

河南帷幄电气有限公司

产品碳足迹报告

报告编制单位（公章）：河南浩丞科技集团有限公司

报告编制日期：2025 年 3 月 20 日



摘要

受河南帷幄电气有限公司委托，核查组对河南帷幄电气有限公司（以下简称“帷幄电气”）生产的变压器产品的碳足迹进行核算与评估。本报告以生命周期评价方法为基础，采用 PAS 2050: 2011 标准《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》中规定的碳足迹核算方法，计算得到帷幄电气平均生产 1 台变压器产品的碳足迹。

为了满足碳足迹第三方认证与各相关方沟通的需要，本报告对两类产品的功能单位分别进行了定义，即 1 台变压器产品。系统边界为“从摇篮到大门”类型，现场调研了从原材料获取运输过程到产品生产的生命过程，暂未考虑产品分配、使用以及废弃物处理的排放量。计算得到帷幄电气 1 台变压器产品的碳足迹。

本报告对 1 台变压器的碳足迹比例进行对比分析：

企业生产 1 台变压器产品的碳足迹为 131.93kgCO₂ eq，其中净购入电力隐含的排放占比 86.90%，原辅材料获取及运输排放占比 13.10%，净购入电力隐含的排放占比最大。

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。生命周期只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排放因子数据来自于查阅数据库、文献报告、国家标准、物料横向对比以及成熟可用的 LCA 软件，以保证数据和计算结果的可塑性和可靠性。

河南帷幄电气有限公司积极开展产品碳足迹评价，其碳足迹核算是企业实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露产品的碳足迹是企业

环境保护工作和社会责任的一部分，也是河南帷幄电气有限公司迈向国际市场的重要一步。

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。尤其是在《京都议定书》的基础之上，2015年经过多方努力签订了《巴黎协定》，该协定为2020年后全球应对气候变化行动作出安排，标志着全球气候治理将进入一个前所未有的新阶段，具有里程碑式的非凡意义。2020年9月22日，中国国家主席习近平在“第七十五届联合国大会一般性辩论”上发表重要讲话，向世界承诺，中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。

“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（Product Carbon Footprint, 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）、全氟化碳（PFC）和三氟化氮（NF₃）等。产品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（CO₂e）表示，单位为 kg CO₂e 或者 g CO₂e。全球变暖潜值（Global Warming Potential, 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（Carbon Trust）、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：产品寿命周期核算与报告标准》，此标准是由世界资源研究所（World Resources Institute，简称 WRI）和世界可持续发展工商理事会（World Business Council for Sustainable Development，简称 WBCSD）发布的产品和供应链标准；

（3）《ISO/TS 14067：2013 温室气体-产品碳足迹-量化和信息交流的要求与指南》，此标准以 PAS 2050 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

河南帷幄电气有限公司位于中国·河南省许昌市东城区产业集聚区，注册资本 10600 万元，总资产 28448 万元，是国家高新技术企业、河南省电器工业协会理事单位。企业拥有两栋标准化厂房及独立的研发、试验区域，现有大、中、小型试验设备 30 余台，生产设备 50 余套，以上设备均达到国内先进技术水平，确保了产品在全国市场上的竞争优势。目前，企业员工 100 余人，大专以上学历员工占比 80% 以上。

凭借卓越的产品性能和完善的解决方案，帷幄电气已成功跻身多家大型央、国企的优选合作伙伴行列，其中包括国家电网公司、南方电网公司、中国华能集团、中国航天科工集团、中国长江三峡集团、中国电气装备集团、内蒙古电力集团等，为国家能源基础设施建设提供了坚实支撑。目前，企业产品和服务覆盖东北、华东、华北、华中、西南、西北六大区域，遍及 24 个省、直辖市和自治区，构建起一张横贯东西、纵跨南北的绿色电力设备供应网。

帷幄电气始终坚持“自主研发与产学研相结合”的技术创新道路，高度重视研发团队的建设与培养。公司拥有一支具备卓越研发能力、深厚技术底蕴及丰富工程实践经验的科研团队，组建了“河南省高效立体型新能源变压器工程技术研究中心”及“帷幄电气智慧配电系统技术创新中心”，紧跟行业技术发展趋势，围绕国家战略需求，开展关键核心技术攻关，在配电设备以及智能化融合终端设备等领域，

不断取得显著成果，系列产品均已通过国家型式试验认证。企业与郑州大学、中原工学院等多所高校建立了紧密的产学研合作关系，共同推动技术创新与人才培养；此外，还与北京林业大学、西安石油大学、郑州轻工业大学、武汉工程大学、许昌学院等高校签订了实训基地协议，为公司的长远发展奠定了坚实的人才基础。

多年来，帷幄电气积极参与多项国家标准的制定工作，取得专利和软件著作权三十余项。在数字化有载调压变压器研制方面，技术达到国际先进水平，并通过省级科技成果鉴定。“10kV 柱上变压器台成套设备”、“一二次融合成套柱上断路器”及“电能计量箱”等产品荣获中国电力电气十大品牌称号。企业先后通过了质量管理、环境管理、职业健康安全管理体系认证及“两化融合”管理体系评定，荣获“国家高新技术企业”、“河南省专精特新中小企业”、“河南省质量标杆”、“许昌市市长质量提名奖”、“许昌市名优工业产品”、绿色环保推广企业、绿色碳中和承诺示范企业、中国节能环保产品等多项荣誉，在行业内品牌影响力不断增强。

在政策指引、市场驱动和技术赋能的共同作用下，帷幄电气将继续坚持以市场为导向、以质量为本的发展理念，不断推动技术创新与产业升级，为实现区域经济发展以及绿色能源目标贡献力量。

2.2 评价目的

本报告的目的是得到河南帷幄电气有限公司生产的 1 台变压器产品生命周期过程的碳足迹。

碳足迹核算是帷幄电气实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露

产品的碳足迹是企业环境保护工作和社会责任的行动体现，也是企业积极应对气候变化，践行我国生态文明建设的重要组成部分。本项目的评估结果有利于帷幄电气司掌握该产品的温室气体排放途径及排放量，并促进企业发掘减排潜力、有效沟通消费者、提高声誉强化品牌，从而有效地减少温室气体的排放；同时为各产品的采购商和第三方的有效沟通提供良好的途径。

2.3 碳足迹评价边界

基于评价目标的定义，本次评估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。

评估过程中统计了多种温室气体，包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFC）、全氟化碳（PFC）和三氟化氮（NF₃）等。并且采用了 IPCC 第五次评估报告（2013 年）提出的方法来计算产品生产周期的 GWP 值¹。

为了方便产品碳足迹量化计算，功能单位被定义为 1 台变压器产品。

碳足迹核算采用生命周期评价方法。生命周期评价是一种评估产品、工艺或活动，从原材料获取与运输，到产品生产、运输、销售、使用、再利用、维护和最终处置整个生命周期阶段有关的环境负荷的过程。在生命周期各个阶段数据都可以获得情况下，采用全生命周期评价方法核算碳足迹。当原料部分或者废弃物处置部分的数据难获得

¹ 根据 IPCC 第五次评估报告，CO₂、CH₄、N₂O 的 GWP 值分别为 1，28，265。

时，选择采用“原材料碳排放+生产过程碳排放”、“生产过程碳排放”、“生产过程碳排放+废弃物处置碳排放”三种形式之一的部分生命周期评价方法核算碳足迹。

根据本项目评价目的，按照《PAS2050：2011 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》的相关要求，本次碳足迹评价边界为帷幄电气 2024 年全年生产活动及非生产活动数据。经过与排放单位确认，原材料生产部分数据难以获得，因此确定本次评价边界为：产生的碳足迹=原材料的获取及运输排放+生产过程排放。即从“摇篮到大门”的核算边界，其他排放过程数据难以量化，本次核算不予考虑。为实现上述功能单位，本次核算的系统边界如表 2-1。

- 本报告排除以下情况的温室气体排放：
- （1）与人相关活动温室气体排放量，忽略不计；
 - （2）资本设备的生产及维修的排放量，忽略不计；
 - （3）产品出厂后的运输、销售和使用，以及废弃回收处置的排放量，忽略不计。

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
• 变压器产品生产的生命周期过程 包括：原材料获取及运输→产品生产→产品包装出厂 • 生产经营活动相关的能源消耗	• 资本设备的生产及维修 • 产品的运输、销售和使用 • 产品回收、处置和废弃阶段

3. 数据收集

根据 PAS 2050：2011 标准的要求，核查组组建了碳足迹盘查工作组对帷幄电气的产品碳足迹进行盘查。工作组对产品碳足迹盘查工作先进行前期准备，然后确定工作方案和范围、并通过查阅文件、现场访问和电话沟通等过程完成本次温室气体排放盘查工作。前期准备工作主要包括：了解产品基本情况、生产工艺流程及原材料供应商等信息；并调研和收集部分原始数据，主要包括：企业的生产报表、财务报表及购进发票等，以保证数据的完整性和准确性，并在后期报告编制阶段，大量查阅数据库、文献报告以及成熟可用的 LCA 软件去获取排放因子。

3.1 原辅材料获取及运输

2024 年企业变压器产量为 2840 台，主要原辅材料为铁芯、电工硅钢片、钢板、不锈钢板材，铁芯消耗量 1120t、电工硅钢片消耗量 1328t、钢板消耗量 752t、不锈钢板材消耗量 638t。企业原辅材料运输方式均为公路运输，原辅材料获取及运输单位产品碳足迹清单如下表：

表 3-1 变压器单位产品原辅材料获取及运输碳足迹清单

物料名称	单位原辅材料消耗量(t/台)	物料来源	运输方式	运距(km)	碳足迹数据(kgCO ₂ e/t)
铁芯	0.39	河南森源电气股份有限公司	公路	30	0.52
电工硅钢片	0.47	河南森源电气股份有限公司	公路	30	0.63
钢板	0.26	无锡科大金属制品有限公司	公路	750	8.74

不锈钢板材	0.22	无锡科大金属制品有限公司	公路	750	7.39
合计	/				17.28

3.2 生产过程能源消耗清单

帷幄电气生产过程中能源消耗为净购入电力的使用量，根据统计台账，各项能源消耗情况如下：

表3-3 单位产品能源消耗情况表

能源种类	产品种类	消耗量	产品产量	单位产品消耗量
外购电	变压器	537473kw.h	2840 台	189.25kw.h/台

4.碳足迹计算

4.1 生产阶段产品工艺流程

企业产品主要为变压器、硅钢片铁芯、变压器油箱等产品，其中硅钢片铁芯、变压器油箱为变压器的中间产品。各产品生产工艺流程如下：

（1）变压器生产工艺

① 检验：对外购的原辅材料进行质量检验，挑选出不合格原辅材料，不合格产品退回原厂。

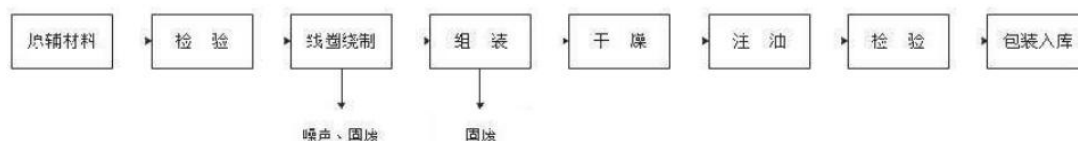
② 线圈绕制：根据产品要求利用绕线机将合格的电磁线绕制成线圈待用。

③ 组装：将加工好的线圈及其他合格的原辅材料（铁芯、分接开关等）进行组装。

④ 干燥：将组装好的工件通过真空干燥罐进行干燥处理，去除工件中的水分真空干燥罐是一种负压设备，利用真空状态下水分蒸汽速度快，沸点低的原理进行干燥，本项目真空干燥罐采用电能为能源。

⑤ 注油：将变压器油利用真空注油设备注入干燥好的变压器内。

⑥ 检验、包装入库：对变压器密封等性能进行最终检验，安装铭牌、合格证入库待售。



变压器生产工艺流程图

(2) 硅钢片铁芯生产工艺

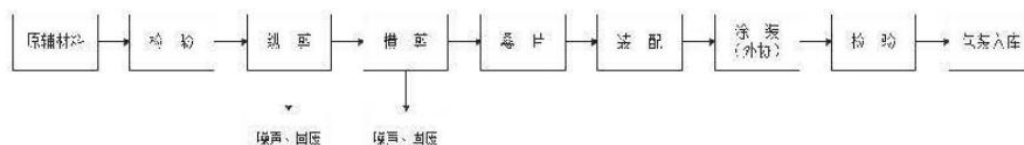
① 检验：对外购的原辅材料进行质量检验，挑选出不合格原辅材料，不合格产品退回原厂

② 纵剪、横剪：利用纵剪机、横剪机将合格硅钢片剪成相应的产品尺寸。

③ 叠片、装配：根据图纸要求对纵剪、横剪后合格硅钢片进行叠片、装配。

④ 涂装：装配后的工件进行涂装处理，涂装工序不在厂区进行，外协处理。

⑤ 检验、包装入库：对铁芯进行最终检验，安装铭牌、合格证，入库待售。



硅钢片铁芯生产工艺流程图

(3) 变压器油箱生产工艺

① 切割：使用剪板机、切割机等机械设备对钢材进行切割下料。

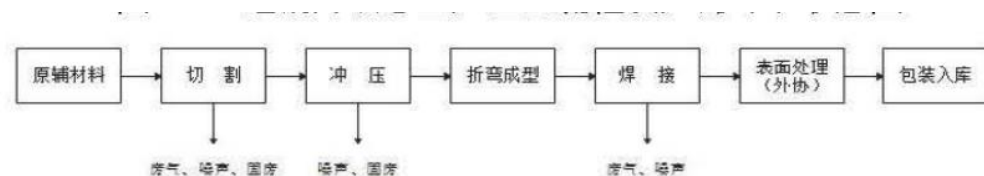
② 冲压：使用冲床对钢材进行冲孔处理。

③ 折弯成型：通过折弯机等机械设备对钢材进行成型加工。

④焊接：将各部件用焊机焊接成箱体。

⑤表面处理：焊接后的箱体进行涂装等表面处理，表面处理工不在厂区进行，外协处理。

⑥包装入库：对变压器油箱安装铭牌、合格证，入库待售。



变压器油箱生产工艺流程图

4.2 碳足迹核算公式

产品碳足迹的公式是整个产品生命周期中所有活动的所有材料、能源和废物乘以其排放因子后再加和。其计算公式如下：

$$CF = \sum_{i=1, j=1}^n P_i \times Q_{ij} \times GWP_j$$

其中，CF 为碳足迹，P 为活动水平数据，Q 为排放因子，GWP 为全球变暖潜势值。排放因子源于 CLCD 数据库和相关参考文献。

4.3 产品碳足迹核算

根据相关企业调研，分别获取了 1 台变压器产品生产阶段的能源消耗，并因此计算生产阶段能源消耗所产生的温室气体排放，具体如下所示。

表 4.1 单位产品生产阶段的能源消耗

物料名称	活动数据 A (kW.h)	CO ₂ 当量排放因子 B (kgCO ₂ e/kW.h)	排放因子 数据来源	碳足迹数据 C=A×B (kgCO ₂ e/g)
变压器产品单位产品生产消耗				
电力	189.25	0.6058	参考文献 ^[2]	114.65
合计				114.65

电力排放因子说明：

参数	电力的 CO ₂ 当量排放因子
核查的数据值	0.6058
单位	kgCO ₂ e/kW.h
数据源	《关于发布 2022 年电力二氧化碳排放因子的公告》中 2022 年度河南电网 CO ₂ 平均排放因子。
核查结论	受核查方区域电网排放因子选取正确。

5.产品碳足迹指标

变压器产品碳足迹排放量相关计算分析：

表 5-1 单位产品碳足迹计算分析

年度	2024
单位产品原辅材料获取及运输排放碳足迹 (kgCO ₂ e/g) (A)	17.28
单位产品净购入电力隐含的排放碳足迹 (kgCO ₂ e/g) (B)	114.65
单位产品碳足迹总量 (kgCO ₂ e/g) (F=A+B)	131.93

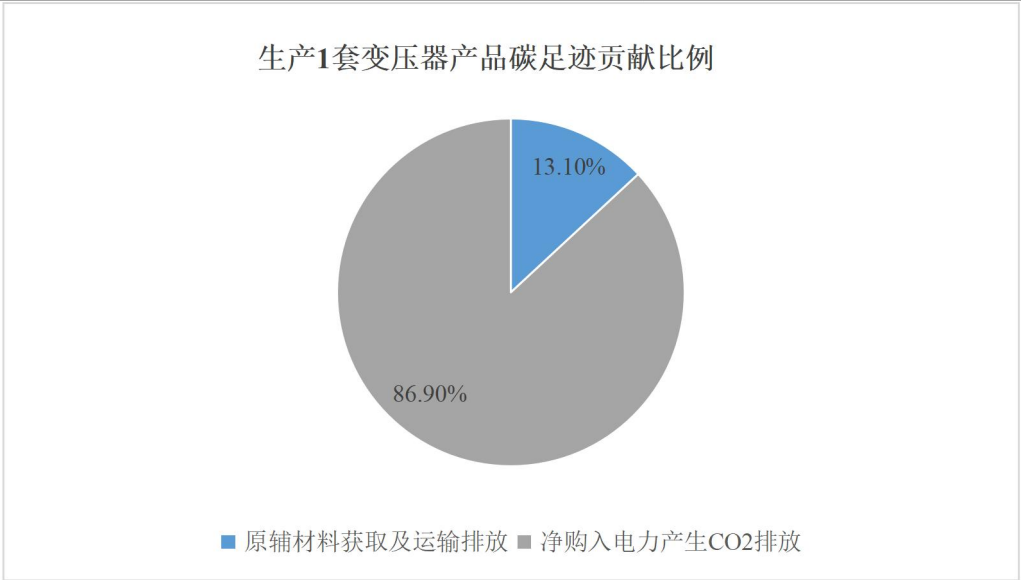


图 5.1 生产 1 台变压器产品碳足迹贡献比例

企业生产 1 台变压器产品的碳足迹为 131.93kgCO₂ eq，其中净购入电力隐含的排放占比 86.90%，原辅材料获取及运输排放占比

13.10%。

6. 结论与建议

（1）结论

通过对上述单位产品碳足迹指标分析可知：

企业生产 1 台变压器产品的碳足迹为 131.93kgCO₂ eq，其中净购入电力隐含的排放占比 86.90%，原辅材料获取及运输排放占比 13.10%，净购入电力隐含的排放占比最大。

本研究主要为对变压器产品碳足迹进行计测及分析，只考虑了原辅材料获取及运输过程和产品生产过程的温室气体排放，并未从产品分配、使用以及废弃物处理方面进行全生命周期的分析。

（2）建议

1、加强节能工作，从技术及管理层面提升能源效率，减少能源投入；

2、在碳足迹分析、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；

3、继续推进绿色低碳发展意识，加强生命周期理念的宣传和实践。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，以便企业内部开展对比分析，发现问题；

4、推进产业链的绿色设计发展，制定生态设计管理体制和计管理制度，构建企业生态设计评价体系，推动绿色供应链协同改进。

7. 结语

产品碳足迹核算以生命周期为视角，可以帮助企业避免只关注与产品生产最直接或最明显相关的排放环节，抓住产品生命周期中其他环节上的重要减排和节约成本的机会。产品碳足迹核算还可以帮助企业理清其产品组合中的温室气体排放情况，因为温室气体排放通常与能源使用有关，因而可以侧面反映产品系统运营效率的高低，帮助企业发掘减少排放及节约成本的机会。

产品碳足迹核算提高了产品本身的附加值，可以作为卖点起到良好的宣传效果，有利于产品市场竞争；通过产品碳足迹核算，企业可以充分了解产品各环节的能源消耗和碳排放情况，方便低碳管理、节能降耗，节约生产成本；同时，产品碳足迹核算是一种环境友好行为，是企业响应国家政策、履行社会责任的体现，有助于产品生产企业品牌价值的提升。

产品碳足迹核算制度俨然已成为各国应对气候变化，发展低碳经济的全新阐述方式，并可能成为一种潜在的新型贸易壁垒，潜移默化的影响中国出口产业，面对不断变化的外界环境中国企业需被迫符合下游国家和企业的强制碳核算要求。低碳是企业未来生存和发展的必然选择，企业进行产品碳足迹的核算是企业实现温室气体管理，制定低碳发展战略的第一步。通过产品生命周期的碳足迹核算，企业可以了解排放源，明确各生产环节的排放量，为制定合理的减排目标和发展战略打下基础。

参考文献

【1】《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）》

【2】《关于发布 2022 年电力二氧化碳排放因子的公告》