

填 埋 场 封 场

本 期 目 录

综 述

- -----错误!未定义书签。-----

标准政策

- -----7-----

行业动态

- 国内-----230-----
- 国外-----

院内新闻

- 科技管理 -----
- 标准管理 -----

填埋场封场 综述

我国生活垃圾卫生填埋场始建于20世纪90年代，早期建设的生活卫生填埋场垃圾填埋设计年限都在10年以上，目前，大部分填埋场库容已趋于饱和，需要进行封场处理和处置。为了规范封场工程，实现安全稳定、生态恢复、土地利用、保护环境，住建部于2007年1月17日颁布了《生活垃圾卫生填埋场封场技术规程》（CJJ 112-2007），为生活垃圾卫生填埋场封场设计提供了设计依据。

一、封场覆盖的目的及作用

- 1) 可以减少渗入垃圾堆体的雨水量，达到减少渗沥液产生量的目的，雨水最大化地径流到排水沟；
- 2) 可以有效地控制填埋气体的扩散，有利于填埋气体的收集利用，达到控制污染和综合利用的目的；
- 3) 促进垃圾堆体尽快稳定化；
- 4) 抑制病原菌及其传播媒体蚊蝇的繁殖和扩散；
- 5) 防止水土流失；
- 6) 垃圾堆体进行防渗处理后，有利于植被的生长，为植被提供了土壤。

二、封场设计的主要内容

堆体整形

堆体整形的目的是为防渗层提供基础。由于垃圾堆体表层凹凸不平，在进行封场覆盖时需对现有的垃圾堆体进行整形，高出地面的垃圾堆体边坡按照1:3的坡度进行整修，为了保证及时排出降水，垃圾堆体顶面的坡度不宜小于5%。堆体整形时应分层压实垃圾，压实密度应大于800kg/m₃。

封场覆盖系统结构的确定

《生活垃圾卫生填埋技术规范》（CJJ17-2004）及《生活垃圾卫生填埋场封场技术规程》（CJJ112-2007）要求填埋场封场设计应考虑雨水径流、防渗处理、填埋气体的收集、植被选择、填埋场的稳定性及土地利用等因素。填埋场封场覆盖系统结构由表面至垃圾堆体的顺序依次为植被层、排水层、防渗层、排气层。

1 排气层兼渗沥液排水层

排气层位于垃圾层之上，应采用多孔的、高透水性的土层或土工合成材料。根据填埋场实际运行的情况，垃圾堆体渗沥液的侧渗比较严重，在进行封场设计时应考虑边坡渗沥液的收集及导排，可采用土工布包裹的复合土工排水网作为排气层兼渗沥液导排层。

2 防渗基础层

防渗基础层由黏土构成，该层的主要作用是防渗层提供稳定的工作面 and 支撑面，以利于防渗层的铺装。

填埋场封场

3 防渗层

防渗层通常被视为最终覆盖系统中最重要的组成。防渗层使渗过覆盖系统的水分最小化，其中直接的作用是阻碍水分渗透，间接的作用是提高其上面各层的贮水和排水能力，以及通过径流、蒸腾或内部导排，最终使水分得以去除。防渗层还具有控制填埋气体向上迁移及渗沥液侧渗的作用。

目前防渗层常用的防渗材料有压实黏土、土工薄膜（HDPE）、土工聚合黏土衬垫（GCL）等，以下是3种材料的性能对比情况。

1) 压实黏土是使用历史最悠久，也是使用最多的防渗材料。

优点：成本低，可就地取材，施工难度小，施工经验较成熟；施工时一般铺设30~60 cm厚，被石子刺穿的可能性小，也不易被植被的根系刺穿。

缺点：与HDPE膜和GCL相比，渗透系数偏大，防渗性能较差。施工时由于土方量较大，施工速度慢，并且受施工设备的影响施工时若压实程度不够的，其实际的防渗系数将与实验室充分压实条件下得到的数据有很大出入。另外，黏土容易因干燥、冻融收缩产生裂缝，使其防渗性能迅速下降，并且产生裂缝后难以修复。由于对填埋场的不均匀沉降性能要求较高，即在填埋场表面直径为5 m的范围，其中心沉降不能超过0.125~0.250 m而黏土的抗拉伸性能较差，最大拉伸形变比为0.1%~1.0%

2) 土工薄膜（HDPE）是目前填埋场防渗材料常用的高密度聚乙烯薄膜。

优点：渗透系数小，防渗性能好，不透水（如果产生渗水主要是由于在板材生产过程中造成的瑕疵、微隙引起的，但通过质量控制、检验等工序可以避免和修复）。土工膜的渗透系数不超过 10^{-10} cm/s远远低于黏土的渗透系数，施工时仅需铺设1~3 mm厚的土工薄膜就可满足防渗要求，既节约了填埋库容，又降低了施工难度，可加快施工速度；土工薄膜的抗拉伸性能比黏土好，其最大抗拉伸形变比为5%~10%，对填埋场不均匀沉降的敏感性远小于黏土。

缺点：由于该材料较薄，所以容易被尖锐物刺穿；聚合物存在着老化的问题，并可能遭受到化学物质、微生物的冲击；施工过程中如果操作不当焊接接缝处容易出现接触张口；抗剪切性能差，对上层覆土进行压实时薄膜可能会因不均匀受压而损坏。另外，根据工程实例，土工薄膜铺设在垃圾堆体上稳定性差，容易造成土工薄膜上的植被土滑坡现象，因此如采用土工薄膜，应选择双糙面的HDPE膜。

3) 土工聚合黏土衬垫（GCL）是近年来被广泛采用的一种防渗材料，一般是用土工布（geotextile）夹一层膨润土。膨润土含有的矿物质主要是蒙脱石，其渗透系数非常低，具有吸胀性。

优点：对垃圾填埋场沉降的敏感性较低；与压实黏土相比，具有体积小、节约空间、施工量小、施工速度快，发生损坏后可以迅速修复的特点。

缺点：由于施工铺设的厚度小，容易被尖锐的石子或复垦植被的根系刺穿。每卷长度较短，施工时搭接口较多。

4 排水层

排水层可采用粗粒或土工排水材料，边坡可采用土工复合排水网，排水层与填埋库区的排水明渠

填埋场封场

连接。排水层的作用是采用渗透性高的材料排出渗入植被层、保护层内的雨水或融雪水。

5 植被层

植被层应由营养植被层和覆盖土支持层组成。营养植被层的土质应有利于植被增长，厚度应 ≥ 150 mm。覆盖支持土层由压实土层构成，其渗透系数应 $> 1 \times 10^{-4}$ cm/s 厚度应 ≥ 450 mm。

植被层可使降落在最终覆盖层上的雨水向堆体周围排出，尽量防止冰冻穿透压实黏土层，并保护阻隔层不受植物根系、紫外线和其他有害因素的伤害。该层促进植物生长，能容纳大多数非木本植物的根系，提供一定的持水能力，从而削弱降雨的水分侵入并在旱季维持植物生长。

填埋气体的收集导排

填埋气体（LFG）是垃圾降解的主要产物，其成分随着垃圾的稳定化过程、垃圾组成、填埋场所在地水文地质和填埋方式等宏观因素而异。在填埋初期，LFG 的主要成分是二氧化碳，随后二氧化碳含量逐渐变低，甲烷含量逐渐增大。在产气稳定阶段，厌氧条件下产生的LFG 中甲烷为50% ~ 60%、二氧化碳30% ~ 50%，以及少量的氨、硫化氢等气体。随着填埋场的封场，垃圾堆体密闭性越来越好，填埋气体可能大量产生并在场内聚集，其结果将导致场内压力升高，如不及时排出可能造成重大火灾、爆炸事故。因此，填埋场封场必须考虑填埋气体的收集导排系统。

填埋场内填埋气体导排系统分为主动和被动2类。主动导排系统是通过安装动力气体抽取设备，及时抽取收集场内的填埋气体，从而控制填埋气体的排放。被动导排系统是通过设置大空隙的气体通路等措施来输导填埋气体。

1) 主动导排系统与被动系统相比能更有效地控制和收集填埋气体，多用于大、中型填埋场，或周围环境要求较高的填埋场以及建设填埋气体回收利用设施的填埋场。

2) 被动导排系统一般用于小型垃圾填埋场或投入使用时间不长且产气量不成规模的填埋场。该系统受大气压力等条件影响较大，同时填埋气体仍未被处理而直接排放至大气。

填埋气体主动导排一般由集气井（或水平集气沟）、集气管网、抽气设备等组成。填埋气体是一种清洁能源，产气量较小时可采用火炬直接燃烧的方式进行处理，达到一定规模后可考虑综合利用。填埋气体的收集及利用可参考CJJ 133-2009 生活垃圾填埋场填埋气体收集处理及利用工程技术规范进行设计。

垃圾堆体雨水的收集排放

为了保证堆体的边坡稳定，同时减少水渗入垃圾堆体，堆体覆盖层上的径流水应尽快导排，可通过填埋库区雨水收集系统快速有效地排出。

三、国内外卫生填埋场封场结构对比

国外生活垃圾填埋场封场结构标准

美国：

填埋场封场

美国固体废物填埋场封场标准主要致力于解决2个方面问题：①建立低维护覆盖系统的需要；②减少渗沥液的析出。填埋封场技术、设计和维护程序正在随着土工合成材料的应用不断改进。填埋场的覆盖系统，自下而上依次包括排气层、防渗层、防腐蚀衬层和植被层。

1 排气层

排气层一般厚30 cm，置于防渗层和垃圾层之间。使用的是中等粗粒度多孔材料，如果实际工程效果好，土工合成材料可替代颗粒状材料。

2 防渗层

EPA 推荐的防渗结构为单层复合衬层系统，它包括由柔性膜构成的上层衬层和由黏土衬层构成的下层衬层，上层的柔性膜厚度要求至少0.75 mm，下层黏土衬层的厚度不得小于40 cm。

防渗衬层厚度必须达45 cm，并且由水力导电性能小于或等于底部衬层系统或天然土壤材料组成。那些有差质或不存在渗透系数大于 $1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ 的底部衬层的城市生活垃圾填埋单元必须有一个渗透系数至少为 $1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ 的防渗衬层。

对那些具有柔性薄膜衬底的合成衬层，或较低防渗性能的天然土壤的填埋单元，最终覆盖中的防渗层包含柔性薄膜衬底。用于防渗衬层的土壤材料应不包含岩石、土块、残骸、鹅卵石、垃圾和通过改善可选择的水流途径可能使水力传导性升高的根系。在防腐蚀同时为有助于溢流，表面压实土壤层的坡度应至少为3%，最大坡度为5%，以助于稳定化。当斜坡坡度大于5%时，被证实会增加腐蚀的可能。

如用土工膜作防渗衬层，则土工膜厚度应至少为0.5 mm，尽管有些土工膜材料可能需要更大的厚度（如HDPE膜的推荐厚度为1.5 mm）。厚度的增加和强度的加大可能会对防止因封场后期的建筑和垃圾稳定化带来的压力有一定作用。

3 防腐蚀衬层

防腐蚀衬层的厚度受冰冻层和腐蚀潜力厚度的影响，被用来支持植被的同时，也用以排除地表水。

防腐蚀衬层如果使用颗粒状的排水衬层材料，则过滤衬层材料厚度应至少为30 cm，导电性能为 $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ 衬层材料作为底部衬层时坡度至少应为3%。如果使用土工合成材料作为排水衬层，完全饱和渗透系数应该与水力性能为 $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ 的30 cm的土壤相等。过滤系统可通过将水力性能乘以排水衬层的厚度计算出来。过滤衬层（最好是非纺织的针穿孔织物）应该置于土工合成材料的上面，以使根系或顶层土壤材料的侵入和堵塞最小化。

4 植被层

终场覆盖系统对于植被层的最低标准为表土层不小于15 cm，下覆厚度不小于45 cm的保护层，渗透系数小于 $1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ 的压实黏土层。

德国：

德国于1993年4月由联邦政府通过的《生活垃圾技术条例》中，将填埋场的场底防渗系统和表面覆盖系统都归于垃圾填埋场的密封系统部分。该条例将生活垃圾填埋场划分为2级，有机物含量小于

填埋场封场

5% 的生活垃圾埋在二级填埋场，有机物含量小于3% 的生活垃圾应进入一级填埋场。表1 给出了德国不同级别的生活垃圾填埋场对终场覆盖系统的要求。

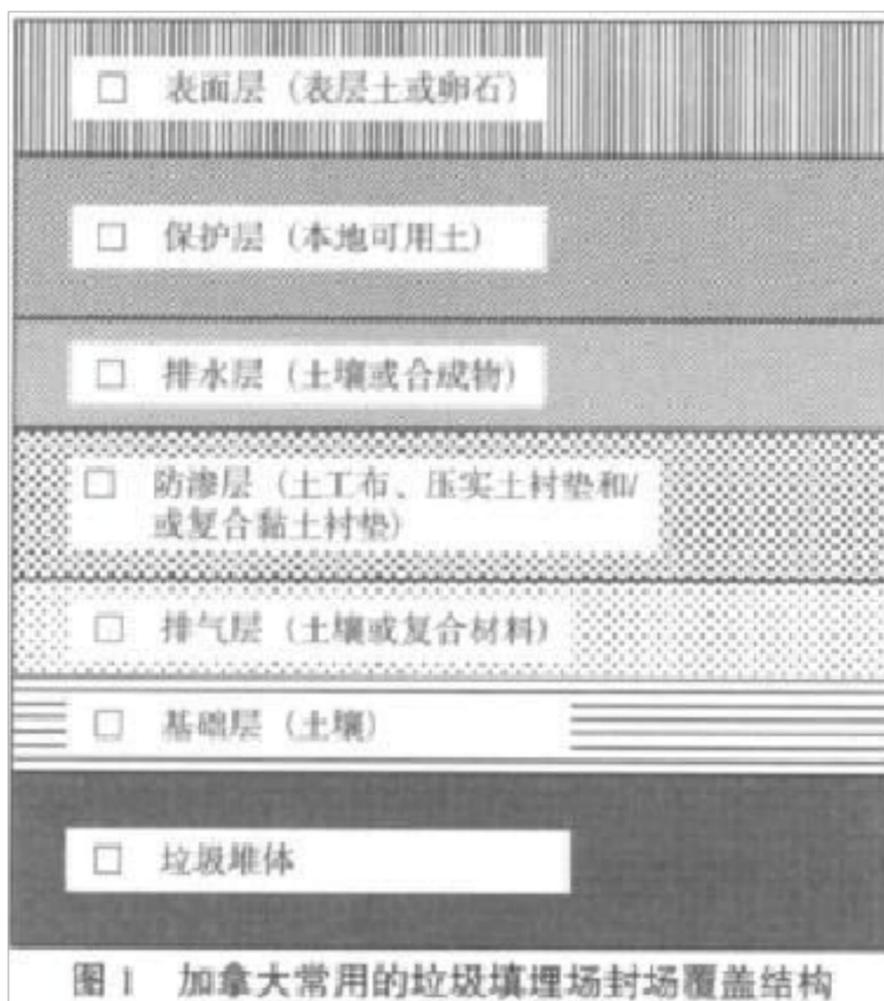
系统组成	一级填埋场	二级填埋场
平衡层	≥ 50 cm	≥ 50 cm
导气层	要求	要求
矿物密封层	≥ 50 cm, $k \leq 10^{-9}$ m/s	≥ 50 cm, $k \leq 10^{-9}$ m/s
塑料密封层	不要求	≥ 2.5 mm
保护层	不要求	要求
排水层	≥ 30 cm, $k \geq 10^{-5}$ m/s	≥ 30 cm, $k \geq 10^{-5}$ m/s
表土层	≥ 100 cm	≥ 100 cm

加拿大：

加拿大普遍的终场覆盖系统从下至上各层结构如图1 所示。

加拿大温哥华生活垃圾填埋场封场标准中对终场覆盖材料及厚度做出了较明确的要求（见表2）。

表3~6 列举了温哥华生活垃圾填埋场的不同覆盖方案。



填埋场封场

表 2 加拿大温哥华生活垃圾填埋场终场覆盖要求

功能层	厚度/mm
顶层天然土壤	300
排水层	200
防渗层	1 000
排气层 (仅边坡)	300

**表 3 加拿大温哥华生活垃圾填埋场终场覆盖方案 1：
低渗透率土壤防渗**

功能层	材料	厚度/mm
植被层	植被	-
表层土	生物固体/沙 50 : 50	300
排水层	吹填沙	200
初级防渗层	冰积物	1 000
摩擦层	-	0
次级防渗层	-	0
阻隔层	土工布 ^a	3
排气层	压碎的混凝土 19 mm ^a	300

注：^a表示仅限边坡使用。

填埋场封场

**表 4 加拿大温哥华生活垃圾填埋场终场覆盖方案2：
PVC 土工膜覆盖系统**

功能层	材料	厚度/mm
植被层	植被	-
表层土	生物固体/沙 50 : 50	300
排水层	吹填沙	200
初级防渗层	PVC 土工膜	1
摩擦层	沙层 150 mm ^a	150
次级防渗层	-	0
阻隔层	土工布 ^b	3
排气层	压碎的混凝土 19 mm ^b	300

注：a 为仅应用于顶层区域；b 为仅用于边坡。

**表 5 加拿大温哥华生活垃圾填埋场终场覆盖方案 3：
PVC/黏土复合材料覆盖系统**

功能层	材料	厚度/mm
植被层	植被	-
表层土	生物固体/沙 50 : 50	300
排水层	吹填沙	200
初级防渗层	PVC 土工膜	1
摩擦层	沙层	25
次级防渗层	冰碛物	300
阻隔层	土工布 ^a	3
排气层	压碎的混凝土 19 mm ^a	300

注：a 为仅用于边坡。

表 6 加拿大温哥华生活垃圾填埋场终场覆盖方案 4：荒土防渗层

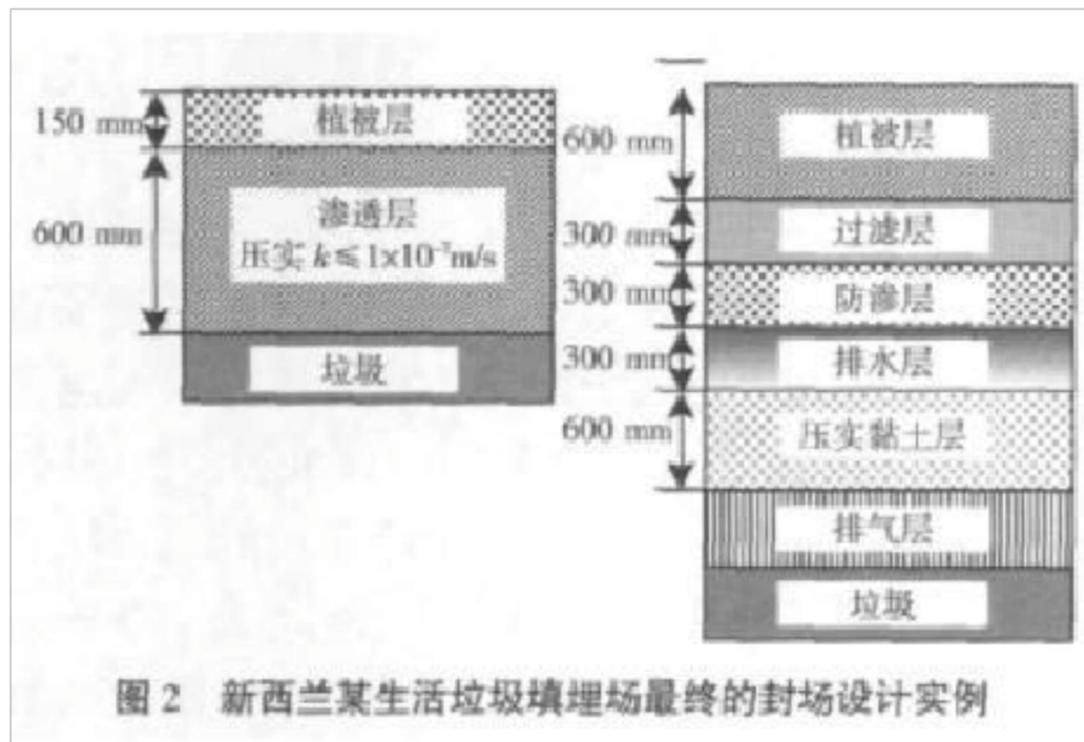
功能层	材料	厚度/mm
植被层	植被	-
表层土	生物固体/沙 50 : 50	300
排水层	吹填沙	200
初级防渗层	城市挖掘土	1 000
摩擦层	无	0
次级防渗层	无	0
阻隔层	土工布 ^a	3
排气层	压碎的混凝土 19 mm ^a	300

注：a 为仅用于边坡^[4]。

新西兰：

新西兰最终覆盖系统建议的最低要求为：①压实土层至少有600 mm 厚，最大的水力传导系数为10⁻⁷ m/s；②表层土壤至少有150 mm 厚，能够维持植物生长。图2 给出了新西兰生活垃圾填埋场的1个封场设计实例。

填埋场封场



澳大利亚：

澳大利亚生活垃圾填埋场封场标准如表7 所示，根据填埋场大小不同，封场系统有不同要求。

填埋场类型	填埋量 ¹⁾	描述	封场要求	其他措施
小型	<500	城市固体废物	300 mm 覆土将垃圾与水隔离；临时覆盖层在垃圾上层覆盖 300 mm 土壤	临时覆土常用于覆盖裸露的垃圾；考虑使用堆肥/植被覆盖，防止侵蚀
中型 渗沥液产生量低，防渗效果好	<25 000	这种填埋场产生渗沥液的可能性小；水流入垃圾堆体的风险低；不处理含水率高的垃圾；渗沥液的产生情况与气候有关	300 mm 覆土使得垃圾与水隔离；垃圾压实后覆盖 300 mm 土壤	临时覆土常用于覆盖裸露的垃圾；考虑使用堆肥/植被覆盖，防止侵蚀
中型 渗沥液产生量高，防渗效果差	<25 000	这种填埋场产生渗沥液的可能性高；水流入垃圾堆体的风险高；处理含水率高的垃圾；渗沥液的产生情况与气候有关	300 mm 的顶部土层用未种植植被；300 mm 覆土使得垃圾与水隔离；垃圾压实后覆盖 300 mm 土壤	临时覆土常用于覆盖裸露的垃圾
大型 渗沥液产生量低，防渗效果好	>25 000 且 <130 000	这种填埋场产生渗沥液的可能性小；水流入垃圾堆体的风险低；不处理含水率高的垃圾；渗沥液的产生情况与气候有关	600 mm 植被/土壤顶层；300 mm 覆土使得垃圾与水隔离；300 mm 的土层用来种植植被；垃圾压实后覆盖 800 mm 土壤	临时覆土常用于覆盖裸露的垃圾
大型 渗沥液产生量高，防渗效果差	>25 000 且 <130 000	这种填埋场产生渗沥液的可能性高；水流入垃圾堆体的风险高；处理含水率高的垃圾；渗沥液的产生情况与气候有关	按照垃圾填埋场规范	地下水监测以及垃圾填埋气体监测和提取规范
超大型	>130 000	这种填埋场增强了环境管理	按照垃圾填埋场规范	地下水监测以及垃圾填埋气体监测和提取规范

国外填埋场封场标准封场结构对比

表8 给出了国外填埋场封场相关标准中覆盖系统结构的对比。各国对填埋场封场系统的排气层要求相近，防渗层德国要求最严，排水层厚度要求差别不大，但美国和德国同时还对排水层坡度做出了规定，植被层要求则有较大差异，这跟保护层是否在该国标准中归于植被层有关，也跟各国自然条件及植被不同有关。

填埋场封场

表 8 国外填埋场封场标准封场结构

项目	排气层	防渗层	排水层	植被层
美国	$d=30\text{ cm}$ $k>1\times 10^{-3}\text{ cm/s}$ 材料：中等粗粒 度多孔材料，土 工合成材料	$d>4.5\text{ cm}$ $k\leq 1\times 10^{-9}\text{ cm/s}$ 材料：单层复合衬层要求土工膜 $d>0.5\text{ mm}$ ，HDPE 膜 $d=1.5\text{ mm}$ 。复合防渗 层要求上层为柔性膜 $d>0.75\text{ mm}$ ，或 HDPE 膜 $d>1.5\text{ mm}$ ；下层为黏土衬层 $d>60\text{ cm}$ ， $k\leq 1\times 10^{-9}\text{ cm/s}$ 必须能保持衬层上的渗滤液深度不超过 30 cm	$d>0.3\text{ m}$ ，面状过 滤，横向坡度 3%， 纵向坡度 2%	表层 $d>15\text{ cm}$ ，保护 层 $d>45\text{ cm}$ ，采用土 工布材料
德国	$d=30\text{ cm}$	$d>100\text{ cm}$ $k\leq 1\times 10^{-7}\text{ cm/s}$ 材料：要求为复合防渗结构，黏土衬层厚度 $50\times 75\text{ cm}$ ， $k\leq 1.0\times 10^{-8}\text{ cm/s}$ ； 人工膜为 HDPE 膜， $d\geq 2.5\text{ mm}$	$d\geq 0.3\text{ m}$ ，面状过 滤，横向坡度 3%， 纵向坡度 1%	$d\geq 100\text{ cm}$ ；保护层采 用土工布材料
加拿大	$d=30\text{ cm}$	黏土： $d>100\text{ cm}$ $k\leq 1\times 10^{-9}\text{ cm/s}$ 材料：PVC 土工膜 1 mm，保护层 150 mm，土工布分离层 3 mm，PVC/黏土 复合材料，初级防渗层 PVC 土工膜 1 mm，保护层（砂层 25 mm，次级 防渗层（冰碛物）300 mm，覆土，初级防渗层（城市垃圾土）1000 mm，分 离层（土工布）3 mm	$d>20\text{ cm}$	$d>30\text{ cm}$
新西兰		压实黏土层 $d>60\text{ cm}$ ， $k\leq 1\times 10^{-9}\text{ cm/s}$ 合成膜 d 为 1.0-1.5 mm，或土工合成材料以及压实的黏土衬层作为材料	$d>30\text{ cm}$	$d\geq 15\text{ cm}$
澳大利亚	$d=20-30\text{ cm}$	$d>60\text{ cm}$ $k\leq 1\times 10^{-9}\text{ cm/s}$ 人工膜-黏土衬层		$d=20-30\text{ cm}$ ，顶层覆 土大于 15 cm，在压 实的土层上覆盖碎石

注： d 代表厚度， k 代表渗透系数。

国内填埋场封场案例：

杭州天子岭垃圾填埋场封场覆盖系统结构

杭州天子岭垃圾填埋场一期于2005年封场，于2010年在其上建设1座生态公园。该填埋场封场的覆盖系统从垃圾体向上，由排气层、防渗层、排水及保护层和绿化层等部分组成。

1 排气层

在垃圾体上设有30 cm厚的卵石排气层。排气层设计为：铺设厚度300 mm，材料采用 $d=30\sim 50\text{ mm}$ 碎石，洁净、含杂质量不超过1.5%。

2 防渗层

防渗层采用1.5 mmHDPE 土工膜和GCL 钠基膨润土垫组成复合防渗。HDPE 膜为主的防渗结构进行封场覆盖，占填埋空间小且封闭效果较好，能较好防止雨水侵入堆体、防止填埋气体逸出污染环境。此外，根据封场坡度现状和设计平台坡度平均为10%，边坡部分（坡度不大于1：3）采用的HDPE 膜为糙面膜，充分满足封顶覆盖层的稳定性要求。

采用膨润土垫（GCL）作为膜下保护层和兼作复合防渗层。膨润土垫特别适合作为防水材料使用，其主要优点：①水合后可作为所有液体的防渗层，具有很强适应性；②渗透系数 $k\leq 10^{-9}\text{ m/s}$ ，其防渗能力等同于近1 m厚的黏土层；③安装便捷；④有自我修复小孔洞的功能；⑤对上面的HDPE 膜有很好的保护作用，与HDPE 膜的整体防渗效果更佳；⑥在干燥状态下不会有破裂的可能性；⑦不会有腐蚀问题；⑧可适应同区域不同地形的沉降；⑨特别适合于山谷型填埋场，与HDPE 膜结合使用可满足较陡坡度等复杂地形下的使用要求，当其与HDPE 膜、土工布结合使用组成复合防渗层时，可达到良好的防渗效果。

3 排水层及保护层

排水层兼作保护层采用复合土工排水网和60cm压实黏性土，并直接置于防渗层上。该层可保护人

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/158070123143007002>