

Practice of hydraulic system analysis and assembly process of CNC machine tool

Ye Liu Chang Xiong

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

Abstract

The article closely around the CNC machine tool hydraulic system to carry out in-depth research. First, the working principle of energy conversion based on Pascal's law is analyzed, and the architecture of the system composed of power, execution, control and other components is disassembled. At the same time, the characteristics of various hydraulic components and the common circuit types are carefully combed. In the assembly process, optimize the assembly process, innovate the assembly process, and build a comprehensive quality control system. In addition, the system discusses the debugging steps and fault diagnosis methods of the hydraulic system. Through the combination of theoretical derivation and practical cases, it can not only effectively improve the assembly quality of hydraulic system, reduce the incidence of failure, but also build a solid technical foundation for the stable operation and efficient production of CNC machine tools.

Keywords

CNC machine tool; hydraulic system; assembly process; fault diagnosis

数控机床液压系统分析与装配工艺实践

刘野 熊昌

沈阳机床中捷友谊厂有限公司, 中国·辽宁 沈阳 110142

摘要

文章紧密围绕数控机床液压系统开展深入研究。先是对其基于帕斯卡定律实现能量转换的工作原理进行剖析, 拆解系统由动力、执行、控制等元件组成的架构。同时, 细致梳理各类液压元件特性与常见回路类型。在装配环节, 优化装配流程, 创新装配工艺, 并构建起全面的质量控制体系。此外, 系统探讨液压系统调试步骤与故障诊断方法。通过理论推导与实际案例相结合, 不仅有效提升液压系统装配质量, 降低故障发生率, 也为数控机床稳定运行和高效生产筑牢技术根基。

关键词

数控机床; 液压系统; 装配工艺; 故障诊断

1 引言

数控机床作为现代制造业的关键设备, 其性能优劣直接影响产品加工质量与生产效率。液压系统作为数控机床的重要组成部分, 负责实现主轴变速、刀具交换、工作台运动等关键动作。然而, 液压系统结构复杂, 装配要求高, 在实际运行中易出现泄漏、压力不稳定等故障。因此, 深入研究数控机床液压系统分析与装配工艺, 对提升机床性能、推动制造业发展具有重要意义。

2 数控机床液压系统概述

2.1 液压系统的工作原理与基本组成

数控机床液压系统的运作依托帕斯卡原理, 把液压油当作工作介质, 达成能量的转换与输送。在这一过程中, 液

压泵发挥着关键作用, 它将电动机输出的机械能, 转变为液压油的压力能。随后, 高压油经管路, 被传输到执行元件。执行元件则进行逆向转化, 把压力能重新变回机械能, 以此驱动数控机床的部件运动^[1]。比如, 液压缸能够实现直线往复式的机械运动, 而液压马达可以达成旋转运动。

从系统构成来看, 数控机床液压系统涵盖动力、执行、控制、辅助元件以及工作介质。作为动力元件的液压泵, 源源不断地为系统供应压力油。执行元件承担着将液压能转变为机械能的任务。控制元件包含多种液压阀, 通过它们来调控液压油的压力、流量以及流向。油箱、过滤器等辅助元件, 为系统的平稳运行筑牢根基。液压油作为工作介质, 不仅能够传递能量, 还能对系统起到润滑与冷却的作用。

2.2 液压系统在数控机床中的应用类型与作用

2.2.1 应用类型

液压系统在数控机床多个环节发挥作用, 刀库和换刀装置借助液压驱动实现刀具的快速准确更换; 主轴变速系统

【作者简介】刘野(1982-), 男, 中国辽宁鞍山人, 本科, 工程师, 从事机械类(机床装配工艺)研究。

通过液压控制,实现不同转速的切换;工作台的夹紧与松开,同样依靠液压系统完成。

2.2.2 作用

液压系统显著提升了数控机床的自动化程度,实现了复杂加工动作的精确控制,有效提高加工精度与效率^[2]。同时,液压系统具备过载保护功能,能在机床过载时自动卸荷,保护设备安全。

2.3 液压系统的发展趋势

2.3.1 节能化

随着环保要求的提高,节能成为液压系统发展的重要方向。新型节能液压泵和优化的液压回路不断涌现,通过降低系统能耗,实现绿色制造。

2.3.2 智能化

传感器与计算机控制技术的融合,使液压系统能够实时监测工作状态,自动调整参数,实现智能控制与故障诊断,提高系统的可靠性和稳定性。

2.3.3 集成化

液压元件的集成化设计减少了管路连接,降低了泄漏风险,提高了系统的紧凑性和可靠性,便于安装、维护和调试。

3 数控机床液压系统分析

3.1 液压元件分析

3.1.1 液压泵

液压泵类型多样,在数控机床领域,齿轮泵、叶片泵和柱塞泵较为常见。齿轮泵凭借结构简单、成本投入低的优势,得到一定应用,然而其流量脉动现象较为明显,因此一般应用于对流量稳定性要求相对宽松的场景。叶片泵在运行时,流量输出均匀,产生的噪声较小,契合中低压系统的使用需求。柱塞泵的突出特点是能够承受极高的压力,工作效率较高,所以在需要高压、大流量输出的数控机床场景中,发挥着关键作用。

3.1.2 液压阀

依据功能差异,液压阀可划分为方向控制阀、压力控制阀与流量控制阀三大类别。方向控制阀通过对液压油流向的精准把控,实现执行元件运动方向的切换,确保设备按预定轨迹运作^[3]。压力控制阀肩负着调节系统内部压力的重任,在系统压力过高时及时卸荷,避免因超压对设备造成损坏,为系统的安全稳定运行筑牢防线。流量控制阀则通过调控液压油的流量,改变执行元件的运行速度,满足不同工况下对设备运行速率的要求。

3.1.3 液压缸和液压马达

液压缸根据结构不同分为活塞式、柱塞式等,常用于实现直线运动。液压马达则用于实现旋转运动,按结构可分为齿轮式、叶片式和柱塞式。在选择液压缸和液压马达时,需根据工作负载、运动速度等参数进行合理选型。

3.2 液压回路分析

3.2.1 基本液压回路

基本液压回路可划分为压力控制、速度控制与方向控制回路这三大类型。压力控制回路依托溢流阀、减压阀等元件,达成对系统压力的调控,使系统压力维持在规定范围之内。速度控制回路借助节流阀、调速阀,调节流经执行元件的液压油流量,从而控制执行元件的运动速度,满足多样化的工作需求。方向控制回路则依靠换向阀改变液压油的流向,引导液压油按照既定路径流动,进而实现执行元件的换向操作,推动设备顺利完成各项动作。

3.2.2 典型数控机床液压系统回路分析

以某型号数控机床为例,其刀库液压系统采用了方向控制回路和压力控制回路。在换刀过程中,换向阀控制液压油的流向,使液压缸推动刀库实现刀具的交换;溢流阀则保证系统压力稳定,防止过载。

3.3 液压系统性能分析

在数控机床液压系统运行期间,压力和流量的稳定对系统性能和机床加工效果起着决定性作用。系统压力会因负载的动态变化产生波动,当压力波动幅度过大时,不仅会降低机床的加工精度,还可能引发系统故障。通过安装蓄能器吸收压力冲击,优化液压泵的启停控制逻辑,能有效抑制压力波动。

4 数控机床液压系统装配工艺

4.1 装配前的准备工作

在数控机床液压系统装配前,需做好全面且细致的准备工作。首先,收集液压系统的装配图、原理图及工艺规程等技术文件,深入研读,明确装配细节与质量标准,为装配工作锚定方向。其次,对液压元件、管路、密封件等零部件开展严格检验,杜绝不合格品进入装配环节,随后进行清洗,清除表面油污与杂质,防止系统污染。

4.2 液压元件的装配

在数控机床液压系统关键元件的装配中,每个环节都对系统性能起着决定性影响。装配液压泵时,需借助专业工具,精准校准泵轴与电机轴的同轴度,降低因同轴度偏差引发的振动与噪声;同时,正确安装密封件,防止液压油泄漏。装配液压阀时,着重把控阀芯与阀座的配合精度,确保阀芯能灵活动作;安装电磁铁时,仔细检查接线,保证动作可靠。装配液压缸和液压马达时,严格控制活塞与缸筒、转子与定子间的间隙,确保良好的密封性能与运动精度;正确安装缓冲装置,减缓运动部件冲击,全方位保障系统的稳定运行与高效工作。

4.3 液压管路的装配

在数控机床液压系统中,管路的选择、加工、连接及安装质量,直接影响系统的稳定性与可靠性。在选择管路时,需综合系统的工作压力、流量及工作环境等因素,挑选适配的管路材料与规格。例如,高压环境下,选用无缝钢管保障

安全；有耐腐蚀性需求时，选择不锈钢管。加工管路时，对切割、弯曲、扩口等环节的精度严格把控，防止因加工不当导致管路变形，影响系统性能。

管路连接时，务必确保连接牢固、密封可靠。螺纹连接时，涂抹密封胶增强密封性；法兰连接时，仔细检查法兰面平整度，选用质量上乘的密封垫。安装管路时，进行合理布局，规划管路走向，避免出现交叉、干涉的情况，防止因管路摩擦、挤压导致破损，从各个环节入手，保障液压系统的高效稳定运行。

4.4 液压系统的整体装配

在数控机床液压系统的装配作业中，严格遵循科学的装配顺序与流程，是保障装配质量的关键。装配顺序上，秉持先下后上、先内后外、先粗后精的原则。先将液压泵、油箱等位于底层且对系统起着支撑作用的基础部件安装到位，搭建起系统的基本架构；随后安装液压阀组和执行元件，为系统功能实现提供保障；最后连接管路，完成系统的整体布局。

在装配全过程，需适时对液压系统进行调整和检验。装配时，依据系统设计的要求，对液压泵排量、液压阀压力设定值进行精准调节。同时，细致检查管路连接的准确性，查看密封是否良好，避免出现泄漏隐患。通过装配过程的动态调整与严格检验，及时发现并解决问题，有效提升液压系统的装配质量与运行稳定性。

5 数控机床液压系统装配质量控制

5.1 装配质量控制体系

在数控机床液压系统装配过程中，构建完善的质量控制体系至关重要。首先要明确质量控制目标，将系统泄漏率、压力稳定性、执行元件运动精度等关键性能指标量化，确保其均在规定的范围内。为保障目标达成，需建立健全装配质量控制组织，清晰划分各部门与人员的职责。质量检验部门作为把控装配质量的核心力量，需对装配全程进行严格监督与细致检验；装配部门则必须严格按照既定工艺要求开展装配作业。此外，制定一套覆盖从零部件检验、装配过程监控，再到系统整体验收的全过程质量控制流程，详细规定各环节的质量检验标准与科学检验方法，为质量控制提供明确依据，保障液压系统装配质量稳定可靠。

5.2 装配过程中的质量控制方法

为切实保障数控机床液压系统的装配质量，需从多个关键维度实施严格管控。在零部件进入装配环节前，运用外观检查，查看零部件表面有无瑕疵；借助卡尺、千分尺等工具进行尺寸精度检测；并通过模拟工况开展性能测试，全方位确保零部件质量达标。

5.3 质量追溯与问题处理

为全方位保障数控机床液压系统的装配质量，引入信

息化技术搭建质量追溯系统。在装配流程推进时，系统自动记录零部件的供应来源、具体装配人员、精确装配时间，以及详细的检验记录等关键信息。这使得在后续一旦出现任何质量问题，均可借助追溯系统，快速定位问题环节。

当装配质量问题发生，技术人员运用鱼骨图从人员、设备、材料、方法、环境等多个维度，对质量问题进行深入分析；或通过故障树梳理事件因果关系，找出问题的根本原因。依据分析结果，制定并实施针对性的整改策略，对涉及的流程、工艺等进行优化。在整改完成后，持续跟踪验证，确保问题得到彻底解决，切实提升装配质量与生产的稳定性。

6 数控机床液压系统的调试与故障诊断

6.1 液压系统的调试

在对数控机床液压系统进行调试时，需严格遵循流程开展工作。调试前，对液压系统装配质量开展全面检查，仔细核查管路连接是否密封、正确，液压元件安装是否稳固，电气接线有无短路或断路等情况。完成检查后，启动液压泵进行空载调试，密切监测系统压力、流量、油温等关键参数，查看其是否在正常范围，同时观察执行元件运行状况，判断有无卡滞。空载调试达标后，模拟机床实际工作时的负载工况，开展负载调试，全方位测试系统性能，并针对性地调整系统参数，让液压系统达到最佳工作状态。

6.2 液压系统的故障诊断

在数控机床液压系统故障诊断工作中，可运用直观检查法、仪器检测法、逻辑分析法等工作。直观检查法通过眼观、耳听系统运转，对故障原因进行初步判断；仪器检测法借助压力表、流量计等设备，对系统压力、流量等参数展开精准检测，以此定位故障部位；逻辑分析法依据液压系统工作原理，结合故障现象进行推理，确定故障根源。而液压系统常见的泄漏、压力不足、振动与噪声、执行元件运动异常等故障，需针对性分析处理。

7 结语

本文通过对数控机床液压系统的分析与装配工艺实践研究，提出了一系列优化措施和方法。这些成果有助于提升液压系统的装配质量和可靠性，降低故障发生率，为数控机床的稳定运行提供保障。未来，随着技术的不断进步，还需持续探索创新，推动数控机床液压系统技术的发展。

参考文献

- [1] 刘长志. 液压系统原理图的识别与分析[J]. 时代农机. 2018, (3).
- [2] 王飞, 唐真真. 提高高压变频器运行可靠性的研究[J]. 现代制造技术与装备. 2015, (4).
- [3] 李玉, 魏晓燕, 侯新华, 等. INSTRON 液压试验系统管道安装浅析[J]. 现代制造技术与装备. 2015, (4). 71-72.