

# 打造固废循环经济产业园实现园区物质流、 能量流循环利用

## ——以杭州临江循环经济(静脉)产业园为例

邓飞飞<sup>1</sup>, 王国斌<sup>1</sup>, 郑仁栋<sup>1</sup>, 寿钢峰<sup>2</sup>, 郑 坚<sup>1</sup>, 吕媛媛<sup>1</sup>

<sup>1</sup>杭州临江环境能源有限公司, 浙江 杭州

<sup>2</sup>杭州市环境集团有限公司, 浙江 杭州

收稿日期: 2024年5月13日; 录用日期: 2024年6月13日; 发布日期: 2024年6月30日

### 摘 要

现如今经济社会高速发展, 环境问题日益受到重视, 固废处理作为城市环境保护重要基础工作之一, 对于城市环保目标的实现具有举足轻重的作用。中国各大城市现有的固废处理设施从规模和功能上较为单一, 且垃圾资源化利用仍处于起步阶段, 缺乏系统性的资源化处置, 难以适应现行城镇化发展进程的需要。杭州临江循环经济(静脉)产业园, 通过上下游产业之间的耦合, 提升各类固体废物的处置效率和下游产品附加值, 提高资源和物料的利用率, 实现物料有效循环, 凸显土地集约利用, 管理高效整合的优势。

### 关键词

固废处理, 循环经济, 产业

# Build a Solid Waste Circular Economy Industrial Park to Realize the Recycling of Material Flow and Energy Flow in the Park

## —Taking Hangzhou Linjiang Circular Economy (Venous) Industrial Park as an Example

Feifei Deng<sup>1</sup>, Guobin Wang<sup>1</sup>, Rendong Zheng<sup>1</sup>, Gangfeng Shou<sup>1</sup>, Jian Zheng<sup>1</sup>, Yuanyuan Lyu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hangzhou Linjiang Environmental Energy Co. Ltd., Hangzhou Zhejiang

<sup>2</sup>Hangzhou Environmental Group Co. Ltd., Hangzhou Zhejiang

Received: May 13<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jun. 13<sup>th</sup>, 2024; published: Jun. 30<sup>th</sup>, 2024

文章引用: 邓飞飞, 王国斌, 郑仁栋, 寿钢峰, 郑坚, 吕媛媛. 打造固废循环经济产业园实现园区物质流、能量流循环利用[J]. 环境保护前沿, 2024, 14(3): 609-614. DOI: 10.12677/aep.2024.143083

## Abstract

Nowadays, with the rapid development of economy and society, environmental issues have received increasing attention. As one of the important basic work of urban environmental protection, solid waste treatment plays a pivotal role in the realization of urban environmental protection goals. The existing solid waste treatment facilities in China's major cities are relatively simple in scale and function, and the resource utilization of waste is still in its infancy, and the lack of systematic resource disposal is difficult to meet the needs of the current urbanization development process. Hangzhou Linjiang Circular Economy (Venous) Industrial Park, through the coupling between upstream and downstream industries, improves the disposal efficiency of various solid wastes and the added value of downstream products, improves the utilization rate of resources and materials, realizes the effective recycling of materials, and highlights the advantages of intensive land use and efficient integration of management.

## Keywords

Solid Waste Treatment, Circular Economy, Industrial

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 绪论

现阶段中国各大城市现有的垃圾资源处理设施从规模上和功能上较为单一，且垃圾资源化利用仍处于起步阶段，缺乏系统性的资源化处置，难以适应现行城镇化发展进程的需要[1]。

根据《杭州市环境保护“十三五”规划》中要求，继续推进工业固废综合利用和处置。按照“减量化、再利用、再循环”的原则，进一步推进循环经济发展，强化清洁生产和全过程控制，减少工业固废的产生[2]。对工业固废收集、运输、贮存、处置实施全过程监管。鼓励企业采用清洁生产技术，促进各类废弃物在企业内部的循环使用和综合利用，从源头削减固废的产生。

杭州临江循环经济(静脉)产业园是中国固废行业首个综合性产业园，可从现实意义上通过园内上下游产业链实现垃圾资源化、无害化处理，产生的垃圾副产物(飞灰、炉渣等)可通过园区配套设施(水泥回转窑、填埋，炉渣资源化项目)实现无害化、资源化再处理，无需外运，产生的能量及可用物料进一步提升了固废垃圾资源化利用率，避免了副产物外运处理过程中附加费用的产生，系统、完整的产业链实现了土地集约利用，管理高效整合的优势。

## 2. 建设模式

杭州临江循环经济(静脉)产业园，以杭州临江环境能源工程(生活垃圾焚烧发电工程)为核心，包含生活垃圾处理、污泥处理、餐厨/厨余垃圾处理、工业危废/医疗废弃物处理、污水处理、建筑装潢垃圾集中处置、汽车拆解、废旧物质资源化处置等环境项目和研发中心等配套项目。

其中生活垃圾焚烧发电工程设置6台日处理垃圾870t的炉排焚烧炉，6台次高压余热锅炉，3台45MW次高压凝汽式汽轮机及3台50MW的发电机，焚烧炉年运行时间大于8000h，日焚烧处理生活垃圾5200t，全年处理生活垃圾189.8万吨[3]。同步建设餐厨/厨余垃圾、危险废物、炉渣处理等城镇废弃物处理系统，

实现规模化 and 集聚化显著的成效。同时，以“六化”（空间布局集约化、收运体系网络化、资源利用规模化、基础设施共享化、环保处理集中化、运行管理高效化）为特征，打造成为国内技术装备领先、基础设施齐备、管理运营规范的综合类静脉产业示范园区的关键部分。

### 3. 循环模式

临江循环经济(静脉)产业园最大的特点是可构建固废循环再利用链，通过上下游产业之间的耦合，提升各类固体废物的处置效率和下游产品的附加值，提高资源和物料的利用率，从而体现物料有效循环，土地集约利用，管理高效整合的优势，实现废弃物协同处置和设施共建共享。图 1 为临江循环经济(静脉)产业园的固废循环再利用链，将固体废物转化为有价值的资源，实现废物的减量化、资源化和无害化。图 2 显示了产业园物料平衡图，清晰地反映了物料流动和转化关系，优化物料管理。

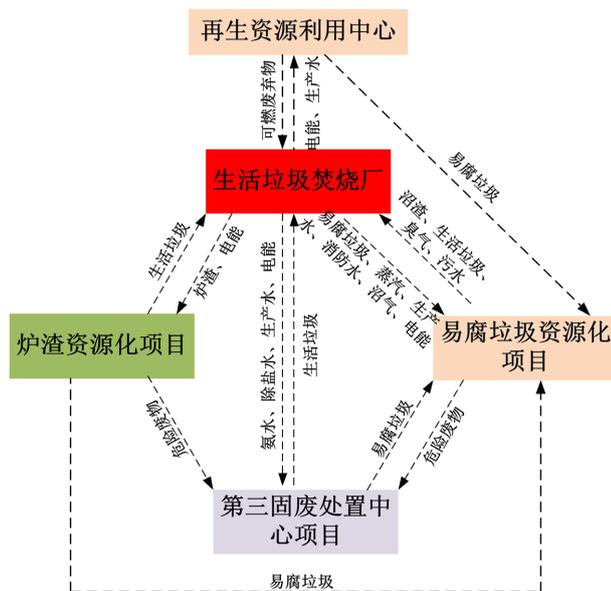


Figure 1. Solid waste recycling chain  
图 1. 固废循环再利用链

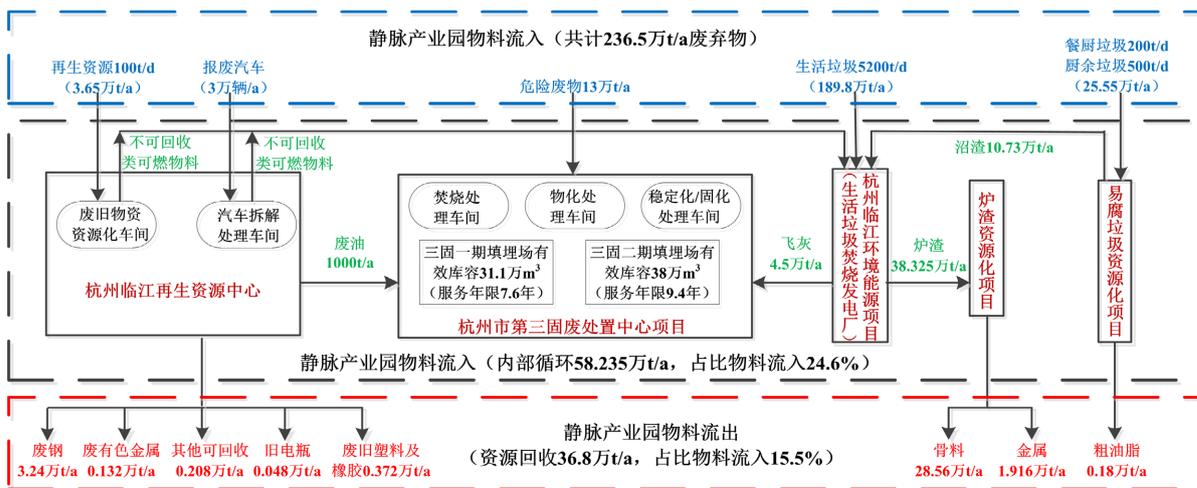


Figure 2. Material balance diagram of industrial park  
图 2. 产业园物料平衡图

1)大循环

产业园与城市之间的物质和能量循环，园内建链，园外补链，园内企业之间及园外企业间的共生和代谢。城市废弃物进入园区，经过园区资源化利用，形成电力、金属、建材等原材料返回园外企业，经过加工变为城市所需产品。

2) 中循环

生活垃圾焚烧发电厂为城市及园区提供电力，餐厨垃圾、厨余垃圾处理厂产生的沼渣作为焚烧厂辅助燃料；焚烧厂产生的炉渣送至炉渣资源化中心进行资源化处理，预处理后成为建材用于园区和城市建设；废旧物资、汽车拆解、飞灰填埋等资源化项目产生的废弃物都可运输至焚烧厂作为辅助燃料进行无害化、减量化和资源化处理。园区内各产业间协同作业，各项目间通过物料上下游循环简化各项目工艺流程、提高资源化水平，实现设施共建共享，实现废弃物最低成本和占地下最大程度的资源化循环利用，充分体现节能减排和循环经济的可持续发展理念。

经测算，园区内部每年约 58.235 万吨的物料循环，占比园区物料流入总量的 24.6%，园区物料每年资源回收约 36.80 万吨，占比园区物料流入总量的 15.5% (其中本项目约 30.66 万吨，占比园区物料流入总量的 12.96%)。

3) 小循环

产业园内单个项目采用先进的工艺，实现项目内部物质和能量的最大循环利用，减少外部物质和能源的供给。其中，能源项目生活垃圾焚烧发电产生的蒸汽可供餐厨/厨余垃圾处理系统预处理工艺所需的热量，富余的氨水、除盐水等可用于杭州市第三固废处置中心项目烟气处理系统及余热锅炉系统，餐厨/厨余垃圾处理系统中的高浓度臭气可引导至能源项目焚烧。

3.1. 能源循环

产业园能量集成综合考虑了余热资源的量、能级梯度及能源原料的利用三个方面。产业园内各种能源的输入、转换和最终去向如图 3 所示。余热利用应尽可能提高有效利用程度，利用余热产蒸汽和余热发电两种方式来实现园区内能源利用的最大化；能级梯度就是尽可能多地使用便宜的能级，而尽量减少使用贵的能级；充分利用可以作为能量的废物，可解决部分单元能源的来源问题，节省处理费用，增加净利益，提高整个园区的经济效益。

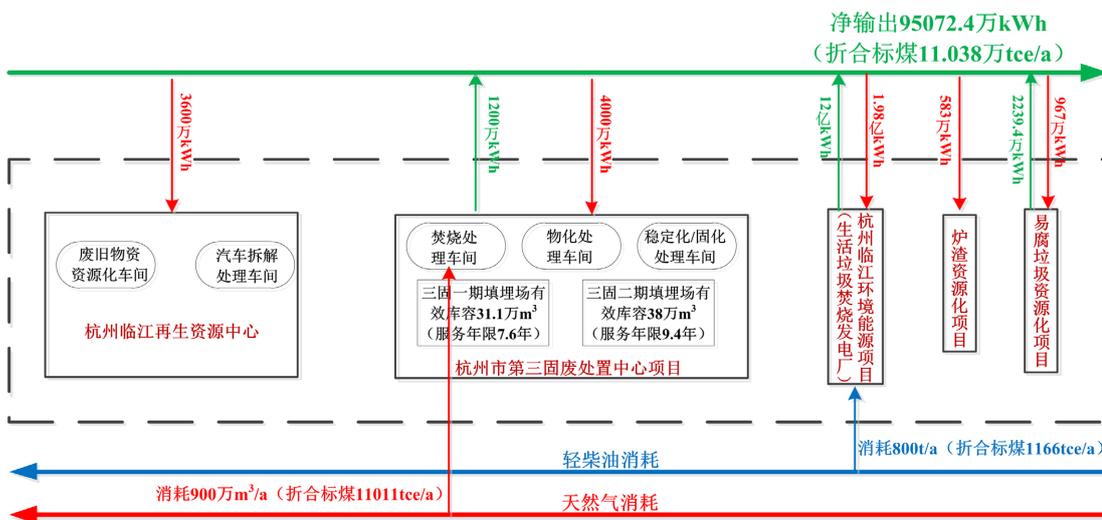


Figure 3. Energy balance diagram of industrial park  
图 3. 产业园能量平衡图

园区内的主要能源为生活垃圾焚烧发电厂产生的电能、危险废物焚烧产生的余热发电、餐厨垃圾和厨余垃圾厌氧发酵产生的沼气发电，并入电网供电。

生活垃圾焚烧中产生的余热作为餐厨垃圾、厨余垃圾处理厂、固废处理等备用热源。

### 3.2. 水循环

产业园水循环平衡图如图 4 所示，全方位展示了水资源在系统中的流动情况。本项目中的工艺生产用水接自杭州临江环境能源工程的工业水系统，其水源为循环水系统排污水。这样既能够满足项目的部分工业用水问题，也减轻了能源中心循环水排污水的排放压力，实现园区水资源的循环利用。

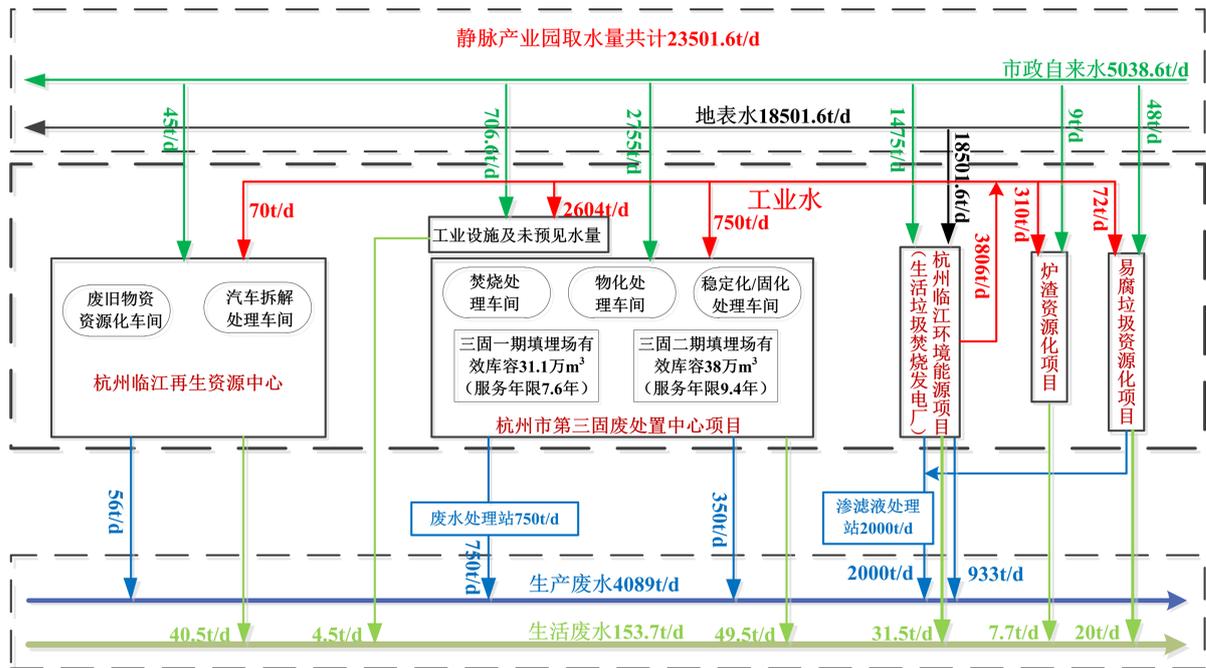


Figure 4. Water circulation balance diagram of industrial park

图 4. 产业园水循环平衡图

三固项目余热锅炉用除盐水由能源中心统一配供。

园区所有污水汇总至能源中心后，由能源中心集中泵送至临江污水处理厂，园区实现一个污水排放口的集中排放模式。

园区在建设过程中，采用“海绵城市”建设理念和经验，将雨水视为一种重要的资源，并将雨水收集来作为水源以及通过渗透或保留的方式来涵养蓄水层、景观河道和植被等。

本项目海绵城市设计可参照民用建筑海绵城市设计，根据《杭州市海绵城市专项规划》，本项目对雨水调蓄管控的具体要求：该项目拟按照年径流总量控制率 75%、SS 综合去除率 0.5、综合雨量径流系数 0.6 进行设计。

本配套工程主要通过下凹式绿地及透水铺装系统确保海绵城市雨水调蓄管控的各项要求。景观建设结合海绵城市理念，采用透水铺装系统。雨水通过表层下渗水层的过滤，可以渗透到泥土中，通过透水铺装分流雨水洪峰，在源头阻止污染物，减少洪峰，使更多的水渗透到地下，增加土地水含量，提高水质，同时比传统排水沟更美观，更生态，更自然，有助于可持续性的城市排水系统。同时项目设置下凹式绿地，增加调蓄总容积。

#### 4. 结论

本工程与杭州临江环境能源工程、杭州市第三固废处置中心一期工程配套建设在杭州临江循环经济产业园内，是固体废物产业集约化发展的一次有效尝试。杭州临江循环经济产业园通过产业结构合理布局、基础配套设施的合理配置、交通路网的合理规划，更容易形成物质流和能量流的顺畅循环，在园区内形成完整协调的系统，减少车辆运输、管道输送、电缆布设距离，达到节地、节水、节材、节能和节省投资的目的。本项目综合能耗指标较低，节能效果显著，节能量可观，达到了资源回收的目的，为国家节约了大量的能源。

#### 参考文献

- [1] 张镇, 陈堂凤. 无废城市的固废处理与资源化利用现状分析[J]. 资源节约与环保, 2023(5): 113-116.
- [2] 袁自煜. 我国固废处置行业将整体进入成熟期[J]. 环境经济, 2021(8): 38-43.
- [3] 王德锋, 冯志翔, 蔡银科, 等. 杭州临江垃圾焚烧项目设计亮点探讨[J]. 应用能源技术, 2022(1): 36-40.