

海宁红狮宝盛航空科技股份
有限公司
产品碳足迹报告
(2024 年度)

编制单位：浙江经茂节能技术有限公司

编制日期：2025 年 4 月

摘要	1
1. 产品碳足迹（PCF）介绍	2
2. 目标与范围定义	2
2.1 企业及其产品介绍	2
2.2 研究目的	3
2.3 研究范围	4
2.4 功能单位	4
2.5 生命周期流程图的绘制	4
2.6 分配原则	4
2.7 取舍准则	5
2.8 软件和数据库	5
2.9 数据质量要求	5
3. 过程描述	6
3.1 飞机零部件生产过程	6
4. 数据的收集和主要排放因子说明	3
5. 碳足迹计算	3
5.1 碳足迹识别	3

摘要

产品碳足迹评价的目的是以生命周期评价方法为基础,采用 ISO/TS14067-2013《温室气体产品碳足迹关于量化和通报的要求与指南》、《PAS2050:2011 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》、《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)》的要求中规定的碳足迹核算方法,计算得到海宁红狮宝盛航空科技股份有限公司产品飞机零部件的碳足迹。

为了满足碳足迹的需要,本报告的功能单位定义为生产 1t 飞机零部件产品。系统边界为“从摇篮到客户”类型,现场调研了从获取、原材料运输、产品生产、产品包装、产品运输到客户端的生命过程,其中也调查了其他物料、能源获取的排放因子数据来源于中国生命基础数据库(CLCD)和瑞士的 Ecoinvent 数据库。

评价过程中,数据质量被认为是最重要的考虑因素之一。本次数据收集和选择的指导原则是:数据尽可能具有代表性,主要体现在生产商、技术、地域、时间等方面。生命周期主要活动数据来源于企业现场调研的初级数据,大部分国内生产的原材料的排放因子数据来源于 IPCC 数据库,以及中国生命基础数据库(CLCD)和瑞士的 Ecoinvent 数据库,本次评价选用的数据在国内外 LCA 研究中被高度认可和广泛应用。此外,通过 GreenIn2.0 软件实现了产品的生命周期建模、计算和结果分析,以保证数据和计算结果的可溯性和可再现性。

从本次评价结果看,2024 年度海宁红狮宝盛航空科技股份有限公司飞机零部件产品碳足迹: 1t 飞机零部件的碳足迹 $e=156.96\text{kgCO}_2/\text{t}$,从飞机零部件产品生命周期累计碳足迹贡献比例的情况,可以看出飞机零部件产品的碳排放环节主要集中在生产过程上,其次是产品运输过程。

1. 产品碳足迹（PCF）介绍

近年来，温室效应、气候变化已成为全球关注的焦点，“碳足迹”这个新的术语越来越广泛地为全世界所使用。碳足迹通常分为项目层面、组织层面、产品层面这三个层面。产品碳足迹（ProductCarbonFootprint, PCF）是指衡量某个产品在其生命周期各阶段的温室气体排放量总和，即从原材料开采、产品生产（或服务提供）、分销、使用到最终处置/再生利用等多个阶段的各种温室气体排放的累加。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。碳足迹的计算结果为产品生命周期各种温室气体排放量的加权之和，用二氧化碳当量（CO₂）表示，单位为 kgCO₂ 或者 gCO₂。全球变暖潜值（GlobalWarmingPotential, 简称 GWP），即各种温室气体的二氧化碳当量值，通常采用联合国政府间气候变化专家委员会（IPCC）提供的值，目前这套因子被全球范围广泛适用。

产品碳足迹计算只包含一个完整生命周期评估（LCA）的温室气体的部分。基于 LCA 的评价方法，国际上已建立起多种碳足迹评估指南和要求，用于产品碳足迹认证，目前广泛使用的碳足迹评估标准有三种：①《PAS2050: 2011 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》，此标准是由英国标准协会（BSI）与碳信托公司（CarbonTrust）、英国食品和乡村事务部（Defra）联合发布，是国际上最早的、具有具体计算方法的标准，也是目前使用较多的产品碳足迹评价标准；②《温室气体核算体系：产品生命周期核算与报告标准》，此标准是由世界资源研究所（WorldResourcesInstitute, 简称 WRI）和世界可持续发展工商理事会（WorldBusinessCouncilforSustainableDevelopment, 简称 WBCSD）发布的产品和供应链标准；③ISO/TS 14067-2013《温室气体. 产品的碳排放量. 量化和通信的要求和指南》，此标准以 PAS2050 为种子文件，由国际标准化组织（ISO）编制发布。产品碳足迹核算标准的出现目的是建立一个一致的、国际间认可的评估产品碳足迹的方法。

2. 目标与范围定义

2.1 企业及其产品介绍

海宁红狮宝盛航空科技股份有限公司成立于 2005 年 11 月 20 日，公司位于

浙江海宁经济开发区硖川路 399 号。公司占地面积 120 亩，员工 900 余人。是一家从事航空、航天器精密钣金件及机加工的制造、结构件和电子器件组装与测试的高端制造企业。业务覆盖航空内饰零部件、发动机及短舱零部件、航空电子控制系统零部件、航空结构件等。主要客户有中国商飞、航空工业、中国航发、中航客舱、美国柯林斯宇航、英国罗罗、法国赛峰、美国霍尼韦尔等。

公司被认定为全国重点民用航空工业企业、国家高新技术企业、国家级专精特新“小巨人”、浙江省企业技术中心、浙江省级企业研究院、浙江省企业研发中心、浙江省科技小巨人、浙江省数字化车间、浙江省 AA 级“守合同重信用”企业、嘉兴市信用管理示范企业、嘉兴市绿色工厂、嘉兴市工业设计中心、海宁市市长质量奖。公司已取得 AS9100D(航空质量管理体系)、NADCAP(美国国家航空航天和国防合同方授信项目)、CAAC-PMA(民航局零部件制造人批准书)、ISO9001(质量管理体系)、ISO14001(环境管理体系)、ISO45001(职业健康安全管理体系)、ISO5001(能源管理体系)、两化融合管理体系贯标认证。公司拥有 45 项自主研发设计的相关授权专利。

公司具有业内先进的航空数字化制造、精密钣金成形、橡皮囊成形、三维五轴激光切割、五轴联动数控机加工、表面处理、热处理等航空高精密零部件加工技术。拥有国外先进的橡皮囊成形机、五轴加工中心、高速光纤激光切割机、数控多工位冲床、数控伺服折弯机等航空高精密零部件加工设备 300 余台套。公司具有 7 项相关航空制造特种工艺已通过 NADCAP 认证，分别为：焊接、非常规加工、热处理、无损检测、化学处理、材料检测实验室，首件检验，是国内具备 NADCAP 资质最多的民营企业。

2.2 研究目的

碳足迹核算是海宁红狮宝盛航空科技股份有限公司实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露产品的碳足迹是海宁红狮宝盛航空科技股份有限公司环境保护工作和社会责任的一部分，也是海宁红狮宝盛航空科技股份有限公司迈向国际市场的重要一步。本项目的研究结果将为海宁红狮宝盛航空科技股份有限公司与产品的采购商和第三方的有效沟通提供良好的途径，对促进产品全供应链的温室气体减排具有一定积极作用。

本项目评价结果的潜在沟通对象包括两个群体：一是海宁红狮宝盛航空科技

股份有限公司内部管理人员及其他相关人员，二是企业外部利益相关方，如上游原材料供应商、下游采购商、地方政府和环境非政府组织等。

2.3 研究范围

根据本项目评价目的，按照 ISO/TS14067-2013、《PAS2050：2011 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》，本次碳足迹评价的边界为企业 2024 年全年生产活动及非生产活动数据。由于飞机零部件产品运输采用直接运输方式，因此，确定本次评价边界为：产品的碳足迹=原料生产运输+产品过程生产+产品运输。

2.4 功能单位

为方便系统中输入/输出的量化，功能单位被定义为生产 1t 飞机零部件。

2.5 生命周期流程图的绘制

根据《PAS2050：2011 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》绘制 1 台飞机零部件产品的生命周期流程图，其碳足迹评价模式为从商业到商业（B2B）评价：包括从原材料运输、产品生产、消耗能源生产、包装和运输到分销商。

在本报告中，产品的系统边界属于“从摇篮到客户”的类型，为了实现上述功能单位，飞机零部件产品的系统边界见下表：

表 2.1 包含和未包含在系统边界内的生产过程

包含的过程	未包含的过程
1 飞机零部件生产的生命周期过程包括： 原材料运输—产品生产—产品销售 2 电力、天然气使用 3 产品的运输	1 资本设备的生产及维修 2 产品的使用 3 产品回收、处置和废弃阶段 4 其他辅料的运输

2.6 分配原则

由于在本次评价系统边界下，生产飞机零部件过程产生极少不合格产品，由于未单独统计，因此将生产原材料与能源消耗全部计入飞机零部件生产过程。

2.7 取舍准则

此次评价采用的取舍规则以各项原材料投入占产品重量或过程总投入的重量比为依据。具体规则如下：

普通物料重量 $<0.1\%$ 产品重量时，以及含稀贵或高纯成分的物料重量 $<0.1\%$ 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 5% ；

生产设备、厂房、生活设施等可以忽略；

在选定环境影响类型范围内的已知排放数据不应忽略。

本报告所有原辅料和能源等消耗都关联了上游数据，部分消耗的上游数据采用近似替代的方式处理。

基于评价目标的定义，本次评价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。

评价过程中统计了各种温室气体，包括二氧化碳（CO₂），甲烷（CH₄），氧化亚氮（N₂O），四氟化碳（CF₄），六氟乙烷（C₂F₆），六氟化硫（SF₆）和氢氟碳化物（HFC）等。并且采用了 IPCC 第四次评估报告（2007 年）提出的方法来计算产品生产周期的 GWP 值。该方法基于 100 年时间范围内其他温室气体与二氧化碳相比得到的相对辐射影响值，即特征化因子，此因子用来将其他温室气体的排放量转化为 CO₂ 当量（CO₂）。例如，1kg 甲烷在 100 年内对全球变暖的影响相当于 25kg 二氧化碳排放对全球变暖的影响，因此以二氧化碳当量（CO₂）为基础，甲烷的特征化因子就是 25kgCO₂。

2.8 软件和数据库

2.9 数据质量要求

为满足数据质量要求，在本评价中主要考虑了以下几个方面：

数据准确性：实景数据的可靠程度；

数据代表性：生产商、技术、地域以及时间上的代表性；

模型一致性：采用的方法和系统边界一致性的程度。

为了满足上述要求，并确保计算结果的可靠性，在评价过程中优先选择来自

生产商和供应商直接提供的初级数据，其中经验数据取平均值，本评价在 2024 年 3 月进行数据的调查、收集和整理工作。当初级数据不可得时，尽量选择代表区域平均和特定技术条件下的次级数据，次级数据大部分选择来自 IPCC 数据库；当目前数据库中没有完全一致的次级数据时，采用近似替代的方式选择 IPCC 数据库中数据。

采用 eFootprint 软件的来建立产品生命周期模型，计算碳足迹和分析计算结果，评价过程中的数据库采用中国生命基础数据库（CLCD）和瑞士的 Ecoinvent 数据库。

数据库的数据是经严格审查，并广泛应用于国内国际上的 LCA 研究。各个数据集和数据质量将在第 4 章对每个过程介绍时详细说明。

3.过程描述

（1）飞机零部件

飞机零部件总体生产工艺见图 1-1。

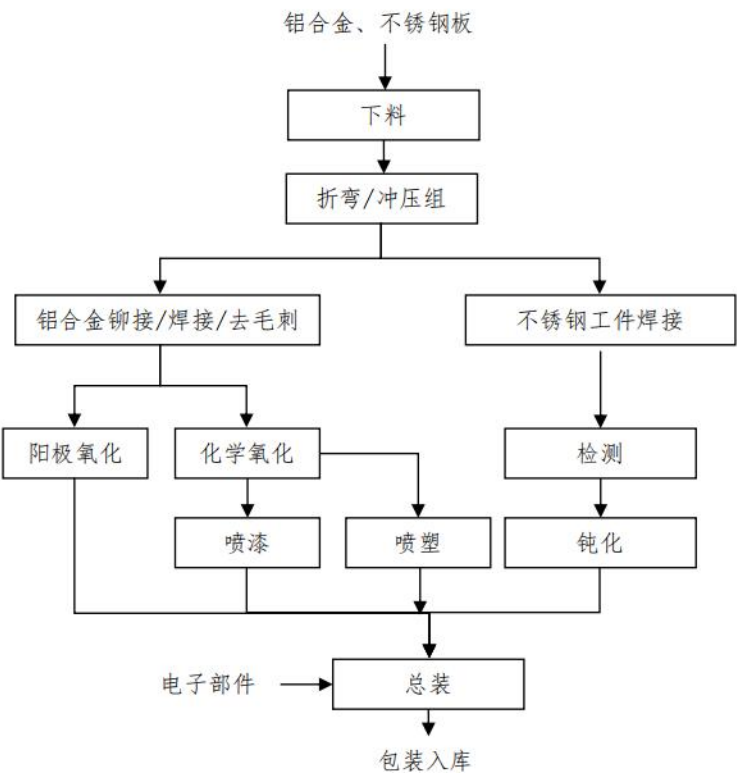


图 1-1 飞机零部件总体生产工艺流程图

1、氧化线生产工艺流程

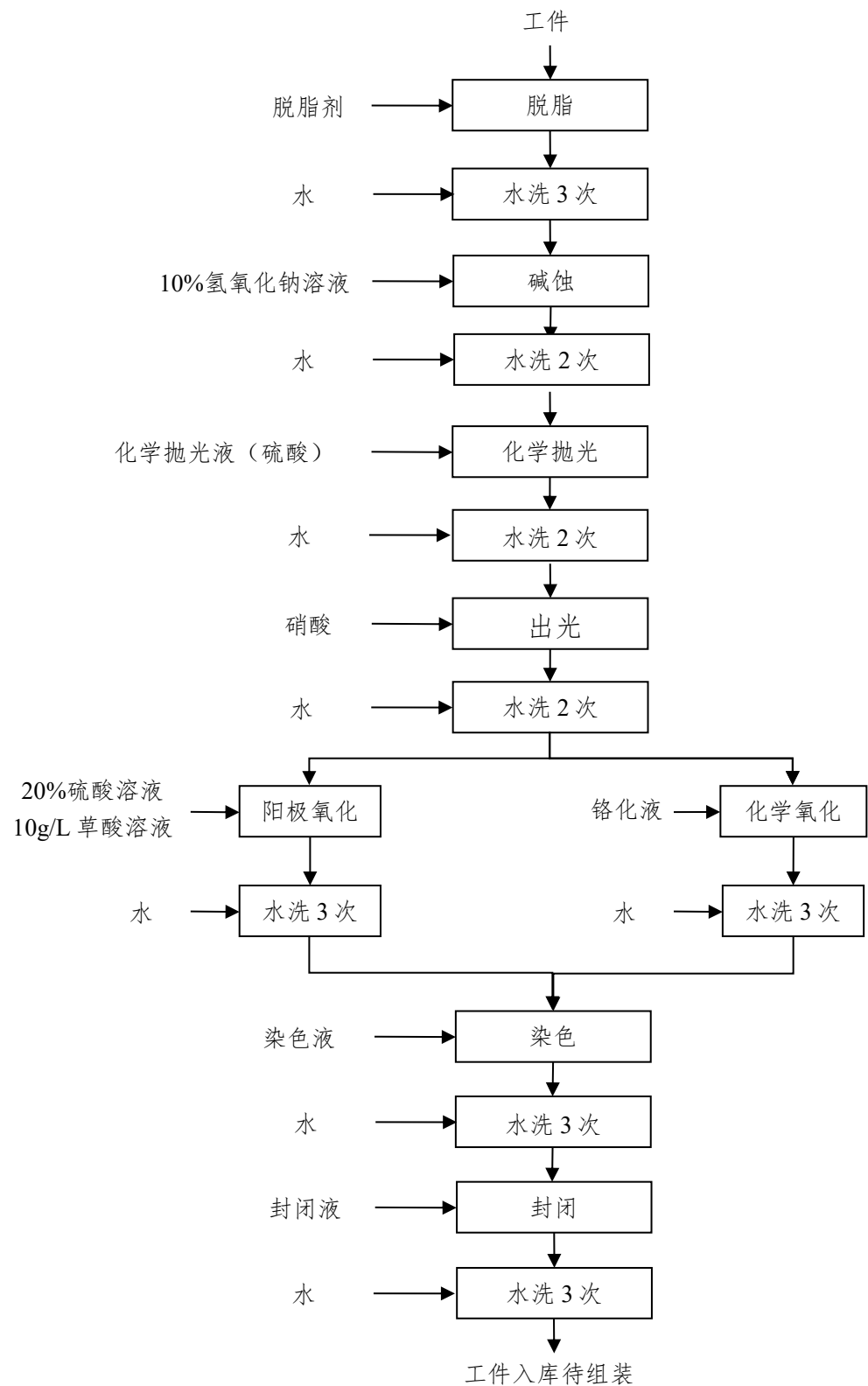


图 1-2 阳极氧化线生产工艺流程图

氧化线工艺说明：

氧化线主要用于飞机零部件中铝合金件的加工，氧化线采用阳极氧化和化学氧化两种氧化工艺。飞机座椅靠背、卫生间设备等主要采用阳极氧化工艺，飞机座椅扶手、供氧系统等采用蚀刻和化学氧化结合的工艺。阳极氧化和化学氧化过程中，除所用氧化槽不同外，其他工艺基本相同，主要工序说明如下：

- 脱脂：使用表面活性剂等脱脂剂除去工件表面的油层，脱脂温度约 50~60℃，持续 2~5 分钟。
- 碱蚀：对铝合金型材表面自然氧化膜进行溶解、对铝合金型材表面的机械纹轻微的整平、对铝合金型材表面轻微的油污进行除油。脱脂过程使用约 10% 氢氧化钠溶液，碱蚀温度约 70~80℃，持续 0.5~5 分钟。
- 出光：使铝及铝合金零件表面呈现出具有金属光泽的结晶组织并使之充分活化，同时还具有中和碱浸蚀后工件表面残余碱液的作用。现有项目主要采用硝酸出光液，出光温度约 50℃。工件经出光并水洗后，选择进行化学氧化或阳极氧化。
- 阳极氧化：阳极氧化是在阳极氧化液中加上高压直流电使得阳极表面产生的氧气等氧化性物质氧化阳极本身，产生致密的氧化物表面，因而产生具有耐腐蚀，具有一定硬度的表面
- 化学氧化：导电氧化（又叫化学氧化）不需要通电，只要在药水里浸泡即可，它是一种纯化学反应。铝件进行化学导电氧化后具有一定的防腐蚀性，加强防锈能力，且不改变材料的机械性能。现有项目氧化分为阳极氧化和化学氧化，两种氧化工艺不同时进行，飞机座椅扶手、飞机供氧系统支架等进行化学氧化，飞机座椅靠背、支架、卫生间支架、供氧系统连接器等进行阳极氧化。
- 封闭：为了提高铝件质量，必须将氧化膜层的微细孔隙予以封闭，经过封闭处理后表面变的均匀无孔，形成致密的氧化膜。经封闭后的氧化膜不再具有吸附性，可避免吸附有害物质而被污染或早期腐蚀，从而提高了阳极氧化膜的防污染、抗蚀等性能。现有项目采用无机盐溶液封闭，封闭剂主要成分为醋酸镍，封闭温度约 82~95℃。

2、钝化线生产工艺流程

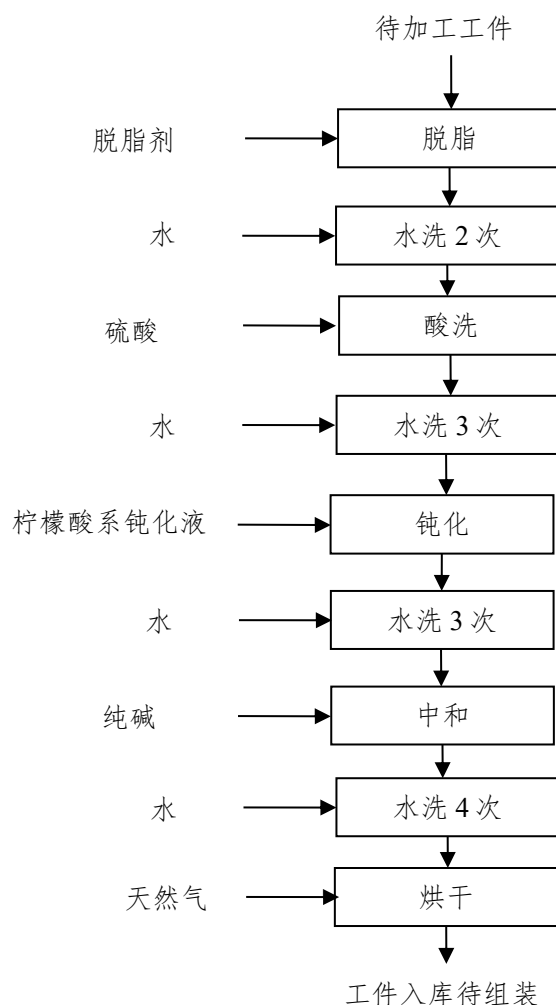


图 1-3 钝化线生产工艺流程图

钝化线工艺说明：

钝化线目前串联在氧化线后，形成 1 条整体生产线，但处理工件不同，钝化线主要用于飞机零部件中不锈钢件的加工，主要工序说明如下：

- 酸洗：为除锈、除油，钝化前采用稀硫酸进行酸洗。
- 钝化：利用钝化液中的氧化性物质与金属产生氧化还原反应，促使在金属表面生成一层金属的氧化物、达到有效保护金属的目的。现有项目采用柠檬酸系列钝化液，与传统硝酸和铬酸钝化相比，减少了氮氧化物及重金属铬带来的环境污染，但钝化效果有降低。

3、渗透检测线生产工艺流程

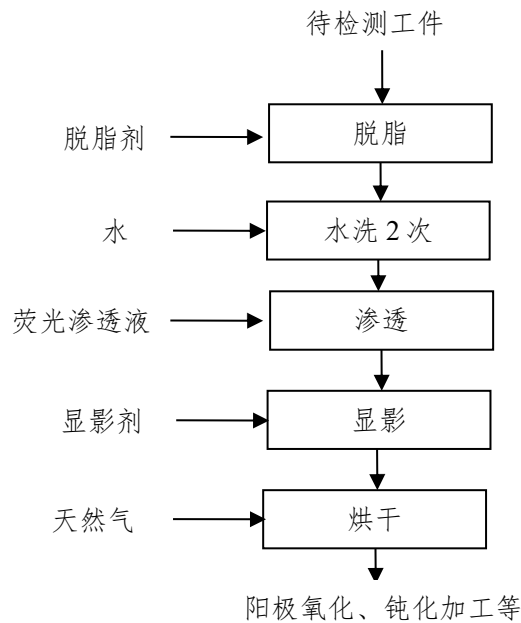


图 1-4 渗透检测线生产工艺流程图

渗透检测线工艺说明：

渗透检测线主要针对工件有焊接的位置做焊缝探伤检测。工件表面被施涂含有荧光染料或者着色染料的渗透剂后，在毛细作用下，经过一定时间，渗透剂可以渗入表面开口缺陷中；去除工作表面多余的渗透剂，经过干燥后，再在工件表面施涂吸附介质——显像剂；同样在毛细作用下，显像剂将吸引缺陷中的渗透剂，即渗透剂回渗到显像中；在一定的光源下（黑光或白光），缺陷处的渗透剂痕迹被显示（黄绿色荧光或鲜艳红色），从而探测出缺陷的形貌及分布状态。

(2) 航空发动机零部件

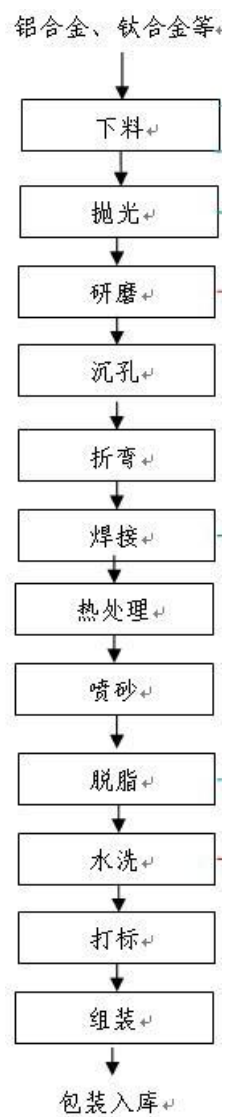


图 1-4 航空发动机零部件生产工艺流程图

(3) 航空发动机短舱零部件

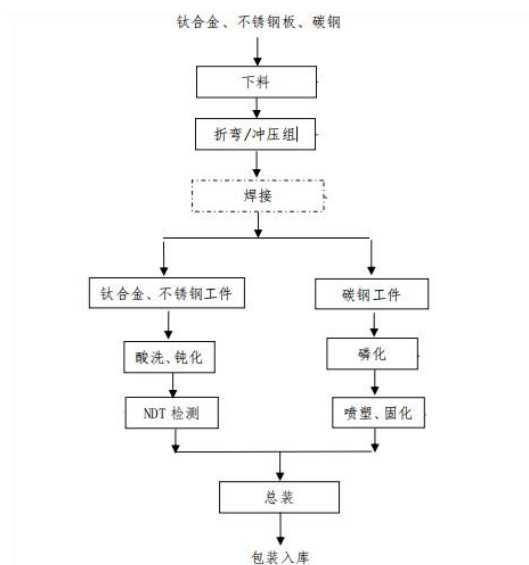


图 1-5 航空发动机短舱零部件总体生产工艺流程图

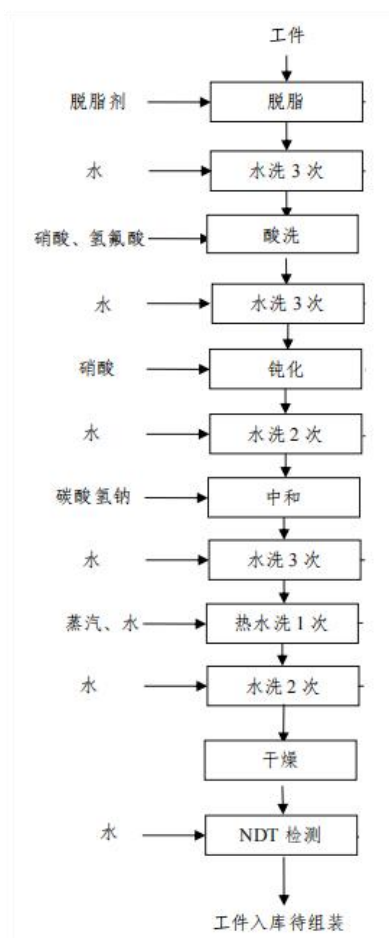


图 1-5 酸洗、钝化线生产工艺流程图

酸洗、钝化线主要生产工艺说明如下：

- 脱脂：使用表面活性剂等脱脂剂除去工件表面的油层，脱脂温度约 60~80℃。脱脂槽定期清槽产生废槽液、槽渣。脱脂后进行 3 道水洗。
- 酸洗：酸洗是为了去除金属表面附属物，酸洗过程需要经历多次。由于不锈钢中含有铬和镍元素，它生成的氧化铁皮不仅十分致密、坚韧，而且与基体金属牢固地结合在一起，因此很难溶于硫酸、盐酸等单一酸中，一般需用混合酸在酸洗池进行酸洗。项目使用硝酸和氢氟酸混合酸对工件表面进行酸洗，去除表面的氧化层，酸洗槽定期清槽产生废槽渣。
- 钝化：不锈钢材料在酸洗后需要进行钝化加工，利用钝化液中的氧化性物质与金属产生氧化还原反应，促使在金属表面生成一层金属的氧化物、达到有效保护金属的目的，本项目钝化液为硝酸。
- 中和：钝化后的工件利用碳酸氢钠进行中和处理，之后进行水洗、干燥并经检测后即可进入组装工序。

4. 数据的收集和主要排放因子说明

为了计算产品的碳足迹，必须考虑活动水平数据、排放因子数据和全球增温潜势（GWP）。活动水平数据是指产品在生命周期中的所有的量化数据（包括物质的输入、输出；能量使用；交通等方面）。排放因子数据是指单位活动水平数据排放的温室气体数量。利用排放因子数据，可以将活动水平数据转化为温室气体排放量。如：电力的排放因子可表示为：tCO₂e/kWh，全球增温潜势是将单位质量的某种温室效应气体（GHG）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，如 CH₄（甲烷）的 GWP 值是 25。活动水平数据来自现场实测；排放因子采用 IPCC 规定的缺失值。活动水平数据主要包括：外购电力消耗量、蒸汽消耗量和天然气消耗量等。排放因子数据主要包括外购电力排放因子和天然气排放因子、飞机零部件生产过程排放因子和交通运输排放因子。

5. 碳足迹计算

5.1 碳足迹识别

结合飞机零部件生产的碳足迹分析，本次评价不涉及消费终端的排放量，以

及对于原材料获得所需碳排放的计算，没有计算原材料加工的碳足迹，仅计算从原材料供应商到公司仓库的碳足迹。

表 5.1 碳足迹过程识别表

序号	主体	活动内容	备注
1	原材料获取	运输排放	/
2	飞机零部件生产过程	能源排放	/
3	产品运输	运输排放	/

5.2 数据计算

(1) 原材料获取

公司原材料供应商到公司的距离具体见下表，运输方式以公路运输为主。

表 5.2-1 原材料采购运输信息表

原辅材料名称	供应商位置（公里）	货运运行里程数（公里）	运输类型
镁铝合金	300	12000	汽车
不锈钢	200	6000	汽车
钛合金	900	46000	汽车
紧固件等五金件配件（套）	300	69000	汽车
座椅套等配件（套）	300	13500	汽车
其他材料	300	15000	汽车
合计		161500	

根据《IPCC2006 国家温室气体清单指南》和《省级温室气体清单编制指南（试行）》，公路运输能耗计算公式如下：

公路（道路）交通能耗=百公里油耗*运行里程数*保有量（5.1）

根据《中国交通运输能源消耗水平测算与分析》，中型货车平均百公里油耗为 27.6（升/百公里）。

各类原辅材料货车运行里程数见上表 5.2。

根据上述公式计算得到原辅材料运输能耗结果如下：

表 5.2-2 原材料采购运输柴油耗量表

总里程数（百公里）	柴油消耗量（升）	柴油消耗量（吨）
1615	44574	37.44

根据《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）》，柴油燃料特性参数缺省值低位发热量为 46.05GJ/吨，单位热值含碳量为 $20.2 \times 10^{-3} \text{tCO}_2/\text{GJ}$ ，碳氧化率为 98%，通过核算，原辅材料获取过程中二氧化碳排放

量为 34.83tCO₂，企业 2024 年产品产量 28200t，单位产品原材料采购运输环节二氧化碳排放量为 1.24kgCO₂/t。

（2）飞机零部件生产

企业在生产过程中，二氧化碳排放包含生产过程中消耗电力排放、消耗蒸汽排放消耗天然气排放。

表 5.2-3 生产过程中能源消耗量

排放类型	消耗量	平均低位发热值	单位热值含碳量 tC/GJ	碳氧化率 %	折算因子 /	碳排放量 tCO ₂
天然气	15.74 万 m ³	389.31GJ/万 m ³	15.3	99	44/12	340.33
外购电力	3933.9MWh	/	/	/	0.5246tCO ₂ /MWh	2063.72
外购蒸汽	16267 GJ	/	/	/	0.11tCO ₂ /GJ	1789.35
合计						4193.40

通过核算，企业 2024 年飞机零部件生产过程中产生二氧化碳 4193.40 tCO₂，2024 年产品产量 28200t，单位产品生产过程二氧化碳排放量为 148.70kgCO₂/t。

（3）飞机零部件运输

企业在产品运输过程中，二氧化碳排放主要为货车公路运输产生的排放。企业产品发运半径约 300 公里，全年运输总里程 904500 公里，2024 年产品运输柴油消耗量为 249642 升，折算约 209.70 吨，产品运输过程中产生二氧化碳排放总量为 195.08tCO₂，2024 年企业全年飞机零部件产量为 28200t，则单位产品生产过程二氧化碳排放量为 7.02kgCO₂/t。

表 5.2-4 飞机零部件产品碳足迹

序号	内容	二氧化碳排放量（kgCO ₂ /t）
1	原材料运输环节	1.24
2	飞机零部件生产环节	148.70
3	飞机零部件运输环节	7.02
4	飞机零部件全生命周期	156.96

综上，1t 飞机零部件的碳足迹 e=156.96kgCO₂/t，从飞机零部件生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出飞机零部件的碳排放环节主要集中在生产过程中，其次是产品运输环节。

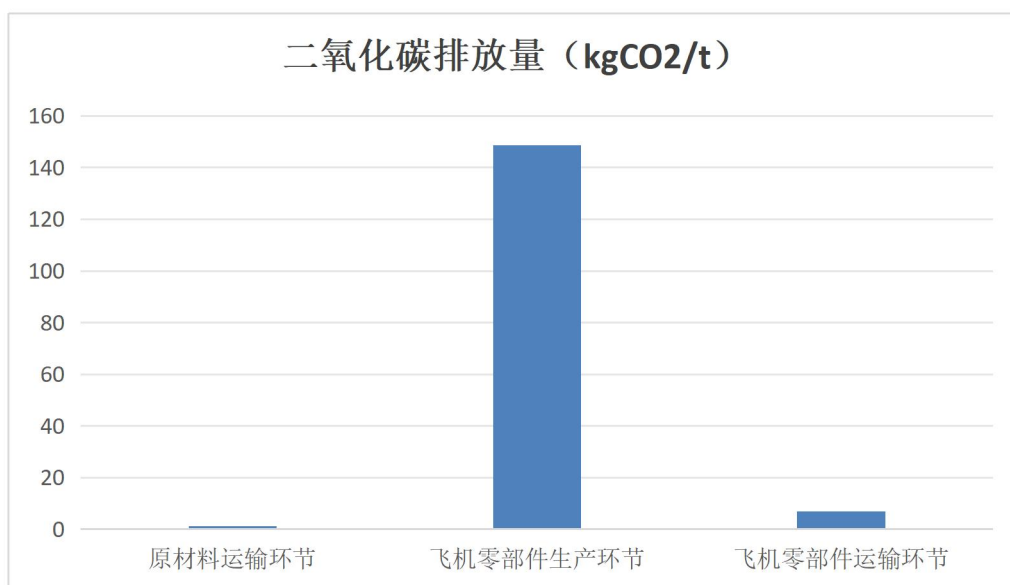


图 5-1 生命周期各阶段的碳足迹的分析结果

所以为了减小飞机零部件的碳足迹，应重点考虑减少飞机零部件生产能耗，主要为降低生产过程的碳排放。

为减小产品碳足迹，建议如下：

- (1) 通过设备改变运转方式、提高效率，有效减少运转过程中能源的消耗。
- (2) 加强节能工作，从技术及管理层面提升能源效率，电力消耗，厂内可考虑实施节能改造，重点提高设备的能源利用率，从而减少能源损失；
- (3) 在分析指标的符合性评价结果以及碳足迹分析、计算结果的基础上，结合环境友好的设计方案采用落实生产者责任延伸制度、绿色供应链管理等工作，提出产品生态设计改进的具体方案。
- (4) 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，加强产品碳足迹全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。
- (5) 不确定性的主要来源为初级数据存在测量误差和计算误差。减少不确定性的方法主要有：使用准确率较高的初级数据；对每一道工序都进行能源消耗的跟踪监测，提高初级数据的准确性。