

**编者按** 2018 年以来,生态环境部会同相关部门,指导深圳等“11+5”个城市扎实推进“无废城市”建设试点工作,取得预期成效,为在全国范围内深入开展“无废城市”建设积累了经验,探索了路径。“十四五”时期,“无废城市”建设作为深入打好污染防治攻坚战的重要组成部分,将在全国 100 个左右城市开展,并在浙江等地探索省级“无废城市”建设,在全面落实《固体废物污染环境防治法》、推动治理固体废物污染的同时,还承载着统筹水、气、土污染治理、减污降碳协同增效、助力城市绿色低碳发展等新的使命。为此,《环境工程学报》编辑部邀请生态环境部固体废物与化学品管理技术中心共同组织了“无废城市”建设专题。该专题主要包括“无废指数”构建方法研究、“无废城市”社区参与程度及影响因素分析、工业固体废物管理新思路新策略、固体废物分类体系构建原则、方法与框架等,以期在“十四五”时期在全国范围高质量推进“无废城市”建设提供参考。



文章栏目:“无废城市”建设专题

DOI 10.12030/j.cjee.202112102 中图分类号 X32 文献标识码 A

滕婧杰, 祁诗月, 马嘉乐, 等. “无废指数”构建方法探究——以“浙江省无废指数”构建为例[J]. 环境工程学报, 2022, 16(3): 723-731.  
[TENG Jingjie, QI Shiyue, MA Jiale, et al. Research on the method of zero-waste index: the case study of Zhejiang zero-waste index construction[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2022, 16(3): 723-731.]

## “无废指数”构建方法探究——以“浙江省无废指数”构建为例

滕婧杰, 祁诗月, 马嘉乐, 赵娜娜, 刘刚<sup>✉</sup>

生态环境部固体废物与化学品管理技术中心, 北京 100029

**摘要** “无废城市”建设是在城市层面深化固体废物综合管理改革,统筹经济社会发展中的固体废物管理,系统持续推进固体废物减量化、资源化和无害化的重要抓手。目前,我国尚缺乏定量、直观、统一的“无废城市”建设成效评估方法,无法实现对各地“无废城市”建设进展情况和所取得成效的实时展示、评估、分析。基于我国“无废城市”建设指标体系,在对比分析国内外综合型指数构建方法的基础上,提出了我国“无废指数”的构建思路。在此基础上,基于浙江省“无废城市”建设水平和任务安排,聚焦“无废城市”建设中工业、农业、生活领域重点类别固体废物产生、回收利用、贮存处置关键环节,筛选具有充分统计调查基础、长期数据积累、标准采集方法、明确对应主体的核心指标,构建了“浙江省无废指数”指标体系,建立了量化、可感知、可扩展的综合指数计算方法。基于该方法计算得到的 2021 年“浙江省无废指数”结果显示,浙江省各城市“无废指数”得分均在 60 分以上,处于良好水平。该研究结果充分发挥了“无废城市”指标体系的导向、引领作用,可实现对各地“无废城市”建设水平的科学评估,有助于识别影响“无废城市”建设成效的优势和短板,及时优化“无废城市”建设目标任务。

**关键词** 无废城市; 无废指数; 指标体系; 成效评估; 固体废物管理

随着人口的快速增长和城市化进程的推进,传统的城市发展模式难以为继,多个国家及地区相继提出了“循环经济”“可持续”“零废弃”发展理念。欧盟、日本、新加坡等国际组织或国家在固

收稿日期: 2021-12-15; 录用日期: 2022-03-08

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2019YFC1908500)

第一作者: 滕婧杰(1984—),女,博士,高级工程师, [tengjingjie@meescc.cn](mailto:tengjingjie@meescc.cn); 通信作者: 刘刚(1981—),男,硕士,高级工程师, E-mail: [liugang@meescc.cn](mailto:liugang@meescc.cn)

体废物综合管理方面开展了积极的尝试与探索；英国、法国、芬兰、美国等国家的多个城市已明确提出“无废城市”战略，将实现垃圾零填埋、充分资源化利用作为“无废”目标<sup>[1-3]</sup>。我国是全球第一大资源能源生产国和消费国，一般工业固体废物、危险废物、生活垃圾、农业固体废物等产生量巨大，全国每年新增固体废物  $100 \times 10^8$  t，历史堆存总量高达  $(600 \sim 700) \times 10^8$  t<sup>[4-5]</sup>。从城市整体层面深化固体废物综合管理改革，统筹经济社会发展中的固体废物管理，系统推进固体废物减量化、资源化和无害化，以最大程度降低固体废物对生态环境的影响，已势在必行。2021年12月，在总结第一批“无废城市”建设试点工作的基础上，生态环境部等18部委印发了《“十四五”时期“无废城市”建设工作方案》<sup>[6]</sup>，计划将推动100个左右地级及以上城市开展“无废城市”建设。但在全国范围推进“无废城市”建设的过程中，仍亟待解决一些问题。首先，在管理需求方面，各地需要客观评估当前固体废物管理水平，从而科学设定未来“无废城市”建设目标，将“无废城市”建设从任务导向转为目标导向。然而目前发布的《“无废城市”建设指标体系(2021版)》<sup>[7]</sup>(以下简称《指标体系》)仍是建设指标，缺乏可用于评价进展情况的量化评估方法，导致城市管理者无法在此基础上识别“无废城市”建设成效的优势和短板。其次，在公众感受方面，由于固体废物来源复杂、种类繁多，“无废城市”建设涉及的主体和领域较多，目前缺乏简明、及时、准确、易于理解的展示形式，缺乏对各地“无废城市”建设进展情况和取得成效的直观呈现。因此，为稳步推进“十四五”时期“无废城市”建设任务的贯彻落实，全面量化综合评估全国100个城市的“无废城市”建设水平和成效，建立健全“无废城市”长效管理体系，亟需构建一套可实现进展跟踪、成效评估和政策指引的“无废城市”建设成效评估方法。

国内外固体废物管理成效评估方法的研究主要涉及指数类型、指标体系和指数计算方法等方面。在指数类型方面，目前用于固体废物管理评估的指数主要有单一指标法和综合指数法。单一指标法是通过单一指标去表征固体废物管理程度，比如，将零填埋作为“无废”战略的关键目标<sup>[8-9]</sup>。然而，零填埋只是体现末端填埋环节的约束性指标，没有对前端源头减量、资源化利用提出具体要求，不足以体现全过程的“无废”理念。综合指数法是指通过基于一系列指标构建形成的综合性指数来评估固体废物管理水平的方法。比如，ZAMAN和LEHMANN<sup>[10]</sup>提出的“无废指数”(Zero Waste Index)方法，以城市中再生资源替代原生资源的潜力来衡量“无废”成效。然而，该方法并未纳入商业和机构废物、工业固体废物以及建筑垃圾等类别固体废物。在指标体系方面，多位学者考虑环境、经济、社会、管理政策等多方面影响，构建综合指标体系。ZAMAN<sup>[11]</sup>通过文献综述、问卷调查、专家咨询等方法，形成7大类、19小类、共56项指标体系，涉及环境、经济、社会、管理政策等多方面，对城市“无废”管理系统进行综合全面的评估。RODRIGUES等<sup>[12]</sup>从市政管理者、学者文献、专家等方面汇总了可持续性的固体废物管理指标，包括固体废物管理市政预算、固体废物管理投资以及固体废物管理成本和资源效率3个类别的经济方面指标，援助受影响人口和社会利益2个类别的社会方面指标，选择性固体废物收集、固体废物管理影响和固体废物处理3个类别的环境方面指标。但是，这些指标体系对城市间差异性考虑不足，只是影响性指标，不具有评价性。DEUS等<sup>[13]</sup>研究制定了城市固体废物的综合指标，包括人均固体废物产生量、人均温室气体排放量、人均能源消耗和废物质量指标。然而，这些指标都是基于城市代谢的思路来选择的，尚未全面确定城市整体“无废”评估指标，仅应用于评估市政固体废物(生活垃圾)的管理水平。在指数计算方法方面，RODRIGUES等<sup>[12]</sup>提出了多标准决策辅助建构方法，DEUS等<sup>[13]</sup>采取不设权重的分指数几何平均值计算方法，邹权等<sup>[14]</sup>通过对指标体系进行差异赋值和无量纲归一化算法对“无废城市”试点进行成效评估，高术杰<sup>[15]</sup>采用层次分析法建立城市全域发展的评价指标体系并求出权重向量，赵曦<sup>[16]</sup>采用德尔菲法、层次分析法和五分制综合评价法对“无废城市”固体废物综合处理产业园建设水平进行评价。以上方法计算的权重主要依赖于领域专家或第三方机构，存

在难以保障评价标准一致性的问题，从而影响计算结果的客观性和实际应用。与固体废物管理评估类似，环境空气质量的影响因素和污染物信息也极为复杂。在我国大气污染防治领域，环境空气质量指数 (Air Quality Index, AQI) 作为用于评价大气环境质量状况简单而直观的指标，将专业性较强的空气质量监测结果转换成一个无量纲的指数，根据指数大小将空气质量状况划分为“优、良、中、差”等通俗易懂的等级，用于向公众提供健康指引。目前，还未有研究将 AQI 的评价方法借鉴到固体废物管理成效评价上。

针对我国“无废城市”构建方法未建立、数据统计范围及口径不规范的问题，本研究聚焦“无废城市”建设中工业、农业、生活领域重点类别固体废物产生、回收利用、贮存处置等关键环节，筛选出具有充分统计调查基础、长期数据积累、标准采集方法、明确对应主体的核心指标作为分指数，通过去量纲、等标化，构建量化、可感知、可扩展的综合指数，以实现不同层级“无废指数”的核算，定量、直观地反映和评价“无废城市”的建设程度。该方法具有3个创新点。1) 实现“无废城市”建设进展的实时反馈。在“无废城市”研究中，基于“无废城市”建设任务要求确定“无废指数”指标体系，并进一步将指标体系拆解到可采集、可分解的统计调查数据，通过实时数据的采集、分析，及时展示城市在各重点领域和关键环节的进展情况，实现国家、省(自治区、直辖市)、市、县(区、县级市)各级数据调查、进展评估、结果反馈相互贯通，进一步强化各相关部门的固体废物管理目标衔接、责任分解和考核落实。2) 实现“无废城市”建设成效的客观比较。开展“无废城市”建设的地区在城市定位、类型、发展阶段等方面存在差异。“无废指数”方法通过以产业结构比重设置权重，消除不同地区经济社会发展、生活习惯等客观差异对结果的影响，并兼顾全国、省域的通用性和地区差异性构建分级标准，能够科学评估各地固体废物源头产生、资源化利用和最终处置水平，初步实现各地“无废城市”建设进展情况的客观比较。3) 实现“无废城市”建设决策的支撑指引。参考环境空气质量指数测算方法，通过设置“无废指数”分指数，实现与工业、农业、生活领域重点类别固体废物源头减量、资源化利用、贮存处置等关键环节对应的目标任务的有效关联，可根据指数结果准确识别“无废城市”建设过程中各重点领域的比较优势和差距，直观地反映需综合施力的目标、任务，以及具备比较优势和示范效应的任务措施，实现多维度比较分析和研判，便于地方管理部门及时优化“无废城市”整体推进策略，为政府相关部门提供决策指引。

## 1 “无废指数”方法的构建

“无废指数”方法的构建从指标数据到应用于管理，历经指标体系构建、分指数计算、得到“无废指数”结果以及“无废指数”应用等4个步骤，具体详见图1。首先，在生态环境部发布的《指标体系》<sup>[7]</sup>的基础上，各省(自治区、直辖市)结合地域实际情况及阶段目标需求筛选、优化相关指标，构建省级及以下层面的“无废指数”指标体系。其次，基于全国大、中城市信息发布结果、环境统计数据、“无废城市”试点城市指标完成情况等样本数据库，形成指标值分级方案，进而计算各项指标对应的分指数。之后，采用分指数加和取平均值的方式计算“无废指数”，实现指标量化，为管理部门评估无废城市建设状况提供技术支撑，以达到“无废城市”建设和固体废物污染防治可评估、可考核的目标。

1) 指标筛选。首先，考虑筛选对于国民经济生产生活当中具有显著影响的、居民具有感知度的、给生产生活造成压力的各类固体废物相关指标，比如工业固体废物，农业固体废物、生活垃圾、建筑垃圾等。其次，重点关注固体废物的源头产生、过程利用和末端处置全过程管理，将各类固体废物管理薄弱环节作为核心指标。因此，基于国家《指标体系》<sup>[7]</sup>5个一级指标、17个二级指标和58个三级指标，聚焦“无废城市”建设中工业、农业、生活、建设4大重点领域和源头减量、资源化利用、贮存处置3个关键环节，并通过部分指标增加核算方法剔除不同区间产业

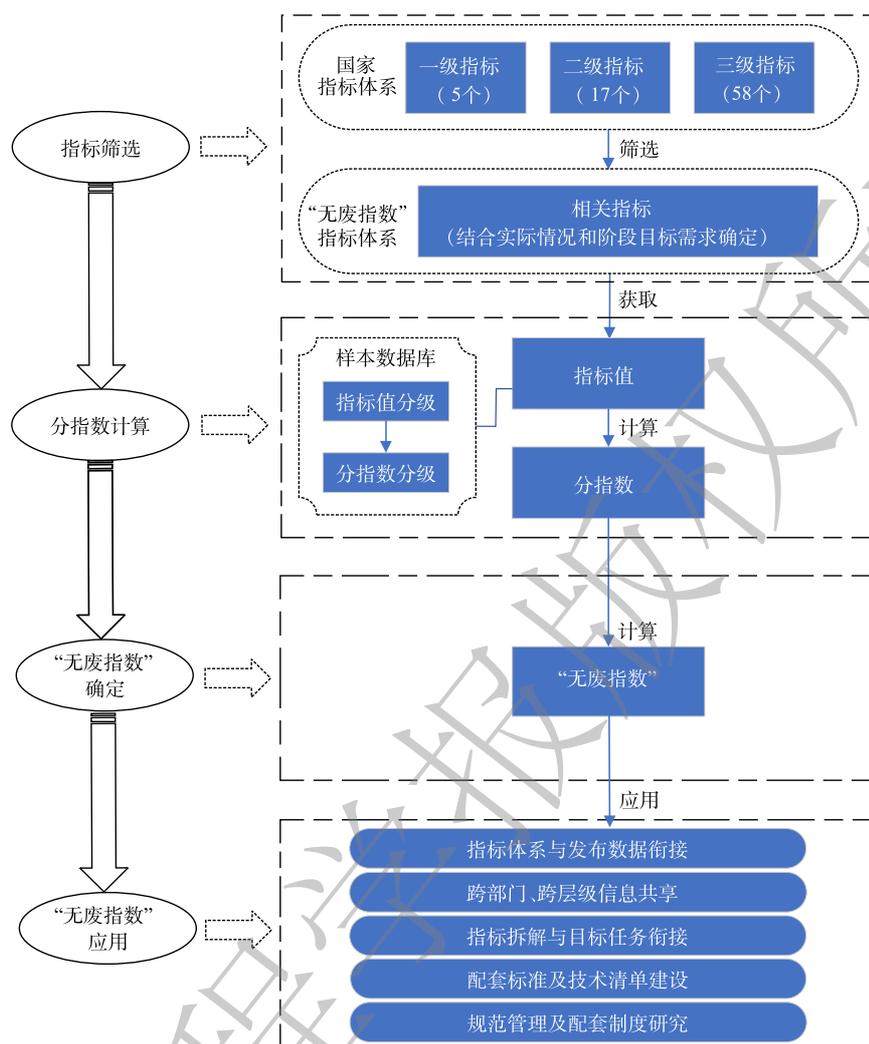


图1 “无废指数”构建及应用示意图

Fig. 1 Schematic diagram of zero-waste index construction and application

结构、发展水平等不可比因素，结合数据可获得性等考虑，确定工业固体废物产生强度、工业固体废物综合利用率、工业固体废物贮存处置强度、秸秆综合利用率、畜禽粪污综合利用率、人均生活垃圾日产生量、建筑垃圾产生强度、建筑垃圾综合利用率和再生资源实际回收效率9个核心指标，作为“无废指数”指标体系(表1)。

2) 分指数计算。“无废指数”分指数对应限值是基于全国大中城市信息发布结果、国家环境统计调查结果、“无废城市”试点城市指标完成情况及地方统计调查数据确定的。以“浙江省无废指数”分指数对应限值为例，按照全国平均水平对应分指数40~60分，浙江省11地市平均水平对应分指数70~80分，第一批“无废城市”试点最好水平对应分指数90分的基本原则确定对应分指数分值区间，并由此估算其他分值对应限值，每20分值为一个等级，分为5个等级(见表2)。

参照环境空气质量指数计算方法，对分指数去量纲、等标化，用插值法按下式(1)计算。

$$IZWI_p = \frac{IZWI_{Hi} - IZWI_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} (I_p - BP_{Lo}) + IZWI_{Lo} \quad (1)$$

式中：IZWI<sub>p</sub>为“无废指数”单项指标P的“无废指数”分指数；I<sub>p</sub>为“无废指数”单项指标P的指标值；BP<sub>Hi</sub>为与I<sub>p</sub>相近的“无废指数”单项指标限值的高位值；BP<sub>Lo</sub>为与I<sub>p</sub>相近的“无废指数”单项指

表1 “无废指数”指标体系及计算方法

Table 1 Zero-waste index indicator system and calculation method

重点领域	关键环节	分指标	指标说明	计算方法	备注
农业领域	农业领域资源化利用	秸秆综合利用率	指秸秆肥料化(含还田)、饲料化、基料化、燃料化、原料化利用总量与秸秆可收集资源量(测算)的比率。该指标用于促进秸秆的资源化利用,实现部分替代原生资源。鼓励各地整县推进秸秆综合利用。	$\text{秸秆综合利用率}(\%) = \frac{\text{秸秆综合利用量}}{\text{秸秆可收集资源量(测算)}}$	现有必选指标,具有较为完备统计调查数据、可直接用于计算和评价。
		畜禽粪污综合利用率	指综合利用的畜禽粪污量占畜禽粪污总量的比率。畜禽粪污产生量和综合利用量根据畜禽规模养殖场直联直报信息系统确定。该指标有助于推动畜禽粪污资源化利用。鼓励各地整县推进畜禽粪污资源化利用。	$\text{畜禽粪污综合利用率}(\%) = \frac{\text{畜禽粪污综合利用量}}{\text{畜禽粪污产生总量(测算)}}$	现有必选指标,具有较为完备统计调查数据、可直接用于计算和评价。
工业领域	工业领域固体废物资源化利用	工业固体废物产生强度	指纳入固体废物申报登记范围的工业企业,每万元工业增加值的工业固体废物(包括一般工业固体废物和工业危险废物)产生量。该指标是用于促进全面降低工业固体废物源头产生强度的综合性指标。	$\text{工业固体废物产生强度} = \frac{\text{一般工业固体废物产生量} + \text{工业危险废物产生量}}{\text{工业增加值}}$	现有必选指标基础上优化调整形成,具有较为完备统计调查数据、可直接用于计算和评价。
		工业固体废物综合利用率	指工业固体废物(包括一般工业固体废物和工业危险废物)综合利用量占工业固体废物产生量(包括综合利用往年贮存量)的比率。城市可根据实际情况,增加具体类别工业固体废物综合利用率作为自选指标,如煤矸石综合利用率、粉煤灰综合利用率等。该指标用于促进工业固体废物综合利用水平,减少工业生产中资源、能源消耗。	$\text{工业固体废物综合利用率}(\%) = \frac{\text{一般工业固体废物综合利用量} + \text{工业危险废物综合利用量}}{\text{当年一般工业固体废物产生量} + \text{当年工业危险废物产生量} + \text{工业危险废物综合利用往年贮存量}}$	现有必选指标基础上优化调整形成,具有较为完备统计调查数据、可直接用于计算和评价。
		工业固体废物贮存处置	指每万元工业增加值的工业固体废物(包括一般工业固体废物和工业危险废物)贮存处置量。该指标用于促进工业固体废物资源化利用,控制工业固体废物贮存处置量增长。	$\text{工业固体废物贮存处置强度} = \frac{\text{一般工业固体废物贮存处置量} + \text{工业危险废物贮存处置量}}{\text{工业增加值}}$	现有必选指标基础上优化调整形成,具有较为完备统计调查数据、可直接用于计算和评价。
生活领域	生活领域源头减量	人均生活垃圾日产生量	指每人每日生活垃圾产生量。该指标是反映生活领域固体废物减量工作成效的综合性指标。各地可根据过夜旅游人口数量等实际情况调整人口数量的统计范围(需提供相应说明材料)。该指标用于促进城乡生活垃圾源头减量。	$\text{人均生活垃圾日产生量} = \frac{\text{生活垃圾日清运量}}{\text{生活垃圾收运系统覆盖率} \times \text{城乡常住人口}}$	现有必选指标基础上优化调整形成,具有较为完备统计调查数据、可直接用于计算和评价。
		再生资源实际回收率	指单位城市生产总值的再生资源当年实际回收量。再生资源类别包括报废机动车、废弃电器电子产品、废钢铁、废铜、废铝、废塑料、废纸、废玻璃、废旧轮胎、废动力电池等。该指标用于促进提升再生资源回收利用水平。	$\text{再生资源实际回收效率} = \frac{\text{再生资源当年实际回收量}}{\text{城市生产总值}}$	现有三级指标基础上调整。基于未来专项领域评价需求,在现有三级指标基础上优化调整形成。
建设领域	建筑领域源头减量	建筑垃圾产生强度	指该城市当年单位房屋建筑施工面积的建筑垃圾产生量。建筑垃圾产生量指收集和运送到各建筑垃圾处理和建筑垃圾最终消纳点的清运量,不包括二次中转清运量。该指标用于促进减少建筑垃圾源头减量。	$\text{建筑垃圾产生强度} = \frac{\text{建筑垃圾产生量}}{\text{当年房屋建筑施工面积}}$	新增指标。基于未来需求以及现有工作推进情况前瞻性设计。
		建筑垃圾资源化利用	指城市建筑垃圾综合利用量占建筑垃圾产生量的比率。建筑垃圾综合利用指除填埋以外的城市建筑垃圾综合利用,利用形式主要包括建筑垃圾通过再生骨料及制品,以及土方平衡、林业用土、环境治理、烧结制品等。该指标用于促进建筑垃圾综合利用。	$\text{建筑垃圾综合利用率}(\%) = \frac{\text{建筑垃圾综合利用量}}{\text{建筑垃圾产生量}}$	现有必选指标基础上优化调整形成,具有较为完备统计调查数据、可直接用于计算和评价。

表2 “浙江省无废指数”分指数对应限值

Table 2 Corresponding limits of zero-waste sub-index in Zhejiang Province

“无废指数”分指数	秸秆综合利用率	畜禽粪污综合利用率	工业固废产生强度/(t·10 <sup>4</sup> 元 <sup>-1</sup> )	工业固体废物综合利用率	工业固废贮存处置强度/(t·10 <sup>4</sup> 元 <sup>-1</sup> )	建筑垃圾产生强度/(t·m <sup>-2</sup> )	建筑垃圾综合利用率	人均生活垃圾日产生量/(kg·人天 <sup>-1</sup> )	再生资源实际回收效率/(t·10 <sup>4</sup> 元 <sup>-1</sup> )
0	na	na	1.98	0.26	0.82	5.00	0.3	1.93	na
20.00	na	na	1.22	0.42	0.45	4.00	0.4	1.52	na
40.00	0.85	0.75	0.46	0.57	0.07	2.85	0.5	1.10	30.93
60.00	0.91	0.83	0.37	0.65	0.002	2.21	0.64	1.09	46.08
80.00	0.97	0.91	0.28	0.99	0.0004	1.57	0.77	1.06	61.22
100.00	1.00	1.00	0	1.00	0.00	0.03	1	0.60	139.14

注：na表示数据不可用。

标限值的低位值； $IZWI_{Hi}$  为中与  $BP_{Hi}$  对应的“无废指数”分指数； $IZWI_{Lo}$  为与  $BP_{Lo}$  对应的“无废指数”分指数。鉴于分指数是反映各单项领域建设成效的单一指标结果，为协同推进各领域固体废物源头减量、资源利用、无害化处置，对分指数计算不赋权重。

3) “无废指数”计算。采用分指数加和取平均值的方式计算“无废指数”。具体计算方法见式(2)。

$$ZWI = \frac{ZWI_1 + ZWI_2 + \dots + ZWI_i}{i} \quad (2)$$

式中：ZWI 是“无废指数”计算结果； $ZWI_i$  是第  $i$  项分指数计算结果。

## 2 “浙江省无废指数”构建

### 2.1 结果测算

根据浙江省各城市 2021 年统计调查数据，按照上述“无废指数”计算方法得出 2021 年“浙江省无废指数”结果，如图 2 所示。结果显示，浙江省各城市“无废指数”得分均在 60 分以上，处于良好

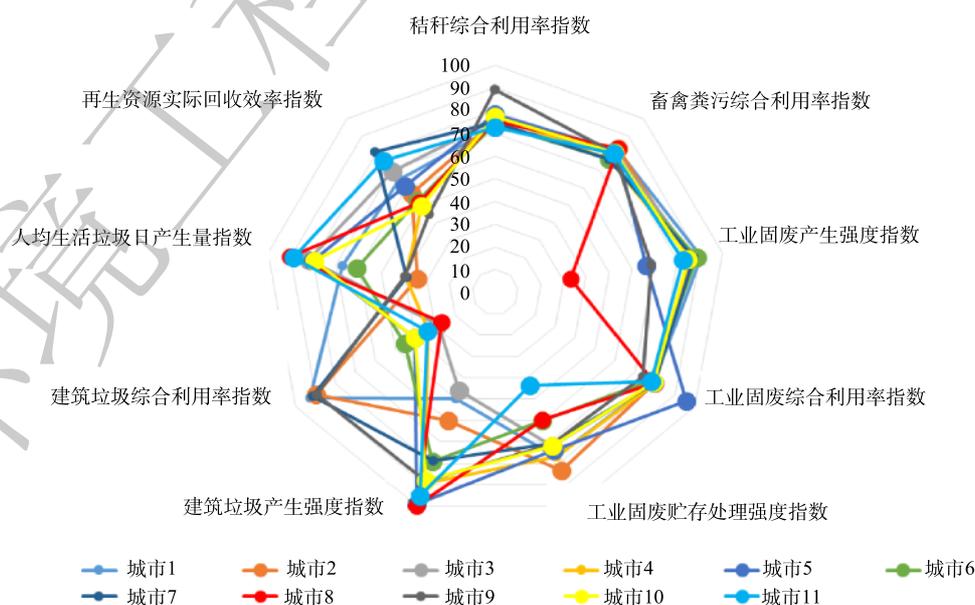


图2 2021年浙江省各城市“无废指数”分指数

Fig. 2 Zero-waste sub-index of cities in Zhejiang Province in 2021

水平。通过分析“无废指数”分指数，可以了解到各城市“无废指数”存在的短板，城市2、4、7的人均生活垃圾日产生量，城市3的建筑垃圾产生强度和建筑垃圾综合利用率，城市8的工业固废产生强度和建筑垃圾综合利用率，城市9、10的再生资源实际回收效率，城市11的工业固废贮存处置强度等，是当地“无废城市”建设下阶段的工作重点。

## 2.2 应用建议

1)“无废指数”计算结果可用于跟踪分析各地“无废城市”建设进展情况，实现相关部门的任务分解。“无废指数”指标与“无废城市”建设指标体系中三级指标直接关联或支撑，经拆解后形成的“无废指数”指标矩阵与各部门工作任务衔接清楚，可实现对专项领域重点任务、相关责任部门工作推进进展和成效的快速分析评估，有助于形成以数据驱动的部门任务分工、责任分工。基于“无废指数”的扩展性，地方可根据实际情况和管理需求，增加本地区分指数或调整分指数分级标准，用于提出更有针对性的工作任务和目标要求。

2)“无废指数”结果可用于实现城市之间多维度分析比较，作为“无废城市”建设相对优势和差距比较的参考。“无废指数”可反映不同地区之间以及与全国、全省情况的比较结果，识别各地区发展趋势、相对优势和短板环节，用于相关部门及时调整工作重点和管理策略。通过城市各分指数分析以及趋势预判，可精准识别各区域、各领域的短板及优势以及下阶段的目标和任务，实现对“无废城市”各项重点领域任务、目标从宏观到微观、从定性到定量的精准把握，形成“科学决策、高效执行、精准服务、综合评价”的工作闭环，为管理部门提供科学有效的决策支撑。

3)“无废指数”计算结果可用于支撑信息发布与公众感知。通过推动各地“无废指数”计算、分析工作，规范统一“无废城市”建设及固体废物管理信息数据，有助于完善本地固体废物种类、产生、收运、利用、处置等情况的完整闭环信息，可为地方政府及相关企业依法信息公开提供有力支撑。同时，“无废指数”与“无废城市”建设工作内容对应的量化指标直接关联，用于工业企业、农业生产主体、城乡居民及相关管理部门直接感知其活动对“无废城市”建设推进任务的影响和成效。

## 3 展望

1)完善指标体系与固体废物信息发布数据信息的衔接。可通过数据积累和大数据技术，完善建筑垃圾、农业固体废物等特定类别固体废物的统计范围、核算方法，规范“无废城市”建设各类信息统计调查制度和调查方法，实现全品类、全过程固体废物相关统计调查数据采集标准化、制度化、数字化。同时，加快推进工业固体废物电子台账、危险废物电子台账、小微源及社会源简易台账等技术指南制修订，推动实现规范化、标准化的多源数据采集，为相关主体开展信息管理及报送，以及地方政府及相关部门开展固体废物信息发布、规划收运利用处置设施建设等提供支撑。

2)健全固体废物信息跨部门、跨层级信息共享机制。应打通固体废物产生、转移、利用、处置各环节相关主体数据的流通梗阻，实现纵向、横向数据相互贯通、系统融合和综合集成。同时，进一步明晰采集数据、分析数据与相关部门监管职责、主体行为的边界关系，探索建立信息闭环、运行高效、职责清晰、反馈精准的数字化治理机制。

3)深化指标拆解与固体废物综合管理目标任务衔接。需要将“无废指数”指标体系拆解到具体数据源及对应的具体任务场景，识别可量化、可评估的标准化动作，建立以“无废指数”指标矩阵为引领的任务清单、责任清单衔接反馈机制，以量化数据指标推动形成责权清晰、目标明确的固体废物治理部门职责体系。同时，探索建立以“无废指数”为引领的落实固体废物污染防治目标责任制和考核评价制度，实现“无废指数”对地区固体废物综合管理的引领作用。

4)系统推进固体废物综合管理配套标准及技术清单建设。需要开展“无废指数”技术规范建设

研究及试点,为各地在统一规范的框架下,建立具有区域特色的差异化“无废指数”及其指标体系提供支撑。同时,探索建立“无废城市”建设数据标准体系,持续开展固体废物分类目录、“无废城市”信息采集及报送标准等基础性标准规范研究,逐步形成“无废城市”涉及的主要对象元素、流程节点的数据采集标准、技术规范,为实现固体废物综合治理信息的规范采集提供支撑。

5) 协同推进规范化管理及监管配套制度研究。需要协同开展重点行业固体废物规范化管理,小微源及社会源规范收运管理等技术规范、技术文件研究,推动实现固体废物产生、收运、利用、处置各环节主体行为的标准化、规范化,为实现可靠数据采集、远程监管等奠定基础。同时,探索开展固体废物综合治理网格任务清单及监管执法清单研究,为推动基层实现各类固体废物综合监管长效机制提供支撑;推动实现工业、农业、生活领域、建筑领域等领域主要类别固体废物的产生、综合利用、贮存处置等数字化管理机制和工作模式。

## 参考文献

- [1] 滕婧杰,赵娜娜,于丽娜,等. 欧盟循环经济发展经验及对我国固体废物管理的启示[J]. 环境与可持续发展, 2021, 46(2): 120-126.
- [2] 王永明,任中山,桑宇,等. 日本循环型社会建设的历程、成效及启示[J]. 环境与可持续发展, 2021, 46(4): 128-135.
- [3] 于丽娜,郭琳琳,黄艳丽,等. 新加坡可持续发展经验[J]. 世界环境, 2018(6): 83-85.
- [4] 生态环境部. 2016-2019年全国生态环境统计公报[EB/OL]. [2020-12-14]. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/sthjtnb>.
- [5] 生态环境部. 2020年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报[EB/OL]. [2020-12-28]. <https://www.mee.gov.cn/ywgz/gtfwyhxppl/gtfw/202012/P020201228557295103367.pdf>.
- [6] 生态环境部. “十四五”时期“无废城市”建设工作方案[EB/OL]. [2021-12-15]. [https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk03/202112/t20211215\\_964275.html](https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk03/202112/t20211215_964275.html).
- [7] 生态环境部. “无废城市”建设指标体系(2021版)(征求意见稿)[EB/OL]. [2021-09-16]. [http://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk06/202109/t20210916\\_948195.html](http://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk06/202109/t20210916_948195.html).
- [8] FEHR M, SANTOS F C. Landfill diversion: moving from sanitary to economic targets[J]. *Cities*, 2009, 26(5): 280-286.
- [9] YOSHIDA H, GABLE J J, PARK J K. Evaluation of organic waste diversion alternatives for greenhouse gas reduction[J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2012, 60: 1-9.
- [10] ZAMAN A U, LEHMANN S. The zero waste index: a performance measurement tool for waste management systems in a ‘zero waste city’[J]. *Journal of cleaner production*, 2013, 50: 123-132.
- [11] ZAMAN A U. Identification of key assessment indicators of the zero waste management systems[J]. *Ecological indicators*, 2014, 36: 682-693.
- [12] RODRIGUES A P, FERNANDES M L, RODRIGUES M F F, et al. Developing criteria for performance assessment in municipal solid waste management[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 186: 748-757.
- [13] DEUS R M, MELE F D, BEZERRA B S, et al. A municipal solid waste indicator for environmental impact: Assessment and identification of best management practices[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 242: 118433.
- [14] 邹权,王夏晖. “无废指数”: “无废城市”建设成效定量评价方法[J]. 环境保护, 2020, 48(8): 46-50.
- [15] 高术杰. 多层次分析法在建设“无废城市”定量评价中的应用[J]. 有色设备, 2021(1): 51-61.
- [16] 赵曦,吴姗姗,陆克定. “无废城市”固体废物综合处理产业园建设水平评价指标体系研究[J]. 环境工程, 2021, 39(2): 1-9.

(责任编辑:金曙光)

## Research on the method of zero-waste index: the case study of Zhejiang zero-waste index construction

TENG Jingjie, QI Shiyue, MA Jiale, ZHAO Nana, LIU Gang\*

Solid Waste and Chemicals Management Center, Ministry of Ecology and Environment, Beijing 100029, China

\*Corresponding author, E-mail: liugang@meescc.cn

**Abstract** The construction of zero-waste city is an important step to promote the reform of solid waste management at the city-level, to coordinate solid waste management in economic and social development, and to systematically and continuously promote the minimum generation, maximum utilization and safe disposal of solid waste. At present, there is a lack of quantitative, intuitive and unified method to evaluate the implementation of zero-waste city construction in China, which cannot realize the real-time display, evaluation and analysis of the progress and achievements of zero-waste city construction in different regions. Based on the indicator system of zero-waste city construction in China, this study putted forward the idea of constructing zero-waste index in China on the basis of comparing and analyzing the comprehensive index construction methods. Based on the construction of zero-waste city in Zhejiang Province, this study focused on the generation, recycling, storage and disposal of key solid waste in industrial, agricultural and life area in the construction of zero-waste city. Core indicators with sufficient statistical survey basis, long-term data accumulation, standard collection method and clear corresponding subjects were selected to construct the zero-waste index indicator system of Zhejiang Province. A quantitative, perceptive and extensible comprehensive index calculation method was constructed by dimensionless and equalization. Based on this method, the results of the zero-waste index in Zhejiang province showed that the scores of all cities in Zhejiang province were above 60, which was in a good level. This study could play a guiding and leading role of the zero-waste city indicator system, and can realize the scientific evaluation of the zero-waste city construction level in various regions, which helping to identify the advantages and disadvantages of the construction evaluation, and timely optimizing the zero-waste city construction target task.

**Keywords** zero-waste city; zero-waste index; indicator system; implementation evaluation; solid waste management