

嘉兴石化有限公司

精对苯二甲酸（PTA）

产品碳足迹盘查报告

浙江工业大学清洁生产中心

2022年2月25日



前 言

本报告基于 GB/T24040、GB/T24044 和 T/CNTAC 33-2019 提及的生命周期方法编写。

本报告编写单位：浙江大学清洁生产中心

报告主要编写人：何云、李克泉

报告审核人：黄克玲

日期：2022 年 2 月 25 日

目 录

前 言	1
1. 目标与范围定义	4
1.1. 目标定义	4
1.1.1. 产品信息	4
1.1.2. 功能单位与基准流	4
1.1.3. 数据代表性	5
1.2. 范围定义	5
1.2.1. 系统边界	5
1.2.2. 取舍原则	6
1.2.3. 环境影响类型	6
1.2.4. 数据质量要求	7
1.2.5. 软件与数据库	7
2. 数据收集	8
2.1. 原料获取阶段	8
2.2. 产品生产阶段	8
2.3. 清单数据来源	10
2.3.1. 现场数据来源	10
2.3.2. 背景数据收集	10
3. 碳足迹影响分析	11
3.1. GWP 建模	11
3.2. GWP 结果	11
3.3. 过程贡献分析	11
4. 碳足迹解释	13
4.1. 数据质量评估与改进	13
4.2. 绿色设计改进方案	14
4.3. 结论与建议	15
附件 1: 产品原始包装图	16
附件 2: 产品生产工艺流程	16

执行摘要

本项目受嘉兴石化有限公司（以下简称“嘉兴石化”）委托，由浙江大学清洁生产中心执行完成。研究的目的是以生命周期评价方法为基础，采用国际标准化组织（International Organization for Standardization，简称 ISO）编制的 ISO 14067 标准和英国标准协会（British Standards Institution，简称 BSI）编制的 PAS 2050 标准中规定的碳足迹核算方法，计算得到嘉兴石化生产的精对苯二甲酸（PTA）的碳足迹。

为了满足碳足迹第三方认证以及与各相关方沟通的需要，本报告的功能单位定义为生产 1t 精对苯二甲酸（PTA）产品。系统边界为“从摇篮到大门”类型，现场调查了嘉兴石化厂区从对二甲苯（PX）和醋酸（HAC）进厂到精对苯二甲酸（PTA）产品出厂的过程，物料、能源获取的数据来源于企业实际年度统计数据。

精对苯二甲酸（PTA）产品碳足迹评价见第四章。报告中对生产精对苯二甲酸（PTA）产品的碳足迹清单消耗、各生产过程和不同过程清单的碳足迹贡献进行了分析。从单个过程对碳足迹贡献来看，发现原料获取过程对产品碳足迹的贡献最大，占 90.63%。从物质获取来看，PX 原料、生产阶段蒸汽和生产过程碳排放对碳足迹累计贡献较大，分别占 90.23%、6.26%和 4.72%。

1. 目标与范围定义

1.1. 目标定义

1.1.1. 产品信息

本研究的研究对象为：精对苯二甲酸（PTA）产品，信息如下：

表 1.1 产品基本信息表

生产厂家	嘉兴石化有限公司（以下简称“嘉兴石化”）
产品名称	精对苯二甲酸（PTA）产品
包装规格	
产品颜色	白色粉末
主要技术参数	酸值 675KOH/g、对羧基苯甲醛 14.2mg/kg、对甲基苯甲酸 123mg/kg、灼烧残渣 1.56mg/kg、总重金属<0.1mg/kg、水分 0.10mg/kg、b 值 0.82、平均粒径 114 μm
包装材料及规格	1000kg/袋，蛇皮袋
工艺路线及类型	PX 浆料→氧化→精制→包装



1.1.2. 功能单位与基准流

本报告以生产 1t 精对苯二甲酸（PTA）产品为功能单位，产品信息见表 1.1。

1.1.3. 数据代表性

报告代表具体企业及产品研究，时间、地理、技术代表性如下：

- (1) 时间代表性：2021 年
- (2) 地理代表性：浙江省嘉兴市嘉兴港区
- (3) 技术代表性，包括以下方面：
 - 生产工艺流程：PX 浆料→氧化→精制→包装
 - 主要原料：对二甲苯（PX）、醋酸（作溶剂）
 - 主要能耗（省去与碳无关的要素）：电力、蒸汽

1.2. 范围定义

1.2.1. 系统边界

本研究的系统边界为属“从摇篮到大门”的类型，主要包括原料获取、产品生产等两个过程。碳足迹盘查边界见图 1.2。

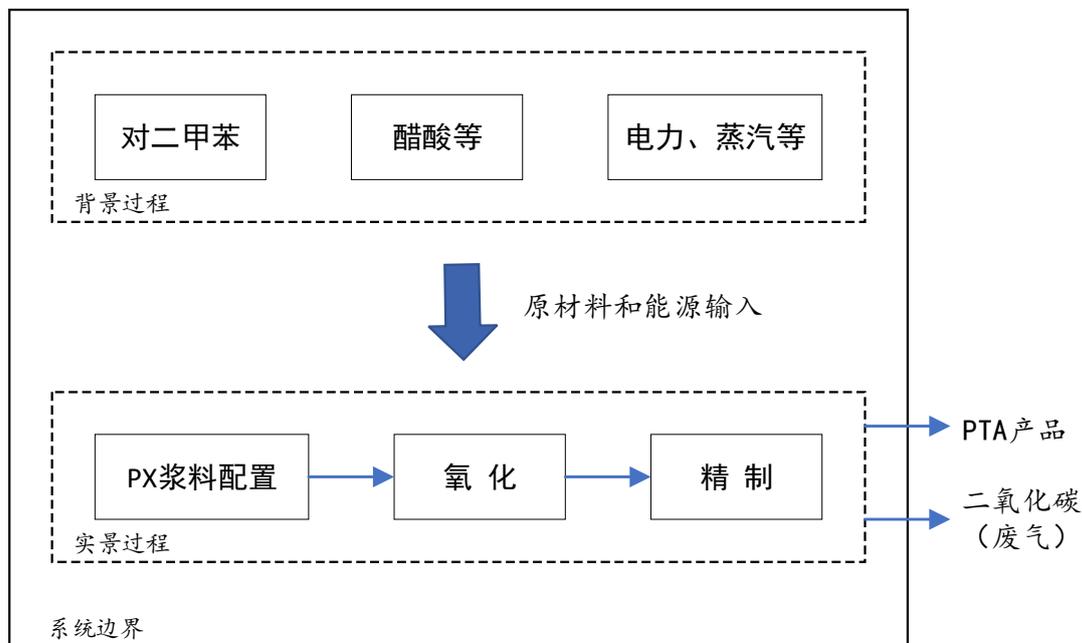


图 1.2 精对苯二甲酸（PTA）产品碳足迹盘查边界图

1.2.2. 取舍原则

本研究采用的取舍规则参照《ISO14067:2018 温室气体产品的碳排放量化和交流的要求和指南》、《PAS2050:2011 产品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》相关要求，取舍原则如下：

——所有能耗均列出；

——所有主要原料消耗均列出；

——重量小于产品重量 1%的辅料消耗可忽略，但总忽略的重量不应超过产品重量的 5%；

——已有法规、标准、文件要求监测的大气、水体、土壤的各种排放均列出，如环保法规、行业环境标准、环境监测报告、环境影响评价报告等；

——小于固体废弃物排放总量 1%的一般性固体废弃物可忽略；

——道路与厂房的基础设施、各工序的设备、厂房内人员及生活设施的消耗和排放，均忽略。

1.2.3. 环境影响类型

基于研究目标的定义，本研究只选择了全球变暖这一种影响类型，并对产品生命周期的全球变暖潜值（GWP）进行了分析，因为 GWP 是用来量化产品碳足迹的环境影响指标。

1.2.4. 数据质量要求

数据质量评估采用《ISO14067:2018 温室气体产品的碳排放量化和交流的要求和指南》、《PAS2050:2011 产品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》等标准的方法。

1.2.5. 软件与数据库

本研究使用的版本是 GaBi 8.0, 其数据库包括 8000 种不同的能源与材料流程, 也提供 400 种的工业流程, 归纳在十种基本流程中, 如工业制造、物流、采矿、动力设备、服务、维修等。

该软件的主要特色包括: 涉及领域广泛的最新综合数据库, 尤其是率先在世界上发布了电子类产品环境负荷数据集。对环境影响方面的数据, 比如地球变暖潜能, 臭氧层消耗潜能等影响效果分类问题, 采用了 ISO (际标准化组织)、SETAC (环境毒理学与化学学会), WMO (国际气象组织), IPCC (联合国政府间气候变化专门委员会) 等倡议的最新解析方法。

GaBi 还提供了根据碳足迹盘查各阶段来进行系统评价或分步评价的手法, 支持用户根据 ISO14000 的准则输入所需评估项目的目的和范围, 用户可以自己定义所评估项目、采集数据和解析结果。软件的图形界面具有透明性和灵活性, 可以以线的粗细来表示质量、能量或成本大小, 另外一个有用的功能是采用模型化, 它可以将研究对象各过程单元进行模块化展示, 并按照类别将这些模块单元进行分组处理。此外, 软件和相应的数据库相互独立, 并且可以兼容其他公

司开发的数据库。目前已有众多将软件应用于企业数据管理和环境影响评价的案例研究。

2. 数据收集

2.1. 原料获取阶段

(1) 过程基本信息

- 过程名称：原料获取
- 过程边界：从 PX 和醋酸进厂到原料投料前

(2) 数据代表性

- 主要数据来源：企业现场调查
- 产地：浙江省嘉兴市嘉兴港区
- 基准年：2021 年
- 主要原料：对二甲苯（PX）、醋酸

表 2.1 原料获取阶段清单数据表

项目		名称	年消耗量或排放量		单位产品消耗量或排放量	
			单位	实物量	单位	单耗
输入	原材	PX	t	2706839	kg/t	650.4
	料	醋酸	t	127979	kg/t	30.8

2.2. 产品生产阶段

(1) 过程基本信息

- 过程名称：PTA 生产
- 过程边界：从 PX 原料到精对苯二甲酸（PTA）产品出厂

(2) 数据代表性

- 主要数据来源：企业现场调查
- 产地：浙江省嘉兴市嘉兴港区
- 基准年：2021 年
- 工艺设备：纺丝箱体、卷套头等
- 主要原料：对二甲苯、醋酸
- 主要能耗：工艺空气压缩机、氧化反应器、脱水塔、结晶器、PTA 干燥机等
- 技术补充描述：采用 PTA 生产工艺的两步法，即以 PX 为原料，以醋酸钴和醋酸锰为催化剂，以溴化物为助催化剂，在溶剂 HAC 中通入空气进行氧化反应使其生成 TA，再将 TA 通过加氢反应去除其中所含杂质 4-CBA，最后制得高纯度的 PTA 产品。

PTA 生产工艺流程见附图 2。

PTA 生产阶段清单数据见表 2.2。

表 2.2 PTA 生产过程清单数据表

项目		名称	年消耗量或排放量		单位产品消耗量或排放量	
			单位	实物量	单位	单耗
	包装物	PTA 吨袋	t	6242.40	kg/t	1.5
输入	能源	电力	kWh	-18896.04	kWh/t	-45.41
		蒸汽	GJ	4332835.88	GJ/t	1.04
输出	产品	PTA	t	1000	kg/t	1000
	废气	CO ₂	t	359417.64	kg/t	86.37

PX 在氧气反应过程中会产生副反应,以 CO₂ 形式排放。根据 PX、醋酸（输入量）及 PTA 产品、氧化残渣产生量（输出量），运用物料平衡方法进行测算。

物料/产品种类		原材料消耗量 (t)	原材料含碳量 (t/t)	碳排放量* (tCO ₂)
碳输入	PX	2714597.15	0.9051	9008933.56
	醋酸	127978.58	0.4	187701.91
碳输出	PTA 产品	4161601.86	0.5784	8826349.38
	氧化残渣	8995.82	0.3295	10868.45
合计				359417.64

注*: 碳排放量=原材料消耗量*原材料含碳量*44/12

2.3. 清单数据来源

2.3.1. 现场数据来源

(1) 生产数据

本项目涉及 PX、醋酸原材料、能源、水资源消耗数据为实测统计数据；生产过程中 CO₂ 产生量根据 PX、醋酸（输入量）及 PTA 产品、氧化残渣产生量（输出量），运用物料平衡方法测算所得。

2.3.2. 背景数据收集

本报告精对苯二甲酸（PTA）产品生产各过程使用的原料、包装材料消耗的碳足迹数据主要来源于 Gabi 数据库；蒸汽和电力二氧化碳数据根据我国温室气体碳核查方法规定的经验值测算获得。

3. 碳足迹影响分析

3.1. GWP建模

根据精对苯二甲酸（PTA）产品的特点，本研究将其划分为原料获取、PTA 生产两个阶段， GWP 总模型见图 3.1.1。



图 3.1.1 精对苯二甲酸（PTA）产品 GWP 总模型

3.2. GWP结果

运用 Gabi 软件计算得到嘉兴石化精对苯二甲酸（PTA）产品碳足迹为 1828.80kg CO₂。

3.3. 过程贡献分析

碳足迹各过程对环境影响的相应贡献可以展示产品不同生产过程对环境影响类型的贡献，以便为减小产品环境影响提供分析依据。各环境影响类型结果展示见表 3.2.1：

表 3.2.1 精对苯二甲酸（PTA）产品碳足迹各过程贡献比例

生产过程	GWP	贡献度（%）
原料获取	1657.55	90.64%
PTA 生产	171.24	9.36%
合计	1828.80	100%

精对苯二甲酸（PTA）产品碳足迹各过程贡献比例见图 3.2。

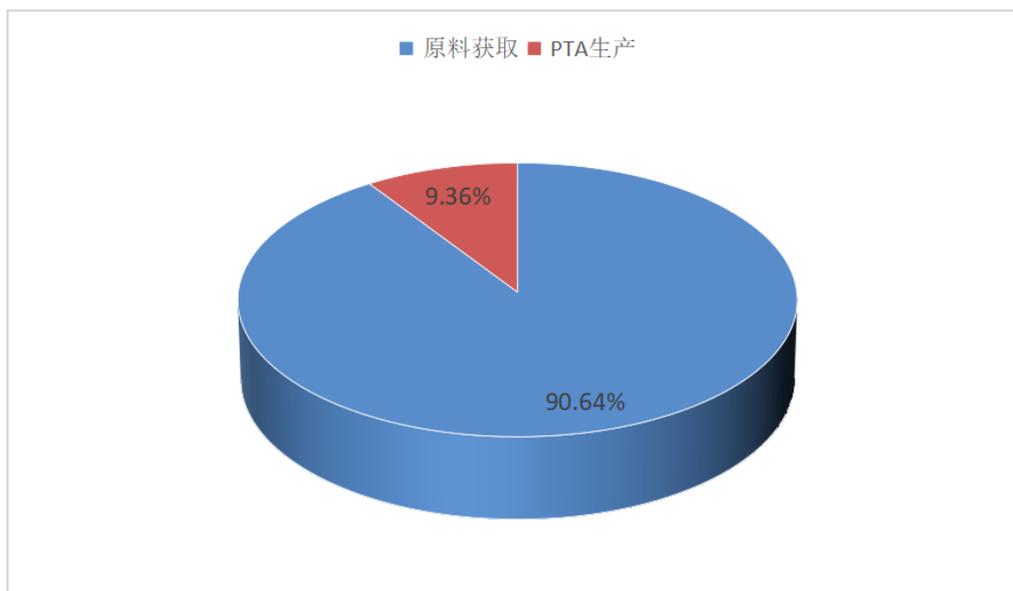


图 3.2.1 精对苯二甲酸（PTA）产品碳足迹各过程对环境影响的相应贡献图

各阶段各影响物对环境影响的贡献度具体见下表 3.3.2。

表 3.3.2 各阶段各影响物对环境影响的贡献度

阶段	影响物	GWP 值	贡献度（%）
1-原材料获取	对二甲苯	1657.50	90.63%
	醋酸	0.05	0.00%
2-PTA 生产	PTA 吨袋	2.30	0.13%
	蒸汽	114.53	6.26%
	电力	-31.94	-1.75%
	生产过程碳排放	86.37	4.72%
合计		1828.80	100%

各阶段各影响物对环境影响的贡献度直观显示见图 3.3.2。

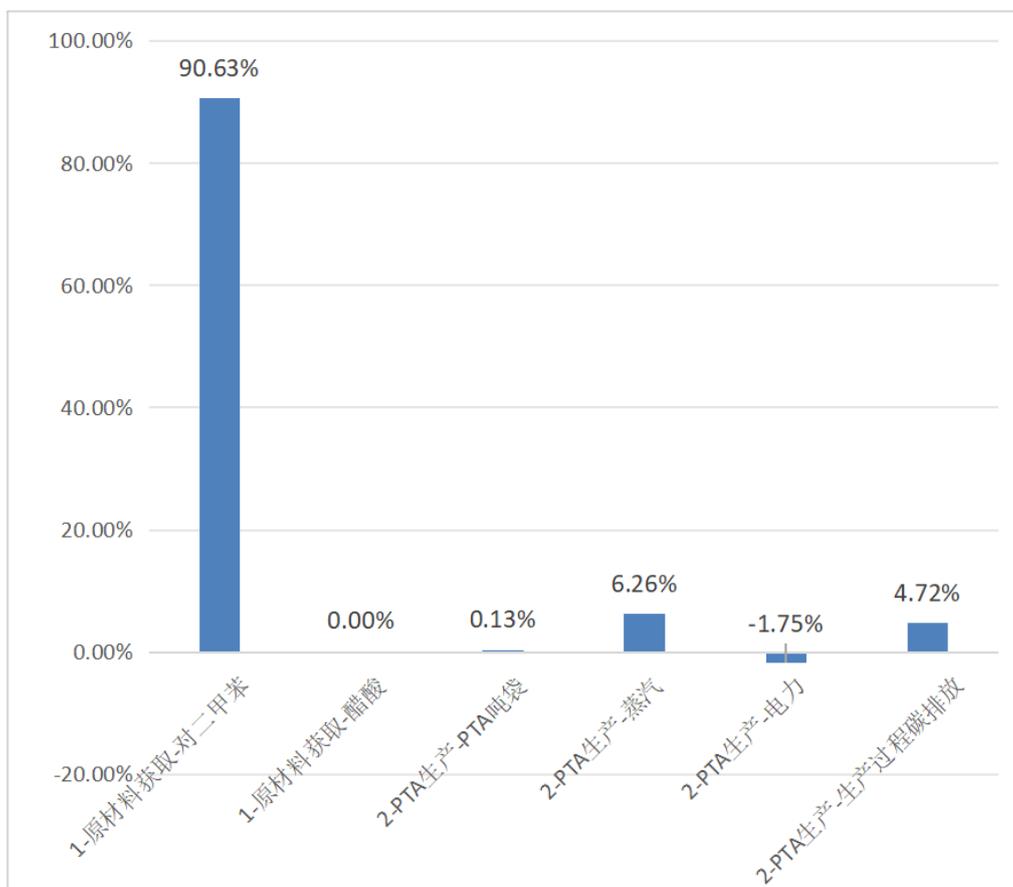


图 3.3.2 各阶段 各影响物对环境影响的贡献度直观显示图

4. 碳足迹解释

4.1. 数据质量评估与改进

表 4.1 数据质量评估表

模型完整性	精对苯二甲酸 (PTA) 碳足迹过程包括原料获取、PTA 生产两个阶段，模型较为完整	
数据取舍准则	PTA生产过程中由于催化剂占PTA所需原料比例小于1%，合计小于2%，根据取舍原则可忽略。	
数据准确性： 实际的生产过程调查却使用了估算或文献数据，且其碳足迹贡献大于1% (背景数据不在此项范围内)	物料消耗	物料消耗中，PX、醋酸、吨袋 (PP材质) 采用背景数据库数据
	能源消耗	
	环境排放	
物料重量大于5%产品重量，却未调查此物料上游生产过程	无	无

物料重量大于1%产品重量, 却被忽略的物料	氧化残渣	属于可利用固废
物料重量大于1%产品重量, 且所选上游背景数据代表性不一致的	无	无
采用的背景数据库	主要采用: Gabi数据库, 2020年	
采用的GWP软件工具	Gabi 8.0	
评估结论	根据以上分析, 精对苯二甲酸(PTA)产品的GWP模型和数据满足GWP目的和要求。	

4.2. 绿色设计改进方案

根据3.3.2可知, 原料获取阶段的PX、生产阶段蒸汽和生产过程碳排放是对苯二甲酸(PTA)产品对碳足迹贡献最大的过程, 表明原料采购及能源使用是实现精对苯二甲酸(PTA)产品绿色改进的重要环节。

结合嘉兴石化生产实际, 提出以下绿色设计改进方案:

(1) 使用环境影响更低的PX原料, 要求PX供应商提供碳足迹盘查报告, 对比选择各环境影响结果更低的企业作为供应商, 同时建立相关供应商碳排放数据库。

(2) 持续深化内部节能减碳挖潜工作。结合年度工作计划, 计划实施高温凝液余热充分回收、优化蒸汽系统、循环水泵喷涂节电改造、低能效电机及变压器淘汰升级、催化剂回收优化、凝液分析站循环水回用等项目。

(3) 安装并投运屋顶光伏发电项目。公司现有PTA成品仓库建筑面积约3.4万m², 可建设装机容量约3.4MW光伏电站, 预计年可发

电340万度，减少综合能耗测算969吨标煤/年，年可减少二氧化碳排放量2392吨。

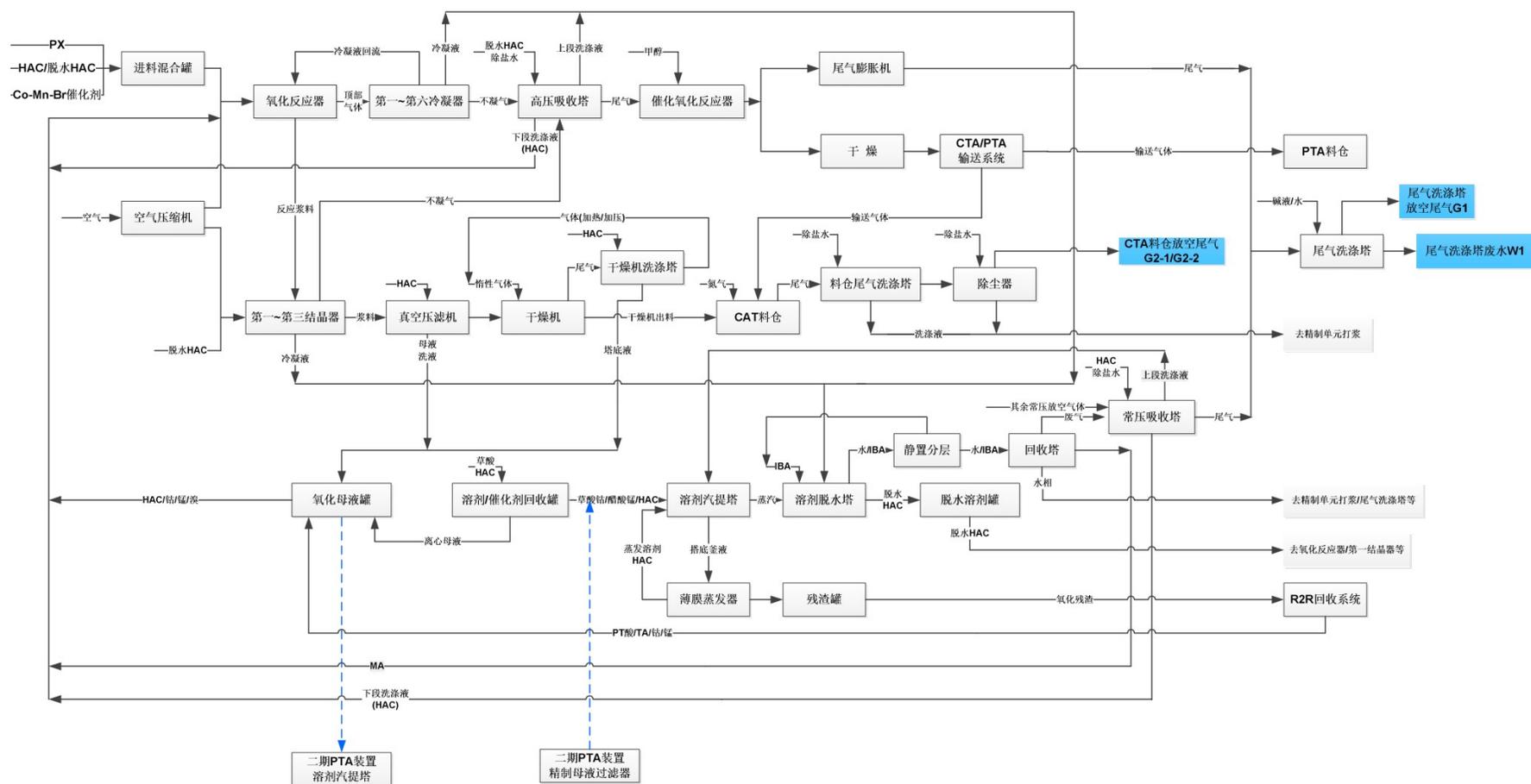
4.3. 结论与建议

本报告以 1t 精对苯二甲酸（PTA）产品的碳足迹过程为研究对象，调研了原材料获取、PTA生产等两个过程，收集了各过程的清单数据，在 Gabi 软件上建立了精对苯二甲酸（PTA）产品的碳足迹模型，计算了GWP碳足迹结果。通过过程贡献分析，发现原料采购是精对苯二甲酸（PTA）产品碳足迹过程中对碳足迹贡献最大的过程，其中PX原料、生产阶段蒸汽和生产过程碳排放对碳足迹累计贡献较大，分别占90.23%、6.26%和4.72%。

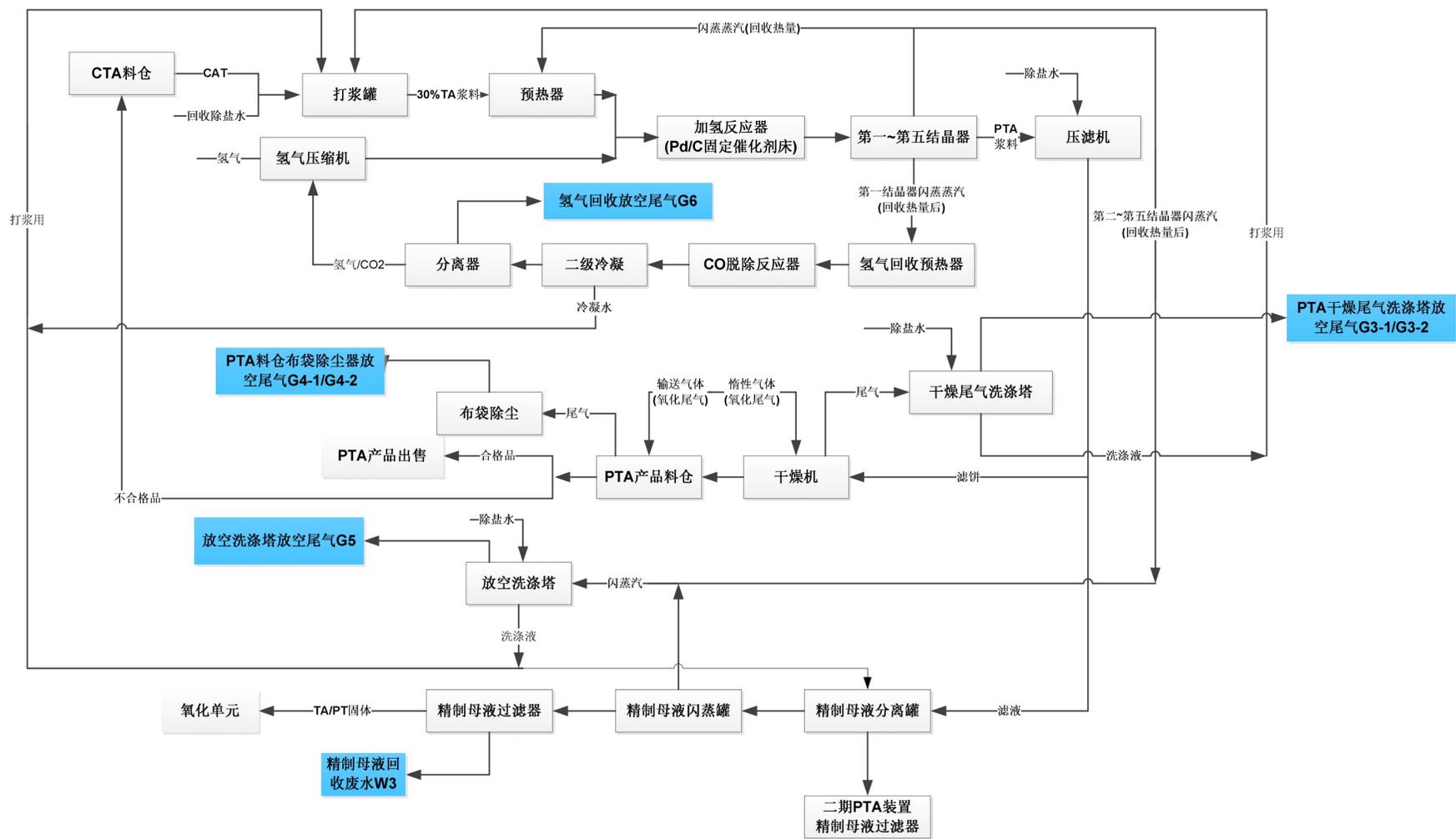
附件 1：产品原始包装图



附件 2：产品生产工艺流程



附图 1 氧化单元生产工艺流程



附图2 精制单元生产工艺流程