

# 第1章

## “无废城市”建设的必要性

自 20 世纪六七十年代以来,以资源短缺、气候变化等为主的生态和环境问题被公认为世界性的难题,成为人类社会可持续发展的“瓶颈”,是人类生活关注的重点。城市作为人类社会、经济和文化发展的产物,是生态系统中最为复杂的类型,首当其冲地受到相关生态环境问题影响,也是解决相关问题的关键所在。“无废城市”建设是系统解决城市固体废物问题的方法,以全方位减少废物产生、降低废物管理过程中的环境风险为目标,从城市生态环境保护和城市可持续发展角度均具有重要意义。

### 1.1 城市发展

#### 1.1.1 城市生态环境

城市是以人为中心,以空间和环境资源利用为基础,聚集人口、经济、科学文化的空间地域系统,是经济实体、政治社会实体、科学文化实体和自然环境实体的综合体,具有开放性、依赖性、脆弱性、复合性等特点。城市系统的总目标是发挥城市效益,包括社会效益、经济效益与生态环境效益,满足人们对物质和精神文化的需要。1933 年雅典集会上提出的《城市规划大纲》,即《雅典宪章》,指出城市的主要机能是居住、工作、休息和交通。1978 年发表的《马丘皮克丘宣言》对《雅典宪章》做了修正与补充,指出“不能单纯追求功能上的区分,而牺牲城市有机组织,忽视城市中人与人之间的多重联系,在城市急剧发展中要更有效地使用人力、土地和资源解决好城市与周围地区的关系,并使生活环境与自然环境协调一致”。

城市生态环境既是城市发展的条件,也是城市发展的结果。城市生态环境质量的好坏直接影响城市人口的生活质量以及城市的发展水平。城市生态环境是重要的无形资产,在城市综合竞争力的评价中占据重要地位。城市生态环

境这一概念由于个人对城市人类生存环境的重视而日益引起社会各界的广泛关注。

城市生态系统是人类生态系统的主要组成部分之一,它既是自然生态系统发展到一定阶段的结果,也是人类生态系统发展到一定阶段的结果。城市生态系统是地球表层人口集中地区,由城市居民和城市环境系统组成,是有一定结构和功能的有机整体,而城市环境系统由自然环境和社会环境构成。

城市社会生态系统、经济生态系统和自然生态系统是相互联系、相互影响、相互制约的。自然生态系统为经济生态系统提供可利用资源,为社会生态系统提供生态需求。城市生态系统是一个不完全的生态系统,由于城市生态系统大大改变了自然生态系统的生命组分与环境组分状况,城市生态系统所产生的各种废物不能仅仅靠城市生态系统的分解者完全分解,还要依靠人类通过各种环境保护措施来处理。

城市的发展与自然环境、社会经济系统紧密关联。人类在城市中的生存和发展依赖于整个生态系统的资源供给和环境支持。当城市环境受到污染时,其负面影响会通过复杂的生态循环最终作用于人类自身,这一过程体现了城市发展必须重视的环境约束。城市为居民提供的生存和发展条件可以从两个主要维度来理解:一是与生产和资源利用相关的条件,包括经济发展水平、资源供给能力(如水资源、能源、土地、基础设施等)以及信息流通效率;二是与生活质量和环境相关的条件,涵盖物质与精神生活水平、社会服务能力,以及空气、水体、生物在功能、资源、环境等方面的优劣势<sup>[1]</sup>。从20世纪50年代末开始,世界上大多数国家开始意识到人类面临五大社会问题,其中就包括自然资源遭到破坏以及环境污染。除了对人体健康和自然资源造成损害之外,城市环境问题还造成经济损失,有些是直接的,有些是间接的。随着时间的推移,生态环境问题对人类的生存与发展产生严重威胁,也越来越受到人们的重视,人类必须协调步骤,采取有效措施,从根本上解决环境污染与生态破坏的问题。社会经济系统与自然生态系统之间的联系如图1-1所示<sup>[2]</sup>。

城市生态环境中的自然环境是人类生存和发展不可缺少的重要因素,城市自然环境具有资源再生和还原净化功能,可以接纳、吸收和转化人类活动排放到城市环境中的有毒有害物质,但必须在一定限度内。社会经济环境具有生产、生活、服务和享受的功能。人类在创造社会经济环境的过程中既利用和改造了城市自然环境,又损耗和破坏了自己所生存的城市环境,并不断向生存空间以外发展和开拓。

城市生态环境的影响因素包括国家宏观的环境特征,例如我国国土本身的自然结构和地理特征,给中国城市所带来的生态环境“应力”和“胁迫”明显超出

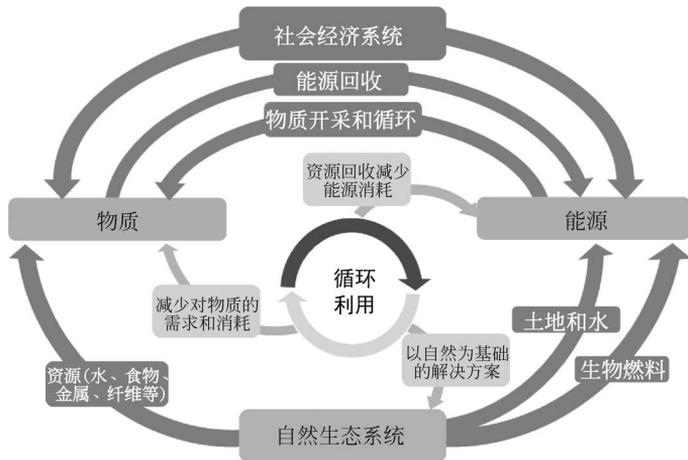


图 1-1 社会经济系统与自然生态系统之间的联系

全球平均水平。此外,城市生态环境与国家整体生态环境面临的主要问题有关。我国生态保护面临的问题包括:生态环境脆弱、生态环境压力大、单位国内生产总值(GDP)能耗和物耗高等。此外,城市生态环境演化与城市演化趋势密切相关。我国城市演化经历了四次飞跃,分别为工业化、后工业化、信息化和生态化,生态环境演化趋势很大程度上取决于城市所处的演化阶段。中国庞大的人口基数和人均资源消耗量增加导致国内资源供给相对稀缺的问题,经济发展加快和规模的扩大与城市生态环境容量产生矛盾。

### 1.1.2 城市物质代谢

维持城市运行最重要的因素之一是城市物质,物质运动的基本形式和运动的物质主体决定了经济的发展方式和发展水平。城市对于能源和资源的需求度很高,绝大部分城市都缺乏维持城市的各种物质,需要从城市外部输入。相关研究显示,工业社会每人每年需要的直接物质投入达 21.2t,包括生物质、石油、煤、天然气以及各类矿物、金属等<sup>[3]</sup>。城市物质消耗也并不是完全应用于自身,大部分产品和废物需要依赖外域或其他系统消化。城市物质的人均消耗程度反映了城市的经济结构特征。有学者对城市物质消耗量与人口相关性进行分析,除生物质外,各类物质输入量均与人口规模表现出很高的正相关性。此外,物质输出,如大气污染物、固体废物等也与人口因素呈现较高的正相关。

“城市物质代谢”概念最早由 Wolman Abel 于 1965 年提出,他将城市视为一个生态系统,认为城市物质代谢就是物质、能量、食物等供应给城市生态系统,然后又从城市生态系统中输出产品和废物的过程<sup>[1]</sup>。城市物质代谢是指城

市系统中物质输入、转化、储存以及废物排放等代谢过程。

城市的发展往往伴随着资源消耗、环境污染和生态占用等问题,这些问题可以归结为城市物质代谢在时间、空间尺度上的阻滞与耗竭,其实质是人类与自然关系的生态问题。

传统的物质循环模式利用的对象多为废金属、废塑料和废纸等回收价值较高、回收难度小的固体废物,对于一些回收价值较低、不易回收但具有较高生态效益的固体废物回收较少。传统的物质循环并未考虑如何提高资源生产效率并从源头上减少固体废物的产生,其实质仍具有环境污染的末端治理行为特征,并不能从根本上解决经济、资源和环境的可持续发展问题。广义的物质循环在采选、生产、消费以及消费后四个环节中全面开展物质循环,从而实现资源与环境的持续承载。

## 1.2 可持续发展

城市是人类聚居的主要载体之一,是人类经济、政治、文化活动的中心。城市既是人类生存的重要场所,又是人类发展的重要基地。因此,城市的持续发展不仅对城市本身具有重要的现实意义,而且对全人类的生存和发展产生深远的影响。可持续发展就是“满足当代人的需求,又不损害子孙后代满足其需求能力的发展”。

### 1.2.1 可持续发展原则

城市化过程促进了社会经济的繁荣和人民生活水平的提高,但同时也给城乡环境带来了一系列的生态破坏,经济的高速增长付出了惨重的资源环境代价。城市物质和能量的流动强度很大,又有大量的废物排入环境,因而城市是人与自然矛盾最突出的地方。城市生态系统的可持续发展必须考虑这些特点,并将解决城市人类和自然界矛盾与实施城市的可持续发展战略紧密结合起来,贯穿始终。同时,城市的可持续发展还必须坚持经济、社会、生态三个方面的协调,使城市可持续发展的过程充分呈现全面、完整、合理、协调的特征。城市走可持续发展之路是历史的必然选择,给危机四起的城市带来了机遇和希望,同时也面临挑战。

协同发展论的中心是社会、经济、环境三大系统协同发展,这也是可持续发展的核心。可持续发展首先在于发展,强调发展的优先地位。同时,可持续发展必须以环境保护为重要内容,以实现资源、环境的承载能与社会经济发展相协调。协同发展论正确地反映了人在自然界的位置及人与自然的的关系,是科学

自然观的体现,即既能维持生态系统的动态平衡,又能维持社会经济系统的动态平衡,强调生态持续、经济持续和社会持续的统一。其中生态持续是基础,经济持续是条件,社会持续是目的,实现三者的协同发展。

城市生态环境的极限性主要表现在城市生态环境容量的极限性,即环境承载力。环境承载力是城市发展的背景条件之一,它影响和制约着城市土地の利用方式和强度。环境承载力指在一定时期、一定状态或条件下,一定的环境系统所能承受的生物和人文系统正常运行的最大支持阈值。环境承载力从广义上讲,指某一区域的环境对人口增长和经济发展的承载能力。从狭义上讲即为环境容量。环境承载力会随城市外部环境条件的变化而变化。环境承载力的改变会引起城市生态系统结构和功能的变化,从而推动城市生态系统的正向演替或逆向演替。环境承载力包括:①资源承载力,即自然资源供给指标:含自然资源条件,例如淡水、土地、矿藏、生物等。依据资源发挥作用的程度来看,可分为现实的和潜在的两种类型。②社会经济承载力,即社会条件支持指标:主要指社会经济条件,如劳动力、经济实力、科技水平所能承受的人类社会作用强度。③污染承载力,又称为环境容量;是反映本地自然环境的自净能力大小的指标<sup>[1]</sup>。环境承载力对人的社会经济活动的资源量和强度有一定影响,同时也受到人类行为的影响。城市生态系统的演替方向是与城市生态系统中人类活动强度是否与城市环境承载力相协调密切相关的。当城市活动强度小于环境承载力时,城市生态系统可表现为正向演替;反之,则相反<sup>[4]</sup>。环境承载力论认为,任何现实环境,其自然资源、自然环境、社会经济环境都有一定的承载能力,即其承载力有一定的限度,不能随意超过环境的承载能力,否则就会导致环境质量恶化和资源衰竭,从而影响人类的社会实践活动和人类的健康。

可持续发展基本原则包括代际公平原则、社会公正原则和境外环境原则。其中代际公平原则强调不同历史时期的人,在自然环境和自然资源面前是平等的,可以享受其应得份额的自然资源,也应该对自然资源 and 自然环境履行应尽的责任。可持续发展正是认识到这一问题,强调代际公平,以维持社会、经济、资源和环境的持续发展,维持人类在地球上的长期繁衍。社会公正原则强调在环境和资源面前人人平等。境外责任原则强调不管是在境内还是境外,都应承担相应的责任。

我国的生态环境资源有限,而正在进行的工业化、城市化还将对资源环境造成进一步的压力。因此,国家的政策取向必须将环境保护放在优先位置,在资源的可持续利用的基础上,提高经济增长质量。为此,需要采取更加积极的行动,以实现我国社会经济发展与资源环境的良性循环,实现城市的可持续发展。可持续发展基本策略可包括进一步提高广大市民的环境保护和可持续发

展意识；将环境保护纳入宏观经济的决策体系；大力防治城市环境污染，特别重视中小企业对环境的影响，加大对科技进步和资源环境保护的投入；加强环境保护的法制建设；开展可持续发展领域的国际合作。

### 1.2.2 面临的挑战

城市中人类的各种活动都离不开对环境资源的开发与利用，自然资源的丰度和可提供性是决定区域经济发展的最终限制，也是城市发展的限制因素。与此同时，城市还要向自然环境排放可观的废物。这种交换提示人们，城市的发展要符合环境容量的要求，注重生态系统的良性循环<sup>[5]</sup>。如果没有与自然界的这种交换，城市也就不复存在。现代工业的兴起和城市的迅速发展是人类科学技术进步的又一重要标志。人类改造自然的能力提高，人类活动大幅度地改变了生态环境的组成与结构，改变了物质循环和能量转化的功能。虽然扩大了人们的生存空间，但与此同时也带来了复杂的环境问题。城市是工业生产集中地域载体，也是生态环境矛盾的焦点。维持城市的运转需要大量的物质供给和输入，另外城市工业与居民生活会排放大量的废物，并超过城市生态系统的自然净化能力。城市作为集中的污染源，加重了土地资源的破坏与丧失。

固体废物所具有的污染特性以及综合利用的不彻底，使固体废物污染造成一定的经济损失。根据资源足迹推算，2017年全球资源使用量达1006亿吨，产生固体废物326亿吨，更为严重的是，大部分的固体废物并未得到有效的回收利用<sup>[6]</sup>。据世界银行统计，与我们日常生活密切相关的生活垃圾，其回收利用率仅为13.5%，部分低收入国家甚至低于3.7%<sup>[7]</sup>。废物不仅带来环境污染，还给人们的健康带来很多隐患，废物管理已经是各个国家可持续发展不得不面对的压力。历史堆存固体废物对环境与健康的威胁受到越来越多的人关注，固体废物产生量大，固体废物管理问题正成为国际社会重点需要解决的问题，固体废物分类回收在模式选择、场址路径、政策执行等方面还存在很大的问题，虽然各个国家在推动固体废物进行资源化利用促进循环型社会方面开展了实践探索，但仍然面临邻避现象和二次污染外溢等相关的难题考验。

2016—2022年《中国生态环境统计年报》以及2023年《中国生态环境状况公报》统计数据显示，随着工业行业的不断发展，一般工业固体废物产生量由2016年的37.1亿吨上升为2019年的44.1亿吨，上升了18.7%，2020年下降到36.8亿吨，2021—2023年有所上升，2023年全国一般工业固体废物产生量为42.8亿吨，如图1-2所示。2023年，全国城市生活垃圾无害化处理能力为115.2万吨/日，无害化处理量为2.59亿吨，无害化处理率为99.9%。全国约有7.7万家单位危险废物年产生量在10吨及以上，申报产生约1.1亿吨危险

废物。截至 2023 年年底,全国约有 3600 家危险废物集中利用处置单位,集中利用处置能力约为 2.1 亿吨/年,如图 1-3 所示<sup>[8-9]</sup>。

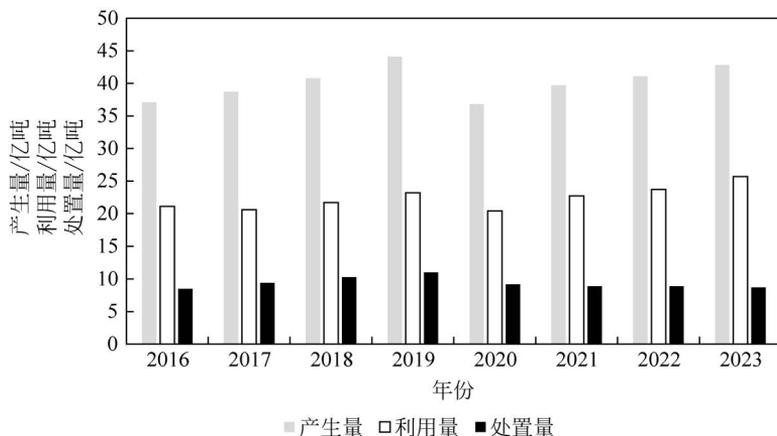


图 1-2 2016—2023 年一般工业固体废物产生、利用及处置情况

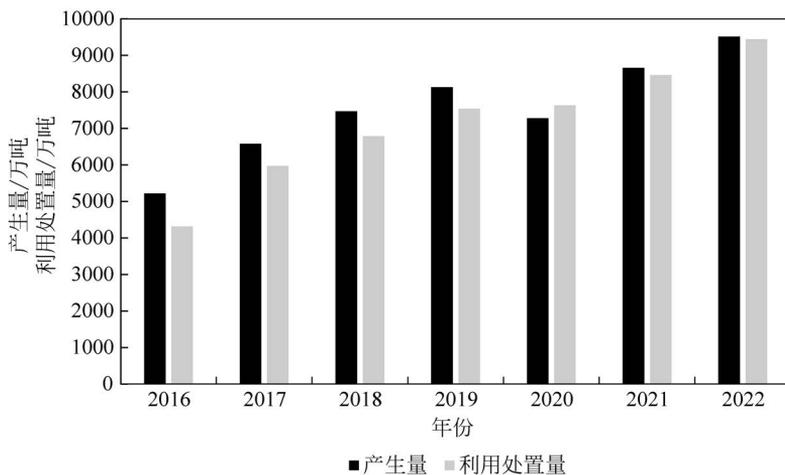


图 1-3 2016—2022 年工业危险废物产生及利用情况

我国固体废物产生强度高,固体废物增量和存量长期处于高位,年产生量超过 110 亿吨,历年堆存总量高达 600 亿~700 亿吨。此外,还存在一般工业固体废物综合利用率较低和利用水平不高的问题,如锰渣、赤泥、磷石膏等大宗固体废物综合利用率分别仅为 5%、7% 和 40% 左右<sup>[10]</sup>。现有“开采—生产—消费—利用—废弃”的传统线性经济增长模式导致大量物质资源的消耗和废物的产生,同时对自然生态系统造成了空前的破坏和压力,最终将威胁人类和地

球的生存安全,与人民对生态环境质量期望之间不相适配。根据我国社会经济发展需要,党中央提出加快构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局,而废弃物循环利用则是资源供给保障的重要途径。

### 1.3 可持续发展角度下的“无废城市”建设

可持续发展已成为当今国际社会讨论的核心议题。面对人口膨胀、贫困、资源短缺和环境污染等挑战,人类开始反思自身发展历程和生存方式,并逐渐达成共识。1987年,世界环境与发展委员会(WCED)主席前挪威首相布伦特兰夫人发表了著名的报告《我们共同的未来》,并提出了可持续发展的概念。1992年6月,联合国在巴西里约热内卢召开的环境与发展大会上通过了以可持续发展思想为核心的《21世纪议程》,可持续发展成为全球广泛关注的热点。

城市的可持续发展应以经济效益、生态环境效益和社会效益的协同优化为目标,三者最优状态是衡量城市生态平衡的关键指标。其中,生态环境效益虽常被忽视,但其关乎长远利益及世代福祉,具有战略性意义。生态环境效益不仅是社会经济发展的基础,为社会经济发展提供必要的资源和能源,更直接关系到城市居民的生存需求,印证了恩格斯所指的人类需求层级——生存需求优先于享乐需求和发展需求。生态环境效益不仅是衡量城市乃至国家或地区物质文明与精神文明的重要指标,且与经济效益在根本上具有一致性,共同指向可持续发展的目标。

鉴于中国城市在规模、结构和发展阶段等方面存在显著异质性,直接套用公式化的可持续发展模式是不适宜的。然而,在对城市传统发展模式进行系统性反思和总结的基础上,凝练共识,形成指导城市规划、建设和管理决策的原则框架是必要的。为探索城市可持续发展路径,以下基本认知至关重要:首先,应建立并动态调整适应城市可持续发展的管理职能机构;其次,应制定并实施一套系统性的城市可持续发展策略,旨在优化城市可持续发展的运行环境;再次,应强化城市可持续发展的管理手段,包括但不限于行政、经济、法律、技术和社会等多途径综合管理,以实现城市可持续发展的有效引导与控制<sup>[11]</sup>。

“无废城市”建设从资源采选环节、生产环节、消费环节以及末端处理处置环节,综合考虑降低废物的产生。在资源开采过程中,通过改进工艺技术和开展综合利用,提高资源利用效率,回收利用产生的废渣等;在生产环节,关注企业内部副产品的再利用以及废弃物的循环利用,从源头减少废物的产生。在消费环节,宣传绿色生活、绿色消费理念,减少浪费,延长产品的使用寿命,最大化产品使用价值,减少物质消费总量。在末端处理处置环节,依托生活垃圾分类

回收系统,实现再生资源的回收、分拣和再生加工。

“无废城市”理念参考了城市生态系统中的广义的食物链(网)原理,指以产品或废料、下脚料为轴线,以利润为动力将城市生态系统中的生产者——企业相互联系在一起。城市各企业之间的生产原料是互相提供的。可以根据需要进行城市食物网“加链”和“减链”,除掉或控制那些影响食物网传递效益,利润低、污染重的链环,即“减链”;增加新的生产环节,将不能直接利用的物质、资源转化为价值高的产品,即“加链”。实际上,城市最终排出的各种废物是不能靠城市生态系统中的分解者彻底分解的,而需要人类采取各种环境保护措施来加以分解和处理,使得排放的废物低于其他子生态系统的承载力。这实际上也是一种“加链”。“无废城市”即通过系统思考,促进和优化这些“加链”和“减链”环节。

“无废城市”建设遵循城市生态环境向生态化、可持续性方向发展的理念和原则。实现可持续发展是主要的目的,可再生资源利用及不可再生资源利用的效益最大化和环境容量的最优化利用是实现城市可持续发展的根本保证之一。“无废”理念要求应用一种系统整体性的方法,以全方位减少废物产生、降低废物管理过程中的环境风险为目标。其包含了资源保护及可持续利用、改善生态环境,并与国家生态文明建设、“双碳”目标等重大国家政策相辅相成。

## 第2章

# “无废城市”建设的意义

党的十八大报告将推进生态文明建设独立成篇集中论述,并系统性提出了今后五年大力推进生态文明建设的总体要求,强调要把生态文明建设放在突出地位,要纳入社会主义现代化建设总体布局。党的十八大以来,党中央高度重视固体废物污染治理,并将相关工作摆在生态文明建设的重要位置。党的十九大报告提出要加强固体废物和垃圾处置。党的二十大报告明确提出要加快构建废物循环利用体系等任务要求。“无废城市”建设是固体废物污染防治的重要篇章,是建设生态文明和美丽中国不可或缺的一部分,是推进固体废物领域生态文明体制改革,统筹解决经济社会发展与固体废物问题的有力抓手,是生态文明建设、实施乡村振兴战略的重要举措。

## 2.1 人民美好生活的要求

党的十九大报告指出,中国特色社会主义进入新时代,我国社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾。人民美好生活需要日益广泛,不仅对物质文化生活提出了更高要求,而且在民主、法治、公平、正义、安全、环境等方面的要求日益增长。而我国固体废物产生强度高、利用不充分,非法转移、倾倒事件仍呈高发频发态势,距离人民群众对美好生活的向往还有较大差距,成为全面建成小康社会的瓶颈与短板。固体废物污染对人民生活的影响是多方面的,工业固体废物、电子废物、塑料等固体废物的不当处置,导致土壤、水源、空气等基础环境介质遭受严重破坏。固体废物中的有害物质,如重金属、有毒化学物质等,可以通过接触皮肤、吸入或摄入等方式直接进入人体,引发各种健康问题。固体废物中的有害成分会渗入土壤和地下水,造成土壤和水体污染,影响农作物生长和水质安全,有害物质可能会通过食物链传递,最终在人体内富集,导致免疫力下降、慢性疾病甚至癌症等严重健康问题。垃圾焚烧产生的二噁英、粉尘污染加剧呼吸道疾病,人民迫切要求