

# 数控车床编程与加工技术

SHUKONG CHECHUANG BIANCHENG YU JIAGONG JISHU

达洪勇 谢绪明 主编



西南师范大学出版社

国家一级出版社 全国百佳图书出版单位

# 数控车床编程与加工技术

SHUKONG CHECHUANG BIANCHENG YU JIAGONG JISHU

达洪勇 谢绪明 主编



西南师范大学出版社  
国家一级出版社 全国百佳图书出版单位



## 图书在版编目(CIP)数据

数控车床编程与加工技术 / 达洪勇, 谢绪明主编  
— 重庆: 西南师范大学出版社, 2014.5  
ISBN 978-7-5621-6754-9

I. ①数… II. ①达… ②谢… III. ①数控机床—车  
床—程序设计—中等专业学校—教材②数控机床—车床—  
加工工艺—中等专业学校—教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 076376 号

## 数控车床编程与加工技术

---

达洪勇 谢绪明 主编

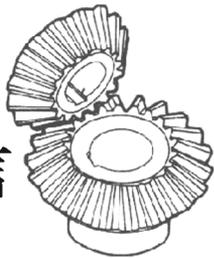
---

策 划: 刘春卉 杨景罡  
责任编辑: 杨景罡 曾 文  
封面设计: 戴永曦  
责任排版: 重庆大雅数码印刷有限公司  
出版发行: 西南师范大学出版社  
(重庆·北碚 邮编: 400715  
网址: [www.xscbs.com](http://www.xscbs.com))  
印 刷: 重庆大雅数码印刷有限公司  
开 本: 787 mm×1092 mm 1/16  
印 张: 10.25  
字 数: 262 千字  
版 次: 2014 年 5 月第 1 版  
印 次: 2014 年 5 月第 1 次印刷  
书 号: ISBN 978-7-5621-6754-9

---

定 价: 26.00 元

尊敬的读者,感谢您使用西师版教材!如对本书有任何建议或要求,请发送邮件至  
[xszijs@126.com](mailto:xszijs@126.com)。



本教材依据国家职业标准,结合重庆现代制造业发展水平和中职学校教育教学改革发展的要求,基于广数 GSK980TD 数控车床系统而编写。

本教材具有以下主要特点:

1.依据国家职业标准和重庆市数控车中级工技能鉴定标准,结合重庆现代制造业对从业者的职业能力要求,采用项目教学法,突出职业能力培养。

2.以实用、够用为原则,注重实用性、普适性和前瞻性。本教材主要以广数 GSK980TD 数控车床系统为平台进行编写,同时兼顾重庆市中职学校的现状,还介绍了华中系统;为了与企业接轨和就业,介绍了 FANUC 系统和 SIEMENS 数控系统;为了技能鉴定和数控技术发展的需要,还介绍了数控车仿真和 CAXA 数控车软件。

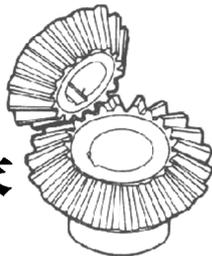
3.适合“理实一体化”教学。教材打破传统学科体系,将所要掌握的基本理论知识和操作技能分解到各实训项目中,真正做到“教学做合一”,同时教材还具有一定系统性。

4.内容的安排上符合中职生的认知规律。教材整个理论知识和操作技能内容由浅到深、由易到难、由简单到复杂,每个项目由基本知识、编程与加工练习、扩展知识三部分构成。

本教材适合于中等职业学校数控技术专业或相关专业的数控车中级工“理实一体化”教学,也可作为从事数控车床工作的工程技术人员的参考书或岗位培训教材。

本书由重庆市合川职业教育中心达洪勇、谢绪明任主编,重庆市合川职业教育中心林小华、唐伟、周劲、罗斌任副主编。参编的人员有重庆市合川职业教育中心邓玉伦、漆祥云、邓世亮、经晓凤、曾松、杨智强、周杨。本书由谢绪明统稿。

受编者的水平和经验所限,书中难免有不妥或错误之处,敬请读者提出批评和改进意见,以便修订。



项目一 数控车床基本知识 .....	1
任务一 数控车床的工作过程 .....	1
任务二 数控车削工艺特点 .....	4
任务三 数控车床基本操作练习 .....	9
任务四 数控车床的维护 and 安全教育 .....	18
扩展知识:直线插补原理 .....	19
项目二 数控仿真操作 .....	26
任务一 宇龙仿真软件的操作基础 .....	26
任务二 操作实例 .....	34
项目三 简单阶梯轴的编程与加工 .....	40
任务一 零件编程基本知识 .....	40
任务二 快速点定位 G00 和直线插补 G01 .....	50
任务三 简单阶梯轴的编程与加工练习 .....	52
扩展知识:华中数控系统的 G 指令和 M 指令 .....	59
项目四 带圆弧轴的编程与加工 .....	62
任务一 圆弧插补指令 G02、G03 .....	62
任务二 刀尖圆弧半径补偿 .....	65
任务三 程序编制中的坐标值计算 .....	68
任务四 带圆弧轴类零件的编程与加工练习 .....	69
扩展知识:逐点比较法第一象限圆弧插补 .....	75
项目五 带槽轴的编程与加工 .....	78
任务一 G90 的编程应用 .....	78
任务二 槽的编程与加工 .....	82
任务三 带槽轴类零件的编程和加工练习 .....	86
扩展知识:华中系统简单循环 G80 .....	92

<b>项目六 螺纹工件的编程与加工</b> .....	94
任务一 螺纹切削指令 G32 .....	95
任务二 螺纹切削循环 G92 .....	97
任务三 螺纹切削复合循环 G76 .....	100
扩展知识:华中数控系统 G82 和 G76 指令 .....	103
<b>项目七 套类工件的编程与加工</b> .....	106
任务一 确定车削加工工艺及加工方案 .....	106
任务二 编制数控加工程序 .....	108
任务三 机床操作与零件加工 .....	109
<b>项目八 综合实训</b> .....	110
任务一 综合实训一 .....	110
任务二 综合实训二 .....	115
任务三 综合实训三 .....	121
<b>项目九 数控车中级工技能实作图集</b> .....	129
一、检查零件图,分析加工工艺 .....	129
二、填写工艺卡片 .....	129
三、填写加工程序 .....	129
四、零件加工练习 .....	129
<b>数控车中级工考证理论模拟试题</b> .....	142
数控车中级工考证理论模拟试题(一) .....	142
数控车中级工考证理论模拟试题(二) .....	150
<b>参考文献</b> .....	158

# 项目一 数控车床基本知识

## 项目介绍

数控车床是目前运用最广泛的数控机床之一,作为操作者,只有正确认识数控车床的工作过程与加工特点,才能更好地使用设备来实现零件的加工。

## 项目要求

了解数控车床的工作过程及加工特点,能正确完成数控车床的基本操作。了解数控车床的维护方法,重视车床的操作安全性,自觉遵守操作规范。



## 任务一 数控车床的工作过程

### 【任务分析】

在学习数控车床之前,我们应该了解数控机床的分类、加工特点及其工作过程,为深入学习数控车床打下基础。

### 【学习目标】

了解数控机床的发展历史、分类、加工特点以及工作过程。

### 一、数控机床的发展历史

数控机床的出现经历了一个漫长的过程,它在普通机床的基础上,最终一步步发展为今天我们所熟知的数控机床。

20世纪50年代,随着电子管、晶体管、集成电路的产生,数控装置也随之发生了重大演变,体积变小,功率消耗减少,且可靠性提高,价格进一步下降。

1952年,美国出现第一台大型三坐标数控铣床,标志着第一代数控机床的诞生。

1959年,由于晶体管元件和印刷电路板的出现,数控机床进入了第二代。

1965年,出现了体积更小、可靠性更高的集成电路数控装置,数控机床进入了第三代。

1970年,出现了使用小型计算机控制的计算机数控系统,数控机床进入了第四代。

1974年,装有微处理器和半导体存储器的微型计算机数控装置出现,数控机床进入了第五代。

20 世纪 80 年代初,随着计算机软、硬件技术的发展,数控装置日趋小型化,数控机床的自动化程度进一步提高。

1990 年,PC 机(个人计算机)的发展已经可以满足数控机床核心部件的要求,由此数控机床进入了第六代。

随着微电子技术、计算机技术和软件技术的迅速发展,数控机床的控制系统日益趋于小型化和多功能化,具备完善的自诊断功能,可靠性也大大提高,数控系统本身将普遍实现自动编程。

## 二、我国数控技术的发展状况

我国的数控技术起步较晚,其发展大体分为三个阶段:

第一阶段(1958~1979 年),由于我国电子技术条件的限制,数控技术在此阶段发展十分缓慢,大部分控制系统未能达到使用水平。

第二阶段(1980~1990 年),在对引进技术消化吸收的基础上,我国开始了数控系统的自主研发,在此期间我国的数控技术取得了长足的进步。

第三阶段(1990~2000 年),国家组织数控技术攻关,使得我国的数控系统取得了实质性的进步,进入了市场竞争阶段。

## 三、数控车床的分类

数控车床种类繁多,规格不一,如果按数控控制系统分类,可分为 FANUC(法拉克)系统、SIEMENS(西门子)系统、广数系统、华中系统等;如果按车床主轴位置分类,可分为立式数控车床和卧式数控车床。这里主要对按主轴位置分类的数控车床进行介绍。

### 1. 立式数控车床

立式数控车床简称为数控立车,其车床主轴垂直于水平面,并有一个直径很大的圆形工作台,供装夹工件用。这类机床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸相对较小的大型复杂零件,如图 1.1 所示。



图 1.1



图 1.2

### 2. 卧式数控车床

卧式数控车床的卡盘轴线与水平面平行,主要用于加工轴向尺寸大、径向尺寸相对较小的细长轴类零件,如图 1.2 所示。



## 四、数控车床的加工特点

数控车床精度高、效率高,配备多工位刀塔或动力刀塔,主要用于加工轴类、盘套类等回转体零件。该类机床具有广泛的加工工艺性能,可加工直线圆柱、斜线圆柱、圆弧和各种螺纹、槽、蜗杆等复杂工件,是完成零件加工的必要设备。它具有以下特点:

1.自动化程度高,可以减轻操作者的体力劳动强度。数控车削主要由数控车床按照程序自动加工,操作者只需做简单的基础操作,比如,装卸工件、对刀、关键工序的检测,不需要进行繁重的手工操作,大大降低了操作者的劳动强度。

2.加工零件精度高、质量稳定。数控车床的定位精度和重复定位精度都很高,而工件的精度主要靠机床保证,因此较容易保证一批零件尺寸的一致性。

3.生产效率高。在数控加工中,加工同一零件的程序一般都是固定的,所以在加工零件时一般只对首件和末件进行质量检测,这样一来可以减少大量的辅助时间,而且由于数控加工出的零件质量稳定,为后续工序带来方便,其综合效率明显提高。相比普通车床,生产效率可提高3~4倍。

4.有广泛的适应性和较大的灵活性。通过改变程序,就可以加工新产品的零件,能够完成很多普通车床难以完成或者根本不能加工的复杂型面零件的加工。

数控车床加工主要应用在零件精度要求高、零件表面粗糙度值要求小或零件轮廓形状复杂的场合,适合于大、中、小批量生产。

## 五、数控车床的工作过程

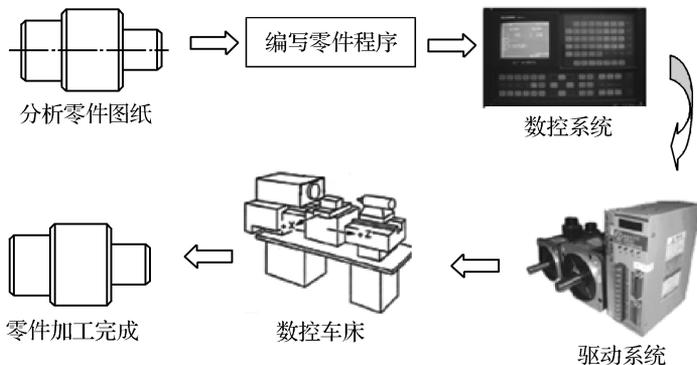


图 1.3

1.首先,操作者根据零件图的内容及要求,进行工艺分析,确定加工方案、工艺参数等内容。

2.根据工艺参数等编写程序。

3.以手工、计算机传输等方式,将加工程序的内容输送到数控装置。

4.数控装置将所接受的信号进行一系列处理后,向伺服系统发出执行的命令。

5.伺服系统接到执行的信息指令后,立即驱动车床的执行机构,严格按照指令的要求进行运动,使数控车床自动完成相应零件的加工。

## 思考与练习

1. 简述数控车床的加工特点。
2. 数控车床的工作过程是什么？



## 任务二 数控车削工艺特点

### 【任务分析】

在数控加工中,编程前的工艺分析是一项十分重要的工作,它主要包括零件的加工工艺路线的拟定和数控加工文件的制订两方面内容。

### 【学习目标】

了解数控车刀的种类和代号,掌握数控车削的工艺特点,学会填写相关工艺卡片。

### 一、数控车刀的种类及代号

#### 1. 数控车刀的种类

##### (1) 按刀具结构分类

可分为整体车刀、焊接车刀、机夹车刀、可转位车刀和成形车刀。其中可转位车刀的应用日益广泛,在车刀中所占比例逐渐增加。

##### (2) 按刀具材料分类

可分为高速钢刀具、硬质合金刀具、陶瓷刀具、立方碳化硼刀具、金刚石刀具。其中硬质合金刀具又可分为钨钴类硬质合金(YG)、钨钛钴类硬质合金(YT)、钨钛钽(铌)类硬质合金(YW)等。

#### 2. 可转位车刀刀片的代号

我国可转位刀片的型号共用 10 个号位的内容来表示主要参数的特征。按规定,任何一个刀片都必须有前 7 个号位,后 3 个号位在必要时才使用。但对于车刀刀片,第 10 号位属于标准要求标注的部分,不论有无第 8、9 两个号位,第 10 号位都必须用短横线“—”与前面号位隔开,并且其字母不得使用第 8、9 两个号位已使用过的字母;当只有第 8、9 两个号位其中的一位时,则写在第 8 号位上,中间不需空格。

例如:

代码	C	E	M	N	06	04	12	F	R		
号位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	—	10

(1) 第 1 号位表示刀片形状。用一个英文字母代表(见表 1-1)。

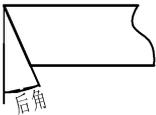
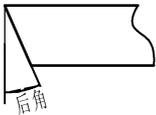


表 1-1

代码	刀片形状	刀尖角
T	正三角形 	60°
C	菱形 	80°
D		55°
V		35°
S	正方形 	90°
K	平行四边形 	55°
R	圆形 	
W	等边不等角六边形 	80°
P	正五边形 	108°

(2)第 2 号位表示刀片主切削刃后角。用一个英文字母代表(见表 1-2)。

表 1-2

代码	刀片后角 	代号	刀片后角 
A	3°	E	15°
B	5°	F	25°
C	7°	N	0°
D	15°	P	11°

(3)第 3 号位表示刀片尺寸精度。用一个英文字母代表(见表 1-3)。

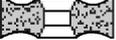
表 1-3

等级代码	允许偏差(mm)		
	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>d</i>
G	±0.025	±0.13	±0.025
M	±0.08~±0.2	±0.13	±0.05~±0.15
U	±0.13~±0.38	±0.13	±0.08~±0.25
E	±0.025	±0.025	±0.025

*m*——内切圆与刀尖情况;*s*——刀片厚度;*d*——刀片内切圆直径

(4)第 4 号位表示刀片类型。用一个英文字母代表(见表 1-4)。

表 1-4

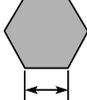
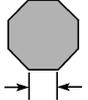
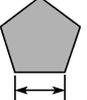
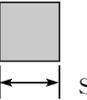
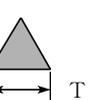
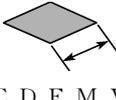
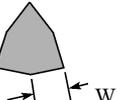
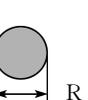
刀片类型	说明	刀片类型	说明
A 	有圆形固定孔, 无断屑槽	U 	双面有固定沉孔, 双面有断屑槽
Q 	双面有固定沉孔, 无断屑槽	W 	单面有固定沉孔, 无断屑槽
R 	无固定孔, 单面有断屑槽	N 	无固定孔, 无断屑槽
T 	单面有固定沉孔, 单面有断屑槽	X	自定义

(5) 第 5 号位表示刀片主切削刃长度。用两位数字表示。

取理论长度的整数部分表示。例如切削刃长度为 6.35 mm, 表示为 06; 切削刃长度为 31.75 mm, 表示为 31。

各种形状刀片切削刃长度的表示位置见表 1-5。

表 1-5

(6) 第 6 号位表示刀片厚度。主切削刃到刀片定位底面的距离, 用两位数字代表。

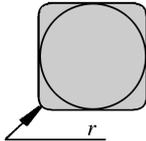
取刀片厚度基本尺寸整数部分作为厚度的表示代号。如果整数位只有一位, 则在整数前面加一个“0”, 例如刀片厚度为 2.38 mm, 表示为 02。

当刀片厚度的整数相同, 而小数部分值不同, 则在小数部分大的刀片数字前加“T”。例如刀片厚度分别为 3.18 mm 和 3.97 mm 时, 则前者代号为 03, 后者代号为 T3。

代码	01	T1	02	03	T3	04	06	07	09
刀片厚度 (mm)	1.59	1.98	2.38	3.18	3.97	4.76	6.35	7.94	9.525

(7) 第 7 号位表示刀尖圆角半径或刀尖转角形状。用两位数或一个英文字母代表(见表 1-6)。

表 1-6

车刀形状	代码	刀尖半径 $r$ (mm)
	00	<0.2
	02	0.2
	04	0.4
	08	0.8
	12	1.2

(8) 第 8 号位表示刀片切削刃槽形。用一个英文字母代表(见表 1-7)。



表 1-7

代码	示意图	说明
F		尖锐切削刃
E		圆角切削刃
T		负倒棱切削刃
S		负倒棱和倒圆角切削刃

(9)第九号位表示切削方向。用一个英文字母代表(见表 1-8)。

表 1-8

代码	示意图	说明
R		右切
L		左切
N		左右切

(10)第 10 号位槽形状代号用一个英文字母加一个阿拉伯数字代表。在 ISO 编码中,是留给刀片厂家的备用号位。

## 二、加工工艺路线的拟定

编程人员进行工艺分析时,根据零件的材料、形状、加工精度等方面的内容选用合适的车床,制订加工方案,确定零件的加工顺序,以及在各工序中所用刀具、夹具和切削用量等。

### 1. 数控加工的步骤

(1)分析零件图纸,明确加工内容及技术要求。通过对零件图纸的分析,确定零件的加工方案,制订数控加工工艺路线并选择合适的车床。

(2)零件加工工序的设计,包括确定零件的定位方案、选取或设计合适的夹具。

(3)根据零件要求选择合适的刀具并确定切削用量。

(4)编制数控加工程序。

(5)数控加工程序的调整。通过程序的试运行和首件的试切削来验证程序的可行性。

(6)对零件进行加工。

## 2. 加工方案的确定原则

加工方案又称工艺方案,数控车床往往用于比较精密的零件加工,在加工时常常是通过粗加工、半精加工和精加工逐步完成的。

制订工艺方案的一般原则为:先粗后精、先近后远、基面先行、先主后次。

(1)先粗后精原则:加工零件时应按照粗加工、半精加工、精加工的顺序依次提高零件的精度和降低表面粗糙度。

(2)先近后远原则:一般情况下,通常安排离对刀点近的部位先加工,离对刀点远的部位后加工,缩短刀具移动距离,减少空行程时间。

(3)基面先行原则:加工零件时,总是先把精加工的基准表面加工出来,对定位基准面进行粗加工和半精加工,必要时还要进行精加工,这样做是为了减小装夹误差。

(4)先主后次原则:零件的主要表面和基准面应先加工,这样才能发现毛坯的缺陷。次要表面的加工应放在主要表面加工到一定程度后再进行。

## 3. 工序划分方法

(1)按所用刀具划分工序:为了减少换刀次数,把同一把刀具能完成的加工部分视为一道工序。在专用数控机床或加工中心上大多采用这种方法。

(2)按零件的装夹定位方式划分工序:在一次装夹中能完成的加工部分视为一道工序。这种方法一般适用于加工内容不多的工件。

(3)按粗、精加工划分工序。把粗加工中能完成的那部分内容视为一道工序,精加工中能完成的那部分内容视为一道工序。此法适用于易产生加工变形的零件。

## 4. 工步的划分原则

一道工序又可分为几道工步。工步划分的原则是:

(1)按粗、精加工分开的方法划分工步。同一表面按粗加工、半精加工、精加工依次完成,或全部加工表面按先粗加工后精加工分开进行。

(2)按由近到远的加工方法划分工步。

(3)按刀具划分工步。按刀具划分工步,可减少换刀次数,提高加工效率。

## 5. 加工路线的拟定

加工路线是编写程序的依据之一。确定加工路线时应注意以下几点:

(1)加工路线应保证被加工零件的精度和表面粗糙度,且效率要高。

(2)寻求最短加工路线,这样做的目的在于减少程序段和空行程时间。

(3)使数值计算简单,以减少编程工作量。

(4)确定加工路线时,还要考虑工件的加工余量和工艺系统的刚度等情况,确定是一次走刀完成零件加工,还是多次走刀完成零件加工。

## 三、相关工艺文件的编写

数控加工的工艺文件是生产和检验产品质量的重要依据,工厂中常使用的工艺文件包括:编程任务书、数控加工工序卡片、数控加工刀具卡片、机床调整清单、数控加工进给路线图、数控加工程序单等。这里主要介绍数控加工刀具卡片和数控加工工序卡片的填写。

### 1. 数控加工刀具卡片

刀具卡片是调整刀具的重要依据,其内容包括:刀具的序号、刀具名称、刀具材料等。工厂常见的刀具卡片见表 1-9。



表 1-9 刀具卡片

刀具卡片				零件图号	零件名称	材料	
序号	指令	刀位号	偏置号	刀具名称	刀具材料	刀尖半径	刀尖方位号

## 2. 数控加工工艺过程卡片

数控加工工艺过程卡片是数控加工编程的主要依据,也是操作人员配合数控程序进行加工的主要指导性工艺文件。其主要内容有:工序号、工序名称、工序内容、零件材料规格与尺寸、零件图号、零件名称、刀具名称及切削用量等。工厂常见的工艺过程卡片见表 1-10。



## 任务三 数控车床基本操作练习

### 【任务分析】

数控车床的基本操作是学习数控车床的基础,它包括数控面板的操作,工作方式的选择,对刀,刀补的测定和输入,程序的编辑和程序的自动运行等几方面的内容。

### 【学习目标】

熟悉操作界面、程序的录入及试切对刀法,培养学生的基本操作技能,养成安全、文明生产的习惯。

### 一、数控车 980TD 操作面板介绍

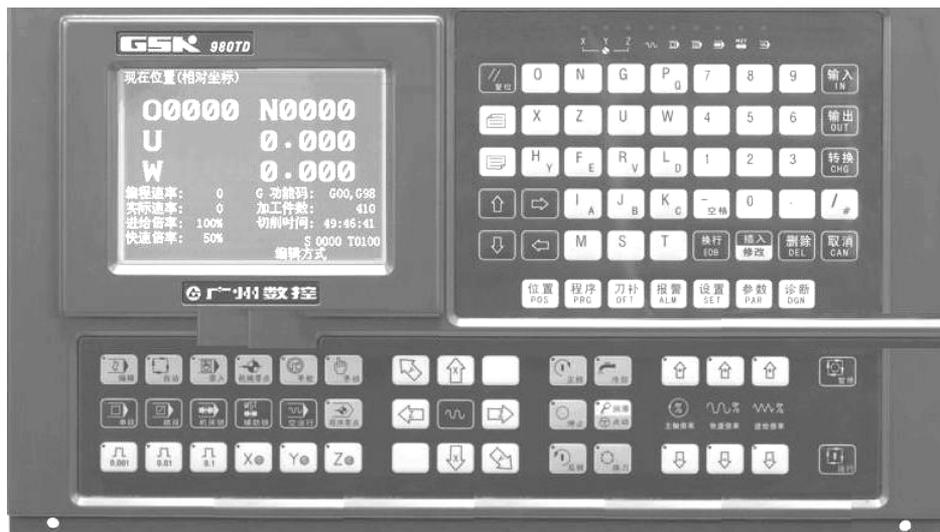


图 1.4





### (一) 面板划分

980TD 车床控制系统的操作面板包括:液晶显示(LCD)区、状态指示区、编辑键盘区、页面显示方式区和机床控制显示区等 5 大区域,具体如图 1.4 和 1.5 所示。

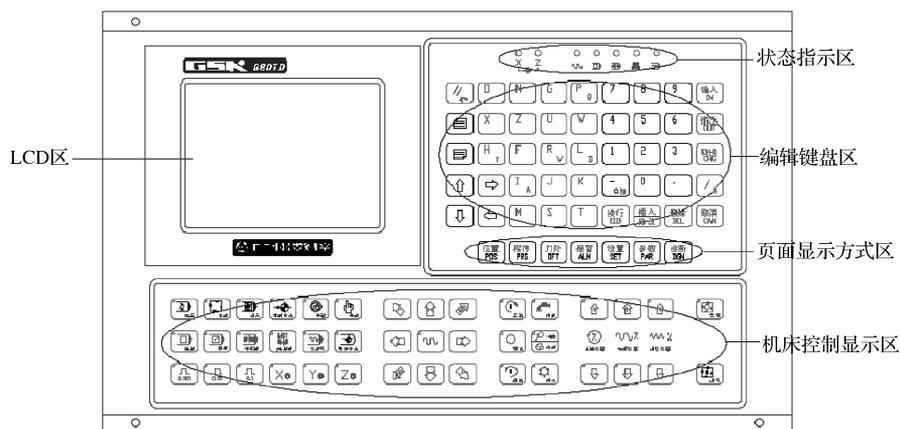


图 1.5

### (二) 面板功能介绍

1. 液晶显示(LCD)区:用于显示程序等。
2. 状态指示区:指示符号与功能(见表 1-11)。

表 1-11 状态指示

 X、Z 向回零结束指示灯	 单段运行指示灯
 辅助功能指示灯	 快速指示灯
 机床锁指示灯	 空运行指示灯

### 3. 编辑键盘区(见图 1.6)

编辑键盘区由 11 个小部分组成,具体说明见表 1-12。

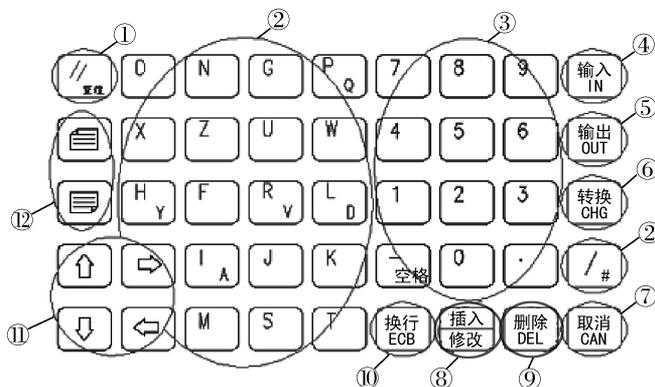


图 1.6