

ICS 93.080.10

CCS P66

DB 4201

武汉市地方标准

DB 4201/T 674—2023

建设工程固体废弃物堆填技术规范

Code of practice for solid waste material landfill from construction

2023 - 06 - 09 发布

2023 - 07 - 09 实施

武汉市市场监督管理局 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号 3

 4.1 抗力、材料性能、作用与作用效应 4

 4.2 几何参数 4

 4.3 计算系数 4

5 总则 4

6 基本规定 5

7 选址 6

 7.1 一般规定 6

 7.2 选址要求 6

 7.3 堆填场址适宜性分析 7

8 勘察 7

 8.1 一般规定 7

 8.2 可行性研究勘察 8

 8.3 初步勘察 8

 8.4 详细勘察 9

 8.5 勘探、取样和测试试验 12

 8.6 水文地质勘察 13

9 设计 13

 9.1 一般规定 13

 9.2 填料要求及设计参数 14

 9.3 堆填边坡稳定性分析 14

 9.4 坡率法 15

 9.5 桩板式支挡结构 15

 9.6 加筋土挡墙 16

 9.7 重力式挡土墙 17

 9.8 拦土坝 18

 9.9 排水工程 19

 9.10 坡面防护与绿化 22

 9.11 环境保护与安全卫生 23

10 施工 24

 10.1 一般规定 24

 10.2 堆填技术要求 24

10.3 坡率法施工要点..... 24

10.4 桩板式支挡结构施工要点..... 25

10.5 加筋土挡墙工程施工要点..... 26

10.6 重力式挡土墙工程施工要点..... 26

10.7 拦土坝施工要点..... 27

10.8 排水工程施工要点..... 27

10.9 坡面防护及绿化工程施工要点..... 28

11 监测..... 29

11.1 一般规定..... 29

11.2 施工阶段监测..... 30

11.3 长期监测..... 32

12 检验与验收..... 33

12.1 一般规定..... 33

12.2 检验..... 33

12.3 验收..... 38

附录 A（资料性） 场址适宜性定性分级标准表..... 39

本文件用词说明..... 41

参考文献..... 42

条文说明..... 43

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。

本文件由武汉市城乡建设局提出并归口。

本文件起草单位：武汉市勘察设计院有限公司、武汉光谷交通建设有限公司、中国地质大学（武汉）。

本文件主要起草人：黄正新、官善友、周小华、王亮清、张杰青。

建设工程固体废弃物堆填技术规程

1 范围

本文件规定了建设工程固体废弃物堆填工程的总则、基本规定、选址、勘察、设计、施工、监测及检验与验收等技术标准。

本文件适用于武汉市建设工程固体废弃物堆填工程的规划选址、勘察、设计、施工、监测及检验与验收。

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 16297 大气污染物综合排放标准
- GB/T 38509 滑坡防治设计规范
- GB 50007 建筑地基基础设计规范
- GB 50010 混凝土结构设计规范
- GB 50021 岩土工程勘察规范
- GB/T 50123 土工试验方法标准
- GB 50201 防洪标准
- GB 50202 建筑地基基础工程施工质量验收标准
- GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
- GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
- GB/T 50328 建设工程文件归档规范
- GB 50330 建筑边坡工程技术规范
- GB/T 50344 建筑结构检测技术标准
- GB/T 50783 复合地基技术规范
- GB 51254 高填方地基技术规范
- JGJ 79 建筑地基处理技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

建设工程固体废弃物 solid waste of construction project

工程建设中不能利用的开挖土石方、拆除混凝土、砖渣或其混合物的总称，不包括泥浆、含污染物的淤泥、含放射性物质的固体废弃物等。

3.2

堆填 landfill

将车载填料均匀倾卸摊铺于拟堆填场地的施工方法。

3.3

堆填边坡 landfill slope

建设工程固体废弃物堆填而形成的边坡。

3.4

堆填工程安全等级 safety grade of landfill engineering

根据场地地质条件复杂程度、堆填方量、最大堆填高度及破坏后果，划分堆填工程的安全等级。

3.5

最大堆填高度 Maximum landfill height

堆填最高点与堆填场周边地表最低点的相对高差。

3.6

堆填场址适宜性 landfill site suitability

场地作为建设工程固体废弃物堆填场的适宜程度。

3.7

坡率法 slope ratio method

通过调整、控制边坡坡率维持边坡整体稳定和采取构造措施保证边坡及坡面稳定的边坡治理方法。

3.8

支挡结构 retaining structure

堆填边坡中为保持边坡稳定并控制其变形而采用的支挡桩（墙）等结构体系的总称。

3.9

土工格栅 geogrid

具有较高强度，其开孔可容周围土、石或其他土工材料穿入，用于加筋的平面材料。

3.10

拦土坝 earth retaining dam

支挡建设工程固体废弃物的堆填场外围构筑物，包括初期坝和堆积坝。

3.11

初期坝 initial dam

用作支撑后期固体废弃物堆存体的坝。

3.12

堆积坝 stacked dam

在初期坝坝顶以上用固体废弃物堆填而形成的坝。

3.13

排水盲沟 hidden drainage ditch

埋置在堆填区底部或堆填体内部，采用高过滤性能填料或内置渗管形成的用于汇集、导排地下水和内部渗水的暗渠。

3.14

坡面防护 slope surface protection

为了防止边坡坡面受到水、温度、风等自然因素反复作用下出现剥落、碎落、冲刷或表层土溜坍等破坏现象而采取的保护措施。

3.15

堆填地基处理 filled ground treatment

采用强夯、振动碾压、冲击压实或其他方法将堆填建设工程固体废弃物处理密实的技术措施。

3.16

绿色设计 green design

贯彻可持续发展理念，在满足使用功能基础上，实现全寿命周期内资源节约和环境保护，为人们提供健康、适用和高效的使用空间设计。

3.17

动态设计 dynamic design

根据信息法施工和施工勘察反馈资料，对地质结论、设计参数及方案进行再验证，确认原设计条件有较大变化，及时补充、修改原设计的过程。

3.18

综合设计 integrated design

设计中体现特色化、整体化理念，在安全适用的基础上，实现场地及其周边环境设计中人文、自然、生态、环保、节能等方面的和谐共生。

3.19

信息化施工 Information construction

根据施工现场的地质情况和监测数据，对地质结论、设计参数进行验证，对施工安全性进行判断并及时修正施工方案的施工方法。

3.20

长期监测 long-term monitoring

固体废弃物堆填工程竣工后，有固定频率的连续监测。

4 符号

下列符号适用于本文件。

4.1 抗力、材料性能、作用与作用效应

Q_j ——计算流量(m^3/s);
 q ——设计降雨(暴雨)强度[$\text{L}/(\text{s}\cdot\text{hm}^2)$];
 P ——设计重现期(a);
 t ——降雨历时(min);
 Q_s ——设计流量(m^3/s);
 n ——面积参数;
 M ——地表排水径流模数($\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$);
 Q_g ——设计过流量(m^3/s);
 V ——沟(管)内的平均流速(m/s);
 W_s ——渗流量(m^3);
 J ——水力坡降;
 T_s ——渗透时间(s);
 S_p ——设计雨力(mm/h);
 Q_p ——设计频率地表水汇流量(m^3/s);
 τ ——流域汇流时间(h)。

4.2 几何参数

H ——最大堆填高度(m);
 B_p ——桩的计算宽度(m);
 b ——矩形桩的设计宽度(m);
 d ——桩的设计直径(m);
 F ——汇水面积(km^2);
 A_g ——沟(管)的设计过水断面面积(m^2);
 A_s ——有效渗透面积(m^2)。

4.3 计算系数

ψ ——径流系数;
 α ——综合安全系数;
 k ——土层渗透系数(m/s);
 ϕ ——综合径流系数;
 m ——降雨强度衰减系数。

5 总则

5.1 为了在武汉市建设工程固体废弃物堆填工程的规划选址、勘察、设计、施工、监测及检验与验收中执行国家的技术经济政策,做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护生态及环境,制定本文件。

5.2 本文件适用于堆填高度为 60m 以下（含 60m）的建设工程固体废弃物堆填工程。超过上述限定高度的建设工程固体废弃物堆填工程除应符合本文件的规定外，尚应进行专项研究，采取有效、可靠的加强措施。

5.3 建设工程固体废弃物堆填工程应综合考虑堆填场地的地质条件、工程特点、使用要求、环境条件、施工条件和工期等因素，因地制宜，精心设计，精心施工。

6 基本规定

6.1 根据场地地质条件复杂程度、堆填方量、最大堆填高度及破坏后果，建设工程固体废弃物堆填工程安全等级可按表 1 划分。

表1 堆填工程安全等级划分

最大堆填高度 H（m）	堆填方量 V（10 ⁴ m ³ ）	破坏后果与场地地质条件复杂程度								
		很严重			严重			不严重		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
30≤H≤60	V≥500	一			一			一		二
	100≤V<500	一			一		二	一		二
	V<100	一			一		二	一	二	
15≤H<30	V≥300	一			一			一		二
	100≤V<300	一			一		二	一	二	
	V<100	一			一	二		一	二	
H<15	V≥100	一			一	二		二		三
	50≤V<100	一			一	二		二	三	
	V<50	一			一	二		三		
注1：破坏后果分类： 很严重：造成重大人员伤亡或重大财产损失； 严重：可能造成人员伤亡或重大财产损失； 不严重：可能造成财产损失。 注2：场地地质条件复杂程度分类： I、复杂——抗震危险地段；不良地质作用中等-较强烈发育，地质灾害危险性大地段；地形地貌复杂；地下水对工程的影响很大；岩土种类多，很不均匀；地基、边坡的岩土性质变化大；存在需进行专门治理的特殊性岩土； II、中等复杂——非全新活动断裂带；抗震不利地段；不良地质作用一般发育，地质灾害危险性中等地段；地形地貌较复杂；地下水对工程的影响较小；岩土种类多，不均匀；地基、边坡的岩土性质变化较大；特殊性岩土不需要专门治理； III、简单——无活动断裂；抗震一般和有利地段；不良地质作用弱～不发育，地质灾害危险性小地段；地形地貌简单；地下水对工程无影响；岩土种类单一，均匀；地基、边坡的岩土性质变化不大；无特殊性岩土。										

6.2 项目选址应符合相关规划，满足相关标准和规范要求，采用定性与定量相结合的方法对适宜性作出分析评价。

6.3 堆填工程的勘察应配合工程建设分阶段进行，宜分为可行性研究勘察、初步勘察和详细勘察三个阶段。

- 6.4 堆填工程设计前应完成堆填选址和勘察资料搜集，选取代表性样本进行试验检测，结合现场勘察与检测结果，确定堆填工程的处理范围、处理方法及技术要求。
- 6.5 堆填工程宜采用综合设计，体现绿色环保理念，鼓励采用新技术、新工艺、新材料。
- 6.6 排水工程应符合项目所在地区的国土空间规划、城镇总体规划、流域规划、排水专项规划及竖向规划等要求，体现海绵城市设计理念并与地区其它相关专项规划相衔接。
- 6.7 堆填工程应采取信息化施工，利用监测信息进行反分析，检验校核设计与施工参数，指导后续设计和施工。
- 6.8 堆填工程应明确危大工程的重点部位和环节，进行危险源辨识并制定针对性施工组织设计、专项施工方案及应急预案。
- 6.9 堆填工程施工阶段应对堆填体和周边环境等进行监测，施工完成后，安全等级为一级的堆填工程应进行长期监测。
- 6.10 堆填工程施工质量检验应包括施工阶段主要材料、半成品、构（配）件等产品的进场检验、施工过程中质量检验和施工完成后质量检验。

7 选址

7.1 一般规定

- 7.1.1 应按照“不占水面，不占绿地，不占基本农田”的原则，不影响防洪排涝、不影响生态环境、不影响农田耕地。
- 7.1.2 应与当地的大气防护、水土资源保护、自然保护和生态平衡要求相一致。
- 7.1.3 应综合考虑地理位置、地形地貌和水文地质等条件对周围人居环境、工程建设投资、运行成本和运输费用的影响，经过多方案比选后确定。
- 7.1.4 宜与山体修复、堆山造景和湖泊岸线整治等景观修复工程相结合，优先选用废弃的采矿坑、破损山凹地、废沟渠和需地形塑造的低洼地等可容纳建设工程固体废弃物的场地。
- 7.1.5 禁止在对居民生命财产安全、重大基础设施、城市防洪排涝安全和生态环境有重大影响区域布设堆填场。

7.2 选址要求

7.2.1 堆填场选址应搜集下列基础资料：

- a) 城市国土空间总体规划、城市土地规划、城市环境卫生和城市防洪排涝专业规划；
- b) 土地利用价值及征地费用；
- c) 附近居住信息与公众反映；
- d) 地形、地貌及相关地形图；
- e) 工程地质与水文地质条件；
- f) 周边区域道路交通、给排水、供电和土石料条件；
- g) 设计频率洪水位、降水量、蒸发量、夏季主导风向及风速、基本风压值；
- h) 服务范围的建设工程固体废弃物方量、性质及运输条件；
- i) 其他选址相关资料。

7.2.2 堆填场选址不应设在下列地区：

- a) 滑坡、泥石流和地面沉降等地质灾害易发区；
- b) 地下水集中供水水源地及补给区、水源保护区、湿地沼泽保护区；
- c) 洪泛区和泄洪道范围；

- d) 尚未开采的地下蕴矿区；
- e) 珍贵动植物保护区；
- f) 文物古迹区，考古学、历史学及生物学研究考察区；
- g) 军事要地、军工基地和国家保密地区；
- h) 重要的地下管廊设施（如高压天然气、石油）、地下交通枢纽、铁路和桥梁影响范围。

7.2.3 堆填场选址应符合下列要求：

- a) 充分利用天然地形以增大堆填容量；
- b) 选择在生态资源、地面水系、机场、文化遗址和风景区等敏感目标少的区域；
- c) 不应受洪水或内涝的威胁；必须建在该类地区时，应有可靠的防洪、排涝措施，其防洪标准应符合 GB 50201 的相关规定；
- d) 工程地质与水文地质条件符合堆填要求；
- e) 有良好的电力、给水和排水条件；
- f) 土地利用价值及征地费用合理；
- g) 交通方便、运距合理，并应综合考虑堆填场的服务区域、受纳能力、预留发展等因素；
- h) 符合环境影响评价的要求。

7.3 堆填场址适宜性分析

7.3.1 堆填场址适宜性可划分为适宜、较适宜、适宜性差和不适宜，共 4 个等级。

7.3.2 堆填场址适宜性分析宜采用定性和定量相结合的方法，参照附录 A 表 A.1 确定。

7.3.3 对附录 A 表 A.1 中的要素难以定量分析的，可结合定性分析的方式形成专题论证报告或专题研究报告等，经专家论证或专题研究通过后，报行政主管部门审查确定场址。相关论证和研究文件应对选址场地进行地形测量和地质调查，并形成初步方案。

8 勘察

8.1 一般规定

8.1.1 建设工程固体废弃物堆填工程的勘察范围应包括原场地（含既有边坡）及其临近影响地段、支挡工程等。

8.1.2 堆填工程原场地中的既有边坡应进行边坡工程勘察，边坡工程勘察宜与原场地勘察一并进行，且应满足 GB 50330 对边坡勘察的工作深度要求；支挡工程在平面布置确定后可直接进行详细勘察；根据工程需求可开展必要的补充勘察或施工勘察。

8.1.3 堆填工程场地复杂程度、岩土条件复杂程度可按表 2、表 3 确定。

表2 场地复杂程度等级

等级	场地复杂程度	划分依据
一级	复杂	地形地貌复杂，抗震危险地段，不良地质作用强烈发育，地质环境已经或可能受到强烈破坏，地下水对工程的影响很大；周边环境条件复杂。
二级	中等复杂	地形地貌较复杂，抗震不利地段，不良地质作用一般发育，地质环境已经或可能受到一般破坏，地下水对工程的影响较小；周边环境条件中等复杂。
三级	简单	地形地貌简单，抗震一般和有利地段，不良地质作用不发育，地质环境基本未受破坏，地下水对工程无影响；周边环境条件简单。

表3 岩土条件复杂程度等级

等级	岩土条件复杂程度	划分依据
一级	复杂	岩土种类多，很不均匀；地基、边坡的岩土性质变化大；存在需进行专门治理的特殊性岩土。
二级	中等复杂	岩土种类多，不均匀；地基、边坡的岩土性质变化较大；特殊性岩土不需要专门治理。
三级	简单	岩土种类单一，均匀；地基、边坡的岩土性质变化不大；无特殊性岩土。

8.1.4 堆填工程勘察等级应根据场地复杂程度等级、岩土条件复杂程度等级和堆填工程安全等级按下列规定划分：

- a) 甲级：在场地复杂程度等级、岩土条件复杂程度等级和工程安全等级中，有一项或多项为一级；
- b) 乙级：除勘察等级为甲级和丙级以外的勘察项目；
- c) 丙级：场地复杂程度等级、岩土条件复杂程度等级和工程安全等级均为三级。

8.1.5 堆填工程勘察工作中的工程地质测绘和调查、岩土分类、勘探、取样、原位测试、室内试验及水和土的腐蚀性评价等应符合 GB 50021 中的相关规定。当有特殊要求时，可参照相关国家、行业及地方标准执行。

8.1.6 堆填工程场地地震效应评价应符合国家及行业现行抗震设计规范标准的规定。

8.1.7 堆填工程勘察工作中的勘探孔、探井、探坑和探槽等，在野外工作完成后应及时封填密实。

8.2 可行性研究勘察

8.2.1 可行性研究勘察应以搜集资料、工程地质测绘和调查为主，必要时辅以适当的钻探、槽探、物探、原位测试及试验工作，工程地质测绘和调查比例尺宜采用 1：1000～1：2000。

8.2.2 可行性研究勘察应调查和分析评价下列内容：

- a) 搜集区域地质、构造、地震、水文、气象、地形和地貌等资料，调查当地多年平均降雨量、年最大降雨量、月最大降雨量；
- b) 调查场区及周边的汇水面积、地表径流、地下水补给量和多年一遇洪峰流量；调查场区及周边山洪、冲沟和河流冲淤等情况；
- c) 调查场地的工程地质与水文地质条件概况；
- d) 调查场区及周边环境条件，临近的水源地保护区水源开采情况和环境保护要求；
- e) 调查场地地震效应，划分抗震地段类别，分析评价地震可能诱发的次生地质灾害及对工程和周边环境的不利影响；
- f) 调查场地特殊性岩土、不良地质作用和地质灾害，分析其对场地及堆填工程的影响；
- g) 分析评价场地稳定性和工程建设适宜性。

8.3 初步勘察

8.3.1 初步勘察应以工程地质测绘和调查为主，比例尺宜采用 1：500～1：1000，辅以钻探、槽探、物探、原位测试及试验工作。

8.3.2 初步勘察宜在可行性研究勘察的基础上，初步查明拟建场地的岩土工程条件，对堆填工程的总体布置、场地稳定性、工程建设适宜性、边坡稳定性、特殊性岩土、不良地质作用、地质灾害和环境影响等进行初步评价，并提出设计与施工所需的初步建议及岩土参数。

- 8.3.3 初步勘察应初步查明和分析评价下列内容：
- a) 场地地形、地貌特征和气象水文条件；
 - b) 场地不良地质作用和地质灾害的分布、规模、成因及发展趋势等，对不良地质作用作出初步分析评价，并提出初步防治措施建议；
 - c) 场地地基土层结构、成因、地质年代及其工程性质；
 - d) 地下水的埋藏条件、动态变化规律以及和地表水的补排关系；
 - e) 水和土对建筑材料的腐蚀性；
 - f) 场地和地基的地震效应；
 - g) 场地稳定性和工程建设适宜性；
 - h) 根据场地岩土条件，初步分析评价堆填场地的地基承载力和边坡稳定性，提供堆填工程初步设计所需的岩土参数，对堆填场地地基和边坡的设计与施工提出初步建议，当需要进行地基处理时，还应提供地基处理设计和施工所需的岩土参数。
- 8.3.4 初步勘察阶段勘探点的间距应根据场地及岩土条件的复杂程度按表 4 确定。

表4 初步勘察勘探点间距

场地及岩土条件复杂程度等级	勘探点间距（m）
复杂	50～100
中等复杂	100～150
简单	150～300

- 8.3.5 初步勘察勘探孔可按方格网布置，对场地及岩土条件特别复杂的区段，可加密勘探点，并布置控制性横剖面。
- 8.3.6 堆填材料调查应符合下列要求：
- a) 堆填材料调查工作以搜集资料、踏勘调查为主，必要时可辅以少量勘探和试验工作，应搜集和调查堆填材料的成分、粒度、物理化学性质、储量和分布；
 - b) 搜集调查堆填材料初始状态下的岩土类别、渗透系数、含水量、液塑限、有机质含量、自由膨胀率、PH 值、软化系数、最大干密度及最优含水率等岩土指标。堆填材料调查分类和土工试验应分别符合 GB 50021 和 GB/T 50123 等的相关规定；
 - c) 分析评价堆填材料对水源、岩土体的污染及对周边环境的影响，判断各类堆填材料的适宜性，提出堆填材料的使用要求和建议。

8.4 详细勘察

- 8.4.1 详细勘察应充分利用初步勘察资料，可采用钻探、物探、原位测试和试验等手段进行，地质条件复杂地段尚应进行工程地质测绘，比例尺宜采用 1：200～1：500。
- 8.4.2 详细勘察应针对工程特点和场地岩土条件，进行岩土工程分析与评价，提出设计、施工和监测工作的建议，并对不稳定地段和环境影响进行评价，提出治理建议，提供设计和施工所需的岩土参数及有关结论和建议；对需要进行地基处理的地段提出地基处理方法的建议，并分析地基处理对工程环境的影响；对工程安全有影响的既有边坡应做专门的边坡勘察，并对边坡的稳定性进行分析评价；对支挡工程应进行专门勘察，并分析评价场地岩土条件对支挡结构的影响。
- 8.4.3 详细勘察应详细查明和分析评价下列内容：
- a) 场地地形地貌特征和气象水文条件；
 - b) 场地地层结构及其物理、力学性质、渗透系数；

- c) 特殊土、回填土、河、湖、沟、坑及暗浜的分布范围，分析相关岩土工程问题和对设计与施工的影响；
- d) 地下水埋藏条件及其与地表水的补排关系，提供地下水位动态变化幅度，分析评价其对工程建设和安全运营的影响；
- e) 不良地质作用和地质灾害对场地及堆填工程的影响，提出防治措施的建议，对岩溶场地还应进行岩溶稳定性分析评价，对有影响地段还应提出处理意见和建议；
- f) 场地和地基的地震效应，评价堆填体在地震作用下的稳定性和地震液化可能性，提供抗震设计的有关参数；
- g) 水、土对建筑材料的腐蚀性，评价堆填体对环境的影响；
- h) 场地稳定性和工程建设适宜性；
- i) 地基的均匀性、压缩性、承载力，提供堆填工程施工图设计所需的岩土参数，对堆填场地地基设计、施工、监测与检验提出建议；
- j) 对原场地地表土处理、既有边坡坡面处理、支挡措施设置、软弱土和特殊土处理等提出设计和施工方面的建议，当需要采取地基处理时，尚应提供地基处理方案设计和施工所需的岩土参数；
- k) 分析评价堆填区的地基承载力、边坡稳定性，提供地基沉降和边坡稳定性计算所需的岩土参数，当工程需要时，尚应分析预测地基沉降和边坡变形破坏。

8.4.4 原场地详细勘察勘探点的布置应符合下列要求：

- a) 沿设计堆填边坡走向布置勘探点，沿设计堆填范围垂直向布设勘探线，勘探线（点）间距可根据场地和岩土条件的复杂程度按表 5 确定；当局部地形和岩土条件特别复杂时应予以加密；

表5 原场地详细勘察勘探线（点）间距

场地及岩土条件复杂程度等级	勘探线（点）间距（m）
复杂	30～50
中等复杂	50～75
简单	75～150

- b) 每个地貌单元、不同地貌单元交界部位、相同地貌内的不同工程地质单元均应布置勘探点，在微地貌和地层变化较大的地段应予以加密；
- c) 当场地分布有填埋的沟坑和暗藏的古河道、沟、浜等时，勘探点间距宜控制在 20m～40m，控制边界线勘探点间距可适当加密；
- d) 对岩溶场区应满足查明岩溶充填物及岩溶发育程度的要求。

8.4.5 既有边坡勘察应符合下列要求：

- a) 堆填工程的边坡包括堆填前的既有边坡和因堆填形成的挖填方边坡。
- b) 堆填工程原场地或其附近存在对工程安全有影响的既有边坡时，应进行专门的边坡勘察；堆填工程原场地或其附近存在对工程安全有影响的危岩和崩塌时，应进行危岩和崩塌的勘察。
- c) 既有边坡的勘探范围应包括坡面区域和坡面外围的一定区域，以及对堆填工程有潜在安全影响的区域。
- d) 既有边坡工程勘察宜采用钻探、坑（井）探和槽探等方法，必要时可辅以硃探和物探方法。
- e) 既有边坡勘察应查明岩土分布情况及影响边坡稳定的工程地质问题，提供验算边坡稳定性分析及计算所需的物理力学参数。

- f) 根据边坡水文地质、工程地质、岩土体结构特征及已出现的变形破坏迹象，对边坡稳定性进行分析评价，对边坡的可能破坏形式和边坡稳定性作出定性判断，并提出潜在不稳定边坡的整治措施和对设计、施工及监测的建议。
- g) 既有边坡勘察勘探线应垂直边坡走向或平行主滑方向布置，详细勘察的勘探线（点）间距可按表 6 确定，且对每一单独边坡段勘探线不宜少于 2 条，每条勘探线不应少于 2 个勘探孔。

表6 既有边坡详细勘察勘探点间距

边坡工程安全等级	勘探点间距（m）
一级	≤30
二级	30～40
三级	40～75
注1：边坡工程安全等级可根据GB 50330的相关规定确定； 注2：初勘的勘探线（点）间距可适当放宽，每一单独边坡段勘探线不宜少于1条，每条勘探线不应少于2个勘探孔。	

- h) 主要岩土层和软弱层应采集试样进行物理力学性能试验，用于稳定性计算时，土的抗剪强度指标宜采用直接剪切试验获取。有条件时应进行结构面的抗剪强度试验，当无条件进行试验时，可根据 GB 50330 和反演分析等方法综合确定。
- i) 危岩和崩塌勘察要求如下：
- 1) 对崩塌危害程度作出评价，并根据崩塌产生的机理提出防治建议。勘察方法以工程地质测绘和调查为主，工程地质测绘和调查的比例尺宜采用 1：500～1：1000，危岩体崩塌方向主剖面的比例尺宜采用 1：200。
 - 2) 查明危岩分布及产生崩塌的条件、危岩规模、类型、稳定性及危岩崩塌危害的范围等，重点查明危岩崩塌区的岩体结构类型、结构面形状、组合关系、闭合程度、力学属性、贯通情况和岩性特征、风化程度及下覆洞室等，应根据危岩的破坏形式，按单个危岩形态特征进行定性或定量评价，并提供相应图件，标明危岩分布、大小和数量。
 - 3) 危岩稳定性判定时应对张裂缝进行监测。对破坏后果严重的大型危岩，应结合监测结果对可能发生崩塌的时间、规模、方向、途径和危害范围作出预测。

8.4.6 支挡工程勘察应符合下列要求：

- a) 当堆填场需要设置桩板式、挡土墙（坝）等支挡工程时，应对支挡工程进行详细勘察。
- b) 勘察工作应查明地基的岩土工程条件，提供支挡工程的基础持力层建议和相关岩土参数。
- c) 勘探点宜沿支挡工程的轴线布置；沿轴线每隔 2 倍～4 倍孔距布置一条垂直于支挡工程轴线的横断面勘探线，每条勘探线可布置 2 个～3 个勘探孔。当场地及岩土条件复杂或设计有特殊要求时，可加密勘探孔。勘探点间距可根据场地及岩土条件复杂等级按表 7 确定。

表7 支挡工程详细勘察勘探点间距

场地及岩土条件复杂程度等级	勘探点间距（m）
复杂	10～20
中等复杂	20～30
简单	30～50

- d) 支挡工程勘察应重点分析评价内容如下：

- 1) 分析评价挡土墙（坝）基础的地基承载力、稳定性，提供地基沉降计算参数，提出地基处理方法的建议；
 - 2) 分析拟选桩端持力层及下卧层的分布规律，提出桩端持力层方案的建议；当工程需要时，尚应提供变形验算参数；
 - 3) 提供桩基变形验算的岩土参数，评价成（沉）桩可能性，论证桩基施工条件及其对环境的影响；
 - 4) 评价支挡结构在地震作用下的稳定性，提出抗震措施和建议。
- e) 当场地存在不良地质作用与特殊性岩土分布时，支挡工程的分析评价要求如下：
- 1) 对岩溶发育地区，应根据岩溶发育的地质背景、溶洞、土洞、塌陷的形态、平面位置和顶底标高，分析岩溶的稳定性及其对拟建桩板式、挡土墙（坝）等支挡工程的影响，提出治理和监测的建议，当工程需要时，尚应进行施工勘察；
 - 2) 对膨胀土地区，应评价膨胀性岩土的工程特性，根据场地的环境条件和土体增水后体积膨胀、强度衰减和失水后体积收缩、强度增大的变化特点，综合评价支挡工程的地基强度和变形特征，提出膨胀土地基处理建议；
 - 3) 对厚层填土地区采用桩基时，尚应分析产生桩侧负摩阻力的可能性及其对基桩承载性状的影响，提供负摩阻力系数和减少负摩阻力措施的建议。

8.5 勘探、取样和测试试验

8.5.1 原场地勘察勘探孔深度应符合下列要求：

- a) 堆填区的一般性勘探孔深度宜达到原地面以下 10m，在挖方地段宜达到基层设计标高以下 4m，一般性勘探孔的深度应满足地基承载力、边坡稳定性分析评价要求，控制性勘探孔应满足变形及稳定性分析计算的要求；
- b) 当堆填区分布有填土、软土和可液化层时，勘探孔应适当加深，以满足地基处理、沉降和稳定性计算的要求；
- c) 在预定的勘探深度内遇见基岩，控制性勘探孔（井）应钻（挖）入基岩适当深度，并查明基岩风化情况，一般性勘探孔可钻至基岩顶板，岩溶勘察钻孔应穿透表层岩溶发育带。

8.5.2 既有边坡勘察一般性勘探孔深度应进入最深潜在滑动面不小于 2m，控制性勘探孔的深度应穿过最深潜在滑动面进入稳定层不小于 5m，并应进入坡脚地形剖面最低点和支挡结构基底下不小于 3m。

8.5.3 支挡工程勘察勘探孔深度应符合下列要求：

- a) 当采用桩板式支挡时，勘探孔深度宜达到预计桩端以下 3 倍~5 倍桩径且不小于 3m；
- b) 对覆盖层较薄的岩质地基，勘探孔深度应达到可能的持力层（或埋置深度）以下 3m~5m 或桩端平面以下 3 倍~5 倍桩径，并穿过溶洞、破碎带，达到稳定地层；
- c) 当采用挡土墙（坝）时，勘探孔深度宜取基底下 0.7 倍~1.5 倍基础宽度，且不应小于 5m，当勘察深度范围内遇软弱下卧层时，应加大深度，满足挡土墙（坝）设计要求；
- d) 支挡工程的勘探孔深度应满足稳定性分析评价和地基处理的要求，尚应满足地基承载力分析评价要求。

8.5.4 取样和测试试验工作应符合下列要求：

- a) 取样和原位测试的控制性勘探点数量应按地基土的均匀性、代表性和设计要求确定，控制性勘探孔数量不宜少于勘探孔总数的 1/3，采取土样和原位测试勘探孔数量不宜少于勘探孔总数的 1/2，取样钻孔数量不宜少于总勘探孔数的 1/3，当勘探点总数少于 3 个时，每个勘探孔均应取样或进行原位测试；
- b) 采取土（岩）样的竖向间距应按设计要求、地基的均匀性和代表性确定。在原地面或基层面设计标高以下 1.5m（软土地区为 3m）深度范围内的取土间距为 0.5m，其下可适当放宽；

- c) 主要岩土层和软弱层应采集试样进行物理力学性质试验，对于特殊性岩土尚应进行判别指标和强度指标试验，每层岩土主要指标的试样数量：土层不应少于 6 个，岩石抗压强度和抗剪强度不应少于 9 个，岩体和结构面的抗剪强度宜根据现场试验确定；
- d) 软土地区宜进行固结试验，提供水平向和垂直向固结系数；现场十字板剪切试验或室内不固结不排水试验及无侧限抗压强度试验，提供次固结系数和试验各级压力下的 $e-p$ 表和相应曲线；
- e) 遇地下水的钻孔宜量测地下水位，并取水样和土样进行化验，判定场地水和土对混凝土及金属的腐蚀性；
- f) 当工程需要时，尚应进行场地波速测试及对填料进行击实试验。

8.6 水文地质勘察

8.6.1 当水文地质条件复杂，对堆填工程边坡稳定性、支挡结构、降排水工程等有较大的影响时，尚应进行专门的水文地质勘察工作。

8.6.2 水文地质勘察工作以水文地质勘探钻孔为主，必要时可辅以水文地质物探。水文地质参数的测定方法应根据工程需要，参考 GB 50021 加以选择。水文地质试验应以现场试验为主，室内试验为辅。水文地质试验应视堆填工程具体情况采用抽水试验、压水试验、注（渗）水试验、室内渗透试验等，试验的位置、数量和方法应结合勘察阶段和工程特点确定。

8.6.3 水文地质勘察应查明和分析评价下列内容：

- a) 调查场区附近的河流、水系、水源及水的流向、流速和流量，调查堆填场的汇水面积、地表径流、地下水补给量和多年一遇洪峰流量，调查堆填场及周围山洪、冲沟和河流冲淤等情况；
- b) 查明场区地下水的类型、补给来源、径流和排泄条件、历年最高地下水位、近年最高地下水位，确定水位变化幅度，并应实测地下水位，结合堆填场建设布置长期观测孔；
- c) 查明各含（透）水层、相对隔水层的岩土性状、厚度、渗透性及空间分布特征，查明地下水出露情况，确定各含（透）水层水位、动态变化规律及地表水与地下水的水力联系；
- d) 分析地下水对边坡和支挡结构的影响，为堆填边坡和既有边坡设计、施工和降排水工程提供水文地质资料；
- e) 分析评价地表水和地下水活动可能产生的冲刷、溶解、软化、潜蚀、静水压力和动水压力的变化对堆填边坡和既有边坡稳定性的影响；分析评价降水入渗、泄水等对堆填边坡和既有边坡稳定性的影响。

9 设计

9.1 一般规定

9.1.1 堆填工程设计应满足工程安全和生态环境等安全条件，充分考虑周边环境的影响，符合城市设计要求，做到安全适用、环境美化，体现生态保护要求。

9.1.2 堆填工程设计前应进行下列工作：

- a) 明确工程建设规划、场地分区、地势设计、功能使用要求，搜集工程测量及岩土工程勘察资料；
- b) 明确堆填场地条件及水土保持、环境保护的相关规定和要求；
- c) 明确土方调配和总体施工方案，掌握堆填边坡的形成条件；
- d) 当工程分期建设时，应结合工程建设规划综合进行堆填边坡设计，减少临时边坡。

9.1.3 堆填场地地基应是具有承载堆填体负荷的自然岩土层或经过地基处理的稳定土层，不得因堆填

体的沉降而使基层失稳。对不能满足承载力、沉降限制及稳定性等工程建设要求的地基应进行相应的处理。

- 9.1.4 堆填场基底、既有边坡、堆填边坡应满足整体稳定性和局部稳定性要求。
- 9.1.5 堆填边坡支挡形式应考虑场地地质条件和环境条件、堆填高度、堆填工程安全等级等因素，堆填设计高度应符合规划要求。当工程条件许可时，应优先采用坡率法。
- 9.1.6 堆填边坡区碎石垫层、盲沟、透水管等应满足堆填地基疏、排渗水及地下水控制的要求。堆填场底应设置纵横向坡度，排水坡度不应小于 2%。
- 9.1.7 当场地、地形和填料等受到限制，堆填设计不能通过放坡满足堆填边坡稳定要求时，可采用加筋土、重力式挡土墙、桩板式支挡结构及拦土坝等工程措施。
- 9.1.8 排水工程设计宜体现海绵城市理念，降低堆填前后场地径流系数及峰值流量。
- 9.1.9 排水工程应与坡面防护及绿化恢复工程相统筹，并考虑环境保护和水土保持要求。

9.2 填料要求及设计参数

- 9.2.1 堆填边坡压实填土的填料可选用黏性土、灰土、级配较好的砂土或碎石土等，不得使用泥炭、淤泥、淤泥质土、膨胀土、生活垃圾、有机质含量大于 5% 的土料，并应符合下列规定：
 - a) 粗粒土料中的粒径大于 2 mm 的颗粒质量应大于总质量的 50%，不均匀系数应大于或等于 10，曲率系数宜为 1~3，级配应良好；
 - b) 细粒土料主要为粉土和黏性土；
 - c) 土夹石混合料中的粒径大于 2 mm 的颗粒质量应为总质量的 30%~50%，最大粒径不应大于 800 mm，并小于堆填层厚度的 2/3；
 - d) 其他堆填材料的组成应满足设计要求，并进行水稳性、耐久性和无害性等试验。
- 9.2.2 压实填土的填料应通过物理性质试验、击实试验、压缩试验和剪切试验，确定堆填土最大干密度、天然含水量、最优含水量、压缩系数、压缩模量及抗剪强度等物理力学性质指标。
- 9.2.3 填料的设计参数应通过试验并结合当地经验确定，无试验条件时，可按表 8 确定。

表8 填料设计参数表

填料类型	内摩擦角 (°)	黏聚力 (kPa)	压实系数
细粒土料	12~15	15~22	≥90%
粗粒土料	25~28	3~5	85~90%
土夹石混合料	16~22	15~20	85~90%

9.3 堆填边坡稳定性分析

- 9.3.1 堆填边坡稳定性宜根据堆填材料及堆填厚度，采用下列方法分析：
 - a) 当堆填边坡填料均匀或相对软弱时，宜采用圆弧滑动法分析；
 - b) 当堆填边坡存在高程变化较大的相对软弱层时，宜采用平面或折线滑裂面分析；
 - c) 对结构较为复杂、破坏模式不明的安全等级为一级的堆填边坡，除进行工程地质类比法和极限平衡法分析外，宜进行三维数值分析。
- 9.3.2 堆填边坡稳定性应进行整体抗滑稳定、局部抗滑稳定和抗倾覆稳定分析，并应符合下列规定：
 - a) 初步计算时应根据与堆填相似条件下试验获得的岩土参数、原始表面形态、边界条件等进行；
 - b) 核算时应根据堆填边坡加固处理后的岩土参数、地表形态、边界条件等进行；
 - c) 拟建场地位于地震设防烈度为 6 度以上的地区，计算应考虑地震力作用。

9.3.3 堆填边坡稳定性计算安全系数不应小于表 9 的要求,特殊情况(如堆填边坡周边存在重要建(构)筑物)时,安全系数可适当提高。

表9 堆填边坡稳定安全系数

工况	堆填工程安全等级		
	一级	二级	三级
天然工况	1.35	1.30	1.25
暴雨工况	1.30	1.25	1.20
地震工况	1.20	1.15	1.10

9.4 坡率法

9.4.1 堆填边坡形式设计应符合下列规定:

- a) 应在稳定分析的基础上进行不同堆填边坡形式的比较,优选适合拟建场地不同堆填边坡的形式,并结合堆填边坡形式优化土石方量;
- b) 堆填边坡形式和坡比应根据填料的物理力学性质、堆填边坡高度、荷载、工程地质与水文地质条件、堆填边坡稳定性分析及当地工程经验等综合确定,并采用上陡下缓形式,且满足表 10 的要求。
- c) 多级边坡应进行分级、多级整体稳定性验算。

表10 堆填边坡形式和坡比

填料类型	综合坡比	堆填边坡设计参数			
		单级边坡坡高 (m)	单级边坡坡比	马道宽度 (m)	马道坡度 (%)
细粒土料	1: 3.0~1: 4.0	5~8	1: 2.75~1: 3.75	2.0~3.0	1~2
粗粒土料	1: 2.0~1: 3.0	8~10	1: 1.75~1: 2.75	2.0~3.0	1~2
土夹石混合料	1: 2.5~1: 3.5	7~12	1: 2.25~1: 3.25	2.0~3.0	1~2

9.4.2 填挖交界面过渡段处理设计应符合下列要求:

- a) 过渡段在场地设计标高下 3.0m 内挖方界面应按坡比 1:10~1:8 开挖成斜坡;
- b) 过渡段在场地设计标高下 3.0m~8.0m 内应按高宽比为 1:2 开挖成台阶,每步台阶高度宜为 0.5m~1.0m;
- c) 对于场地设计标高下 0.6m~8.0m 内的填料和压(夯)实法应与堆填区相同;填料为粗粒土料和土夹石混合料时可采用冲击压实法、强夯法处理,填料为土夹石混合料或细粒土料时可采用振动碾压法、冲击压实法处理;
- d) 填挖交界面过渡段处理的压(夯)实指标应符合 GB 51254 的规定。

9.5 桩板式支挡结构

9.5.1 桩板式支挡结构应符合下列规定:

- a) 桩板式支挡结构可用于堆填边坡加固,适用于开挖土石方可能危及相邻建筑物或环境安全的既有边坡、堆填边坡支挡;

- b) 桩板式支挡结构一般采用悬臂式，桩间挡土板可采用现浇板或预制板；应根据堆填要求、堆填边坡地形、地质和施工条件等综合确定桩板式支挡结构的形式；
- c) 桩板式支挡结构顶部位移应小于悬臂段长度的 1/100，且不宜大于 100 mm。桩基嵌固段顶端地面处桩的水平位移不宜大于 10 mm，桩的具体设置应符合 GB/T 38509 中的相关规定；
- d) 悬臂式桩板支挡结构高度不宜超过 12m，桩间距不宜小于 2 倍桩径或桩截面短边尺寸；
- e) 桩间距、桩长和截面尺寸应根据堆填边坡侧压力大小和锚固段地基承载力等因素确定，桩端应嵌固在稳定的地层中，应确保桩后土体不越过桩顶或从桩间滑移。

9.5.2 桩板式支挡结构设计计算应符合下列规定：

- a) 桩板式支挡结构承受的基本荷载及其组合应符合 GB/T 38509 中的相关规定；
- b) 桩间挡土板所承受的侧向压力可按库伦主动土压力计算。桩间挡土板所承受的压力可根据桩间堆填体的稳定情况和挡土板的设置方式，采用全部堆填体压力或部分堆填体压力进行计算；
- c) 桩板式支挡结构的桩嵌入岩土层内部分的内力采用地基系数法计算时，可不计桩侧摩阻力，桩的计算宽度可按式计算：

$$\text{圆形桩: } d \leq 1\text{m 时, } B_p = 0.9(1.5d + 0.5); \quad (1)$$

$$d > 1\text{m 时, } B_p = 0.9(d + 1); \quad (2)$$

$$\text{矩形桩: } b \leq 1\text{m 时, } B_p = 1.5b + 0.5; \quad (3)$$

$$b > 1\text{m 时, } B_p = b + 1; \quad (4)$$

式中： B_p —桩的计算宽度（m）；

b —桩的设计宽度（m）；

d —桩的设计直径（m）。

- d) 挡土板应进行最大裂缝宽度验算，对于设置有牛腿的桩，除强度验算外，尚应进行牛腿的裂缝宽度验算；在腐蚀性环境条件下，尚应进行桩身最大裂缝宽度验算，最大裂缝宽度可适当放宽，并采取合适的防腐措施。

9.5.3 桩板式支挡结构构造设计应符合下列规定：

- a) 桩身和挡土板的混凝土强度等级不宜低于 C30；悬臂式桩板支挡结构桩在岩质地基中嵌固深度不宜小于桩总长的 1/3，土质地基中不宜小于桩总长的 1/2；
- b) 桩板式支挡结构应根据其受力特点进行配筋设计，其配筋率、钢筋搭接和锚固应符合 GB 50010 的相关规定；
- c) 桩受力主筋混凝土保护层不应小于 50 mm，挡土板受力主筋混凝土保护层挡土一侧不应小于 25 mm，临空一侧不应小于 20 mm；
- d) 当挡土板置于桩背时，挡土板与桩搭接长度不宜小于 400 mm。置于桩间的可采用桩侧牛腿阻挡挡土板或桩体预埋钢筋、植筋方式与挡土板纵筋链接；
- e) 抗滑桩纵向受力钢筋直径不应小于 20 mm，且净间距不应小于 80 mm。当用束筋时，每束不宜多于 3 根。抗滑桩纵向受力钢筋可采用多排设置，但不宜多于三排；
- f) 桩的箍筋宜采用封闭式，肢数不宜多于 4 肢，其直径不宜小于 12 mm，间距不应大于 400 mm；
- g) 桩的两侧和受压边应配置纵向构造钢筋，两侧纵向钢筋直径不宜小于 12 mm，间距不宜大于 300 mm；桩的受压边两侧，应配置架立钢筋，其直径不宜小于 16 mm。当桩身较长时，纵向构造钢筋和架立钢筋的直径应增大；
- h) 挡土板应设泄水孔，呈梅花状分散布置，孔径宜为 50 mm～100 mm，外倾坡度宜为 5%～10%；
- i) 桩板式支挡结构纵向伸缩缝间距对现浇板不宜大于 50m，对预制板不宜大于 25m。伸缩缝构造、墙后填料质量和回填质量应分别符合 GB 50330 的相关规定。

9.6 加筋土挡墙

9.6.1 加筋土挡墙一般适用高度不超过 10m 的垂直挡墙或高度不超过 18m 的台阶式挡墙。

9.6.2 加筋土挡墙设计计算应符合下列规定：

- a) 加筋土挡墙设计采用极限平衡法，包括内容如下：
 - 1) 挡墙外部稳定性验算；
 - 2) 挡墙内部稳定性验算；
 - 3) 加筋材料与墙面板的连接强度验算。
- b) 外部稳定性验算应将整个加筋土体视为刚体，采用一般重力式挡墙的方法验算墙体的抗水平滑动稳定性、抗深层滑动稳定性和地基承载力。加筋土挡墙内部稳定性验算包括筋材强度验算和抗拔稳定性验算。
- c) 加筋土结构设计应通过计算选择加筋材料、确定筋材的布放位置、长度和间距以及排水系统设计等。
- d) 品种筋材应选用在设计使用年限内的蠕变量较低者；界面摩阻力应通过试验确定；抗磨损能力、耐久性应满足设计要求。
- e) 当挡墙地基软弱、有软弱结构面或位于堆填边坡坡顶时，应按照 GB 50007、GB 50330 的相关规定进行地基稳定性验算。

9.6.3 加筋土挡墙构造设计应符合下列规定：

- a) 加筋土挡墙的组成部分应包括墙面、墙基础、筋材和墙体填土。
- b) 加筋土挡墙一般采用柔性筋式（塑料格栅或有纺土工织物）等作为筋材。
- c) 加筋土挡墙应设置墙内外的排水措施，并应符合下列规定：
 - 1) 外部排水可在墙顶地面做防水层（如不透水夯实黏土层或混凝土面板等），向墙外方向设散水坡和纵向排水沟，将集水远导；
 - 2) 墙内排水可根据具体条件选用合理的结构型式，应通过墙面的泄水孔管将水导出墙外。
- d) 格栅式挡土墙结构应设置垂直或者台阶式面板，面板宜采用现浇或预制钢筋混凝土构件。拉筋应采用抗拉强度高、耐腐蚀、摩擦性能好的材料。
- e) 拉筋可采用土工格栅、聚丙烯土工带等。
- f) 墙面板宜采用现浇混凝土或预制混凝土构件，混凝土强度等级 $\geq$ C20，面板厚度不小于 800 mm。能满足强度要求的混凝土，按最小配筋率 0.2% 配筋；
- g) 墙面板基础应置于稳定的岩土层内，其埋置深度在土质地基处不宜小于 0.5m，在岩质地基中，基础最小埋置深度不宜小于 0.3m，基础埋置深度应从坡脚排水沟底算起。
- h) 加筋挡土墙高度大于 12m 时，墙高的中部宜设宽度不小于 2.0m 的错台。错台顶部应设不小于 20% 的排水横坡，并用混凝土板防护。

9.7 重力式挡土墙

9.7.1 重力式挡土墙应符合下列规定：

- a) 重力式挡土墙类型应根据固体废弃物堆填情况、地形和施工条件综合考虑确定。
- b) 根据重力式挡土墙结构类型及其特点，选择不同类型的断面结构。当堆填体表面横坡比较陡峭时，宜采用俯斜式挡土墙。在墙趾处地面平缓的情况下，宜采用仰斜式挡土墙。
- c) 重力式挡土墙适用于堆载高度小于 8m 的堆填边坡。
- d) 对变形有严格要求的堆填边坡不宜采用重力式挡土墙，可能危及相邻建筑物安全的堆填边坡不应采用重力式挡土墙。

9.7.2 重力式挡土墙设计计算应符合下列规定：

- a) 当重力式挡土墙墙背为平直面且坡顶地面无荷载时，侧向土压力可采用库仑三角形分布。

- b) 重力式挡土墙设计时,应进行抗滑移、抗倾覆稳定性验算,抗滑移稳定系数不小于 1.3,抗倾覆稳定系数不小于 1.6。位于软弱地基时,尚应进行地基稳定性验算。
- c) 重力式挡土墙设计时,应进行地基承载力验算。重力式挡土墙的地基承载力和结构强度计算,应符合现行有关标准的规定。作用标准组合时,基底压力应满足轴心荷载作用和偏心荷载作用下修正后的地基承载力特征值的 1.0 倍和 1.2 倍。基底合力的偏心距不应大于 0.25 倍基础的宽度。当基底下有软弱下卧层时,尚应进行软弱下卧层的承载力验算。

9.7.3 重力式挡土墙构造设计应符合下列规定:

- a) 墙身可采用浆砌块石、浆砌条石、块石混凝土、素混凝土、钢筋混凝土或格宾石笼。块石、条石的强度等级应不低于 MU30,混凝土的强度等级应不低于 C20,砌石挡土墙砂浆强度等级应不低于 M10。
- b) 可在挡土墙基底设置逆坡。对于土质地基,基底逆坡坡度不宜大于 1:10;对于岩石地基,基底逆坡坡度不宜大于 1:5。
- c) 块、条石挡土墙墙顶宽度不宜小于 400 mm,素混凝土挡土墙墙顶宽度不宜小于 300 mm。墙顶采用 1:3 水泥砂浆抹面,厚度不小于 20 mm。
- d) 重力式挡土墙的截面尺寸宜按试算法确定。重力式抗滑挡土墙的墙背坡度宜采用 1:0.25,墙后应设卸荷平台,墙基宜设计为倒坡或台阶形。
- e) 挡土墙的基础埋置深度,应根据地基承载力、水流冲刷、岩石裂隙发育及风化程度等因素确定。在土质地基中,基础埋置深度不宜小于 1.0m;在软质岩地基中,基础埋置深度不宜小于 0.5m。
- f) 应根据地质条件的变化和墙高、墙身断面的变化处设置沉降缝和伸缩缝。挡土墙应每隔 10m~20m 设置一道伸缩缝。在地质条件变化处宜加设沉降缝。在挡土墙拐角处,应采取加强的构造措施。
- g) 挡土墙的排水设施应包括地面排水和墙身排水两部分。地面排水可设置地面排水沟,引排地面水。浆砌挡土墙应根据渗水量在墙身的适当高度处布置泄水孔。
- h) 挡土墙墙后填土,应优先选择透水性较强的填料。不应采用淤泥、耕植土、膨胀性黏土等软弱有害的土体作为填料。
- i) 挡土墙背侧应增设 200 mm~400 mm 厚反滤层,水平及竖向按 1m~5m 间隔设置泄水孔,孔洞附近 1m 范围内应加厚至 400 mm~600 mm。回填土为砂性土时,墙背侧最低排泄水孔下侧应设倾向坡外厚度不小于 300 mm 的防水层。

9.8 拦土坝

9.8.1 拦土坝应符合下列规定:

- a) 拦土坝坝址的选择应以筑(堆)坝工程量小、形成的堆填方量大和避免不良的工程、水文地质条件为原则,并结合筑坝材料来源、“U”形槽场地地形、施工及排水条件等因素,经综合论证确定,拦土坝应能有效防止堆填料向下游的滑动,确保堆填体的长期稳定;
- b) 影响拦土坝坝体稳定性的区域应分层碾压加高,压实系数不应低于 0.92。在不影响拦土坝坝体稳定的区域可适当降低碾压标准;
- c) 拦土坝坝基处理应满足渗流控制、静力稳定、允许总沉降量和不均匀沉降量等方面要求,保证拦土坝的安全运行。

9.8.2 堆填场初期坝与堆积坝的抗滑稳定性应根据坝体材料及坝基的物理力学性质经计算确定。计算方法应采用简化毕肖普法或瑞典圆弧法。

9.8.3 拦土坝构造设计应符合下列规定:

- a) 一次建坝的拦土坝可分期建设，第一期坝应符合初期坝的相关规定，后期筑坝高度应始终大于填料堆积高度的要求。
- b) 初期坝宜采用当地材料构筑，采用透水坝型，初期坝坝高与总坝高之比值宜采用 1/6~1/4。
- c) 初期坝坝顶最小宽度宜符合表 11 规定的数值。

表11 初期坝坝顶最小宽度（m）

坝高	<10	10~20	20~30	>30
坝顶最小宽度	2.5	3.0	3.5	4.0

- d) 透水堆石坝堆石体上游坡坡比不宜陡于 1:1.6；土坝上游坡坡比可略陡于下游坡。初期坝下游坡坡比在初定时可按表 12 确定。

表12 初期坝下游坡坡比

坝高（m）	土坝下游坡坡比	透水堆石坝下游坡坡比	
		岩基	非岩基（软基除外）
5~10	1:1.75~1:2.0	1:1.6~1:1.75	1:1.75~1:2.0
10~20	1:2.0~1:2.5		
20~30	1:2.5~1:3.0		

- e) 透水初期坝上游坡面采用土工布组合反滤层时，宜设置嵌固平台，高差宜为 10m~15m，宽度不宜小于 1.5m。土工布嵌入坝基及坝肩的深度不应小于 0.5m，并应填塞密实。
- f) 透水初期坝下游坡面应沿标高每隔 10m~15m 设一条马道，宽度不宜小于 1.5m。
- g) 拦土坝下游坡与两岸山坡结合处应设置截水沟，并宜在初期坝设置踏步，踏步宽度不宜小于 1.0m。
- h) 拦土坝的堆积下游坡面上，应结合排渗设施每隔 5m~10m 高差设置永久性纵、横向排水沟。
- i) 拦土坝的下游坡面维护宜采用下列措施：
 - 1) 采用碎石、废石或山坡土覆盖坡面；
 - 2) 坡面植草或灌木类植物；
 - 3) 坡面修筑人字沟或网状排水沟。

9.9 排水工程

9.9.1 排水工程应符合下列规定：

- a) 排水工程一般由地表排水和地下排水组成，地表排水包括堆填体的坡面排水及堆填场地排水与周边排水系统的衔接等；地下排水包括堆填体的场地地基排水和堆填体内部的渗排水等。
- b) 排水工程应根据区域气候特点、降雨特征、水文地质参数及堆填料的渗透系数等进行设计，实现堆填工程建成后内、外部排水体系顺畅，与周边市政排水系统或自然水系衔接良好的目标。
- c) 各类地表、地下排水设施的位置、数量和规模应根据堆填体的坡率、坡面覆盖情况、地形地势、地质条件、降雨强度、雨型特点、分区汇水面积和堆填体的渗水量等经综合分析、计算后，依山就势进行设计。
- d) 堆填工程的地表排水与外围市政排水系统的衔接，应重点考虑对周边或外围市政排水系统的排水负荷及峰值流量的影响，复核外围市政排水系统的接纳能力，防止外围市政排水系统或

受纳水体对堆填工程的排水造成顶托或倒灌，保证堆填工程及其影响区域的排水防涝和行洪安全。

9.9.2 排水工程设计计算应符合下列规定：

- a) 地表排水主要包括坡面排水及堆填场地排水与周边排水系统的衔接，各类排水设施、构筑物规模及断面尺寸等经流量计算后确定；排、截水沟宜优先选择梯形、直角梯形、矩形、U形或复合型等断面形式，并与马道、坡面防护等附属设施相衔接。
- b) 地表排水的设计重现期标准应根据堆填工程确定的山体形态、汇水面积、地形地貌及堆填工程对周边区域的影响程度和项目所在城市等级、场地重要程度等因素综合考虑后确定，可按 $P=3\sim 100$ 年标准执行。
- c) 地表排水设施（如管道、明渠、边沟、涵洞）的流量计算采用公式（5）计算：

$$Q_j = \psi q F \quad (5)$$

式中： Q_j —计算流量(L/s)；

ψ —径流系数；

q —设计降雨强度[L/(s·hm²)]；

F —汇水面积 (hm²)。

其中，设计暴雨强度计算采用武汉市中心城区统一的暴雨强度计算公式，详见公式（6），适用范围为： $5\text{min} \leq t \leq 1440\text{min}$ ， $2a \leq P \leq 100a$ 。市内的其他区域可参考使用。

$$q = \frac{1614(1 + 0.887 \lg P)}{(t + 11.23)^{0.658}} \quad (6)$$

式中： q —设计暴雨强度[L/(s·hm²)]；

P —设计重现期 (a)；

t —降雨历时 (min)。

- d) 场地排水与外围排水系统衔接的流量可采取下列公式计算，有条件时，可按武汉市长历时雨水统计资料进行复核；当缺乏相关资料时，可参考公式（7）或其它经验公式对设计流量进行计算，具体应结合工程实际情况经综合分析后确定。

$$Q_s = M \cdot F^n \quad (7)$$

其中： Q_s —设计流量 (m³/s)；

F —汇水面积(km²)，一般适用于汇水面积 $F \leq 10\text{km}^2$ ；

n —面积参数，当 $F < 1\text{km}^2$ 时， $n=1$ ；当 $F \geq 1\text{km}^2$ 时， $n=0.75\sim 0.80$ ；

M —地表排水径流模数 (m³/ (s·km²))，可按表 13 确定。

表13 地表排水径流模数

重现期 (a)	径流模数	重现期 (a)	径流模数
2	10	15	18
3	11.5	25	19.6
5	14	50	23.5
10	17	100	28

- e) 排、截水沟（管）的设计过流断面可根据设计过流量公式（8）计算：

$$Q_g = V \cdot A_g \quad (8)$$

式中： Q_g —设计过流量(m³/s)；

V —沟（管）内的平均流速(m/s)；

A_g —沟（管）的设计过水断面面积(m²)。

- f) 堆填工程的地下排水主要包括堆填体的场地地基排水及堆填体内部渗排水，设计应根据勘察报告和水文地质条件经综合分析后确定水文地质参数取值，堆填体内部所设盲沟的断面尺寸应根据堆填体建成后的饱和渗透系数及其所负担的汇水面积经计算后确定，渗流量计算可参考达西定律的衍化公式（9）计算：

$$W_s = \alpha k J A_s T_s \quad (9)$$

式中：

W_s —渗流量（m³）；

α —综合安全系数，一般可取 0.4~0.8；

k —土层渗透系数（m/s），可根据实测或武汉市相关土层的经验数据选用；

J —水力坡降，一般可取 1.0；

A_s —有效渗透面积（m²）；

T_s —渗透时间（s），无特殊要求时，一般按 24h 计。

9.9.3 排水工程构造设计应符合下列规定：

- a) 堆填场地的地表排水设施主要包括排（截）水沟、排水管（涵）、跌水与急流槽等，各类地表排水设施应结合堆填体的坡面防护与植被恢复工程、地形地势及周边排水系统进行设置，当承担上游或区域来水时，应做好进、出水口的位置选择，并确保排水出口安全。
- b) 地表排水设施中的横、纵向排（截）水沟应结合堆填体的形态、走向及马道位置等进行设置，横向排（截）水沟应设置在马道靠近来水一侧，沟宽不宜小于 400 mm，间距一般为 50m~100m；纵向排（截）水沟应根据堆填工程的山体形态设置在山谷或间隔一定距离处，间距一般为 50m~100m，平缓段间距宜为 100m~300m，其纵向坡降不应小于 0.3%；横、纵向排（截）水沟宜考虑预留超高并考虑水流转弯及流速的影响，一般为 0.2m，凸向的一侧超高宜大于 0.2m。
- c) 排（截）水沟等地表排水构筑物采用浆砌石结构时，边墙及沟底厚度不宜小于 300 mm，边墙高度超过 800 mm 时，边墙厚度应适当增加，边墙顶面应采用同标号水泥砂浆抹面。
- d) 地表排水构筑物的砌筑砂浆强度应不低于 M10，块石、片石强度等级应不低于 MU30，钢筋混凝土排水管应为 II 级以上，现浇混凝土或预制混凝土强度等级应不低于 C25；排（截）水沟的坡度大于 10%，水头高差大于 1m 时，应设置各类跌水或急流槽等将水流引出坡体后接入堆填工程的场地排水系统中。
- e) 地表排水构筑物或管涵基础应考虑设伸缩缝，间距宜为 15m~20m，缝宽 20 mm~30 mm，采用沥青杉木板或其它止水材料进行填塞；当堆填工程的地基基础或坡面高度变化较大时应设沉降缝，沉降缝宜与伸缩缝合并设置，缝内设置止水措施。
- f) 排水管涵及其附属构筑物的沟槽地基承载力不应小于 100kPa，沟壁后回填土的压实系数不宜小于 0.90。
- g) 堆填场地地下排水设施主要包括排水盲沟（管）、渗管（渠）、渗排水层（级配碎石等）、排水暗管（涵）、仰斜式排（泄）水孔、排水隧洞（竖井）等，各类地下排水设施的类型选取，位置设置和断面尺寸等应与堆填体的填料构成特点、工程地质与水文地质条件等相协调，可采用一种或多种措施组合进行设计。
- h) 应根据原场地水文地质、地下水发育状况在场地基础底部铺设块石或级配碎石等水平排水垫层，并结合横、纵或环向排水盲沟或渗管（渠）等共同组成场地地基排水系统，以场地周边的排水管涵系统为出口进行排放。
- i) 堆填体内部应设置水平及竖向排水设施，其中水平排水设施主要包括分层设置的水平排水垫层或排水盲沟等，竖向排水设施主要包括观测井、渗井及减压井等。

- j) 堆填体内部设置的水平排水垫层的竖向间距一般为 5m~15m, 主、次盲沟规格及间距应根据渗流计算确定, 其中主盲沟间距宜为 60m~80m, 排水次、支盲沟间距应不大于 30m~40m, 现场如遇泉眼或渗流点, 应增设排水盲沟进行导流; 主盲沟的纵向坡度应大于 0.3%, 次盲沟和支盲沟的纵向坡度应大于 0.5%。
- k) 堆填体内部设置的观测井、渗井及减压井等应结合堆填体的形态、高度、填料构成特点及渗透系数并结合工程实际特点等综合确定, 具体设置要求可参照 CJJ 176 的相关规定执行。
- l) 堆填体内部的排水盲沟平面布置形状应根据堆填体的形态及坡面采用条带型、鱼骨图或环形网状等; 盲沟侧壁及顶部应设置反滤层, 底部应设置隔水层, 盲沟迎水侧可采用砂砾石、无砂混凝土、渗水土工织物等作为反滤层; 排水盲沟坡度宜在 0.5%~1%之间, 出水口处应加大坡度并应高出接入管涵顶标高不小于 0.2m。
- m) 堆填体内部各层的排水盲沟应形成单独排水系统与地表排水设施为出口进行衔接, 竖向上各层同向的排水盲沟宜交错、对称布置。

9.10 坡面防护与绿化

9.10.1 坡面防护与绿化应符合下列要求:

- a) 堆填边坡坡面防护应根据工程区域气象、水文、堆填边坡填料性质、地质条件、堆填边坡坡比与高度、环境保护与水土保持要求等进行设计。
- b) 当植被不能保证坡面冲刷破坏时, 宜结合当地经验采用框格、封面、护面墙、干(浆)砌片石或预制块等刚性防护。刚性防护要求如下:
 - 1) 浆砌预制块防护的混凝土强度等级不宜低于 C20;
 - 2) 现浇混凝土或钢筋混凝土、浆砌石护坡应设排水孔;
 - 3) 浆砌石、混凝土护坡应每隔 15m~20m 设置伸缩缝; 当基础地质条件变化时, 应分段砌筑, 并设沉降缝。
- c) 地表水丰富的堆填边坡, 应将坡面防护与绿化结合排水工程进行综合设计。

9.10.2 种植土应符合下列要求:

- a) 种植土层有效厚度如下:
 - 1) 乔木: 深根乔木 $\geq 1.5\text{m}$; 浅根乔木 $\geq 1.0\text{m}$;
 - 2) 灌木: 大、中灌木、大藤本 $\geq 0.9\text{m}$; 小灌木、宿根花卉、小藤本 $\geq 0.4\text{m}$;
 - 3) 竹类: 大径 $\geq 0.8\text{m}$; 中、小径 $\geq 0.5\text{m}$;
 - 4) 草坪、花卉、草本地被: $\geq 0.3\text{m}$ 。
- b) 土壤 PH 值应为 5.6~8.0, 部分对土壤 PH 值有特殊要求的植物, 应根据生长需求对局部种植土壤进行改良;
- c) 土壤含盐量应为 0.15ms/cm~0.9ms/cm;
- d) 土壤有机质含量应为 12g/kg~80g/kg;
- e) 土壤块径应 $\leq 30\text{ mm}$;
- f) 土壤入渗率应 $\geq 5\text{ mm/h}$ 。

9.10.3 以生态防护功能为主的植物选择, 应符合下列要求:

- a) 以乡土树种为主, 谨慎选择和引入外来植物种类, 避免有害物种入侵;
- b) 以水土保持为主的绿地, 宜选择固土能力、拦渣能力、恢复能力强的树种, 且林草覆盖率不低于 90%;
- c) 以净化空气为主的绿地, 可选用滞尘能力强、抗污染、抗有毒气体等作用的树种和草本植物。

9.10.4 以风景游憩功能为主的植物选择, 应符合下列要求:

- a) 不宜选择飞毛、飞絮或风媒植物等易引起人体过敏的树种;

- b) 不宜选择有刺或有毒的植物品种。
- 9.10.5 以生态防护功能为主的植物配置，应符合下列要求：
 - a) 严格控制纯林，发展混交林；
 - b) 根据树种生物学特性和立地条件，选择适应性、抗逆性和种间相协调的树种混交，宜针叶树种与阔叶树种、落叶树种与常绿树种、喜光树种与耐荫树种、固氮树种与非固氮树种、深根性树种与浅根性树种、乔木树种与灌木树种等混交；
 - c) 根据立地条件、培育目标和种间关系等因素选择点状、行状和块状等适宜混交方式；
 - d) 确定合理的种植密度，最低初始密度可参照 GB/T 15776 的相关规定执行。
- 9.10.6 以风景游憩功能为主的植物配置，应符合下列要求：
 - a) 符合生态、游憩和景观等功能要求，且便于养护管理；
 - b) 以乔木为主，常绿树与落叶树相结合，速生树与慢生树相结合，乔、灌、草相结合，并避免生态习性相克植物进行搭配；
 - c) 确定合理的种植密度，为植物生长预留空间。树林郁闭度应符合表 14 的规定。

表14 树林郁闭度

类型	种植当年标准	成年期标准
密林	0.30～ 0.70	0.70～ 1.00
疏林	0.10～ 0.40	0.40～ 0.60
疏林草地	0.07～ 0.20	0.10～ 0.30

- 9.10.7 边坡种植设计应符合下列要求：
 - a) 边坡坡率小于 1:2.5 的堆填边坡，宜采用乔、灌、草结合的结构紧密型复层混交设计。边坡坡率大于 1:2.5 的堆填边坡，宜采用灌、草结合的设计或喷播绿化方式复绿；
 - b) 浸水堆填边坡，常水位以下部分可种植水生植物，防止水流直接冲刷边坡；
 - c) 硬质坡面的坡脚、分级平台、坡顶，宜设置种植池，种植乔灌木、爬藤植物等，柔化硬质坡面，美化边坡。
- 9.10.8 种植设计宜根据场地条件和养护需要，合理设置绿化养护道路和满足植物生长要求的浇灌设施。

9.11 环境保护与安全卫生

- 9.11.1 堆填工程项目在进行可行性研究的同时，应对项目的环境影响作出评价，项目的环境污染防治设施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。
- 9.11.2 堆填工程应有雨水、污水分流设施，应采取有效措施防止污染周边环境，并应符合当地环境保护部门的要求。
- 9.11.3 作业全过程粉尘大气污染控制应符合下列要求：
 - a) 建设工程固体废弃物运输、倾倒、堆填、压实等过程产生的灰尘，可通过配备洒水车、在堆填体表面覆盖塑料布等方式来控制粉尘产生量；
 - b) 场界大气污染物指标应符合 GB 16297 的相关规定。
- 9.11.4 作业全过程噪声控制宜通过建立缓冲带、设置噪声屏障等控制噪声。
- 9.11.5 堆填工程的安全卫生应符合 GB/T 12801 的相关规定执行，并结合堆填作业特点，采取有利于职业病防治和保护作业人员健康的措施，从事建设工程固体废弃物收集、运输、处理的单位应对作业人员进行安全卫生专业培训，按照作业需求配置作业机械。
- 9.11.6 堆填工程场区主要道路、非作业面场地应保持环境整洁，无漂散漏撒物，且应设道路行车指示、安全标志及环境卫生设施标志。

10 施工

10.1 一般规定

- 10.1.1 施工前应具备设计文件、专项施工方案、施工应急预案及监测方案等技术文件。
- 10.1.2 施工前应根据工程地质与水文地质资料，结合现场情况制定相应的施工技术方案，并做好各项资源准备工作。
- 10.1.3 施工前应查明场地周围建（构）筑物的基础形式与埋置深度，场地周围地下市政管网的位置及走向等周边环境情况，施工时应确保场地周边环境的使用安全。
- 10.1.4 施工供水、供电、照明、排水、道路、临时建筑等设施，在开工前应准备就绪，并保证施工机械正常作业。
- 10.1.5 堆填工程施工中应采取有效措施排（截）地表水和导排地下水；临时防护措施宜与永久防护工程相结合。
- 10.1.6 堆填工程施工应采取防止水土流失、噪声及粉尘控制等环境保护措施。
- 10.1.7 堆填工程施工各道工序应经施工单位自检、监理单位检查合格后方可进行下道工序施工，并做好施工的检验记录。
- 10.1.8 施工资料归档应符合 GB/T 50328 的相关要求。

10.2 堆填技术要求

- 10.2.1 施工前应将场地地表清理干净。地表有积水时，应将地表积水及含水率过大的泥土清除后方可堆填；坡底临湖、河或沟渠时，宜先铺设水平碎石垫层。
- 10.2.2 施工前应检验填料的种类、粒径及含水率等，并应符合设计要求。
- 10.2.3 施工中应按设计要求，分单元自下而上均衡分层堆填，分层厚度不宜超过 0.4m~0.5m，分层压（夯）实，避免大量快速集中填土，并严格控制压实参数，分层压实检验合格后再铺筑上层填料。
- 10.2.4 单元堆填高度宜为 2m~4m，最高不应超过 6m，单元作业最小宽度不宜小于 6m。
- 10.2.5 施工中应控制堆填速率，当堆填地基沉降量大于 10 mm/d，水平位移大于 5 mm/d 时，应及时分析原因，并停止堆填。

10.3 坡率法施工要点

- 10.3.1 堆填边坡修整应满足下列要求：
- a) 堆填边坡按设计标高堆填完毕后，应进行平整和测量，按设计图纸要求检查纵坡、横坡相应的标高等；
 - b) 堆填边坡局部位置宜用人工或小型夯实机夯实，并按设计坡度纵横挂线刷坡，去掉超填部分。
- 10.3.2 分层堆填形成的临时边坡形式和坡比可按表 15 确定。

表15 临时堆填边坡形式和坡比

综合坡比	堆填边坡参数			
	单级边坡坡高（m）	单级边坡坡比	马道宽度（m）	马道坡度（%）
1: 1.5~1: 2.0	10~15	1: 1.5~1: 2.0	1.5~2.0	1~2

- 10.3.3 压实方法及施工机具的选择应根据填料性质、场地条件、设计要求等因素合理确定，对于填料种类复杂或设计有特殊要求时，应通过现场试验确定。
- 10.3.4 采用碾压法和振动压实法施工时，填料的单层铺填厚度、压实遍数可按表 16 确定。

表16 填料单层铺填厚度及压实遍数

施工设备	单层铺填厚度（mm）	单层压实遍数
平碾（8t~12t）	200~300	6~8
羊足碾（5t~16t）	200~350	8~16
振动碾（8t~15t）	500~1200	6~8
冲击碾压（冲击势能 15KJ~25KJ）	600~1500	20~40
注：填料压实后，压实系数应满足设计要求。		

10.3.5 边坡采用分层堆填碾压时，外轮距边面距离宜为 0.4m~0.6m，修坡厚度宜小于 0.5m。

10.3.6 堆填施工应采取防雨、防冻等措施，防止填料受雨水淋湿。

10.4 桩板式支挡结构施工要点

10.4.1 人工成孔支挡桩，适用于土质较好、地下水位较低的黏土、粉质黏土、含少量砂卵石的黏土层。对软土、流砂、地下水位较高、涌水量大的土层不应采用。

10.4.2 机械成孔支挡桩，适用于填土、黏性土、粉土、砂土、碎石土、卵砾石土层、风化岩层以及天然状态单轴抗压强度不大于 20MPa 的软质岩层。当钻进硬质岩时应进行工艺试验，并与其他工艺进行技术经济比较，确定其适用性。

10.4.3 支挡桩采用人工成孔形式或采用爆破成孔时，应编制专项施工方案并进行专家论证。

10.4.4 桩板式支挡结构施工应及时进行地质编录，反馈设计。

10.4.5 支挡桩开挖应采用间隔方式，每次间隔 1~2 个孔；按由深到浅、由两侧向中间顺序施工。

10.4.6 支挡桩成孔深度应符合设计与入岩深度的要求。

10.4.7 支挡桩采用人工成孔形式时，应满足以下要求：

- a) 桩孔内应设置应急软爬梯供人员上下，使用的电葫芦、吊笼等应安全可靠，并配有自动卡紧保险装置，不得使用麻绳和尼龙绳吊挂或脚踏井壁凸缘上下。电葫芦宜采用按钮式开关，使用前必须检验其安全起吊能力；
- b) 每日开工前应监测井下的有毒、有害气体，并应有足够的安全防护措施。当桩孔开挖深度超过 10m 时，应有专门向井下送风的设备，风量不宜小于 25L/s；
- c) 孔口四周应设置护栏，护栏高度宜为 0.8m；
- d) 夜间施工时应保证用电，施工场地周围架好照明灯，孔内照明用电应采用安全电压；
- e) 挖出土石方应立即转运，不得堆放在孔口周边，机动车辆的通行不得对井壁的安全造成影响。

10.4.8 支挡桩采用人工成孔形式时，应采用混凝土护壁并满足下列要求：

- a) 护壁应采用钢筋混凝土，护壁厚度不应小于 100 mm，混凝土强度等级不应低于桩身混凝土强度等级，并振捣密实；护壁配置直径不小于 8 mm 的构造钢筋，竖向筋应上下搭接或拉接；
- b) 护壁厚度、搭接筋长度及混凝土强度必须符合设计要求，竖向钢筋的搭接处不应设置在土岩分界和滑动面（带）处；
- c) 桩孔开孔后，应尽快浇筑护壁混凝土；
- d) 发现护壁有蜂窝、漏水现象时，应及时堵塞或导流。

10.4.9 支挡桩开挖至设计深度后，应及时组织验槽。

10.4.10 钢筋笼制作应满足要求：

- a) 施工所使用钢筋规格、品种、型号应符合设计要求并有质量检验报告；

- b) 钢筋加工时主筋搭接位置应错开，竖向钢筋搭接处不得设置在土岩分界和滑动面（带）处。搭接长度应符合设计要求，范围内接头数目不得超过总受力钢筋面积的 50%；
- c) 钢筋笼焊接和吊装应按设计及规范要求施工，施工完成后报监理单位验收，经验收合格后方可进行混凝土灌注。

10.4.11 桩板式支挡结构混凝土灌注应满足下列要求：

- a) 严格按设计要求施工，成孔至设计标高后应及时清理浮渣，抽净积水，经检验合格后方可进行混凝土灌注；
- b) 水下浇筑的混凝土含砂率宜为 40%~45%，坍落度宜为 180 mm~220 mm，水泥用量不少于 360kg/m³。中粗砂、粗骨料应采用连续级配，当导管直径为 300 mm 时，粗骨料最大粒径应小于 40 mm；当导管直径为 250 mm 时，粗骨料最大粒径应小于 30 mm；
- c) 混凝土应连续浇筑，不得形成冷缝。

10.5 加筋土挡墙工程施工要点

10.5.1 加筋土挡墙基槽开挖时，应清除有机土、草木残株，平整后按规定压实。如地基土质松软，应进行处理，再浇筑或铺设预制的混凝土基础。基础和加筋土体后方应设置排水层，土体后侧方修筑排水沟。

10.5.2 加筋土挡墙基槽开挖完成后应及时组织验槽，合格后方可进行下一步工序。

10.5.3 面板安装必须挂线施工，保证墙面板的竖直、水平安放，最下一层面板与基础连接处宜用座浆。安装面板可向内倾斜 1/100~1/200，作为填料压实时面板外倾预留度。

10.5.4 加筋体铺设应满足下列要求：

- a) 填料堆填至拉筋高程，平整已夯实的填料表面，铺设土工带，先将拉筋穿入面板预留孔或预埋铁环中，紧拉尾筋，向上铺摊填料，保证拉筋平直；
- b) 钢板拉筋，应保持平直，拉筋铺设与填料表面应密贴；如不密贴，可摊铺中粗砂；
- c) 钢筋混凝土拉筋与填料表面应密贴，连接件应采取相应的防腐措施。

10.5.5 加筋土挡墙填土工程应满足下列要求：

- a) 碾压前应作碾压实验，根据施工机械及方法、填料性质及规定的压实系数确定填料厚度与碾压遍数。每层填料摊铺后，应及时碾压、分层压实；
- b) 根据填料的最优含水率洒水后对距离墙面 1.5m 以外区域用机械压实，距离墙面 1.5m 以内区域用总质量不超过 1t 的轻型压实机械压实，压实系数应满足设计要求。

10.6 重力式挡土墙工程施工要点

10.6.1 浆砌块石、条石挡墙的施工所用砂浆宜采用机械拌合。块石、条石表面应清洗干净，砂浆填满应饱满，严禁干砌。

10.6.2 块石、条石挡墙所用石材的上下面应尽可能平整，块石厚度不应小于 200 mm。挡墙应分层错缝砌筑，墙体砌筑时不应有垂直通缝，且外露面应采用 M7.5 砂浆勾缝。

10.6.3 重力式挡墙应分段、跳槽开挖，基槽开挖应满足下列要求：

- a) 跳槽开挖，每一跳槽长度不宜超过 15m；
- b) 边坡开挖至设计高程后，应立即检验基底承载力，当承载力不足时，应及时反馈，并由设计单位复核调整；
- c) 施工中应根据实际需要设置排水沟和集水坑进行排水，保证作业面干燥及基底不受浸泡；
- d) 当地质条件与设计不符时，应及时反馈。

10.6.4 模板安装应满足下列要求：

- a) 采用钢模板、钢管支架及木枋作斜撑进行支撑，侧模用螺栓钢筋对拉定位；

- b) 浇注混凝土前，应对支架、模板、钢筋和预埋件进行检查，并做好记录，符合设计要求后方可浇注；
- c) 模板内的杂物、积水和钢筋上的污垢应清理干净；模板如有缝隙，应填塞严密，模板内面应涂刷脱模剂。

10.6.5 混凝土重力式挡土墙浇注前，应检查混凝土的均匀性和坍落度。自高处向模板内倾卸混凝土时，为防止混凝土离析，应符合下列规定：

- a) 从高处直接倾卸时，自由倾落高度不宜超过 2m；
- b) 当倾落高度超过 2m 时，应通过串筒、滑槽、溜管或振动溜管等设施下落；倾落高度超过 10m 时，应设置减速装置；
- c) 在串筒出料筒下面，混凝土堆积高度不宜超过 1m；
- d) 混凝土浇注应连续进行，如因故必须间断时，其间断时间应小于前层混凝土的初凝时间或能重塑的时间。

10.6.6 当填方挡墙墙后地面的横坡坡度大于 1:6 时，应进行地面粗糙处理后再填土。

10.6.7 重力式挡墙在施工前应预先设置好排水系统，保持坡面干燥。基槽开挖后，基槽内不应有积水，并应及时进行基础施工。

10.6.8 施工缝的位置应在混凝土浇注前确定，宜留置在结构受剪力和弯矩较小且便于施工的部位。

10.6.9 沉降缝（伸缩缝）位置与深度应符合设计要求。

10.6.10 混凝土拆模应满足以下要求：

- a) 拆模时强度应符合设计强度，侧模应在混凝土强度达到 2.5MPa 以上，且其表面及棱角不因拆模而受损时，方可拆除；
- b) 拆模宜按立模顺序逆向进行，不得损伤混凝土，并减少模板破损。当模板与混凝土脱离后，方可拆卸、吊运模板。

10.6.11 墙后填土应分层夯实，选料及其密实度均应满足设计要求，填料回填应在砌体或者混凝土强度达到设计强度的 75% 以上后进行。

10.6.12 泄水孔应按设计要求位置固定，可 adopt 水泥、玻璃丝袋等先行填堵 PVC 管内孔，回填墙背时再行疏通。

10.7 拦土坝施工要点

10.7.1 坝体堆填材料的种类、土石料质量、颗粒级配、含水率、含泥量、软弱颗粒及相应堆填部位、压实标准、取样试验结果等均应符合设计要求。

10.7.2 坝体各部位的堆填应按设计断面进行分层堆填和分层压实，地面起伏不平时，应按水平分层由低处开始逐层堆填，不得顺坡铺填，同时应保证防渗体和反滤层的有效设计厚度。

10.7.3 坝面堆填作业应遵循下列原则：

- a) 坝面施工应保证工序衔接，分段流水作业；
- b) 流水作业方向和工作段的划分应与坝面平面尺寸相适应；
- c) 土料堆填工序应根据堆填面大小、铺料方式、施工强度及施工季节等因素，按基本作业内容进行划分。

10.8 排水工程施工要点

10.8.1 堆填边坡排水设施施工前，宜先完成临时排水设施施工；施工期间应对临时排水设施进行维护，保证排水通畅。

10.8.2 盲沟施工应符合下列规定：

- a) 在地下水位高、流量不大、无法明排的地段，可设置盲沟导排堆填边坡体内的地下水。

- b) 盲沟的埋置深度，应满足渗水材料的顶部（封闭层以下）不得低于原有地下水位的要求；当导排层间水时，盲沟底部应置于最下面的不透水层上；
- c) 堆填边坡防护体的盲沟宜自下而上分段间隔开挖，开挖作业面应根据土质选用合理的放坡坡度，及时回填，不得长时间暴露；地下盲沟（渠）与填方同标高施工时，易导致盲沟（渠）失效，可采用后开槽施工；
- d) 渗流沟的迎水面反滤层应采用颗粒大小均匀的碎、砾石分层堆填；土工布反滤层采用缝合法施工时，土工布的搭接宽度应大于 100 mm；铺设时应紧贴保护层，不宜拉得过紧。

10.8.3 排（截）水沟施工应符合下列规定：

- a) 排（截）水沟采用浆砌块石、片石时，砂浆应饱满，沟底表面粗糙；
- b) 排（截）水沟的水沟线形要平顺，转弯处宜为弧线形；
- c) 排（截）水沟沟底及边墙应设置伸缩缝，间距不宜小于 10m，伸缩缝内应设止水措施。

10.8.4 泄水孔施工应符合下列规定：

- a) 仰斜式泄水孔成孔直径宜为 75 mm~150 mm，仰角不应小于 6°，孔深应延伸至富水区；
- b) 仰斜式泄水管直径宜为 50 mm~100 mm，泄水孔宜采用梅花形排列，渗水段裹 1~2 层无纺土工布，以防堵塞渗水孔；
- c) 堆填边坡防护体上的泄水孔可采用预埋 PVC 管、软管等方式施工，管径不宜小于 50 mm，外倾坡度不宜小于 0.5%。

10.8.5 排水（减压）井施工前应进行进场材料质量检验，排水（减压）井施工材料质量检验标准应符合设计要求及相关规定。

10.8.6 排水（减压）井施工中应进行成孔垂直度检验，排水（减压）井的成孔垂直度偏差为 1/100，井管应居中竖直沉设。

10.8.7 排水（减压）井施工完成后应进行试抽水，检验成井质量和排水效果。

10.9 坡面防护及绿化工程施工要点

10.9.1 坡面防护施工应符合下列规定：

- a) 根据坡面地质、水文情况逐段核实堆填边坡防护措施有效性，且应符合信息法施工要求；
- b) 施工前应对堆填边坡进行修整，清除堆填边坡上的危石及松土；
- c) 坡面防护层应与坡面密贴结合，不得留有空隙；
- d) 在多雨地区和地下水发育地段，堆填边坡防护工程施工应采取有效截、排水措施。

10.9.2 喷浆或喷射混凝土防护施工应符合下列规定：

- a) 喷护前应采取措施对涌水、渗水进行处治，并按设计要求设置泄水孔，排除积水；
- b) 施工前应进行试喷，选择合适的水灰比和喷射压力，喷射顺序应自下而上进行；
- c) 砂浆或混凝土初凝后，应立即开始养护，喷浆养护期不应小于 5d，喷射混凝土养护期不应少于 7d；
- d) 应及时对喷浆或混凝土层顶部进行封闭处理。

10.9.3 砌体护坡工程施工应符合下列规定：

- a) 砌体护坡施工前应将坡面整平；在铺设混凝土预制块前，对局部坑洞处应预先采用混凝土或浆砌片石填补平整；
- b) 浆砌块石、片石、卵石护坡应采取注浆法施工，预制块应错缝砌筑；护坡面应平顺，并与相邻坡面顺接；
- c) 砂浆初凝后，应立即进行养护；砂浆终凝前，砌块应覆盖。

10.9.4 护面墙施工应符合下列规定：

- a) 护面墙施工前，应清除边坡风化层至新鲜岩面；对风化迅速的岩层，清挖至新鲜岩面后应立即修筑护面墙；
- b) 护面墙背应与坡面密贴，边坡局部凹陷处，应挖成台阶后用混凝土填充或浆砌片石嵌补；
- c) 坡顶护面墙与坡面之间应按设计要求做好防渗处理。

10.9.5 植被防护施工应符合下列规定：

- a) 种草施工，草籽应撒布均匀，并做好保护措施；
- b) 灌木、树木应在适宜季节栽植；
- c) 客土喷播施工所喷播植草混合料中，植生土、土壤稳定剂、水泥、肥料、混合草籽和水等的配合比应根据堆填边坡坡率、地质条件和当地气候条件确定，混合草籽用量每 1000m² 不宜少于 25kg；在气温低于 12℃ 时不宜喷播作业。

10.9.6 铺、种植被后，应适时进行洒水、施肥等养护管理，植物成活率应达到 85% 以上；养护用水不应含油、酸、碱、盐等。

11 监测

11.1 一般规定

11.1.1 工程监测前应根据原场地地基、堆填体工程特点及设计要求编制监测方案。宜包括以下内容：

- a) 监测目的、监测项目；
- b) 监测方法、监测点平面布置图；
- c) 监测仪器设备与精度、监测周期和频率；
- d) 监测工作量、监测实施细则及信息反馈制度等。

11.1.2 固体废弃物堆填工程监测应在工程影响范围外稳定不易毁坏区域建立平面坐标系统及高程系统。平面坐标系统及高程系统宜与武汉市区域坐标及高程系统保持一致，监测期应定期进行控制网复核。

11.1.3 监测点布设原则：

- a) 监测点应根据监测对象、工程规模、特点和现场条件，结合监测技术要求进行针对性的布设，监测点应能全面反映监测对象的整体状态；
- b) 在地质条件差、原始地形变化大及填方厚度大的部位应设置观测点，为验证和反馈设计而设置的监测点应布置在最不利位置处；
- c) 不同项目的监测点宜布置在同一监测断面上。

11.1.4 监测元件和仪器应满足监测精度要求，并符合稳定性和耐久性使用的要求。传感器件在埋设前应进行标定，观测仪器使用前应校验或校准，计量器具应在检定有效期内使用。

11.1.5 监测周期和频次应根据原场地地基、堆填体的工程特点、施工进度确定，并应符合下列规定：

- a) 初始值观测不应少于 3 次，监测时间间隔宜先短后长；
- b) 发现监测数据变化较大或堆填发生异常状况时，应加密监测；
- c) 应保证监测过程数据的连续性、有效性和完整性；
- d) 相互关联的监测项目，宜在同一时间段进行监测。

11.1.6 堆填工程应对原场地地基、支挡结构、堆填边坡及周边环境进行监测，并根据监测数据指导施工。施工完成后满 3 个~5 个水文年且监测数据满足稳定标准时，安全等级为二、三级的堆填工程可停止监测，安全等级为一级的堆填工程应长期监测。

11.1.7 堆填工程施工和使用期间应定期现场巡查，发现异常情况时及时上报，并安排专人对可能出现险情的部位进行跟踪监测。

11.1.8 监测时应固定监测设备和人员，采用相似的监测网型，确保监测信息的准确性和及时性，为工

程动态设计和信息化施工提供依据。

11.1.9 监测单位应严格实施监测方案。当设计或施工方案有重大变更时，监测单位应及时与相关单位研究调整监测方案。

11.1.10 施工监测期间建设方、施工方及监理方应协助监测单位保护监测设备。

11.1.11 堆填工程监测遇到下列情况时应及时报警，并采取相应的应急措施：

- a) 坡顶临近建构筑物出现新裂缝、原有裂缝有新发展；
- b) 支挡结构中有重要构件出现应力骤增、压屈、断裂、松弛或破坏的迹象；
- c) 坡脚、周边道路或周围岩土体已出现可能导致堆填边坡剪切破坏的迹象或其他可能影响安全的征兆；
- d) 坡体有水平位移迹象或坡体出现新裂缝；
- e) 根据当地工程经验判断已出现其他必须报警的情况。

11.2 施工阶段监测

11.2.1 堆填工程监测项目应根据堆填工程安全等级、支挡结构变形控制要求和堆填边坡结构特点等确定。堆填边坡在施工过程中和施工完成后应进行水平位移、垂直变形和裂缝监测，监测项目应按表 17 确定。

表17 施工阶段监测项目

序号	监测项目	堆填工程安全等级		
		一级	二级	三级
1	支挡结构顶部竖向位移监测	√	√	√
2	支挡结构顶部水平位移监测	√	√	√
3	支挡结构深层水平位移监测	√	√	○
4	支挡结构应力监测	√	○	○
5	堆填边坡坡体竖向位移监测	√	√	√
6	堆填边坡坡体水平位移监测	√	√	√
7	堆填边坡坡体深层水平位移监测	√	√	○
8	周边道路竖向位移监测	√	√	√
9	周边管线竖向位移监测	√	√	√
10	周边建（构）筑物竖向位移监测	√	√	√
11	周边地表裂缝监测	√	√	○
12	地下水位监测	√	√	○
13	孔隙水压力监测	○	○	○
14	土压力监测	○	○	○
注1：√应测项目；○选测项目（视监测工程具体情况和设计单位要求确定）； 注2：原场地地基监测项目应根据原场地地质条件及设计要求确定。				

11.2.2 监测点布置应符合下列规定：

- a) 堆填边坡地表变形观测点的布置应反映坡体范围位移分布规律。沿顺坡方向宜布设 2 个～4 个观测断面，包括通过坡顶和坡脚线最低处的主观测断面及其他特征断面；每个观测断面应分别在坡顶、坡脚、坡面上布置监测点。坡面上观测点的竖向间距宜为 15m～20m。在原场地地基地形变化较大部位宜增设观测点；

- b) 堆填边坡坡体表面及深层水平位移监测点应在原场地地基地形变化较大或地基条件较差区域布设典型断面，每个典型断面，宜布置 3 个~5 个监测点，水平位移与竖向位移观测点宜共点布置；
- c) 堆填边坡内部变形观测点，宜结合地表变形观测点布置。沿可能滑动方向设置数个观测断面，断面上监测点可设置在不同高程处，竖向间距宜取 15m~20m；
- d) 孔隙水压力和土压力监测点的位置根据需要设置，支挡结构变形和内力监测点应设置在主要构件和应力最大处及受力复杂的关键构件上；
- e) 周边道路及管线监测宜按 20m~30m 布设一个断面，每个断面宜布设 2 个监测点；
- f) 对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。

11.2.3 监测点的安装与埋设应符合下列规定：

- a) 堆填边坡坡体监测点应在各层土体压实之后埋设，并及时采集初始值；
- b) 监测标志安装应稳固，并采取有效措施加以保护或专人看管。测量标志损坏时，应及时恢复并复测，以保证观测数据的连续性；
- c) 测斜管埋设时，管内的十字导槽应对准主要监测方向。

11.2.4 堆填工程监测频率应符合下列规定：

- a) 堆填施工期，宜每 3d 监测 1 次，每堆填一层（与马道竖向高度对应）前后应观测 1 次，两次堆填间隔时间较长时，每两周应至少观测 1 次；
- b) 当长时间连续降雨、变形量增大、变形速率加快时，应提高监测频次；当出现异常情况时应及时上报有关单位，并采取应急措施；
- c) 堆填施工完成后，半个月內，宜每 3d 观测 1 次；两个月內，宜每 10d 观测 1 次；两个月后，宜每月观测 1 次；
- d) 当现场暂停施工时，可根据监测数据适当调整监测频率。

11.2.5 堆填工程监测报警值应根据堆填工程安全等级、设计计算结果等因素确定，当无参照依据时，可按表 18 确定。

表18 施工阶段监测报警值

序号	监测项目	报警值		
		一级	二级	三级
1	支挡结构顶竖向位移监测	30 mm	40 mm	60 mm
2	支挡结构顶水平位移监测	30 mm	40 mm	60 mm
3	支挡结构深层水平位移监测	30 mm	40 mm	60 mm
4	支挡结构应力监测	参照设计值		
5	堆填边坡坡体竖向位移监测	连续三天超过 10 mm/d		
6	堆填边坡坡体水平位移监测	连续三天超过 5 mm/d		
7	堆填边坡坡体深层水平位移监测	连续三天超过 5 mm/d		
8	周边道路竖向位移监测	30 mm		
9	周边管线竖向位移监测（压力刚性管道）	20 mm		
	周边管线竖向位移监测（非压力刚性管道）	30 mm		

表18 施工阶段监测报警值（续）

序号	监测项目	报警值		
		一级	二级	三级
9	周边管线竖向位移监测（柔性管道）	40 mm		
10	周边建（构）筑物竖向位移监测	30 mm		

11.3 长期监测

11.3.1 长期监测应包含堆填边坡及支挡结构监测，监测项目应按表 19 确定。

表19 长期监测项目

序号	监测项目	
1	支挡结构顶竖向位移监测	√
2	支挡结构顶水平位移监测	√
3	支挡结构深层水平位移监测	√
4	支挡结构应力监测	√
5	堆填边坡坡体竖向位移监测	√
6	堆填边坡坡体水平位移监测	√
7	堆填边坡坡体深层水平位移监测	√
8	地下水位监测	√
注：√ 应测项目。		

11.3.2 长期监测宜沿用施工阶段监测点，保证数据的连续性。

11.3.3 长期监测宜采用 GNSS 设备进行监测，GNSS 用于堆填边坡监测时，监测单元包括监测站和参考站。应在监测区设变形监测站，远离监测站合适的位置（如稳固的基岩上）建立参考站。

11.3.4 GNSS 监测站布设应满足以下规定：

- 堆填边坡坡体监测点应埋设于地质条件差、原始地形变化大、堆填坡度大及填方厚度大的部位且每边不少于 1 个；
- 监测点半径 10m 范围内无树木、建（构）筑物等遮挡物；
- 观测墩的高度不低于 1.8m；
- 观测墩埋入土层深度不小于 1m。

11.3.5 GNSS 参考站选址应满足以下规定：

- 覆盖整个监测区域，并兼顾参考站距离监测点最近的原则；
- 场地稳固，年平均下沉和位移小于 2 mm；
- 视野开阔，视场内障碍物的高度不宜超过 15° ；
- 远离大功率无线电发射源（如电视台、电台、微波站等），其距离不小于 200m；远离高压输电线和微波无线电传送通道，其距离不得小于 50m；
- 靠近数据传输网络；
- 观测墩的高度不低于 2m；
- 观测标志应远离震动源。

- 11.3.6 GNSS 监测设备宜采用太阳能供电。
- 11.3.7 长期监测频率及报警值宜由运维单位确定，并满足设计要求。
- 11.3.8 安全等级为一级的堆填工程长期监测频率宜不少于每半年 1 次。

12 检验与验收

12.1 一般规定

- 12.1.1 原场地地基处理质量检验应满足设计要求，并符合 JGJ 79 和相关标准的规定。
- 12.1.2 原场地地基的质量检验应根据 GB 50202 的相关规定执行。
- 12.1.3 原场地地基处理质量检验应采用钻探取样、动力触探、静力触探及载荷试验等原位测试方法和室内土工试验等。
- 12.1.4 堆填工程大面积施工前，应进行工艺性试验并检验填料抗剪强度是否满足边坡稳定性分析所采用的抗剪强度要求。
- 12.1.5 堆填工程施工质量检验应分层进行，并应在下层的压实指标、物理力学性质指标符合设计要求后铺填上层。
- 12.1.6 堆填工程施工质量检验，应结合填料性质、施工方法等采用钻探取样、动力触探、静力触探等原位测试方法及室内土工试验等，必要时可采用物探方法检验其均匀性。
- 12.1.7 对用于质量检验的探坑或重型动力触探孔等，检验后应及时填实复原。
- 12.1.8 堆填工程支挡结构的地基和基础的施工质量检验与验收应符合 GB 50202、GB/T 50783 和 JGJ 79 等标准的相关规定。
- 12.1.9 堆填工程施工质量检验与验收的程序和组织，应符合 GB 50300 的相关规定。

12.2 检验

12.2.1 坡率法

- 12.2.1.1 堆填工程质量检验试验方法的选取应符合下列规定：
 - a) 粗粒土和土夹石混合填料分层压（夯）实质量检测应采用现场干密度试验，试验坑的直径宜大于 3 倍最大填料粒径，且不应小于 1.0m；
 - b) 填料粒径大于 38 mm 时，应在堆填地基深度内挖探坑，采用灌水法检测干密度；填料粒径小于 38 mm 时，可采用灌砂法或环刀法检测压（夯）实系数。
- 12.2.1.2 堆填工程质量检验应符合下列规定：
 - a) 堆填质量检验项目应包括坡率、压实系数、物理力学性质指标等；
 - b) 堆填压实系数检测宜采用环刀法、灌砂法或灌水法；
 - c) 检测点的布置和检测频率宜根据工程特点、填料性质、设计要求及施工工艺等因素确定，对施工完成后处于地下水位以下地段宜增加检测频率。

表20 堆填施工质量检验

项目	序号	检验项目	允许偏差	检查数量	检验方法
主控项目	1	坡率	不大于设计值	每一检验批，不应少于 2 处	仪器测量
	2	填料	设计要求	每 500m ² 为一检验批，每一检验批检验数量不应少于 1 处	观察、现场量测或取样检测

表20 堆填施工质量检验（续）

项目	序号	检验项目	允许偏差	检查数量	检验方法
主控项目	3	干密度 (巨粒、粗粒土料)	设计要求	抽样数量为每 500m ² 不应少于 1 处, 且 每一检验批检验数量不应少于 3 处	现场试验检验
	4	压实系数	设计要求	抽样数量为每 400m ² 不应少于 1 处, 且 每一检验批检验数量不应少于 3 处	取样检验
	5	标高 (mm)	+50, -100	每一检验批, 不应少于 2 处	仪器测量
一般项目	1	坡面平整度 (mm)	+50	每一检验批, 不应少于 2 处	尺量、观察
	2	平台宽度 (mm)	0, +100	每一检验批, 不应少于 2 处	尺量
	3	坡脚线偏位 (mm)	+300, -50	全数	仪器测量

12.2.1.3 当检验指标未达到设计要求时, 应进行两组以上的复检。当复检指标达到设计要求时, 可仅处理不合格区域; 当复检指标仍未达到设计要求时, 应对检验划定的不合格范围重新处理, 直至合格。

12.2.2 桩板式支挡结构

12.2.2.1 灌注桩检验可采取低应变动测法、预埋管声波透射法或其他有效方法, 并应符合下列规定:

- 对低应变检测结果存疑的灌注桩, 应采用钻芯法进行补充检测; 钻芯法应进行单孔或跨孔声波检测, 混凝土质量与强度评定按国家现行有关标准执行;
- 当长边尺寸不小于 2.0m 或桩长超过 15.0m 时, 应采用声波透射法检验桩身完整性; 当对桩身质量存疑时, 可采用钻芯法进行复检。

12.2.2.2 灌注桩的质量检验包括桩成孔质量检验及桩身质量检验, 应符合表 21、表 22 的规定。

表21 桩成孔质量检验

项目	序号	检验项目	允许偏差	检查数量	检验方法
主控项目	1	总长度	不小于设计值	全数检查	尺量或仪器测量
	2	断面尺寸	不小于设计值		
一般项目	1	孔顶高程 (mm)	±20		仪器测量
	2	孔位 (mm)	50		
	3	孔倾斜度	1%		
	4	机械成孔桩沉渣厚度 (mm)	120		

表22 桩身质量检验

项目	序号	检验项目	允许偏差	检查数量	检验方法
主控项目	1	混凝土强度等级	设计要求	按检验批抽样	检查检测、报告
	2	桩身完整性	设计要求	全数	检查检测、报告
	3	保护层厚度	设计要求	按检验批抽样	观察、测量检查检测、报告
	4	嵌固段长度	不小于设计值	全数	观察、测量
一般项目	1	桩顶高程 (mm)	20	全数	仪器测量
	2	桩位 (mm)	50	全数	
	3	桩截面尺寸	不小于设计值	全数	尺量

12.2.3 加筋土挡墙

12.2.3.1 加筋土挡墙填料检验应符合表 20 的规定。

12.2.3.2 加筋格栅施工质量检验应符合表 23 的规定。

表23 加筋格栅施工质量检验

项目	序号	检验项目	允许偏差	检查数量	检验方法
主控项目	1	土工格栅的品种、规格和技术性能	设计要求	按检验批抽样	检查检测报告
一般项目	1	搭接宽度（mm）	+50，0	抽查 2%	观察、测量
	2	铺设层间距（mm）	±50	每 200m 检查 4 处	
	3	折叠及破损情况	设计要求	全数	
	4	压稳措施	设计施工方案要求	全数	
	5	下承层平整度	符合设计要求	每 200m 检查 4 处	

12.2.4 重力式挡墙

12.2.4.1 重力式挡墙地基和基础的施工质量检验与验收应符合本文件第 12.1.8 条的规定，其混凝土工程的施工质量检验与验收应符合 GB 50204 的相关规定。

12.2.4.2 砌体结构挡土墙的质量检验应符合表 24 的规定。

表24 砌体结构施工质量检验

项目	序号	检验项目	允许偏差			检查数量	检验方法
			料石	块石、片石	预制块		
主控项目	1	砌筑用材料	设计要求			按检验批抽样	检查检测报告
	2	砌块强度等级	设计要求			按检验批抽样	检查检测报告
	3	砂浆强度等级	设计要求			按检验批抽样	检查检测报告
	4	砂浆饱满度	≥80%			每个检验批抽查	观察、测量
一般项目	1	灰缝厚度（mm）	20	30	12	每个检验批抽查 不应少于3处	观察、测量
	2	截面尺寸（mm）	+30	不小于设计值			
	3	基底高程（mm）	土方	±20			
			石方	±100			
	4	顶面高程（mm）	±10	±15	±20		
	5	墙面坡度	±0.5%				
	6	轴线偏位（mm）	30				
	7	墙面垂直度（mm）	≤0.3%H且	≤0.5%H	≤0.3%H且		
8	平整度（mm）	≤15	≤30	≤5			
注：H为墙高（mm）。							

12.2.4.3 混凝土结构挡土墙的质量检验应符合表 25 的规定。

表25 混凝土结构施工质量检验

项目	序号	检验项目	允许偏差	检查数量	检验方法
主控项目	1	墙体用材料	设计要求	按检验批抽样	检查检测报告
	2	混凝土强度等级	设计要求	按检验批抽样	检查检测报告
	3	外观质量	不应有严重缺陷	全数	观察
一般项目	1	外观质量	不应有一般缺陷	全数	观察
	2	截面尺寸（mm）	+20	每个检验批抽查不应少于 3 处	观察、测量
	3	顶面高程（mm）	±10		
	4	轴线偏位（mm）	30		
	5	墙面坡度	±0.5%		
	6	墙面垂直度（mm）	≤0.3%H 且 ≤20		
	7	平整度（mm）	10		
注：H为墙高（mm）。					

12.2.5 坡面防护及绿化工程

12.2.5.1 喷射混凝土防护厚度和强度的检验应符合下列规定:

- 可用凿孔法或钻孔法检测面板护壁厚度, 每 100m²抽检一组; 芯样直径为 100 mm 时, 每组不应少于 3 个点;
- 厚度平均值应大于设计厚度, 最小值不应小于设计厚度的 80%;
- 混凝土抗压强度的检测和评定应符合 GB/T 50344 的相关规定。

12.2.5.2 植物防护与绿化的检验应符合表 26 的规定。

表26 植物防护与绿化施工质量检验

项目	序号	检验项目	允许偏差	检查数量	检验方法
主控项目	1	坡面坡率	不大于设计值	全数	观察、测量
	2	防护范围	设计要求	全数	观察、测量
	3	绿化土土质	设计要求	按检验批抽样	检查检测报告
	4	苗木的品种、规格、数量	设计要求	按检验批抽样	检查检测报告
一般项目	1	绿化土厚度 (mm)	±30	每 1000m ² 不少于 2 点	尺量
	2	苗木间距 (mm)	±100	每 1000m ² 不少于 2 点	尺量
	3	苗木密度 (株/m ²)	不小于设计值	全数	计数检查、观察
	4	苗木成活率	≥95%	全数	计数检查、观察
	5	其他地被植物发芽率	≥85%	全数	计数检查、观察
	6	喷淋设备数量	设计要求	全数	计数检查、观察

12.2.6 排水工程

12.2.6.1 排水工程质量检验应包括下列内容：

- a) 排水设施的断面尺寸宜采用钢尺量测，高程、坡度可用水准仪和全站仪进行检验；
- b) 查验排水设施材料规格、强度及其他指标；
- c) 堆填边坡排水设施的渗透性宜进行原位渗透试验。

12.2.6.2 混凝土排（截）水沟施工质量检验应符合表 27 的规定。

表27 混凝土排（截）水沟施工质量检验

项目	序号	检验项目	允许偏差	检查数量	检验方法
主控项目	1	混凝土强度等级	设计要求	按检验批抽样	检查检测报告
	2	排水坡度	不小于设计值	全数	观察
	3	外观质量	不应有严重缺陷	全数	观察
	4	跌水沟、槽位置	设计要求	全数	观察、测量
一般项目	1	设置位置（mm）	±20	检验批构件总数的 20%	观察
	2	过水断面尺寸	不小于设计值		尺量
	3	截面尺寸（mm）	+50，-5		尺量
	4	表面平整度（mm）	20		靠尺和塞尺量测
	5	变形缝位置（mm）	+50		尺量
	6	盖板支撑长度（mm）	±10		尺量
	7	外观质量	不应有一般缺陷	全数	观察

12.2.6.3 砌体排（截）水沟施工质量检验应符合表 28 的规定。

表28 砌体排（截）水沟施工质量检验

项目	序号	检验项目	允许偏差	检查数量	检验方法
主控项目	1	砌块强度等级	设计要求	按检验批抽样	检查检测报告
	2	砂浆强度等级	设计要求	按检验批抽样	检查检测报告
	3	排水坡度	不少于设计值	全数	观察
	4	跌水沟、槽位置	设计要求	全数	观察、量测
一般项目	1	设置位置（mm）	±20	检验批构件总数的 20%	观察
	2	过水断面尺寸	不少于设计值		尺量
	3	截面尺寸（mm）	0，+50		尺量
	4	砂浆饱满度	≥80%		观察
	5	变形缝位置（mm）	+50		尺量
	6	盖板支撑长度（mm）	±10		尺量

12.2.6.4 排水孔、泄水孔和管沟施工质量检验应符合表 29 的规定。

表29 排水孔、泄水孔和管沟施工质量检验

项目	序号	检验项目	允许偏差	检查数量	检验方法
主控项目	1	管材、滤水土工布	设计要求	按检验批抽样	检查检测报告，观察
	2	排水坡度	不小于设计值	全数	观察、测量
	3	数量	设计要求	全数	观察、计数
	4	反滤层材料、级配及设置位置	设计要求	全数	观察，检查检测报告
一般项目	1	设置位置（mm）	±50	检验批构件总数的 20%	观察，尺量
	2	截面尺寸	不小于设计值		尺量
	3	连接	与排水构筑物衔接顺畅		观察
	4	贯通性	设计要求		观察、测量

12.3 验收

12.3.1 堆填工程施工质量验收时应提供下列资料：

- 岩土工程勘察报告；
- 堆填工程施工图、图纸会审纪要、设计变更单和重大问题处理文件等；
- 经审定的施工组织设计、专项施工方案及技术洽商记录等；
- 开工、竣工报告；
- 堆填工程测量、定位放线记录（桩位放线复核签证单）；
- 原材料出厂质量合格证或进场复检报告；
- 半成品材料、预制构件等产品的合格证；
- 施工记录、隐蔽工程验收资料及竣工图；
- 堆填工程与周围建（构）筑物位置关系图；
- 检查与检验报告；
- 堆填工程和周围建（构）筑物监测报告；
- 其他文件和记录。

12.3.2 检验批的首次隐蔽及重要工序的检验与验收，应由总监理工程师组织建设、施工、设计及勘察等单位的相关人员进行检查、验收。

12.3.3 检验批和分项工程施工质量合格应符合下列规定：

- 具有完整的施工操作依据和质量检查记录；
- 隐蔽工程验收合格，并形成验收记录；
- 检验批主控项目的抽样检验应全部合格；
- 检验批一般项目的抽样检验结果应有 80% 以上的检查点合格，且最大偏差不应超过允许偏差的 1.5 倍；对于计数抽样的一般项目，宜按二次抽样的检测结果评定其合格率；
- 分项工程所含检验批检验结果均应合格，且应有各检验批质量验收的完整记录。

12.3.4 堆填工程施工质量不合格时，应根据 GB 50300 的相关规定进行处理。

12.3.5 建设单位收到工程竣工报告后，应由建设单位项目负责人组织监理、施工、设计、勘察等单位项目负责人进行单位工程验收。

附 录 A
(资料性)
场址适宜性定性分级标准表

场址适宜性参照表A. 1定性分级。

表A. 1 场址适宜性定性分级标准表

级别	制约因素			
	生态环境	地质条件	场建条件	交通条件
适宜	a) 项目对生态环境有明显改善; b) 无生态敏感性目标。	a) 场地稳定; b) 岩土种类单一, 分布均匀, 工程性质好; c) 地下水对工程建设无影响, 地表排水条件良好; d) 工程建设不会诱发次生地质灾害。	a) 供电、给排水、交通等施工条件良好; b) 场地价格低; c) 对周边居民生活无影响。	a) 运输距离不高于 15 公里; b) 运输道路强度足; c) 运输通道对周边居民无影响; d) 运输通道对常规交通基本无影响。
较适宜	a) 项目对生态环境无影响; b) 存在少量生态敏感性目标, 采取一般工程措施可以降低影响或费用不高。	a) 场地基本稳定; b) 岩土种类较多, 分布较不均匀, 工程性质较差; c) 地下水对工程建设影响较小, 地表排水条件尚可。 d) 工程建设可能诱发次生地质灾害, 采取一般工程防护措施可以解决, 治理简单。	a) 供电、给排水、交通等施工条件需接入距离适宜, 费用不高; b) 场地价格不高; c) 对周边居民生活有一定影响, 但采取技术措施可控。	a) 运输距离大于 15 公里且小于 30 公里; b) 运输道路强度不足, 需进行局部路面加强且费用不高; c) 运输通道对周边居民存在一定影响, 但采取技术措施可控; d) 运输通道对常规交通影响不大。
适宜性差	a) 项目对生态环境影响较大; b) 存在多个无生态敏感性目标, 采取工程措施难度大或费用较高。	a) 场地稳定性差; b) 岩土种类多, 分布很不均匀, 工程性质差; c) 地下水对工程建设影响较大, 地表易形成内涝; d) 工程建设诱发次生地质灾害的几率较大, 需采取较大规模的工程防护措施, 治理难度较大或费用较高。	a) 供电、给排水、交通等施工条件接入距离远, 费用较高; b) 场地价格较高; c) 对周边居民生活有影响。	a) 运输距离大于 30 公里且小于 50 公里; b) 运输道路强度不足, 需进行道路改造费用高; c) 运输通道对周边居民存在较大影响; d) 运输通道对常规交通影响较大。

表A.1 场址适宜性定性分级标准表（续）

级别	制约因素			
	生态环境	地质条件	场建条件	交通条件
较适宜	a) 项目对生态环境无影响； b) 存在少量生态敏感性目标，采取一般工程措施可以降低影响或费用不高。	a) 场地基本稳定； b) 岩土种类较多，分布较不均匀，工程性质较差； c) 地下水对工程建设影响较小，地表排水条件尚可。 d) 工程建设可能诱发次生地质灾害，采取一般工程防护措施可以解决，治理简单。	a) 供电、给排水、交通等施工条件需接入距离适宜，费用不高； b) 场地价格不高； c) 对周边居民生活有一定影响，但采取技术措施可控。	a) 运输距离大于 15 公里且小于 30 公里； b) 运输道路强度不足，需进行局部路面加强且费用不高； c) 运输通道对周边居民存在一定影响，但采取技术措施可控； d) 运输通道对常规交通影响不大。
适宜性差	a) 项目对生态环境影响较大； b) 存在多个无生态敏感性目标，采取工程措施难度大或费用较高。	a) 场地稳定性差； b) 岩土种类多，分布很不均匀，工程性质差； c) 地下水对工程建设影响较大，地表易形成内涝； d) 工程建设诱发次生地质灾害的几率较大，需采取较大规模的工程防护措施，治理难度较大或费用较高。	a) 供电、给排水、交通等施工条件接入距离远，费用较高； b) 场地价格较高； c) 对周边居民生活有影响。	a) 运输距离大于 30 公里且小于 50 公里； b) 运输道路强度不足，需进行道路改造费用高； c) 运输通道对周边居民存在较大影响； d) 运输通道对常规交通影响较大。
不适宜	a) 项目对生态环境影响很大； b) 存在多个生态敏感性目标，采取工程措施难度很大或费用很高。	a) 场地不稳定； b) 岩土种类多，工程性质很差； c) 洪水和地下水对工程建设有严重威胁； d) 工程建设将诱发严重次生地质灾害，应采取大规模工程防护措施。治理难度很大且费用很高； e) 地下埋藏有待开采的矿藏资源。	a) 供电、给排水、交通等施工条件接入距离很远，费用很高； b) 场地价格很高； c) 对周边居民生活有很大影响。	a) 运输距离大于 50 公里； b) 运输道路强度不足，需进行道路改造费用很高； c) 运输通道对周边居民存在很大影响，投诉情况多； d) 运输通道对常规交通影响很大。
注1：表中未列条件，可按其对堆填场工程建设的影响程度比照推定； 注2：划分每一级别场地堆填适宜性分级，符合表中条件之一时即可。				

本文件用词说明

为方便在执行本文件条文时区别对待，对要求严格程度不同的词说明如下：

a) 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”。

b) 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”、“不得”。

c) 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”、“可”，反面词采用“不宜”。

条文中指定应按其它有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。
非必要按所指定的标准、规范执行的写法为“可参照……”。

参 考 文 献

- [1] GB 50863 尾矿设施设计规范
 - [2] GB/T 15776 造林技术规程
 - [3] GB/T 50290 土工合成材料应用技术规范
 - [4] CJJ 176 生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范
-

武汉市地方标准

建设工程固体废弃物堆填技术规程

条文说明

目 次

5 总则..... 45

6 基本规定..... 45

7 选址..... 47

8 勘察..... 48

9 设计..... 49

10 施工..... 55

11 监测..... 56

12 检验与验收..... 58

5 总则

5.1 随着武汉市经济建设的发展，工程建设中不能利用的开挖土石方、拆除混凝土或其混合物的堆填项目越来越多，形成了大面积、大土石方量的高填方边坡。目前，武汉市对于此类建设工程固体废弃物高填方边坡还没有统一的技术标准，在规划选址、勘察、设计、施工、监测、检验与验收等过程中只能参考国内相关行业的标准。本文件吸收了深圳光明新区红坳渣土消纳场、无锡太湖新城、南通市紫琅公园及武汉市东湖高新区鸡公山公园等堆填工程经验，旨在促进武汉市建设工程固体废弃物堆填技术标准化，明确在建设工程固体废弃物堆填设计和施工中必须贯彻国家的技术经济政策，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，以保障固体废弃物堆填工程建设科学健康地发展。

2016 年 2 月，武汉市城管委会同市自然资源和规划局组织武汉市规划研究院、武汉市规划设计有限公司编制了《武汉市建筑弃土弃料消纳处置场地选址规划（2016-2020）》，随后市政府发布了《市人民政府关于做好全市建筑弃料弃土消纳处置工作的通知》（武政规[2016]26 号），文件中明确要求“将弃土消纳场所建设与土地、破损山体修复相结合，作为改善生态环境的重要举措”。山体修复选点以靠近中心城区为主，主要集中在蔡甸区、江夏区，综合各区反馈意见，选址 10 座破损山体实施生态修复工程，选点分别为：蔡甸区伏牛山、金钟山、纱帽山、龙霓山；江夏区金夹山、青龙山；汉阳区仙女山、汤家山；东湖高新区横山、顶冠峰。

5.2 本文件中建设工程固体废弃物堆填边坡高度限值确定为 60m，主要结合武汉市鸡公山、顶冠峰、汤家山等堆填工程的高度综合确定，超过 60m 高度限值的堆填工程，除符合本文件的规定外，尚应根据工程情况采取有效的加强措施。

6 基本规定

6.1 堆填工程安全等级是堆填工程规划选址、勘察、设计、施工、监测、检验与验收中根据不同的地质环境条件及工程具体情况加以区别对待的重要标准。本条提出堆填工程安全等级分类的原则，根据现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB50068 按破坏后果严重性分为很严重、严重、不严重；根据《岩土工程勘察规范》GB50021 按场地复杂程度分为复杂、中等复杂、简单，尚考虑了堆填工程稳定性因素（最大堆填高度和堆填方量）。从堆填工程事故分析，堆填边坡高度高、方量大、场地地质条件复杂的堆填工程发生事故的概率较高，破坏后果也较严重，因此本条将场地地质条件复杂、坡高较大的边坡均划入一级边坡。分级标准结合相关工程实践经验，参考表 1～表 4 综合确定。

表1 近几年武汉市固体废弃物堆填工程案例

序号	项目名称	堆填方量 V（10 ⁴ m ³ ）	最大堆填高度 H（m）
1	光谷鸡公山堆山造景工程	142	32
2	光谷顶冠峰破损山体生态修复工程	503	60
3	光谷幸福山破损山体生态修复工程	542	35
4	光谷中心城关山破损山体生态修复工程	628	60
5	汉阳汤家山破损山体生态修复工程	288	59
6	蔡甸金钟山破损山体生态修复工程	690	30

表2 边坡工程安全等级《建筑边坡工程技术规范》GB50330-2013

边坡类型		边坡高度 H（m）	破坏后果	安全等级
岩质 边坡	岩体类型为 Ⅰ或Ⅱ类	H≤30	很严重	一级
			严重	二级
			不严重	三级

表2 边坡工程安全等级《建筑边坡工程技术规范》GB50330-2013（续）

边坡类型		边坡高度 H（m）	破坏后果	安全等级
岩质边坡	岩体类型为Ⅲ或Ⅳ类	15<H≤30	很严重	一级
			严重	二级
		H≤15	很严重	一级
			严重	二级
			不严重	三级
		土质边坡	10<H≤15	很严重
严重	二级			
H≤10	很严重		一级	
	严重		二级	
	不严重		三级	
注1：一个边坡工程的各段，可根据实际情况采用不同的安全等级； 注2：对危害性极严重、环境和地质条件复杂的边坡工程，其安全等级应根据工程情况适当提高； 注3：很严重：造成重大人员伤亡或财产损失；严重：可能造成人员伤亡或财产损失；不严重：可能造成财产损失。				

表3 滑坡防治工程重要性等级划分表《滑坡防治设计规范》GB/T38509-2020

滑坡防治工程等级		特级	I 级	Ⅱ 级	Ⅲ 级
威胁对象	威胁人数/人	≥ 5000	≥ 500 且 < 5000	≥ 100 且 < 500	< 100
	威胁设施	非常重要	重要	较重要	一般

表4 滑坡防治工程重要性等级划分表《滑坡防治设计规范》GB/T38509-2020

重要性	设施类别
非常重要	放射性设施，核电站，大型地面油库，危险品生产仓储，重要政治设施，重要军事设施等
重要	城市和城镇重要建筑（含 30 层以上的高层建筑）、国家级风景名胜区、著名寺庙、高等级公路、铁路、机场、学校、大型水利水电工程、电力工程、大型港口码头、矿山，油（气）管道和储油（气）库等
较重要	城市和城镇一般建筑、居民聚居区、省级风景名胜区、知名寺庙、边境口岸、普通二级（含）以下公路、中型水利工程、电力工程、通讯工程、港口码头、矿山、城市集中供水水源地等
一般	居民点、小型水利工程、电力工程、通讯工程、港口码头、矿山、乡镇集中供水水源地、村道等
注：表中未列项目可根据有关技术标准和规定按大、中、小型分别确定其重要性等级。大型为重要、中型为较重要、小型为一般。	

6.2 合理的固体废弃物堆填场选址可以减少对环境的影响，降低建设成本，修复生态环境，从而达到环境效应、经济效应和社会效应最佳。因此，项目选址是项目建设的前提条件，也是非常重要的环节。

项目选址，一方面应充分调研场地规划条件：应符合国土空间规划，包括沿线城市总体规划、土地利用规划、环境卫生专业规划、防洪专业规划的要求，同时应满足国家、行业及地方现行规章制度及有关标准的要求；另一方面，仍应充分调研场地现状条件：包括生态环境、地质环境、场建条件、交通条件等。其中生态环境主要包括：生态敏感目标情况，如生态资源、地面水系、机场、文化遗址、风景区等，是否遭遇洪水等；地质环境主要包括地质、构造、地震、水文等与场地及岩土条件复杂程度息息相

关；场建条件主要包括地形条件、综合地价、施工条件、影响人数等；交通条件主要包括运输距离、运输通道条件、对周边居民及交通影响情况等。

项目选址宜采用定量和定性相结合的方式，进行多方案比选，经综合分析确定。

6.6 堆填项目的排水工程属于系统性很强的设计，尤其是城市发展区范围内进行的堆填工程，设计上应体现海绵城市设计理念，在堆填场地区域内，因地制宜地设置相关海绵设施，如生态滞留塘、调蓄塘、人工湿地等，尽量降低堆填前后场地的径流系数及峰值流量；当堆填工程地表排水的汇水面积大于 2km^2 时，宜采取水力模型对排水工程设计方案进行复核。

6.10 堆填工程施工环节涉及的隐蔽工程较多，事后检查验收非常困难且检验成本较高，因此，施工全过程质量控制及验收工作尤为重要。堆填工程所涉及的原材料进场时，应检查每批产品的质量合格证书、性能检验报告、使用说明书、进口产品的商检及证件等，并按国家现行有关标准规定进行复检，验收合格后方可使用；对不合格原材料严禁进场使用。当材料、半成品、构配件进行等强（等效）换算替代时，应经设计单位复核，并应认可相应的技术文件。施工过程中应对隐蔽工程加强验收工作，且做好相应的隐蔽工程验收记录，对不合格的隐蔽工程不得验收。堆填工程施工完成后，工程质量验收的程序及组织方式应满足国家现行有关标准规定。

7 选址

7.1 一般规定

7.1.1 根据《武汉市湖泊保护条例》、《武汉市基本生态控制线管理条例》、《基本农田保护条例》的相关要求，项目选址不应占用湖泊水面、生态绿地和基本农田。考虑到破损山体修复属于生态修复范畴，绿地景观营造能够有效提升生态环境效果，且经过堆填后的用地属性未发生变化，可按不属于占用生态绿地的范畴考虑。

根据“自然资源空间规划函[2021]121号”文件要求，在现有永久基本农田保护范围内，确定为应当调出的范围不属于占用基本农田的范畴；根据土地整治规划的相关结论，在现有永久基本农田保护范围内，确定为应当调出的范围不属于占用基本农田的范畴。

7.1.2 堆填工程建设不应产生空气污染、水污染、土壤污染等，影响原生动植物的正常生长和破坏生物链系统。

7.1.4 由于先期生产破坏，在现有的生态红线边界内存在大量的废弃采矿坑、破损山凹地、废沟渠等。根据国家生态文明建设的发展要求，建设工程固体废弃物的堆填宜与山体修复、堆山造景、湖泊岸线整治等景观修复工程相结合。

7.1.5 武汉市城乡建设和规划区内建筑市政、防洪排涝及生态环境等基础设施工程日趋密集，堆填场完全避开有重大影响的建设区域较为困难。从以往较大的山体滑坡和尾矿库、堆填场滑坡事故来看，影响范围可达数公里，因此一般情况下禁止将有重大影响的建设区域作为堆填工程场地。

《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330-2013）中第7章坡顶有重要建（构）筑物的边坡工程适用于抗震设防烈度为7度及7度以下地区、建（构）筑物位于岩土质边坡塌滑区、土质边坡1倍边坡高度和岩质边坡0.5倍边坡高度范围的边坡工程；《基坑工程技术规程》（DB42/T 159-2012）中第4章对基坑周边环境条件与基坑工程重要性等级的划分作出了相关规定，邻近基坑采用天然地基浅基础的永久性建（构）筑物和重要管线距离基坑边大于2倍开挖深度时，基坑周边环境条件才视为宽松。这两本规范（程）主要是从对坡顶建（构）筑物的影响角度出发，堆填工程失稳滑塌后对坡底的影响范围目前很难做到定量分析，影响因素杂多，应视具体情况进行分析研究。

7.3 堆填场址适宜性分析

7.3.1 《城乡规划工程地质勘察规范》（CJJ57-2012）8.3条中将工程建设适宜性划分为不适宜、适宜性差、较适宜和适宜四个级别。本文件固体废弃物堆填从本质上讲也属于工程建设项目，故采用相同的四级划分，但其中的分析影响因素存在较大的差异。

7.3.2 结合固体废弃物的来源情况，根据现场踏勘调研和国土空间规划分析，可以初定3个或3个以上的候选场地，通过对候选场地的生态环境、地质条件、场建条件和交通条件进行评价分析，并给出场地适宜性等级：适宜、较适宜、适宜性差、不适宜。

7.3.3 对附录A表A.1中划分的每一级别，原则是按照不利制约因素判断，符合表中之一时即可适用。考虑到实际建设中，固体废弃物消纳的实际需求和场地的局限性，大概率存在如下情况：

- a) 某场址存在多个生态敏感性目标，采取工程措施难度很大或费用很高；
- b) 运输距离远，运输通道强度不足，需进行路面改造费用很高，且对常规交通影响大；
- c) 供电、给排水、交通等施工条件不足，需接入距离远且费用很高等。

确因多方面原因无其他的解决方案或对比方案经济性更差，则可开展专题研究或专家咨询等，如与附录A表A.1评判等级不一致，应分析原因后综合评判。

8 勘察

8.1.1 堆填工程原场地是指堆填工程实施前的原始场地或经人为开采、乱掘、随意堆填等造成地质环境破坏后的场地，既有边坡是指原场地中的原始边坡或经人为开采、乱掘、随意堆填形成的边坡。原场地勘察工作范围应根据具体工程总平面布置和设计要求确定，应包括边坡（堆填边坡或既有边坡）稳定性分析涉及的范围及边坡（堆填边坡或既有边坡）失稳后可能影响的范围。

8.1.3 本文件6.1条表1中的场地地质条件复杂程度系结合场地复杂程度、岩土条件复杂程度确定，按6.1条注2中规定分为复杂、中等复杂、简单三个等级。

8.2.1 工程地质测绘应明确底图和成图之间的比例关系，地质图编制要求底图比例应大于成图比例。

8.3.1 由于城市建设可能导致原地形发生变化，故建议补充测量，对与山体修复等有关的原始地形发生变化区域，应补充地形测量工作。

8.3.4 场地或岩土条件复杂等级按复杂到简单的优先原则确定，在场地复杂程度等级、岩土条件复杂程度等级有一项或两项为复杂时按复杂考虑，两项均为简单时按简单考虑，此外均按中等复杂考虑。

8.3.5 原场地初步勘察勘探孔一般按方格网布置，条件具备时也可根据设计总平面，对拟采用的支挡结构、地基处理、既有边坡等区段针对性布置。

8.3.6 堆填工程填料主要为场地周边的工程建设产生的弃土（石）、建筑垃圾等固体废弃物，堆填材料调查工作以调查和搜集料源地勘察资料和岩土条件为主，缺乏料源地勘察资料和岩土条件时，可按设计需求针对性进行料源勘察，堆填施工时可根据需要，建立采样点或现场实验室，对堆填材料取样进行填料性质、颗粒分析、击实等试验。

8.4.5 既有边坡勘察应符合下列要求：

g) 堆填场地中的既有边坡一般会通过堆填反压或削方减载的方式得以整治，故8.4.5.7条表6中既有边坡详细勘察勘探点（线）间距较《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2013）表4.2.8条中稍大，对于堆填工程实施后仍会保留的既有边坡，其勘探点（线）间距宜按表6中下限值采用或按《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2013）表4.2.8采用。

i) 危岩和崩塌勘察主要采用工程地质测绘和调查，范围应包括危岩带、崩塌体及其影响的相邻地段。应查明场地地层及其结构面的分布规律（尤其是软弱夹层等不利结构面的分布、类型、产状、发育程度、充填情况及组合关系等），并通过赤平投影图和节理玫瑰图，分析与既有边坡和工后边坡的关系和破坏模式。

8.5.1 原场地勘察勘探孔深度应符合下列要求：

b) 地基处理勘察的控制性勘探孔深度应满足地基沉降计算的要求；承受竖向荷载的复合地基控制性勘探孔深度，对中～低压缩性土可取地基附加应力小于或等于上覆土层有效自重应力20%的深度，对高压压缩性土可取地基附加应力小于或等于上覆土层有效自重应力10%的深度；需验算地基稳定性的勘探孔深度应超过最危险滑动面5m或穿透软弱土层进入硬土层3m。

c) 岩质地基及边坡控制性勘探孔深度必须满足稳定性计算要求，一般性勘探孔可钻至基岩顶板或其下1m～3m即可，岩溶场地钻孔的深度应穿透表层岩溶发育带且进入溶洞洞底完整基岩不少于3m。

8.5.2 既有边坡若增设支挡结构加固，支挡结构位置的勘探孔深度应根据支挡结构形式确定，并满足8.5.3条相关要求。

9 设计

9.1 一般规定

9.1.9 排水工程设计应充分考虑堆填场地地形地貌、地质条件及堆填体坡率等因素，依山就势展开设计，并与马道、支挡等坡面防护附属设施及绿化防护工程相衔接，优先选择梯形、直角梯形、矩形、U形或复合型断面等形式的排（截）水沟，体现和谐、绿色设计理念。

9.2 填料要求及设计参数

9.2.1 在堆填施工方法、填料粒径、级配和压实施工参数相同的条件下，堆填处理效果一般差别较小；但因填料中含块碎石比例不同，其堆填处理效果是随着填料中含块碎石的比例增加而增加。由此表明，根据堆填处理后的强度和变形要求，进行填料搭配（粒径、级配）设计是非常必要的。

9.2.3 填料设计参数结合武汉地区堆填工程实践经验、地基处理手册、地基与基础手册及基坑工程技
术规程（DB42/T 159-2012）等综合取值，按表5～表9分析确定。根据表5取回填土压实系数90%，根据表6～表8，取压实系数90%的黏性土对应承载力130kPa，根据表9确定回填土抗剪强度参数。

表5 回填土密实度取值表《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268-2008

路床顶面以下深度（cm）	路基最低压实系数（%）		
	快速路/主干道/次干道/支路	地下管线	绿地
0～80	96/95/94/92	95/98	87/90
80～150	94/93/92/91	87/90	87/90
>150	93/92/91/90	87/90	87/90

注：表中分子为重锤击实标准，分母为轻锤击实标准，如管道上覆道路有相关要求时，应按道路要求进行回填施工。

表6 各种垫层的压实标准《地基与基础（第四版）》

施工方法	换填材料类别	压实系数 λ_c
碾压振密或夯实	碎石、卵石	≥ 0.97
	砂夹石（其中碎石、卵石占全重的30%～50%）	
	土夹石（其中碎石、卵石占全重的30%～50%）	
	中砂、粗砂、砾砂、角砾、圆砾、石屑	
	粉质黏土	≥ 0.97
	灰土	≥ 0.95
	粉煤灰	≥ 0.95

表7 各种垫层的承载力特征值表《地基与基础（第四版）》

施工方法	换填材料类别	压实系数 λ_c	承载力特征值 f_{ak} (kPa)
碾压、振密或夯实	碎石、卵石	0.94~0.97	200~300
	砂夹石（其中碎石、卵石占全重的 30%~50%）		200~250
	土夹石（其中碎石、卵石占全重的 30%~50%）		150~200
	中砂、粗砂、砾砂、角砾、圆砾、石屑		150~200
	粉质黏土		130~180
	灰土	0.95	200~250
	粉煤灰	0.90~0.95	150~200

表8 压实填土地基的容许承载力《地基处理手册（第三版）》

填土类别	压实系数 λ_c	容许承载力[R](kN/m ²)
碎石、卵石	—	200~300
砂夹石（其中碎石、卵石占全重的 30%~50%）	0.94~0.97	200~250
土夹石（其中碎石、卵石占全重的 30%~50%）		150~200
黏性土（ $8 < I_p < 14$ ）	—	130~180

表9 土的抗剪强度指标参考值《基坑工程技术规程》DB42/T 159

土类	相关指标				总应力指标	
	P_s (MPa)	N	$N_{63.5}$	f_{ak} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
杂填土， 以建筑垃圾或工业垃圾为主	—	—	>4	—	4~6	20~25
杂填土， 建筑垃圾混工业垃圾、黏性土	—	—	3~4	—	8~10	18~20
素填土，以黏性土为主	—	—	2~3	—	10~15	8~12
素填土， 含黏性土、生活垃圾、淤泥质土	—	—	<2	—	5~10	6~8
一般黏性土	0.8	3	—	90	17	10
	0.9	4		100	19	11
	1.2	5		120	23	13
	1.4	6		140	25	14
	1.6	7		160	28	15
	1.6~3.0	7~13		170~300	29~34	15~16

9.3 堆填边坡稳定性分析

9.3.1 圆弧滑动法：将滑动面简单地当作圆弧，并认为滑动土体是刚性的，没有考虑条分之间推力，或只考虑条分间水平推力（毕肖普公式），故计算结果不能完全符合实际，但因计算概念明确，且能分析复杂条件下土坡稳定性，故在各国实践中普遍使用。

折线滑裂面法：非黏性土边坡常形成直线或折线的滑动面，此时应采用折线滑动静力计算方法来进行稳定分析。采用折线滑动法分析时，仍可采用条分法，并考虑条块之间（或滑楔之间）有力的作用。

圆弧滑动与折线滑动是两种不同的破坏模式，对于同一边坡采用两种不同计算方法获得的边坡稳定性系数是不同的。

9.3.3 堆填边坡稳定安全系数主要参考表 10～表 12，经分析确定。

表10 《水利水电工程边坡设计规范》SL386-2016

运用条件	边坡级别				
	1	2	3	4	5
正常运用条件	1.3-1.25	1.25-1.2	1.2-1.15	1.15-1.1	1.1-1.05
非常运用条件 1	1.25-1.2	1.2-1.15	1.15-1.1	1.1-1.05	
非常运用条件 2	1.15-1.1	1.1-1.05		1.05-1	

表11 《建筑边坡工程技术规范》GB50330-2013

边坡类型	一级	二级	三级
永久边坡	1.35	1.3	1.25
临时边坡	1.25	1.2	1.15

表12 《滑坡防治设计规范》GBT38509-2020

防治等级	设计	校核		
	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4
1 级	1.3	1.25	1.15	1.05
2 级	1.25	1.2	1.1	1.02
3 级	1.2	1.15	1.05	不考虑

综合《建筑边坡工程技术规范》与《滑坡防治设计规范》，对于暴雨工况下的安全系数，在天然工况的基础上降低 0.05；对于不同等级的边坡，每级边坡采取了 0.05 的降低；由于通过试算发现折线法相对圆弧法计算得到的稳定性系数偏高，因此在不同条件下折线法安全系数在圆弧法的基础上提高了 0.05。

9.4 坡率法

本文件的坡率法是指控制边坡高度和坡度、无需对边坡进行支挡而自身稳定的一种人工放坡设计方法。坡率法是一种比较经济、施工方便的边坡堆填方法，对有条件且地质情况简单的场地宜优先选用。

9.4.1 现行行业标准《铁路路基设计规范》TB 10001、《公路路基设计规范》JTGD 30 均规定在堆填厚度 20m，地基条件良好时，坡比按 1:1.3～1:1.75 考虑。现行行业标准《公路路基设计规范》JTGD 30 规定堆填厚度大于 20m 时应进行特殊设计。周绍林等研究表明在北方公路高填方边坡 1:1.5～1:2.0 就可

满足稳定性要求。TB 10001 规定堆填厚度大于 20m 时,根据填料、边坡高度等加宽路基面,坡比为 1:1.75。综合考虑目前堆填场地多位于市郊、堆填地基复杂程度及勘察、设计与施工水平,建议堆填边坡综合坡比为 1:2.0~1:4.0,单级坡比 1:1.75~1:3.75。

9.4.2 填挖交界面过渡段,基底开挖成台阶状以利边坡稳定。

9.5 桩板式支挡结构

本部分内容主要参考《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330)、《滑坡防治设计规范》(GB/T 38509)。

9.5.1 桩板式支挡结构的结构形式应根据堆填要求、堆填边坡地形、场地条件等综合确定。桩板式支挡结构的桩基施工工艺和桩间是否设置挡板及挡板做法的选择应综合考虑场地条件和施工可行性等多种因素后确定。

9.5.2 桩板式支挡结构设计计算应符合下列规定:

d) 悬臂式桩板支挡结构桩身内力最大部位一般位于锚固段,桩身裂缝对桩的承载力影响小,一般情况下不必进行桩身裂缝宽度验算。当填料有一定腐蚀性时,应验算桩身裂缝宽度。对于设有牛腿的桩,除对桩身裂缝宽度验算外,尚应进行牛腿裂缝宽度验算。

9.5.3 桩板式支挡结构构造设计应符合下列规定:

f) 箍筋肢数限制主要考虑支挡桩桩身截面较大,多采用人工挖孔形式,为方便施工,不宜设置过多的箍筋肢数。

g) 为使钢筋骨架有足够的刚度和便于人工作业,对纵向分布钢筋的最小直径作一定限制,并结合桩基受力特点,对纵向分布钢筋间距作适当放松。

h) 挡土板中泄水孔布置非常关键,若当地年降雨量大或多有暴雨,可适当增加泄水孔的布置。

9.8 拦土坝

本部分内容主要参考《尾矿设施设计规范》GB 50863 中尾矿坝的相关要求。

9.8.1 拦土坝在三面环山,一面开口的“U”形槽场地中支挡效果明显,拦土坝的设置应考虑堆填体安全性、筑坝工程量、筑坝材料、堆填土方量、地质条件、施工及排水条件等因素综合确定。

9.8.3 拦土坝构造设计应符合下列规定:

b) 《尾矿设施设计规范》GB 50863 中规定对新建上游式尾矿坝初期坝高与总坝高之比宜为 1/8~1/4,用作支挡建设工程固体废弃物堆填体的初期坝,坝高不宜过小,本文件规定初期坝坝高与总坝高之比值宜为 1/6~1/4。

9.9 排水工程

9.9.1 排水工程应符合下列规定:

d) 堆填工程的地表排水应按区域的防洪及内涝标准要求进行复核,应与区域的防洪要求及城市的防洪等级相匹配;同时,应结合堆填工程自身结构稳定进行设计,避免产生区域洪涝灾害及泥石流等次生灾害。当城市排水设施无法接纳堆填工程的排水时,可考虑结合海绵城市要求,在堆填工程范围内设置雨水调蓄或滞蓄设施;必要时,经与城市用地及交通路网等相关部门统筹后,设置超标雨水地表径流通道,将来水直接引至城市排水系统的下游或城市周边的河道、水系之中,避免对城市排水系统造成不良影响。

9.9.2 排水工程设计计算应符合下列规定:

a) 堆填体地表排水工程设计的目的是有效衔接场地地基排水、内部渗排水及坡面排水,有效拦截堆填体产生的可能对周边环境造成危害或不良影响的径流雨水,通过合理组织、有序汇集排放,将上述三种来水排至周边市政排水系统或自然水系;排水流量计算的目的是确定排水工程设施的合理规模和有效断面等,确保工程设计经济、合理。地表排水设施中,梯形和矩形断面的排水沟易于施工,维修清理方便,具有较大水力半径和过流能力,在地表排水工程设计中应优先考虑。

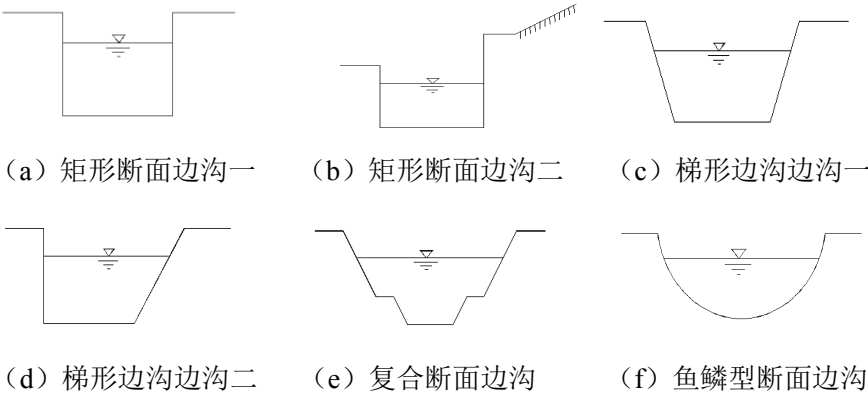


图 1 排水沟主要断面形式示意图

- c) 坡面排水的径流系数应按堆填工程建成后的地面种类根据《室外排水设计标准》GB 50014 进行选取，并应考虑长历时降雨的影响而调整径流系数；与外围排水系统衔接的径流系数应按综合径流系数考虑，一般经过加权计算后确定，也可根据《室外排水设计标准》GB 50014 进行选取。
- d) 本文件所推荐的公式为公路科学研究所经验公式，也可根据其它相关经验公式进行复核，如中国水利电力科学研究所提出的经验公式：

当 $F \geq 3\text{km}^2$ 时, $Q_p = \phi S_p F^{2/3}$; (2)

当 $F < 3\text{km}^2$ 时, $Q_p = \phi S_p F^{2/3}$; (2)

式中： ϕ —综合径流系数；

S_p —设计雨力（mm/h），可按设计标准重现期对应的最大 3 小时降雨量平均值计；

F —汇水面积（ km^2 ）。

此外，当缺乏降雨资料时，也可根据中国水利科学院水文研究所提出的小汇水面积设计流量公式计算：

$Q_p = 0.278 \phi S_p F / \tau^m$ (3)

式中： Q_p —设计频率地表水汇流量(m^3/s)；

S_p —设计降雨强度(mm/h)；

τ —流域汇流时间(h)；

ϕ —径流系数；

m —降雨强度衰减系数；

F —汇水面积(km^2)，一般当 $F = 40\text{km}^2 \sim 50\text{km}^2$ ，计算结果较好；对于城镇周边的堆填山体，其汇水面积一般较大时，可按上述公式计算流量。

- e) 设计过水断面的计算可参考《室外排水设计规范》GB 50014 推荐的曼宁公式等进行计算，粗糙系数按表 13 取值；流速的取值范围也可参考《室外排水设计规范》GB 50014 给出的推荐值，按表 14 取值。

表13 排水管（沟）粗糙系数取值表

管渠类别	粗糙系数	管渠类别	粗糙系数
UPVC 管、PE 管、玻璃钢管	0.009~0.01	浆砌砖渠道	0.015
石棉水泥管、钢管	0.012	浆砌砖石渠道	0.017

表13 排水管（沟）粗糙系数取值表（续）

管渠类别	粗糙系数	管渠类别	粗糙系数
陶土管、铸铁管	0.013	干砌块石渠道	0.020~0.025
混凝土管、钢筋混凝土管、水泥砂浆抹面渠道	0.013~0.014	土明渠（包括带草皮）	0.025~0.030

表14 排水管（沟）最大容许流速表

明沟类型	容许最大流速	明沟类型	容许最大流速	明沟类型	容许最大流速	明沟类型	容许最大流速
粉砂土	0.8	黏土	1.2	干砌片石	4.0	水泥砂浆	6.5
粉质黏土	1.0	草皮护面	1.6	浆砌片石	5.5	混凝土	10

f) 参考《武汉市海绵城市规划技术导则》等相关文件中提供的武汉市典型土层土壤的渗透系数并结合武汉市水文地质相关特点，建议堆填完成后的土体饱和渗透系数原则上不宜大于 $7.0 \times 10^{-6} \text{m/s}$ 。

9.9.8 排水工程构造设计应符合下列规定：

- a) 跌水和急流槽主要用于陡坡段的坡面排水或排（截）水沟出水口处坡面坡度大于 10%、跌水水头高差大于 1m 的坡段，以达到水流消能和减缓流速的目的，跌水和急流槽的构造设计做法可参考《公路排水设计规范》相关条文 4.5.7~4.5.13 的要求进行。为确保堆填工程周边区域防洪及地区排水系统负荷的安全，堆填工程选址应尽量避免避开流域或区域排水主通道，在堆填山体汇水范围内应尽量采取拦蓄、截流、疏导等工程或非工程措施，减小堆填山体成形后向下游区域的排水峰值流量并尽量错峰排水。
- e) 堆填工程的各类排水构筑物，如排（截）水沟的沟底和边墙、排水管涵基础、急流槽槽体等均应考虑设置伸缩缝或沉降缝，缝中应填塞沥青麻筋、沥青杉木板或其它有弹性的柔性防水材料，填塞深度不小于 200 mm，并应在拐角处采取适当的加强构造措施。
- h) 对地下水埋藏较浅或无固定含水层的堆填工程地下排水，宜采用水平排水垫层或盲沟、渗管（渠）等导排内部渗排水或场地地基范围内地下水；水平排水垫层宜采用连续级配碎石或成品排水疏水板等，排水盲沟或渗渠的侧壁及顶部应设置反滤层，底部应设置封闭层，迎水侧可采用砂砾石、无砂混凝土、透水土工织物等作为反滤层；仰斜式排（泄）水孔的做法及要求可参考《建筑边坡设计规范》GB 50330 等相关条文规定。
- j) 堆填工程应结合原场地地形和天然水系，按汇水面积核算流量后设置主、次盲沟。汇水面积和流量大的冲沟、低洼沟渠处可设置主盲沟，小冲沟或低洼沟渠处可设置次盲沟，并应根据场地地形对原场地范围内的泉眼或地表渗流点处设置支盲沟。当地表层有积水湿地和泉水露头时，宜将排水沟上端延伸至湿地内形成渗水盲沟。当下游盲沟尚未建成时，不应与上游新建盲沟接通；应设置临时排水导流系统，防止淤阻或产生其它隐患。当堆填工程所在区域的原场地地基渗透性好时，应根据当地的水源条件和自身运行情况进行分析研究，确定是否需要采取相应的防渗措施。

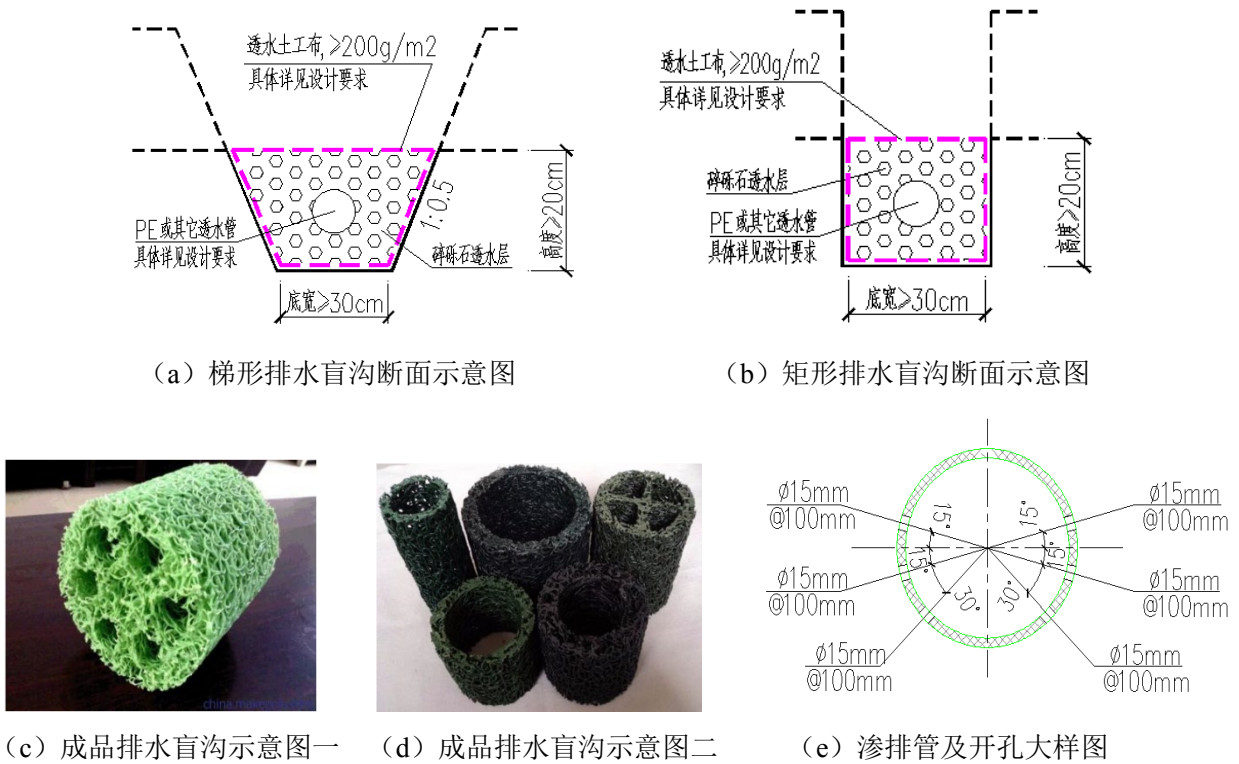


图 2 排水盲沟示意图

注1：渗排管与渗水土工布间的砂砾石保护层厚度不宜小于100 mm；
注2：成品盲沟埋设前外部应包裹渗水土工布，规格应大于200g/m²，搭接厚度应大于盲沟直径的1/4，并捆扎结实或按设计要求执行；
注3：渗排管的开口同一侧应交错布置，如规格与示意图不一致时，可根据设计要求执行。

9.10 坡面防护与绿化

9.10.1 坡面防护与绿化应符合下列要求：

- b) 传统的干（浆）砌片石护面墙（挡墙）和喷射混凝土等是刚性防护，这种防护方式对边坡有较好的支撑和封闭作用，但一旦出现开裂，防护效果将急剧下降，且破坏自然环境。
- c) 坡面防护形式，应因地制宜，合理选用，可采取将刚性防护和柔性防护相结合、防护和绿化相结合的方式。

9.10.2 堆填区的绿化工程以生态复绿为主要目的，一般不使用胸径大于 0.2m 的乔木，当必须使用胸径大于 0.2m 的乔木时，种植土层厚度不应低于 1.8m。

9.10.3 生态防护功能包括植物的涵养水源、保持水土、防风固沙、改善土壤和空气质量、增加生物多样性及隔音降噪等诸多功能。本文件针对其中最常见的保持水土和改善空气质量两方面功能提出了相关要求，当堆填区有其他生态防护功能需求时，设计应根据项目特点和具体要求选择相应植物。

10 施工

10.1 一般规定

10.1.1~10.1.4 堆填工程施工前应先搜集各项资料，做好准备工作。施工方案应结合具体工程条件及设计基本原则，采取合理可行、行之有效的综合措施，在确保工程施工安全、质量可靠的前提下加快施工进度。

10.1.5 堆填工程的坡面和地表的排水、地下水、季节性暴雨及施工用水与防渗措施宜统一考虑，形成相辅相成的排水、防渗体系。为确保工程中排水措施的有效性，坡面排水设施需采取防渗漏措施。

10.2 堆填技术要求

10.2.3 堆填工程施工应自下而上分层进行，单层填土施工完成后应进行相应技术指标检测，质量检验合格后方可进行上一层填土施工。

10.2.5 堆填工程填料厚度较大时，应严格控制堆填速率，堆填速率过快会破坏地基土的结构，导致地基或边坡失稳。现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 针对预压地基，为防止地基发生剪切破坏或产生过大的塑性变形，要求分级逐步堆载，在堆载过程中应每天进行竖向变形、水平位移和孔隙水压力等项目的观测，沉降控制在 10 mm/d~15 mm/d；现行行业标准《公路路基设计规范》JTGD 30 对路堤堆填速率采用的控制标准是路堤中心沉降量不得大于 10 mm/d~15 mm/d；现行行业标准《铁路特殊路基设计规范》TB 10035 对软土地段路基路堤填土速率采用的控制标准是路堤中心沉降不得大于 10 mm/d；《生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范》CJ 176 对垃圾填埋场表面水平位移的警戒值标准是连续 2 天的位移速率超过 10 mm/d。在参考以上标准和经验的基础上，本条规定了建设工程固体废弃物堆填工程的堆填速率。

10.3 坡率法施工要点

10.3.2 堆填工程范围较大时通常分为多个工作面施工，各工作面起始堆填高度不一或堆填速度不同，带来工作面搭接问题。工作面搭接处理不好，将造成人为的薄弱面，给堆填边坡沉降及稳定性带来不利影响。

现行行业标准《高填方地基技术规范》GB 51254 中表 7.3.6-2 中对临时边坡形式和坡比进行了规定。现行行业标准《公路路基设计规范》JTGD 30 规定堆填厚度大于 20m 时应进行特殊设计。现行行业标准《铁路路基设计规范》TB 10001 规定堆填厚度大于 20m 时，根据填料性质、边坡高度等加宽路基面，坡比为 1:1.75。民航、军用机场考虑到山区地基复杂性和施工不确定性，一般采用单级坡比 1:1.8~1:2.5，综合坡比为 1:2~1:3。综合考虑目前国内堆填工程和勘察、设计及施工水平，本条给出了临时堆填边坡形式、坡比的建议值。

10.3.4 现行行业标准《建筑地基处理规范》JGJ 79 中规定了采用碾压法和振动压实法施工时填料的每层铺填厚度、压实遍数。综合考虑目前国内堆填工程施工水平，本条给出了填料每层铺填厚度及压实遍数的建议值。

10.6 重力式挡土墙施工要点

10.6.6 本条规定是为了避免填方沿原地面滑动，填方基底处理方法有铲除草皮、耕植土和开挖台阶等。

10.8 排水工程施工要点

10.8.1 堆填边坡坡面、地表的排水设施应结合地形和天然水系进行布设，并做好进出口的位置选择和处理，防止出现堵塞、溢流、渗漏、淤积、冲刷等现象。地表排水沟（管）排放的水流不得直接排入饮用水水源、养殖池等水源。

10.8.3 截水沟根据具体情况可设一道或多道。截水沟的作用是拦截来自边坡或坡体上方的地面水，以避免边坡受冲刷。截水沟的横断面尺寸需经流量计算确定。为防止边坡破坏，截水沟设置的位置和道数是十分重要的，应经过详细水文、地质及地形等调查后确定。截水沟应采取有效的防渗措施，出水口应引伸到边坡范围以外，出水口设置消能设施，确保边坡稳定性。

11 监测

11.1 一般规定

11.1.2 平面坐标系统及高程系统与武汉市区域坐标及高程系统一致，确保基准点损坏时不影响数据连续性。

11.1.7 日常巡查次数：在堆填施工期宜每周 2 次，每月不少于 8 次；在堆填施工完成三年内，宜每月不少于 2 次，堆填施工完成三年后，宜每月不少于 1 次。雨季和出现持续降雨时，应增加频次。可由施工、监理、监测、运维等单位进行日常巡查并记录。

11.2 施工阶段监测

11.2.2 本文件提出将不同的监测内容尽可能布置在同一剖面上的主要目的是：便于将不同内容的监测数据进行相互验证，分析掌握边坡的受力变形特点、变化规律，为预报预警提供可靠依据。竖向间距是指同一等高线上相隔的间距。孔隙水压力监测点主要在原场地地基中设置，当地下水可能上升至堆填地基时，也可在堆填地基中可能受地下水上升影响范围内增设。

11.2.3 根据周边环境及堆填工程重要性，必要时可设置堆填体分层沉降监测。

11.2.4 堆填工程安全等级、堆填工程的不同施工阶段、周边环境等是确定监测频率应考虑的主要因素。堆填工程的监测频率不是一成不变的，应根据堆填工程的施工进度、施工工况及其他外部环境影响因素的变化及时作出调整。一般在堆填期间，地基土处于加荷阶段，边坡处于逐渐加荷状态，应适当加密监测；当堆填完成后一段时间，监测值相对稳定时，可适当降低监测频率；当出现异常现象、数据或临近预警状态时，应提高监测频率甚至采取连续监测。

11.2.5 堆填工程及支挡结构变形值的大小与边坡高度、地质条件、水文条件、支挡类型及坡顶荷载等多种因素有关，变形计算复杂且不成熟，国家现行有关标准均未提出较成熟的计算理论。本文件提出的报警值主要结合《基坑工程技术规程》（DB42/T 159）、《高填方地基技术规范》（GB 51254）、《建筑基坑工程监测技术标准》（GB 50497）、《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330）、武汉王家墩堆山工程、无锡太湖新城堆山工程、南通市紫琅公园自然堆山工程等相关监测情况综合考虑确定。

表15 武汉王家墩堆山工程

序号	监测项目	最大累计变形（mm）	备注
1	坡脚沉降监测	-49	“-”表示下沉
2	坡脚位移监测	+46	“+”表示靠近山体方向
3	土层深部水平位移监测	+40	“+”表示靠近山体方向

表16 无锡太湖新城堆山工程

序号	监测项目	最大累计变形（mm）	最大变形速率（mm/d）	备注
1	地表沉降监测	-2774	/	“-”表示下沉
2	山顶沉降监测	/	-7.3	“-”表示下沉
3	土层深部沉降监测	-2079	-5.8	“-”表示下沉
4	土层深部水平位移监测	-312	/	“-”表示向山体外

表17 南通市紫琅公园自然堆山工程

序号	监测项目	最大累计变形 (mm)	最大变形速率 (mm/d)	报警值 (mm/d)	备注
1	边界侧向位移	+1.85	+1	±5	“+”表示向山体外
2	土体分层竖向位移	-220	-30	±5	“-”表示下沉
3	场地周边地面沉降	-500	-2	±3	“-”表示下沉

11.3 长期监测

11.3.2 长期监测是指施工结束后运营维护期监测，长期监测沿用施工阶段监测点，便于同一位置的施工前和施工后变形对比，分析监测数据的特征和变化趋势。

11.3.3 长期监测应采用定期监测与目测巡视相结合的方法，重要性等级较高的堆填工程可采用遥感监测。

12 检验与验收

12.1 一般规定

12.1.4 可通过室内或原位剪切试验来确定填料的内摩擦角和黏聚力等抗剪强度指标，检验其是否满足边坡稳定性分析所采用的抗剪参数要求。

12.1.5 堆填工程施工应根据设计要求的分层厚度逐层检测，当压实指标、物理力学性质指标均符合设计要求时，方可进行上一层填料的堆填施工。

12.1.6 堆填工程施工的质量检验应根据填料性质、施工方法选择适宜的检测手段，当对填料的均匀性要求较高时，可采用物探方法进行检验。

12.2 检验

12.2.1 坡率法

堆填工程质量控制的主控项目中压（夯）实指标应结合填料性质采取不同的检验方法，对巨粒土、粗粒土应现场检测干密度是否满足设计要求，对细粒土应检验压实系数是否满足设计要求。当填料质量和压实指标均符合设计要求时，才能达到设计所需的内摩擦角和黏聚力，确保边坡稳定，分层施工的回填土应根据设计要求的分层厚度逐层检测。在工程实践中应严格控制填土的压实指标，确有必要时可进行压实填土的原位剪切试验，确定填土的内摩擦角和黏聚力。填料材质及级配合理是保证填土压实的基本条件，严禁将未经处理的膨胀土、高液限黏土、腐殖土、淤泥等作为填料使用。

12.2.1.2 施工单位在开工前制定分项工程和检验批的划分方案，并由监理单位审核。对于相关专业验收规范未涵盖的分项工程和检验批，可由建设单位组织监理、施工等单位协商确定。

12.2.2 桩板式支挡结构

灌注桩在开挖、成孔过程中，应及时记录地质变化情况、判定岩土交界面的位置，根据设计要求，灌注桩应嵌入最深一层滑动面或理论破裂面以下一定深度，灌注桩的孔底高程应结合滑动面的情况确定。桩终孔时应检查灌注桩嵌固段岩土性状是否满足设计要求，确认灌注桩的嵌固长度，因此，判定嵌固段岩土性状是检验工作的重点。在岩溶较发育的碳酸岩地区，均应检验孔底下不小于2倍桩身直径且不小于2m深度范围内有无溶洞等不良地质条件。从保护桩不因检测而受损的角度讲，桩身质量检验宜优先采用无损检测法。灌注桩作为重要结构构件，其质量检验应按单桩考虑，采取全数检测。桩无损检测宜

优先选择具有较高精度的超声波检测法，但因各种无损检测方法均有不同特点和局限性，因此，有关单位和工程技术人员对无损检测结果有异议时，可优先采用钻芯法对桩身质量进行复检。

12.2.4 重力式挡墙

12.2.4.2 砌块、石材及砂浆抗压强度是砌体挡墙的主要材料强度指标，为质量控制的主要控制项目，必须符合设计要求。砌筑用材质量直接影响砂浆质量和砂浆强度，应采用质量合格的砌筑材料，砂浆强度是砂浆材料质量、配合比及砌筑质量等性能的综合反映。砂浆饱满度检测方法受砌筑材料尺寸不规则程度的影响，实际现场检测有一定难度，现场可在同一标高选取不同的位置，用百格网测量砂浆饱满度，取平均值作为该标高（或测区）的检测结果。

12.2.4.3 混凝土重力式挡墙可采用素混凝土或毛石、片石混凝土浇筑而成，对其施工质量控制一般按无筋混凝土质量控制要求进行控制。毛石、片石混凝土中的毛石、片石强度及掺量应符合设计要求。

12.2.6 排水工程质量检验

应按照设计要求检验排水设施的合规性，其中纵、横断面形状、材料强度和渗透性是对排水设施有显著影响的项目，直接决定排水设施能否安全有效地发挥作用。排水设施有其特殊性，正常情况下应边施工边检验。

排水设施是根据堆填区地形、堆填地基及堆填区周边排水设施等情况进行系统设计而来，必须严格按照设计要求进行施工，对排水设施各部分的外观、断面尺寸、高程、坡度和材料的物理力学性质等指标均应严格检测。

12.3 验收

12.3.1 堆填工程质量验收的程序和组织按本文件第12.1.9条规定执行。堆填工程无论是单位工程，还是分部工程或分项工程（检验批），施工质量验收时，均应提供相应的技术资料，本条规定了堆填工程施工质量验收需提供的技术资料。

验收报告中包括各类检查、检验报告，其中检验报告主要指第三方质量、安全等检验报告（含各类承载力检验报告）。

在堆填工程施工过程中出现质量事故或其他工程事故，其处理的过程资料（如会议纪要、专家评审、咨询意见、处理方案等），检验资料，隐蔽验收记录等资料均应提供，以便参建单位合理、客观地评价和检验堆填工程的施工质量。