

俄罗斯智慧城市固体废物管理经验 及其对沈阳的启示

王秋菲,李思雨

(沈阳建筑大学管理学院,辽宁沈阳110168)

摘要:运用数字技术和人工智能提高城市固体废弃物的治理水平,探索中国特色的城市管理新路径,是智慧城市建设的重点任务。俄罗斯与中国在城市建设、经济发展等方面有许多相似之处,其城市固体废物管理经验对中国城市建设有重要意义。分析了俄罗斯城市固体废弃物的基本情况和改革历程,考察了俄罗斯在智慧城市建设过程中对城市固体废弃物的管理方法,总结其成功经验,并结合沈阳的现状,提出了沈阳智慧城市固体废物治理建议。

关键词:智慧城市;俄罗斯;固体废物治理;沈阳

中图分类号:X705

文献标志码:A

习近平总书记在十九大报告中着重强调“加强固体废弃物和垃圾处置”,把坚持“节约资源和保护环境”作为一项基本国策,强化社会的节能环保意识。与日俱增的城市固体废弃物的巨大体量与混合种类使其收集与处理极为困难,如何有效处理这一难点成为中国城市化进程中亟待解决的问题。党的十八大以来,习近平总书记多次在讲话中提出,要推进智慧城市建设,运用人工智能技术和设施来提高公共服务和社会治理水平。智慧建设的核心目标之一是实现城市的可持续发展,因此,固体废物管理是智慧城市整体建设中举足轻重的一环。沈阳作为东北重要的枢纽城市,应积极借鉴国际一流智慧城市的建设经验,提高固体废物治理水平。

俄罗斯正在积极推动智慧城市建设,根据瑞典IT公司Easypark的排名,莫斯科在世界500个智慧城市中排名第77位,特别是在

城市基础设施建设中的数字技术利用水平已经进入世界领先行列,超越了多伦多、东京、香港、巴塞罗那和悉尼^[1];在规模应用先进技术发展新商业模式指标中也居于世界前列。在安永的“世界大城市数字服务满意度评级”中,莫斯科进入前3名^[2]。俄罗斯国家技术和信息研究所评估结果则显示,在智慧城市建设方面,除了莫斯科和圣彼得堡之外,较有成效的还有喀山和叶卡捷琳堡^[3]。

从2019年起,俄罗斯建设和住房公用事业部在国家项目“数字经济”和“住房与城市环境”框架内开始实施智慧城市项目,计划在2024年前建设18个智慧城市,将投入3600亿卢布用于建设智慧城市的各项基础设施^[4]。本研究考察俄罗斯智慧城市建设中固体废物管理的做法和经验,以为沈阳市推进智慧城市建设提供参考。

一、俄罗斯城市固体废弃物的分类和组成

俄罗斯城市固体废弃物管理最显著的特点是根据废弃物毒性对环境的影响来划

表 1 俄罗斯城市固体废弃物分类系统

等级	有害程度描述	废弃物项目示例	国际定义
1	非常危险	含汞的荧光灯、被汞污染的活性炭和烯、硫化物	有害
2	高度危险	浓酸、碱、卤化溶剂、铅酸电池、干电池等	
3	中度危险	U 型润滑脂、油性污泥和抹布、废油滤料、非卤代溶剂、油漆废料	
4	轻度危险	生活垃圾、有色金属废料、某些化学药品、某些建筑垃圾、已处理污水污泥、处理过的医疗废弃物、水性钻井泥浆等	无害
5	几乎无危险	塑料、黑色金属垃圾、惰性建筑垃圾、食物垃圾、草木、未经处理的垃圾	

根据俄罗斯环境保护的相关条款,第 1 等级的部分有害废弃物、第 4 等级中经过批准的所有有害废弃物等同于城市固体废弃物,可以进行掩埋处理。根据俄联邦自然资源利用监督局的数据,该国每年产生 50 ~ 70 亿 t 废弃物,城市固体废弃物占有所有废弃物的 1% ~ 2%,2017 年共产生城市固体废弃物 2 774 000 000 m²[6]。俄罗斯 90% 以上的废弃物被填埋。全国共有 1 000 个城市固体废弃物填埋场,15 000 个授权和 17 000 个未经授权的填埋场,以及 13 000 个未经批准的废弃物处理场,总面积达 400 万 hm²[7],其中,废弃物填埋场面积每年增加 30 ~ 40 万 hm²。此外,目前 50% ~ 70% 的基础设施已经过时,而很多正规的废弃物收集服务并没有延伸到俄罗斯的小城镇和乡村[8]。俄罗斯城市固体废弃物的组成如图 1 所示。

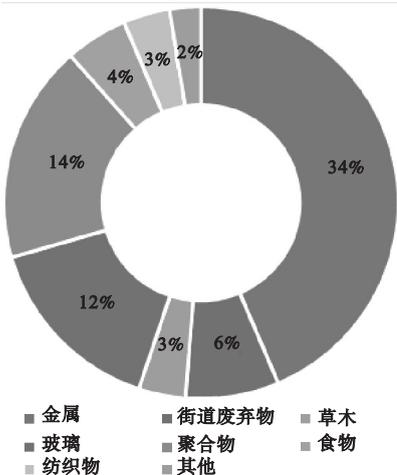


图 1 俄罗斯城市固体废弃物的组成

分等级[5]。固体废弃物共分为 5 个等级,从等级 1 到等级 5 废弃物毒性逐渐降低,第 4 等级和第 5 等级为无害废弃物,而国际上仅将废弃物简单分为有害和无害两类(见表 1)。

俄罗斯与欧盟 27 国城市固体废弃物处理的比较分析如图 2 所示,俄罗斯与欧盟 27 国相比,城市废弃物回收利用率较低。在莫斯科,大部分的城市固体废弃物未经初步分类就被丢弃在露天填埋场[9],而欧盟 27 国平均约有 40% 的垃圾是作为可重复使用的材料回收[10]。俄罗斯目前只有 4% 的固体废弃物作为能源回收,96% 的固体废弃物直接处理[11]。

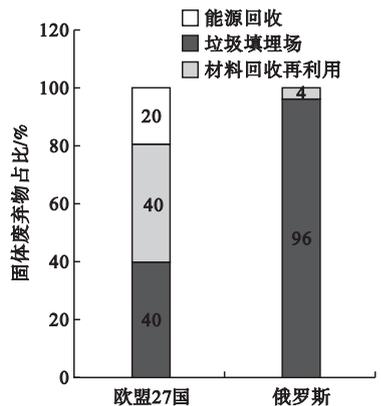


图 2 俄罗斯与欧盟 27 国城市固体废弃物处理情况比较

二、俄罗斯城市固体废弃物管理改革的演变发展

苏联解体后,俄罗斯开始进行一系列改革以解决城市固体废弃物管理问题,改革主要分为 3 个阶段进行。

1. 固体废弃物管理改革第一阶段 (1996—2003 年)

第一阶段改革的任务是建立城市固体废弃物管理和技术框架,为各级政府提供可以

在废弃物管理过程中执行的统一的国家政策。1998 年,俄罗斯通过了关于废弃物产生和处理的《89-FZ 法案》^[12]。该法案的颁布将固体废弃物管理纳入法律层面。俄罗斯通过建立废弃物登记的制度,掌握了所有合法废弃物贮存场所中的废弃物信息。该阶段改革方案的执行费用 80% 由政府支付,20% 由销售回收废弃物获利的企业负担。但是,由于缺乏对改革的支持,这一阶段的改革目标并没有完全实现。

2. 固体废弃物管理改革第二阶段 (2004—2018 年)

2004 年开始,俄罗斯废弃物管理进入了第二阶段。这一阶段改革中,政府采用了不同于第一阶段的做法,将固体废弃物管理的责任下放给地方政府,试图依靠地方问题自治推动总体改革。由于地方政府缺乏财政资源、经验和投资机会,并不能建设和改造解决问题所需的基础设施。此外,由于 2008 年废除了非危险类废物强制性许可证制度,导致 2009—2014 年,俄罗斯垃圾填埋场的处置量几乎翻了一番,从 1.512 亿 m³ 增加到 2.843 亿 m³。2010 年俄罗斯修改了《89-FZ 法案》,

引入了加工、分类、回收废弃物以及为此建立基础设施的相关条款。2016 年,实施许可证和生产者责任制度,要求开展与废物收集和处理有关的任何活动都要获得相关部门的批准,生产、包装货物的公司应独立从事加工或向国家支付环境费。

3. 固体废弃物管理改革第三阶段 (2019 年至今)

2019 年俄罗斯开始进行第三阶段的改革,这一阶段改革的关键是建立智能化的城市固体废弃物管理系统。联邦政府修订了《N503-FZ》法令中关于产生和处理废弃物的联邦法律和俄罗斯联邦的独立法律行为的条款,允许莫斯科和圣彼得堡(二者被推迟到 2022 年执行)外的区域经营者采用各种方法处理固体废弃物。此外,强调了大数据在废弃物管理过程中的作用^[13]。例如:创建废弃物管理电子地图,标明了所有的场地——填埋场、堆放场和加工厂;垃圾处理车要配备带有全球轨道交通系统的追踪器;废弃物在填埋场进行分拣处理要签电子合约并以电子支付方式结算。3 个阶段改革的主要内容如表 2 所示。

表 2 俄罗斯城市固体废弃物管理改革的演变

时间	联邦政府政策	地方政府措施	局限性
1996—2003 年	制定最基础的废弃物收集与处理的法规	没有特定版本	废弃物管理仅限于对固体废弃物的收集和填埋处置
2004—2018 年	制定国家废弃物回收和环境保护政策法规;重点发展基础设施	将固体废弃物管理责任下放到市级	没有结构性的政策;投资不够;企业和人力资源的作用很小
2019 年至今	废弃物管理从一种单一的工具转向一种概念,重点是回收,而不是填埋	区域经营者有权控制整个处理过程并自行选择废弃物管理方法	对企业的激励仍然不足;单独收集家庭废弃物的基础设施不足

2019 年启动的俄罗斯固体废弃物改革具有如下特点:①从全寿命周期角度进行城市固体废弃物管理;②鼓励运用二次资源进

行生产;③实施城市固体废弃物分类计划;④建立生态工业园;⑤建立废弃物核算的国家信息系统(见图 3)。



图 3 俄罗斯“2030 年之前废物分类、回收和处理工业发展战略”的废弃物管理规划

2019 年开始,俄罗斯逐步利用现代科学技术优化废弃物管理政策,全面升级转型智慧城市固体废弃物管理系统,预计到 2025 年

45% 的废弃物可以被回收利用,2 亿 t 的城市固体废弃物可以被回收作为原料和能源的替代物,而不是直接被掩埋^[14]。

三、俄罗斯城市固体废物治理方法和经验

1. 以人和企业为治理核心,提升利益相关者的参与度

人力资本是智慧城市建设的驱动力,因此,俄罗斯在新一轮城市固体废物改革中将人和企业放到了核心地位,主张各项技术不仅要提升固体废物治理效率,还要满足俄罗斯公民和企业的需要。

俄罗斯通过监测城市大气污染发现工业企业、汽车运输、城市固体废弃物的回收是空气污染的主要来源,因此,应采用智能技术和引导居民、企业行为的方式治理城市固体废物。俄罗斯政府在制定城市固体废物管理政策之前,会广泛征求技术专家、公共服务机构和公民对废弃物管理的要求和建议。为了方便居民参与讨论,还创建了智慧公民网络,采用多种方式邀请不同城市的居民参与政策讨论并由此产生新的思路。

2. 发展新一代信息技术,提高城市固体废物治理能力

智慧城市理念下的城市固体废物管理系统的显著特点,就是借助第四次工业革命出现的信息技术收集、整理、分析固体废弃物的信息,提高废弃物管理水平。在这种背景下,俄罗斯开始致力于发展物联网、大数据等新一代信息技术。由于存在投资回报不确定、相关行业标准缺失等问题,以全球视角对标国际来看,俄罗斯物联网的发展刚刚入门,仍然处于初始阶段。俄罗斯自2015年开始实施“国家技术倡议”项目,在该项目的支持下,工业和贸易部制定了物联网发展路线图,致力于制定物联网发展标准和监管框架。麦肯锡全球研究院预测到2025年俄罗斯物联网规模将达到约210亿美元,俄罗斯占世界物联网的份额约为0.52%。2018年,俄罗斯总统普京在年度国情咨文中指出,俄罗斯目标是通过改革和发展成为大数据存储领域的领军人物。自此,俄罗斯大数据市场以每年12%的速度递增,2019年市场规模达到

450亿卢布。大数据市场应用的不断扩大,必将促进城市固体废物管理的智能化。

3. 绿色与智能理念相融合,探索城市固体废物治理的关键点

绿色和智能都是城市可持续发展的关键点,因此,许多学者将二者融合起来研究城市环境治理问题^[15](见表3)。

表3 智慧城市和绿色城市的共同元素

共同元素	具体内容
再生能源	提高自然资源利用效率
绿色建筑	保护和养护城市生态系统
可持续交通	通过使用数字技术改善环境状况
水管理	适应气候变化的智慧管理系统
垃圾管理	通过使用数字技术提高环境评估的质量和可靠性
土地管理	通过使用数字技术减少日常活动和对紧急情况响应时间

俄罗斯将绿色理念融入城市固体废物治理,试图利用绿色屋顶、绿色外墙、绿色线性走廊美化城市卫生环境,提高公民的生活质量。俄罗斯城市绿色和智慧建设主要有以下几个关键点:①最大限度地减少大气排放,使用生态运输保持空气清洁;②建立一个完整的家庭和工业废弃物处理系统,减少需要掩埋的废弃物数量;③利用废弃物处理过程产生二次材料和能源,实现不可再生资源保护;④创建绿色区域,减轻环境污染、严寒气候影响和城市热岛效应。通过这些方式,俄罗斯政府为城市固体废弃物的管理营造了良好的社会氛围,为今后相关政策的实施所必备的社会条件做好了前期铺垫。

4. 引导非营利组织推广信息和废弃物处理技术

智慧城市建设通俗的说法是智慧的人用聪明的方法解决城市运行过程中出现的问题。因此,提高居民的文化素质和相关专业技能是智慧城市建设的核心。相较于欧洲的主要国家,俄罗斯居民使用数字技术的能力还相对落后(见图4)。

为了提高居民使用信息技术的能力和宣传城市固体废物处理的理念,俄罗斯的企业、非营利组织以及媒体负责向利益相关者宣传废弃物管理工具、原则、方法以及教授相

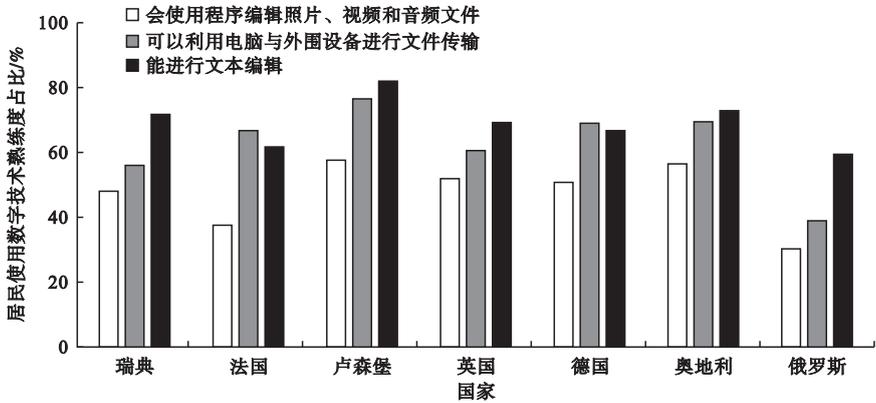


图4 俄罗斯与欧洲主要国家居民数字技能比较

关设备使用方法。同时,明确教育工作者有责任使用最新的信息和相关培训工具,提高利益相关者的知识和技能水平。例如,俄罗斯一个名为“俄罗斯协会”的非营利组织,其成立的目的是促进俄罗斯循环经济的发展,探索具有别样民族风情和文化的废弃物分类收集方式。该组织还帮助废弃物收集系统找到潜在合作者。相关资料显示,2019年,该协会帮助会员处理了21.1万t的废弃物。此外,协会还开展了宣传和教育活动,提高个人和企业对废弃物处理重要性的认识,提高其环境方面的社会责任感。

5. 大型企业参与废弃物治理,从价值链角度实现废弃物循环利用

城市固体废物系统中涉及的利益相关者包括政府、企业和居民。企业在管理系统中的作用非常重要。俄罗斯最大的垂直一体化石油化工企业 Public Joint Stock Company SIBUR(以下简称为“SIBUR”)将减少环境污染作为自己的战略目标,并实施“绿色之翼”,将3R(reduce 减量化, reuse 再利用和 recycle 再循环)原则引入整个价值链管理。

SIBUR公司除在价值链中应用3R技术外,还积极支持和参与俄罗斯废弃物管理改革。SIBUR公司参加了俄罗斯公益项目“Sort It Right”,致力于推广“居民妥善处理固体废物活动”,通过社交网络、博客圈和大众媒体支持莫斯科安装容器和自动机器以单独收集固体废弃物的倡议,与托博尔斯克综合科学站联合开发循环经济移动应用程

序。SIBUR公司还特别关注一些旨在提高儿童和青少年环境意识和环境责任的项目,为学生举办关于循环经济的讲座,在俄罗斯主要电视频道播放废弃物处置的节目。大公司参与废弃物管理,有效提高了治理效率,同时也节约了政府在废弃物管理中的预算。

四、对沈阳智慧城市固体废物管理的启示

1. 重视智慧城市建设中的固体废物管理

随着城镇化进程的加快和居民生活水平的不断提高,沈阳城市固体废弃物的数量快速增长,固有的城市固体废物管理模式无法妥善处理废弃物污染问题,必须采用新的技术和新的模式加强固体废弃物的管理。俄罗斯城市固体废物管理经验表明,依靠数据分析来进行科学管理是更为行之有效的办法。

目前,沈阳信息化建设已经取得了突出的进展,基本达成了全市数字化建设目标,暂时位于智慧城市建设的整合化的初始阶段。以信息社会指数作为基本衡量指标,2015年,沈阳在全国26个省会城市中排名第9,总体位于国内中上水平。虽然沈阳软件园等众多高科技信息化产业园区积累了大量的数据资源,但对标国际,沈阳市政府数据公开与可视化建设仍相对滞后,部分数据更新不及时。目前,沈阳城市固体废物管理的现状与循环经济的愿景相去甚远。同时,沈阳智慧城市建设的过程并没有充分考虑城市固体

废弃物治理的相关问题。《沈阳市智慧城市总体规划(2016—2020年)》所列的37个项目中并没有提及城市固体废物治理的相关问题。因此,在未来智慧城市发展进程中,要重视城市固体废物管理的信息化建设,利用相关平台,收集、整理、分析城市固体废物物的相关数据,为科学决策提供有力的支撑。

2. 引导大型企业参与投资废弃物处理和回收利用活动

城市固体废物治理是一个多方参与的过程,单凭政府的力量不能解决全部问题,必须调动利益相关者的积极性,让他们主动地参与其中。沈阳有许多大型制造业和科技型企业,应积极鼓励他们参与到废弃物治理技术的研发和推广中。沈阳市的科技部门可以设立科技专项基金,用于鼓励大型企业研发废弃物处理和回收利用技术,如果该技术能在社会上推广,就可以在一定范围内给予税收优惠。此外,还应鼓励企业积极与媒体合作,有针对性地举办面向公众、企事业单位、各级学校等不同群体的城市固体废物处理和利用的创新创意竞赛、科普宣传等活动,对于影响面大、效果好的活动政府可以考虑提供资金支持。对于不参与城市固体废物处理和利用活动的企业,可以建立底线惩罚机制,在其申请银行低息贷款、财政补贴、税收优惠时不予考虑。

3. 加强智慧型废弃物产业基础设施建设,完善信息化产业发展机制

目前,沈阳市废弃物处理还是以掩埋为主,这种处理方式不仅不能有效回收利用资源,也将成为未来城市发展的制约因素。应以智慧城市建设为契机,建立废弃物处理信息化平台,掌握废弃物的详实信息,实施全过程管理。同时,要扶持相关产业,利用物联网技术、人工智能技术优化固体废物处置工艺流程和技术,为固体废物中的有用资源得以有效回收利用提供技术支持。城市固体废物处置产业的市场前景非常广阔,因此,沈阳市政府应不断完善该产业的发展机制,从人才和技术两个方面加大投入,不断拓宽

其市场发展渠道,改良资源配置,优化资源结构,以此不断拉动产业稳中向好发展。

4. 研发智慧城市固体废物管理平台,让居民参与治理活动

居民个体若积极参与城市固体废物处理,会给其他个体和整个社会带来正面影响,反之,则会带来消极影响。许多居民认为城市公共服务项目与己无关,但是公众参与理论认为,公众参与能够直接改善环境治理效果。一般来说,公众参与环境治理的方式有两种:一种是通过改变自身环保行为来改善周边环境;另一种是通过政府或媒体网络反馈等渠道表达自身的环境诉求。目前,沈阳市并没有相关的制度来鼓励居民参与废弃物的治理活动。居民无法参与治理的主要原因有两个:一是居民并不了解如何以环保的方式处理废弃物;二是居民没有途径反馈自己对废弃物管理的诉求。沈阳市目前正在建立电子政务平台,可以考虑在平台建设中增加固体废物管理的相关内容,进而使居民通过了解固体废物处理技术及相关设备的使用方法,来提升环保意识和认知程度,还可以向政府表达自己对废弃物管理的诉求,从被动接受管理转为积极参与治理。

五、结 语

研究回溯并总结了俄罗斯城市固体废物管理的改革历程和具体做法,为沈阳智慧城市建设中固体废弃物的管理提供了有益的启示,对城市治理与发展具有一定现实意义。尤其是在大力加强环境保护与智慧管理的政策背景下,研究智慧城市固体废物管理的发展方向和建设要点既响应了政策号召,也为沈阳智慧城市建设提供了依据和参考。

参考文献:

- [1] 高际香. 俄罗斯数字经济发展与数字化转型[J]. 欧亚经济, 2020(1): 21-37.
- [2] 王凤毓, 范钰彬, 赵新月, 等. 发达国家的垃圾分类管理体系对我国生态文明城市建设的影响[J]. 环境与发展, 2019(7): 230-231.
- [3] SANKOH F P. Understanding solid waste

- management practices in developing countries; from waste disposal to recovery of resources [J]. *American journal of environmental protection*, 2020(3):44-48.
- [4] FEDOTKINA O, GORBASHKO E. Circular economy in Russia: drivers and barriers for waste management development [J]. *Sustainability*, 2019(11):28-34.
- [5] ARKHAROV, SIMAKOVA I A, NAVASARDYAN E N. Landfill gas as feedstock for energy and industrial processes [J]. *Chemical and petroleum engineering*, 2016(5):7-8.
- [6] RATHORE P, SARMAH S P. Economic, environmental and social optimization of solid waste management in the context of circular economy [J]. *Computers & industrial engineering*, 2020(145):60-65.
- [7] MINGALEVA Z, VUKOVIC N, VOLKOVA I, et al. Waste management in green and smart cities: a case study of Russia [J]. *Sustainability*, 2019(1):52-66.
- [8] CHEN L, WANG C X. Green development assessment of smart city based on PP-BP intelligent integrated and future prospect of big data [J]. *Acta electronica malaysia (AEM)*, 2017,1(1):1-4.
- [9] STAROSTINA V, DAMGAARD A, ERIKSEN M K. Waste management in the Irkutsk region, Siberia, Russia; an environmental assessment of alternative development scenarios [J]. *Waste management & research*, 2018(4):373-385.
- [10] ANDREY V, VASILYEV, BYKOV D E. System of waste management and its implementation in samara region of Russia [J]. *Safety of technogenic environment*, 2015(1):52-55.
- [11] 初冬梅. 绿色经济: 俄罗斯的认知与行动 [J]. *欧亚经济*, 2020(2):44-59.
- [12] VUKOVIC N, POBEDINSKY V. A study on green economy indicators and modeling: Russian context [J]. *Sustainability*, 2019,11(17):26-29.
- [13] 笄可宁, 李梦林. 应急管理视角下的城市韧性评价研究: 基于辽宁省14个城市的面板数据 [J]. *沈阳建筑大学学报(社会科学版)*, 2020, 22(6):595-603.
- [14] 黄建, 冯升波, 牛彦涛. 智慧城市对绿色低碳发展的促进作用研究 [J]. *经济问题*, 2019(5):122-129.
- [15] YIGITCANLAR T, KAMRUZZAMAN M. Does smart city policy lead to sustainability of cities? [J]. *Land use policy*, 2018, 73:49-58.

Experience of Urban Solid Waste Treatment in Russia under the Concept of Smart City and Its Enlightenment to Shenyang

WANG Qiufei, LI Siyu

(School of Management, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China)

Abstract: It is an important and key task for smart city construction to use digital technology and artificial intelligence in order to improve the level of municipal solid waste management and explore the new path orientation of urban management with Chinese characteristics. There are many similarities between Russia and China in urban construction, economic development and so on, so the experience of municipal solid waste management is of great significance to China's urban construction. This paper analyzes the basic situation and reform process of Russian municipal solid waste, investigates the practice of Russian municipal solid waste management in the process of smart city construction, and sums up its successful experience. On this basis, combined with the present situation of Shenyang, the paper puts forward some suggestions on the treatment of municipal solid waste under the background of the construction of smart city.

Key words: smart city; Russia; solid waste treatment; Shenyang

(责任编辑:高旭 英文审校:林昊)