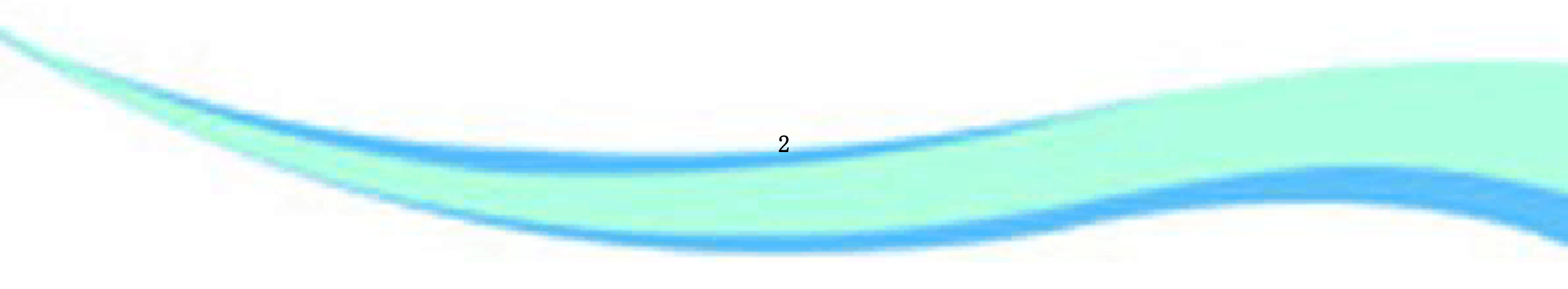


TJK6916 落地镗床研制 11[1].9



日期:



TJK6916 数控落地镗床研制 可行性分析报告

1. 工程简介

德阳嘉龙机械制造,其前身是德阳扬嘉机械厂,始建于1958年,从1978年开头生产造纸烘缸及造纸机械产品。烘缸系列产品在1995年荣获中国技术产品交易博览会银奖,1996年荣获四川省乡镇企业科技明星企业。经过几十年的技术积淀,具备了较强的生产加工力量和肯定的技术研发力量。

中国是一个传统的机械制造大国,但其装备水平落后,特别是一些老的机械制造厂大多还是比较旧的机床,远远不能满足加工的要求.针对目前制造业的技术装备现状,用现代先进技术对传统机械制造业装备进展提升,是我国制造业的进展方向.特别是作为中国重大技术装备制造基地的德阳,为三大企业配套的几百家中小企业的设备智能化程度还很低,迫切需要大型数控化设备.依据国家、地区产业构造调整、技术创新的变化以及经济建设的需要,结合本单位实际状况,借助四川工程职业技术学院在数控技术争论和应用方面的优势,开发 TJK6916 数控落地镗铣床,填补四川无生产该类设备的空白。

2. 工程研制内容

数控落地镗床主要用于镗削大中型零件的孔,同时还可以完成钻、扩、铰、铣平面、轮廓加工等粗加工和精加工的工作;能保证大型工

件一次安装，根本完成零件的加工，能有效地提高加工精度和工作效率,因此得到了广泛的应用。

2. 1 数控落地镗床总体设计

在满足使用的条件下使设计的机床构造尽可能简洁化是设计追求的目标。数控落地镗床总体包括以下几大局部：立柱、滑座、主轴箱、工作台、床身、电气系统、数控系统、液压掌握系统。数控落地镗床承受消隙齿轮和滚珠丝杆传动、伺服电机、编码器、光栅尺、CNC系统构成闭环、半闭环掌握，到达设计的工作精度，同时机床操作人性化，外形美观大方.其外形见图 2-1。

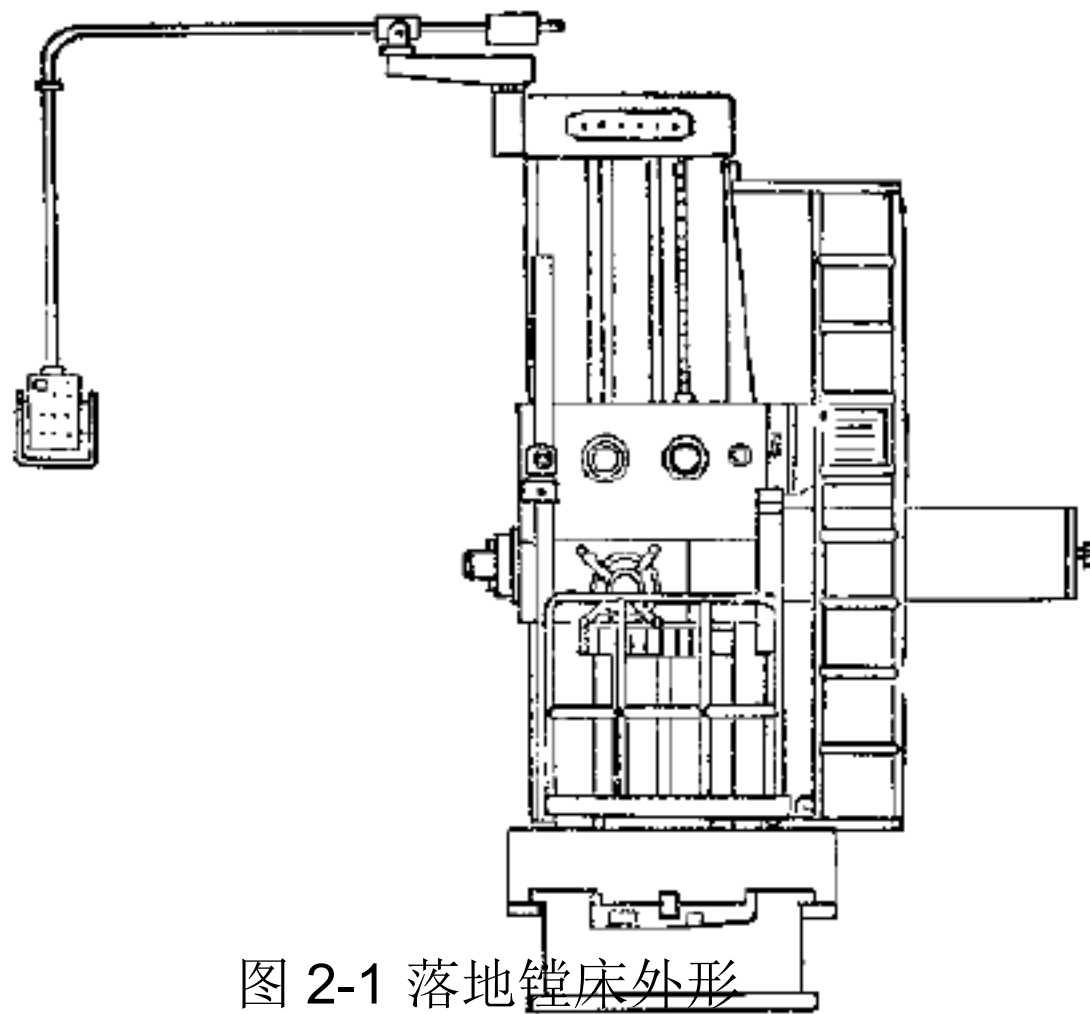


图 2-1 落地镗床外形

2.2 数控落地镗床技术参数

数控落地镗床技术主要参数见表 2—1.

表 2-1 数控落地镗床技术主要参数表

镗轴	转速	Rpm	2~500 无级
镗轴	直径	mm	160
镗轴	行程	mm	1200
镗轴	进给速度	mm/min	0.45~1500 无级
镗轴	锥孔		公制 80#
镗轴	电机功率	kw	55
方滑枕	截面(长 X 宽)	mm	440×440
方滑枕	行程	mm	800
方滑枕	进给速度	mm/min	无级
方滑枕与镗轴	总行程	mm	2023
滑座	行程	mm	9500
主轴箱	垂直移动行程	mm	3000
工作精度	圆度	mm	0.01
工作精度	端面平面度	mm	0.01

2.3 数控落地镗床机械设计

TJK6916 数控落地镗床机械局部的主要部件有工作台、立柱、主轴、方滑枕、滑座，其主要功能见表2-2 数控落地镗床机械主要部件，传动原理见图 2-2 TJK6916 数控落地镗床传动原理图，机械传动承受

了传动精度高、能消退传动间隙的双齿轮和滚珠丝杆传动.协作伺服电机、编码器、光栅尺、CNC 系统构成闭环、半闭环掌握,到达设计的工作精度。

表 2—2 数控落地镗床机械主要部件

序号	部件名称	功能	备注
1	立柱	支承主轴箱等,完成Y方向的运动	滚珠丝杆
2	滑座	支承立柱,完成X方向的运动	齿轮齿条
3	方滑枕	支承主轴,完成W方向的运动	滚珠丝杆
4	主轴	安装刀具,完成主运动,同时可完成Z方向的运动	滚珠丝杆
5	工作台	工件的安装平台,装夹工件,工作台固定不动,以利于大型工件的安装和调试	

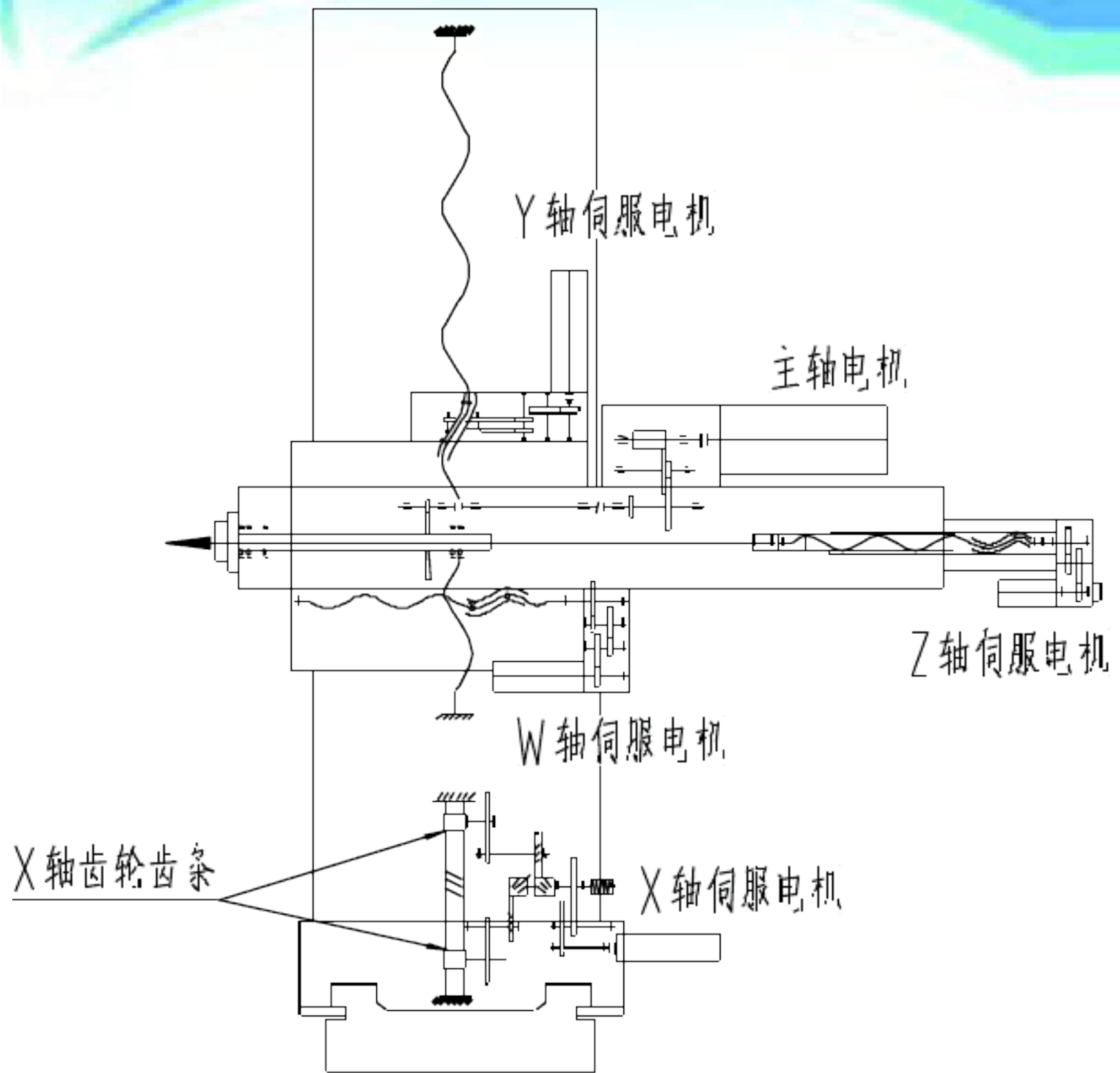


图 2-2 TJK6916 数控落地镗床传动原理图

2. 4 数控落地镗床电气及 NC 系统

2. 4. 1 NC 方案概述

1)TJK6916 数控落地镗铣床有 X 轴、Y 轴、W 轴、Z 轴四个运动，因此实际掌握轴为 4 轴，为满足大型零件轮廓加工的需要，要保证其中任意 3 轴联动，且联动的轴可以由操作程序定义。

2)机床的数控系统承受西门子 80DSL3 型数控系统。

西门子公司是全球最大的数控系统厂商，有几十年的数控系统研发、生产阅历，其产品在国内普遍使用，市场占有率达40%。承受西门子数控系统由以下优势：

- (1) 技术成熟、牢靠性高。
- (2) 该品牌已经各生产企业被广泛认可，能够操作该系统的人员多，便于机床的推广。
- (3) 西门子数控产品已经系列化,配置齐全，开放性好，使用敏捷、便于机床的功能扩展和技术提升。
- (4) 西门子公司已经在我国成立了完善的技术支持网络和售后效劳体系，承受其产品可以得到较多的技术支持。

该型机床在投入生产时可以依据用户的特别需求配置不同品牌的数控系统。

3) 由于机床 X 轴承受齿轮、齿条传动,其精度较差，因此 X 轴需加装光栅尺作为位置反响元件,构成闭环构造.其他各轴承受滚珠丝杆传动，精度可以满足要求。但从电机到滚珠丝杆间有减速齿轮箱,因此除承受伺服电机的上的编码器作为反响元件外，还须再丝杆上加装位置反响编码器组成半闭环构造，以抑制传动齿轮箱所产生的传动误差.

4) 该机床床身尺寸较大，为便于操作需配置电子手轮和手持操作单元。

5) 镗削加工时主轴转速较低，而扭矩很大，因此承受直流电动机作为主轴驱动设备，并保存齿轮减速机构，以保证低速扭矩，主轴转速反响承受编码器。

6) 机床不配置刀库和自动换刀装置。该机床定位为经济型数控落地镗铣床，因此不配置自动换刀装置。

7) 系统具备各种固定加工循环，在线加工等功能。

8) 结合机床的加工功能，开发加工程序库，以满足各种典型构造工件的加工。

2. 4. 2 系统掌握部安排置方案

1) 数控系统配置

该型机床定位于经济型数控机床，且联动轴数只有三轴，考虑到机床功能的进一步提升，因此系统数控系统选择西门子 SINUMERIK 802DSL3 系统，该系统除具有 802D 系统的全部功能外，还具有以下特点：

- 配备先进的、高性能的 SINAMICS S120 沟通伺服系统。
- 10.4 寸彩色 TFT 液晶显示器
- 大容量 CF 卡，支持 RS232、USB 接口
- 可掌握 6 个轴，其中：4 个进给轴、1 个数字主轴〔或模拟主轴〕、一个 PLC 轴，4 轴联动。
- 系统内置 3MB 零件程序存储器，承受 CF 卡时支持海量加工程序。
- 100 段预读缓冲区
- 刀具寿命治理
- 支持 DIN 标准和 ISO 编程语言
- 2D 零件程序模拟

- PLC 梯形图在线显示
- DNC 在线加工功能。

西门子 802DSL3 型数控系统是西门子公司在 802D 系列数控系统的根底上研发的一种型数控系统,其功能已经得到较大提升,配备先进的型伺服驱动系统。其功能介于 802D 与 840D 之间,具有良好的性价比。

SINAMICS S120 沟通伺服系统是西门子公司推出的一代全数字沟通数字伺服系统,其性能在 611 系列伺服驱动的根本底上得到全面的提升。

2) 主轴系统配置

由于该镗床主要用于加工大型零件,加工时主轴转速低速〔每分钟几十转,甚至更低〕,且所承受切屑力大。为满足此要求,需要主轴拖动系统具有优越的低速性能,即要求主轴在低速时转速稳定,且扭矩大。另外镗、铣加工有需要机床主轴有很广的调速范围,且在整个范围内输出扭矩要稳定。

能满足以上要求的配置方案有以下三种:

- (1) 主轴电机承受专用变频电机,驱动单元承受高性能矢量变频器。
- (2) 承受专用主轴伺服单元和主轴伺服电机。
- (3) 主轴电机承受直流电机,承受直流调速单元驱动。

在以上三种方案中,其次种本钱高,且局部功能铺张。考虑到机床主轴调速范围广,且对低速性能要求很高、过载力量强的特点,主轴

驱动系统选择直流电机驱动+直流调速单元+编码器反响的配置方案。

电机承受上海南洋电机的 Z4-160-11 直流电机，功率 33KW，最高转速 2700 转/分。

直流调速单元承受欧陆 590P 全数字直流调速单元，输出电枢电流:165A。

欧陆 590 系列全数字直流调速单元的掌握算法都由最的高速16位微处理器〔单片机〕完成，掌握软件的构造及微处理器的工作速度可保证全部掌握回路的调整作用在主电路六个可控硅桥的转换时间之内完成，以保证电流环的的采样时间小于3.3ms〔50Hz 电源)或 2.67ms〔60HZ 电源〕，速度环算法运算也可在此时间内完成，以获得优越的动态性能。其可逆装置，转矩〔电流〕反向时的无环流时间格外短〔且可由软件设定，出厂时设定为 1ms〕，使电流环封冲击负载具有优越的性能和响应。

欧陆 590P 全数字直流调速单元具有如下特点：

- ①全数字化掌握，性能稳定。
- ②调整范围宽
- ③四象限运行
- ④电流环具有自适应功能，即使在负载变化较大时，系统也能获得平稳的速度响应。
- ⑤完善的保护功能，驱动器具有过流、过压、失磁、电机过热、功率模块过热、速度反响丧失、电机堵转、晶闸管触发失败等保护，确保运行过程的安全。

⑥速度环的 PI 参数调整范围很大,且具有积分分别功能。
主要性能如下:

速比：优于 100：1

稳态精度：测速电机反响，优于 0.1%

光码反响，优于 0.01%

3) 进给伺服

进给伺服承受西门子SINAMICS S120 伺服系统和IFT6 系列沟通伺服电机.

SINAMICS S120 是西门子公司推出的全的集 V/F、矢量掌握及伺服掌握于一体的驱动掌握系统，它不仅能掌握一般的三相异步电动机，还能掌握同步电机、扭矩电机及直线电机。其强大的定位功能将实现进给轴准确确实定、相对定位.

该驱动器承受 PROFIBUS—DP 或工业以太网连接,线路简洁，工作牢靠、稳定.

IFT6 系列沟通同步是一种已经在西门子高性能数控系统中广泛使用的伺服电机，是一种性能优良且格外成熟的产品。

四个轴的进给伺服电机的选择见表 2—3 进给伺服电机。

表 2—3 进给伺服电机

序号	轴号	电机功率	额定转速	额定扭矩	备注
1	X	11.8KW	1500	75N·m	
2	Y	8 KW	2023	38N·m	
3	Z	8 KW	2023	38N·m	

4	W	8 KW	2023	38N·m	
---	---	------	------	-------	--

在各轴的传动构造中，X 轴承受齿条传动，且电机上有减速箱，传动精度不高，因此承受全闭环构造，X 轴位置反馈元件承受直线光栅尺。光栅尺的区分率为 1 微米。

Y、Z、W 轴由于承受滚珠丝杆传动，其传动精度较高，因此承受半闭环构造，位置反馈承受编码器反馈。位置反馈编码器安装在减速机构的末端，以消除减速机构造成的误差。

4) 系统 I/O 配置

系统配置 MCPA 模块，机床掌握面板 MCP 不占用 I/O 模块的 I/O 点，因此整个机床配置 1 块 PP72/48 模块即可。

5) 其他配置

(1) 手持操作单元，内装电子手轮、常用操作按钮等。由于机床体积较大，为便于操作特配置次部件。

(2) MCPA 模块，用于连接机床掌握面板 MCP，和主轴模拟量输出信号。配置该模块后可以使机床操作面板 MCP 不占用 I/O 的输入输出，可以削减 I/O 模块的配置数量。

(3) 伺服掌握板位置反馈板

系统中伺服电机上的编码器将连接到伺服驱动器上，但由于各进给轴均安装有减速齿轮箱，为抑制减速齿轮箱给进给轴产生的定位误差，因此在各轴减速箱的末端安装编码器用于位置反馈(其中 X 轴安装光栅尺)。

2.4.3 掌握系统构造框图

掌握系统构造框图见图 2—3 。

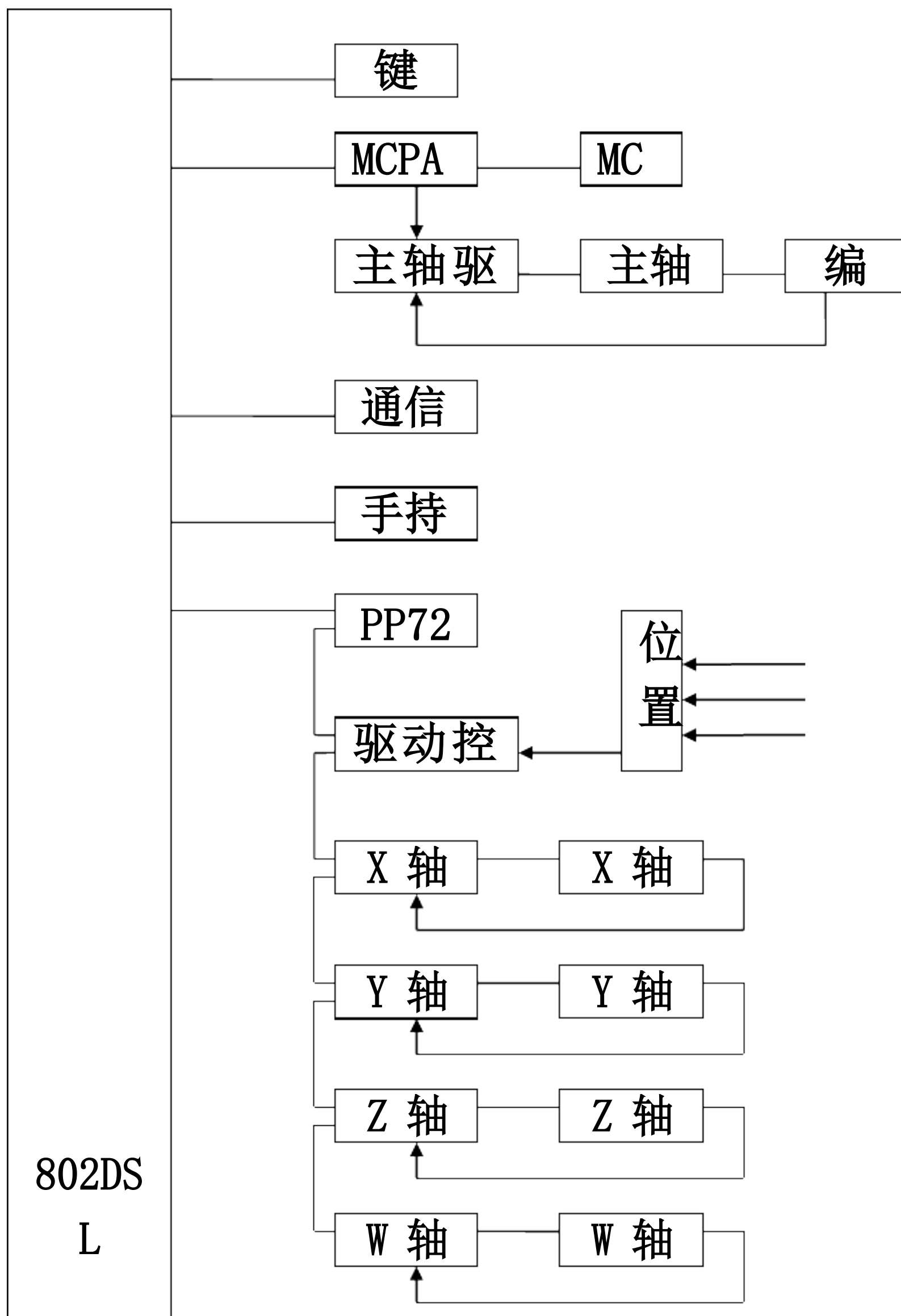


图 2-3 掌握系统构造框图

2.4.4 系统配置清单

系统配置清单见表 2—4

表 2—4 系统配置清单

序号	名称	型号规格	数量	备注
1	数控系统	802DSL3	1	含电源、手持单元等
2	X 轴伺服驱动	IFT6/11.8KW	1	配套 SINAMICS S120 驱动器
3	Y 轴伺服驱动	IFT6/8KW	1	配套 SINAMICS S120 驱动器
4	Z 轴伺服驱动	IFT6/8KW	1	配套 SINAMICS S120 驱动器
5	W 轴伺服驱动	IFT6/8KW	1	配套 SINAMICS S120 驱动器
6	伺服电源		1	功率与驱动器配套
7	伺服掌握板		1	
8	位置反响板		1	
9	MCPA 卡		1	
10	I/O 板	PP72/48	1	
11	光栅尺	11 米	1	
12	编码器	2500 箱	3	
13	主轴直流电机	30KW	1	
14	直流调速单元	欧陆 590	1	

15	配套电缆		假设	
----	------	--	----	--

2. 主要创点

本工程争论过程中，首先对目前工厂所使用的常规数控机床进展了全面的调查和分析。用户普遍反响，数控设备的限位保护功能有些欠缺，简洁发生超程等故障现象；另一方面，数控镗床大多担当多品种、单件小批量生产的加工任务，假设对每一个零件都去进展编程、输入、调试等工作，显得格外烦琐，用户提出能不能找到一种方法，简化这一手续，以提高其生产效率。

针对数控设备的限位保护功能有些欠缺，简洁发生超程故障等问题，争论提出把全部限位保护电路设计为负规律掌握。

依据数控机床所担当加工任务的特点，其加工的零件类型大多分为箱体类、套类、盘类等，依据成组工艺技术的原理，我们提出首先编写各类零件成组工艺，依据成组工艺，编写数控程序，将数控加工程序编号存入 PC 机中的方法，完成对零件的快速程序编制，提高生产效率。通过这种方法，可以变小批生产为“大”批生产，可以有效地提高生产效率，同时降低对操作人员的要求。

以上技术曾用于机床的数控化改造，改造的设备投入使用已三年，运行状况良好。实际应用说明各项性能指标到达了设计改造要求。所完成的工程通过了德阳市科技局组织的科技成果鉴定，同时荣获德阳市科技进步三等奖。

3. 工程开发的必要性

4.1 随着社会经济的快速进展，对数控设备的需求愈加紧迫

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的使用，在中小企业甚至个体企业中也普遍开始使用。

2023年，我国机床工业产值已进入世界第5名，机床消费额在世界排名上升到第3位，达47.39亿美元，仅次于美国的53.67亿美元，消费额比上一年增长25%。但由于国产数控机床不能满足市场的需求，使我国机床的进口额呈逐年上升态势，2023年进口机床跃升至世界第2位，达24.06亿美元，比上年增长27.3%。

近年来我国出口额增幅较大的数控机床有数控镗铣床、数控磨床、数控特种加工机床、数控剪板机、数控成形折弯机、数控压铸机等，数控设备的市场需求前景看好。

4.1.1 国内数控机床的特点

●产品开发有了很大突破，技术含量高的产品占据主导地位 例如：全长33公里的上海磁悬浮快速列车线，是“十五”期间国家重点建设工程，其中组成列车线的2550根轨道梁是整个工程的最关键局部，对加工轨道梁的精度提出了相当高的要求。去年年初，沈阳机床集团机床股份中捷友情厂以工期6个月、标的6200万元在磁悬浮轨道专用数控机床工程公开招标中折桂，并于8月底将一次性验收合格的8台数控镗铣床组成的轨道梁生产线一次试车成功，目前这套铣镗加工中心已加工出轨道梁1100根，确保了轨道梁的加工精度和速度，为实现今年年底试车打下了良好的根底。

●数控机床产量大幅度增长，数控化率显著提高 2023年国内数

控金切机床产量已达 1.8 万台,比上年增长 28.5%。金切机床行业产值数控化率从 2023 年的 17.4%提高到 2023 年的 22.7%。

●**数控机床进展的关键配套产品有了突破** 近年来通过政府的支持,数控机床配套生产得到了快速进展。如北京航天机床数控系统集团公司建立了具有自主学问产权的一代开放式数控系统平台;烟台其次机床附件厂开发了为数控机床配套的多种动力卡盘和过滤排屑装置;济南其次机床集团公司的数控龙门镗铣床、数控落地镗铣床及数控锻压设备等 30 多个系列 100 多个品种的数控配套产品。

4.1.2 国外数控机床状况分析

●**国际机床市场的消费主流是数控机床** 1998 年世界机床进口额中大局部是数控机床,美国进口机床的数控化率达 70%,我国为 60%。目前世界数控机床消费趋势已从初期以数控电加工机床、数控车床、数控铣床为主转向以加工中心、专用数控机床、成套设备为主。

●**国外数控机床的网络化** 随着计算机技术、网络技术日益普遍运用,数控机床走向网络化、集成化已成为必定的趋势和方向,互联网进入制造工厂的车间只是时间的问题。从另一角度来看,目前流行的 ERP 即工厂信息化对于制造业来说,仅仅局限于通常的治理部门〔人、财、物、产、供、销〕或设计、开发等等上层局部的信息化是远远不够的,工厂、车间的最底层加工设备——数控机床不能够连成网络或信息化就必定成为制造业工厂信息化的制约瓶颈,所谓的 ERP 就比较“虚”没有能够真正地解决制造工厂的最关键的问题。所以,对于面临日益全球化竞争的现代制造工厂来说,第一是要大大提高机床的数

控化率,即数控机床必需到达起码的数量或比例;其次就是所拥有的数控机床必需具有双向、高速的联网通讯功能,以保证信息流在工厂、车间的底层之间及底层与上层之间通讯的畅通无阻。

以 FANUC 和西门子为代表的数控系统生产厂商已在几年前推出了具有网络功能的数控系统。在这些系统中,除了传统的 RS232 接口外,还备有以太网接口,为数控机床联网供给了根本条件.由于国外企业的进展水平,数控机床的网络接口功能被定义为用于远程监控、远程诊断。

4. 1.3 数控机床的进展推测

●**数控机床推广应用逐步由经济型为主向普及型为主转变** 据推测分析,到 2023 年我国机床的数控化率为 9.5%10.36%,到 2023 年将到达 16.5%19.27%。经济型所占比重连续削减,普及型所占比重连续增长,高级型的需求缓慢增长。

●**数控金切机床的构成比渐渐趋于合理** 数控机床工序集中的加工特点,将使具有复合功能的高效数控机床的需求增长,这将导致数控机床拥有量和市场消费量中各类数控机床的构成比不同于传统的机床构成比。

●**数控机床的应用由单机向单元〔系统〕方向进展** 目前欧、美、日等国应用 DNC 已很普遍,柔性制造单元已占数控机床销售量的30%以上。而我国 FMC、FMS 和 FML 的拥有量缺乏 50 套,相当于日本 80 年月的水平,占数控机床消费额不到 5%。

●**出口前景良好** 1998 年及前几年我国机床工具的出口额徘徊在

5 亿美元左右，2023 年上升到 7.85 亿美元,随着东南亚经济复苏和我国出口多极化市场的形成和稳固，以及我国参加 WTO，今后几年我国机床出口将实现平稳、持续增长.估量到 2023 年出口创汇可到达 12 亿美元。

4.1.4 入世对中国机械工业的构造性冲击

参加 WTO 后,外资对我国机械工业的构造性冲击主要表现在以下几点：

●**局部行业进展主导权有可能受到冲击** 在以下行业将表现得更为突出:一是在国内处于市场成长期、外方把握专有技术并处于垄断地位的技术密集型行业，如燃气轮机、直流输电关键设备、半喂入式水稻联合收割机、机电一体化的汽车发动机附配件等；二是单靠有限市场难以发挥企业生产力量、迫切需要全球市场支撑的行业,如高压开关、大型变压器、高档科学仪器、高档数控系统、智能化工业掌握系统等；三是国内外制造本钱相差较大、外方享有明显的品牌优势、在华设厂可以在世界市场猎取丰厚利润的劳动密集型或易于流通的装配型产品德业，如照相机、复印机、局部工业和民用仪表、高品质低压电器等。

●**工程成套行业将面临更严峻的竞争** 随着效劳贸易领域对外开放,实力雄厚的国外公司可能更乐观地到国内举办由其掌握的、以工程承包为主要业务的工程公司，以其母公司产品为后盾，以生疏国内状况的中方雇员为业务骨干，与我内资企业开放剧烈的竞争。

●**我国机械工业自主技术创的乐观性有可能被抑制** 由于外资

在华机械企业主要担当制造车间的角色，技术来源主要依靠其母公司，而原本就实力有限的内资企业在完全开放的市场竞争中坚持自行研制开发将冒很大风险，为了节约投入，提高产品的形象，多数内资企业将尽可能与外方合作，承受国际同行的技术进展生产。

●**处于稚嫩期的自主产业的成长环境趋于严峻** 由于国外企业将更加不愿转让技术，更情愿通过在华举办由他们掌握的企业来与内资机械企业争夺中国用户的订单，国内用户也有了更多的便利选购外资产品，从而局部处于成长初期的重要产品自主产业的培育壮大将更困难。

4.2 数控技术及装备是进展兴高技术产业和尖端工业的使能技术和最根本的装备

装备工业的技术水平和现代化程度打算着整个国民经济的水平和现代化程度，数控技术及装备是进展兴高技术产业和尖端工业〔如信息技术及其产业、生物技术及其产业、航空、航天等国防工业产业〕的使能技术和最根本的装备。马克思曾经说过“各种经济时代的区分，不在于生产什么，而在于怎样生产，用什么劳动资料生产”。制造技术和装备就是人类生产活动的最根本的生产资料，而数控技术又是当今先进制造技术和装备最核心的技术。当今世界各国制造业广泛承受数控技术，以提高制造力量 and 水平，提高对动态多变市场的适应力量 and 竞争力量。此外世界上各工业兴旺国家还将数控技术及数控装备列为国家的战略物资，不仅实行重大措施来进展自己的数控技术及其产业，而且在“高精尖”数控关键技术和装备方面对我国实行封锁和限制政

策。总之，大力进展以数控技术为核心的先进制造技术已成为世界各国兴旺国家加速经济进展、提高综合国力和国家地位的重要途径。

数控技术是用数字信息对机械运动和工作过程进展掌握的技术，数控装备是以数控技术为代表的技术对传统制造产业和兴制造业的渗透形成的机电一体化产品，即所谓的数字扮装备，其技术范围掩盖很多领域：(1)机械制造技术；〔2〕信息处理、加工、传输技术；(3)自动掌握技术；〔4〕伺服驱动技术；〔5〕传感器技术；〔6〕软件技术等。

4. 2. 1 数控技术的进展趋势

数控技术的应用不但给传统制造业带来了革命性的变化，使制造业成为工业化的象征，而且随着数控技术的不断进展和应用领域的扩大,他对国计民生的一些重要行业 (IT、汽车、轻工、医疗等)的进展起着越来越重要的作用,由于这些行业所需装备的数字化已是现代进展的大趋势.从目前世界上数控技术及其装备进展的趋势来看，其主要争论热点有以下几个方面。

●**高速、高精加工技术是装备的趋势** 效率、质量是先进制造技术的主体。高速、高精加工技术可极大地提高效率,提高产品的质量和档次，缩短生产周期和提高市场竞争力量。为此日本先端技术争论会将其列为 5 大现代制造技术之一，国际生产工程学会〔CIRP〕将其确定为 21 世纪的中心争论方向之一。

在轿车工业领域，年产 30 万辆的生产节拍是 40 秒/辆，而且多品种加工是轿车装备必需解决的重点问题之一；在航空和宇航工业领

域，其加工的零部件多为薄壁和薄筋，刚度很差，材料为铝或铝合金，只有在高切削速度和切削力很小的状况下，才能对这些筋、壁进展加工。近来承受大型整体铝合金坯料“掏空”的方法来制造机翼、机身等大型零件来替代多个零件通过众多的铆钉、螺钉和其他联结方式拼装，使构件的强度、刚度和牢靠性得到提高。这些都对加工装备提出了高速、高精和高柔性的要求。

目前高速加工中心进给速度可达 80m/min，甚至更高，空运行速度可达 100m/min 左右。目前世界上很多汽车厂，包括我国的上海通用汽车公司，已经承受以高速加工中心组成的生产线局部替代组合机床。美国 CINCINNATI 公司的 HyperMach 机床进给速度最大达 60m/min，快速为 100m/min，加速度达 2g，主轴转速已达 60000r/min。加工一薄壁飞机零件，只用 30min，而同样的零件在一般高速铣床加工需 3h，在一般铣床加工需 8h；德国 DMG 公司的双主轴车床的主轴速度及加速度分别达 12023r/min 和 1g。

在加工精度方面，近 10 年来，一般级数控机床的加工精度已由 10 μ m 提高到 5 μ m，周密级加工中心则从 3~5 μ m，提高到 1~1.5 μ m，并且超周密加工精度已开头进入纳米级〔0.01 μ m〕。

在牢靠性方面，国外数控装置的 MTBF 值已达 6 000h 以上，伺服系统的 MTBF 值到达 30000h 以上，表现出格外高的牢靠性。

为了实现高速、高精加工，与之配套的功能部件如电主轴、直线电机得到了快速的进展，应用领域进一步扩大。

●5 轴联动加工和复合加工机床快速进展 承受 5 轴联动对三维

曲面零件的加工，可用刀具最正确几何外形进展切削,不仅光滑度高，而且效率也大幅度提高.一般认为,1台5轴联动机床的效率可以等于2台3轴联动机床,特别是使用立方氮化硼等超硬材料铣刀进展高速铣削淬硬钢零件时,5轴联动加工可比3轴联动加工发挥更高的效益。但过去因5轴联动数控系统、主机构造简单等缘由，其价格要比3轴联动数控机床高出数倍，加之编程技术难度较大,制约了5轴联动机床的进展。

当前由于电主轴的消灭，使得实现5轴联动加工的复合主轴头构造大为简化,其制造难度和本钱大幅度降低，数控系统的价格差距缩小。因此促进了复合主轴头类型5轴联动机床和复合加工机床(含5面加工机床)的进展。

日本工机的5面加工机床承受复合主轴头，可实现4个垂直平面的加工和任意角度的加工，使得5面加工和5轴加工可在同一台机床上实现,还可实现倾斜面和倒锥孔的加工。德国DMG公司展出DMUVoution系列加工中心，可在一次装夹下5面加工和5轴联动加工，可由CNC系统掌握或CAD/CAM直接或间接掌握。

●**智能化、开放式、网络化成为当代数控系统进展的主要趋势** 21世纪的数控装备将是具有肯定智能化的系统，智能化的内容包括在数控系统中的各个方面:为追求加工效率和加工质量方面的智能化,如加工过程的自适应掌握，工艺参数自动生成；为提高驱动性能及使用连接便利的智能化,如前馈掌握、电机参数的自适应运算、自动识别负载自动选定模型、自整定等;简化编程、简化操作方面的智能化,如智能化的自动编程、智能化的人机界面等;还有智能诊断、智能监控方面的内

