

报告编号:20260502LSSCZD



绿色生产制度报告

企业名称： 山东电工电气集团智能电气有限公司

服务机构： 三信国际检测认证有限公司

查询网站： www.cncsit.cn



目 录

概要.....	2
1. 企业基本情况介绍.....	4
1.1 企业简介.....	4
1.2 核心业务及产品体系.....	5
1.3 绿色发展理念及战略规划.....	6
1.4 回收相关资源配置.....	8
2. 绿色生产管理制度.....	9
2.1 管理制度建设.....	9
2.2 清洁生产实施与检查制度.....	11
2.3 能源资源节约与管控标准.....	12
2.4 环境影响监测与评估制度.....	13
3. 绿色生产流程规范.....	14
3.1 源头生态设计流程.....	14
3.2 绿色采购与供应链管理.....	17
3.3 清洁生产工艺控制.....	18
3.4 末端治理与排放管理.....	20
4. 绿色生产实施情况.....	23
4.1 年度绿色生产目标完成情况.....	23
4.2 资源再利用与处理成效.....	23
4.3 污染物减排与合规排放成效.....	25
5. 绿色回收技术创新与改进.....	26
5.1 现有技术应用情况.....	26
5.2 新工艺与装备升级.....	26
5.3 技术改进与创新探索.....	26
6. 结论.....	28
附件 1: 企业营业执照.....	29
附件 2: 质量管理体系认证证书.....	30
附件 3: 环境管理体系认证证书.....	31
附件 4: 产品碳足迹报告.....	32

概要

绿色生产是指在产品生产全过程中，以节能、降耗、减污、增效为目标，通过科学的管理制度和技术手段，实现经济效益与环境效益相统一的生产方式。在“双碳”目标和新型电力系统建设的大背景下，电气装备制造企业推进绿色生产，不仅是履行环境保护社会责任的必然要求，更是提升企业核心竞争力、实现可持续发展的重要途径。

山东电工电气集团智能电气有限公司（以下简称“公司”）作为中国电气装备集团所属山东电工电气集团的全资子公司，国家认定的高新技术企业、市级绿色工厂和绿色供应链管理企业，始终秉持“绿色智造、循环共生”的发展理念，将绿色生产贯穿于产品研发设计、原材料采购、生产制造、能源管理、污染物治理、产品回收利用的全生命周期。

本报告系统梳理了公司绿色生产制度体系的建设与运行情况，主要内容涵盖以下几个方面：

绿色生产管理制度：建立了覆盖“决策—管理—执行”三级责任体系，明确了各部门、各岗位的绿色生产职责。制定了产品生态设计管理制度，从设计源头推行三维参数化设计和产品标准化，实现材料用量的最优化。建立了有害物质限制使用与管控办法，确保生产过程不使用有毒有害物质。完善了清洁生产审核、能源消耗定额考核、环境影响监测等配套制度。

绿色生产流程规范：从源头生态设计、绿色采购与供应链管理、清洁生产工艺控制到末端治理与排放管理，形成了全流程的绿色生产操作规范。油浸式变压器和干式变压器两大产品线均建立了各工序的清洁生产控制标准，生产过程中产生的边角料分类回收利用，废气经处理后达标排放，危险废物全部交由有资质单位合规处置。

绿色生产实施成效：10kV 油浸式配电变压器标准化设计覆盖全部主力型号，三维参数化设计实现材料用量源头优化，天然酯绝缘油变压器和高降解率环氧树脂干式变压器完成试制。能源管控中心建成投运，实现用电量多维度统计与负荷趋势实时监控。标准化系列产品空载损耗和负载损耗计算值均优于国家标准，废气处理设施同步运行率保持 100%，无环境污染事件发生。

绿色技术创新与改进：三维参数化及有限元仿真技术、能源管控中心、高降解率绝缘材料应用等成熟技术已深度嵌入生产体系。恒张力全自动绕制、单螺旋结构线圈

等新工艺提升了绕制效率和抗短路能力。在可降解/易回收新型绝缘材料研发、产品模块化易拆解设计、智能化绿色制造等方面布局了下一步攻关方向。

综上所述，公司已建立起较为完善的绿色生产制度体系，并在实践中取得了扎实成效。未来，公司将继续以绿色低碳技术创新为驱动，深入推进绿色制造体系建设，为电气行业绿色发展贡献更大力量。

1. 企业基本情况介绍

1.1 企业简介

山东电工电气集团智能电气有限公司（以下简称“智能电气”）成立于2014年，是中国电气装备集团所属山东电工电气集团的全资子公司，是国家认定的高新技术企业，省级专精特新和数字经济晨星工厂，市级绿色工厂、瞪羚企业和绿色供应链管理企业。

企业立足服务国家“双碳”和新型电力系统建设战略部署，以10kV立体卷铁心油浸式变压器及台区为冠军产品，以35kV清洁能源箱式变电站和储能干式变压器为头部产品，以10kV其他配电变压器为优势产品，拓展消弧线圈成套装置、海上风电用66kV塔筒变等新业务的“1+2+N”业务布局，具备110kV及以下电力施工总承包和35kV及以下四级承装（修、试）能力。获授权专利80余项，资质证书150余项，通过中质协质量、环境、职业健康安全管理体系以及能源管理四体系认证，荣获国家科技进步奖二等奖1项，中国机械工业科学技术奖一等奖1项，北京市科学技术奖一等奖1项等10余项国家及省部级奖励。获批市级企业技术中心、工业企业一企一技术研发中心和山东省工程研究中心。

企业拥有强大的产品配套和集成能力、灵活的管理机制、优秀的人才队伍、完善的质量保证体系及营销和客服体系。企业拥有5条智能化生产线，其中3条油浸式变压器生产线、1条干式变压器生产线、1条箱式变电站生产线，是目前国内唯一具备配电变压器短路承受能力、开关类设备短时耐受电流能力等测试项目的配电设备制造厂家。

企业积极服务于“一带一路”和全球能源互联网建设，国内市场主要覆盖两网、“五大六小”部分发电企业、集体企业、电网储能、石油钢铁等领域，国际市场落实国际化战略，坚持“三个出海”（借船出海、抱团出海、造船出海），培育“三个重点”（重点设备、重点伙伴、重点国家），积极推进高端装备与新产品“走出去”，开拓刚果金、西班牙、印尼等13个国家和地区，逐步构建起以国内传统市场为主体、以新兴业务和国际业务为“两翼”的“一体两翼”市场新格局。

企业将在中国电气装备、山东电工电气的坚强领导下，牢牢把握“市场引领、改革创新、持续改善、争创一流”工作思路，真抓实干、马上就办，再登高、走在前、创一流，书写公司高质量发展新篇章，为建设世界一流智慧电气装备集团作出新的更

大贡献！



企业概貌

1.2 核心业务及产品体系

1.2.1 核心业务范畴

公司核心业务围绕电气设备全生命周期展开，形成“研发设计 - 规模化生产 - 市场销售 - 技术服务 - 回收循环”的完整业务闭环：

产品研发与生产：依托专业技术人才团队和标准化生产基地，聚焦环保型、高可靠性电气设备的研发制造，严格遵循质量管理、环境管理、职业健康安全管理体系标准，实现产品规模化、规范化生产；

市场销售与系统解决方案：以市场需求为导向，为客户提供环保柜、35kv 充气柜等核心产品的销售服务，同时结合客户实际应用场景，配套提供智能、安全的电力系统整体解决方案；

技术支持与售后服务：建立完善的售后服务体系，为客户提供产品安装指导、运维技术支持、故障排查等全流程服务，同时响应客户报废产品回收需求，推动产品全生命周期环保管理；

绿色回收与资源循环：基于产品碳足迹核算覆盖的全生命周期管理要求，将产品回收纳入核心业务延伸范畴，针对报废产品开展回收、检测、拆解、资源再利用及无害化处理，践行循环经济理念。

1.2.2 核心产品体系

公司产品主要包括油浸式变压器、干式变压器、箱式变电站等。

油浸式变压器生产工艺流程：低压线圈绕制、高压线圈绕制、线圈套装、引线装配、器身干燥、总装配、抽真空、注油、静放、出厂试验、入库。

干式变压器生产工艺流程：低压线圈绕制、高压线圈绕制、线圈浇注、线圈套装、引线装配、总装配、出厂试验、入库。

箱式变电站生产工艺流程：材料准备、元器件安装、柜内二次线连接，柜内一次母线制作、低压柜自检、装配、箱体内二次线连接，箱体内一次母线制作、自检、入库。

1.2.3 产品绿色特性

公司所有核心产品均围绕“绿色环保、循环可利用”进行设计与生产，具备鲜明的回收适配优势：

材质选型方面：优先采用可回收性强的金属材料、环保型绝缘材料等，减少难降解、高污染材质的使用，降低回收拆解过程中的环境风险；

结构设计方面：产品采用模块化、标准化设计，便于回收后的分类拆解与零部件分离，提升资源再利用效率；

环保认证保障：产品生产遵循 ISO14001:2015 环境管理体系标准，变压器产品已完成全生命周期碳足迹核算，明确了回收环节的环保控制要求，为绿色回收提供了标准化依据。

公司核心业务及产品体系的绿色定位，不仅满足了电力行业对安全可靠装备的核心需求，更通过全生命周期的环保设计与管理，为产品回收利用、资源循环奠定了坚实基础，彰显了企业在绿色发展中的责任与担当。

1.3 绿色发展理念及战略规划

1.3.1 绿色发展理念

公司深植“绿色智造、循环共生”的发展理念，将生态环保与可持续发展贯穿企业运营全链条。公司坚信，电气企业的高质量发展必须与生态保护同频共振，始终秉持“全生命周期绿色管理”原则，从产品研发设计、原材料采购、规模化生产，到市场销售、售后服务及报废回收，每个环节均融入环保要求，致力于减少资源消耗、降低环境影响，实现经济效益、社会效益与生态效益的有机统一。

在具体实践中，公司以科技创新为驱动，将绿色低碳技术创新作为产品升级与产业转型的核心方向，主动承担电气行业绿色发展的社会责任。通过三维参数化设计从源头降材、能源管控中心精细化节能、高降解率材料应用、清洁生产工艺执行、产品

末端回收利用等一系列举措，构建覆盖产品全生命周期的绿色发展模式。

1.3.2 绿色发展战略规划

（一）短期战略（1-2 年）：夯实绿色基础，完善生产体系

深化绿色生产管控：严格落实质量、环境、职业健康安全、能源管理四大体系标准，优化生产工艺，减少生产过程中的能耗与污染物排放。

推广绿色材料应用：扩大天然酯绝缘油、高降解率环氧树脂等环保型原材料的使用比例，从源头降低产品全生命周期环境负荷。

推进标准化设计全覆盖：将 10kV 油浸式配电变压器标准化“一套图”设计成果推广至全部主力产品型号。

提升能源管控水平：充分发挥能源管控中心的实时监测与异常告警功能，建立能耗数据月度分析与对标机制。

强化绿色认证与合规管理：维护现有四体系认证、产品碳足迹认证等资质，推动更多核心产品完成绿色认证。

（二）中期战略（3-5 年）：深化技术创新，提升绿色效能

技术创新赋能绿色升级：加大绿色研发投入，聚焦环保型绝缘介质、可循环材质等关键技术攻关，研发更易回收、资源利用率更高的新一代电气产品。

优化产品模块化设计：在标准化设计基础上，进一步开展面向回收拆解的模块化设计研究，提升拆解效率与零部件复用率。

构建全生命周期循环体系：完善“生产边角料回收—产品使用后回收—拆解再利用—无害化处理”的闭环机制，将回收环节深度融入核心业务。

拓展绿色合作生态：与科研院校、专业回收机构、资源再生企业建立战略合作，联合开展绿色材料研发、废弃物资源化利用等项目。

提升绿色品牌影响力：以市级绿色工厂为基础，打造行业绿色标杆企业，传递企业绿色发展理念。

（三）长期战略（5 年以上）：引领行业转型，实现可持续发展

打造智能化绿色制造示范基地：引入智能化生产设备、数字化管理系统，建成集绿色设计、清洁生产、能源管控于一体的现代化绿色制造基地。

推动行业绿色标准共建：凭借在绿色设计、碳足迹核算、绿色材料应用等领域的实践经验，参与电气行业绿色生产标准、产品环保设计规范的制定。

实现全链条碳中和目标：通过优化能源结构（如使用可再生能源）、提升资源利

用效率、碳减排技术创新等多种途径，逐步降低企业运营及产品全生命周期的碳排放量。

拓展绿色服务边界：向客户输出绿色产品解决方案、碳足迹评估等增值服务，构建“产品+服务+循环”的绿色商业模式，助力全社会电力行业可持续发展。

1.4 回收相关资源配置

1.4.1 核心环保设备配置

（一）环保设备台账：

编号	名称	型号	厂家	单位	套
HB-01	废气处理设备	DH20000m ³ /H	山东德海微朗能源装备有限公司	套	1
HB-02	烟气回收装置	HT3000	山东德海微朗能源装备有限公司	套	1
HB-03/04	废气处理设备	DHJ-200/处理风力 20000m ³ /h	山东德海微朗能源装备有限公司	套	2

（二）绿色研发条件：

获批市级企业技术中心、工业企业一企一技术研发中心、山东省工程研究中心等省市级研发平台。

具备有限元仿真分析能力，可对变压器铁心及绕组的电磁场、温度场、漏磁分布进行精确仿真计算。

具备天然酯绝缘油、高降解率环氧树脂、非晶合金材料等绿色新材料的工艺试验与性能测试条件。

2. 绿色生产管理制度

2.1 管理制度建设

2.1.1 绿色生产管理责任制度

公司建立了“决策—管理—执行”三级绿色生产责任体系，将绿色生产目标层层分解至各部门、各岗位，形成纵向贯通、横向协同的责任网络。

决策层：由总经理牵头，联合技术部、品质部、生产部负责人组成绿色生产管理委员会，负责审定绿色生产战略规划、审批重大绿色技改项目、监督绿色生产体系运行成效、协调解决跨部门绿色生产重大问题。

管理层

技术部：负责产品生态设计与绿色材料研发，推行三维参数化设计软件实现源头降材，制定产品标准化方案，研究天然酯绝缘油、高降解率环氧树脂、非晶合金等绿色材料的应用技术。

品质部：负责有害物质管控与环保合规监督，制定产品生产过程有害物质检测标准，监督废气处理设施运行达标情况，核查危险废物规范化管理执行情况，组织开展清洁生产审核。

生产部：负责清洁生产工艺执行与能源资源消耗管控，落实三维参数化出图与标准化设计成果，管理生产线物料领用与边角料回收，执行能源管控中心运行指标，控制生产过程废气、噪声排放。

供应部：负责绿色供应链管理，审核供应商环保资质，采购符合环保标准的铜导线、硅钢片、变压器油等原材料，落实电磁线线辘子等包装物闭环回收。

办公室：负责绿色生产制度的备案与更新，组织员工绿色生产培训，对接环保部门完成合规报备，归档绿色生产数据及报告。

执行层

设计工程师：严格执行三维参数化设计原则与产品标准化规范，优化电磁计算方案，降低原材料设计冗余。

工艺技术员：落实标准化生产工艺，控制线圈绕制、器身干燥、总装配等各环节物料损耗与能源消耗。

能源管理员：负责能源管控中心日常监测，记录“昨日/今日负荷”对比数据与日/月/年用电量，发现异常能耗及时上报。

环保专员：负责废气处理设施运行维护、危废贮存管理、环境监测数据记录与报

送。

一线操作人员：按规范操作设备，分类收集生产边角料与废弃物，遵守有害物质禁用规定。

2.1.2 产品生态设计管理制度

公司从设计源头贯彻绿色理念，建立了覆盖产品全生命周期的生态设计管理制度。

三维参数化设计管理：全面推行变压器三维参数化设计软件，取代传统人工经验设计模式。要求设计人员严格遵循“设计原则制定—原则转换—三维模型建立—工程图生成—参数驱动输出”的标准化闭环流程。通过计算机算法自动筛选电磁方案最优解，以最小材料成本实现最优能效指标，从源头减少铜导线、硅钢片等核心原材料的用量。

产品标准化管理：针对 10kV 油浸式配电变压器，执行“一套图”标准化设计原则。以 S20 系列二级能效产品为基准，统一铁心结构、夹件方式、线圈主纵绝缘尺寸、高低压层间绝缘及油道厚度、铜线铜箔型号等核心参数。采用有限元仿真软件对铁心及绕组漏磁分布进行精确分析与优化，确保空载损耗与负载损耗计算值严格优于 GB 20052-2020 二级能效限定值，实现技术性能与材料成本的最优平衡。

绿色材料引导规范：

天然酯绝缘油应用：鼓励在新产品试制中采用 MIDEL EN 1204、RAPO、FR3 等品牌的天然酯绝缘油替代传统矿物油，制定专用注油工艺规程（油温控制、滤油时间、取样化验等），提升产品环保与安全性能。

高降解率环氧树脂应用：在干式变压器研发中优先选用高降解率环氧树脂绝缘材料，利用其硅-氧链节结构特性实现 99%材料可回收率，解决传统环氧树脂难回收问题。

非晶合金材料应用：推广低噪声非晶合金立体卷铁心技术，利用非晶合金高电阻率、低磁致伸缩特性实现空载损耗较行业同类产品降低约 5%。

2.1.3 有害物质限制使用与管控办法

公司严格执行《产品生产过程不使用有害物质说明》相关承诺，建立覆盖原材料采购、生产加工、末端排放全流程的有害物质管控体系。

原材料准入标准：生产所需铜导线、硅钢片、变压器油等核心原材料均从合格供应商采购，要求提供材质检测报告与环保合规证明，确保无有毒有害物质混入。严禁使用含多氯联苯绝缘油、含重金属超标材料等禁用物质。

生产过程管控：产品生产过程不涉及有毒有害化学物质使用。线圈绕制、器身干

燥、线圈浇注、引线装配、总装配等核心工序均以物理加工为主，从工艺源头消除有害物质引入风险。

产排污管控：

废气管理：生产过程中产生的少量废气经专业处理设施处理后达标排放，废气处理设施定期维护并记录运行台帐。

废水管理：公司配电变压器生产工艺不产生工艺废水，生活污水纳管排放。

固体废物管理：实行分类收集、分区贮存制度。废金属、废包装材料、废办公用品等一般工业固废及生活垃圾，统一收集后由合规单位回收利用或清运；危险废物（如少量废绝缘油、含油抹布等）设专用密闭容器收集，存放于危险废物暂存间，严格执行转移联单制度，交由有资质的第三方安全处置。

不产生余热余压的特殊声明：公司属配电变压器组装制造企业，工艺性质决定生产过程不产生余热余压，不涉及余热余压回收利用技术改造。

2.2 清洁生产实施与检查制度

2.2.1 生产过程环境因素识别与评价

识别范围：覆盖油浸式变压器（低压线圈绕制→高压线圈绕制→线圈套装→引线装配→器身干燥→总装配→抽真空→注油→静放→出厂试验）、干式变压器（低压线圈绕制→高压线圈绕制→线圈浇注→线圈套装→引线装配→总装配→出厂试验）和箱式变电站（材料准备→元器件安装→柜内二次线连接，柜内一次母线制作→低压柜自检→装配→箱体内二次线连接，箱体内一次母线制作→自检→入库）三大产品的全部生产工艺流程，以及仓储、运输、设备维护等辅助活动。

评价方法：采用“多因子评分法”，从环境因素的发生频率、影响范围、危害程度、法规符合性等维度进行评分，评定出“重要环境因素”与“一般环境因素”，形成《环境因素识别与评价台账》。

重点管控因素：经识别评价，公司重要环境因素包括——器身干燥烘房能耗、变压器注油工序油品泄漏风险、出厂试验环节电能消耗、线圈浇注废气排放、含油废弃物产生。

2.2.2 污染物控制标准

废气控制：线圈浇注工序可能产生的少量挥发性有机物参照相关标准执行；废气处理设施正常运行，废气收集效率及处理效率满足环保要求；排放浓度与排放速率执行《大气污染物综合排放标准》及地方更严要求。

噪声控制：铁心加工、线圈绕制、设备运行等产生噪声的生产活动，通过选用低噪声设备（如低噪声非晶合金立体卷铁心变压器）、厂房隔声、设备减振等措施，确保厂界噪声排放达标

固体废物处理：

弃物类别	细分类型	处置方式
危险废弃物	废活性炭	交由专业机构处理
	废机油滤芯	交由专业机构处理
	废 UV 灯管	交由专业机构处理
一般废弃物	废铜箔/铜排料头	交由专业机构处理
	废漆包线	交由专业机构处理
	废纸包线/膜包线	交由专业机构处理

2.2.3 清洁生产审核与改进机制

内部审核：每年至少开展一次清洁生产内部审核，由品质部组织，对照绿色生产管理制度与环保法规要求，检查各部门清洁生产执行情况，形成《清洁生产审核报告》，列出不符合项与改进建议。

改进机制：建立“发现—分析—改进—验证”闭环管理流程。对审核发现的问题，责任部门限期整改；对提出的改进建议，由技术部、生产部评估可行性后纳入年度绿色技改计划。鼓励员工提出清洁生产合理化建议，经评审采纳的给予相应激励。

2.3 能源资源节约与管控标准

2.3.1 能源消耗定额与考核

能源管控中心运行管理：公司已建成能源管控中心，由专职能源管理员负责日常运行与数据监测。系统实时监测室内温度、湿度及设备运行状态，设有“昨日/今日负荷”对比指标与日/月/年用电量多维度统计面板。建立通信状态 SOE 告警机制，一旦出现通信异常反复波动，立即启动排查，确保供能链路零中断。

能耗定额管理：依据历史能耗数据与生产计划，制定月度、年度用电定额指标。能源管理员每月统计实际用电量（当月累计值、当年累计值）与定额对比，超定额需分析原因并制定纠偏措施。

考核机制：将能耗指标纳入生产部门绩效考核体系，按月考核、季度评估、年度总结。对连续超定额的产线，由技术部、生产部联合开展节能诊断。

2.3.2 原材料节约与边角料再利用标准

设计端降材：通过三维参数化设计软件实现电磁方案最优化，避免人工设计的材料冗余浪费，从设计源头减少铜导线、硅钢片等核心原材料用量。

标准化降材：通过产品标准化设计，统一材料规格与尺寸，提高材料利用率，减少积压库存，缩短制造周期。

边角料管理：

电磁线、铜排料头：分类收集，由铜加工厂家定点回收利用。

硅钢片边角料：分类存放，由金属再生企业回收处理。

电磁线线辊子：由电磁线加工厂家回收后重新绕线利用，建立包装物闭环流转机制。

废包装材料：集中收集，能再利用的优先内部周转，无法再利用的交由再生资源回收单位。

2.3.3 水资源使用管理规范

公司属配电变压器组装制造企业，生产过程基本不消耗工艺用水。用水主要集中于生活用水、车间清洁用水及少量试验用水。

严格执行计量管理，安装分级水表，定期抄录并分析用水数据。

推行节水宣传，提升员工节水意识。发现管道泄漏及时维修，杜绝跑冒滴漏。

2.4 环境影响监测与评估制度

2.4.1 关键环境指标日常监测

监测内容与分工：

能源管控中心：实时监测当日负荷、昨日负荷、室内温度、室内湿度、通信状态等参数，由能源管理员每日记录并核对数据。

废气处理设施：生产运营期间，由环保专员每日检查废气处理设施运行状态，确保设施同步运行率 100%。

危险废物贮存：每周检查危险废物暂存间防渗、防泄漏设施完好性，核对危废产生量、贮存量、转移量台账是否一致。

一般固废：每日记录一般工业固废产生量、外运量及去向。

异常处置：参考能源管控中心 SOE 告警机制，建立环境指标异常告警与快速响应

制度。一旦发现污染物排放异常、危废泄漏等突发情况，立即启动应急预案，采取停止产污、封堵泄漏源、报告上级等应急措施，并如实记录异常情况及处置结果。

2.4.2 定期环境检测与评估

自行监测：每年委托有资质的第三方检测机构对废气排放口、厂界噪声、厂界无组织排放等进行检测，出具合规检测报告。

年度评估：年底由品质部编制《绿色生产年度评估报告》，全面总结年度能源资源消耗、污染物排放、绿色产品产出、目标指标完成情况，分析存在问题，提出下一年度改进计划，提交绿色生产管理委员会审议。

碳足迹跟踪：结合公司已完成的变压器和箱式变电站产品碳足迹认证，定期核算产品全生命周期碳排放，重点关注原材料获取与生产制造阶段的碳排放变化趋势，为碳减排目标制定提供数据支撑。

3. 绿色生产流程规范

3.1 源头生态设计流程

公司坚持“从设计源头贯彻绿色理念”的原则，将生态设计嵌入产品研发全流程，通过数字化工具、标准化体系和绿色材料选型，实现产品全生命周期环境影响的源头最小化。

3.1.1 三维参数化设计与材料优化

流程目标：通过三维参数化设计软件，实现变压器电磁方案的最优化计算与结构设计的自动化出图，从设计源头消除材料冗余浪费，降低铜导线、硅钢片等核心原材料用量。

设计流程规范：

第一步——设计原则制定：由项目负责人牵头，技术部核心工程师参与，针对目标产品系列（如 S20 系列二级能效变压器），制定电磁计算和各结构件及装配体的量化设计原则，明确铁心结构、线圈参数、绝缘尺寸、材料规格等技术边界条件。

第二步——设计原则转换：由原则转换工程师将制定的设计原则，转换成计算机可识别的数据公式及参数信息，建立数字化设计原则数据库，确保每个计算参数的取值都有据可依、可追溯。

第三步——三维模型建立：由三维模型设计工程师利用同优设计软件，建立变压器各零部件及装配体的三维参数化模型，包括铁心、高低压线圈、夹件、油箱、绝缘

件等全部组件。

第四步——工程图设计：由工程图设计工程师将已验证的三维模型转换成二维工程图纸，制定二维工程图模板及标注原则，确保图纸规范、尺寸联动。

第五步——设计原则与模型链接：各装配件对应创建 Excel 参数文件，通过建立关键参数、模型状态、尺寸信息、图纸信息、结构原则等数据接口，将设计原则与三维模型和工程图建立动态链接，实现参数驱动模型自动更新与工程图输出。

第六步——优化计算与方案输出：在满足同一性能指标（如空载损耗、负载损耗、阻抗电压等）的前提下，利用计算机算法自动遍历多种可行方案，对比成本与工艺性，筛选出材料用量最省的最优方案，最终输出完整的电磁计算单、三维模型图纸及二维工程图纸。

设计与生产衔接：参数化设计输出的图纸直接下发生产部，生产过程中严格按图纸尺寸下料、加工、装配。设计端通过减少设计失误、材料规格标准化，变相降低生产环节的物料报废与返工损失。

降本节能实效：三维参数化设计的核心价值在于“设计降本直接降低的是原材料用量”。相较于人工经验计算，计算机优化可确保每次输出的都是最优方案，避免因设计人员技能水平差异或工程项目紧急程度不同导致材料浪费问题。

3.1.2 产品标准化与模块化设计

流程目标：针对市场主流规格产品，推行“一套图”标准化设计，统一材料规格、结构尺寸与生产工艺，从研发源头提高材料利用率，减少库存积压，缩短生产制造周期。

标准化实施流程：

第一步——确定标准化产品范围：由集团统筹，山东电工智能电气有限公司作为牵头单位，确定 10kV 油浸式配电变压器新能效 II 级系列为标准化对象。重点选取 S20-M-100/10、S20-M-200/10、S20-M-400/10、S20-M-630/10、S20-M-2000/10 等市场普及型规格型号。

第二步——方案设计依据确立：调研汇总各单位现有生产图纸设计方案与工艺规范，统一确认变压器铁心结构、夹件方式、线圈主纵绝缘尺寸、高低压层间绝缘及油道厚度、铜线铜箔型号等关键设计参数。

第三步——电气方案对标与评审：组织多家企业进行技术交流与方案对比，集团

总部组织专家评审，运用有限元仿真软件对铁心和绕组的漏磁分布进行精确分析。以 A、B、C 三相电流峰值时的漏磁分布云图为依据，调整杂散损耗系数，使电气方案既满足 GB 20052-2020 二级能效限定值要求，又实现材料成本利益最大化。

第四步——结构设计定型：基于已定型的电气计算方案，完成产品整体结构布置图，经研发团队多次评审确认符合电气方案要求、具备可操作性后，再逐项完成各部件生产图纸设计。不同容量（100kVA、200kVA、400kVA、630kVA）产品均执行统一的设计规范与尺寸标准。

第五步——生产转化与偏差控制：标准化图纸下发后，生产过程中严格控制尺寸偏差。原材料使用统一评审，材料组成和尺寸偏差根据产品制造要求适当调整，设计裕量在操作过程中可进行有目的性的调整，在不增加生产负荷的前提下实现材料成本最优控制。

3.1.3 绿色环保材料的选用

公司积极推动绿色环保材料在变压器产品中的应用，从材料选型层面提升产品的环保性能与可回收属性。

天然酯绝缘油的选用：

选用范围：适用于有高环保要求的油浸式配电变压器，如 S13-M-200/10 等型号的试制与推广。

可选品牌：MIDEL EN 1204、RAPO、FR3 等国际市场认可的天然酯绝缘油品牌。

选用优势：天然酯绝缘油来源于可再生植物资源，生物降解率高，环境友好；具有高闪点、高燃点特性，提升变压器防火安全性。

工艺适配要求：选用天然酯绝缘油时，需同步调整注油工艺——注油时油温控制在 80℃，滤油时间不少于两小时；注油完成后须静放 24 小时并取油样化验（耐压、色谱分析、微水试验），油样合格后方可进行常规试验。注油全过程须严格避免常规矿物油的混入。

高降解率环氧树脂绝缘材料的选用：

选用范围：适用于干式变压器的主绝缘体系，涵盖 14 型（二级能效）和 18 型（一级能效）高效节能干式变压器产品。

材料特性：以特种有机高降解率环氧树脂配合其它聚合物和高性能材料，通过聚合物合金技术制备，基本结构单元由硅-氧链节构成。兼具有机物的柔韧特性与无机物

的耐热、绝缘功能。

选用优势：材料回收率高达 99%，解决传统环氧树脂难回收问题；具有良好的柔韧性和密封性，有效降低运行噪音；具有防尘、防潮、防爆、免维护特点，提升消防与防爆安全性。该技术已被列入《变压器能效提升计划（2021-2023 年）》推荐新技术及《绿色技术推荐目录 2020》国家大力推广应用技术。

工艺适配要求：采用液态高降解率环氧树脂真空浇注或真空浸渍绕组，使匝间和层间渗透的高降解率环氧树脂将绕组固化为整体结构，绕组内外表面形成高降解率环氧树脂包封层。需对高降解率环氧树脂与导线、网格布等现有材料的相适应性进行专项验证，对绝缘性能和热性能进行评估。

非晶合金材料的选用：

选用范围：适用于低噪声非晶合金闭口立体卷铁心变压器，满足电网公司对高效节能配电变压器的采购需求。

材料特性：非晶合金材料具有高电阻率、低磁致伸缩系数和低损耗优势，但质地坚硬、脆且薄，对加工精度要求极高。

选用优势：与行业同类硅钢产品相比，空载损耗可降低约 60%-70%，负载损耗降低约 2%，原材料成本降低约 2%-4%。

工艺适配要求：非晶合金立体卷铁心由三个非晶合金卷绕而成的封闭环形拼装组成，即使表面涂有环氧树脂胶，在制造和运行过程中也不能让其受应力，否则会导致空载损耗、空载电流和噪声增大。需要采用专用全自动绕线设备，应用恒张力绕制技术，确保导线受力均匀。铁心采用悬挂结构并做弹性支撑，以降低运行噪声。

3.2 绿色采购与供应链管理

3.2.1 供应商绿色资质审核

供应商准入要求：供应部负责对核心原材料供应商进行绿色资质审核，重点审核以下内容：

供应商是否通过 ISO 14001 环境管理体系认证；

供应商是否具备合法的生产经营资质，三年内无重大环保违法记录；

供应商是否能够提供所供原材料的第三方环保检测报告；

铜导线供应商是否接受电磁线线辊子回收再用的闭环管理模式。

合格供应商名录管理：建立绿色供应商名录，每年对名录内供应商的环保绩效进

行复评，不达标的供应商限期整改或淘汰更换。

3.2.2 原辅材料环保合规性检验

检验范围：铜导线、硅钢片、变压器油、绝缘材料、环氧树脂、非晶合金铁心等全部生产用核心原材料。

检验内容与标准：

铜导线：检测导电率、机械强度及表面涂层环保性，不得含超标重金属；

硅钢片：检测磁性能参数与厚度公差，表面绝缘涂层需符合环保要求；

变压器油：每批次新油须进行耐压试验、色谱分析和微水试验，记录原始数据后方可投入使用；

环氧树脂及浇注材料：须提供成分安全数据表，确认不含禁用的有毒有害物质；

非晶合金铁心：检测空载损耗、空载电流等性能参数，确认表面环氧树脂胶涂覆质量。

原材料入厂检验流程：原材料到厂后，由品质部依据采购规范和检验标准进行抽样检测，检验合格后出具《原材料检验合格报告》，方可办理入库手续。不合格原材料执行退货或降级使用程序，不得直接进入生产线。

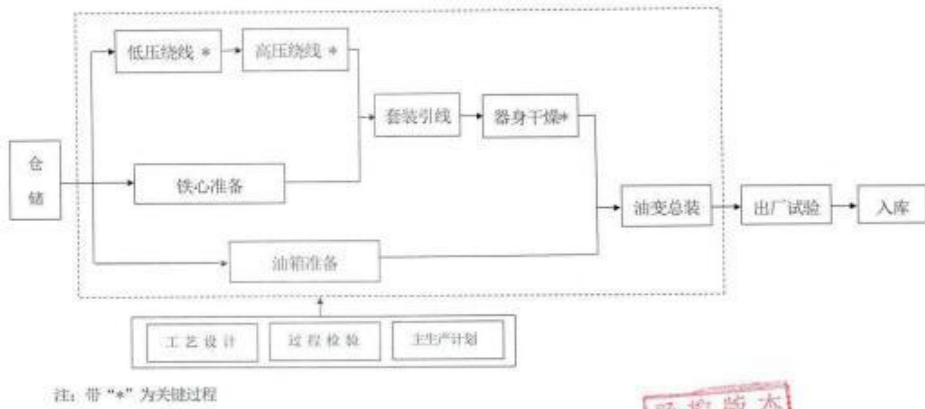
3.3 清洁生产工艺控制

3.3.1 油浸式变压器清洁生产流程

工艺流程概述：油浸式变压器生产流程包括——低压线圈绕制→高压线圈绕制→线圈套装→引线装配→器身干燥→总装配→抽真空→注油→静放→出厂试验→入库。

各工序清洁生产控制要求：

油浸式变压器生产制造过程网络图

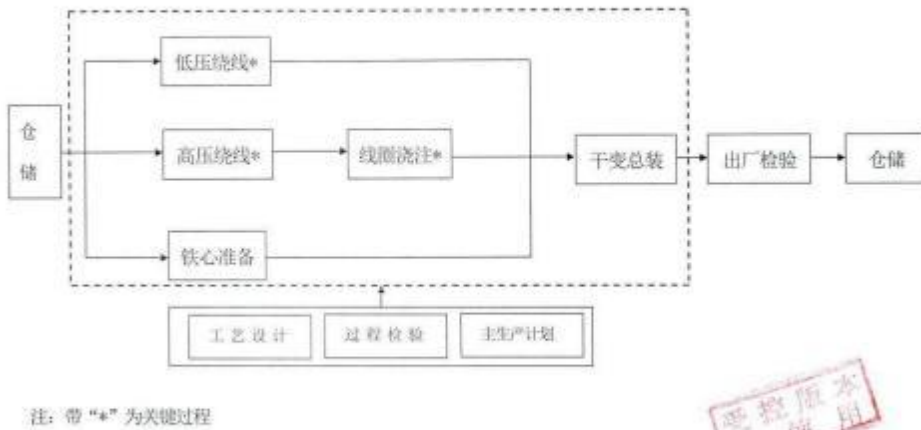


受控版本
供使用

3.3.2 干式变压器清洁生产流程

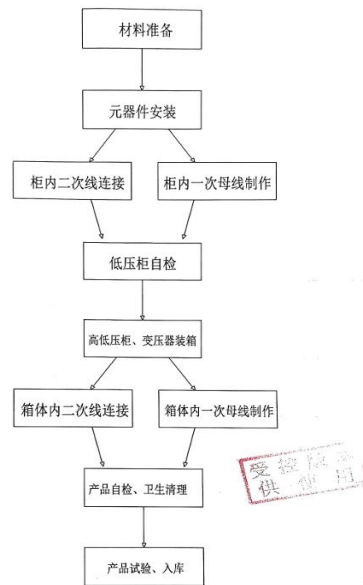
工艺流程概述：干式变压器生产流程包括——低压线圈绕制→高压线圈绕制→线圈浇注→线圈套装→引线装配→总装配→出厂试验→入库。

干式变压器生产制造过程网络图



受控版本
供使用

3.3.3 箱式变电站清洁生产流程



3.3.4 工艺过程废弃物现场管理

分类收集设施布置：在各生产车间、工位设置分类收集容器，按可回收金属类、可回收塑料类、一般工业固废类、危险废物类分类标识，方便操作人员即时分类投放。

边角料即时回收：

电磁线、铜排料头：每日下班前由操作人员集中收集，交供应部入库，统一由铜加工厂家回收利用。

硅钢片边角料：分类收集后定期交由金属再生企业回收处理。

废包装材料：纸箱、木托盘、塑料包装膜分拣后，可利用的厂内周转使用，不可利用的交由再生资源回收单位清运。

电磁线线辘子：单独存放，由电磁线加工厂家回收后重新绕线利用。

危险废物贮存：

废绝缘油、含油废弃物（含油抹布、吸油毡）等危险废物使用专用密闭容器收集存放。

危险废物暂存间满足防渗、防泄漏、通风要求，张贴危险废物标识。

危险废物贮存期限不超过规定时限，达到转移量或时限要求后立即启动转移处置程序。

3.4 末端治理与排放管理

3.4.1 废气处理设施运行与维护

适用工序：干式变压器线圈浇注工序产生的少量挥发性有机物废气。

设施管理要求：

废气处理设施与浇注生产设备同步启停，浇注作业期间废气处理设施必须保持正常运行，严禁非正常停运。

环保专员每日检查废气处理设施运行状态，记录运行参数（处理风量、压差、药剂消耗等）于《废气处理设施运行台账》。

定期更换废气处理耗材（如活性炭等），确保处理效率稳定达标。

废气处理设施出现故障时，应立即通知相关生产工序停止浇注作业，待设施修复后方可恢复生产。

排放标准：废气排放口污染物浓度和排放速率满足相应排放标准限值，并符合地方更严要求。

3.4.2 危险废物的分类、贮存与合规处置

危险废物种类：公司生产过程产生的危险废物主要包括——废绝缘油、含油抹布与吸油毡、化学品包装桶、不合格环氧树脂及固化废料、出厂试验产生的少量试验废液等。

分类贮存规范：

不同类别的危险废物使用专用密闭容器分别收集，容器外壁清晰粘贴危险废物标识标签，标注废物名称、产生日期、危险特性等信息。

危险废物暂存间设防火、防渗、防泄漏设施，配备应急收集桶与吸附材料。

建立《危险废物管理台账》，记录每批次危险废物的产生时间、种类、数量、贮存位置、转移处置去向等信息，做到账物相符。

转移与处置规范：

危险废物达到转移处置条件后，由品质部提交《危险废物处置申请》，经审批后启动处置流程。

承运单位与处置单位均须具备相应《危险废物经营许可证》资质，签订正式处置合同。

转移时随车携带《危险废物转移联单》，回收管理专员与运输人员、处置单位人员共同核对废物种类、数量，签署交接确认文件。

处置完成后跟踪索要《危险废物处置报告》，归档于环保管理台账中备查。

3.4.3 一般工业固废的回收利用

一般固废种类：废金属边角料（铜、铝、铁、硅钢片）、废塑料包装材料、废木托盘与纸箱、废办公用品等。

回收利用流程：

车间内分类收集，按材质放入对应标识的周转箱或指定区域。

达到一定量后由供应部统一联系合作单位上门回收。

废金属类交由金属再生企业回收冶炼；废塑料、纸箱等交由再生资源回收单位处理。

公司配电变压器生产工艺性质决定生产过程不产生余热余压，不设置余热余压回收利用装置。特在《生产过程中不产生余热余压说明》中予以明确。

4. 绿色生产实施情况

4.1 年度绿色生产目标完成情况

公司围绕“绿色智造、循环共生”的发展理念，将绿色生产目标纳入年度生产经营计划，实行目标层层分解、责任逐级落实的考核机制。报告期内，绿色生产核心目标完成情况如下：

生态设计目标：

10kV 油浸式配电变压器标准化设计覆盖率：目标 100%，实际完成 100%。已完成 S20-M-100/10 至 S20-M-2000/10 共 5 个主力规格型号的标准化设计方案定型。

三维参数化设计应用覆盖率：目标 100%主力产品，已完成风力发电变压器及 10kV 配电变压器系列产品的参数化模型搭建与工程图输出。

绿色材料应用推广：完成 3 台天然酯绝缘油配电变压器试制（S13-M-200/10 型），完成高降解率环氧树脂干式变压器和低噪声非晶合金立体卷铁心变压器的技术方案研发及样机试制。

能源消耗目标：

能源管控中心已建成投运，实现室内温度、湿度、通信状态、负荷趋势实时监测及日/月/年用电量多维度统计。

能耗数据分析常态化，通过“昨日/今日负荷”对比机制，持续监控生产线能耗波动。

污染物排放目标：

废气处理设施同步运行率 100%，设施运行台账记录完整。

危险废物规范化管理达标率 100%，由资质单位合规处置，转移联单归档齐全。

无环境污染事件发生，未受到环保行政处罚。

4.2 资源再利用与处理成效

4.2.1 主要能源消耗统计与对标

能源管控中心运行实绩：公司已建成能源管控中心，实现供能系统实时监测与异常告警闭环管理。系统设有以下核心监测功能：

用电量多维度统计：按日、月、年三个时间维度分别统计用电量。以能源管控中心截屏数据为例，当日用电量 190.6kWh，当月用电量 602kWh，当年用电量 8995kWh。

负荷趋势对比：系统设有“今日负荷”与“昨日负荷”对比功能。以截屏数据为例，今日负荷值为 80kW，昨日负荷值为 60kW，系统可即时呈现负荷波动趋势，便于及时发现异常用电情况。

环境参数监控：实时监测室内温度（29.5℃）与室内湿度，确保生产环境温湿度处于合理区间，避免因环境偏离导致的额外能耗。

设备状态监控：实时监测设备通信状态（SOE），设有“正常-故障-隐患”三级状态标识。截屏显示三台设备均处于 0.1Hz 状态，系统可记录通信状态异常波动历史告警，一旦出现通信中断立即触发排查，确保供能连续性。

能耗对标分析：

公司能源消耗以电力为主，主要用能设备包括铁心加工设备、线圈绕线设备、器身干燥烘房、出厂试验设备及辅助设施。

器身干燥烘房为最大的单一电力消耗点，通过能源管控中心对其用电量进行重点监测与跟踪。

4.2.2 原材料利用效率与降本实绩

设计端降材成效：

三维参数化设计降材：通过计算机遍历筛选电磁最优方案，标准系列产品空载损耗和负载损耗的计算值均优于国家标准（GB 20052-2020）2级能效限定值。具体达标数据如下：

序号	产品型号	空载损耗		负载	
		标准值	计算值	标准值	计算值
1	S20-M-100/10-NX2	135	131.6	1265	1231
2	S20-M-200/10-NX2	215	210.3	2185	2138
3	S20-M-400/10-NX2	370	362	3615	3547
4	S20-M-630/10-NX2	510	492.3	4960	4824
5	S20-M-2000/10-NX2	1225	1213	14640	14479

计算值优于标准值的部分，即意味着在满足性能要求的前提下，材料用量得到了控制与节约。

产品标准化降材：通过统一铁心结构、夹件方式、线圈主纵绝缘尺寸、高低压层间绝缘及油道厚度、铜线铜箔型号等参数，有效减少材料规格种类，提高材料利用率，降低库存积压。

仿真分析辅助降材：采用有限元仿真软件对铁心和绕组的漏磁分布进行精确分析计算，调整杂散损耗系数使其更接近实际测试值，在此基础上对材料使用进行微调，做到“既保性能达标，又不浪费材料”。

边角料回收实绩：

电磁线、铜排料头：由铜加工厂家定点回收利用，实现铜材边角料闭环流转。

硅钢片边角料：分类收集后定期由金属再生企业回收处理。

电磁线线辘子：由电磁线加工厂家回收后重新绕线利用，循环使用。

4.3 污染物减排与合规排放成效

4.3.1 各类污染物排放数据分析

废气排放：

干式变压器线圈浇注工序产生的少量挥发性有机物废气，经配套废气处理设施处理后达标排放。

报告期内废气处理设施运行正常，同步运行率保持 100%。

委托第三方检测机构对废气排放口进行检测，各项污染物指标均符合《大气污染物综合排放标准》及地方要求。

废水排放：

公司配电变压器生产工艺不产生工艺废水，无工业废水排放口。

厂区生活污水经化粪池预处理后纳入市政污水管网，由城市污水处理厂统一处理。

噪声排放：

厂界噪声主要来源于铁心加工、线圈绕制、设备运行等生产活动。

通过选用低噪声设备（如低噪声非晶合金立体卷铁心变压器）、厂房封闭隔声、设备基础减振等措施，厂界噪声达到相应标准要求。

厂区合理布局，高噪声设备远离厂界布置，减少对周边环境的影响。

4.3.2 危险废物规范化管理处置量

全过程合规管控：公司严格执行危险废物规范化管理要求，建立覆盖“产生—收集—贮存—转移—处置”全流程管控台账。危险废物贮存场所符合防渗、防泄漏、通风标准，张贴有规范的危险废物标识。转移环节严格实行联单制度，承运及处置单位均具有相应资质。

处置方式与去向：危险废物全部交由有资质的第三方处置单位安全处置，未发生违规贮存、违规转移或非法倾倒等违法行为。

5. 绿色回收技术创新与改进

5.1 现有技术应用情况

公司依托高新技术企业、省市级研发平台的技术优势，将绿色低碳技术创新作为产品升级与产业转型的核心驱动力，已在产品设计、生产制造、能源管理等领域形成了多项成熟应用的绿色技术成果。

5.1.1 三维参数化及有限元仿真技术

三维参数化设计技术是公司从设计源头实现降材减碳的核心技术手段。该技术通过计算机软件建立变压器零部件的三维参数化模型，将电磁计算原则、结构设计原则转化为可量化的数据公式与算法，实现设计方案自动寻优与工程图纸自动生成。

5.1.2 能源管控中心

公司已建成能源管控中心，实现对全厂供能系统的数字化、实时化、可追溯化管理，是能源管理体系有效运行的核心技术支撑平台。

5.1.3 高降解率绝缘材料的应用

高降解率环氧树脂绝缘材料是以特种有机高降解率环氧树脂配合其它聚合物和高性能材料，通过聚合物合金技术制备而成，其基本结构单元由硅-氧链节构成，侧链通过硅原子与其他各种有机基团相连。该材料兼具有机物的柔韧特性与无机物的绝缘耐热功能。

5.2 新工艺与装备升级

5.2.1 恒张力全自动绕制等高效低损设备

低噪声非晶合金立体卷铁心变压器因非晶合金材料的脆硬特性及立体卷铁心的封闭环形结构，传统手工绕制及减速电机带动绕线模具转动的方式存在导线受力不均、绕制效率低、线圈稳定性差、抗短路能力不足等突出问题。公司针对性引入恒张力全自动绕制技术，从工艺装备层面实现突破。

5.2.2 生产自动化与智能化升级改造

公司拥有5条智能化生产线，其中3条油浸式变压器生产线、1条干式变压器生产线、1条箱式变电站生产线，是目前国内唯一具备配电变压器短路承受能力、开关类设备短时耐受电流能力等测试项目的配电设备制造厂家。

5.3 技术改进与创新探索

5.3.1 可降解/易回收新型绝缘材料研发

在现有高降解率环氧树脂成功应用的基础上，进一步拓展绿色绝缘材料体系，重

点围绕天然酯绝缘油的应用推广和新型可降解绝缘材料的研发储备。

5.3.1 低噪声非晶合金立体卷铁心变压器技术深化

在已完成的 10kV 非晶合金闭口立体卷铁心变压器研发基础上，围绕进一步提升产品综合性能、降低制造难度与成本，开展持续创新探索。

6. 结论

本报告周期内，山东电工电气集团智能电气有限公司严格遵循“绿色智造、循环共生”的发展理念，依托完善的绿色回收管理制度、专业的资源配置与成熟的技术应用体系，全面推进主营产品及生产资源的回收利用工作，实现了“回收规范化、检测精准化、拆解高效化、资源循环化、处置合规化”的既定目标。

附件 1：企业营业执照


营业执照
(副本)
1-1

统一社会信用代码
91370100264347710P

 扫描市场主体身份码了解更多信息、备案、许可、监管信息、体验更多政务服务。

名称	山东电工电气集团智能电气有限公司	注册资本	伍亿元整
类型	有限责任公司（非自然人投资或控股的法人独资）	成立日期	1996年03月07日
法定代表人	宗春江	住所	山东省济南市高新区东区街道35号以南春 路以西山东电工电气集团济南产业基地 内
经营范围	变压器、高低压开关柜、输配电及控制设备、电能替代节能设备、蓄热式电锅炉、电子设备、仪器仪表、机械设备、智能控制设备、工程车辆、电力设备及配件的开发、生产、安装、销售、租赁、维修及技术开发、技术转让、技术服务、技术咨询；电力设施承装（修、试）；电力工程承包服务；智能设备软件的开发、销售；货物及技术进出口（国家禁止或限制及行政审批的货物和技术进出口除外）；国际贸易代理服务；合同能源管理；综合能源服务的工程咨询、系统集成、工程承包及相关技术服务、基地、自有房屋的销售；电能质量治理设备、集成配电装置、高低压无功补偿装置、高低压成套设备、电动汽车充电产品、储能监控系统、智能机器人、无人机系统、电网自动化设备、故障指示器、断路器、隔离柜、环网柜、计量柜、真空开关、高低压开关、输变电专用制造设备及配件的开发、生产、安装、销售、租赁、维修及技术开发、技术转让、技术服务、技术咨询、新能源、通讯技术、供用电产品的技术开发、技术咨询和技术服务以及其他按法律、法规、国务院决定等规定未禁止和不限经营许可的项目。 (依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动)		
		登记机关	 2026年01月05日

国家企业信用信息公示系统网址：<http://sd.gsxt.gov.cn> 市场主体应当于每年1月1日至6月30日通过国家企业信用信息公示系统报送公示年度报告。 国家市场监督管理总局监制

附件 2: 质量管理体系认证证书



附件 3：环境管理体系认证证书



附件 4：产品碳足迹报告



产品碳足迹报告

产品名称：35kV 新能源用预装式变电站

产品规格型号：YBW-40.5/1.14-8000

委托者名称：山东电工电气集团智能电气有限公司

生产者名称：山东电工电气集团智能电气有限公司

报告编号：26P1 (Z) 0146002

出具报告机构：电能(北京)认证中心有限公司 盖章

日期：2026 年 2 月 10 日



自信 诚信 公信

CSIT

三信国际检测认证有限公司

公司地址：郑州市高新技术产业开发区莲花街 352 号一号楼 5 层

联系电话：0371-69127788

公司邮箱：cncsit2015@163.com

公司网站：www.cncsit.cn