



21世纪高等学校应用型规划教材

数控

机床构造

■ 主 编 蔡厚道 吴 晔

■ 主 审 张岐生

Shukong

jichuang gouzao



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪高等学校应用型规划教材

TG659

176

2007

数控机床构造

主编 蔡厚道 吴 晔
主审 张岐生

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书系统介绍了数控机床的概述、数控机床的主传动系统、数控机床的进给传动系统、自动换刀装置、数控机床的辅助装置、数控机床的液压与气压装置、常用数控机床、数控机床调试、使用与维护、新技术在数控机床中的应用等内容。全书是按照常用数控机床基本概念、基本结构, 调试、使用与维护, 新技术的应用几个部分来讲述。内容全面、综合, 深入浅出, 既考虑到目前数控机床应用的实际情况又考虑到数控机床的发展趋势。

本书可作为五年制高职高专以及其他高职高专院校和中等职业学校数控技术、机电一体化、机械制造及自动化、模具设计与制造等专业教学和技能考核培训教学用书, 亦可作为各本科院校教学参考书以及工厂操作、编程、设计与维修等工程技术人员的自学参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床构造 / 蔡厚道, 吴晔主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2007. 2

21 世纪高等学校应用型规划教材

ISBN 978 - 7 - 5640 - 0910 - 6

I. 数… II. ①蔡…②吴… III. 数控机床 - 构造 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 016360 号

出版发行/ 北京理工大学出版社

社 址/ 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编/ 100081

电 话/ (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/ [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销/ 全国各地新华书店

印 刷/ 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本/ 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张/ 27.25

字 数/ 546 千字

版 次/ 2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷

印 数/ 1 ~ 4000 册

定 价/ 39.00 元

责任校对/ 陈玉梅

责任印制/ 吴皓云

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

出版说明

当前，高度发达的制造业和先进的制造技术已经成为衡量一个国家综合经济实力和科技水平的重要标志之一，成为一个国家在竞争激烈的国际市场上获胜的关键因素。

如今，中国已成为制造业大国，但还不是制造业强国。我们要从制造业大国走向制造业强国，必须大力发展以数控技术为主的先进制造技术，提高计算机辅助设计与制造（CAD/CAM）的技术水平。

制造业要发展，人才是关键。尽快培养一批高技能人才和高素质劳动者，是先进制造业实现技术创新和技术升级的迫切要求。高等职业教育既担负着培养高技能人才的任务，也为自身的发展提供了难得的机遇。

为适应制造业的深层次发展和数控技术的广泛应用，根据高等职业教育发展与改革的新形势，北京理工大学出版社组织知名专家、学者，与生产制造企业的技术人员反复研讨，以教育部《关于加强高职高专人才培养工作的若干意见》等文件对高职高专人才培养的要求为指导思想，确立了“满足制造业对人才培养的需求，适应行业技术改革，紧跟前沿技术发展”的思路，编写了这套高职高专教材。本套教材力图实现：以培养综合素质为基础，以能力为本位，把提高学生的职业能力放在突出位置，加强实践性教学环节，使学生成为企业生产服务一线迫切需要的高素质劳动者；以企业需求为基本依据，以就业为导向，增强针对性，又兼顾适应性；课程设置和教学内容适应技术发展，突出机电类专业领域的新知识、新技术、新工艺和新方法；教学组织以学生为主体，提供选择和创新的空間，构建开放、富有弹性、充满活力的课程体系，适应学生个性化发展的需要。

本套教材的主要特色有：

1. 借鉴国内外职业教育先进教学模式，顺应现代职业教育教学制度的改革趋势；
2. 以就业为导向，进行了整体优化；
3. 理论与实践一体化，强化了知识性和实践性的统一。

本套教材适合于作为高职高专院校机电一体化、数控技术、机械制造及自动化、模具设计与制造等专业的课程教学和技能培训用书。

北京理工大学出版社

前 言

数控技术是综合应用计算机、自动控制、自动检测及精密机械等高新技术的产物。它已开始在各个领域普及,并且它所带来的巨大效益,已引起了世界各国科技与工业界的普遍重视。目前,随着国内数控机床用量的剧增,急需培养一大批数控应用型高级技术人才。为了适应我国高等职业技术教育发展及数控应用型技术人才培养的需要,编写了此书。

基于目前数控教学的特点,编者根据多年的一线操作和教学经验,并借鉴一直在机加工岗位从事操作人员的经验,我们开发了既能适应高职高专教学需要,又能适应其他不同层次学习者的要求的教材,也可以作为生产企业、公司、工厂等有关技术人员的参考书。

本书取材新颖,内容由浅入深、循序渐进、图文并茂、实例丰富、着重于应用,理论部分突出简明性、系统性、实用性和先进性。第一章主要介绍了数控机床的产生与发展、数控机床的工作原理、组成、分类、特点、性能及应用范围;第二章介绍了数控机床的主传动系统(主要有对数控机床主传动系统的要求与特点、数控机床主轴的传动方式与主传动系统类型、主轴部件、主轴准停与主轴的同步运行功能、主轴润滑与密封、电主轴);第三章介绍了数控机床的进给传动系统(主要有对数控机床进给传动系统的要求、联轴器、减速机构、静压丝杠螺母副、齿轮传动副、齿轮齿条传动与直线电机传动、双导程蜗杆蜗轮副与静压蜗杆—蜗轮条传动、数控机床导轨);第四章介绍了自动换刀装置(主要有ATC刀具自动换刀、刀库、机械手、自动换刀装置、刀库自动换刀过程与换刀实例);第五章介绍了数控机床的辅助装置(数控机床用工作台、数控机床用附件、数控机床的支承件、润滑系统、自动排屑装置);第六章介绍了数控机床的液压与气压装置(主要有液压与气压传动简介、液压与气压传动的主要元件应用简介、数控机床上液压系统的构成及其回路、液压与气压传动系统在数控机床上的应用、数控机床润滑系统);第七章介绍了常用数控机床(数控车床、数控铣床、加工中心、特种加工机床);第八章介绍了数控机床调试、使用与维护(主

要有数控机床的安装与调试、数控机床的检测与验收、数控机床的选用、数控机床的使用与维护保养、数控机床的生产管理)；第九章介绍了新技术在数控机床中的应用(柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)、工业机器人)。

本书共有九章，由江西蓝天学院蔡厚道、吴玮主编，江西蓝天学院张岐生教授主审，其中第一章、第二章、第三章、第四章、第五章、第七章、第八章第一节、附录由江西蓝天学院蔡厚道编写；第六章、第八章第二节、第三节、第九章第三节由江西蓝天学院吴玮编写；第八章第四节、第九章第二节由江西蓝天学院徐明编写；第八章第五节、第九章第一节由江西蓝天学院罗春华编写。全书由蔡厚道统稿。

另外，本书编写时还参阅了许多高等院校、公司的教材和资料。并得到了从事数控车、数控铣、加工中心操作的技师、高级技师的宝贵建议和大力帮助，在此致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不足之处，望读者和同仁提出宝贵意见。

编者

目 录

第 1 章 数控机床概述	(1)
1.1 数控机床的产生与发展	(1)
1.1.1 数控机床的产生与发展过程	(1)
1.1.2 数控机床的发展趋势	(2)
1.1.3 我国数控机床的发展状况	(5)
1.2 机床中有关数控的基本概念	(6)
1.3 数控机床的组成与工作原理	(7)
1.3.1 数控机床的组成	(7)
1.3.2 数控机床的工作原理	(10)
1.4 数控机床的分类	(10)
1.4.1 按工艺用途分类	(10)
1.4.2 按机床运动轨迹分类	(13)
1.4.3 按伺服系统控制方式分类	(15)
1.4.4 按数控系统功能水平分类	(16)
1.5 数控机床的特点	(17)
1.5.1 数控机床的设计特点	(17)
1.5.2 数控机床的加工特点	(17)
1.5.3 数控机床的结构特点	(18)
1.6 数控机床的主要性能指标与功能	(19)
1.6.1 数控机床的规格指标	(19)
1.6.2 数控机床的精度指标	(20)
1.6.3 数控机床的运动指标	(21)
1.6.4 可靠性指标	(21)
1.6.5 数控机床的主要功能	(21)
1.7 数控机床的应用范围	(24)
1.8 数控机床主要技术参数	(24)

思考与练习题	(31)
第2章 数控机床的主传动系统	(32)
2.1 对数控机床主传动系统的要求与特点	(32)
2.1.1 数控机床对主传动系统的要求	(32)
2.1.2 数控机床主传动系统的特点	(32)
2.2 数控机床主轴的传动方式与主传动系统类型	(33)
2.2.1 数控机床主轴的传动方式	(33)
2.2.2 数控机床主传动系统类型	(38)
2.3 主轴部件	(41)
2.3.1 数控机床的主轴	(41)
2.3.2 主轴的材料与热处理	(42)
2.3.3 数控机床主轴部件的支承	(43)
2.3.4 主轴轴承的装配	(47)
2.3.5 主轴滚动轴承的预紧	(47)
2.3.6 主轴内切屑清除装置	(48)
2.4 主轴准停与主轴的同步运行功能	(49)
2.4.1 主轴准停功能与控制	(49)
2.4.2 主轴准停装置	(53)
2.4.3 主轴的同步运行功能	(55)
2.5 主轴润滑与密封	(56)
2.5.1 主轴润滑	(56)
2.5.2 主轴密封	(57)
2.6 电主轴	(59)
思考与练习题	(62)
第3章 数控机床的进给传动系统	(63)
3.1 对数控机床进给传动系统的要求	(63)
3.2 联轴器	(64)
3.3 减速机构	(67)
3.3.1 齿轮传动装置	(67)
3.3.2 同步齿形带	(67)
3.4 滚珠丝杠螺母副	(68)
3.4.1 滚珠丝杠螺母副的工作原理与特点	(68)

3.4.2	滚珠丝杠螺母副的循环方式	(69)
3.4.3	螺旋滚道型面	(70)
3.4.4	滚珠丝杠螺母副间隙的消除	(71)
3.4.5	滚珠丝杠螺母副的支承与制动	(73)
3.4.6	滚珠丝杠的预拉伸	(75)
3.4.7	滚珠丝杠螺母副的防护	(76)
3.4.8	滚珠丝杠螺母副的参数、代号、精度等级和标注	(77)
3.4.9	滚珠丝杠副的选择方法	(81)
3.5	静压丝杠螺母副	(81)
3.6	齿轮传动副	(84)
3.6.1	直齿圆柱齿轮副消除	(84)
3.6.2	斜齿圆柱齿轮副消除	(85)
3.6.3	锥齿轮副消除	(85)
3.7	齿轮齿条传动与直线电机传动	(87)
3.7.1	齿轮齿条传动	(87)
3.7.2	直线电机传动	(91)
3.8	双导程蜗杆蜗轮副与静压蜗杆—蜗轮条传动	(94)
3.8.1	双导程蜗杆蜗轮副	(94)
3.8.2	静压蜗杆—蜗轮条传动	(96)
3.9	数控机床导轨	(98)
3.9.1	对数控机床导轨的要求	(98)
3.9.2	常用数控机床导轨	(99)
3.9.3	导轨间隙的调整、润滑与防护	(108)
	思考与练习题	(111)

第4章 自动换刀装置

4.1	ATC 刀具自动换刀	(112)
4.1.1	ATC 刀具自动换刀装置的基本要求	(112)
4.1.2	刀具的选择方式	(112)
4.2	刀库	(116)
4.2.1	刀库的类型	(116)
4.2.2	刀库的容量	(118)
4.2.3	刀库结构	(119)
4.2.4	刀库的转位	(121)

4.3	机械手	(122)
4.3.1	机械手的形式与种类	(122)
4.3.2	常用换刀机械手	(123)
4.3.3	手爪形式	(125)
4.3.4	机械手结构原理	(125)
4.3.5	机械手的驱动机构	(126)
4.4	自动换刀装置	(128)
4.4.1	数控车床刀架	(128)
4.4.2	加工中心自动换刀装置	(136)
4.5	刀库自动换刀过程与换刀实例	(141)
4.5.1	刀库自动换刀过程	(141)
4.5.2	换刀实例	(143)
	思考与练习题	(145)
第5章	数控机床的辅助装置	(147)
5.1	数控机床用工作台	(147)
5.1.1	数控回转工作台	(147)
5.1.2	分度工作台	(152)
5.1.3	工作台	(156)
5.2	数控机床用附件	(159)
5.2.1	卡盘	(159)
5.2.2	尾座	(162)
5.2.3	分度头	(163)
5.2.4	常用铣削刀柄	(164)
5.2.5	三坐标测量机	(171)
5.2.6	机外对刀仪	(174)
5.2.7	寻边器与Z轴设定器	(176)
5.3	数控机床的支承件	(177)
5.4	润滑系统	(183)
5.5	自动排屑装置	(185)
	思考与练习题	(187)
第6章	数控机床的液压与气压装置	(188)
6.1	液压与气压传动简介	(188)

6.1.1	液压与气压传动的工作原理	(188)
6.1.2	液压与气压传动系统的构成	(189)
6.1.3	液压与气压传动的特点	(189)
6.2	液压与气压传动的主要元件应用简介	(190)
6.2.1	动力元件	(190)
6.2.2	液压电机和气压电机	(193)
6.2.3	动力缸	(195)
6.2.4	控制元件	(196)
6.2.5	辅助元件	(202)
6.3	数控机床上液压系统的构成及其回路	(202)
6.3.1	压力控制回路	(202)
6.3.2	速度控制回路	(206)
6.3.3	方向控制回路	(208)
6.4	液压与气压传动系统在数控机床上的应用	(210)
6.4.1	平面磨床工作台液压系统	(210)
6.4.2	TND360 数控车床液压系统	(211)
6.5	数控机床润滑系统	(213)
6.5.1	油脂润滑方式	(213)
6.5.2	油液润滑方式	(214)
6.6	数控机床上液压与气压系统的维护	(215)
6.6.1	液压系统的维护要点	(215)
6.6.2	液压系统的点检	(216)
6.6.3	气动系统的维护要点	(216)
6.6.4	气动系统的点检	(217)
	思考与练习题	(218)

第7章 常用数控机床 (219)

7.1	数控车床	(219)
7.1.1	概述	(219)
7.1.2	数控车床的分类	(219)
7.1.3	数控车床的组成与布局	(221)
7.1.4	数控车床的特点与工艺范围	(225)
7.1.5	数控车床的传动系统与机械结构	(227)
7.1.6	数控车床的卡盘和尾架	(235)

7.2	数控铣床	(236)
7.2.1	概述	(236)
7.2.2	数控铣床的分类	(237)
7.2.3	数控铣床的组成与布局	(239)
7.2.4	数控铣床的特点与工艺范围	(241)
7.2.5	数控铣床的传动系统与结构	(244)
7.3	加工中心	(247)
7.3.1	概述	(247)
7.3.2	加工中心的分类	(247)
7.3.3	加工中心的组成与布局	(250)
7.3.4	加工中心的特点与工艺范围	(252)
7.3.5	加工中心的传动系统与结构	(253)
7.4	特种加工机床	(258)
7.4.1	概述	(258)
7.4.2	数控电火花线切割机床	(259)
7.4.3	电火花成型机	(271)
	思考与练习题	(278)
第8章	数控机床的应用	(279)
8.1	数控机床的安装与调试	(279)
8.1.1	数控机床的安装	(279)
8.1.2	数控机床的调试	(280)
8.2	数控机床的检测与验收	(283)
8.2.1	机床外观的检查	(283)
8.2.2	机床几何精度的检查	(283)
8.2.3	机床定位精度的检查	(284)
8.2.4	机床切削精度的检查	(285)
8.2.5	机床性能及数控系统性能检查	(285)
8.3	数控机床的选用	(287)
8.4	数控机床的使用与维护保养	(292)
8.4.1	数控机床的使用要求	(292)
8.4.2	数控机床操作维护使用要求	(293)
8.4.3	数控机床运行使用中的注意事项	(295)
8.4.4	数控机床的维护保养	(297)

8.5 数控机床的生产管理	(300)
8.5.1 应用数控技术的生产准备	(300)
8.5.2 编程系统的选择	(309)
8.5.3 数控机床的生产管理	(311)
思考与练习题	(317)
第9章 新技术在数控机床中的应用	(318)
9.1 柔性制造系统 (FMS)	(318)
9.1.1 FMS 的产生与发展	(318)
9.1.2 FMS 的定义、组成与工作原理	(322)
9.1.3 FMS 的分类、特点与作用	(326)
9.1.4 FMS 自动加工系统	(327)
9.1.5 FMS 的物流系统	(331)
9.1.6 FMS 的信息流系统	(337)
9.2 计算机集成制造系统 (CIMS)	(340)
9.2.1 CIMS 的产生与发展	(340)
9.2.2 CIMS 的基本概念与组成	(342)
9.2.3 CIMS 的体系结构	(348)
9.2.4 CIMS 中的先进制造模式	(351)
9.3 工业机器人	(363)
9.3.1 工业机器人的发展史	(363)
9.3.2 工业机器人的组成与分类	(367)
9.3.3 工业机器人的控制技术	(372)
思考与练习题	(380)
附录1 国产各类数控机床的技术规格	(381)
附录2 常用液压与气动图形符号	(414)
参考文献	(421)

第 1 章

数控机床概述

科学技术和社会生产的不断发展,对机械产品的性能、质量、生产率和成本提出了越来越高的要求。机械加工工艺过程自动化是实现上述要求的重要技术措施之一。单件、小批生产占机械加工的 80% 左右,一种适合于产品更新换代快、品种多、质量和生产率高、成本低的自动化生产设备的应用已迫在眉睫。而数控机床则能适应这种要求,满足目前生产需求。

20 世纪 40 年代以来,汽车、飞机和导弹制造工业发展迅速,原来的加工设备已无法承担加工航空工业需要的复杂型面零件。数控技术是为了解决复杂型面零件加工的自动化而产生的。1948 年,美国帕森斯 (Parsons) 公司在研制加工直升机叶片轮廓检验用样板的机床时,首先提出了应用电子计算机控制机床来加工样板曲线的设想。后来与美国空军签订合同,帕森斯 (Parsons) 公司与麻省理工学院 (MIT) 伺服机构研究所合作进行研制工作。1952 年试制成功第一台三坐标立式数控铣床。后来,又经过改进并开展自动编程技术的研究,于 1955 年进入实用阶段,这对加工复杂曲面和促进美国飞机制造业的发展起了重要作用。

1958 年我国开始研制数控机床,1975 年研制出第一台加工中心。目前,在数控技术领域,我国同先进国家之间还存在不小的差距,但这种差距正在缩小。数控技术的应用也从机床控制拓展到其他控制设备,如,数控电火花线切割机床、数控测量机和工业机器人等。

1.1 数控机床的产生与发展

1.1.1 数控机床的产生与发展过程

1946 年诞生了世界上第一台电子计算机,它为人类进入信息社会奠定了基础。六年后,即 1952 年,计算机技术应用到了机床上,在美国诞生了第一台数控机床。从此,传统机床产生了质的变化。近半个世纪以来,数控机床经历了两个阶段和六代的发展。

1. 数控 (NC) 阶段 (1952 年—1970 年)

早期计算机的运算速度低,这对当时的科学计算和数据处理影响还不大,但不能适应机床实时控制的要求。人们不得不采用数字逻辑电路制成一台机床专用计算机作为数控系统;

这被称为硬件连接数控 (HARD - WIRED NC), 简称为数控 (NC)。随着元器件的发展, 这个阶段经历了三代, 即 1952 年的第一代——电子管数控机床; 1959 年的第二代——晶体管数控机床; 1965 年的第三代——集成电路数控机床。

2. 计算机数控 (CNC) 阶段 (1970 年—现在)

直到 1970 年, 通用小型计算机业已出现并成批生产, 其运算速度比 20 世纪五六十年代有了大幅度的提高, 这比逻辑电路专用计算机成本低、可靠性高。于是将它移植过来作为数控系统的核心部件, 从此进入了计算机数控 (CNC) 阶段。1971 年, 美国 Intel 公司在世界上第一次将计算机的两个最核心的部件——运算器和控制器, 采用大规模集成电路技术集成在一块芯片上, 称之为微处理器 (MICRO - PROCESSOR), 又称中央处理单元 (简称 CPU)。1974 年, 微处理器被应用于数控系统。这是因为小型计算机功能太强, 控制一台机床能力有多余, 但不及采用微处理器经济合理, 而且当时的小型计算机可靠性也不理想。虽然早期的微处理器速度和功能都还不够高, 但可以通过多处理器结构来解决。

因为微处理器是通用计算机的核心部件, 故仍称为计算机数控。到了 1990 年, PC 机 (个人计算机, 国内习惯上称为微机) 的性能已发展到很高的阶段, 可满足作为数控系统核心部件的要求, 而且 PC 机生产批量很大, 价格便宜, 可靠性高。数控系统从此进入了基于 PC 的阶段。

总之, 计算机数控阶段也经历了三代, 即 1970 年的第四代——小型计算机数控机床; 1974 年的第五代——微型计算机数控系统; 1990 年的第六代——基于 PC (国外称为 PC - BASED) 的数控机床。

1.1.2 数控机床的发展趋势

随着计算机技术的发展, 数控机床不断采用计算机、控制理论等领域的最新技术成就, 它的性能日臻完善, 应用领域日益扩大。同时, 为了满足市场和科学技术发展的需要, 为了达到现代制造技术对数控技术提出的更高的要求, 当前, 世界数控技术及其装备正朝着下述几个方向发展。

1. 高速、高效和高精度

高速、高效和高精度是机械加工的目标。要提高加工效率, 首先必须提高切削和进给速度, 同时还要缩短加工时间; 要确保加工质量, 必须提高机床部件运动轨迹的精度, 而可靠性则是上述目标的基本保证。为此, 必须要有高性能的数控装置作保证。

(1) 高速。

随着汽车、国防、航空、航天等工业的高速发展以及铝合金等新材料的应用, 对数控机床加工的高速化要求越来越高。超高速加工技术对制造业实现高效、优质、低成本生产有广泛的适用性。

① 主轴转速: 机床采用电主轴 (内装式主轴电机), 主轴最高转速达 200 000 r/min。

② 进给率：在分辨率为 $0.01\ \mu\text{m}$ 时，最大进给率达到 $240\ \text{m/min}$ 且可获得复杂型面的精确加工。

③ 运算速度：微处理器的迅速发展为数控系统向高速、高精度方向发展提供了保障，开发出 CPU 已发展到 32 位以及 64 位的数控系统，频率提高到几百兆赫、上千兆赫。由于运算速度的极大提高，使得当分辨率为 $0.1\ \mu\text{m}$ 、 $0.01\ \mu\text{m}$ 时仍能获得高达 $24 \sim 240\ \text{m/min}$ 的进给速度。

④ 换刀速度：目前国外先进加工中心的刀具交换时间普遍已在 $1\ \text{s}$ 左右，高的已达到 $0.5\ \text{s}$ 。德国 Chiron 公司将刀库设计成篮子样式，以主轴为轴心，刀具在圆周布置，其刀到刀的换刀时间仅 $0.9\ \text{s}$ 。

新一代数控机床（含加工中心）只有通过高速化大幅度缩短切削工时才可能进一步提高生产率。超高速加工特别是超高速铣削与新一代高速数控机床特别是高速加工中心的开发应用紧密相关。随着超高速切削机理、超硬耐磨长寿命刀具材料和磨料磨具，大功率高速电主轴、高加/减速度直线电机驱动进给部件以及高性能控制系统（含监控系统）和防护装置等一系列技术领域关键技术的解决，应不失时机地开发应用新一代高速数控机床。

（2）高效。

依靠快速、准确的数字量传递技术对高性能的机床执行部件进行高精密度、高响应速度的实时处理，现在数控机床自动换刀时间最短可达 $0.5\ \text{s}$ 以内，采用新的刀库和换刀机械手，使选刀动作更快速、可靠；采用各种形式的交换工作台，使装卸工件的时间缩短；采用快换夹具、刀具装置以及实现对工件原点快速确定等，缩短时间定额，实现高效化。

（3）高精度。

从精密加工发展到超精密加工（特高精度加工），是世界各工业强国致力发展的方向。其精度从微米级到亚微米级，乃至纳米级（ $<10\ \text{nm}$ ），其应用范围日趋广泛。超精密加工主要包括超精密切削（车、铣）、超精密磨削、超精密研磨抛光以及超精密特种加工（三束加工及微细电火花加工、微细电解加工和各种复合加工等）。随着现代科学技术的发展，对超精密加工技术不断提出了新的要求。新材料及新零件的出现，更高精度要求的提出等都需要超精密加工工艺，发展新型超精密加工机床，完善现代超精密加工技术，以适应现代科技的发展。

精密化是为了适应高新技术发展的需要，也是为了提高数控机床的性能、质量和可靠性，减少其装配时的工作量，从而提高装配效率的需要。随着高新技术的发展和对数控机床性能与质量要求的提高，机床用户对机床加工精度的要求也越来越高。为了满足用户的需要，近 10 多年来，普通级数控机床的加工精度已由 $\pm 10\ \mu\text{m}$ 提高到 $\pm 5\ \mu\text{m}$ ，精密级加工中心的加工精度则从（ $\pm 3 \sim 5$ ） μm ，提高到（ $\pm 1 \sim 1.5$ ） μm 。

2. 高可靠性

高可靠性是指数控系统的可靠性要高于被控设备的可靠性一个数量级以上，但也不是可靠性越高越好，仍然是适度可靠，因为是商品，受性能价格比的约束。对于每天工作两班的