

截止阀自动化装配工艺流程设计与效率提升

易 伟

盾安汽车热管理科技有限公司 浙江 绍兴 311800

摘 要：本文聚焦截止阀自动化装配工艺流程设计与效率提升，阐述截止阀结构、工作原理及自动化装配技术、装配工艺规划基础，分析自动化装配现状，指出装配精度不稳定、效率提升受限等问题并剖析原因。基于此，设计自动化装配工艺流程，明确设计原则、详细规划装配流程及关键工序技术要点，并提出从设备选型、布局、生产调度、质量管理、人员培训等方面提升装配效率的策略。

关键词：截止阀；自动化装配；工艺流程设计

引言：在制造业智能化浪潮的推动下，自动化装配技术已成为提升生产效率与产品质量的关键手段。截止阀作为流体控制领域的核心部件，其自动化装配水平直接影响企业的市场竞争力。本文通过系统分析其理论基础与现状，设计科学合理的自动化装配工艺流程，并提出多维度的效率提升策略，为推动截止阀自动化装配技术发展提供参考。

1 截止阀自动化装配相关理论基础

1.1 截止阀结构与工作原理

截止阀是流体控制关键设备，结构影响自动化装配。它由阀体、阀盖、阀瓣、阀杆、密封件和驱动装置组成。阀体经铸造或锻造，有特定流道；阀盖保护内部组件。阀瓣是关键执行部件，形状材质依流体和工作压力选定。阀杆连接阀瓣与驱动装置传递操作力。密封件兼顾密封与寿命。驱动装置形式多样，精确控制阀杆。其工作原理是阀瓣在阀杆驱动下直线运动，改变流通面积调节流量，线性运动利于精确控流，也为自动化装配提供操作逻辑和定位基准。

1.2 自动化装配技术概述

自动化装配技术是现代制造业重要部分，运用多学科交叉技术，实现产品零部件自动识别、定位、抓取、组装和检测。它以高度集成的自动化设备和智能控制系统，替代人工劳动，提升效率与质量一致性。系统由供料、装配、检测、传输单元及控制系统构成，各单元分工协作，控制系统编程控制各单元协同，实现智能化与柔性化^[1]。随着工业发展，该技术朝着更高精度、效率和适应性发展，为截止阀等复杂产品自动化生产提供支撑。

1.3 装配工艺规划基础

装配工艺规划是自动化装配线设计前置核心环节，影响装配线效率、成本与质量。其基础是对产品结构深入理解、装配过程详细分析，需测量截止阀零部件尺

寸、解析材质功能，明确装配关系顺序，综合考虑可达性、工具适用性等因素。运用工业工程原理优化流程，确定最优路径方法，考虑装配线平衡，合理分配工位工作量。融入质量控制理念，设置关键质量控制点，结合在线与离线检测确保质量。数字化发展下，虚拟装配等新兴手段可提前解决潜在问题，保障物理装配线实施。

2 截止阀自动化装配现状与问题分析

2.1 截止阀自动化装配的现状

当前，随着制造业转型升级的加速推进，截止阀的自动化装配水平已取得显著提升。众多阀门制造企业纷纷引入先进的自动化装配设备与生产线，实现了从零部件供料、装配、检测到成品下线的全流程自动化。自动化装配线的应用，不仅大幅提高生产效率，缩短产品交付周期，还有效降低人工成本与人为错误率，提升产品质量的稳定性与一致性。同时，随着智能制造技术的不断发展，部分领先企业已开始探索将物联网、大数据、人工智能等先进技术融入自动化装配线中，实现装配过程的智能化监控与优化，进一步提升装配线的柔性化与智能化水平。然而，尽管截止阀自动化装配取得了长足进步，但仍存在一些不容忽视的问题与挑战，制约着自动化装配水平的进一步提升。

2.2 现存问题调研与分析

通过对多家截止阀制造企业的深入调研，发现当前自动化装配过程中普遍存在以下几方面问题：一是装配精度不稳定，受零部件加工误差、装配工具磨损、环境温度变化等因素影响，装配过程中易出现偏差，导致产品密封性能下降或泄漏率上升；二是装配效率提升空间有限，部分关键工序仍依赖人工干预，自动化程度不高，且装配线平衡问题突出，导致整体装配效率难以进一步提升；三是装配质量追溯体系不完善，装配过程中缺乏有效的数据记录与分析手段，难以对装配质量进行

精准追溯与持续改进；四是装配线柔性不足，难以适应多品种、小批量生产需求，产品换型时间长，成本高。这些问题不仅影响截止阀自动化装配的经济效益与社会效益，也制约企业核心竞争力的提升^[2]。

2.3 问题产生的原因剖析

针对上述问题，深入剖析其产生的原因，主要包括以下几个方面：一是零部件加工质量不稳定，原材料质量波动、加工工艺参数控制不当等因素导致零部件尺寸精度与表面质量不达标，为后续装配带来困难；二是装配工艺规划不合理，装配顺序、装配方法选择不当，导致装配过程中易出现干涉、卡滞等问题，影响装配精度与效率；三是装配设备与工具选型不当，设备精度不足、工具磨损快、更换频繁等问题导致装配质量不稳定；四是自动化控制系统不完善，传感器精度不高、控制算法落后、人机交互界面不友好等因素制约了自动化装配线的智能化水平；五是人员培训与管理不到位，操作人员技能水平参差不齐、质量意识淡薄、责任心不强等问题导致装配过程中人为错误频发；六是标准化与模块化设计不足，产品种类繁多、结构差异大，导致装配线难以实现通用化与柔性化生产。

3 截止阀自动化装配工艺流程设计

3.1 工艺流程设计原则

截止阀自动化装配工艺流程设计至关重要，需遵循一系列科学合理的原则。高效性原则是核心要求之一，通过深入分析装配工序，优化装配顺序与装配方法，去除不必要的等待、搬运等非增值作业时间，让整个装配流程紧凑流畅，从而显著提高整体装配效率，缩短生产周期。精准性原则也不容忽视，截止阀对密封性能和使用寿命要求极高，每一步装配都必须达到设计要求的精度标准，从零部件的尺寸配合到安装位置，都要精确无误，以保证产品的可靠性和稳定性。可靠性原则要求选用高可靠性的装配设备与工具，这些设备和工具经过严格筛选和测试，具备良好的性能和稳定性，能降低装配过程中的故障率与停机时间，确保生产的连续性。柔性化原则使装配线具有可扩展性与可调整性，能快速适应不同规格、不同型号截止阀的装配需求，提高企业的市场应变能力。经济性原则则强调在满足装配质量与效率要求的前提下，合理控制装配线投资成本与运行成本，避免不必要的浪费，实现经济效益最大化。

3.2 装配流程的详细规划

基于上述原则，截止阀自动化装配流程需进行详细规划。零部件准备阶段是基础，要对零部件进行全面清洗，去除表面的油污、杂质等，然后进行严格检测，筛

选出不合格品，再将合格零部件分类并定向输送至装配线，确保进入装配线的零部件质量合格且方向正确。阀体装配阶段，将阀体精准固定在装配工装上，利用精密机械手与专用工具，按照既定顺序依次装配阀座、阀瓣等关键部件，实现高精度装配，保证各部件间的配合精度。阀盖装配阶段，先把阀盖与阀体进行预紧固，再安装阀杆、密封件等部件，通过精确控制紧固力矩和密封件的安装工艺，确保阀盖与阀体间的密封性能。驱动装置装配阶段，根据不同的驱动方式，如电动、气动或液动，安装相应的驱动装置，并进行初步调试与校准，保证驱动装置能正常运行。总装检测阶段，对装配完成的截止阀进行外观检查、密封性能测试、功能测试等全面检测，运用先进的检测设备和方法，确保产品符合设计要求。成品包装阶段，对检测合格的截止阀进行清洁、防锈处理，然后进行规范包装，准备出厂。

3.3 关键工序的技术要点

在截止阀自动化装配过程中，关键工序的技术要点直接关系到产品质量。阀瓣与阀座的装配是关键中的关键，需采用高精度定位装置与精密机械手，精确控制阀瓣与阀座的相对位置，确保它们之间的同轴度与垂直度达到设计要求，否则会导致密封不严，出现泄漏问题。密封件的安装也不容有失，要根据流体性质和工作压力选用合适的密封材料与密封结构，严格控制密封件的压缩量与安装方向，压缩量过大或过小、安装方向错误都会影响密封性能。阀杆的驱动与校准需要采用高精度传动装置与位置反馈系统，传动装置要能准确传递动力，位置反馈系统要实时反馈阀杆的位置信息，实现阀杆的精确控制与校准，保证阀瓣开启与关闭动作的准确性^[3]。总装检测是产品出厂前的最后一道关卡，需采用先进的检测技术与设备，如视觉检测系统可以快速准确地检测产品的外观缺陷，压力测试系统能够检测产品的密封性能和耐压能力，对装配完成的截止阀进行全面、准确的检测，确保产品质量稳定可靠，让客户放心使用。

4 截止阀自动化装配效率提升策略

4.1 设备选型与优化

若要提升截止阀自动化装配效率，设备选型与优化是首要任务。要选用具备高精度、高效率和高可靠性特质的自动化装配设备。像精密机械手，能精准抓取和放置零部件；高速传输线可快速输送物料，减少等待时间；智能检测系统能及时发觉装配中的问题。对于现有设备，要定期维护，及时更换磨损部件，避免因小故障影响整体效率。同时，优化设备控制算法，让设备运行更智能高效，延长使用寿命。还可引入柔性装配单元与

模块化装配工装，它们能灵活调整，适应不同规格、型号截止阀的装配，大大提高装配线的柔性化水平，满足多样化的生产需求。

4.2 布局优化

合理的装配线布局对提高装配效率起着关键作用。需依据装配流程和物流流向，对装配线进行科学规划与优化。可采用U型线、直线型或混合型等布局方式，U型线能减少物料搬运的迂回，直线型便于大规模生产，混合型则结合两者优势，降低物料搬运距离与时间，提升作业效率。合理设置工位间距和作业空间，让操作人员有充足的操作空间和舒适的工作环境，降低劳动强度与疲劳度，从而提高工作效率。引入自动化物流系统，如AGV小车自动运输物料、智能仓储系统实现物料自动存储，进一步提升装配线的自动化水平和效率。

4.3 生产调度与排程优化

生产调度与排程是影响装配效率的重要因素。要建立科学的生产调度模型与排程算法，综合考虑订单需求、设备状态、物料供应等多方面因素，合理分配生产任务，并根据实际情况动态调整。借助先进的生产管理软件与信息系统，如ERP整合企业资源、MES实时监控生产过程，实现生产数据的实时采集与分析，为调度和排程提供准确的数据支持。加强生产现场的监控与管理，安排专人巡查，及时发现并解决生产过程中的瓶颈问题与异常情况，如设备故障、物料短缺等，确保装配线顺畅运行，实现高效生产。

4.4 质量管理与控制

质量管理与控制是提升截止阀自动化装配效率不可或缺的重要保障。需构建一套完善且严谨的质量管理体系与质量控制流程，将质量管控贯穿于原材料采购、零部件加工、装配过程直至成品检测的每一个环节。在原材料采购环节，严格审查供应商资质，对原材料进行抽检，确保其质量符合标准。零部件加工时，设定精确的加工参数和公差范围。引入先进的检测技术与设备，无损检测如同给产品做“透视检查”，能在不损坏产品的情况下精准发现内部缺陷；在线检测则像一位不知疲倦的“监督员”，实时监控装配质量，一旦出现偏差立即预警^[4]。加强质量数据的统计与分析，运用专业软件深入

挖掘数据背后的信息，找出质量问题的根源和规律，进而制定针对性的改进和预防措施，持续提高装配质量与稳定性。同时，强化员工质量意识培训，让质量观念深入人心，提高全员参与质量管理的积极性和主动性。

4.5 人员培训与管理

人员是自动化装配线的核心要素，其素质和能力直接影响装配效率，因此加强操作人员的技能培训与管理至关重要。定期组织技能培训与考核活动，邀请行业内经验丰富的专业技术人员，系统讲解自动化装配设备的操作方法和维护技巧，通过现场实际操作和模拟演练，让操作人员亲身体验、熟练掌握。建立完善的激励机制与绩效考核体系，设定明确的工作目标和考核标准，对工作表现优秀、效率高的员工给予物质奖励和晋升机会，激发他们的工作积极性和创造力。加强团队建设与沟通协作，组织丰富多彩的团队活动，如户外拓展、聚餐等，增进员工之间的感情，营造积极向上、团结协作的工作氛围和良好的企业文化，提高团队的凝聚力与战斗力，使员工齐心协力为提升截止阀自动化装配效率贡献力量。

结束语

截止阀自动化装配工艺流程设计与效率提升研究意义重大。通过系统分析理论基础、现状问题，设计出科学合理的工艺流程，并从多维度提出提升效率的策略。这不仅能提高截止阀的生产效率与质量，还能增强企业竞争力。未来，随着技术不断进步，需持续优化装配工艺，完善效率提升策略，推动截止阀自动化装配向更高水平发展，为制造业转型升级贡献力量。

参考文献

- [1]陈刚.刘芳.人员培训对机械装配工艺流程的影响分析[J].机械制造, 2021, 8(4):76-82.
- [2]代婧鑫,苏燕玲,叶灵宋.核级截止阀三维流场的数值模拟研究[J].流体测量与控制,2021,2(1):31-36.
- [3]林梦.化工设计中的常用阀门选型策略[J].化工设计通讯,2022,48(11):49-51.
- [4]王传斌.化工截止阀维修设备的研发[J].中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(11):120-122.