

Discussion on Precision Control Method of Planar Milling and Boring Machine in Horizontal CNC Machine Assembly

Si Guo Zhe Su

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

Abstract

As the primary machining unit in horizontal CNC machine tools, the turntable milling-boring machine's assembly accuracy critically determines the overall machining precision and operational stability. In-depth research on its assembly precision control methods, enhanced calibration of key components, and precise process parameter management are essential to meet the demands of high-end manufacturing sectors like aerospace and automotive molds. These measures not only improve machining consistency and product yield rates but also reduce equipment maintenance costs. Furthermore, they provide critical technical support for upgrading domestic horizontal CNC machine tools to advanced levels, facilitating the transformation and upgrading of China's equipment manufacturing industry and strengthening its global competitiveness.

Keywords

planer-type milling and boring machine; horizontal CNC machine tool; assembly process; precision control

卧式数控机床装配中刨台式铣镗床精度控制方法探讨

郭思 苏喆

沈阳机床中捷友谊厂有限公司，中国·辽宁 沈阳 110142

摘要

刨台式铣镗床是卧式数控机床的主要加工单元，刨台式铣镗床的装配精度影响整机的加工精度和运行稳定性。对其装配精度控制方法检修深入的研究，加强关键部件装配校准与工艺参数精准控制，满足航空航天、汽车模具等高端制造领域对精密零部件加工的要求，提高整机加工的一致性及产品合格率，降低设备后期调试与维护成本有重要的现实意义，同时为国产卧式数控机床技术升级与高端化发展提供关键技术支撑，助力我国装备制造业转型升级、增强国际市场竞争力。

关键词

刨台式铣镗床；卧式数控机床；装配工艺；精度控制

1 引言

随着现代制造业向高精度、高效率的方向迅猛发展，数控机床的加工性能要求也不断提高。在众多的机床类型中，刨台式铣镗床是进行复杂曲面、高精度孔系和平面加工的核心设备，其最终加工能力不是由设计决定，而是由装配环节所能达到的精度水平决定。装配过程是将分散的精密零件变成稳定、可靠、高精度的运动系统的重要集成阶段，其间牵涉到机械、材料、环境、控制等诸多因素的复杂耦合。因此，对装配精度的影响机理进行系统的分析，并建立科学、可控的精度保障体系，已成为突破高端刨台式铣镗床性能瓶颈、赋能先进制造不可缺少的工作。

2 刨台式铣镗床装配精度的影响要素

2.1 基础部件加工精度的影响

基础部件是刨台式铣镗床的装配载体。由床身、立柱、主轴箱、工作台等主要构件组成。基础部件的加工精度是决定装配精度的先天条件。床身导轨直线度、平行度几何公差误差会直接传递给后面装配环节。使工作台移动轨迹偏离理想轨迹。立柱与床身垂直度偏差会造成主轴的空间几何定位精度偏差。进而造成工件加工的形位公差超标。滑枕导轨面粗糙度超标准。会增大运动副的摩擦副阻力。造成运行时产生激振现象。破坏加工稳定性。工作台的平面度误差会造成工件装夹定位基准偏差。加工尺寸一致性失效。基础部件加工时。由于材料热处理工艺不当引起的残余应力变形问题。也会给后期的装配精度造成不可逆转的影响。

2.2 装配工艺参数的影响

装配工艺参数是否合理。是保证刨台式铣镗床精度的重要因素。装配时所用零部件的连接方法、配合公差、预紧力等参数的设定都会影响到装配精度。零部件连接时。螺栓

【作者简介】郭思（1988-），男，中国辽宁沈阳人，本科，工程师，从事机械制造研究。

紧固的扭矩值过大或者过小。都会使连接部位产生应力应变或者松动。破坏部件间的位置精度基准。运动副间隙配合过大。会造成运行时产生间隙振动。降低加工精度。配合间隙过小。会增大运动阻力。加快部件表面磨损和刚度衰减。主轴系统装配时。轴承预紧力控制不好。会影响主轴的回转运动精度。造成加工表面出现波纹度超差。进给系统中滚珠丝杠和螺母的装配间隙太大。就会使反向间隙增大。进而影响定位精度、重复定位精度。装配顺序混乱也会造成精度累积误差叠加。不同的装配顺序下部件间的干涉情况不同。最终形成的整机精度状态也存在较大差异。

2.3 环境因素的干扰

环境因素对刨台式铣镗床装配精度的影响是隐蔽的、持久的。很容易被装配工艺环节所忽略。装配车间温度变化会引起零部件热胀冷缩的温漂效应。金属材料热膨胀系数有差异。各部件温度变化下线膨胀量不同。导致部件之间的相对位置精度被破坏。车间湿度超标会造成零部件表面产生电化学锈蚀。影响运动副的配合精度公差。锈蚀产生的杂质会侵入装配间隙。增大部件的磨粒磨损。装配过程中由于车间其它设备运行造成的环境振动。人员操作引起的冲击振动等都会造成定位基准偏移。影响装配精度稳定性的保持。车间中的粉尘杂质会附着在零部件加工表面上。造成装配间隙产生偏差。使运动副的运动精度和使用寿命同步降低。

3 刨台式铣镗床装配精度控制的核心原则

3.1 基准统一原则

基准统一原则是刨台式铣镗床装配精度控制的基础。核心就是整个装配过程使用同一工艺定位基准。防止因为基准转换引起的误差累积叠加。装配时应选择稳定性好、精度高的基础部件作为基准件。一般以床身导轨作为装配基准。后续立柱、主轴箱、工作台等部件的装配均以此为基准进行定位调整。基准件必须经过严格的精度复测检验。保证其精度满足装配设计的要求。在装配过程中还要对基准件进行防护。防止基准面出现磕碰、磨损等基准面损伤问题。采用基准统一规范。可以保证各个部件之间位置精度的准确对接。减小基准转换误差。为整机精度控制打下工艺基础。

3.2 误差补偿原则

误差补偿原则就是通过主动调整或者技术手段。对装配过程中产生的误差进行误差抵消或者修正。从而达到提高装配精度的目的。装配时由于零件的加工误差、装配间隙等原因无法完全消除。采用误差补偿的方法可将误差控制在公差允许范围内。误差补偿分为硬件补偿和软件补偿。硬件补偿主要是改变垫片厚度、更换调整件等手段来修正部件之间的位置偏差量。立柱与床身连接处用不同厚度的调整垫片使立柱达到设计垂直度要求。软件补偿是在数控机床控制系统中。对加工过程中出现的误差进行实时闭环补偿。按照装配检测的数据。在控制系统的输入端输入补偿参数。修正主轴运动轨迹偏差。误差补偿要依靠准确的检测数据。根据误差

的种类和幅值大小来选择适合的补偿方式。保证补偿效果达到要求。

3.3 全程检测原则

全程检测原则。就是对刨台式铣镗床装配各个工序环节进行全流程精度检测。及时发现和处理精度偏差问题。防止误差逐级积累。装配前应检查所有零部件的精度。剔除超差不合格件。保证装配原材料的精度满足设计要求。装配过程中每完成一个关键工序都要进行工序精度检测。床身与立柱装配完成后检测两者的垂直度。主轴装配完成后检测主轴的回转精度。检测工作要采用高精度的检测设备。比如激光干涉仪、三坐标测量仪、百分表等来保证检测数据的量值准确性。检测数据要详细建档。建立精度检测台账档案。为以后的误差分析、工艺改进提供数据支撑。全程检测可以对装配精度进行动态控制。保证最终的整机精度达到设计标准的要求。

4 卧式数控机床装配中刨台式铣镗床精度控制的具体方法

4.1 基础部件的装配精度控制

基础部件装配是刨台式铣镗床精度控制的开端。主要控制部件定位、连接紧固两个工艺要点。部件定位时以床身导轨为基准。用精找平找正的方式调整立柱、工作台等部件的空间位置。用激光干涉仪检测部件的直线度、平行度、垂直度。根据检测结果进行微量精调。保证各部件的位置精度符合设计要求。连接紧固时用扭矩扳手控制螺栓的紧固扭矩。按照预设的扭矩值标准化操作。防止由于扭矩过大或者过小引起的应力变形或者松动失效问题。对需要调整间隙的运动副用塞尺测间隙值。根据检测结果调垫片厚度。使间隙值在设计公差内。基础部件装配完毕之后要进行二次精度复检。精度状态达到要求后才能进入下一道装配工序。

4.2 主轴系统的装配精度控制

主轴系统是刨台式铣镗床的主要运动系统部件。它对整个机器的最终加工精度起着关键作用。主轴和轴承的装配要严格控制配合精度公差。在恒温恒湿的环境中进行装配作业。减少温度变化对配合间隙的影响。装配前要对主轴和轴承进行超净清洗。去除表面的杂质和油污。轴承装配时使用专用装配工具。防止敲击造成轴承滚道损伤。精确控制轴承预紧力。通过测量主轴回转精度来匹配调整预紧力大小。使主轴在回转时径向圆跳动、轴向窜动都在公差允许范围内。主轴、滑枕的装配要保证两者同轴度公差达标。用百分表检测主轴的径向跳动。根据检测结果调整滑枕的装配位置。实现同轴度的精确控制。主轴系统装配完成后要进行空运转磨合试验。在不同的转速档位下检测主轴的振动值、温度变化。保证主轴运转平稳可靠。

4.3 进给系统的装配精度控制

进给系统装配精度决定刨台式铣镗床定位精度、重复定位精度的主要指标。滚珠丝杠、螺母装配时严格控制同轴

度、预紧力。装配前对滚珠丝杠进行精度检验。保证丝杠直线度、螺距累积误差满足设计要求。用专用夹具定位。确保丝杠与导轨平行度符合要求。螺母的预紧力用垫片厚度来调节。预紧力大小要严格符合设计规范。预紧力过大时会增大运动阻力。预紧力过小时会产生反向间隙误差。导轨和滑块的装配要保证导轨面的贴合精度。用人工刮研的工艺方法对导轨面做精细加工。去除表面的毛刺、高点。使滑块与导轨的贴合接触率达到设计要求。进给系统装配完毕后。用激光干涉仪检测定位精度和重复定位精度。根据检测结果在控制系统中进行参数补偿修正。提高进给系统的运动精度。

4.4 整机调试阶段的精度控制

整机调试是刨台式铣镗床装配的最后一个精度控制关键环节。要对整机几何精度和工作精度进行全方位的检测校验。几何精度检测包括床身导轨直线度、立柱垂直度、主轴回转精度、工作台平面度等核心项目。用专业检测设备按照国家标准检测标准规范操作。对检测出的精度偏差。通过调整垫片、补偿参数等方法进行精确修正。工作精度检测采用试切工件验证的方式。选择标准试件。按照预先设定好的加工工艺进行试切加工。检测试件的尺寸精度、形位公差、表面粗糙度等。根据检测结果调整加工参数和装配精度。直至试件精度达到要求。整机调试完成之后。需进行长时间空运转稳定性试验。检验整机运行工况。保证精度长期稳定可靠。

5 精度控制的质量保障措施

5.1 装配人员的技能培训

装配人员的专业技能是保证刨台式铣镗床精度控制的主要人为因素。企业要创建起完善的装配人员技能培训体系。展开理论知识和实操技能双轨培训。理论知识培训包含数控机床结构、装配工艺规范、精度检测原理等内容。实操技能培训采取师徒结对的传帮带方式。由资深技师现场实操指导。提高装配人员的实操工艺水平。定期对装配人员进行技能等级考核。考核内容主要集中在装配工艺执行规范性、精度检测数据准确性等主要方面。考核结果同薪酬绩效相挂钩。调动装配人员的工作积极性以及岗位责任心。强化全员质量意识教育。使装配人员充分认识精度控制的核心重要性。严格按照装配工艺要求开展标准化作业。

5.2 检测设备的精准校准

高精度的检测设备是精度控制的硬件前提。企业要建立完善的检测设备校准制度。定期对激光干涉仪、三坐标测

量仪、扭矩扳手等设备进行量值溯源校准。保证设备的测量精度符合计量规范。校准工作由具有资质的专业计量机构来完成。校准结束后出具正式的校准报告。不合格的设备及时进行维修或者更换。检测设备使用严格按操作规程进行。操作人员必须经过专门培训。熟练掌握设备的使用方法及维护保养技能。防止由于操作不当造成设备精度衰减。同时加强检测设备的日常保养和维护。定时清洁检测设备表面。巡检设备运转工况。延长检测设备使用寿命周期。

5.3 装配流程的标准化管理

标准化的装配流程对保证精度控制的一致性稳定性起着重要的作用。企业需要编制完整的刨台式铣镗床装配作业指导书（SOP）。对各个装配工序的操作步骤、工艺参数、检测标准、质量要求等做出明确规定。指导装配人员按标准进行标准化操作。建立装配过程质量追溯系统。对每台设备的装配全过程进行记录。包含零部件批次、装配工位、检测数据等关键信息。发生质量问题的时候可以迅速回溯原因。加强装配车间现场管理。实行5S精益管理模式。保持车间环境整洁有序。减少环境因素对装配精度的影响。对装配工艺实施定期评审改进。依据生产实践中出现的工艺问题。行业技术发展趋向。及时调整装配工艺参数。操作方法。不断改善装配精度控制水平。

6 结语

刨台式铣镗床装配精度控制是卧式数控机床整机质量保证的重要环节，其牵涉到基础零件加工、装配工艺实施、环境条件控制、关键部件精准定位、装配间隙量化控制等。该技术精准实施之后，可以大幅度提高设备加工精度和运行稳定性，满足航空航天、重型机械等高端领域复杂零部件加工需求，还可以降低设备后续运维成本、延长服役寿命，从而有效提高生产效率与产品竞争力。

参考文献

- [1] 马聘,邵佳煊.卧式五轴数控机床电主轴的动态特性分析及振动抑制优化[J].制造技术与机床,2024,(06):177-182.
- [2] 杨凯,胡兴平,冯常喜,张宁,吴飞,赵志虎.华中数控卧式四轴机床坐标系自动补偿研究[J].制造技术与机床,2023,(01):78-82.
- [3] 曾大庆,陈海源,贺立峰,吴雨春,胡世衡.六轴卧式数控镗铣机床的研究与开发[J].机电工程技术,2022,51(12):244-247+252.
- [4] 唐霖,郑雅泽,张利峰,李欧.大型卧式数控电解加工机床导电轴的分析及试验[J].西安工业大学学报,2021,41(06):635-643.