

电气自动化控制技术在工业生产系统中的运用探讨

石磊

贵州大学电气工程学院 贵州贵阳 550025

摘要: 伴随着工业4.0战略持续推进、智能制造技术发展迅速,电气自动化控制技术作为现代工业生产体系的重要组成部分得到了快速发展。基于此,本文以电气自动化控制技术作为主要研究对象,从电气自动化控制技术的核心内涵和技术组成部分展开分析,针对该技术在工业生产系统中的关键技术进行探析,结合相关实例加以论述,归纳其技术应用中存在的问题并提出优化策略,最终表明,电气自动化控制技术能够促进工业生产的智能化、精准化、高效化运行,从而保证工业生产的稳定性、提升工业生产用资源的利用率、增强安全保障程度,为企业提供技术服务保障,加快企业向数字化工厂的转变。

关键词: 电气自动化;控制技术;工业生产系统;应用实践

在全球制造业转型升级的大趋势下,以高耗能、低效率、资源浪费和质次价高等弊端为代表的传统工业生产方式难以满足现代化生产对高效能、柔性制造、绿色低碳和精确化管理水平等各方面的要求。电气自动化控制理论是结合电力电子技术、计算机技术、通信技术和控制理论而成的全面性综合技术,通过实时监控、智能决策、精准控制等手段对工业生产过程各要素、各流程进行统一优化配置和循环反馈式精细化管理,以此推动工业化生产模式由传统的制造转向智能制造。

一、电气自动化控制技术的核心内涵与技术组成

(一) 核心内涵

电气自动化控制理论是利用电气设备和控制理论,在计算机技术、通信技术和电力电子技术的基础上,来实现工业生产过程中各种电气设备和生产环节自动运行、智能控制以及远距离操控的技术体系,其根本目的是为了降低人工的参与,提高生产效率,保证生产的安全性,将工业生产实现精细化和高效的生产目标^[1]。

(二) 技术组成

1.控制核心技术:主要包含可编程逻辑控制器(PLC)、分布式控制系统(DCS)、数据采集与监控系统(SCADA)等核心控制单元作为运行逻辑控制、参数调节、状态检测等实现的主要载体。

2.感知与执行技术:包罗各种传感器,如温度、压力、流量、位移等;各种执行器,如电机、阀、机器人

等,完成对生产的数据采集以及对控制指令的准确执行。

3.通信网络技术:同时,工业以太网、PROFINET和Modbus等工业通信协议及网络架构,是实现控制单元、感知设备和执行机构之间高速数据交互与信息互换的技术保障。

4.软件支撑技术:比如,用到WinCC/Intouch/组态软件类的产品实现监控画面、用到优化算法软件类的产品实现数据分析、算法运算和结果判定、用到数据分析平台类的产品进行数据分析等等^[2]。

二、电气自动化控制技术在工业生产系统中的应用领域

(一) 生产过程自动化控制

生产过程自动化是电气自动化控制技术的核心应用领域,通过对工业生产的整个工艺流程进行实时监控,并通过闭环控制的方式完成各种生产工序的无人化连续生产。例如,在离散制造业中如汽车零部件的生产时,使用PLC控制器为核心控制装置,编写相应的控制程序来完成对于冲压、焊接、装配线等各种生产线的逻辑控制。比如:以某企业的自动化的生产线设备上使用西门子S7-1500系列的PLC,然后使用了Profinet总线通讯的方式,对超过20台的生产机器进行了统一的协调控制,并且将原来设备生产线的节拍时间由之前的45s/件改善到了现在的30s/件,从而提高了生产效率33.3%,而且将产品的合格率从原来的97.2%提高了到现在接近于完美的程度99.5%^[3]。

在流程工业中,比如化工和冶金工业中都离不开DCS系统的应用。某家大型化工厂使用了浙大中控的

作者简介: 石磊,1992.06-) 壮,男,广西宾阳人,本科,助理工程师,研究方向:电气。

ECS-700 DCS系统对化工反应釜、精馏塔、换热器等重要设施所涉及的2000多个温度、压力、流量等参数进行了实时监测和精准控制，并运用PID控制算法稳定了反应工况，使该企业的生产能耗比原来下降了12%，避免了因为各种参数产生波动而导致的各种事故的发生，每年可直接创造经济效益800多万元。

（二）智能制造与机器人技术融合应用

加强电气自动化控制技术与工业机器人结合，可使智能制造模式进一步更新；工业机器人可以集成功能控制系统、运动控制器以及视觉识别系统，完成复杂作业任务。

汽车行业，某一新能源汽车厂的车身焊接线安装了28台库卡机器人，利用PLC、机器人控制系统，实现车身全自动化焊接。机器人重复定位精度 $\pm 0.1\text{mm}$ ，实现1200多点的精准焊接，较传统的人工焊接提高4倍的生产效率，降低85%以上的焊接缺陷率；另外通过SCADA系统实现机器人运行状态的监视，在出现故障情况下，系统会自动报警，切换到备用机器人工作，保证生产线的连续运转^[4]。

在电子制造行业里有很多的应用，比如有PCB板组装或者一些芯片封装这些小部件，通常会用到小型化的精度高的协作机器人来完成这些工作，这些协作机器人的关节运动都是通过伺服电机以及精密的减速机作为执行机构带动，再配合机器视觉来识别细小元件并进行夹持和放置的。完成后的装配精度为 $\pm 0.05\text{mm}$ ，符合电子元件的小型化、高密度的装配要求，并且相比人力效率会提升3倍以上。

（三）能源优化控制与节能降耗

在工业生产中，能源消耗是其一大耗费，在采用电气自动化控制技术后，通过细致化的过程对电气设备加以使用，节约了能源，并取得了明显的节能效果。

通过电力系统中的电气自动化控制系统，实现了对火电厂的锅炉、汽轮机、发电机等进行协调控制。通过对燃烧控制算法的优化，利用变频调速技术控制引风机、送风机等辅机设备，根据电网负荷需要自动调节锅炉燃烧状态，使燃煤机组的燃烧效率提高3-5%，同时利用变频调速技术降低引风机、送风机等辅机设备运行负荷后可相应降低其出力，并以此方式进行调节。某火电厂应用智能化能源管理系统的全厂用电度数分析可知，引进智能化能源管理系统之前耗电3968万度，引进之后降低到2834万度/年，降低了15%-20%，并取得了良好的节能降耗效果。大约一年节约标准煤1.2万吨，减排二氧化碳

碳3万余吨。

采用电气自动化控制系统对转炉炼钢过程中氧气流量、吹炼时间和造渣剂加入量进行精准控制，可提高钢水质量，同时也能减少氧气消耗、减少能源浪费，降低生产成本；某钢铁企业采用转炉自动化控制后，吨钢氧气消耗减少 6m^3 、吨钢电耗减少12kWh，每年节约生产成本过千万。

（四）质量检测与监控系统

电气自动化控制技术应用于工业产品的质量检测中，实现质量检测的自动化、精准化和实时化，提高了产品的质量管控水平^[5]。

利用机器视觉检测系统与自动化生产线结合，在进行机械加工后对零部件的尺寸大小、表面有无缺陷进行实时检测。本系统利用高精度工业相机对产品的零件图象进行采集，再由图像处理的方法对图象进行分析，判断图象是否属于有缺陷的产品，并实现了将该分析结果提供给后续工序以控制生产的目的，实现自动检测精度可达 0.01mm ，检测速度达到10s/10个，检测的速度是人工检测的5倍，检测合格率是人工检测合格率的30倍，漏检率为千分之一，比人工检测降低3个百分点。企业在应用本系统以后，轴承产品的不良率为百分之一点八下降到了零点三。

食品加工业通过传感器检测设备对其产品质量中的温度、湿度、成分、包装密封性等各个参数进行实时检测；饮料生产企业利用线体检测设备检测饮料灌装量、瓶身是否完整、标签位置是否正确等，检测精度可以达到99.8%以上，有效地避免不合格的产品流入市场，保证了产品的质量和企业的信誉。

（五）安全防护与应急控制

工业生产过程本身就有一定的危险性，电气自动化控制技术可通过建立安全防护系统来实现对各种安全风险的实时预警和应急处置。

在化工企业生产中通过安设可燃气体传感器、有毒气体传感器和温度传感器等，能够实现对生产过程的实时监控，一旦发现气体会出现浓度过高或温度过高的现象时，就立刻开启电气自动化控制系统的警报装置，并采取通风、断电、关阀等应急措施来制止事故进一步发展，使损失减小。某化工企业有一套储罐区的安全自动化控制系统的，有一次发生了可燃气体泄漏事故，由于系统的反应速度很快，只用了2秒时间完成了报警及应急处理，最终没有造成火灾爆炸事故的发生，避免损失达500万以上。

在矿山开采中，利用电气自动化控制系统可实现对矿井通风、排水及提升等各类设备的实时检测和安全控制。对矿井内瓦斯浓度、顶板压力、风量等情况进行测定，在发生异常时，该系统可进行自动调节通风设备运行状态、终止井下工作并开启人员撤离流程等功能，避免事故发生^[6]。

三、电气自动化控制技术在工业应用中存在的问题与优化策略

(一) 存在的问题

1. 技术融合较难。由于有的传统工业企业生产装备陈旧，新旧设备不易连接在一起，容易出现电气自动化控制系统与现有生产系统难以融合的现象，影响技术应用的效果。

2. 专业技术人才缺乏。其中，电气自动化控制技术集成了机械、电子、计算机等多门学科的知识技能，并且需要了解电气控制技术和掌握工业生产流程知识的人才，在当前专业技术人才欠缺的问题已经成为影响该项技术推广应用的主要障碍。

3. 系统不安全。工业生产系统的网络化、智能化发展导致电气自动化控制系统的安全性差，容易遭受网络攻击、数据泄漏的安全问题，但一些企业并没有做好相关的防护工作，不能够保证系统安全可靠地运行。

4. 成本投入高。大量资金需要花费在设备上，如购置费、安装费和改建设备等，对于中小企业来说投入资金相对较大，所以加大了其技术投入的难度。

(二) 优化策略

1. 加快设备升级换代和系统兼容，在原来生产的设备上加装模块化的接口模块、通信模块来实现与自动化控制系统之间的兼容，在建设新生产线的时候，使用标准化、智能化的生产设备来给电气自动化控制技术留下空间。

2. 强化专业人才培养。企业与高校、职业院校联手，开展校企联动的人才定向培养工作，为工业生产定制专业人才；针对生产实际，与学校联合开发适合生产需要的课程体系；培育既有理论知识又有实践经验的复合型人才。加大技术培训力度。加强对现有员工自动化控制系统的操作和维护培训。

3. 从系统的整体安全防护出发，采取防火墙、入侵检测、数据加密等网络安全防护措施来保护控制系统的网络；编制系统安全应急预案并经常组织演练，对网络

安全风险有足够认识和把控能力；加强控制软件的更新及维护，及时修复软件存在的安全漏洞。

4. 优化成本投入结构。对中小型企业做法是先期尝试分散化实现，优先将资金投入关键生产环节上，然后采取逐步扩展的方式不断推广其应用面；政府应该大力扶持中小企业技术升级的资金投入，给予一定数量的补贴或者给予相应的税收优惠政策；鼓励企业通过采用、租用和共用的方式来使自己拥有更多的自动化设备。

结束语

电气自动化控制技术是现代工业生产系统的核心技术，在工业生产过程中起着决定性的作用。通过进行智能化、精准化和高效化的生产过程控制，可极大地提高工业生产的效率和质量、节约能源消耗、降低安全风险，为企业提供数字化转型的技术保障。但是，目前电气自动化控制技术应用于工业企业过程仍存在着技术融合度低、专业人才匮乏等问题，伴随人工智能和工业互联网等先进技术的推广应用，这种难题将会迎刃而解。不仅如此，随着电气自动化控制技术将向智能化、数字化、绿色化、柔性化方向持续发展，为工业生产系统带来更深刻的变革。工业企业应充分认识到电气自动化控制技术的重要性，结合自身生产实际，积极推进技术升级与应用创新，加强人才培养与安全防护，优化成本投入结构，以技术创新驱动生产模式的转型升级，提升核心竞争力，在智能制造的浪潮中实现可持续发展。

参考文献

- [1] 董好友, 白志. 电气自动化控制技术在冶金工业中的应用研究[J]. 造纸装备及材料, 2025, 54(08): 31-33.
- [2] 周宏博. 人工智能技术在电气自动化控制中的应用研究[J]. 仪器仪表用户, 2025, 32(08): 78-80.
- [3] 戴瓏伟. PLC在机械设备电气自动化控制中的应用研究[J]. 仪器仪表用户, 2025, 32(07): 118-120.
- [4] 李建华, 段玉生. 电气控制技术在自动化生产中的应用与创新[J]. 产品可靠性报告, 2025, (06): 37-38.
- [5] 郝飞. 基于PLC的电气自动化控制系统设计与实现[J]. 造纸装备及材料, 2025, 54(06): 53-55.
- [6] 袁挺. 电气工程自动化控制中智能化技术的应用探究[J]. 科技资讯, 2025, 23(11): 50-52.