

## 填埋场数字化管理系统概述

兰吉武<sup>1</sup>, 黄仁华<sup>2</sup>, 高康<sup>3</sup>, 周海燕<sup>2</sup>, 张美兰<sup>2</sup>, 徐辉<sup>1</sup>

(1. 浙江大学 软弱土与环境土工教育部重点实验室, 浙江 杭州 310058; 2. 上海环境实业有限公司, 上海 201302; 3. 上海甚致环保科技有限公司, 上海 200090)

**【摘要】** 数字化管理系统可显著提升填埋场运营管理、安全控制和环境保护水平。完善的填埋场数字化运营管理涵盖填埋作业管理、堆体安全监控、臭气管理、水管理、填埋气管理、环境监测和填埋场内控等内容, 可根据需要分阶段建设。上海老港综合填埋场数字化管理平台(阶段1), 具备填埋作业管理、臭气管理和填埋场内控模块, 对国内类似项目具有示范作用。

**【关键词】** 填埋场; 数字化管理系统; 示范工程

中图分类号: X32.029

文献标识码: B

文章编号: 1005-8206(2015)06-0052-04

### Overview on Digital Management System for Municipal Solid Waste Landfills

Lan Jiwu<sup>1</sup>, Huang Renhua<sup>2</sup>, Gao Kang<sup>3</sup>, Zhou Haiyan<sup>2</sup>, Zhang Meilan<sup>2</sup>, Xu Hui<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Soft Soils and Geoenvironmental Engineering of Ministry of Education, Zhejiang University, Hangzhou Zhejiang 310058; 2. Shanghai SMI Environmental Industry Co. Ltd., Shanghai 201302; 3. Shanghai SHENZHI Environmental Technology Co. Ltd., Shanghai 200090)

**【Abstract】** Digital management system can be used to improve the level of management, safety control and environmental protection for a MSW landfill. A complete digital management system should include 7 modules, such as active area management, safety monitoring and control for waste body, odor control, water control, landfill gas control, environmental monitoring and internal management control. The system could be constructed phase by phase as needed. The digital management system (Phase 1) of Shanghai Laogang Comprehensive Landfill Site has the modules of active area management, landfill gas control and internal management control. The system is with a demonstration effect on domestic similar projects.

**【Key words】** landfill; digital management system; demonstration project

自21世纪初以来,随着建设水平和环境保护要求的逐步提高,我国填埋场运营管理已初步走过了“粗放式管理”阶段,进入到“规范化管理”阶段。尽管如此,由于我国高含水率混合垃圾填埋的现状,运营中的填埋场仍常面临如下问题:①填埋作业过程管理不精细,未定期测绘堆体形状,难以进行有效的填埋作业规划,中间覆盖和封场覆盖不及时、雨污分流效果不佳<sup>[1]</sup>;②水气污染防控效果不佳,主要表现在由于堆体水位和导排层水头高或人工防渗系统出现破损而造成的渗沥液污染问题<sup>[2]</sup>,以及填埋场覆盖不到位和填埋气收集效率不高造成的臭气污染问题<sup>[3-4]</sup>;③安全与灾害防控不到位,高渗沥液水位可能会造成堆体失稳滑坡<sup>[5]</sup>,带来安全问题甚至是灾难。因此,进一步提高填埋场的运营管

理水平具有重要意义。

数字化管理方法是指利用信息采集、传输设备和高性能计算机系统,实现对管理对象的信息进行采集、归纳、整理、分析、处理并形成可视影像直观显示,准确地直观再现管理过程的每个细节,提高管理效能的方法。目前,数字化管理系统在采矿工程<sup>[6]</sup>、石油工程<sup>[7]</sup>、轨道交通工程<sup>[8]</sup>、隧洞工程<sup>[9]</sup>等领域得到了应用。在环卫行业,如垃圾清运、作业车辆管理,已建成一些数字化管理系统<sup>[10-12]</sup>,但是截至目前,尚未有填埋场建成数字化管理系统。笔者基于填埋场运营管理要求和数字化技术发展的现状,提出了数字化填埋系统的系统组成与基本构架;进一步介绍了国内首座数字化管理系统——“老港综合填埋场数字化管理平台”的建设情况;并对数字化填埋系统的发展进行了展望。基于实践创新,可为国内数字化填埋系统的建设提供参考。

## 1 数字化填埋系统组成构想

为满足填埋作业过程管理、堆体安全管理、水气污染管理、填埋场内控管理等需求,数字化填埋系统通常包括如下7个模块:填埋作业管理模块、堆体安全监控模块、臭气管理模块、水管理模块、气体管理模块、环境监测模块和填埋场内控管理模块。各场可以根据自身需要和资金情况分期、分批建设。

### 1.1 填埋作业管理模块

填埋作业管理模块是数字化管理的核心模块,该模块用于测量堆体地形、分析监控填埋作业状况、辅助进行填埋作业规划,提高堆体和作业面管理水平。该模块应具备的基本功能是进场垃圾计量与分析、填埋堆体地形测量与库容计算、堆体压实密度分析、作业面及作业机械实时监控功能;可进一步开发作业面动态管理、辅助填埋作业规划功能和作业机械自动控制功能。本模块数据采集方式可为:进场垃圾量采集自称重地衡,堆体地形测量采用人工GPS采集、自动三维扫描采集等多种方式;利用后台程序实现数据分析、计算和人机互动功能。通过加装于填埋作业机械的控制端,可以实现其远程无人操控。

### 1.2 堆体安全监控模块

随着我国填埋场堆体高度日益增加,堆体安全监测和控制的需求越来越多。堆体安全监控模块实时监控堆体位移、水位状况,实现高水位、高风险填埋堆体的实时安全预警预报。根据CJJ 176—2012生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范要求,现场安全监测内容包括地表位移监测、深层侧向位移监测、堆体水位监测和视频监控。借助于最新的岩土工程自动监测技术,可以实现上述安全监测项目的自动监测和数据传输,通过后台程序进行数据的自动分析、报告与预警。

### 1.3 臭气监测与控制模块

臭气扰民是目前我国大型填埋场普遍存在的问题。臭气监控与预测模块,旨在实时掌握臭气产生、扩散状况,预测臭气影响范围,实时采取针对性臭气控制措施。建设自动气象站,测试并传输实时气象资料;构建作业面监测终端及固定监测终端,监测各敏感点实时臭气浓度;将获得的气象资料和臭气浓度输入到运算系统内,模拟计算出周边臭气浓度;根据预测臭气浓度,指令除臭设施运行,开展适宜强度的除臭作业;可以建设臭气浓度反馈统计功能,借助手机客户端软件,实时采集、

分析周边居民臭气浓度反馈。

### 1.4 水管理模块

水管理模块应用于填埋场的渗沥液、地表水、地下水综合管理,其主要功能包括:渗沥液产生量监测与分析、地表水流量监测与分析、堆体水位监测与分析、导排层水位监测与分析、调节池水位及水量管理、渗沥液处理监测与分析以及上述监测数据的自动分析与报告。相关数据监测可选择采用人工监测或在线自动监测方式。水管理模块也可根据填埋场实际情况分阶段实施。

### 1.5 填埋气管理模块

填埋气管理模块主要用于对填埋气收集、利用情况进行实时监控。安装流量监控设备,实时监测填埋气收集量及去向(发电、火炬);通过填埋垃圾入场量和存量情况,分析填埋气收集量和实时收集率。

### 1.6 填埋场内控管理模块

填埋场内控管理模块用于填埋场内部办公和绩效管理,主要包括机械设备油耗、维修管理;原材料消耗管理(出入库);人员考核与绩效管理;填埋场内部视频监控等。

### 1.7 环境监测模块

环境监测模块应用于GB 16889—2008生活垃圾填埋场污染控制标准中所要求的环境监测内容,监测与记录填埋场地下水、渗沥液、地表水、大气环境实时状况。可根据实际需要和技术发展情况,采取在线自动监测或人工监测方式。

## 2 数字化填埋系统构架

根据数字化填埋系统的组成和总体建设目标,结合实际项目需求,数字化管理系统的架构设计需遵循如下原则:

1) 统一规划,分步实施。以构建完善的数字化填埋系统为目标,分期规划、分步实施;数字化管理系统建立构架后,需要具备良好的可扩展性,根据需要逐步建设和发展。

2) 统一标准,保证长效。建立老港管理平台全局统一的数据标准和信息系统监管配套制度,形成长效管理机制,保证信息库内数据信息的准确性和唯一性。

3) 技术更新,不断发展。对于重要及难点技术环节采用“先铺垫、再深化”的方法,同时要注重技术学习与引进,保证系统长久应用。

4) 立足实际、实用领先。以切实解决填埋场管理难题为宗旨,以技术成熟、稳定、领先为应用

标准，具备推广前景。

基于上述模块组成和设计原则，填埋场数字化管理系统的架构设计采用 SOA 架构体系，包括传感层、通信层和应用层（见图 1）。传感层是根据管理需要而在现场布设的各种传感器材，如 GPS 定位、水位测量、流量测量、沉降与位移测量、视频监控等。通信层是将各传感器获得的各种测量传感信息汇集并进行初步处理，通过传输网（如 3G/4G 移动网、LAN、WLAN 等）传送到应用层。应用层是实现填埋场数字化管理的终端。



图 1 填埋场数字化管理系统总体构架

### 3 老港综合填埋场数字化管理平台（阶段 1）建设

#### 3.1 概况

上海老港固废综合处置基地位于老港镇东首，

总占地面积 29 km<sup>2</sup>，包括防护林带用地、1~3 期用地、4 期建设用地以及 5 期综合处理建设用地。目前正在建设和运行的项目包括：防护林带工程、1~3 期封场工程、4 期填埋场工程、垃圾焚烧厂工程、综合填埋场工程、内河及码头工程、填埋气发电工程、风力发电工程和渗沥液处理厂（含外排管道）工程等。已建成老港综合填埋场工程，包括飞灰填埋场、生活垃圾填埋场和污泥填埋场等部分，按高标准规划、建设，并由上海环境实业有限公司（老港处置分公司）负责运营。老港综合填埋场建设标准高，填埋物料复杂，对运营管理要求高，参考国外填埋场运行管理经验，计划随填埋场运行逐步研发并实施数字化管理系统。

根据项目现场实际需要，老港综合填埋场数字化管理平台（阶段 1）建设填埋作业管理模块、臭气管理模块和填埋场内控管理模块等 3 个模块，填埋作业管理模块包括堆体管理、作业面控制、作业机械车辆监管、油耗监管等子模块，是本次建设的重点内容；臭气管理模块，主要功能包括臭气数据实时反馈与统计（手机客户端）、臭气扩散范围分析与预测、除臭建议与除臭作业记录等内容；填埋场内控管理模块主要包括耗材管理、日常安全巡检等。该管理系统框架见图 2。

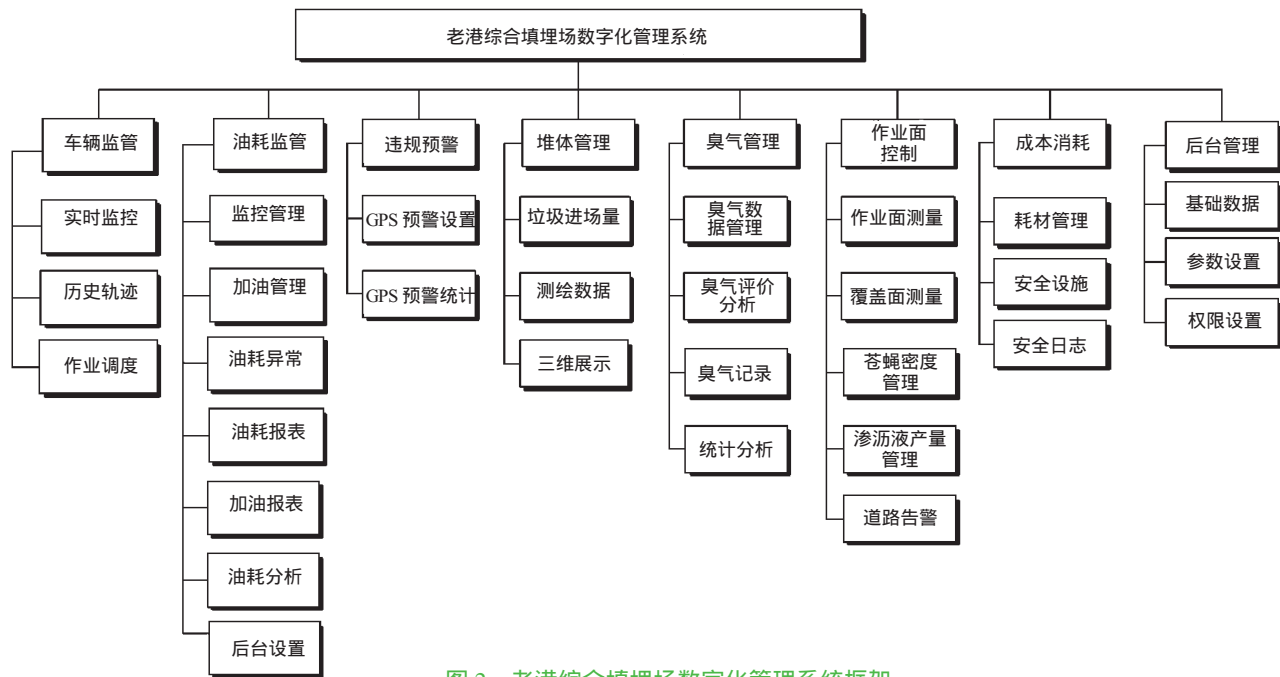


图 2 老港综合填埋场数字化管理系统框架

#### 3.2 填埋作业管理模块

堆体管理：实现进场垃圾量记录与分析、堆体形状测绘、堆体三维和剖面展示、堆体库容计算、垃圾密度计算，如图 3 所示。

作业面管理：实现作业面积测量与传输、覆盖面情况管理、苍蝇密度管理、渗沥液产量管理、作业道路管理，本项功能利用手机客户端程序实现，能够填写上传数据和照片。

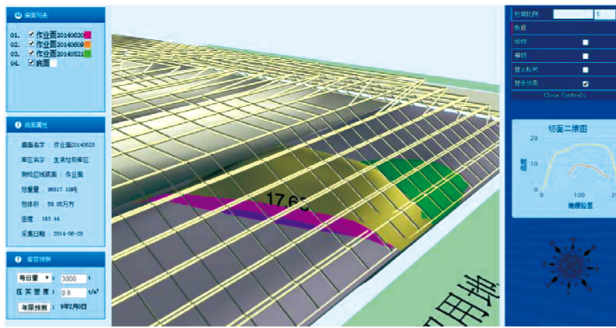


图3 堆体三维、剖面显示与库容计算

作业机械车辆监管：作业机械在线监控、历史轨迹回放、作业调度、车辆违规警报，本项功能基于GPS系统实现。

油耗管理：通过加装传感器，监控油箱的实时油位、加油记录、油耗异常报警等。

### 3.3 臭气管理模块

填埋场周边臭气影响反馈：现在老港场周边臭气监控员，主要通过手动记录方式反馈。本系统构建后，通过手机客户端程序，臭气监控员可以实时上报臭气状况，程序同时会记录监控员所在位置、上报时间，汇总进入系统。臭气监控员上报信息实时汇总、显示。

臭气扩散预测：系统根据作业面面积、覆盖情况，自动估算臭气（以NH<sub>3</sub>计）源强，基于气温、风速预测资料，利用萨顿扩散模式计算出周边臭气浓度，并确定超标范围和可嗅知范围。根据臭气扩散预测结果，给出除臭建议，轻度污染、中度污染、重度污染和严重污染对应的臭气控制措施分别为低浓度喷雾、中浓度喷雾、高浓度喷雾、高浓度喷雾+增大填埋气抽气量。

除臭作业记录：逐日记录除臭作业事项，定期分析、给出报表。

### 3.4 填埋场内控管理模块

运行耗材管理：通过入库、出库记录以及定期盘点库存，实现耗材物资的透明化、便捷化、智能化管理及数据在线共享，从而降低成本的支出。

日常安全巡检：通过例行安全检测发现安全隐患点并输入安全日志数据库，同时设置责任部门、责任人、惩罚措施、整改限期，系统可根据设定的责任人和整改验收时间点，对安全隐患点的处理情况进行追踪。

## 4 总结及展望

1) 数字化填埋系统是提高填埋场管理水平的抓手。借助数字化填埋系统，可以有效降低填埋成本，提高有效库容和使用年限、提升作业安全、强

化环境保护水平，并可实现填埋远程管理，加强对外展示、增进外界了解。

2) 完备的数字化填埋系统可以包括填埋作业管理模块、堆体安全监控模块、臭气管理模块、水管理模块、气体管理模块、环境监测模块和填埋场内控管理模块等7个模块，可以根据各填埋场自身需要和资金情况分期、分批建设。

3) 上海在国内率先建设了老港综合填埋场数字化管理平台（阶段1），具备填埋作业管理模块、臭气管理模块和填埋场内控管理模块3个模块，可实现堆体管理、作业面控制、作业机械车辆监管、油耗监管、臭气数据实时反馈与统计、臭气扩散范围分析与预测、除臭建议与除臭作业记录、耗材管理、日常安全巡检等功能，对国内数字化填埋系统建设具有借鉴意义。

4) 随着国内填埋场运营管理和环境保护要求的不断提升，数字化填埋系统具备广泛的推广应用前景。

### 参考文献：

- [1] 黄中林,徐辉,兰吉武,等. 填埋场水量和水位的分析及控制[J]. 中国给水排水, 2013, 29(12): 26-30.
- [2] Xie H J, Chen Y M, Lou Z H. An analytical solution to contaminant transport through composite liners with geomembrane defects[J]. Science China: Technological Sciences, 2010, 53(5): 1424-1433.
- [3] 石磊,边炳鑫,赵由才,等. 城市生活垃圾卫生填埋场恶臭的防治技术进展[J]. 环境污染治理技术与设备, 2005, 6(2): 6-9.
- [4] 纪华,夏立江,王进安,等. 垃圾填埋场硫化氢恶臭污染变化的成因研究[J]. 生态环境, 2004, 13(2): 173-176.
- [5] 何晟,兰吉武,詹良通. 南方山谷型填埋场渗滤液产量及水位控制措施[J]. 中国给水排水, 2010(8): 1-5.
- [6] 程国华. 矿山数字化管理系统在镜铁山矿的应用[J]. 科技创新导报, 2012(27): 231-231.
- [7] 潘峰. 油田数字化管理系统设计[J]. 科技传播, 2011(7): 61-68.
- [8] 郑鑫. 浅谈数字化管理系统在轨道交通工程中的应用:上海轨道交通12号线11标数字化工地建设概述[J]. 工程质量, 2013(7): 67-72.
- [9] 赵琳,李晓晗. 长大隧洞施工安全生产数字化管理系统技术研究[J]. 黑龙江水利科技, 2013, 41(6): 56-58.
- [10] 彭霖. 基于Web的城市垃圾清运数字化管理系统的技术架构设计[J]. 计算机光盘软件与应用, 2014(18): 35-37.
- [11] 姚文涛. 泰安市环卫数字化管理系统的构建、完善与发展[J]. 城乡建设, 2010(10): 46-47.
- [12] 刘军,梁实. 数字化城管平台在环卫管理中的应用:以重庆市A区为例[J]. 经营管理者, 2013(1): 324.

作者简介 兰吉武(1980—),博士,副研究员,主要从事填埋场水气运移、导排和堆体安全控制,地下水土污染控制与治理方面的研究。