

# The Application and Development Trends of Electrical Automation in Smart Manufacturing

Guangkun Zou

CBMI Construction Co., Ltd., Beijing, 100176, China

## Abstract

As the global manufacturing industry transitions toward intelligent transformation, electrical automation technology serves as a core enabler, integrating electrical control systems, computer technology, and communication technologies to span the entire intelligent manufacturing process. This paper elucidates the fundamental concepts and interconnections between electrical automation and intelligent manufacturing, analyzes its application scenarios in production control, quality inspection, logistics, and warehousing, and compares the effectiveness of different application scenarios through data tables. It identifies current technological bottlenecks, proposes optimization pathways, and forecasts future trends, providing theoretical references and practical insights for the intelligent upgrading of manufacturing. The study aims to facilitate efficient, low-carbon, and flexible development in the manufacturing sector.

## Keywords

Electrical automation; Intelligent manufacturing; Production control; Development trends

## 电气自动化在智能制造中的应用与发展趋势

邹广坤

中材建设有限公司, 中国·北京 100176

## 摘要

在全球制造业向智能化转型的浪潮中, 电气自动化技术作为核心支撑, 融合电气控制、计算机技术与通信技术, 贯穿智能制造全流程。本文阐述电气自动化与智能制造的核心内涵及关联, 分析其在生产控制、质量检测、物流仓储等领域的应用场景, 结合数据表格对比不同场景应用效果, 指出当前技术应用存在的瓶颈, 提出优化路径, 并展望未来发展趋势, 为制造业智能化升级提供理论参考与实践借鉴, 助力制造业实现高效、低碳、柔性发展。

## 关键词

电气自动化; 智能制造; 生产控制; 发展趋势

## 1 引言

当前, 新一轮科技革命与产业变革深度演进, “工业4.0”“中国制造2025”等战略推动制造业从传统规模化生产向智能化、柔性化转型。智能制造以数据为核心, 依托多技术融合实现生产全流程优化, 破解传统制造业高能耗、低效率、质量不稳定的困境。电气自动化作为连接机械装备与信息技术的纽带, 凭借高精度、高可靠性的优势, 成为智能制造落地的关键支撑。从工业机器人调度到生产数据闭环调控, 电气自动化技术的应用深度直接决定智能制造的发展水平, 研究其应用场景与发展趋势, 对推动制造业高质量发展具有重要现实意义。

## 2 电气自动化与智能制造的核心内涵及关联

### 2.1 电气自动化核心内涵

电气自动化是融合电气工程、控制科学、计算机技术、通信技术的综合性技术, 核心目标是实现工业生产的自动化、精准化与智能化管控。其核心组成包括传感器与检测模块、控制单元、通信传输系统及软件管理平台, 通过采集生产过程中的各类数据, 经控制算法分析后输出调控指令, 实现对生产设备与流程的实时管控, 减少人工干预, 提升生产稳定性与效率。近年来, 随着人工智能、大数据等技术的融入, 电气自动化已从传统的被动控制向主动决策升级, 形成智能管控体系, 适配多场景生产需求<sup>[1]</sup>。

### 2.2 智能制造核心内涵

智能制造是基于新一代信息技术与制造业深度融合的新型生产模式, 以“智能化、柔性化、绿色化”为核心特征, 涵盖智能生产、智能检测、智能物流、智能决策等全环节。其核心逻辑是通过数据打通生产各环节的信息壁垒, 依

【作者简介】邹广坤(1984-), 男, 中国河北唐山人, 本科, 工程师, 从事电气自动化研究。

托智能算法实现生产计划优化、设备故障预判、产品质量追溯，最终实现生产效率提升、生产成本降低与产品附加值增长。智能制造的落地离不开各类自动化技术的支撑，其中电气自动化是基础核心，为各环节智能化升级提供硬件与软件保障。

### 2.3 二者内在关联

电气自动化与智能制造是相互支撑、协同发展的关系。一方面，电气自动化是智能制造的基础前提，没有完善的电气自动化控制系统，生产设备的智能化调度、数据的精准采集与传输便无法实现，智能制造只能停留在概念层面；另一方面，智能制造的发展推动电气自动化技术迭代升级，倒逼电气自动化实现多技术融合、全流程协同，从单一设备控制向全链路智能管控转型。二者的深度融合，是制造业突破传统生产模式、实现高质量发展的关键路径。

## 3 电气自动化在智能制造中的具体应用场景

### 3.1 智能生产环节的应用

智能生产是智能制造的核心环节，电气自动化在该环节的应用最为广泛，主要体现在设备控制、生产调度与流程优化三个方面。在设备控制方面，通过可编程逻辑控制器（PLC）、分布式控制系统（DCS）等核心设备，实现对生产设备的精准管控，例如在汽车制造中，PLC控制器可调度工业机器人完成焊接、涂装、装配等工序，重复定位精度可达 $\pm 0.05\text{mm}$ ，大幅提升生产一致性；在流程制造业中，DCS系统可实时监测反应釜、精馏塔等设备的温度、压力等参数，通过闭环调节实现连续化生产，降低安全风险与能耗<sup>[2]</sup>。在生产调度方面，电气自动化系统通过采集生产设备运行数据、物料供应数据，结合智能算法实现生产计划动态优化，避免生产拥堵、物料短缺等问题。例如，在光伏制造企业中，电气自动化系统可根据生产线运行状态，实时调整各工序的生产节奏，实现硅片加工、电池片封装等环节的协同推进，提升整体生产效率。在流程优化方面，通过电气自动化系统实现生产流程的自动化衔接，减少人工干预，例如在电子制造中，通过传送带、伺服电机等自动化设备，结合PLC控制实现零部件从加工到检测的自动化流转，大幅缩短生产周期。

### 3.2 智能检测环节的应用

智能检测是保障产品质量的关键，电气自动化技术通过融合机器视觉、传感器等技术，实现检测过程自动化、精准化，解决传统人工检测效率低、误判率高的问题。在检测设备方面，电气自动化系统控制工业相机、传感器等设备，实现对产品尺寸、外观、性能等指标的精准检测，例如在半导体制造中，通过高精度视觉检测设备与电气控制系统联动，可检测出微米级的产品缺陷，误判率低于0.1%；在机械加工中，通过压力传感器、位移传感器采集加工数据，实时判断产品是否符合标准，实现质量闭环管控。此外，电气自动化系统

可将检测数据实时上传至管理平台，实现产品质量追溯，当出现质量问题时，可快速定位问题环节与原因，及时整改<sup>[3]</sup>。例如，在食品加工行业，电气自动化检测系统可检测食品的重量、包装密封性等指标，同时记录检测数据，实现从原料加工到成品出厂的全流程质量追溯，保障食品安全。

### 3.3 智能物流环节的应用

智能物流是衔接生产、仓储与销售的关键环节，电气自动化技术的应用大幅提升了物流周转效率与准确性。主要应用场景包括自动化仓储、智能搬运与分拣调度。在自动化仓储方面，通过电气自动化控制的立体货架、堆垛机等设备，实现货物的自动存储、检索与出库，例如，自动化立体仓库的堆垛机运行速度可达180米/分钟，仓库空间利用率从传统的40%提升至75%以上，大幅节省仓储空间与人力成本。在智能搬运方面，自动导引车（AGV）通过电气控制系统实现自主导航、货物搬运，结合物联网技术接受调度中心指令，完成车间内、仓库间的货物转运，无需人工干预，适配高节奏生产需求。在分拣调度方面，电气自动化系统控制分拣机器人、传送带等设备，实现货物的自动化分拣，例如在电商分拣中心，分拣机器人通过视觉识别与电气控制，每小时可处理1500件货物，是人工分拣效率的7.5倍，错误率降至0.01%以下<sup>[4]</sup>。

### 3.4 能源管理环节的应用

在“双碳”目标背景下，绿色制造成为智能制造的重要发展方向，电气自动化技术在能源管理环节的应用，可实现能源高效利用、降低碳排放。通过电气自动化系统采集生产过程中的电力、水资源、燃气等能源消耗数据，实时监测能源消耗状态，识别能源浪费环节，结合智能算法提出优化方案。例如，在化工企业中，电气自动化系统可优化电机、水泵等耗能设备的运行参数，实现按需供能，降低单位产品能耗；在工厂园区中，通过智能配电系统实现电力负荷动态调控，平衡电网负荷，提升电力利用效率。

### 3.5 不同应用场景效果对比

为清晰呈现电气自动化在智能制造各环节的应用价值，以下表格对比不同应用场景的技术支撑、应用效果及典型案例，为企业技术应用提供参考。

## 4 电气自动化在智能制造中的发展趋势

### 4.1 智能化水平持续提升

未来，电气自动化将逐步向全流程智能决策升级，依托人工智能与大数据技术，实现从“被动控制”向“主动预判”转型。例如，电气自动化系统可通过分析设备运行历史数据，预判设备故障隐患，提前发出预警并制定维护方案，减少设备停机时间；在生产调度方面，可结合市场需求、物料供应等多维度数据，实现生产计划的自主优化与动态调整，提升生产灵活性。同时，工业机器人与电气自动化系统的融合将更加深入，实现更复杂的生产工序自主完成。

表 1 不同应用场景效果对比分析

应用场景	核心技术支撑	主要应用效果	典型案例
智能生产	PLC、DCS、伺服系统、工业机器人	生产效率提升 50% 以上，产品合格率升至 99.5%，减少人工成本 30%-70%	汽车焊装线自动化改造，实现 8 种车型混线生产
智能检测	机器视觉、高精度传感器、PLC	检测效率提升 6 倍以上，误判率低于 0.1%，实现质量全追溯	半导体微米级缺陷检测、食品包装密封性检测
智能物流	AGV、自动化立体仓库、WMS 系统	物流周转效率提升 150%，空间利用率提升 87.5%，分拣错误率降至 0.01%	电商分拣中心全自动化升级，日均处理订单提升 3 倍
能源管理	智能配电系统、能耗传感器、大数据分析	单位产品能耗降低 17%-25%，电力负荷调控精度提升至 ± 5%	化工企业精馏装置节能改造，年节约成本 200 万元

#### 4.2 绿色化发展成为主流

在“双碳”目标驱动下，绿色低碳将成为电气自动化与智能制造融合发展的核心方向。电气自动化系统将更加注重能源高效利用，通过优化设备运行参数、实现按需供能，降低生产能耗与碳排放；同时，将推动新能源与电气自动化系统的深度融合，例如，光伏、风电等新能源发电系统与智能配电系统联动，实现清洁能源的高效利用。此外，绿色环保型电气设备将逐步替代传统高耗能设备，推动制造业实现绿色低碳转型。

#### 4.3 模块化与柔性化成为趋势

随着市场需求向个性化、定制化转型，电气自动化系统将向模块化、柔性化方向发展。模块化设计可实现设备的快速组装与升级，降低系统集成成本，适配不同生产场景的需求；柔性化管控可实现生产流程的快速调整，支持多品种、小批量生产，例如，通过可重构的电气自动化生产线，企业可快速切换生产产品，提升市场响应能力。模块化与柔性化的发展，将推动电气自动化更好地适配个性化定制生产模式。

#### 4.4 国产化进程持续加速

随着我国核心技术研发力度的加大与产学研协同创新的推进，电气自动化核心设备与技术的国产化进程将持续加速。本土企业将逐步突破“卡脖子”技术，在高端 PLC、DCS 系统、工业机器人等领域实现突破，市场份额持续提升；同时，产业链配套将不断完善，形成从核心零部件研发、设备制造到系统集成、运维服务的完整产业链。国产化进程的加速，将为我国智能制造产业的自主可控发展提供有力支撑。

#### 4.5 全球化协同发展深化

在全球供应链重构的背景下，电气自动化与智能制造

的全球化协同发展将进一步深化。一方面，我国企业将积极布局海外市场，通过技术输出、本地化合作等方式，推动国产电气自动化设备与技术走向全球；另一方面，将加强国际技术交流与合作，吸收借鉴国际先进技术经验，推动我国相关技术迭代升级。同时，全球范围内的标准化体系将逐步完善，推动电气自动化技术的跨区域、跨企业协同应用。

### 5 结语

电气自动化作为智能制造的核心支撑技术，在生产、检测、物流等环节的应用日益广泛，为制造业转型升级提供了有力支撑，显著提升了生产效率、保障了产品质量、降低了生产成本。当前，电气自动化在应用中仍面临技术融合不足、核心设备依赖进口、人才缺口大等问题，需通过深化技术融合、加大研发投入、完善人才培养体系、健全标准化体系等路径优化提升。未来，随着多技术融合的持续推进，电气自动化将向智能化、绿色化、模块化方向发展，国产化进程持续加速，与智能制造的融合将更加深入，为制造业高质量发展注入更强动力。

#### 参考文献

- [1] 俞金宏. 电气自动化技术在纺织智能制造中的应用与前景分析[J]. 化纤与纺织技术, 2025, 54(09): 97-99.
- [2] 李黎黎. 智能制造背景下电气自动化系统的集成优化策略研究[J]. 中国机械, 2025, (23): 104-107.
- [3] 刘宝峰. 电气自动化技术在智能制造中的应用研究[J]. 长江信息通信, 2025, 38(02): 211-213. DOI: 10.20153/j.issn.2096-9759.2025.02.062.
- [4] 王振蒙, 陈祥, 李城城. 新时期背景下电气自动化控制系统的应用与发展研究[J]. 中国设备工程, 2025, (01): 141-143.