

# 目录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	<b>2</b>
1.1 问题提出	2
1.2 普通机床数控化改造经济性评价	4
1.3 普通机床数控化改造市场	5
<b>第 2 章 CA6140 普通车床数控改造总体方案的设计要求</b> .....	<b>6</b>
2.1 总体方案	6
2.2 设计要求	7
2.3 主传动系统和进给系统的改造	8
<b>第 3 章 进给伺服系统机械部分设计与计算</b> .....	<b>9</b>
3.1 进给系统机械结构改造设计	9
3.2 进给伺服系统机械部分的计算与选型	9
3.3 横向滚珠丝杠螺母副的型号选择与校核步骤	14
3.4 滚珠丝杠螺母副的精度等级	18
3.5 滚珠丝杠副轴向间隙的调整和预紧方法	18
3.6 进给系统传动齿轮间隙的消除	20
3.7 自动回转刀架的选型	21
<b>参考文献</b> .....	<b>22</b>

# 第一章 绪论

## 1.1 问题提出

数控车床作为机电液气一体化的典型产品,是现代机械制造业中不可缺少的加工设备,在机械制造业中发挥着重要的作用,能解决机械制造中结构复杂、精密、批量小、零件多变的加工问题,且产品加工质量稳定,生产效率较高。

企业要在激烈的市场竞争中获得生存、求得发展,就必须在最短的时间内以优异的质量、低廉的成本,制造出合乎市场需要的、性能合适的产品,而产品质量的优劣,制造周期的快慢,生产成本的高低,又往往受工厂现有加工设备的直接影响。

购买新的数控机床是提高数控化率的主要途径,但是成本太高,很多工厂在短时间内都无法有那么多的资金,这严重阻碍企业的设备更新和设备改造的步伐;同时目前大多数企业还有数量众多,而且还具有较长使用寿命的普通机床,由于普通机床加工精度相对较低、不能批量生产,生产的自动化程度不高,生产自适应性差,但考虑投资成本,产业的连续性和转型周期,又不能马上淘汰。而改造现有旧机床、配备与之相适应的数控系统,把普通机床改装成数控机床,是当前许多企业对现有设备改造换代的首选办法,也是提高机床数控化率的一条有效途径,不失为一条投资少、提升产品加工精度及质量,提高生产效率的捷径,使企业提升竞争力,在我国成为世界制造业中心及制造强国的进程中,占有一席之地。

### 1.1.1 国内外数控系统发展概况

机床作为机械制造业的重要基础装备,它的发展一直引起人们的关注,由于计算机技术的兴起,促使机床的控制信息出现了质的突破,导致了应用数字化技术进行柔性自动化控制的新一代机床—数控机床的诞生和发展。

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巨资,对现代制造技术进行研究开发,提出了全新的制造模式。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一体,具有高精度、高效率、柔性自动化等特点,对制造业实现柔性自动化、集成化、智能化起着举足轻重的作用。目前,数控技术正在发生根本性变革,由专用型封闭式开环控制模式向通用型开放式实时动态全闭环控制模式发展。在集成化基础上,数控系统实现了超薄型、超小型化;在智能化基础上,综合了计算机、多媒体、模糊控制、神经网络等多学科技术,数控系统实现了高速、高精、高效控制,加工过程中可以自动修正、调节与补偿各项参数,实现了在线诊断和智能化故障处理;在网络化基础上,CAD/CAM 与数控系统集成为一体,机床联网,实现了中央集中控制的群控加工。

长期以来,我国的数控系统为传统的封闭式体系结构,CNC 只能作为非智能的机床运动控制器。加工过程变量根据经验以固定参数形式事先设定,加工程序在实际加工前用手工方式或通过 CAD/CAM 及自动编程系统进行编制。CAD/CAM 和 CNC

之间没有反馈控制环节，整个制造过程中 CNC 只是一个封闭式的开环执行机构。在复杂环境以及多变条件下，加工过程中的刀具组合、工件材料、主轴转速、进给速率、刀具轨迹、切削深度、步长、加工余量等加工参数，无法在现场环境下根据外部干扰和随机因素实时动态调整，更无法通过反馈控制环节随机修正 CAD/CAM 中的设定量，因而影响 CNC 的工作效率和产品加工质量。由此可见，传统 CNC 系统的这种固定程序控制模式和封闭式体系结构，限制了 CNC 向多变量智能化控制发展，已不适应日益复杂的制造过程，因此，对数控技术实行变革势在必行。

### 1.1.2 数控技术发展趋势

#### (1) 性能发展方向

##### ① 高速高精高效化

速度、精度和效率是机械制造技术的关键性能指标。由于采用了高速 CPU 芯片、RISC 芯片、多 CPU 控制系统以及带高分辨率绝对式检测元件的交流数字伺服系统，同时采取了改善机床动态、静态特性等有效措施，机床的高速高精高效化已大大提高。

##### ② 柔性化

包含两方面：数控系统本身的柔性，数控系统采用模块化设计，功能覆盖面大，可裁剪性强，便于满足不同用户的需求；群控系统的柔性，同一群控系统能依据不同生产流程的要求，使物料流和信息流自动进行动态调整，从而最大限度地发挥群控系统的效能。

##### ③ 工艺复合性和多轴化

以减少工序、辅助时间为主要目的的复合加工，正朝着多轴、多系列控制功能方向发展。数控机床的工艺复合化是指工件在一台机床上一次装夹后，通过自动换刀、旋转主轴头或转台等各种措施，完成多工序、多表面的复合加工。数控技术轴，西门子 880 系统控制轴数可达 24 轴。

##### ④ 实时智能化

早期的实时系统通常针对相对简单的理想环境，其作用是如何调度任务，以确保任务在规定期限内完成。而人工智能则试图用计算模型实现人类的各种智能行为。科学技术发展到今天，实时系统和人工智能相互结合，人工智能正向着具有实时响应的、更现实的领域发展，而实时系统也朝着具有智能行为的、更加复杂的应用发展，由此产生了实时智能控制这一新的领域。在数控技术领域，实时智能控制的研究和应用正沿着几个主要分支发展：自适应控制、模糊控制、神经网络控制、专家控制、学习控制、前馈控制等。例如在数控系统中配备编程专家系统、故障诊断专家系统、参数自动设定和刀具自动管理及补偿等自适应调节系统，在高速加工时的综合运动控制中引入提前预测和预算功能、动态前馈功能，在压力、温度、位置、速度控制等方面采用模糊控制，使数控系统的控制性能大大提高，从而达到最佳控制的目的。

### 1.1.3 智能化新一代 PCNC 数控系统

当前开发研究适应于复杂制造过程的、具有闭环控制体系结构的、智能化新一代 PCNC 数控系统已成为可能。

智能化新一代 PCNC 数控系统将计算机智能技术、网络技术、CAD/CAM、伺服控制、自适应控制、动态数据管理及动态刀具补偿、动态仿真等高新技术融于一体，形成严密的制造过程闭环控制体系。

## 1.2 普通机床数控化改造经济性评价

根据对市场的调研，目前新的经济数控车床，8.5 万/台，普通新车床 CA6140，售价 3.8 万/台，使用寿命 8-10 年，而已使用了 6-8 年的旧车床 CA6140，估价 0.5 万/台，通过改造还可使用 4-6 年。普通车床 CA6140 每台数控化改造所需价格大约 3 万，数控加工的生产率可提高 20-30%。因此需要对普通车床的数控化改造进行经济性评价。

设备现代化改造是指应用现代技术成就和先进经验，适应生产的需要，改变现有设备的结构（包括更换新部件、新装置、新附件等），改善现有设备的技术性能，使之全部或局部达到新设备的性能。

### 1.2.1 微观看改造的必要性

从微观上看，数控机床比传统机床有以下突出的优越性，而且这些优越性均来自数控系统所包含的计算机的威力。

(1) 可以加工出传统机床加工不出来的曲线、曲面等复杂的零件。

由于计算机有高超的运算能力，可以瞬时准确地计算出每个坐标轴瞬时应该运动的运动量，因此可以复合成复杂的曲线或曲面。

(2) 可以实现加工的自动化，而且是柔性自动化，从而效率可比传统机床提高 3~7 倍。由于计算机有记忆和存储能力，可以将输入的程序记住和存储下来，然后按程序规定的顺序自动去执行，从而实现自动化。数控机床只要更换一个程序，就可实现另一工件加工的自动化，从而使单件和小批生产得以自动化，故被称为实现了“柔性自动化”。

(3) 加工零件的精度高，尺寸分散度小，使装配容易，不再需要“修配”。

(4) 可实现多工序的集中，减少零件在机床间的频繁搬运。

(5) 拥有自动报警、自动监控、自动补偿等多种自律功能，因而可实现长时间无人看管加工。

由以上五条派生的优点：①降低了工人的劳动强度；②节省了劳动力（一个人可以看管多台机床）；③减少了工装；缩短了新产品试制周期和生产周期；④可对市场需求作出快速反应等等。

以上这些优越性是前人想象不到的，是一个极为重大的突破。此外，机床数控化还是推行 FMC（柔性制造单元）、FMS（柔性制造系统）以及 CIMS（计算机集成制造系统）等企业信息化改造的基础。数控技术已经成为制造业自动化的核心技术和基础技术。

### 1.2.2 宏观看改造的必要性

从宏观上看，工业发达国家的军、民机械工业，在 70 年代末、80 年代初已开始大规模应用数控机床。其本质是，采用信息技术对传统产业（包括军、民机械工业）进行技术改造。除在制造过程中采用数控机床、FMC、FMS 外，还包括在产品开发中推行 CAD、CAE、CAM、虚拟制造以及在生产管理中推行 MIS（管理信息系统）、CIMS 等等。以及在其生产的产品中增加信息技术，包括人工智能等的含量。由于采用信息技术对国外军、民机械工业进行深入改造（称之为信息化），最终使得他们的产品在国际军品和民品的市场上竞争力大为增强。而我们在信息技术改造传统产业方面比发达国家约落后 20 年。如我国机床拥有量中，数控机床的比重（数控化率）到 1995 年只有 1.9%，而日本在 1994 年已达 20.8%，因此每年都有大量机电产品进口。这也就从宏观上说明了机床数控化改造的必要性。

### 1.3 普通机床数控化改造市场

我国目前机床总量 380 余万台，而其中数控机床总数只有 11.34 万台，即我国机床数控化率不到 3%。近 10 年来，我国数控机床年产量约为 0.6~0.8 万台，年产值约为 18 亿元。机床的年产量数控化率为 6%。我国机床役龄 10 年以上的占 60% 以上；10 年以下的机床中，自动/半自动机床不到 20%，FMC/FMS 等自动化生产线更屈指可数（美国和日本自动和半自动机床占 60% 以上）。可见我们的大多数制造行业和企业生产、加工装备绝大多数是传统的机床，而且半数以上是役龄在 10 年以上的旧机床。用这种装备加工出来的产品普遍存在质量差、品种少、档次低、成本高、供货期长，从而在国际、国内市场上缺乏竞争力，直接影响一个企业的产品、市场、效益。所以必须大力提高机床的数控化率。

## 第二章 CA6140 普通车床数控改造总体方案的设计要求

### 2.1 总体方案

总体方案设计应考虑机床数控系统的类型，计算机的选择，以及传动方式和执行机构的选择等。

(1) 普通车床数控化改造后应具有定位、纵向和横向的直线插补、圆弧插补功能，还要求能暂停，进行循环加工和螺纹加工等，因此，数控系统选连续控制系统。

(2) 车床数控化改装后属于经济型数控机床，在保证一定加工精度的前提下应简化结构、降低成本，因此，进给伺服系统采用步进电机开环控制系统。

(3) 根据普通车床最大的加工尺寸、加工精度、控制速度以及经济性要求，经济型数控机床一般采用 8 位微机。在 8 位微机中，MCS—51 系列单片机具有集成度高、可靠性好、功能强、速度快、抗干扰能力强、具有很高的性价比，因此，可选 MCS—51 系列单片机扩展系统。

(4) 根据系统的功能要求，微机数控系统中除了 CPU 外，还包括扩展程序存储器，扩展数据存储器、I/O 接口电路；包括能输入加工程序和控制命令的键盘，能显示加工数据和机床状态信息的显示器，包括光电隔离电路和步进电机驱动电路，此外，系统中还应包括螺纹加工中用的光电脉冲发生器和其他辅助电路。

(5) 设计自动回转刀架及其控制电路。

(6) 纵向和横向进给是两套独立的传动链，它们由步进电机、齿轮副、丝杠螺母副组成，其传动比应满足机床所要求的分辨率。

(7) 为了保证进给伺服系统的传动精度和平稳性，选用摩擦小、传动效率高的滚珠丝杠螺母副，并应有预紧机构，以提高传动刚度和消除间隙，齿轮副也应有消除齿侧间隙的机构。

(8) 采用贴塑导轨，以减小导轨的摩擦力。

(9) 原机床的主要结构布局基本不变，尽量减少改动量，以降低成本缩短改造周期。

(10) 机械结构改装部分应注意装配的工艺性，考虑正确的装配顺序，保证安装、调试、拆卸方便，需经常调整的部位调整应方便。

总体方案设计图如 2.1 图所示

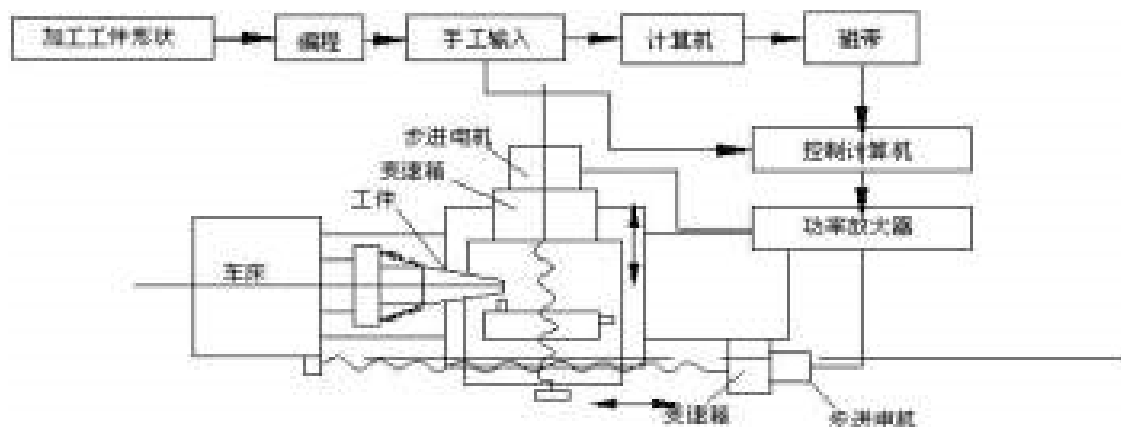


图 2.1 数控车床改造的总体方案示意图

## 2.2 设计要求

将 CA6140 普通车床改造成经济型数控车床。要求该车床具有切削螺纹的功能，纵向和横向具有直线和圆弧插补功能。系统分辨率纵向：0.01mm，横向：0.005mm。

设计参数如下：

最大加工直径：

在床面上 400mm

在床鞍上 210mm

最大加工长度： 1000mm

快进速度

纵向 2.4m/min

横行 1.2m/min

最大切削进给速度

纵向 0.5m/min

横行 0.25m/min

代码制 ISO

脉冲分配方式 逐点比较法

输入方式 增量值、绝对值通用

控制坐标数 2

最小指令值

纵向 0.01mm/pulse

横行 0.005mm/pulse

刀具补偿量 0~99.99mm

进给传动链间隙补偿量

纵向 0.15mm

横行 0.075mm

自动升降速性能 有

## 2.3 主传动系统和进给系统的改造

CA6140 型普通车床的主传动系统和进给系统都由主轴电机控制，而改造后的车床则把主传动系统和进给系统的运动分离开。分别由各自的步进电机来控制，但是为保证车床在车螺纹时主传动运动与进给运动之间的联系，所以在拆掉进给系统的同时，必须在主轴上安装一个脉冲发生器，来实现主轴传动和进给运动之间的联系。同时，为了提高机床的精度和效率，用滚珠丝杠来代替原机床的光杠，并且采用单独的步进电机来控制。这样不仅提高了机床的性能和精度，还提高了机床的使用性能。

### (1) 机械部分的改造

首先拆去进给箱、溜板箱；还要对车床的床鞍进行部分的改造，拆去纵向小拖板、横向拖板，将丝杠换成滚珠丝杠，并且由一端驱动的步进电机来控制。

### (2) 刀架的改造

CA6140 普通车床的刀架不能满足数改后的车床的性能和精度的要求。所以，必须要换成数控自动刀架。

## 第三章 进给伺服系统机械部分设计与计算

### 3.1 进给系统机械结构改造设计

进给系统改造设计需要改动的主要部分有挂轮架、进给箱、溜板箱、溜板刀架等改造的方案不是唯一的。以下是其中的一种方案：

挂轮架系统：全部拆除，在原挂轮主动轴处安装光电脉冲发生器。

进给箱部分：全部拆除，在该处安装纵向进给步进电机与齿轮减速箱总成丝杠、光杠和操作杠拆去，齿轮箱连接滚珠丝杠，滚珠丝杠的另一端支承座安装在车床尾座端原来装轴承座的部分。

溜板箱部分：全部拆除，在原来安装滚珠丝杠中间支撑架和螺母以及部分操作按钮。

横溜板箱部分：将原横溜板的丝杠的、螺母拆除，改装横向进给滚珠丝杠螺母副、横向进给步进电机与齿轮减速箱总成安装在横溜板后部并与滚珠丝杠相连。

刀架：拆除原刀架，改装自动回转四方刀架总成。

### 3.2 进给伺服系统机械部分的计算与选型

进给伺服系统机械部分的计算与选型内容包括：确定脉冲当量、计算切削力滚珠丝杠螺母副的设计、计算与选型、齿轮传动计算、步进电机的计算和选型等。计算简图如下图所示：

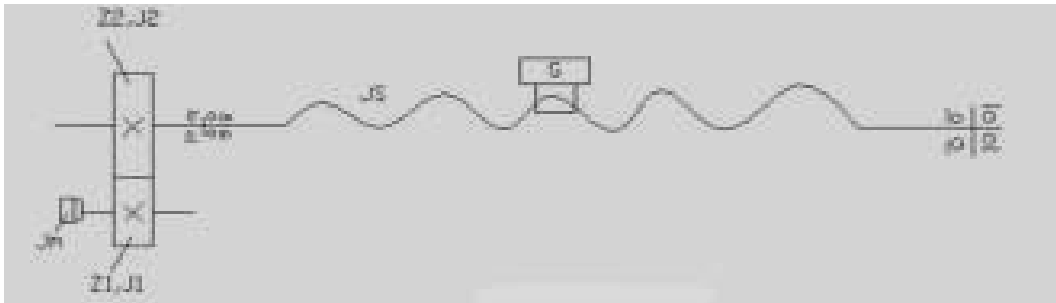


图 3.1 纵向进给

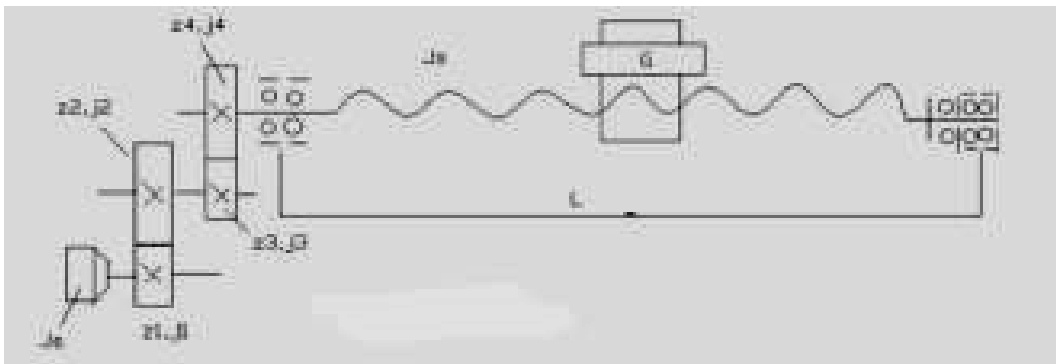


图 3.2 进给系统计算简图

#### 3.2.1 确定系统的脉冲当量

脉冲当量是指一个进给脉冲使机床执行部件产生的进给量，它是衡量数控机

床加工精度的一个基本参数。因此,脉冲当量应根据机床精度的要求来确定。对经济型数控机床来说,常采用的脉冲当量为 0.01mm/step 和 0.005mm/step,在 CA6140 的技术参数中,要求纵向脉冲当量  $f_p$  为 0.01mm/step。横向脉冲当量为  $f_p=0.005\text{mm/step}$ 。

### 3.2.2 纵向滚珠丝杠螺母副的副的型号选择与校核步骤

#### (1) 滚珠丝杠螺母副

滚珠丝杠副是在丝杠和螺母间以钢球为滚动体的螺旋传动元件。滚珠丝杠副的结构原理示意图如图所示,它可将旋转运动转变为直线运动,或者将直线运动转变为旋转运动。因此,滚珠丝杠副既是传动元件,也是直线运动与旋转运动相互转换的元件。

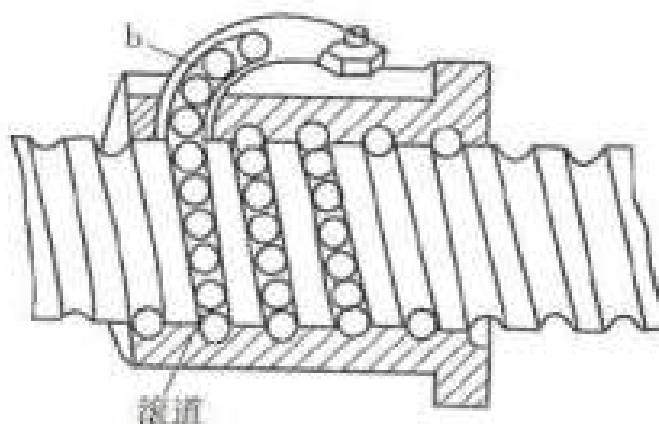


图 3.3 滚珠丝杠螺母副的结构原理图

组成: 主要由丝杆、螺母、滚珠和滚道(回珠器)、螺母座等组成。

工作原理: 在丝杆和螺母上加工有弧行螺旋槽, 当它们套装在一起时便形成螺旋滚道, 并在滚道内装满滚珠。而滚珠则沿滚道滚动, 并经回珠管作周而复始的循环运动。回珠管两端还起挡珠的作用, 以防滚珠沿滚道掉出。

特点: ①传动效率高: 机械效率可高达 92%~98%。②摩擦力小: 主要是用滚珠的滚动代替了普通丝杆螺母副的滑动。③轴向间隙可消除: 也是由于滚珠的作用, 提高了系统的刚性。经预紧后可消除间隙。④使用寿命长、制造成本高: 主要采用优质合金材料, 表面经热处理后获得高的硬度。

#### (1) 最大工作荷载计算

滚珠丝杠的工作载荷  $F_m$  (N) 是指滚珠丝杠副的在驱动工作台时滚珠丝杠所承受的轴向力, 也叫做进给牵引力。它包括滚珠丝杠的走到抗力及与移动体重力和作用在导轨上的其他切削分力相关的摩擦力。

由于原普通 CA6140 车床的纵向导轨是三角形导轨, 则用公式 2-1 计算工作载荷的大小。

$$F_m = KFL + f'(F_v + G) \quad (3-1)$$

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/018047075043006062>