

场地防渗结构设计及施工方法

徐敏¹ 徐一新¹ 缪殷君² 苏海刚¹

1 江阴市江堤闸站管理中心, 江苏江阴, 214400;

2 江阴市河湖治理和水资源管理中心, 江苏江阴, 214400;

摘要: 本文针对传统固废堆场防渗技术存在的施工复杂、成本高、防渗效果有限等问题, 提出一种水平与垂直防渗协同的复合结构施工方法。该技术通过构建由垂直防渗墙、复合防渗结构、水平防渗系统和过滤排水系统组成的组合体系, 创新性地将垂直防渗墙(厚度 600-800mm, 渗透系数 $<1 \times 10^{-7}$)与水平防渗层(1.5mm HDPE 膜)有机结合。其中复合防渗结构采用双墙覆盖板设计形成雨水收集空间, 配合反滤层(级配碎石包)、过滤层(粗砂)和预埋排水管系统实现污染水体高效收集。水平防渗系统自上而下设置生态层、种植土、防渗膜及压实土层, 同步实现防渗与生态修复。工程实践表明, 该技术较传统分项施工节省土建成本 30%以上, 垂直防渗深度可达不透水层 1m 以下, 水平防渗结构压实度 ≥ 0.95 , 过滤排水系统可截留 85%以上悬浮物。特别适用于矿山排土场、冶炼渣场等大型污染场地的综合治理, 兼具施工便捷、防渗可靠和生态恢复三重优势, 为固废堆场污染防治提供了创新解决方案。

关键词: 场地防渗; 结构设计; 施工方法

DOI: 10.69979/3060-8767.25.03.033

1 背景技术

由于历史原因, 许多企业在生成过程中产生大量固体废物, 如钢厂的钢渣、铜冶炼废渣、矿山开采产生的剥离废石(土)等等, 大量固体废物长期堆存形成了选冶渣场、排土场等固废堆存场所, 雨水进入这些固废堆场, 将会产生有害废水, 然后这些有害废水进入地下水中, 或渗漏出来, 就会严重影响当地水系安全, 破坏土质、影响植物生长、破坏了当地的环境质量。

目前, 处置这些固废的主要方法有: 异地填埋、就地堆存、就地固化处理, 采取的防渗方法有水平防渗、垂直防渗。

异地填埋对于只有少量的固废, 在环保、安全可靠的情况下比较可行; 由于历史原因, 对于大量已存在固废, 就地管控也是切实可行办法。

水平防渗就是在固体废物堆场表面的水平方向建立防渗层, 防止雨水或外界新水进入下面的固废堆层, 避免固废污染产生新的废水污染地下水。

垂直防渗就是在固废堆场四周或地下水流的下游一定深度范围内建立竖向屏障(防渗墙), 阻止被污染水流向其他水域扩散、迁移而污染周边水域。

目前, 对固废产生废水的垂直防渗、水平防渗处理, 都是分别进行治理, 这种分别采取垂直防渗、水平防渗措施的施工方法, 施工周期长、施工复杂、费用大。如何使水平防渗与垂直防渗相互结合, 共同构建水平防渗与垂直防渗组合结构体系, 对于节省黏土资源、减少

土方使用量、简化施工工序、提高防渗效果具有重要意义。

2 技术方案

针对现有技术存在的防渗效果差、施工周期长、施工工序复杂、成本高的问题, 而提供一种能够节省黏土资源、减少土方使用量、施工简便、施工成本低、防渗效果好的水平防渗与垂直防渗组合结构的施工方法。

水平防渗与垂直防渗组合结构的施工方法采用以下技术方案实施:

水平防渗与垂直防渗组合结构的施工方法采用的组合防渗结构包括垂直防渗墙、复合防渗工程结构、水平防渗系统、过滤排水系统; 的复合防渗工程结构是由垂直防渗内墙及位其上部向固废堆场/污染场地一侧扩展的内墙覆盖板、垂直防渗外墙及位其上部向外扩展的外墙覆盖板构成; 的垂直防渗墙位于垂直防渗内墙、垂直防渗外墙之间位置的下部, 在垂直防渗内墙和垂直防渗外墙之间的底部设有垂直防渗结合层, 垂直防渗内墙、垂直防渗外墙、垂直防渗结合层构成的凹形空间为水平防渗雨水收集外排空间; 的水平防渗系统位于垂直防渗内墙靠近固废堆场/污染场地一侧的原有基层之上, 水平防渗系统自下而上是由基础层、防渗材料保护层、水平防渗层、生态基层、生态层组合构成; 在垂直防渗内墙内间隔设有排水孔, 在排水孔的进口处顺序设有反滤层、过滤层, 排水孔的出口排向水平防渗雨水收集外排空间, 反滤层、过滤层、排水孔、水平防渗雨水收集外

排空间共同构成过滤排水系统, 根据区域环境整治及雨水收集和排放计算确定水平防渗雨水收集外排空间的空间大小; 其施工方法如下:

1) 在需要进行水平防渗与垂直防渗的固废堆场/污染场地的外缘, 明确垂直防渗线路, 并按照设计标高和坡度要求进行固废堆场/污染场地之原有基层的场地平整;

2) 按照垂直防渗线路位置, 施工复合防渗工程结构; 的复合防渗工程结构采用钢筋混凝土结构, 通过支模、绑钢筋后浇筑混凝土形成; 排水孔与垂直防渗内墙同步施工;

3) 待复合防渗工程结构稳定验收后, 施工垂直防渗墙, 垂直防渗墙采用素混凝土或三轴水泥搅拌桩或高压旋喷桩; 垂直防渗墙的深度需达渗透系数小于 1×10^{-7} 的防渗土层, 且进入渗透系数小于 1×10^{-7} 的防渗土层厚度不小于 1000mm;

4) 基础层、防渗材料保护层的施工: 基础层采用杂填土, 分层压实, 压实密度不小于 0.95; 防渗材料保护层采用素土, 整平压实, 素土中不得含有有机质、碎石块、草木屑等杂质;

5) 施工反滤层, 反滤层采用圆形反滤层包, 内含级配碎石, 外包土工布;

6) 施工过滤层, 过滤层采用粗砂并围绕圆形反滤层包布设; 粗砂为粒径大于 0.075mm 的颗粒超过全重 85%;

7) 铺设水平防渗层, 水平防渗层采用高密度聚乙烯 HDPE 土工防渗膜, 上加土工布保护层;

8) 施工生态基层, 生态基层采用种植土, 种植土上栽种植物形成生态层, 植物品种根据区域生态环境保护及绿化的要求确定;

9) 施工垂直防渗结合层, 垂直防渗结合层采用素混凝土。

进一步地, 在垂直防渗内墙、垂直防渗外墙之上还设有水平盖板, 的水平盖板采用混凝土盖板, 水平盖板上带篦孔。

结合防渗效果和施工成本, 经过试验研究结果和对比, 的垂直防渗内墙、垂直防渗外墙的厚度 B1 在 150~200mm 范围为宜; 垂直防渗墙的厚度 B2 在 600mm~800mm 范围为佳, 垂直防渗墙的厚度需满足渗透系数小于 1×10^{-7} , 并保证深度满足设计要求; 内墙盖板、外墙覆盖板的厚度 H3 一般在 150~200mm 范围, 垂直防渗内墙、垂直防渗外墙的高度 H4 在 1300~1800mm 范围。

进一步地, 的基础层的厚度为 400~600mm, 分层压实的每层厚度不大于 200mm; 的防渗材料保护层的厚度为 150~250mm。

进一步地, 的圆形反滤层包的直径在 360~450mm 范围, 圆形反滤层包的上下高度还需满足分别位于排水

孔进口下不小于 80mm、排水孔进口上不小于 80mm; 的过滤层的厚度为 420~560mm; 的生态基层的厚度为 420~560mm。

进一步地, 的水平防渗层为 1.5mm 厚度的高密度聚乙烯 HDPE 土工防渗膜。

3 附图说明

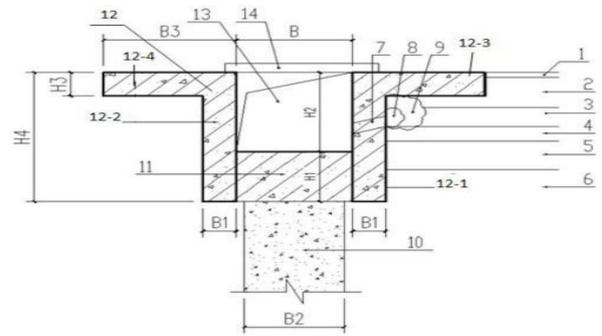


图 1 为水平防渗与垂直防渗组合结构的施工方法设计的组合防渗结构剖面图。

图中: 1-生态层; 2-生态基层; 3-水平防渗层; 4-防渗材料保护层; 5-基础层; 6-原有基层(即: 固废堆场/污染场地表层); 7-排水孔; 8-反滤层; 9-过滤层; 10-垂直防渗墙; 11-垂直防渗结合层; 12-复合防渗工程结构; 12-1-垂直防渗内墙; 12-2-垂直防渗外墙; 12-3-内墙覆盖板; 12-4-外墙覆盖板; 13-水平防渗雨水收集外排空间; 14 水平盖板。

4 具体实施方式

由图 1 所示水平防渗与垂直防渗组合结构的施工方法设计的组合防渗结构剖面图看出, 水平防渗与垂直防渗组合结构的施工方法, 采用的组合防渗结构包括垂直防渗墙 10、复合防渗工程结构 12、水平防渗系统、过滤排水系统、水平盖板 14; 的复合防渗工程结构 12 是由垂直防渗内墙 12-1 及位于其上部向固废堆场/污染场地一侧扩展的内墙覆盖板 12-3、垂直防渗外墙 12-2 及位于其上部向外扩展的外墙覆盖板 12-4 构成; 的垂直防渗墙 10 位于垂直防渗内墙 12-1、垂直防渗外墙 12-2 之间的下部, 在垂直防渗内墙 12-1 和垂直防渗外墙 12-2 之间的底部设有垂直防渗结合层 11, 垂直防渗内墙 12-1、垂直防渗外墙 12-2、垂直防渗结合层 11 构成的凹形空间为水平防渗雨水收集外排空间 13; 水平盖板 14 采用混凝土盖板, 水平盖板 14 覆盖在垂直防渗内墙 12-1、垂直防渗外墙 12-2 之上; 的水平防渗系统位于垂直防渗内墙 12-1 靠近固废堆场/污染场地一侧的原有基层 6 之上, 水平防渗系统自下而上是由基础层 5、防渗材料保护层 4、水平防渗层 3、生态基层 2、生态层 1 组合构成; 在垂直防渗内墙 12-1 内间隔设有排水孔 7, 在排水孔 7 的进口处顺序设有反滤层 8、过滤层 9, 排

水孔7的出口排向水平防渗雨水收集外排空间13,反滤层8、过滤层9、排水孔7、水平防渗雨水收集外排空间13共同构成过滤排水系统,根据区域环境整治及雨水收集和排放计算确定水平防渗雨水收集外排空间13的空间大小。

实施例中采用的组合防渗结构的技术参数为:

的垂直防渗内墙12-1、垂直防渗外墙12-2的厚度B1为150~200mm,垂直防渗墙11的厚度B2为600mm~800mm,内墙覆盖板12-3、外墙覆盖板12-4的厚度H3为150~200mm,垂直防渗内墙12-1、垂直防渗外墙12-2的高度H4为1300~1800mm;基础层5的厚度为500mm,分层压实的每层厚度不大于200mm;防渗材料保护层4的厚度为200mm;圆形反滤层包的直径在400mm范围;过滤层9的厚度为500mm;生态基层2的厚度为500mm;水平防渗层3为1.5mm厚度的高密度聚乙烯HDPE土工防渗膜;的圆形反滤层包的上下高度还需满足分别位于排水孔进口下100mm、排水孔进口上100mm。

其施工方法如下:

1)在需要进行水平防渗与垂直防渗的固废堆场/污染场地的外缘,明确垂直防渗线路,并按照设计标高和坡度要求进行固废堆场/污染场地之原有基层6的场地平整;

2)按照垂直防渗线路位置,施工复合防渗工程结构12;的复合防渗工程结构12采用钢筋混凝土结构,通过支模、绑钢筋后浇筑混凝土形成;排水孔7与垂直防渗内墙12-1同步施工;复合防渗工程结构12采用钢筋混凝土结构,混凝土中钢筋直径14mm、钢筋间距200mm;排水孔7采用预埋 $\phi 100$ 塑钢管,间距2000mm,竖向位置按设计确定;

3)待复合防渗工程结构12稳定验收后,施工垂直防渗墙10,垂直防渗墙10采用C15素混凝土或三轴水泥搅拌桩或高压旋喷桩;

4)基础层5、防渗材料保护层4的施工:基础层5采用杂填土,分层压实;防渗材料保护层4采用素土,整平压实;

5)施工反滤层8,反滤层8采用圆形反滤层包,内含级配碎石,外包土工布;

6)施工过滤层9,过滤层9采用粗砂并围绕圆形反滤层包布设;

7)铺设水平防渗层3,水平防渗层3采用高密度聚乙烯HDPE土工防渗膜,上加土工布保护层;

8)施工生态基层2,生态基层2采用种植土,种植

土上栽种植物形成生态层1,植物品种根据区域生态环境保护及绿化的要求确定;

9)施工垂直防渗结合层11,垂直防渗结合层11采用素混凝土;

10)完成水平盖板14的制作、安装。

试验验证表明,本设计和分别采用水平防渗、垂直防渗方法相比,可节省土建造价30%以上,同时可有效节省土地使用面积,进而节省土地资源。

适用不同形状固废堆体,如地上、凹坑、山洼,特别适合要求地面平整的情况。

5 有益效果

1、采用垂直防渗墙、复合防渗工程结构、水平防渗系统、过滤排水系统构成的组合防渗结构,使之同时满足水平防渗、垂直防渗的工艺要求,实现了水平防渗与垂直防渗的完美结合;

2、水平防渗系统自下而上是由基础层、防渗材料保护层、水平防渗层、生态基层、生态层组合构成,既能满足固废堆场/污染场地水平防渗的要求,又修复了固废堆场/污染场地的生态,实现了固废堆场/污染场地的绿化、美化;

3、垂直防渗系统由位于底部的垂直防渗墙、位于上部的垂直防渗内墙和垂直防渗外墙双层结构以及垂直防渗结合层组合构成,垂直防渗效果好,施工方便;

4、反滤层、过滤层、排水孔、水平防渗雨水收集外排空间共同构成过滤排水系统,排水顺畅,排水水质优。

5、采取下沉式水平防渗,即:雨水经过生态层、生态基层渗透至水平防渗层,再经过水平防渗层向下过滤层、反滤层、排水孔流到水平防渗雨水收集外排空间排出;下沉式水平防渗与垂直防渗组合的结构,不仅节省黏土资源,减少土方使用量,而且施工简便、费用低、效果好的方法。

参考文献

- [1]周海娜.垃圾填埋场工程防渗技术的设计与施工[J].新型建筑材料,2012(7):3. DOI:10.3969/j.issn.1001-702X.2012.07.016.
- [2]汪亚军,徐丽,肖桂雨.新型防渗止水型式的设计与施工方法[J].水利技术监督,2021(011):000.
- [3]郭宪,黄庭庭.垃圾填埋场工程的防渗技术设计和施工分析[J].建筑工程技术与设计,2018.