

浅析污泥卫生混合填埋工艺流程及实例应用

余化龙

摘要 目前我国污泥通过卫生填埋的处置量还相对较少。由于我国在污泥管理方面对污泥所含病原菌、重金属和有毒有机物等理化指标及臭气等感官指标控制的重视程度还不够高,因此限制了对污泥的进一步处置利用,按2004年我国的污水处理能力统计,我国每天从各个污水厂产生约7000t的污泥,现在70%以上是弃置,20%是填埋,不到10%是通过堆肥等技术处理后回用于土地,大量没有经过稳定处理的污水污泥将对环境产生严重的二次污染。

关键词 污泥 混合填埋 工艺流程 工程实例

污泥填埋是污泥处置方法的一种,是指采取工程措施将处理后的污泥集中堆、填、埋于场地内的安全处置方式。这里的工程措施是指防渗、覆盖、渗滤液处理等一系列操作,以达到避免对地下水和周边环境造成污染的目的。

1 污泥卫生混合填埋工艺流程

混合填埋有两种常用模式:污泥/垃圾和污泥/土壤。在污泥/垃圾混合填埋方法中,污泥的含固率应高于20%,使用的机械设备同生活垃圾填埋使用的设备相同。污泥(湿污泥)和生活垃圾的混合比例为1:4。该方法污泥的处置率约为900~7900 m³/hm²。

目前我国的污泥填埋形式一般采用污泥与城市生活垃圾混合卫生填埋的方式。污泥在生活垃圾卫生填埋场混合填埋,就是将污泥同城市垃圾处理场中的生活垃圾一起填埋,污泥卫生填埋也是污泥处置的一个被广泛采用的方法。污泥和生活垃圾混合填埋要符合卫生填埋的要求,还要兼顾填埋垃圾的土地的最终利用,恢复土地的利用价值。

在混合填埋场中,进入城市生活垃圾卫生填埋场的污泥与城市生活垃圾填埋场垃圾日处理量的比例应≤5%,在该比例下,一般污泥不会影响填埋体的稳定,但是含有污泥的填埋场,在短期内(一般6年以内)渗滤液COD、挥发酸、重金属的含量会降低,pH会上升。据资料报道,在混合填埋场中,当生物污泥与城市生活垃圾混合比例达到1:10时,填埋垃圾的物理、化学稳定过程

将明显加快。

在污泥/土壤方法中,污泥和土壤混合作为覆盖用土。与前一种方法相比,它可以减少填埋场操作过程中机械设备陷入污泥中、车辆打滑、污泥带出场外等缺陷。不足之处在于它需要较多的人力物力,同时产生较多的臭味。该方法污泥处置率约为3000 m³/hm²。

实际操作一般因地制宜选择混合填埋方式,污泥还可以和含水率较低的一般工业固体废弃物、建筑垃圾和矿化垃圾等掺和物混合填埋。

1.1 污泥/垃圾填埋工艺流程

污泥、垃圾混合体填埋是先将污泥堆积在固体废物的上层并进行尽可能充分的混合,然后将混合物平展、压实,然后像通常的固体废物填埋一样进行覆土。当脱水后的污泥和垃圾混合填埋时,德国要求污泥的含固率≥35%,抗剪强度>25kN/m²,为了达到这一强度,通常投加石灰进行后续处理,也可以添加矿化垃圾、建筑渣土等。

如下图所示,污水厂的污泥经过消化、脱水后,含水率80%的干污泥运输到垃圾填埋场,然后开采矿化垃圾,将污泥和矿化垃圾按一定比例混合,使污泥的含水率小于60%,然后采取和垃圾一样的填埋方式,通过挖掘机转驳、小型蛙夯机夯击以及平板式振捣机振捣等措施在填埋区内均匀分布,然后覆盖黏土。当一层填埋好后再堆积第二层,直到设计高度,在整个填埋过程中要做好渗滤液收集、沼气导排和环境监测工作。

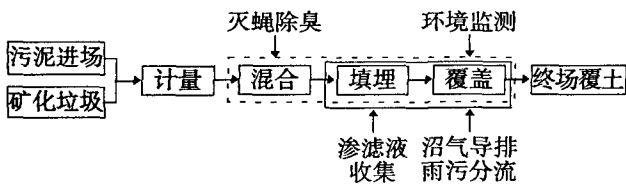


图1 污泥/垃圾混合填埋工艺

1.2 污泥/土壤工艺流程

污泥用作垃圾处理场的覆土，是先将污泥改性，通过向污泥中添加一些材料来提高污泥的含固率，增强抗剪强度和防渗性能，然后将其代替黏土作为垃圾填埋场的覆土。提高污泥的承载能力和消除其膨润持水性，可通过在污泥中掺入一定比例的泥土、粉煤灰、石灰或矿化垃圾来进行改性。覆土的功能可以分为口覆土、中间覆土和最终覆土，改性污泥根据不同的用途有不同的要求。

污泥入场用作日覆盖材料前必须对其进行监测。含有毒工业制品及其残物的污泥、含生物危险性和医疗垃圾的污泥以及含有毒药品的制药厂污泥及其他严重污染环境的污泥不能进入填埋场作为日覆盖土，未经监测的污泥严禁入场。

污泥作为垃圾填埋场覆土具有较高的要求，需要对污泥进行改性，添加物料，进行加工，使污泥的含水率、承载能力达到要求后运送到垃圾填埋场，作为覆盖材料，等垃圾堆填要求高度后铺撒覆盖物料，然后用机械设备进行碾压，使污泥压实，以起到覆盖功能。如下图所示。

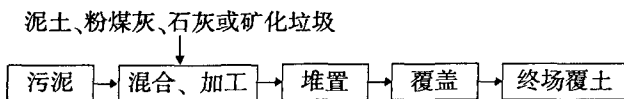


图2 污泥作为覆盖材料工艺

2 工程实例

上海老港填埋场污泥与矿化垃圾混合填埋工程，利用老港填埋场现有垃圾，处理白龙港污水处理厂的脱水污泥。该项目处理污泥规模为25万吨/年。老港场内短驳车辆将污泥由码头运至预处理区，污泥卸入污泥储池，筛分好的矿化垃圾则存放在预处理区矿化垃圾堆放区。污泥和矿化垃圾分别由污泥泵和装载机运送至预处理车间混合区。污泥和矿化垃圾按2:1的配比掺混，进入混合搅拌机，经充分混合搅拌后，为降低污泥散发的臭气浓度，混合时按0.1%的配比掺混专用植物提取液，混合

料由装载机运入车间翻堆稳定化区。污泥和矿化垃圾的定量混料分别由无轴螺旋输送机和皮带输送机（带均料器）实现。混合料在预处理车间混合区铺成长80m，宽5m的条垛共12条，利用挖掘机和装载机规整，使混合物料垛宽5m，高2.4m，有效截面积为6m²。接着利用跨翻式翻堆机在物料上进行翻堆，每天翻堆一次，采用BACKHUS16.50跨翻式翻堆机，每天工作5~6h。翻堆机工作原理如下：柴油发动机动力通过液压传动实现滚筒升降，履带式行走，最主要的是使翻抛滚筒转动，带动滚筒上的刀板对物料进行破碎、翻抛，从而在设备后面形成新条垛。污泥/矿化垃圾混合物经过4天的稳定化翻堆后，成品混合料用装载机装车，运往污泥填埋区填埋。以处理污泥800t/d计，需要矿化垃圾400t/d，经混合后，产生的污水（含冲洗废水）约50t/d，污泥混合物出料量约为1170t/d。经混合和堆放后，出料含水率约为59%，容重为1.0t/m³。

2.1 预处理工程设计

(1) 污泥储池

污泥储池尺寸为20m×15m×4m，有效容积为1110m³，地下式钢混凝土结构，顶板设两个卸料口。污泥储池顶板设有检修人孔和涡流通风器。污泥储池内设3台（二用一备）螺杆泵。

(2) 矿化垃圾堆料场

垃圾堆放场尺寸为55m×20m，底部做20cm高的混凝土地坪，四周做0.3m宽的排水沟。

(3) 混合预处理车间

混合预处理车间占地面积为9760m²，层高6m，轻钢结构，底部为1m高砖砌维护，侧墙顶部为2m（4~6m标高）镂空。车间分两个区域：混合区和翻堆稳定区。混合区内设置混合搅拌机、皮带输送机和无轴螺旋输送机等输送及混合设备。翻堆稳定区共分4个隔间（中间用1.2m高的混凝土隔墙分隔），混合条堆总长度为960m，条堆形状为等腰三角形，底宽×高度=5m×2.4m。

(4) 停车库、备件仓库及管理用房

主要包括停车库、配件仓库、更衣室和管理用房，建筑总面积为1144m²，与预处理车间做成一体式车间。停车库用于停放翻堆机、装载机和挖掘机等作业机械。车库单层结构层高为6.0m，室内外高差0.30m，建筑物总高约为7.50m。

(5) 集水池

外形尺寸为 6m×6m×3m, 钢混凝土结构, 地下式。冲洗水和混合时产生的污水自流进入集水池, 利用水泵泵入污水处理系统调节池。选用耐腐蚀不锈钢潜污泵, 水泵参数为 $Q=10\text{m}^3/\text{h}$, $H=8\text{m}$ (水柱), $P=1.1\text{ kW}$, 一用一备。

(6) 预处理车间除臭系统

由于污泥在搅拌、堆放过程中会产生臭味, 不仅会对预处理车间内的环境和空气产生污染, 同时还会逸出车间, 在自然风的吹送下恶化周边环境。为了改善操作环境, 拟对污泥预处理车间的臭气进行治理。根据实际经验, 拟采用植物提取液喷淋除臭技术对臭气进行处理。该技术对恶臭气体的降解一般在 2~50s, 因此, 利用该技术应对恶臭气体浓度的上升非常有效, 不失为常规和应急防治的良好选择。

2.2 填埋库区设计

(1) 围堤工程设计

在过渡填埋单元东侧和南侧, 利用已有围隔堤, 在西侧和北侧新建围堤, 新建围堤长度为 385 m。围隔堤堤身形式均为土堤堤身, 考虑现场取土的土质较差, 新堤采用外购土方方式筑堤。

围堤主要标准包括: 围堤顶标高: 吴淞零点+8.00m; 围堤顶宽: 4.5m; 围堤边坡: 1:1.5 (每隔 3.5m 增加 2m 宽平台); 错车平台: 宽度为 5m, 长度为 10~16m。

(2) 库底开挖及地基处理工程

库底开挖面标高为 -1.1~1.1m。库底整平设计如下: 对底部存在的杂草、淤泥加以清除, 并用非表层土回填压实, 填埋库区底部最终的基础设计层为砂质粉土层。

填埋区的排水方向为双向双坡。纵坡整平坡度为 2%, 以单元中间主盲沟末端为控制高程, 向南北两侧围堤方向进行整平。横坡整平以主盲沟为主控制线进行整平, 坡度也为 2%。

(3) 地下水导排工程

根据本工程地质勘探资料, 库区底部地下水位标高在 3.08~3.97 m 范围内, 填埋区底部将会被开挖到这一标高以下。因此, 控制地下水位是十分关键的。地下水收集与导排工程设计主要包括周边围堤设置垂直防渗墙和设置地下水导排盲沟。目前, 在一、二、三期库区周边已有垂直防渗墙。

地下水导排盲沟系统包括主(副)盲沟、导排井、集水管与排放管等。主副盲沟以 16~32mm 碎石作为导流层, 以 5mm 复合土工排水网作为地下水排水通道。主盲沟断面为 2m×0.3m, 副盲沟断面为 1.5 m×0.3m。盲沟上覆 150g/m² 机织土工布。在每个单元地下水导流主盲沟末端设置集水设施, 在主盲沟末端设置集水井, 井内设置导排泵将地下水导出, 共需集水井 2 座 ($\Phi 1500\text{mm}\times 10\text{m}$)。

地下水导流主盲沟末端汇集到集水井, 通过导排泵将地下水排入三、四期库区之间的界河。在围堤内侧设 (9.2~19.2m)×5m 平台 (与渗滤液导排井共用此平台), 上设地下水导排井和渗滤液导排井各一座, 阀门井一座, 井体为钢混凝土结构。井内设导排泵、阀门和管道等设备。

(4) 水平防渗工程

考虑该填埋单元为过渡填埋单元, 为节约投资, 场底防渗采用厚度为 0.6m, 渗透系数小于 10^{-7}cm/s 的黏土, 压实度不小于 0.90。

(5) 渗滤液收集与导排工程

渗滤液收集系统由 6.3 mm 厚的复合土工网格、30 cm 厚的矿化垃圾筛上物、碎石盲沟和导排井构成。过渡期填埋单元设置 2 条主盲沟和 2 座导排井, 主盲沟中 $D_e=315\text{ mm}$ 的 HDPE 管将收集到的渗滤液排入末端的导排井中。

主盲沟末端设置渗滤液导排井, 井内设置导排泵。渗滤液由导排泵提升, 泵后阀门井内设置 2 个阀门, 分别通向雨水排放管和渗滤液输送管。当单元尚未开始填埋作业时, 场内雨水通过雨水排放管排出场外, 当单元开始填埋作业后, 渗滤液排入渗滤液输送管 (在填埋库区围堤内侧铺设 $D_e=63\text{ mm}$ HDPE 压力管), 将渗滤液输送到渗滤液调节池。

(6) 地表水导排工程

过渡填埋单元东侧和南侧已有预制砼雨水明沟, 结合老港垃圾填埋场一、二、三期封场工程投资可以修复, 西侧和北侧 385m 长的雨水明沟需要新建, 采用 1mm HDPE 膜+150g/m² 土工布搭建。排水明沟边坡 1:1, 底宽 300mm, 深 300~1100mm, 与东侧和南侧已有雨水明沟搭接。

(7) 填埋气体导排工程

填埋气体采用垂直导气石笼导排, 石笼具体做法如下: 石笼内径为 800mm, 石笼内碎石粒径

为 32~100mm (保证其透气性及防止杂质堵塞孔眼), 外围钢筋 $\Phi 8$, 钢筋外围采用 $150\text{g}/\text{m}^2$ 机织土工布以防污泥淤堵。石笼内管道为 $D_N=160\text{mm}$ 的 PVC 管、表面轴向开孔间距为 100mm, 导气石笼和导气管底部与渗滤液导排沟底部平齐, 分段构筑, 每段顶面均高出相应的覆盖层表面 1.0m。在单元内每隔 30~50m 安装导气石笼, 共设置 12 个导气石笼。填埋气体采用自然导排方式。

(8) 封场工程设计

封场覆盖面积约为 3.05万 m^2 , 封场覆盖工程量为 30cm 厚的压实黏土层 0.92万 m^3 。

3 填埋作业工艺特点

与生活垃圾填埋相比, 污泥填埋作业要求更高, 需要在以下三个方面予以特别重视。

(1) 污泥含水率和强度的控制十分重要, 是直接决定填埋作业成败的关键。

(2) 和生活垃圾填埋场相比, 污泥填埋场的雨污分流尤其重要。雨污分流如果不好, 除了增加渗滤液量外, 有可能直接导致无法填埋作业, 因此, 采用合理的雨污分流管理措施, 是污泥填埋场填埋作业的关键点之一。

对于污泥填埋场, 雨污分流主要从以下方式入手:

a、结合填埋场地形条件, 合理划分填埋库区, 科学选择地表水排水工艺及方向, 尽可能减少大气降水进入填埋作业库区; b、合理划分填埋作业单元, 填埋作业过程中及时进行日覆盖、中间覆盖与封场生态修复, 减少暴露面积, 并分流进入库区大气降水; c、结合填埋作业发展规划, 合理修建永久性、半永久性、临时性地表水导排沟渠, 有效导排进入填埋库区的雨水。

结合填埋场地形条件及运营发展规划, 填埋区采用截流、分区、覆盖、导排等“堵”、“排”相结合的工程措施实现填埋场雨污分流, 如下图所示为填埋作业单元雨污分流示意图。

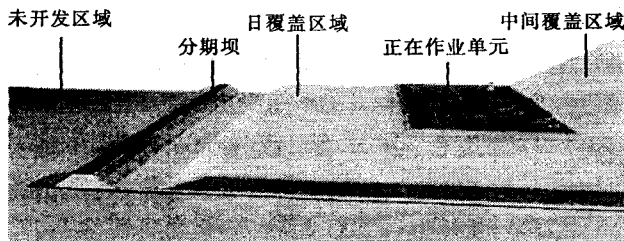


图3 填埋作业单元雨污分流示意图
覆盖——及时进行覆盖, 阻隔大气降水进入

填埋库区。

填埋作业采用规范化作业方式, 及时进行日覆盖、中间覆盖与生态修复, 填埋作业过程中设置合理的排水坡度 (不小于 5%), 尽可能分流进入库区的大气降水。

导排——建设地表水导排明渠, 与截洪沟结合实现地表水的分流。

结合地形条件, 对填埋作业发展过程中的地表水控制与导排方案进行规划, 通过建设永久性、半永久性、临时性地表水导排沟渠, 有效控制并顺利导排进入库区的地表水。

此外, 还可采用其他一些辅助性的导排措施, 导排进入库区或在库区无法自然导排的地表水, 如设置地表水导排暗管、临时性机械导排 (利用水泵强制抽排) 等。

(3) 由于污泥细小, 经常堵塞渗滤液收集系统和排水管。因此, 如何设计有效的渗滤液收集系统, 对减少堵塞是很重要的。

4 结语

污泥填埋具有投资少、处理量大、效果明显、对污泥的卫生学指标和重金属指标要求较低等优点, 但污泥填埋也存在场地不易寻找、污泥运输和填埋场地建设费用较高、填埋容量有限, 有害金属成分渗漏可能造成地下水污染、填埋场卫生与臭气易造成二次污染、污泥中营养物质促使病原菌繁殖等问题。但考虑到我国国情和现有经济条件, 污泥的其他处置方法投资大, 运行成本较高, 污泥的填埋处置方法是一种折中的选择, 它投资少, 容量大, 见效快, 通过将污泥与周围环境的隔绝, 可以最大限度地避免污泥对公众健康和环境安全造成的威胁, 既解决了污泥的出路, 又可以增加城市建设用地, 是目前比较适合中国国情的处置途径。在相当一段时间内还将继续存在, 仍将作为一种不可或缺的过渡性处置途径, 短期内通过填埋处置的污泥量还有增大的趋势, 不能农用的污泥可以选择填埋的方式进行处置。因此, 可以预测, 在未来一个时期内, 污泥填埋仍然是我国主要的污泥处置方式。

△作者通讯处: 102401 北京良乡昊天大街 81 号 北京市房山区水务局

电话: 13269373901

E-mail: yuhualong19830408@tom.com