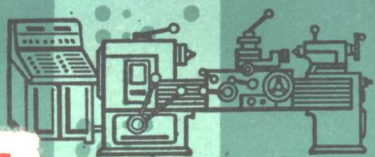


车床简易数控



19.1

上海人民出版社

车床简易数控

上海船厂造机车间《车床简易数控》编写组

上海人民出版社

车床简易数控

上海船厂造机车间《车床简易数控》编写组

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 5.375 插页 1 字数 117,000

1976年12月第1版 1976年12月第1次印刷

统一书号: 15171·262 定价: 0.32元

毛主席语录

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

自力更生为主，争取外援为辅，破除迷信，独立自主地干工业、干农业，干技术革命和文化革命，打倒奴隶思想，埋葬教条主义，认真学习外国的好经验，也一定研究外国的坏经验——引以为戒，这就是我们的路线。

前 言

“无产阶级文化大革命是使我国社会生产力发展的一个强大的推动力。”在毛主席的无产阶级革命路线指引下，我们上海船厂内燃机车间广大工人狠批了刘少奇、林彪一类骗子所散布的“阶级斗争熄灭论”和“唯生产力论”，激发了建设社会主义的积极性。在上海仪表电机厂、长城机械厂、交通电器厂等兄弟单位支持下，于1972年10月完成了一台C61100普通车床的简易数控技术改造，1973年3月和10月又完成了C630和C650普通车床的简易数控改造。

“任何新生事物的成长都是要经过艰难曲折的”。我车间的车床简易数控改造过程，同样也充满着斗争。1972年，造机车间工人同志听到一些外国资本家说什么：“中国要发展数控机床，非要有十年时间不可”时，大家蹙了一肚子气。决心要用实际行动来回击帝修反与资产阶级的挑衅。在党总支的领导下，一个以工人为主体的三结合数控攻关组迅速组成了。这时，有人说，没有专业知识，缺少专门设备，要搞数控，能行吗？攻关组同志牢记毛主席关于：“从战争学习战争——这是我们的主要方法”教导，豪迈地提出，没有专业知识我们干中学，缺少专门设备我们干中造。通过四个多月的连续作战，1972年10月底，我厂第一台不用滚珠丝杆的简易数控C6110车床终于改装成功了。并且立即加工出了第一批产品。正当大家无限欣喜的时候，却发现加工好的零件与样板明显不符。难道这台床子就象有的人讲的不正规、精度差，没有实用价值吗？攻关组的同志们认真作了复查，有关同志也热情地对样

板线型重新作了检验。检验结果证明，并不是加工好的工件不符合要求，而是恰恰相反，样板本身线型与技术要求之间的误差很大。加工精度问题解决了，又有人担心，对于铸件作小余量切削可以，但是能够适应钢制件毛坯的大余量加工吗？毛主席教导我们：“研究任何过程，如果是存在着两个以上矛盾的复杂过程的话，就要用全力找出它的主要矛盾。捉住了这个主要矛盾，一切问题就迎刃而解了。”影响加工余量的因素很多，经过仔细分析，发现关键是驱动机构的功率问题。主攻方向明确了，我们在 C650 车床进行数控改装时，就适当调大了电液脉冲马达。结果，在车削 45 号钢制件时，单面切削深度可达 25 毫米，切削速度达 120 米/分，完全满足了造机中的加工要求。

经过简易数控技术改造后的普通车床，例如 C650 车床，投产应用二年多来，运行正常，加工了一万马力柴油机连杆、活塞杆、增压器叶轮、增压器导风轮、增压器叶轮外罩、12V300 中速柴油机连杆、活塞头燃烧室、排气阀等多种零件。实践表明，使用简易数控车床，提高工效 5~8 倍，加工质量有明显改善，劳动强度大大减轻，可以加工形状复杂，过去只能依靠熟练工人手工加工的零件，同时改装费用不高。

遵照伟大领袖毛主席关于“要认真总结经验”的教导，我们组成了三结合编写组，由安世庆同志执笔。以 C650 车床数控改造为典型，编写成本书，希望能起交流经验和抛砖引玉的作用。上海市杨浦区第二工人文化宫曾组织“数控训练班”的有关同志对本书审阅、定稿，我们表示衷心感谢。但限于我们的水平，必然还存在着很多缺点，恳切地希望读者提出意见。

《车床简易数控》三结合编写组

1975 年 12 月

目 录

前言

第一章 机床数字程序控制简介	1
§ 1.1 概述	1
§ 1.2 数字程序控制加工的概念	4
第二章 普通车床的简易数控改造	7
§ 2.1 车床简易数控改造设计中的几个问题	7
§ 2.2 普通车床简易数控改造实例	10
§ 2.3 普通车床简易数控改造中的几个具体问题	13
第三章 程序编制说明	24
§ 3.1 程序格式和加工指令	24
§ 3.2 长度控制和计数方向的选取	27
§ 3.3 程序编码	30
§ 3.4 程序编制实例	34
第四章 数控台简介	43
§ 4.1 数控台的组成	43
§ 4.2 数控台是怎样控制加工的?	46
§ 4.3 计算机的基本运算原理	52
§ 4.4 计算机的基本运算单元	50
§ 4.5 串行运算器	63
§ 4.6 输入逻辑控制	69
§ 4.7 加工控制逻辑	81
第五章 SCX-3 型线切割机数控台的改造方案及总逻辑图看图说明	90
§ 5.1 输入机	90

§ 5.2	步进电机的电源、脉冲分配器和功放	95
§ 5.3	快速进给电路	98
§ 5.4	总逻辑图看图说明	107
第六章	数控伺服机构	120
§ 6.1	概述	120
§ 6.2	步进电机的工作原理	121
§ 6.3	随动系统	125
§ 6.4	液压伺服马达	133
§ 6.5	伺服机构的调试	133
第七章	数控加工工艺	144
§ 7.1	加工方案的制订	145
§ 7.2	提高加工精度的措施	152
§ 7.3	毛坯余量不均匀性的处理	155
§ 7.4	车刀的几何角度和进给方向	157
§ 7.5	切削力的利用	160
§ 7.6	有关切削用量问题	162
§ 7.7	提高数控加工重复精度问题	163

第一章 机床数字程序控制简介

§ 1.1 概 述

在毛主席的革命路线指引下,无产阶级文化大革命以来,我国的数控技术和数控机床得到了飞速的发展。

数控机床是用电子数字计算机进行控制的一种高效能自动化机床,它具有如下一些优点:

- ① 提高加工精度,改善工件表面质量,运行稳定,次品少;
- ② 减少加工工时,降低产品成本;
- ③ 适应于多品种、中小批量特别是重复批量生产;
- ④ 可以加工形状复杂、过去只能依靠老工人丰富经验和熟练技巧才能进行手工加工的零件,摆脱了技术水平的束缚,有利于培养新工人,减轻劳动强度;
- ⑤ 减少加工的辅助时间,相应地减少机床台数,节约投资。

因此,发展我国数控机床的生产,以适应日益增长的需要,已成为我国机床工业的一项重要任务。

但是,我们必须坚持两条腿走路的方针,在发展我国数控机床生产的同时,对原有的旧机床,进行简易的数控技术改造,这是适应当前需要,推广数控加工新技术的一条行之有效的多快好省途径。这样做,投资省、上马快、简而易行,一般工厂企业在一定条件下通过努力都可以办到。经过简易改造后

的旧机床，完全能够反映出数字程序控制的优越性。下面是几个实际例子。

(1) 一万马力柴油机活塞杆外圆弧加工 零件示意图见图 1-1。按照旧工艺加工，R200、R300 两圆弧采用摇刀架加工，圆弧的公切线采用转动小拖板手工车锥度方法加工。这样，一方面，劳动强度高；另一方面，由于切削用量受很大限制，每次只能切深 1~2 毫米左右，所以生产效率低，平均每个零件加工时间为 16 小时。在经过简易数控改造后的车床上车削，采用了如下的切削用量：

切削线速度(在 $\phi 695$ 的外圆上) $v=180$ 米/分，

切削深度 $t=4\sim 5$ 毫米，

切削走刀量 $s=0.4$ 毫米/转，

每根活塞杆外圆弧的加工工时由 16 小时缩短至 2 小时，工效提高七倍。

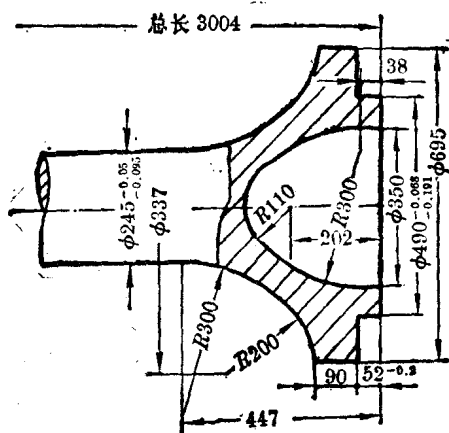


图 1-1 万匹机活塞杆零件示意图

(2) 一万马力柴油机增压器叶轮外罩内圆弧面加工 零

件示意图见图 1-2。
按照旧工艺加工, 采用样板刀逐刀成型, 一方面, 刀具制造复杂、数量多; 另一方面, 要由熟练工人在繁重体力劳动下手工加工, 平均每个零件耗工 30~40 小时。在简易数控车床上

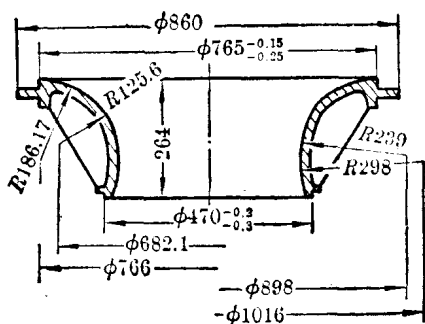


图 1-2 万匹机增压器叶轮外罩示意图

加工, 采用了如下切削用量:

切削线速度(在外圆 $\phi 765$ 上) $v = 54$ 米/分,

切削深度 $t = 5 \sim 6$ 毫米,

切削走刀量 $s = 0.2 \sim 0.3$ 毫米/转,

由毛坯至精车分三刀连续切削成型, 加工工时大为缩短, 平均每只仅 5~6 小时, 并且型腔正确, 光洁度满意, 符合技术要求, 工效提高五倍以上。

(3) 一万马力柴油机增压器叶轮-导风轮外圆弧型线加工 零件示意图见图 1-3。这零件以前曾试验采用机械靠模工艺车削, 但由于型线曲率大, 触头滚轮容易卡住, 所以工效低, 每只平均耗工 8 小时。现用简易数控车床加工, 不但型线标准, 光洁度好, 而且每只仅需 1.5~2 小时, 提高工效五倍, 还大大减轻了劳动强度。

当然, 对于简易数控机床, 我们应该遵循伟大领袖毛主席关于“一分为二”的教导加以分析。单机数控也有一定的使用范围, 一般以近百个零件批量加工最经济合适。从加工零件的复杂程度来看, 形状越复杂, 手工加工越困难, 数控机床则

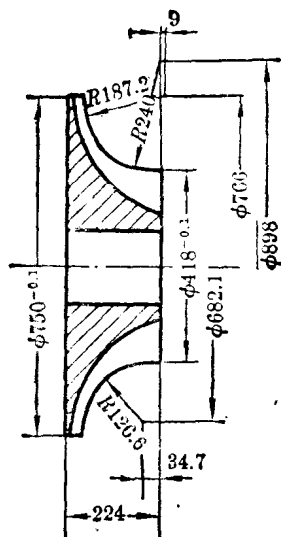


图 1-3 万匹机增压器叶轮-导风轮零件示意图

越有成效。

§ 1.2 数字程序控制加工的概念

数字程序控制加工到底是怎么回事呢？

为了说明这个问题，有必要先回顾一下普通机床是怎样加工机械零件的。

首先，在加工之前，必须先将零件的形状、尺寸和各种技术要求用特定的符号或文字注明在图纸上，然后按图纸进行加工。加工时，操作人员先看清图纸，通过大脑指挥自己的双手去操作机床，直至零件的形状、尺寸和各项技术要求全部符合图纸的要求，加工才告结束。分析一下这整个过程，可以发现，加工时操作人员是通过图纸了解设计要求的，所以图纸就成为人们交流思想的媒介。这种媒介在自动化技术中就称

为信息。操作人员看阅图纸的过程,就是理解设计意图的过程,这一过程在自动化技术中称为信息传递。理解了图纸的内容后,就得确定加工方案、制订具体措施以实现图纸上对零件的各种技术要求,这一过程,自动化技术中称为信息处理。然后通过大脑,发出命令指挥双手去操作机床,这种指挥命令,在自动化技术中称为指令。

在以上过程中,如果把信息传递和信息处理的大部分工作交给控制机(一台专用的电子数字计算机)去完成,而由人命令这台控制机来实现加工的自动控制,那就是数字程序控制。下面利用图 1-4 来说明数字程序控制加工的过程。

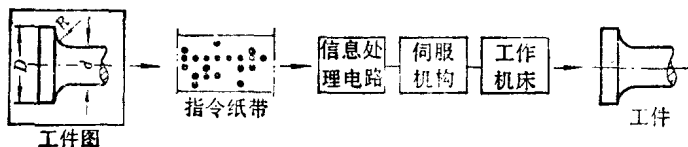


图 1-4 数字控制加工系统的构成

图 1-4 表示数控加工系统的构成。从图可以看出,这个系统正是模仿了人的大脑和双手进行信息传递和信息处理,同时发出加工指令,指挥机床工作的。由于计算机的直接功能是数字计算,不可能象人一样直接看阅图纸,也不可能象人一样独立地确定加工方案,所以必须将计算机所要传递和处理的信息“数字化”,并将加工意图用机器所能接受的“语言”按一定的程式和次序编排成一道道指令,这一工作称为程序编制。然后把它变成机器能“看得懂”的东西(叫做程序编码),这就是“穿孔带”。穿好了孔的纸带上的信息由控制机的光电输入装置(好象人的眼睛)读取,送到控制机的信息处理电路,经过数字运算,以脉冲形式发出加工指令,称为指令脉冲序列。这样的加工指令指挥伺服机构(如步进电动机或电-

液步进马达), 驱动机床按照规定技术要求进行加工。

那末, 数控机床究竟又是怎样对各种复杂曲线进行加工的呢?

我们知道, 任何复杂的曲线, 通过充分细的分割, 总可以分割成一些直线段和圆弧段, 分割得越细, 精确度越高。这些直线段和圆弧段各有起点和终点, 在选定的坐标系中, 可用数学方法求得这些起点和终点的坐标值, 以及线段上各点的数学表示式。把这些原始数据按照一定的程式和次序输送到控制机中, 让控制机的运算器进行计算, 根据计算结果, 确定加工点的位置和进给方向, 给步进电动机发出指令脉冲信号, 带

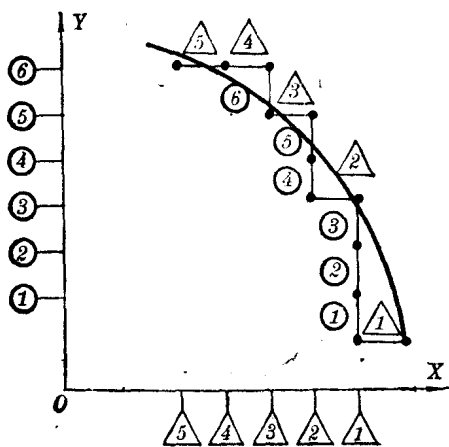


图 1-5 数控切削原理

动 x 轴或 y 轴的拖板作一步步的进给运动, 刀具就沿加工曲线移动, 作阶梯状的切削加工。例如图 1-5 的曲线的情形, 把标有“ \triangle ”的五个脉冲和标有“ \circ ”的六个脉冲, 如图所示依次输送到 x 轴和 y 轴, 刀具就沿曲线

作如图所示的阶梯状进给运动, 一步步靠拢曲线, 完成曲线的加工。从图看出, 加工的实际是用折线代替曲线, 只要阶梯高度取得足够小, 例如 0.01 毫米或 0.005 毫米, 就可认为刀具是平滑地沿曲线运动的。数控车床的加工就是这样进行的, 具体的情况将在下面几章中加以说明。

• • •

第二章 普通车床的简易数控改造

上面简略地介绍了数字程序控制的概念和数控机床的优越性,指出了利用原有旧机床,进行简易数控技术改造,是推广数控加工新技术的一条多快好省途径。本章结合实例介绍简易技术改造中所应解决的几个具体问题。

§ 2.1 车床简易数控改造设计中的几个问题

1. 伺服机构

实践证明,采用步进电机或电-液步进马达作为伺服机构,完全有条件组成简单的开环驱动(即不带任何尺寸检测、反馈等补偿机构的直接驱动,见图 2-1),这样,在对原机床进行数控技术改造中,改装简便,上马快,不需要对原车床结构作大的改动,并能保持原车床的通用性特点。

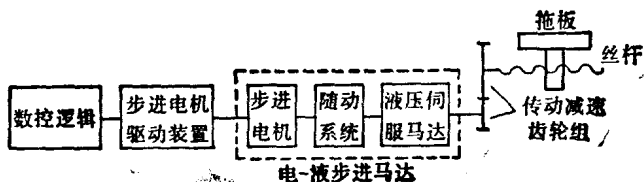


图 2-1 步进电机的开环控制系统

2. 丝杆和间隙补偿

数控车床中,为了减少传动摩擦,提高运动精度,广泛地

采用工艺要求较高的滚珠丝杆，但旧车床的梯形丝杆要换成滚珠丝杆，不仅成本高(大型机床尤甚)，而且改装工作量大。那末，是否能仍用原有的梯形丝杆呢？这里有两个问题。一是原丝杆摩擦阻力大，使伺服机构增加了负载力矩；另一是原丝杆传动精度较低，在一定程度上会影响加工技术指标。

对于第一个问题，由于目前大转矩电-液步进马达已有产品，只要在选择时留有充分的裕度(一般情况下选择转矩为滚珠丝杆的1.5~2倍)，摩擦力矩是能克服的。例如C650车床上采用的电-液步进马达，输出力矩为5公斤力·米，经试验，能承受的切削进给用量为：在工件材料为45钢时，单面切削深度26毫米，走刀量0.4毫米/转，基本上能满足要求。

对于第二个问题，我们知道，车床的大拖板一般加工均采用光杆走刀，丝杆被应用的几率很小，所以即使机床已老已旧，但大拖板丝杆一般仍完好如新。例如我们改造的C650车床已使用十余年，经数控技术改造后，测试其拖板静态定位精度，误差在0.05毫米左右，还是相当令人满意的。

至于中拖板丝杆，一般旧机床磨损较大，最好能换新。如磨损不那末厉害，则采用传动链间隙补偿法以后，即使不换新也能得到满意的结果。例如C650普通车床在数控改造中仍用

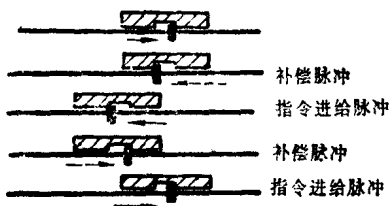


图 2-2 间隙补偿原理

原中拖板丝杆，采用了传动链间隙补偿法，经实际加工测定，工件径向尺寸误差能控制在0.05~0.06毫米以内。

所谓传动链间隙补偿法，实际上很简单，可用图

2-2来说明。例如，设车床拖板传动链间隙为 N 个脉冲当量

(即每输入一个脉冲,拖板进给的距离),则当车床拖板的运动方向改变时,在给予加工指令进给脉冲前,先多给 N 个脉冲,这样就使传动链的间隙得到了补偿。至于间隙补偿脉冲怎样加入,可以在数控台逻辑电路设计时考虑,让逻辑电路在每次反向进给时自动加入,也可以在程序编制时作为一道指令加入。由于一般线切割机床的数控台没有间隙脉冲补入装置,在用作车床控制时,所需的间隙补偿脉冲,往往采用后一种方法供给。

但这里必须注意,如果间隙过大,当急剧减速时,由于拖板的惯性运动,有时会使间隙补偿不能充分发挥作用,如图 2-3 所示。所以在改造中,一般应尽可能调整至最小间隙,并尽力避免使拖板出现急剧减速。

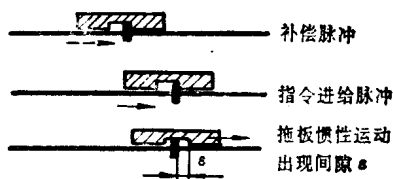


图 2-3 由于急剧减速而产生的惯性间隙

3. 改造后的车床精度

旧车床经过多年使用,各滑动面业经磨损,改造后,期望能达到高精度是不合理的。片面地采用各种方法,例如改用滚珠丝杆等以提高精度,往往又得不偿失。好在一般精度要求的工件(约占所有加工工件的 90% 以上)对车床加工的精度要求不甚高;同时,即使车加工精度要求较高的零件,其一般精度加工时间,通常也占该零件车加工工时的 60~70%,所以,通过数控技术改造后的车床,尽管其精度不甚高,但适用性仍很强,应用范围还是相当广泛的。