

曼德汽车零部件（荆门）有限公司

产品碳足迹核查报告

核查机构名称（公章）：天津久信常实科技有限公司

核查报告签发日期：2025 年 04 月 03 日



产品碳足迹核查信息表

核查委托方	曼德汽车零部件（荆门）有限公司	地址	荆门市掇刀区至信大道汽车零部件产业园 2-1888 号		
联系人	王锋	联系方式	19986767026		
产品生产者（制造商）	曼德汽车零部件（荆门）有限公司	地址	荆门市掇刀区至信大道汽车零部件产业园 2-1888 号		
产品名称		汽车大灯			
核算依据		ISO 14067:2018 《温室气体 产品碳足迹量化的要求和指南》、《中国产品全生命周期温室气体排放系数集》			
生命周期阶段		从摇篮到大门			
产品碳足迹功能单位		1 套			
碳足迹（CO ₂ -eq）		1.8683 kg			
核查结论： 经核查，曼德汽车零部件（荆门）有限公司生产的汽车大灯产品，依据 ISO 14067:2018 要求执行产品生命周期温室气体排放量的核查，核查结果确认符合 ISO 14067:2018 标准要求。 一套产品“从摇篮到大门”的生命周期阶段碳足迹排放为：1.8683 kg CO ₂ -eq。					
核查组长	才余	签名		日期	2025.04.03
技术评审人	徐鉴为	签名		日期	2025.04.03
批准人	唐华	签名		日期	2025.04.03

目 录

1. 生命周期评价与产品碳足迹	1
2. 目标与范围定义	1
2.1 核查目的	1
2.2 核查范围	2
2.2.1 功能单位	2
2.2.2 核查指标	2
2.2.3 系统边界	3
2.3 数据取舍规则	3
2.4 数据质量要求	4
2.5 软件和数据库	5
3. 建模与数据收集	5
3.1 产品现场生产	5
3.2 原辅料生产	19
4 产品碳足迹结果与分析	19
5 生命周期解释	21
5.1 假设和局限性	21
5.2 数据质量评估	21
5.2.1 代表性	22
5.2.2 完整性	22
5.2.3 可靠性	22
5.2.4 一致性	23
6. 结论	23

1. 生命周期评价与产品碳足迹

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,即从原材料开采、产品生产(或服务提供)、分销、使用到最终再生利用/处置等多个阶段的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。

2. 目标与范围定义

2.1 核查目的

产品生命周期评价和碳足迹核查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。开展生命周期评价和碳足迹核查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。

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》、《中国产品全生命周期温室气体排放系数集》的要求,建立产品从原材料进厂到产品出厂的生命周期模型,编写碳足迹核查报告,结果和相关分析可用于以下目的:

- 报告只适用于绿色工厂评价,严禁用于其它方面。

2.2 核查范围

2.2.1 功能单位

本次研究的功能单位定义为：1 套汽车大灯产品的生产。产品图片如图 1 所示。



图 1 公司产品图

2.2.2 核查指标

本项目通过对碳足迹指标的核查，帮助企业发现减少产品温室气体排放、实现节能减排的途径，同时也是一种促进绿色消费的重要手段，从而维持可持续的生产与消费。通过对产品碳足迹的核查，为企业评估和实施有针对性的改进提供基础数据。

碳足迹的计算结果为产品生命周期各种温室气体总量排放，用二氧化碳当量（CO₂-eq）表示，单位为 kg CO₂-eq 或者 g CO₂-eq。常见的温室气体包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFC）和全氟化碳（PFC）等。

2.2.3 系统边界

本项目核查的系统边界包括上游原辅料和能源的生产阶段、产品生产阶段，产品的生命周期系统边界属从“摇篮到大门”的类型，如图 2 所示；不包含原辅料和零部件的运输、零部件生产、产品的使用和废弃回收阶段。

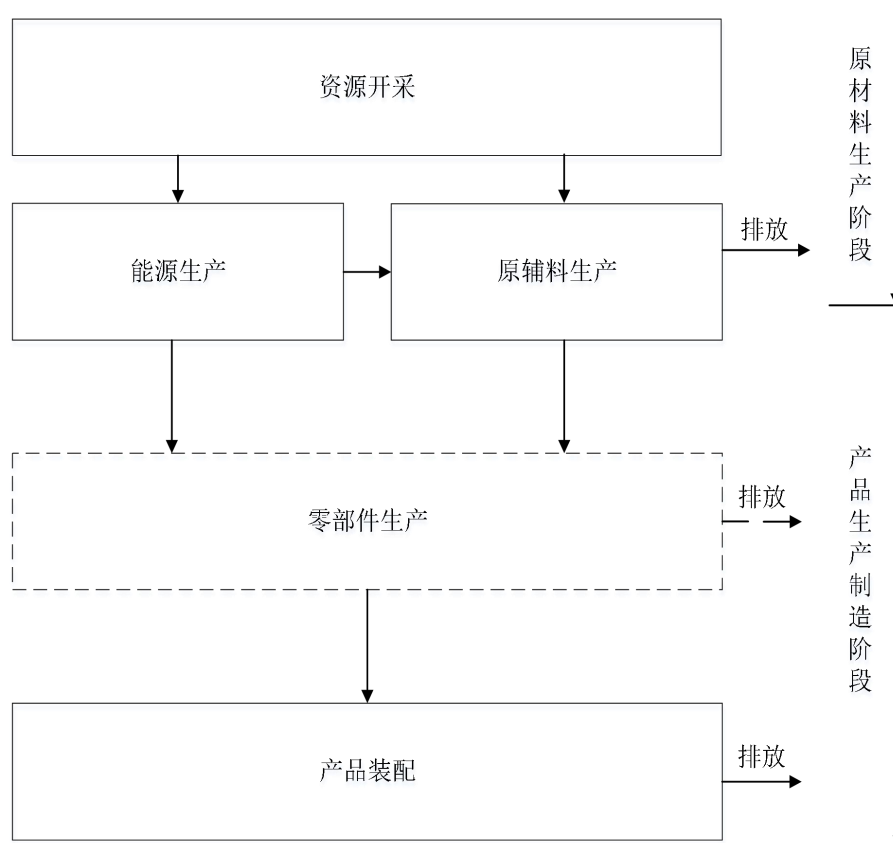


图 2 产品生命周期系统边界

2.3 数据取舍规则

在选定系统边界和指标的基础上，应规定一吨数据取舍准则，忽略对评价结果影响不大的因素，从而简化数据收集和评价过程。本研究取舍准则如下：

a) 原则上可忽略对碳足迹结果影响不大的能耗、原辅料、使用阶段耗材等消耗。例如，小于产品重量 1% 的普通消耗可忽略，而含有稀贵金属（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，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。

2.4 数据质量要求

数据质量评估的目的是判断碳足迹核查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（对碳足迹指标影响超过 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。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。

2.5 软件和数据库

本项目采用亿科开发的 eBalance 软件和中国生命周期基础数据库 CLCD, 建立产品生命周期模型并计算分析。部分原辅料数据采用了瑞士 Ecoinvent 数据库的数据。

CLCD 是代表中国基础工业系统的 LCA 基础数据库，反映中国生产技术和市场平均水平。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缺失的数据。

3. 建模与数据收集

根据数据来源不同分为产品生产制造阶段和原材料生产阶段：

3.1 产品现场生产

产品的生产工艺流程如下：

灯具产品生产工艺见下图：

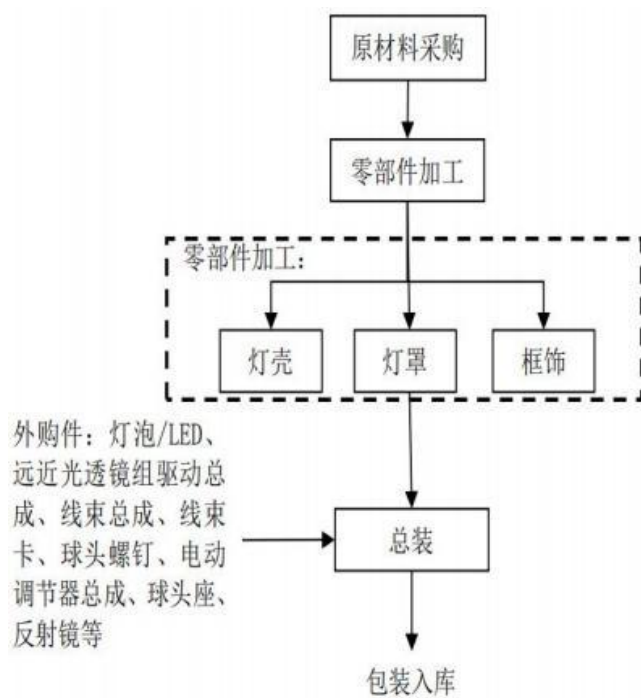


图 3.1.1-1 灯具产品生产工艺总流程图

(1) 灯壳

灯壳生产工艺见下图:

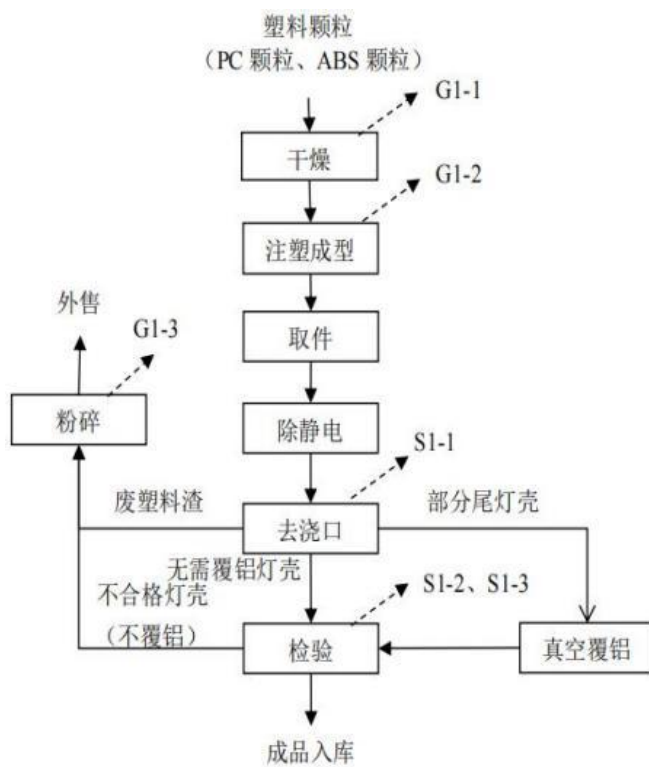


图 3.1.1-2 灯壳生产工艺流程图

工艺流程简述： ①干燥

灯壳生产所用的注塑材料为 PC 颗粒、ABS 颗粒，树脂颗粒中含有水分，用集中供料系统中的除湿干燥机对颗粒进行干燥，干燥温度约 90-105℃。

②注塑成型

通过注塑机加热温度 245~230℃（其中 ABS 粒料热分解温度为 320℃，PC 颗粒热分解温度为 340℃），将塑料颗粒加热熔融成液体，通过压力熔融后的液体注入注塑机模具腔内，注塑成型后用冷却水间接冷却，冷却水循环利用不外排。

③取件

使用机械手，把成型的注塑件取出。

④除静电

采用离子气枪、离子棒去除注塑件表面静电，防止注塑件表面吸附杂质。

⑤去浇口

将注塑件的边角进行修整。

⑥真空覆铝

本项目灯壳产品中，部分产品中尾灯壳需采用真空覆铝处理，将需要覆铝处理的部件固定在夹具盘上，放置到蒸发覆铝设备上进行蒸发覆铝处理，通过加热蒸发铝环使其沉积在注塑件表面形成金属膜层，铝环挂在热丝上作为蒸发源，将固定在夹具上的待覆工件置于蒸发源前方，使用真空泵抽至真空，使覆膜仓中的真空度达到 $1.0 \times 10^{-2} \sim 1.3 \times 10^{-3}$ ，施加电压通过钨丝，使高纯度的钨丝在瞬间熔化并蒸发成气态铝，气态铝蒸发物质在移动的零部件表面以冷凝方式沉积，形成一层连续而光亮的金属铝层，真空覆铝时间一般为 10min。

⑦检验

检验生产灯壳，是否为合格产品。

⑧粉碎

将废塑料渣、未覆铝的不合格品进行破碎处理。

⑨成品入库

将检验合格后的产品，直接包装入库。

(2) 灯罩

灯罩生产工艺见下图：

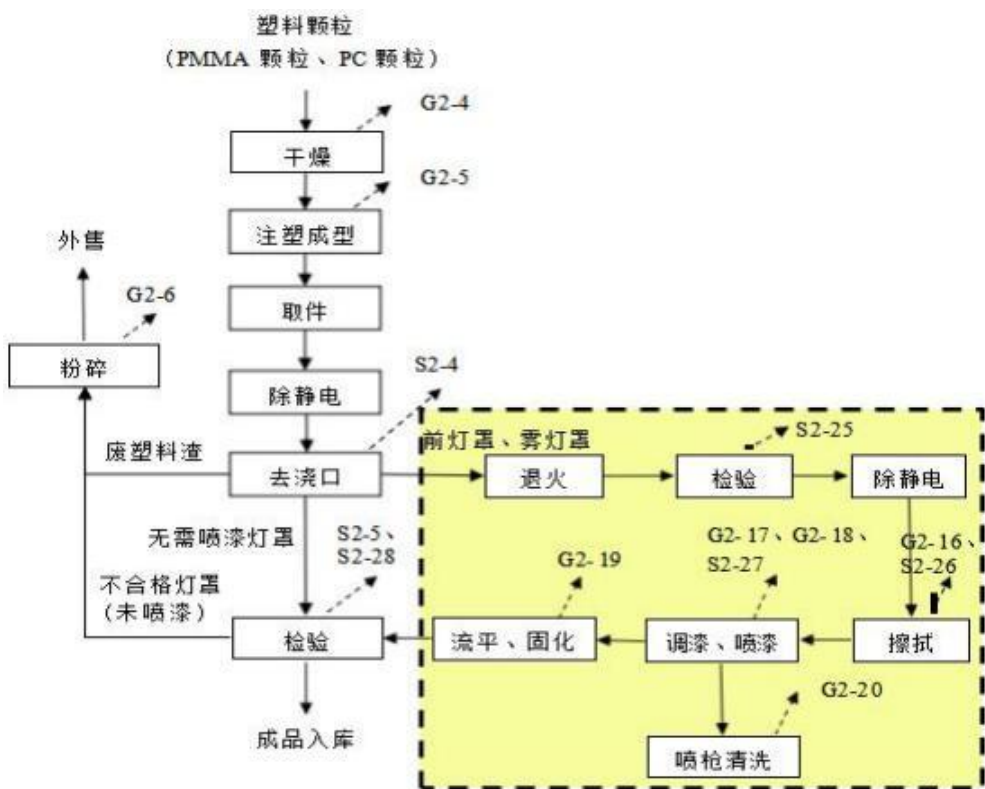


图 3.1.1-3 灯罩生产工艺流程图

工艺流程简述：①干燥

灯罩生产所用的塑料料为 PMMA 颗粒、PC 颗粒，塑料颗粒中含有水分，用集中供料系统中的除湿干燥机对颗粒进行干燥，干燥温度约 90-125℃。

②注塑成型

通过注塑机加热温度 210~250℃ (PMMA 颗粒热分解温度 270℃ ,PC 颗粒热分解温度为 340℃),将塑料颗粒加热熔融成液体，通过压力将熔融后的液体注入注塑机模具腔内，注塑成型后用冷却水间接冷却，冷却水循环利用不外排。

③取件

使用机械手，把成型的注塑件取出。

④除静电

采用离子气枪、离子棒去除注塑件表面静电，防止注塑件表面吸附杂质。

⑤去浇口

将注塑件的边角进行修整。

⑥退火

灯罩产品中，前灯罩、雾灯罩需要进行喷漆处理，喷漆前采用退火炉进行退火处理，消除注塑件表面携带的应力，避免后期产品开裂。采用红外线灯管加热到 110~128℃，退火时间 5min。

⑦检验(喷漆前，人工检验)

采用人工对灯罩外观进行检验，该工序产生的不合格品破碎后重新利用。

⑧除静电

采用离子气枪、离子棒去除注塑件表面静电，防止注塑件表面吸附杂质。

⑨擦拭

为满足灯罩喷漆工件质量，喷漆工序前，人工采用沾有酒精的无尘布去除塑料件表面的杂质和手印。

⑩调漆、喷漆

本项目硬化漆外购成品，防雾漆使用前需进行调配，在调漆室进行。本项目采用自动化机械静电喷涂，作业时喷漆房密闭，仅留物料进出口。喷漆产品均喷 1 次漆，喷漆厚度 6~12 μm ，单个喷漆件喷漆时间约为 10s。

⑪喷枪清洗

针对硬化漆和防雾漆喷漆设备(喷枪喷头)、输漆管路需进行清洗，管路清洗包括油漆输送泵、管道和喷枪喷头的清洗。主要清洗方式为：利用油漆泵将喷

枪清洗剂(酒精)吸入后在一定压力下进行清洗，将喷枪清洗剂在喷漆房喷出，每次清洗过程酒精用量约 1kg/次。

⑫流平、固化

经喷漆后工件由传送带送入流平室，传送带在流平室内的传送时间为 2~3min ，流平的目的是使喷漆后注塑件表面上的漆滴摊平。为保证注塑件的硬度和提高抗老化能力，流平后的注塑件通过传送带进入固化室，进行 UV 光照，固化温度 60~80℃ ,固化时间 3~5min。

⑬检验 (喷漆后或无需喷漆)

检验生产灯壳，是否为合格产品。

⑩粉碎

将废塑料渣、不合格品进行破碎处理。

⑮成品入库

将检验合格后的产品，直接包装入库。

(3) 饰框

饰框工艺流程见下图：

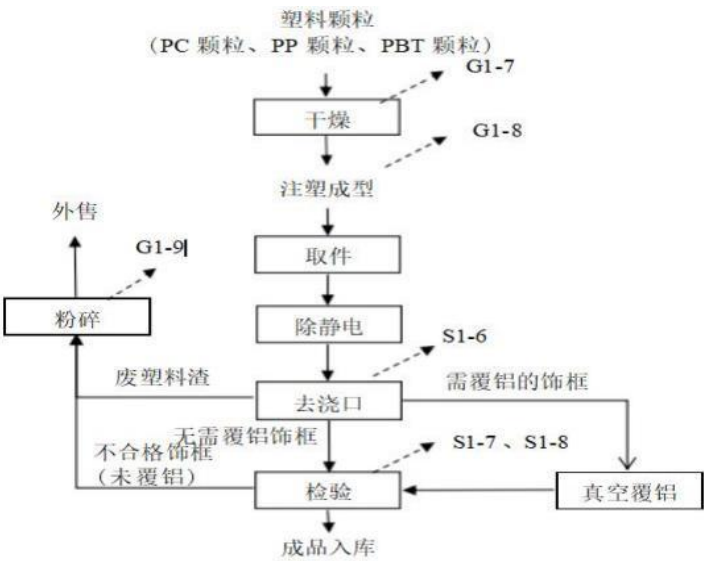


图 3.1.1-4 饰框生产工艺流程图

工艺流程简述:

①干燥

饰框生产所用的注塑材料为 PC 颗粒、PP 颗粒、PBT 颗粒,树脂颗粒中含有水分,用集中供料系统中的除湿干燥机对颗粒进行干燥,干燥温度约 100~140℃。

②注塑成型

通过注塑机加热温度 225~270℃ (其中 PP 粒料热分解温度为 310℃ ,PC 颗粒热分解温度为 340℃ ,PBT 颗粒热分解温度 280℃),将塑料颗粒加热熔融成液体,通过压力将熔融后的液体注入注塑机模具腔内,注塑成型后用冷却水间接冷却,冷却水循环利用不外排。

③取件

使用机械手,把成型的注塑件取出。

④除静电

采用离子气枪、离子棒去除注塑件表面静电,防止注塑件表面吸附杂质。

⑤去浇口

将注塑件的边角进行修整,产生的废塑料渣进行破碎处理后,集中收集至一般固废暂存间暂存,专业回收公司回收处理。

⑥真空覆铝

本项目灯壳产品中,部分饰框需采用真空覆铝处理,将需要覆铝处理的部件固定在夹具盘上,放置到蒸发覆铝设备上,进行蒸发覆铝处理,通过加热蒸发铝环使其沉积在注塑件表面形成金属膜层,铝环挂在热丝上作为蒸发源,将固定在夹具上的待覆工件置于蒸发源前方,使用真空泵抽至真空,使覆膜仓中的真空度达到 $1.0 \times 10^{-2} \sim 1.3 \times 10^{-3}$,施加电压通过钨丝,使高纯度的钨丝在瞬间熔化并蒸发成气态铝,气态铝蒸发物质在移动的零部件表面以冷凝方式沉积,形成一层连续而光亮的金属铝层,真空覆铝时间一般为 10min。

⑦检验

检验生产饰框，是否为合格产品。 ⑧粉碎

将废塑料渣、未覆铝的不合格品进行破碎处理。

⑨成品入库

将检验合格后的产品，直接包装入库。

（4）总装：组合前灯一

组合前灯一工艺流程见下图：

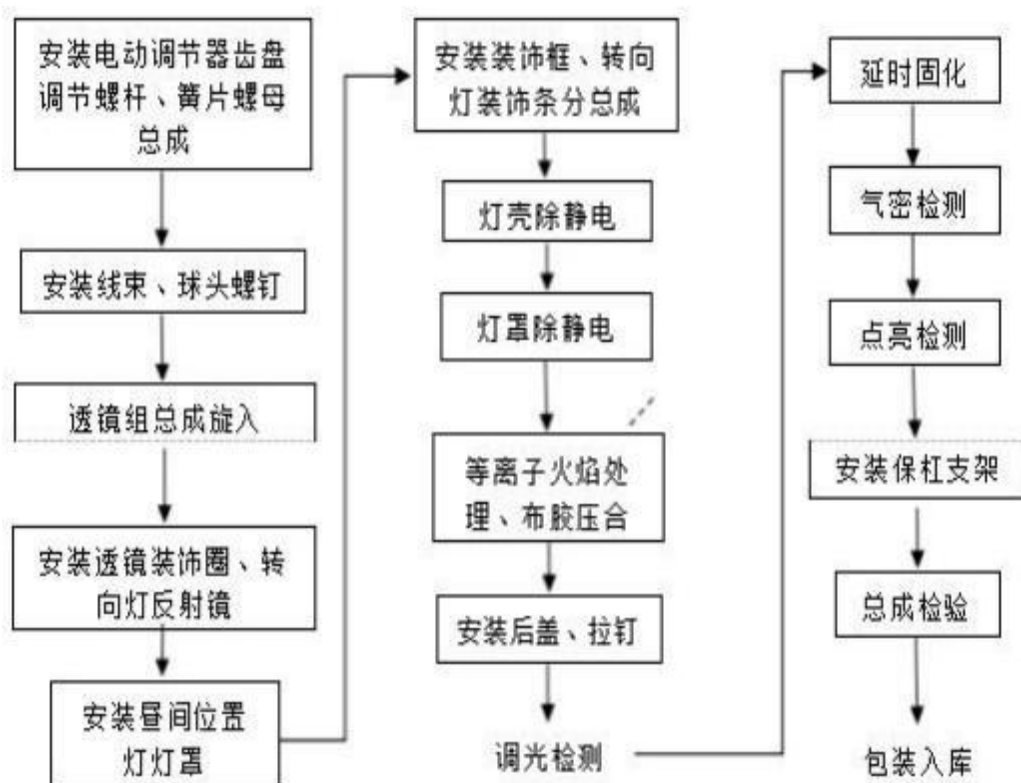


图 3.1.1-5 组合前灯一工艺流程图

工艺流程简述：

①外购部件安装及本项目加工零部件组合

安装电动调节器齿盘调节螺杆、簧片螺母总成、线束、球头螺钉、透 镜组
总成、透镜装饰圈、转向灯反射镜、昼间位置灯灯罩、装饰框、转向灯装饰条分

总成。

②灯壳、灯罩除静电

采用离子气枪、离子棒去除注塑件表面静电，防止注塑件表面吸附杂质。

②安装后盖、拉钉

安装后盖、拉钉零部件。

③等离子火焰处理、布胶压合

采用等离子火焰机处理灯壳，有利于后续 PU 胶的粘合。采用布胶机将 PU 胶加热至 100℃ ,涂布到灯壳凹槽，使灯壳和灯罩粘合。

④调光检测

在自动化检测设备上检测远近光灯的高度、角度等。

⑤延时固化

采用风扇冷却至室温，防止开裂。

⑥气密检测

充入压缩空气进行气密性检测。

⑦点亮检测

在电检台上进行通电性能检测。

⑧安装保险杠支架

安装保险杠支架零部件。

⑨总成检验

检验组合前灯一各零件安装孔位置准确及面差及间隙配合精度是否合格，根据检测数据及时的调整整改不合格之处。

⑩包装入库

将检验合格后的产品，直接包装入库。

(5) 总装：组合前灯二

组合前灯二工艺流程见下图：

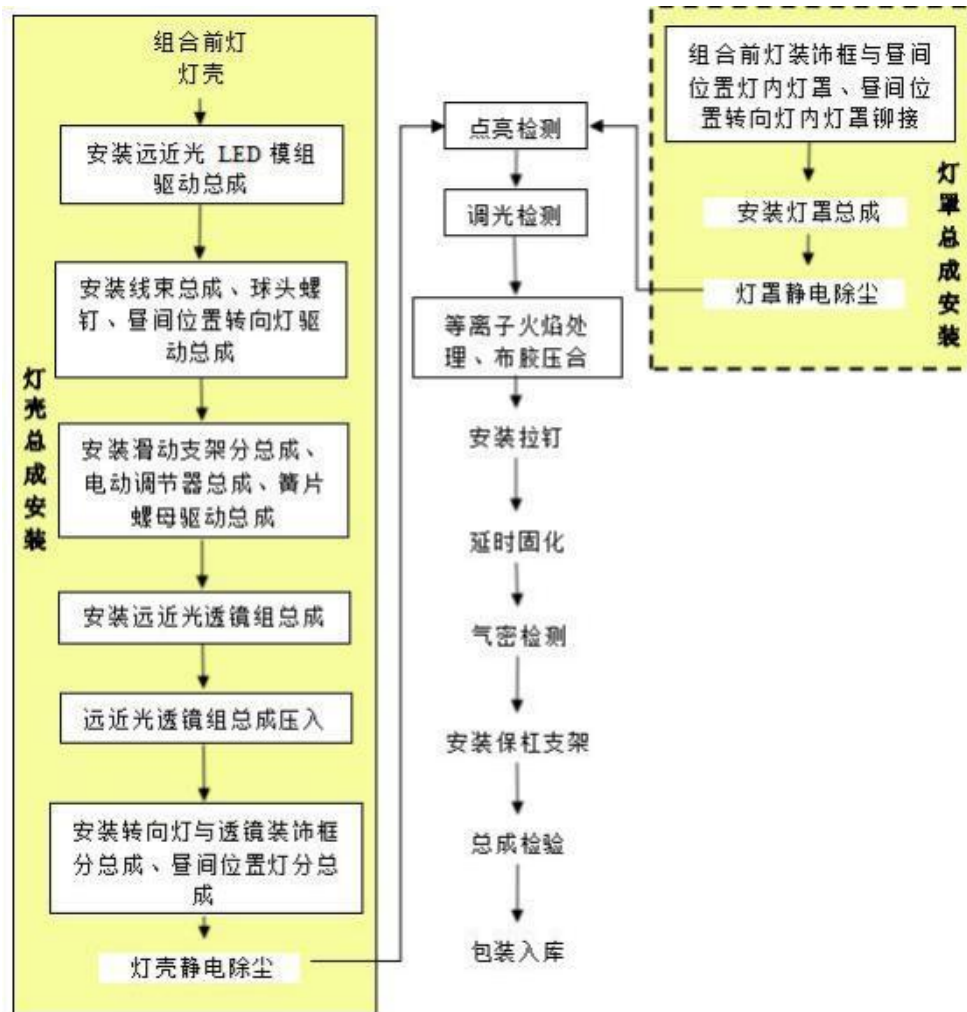


图 3.1.1-6 组合前灯二工艺流程图

工艺流程简述：

①灯壳总成外购部件安装及本项目加工零部件组合

组合前灯灯壳、远近光 LED 模组驱动总成、线束总成、球头螺钉、昼间位置转向灯驱动总成、滑动支架分总成、电动调节器总成、簧片螺母驱动总成、远近光透镜组总成、转向灯与透镜装饰框分总成、昼间位置灯分总成。

②灯罩总成外购部件安装及本项目加工零部件组合

组合前灯装饰框与昼间位置灯内灯罩、昼间位置转向灯内灯罩铆接， 安装

灯罩总成。

③灯壳、灯罩除静电

采用离子气枪、离子棒去除注塑件表面静电，防止注塑件表面吸附杂质。

④点亮检测

在电检台上进行通电性能检测。

⑤调光检测

在自动化检测设备上检测远近光灯的高度、角度等。

⑥等离子火焰处理、布胶压合

采用等离子火焰机处理灯壳，有利于后续 PU 胶的粘合。采用布胶机将 PU 胶加热至 100℃，涂布到灯壳凹槽，使灯壳和灯罩粘合。

⑦安装拉钉

安装拉钉零部件。

⑧延时固化

采用风扇冷却至室温，防止开裂。

⑨气密检测

充入压缩空气进行气密性检测。

⑩安装保险杠支架

安装保险杠支架零部件。

⑪总成检验

检验组合前灯二各零件安装孔位置准确及面差及间隙配合精度是否合格，根据检测数据及时的调整整改不合格之处。

⑫包装入库

将检验合格后的产品，直接包装入库。

（6）总装：组合后灯一

组合后灯一工艺流程见下图：

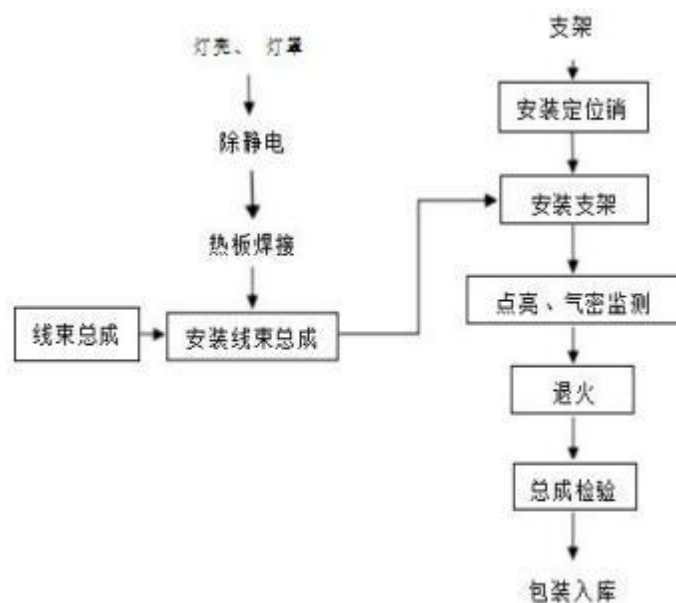


图 3.1.1-7 组合后灯一工艺流程图

工艺流程简述：

①灯壳、灯罩除静电

采用离子气枪、离子棒去除注塑件表面静电，防止注塑件表面吸附杂质。

②热板焊接

采用热板焊接机将灯壳、灯罩放置于模具上，设备自动运行热模进入对产品进行加热（电加热，温度 200℃），加热完成后热模退出，上下模动作将面罩、灯壳压合在一起，保压完成后进行气密检测。热板焊接的材料为聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA，亚克力塑料），聚甲基丙烯酸甲酯的分解温度为 270℃。

③安装线束总成

给焊接好的灯具，安装线束总成。

④安装定位销、支架

安装定位稍，安装支架。

⑤点亮、气密检测

在电检台上进行通电性能检测，充入压缩空气进行气密性检测。

⑥退火

采用退火炉对工件进行退火处理，退火过程温度 70~80℃，采用电加热方式，消除产品表面的应力。

⑦总成检验

检验组合后灯一各零件安装孔位置准确及面差及间隙配合精度是否合格，根据检测数据及时的调整不合格之处。

⑧包装入库

将检验合格后的产品，包装入库。

(7) 总装：组合后灯二

组合后灯二工艺流程见下图：

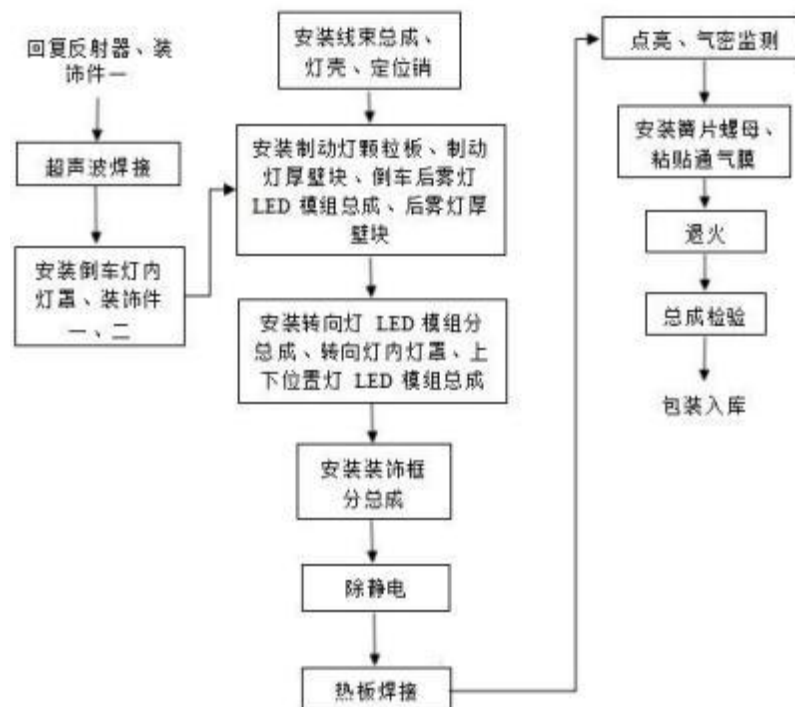


图 3.1.1-8 组合后灯二工艺流程图

工艺流程简述：

①超声波焊接

将回复反射器与装饰件通过超声波焊机焊接，超声波焊机将电能通过超声换能器转变成超声能，该能量通过焊头传导到塑料工件上，以每秒 1.5~2 万次的超声频率及一定的振幅，使塑料工件的接合面剧烈摩擦后熔解、交流，瞬间完成胶合的过程。

②安装倒车灯内灯罩、装件

安装倒车灯内灯罩与装饰件。

③安装后车灯具总成零配件

安装线束总成、灯壳、定位销、制动灯颗粒板、制动灯厚壁块、倒车后雾灯 LED 模组总成、后雾灯厚壁块，将安装好的倒车灯罩和其他总成合并安装，安装转向灯 LED 模组分总成、转向灯内灯罩、上下位置灯 LED 模组总成、装饰框分总成。

④灯壳、灯罩除静电

采用离子气枪、离子棒去除注塑件表面静电，防止注塑件表面吸附杂质。

⑤热板焊接

采用热板焊接机将灯壳、灯罩放置于模具上，设备自动运行热模进入对产品进行加热（电加热，温度 200℃），加热完成后热模退出，上下模动作将面罩、灯壳压合在一起，保压完成后进行气密检测。热板焊接的材料为聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA，亚克力塑料)，聚甲基丙烯酸甲酯的分解温度为 270℃。

⑥点亮、气密检测

在电检台上进行通电性能检测，充入压缩空气进行气密性检测。

⑦安装簧片螺母、粘贴通气膜

将检测好的灯具，安装簧片螺母、粘贴通气膜。

⑧退火

采用退火炉对工件进行退火处理，退火过程温度 70~80℃，采用电加热方式，消除产品表面的应力。

⑨总成检验

检验组合后灯二各零件安装孔位置准确及面差及间隙配合精度是否合格，根据检测数据及时的调整整改不合格之处。

⑩包装入库

将检验合格后的产品，包装入库。

产品的生产环节现场数据收集相对简单，企业提供了产品的材料清单表(Bill of Material, BOM)，由于工艺生产较为简单，没有重要辅料的投入，能源消耗仅有电力和天然气消耗，且现场无生产过程碳排放。能耗见表 1。

表 1 产品现场生产能耗

能源类型	数量	单位
电力	0.083	kWh/每套
天然气	0.43	m ³ /每套

3.2 原辅料生产

产品原辅料消耗数据是根据企业提供的原材料清单表(Bill of Material, BOM)中的零部件材质信息得到的，此处的原辅料包括所有自制零件的原辅料及部分外购零件的原材料。

表 2 主要原辅材料材质一览表

物料名称	单位	重量
颗粒料	KG	7.1
灯具防雾涂料	KG	0.004
灯罩硬化漆	KG	0.027

TEROSON PU U433	KG	0.28
TEROSON PU U142	KG	0.05

4 产品碳足迹结果与分析

根据企业提供的产品 BOM、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 eBalance 中建立了产品的生命周期模型。

一套产品的碳足迹结果为 1.8683kg CO₂-eq, 即产生 1.8683 kg 二氧化碳当量。产品生产现场生产过程用天然气的碳足迹贡献率为 49.78%；原材料消耗对于碳足迹的贡献达到 48.29%。

表 3 产品现场能源消耗的碳足迹贡献结果

能源类型	数值(kg CO ₂ -eq)	贡献率%
电力	0.036	1.93
天然气	0.93	49.78

表 4 产品原材料的生命周期碳足迹贡献结果

原料清单	数值 (kg CO ₂ -eq)	贡献率%
颗粒料	0.553	29.6
灯具防雾涂料	0.086	4.6
灯罩硬化漆	0.0243	1.3
TEROSON PU U433	0.226	12.1
TEROSON PU U142	0.013	0.7

注：上表中仅罗列了 GWP (kg CO₂ eq)灵敏度>0.5%的清单数据。

由上表可知，对于产品碳足迹结果有较大贡献的天然气使用，总贡献率达到 49.78%。

进一步分析产品碳足迹结果中各部分的贡献率，如图 4 所示。

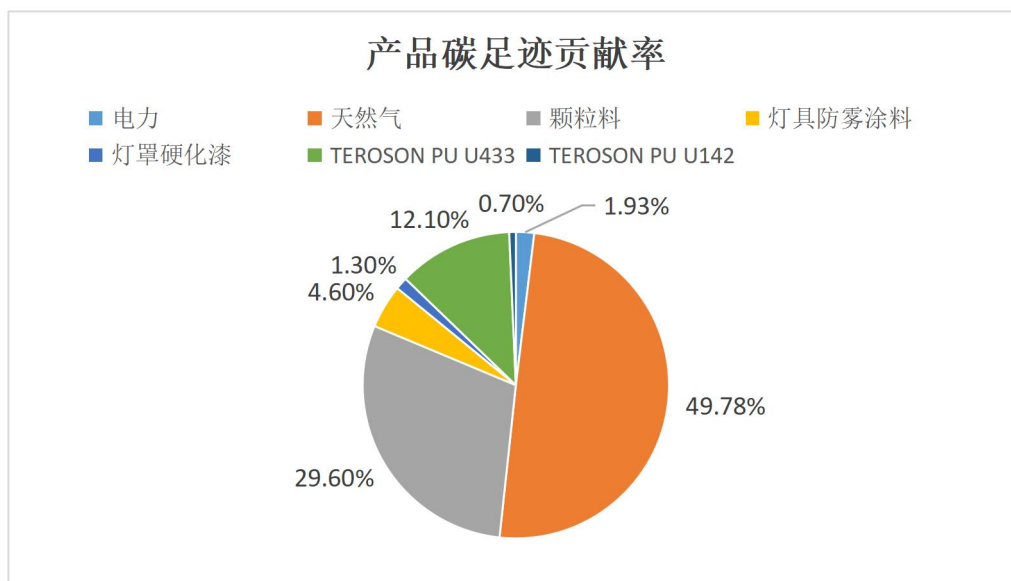


图 4 产品碳足迹的贡献率

从上图可以看出，对产品生命周期碳足迹有主要贡献的是原材料生产，占比为 48.29%。

生产过程用天然气，对产品生命周期碳足迹的贡献率为 49.78%。

5 生命周期解释

5.1 假设和局限性

本次产品碳足迹报告的实景数据中产品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、中国产品全生命周期温室气体排放系数集，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，未调查外购零部件和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零部件和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撑。

5.2 数据质量评估

5.2.1 代表性

本次报告中各单元过程实景数据均发生在湖北荆门，数据代表中国华中地区特定生产企业的一般水平。

实景数据采用 2024 年的企业生产统计数据，背景数据库数据采用近 6 年的数据，文献调查数据采用近 6 年的数据。企业技术工艺主要包括：灯壳、灯罩、饰框、总装等；主要原材料为：颗粒料、灯具防雾涂料、灯罩硬化漆、TEROSON PU U433、TEROSON PU U142 等；主要能源消耗为：电力、天然气。

5.2.2 完整性

（1）模型完整性

本次报告中产品生命周期模型包含上游原辅料生产、产品生产过程，满足本研究对系统边界的定义。产品生产过程中所有原料消耗均被考虑在内，产品生产过程工艺流程包括灯壳、灯罩、饰框、总装等，涉及的能源消耗有电力、天然气。

（2）背景数据库完整性

本研究所使用的背景数据库包括 CLCD-China 数据库和瑞士的 Ecoinvent 数据库、中国产品全生命周期温室气体排放系数集。CLCD-China 数据库包括中国国内 600 多个大宗的能源、原材料、运输的清单数据集，并仍在不断扩展。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。

以上两个背景数据库均包含了主要能源、基础原材料、化学品的开采、制造和运输过程，满足背景数据库完整性的要求。

5.2.3 可靠性

（1）实景数据可靠性

本次报告中，各实景过程主要零部件、原料和能源消耗数据均来自企业产品 BOM 表或实测数据，数据可靠性高。

（2）背景数据可靠性

本研究中 CLCD 数据库数据采用中国或中国特定地区的统计数据、调查数据和文献资料，数据代表了中国生产技术及市场平均水平，数据收集过程的原始数据和算法均被完整记录，使得数据收集过程随时可重复、可追溯。

5.2.4 一致性

本研究所有实景数据均采用一致的统计标准，即按照单元过程单位产出进行统计。所有背景数据采用一致的统计标准，其中 CLCD 数据库在开发过程中建立了统一的核心模型，并进行文档记录，确保了数据收集过程的流程化和一致性。

6. 结论

本次报告主要得出以下结论：

- 一套产品的碳足迹结果为 1.8683kg CO₂-eq，产品生产过程用天然气的碳足迹贡献率为 49.78%；原材料消耗对于碳足迹的贡献达到 48.29%；
- 各组件的碳足迹指标分析表明：颗粒料的总贡献率达到 29.6%，企业可考虑控制上述原材料的使用量，可有效减少产品的碳足迹；
- 产品的生产过程用天然气，对产品生命周期碳足迹的贡献率为 49.78%，企业可通过节约天然气消耗方式以降低产品的碳足迹。
- 受企业供应链管控力度限制，未调查外购零部件和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。建议企业在条件允许的情况下，进一步调研主要外购零部件和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。