

“无废城市”建设背景下的化工企业“无废集团”建设路径探析

刘会成 余雷 杨彪

南京大学环境规划设计研究院集团股份公司, 中国·江苏 南京 210003

摘要: 工业企业“无废集团(工厂)”建设是“无废城市”建设的重要细胞工程,是企业坚持“生态优先、绿色发展”的重要举措和具体行动。论文以江苏省宿迁市某化工集团为例,分析了化工行业“无废集团”建设的现状问题,并结合国家、江苏省“无废城市”建设工作要求,提出了生产线催化剂替代源头减量、生产线酸水提纯浓缩循环梯级利用、共享集团内部危险废物焚烧炉使用等项目,建设有效的固体废物源头减量、固废处置提质增效的实现路径,以期为化工行业企业“无废集团(工厂)”建设提供参考。

关键词: 化工行业; 无废集团; 建设现状; 实现路径

Analysis on the Construction Path of “No-waste Group” of Chemical Industrial Enterprises Under the Background of “No-waste City”

Huicheng Liu Lei Yu Biao Yang

Academy of Environmental Planning & Design, Co., Ltd. Nanjing University, Nanjing, Jiangsu, 210003, China

Abstract: The construction of “no-waste group (factory)” in industrial enterprises is the important cell project of “no-waste city” construction, and it is an important measure and specific action for enterprises to adhere to the principle of “ecological priority and green development”. This paper takes a chemical industry group in Suqian, Jiangsu Province as an example, analyzes the current problems in the construction of a “no-waste group” in the chemical industry, in combination with the requirements of national and Jiangsu Province’s “no-waste city” construction work, and proposes projects such as catalyst replacement on production line to reduce solid waste from source, acid water purification and concentration for cycle cascade utilization of production line, and sharing the use of hazardous waste incinerators within the group to establish effective pathways for source reduction of solid waste and improving the quality and efficiency of solid waste disposal, which aims to provide theoretical support and decision-making reference for the construction of “no-waste group (factory)” in the chemical industry.

Keywords: chemical industry; no-waste group; construction status; realization path

0 前言

国务院办公厅印发《“无废城市”建设试点工作方案》以来,社会对固体废物污染防治工作的重视程度前所未有的,“无废城市”建设涉及领域广泛,包括工业、农业、建筑业及生活等领域的诸多方面。“无废集团”概念拓展于“无废工厂”,是工业领域开展“无废城市”建设的重要抓手,通过贯彻落实习近平生态文明思想,并以新发展理念为引领,体现“无废”理念,继承发展现有“无废工厂”实践经验,着眼制造业企业集群内高质量发展的现实需求,助力减废降碳目标的实现。

在实践中,不同工厂所属行业的差异、产生废物的机理不同、资源化利用的条件有别及企业员工的无废意识强弱等,都会影响“无废集团(工厂)”建设的进程及效果^[1]。化工行业固体废物管理一直是环境监管工作的重点难点领域,近年来,江苏省通过开展化工产业安全环境整治提升活动,行业固体废物治理能力得到明显提升,但行业固废产生

量大、利用处置能力存在结构性短板等问题仍然突出。统计表明,苏北5市中4市危险废物产生企业数量最多的行业是化工行业^[2],研究化工行业“无废集团”建设路径对于提升工业固体废物精细化管理水平,高质量建设工业领域“无废城市”意义重大。

1 建设现状

1.1 企业基本情况

江苏省宿迁市某化工集团(以下简称“某化工集团”)旗下共有4家化工行业高新技术企业,分别称为A、B、C、D公司,于2023年在沪市主板成功上市,属于苏北化工行业企业典型代表。该化工集团生产以光稳定剂为主的相关聚合物添加剂、化工中间体、塑料助剂等产品,各类产品合计年产能超10万吨。生产工艺复杂,固体废物产生种类较多,数量较大。集团目前产生的危险废物为8大类,共计17种,年产生量超2.3万吨,产生量最大的为精馏废液、废盐、焚烧飞灰和炉渣等(见表1)。

表 1 某化工集团企业代表产品和主要危险废物种类

序号	企业名称	主要产品	主要危险废物
1	A 公司	光稳定剂、三丙酮胺	HW11 蒸馏残渣、HW49 废盐、HW18 焚烧炉渣
2	B 公司	光稳定剂、叔辛胺	HW11 蒸馏残渣、HW49 废盐
3	C 公司	光稳定剂、阻聚剂	HW11 精馏废液、HW06 过滤浮渣残渣
4	D 公司	氯代烷、化工中间体	HW11 蒸馏残渣、HW49 废活性炭

目前，A、B、C 三家公司均已建成，D 公司正处于建设中，以该化工集团为例开展“无废集团”建设路径研究，有助于同类型的企业结合自身实际情况针对性地开展“无废集团（工厂）”建设工作，提升化工行业“无废”建设效果。论文采用 2022—2023 年度企业固体废物产生处置数据和环评中固体废物产生及处置情况进行分析，研究“无废集团”建设现状及实现路径，为化工行业企业“无废集团（工厂）”建设提供理论支撑和决策参考。

1.2 固体废物管理情况

该化工集团年产生量前五的危险废物分别为精馏 / 蒸馏废液 / 残渣、废盐、废有机残渣、隔油池浮渣和冷凝有机废液、过滤残渣和废活性炭及分层废液和过滤残渣，年产生量分别占集团危险废物产生总量的 50.7%、23.8%、7.9%、4.4% 及 3.6%，合计占比约 90.4%。

集团危险废物的处置方式分为三种：焚烧处置、填埋处置和综合利用，不同危险废物处置方式占比情况见图 1。其中，采用焚烧处置的危险废物有 10 种，主要为分层废液和过滤残渣、废有机残渣、隔油池浮渣和冷凝有机废液、精馏 / 蒸馏废液 / 残渣、废包装袋、污泥等，年处置占总量的 77.9%，其中由集团内部自行焚烧处置的危险废物量为 23.4%，委托有资质单位焚烧处置的为 54.5%；委托有资质单位填埋处置的危险废物有 4 种，主要为炉渣、焚烧飞灰和循环池渣、废盐、污泥，年处置量占总量的 19.9%；委托有资质单位综合利用的危险废物有 5 种，主要为废矿物油、废催化剂、炉渣和焚烧飞灰，年利用量占总量的 2.2%，由此可见，该化工集团每年需委托有资质单位进行处置的危险废物占总量的 74.4%，委托处置成本较高。

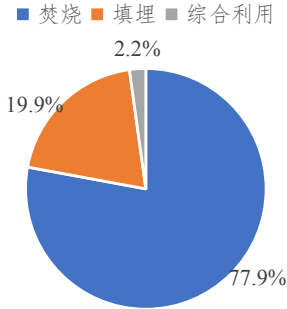


图 1 集团危险废物处置方式组成图

集团一般固废产生种类较少，主要为 A 公司的废盐及 D 公司的废离子交换树脂，其中 A 公司的废盐依据危险特

性鉴别结果作为一般固废进行处理。其他的一般工业固体废物主要包括废包装外袋、托盘、废纸、废保温棉等。

目前，集团内 A 公司建设有 1 套处置能力为 5000t/a、C 公司建有 2 套处置能力为 10000t/a 的危险废物焚烧炉（一用一备），用于各自企业内部危险废物的处置。其中，A 公司的危险废物焚烧炉自正式运行以来，运行负荷常年大于 85%，公司内仍有数千吨危险废物需要委外焚烧处置；C 公司的危险废物焚烧炉自正式运行以来，运行负荷远低于 50%，未出现处理设施异常情况，未启用过备用焚烧炉。

1.3 管理运行现状分析

该化工集团旗下 4 家公司均位于同一家化工产业园内，集团危险废物产生量大、处置成本高。根据 2022—2023 年度固体废物产生情况及 D 公司环评固体废物产生情况，产生量最大的为精馏 / 蒸馏废液 / 残渣（HW11），其次为废盐（HW49）。集团内目前危险废物焚烧处置设施的处置能力为 15000t/a，但因焚烧炉仅能用于处置各子公司企业内部的危险废物，C 公司的危险废物焚烧炉处置负荷仅为 25.7%，A 公司仍有 47.3% 的焚烧处置的危险废物需委外处置，B 公司和 D 公司需焚烧处置的危险废物则需全部委托集团外的有资质单位处置。该化工集团每年危险废物委外处置成本近 2000 万元，占集团环保运行费用的 35%~40%。

集团危险废物以处置为主，缺乏高值化利用路径。根据 2022—2023 年集团危险废物处置情况，该化工集团危险废物的处置方式分为三种，焚烧处置、填埋处置和综合利用，分别占比 77.9%、19.9% 和 2.2%，且综合利用均为集团外经营单位利用，集团内缺少综合利用方式，存在能力缺口。其中废水蒸发浓缩产生的废硫酸盐、废硝酸盐等，焚烧处置灼减率低，次生危险废物产生量大，最终填埋处置，缺少高值化利用路径。

2 建设路径

基于上述管理现状分析，论文以危险废物为重点，坚持固体废物减量化、资源化和无害化的总体原则，着力解决该化工集团固体废物特别是危险废物产生量大、处置成本高等难点、堵点，以集团为整体，全方位诊断、多角度施策，打造先行先试典型示范、协同推进减废降碳。探索建立化工行业“无废集团”建设模式和示范项目，形成可复制可借鉴可推广的经验做法。

2.1 生产线催化剂替代源头减量

A 公司主要产品之一为三丙酮胺，现有产能超 3 万吨/年，三丙酮胺化学名为 2,2,6,6- 四甲基哌啶酮，是合成受阻胺类光稳定剂的基础原料。目前三丙酮胺生产线中，通常用硝酸铵作催化剂，反应结束后，添加片碱后生成大量硝酸钠，经蒸发析出后，纯度达标的盐（95%）作为副产物处理。实际生产过程中，氨化反应液氨利用率低，中和后硝酸盐废水除杂难度大，副产盐提纯工艺能耗高，销售出路不畅，导致硝酸盐处置成本高。

针对该生产线目前存在问题，集团提出利用固定床装载固体酸催化剂进行连续化合成三丙酮胺，工艺流程简述如下：列管反应器装填一定量的固体酸催化剂。将物料丙酮、

氨气准确计量后，同时连续地转入列管反应器中进行氨化反应（固体酸催化剂作为催化剂），反应降温后收集至反应液接收罐，再转入精馏塔进行精馏处理。最终收集精馏塔塔顶馏分，采出三丙酮胺成品，塔底采出物料收集后作为危险废物处理。列管反应器内装填的固体酸催化剂使用寿命为3年，属于HW50类危险废物，更换废催化剂后将委托有资质单位处理。

经过对改进前后的成本进行核算，改进前产线全年生产盐5000余吨，原辅料采购及处理措施折合成本800元/吨。改进后使用固体酸催化剂，折合处理成本400元/吨，按照年产3万吨三丙酮胺计，预计一年可节约1200万元，同时实现硝酸钠盐零产生。

2.2 生产线酸水提纯浓缩循环梯级利用

在该化工集团所属企业开展以固体废物减量化和资源化为重点的清洁生产审核，结合化工行业典型危险废物资源化综合利用工艺路线的相关研究，发现反应副产品或不参加反应的催化媒介，资源化再生利用潜力大^[3]。B公司主要产品之一为叔辛胺，用作橡胶促进剂、杀虫剂及染料、药物制造的中间体，是集团光稳定剂产品的重要中间体。叔辛胺生产线第一步酰胺化反应利用硫酸做催化剂，二异丁烯、乙腈与稀硫酸发生反应，生成中间体。保温反应之后静置分去头道酸水进入污水处理系统，上层物料转移到中和釜内进行后续反应。头道洗涤酸水中和后生成大量硫酸钠，送至三效蒸发处理，析出后盐按照环评要求作为危险废物委托处理。目前处理方式造成硫酸浪费，且另外添加片碱及委托处理危险废物，增加废盐产生量和处置成本。

集团按照源头减量思路，通过优化工艺，将洗涤酸水通过泵打入结晶釜中，使酸水中中间体在低温条件下析出。降温后的酸水经过滤后转移至待处理釜静置。静置后经预热进入闪蒸分离器内。开启循环泵，通过控制釜底采出调节阀开度，控制采出和循环。经冷凝器冷凝后进入硫酸接收罐，至叔辛胺生产线回用。根据实验结果，工艺改进后产生的硫酸浓度基本达到50%的要求，回用至叔辛胺生产线，不影响叔辛胺的产品品质。

改进前产线全年产生硫酸盐近2000吨，原辅料采购及处理措施折合成本约1000万元。改进后通过回收利用头道酸水中的硫酸，降低片碱使用量及危险废物产生量，减少硫酸盐固体废物处置成本，预计一年可节约800万元，并基本实现叔辛胺生产线硫酸盐“零”生产。

2.3 共享集团内部危险废物焚烧炉

集团4家企业需要进行焚烧处置的危险废物流量共计约2.1万吨，集团内A公司建设有1套处置能力为0.5万吨/年的危险废物焚烧炉，C公司建设有2套1万吨/年的危险废物焚烧炉（一用一备），经自有危险废物焚烧炉处置后，集团共有约1.4万吨危险废物需要委外焚烧处置（见表2）。

A、B、D公司主要产品为光稳定剂、阻聚剂及其化工中间体等产品，与C公司产品相似；需委外焚烧的危险废物主要为蒸馏/精馏残渣/废液、废活性炭、过滤残渣、废矿物油等，与C公司用于焚烧处置的危险废物产生种类相似，均为易燃、可燃物质，不含反应性、爆炸性物质。同时

C公司危废焚烧炉设计参数主要考虑其厂内危险废物的成分组分，进炉废物的低位热值范围为2800~6000KCal/kg，设计平均3500KCal/kg，设计配伍固液比要求较园区通用危废焚烧炉低，适用于处理半固态、液态为主的危险废物。炉内气体湍流程度高，气、液体接触良好，燃烧效率高，更适合本集团内需焚烧处置的危险废物形态特性和成分占比，燃烧更加充分，焚毁去除率达99.99%以上，焚烧后次生危险废物产生率降低^[4]。

表 2 某化工集团企业焚烧处置类危险废物情况（t/a）

序号	企业名称	需焚烧处置的危险废物产生量	自行焚烧处置能力	需委外焚烧的危险废物处置量
1	A 公司	10000	5000	5000
2	B 公司	1000	0	1000
3	C 公司	2000	10000 (一用一备)	0
4	D 公司	8000	0	8000

对此集团提出危险废物处置设施共享，将备用危险废物焚烧炉转为在用危险废物处置设施，形成2.5万吨/年的危险废物焚烧处置能力，对集团旗下4家公司产生的危险废物进行统筹处置，实现共享危险废物焚烧设施处置危险废物，提高危险废物集团内消纳率，削减区域焚烧废气颗粒物、二氧化硫、二氧化碳排放量和次生危险废物产生量。项目实施后，通过对燃烧废气进行余热利用，减少A、B、D公司危险废物委托处置成本，预计一年可节约超1800万元。

3 结语

江苏省宿迁市某化工集团“无废集团（工厂）”建设从工艺改进、原料替代、循环梯级利用等方面，采取有效的清洁生产和节能减排措施，预计每年减少危险废物产生量7000余吨，减少废气颗粒物排放1吨、二氧化硫排放2.5吨，二氧化碳的排放量2.5万吨^[5]，节约成本近4000万元。能够看出，“无废集团”建设可以有效推动企业绿色低碳生产方式转型，促进企业加快发展新质生产力，有利于企业降本增效，提升全要素生产率，有效促进区域减废降碳协同增效。

参考文献：

[1] 黄顺春,刘惠.“无废工厂”理论探讨与实践探索[J].资源节约与环保,2024(3):13-18.

[2] 石慧.苏北五市危险废物处置现状分析[J].污染防治技术,2017,30(2):8.

[3] 赖文强.浅析化工行业典型危险废物资源化综合利用的工艺路线[J].区域治理,2021(2):194-195.

[4] 王琛,许继云,邵宁宁,等.危废焚烧过程中二噁英和颗粒物的生成机理以及重金属迁移特征探究[J].环境卫生工程,2020,28(4):2.

[5] 郭东方,侯慧敏,徐鹤.基于生命周期视角的固废资源化温室气体减排效益核算研究[J].环境影响评价,2023,45(5):53-58.

作者简介: 刘会成(1986-),男,中国江西九江人,硕士,高级工程师,从事环境管理与咨询研究。