

印制板组装智能制造生产线的构建

郝彬

洛阳电光设备研究所

DOI: 10.12238/ems.v6i11.10011

[摘要] 本文深入探讨了印制板组装智能制造生产线的构建策略, 分析了其显著优势, 并详细阐述了构建路径, 通过标准化的数字化集成设计平台、信息化的综合软件系统平台、自动化的印制板组装生产线以及数字化、智能化车间的建设, 本文旨在为企业提供一个全面、高效的智能制造解决方案。此方案不仅提升了生产效率与产品质量, 还增强了企业的市场竞争力, 为印制板组装行业的智能化转型提供了有力支持。

[关键词] 印制板组装; 智能制造; 生产线构建

Construction of an intelligent manufacturing production line for printed circuit board assembly

Haobin

Luoyang Electro Optical Equipment Research Institute

[Abstract] This article deeply explores the construction strategy of intelligent manufacturing production line for printed board assembly, analyzes its significant advantages, and elaborates on the construction path. Through the construction of standardized digital integrated design platform, information-based comprehensive software system platform, automated printed board assembly production line, and digital and intelligent workshop, this article aims to provide enterprises with a comprehensive and efficient intelligent manufacturing solution. This plan not only improves production efficiency and product quality, but also enhances the market competitiveness of the enterprise, providing strong support for the intelligent transformation of the printed board assembly industry.

[Keywords] PCB assembly; Intelligent manufacturing; Construction of production line

随着电子信息技术的高速发展, 印制板作为电子产品的核心部件, 其组装质量和效率直接关系到产品的整体性能和市场竞争力, 传统的手工或半自动组装方式已难以满足现代制造业对高效、精准、灵活的需求, 因此, 构建印制板组装智能制造生产线成为行业发展的必然趋势。本文将围绕这一主题, 从优势分析、构建路径等方面展开详细论述。

一、印制板组装智能制造生产线构建的优势分析

(一) 提高生产效率

印制板组装智能制造生产线的构建, 在提升生产效率方面具有显著优势, 通过引入先进的自动化设备和智能机器人, 生产线上的大部分工序实现了无人化操作, 从而极大地减少了人力需求, 降低了人工成本, 这些自动化设备具有高效、精准的特点, 能够显著加快生产速度, 缩短生产周期。在焊膏印刷、散料自动贴片和自动插装等关键工序中, 自动化设备的优势尤为明显, 它们能够以极高的速度完成这些操作, 且精度极高, 几乎不会出现人为操作错误, 这种高效、精准

的生产方式, 不仅提高了生产效率, 还保证了产品质量的一致性。

(二) 提升产品质量

自动化设备的精准操作和监控, 有效减少了人为因素对产品质量的影响, 在智能制造生产线上, 每一个生产环节都经过精心设计和严格控制, 确保产品的一致性和可靠性, 同时, 实时的数据采集与分析系统能够及时发现潜在问题, 采取相应措施进行纠正, 从而进一步提升产品质量。

(三) 增强灵活性与适应性

智能制造生产线能够根据市场需求快速调整生产流程, 扩展或缩减产能, 这种灵活性使得企业能够更好地应对市场变化, 满足客户的多样化需求。此外, 通过数字化集成设计平台和综合软件系统平台的建设, 企业能够实现设计、工艺、生产等各个环节的无缝对接, 提高整体运营效率。

二、印制板组装智能制造生产线的构建路径

(一) 标准化的数字化集成设计平台

(1) 物料数据管理

在印制板组装智能制造生产线的构建中,物料数据管理系统扮演着举足轻重的角色。该系统的核心在于建立一套科学、高效的物料编码体系,并辅以严格的审批制度,以确保每一项物料信息的准确性和唯一性。当新物料被引入生产流程时,物料数据管理系统会立即启动编码程序,为物料分配一个独一无二的标识符,随后,系统会全面收集并整理该物料的详细信息,包括名称、型号、电性能属性、供货商信息、封装属性以及采购周期等,这些信息将被精心组织并存储在系统中,形成一个完备且易于检索的物料数据库。为了确保物料数据的准确性和一致性,系统还设计了智能校验和更新机制,在物料编码发布后,系统会定期对物料信息进行复核,及时发现并纠正任何可能存在的错误或遗漏。

(2) 印制板设计与仿真

在印制板组装智能制造领域,印制板的设计与仿真环节是确保产品性能与可靠性的关键步骤,这一环节深度融合了先进的计算机辅助设计(CAD)技术与仿真分析软件,为印制板的布局、布线以及电气性能优化提供了强有力的支持。设计阶段,设计师利用专业的CAD软件,根据产品需求及电路原理,精确绘制印制板的布局图,这一过程中,软件能够自动检查设计规则,确保布局满足电气间隙、爬电距离等安全标准,同时优化元件排列,以减小信号干扰和热量积聚,仿真环节则依托于高性能的电磁场仿真软件,对设计好的印制板进行电气性能预测,通过模拟电流分布、信号完整性分析以及热应力评估,工程师能够提前识别并解决潜在的电气问题,如信号延迟、串扰和过热点等,此外,仿真还能帮助优化电源分配网络,确保稳定的电力供应,以及进行阻抗和容抗分析,保障电路的稳定运行。通过设计与仿真的紧密结合,印制板在投入生产前就能经过多轮迭代优化,达到最佳性能状态。

(3) PDM 中 EBom 的自动创建

在印制板组装智能制造的体系中,产品数据管理(PDM)系统扮演着核心角色,其中,工程物料清单(EBom)的自动创建是PDM系统的一项关键功能,对于提升设计到生产转换的效率至关重要,EBom作为连接设计与制造的桥梁,详细列出了构成产品的所有零部件、原材料及其相互之间的装配关系。在传统的制造流程中,EBom的创建往往依赖人工整理,耗时且易出错,而在智能制造环境下,PDM系统通过集成设计数据,能够自动从CAD模型中提取信息,智能生成EBom。这一自动创建过程基于先进的算法,能够识别并解析CAD文件中的几何特征、属性信息以及装配结构,准确地将设计意图转化为生产所需的具体物料清单,系统还会自动进行物料编码的匹配与校验,确保EBom中每一项物料信息的准确无误。

(二) 信息化的综合软件系统平台

(1) 工艺管理系统

在印制板组装智能制造框架内,工艺管理系统扮演着转化桥梁的重要角色,它与产品数据管理(PDM)系统紧密相连,共同构成了从设计到生产的高效通道,PDM系统作为权威的产品数据源,为工艺管理系统提供了精确的设计信息基石,工艺管理系统则负责将这些设计信息巧妙地转换为实际可行的制造工艺方案,确保设计与制造的无缝对接。在此过程中,工艺管理系统深入分析产品的设计特性,结合现有的制造能力,精心规划出产品组装的一级工艺路线,同时,系统还生成详尽的产品工艺过程卡,对每一步工艺流程都进行了细致的说明,并细化了产品物料清单(PBom)中的各项属性信息,为生产现场的操作提供了明确的指导,这样的工艺管理系统,不仅提升了制造工艺的合理性,还显著增强了生产过程的可控性和效率。

(2) 企业资源计划系统

企业资源计划系统(ERP)作为印制板组装智能制造的核心管理平台,扮演着整合与优化企业内外部资源的关键角色,该系统通过高度集成的模块设计,实现了对生产、物料、财务、销售等各个环节的全面管理,在生产管理方面,ERP系统能够实时追踪生产进度,精确计算物料需求,确保供应链的顺畅运作。同时,它还与工艺管理系统紧密相连,根据工艺路线自动调整生产计划,优化资源配置,在财务管理上,ERP系统提供了成本控制、预算管理等功能,帮助企业实现财务的精细化管理。

(3) 制造执行系统

制造执行系统(MES)作为智能制造领域的核心组成部分,其功能涵盖了生产车间计划管理、高级排程等多个方面,除了具备MES的基本功能外,该系统还通过引入生产线仿真技术,为生产决策层提供了强大的支持,生产线仿真平台能够模拟实际生产过程,对生产负荷、生产计划、工艺能力以及产品质量进行精确预测。这一功能使得MES系统能够在多条生产线之间进行有效的排产和优化,确保生产资源的最大化利用,通过实时收集生产现场的数据,MES系统还能够对生产过程进行实时监控和调整,确保生产计划的准确执行。

(4) 监控与数据采集系统

监控与数据采集系统(SCADA)在印制板组装智能制造中扮演着至关重要的角色,该系统通过高效集成数据采集卡、设备连线、固定传感器以及PC等多种硬件设备,实现了对生产现场质量和进度信息的实时、精确捕捉,这些信息涵盖了自动化印制板组装生产线的各个环节,从设备状态到生产流程,无所不包。SCADA系统不仅收集数据,更对这些数据进行深入的分析、推理,为生产决策提供有力支持,经过优化的数据被用于排产控制,确保生产线的高效运行,这样的系统,不仅提升了生产效率,更在保障产品质量和降低生产成本方面发挥了巨大作用,是智能制造不可或缺的一部分。

(5) 供应链管理系统

在电子产品制造领域,外协生产是一种普遍存在的现象,为了有效管理这一过程,供应链管理系统应运而生,它基于先进的扩散制造理念,实现了对外协计划生产过程的全面统一管理,该系统巧妙融合了实物条码和信息采集技术,通过这两种技术手段,系统能够实时追踪外协生产进度,确保信息的准确性和及时性。此外,供应链管理系统还涵盖了外协计划管理、外协工艺管理以及外协质量管理等多个环节,实现了从计划到执行再到质量控制的全方位覆盖,这样的系统不仅提升了外协生产的效率,还加强了内外生产的协同,为电子产品制造提供了有力的支持。

(三) 自动化的印制板组装生产线

(1) 焊膏印刷

在印制板组装工艺中,焊膏的精确施加是确保后续焊接质量的关键步骤,针对多品种、小批量的生产需求,焊膏印刷机因其灵活性和高精度而备受青睐,这种设备能够根据不同的印制板设计,快速调整焊膏的施加量和位置,满足多样化生产的需求。然而,在面对批量较大的印制板生产时,自动钢网印刷技术则展现出更高的效率,该技术通过钢网将焊膏均匀涂布在印制板的焊盘上,确保了焊膏的一致性和均匀性,但随着 SMT(表面贴装技术)向更小、更精密的封装形式发展,如 03015 等,对焊膏印刷的精度和一致性提出了更高要求。为了满足这些高要求,焊膏印刷技术不断创新,例如,采用更精细的钢网设计、优化焊膏的流变性能以及提高印刷机的精度和稳定性等,这些改进措施不仅提升了焊膏印刷的质量,还为后续的焊接过程奠定了坚实的基础,因此,在选择焊膏印刷方法时,需根据生产需求和产品特点进行综合考虑,以确保最佳的印刷效果和产品质量。

(2) 散料自动贴片

在印制板组装的流程中,处理多品种、小批量的散料贴片是一项复杂而细致的任务,由于这些散料种类繁多,数量不一,传统的人工贴片方式不仅效率低下,还容易出错,因此,自动贴片技术应运而生,为这一难题提供了有效的解决方案。针对散料的自动贴片,先进的设备能够自主识别器件的型号和正反面,这一功能的实现,依赖于高精度的图像识别技术和智能算法,设备通过摄取器件的图像,与预设的器件库进行比对,从而准确识别出器件的型号,通过分析器件的外形特征,设备还能判断出其正反面,确保贴片的准确性。值得一提的是,这种自动识别技术的精度和效率与设备的设置和算法优化密切相关,一般来说,设备的分辨率越高,算法越先进,对器件的识别能力就越强,这也意味着,在处理多品种、小批量的散料时,设备的适应性和灵活性会更高,能够更轻松地对各种复杂情况。

(3) 自动插装

在印制板组装流程中,插装器件的自动化是实现高效生

产的关键环节,传统的人工插装方式不仅耗时费力,还难以保证插装的准确性和一致性,因此,自动插装技术应运而生,旨在解决这一难题。自动插装设备能够处理多种通用的插件,通过精密的机械设计和先进的控制系统,实现插件的全自动折弯和插装,这一过程的实现,依赖于设备的高精度定位能力和稳定的机械性能,针对不同类型的插件,设备采用防呆设计,确保插件在送料、传送和插装过程中的正确性和稳定性。在送料环节,自动插装设备采用顺序送料方式,确保每个插件都能按照预定的顺序和位置进行送料,激光对位装配技术的运用,进一步提高了插装的精度和效率,激光对位系统通过实时检测插件和印制板上的标记点,精确调整插件的位置和方向,确保插装过程的准确性和可靠性。

(四) 数字化、智能化车间

数字化、智能化车间作为现代制造业的重要发展方向,正逐步引领着印制板组装行业的变革,在这样的车间中,数字化技术被广泛应用于生产流程的各个环节,实现了从设计到生产再到检测的全链条数字化管理。数字化车间以数据为核心,通过集成各种先进的信息技术,如物联网、大数据、云计算等,实现了生产数据的实时采集、处理和分析,这些数据为生产决策提供了有力支持,使得车间能够快速响应市场变化,优化生产计划,提高生产效率。智能化则是数字化车间的更高层次体现,在智能化车间中,人工智能、机器学习等先进技术被应用于生产过程的各个环节,实现了设备的自主决策和智能调度,这不仅提高了设备的利用率和生产效率,还降低了人为干预带来的错误和风险,此外,数字化、智能化车间还注重人机协作和安全生产,通过合理的车间布局和安全化的安全监控系统,确保了生产过程的顺利进行和人员的安全健康。

结束语:

总之,印制板组装智能制造生产线的构建是提升企业生产效率、产品质量和市场竞争力的关键途径。通过标准化的数字化集成设计平台、信息化的综合软件系统平台、自动化的印制板组装生产线以及数字化、智能化车间的全面建设,企业能够实现生产流程的全面优化,快速响应市场变化,满足客户的多样化需求,从而在激烈的市场竞争中脱颖而出,实现可持续发展。

[参考文献]

- [1] 苟俊锋, 谭磊. 建立设计工艺性标准, 实现印制板高效智能组装[C]// 中国标准化年度优秀论文(2023)论文集. 天津: 天津航计算技术研究所, 2023: 11. DOI: 10.26914/cnkihy.2023.043855.
- [2] 孙景. 基于 MES 的 SMT 生产线智能制造改进[D]. 北华航天工业学院, 2019.
- [3] 张莹, 贺建生. 印制板组装智能制造生产线的构建[J]. 信息技术与标准化, 2018, (06): 67-69+72.