾压式土石坝及枢纽建筑物边坡均存在较大差异，本条提出的设计安全系数介于《水电水利工程边坡设计规范》DL/T 5353 和《碾压式土石坝设计规范》DL/T 5395 规定的安全系数之间。

6 渣场稳定分析

6.1 一般规定

6.1.1 渣场稳定分析需选取合适的部位、代表性剖面、计算方法及合理的设计状况。渣场边坡稳定三种计算状况沿袭水电工程边坡设计传统，且与《水利水电工程结构可靠性设计统一标准》GB 50199 规定的三种设计状况是一致的，具体为：持久设计状况、短暂设计状况及偶然设计状况。由于临时性渣场主要只在施工期临时堆存，不考虑遭遇地震荷载的偶然设计状况。

6.1.2 鉴于渣场堆置过程中几何边界条件及力学条件发生变化，最后的堆置面貌并不一定是最危险状态，部分转存料场堆渣过程中堆渣体型最大，有用料回采过程中堆渣高度逐渐降低。

6.1.4 有复耕或场地利用要求的渣场，由于顶部增加附加荷载，需考虑附加荷载下渣场边坡稳定性。

6.2 渣场荷载及其组合

6.2.1~6.2.2 需选取渣场在施工及运行过程中可能遭遇的主要荷载（或作用），并依据可能遭遇情况进行不利荷载组合。渣场荷载主要包括渣体自重、渣体上建筑物等产生的附加荷载、地下水产生的荷载（包括静水压力和渗透压力等）、加固力、地震荷载等。具体组合如下：

1 渣场岩土体及附属建筑物的自重

1) 岩土体自重。在地下水位以上时，岩土体的自重采用天然重度；在地下水位以下时，则需要根据计算方法合理选择。

2) 渣场附属建筑物自重。渣场坡体上的附属建筑物，

可作为坡体自重计。

- 3) 渣场顶部其他设备自重。渣场顶部兼作施工场地或大型设备堆场时，需考虑相应荷载。

2 地下水产生的荷载，包括静水压力和渗透压力等。各种条件下地下水产生的荷载宜通过渗流数值分析确定。

- 1) 持久状态地下水位。采用地下水最高水位作为持久状态水位。渣场地基天然边坡各部位孔隙水压力可根据水文地质资料和地下水位长期观测资料确定。渣场堆渣以后工程边坡持久状态水位需要通过渗流数值分析确定。
- 2) 挡水坝拦蓄后引起的地下水位。渣场上游有挡水坝时，需要考虑挡水坝不~~设防渗体系~~时引起渣场内部地下水位线变化情况下的孔隙水应力。设防渗体系后，就不会引起渣场内部地下水位线变化哦???
- 3) 含水量较高的细颗粒渣料引起的地下水位。渣体内有含水量较高的细颗粒渣料时需要考虑渣场内部地下水位线变化情况下的孔隙水压力。
- 4) 暴雨或久雨引起的地下水位。暴雨或久雨引起地下水位短期壅高情况宜通过渗流数值分析确定。暴雨强度依渣场级别按 50 年~100 年重现期计，连续降雨 5h 以上为久雨。
- 5) 库水位引起的地下水位。库区内渣场蓄水后的地下水位线可通过渗流数值分析确定，当存在水位骤降等不利工况时可通过非稳定渗流计算渣场内部孔隙水应力。
- 6) 泄洪雾化引起的地下水位。泄流雨雾引起地下水位短期壅高情况，地下水位可通过非稳定渗流计算确定。

3 加固力。渣场进行挡护时施加的抗滑力，如挡渣坝、抗滑桩提供的抗滑力。

4 其他出现机会较多的荷载。

5 校核洪水引起的地下水位。库区内渣场遭遇水库泄放校核洪水时的水位骤降工况时可通过非稳定渗流计算渣场内部孔隙水应力。

6 地震作用。地震对渣场边坡的作用和相应的边坡抗震可按《水工建筑物抗震设计规范》DL 5073 的规定。对于地震基本烈度不小于Ⅷ度的地区，可参照 DL 5073 关于土石坝的规定进行边坡地震稳定分析。目前各设计单位大多对边坡采用拟静力法进行分析。一般边坡只考虑滑动方向的水平地震力作用。

7 其他出现机会很少的作用。

6.2.3 持久设计状况主要为渣场正常运用情况，库区内渣场尚需根据库水位蓄水计划，将不同水位作为设计水位。此时设计荷载组合应采用基本组合 1（自重+岸边外水压力+地下水压力）；

短暂设计状况：包括施工期短暂堆渣面貌；施工用水形成地下水位增高；运行期暴雨或久雨、或可能的泄流雾化雨；水库水位骤降等情况。此时设计荷载组合应采用基本组合 2（自重+岸边外水压力+各对应地下水压力）；

偶然设计状况：主要为遭遇地震，此时设计荷载组合应采用偶然组合（基本组合+地震荷载）。

6.2.4 地下水产生的荷载（作用）的确定方法一直是边坡稳定计算的难点。渣场地基天然边坡各部位孔隙水可根据水文地质资料和地下水位长期观测资料确定。渣场（尤其是沟道型渣场）堆渣后改变了地下水排泄的天然网络，需截取渣场覆盖层地基一定范围作为边界条件计算堆渣后渣场内的持久水位。降雨或泄洪雨雾引起的地下水位雍高亦采用同样的处理方法。

现阶段渗流数值分析工具已经较普遍采用（尤其是平面渗流有限元程序），可计算渣场堆置后、库区内渣场蓄水后、库水位骤降、渣场降雨、泄流雾化条件下的孔隙水压力分布。鉴于非饱和和非稳定渗流计算参数的选取存在一定的难度，降雨、泄洪雾化

也可参考下述方法估算孔隙水压力。

降雨或泄洪雨雾入渗渣场边坡后，常形成上层滞水，随着饱和度的增加，岩土力学强度也明显降低，发生滑坡。对上层滞水常按图 6-1 中的静水压力折减的方法计算。

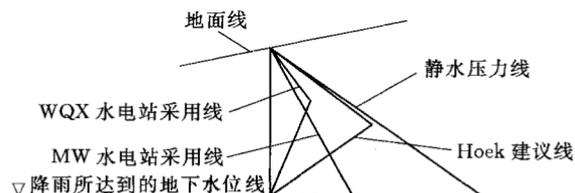


图 6-1 各工程采用的因降雨而形成孔隙水压力分布图

对于边坡受降雨和泄水雨雾引起边坡体饱和的孔隙水压力，美国一些工程采用水面达到地表的静水压力分布。这一假定基于以下认识：历时长的降雨使得边坡岩土体完全饱和，暂态有效地下水达到地表。对于渣场边坡工程，采用这一设计过于保守。我国一些边坡工程常将静水压力乘以折减系数进行边坡设计，如 MW 水电站采用折减系数取 0.4；WQX 水电站采用类似 Hoek 建议图形，但取值较小；三峡工程曾采用折减系数 0.3。在实际工程中需根据不同入渗、排水条件和坡体渗透性能，经工程类比后由设计者自行选定折减系数，依据渣体渗透性的不同，折减系数可在 0.3~0.4 的范围内选择。有条件时可采用实测的孔隙水压力。

6.3 渣场岩土物理力学参数选择

6.3.1 渣场地勘报告一般提供覆盖层的岩土物理力学参数。

部分水电工程渣场的岩土体物理力学参数见表 6-1。

6.3.2 渣体抗剪强度参数应结合实际加载情况、填土性质和排水条件选择。现场原位试验在砂性土和饱和黏性土地基中可分别采用以下测试手段：

表 6-1 部分水电工程渣场的岩土体物理力学参数

工程名称	渣场名称	主要地基土类型	主要地基土有效抗剪强度指标		主要堆渣类型	主要堆渣有效抗剪强度指标	
			c' (kPa)	φ' (°)		c' (kPa)	φ' (°)
BHT 水电站	矮子沟 渣场	混合土碎石	20.0	27.0	石渣	0	37.0
		粉土质砾	18.0	20.0			
		砾砂	10.0	30.0			
	海子沟 渣场	漂卵砾石	10.0	32.0	石渣	0	37.0
		碎块石	10.0	30.0			
		含砾石黏土	18.0	20.0			
		混合碎砾石土	20.0	23.0			
	荒田 渣场	黏土质砾	24.0	28.0	石渣	0	37.0
		混合土碎块石	20.0	34.0			
		含砾黏土	32.0	24.0			
	新建村 渣场	含砂低液限黏土	10.0	15.0	石渣	0	37.0
		碎石混合土	20.0	27.0			
		混合土碎石	21.0	33.0			
		含细粒土碎石	19.0	24.0			
SPEJ 水电站	火烧营 渣场	含黏土碎石	12.5	31.0	石渣	0	37.0
		含碎石黏土	15.5	28.0			
YFG 水电站	上铺子沟 渣场	混合土卵石	0	30.0~ 35.0	中转 石渣	0	37.0
		中砂	0	19.0~ 22.0			
YFG 水电站	中铺子 渣场	耕植土	16.0~ 18.0	18.0~ 20.0	表土 堆存	0	37.0
		碎石混合土	10.0~ 15.0	23.0~ 25.0			
		混合土卵石	0	30.0~ 35.0			

续表 6-1

工程名称	渣场名称	主要地基土类型	主要地基土有效抗剪强度指标		主要堆渣类型	主要堆渣有效抗剪强度指标	
			c' (kPa)	φ' (°)		c' (kPa)	φ' (°)
YFG 水电站	中铺子 渣场	卵石混合土	5.0~ 10.0	25.0~ 28.0	表土 堆存	0	37.0
		中砂	5.0~ 10.0	19.0~ 22.0			

1 砂性土中主要使用标准贯入、静力触探、大型锥探等手段，相应的试验成果为土的有效内摩擦角 φ' 。

2 饱和黏性土中主要使用十字板剪切、静力触探和旁压试验等手段，相应的试验成果为地基土在不同深度测定的固结不排水剪的总强度 τ_f ，可直接用来进行总应力法稳定分析，即在地基不同深度赋以 $c_{cu}=\tau_f$ 和 $\varphi_{cu}=0$ 的强度参数。

6.4 渣场抗滑稳定分析

6.4.1 目前边坡分析中一般仍采用二维平面极限平衡分析，有完善的计算公式及运用经验，对于三维效应明显的狭窄沟道型渣场其侧向作用仅作为安全储备。常用的方法为条分法，有不计条块间作用力和计及条块间作用力两类，按滑动面形状分为圆弧法和折线（滑楔）法两种。最早的瑞典条分法是不计条块间作用力的方法；而简化毕肖普法、摩根斯顿-普莱斯法等属于计及条块间作用力的方法。瑞典圆弧法计算简单，已积累了丰富的经验，可优先采用，但当孔隙水压力较大和地基软弱时误差较大，简化毕肖普法及其他计及条块间作用力的方法更能反映土体滑动土条间的客观状况，虽然计算比瑞典圆弧法复杂，但由于计算机的广泛应用，使得计及条块间作用力的方法的计算变得简单，容易实现。根据计及条块间作用力和不计条块间作用力对抗滑安全系数影响的分析，简化毕肖普法比瑞典圆弧法最小安全系数可提高

是否可以理解为瑞典圆弧法更保守???

5%~10%，不同方法应采用对应的安全系数。

6.4.2 渣场边坡稳定分析计算应符合以下规定：

1 对于欠碾压的砂性、碎石或砾石堆积物内部一般呈现无黏性的平面破坏模式。

2 对于堆置较为密实的、渣料具有一定黏性的渣体可按圆弧滑面计算，简化毕肖普法考虑了力矩及垂直力的平衡，且对垂直条分间的传力分布方式不敏感，其解接近严格解，推荐使用。

3 对沿渣场底部基覆界面或覆盖层内部某一软弱层面复合形态滑面滑动时推荐采用摩根斯顿-普莱斯法，既考虑了力矩平衡又考虑了力的平衡。

↓ 堆积物内部忘记说了???

4 对于地基土存在多个分层软弱带时需试算比较不同复合滑面的安全系数，获取最危险滑面。

6.4.3~6.4.4 当缺乏工程地质资料时，对于4级、5级渣场，稳定的堆渣比可根据渣料自然安息角的正切值除以正常工况的安全稳定系数。

↓ 包括持久状况和短暂状况???

7 渣场挡护

7.1 一般规定

7.1.1~7.1.2 为保证渣场稳定，防止水土流失，确保渣体坡脚、坡面不受水流冲刷影响，需在渣场坡脚、坡面设置挡护设施。渣场挡护设施主要包括渣场坡脚支挡结构、坡面防护等建筑物。

7.2 渣场坡脚支挡

7.2.1 渣场坡脚支挡结构设计主要参照《水工挡土墙设计规范》SL 379 相关规定。在 SL 379 规范基础上增加建筑物级别为 5 级的挡渣墙抗滑、抗倾覆稳定安全系数。挡渣墙基底抗滑稳定安全系数可参考表 7-1 规定的允许值。土质地基挡渣墙抗倾覆安全系数见表 7-2。

表 7-1 挡渣墙基底抗滑稳定安全系数允许值

计算工况	土质地基		岩石地基		
	挡渣墙级别		挡渣墙级别		抗剪断公式
	3	4、5	3	4、5	
正常运用工况	1.25	1.20	1.08	1.05	3.0
非常运用工况	1.10	1.05	1.03	1.03	2.50

表 7-2 土质地基挡渣墙抗倾覆安全系数允许值 岩石地基不需要???

计算工况	挡渣墙级别	
	3	4、5
正常运用工况	1.45	1.40
非常运用工况	1.35	1.30

7.2.2~7.2.3 结合工程设计经验，对坡脚支挡结构型式选择进行说明。

坡脚支挡主要功能为渣场坡脚防护，对于临江布置的渣场，支挡结构设计还需考虑防冲、防淘刷功能，支挡结构型式大多采用重力式、衡重式。

7.2.4 临江、临河渣场受水流冲刷影响较大，需采取可靠的防护型式，挡墙埋置深度应按水流冲刷深度确定，挡渣墙需采用块石护脚，块石粒径一般不小于50cm。挡渣墙宜选择断面尺寸较大的重力式结构型式，永久渣场应采用混凝土或埋石混凝土结构。

对不受水流冲刷影响的渣场坡脚挡墙，可采用钢筋石笼挡渣墙或浆砌石挡渣墙结构型式，就近利用渣料，降低工程投资。

施工期临时渣场或库区死水位以下渣场坡脚挡墙，采用投资省、施工快捷的钢筋石笼挡渣墙。钢筋石笼挡渣墙需要满足以下要求：

1 充填钢筋石笼、双绞钢丝笼的块石粒径不得小于网笼的孔径，网笼孔径一般为20~40cm，填料密实度应大于75%。

2 不允许使用薄片、条状、尖角等形状的小粒径块石，风化岩石、泥岩等亦不得用作填充石料。岩石的干抗压强度应大于30MPa。

3 钢筋石笼挡渣墙高度不宜超过6m。

4 钢筋石笼、双绞钢丝笼块石应精心摆放，力求块石大小搭配适当，充分密实，避免同粒径块石过分集中或石料架空等施工缺陷。严禁强力抛掷冲击钢筋网。

5 钢筋石笼尺寸应满足施工方便、便于吊装码放。

6 钢筋石笼挡墙采用台阶式交错码放，钢筋笼之间采用钢筋连接，为提高钢筋石笼使用时限，可在钢筋石笼表面喷混凝土护面。

7.3 渣场坡面防护

7.3.1 渣场坡面防护目的是确保渣体表面稳定、满足环境保护与水土保持要求。

7.3.2 渣场坡面防护型式根据渣场坡面与洪水位的关系选择。防洪标准设计水位以下的坡面选择抗冲刷的混凝土框格梁浆砌石、钢筋石笼等护坡型式。混凝土框格梁浆砌石一般用于永久渣场护面，钢筋石笼一般用于施工期临时坡面防护。工程上为降低钢筋石笼的造价，也有采用钢绞线代替钢筋石笼的次筋。

7.3.3 防洪标准设计水位以上的坡面防护型式较为简单，一般采用干砌石、毛石理砌等其他工程措施，对于坡面防护面积较大的渣场，选用于砌石投资较大，为节约投资，一般提出在渣场坡面休整时将渣体粒径较大的块石置于渣体表面即可。处于库区水位变幅区的渣场，渣体表面采用排水性能较好的干砌石、块石、钢筋石笼护面。

正文中并没有提到

8 渣场截排水

8.1 一般规定

8.1.1 渣体外截排水是指为避免渣场周边冲沟沟水、坡面雨洪对渣场稳定造成不利影响，将该部分水流引排至渣场区域以外。
渣体内排水是指为避免降雨对渣体冲刷、抬高渣体浸润线，对渣体稳定不利，将该部分水流从渣体内快速排走。

8.1.3 对于堆渣规模较大、堆渣高度较高的渣场，其堆渣时段一般会经历多个汛期，相应可分阶段实施渣场截排水工程。

部分工程前期堆渣场地紧张，为尽早使渣场具备堆渣的条件，根据渣场堆渣规划采用分期排水方式解决该问题，前期排水标准也可适当降低。BHT 水电站海子沟渣场，由于堆渣规模较大，渣场排水洞长约 1.4km，净断面尺寸（宽×高）7.0m×8.0m~7.0m×5.5m，考虑到排水洞施工工期较长，为解决前期堆渣问题，在沟道下游设置临时排水短洞，排水洞断面尺寸 4.5m×4.8m，排水洞未进行衬砌，使用时间 2 年。

8.1.4 当渣场存在受泥石流带来的安全风险时，渣场排水与泥石流防治相结合考虑，泥石流防治工程设施兼顾排水作用，减少工程投资。

8.2 渣体排水方式

8.2.2 渣场盲沟一般布置于渣体底部，盲沟顺原始地面沟道布置。盲沟尺寸考虑施工方便，宽度和高度一般为 2m 左右，盲沟排水堆石采用强度较高的块石料，为防止土料进入，块石料周边设置砂砾石垫层及土工布。

8.3 渣体外截排水方式

8.3.1 渣场截水建筑物包括堰坝、沟渠等建筑物；排水建筑物型式包括排水涵洞、明渠、竖井、斜井等。

8.3.2~8.3.3 渣场排水方式与渣场布置区地形、地质条件等相关，根据工程经验，常用的排水方式主要有排水洞、排水明渠（槽）、排水涵洞、排水竖井（斜井），其中排水洞应用较多。部分已建工程的排水方式见表 8-1。

表 8-1 部分已建工程的排水方式

工程名称	渣场名称	排水方式
BHT 水电站	矮子沟渣场	排水洞/排水渠
	海子沟渣场	排水洞/非常排泄通道
	荒田渣场	排水渠
XLD 水电站	溪洛渡沟渣场	排水洞
	豆沙溪沟渣场	排水洞
JPEJ 水电站	海腊沟渣场	排水洞
	模萨沟渣场	排水洞
MW 水电站	丹坞玺渣场	排水洞
YFG 水电站	上铺子沟渣场	排水明渠
JPYJ 水电站	印把子沟渣场	排水洞/沟底临时暗涵
	三滩沟渣场	透水坝
	道班沟渣场	排水洞
CHB 水电站	响水沟渣场	排水洞
	磨子沟渣场	排水洞
LHK 水电站	瓦支沟渣场	排水洞
	左下沟渣场	排水洞/临时暗涵
SXG 水电站	深溪沟渣场	排水洞
HZY 水电站	色古沟渣场	排水洞

续表 8-1

工程名称	渣场名称	排水方式
TZL 水电站	头道河渣场	排水洞
GD 水电站	黑水沟渣场	排水洞
LT 水电站	姚里沟渣场	沟底拱涵
	纳付堡渣场	施工期沟底盖板涵洞, 永久明渠
	那边沟渣场	沟底拱涵
	龙滩沟渣场	沟底拱涵
XJB 水电站	莲花池渣场	排水隧洞接沟底拱涵
	新田湾渣场	沟底拱涵
SBX 水电站	南斗溪 1 号沟渣场	排水洞
	南斗溪 2 号沟渣场	排水洞
	八洋河渣场	排水洞

8.3.4 部分渣场施工期排水洞、排水涵一般按临时建筑物设计, 不考虑电站运行期间的永久使用。对于库区内堆渣高程高于正常蓄水位的渣场, 为考虑电站运行期间渣场内外水平衡, 需采取措施将内外水连通。BHT 水电站矮子沟渣场在沟道一侧预留缺口保证沟道水流与库区水位连通, 海子沟渣场在渣体上预留不小于 30m 的缺口连通内外水。

堆渣高程是指堆渣最低高程???

8.4 截排水建筑物设计 这样的话, 还有什么外水???

8.4.1 水力学计算成果是排水建筑物尺寸确定的主要依据。渣场排水设计中, 大量沟道设计流量较小, 根据水力学计算成果, 排水建筑物断面尺寸一般较小, 但考虑到施工便利因素及为防止树枝、漂木堵塞排水建筑物, 排水洞断面尺寸在满足过流所需断面基础上有所增大。

MW 水电站丹坞堑沟渣场, 设计洪水流量 $45.8\text{m}^3/\text{s}$, 根据水力学计算成果, 排水洞所需最大断面面积约 10m^2 , 实际排水在保证排水洞内水流无压流的情况下???

洞断面采用 4.8m×5.0m（宽×高）的城门洞形断面。

8.4.3 根据工程经验，渣场挡水坝大多与渣场相结合布置，一般采用土石坝坝型，在施工时序上，挡水坝先于渣体填筑。

与渣场相结合布置的土石挡水坝，坝体下游堆渣体起到堆渣压坡及延长渗径的作用，可通过坝体渗透稳定分析确定是否可以简化防渗体系。BHT 水电站矮子沟渣场挡水坝、海子沟渣场挡水坝，通过坝体边坡稳定分析、渗透稳定分析，坝体表面采用喷混凝土、上游设置黏土铺盖的简易防渗型式；JPEJ 水电站海腊沟渣场挡水坝、MW 水电站丹坞壑沟渣场挡水坝坝基设计采用帷幕灌浆。

坝顶宽度应满足结构要求，当有交通及防灾抢险要求时，有条件时坝顶宽度可根据要求适当加宽。

8.4.4 我国西部水电站沟道推移质、漂木较多，排水洞设计需考虑不淤积、不堵塞、减少排水洞清淤及检修频次等条件，确保排水洞运行安全。根据工程设计经验，采取的主要措施有适当抬高排水洞进口高程，排水洞进口以下预留一定的淤积库容、排水洞进口设置挡渣设施、加大排水洞纵坡等。

BHT 水电站矮子沟为泥石流沟，排水洞进口高出沟底高程约 8m，进口距挡水坝约 500m，挡水坝坝前库容约 260 万 m³，能够满足停淤 50 年一遇泥石流的要求。同时在进口设置拦渣坎拦挡推移质及漂木，BHT 水电站矮子沟渣场排水洞进口拦渣坎布置见图 8-1。

对于汛期推移质较丰富的沟道，排水洞宜按明流洞设计。断面尺寸应根据排水流量、地质条件、施工方便等因素综合确定。在满足洞室稳定的条件下，排水洞可仅对底板及边墙进行混凝土衬砌。为防止推移质冲刷，底板钢筋保护层可适当加厚。

对于清水沟道，排水洞可按有压洞设计，充分利用排水断面，节约工程投资。

8.4.5 排水渠、涵布置受地形条件制约较大，在有布置明渠的

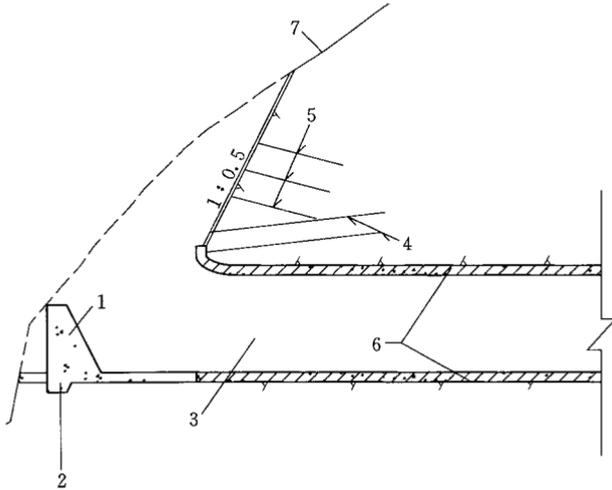


图 8-1 BHT 水电站矮子沟渣场排水洞进口拦渣坎

1—拦渣坎；2—底板插筋；3—矮子沟排水洞；4—锁口锚杆；
5—边坡支护锚杆；6—排水洞衬砌；7—地面线

条件下，排水渠较排水洞在运行、检修方面更具有一定的优势。部分工程采用排水洞与排水渠相结合的布置方式。

JPEJ 水电站海腊沟渣场采用排水洞接排水泄槽的方式排导沟道洪水，排水泄槽底宽 12.0m，纵坡 28.6%~62.5%，部分基础段置于覆盖层基础，底板铺设钢轨抗冲磨。

排水涵洞在水电工程渣场排水中应用较少，我国西部大型水电工程 JPYJ 水电站印把子沟渣场、LHK 水电站左下沟渣场前期临时排水采用排水涵洞。涵洞布置于渣场底部，采用钢筋混凝土现浇箱涵结构型式，左下沟渣场排水涵洞使用约 2 年后部分涵洞段出现破坏，主要原因在于涵洞顶部堆渣后造成地基基础不均匀沉降所致。涵洞内堆积部分推移质、石块等，降低了排水涵洞的泄流能力。大型弃渣场堆渣厚度较厚，按照相关荷载规范规定进行涵洞结构计算时，涵洞结构尺寸较大。

鉴于我国西部水电工程沟道推移质、漂木、石块等易进入涵洞内造成淤堵，覆盖层基础上的涵洞因不均匀沉降易造成涵洞破坏、涵洞结构尺寸偏大等问题，渣场底部埋设的涵洞一般只考虑临时使用。

8.4.6 部分水电工程沟水处理排水洞，因进出口高程较大，有的高达 200.00m~300.00m，出口又无布置阶梯和挑流消能的条件，不得已采用排水竖井（斜井）排水，如 JPYJ 水电站的道班沟、印把子沟，XLD 水电站的塘房坪沟、ET 水电站的金龙沟均采用了竖井消能方式。

竖井一般应根据水力模型试验成果进行设计，在前期方案设计和规模较小的排水工程，可参考南京水科所根据竖井模型试验成果提出的经验公式。排水竖井高度一般取竖井直径的 15 倍左右；竖井均匀段直径经验公式： $D=(0.67\sim 0.7)Q^{2/5}$ ， D 为竖井直径， Q 为过流流量；竖井涡室段直径 $d=5/3D$ 。引水道末端流速 $V=5.887D^{1/2}$ 。

竖井前宜设置陡坡引水道，让水流切向进入竖井。竖井直径根据设计流量、入口流速及竖井高度综合分析确定。竖井底部应设置消能水垫，竖井底部出口平洞段应设置通气洞。斜井坡度根据施工及地质条件确定，并应采用抗冲耐磨混凝土衬砌。对推移质较多的沟道，应慎用洞内消能方式，必须使用时，需设置挡砂坎、集石坑等设施。并应设置检查、检修通道，定期检查维护。

8.4.7 我国西部水电站沟道水流主要特点汛期与枯水期流量相差较大、汛期水流推移质丰富，防冲设计需综合考虑各种流量下的消能方式，工程中常用的消能方式有挑流消能、台阶消能、设置齿坎、利用天然河道消能等多种消能方式。

XLD 水电站溪洛渡沟渣场排水洞出口采用台阶一次消能后再接排水泄槽将全部水流排至金沙江，出口末端设置防淘墙。

JPEJ 水电站海腊沟渣场排水洞出口接排水泄槽将全部水流排至雅砻江，出口置于基岩。泄槽运行前期，受推移质影响，槽

身段混凝土受冲磨影响较大，后期通过模型试验，在进口上游设置溢流堰、分流墩改善泄槽水流流态，泄槽底板设置钢轨抗冲磨，运行情况良好。

BHT 水电站海子沟渣场采用排水洞接泄槽的方式排水，泄槽出口末端设置防淘桩基。

渣场排水建筑物一般采用 C25 混凝土衬砌，部分工程中对于水流流速大、受推移质影响的排水建筑物其混凝土强度等级采用 C40 强度等级混凝土。

9 渣场监测与管理

9.0.1 明确需实施安全监测渣场的类型，对于堆渣规模较小、在平地堆渣或填塘堆渣不存在稳定风险的渣场，可不实施渣场安全监测。

9.0.2 渣场常规监测内容为表观变形监测。对于地质条件复杂的情况，需要实施地基变形监测、地下水位监测。

9.0.3 本条明确渣场整体稳定安全监测布置的要求。

BHT 水电站荒田渣场，选取了安全稳定系数接近规范规定临界值的两个剖面布置监测点位进行变形监测、地下水监测。

9.0.4 占用沟道堆渣的渣场安全风险主要来自于沟道洪水。目前我国西部大型水电工程大多设置了雨情及泥石流监测预报系统，便于工程建设期制定可靠的防洪度汛措施。

9.0.5~9.0.6 渣场运行管理也是渣场设计重要内容。

渣场挡排建筑物正常运行是渣场安全稳定的重要保证，需对挡排建筑物运行情况进行检查，尤其是汛前、汛后的现场巡视检查。

为避免在渣场坡脚下游取土等不利于渣场稳定的人为活动，还需制定渣场管理内容。

附录 B 渣体堆置自然安息角

表 B 摘自《水土保持工程设计规范》GB 51018—2014。
