

智能装备制造，制造智能装备

文/河南森源电气股份有限公司 曹 宏

通过引进开关设备制造的新技术、新工艺和综合化成套设备，建立数字化工厂，加快自身制造装备的智能化升级，淘汰落后的生产方式和设备，是当前开关设备制造企业转型发展的必然趋势。近年来，森源电气紧跟时代步伐，取得了长足的发展。

在输配电制造业中，经历了传统的依靠大量人力进行手工式生产，到运用半机械、半自动化生产和自动化生产3个阶段的发展，现在正朝向智能化、柔性化、信息化和绿色化方向发展，日益激烈的市场竞争和日新月异的生产技术推动着现代输配电设备制造企业生产方式的不断创新，如准时生产、精益生产、并行工程、敏捷制造、仿生制造、绿色制造、制造资源计划和供应链管理等，提升效率、缩短生产周期及提高柔性将是提升企业核心竞争力的重要因素。

在“中国制造2025”和“互联网+”的背景下，河南森源电气股份有限公司（以下简称“森源电气”）积极进行技术装备和产品的智能化升级，引进了国际高端的生产制造设备，采用信息技术、管理技术和制造技术相结合的集成创新模式，打造了国际领先水平的柔性生产制造系统，努力实现“智能装备制造，制造智能装备”和“森源装备，装备世界”的发展目标。

森源电气通过升级改造智能制造技术，搭建产品全生命周期管理系统（PLM）、企业资源计划管理系统（ERP）和制造执行

系统（MES）相集成的统一数据管理平台，引进了先进的钣金柔性智能加工生产系统、立体仓储系统、开关柜柔性智能装配生产系统、断路器柔性智能装配生产系统、铜排自动加工系统及其配

套的智能在线产品质量检测系统等多项管理和生产、加工、检测系统，不同的产品装配通过MES与装配线PLC的对接实现柔性的调度，MES系统的成功实施打通了企业计划、工厂管理、车间制



◎ 钣金柔性智能加工生产线



◎ 立体仓储线

造、工人操作、生产线运行和智能仓储之间的信息流，大大提高了生产装配效率，真正实现了生产制造过程的可视化、无纸化和全流程可追溯。

积极推进智能装备制造

森源电气的柔性智能数字化车间是由计算机系统和网络，通过MES将开关设备的设计、工艺、生产管理以及制造过程的钣金柔性智能加工生产线、柔性智能装配生产线及其配套的智能在线产品检测线有机的结合起来，并配以自动化立体仓库，实现了开关设备从订货、设计、加工、装配、检测、运送至发货的完整的数字化制造过程。

1. 钣金柔性智能加工生产线

钣金柔性智能加工生产线主要由冲剪复合中心、多边折弯中心、折弯机器人和机器人自动堆垛系统组成，利用先进的计算机控制系统，实现机械加工工具的精确操作；利用新型传感器技术、智能元器件集成、自动传输送和数学模型集成管理等技术，实现物流系统和信息集成的管理和控制；以此形成原材料的自动上料、加工、成型以及成品的卸料、仓储等加工程序，可以高效率、大批量生产多种零部件的自动化加工生产线。另外，利用程序集成接口，与公司的ERP等生产管理软件连接，对生产调度和计划提供有力的支持，极大地提高了生产效率和设备利用率。

立体仓储线与柔性加工生产线和柔性装配生产线连接起来，实现了原材料的加工、储存、运用和生产的自动化，提高了生产效率，降低成本，节约能耗，经济效益显著提高。

2. 智能型成套开关设备柔性智能装配生产线

智能型成套开关设备柔性智

能装配生产线主要由柜体框架组装靠模装置、装配动力滚筒线、伺服穿梭车、转运车、工位控制及动力岛、耐压隔离系统和机械手、平衡吊及电葫芦系统等设备装置和系统构成。采用先进的PLC自动化控制技术、射频数据通信技术、传感技术、扫描技术和信号传输技术等，形成了具有信息处理、系统控制、系统监视、系统管理和自我诊断等多种功能，集信息流和物流于一体的柔性智能生产线。

该柔性智能装配生产线分为低压柜智能装配生产线、10 kV成套开关设备柔性智能装配生产线和35 kV成套开关设备柔性智能装配生产线。此生产线的建成，使成套开关设备由柜体拼装、柜体上下工位的输送、各种元器件的分装、柜体的耐压检测、柜体成品等生产过程通过控制系统的协调，实现自动装配、机械手操作、精确定位和分拣、自动化运输、错误自诊断和报警等功能于一体的智能化柔性生产线。大大减少了人员运用和手动操作，提高了生产效率，降低了生产成本，保证了产品质量，增加了经济效益。

3. 断路器柔性智能装配生产线

断路器柔性智能装配生产线主要由框架组装装置、装配动力滚筒线、移动小车、转运车、工位控制及动力岛、机械手、平衡吊及电葫芦系统、极柱装配专机、



◎ 10 kV开关柜智能总装线



◎ 35 kV开关柜智能总装线

机械特性测试专机、机械磨合室、高压测试区和终检测试系统等设备、检测装置和系统构成。采用先进的“HMI+PLC”自动化控制技术、射频数据通信技术、传感技术、信号传输技术和动力变频控制等技术，形成集多种功能于一体的柔性智能生产线。

该柔性智能装配生产线分为10kV断路器柔性智能装配生产线和35kV断路器柔性智能装配生产线两条线。此生产线的建成，使断路器由框架组装、元器件分装、成品装成、各项试验数据检测和记录等生产过程，运用主配电启动，专机独立启动的控制方式；模块化过程步进式顺控程序结构，实现自动装配、机械手操作、精确定位和分拣、自动化

运输、数据检测、错误自诊断和报警等功能于一体的智能化柔性生产线，从而大大减少了人员运用和手动操作。

4. 铜排柔性智能加工线

铜排柔性智能加工线主要由机械手、激光打标机、缓存台、移行机、铣角机、压花机、滚筒线等设备和控制系统构成。该柔性加工线的激光打标机采用先进的振镜系统和光纤激光器，与自动化对焦系统一起形成二维条形码，实行无人自动化打码。铣角机配置网络通信接口，能够与上层生产线控制系统进行数据通信，实现全自动加工，即实现自动送料、自动装夹、自动倒角和自动出料，大大减少了人员运用和手动操作。

5. 二次导线一体化加工系统

二次导线一体化加工系统，是通过三维数字建模，对导线进行数字化的设计模拟，消除误差后将数字模型转换为生产数据，通过导线加工设备，进行自动化生产。该系统采用国内领先的软件系统以及全自动套号码管端子压着机，自动完成导线剪断、剥

皮，号码管打印、穿套，冷压端子压接，从而提高车间接线工人产能，提高线束加工效率。目前已经广泛应用于森源电气中低压开关柜的导线制作中，可以提高成套产品生产产能 98%以上，整个生产工期缩短 25%，每年在接线路员工工资和导线用量上可节约金额近百万元，同时替换人工后的全自动化加工方式，使产品质量得到了有力保障。

助力制造智能装备

森源电气全面推行产品三维设计，使产品设计更改更方便、设计效率更快且设计质量更好，提升了产品快速开发能力，降低了新产品研发成本。立体仓储线与柔性加工生产线、柔性装配生产线相结合，实现了原材料的加工、储存、运用和生产的自动化，提高生产效率的同时降低了能耗，提高了经济效益。智能制造数字化工厂建设完成后，公司运营成本降低达30%以上，产品研发周期缩短30%以上，生产效率提高70%以上，生产失误率小于5%，能源利用率提高30%以上，

产品设计数字化率100%，关键加工工序数控化率90%。

森源电气产品KYN28A-12开关柜、iV3真空断路器与XGN17D-40.5充气柜产品先后在荷兰KEMA实验室通过完整型式试验，斩获最高级别“Complete”级认证证书。民用核安全设备设计和制造许可证的取得，开创了森源电气进入国家核电装备高端领域的新篇章。KYN系列成套开关设备是森源电气的拳头产品之一，荣获河南省名牌产品称号，拥有专利30余项，该系列产品在行业率先通过了耐受内部故障能力试验（燃弧试验）。采用智能Pro/E三维设计、国际一流的钣金柔性智能加工线，整机采用智能化流水线安装生产、检验，自配套能力高达90%，确保产品质量的统一性、稳定性和可靠性。

在 market 需求的刺激下，很多开关设备制造企业纷纷开始扩大产能。而随着市场上用户对开关设备的技术和工艺方面要求的提高，单纯地靠加大生产面积和增加生产工人的方法已经无法在市场上站稳脚跟，这就促使开关设备制造企业必须寻找新的突破。在开关设备制造业中引进开关设备制造的新技术、新工艺和综合化成套设备，建设数字化工厂，加快自身制造装备的智能化升级，淘汰落后的生产方式和设备，是当前开关设备制造企业转型发展的必然趋势。

近年来，森源电气紧跟时代步伐，围绕“大电气”发展战略，聚焦“高端制造，智能制造”，努力实现“智能装备制造，制造智能装备”和“森源装备，装备世界”的发展目标，取得了长足的发展。**EA**



◎ 断路器柔性智能装配生产线