

# 数控系统 逻辑线路 设计及计算机 辅助制造

● 华中工学院 唐泳洪编著

**数控系统逻辑线路  
设计及计算机辅助制造**

华中工学院 唐泳洪编著

责任编辑：夏可军

\*

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路14号)

湖南省新华书店发行 湖南省新华印刷二厂印刷

\*

1985年9月第1版第1次印刷

开本：850×1168毫米 1/32 印张：12.25 字数：318,000

印数：1—6,000

统一书号：15204·150 定价：2.35元

## 内 容 简 介

本书通过对信息输入控制器、运算器、主控制器、补偿（刀具尺寸、传动链间隙、螺距误差）控制器、进给速度控制器、输出控制器和刀库机械手几个部分逻辑线路的具体设计，详细、深入而系统地阐述了它们的设计理论、方法和技巧，目的在于使读者不只是一般地了解现有数控系统和线路的工作原理，并进一步掌握其设计方法和技巧，从而可根据各种不同的具体要求，设计出新的系统和线路。

本书还以较多的篇幅介绍了微型机数控系统中EIA和ISO两种代码的相互转换，CNC系统的接口及控制软件设计，DNC系统的逻辑结构，典型的CNC和DNC系统，CNC系统中的软件插补等新技术，最后则着重叙述了柔性制造系统（FMS）及与其有关的技术问题。

对于重要的逻辑部件，除详细阐述一个主要设计方案外，还讨论其它可行的改进方案。部分章节中还穿插介绍了线路调试经验，以便增强读者分析、比较和实践的能力。

在讨论总体设计和各逻辑部件设计之前，尽可能先叙述机械运动功能和加工要求，然后再根据这些要求综合控制信息，设计逻辑线路，以便于从事机械工程的同志参考。

本书可供从事数控、自动化、计算机应用的工程技术人员以及大专院校中有关专业的师生阅读。

# 前 言

数字控制技术的强大生命力就在于它将最新科学技术成就——电子技术和计算机技术应用于国家基础工业——机械制造业，从而，一门新的工程技术——机械-电子一体化技术应运而生。

近几年来，机械-电子一体化技术在我国获得迅猛发展，从事数控、自动化以及计算机应用的科技人员愈来愈多，他们不但要求能一般地了解现有数控设备的工作原理或仿制某种数控装置，还要求能进一步掌握设计数控系统的知识，以便为开创和发展我国自己的数控事业作出贡献。

为了适应以上需要，我们在总结自己以往从事NC和CNC系统研制实践和学习兄弟单位先进经验的基础上编写了《数控系统逻辑线路设计及计算机辅助制造(CAM)》一书，目的在于帮助读者提高设计和实践能力，另一方面也是粗陈刍见，抛砖引玉。

本书在编写过程中得到许多同行以及学校、工厂、研究、设计部门的帮助和支持，提供了宝贵的经验或资料，在此谨表示衷心的感谢。

由于水平所限，时间仓促，书中定有不少缺点和错误，敬请读者批评指正，更希能给予宝贵的经验和资料，帮助我们进一步改善和充实本书的内容。

作 者

# 目 录

|                                                       |        |
|-------------------------------------------------------|--------|
| <b>第一章 数控系统基本知识</b> .....                             | ( 1 )  |
| § 1.1 概述 .....                                        | ( 1 )  |
| § 1.2 本书中所用逻辑元件、符号及机能的约定 .....                        | ( 6 )  |
| <b>第二章 信息输入控制器逻辑线路设计</b> .....                        | ( 14 ) |
| § 2.1 输入介质及控制代码 .....                                 | ( 15 ) |
| 2.1.1 输入介质 .....                                      | ( 15 ) |
| 2.1.2 控制代码 .....                                      | ( 15 ) |
| § 2.2 输入控制器工作过程 .....                                 | ( 18 ) |
| § 2.3 输入通道截换线路设计 .....                                | ( 19 ) |
| § 2.4 纸带中道孔信号处理线路设计 .....                             | ( 21 ) |
| § 2.5 文字特征(AFR)和数字特征(NMR)的识别 .....                    | ( 24 ) |
| 2.5.1 文字特征(AFR)的识别 .....                              | ( 24 ) |
| 2.5.2 数字特征(NMR)的识别 .....                              | ( 25 ) |
| § 2.6 几个特殊符号的逻辑表达式及其线路图 .....                         | ( 26 ) |
| 2.6.1 记录终点(无倒带时)或记录起点(有倒带时)信号(ERR)的逻辑表<br>达式及线路 ..... | ( 26 ) |
| 2.6.2 程序段结束信号(CRR)的逻辑表达式及线路 .....                     | ( 27 ) |
| 2.6.3 座标轴反向信号(MSR)的逻辑表达式及线路 .....                     | ( 27 ) |
| 2.6.4 有孔信号(SSG)的逻辑表达式 .....                           | ( 29 ) |
| 2.6.5 程序段删除信号(ARMS)的逻辑表达式及删除指令(*SLMS)的<br>线路 .....    | ( 29 ) |
| § 2.7 文字寄存器和文字译码器设计 .....                             | ( 31 ) |
| § 2.8 辅助寄存器及其读入过程 .....                               | ( 34 ) |
| § 2.9 手动数据输入线路设计 .....                                | ( 36 ) |
| 2.9.1 文字、符号、数据拨盘组 .....                               | ( 37 ) |
| 2.9.2 扫描脉冲发生器设计 .....                                 | ( 37 ) |

|            |                                                  |             |
|------------|--------------------------------------------------|-------------|
| 2.9.3      | 二极管孔道转换线路设计 .....                                | (43)        |
| § 2.10     | ISO代码输入控制器逻辑线路设计 .....                           | (46)        |
| 2.10.1     | 文字特征(AFR)的识别 .....                               | (46)        |
| 2.10.2     | 数字特征(NMR)的识别 .....                               | (47)        |
| 2.10.3     | 记录终点信号(ERR)的逻辑表达式和逻辑线路 .....                     | (48)        |
| 2.10.4     | 程序段结束信号(CRR)的逻辑表达式及线路 .....                      | (49)        |
| 2.10.5     | 座标轴反向信号(MSR)的逻辑表达式及线路 .....                      | (49)        |
| 2.10.6     | 有孔信号SSG的逻辑表达式 .....                              | (50)        |
| 2.10.7     | “/”(ARMS)的逻辑表达式 .....                            | (51)        |
| 2.10.8     | 文字寄存器和文字译码器设计 .....                              | (51)        |
| 2.10.9     | EIA代码和ISO代码的相互截换 .....                           | (52)        |
| 2.10.10    | 应用EIA代码纸带和ISO代码纸带时, 文字寄存器和文字译码器<br>的截换线路设计 ..... | (52)        |
| § 2.11     | 微型计算机数控系统中EIA和ISO两种代码的相互转换 .....                 | (53)        |
| <b>第三章</b> | <b>运算器逻辑线路设计 .....</b>                           | <b>(58)</b> |
| § 3.1      | 主寄存器 .....                                       | (59)        |
| 3.1.1      | 主寄存器置数操作 .....                                   | (62)        |
| 3.1.2      | 主寄存器运算操作 .....                                   | (64)        |
| 3.1.3      | 主寄存器清“0”操作 .....                                 | (65)        |
| § 3.2      | 加1及减1线路设计 .....                                  | (66)        |
| 3.2.1      | 加1线路设计 .....                                     | (66)        |
| 3.2.2      | 减1线路设计 .....                                     | (68)        |
| § 3.3      | 时序脉冲发生器设计 .....                                  | (71)        |
| 3.3.1      | 时序脉冲发生器启动条件 .....                                | (73)        |
| 3.3.2      | 时序脉冲列的综合 .....                                   | (75)        |
| § 3.4      | 运算指令控制线路 .....                                   | (75)        |
| 3.4.1      | 加1运算的两种不同情况 .....                                | (76)        |
| 3.4.2      | 减1运算的两种不同情况 .....                                | (76)        |
| 3.4.3      | 绘制运算控制门和运算指令(CA)产生线路的逻辑图 .....                   | (77)        |
| 3.4.4      | 运算指令(CA)产生线路 .....                               | (78)        |
| 3.4.5      | 座标轴终点识别信号(ASR)的产生 .....                          | (79)        |
| § 3.5      | 分配控制线路 .....                                     | (80)        |
| 3.5.1      | 置数工作方式 .....                                     | (81)        |
| 3.5.2      | 脉冲分配运算工作方式 .....                                 | (83)        |
| 3.5.3      | 刀具补偿运算工作方式 .....                                 | (86)        |

|            |                                         |              |
|------------|-----------------------------------------|--------------|
| § 3.6      | 计数减1运算控制器设计 .....                       | (86)         |
| 3.6.1      | 二—十进制减法计数器 .....                        | (87)         |
| 3.6.2      | 运算器的置数和借位控制 .....                       | (90)         |
| 3.6.3      | 计数减1运算器总逻辑图 .....                       | (92)         |
| 3.6.4      | 全“0”信号译码 .....                          | (94)         |
| 3.6.5      | 刀具尺寸补偿控制 .....                          | (95)         |
| § 3.7      | CNC系统中的减1运算接口及控制软件设计 .....              | (98)         |
| 3.7.1      | CNC系统中减1运算接口设计 .....                    | (99)         |
| 3.7.2      | CNC系统中减1运算接口工作过程描述 .....                | (100)        |
| 3.7.3      | CNC系统中减1运算控制软件设计 .....                  | (101)        |
| 3.7.4      | CNC系统中减1运算控制软件工作过程描述 .....              | (102)        |
| <b>第四章</b> | <b>主控制器逻辑线路设计 .....</b>                 | <b>(104)</b> |
| § 4.1      | 时钟脉冲(CP)发生器 .....                       | (105)        |
| 4.1.1      | 时钟脉冲(CP)发生器的逻辑线路 .....                  | (105)        |
| 4.1.2      | (CP)占空比的调整 .....                        | (106)        |
| 4.1.3      | 单步脉冲的产生以及单步时钟脉冲与序列时钟脉冲的输出截换控制 .....     | (107)        |
| § 4.2      | 数控系统清“0”复位线路 .....                      | (108)        |
| 4.2.1      | 清“0”复位逻辑线路 .....                        | (108)        |
| 4.2.2      | 清“0”复位信号(*RER)的产生 .....                 | (108)        |
| 4.2.3      | 复归清“0”信号(RST <sub>1~3</sub> )的产生 .....  | (110)        |
| 4.2.4      | 自动清“0”信号(*PCL <sub>1~3</sub> )的产生 ..... | (111)        |
| § 4.3      | 数控装置的启停控制 .....                         | (111)        |
| 4.3.1      | 纸带(T)工作方式的启停控制 .....                    | (113)        |
| 4.3.2      | 点动(MS)工作方式的启停控制 .....                   | (123)        |
| 4.3.3      | 手动连续进给(MJ)工作方式的启停控制 .....               | (125)        |
| 4.3.4      | 手摇脉冲发生器(MH)工作方式 .....                   | (127)        |
| § 4.4      | 程序号显示和检索(SST) .....                     | (128)        |
| 4.4.1      | 程序号显示与检索线路的启动 .....                     | (128)        |
| 4.4.2      | 程序号寄存器 .....                            | (130)        |
| 4.4.3      | 读三位线路 .....                             | (130)        |
| 4.4.4      | 程序号寄存器清“0”信号 .....                      | (131)        |
| 1.4.5      | 符合线路 .....                              | (132)        |
| 1.4.6      | 程序号译码及显示线路 .....                        | (132)        |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| § 4.5 事故处理 .....          | (134) |
| 4.5.1 横向奇偶校验(SHCH) .....  | (135) |
| 4.5.2 纸带纵向奇偶校验(VCH) ..... | (138) |
| 4.5.3 程序设定错误检查(PCH) ..... | (141) |

## 第五章 刀具尺寸、传动链间隙、螺距误差补偿控制器逻辑线路设计 .....

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| § 5.1 刀具尺寸补偿控制器设计 .....     | (145) |
| 5.1.1 刀具尺寸补偿指令 .....        | (145) |
| 5.1.2 刀具尺寸补偿的几种不同情况 .....   | (146) |
| 5.1.3 刀具尺寸补偿控制器总框图 .....    | (151) |
| 5.1.4 G寄存器和G译码器设计 .....     | (153) |
| 5.1.5 刀具尺寸补偿控制线路设计 .....    | (157) |
| 5.1.6 刀补尺寸补偿计数器设计 .....     | (160) |
| 5.1.7 补偿符合线路设计 .....        | (164) |
| § 5.2 传动链间隙补偿逻辑线路设计 .....   | (167) |
| 5.2.1 间隙补偿控制器逻辑图 .....      | (168) |
| 5.2.2 间隙补偿控制器工作过程 .....     | (172) |
| 5.2.3 间隙补偿控制器的另一方案 .....    | (173) |
| § 5.3 螺距误差补偿控制器 .....       | (175) |
| 5.3.1 正负螺距误差补偿挡块的设置 .....   | (177) |
| 5.3.2 螺距误差补偿控制器逻辑线路设计 ..... | (179) |

## 第六章 进给速度控制器逻辑线路设计 .....

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| § 6.1 F寄存器 .....               | (187) |
| § 6.2 F译码器 .....               | (189) |
| § 6.3 数—模转换线路 .....            | (193) |
| § 6.4 进给脉冲振荡器 .....            | (193) |
| § 6.5 单结晶体管进给脉冲振荡器的设计与调试 ..... | (196) |
| § 6.6 升降速控制电路 .....            | (198) |

## 第七章 输出控制器逻辑线路设计 .....

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| § 7.1 对称加工和进给脉冲输出控制线路 .....     | (202) |
| 7.1.1 对称加工 .....                | (202) |
| 7.1.2 输出脉冲控制线路 .....            | (203) |
| § 7.2 步进电机相数及环形分配器分配方案的选择 ..... | (205) |

|            |                              |              |
|------------|------------------------------|--------------|
| 7.2.1      | 步进电机运行特征方程                   | (206)        |
| 7.2.2      | 步进电机正负力矩区的分布                 | (207)        |
| § 7.3      | 环形分配器设计                      | (210)        |
| 7.3.1      | 三相步进电机环形分配器设计                | (210)        |
| 7.3.2      | 五相步进电机环形分配器设计                | (213)        |
| 7.3.3      | 六相步进电机环形分配器设计                | (216)        |
| 7.3.4      | 六相十二拍环形分配器的另一种方案             | (219)        |
| § 7.4      | 步进电机驱动线路设计                   | (223)        |
| 7.4.1      | 电容充电法驱动线路设计                  | (225)        |
| 7.4.2      | 高低压驱动线路设计                    | (226)        |
| 7.4.3      | 半导体管大功率脉冲电流调整驱动线路            | (231)        |
| 7.4.4      | 可控硅大功率闭环自调压驱动线路设计            | (235)        |
| 7.4.5      | 六相功率步进电机的细分线路                | (245)        |
| <b>第八章</b> | <b>刀库—机械手控制线路设计</b>          | <b>(251)</b> |
| § 8.1      | 刀具自动交换系统的构成                  | (252)        |
| 8.1.1      | 刀库                           | (252)        |
| 8.1.2      | 刀具交换装置——机械手                  | (254)        |
| 8.1.3      | 运刀装置                         | (255)        |
| 8.1.4      | 刀具编码装置                       | (256)        |
| 8.1.5      | 识刀装置                         | (258)        |
| § 8.2      | 刀具自动交换控制器逻辑线路设计              | (259)        |
| 8.2.1      | 双臂钩形机械手刀具自动交换控制器逻辑线路设计       | (259)        |
| 8.2.2      | 转塔式刀具自动交换控制器逻辑线路设计           | (262)        |
| 8.2.3      | 圆盘刀库—前后机械手—运刀装置刀具交换控制器逻辑线路设计 | (268)        |
| 8.2.4      | 叉刀双臂机械手刀具自动交换控制器逻辑线路设计       | (277)        |
| § 8.3      | 识刀装置控制线路的设计及调试               | (289)        |
| 8.3.1      | 识刀装置工作原理                     | (289)        |
| 8.3.2      | 识刀器                          | (290)        |
| 8.3.3      | 识刀器读出电路                      | (291)        |
| 8.3.4      | 刀具号符合电路                      | (291)        |
| 8.3.5      | 提高识刀装置工作稳定性的措施               | (293)        |
| <b>第九章</b> | <b>计算机辅助制造系统(CAM)</b>        | <b>(295)</b> |
| § 9.1      | DNC系统参考模型                    | (296)        |

|             |                                |       |
|-------------|--------------------------------|-------|
| § 9.2       | DNC系统的逻辑结构 .....               | (298) |
| 9.2.1       | MKC型 .....                     | (298) |
| 9.2.2       | MKHC型 .....                    | (299) |
| 9.2.3       | MMKC型 .....                    | (299) |
| 9.2.4       | MMKHC型 .....                   | (299) |
| § 9.3       | 典型计算机数控系统 .....                | (301) |
| 9.3.1       | 具有插补装置的计算机群控系统 .....           | (301) |
| 9.3.2       | 具有专门机床数字控制程序传输装置的计算机群控系统 ..... | (305) |
| 9.3.3       | 具有专用数控箱MБH的计算机群控系统 .....       | (312) |
| 9.3.4       | 闭环计算机数控系统 .....                | (314) |
| 9.3.5       | 重型铣床微型计算机自动仿形控制系统 .....        | (316) |
| § 9.4       | CNC系统中的软件插补 .....              | (319) |
| 9.4.1       | 直接函数运算法(DFB) .....             | (319) |
| 9.4.2       | 数字微分分析器(DDA)法软件插补 .....        | (334) |
| <b>第十章</b>  | <b>柔性制造系统(FMS)</b> .....       | (341) |
| § 10.1      | FMS的定义及构成 .....                | (341) |
| § 10.2      | 信息流、物料流、能量流 .....              | (343) |
| § 10.3      | FMS的发展概况 .....                 | (347) |
| § 10.4      | FMS的应用、参数确定及其几个重要组成部分的分析 ..... | (348) |
| § 10.5      | 典型的FMS .....                   | (348) |
| <b>参考文献</b> | .....                          | (376) |

# 第一章 数控系统基本知识

## § 1.1 概 述

数控机床是一种借助于专用电子计算机、通用电子计算机或微处理机控制的高效率自动化机械加工设备。它综合应用了电子、电气、光学、机械、液压、计算技术、自动控制和精密测量等方面的最新成就，具有较好的通用性和灵活性，适用于零件形状复杂、精度要求高和改型频繁的中小批量产品生产过程。图1.1和图1.2定性地说明了数控机床的适用范围以及各类机床上加工零件批量和生产成本的关系。

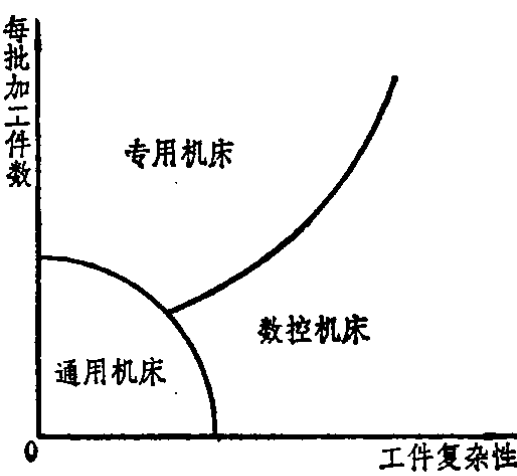


图1.1

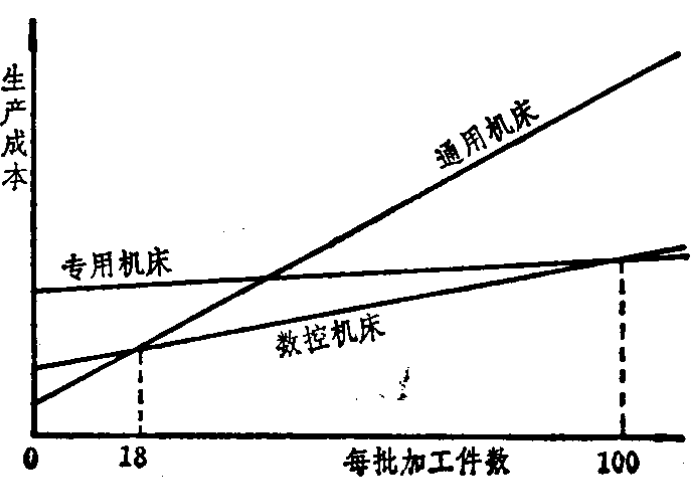


图1.2

统计资料表明，在机械制造行业中，中小批量生产的零件约占80%。随着科学技术和社会生产的发展，产品更新换代的速度

日益加快，特别是宇航、舰船和武器生产等工业部门的产品更是日新月异。从长远观点看，中小批量生产零件所占的比重还有继续增大的趋势。因此，可以认为，将现代最新技术成就（电子计算机技术）应用于国家基础工业（机械制造）而形成的机床数控技术有着广阔的发展前途。

开始于五十年代初期的机床数控技术 (Numerical Control—NC) 当前正向着以下几个方面发展：

(1) 计算机数控 (Computer Numerical Control—CNC)，其中也包括微型机或微处理机数控 (Minicomputer/Microprocessor Numerical Control—MNC)；

(2) 计算机直接数控，又称群控 (Direct Numerical Control—DNC)；

(3) 以模块概念为基础的数控可变加工系统 (NC Flexible Manufacturing System—NC FMS)；

(4) 综合应用计算机辅助设计 (Computer Aided Design—CAD) 和计算机辅助制造 (Computer Aided Manufacturing—CAM) 技术的无人化车间和无人化工厂。

机床数控进一步追求的基本目标概括起来有以下几点：

(1) 提高生产率；(2) 提高加工精度；(3) 降低成本；(4) 增强功能以方便操作和使用；(5) 提高可靠性和稳定性。

数控系统的类型虽多 (例如有：开环/闭环；点位直线/连续路径；一般数控/计算机数控)，但都是由以下基本环节的全部或其中某几个环节构成的：

(1) 输入介质及阅读机；(2) 输入控制器；(3) 运算器；(4) 主控制器；(5) 刀具尺寸补偿控制器；(6) 机床传动机构间隙和误差补偿控制器；(7) 输出控制器；(8) 进给速度控制器；(9) 刀库—机械手控制器；(10) 接口；(11) 位置检测装置。

由于数控系统类型的不同，所选用的基本环节的数目也不相同，比如，对开环系统来说，需要有间隙补偿和螺距误差补偿控制器，而对闭环系统来说则需要位置检测装置；加工中心需要有

刀库—机械手控制器，而一般数控机床则不需要；计算机数控系统需要有接口，而不需要另行设计运算控制器，但对一般数控系统来说，则相反。

由于数控系统的类型不同，其中某些基本环节的功能亦略有不同，比如，对于连续路径控制系统来说，它的运算器具有插补运算功能；而对点位直线控制系统来说，运算器只具有加1/减1计数功能。并且，它们的刀具半径补偿控制器的功能也不相同。

对于同一个基本环节来说，还可以有几种不同的实现方案，比如，点位直线系统的运算器可以用移位加1/减1计数器来实现；也可用8421加1/减1计数器来实现。连续路径控制系统的插补器可以用逐点比较法来实现；也可用二进制比例乘法器(Binary Rate Multiplier—BRM)或数字微分分析器(Digital Differential Analyzer—DDA)来实现。此外，如输入控制器、输出控制器、环形分配器、驱动线路等也有多种实现方案。

另外，还应看到，随着科学技术和生产的不断发展，数控系统的功能和构成的某些环节也在不断改变，例如：日本FANUC公司近几年推出的系统7、系统6(即7M、6M)就增加了软件插补、键盘输入、故障诊断、屏幕显示CRT、程序编辑和修改等功能。并且，输入的程序既可由存贮器调出，穿成纸带，长期保存；也可依靠电池在半导体存贮器中将它们暂存一段时间。在这些新系统中，驱动装置也由步进电机改为直流伺服电机、并且还开始出现改用交流伺服电机的趋势。

连续路径控制系统的运算器(逐点比较法、BRM法、DDA法)以及构成它们的逻辑部件(移位寄存器、半加器、全加器、变补器、二进制加法器、十翻二运算器等)在有关数控和线切割机的著作中都有较为详尽的叙述，故这里从略。仅以我国生产的加工中心TK3600系统的总框图为例，扼要地说明它的工作原理及其基本环节之间的相互联系，总框图如图1.3所示。

TK3600是带有刀具自动交换装置和旋转工作台的三坐标数控镗铣床，可以进行镗孔、钻孔、攻丝、铣平面或作平行于X、Y

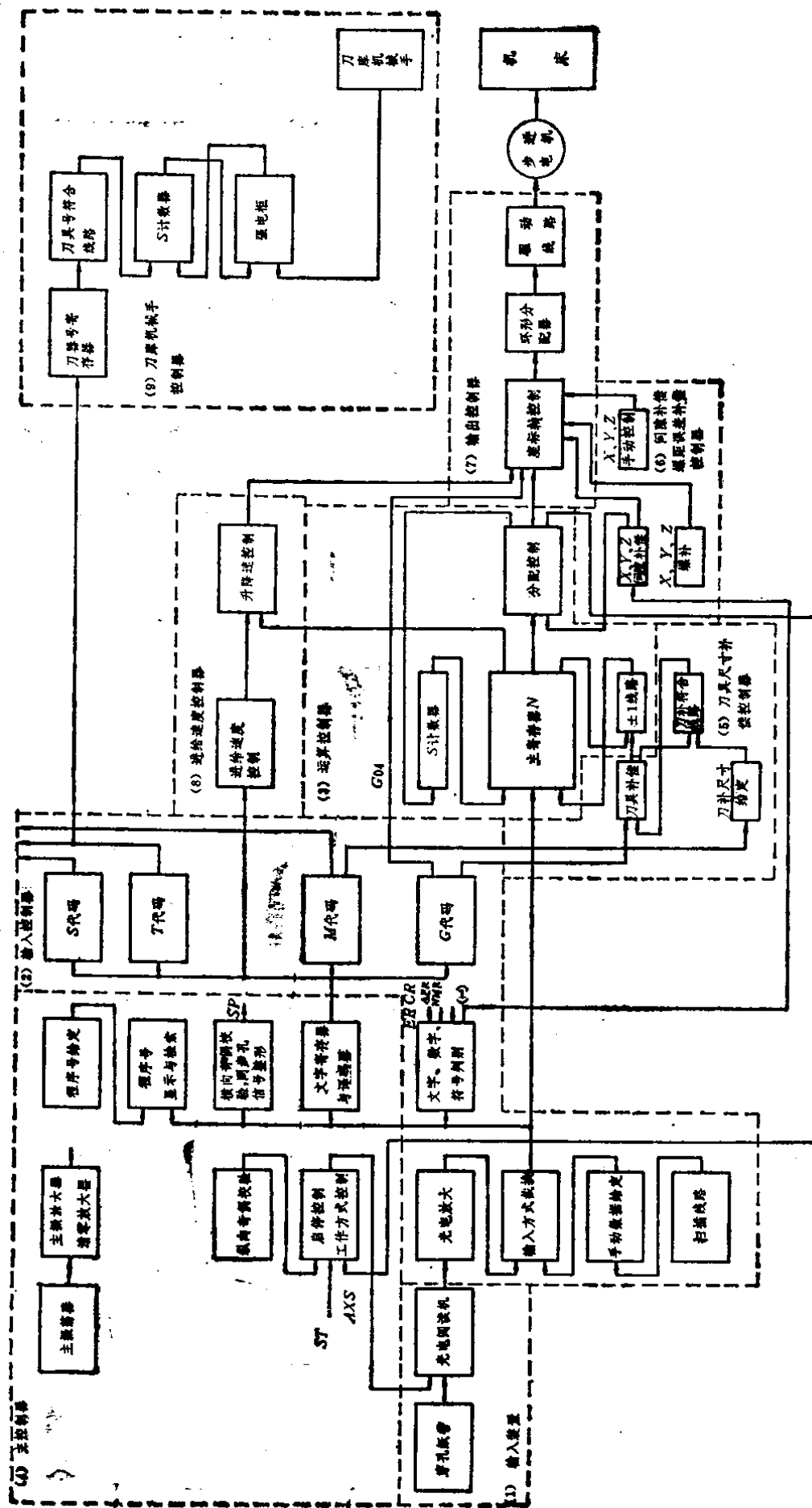


图 1.3

坐标的轮廓铣削,当同时在两个给定的坐标方向分配等量脉冲时,则可进行 $45^\circ$ 的斜线铣削,适宜于多面箱体加工。

控制系统采用开环、增量坐标,拖动系统为何服步进电机加液压扭矩放大器,也可改用2公斤·米的大功率步进电机直接拖动。

TK3600具有以下主要逻辑功能: X、Y、Z坐标移动控制;工作台自动旋转控制;刀具自动交换控制;刀具长度和半径自动补偿;传动链间隙补偿;传动丝杠螺距误差自动补偿;手动数据输入;单段程序操作;程序段删除;进给速度固定;计划暂停;对称加工;程序号显示与检索等。操作分为手动与自动两种方式。

手动操作时,则先将工作方式开关置于“D”位置,并在手动数据拨盘上将坐标地址(X、Y、Z)、坐标移动方向(+、-)、坐标移动量(数字)、进给速度(F)以及程序段分隔符(CR)拨好,模拟纸带上的一个程序段,比如: X+123400F19CR、然后按下“循环启动”按钮,则扫描线路即将这一段程序依次扫描到输入控制器中,控制机床工作台或主轴箱的移动。

自动工作时,加工程序则由穿孔带分段输入,用CR作为程序段之间的分隔符号,用ER作为整个零件加工程序的结束符号、程序格式如下: ER CR N009X+12345 F19M03CR ..... N990M02 CR。当输入机读入一个程序段信息时,首先由判别译码线路将这些信息区分为文字(如X、Y、Z、M、S、T、F、G)、数字(0~9)或符号(+、-、CR、ER)、然后再将它们分别送入各自的寄存器。M代码用以控制机床的辅助机能;S代码用以控制主轴转速;T代码用以控制选刀;G代码用以控制暂停及刀具尺寸补偿;X、Y、Z用以控制坐标轴的选择;+/-用以控制坐标轴移动方向;另外,还有一个主寄存器N,用以寄存坐标移动量数据。当包含有坐标移动信息的一个程序段全部输入后,如果没有刀具半径补偿运算,N寄存器即开始减1运算,每减1一次,则通过分配控制线路给输出控制器发出一个允许进给信号。当进给速度控制器按F指令所发出的具有一定频率的进给脉冲来到后,输出控制器便按给定的坐标和方向使步进电机转动一步。然后,N寄存器又开始减1运算,重复

以上步骤，直至N寄存器内的数据全部减完，座标移动结束为止。

当有刀具半径补偿时，输入一个程序段后，则首先由G 代码控制N 寄存器作刀补运算。刀补分正、负两种：当为正刀补时，则以62500次/秒的速率使N 寄存器作加法运算，将刀补量加入到N寄存器中；当为负刀补时，则以62500次/秒的速率使N寄存器作减1运算，从N中减去刀补量。刀补运算结束后，即开始分配运算、控制座标轴移动。传动链间隙补偿则每当座标轴移动反向时，由间隙补偿计数器控制输出控制器来进行，当所给定的间隙补偿量全部补偿结束时，主寄存器N 才开始分配运算。螺距误差补偿则是在座标轴移动过程中用补偿挡块来控制实现的。

刀库的旋转，机械手的抓刀和插刀则由刀库机械手控制器根据M和T指令进行控制。

当零件全部加工结束，光电输入机读到纸带上的M02CR时，M02 代码就首先使整个系统复位，然后使阅读机倒带。当倒带到头，阅读机读到纸带最前面的ER时，便停止倒带，表示纸带已回复原始输入位置，可以开始下一个零件的加工。

## § 1.2 本书中所用逻辑元件、符号及机能的约定

为了提高逻辑线路中元件的通用性和互换性，应使所用逻辑元件的类型尽可能少。为此，在本书中，我们统一采用非门和与非门两种标准元件。将逻辑“或”和“与或”运算一律化为“与非”运算。

例1：  $p = A + B$  应用摩根定理，则，  $p = \overline{\overline{A} \cdot \overline{B}}$ 。对应的逻辑线路如图1.4a、b所示。

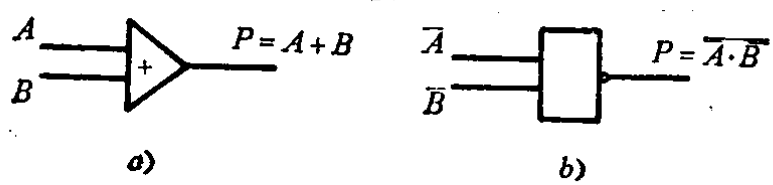


图1.4 a、b

例2:  $p = A \cdot B + C \cdot D$ , 应用摩根定理, 则  
 $p = \overline{\overline{A \cdot B} \cdot \overline{C \cdot D}}$ 。对应的逻辑线路如图1.5a、b所示。

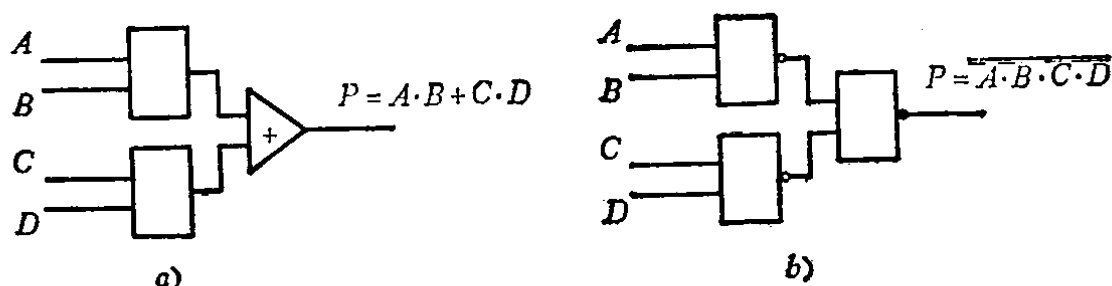


图1.5 a、b

关于基本逻辑元件的具体电路及其工作原理在很多电子技术基础、数字线路和有关手册中都有详尽的介绍, 这里不再重复。为便于读者阅读本书以后各章内容起见, 这里仅将本书中所应用到的几种门电路、触发器和单元线路的逻辑表达式和逻辑符号给出如下:

### 1. 非门

逻辑表达式  $p = \bar{A} = \overset{*}{A}$

在以后的逻辑表达式中, 有时为了书写方便, 我们用“\*”号代替“-”号。逻辑符号如图1.6所示。

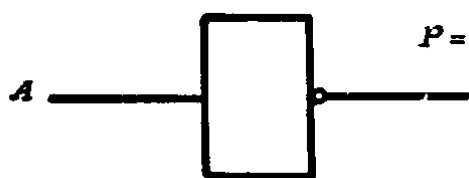


图1.6

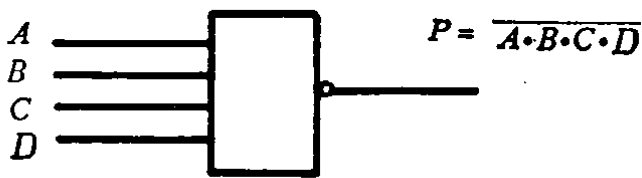


图1.7

### 2. 与非门

逻辑表达式  $p = \overline{A \cdot B \cdot C \cdot D}$

逻辑符号如图1.7所示。

### 3. R-S触发器

电路图及逻辑符号如图1.8a、b所示。输入输出关系真值表如表1.1所示。