X7132 型数控铣床结构设计

摘要

数控铣床可以加工许多普通机床难以加工甚至无法加工的零件，在现代制造业中应用越来越广，也是发展的必然方向。数控铣加工技术正向更高的敏捷化、智能化、集成化方向发展，我国一部分普及型数控机床的生产已经形成一定规模,尚不完善，所以对数控铣加工技术的研究很必要。数控铣床的组成:主传动系统、进给传动系统、基础支承件、辅助装置；机械结构方面，机床主机是数控铣床的主体，它包括床身、底座、立柱、横梁、滑座、工作台、主轴箱、进给机构、刀架等机械部件，它是在数控铣床上自动地完成各种切削加工的机械部分。机床传动系统核心部分是主轴,对于主轴的设计要全面、合理、科学.机床主轴是机床在加工时直接带动刀具或工件进行切削和表面形成运动的旋转轴，其设计内容包括主传动系统的工作原理、结构特点、设计基本要求、配置方式、组件具体参数设计：主轴及与其直接有关的轴承、转动件和其他相关件等。主轴是数控机床的关键部件，对加工质量的影响极其明显，因此,对它的要求很高。

该论文对 X7132 数控铣床为的主传动系统进行研究，研究内容是结构方面的设计和改进。从基本功能入手，运动功能的分配，传动功率的选择,结构的布局设计，总体结构方案模型设计，总体方案概略尺寸设计,总体结构刚度及精度分配,总体结构方案综合评价等各方面来研究数控机床.在论文里设计的内容有主传动系统和机床本体结构.主传动系统是主要研究内容；机床本体介绍了支撑件，床身、和导轨，只作概述；对于伺服进给系统和机床检测装置可以参考文献资料。主传动系统的设计中主轴箱传动系统通过 UG 进行建模，达到运动功能的实体在现，便于学习机床的机械结构，可以更好的观察机床工作，发现不足之处,有利于提前发现问题,减少不必要的浪费，加快研究改进的效率。总体上，参照已经在使用的机床和加工需求，不断完善.

关键词 数控铣床；主传动系统；UG 建模；结构设计

CNC milling machine structural design of X7132

Abstract

CNC milling machine can be difficult to process many ordinary processing can not even spare parts processing， the application of modern manufacturing in the increasingly wide, is the inevitable development direction. CNC milling processing technology being more agile, intelligent and integrated way, part of our universal CNC machine tool production has formed a certain scale, is not yet perfect, so the CNC milling technology research is necessary 。 CNC milling machine: the main drive system, into the transmission system, based on supporting pieces， assistive devices; mechanical structure， the host machine is the main CNC milling machine, which includes bed， the base, column， beam, Waterloo Block, working platforms, spindle box, feed， Turret， and other mechanical components, it is in CNC milling machine automatically on the completion of various cutting the mechanical parts。 Machine drive system is the core of the spindle， the spindle to the design of a comprehensive， rational, scientific。 Machine spindle is in the processing machine tool or directly led to the workpiece and the cutting movement formed on the surface of the rotation axis， the main drive system design including the principle of structural features ， basic requirements for the design, configuration， the design parameters of specific components: Spindle And directly related to the bearing, rotating pieces and other related items， such as。 Spindle CNC machine tools are the key components， the impact on processing quality is extremely clear, so it’s very demanding.

The paper on the X7132 CNC milling machine for the main drive system to study, research is the structure of the design and improvement。 Start from the basic function， the function of the distribution， transmission power of choice, the layout of the structure, the overall structure of the programme model design， the approximate size of the overall plan design, structural rigidity and precision of the overall distribution， the overall structure of comprehensive evaluation， and other areas to study a few Controlled Machine Tools. In the paper， the design of the contents of the main drive system and machine body structure. Main drive system is the main content of machine body on the support pieces， bed and the rails, just outlined， the servo feed system and machine detection devices can make reference to literature。 Main drive system in the design of transmission through the UG spindle box model, to the entities in the motor function is to facilitate the mechanical structure of machine learning, can better observe the machine， found deficiencies， to identify problems in advance, Reduce unnecessary waste and speeding up research to improve efficiency. Overall, the design has more in reference to the use of the machine tools and processing needs， and constantly

improve.

Keywords CNC milling machine;UG Modeling; Main drive system; Structural Design

目录

摘要.....I
Abstract.....II

第 1 章 绪论.....1
1.1 课题背景.....1
1.2 数控铣床的组成和特点.....1
1.3 数控加工的特点.....2
1.4 国内外数控铣的加工现状.....3
1.5 数控铣加工的发展趋势.....4
第 2 章 主传动系统设计.....5
2。1 数控铣床的结构设计.....5
2。1.1 数控铣床的结构组成.....5
2.1.2 数控铣床机械结构的主要特点.....5
2.1。3 数控镗铣床的布局形式.....6
2。2 数控铣床的工作原理和主传动系统的特点.....6
2.2.1 数控铣床的工作原理.....6
2。2.2 主传动系统的特点.....7
2。3 主传动系统的设计要求.....7
2.4 主传动系统配置方式和运动参数设计.....8
2.5 主传动系统结构设计.....10
2。6 主轴组件的设计.....11
2.6.1 主轴组件的基本要求.....11
2.6。2 主轴参数设计.....12
2.6.3 主轴结构设计.....14
2。7 主传动控制装置设计.....19
2。7。1 主传动的开停装置.....19
2。7。2 主传动的制动装置.....19
第 3 章 机床本体设计.....21
3。1 床身总体设计.....21
3。1。1 机床支承件的设计总论.....21
3。1.2 机床床身基本框架和筋板密度对床身动态特性影响的研究 22
3。2 导轨简介.....23
结论.....26
致谢.....27
参考文献.....28
附录.....29

第1章 绪论

1.1 课题背景

随着计算机技术的高速发展，传统的制造业开始了根本性变革,各工业发达国家投入具资，对现代制造技术进行研究开发,提出了全新制造模式.在现代制造系统中，数控技术是关键技术，它集微电子、计算机、信息处理、自动检测、自动控制等高新技术于遗一体。数控铣加工是数控加工技术最为重要的应用之一。近年来我国企业的数控机床占有率逐年上升，在大中企业已有较多使用，在中小企业甚至个体企业也普遍开始使用。目前数控铣床主要用于加工精度高、品种多、批量小，形状复杂零件，而且数控铣床可以加工许多普通机床难以加工甚至无法加工的零件，主要用于铣削以下四类零件：平面类零件、空间曲面类零件、变斜角类零件、进行孔加工和攻螺纹等。工件上的曲线轮廓内、外型，特别是由数学表达式给出的非圆曲线与列表曲线等轮廓;形状复杂，尺寸繁多，划线与检测困难的部位；用通用机床加工时难以观察，测量和控制进给的内、外凹槽；以尺寸协调的高精度控与面;能在一次安装中一起铣削出来的简单表面或形状,常采用铣削加工。

1.2 数控铣床的组成和特点

机床主机是数控铣床的主体，它包括床身、底座、立柱、横梁、滑座、工作台、主轴箱、进给机构、刀架等机械部件。它是在数控铣床上自动地完成各种切削加工的机械部分。

数控铣床中的机床本体，在开始阶段使用通用机床，只是在自动变速、刀架或工作台自动转位和手柄等方面作些改变。实践证明，数控铣床除了由于切削用量大、连续加工发热多等影响工件精度外，还由于是自动控制，在加工中不能像在通用机床上那样可以随时由人工进行干预.所以其设计要求比通用机床更严格,制造要求更精密.因而在后来的数控铣床设计时，采用了许多新的加强刚性、减小热变形、提高精度等方面的措施,使得数控铣床的外部造型、整体布局、传动系统及刀具系统等方面都发生了很大的变化。机床示意图见图1-1。

数控铣床主体的主要结构特点如下:

1.采用具有高刚度、高抗振性及较小热变形的机床新结构。通常用提高结构系统的静刚度、增加阻尼、调整结构件质量和固有频率等方法来提高机床主体的刚度和抗振性，使机床主体能适应数控铣床连续自动地进行切削加工的需要。采取改善机床结构布局、减少发热、控制温升及采用热位移补偿等措施，可减少热变形对机床主体的影响。

2。现代数控铣床广泛采用高性能的主轴伺服驱动和进给伺服驱动装置,使数控铣床的传动链缩短，可简化机床机械传动系统的结构.

3。采用高传动效率、高精度、无间隙的传动装置和传动元件，如滚珠丝杠螺母副、塑料滑动导轨、直线滚动导轨、静压导轨等传动元件。另外,数控铣床还应包括辅助装置。辅助装置作为数控铣床的配套部件,挥数控铣床功能所必需的。常用的辅助装置包括气动、液压装置，排屑装置,置，回转工作台和数控分度头,防护、照明等各种辅助装置。气动和液压装置是应用气动、液压系统,使机床完成自动换刀所需的动作，实现运动部件的制动和滑移齿轮变速移动,完成工作台的自动夹紧、松开,工件、刀具定位表面的自动吹屑等辅助功能。排屑装置的

作用是将切屑从加工区域排出。迅速有效地排除切屑可以保证数控铣床高效率运行。

1.3 数控加工的特点

1. 加工精度高。数控机床是精密机械和自动化技术的综合产品，所以机床的传动系统与机床的结构设计都考虑到很高的刚度和热稳定性。在设计传动机构时采取了减少误差的措施，并由数控装置进行补偿，所以数控机床有较高的加工精度。由于加工过程自动化，加工精度不受人的操作技能、情绪和疲劳的影响。计算机还可以自动进行刀具寿命管理，不会因刀具磨损而影响工件精度和一致性。另外，数控系统中增加了机床误差、加工误差修正补偿的功能，使加工精度得到进一步提高。

2. 可以加工出具有复杂的曲线、曲面的零件。由于计算机有高速的运算能力,可以瞬时准确地计算出每个坐标轴瞬时的运动量，因此可以方便地复合成复杂的曲线或曲面。

3。加工效率高，可实现自动化生产。由于计算机有记忆和存储能力,可以将输人的程序记住和存储下来,然后按程序的顺序自动去执行,从而实现自动化。对夹具要求低,只需通用夹具，又可免去划线等工作还可以实现自动换刀，利用交换工作台可进行自动换位加工,加工准备时间大大缩短.

4。可实现多工序的集中，减少零件在机床间的频繁搬运.如加工中心，在工件装夹好后，可实现钻、铣、镗、攻丝、扩孔等多种工序的加工。这些多种工序是在同一基面、同一次装夹下实现的,从而提高了加工精度，现已出现其他工序集中的机床，如车削中心、车铣中心、磨削中心等。

5. 拥有自动报带、自动监控、自动补偿等多种自律功能这是在配备多种传感器条件下，计算机威力的体现，可以实现白班有人看管和作好充分准备工作，使得二班、三班在无人条件下进行自动加工（国外称为“熄灯生产”)。工人只工作 8 小时，而机床可工作 24 小时。这样，机床利用率大幅度提高.一台机床在不增加占地面积的条件下,等价于 2—3 台机床.国外有少数工厂不仅实现了夜间无人，周六和周日两天也可实现无人加工。因此带来的劳动生产率的提高和生产周期的缩短等效率是非常明显的。

6. 有利于生产管理。数控机床是由数字信息的标准代码输人，有利于计算机通信，构成由计算机来控制的批量生产系统,使之在技术上和管理上共同达到自动化,这就是柔性制造系统（FMS)。

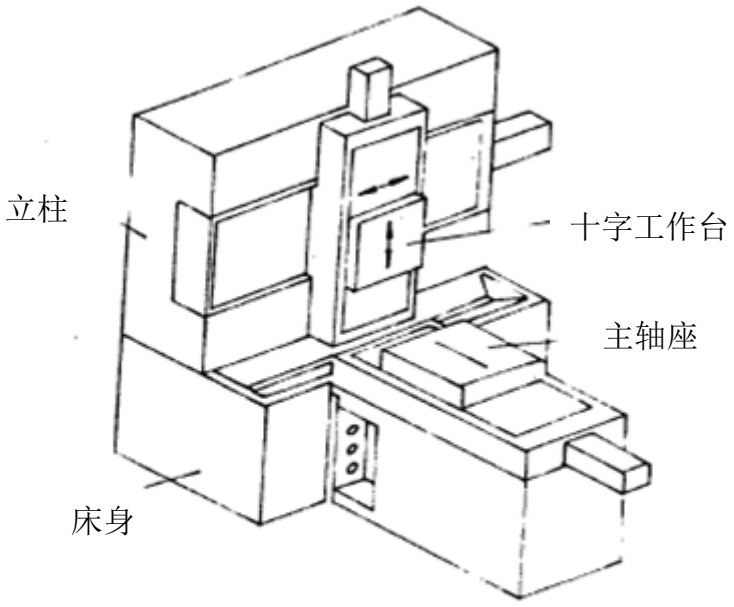


图 1-1 机床示意图

1.4 国内外数控铣的加工现状

国外近年来发展迅速,主轴转速可达 4000r/min～10000r/min，快速进给可达 30m/min～40m/min,加速度可达 1G，换刀时间提高到 1s～2s。大幅度提高了加工效率,并可获得 Ra≤1μm 的粗糙度.另外，还可以加工硬度达 60HRC 的模块，形成对电火花加工的挑战。高速切削加工与传统切削加工相比具有温度低（加工工件只升高 3℃)、热变形小等优点。目前它已经向更高的敏捷化、智能化、集成化方向发展.高速铣削必须与相应的软件、加工工艺、刀具及夹紧头相配合。高速铣削加工的发展促进了模具加工技术的发展，特别是对汽车、家电行业中大型型腔模具制造注入了新活力。近年来，我国的数控铣加工技术发展迅速，数控产品的技术水平和质量在不断提高.目前我国一部分普及型数控机床的生产已经形成一定规模，产品技术性能指标较为成熟,价格合理，在国际市场上有一定的竞争力.但是我国数控加工技术的发展还存在着以下不足：

1。信息化技术基础薄弱,对国外技术依存度高。我国数控机床行业总体的技术开发能力和技术基础薄弱，信息化技术应用程度不高。行业现有的信息化技术来源主要依靠引进外国技术，对国外技术依存度教高，对引进技术的消化吸收停留在掌握已有技术和提高国产效率上，没有上升到形成产品自主开发能力和技术创新的高度。具有高精度、高速、高效、复合功能、多轴联动等特点的高性能数控机床基本上还的依赖进口。

2。产品成熟度低，可靠性不高.国外数控系统平均无故障时间在 10000H 以上,国内自主开发的数控系统仅 3000H-5000H；整机平均无故障工作时间国外达 800H 以上,国内最好只有 300 小时.

3.创新能力低，市场竞争力不强.我国生产数控机床的企业虽达百余家，但大多数位能形成规模生产，信息化技术利用不足，制造成本高,产品市场竞争力不强。

1.5 数控铣加工的发展趋势

目前，世界先进制造技术不断兴起，超高速切削、超精密加工技术的应用，柔性制造系统的迅速发展和计算机集成系统的不断成熟，对数控加工技术提出了更高要求.当今数控加工技术正朝以下几个发面发展:

1。高速度、高精度是数控机床的两个重要指标,它直接关系到加工效率和产品质量。目前,数控系统采用位数、频率更高的处理器,以提高系统的处理速度.同时采用大规模的集成电路和多微处理器，以提高系统的数据处理能力，即提高插补运算的速度。并采用直线电动机直接驱动机床工作台的直线进给伺服进给方式，其高速度和动态响应特性相当优越。采用前馈控制技术，使追踪滞后误差大大减小，从而改善拐角切削的加工精度。为适应超高速加工的要求，数控机床采用主轴电动机与机床主轴和二为一的结构形式，实现了变频电动机与机床主轴一体化，主轴电动机的轴承采用磁浮轴承、液体动静压轴承或陶瓷滚动轴承等形式。

2。多功能化配有自动换刀机构 各类加工中心,能在同一台机床上同时实现铣削、镗削、钻削、车削、饺孔、扩孔、攻螺纹等多种工序加工。

3.智能化现代数控机床将引进自适应控制技术。

4.数控编程自动化随着计算机应用技术的发展，UG、CAD/CAM/CAPP 集成应用于数控编程。

5.可靠性最大化，数控机床的可靠性一直是用户最关心的指标。

6。控制系统小型化数控系统小型化便于将机、电装置结合为一体.

第2章 主传动系统设计

2.1 数控铣床的结构设计

数控铣床是机械和电子技术相结合的产物，它的机械结构随着电子控制技术在铣床上的普及应用，以及对铣床性能提出的技术要求，而逐步发展变化.从数控铣床发展史看，早期的数控铣床是对普通铣床的进给系统进行革新、改造,而后逐步发展成一种全新的加工设备。1952年，美国研制的世界上第一台三坐标数控铣床，其特点是用三个数控伺服系统替代了传统的机械进给系统。早期的数控铣床同普通铣床相比，除进给系统是数控伺服系统外，外形和结构基本相同。国内现生产的经济型数控铣床，就属于这种类型，因为这些产品是在普通铣床的总体结构基础上经局部改进而发展起来的。

2.1.1 数控铣床的结构组成

1。主传动系统。它包括动力源、传动件及主运动执行件（主轴)等，其功用是将驱动装置的运动及动力传给执行件，以实现主切削运动。

2。进给传动系统。它包括动力源、传动件及进给运动执行件(工作台、刀架）等,其功用是将伺服驱动装置的运动与动力传给执行件，以实现进给切削运动。

3。基础支承件.它是指床身、立柱、导轨、滑座、工作台等,它支承机床的各主要部件，并使它们在静止或运动中保持相对正确的位置.

4。辅助装置。辅助装置视数控机床的不同而异,如自动换刀系统、液压气动系统、润滑冷却装置等.

2.1.2 数控铣床机械结构的主要特点

1。高刚度和高抗振性。铣床刚度是铣床的技术性能之一，它反映了铣床结构抵抗变形的能力.根据铣床所受载荷性质的不同,铣床在静态力作用下所表现的刚度称为铣床的静刚度；铣床在动态力作用下所表现的刚度称为铣床的动刚度。在铣床性能测试中常用铣床柔度来说明铣床的该项性能，柔度是刚度的倒数。为满足数控铣床高速度、高精度、高生产率、高可靠性和高自动化的要求,与普通铣床比较，数控铣床应有更高的静、动刚度，更好的抗振性。

2。减少铣床热变形的影响。铣床的热变形是影响铣床加工精度的重要因素之一。由于数控铣床主轴转速、进给速度远高于普通铣床，而大切削量产生的炽热切屑对工件和铣床部件的热传导影响远比普通铣床严重。而热变形对加工精度的影响，操作者往往难以修正。因此,应特别重视减少数控铣床热变形的影响。

3。传动系统机械结构简化。数控铣床的主轴驱动系统和进给驱动系统,分别采用交流、直流主轴电动机和伺服电动机驱动,这两类电动机调速范围大，并可无级调速。因此主铀箱、进给变速箱及传动系统大为简化,箱体结构简单,，齿轮、轴承和轴类零件数量大为减少，甚至不用齿轮，由电动机直接带动主轴或进结滚珠丝杠。

4.高传动效率和无间隙传动装置。数控铣床在高进给速度下,要求工作乎稳,具有高的定位精度。因此，对进给系统中的机械传动装置和元件要求具有高寿命、高刚度、无间隙、高灵敏度和低摩擦阻力的特点。目前，数控铣床进给驱动系统中常用的机械装置主要有三种，即滚珠

丝杠副、静压蜗杆-蜗轮机构和预加载荷的双齿轮—齿条机构。

5. 低摩擦因数的导轨。铣床导轨是铣床的基本结构之一，铣床加工精度和使用寿命在很大程度上决定于铣床导轨的质量，数控铣床的导轨则有更高的要求。如在高速进给时不振动。低速进给时不爬行，具有很高的灵敏度，能在重载下长期连续工作,耐磨性要高，精度保持性要好等。

2.1.3 数控铣床的布局形式

立式数控铣床是数控铣床中数量最多的一种，应用范围也最为广泛. 小型数控铣床一般都采用工作台移动、升降及主轴转动方式，与普通立式升降台铣床结构相似；中型立式数控铣床一般采用纵向和横向工作台移动方式，且主轴沿垂直溜板上下运动;大型立式数控铣床，因要考虑到扩大行程、缩小占地面积及刚性等技术问题，往往来用龙门架移动式,其主轴可以在龙门架的横向与垂直溜板上运动，而龙门架则沿床身作纵向运动。

2.2 数控铣床的工作原理和主传动系统的特点

2.2.1 数控铣床的工作原理

数控铣床工作前，要预先根据被加工零件的要求，确定零件加工工艺过程、工艺参数，并按一定的规则形成数控系统能理解的数控加工程序。即将被加工零件的几何信息和工艺信息数字化，按规定的代码和格式编制成数控加工程序。然后用适当的方式将此加工程序输入到数控铣床的数控装置中。此时，即可启动机床运行数控加工程序。在运行数控加工程序的过程中，数控装置会根据数控加工程序的内容，发出各种控制命令，如启动主轴电机、打开冷却液，并进行刀具轨迹计算，同时向特殊的执行单元发出数字位移脉冲并进行进给速度控制，正常情况下可直到程序运行结束，零件加工完毕为止。具体而言,数控铣床的工作过程，即加工零件的过程. 其主要步骤如下:

1。根据被加工零件图中所规定的零件形状、尺寸、材料及技术要求等，制定工件加工的工艺过程，刀具相对工件的运动轨迹、切削参数及辅助动作顺序等，进行军件加工的程序设计。

2. 用规定的代码和程序格式编写零件加工程序单。

3。按照程序单上的代码制作控制介质。

4. 通过输入装置把力 D 工程序输入给数控装置。

5. 启动机床后，数控装置根据输入的信息进行一系列的运算和控制处理，将结果以脉冲形式送往机床的伺服系统（如步进电机、直流伺服电机、电液脉冲马达等）.

6。伺服系统驱动机床的运动部件,使机床按程序预定的轨迹运动，从而加工出合格的零件。

2.2.2 主传动系统的特点

1. 加工精度高。控机床是精密机械和自动化技术的综合产品,所有的传动系统与机床的结构设计都考虑到很高的刚度和稳定性。在设计传动机构时采取了减少误差的措施，并由数控装置进行补偿,所以数控机床有较高的加工精度。由于加工过程自动化，加工精度不受人的操作过程、情绪和疲劳的影响，计算机还可以自动进行刀具补偿,不会因刀具磨损而影响工件精度和一致性。数控系统中增加了机床误差、加工误差修正补偿，使加工精度得到进一步提高.

2。可以加工出具有复杂的曲线、曲面的零件。由

于计算机有高速的运算能力，可以瞬时准确地计算多个坐标轴瞬时的运动量，因此可以方便地复合成曲线或曲面。

3。主轴变速迅速可靠。数控铣床的变速是按控制指令执行的，因此变速机构必须适应自动操作的要求。由于直流、交流主轴电动机的调速系统日趋完善，所以不仅能够方便的实现宽范围的无级变速,而且减少了中间传递环节，提高了变速控制的可靠行。

4. 主轴组件耐磨性高,使传动系统具有良好的精度保持性. 凡有机械摩擦的部位，如轴承、锥孔等都有足够的硬度，轴承处还有良好的润滑.

2.3 主传动系统的设计要求

1. 主轴具有一定的转速和足够的转速范围、转速级数，能够实现运动的开停、变速、换向和控制，以满足机床的运动要求.

2. 主轴电动机具有足够的功率,全部机构和元件具有足够高的强度、硬度，以满足机床的动力要求。

3. 主传动的有关结构，特别是主轴组件要有足够高的精度、抗振性，热变形和噪音要小，传动效率要高，以满足机床的性能要求.

4。操作灵活可靠，调整维修简便，润滑密封良好，以满足机床的使用要求。

5。结构简单紧凑,工艺性好，成本低，以满足经济性能要求。

2.4 主传动系统配置方式和运动参数设计

机床的调速是按照控制指令自动执行的，因此变速结构必须适应自动操作的要求。为扩大调速范围,适应低速大转矩的要求，选择以下配置方式，见图 2—1。

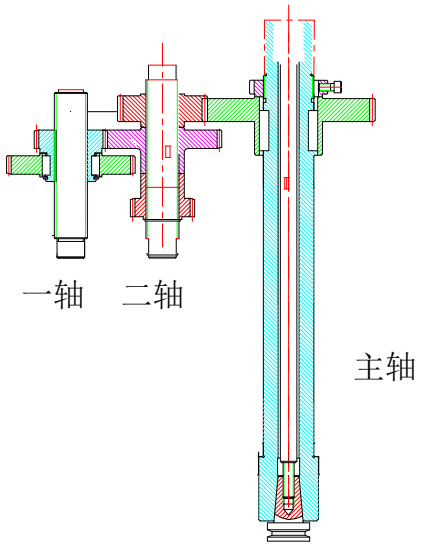


图 2-1 主传动系统配置方式图

左至右为一轴、二轴、主轴,一轴接电机,采用变速齿轮传动，通过对少数几对齿轮降速，扩大输出转矩，以满足主轴低速时对输出转矩特性的要求。机床在交流电动机无级变速的基础上配以齿轮变速,使之成为分段无级变速。滑移齿轮的移位大都采用液压缸加拔叉，或者直接由液压缸带动齿轮来实现。

选择电动机. 型号 Y100-4,电机功率 P=2。2KW，转速 N=1440r/min，切削速度

$V=\frac{\prod dn}{1000}$=0.44m/min,d 为一轴直径，d=0.36m。

传动系统图见图 2-2:

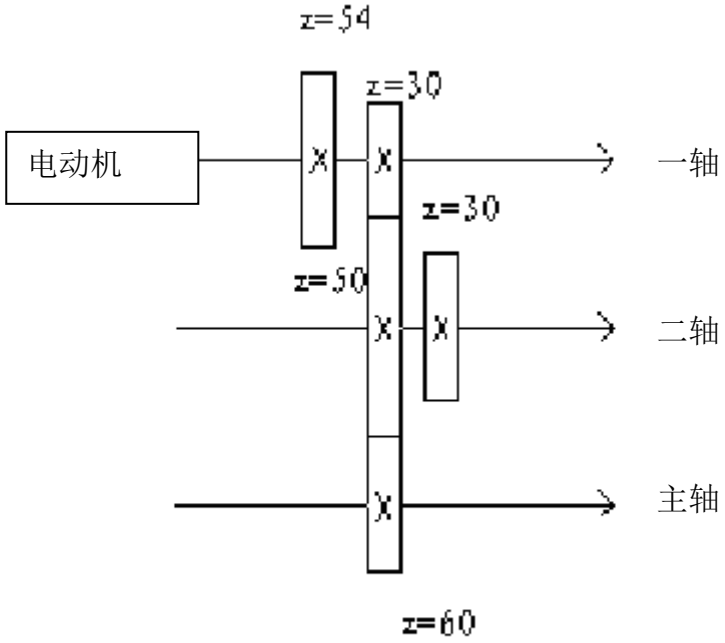


图 2—Error! Bookmark not defined. 传动系统图

该传动系统有两个变速传动组串联实现的。采用的是传动变速系统的基本形式，即基型变速系统，使主轴得到不重复又排列均匀的等比数列的变速系统。$\varphi' = 0.8$， $\varphi'' = 0.83$。设计时为了使传动件可靠、结构紧凑，必须对传动件进行立计算。机床的功率特性。由切削理论可知，切削速度对切削立影响不大，所以可认为驱动直线执行件的传动件，在所有转速下都可能出现最大转矩。机床的应用范围越广,变速范围越大,使用条件也复杂,主轴实际的转速和传递功率，也就是经常承受的转矩是变化的主轴所传递的功率或转矩与转速之间的关系，称为机床的功率或转矩特性，主轴最高转速 n_{max} 到某一转速 n_j 间，应能传递运动源的全部功率。在这个区域内,主轴的最大输出转矩应随转速的降低而增大,称之为恒功率区，从 n_j 以下到最低转速 n_{min}，这个区域内的各级转速并不需要传递全部功率。主轴的输出转矩不在随转速的降低而加大，而是保持 n_j 的转矩不变。在机床的整个转速范围内以计算转矩为界分为两个区域,见图 2-3。

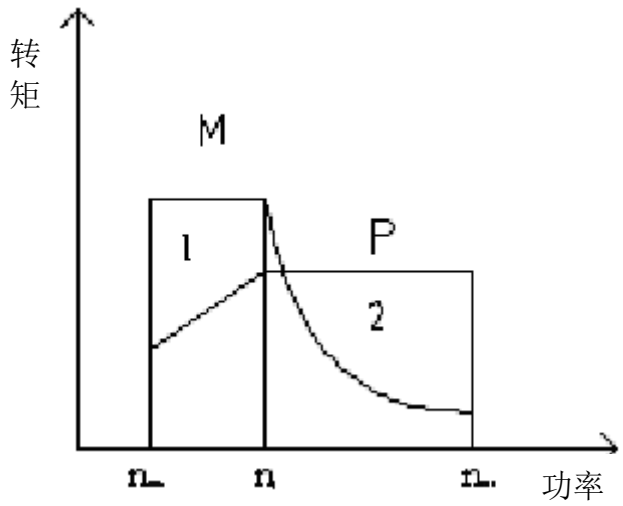


图 2-Error! Bookmark not defined. 功率、转矩特性图

传动链中其余动件的计算可根据主轴的计算转速及转速图决定。传递全功率的最低转速,就是该零件的最低转速。

2.5 主传动系统结构设计

主传动系统是用来实现机床主运动的传动系统,它应具有一定的转速（速度）和一定的变速范围，以便采用不同材料的刀具，加工不同材料、不同尺寸、不同要求的工件，并能方便地实现运动的开停、变速、换向和制动等。数控铣床主传动系统主要包括电动机、传动系统和主轴部件，与普通铣床的主传动系统相比在结构上比较简单，这是因为变速功能全部或大部分由主轴电动机的无级调速来承担，省去了复杂的齿轮变速机构，有些只有二级或三级齿轮变速机构用以扩大电动机无级调速的范围。

1。主传动系统结构特点.数控铣床的主传动系统一般采用直流或交流主轴电动机,通过带传动和主轴箱的变速齿轮带动主轴旋转，由于这种电动机调速范围广，又可无级调速，使得主轴箱的结构大为简化，也保证了加工时能选用合理的切削用量.主轴电动机在额定转速时输出全部功率和最大转矩，随着转速的变化，功率和转矩将发生变化.在调压范围内(从额定转速调到最低转速)为恒转矩，功率随转速成正比例下降.在调速范围内（从额定转速调到最高转速)为恒功率,转矩随转速升高成正比例减小.这种变化规律是符合正常加工要求的，即低速切削所需转矩大,高速切削消耗功率大。同时也可以看出电动机的有效转速范围并不一定能完全满足主轴的工作需要。所以主轴箱一般仍需要设置几挡变速（2—4 挡)。机械变速一般采用液压缸推动滑移齿轮实现，这种方法结构简单，性能可靠，一次变速只需 1s。有些小型的或者调速范围不需太大的数控铣床，也常采用由电动机直接带动主轴或用带传动使主轴旋转。的调速范围受电动机调速范围的约束。这种传动方式可以避免齿轮传动时引起的振动与噪声，适用于低转矩特性要求的主铀.

2。调速电动机的功率和转短特性.数控铣床常用的无级变速机构为直流或交流调速电动机.直流电动机从额定转速向上至最高转速，是用调节磁场电流(简称调磁)的办法来调速的，屑于恒功率；从额定转速向下至最低转速，用调节电枢电压（简称调压）的办法来调速的,屑桓转矩.通常,额定转速为 1000—2000r/min，恒功率调速范围为 2—4，恒转矩调速范围则很大，可达几十甚至超过 100.交流调速电动机靠调节供电频率的办法调速。如果直流或交流调速电动机用于拖动旋转运动，如拖动主轴,则由于主轴要求的恒功率调速范围远大于电动机所能提供的

恒功率范围，常用串联分级变速箱的办法来扩大其恒功率调速范围.

3。驱动电动机和主轴功率特性的匹配设计.在设计数控铣床主传动时，必须要考虑电动机与机床主轴功率特性匹配问题。由于主轴要求的恒功率变速范围反"远大于电动机的恒功率变速范围，所以在电动机与主轴之间要串联一个分级变速箱，以扩大其恒功率调速范围，满足低速大功率切削时对电动机的输出功率的要求。

2.6 主轴组件的设计

机床主轴是机床在加工时直接带动刀具或工件进行切削和表面形成运动的旋转轴，其设计内容包括主轴及与其直接有关的轴承、转动件和其他相关件等。主轴是数控机床的关键部件，对加工质量的影响极其明显，因此,对其的要求很高.

2.6.1 主轴组件的基本要求

1。旋转精度。主轴的旋转精度是指装配后，在无载荷、低转速动条件下,主轴前端安装工件或刀具的部位的径向和轴向跳动。旋转精度取决与主轴、轴承、箱体孔的制造、装配、调整精度。如主轴支撑轴颈的圆度、轴承滚道及滚子的圆度，主轴随其回转零件的动平衡因素，均可造成颈向跳动。

2。刚度。主轴组件的刚度是指其在外加载荷作用下抵抗变形的能力，通常以主轴前端产生单位位移的弹性变形时，在位移方向施加的作用力来定义.主轴组件的刚度是组合刚度，它是主轴、轴承等刚度的综合反映。因此，主轴的尺寸和形状、主轴足见的制造和装配质量等都影响主轴足见的刚度。

3。抗振性。由主轴电机、齿轮和轴承等高速旋转的不平衡引起的振动小。

4. 热变形小。主轴由电机、齿轮传动、轴承、离合器和压力油等引起的温升和热位移小。

5.噪声小。由电机、齿轮传动和轴承等引起的噪声小。

以上 5 点要求是为了保证零件加工的高精度、高表面粗糙度、高效率和好的操作环境所需要的。

X7132 数控铣床的主轴就是在加工时直接带动刀具进行切削的主旋转轴，其主轴结构的设计除必须满足上述要求外，还应具有现代数控机床所必须具备的诸如自动拉刀，主轴径向定位等功能。

2.6.2 主轴参数设计

X7132 数控铣床主轴的主要参数包括：主轴前轴颈直径 D1、主轴序号、主轴悬伸量 a 和主轴支承跨距 l，见图 2—4。

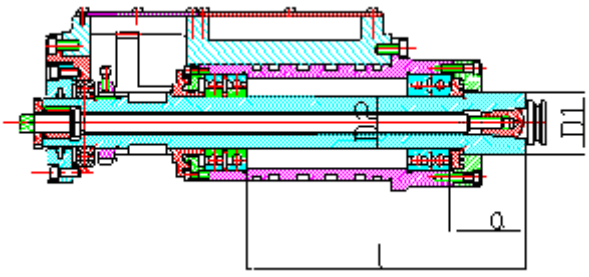


图 2—1 主轴结构图

2.6.2.1 主轴前轴颈直径 D1 的确定

主轴前轴颈直径 D1 是数控铣床主轴参数中最为重要的一个参数。在进行主轴结构设计时，要尽量使主轴不承受因齿轮传动而产生的径向力,从而避免主轴产生弯曲，这样主轴只传递扭矩.当确定主轴参数时，就能够仅从静刚度条件出发来决定主轴参数，也就是说，主轴的计算主要是从刚度观点来考虑.一般认为，刚度够了强度也就够了。刚度足够则主轴的抗振性能好,维持几何中心位置的能力强,从而对被加工件的几何精度、表面粗糙度和生产率的提高都直接起着良好的作用.

关于确定主轴前轴颈直径 D1 的方法,有许多资料都有过介绍，但总的来说,要么给出的范围过大、要么过于繁杂.尤其是在设计的初始阶段，由于轴承及其位置均未决定，尚没有一个确切而又行之有效的简便计算方法。笔者根据多年来的工作实践,认为在开始进行主轴设计时，可先用扭转刚度的经验公式对主轴前轴颈直径 D1 进行初算，然后通过类比分析,最后圆满确定有关参数.该方法是一种简捷而又适用的方法，现介绍如公式 2—1。

根据经验公式:

$$D1= 1。93\times10^{-2}\times\sqrt[4]{M} \qquad (2-1)$$

式中 M 为主轴所传递的最大扭矩 N·m。

X7132 数控铣床主轴所传递的最大扭矩为 5 000 N·m.

由此可知:

$$D1= 1.93\times10^{-2}\times\sqrt[4]{M}\times5\ 000 = 0.162\ 2\ m$$

然后,通过对国内外同类型产品进行类比分析,最后确定 D1=0.16 m.

确定了 D1 的尺寸后，主轴后轴颈直径 D2 一般不计算，而在考虑装配和加工工艺许可的情况下,尽量取大的尺寸。根据结构需要和类比分析,可确定 D2=0.14 m.

2.6.2.2 主轴序号的确定

数控铣床主轴的序号主要决定主轴端部的结构和尺寸大小，而主轴端部的结构应保证刀具安装可靠、定位准确,并有高的联接刚度以便传递足够的扭矩.按国际标准有 ISO30、40、50、60、65、70 等规格的主轴序号。

X7132 数控床的主轴安装刀具有二种方式,一是通过内锥孔,二是通过主轴端面。内锥孔是用来安装铣刀或铣刀心轴（包括附件心轴)的尾锥,再用拉杆从主轴后端拉紧，其锥孔的锥度为 7：24。而主轴端面主要是为了安装端铣刀,通过端面螺孔紧固，用端面键来传递扭矩.主轴序号的大小主要是依据机床规格大小而定,X7132 数控铣床可选用的主轴序号为 50 或 60 号.通过参考国外同类型产品及针对 X7132 属重型机床并要带附件(直角铣头)的情况，决定采用主轴序号为 60 号。

2.6.2.3 主轴悬伸量 a 的确定

主轴悬伸量 a 是指主轴前端面到前支承径向反力作用中点(一般即为前径向支承中点）的距离,它主要由结构设计确定。但 a 值对主轴部件的刚度和抗振性影响很大，所以在定 a 值时,应在满足结构要求的前提下尽量取小值.根据结构需要， X7132 数控龙门镗铣床主轴的悬伸量 a 为 0。1 m。其结构布置有如下特点:

1。将角接触球轴承 7211AC 安装在主轴前端,深沟球球轴承 6206（见图 2-5）安装在主轴后端,以缩短 a 值。

2。利用主轴前支承前端的调整套构成密封装置的一部分,以减小 a 值。

2.6.2.4 主轴支承跨距 l 的确定

支承跨距 l 是指主轴相邻两支承的支承反力作用点之间的距离，合理确定支承跨距，是获得主轴部件最大静刚度的重要条件之一。以往在确定主轴最佳支承跨距时，较多的是从保证主轴部件径向刚度的角度来考虑，而对于在保证主轴部件轴向刚度的前提下，确定最佳跨距的讨论较少,但随着二支承卸荷主轴结构的普遍采用，这一问题已越来越多地引起了人们的重视。结合生产实际的体会从这一新的角度来探讨最佳跨距的确定。

在进行 X7132 数控铣床主轴部件设计时,由变速箱传给主轴的动力是靠与主轴同心的内、外接合齿传递的,所以主轴不承受因传动而产生的径向力。对于这种情况的二支承主轴结构,当轴端作用有偏心外力时，在确保轴向刚度的条件下，其最佳跨距可按公式 2—2 求得:

$$l_0=\left[6E\bullet J\bullet\left(\frac{1}{K_1}+\frac{1}{K_2}\right)\right]^{\frac{1}{3}}\left[6\bullet E\bullet\frac{\Pi}{64}\bullet\left(D_l^4-d_l^4\right)\bullet\left(\frac{1}{K_1}+\frac{1}{K_2}\right)\right]^{\frac{1}{3}} \qquad (2\text{-}2)$$

式中 E 为弹性模量，N/mm2；J 为主轴跨距部分的惯性矩， mm4;K1 为主轴前支承的支承刚度， N/mm；K2 为主轴后支承的支承刚度，N/mm;Dl 为主轴跨距部分的平均直径，d_l 为主轴跨距部分的平均孔径.

对于 X7132 数控铣床，主轴所用材料为 38 CrMoAl,属合金钢，可查得： E=2.156×105N/mm2。取 Dl= 0.16 m = 160 mm；dl= 80 mm。同时,根据经验得知,按估算求出的 K1、K2 值往往偏大，在计算时可适当取小.现取 K1=850 000 N/mm,K2= 600 000 N/mm。将 E，Dl,dl,K1 和 K2 代入公式(2）可求得 l0= 480.5 mm。考虑到适当加大跨距有利于提高主轴旋转精度和抗振性,并根据结构需要取 l= 0。5 m。

2.6.3 主轴结构设计

2.6.3.1 主轴轴承的选择和配置

衡量机床质量的两个重要标准即精度和切削能力除了决定于机床的整体设计方案外，在很大程度上决定于机床的主轴—轴承系统。因此，如何正确选择和配置主轴轴承是进行主轴结构设计最重要的一环。在进行 X7132 数控铣床设计时,通过对国外先进制造厂家的同类型产品进行类比分析并结合以往的设计经验,决定主轴采用两支点支承。前支承是两个 7211AC 角接触球滚子轴承（见图 2-5）的组合支承，精度均为 C 级;后支承是两个 6206 深沟球滚子轴承组合，精度为 D 级。采用轻系列轴承可以调整径向间隙,能保证无间隙传动,使精度长期保持稳定。这种轴承高刚度和高承载能力,轴承的运动学性能好,使允许的极限转速较高,从而保证发热量小、温升低。因此,在要求高精度和高刚度的主轴结构中常常用它承受径向力。这样比过去采用两套推力向心球轴承或者凹槽滚珠轴承的安装方式省了十分麻烦的调整工序,同时由于双向推力球轴承的套圈挡边比凹槽滚珠轴承的“平"凹槽更好地承受了钢珠的离心力，因而这种轴承也适用于较高的转速。上述主轴轴承的组合，还有噪声低、寿命长的优点，已越来越多地在主轴结构中被采用。

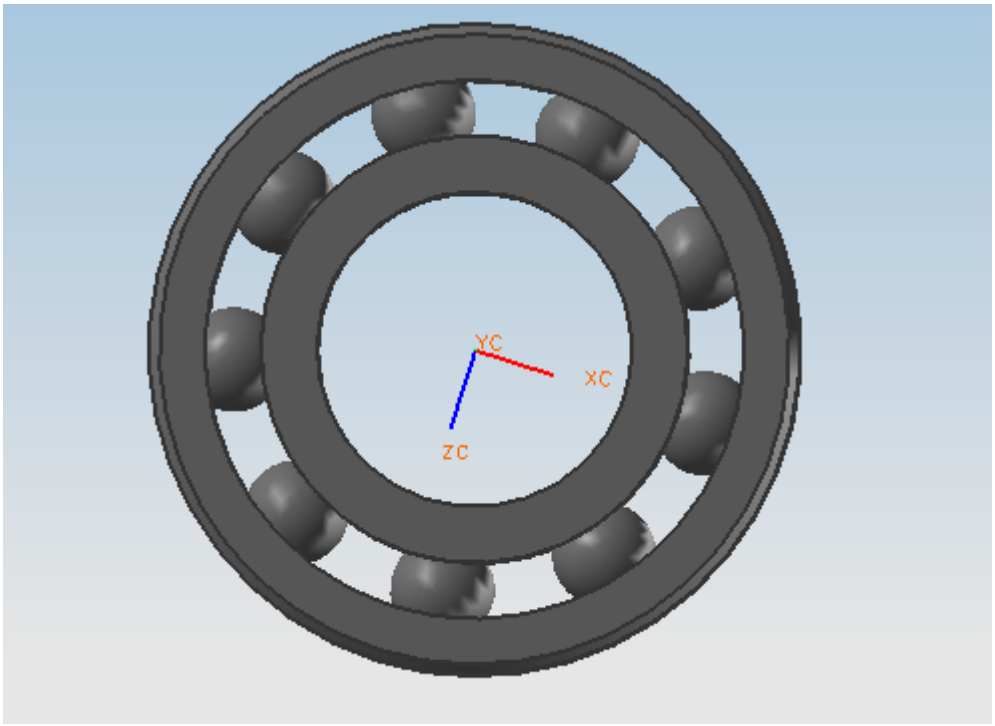


图 2—Error! Bookmark not defined. 深沟球轴 6206

2.6.3.2 其他结构的设计

在 X7132 数控铣床主轴部件设计中还有如下特点:

1。主轴前支承轴承采用热装异径套定位,定位准确、可靠。

2。主轴不承受齿轮传动的径向力，只传递扭矩。这是因为由变速箱传给主轴的动力是靠与主轴同心的内、外接合齿传递的.

3.在主轴外层设计了一个套筒，可用来进行总装前的试运转，预调精度,还可用来修正主轴轴线与滑枕导轨平行性这项精度。

4.结合数控机床的特殊要求，在主轴结构中采用了自动拉刀机构，该机构是由碟簧配合液压油缸通过卡爪提拉式拉刀，动作简单可靠。

5。为增强机床功能,在主轴上设置了径向定位装置（由固定在主轴上的信号块与接近开关组成).

6.主轴各润滑部位均采用高级润滑脂进行润滑,根除了漏油现象。

2.6.3.3 齿轮的选择

1. 主轴齿轮。见图 2—6:

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：https://d.book118.com/255221142230012014