



全国本科院校机械类**创新型**应用人才培养规划教材

# 数控技术

主 编 唐友亮 余 勃  
主 审 饶华球

知识体系合理，符合认知性  
基础内容丰富，展现理论性  
案例分析清晰，突出实用性



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

013028015

TG659-43

129

全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材

# 数控技术

## Numerical Control Technology

主 编 唐友亮 余 勃  
副主编 刘 萍 贾小伟 何仁琪  
参 编 刘美侠 刘 祎 吴 凯  
主 审 饶华球



TG659-43  
129



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS



北航

C1636947

0108990710

## 内 容 简 介

本书基于应用型人才培养的要求,从数控技术的实用性出发,着重叙述了数控程序的编制、插补原理与刀具补偿技术、计算机数控系统、数控机床的主轴驱动与控制、进给轴的驱动与控制等方面的内容,同时还叙述了数控技术的基本概念、数控机床的机械结构以及数控机床的选用、安装调试、维护与故障诊断等内容,内容全面、系统,且重点突出。全书注重理论联系实际,各章既有联系,又有一定的独立性。全书每章均附有思考与练习题,题型多样。

本书可作为高等院校本科机械类专业教材,也可供企事业单位从事数控技术开发与应用的工程技术人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

数控技术/唐友亮,余勃主编. —北京:北京大学出版社,2013.2

(全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-22073-3

I. ①数… II. ①唐… ②余… III. ①数控技术—高等学校—教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 022467 号

书 名: 数控技术

著作责任者: 唐友亮 余 勃 主编

策 划 编 辑: 童君鑫

责 任 编 辑: 童君鑫 黄红珍

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-22073-3/TH·0335

出 版 发 行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电 子 信 箱: [pup\\_6@163.com](mailto:pup_6@163.com)

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 23 印张 534 千字

2013 年 2 月第 1 版 2013 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 45.00 元

---

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子邮箱: [fd@pup.pku.edu.cn](mailto:fd@pup.pku.edu.cn)

# 前 言

数控技术是通过计算机用数字化信息控制生产过程的一门自动化技术。数控技术是数控机床的核心技术，是机械制造业技术改造和技术更新的必由之路，是未来工厂自动化的重要基础。数控技术的应用和发展正在改变着机械制造业的面貌。随着制造业的发展，社会对掌握数控技术人才的需求越来越大，要求也越来越高。数控技术不仅具有较强的理论性，更具有较强的实用性，其内容范围覆盖很多领域：机械设计与制造技术、信息处理加工与传输技术、伺服驱动与控制技术、传感器技术、软件开发与网络技术等。数控技术是由各种技术相互交叉、渗透、有机结合而成的一门综合科学。本书主要介绍了数控编程的基础和方法、数控装置的轨迹控制原理、计算机数控系统的软硬件结构、数控机床伺服系统工作原理，还介绍了数控技术的基本概念、数控机床的应用和发展、数控机床的位置检测装置、数控机床用可编程控制器和数控机床的机械结构。

本书由宿迁学院的唐友亮和余勃任主编，宿迁学院的刘萍、江苏农林职业技术学院的贾小伟和长江师范学院的何仁琪任副主编。其中第1章由唐友亮编写，第2章由余勃和刘祎编写，第3章由刘萍编写，第4章由唐友亮和刘萍编写，第5章由唐友亮和刘美侠编写，第6章由何仁琪编写，第7章由贾小伟编写，第8章由吴凯编写。全书由唐友亮统稿和定稿，饶华球教授主审。

由于编者的水平所限，书中难免有欠妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2012年11月

## 北京大学出版社教材书目

✧ 欢迎访问教学服务网站 [www.pup6.com](http://www.pup6.com), 免费查阅已出版教材的电子书(PDF 版)、电子课件和相关教学资源。

✧ 欢迎征订投稿。联系方式: 010-62750667, 童编辑, 13426433315@163.com, pup\_6@163.com, 欢迎联系。

| 序号 | 书 名                   | 标准书号              | 主 编       | 定价 | 出版日期    |
|----|-----------------------|-------------------|-----------|----|---------|
| 1  | 机械设计                  | 978-7-5038-4448-5 | 郑 江, 许 瑛  | 33 | 2007.8  |
| 2  | 机械设计                  | 978-7-301-15699-5 | 吕 宏       | 32 | 2009.9  |
| 3  | 机械设计                  | 978-7-301-17599-6 | 门艳忠       | 40 | 2010.8  |
| 4  | 机械设计                  | 978-7-301-21139-7 | 王贤民, 霍仕武  | 49 | 2012.8  |
| 5  | 机械设计                  | 978-7-301-21742-9 | 师素娟, 张秀花  | 48 | 2012.12 |
| 6  | 机械原理                  | 978-7-301-11488-9 | 常治斌, 张京辉  | 29 | 2008.6  |
| 7  | 机械原理                  | 978-7-301-15425-0 | 王跃进       | 26 | 2010.7  |
| 8  | 机械原理                  | 978-7-301-19088-3 | 郭宏亮, 孙志宏  | 36 | 2011.6  |
| 9  | 机械原理                  | 978-7-301-19429-4 | 杨松华       | 34 | 2011.8  |
| 10 | 机械设计基础                | 978-7-5038-4444-2 | 曲玉峰, 关晓平  | 27 | 2008.1  |
| 11 | 机械设计基础                | 978-7-301-22011-5 | 苗淑杰, 刘喜平  | 49 | 2012.12 |
| 12 | 机械设计课程设计              | 978-7-301-12357-7 | 许 瑛       | 35 | 2012.7  |
| 13 | 机械设计课程设计              | 978-7-301-18894-1 | 王 慧, 吕 宏  | 30 | 2011.5  |
| 14 | 机电一体化课程设计指导书          | 978-7-301-19736-3 | 王金娥 罗生梅   | 35 | 2012.1  |
| 15 | 机械工程专业毕业设计指导书         | 978-7-301-18805-7 | 张黎骅, 吕小荣  | 22 | 2012.5  |
| 16 | 机械创新设计                | 978-7-301-12403-1 | 丛晓霞       | 32 | 2010.7  |
| 17 | 机械系统设计                | 978-7-301-20847-2 | 孙月华       | 32 | 2012.7  |
| 18 | 机械设计基础实验及机构创新设计       | 978-7-301-20653-9 | 邹旻        | 28 | 2012.6  |
| 19 | TRIZ 理论机械创新设计工程训练教程   | 978-7-301-18945-0 | 崩苏苏, 马履中  | 45 | 2011.6  |
| 20 | TRIZ 理论及应用            | 978-7-301-19390-7 | 刘训涛, 曹 贺等 | 35 | 2011.8  |
| 21 | 创新的方法——TRIZ 理论概述      | 978-7-301-19453-9 | 沈萌红       | 28 | 2011.9  |
| 22 | 机械工程基础                | 978-7-301-21853-2 | 潘玉良, 周建军  | 34 | 2013.2  |
| 23 | 机械 CAD 基础             | 978-7-301-20023-0 | 徐云杰       | 34 | 2012.2  |
| 24 | AutoCAD 工程制图          | 978-7-5038-4446-9 | 杨巧绒, 张克义  | 20 | 2011.4  |
| 25 | 工程制图                  | 978-7-5038-4442-6 | 戴立玲, 杨世平  | 27 | 2012.2  |
| 26 | 工程制图                  | 978-7-301-19428-7 | 孙晓娟, 徐丽娟  | 30 | 2012.5  |
| 27 | 工程制图习题集               | 978-7-5038-4443-4 | 杨世平, 戴立玲  | 20 | 2008.1  |
| 28 | 机械制图(机类)              | 978-7-301-12171-9 | 张绍群, 孙晓娟  | 32 | 2009.1  |
| 29 | 机械制图习题集(机类)           | 978-7-301-12172-6 | 张绍群, 王慧敏  | 29 | 2007.8  |
| 30 | 机械制图(第 2 版)           | 978-7-301-19332-7 | 孙晓娟, 王慧敏  | 38 | 2011.8  |
| 31 | 机械制图                  | 978-7-301-21480-0 | 李风云, 张 凯等 | 36 | 2013.1  |
| 32 | 机械制图习题集(第 2 版)        | 978-7-301-19370-7 | 孙晓娟, 王慧敏  | 22 | 2011.8  |
| 33 | 机械制图                  | 978-7-301-21138-0 | 张 艳, 杨晨升  | 37 | 2012.8  |
| 34 | 机械制图习题集               | 978-7-301-21339-1 | 张 艳, 杨晨升  | 24 | 2012.10 |
| 35 | 机械制图与 AutoCAD 基础教程    | 978-7-301-13122-0 | 张爱梅       | 35 | 2011.7  |
| 36 | 机械制图与 AutoCAD 基础教程习题集 | 978-7-301-13120-6 | 鲁 杰, 张爱梅  | 22 | 2010.9  |
| 37 | AutoCAD 2008 工程绘图     | 978-7-301-14478-7 | 赵润平, 宗荣珍  | 35 | 2009.1  |
| 38 | AutoCAD 实例绘图教程        | 978-7-301-20764-2 | 李庆华, 刘晓杰  | 32 | 2012.6  |
| 39 | 工程制图案例教程              | 978-7-301-15369-7 | 宗荣珍       | 28 | 2009.6  |
| 40 | 工程制图案例教程习题集           | 978-7-301-15285-0 | 宗荣珍       | 24 | 2009.6  |
| 41 | 理论力学                  | 978-7-301-12170-2 | 盛冬发, 闫小青  | 29 | 2012.5  |
| 42 | 材料力学                  | 978-7-301-14462-6 | 陈忠安, 王 静  | 30 | 2011.1  |
| 43 | 工程力学(上册)              | 978-7-301-11487-2 | 毕勤胜, 李纪刚  | 29 | 2008.6  |
| 44 | 工程力学(下册)              | 978-7-301-11565-7 | 毕勤胜, 李纪刚  | 28 | 2008.6  |
| 45 | 液压传动                  | 978-7-5038-4441-8 | 王守城, 容一鸣  | 27 | 2009.4  |

|    |                              |                   |          |    |         |
|----|------------------------------|-------------------|----------|----|---------|
| 46 | 液压与气压传动                      | 978-7-301-13179-4 | 王守城, 容一鸣 | 32 | 2012.10 |
| 47 | 液压与液力传动                      | 978-7-301-17579-8 | 周长城等     | 34 | 2010.8  |
| 48 | 液压传动与控制实用技术                  | 978-7-301-15647-6 | 刘 忠      | 36 | 2009.8  |
| 49 | 金工实习指导教程                     | 978-7-301-21885-3 | 周哲波      | 30 | 2013.1  |
| 50 | 金工实习(第2版)                    | 978-7-301-16558-4 | 郭永环, 姜银方 | 30 | 2013.2  |
| 51 | 机械制造基础实习教程                   | 978-7-301-15848-7 | 邱 兵, 杨明金 | 34 | 2010.2  |
| 52 | 公差与测量技术                      | 978-7-301-15455-7 | 孔晓玲      | 25 | 2011.8  |
| 53 | 互换性与测量技术基础(第2版)              | 978-7-301-17567-5 | 王长春      | 28 | 2010.8  |
| 54 | 互换性与技术测量                     | 978-7-301-20848-9 | 周哲波      | 35 | 2012.6  |
| 55 | 机械制造技术基础                     | 978-7-301-14474-9 | 张 鹏, 孙有亮 | 28 | 2011.6  |
| 56 | 机械制造技术基础                     | 978-7-301-16284-2 | 侯书林 张建国  | 32 | 2012.8  |
| 57 | 机械制造技术基础                     | 978-7-301-22010-8 | 李菊丽, 何绍华 | 42 | 2013.1  |
| 58 | 先进制造技术基础                     | 978-7-301-15499-1 | 冯宪章      | 30 | 2011.11 |
| 59 | 先进制造技术                       | 978-7-301-20914-1 | 刘 璇, 冯 凭 | 28 | 2012.8  |
| 60 | 机械精度设计与测量技术                  | 978-7-301-13580-8 | 于 峰      | 25 | 2008.8  |
| 61 | 机械制造工艺学                      | 978-7-301-13758-1 | 郭艳玲, 李彦蓉 | 30 | 2008.8  |
| 62 | 机械制造工艺学                      | 978-7-301-17403-6 | 陈红霞      | 38 | 2010.7  |
| 63 | 机械制造工艺学                      | 978-7-301-19903-9 | 周哲波, 姜志明 | 49 | 2012.1  |
| 64 | 机械制造基础(上)——工程材料及热加工工艺基础(第2版) | 978-7-301-18474-5 | 侯书林, 朱 海 | 40 | 2013.2  |
| 65 | 机械制造基础(下)——机械加工工艺基础(第2版)     | 978-7-301-18638-1 | 侯书林, 朱 海 | 32 | 2012.5  |
| 66 | 金属材料及工艺                      | 978-7-301-19522-2 | 于文强      | 44 | 2013.2  |
| 67 | 金属工艺学                        | 978-7-301-21082-6 | 侯书林, 于文强 | 32 | 2012.8  |
| 68 | 工程材料及其成形技术基础                 | 978-7-301-13916-5 | 申荣华, 丁 旭 | 45 | 2010.7  |
| 69 | 工程材料及其成形技术基础学习指导与习题详解        | 978-7-301-14972-0 | 申荣华      | 20 | 2009.3  |
| 70 | 机械工程材料及成形基础                  | 978-7-301-15433-5 | 侯俊英, 王兴源 | 30 | 2012.5  |
| 71 | 机械工程材料                       | 978-7-5038-4452-3 | 戈晓岚, 洪 琢 | 29 | 2011.6  |
| 72 | 机械工程材料                       | 978-7-301-18522-3 | 张铁军      | 36 | 2012.5  |
| 73 | 工程材料与机械制造基础                  | 978-7-301-15899-9 | 苏子林      | 32 | 2009.9  |
| 74 | 控制工程基础                       | 978-7-301-12169-6 | 杨振中, 韩致信 | 29 | 2007.8  |
| 75 | 机械工程控制基础                     | 978-7-301-12354-6 | 韩致信      | 25 | 2008.1  |
| 76 | 机电工程专业英语(第2版)                | 978-7-301-16518-8 | 朱 林      | 24 | 2012.10 |
| 77 | 机械制造专业英语                     | 978-7-301-21319-3 | 王中任      | 28 | 2012.10 |
| 78 | 机床电气控制技术                     | 978-7-5038-4433-7 | 张万奎      | 26 | 2007.9  |
| 79 | 机床数控技术(第2版)                  | 978-7-301-16519-5 | 杜国臣, 王士军 | 35 | 2011.6  |
| 80 | 自动化制造系统                      | 978-7-301-21026-0 | 辛宗生, 魏国丰 | 37 | 2012.8  |
| 81 | 数控机床与编程                      | 978-7-301-15900-2 | 张洪江, 侯书林 | 25 | 2012.10 |
| 82 | 数控铣床编程与操作                    | 978-7-301-21347-6 | 王志斌      | 35 | 2012.10 |
| 83 | 数控技术                         | 978-7-301-21144-1 | 吴瑞明      | 28 | 2012.9  |
| 84 | 数控技术                         | 978-7-301-22073-3 | 唐友亮 余 勃  | 45 | 2013.2  |
| 85 | 数控加工技术                       | 978-7-5038-4450-7 | 王 彪, 张 兰 | 29 | 2011.7  |
| 86 | 数控加工与编程技术                    | 978-7-301-18475-2 | 李体仁      | 34 | 2012.5  |
| 87 | 数控编程与加工实习教程                  | 978-7-301-17387-9 | 张春雨, 于 雷 | 37 | 2011.9  |
| 88 | 数控加工技术及实训                    | 978-7-301-19508-6 | 姜永成, 夏广岚 | 33 | 2011.9  |
| 89 | 数控编程与操作                      | 978-7-301-20903-5 | 李英平      | 26 | 2012.8  |
| 90 | 现代数控机床调试及维护                  | 978-7-301-18033-4 | 邓三鹏等     | 32 | 2010.11 |
| 91 | 金属切削原理与刀具                    | 978-7-5038-4447-7 | 陈锡渠, 彭晓南 | 29 | 2012.5  |
| 92 | 金属切削机床                       | 978-7-301-13180-0 | 夏广岚, 冯 凭 | 28 | 2012.7  |
| 93 | 典型零件工艺设计                     | 978-7-301-21013-0 | 白海清      | 34 | 2012.8  |
| 94 | 工程机械检测与维修                    | 978-7-301-21185-4 | 卢彦群      | 45 | 2012.9  |
| 95 | 特种加工                         | 978-7-301-21447-3 | 刘志东      | 50 | 2013.1  |
| 96 | 精密与特种加工技术                    | 978-7-301-12167-2 | 袁根福, 祝锡晶 | 29 | 2011.12 |
| 97 | 逆向建模技术与产品创新设计                | 978-7-301-15670-4 | 张学昌      | 28 | 2009.9  |

|     |                                    |                   |           |    |         |
|-----|------------------------------------|-------------------|-----------|----|---------|
| 98  | CAD/CAM 技术基础                       | 978-7-301-17742-6 | 刘 军       | 28 | 2012.5  |
| 99  | CAD/CAM 技术案例教程                     | 978-7-301-17732-7 | 汤修映       | 42 | 2010.9  |
| 100 | Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 实用教程     | 978-7-5038-4437-X | 黄卫东, 任国栋  | 32 | 2007.7  |
| 101 | Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 实例教程     | 978-7-301-12359-1 | 张选民       | 45 | 2008.2  |
| 102 | Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 曲面设计实例教程 | 978-7-301-13182-4 | 张选民       | 45 | 2008.2  |
| 103 | Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 实用教程     | 978-7-301-16841-7 | 黄卫东, 郝用兴  | 43 | 2011.10 |
| 104 | Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 实例教程     | 978-7-301-20133-6 | 张选民, 徐超辉  | 52 | 2012.2  |
| 105 | SolidWorks 三维建模及实例教程               | 978-7-301-15149-5 | 上官林建      | 30 | 2009.5  |
| 106 | UG NX6.0 计算机辅助设计与制造实用教程            | 978-7-301-14449-7 | 张黎骅, 吕小荣  | 26 | 2011.11 |
| 107 | Cimatron E9.0 产品设计与数控自动编程技术        | 978-7-301-17802-7 | 孙树峰       | 36 | 2010.9  |
| 108 | Mastercam 数控加工案例教程                 | 978-7-301-19315-0 | 刘 文, 姜永梅  | 45 | 2011.8  |
| 109 | 应用创造学                              | 978-7-301-17533-0 | 王成军, 沈豫浙  | 26 | 2012.5  |
| 110 | 机电产品学                              | 978-7-301-15579-0 | 张亮峰等      | 24 | 2009.8  |
| 111 | 品质工程学基础                            | 978-7-301-16745-8 | 丁 燕       | 30 | 2011.5  |
| 112 | 设计心理学                              | 978-7-301-11567-1 | 张成忠       | 48 | 2011.6  |
| 113 | 计算机辅助设计与制造                         | 978-7-5038-4439-6 | 仲梁维, 张国全  | 29 | 2007.9  |
| 114 | 产品造型计算机辅助设计                        | 978-7-5038-4474-4 | 张慧妹, 刘永翔  | 27 | 2006.8  |
| 115 | 产品设计原理                             | 978-7-301-12355-3 | 刘美华       | 30 | 2008.2  |
| 116 | 产品设计表现技法                           | 978-7-301-15434-2 | 张慧妹       | 42 | 2012.5  |
| 117 | CorelDRAW X5 经典案例教程解析              | 978-7-301-21950-8 | 杜秋磊       | 40 | 2013.1  |
| 118 | 产品创意设计                             | 978-7-301-17977-2 | 虞世鸣       | 38 | 2012.5  |
| 119 | 工业产品造型设计                           | 978-7-301-18313-7 | 袁涛        | 39 | 2011.1  |
| 120 | 化工工艺学                              | 978-7-301-15283-6 | 邓建强       | 42 | 2009.6  |
| 121 | 构成设计                               | 978-7-301-21466-4 | 袁涛        | 58 | 2013.1  |
| 122 | 过程装备机械基础                           | 978-7-301-15651-3 | 于新奇       | 38 | 2009.8  |
| 123 | 过程装备测试技术                           | 978-7-301-17290-2 | 王毅        | 45 | 2010.6  |
| 124 | 过程控制装置及系统设计                        | 978-7-301-17635-1 | 张早校       | 30 | 2010.8  |
| 125 | 质量管理与工程                            | 978-7-301-15643-8 | 陈宝江       | 34 | 2009.8  |
| 126 | 质量管理统计技术                           | 978-7-301-16465-5 | 周友苏, 杨 飒  | 30 | 2010.1  |
| 127 | 人因工程                               | 978-7-301-19291-7 | 马如宏       | 39 | 2011.8  |
| 128 | 工程系统概论——系统论在工程技术中的应用               | 978-7-301-17142-4 | 黄志坚       | 32 | 2010.6  |
| 129 | 测试技术基础(第2版)                        | 978-7-301-16530-0 | 江征风       | 30 | 2010.1  |
| 130 | 测试技术实验教程                           | 978-7-301-13489-4 | 封士彩       | 22 | 2008.8  |
| 131 | 测试技术学习指导与习题详解                      | 978-7-301-14457-2 | 封士彩       | 34 | 2009.3  |
| 132 | 可编程控制器原理与应用(第2版)                   | 978-7-301-16922-3 | 赵 燕, 周新建  | 33 | 2010.3  |
| 133 | 工程光学                               | 978-7-301-15629-2 | 王红敏       | 28 | 2012.5  |
| 134 | 精密机械设计                             | 978-7-301-16947-6 | 田 明, 冯进良等 | 38 | 2011.9  |
| 135 | 传感器原理及应用                           | 978-7-301-16503-4 | 赵 燕       | 35 | 2010.2  |
| 136 | 测控技术与仪器专业导论                        | 978-7-301-17200-1 | 陈毅静       | 29 | 2012.5  |
| 137 | 现代测试技术                             | 978-7-301-19316-7 | 陈科山, 王燕   | 43 | 2011.8  |
| 138 | 风力发电原理                             | 978-7-301-19631-1 | 吴双群, 赵丹平  | 33 | 2011.10 |
| 139 | 风力机空气动力学                           | 978-7-301-19555-0 | 吴双群       | 32 | 2011.10 |
| 140 | 风力机设计理论及方法                         | 978-7-301-20006-3 | 赵丹平       | 32 | 2012.1  |

相关教学资源如电子课件、电子教材、习题答案等可以登录 [www.pup6.com](http://www.pup6.com) 下载或在线阅读。

扑六知识网([www.pup6.com](http://www.pup6.com))有海量的相关教学资源和电子教材供阅读及下载(包括北京大学出版社第六事业部的相关资源),同时欢迎您将教学课件、视频、教案、素材、习题、试卷、辅导材料、课改成果、设计作品、论文等教学资源上传到 [pup6.com](http://pup6.com), 与全国高校师生分享您的教学成就与经验, 并可自由设定价格, 知识也能创造财富。具体情况请登录网站查询。

如您需要免费纸质样书用于教学, 欢迎登陆第六事业部门户网([www.pup6.com](http://www.pup6.com))填表申请, 并欢迎在线登记选题以到北京大学出版社来出版您的大作, 也可下载相关表格填写后发到我们的邮箱, 我们将及时与您取得联系并做好全方位的服务。

扑六知识网将打造成全国最大的教育资源共享平台, 欢迎您的加入——让知识有价值, 让教学无界限, 让学习更轻松。

# 目 录

## 第 1 章 绪论

### (Chapter One Introduction) ... 1

- 1.1 基本概念(Basic Concepts) ..... 3
- 1.2 数控机床的工作过程与组成  
(Working Process and Components  
of Numerical Control  
Machine Tools) ..... 4
  - 1.2.1 数控机床的工作过程 ..... 4
  - 1.2.2 数控机床的组成 ..... 4
- 1.3 数控机床的特点及适用范围  
(Characteristics and Applied  
Fields of Numerical Control  
Machine Tools) ..... 6
  - 1.3.1 数控机床的特点 ..... 6
  - 1.3.2 数控机床适用的范围 ..... 7
- 1.4 数控机床的分类(Classification of  
Numerical Control  
Machine Tools) ..... 8
  - 1.4.1 按加工工艺分类 ..... 8
  - 1.4.2 按运动轨迹控制方式  
分类 ..... 9
  - 1.4.3 按进给伺服系统的控制  
原理分类 ..... 10
- 1.5 数控技术的发展(Development of  
Numerical Control  
Technology) ..... 11
- 1.6 常见数控系统介绍(Introduction of  
CNC System Widely Used) ..... 14
  - 1.6.1 华中数控系统 ..... 14
  - 1.6.2 西门子数控系统 ..... 16
  - 1.6.3 FANUC 系统 ..... 18
- 本章小结(Summary) ..... 21
- 推荐阅读资料  
(Recommended Readings) ..... 21
- 思考与练习(Exercises) ..... 21

## 第 2 章 数控机床的典型机械结构

### (Chapter Two Typical Mechanical Structures of CNC Machine Tools) ..... 23

- 2.1 数控机床的机械结构要求  
(Mechanical Structural Requirements  
for CNC Machine Tools) ..... 24
- 2.2 数控机床的总体布局(Overall Layouts  
of CNC Machine Tools) ..... 26
  - 2.2.1 数控车床的布局形式 ..... 26
  - 2.2.2 数控铣床的布局形式 ..... 27
  - 2.2.3 加工中心布局形式 ..... 27
- 2.3 数控机床的主传动机械结构  
(CNC Machine Tool's Main  
Transmission System) ..... 30
  - 2.3.1 数控机床主传动系统  
概述 ..... 30
  - 2.3.2 数控机床的主传动系统的  
机械结构 ..... 31
- 2.4 数控机床的进给传动机械结构  
(CNC Machine Tool  
Feed Drive System) ..... 36
  - 2.4.1 数控机床对进给传动系统  
机械结构的要求 ..... 36
  - 2.4.2 数控机床的进给传动机械  
机构的组成 ..... 37
  - 2.4.3 数控机床的导轨 ..... 46
  - 2.4.4 数控机床的工作台 ..... 49
- 2.5 自动换刀装置  
(Automatic Tool Changer) ..... 51
  - 2.5.1 自动换刀装置的分类 ..... 51
  - 2.5.2 刀库 ..... 54
  - 2.5.3 机械手 ..... 56
  - 2.5.4 加工中心主轴上刀具的  
夹紧机构 ..... 56



|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 2.6 数控机床的典型结构(Typical Structures of CNC Machine Tools) ..... | 57 |
| 2.6.1 数控车床 .....                                             | 57 |
| 2.6.2 数控铣床 .....                                             | 58 |
| 2.6.3 加工中心 .....                                             | 59 |
| 本章小结(Summary) .....                                          | 60 |
| 推荐阅读资料<br>(Recommended Readings) .....                       | 61 |
| 思考与练习(Exercises) .....                                       | 61 |

### 第3章 插补原理与刀具补偿技术

#### (Chapter Three Interpolation Theory and Tool Compensation) .....

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| 3.1 插补原理(Interpolation Theory) ...      | 63 |
| 3.1.1 插补的基本原理 .....                     | 63 |
| 3.1.2 插补功能的基本要求 .....                   | 64 |
| 3.1.3 插补方法的分类 .....                     | 64 |
| 3.1.4 逐点比较法 .....                       | 65 |
| 3.1.5 数字积分法 .....                       | 75 |
| 3.1.6 数据采样法 .....                       | 83 |
| 3.2 刀具补偿技术<br>(Tool Compensation) ..... | 88 |
| 3.2.1 刀具的长度补偿 .....                     | 88 |
| 3.2.2 刀具半径补偿 .....                      | 89 |
| 本章小结(Summary) .....                     | 96 |
| 推荐阅读资料<br>(Recommended Readings) .....  | 97 |
| 思考与练习(Exercises) .....                  | 97 |

### 第4章 数控程序的编制(Chapter Four NC Program Preparation) .....

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| 4.1 数控编程基础(CNC Programming Fundamentals) ..... | 100 |
| 4.1.1 数控编程的概念及<br>分类 .....                     | 100 |
| 4.1.2 数控编程的内容及<br>步骤 .....                     | 101 |
| 4.1.3 数控机床坐标轴和运动<br>方向的确定 .....                | 102 |

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.4 数控加工程序段格式 .....                                                            | 106 |
| 4.1.5 数控编程中的数值<br>计算 .....                                                       | 112 |
| 4.2 数控车床编程(CNC Lathe Programming) .....                                          | 114 |
| 4.2.1 数控车床的编程特点 .....                                                            | 114 |
| 4.2.2 数控车削加工工艺 .....                                                             | 115 |
| 4.2.3 数控车床基本编程<br>指令 .....                                                       | 121 |
| 4.2.4 数控车床固定循环<br>指令 .....                                                       | 129 |
| 4.2.5 数控车床的加工编程<br>实例 .....                                                      | 140 |
| 4.3 数控铣床(加工中心)编程<br>(Programming of CNC Milling Machine or Machine Center) ..... | 142 |
| 4.3.1 数控铣床(加工中心)的<br>概述 .....                                                    | 142 |
| 4.3.2 数控铣床(加工中心)<br>加工工艺 .....                                                   | 143 |
| 4.3.3 数控铣床(加工中心)<br>功能指令 .....                                                   | 148 |
| 4.3.4 数控铣床(加工中心)<br>基本加工编程指令 .....                                               | 150 |
| 4.3.5 数控铣床(加工中心)<br>固定循环指令 .....                                                 | 155 |
| 4.3.6 数控铣床(加工中心)<br>加工编程实例 .....                                                 | 162 |
| 4.4 用户宏程序编程(User Macro Programming) .....                                        | 164 |
| 4.4.1 用户宏程序的编程<br>基础 .....                                                       | 164 |
| 4.4.2 用户宏程序编程实例 .....                                                            | 168 |
| 4.5 自动编程(Automatic Programming) .....                                            | 170 |
| 4.5.1 自动编程概述 .....                                                               | 170 |
| 4.5.2 常见图形交互式自动编程<br>软件简介 .....                                                  | 174 |
| 4.5.3 基于UG NX软件自动编程<br>实例 .....                                                  | 176 |
| 本章小结(Summary) .....                                                              | 190 |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 推荐阅读资料<br>(Recommended readings) ..... | 190 |
|----------------------------------------|-----|

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 思考与练习<br>(Exercises) ..... | 191 |
|----------------------------|-----|

## 第 5 章 计算机数控系统 (Chapter Five CNC System) ... 193

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1 概述(Summary) .....                                                  | 194 |
| 5.2 CNC 系统的硬件结构(Hardware<br>Structure of CNC System) .....             | 199 |
| 5.2.1 单微处理器数控装置的<br>硬件结构 .....                                         | 199 |
| 5.2.2 多微处理器数控装置的<br>硬件结构 .....                                         | 200 |
| 5.2.3 华中数控系统硬件<br>结构 .....                                             | 202 |
| 5.3 CNC 系统软件结构(Software<br>Structure of CNC System) .....              | 203 |
| 5.3.1 CNC 系统软件组成 .....                                                 | 203 |
| 5.3.2 CNC 系统软件特点与<br>结构 .....                                          | 203 |
| 5.4 CNC 系统的数据预处理(CNC System<br>Data Preprocessing) .....               | 212 |
| 5.5 华中数控系统的软件结构(Software<br>Structure of Huazhong<br>CNC System) ..... | 221 |
| 5.6 数控机床中的 PLC(PLC in CNC<br>Machine Tools) .....                      | 222 |
| 5.6.1 PLC 简介 .....                                                     | 222 |
| 5.6.2 PLC 在数控机床中的<br>应用 .....                                          | 228 |
| 5.7 CNC 系统的接口(Interface of<br>CNC System) .....                        | 235 |
| 5.7.1 CNC 系统接口的作用与<br>接口规范 .....                                       | 235 |
| 5.7.2 华中数控系统 HNC-210B 的<br>主要接口 .....                                  | 236 |
| 本章小结(Summary) .....                                                    | 237 |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 推荐阅读资料<br>(Recommended Readings) ..... | 237 |
| 思考与练习(Exercises) .....                 | 237 |

## 第 6 章 数控机床主轴驱动与控制 (Chapter Six Drive and Control of CNC Machine Tool Spindle) ... 239

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1 概述(Summary) .....                                                                          | 240 |
| 6.2 主轴驱动与控制(Spindle Drive<br>and Control) .....                                                | 246 |
| 6.2.1 数控装置对主轴驱动的<br>控制 .....                                                                   | 246 |
| 6.2.2 主轴无级调速 .....                                                                             | 247 |
| 6.2.3 主轴分段无级调速 .....                                                                           | 247 |
| 6.3 主轴准停控制(Spindle Stop<br>Control) .....                                                      | 249 |
| 6.3.1 机械准停控制 .....                                                                             | 249 |
| 6.3.2 电气准停控制 .....                                                                             | 250 |
| 6.4 主轴旋转与进给轴的关联控制<br>(Association Control Between<br>Spindle Rotation and<br>Feed Shaft) ..... | 252 |
| 6.4.1 主轴旋转与轴向进给的<br>关联控制 .....                                                                 | 252 |
| 6.4.2 主轴旋转与径向进给的<br>关联控制 .....                                                                 | 252 |
| 6.5 数控机床主轴伺服系统实例<br>(Servo System Instance of<br>CNC Machine Tool) .....                       | 253 |
| 6.5.1 数控装置与主轴伺服系统的<br>控制连接形式 .....                                                             | 253 |
| 6.5.2 数控装置与主轴伺服系统的<br>控制连接实例 .....                                                             | 256 |
| 本章小结(Summary) .....                                                                            | 258 |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 推荐阅读资料<br>(Recommended Readings) ..... | 259 |
| 思考与练习(Exercises) .....                 | 259 |

## 第 7 章 数控机床进给驱动与控制 (Chapter Seven Feed Drives and Control of CNC Machine Tool) ... 261

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| 7.1 进给伺服系统概述(Servo System<br>Overview) ..... | 262 |
|----------------------------------------------|-----|



|                                                                                                                                                             |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.2 步进电动机及其驱动控制(Stepping Motor and Drive Control) .....                                                                                                     | 265        |
| 7.2.1 步进电动机的工作原理与特点 .....                                                                                                                                   | 265        |
| 7.2.2 步进电动机的主要特性 .....                                                                                                                                      | 267        |
| 7.2.3 步进电动机的驱动控制 .....                                                                                                                                      | 270        |
| 7.2.4 步进电动机的运动控制 .....                                                                                                                                      | 275        |
| 7.2.5 提高步进伺服系统精度的措施 .....                                                                                                                                   | 276        |
| 7.3 常用位置检测元件(Common Position Detector) .....                                                                                                                | 277        |
| 7.3.1 位置检测元件的分类及要求 .....                                                                                                                                    | 278        |
| 7.3.2 光栅尺 .....                                                                                                                                             | 279        |
| 7.3.3 旋转变压器 .....                                                                                                                                           | 282        |
| 7.3.4 感应同步器 .....                                                                                                                                           | 285        |
| 7.3.5 旋转编码器 .....                                                                                                                                           | 288        |
| 7.3.6 电感式与霍尔接近开关 .....                                                                                                                                      | 291        |
| 7.4 直流伺服电动机及其驱动装置(DC Servo Motors and Its Driving Device) .....                                                                                             | 293        |
| 7.4.1 直流伺服电动机工作原理 .....                                                                                                                                     | 293        |
| 7.4.2 直流伺服驱动装置 .....                                                                                                                                        | 296        |
| 7.5 交流伺服电动机及其驱动装置(AC Servo Motor and Its Driving Device) .....                                                                                              | 300        |
| 7.5.1 交流伺服电动机工作原理 .....                                                                                                                                     | 300        |
| 7.5.2 交流伺服驱动装置 .....                                                                                                                                        | 302        |
| 7.6 直线电动机及其在数控机床中的应用简介(Linear Motor and Its Application Introduction to CNC Machine Tools) .....                                                            | 306        |
| 7.6.1 直线电动机简介 .....                                                                                                                                         | 306        |
| 7.6.2 直线电动机在数控机床中的应用 .....                                                                                                                                  | 310        |
| 7.7 进给运动闭环位置控制(Closed Loop Position Control System of Feed Motion) .....                                                                                    | 313        |
| 7.7.1 进给运动闭环位置控制概述 .....                                                                                                                                    | 313        |
| 7.7.2 典型的进给运动闭环位置控制方式简介 .....                                                                                                                               | 313        |
| 7.8 数控机床进给伺服系统应用实例(The Application Example of CNC Machine Tool Servo System) .....                                                                          | 315        |
| 本章小结(Summary) .....                                                                                                                                         | 317        |
| 推荐阅读资料(Recommended Readings) .....                                                                                                                          | 318        |
| 思考与练习(Exercises) .....                                                                                                                                      | 318        |
| <b>第8章 数控机床选用、安装调试、维护与故障诊断简介(Chapter Eight Selection, Installation and Debugging, Maintenance and Faults Diagnosis of CNC Machine Tools in Brief)</b> ..... | <b>321</b> |
| 8.1 数控机床的选用(Selection of CNC Machine Tools) .....                                                                                                           | 322        |
| 8.1.1 数控机床的选用原则 .....                                                                                                                                       | 322        |
| 8.1.2 数控机床选用的基本要点 .....                                                                                                                                     | 323        |
| 8.2 数控机床的安装调试与验收(Installation, Debugging and Acceptance of CNC Machine Tools) .....                                                                         | 326        |
| 8.2.1 数控机床的安装调试 .....                                                                                                                                       | 326        |
| 8.2.2 数控机床的验收 .....                                                                                                                                         | 329        |
| 8.3 数控机床的维护(Maintenance of CNC Machine Tools) .....                                                                                                         | 332        |
| 8.3.1 数控机床的日常维护 .....                                                                                                                                       | 332        |
| 8.3.2 数控机床的预防性维护 .....                                                                                                                                      | 334        |
| 8.4 数控机床的可靠性和故障诊断简介(Reliability and Faults Diagnosis of CNC Machine Tools) .....                                                                            | 337        |
| 8.4.1 数控机床的可靠性 .....                                                                                                                                        | 337        |
| 8.4.2 数控机床故障诊断技术简介 .....                                                                                                                                    | 338        |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 8.4.3 FANUC 数控机床<br>故障诊断与排除两例 .....    | 340 |
| 本章小结(Summary) .....                    | 341 |
| 推荐阅读资料<br>(Recommended Readings) ..... | 341 |
| 思考与练习(Exercises) .....                 | 342 |
| 附录一 部分数控系统 G 代码一览表 ...                 | 345 |
| 附录二 数控常用术语中英文对照 ...                    | 347 |
| 附录三 常用刀具材料特性、用途及<br>优点 .....           | 350 |
| 附录四 铣刀每齿进给量和铣削加工<br>切削速度参考值 .....      | 351 |
| 附录五 硬质合金车刀粗车进给量及切削<br>速度参考值 .....      | 352 |
| 参考文献 .....                             | 354 |

# 第 1 章

## 绪 论

### (Chapter One Introudction)



#### 本章教学要点

| 能力目标        | 知识要点                      |
|-------------|---------------------------|
| 了解数控技术的有关概念 | 数控技术、数控机床的概念              |
| 掌握数控机床的工作过程 | 数控机床工作过程                  |
| 了解数控机床的分类   | 数控机床的分类                   |
| 了解数控技术发展趋势  | 数控技术发展趋势                  |
| 了解常见的数控系统   | 华中数控系统、西门子数控系统、FANUC 数控系统 |



### 东芝事件——看看数控机床最风光的年代

克格勃(克格勃是1954年3月13日至1991年11月6日期间苏联的情报机构,以实力和高明而著称于世)从日本成功走私了一批高科技产品,大大降低了潜艇噪声,使美国海军难以追踪——“东芝事件”气坏美国朝野……(历史一页)

#### 苏联迫切需要高精度机床

20世纪60年代末,苏联情报机构在美国海军机要部门建立的间谍网不断获得美国核潜艇跟踪苏联潜艇的情报。苏联潜艇的噪声很大,美国海军在200海里以外就能侦测到。苏军如果不能及早消除潜艇噪声,不管建造多少潜艇,打起仗来,它们都逃脱不了“折戟沉沙”的命运。要消除潜艇噪声,必须制造出先进的螺旋桨,而这必须要有计算机控制的高精度机床才行。高性能的机床是“巴黎统筹委员会”(由北约国家和日本等15国组成)严格限制的产品,该委员会明文规定,具有三轴以上的数控机床属战略物资,禁止向苏联、东欧等共产主义国家出口。为了改变本国潜艇面临的危险局面,苏共中央政治局指示,要不惜一切代价从西方国家获取精密加工方面的高新技术。

#### 克格勃与日本、挪威公司秘密谋划

1979年底,苏联克格勃经过精心策划终于找到了机会。克格勃高级官员奥西波夫以全苏技术机械进口公司副总经理的身份,通过日本和光贸易股份公司驻莫斯科事务所所长熊谷独与日本伊藤忠商社、东芝公司和挪威康士堡公司接上了头。在巨大的商业利益的诱惑下,东芝公司和康士堡公司同意向苏联提供四台MBP-110S型九轴数控大型船用螺旋桨铣床,此项合同成交额达37亿日元。这种高约10m、宽22m、重250t的铣床,可以精确地加工出巨大的螺旋桨,使潜艇推进器发出的噪声大大降低。

1984年4月24日,苏联和日本公司的签约仪式在东芝公司的外贸代理商——伊藤忠商社驻莫斯科办事处举行。苏日双方代表在合同上签了字。但合同上写的是向苏联出口技术性能较低、不为“巴统”禁止的四台两轴铣床。在克格勃官员奥西波夫的策划下,东芝公司和苏联早已“暗度陈仓”,签订了一份保证在发货时,以“狸猫换太子”的手法提供九轴铣床的秘密协议书。为了掩人耳目,苏联没有向日本订购与九轴铣床相配套的计算机控制系统,而是要求挪威国营武器制造公司——康士堡贸易公司向东芝公司提供四台NC-2000数字控制装置,由东芝公司完成总装后,出口苏联。苏联为此还与康士堡公司单独签订了秘密合同。这种数控装置通常与不受“巴统”限制的两轴机床配套使用,但是只要改变一下配线和电路,就可作为九轴机床的数控装置。

#### 苏联军方如获至宝

苏、日秘密协议签字一个月后,东芝公司即向日本通产省申领向苏联出口的许可证。申领书隐瞒了九轴机床的高性能,伪称产品是用于加工水力发电机叶片的简易TDP-70/110型两轴机床,从而获得了通产省的出口许可证。

这四台精密机床顺利到达苏联并很快发挥作用。到1985年,苏联制造出的新型潜艇噪声仅相当于原来潜艇的10%,使美国海军只能在20海里以内才能侦测出来。1986年10月,一艘美国核潜艇因为没有侦测到它正在追踪的苏联潜艇的噪声而与苏联潜艇相撞。

### 东窗事发 风波迭起

1985年12月,苏、日秘密协议当事人之一、日本和光公司的熊谷独因与他的雇主发生纠纷而辞职,并愤而向“巴统”主席盖尼尔·陶瑞格揭发了东芝事件。陶瑞格立即要求日方调查此事。日本通产省对东芝公司进行调查时,东芝公司以预先签署的假合同和其他技术文件为证,对此事矢口否认。经过进一步调查,1987年初,美国人掌握了苏联从日本获取精密机床的真凭实据。在美国的压力下,1987年5月27日,日本警视厅对东芝公司进行突击检查,查获了全部有关秘密资料,逮捕了日本东芝机械公司铸造部部长林隆二和机床事业部部长谷村弘明。东芝机械公司曾与挪威康士堡公司合谋,非法向前苏联出口大型铣床等高技术产品,林隆二和谷村弘明被指控在这起高科技走私案中负有直接责任。此案引起国际舆论一片哗然,这就是冷战期间对西方国家安全危害最大的军用敏感高科技走私案件之一“东芝事件”。

通过以上事件可以看出数控机床在军事领域的重要性。目前数控机床已经广泛应用于国民经济的很多领域。随着国民经济发展水平和企业综合能力的提高,数控机床已在很多机械制造企业中普及。那么,究竟什么是数控机床?数控机床是如何产生的?它由哪些部件组成?工作原理和特点如何?如何分类?数控机床的发展趋势如何?常见的数控机床品牌有哪些?这些问题都可以在本章找到答案。

## 1.1 基本概念(Basic Concepts)

### 1. 数字控制与数控技术

数字控制(numerical control, NC)简称数控。它是一种借助数字化信息(数字、字符或其他符号)对某一工作过程(如加工、测量、装配等)进行程序控制的自动化方法。通常采用专门的计算机(或单片机)让机器设备按照生产厂家或使用编写程序来进行工作。

数控技术(numerical control technology)是采用数字控制的方法对某一工作过程实现自动控制的技术。

### 2. 数控系统与数控机床

数控系统(numerical control system)是实现数字控制的装置,它是数字控制技术的物理实体体现,由硬件和软件两部分组成。

数控机床(numerical control machine tools)是采用数字控制技术对工件的加工过程进行自动控制的一类机床。数控机床是数控技术在生产中应用最为典型的例子,它是由数控系统和机床本体组成的。利用数控机床加工时,首先将机械加工过程中的各种控制信息(刀具、切削用量、主轴转速、加工轨迹等)用相应的代码数字化,然后将数字化的信息输入数控装置(数控系统的核心部分),经运算处理后再由数控装置发出各种控制信号来控制机床的动作,从而使机床按图样要求的形状和尺寸,自动地将零件加工出来。

**小提示:** 通常人们提到某一品牌的数控机床,如华中数控机床,实际上是指它的数控



系统的品牌，它与数控机床的生产厂家不是一个概念。每一品牌的数控系统又包括很多系列，如华中 21 系列、18/19 系列等。

## 1.2 数控机床的工作过程与组成

### (Working Process and Components of Numerical Control Machine Tools)

#### 1.2.1 数控机床的工作过程

在数控机床上加工零件时，一般按照图 1.1 所示的步骤进行。

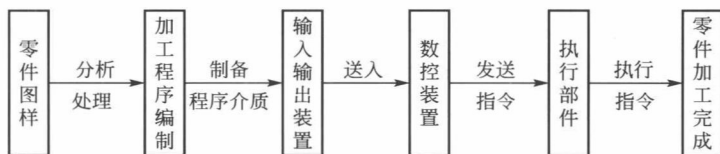


图 1.1 数控机床的工作过程

(1) 首先对零件加工图样进行工艺性分析，主要包括审查尺寸标注是否正确、合理，零件轮廓的完整性、结构的合理性，确定定位基准、加工方案、工艺参数等。

(2) 选用合适的数控机床，用规定的程序代码和格式规则编写零件加工程序单；或用自动编程软件进行 CAD/CAM 工作，直接生成零件的加工程序文件。

(3) 将加工程序的内容以代码形式完整记录在程序介质上。由手工编写的程序，可以通过数控机床的操作面板输入程序；由编程软件生成的程序，可以通过计算机的串行通信接口直接传输到数控装置。现代数控机床大都配有程序存储卡接口，编制好的程序也可以通过存储卡复制到数控装置内。

(4) 数控装置读入程序，并对其进行译码、几何数和工艺数据处理、插补计算等操作，然后根据处理结果，以脉冲信号形式向伺服系统发出相应的控制指令。

(5) 伺服系统接到控制指令后，立即驱动执行部件按照指令的要求进行运动，从而自动完成相应零件的加工。

#### 1.2.2 数控机床的组成

数控机床一般由输入输出装置、数控装置、辅助控制装置、伺服驱动装置、测量反馈装置和机床本体等部分组成，如图 1.2 所示。

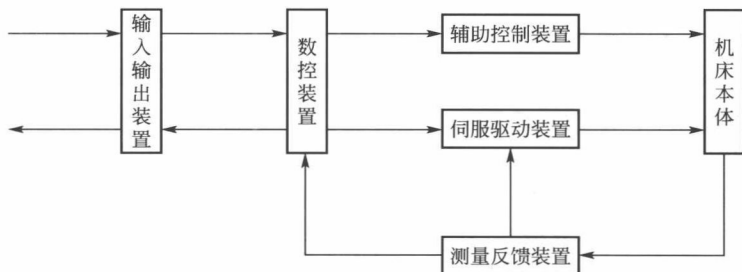


图 1.2 数控机床的组成

### 1. 输入输出装置

输入输出装置的作用是实现零件程序和控制数据的输入、显示、存储、打印等。输入是指将程序及加工信息传递给计算机。在数控机床产生的初期,输入装置为穿孔纸带,现已趋于淘汰。目前,广泛使用的输入装置有键盘、磁盘、闪存盘等。输出指输出内部工作参数(如机床正常、理想工作状态下的原始参数,故障诊断参数等)。常见的输出装置有显示器、打印机等。

### 2. 数控装置

数控装置是数控系统的核心,数控机床的各项控制任务均由数控装置完成。数控装置的作用是接受输入信息,并对输入信息进行译码、数值运算、逻辑处理,并将处理结果传送到辅助控制装置和伺服驱动装置控制机床各运动部件的运动。数控装置一般由专用计算机或通用计算机、输入输出接口、可编程控制器和相应的系统软件组成。

### 3. 伺服驱动装置

伺服驱动装置包括伺服驱动电路和伺服电动机,其作用是接受数控装置发出的位移、速度指令,经过调解、转换、放大后,驱动伺服电动机(直流、交流伺服电动机,功率步进电动机等)带动机床执行部件运动。数控机床的伺服驱动系统与一般机床的伺服驱动系统有本质上的差别,它能根据指令信号精确地控制执行部件的运动速度与位置,以及几个执行部件按一定规律运动所合成的运动轨迹。

### 4. 辅助控制装置

数控辅助装置主要由 PLC 和强电控制回路构成。辅助控制装置的主要作用是接收数控装置输出的开关量信号,经过必要的编译、逻辑判别运算,再经功率放大后驱动相应的执行元件,带动机床的机械、液压、气动等辅助装置完成指令规定的开关量动作。辅助控制的内容主要包括主轴的变速、换向和启停,刀具的选择和交换,工件和机床部件的松开、夹紧,冷却、润滑装置的启动与停止,分度工作台转位分度,检测开关状态等开关辅助动作。

### 5. 测量反馈装置

测量反馈装置由测量部件(传感器)和测量电路组成。测量反馈装置的作用是检测机床移动部件的位移和速度,并反馈至数控装置和伺服驱动装置。数控装置将反馈回来的实际位移量值与设定值进行比较,控制驱动装置按照指令设定值运动,从而构成(半)闭环控制系统。

### 6. 机床本体

机床本体是数控机床的主体,与传统机床相似,包括机床的主运动部件(主轴)、进给运动部件(工作台、拖板)、基础部件(底座、立柱、滑鞍、导轨)、润滑系统、冷却装置、换刀装置、排屑装置、防护装置等。但为了满足数控机床的要求和充分发挥数控机床的特点,数控机床在整体布局、外观造型、传动系统、刀具系统的结构以及操作机构等方面都已发生了很大的变化。