

项目的系统和管理应用,强制推行设计施工一体化的团队工作管理模式,这样才能够对每一个项目的施工环节进行管控。对于前期设计环节就应该做好深度的调研和分析要求,设计人员要真正到现场进行勘测,还要聘请施工专家介入到设计评审环节,从源头优化设计方案的可建造性和经济性^[3]。

相关单位需要了解当前项目管控工作的要求,制定完善的管理计划和方案,应该制定完善的项目管理体系,可借鉴“联合体管理”模式,由设计、采购、施工核心单位组成联合管理团队,统一指挥,目标共担,绩效联动,破解传统界面分割难题。结合当前国家针对油田开采的一些要求制定管理的方案和计划,既要保证油田开采的效益还要遵循生态性和持续性的原则,应该设计全过程的精细化监管体系和绩效评价管理标准,确保总承包商的优势发挥与项目整体目标不偏离。

4.2 全面推广一体化建设模式

对于油田地面工程的建设效率提升和管理而言,相关单位应该要了解当前建设广告工作的基本模式,采用全面化的项目管理模式和管理体系,既要保证整体项目建设的质量,还要考虑到经济效益的问题。做标准化的设计和提升,各项工业流程和平面布局模式进行系统的统一和固化可以采用图纸设计的方式,对每一个环节进行管理,要保证管理工作的全面性。

要做好单井施工图纸的设计工作分析物资准备和设计环节的一些要求,比如可以将成套的设备在工厂内部事先完成制造,然后再将制造的产品运输到现场进行吊装。这样的施工模式能够保证各项设备的实际使用效果,而且还要考虑到设备供应的质量和实际周期。模块化施工则是将工厂预制好的撬装模块运抵现场后进行快速拼接,将大量高空、动火、交叉作业转移到条件更好的工厂车间完成,大幅减少现场施工量和人员投入,提升作业安全和质量。负责人需要了解一体化建设的基本要求和各类模式应用的情况,应该真正结合现场的具体施工情况进行系统地调研技术的应用和管控,通过这些模式的创新能够有效地缩短项目建设的周期,从而达到快速释放产能的效果。

4.3 建立贯穿项目全生命周期的精益管理平台

负责人应该了解项目建设的基本情况,改变传统粗放式的管理模式,要真正开展全生命周期的精细化管控工作,了解制造业生产的基本要求,将精细化管理的思想引入到工程建设的领域中,聚焦于消除浪费、创造价值。应该结合之前项目设计的情况进行分析,做好各项经验的设计和完美,真正构建一套全方位的精细化管理体系,这套体系应该要涵

盖项目的启动过程和决策阶段,还要考虑项目后续执行的各个阶段,实施“节点式推动+清单化管理+标准化交付”。同时还应该重视智能化技术和数字化技术的应用结合当前行业发展需要做好智能化的功能和管理,真正建设统一的自动化管理平台。针对项目的进度管理和成分管控等管理模块进行分析,通过平台建设能够做好整个模型的可视化管控,也可以对施工进度进行及时跟踪和处理。了解各项关键设备的使用情况,做好物联网监控和管理研究针对存在的各类安全风险问题进行智能化预警和监测,还应该实现审批流程的线上化管控,对各类经营数据进行动态化分析。数字化交付将成为标准要求,确保建设数据完整移交运营,为智能油田建设奠定基础。

4.4 实施覆盖全员全过程的管控机制

在整个项目建设中,开展全员化的质量管控工作是非常重要的,应该遵循质量安全管控为标准的原則,对每个环节的施工情况都进行细致地检查,项目设计的前期环节再到后期的处理要做好全方位的预防和管控,真正构建严密的全链条管理体系。在质量管控环节,应该做好施工之前的交底工作,各岗位的负责人员应该针对现场的具体施工情况进行深入的调查和分析,还要做好施工之后的验收工作,对每一个环节都进行全程监督。严格执行“三级验收”制度,对不合格工序坚决返工。建立“问题台账—整改销项—复查确认”的动态管理机制,确保问题100%闭环。在安全管理方面也应该推行系统化的管理体系做好安全责任的分解和创新,还应该建立远程监控的模式,通过制度、技术、文化多管齐下,织密织牢质量安全的“防护网”。

5 结语

总而言之,油田地面建设工程的施工项目管理是一项复杂的工程,施工单位应该结合当前时代发展的挑战和机遇,对传统的管理模式和思维进行创新。要了解当前项目施工管控工作的基本要求和方向,做好集成化和标准化的管控,要实现传统管理模式的全面升级。还要持续探索全新的管理理念和管理方式,保障国家能源安全、推动油气行业高质量发展。

参考文献

- [1] 常程.油田地面建设工程项目进度与管理探讨[J].石油和化工设备,2025,28(04):111-113.
- [2] 王钰坪.油田地面工程建设施工管理探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(19):53-55.
- [3] 刘洁,白惠文.油田地面工程建设施工中存在的问题及整改措施[J].产业创新研究,2023,(22):126-128.

Research on Assembly Process Optimization and Efficiency Improvement of Planing-Bench Milling-Boring Machine

Zhe Su Si Guo

Shenyang Machine Tool Zhongjie Friendship Factory Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110142, China

Abstract

As a high-precision heavy-duty machining equipment, the bench-type milling-boring machine's assembly process directly determines its final performance and production efficiency. This study addresses challenges in precision control and process coordination during assembly by applying digital inspection technology and process reengineering. Through unified assembly benchmarks, optimized process coordination, and resource allocation adjustments, standardized assembly procedures and precision positioning tools were implemented. These measures not only enhanced assembly consistency but also shortened production cycles while reducing labor and material consumption. The research demonstrates that optimized assembly processes can increase equipment pass rates by over 15%, providing actionable insights for improving assembly techniques in similar heavy-duty machine tools.

Keywords

planer-type milling and boring machine; assembly process; process optimization; efficiency improvement

刨台式铣镗床装配工艺优化与效率提升研究

苏喆 郭思

沈阳机床中捷友谊厂有限公司, 中国·辽宁 沈阳 110142

摘要

刨台式铣镗床为高精度重型加工设备,其装配工艺直接决定设备最终的性能与生产效率。本文就刨台式铣镗床装配过程中出现的精度控制难、工序衔接不紧密的问题,用数字化检测技术与流程重组的方法,从装配基准统一、工序协同优化、资源配置调整等方面对工艺进行优化研究。通过制定标准化的装配操作规范,使用精确的定位工装,使装配精度一致性得到提高,同时缩短装配周期,减少人力与物力的损耗。经过研究得出结论,优化后的装配工艺可以使设备装配合格率提高15%以上,给同类重型机床装配工艺的改进提供可行的参考。

关键词

刨台式铣镗床; 装配工艺; 工艺优化; 效率提升

1 引言

刨台式铣镗床因为具有高精度、大承载的技术特点,被广泛应用于能源、航天、重型机械等行业的关键零部件加工。装配环节是设备制造的最后核心工序,装配环节的工艺水平好坏直接影响设备的几何精度、运动精度,也直接影响整机生产效率、市场交付周期。传统的装配模式依靠经验,精度不稳定,工序间存在冗余,无法满足现在高端装备的高质量、高效率生产要求。进行刨台式铣镗床装配工艺优化研究,发现工艺改进的余地,对企业提高产品质量、增强市场竞争力有着重大的现实意义。

2 刨台式铣镗床装配工艺核心要素

2.1 装配精度控制要素

装配精度是刨台式铣镗床进行精确加工的前提,分为几何精度和运动精度。几何精度有主轴轴线与工作台面垂直度 $\leq 0.02\text{mm}/1000\text{mm}$ 、滑枕移动轨迹直线度 $\leq 0.015\text{mm}/800\text{mm}$ 、工作台旋转定位精度 $\leq \pm 3''$ 等主要指标。几何精度实现要依靠零件加工精度和装配过程中误差补偿。运动精度包含主轴运转的平稳性、各进给轴的联动协调性。控制要点是传动部件啮合间隙的调节和导向部件贴合度的控制。装配中基准选择、传递是精度控制的关键环节。保证各件装配基准同设计基准一致。不能使基准转换产生累计误差。温度的变化会直接影响装配精度。控制装配环境的温度,对零部件进行等温处理等都是保证装配精度的重要手段。

2.2 装配流程衔接要素

装配流程衔接效率直接决定整个装配周期。核心就是工序合理安排和物料及时供应。刨台式铣镗床结构复杂,由

【作者简介】苏喆(1987-),男,中国辽宁沈阳人,本科,工程师,从事机械制造研究。

主轴箱、滑枕、工作台、床身等许多大型部件组成。各个部件的装配工序之间存在先后依赖关系。前道工序完成质量影响后道工序的进行条件。床身调平和灌浆应在工作台装配前完成。主轴箱预装调试应在滑枕装配前进行。流程衔接处要确定各个工序的起止节点及质量验收标准。防止工序交叉混乱引发返工。另外零部件的预处理工序，清洗、去毛刺、防锈处理等要和装配工序紧密衔接，在4h内完成衔接作业。防止预处理后的零部件存放时间过长产生锈蚀或者污染，影响装配质量。

2.3 装配资源配置要素

装配资源配置包括人员、工装设备、物料等各个方面。是保证装配工艺顺利实施的前提条件。人员技能水平影响装配质量。刨台式铣镗床装配需要机械、液压、电气等多方面技术。对人员的职业技能要求较高。必须具备扎实专业知识和丰富实践经验的人，才能对在装配过程中发现误差产生的原因做出正确判断，采取相应的纠正措施。工装设备是装配精度的重要保证。专用定位工装、精度 $\leq\pm 3\%$ 的力矩扳手、高精度检测仪器等设备的性能及精度直接决定着装配操作的精度。各类检测仪器每月都应当完成一次精度校准。物料供应上要保证零部件的规格型号与设计要求一致。零部件到货时间与装配进度相匹配。防止由于物料缺少或者规格不符合造成装配工序的停滞。

3 刨台式铣镗床装配工艺现存问题

3.1 装配精度一致性不足

刨台式铣镗床传统的装配方式大多依靠操作人员的经验来判断。装配过程中误差的调整没有量化的标准。造成同一批次设备的装配精度偏差最大可达0.05mm。主轴与轴承间隙的调整，不同操作者用手感判断间隙大小，容易造成间隙过大或者过小，进而影响主轴运转平稳性。另外装配过程中缺少实时精度检测手段。一般只有在整机装配完成后才做精度检测。如果精度不达标就只能进行大规模的拆解返工。不但会增加25%的装配成本，还会使装配周期延长30%以上。零部件加工误差累积效应没有被控制住。部分零部件的加工偏差在装配过程中没有被及时发现。造成整机精度超出允许范围。

3.2 装配流程冗余且协同性差

现有的装配工序划分不合理、冗余环节多。非增值工序占总工序的比例超过40%。有些工序的设置并没有考虑部件装配的实际需要。造成装配时间的浪费。零部件的反复拆装一方面会使零部件的磨损量增加0.003至0.006mm，增大零部件的磨损程度。另一方面也会延长装配时间。流程协同性差也是一个突出的问题。机械装配、液压管路连接、电气线路敷设等工序之间没有很好的配合。常常出现电气线路敷设完以后，由于液压管路调整需要再拆掉线路的情况。造成大量的无效劳动。另外，装配进度控制没有有效的手段。

各个工序的完成情况不能实时反馈。管理人员不能准确掌握装配进度。不能及时调整生产计划。造成装配周期不可控。

3.3 装配资源利用效率偏低

装配资源利用效率低表现在人员配置、工装设备使用、物料管理这三个方面。人员配置上存在技能和岗位不匹配的现象。高技能人员做简单重复性工作造成约20%的人力资源浪费。工装设备上专用工装的通用性差。一种工装只能装配某一种型号的设备。使工装制造成本溢价50%。工装设备的维护保养不到位。部分检测仪器由于没有定期校准而精度偏差 $\geq 0.02\text{mm}$ ，影响装配质量检测的准确性。零部件库存杂乱。部分零部件存放位置不清。装配人员寻找物料所耗费的时间占单台装配工时的15%。进而影响到装配效率。一些零部件存在过量库存。过量库存占比超过了30%。造成企业的资金、仓储空间浪费，增加了企业运营成本。

4 刨台式铣镗床装配工艺优化策略

4.1 构建数字化精度控制体系

针对装配精度一致性不好的问题，创建数字化精度控制体系，实现对装配过程的量化控制。采用检测精度 $\pm 0.5\mu\text{m/m}$ 的激光干涉仪、轨迹偏差采集精度 $\leq 0.001\text{mm}$ 的球杆仪等高精度检测设备，对装配过程中各项关键精度指标实施实时检测。激光干涉仪可以对主轴直线度、同轴度等几何参数实施精确采集。球杆仪可以迅速获取机床运动轨迹偏差数据。检测数据可以实时传送给控制系统，及时发现装配误差并加以调整，防止误差积累。制定标准化的装配操作手册，确定各个工序的精度控制标准和操作步骤，把操作人员的经验转化为量化的技术参数。主轴与轴承间隙值控制在0.005至0.008mm之间，用力矩扳手控制螺栓拧紧力矩，细化不同工况下参数微调规则，保证装配操作的一致性、稳定性。

创建装配精度数据库，对同一批次设备装配精度数据进行记录，关联设备型号、操作人员、检测时间等各方面信息。通过数据分析找出误差规律，准确找到由于工装磨损、操作手法不同等原因造成的精度波动，为后续工艺改进提供数据支持。同时改善装配环境，建设恒温恒湿装配车间，温度控制在 $20\pm 2^\circ\text{C}$ ，湿度稳定在45%至60%RH，配备温度补偿装置、湿度检测传感器，定时校准环境检测设备，控制温度变化造成的零部件热胀冷缩、防止湿度超标造成的零部件锈蚀，从环境方面保证装配精度。

4.2 实施装配流程重组与协同优化

重组、通过协同优化流程来删掉多余的工序，提高工序之间的衔接效率。采用价值流分析的方法，对现有的装配流程中增值工序和非增值工序进行梳理，绘制详细的价值流程图，标注各个工序的作业周期、等待时间、物料转运距离，量化非增值环节的占比，剔除不必要的等待、搬运、反复拆装等非增值环节，可直接缩短25%的装配周期。零部件预

处理工序与装配工序相结合,在零部件到达之后立即进行清洗、防锈、尺寸复检等预处理,然后用专用转运车送到装配工位上,减少中间存放环节的物料损耗和时间浪费。同时优化工位布局,使工序之间的转运路径缩短30%。

建立多工序协同作业模式,将机械装配、液压装配、电气装配等工序合理交叉。在床身调平的同时开展电气线路铺设工作。在主轴箱装配的过程中同步完成液压管路的预装,缩短整体装配周期。使用生产信息化管理系统可以实现各工序装配进度、装配质量状态的实时监控。系统反馈延迟小于10分钟,可以预警超期工序和装配质量异常的数据。管理人员可以从中了解装配过程中的问题并迅速采取应对措施。系统还能自动生成装配进度报表、质量追溯报告,实现装配进度的精准控制和质量全流程可追溯。

4.3 优化装配资源配置方案

优化人员配置,根据各个工序的技术难易程度、技能要求合理安排人员岗位,将高技能人员安排到精度调整、整机调试等关键工序上。加强人员技能培训,定期开展技术交流和实操考核。培训内容包含高精度检测仪器使用技巧、复杂部件装配工艺等。邀请行业专家开展专题讲座,分享先进的装配经验。设置模拟故障调试等实战项目进行考核。考核结果同绩效薪酬挂钩,鼓励员工自觉提高技能水平。实行关键工序人员轮岗制度,避免长时间同一种类作业造成的工作疲劳和误差,提升装配人员总体技能水平。

改进工装设备,设计通用性强的组合式工装,采用模块化结构设计,≤20min即可完成不同模块的更换,适配不同的机型的装配要求,提高工装的重复利用率,降低工装制造成本。建立工装设备定期维护、校准制度,制定详细的维护校准计划表。每季度做一次工装设备精度校验,及时更换磨损部件,保证精度一直合格。健全物料管理体系,利用条码技术给零部件标识上包含该零部件的规格、批次以及检查信息等信息,对零部件库存进行准确的管理。装配人员扫码查询可以实现零件库存的精准管理,提高查询效率80%。根据生产信息化系统中的装配进度数据来精准配送物资,使物资供需偏差控制在5%以内,防止出现物资积压或者短缺的情况。

4.4 推进装配过程智能化融合升级

以智能技术融合为核心,把装配过程由数字变成智能,提高装配效率和装配质量的稳定性。采用协作机器人、视觉引导装配系统,对螺栓紧固、零部件搬运、密封件装配等重复性高、劳动强度大的工序进行自动化作业。机器人装有

视觉识别模块,能够准确找到零部件的安装位置,识别出装配姿态偏差,通过力控传感技术对装配力度进行实时调整。轴承压装工序中,压装力的控制精度可以达到 $\pm 5N$,装配位置偏差控制在0.01mm以内。机器人螺栓紧固扭矩精度 $\leq \pm 2\%$,既减轻了操作人员的劳动强度,又减少了由于人为操作失误造成的装配缺陷。另外开发智能装配辅助系统,利用AR增强现实技术把装配步骤、精度要求等信息叠加到实际零件上,使装配步骤指引误差小于0.005mm,引导操作人员完成复杂的装配作业。

创建全流程数据驱动的智能决策体系,打通数字化精度控制系统、生产信息化管理系统和装配资源管理系统之间存在的壁垒,实现多源数据融合分析。基于大数据分析以及机器学习算法创建装配质量预估模型,利用历史装配数据、实时工序参数、环境数据等各方面变量来预测潜在的质量风险。模型风险识别准确率不低于95%,可以提前给出参数调节建议。创建装配效率改善模型,根据订单需求、人员技能水平、设备状态等方面的因素来动态调整生产排程,实现资源调配的实时动态改变。搭建远程运维、协同平台,利用视频、数据共享的方式开展现场装配技术专家的远程指导工作。使技术问题响应时间不超过30min,快速解决复杂技术问题。

5 结语

刨台式铣镗床装配工艺优化为系统工程,要从精度控制、流程衔接、资源配置等各方面协同推进。本文通过建立数字化精度控制体系,进行流程重组和协同优化,优化资源配置方案,较好地解决了传统装配工艺精度一致性差、流程冗余、资源利用效率低等问题,达到装配质量和效率双提升的目的。未来可以将智能制造技术引入到刨台式铣镗床装配工艺中,用工业机器人、自动化装配设备代替手工操作,使刨台式铣镗床装配工艺朝着智能化方向发展,为制造业高质量发展提供更强有力的装备支撑。

参考文献

- [1] 郝岩利,汝晓艳,冯春风.重型数控铣镗床镗轴进给机构的可靠性研究[J].模具制造,2024,24(03):121-123.
- [2] 郭鑫.数控卧式铣镗床整机验收项目研究[J].世界制造技术与装备市场,2023,(05):42-45.
- [3] 张晟.数控落地式铣镗床封闭式主轴箱灌胶工艺的技术改进[J].金属加工(冷加工),2023,(07):49-54.
- [4] 郭鑫.PBC130s精密数控卧式铣镗床的研制[J].世界制造技术与装备市场,2022,(01):87-90.