

智能制造在电气装备制造业的发展

文/西安高压电器研究院有限责任公司

改革开放以来，我国制定了一系列政策来刺激社会经济的发展，激发经济活力。在我国的经济大环境下，装备制造业一直是其中重要的组成部分。如何大力发展生产力，提高生产效率以及产品质量，成为提高制造装备业发展水平的重要课题。

智能制造概述

智能制造是基于新一代信息技术与制造业深度融合的制造方式，贯穿于整个生产环节，从产品设计到具体生产再到管理以及售后服务环节。将互联网产业同制造业相结合，将加速制造业向自动化、智能化方向升级。

2015年9月，工业与信息化部公布《2015年智能制造试点示范项目名单》，涉及流程制造、离散制造、智能装备和产品、智能制造新业态新模式、智能化管理以及智能服务等6个类别，体现了在整个制造业行业的广大覆盖面和较强的示范性。智能制造技术包含着许多新兴技术，比较有代表性的有新型传感技术、嵌入式控制系统设计技术、数字仿真技术、实时控制与优化技术等。这些技术可以大大提升生产效率，减少资源浪费。

工业与信息化部在2015年启动实施的“智能制造试点示范专项行动”宣传了智能制造概念，注重试点示范项目的成长性，由点及面，将智能制造理念推行到

行业内，探索智能制造在制造业实施的可行性以及先进性，积累了智能制造模式推广的有效经验。

电气装备制造业为“电气机械及器材制造业”的简称，主要涵盖电动机制造、输配电及控制设备制造、电线电缆及电工器械制造等机械制造领域。电气装备制造业是一个国家工业发展非常重要的标杆性产业，在我国的经济发展中发挥着重要的作用。随着我国经济的不断发展以及生活水平需求的日益提高，我国的电网建设以及输配电产业面临着巨大的挑战，我国电气装备制造业必须进行重要的产业升级以应对日益增加的用电压力，实现电气装备制造业的自动化以及智能化升级。

智能制造实施背景

在此，以陕西省的电气装备业发展以及西安高压电器研究院有限责任公司（以下简称“西高院”）为背景介绍智能制造在电气装备制造业的实施背景。

陕西省是我国的传统工业基地，有着较为雄厚的制造实力，通过“一五”“二五”以及“三线建设”时期国家重大项目布局，打下了良好的工业基础。经过几十年的发展，陕西省已形成以电力装备、航空航天、集成电路、新一代信息技术、汽车和新材料等制造业为主导的较为完备的工业体系。特别是在以西高院为龙头的电力设备试验检测领域，拥有一批在国内外有着较高知名度、较强竞争力的企业和产品，在我国处于行业发展前列，引领着我国电力装备行业的发展。

西高院成立智能制造工程设计所旨在针对陕西省重点电力制造领域，按照“整合资源、专注行业、产研合作、培育能力、聚焦优势”的指导原则，以建立技术创新市场导向机制为动力，围绕“提升装备制造行业智能制造服务产业竞争优势”这一主线，聚焦“标准规范制定、总体设计与集成、智能制造技术研究、关键智能装置研发、两化深度融合咨

询等”五大方向，形成“标准规范制定、智能制造技术研究、关键智能制造装置研发、面向装备制造行业的产业发展智库、企业两化深度融合评级评定、知识产权培育孵化、人才引进培育”等七大功能，推动全省电力装备智能制造产业高速发展。

西高院希望能够为输配电行业起到如下促进作用：

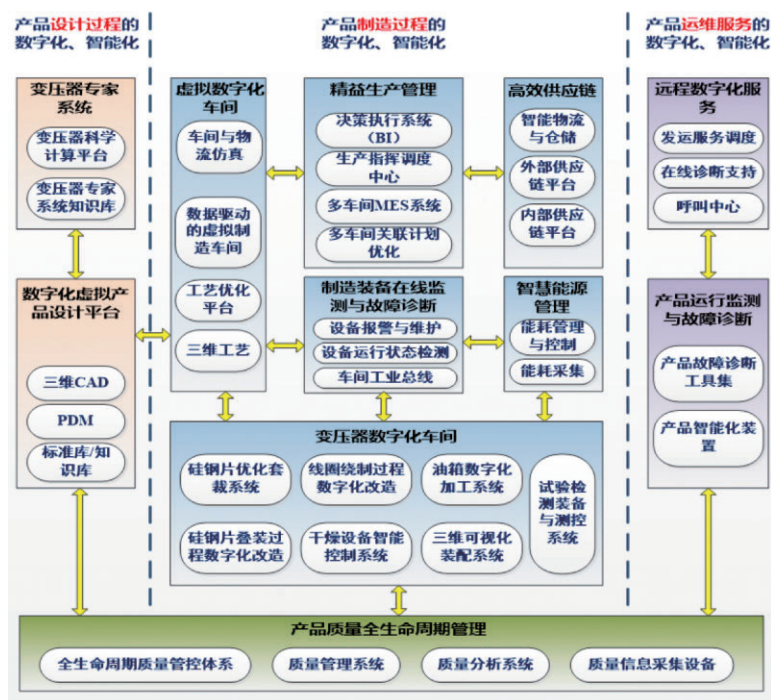
1) 实现中低压输配电装备转型升级，优化产业结构，带动行业整体提升。加快产业转型升级，提升生产效率、技术水平和产品质量，降低能源资源消耗，实现制造过程的智能化和绿色化发展。

2) 提升输配电装备核心部件的数字化研发能力。提升设计、工艺、制造及试验过程的智能化水平，为企业提升输配电装备的研发平台，提升核心部件的研发设计制造能力，推动制造业向数字化、智能化发展，带动和促进输配电装备设计制造技术的研究。

3) 提升输配电装备精益生产管理。通过ERP与MES的集成化应用，实现产供销财的集成和生产制造全过程数字化管理，实时掌握生产动态，提升指挥调度和决策效率。

4) 提升输配电装备数字化、网络化及智能化制造能力。

近三年，西高院智能制造工程设计所牵头2项国家智能制造专项，总包集成智能制造新模式项目2项，参与工业强基项目1项，负责陕西省省级课题2项。“中低压输配电装备智能化工厂”项目入选“2018年中国智能制造十大科技进展”，“中低压输配电装备智能制造新模式制造”项目入选“2018年国家智能制造试点示范项目”，“西安华欧精机数字化生产线建设”项目获得省级智



◎ 智能制造数字化车间架构图

能制造试点示范项目。智能制造实验室承担了西电集团信息化应用技术标准、信息化应用技术推广、数字化制造技术、信息化与智能化融合以及产业实践所形成的“自主技术”以及信息技术应用中的“知识产权”研究等相关工作。专业开展数字化、智能化制造标准与关键技术、数字化与智能制造工厂构建及两化深度融合服务咨询工作。

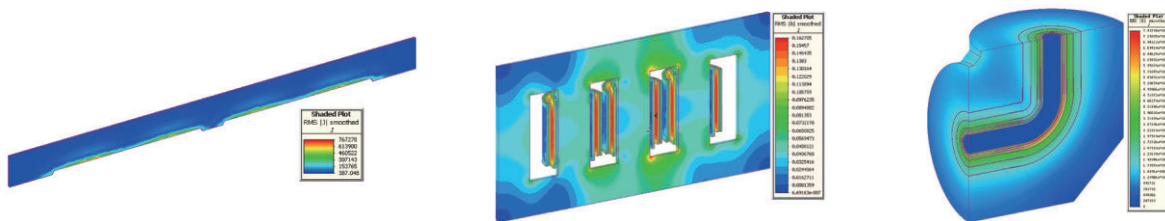
智能制造实施案例

智能制造装备发展专项“超（特）高压变压器智能制造数字化车间”是西高院智能制造工程设计所于2014年承担的输配电智能制造改造项目。

此项目为针对西电集团超（特）高压变压器大尺寸、结构复杂的产品特点和多品种、单件小批量、长周期的生产模式，以推进产品全生命周期（设计制造管理服务）的“数字化、网络化、智能

化”为建设方向，以生产/试验设备数字化改造、虚拟制造与物理制造融合、信息物理生产系统构建以及产品智能化升级为建设重点，通过全面应用工业自动化技术、IT技术、制造物联网技术和数据驱动的智能决策技术来构建智能制造数字化车间，为超（特）高压变压器产品的研制、生产和服务提供先进的技术支撑和管理保障体系。同时，为西安西电变压器有限责任公司（以下简称“西电西变”）提供数字化研发设计、数字化车间改造和数字化服务三个层面的数字化改造。

项目建设内容包括：数字化虚拟产品设计平台；基于工艺优化的仿真加工系统；生产过程实时监控，设备故障诊断与预警系统；精益生产管理系统；产品运行在线诊断系统；多品种柔性生产；在线智能检验平台等。实现了从设计到制造数据采集到服务的数字化车间改造。项目完成



◎ CAE电磁场仿真图

后，西电西变实现了技术准备时间缩短30%；被制造的关键部件或产品质量100%可追溯；关键设备数控化率达70%；生产效率提高40%；能耗降低10%；交货周期缩短30%。

“超（特）高压变压器智能制造数字化车间”项目将原有的传统电气机械制造车间进行了比较彻底的改造。建立了数字化虚拟产品设计平台三维以及三维可视化平台CAD和CAE体系，充分利用三维CAD建模来进行产品设计，利用CAE工具对电磁、结构、流体和噪声进行仿真计算。实现了产品设计过程中的性能、质量分析和优化，由传统设计过程向预测设计过程转变，实现了精益设计，节约了原料，提高了

产品可靠性。同时，所有的三维模型利用Teamcenter软件进行集中管理。

在整个车间的生产管理流程中，产品全周期生产质量管理体系通过与ERP、MES、OA和发运服务等系统进行技术对接，将产品的设计、生产和库存等各节点质量数据进行集中采集管理，通过系统的数据收集，然后对所有的质量数据进行加工整理，以产品装配关系为框架，以产品工艺路线为线索，整合和关联所有的质量信息，最终可以形成质量信息链。从而实现通过产品质量信息链方便地查询和追溯产品的质量信息，形成一套精益生产管理系统。

智能化车间系统全面整合了企业资源，组建了用户服务运营维

护中心。通过客户信息采集、视频监控、GPS定位、库存与发运管理跟踪等方式，随时掌握产品现状、出现的问题和处理情况，对产品服务管理实现全方位、全时段的即时监控。用户服务运营维护中心是产品管理的服务控制中心，实现了产品成品从装箱、入库、发运、安装和三包售后等一系列的自动化、信息化和智能化的管理。

在整个项目实施的同时，充分考虑了安全、环保和节能的要求。通过实施烟感报警器、智慧能源系统和虚拟仿真验证等工具或手段，完成了“安全为了生产，生产必须安全”“节约能源、绿色环保、可持续发展”的变压器智能制造数字化车间的建设。



◎ 精益生产管理系统总体框架

(下转第17页)

能化，以及加工设备对加工对象和加工工具的智能化管理和过程控制，全面提升产品制造品质。

4) 通过与PLM、ERP系统集成,实现生产计划、工序排产、制造执行确认和收货的无缝对接,生产调度等多岗位实现少人化、无人化;在车间可实现零部件、产品装配图样、工艺资料、装配作业指导书和三维动画等在线查阅,确保技术数据从设计源头到制造现场的一致性,提高员工制造过程培训管理的可视化,全面实现无纸化管理。

有序推进全链条、全生命周期的智能服务

立足全面满足高压开关产品检修服务对于安装、检修和保养等售后服务业务的需求，切实提高产品服务效率、质量。公司以客户关系管理系统为中心点，并结合产品全生命周期管理PLM

系统、企业资源计划管理系统ERP、质量管理体系QMIS和财务管控系统,实现对故障提报、检修履历、检修计划、检修过程以及物料的精细化管理,达到及时响应、高质量服务,并能自动归集、分析售后服务成本,为产品设计和工艺技术改造、服务增值提供数据支持。

1. 构建快速响应的故障处理机制

客户需求通过手机APP直接反馈到公司，系统实时提醒客户的新增需求，为客户提供快速的故障响应反馈处理机制打下坚实基础，并通过手机APP将客户服务的需求、服务方案和物料清单等重要信息一键推送至上门服务人员，实现对服务内容、服务过程的快速掌握和处理。

2. 基于产品编号的全生命周期管理

对销售产品实现单台（套）

的产品编号管理，并通过产品实物铭牌进行一一对应，记录产品在全寿命周期内所发生的设计、工艺、生产、安装和维修等各种业务处理过程，及时掌握图样变更、版次变更和服务方案等核心内容，实现产品的独特“病例”。

3. 基于故障统计的大数据分析及故障处理

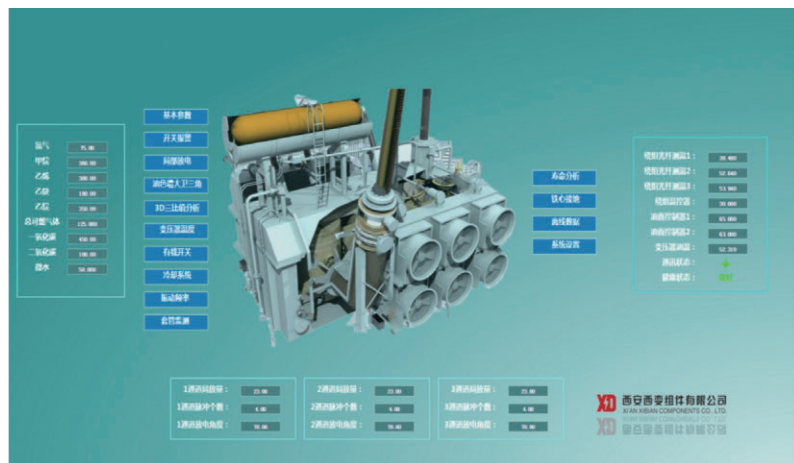
用结构化语言总结、记录产品的服务过程，并按照产品型号、电压等级的服务类型等类别进行划分，对后期相似产品服务发生时可以快速指导定位、分析，并制定专项解决方案，提高服务处理效率。对产品的历史数据进行统计和积累，有助于改进产品的设计和制造技术，为新产品的研发提供数据支撑；及时掌握客户的服务需求痛点，制定专项、定制化的服务方案，提升客户服务满意度。EA

(上接第14页)

智能制造前景展望

制造效率低、质量控制差是当前我国电气装备制造业面临的首要问题。然而，电气装备质量体积庞大，设备价格昂贵，更新换代所需要的资金压力巨大，改革进度缓慢。这需要国家及相关企业进行有效地推进，其中对于传统观念的改进十分必要。

智能制造是电气装备制造业的必然发展趋势。通过智能制造的实施,将互联网技术、仿真技术和数字管理技术等新兴技术手段应用到车间中去,采用先进的控制手段,提升装备



◎ 西电西变变压器的软件仿真界面

制造的生产质量，能够深入促进产业结构升级，助力传统电气装

备业向自动化、智能化方向升级转型。EA