

运河土石方堆存处置与堆存场再利用 技术规范

Technical specification for landfill disposal and reuse for soils and
rocks from canal excavation

2024 - 11 - 14 发布

2025 - 02 - 01 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 基本规定	3
5 土石方分类与产生量估算	5
6 堆存场选址与勘察	6
7 堆存场设计	9
8 堆存施工与验收	15
9 安全监测	17
10 堆存场作为建设用地再利用	20
11 堆存场作为农业用地再利用	20
12 堆存场土石方回采再利用	21
附录 A（规范性） 堆体边坡稳定计算方法	23
附录 B（资料性） 堆存场拦挡结构总体布置和结构样式图	26
附录 C（规范性） 作用于拦渣坝、围渣堰（堤）、压实区的土压力计算	28
附录 D（规范性） 拦渣坝、围渣堰（堤）、压实区碾压试验	30

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由广西壮族自治区交通运输厅提出并宣贯。

本文件由广西交通运输标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：平陆运河集团有限公司、广西大学、浙江大学、广西交通设计集团有限公司、广西壮族自治区交通运输厅、中交第二航务工程局有限公司。

本文件主要起草人：程耀飞、詹良通、李卓峰、米德才、杨斌、肖建庄、徐晓兵、张帅、李恒昌、何俊辉、唐正辉、马少坤、罗安民、闫强、刘先林、邵羽、陈延博、吕英鹰、王勇、韦举政、宋周游、黄海波、张帆、郑建安、李新利。

运河土石方堆存处置与堆存场再利用 技术规范

1 范围

本文件界定了运河土石方堆存处置与堆存场再利用技术涉及的术语和定义,规定了土石方分类与产生量估算、堆存场选址与勘察、堆存场设计、堆存施工与验收、安全监测,以及堆存场作为建设用地和农业用地再利用、堆存场土石方回采再利用的技术要求。

本文件适用于广西壮族自治区行政区域内运河土石方堆存处置和堆存场再利用。其他水运、水利、交通、建筑等工程类型的土石方堆存处置与堆存场再利用参考使用。

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。

- GB/T 14685 建设用卵石、碎石
- GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)
- GB/T 22490 开发建设项目水土保持设施验收技术规程
- GB 50007 建筑地基基础设计规范
- GB 50021 岩土工程勘察规范
- GB/T 50123 土工试验方法标准
- GB 50202 建筑地基基础工程施工质量验收标准
- GB/T 50266 工程岩体试验方法标准
- GB 50286 堤防工程设计规范
- GB 50288 灌溉与排水工程设计标准
- GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
- GB 50330 建筑边坡工程技术规范
- GB 51016 非煤露天矿边坡工程技术规范
- GB 51018 水土保持工程设计规范
- GB/T 51351 建筑边坡工程施工质量验收标准
- DL/T 5355 水电水利工程土工试验规程
- JC/T 622 硅酸盐建筑制品用砂
- JGJ 79 建筑地基处理技术规范
- JGJ 340 建筑地基检测技术规范
- JTG C20 公路工程地质勘察规范
- JTG D30 公路路基设计规范
- JTS 133 水运工程岩土勘察规范
- JTS/T 247 水运工程土工试验规程
- KA/T 2063 金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测技术规范

NB/T 35016 土石筑坝材料碾压试验规程
SL 386 水利水电工程边坡设计规范
SL 575 水利水电工程水土保持技术规范
TD/T 1033 高标准基本农田建设标准
TD/T 1036 土地复垦质量控制标准
DB45/T 396 膨胀土地区建筑技术规程
DBJ/T45-066 广西壮族自治区岩土工程勘察规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

堆存处置 landfill disposal

在堆存场进行土石方消纳的处置方式。

3.2

土石方 excavated soil and rock

工程开挖过程中产生的各类土方与石方。

3.3

堆存场 landfill

运河工程中对不能直接利用的开挖土石方进行消纳的处置场所，分为临时型堆存场和永久型堆存场。

注：临时型堆存场是指在堆存场验收完成前所有土石方能被二次完全转运的场地；永久型堆存场是指在堆存场验收完成前未对土石方进行完全转运的场地。

3.4

堆体最大高度 maximum height of landfill

堆存场土石方堆体最高点与最低坡脚的高程差值。

3.5

拦挡结构 blocking structure

保障堆存场稳定的压实区、拦渣坝、围渣堰（堤）、拦渣墙等挡护结构。

3.6

压实区 compaction zone

堆体前缘放坡段一定范围内经压实处理并提高堆体稳定作用的土石方填筑体。

3.7

拦渣坝 retaining dam

设置在堆体前缘具有一定透水性和拦挡作用的坝体构筑物。

3.8

围渣堰（堤） cofferdam(embankment)

堆存场起到拦挡土石方和水作用的周边围挡设施。

3.9

拦渣墙 retaining wall

设置在堆体前缘起到拦挡渣体的混凝土墙、浆砌或干砌石墙、格宾石笼等构筑物。

3.10

植被恢复 revegetation

通过技术措施，在重建或改善植物生境的基础上，重新种植植被或通过促进植物繁殖体繁衍，使坡面达到设计的植被覆盖状态的过程。

3.11

敏感因素 sensitive factor

土石方堆存处置可能影响到的周边铁路、公路、航道、高压输电线、油气管线等重要基础设施、居住区和其他重要环境因素。

3.12

堆存场再利用 reuse of landfill site

将已经完成土石方堆存的场地作为农业用地、建设用地进行再利用。

3.13

土石方回采再利用 reuse of excavated soil and rock

对具备再利用价值的土石方从堆存场挖掘出来进行综合利用。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 堆存场设计应遵循“安全可靠、经济合理、环保低碳、便于利用”的原则。

4.1.2 堆存场选址与设计前应调查服务区域内土石方类别、产生量及再利用途径，并取样测试各类土石方的组分与基本物理力学性质。

4.1.3 堆存场选址应符合运河沿线国土空间规划。

4.1.4 堆存场在设计前应进行堆存场再利用适应性评估，确定适宜再利用的类型；设计时应结合再利用类型进行设计。

4.1.5 永久型堆存场应配置拦挡、排水系统、安全监测、环境保护及植被恢复等设施。

4.1.6 临时型堆存场应根据临时使用时间长短及所处的地理环境、气候等采取临时拦挡、临时排水、临时苫盖等水土流失保护措施。

4.1.7 堆存场验收前应对堆体的安全性进行评估。

4.1.8 堆存场验收后宜进行堆存场再利用或土石方回采再利用，实现土石方综合利用。

4.2 堆存场分级

4.2.1 应根据堆存量、堆体最大高度以及堆存场失事后对运河工程或环境造成危害程度划分堆存场级别，并应符合表1的规定。

表1 堆存场级别

级 别	堆存量 V (万m^3)	堆体最大高度 H (m)	堆存场失事对运河工程或环境造成的危害程度
I	$V \geq 1\,000$	$H \geq 150$	严重
II	$1\,000 > V \geq 500$	$150 > H \geq 100$	较严重
III	$500 > V \geq 100$	$100 > H \geq 60$	中等
IV	$100 > V \geq 50$	$60 > H \geq 20$	较轻

表1 堆存场级别（续）

级别	堆存量 V (万m^3)	堆体最大高度 H (m)	堆存场失事对运河工程或环境造成的危害程度
V	$50 > V$	$20 > H$	轻微
<p>注1: 根据堆存量、堆体最大高度、堆存场失事对运河工程或环境的危害程度确定的堆存场级别不一致时, 就高不就低 (I级为最高级, V级为最低级)。</p> <p>注2: 堆存场失事对运河工程的危害指对运河工程施工和运行的影响程度, 堆存场失事对环境的危害指对城镇、乡村、工矿企业、交通等环境建筑物的影响程度。</p> <p>注3: 严重危害: 对运河工程或周边环境造成大的影响, 造成人员伤亡和重大财产损失的。 较严重危害: 运河工程遭到较大破坏或功能受到较大的影响, 对环境造成较大的影响, 需进行专门修复后才能投入正常使用。 中等危害: 运河工程遭到破坏或功能受到影响或对环境受到影响, 及时修复可投入正常使用。 较轻危害: 运河工程或周边环境的影响很小, 不影响原有功能, 对环境基本不受到影响, 无需修复即可投入正常使用。 轻微危害: 运河工程或周边环境的影响基本不影响, 不影响原有功能, 对环境不受到影响。</p>			

4.2.2 堆存场作为建设用地再利用时, 堆存场级别应提高一个等级。

4.2.3 堆存场按地形条件分为沟道型、坡地型、平地型、凹地型、临水型五种类型, 其相应特征、使用条件及拦挡结构应符合表2的规定。

表2 堆存场类型

堆存场类型	特征	适用条件	适用的拦挡结构类型
沟道型	土石方堆放在沟道内, 堆体将沟道全部或部分填埋	适用于沟底平缓、肚大口小的沟谷	压实区、拦渣坝、拦渣墙等
坡地型	土石方堆放在缓坡地、河流或沟道两侧较高台地上, 堆体底部高于河(沟)中堆存场设防洪水位	沿山坡堆放, 坡度不大于 25° 且坡面稳定的山坡	压实区、拦渣坝、拦渣墙等
平地型	土石方堆放在宽缓平地上	适用于地形平缓、场地较宽广的地区	堆存疏浚土、吹填土、淤泥等软弱土时配置围渣堰(堤)
凹地型	土石方堆放在地面具有凹陷的坑(洞)	适用于地下有天然坑、洞穴、池塘、露天矿坑等低洼地区(落水洞等除外)	当土石方堆存高度超出地面时配置围渣堰(堤)或拦渣墙
临水型	土石方堆放在临近江、河、湖、海的岸地上或是填海造地	适用于濒临江河、湖海的堆存场	围渣堰(堤)

4.2.4 堆存场拦挡结构级别、防洪工程级别应根据堆存场级别进行划分，并应符合表3的规定。

表3 堆存场主要工程结构级别

堆存场级别	拦挡结构级别				防洪工程级别
	压实区	拦渣坝	围渣堰（堤）	拦渣墙	
I	1	1	1	2	1
II	2	2	2	3	2
III	3	3	3	4	3
IV	4	4	4	5	4
V	5	5	5	5	5

5 土石方分类与产生量估算

5.1 土石方性质测试分析

5.1.1 在运河挖方工程地质勘察过程中应对待堆存处置土石方的物理力学指标进行测试。

5.1.2 土方的物理力学指标测试符合下列规定：

- 基本物理性质应包括颗粒级配、液限、塑限、土颗粒比重、含水率；
- 压实度指标应包括最大干密度和最优含水率；
- 抗剪强度指标宜通过直剪试验或三轴试验测定，试验所用的试样由地质勘察钻取的土样根据堆存设计压实度压实重塑，试验条件应根据现场应力水平及排水条件确定；
- 上述指标测试方法应按 GB/T 50123 的有关规定执行。

5.1.3 石方的物理力学指标测试符合下列规定：

- 基本物理性质测试应包括含水率、块体密度等；
- 力学指标应包括抗压强度、抗剪强度等；
- 抗压强度试验应分别测定干燥和饱和状态下的强度，计算软化系数；
- 抗剪强度宜通过现场直剪试验或室内大尺寸三轴试验测定，试验条件不具备时，可通过工程类比法确定；
- 上述指标测试方法应按 GB/T 50266 的有关规定执行。

5.2 土石方分类

5.2.1 土石方分类宜统筹考虑堆存场分类分区填筑及土石方再利用途径，做到安全适宜、经济合理。

5.2.2 土石方应从源头环节进行分类，宜分类运输、分类分区堆存处置、就地就近分质资源化利用。

5.2.3 土石方分类应根据土石特征，结合利用途径进行综合分类，并应符合表4规定。

表4 运河土石方综合分类

土石方类型		土石特征	利用途径
土类	表土	表层能剥离、有利于快速恢复地力和植物生长的土壤	种植土
	黏土	粒径大于0.075 mm的颗粒质量不超过总质量的50%，且塑性指数 $I_p > 17$	烧结砖、陶粒等再生建材的原料
	粉质黏土	粒径大于0.075 mm的颗粒质量不超过总质量的50%，且塑性指数 $10 < I_p \leq 17$	建设用地的地基填料及周边道路的路基填料；农业用地的储水层填料

表4 运河土石方综合分类（续）

土石方类型		土石特征	利用途径
土类	粉土	粒径大于0.075 mm的颗粒质量不超过总质量的50%，且塑性指数 $I_p \leq 10$	建设用地的地基填料及周边道路的路基填料；农业用地的储水层填料
	砂土	粒径大于2 mm的颗粒质量不超过总质量的50%，粒径大于0.075 mm的颗粒质量超过总质量的50%	分选后的中、粗砂可用作混凝土细骨料，细砂和粉砂可用作加气混凝土原料
	碎石土	粒径大于2mm的颗粒质量超过总质量50%	分选后的碎石、卵石可用作混凝土粗骨料
岩类	软岩	$15 \text{ MPa} \geq f_r$	堆存场压实区的填筑材料；遇水不明显软化的石方可用作拦渣坝填料
	较软岩	$30 \text{ MPa} \geq f_r > 15 \text{ MPa}$	低等级混凝土粗骨料、道路水稳层材料、拦渣坝填料
	较硬岩	$60 \text{ MPa} \geq f_r > 30 \text{ MPa}$	混凝土粗骨料
	坚硬岩	$f_r > 60 \text{ MPa}$	混凝土粗骨料

注： I_p 为塑性指数； f_r 为岩石饱和单轴抗压强度。

5.2.4 土石方进入堆存场前宜通过图像识别、圆锥贯入触探等手段进行快速检测分类。

5.3 土石方产生量估算

5.3.1 土石方产生量估算应包括总量估算和不同类别土石方产生量的分类估算；不同类别土石方产生量可根据岩土工程勘察报告中地层岩性分布分别估算。

5.3.2 土石方产生量应以实方为基础乘以松散系数换算为松方进行统计。

5.3.3 土石方松散系数宜通过现场开挖试验测定，无试验资料时，松散系数可按表5选取。

表5 土石方松散系数（ K_s ）

土石方类型	砂	砂质黏土	黏土	黏土夹石	块径小于30 cm的岩石	块径大于30 cm的岩石
松散系数	1.05~1.15	1.15~1.2	1.15~1.2	1.2~1.4	1.25~1.4	1.35~1.6

6 堆存场选址与勘察

6.1 一般规定

6.1.1 堆存场选址应遵循“少占用耕地、少损坏水土保持设施、便于再利用”的原则。

6.1.2 场址勘察宜分可行性研究阶段、初步设计阶段和施工图设计阶段进行。

6.1.3 场址勘察的范围应包括拟堆存用地范围、新建或改扩建进出场道路、管理区及相关管线等建(构)筑物。

6.1.4 新建或改扩建进出场道路工程勘察应按 JTG C20 执行，管理区勘察应按 GB 50021 执行，其他配套工程的勘察应按相关规范执行。

6.2 堆存场选址

6.2.1 堆存场选址应根据场地容量、占地类型与面积、运距及交通条件、土石方组成、地质灾害风险、防护整治工程量、周边环境情况、堆存场或土石方后期利用途径等情况，经综合分析、比选后确定。

6.2.2 堆存场址宜选择下列区域：

- 在山地或丘陵地区，选择无不良地质作用、地形相对平缓、出口易于拦挡且堆存库区容量大、有利于布设拦挡结构的采坑、沟谷、凹地等；
- 在平原地区，选择洼地、取土（采砂）坑，以及裸地、空闲地、平滩地等。

6.2.3 堆存场址不宜选择下列区域：

- 不良地质发育并对堆存稳定有较大不利影响的区域；
- 汇水面积和流量大、沟谷纵坡陡、出口不易拦截的沟道；
- 河道、湖泊管理范围；
- 耕地、林地等农业生产区域。

6.2.4 堆存场址不应选择下列区域：

- 滑坡、泥石流、活动断裂带等不良地质发育，对堆体稳定存在严重不利影响的区域；
- 地下水与地表水联系密切的强岩溶区；
- 水源地保护区、风景名胜區、文物古迹区、自然保护区、地质公园、地质遗迹、重要矿产资源隐藏区；
- 对重要基础设施、人民群众生命财产安全及行洪安全有重大影响区域；
- 军事要地、军工基地和国家保密地区。

6.2.5 堆存场与周边敏感因素之间应留有安全防护距离，安全防护距离应符合下列规定：

- 满足相关行业要求；
- 安全防护距离计算，以堆存场坡脚线为起始界线；铁路、公路等建构筑物由其用地边缘算起；航道由设计水位线岸边算起；工矿企业由其建筑边缘或围墙算起；
- 对上游汇水面积大、堆存土石方自稳性差、处于不利地形条件的堆存场，及涉及 5 000 人以上的居住区或建制城镇的堆存场，安全防护距离应适当加大，必要时应进行专题研究和论证。

6.3 场址勘察

6.3.1 工程可行性研究阶段，堆存场址勘察宜以收集现有资料和现场踏勘为主。对下游 200 m 内有敏感因素的 I、II 级堆存场，必要时应对需设置拦挡结构的区域进行勘察。本阶段应收集的基础资料主要包括以下方面：

- 地形地貌特征、气象水文条件；
- 场区地形图、遥感影像图等；
- 沿线区域地质资料及邻近工程勘察资料；
- 邻近地质灾害资料；
- 待堆存土石方体量、类别。

6.3.2 工程可行性研究阶段勘察应着重调查与评价以下内容：

- 了解堆存场及其受影响的汇水区的地形地貌特征；
- 了解场区气象水文条件、场址汇水区的地形地貌、排水条件、地层及其主要岩性、不良地质与特殊性岩土类型；
- 评价区域稳定性及场址适宜性；
- 预估可堆存方量。

6.3.3 初步设计阶段堆存场勘察的工作内容应包括以下方面：

- 查明堆存场及其受影响的汇水区的地形地貌特征；
- 查明地质构造，重点查明顺坡组合的结构面、软弱夹层、断层等；
- 查明场地地层岩性，覆盖层的厚度、层次，软土、粉细砂等特殊岩土的分布情况，以及基岩面的形态；

- 查明场区内不良地质与特殊性岩土，并符合 DBJ/T 45-066 和 DB45/T 396 的相关规定；
- 查明场区地下水赋存条件、水位、补径排条件，地下水与地表水的联系；
- 提出主要持力层的基本物理力学参数及渗透系数，主要软弱夹层、断层的抗剪强度等参数；
- 评价场地稳定性、适宜性及基底稳定性，提出堆填分区的建议；
- 评价堆填后发生泥石流等次生灾害的可能性，并提出排水与坡面防护的工程措施建议；
- 根据土石方来源、组成及测试数据，提出堆体物理力学参数建议值，并提出堆填高度及坡比的建议；
- 评价拦挡结构及地基抗滑稳定、不均匀沉降、渗透变形等问题，并提出处理建议。

6.3.4 初步设计阶段勘察应综合采用地质调查与测绘、物探、钻探、原位测试与室内试验等多种方法，必要时布置坑探工作。勘察方案应以有效查明地质条件为原则，并充分考虑设计的需要。

6.3.5 初步设计阶段勘察方法应符合下列规定：

- 地质调查与测绘比例尺采用 1 : 1 000~1 : 2 000，范围包括堆存场及周边影响区域；
- 勘察重点评价区域包括临近堆体坡面区域、拟设拦挡结构部位、软土分布区、外倾结构面发育地段等对堆体稳定、沉降影响大的区域；
- 拟设拦挡结构的部位，应采用电法、地震波法等方法，查明覆盖层厚度、基岩面起伏情况；
- 钻探符合下列规定：
 - 拦挡结构、特殊性岩土分布区应布置纵、横向勘探线，线距取40 m~120 m，点距取30 m~60 m；其他重点评价区的勘探线应顺不利于堆体稳定的方向布置，线距取50 m~200 m，点距取40 m~80 m；必要时适当加密；
 - 取样孔、原位测试孔的数量均不应少于钻孔总数的1/2；
 - 钻孔应钻入中等风化岩体内不少于5 m，并穿过可能的最深滑动面；在预定深度内钻遇溶蚀带、溶洞、土洞、采空区等不良地质时，应钻入其底板以下完整岩体中不少于5 m；当覆盖层厚大于30 m时，孔深应超过预计压缩变形深度，且不小于预计填高的0.6倍。
- 地下水对堆体稳定可能有显著影响的区域，应对覆盖层进行注水试验；
- 对于岩溶发育区、构造断裂带等富水通道区域，可采用高密度电法、地质雷达探测等地球物理探测方法进行探测；
- 测试与试验工作应符合 GB 50021 及 JTS 133 的相关要求。

6.3.6 施工图设计阶段勘察应复核初步设计阶段勘察的地质资料与结论，补充堆存场设计变更部分的勘察工作，查明新发现的对工程影响显著的工程地质问题，为施工图设计优化提供工程地质资料。施工图设计阶段勘察应包括下列内容：

- 对上阶段评审要求补充论证的和施工中可能遇到的工程地质问题进行勘察；
- 对新增的或位置、型式、规模等有较大变化的拦挡结构、进出场道路、管理区等进行勘察；
- 对初步设计阶段勘察的地质资料与结论进行复核、补充与修正，提出对工程地质问题处理措施的建议；
- 提出施工期和运行期安全监测的建议。

6.3.7 勘察成果编制符合下列规定：

- 工程可行性研究阶段的勘察成果，按整个项目形式编制勘察报告，也可并入工程可行性研究报告，并按 6.3.2 所列内容进行简要说明与评价；
- 初步设计阶段及施工图设计阶段，堆存场应按工点单独编制说明书及附图表，说明书应对 6.3.3 所列内容进行说明与评价，附图应包括地质平面图、地质剖面图、钻孔柱状剖面图等，附表应包括勘探点一览表、勘察成果汇总表及统计表、不良地质与特殊性岩土一览表、岩土物理力学参数建议值表等。

7 堆存场设计

7.1 一般规定

- 7.1.1 堆存场设计宜分可行性研究阶段、初步设计阶段、施工图设计阶段进行。
- 7.1.2 堆存场占地面积大时，宜一次规划、分期实施。
- 7.1.3 堆存场设计应根据堆存场类型与级别、场地地形和地质、气象及水文、建筑材料、施工机械类型等因素综合确定。
- 7.1.4 堆存场设计宜充分考虑堆存场再利用或土石方回采再利用的要求，为再利用创造有利条件。
- 7.1.5 可行性研究阶段应完成堆存场选址，进行总体规划，预估堆存场位置、用地范围、用地类型与面积、堆存高度与容量。
- 7.1.6 初步设计阶段堆存场设计应包括总体设计、地基处理、堆体、拦挡结构、排水系统、封场等主体工程。
- 7.1.7 场区道路与作业平台、进出场道路、环保设施、检测与监测设施等辅助设施的设计按现行相关规范执行。
- 7.1.8 堆存场设计应包含监测技术方案，提出监测内容及预警值的确定原则和方法。
- 7.1.9 施工图设计阶段应对初步设计阶段成果进行复核，根据工程变化情况对设计方案进行调整、补充与细化，并编制施工详图。
- 7.1.10 堆存疏浚土、吹填土、淤泥等软弱土的永久型堆存场，堆体边坡最大高度不宜超过 10 m。
- 7.1.11 临时型堆存场的堆体边坡最大高度不宜超过 20 m。

7.2 总体设计

7.2.1 堆存场设计前应收集下列基础资料：

- 水文气象资料：与堆存场设防标准相应的涉及河道、沟道的洪水流量及洪水位、流速等资料；
- 地形测绘资料：堆存场区地形、地貌、堆存场地形图；
- 地质资料：堆存场区地质勘察资料，包括岩土层类型、深度、分布、工程特性、地下水位及其变化幅度、不良地质作用发育情况；
- 土石方基础资料：土石方来源、组成、堆存量及土石方的物理力学参数等资料；
- 周边环境情况：敏感因素情况，以及邻近水源地、矿产资源、文物古迹情况和环境保护要求；
- 地类与规划资料：土地类型、规划性质、国土空间规划资料、利用价值及征地费用；
- 配套条件：交通、给排水、供电等条件。

7.2.2 总体设计应包括用地范围、用地类型及数量、工程总平面布置、主体工程与辅助设施的位置和规模等。

7.2.3 堆存场的用地应包括堆体占地、排水设施、防护设施、泥沙沉积、滚石缓冲等用地。

7.2.4 工程总平面布置符合下列规定：

- 应根据场地地形、地质条件、安全防护距离、主导风向、周围自然环境、外部工程条件、堆存作业安全与便利性等因素综合确定，因地制宜，做到安全、经济与环保；
- 当进场土石方类别和性质差异较大时，宜根据再利用途径分区分类堆填。

7.2.5 拦挡结构位置的选择应遵循稳定安全、经济的原则，并符合下列要求：

- 对沟道型场地，应布置在相对狭窄的沟谷口；
- 对坡地型、平地型和临水型场地，应布置在堆体边坡坡脚；
- 对凹地型场地，应根据地面以上堆存情况布置。

7.3 地基处理与边坡加固

- 7.3.1 堆存场地基应进行稳定性计算，当计算结果不满足要求时，应进行地基处理。
- 7.3.2 地基处理方案应综合场地地形、地质条件、拟堆存的规模、土石方类别与性质、设计要求等因素确定，地基处理设计应符合 GB 50007 及 JGJ 79 有关规定。
- 7.3.3 对场址区域可能失稳并威胁到堆存场安全的边坡，应进行边坡处理，并应符合 SL 386 和 JTG D30 等有关规定。
- 7.3.4 对可能造成堆体失稳的斜坡地基，应采用有效工程措施，具体处理方法的选用与设计应符合 GB 50330 中工程滑坡防治的有关规定。

7.4 堆体设计

- 7.4.1 堆体设计应根据地形地质条件、土石方组成及物理力学参数等确定堆存要素，并满足堆存场整体稳定，且不影响河（沟）道行洪安全的要求。
- 7.4.2 堆存场堆体设计要素应包括容量、堆置总高度、综合坡度、台阶高度、平台宽度、占地面积、分区分层、填筑控制指标等。
- 7.4.3 堆存场设计容量应以自然方为基础，按式（1）计算：

$$V_y = K_1 \times V_s \times K_s / (1 + K_c) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- V_y ——堆存场设计容量，单位为立方米（ m^3 ）；
- K_1 ——富余系数，取1.02~1.05，松散的土石方取上限值，反之取下限值；
- V_s ——开挖前岩土的自然方量数，单位为立方米（ m^3 ）；
- K_s ——开挖岩土的松散系数，按表5取值；
- K_c ——开挖岩土的沉降系数，按表6取值；松散的土石方取上限值，反之取下限值；临时型堆存场不考虑沉降系数。

表6 堆存场沉降系数(K_c)

土石方类型	沉降系数（%）	土石方类型	沉降系数（%）
砂土	7~9	硬黏土	24~28
砂质黏土	11~15	夹石黏土	21~25
黏土	13~15	粉质黏土	18~21
黏土夹石	16~19	砾石土	9~13
块径小于30 cm的岩石	17~18	软岩	10~12
块径大于30 cm的岩石	10~20	硬岩	5~7

7.4.4 堆存场堆置总高度与综合坡度的确定应根据设计容量、场地地形与地质条件、土石方类型等因素综合确定，堆体综合坡度宜取 $18^\circ \sim 25^\circ$ ，并应通过堆体边坡稳定计算。

7.4.5 堆存场断面设计符合下列规定：

- 对长条形堆存场，应布置顺长轴方向的纵向断面及垂直长轴方向的横断面，断面间距 30 m~60 m；平面形态近等轴的堆存场，应布置纵横双向断面，其中横断面顺不利稳定的方向布置，断面间距 30 m~60 m；其他平面形态的堆存场，应顺各不利稳定的方向布置横断面，断面间距 30 m~60 m，同时应沿有利于展现堆体形态的方向，适当布置断面；
- 断面地形应进行实测，测量比例为 1：500~1：2 000；
- 断面应设计为人字坡或者单面坡，并与排水系统协调一致；

- 断面设计应满足堆存量的要求；
 - 堆置高度小于 40 m 时，宜分台阶堆置；堆置高度大于 40 m 时，应分台阶堆置，每级高度不宜超过 10 m，平台宽度不宜小于 2 m；每 30 m~50 m 宜增设一道不小于 5 m 的宽平台。
- 7.4.6 堆体边坡稳定计算符合下列规定：
- 应根据场址地形与地质条件、堆存形式、堆体高度、土石方组成及物理力学参数等选择有代表性的断面进行计算；
 - 计算模型应包括可能滑动的堆体、地基软弱土层及其下一定范围的稳定岩土层；
 - 岩土参数应在勘察报告推荐值的基础上，结合实际设计方案、施工控制条件进行复核、调整；
 - 正式施工前，宜根据试压试验、现场剪切试验结果，调整压实区岩土参数，进行稳定性核算，必要时对设计方案进行优化；
 - 计算应包括下列工况：
 - 正常运用工况：堆存场在正常和持久的条件下运用，堆存场处在最终堆存状态时，堆体无渗流或是稳定渗流；
 - 非常运用工况 I：堆存场处于暴雨或连续降雨状态下；
 - 非常运用工况 II：堆存场在正常工况下遭遇 VII 度及以上地震。
 - 计算方法可采用不计条块间作用力的瑞典圆弧滑动法；对均质堆体宜采用考虑条块间作用力的简化毕肖普法；对有软弱夹层的堆存场宜采用满足力和力矩平衡的摩根斯顿-普赖斯法；对于存在软基的堆存场宜采用改良圆弧法进行抗滑稳定计算；其他情况按 GB 50330 的相关规定执行；
 - 应符合附录 A 的规定。
- 7.4.7 堆体抗滑稳定安全系数，当采用简化毕肖普法、摩根斯顿-普赖斯法计算时，应不小于表 7 规定的数值；当采用瑞典圆弧法、改良圆弧法计算时，应不小于表 8 规定的数值。

表7 堆体抗滑稳定安全系数（简化毕肖普法、摩根斯顿-普赖斯法）

运用工况	堆存场级别			
	I	II	III	IV、V
正常运用工况	1.35	1.30	1.25	1.20
非常运用工况 I 和 II	1.15	1.15	1.10	1.05

表8 堆体抗滑稳定安全系数（瑞典圆弧法、改良圆弧法）

运用工况	堆存场级别			
	I	II	III	IV、V
正常运用工况	1.25	1.20	1.20	1.15
非常运用工况 I 和 II	1.10	1.10	1.05	1.05

7.5 拦挡结构设计

7.5.1 拦挡结构型式的选择应遵循就地取材、安全可靠、经济合理的原则。常用的拦挡结构型式参考附录 B。

7.5.2 堆存场拦挡结构设计应综合堆存场级别和类型、堆置方案、堆存场地形和地质、气象及水文、建筑材料、施工机械类型等因素确定。

7.5.3 拦挡结构布置符合下列规定：

- 压实区应布置在堆存场下游堆体末端坡脚，宜采用上游式筑坝方法；
- 拦渣坝应布置在堆存场下游堆存末端坡脚，轴线应垂直沟道布置；
- 拦渣堤应布置在沟道两侧较低台地、阶地、滩地的堆存场坡脚；拦渣堤应位于相对较高的地面；拦渣堤应顺沟道布置；
- 围渣堰适于地形平缓的宽阔地带，其布置应减少堆存场占地；
- 挡渣墙应布置在原地形斜坡面或堆存场坡脚；
- 各类拦挡结构轴线平面走向应顺直，转折处应采用平滑曲线连接。

7.5.4 拦挡结构所受土压力计算应符合附录 C 要求。

7.5.5 采用不计条块间作用力的计算方法时，拦挡结构的安全系数不应低于表 9 规定的允许值；采用其他计算方法时，拦挡结构的安全系数数值应在此基础上提高 8%。

表9 围渣堰（堤）、拦渣坝、压实区稳定安全系数

运用工况	拦挡结构级别				
	1	2	3	4	5
正常运用工况	1.35	1.30	1.25	1.20	1.20
非常运用工况 I 和 II	1.15	1.15	1.10	1.05	1.05

7.5.6 正式填筑前，应进行现场试压与剪切试验，确定拦渣坝、围渣堰（堤）、压实区的岩土参数，并核算拦挡结构的稳定性。现场碾压试验宜按附录 D 执行。

7.5.7 拦挡结构选用材料符合下列规定：

- 拦挡结构不应采用软土、膨胀性岩土、红黏土、炭质岩等水敏性的土石方填筑；
- 拦渣坝填料应采用中等~微风化的硬质岩；
- 压实区填料宜采用全~强风化泥质粉砂岩、非膨胀性的粉砂质泥岩或泥岩等干地开挖料；
- 围渣堰（堤）宜采用全~强风化岩等干地开挖料进行填筑。

7.5.8 压实区设置符合下列规定：

- I 级和 II 级的堆存场应设置压实区，III 级的堆存场宜根据堆存场级别、类型、回填土石方情况综合确定堆存场是否设置压实区；
- 堆体边坡高度超过 10 m 且拟作为建设用地再利用的堆存场应设置压实区；
- 下游 200 m 内分布有敏感因素的堆存场，应设置压实区；
- 临近坡面处宜设置压实区。

7.5.9 压实区设计符合以下要求：

- 压实区设计应包括几何形态、规模、土石方材料要求、压实度要求与施工控制等内容；
- 压实区几何形态与规模控制应以有利于堆体稳定、节省材料和造价为原则，通过计算确定；
- 压实区的压实度不应小于 85%，有特殊要求时应相应提高；
- 应根据土石方的可压实性、碾压设备等情况确定铺填厚度和碾压遍数。

7.5.10 拦渣坝设置符合下列规定：

- 地形坡度较大的堆存场，宜根据材料来源选取堆石坝、碾压土石坝等结构防护形式；
- 服务年限较长的沟谷型堆存场宜分期设置多级拦渣坝；
- 沟谷型堆存场沟底原地面坡度大于 25° 时，宜设置多级拦渣坝；
- 对混合物、易风化岩或含泥率较高的土石方，堆存场应设透水性拦渣坝，并应在最终坡脚线与拦渣坝间设泥沙沉积带。

7.5.11 拦渣坝设计符合下列规定：

- 应根据地形、地质、水文、施工、堆存岩土组成和性质等条件，确定拦渣坝坝型；
- 当采用放水建筑物、涵洞、溢洪道布置方案时，应根据坝址地形、地质条件、设计泄洪流量等因素，确定构筑物型式；
- 应根据坝型采用相应稳定分析方法，确定坝体断面；
- 拦渣坝迎土面应设置内侧反滤层；
- 拦渣坝石方空隙率不应大于 28%。

7.5.12 围渣堰（堤）宜设置于地形相对较高的部位，其地基处理应按 GB 50286 的有关规定执行；顶高程应符合挡渣和防洪要求，与防洪堤起同等作用时，顶高程应按设计洪水位（或设计潮水位）加堰（堤）顶超高确定，安全超高值应按表 10 确定。

表10 围渣堰（堤）工程的安全超高值

围渣堰（堤）的级别		1	2	3	4	5
安全超高值 (单位: m)	不允许越浪的围渣堰（堤）	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5
	允许越浪的围渣堰（堤）	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3

7.5.13 围渣堰（堤）应根据填料、碾压设备等情况确定铺填厚度和碾压遍数，对吹填区其压实度不应小于 90%，对陆运区其压实度不应小于 85%。

7.5.14 堆存场拦渣墙设计应符合 SL 575 的相关要求。

7.6 排水系统设计

7.6.1 堆存场应设置排水系统，包括防洪排导设施、地表水截排设施及地下水导排设施，并与周边排水系统相协调。

7.6.2 堆存场的防洪标准应根据其级别按表 11 确定，并应符合下列规定：

- 当堆体或拦挡结构失稳可能对周边及下游工矿企业、居民点、交通运输等基础设施等造成重大危害时，设计防洪标准按表 11 的规定提高一级；
- IV~V 级临时性堆存场防洪标准取 3 年~5 年一遇；III 级及以上的应取 10 年一遇。

表11 堆存场防洪标准

堆存场 级别	防洪标准[重现期(年)]			
	山区、丘陵区		平原区、滨海区	
	设计	校核	设计	校核
I	100	200	50	100
II	100~50	200~100	50~30	100~50
III	50~30	100~50	30~20	50~30
IV	30~20	50~30	20~10	30~20
V	20~10	30~20	10	20

7.6.3 防洪排导工程设计应进行必要的防洪排水水文计算；截排水工程设计应根据确定的排水标准，按短历时设计暴雨计算设计排水流量。计算方法应符合 SL 575 的有关规定。

7.6.4 堆体外围地表水截排水设计符合以下要求：

- 傍山侧应于堆体边线外不小于 3 m 设置截水沟，并作永临结合考虑；

- 堆存场上游洪水集中时，应设置排洪沟、涵洞、暗管或隧洞等排洪构筑物；
- 山坡或沟谷与堆存场发生交叉，且上游洪水量较大时，应在上游设置导流堤，并沿山坡设置防洪渠或在堆存场底部设置暗涵。

7.6.5 堆存完毕后堆体表面应顺地形设置排水沟，将水引出堆存场外；工后沉降较大的区域宜采用适宜沉降变形的截排水结构。

7.6.6 堆存体坡面截排水布置符合下列规定：

- 在较长的坡面及坡度变化大的部位应设置截流沟；
- 截流沟应沿等高线方向布置，纵向比降取1%~2%，沟线应顺直；
- 顺坡向应设置排水沟或急流槽，间距取30 m~50 m，坡度较大时应适当设置消能设施。

7.6.7 为有利于排水，堆体设计考虑以下优化方案：

- 土石分区填筑时，宜将石方或粗粒土填于下游或下部，细粒土填于上游或上部；
- 底部宜设置块石、碎石排水垫层，排水垫层与周边的纵向集水沟和排水管等组成排水基层排水系统；
- 沟谷型堆存场可在山谷间利用岩性坚硬、耐水性较好的大块岩石先行填筑，形成排渗盲沟或泄流基底。

7.6.8 堆体底部排水系统设计符合下列规定：

- 根据场地原始地形和天然水系设置主、次盲沟，对汇水面积和流量大的冲沟、低洼沟渠沿主要冲沟设主盲沟，在小冲沟或低洼沟渠设次盲沟，并应根据场地地形对泉水和渗流设支盲沟；
- 排水盲沟的施工宜在地基处理施工后实施；
- 场内主盲沟出水口应引入场外排水系统；
- 盲沟的纵向坡度应大于1%；
- 分段施工时，当下游盲沟尚未建成时，不宜与上游盲沟接通；应设临时排水系统，防止淤阻。

7.6.9 对于从堆存场内排出的浑水应设置沉砂池、净水池等设施。

7.7 封场设计

7.7.1 土石方堆填结束后应及时对堆体进行整形、封场覆盖与植被恢复。

7.7.2 堆体整形设计符合下列规定：

- 整形设计应使坡顶、坡面平顺，并有利于改善整体稳定性和排水系统优化；
- 整形设计宜充分考虑场地或土石方再利用的需要整形；
- 台阶处马道内侧应建设截排水沟，沟道坡度宜考虑堆体不均匀沉降，避免形成倒坡；
- 对仅通过整形无法满足稳定要求的堆存场，应增加工程加固等措施。

7.7.3 封场设计符合下列规定：

- 封场方案应根据堆体边坡长期稳定性、场地植被恢复、日后再利用与水土保持等因素确定；
- 封场覆盖结构应具有防渗和植生功能，宜对堆体表层填土进行改良，实现防渗和植生功能；
- 当堆填体表层填土易干缩开裂时，宜在表面设置土质覆盖层加以防护，覆盖层材料宜选用处置场服务区需处置的工程渣土和建筑固体废物。

7.7.4 植被恢复应采用耐旱的乡土植物为主，坡面宜采用草、灌植物混合种植。

7.7.5 封场后堆存场重新启用或改作他用时，利用前应进行可行性论证。

8 堆存施工与验收

8.1 一般规定

- 8.1.1 土石方进场前宜对其类别、含水率及污染情况进行检测。
- 8.1.2 土石方堆存前应对基底进行清理，并应建设排洪涵洞、地下水导排盲沟等排水设施。
- 8.1.3 堆存施工应按先拦挡后堆存，宜按自下而上填筑的施工顺序进行。
- 8.1.4 土石方堆存过程和完成后应做好地表水截排、水土保持和环境保护。
- 8.1.5 土石方堆存完成后应采取植被恢复措施。
- 8.1.6 施工前应制定分部工程、分项工程和检验批的划分方案。
- 8.1.7 不同施工阶段完成后应及时进行施工质量检验。
- 8.1.8 堆存场验收的程序和组织应按 GB 50300 的有关规定执行。

8.2 土石方检测

- 8.2.1 进入堆存场的土石方应符合下列规定：
 - 生活垃圾、废沥青、废旧管材、废旧木材、金属、橡（胶）塑（料）、竹木、纺织物等合计含量不应大于 5%；
 - 土石方不应含有有毒有害污染物质；
 - 陆运土石方含水率应低于 1.5 倍液限。
- 8.2.2 土石方检测宜采用快速筛查或检测技术，并符合下列规定：
 - 杂物含量宜通过摄像识别；
 - 潜在污染性可采用手持式 X 射线荧光光谱分析仪等进行快速筛查；
 - 含水率可采用圆锥贯入触探等手段进行快速检测。
- 8.2.3 土石方填料检测频率宜为每 10 000 m³ 一检，对于河道疏浚、矿山开采、工业场地、环保设施场地等开挖产生的非常规土石方宜每 100 m³ 一检。
- 8.2.4 经检测不符合 8.2.1 规定的土石方应开展专题研究确定处理及处置方案。

8.3 堆存作业

- 8.3.1 堆存前应清除场地表土和杂物，并符合下列规定：
 - 对占用耕地、园地、林地和草地区域进行表土剥离，运至临时堆存场集中堆放；
 - 对场地上垃圾等杂物、淤泥等软弱土层进行清理，并妥善处置；
 - 当场地发现溶洞、溶沟等不良地质作用时，应按设计要求进行处理。
- 8.3.2 堆存场地下水导排系统施工符合下列规定：
 - 排水盲沟、排水涵管等排水坡度不应小于 1%；
 - 应采取反滤措施防止排水盲沟淤堵失效；
 - 拦渣坝透水性不良时，应在坝底部设置排水垫层或在坝后设置排水体，并应在坝体中设置排水通道。
- 8.3.3 堆存作业顺序符合下列规定：
 - 应先进行拦渣坝、拦渣墙等拦挡结构施工；
 - 宜采用自下而上的方式分层填筑，每一层填筑应先施工压实区。
- 8.3.4 压实区的土石方填筑宜选用含水率较低且透水性较好的砂性土、碎石土和软岩等土石方。
- 8.3.5 压实区作业前应开展现场碾压试验，确定压实机械型号、铺土厚度和压实遍数，碾压试验应按附录 D 执行。

8.3.6 不同类别土石方堆存宜采取分区、跳跃、点式排弃，软弱土石方不应集中堆置。

8.3.7 堆存场地表水截排系统建设符合下列规定：

- 对陆运土石方堆存场，堆存场区的地表径流和周边区域汇水应分别收集，场区内收集的浑水均应经沉砂池处理后排出；
- 对水力吹填土堆存场，吹填管线和出水口的布置应有利于延长泥浆流程和泥沙沉淀，排放水中悬浮物含量应小于 100 mg/L。

8.4 堆体整形与植被恢复

8.4.1 堆存作业完成后应整形修坡，并符合下列规定：

- 整形施工宜分区域实施；
- 整形施工应消除陡坡、沟缝、裂隙等缺陷，并应清除边坡上的危石及不稳定的土体；
- 堆体边坡可采用生态混凝土等进行护坡；
- 施工过程中宜采用低渗透性的覆盖材料临时覆盖。

8.4.2 堆存作业完成后应修建截排水沟，并符合下列规定：

- 修建截排水设施前，宜先完成临时排水设施，保证排水畅通；
- 截排水沟线形应平顺，转弯处宜为弧线型；
- 截排水沟采用浆砌块石、片石时，砂浆应饱满，沟底表面粗糙；
- 对于存在工后沉降的区域，截排水沟宜采用土工格室等柔性材料内充填混凝土的方式施工；
- 截排水沟施工应结合整形后的坡形与可能产生的不均匀沉降等因素，确保运营期间截排水沟处于边坡低位。

8.4.3 堆体边坡应采取植被恢复措施，并符合下列规定：

- 植被恢复层应与坡面密贴结合，不应留有空隙；
- 坡面种植土应优先采用原场地及周边开挖工程剥离的表土；
- 种植过程中宜铺设三维土工网固土，减少雨水对表土和植物种籽的冲刷；
- 植物种籽播种后宜铺设无纺土工布苫盖，以利于植物快速萌发和成坪；
- 种植植被后，应适时进行洒水、施肥等养护管理，养护用水不应含油、酸、碱等有碍草木生长的成分。

8.5 施工质量检验

8.5.1 堆存场施工质量检验应包括施工前、施工中和施工后检验。

8.5.2 施工过程应建立技术档案，档案应包括施工原始记录、土石方堆存过程记录、隐蔽工程记录和质量检测记录等资料。

8.5.3 土石方堆存过程记录宜采用无人机定期航拍等遥感方法获得。

8.5.4 堆存场施工质量控制符合下列规定：

- 堆存场建设所用的土石方、排水管等材料进入施工现场时应进行现场检验；
- 分部工程、分项工程的各工序及相关各专业工种间均应进行交接检验；
- 压实区、拦渣坝、围渣堰（堤）每一层填方施工完成后应检测压实度或空隙率，应达到设计要求；
- 排水盲沟、涵洞等隐蔽工程应在隐蔽前组织验收；
- 工程质量控制资料应齐全完整，当部分资料缺失时，应委托有资质的检测机构进行相应的实体检验或抽样试验。

8.6 验收

- 8.6.1 堆存场施工质量验收应划分为单位工程、分部工程、分项工程和检验批。
- 8.6.2 堆存场地基、堆体边坡和拦挡结构工程质量验收，应按 GB 50300 和 GB 50330 的有关规定执行。
- 8.6.3 堆体表面植被恢复、排水系统的验收应按 GB/T 51351 的有关规定执行。
- 8.6.4 堆存场竣工验收前，应对堆体进行竣工测量和按 GB 50021 要求对堆体边坡进行岩土工程勘察，并按第 7 章的规定对堆体边坡安全进行评估，如评估结果显示边坡存在安全风险时，应采取安全监测、边坡加固等措施。
- 8.6.5 堆存场验收应按 GB/T 22490 的有关规定做分部工程验收，并提交分部工程验收签证。

9 安全监测

9.1 一般规定

- 9.1.1 堆存场级别为 I 级、II 级、III 级及堆存场周边存在敏感因素的堆存场应进行安全监测，安全监测等级应按表 12 确定。

表12 堆存场安全监测等级

堆存场级别	堆存场安全监测等级
I	一级
II	二级
III	三级

- 9.1.2 作为建设用地再利用的堆存场的安全监测等级宜提升一级。
- 9.1.3 所有级别的堆存场周边存在敏感因素时，应按一级对堆存场进行安全监测。
- 9.1.4 堆存场安全监测范围应包括土石方堆体、拦挡结构及周边场地。
- 9.1.5 堆存场安全监测应根据安全监测等级确定监测内容、频次与稳定控制标准。
- 9.1.6 堆存场安全监测应以仪器监测和巡检相结合，巡检宜结合无人机、卫星影像等技术手段。
- 9.1.7 临时型堆存场监测宜采用巡检为主，风险较高的临时型堆存场宜根据风险情况设置相应监测项目。
- 9.1.8 安全监测等级为一级的堆存场，宜采用自动化在线监测。
- 9.1.9 监测预警值和稳定标准应根据监测等级、监测对象特征、周边环境等因素综合确定。
- 9.1.10 应定期对堆存作业情况、拦挡结构情况、堆体边坡情况、堆体沉降与开裂情况、防洪与截排水结构及其效果等进行巡检，堆存作业期每周巡检一次，封场后每 3 个月巡检一次。巡检结束后应形成文字、影像等资料，并存档。
- 9.1.11 在封场后堆存场应持续监测 2 年。若 2 年后堆体边坡、拦挡结构、周边场地尚未稳定，则应继续监测，直至堆体边坡、拦挡结构、周边场地稳定。
- 9.1.12 I 级堆存场及沟道洪水、泥石流等风险较高的区域，宜设置雨量及泥石流监测点；雨量计宜安装在坡体或边坡附近无遮挡的区域，10 km 范围的雨量监测数据可参考。
- 9.1.13 安全监测应编制监测方案，明确监测内容、监测频次、监测方法、监测精度、监测预警值、稳定标准等内容。
- 9.1.14 在雨季时宜加强巡检频次。
- 9.1.15 当出现以下情况时，应增加监测点位和加密监测频次：
——含水率高于塑限的土方堆高速率大于 1 m/月时；

- 堆填体出现失稳征兆时；
- 遇暴雨等极端天气或其他紧急情况时。

9.2 堆体监测

9.2.1 堆存场应进行堆体监测，包括堆体边坡变形监测、堆体水位监测。

9.2.2 堆体边坡变形监测、堆体水位监测的监测频次应根据监测等级、堆体的规模、地形、地貌以及填料性质等因素进行综合确定，并应符合表 13 要求。

表13 堆体监测内容

监测内容	监测项目	安全监测等级			监测频次	
		一级	二级	三级	堆填作业期	堆存场验收后
堆体边坡变形	水平位移	★	★	★	1次/1月	1次/3月
	竖向位移	★	★	★	1次/1月	1次/3月
	深层水平位移	★	●	○	1次/1月	1次/3月
	堆体边坡裂缝	★	★	★	根据裂缝发展趋势综合确定	
堆体水位	地下水位	★	●	○	1次/1月	1次/3月

注：★为应测项目，●为宜测项目，○为可测项目。

9.2.3 堆体边坡变形监测的点布置符合下列规定：

- 位移监测应选择特征剖面、线、点进行监测；
- 每个堆体边坡应不少于 1 个监测剖面，其中一个剖面应位于边坡最高处；
- 监测点应布置在堆体边坡坡顶、马道、坡脚、坡面等位置；
- 在不稳定区域应适当加密。

9.2.4 堆体水位监测的测点应沿堆填体边坡倾斜方向布设水位管，并不少于 3 个水位观测孔。

9.2.5 堆体水位监测宜采用水位计监测，并采用自动化监测。

9.2.6 堆体地表出现的明显裂缝，应测定其位置、出露宽度和分布范围，可用坑探、槽探法检查裂缝深度、宽度及产状等。

9.2.7 当堆体边坡变形超过警戒值，应现场踏勘，并根据浸润线等监测结果核实稳定安全状态，根据需要采取暂停堆存、上部减载、坡脚反压等应急抗滑措施。

9.2.8 当堆体内水位快速上升时，应发出警报，并根据需要采取暂停堆存、打设水平井或竖井增强排水等措施。

9.3 拦挡结构监测

9.3.1 在堆存作业期和封场后应对拦挡结构监测，包括拦挡结构的水平位移、深层水平位移、竖向位移等监测。

9.3.2 拦挡结构监测的监测频次应根据监测等级、堆体的规模、地形、地貌以及填料性质等因素进行综合确定，并应符合表 14 要求。

表14 拦挡结构监测

监测内容	监测项目	安全监测等级			监测频次	
		一级	二级	三级	堆填作业期	堆存场验收后
拦渣墙	水平位移	★	★	★	2次/1月	1次/6月
	竖向位移	★	★	●	2次/1月	1次/6月
	倾斜度	★	●	○	2次/1月	1次/6月
		一级	二级	三级	堆填作业期	堆存场验收后
拦渣坝、拦渣堰 (堤)、压实区	水平位移	★	★	●	2次/1月	1次/6月
	竖向位移	★	★	●	2次/1月	1次/6月
	深层水平位移	★	●	○	2次/1月	1次/6月

注：★为应测项目，●为宜测项目，○为可测项目。

9.3.3 拦挡结构监测的点位布置符合下列规定：

- 拦挡结构监测应选择特征剖面、线、点进行监测；
- 拦渣墙的水平位移、倾斜度监测点应布置在墙顶、墙脚等位置，并应不少于1个监测剖面；
- 拦渣坝、拦渣堰（堤）的水平位移、竖向位移监测点应布置在坝（堰、堤）顶、坝（堰、堤）脚，并应不少于1个监测剖面；
- 压实区的水平位移、竖向位移监测点应布置在压实区坡顶、马道、坡脚、坡面等位置，其中一个纵剖面为边坡中心位置，并应不少于1个监测剖面；
- 堆存场拦挡结构规模较大时，应增加监测剖面。

9.3.4 当拦挡结构位移超过警戒值，应发出警报，增设深层水平位移监测项目，并根据拦挡结构位移、堆存土石方特性、堆体水位、出水量等综合判断是否存在安全风险。

9.3.5 当拦挡结构出现安全风险后，需要采取暂停堆存、上部减载、增强拦挡结构排水等应急抗滑措施。

9.4 堆存场周边场地监测

9.4.1 在堆存作业期和封场后应对周边场地监测，包括周边场地的水平位移、竖向位移等监测。

9.4.2 周边场地监测的监测频次应根据监测等级、地形、地貌等因素进行综合确定，并应符合表15的要求。

表15 周边场地监测

监测内容	监测项目	安全监测等级			监测频次	
		一级	二级	三级	堆填作业期	堆存场验收后
周边场地	水平位移	★	●	○	1次/2月	1次/6月
	竖向位移	★	●	○	1次/2月	1次/6月

注：★为应测项目，●为宜测项目，○为可测项目。

9.4.3 周边场地监测的点位布置符合下列规定：

- 测周边场地监测应选择特征剖面、线、点进行监测；
- 监测点应布置在场区垭口等无遮挡的山坡稳定岩土体；
- 周边场地出现失稳征兆时，应增加监测点位。

9.4.4 存在失稳风险的周边山坡应进行山坡深层水平位移监测。监测点位应布置在风险较大处。监测频次、预警值和稳定标准应根据堆存场风险情况综合确定。

9.4.5 出现周边场地风险时，应进行专项分析，编制专项处理报告，并通过专家论证确定处理方案。

10 堆存场作为建设用地再利用

10.1 一般规定

10.1.1 堆存场可作为居住、公共设施、工业、商服、物流仓储、交通设施、市政公用设施、道路广场、绿地等建筑用地再利用。

10.1.2 堆存场作为建设用地选址宜考虑原地形、地质情况、土石方堆存高度和对周边环境的影响等因素，开展相关环境适应性、经济适应性和工程安全适应性等评估。

10.1.3 作为建设用地的堆存场设计宜综合考虑堆存场不同区域的填料类型、地形特点、堆填高度、地表汇水、场地总体布置规划等因素。

10.1.4 建设用地的堆存场在施工时，宜考虑上部结构和堆存场的共同作用，对建筑体型、荷载情况、结构类型和堆存场地质条件综合分析，并经过技术经济比较，确定合理的建筑措施、结构措施和地基处理方法。

10.1.5 堆存场应经相关行政部门审批后方可作为建设用地再利用。

10.2 技术要求

10.2.1 建设的相关设施主体工程与堆体边坡坡顶距离应经稳定计算确定。

10.2.2 堆存场作为建设用地再利用时，宜设置拦渣坝、压实区等拦挡结构，并按设计要求分区域控制分层填筑厚度、压实度。

10.2.3 当堆存场承载力或变形不能满足设计要求时，宜进行地基处理，宜选用机械压实、强夯或换填等方法，处理后的地基承载力应通过现场试验确定。

10.2.4 堆存场作为建设用地使用的地基承载力、工后沉降量和不均匀沉降量应符合 GB 50007 和 JGJ 340 的有关规定。

10.2.5 堆存场作为建设用地的土石方工程、边坡工程的验收标准应符合 GB 50202 的有关规定。

11 堆存场作为农业用地再利用

11.1 一般规定

11.1.1 堆存场可作为耕地、园地、林草地等农业用地再利用。

11.1.2 农业用地再利用设计应根据技术经济合理的原则，兼顾自然条件与土石方类型选择再利用方式，因地制宜，宜农则农，宜林则林，宜牧则牧，条件允许时应优先作为耕地再利用。

11.1.3 农业用地再利用应通过工程措施、生物措施和管护措施，在地形、土壤质量、配套设施和生产水平方面符合有关要求。

11.1.4 堆存场地作为农业用地再利用的配套设施应包括道路设施、灌排设施和控制水土流失措施。

11.1.5 农业用地再利用质量控制标准应符合 TD/T 1036 的有关规定。

11.1.6 堆存场再利用作为农业用地完成后应向相关主管部门申请验收。

11.2 技术要求

11.2.1 旱地地面坡度不宜超过 25°，复垦为水浇地、水田时，地面坡度不宜超过 15°。

- 11.2.2 复垦为水田时，应评估灌溉用水下渗对堆存场长期稳定性的影响。
- 11.2.3 农业用地土壤质地层次应起到保水、托肥和减少水土流失的作用，应采用上粗下细的层次结构，并符合下列规定：
- 耕作层土质应适合植被生长，宜选用砂粒含量大于 70% 且黏粒含量小于 30% 的沙壤或轻壤，厚度宜为 15 cm~30 cm；
 - 储水层土质应具有优良持水性能，宜采用砂粒含量为 55%~70% 且黏粒含量为 30%~45% 的中壤，厚度不宜小于 30 cm；
 - 对于堆存高度超过 20 m 的堆存场，储水层厚度不宜小于 50 cm，储水层下部宜铺设无纺土工布提高储水能力。
- 11.2.4 土地耕作层改良符合下列规定：
- 林草用地宜优先选择具有根瘤菌或其他固氮菌的绿肥植物；
 - 耕地宜增施有机肥、复合肥或其他肥料；
 - pH 值超标土地可施加黑矾、石膏、石灰等改良土壤；
 - 耕地可采用生物堆肥等方式，增加土壤肥力。
- 11.2.5 土壤环境质量应符合 GB 15618 规定的 II 类土壤环境质量标准。
- 11.2.6 灌溉、排水、道路、林网等农业用地配套设施应符合 GB 50288 和 TD/T 1033 的有关规定。
- 11.2.7 田间道路选线应与自然地形、灌排工程相协调，应与蓄排工程协调；路面宽度应根据生产作业与使用机械的情况取 3 m~5 m。

12 堆存场土石方回采再利用

12.1 一般规定

- 12.1.1 堆存场内土石方回采再利用前应遵循“因料制宜、工程安全、经济合理”的原则，对堆存场土石方的资源性、工程可行性进行评估。
- 12.1.2 土石方资源性评估应包括土石方类型、体量、分布位置等内容，土石方工程可行性评价应包括技术可行性、经济可行性、法律和政策可行性、环境可行性等内容。
- 12.1.3 土石方资源性评估时应对回采土石方类型进行检查分析，宜优先采用土石方堆存时所记录的土石方信息。若无记录信息，则宜根据物理、化学等试验检测手段判断土石方的岩土类型。
- 12.1.4 土石方回采工程设计时应应对堆体开挖各个工程阶段的稳定安全进行全面评估。
- 12.1.5 土石方回采挖取土石方施工应遵循“由高到低”的原则。

12.2 技术要求

12.2.1 土石方回采再利用按以下方式利用：

- 有机质丰富的表层土壤可用作耕植土或营养土；
- 粉土、粉质黏土等持水性能较好的土料，可结合附近废弃矿坑（山）复垦工程、堆坡造景工程的作耕植土或营养土进行再利用；
- 花岗岩、大理岩、玄武岩、纯净中粗砂等优质土石料，进行处理后可作为骨料、建筑用砂等；
- 中等风化砂岩、中等风化灰岩等较硬岩加工处理后可作为低强度等级混凝土的骨料；
- 泥灰岩、风化硅质岩、灰岩夹泥岩等硅质岩石，宜用作周边水泥厂钙质原料或用于制作胶凝块；
- 素填土、砂砾土、砂土、粉砂土等压实性能良好、易于施工的土石料，可结合附近建设项目地基回填工程、路基回填工程等再利用，也可以制备免烧结绿色建材；

——应符合 JC/T 622 规定的运河开挖粉砂岩宜作为加气混凝土砌块或免烧砖；

——富含黏土矿物的渣土可通过烧结或水热固化技术生产陶瓷或是砖等绿色建材。

12.2.2 土石方回采作为耕植土或营养土再利用时，污染物含量应等于或者低于 GB 15618 中的标准；超过标准的，应需重新调配营养土，使其达到标准要求。

12.2.3 土石方回采作为骨料、砂等再利用时，应符合 GB/T 14685 的有关规定。

12.2.4 运河开挖砂土应优先应用工程本身，并结合工程砂土开挖点和用砂点空间位置关系，合理设置洗砂场位置。

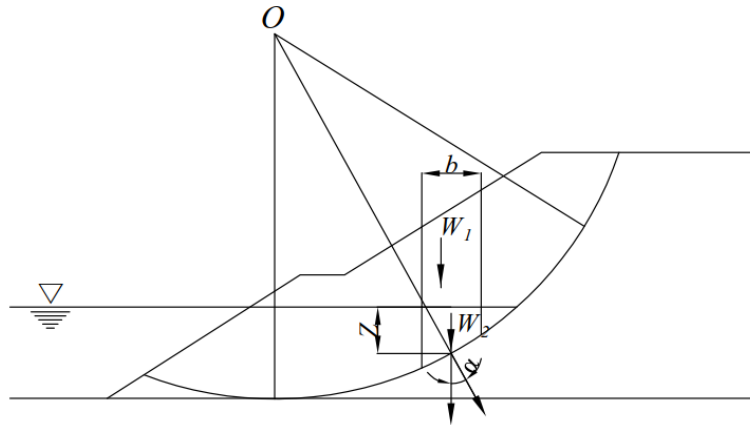
12.2.5 开挖砂土应根据工程砂土开挖时间和工程自身建设的需求用砂时间，合理设计工程开挖土石方与建设施工方案，应符合砂土及时再利用要求。

12.2.6 土石方回采再利用应符合 GB 51016 和 KA/T 2063 等有关设计、生产安全和边坡监测等技术要求。

12.2.7 土石方回采再利用完成后的堆存场应按照 GB 51018 进行环境恢复、土地复垦和验收。

附录 A
(规范性)
堆体边坡稳定计算方法

A.1 当采用圆弧滑动法（见图 A.1）对堆体边坡进行稳定性计算时，按式（A.1）、（A.2）进行计算：



图A.1 圆弧滑动法计算简图

——简化毕肖普法：

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

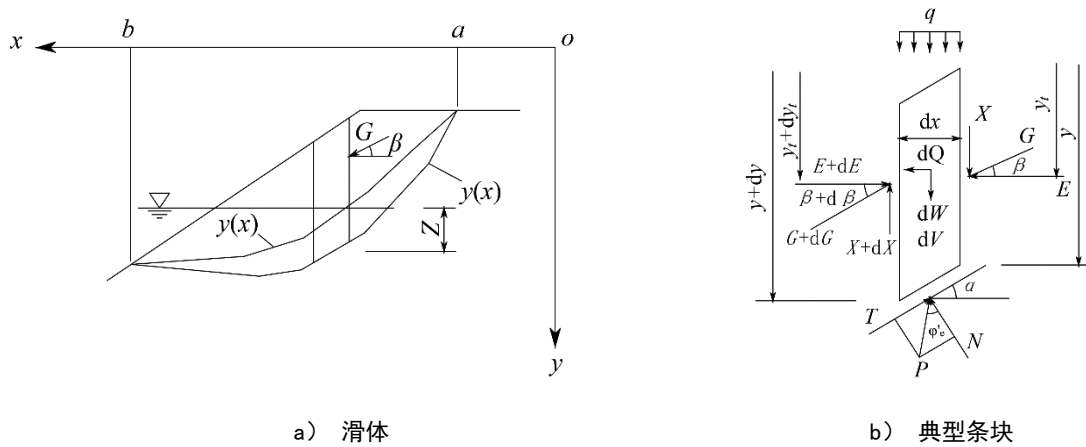
——瑞典条分法：

$$K = \frac{\sum\{(W \pm V) \cos \alpha - ub \sec \alpha - Q \sin \alpha\} \tan \varphi' + c' b \sec \alpha}{\sum[(W \pm V) \sin \alpha + M_c/R]} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

- K ——边坡稳定性系数；
- W ——条块重力， $W=W_1+W_2$ ，单位为千牛（kN）；
- W_1 ——在边坡外水位以上的条块重力，单位为千牛（kN）；
- W_2 ——在边坡外水位以下的条块重力，单位为千牛（kN）；
- V 、 Q ——水平和垂直地震惯性力（向上为负，向下为正），单位为千牛（kN）；
- α ——条块的重力线与通过此条块底面中点的半径之间的夹角，单位为度（°）；
- u ——作用于土条底面的孔隙压力，单位为千帕每米（kPa/m）；
- b ——条块宽度，单位为米（m）；
- φ' ——有效应力抗剪强度指标，土条底面的有效内摩擦角，单位为度（°）；
- c' ——有效应力抗剪强度指标，土条底面的有效粘聚力，单位为千帕（kPa）；
- M_c ——水平地震惯性力对圆心的力矩，单位为千牛米（kN·m）；
- R ——圆弧半径，单位为米（m）。

A.2 当采用摩根斯顿-普赖斯法（见图 A.2）对堆体边坡进行稳定性计算时，按式（A.3）～（A.10）计算：



图A.2 摩根斯顿-普赖斯法计算示意图

$$\int_a^b p(x)s(x) dx = 0 \dots\dots\dots (A.3)$$

$$\int_a^b p(x)s(x)t(x) dx - M_e = 0 \dots\dots\dots (A.4)$$

$$p(x) = \left(\frac{dW}{dx} \pm \frac{dV}{dx} \pm q \right) \sin(\phi'_e - \alpha) - u \sec \alpha \sin \phi'_e + c'_e \sec \alpha \cos \phi'_e - \frac{dQ}{dx} \cos(\phi'_e - \alpha) \dots\dots\dots (A.5)$$

$$s(x) = \sec(\phi'_e - \alpha + \beta) \exp \left[- \int_a^x \tan(\phi'_e - \alpha + \beta) \frac{d\beta}{d\zeta} d\zeta \right] \dots\dots\dots (A.6)$$

$$t(x) = \int_a^x (\sin \beta - \cos \beta \tan \alpha) \exp \left[\int_a^\zeta \tan(\phi'_e - \alpha + \beta) \frac{d\beta}{d\zeta} d\zeta \right] d\zeta \dots\dots\dots (A.7)$$

$$M_e = \int_a^b \frac{dQ}{dx} h_e dx \dots\dots\dots (A.8)$$

$$c'_e = \frac{c'}{K} \dots\dots\dots (A.9)$$

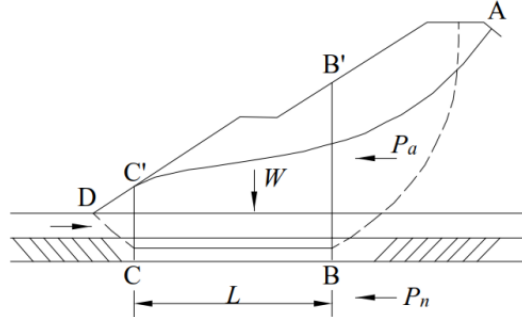
$$\tan \phi'_e = \frac{\tan \phi'}{K} \dots\dots\dots (A.10)$$

式中：

- dx ——土条宽度，单位为米（m）；
- M_e ——水平地震惯性力对土条底部中点的力矩，单位为千牛米（kN·m）；
- dW ——土条重量，单位为千牛（kN）；
- dQ、dV ——土条的水平 and 垂直地震惯性力（向上为负，向下为正），单位为千牛（kN）；
- q ——坡顶外部的垂直荷载，单位为千牛每米（kN/m）；
- φ'_e ——有效应力抗剪强度指标，土条底面的有效内摩擦角，单位为度（°）；
- α ——条块底面与水平面的夹角，单位为度（°）；
- u ——作用于土条底面的孔隙压力，单位为千帕每米（kPa/m）；
- c'_e ——有效应力抗剪强度指标，土条底面的有效粘聚力，单位为千帕（kPa）；
- β ——土条侧面的合力与水平方向的夹角，单位为度（°）；

- h_e ——水平地震惯性力到土条底面中点的垂直距离，单位为米（m）；
 F_s ——边坡稳定安全系数。

A.3 改良圆弧法（见图 A.3）对堆体边坡进行稳定性计算时，按式（A.11）、（A.12）计算：



图A.3 改良圆弧滑动法计算简图

$$K = \frac{P_n + S}{P_a} \dots\dots\dots (A.11)$$

$$S = W \tan \varphi + cL \dots\dots\dots (A.12)$$

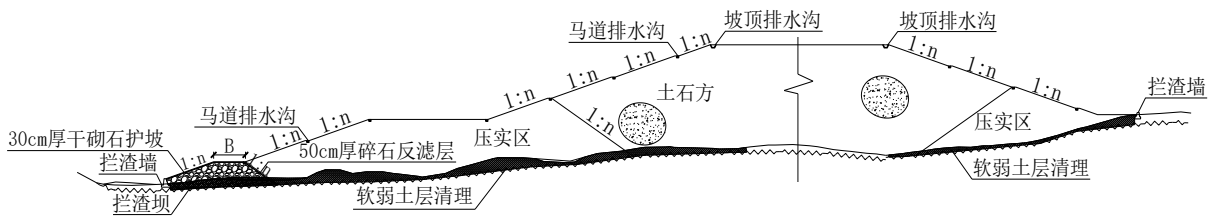
式中：

- K ——边坡稳定性系数；
 P_n ——抗滑力，单位为千牛（kN）；
 P_a ——滑动力，单位为千牛（kN）；
 W ——土体F'C'C'的有效重量，单位为千牛（kN）；
 φ ——软弱土层的内摩擦角，单位为度（°）；
 c ——软弱土层的凝聚力，单位为千帕（kPa）；
 L ——条块宽度，单位为米（m）。

附录 B
(资料性)

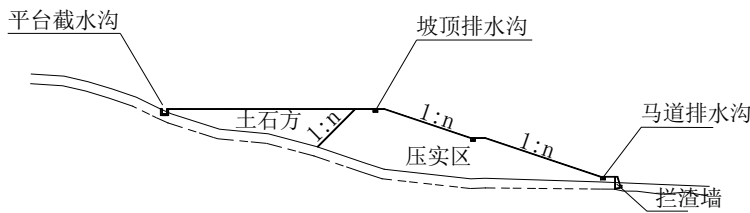
堆存场拦挡结构总体布置和结构样式图

B.1 堆体高度较高或存在敏感因素影响的沟道型、坡地型堆存场可设置压实区、拦渣坝和拦渣墙组合的拦挡结构，其总体布置见图 B.1。



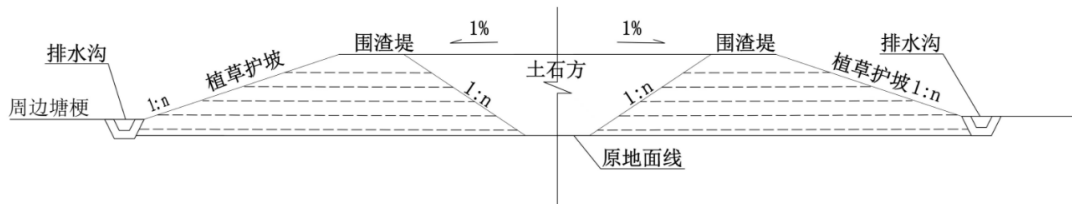
图B.1 压实区、拦渣坝和拦渣墙组合的拦挡结构总体布置

B.2 堆体高度不高且不存在敏感因素影响的沟道型、坡地型、平地型堆存场可设置压实区、拦渣墙组合的拦挡结构，其总体布置见图 B.2。



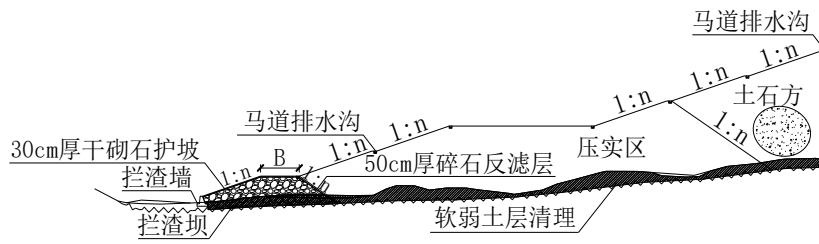
图B.2 压实区、拦渣墙组合的拦挡结构总体布置

B.3 堆存疏浚土、吹填土、淤泥等软弱土的平地型堆存场可设置围渣堰（堤），其总体布置见图 B.3。

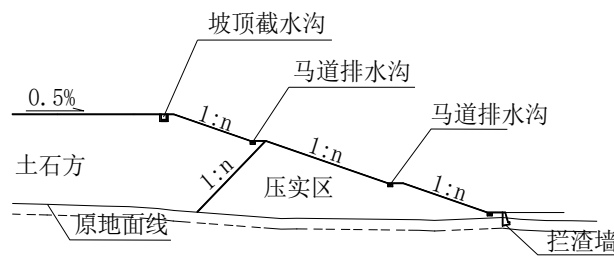


图B.3 围渣堰（堤）的总体布置

B.4 堆存场拦渣坝、压实区可分别参考图 B.4 、图 B.5 的型式。



图B.4 拦渣坝的总体布置



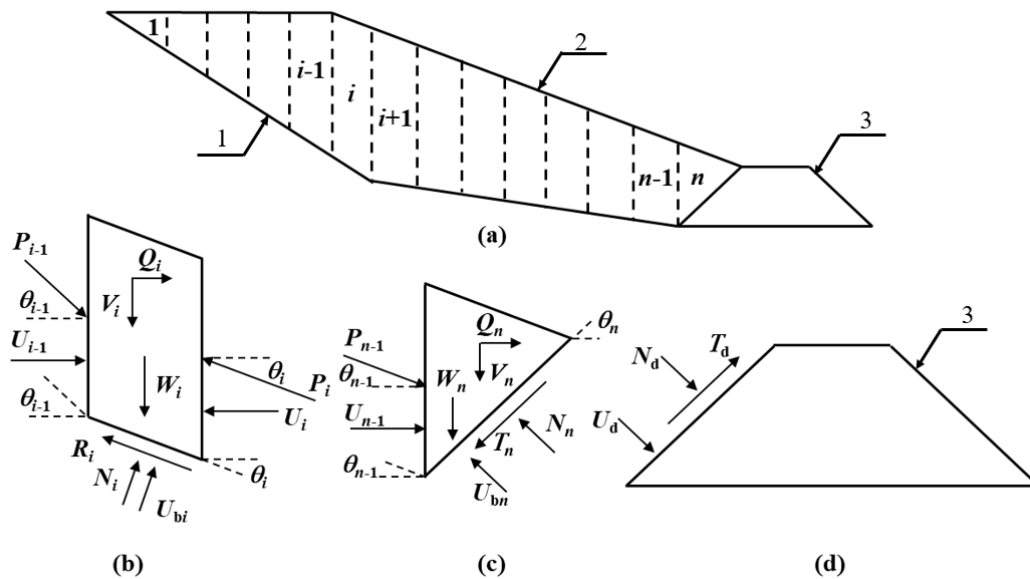
图B.5 压实区的总体布置

附录 C
(规范性)

作用于拦渣坝、围渣堰(堤)、压实区的土压力计算

C.1 堆体作用于拦渣坝、围渣堰(堤)、压实区的整体土压力,应采用边坡稳定分析的剩余推力法(见图 C.1)计算,并应符合下列要求:

- 对拦渣坝、围渣堰(堤)、压实区后堆体稳定性分析,应搜索抗滑稳定的最小安全系数对应的最危险滑移面;
- 将最危险滑移面对应的坝(堰(堤)、区)后堆体竖向划分为 n 个条块,其中第 n 条块为坝(堰(堤)、区)后坡面之上的渣土;
- 从堆体坡顶向坡脚依次计算作用于各条块侧面上的推力,第 i 条块侧面上的推力 P_i 按式(C.1)、(C.2)进行计算:



标引序号说明:

- (a) ——堆体和拦挡结构;
- (b) ——典型条块受力分析;
- (c) ——坝(堰(堤)、区)后坡面上条块受力分析;
- (d) ——坝(堰(堤)、区)后坡面受力分析。

图C.1 剩余推力法示意图

$$P_i = \left[\begin{matrix} (W_i + V_i) \sin \theta_i + Q_i \cos \theta_i \\ + (U_{i-1} - U_i) \cos \theta_i \end{matrix} \right] - \frac{1}{K} \left\{ \left[\begin{matrix} (W_i + V_i) \cos \theta_i - Q_i \sin \theta_i \\ - (U_{i-1} - U_i) \sin \theta_i - U_{bi} \end{matrix} \right] \tan \varphi'_i + c'_i l_i \right\} + P_{i-1} \psi_i \quad (C.1)$$

$$\psi_i = \cos(\theta_{i-1} - \theta_i) - \frac{1}{K} [\sin(\theta_{i-1} - \theta_i) \tan \varphi'_i] \dots \dots \dots (C.2)$$

式中

- P_i ——第 i 条块对第 i+1 条块侧面的推力,单位为千牛每米 (kN/m);
- P_{i-1} ——第 i-1 条块对第 i 条块侧面的推力,单位为千牛每米 (kN/m);
- W_i ——第 i 条块重量,单位为千牛每米 (kN/m);

- V_i ——第 i 条块垂直向地震惯性力, V_i 向上应取“-”, 向下应取“+”, 单位为千牛每米 (kN/m);
- Q_i ——第 i 条块水平向地震惯性力, Q_i 与边坡滑动方向一致时应取“-”, 反之应取“+”, 单位为千牛每米 (kN/m);
- U_i ——第 i 条块侧面的孔隙水压力, 单位为千牛每米 (kN/m);
- U_{bi} ——第 i 条块底面的孔隙水压力, 单位为千牛每米 (kN/m);
- Ψ_i ——第 i 条块的推力传递系数;
- φ'_i ——第 i 条块底面上的有效内摩擦角, 单位为度 ($^\circ$);
- c'_i ——第 i 条块底面上的有效粘聚力, 单位为千帕 (kPa);
- θ_i ——第 i 条块底面与水平面的夹角, 以水平线为起始线, 顺时针应为正角, 逆时针应为负角, 单位为度 ($^\circ$);
- l_i ——第 i 条块底面长度, 单位为米 (m);
- K ——折减系数, 应取渣土堆体的抗滑稳定最小安全系数, 按 7.5.5 中对应数值。

——根据第 $n-1$ 条块对第 n 条块侧面的推力, 对第 n 条块单独进行受力分析, 第 n 条块对挡土坝的土压力的法向分量 N_d 按式 (C.3) 计算, 切向分量 T_d 按式 (C.4) 计算, 挡土坝与第 n 条块界面所能提供的最大抗滑力按式 (C.5) 计算。

$$N_d = (W_n + V_n) \cos \theta_n - Q_n \sin \theta_n - U_{n-1} \sin \theta_n - U_{bn} + P_{n-1} \sin(\theta_{n-1} - \theta_n) \dots \dots \dots (C.3)$$

$$T_d = (W_n + V_n) \sin \theta_n + Q_n \cos \theta_n + U_{n-1} \cos \theta_n + P_{n-1} \cos(\theta_{n-1} - \theta_n) \dots \dots \dots (C.4)$$

$$T_{max} = N_d \tan \varphi'_n + c'_n l_n \dots \dots \dots (C.5)$$

式中:

N_d ——第 n 条块对挡土坝的土压力的法向分量, 单位为千牛每米 (kN/m);

T_d ——第 n 条块对挡土坝的土压力的切向分量, 单位为千牛每米 (kN/m), 不应大于挡土坝与第 n 条块界面所能提供的最大抗滑力 T_{max} , 否则应取最大抗滑力 T_{max} 。

C.2 堆体作用于拦渣坝、围渣堰 (堤)、压实区的局部土压力, 应采用库伦土压力理论计算。宜将第 n 条块与挡土坝整体视为一个垂直的“挡土墙”, 应按 GB 50007 的有关规定, 计算渣土堆体作用于该“挡土墙”侧面的主动土压力, 再按 C.1 的第 4 款计算第 n 条块对挡土坝的土压力的切向分量 T_d 和法向分量 N_d 。

附录 D

(规范性)

拦渣坝、围渣堰(堤)、压实区碾压试验

D.1 拦渣坝、围渣堰(堤)、压实区碾压试验应研究压实料的工程特性,为设计提供基本参数,核实开挖料设计填筑标准的合理性,确定达到设计填筑标准的压实方法和施工参数。

D.2 试验前应充分了解开挖料源的工程特性,与相关单位对开挖料源的岩性、风化程度等特性进行复核。

D.3 应依据试验研究任务书的要求编制试验研究大纲,开展试验工作。碾压试验用料应具有代表性,试验内容应与工程规模、工程等级、工程阶段等相匹配。

D.4 场地要求:

——场地应坚实平整,用拟用碾压设备中最大工作质量的振动碾按 2 km/h~3 km/h 的速度碾压,碾压层厚 50 cm~100 cm 直到每碾压 2 遍后全场平均沉降量不应大于 2 mm。整场高差应小于 20 cm 且局部起伏差应小于 5 cm;

——对于填方场地,应分层碾压,直至达到坚实平整要求。场地达到要求后,铺填一层试验料,直至每碾压 2 遍后全场平均沉降量不应大于 2 mm;

——场地大小应至少能容纳一个完整的试验组合。根据需要,将场地划分为若干试验单元。试验单元的宽度和长度根据试验检测内容、数量以及碾压设备确定;

——两侧试验单元周边应有足够宽度,供施工机械与重车行走、会车错道,试验单元边缘应具有足够的侧压力。

D.5 碾压前工序:

——运输车辆应保持车厢、轮胎等的清洁,选择具有代表性的开挖料装车,粗、细料混装,装车前应进行试验料的级配复核;

——压实料宜采用进占法铺料,铺料推平宜一次到位,应控制单次铺料厚度,铺料厚度控制误差 $\pm 10\%$;

——在试验段布置 2 m \times 2 m 的网格,在各单元的网格测点上标记和编号,测量并记录其初始高程和层厚。碾压完成后,对各网格测点测量碾压后的高程值,通过碾压前后的高程变化值,计算沉降量和沉降率;

——洒水宜在碾压场进行,在铺筑平整完成后,即在其表面均匀洒清水,洒水量用水表计量。根据不同碾压单元计算填筑料体积,加水量为水量与填筑料的体积比;

——碾压前应开展碾压料的颗粒分析及密度测定,具体试验方法可参考现行规范执行。

D.6 碾压试验要求:

——将选定的振动碾在场外启动,由试验人员指挥进场,行驶速度 2 km/h~3 km/h,按规定的遍数进行振碾。以前进、后退全振动重迹碾压,相邻碾迹重叠宽度 10 cm~20 cm(前进、后退均计碾压遍数)。应要求振动碾平行试验单元长度方向匀速、平直行驶,直至完成规定碾压的遍数;

——一个试验组合预定的所有检测项目完成且经现场校核无误后,应将挖出的石料均匀回填,振动碾压回填部位,恢复至挖坑前的状态;

——所有试验组合检测完成后,应选出最优试验组合进行复核试验。每次试验组合碾压后应进行不少于 5 点的碾后密度、颗分、含水率等试验;

- 根据需要，在复核场碾压试验所有检测项目完成后，垂直碾迹对碾压体进行切槽开挖，检查碾压体层面结合情况、颗粒分布与密实情况等，并对开挖断面进行摄影录像等记录；
- 碾压终止条件：
 - 密度应不再上升或有所下降；
 - 标高应不再下降；
 - 取样时发现坑壁稳定，应土粒嵌挤紧密。
- 第一层铺料厚度的碾压全部完成后，采用洒水车进行层间洒水，使层面湿润，进行第二层铺土厚度的摊铺、碾压、测量、取样试验，依次进行。

D.7 试验检测：

- 密度试验根据碾压料颗粒大小和级配情况选择合适的方法，按 NB/T 35016 有关条款规定开展；
- 颗粒分析试验应按 GB/T 50123 有关条款规定进行；
- 含水率试验：
 - 分级测定不同粒径组石料的含水率；
 - 用炒干法或烘干法测定粒径组 5 mm~100 mm 的各级石料含水率；用烘干法测定 5 mm 及以下各粒径组石料的含水率。取各粒径组颗粒含水率的加权计算结果表示石料的综合含水率。含水率测定应符合 DL/T 5355 有关条款规定。
- 击实试验：
 - 击实试验可测定土的最大干密度和最优含水率；
 - 击实试验宜用于粒径大于 40 mm 的颗粒含量小于 30% 的砂土、粉土和黏性土；大于 40 mm 的颗粒含量大于 5% 时，应先去除大于 40 mm 的颗粒，并求得其百分比，采用小于 40 mm 部分做击实试验，并对最大干密度和最优含水率进行校正；
 - 击实试验具体操作应符合 JTS/T 247 相关规定。
- 可根据需要开展原位渗透试验测定压实料的渗透系数，按照 NB/T35016 的有关条款规定进行；
- 可采用碾压体原位直剪试验获取碾压后开挖料的强度指标，每组直剪试验试样数量宜为 4 个~5 个。各试样间距不宜小于试样边长或直径。同组试验应在同一试验单元内布置，按 NB/T 35016 有关条款规定开展；
- 若无法开展现场直剪试验，也可采用标准贯入试验确定碾压后开挖料抗剪强度指标取值范围，或重型动力触探试验确定其取值范围。

中华人民共和国广西地方标准
运河土石方堆存处置与堆存场再利用技术规范
DB45/T 2930-2024
版权专有 侵权必究