

智慧城市固体废物管理系统的构建方法研究^{*}

刘 征 刘建福 程慧艳

(厦门理工学院 环境科学与工程学院 福建 厦门 361024)

摘要: 针对目前城市固体废物管理中存在的主要问题,利用“智慧城市”概念构建了智慧城市固体废物管理系统。阐述了智慧城市固体废物管理的概念,分析了智慧城市固体废物管理系统的需求,并运用物联网等技术构建了智慧城市固体废物管理系统的体系框架。对系统的主要服务功能进行了设计,并以城市固体废物运输路线设计决策为例,介绍了智慧城市固体废物管理系统的应用方法。

关键词: 智慧城市; 城市固体废物管理; 智慧城市固体废物管理系统; 物联网

DOI: 10. 13205/j. hjgc. 201603024

RESEARCH ON ESTABLISHING METHODS OF THE SMART MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT SYSTEM

LIU Zheng, LIU Jian-fu, CHENG Hui-yan

(School of Environmental Science and Engineering, Xiamen University of Technology, Xiamen 361024, China)

Abstract: In view of the main issues existing in current municipal solid waste management, a smart municipal solid waste management system is established under the concept of Smart City. The concept of smart municipal solid waste management is presented and its principal requirements are analysed. The systematic framework of the smart municipal solid waste management system is put forward based on the technology of Internet of Things, etc. The main service functions of the system are designed, and a case study of design decisions about municipal solid waste transportation route describes the application method in smart municipal solid waste management system.

Keywords: smart city; municipal solid waste management; smart municipal solid waste management system; Internet of Things

0 引 言

随着社会经济的发展和城市化进程的推进,城市固体废物产生量迅速增长。2013年,全国城市生活垃圾清运量达17 238.6万t,一般工业固体废物产生量327 701.94万t^[1],危险废物产生量3 156.89万t,并呈不断增长趋势^[2]。大量的城市固废需要及时清理运输和妥善处理处置,否则将导致严重的环境污染^[3]: 1) 通过渗滤液污染地表水和地下水; 2) 通过焚烧废弃物污染土壤; 3) 污染空气; 4) 经由不同载体传播疾病; 5) 堆填区域恶臭; 6) 厌氧分解释放甲烷。

城市固体废物已成为显性社会问题的一部分,是当今社会的一大挑战。目前存在的问题主要有:

1) 固废收集和处置点分布不尽合理,固废难以得到及时清运; 2) 固废系统的实时状况不能获取,清运安排与处置缺乏灵活性; 3) 固废系统运行低效,成本较高; 4) 信息化水平低,大部分停留于简单的办公自动化水平。由IBM于2008年提出的“智慧城市”概念^[4],被认为是解决这类“城市病”的有力手段。“智慧城市”利用新一代信息技术更好地实现城市公共资源高效运营,优化城市资源配置^[5],已在诸多领域得到实践应用^[6-9]。利用“智慧城市”概念构建城市固体废物管理系统,即将物联网(Internet of Things)、云计算(Cloud Computing)、虚拟化和大数据(Big Data)等技术以“三网融合”形式构建智慧城市固体废物管理系统,促进城市固废产生、运输和处理,整个生命周期可智慧地感知、分析、集成和应对,从而实现

^{*} 厦门理工学院科学技术研究项目(YKJ13036R)。

收稿日期: 2015-06-30

管理决策的科学化和高效化,以更加精细和动态的方式管理城市固废。

1 智慧城市固体废物管理系统的需求分析

1.1 智慧城市固体废物管理的概念

城市固体废物管理是基于环保、经济、社会可接

受的目标,把固废流、固废收集和处理方式有机结合的决策过程。它涵盖固废生命周期的各方面,各环节内容复杂、相互联系,是一个系统性的工程。城市固体废物管理模型见图1。

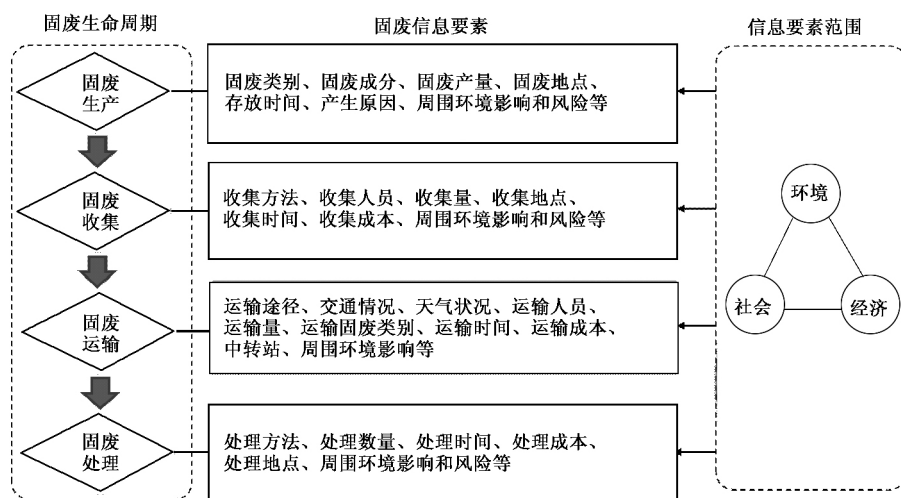


图1 城市固体废物管理模型

Fig. 1 The model of municipal solid waste management

固废的生命周期与各种信息要素相关联,这些关联要素可归为三类:环境因素、经济因素和社会因素。为科学有效地处理好关联要素之间的关系,智慧城市固体废物管理需要满足以下目标:

1) 固废管理的信息化。决策需要信息,城市固废管理涉及大量、多种、多源的信息,包括三类关联因素的信息。组织相关固废管理信息并建立集成的信息平台加以有效利用,实现固废管理的信息化,是智慧城市固体废物管理系统的基础。

2) 生活便捷化。城市固废管理系统的建立应使利益相关者生活更加方便快捷,需要复杂繁冗程序的系统不会被相关利益者接受,从而导致系统运行低效或失败。

3) 环境维护自动化。目前的环境维护过程缺乏互联互通,信息流通缓慢,导致效率较低。建立的城市固废管理系统使环境维护信息流通顺畅,便于相关的人员准确快速得到有关信息,可以实现环境维护自动化,提高适应性和效率。

4) 社会管理自动化。城市固废管理与固废生产者、收集者、运输者、交易者、处理者和周围居民等人员均密切相关。如何处理这些利益相关者的关系,平衡维护各方权益,是建立城市固废管理系统须解决的

重要课题。

智慧城市固体废物管理系统是以固废管理信息化、生活便捷化、环境维护自动化和社会管理自动化为目标,以物联网、云计算、虚拟化和大数据等新一代信息技术为手段的固废信息处理中心,目的是实现城市固体废物管理的智慧运行。

1.2 智慧城市固体废物管理系统的需求

良好的城市固体废物管理需考虑环境、经济和社会等多因素,尽力满足多方利益诉求。针对公众、企业和政府等不同的使用对象,智慧城市固体废物管理系统主要有以下需求,如表1所示。另外,从系统实施和运行情况角度看,还具有安全、稳定、可靠和经济等需求。

2 智慧城市固体废物管理系统的体系架构

根据智慧城市固体废物管理系统的建设目标和需求分析,其体系架构如图2所示。

2.1 基础设施层

基础设施层是智慧城市固体废物管理系统的基础硬件和软件运行环境,包含物联网基础设施(如GPS、RFID、各种传感器等)以及服务器、操作系统、数据库管理系统、网络硬件和网络协议等。物联网基础设施可实现固废源状态、固废转运站状态等的感知,

表1 智慧城市固体废物管理系统的主要需求

Table 1 The principal requirements of smart municipal solid waste management

使用对象	主要需求内容
公众 一般居民	固废收集点分布、固废分类、政府决策公众参与、科普教育、固废处理相关法规等
科研人员	科研数据和资料收集、案例研究、系统优化等
企业 固废产生企业	工业(危险)固废收集点分布、工业固废交换处置对接、危险固废处置企业、固废处理相关法规等
固废处置企业	固废处置统计数据、成本效益核算、技术评估、处置设施运行状况、固废处理相关法规等
政府 行政监管部门	固废收运及处理公共设施分布及运行状况、工业固废交换处置监管、危险固废处置监控、环保执法等
环评管理部门	环境影响评价资料收集、固废生命周期的环境影响管理等
决策规划部门	收运点分布规划、收运路线设计等辅助决策

获取固废生命周期的环境、经济和社会方面的信息要素内容。

2.2 虚拟资源层

虚拟资源层是利用物联网、信息物理系统(cyber-physical system, CPS)、计算系统虚拟化等技术,将基础设施层中的计算资源、存储资源、网络资源等软硬件资源形成虚拟资源池,降低物理资源和资源应用的强耦合依赖关系,以支持资源的按需使用及高可靠性、安全性、可用性、普适性的系统服务环境。

2.3 数据层

数据层作为固废信息要素内容的存储仓库,包括基础数据、GIS数据、业务逻辑、共享数据以及包含历史数据和城市固废管理系统运行数据的数据中心。其中,基础数据包括城市固废管理系统中的各种属性

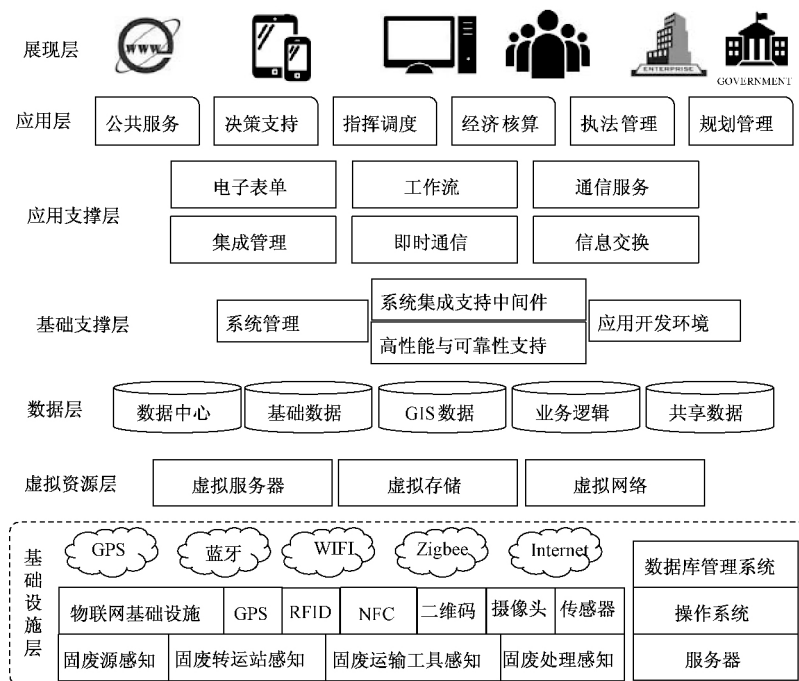


图2 智慧城市固体废物管理系统体系架构

Fig. 2 The systematic framework of the smart municipal solid waste management

数据以及用于相关服务功能的数据;各种属性数据如固废源类型、固废源编号、收运人员信息、收运车辆信息、固废处理企业信息等;用于相关服务功能的数据如人口数据、经济数据、收运处理成本、环境影响评价基础数据等。GIS数据包含系统相关的空间地理信息,如固废源分布点、收运车实时位置、收运路线等。业务逻辑是系统提供服务的规则和流程,包括领域实体(如固废收集点、医疗固废处理企业、热解气化焚烧炉等对象)、业务规则、数据完整性规则及工作程

序。共享数据是其他信息系统提供的数据,如环保行政部门提供的危险固废产生企业跨省转移信息、固体废物进口数据等。

2.4 基础支撑层

基础支撑层为系统的安全性、可靠性和高效性提供保障,通过虚拟资源的建模定义、封装/注册/发布、实例化和部署管理、智能搜索管理等技术实现虚拟资源的合理分配与自适应动态调度,以及提供信息系统的系统管理、应用开发环境、系统集成支持中间件、高

性能与高可靠性支持四项基础支撑。其中,系统管理包括系统安全管理、网络管理、监控调度管理及主机系统管理。应用开发环境为应用服务的开发提供软件开发环境(如 Java 和 .Net framework 等)。系统集成支持中间件为分布式应用软件在不同技术之间共享资源而提供平台和通信机制(如 XML、ODBC、JDBC 等)实现分布式应用之间的互连互通与互操作。高性能与高可靠性支持包括用于多目标多约束优化调度的动态优化管理、用于评估服务质量的 QoS 评价管理以及故障恢复与集群技术等。

2.5 应用支撑层

应用支撑层为智慧城市固废管理系统的应用软件提供辅助支撑,简化应用系统开发过程,提高开发效率,具体包括电子表单、工作流、通信服务、集成管理、即时通信和信息交换等。

2.6 应用层

应用层是系统的核心部分,通过数据交换和执行业务逻辑,实现系统的各种功能,提供包括公共服务、决策支持、指挥调度、经济核算、执法管理和规划管理等城市固废管理系统的多种服务,具体功能分析与设计见第 3 节。

2.7 展现层

展现层是通过互联网、移动客户端、APP 应用等多种媒介为公众、企业和政府直接展示呈现系统的服务内容。

3 智慧城市固体废物管理系统的服务功能

3.1 服务功能

智慧城市固体废物管理系统的主要服务功能如图 3 所示,可分为实时监控、基本属性查询、辅助决策和经济核算 4 个方面。其他功能如系统管理、系统权限和安全、相关科普和法规查询等在此不作详述。

3.1.1 实时监控

实时监控可以通过 RFID、GPS 等物联网基础设施获取固废收集点、收集车、运输车等城市固体废物管理系统相关设备的实时状态,是智慧城市固体废物管理系统运行的基础和重要功能。例如,在固废收集箱贴上 RFID 标签,通过 RFID 读写器可快速非接触地采集该固废收集箱内的固废类型、可纳固废量、上次收集时间、处置方式和处置单位等信息;采集的信息可通过 Zigbee 网络或 GPRS 网络传送到数据库或者云端。在固废收集车和运输车上安装 GPS 可获取车辆实时位置、运输轨迹和运输时间等信息。通过实

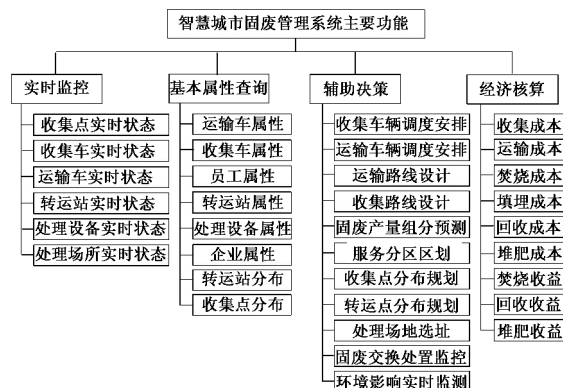


图 3 智慧城市固体废物管理系统的主要服务功能

Fig. 3 The main service functions of smart municipal solid waste management

时监控,可获得固废从产生、运输、计量、回收、出入站等全程监控和全过程数据资料,可有效防止固废遗失和不当处置。

3.1.2 基本属性查询

基本属性查询用于城市固体废物管理系统各组成(相关设备、设施、人员等)的基础信息查询。

3.1.3 辅助决策

辅助决策功能帮助城市固体废物管理系统的管理者科学、高效、低成本地做出相关决策,或为决策者提供参考资料和决策依据。辅助决策以城市固体废物管理系统底层基础信息、业务逻辑和数据分析为基础,在 GIS 和决策模型支持下,给出决策方案或模拟结果。例如,对于固废运输车辆调度,可根据底层的路况、运输路线、GPS 获取的车辆位置、RFID 获取的车辆状态(运输固废类型、容量、已纳量等),调用相应决策模型和算法(如经典的 VSP 模型^[10]、各种启发式求解算法),选择方法并在 GIS 的支持下安排合理优化的车辆调度方案。

3.1.4 经济核算

经济核算功能以相关价格、底层基础信息、固废作业流程与活动工作量、成本效益计算方法等为根据,用于城市固体废物管理系统的成本效益核算和成本管理,并可作为辅助决策的依据或决策模型的约束条件。

3.2 应用实例

以城市固体废物运输路线设计决策为例,介绍智慧城市固体废物管理系统的应用方法,如图 4 所示。

底层通过固废智能监测监控方案获得固废起点、转运点和运输终点等整个运输系统的实时数据,

