

城市管理

科技信息简报

2023 年第 6 期

广州市城市管理技术研究中心

2023 年 6 月 28 日

本 期 要 目

- ◆ 华南城市生活垃圾热值估算模型分析
- ◆ 厨余垃圾处理工艺选择与实施建议
- ◆ 某高龄期大型垃圾填埋场环境调查浅析
- ◆ 建筑垃圾如何资源利用高效化
- ◆ 探索城市燃气安全隐患管控新模式
- ◆ 深圳提供生活垃圾集约化处置经验
- ◆ 全国首家沪上学校发布校园垃圾分类标准

目 录

垃圾分类

- 全国首家沪上学校发布校园垃圾分类标准 1
- 温岭“物业+”模式助力小区垃圾精准分类 4

技术前沿

- 厨余垃圾处理工艺选择与实施建议 8
- 建筑垃圾如何资源利用高效化 19
- 深圳提供生活垃圾集约化处置经验 24

智慧城管

- 足不出户一键缴费 广东首推“智慧环卫收费系统” 29
- 探索城市燃气安全隐患管控新模式 33

研究动态

- 华南城市生活垃圾热值估算模型分析 39
- 某高龄期大型垃圾填埋场环境调查浅析 48

全国首家沪上学校发布校园垃圾分类标准

让经过分类的垃圾在孩子眼前变废为宝，并让他们亲手体验垃圾分类并得到认可，是校园推进垃圾分类的有效方式。经过近4年实践，上海市七宝实验小学近日发布一系列垃圾分类标准，这是全国首个由学校发布的校园垃圾分类标准体系。

正确分类换星星

据了解，该标准体系包含可回收物站点设施配置导则、垃圾分类“绿色积分”设置指南、垃圾分类积分奖励兑换指引、校园常见可回收物/有害垃圾/干垃圾投放指南、低年级/高年级垃圾分类教育课程设计导则、校园垃圾分类学习评价导则等多项标准。这些标准均是在七宝实验小学实施了多年的垃圾分类规则的基础上归纳提炼所得。

在七宝实验小学上海校区可以看到，面向校门不远处有一个柠檬黄色的“集装箱”，这其实是一处可回收物和有害垃圾的集中投放点。“集装箱”的5扇窗户按周一到周五的顺序依次排列，上面注明了每天可以投放的垃圾种类：周一废旧织物、周二废纸张、周三废塑料、

周四废金属和玻璃、周五纽扣电池或充电电池等有害垃圾。从2019年秋季开学至今，这个“集装箱”始终坚持这一分类标准。四年级的沈歆好今天带来几件换季后不需要的衣物，交给值守的家长志愿者后，在积分卡上敲上1颗星星。

“每天把分好类的垃圾送过来，可以敲1颗星星，集齐100颗，就能换1颗金色星星啦！”沈歆好说，整个学期每天坚持垃圾分类，就能有1颗金色星星，可以兑换学习用品或很抢手的课外实践活动名额，又或者以自己的名义给校园里的绿植挂牌，甚至和校长单独共进早餐，代表学生提问提建议。

更认同分类意义

根据《上海市生活垃圾管理条例》，上海生活垃圾按照“四分类”标准，分为可回收物、有害垃圾、湿垃圾、干垃圾。

但在七宝实验小学大上海校区，可回收物不仅要进一步细分，还要按照要求预处理，比如废旧织物要洗净晾干，折叠整齐，用绳子扎好，不应把扣子和拉链拆掉，又比如PET塑料瓶应拧开瓶盖，倒光瓶内液体，冲洗一下，和瓶盖一起放在透明或半透明的塑料袋内。

为何学校要多此一举？上海市七宝实验小学校长王瑾表示，生活垃圾的具体分类标准，会根据经济社会发

展水平、生活垃圾特性、处置利用需要等进行调整，虽然目前上海实行“四分类”，但参考国内外先进经验，经过一段时间的发展，生活垃圾进一步细分种类投放是主流趋势。

“我们发现，‘四分类’虽然比较容易记忆和掌握，但对孩子们来说，更精细化的分类更能促进他们对垃圾分类意义的认同。”王瑾说，只有按照要求预处理而且是当天能够回收的种类，“集装箱”才会收，否则孩子们辛辛苦苦带到学校的垃圾会被拒收，这样做是为了强化一个概念：只有正确分类和预处理的垃圾才能“变废为宝”，才有价值。也就是说，正确分类和预处理垃圾是有道理有意义的，这样的教育比刻板宣贯法律和空喊意义更深入人心。

更容易复制推广

在学校东北角的餐厅外侧，记者注意到一套湿垃圾处理系统。据介绍，这套系统每天可“吃”下500公斤湿垃圾，通过微生物菌群分解湿垃圾，分解出达到国家排放标准的水、油和少量粉状固体废弃物。废水通过城市污水管道排放，废油可以制作生物柴油等，固体废弃物则作为肥料种植绿化。经过这套系统处理后，湿垃圾的减量率可达90%到95%，也就是说，一袋纯净度较高、约1公斤重的湿垃圾扔进机器，最后只产生50克到100

克的肥料，用来滋养学校湿垃圾科普展示区内的绿植，也可以奖励积极参与垃圾分类的学生，让他们带回家种花种草。引入湿垃圾处理设备的目的和设置“集装箱”相似，也是为了让孩子近距离接触垃圾变废为宝的全过程，强化正确分类的价值，让他们认同分类的意义。

“目前这一标准尚处于企业标准等级，我们正在采集、分析更多上海校园在垃圾分类方面已有的试点经验，以此为基础，推进校园相关团体标准的制定。”上海市企业绿色发展联盟副秘书长李伟表示，将一个学校的垃圾分类规则上升为标准，更有利于复制推广，未来，上海各行各业在垃圾分类领域的先进经验都可以通过制定标准等方式“走出去”。

链接：<https://www.163.com/dy/article/I6ITHAS60539CFZW.html>

温岭“物业+”模式助力小区垃圾精准分类

为破解物业小区垃圾分类难题，2018年起，浙江省温岭市积极探索创新，将垃圾分类工作与“物业革命”相结合，把物业主导作用贯穿于小区垃圾分类工作始终，

促使其成为小区垃圾分类全链条体系的核心一环，成功打造出“政府引导、物业为主、市场参与、宣教推动、执法跟进”的“物业+”垃圾分类模式。截至目前，全市参与垃圾分类的物业服务企业共有 64 家，有 3000 余名物业服务人员成为垃圾分类督导员，辐射 223 个小区，服务家庭 8.7 余万户，全市小区 100% 实现“撤桶并点、定时定点”模式，垃圾分类知晓率 99.8% 以上，参与率 100%，分类准确率 90% 以上。

建立长效机制 为“物业+管理”添动力

一是优化顶层设计。在浙江省率先出台《市物业管理区域垃圾分类管理工作实施方案》，确定“物业为主、执法跟进”的物业小区垃圾分类模式，明确由物业企业牵头，借助其成熟的运营模式、人员体系和沟通渠道，做好小区生活垃圾分类设施建设维护、宣传督导等工作。目前，全市物业小区垃圾分类督导员队伍达 3000 余人。



二是明确奖罚激励机制。依托省物业服务企业信用等级评定平台，落实物业企业的垃圾分类责任，将垃圾分类成效纳入企业信用评分依据，调动物业服务企业参与垃圾分类的工作积极性。明确奖补政策，分层次对物业服务小区、督导员进行资金奖补，以“小资金”撬动社会资本对垃圾分类的大投入，最大限度发挥奖补投入的“几何效应”。截至2022年，共12家物业服务企业获得信用加分，成功创建省级高标准垃圾分类示范小区达51个。

强化源头管控 为“物业+监管”增底气

一是构建多维宣教督导体系。线上，物业通过APP或业主微信群以及其他渠道，将每日分类投放、分类运输等情况及时推送，并公示“红黑榜”评比结果，促进垃圾分类入脑入心入行。线下，组建物业督导员队伍，吸纳小区业委会成员、楼道长、业主代表、社区工作者等组建志愿队伍，定期开展垃圾分类宣传志愿活动，发挥物业酵母作用，协助打通生活垃圾分类最后100米，确保每位业主知晓并主动践行垃圾分类。目前，累计开展小区垃圾分类专题讲座500余场，志愿服务活动1000余次，发放宣传册10万余份，垃圾分类知晓率超99.8%，参与率超95%，准确率超90%，环境品质、社会满意率、美誉度显著提升。

二是健全三级监管机制。物业定期根据业主垃圾分类准确率以“红黑榜”形式予以公示，开展垃圾分类优秀业主评比、积分兑换等活动，激励业主自觉践行垃圾

分类；镇街、村居、社区每月对物业进行督考，对督导员工作成效进行排名，并进行分层次奖励。执法部门严格执法，不定期对物业服务企业是否履行住宅小区垃圾分类管理责任进行执法检查，依法依规对劝导无效的业主、物业企业、第三方运输处置企业等进行处罚，截至2023年4月，共办结物业企业、小区业主未做好垃圾分类相关案件1500余起。



三是数智化赋能垃圾分类。建设可追溯的投放体系，以智能桶数据、督导员APP录入等方式结合投放点位AI相机，对业主投放行为数据实时采集，实现投放数据留痕，根据积分标准，实现投放行为的积分兑换。截至目前，已接入垃圾投放点视频监控182个，实现分类智慧指导、优化。

链接：<https://www.hbzhan.com/news/detail/162172.html>

厨余垃圾处理工艺选择与实施建议

厨余垃圾处理和资源化利用是当下垃圾分类和处理过程的难点和痛点，本文从行业背景、工艺路线、厌氧消化方案、生化处理机方案等方面，对此问题进行了综合比较和分析，并提出了实施建议，可供参考和借鉴。

一、背景

(一) 厨余垃圾的概念和特征



(二) 厨余垃圾的专业分类

2019年发布的最新《生活垃圾分类标志》(GB/T19095-2019)调整了厨余垃圾的概念，将厨余垃圾细分为家庭厨余垃圾、餐厨垃圾、其他厨余垃圾三类。

为简化名称，此文后面统一称家庭厨余垃圾和其他厨余

垃圾为厨余垃圾，餐厨垃圾仍称为餐厨垃圾。

(三) 厨余垃圾的基本特点

餐厨垃圾



- 1、成分以易腐有机质为主
- 2、含水率很高、熟食比例高
- 3、油脂及盐分含量高
- 4、含有一定的杂质

厨余垃圾



- 1、成分以果蔬垃圾为主
- 2、含水率较高、生食比例高
- 3、品质高，杂质含量较少

(四) 厨余垃圾处理的痛点和难点



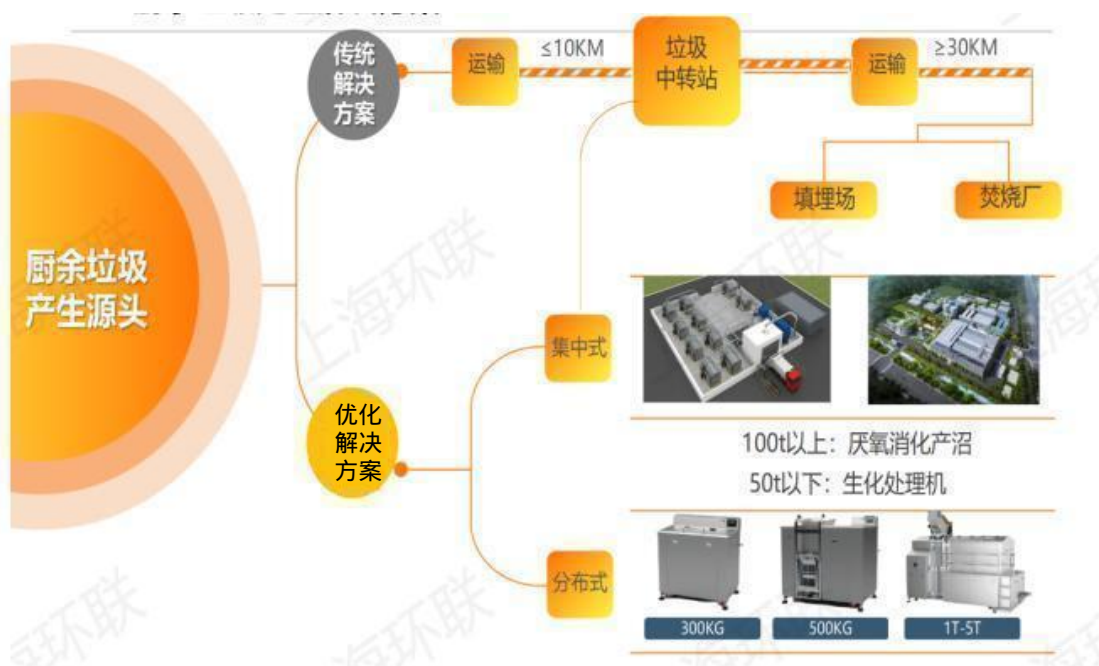
二、工艺路线

(一) 厨余垃圾工艺比选

工艺技术		生化处理机	好氧堆肥	厌氧消化	高温水解
处理周期		1~7d	15~28d	20~45d	24h
项目建设要求	选址	分布式就地处置,运行无噪音,无异味,设备占地小	需避开居民密集区	需避开居民密集区,项目处理量50T起	需避开居民密集区,处理量10T起
	占地面积	极小	大	大	中
	土建	无	有	有	有
	设备投入	30万~50万/吨	30万~40万/吨	60万~80万/吨	35万~50万/吨
	配备条件	根据不同物料/简易水处理	垃圾压缩转运、渗滤液处理、除臭系统、添加辅料	沼气发电或提纯、渗滤液处理、除臭系统、垃圾压缩转运	垃圾压缩转运、高温蒸汽、180~200度高温,密闭式热反应器
环境影响	气味	无	严重	有	无
	有害气体	无	有	无	无
	卫生	优	差	优	优
消耗	水	中	多	多	少
	电	低	高	中	极高
	转运	无	有	有	有
	菌种	0.1~1年/次	1批/次	无	无
	人工	低	高	高	高
	车辆	无	有	有	有

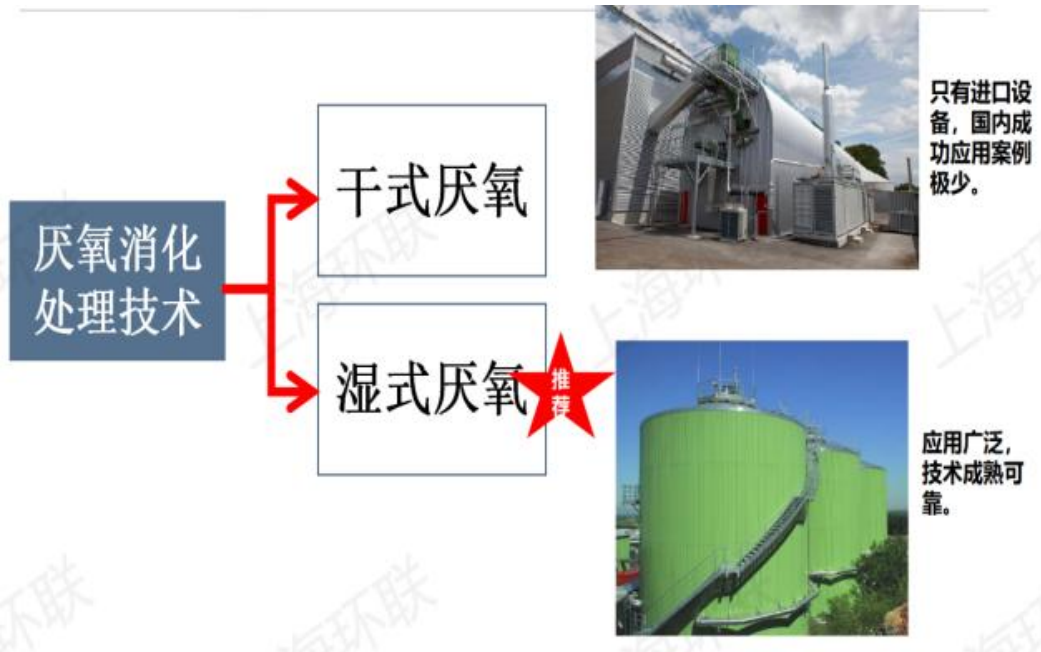
工艺技术		生化处理机	好氧堆肥	厌氧消化	高温水解
	产出物	水、固渣	60%有机肥、渗滤液、臭气	沼气、沼液、沼渣	水、固渣
二次处理	固相	极少量固渣	肥料	沼渣	污泥
	液相	生化性	污水	沼液	无
	气相	少量二氧化碳、氨	氨氮、二氧化碳、硫化氢	沼气	沼气、氢气、二氧化碳、氨氮、硫化氢
缺点		更多的小型选址建设、需要具备适宜的水电配套。	堆肥处理周期较长、占地面积大；卫生条件相对较差，渗滤液处理成本高；堆肥无法降解餐饮中的油脂和盐分，长期使用。	初期投资大，设备安装调试运行要求高。需要大量蒸汽或蒸汽源，否则产生的沼气大量用于产生蒸汽而非资源化。	厨余垃圾含水率高，热解前期需要消耗较多外部能源，水蒸气和可燃的热解蒸汽共存，严重降低热解燃气的热值和可使用价值。

(二) 厨余垃圾处理解决方案

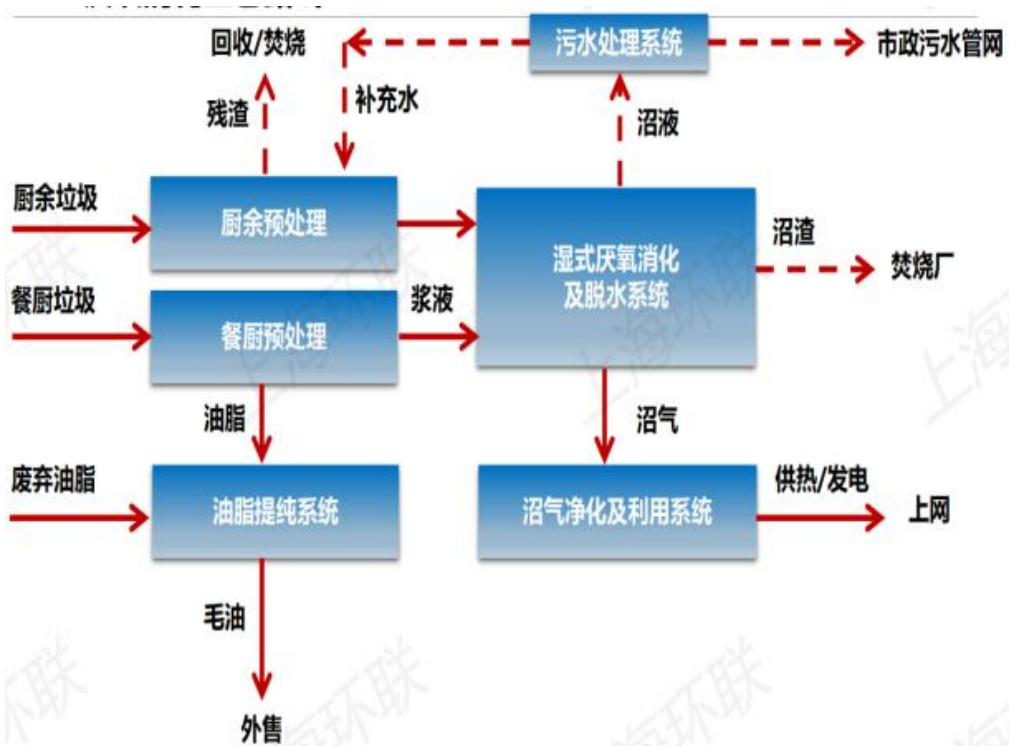


二、厌氧消化方案

(一) 厌氧消化工艺选择



(二) 厌氧消化工艺路线



(三) 参考经济指标

序号	项目	单位	老港湿垃圾	松江湿垃圾	浦东黎明二期
一	基本概况				
1	总处理规模	t/d	1000	530	700
2	处理工艺		餐湿式+厨干式	餐湿式+厨湿式	餐湿式+厨干式
二	总图经济指标				
1	总用地面积	m ²	84342	53451	41800
2	吨用地面积	m ² /吨	84	100.8	60
3	容积率		0.32	0.32	0.60
4	绿地率	%	43.5	30	18.1
三	投资指标				
1	建安费	万元	55192	45404	45768
1.1	建筑工程费	万元	18246	15306	14432
1.2	设备及安装费	万元	36946	30098	31336
2	其他费用	万元	14908	10826	15600
3	总投资(不含征地)	万元	65646	56230	61368
4	建安吨投资 (同口径)	万元/吨	63.2	75.7	72.1

三、生化处理机方案

(一) 生化处理机应用背景

由于目前垃圾分类推进迅速，后段处理设施建设相对滞后，选址新建大型厨余垃圾处理项目在建设时序上无法匹配前端分类。相对其他工艺生化处理机由于占地最少，车间环境较好，更适合于设置在目前离居民区较近的场站内，并且可以节省大量运输费用。生化机目前分为资源型和消灭型，可根据业主需求和建设运营条件，配置适合的机型。

（二）运行成本

运行成本主要包括：水费成本、电费成本、菌剂成本、污水处理成本、人工成本、维修保养成本、设备折旧等。根据生化处理机核心工艺不同及水处理标准差异，综合运行费用为 90—300 元/吨。

对比主流的厌氧消化工艺，其处理成本约为 250—400 元/吨，不同的是厌氧消化工艺可产沼气发电产生经济效益，实现更多的资源化率，但综合考虑餐厨厌氧消化工艺的运输成本和其他残渣处理费用，目前两种工艺各有优势，平分秋色。

（三）方案设计

可根据业主需求，因地制宜，设计集成 5—50t/d 厨余垃圾就地处理项目。采用装配式设备房+厨余垃圾处理机工艺路线，保证项目快速落地、功能完备、环保达标。

序号	规模(t/d)	卸料方式	车间面积(m ²)	占地面积(m ²)
1	5	桶提升	80 ~ 140	80 ~ 140
2	10	地坑	100 ~ 200	200 ~ 400
3	20	地坑	160 ~ 280	250 ~ 550
4	30	地坑	200 ~ 300	400 ~ 600
5	40	地坑	240 ~ 400	500 ~ 700
6	50	地坑	290 ~ 500	600 ~ 900

五、实施方案建议

（一）现状与政策要求

1. “十二五”和“十三五”期间，国家分别对餐厨垃圾处理投资 110 亿元和 184 亿元。

2. 2014、2015、2016 三年间国家发改委分五批共公布了开展餐厨垃圾处理的 100 个试点项目，但在最近 6 年时间内没有公布新的试点项目。

3. 已建成和在推进的餐厨垃圾处理项目(包括试点项目和非试点项目)超过 350 个，合计处理能力超过 5.5 万吨/日，约占城市餐厨垃圾产生总量的 70%。

4. 生活垃圾分类工作从 46 个重点城市扩大到地级市以上全面推进，其中 35%的回收利用率和 65%的资源利用率是要重点考核的硬指标，厨余垃圾处理项目近期释放迅速。

5. 国家相关部门和各级地方政府出台的相关政策支持开展厨余垃圾处理和资源化利用。

6. 技术、建设、运营等水平的全面提升支撑厨余垃圾处理项目的进一步发展。

（二）产量与市场机会

1. 市场机遇：随着城市生活垃圾分类工作的全面推进，将给厨余垃圾赋予新的内涵和新的使命，并带来新

的技术进步和发展空间，厨余垃圾的处理市场将在未来几年加速释放。

2. 企业机会：厨余垃圾量大面广，系城市管理的关注重点，是垃圾分类的考核重点，也是末端处理的薄弱环节，目前的项目数量和处理能力远远满足不了实际需求，具备技术核心竞争力的企业将在未来具有很大的发展空间。

3. 产量预测：单位餐厨垃圾约 8 万吨/日；家庭厨余垃圾约 10 万吨/日；其它有机固废约 4 万吨/日；厨余垃圾合计约 22 万吨/日。

4. 规模估算：项目建设规模约 200 亿元/年；项目运营规模约 200 亿元/年；产业规模合计约 400 亿元/年。

（三）处理与技术应用

1. 通过近几年的实践，我国已基本形成以厌氧消化技术为主、好氧制肥技术为辅、生化机和生物转化技术为补充的厨余垃圾处理的技术路线，前两者主要为集中处理模式，后两者主要为分散处理模式。

2. 目前，在各类厨余垃圾处理技术应用中，厌氧消化技术约占 75%，就地处理（分布分散）技术约占 10%，其他处理（好氧制肥和生物转化等）技术约占 15%。

3. 其中，厌氧消化又分为干法工艺和湿法工艺两大类，由于特性差异单位餐厨垃圾可能更适用于湿法工艺，

而家庭厨余垃圾可能也适用于干法工艺，另外这两类有机固废的预处理工艺也有较大差别。

4. 上述两类厨余垃圾可以协同处理，上述几类处理技术也可以协同应用，有条件时建议优先采用与生活垃圾焚烧厂等协同处理方案。

（四）问题与破解思路

1. 厨余垃圾处理目前普遍存在投入大、成本高、收益低等矛盾，同时存在项目落地难、行业监管难、稳定运行难、异味控制难、产品出路难等困境，按安全、环保、卫生、高效、低耗、经济等指标来综合判断，现有的处理方法都存在不足和短板。

2. 要实现垃圾分类回收利用率 35%和资源利用率 65%的目标，就回避不了厨余垃圾处理问题，而目前政策限制饲料化和农用肥生产又失去了两个性价比相对较高的选项。

3. 在上述背景下目前常用的处理方法(基本思路)包括但不限于：一是提倡厨余垃圾精准化投放，在提高质量的前提下适当控制产量；二是在垃圾焚烧厂服务范围内，优先考虑经预处理后“沼液浆料厌氧产气发电+固渣沼渣焚烧发电或生物转化”的协同处理方案；三是在现有餐厨垃圾处理厂基础上，扩建厨余垃圾处理设施并发

挥协同效应；四是在条件具备的小区 and 公共机构设置生化处理机，对厨余垃圾进行源头减量和资源化利用。

（五）发展与推进建议

1. 厨余垃圾须严格实行分类投放、分类收集、分类运输和分类处理。

2. 因地制宜制定切实可行的相关政策法规，并委托第三方机构实施全过程监管考核。

3. 在确保厨余垃圾处理无害化的前提下，努力实现资源化和减量化。

4. 厨余垃圾的收运系统和处理系统宜有机结合、统筹考虑、分步推进，处理工艺需结合组分情况进一步优化论证、重点研究有机固渣和沼渣出路问题。

5. 项目协同处理，以争取较好的综合效益。

6. 厨余垃圾处理项目建设应选择成熟可靠的预处理分选设备，并加大臭气控制措施。

7. 厨余垃圾处理过程应操作规范，排放达标，数据公开，并自觉接受各方监督。

8. 应优先选择“政府监管、企业运作、污染控制、资源利用、产业发展”的市场化和专业化运作模式。

（来源：上海环联微信公众号）

建筑垃圾如何资源利用高效化

近日，江苏省建筑工程集团有限公司因违反《北京市建筑垃圾处置管理规定》被通报处罚，罚款 10 万元。无独有偶，湖南长沙近日也发布了湖南顺天建设集团有限公司因未经核准擅自处置建筑垃圾，被长沙市岳麓区城管执法大队责令改正并罚款人民币 1 万元整。那么建筑垃圾违法倾倒折射出哪些问题？资源化利用是否有可行路径？相关专业人士给出了回答。

建筑垃圾资源利用高效化是方向

建筑垃圾主要包括工程渣土、工程泥浆、工程垃圾、拆除垃圾、装修垃圾五大类。据住建部门测算，我国城市建筑垃圾年产生量超过 20 亿吨，是生活垃圾产生量的 8 倍左右，约占城市固体废物总量的 40%。

“建筑垃圾的简易、无序堆填，不仅增加了生态环境污染负荷，也带来一系列社会附加成本和负面影响，而且忽略了其自身潜在资源价值属性，与‘无废城市’和绿色建造的新型管理理念相违背。”中国建设科技集团中城院北京环境科技股份有限公司总工程师郝粼波介绍。

在郝粼波看来，虽然建筑垃圾自身成分复杂、难于完全实现前端分类，但是通过过去二十余年的稳步发展，我国建筑垃圾处理行业已经逐步迈向了自动化生产阶段，“资源利用高效化”将成为建筑垃圾处理领域的主题。

对于可进行资源化利用的建筑垃圾，清华大学环境学院教授、固体废物控制与资源化教研所所长刘建国作了具体解释：工程渣土主要为砂石、碎石、填土等，尽可能就地用于工程回填、绿化造景、地形堆砌等，也可用于生产再生砂石料等；工程泥浆为泥水混合物，尽可能采取就地清洗、泥沙分离等方式就地利用，或脱水晾干后对泥沙进行进一步加工利用；工程垃圾主要包括混凝土、砖瓦、砌块、金属等弃料，可在现场经过加工后直接回用于工程，无法在现场得到利用的，进入专业的建筑垃圾资源化设施，生产骨料、混凝土、砌块、板材等再生建筑制品；拆除垃圾主要包括废弃钢筋、混凝土、砖瓦、砌块、木材、塑料等，价值较高的钢筋、铝塑门窗等可在现场分离后进入再生资源回收渠道，剩余部分与工程垃圾一起生产再生制品；装修垃圾产生源更为分散，组分波动性更大，杂物更多，品质更低，应进入专业设施生产再生建材、衍生燃料等。

“从形式来看，建筑垃圾资源化利用方式包括物质回收、物质转换（将回收后的建筑垃圾运送至资源化处理厂，通过技术手段转化为再生产品或可用于制作新产品的材料）

和能量转移（将建筑垃圾中所含的能量经处理后转化为可回收能源）。”郝粼波补充道。

下面这些试点探索可以借鉴

为加强建筑垃圾治理工作，住房和城乡建设部于 2018 年组织北京等 35 个城市（区）开展了建筑垃圾治理试点探索工作，形成了一批好的经验做法，在各地得到复制推广。如北京市明确了 12 类建筑垃圾再生建材的适用标准，将再生产品使用列入政府投资项目立项申报审查，要求政府投资工程使用再生产品替代使用比例不低于 10%。

2022 年 11 月，北京市出台《关于进一步加强建筑垃圾分类处置和资源化综合利用工作的意见》，提出永临结合（指永久设施与临时设施建设统筹考虑）推进建筑垃圾资源化处置设施建设。将建筑垃圾资源化处置设施细化调整为就地处置设施、临时处置设施、固定处置设施，各类设施设置及运行应符合国家及本市相关标准要求。鼓励具备条件的施工单位，在工程红线内建设建筑垃圾筛分、破碎生产线，对建筑垃圾实施就地处置，竣工前应将处置设施拆除并恢复原状。

自 2018 年以来，近 1 亿吨的再生产品广泛应用于冬奥场馆、冬奥公园、北京环球影城、城市副中心、大兴国际机场高速等各项交通道路、园林绿化、河道治理、房屋临建等重点工程。

永定河京西流域生态修复工程就使用了超 6 万吨再生净水滤料，作为湿地系统水质净化的重要载体投入使用，每天可净化处理再生水 6 万立方米。

此外，深圳市首个建筑垃圾处理项目——大空港围填海填料前期现场加工处置区工程——建筑垃圾处理项目，含建废、渣土两条预处理线，再生压制砖、再生混凝土搅拌站两条再生产品线，总投资约 4.5 亿元。其中，拆除建废设计处理规模为 50 万吨/年，远期建设工程渣土处理规模为 200 万吨/年，再生压制砖单线产能达到亚洲第一。深圳市全面推广工程渣土泥砂分离，建成国内最大的泥砂分离生产线，设计处理能力 600 万立方米/年，有效缓解工程渣土处置困难。

推动建筑垃圾资源化利用

据悉，“2020 年，我国建筑垃圾资源利用率约为 9%，近两年进一步提升。一方面是因为我国与发达国家建筑垃圾范围、统计口径不同，计算公式也不同，如果按发达国家计算方法，我国建筑垃圾资源化利用率在 40%左右。另一方面是因为我国建筑垃圾组分更为复杂、资源化利用难度较大、设施能力不足、配套和扶持政策不完善，产品价格没有市场优势，市场推广和社会接受度有待进一步提高，导致我国建筑垃圾资源化利用率明显偏低。

为更好推动建筑垃圾资源化利用，在制度规范层面，主管部门和地方政府应强化建筑垃圾源头精细化管控，建立统一规范的建筑垃圾分类统计制度，掌握各品类建筑垃圾的产生量及其流向，并推动分类收集、分类运输、分类处理与分类利用。

此外，为提高设施建设能力，应把建筑垃圾利用处置设施作为城市基础设施建设的重要组成部分，合理确定建筑垃圾转运调配、消纳处置、资源化利用设施布局和规模。同时，建立健全建筑垃圾再生建材产品质量标准与应用体系，不断提升建筑垃圾资源化利用产业技术与管理水平和再生建材产品质量，逐步消除市场壁垒。还应落实建筑垃圾利用处置在规划用地保障、费用机制、财政税收金融优惠政策、绿色采购等方面的保障措施，结合“双碳”目标对建筑垃圾资源化的利好政策，提高建筑垃圾再生产品的市场竞争力，培育一批建筑垃圾资源化利用骨干企业。



为推动行业的高质量发展，应以机理研究为基础，以关键技术创新为依托，提高资源化产品附加值；在深入诊断“城市病”“病灶”的基础上，找准发展突破口，统筹规划。

（来源：中国环境报）

深圳提供生活垃圾集约化处置经验

近日，国家重点研发计划“基于分类的深圳市生活垃圾集约化处置全链条技术集成与综合示范”项目顺利通过课题绩效评价。该项目于2018年12月批准立项，是“十三五”国家重点研发计划“固废资源化”重点专项国拨经费与地方政府配套经费支持力度较大的项目。



龙岗区能源生态园

一、深圳生活垃圾处置的特点

以深圳市为代表的我国超大城市经济发达、人口密集、土地稀缺，依赖末端处置设施的传统模式难以解决“垃圾围城”和“邻避效应”的困扰，无法支撑深圳市环境、经济和社会的可持续发展。过去以填埋为主的处置方式弊端凸显，若处置不当或者未按填埋相关要求处置会引发严重的环境污染问题，不仅造成填埋场区内环境污染，其产生的“邻避效应”影响填埋场周边的居民生活环境及土地资源利用价值。尽管近年来焚烧发电快速发展，能力迅速提升，但依然赶不上垃圾增长的速度，同时在厨余垃圾处理设施方面也存在明显的短板。

二、项目课题的组成 取得的创新成果

该项目一共由 6 个课题组成，覆盖了生活垃圾分类、收运、处置各个环节。第一个课题是创建生活垃圾选择性精准分类模式。项目组在深圳市 10 个区开展了覆盖各类场所的垃圾产生规律的深度调研，解析了生活垃圾时空分布规律和物质流向，量化了不同分类模式的经济与环境效益，提出了适于深圳市的选择性精准分类方案。第二个课题是开发次高压分离系列化标准化设备，实现垃圾收运过程减量提质。

第三个课题主要针对垃圾分类工作中厨余垃圾处理这一难点问题，项目组以“协同处理、扩能增效、物能循环”为基本思路，对深圳市最大的有机垃圾处理园区——郁南环境园进行了园区循环化改造，打通了园区水—能—废的循环链路，提高了郁南环境园的综合效益和运营的稳定性。第四个课题揭示大型垃圾焚烧系统全流程二噁英产排及分配规律。项目组突破了焚烧二噁英高温取样难题，开展了现代化大型垃圾焚烧系统二噁英产生及沿程分布规律研究，阐明了燃烧控制及烟气净化系统各环节对二噁英的去除效果，在集成优化基础上开发了“生活垃圾焚烧效能提升及污染物控制关键技术”。



宝安能源生态园

第五个课题是关于生活垃圾分类处理全过程多层次智慧监管平台建设。项目组与业务主管单位合作，通过

物联网、大数据、人工智能等新一代信息化技术，支撑业务主管单位建立了生活垃圾全链条智慧化分类管理体系，打通了市一区一街道多层级管理部门以及商务、教育、生态环境等多职能部门的垃圾分类管理数据链条，实现了垃圾分类数据统一和标准化管理。第六个课题是建立多维度环境绩效综合评估体系及货币化方法。项目组建立了涵盖减量化、稳定化、物质回收量、能源回收量、温室气体排放与环境影响评价 6 项指标的综合绩效指标体系，核算不同生活垃圾分类处理技术路线的环境绩效，进而采用货币化方法将各项指标的影响换算为货币价值，得到综合隐性成本。



标准化密闭式分类投放点一角

三、该项目研究成果对于其他城市的借鉴意义

（一）因地制宜，科学管理。该项目组成员花费几年时间去调查深圳市垃圾分类的现状、需求，同时了解

国际上垃圾分类的先进经验，就是希望对标优秀的成果，同时形成自己独特的模式。通过系统深入研究，提出深圳市超大城市生活垃圾分类先行示范模式，其基本特征为：以选择性精准分类为基础，以校园发动志愿服务为特色，以厨余垃圾适度分类为系统优化节点，以可回收物规范管理为迭代升级方向，以清洁高效焚烧发电为核心依托，以全过程智慧监管平台为保障。这种先进模式具备在其他超大城市推广应用的良好价值。

（二）精细管理。垃圾分类对于政府来讲，就是要精细管理，只有管理到位，才能系统性地解决多种问题。精细化是深圳市目前垃圾分类管理的一个特点，包括建立垃圾分类智慧监管平台、细分 12 类场所的生活垃圾分类工作等，这些都是值得其他城市借鉴的措施。

（三）多元共治。垃圾分类需要凝聚多方力量，不论是通过社区宣传还是公益环保组织，需要让这些力量充分发挥作用，而不是仅仅依靠政府。例如深圳市就利用“蒲公英计划”着力发挥“志愿者之城”的优势，发动和培育热心公益的志愿者，使他们成为垃圾分类的先行者和传播者。

（来源：广东环卫微信公众号）

足不出户一键缴费 广东首推“智慧环卫收费系统”

足不出户，一键可以缴交垃圾费啦！近期广州市白云区城管局在松洲街、嘉禾街、三元里街大力推广应用智慧环卫收费系统，实现线上缴费、电子发票、底数管理等多种功能，解决了传统人工收费模式的低效率、高成本等痛点难点问题。据悉，该系统由广州市白云区城管局研发，这也是在广东省首次推广应用。



工作人员向商铺推广使用智慧环卫收费系统

用户：可随时在线缴费更方便

“用小程序交垃圾费还挺方便的，每个月系统会定时提醒交费，还有开电子发票，感觉更规范，收费项目更透明。”在松洲街庆槎路一家电动车专卖店，店主傅女士边点击操作智慧环卫收费系统小程序边向记者展示，基本信息、计费数值信息和账单信息都一目了然。

而在增槎路一家餐饮店，店主也表示，近期收到街道工作人员通知后，就配合录入店铺信息进行在线缴费，“以前都是上门收费，纸质发票会随后丢，有时候我不在的话，员工也不知道怎么缴费，现在就像交水电费一样，更方便。”



白云区智慧环卫收费系统缴费流程图

店主们口中频频提及的环卫收费系统，正是由白云区城管局首次推出的白云区智慧环卫收费系统。据了解，这一系统集成线上缴费、电子发票、底数管理等多种功能于一体，可以根据环卫收费数据底数和收费标准，自动计算缴费数额，推送账单给缴费单位和个人，实现环卫费收缴智能化。在系统后台可以看到，收费对象的底数登记情况、垃圾登记、契约管理和收费账单等情况都清晰可见。

“登录后台，就可以查看了解各类用户的缴费情况，发现没及时缴费的就可以电话联系提醒，相比以前高效率很多。”最近，松洲街市政服务所垃圾收费员冯建新和同事每天都忙碌于向辖内居民、商铺和企事业单位宣传推广使用智慧环卫收费系统，并由衷感受到智慧化缴费带来的便利。以前，他和同事都是骑电动车一户一户地上门收费，效率并不高，推广这个系统后，用户群体普遍都挺配合使用。

部门：收费标准公开，收费金额透明

环卫收费是关系人民群众切身利益的重点城市管理工作之一。长期以来，收费方式低效、收费标准不掌握、收费要求不了解等问题不仅让群众对收费工作不理解，也增加了相关部门在执行收费工作时的难度。

去年底，白云区城管局经过大量调研，并结合镇街收费实际情况，研发建设了白云区智慧环卫收费系统。今年

以来，白云区城管局大力推广应用智慧环卫收费系统，并成立了 11 个督导组 25 名在职干部督导员，全脱产式在松洲街驻点督导系统使用，迈出白云区环卫收费改革工作的关键一步。

白云区城管局有关负责人介绍，目前正在摸清各镇街所有缴费主体信息，登记录入系统，下一步将在全区各镇街全面推广应用智慧环卫收费系统，做到收费对象全面，收费标准公开，收费金额透明，实现应收尽收、应缴尽缴，“就算是一块钱垃圾费，也能开出正规发票，全流程都是规范操作。”

透明、规范、便捷，一改过往传统的人工上门收费模式，解决了传统收费模式的低效率、高成本等痛点难点问题。这一系统减少了环卫收费中间环节，增加了环卫收费透明度。智慧环卫收费系统作为白云智慧城管系统的重要组成部分，通过明晰底数，完善场景，改变收费方式，提升工作效率，构筑了高效、透明、廉洁的收费机制。

链接：<https://new.qq.com/rain/a/20230412A0AH5U00.html>

探索城市燃气安全隐患管控新模式

一、引言

近年来，燃气安全事故频发。据不完全统计，2022年第三季度全国（不含港澳台地区）发生燃气事故216起，死亡17人、受伤136人，其中较大事故2起。其中，按照事故类型划分，居民用户事故121起，工商业用户事故45起，管网事故47起，厂站事故3起。按照气源种类划分，天然气事故59起，液化石油气事故149起，气源待核实事故8起。国家住房和城乡建设部等部委《关于加强城市地下市政基础设施建设的指导意见》和《关于进一步加强城市基础设施安全运行监测的通知》等文件中强调，要加快燃气、供水、排水、热力等安全运行监测系统建设，运用5G、物联网、人工智能、大数据等技术，对管网漏损、燃气安全等进行整体监测、及时预警和应急处置，提升城市地下市政基础设施数字化、智能化水平。

针对燃气安全管控中隐患种类多、事发因素复杂、安全监管难等痛点难点，本文通过对燃气行业发生的事故数据及事故原因进行分析，充分借鉴国内外燃气安全监测预警的先进技术和经验，提出韧性城市燃气安全“三位一体”全管控建设理念，以物联网、人工智能等科技赋能风险防控，构建智能化、数字化的燃气安全运行监测体系，并通过在北京市

怀柔区韧性城市建设中的成功应用，实现燃气安全风险防控科学管控和精细化治理，切实保障了城市安全运行。

二、原因分析与经验借鉴

（一）燃气事故原因分析

依据中国城市燃气协会安全管理委员会和中国燃气安全杂志社每年发布的《全国燃气事故分析报告》，本文对2020年和2021年报告中收集的717起燃气安全事故进行了整理，并按照事故原因进行分析（见表1及图1）。

表1 全国燃气安全事故已知原因统计分析表（2020年和2021年）

事故原因	造成事故数量（起）	死亡人数（人）	受伤人数（人）
第三方施工破坏	256	4	28
软管相关问题	125	5	49
外力因素致燃气泄漏	86	18	13
设备连接不当	44	0	29
燃气具相关问题	26	0	11
连接阀门相关问题	21	4	19
管道相关问题	20	34	143
违规操作	20	17	66
私自接改燃气管道	18	0	3
自然灾害	14	0	0
室内通风相关问题	10	0	26
室外燃气泄漏串入室内	8	2	10
其他问题	69	34	94
总计	717	118	491

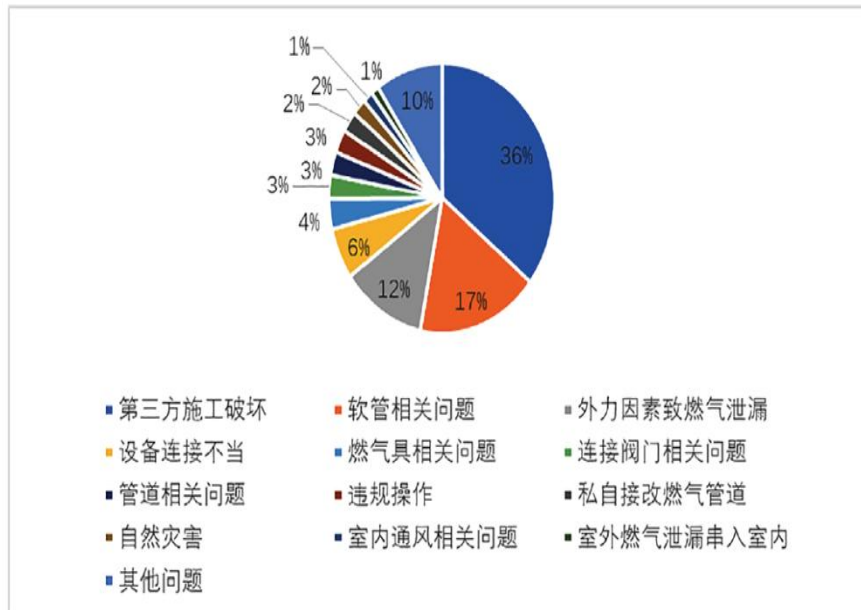


图1 全国燃气安全事故已知原因数量占比情况图（2020年和2021年）

从分析结果看，事故原因中占比最高的为第三方施工破坏（主要针对天然气管道事故），占比达36%；其次为软管相关问题（主要包括软管脱落、软管老化破裂及软管遭动物咬噬等问题），占比18%；再次为外力因素致燃气泄漏（主要包括交通事故、火灾等），占比11%。事故伤亡人数方面，管件、管道相关问题、违规操作、外力因素致燃气泄漏等原因造成的死亡人数和受伤人数较多。

（二）预防燃气事故发生的经验借鉴

针对燃气事故发生的原因，国内外相关行业组织提出了各类解决措施。日本燃气行业开发了泄漏预警切断、不完全燃气切断及异常流量切断等技术，同时加强燃气行业从业人员的技术培训和燃气用户安全的宣传教育，明确“软件+硬件”的实施路径，不断提升户内产品安全水平。

在国内，合肥、佛山等城市以公共安全科技为支撑，融合物联网、云计算、大数据、移动互联、建筑信息模型（BIM）、地理信息系统（GIS）等现代信息技术，透彻感知桥梁、燃气、供水、排水、地下管廊等地下管网“城市生命线”运行状况，分析风险及耦合关系，深度挖掘运行规律，打造智能化城市安全运行管理平台，实现了系统风险的及时感知、早期预测预警和高效处置应对，实现了城市安全的主动式保障。

三、燃气安全监测预警平台技术架构与示范应用

针对燃气安全隐患气源类型和用户需求的不同，结合先进的公共安全理念和技术，以云计算、大数据、物联网等新技术赋能燃气安全监测，实现燃气安全的实时监测、数据共享。通过构建集风险评估、监测报警、运行台数分析等技术于一体的燃气安全监测预警平台，实现燃气安全风险及时感知、早期预警和高效处置应对，实现燃气安全隐患主动式、智能化、数字化管控（图2）。

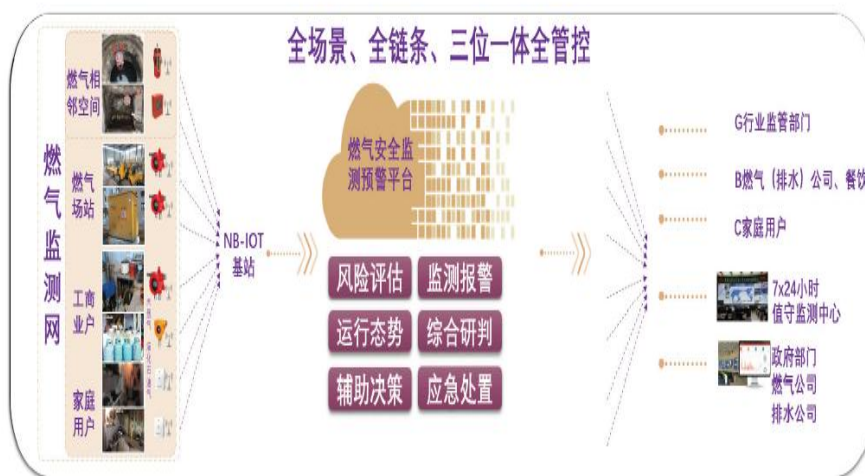


图2 “三位一体”燃气安全监测技术路线

北京市怀柔区运用韧性城市建设理念，加强燃气安全运行监测、风险管控体系和社会单元公共安全管理服务体系建设，探索实践了科技赋能风险防控新模式。

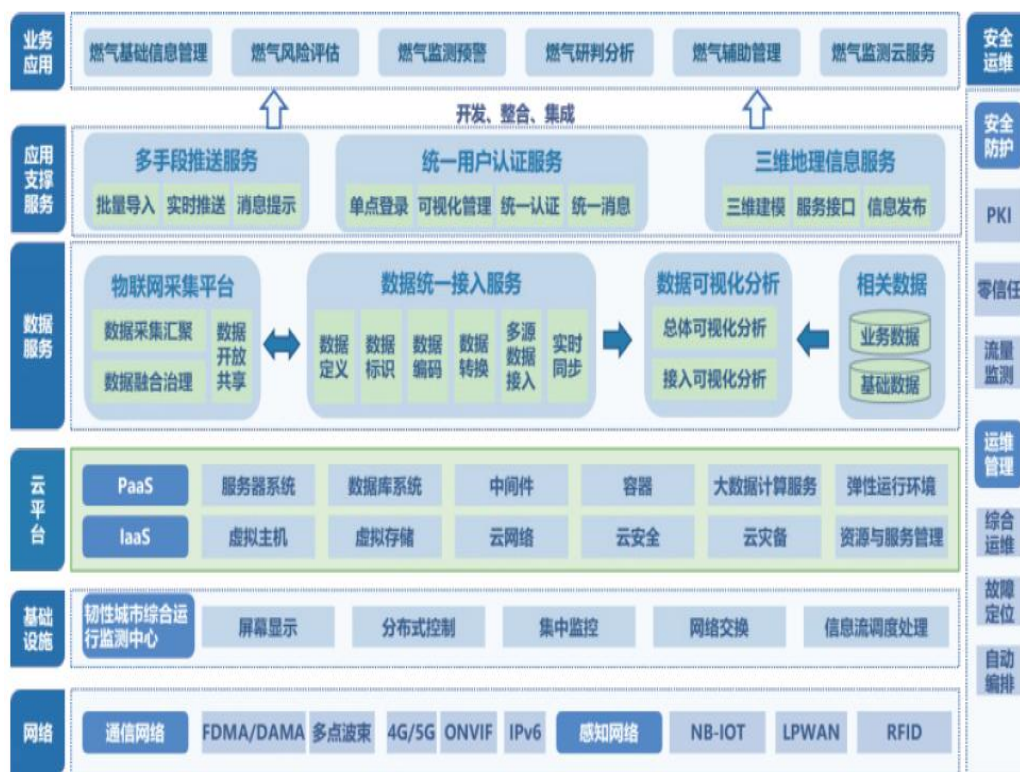


图3 燃气安全隐患治理怀柔方案平台架构

该韧性城市燃气安全专项（一期）工程，覆盖全区燃气安全高风险区域、人员密集场所和居民用户等应用场景，部署多类型燃气安全智能监测设备，构建全方位、智能化、韧性强的燃气安全运行监测物联网，结合燃气安全BIM技术、监测报警分析模型、综合风险评估技术、浓度扩散分析技术、预警信息发布技术等，采用“大数据+云平台”体系架构，打造燃气安全运行综合管理系统，再辅以社会化服务模式，实现了燃气安全风险防控精细化、智能化、数字化（图3）。

2022年7月，该韧性城市燃气安全专项（一期）工程基本完工，燃气安全监测设备部署到位，运行监测平台建成投运，经过多次系统调试优化，10月份正式上线运行。依托韧性城市燃气安全运行监测系统，怀柔区实现了24小时燃气监测报警和智能安全提示，结合人工值守机制，提供人工电话访问和报警原因调查归档，并将报警信息实时同步传至相关政府部门，形成燃气安全的“监测—预警—处置—解除”闭环管理和信息共享。

在监测到燃气浓度持续高位、业主无法联系等异常情况时，监测中心依托数字化燃气安全监测平台，通过信息共享和协调联动机制，城管执法、乡镇街道、企业等联动参与燃气现场处置，实现燃气安全线上线下融合治理，避免燃气安全事故发生，保障了用户安全。

四、结论

燃气安全管控存在隐患种类多、事发因素复杂、安全监管难等痛点难点，北京市怀柔区充分发挥模式创新和科技应用的杠杆作用，探索出了“三位一体”燃气安全智能管控治理方案，建成韧性城市应用场景基地，成功应用预防燃气安全示范实践，推动城市治理体系和治理能力现代化。

（来源：城市管理与科技微信公众号）

华南城市生活垃圾热值估算模型分析

目前，由于土地资源紧缺，大城市生活垃圾处理主要采取焚烧发电方式，垃圾热值显然是其中一项重要指标，不仅体现在焚烧炉和相关设备的选型上，而且在定型的垃圾焚烧厂运营期，由于垃圾组成不稳定，当炉渣热灼减率恒定时，热值就成为影响垃圾处理量的主要因素。

热值最初是燃料化学中表示燃料质量的一项指标，随着基础研究的深入，有确定组成的燃料比如煤、汽柴油等，其热值可以通过经典公式计算得出。而生活垃圾是一种很特殊的燃料，其物理组成、含水率特性等易变多变，热值计算更依赖于实际测量数据大量积累所形成的经验公式。本文从分析既有的经验公式出发，以实验室近五年广州垃圾测量数据为基础，试图得出适用的华南地区城市生活垃圾热值估算模型公式。

一、常见热值估算公式分析

目前，垃圾热值估算经验公式主要有基于物理组成（如 Tokyo 公式、李晓东公式）、基于元素分析（如 Dulong 公式、S-K 公式等）和基于工业分析（如三成分、四成分法等）三类。由于元素分析需用到大型精密仪器，以及环卫行业较少

开展生活垃圾挥发分、固定碳等工业分析项目，基于物理组成的垃圾热值估算公式的应用更为广泛。据有关资料介绍，通过物理组成估算垃圾热值更符合我国的实际情况，而且选用适当的经验公式或进行一定程度的修正，估算精度甚至优于其它模型，比较常见的物理组成模型公式如下表 1 所示：

表 1 几种常见基于物理组成的垃圾热值估算公式

编号	名称	经验公式	模型类型
1	日环卫 Tokyo 公式	$LHV = (100 - W) / 100 * [38.8 (Pa + Ga + T + 0c) + 50.9 (Te + Ru) + 73.7P1] - 6W$	概念模型
2	李晓东等物理组成经验公式	$Q = 41.1Ru + 22.9Ga + 20.7Pa - 4.5W$	线性模型
3	苏肇基等物理组成经验公式	$LHV = 2494.019 - 22.833W - 5.223Ga - 0.926Pa + 2.129P1$	线性模型

说明：LHV: 湿基低位热值 Kcal/Kg; Q: 湿基低位热值 KJ/Kg; W: 含水率; P1 Pa Ga T Te Ru 0c 分别代表塑料、纸、厨余垃圾、木竹、纺织物、橡胶、其它可燃物的质量百分数%，公式（1）（2）中均为干基百分数，公式（3）中为湿基百分数，另公式（2）中 Ru 指塑料橡胶的干基百分数含量之和。

从形式上分析，公式（1）垃圾热值来自于各可燃组分的加权，由高位热值转换为低位热值，形似热值计算式，本文简称为概念模型；公式（2）、（3）则是对统计数据进行线性回归分析，根据垃圾组分特性对热值的影响程度建立经验公式，简称为线性模型。为考察三个经验公式，引用实验室 2015 年广州生活垃圾的综合组分数据，验证如下表 2：

表 2 2015 年广州生活垃圾热值测量值与经验公式估算值

垃圾中可燃组分	厨余	塑料	橡胶	纸	纺织物	木竹	其它
湿基含量%	51.02	21.01	0.75	13.04	3.99	4.51	1.08
组分含水率%	63.96	50.31	50.31	48.8	48.79	38.16	43.55
综合含水率%	54.77						
干基含量%	40.65	23.08	0.82	14.76	4.52	6.17	1.35
综合热值实测值 KJ/Kg, 下同	5861						
公式(1)估算值	6973	相对偏差	8.7%				
公式(2)估算值	1973	相对偏差	49.6%				
公式(3)估算值	4227	相对偏差	16.2%				
说明: 表中组分、含水率基础数据均为 20 个生活垃圾样品测量结果的综合值。							

由表 2 可知, 公式(1)的估算值和实测值较接近, 偏差较小, 但高于实测值近 20%, 公式(2)、(3)的估算值则明显低于实测值, 偏差过大, 显得都不理想。综合比较两类模型, 由于生活垃圾的复杂性, 垃圾热值的影响因素众多, 数据统计性不强, 线性模型难以推广应用; 而概念模型考虑了几乎所有可燃组分对热值的贡献, 形式上更加合理, 操作上更易应用, 因此, 本文主要借鉴概念模型形式。

二、模型的建立

(一) 经验数据分析

为建立更为精确的热值估算模型公式，分析了大量所在实验室垃圾组分特性测定数据，如下表 3:

表 3 近五年广州生活垃圾可燃组分的热值相关数据

		厨余类	纸类	橡塑类	纺织类	木竹类	混合类	合计
组 分 含 量 (%)	样 本 数	100	100	100	100	100	100	600
	分 布 范 围	48.4 ~ 52.9	5.6 ~ 14.5	21.1 ~ 27	4 ~ 8.5	1.4 ~ 4.5	0.7 ~ 2	---
	湿 基 平 均	51	11	23	7	3	1	96%
	干 基 平 均	39.5	11.9	25.8	7.7	4.3	1.2	90.4%
干 基 高 位 热 值 (kJ/kg)	样 本 数	91	96	97	96	90	90	560
	分 布 范 围	11565 ~ 18286	13921 ~ 17846	20770 ~ 34596	16110 ~ 25952	17325 ~ 18886	6376 ~ 14828	---
	均 数	14966	15801	27652	19997	18162	10764	
	众 数 范 围	12865 ~ 16931	15098 ~ 17061	22153 ~ 31831	17094 ~ 22015	---	---	---
	众 数	14559	16080	26992	19554	---	---	---
干基氢含量 均值 (%)		5.13	5.51	9.59	6.12	5.93	3.26	5.92

1. 生活垃圾可燃组分

如表 3，垃圾组分的名称类别来源于行业标准 CJ/T313 《生活垃圾采样和分析方法》。表中六种可燃组分综合占生活垃圾湿基总量的 96%、干基总量的 90.4%，构成生活垃圾的绝大部分，其它组分如灰土、砖瓦陶瓷、玻璃、金属等含量少，对发热量的贡献基本为零。

而可燃组分中，主要为厨余类、纸类、橡塑类和纺织类四类，混合类和木竹类占比较少，为便于操作，在热值估算模型中，将混合类、木竹类分别并入厨余类、纺织类。另外，干基氢含量是热值计算的一项指标，但对热值结果影响较小，近五年加权后得出生活垃圾氢含量为 5.92%，本文取值 6%。

2. 干基高位热值

如表 3 数据，干基高位热值的分布大概分三个档次：最高为橡塑类，综合均值达 27652kJ/kg，其次为纺织类，综合均值在 20000kJ/kg 左右，最后为纸类和厨余类，综合均值在 15000kJ/kg 左右，分布范围同此顺序逐次变窄，标准差更小，尤其是纸类、木竹类的干基高位热值最为稳定。进一步考察四类主要可燃组分，其干基高位热值的频率分布如下图 1，厨余类、橡塑类的热值数据分布范围较宽，众数接近于均值；纸类热值数据分布较窄，众数集中在中部后段；纺织类则介于二者之间，众数集中在中部前段，结果见表 3。本文对垃圾综合热值的估算，取值众数。

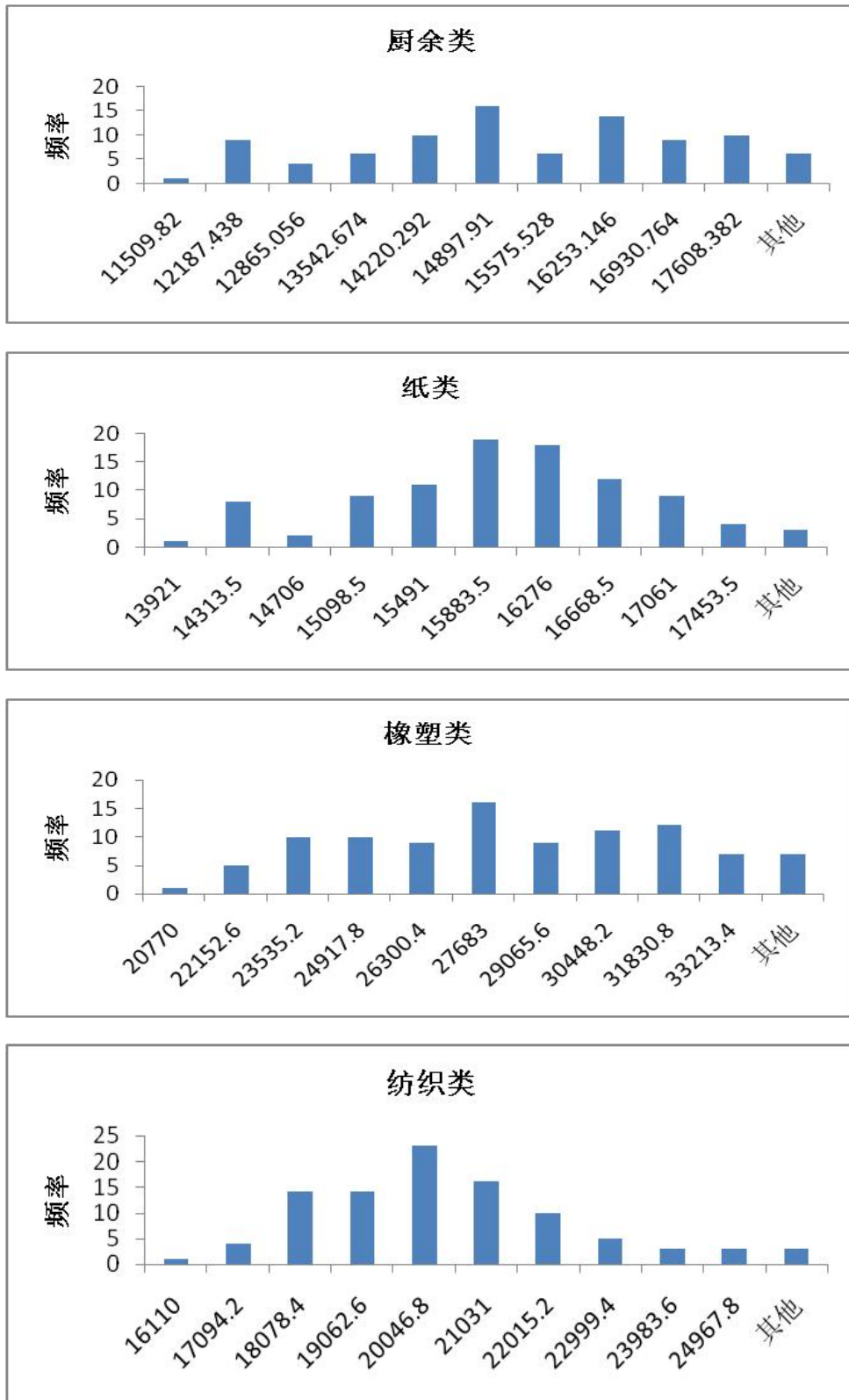


图1 垃圾主要可燃组分干基高位

(二) 模型公式

从热值概念出发，建立模型估算公式如下：

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{100-W}{100} \cdot \sum k_i C'_i - 22.4 \times (W + 9 \cdot H' \cdot \frac{100-W}{100}) \\
 &= \frac{100-W}{100} \cdot \sum k_i C'_i - pW - q \\
 &= \frac{100-W}{100} \cdot (k_{ga} C'_{ga} + k_{pa} C'_{pa} + k_{pl} C'_{pl} + k_{te} C'_{te}) - pW - q \dots \dots \dots (1)
 \end{aligned}$$

$$C'_i = C_i \times \frac{100-W_i}{100-W} \dots \dots \dots (2)$$

厨余类、纸类、橡塑类、纺织类热值常量的取值表 3 中干基高位热值众数，分别取值： $k_{ga}=145.6$ ； $k_{pa}=160.8$ ； $k_{pl}=269.9$ ； $k_{te}=195.5$ 。

p、q 热值常数的取值，源于高位热值转换低位热值扣除水分的蒸发热，干基氢含量取值 6%，推导结果： $p=10.3$ ； $q=1210$ 。

所以，本文提出具体的热值估算模型公式（3）如下：用式（2）计算各组分干基含量。

$$Q = \frac{100-W}{100} \cdot (145.6C'_{ga} + 160.8C'_{pa} + 269.9C'_{pl} + 195.5C'_{te}) - 10.3W - 1210 \dots \dots \dots (3)$$

- 式（1）、（2）、（3）中：
- Q—为生活垃圾热值，即湿基低位热值，KJ/KG；
 - W—为生活垃圾含水率，%；
 - W_i —为 i 组分的含水率，%；
 - C'_i —为 i 组分的干基含量，下标 ga、pa、pl、te 表示厨余、纸、橡塑、纺织类，%；
 - C_i —为 i 组分的湿基含量，下标 ga、pa、pl、te 表示厨余、纸、橡塑、纺织类，%；
 - H' —为干基氢含量，%；
 - K_i —i 组分的热值常量，下标 ga、pa、pl、te 表示厨余、纸、橡塑、纺织类；
 - p、q—热值估算常数。

三、模型的应用

(一) 模型检验

引用 2010 年深圳市生活垃圾研究部分数据, 对本文模型进行检验, 如下表 4:

表 4 模型公式的应用检验

样品序号		厨余(%)	纸类(%)	橡塑(%)	纺织(%)	含水率 (%)	实测热值 (kJ/kg)	估算热值 (kJ/kg)	相对偏差
组分含水率		64.7	56	43.7	47.7				
1	湿基	52.19	15.31	26.44	1.03	58.1	6016	6080	0.5%
	干基	43.97	16.08	35.53	1.29				
2	湿基	54.09	12.76	19.59	3.19	57.72	5420	5181	-2.3%
	干基	45.16	13.28	26.09	3.95				
3	湿基	56.75	11.15	22.92	2.23	56.64	4392	3741	-8.0%
	干基	34.48	8.44	22.21	2.01				
4	湿基	52.23	16.41	20.22	5.22	59.13	5267	5633	3.4%
	干基	45.11	17.67	27.85	6.68				
5	湿基	44.1	15.34	21.72	7.4	53.25	6462	7781	9.3%
	干基	42.87	18.59	33.68	10.66				

如表 4, 组分含水率为平均值, 使用本模型公式估算垃圾热值, 结果显示, 与测量值的相对偏差绝对值总体在 10% 以内, 表明该模型公式较好的适应性。

(二) 模型应用的条件和不确定性

本模型公式由热值概念公式导出, 有两个前提条件, 一

是垃圾各组分的干基高位热值趋于常量；二是垃圾干基氢含量趋于常量。由于氢含量对热值结果的影响较小，干基高位热值是否趋于常量成为该模型不确定性的主要来源。从近五年的经验数据分析，如表 3、图 1，各组分干基高位热值的分布表现为一定范围内波动，随橡塑类、纺织类、纸类和厨余类依次降低，据此认为，在一定经济社会发展阶段和在一定地域内，生活垃圾各组分干基特性稳定化，或集中在一定范围波动，所以，如果估计出各组分干基高位热值的上、下限和众数，按照本文模型，可估算出生活垃圾热值的上、下限和综合热值，更有利于指导垃圾焚烧厂的技术管理。

但是，生活垃圾组分特性随社会经济的发展和人们生活习惯的改变，在时间轴上必然发生变化，导致该模型的估算结果出现偏差，因此，有必要进一步积累生活垃圾组分热值的测定数据，修正模型的具体形式，提高模型估算热值的预测精度。综合分析，该模型公式在当前阶段（如未来 3—5 年内）、在华南地区特别是珠三角城市区域应用是合理的。

四、结论

本文以实验室热值相关指标的测定数据为基础，借鉴常用垃圾热值估算的经验公式，从热值概念公式推导出生活垃圾热值估算模型和估算公式，通过检验和综合分析，认为该模型可较好应用于珠三角城市生活垃圾热值的预测。

（来源：广州市城市管理技术研究中心供稿）

某高龄期大型垃圾填埋场环境调查浅析

垃圾填埋场产生的臭气、渗沥液、甲烷、有毒微生物等严重影响周边环境，特别是 20 世纪 80 年代早期填埋场，通常都是因势而设，选址缺乏严格的场地调查，防渗、导排等技术相对落后。目前我国封场填埋场数量众多，大多数为非正规填埋场，据不完全统计，截至 2017 年，全国非正规垃圾堆放点排查整治信息系统登记录入的就有 2.7 万个，主要分布在城乡结合部、环境敏感区、主要交通干道沿线及河流（湖泊）和水利枢纽管理范围内。随着城市化深入推进，目前大部分已处于城区或近郊区。该类填埋场占据城市稀缺的土地资源，同时也对周边环境造成污染，限制了城市的可持续发展。因此，急需对这类已封场的垃圾填埋场进行综合治理和修复，将受污染的土地资源再次利用起来，以达到可持续发展的目的。但由于我国早期的垃圾填埋场一般都缺少较详细的资料记录，水文地质、填埋数据、环境监测等更是鲜有记录，而且垃圾本身就存在不均匀性，各地各时期均有不同的特性，难以一概而谈。因此，对填埋场进行全方位的环境调查，不仅能掌握该类封场填埋的环境现状，还能为后续的综合治理修复与规划利用提供可靠的基础信息。通过对某非正规垃圾填埋场的垃圾堆体和外围环境进行了调查分析和评估。基于国内外封场填埋场场地调查的相关标准规范，

提出我国非正规垃圾填埋场的场地调查内容和程序。对简易填埋场进行工程勘察及环境污染调查，并利用三维建模计算对堆体进行稳定性评估，提出治理建议。但目前主要是针对非正规填埋场或是近年封场的填埋场展开环境调查研究，较少涉及 20 世纪 80 年代末垃圾填埋场的环境调查研究。以 20 世纪 80 年代末正规垃圾填埋场为例，对封场 20 年的垃圾填埋场进行环境调查，全面评估填埋场目前的情况并提出针对性建议，为封场填埋场的综合治理和土地资源化利用提供参考。

一、材料与方法

（一）填埋场现状

该 20 世纪 80 年代末垃圾填埋场三面环山，典型的低凹盆地，地势总体东南高西北低。1987 年开工建设，1989 年建成投产，主要处理当地区属垃圾。1998 年扩建成为市属规模较大、较正规的生活垃圾卫生填埋场。填埋场占地为 16 万 m^2 ，库底采用黏土防渗层设计，停用前日均垃圾填埋场达到 2000t/d，累计进场垃圾约 500 万 t。于 2002 年停止垃圾进场，采用 HPDE 膜覆盖并铺设耕植土进行绿化。

（二）调查对象及检测方案

1. 检测指标

根据《建筑变形测量规范》《生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范》《生活垃圾卫生填埋场封场技术规范》《生活垃圾填埋场污染控制标准》《生活垃圾卫生填埋场环境监

测技术要求》《地下水质量标准》等行业标准的要求，调查分为填埋场外围环境和垃圾堆体，其中填埋场外围环境调查土壤，垃圾堆体调查对象包括垃圾理化特性（垃圾组分、含水率、热值、有机质和重金属等）、渗沥液、堆体沉降量等，见表 1 和表 2。

表 1 填埋场外围环境调查对象

调查对象	内容
环境土壤	含水率、pH 值、电导率、有机质、全磷、全氮、总钾 (K ₂ O)、总铜、总锌、总镉、总铅

表 2 填埋场垃圾堆体调查对象

调查对象	内容
陈腐垃圾	物理组分(不可分辨物、木竹类、灰土类、纺织类、橡塑类、金属类、玻璃类、砖瓦陶瓷类、纸类)、容重、含水率、有机质、干基高位热值、湿基低位热值
渗沥液	pH 值、悬浮物、五日生化需氧量、化学需氧量、氨氮、总氮、总磷
土壤(垃圾堆体底下)	pH 值、总砷、总汞、总铅、总镉、总铬、总铜、总锌、总镍
堆体沉降观测	填埋区堆体沉降量
渗沥液水位	渗沥液水位(主水位)

2. 渗沥液水位

填埋区渗沥液水位监测点位共计 6 个，5 个点水位均下降，最大水位下降点 SW01 渗沥液下降 2377.36mm，SW05 点渗沥液水位上升 1509.72mm。全年整个垃圾堆体渗沥液下降趋势明显（表 5）。SW01、02、06 点在填埋区顶部（上游），水位距离井口高度 10.5—14.2m，水位埋深相近。SW03、04、05 点在填埋区坡面（下游），区域相近，水位距离井口高度

5.5—7.2m，水位埋深相近。并且，堆体内部水位高程从上游向下游降低，反映垃圾堆体内部透水性良好，渗沥液沿水力坡降自顶部向下游流动。

3. 垃圾理化性质

表3 检测点位及布点方法

类别	调查对象	采样点数/个	样品数量/个	采样说明
外围环境	环境土壤	4	4	在填埋场外围可能发生污染的区域共4处,每个点位取1个样品
	陈腐垃圾	13	49	在填埋堆体上均匀布置点位,钻探每10m取一个陈腐垃圾样品
垃圾堆体 (垃圾堆体底下)	渗沥液	10	10	(1)陈腐垃圾钻孔取样后,取钻孔内渗沥液样品;(2)在渗沥液导排管口取样
	土壤	7	9	钻孔至垃圾堆体底部黏土防渗层,取防渗层底部2m下的土壤样本7个,防渗层底部5m下的土壤样品2个
	堆体沉降量	70	8400	设置沉降监测点,每月监测一次,持续一年。分别在2015年设置30个监测点,2021年设置40个监测点
	渗沥液水位	6	6	设置渗沥液监测井,测量堆体渗沥液水位

该填埋场封场前3年填埋的垃圾主要包括易腐蚀有机物、无机类物质和废品类物质，其所占比例布点采样方案检测点位及布点方法见表3。

二、结果与讨论

(一) 堆体沉降量分别在2015年和2021年对填埋场垃圾堆体进行沉降监测，每月监测一次，为期1年，结果如表4所示。2015年最大累计沉降量为55.8mm，平均累计沉降量为32.62mm，最大沉降观测点位于填埋场顶面。2021年最大累计沉降量为18.57mm，平均累计沉降量为10.24mm，最大沉降观测点也位于填埋场顶面。依据《生活垃圾填埋场稳定化场地利用技术要求》(GB/T25179—2010)，当垃圾堆体

沉降量为 10 ~ 50mm/a 时，填埋场场地稳定化利用可达高度利用标准。

表 4 堆体沉降量 mm

时间	平均累计沉降量	最大累计沉降量
2015 年	-32.62	-55.8
2021 年	-10.24	-18.57

(二) 渗沥液水位

填埋区渗沥液水位监测点位共计 6 个，5 个点水位均下降，最大水位下降点 SW01 渗沥液下降 2377.36mm，SW05 点渗沥液水位上升 1509.72mm。全年整个垃圾堆体渗沥液下降趋势明显（表 5）。SW01、02、06 点在填埋区顶部（上游），水位距离井口高度 10.5—14.2m，水位埋深相近。SW03、04、05 点在填埋区坡面（下游），区域相近，水位距离井口高度 5.5—7.2m，水位埋深相近。并且，堆体内部水位高程从上游向下游降低，反映垃圾堆体内部透水性良好，渗沥液沿水力坡降自顶部向下游流动。

表 5 渗沥液水位

监测点	监测井井口	2021 年 12 月 3 日	年度水位变	水位埋深/
	高程 /m	水位高程 /m	化量/mm	m
SW01	73.46	59.18	-2 377.16	14.28
SW02	67.28	56.77	-1 456.32	10.51
SW03	49.53	42.47	-2 163.61	7.06
SW04	60.74	53.46	-1 212.56	7.28
SW05	52.35	46.81	1 509.72	5.54
SW06	68.27	54.30	-2 233.87	13.98

(三) 垃圾理化性质

该填埋场封场前 3 年填埋的垃圾主要包括易腐蚀有机物、无机类物质和废品类物质，其所占比例依次为 61.50%、13.85%和 24.65%。物理组分检测结果如表 6 所示，封场多年后易腐蚀有机物已降解或者归为不可分辨物，废品类物质基本没发现，极可能由当年拾荒者完成资源回收，剩下的基本为砖瓦陶瓷等较难分解的惰性物质。如表 7 可知，该填埋场有机质（以干基计）含量平均值为 16.8%，根据《生活垃圾填埋场稳定化场地利用技术要求》符合低度利用场地的要求。而陈腐垃圾的平均湿基低位热值高于进炉垃圾平均湿基低位热值 5000kJ/kg 的要求，根据《城市生活垃圾处理及污染防治技术政策》，符合焚烧处理垃圾最低热值要求。

表 6 物理组分

年份	数值类型	混合类 (不可分辨物)										其他类 (电池)
		纸类	木竹类	灰土类	纺织类	橡塑类	金属类	玻璃类	砖瓦陶瓷类			
2015—	范围	59.13~70.23	0.08~0.12	4.38~7.51	0	3.22~6.32	15.12~24.96	0.44~0.86	0.55~0.81	1.27~3.54	0.04~0.07	
2018	平均值	65.38	0.11	5.83	0	4.81	19.83	0.69	0.68	2.70	0.06	

表 7 理化特性

项目	容重 /kg·m ⁻³	含水率 /%	有机质(以干基计) /%	干基高位热值 /kJ·kg ⁻¹	湿基低位热值 /kJ·kg ⁻¹
范围	521~738	34.53~41.26	8.90~19.32	5 404~11 090	4 134~9 823
平均值	636	38.7	16.8	7 552	6 027

(四) 渗沥液

以《生活垃圾填埋场污染控制标准》表 2 限值作为评估指标，从表 8 可以看出封场多年后堆体渗沥液各项指标虽然均比 2001 年在运营时的数值要低，但各项指标仍超过标准

限值，该填埋场堆体内的渗沥液仍需进行有效处理后方可排放。

表 8 渗沥液检测结果

指标	pH 值	悬浮物	COD _{Cr}	BOD ₅	氨氮	总氮	总磷
勘探钻孔取样	8.32	560	1 060	236	1 627	1 820	10.44
渗沥液导排管口	8.27	48	1 550	126	2 920	-	-
2001 年实测	6.8	1 359	36 036	7 050	3 125	-	-
表 2 限值	-	30	100	30	25	40	3

注：表中指标数值单位除 pH 值及注明者外，均为 mg/L。

（五）土壤

土壤调查分为两部分。一是填埋场周边环境，取样 4 个，检测指标分别为 pH 值、电导率、有机质、全磷、全氮、总钾、总铜、总锌、总镉、总铅，检测结果见表 9；二是填埋场垃圾堆体底部黏土防渗层以下土壤，取样 9 个，检测指标分别为总砷、总汞、总铅、总镉总铬、总铜、总锌、总镍，检测结果见表 10。如表 9、表 10 所示，对照《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准（试行）》表 1 筛选值（第二类用地）可知，填埋场周边环境土壤所检测指标未超过限值。而填埋场黏土防渗层以下土壤样品的检测指标中，总铬超过筛选值 3.5—8 倍，其余指标均未超过限值。一方面表明陈腐垃圾中重金属对土壤造成长远的污染。另一方面，反映当年填埋场运营管理不严格致部分工业垃圾混入其中。

表 9 外围环境土壤检测结果

数值类型	pH 值	电导率 / $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}$	有机质	全磷	全氮	总钾(K_2O)	总铜	总锌	总镉	总铅
范围	3.42~5.28	47~305	0.08~0.53	<0.8	0.169~1.61	3.94~5.08	14~37	26~58.8	<0.06	79~174

注:表中指标数值单位除 pH 值及注明者外,均为 mg/kg。

表 10 堆体底部土壤检测结果

数值类型	总砷	总汞	总铅	总镉	总铬	总铜	总锌	总镍
范围	0.04~4.8	0.016~0.1	41~93	0.02~0.08	20~46	2~34	38~315	9~35
筛选值	60	38	800	65	5.7	18 000	-	900

注:表中指标数值单位除 pH 值及注明者外,均为 mg/kg。

三、结论与建议

经调查该填埋场封场近 20 年,堆体沉降满足达到高度利用要求,填埋的各类易腐物质均已完成降解,填埋场的有机质含量指标满足低度利用的要求;渗沥液各项指标相比在运营时要低,但仍超过规范要求;填埋场周边环境土壤所检测的指标均未超标,但填埋场堆体底部出现渗漏现象,导致底部自然土壤造成污染。总体而言,该垃圾填埋场虽经 20 年封场降解,但仍未达到再利用的要求。相关建议如下:

(一) 开展场地水文调查。开展水文调查进一步掌握填埋场周边水文情况,确定地下水径流和水体补给信息,分析周边水体与垃圾堆体是否存在连通的情况。

(二) 增设渗沥液导排管道。在堆体西北部增加渗沥液的水平导排管,导排汇入渗沥液处理厂处理。

(三) 重点持续监测填埋区渗沥液水位的变化情况,特别是年度水位显著上升的 SW05 点。

(来源:广州市城市管理技术研究中心供稿)

报：陶镇广、张颖、谭斌、何正清、徐书同、尹自永、
谭礼和

发：局机关各处室、直属各单位

广州市城市管理技术研究中心 2023年6月28日

编审：李湛江 朱云

编辑：罗志红 电话：81073291