

荆门盈德气体有限公司

甲醇

生命周期评价报告

产品生产单位：荆门盈德气体有限公司

报告编制单位：汕头市诚森碳环保科技有限公司

报告编制日期：2025 年 3 月 10 日



目 录

1 目标与范围定义	1
1.1 项目背景	1
1.1.1 产品简介	1
1.1.1.1 产品概述	1
1.1.1.2 产品的稳定性	1
1.1.1.3 使用环境与条件	2
1.1.2 产品生产工艺	3
1.1.3 生产企业介绍	5
1.2 目的	5
1.3 范围	6
1.3.1 功能单位	6
1.3.2 系统边界	7
1.3.3 数据取舍原则	7
1.3.4 数据来源	9
1.3.5 软件和数据库	9
2 生命周期清单分析	10
2.1 数据收集	10
2.1.1 概况及原则	10
2.1.2 现场数据采集	10
2.1.3 背景数据采集	11
2.1.4 原料生产阶段	12
2.1.5 生产阶段	12
2.2 生命周期数据清单	12
3 影响评价	13
3.1 环境影响指标	13
3.2 清单因子归类	13
3.2.1 产品 LCA 结果与分析	14
3.2.2 LCA 评价结果	16
4 生命周期结果解释	21
4.1 假设与局限性说明	21
4.2 完整性说明	21
4.3 结果与建议	21

1 目标与范围定义

1.1 项目背景

1.1.1 产品简介

1.1.1.1 产品概述

荆门盈德气体有限公司以烟煤为原料，采用水煤浆气化技术生产粗煤气，粗煤气送往净化变换装置，分两路分别进入氨变换和甲醇变换。一路粗煤气经氨变换，采用耐硫宽温变换工艺将粗煤气中的 CO 全变换为 H₂ (CO<0.6%)，变换气送往低温甲醇洗装置 1 塔，采用低温甲醇洗工艺脱除变换气中的 CO₂、H₂S 等酸性气体，出低温甲醇洗 1 塔的净化气分两部分，一部分送液氮洗精制装置除去原料气中的微量组份，同时经液氮洗配氮，调整 H₂/N₂=3: 1 的要求，满足合成氨要求的原料气经氨合成塔反应后经一系列能量回收措施后获得液氨产品；另一部分送 PSA 制得工业氢气经管道输送至园区用户。第二路粗煤气经甲醇变换，采用耐硫宽温变换工艺将粗煤气中的 CO 部分变换为 H₂ (19%<CO<22.5%)，变换气送往低温甲醇洗装置 8 塔，采用低温甲醇洗工艺脱除变换气中的 CO₂、H₂S 等酸性气体，出低温甲醇洗 8 塔的净化气经甲醇压缩机混合循环气加压后送往甲醇合成生产粗甲醇，粗甲醇经甲醇精馏后获得精甲醇产品。

1.1.1.2 产品的稳定性

甲醇 (Methanol) 在常温常压下相对稳定，但它的稳定性受多种因素影响，包括存储条件、与其他物质的接触、以及是否存在催化剂等。以下是甲醇稳定性的几个关键点：

热稳定性：甲醇在室温下是稳定的，但随着温度的升高，它的稳定性会降低。甲醇的沸点为 64.7° C，在这个温度以上，甲醇会开始沸腾并转化为蒸气。

氧化稳定性：甲醇可以被氧化成甲醛和甲酸，在有氧或某些催化剂存在的情况下，这种氧化过程可以自发进行。因此，甲醇应避免与氧化剂接触，并应储存在密封、干燥的环境中，以防止氧化。

光稳定性：甲醇对光不敏感，但在紫外线照射下可能会发生光化学反应，因此应避免长时间暴露在直射阳光下。

水解稳定性：甲醇与水可以以任何比例混溶，不会发生水解反应。因此，它在水中的稳定性较高。

化学稳定性：甲醇在常规条件下与大多数金属和非金属不发生反应，但在特定条件下（如高温、催化剂存在）可以与某些物质发生反应。例如，它可以与卤素（如氯、溴）发生取代反应。

储存稳定性：甲醇应储存在干燥、通风良好的环境中，远离火源和热源。储存容器应该是密封的，以防止甲醇挥发和与空气中的氧气接触。

生物降解性：甲醇在环境中可以被微生物降解，但这个过程可能产生有毒的中间产物，如甲醛。

总的来说，甲醇在适当的储存和使用条件下是相对稳定的。然而，由于其易燃性和毒性，处理甲醇时需要采取适当的安全措施，包括穿戴个人防护装备、确保良好的通风以及遵守有关危险化学品的法规和标准。

1.1.1.3 使用环境与条件

在化工生产上需要控制在无水、无氧或惰性气体环境中，以防止甲醇的氧化，通常配备有专业的通风和防火系统；在实验室作为溶剂使用时需注意与其他化学品的相容性，避免发生不必要的化学反应

1.1.1.4 应用领域

甲醇常用于化工生产、溶剂，实验室溶剂和化学合成。

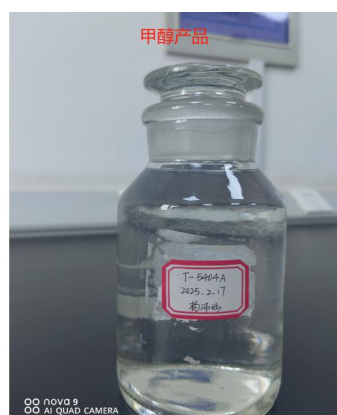
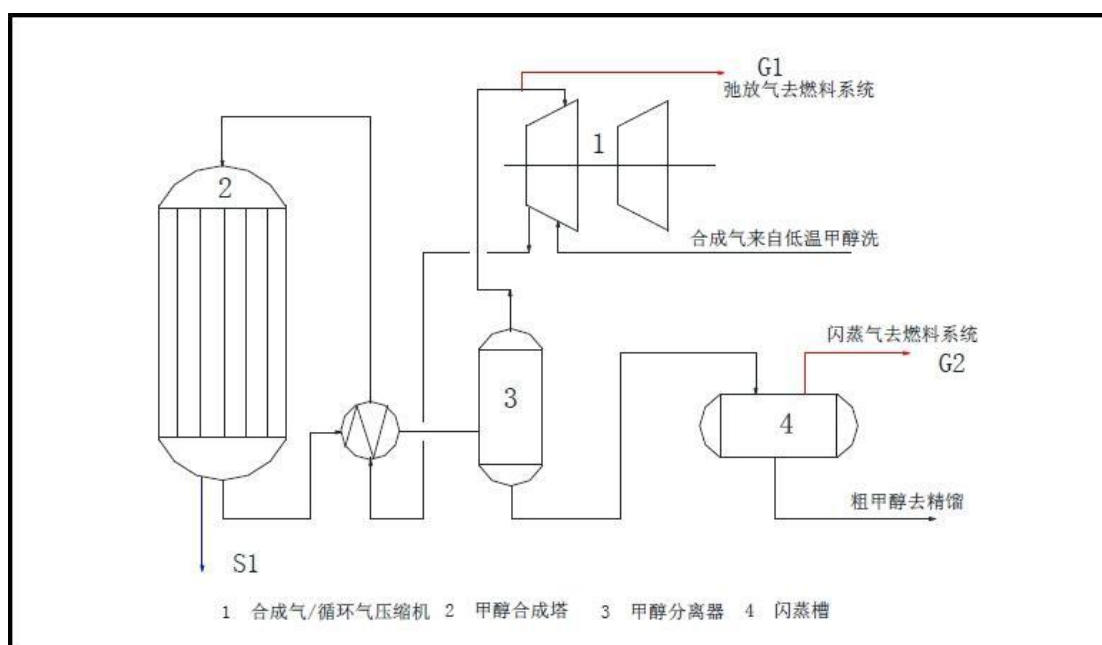
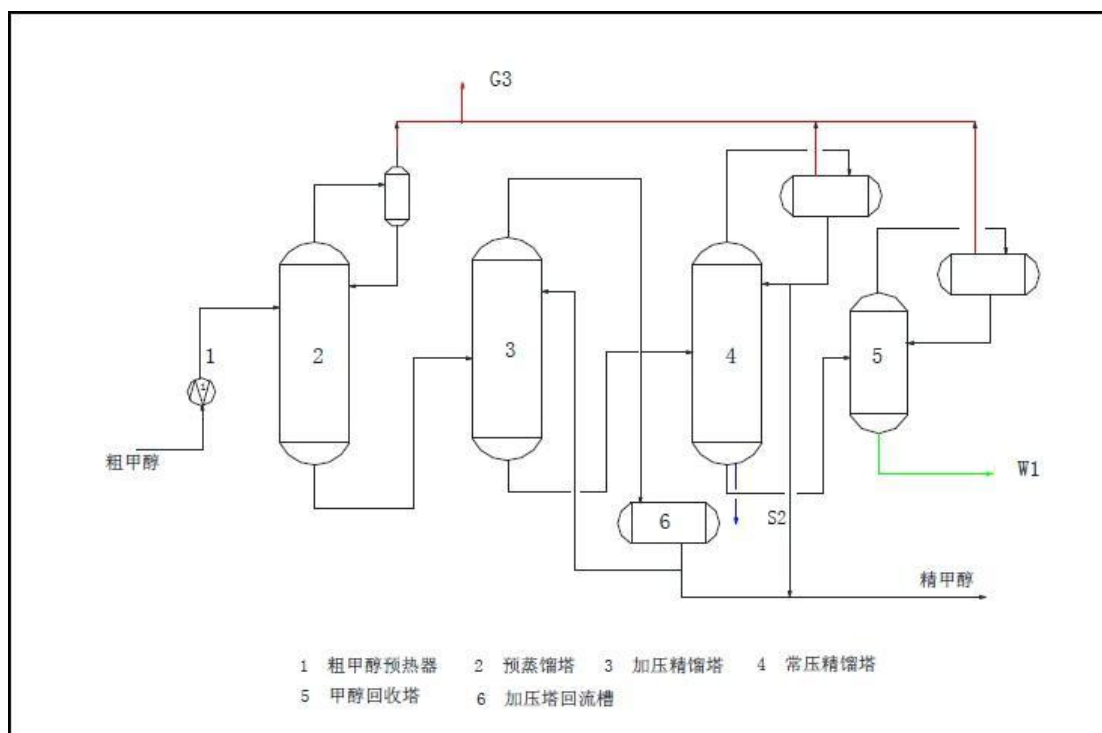


图 1 甲醇产品图

1.1.2 产品生产工艺





主要工艺流程介绍

①甲醇合成工艺流程

气体流程：5.35Mpa 新鲜气与来自循环机出口 5.35Mpa 循环气混合进热交换器预热；出 热交换器的合成气 $\sim 210^{\circ}\text{C}$ ，进入甲醇合成塔催化床层反应，反应热由塔内换热器的中的热水移出，同时副产蒸汽 2.0 $\sim 4.0\text{MPa}$ 蒸汽(1.1 $\sim 1.3\text{t/t}$ 醇)；出甲醇合成塔的工艺气体温度 $\sim 240^{\circ}\text{C}$ ， 进入热交换器预热进塔的合成气体；出塔前热交换器的工艺气体进入进甲醇水冷器；出甲醇 水冷器的气体 $\sim 37^{\circ}\text{C}$ 进入甲醇分离器，出甲醇分离器的粗甲醇送入甲醇膨胀槽，分离后的工 艺气体 $\sim 37^{\circ}\text{C}$ 出甲醇分离器，一股去循环机于系统循环生产，另一股去甲醇洗涤塔，回收甲醇后去变换流程装置。

水流程：饱和水由汽包的水下降管进入合成塔下部的分水联箱，自下而上经过每一块换热板内，热水吸收板外催化剂床层反应放出的热量，被逐步汽化成汽水混合物。由下降管内荆门盈德气体有限公司第一轮强制性清洁生产审核报告 40 饱和水和换热板内汽水混合物的密度差，形成了两者间的压力差，此压力差成为流体流动的动力，汽水混合物经换热板内部由下到达上部集水联箱，经上升管到达汽包，在汽包内汽水 混合物中的蒸汽蒸发分离出来，余下的水与加入汽包的水混合经下降管进入下一循环，合成塔与汽包的水系统完全实现自然循环。

②甲醇精馏工艺流程

由甲醇合成工段甲醇膨胀槽来的粗甲醇，进入预精馏塔的中部，甲醇中的轻组份（羰基化合物等）及残余的溶解气从塔顶脱除，不凝气通过压力调节排放至燃料管网，烷烃油通过控制解析槽的液位排出外销。预精馏塔塔釜液经过加压塔进料泵加压至 1.1MPa 进入加压精馏塔，出塔顶的蒸汽被冷凝为液体进入加压塔回流槽，一部分经过加压塔回流泵送入加压塔顶部回流。其余部分将作为甲醇产品采出。加压塔塔釜液直接进入常压塔，常压塔塔顶出来的甲醇蒸气被冷凝为液体进入常压塔回流槽，大部分送至常压塔塔顶作为常压塔回流，其余部分作为甲醇产品送至精甲醇计量槽。常压塔下部侧线采出残液，送至回收塔，作为回收塔的进料液，回收塔塔顶蒸汽经过冷却后进入回收塔回流槽，一部分送至废水汽提塔顶部作为回流液，一部分作为产品外送。

1.1.3 生产企业介绍

荆门盈德气体有限公司成立于 2013 年，由盈德投资(上海)有限公司、天津盈德气体有限公司共同投资组建，注册资本 9677 万美元。公司地址位于荆门市掇刀区化工循环产业园兴化三路 6 号，占地约 664 亩，总投资规模约 35 亿元人民币，为荆门石化油品升级改造工程提供 53000Nm³/h 氢气，并年产 30 万吨合成氨及 50 万吨甲醇，年营业收入约 24 亿元人民币。公司现主要业务包括：为荆门石化油品升级改造配套工程及园区其他企业提供氢、氧、氮、氩、二氧化碳、一氧化碳、合成气、液氨、甲醇等工业气体、液体产品和其他专业化服务。荆门盈德气体有限公司为台港澳与境内合资公司，由盈德投资(上海)有限公司、天津盈德气体有限公司共同投资组建，法定代表人为王俊旭，注册资本为 9677 万美元。。

1.2 目的

通过调查甲醇产品的原料获取阶段、产品生产阶段和运输阶段的各项消耗排放，可以量化分析甲醇产品对环境造成的影响。为甲醇产品绿色设计、工艺技术的改进、供应链管理、产品市场营销等提供依据。

本项目按照 ISO14040:2006《环境管理-生命周期评价原则与框架》、ISO

14044:2006《环境管理-生命周期评价-要求与指南》、ISO 14067:2018《温室气体-产品碳足迹-量化的要求和指南》和 GB/T 32161-2015《生态设计产品评价通则》的要求，建立产品从原材料生产到产品出厂的生命周期模型，编写 LCA 报告，结果和相关分析可用于以下目的：

- 得到产品的生命周期环境影响指标结果，用于同类型企业比较不同工艺下产品的环境影响情况，选择更为环境友好的工艺技术。
- 报告可用于下游产品绿色设计与供应链绿色制造，顾客可根据产品的生命周期环境影响指标选择更为低碳、环保的产品。
- 报告可用于市场宣传，展示产品生产新工艺在环境影响方面的优势。

本报告对所生产产品的原料获取、生产过程和运输阶段中对环境造成的影响进行分析，通过评价该产品全生命周期(life cycle assessment, LCA)的碳足迹大小，提出该产品绿色设计改进方案，从而大幅提升产品的环境友好性。

1.3 范围

生命周期评价方法 (Life Cycle Assessment, LCA)是系统化、定量化评价产品生命周期过程中资源环境效率的标准方法，它通过对产品上下游生产与消费过程的追溯，帮助生产者识别环境问题所产生的阶段，并进一步规避其在产品不同生命周期阶段和不同环境影响类型之间进行转移。国内外很多行业都开展了产品 LCA 评价，用于行业内企业的对标和改进、行业外部的交流，并为行业政策制定提供参考依据。

产品碳足迹 (Product Carbon Footprint, PCF) 是指某个产品在其生命周期过程中所释放的直接和间接的温室气体总量，即各种温室气体排放的累加。产品碳足迹已经成为一个行之有效的定量指标，用于衡量企业的绩效，管理水平和产品对气候变化的影响大小。

1.3.1 功能单位

按照 GB/T 32161-2015《生态设计产品评价通则》的评价范围要求，以生产 1 吨该甲醇为功能单位。

1.3.2 系统边界

本报告界定的该产品生命周期（LCA）的范围为摇篮到大门，系统边界分 3 个阶段：原辅料生产阶段；产品的工厂加工阶段。产品生命周期系统边界图如图 3 所示。



图 2 产品生命周期系统边界图

系统边界包含以下单元过程:1) 原材料获取；2) 辅料生产；3) 能源生产（如天然气、电力）；4) 原料、能源及产品的运输；

根据各个阶段的各物质消耗和排放，建立该产品的 LCA 模型，如图 4 所示。

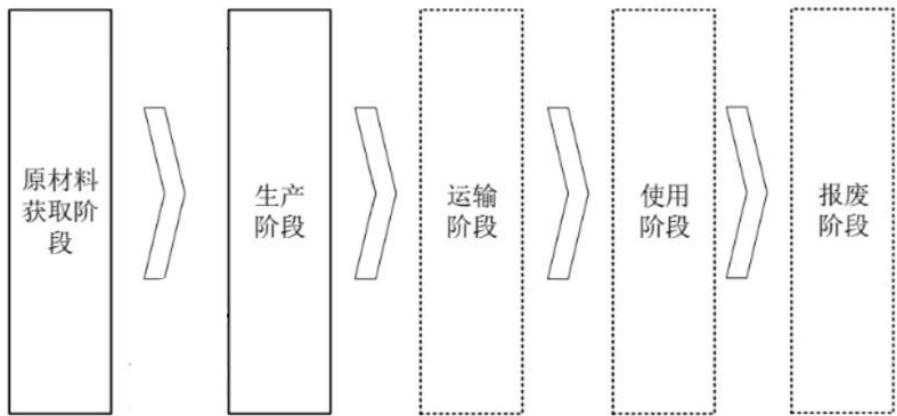


图 3 产品生命周期系统边界图

1.3.3 数据取舍原则

数据质量代表 LCA 研究的目标代表性与数据实际代表性之间的差异，数据质量评估方法采用 CLCD 方法。

CLCD 方法对模型中的消耗与排放清单数据，从①清单数据来源与算法、②时间代表性、③地理代表性、④技术代表性等四个方面进行评估，并对关联背景数据库的消耗，评估其与上游背景过程匹配的不确定度。

数据质量评估的目的是判断 LCA 结果和结论的可信度，并指出提高数据质量的关键因素。本研究数据质量可从四个方面进行管控和评估，即代表性、完整性、可靠性、一致性。

1) 数据代表性：包括地理代表性、时间代表性、技术代表性三个方面。

地理代表性：说明数据代表的国家或特定区域，这与研究结论的适用性密切相关。

时间代表性：应优先选取与研究基准年接近的企业、文献和背景数据库数据。

技术代表性：应描述生产技术的实际代表性。

2) 数据完整性：包括产品模型完整性和数据库完整性两个方面。

模型完整性：依据系统边界的定义和数据取舍准则，产品生命周期模型需包含所有主要过程。产品生命周期模型尽量反映产品生产的实际情况，对于重要的原辅料（对某一环境影响指标超过 5% 的物料）应尽量调查其生产过程；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。未能调查的重要原辅料需在报告中解释和说明。

背景数据库完整性：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。

3) 可靠性：包括实景数据可靠性、背景数据可靠性、数据库可靠性。

实景数据可靠性：对于主要的原辅料消耗、能源消耗和运输数据应尽量采用企业实际生产记录数据，环境排放数据应优先选用环境监测报告数据。所有数据将被详细记录从相关的数据源和数据处理算法。采用经验估算或文献调研所获取的数据应在报告中解释和说明。

背景数据可靠性：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。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，并应在报告中解释和说明。

数据库可靠性：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。

4) 一致性：

所有实景数据（包括每个过程消耗与排放数据）应采用一致的统计标准，即基于相同产品产出、相同过程边界、相同数据统计期。若存在不一致的情况，应

在报告中解释和说明。

1.3.4 数据来源

数据收集过程主要采用数据填报的方法。甲醇产品的材料、具体属性以及生产与工艺流程中的部分数据由生产厂家调查提供；原材料获取清单数据参考 Ecoinvent 软件数据库补充完善。

1.3.5 软件和数据库

本研究通过建立该产品生命周期模型，使用 Ecoinvent 数据库，并计算得到 LCA 结果。

Ecoinvent 是一个全球领先的生命周期评估数据库，致力于为各行业提供可靠的环境数据。它的目标是通过提供准确、全面的生命周期数据，帮助企业和组织在产品的设计、生产和消费过程中更加可持续和环保。通过使用 Ecoinvent 的数据，企业可以对其产品的环境影响进行量化评估，从而指导其可持续发展的战略决策。

Ecoinvent 的数据是由专业团队通过广泛的研究和调查收集而来的。这些数据基于科学方法和标准，确保了其准确性和可靠性。该数据库的数据是经过严格的审查和验证的，以确保其科学性和可信度。

通过使用 Ecoinvent，企业可以更好地了解其产品的环境影响，找到减少资源消耗和废弃物产生的方法。此外，Ecoinvent 还可以帮助企业评估不同产品设计和生产方式的环境影响，从而支持其可持续发展战略的制定。

2 生命周期清单分析

2.1 数据收集

2.1.1 概况及原则

应将以下要素纳入数据清单：

- 1、原料生产阶段；
- 2、产品生产及辅助工序；

基于 LCA 的信息中要使用的数据可分为两类：现场数据和背景数据。主要数据尽量使用现场数据，如果“现场数据”收集缺乏，可以选择“背景数据”。

现场数据是在现场具体操作过程中收集来的。主要包括生产过程的能源与水资源消耗、产品原料的使用量、产品主要包装材料的使用量和废物产生量等。现场数据还应包括运输数据，即产品原料、主要包装等从制造地点到最终交货点的运输距离。

背景数据应当包括主要原料的生产数据、权威的电力的组合的数据(如火力、水、风力发电等)、不同运输类型造成的环境影响以及甲醇产品成分在环境中降解或在污水处理厂处理过程的排放数据。

2.1.2 现场数据采集

应描述代表某一特定设施或一组设施的活动而直接测量或收集的数据相关采集规程。可直接对过程进行的测量或者通过采访或问卷调查从经营者处获得的测量值为特定过程最具代表性的数据来源。

现场数据的质量要求包括：

- 1、代表性：现场数据应按照企业生产单元收集所确定范围内的生产统计数据。

2、完整性:现场数据应采集完整的生命周期要求数据。

3、准确性:现场数据中的资源、能源、原材料消耗数据应该来自于生产单元的实际生产统计记录;环境排放数据优先选择相关的环境监测报告，或由排污因子或物料平衡公式计算获得。所有现场数据均须转换为单位产品，即克、千克、吨/每功能单位为基准折算，且需要详细记录相关的原始数据、数据来源、计算过程等。

4、一致性:企业现场数据收集时应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则等。

典型现场数据来源包括:

- 1、甲醇产品的原材料获取，即原辅料和包装材料的生产阶段；
- 2、甲醇产品的生产原材料由原材料供应商运输至甲醇生产商处的运输数据；
- 3、甲醇产品各个生产工艺的能源与水资源消耗数据；
- 4、甲醇产品各个生产工艺的原材料分配及用量数据；
- 5、甲醇产品包装材料数据，包括原材料包装数据；
- 6、甲醇产品由生产商运输至销售地的运输数据；

2.1.3 背景数据采集

背景数据不是直接测量或计算而得到的数据。所使用数据的来源应有清楚的文件记载并应载入产品生命周期评价报告。

背景数据的质量要求包括:

1、代表性:背景数据应优先选择企业的原材料供应商提供的符合相关 LCA 标准要求的、经第三方独立验证的上游产品 LCA 报告中的数据。若无，须优先选择代表中国国内平均生产水平的公开 LCA 数据，数据的参考年限应优先选择近年数据。在没有符合要求的中国国内数据的情况下，可以选择国外同类技术数据作为背景数据。

2、完整性:背景数据的系统边界应该从资源开采到这些原辅材料或能源产品出厂为止。

3、一致性:所有被选择的背景数据应完整覆盖本部分确定的生命周期清一单因子，并且应将背景数据转换为一致的物质名录后再进行计算。

2.1.4 原料生产阶段

该阶段始于从大自然提取资源，结束于甲醇原料进入生产设施，包括：

- 1、资源开采和提取；
- 2、所有材料的预加工；
- 3、转换回收的材料；
- 4、提取或预加工设施内部或预加工设施之间的运输。

2.1.5 生产阶段

该阶段始于原料进入本公司，结束于成品离开本公司大门，生产活动包括加工、辅助生产工艺过程间半成品的运输、材料组成包装等。

2.2 生命周期数据清单

现场数据通过企业调研、上游厂家提供、采样监测等途径进行收集，所收集的数据要求为企业最近一年内的平均统计数据，能够反映企业的实际生产水平。此外，实际调研过程中无法获得的数据，即背景数据，采用相关数据库进行替代，在这一步骤中所涉及到的单元过程包括相关化学品生产、包装材料、能源消耗以及产品的运输等。数据清单如表 2 所示。

表 1 主营产品产量表

产品名称	重量	2024 年产量
甲醇	吨	572045

表 2 生产 1 吨该产品所用材料清单

	材料名称	1 吨产品的消耗量	单位	运输方式	原材料运输到生产工厂的距离/km
原辅料	原料煤	1.522	吨	火车	1348

表 3 生产 1 吨该产品所用能耗清单

能源类型	用量	单位
电	0.196764559	MWh
天然气	0.166238401	立方米
水	13.17236109	吨

3 影响评价

3.1 环境影响指标

依据 GB/T 32161-2015《生态设计产品评价通则》评价范围要求，选取跟产品强相关的影响类别，LCA 评价指标包括气候变化（碳足迹）、富营养化、酸化和光化学氧化剂生成。本研究采用 CML2001 评价方法对这 4 种环境影响类型指标进行计算。

环境类别特征化值按如下公式计算。

$$EP_i = \sum EP_{ij} = \sum Q_j \times EF_{ij}$$

式中： EP_i ——第 i 种环境类别特征化值； EP_{ij} ——第 i 种环境类别中第 j 种物质的贡献； Q_j ——第 j 种物质的排放量/消耗量； EF_{ij} ——第 i 种环境类别中第 j 种物质的特征化因子。

3.2 清单因子归类

根据清单因子的物理化学性质，将对某影响类型有贡献的因子归到一起，见表 5。例如，将对气候变化有贡献的二氧化碳、一氧化二氮等清单因子归到气候变化影响类型里面。

表 4 环境影响类型指标

环境影响类型指标	影响类型指标单位	主要清单物质
气候变化 GWP	kg CO ₂ eq.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O...
光化学氧化剂生成 POCP	kg C ₂ H ₄ eq	C ₂ H ₄
酸化 AP	kg SO ₂ eq.	SO ₂
富营养化 EP	kg P eq	PO ₄ ⁻

注：eqequivalent 的缩写，意为当量。例如气候变化指标是以 CO₂ 为基准物质，其他各种温室气体按温室效应的强弱都有各自的 CO₂ 当量因子，因此产品生命周期的各种

温室气体排放量可以各自乘以当量因子，累加得到气候变化指标总量（通常也称为产品碳足迹，Product Carbon Footprint, PCF），其单位为 kg CO₂ eq.。

3.2.1 产品 LCA 结果与分析

根据产品物料清单、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，建立了该产品的生命周期模型，计算得到各阶段对应各指标的当量值列于表 6。

由表 6 可知，该甲醇产品在其原材料获取、原材料运输、生产制造阶段和运输阶段所产生的气候变化潜值为 785.1446 kg CO₂ eq、富营养化 3.5222 kg P eq、酸化 4.6607 kg SO₂ eq、光化学氧化剂生成 0.3190 kg C₂H₄ eq。原料生产阶段对气候变化潜值、光化学氧化剂生成、酸化、富营养化的贡献率达到最高，分别为 59.29%、61.57%、64.57%及 72.72%。

表 5 各消耗及排放项产生的环境影响当量值

材 料 名 称	气候变化 GWP		酸化 AP		光化学氧化剂生成 POCP		富营养化 EP	
	数值	占比	数值	占比	数值	占比	数值	占比
原料煤	465.5135	59.29%	2.8696	61.57%	0.2060	64.57%	2.5614	72.72%
原材料运输	60.8746	7.75%	0.3888	8.34%	0.0300	9.41%	0.1258	3.57%
电	167.3677	21.32%	0.8419	18.06%	0.0429	13.44%	0.3288	9.33%
天然气	0.1076	0.01%	0.0002	0.00%	0.0000	0.01%	0.0001	0.00%
水	1.6652	0.21%	0.0078	0.17%	0.0004	0.14%	0.0130	0.37%
烟煤	89.6159	11.41%	0.5524	11.85%	0.0397	12.43%	0.4931	14.00%
	785.1446	100.00%	4.6607	100.00%	0.3190	100.00%	3.5222	100.00%

表 6 甲醇产品的清单分析结果

	气候变化 kg CO ₂ eq		酸化 kgSO ₂ eq		光化学氧化剂生成 POCP		富营养化 kg P eq	
	数量	占比	数量	占比	数量	占比	数量	占比
原材料获取阶段	465.5135	59.29%	2.8696	61.57%	0.2060	64.57%	2.5614	72.72%
原材料运输阶段	60.8746	7.75%	0.3888	8.34%	0.0300	9.41%	0.1258	3.57%
生产阶段	258.7565	32.96%	1.4023	30.09%	0.0830	26.02%	0.8350	23.71%
合计	785.1446	100.00%	4.6607	100.00%	0.3190	100.00%	3.5222	100.00%

由表 5 可知，对于该甲醇产品在其生命周期内产生的气候变化指标贡献最大的是原料煤的消耗，其对气候变化贡献率达到 59.29%，其次为电力消耗，占比 21.32%；对酸化指标贡献率最大的为原料煤和电力的耗用，其贡献率达到 61.57% 和 18.06%；对富营养化指标贡献率最高的为原料煤和烟煤消耗，其贡献率达到 72.72%和 14.00%；对光化学氧化剂生成消耗指标贡献率最高的为原料煤和电力消耗，其贡献率达到 64.57%和 13.44%。

3.2.2 LCA 评价结果

(1) 气候变化

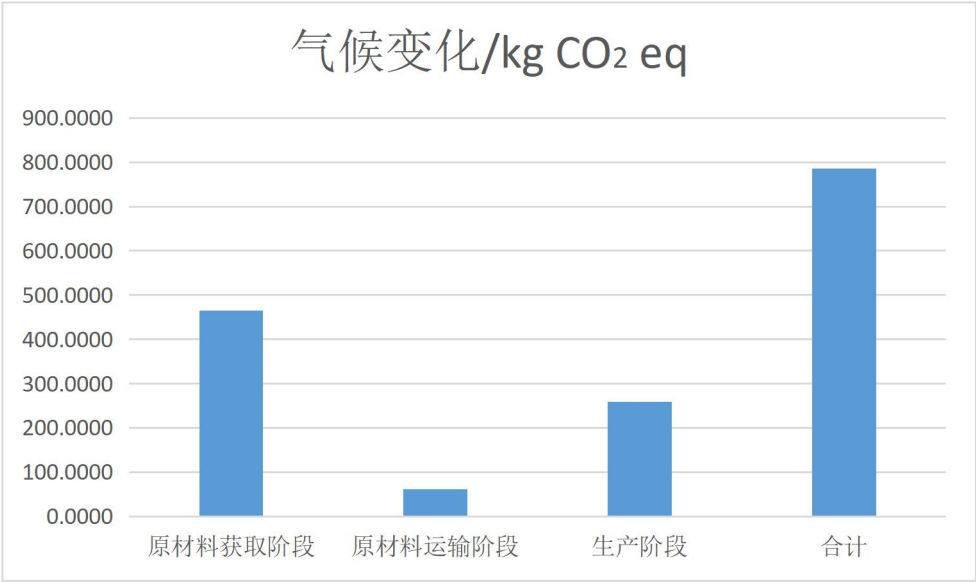


图 4 气候变化结果

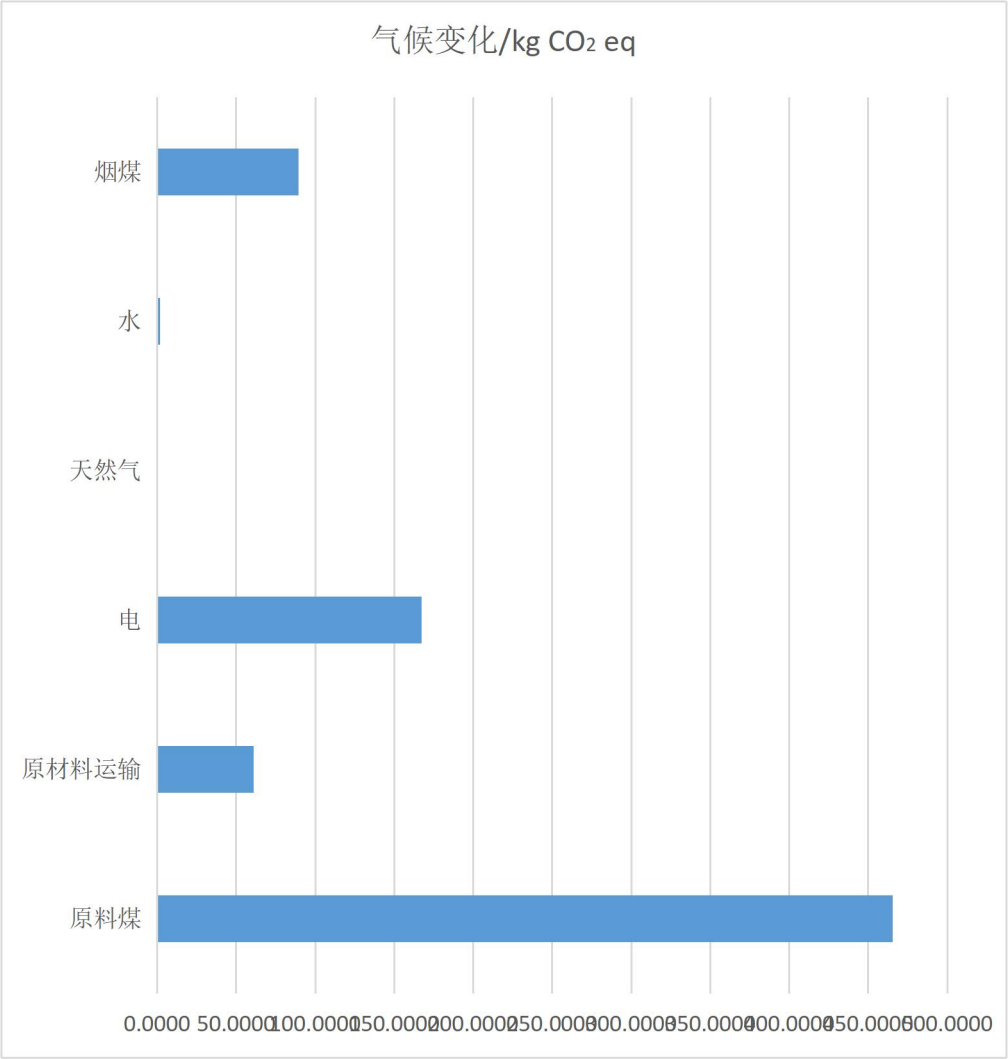


图 5 累计贡献结果

(2) 光化学氧化剂生成

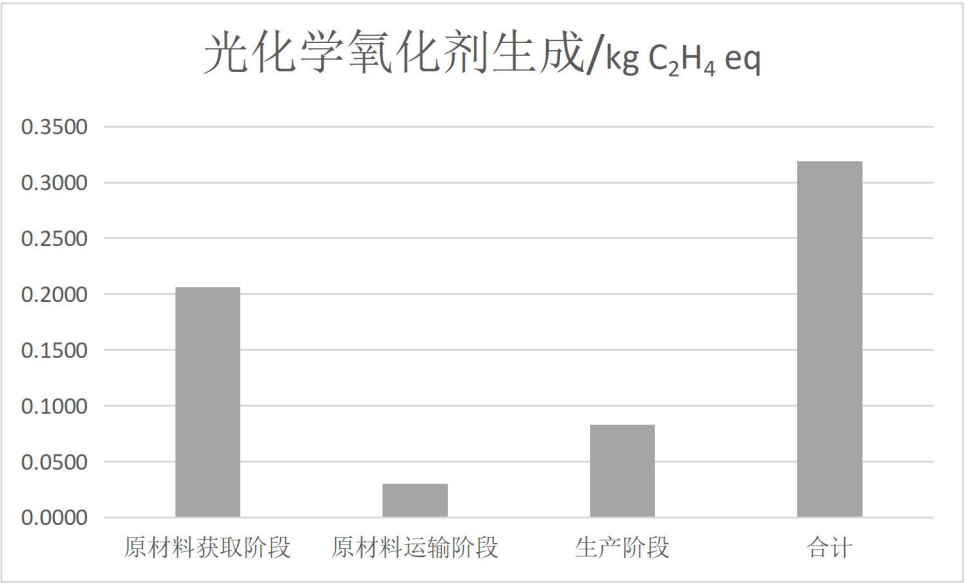


图 6 光化学氧化剂生成消耗结果

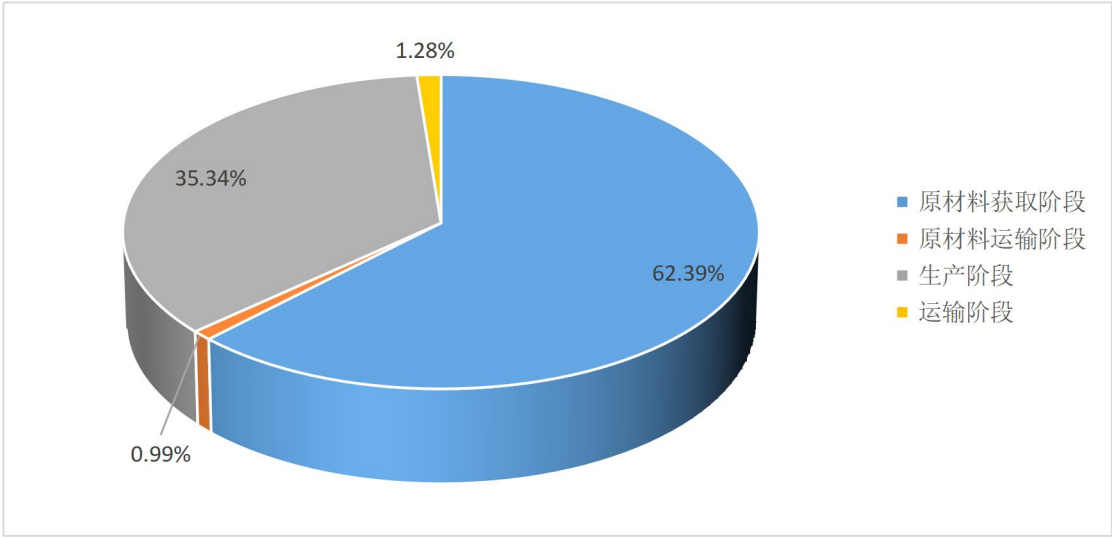


图 7 光化学氧化剂生成各阶段所占比例

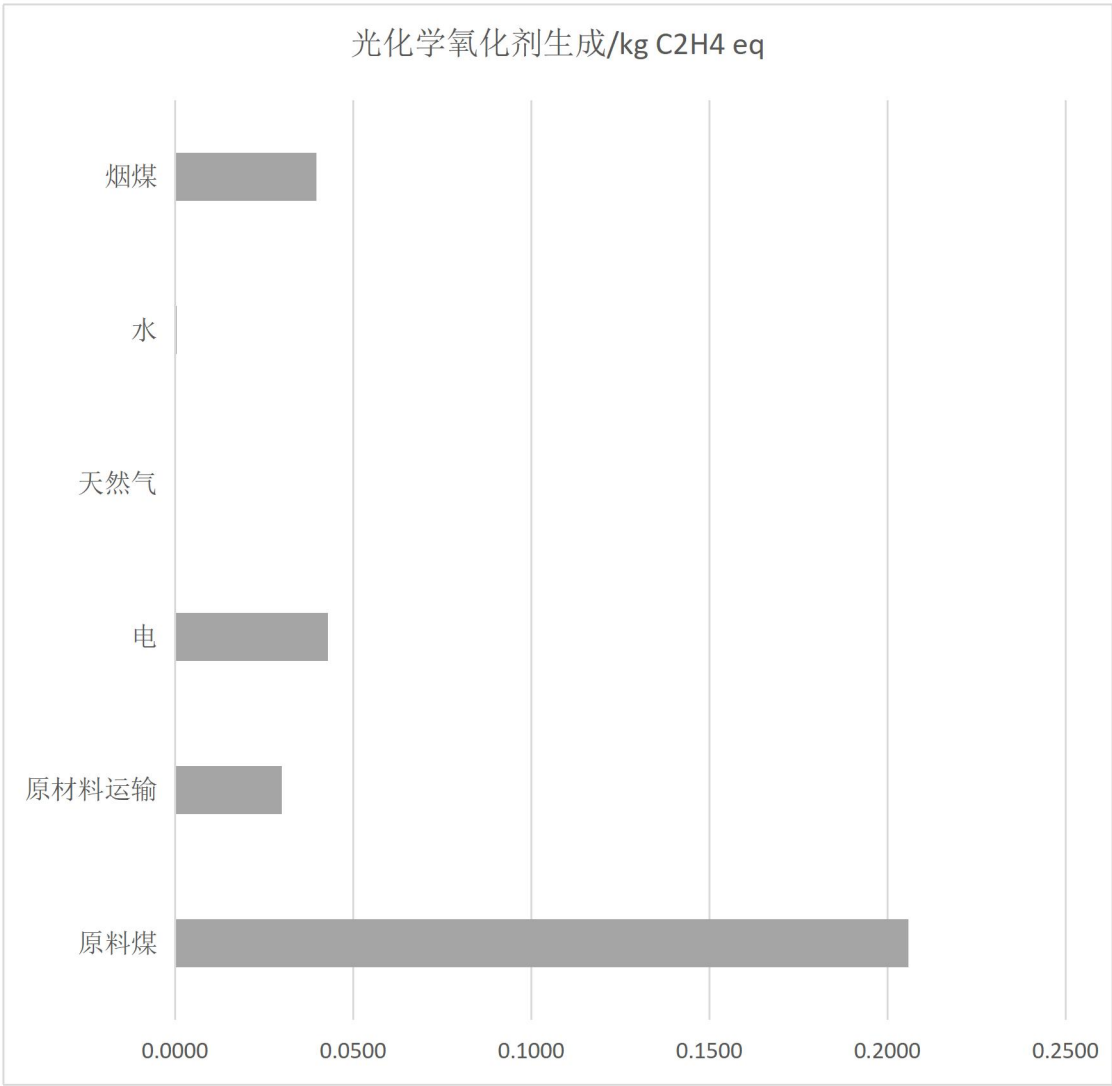


图 8 累计贡献结果

(3) 酸化

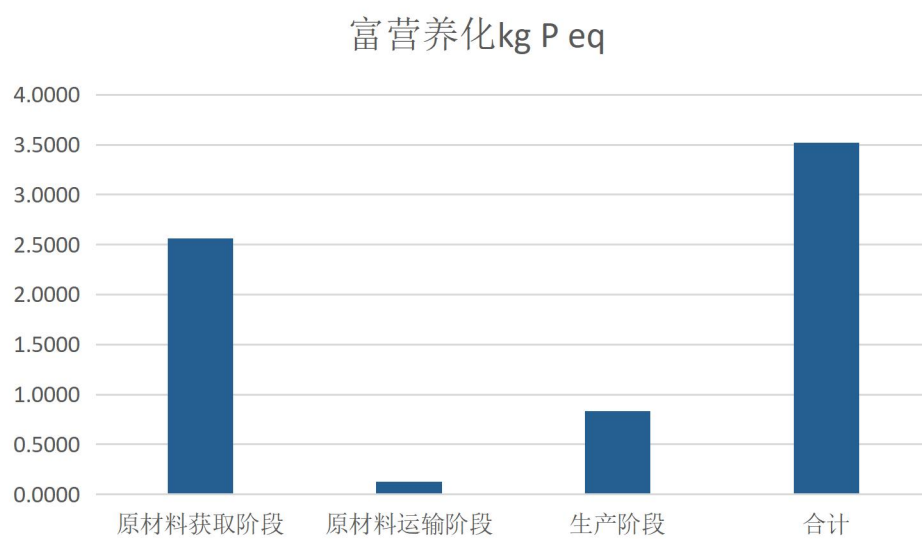


图 9 酸化结果

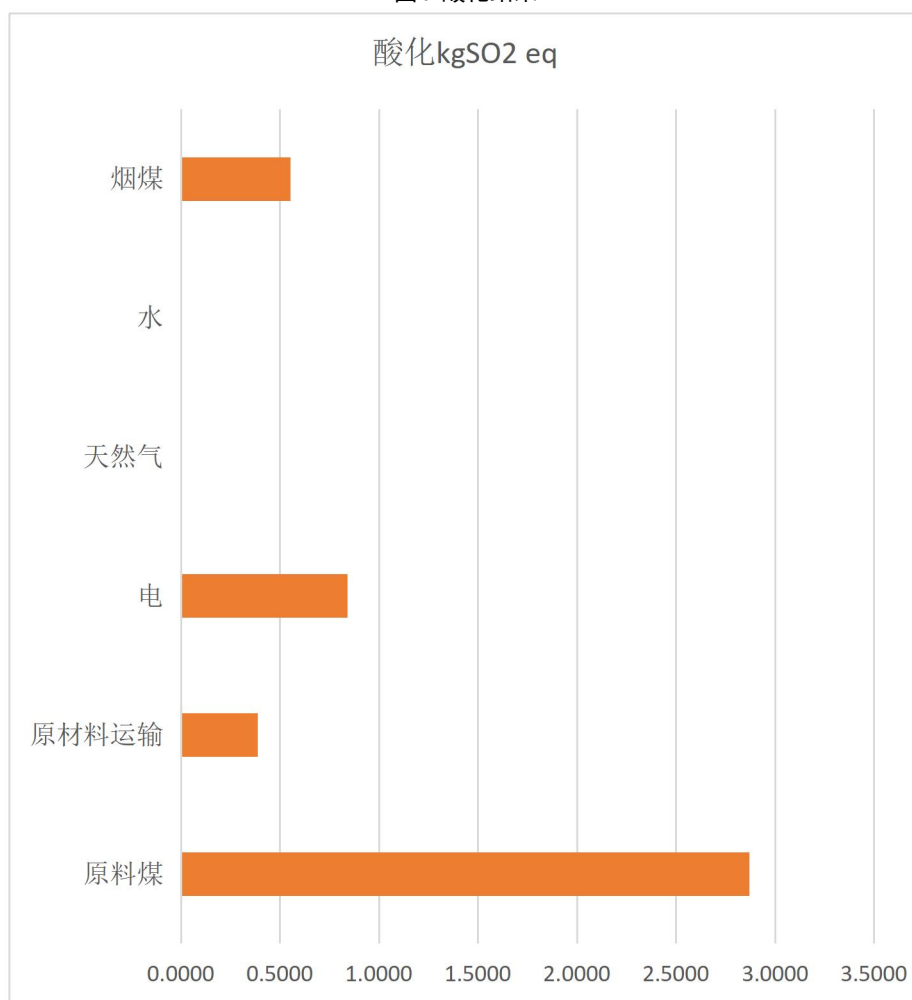


图 10 累计贡献结果

(4) 富营养化

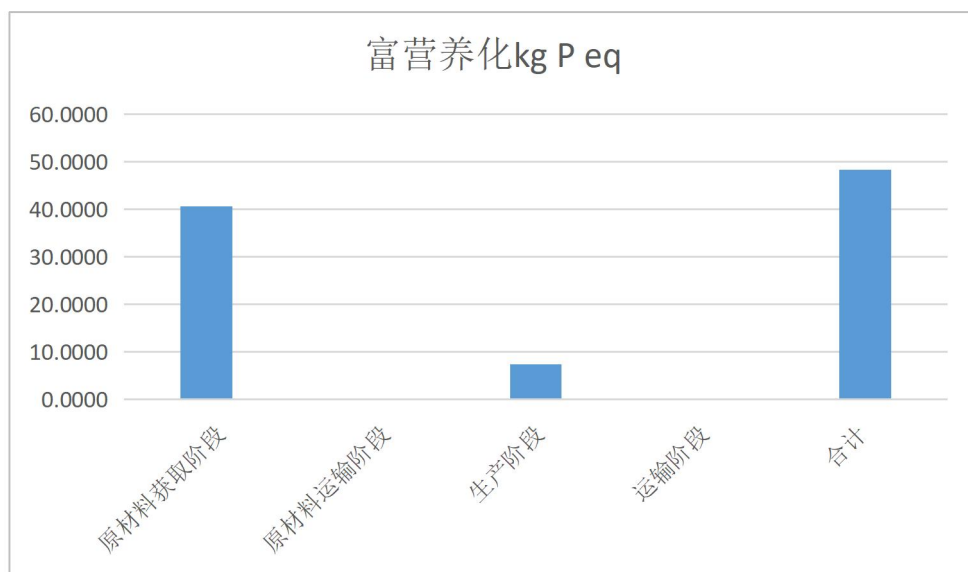


图 11 富营养化结果

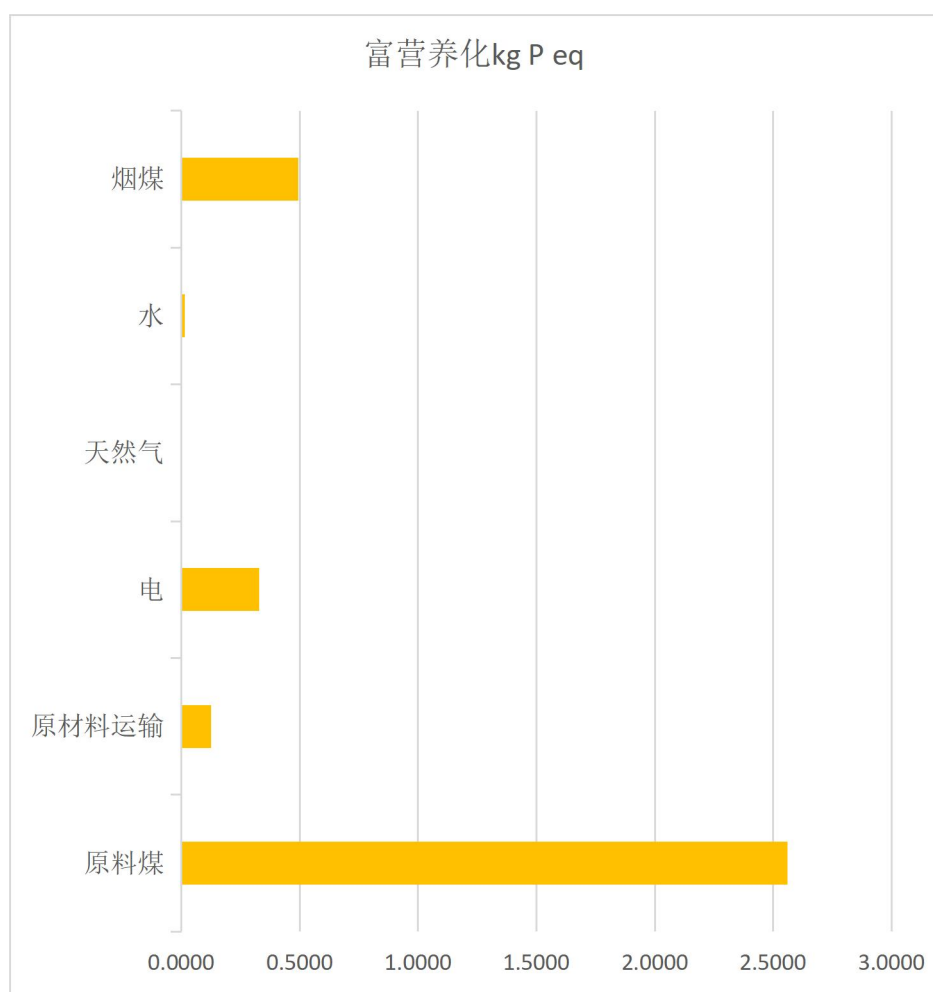


图 12 累计贡献结果

4 生命周期结果解释

4.1 假设与局限性说明

本次 LCA 报告的实景数据中生产过程数据来源于企业调研数据，背景数据来自瑞士的 Ecoinvent 数据库，部分原料生产过程的数据采用文献数据。建议在调研时间和数据可得的情况下，进一步调研上游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。

4.2 完整性说明

（1）模型完整性

本次报告中产品生命周期模型均原材料/物料使用、能源消耗、运输等过程，满足本研究对系统边界的定义。

（2）背景数据库完整性

本研究所使用的背景数据库是瑞士的 Ecoinvent 数据库。Ecoinvent 数据库包含欧洲及世界多个国家的 7000 多个单元过程数据集以及相应产品的汇总过程数据集。其包含了主要的过程，满足背景数据库完整性的要求。

4.3 结果与建议

综合来看，该甲醇产品在其原材料获取、原材料运输、生产制造阶段和运输阶段所产生的气候变化潜值为 785.1446 kg CO₂ eq、富营养化 3.5222 kg P eq、酸化 4.6607 kg SO₂ eq、光化学氧化剂生成 0.3190 kg C₂H₄ eq。原料生产阶段对气候变化潜值、光化学氧化剂生成、酸化、富营养化的贡献率达到最高，分别为 59.29%、61.57%、64.57%及 72.72%。

（1）评价结果

对于该甲醇产品在其生命周期内产生的气候变化指标贡献最大的是原料煤的消耗，其对气候变化贡献率达到 59.29%，其次为电力消耗，占比 21.32%；对酸化指标贡献率最大的为原料煤和电力的耗用，其贡献率达到 61.57%和 18.06%；对富营养化指标贡献率最高的为原料煤和烟煤消耗，其贡献率达到 72.72%和 14.00%；对光化学氧化剂生成消耗指标贡献率最高的为原料煤和电力消耗，其贡

献率达到 64.57%和 13.44%。

(2) 减排分析

通过对 LCA 分析结果的分析，如需进一步减少该产品的环境影响，可从提优化材料和生产过程改进等方面入手。

- (1) 采用先进催化剂和反应条件：通过使用更高效的催化剂或优化反应条件，可以显著提高甲醇的产量和生产效率，从而降低单位能耗。
- (2) 集成绿色技术：利用可再生能源（如太阳能、风能）通过电解水制氢，再与二氧化碳合成甲醇，可显著减少温室气体排放。
- (3) 提高能源利用效率：在甲醇生产过程中，合理利用废热资源，例如废热，可用于预热原料或驱动其他工艺。
- (4) 生物质替代煤炭：生物质制甲醇（BTM）相比传统的煤炭制甲醇（CTM）在能源消耗和环境影响方面具有显著优势，尤其是在全球变暖潜能（GWP）方面。
- (5) 利用工业废气中的二氧化碳：通过捕集工业废气中的二氧化碳用于甲醇合成，不仅可以减少温室气体排放，还能实现碳的循环利用