

T/GRM

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM 129—2025

有色金属选冶渣库防渗系统工程技术规范

Specification for anti-seepage system of the reselected slag storage

2025 - 05 - 07 发布

2025 - 05 - 08 实施

中关村绿色矿山产业联盟 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 材料选择 2

 4.1 基本要求 2

 4.2 HDPE 土工膜 2

 4.3 膨润土防水毯 3

 4.4 土工布和土工滤网 3

5 设计 4

 5.1 基本要求 4

 5.2 全防渗系统 4

 5.3 基础层 5

 5.4 防渗层 5

 5.5 渗滤液收集导排系统 5

 5.6 地下水收集导排系统 6

 5.7 渗滤液调节池防渗 6

6 施工及验收 6

 6.1 基本要求 6

 6.2 基础层施工 6

 6.3 压实黏土防渗层施工 7

 6.4 HDPE 土工膜铺设 7

 6.5 土工布铺设 7

 6.6 膨润土防水毯铺设 8

 6.7 土工复合排水网施工 8

 6.8 防渗系统工程材料连接 8

 6.9 局部工程施工 9

 6.10 全防渗系统工程验收 10

7 维护 10

附 录 A （资料性） HDPE 土工膜铺设施工记录 11

附 录 B （资料性） HDPE 土工膜试样焊接记录 12

附 录 C （资料性） HDPE 土工膜热熔焊接检训记录表 13

附 录 D （资料性） HDPE 土工膜挤压焊接检测记录表 14

附 录 E （资料性） 气压、真空和破坏性检测及电火花测试方法 15

附 录 F （资料性） HDPE 膜施工工序质量检查评定表 16

参 考 文 献.....	17
--------------	----

全国团体标准信息平台

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》的要求起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中关村绿色矿山产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：西南科技大学、中国地质大学（北京）、凉山矿业股份有限公司、会理县鹏晨废渣利用有限公司、昆明理工大学、北京科技大学、中钢集团马鞍山矿山研究总院股份有限公司、中南大学、矿冶科技集团有限公司、西南科大四川天府新区创新研究院、昆明有色冶金设计研究院股份有限公司、广西博世科环保科技股份有限公司。

本文件主要起草人：傅开彬、湛书、姚俊、杨远坤、樊敏、王哲、蒋卉、张辉、唐泽勋、李小洛、付华洪、杨慧芬、张思奇、董鹏、华绍广、曹建、朱红祥、张华、崔卫华、刘建丽、李书钦、裴德健、李晨晨、王进明、黄腾、陈攀、刘保顺、陈卓尔、李红、肖定军、张维、李进生、刘明生、黄乔云、程立家、宋晗。

有色金属选冶渣库防渗系统工程技术规范

1 范围

本文件要求了有色金属选冶渣库防渗系统工程技术的防渗材料选择、防渗系统设计、施工及验收、维护等。

本文件适用于有色金属选冶渣库防渗系统工程建设。

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 18445-2012 水泥基渗透结晶型防水材料
- GB 18598-2019 危险废物填埋污染控制标准
- GB 18599-2020 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
- GB/T 19979.1-2005 土木合成材料 防渗性能 第1部分：耐静水压的测定
- GB/T 19979.2-2006 土工合成材料 防渗性能 第2部分：渗透系数的测定
- GB/T 20973-2020 膨润土
- GB/T 27798-2011 有机膨润土
- GB/T 32748-2016 渠道衬砌与防渗材料
- GB/T 35470-2017 轨道交通工程用天然钠基膨润土防水毯
- GB/T 50290-2014 土工合成材料应用技术规范
- GB/T 35470-2017 轨道交通工程用天然钠基膨润土防水毯
- GB/T 50600-2020 渠道防渗衬砌工程技术标准
- GB/T 50934-2013 石油化工工程防渗技术规范
- GB/T 514031-2021 生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术标准
- SL 18-2004 渠道防渗工程技术规范
- SL 174-2014 水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范
- SL/T 231-1998 聚乙烯（PE）土工膜防渗工程技术规范
- CJJ 113-2018 生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术规范
- JG/T 193-2006 钠基膨润土防水毯
- JC/T 2054-2020 天然钠基膨润土防渗衬垫
- NB/T 35027-2014 水电工程土工膜防渗技术规范
- FZ/T 64036-2013 钠基膨润土复合防水衬垫
- JB/T 9199-2008 防渗涂料技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

有色金属选冶渣 non-ferrous metal reselected smelting slag
有色金属精矿冶炼后产生的渣，经再次磨矿选别回收有价元素后产生的尾矿渣。

3.2

有色金属选冶渣库 non-ferrous metal reselected smelting slag pond
用以堆存有色金属选冶渣的场所。

3.3

防渗技术 total anti-seepage technology

有色金属选冶渣库的整个库底和周围边坡均铺盖多层不同功能的防渗层材料，形成全覆盖单层、双层及多层人工复合防渗结构等，达到选冶渣库有效防渗的技术。

3.4

防渗系统 liner system

为构筑含重金属和有机药剂渗滤液防渗屏障，在有色金属选冶渣库的库底和四周边坡上铺设材料组成的体系。

3.5

防渗结构 liner structure

在有色金属选冶渣库的库底和四周边坡上为构筑含重金属和有机药剂渗滤液防渗屏障铺设材料的空间层次结构。

3.6

基础层 liner foundation

库底基础层和四周边坡基础层等防渗材料基础。

3.7

防渗层 infiltration proof layer

在防渗系统中，为构筑含重金属和有机药剂渗滤液防渗屏障铺设材料的组合。

3.8

渗滤液收集导排系统 leachate collection and removal system

在防渗系统上部（选冶渣底部），用于收集和导排渗滤液的设施。

3.9

地表径流收集导排系统 surface runoff collection and removal system

在防渗系统四周边坡，收集和导排地表径流的设施。

3.10

地下水收集导排系统 groundwater collection and removal system

在防渗系统下部，用于收集和导排地下水的设施。

3.11

防渗系统工程材料 liner system engineering material

用于全防渗系统工程的天然、人工和土工合成材料的总称。

3.12

渗漏检测层 leakage detection liner

检测有色金属选冶渣库防渗系统可靠性的材料层。

4 防渗材料选择

4.1 基本要求

4.1.1 有色金属选冶渣库防渗系统工程材料可包括黏土材料和土工合成材料等。压实黏土防渗层施工土料应符合下列要求：

- a) 粒径小于0.075 mm的土粒干重应大于土粒总干重的25%-30%；
- b) 径大于5.0 mm的土粒干重不宜超过土粒总干重的15%-20%；塑性指数范围宜为15~30。

4.1.2 有色金属选冶渣库用土工合成材料可采用高密度聚乙烯（HDPE）土工膜、土工布、膨润土防水毯（GCL）、土工复合排水网土工滤网、HDPE管材等。

4.2 HDPE 土工膜

4.2.1 高密度聚乙烯土工膜厚度不应小于1.5 mm，幅宽不宜小于6.0 m。

4.2.2 当选冶渣堆高度大于20 m时，宜选用厚度不小于2.0 mm的HDPE土工膜。

4.2.3 HDPE土工膜外观判定准则见表1和表2的要求。

表1 HDPE 土工膜外观判定准则

项 目	要 求	备 注
切口	平直, 无明显锯齿现象	
穿孔修复点	不允许	
水纹和机械(加工)划痕	无或不明显	
晶点、僵块和杂质	0.6 mm~2.0 mm, 每平方米限于10个以内, 直径不大于2.0 mm, 截面上不允许有贯穿膜厚度的僵块	
气泡	不允许	
糙面膜外观	均匀, 不应有结块、缺损等现象	

表2 HDPE 防渗膜性能指标

序号	性能指标	单位	1.5 mm 双糙面
1	密度	g/cm ³	≥0.94
2	毛糙高度	mm	≥0.25
3	拉伸屈服强度(纵、横向)	N/mm	≥22
4	拉伸断裂强度(纵、横向)	N/mm	≥16
5	屈服伸长率(纵、横向)	%	≥12
6	断裂伸长率(纵、横向)	%	≥100
7	直角撕裂负荷(纵、横向)	N	≥190
8	抗穿刺强度	N	≥400
9	拉伸负荷应力开裂(切口恒载拉伸法)	h	≥300
10	碳黑含量	%	2.0~3.0
11	碳黑分散性		10个数据中3级不多于1个, 4级、5级不允许
12	氧化诱导时间(OIT)	min	高压和常压氧化诱导时间分别大于400和100
13	85℃热老化(90 d后常压OIT保留率)	%	≥55
14	抗紫外线(紫外线照射1600 h后OIT保留率)	%	≥50

4.3 膨润土防水毯

4.3.1 膨润土防水毯应选用钠基膨润土防水毯, 可选用天然钠基膨润土防水毯, 也可选用人工钠基膨润土防水毯。钠基膨润土防水毯除应符合JG/T 193要求外, 还应符合下列要求:

- 单位面积质量不应小于5000 g/m²;
- 膨润土体积膨胀度不应小于24 mL/2g;
- 抗拉强度不应小于800 N/100mm;
- 抗剥强度不应小于65 N/10cm;
- 渗透系数小于 5×10^{-11} m/s;
- 抗静水压力应为0.4 MPa/1h, 无渗漏。

4.3.2 粉末型或颗粒型膨润土防水毯应根据防渗要求选用, 渗滤液中重金属和有机药剂超标问题突出的工程中应选用粉末型膨润土防水毯。

4.3.3 膨润土应保证平整度, 以避免出现坍塌、空洞或渗漏等问题。

4.3.4 膨润土防水毯应表面平整, 厚度均匀, 无破洞、破边现象。针刺类产品的针刺应均匀密实, 并应无残留断针。

4.4 土工布和土工滤网

4.4.1 土工布和土工滤网应符合国家现行产品标准的要求。

4.4.2 HDPE土工膜保护层应使用非织造土工布, 土工布原材料应为聚酯, 规格不应小于600 g/m², 600 g/m²长丝土工布外观应符合表3的要求, 性能应符合表4的要求。

表 3 600g/m²长丝土工布外观要求

序号	疵点名称	轻缺陷	重缺陷	备注
1	杂物	软质，粗不大于 5.0 mm	硬质，软质大于 5.0 mm	
2	边不良	不大于 300 cm 时，每 50 cm 计 1 处	大于 300 cm	
3	破损	不大于 0.5 mm	大于 0.5 cm；破洞	以疵点最大长度计
4	其他	参照相似疵点评定		

表 4 600g/m²长丝土工布性能

序号	性能指标	单位	指标值
1	单位面积质量偏差	%	-5
2	厚度	mm	≥4.2
3	幅宽偏差	%	-0.5
4	纵横向断裂强度	kN/m	≥30
5	纵横向标准强度对应伸长率	%	40~80
6	CBR 顶破强力	kN	≥6.4
7	等效孔径 O ₉₀	mm	0.05~0.2
8	垂直渗透系数	m/s	KX (10 ⁻³ ~ 10 ⁻¹)，K=1.0 ~ 9.9
9	纵横向撕破强力	kN	≥0.82

4.4.3 用于盲沟和渗滤液收集导排层的反滤材料，可使用土工布或土工滤网，且规格不应小于200 g/m²。

4.4.4 用土工滤网为反滤材料时，土工滤网规格不应小于200 g/m²。

5 设计

5.1 基本要求

5.1.1 防渗系统工程设计应符合有色金属选冶渣库工程总设计要求，应按有色金属选冶渣库总体设计分期和分区，可分期实施。

5.1.2 防渗系统工程应防止选冶渣渗滤液污染地下水和地表水，并防止地下水和地表水破坏防渗系统。

5.1.3 有色金属选冶渣库区防渗层上的渗滤液水头不应大于0.3 m，防渗层底部应与地下水年最高水位应保持1.0 m以上的距离。

5.1.4 有色金属选冶渣库的库底和四周边坡应满足整体及局部稳定性要求。防渗系统应为选冶渣堆体提供稳定支撑，防渗系统材料层之间的摩擦力应保证选冶渣堆体稳定。

5.1.5 当有色金属选冶渣库使用垂直防渗帷幕时，可选用水泥膨润土墙、土-膨润土墙、塑性混凝土墙、HDPE土工膜-膨润土复合墙等。

5.2 防渗系统

5.2.1 防渗系统设计应符合下列要求：

- a) 选用防渗材料及相应的保护层应可靠；
- b) 应根据有色金属选冶渣库地形地貌，设置渗滤液收集导排系统，渗滤液导排系统应具有长期高效的导排性能；
- c) 应根据水文地质条件情况，有色金属选冶渣库工程设置地下水收集导排系统，且应具有长期的导排性能。

5.2.2 防渗系统结构可分为单层防渗系统结构和双层防渗系统结构。

单层防渗系统基本结构应包括渗滤液收集导排系统、防渗层及上下保护层和基础层。双层防渗系统基本结构应包括渗滤液导排系统、主防渗层及上下保护层、渗滤液检测层、次防渗层及上下保护层和基础层。应根据需要设置地下水导排系统和反滤层。

5.2.3 防渗系统衬里结构类型应根据有色金属选冶渣库工程地质与水文地质条件，可采用黏土衬里结构和人工合成材料衬里结构。

5.2.4 黏土衬里结构可包括天然黏土衬里结构和人工改性压实黏土衬里结构，并应符合下列要求：

a) 当天然基础层饱和渗透系数小于 1.0×10^{-9} m/s，且库底及四周衬里厚度不小于2.0 m时，可用天然黏土作为防渗层的衬里结构；

b) 当天然黏土层不满足要求时，可人工改性压实天然黏土层，并应达到等效防渗性能要求。

5.2.5 人工合成材料衬里结构应用HDPE土工膜和膜下黏土层紧密衔接实现复合防渗，HDPE土工膜下可设置膨润土防水毯代替部分黏土层。

5.2.6 地下水贫乏地区，防渗系统可用单层HDPE土工膜衬里结构，也可用HDPE土工膜加膨润土防水毯形成的复合防渗衬里结构。防渗层下方应设置黏土保护层。

5.2.7 在特殊地质及环境要求较高的地区，应用双层防渗结构。上层防渗层应为主防渗层，下层防渗层应为次防渗层，二层中间应设置渗滤液检测层。

5.3 基础层

5.3.1 库底基础层设计纵横坡度应根据渗滤液收集导排要求确定，且向边坡基础层过渡应平缓，压实度应小于93%；四周边坡基础层压实度不应小于90%。

5.3.2 对于软弱土地基，应对基础层处理，达到对地基承载力要求。应在考虑选冶渣堆体荷载对防渗系统的作用下，验算地基承载力计算及最大堆高，应防止地基不均匀沉降造成防渗系统破坏。斜坡地基和不均匀沉降地基上的防渗层应进行变形验算，最大应变不应超过主防渗材料的允许拉伸应变。

5.3.3 有色金属选冶渣库区边坡设计应按国家现行标准GB 50330、SL 386执行。对可能失稳的边坡应进行稳定计算。不满足稳定性要求的边坡，应进行边坡加固处理。并应符合下列要求：

a) 当采用边坡支护加固方式时，边坡支护形式应根据场地地质和环境条件、边坡高度以及边坡工程安全等级等因素选定；

b) 岩质边坡宜采用水泥砂浆抹面、挂网喷射混凝土等处理方式，平整度不应超过50.0 mm。

5.3.4 基础层开挖设置地下水导排盲沟时，应在设置好盲沟后回填压实，保证基础层的承载力要求和稳定性要求。

5.4 防渗层

5.4.1 防渗层设计应符合下列要求：

a) 应有效地阻止渗滤液透过，保护地下水不受污染；

b) 应具有相应的物理力学性能、抗化学腐蚀能力、抗老化能力；

c) 应能覆盖有色金属选冶渣库库底和四周边坡。

5.4.2 天然黏土防渗层和人工改性压实黏土防渗层应符合本标准第5.2.4条的要求。

5.4.3 HDPE土工膜和膜下黏土复合防渗层中，HDPE土工膜厚度不应小于1.5 mm，压实黏土层厚度不应小于0.75 m。当复合防渗层中采用膨润土防水毯代替压实黏土层时，膨润土防水毯渗透系数不应大于 5×10^{-11} m/s，规格不应小于4800 g/m²，压实黏土层的厚度不应小于0.30 m。

5.5 渗滤液收集导排系统

5.5.1 渗滤液收集导排系统应包括导排层、盲沟和渗滤液排出系统。

5.5.2 渗滤液收集导排系统设计应符合下列要求：

a) 应及时有效地收集和导排汇集于有色金属选冶渣库的库底和边坡防渗层以上的渗滤液；

b) 不应防渗层造成破坏，具有防淤堵能力，且应保证渗滤液收集导排系统的长期可靠性。

5.5.3 有色金属选冶渣库的库底渗滤液导排系统纵向坡度不应小于2%。

5.5.4 渗滤液收集导排系统中材料和构造应具有足够的强度和稳定性，以应承受选冶渣、覆盖材料等荷载及操作设备的作用。

5.5.5 导排层排水材料宜采用卵石，也可采用碎石，石材粒径宜为20 mm~60 mm。石材碳酸钙含量不应大于5%，铺设前应洗净，铺设厚度不应小于300 mm，渗透系数不应小于 1×10^{-3} m/s。导排层下可铺设土工复合排水网；边坡宜铺设土工复合排水网等土工合成材料作为排水材料，排水材料上应铺设边坡保护层。

5.5.6 盲沟内的排水材料宜选用卵石或碎石，且铺设排水管材，采用HDPE穿孔管，管材应置于卵石或碎石盲沟内，并在其下设置砂垫层。应根据收集导排量和长期导排性能选择管径，并具备承载施工机械及选冶渣堆体荷载的能力。盲沟应设置反滤层，反滤材料应采用土工滤网，规格 ≥ 200 g/m²。

5.5.7 渗滤液收集导排系统的上部宜铺设反滤材料。反滤材料宜采用土工滤网，规格不应小于200 g/m²。

5.5.8 渗滤液排出系统宜采用重力流排出，当不能利用重力流排出时，应设置泵井。当渗滤液排出管需要穿过土工膜时，应保证衔接处密封。

5.5.9 泵井的设计应符合下列要求：

- a) 泵井应具有防渗能力和防腐能力；
- b) 应保证合理的井容积，合理配置排水泵，采取必要的安全措施。

5.5.10 在双层防渗结构中，主防渗层与次防渗层之间应设置渗滤液检测层。库底检测层厚度不应小于300 mm，设置应符合本标准第5.5.5条的要求，边坡检测层可采用土工复合排水网，厚度不应小于5.0 mm。

5.6 地下水收集导排系统

5.6.1 当地下水水位较高，影响库底基础层的稳定性，或有色金属选冶渣库周边地表水下渗影响四周边坡基础层稳定性，应设置地下水收集导排系统。

5.6.2 地下水收集导排系统应符合下列要求：应能及时有效的收集导排地下水 and 下渗地表水，应具有防淤堵能力，地下水收集导排系统顶部距防渗系统防渗层底部不应小于1.0 m，应保证地下水收集导排系统的长期可靠性。

5.6.3 地下水收集导排系统可用导排层或导排盲沟。

5.6.4 当地下水收集导排系统用导排盲沟时，可在基础层上开挖。盲沟尺寸、间距和埋深应合理，回填应压实，达到基础层要求。

5.6.5 当地下水收集导排系统采用导排层时，应设置在基础层之上，可使用石材或土工复合排水网，并应符合下列要求：

- a) 当导排层选用卵石或碎石等材料时，铺设厚度不应小于0.30 m，导排层上下宜铺设反滤层，反滤材料宜采用土工滤网，规格不应小于200 g/m²；
- b) 当导排层选用土工复合排水网时，应根据地下水的渗流量，选择相应厚度的土工复合排水网。用于地下水导排的土工复合排水网应具有足够的抗拉强度和抗压强度。

5.7 渗滤液调节池防渗

5.7.1 渗滤液调节池可分为柔性调节池和刚性调节池，均应采用防渗处理。调节池防渗层设计应符合本标准第5.4.1条的要求。

5.7.2 柔性渗滤液调节池应采用双层防渗结构。

5.7.3 刚性渗滤液调节池应满足抗渗要求。应选用具有防渗功能的钢筋混凝土结构，调节池内表面应采取防腐措施，抗渗等级应达到P8。

5.7.4 渗滤液调节池宜分区。

6 施工及验收

6.1 基本要求

6.1.1 施工应包括压实黏土层和防渗系统工程材料施工。

6.1.2 防渗系统工程材料入场时应检验，包装应完好、标识清楚，厂家、场地、批次等信息清晰，性能检测报告、产品质量合格证等资料应齐全。

6.1.3 防渗系统工程材料在现场应抽样检查，由专业机构检测。

6.1.4 防渗系统工程材料和施工作业设备应在施工现场摆放整齐，并做好防护。

6.1.5 施工人员不应穿钉鞋等在土工合成材料上踩踏，车辆不应在土工合成材料上碾压。

6.1.6 防渗系统工程单项施工完成后应及时验收，并在下阶段施工时已完成工程保护。

6.1.7 防渗系统工程施工完成后，在填选冶渣前，应进行渗漏破损检测。

6.2 基础层施工

6.2.1 库底、边坡基础层、锚固平台及回填材料应平整、密实、无裂缝、无松土、无积水、无裸露泉眼，并应无明显凹凸，以及无石头砖块、树根、杂草、淤泥、腐殖土等杂物，场底、边坡及锚固平台之间应过渡平缓。

6.2.2 基础层平整度应达到 ± 20.0 mm，边坡基础层不应出现凹面。

6.2.3 库底和边坡基础层应按每500 m²取一个点检测密实度，合格率应为100%；锚固沟回填土应按每50 m取一个点检测密实度，合格率应为100%。

6.3 压实黏土防渗层施工

6.3.1 压实黏土防渗层应选择细粒土含量高、砂砾土含量低的土料，并应符合本标准第4.1.1条的要求。

6.3.2 施工应控制压实黏土防渗层的含水率和干密度。应按GB/T 50123进行击实试验，应绘制含水率和干密度图。

6.3.3 压实黏土层应分层压实。施工时宜采用无振动的羊足碾分层压实，每层压实土层的厚度宜小于150 mm，各层之间应紧密结合。

6.3.4 压实黏土防渗层施工及质量控制应符合CJJ 176的要求。

6.3.5 当压实黏土层施工时，各压实土层应进行压实度测试，取样密度应为每500 m²取3~5个样品。

6.4 HDPE 土工膜铺设

6.4.1 HDPE土工膜材料施工前应检查尺寸、外观和物理性能，应符合下列要求：

a) 每10000 m²为一批次检查尺寸偏差和外观，不足10000 m²应按一批次计。每批次产品应随机抽取3卷检查尺寸偏差和外观；膜外观应符合本标准第5.2.3条的要求。HDPE土工膜检测频率应为每一批次土工膜至少取一个样，同一批次土工膜应按每50000 m²增加一个取样。

b) 在尺寸偏差和外观检查合格的样品中任取一卷，距外层端部500 mm处裁取5 m²用于检验主要物理性能指标。

6.4.2 HDPE土工膜铺设应合理规划，铺设在总平面图中应标明膜片的位置。

6.4.3 HDPE土工膜铺设应符合下列要求：

- a) 应选择合适的天气施工，HDPE土工膜的每日铺设量不应超过一个工作日完成的焊接量；
- b) 安装前，应检查膜下保护层的平整度达到铺设的要求；
- c) 铺设应一次展开到位，不宜展开后再拖动；
- d) 应为材料热胀冷缩导致的尺寸变化留出伸缩量；
- e) 在膜下保护层应采取适当的防水、排水措施。

6.4.4 HDPE土工膜展开后，应搭接良好，及时焊接。膜应无明显损伤、无褶皱、无隆起和无悬空现象。边坡上的接缝平行于坡面的坡向，库底横向接缝距坡脚应大于1.5 m。

6.4.5 HDPE土工膜铺设展开过程应按照本标准附录A的要求填写有关记录，焊接施工应按本标准附录B表B.0.1~表B.0.3的要求填写有关记录。

6.4.6 HDPE土工膜焊接、检测和修补记录标识应明显、清楚，焊缝表面应整齐、美观，不得有裂纹、气孔、漏焊和虚焊现象。焊接质量检测应符合下列要求：

a) 对热熔焊接每条焊缝应进行气压检测，合格率应为100%；对挤压焊接每条焊缝应进行真空检测，合格率应为100%；

b) 焊缝破坏性检测，应按每1000 m焊缝取一个1000 mm × 350 mm样品做强度测试，合格率应为100%；气压、真空和破坏性检测及电火花测试方法应符合本标准附录C的要求。

6.4.7 施工中应保护HDPE土工膜免受破坏，车辆不应直接碾压在HDPE土工膜上。

6.4.8 HDPE土工膜铺设过程中应控制搭接宽度和焊缝质量。

6.4.9 HDPE土工膜施工工序质量检测评定，应按本标准附录D的要求填写有关记录。

6.5 土工布铺设

6.5.1 土工布应铺设平顺，无破损、无褶皱、无跳针、无漏接等现象，不应有石块、土块、水进入土工布。

6.5.2 土工布应采用双线缝合。缝合土工布线应为最小张力大于60 N的树脂线，应具有不低于土工布的抗化学腐蚀和抗紫外线能力。采用热粘连接非织造土工布时，搭接宽度范围内的重叠部分应全部粘结。

6.5.3 边坡上铺设土工布，应先在锚固沟内锚固土工布，再沿斜坡向下铺放，土工布不得折叠，不得打皱，在边坡上的铺设方向与坡面一致，宜整卷铺设，不宜有水平接缝。

6.5.4 每200 m土工布接缝取一个样检测搭接效果，合格率应大于95%。

6.5.5 土工布上有裂缝和孔洞，应用相同规格材料修补，修补范围应大于破损处周边300 mm。

6.6 膨润土防水毯铺设

6.6.1 膨润土防水毯贮存应防水和防潮，避免暴晒、直立与弯曲，不应在雨雪天气下施工。

6.6.2 膨润土防水毯施工应符合下列要求：

- a) 自然与基础层贴实，不应折皱、悬空；
- b) 以品字形分布，不得出现十字搭接；
- c) 边坡应沿坡面铺展，不应存在水平搭接。

6.6.3 施工时，卷材宜绕在刚性轴上，借挖土机、装载机结合专用框架起吊铺设，应铺放平整无折皱，不得在地上拖拉，不得直接在上行车；当边坡铺设膨润土防水毯时，严禁沿边坡向下自由滚落铺设。坡顶处材料应埋入锚固沟锚固。

6.6.4 膨润土防水毯连接要求：

- a) 现场施工时，应采用搭接铺设连接。
- b) 膨润土防水毯搭接时，在下层膨润土防水毯的边缘150 mm处，撒上膨润土粉状密封剂，宽度宜为50 mm，用量宜为 0.5 kg/m^2 。
- c) 当膨润土防水毯的任意一面为土工膜时，应焊接。膨润土防水毯及其搭接部位应与基础层贴实且无折皱和悬空。
- d) 搭接局部可用钠基膨润土粉密封。
- e) 完成坡面铺设后，应在底面留下不少于2.0 m的膨润土防水毯余量。

6.6.5 施工时，应随时检查膨润土防水毯外观无缺陷，当发现缺陷时，应及时采取修补措施，修补范围宜大于破损范围300 mm。有撕裂等损伤的膨润土防水毯，应全部更换。

6.6.6 在管道或构筑立柱等特殊部位施工膨润土防水毯，应加强细节处理，遇有贯穿物或与结构物连接处，应与周边接触处密闭。

6.6.7 在膨润土防水毯施工验收后，应做好防水、防潮保护。

6.7 土工复合排水网施工

6.7.1 土工复合排水网排水方向与水流方向保持一致。

6.7.2 土工布和排水网都应和同类材料连接。采用塑料扣件或聚合物编织带连接相邻的部位，底层土工布应搭接，上层土工布应缝合连接，连接部分应重叠。沿材料卷的长度方向，最小连接间距应小于1.5 m。排水网芯复合的土工布应全面覆盖网芯。

6.7.3 在管道或构筑立柱等特殊部位施工时，应保证排水畅通。

6.7.4 土工复合排水网中的破损处应使用相同材料修补，修补范围应大于破损范围周边300 mm。

6.8 工程材料连接

6.8.1 防渗系统工程材料连接应符合下列要求：

- a) 合理布局每片材料的位置，力求接缝最少；
- b) 合理选择铺设方向，减少接缝承受力；
- c) 应避开弯角接缝；在坡度大于10%的坡面上和坡脚向库底方向1.5 m范围内不应有水平接缝；
- d) 材料与周边自然环境连接应设置锚固沟。

6.8.2 各防渗系统工程材料的搭接方式和最小搭接宽度应符合表5的要求。

表 5 材料搭接方式和最小搭接宽度

材 料	搭接方式	最小搭接宽度
HDPE 土工膜	热熔焊接	100mm±20mm
	挤出焊接	75mm±20mm
织造土工布	缝合连接	75mm±15mm
	缝合连接	75mm±15mm
非织造土工布	热粘连接	200mm±25mm
	自然搭接	250mm±50mm
膨润土防水毯	土工网要求捆扎	
	下层土工布要求搭接	
	上层土工布要求缝合	
土工复合排水网		75mm±15mm

6.9 局部施工

6.9.1 有色金属选冶渣库锚固沟应根据实际地形设置，四周边坡的坡高与坡长不宜超过表6的限制。

表 6 有色金属选冶渣库边坡坡高与坡长限制值

边坡坡度	>1:2	1:2~1:3	1:3~1:4	1:4~1:5	<1:5
限制坡高(m)	10.0	15.0	15.0	15.0	12.0
限制坡长(m)	22.5	40.0	50.0	55.0	60.0

6.9.2 锚固沟设计应符合下列要求：

- a) 锚固沟距离边坡边缘应大于800 mm，转折处应做成弧形结构；
- b) 锚固沟断面（图1、图2）应根据锚固形式和实际情况计算确定，宜大于800 mm ×800 mm；
- c) 条件具备的有色金属选冶渣库，雨水导排设置宜与锚固沟相结合；
- d) 在有色金属选冶渣库临时作业道路上铺设防渗膜时，应在道路中间位置开挖锚固沟（图3）。
- e) 边坡防渗膜与道路防渗膜焊接完毕后，应充分锚固，边坡防渗膜与道路防渗膜不应采用单轨焊接连接方式。

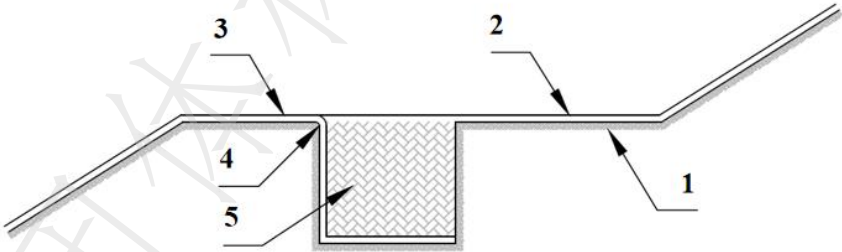


图 1 选冶渣库边坡锚固平台结构示意图

1为基础层；2为防渗材料层；3为焊接点；4为锚固沟回填材料；5为弧形

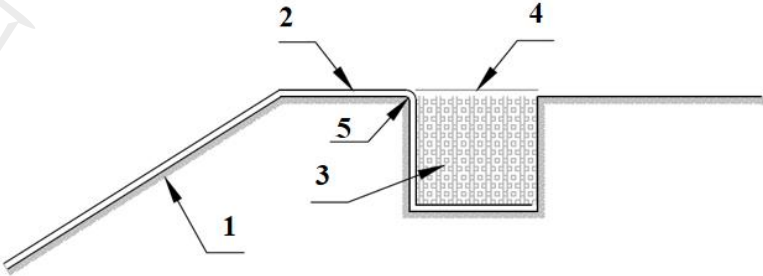


图 2 选冶渣库终场锚固沟结构示意图

1为基础层；2为防渗材料；3为锚固沟回填料；4为护砌；5为弧形

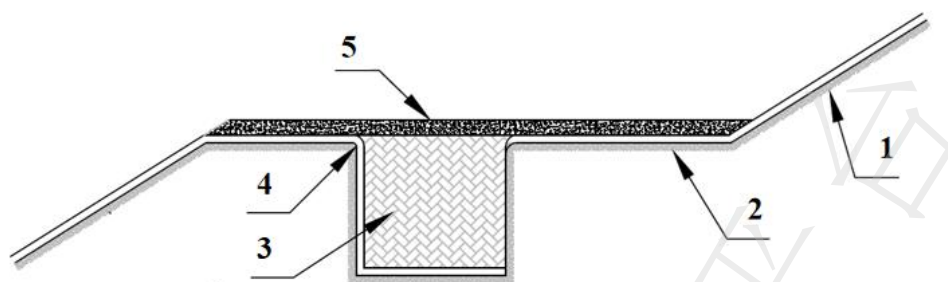


图3 选冶渣库作业道路中间锚固沟结构示意

1为渣库边坡；2为防渗材料层；3为锚固沟回填料；4为弧形；5为作业道路

6.9.3 穿过有色金属选冶渣库坝的管道与防渗层应采用管靴连接。

6.9.4 分区坝应做好防渗处理，应采取雨污分流措施。

6.9.5 导排盲沟宜采用整幅通长的HDPE土工膜卷铺设，导排沟中不宜出现焊缝。

6.10 工程验收

6.10.1 防渗系统工程施工完成后，验收内容包括：库底及边坡的基础层、防渗层、下保护层和上保护层，地下水收集导排系统，锚固沟槽及回填材料以及渗滤液收集导排系统。

6.10.2 验收前应准备下列资料：

- 设计文件、设计修改及变更文件和竣工图纸；
- 材料供应商的材料质量合格证书及专业机构的检验合格报告；
- 单项工程验收报告；
- 监理单位的相关资料和记录；
- 预制构件质量合格证书；
- 隐蔽工程验收合格文件；
- 施工焊接自检记录；
- 渗漏破损检测报告。

6.10.3 防渗系统工程质量验收应包括观感检验和抽样检验。

7 维护

7.0.1 使用单位应制订防渗系统工程安全保障措施及管理办法。

7.0.2 防渗系统工程正常维护应符合下列要求：

- 非相关人员不得进入防渗系统工程区域内；
- 维护人员应携带和使用专用维护用具进入库区；
- 在正常情况下，尚未使用的防渗系统工程区域，每月应至少巡查一次；当遇暴雨、台风等特殊天气时，应及时巡查，增加至每周一次以上。

7.0.3 防渗系统工程维修应符合下列要求：

- 制定安全有效的修复措施预案；
- 当HDPE土工膜、膨润土防水毯、土工布、土工复合排水网等主要防渗系统工程材料损坏时，应及时修补；
- 土壤层损坏时，应及时修复；
- 渗滤液收集系统堵塞时，应及时疏通。

7.0.4 当分步维修边坡保护层时，应制定严格的维修方案。

7.0.5 维修防渗系统的焊机、检验设备等设备应妥善保管，定期维护、保养。

附 录 A
(资料性)
HDPE 土工膜铺设施工记录

工程名称:					第	页	共	页
铺设位置编号	日期	时间	卷材编号	长度(m)	宽度(m)	面积(m ²)	备注	
本页小计								
累 计								

施工单位:

现场监理(签章):

检测单位:

技术负责人(签章):

填表日期: 年 月 日

记 录(签章):

附 录 B
(资料性)
HDPE 土工膜试样焊接记录

工程名称：第 页 共 页

试样焊接单位：					检测单位：			检测结果			
试件 编号	日 期	时 间	设备 编号	技工 编号	环境 温度 (℃)	焊接 温度 (℃)	预热 温度 (℃)	断裂	通过	断裂	通过

现场监理（签章）：技术负责人（签章）：
记录（签章）：填报日期： 年 月 日

附录 D
(资料性)
HDPE 土工膜挤压焊接检测记录表

工程名称:

第 页 共 页

焊缝 编号	日 期	时 间	设备 编号	技工 编号	长度 (m)	环境 温度 (℃)	焊接 温度 (℃)	焊接速度 (m/min)	真空检测			
									日期	时间	压强 (KPa)	是否 通过

施工单位:

检测单位:

现场监理 (签章):

技术负责人 (签章):

记录 (签章):

填报日期: 年 月 日

附录 E

(资料性)

气压、真空和破坏性检测及电火花测试方法

E 0.1 HDPE土工膜挤压焊接的真空检测：采用真空检测方法检测挤压焊接所形成的单轨焊缝，以及真空检测设备直接对焊缝待检部位施加负压，当真空罩内气压达到25.0~35.0 kPa时，焊缝无泄漏即为合格。

E 0.2 HDPE土工膜热熔焊接的气压检测：热熔焊接形成双轨焊缝，焊缝中间预留气腔，对此采用气压检测设备检测焊缝的强度和气密性。完成一条焊缝后，封堵焊缝气腔两端，运用气压检测设备对焊缝气腔加压至250 kPa，维持3 min~5 min，气压大于240 kPa，然后在焊缝的另一端开孔放气，气压表指针能够迅速归零应视为合格。

E 0.3 HDPE土工膜挤压焊缝的电火花测试：与真空检测等效，若地形地貌复杂，在挤压焊缝中预埋一条0.3 mm~0.5 mm的细铜线，距离焊缝10 mm~30 mm的高度，运用35 kV的高压脉冲电源探头探扫，无火花视为合格，火花出现部位有漏洞。

E 0.4 HDPE土工膜焊缝强度的破坏性取样检测：当每台焊接设备焊接一定长度时，取一个破坏性试样，在室内进行试验分析（立即修补取样位置），定量检测焊缝强度，热熔与挤出焊缝强度合格的判定标准应符合表C.0.4的要求。

表 E.1 热熔与挤出焊缝强度判定标准值

厚度 (mm)	剪切(N/mm)		剥离(N/mm)	
	热熔焊	挤出焊	热熔焊	挤出焊
1.5	21.2	21.2	15.7	13.7
2.0	28.2	28.2	20.9	18.3

注：测试条件为25℃，50 mm/min。

标准试件宽为25.4 mm，每个试样裁取10个，包括5个剪切试验和5个剥离试验。每种试验5个试样中应有4个测试结果符合表C.0.4中要求，平均值应达到表III.0.4标准、最低值大于或等于标准值的80%视为通过强度测试。

若测试强度不达标，在强度不达标的位置沿焊缝两端各6.0 m范围内重新取样测试，重复此过程，直至强度达标为止，应用挤出焊接方式补焊疑似不达标的位置。

附 录 F
(资料性)
HDPE 膜施工工序质量检查评定表

工程名称:

第 页 共 页

部位名称:

工序名称:

工程数量:

桩号位置:

序号	质量要求												质量情况		
1	土工膜和焊条材料规格和质量符合设计要求和有关标准														
2	基础层平整、压实、无裂缝、无松土,表面无积水、石块、树根及其它任何尖锐杂物														
3	铺设平整,无破损和褶皱现象														
4	在坡面上HDPE土工膜的焊缝尽量减少,焊缝与坡度纵线的夹角小于45°,力求平行														
5	当坡度大于10%的坡面上和坡脚1.5 m范围内不得有横向焊缝														
6	焊缝表面应整齐、美观,不得有裂纹、气孔、漏焊或跳焊现象														
7	焊缝质量符合规范要求的检漏测试和拉力测试														
质量保证资料			保证资料必须满足相关管理法规和质量标准的要求												
序号	实测项目	允许偏差(mm)	实测值或实测偏差值										应检点数	合格点数	合格率(%)
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	热熔焊搭接宽度	100±20													
2	挤出焊搭接宽度	75±20													
3															
4															
5															
施工单位自评意见	项目负责人(签章): 年 月 日							监理意见	监理工程师(签字): 年 月 日					平均合格率(%)	
														评定等级	

施工单位:

检测单位:

现场监理(签章):

记录人(签字):

年 月 日

参 考 文 献

- [1] 《水泥基渗透结晶型防水材料》 GB 18445-2012
 - [2] 《危险废物填埋污染控制标准》 GB 18598-2019
 - [3] 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》 GB 18599-2020
 - [4] 《土木合成材料 防渗性能 第1部分: 耐静水压的测定》 GB/T 19979.1-2005
 - [5] 《土工合成材料 防渗性能 第2部分 渗透系数的测定》 GB/T 19979.2-2006
 - [6] 《膨润土》 GB/T 20973-2020
 - [7] 《有机膨润土》 GB/T 27798-2011
 - [8] 《渠道衬砌与防渗材料》 GB/T 32748-2016
 - [9] 《轨道交通工程用天然钠基膨润土防水毯》 GB/T 35470-2017
 - [10] 《土工合成材料应用技术规范》 GB/T 50290-2014
 - [11] 《轨道交通工程用天然钠基膨润土防水毯》 GB/T 35470-2017
 - [12] 《渠道防渗衬砌工程技术标准》 GB/T 50600-2020
 - [13] 《石油化工工程防渗技术规范》 GB/T 50934-2013
 - [14] 《生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术标准》 GB/T 514031-2021
 - [15] 《渠道防渗工程技术规范》 SL 18-2004
 - [16] 《水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范》 SL 174-2014
 - [17] 《聚乙烯（PE）土工膜防渗工程技术规范》 SL/T 231-1998
 - [18] 《生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术规范》 CJJ 113-2018
 - [19] 《钠基膨润土防水毯》 JG/T 193-2006
 - [20] 《天然钠基膨润土防渗衬垫》 JC/T 2054-2020
 - [21] 《水电工程土工膜防渗技术规范》 NB/T 35027-2014
 - [22] 《钠基膨润土复合防水衬垫》 FZ/T 64036-2013
 - [23] 《防渗涂料技术条件》 JB/T 9199-2008
-