



T/CECS ×××—202×

中国工程建设标准化协会标准

工程渣土堆填处置技术规程

Technical Specification for Landfill Disposal of Excavated Soils

(征求意见稿)

中国 XX 出版社

中国工程建设标准化协会标准

工程渣土堆填处置技术规程

Technical Specification for Landfill Disposal of Excavated Soils

T/CECS ×××—202X

主编单位：浙江大学

中国城市环境卫生协会

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：202×年××月 1 日

中国计划出版社

20×× 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2019 年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2019]12 号）文，规程编制组经过深入调查研究，认真总结科研成果和实践经验，参考有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分为 9 章和 2 个附录，主要技术内容包括：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 工程渣土分类与产生量估算；5 堆填处置选址与勘察；6 堆填处置场设计；7 渣土填料进场与堆填施工；8 安全检测；9 封场与生态修复等。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑与市政工程产品应用分会归口管理，由浙江大学软弱土与环境土工教育部重点实验室负责具体技术内容的解释。本规程在使用过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位浙江大学软弱土与环境土工教育部重点实验室（地址：浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号浙江大学紫金港校区安中大楼 B408 室，邮政编码：310000），以供修订时参考。

主编单位： 浙江大学

中国城市环境卫生协会

参编单位： 浙江省工程勘察院

浙江大学建筑设计研究院有限公司

深圳市特区建设发展集团有限公司

浙江绿农生态环境有限公司

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	3
4	工程渣土分类与产生量估算	4
4.1	工程渣土分类	4
4.2	渣土的工程性质测试分析	4
4.3	工程渣土产生量估算	4
5	堆填处置场选址与勘察	6
5.1	堆填场地选址要求	6
5.2	选址流程	6
5.3	新建堆填处置场勘察	7
5.4	既有堆填处置场勘察	8
6	堆填处置场设计	10
6.1	总体设计与平面布置	10
6.2	地基处理	10
6.3	挡土结构	11
6.4	堆填体边坡稳定性设计	12
6.5	地表水截排	13
6.6	地下水导排与堆填体浸润线控制	14
6.7	计量与检测设施	15
6.8	场区道路与作业平台	15
6.9	其它辅助设施	15
7	渣土填料进场与堆填施工	16
7.1	进场填料检测	16
7.2	堆填施工	16
7.3	水土保持	17
8	安全监测	18
8.1	一般规定	18

8.2 堆填体位移监测.....	18
8.3 堆填体水位和孔隙水压力监测.....	19
8.4 挡土结构位移监测.....	19
9 封场与生态恢复	20
9.1 一般规定.....	20
9.2 封场覆盖结构.....	20
9.3 生态恢复与环境保护.....	21
附录 A 工程渣土产生量估算方法.....	22
附录 B 作用于挡土坝的土压力计算.....	24
本规程用词说明	26
引用标准名录	27
附条文说明	28

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms.....	2
3	Basic Requirements	3
4	Classification and Quantification of Excavated Soils.....	4
	4.1 Classification of Excavated Soils.....	4
	4.2 Tests on Engineering Properties of Excavated Soils	4
	4.3 Quantification of Excavated Soils.....	4
5	Site Selection and Investigation for Landfills.....	6
	5.1 Requirements of Site Selection	6
	5.2 Procedures of Site Selection.....	6
	5.3 Investigation for Landfill Sites.....	7
	5.4 Investigation for Existing Landfills	8
6	Landfill Design for Excavated Soils	10
	6.1 General Design and Layout.....	10
	6.2 Foundation Treatment	10
	6.3 Retaining Structure	11
	6.4 Stability Design of Landfill Slope.....	12
	6.5 Surface Water Interception and Drainage.....	13
	6.6 Groundwater Drainage and phreatic line Control	14
	6.7 Metrology and Testing Facilities	15
	6.8 Site Roads and Operation Platforms	15
	6.9 Other Auxiliary Facilities.....	15
7	Detection of Excavated Soils and Landfill Construction	16
	7.1 Detection of Excavated Soils	16
	7.2 Landfill Construction	16
	7.3 Soil and Water Conservation.....	17
8	Monitoring for Safety of Landfills.....	18
	8.1 General Requirements.....	18

8.2 Deformation Monitoring of Landfill slope.....	18
8.3 Monitoring of Water Level and Pore-water Pressure	19
8.4 Deformation Monitoring of Retaining Structure.....	19
9 Cover and Ecological Restoration	20
9.1 General Requirements.....	20
9.2 Design of Soil Cover.....	20
9.3 Ecological Restoration and Environmental Protection	21
Appendix A Quantification Method for Excavated Soils	22
Appendix B Calculation of Earth pressure on Landfill Dam	24
Explanation of Wording in This Standard	26
List of Quoted Standards	27
Addition: Explanation of Provisions	28

1 总则

1.0.1 为规范工程渣土堆填处置场建设与运营管理,保障存量工程渣土堆填处置安全,减少工程渣土堆填处置对生态环境的影响,制定本规程。

1.0.2 本规程所称工程渣土,是指各类建筑物、构筑物、管网等地下工程开挖与建设过程中产生的弃土。

1.0.3 本规程适用于工程渣土堆填处置场的选址、设计、施工、运营及封场,不适用于工程泥浆、河道淤泥、污水处理厂污泥以及受污染渣土的堆填处置。

1.0.4 工程渣土堆填处置除应遵循本规程外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 工程渣土 excavated soil

各类建筑物、构筑物、管网等地下工程开挖过程中产生的弃土。它是五类建筑垃圾中的一种。

2.0.2 建筑垃圾 construction and demolition waste

新建、扩建、改建和拆除各类建筑物、构筑物、管网等以及居民装修装饰房屋过程中所产生的弃土、弃料及其他废弃物，主要包括工程渣土、工程泥浆、工程垃圾、拆除垃圾和装修垃圾。

2.0.3 工程渣土分类 classification for excavated soils

根据现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的相关规定，将工程渣土分为砾石土、砂土、细粒土三大类，其中细粒土细分为粉土、粉质黏土和黏土。

2.0.4 工程渣土再利用 reuse of excavated soils

将工程渣土就地就近直接利用或经分类收集、运输、处理后再加以利用的行为。

2.0.5 工程渣土堆填处置场 landfill of excavated soils

即工程渣土消纳处置的场所，主要包括填料检测设施、场区道路、挡土结构、渣土堆填体、地表水截排系统、地下水导排系统、封场维护系统等，其建设和运营需满足稳定安全和环保两方面的要求。

2.0.6 最大堆填高度 maximum landfill height

堆填体的最高点与最低点的高程差，须通过堆填体边坡稳定性验算来确定。

2.0.7 孔隙水压力 pore water pressure

被水饱和的土体孔隙中由水承担、传递的压力。其特性与静水压力一样，任一点大小各向相等，且垂直指向作用面。

2.0.8 工程渣土储备 storage of excavated soils

将城市建设过程中产生的过剩工程渣土堆填于闲置场地以备后期再利用的行为。

3 基本规定

3.0.1 堆填处置场分为长期和临时两类，本规程主要针对长期堆填处置场，临时堆填处置场可参照执行。

3.0.2 工程渣土堆填处置场设施主要包括填料检测设施、场区道路、挡土结构、渣土堆填体、地表水截排系统、地下水导排系统、安全监测系统和封场维护系统。

3.0.3 工程渣土堆填处置场可根据场地地形划分为沟谷型、坡地型、平地型、凹地型、深坑型等类型。

3.0.4 堆填处置场选址与设计前应调查服务区域内工程渣土类别及产量，并取样进行土力学性质测试，调查和测试方法应符合本规程第 4 章的相关规定。

3.0.5 堆填处置场选址应综合考虑稳定安全、消纳处置量、生态环保、交通、供电和给排水的便利性等因素，并符合本规程第 5 章的相关规定。

3.0.6 堆填场设计时应根据堆填体边坡高度、堆填处置量和失稳后可能造成后果的严重性等因素按表 3.0.1 确定工程安全等级。

表 3.0.1 工程渣土堆填处置场工程安全等级

安全等级	堆填体边坡坡高（米）	堆填处置量（万方）
一级	$H \geq 60$	$V \geq 100$
二级	$20 \leq H < 60$	$50 \leq V < 100$
三级	$H < 20$	$V < 50$

- 注：1 按堆填体边坡坡高和堆填处置量确定的安全等级不一致时，应按高级别执行；
2 山谷型堆填场的堆填体边坡高度是以挡土结构最低点为基准，平原型堆填场的边坡高度是指以原始地面为基准；
3 当遇到下列情况时，安全等级应提高一级：堆填场失稳将使下游重要城镇、文物建筑、企业或交通干线遭受严重灾害；堆填场地基为软弱土或其他特殊土且可能引起严重灾害；坡地型堆填场顺坡向边坡坡度大于 10° ；堆填体边坡高度大于 100m。

3.0.7 堆填处置场设计时应应对堆填体边坡和挡土结构稳定安全进行验算，验算方法及要求应符合本规程第 6 章的相关规定。

3.0.8 堆填处置场在运营期间应对进场填料进行检测，堆填施工过程及封场后应对堆填体边坡稳定安全进行监测，相关要求应符合本规程第 7 章和第 8 章的规定。

3.0.9 堆填处置场运营完成后应进行封场覆盖及生态恢复，相关要求应符合本规程第 9 章的规定。

4 工程渣土分类与产生量估算

4.1 工程渣土分类

4.1.1 应从源头环节开始对工程渣土进行分类，以利于分类处理处置、分区堆填及资源回收。

4.1.2 工程渣土宜根据其颗粒级配及塑性指数 I_p 按照表 4.1.1 进行分类。

表 4.1.1 工程渣土分类

土类		特征
碎石土		粒径大于 2mm 的颗粒质量超过总质量 50%
砂土		粒径大于 2mm 的颗粒质量不超过总质量的 50%， 粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量 50%
细 粒 土	粉土	粒径 d 大于 0.075mm 的颗粒质量不超过总质量的 50%， 且塑性指数 $I_p \leq 10$
	粉质黏土	粒径 d 大于 0.075mm 的颗粒质量不超过总质量的 50%， 且塑性指数 $10 < I_p \leq 17$
	黏土	粒径 d 大于 0.075mm 的颗粒质量不超过总质量的 50%， 且塑性指数 $I_p > 17$

4.2 渣土的工程性质测试分析

4.2.1 在堆填处置前应对渣土的工程性质进行测试分析，包括：

- 1 基本物理性质：颗粒级配、液限、塑限、土颗粒比重、含水率；
- 2 压实度指标：自然堆积密度、压实最大干密度和最优含水量；
- 3 抗剪强度指标：不固结不排水剪指标和固结排水剪指标。

4.2.2 对于已完成工程地质勘察的出土工地，可通过查阅地质勘察报告获取渣土的工程性质和土力学参数指标值。

4.2.3 对于地质勘察报告存在缺失的出土工地，宜在开挖出土过程采取代表性土样进行测试，采样点位根据开挖深度范围内岩土体分层确定。

4.2.4 渣土工程性质的测试方法应按国家现行标准《土工试验方法标准》GB 50123 有关规定执行。

4.3 工程渣土产生量估算

4.3.1 堆填处置场的选址与设计前应对服务区域内工程渣土产生量进行估算，包

括总量估算和不同类别渣土产量的分类估算。

4.3.2 工程渣土产生量估算时应收集服务区域内的地形地貌图、地质勘察报告、地下开挖工程设计及施工图、城市总体规划等资料，并按本规程附录 A 步骤执行。

5 堆填处置场选址与勘察

5.1 堆填场地选址要求

5.1.1 堆填处置场选址应符合城市总体规划和环境卫生设施专项规划的要求，并符合国家现行标准《水土保持工程设计规范》GB51018 和《建筑垃圾处理技术标准》CJJ/T134 的有关规定。

5.1.2 堆填处置场选址应遵循“确保稳定安全、减少水土流失、利于生态环境保护”的原则，根据场地容量、占地类型与面积、渣土运距及道路建设、渣土工程特性、安全防护与水土保持工程量及场地后期利用等情况，经综合分析后确定。

5.1.3 堆填处置场址的地基承载力和边坡稳定性应满足稳定安全要求，在保证场地稳定安全的前提下，宜选择堆填处置容量大的场址。

5.1.4 山地或丘陵区的堆填处置场宜选址在没有明显不良地质条件、地形相对平缓的采矿（石）坑、沟谷、凹地、坡台地等；平原区的堆填处置场地宜优先选址在洼地、取土（采砂）坑，以及裸地、空闲地、平滩地等。

5.1.5 堆填处置场不应选址在下列地区：

1 具有崩塌、滑坡泥石流等不良地质条件地段，废弃矿区的采空区或塌陷区，活动沙丘区，以及风蚀区的风口区；

2 泄洪道、集中供水水源地及保护区；

3 尚未开采的地下蕴矿区；

4 珍稀动植物保护区和国家、地方自然保护区；

5 公园，风景、游览区，文物古迹区，考古学、历史学及生物学研究考察区；

6 军事要地、军工基地和国家保密地区。

5.1.6 堆填处置场不宜选址在汇水面积大、流量大、沟谷纵坡陡、出口不易拦截的沟道。确需设置的，采取有效的安全防护措施，确保堆填处置场稳定安全。

5.2 选址流程

5.2.1 堆填处置场选址应遵循以下步骤：

1 场址预选；

2 场址比选；

3 场址确认。

5.2.2 场址预选阶段应收集下列基础资料：

- 1 城市总体规划和城市环境卫生专项规划；
- 2 土地类型、利用价值及征地费用；
- 3 附近居住情况与公众反映；
- 4 地形、地貌及相关地形图；
- 5 工程地质与水文地质条件；
- 6 设计频率洪水位、降水量、蒸发量、夏季主导风向及风速；
- 7 道路、交通运输、给排水、供电等条件；
- 8 服务范围的工程渣土产量、类别及收集运输情况。

5.2.3 场址预选阶段应综合分析场址相关基础资料，初定不少于 3 个候选场址。

5.2.4 场址比选阶段应对候选场址开展现场踏勘，对场地的地形、地貌、植被、地质、水文、气象、供电、给排水、交通运输及场址周围人群居住情况等进行了实地考察，通过对比分析确定预选场址的优先推荐次序。

5.2.5 场址确认阶段应对优先推荐的预选场址进行场地初步勘察和初步工艺方案设计，完成选址报告或可行性研究报告，通过专家审查确定场址。

5.3 新建堆填处置场勘察

5.3.1 新建堆填处置场勘察应配合工程建设分阶段进行，包括踏勘、初步勘察和详细勘察。

5.3.2 踏勘在场址比选阶段进行，应查明场地的地形、地貌、汇水面积、地质灾害、岩土类别、地下水等情况，以及交通、周边人群居住状况等。

5.3.3 初步勘察在场址确定阶段进行，以工程地质测绘为主，应查明场地地质构造、不良地质条件、岩土分层及工程性质、地下水埋藏条件及补径排条件、地震烈度、季节性冻土等，并根据勘察结果对场地稳定性和适宜性进行评价。

5.3.4 详细勘察在工程设计阶段进行，应结合拟建建（构）筑物对场地的要求对整个场地或局部区域进行详细勘察。详细勘察应采用钻孔勘探、原位测试和室内试验等手段进行，获取工程设计所需的参数，提出设计、施工和安全监测等方面建议，并对工程渣土堆填处置可能诱发的次生灾害和环境影响进行评价，提出治

理建议。

5.3.5 初步勘察工作的勘探线间距宜为 100m~200m，勘探点间距宜为 100m~200m，勘探孔深宜钻入地基持力层内 ≥ 5 m。每层土都应取样或开展原位试验，总取样数或原位试验点数不少于 6 个。

5.3.6 详细勘察勘探点间距宜为 50m~100m，局部地形、地质条件复杂地段应加密，勘探孔深宜钻入地基持力层内 ≥ 5 m。厚度大于 0.5m 的土层与显著影响边坡稳定性的土层应土试样或开展原位试验，并符合国家现行标准《岩土工程勘察规范》GB50021 的有关规定。

5.4 既有堆填处置场勘察

5.4.1 既有堆填处置场岩土工程勘察等级应根据本规程表 3.0.1 的工程渣土堆填处置场工程安全等级划分为两个等级：一级堆填处置场工程对应甲级，二、三级堆填处置场工程对应乙级。

5.4.2 既有堆填处置场岩土工程勘察的范围应包括场地地基和边坡、堆填体、卸料平台、挡土结构等库区设施。当堆填处置场的原有勘察报告不能满足治理及扩建工程设计要求时，应开展必要的补充勘察。

5.4.3 工程勘察前，应搜集下列技术资料：

1 堆填处置场原有勘察、设计、施工相关资料，包括场底岩土层结构、挡土结构、地下水导排系统、排洪设施等；

2 堆填处置场运行相关资料，包括运行期间的堆填量、填料类别及性质、堆填作业方式、堆填过程及后期规划；

3 当地气候、气象条件，包括多年平均降雨量、年最大降雨量、月最大降雨量；

4 堆填处置场的水文地质条件，包括上游汇水面积、地表径流和地下补给量、50 年一遇洪峰流量；

5 当地地震活动记录和设防烈度；

6 邻近的水源地保护区、水源开采情况和环境保护要求。

5.4.4 既有堆填处置场的勘察应着重查明下列内容：

1 场地地形、地貌特征，堆填体的厚度、体积、下伏地基或基岩的埋藏条件；

- 2 堆填体渣土类别、密实程度、堆积规律和成层状况；
- 3 堆填渣土的物理性质与力学性质；
- 4 堆填体内地下水水位分布、承压水及其补径排条件；
- 5 渣土堆填体的现状稳定性和继续扩建的安全性；
- 6 堆填体沉降及侧向变形情况；
- 7 堆填处置场扩建工程可能诱发的次生灾害和环境影响。

5.4.5 既有堆填场勘察工作量应根据堆填处置场工程安全等级确定：

1 对于一级堆填处置场，应采用钻孔勘探、原位测试和室内试验等手段，获取工程设计所需的参数，从工程设计、施工、安全监测等方面提出建议，并对工程渣土堆填处置可能诱发的次生灾害和环境影响进行评价，提出治理建议；

2 对二、三级堆填处置场的勘察工作，应以工程地质测绘为主，并辅以必要的勘探工作，对扩建或治理工程的总平面布置、场地稳定性、环境影响等进行评价，并提出建议。

5.4.6 工程地质测绘的比例尺根据堆填处置场工程安全等级确定，对于一级堆填场不应小于 1:1000，对于二、三级堆填场宜为 1:2000~1:5000。

5.4.7 既有堆填处置场的勘探线宜平行于既有堆填体边坡倾向或挡土结构等重要设施的轴线布置：

1 一级堆填处置场的勘探点间距宜为 30m~50m，二级堆填处置场宜为 50m~100m，三级堆填处置场宜为 100m~200m；

2 勘探孔的深度应钻穿堆填体并钻入地基持力层不少于 5m；

3 应对每一土层土取样或开展原位试验，至少每隔 5m 取一组可用于土工试验的试样。

5.4.8 勘探方法应根据堆填料及地基岩土体的类别确定，当含有砖石瓦砾、杂填土等填料时，宜采用钻探取样和重型动力触探相结合的方法。

5.4.9 堆填料的室内土工试验测试指标包括：

1 物理组分及性质：颗粒级配、液塑限、含水率、比重、孔隙比、密实度等；

2 土力学性质：渗透系数、压缩系数、抗剪强度指标。

6 堆填处置场设计

6.1 总体设计与平面布置

6.1.1 堆填处置场设计应包括主体工程和辅助工程设计：

1 堆填处置场主体工程包括挡土结构、场区道路与作业平台、地表水截排、地下水导排、计量与检测设施、封场工程等；

2 堆填场辅助工程包括进场道路、车辆冲洗和预处理设施、生活和办公管理设施、环保设施等。

6.1.2 堆填处置场总平面布置应根据场地地形（沟谷型、坡地型、平地型、凹地型、深坑型），结合地质条件、主导风向、周围自然环境、外部工程条件等，并应考虑施工、作业等因素，经过技术经济比较确定。

6.1.3 挡土结构布置应遵循“轴线短、库容大”的原则，结合地形、地质条件确定：

- 1 对于沟谷型场地，布置在相对狭窄的沟谷口；
- 2 对于坡地型和平地型场地，布置在堆填体边坡坡脚；
- 3 对于凹地型、深坑型场地，根据地面以上堆填情况布置。

6.1.4 场区内道路路线应根据场地地形、地质、堆填作业顺序、各堆填阶段标高等因素合理布置。

6.1.5 堆填场宜根据堆填处置规模和建设条件做出分期建设的总体设计，当进场填料类别和性质差异较大时，宜根据地形条件、施工安排等因素设置多个分区，分别堆填不同类别的填料。

6.2 地基处理

6.2.1 堆填处置场天然地基应满足以下稳定性要求，当无法满足时，应对地基进行加固处理：

- 1 对于水平或凹形地基，其承载力特征值不应小于上覆堆填体荷重；
- 2 对于斜坡地基，在上覆堆填体荷重作用下斜坡稳定性计算应满足现行国家标准《建筑边坡工程技术规范要求》GB 50330 的相关规定。

6.2.2 当水平或凹形地基承载力不满足要求时，对于粘性土地基，可采取排水固结超载预压法、深层水泥土搅拌桩法等措施加固；对无粘性土地基，可采取强夯挤密或置换、振冲挤密或置换等措施，具体处理方法的选用及设计应满足现行国家标准《建筑地基处理规范》JGJ79 的相关规定。

6.2.3 当斜坡地基稳定性不满足要求时，可采用削坡压脚、锚杆支护、抗滑桩等措施，具体处理方法的选用及设计应满足现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的相关规定。

6.3 挡土结构

6.3.1 挡土结构应根据堆填场布置型式、场地地形地质条件、建筑材料来源等因素综合选定，可选用重力式、悬臂式或扶臂式挡土墙、浆砌石坝、碾压式土石坝、等结构型式。

6.3.2 挡土结构设计时应进行稳定性验算，并符合下列规定：

1 对于重力式、悬臂式或扶臂式挡土墙，应按照现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 进行挡土墙抗滑移与抗倾覆、地基稳定性验算，并进行墙体应力验算；

2 对于浆砌石坝和碾压式土石坝，应按照现行国家行业标准《水土保持工程设计规范》GB 51018 第 12 章弃渣场及拦挡工程的相关规定，进行坝体稳定性和地基稳定性验算。

6.3.3 挡土结构稳定性验算时墙（坝）后压力计算应符合下列规定：

1 应采用水土分算法计算墙（坝）后土压力和水压力，并应根据堆填场可能出现的最不利情况取值；

2 渣土堆填体作用于挡土结构的土压力应分别计算整体土压力和局部土压力，并取两者的大值。土压力宜按本规程附录 B 计算确定。

6.3.4 挡土结构构造设计与施工应符合下列规定：

1 对于重力式、悬臂式或扶臂式挡土墙，应按照现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的相关规定进行构造设计与施工；

2 对于浆砌石坝和碾压式土石坝，应按照现行国家行业标准《水土保持工程设计规范》GB 51018 第 12 章弃渣场及拦挡工程的相关规定进行构造设计与施

工。

6.4 堆填体边坡稳定性设计

6.4.1 堆填处置场设计时应确定渣土堆填体压实度的控制标准，并符合以下规定：

1 工程安全等级为一级的堆填体压实度不应低于 90%，安全等级为二级和三级的堆填体压实度不应低于 85%；

2 应收集堆填处置场服务区内工程渣土，开展击实试验，确定渣土压实的最优含水率和最大干密度。

6.4.2 当消纳工程渣土类别或含水率差异较大时，宜按类别或含水率设置不同的堆填分区，可将含水率相对较低且透水性较好的渣土堆填于边坡前部形成支挡体。

6.4.3 堆填处置场设计时应应对堆填体边坡稳定性进行验算，确定堆填体安全坡度和最大允许堆填高度。

6.4.4 堆填体边坡稳定性验算时应根据其工作状况、作用力出现的概率和持续时间的长短考虑以下三种运用条件：

1 正常运用条件为堆填处置场工程投入运行期间或封场后，经常发生或长时间持续且堆填体中浸润线处于正常高度的情况。

2 非常运用条件 I 为遭遇强降雨等引起的浸润线显著上升。

3 非常运用条件 II 为正常运用条件下遭遇地震。

6.4.5 堆填体边坡稳定性验算时应采用摩根斯顿-普莱斯法，所得的最小安全系数应满足表 6.4.1 的规定。

表 6.4.1 堆填体边坡的抗滑稳定最小安全系数

运用条件	安全等级		
	一级	二级	三级
正常运用条件	1.30	1.25	1.20
非常运用条件 I	1.25	1.20	1.15
非常运用条件 II	1.10	1.05	1.05

注：当堆填体边坡等级为一级且符合表 3.0.1 注 3 中提级条件时，安全系数应根据表 6.4.1 相应的安全系数提高 5%，并取小数点两位。

6.4.6 堆填体边坡稳定性验算前应测定渣土填料的抗剪强度指标，并符合以下规定：

- 1 堆填施工期间：采用不固结不排水三轴剪切试验或快剪试验测定；
- 2 封场后且稳定渗流期间：采用固结排水三轴剪切试验或固结慢剪试验测定；
- 3 剪切试验所用试样制备：采取堆填处置场服务区域内工程渣土，按设计压实度静压或击实成型；
- 4 试验方法：按《土工试验方法标准》GB 50123 执行，试验时施加的应力水平应根据所设计的堆填体自重应力范围确定。

6.4.7 堆填体边坡稳定性验算时应考虑堆填处置场上游汇水区域径流补给及地下水导排不畅导致堆填体浸润线上升的工况，如果堆填过程中浸润线显著上升，应评估水分浸润作用对渣土填料抗剪强度的影响。

6.4.8 堆填体边坡抗震稳定验算应符合下列规定：

- 1 设计地震水平加速度 0.1g 及其以上地区，应对安全等级为一级和二级的处置场堆填体边坡进行抗震稳定验算；
- 2 设计地震水平加速度 0.2g 及其以上地区，应对安全等级为三级及以上的处置场堆填体边坡进行抗震稳定验算；
- 3 设计地震水平加速度 0.1g 时宜采用拟静力法，设计地震水平加速度 0.1g 以上时宜采用有限元时程分析法。

6.5 地表水截排

6.5.1 堆填处置场防洪设计应符合国家现行标准《防洪标准》GB50201、《城市防洪工程设计规范》GB/T50805 及相关标准的要求，并符合以下规定：

- 1 安全等级为一级的处置场防洪标准应按照不小于 50 年一遇洪水水位考虑；
- 2 安全等级为二级及以下的处置场防洪标准应按照不小于 20 年一遇洪水水位考虑。

6.5.2 堆填处置场地表水截排应包括周边汇水区域地表径流的截排和堆填区域地表水导排两个部分，两个部分排水系统宜分开布置，以实现周边汇水区域清水和堆填区域浑水分流。

6.5.3 处置场周边汇水区域截排水设施应包括环场截水沟、排水渠等，其设计应符合下列规定：

- 1 周边汇水面积较大时，宜根据地形设置数条不同高程的截水沟，随堆填体

高度上升分期实施；

2 截水沟和排水渠断面尺寸应根据周边汇水区面积和 50 年一遇暴雨量进行水量平衡分析确定；

3 应采取措施防止截水沟和排水渠出现堵塞、溢流和渗漏等问题；

4 对于坡度较陡或流量较大的排水渠，应采取消能防冲刷措施。

6.5.4 堆填体表面导排水设施应包括马道集水沟、顺坡向排水沟、沉沙池等，其设计应符合下列规定：

1 堆填体顶面应设置不小于 5%的排水坡度；

2 在马道内侧设置集水沟收集坡面地表径流；

3 按一定间距设置顺坡向排水沟，将地表水排出堆填体；

4 排水系统末端应设置沉砂池，避免浑水直接外排。

6.6 地下水导排与堆填体浸润线控制

6.6.1 当堆填处置场周边地下水位高于场底高程时，应在场底设置排水盲沟、排水涵管等设施，将地下水导排至堆填体外，设计应符合下列规定：

1 排水盲沟、排水涵管等断面尺寸应根据地下水径流量确定；

2 排水盲沟、排水涵管等排水坡度应保持 1%以上；

3 采取反滤等措施防止排水盲沟淤堵失效；

4 当排水盲沟末端低于地面无法自流排水，应设置积水井和抽水设备。

6.6.2 堆填体边坡下游的挡土结构应具有排水和降低浸润线功能，并符合以下规定：

1 挡土坝宜采用透水材料填筑或在坝体中设置透水棱体；

2 当挡土墙透水性不良时，应在墙底部设置排水垫层或在墙后设置排水体，并在墙体中设置排水通道。

6.6.3 当渣土填料含水率较高时，应在堆填体边坡中设置顺坡向排水盲沟、水平排水井、降水竖井等设施，控制浸润线高度。

6.6.4 堆填体边坡内排水设施应与坡面排水设施相协调。

6.7 计量与检测设施

6.7.1 堆填处置场入口处应设置渣土计量和质量检测设施。

6.7.2 计量设施宜采用动静态电子地磅，地磅规格宜按渣土车最大满载重量的1.3倍~1.7倍配置。

6.7.3 渣土质量检测设施宜配备摄像头、圆锥贯入触探等快速检测设备，鉴别渣土类别，筛查出存在污染风险的渣土。

6.7.4 应配备专人管理渣土计量和质量检测设施，实施数据记录、打印票据、以及根据渣土质量检测数据对进场车辆指挥调度。

6.8 场区道路与作业平台

6.8.1 堆填处置场区内道路应根据其功能要求分为永久性道路和堆填区临时性道路进行布局，设计应符合下列规定：

1 永久性道路布设在堆填区外，宜按现行国家标准《厂矿道路设计规范》GBJ 22 中的露天矿山道路三级或三级以上标准设计；

2 堆填区内临时性道路应设置回(会)车和作业平台，可采用中级或低级路面，并宜有排水、防滑、防陷等设施。

6.8.2 场区道路路线应根据堆填场地形、工程地质、堆填作业顺序、各堆填阶段标高以及堆填区和管理区位置合理布设。

6.8.3 场区道路设计应满足渣土运输车交通量、车载负荷及堆填场使用年限的需求，并应与堆填场竖向设计和绿化相协调。

6.9 其它辅助设施

6.9.1 堆填处置场与生活管理区或周边居民区应设置绿化缓冲带，并根据扬尘情况安装防风抑尘网、喷雾洒水等防尘设施。

6.9.2 堆填处置场出口处应设置车辆冲洗设施，避免运输车量带泥出场，冲洗产生的废水应经过沉淀池沉淀后循环利用。

6.9.3 堆填处置场的电气、消防和环境卫生工程等均应符合国家有关标准规定，并以安全、经济实用为原则。

7 渣土填料进场与堆填施工

7.1 进场填料检测

7.1.1 渣土填料进场时应对其杂物含量、污染性和含水率进行检测，并符合以下规定：

- 1 生活垃圾、污泥、工业固体废物等杂物含量不宜超过 5%；
- 2 渣土不含有有毒有害污染物质；
- 3 渣土含水率应低于液限。

7.1.2 渣土填料进场时的检测宜采用快速筛查或检测技术，并符合以下规定：

- 1 填料中杂物含量宜通过摄像识别；
- 2 填料的污染性可采用时域反射（TDR）贯入触探技术、手持式 X 射线荧光光谱仪（XRF）等实现快速筛查；
- 3 填料含水率可采用时域反射（TDR）、圆锥指数贯入触探技术等手段进行快速检测。

7.1.3 渣土填料的检测频率宜每车一检。

7.1.4 检测设施管理人员应根据填料检测结果对运输车辆进行指挥调度，禁止不符合 7.1.1 条款要求的车辆进场，并根据渣土类别和含水率检测结果指示车辆前往不同的卸料平台。

7.2 堆填施工

7.2.1 不同类别及含水率的渣土应进行分区堆填，宜将含水率较低且透水性较好的渣土堆填于近边坡部位。

7.2.2 堆填施工过程中，应对渣土填料进行压实处理，并符合以下规定：

- 1 当渣土填料含水率低于塑限时，压实度控制标准应按 6.4.1 条执行；
- 2 当渣土填料含水率高于塑限时，可按实际可达到的压实度施工，施工后应测定压实填料的不排水强度，按 6.4 节规定进行边坡稳定性验算，确定该压实度条件下允许的最大堆填高度。

7.2.3 施工前应开展现场碾压试验，确定压实机械选型、虚铺厚度和压实遍数，并符合以下规定：

- 1 粗粒土宜采用振动式或夯击式机具，细粒土宜采用碾压式或振动式机具；
- 2 填料虚铺厚度宜按压实机具确定，当采用轻型、中型和重型机具时，虚铺厚度宜为 0.3~0.5m、0.6~1m 和大于 1m；
- 3 每层压实遍数宜为 6~8 遍。

7.2.4 堆填作业应控制填高速率，若堆填速率超过 3m/月，应对堆填体边坡稳定性进行监测。

7.3 水土保持

7.3.1 利用处置场截排水设施防止周边汇水进入堆填区域，避免水流冲刷带走表层填土。

7.3.2 从堆填区表面收集的地表水和堆填体内排水均应经过沉砂池处理后排出，减少浑水对周围环境的影响。

7.3.3 对于雨水丰富的地区，宜在堆填体坡面铺设土工网或植草，减少水土流失。

8 安全监测

8.1 一般规定

8.1.1 应对渣土堆填体、挡土结构及场区周边山坡进行安全监测。

8.1.2 安全监测项目和监测频率的设置应符合表 8.1.1 的规定。

表 8.1.1 堆填处置场安全监测项目表

监测项目		工程安全等级			监测频率	
		一级	二级	三级	施工期 (次/月)	封场后(次/ 季度)
堆填体 水位	浸润线水位	★	★	●	1	1
堆填体 位移	表面水平位移	★	★	●	2	2
	深层水平位移	★	●	○	2	1
挡土结 构位移	表面水平位移	★	★	●	2	2
	深层水平位移	★	●	○	2	1

注：1 ★为应设项目，●为宜设项目，○为可设项目；

2 工程安全等级应符合本标准第 3.6 条的规定；

3 当堆填体出现失稳征兆时，应增加监测点位和加密监测频次；

4 遇暴雨等恶劣天气或其它紧急情况时，安全监测频次应适当提高。

8.1.3 当渣土填料含水率超过塑限时，填筑施工期间应监测堆填体中孔隙水压力。

8.1.4 当堆填体表面水平位移超过警戒值时，应进行预警，并根据堆填体中水位、孔隙水压力及深层水平位移及现场踏勘结果进一步判别稳定安全状态。

8.1.5 堆填处置场周边山坡稳定安全监测应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB50330 的规定。

8.2 堆填体位移监测

8.2.1 堆体表面水平位移监测应符合下列规定：

1 监测点应结合作业分区呈网格状布置，并应随堆填体填筑高度发展逐步设置，平面间距宜为 30m~60m，在不稳定区域应适当加密；

2 应设置参照点，并采用测量平面坐标的监测方法；

3 当表面水平位移速率连续两天超过 5mm/d，应向运行单位发出警报，并增

设深层水平位移监测点和加密监测频次。

8.2.2 堆填体深层水平位移监测应符合下列规定：

1 监测点应沿堆填体边坡倾斜方向纵向布置，间距宜为 30m~60m，总监测点数量不宜少于 3 个；当垃圾堆体出现失稳征兆时，应在失稳区域设置监测点；

2 宜在监测点埋设测斜管、采用测斜仪测量，测斜管的埋设深度应进入场底地基 2m；

3 当深层水平位移速率连续两天超过 2 mm/d 时，应向运行单位发出警报。

8.2.3 当堆填体水平位移超过警戒值，应由专业人员到现场踏勘，核实稳定安全状态，并根据需要采取暂停填筑、上部减载、坡脚反压等应急抗滑措施。

8.3 堆填体水位和孔隙水压力监测

8.4.1 堆填体水位监测应符合下列规定：

1 沿堆填体边坡走向布设水位管，平面间距宜为 30m~60m，总数不宜少于 3 个；

2 宜采用水位计测量。

8.4.2 堆填体中孔隙水压力监测点宜布设在高含水率堆填体中，宜采用渗压计进行监测。

8.4.3 当堆填体内水位或孔隙水压力快速增长时，应向运行单位发出警报，并根据需要采取暂停堆填、打设水平井或竖井增强排水等措施。

8.4 挡土结构位移监测

8.4.1 应在挡土结构顶部设置表面水平位移监测点，间距宜为 10m~20m，且总数不宜少于 3 个。

8.4.2 当表面水平位移超过 2mm/d 后，应加密监测，当表面水平位移连续三天超过 2mm/d 时，应向运行单位发出警报，增设深层水平位移监测项目，并根据需要采取暂停填筑、上部减载、增强挡土结构排水等应急抗滑措施。

8.4.3 深层水平位移监测点宜沿挡土结构轴线方向设置，总监测点数量不宜少于 3 个，宜埋设测斜管采用测斜仪监测。

9 封场与生态恢复

9.1 一般规定

9.1.1 处置场堆体填筑结束后，应及时对整个堆填体进行封场覆盖与生态恢复。

9.1.2 封场设计应综合考虑堆填体边坡长期稳定性、堆填场的生态恢复、日后的土地利用与水土保持等因素。

9.1.3 封场前需对堆填体进行整形，整形应有利于增加边坡的稳定性，边坡大于10%时宜采用多级台阶，边坡分级处应设置不小于2m宽的马道，坡顶的纵坡不小于5%。

9.1.4 封场后需完善地表水截排、地下水导排和堆填体排水设施，其设计应符合本规程6.5和6.6的相关规定。

9.2 封场覆盖结构

9.2.1 封场覆盖结构应具有防渗和植生功能，最大限度的减少降水渗入堆填体，并利于植被生长。

9.2.2 堆填场封场覆盖结构宜采用土质覆盖层，土质材料宜优先选用处置场服务区需处置的工程渣土和建筑固体废物。

9.2.3 干旱及半干旱地区宜采用图9.2.1所示的毛细阻滞型土质覆盖层，并应符合下列规定：

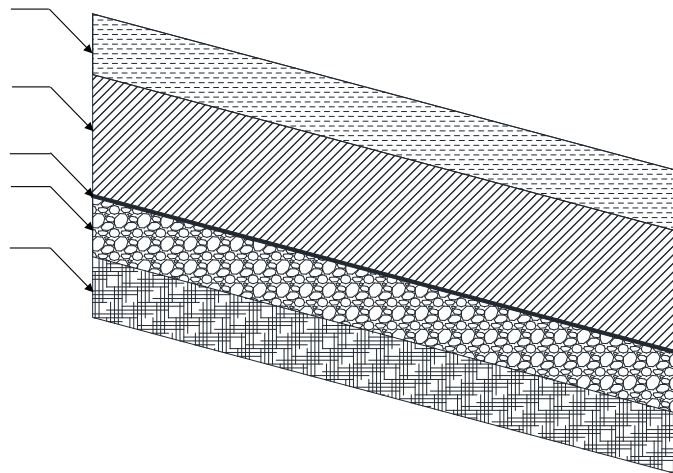


图 9.2.1 适用于干旱及半干旱地区的毛细阻滞型覆盖层结构
1—绿化土层；2—储水层；3—无纺土工布；4—粗粒土层；5—堆填体

- 1 绿化土层的土质应适合植被生长，厚度不应小于 15cm；
 - 2 储水层应采用储水性能良好的粉土、粉质黏土或再生细骨料等，压实度不应低于 85%，厚度宜为 50cm~150cm，年降水量大的地区取高值；
 - 3 粗粒土层宜采用碎石或再生粗骨料等，厚度宜为 20cm~30cm。
- 9.2.4 湿润气候区宜采用图 9.2.2 所示的土质覆盖层，并符合以下规定：

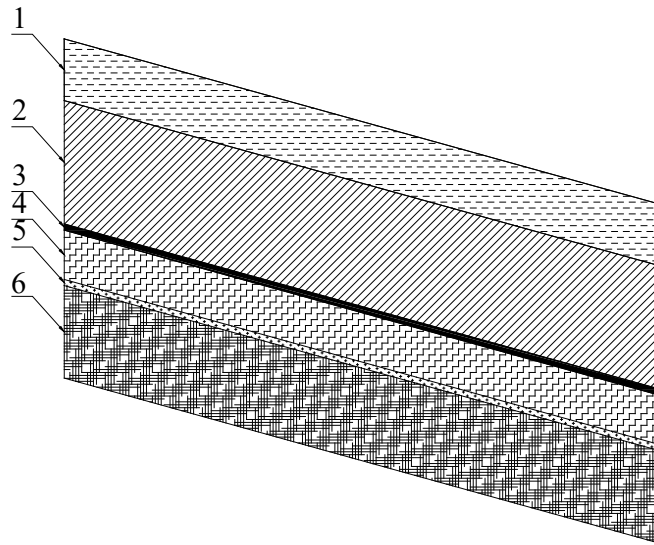


图 9.2 适用于湿润气候区填埋场斜坡区的复合防渗型土质覆盖层结构

- 1—绿化土层；2—储水层；3—无纺土工布；4—排水层；5—低渗透性层；6—堆填体
- 1 绿化土层的土质应适合植被生长，厚度不应小于 15cm；
 - 2 储水层应采用储水性能良好的粉土、粉质黏土或再生细骨料等，压实度不应低于 85%，厚度应不小于 50cm；
 - 3 排水层宜采用导水性能良好的碎石或再生粗骨料等，厚度宜为 20cm~40cm；
 - 4 低渗透性层宜采用针刺型钠基膨润土防水毯，厚度不应低于 6mm。

9.3 生态恢复与环境保护

- 9.3.1 封场后应通过种植植被等方式实施生态复绿，并与周边自然环境及景观相协调。
- 9.3.2 生态恢复选择的植物品种宜以当地易生长的植物为主。
- 9.3.3 堆填场封场后如需进行复垦，应先对场地的安全性、工后沉降、生态环保等进行评估，对土地可利用性进行论证，并经国土、环保等部门认定。

附录 A 工程渣土产生量估算方法

A.0.1 根据城市地形图对目标城市或地区进行地形地貌分区，如平原区、丘陵区、沿江区、沿海区、岛屿区、围垦区等。

A.0.2 分别搜集 A.0.1 中相应地形地貌分区的代表性工程地质勘查报告，总结各分区土层分布特征及各土层厚度占比(γ_{ij})。

A.0.3 建设用地面积(S_i)包括待建设空地、待拆除新建用地以及仍处在拆迁过程中的土地，该三类建设用地可根据城市总体规划进行判断，并结合遥感影像、无人机等手段进行面积测算。

A.0.4 单位占地面积工程渣土产生量(q_i)根据表 A.0.5 确定。

表 A.0.1 单位占地面积工程渣土产生量

地形地貌分区	单位占地面积工程渣土产生量	
	单层地下室	双层地下室
基坑工程	3 m ³ /m ²	7.5 m ³ /m ²
地铁工程	30000 m ³ /km, 100000 m ³ /个地铁站	

A.0.5 对于某建设用地(i)，某类工程渣土(j)的产生量可根据式 A. 0. 1 计算。

$$Q_{ij} = \gamma_{ij} q_i S_i \tag{A.0.5}$$

式中： i ——为某建设用地编号；

j ——为该建设用地第 j 类工程渣土；

γ_{ij} ——该类工程渣土在土层总开挖深度中的厚度占比；

q_i ——为单位占地面积工程渣土产生量；

S_i ——为该建设用地面积；

Q_{ij} ——为建设用地 i 中第 j 类工程渣土的产生量。

A.0.6 将目标区域相同类别的工程渣土产生量进行加和得到该类工程渣土在目标区域的产生量总量。

A.0.7 目标区域工程渣土产生量总量可根据式 A.0.7 计算。

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \gamma_{ij} q_i S_i \tag{A.0.7-1}$$

$$\sum_{j=1}^m \gamma_{ij} = 1 \tag{A.0.7-2}$$

式中： m ——某建设场地的工程渣土类别数目；
 n ——为目标区域的建设场地的总数目。

附录 B 作用于挡土坝的土压力计算

B.0.1 渣土堆体作用于挡土坝的整体土压力，应采用边坡稳定分析的剩余推力法计算，并按下列步骤执行：

1 对从挡土坝后滑出的渣土堆体稳定性分析，应确定最小安全系数对应的最危险滑动面。

2 应将最危险滑动面对应的坝后渣土堆体竖向划分为 n 个条块，其中第 n 条块为坝后坡面之上的渣土。

3 应从渣土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 可按式 (B.0.1-1) 和式 (B.0.1-2) 计算：

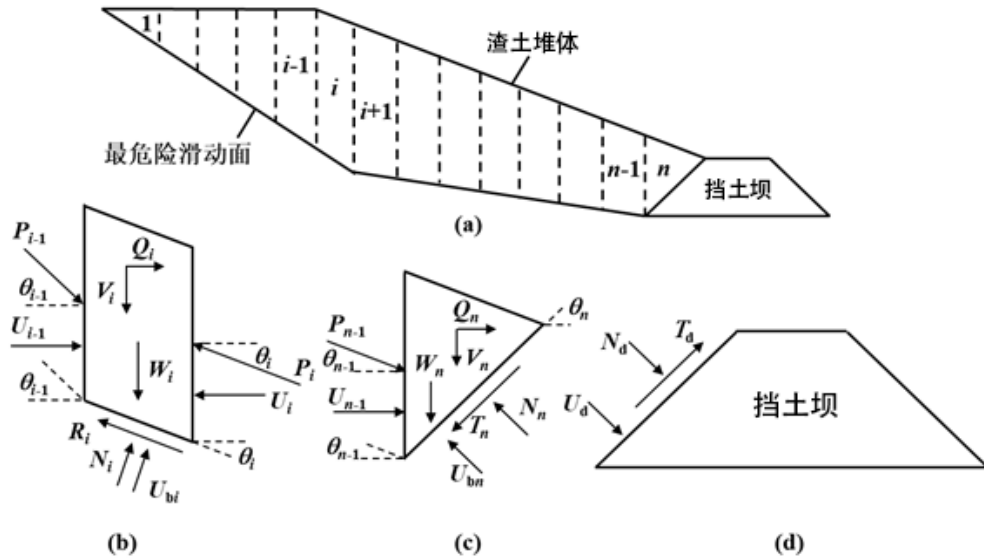


图 A.0.1-1 剩余推力法示意图

(a) 渣土堆体和挡土坝；(b) 典型条块受力分析；(c) 坝后坡面上条块受力分析；(d) 坝后坡面受力分析

$$P_i = \left[\begin{array}{l} (W_{bi} + V_{ei}) \sin \theta_i + Q_{ei} \cos \theta_i \\ + (U_{si-1} - U_{si}) \cos \theta_i \end{array} \right] - \frac{1}{F_s} \left\{ \left[\begin{array}{l} (W_{bi} + V_{ei}) \cos \theta_i - Q_{ei} \sin \theta_i \\ - (U_{si-1} - U_{si}) \sin \theta_i - U_{bi} \end{array} \right] \tan \phi'_i + c'_i l_i \right\} + P_{i-1} \psi_i \quad (\text{B.0.1-1})$$

$$\psi_i = \cos(\theta_{i-1} - \theta_i) - \frac{1}{F_s} \left[\sin(\theta_{i-1} - \theta_i) \tan \phi'_i \right]$$

(B.0.1-2)

式中： P_i ——第 i 条块对第 $i+1$ 条块侧面的推力 (kN/m)；

P_{i-1} ——第 $i-1$ 条块对第 i 条块侧面的推力 (kN/m)；

W_{bi} ——第 i 条块重量 (kN/m);

V_{ei} ——第 i 条块垂直向地震惯性力 (V_i 向上取“-”, 向下取“+”) (kN/m);

Q_{ei} ——第 i 条块水平向地震惯性力 (Q_i 与边坡滑动方向一致时取“-”, 反之取“+”) (kN/m);

U_{si} ——第 i 条块侧面的孔隙压力 (kN/m);

U_{bi} ——第 i 条块底面的孔隙压力 (kN/m);

ψ_i ——第 i 条块的推力传递系数;

φ'_i 、 c'_i ——第 i 条块底面上的有效内摩擦角 ($^\circ$) 和有效粘聚力 (kPa);

θ_i ——第 i 条块底面与水平面夹角 (以水平线为起始线, 顺时针为正角, 逆时针为负角) ($^\circ$);

l_i ——第 i 条块底面长度 (m);

F_s ——折减系数, 应取渣土堆体的设计安全系数, 最小值应取表 4.1.3 对应数值。如计算得到的 $P_i < 0$, 应取 $P_i = 0$ 。

4 应根据第 $n-1$ 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 和切向分量 T_d 应按下列公式计算:

$$N_d = (W_{bn} + V_{en}) \cos \theta_n - Q_{en} \sin \theta_n - U_{sn-1} \sin \theta_n - U_{bn} + P_{n-1} \sin(\theta_{n-1} - \theta_n) \quad (\text{B.0.1-3})$$

$$T_d = (W_{bn} + V_{en}) \sin \theta_n + Q_{en} \cos \theta_n + U_{sn-1} \cos \theta_n + P_{n-1} \cos(\theta_{n-1} - \theta_n) \quad (\text{B.0.1-4})$$

式中: N_d ——第 n 条块对挡土坝的土压力的法向分量 (kN/m);

T_d ——第 n 条块对挡土坝土压力的切向分量 (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 $T_{\max} = N_d \tan \varphi'_n + c'_n l_n$, 否则应取最大抗滑力 T_{\max} 。

B.0.2 渣土堆体作用于挡土坝的局部土压力, 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”, 宜按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 的规定, 计算渣土堆体作用于该“挡土墙”侧面的主动土压力, 再按 B.0.1 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 。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

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

引用标准名录

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是不注日期的引用文件，其最新版适用于本标准。

- 《厂矿道路设计规范》 GBJ 22
- 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 《土工试验方法标准》 GB 50123
- 《防洪标准》 GB 50201
- 《建筑边坡工程技术规范要求》 GB 50330
- 《城市防洪工程设计规范》 GB 50805
- 《水土保持工程设计规范》 GB 51018
- 《建筑垃圾处理技术标准》 CJJ 134
- 《建筑地基处理规范》 JGJ 79

中国工程建设标准化协会标准

工程渣土堆填处置技术规程

T/CECS ×××—202×

条文说明

目 次

1	总则	30
3	基本规定	33
4	工程渣土分类与产生量估算	36
	4.1 工程渣土分类.....	36
	4.2 渣土的工程性质测试分析.....	36
	4.3 工程渣土产生量估算.....	37
5	堆填处置场选址与勘察	38
	5.1 堆填场地选址要求.....	38
	5.2 选址流程.....	38
	5.4 既有堆填处置场勘察.....	38
6	堆填处置场设计	39
	6.3 挡土结构.....	39
	6.4 堆填体边坡稳定性设计.....	39
7	渣土填料进场与堆填施工	41
	7.1 进场填料检测.....	41
	7.2 堆填施工.....	41
8	安全监测	42
	8.2 堆填体位移.....	42
9	封场与生态恢复	43
	9.2 封场覆盖结构.....	43
	9.3 生态恢复与环境保护.....	43

1 总则

1.0.1 随着我国城市化快速发展，近年来建筑垃圾大量产生，2020年全国建筑垃圾总产量达30亿吨。其中，作为各类建筑物、构筑物、管网等地下工程开挖过程中产生的弃土，工程渣土产量达到了20亿吨，占建筑垃圾总产量75%以上。杭州、深圳、温州等地下空间大规模开发的城市不约而同陷入“渣土围城”困境。

堆填作为工程渣土的主流消纳处置方式，承担了54%以上的渣土消纳任务，其中，杭州市2019-2022年规划建设渣土堆填场19座，设计消纳量达2291万方；深圳市2011-2020年规划建设渣土堆填场45座，设计消纳量达2亿方。表1.0.1显示了我国部分城市渣土堆填场基本信息。显然，单个渣土堆填场承载量均在10万方等级以上，且堆填体高度/厚度高，场地地理环境各异。此外，不同地区堆填场渣土类别各不相同、工程性质各异。碎石土透水性极强，压缩性很低，抗剪强度也大，砂土透水性强，压缩性低且压缩过程快，承载力较大，均是建构筑物的良好基土；而淤泥质土疏松软弱，结构极易受扰动而破坏，且强度低，工程性质极差，极易诱发重大安全事故，深圳光明新区渣土堆填场“12·20”特别重大滑坡事故即是由于含水率高、密实度低的工程渣土快速堆填导致深层滑动进而引发失稳破坏造成的。这些堆填场的作业过程亟需针对性的岩土工程技术有效规避安全隐患。

表 1.0.1 我国部分城市渣土堆填场基本信息

所在城市	场地名称	场地类型	堆填量 (万方)	最大堆填高度 /厚度 (m)	渣土类型
北京	朝阳区金盏乡雷庄堆填场	坡地型	33.5	7	砂性土、粉土
	朝阳区金盏乡金融园区堆填场	平地型	120	8	
	朝阳区管庄路堆填场	平地型	216.5	10	砾石土、砂性土、粉土
杭州	临安区天目山镇凤凰顶堆填场	沟谷型	9	20	粉质黏土、黏土、淤泥质黏土、淤泥、含泥卵石
	临安区泉口村堆填场	沟谷型	70	40	
	富阳区黄金邬堆填场	沟谷型	580	50	黏土、淤泥质黏土
	富阳区油树坞堆填场	沟谷型	1200	103	
宁波	海曙区集士港镇山银岙堆填场	深坑型	120	29	淤泥质黏土
	海曙区高桥镇六亩山堆填场	深坑型	140	34	黏土
深圳	光明新区红坳堆填场	沟谷型	400	100	花岗岩风化石、淤泥质黏土、淤泥
	龙华区大浪部九窝堆填场	沟谷型	3000	135	
广州	从化区鳌头镇中心村堆填场	深坑型	500	109	花岗岩风化石
	从化区江埔九里步堆填场	沟谷型	80	30	
	从化区良口大岭堆填场	深坑型	50.7	50	
	花都区建联堆填场	深坑型	800	50	
	花都区前进堆填场	深坑型	600	78	
	南沙区长莫村红岗大山塘堆填场	深坑型	419	150	
西安	未央区文景山公园堆坡造景	坡地型	362.5	40	黄土
洛阳	高新区莲池沟堆填场	沟谷型	420	15	粉土
	老城区井沟堆填场	沟谷型	58	12	
	西工区杨冢堆填场	沟谷型	96.5	10	

另一方面，工程渣土的矿物成分和环境质量主要取决于工地开挖土方的土质和环境质量。目前我国许多城市土壤和地下水受到一定程度的污染，污染物主要来源于工业区化学品的跑冒滴漏、生活污水管道的渗漏等。局部污染伴随着大规模地下开挖工程（如地铁隧道）不可避免会遇到受污染的区域。有些开挖土方中污染物（如重金属）无色无味，难以通过肉眼和嗅觉识别。一旦这些含有污染物的工程渣土被运输至堆填处置场地，极有可能对场地及周边的土壤和地下水造成二次污染，进而威胁周边居民的身体健康。堆填场渣土环境质量需要运用合理技术手段加以保障。

本规程将有助于提高我国渣土堆填场的岩土工程设计、施工、运行及治理水平，保障堆填场安全，避免堆填渣土污染地下水和土壤。

1.0.3 工程泥浆是指钻孔桩基施工、地下连续墙施工、泥水盾构施工、水平定向钻及泥水顶管等施工过程中产生的泥浆，以盾构泥浆和桩基泥浆为主。其含水率通常在 60%以上，最高可至 300%，无法直接进行堆填，通过技术手段将含水率降至液限以下代价高昂，因此不合适进行堆填处置。

河道淤泥是河流、湖泊等水体中的泥水沉积物，含水率通常大于 50%，高于液限，其重金属含量通常较高；污水处理厂污泥污染严重，存在重金属、无机盐、COD 等多种指标超标。以上二者及受污染渣土极易污染周边水土，存在环境隐患，因此不适合堆填处置。

3 基本规定

3.0.1 快速城市化阶段通常伴随着大量工程渣土的产生,出现“渣土过剩”现象,但随着未来基础设施建设速率的减缓,当前过剩的渣土极有可能在未来成为稀缺的土方资源。为应对渣土当前供过于求,未来可能供不应求的社会问题,规划实施临时堆填处置场来实施渣土储备意义重大。

3.0.3 工程渣土堆填处置场可根据场地地形划分为沟谷型、坡地型、平地型、凹地型、深坑型等类型,其相应特征及适用条件应符合表 3.0.1 的规定。

表 3.0.1 堆填场分类

堆填场类型	特征	适用条件
沟谷型	渣土堆填在沟谷内,堆填体将沟谷全部或部分填埋	适用于沟底平缓,肚大口小的沟谷,其拦挡工程为挡土坝或挡土墙,视情况配套拦洪(坝)及排水(渠、涵、隧洞等)措施
坡地型	渣土堆填在缓坡地上,堆填体沿坡底向上堆填,坡脚处设拦挡工程	沿山坡堆放,坡度不大于 25°且坡面稳定的山坡;其拦挡工程为挡土墙
平地型	渣土堆填在宽缓平地上,堆填体坡度较缓且堆填高度较低	地形平缓,场地较宽广地区;其拦挡工程为挡土墙或不设挡墙,采取斜坡防护措施
凹地型	渣土堆填在凹地或浅坑上,堆填体将凹地全部或部分填埋或继续堆高超出凹地边缘高程	适用于底部较宽广,边缘坡度较平缓的凹地;继续堆高超出凹地边缘部分堆体需要设置拦挡工程,如挡土墙
深坑型	渣土堆填在废弃矿坑等深坑内,堆填体将深坑全部或部分填埋或继续堆高超出凹地边缘高程	适用于底部较宽广,坑内边坡坡面稳定的深坑;继续堆高超出深坑边缘部分堆体需要设置拦挡工程,如挡土墙

3.0.8 堆填处置场在运营期间应对进场填料进行检测。

1 工程渣土堆填场进场填料来源因各工程开挖深度的差异而各异,包括国内城镇地区多层与高层建筑的约 10m 深的基坑开挖、大型建构筑物工程超 30m 的基坑开挖、以及城市地铁隧道 15-30m 的开挖深度。如果有污染工程渣土进入消纳处置场地则会引发二次污染。

2 我国现行土壤环境质量调查与监测工作,主要针对浅层土壤开展。这导致

许多场地 1.2m 以深范围的土壤污染在工程实践过程中易被忽略。对场地深层土体（1.2m 以深）的环境质量调查评估，是根据以浅表土壤环境质量为主的初查结果具体开展的。由于场地深层岩土、地下水的空间分布与理化作用通常具有复杂性与变异性等特点，深层土体中的污染物浓度与浅表土体污染物浓度可能没有关联性，且深层土体中污染物易受地下水作用向紧邻场地的深部土层差异性运移。故目前的场地土壤环境质量调查评估方法易导致场地深层土壤污染被漏查。

3 即使对于场地土壤污染原位修复后的场地与土壤修复效果评估合格的场地，其深层污染土体难以彻底修复干净，局部残余污染土体的风险高。这一方面可能源于场地地质、水文条件与污染物赋存状态的复杂性与变异性，另一方面可能由现有场地修复技术与工程施工的缺陷导致。虽然《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）》HJ 25.5 规定，“原位修复后的土壤垂直方向上采样深度不应小于调查评估确定的污染深度以及修复可能造成污染物迁移的深度，根据土层性质设置采样点，原则上垂向采样点之间距离不大于 3m，具体情况根据实际确定”，但该条款对现场实践操作的指导存在明显模糊空间，难以确保经土壤修复后的场地深层的土壤污染得到完全修复。

4 工程渣土开挖过程，导致深部岩土层漏查的污染物快速转移到地表浅层，暴露于其中的人群或生长于其中的植被，污染风险显著提高。对于工程渣土环境质量的调查监测力度，应同等于浅表土壤的。

5 我国工程渣土消纳处置及资源化利用行业实践过程中，有许多工程渣土消纳场所或单位强制要求渣土入场前必须具有土壤环境质量检测报告。例如，杭州有大量工程渣土运往湖州市废弃矿坑回填复垦农业用地，当地政府要求渣土处置企业提供入场渣土检测报告，处置企业（如浙江绿农生态环境有限公司）在渣土中转码头建设了工程渣土污染筛查与检测系统，有效保障了有污染风险的渣土不进入后续流通环节。上海市也有企业在开展类似工程渣土污染筛查系统研发与应用。

综合上述 5 方面因素的考虑，认为有必要在堆填处置场入口处设置工程渣土污染筛查与配套检测环节，在运营期间对进场填料进行检测，避免有潜在污染风险的工程渣土进入消纳处置场地。

3.0.9 堆填场封场覆盖的主要作用是减少雨水的入渗和水力冲刷作用。随着堆填

场服役期的延长，堆填体表层土体力学性质相较于初期阶段会发生明显变化。对于黏性土而言，在外界环境荷载（如干湿循环）持续作用下，易发生土体开裂（詹良通，岩土工程学报，2010；万勇，岩土力学，2015）。若不及时进行封场覆盖和生态修复，当雨水沿着裂缝进入堆填体后，会造成堆填体的湿润软化，进而引发堆体失稳。对于非黏性土而言，尽管不会出现大面积开裂现象，但由于缺乏覆盖层及表层植被防护，极易在降雨的冲刷作用下造成大量水土流失。因此，本规程建议在堆填处置场运营完成后应及时进行封场覆盖及生态恢复。

4 工程渣土分类与产生量估算

4.1 工程渣土分类

4.1.1 目前，国内工程渣土现有的处置方式主要以土方平衡、填海造地、堆坡造景、场地堆填消纳等手段为主。我国幅员辽阔，不同地形地貌区间有着不同类别的代表性渣土，如西北地区的黄土、东南沿海地区的淤泥质黏土等。取决于颗粒级配、含水率等基本属性，不同类别的渣土具备不同的工程性质，工程性质的差异进一步决定了各类渣土适宜的消纳处置及资源化利用途径，如碎石土透水性极强，压缩性很低，抗剪强度也大，是一般建（构）筑物的良好地基；砂土透水性强，压缩性低且压缩过程快，承载力较大，既是建（构）筑物的良好地基也是良好的混凝土骨料；粘性土因成因、年代的不同，工程性质相差悬殊，沉积年代长的粘土具有更高的强度，压缩性较低，工程性能较优；淤泥质土疏松软弱，结构极易受扰动而破坏，且强度低，工程性质极差，但其有机质含量较高，可用于复垦土地。

从源头环节进行渣土分类可显著提升渣土资源化利用效率，带动分类直运、分类处理处置、分类堆填及资源回收，保障工程渣土全量安全消纳，全面提升城市生态与人居环境质量。

4.1.2 根据《岩土工程勘察规范》GB 50021 中 3.3 节“土的分类和鉴定”进行分别划分。

上述规范适用于除水利工程、铁路、公路和桥隧工程以外的工程建设岩土工程勘察。

4.2 渣土的工程性质测试分析

4.2.1 根据《土工试验方法标准》（GB/T 50123-2019）中，9.1.1 节规定，液限、塑限测试针对粒径小于 0.5mm 的细粒土；12.1.1 节规定，压实最大干密度和最优含水量测试针对土的粒径不应大于 5mm；19.1.2 节条文说明，不固结不排水剪试验适用的条件是土体受力而孔隙压力不消散的情况，即对应渣土填筑施工过程稳定安全验算；固结排水剪试验耗时较长，适用于模拟土料长时间的排水条件，即对应渣土堆填场封场后长期稳定性验算。

4.3 工程渣土产生量估算

4.3.1 服务区域内工程渣土产生量是周边渣土堆填场选址和规模设计的依据。以温州市为例，2021-2025 年，全市工程渣土总产量预计达到 1.1 亿方，其中龙湾区 4400 万方、鹿城区 3300 万方、瓯海区 2600 万方，上述三区占地面积分别为 279 km²、294 km²、614 km²，因此可计算得到单位面积渣土产生量分别为 0.16 m³/m²、0.11 m³/m²、0.04 m³/m²，各城区渣土产生量与占地面积出现严重的不平衡。因此，根据服务区域内的产生总量进行估算可避免堆填场的错误选址和规模的不合理设计。

工程渣土的分类测算是渣土堆填场实施分区堆填的关键依据，是明确分区面积、堆高等参数的基础。

5 堆填处置场选址与勘察

5.1 堆填场地选址要求

5.1.3 例如以温州废弃露天采石矿山作为温州工程渣土的堆填处置场地，堆填量超过 $1.5 \times 10^6 \text{m}^3$ 的矿山所产生的经济利润是堆填量小于 $2.0 \times 10^5 \text{m}^3$ 矿山所产生的经济利润的 4 倍以上。

5.2 选址流程

5.2.5 如果对提交的预选场址的选址报告或可行性研究报告审查不通过，则对次优先推荐的预选场址进行场址初步勘察和初步工艺方案设计，完成选址报告或可行性研究报告，直至审查通过。

5.4 既有堆填处置场勘察

5.4.6 工程地质测绘比例主要表现为对工程地质测绘密度的控制，需保证与测绘比例尺相同的地形底图上每 1cm^2 方格内平均有一个测绘点。例如 1:1000 的工程地质测绘比例尺， 1cm^2 代表 100m^2 ，测绘点的控制标准为平均每 100m^2 范围内 1 个测绘点。

6 堆填处置场设计

6.3 挡土结构

6.3.2 本规程第三章对于工程渣土堆填处置场的 1、2、3 级安全等级划分可对应于《水土保持工程设计规范》GB 51018 中弃渣场级别的 3、4、5 级。对于浆砌石坝和碾压式土石坝的设计应当满足《水土保持工程设计规范》GB 51018 弃渣场及拦挡工程中拦渣堤工程或拦渣坝工程的相应要求。地基稳定性验算应当满足《水土保持工程设计规范》GB 51018 中弃渣场及拦挡工程的相关要求。

6.3.3 对于挡土结构受到的土压力,建议采用剩余推力法和库伦土压力理论分别计算渣土堆体作用于挡土结构的整体土压力和局部土压力,在稳定验算时取二者的较大值。剩余推力法是边坡稳定分析的常用方法,也可用于分析边坡沿某一滑面转移对坡脚支挡结构的推力。例如挡土坝后土压力计算,在采用剩余推力法计算时,需首先分析从挡土坝后滑出的渣土堆体稳定性,确定最小安全系数对应的最危险滑移面;再将最危险滑移面对应的坝后渣土堆体竖向划分条块,从渣土堆体坡顶向坡脚依次计算作用于各条块侧面上的推力;最后通过坝后条块的平衡分析获得挡土坝所受到的土压力。该土压力是由较大范围渣土堆体所产生的,故称为整体土压力。此外,还需采用库伦土压力理论计算挡土结构所受的局部土压力,当渣土堆体沿最危险滑移面传递至挡土结构的推力较小时,局部土压力也可能成为决定挡土结构稳定性的控制荷载。

6.4 堆填体边坡稳定性设计

6.4.1 我国以往在水库、堤防、铁路路基填土均采用轻型击实试验;而在高等级公路填土和机场跑道等多采用重型击实试验(土工试验方法标准 GBT 50123)。在工程上,含水率高的土碾压过程中易出现“弹簧”现象,适宜采用轻型压实机械,碾压遍数相对较少。与此相对应,含水率高的土适宜采用轻型击实试验(公路土工试验规程 JTG 3430)。考虑到工程渣土含水率普遍相对较高,因此本规程建议压实试验宜采用轻型击实。

6.4.6 对一级堆填体应通过室内或现场剪切试验确定;对二级和三级渣土堆填体,渣土抗剪强度指标原则上应通过室内或现场剪切试验确定,在无试验条件时可按

工程类比等方法确定。

6.4.7 堆填过程中浸润线上升，通常会导致堆填体内部渣土饱和度显著上升，从而导致吸力的大幅度降低对渣土填料抗剪强度产生影响。在规程条文中没有明确说明非饱和土的抗剪强度原理，而是采用渣土土样不固结不排水三轴剪切试验指标来表征非饱和渣土堆体在快速堆填期间的不排水抗剪强度。浸润线快速上升会使得原先试验测定的抗剪强度较实际情况偏高(詹良通, *Acta Geotechnica*, 2021)，需要对实际情况中抗剪强度的变化情况做出合理的评估。

7 渣土填料进场与堆填施工

7.1 进场填料检测

7.1.2 圆锥指数 (CI) 指圆锥在贯入土壤过程中圆锥头上单位底面积所受到的土壤阻力,反映了土壤的颗粒组成、含水状态,是综合表征土壤工程性的关键指标。时域反射技术 (TDR) 的基本原理是激发一个电磁脉冲,脉冲会沿着线缆进行传播,一旦遇到介质电学特性的改变就会产生波的反射,通过观察分析反射波形即可掌握目标介质的组分特点。将该技术应用至土壤检测,可以获得土体介电常数、电导率等电学参数,反映土壤的含水状态、孔隙特征及离子污染程度。将两种土壤检测手段相结合,可实现渣土工程性、污染性的快速、准确筛查,达到渣土的质量分级目标。

浙江大学与浙江绿农生态环境有限公司合作研发了基于时域反射 (TDR)、圆锥指数贯入触探技术的 TDR 工程渣土在线检测系统。系统通过门式钢架架设在渣土运输车辆的地磅入口处,利用电动升降系统将贯入式 TDR 圆锥指数探头插入车斗中渣土,在 40s 左右内对渣土的工程性、污染性快速检测,实现了码头渣土车辆的精准分类化调度。本系统于 2019 年 11 月 21 日进行现场试用,住建部建筑垃圾治理试点工作专家组亲临现场参观,并给予认可;广州市城管局领导组于 2021 年 4 月 13 日至谢村码头进行考察学习,给予本系统高度评价。

7.2 堆填施工

7.2.2 根据《土工试验方法标准》GBT 50123,土体最优含水率往往处于其塑限附近。因此,在土体含水量低于其塑限时,通过选取适当压实机具通常可以达到 6.4.1 节提出的压实度控制标准。当土体含水率较高时,在碾压过程中易出现“弹簧”现象,可能导致堆填体出现无法满足 6.4.1 节提出的压实度控制标准的情况。此时,应进行现场碾压实验,并根据实际可达到的压实度进行施工,但在施工后应测定压实填料的不排水强度,并按 6.4 节规定进行边坡稳定性验算,确定该压实度条件下允许的最大堆填高度。

8 安全监测

8.2 堆填体位移

8.2.1 消纳场运营期间，最突出的问题是稳定。因此堆填施工过程中需要进行位移观测，一方面保证堆体在施工中的稳定，另一方面对堆填速率进行反馈指导。参考《公路路基施工技术规范》JTG 3610 对软土地区路堤施工的要求，当堆体边坡表面水平位移速率超过 5mm/d 时，堆体可能处于不稳定状态，因此本规程将堆体表面水平位移率连续两天超过 5mm/d 作为警戒值。

9 封场与生态恢复

9.2 封场覆盖结构

9.2.4 毛细阻滞型土质覆盖层的防渗是基于水分存储与释放原理实现：降雨时通过覆盖层中细粒土储水层存储入渗水分，不降雨时通过植被蒸腾作用与地表水分蒸发作用释放存储水分。细粒土储水层与粗粒土毛细阻滞层之间存在毛细阻滞作用：粗料土层非饱和渗透系数随含水率降低而衰减的速率较细粒土层快，因此当含水率较小时粗粒土层渗透性显著小于细粒土，从而产生毛细阻滞效应，阻滞水分进入粗料土层，并显著增加细粒土层的储水能力，减少覆盖层底部的渗漏量。

湿润气候区填埋场斜坡区复合防渗型土质覆盖层结构具有储水、排水和防渗复合功能，其工作原理如下：当降水发生时，一部分雨水转化为坡面径流排走，其余的雨水渗入到土质覆盖层并存储在储水层中。当渗入覆盖层的雨水总量超过储水层的储水能力后，水分进入排水层并沿着排水层导排至排水沟排出。储水层和排水层界面处的毛细阻滞作用会提升储水层的储水能力，从而使雨水下渗到排水层的量明显减小。低渗透性层维持较高含水率，不会发生干缩开裂，能有效发挥防渗闭气功能。储水层设计厚度可按照其饱和储水量等于最湿润年降雨量与潜在蒸发量差值的 70% 进行计算。

9.3 生态恢复与环境保护

9.3.3 如需进行土地复垦，复垦质量指标体系包括耕地、园地、林地、草地、建设用地等不同复垦方向的指标类型和基本指标。不同复垦方向的土地复垦质量指标类型包括地形、土壤质量、生产力水平和配套设施等四个方：

1 耕地复垦质量控制标准：旱地田面坡度不宜超过 25°；复垦为水浇地、水田时，地面坡度不宜超过 15°；有效土层厚度大于 40cm，土壤具有较好的肥力，土壤环境质量符合《土壤环境质量标准》（GB 15618-1995）规定的Ⅱ类土壤环境质量标准；配套设施（包括灌溉、排水、道路、林网等）应满足《灌溉与排水工程设计规范》（GB 50288）、《高标准基本农田建设标准》（TD/T 1033）等标准，以及当地同行业工程建设标准要求；3-5 年后复垦区单位面积产量，达到周边地区同土地利用类型中等产量水平，粮食及作物中有害成份含量符合《粮食卫生标

准》GB 2715。

2 园地复垦质量控制标准：地面坡度宜小于 25°，有效土层厚度大于 40cm，土壤具有较好的肥力，土壤环境质量符合《土壤环境质量标准》GB 15618 规定的II类土壤环境质量标准；配套设施（包括灌溉、排水、道路等）应满足《灌溉与排水工程设计规范》GB 50288 等标准以及当地同行业工程建设标准要求；有控制水土流失措施，边坡宜植被保护，满足《水土保持综合治理技术规范》GB/T 16453 要求；3-5 年后复垦区单位面积产量，达到周边地区同土地利用类型中等产量水平，果实中有害成份含量符合《粮食卫生标准》GB 2715。

3 林地复垦质量控制标准：有效土层厚度大于 20cm，西部干旱区等生态脆弱区可适当降低标准；确无表土时，可采用无土复垦、岩土风化物复垦和加速风化等措施；道路等配套设施应满足当地同行业工程建设标准的要求，林地建设满足《生态公益林建设 规划设计通则》GB/T 18337.2 和《生态公益林建设 检查验收规程》GB/T 18337.4 的要求；3-5 年后，有林地、灌木林地和其他林地郁闭度应分别高于 0.3、0.3 和 0.2，西部干旱区等生态脆弱区可适当降低标准；定植密度满足《造林作业设计规程》LY/T 1607 要求。

4 草地复垦质量控制标准：复垦为人工牧草地时地面坡度应小于 25°；有效土层厚度大于 20cm，土壤具有较好的肥力，土壤环境质量符合《土壤环境质量标准》GB 15618-1995 规定的II类土壤环境质量标准；配套设施（灌溉、道路）应满足《灌溉与排水工程设计规范》GB 50288、《人工草地建设技术规程》NY/T 1342 等当地同行业工程建设标准要求；3-5 年后复垦区单位面积产量，达到周边地区同土地利用类型中等产量水平，牧草有害成份含量符合《粮食卫生标准》GB 2715。

5 用于建设用地时的复垦质量应达到如下标准：场地地基承载力、变性指标和稳性指标应满足《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的要求；地基抗震性能应满足《建筑抗震设计规范》GB 50011 要求；场地基本平整，建筑地基标高满足防洪要求；场地污染物水平降低至人体可接受的污染风险范围内。