

报告编号: CS20220025-2



铝合金中厚板 生命周期评价报告



目 录

1 前言.....	3
2 相关说明.....	5
2.1 参考标准.....	5
2.2 术语和定义.....	5
3 研究方法.....	12
3.1 目的和范围的确定.....	12
3.1.1 研究目的.....	12
3.1.2 功能单位.....	12
3.1.3 系统边界.....	13
3.2 生命周期清单数据.....	14
3.2.1 原材料获取阶段.....	14
3.2.2 生产阶段.....	15
3.2.3 运输阶段.....	16
3.2.4 废物处理阶段.....	17
3.3 生命周期影响评价.....	18
3.3.1 环境影响评价方法.....	18
3.3.2 环境影响评价结果.....	19
4 生命周期结果解释.....	21
4.1.1 重大问题识别.....	21
4.1.2 敏感性分析.....	23

4.1.3 完整性和一致性检查.....	24
5 结论.....	25

1 前言

近年来，由于工业发展造成的资源短缺、环境污染、生态破坏等问题越来越严重，人们逐渐重视环保问题，对环境保护和治理的研究更加科学：由最初阶段的污染末端治理转向现阶段的污染预防。材料的环境协调性是强调在保持材料的使用性能基本不变甚至有所提高的前提下，力求材料在生命周期过程消耗最少的资源、能源，产生最小的环境污染，并提倡废弃物的回收与循环再利用。

为了评价材料的环境表现和环境性能，由此提出了对材料生命周期评价的研究。生命周期评价是一种新的环境管理工具和预防性的环境保护手段。它通过计算资源和能源利用以及废弃物的排放来评估一种产品或服务相关的环境因素，以此来评价产品或服务的环境影响，找出环境热点，寻求环境改善的方法。近年来，随着国家和社会对环境问题的高度关注，生命周期评价的方法已覆盖了工业产品以及生产工艺的设计、环境政策的制定以及废弃物管理等各方面，现已成为许多国家制定发展战略的首选工具，将来生命周期评价方法会应用到更多的领域。

国际标准化组织将生命周期评价（Life Cycle Assessment, LCA）定义为对一个产品系统的生命周期中输入、输出及其潜在环境影响的汇编和评价（ISO 14040:2006），如图 1 所示 ISO 14040 规定 LCA 的技术框架为 4 个阶段：目的和范围的确定、清单分析、影响评价，以及每个阶段都要开展的结果解释。

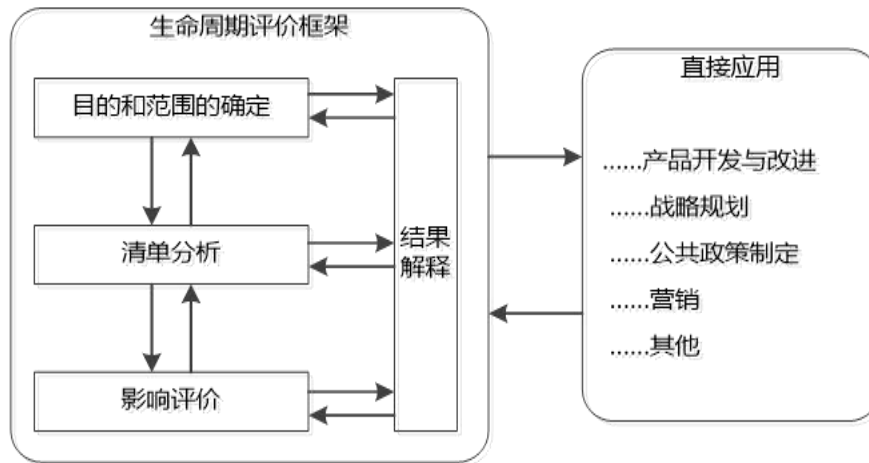


图 1 ISO 14040 标准 LCA 的技术框架

2022 年 2 月，中汽数据有限公司进行此次生命周期评价的研究工作。本研究以诺贝丽斯铝业（镇江）有限公司生产的铝合金中厚板为研究对象，进行了铝合金中厚板的生命周期评价，为低碳研发和生态设计提供决策支持，促进产品的绿色营销，提升企业的绿色竞争力。

2 相关说明

2.1 参考标准

国际标准化组织颁布了生命周期评价方法的标准体系，并对生命周期评价的概念、技术框架及实施步骤进行了标准化。我国国家标准化管理委员会也依据国际标准制订和颁布了生命周期评价的国家标准。本报告参考的国际标准主要包括：

ISO 14040:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework

ISO 14044:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines

上述国际标准相关对应的国家标准如下：

GB/T 24040-2008 环境管理 生命周期评价 原则与框架

GB/T 24044-2008 环境管理 生命周期评价 要求与指南

2.2 术语和定义

2.2.1 生命周期 life cycle

产品系统中前后衔接的一系列阶段，从自然界或从自然资源中获取原材料，直至最终处置。

2.2.2 生命周期评价 life cycle assessment (LCA)

对一个产品系统的生命周期中输入、输出及其潜在环境影响的汇编和评价。

2.2.3 生命周期清单分析 life cycle inventory analysis (LCI)

生命周期评价中对所研究产品整个生命周期中输入和输出进行汇编和量化的阶段。

2.2.4 生命周期影响评价 life cycle impact assessment (LCIA)

生命周期评价中理解和评价产品系统在产品整个生命周期中的潜在环境影响大小和重要性的阶段。

2.2.5 生命周期解释 life cycle interpretation

生命周期评价中根据规定的目的和范围的要求对清单分析和(或)影响评价的结果进行评估以形成结论和建议的阶段。

2.2.6 环境因素 environmental aspect

一个组织的活动、产品或服务中能与环境发生相互作用的要素。

2.2.7 产品 product

任何商品或服务。

注 1：产品可分类如下：

- 服务（例如运输）；
- 软件（例如计算机程序、字典）；
- 硬件（例如发动机机械零件）；
- 流程性材料（例如润滑油）。

注 2：服务分为有形和无形两部分，它包括如下几个方面：

- 在顾客提供的有形产品（例如维修的汽车）上所完成的活动；
- 在顾客提供的无形产品（例如为纳税所进行的收入申报）上所完成的活动；
- 无形产品的支付（例如知识传授方面的信息提供）；
- 为顾客创造氛围（例如在宾馆和饭店）。

软件由信息组成，通常是无形产品并可以方法、论文或程序的形式存在。

硬件通常是有形产品，其量具有计数的特性。流程性材料通常是有形产品，其量具有连续的特性。

注 3：源自 GB/T24021—2001 和 ISO 9000：2005。

2.2.8 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。

2.2.9 基本流 elementary flow

取自环境，进入所研究系统之前没有经过人为转化的物质或能量，或者是离开所研究系统，进入环境之后不再进行人为转化的物质或能量。

2.2.10 能量流 energy flow

单位过程或产品系统中以能量单位计量的输入或输出。

注：输入的能量流称为能量输入；输出的能量流称为能量输出。

注：有必要确保原材料的能量不被重复计算。

2.2.11 原材料 raw material

用于生产某种产品的初级和次级材料。

注：次级材料包括再生利用材料。

2.2.12 辅助性输入 ancillary input

单元过程中用于生产有关产品，但不构成该产品一部分的物质输入。

2.2.13 分配 allocation

将过程或产品系统中的输入和输出流划分到所研究的产品系统以及一个或更多的其他产品系统中。

2.2.14 取舍准则 cut-off criteria

对与单元过程或产品系统相关的物质和能量流的数量或环境影响重要性程度是否被排出在研究范围之外所做出的规定。

2.2.15 数据质量 data quality

数据在满足所声明的要求方面的能力特性。

2.2.16 功能单位 functional unit

用来作为基准单位的量化的产品系统性能。

2.2.17 输入 input

进入一个单元过程的产品、物质或能量流。

注：产品和物质包括原材料、中间产品和共生产品。

2.2.18 中间流 intermediate flow

介于所研究的产品系统的单元过程之间的产品、物质和能量流。

2.2.19 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。

2.2.20 生命周期清单分析结果 life cycle inventory analysis result (LCI result)

生命周期清单分析的成果，据此对通过系统边界的能量流和物质流进行分类，并作为生命周期影响评价的起点。

2.2.21 输出 output

离开一个单元过程的产品、物质或能量流。

注：产品和物质包括原材料、中间产品、共生产品和排放物。

2.2.22 产品流 product flow

产品从其他产品系统进入到本产品系统或离开本产品系统而进入其他产品系统。

2.2.23 产品系统 product system

拥有基本流和产品流，同时具有一种或多种特定功能，并能模拟产品生命周期的单元过程的集合。

2.2.24 排放物 releases

排放到空气、水体和土壤中的物质。

2.2.25 敏感性分析 sensitivity analysis

用来估计所选用方法和数据对研究结果影响的系统化程序。

2.2.26 系统边界 system boundary

通过一组准则确定哪些单元过程属于产品系统的一部分。

注：在本标准中，术语“系统边界”与 LCIA 无关。

2.2.27 单元过程 unit process

进行生命周期清单分析时为量化输入和输出数据而确定的最基本部分。

2.2.28 废物 waste

处置的或打算予以处置的物质或物品。

注：本定义源自《控制危险废物越境转移及其处置的巴塞尔公约》(1989年3月22日)，但在本标准中不局限于危险废物。

2.2.29 特征化因子 characterization factor

由特征化模型导出，用来将生命周期清单分析结果转换成类型参数共同单位的因子。

注：共同单位使类型参数结果的计算得以实现。

2.2.30 影响类型 impact category

所关注的环境问题的分类，生命周期清单分析的结果可划归到其中。

2.2.31 完整性检查 completeness check

验证生命周期评价各阶段所得出的信息是否足以得出与目的和范围相一致的结论的过程。

2.2.32 一致性检查 consistency check

验证在得出结论之前研究过程中所应用的假设、方法和数据的前后一致性，以及是否与所规定的目的和范围保持一致的过程。

2.2.33 敏感性检查 sensitivity check

验证在敏感性分析中所获得的信息是否与结论和给出的建议相关的过程。

3 研究方法

本研究应用生命周期评价方法，依据 ISO 14040、ISO 14044 等国际标准的相关规定，采用生命周期评价软件 Gabi 及中汽数据有限公司自主开发的产品生命周期评价工具 OBS 软件，利用中国汽车生命周期数据库（Chinese Automotive Life Cycle Database, CALCD）与 Ecoinvent 数据库对铝合金中厚板生命周期的环境影响进行评价。CALCD 是中国汽车技术研究中心开发的针对中国汽车行业的生命周期数据库，其中包括基础过程和产品生命周期数据，零部件生命周期数据和整车生命周期数据等内容。

3.1 目的和范围的确定

3.1.1 研究目的

本研究以诺贝丽斯铝业（镇江）有限公司铝合金中厚板为研究对象，主要的研究目的包括：

- (1) 核算诺贝丽斯铝业（镇江）有限公司铝合金中厚板的环境影响；
- (2) 进行各环境影响在生命周期各阶段的贡献分析，包括原材料获取阶段、生产阶段和废物处理阶段并包括原材料运输到厂的运输过程。

3.1.2 功能单位

本研究中评价的功能单位为 1t 诺贝丽斯铝业（镇江）有限公司

生产的铝合金中厚板。

3.1.3 系统边界

如图 2 所示，生命周期系统边界包括诺贝丽斯铝业（镇江）有限公司铝合金中厚板原材料的获取阶段和生产阶段和废物处理阶段以及运输过程。边界中应该考虑从原材料生产地到生产厂的实际运输方式和距离；边界中要考虑产品及半成品和废物厂内运输方式和距离；边界不包含现场建筑、机械设备等基础设施的生产制造过程。

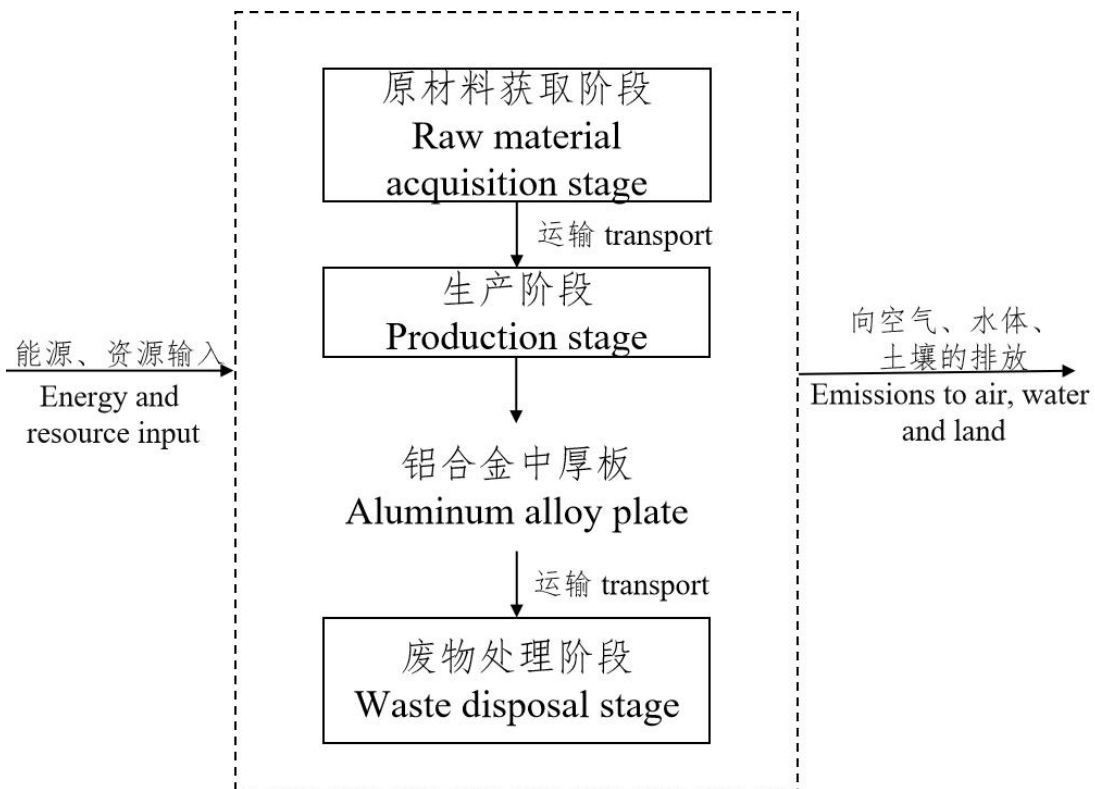


图 2 铝合金中厚板生命周期评价系统边界

■ 取舍准则

本报告的系统边界划定为从摇篮到大门，报告划定的系统边界外的内容均不进行核算。对于企业现场调研的数据，原料应包含系统边界中的全部数据，辅料以各项材料投入占产品重量的百分比作为取舍

依据，辅料重量 $<0.05\%$ 产品重量时可忽略该物料的上游生产数据，总共忽略的物料重量不超过 0.5% 。

■ 分配规则

当所分析的过程或产品系统同时产生多种输入或输出时，就涉及到分配。分配是将过程或产品系统中的输入和输出流划分到所研究的产品系统以及一个或更多的其他产品系统中。在研究中尽可能地避免分配，如果分配不可避免，优先按产品的质量进行分配；系统中相似的输入输出，采用同样的分配程序。

3.2 生命周期清单数据

铝合金中厚板生产阶段输入的原料重量和能源投入数据来源于现场调研。本报告中有关铝合金生产过程的数据都是分配至每吨铝合金中厚板的平均值。

3.2.1 原材料获取阶段

铝合金中厚板所需的原料主要是原铝等金属和铝材废料；生产所需辅料主要是润滑油和水，其他辅料投入量均不足 0.5kg 不再考虑；包装材料主要为木材、塑料等；废物处置所需辅料投入量均不足 0.5kg 不再考虑。各类材料的投入量见下表 1，表 2，表 3。

表 1 原料消耗量

类别	消耗量	单位
原铝	984.68	kg
合金化元素	91.13	kg
废料	1,440	kg

表 2 辅料消耗量

类别	消耗量	单位
润滑油	1.48	kg
水	4.61	m ³

表 3 包装材料消耗量

类别	消耗量	单位
木托盘	22.0	kg
塑料带	0.5	kg
平纹梭织面料	2.0	kg
硬纸板	13.3	kg
塑料薄膜	1.7	kg
白纸	0.3	kg

3.2.2 生产阶段

铝合金中厚板的生产过程主要是通过熔铸车间为后续热轧车间提供符合质量要求的半连铸锭,用以轧制生产铝合金板继续加工所需

的热轧板；通过热轧车间将熔铸车间送来的铝合金半连铸锭，顺序经锯切头尾、铣面、加热、热轧、剪切等操作过程，加工成铝合金热轧板，送往板材车间；通过板材车间将热轧车间送来的轧制后的铝合金板胚料，顺序经粗锯切、固熔热处理、拉伸、抛光、电导率测试、超声波测试、时效、精密锯切、检测、包装等系列工序加工成中厚板材。其生产流程见图 3。

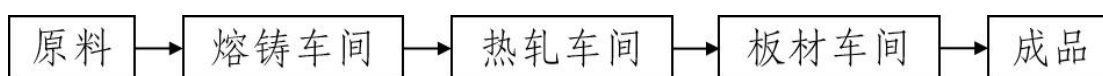


图 3 铝合金中厚板生产工艺流程

根据现场调研，每生产 1t 铝合金中厚板共消耗 2.51t 的原铝等金属原料、废料和多种能源，能耗数据见表 4，此数据通过数据收集期间全厂能耗分配到 1t 铝合金中厚板计算。

表 4 生产阶段能源消耗量

能源类别	消耗量	单位
天然气	247.03	m ³
电力	1,712.40	kWh
柴油	3.37	kg

3.2.3 运输阶段

运输阶段考虑原料从生产地到生产厂的实际运输方式和距离，原料均以海运和重卡运输的方式运至工厂，辅料和包装材料运输不在核算范围内；边界中产品及半成品和废物厂内运输方式主要是叉车和拖车，由于这部分的影响比较小且难以分离，其环境影响以柴油消耗的

形式体现在生产阶段中。运输阶段数据统计见表 5。

表 5 运输阶段数据

原料类别	运输量	单位	运输方式
原铝	105	tkm	重卡
原铝	2,034	tkm	海运
合金化元素	49	tkm	重卡

3.2.4 废物处理阶段

废水：主要包括铸造机地坑排水、热轧乳化液废水、热轧地坑含油废水、HHT 水池排水、湿式除尘器排水、NDT 水池排水、实验室废水、叉车维修间废水、空压站含油废水、模具清洗废水、生活污水、循环冷却水系统排污、净循环冷却水系统排水、去离子水装置产生的反洗与渗余水和锅炉冷却水排污。

废气：有组织排放废气主要有经布袋除尘器处理的感应炉含铝尘废气、经布袋除尘器处理的熔炼炉熔炼废气和保温与脱气废气的混合烟气。

固体废弃物：废乳化油、废滤纸、废磨削液、废矿物油、油抹布、污水预处理泥饼、含轧制油磨削液和润滑油的废油桶、废活性炭、废树脂、废油墨、废有机溶剂、日光灯管、废铅酸电池、熔炼渣等危险固废经收集后委托有危废处理资质单位处理；废铝屑、磨床废渣、湿式除尘器泥渣、除尘灰、反洗水压滤废砂、废耐火材料、废除尘布袋等一般工业固废收集后委托有资质单位处理。

工厂切边废料、剪切废料、不合格品等工艺过程中产生的废料经收集后进行重熔回收利用，不会产生环境负荷。

诺贝丽斯生产铝合金中厚板过程厂内产生的废气和废液均在生产过程内排放且处理所需的能耗统计在生产阶段，固体废弃物均为委外处理，因此废物处理阶段不会产生环境负荷。

3.3 生命周期影响评价

3.3.1 环境影响评价方法

本文主要采用 CML 评价方法进行生命周期环境影响评价，利用 ReCiPe 方法对水资源消耗的环境影响进行补充评价。

生命周期评价方法体系主要有 EPS、EDIP、Eco-Indicator、CML 2001、ReCiPe 等方法，其中 CML 方法、Eco-indicator 99 和 ReCiPe 方法应用最为广泛。CML 方法是莱顿大学环境研究中心在 2001 年发表的，该方法考虑的影响分为三类：资源和能源的消耗（非生物和生物资源的消耗）、污染（温室效应的加强、臭氧层的耗竭、人类毒性、生态毒性、酸化和其他）和损害。ReCiPe 方法是目前国际上广泛使用的一种对产品生产周期环境影响进行定量分析的方法模型，该方法综合了 CML 2001 方法与 Eco-indicator 99 方法对环境影响评价的评估理念，将中间点问题导向型评价(Midpoint)和终点损害导向型评价(Endpoint)相结合。

根据环境影响类型总数不宜过大的原则，结合我国铝工业情况，分析铝合金中厚板生产过程，将所评价的环境影响类型选取为：温室

效应(global warming potential, GWP)、化石能源耗竭 (fossil fuels potential, ADP fossil) 、不可再生资源消耗(abiotic depletion potential, ADP elements)、酸化效应(acidification potential, AP)、富营养化 (Eutrophication Potential, EP) 、光化学烟雾(photochemical oxidation potential, POCP)、水资源消耗(Freshwater Consumption, FCP)七类，具体环境影响类型指标和单位见表 6。

表 6 环境影响类型指标和单位

环境影响类型	环境影响指标	环境影响指标英文名称	单位
温室效应	全球增温潜势	Global Warming Potential (GWP 100 years)	kg CO ₂ eq.
化石能源耗竭	非生物耗竭潜势	Abiotic Depletion Potential (ADP fossil)	MJ
不可再生资源消耗	非生物耗竭潜势	Abiotic Depletion Potential (ADP elements)	kg Sb eq.
酸化效应	酸化潜势	Acidification Potential (AP)	kg SO ₂ eq.
富营养化	富营养化潜势	Eutrophication Potential (EP)	kg Phosphate eq.
光化学烟雾	光化学氧化潜势	Photochem. Ozone Creation Potential (POCP)	kg Ethene eq.
水资源消耗	新鲜水消耗潜势	Freshwater Consumption Potential (FCP)	m ³

3.3.2 环境影响评价结果

根据 3.3.1 阐述的方法体系和编制的生命周期总清单数据，将清

单具体输入输出项转化为对应的环境影响指标。计算得出生产 1t 铝合金中厚板产品的生命周期特征化结果，如表 7 所示。

表 7 生产 1t 铝合金中厚板产品环境影响类型特征化结果

环境影响类型	单位	原材料获取阶段	生产阶段	运输阶段	总量
GWP	kg CO ₂ eq.	18,752.75	1,855.57	272.65	20,880.98
ADP fossil	MJ	234,813.96	25,324.57	1,214.66	261,353.19
ADP elements	kg Sb eq.	2.62	0.00	0.00	2.62
AP	kg SO ₂ eq.	123.22	6.37	5.79	135.38
EP	kg Phosphate eq.	36.46	1.33	0.68	38.48
POCP	kg Ethene eq.	9.13	0.36	0.31	9.80
FCP	m ³	132.00	3.28	0.16	135.44

根据表 7 特征化结果得出，生产 1t 铝合金中厚板产品的生命周期 GWP 为 2.09E+04kg CO₂ eq.，ADP fossil 为 2.61E+05MJ，ADP elements 为 2.62kg Sb eq.，AP 为 1.35E+02kg SO₂ eq.，EP 为 38.48 kg Phosphate eq.，POCP 为 9.80kg Ethene eq.，FCP 为 1.35E+02m³。

4 生命周期结果解释

4.1.1 重大问题识别

根据表 7 中的特征化结果，针对三个主要生产阶段产生的环境影响进行分析，得到各阶段对环境影响贡献比重的情况，如图 4 所示，有助于辨识铝合金中厚板产品生产中产生严重环境影响的生产阶段。

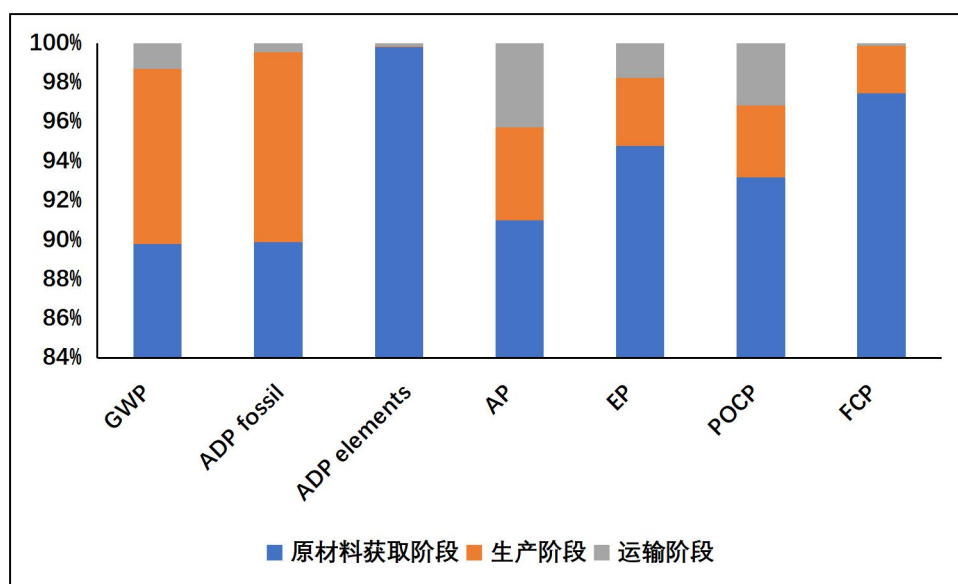


图 4 各阶段对环境影响贡献比重

由图可知生产 1t 铝合金中厚板产品的生命周期 GWP 为 $2.09E+04\text{kg CO}_2 \text{ eq}$ ，主要是由于原材料获取阶段中大量 CO_2 排放所导致，原材料获取阶段、生产阶段和运输阶段对 GWP 的贡献分别占 GWP 总环境影响的 89.81%、8.89%和 1.31%。其他环境影响类型 ADP fossil、ADP elements、AP、EP、POCP、FCP 也主要由原材料获取阶段贡献，贡献占比分别达到 89.85%、99.80%、91.02%、94.77%、93.19%、97.46%。

原材料获取阶段大部分的环境影响均由原铝贡献得到，贡献程度

达到 90%以上，生产阶段各类能源和厂区直接排放的贡献度见图 5，其中电力对各环境类型的影响最大，对 GWP 的贡献度达 69.67%，对 ADP fossil 贡献度达 65.17%，对 ADP elements、AP、EP、POCP、FCP 贡献度分别达 99.63%、94.63%、96.60%、93.84%、99.96%。

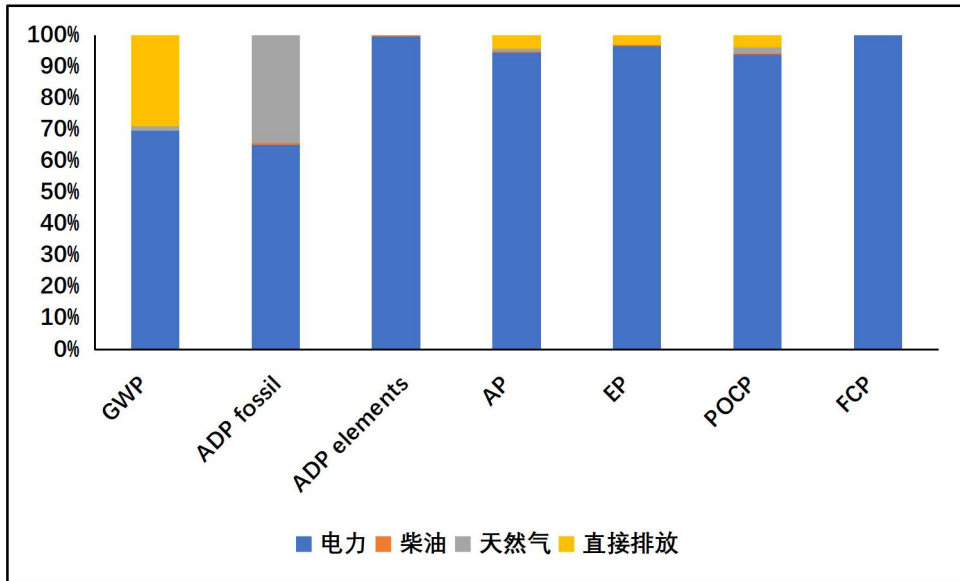


图 5 各因素对生产阶段贡献比重

运输阶段各类运输方式的贡献度见图 6，其中重卡运输对 FCP、ADP fossil、ADP elements 影响更大，贡献度达 100%；海运对 GWP、AP、EP、POCP 影响更大，贡献度分别达 69.63%、96.19%、88.85%、92.36%。

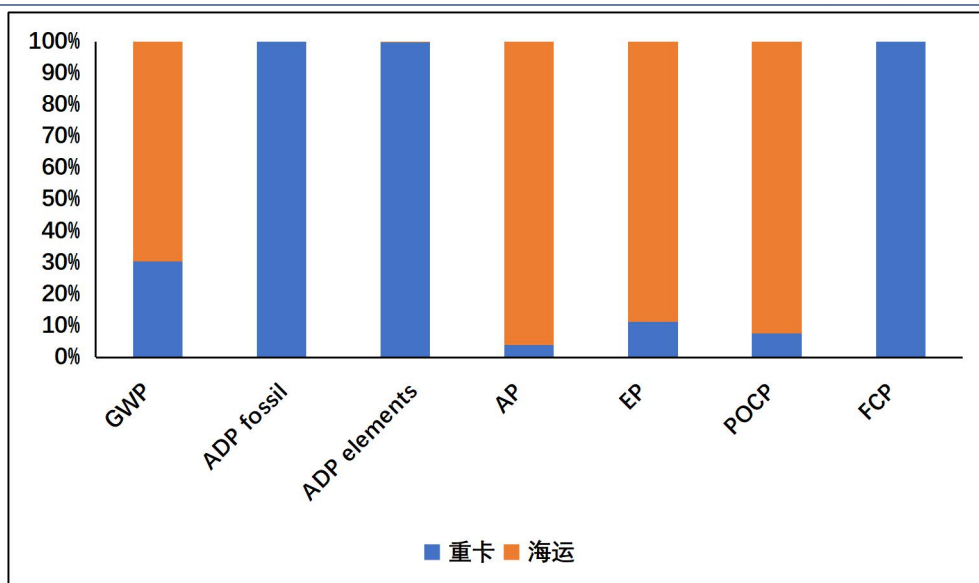


图 6 各因素对运输阶段贡献比重

4.1.2 敏感性分析

由于大部分的环境影响主要由原材料获取阶段贡献，而原材料获取阶段环境影响 90%以上由原铝贡献，因此针对对原铝进行敏感性分析十分有必要。将原材料获取阶段的原铝输入量变化 5%，通过模型重新计算得到原材料获取阶段环境影响类型的结果变化率和原铝敏感性分析结果，如表 8 所示。

表 8 原铝敏感性分析结果

环境影响类型	结果变化率	敏感性
GWP	4.22%	84.32%
ADP fossil	4.17%	83.35%
ADP elements	0.09%	1.75%
AP	3.83%	76.61%
EP	3.60%	72.08%

环境影响类型	结果变化率	敏感性
POCP	4.02%	80.42%
FCP	3.91%	78.11%

从表 8 可知，将原材料获取阶段的原铝输入量变化 5%后，铝合金中厚板各环境影响类型结果均有相应变化。GWP 和 ADP fossil 的结果变化较为显著，结果变化率分别为 4.22%和 4.17%，铝合金中厚板生产对 GWP 和 ADP fossil 的敏感性分别为 84.32%和 83.35%。

4.1.3 完整性和一致性检查

(1) 完整性检查

本评价中所涉及的数据清单相对于其评价目标、范围、系统边界和质量准则完整，包括：

包含了原料的获取阶段、运输阶段、产品的生产阶段等；

包含了与产品生命周期各过程相关的所有原料和能源的输入；

包含了与产品生命周期各过程相关的污染物的输出数据。

(2) 一致性检查

一致性检查的目的是确认假设、方法和数据是否与目的和范围的要求相一致。本评价中已检查企业所提供的数据的一致性，确保数据保持一致或者在相关误差范围内。

5 结论

本研究应用生命周期评价方法，依据 ISO 14040 和 ISO 14044 等国际标准的相关规定，对 1t 铝合金中厚板产品进行生命周期评价，主要的结论如下：

- (1) 生产 1t 铝合金中厚板产品的 GWP 为 $2.09E+04\text{kg CO}_2 \text{ eq.}$ ，ADP fossil 为 $2.61E+05\text{MJ}$ ，ADP elements 为 2.62kg Sb eq. ，AP 为 $1.35E+02\text{kg SO}_2 \text{ eq.}$ ，EP 为 $38.48\text{kg Phosphate eq.}$ ，POCP 为 9.80kg Ethene eq. ，FCP 为 $1.35E+02\text{m}^3$ 。
- (2) 生产 1t 铝合金中厚板产品原材料获取阶段、生产阶段和运输阶段对 GWP 的贡献分别占 GWP 总环境影响的 89.81%、8.89% 和 1.31%。其他环境影响类型 ADP fossil、ADP elements、AP、EP、POCP、FCP 也主要由原材料获取阶段贡献，贡献占比分别达到 89.85%、99.80%、91.02%、94.77%、93.19%、97.46%。
- (3) 生产 1t 铝合金中厚板产品原材料获取阶段所有的环境影响主要由原料原铝贡献得到，贡献程度达到 90% 以上，生产阶段电力对各环境类型的影响最大，运输阶段中海运对 GWP 的影响更大。

 中汽中心 | 数据

中 汽 数 据 有 限 公 司