

电气工程及其自动化技术在工业雷管生产线智能化改造中的应用研究

潘文生

福建省民爆化工股份有限公司永春分公司，福建 泉州 362609

DOI:10.61369/ERA.2025110021

摘 要： 工业雷管是一种特殊的爆炸物品，其生产过程具有高危险性、高精密性的特点，传统生产线存在着效率低、安全性差、质量不稳定等问题。但随着电气工程及其自动化技术的不断发展，为工业雷管生产线的智能化改造提供了有力的支撑。本文主要探讨的是电气工程及其自动化技术在工业雷管生产线智能化改造中的应用方法，其中包括了生产流程自动化控制、智能传感与检测技术的应用、安全监控系统的智能化升级、人机协作模式的构建以及数据驱动的生产优化等几个方面。

关 键 词： 电气工程；自动化技术；工业雷管；生产线；智能化改造

Application Research of Electrical Engineering and Automation Technology in the Intelligent Transformation of Industrial Detonator Production Line

Pan Wensheng

Yongchun Branch of Fujian Civil Explosives Chemical Industry Co., Ltd., Quanzhou, Fujian 362609

Abstract： Industrial detonators are a special type of explosive materials, and their production process is characterized by high risk and high precision. Traditional production lines have such as low efficiency, poor safety, and unstable quality. However, with the continuous development of electrical engineering and its automation technology, it provides strong support for the intelligent transformation of industrialator production lines. This paper mainly discusses the application methods of electrical engineering and its automation technology in the intelligent transformation of industrial detonator production lines, including the automatic control of the process, the application of intelligent sensing and testing technology, the intelligent upgrading of the safety monitoring system, the construction of human-machine collaborative mode, and data-driven production optimization.

Keywords： electrical engineering; automation technology; industrial blasting caps; production line; intelligent transformation

引言

工业雷管是工业生产中不可或缺的爆破器材，它被广泛地应用于矿山开采、建筑拆除、水利工程等领域。但由于其自身的特殊性，工业雷管的生产一直受到了严格的安全管控。在传统的工业雷管生产线之中，大多数都依赖于人工操作，可此方法的生产效率低下，且人为因素容易导致安全事故的发生，同时产品质量也难以得到有效的保证。

因为科技的进步，智能化成为了制造业发展的必然趋势，为落实《民用爆炸物品安全、销售企业安全管理规程》和《加快推进民用爆炸物品行业转型升级实施意见》，加强数字基础设施建设，加大信息化建设力度，持续实施“机械化换人、自动化减人”工程，提升本质安全水平，推动安全、成熟、可靠人工智能技术及装备在生产线的应用，工业雷管行业也面临着智能化改造的迫切需求。目前电气工程及其自动化技术融合了电力电子技术、控制理论、计算机技术等多学科知识，已然能够实现生产过程的自动化、智能化控制，该技术在提高生产效率、保障生产安全、提升产品质量等多个方面都具有显著的优势。若将该技术应用于工业雷管生产线的智能化改造，不但能够解决传统生产线存在的诸多问题，还能推动整个行业朝向高效、安全、智能的方向发展。为此本文重点在于研究电气工程及其自动化技术在工业雷管生产线智能化改造中的具体应用方法，希望能够为相关企业的生产线改造提供实践层面的指导。

一、生产流程自动化控制技术的应用

工业雷管的生产流程非常复杂，其中涵盖了药剂制备、雷管装配、检验包装等多个环节，且每个环节的操作精度和稳定性都影响着产品质量和生产安全。而电气工程及其自动化技术中的自动化控制技术能够实现对于生产流程的精准把控，因此成为了生产线智能化改造的核心。

（一）药剂制备环节

目前在药剂制备环节常用的传统人工配料方式，不仅效率低，而且还存在着因配料比例误差导致的质量问题和安全隐患。对此应该采用可编程逻辑控制器（PLC）结合变频调速技术，进而实现药剂配料的自动化控制^[1]。展开来说：通过在配料罐上安装重量传感器和流量传感器，以实时地采集物料的重量和流量信息，然后将数据传输至 PLC 控制系统。PLC 会根据预设的配方比例，来控制给料电机的转速和阀门的开度，实现精确地控制各种原料的加入量，直接保证了配料比例的准确性。同时利用触摸屏实现人机交互，操作人员就可以在触摸屏上设置配方参数、监控配料过程，当出现异常情况时，系统还会自动报警并停止给料，保障了生产安全。

（二）雷管装配环节

雷管装配环节是工业雷管生产之中最关键、最危险的环节之一，可传统的人工装配方式劳动强度大、效率低，且容易因操作不当引发安全事故。若采用机器人自动化装配技术，就能够实现雷管零件的自动抓取、定位、装配等操作。该技术是在机器人上安装视觉识别系统和力传感器，利用了机器视觉技术，对于雷管零件的位置和姿态进行识别和定位，再引导机器人准确地抓取零件。力传感器则能够实时地检测装配过程中的作用力，一旦作用力超过预设阈值，机器人就会自动调整自己的动作，进而避免了因过度用力导致零件损坏或者是引发安全事故。

（三）检验包装环节

传统的人工检验方式在检验包装环节存在着漏检、误检等问题，严重地影响了产品的质量^[2]。如果采用了自动化检验设备结合机器视觉技术，便能够实现对于雷管外观、尺寸、药剂填充量等参数的自动检测。即借助高清摄像头采集雷管的图像信息，再利用图像处理算法对图像进行分析和处理，进而判断雷管是否存在外观缺陷、尺寸超差等问题。基于此，再采用射线检测技术对药剂填充量进行检测，便能确保药剂填充符合要求。

二、智能传感与检测技术的应用

工业雷管实际生产的过程中，一定要对于温度、湿度、压力、浓度等参数进行实时地监测，因为这些参数的异常变化可能会引发安全事故或影响产品质量。恰好智能传感与检测技术能够实时、准确地采集这些参数信息，可以为生产线的智能化控制提供数据方面的支持^[3]。

比如在药剂制备车间之中，温度和湿度的变化会影响到药剂的性能和稳定性。因此需要采用温湿度传感器对车间内的温度和

湿度进行实时地监测，此时传感器可以将采集到的数据通过无线通信技术传输至中央控制系统。中央控制系统再对数据进行分析和处理，发现温度或湿度超过预设范围时，就会自动地启动降温、除湿等设备进行调节，使得车间内的温湿度一直能够保持在适宜的范围内。同时还可以在原料储存罐上安装压力传感器和液位传感器，用于实时监测储存罐内的压力和原料液位，当压力过高或液位过低时，系统则会自动地发出报警信号，并且还会采取相应的保护措施，以防止发生泄漏或爆炸等事故。

就雷管装配的过程来说，一定要对雷管的零部件尺寸和装配精度进行严格的检测，那么激光传感器和图像传感器就成了最好的选择，原因是二者能够对零部件进行非接触式检测。其中，激光传感器能够精确地测量零部件的尺寸，图像传感器则能够对零部件的外观和装配位置进行检测。随后检测数据会被实时地传输至控制系统，控制系统会将检测结果与预设标准进行对比，对于不合格的零部件，将自动地发出信号控制分拣机构将其剔除，进而避免了不合格零部件流入下一道工序。

此外还可以在生产线的关键设备上安装振动传感器和电流传感器，因为振动传感器能够检测设备的振动频率和振幅，电流传感器能够检测设备的工作电流，而通过对这些数据的分析，可以判断出设备是否存在故障隐患。如果设备出现了异常，系统将会提前发出预警，提醒维修人员及时地进行检修，此举有效地避免了设备故障而导致的生产线停机，有助于提高生产线的运行可靠性。

三、安全监控系统的智能化升级

传统的安全监控系统主要依赖于人工巡检和简单的报警装置，当中存在监控不全面、响应不及时等问题。但工业雷管生产线的安全是至关重要的，所以需要利用电气工程及其自动化技术对安全监控系统进行智能化的升级，旨在实现对生产线全方位、全天候的安全监控。

一方面可以采用视频监控系统结合智能分析算法，对于生产线的关键区域进行实时地监控。该过程的原理是通过在车间内安装高清摄像头，进而实现对生产现场的全覆盖监控，视频图像会实时地传输至监控中心^[4]。基于智能分析算法，便可以对视频图像进行实时地分析，识别出生产过程中的异常行为，如人员进入危险区域、违规操作等，并且还会自动地发出报警信号。

另一方面是完善防火设备设施，可以安装烟雾传感器，以此对车间内的烟雾进行实时地监测。一旦检测到烟雾时，传感器就会立即将信号传输至控制系统，此时控制系统将自动地启动灭火装置等，还会切断相关区域的电源，有效地防止了火灾、爆炸事故的发生。同时系统还会将报警信息发送至管理人员的手机终端，以管理人员能够及时地了解到现场情况，为其采取相应的处理措施提供依据。

与此同时，还应该建立安全联锁系统，借助该系统将生产线的各个设备、工序与安全监控系统进行联锁控制。当某一环节出现安全隐患时，安全联锁系统能够立即切断相关设备的电源，直

接地停止该环节及相关环节的生产，从而防止事故的扩大。

四、人机协作与自动化物流系统的构建

尽管有了电气工程及其自动化技术的帮助，可工业雷管生产线的部分环节依然需要人工的参与，但传统的人工操作模式存在着效率低、安全性差等问题。而构建人机协作模式，结合自动化物流系统，即可实现人机之间的高效协作，进而提高生产的效率和安全性^[5]。

像雷管装配等危险环节，就可以选择采用人机协作的方式进行，也就是机器人辅助人工进行操作。由于人机协作机器人具有灵敏的传感器和安全保护装置，它能够感知到人体的存在和动作，在人与机器人发生碰撞或接近危险距离时，机器人便会自动地减速或停止运行，为人员安全提供了保障。或者是，操作人员通过手持控制终端向机器人发出指令，要求机器人完成一些重复性、高精度的操作，比如雷管零件的搬运、定位等等，但操作人员需要对机器人的操作进行监督和调整，才能实现人机协同工作，促使装配效率和质量得到提高。

而自动化物流系统也是实现生产线智能化的重要组成部分之一，该系统能够实现原材料、半成品和成品的自动运输和存储。即在工业雷管生产线当中，采用自动化导引车（AGV）作为物流运输工具，AGV 可以基于激光导航或二维码导航技术，按照预设的路径在车间内进行行驶，完成将原材料从仓库运输至生产工位、将半成品从一个工位运输至下一个工位，以及将成品运输至成品仓库等过程。若 AGV 与中央控制系统进行通信，还能实时地反馈自身的位置和运输状态，中央控制系统便能根据生产计划对 AGV 的运行进行调度，确保了物料运输的及时性和准确性。

五、数据驱动的生产优化技术应用

实际在工业雷管生产线智能化改造中，经过对生产过程中产生的大量数据进行采集、分析和挖掘，就能够实现生产过程的优化和决策的智能化，此时就可以提高生产的效率和产品质量。具体阐述如下：

首先利用数据采集系统对生产线的各个环节进行全面的数据采集，当中包括生产设备的运行参数、原材料的消耗数据、产品的质量检测数据、人员的操作数据等等。而这些数据会通过工业以太网传输至数据中心，数据中心负责对数据进行存储和管理。

然后采用大数据分析技术对数据进行分析，从中挖掘出数据中隐藏的规律和趋势。例如通过分析设备的运行参数和故障数据，能够找出设备故障的高发时段和原因，以此为设备的维护保养提供了依据；又比如通过分析原材料的消耗数据和产品的质量数据，可以优化原材料的配方和用量，在降低生产成本的同时还提高了产品质量。

基于数据分析的结果，工程可以实现生产计划的智能优化。即中央控制系统根据市场需求、原材料库存、设备运行状态等数据，自动地制定生产计划，且根据生产过程中的实际情况对计划进行动态的调整。比如，当某一设备出现了故障时，系统就会自动地调整生产计划，将生产任务分配给其他设备，进而确保生产计划的顺利完成。同时经由对生产过程的能耗数据进行分析，还有助于优化能源的分配和使用，进而降低生产能耗，实现了绿色生产^[6]。

最后利用数据可视化技术，得以将分析结果以图表、报表等形式直观地展示给管理人员，管理人员可以在监控大屏上实时地了解了解到生产线的运行状态、生产进度、产品质量等信息，为其进行管理决策提供了数据支持。一旦生产过程中出现了异常情况，系统还会自动地向管理人员发出预警，并为其提供相应的处理建议，旨在帮助管理人员快速地解决问题。

六、结束语

基于上述所有内容来看，电气工程及其自动化技术在工业雷管生产线智能化改造中的应用，在极大程度上提升了生产线的自动化水平、安全性和生产效率，使得产品质量的稳定性得到了保障。为此需要通过生产流程自动化控制技术的应用，实现各环节的精准把控；基于智能传感与检测技术，为生产过程的实时监测提供可靠的数据；加之安全监控系统的智能化升级，用于全方位地保障生产安全；人机协作与自动化物流系统的构建则可以提高生产的协同性和物流效率；数据驱动的生产优化技术有助于实现生产过程的持续改进。

但因为工业雷管行业具有特殊性，所以在智能化改造过程中还面临着一些挑战，像技术安全性、数据保密性、技术适配性、高成本投入等问题。未来随着技术的不断发展，还需要进一步地加强技术创新，并完善相关的标准和规范，以此推动电气工程及其自动化技术在工业雷管生产线智能化改造中的更加深入的应用。

参考文献

- [1] 陈金杰. 基于新质生产力的电气工程及其自动化在工厂安全生产中的应用 [C]. 2025 年第一届工程领域数字化转型与新质生产力发展研究学术交流会议论文集. 中国广西省南宁市, 2025: 36-37. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2025.004125.
- [2] 张大江. 电气工程自动化中智能化技术的应用研究 [J]. 智能城市应用, 2024, 7(09): 87-89. DOI: 10.33142/sca.v7i9.13419.
- [3] 冯军民, 郭庆贺, 佟西伟. PLC 技术在电气工程及其自动化控制中的应用 [J]. 工程技术与管理 (香港), 2025, (10): 19-21.
- [4] 周兴祥. 智能化技术在电气工程自动化中的应用研究 [J]. 新潮电子, 2023, (12): 55-57.
- [5] 张瑞雪, 任亚丹. 智能化技术在电气工程自动化控制中的应用策略研究 [J]. 四川水泥, 2021, (01): 59-60.
- [6] 杜锡彬. 智能化技术在电气工程及其自动化中的应用研究 [J]. 工程技术研究, 2025, 10(05): 219-221. DOI: 10.19537/j.cnki.2096-2789.2025.05.072.