

山东九佳紧固件股份有限公司
车桥系列紧固件产品
产品碳足迹报告

完成单位（公章）：山东长润节能技术服务有限公司

报告日期：2021年10月18日



目 录

| | |
|-------------------------|----|
| 一、前言 | 4 |
| 二、评价目的 | 5 |
| 三、评价过程和方法 | 7 |
| 3.1 评价标准 | 7 |
| 3.2 工作组安排 | 7 |
| 3.3 评价流程 | 8 |
| 3.3.1 文件评价 | 8 |
| 3.3.2 现场访问 | 8 |
| 3.3.3 报告编写及内部技术复核 | 9 |
| 四、评价范围 | 10 |
| 4.1 企业基本情况 | 10 |
| 4.2 评价对象 | 12 |
| 4.3 系统边界 | 12 |
| 4.3.1 时间边界 | 12 |
| 4.3.2 排放源边界 | 12 |
| 4.3.3 生命周期模式 | 13 |
| 五、清单分析 | 13 |
| 5.1 生产技术 | 13 |
| 5.2 清单分析 | 13 |
| 六、数据收集 | 23 |
| 6.1 数据收集和评价过程 | 23 |
| 6.1.1 产品数据 | 23 |
| 6.1.2 物料数据 | 23 |
| 6.1.3 能耗数据 | 25 |
| 6.1.4 其他数据 | 25 |
| 6.1.5 碳足迹核算系数 | 27 |
| 6.2 数据汇总表 | 27 |

| | |
|------------------------|----|
| 七、产品碳足迹的计算 | 28 |
| 7.1 计算公式 | 28 |
| 7.2 产品碳足迹评估与分析 | 29 |
| 7.3 产品碳足迹分析 | 31 |
| 7.3.1 按生命周期各环节分析 | 31 |
| 7.3.2 按物料、能耗组成分析 | 31 |
| 7.4 敏感性分析 | 32 |
| 八、不确定性分析 | 32 |
| 8.1 分析方法 | 32 |
| 8.2 不确定性分析结果 | 35 |
| 九、结论 | 36 |
| 十、节能减排建议 | 36 |
| 附录 | 38 |
| 附录 1 产品碳足迹评价声明 | 38 |
| 附录 2 文件清单 | 39 |

一、前言

全球气候系统正在发生重要的变化，联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）在 2014 年发布的 IPCC 第五次评估报告中确认世界各地都在发生气候变化，而气候系统变暖是毋庸置疑的。报告明确指出人类对气候系统的影响是明确的，而且这种影响在不断增强，在世界各个大洲都已观测到种种影响。如果任其发展，气候变化将会增强对人类和生态系统造成严重、普遍和不可逆转影响的可能性。

“碳足迹”（Carbon footprint）被用来描述产品或服务从生产、消费到废弃的整个生命周期过程中温室气体的排放量。有效地控制碳足迹，既可以减少温室气体的排放量，减少对环境的影响，又可以节约能源的消耗。有效的碳信息汇报和碳减排已成为各生产型企业控制生产成本、提高企业竞争力的方法，在社会各领域中逐渐达成了可持续发展的共识。

“十三五”规划中也提到要主动控制碳排放，有效控制碳排放总量，2016 年 10 月，为加快推进绿色低碳发展，确保完成“十三五”规划纲要确定的低碳发展目标任务，推动我国二氧化碳排放 2030 年左右达到峰值并争取尽早达峰，国务院印发了《“十三五”控制温室气体排放工作方案》，温室气体控排力度进一步加大，对企业碳管理提出更高的要求。碳足迹评价在企业碳管理过程中具有极其重要的作用，是实现节能减排必须解决的问题。

紧固件是人类活动中不可或缺的重要组成部分，在国民经济中占

有重要地位，其对于人类经济和社会发展有着重大的现实意义。对相关企业而言，率先实施碳足迹核算和评估，无疑是最好的选择。碳足迹核算与评估有助于企业了解碳足迹相关政策与法规和碳足迹的核算原则和过程；在碳足迹交易市场上把握先机，从中获益；改善能源效益，节省长远开支；未雨绸缪，迎接国家法律和贸易壁垒的挑战；吸引新顾客，保留老顾客，在市场竞争中脱颖而出；履行社会责任，树立良好企业形象；实施简单，成本低廉。

二、评价目的

山东九佳紧固件股份有限公司成立于 2012 年，注册资本 18046.5 万元，是国家专精特新“小巨人”企业、国家高新技术企业。主营业务为高端紧固件产品技术研发、设计、生产、销售、服务。主导产品为高强度、高等级、高性能紧固件，已从事紧固件产品制造 9 年，是省内高强度、高性能紧固件制造业龙头企业，市场占有率山东省第 3 位、全国前 10 位。公司占地面积 300 亩，目前有员工 260 人。公司生产现场有一批国内最先进的高精度低能耗的主要工艺设备（拉丝机、吨湾产冷成型机、热处理生产线、表面处理生产线），安装有工业废水处理、酸雾处理、车间油烟净化装置，从而实现清洁生产。实验室有一批先进的国内、外检测仪器和设备，完全达到产品检测条件，确保产品质量。公司 2013 年 5 月开始试生产，2013 年 8 月已量产，公司主导产品为汽车紧固件及非标系列的紧固件，产品的等级为 8.8 级、10.9 级、12.9 级等高强度紧固件，

涉及的产品标准有 GB、ISO、DIN、ANSZ 等国内外系列产品标准。目前已通过 IATF16949: 2016 质量管理体系、ISO14001 环境体系、OHSAS18001 职业健康安全管理体系、ISO 50001 能源管理体系认证，通过 ISO/TS 22163: 2017 国际铁路行业标准认证，完成了 ISO/IEC 17025 实验室认证。

公司采用 ERP 信息化企业管理和 CAPP 工艺设计管理系统，运用科学的管理手段，全面加强企业内部管理、技术管理、质量管理，确保信息流畅通，提高产品品质和工作效率。通过自动化仓储系统的建立，有效地将车间物流科学合理的进行连接，将大幅度地提高汽车紧固件的品质，增加市场份额，增强产品技术创新竞争力，从而实现产品结构的优化，企业综合效益的提高，把山东九佳紧固件股份有限公司建设成为高技术含量、高附加值、高档次的世界一流汽车紧固件主要生产基地之一，中国知名的汽车紧固件制造企业，为国内汽车主机厂配套，为民族工业的发展贡献微薄力量。

在 IATF16949: 2016 质量体系的保证下，公司秉承“持续改善、顾客至上”的一贯方针，不断提升产品质量和员工的品质意识，实现公司与客户良好的合作与双赢。

公司员工文化层次结构在地区行业中位居第一位。合理的人力资源配置，为公司一贯倡导的“员工、客户、企业共赢”的经营理念奠定了良好的基础。公司管理注重细节、追求卓越，不断提升管理水平；以“严谨、敬业、创新、高效”的企业精神打造世界一流品牌。

此次评价对象为山东九佳紧固件股份有限公司生产的车桥系列紧固件产品，涉及生产工序包括线材改制（球化退火、皂化、拉丝）、冷成型、热处理、表面处理、包装、物流等环节。通过碳足迹评价，将达到以下目的：

- 1) 核算单位产品碳足迹，有利于绿色工厂的认证与实施。
- 2) 通过对比用于产品生产的各项能源、资源、物料碳足迹数据，找出影响产品碳足迹的关键要素，有利于有针对性地升级生产技术和改造生产工艺，优化供应结构，从而实现节能、降耗、减排目标。
- 3) 通过此次核算，最终让企业明确自身碳排放现状，寻找节能减排机会，最终建立绿色环保的竞争优势。为低碳产品认证、碳排放核查、排污权交易做信息储备。

三、评价过程和方法

3.1 评价标准

- ISO/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》

-PAS2050:2011 《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》

3.2 工作组安排

依据 ISO/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》，以及 PAS2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》，根据核算任务以及企业的规模、行业，按照山东长润节能技术服务有限公司内部工作组人员能力及程序文件的要求，此次工作组由下表所示人员组成。

表 3-1 工作组成员表

| 序号 | 姓名 | 职务 | 职责分工 |
|----|----|----|---|
| 1 | 张新 | 组长 | 产品碳足迹排放边界的确定，2020 年产品生产过程中涉及的各类物料和能源资源数据收集、原物料统计报表、能源统计报表及能源利用状况等。产品碳足迹报告的撰写。 |
| 2 | 张磊 | 组员 | 收集了解企业基本信息、产品情况、原物料情况、计量设备、主要耗能设备情况，资料整理，排放量计算及结果核算。 |

3.3 评价流程

3.3.1 文件评价

根据 PAS2050，工作组于 2021 年 9 月 20 日对企业提供的支持性文件进行了查阅，详见评价报告附录“文件清单及主要文件样张”。

工作组通过查阅以上文件，识别出现场访问的重点为：现场查看企业产品的生产工艺流程，原辅料消耗情况，实际排放设施和测量设备，现场查阅企业的支持性文件，通过交叉核对判断企业提供的能源和物料消耗量数据是否真实、可靠、正确。

3.3.2 现场访问

工作组于 2021 年 9 月 23 日进行了现场核查。企业主要负责人介绍了企业的具体情况，并对文件评价阶段提出的问题进行了沟通解

答。会议的时间、对象及主要内容如表 3-2 所示：

表 3-2 现场访问记录表

| 时间 | 访谈对象 | 部门 | 访谈内容 |
|-----------------------|------|-----|--|
| 2021 年 9 月 23 日 | 杨蕊 | 综合部 | <ul style="list-style-type: none">• 介绍企业的基本情况、生产经营情况；• 介绍企业组织机构设置情况；• 介绍企业管理现状。• 介绍企业产品情况及生产工艺；• 介绍产品生产过程中各工序物料及能源使用情况；• 介绍企业物料及能源计量、统计情况。• 介绍评价产品的生产、销售及原辅料购买情况，提供相关数据。 |
| | 杨扬 | 制造部 | |
| | 吕兆光 | 制造部 | |

3.3.3 报告编写及内部技术复核

工作组于 2021 年 9 月 27 日编制碳足迹报告初稿，2021 年 10 月 18 日形成最终碳足迹报告。

为保证编写质量，碳足迹评价工作实施组长负责制、技术复核人复核制、质量管理委员会把关三级质量管理体系。即对每一个碳足迹评价项目均执行三级质量校核程序，且实行质量控制前移的措施及时把控每一环节的工作质量。碳足迹评价工作的第一负责人为工作组组长。工作组组长负责在评价过程中对工作组成员进行指导，并控制最终碳足迹报告的质量；技术复核人负责在最终碳足迹报告提交给客户前控制最终碳足迹报告的质量；报告批准人负责整体工作质量的把控，以及报告的批准工作。

技术复核人及报告批准人情况见表 3-3。

表 3-3 技术复核组成员表

| 序号 | 姓名 | 职责 | 行业领域 | 是否进行现场访问 |
|----|-----|------|---------------------------|----------|
| 1 | 徐岩岩 | 技术复核 | 化工、电力、钢铁、石化、机械 | 否 |
| 2 | 石磊 | 报告批准 | 电力、钢铁、建材、石化、化工、造纸、有色、其他行业 | 否 |

四、评价范围

4.1 企业基本情况

山东九佳紧固件股份有限公司成立于 2012 年，注册资本 18046.5 万元，是国家专精特新“小巨人”企业、国家高新技术企业。主营业务为高端紧固件产品技术研发、设计、生产、销售、服务。主导产品为高强度、高等级、高性能紧固件，已从事紧固件产品制造 9 年，是省内高强度、高性能紧固件制造业龙头企业，市场占有率山东省第 3 位、全国前 10 位。公司占地面积 300 亩，目前有员工 260 人。公司生产现场有一批国内最先进的高精度低能耗的主要工艺设备（拉丝机、吨湾产冷成型机、热处理生产线、表面处理生产线），安装有工业废水处理、酸雾处理、车间油烟净化装置，从而实现清洁生产。实验室有一批先进的国内、外检测仪器和设备，完全达到产品检测条件，确保产品质量。公司 2013 年 5 月开始试生产，2013 年 8 月已量产，公司主导产品为汽车紧固件及非标系列的紧固件，产品的等级为 8.8 级、10.9 级、12.9 级等高强度紧固件，

涉及的产品标准有 GB、ISO、DIN、ANSZ 等国内外系列产品标准。目前已通过 IATF16949: 2016 质量管理体系、ISO14001 环境体系、OHSAS18001 职业健康安全管理体系、ISO 50001 能源管理体系认证，通过 ISO/TS 22163: 2017 国际铁路行业标准认证，完成了 ISO/IEC 17025 实验室认证。

公司采用 ERP 信息化企业管理和 CAPP 工艺设计管理系统，运用科学的管理手段，全面加强企业内部管理、技术管理、质量管理，确保信息流畅通，提高产品品质和工作效率。通过自动化仓储系统的建立，有效地将车间物流科学合理的进行连接，将大幅度地提高汽车紧固件的品质，增加市场份额，增强产品技术创新竞争力，从而实现产品结构的优化，企业综合效益的提高，把山东九佳紧固件股份有限公司建设成为高技术含量、高附加值、高档次的世界一流汽车紧固件主要生产基地之一，中国知名的汽车紧固件制造企业，为国内汽车主机厂配套，为民族工业的发展贡献微薄力量。

在 IATF16949: 2016 质量体系的保证下，公司秉承“持续改善、顾客至上”的一贯方针，不断提升产品质量和员工的品质意识，实现公司与客户良好的合作与双赢。

公司员工文化层次结构在地区行业中位居第一位。合理的人力资源配置，为公司一贯倡导的“员工、客户、企业共赢”的经营理念奠定了良好的基础。公司管理注重细节、追求卓越，不断提升管理水平；以“严谨、敬业、创新、高效”的企业精神打造世界一流品牌。

4.2 评价对象

本次碳足迹评价对象为：1t 车桥系列紧固件产品。

4.3 系统边界

4.3.1 时间边界

核算的时间边界为 2020 年 1 月 1 日至 2020 年 12 月 31 日。

4.3.2 排放源边界

系统边界确定了产品碳足迹的范围，即碳足迹评价应包括哪些生命周期阶段、投入和产出。根据 PAS2050:2011，用于原材料转变的所有流程、产品生命周期内能源供应和使用、制造和提供服务、设施运行、运输、储存所产生的 GHG 排放，应纳入边界范围。厂房、机器设备等的使用维修及折损，工人日常生活所引发的碳足迹皆不在核算边界之内。

由于产品边界内排放源较多且排放情况复杂，PAS2050 允许排除不超过总排放量 1% 的非实质性排放；与生活相关活动温室气体排放量不计，包括雇员上下班通勤、公务旅行、人工劳动等；办公室所产生的排放量计算结果难以有普适作用，因此排放系统计算时将此部分温室气体排放忽略不计。综上，对于本次评价，以上排放源没有计入。

对于本企业产品碳足迹核算的空间边界包括山东九佳紧固件股份有限公司 1t 车桥系列紧固件产品的原辅料生产、原辅料运输、产品生产与包装、废弃物处理和成品运输全过程，具体包括生产区域、

生产辅助区域、物料运输的能耗和物耗（原料、辅料、包装材料）。

4.3.3 生命周期模式

根据 PAS2050，产品在生命周期的内 GHG 排放评价应在以下方式进行选择：

a) 从商业-到-消费者的评价（B2C），包括产品在整个生命周期内所产生的排放；

b) 从商业-到-商业的评价（B2B），包括直到输入到达一个新的组织之前所释放的 GHG 排放（包括所有上游排放）。

在计算 B2C 产品的碳足迹时，典型的流程图步骤包括生命周期全过程：从原材料，通过生产、制造、分销和零售，到消费者使用，以及最终处置或再生利用；B2B 的碳足迹停留在产品被提供给另一个制造商的节点上，计算产品碳足迹时只包括从原材料通过生产直到产品到达一个新的组织。

本次产品碳足迹的评价是针对 1t 车桥系列紧固件产品生产过程的 GHG 排放的跟踪计算，因此采用从“商业-到-商业”（B2B）的生命周期模式。

五、清单分析

5.1 生产技术

公司工艺流程包括：线材改制（球化退火、皂化、拉丝）、冷成型、热处理、表面处理等工序。公司整体工艺流程见图 1-1 所示。

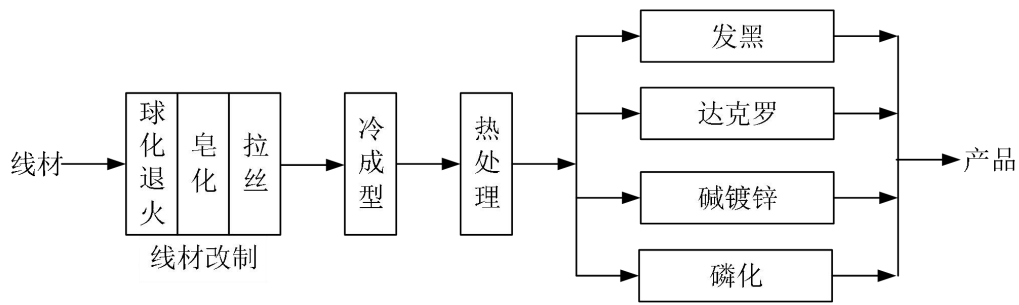


图 1-1 公司整体工艺流程示意图

一、线材改制车间

线材改制环节包括球化退火、皂化和拉丝三部分。

球化退火：球化退火就是使钢中碳化物球化而进行的退火，得到在铁素体基体上均匀分布的球状或颗粒状碳化物的组织，目的是降低锌锭的硬度，提高锌锭的可塑性，以增加后续冷镦加工时的成形能力。本项目设置 3 吨罩式燃气球化退火炉，3 吨炉共享 1 吨燃气罩，单吨装炉量 30.6t，每 12h 出一次炉，燃气耗量 160m³/h，1 吨井式球化退火炉，单次装炉量为 16t，每 24h 出一次炉，燃气耗量 40m³/h。原料采用合金钢丝，首先将合金钢丝置于退火炉内，采用天然气燃烧加热方式，于 720℃、氮气保护氛围下进行退火处理。天然气燃烧废气经低氮燃烧处理后经 1 根 20m 高的排气筒排放。

水洗：目的是去掉线材表面的灰尘，同时对线材进行加热，增强后续的酸洗效果。操作过程先向槽内注 80%水，然后向槽内直接通入蒸汽加热升温至 70℃。将线材吊入其中浸洗约 3~5min，然后吊出进入下道工序。由于本环节线材来源于球化退火工序，线材表面灰尘较少，热水槽中热水可反复使用，约每个月清槽一次，废水通过泵抽至综合污水处理系统。

皂化：皂化槽液温度保持在 75~80℃，槽液为 5%的润滑剂。将材料放入润滑液中浸泡 2~4min，使形成皂化膜，增强材料表面的润

滑性。皂化环节润滑剂采用高级脂肪酸盐，不含易挥发物质，该环节无废气产生。

拉丝：经过上述处理后的线材送入拉丝车间经拉丝设备将钢丝拉制成所需的直径要求。

线材改制车间生产工艺流程见图 1-2。

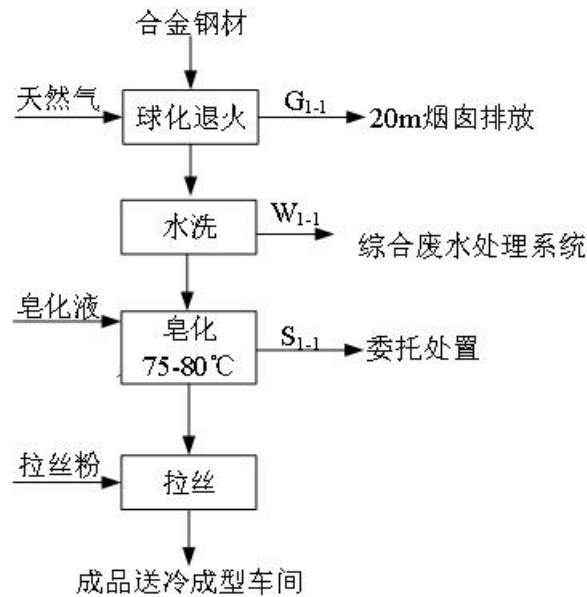


图 1-2 线材改制车间生产工艺流程图

二、冷成型车间

冷成型：项目原料钢丝经过线材改制后，通过冷镦机将钢丝截成产品所需的长度，冷镦机在工作时由于钢丝被高速切断及在成型时产生噪声；同时钢丝被高速切断及成型产生的热量使模具中喷入的润滑油部分气化，产生油雾气（非甲烷总烃）。冷镦机自带封闭机罩，挥发油雾气在罩内大部分凝结成油滴，落入收集油箱，然后经油箱内自带滤网过滤后循环使用，少量非甲烷总烃无组织排放。润滑油长期使用后技术指标发生变化，需定期更换，换下的废油属于危险废物，委托有资质单位处置。

经过冷镦成型的锌锭再通过搓丝机加工处理。搓丝工艺是在外形已具备所需尺寸的零件上作滚压螺纹，主要是机加工过程，污染环节

主要是设备运行产生的噪声和废润滑油，废油属于危险废物，委托有资质单位处置。

冷成型工艺流程及产污环节见图 1-3。

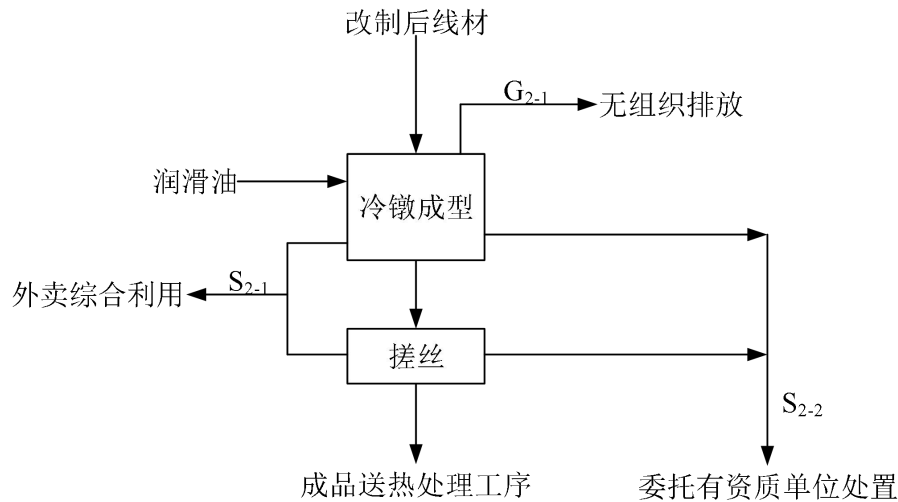


图 1-3 冷成型车间工艺流程图

三、热处理车间

热处理主要工艺为淬火和回火。淬火是将钢件加热到临界温度 A_{c3} （亚共析钢）或 A_{c1} （过共析钢）以上温度，保温一段时间，使之全部或部分奥氏体化，然后以大于临界冷却速度的冷速快冷到 M_s 以下（或 M_s 附近等温）进行马氏体（或贝氏体）转变的热处理工艺；回火是将经过淬火的工件重新加热到低于下临界温度的适当温度，保温一段时间后在空气或水、油等介质中冷却的金属热处理工艺，一般用于减低或消除淬火钢件中的内应力，或者降低其硬度和强度，以提高其延性或韧性。

本项目热处理车间设置三条连续式淬火回火热处理线，两条为电加热和一条为天然气加热方式。主要生产工序包括工件前清洗、去磷、水洗、热水洗、淬火、冷却（油冷）、水洗、回火等，另外燃气线末端配套余热发黑、烘干等工序，电加热处理线末端配套冷却工序。

具体工艺描述如下：

1) 前清洗: 目的是除去工件表面沾的润滑油。将工件置于 70℃ 热水中清洗(蒸汽加热), 由于零件不断进入槽液中, 会在槽液表面形成一层油膜, 清洗槽表面含油废水溢流入刮除式油水分离器, 收集的浓油溶液作为危废送到有资质的单位处理, 清洁水返回槽内循环使用。油水分离器长期使用后沾粘大量油污, 需要进行清洗, 项目约每周清洗一次, 每次用水约 0.5m³, 清洗废水送含油污水处理系统处理。

2) 去磷: 去磷是加工紧固件的重要一环, 紧固件表面磷化膜会引起表层金相组织发生变化, 形成一个渗磷层, 这层组织会对产品的抗疲劳性能等造成影响, 因此在热处理前一般要设置去磷工序。

项目每条热处理线设置 1 座脱磷槽, 外购成品脱磷剂(由片碱和添加剂等组成)与自来水配制成 pH 为 8 的槽液, 采用浸泡方式去磷。槽液工作温度 60~80℃(电加热)。槽液循环使用, 定时测量 pH, 补充去磷剂和水。定期打捞、清理槽内浮渣、底渣。

3) 水洗: 项目每条线设置 1 座水洗槽, 采用自来水清洗工件, 进一步洗掉工件表面携带的去磷剂等, 水洗槽约每 10 天更换一次, 更换下的废水送厂区含磷废水处理系统处理。

4) 热水洗: 项目每条线设置 1 座热水洗槽, 采用 60℃(电加热)热水清洗工件, 进一步清除工件表面的微量去磷剂等, 热水洗槽热水约每个月更换一次, 更换下的废水通过送至厂区含磷废水处理系统处理。

5) 淬火: 清洗后的工件通过输送带送入淬火炉, 于 880℃ 下进行淬火(燃气线通过燃烧天然气加热, 天然气燃烧废气经 15m 高排气筒排放; 电处理线为电加热)。炉内温度升至 400℃ 后, 部分工件因渗碳需要, 需向炉内滴入一定量甲醇, 少部分工件还须通入少量天然气, 通入量多少由工件强度等级要求确定。通入的少量甲醇和天然

气在炉内完全分解，淬火完成后首先停止通入甲醇和天然气，然后通过间接循环冷却系统逐渐降温。

6) 冷却：淬火处理后的工件浸入淬火油冷却，使工件转变为马氏体组织，使工件获得较高的强度。从淬火槽出来的工件经脱油架，沥干表面的淬火油，进入下道工序。油冷环节有少量非甲烷总烃挥发，经车间机械通排风设施无组织排放。

7) 水洗：经过冷却的工件采用自来水清洗掉表面沾的淬火油。该环节配套油水分离器，分离出的浓油溶液作为危废送到有资质的单位处理，清洁水循环使用。油水分离器清洗废水通过管道送含油污水处理系统处理。

8) 回火：清洗后的工件由输送带送至回火炉内，于 500℃ 下进行回火（燃气线通过燃烧天然气加热；电处理线为电加热）。

9) 燃气热处理线后续余热发黑、烘干：燃气热处理线经回火后的工件，不经冷却，而是直接落入发黑槽内利用工件余热进行发黑。发黑是化学表面处理的一种常用手段，原理是使金属表面产生一层氧化膜，以隔绝空气，达到防锈目的。本项目采用工件余热发黑工艺，采用的发黑剂由氧化剂、催化剂、助色剂等有效成份经反复配制而得到的环保型余热发黑剂，不含重金属以及有毒、易挥发的有害物质，每升原液发黑面积约 2 平方米，使用时发黑剂和水按 1: 8 配成槽液，发黑时间控制在 60 ~ 0.12s，发黑后的工件经烘干（电加热）水分后浸涂防锈油，直接作为成品外售。发黑槽液仅需定期补充原液和水，不需更换。

10) 电加热处理线后续冷却工序：电加热处理线末端设置水冷槽，回火后的工件通过输送带落入水槽内冷却至常温后，送入达克罗处理线或者表面处理车间的磷化线、碱性无氰镀锌线进行表面处理。

热处理车间工艺流程见图 1-4 所示。

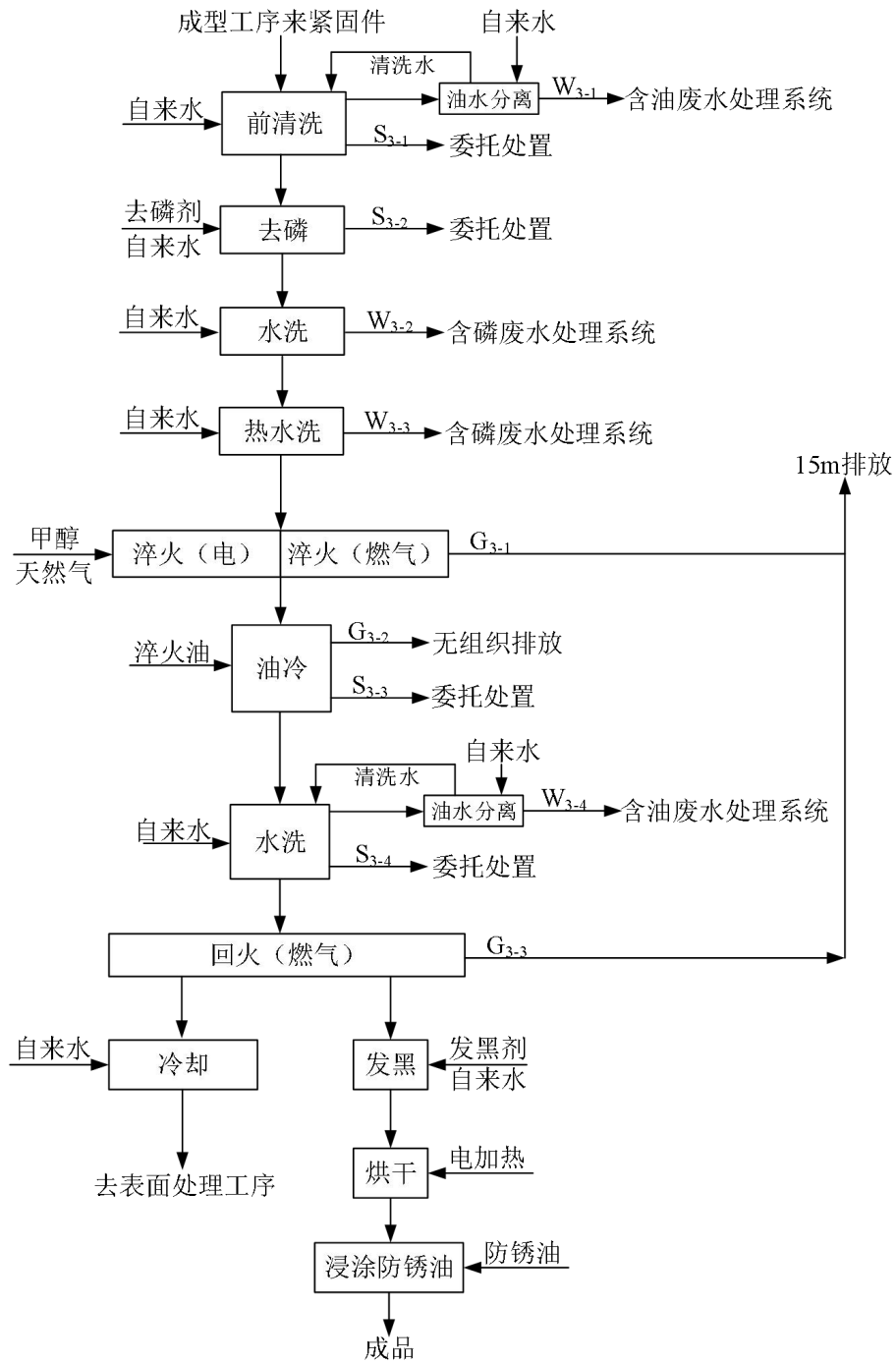


图 1-4 热处理车间工艺流程图

四、表面处理车间

项目表面处理车间建设 2 条碱性无氰镀锌线。由于锌的化学性质较活泼，在大气中易氧化发暗，最后产生白锈腐蚀，因此电镀后通常

要进行钝化处理，本项目钝化环节采用三价铬钝化液配方。工艺流程如下：

碱性无氰镀锌线主要生产工序为：预脱脂、热水洗、热脱脂、水洗、酸洗、水洗、电解、水洗、中和、水洗、电镀、水洗、出光、水洗、驱氢、低铬酸钝化、水洗、热水洗、烘干等。

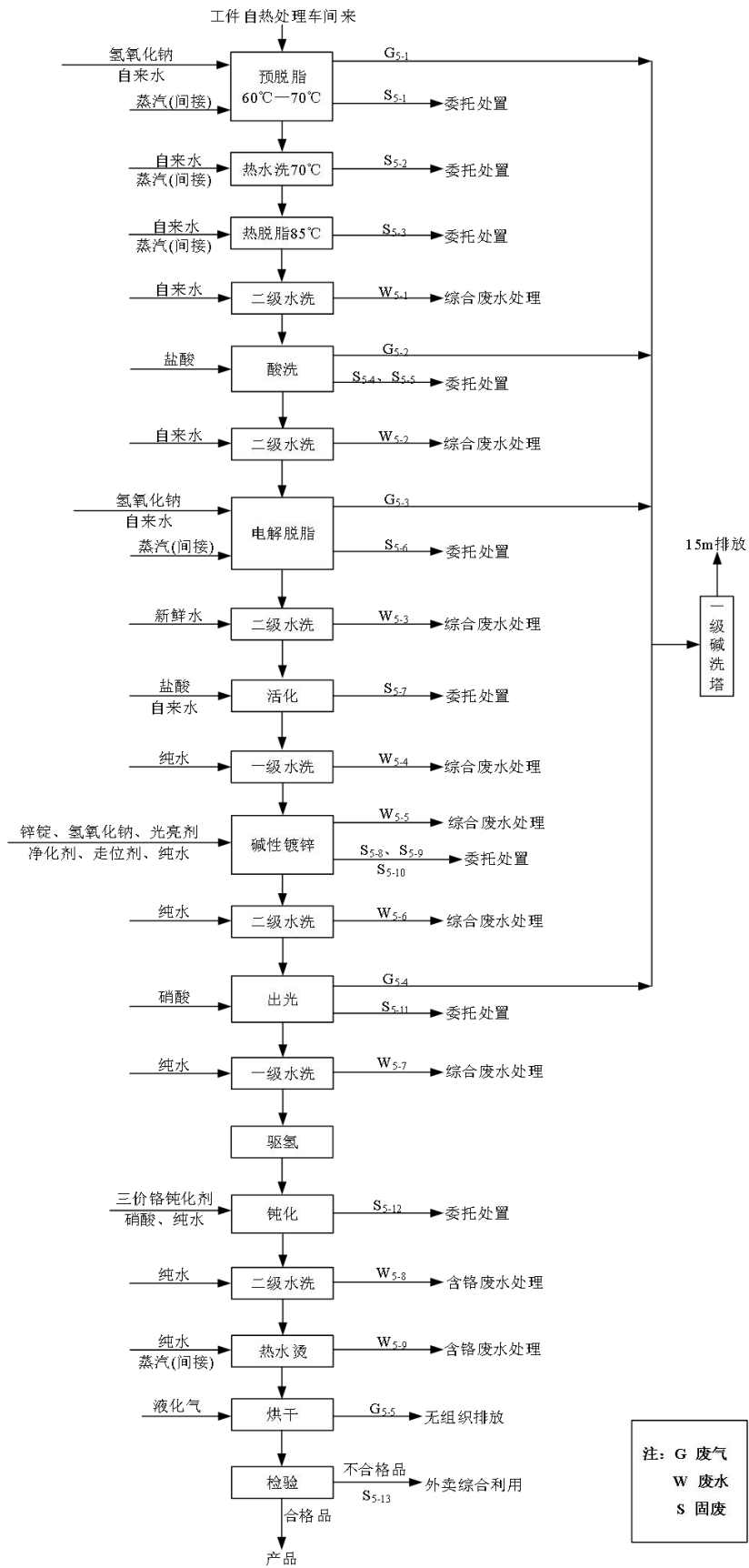


图 1-5 表面处理车间电镀工艺流程图

5.2 清单分析

评价组通过现场访谈以及查看相关资料,明确了产品所涉及的活动包括:

- 原辅料获取,排放源为评价产品的原辅料生产过程导致的排放;
- 原料运输至厂内,排放源包括运输车辆燃料消耗产生的排放;
- 产品生产,排放源包括评价产品生产过程能源消耗导致的排放;
- 产品生产过程的废弃物处理,排放源包括各类废弃物处理和包装导致的排放;
- 产品包装,排放源为产品包装的带入排放;
- 物料厂内运输,排放源为原辅料、产品和废弃物在厂内运输过程中能源消耗产生的排放;
- 产品运输至下游厂家,排放源为运输车辆燃料消耗产生的排放。

根据上述活动,依据产品生产工艺流程图以及辅助工序工艺,确定产品涉及的物料、能源消耗清单,如表 5-1 所示:

表 5-1 车桥系列紧固件产品生产各阶段生命周期清单分析

| 生命周期各环节 | 原辅料获取 | 原辅料运输 | 产品生产 | 产品包装 | 废弃物处理 | 厂内运输 | 产品运输 |
|---------|-------|-------|------|------|-------|------|------|
|---------|-------|-------|------|------|-------|------|------|

| | | | | | | | |
|------|---------|-----|----------------|--------------|----|-----|-----|
| 原料消耗 | 盘圆、锌锭 | / | 原料在生产过程产生温室气体 | 纸箱 | 回收 | / | / |
| 辅料消耗 | 皂化剂、淬火油 | / | 辅料在生产过程不产生温室气体 | / | / | / | / |
| 能源消耗 | / | 天然气 | 电、天然气 | 能耗排放归结到生产能耗中 | / | 天然气 | 天然气 |

六、数据收集

6.1 数据收集和评价过程

在山东九佳紧固件股份有限公司相关领导及员工的密切配合下，本项目取得了详细的碳足迹核算所需数据，数据收集的时间范围是2020年。

6.1.1 产品数据

表 6-1 产品产量

| | |
|------|-------------|
| 数据项 | 车桥系列紧固件产量 |
| 数据值 | 230 |
| 单位 | t |
| 数据来源 | 《2020年生产报表》 |

6.1.2 物料数据

表 6-2 盘圆消耗量

| | | | |
|------|---------------------------|--------------------|----------|
| 数据项 | 用于车桥系列紧固件产品生产的盘圆消耗量 | | |
| 数据值 | 245 | | |
| 单位 | t | | |
| 数据来源 | 来源于《2020 年生产报表》。 | | |
| | 车桥系列紧固件产品生产的盘圆消耗与产品产量见下表： | | |
| | 原料 | 车桥系列紧固件产品产量 (吨) | 原料耗量 (t) |
| | 盘圆 | 230 | 245 |

表 6-3 锌锭消耗量

| | | | |
|------|---------------------------|--------------------|----------|
| 数据项 | 用于车桥系列紧固件产品生产的锌锭消耗量 | | |
| 数据值 | 3.2 | | |
| 单位 | t | | |
| 数据来源 | 来源于《2020 年生产报表》。 | | |
| | 车桥系列紧固件产品生产的锌锭消耗与产品产量见下表： | | |
| | 原料 | 车桥系列紧固件产品产量 (吨) | 原料耗量 (t) |
| | 锌锭 | 230 | 3.2 |

表 6-4 皂化剂消耗量

| | | | |
|------|----------------------------|--------------------|----------|
| 数据项 | 用于车桥系列紧固件产品生产的皂化剂消耗量 | | |
| 数据值 | 0.12 | | |
| 单位 | t | | |
| 数据来源 | 来源于《2020 年生产报表》。 | | |
| | 车桥系列紧固件产品生产的皂化剂消耗与产品产量见下表： | | |
| | 原料 | 车桥系列紧固件产品产量 (吨) | 原料耗量 (t) |
| | 皂化剂 | 230 | 0.12 |

表 6-5 淬火油消耗量

| | |
|-----|----------------------|
| 数据项 | 用于车桥系列紧固件产品生产的淬火油消耗量 |
|-----|----------------------|

| | | | |
|------|--------------------------|--------------------|----------|
| 数据值 | 0.65 | | |
| 单位 | t | | |
| 数据来源 | 来源于《2020年生产报表》。 | | |
| | 车桥系列紧固件产品生产的水消耗与产品产量见下表： | | |
| | 原料 | 车桥系列紧固件产品产量 (吨) | 原料耗量 (t) |
| | 淬火油 | 230 | 0.65 |

表 6-6 产品包装环节纸箱消耗量

| | | |
|------|---------------------|--------|
| 数据项 | 车桥系列紧固件产品包装环节塑料袋消耗量 | |
| 数据值 | 6.2 | |
| 单位 | t | |
| 数据来源 | 来源于企业统计人员估算，见下表： | |
| | 包装材料 | 耗量 (t) |
| | 纸箱 | 6.2 |

6.1.3 能耗数据

表 6-7 电力消耗量

| | | | |
|------|---------------------------------------|---------------------|---------------|
| 数据项 | 用于车桥系列紧固件产品生产的电力消耗量 | | |
| 数据值 | 30.27 | | |
| 单位 | 万 kWh | | |
| 数据来源 | 来源于《2020年生产报表》，包含产品生产、产品包装、辅助生产的电力消耗。 | | |
| | 车桥系列紧固件产品生产的电力消耗与产品产量见下表： | | |
| | 能源 | 车桥系列紧固件产品 产量 (吨) | 电力消耗量 (万 kWh) |
| | 电力 | 230 | 30.27 |

表 6-8 天然气消耗量

| | |
|-----|----------------------|
| 数据项 | 用于车桥系列紧固件产品生产的天然气消耗量 |
| 数据值 | 16330 |

| | | | |
|------|----------------------------|-----------------|----------|
| 单位 | M3 | | |
| 数据来源 | 来源于《2020年生产报表》。 | | |
| | 车桥系列紧固件产品生产的天然气消耗与产品产量见下表： | | |
| | 能源 | 车桥系列紧固件产品产量 (t) | 消耗量 (m3) |
| | 天然气 | 吨 | 16330 |

6.1.4 其他数据

表 6-9 原材料运输里程数

| | | | |
|------|----------------------|--------|----|
| 数据项 | 物料运输里程数 | | |
| 数据值 | 见数据来源表格 | | |
| 单位 | Km | | |
| 数据来源 | 由生产厂家和公司之间距离确定。 | | |
| | 车桥系列紧固件产品生产原料单程运输距离： | | |
| | 活动水平参数 | 活动水平数据 | 单位 |
| | 盘圆 | 200 | Km |
| | 锌锭 | 200 | Km |
| | 淬火油 | 300 | Km |
| | 皂化剂 | 200 | Km |

表 6-10 产品运输里程数

| | | | |
|------|----------------------|-----|----|
| 数据项 | 产品运输里程数 | | |
| 数据值 | 见数据来源表格 | | |
| 单位 | Km | | |
| 数据来源 | 由公司运输到消费厂家之间的单程距离确定： | | |
| | 车桥系列紧固件产品 | 500 | Km |

6.1.5 碳足迹核算系数

在进行碳足迹核算时需要相关能耗、物耗、水耗的碳足迹系数，如下表所示：

表 6-11 各能源、物料碳足迹系数

| 类别 | 项目 | 碳足迹系数 | 单位 | 数据准确度 | 具体来源 |
|------|------------|----------|------------------------------|-------|----------------------------------|
| 能源 | 电力 | 1.04 | kgCO ₂ e/ kWh | 4 | 文献-《用于组织和产品碳足迹的中国电力温室气体排放因子》 |
| | 天然气 | 3.09591 | kgCO ₂ e/ kg | 5 | 中国国家标准化管理委员会(2018)-煤炭生产企业、纺织服装企业 |
| 原料 | 盘圆 | 2.19 | kgCO ₂ e/ kg | 6 | 根据 Defra 数据及价格计算，详见表 6-35 |
| | 锌锭 | 0.04 | kgCO ₂ e/ kg | 6 | 根据 Defra 数据及价格计算，详见表 6-35 |
| | 皂化剂 | 0.01 | kgCO ₂ e/ kg | 6 | 根据 Defra 数据及价格计算，详见表 6-35 |
| | 淬火油 | 0.3441 | kgCO ₂ e/t | 6 | Defra / DECC |
| 产品包装 | 纸箱 | 3075.236 | kgCO ₂ e/t | 5 | 英国环境、食品及农村事务部 (DEFRA2018) |
| 原料运输 | 单位公里 载重 | 0.19639 | kgCO ₂ e/t .km | 6 | Defra /DECC |
| 产品运输 | 单位公里 载重 | 0.19639 | kgCO ₂ e/t .km | 6 | Defra /DECC |

6.2 数据汇总表

产品碳足迹活动水平数据汇总情况见表 6-12 表 6-13

表 6-12 2020 年产品信息及产量汇总

| 产品名称 | 产量 (吨) |
|------|--------|
|------|--------|

| | |
|---------|-----|
| 车桥系列紧固件 | 230 |
|---------|-----|

表 6-13 2020 年车桥系列紧固件产品能源、物料消耗数据汇总

| 生命周期各环节 | 活动水平参数 | 活动水平数据 | 单位 |
|---------|----------|--------|----|
| 原辅料获取 | 盘圆消耗量 | 245 | t |
| | 镀锌消耗量 | 3.2 | t |
| | 皂化剂消耗量 | 0.12 | t |
| | 淬火油消耗量 | 0.65 | t |
| 原辅料运输 | 盘圆运输公里数 | 200 | km |
| | 镀锌运输公里数 | 200 | km |
| | 淬火油运输公里数 | 300 | km |
| | 皂化剂运输公里数 | 200 | km |

七、产品碳足迹的计算

7.1 计算公式

采用碳足迹系数法进行计算，详见公式（7-1）；

$$CF = \sum_{i=1}^n M_i \times N_i \quad \text{公式（7-1）}$$

式中：

CF ——产品碳足迹， kgCO_2e ；

M_i ——第*i*种能源和物料的消耗量，质量/体积/ kWh ；

N_i ——第*i*种能源和物料的碳足迹系数， $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{体积}$ 或 $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{质量}$ 或 $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

7.2 产品碳足迹评估与分析

表 7-1 2020 年度车桥系列紧固件产品碳足迹计算结果

| 生命周期各环节 | 活动水平参数 | 活动水平数据 | 单位 | 碳足迹系数 | 单位 | 碳排放量 (tCO ₂ e) | 比例(%) |
|-------------------|----------|--------|-------|---------|--------------------------|---------------------------|-------|
| 原辅料获取 | 盘圆消耗量 | 245 | t | 1.99 | kgCO ₂ e/kg | 487.55 | 49.0 |
| | 锌锭消耗量 | 3.2 | t | 1.99 | kgCO ₂ e/kg | 6.37 | 0.6 |
| | 皂化剂消耗量 | 0.12 | t | 3.04 | kgCO ₂ e/kg | 0.36 | 0.0 |
| | 淬火油消耗量 | 0.65 | t | 0.3441 | kgCO ₂ e/t | 0.22 | 0.0 |
| 原料运输 ¹ | 盘圆运输公里数 | 200 | Km | 0.19639 | kgCO ₂ e/t.km | 9.62 | 1.0 |
| | 锌锭运输公里数 | 200 | Km | 0.19639 | kgCO ₂ e/t.km | 5.30 | 0.5 |
| | 淬火油 | 300 | Km | 0.19639 | kgCO ₂ e/t.km | 7.07 | 0.7 |
| | 皂化剂运输公里数 | 200 | Km | 0.19639 | kgCO ₂ e/t.km | 7.46 | 0.7 |
| 产品生产 | 电力消耗量 | 30.27 | 万 kWh | 1.04 | kgCO ₂ e/kWh | 314.81 | 31.6 |
| | 天然气消耗量 | 16330 | t | 3.09591 | kgCO ₂ e/kg | 50.56 | 5.1 |
| 产品包装 | 纸箱消耗量 | 6.2 | t | 1320 | kgCO ₂ e/t | 8.18 | 0.8 |

¹ 由于企业辅料采购一般就近采购，运输占比较少，因此忽略不计。

| 生命周期各环节 | 活动水平参数 | 活动水平数据 | 单位 | 碳足迹系数 | 单位 | 碳排放量 (tCO ₂ e) | 比例(%) |
|------------------------------|--------|--------|----|---------|--------------------------|---------------------------|-------|
| 产品运输 | 运输公里数 | 500 | Km | 0.19639 | kgCO ₂ e/t.km | 98.20 | 9.9 |
| 总碳足迹 (tCO ₂ e) | | | | | | 995.70 | 100 |
| 产品产量 (t) | | | | | | 230 | |
| 产品碳足迹 (tCO ₂ e/吨) | | | | | | 4.33 | |

7.3 产品碳足迹分析

7.3.1 按生命周期各环节分析

表 7-2 2020 年度车桥系列紧固件产品碳足迹构成

| 生命周期各环节 | 碳排放量 (tCO ₂ e) | 碳排放比例(%) |
|---------|---------------------------|----------|
| 原辅料获取 | 494.51 | 49.66 |
| 原辅料运输 | 29.45 | 2.96 |
| 产品生产 | 365.36 | 36.7 |
| 产品包装 | 8.18 | 0.8 |
| 产品运输 | 98.2 | 9.9 |
| 总碳排放 | 995.7 | 100 |

由表 7-1 可知，车桥系列紧固件产品碳足迹构成大小为：原辅料获取>产品生产>产品运输>原辅料运输>产品包装，产品原辅料获取环节的碳足迹占总碳足迹最大，达 49.66%。

7.3.2 按物料、能耗组成分析

进一步分析产品生产环节的碳足迹构成，其物料、能耗的碳足迹如表 7-3 所示。

表 7-3 2020 年度车桥系列紧固件产品生产环节碳足迹构成

| 类别 | 活动水平参数 | 碳排放量 (tCO ₂ e) | 碳排放比例(%) |
|------------|--------|---------------------------|----------|
| 产品生产 | 电力消耗量 | 314.81 | 31.6 |
| | 天然气消耗量 | 50.55 | 5.1 |
| 产品生产环节总碳排放 | | 365.36 | 100 |

由 7-3 可知，车桥系列紧固件产品生产过程中能源消耗碳足迹为：电力，因此，电力使用是车桥系列紧固件产品低碳控制的关键要素。

7.4 敏感性分析

以下对电力消耗量进行敏感性分析，考察能源资源使用量的变化对碳足迹变化的敏感程度，结果如表 7-4 所示。

表 7-4 车桥系列紧固件产品碳足迹敏感性分析

| 参数 | | 原总碳足迹 (tCO ₂ e) | 减后总碳足 迹 (tCO ₂ e) | 碳足迹差值 (tCO ₂ e) | 总量减少 比例(%) |
|----------------------|------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------|
| 车桥系列 紧固件产 品碳足迹 | 电力消耗量 减少 10%时 | 365.36 | 331.36 | 34 | 3.4 |

将占总碳足迹比例较大的活动数据数值减少 10%，考察对整体碳足迹的影响。由于评价对象碳足迹成分复杂，碳足迹总量大，在相应活动水平数据减少 10%时，对其碳足迹总量影响小于 8%。说明电力消耗量变化对车桥系列紧固件产品的总碳足迹的变化影响最大。

八、不确定性分析

8.1 分析方法

首先，需要对清单中数据的来源进行质量评估，从数据的可靠性和相关性两个方面来评估。可靠性选定为统计代表性、时间代表性和数据来源三个指标；相关性选定地理代表性和技术代表性两个指标，如表 8-1。

其次，在对不确定性的各项指标进行综合评定时，采用对各指标进行加权平均的方法，参见公式 8-1。可靠性中 3 个指标各占 1/3，相关性中 2 个指标各占 1/2。最终得分高，则数据质量好，不确定性低；

反之得分低，则数据质量差，不确定性高，数据质量等级参照表 8-2。

表 8-1 数据可靠性量化指标

| 指标值 | 9 | 7 | 5 | 3 | 1 |
|-------|-------------|------------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| 统计代表性 | 全面统计 | 重点统计或典型统计 | 抽样调查频次高于每月一次 | 抽样调查频次 1-3 月每次 | 抽样调查频次低于 3 月每次；抽样频次未知 |
| 时间代表性 | 研究目标当月数据 | 与研究目标当月差距 3 月以内 | 与研究目标当月差距 3~8 月 | 与研究目标当月差距 8~18 月 | 与研究目标当月差距 18 月以上；未知数据年代 |
| 数据来源 | 三级测量数据/实际数据 | 平均数据 | 经验数据 | 额定数据 | 未知 |
| 地理代表性 | 研究目标区域 | 与研究目标区域地理条件大部分相同 | 与研究目标区域地理条件类似 | 与研究目标区域地理条件部分类似 | 与研究目标区域地理条件完全不同；未知地理条件 |
| 技术代表性 | 生产现场 | 技术水平档次相差为 0 | 技术水平档次相差为 1 | 技术水平档次相差为 2 | 技术水平档次相差为 3 |

$$Q = \frac{q_1+q_2+q_3}{6} + \frac{q_4+q_5}{4} \quad \text{公式 (8-1)}$$

式中：

Q ——数据质量等级分；

q_1 ——数据的统计代表性质量等级分；

q_2 ——数据的时间代表性质量等级分；

q_3 ——数据的来源质量等级分；

q_4 ——数据的地理代表性质量等级分；

q_5 ——数据的技术代表性质量等级分。

表 8-2 数据质量等级

| 得分 | 数据质量 | 不确定性大小 |
|--------------|------|--------|
| 8 ≤ 不确定性 ≤ 9 | 最高 | 最小 |
| 7 ≤ 不确定性 ≤ 8 | 较高 | 较小 |
| 6 ≤ 不确定性 ≤ 7 | 较差 | 较大 |
| 不确定性 ≤ 6 | 差 | 非常大 |

按照各碳足迹构成占总碳足迹的比例，对各碳足迹构成的等级分进行加权平均，可获得核算结果的等级分，参见表8-2所示的数据等级，即可获得核算结果的数据等级。具体参见公式（8-2）：

$$Q_{AVG} = \sum Q \times \eta \quad \text{公式（8-2）}$$

式中：

Q_{AVG} ——核算结果的数据质量等级分；

Q ——各碳足迹构成的数据质量等级分；

η ——各碳足迹构成占总碳足迹的比例。

8.2 不确定性分析结果

表 8-3 车桥系列紧固件产品碳足迹可靠性分析结果

| 项目 | 原料 | 包装材料 | 电力 | 原辅材料运输 | 产品运输 |
|-------------------------|--------|------|--------|--------|-------|
| 统计代表性 (q ₁) | 9 | 7 | 9 | 7 | 7 |
| 时间代表性 (q ₂) | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 数据来源 (q ₃) | 9 | 5 | 9 | 7 | 7 |
| 地理代表性 (q ₄) | 7 | 7 | 9 | 7 | 7 |
| 技术代表性 (q ₅) | 9 | 7 | 9 | 7 | 7 |
| 单个投入产出不确定性 | 8.5 | 7 | 9 | 7.3 | 7.3 |
| 产品碳足迹占比 | 56.25% | 0.1% | 35.01% | 1.4% | 4.66% |
| 总体不确定性 | 8.22 | | | | |

由表 8-3 可知，评价产品碳足迹中，电力的可靠性是 9，数据质量最高，不确定性最小；包装材料可靠性是 7，不确定性最大。数据总体不确定性分别为 8.22%，数据质量较高，不确定性较小。

九、结论

- 2020 年车桥系列紧固件产品总碳足迹值为：995.7tCO₂，产品碳足迹为 4.33tCO₂/吨。
- 车桥系列紧固件产品碳足迹的构成因素中，原材料获取的碳足迹占比最大，占产品碳足迹总量的 49.7%。各类能源资源中，电力是车桥系列紧固件产品低碳控制的关键要素。

十、节能减排建议

通过前章结论，车桥系列紧固件产品碳足迹中，能源资源贡献最大。因此为了减少产品碳足迹，应聚焦在节能降耗方面，具体措施建议如下：

1. 建议企业积极开展节能诊断工作（含数据分析、节能潜力估算、技改匹配等），摸清能源消耗的具体情况，提出符合企业实际情况的节能降耗措施及建议。

2. 能源资源使用导致的碳排放超过产品碳足迹的 33.4%，掌握自身能源管理水平和能源利用状况，挖掘节能潜力，降低能源资源消耗和碳排放量。

3.建议加强各部门之间信息流通，从而有效提高生产效率，降低碳足迹。

4.按照企业实际生产情况灵活调控设备使用情况，以减少不必要的能源消耗。建议年假期间和生产淡季尽量集中安排生产，避免机器开关机而损失能源。

5.通过提高工艺优化和科学管理，提高产品收率，从而降低原料单耗，从而减少原料消耗对产品碳足迹的贡献。

附录

附录 1 产品碳足迹评价声明

| | |
|------------|--|
| 产品名称: | 车桥系列紧固件产品 |
| 企业名称: | 山东九佳紧固件股份有限公司 |
| 地址: | 济南市莱芜区张家洼街道办事处鹿鸣路中段 |
| 核查依据标准及准则: | ISO 14067:2013 & PAS 2050:2011 |
| 单位产品碳足迹: | 车桥系列紧固件产品: 4.33tCO ₂ /吨 |
| 系统边界: | 核算的时间边界为从 2020 年 1 月 1 日至 2020 年 12 月 31 日。车桥系列紧固件产品包含原辅料生产、原辅料运输、产品生产与包装和成品运输全过程。 |
| 评价机构: | 山东长润节能技术服务有限公司 |

附录 2 文件清单

| 序号 | 内容 |
|----|-----------|
| 1 | 企业营业执照 |
| 2 | 企业简介 |
| 3 | 组织机构图 |
| 4 | 厂区布局图 |
| 5 | 2020年生产报表 |
| 6 | 财务发票 |
| 7 | 产品原材料运输距离 |
| 8 | 现场访问名单表 |