

**公元股份有限公司**  
**建筑排水用 PVC-U 管材产品生命周期评价**  
**(LCA)**

台州市启辰节能环保科技有限公司  
2023 年 6 月 5 日

## 目 录

1 总论	3
1.1 背景	3
1.2 生命周期评价意义	3
1.3 主要原则和目的	3
1.3.1 主要原则	3
1.3.2 目的	5
1.4 相关术语	5
2 功能单位介绍	11
2.1 企业简介	11
2.2 产品介绍	12
2.3 功能单位确定	15
2.4 产品进程图	16
3 目的和范围确定	17
3.1 评价目的	17
3.2 评价范围	17
3.3 评价工具	17
4 评价依据	19
5 数据收集及整理	20
5.1 数据整理	20
5.1.1 数据取舍原则	20
5.1.2 生产过程调查数据质量要求	20
5.1.3 产品生命模型数据质量要求	21
5.1.4 背景数据库质量要求	22
5.2 数据收集	22
5.2.1 原材料获得	22
5.2.2 原材料运输	22
5.2.3 产品加工	23
6 生命周期清单分析	25
6.1 系统边界确定	25
6.2 清单分析	25
6.3 过程累积贡献分析	26
6.4 清单收据灵敏度分析	31
7 生命周期解释	35
7.1 假设与局限性说明	35
7.2 完整性说明	35
8 评价结果	36

9 改善建议 .....	37
9.1 强化低碳产品采购管理 .....	37
9.2 继续推进绿色低碳发展意识 .....	37
9.3 继续推进节能改造力度，进一步降低能源消耗 .....	37
10 机构申明 .....	39

# 1 总论

## 1.1 背景

伴随着生物质能、风能、太阳能、水能、化石能、核能等的使用，人类逐步从原始文明走向农业文明和工业文明。而随着全球人口和经济规模的不断增长，能源使用带来的环境问题及其诱因不断地为人们所认识，不只是烟雾、光化学烟雾和酸雨等的危害，大气中二氧化碳浓度升高将带来的全球气候变化，也已被确认为不争的事实。在此背景下，“碳足迹”、“低碳经济”、“低碳技术”、“低碳发展”、“低碳生活方式”、“低碳社会”、“低碳城市”、“低碳世界”等一系列新概念、新政策应运而生。而能源与经济以至价值观实行大变革的结果，可能将为逐步迈向生态文明走出一条新路，即摒弃 20 世纪传统增长模式，直接应用新世纪的新技术与创新机制，通过低碳经济模式与低碳生活方式，实现社会可持续发展。

## 1.2 生命周期评价意义

企业通过产品生命周期评价分析，可以改善内部运营、节能减排、节省成本，还可以作为一项营销策略帮助企业获得竞争优势，此外也是满足市场需求、提升企业声誉、促进沟通的有效途径。同时可以有效抵御国外“碳关税”、国内“碳税”政策实施对企业的冲击。

## 1.3 主要原则和目的

### 1.3.1 主要原则

#### 1、采用生命周期视角

产品生命周期的评价应考虑产品生命周期的所有阶段，包括原材

料获取、生产、销售、使用和生命末期阶段。

## 2、相关性

选取适用于所评价的产品系统温室气体排放与清除评价的数据与方法。

## 3、完整性

产品生命周期评价应包括对产品碳足迹有实质性贡献的所有温室气体的排放与清除。

## 4、一致性

在产品生命周期评价的整个过程中应采用相同的假设、方法和数据，以得到与评价目标和内容相一致的结论。

## 5、统一性

选取某产品种类中已被认可和采用的方法学、标准和指导性文件，以提高任何特定产品种类的产品碳足迹之间的可比性。

## 6、准确性

确保产品碳足迹量化和通报是准确的、可核证的、相关的、无误导的，并尽可能减少偏差和不确定性。

## 7、透明性

所有相关问题的记录应以公开的方式来呈现。应在评价报告中阐述所有相关假设、所使用的方法学和数据来源。应清楚地解释所有估计值并避免偏差，以使产品碳足迹评价报告如实地阐明其内容。

## 8、避免重复计算

避免对所评价产品系统温室气体排放量与清除量进行重复计算

以及避免对其他产品系统已考虑的温室气体排放与清除进行分配。

## 9、公正性

明确产品生命周期评价是基于仅考虑气候变化这个单一影响类型的产品生命周期评价，不涉及综合环境优势或更为广泛的环境影响。

### 1.3.2 目的

产品生命周期评价作为生态设计和绿色制造实施的基础，近年来已经成为人们研究和关注的热点。开展生命周期评价能够最大限度实现资源节约和温室气体减排、对于行业绿色发展和产业升级转型、应对出口潜在的贸易壁垒而言，都是很有价值和意义的。

根据工厂对绿色设计产品的工作要求，产品生命周期评价 (Life Cycle Assessment, LCA) 是产品绿色设计、设计改进的一个重要工作。本报告按照 GB/T 24040 (ISO14040)、GB/T 24044 (ISO14040) 的要求，建立建筑排水用 PVC-U 管材制造同期的生命周期模型，依据 ISO14067 的要求编写碳足迹评价报告，相关分析结果可用作以下目的：

(1) 通过对建筑排水用 PVC-U 管材制造从摇篮到大门的生命周期 (包括原材料获取、原材料运输、产品加工) 的评价，为产品设计、工艺技术评价、生产管理、原料采购等工作提供评价依据和改进建议。

(2) 本报告中包含全球变暖潜势 (GWP) 指标结果，可为企业产品碳足迹认证提供数据基础。

## 1.4 相关术语

1、温室气体 greenhouse gas (GHG)

大气层中自然存在的或由人类活动产生的，能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生且波长在红外光谱内的辐射的气态成分。注：一般包括二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、甲烷(CH<sub>4</sub>)、氧化亚氮(N<sub>2</sub>O)、氢氟碳化物(HFCs)、全氟碳化物(PFCs)和六氟化硫(SF<sub>6</sub>)六类。

2、全球增温潜势 global warming potential (GWP)

将单位质量的某种温室气体在给定时间段内辐射强度的影响与等量二氧化碳辐射强度影响相关联的系数。

3、二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent (CO<sub>2</sub>e)

各种温室气体对温室效应的增强的贡献，可按 CO<sub>2</sub> 的排放率来计算，这种折算量就叫二氧化碳当量。

注：温室气体的二氧化碳当量等于给定气体的质量乘以它的全球增温潜势值。

4、温室气体排放量 greenhouse gas emission

排放到大气中的温室气体的量。

[ISO/TS 14067:2013, 定义 3.1.3.5]

5、温室气体清除量 greenhouse gas removal

从大气中清除的温室气体的量。

[ISO/TS 14067:2013, 定义 3.1.3.6]

6、温室气体排放或清除因子 greenhouse gas emission or removal factor

将活动数据与温室气体排放量或清除量相关联的系数。

[ISO 14064-1:2006, 定义 2.7]

#### 7、碳存储 carbon storage

从大气层中清除并储存在产品中的碳。 [ISO/TS 14067:2013, 定义 3.1.3.3]

#### 8、产品 product

任何商品或服务。

注 1: 产品可分类如下: ——硬件(例如发动机机械零件); ——经加工的材料(例如润滑油、矿石、燃料); ——未经加工的材料(例如农产品); ——服务(例如运输、各种活动的开展、供电); ——软件(例如计算机程序)。

注 2: 本文件中所指的产品特指硬件、经加工的材料、未经加工的材料等有形产品。 [ISO/TS 14067:2013, 定义 3.1.4.1]

#### 9、产品系统 product system

具有基本流和产品流, 执行一种或多种特定功能, 并能模拟产品生命周期的一系列单元过程的集合。 [GB/T 24040-2008, 定义 3.28]

#### 10、共生产品 co-product

同一个单元过程或产品系统中产出的两种或两种以上的产品。 [GB 24040:2008, 定义 3.10]

11、中间产品 intermediate product 在系统中还需要作为其他过程单元的输入而发生继续转化的某个过程单元的产出。 [GB/T 24040-2008, 定义 3.23]



## 12、过程 process

一组将输入转化为输出的相互关联或相互作用的活动。[GB/T 24040-2008, 定义 3.11]

## 13、单元过程 unit process

生命周期评价中为量化输入和输出数据而确定的最基本部分。  
[GB/T 24040-2008, 定义 3.34]

## 14、功能单位 functional unit

基于产品系统性能用来量化的基准单位。

注：功能单位可以是质量、数量单位，如 1kg 大米，1m 绳子，也可以是销售单位，如一盒牛奶或一箱牛奶。[GB/T 24040-2008, 定义 3.20]

## 15、基本流 elementary flow

取自环境，进入所评价系统之前没有经过人为转化的物质或能量，或者是离开所评价系统，进入环境之后不再进行人为转化的物质或能量。[GB/T 24040-2008, 定义 3.12]

## 16. 产品流 product flow

产品从其他产品系统进入到所评价产品系统或离开所评价产品系统而进入其他产品系统。[GB/T 24040-2008, 定义 3.27]

## 17. 输入 input

进入一个单元过程的产品、物质、能量流。

注 1：产品和物质包括原材料、中间产品和共生产品。

注 2：“能量流”是指单元过程或产品系统中以能量单位计量

的输入或输出。 [GB/T 24040-2008, 定义 3.21; 注 2 来自 GB/T 24040-2008, 定义 3.13]

#### 18、输出 output

离开一个单元过程的产品、物质、能量流。

注：产品和物质包括原材料、中间产品、共生产品和排放物。

[GB/T 24040-2008, 定义 3.29]

#### 19、产品种类 product category 具有同等功能的产品组群。

[GB/T 24025-2009, 定义 3.12]

#### 20、产品种类规则 product category rule (PCR)

关于一个或多个产品种类 III 型环境声明编制的一系列具体规则、要求和指南。

注 1：产品种类规则包括符合 ISO 14044 规定的量化规则。

注 2：“III 型环境声明”的定义见 ISO 14025:2006 的 3.2。

[ISO/TS 14067:2013, 定义 3.1.4.12]

#### 21、产品碳足迹 carbon footprint of a product (CFP)

基于仅考虑气候变化这一影响类型的生命周期评价，以二氧化碳当量表示的产品系统温室气体排放量与清除量之和。 [ISO/TS 14067:2013, 定义 3.1.1.1]

#### 22、产品碳足迹标识 CFP labe

位于产品上的、根据产品碳足迹通报要求标示出特定产品种类下的该产品碳足迹的标识。 [ISO/TS 14067:2013, 定义 3.1.2.6]

23. 产品碳足迹核证 CFP verification 通过举证，确认与产品碳足迹评

价和通报相关的具体要求已被满足的过程。 [ISO/TS 14067:2013, 定义 3.1.9.1]

## 2 功能单位介绍

### 2.1 企业简介

公元股份有限公司，成立于 1993 年 3 月，注册地浙江台州，注册资金 122909.3871 万元。经过 30 年的持续、健康和快速发展，以“创新发展、品牌经营、服务主导、国际路线”为战略，公司持续成为行业和区域经济发展的标杆和龙头，列入台州市“航母企业”培育名单。公司于 2011 年 12 月 8 日在深交所上市，股票代码：002641。

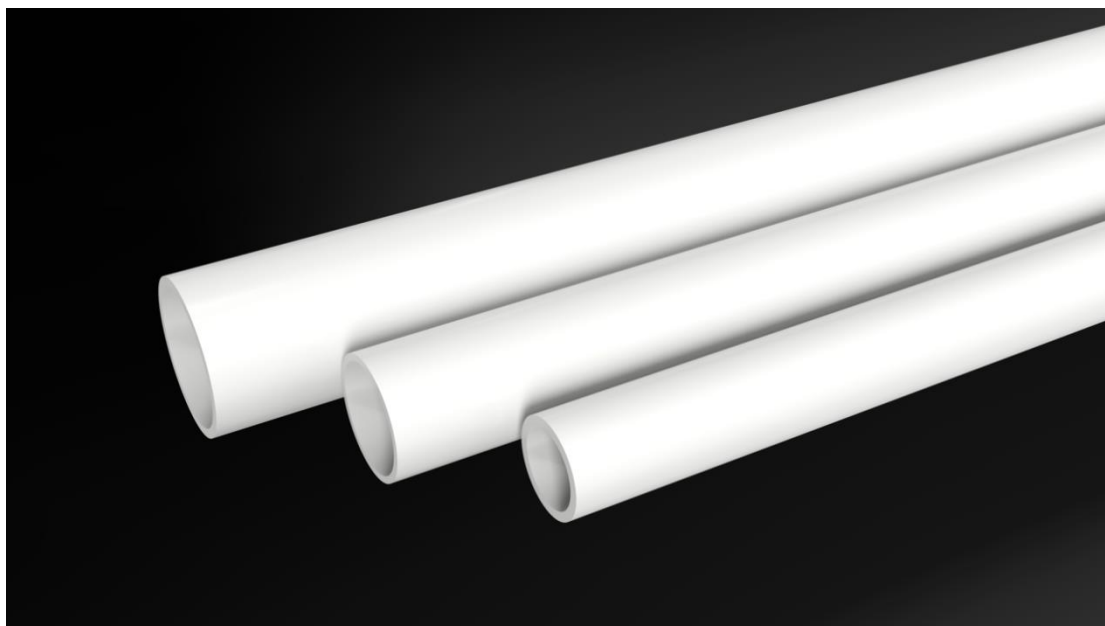
公司共拥有员工 2845 人，其中产品设计研发人数 45 人。公司共有市政管网、工业管网、建筑工程、消防保护、电力通讯、全屋家装、农业养殖、燃气管网等八大系统的产品，公司年生产能力 100 万吨。

公司创业之初，就明确了建设“自主品牌”的战略目标。“ERA 公元”商标，寄寓于“承载历史，面向未来”，体现公司立志打造“百亿产值、百年企业”的决心。“ERA 公元”牌产品先后获得“中国名牌产品”、“浙江名牌产品”和“浙江出口名牌”等称号；2010 年“ERA 公元”商标被国家工商总局认定为“驰名商标”。公司“永高”字号为“浙江知名商号”。

凭借优异的产品性能和品牌认知度，公元管道产品已广泛应用于港珠澳大桥、北京大兴国际机场、雄安新区等众多国家重点工程项目和国际援建项目。同时与国内众多知名地产商成为战略合作伙伴。在浙江省 89 个县市区的“五水共治”项目中，公司参与服务支持了 75 个县市区，还助力武汉火神山、雷神山医院建设。

## 2.2 产品介绍

产品名称：建筑排水用 PVC-U 管材



产品介绍（功能、尺寸、作用等）：

“公元牌” PVC-U 排水管材是由聚氯乙烯树脂为主要原料，原料为新疆中泰化学股份有限公司生产的聚氯乙烯树脂，加入适量助剂，经挤出或注塑成型的塑料管材或管件，其常用规格从 DN32 至 DN315，其主要用于建筑物内外排水系统。它具有物理性能优良，耐腐蚀、抗冲击强度高、流体阻力小、质轻耐用、安装方便和节约建筑费用的特点。它耐老化，使用寿命长，一般可达 30-50 年，是建筑排水、排污的理想材料。PVC-U 排水管的连接方式为胶粘型连接，需与管件配套使用。

性能结构和特点：

- 1) 管材表面硬度和抗拉强度优，管道安全系数高。
- 2) 抗老化性好，正常使用寿命可达30-50年。

3) 管道对无机酸、碱、盐类耐腐蚀性能优良, 适用于工业污水排放及输送。

4) 管道摩阻系数小, 水流顺畅, 不易堵塞, 养护工作量少。PVC-U 管材的管壁非常光滑, 对流体的阻力很小, 其粗糙系数仅为 0.009, 其输水能力可比同等管径的铸铁管提高 20%, 比混凝土管提高 40%。

5) 材料氧指数高, 具有自熄性。

6) 管道线膨胀系数小, 为 0.07mm/m, 受温度影响变形量小。导热系数和弹性模量小, 与铸铁排水管相比抗冰冻性能优良。

7) 管材、管件连接可采用粘接, 施工方法简单, 操作方便, 安装工效高。

8) 质量轻, 搬运方便, 施工强度低, 进度快, 可节省施工费用。PVC-U 管材密度约为 1400kg/m<sup>3</sup>, 仅为铸铁管的 1/5, 混凝土管的 1/3, 施工费用可降低 30%—50%。

9) 防咬啮, PVC-U 管不是营养源, 因此不会受到啮齿动物的侵蚀。根据美国国家卫生基金会在密歇根州进行的试验证明, 老鼠不会咬啮 PVC-U 管材。

10) 材质卫生, 对水质无污染。PVC-U 管材不结垢, 在输水过程中不会对水质产生二次污染。

### 规格尺寸:

“公元牌” PVC-U 管材通常为 4m 或 6m, 具体的根据需要来协定。

生活中最常用到的 PVC 排水管规格有: 32mm, 40mm, 50mm, 75mm, 90mm, 110mm, 125mm, 160mm, 200mm, 250mm, 315mm。

产品生产工艺流程图如下：

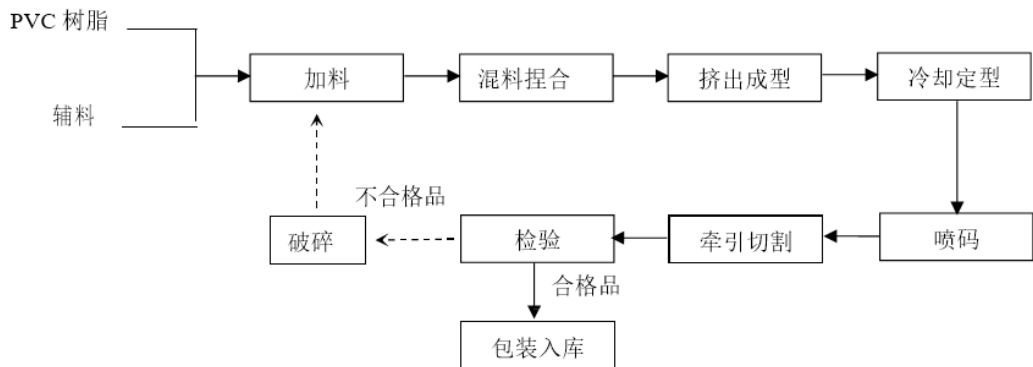


图 2-1 建筑排水用 PVC-U 管材社会年国产工艺流程图

PVC 管材生产工艺流程说明：公司生产的 PVC 管材原料为 PVC 树脂，辅料为碳酸钙、稳定剂等。

### (1) 混料捏合

将 PVC 树脂和碳酸钙按一定比例配伍，并添加一定比例的稳定剂、色母等，通过管道输送至混合机组密闭装置内进行高速热混，使其充分混合，再低速冷却拌和，形成混配料再经管道输送至生产设备。实施过程采用智能混配系统，具有自动化程度高、质量控制稳定、节能高效、环保无污染等特点。

在倒料站内将原辅料注入加料口过程中会有少量粉尘产生，粉尘的产生量约占粉状原料使用量的 0.1%。通过在加料口上方设置集气罩吸附,粉尘经收集至布袋除尘器处理后(除尘效率为 95%)由排气筒高空达标排放。

### (2) 挤出成型

挤出机分为 3 个区段：固体输送区、真空熔融区、熔体输送区。

混配料通过管道进入挤出机，进行预热，固体输送区的料筒温度控制在 100-140℃；随后混配料进入真空熔融区，温度控制在 170-190℃，此时混配料变为熔融状态；熔体随后进入输送区，温度约 160- 180℃，熔体在旋转螺杆作用进入模具内挤出成型。

挤出过程是一个热加工过程，主要为物理变化，挤出温度远低于原辅料裂解温度，挤出过程中不会有大量的树脂分解物产生，仅有少量残留单体挥发。

### (3) 冷却定型

挤出成型的管材通过真空定型台冷却定型，此过程在喷淋真空定型水箱浸泡冷却。该工序冷却水循环使用，不外排。

### (4) 喷码

冷却成型后的管材在管材表面喷印生产日期、批号、商标、防伪码等信息，该过程由在线喷码机自动完成。

### (5) 牵引切割、检验、包装入库

定型喷码后的管材通过牵引机拉出，按一定的标准长度进行切割，切割过程采用无尘切割机，不产生粉尘污染。切割完成的管材检验合格后运至成品区暂存待售。检验内容为管壁厚度、管径、拉伸屈服强度等物理指标等。该工序检验不合格的产品经破碎机破碎后作为原料回用。

## 2.3 功能单位确定

在 LCA 分析中，功能单位是对产品系统中输出功能的度量。功能单位的基本作用是在进行 LCA 提供一个统一计量输入和输出的基准。功能单位必须是明确的计量单位并且是可测量的，以保证 LCA 分析结



果的可比性。本报告采用 1 吨为功能（声明）单位。

## 2.4 产品进程图

依据标准要求，确认选定产品对象属于 B2C 或 B2B。

B2C：评价内容从原材料、过程制造、分销，以及最终处理或/和再生利用的全生命周期温室气体排放评价。

B2B：评价内容包括原材料通过生产直到产品到达一个新的组织，包括分销和运输到客户所在地。

根据产品的生命周期过程，确定本产品对象属性采用：B2B 属性。

## 3 目的和范围确定

### 3.1 评价目的

本报告的评价对象为企业的建筑排水用 PVC-U 管材产品,通过调查建筑排水用 PVC-U 管材的原料采购、产品生产、产品运输、产品使用到最终废弃处理的生命周期过程中各项消耗与排放等数据,量化分析管材管件的环境影响,为产品绿色设计、工艺技术改进、产品环境声明和标识、市场营销等提供数据支持。

### 3.2 评价范围

本报告对建筑排水用 PVC-U 管材的整个生命周期过程进行环境负荷分析,其研究范围包括:原料采购阶段、产品生产阶段。并选取 1t 建筑排水用 PVC-U 管材作为功能单位与基准流。

### 3.3 评价工具

本报告采用 eFootprint 软件系统,建立了公元股份有限公司产品的生命周期模型,并计算得到 LCA 结果。eFootprint 软件系统是由亿科环境科技有限公司研发的在线 LCA 分析软件,支持全生命周期过程分析,并内置了中国生命周期基础数据库 (CLCD) 和瑞士的 Ecoinvent 数据库。

CLCD 是代表中国基础工业系统的 LCA 基础数据库,反应中国生产技术及市场平均水平。CLCD 数据库包括国内 600 多个大宗的能源、原材料、运输的清单数据集,是国内目前唯一可公开获得的中国本地生命周期基础数据库。

Ecoinvent 数据库是国际上用户最多的 LCA 数据库之一,包含欧

洲及世界多国的 7000 多个单元过程数据集以及相应产品的汇总过程数据集。Ecoinvent 数据库适用于含进口原材料的产品或出口产品的 LCA 研究，在本项目中也用于代替中国本地确实的数据。

## 4 评价依据

- (1) 《生态设计产品评价通则》 (GB/T 32161-2015) ;
- (2) 《综合能耗计算通则》 (GB/T 2589) ;
- (3) 《污水综合排放标准》 (GB 8978) ;
- (4) 《大气污染物综合排放标准》 (GB 16297) ;
- (5) 《用能单位能源计量器具配备和管理通则》 (GB17167) ;
- (6) 《质量管理体系 要求》 (GB/T 19001) ;
- (7) 《能源管理体系 要求》 (GB/T 23331) ;
- (8) 《产品及零部件可回收利用标识》 (GB/T 23384) ;
- (9) 《环境管理 生命周期评价要求与指南》 (GB/T 24044) ;
- (10) 《包装储运图标标识》 (GB/T 191) ;
- (11) 工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南 (试行) ;
- (12) ISO 14067:2018 温室气体产品的碳排放量化和交流的要求和指南 ;
- (13) PAS 2050:2011 产品和服务在生命周期内的温室气体排放评价 规范 ;
- (14) ISO14064-1:2018 组织层次上对温室气体排放和清除的量化和 报告规范及指南。

## 5 数据收集及整理

### 5.1 数据整理

#### 5.1.1 数据取舍原则

在选定系统边界和环境影响评价指标的基础上,可规定一套数据取舍准则,忽略对评价结果影响较小的因素,从而简化数据收集和评价过程。本项目数据取舍原则如下:

(a) 原则上可忽略对 LCA 结果影响不大的能耗、零部件、原辅料、使用阶段耗材等消耗。例如,小于产品重量 1% 的普通物耗可忽略、含有稀贵金属(如金银铂钯等)或高纯物质(如纯度高于 99.99%)的物耗小于产品重量 0.1% 时可忽略(同类物料,如芯片、螺钉,应该按此类物料合计重量判断),但总共忽略的物耗推荐不超过产品重量的 5%;

(b) 道路与厂房等基础设施、生产设备、厂区内人员及生活设施的消耗和排放,可忽略;

(c) 原则上包括与所选环境影响类型相关的所有环境排放,但在估计排放数据对结果影响不大的情况下(如小于 1% 时)可忽略,但总共忽略的排放推荐不超过对应指标总值的 5%。

#### 5.1.2 生产过程调查数据质量要求

1、技术代表性:数据需反映实际生产情况,即体现实际工艺流程、技术和设备类型、原料与能耗类型、生产规模等因素的影响;

2、数据完整性:按照环境影响评价指标、数据取舍准则,判断是否已收集各生产过程的主要消耗和排放数据。缺失的数据需在本项

目碳足迹报告中说明；

3、数据准确性：零部件、辅料、能耗、包装、原料与产品运输等数据需采用企业实际生产统计记录，环境排放数据优先采用环境监测报告。所有数据均详细记录相关的数据来源和数据处理算法。估算或引用文献的数据需在本项目碳足迹报告中说明；

4、数据一致性：每个过程的消耗与排放数据需保持一致的统计标准，即基于相同产品产出、相同过程边界、相同数据统计期。存在不一致情况时需在碳足迹报告中说明。

### 5.1.3 产品生命模型数据质量要求

1、生命周期代表性：产品 LCA 模型尽量反映产品供应链的实际情况。重要的外购零部件和原辅料的生产过程数据需尽量调查供应商，或是由供应商提供经第三方独立验证的 LCA 报告，在无法获得实际生产过程数据的情况下，可采用背景数据，但需对背景数据来源及采用依据进行详细说明。如未能调查的重要供应商需在本项目碳足迹报告中说明；

2、模型完整性：依据系统边界定义和数据取舍准则，产品 LCA 模型需包含所有主要过程，包括从资源开采开始的主要原材料和能源生产、主要零部件和原辅料生产、产品生产以及运输过程。如果是可以交付给消费者直接使用的产品，还需包含产品使用、废弃处理过程；

3、背景数据准确性：重要物料和能耗的上游生产过程数据优先选择代表原产地国家、相同生产技术的公开基础数据库，数据的年限优先选择近年数据。仅在没有符合要求的背景数据的情况下，可以选

择代表其他国家、代表其他技术的数据作为替代，并需在碳足迹报告中说明；

4、模型一致性：如果模型中采用了多种背景数据库，需保证各数据库均支持所选的环境影响类型指标。如果模型中包含分配和再生过程建模，需在碳足迹报告中说明。

#### 5.1.4 背景数据库质量要求

1、完整性：背景数据库一般至少包含一个国家或地区的数百种主要能源、基础原材料、化学品的开采、制造和运输过程，以保证背景数据库自身的完整性；

2、准确性：背景数据库需采用来自本国或本地区的统计数据、调查数据和文献资料，以反映该国家或地区的能源结构、生产系统特点和平均的生产技术水平；

3、一致性：背景数据库需建立统一的数据库生命周期模型，以保证模型和数据的一致性。

### 5.2 数据收集

#### 5.2.1 原材料获得

产品原材料数据来源于产品 BOM 表，产品 BOM 表信息数据的采集为按照产品实际的组成部件及零部件材料属性、类别、质量、数量汇总而得。上游原材料生产过程中的环境影响数据采用 ef 软件数据库中的背景数据。

#### 5.2.2 原材料运输

本项目涉及的原材料采购单位、运输方式和运输距离等信息见下

表所示:

表 5-1 原材料运输信息表

序号	原料名称	采购单位	单位	运输距离	运输方式
1	PVC 树脂	新疆中泰化学股份有限公司	公里	248.8	货车 30 吨
2	碳酸钙	浙江布石新材料有限公司	公里	300.7	货车 30 吨
3	稳定剂	浙江传化华洋化工有限公司	公里	236.8	货车 30 吨
4	色母	天津科彩塑料有限公司	公里	1384.8	货车 30 吨
5	油墨	杭州申威喷码设备有限公司	公里	264.9	货车 5 吨
6	专用溶剂				

以上数据由公元股份有限公司提供。

计算所需的其他原料的数据均由生产该产品的供应商提供。

基础数据载能数据来自国家统计局《能源统计报表》、《中国能源统计年鉴 2022》和《国家统计局标准》。

### 5.2.3 产品加工

产品加工过程中的数据,包括单位产品能源消耗、单位产品污染物排放等相关数据,是根据企业生产过程中实际能资源消耗及污染物排放的年统计数据分摊至单个产品而得。

表 5-2 建筑排水用 PVC-U 管材生产数据

类型	清单名称	数量	单位	上游数据来源
产品产出	建筑排水用 PVC-U 管材	1	t	企业提供
原材料	PVC 树脂	750	kg	ELCD 3.0
原材料	碳酸钙	180	kg	CLCD-China-ECER 0.8
原材料	稳定剂	30	kg	实景过程数据
原材料	色母	18	kg	实景过程数据



公元股份有限公司建筑排水用 PVC-U 管材产品生命周期评价 (LCA)

原材料	油墨	0.02	kg	可忽略: 重量比<1% 的物料
原材料	专用溶剂	0.07	kg	可忽略: 重量比<1% 的物料
能源	自来水	0.6	t	CLCD-China-ECER 0.8
能源	电力	152.08	kWh	CLCD-China-ECER 0.8

## 6 生命周期清单分析

### 6.1 系统边界确定

根据 3.1 和 3.2 所述的评价目的与范围,确定了建筑排水用 PVC-U 管材产品生命周期过程的系统边界如图 6-1 所示。

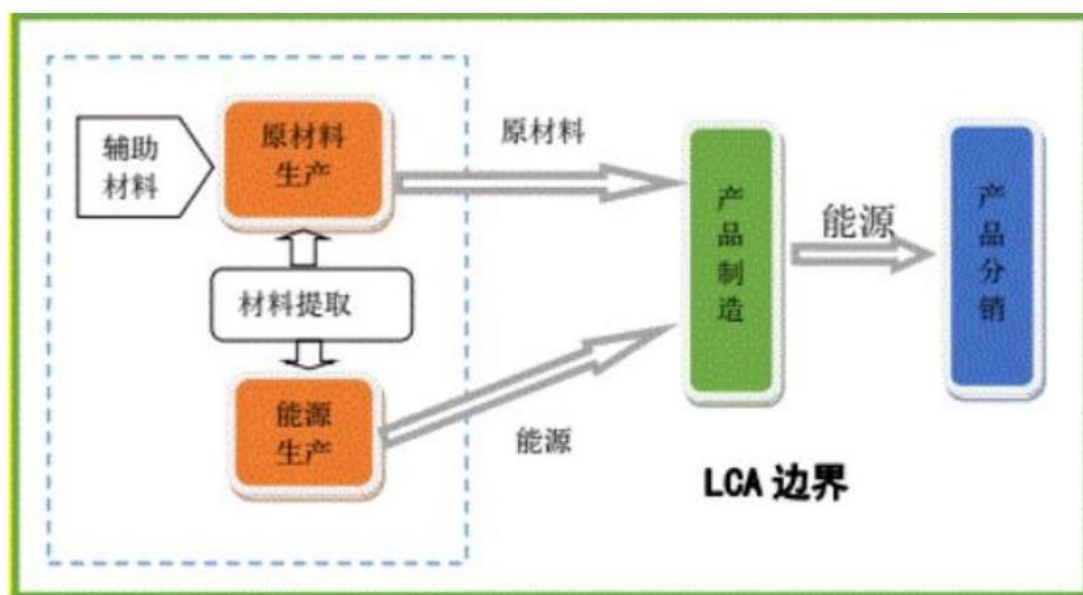


图 6-1 系统边界

### 6.2 清单分析

在 eFootprint 上建模计算得建筑排水用 PVC-U 管材的 LCA 计算结果,计算指标分为气候变化(GWP)、一次能源消耗(PED)、非生物资源消耗潜值(ADP)、水资源消耗(WU)、酸化(AP)、富营养化潜值(EP)、可吸入无机物(RI)、臭氧层消耗(ODP)、光化学臭氧合成(POFP)、生态毒性(ET)、人体毒性-致癌(HT-cancer)、人体毒性-非致癌(HT-non cancer)。

表 6-1 建筑排水用 PVC-U 管材 LCA 结果

环境影响类型指标	影响类型指标单位	LCA 结果
GWP	kg CO <sub>2</sub> eq	3462.16
PED	MJ	6.11E+04
ADP	kg antimony eq.	9.78E-03
WU	kg	4.80E+04
AP	kg SO <sub>2</sub> eq	14.63
EP	kg PO <sub>43</sub> -eq	1.15
RI	kg PM <sub>2.5</sub> eq	2.9
ODP	kg CFC-11 eq	8.27E-06
POFP	kg NMVOC eq	7.57
ET	CTUe	652.63
HT-cancer	CTUh	2.74E-04
HT-non cancer	CTUh	0.02

### 6.3 过程累积贡献分析

过程累积贡献是指该过程直接贡献及其所有上游过程的贡献（即原料消耗所贡献）的累加值。由于过程通常是包含多条清单数据，所以过程贡献分析其实是多项清单数据灵敏度的累积。

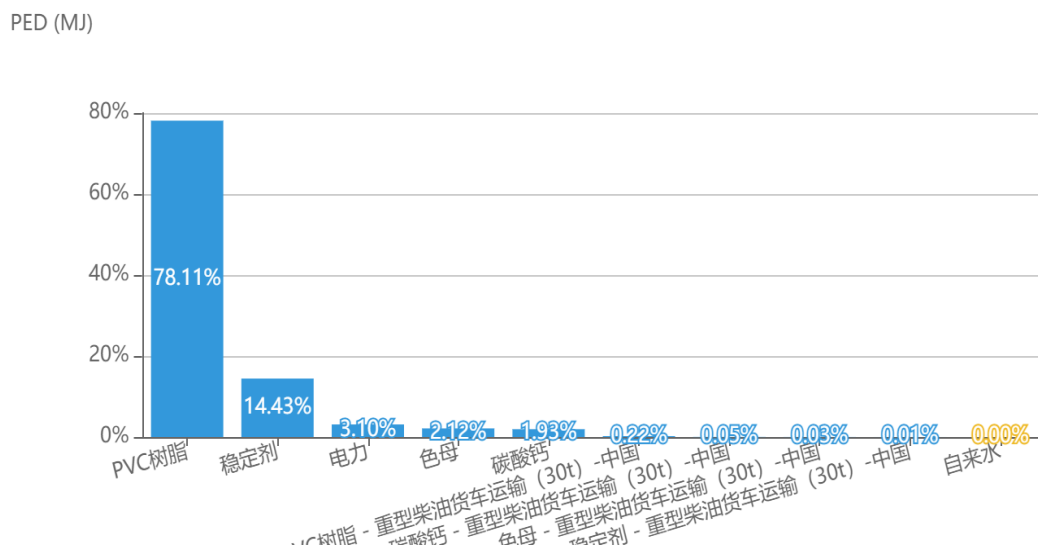


图 6-2 PED 累积贡献

ADP (kg antimony eq.)

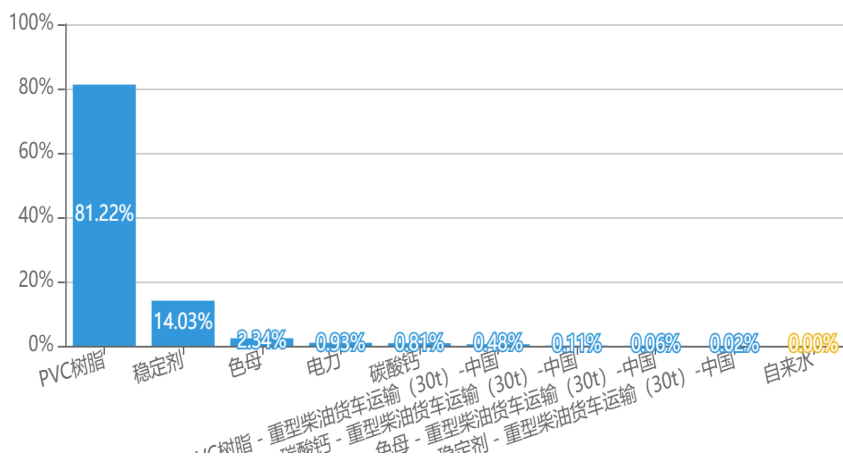


图 6-3 ADP 累积贡献

AP (kg SO2 eq)

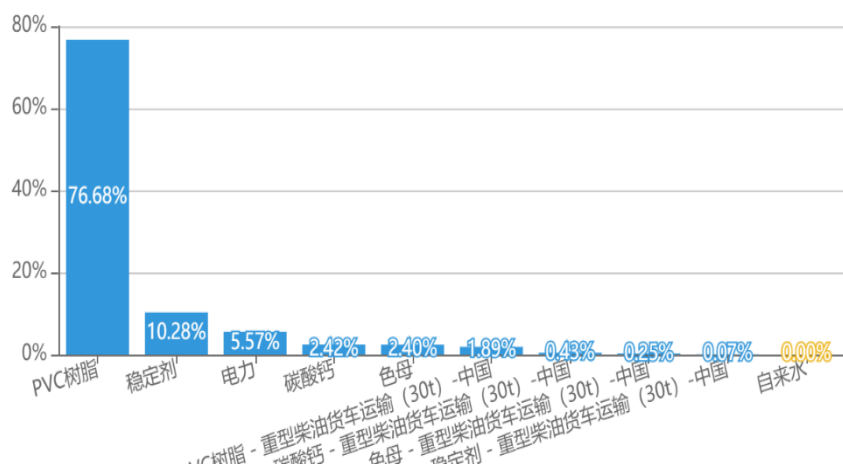


图 6-4 AP 累积贡献

EP (kg PO43-eq)

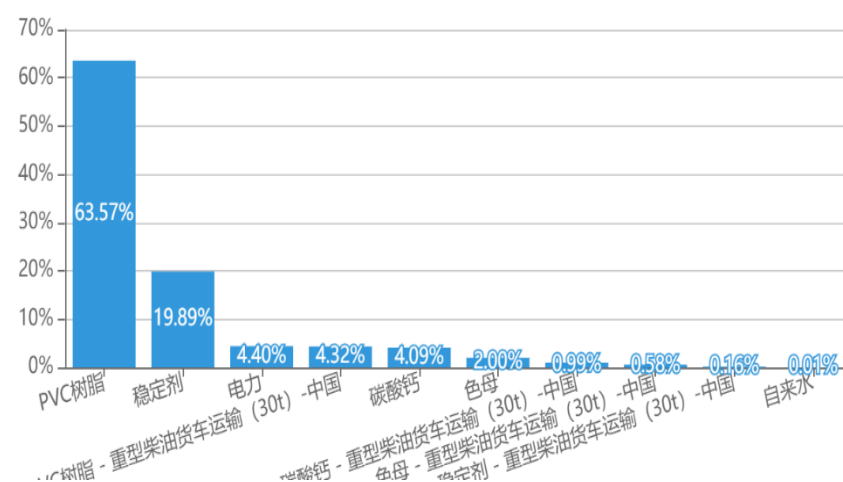


图 6-4 EP 累积贡献

ET (CTUe)

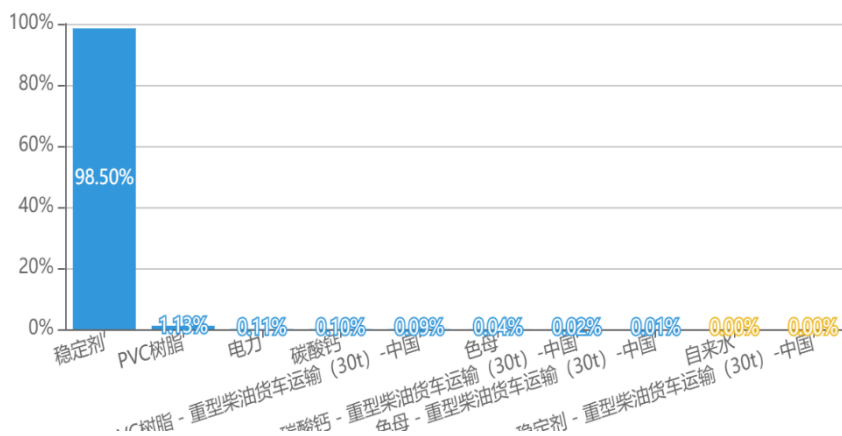


图 6-5 ET 累积贡献

GWP (kg CO2 eq)

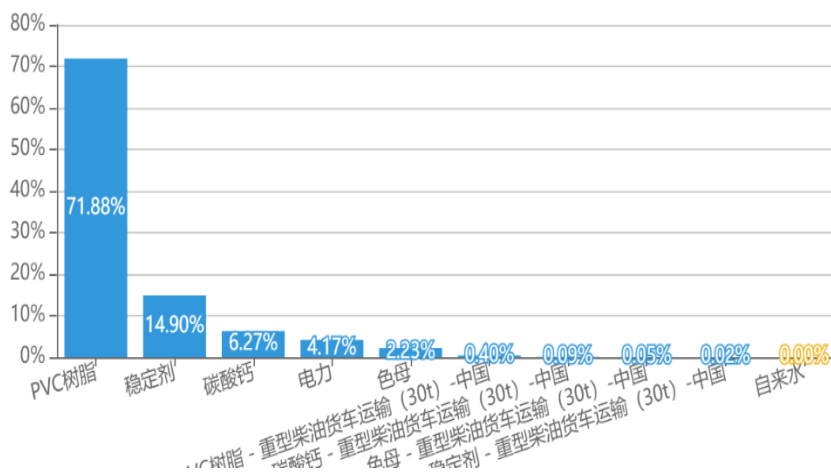


图 6-6 GWP 累积贡献

HT-cancer (CTUh)

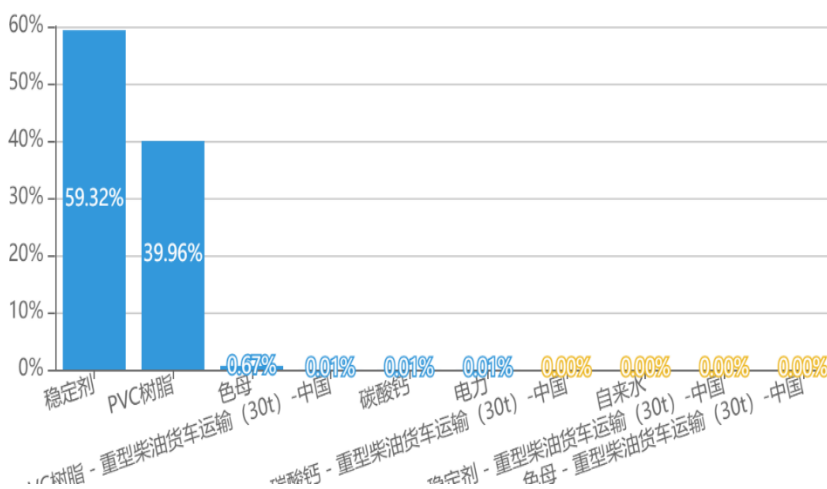


图 6-7 HT 累积贡献

HT-non cancer (CTUh)

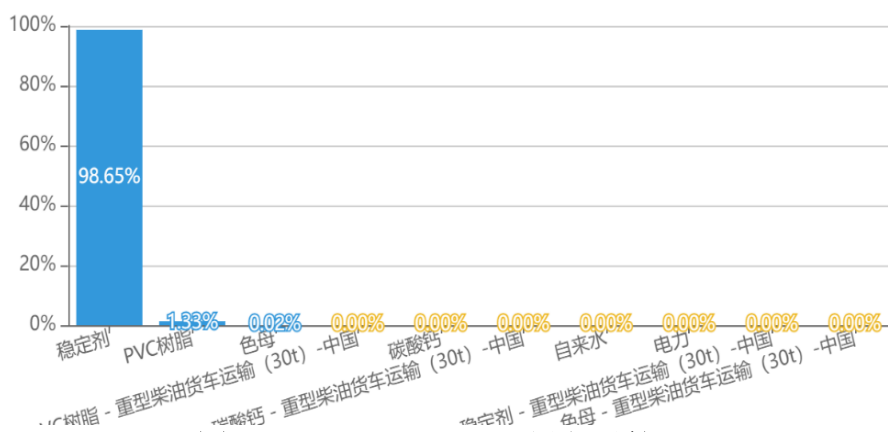


图 6-8 HT-non cancer 累积贡献

ODP (kg CFC-11 eq)

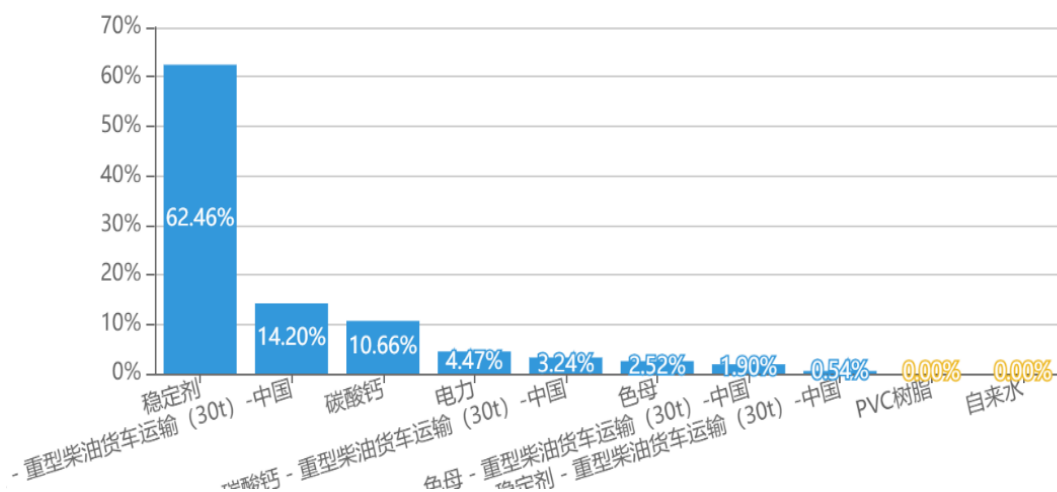


图 6-9 ODP 累积贡献

POFP (kg NMVOC eq)

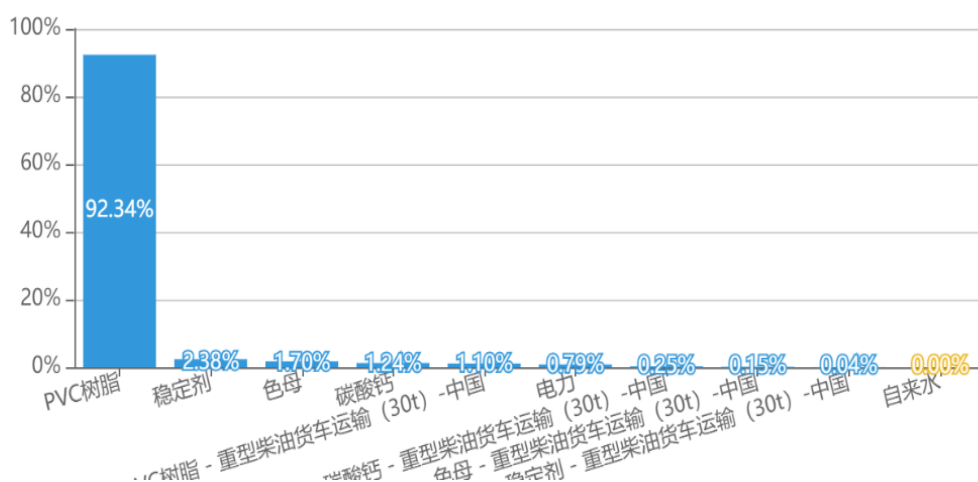


图 6-10 POFP 累积贡献

RI (kg PM2.5 eq)

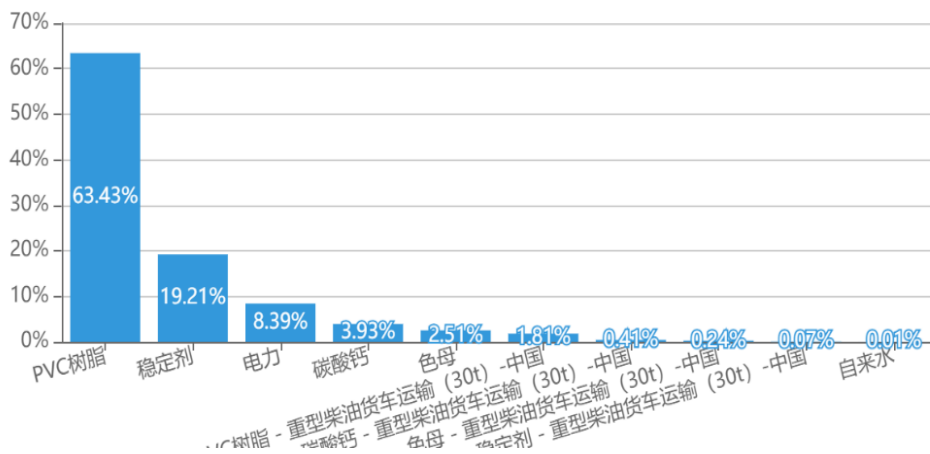


图 6-11 RI 累积贡献

WU (kg)

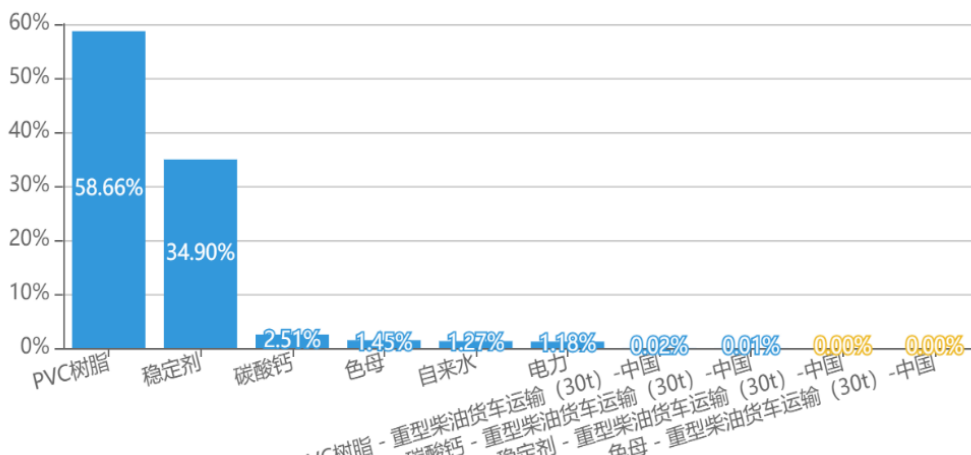


图 6-12 WU 累积贡献

建筑排水用 PVC-U 管材 LCA 累积贡献结果如下表所示:

表 6-2 建筑排水用 PVC-U 管材 LCA 累积贡献结果

过程名称	GWP	PED	ADP	WU	AP	EP	RI	ODP	POFP	ET	HT-cancer	HT-non cancer
PVC-U 管材【生产】	3462.16	6.11E+04	9.78E-03	4.80E+04	14.63	1.15	2.9	8.27E-06	7.57	652.63	2.74E-04	0.02
稳定剂	515.74	8814.37	1.37E-03	1.68E+04	1.5	0.23	0.56	5.17E-06	0.18	642.87	1.63E-04	0.02
硬脂酸	505.7	8711.99	1.37E-03	1.67E+04	1.48	0.23	0.51	5.16E-06	0.18	642.71	1.63E-04	0.02
氢氧化钙	4.05	31.31	1.77E-06	6.71	5.11E-03	1.28E-04	0.03	1.44E-10	4.96E-04	0.16	4.11E-08	4.85E-06
色母	77.26	1294.97	2.29E-04	695.58	0.35	0.02	0.07	2.08E-07	0.13	0.24	1.84E-06	4.11E-06

备注: 上述指标单位按照表 6-1 的单位。

#### 6.4 清单收据灵敏度分析

清单数据灵敏度是指清单数据单位变化率引起的相应指标变化率。通过分析清单数据对各指标的灵敏度, 并配合改进潜力评估, 从而辨识最有效的改进点。表中罗列了 GWP (kgCO<sub>2</sub> eq) 灵敏度 > 0.5% 的清单数据。



表 6-3 清单数据灵敏度表

清单名称	所属过程	GWP	PED	ADP	WU	AP	EP	RI	ODP	POFP	ET	HT-cancer	HT-non cancer
PVC 树脂	PVC-U 管 材【生 产】	71.88%	78.11%	81.22%	58.66%	76.68%	63.57%	63.43%	0%	92.34%	1.13%	39.96%	1.33%
稳定剂		14.9%	14.43%	14.03%	34.9%	10.28%	19.89%	19.21%	62.46%	2.38%	98.5%	59.32%	98.65%
碳酸钙		6.27%	1.93%	0.81%	2.51%	2.42%	4.09%	3.93%	10.66%	1.24%	0.1%	0.01%	2.46E-04%
电力		4.17%	3.1%	0.93%	1.18%	5.57%	4.4%	8.39%	4.47%	0.79%	0.11%	0.01%	4.61E-04%
PVC 树脂 运输		0.4%	0.22%	0.48%	0.02%	1.89%	4.32%	1.81%	14.2%	1.1%	0.09%	8.54E-03%	1.97E-04%
色母		2.23%	2.12%	2.34%	1.45%	2.4%	2%	2.51%	2.52%	1.7%	0.04%	0.67%	0.02%
碳酸钙运 输		0.09%	0.05%	0.11%	5.43E-03%	0.43%	0.99%	0.41%	3.24%	0.25%	0.02%	1.95E-03%	4.49E-05%
色母运输		0.05%	0.03%	0.06%	3.17E-03%	0.25%	0.58%	0.24%	1.9%	0.15%	0.01%	1.14E-03%	2.62E-05%
自来水		3.30E-03 %	2.46E-03%	1.10E-03%	1.27%	4.11E-03%	5.37E-03%	6.36E-03%	3.02E-03%	6.04E-04%	9.69E-05%	1.35E-05%	3.18E-07%
稳定剂		0.02%	8.22E-03%	0.02%	9.05E-04%	0.07%	0.16%	0.07%	0.54%	0.04%	3.27E-03%	3.25E-04%	7.49E-06%

公元股份有限公司建筑排水用 PVC-U 管材产品生命周期评价 (LCA)

清单名称	所属过程	GWP	PED	ADP	WU	AP	EP	RI	ODP	POFP	ET	HT-cancer	HT-non cancer
运输													
氢氧化钙	稳定剂【生产】	0.12%	0.05%	0.02%	0.01%	0.03%	0.01%	0.87%	1.75E-03%	6.55E-03%	0.02%	0.01%	0.03%
蒸汽		0.13%	0.08%	0.02%	0.03%	0.1%	0.09%	0.57%	0.04%	0.01%	2.96E-04%	3.21E-05%	7.85E-07%
电力		0.05%	0.03%	0.01%	0.01%	0.06%	0.05%	0.09%	0.05%	8.62E-03%	1.15E-03%	1.50E-04%	5E-06%
硬脂酸		14.61%	14.27%	13.98%	34.84%	10.09%	19.74%	17.68%	62.37%	2.35%	98.48%	59.31%	98.62%
自来水	硬脂酸【生产】	8.14E-04%	6.07E-04%	2.71E-04%	0.31%	1.01E-03%	1.32E-03%	1.57E-03%	7.46E-04%	1.49E-04%	2.38E-05%	3.34E-06%	7.86E-08%
生石灰		3.84E-03%	1.68E-03%	5.98E-04%	3.48E-04%	1.14E-03%	3.60E-04%	0.03%	5.07E-05%	2.14E-04%	8.02E-04%	4.94E-04%	8.23E-04%
纯碱		9.79E-04%	7.81E-04%	2.42E-04%	1.62E-03%	7.75E-03%	0.02%	4.70E-03%	5.24E-04%	1.29E-04%	9.71E-06%	1.16E-06%	2.95E-08%
油脂		14.23%	13.99%	13.89%	34.42%	9.58%	19.33%	16.9%	61.97%	2.28%	98.47%	59.31%	98.62%
电力		0.37%	0.28%	0.08%	0.1%	0.49%	0.39%	0.75%	0.4%	0.07%	9.44E-03%	1.23E-03%	4.09E-05%
自来水	氢氧	8.66E-06	6.46E-06%	2.88E-06%	3.34E-03%	1.07E-05%	1.4E-05%	1.66E-05%	7.94E-06%	1.58E-06%	2.54E-07%	3.56E-08%	8.37E-10%

公元股份有限公司建筑排水用 PVC-U 管材产品生命周期评价 (LCA)

清单名称	所属过程	GWP	PED	ADP	WU	AP	EP	RI	ODP	POFP	ET	HT-cancer	HT-non cancer
	化钙	%											
电力	【生产】	1.85E-04%	1.37E-04%	4.1E-05%	5.21E-05%	2.47E-04%	1.95E-04%	3.72E-04%	1.99E-04%	3.52E-05%	4.71E-06%	6.13E-07%	2.04E-08%
生石灰		0.12%	0.05%	0.02%	0.01%	0.03%	0.01%	0.87%	1.54E-03%	6.51E-03%	0.02%	0.01%	0.03%
炭黑		0.08%	0.17%	0.06%	0.05%	0.07%	0.07%	0.1%	0.14%	0.03%	9.03E-03%	2.33E-04%	4.69E-06%
电力	色母	0.25%	0.18%	0.05%	0.07%	0.33%	0.26%	0.5%	0.26%	0.05%	6.29E-03%	8.18E-04%	2.72E-05%
PVC	【生产】	1.21%	1.31%	1.36%	0.99%	1.29%	1.07%	1.07%	0%	1.55%	0.02%	0.67%	0.02%
钛白粉		0.69%	0.45%	0.86%	0.35%	0.71%	0.6%	0.84%	2.12%	0.07%	1.94E-03%	1.54E-04%	0%

## 7 生命周期解释

### 7.1 假设与局限性说明

本次产品 LCA 报告的实景数据中原料的生产过程数据来源于企业调研数据，背景数据来自中国生命周期数据库 CLCD 和瑞士的 Ecoinvent 数据库，部分原料生产过程的数据采用文献数据。受项目调研时间及供应链管控力度限制，未调查重要原料的实际生产过程，计算结果与实际供应链的环境表现有一定偏差。建议在调研时间和数据可得的情况下，进一步调研主要外购原材料的生产过程数据，有助于提高数据质量，为企业在供应链上推动协同改进提供数据支持。各单元过程模型数据假设描述见下表。

表 8-1 模型假设描述

过程名称	模型假设分析
«TableStart:ModelAssumptions»«ProcessName»	«ModelAssumption»«TableEnd:ModelAssumptions»

### 7.2 完整性说明

生命周期模型数据模型中上游生产数据完整，无需补充。

表 8-2 数据缺失或忽略的物料汇总表

消耗名称	上游数据来源	数量单位	重量比	检查结果
专用溶剂	可忽略	0.07kg	重量比<1%的物料	符合 cut-off 规则
油墨	可忽略	0.02kg	重量比<1%的物料	符合 cut-off 规则

注：\* 重量比=物料重量\*数量/产品重量  
 总忽略物料重量比=数据缺失的重量比+符合取舍规则的重量比。

## 8 评价结果

根据企业提供的产品原辅料清单、收集的生产过程的能源消耗数据和部分原料的文献调研数据，在 eFootprint 中，建立了建筑排水用 PVC-U 管材产品的生命周期模型。产品碳足迹结果见下表。

产品名称	原材料生产排放(kgCO <sub>2</sub> eq/t)	原料运输(kgCO <sub>2</sub> eq/t)	产品生产环节(kgCO <sub>2</sub> eq/t)	产品碳足迹(kgCO <sub>2</sub> eq/t)
建筑排水用 PVC-U 管材	3298.75	19.39	144.02	3462.16

经对建筑排水用 PVC-U 管材生命周期评价，得出结论：原材料生产排放 3298.75kgCO<sub>2</sub>eq/t 占比 95.28%；原料运输环节排放 19.39kgCO<sub>2</sub>eq/t 占比 0.56%；产品生产过程 144.02kgCO<sub>2</sub>eq/kg，占比 4.16%。公元股份有限公司公司的建筑排水用 PVC-U 管材产品碳足迹为 3462.16kgCO<sub>2</sub>eq/t。企业产品碳排放主要集中在原材料生产和产品生产环节，分别占到 95.28%和 4.16%，原材料生产阶段仍有一定的减排空间，建议企业加大节能改造的同时，加强供应商低碳产品的采购管理，共同降低碳排放，同时减少产品运输距离，提高单次采购量，提高运输能力。

## 9 改善建议

本次核查中存在部分原材料生产数据来源于 CLCD-China-ECER 数据库的平均排放数据，数据的不确定性影响报告的计算结果。根据建筑排水用 PVC-U 管材产品分阶段环境影响结果分析，本次报告给出三点建议。

### 9.1 强化低碳产品采购管理

企业产品碳排放主要集中在原材料生产和产品生产环节，分别占到 95.28%和 4.16%，原材料生产阶段仍有一定的减排空间，建议企业加大节能改造的同时，加强供应商低碳产品的采购管理，共同降低碳排放，同时减少产品运输距离，提高单次采购量，提高运输能力。

### 9.2 继续推进绿色低碳发展意识

坚定树立企业可持续发展原则，加强生命周期理念的宣传和实践。运用科学方法，加强全生命周期过程中数据的积累和记录，定期对产品全生命周期的环境影响进行自查，以便企业内部开展相关对比分析，发现问题。在生态设计管理、组织、人员等方面进一步完善。

### 9.3 继续推进节能改造力度，进一步降低能源消耗

本次产品生命周期评价过程中，通过现场数据收集以及生产过程查看，存在一定的节能潜力，企业结合实际进行了节能改造分析并落实。

#### 1、可再生能源利用

现有厂房屋顶仍有一定空间，可以铺设屋顶太阳能光伏发电系

统,充分利用太阳能发电,降低外购电力消耗。根据测算,车间屋顶适合安装的面积共计 5986.4m<sup>2</sup>,初步排布可安装 540W 单晶光伏组件约 1300 块,可实施太阳能电池板装机容量为 702kW,项目建成投运后平均年发电量约 57.2 万 kW·h,按等价值折合节约 162tce。

2、引进能效二级及以上的节能型变压器替换现有 S11 系列变压器

公元公司现有 5 个厂区目前共有 18 台变压器属于 S11 系列,对照《电力变压器能效限定值及能效等级》(GB 20052-2020)标准,S11 系列变压器低于 3 级能效,引进能效等级为二级及以上变压器替换 S11 系列变压器,结合现有生产情况,可以节约 60 万度,折合标煤 170tce。

# 10 机构申明

## 声 明

本报告是由公元股份有限公司委托台州市启辰节能环保科技有限公司编写。报告基于《GB/T24040-2008 环境管理生命周期评价原则与框架》、《GB/T24044-2008 环境管理生命周期评价要求与指南》提及的生命周期方法编写。报告中的信息和数据由公元股份有限公司及其供应商提供。

未经书面授权，任何机构和个人不得以任何形式转载本报告。

台州市启辰节能环保科技有限公司

2023 年 6 月 5 日