

典型零件 数控车加工生产

贾 军 黎胜容 主编

实例



典型零件数控车 加工生产实例

贾 军 黎胜容 主 编



机械工业出版社

本书以生产应用为目标,结合大量实例,详细介绍了典型零件数控车加工生产的过程、技巧与实例。全书共7章,第1、2章简要介绍了车床结构、加工工艺和FANUC系统编程指令,引导读者学习入门;第3章归纳介绍了车加工的常用技术与经验技巧,包括坐标系设置、数值计算以及宏程序的运用;第4~7章为车加工生产实例,细分典型零件的类型,按照从简单到复杂的原则,结合26个工程实例,介绍了轴类零件、套类零件、孔类零件以及综合类零件的加工编程。本书所用实例典型丰富,全部取自生产实践,代表性和指导性强,读者学习后可以举一反三,快速入门上手,实现从入门到精通。

本书语言简洁,结构清晰,编程技巧经验和实际生产案例有机结合,内容安排合理,实例采用学习目标与注意事项+工艺分析+工具、量具、刀具清单+程序清单与注释+实例小结,技术内容全部符合实际加工过程,无论读者数控基础如何,都可通过学习达到事半功倍的效果。

本书适合广大初、中级读者使用,既可作为数控技工的自学参考,同时也可作为高职高专相关专业学生的理想教材,是读者学习数控车加工生产技能的必备宝典。

图书在版编目(CIP)数据

典型零件数控车加工生产实例 / 贾军, 黎胜容主编.

—北京: 机械工业出版社, 2011.4

ISBN 978-7-111-33818-5

I. ①典… II. ①贾… ②黎… III. ①机械元件—数控机床—加工工艺 IV. ①TH13②TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 046197 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 周国萍 责任编辑: 舒 雯 周国萍

版式设计: 霍永明 责任校对: 申春香

封面设计: 姚 毅 责任印制: 乔 宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2011 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·15.75 印张·311 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-33818-5

定价: 36.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

策划编辑: (010) 88379733

社服务中心: (010) 88361066

网络服务

销售一部: (010) 68326294

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

教材网: <http://www.cmpedu.com>

读者服务部: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

数控车削加工主要用于加工圆柱形零件，既可以车外圆，也可以车内圆，是数控加工领域的一项重要技术。目前市场上关于数控车加工的同类书中，讲解加工工艺和加工指令的内容较多，而对编程技巧与典型零件加工实例应用涉及的较少。为了弥补这种不足，本书结合大量实例，按照由浅入深、循序渐进的方式来介绍。全书共包括7章，具体内容安排如下。

第1章数控车床及加工工艺。简要介绍了数控车床的组成结构、技术参数、数控车床刀具以及车床加工工艺。读者通过学习可对数控车床加工技术有一个入门性的了解。

第2章FANUC系统及程序编制指令。由于本书是围绕FANUC数控系统介绍车床加工生产的，所以有针对性地介绍了FANUC数控系统的特点、FANUC数控系统的车床操作以及编程指令。其中，编程指令具体包括：刀具半径补偿指令、刀具长度补偿指令、直线插补、圆弧插补、单一型固定循环、复合型车削固定循环等，读者通过学习可以对这些指令的使用方法基本熟悉和掌握。

第3章介绍了数控车床编程运用技巧，包括坐标系设置、数学处理以及宏程序的使用。同时结合具体的案例来讲解，读者通过学习可以加深对数控车床编程的理解。

第4~7章典型零件的车加工编程应用。细分零件类型，依次介绍了轴类零件、套类零件、孔类零件以及综合类零件的加工编程案例。其中，轴类零件加工编程案例八个，分别为简单阶梯轴加工、多阶梯轴加工、螺纹加工、梯形螺纹加工、外圆锥面加工、槽加工（普通切槽刀）、槽加工（专用切槽刀）及椭圆外形加工。套类零件加工案例六个，分别为锥套零件加工、轴套零件加工、复杂套类零件加工、三个盘套类零件的加工。孔类零件加工编程案例六个，具体为两个通孔类零件加工，阶梯孔类零件加工及三个不通孔类零件加工。最后综合类零件加工案例，介绍了三个内轮廓综合加工和三个成形面类零件加工。

本书语言简洁，结构清晰，案例典型丰富，技术先进实用，代表性和指导性强；实例统一采用学习目标与注意事项+工艺分析+工具、量具、刀具清单+程序清单与注释+实例小结的结构编排。读者无论基础如何，都可以轻松入门上手，进而深入巩固和提高，掌握各类典型零件的车加工编程工艺、流程和实现技巧，最终达到精通的目的。

本书由贾军、黎胜容主编，参与编写的还有赵辉、岳战胜、黎双玉、涂志涛、

IV

刘红霞、刘铁军、何文斌、邓力、王乐、杨学围、张秋冬、闫延超、董延、郭志强、毕晓勤、贺红霞、史丽萍、袁丽娟、刘汝芳。

由于编者水平有限，书中难免会有一些疏漏和不足之处，欢迎广大读者及业内人士予以批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 数控车床及加工工艺	1
1.1 数控车床入门	1
1.1.1 数控车床的分类与组成	1
1.1.2 数控车床控制系统的功能	7
1.1.3 数控车床的主要结构特点	8
1.1.4 数控车床的技术参数	9
1.2 数控车床的刀具	10
1.2.1 刀具材料及其选用	10
1.2.2 数控刀具的种类及特点	13
1.2.3 数控车床刀具的选择	14
1.2.4 数控车床的对刀	21
1.3 数控车削加工工艺	22
1.3.1 数控车削加工原理	22
1.3.2 数控车床的编程特点	22
1.3.3 数控车削的主要加工对象	23
1.3.4 数控车削加工工艺分析的一般流程	24
第 2 章 FANUC 数控系统及车床编程指令	29
2.1 FANUC 数控系统概述	29
2.1.1 主要特点	29
2.1.2 主要系列	29
2.2 FANUC 数控系统的车床操作	31
2.2.1 FANUC 0i 系统数控车床操作面板	32
2.2.2 FANUC 0i 系统数控车床的常用操作	34
2.2.3 数控车床的对刀操作	39
2.3 数控车床系统常用编程指令	44
2.3.1 绝对尺寸指令和增量尺寸指令 (G90、G91)	44
2.3.2 预置寄存指令 (G92)	45
2.3.3 坐标平面选择指令 (G17、G18、G19)	45

2.3.4 刀具半径补偿指令 (G40、G41、G42)	45
2.3.5 刀具长度补偿指令 (G43、G44、G49)	48
2.3.6 直线插补 (G01)	49
2.3.7 圆弧插补 (G02、G03)	50
2.3.8 单一型固定循环 (G90、G92、G94)	52
2.3.9 复合型车削固定循环 (G70~G76)	57
第3章 数控车床编程运用技巧	67
3.1 数控加工坐标系	67
3.1.1 机床坐标系	67
3.1.2 编程坐标系	71
3.1.3 加工坐标系	71
3.2 程序编制中的数学处理	73
3.2.1 编程原点	73
3.2.2 编程基点	74
3.2.3 节点运算的处理技巧	74
3.2.4 数控加工误差的组成	75
3.3 宏程序的使用方法和实例	75
3.3.1 变量	75
3.3.2 算术与逻辑运算	77
3.3.3 转移与循环指令	79
3.3.4 宏程序实例	79
第4章 轴类零件加工编程案例	83
4.1 简单阶梯轴加工	83
4.1.1 学习目标与注意事项	83
4.1.2 工艺分析	83
4.1.3 工具、量具、刀具清单	84
4.1.4 程序清单与注释	85
4.1.5 实例小结	86
4.2 多阶梯轴加工	86
4.2.1 学习目标与注意事项	86
4.2.2 工艺分析	87
4.2.3 工具、量具、刀具清单	88
4.2.4 程序清单与注释	88
4.2.5 实例小结	90

4.3 螺纹加工	90
4.3.1 学习目标与注意事项	90
4.3.2 工艺分析	91
4.3.3 工具、量具、刀具清单	93
4.3.4 程序清单与注释	93
4.3.5 实例小结	96
4.4 梯形螺纹加工	96
4.4.1 学习目标与注意事项	96
4.4.2 工艺分析	97
4.4.3 工具、量具、刀具清单	99
4.4.4 程序清单与注释	100
4.4.5 实例小结	102
4.5 外圆锥面加工	103
4.5.1 学习目标与注意事项	103
4.5.2 工艺分析	103
4.5.3 工具、量具、刀具清单	104
4.5.4 程序清单与注释	105
4.5.5 实例小结	106
4.6 槽加工（普通切槽刀）	106
4.6.1 学习目标与注意事项	107
4.6.2 工艺分析	107
4.6.3 工具、量具、刀具清单	108
4.6.4 程序清单与注释	109
4.6.5 实例小结	111
4.7 槽加工（专用切槽刀）	111
4.7.1 学习目标与注意事项	111
4.7.2 工艺分析	112
4.7.3 工具、量具、刀具清单	113
4.7.4 程序清单与注释	114
4.7.5 实例小结	116
4.8 椭圆外形加工	117
4.8.1 学习目标与注意事项	117
4.8.2 工艺分析	117
4.8.3 工具、量具、刀具清单	119

4.8.4 程序清单与注释	120
4.8.5 实例小结	123
第 5 章 套类零件加工编程案例	124
5.1 锥套零件加工	124
5.1.1 学习目标与注意事项	124
5.1.2 工艺分析	124
5.1.3 工具、量具、刀具清单	125
5.1.4 程序清单与注释	125
5.1.5 实例小结	126
5.2 轴套零件加工	127
5.2.1 学习目标与注意事项	127
5.2.2 工艺分析	127
5.2.3 工具、量具、刀具清单	128
5.2.4 程序清单与注释	129
5.2.5 实例小结	132
5.3 复杂套类零件加工	132
5.3.1 学习目标与注意事项	132
5.3.2 工艺分析	132
5.3.3 工具、量具、刀具清单	134
5.3.4 程序清单与注释	134
5.3.5 实例小结	137
5.4 盘套类零件加工 1	137
5.4.1 学习目标与注意事项	137
5.4.2 工艺分析	137
5.4.3 工具、量具、刀具清单	139
5.4.4 程序清单与注释	140
5.4.5 实例小结	142
5.5 盘套类零件加工 2	142
5.5.1 学习目标与注意事项	143
5.5.2 工艺分析	143
5.5.3 工具、量具、刀具清单	144
5.5.4 程序清单与注释	145
5.5.5 实例小结	147
5.6 盘套类零件加工 3	147

5.6.1 学习目标与注意事项	147
5.6.2 工艺分析	148
5.6.3 工具、量具、刀具清单	149
5.6.4 程序清单与注释	150
5.6.5 实例小结	153
第6章 孔类零件加工案例	154
6.1 通孔类零件加工 1	154
6.1.1 学习目标与注意事项	154
6.1.2 工艺分析	154
6.1.3 工具、量具、刀具清单	156
6.1.4 程序清单与注释	156
6.1.5 实例小结	157
6.2 通孔类零件加工 2	158
6.2.1 学习目标与注意事项	158
6.2.2 工艺分析	159
6.2.3 工具、量具、刀具清单	160
6.2.4 程序清单与注释	160
6.2.5 实例小结	162
6.3 阶梯孔类零件加工	163
6.3.1 学习目标与注意事项	163
6.3.2 工艺分析	163
6.3.3 工具、量具、刀具清单	164
6.3.4 程序清单与注释	165
6.3.5 实例小结	166
6.4 不通孔类零件加工 1	166
6.4.1 学习目标与注意事项	166
6.4.2 工艺分析	166
6.4.3 工具、量具、刀具清单	168
6.4.4 程序清单与注释	168
6.4.5 实例小结	171
6.5 不通孔类零件加工 2	171
6.5.1 学习目标与注意事项	172
6.5.2 工艺分析	172
6.5.3 工具、量具、刀具清单	173

6.5.4 程序清单与注释	174
6.5.5 实例小结	177
6.6 不通孔类零件加工 3	177
6.6.1 学习目标与注意事项	178
6.6.2 工艺分析	178
6.6.3 工具、量具、刀具清单	179
6.6.4 程序清单与注释	180
6.6.5 实例小结	184
第 7 章 综合类零件加工案例	185
7.1 内、外轮廓综合加工 1	185
7.1.1 学习目标与注意事项	185
7.1.2 工艺分析	186
7.1.3 工具、量具、刀具清单	187
7.1.4 程序清单与注释	188
7.1.5 实例小结	191
7.2 内、外轮廓综合加工 2	191
7.2.1 学习目标与注意事项	191
7.2.2 工艺分析	192
7.2.3 工具、量具、刀具清单	193
7.2.4 程序清单与注释	194
7.2.5 实例小结	197
7.3 内、外轮廓综合加工 3 (斜椭圆)	197
7.3.1 学习目标与注意事项	197
7.3.2 工艺分析	198
7.3.3 工具、量具、刀具清单	199
7.3.4 程序清单与注释	200
7.3.5 实例小结	202
7.4 成形面类零件加工 1	202
7.4.1 学习目标与注意事项	203
7.4.2 工艺分析	203
7.4.3 工具、量具、刀具清单	205
7.4.4 程序清单与注释	206
7.4.5 实例小结	211
7.5 成形面类零件加工 2	212

7.5.1 学习目标与注意事项·····	212
7.5.2 工艺分析·····	213
7.5.3 工具、量具、刀具清单·····	214
7.5.4 程序清单与注释·····	215
7.5.5 实例小结·····	220
7.6 成形面类零件加工 3·····	220
7.6.1 学习目标与注意事项·····	222
7.6.2 工艺分析·····	223
7.6.3 工具、量具、刀具清单·····	224
7.6.4 程序清单与注释·····	225
7.6.5 实例小结·····	237
参考文献·····	238

第 1 章 数控车床及加工工艺

车床是最为常用的数控机床之一，主要用于轴类、套类等回转体零件的加工。本章将介绍关于数控车床加工入门的基础知识以及数控车床的加工工艺。

1.1 数控车床入门

数控车床是一种高度自动化的机床，它是用数字化的信息来实现自动化控制的，将与加工零件有关的信息——工件与刀具相对运动轨迹的尺寸参数、切削加工的工艺参数以及各种辅助操作等加工信息用规定的文字、数字和符号组成的代码，按一定的格式编写成加工程序单，将加工程序通过控制介质输入到数控装置中，由数控装置进行分析处理后，发出各种与加工程序相对应的信号和指令控制机床进行自动加工。本节首先介绍数控车床的分类与组成、数控车床的主要结构，使读者对数控车床有一个入门性的了解。

1.1.1 数控车床的分类与组成

1. 数控车床的类型及基本组成

(1) 数控车床的类型

1) 水平床身（卧式车床）。它有单轴卧式和双轴卧式之分。单轴卧式车床由于刀架拖板运动很少需要手摇操作，所以刀架一般安放于轴心线后部，其主要运动范围也在轴心线后半部，使操作者易接近工件。采用短床身占地小，宜于加工盘类零件。双轴卧式车床便于加工零件的正反面。

2) 倾斜式床身。它在水平导轨床身上布置三角形截面的床鞍。其布局兼有水平床身造价低和横滑板导轨倾斜便于排屑、易接近操作的优点。它有小规格、中规格和大规格三种。

3) 立式数控车床。它分单柱立式和双柱立式数控车床，采用立轴布置方式，适用于加工中等尺寸盘类和壳体类零件。便于装卸工件。

4) 高精度数控车床。它分中、小规格两种，适用于加工精密仪器、航天及电子行业的精密零件。

5) 四坐标数控车床。四坐标数控车床设有两个 X、Z 坐标或多坐标复式刀架，可提高加工效率，扩大工艺能力。

6) 车削加工中心。车削中心可在一台车床上完成多道工序的加工，从而缩

短了加工周期，提高了机床的生产效率和加工精度。若配上机械手、刀库、料台和自动测量监控装置构成车加工单元，用于中小批量的柔性加工。

7) 各种专用数控车床。专用数控车床有数控卡盘车床、数控管子车床等。

(2) 数控车床的基本组成 数控车床的整体结构组成基本与普通车床相同，同样具有床身、主轴、刀架及拖板和尾架等基本部件，但数控柜、操作面板和显示监控器却是数控机床特有的部件。即使对于机械部件，数控车床和普通车床也具有很大的区别。如数控车床的主轴箱内部省掉了机械式的齿轮变速部件，因而结构非常简单；车螺纹也不再需要另配丝杠和变换齿轮了；刻度盘式的手摇移动调节机构也已被脉冲触发计数装置所取代。下面以 CK7815 型数控车床和 CK9330 型数控车床为例，简单介绍一下数控车床的结构组成。

CK7815 型数控车床是长城机床厂的产品，可选配 FANUC-6T 或 FANUC-5T 系统，为两坐标联动半闭环控制的 CNC 车床。该车床能车削直线（圆柱面）、斜线（锥面）、圆弧（成形面）、米制和寸制螺纹（圆柱螺纹、锥螺纹及多头螺纹），能对盘形零件进行钻、扩、铰和镗孔加工。

CK7815 型数控车床如图 1-1 所示。其床身导轨为 60° 倾斜布置，排屑方便。导轨截面为矩形，刚性很好。主轴由直流（配 FANUC-5T 系统时）或交流（配 FANUC-6T 系统时）调速电动机驱动，主轴尾端带有夹紧液压缸，可用于快速自动装夹工件。床鞍溜板上装有横向进给驱动装置和转塔刀架，刀盘可选配 8 位、12 位小刀盘和 12 位大刀盘。纵、横向进给系统采用直流伺服电动机带动滚珠丝杠，使刀架移动。尾架套筒采用液压驱动。可采用光电读带机和手工

键盘程序输入方式，带有 CRT 显示器、数控操作面板和机械操作面板。另外，还有液动式防护门罩和排屑装置。若再配置上、下料的工业机器人，就可以形成一个柔性制造单元（FMC）。

CK9330 型数控车床配有由华中数控研制开发的 HCNC-1T 数控系统，是直接由计算机通过数控软件进行加工控制的新型 CNC 系统。该机床是一开环控制的台式车床，其机械部分由床身、床头箱、工作台、大小拖板、普通刀架、尾架、主轴电动机和 XZ 轴步进电动机（4NM、1NM 各一个）等组成，控制部分由机床强电控制柜、机械操作面板、计算机和数控软件等组成。CK9330 型数控车床的

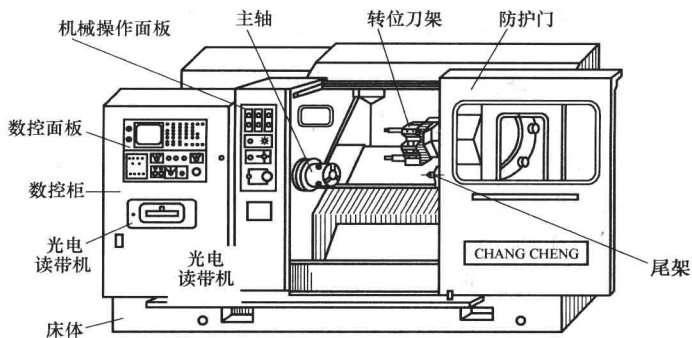


图 1-1 CK7815 型数控车床

组成如图 1-2 所示。

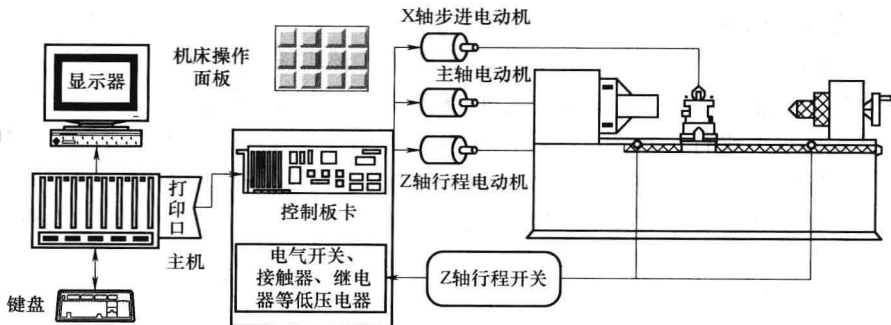


图 1-2 CK9330 型数控车床的组成

2. 数控车床的传动及速度控制

图 1-3 所示是 CK7815 型数控车床的传动系统图。主轴由 AC-6 型 5.5kW 交流调速电动机或 DC-8 型 1.1kW 直流调速电动机驱动，靠电气系统实现无级变速。由于电动机调速范围的限制，故采用两级宝塔传动带轮实施高、低两档速度的手工切换，在其中某档的范围内可由程序代码 S 任意指定主轴转速。结合数控装置还可进行恒线速度切削。但最高转速受卡盘和卡盘液压缸极限转速的制约，一般不超过 4500r/min。

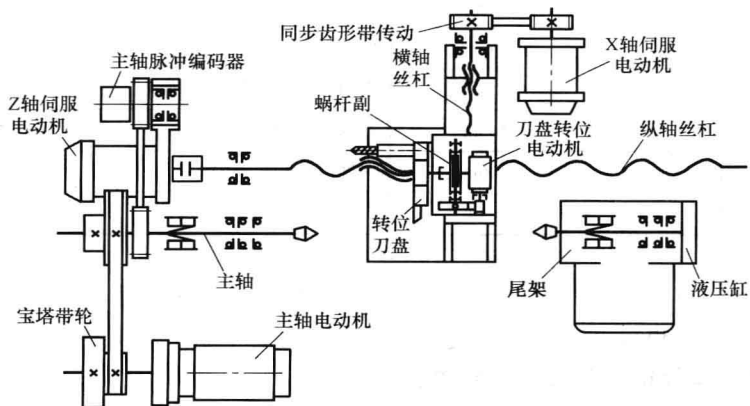


图 1-3 CK7815 型数控车床传动系统

纵向 Z 轴进给由直流伺服电动机直接带动滚珠丝杠实现；横向 X 轴进给由直流伺服电动机驱动；通过同步齿形带带动横向滚珠丝杠实现，这样可减小横轴方向的尺寸。

刀盘转位由电动机经过齿轮及蜗杆副实现，可手动或自动换刀。排屑机构由电动机、减速器和链轮传动实现。

工进速度和快进速度还受控制面板上相应的速度修调旋钮影响。实际速度还应乘以速度修调的倍率。

CK9330 型数控车床的传动系统较为简单,该机床主轴是由电动机经三角胶带传至车头主轴,由传动带塔轮传动实施有级变速。主轴转速不受 S 代码的控制,其调整需靠手工进行。按图 1-3 所示变换各传动带位置,即可得到表 1-1 中所列的 6 级主轴转速。由于主轴转速不可无级调控,所以在车削螺纹时,只有靠编码器检测主轴的实际转速并反馈到数控系统后,再由系统自动调整进给轴的进给速度来保证(主轴每转一圈,刀架移动一个螺距值)。

CK9330 型数控车床的纵向 Z 轴进给由 $4N \cdot m$ 的三相六拍感应式步进电动机直接带动普通丝杠实现,横向 X 轴进给由 $1N \cdot m$ 的步进电动机带动一对 18/27 的减速齿轮后,再带动普通丝杠实现。由于小拖板上的丝杠手柄调节位移量不计入数控装置,因此只用于加工前对刀时的辅助调节,它在加工过程中的任何移动都将影响尺寸精度。

CK9330 型数控车床的主要规格与技术参数如表 1-1 所示。

表 1-1 CK9330 型数控车床的主要规格与技术参数

床身上最大工件回转直径	300mm	加工米制螺纹螺距	0.5~3mm (或更大)
最大工件长度	500mm	加工寸制螺纹种数	20
刀架上最大工件回转直径	140mm	加工寸制螺纹螺距	11~40 牙/in
主轴通孔直径	26mm	纵、横向进给量级数	无级调速
主轴孔莫氏锥度	NO.4	主轴每转刀架的纵、横向进给量	无级调速
刀架最大横向行程	160mm	主轴转速范围	160~1600r/min
刀架最大纵向行程	100mm	主轴转速级数	6
加工米制螺纹种数	14		

此外,还有些车床的主轴虽然采用的是机械式的有级变速,但配合一定的液压动控制系统,也可通过 S 代码自动实现主轴的变速,但只能是有级变速。

3. 数控车床的控制面板及其功能

用计算机作控制系统的数控车床,其程序输入、数据设定和 NC 控制等操作均可用计算机的键盘进行,文字和图形信息由显示器显示。CK9330 型数控车床操作面板的布局如图 1-4 所示。

面板顶行为一排指示灯,分别为指示机床电柜电源的“强电”指示灯、表示机床与计算机数控软件是否联系上的“联机”指示灯、数控系统内部是否有故障的“数控”报警和控制轴行程是否超界的“超程”报警指示灯,以及回参考点指示灯。右上部按菱形布置的几个按钮为拖板移动用的手动操作按钮,相当于传统

车床上的旋转手柄，轴移动方向遵循标准规定。当按住某轴移动方向按钮的同时再按住中间的快移按钮时，则该轴将以内部设定的最快速度向指定方向移动；否则，将以当前设定的速度修调率移动。指示灯下方的旋钮为速度修调旋钮，“自动”的各档用于控制机床自动及 MDI 方式下的进给速度修调率，“手动”各档用于控制点动及步进移动时的 X、Z 轴移动速度，“增量”各档则用于决定步进方式下点按一下轴移动按钮所产生的移动量。左下方的 NC 锁匙电源是为机床提供的又一道电源开关。右下方的急停按钮用于紧急情况下强行切断电源。中部为以下几个功能控制按钮：

- 1) 超程解除。当 Z 轴正负方向出现硬性行程超界时，可同时按此按钮和 Z 轴相反方向的按钮以解除超程。
- 2) 循环启动、进给保持。用于自动运行中暂停进给和持续加工。
- 3) 单段执行。在自动运行方式下，若按下此钮，则每执行一段程序后都将暂停等待，需按循环启动方可执行下一段程序。
- 4) 机床锁住。若按下此按钮，则程序执行时只是数控系统内部进行控制运算，可模拟加工校验程序，但机械部件被锁住而不会产生实际的移动。
- 5) 主轴正转、反转和停。用于手动控制主轴的正转、反转和停转。

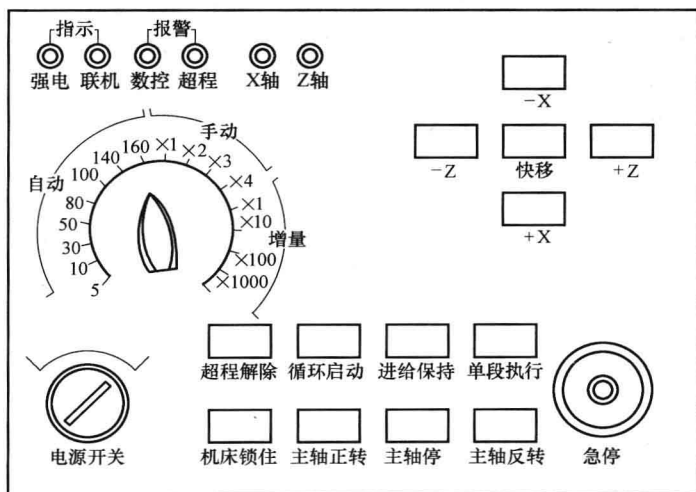


图 1-4 CK9330 型数控车床的操作面板

控制软件的环境界面如图 1-5 所示，图中屏幕顶行为状态行，用于显示工作方式及运行状态等，工作方式按主菜单变化，运行状态在不同的工作方式下有不同的显示。

(1) 自动运行时显示

1) 5%~140% (自动运行的进给速度修调倍率)。