

生态城市实施导则系列之

固废处理专项

2017.02

英文撰写： Dr. Florian Steinberg

中文翻译：李春艳

中欧低碳生态城市合作项目（EC-Link）

本项目为欧盟资助项目，由中国城市科学研究会（CSUS）受住房和城乡建设部（MoHURD）委托与德国国际合作机构（GIZ）联合实施。



目录

导言.....	2
1 定义.....	3
2 中国固废处理现状.....	7
3 发展目标.....	9
3.1 垃圾减量.....	9
3.2 气候变化弹性与垃圾处理。.....	10
3.3 展望.....	13
4 建议指标体系.....	15

导言

生态城市导则系列由中欧低碳生态城市合作项目（以下简称“项目”）撰写，内容主要基于项目所编写的各领域的工具箱¹，其中包括欧洲和中国的成功案例、城镇发展标准体系、指标、以及评价方法。此外，本导则还吸收了住房和城乡建设部正在实施生态城市建设的试点城市的创新做法。项目共编写了 9 个领域的工具箱，包括紧凑城市发展、清洁能源、绿色建筑、绿色交通、水管理（包括水供应、污水处理和雨洪管理）、固废管理、城市更新与重建、市政融资、绿色产业。

本导则针对固废处理。建设生态城市必须要做好固废处理，并且必须依靠愿意致力于此的市政府或区政府才可以使规定得以执行。

目标。 为参与住房和城乡建设部生态城市项目的试点城市以及其他城市提供技术指南。

法律法规。 生态城市规划方面的相关法律法规和国家文件如下：

- 《城市规划法》，1984 年颁布，于 2008 年更改为城乡规划法，历经几次修订，最近一次修订于 2015 年 4 月。
- 《土地管理法》，1998 年颁布。最近于 2014 年修订。
- 《环境保护法》，于 1989 年 12 月颁布，最新修订版自 2015 年 1 月 1 日起施行。
- 住房和城乡建设部于 2013 年发布的《“十二五”绿色建筑和绿色生态城区发展规划》

- 中国中央和国务院于 2014 年 3 月发布的《国家新型城镇化规划 2014-2020》
- 国务院于 2015 年 4 月发布的《中共中央 国务院关于进一步推进生态文明建设的意见》
- 中国中央和国务院于 2016 年发布的《中共中央、国务院关于进一步推进城市规划建设管理工作的若干意见》
- 中国中央和国务院于 2016 年发布的《“十三五”规划纲要(2016-2020)》

固废处理范畴的法律法规：

- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，自 1996 年 4 月 1 日起施行，最近于 2015 年 4 月 24 日修订。
- 2010 年 4 月，发改委、住房和城乡建设部、环保部联合发布的《生活垃圾处理技术指南》。
- 2010 年 5 月，发改委、住房和城乡建设部、环保部、能源部联合发布的《关于组织开展城市餐厨废弃物资源化利用和无害化处理试点工作的通知》。
- 2014 年 3 月，住房和城乡建设部、发改委、财政部、环保部、商务部联合发布的《住房城乡建设部等部门关于开展生活垃圾分类示范城市（区）工作的通知》。

¹ 中欧低碳生态城市合作项目。固废管理工具箱。2016 <http://eclink.org/en/sectors/9/toolbox/>

1 定义

固废处理包括下列内容：

- 垃圾的收集、运输、处理和丢弃；
- 生产控制、监测和规范；
- 优化生产过程防止垃圾产生、重复利用、再回收。

资源流。生态城市需建立一套综合固废处理体系，将不同来源的垃圾流、和各种垃圾收集、处理、丢弃的方式都纳入其中。该体系遵循固废处理的模式，即优先考虑运用 3R 原则（减量-重复利用-回收），再考虑直接处理或丢弃。从住宅、各种机构、商业设施、工业设施、建筑或拆除场地中产生的已分类的、可直接再利用的垃圾应重复利用。

固废综合处理。固废处理，或者是固废综合处理（ISWM），是包含防止垃圾产生、循环利用、堆肥、填埋的综合体系，目标是通过这几个步骤来最有效的保护人类健康和环境卫生。建立该体系要评估当地的需求和现有条件，然后选择并组合最适合的固废处理方式。主要处理方式为防止垃圾产生、循环利用、堆肥、焚烧、在正确设计、建造和管理的填埋场填埋。每种方式都要求谨慎的做规划、融资、收集和运输。

术语。固废处理涉及所有种类的垃圾，不管是来自获取原材料的过程、原材料加工为半成品或最终产品的过程、产品被使用的过程，还是其他人类活动，一般分为市政垃圾（来自住宅、各种机构、商业实施）、农业垃圾、特别垃圾（卫生防护、家庭有害垃圾、污泥）。固废处理的目的是减少垃圾对人类健康、环境和景观的影响。

气候变化。气候变化适应性指气候变化对固废处理的短期或长期影响，如气温

升高和降雨量增加可能导致的鼠患、爆发疾病、地下水污染等问题。

气候变化影响的适应性。将气候变化适应性行动融入固废处理体系的上位规划、建造、运行和维护中，以避免做出不利于适应气候变化的决策而使体系及其所为之服务的人容易受到影响。

固废处理现状。根据各自的技术水平、财政能力和环保意识，以及其所在的从初始到低碳城市的发展过程中的阶段，各城市的固废处理体系各不相同。生态城市的固废处理体系采用 3R 方式（减量-重复利用-回收），这将在垃圾体系中具体体现。

3R 原则。在城市发展的各个阶段（初始—生态—负碳排放）都会不同程度的运用此原则。

城市的能力。制度建设和财政能力比较弱的城市可能只采取了如垃圾只有部分收集、开放式倾倒、依靠非正式渠道完成垃圾收集和回收（如果有的话）。对于固废处理水平较低的城市，非正式渠道的垃圾分类和回收起着非常重要的作用。随着城市的发展和资源允许，会逐渐提高垃圾收集率、建设垃圾填埋场和堆肥设施、增加回收量（包括机械化）、建设垃圾焚烧厂（WTE）。

固废处理不善的负面影响。固废处理不善会对人类健康和环境卫生造成不良影响。倾倒在水体中或附近的垃圾会污染水质、限制水流、导致水环境恶化。工业垃圾和医疗垃圾的不当处理会危及人类健康和自然环境。这些不正确的处理方式会引起城区内害虫增多，破坏景观。

前瞻式规划。前瞻式规划是在持续城镇化和人口增长的背景下规划固废管理，需兼顾城市的空间扩张、固废处理设施的适当选址以及跨区域合作的可能性。同时也要求将城市扩展限度和低端技术向高端的转型纳入考虑。

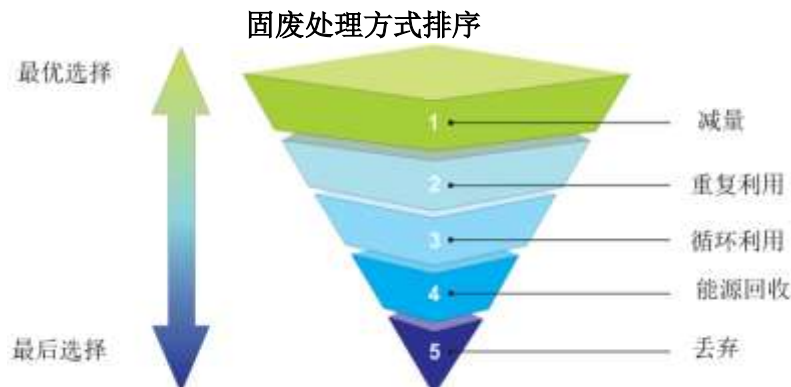
人口增长与垃圾。随着世界人口的快速增长，垃圾处理的问题也日趋严峻。由此引起的对环境的影响在中国尤其突出。按照保守估计，每人每天产生 1.5 公斤的垃圾，数量非常惊人。

高端垃圾处理技术。中国有一些大城市已应用了垃圾焚烧技术。对不发达城市来讲，高成本²、对空气污染、垃圾来源不足是应用此技术的主要障碍。工业垃圾被等同于普通的市政垃圾处理，同样经常露天放置或填埋。³显而易见，中国城市的

现有能力不足以应对人口增长和经济发展所带来的如此大规模垃圾的处理问题。

可持续固废处理。城市可持续固废处理的关键在于将 3R 原则贯彻于实际运行中、在垃圾处理的不同阶段应用合适的技术以达到可接受的卫生状况、促进资源回收与循环利用。⁴这就是绿色城市的愿景。下面的章节介绍了不用源头产生的垃圾的处理过程和通常采用的、与在某些亚洲城市实施的绿色城市环境标准一致的技术和方法，重点突出了实现可持续处理的必要的特点。

生态城市固废处理的定位在于避免垃圾产生和 3R 原则，这是最优先采用的垃圾处理方式。根据不同来源的垃圾的成分构成和传统的、或现有的技术，下面的排序可应用于垃圾处理过程的各个阶段。



来源: East Riding's Consultation Portal <http://eastriding.limehouse.co.uk/portal/>

垃圾分类。来自不同源头的垃圾的主要成分如下表所示。随着各城市的经济发展水平不同，其垃圾的构成比例也相应的不同。经济发展水平较低的城市，垃圾来

源主要是食物和其他可降解物质。收入水平较高的城市，不可降解物质的比例则更高。要制定适合本城市的固废处理体系，得到实际的垃圾构成的数据是必备基础。

² Visvanathan, C., J. Trankler. 2000. *Municipal Solid Waste Management in Asia: A Comparative Analysis*.

³ United Nations Environment Programme. 2004. *State of Waste Management in South East Asia*.

⁴ Ackerman, F. 2005. Special Feature on the Environmentally Sustainable City - Material Flows for a Sustainable City, *International Review for Environmental Strategies* Vol. 5, No. 2, pp. 499 – 510.

垃圾来源和类别

来源	典型的产生地点	可生物降解物质	不可生物降解物质
住宅	单户和多户家庭住宅	厨余垃圾、纸张、纸箱、纺织品、皮、院落垃圾、木材。	玻璃、金属、灰、特殊垃圾（如大件物品、消耗型电子元器件、电器、电池、油、轮胎）和家庭有害垃圾、塑料、电子垃圾（WEEE）
工业	轻工业、重工业、纺织业、建筑工地、发电厂、化学品厂	食物残渣	清洁卫生产生的垃圾、包装材料、有害垃圾、特别垃圾、电子产品、灰烬
商业	商店、酒店、餐厅、市场等	纸张、厚纸板、塑料、木材、食物残渣（未食用的、过期的、及包装材料）	玻璃、金属、特别垃圾、有害垃圾、电子产品
各机构	学校、医院、监狱、政府机构、银行、办公楼	纸张、厚纸板、塑料、木材、食物残渣。	玻璃、金属、特殊垃圾、有害垃圾、电子垃圾
建筑和拆除工地	新建建筑工地、道路维修、装修、建筑拆除。	木材	钢铁、混凝土、土、包装材料
市政服务	街道清扫、景观维护、公园、海滩、其他休闲区域、水厂和污水处理厂。	街道上杂物、植物景观和树修剪下的枝叶、公园垃圾、海滩和其他休闲区的垃圾。	污泥、电子垃圾

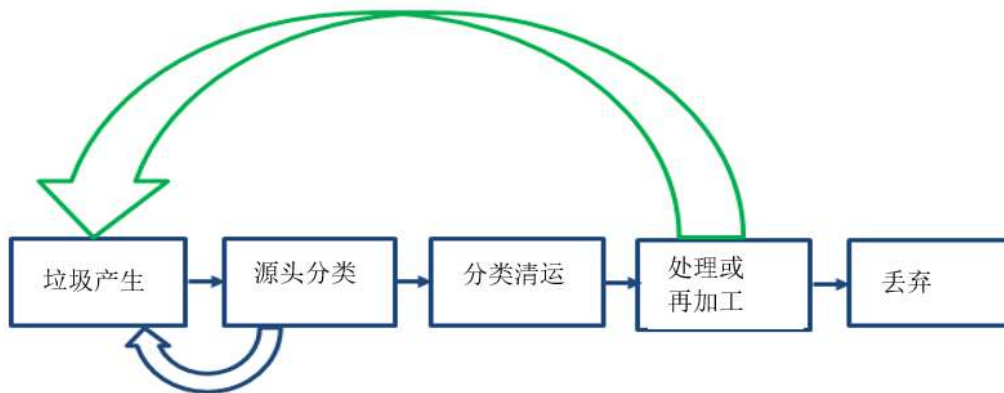
来源: Green City Solid Waste Management as modified from What a Waste: Solid Waste Management in Asia, 1999

资源流。不同来源的、不同构成的垃圾遵循的处理路径为分类——即在源头采用不同的方式分拣出可以再利用的物质——收集、处理、废弃。下面的资源环路展示了从产生到循环利用的资源流。小的圆环为在源头即对可回收利用垃圾的循环利

用；大的圆环为垃圾经过处理后回到不同源头再利用。垃圾的循环和再利用不一定发生在同一个城市。生态城市的固废处理体系中各种类别的垃圾都应优先采用这样的资源流。

通用的资源流

循环利用的资源流闭环



直接重复利用的资源流闭环

来源: Rollan, R. R. Green City Solid Waste Management, in: Lindfield, M. and Steinberg, F. (eds.). 2012. *Green Cities*. Manila: Asian Development Bank. Urban Development Series. Manila. pp. 262-295. <http://www.adb.org/publications/green-cities> (retrieved 6. July 2015)

2 中国固废处理现状

行业背景。中国的快速城镇化导致大量的市政垃圾产生。世界上没有任何一个国家像中国一样经历过如此快速增长的、或如此大规模的垃圾的情况。在过去的三十年里，中国的垃圾处理技术有所进步，制定了环境保护相关的法律框架，公众的环保意识也有所提高。尽管如此，中国的垃圾处理仍然面临很多挑战。⁵

中国经济正在强劲增长，其 GDP 相当于 8.8 万亿美元的购买力平价，排在世界第三位，仅次于欧盟和美国。但是中国人口是美国的 4 倍，因此人均 GDP 只有 6800 美元，只是美国人均 GDP 的几分之一。

- 3) **决策过程:** 在技术选择、私营部门参与、成本回收方面缺乏持续的政策和战略规划，公众对决策过程知情和参与均不足。
- 4) **运行:** 垃圾处理设施不符合设计标准，尤其在污染控制方面；设施运行不充分，垃圾收集不规范。
- 5) **融资:** 通过用户缴费和垃圾清运厂的缴费不足以覆盖成本。
- 6) **制度建设方面:** 垃圾收集和运输的分散化不足，各级城市在技术规划和私营部门参与方面能力不足，政府部门之间——如住房和城乡建设部与环保部之间——政令划分不明确，中央和地方政府之间职责不清。
- 7) **私营部门参与:** 政府加强私营部门参与垃圾处理的目标受到如下因素的阻碍，包括“参与规定”不明确不一致、采购行为不透明、补贴不可持续、市政府现金流不足、成本核算方法不明确不一致、管理框架不清楚。

在市政垃圾产量方面，中国已超越美国成为第一大国。据测算，到 2030 年中国城镇产生将增加到 4.8 亿吨。世界上没有任何一个国家经历过如此迅速的垃圾量的增加。这对中国乃至全世界将产生重大影响。

其中的关键问题包括:

- 1) **垃圾的量:** 增长迅速、构成变化大、在垃圾减量上无所作为。
- 2) **信息缺乏:** 缺乏可靠的、持续的垃圾产量和处理成本的统计数据，使制定垃圾处理规划和策略非常困难。
- 8) **碳融资:** 这在中国的垃圾处理业越来越重要。中国城镇每年可通过垃圾填埋场的沼气回收、堆肥、再循环和厌氧消化产生 10 亿美元的碳减排收入。

固废综合处理。绿色城市的固废处理体系应包含来自各种源头的垃圾以及各种不同的垃圾收集、处理、丢弃的方式。该体系与固废处理次序一致，即优先运用 3R 原则，其次采取直接处理或丢弃。可直接回收利用的分类垃圾要回到其源头再利用。大量的分类垃圾被运到物资回收站（MRF）或堆肥场，如果垃圾处理厂距离较远的话则先运到中转站。物资回收站中分拣出的物资直接运到循环利用厂用于再生产或加工。在发展水平很低的低收入或中等收入城市，可循环利用的物资可能经废品店送到循环利用厂，或者通过回购制度到达物资回收站。

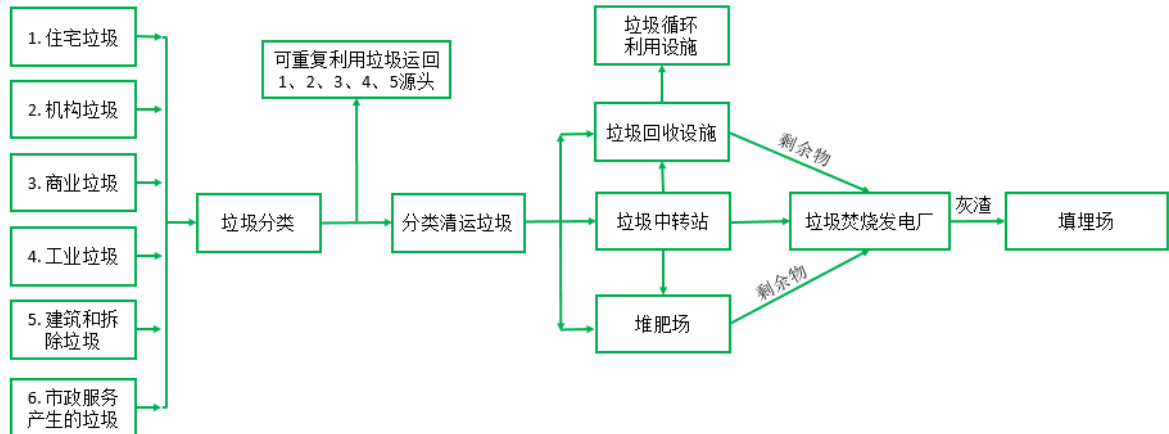
剩余物的利用。垃圾堆肥可用做土地和花园的肥料。随着技术的日臻完善，堆

⁵ Su Lianghu, Huang Sheng, Niu Dongjie, Chai Xiaoli, Nie Yongfeng, Zhao Youcai . 2014. Municipal Solid Waste Management in China. In: *Environmental Science and Engineering* (<http://link.springer.com/bookseries/7487>), Municipal Solid Waste Management in Asia and the Pacific Islands pp 95-112. (<http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-4451-73-4>).

肥的质量预计将来可达到可售水平。堆肥和物资回收站剩余的垃圾则送入垃圾焚烧厂（如果有的话）或填埋场。焚烧灰渣可在填埋场填埋，或用作混凝土骨料。当一

个城市的垃圾分类和处理水平达到可处理所产生的垃圾的能力时，需评估建造垃圾焚烧厂或填埋场的可行性。

垃圾综合处理流程图



来源: Rollan, R. R. Green City Solid Waste Management, in: Lindfield, M. and Steinberg, F. (eds.). 2012. Green Cities. Manila: Asian Development Bank. Urban Development Series. Manila. pp. 262-295. <http://www.adb.org/publications/green-cities>

3 发展目标

什么是生态城市? 生态城市是指社区的居民、邻里、工人和游客共同努力，寻求在满足生态、经济、和社会需求之间达到平衡，以确保所有人及其后代享有一个清洁、健康和安全的的环境。

为什么要建设生态城市? 为确保有一个可持续的未来，生态城市必须要在应对城镇化和人口增长对环境造成的影响中起到领军作用。这些影响表现为空气污染、水污染、气候变化、栖息地丧失、土地和景观保护。

方案选择。 基于上述因素，每个社区/城市选择出满足其需求的固废处理方式组合。固废处理方案既需要是长远的，又涉及近期的处理，因此设定可实现的目标很关键。

于 2016 年 2 月 6 日发布的《中共中央 国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》，是时隔 37 年重启的

智慧导则和绿色导则的关系：

智慧导则	绿色导则	关系	智能技术
智慧市政	垃圾管理	智能垃圾处理系统可以优化垃圾处理路径和及时有效地清空垃圾桶。	智能垃圾收集

3.1 垃圾减量

垃圾减量为重中之重。 中国需要实现进一步的垃圾减量、循环利用、回收（通过堆肥和厌氧消化），以减少丢弃垃圾量。重点在于有机垃圾（如家庭垃圾、农业垃圾等）。在不远的将来有机垃圾将占到垃圾总量的50%。

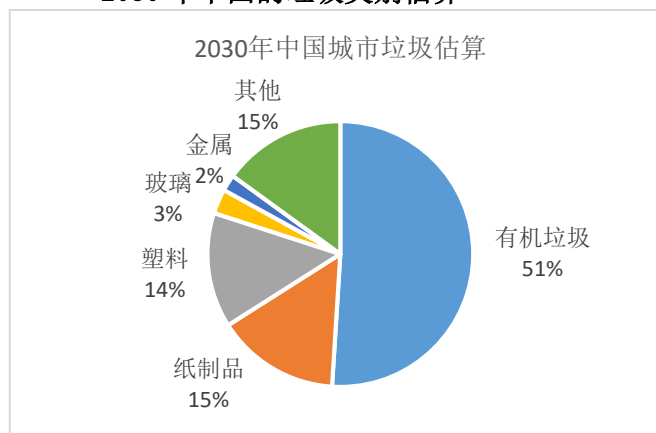
于 2015 年 12 月 20-21 日召开的中央城市工作会议的配套文件，确定了“十三五”乃至未来一段时间中国城市发展的“路线图”，其中包括完善城市服务：

- **营造城市宜居环境。** 力争用 5 年左右时间，基本建立餐厨废弃物和建筑垃圾回收和再生利用体系。

国开金融的《绿色智慧城镇开发导则》中与固废处理相关的导则如下：

- **废弃物管理：** 所有建筑均应配有垃圾分类设施。所有家庭垃圾必须进行分类，优先收集有害废弃物。至少 30-50%的废弃物应进行堆肥处理，35-50%进行回收或再利用。
- **智能废弃物管理。** 智能科技可促进绿色城市的管理：智能科技可改善垃圾流动过程，有助于实施固废的综合处理。

2030年中国的垃圾类别估算



来源: Hoornweg, D. Waste Management in China: issues and Recommendations.

<http://siteresources.worldbank.org/INTEAPREGTOPURBDEV/Resources/China-Waste-Management1.pdf>

3.2 气候变化弹性与垃圾处理。

气候变化弹性一般来讲定义为社会经济体系中如下方面的能力:

- 应对气候变化引起的外来压力时吸收压力、保持运行的能力
- 可适应、重新组织、发展成为理想的体系,提高可持续性,为应对未来气候变化带来的影响做好更充足的准备。

随着国内和国际机构都逐渐认识到气候变化带来的影响,建设气候弹性成为这些机构的主要目标。为此所做的努力主要集中在克服社区、城市、国家在气候变化引起的环境影响面前的脆弱性。目前,气候弹性体现在社会、经济、技术和政治领域的战略中,在社会各层面中都在实施。

气候变化对固废处理设施及周边环境产生长期或短期的影响。如果固废处理设施管理不善,气候变化的可能导致更严重的影响,如鼠患、疾病爆发、地下水污染。

垃圾的收集、处理和废弃是对于环境和卫生领域的重点问题——包括清洁的空气、土壤、水——至关重要,尤其是在城

区范围内。垃圾收集对于保持清洁卫生的状态很重要,尤其是在住宅区和商务区,食物残渣会招致啮齿类动物和昆虫,腐烂的有机物会产生异味。无论是新建的还是已有的固废处理体系在设计 and 运行上保持气候变化的弹性,这一点很关键。

气候变化对垃圾处理设施既有直接影响也有间接影响。例如,高温可以直接改变降解速度;气候变化可影响道路和港口的通行、能源供应,因此对垃圾收集和设施运行造成限制。

洪水对垃圾处理设施的威胁最大。如果垃圾填埋场周围没有蓄水系统,暴雨会破坏填埋场,使垃圾和渗滤液流出从而污染当地资源。极端暴雨引发的洪水还会破坏填埋场的地基,造成渗滤液流入地下水或阻塞垃圾收集道路,将垃圾冲入水道,堵塞其他设施。位于海边或地势较低的填埋场容易受到海平面上升和暴雨的侵袭。有水渗入会导致填埋场内的垃圾益处。盐水渗入底部则会腐蚀防渗层。

气温升高时有必要增加垃圾收集的频率、严格管理填埋场,因为异味会加重。

高温和干旱还会增加垃圾处理设施发生火灾的危险。

合效应和对发展目标的影响也各不相同。下表列举了一些气候变化对垃圾处理设施及服务的影响。

上述和其他的气候变化造成的危险程度各不相同，其对成本的影响、引起的复

气候变化对垃圾处理设施及服务的影响

	垃圾收集	垃圾处理	废弃
气温升高	<ul style="list-style-type: none"> 异味加重和害虫要求垃圾收集更频繁 垃圾清运车辆过热要求更高的制冷能力，包括延长发动机寿命 	<ul style="list-style-type: none"> 垃圾分拣设备过热 	<ul style="list-style-type: none"> 降解速度改变 永久东土层融化导致建造和维护成本增加 废弃场地火灾隐患增加
	<ul style="list-style-type: none"> 工人大量暴露于苍蝇中，而苍蝇是引起传染病的主要原因（气温高时苍蝇的繁殖加快，有机垃圾尤其招致苍蝇） 		
降雨量变化	<ul style="list-style-type: none"> 洪水会使垃圾收集道路阻塞，填埋场无法到达 浸水的垃圾对垃圾运输车和工人造成压力增加 	<ul style="list-style-type: none"> 对垃圾分拣设备加以覆盖和密封的需求增加 	<ul style="list-style-type: none"> 填埋场内/周围洪水增多 需要收集和处理的渗滤液增多 如果天气过干过热，火灾危险加大
海平面升高	<ul style="list-style-type: none"> 垃圾运输道路变窄 居民迁移至城区内高海拔位置，导致人口集中地区垃圾增多 	<ul style="list-style-type: none"> 位于低地势的垃圾处理设施遭到破坏 垃圾分类和循环的需求加大，以减少填埋需求 	<ul style="list-style-type: none"> 防渗层遭到破坏 水渗入填埋场导致垃圾溢出
暴雨	<ul style="list-style-type: none"> 垃圾的收集、处理和废弃设施永久性被淹没 		
极端狂风	<ul style="list-style-type: none"> 突发洪水导致垃圾运输、分类和废弃所用的道路、铁路和港口通行受限，垃圾处理设施遭到破坏而关停 收集地、运输车辆、处理场地和填埋场的垃圾被吹散 垃圾运输道路和前往填埋场的道路印被损坏或遍布残渣而通行受限 		

来源: ADDRESSING CLIMATE CHANGE IMPACTS ON INFRASTRUCTURE: PREPARING FOR CHANGE
http://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1865/Infrastructure_SolidWasteManagement.pdf

垃圾收集和废弃设施对于保护人类健康和当地资源（尤其是水土资源）至关重要。定期收集垃圾可降低人类接触污染的垃圾、携带疾病的啮齿类动物和昆虫的风险。将由气候变化造成的水、土壤和空气污染的风险降到唯一的途径就是正确选址、建造和维护垃圾处理设施。

减少需填埋的垃圾的量是降低填埋场脆弱性的最简单的方法。另一个低成本的气候适应性方法是正确选址。填埋场应该位于通行道路有保障的地址，而且远离水体或水位较高的区域。

基于下列 4 个主要因素筛选出具备气候变化适应性的优先采取的行动：

- 1) **重要性** – 垃圾处理设施对于该社区或地区有多重要？其服务的人口是多少？是否有备用设施？
- 2) **可能性** – 预测未来气候，垃圾收集、处理和废弃设施受其影响的可能性有多大？
- 3) **后果** – 影响有多大？会使垃圾处理体系更加复杂吗？会影响人类健康吗？

4) **现有资源** – 如果重新分配现有时间和资源，是否会改变垃圾收集、处理或废弃？是否需要其他资源，如额外的人工？

通过回答上述问题，可将适应性行动融入垃圾处理体系的上位规划、建造、运行和维护中。这可以防止做出非适应性决策，导致设施及其服务的人群更容易受到侵害。下表中为详细介绍。

垃圾处理各项目阶段行动案例

项目阶段	行动		
范畴	<ul style="list-style-type: none"> 确定对所在国家、社区或行业重要的、与固废处理相关的发展目标 确定实现这些目标的必要投入和先决条件 考虑气候和非气候因素对投入造成的影响 		
评估	<ul style="list-style-type: none"> 评估气候造成的威胁、弱点、和对垃圾收集、处理和存放的影响，以确定适应性需求 评估所有风险中与气候相关的风险 		
规划政策 改变项目 进展	适应性方案(举例)		
	垃圾存放/管理 <ul style="list-style-type: none"> 正确选址，远离泛洪区、湿地或水位较高的地区 远离饮用水源地 场地大小要考虑到足够应对未来的人口增加和相应的垃圾增加 场地内包括垃圾分类、循环利用和堆肥设施以减少垃圾填埋的需求 	保护/强化 <ul style="list-style-type: none"> 更新设计标准，加高和加固隔离墙以应对未来海平面升高和极端大风情况 蓄水系统设计可以应对未来降雨量变化 更新设备设计标准，提高效率，降低应对气候变化时的维护成本，尤其是复杂的、依靠供暖和通风的设备。 	再处理/转移 <ul style="list-style-type: none"> 由填埋场安全封场和/或移位计划 有极端情况下清空场地的计划
建造、运行、维护	垃圾存放/管理 <ul style="list-style-type: none"> 增加财政和技术资源以备提高维护维修频率 培训垃圾分拣工，教育公众将可回收物品和可降解物品从垃圾中分离出来 维护垃圾运输车辆，尽量减少因机械故障引起的混乱 	保护/强化 <ul style="list-style-type: none"> 防止填埋场斜坡、覆盖层、通向填埋场及填埋场周边道路的腐蚀。 维护雨洪蓄水系统，保证设施正常运行 	再处理/转移 <ul style="list-style-type: none"> 将有危险的填埋场封场，在更安全的地点建设新填埋场。
评估和调整	<ul style="list-style-type: none"> 定期检查蓄水系统和隔离墙是否完好，尤其是暴雨和极端降雨后 持续监测，避免地下水被污染和填埋场覆盖层被腐蚀 		

来源: ADDRESSING CLIMATE CHANGE IMPACTS ON INFRASTRUCTURE: PREPARING FOR CHANGE

http://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1865/Infrastructure_SolidWasteManagement.pdf

3.3 展望

关于固废处理，联合国环境规划署有如下论断：

- 经济增长带来的垃圾增多和构成变复杂是对生态体系和卫生状况的主要威胁。
- 垃圾市场增长、资源愈加枯竭、新技术产生为垃圾产业绿色化提供了契机
- 实现垃圾产业绿色化没有标准方案，但有共性。
- 投资绿色垃圾产业可产生多重经济效益。
- 实现垃圾产业绿色化要求有融资、经济激励、政策和规范等方面的措施，以及制度建设。⁶

因此，对于生态城建设，基于持续性和整体性理念的垃圾综合处理方式非常重要：包括垃圾减量、收集、运输、处理、循环利用、资源回收、废弃。

要鼓励生态城制定垃圾综合处理规划，遵循垃圾减量战略，记录可靠和综合的垃圾处理数据（尤其是成本和量），执行垃圾分类、收集和处理的核理念。生态城要成为垃圾处理技术和成功案例的展示中心。

对于下列垃圾处理技术要给予特别关注，包括堆肥、生物质沼气、焚烧炉、特殊垃圾处理、褐地以及原垃圾场土地的修复：

1) 堆肥

大量增加以堆肥来处理可生物降解垃圾的应用。堆肥需得到公众的支持——如在公园内或公共空间堆肥——和农户的支持，因为农户既是垃圾的提供者，又是堆

肥的接收者，将其用作土壤调节剂或肥料。

2) 生物沼气

利用来自人类和动物的垃圾（污泥、粪便、屠宰场垃圾以及食物加工产生的垃圾）生产的沼气可作为替代能源（燃气、供热、电）用于公共设施。需要指出的一点是，未来几十年内从有机垃圾中回收肥料将是我们面临的核挑战，因为包括磷在内的化学元素已成为有限资源，我们不能再将其在马桶中冲入海洋或者在焚烧炉中烧掉。

3) 焚烧炉

焚烧炉逐渐被接受，一般是因为有补贴的激励，但这个资助模式通常是不持久的。焚烧炉应满足欧盟关于二噁英和汞的排放标准。应用此项技术之前要做成本效益分析。

4) 特殊垃圾

采用垃圾处理新技术时，需注意有些垃圾成分可能损害垃圾处理工序。例如，可充电电池中的化学物质进入焚烧炉焚烧会排放有害物质。

5) 褐地与原垃圾场的土地修复

原工厂用地和休眠的垃圾堆放场地称为“褐地”。褐地的数量在增加，其处理对于城市也越来越重要，因为褐地将影响环境质量、卫生和土地价值。中国约有5000块褐地。褐地修复的成本将是巨大的，而且远高于正确处理在其上堆放的垃圾的费用。

⁶ UNEP. 2011. *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*, pp. 290-327. <http://www.unep.org/greeneconomy>

生态城市垃圾处理的特点。生态城市垃圾处理的特点可划分为法律法规、行为、所采用的体系、所采用设施、资金几

大类，显示了从人工处理到机械处理、以社区为单位到私营部门参与、和技术应用与经济发展的过程。

垃圾处理的特点

垃圾处理体系各组成部分	最不发达城市	低收入城市	中等收入城市	高收入城市
垃圾处理条例/规范/法案/计划				
3R 战略项目	X	X	X	X
垃圾收集费制度			X	X
不分类罚款制度	X	X	X	X
禁止公开倾倒、抛洒、燃烧垃圾	X	X	X	X
生产商延伸责任	X	X	X	X
垃圾产生源头				
避免产生垃圾/减量	X	X	X	X
源头分类	X	X	X	X
食物垃圾作为动物的食物	X	X		
循环利用干燥可回收物和纸张	X	X	X	X
回收利用建筑和拆除垃圾	X	X	X	X
垃圾处理体系				
分类收集	X	X	X	X
不分类——不收集	X	X	X	X
融资模式				
政府补贴	X	X		
私营部门倡议			X	X
设备和设施				
不同材质的垃圾桶(金属、塑料、水泥)	X	X		
高密度聚乙烯(HDPE)垃圾桶		X	X	X
垃圾收集车	X	X	X	X
垃圾中转站			X	X
厨余垃圾处理厂			X	X
社区运营的堆肥场	X	X		
个体运营的堆肥场			X	X
社区运营的物资回收站(MRF)	X	X		
个体运营的物资回收站(MRF)			X	X
个体运营的回收设施			X	X
填埋场		X	X	X
填埋场沼气发电厂	X	X	X	X
垃圾焚烧电厂			X	X

来源: Rollan, R. R. Green City Solid Waste Management, in: Lindfield, M. and Steinberg, F. (eds.). 2012. Green Cities. Manila: Asian Development Bank. Urban Development Series. Manila. pp. 262-295. <http://www.adb.org/publications/green-cities>

4 建议指标体系⁷

	指标	指标赋值	目前状态/目标实现期限
1	日人均垃圾产生量 [1]	≤ 0.8 kg / 人.天[1]	到 2013 [1]
2	生活垃圾收集率 [2] - 家庭垃圾 - 商业、办公垃圾 - 其他	100% [2]	
3	危废与生活垃圾无害化处理率 [1]	100% [1]	即刻 [1]
4	生活垃圾资源化利用率[3]	无害化处理率: 100% 回收率: ≥50% [3] 再利用率 ≥50% [3] [5]	
5	垃圾回收利用率 [1]	≥60% [1]	到 2013 [1]
6	垃圾发电 [4]	__%垃圾总量 __能源产量 (KW)	
7	建筑垃圾回收利用 [4]	≥ 98% [4]	

来源:

[1] 2009. 世界银行报告《中新天津生态城案例分析》。

www-wds.worldbank.org/.../PDF/590120WP0P114811REPORT0FINAL1EN1WEB.pdf

[2] SWECO 的曹妃甸指标体系。（未发表）

[3] 仇保兴。2012。兼顾理想与现实——中国低碳生态城市指标体系构建与实践示范初探。中国建筑工业出版社。

[4] 中国城市科学研究会。2015。珠海宜居指标体系。（未发表）

[5] 国开金融绿色智慧城镇开发导则（CBDC）——12 条绿色导则。2015。

<http://energyinnovation.org/wp-content/uploads/2015/12/12-Green-Guidelines.pdf>

⁷ 中欧低碳生态城市合作项目。2016。中欧生态城市指标体系（尚未公开发表）。