

产品碳足迹报告

产品名称：立体卷铁心配电变压器

产品规格型号：S22-M·RL-1250/10-NX1

生产者名称：河南天力电气设备有限公司

报告编号：T4102852026-2

机构名称（公章）：三信国际检测认证有限公司

报告签发日期：2026年6月7日



企业名称	河南天力电气设备有限公司	核查地址	1. 河南省南阳高新技术产业集聚区纬十路东段 2. 河南省南阳市宛城区仲景大道与龙安大道交叉口
法定代表人	焦玉贤	联系方式	19558975806
授权人（联系人）	宋晓阳	联系方式	19558975806
核算和报告依据	GB/T 24067-2024/ISO 14067:2018《温室气体产品碳足迹 量化要求和指南》；		

企业概况：

一般项目：变压器、整流器和电感器制造；机械电气设备制造；电力设施器材制造；输配电及控制设备制造；配电开关控制设备制造；机械设备研发；配电开关控制设备研发；电力行业高效节能技术研发；电气设备销售；机械电气设备销售；配电开关控制设备销售；智能输配电及控制设备销售；太阳能热发电装备销售；风电场相关装备销售；智能基础制造装备销售；机械零件、零部件销售；电气设备修理；企业管理咨询；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；货物进出口；技术进出口（除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动）。

2. 单位产品碳足迹结果

产品功能单位	单位产品碳排放量 (kgCO ₂ eq)
1台立体卷铁心配电变压器 (S22-M·RL-1250/10-NX1)	1736.0930
系统边界“摇篮到坟墓”：原料获取及加工、运输、生产制造、仓储、成品运输阶段、产品处置阶段的碳排放	

3. 评价过程中需要特别说明的问题描述

(1) 本次产品碳足迹评价的系统边界为包括原辅料获取阶段、原辅料运输阶段、产品生产阶段、成品运输阶段、产品处置阶段。

(2) 本次产品碳足迹评价工作建立了产品生命周期模型，计算得到产品碳足迹结果。

编制	孙振歌	签名	孙振歌
组内职务			
组长	孙振歌	签名	孙振歌
组员	寇振涛	签名	寇振涛
组员	李培华	签名	李培华
组员	夏亚蒙	签名	夏亚蒙
组员	李倩倩	签名	李倩倩

目录

摘要	1
1 产品碳足迹 (CFP) 介绍	2
2 企业及产品介绍	3
2.1 企业介绍	3
2.2 厂区形象图	4
2.3 产品介绍	6
2.3.1 产品功能	7
2.3.2 产品工艺流程	7
2.3.3 产品图片	8
3 目标与范围定义	9
3.1 评价目的	9
3.2 评价范围	9
4 数据收集	13
4.1 数据收集说明	13
4.2 活动水平数据	14
4.3 排放因子数据	14
5 碳足迹计算	16
5.1 计算方法	16
5.2 计算结果	16
5.3 不确定性分析	17
6 改进建议	18
6.1 改进建议	18
附件	22

附件 1：本公司 2025 年度温室气体报告核查组专家名单.....22

摘要

本评价的目的是以生命周期评价方法为基础,采用 PAS 2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》; GB/T 24067-2024/ISO 14067:2018《温室气体产品碳足迹量化要求和指南》为标准,计算得到 1 台立体卷铁心配电变压器 (S22-M·RL-1250/10-NX1) 的碳足迹。

为了满足碳足迹第三方认证以及与各相关方沟通的需求,本评价的功能单位定义为:1 台立体卷铁心配电变压器 (S22-M·RL-1250/10-NX1)。评价的系统边界定义为全生命周期产品碳足迹,系统边界为原辅料获取阶段、原辅料运输阶段、产品生产阶段、成品运输阶段、产品处置阶段。

评价得到:1 台立体卷铁心配电变压器 (S22-M·RL-1250/10-NX1) 原辅料获取阶段、原辅料运输阶段、产品生产阶段、成品运输阶段、产品处置阶段的碳足迹值为 1736.0930 kgCO₂eq, 原辅料获取阶段碳排放为 967.9199 kgCO₂eq (55.75%), 原辅料运输阶段碳排放为 319.2730 kgCO₂eq (18.39%), 生产阶段碳排放为 191.4291 kgCO₂eq (11.03%), 成品运输阶段为 146.9206 kgCO₂eq (8.46%), 产品处置阶段为 110.5505 kgCO₂eq (6.37%) 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。本报告采用了企业的合格供应商环评报告,同行业环保报告,企业的实际数据建立了产品生命周期模型,并计算得到产品碳足迹结果。生命周期评价的主要活动水平数据来源于企业现场调研的初级数据,背景数据来自发改委发布的《工业其他行业企业温室气体核算方法与报告指南(试行)》、国家市场监督管理总局发布的《温室气体排放核算与报告要求第 27 部分:陆上交通运输企业》等规定的缺省值。

1 产品碳足迹（CFP）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”也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（Carbon Footprint of a Product, CFP）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，即从原辅材料获取、原辅材料运输、产品生产、产品运输、产品使用、废弃处置等阶段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。碳足迹的计算结果用二氧化碳当量（CO₂eq）表示。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（特征化因子）在全球范围广泛适用。

产品碳足迹计算只包含一台完整生命周期评估（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 14067:2018《温室气体产品碳足迹 量化要求和指南》，此标准以 PAS2050 为种子文件，由国际标准化组织（ISO）编制发布。2024 年 8 月 23 日，中国国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会发布 GB/T 24067-2024《温室气体产品碳足迹 量化要求和指南》，2024 年 10 月 1 日实施。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 企业及产品介绍

2.1 企业介绍

河南天力电气设备有限公司是专业研发制造电力变压器及配电设备的国家级高新技术企业，位于南阳市。公司占地 12.8 万平方米，注册资金 1.198 亿元，员工 260 余人，大中专以上学历占比超 80%。

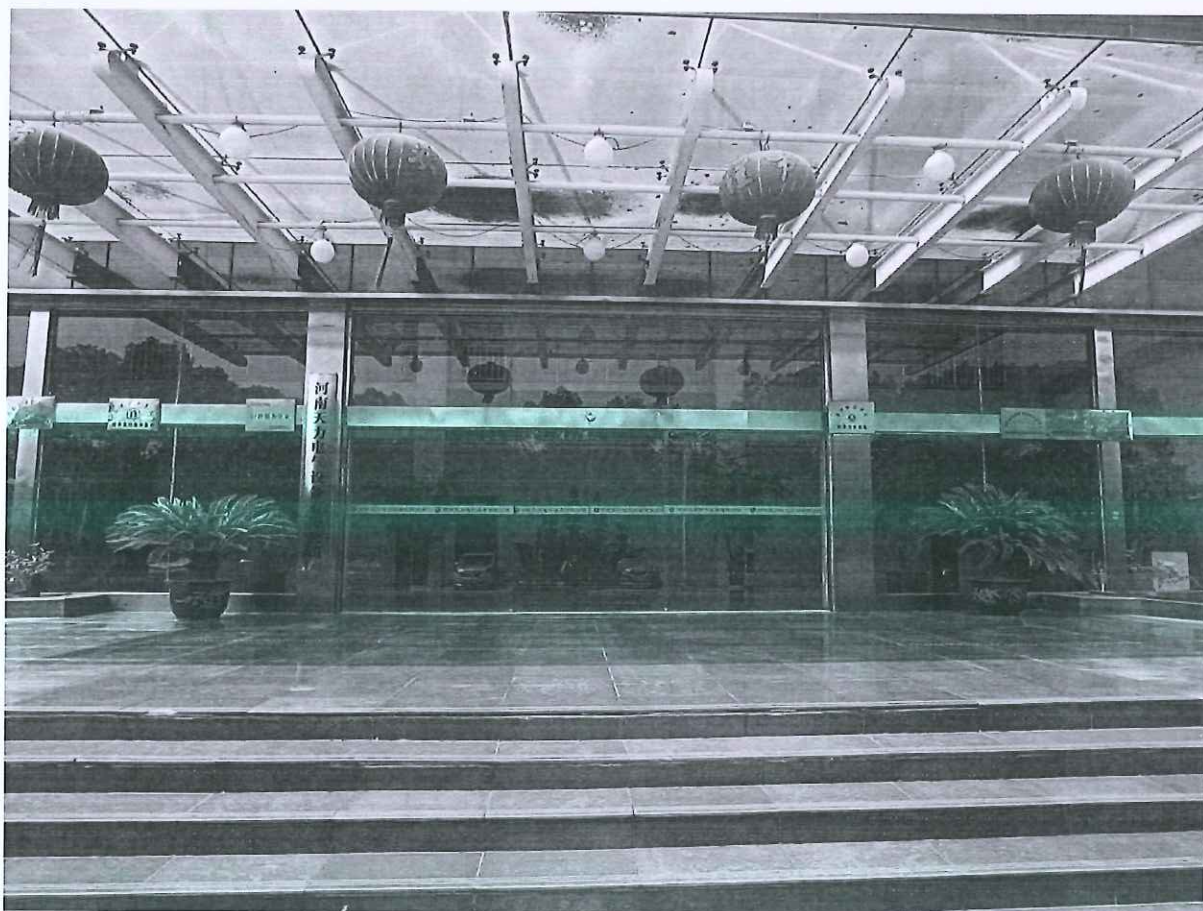
公司为省变压器行业协会常务副会长单位，获评省装备制造业创新引领型龙头企业、智能化工厂、绿色工厂、瞪羚企业，南阳市民营企业 50 强，任市新型电力装备产业链链主企业。

公司坚持“科技兴业，创新发展”，建有省新能源变配电工程技术研究中心、省企业技术中心及国家级能效标准实验室，专业技术人员 70 余人（高级职称 15 人）。与院校、科研机构合作获专利 50 余项、省市科技进步奖多项。产品通过 CSEI、KEMA、ISO 等质量认证及省部级鉴定。

公司生产“天力”牌全系列变压器及配电产品，涵盖立体卷铁芯、非晶合金、35kV 有载调压、干式、自动调容调压等变压器，以及箱式变电站、风电光伏专用变压器、高低压开关设备等，广受好评。其中多个产品获“中国著名品牌”“河南省名牌产品”称号，广泛应用于国家电网、南方电网等重点工程，产品出口非洲、东盟等地。

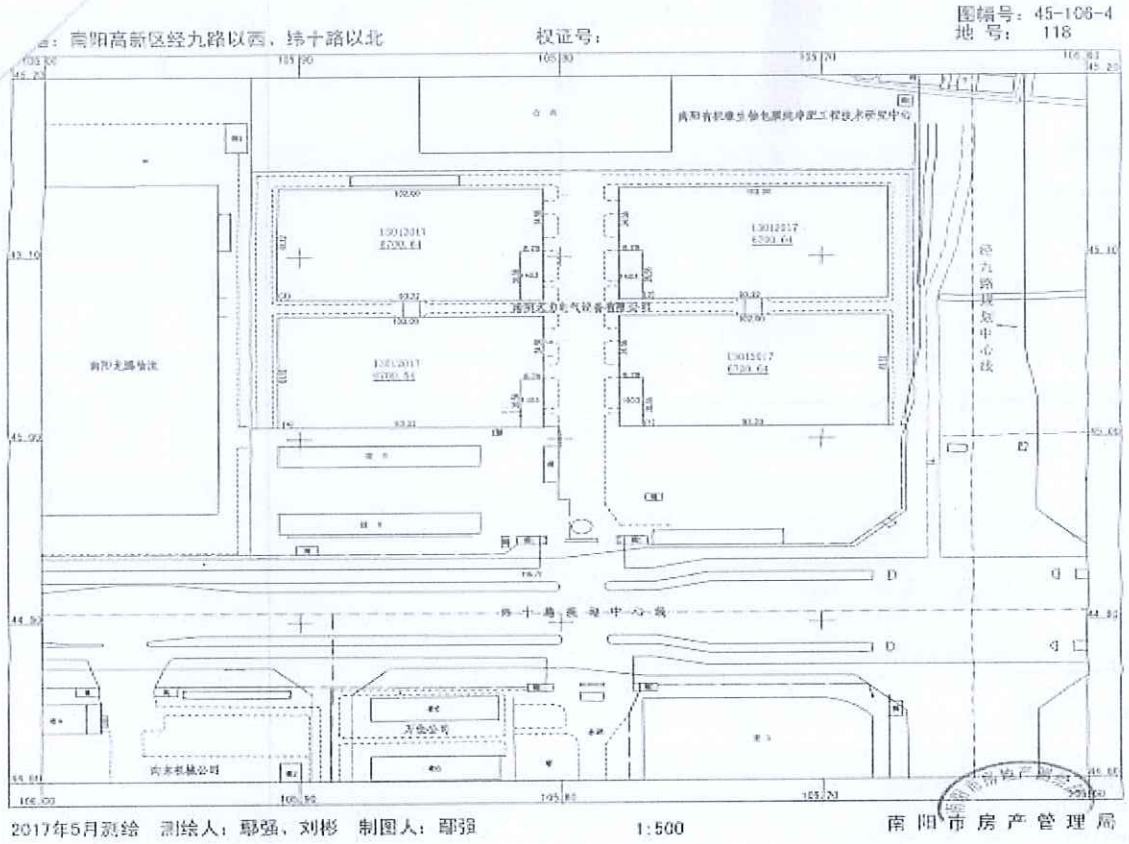
公司秉承“诚信为本、服务至上、追求卓越、共谋发展”经营理念，以优质的产品和服务与广大新老客户携手并进，共同开创美好的未来！

2.2 厂区形象图

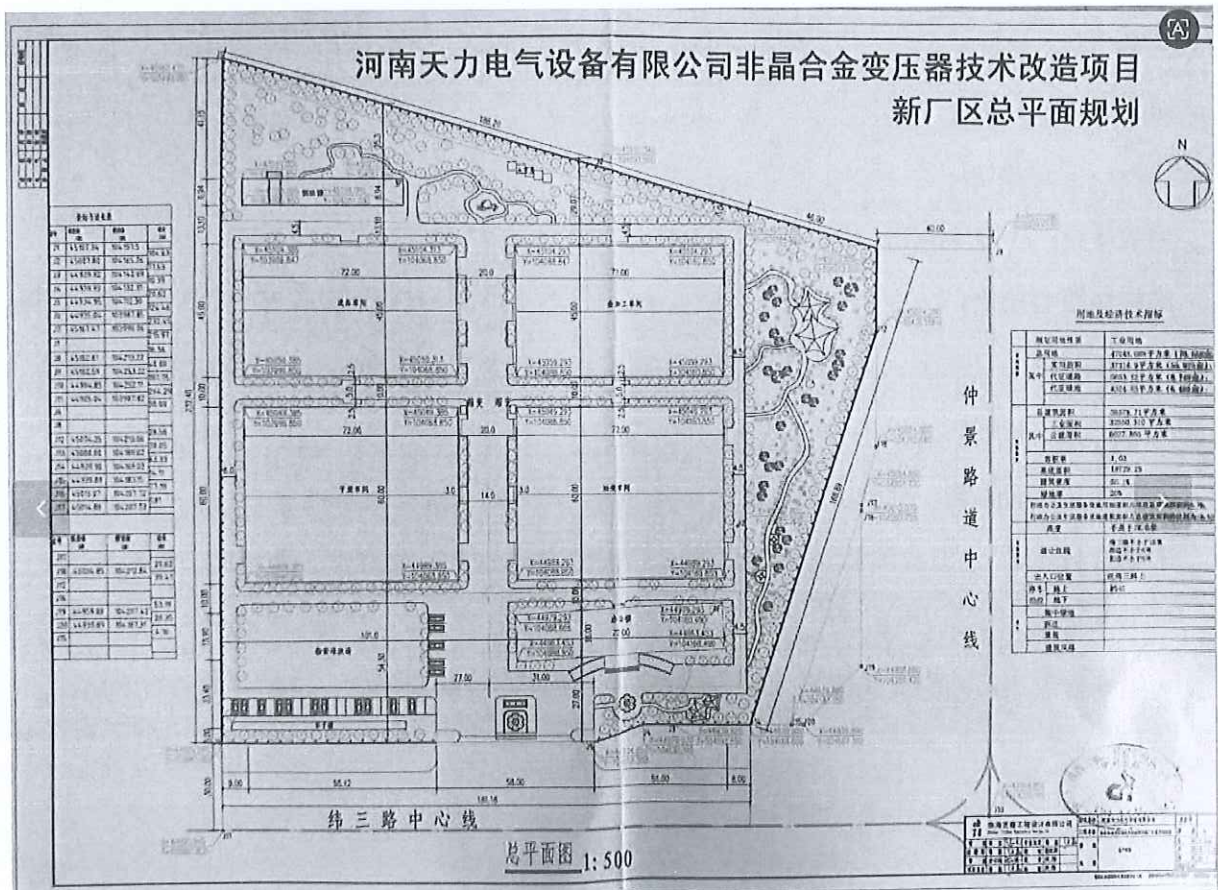


东厂区平面布局图

河南天力电气设备有限公司房产平面图



西厂区平面布局图



2.3 产品介绍

S22-M·RL-1250/10-NX1 是一款 1250kVA、10kV 级、全密封、立体卷铁心、一级能效 (NX1) 油浸式配电变压器，适配城乡电网、工商业及新能源并网场景，符合 GB 20052- 2020 高效标准。

型号特点：

S：三相

22：性能水平 (S22，一级能效)

M：全密封油浸

RL：立体卷铁心

1250：额定容量 1250kVA

10：高压侧额定电压 10kV

NX1：一级能效标识

核心参数

额定容量：1250kVA

电压比：10±5%/0.4kV

连接组别：Dyn11/Yyn0

空载损耗：780W

负载损耗：8460W

短路阻抗：4.5%

噪声：≤50dB(A)

能效等级：一级 (NX1)

结构与核心技术：

- 立体卷铁心 (RL)：由 3 个相同的半圆形截面卷铁心框立体拼装，三相磁路完全对称等长，无接缝、磁阻低。
- 硅钢片连续卷绕，导磁方向与磁通方向一致，填充系数高、损耗低。
- 全密封 (M)：波纹油箱 + 密封胶条，隔绝空气与水分，免维护、防渗漏、延缓绝缘老化。
- 绝缘与散热：高等级绝缘纸 + 矿物绝缘油，散热与绝缘性能优，适配长期满负荷运行。

2.3.1 产品功能

1) 极致节能（一级能效）

- 空载损耗比 S11 低约 25%，空载电流下降 60% - 80%，长期运行节电显著。
- 立体卷铁心无接缝，消除叠片结构的接缝损耗与局部过热问题。

2) 超低噪声（静音运行）

- 噪声比传统叠铁心低 5 - 10dB ($\leq 50\text{dB}$)，适合居民区、医院、学校等敏感环境。
- 无气隙磁路，抑制磁致伸缩振动，运行更宁静。

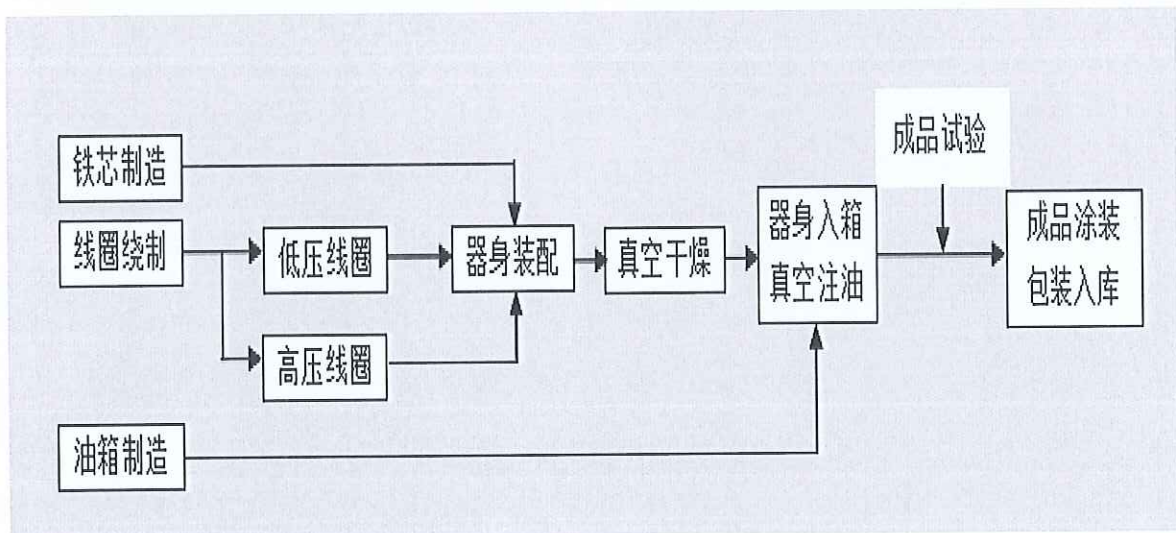
3) 高可靠性与抗短路能力

- 器身三棱柱结构，正圆形铁心截面，垫块覆盖率高，抗短路能力强。
- 三相磁路平衡，输出波形正弦度好，无三次谐波，供电质量高。
- 全密封设计，适应户外高温、潮湿、沙尘等恶劣工况，寿命延长、运维成本低。

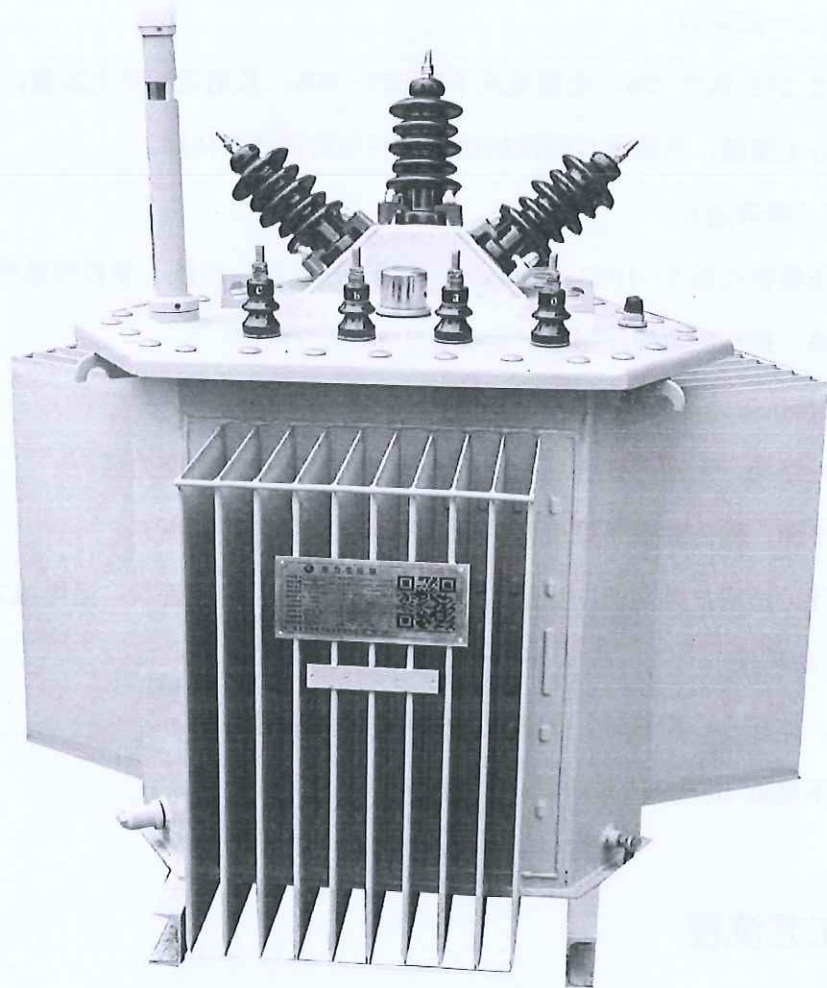
4) 紧凑设计与环保

- 结构紧凑、体积小、重量轻，节省安装空间与基础投资。
- 硅钢片利用率近 100%，边角余料少，绿色环保

2.3.2 产品工艺流程



2.3.3 产品图片



3 目标与范围定义

3.1 评价目的

本评价的目的是根据 PAS 2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》；GB/T 24067-2024/ISO 14067:2018《温室气体产品碳足迹 量化要求和指南》标准的要求，科学地评估 1 台立体卷铁心配电变压器（S22-M·RL-1250/10-NX1）的碳足迹。为企业自身的产品设计、物料采购、生产管控等提供可靠的碳排放信息，同时也为企业建立碳中和品牌，践行国家“绿色制造”战略等做好准备。评价的结果将为认证方、企业、产品设计师、采购商及消费者的有效沟通提供合适的方式。评价结果面向的沟通群体有：第三方认证机构，公司内部的管理人员、生产管理人员、采购人员，以及企业的外部利益相关者，如原材料供应商、政府部门和环境非政府组织等。

评价获得的数据信息还可用于以下目的：

- (1) 产品生态设计/绿色设计
- (2) 同类产品对标
- (3) 绿色采购和供应链决策
- (4) 为实现产品“碳中和”提供数据依据

3.2 评价范围

本项目明确了评价对象的功能单位、系统边界、分配原则、取舍原则、相关假设和原则、影响类型和评价方法、数据库和数据质量要求等，在下文分别予以详细说明。

3.2.1 功能单位

为方便输入/输出的量化，以及后续企业披露产品的碳足迹信息，或将本评价结果与其他产品的环境影响做对比，本评价声明功能单位定义为：1 台立体卷铁心配电变压器（S22-M·RL-1250/10-NX1）。

3.2.2 系统边界

本次评价的系统边界从原材料获取阶段到产品处置阶段，涵盖了原辅料获取阶段、原辅料运输阶段、生产阶段、成品运输、产品处置等阶段。产品从“摇篮到坟墓”各阶段包含及不包含的过程如表 3.1 所示。系统边界如图 3.1 所示。

表 3.1 各阶段包含的过程

阶段类型	包含的过程	未包含的过程
原辅料获取阶段	硅钢片、缩醛漆包铜扁线、缩醛漆包铜扁线、油、钢板等原材料	包装材料获取
原辅料运输阶段	硅钢片、缩醛漆包铜扁线、缩醛漆包铜扁线、油、钢板等原材料的运输过程	包装材料运输
生产阶段	厂区内生产阶段	/
成品运输阶段	柴油货车运输	/
产品处置阶段	废旧金属、废旧塑料回收处置	/

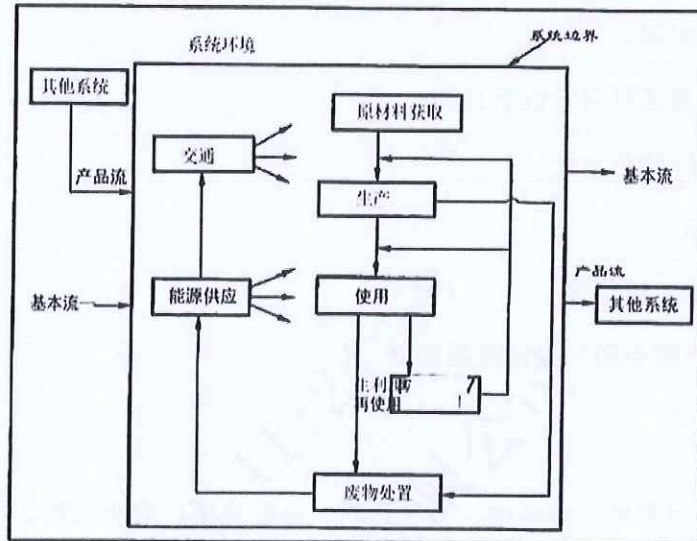


图 3.2: 产品系统边界示意图

3.2.3 分配原则

许多流程通常不是一件功能或输出，流程的环境负荷需要分配到不同的功能和输出中，当前有不同的方式来完成分配，主要有：（1）避免分配；（2）扩大系统边界；（3）以物理因果关系为基准分配环境负荷；（4）使用社会经济学分配基准。

由于各车间用电量未按产品及工序分开统计，因此本评价根据实际情况采用以产品产量等物理因果关系为基准来进行分配。

3.2.4 取舍准则

此次评价采用的取舍规则具体如下：

(1) 基于产品投入的比例：舍去质量或能量投入小于 1%的产品/能量投入，但总的舍去产品投入比例不超过 5%。但是对于质量虽小，但生命周期环境影响大的物质，则不可以舍弃，例如黄金、白银等。

(2) 基于环境影响的比重：以类似投入估算，排除实际影响较小的原料。对于任何类别影响，如果相同影响在一件过程/活动的总和小于 1%，则此过程可从系统边界中舍去。

(3) 忽略生产设备、厂房、生活设施等。

3.2.5 相关假设和限制

在生命周期评价过程中，会出现数据缺失或情景多样化的情况，生命周期评价执行者需要明确相关假设和限制。

本报告所有原辅材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。

3.2.6 影响类型和评价方法

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，并对产品全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，本次核查主要包括二氧化碳（CO₂）。并且采用了 IPCC 第五次评估报告（2021 年）提出的方法来计算产品全生产周期的 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（CO₂eq）。

3.2.7 数据来源

本评价过程中使用到的数据来源于企业的台账，记账凭证，供应商资质信息等。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。

3.2.8 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：

数据完整性：依据取舍原则。

数据准确性：实景数据的可靠性及分配原则的合理性。

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，以及企业自身统计的初级数据。本评价在进行了企业现场数据的调查、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相关行业企业温室气体核算方法与报告指南的缺省值；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相近的数据。

数据库的数据经过严格审查，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。

备注：初级数据和次级数据界定

初级数据：通过直接测量或基于直接测量计算得到的过程\或活动的量化值。注释 1：原始数据不一定来自所研究的产品系统(3.3.2)，因为原始数据可能与研究的不同但可比较的产品系统相关。注释 2：原始数据可包括温室气体排放因子(3.2.7)和/或温室气体活动数据(定义见 GB/T 24067-2024/ISO 14067:2018, 3.6.1, 3.6.2, 3.6.3)

次级数据：不符合原始数据(3.1.6.1)要求的数据。注释 1：次级数据可包括数据库和出版文献的数据、国家数据库中的默认排放因子、计算数据估计或其他经主管当局审定的代表性数据。

注释 2：次级数据可包括从代理进程或估计中获得的数据。

4 数据收集

4.1 数据收集说明

根据标准的要求，三信国际检测认证有限公司组建了碳足迹评价工作组，对 1 台立体卷铁心配电变压器（S22-M·RL-1250/10-NX1）产品的碳足迹进行了调研。

工作组对产品碳足迹的数据收集工作分为前期准备、确定工作方案和范围、现场走访、查阅文件、后期沟通等过程。前期准备及现场走访主要是了解产品基本情况、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。收集的数据主要包括企业的生产报表、财务数据等，以保证数据的完整性和准确性。查阅文件及后期反复沟通以排除理解偏差造成的结果不准确。本次评价的数据统计周期为 2025 年 01 月 01 日-2025 年 12 月 31 日。数据代表了产品的平均生产水平。

产品碳足迹的数据收集需要考虑活动水平数据、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量化数据（包括物质的输入、输出，能源使用，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：电力排放因子数据来源：2025 年 10 月 23 日，生态环境部、国家统计局关于发布 2024 年电力碳足迹因子的公告，后续将及时更新和定期发布电力碳足迹因子。

活动水平数据来自企业工作人员收集提供，对收集到的数据工作组通过企业自身的生产报表和财务数据进行了审核。排放因子数据来自相关行业企业温室气体核算方法与报告指南的缺省值查询。

4.2 活动水平数据

1 台立体卷铁心配电变压器（S22-M·RL-1250/10-NX1），2025 年度产品全生命周期各阶段的具体活动水平数据如下：

生命周期阶段	排放因子	活动数据		温室气体量 (kgCO ₂ eq)
原材料获取	0.5777	电力 kwh	1675.4715	967.9199
	0.055539	天然气 m ³	/	
	0.0726	柴油 kg	/	
原材料运输	0.0679	汽油 kg	/	319.2730
	0.0520	电力 kwh	/	
	0.0726	柴油 kg	103.1274	
产品生产	0.5777	电力 kwh	320.0265	191.4291
	/	焊接耗二氧化碳 kg	3.5833	
	0.055539	天然气 m ³	/	
	0.0726	柴油 kg	0.9582	
成品运输	0.0520	电力 kwh	47.4564	146.9206
	0.0726	柴油 kg	/	
生命末期(产品 处置阶段)	0.5777	电力 kwh	181.7517	110.5505
	0.055539	天然气 m ³	2.5680	
	0.0726	柴油 kg	/	

表 4.2.1 1 台立体卷铁心配电变压器（S22-M·RL-1250/10-NX1）

生命周期碳排放清单说明

4.3 排放因子数据

1 台立体卷铁心配电变压器（S22-M·RL-1250/10-NX1）产品生命周期各阶段“摇篮到坟墓”的具体排放因子数据来源，具体为排放因子数据来自《工业其他行业企业温室气体核算方法与报告指南（试行）》、《温室气体排放核算与报告要求第 27 部分：陆上交通运输企业》的缺省值查询。电力排放因子数据来源：2025 年 10 月 23 日，生态环境部、国家统计局关于发布 2024 年电力二氧化碳排放因子的公告，为落实《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》相关要求，生态环境部、国家统计局组织计算了 2024 年全国、区域和省级电力平均二氧化碳排放因子，全国电力平均二氧化碳排放因子，以及全国化石能源电力二氧化碳

排放因子，供核算电力消费的二氧化碳排放量时参考使用。2024 年全国电力平均碳足迹因子为 $0.5777\text{kgCO}_2\text{e/kWh}$ 。后续将及时更新和定期发布电力碳足迹因子。

5 碳足迹计算

5.1 计算方法

产品碳足迹是计算整个产品全生命周期中各阶段所有活动水平、排放因子之和。计算公式如下：

$$E = E_{\text{原材料获取}} + E_{\text{原材料运输}} + E_{\text{产品生产}} + E_{\text{产品运输}} + E_{\text{产品处置}}$$

其中：

E：产品碳足迹，单位为二氧化碳当量/吨(tCO₂e/t) 或千克二氧化碳当量(kgCO₂e)；

E 原材料获取：原材料获取阶段的碳足迹，单位为二氧化碳当量/吨(tCO₂e/t)或千克二氧化碳当量 (kgCO₂e)；

E 原材料运输：原材料运输环节产生的碳排放总量，单位为二氧化碳当量/吨(tCO₂e/t)或千克二氧化碳当量(kgCO₂e)；

E 产品生产：生产加工和装配阶段的碳足迹，单位为二氧化碳当量/吨(tCO₂e/t)或千克二氧化碳当量(kgCO₂e)；

E 产品运输：运输阶段的碳足迹，包括现场组立过程，单位为二氧化碳当量/吨 (tCO₂e/t) 或千克二氧化碳当量(kgCO₂e)；

E 产品处置：使用处置阶段的碳足迹，包括现场使用年限周期内排放、报废处置过程，单位为二氧化碳当量/吨(tCO₂e/t) 或千克二氧化碳当量 (kgCO₂e)；

5.2 计算结果

河南天力电气设备有限公司生产 1 台立体卷铁心配电变压器 (S22-M·RL-1250/10-NX1) 产品碳足迹是 1736.0930 kgCO₂eq/台。各生命周期阶段的温室气体排放情况如表 5.2-1 和图 5.2-2 所示。

生命周期阶段	碳足迹/(kgCO ₂ eq)	百分比/%
原材料获取阶段	967.9199	55.75%
原材料运输阶段	319.2730	18.39%
生产阶段	191.4291	11.03%
成品运输阶段	146.9206	8.46%
产品处置阶段	110.5505	6.37%
合计	1736.0930	100.00%

表 5.2-1 一台立体卷铁心配电变压器 (S22-M·RL-1250/10-NX1) 产品生命周期各阶段碳排放情况

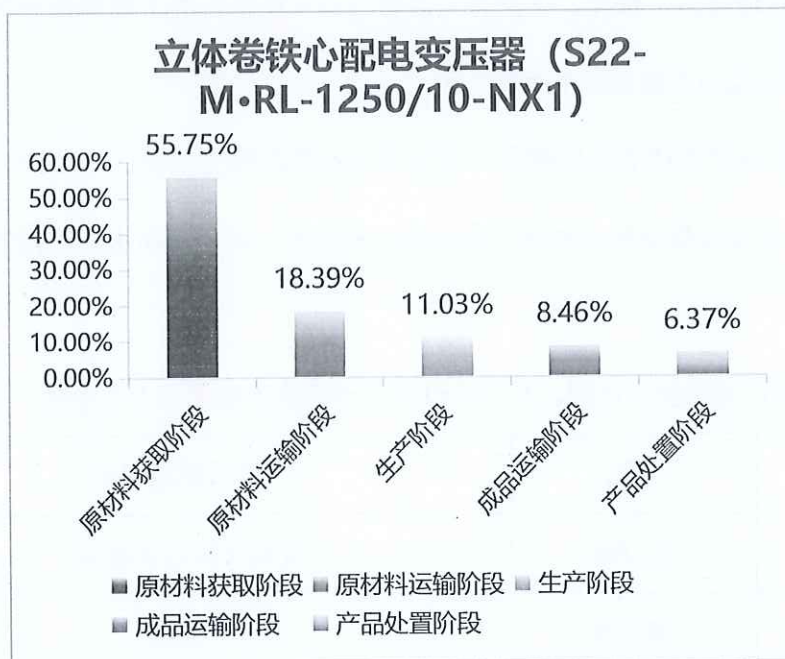


图 5.2-2 1 台立体卷铁心配电变压器 (S22-M·RL-1250/10-NX1)

生命周期阶段碳排放分布图

5.3 不确定性分析

不确定性的主要来源为活动水平数据存在测量误差和统计误差。减少不确定性的方法主要有：

使用准确率较高的活动水平数据；

对每一阶段的数据跟踪监测，提高活动水平数据的准确性。

6 改进建议

6.1 改进建议

根据产品从原材料获取到产品处置阶段的碳足迹评价结果，在企业可行的条件下，可考虑从以下方面加强碳足迹的管理：

(1) 制定数据缺失、生产活动或报告方法发生变化时的应对措施。若仪表失灵或核算某项排放源所需的水平或排放因子数据缺失，企业应采用适当的估算方法获得相应时期缺失参数的保守替代数据。

(2) 建立文档管理规范，保存、维护有关温室气体年度报告的文档和数据记录，确保相关文档在第三方核查以及向主管部门汇报时可用。

(3) 建立数据的内部审核和验证程序，通过不同数据源的交叉验证、统计核算期内数据波动情况、与多年历史运行数据的比对等主要逻辑审核关系，确保活动水平数据的完整性和准确性。

(4) 结合这张碳足迹阶段占比图，从图中可以看到各阶段碳足迹占比分析：

阶段	占比	碳贡献度等级
原材料获取阶段	55.75%	极高（核心贡献源）
原材料运输阶段	18.39%	较高
生产阶段	11.03%	中等
成品运输阶段	8.46%	中等偏低
产品处置阶段	6.37%	较低

结论：原材料获取阶段是该产品碳足迹的绝对核心来源，超过一半的碳排放来自此环节；其次是原材料运输，两者合计占比超 74%，是减排的重中之重。

4.1 原材料获取阶段（占比 55.75%，减排优先级★★★★★），这是碳足迹最大的环节，核心是降低硅钢片、铜绕组、钢材油箱、绝缘油等关键材料的“隐含碳”。

4.1.1 关键材料低碳替代

- 优先采购低碳硅钢片：选择采用氢还原工艺、绿电冶炼的硅钢片，其单位碳排放量可降低 20%-30%；同时提升硅钢片利用率，立体卷铁心本身材料利用率接近 100%，可进一步减少边角料浪费。

- 采用再生铜/再生铝绕组：再生铜的隐含碳仅为原生铜的 1/3-1/2，可大幅降低绕组环节碳排放；在满足载流和短路要求的前提下，推广铝绕组替代部分铜绕组。

- 选用低合金钢/再生钢材制作油箱、夹件：采用电炉冶炼的再生钢材，比高炉转炉钢材碳排放降低约 70%。

4.1.2 优化材料选型与用量

- 合理优化铁心、绕组设计，在满足一级能效（NX1）损耗要求的前提下，减少硅钢片和铜/铝材料的过量使用，实现“以更少材料达成更高能效”。

- 选用可降解、低 VOC 的绝缘材料和环保型绝缘油，减少石油基绝缘油的隐含碳与后续处置排放。

4.2 原材料运输阶段（占比 18.39%，减排优先级★★★★☆）

4.2.1 本地化采购：优先选择距离工厂半径 500km 内的供应商，减少长途公路运输的碳排放；对于大宗材料（硅钢片、铜材），优先采用铁路 / 水路运输替代柴油货车运输，铁路运输碳排放仅为公路的 1/5-1/3。

4.2.2 运输方式优化：

- 采用 13.5 米/17.5 米标准车型，提高装载率，避免空载或半载运输；
- 推动供应商采用“公转铁 + 公铁联运”模式，减少柴油货车的直接运输里程。

4.3 生产阶段（占比 11.03%，减排优先级★★★★☆）

4.3.1 能源结构低碳化：工厂优先使用绿电（风电/光伏/水电），替代燃煤/火电；对生产车间进行节能改造，比如铁心卷绕、绕组加工设备采用高效电机，降低单位产品的电力消耗。

4.3.2 工艺优化与节能改造：

- 优化铁心退火、器身干燥等热处理工艺，采用低温真空干燥、余热回收系统，降低天然气/电力消耗；
- 减少生产过程中的边角料、废品率，提升成品率，间接降低单位产品的生产能耗与碳排放。
- 工艺替代：采用无溶剂绝缘漆、无氰电镀等低碳工艺，减少过程碳排放与废弃物排放。

4.4 成品运输阶段（占比 8.46%，减排优先级★★★☆☆），就近配送：优先为就近的用户（如本地/周边省市电网、工商业用户）供货，减少跨区域长途运输；

4.4.1 运输方式与装载优化：

- 采用低排放车型（国六/新能源货车）运输成品；
- 优化包装方案，采用轻量化、可循环包装，降低运输重量，减少燃油消耗；
- 对于批量订单，采用整车运输，避免零担运输的高碳排放。

4.5 产品处置阶段（占比 6.37%，减排优先级★★☆☆☆）

- 可回收设计：采用模块化、易拆解的结构设计，确保硅钢片、铜/铝绕组、钢材油箱等材料可高效回收利用；
- 材料循环利用：报废变压器拆解后，硅钢片、铜/铝、钢材等材料优先再生利用，替代原生材料，减少原生材料开采与冶炼的碳排放；
- 环保处置绝缘油：采用再生处理或合规回收绝缘油，避免直接焚烧或填埋，降低处置过程的碳排放与污染。

(5) 二、减排效果预期（按阶段估算）

阶段	减排潜力	实施关键措施
原材料获取阶段	20%-30%	低碳硅钢片+再生铜/再生钢+优化材料用量
原材料运输阶段	30%-50%	本地化采购+铁路/水路运输替代公路

生产阶段	15%-25%	绿电替代火电 +工艺节能改造
成品运输阶段	20%-40%	就近配送+低排放车型+整车运输
产品处置阶段	30%-50%	高效材料回收+绝缘油再生利用

综合来看，通过以上措施，该型号变压器的全生命周期碳足迹可降低约 25%-35%，其中原材料获取和运输阶段的贡献占总减排量的 70% 以上。

附件

附件 1：本公司 2025 年度温室气体报告核查组专家名单

2025 年度温室气体报告核查组专家名单

姓名	工作单位	中国认证认可协会 温室气体核查员证书号
孙振歌	三信国际检测认证有限公司	2024-CCAA-GHG1-1277222
寇振涛	三信国际检测认证有限公司	2026-CCAA-GHG1-1298954
李培华	三信国际检测认证有限公司	2026-CCAA-GHG1-1499700
夏亚蒙	三信国际检测认证有限公司	2026-CCAA-GHG0-1300012
李倩倩	三信国际检测认证有限公司	2026-CCAA-GHG0-1298063

上述专家名单，经过本企业确认并同意开展温室气体排放量核查工作，专家组成员在本公司进行了 2.0 天的数据收集、数据验证、数据计算和数据核查工作，特此证明。

企业代表(签字):



(企业盖公章)

2026 年 6 月 7 日

