

(2)

固体废物

卫生填埋工程

土工合成材料

美国

8-12

美国的现代卫生填埋工程

钱学德^① 郭志平

X705

(河海大学地质与岩土工程系 南京 210098)

摘要 卫生填埋工程是有控制地处理城市固体废弃物的一种方法。一个现代化的卫生填埋场主要应由组合衬垫系统、淋洗液收集和排除系统、气体控制系统以及封顶系统组成。卫生填埋场的设计和施工包括场地选择,压实粘土衬垫的设计,选择合适的土工合成材料,对淋洗液性能的评价,淋洗液和气体控制系统的设计,土坡稳定分析,填埋场封顶设计,土体侵蚀控制,以及土体部分的施工,合成材料的铺设,施工质量控制,质量保证等。

关键词 环境土工 固体废弃物 填埋场 组合衬垫 土工合成材料 废气利用 质量控制

现代卫生填埋工程是有控制地处理城市固体废弃物的一种方法。城市固体废弃物一般包括生产垃圾、商业垃圾和生活垃圾。一个现代化城市的固体废弃物每天可高达数十吨以上,经过分选以后,极大部分均要集中堆放到某一场地。一个开敞的、没有严格控制措施的垃圾堆,将是一个巨大的污染源,其淋洗液会污染地下水或附近的水源;排出的气体会污染空气,还会孳生蚊蝇和引来昆虫、鼠类和鸟;如果采用焚烧,则产生的烟和臭气会严重污染空气,有时还有毒;丑陋的外形也大大影响城市美好的形象。所有这些在一个规划、设计、运行和维护均很合理的现代卫生填埋工程中都是不存在的。一个现代卫生填埋场场地必须具备合适的水文、地质和环境条件,并要进行专门的规划、设计,严格施工和加强管理。它严格防止地下水被污染,必须有一个淋洗液的收集和排除系统,还要提供气体(主要为沼气和二氧化碳)的排除或回收通道,并对淋洗过程中产生的水、气

和附近地下水进行监测,还必须达到能抵御百年一遇以上洪水的设计标准。

一个现代卫生填埋工程(以下简称填埋场)主要应由组合衬垫系统、淋洗液收集和排除系统、气体控制系统和封顶系统组成,图1表示一卫生填埋场的典型剖面。

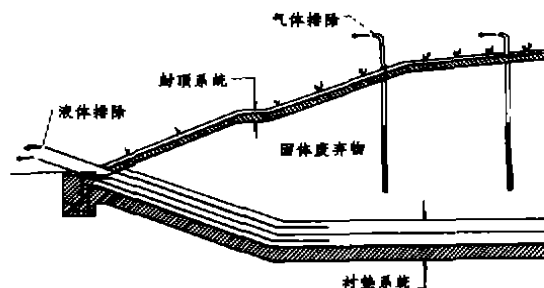


图1 城市固体废弃物填埋场示意图

1 填埋场的形式

大多数城市固体废弃物填埋场的规划内容应包括(参见图2):填埋场地形、地层级配,填埋单元草图,周长和单元之间的通道,衬垫系统,淋洗液排泄和收集系统,气体流

^① 钱学德,旅美学者,美国密执安大学兼职教授

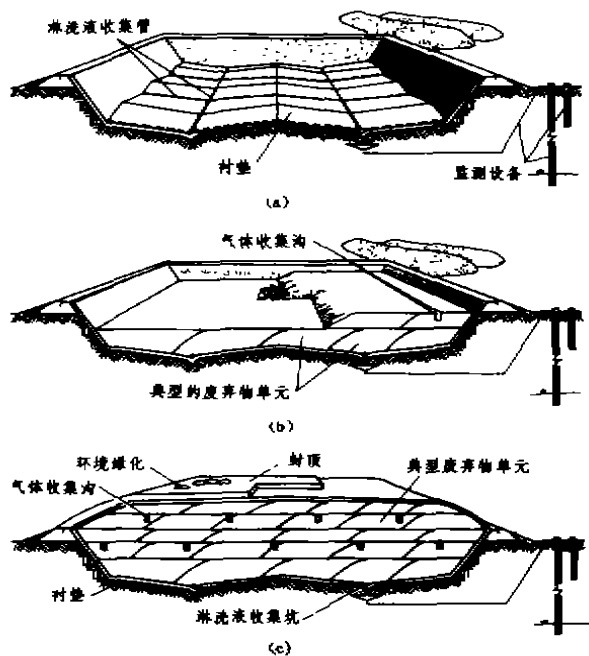


图2 固体废弃物填埋场堆填过程和完工后的示意图

- (a) 堆填单元的地基和淋洗液收集系统；
(b) 填埋场固体废弃物的堆填过程；
(c) 封顶和气体收集系统

通系统，封顶级配，封顶剖面，雨水管理系统，环境监测系统等。

不同填埋单元之间的相互联系和填埋次序在填埋场设计中十分重要，根据这些单元如何组合，从几何外形来看，一般可将填埋场的形式分成四类(见图3)。

a. 面上堆填：填埋过程只有很小的开挖或不开挖(图3a)，通常适用于比较平坦且地下水埋藏较浅的地区。

b. 地上和地下堆填：填埋场由同时开挖的大的单元双向布置组成，一旦两个相近单元填起来了，它们之间的面积也可被填起来(图3b)。通常用于比较平坦但地下水埋藏较深的地区。

c. 谷地堆填：堆填的地区位于天然坡度之间(图3c)，它可能包括少许地下开挖。

d. 挖沟堆填：与地上和地下堆填相类

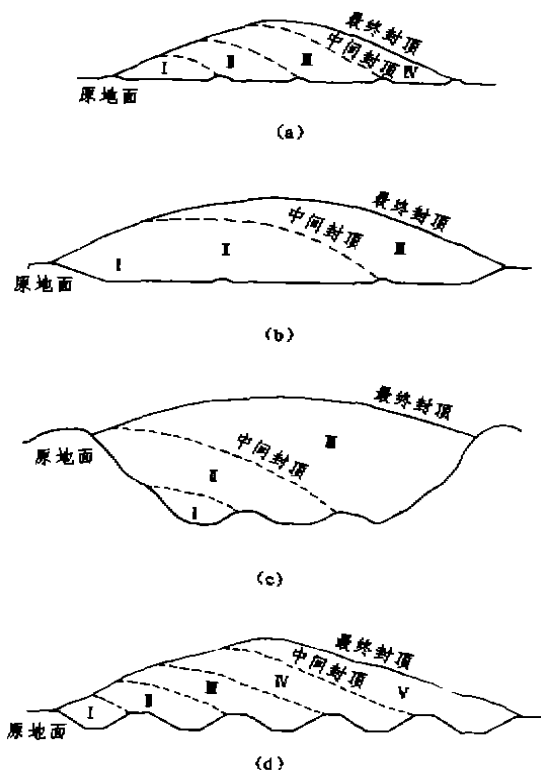


图3 固体废弃物填埋场的四种类型

- (a) 面上堆填；(b) 地上和地下堆填；
(c) 谷地堆填；(d) 挖沟堆填

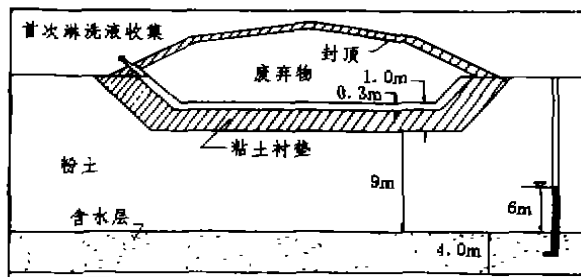


图4 单层压实粘土衬垫

似，但其填埋单元是狭窄的和平行的(图3d)。通常仅用于比较小的废物沟。

2 组合衬垫系统

发挥填埋场封闭系统正常功能的关键部位是单层或多层的衬垫，图4至图6表示美国常用的几种衬垫的剖面图。这些衬垫剖面使用的大致时间^[1]是：1982年前，单层粘土

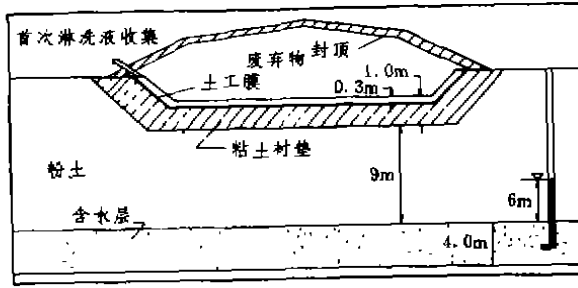


图5 单层土工膜和压实粘土衬垫

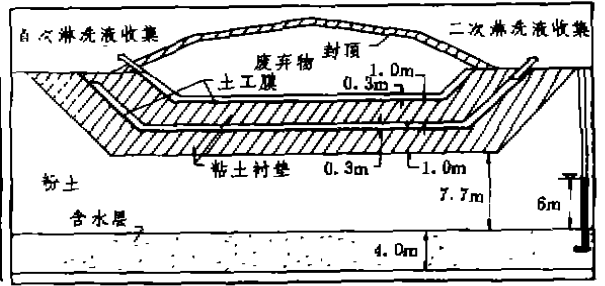


图6 双层土工膜和压实粘土衬垫

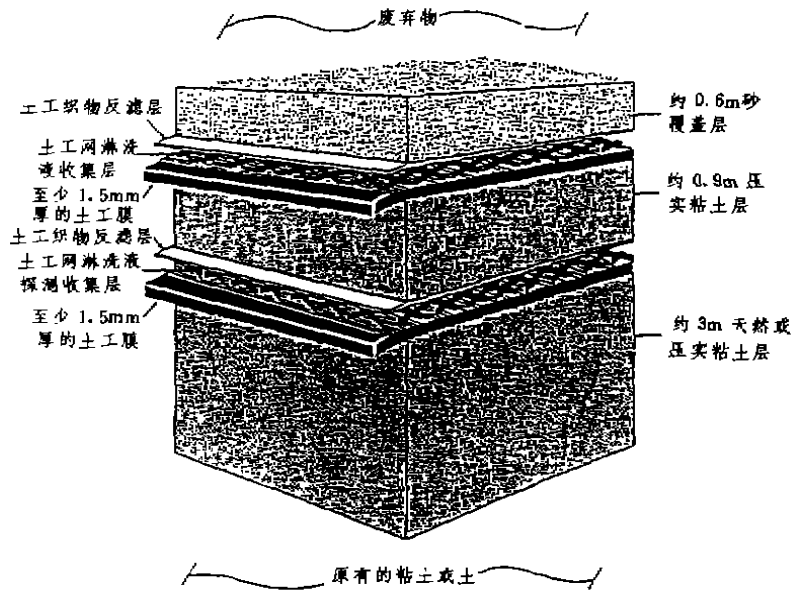


图7 双层复合填埋场衬垫系统

衬垫；1982年，单层土工薄膜衬垫；1983年，双层土工薄膜衬垫；1984年，单层复合衬垫；1987年，带有淋洗液收集和监测系统的双层复合衬垫。

图7是一双层复合衬垫的剖面图。在美国，近几年根据环保法的要求，它已广泛应用于城市固体废弃物填埋场中，双层复合衬垫从底部到顶部由以下部分组成：底层为天然或压实过的粘土，然后依次为第二层合成材料衬垫，二次淋洗液收集系统，约0.9m (3ft)厚的压实粘土衬垫，第一层合成材料衬垫，首次淋洗液收集系统；顶部是至少约0.6m (2ft)厚的砂砾铺盖保护层。淋洗液收

集系统由一层土工网和土工织物组成，合成材料衬垫的厚度必须大于1.5mm (60mil)，

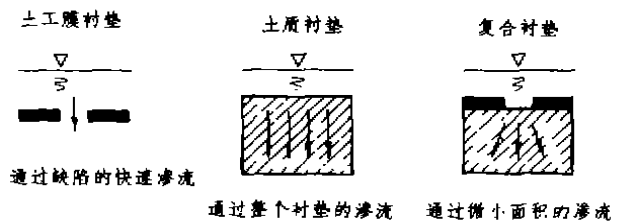


图8 通过土工膜、土和复合衬垫的渗流模式
底层和压实粘土衬垫的渗透系数应等于或小于 10^{-7}cm/s 。

复合衬垫可以克服单层土工薄膜衬垫偶

然存在破洞、接缝等缺陷^[2]。图8是复合衬垫工作过程的草图，并和单独的土工膜或土质衬垫进行对比^[2]。如果在土工薄膜上有一个

洞，而它下面的土层透水性又较强，则淋洗液将很容易经过这个洞渗出。单独的土质衬垫虽然透水性较低，但渗流将在整个面上发

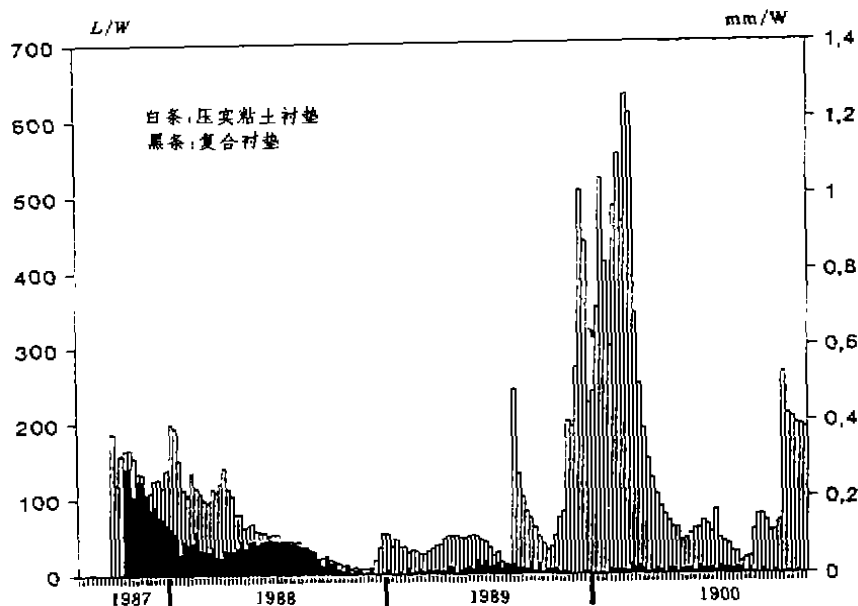


图9 在压实粘土衬垫和复合衬垫下收集到的泄漏液体的比较

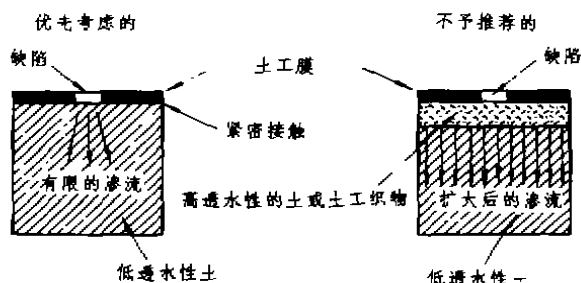


图10 在土工膜与压实土之间达到紧密水力接触情况下的复合衬垫设计示意图

生。对于复合衬垫，液体虽然很容易经过土工膜中的孔洞流出，但会遇到透水性很低的压实粘土，阻止它继续向下渗透，因此，经过土工膜中孔洞的泄漏量会因而大大减少。同时，经过土质衬垫的泄漏量又因在其上设置有土工膜，尽管膜上偶然存在有孔洞或接缝处有缺陷，但因为经过土质衬垫的流动面积大大减少了，泄漏液体的流动速率将大为降低，泄漏量也可大为减少。图9表示在野

外试验中从单层压实粘土衬垫和复合衬垫下面收集到的液体泄漏量的比较^[3]。

为了有效地实现复合的目标，土工薄膜的设置必须和土质衬垫形成紧密的水力接触，通常不能在土工膜和土质衬垫之间用高透水性的材料如砂垫层或土工织物隔开，否则紧密的水力接触将会被破坏(图10)。如果在土质衬垫中存在有可能刺破土工膜的石子，则必须加以剔除，或将专门经过挑选的土质衬垫材料作为隔离层放在与土工膜的接触面上。为了获得紧密的接触，放置土工膜的压实粘土衬垫表面要用滚筒式碾压机碾压光滑。另外，土工膜设置和回填都应尽量减少折皱。

图11至图14是最近几年广泛应用于美国城市固体废弃物填埋场的典型双层复合衬垫系统的剖面图。图12表示用土工合成材料

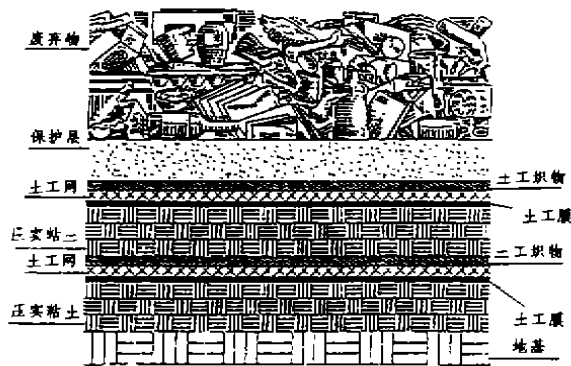


图 11 典型的双层复合衬垫系统

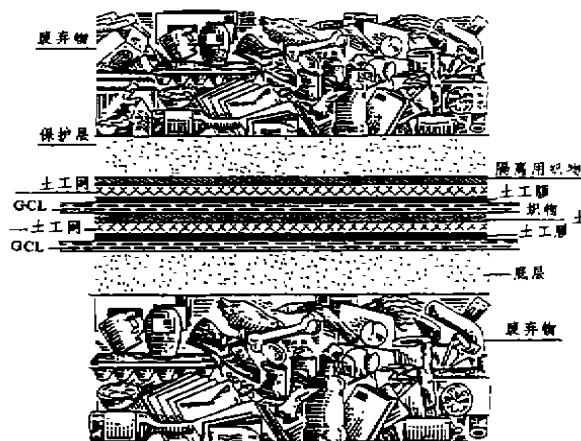


图 13 在已有废弃物上的双层复合衬垫



图 12 带有土工合成材料粘土衬垫 (GCL) 的双层复合衬垫

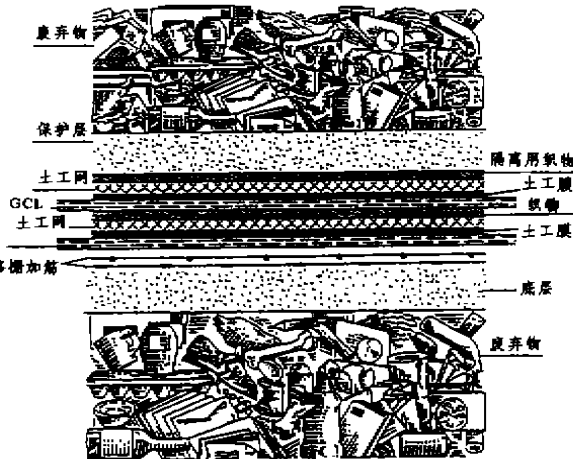


图 14 已有废弃物上用土工格栅加筋的双层复合衬垫

粘土衬垫 (GCL) 来代替图 11 中第一层压实粘土衬垫。GCL 是在土工织物之间夹上干燥的膨润土层，或者再贴上土工薄膜，它是在工厂制造的，GCL 的应用可以减小衬垫系统总的厚度，从而增加总的废弃物填埋容量。在已有的填埋物上再向上扩大堆填时通常采用图 13 和图 14 所示的衬垫系统。图 14 中放在衬垫系统底下的土工格栅是用来增加衬垫系统强度的，它可以防止由于现有堆填物产生很大的不均匀沉降而导致其上衬垫系统产生过大的拉应变。这种不均匀沉降是由于固体废弃物有很高的压缩性而局部又很不均匀产生的^[4]。(待续)

全国最长橡胶坝在南阳建成

全国最长的橡胶坝最近在河南省南阳市建成并投入使用。这座建在南阳市区白河上的橡胶坝工程全长 500m，其中橡胶坝袋长 360m，引坝长 140m，橡胶坝体高 3.5m。

橡胶坝是目前国内外一种新型水工建筑物，它投资省、见效快，并具有不阻水、建设工期短和便于管理等优点，广泛应用于城市水环境治理、农业灌溉等方面。南阳市建成的这座橡胶坝总投资 1300 万元，投入运行后可正常蓄水 330 万 m³，蓄水面积可达 220hm²。它的投入运行，可以有效地改善南阳市区的水质环境，并能缓解地下水超采状况。

(杨文磊 供稿)