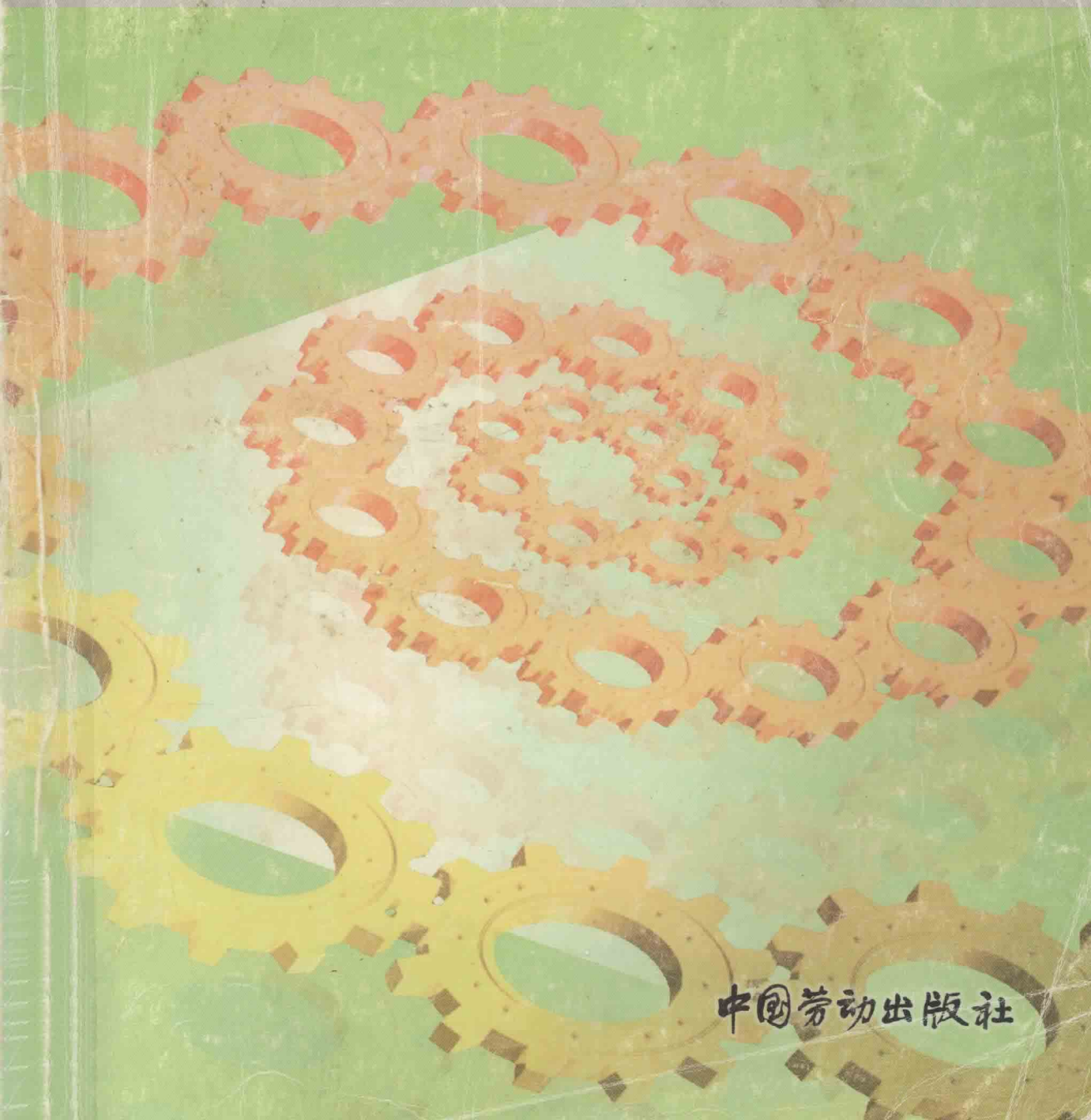


机械类

高级技工学校统编教材 高级工培训教材

机床电气与数控技术



中国劳动出版社

机械类

高级技工学校统编教材
高级工培训教材

机床电气与数控技术

高级技工学校机械类教材编审委员会组织编写

图书在版编目(CIP)数据

机床电气与数控技术/梁如福等编. —北京: 中国劳动出版社, 1999. 2

全国高级技工学校机械类统编教材

ISBN 7-5045-2294-5

I. 机…

II. 梁…

III. 数控机床—技工学校—教材

IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 37017 号

机床电气与数控技术 高级技工学校机械类教材编审委员会组织编写

责任编辑 万 象

责任设计 李沙黛

责任校对 金玉杰

中国劳动出版社出版

(100029 北京市惠新东街 1 号)

北京朝阳隆昌印刷厂印刷 新华书店总店北京发行所发行

1999 年 3 月第 1 版 1999 年 3 月北京第 1 次印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 10.75

字数: 266 千字 印数: 3000 册

定价: 16.00 元

简 介

为了更有效地培养高级技能人才，自 1995 年起，原劳动部、原机械工业部和中国航空工业总公司依据国家《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》，共同组织编写了一套机械类高级技工学校统编教材，本书是其中的一本。

本书主要内容有：直流电动机的控制和异步电动机的基本控制线路、可编程序控制器、数控机床和数控加工程序的基本知识、数控机床编程实例、数控机床的使用与保养等。

本书可作为高级技工学校机械专业、中级技工学校机械高级班的教材，也可作企业高级工培训和工人自学用书。

本书由梁如福、赵荣贵、单强编写，梁如福主编；杨琳、张晓明审稿，杨琳主审。



高级技工教育是较高层次的职业技术教育。发展高级技工教育既是我国经济发展和现代化建设的需要，也是企业提高劳动者素质、提高产品质量、创造经济效益的需要。为适应这一飞速发展的形势和加快为社会培养急需的高级技能人才，原国家劳动部从1990年开始试办高级技工学校，之后又在省级以上重点技工学校中选择了一批骨干学校陆续建立起几十所高级技工学校。几年来，这些高级技工学校已经成为高级职业培训基地，承担起了培养高级技术工人、技师、生产实习指导教师及其他高级技能人才的任務。

为了规范高级技工学校的教学，较好地解决教材的选用问题，1995年3月，原劳动部职业技能开发司会同原中国航空工业总公司和原机械工业部教育司，共同召开了高级技工学校机械类（冷加工）教学计划研讨会，提出“制订教学计划，并通过教学计划对培养目标进行质量检查，是保证高级技工学校健康发展的重要条件”。本套高级技工学校机械类统编教材，就是根据会议通过的高级技工学校机械类教学计划组织编写的。

本套教材以国家颁布的《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》为依据，文化基础课教材突出了实用性和服务性；专业课教材注意了从技能培养的需要出发确定编写内容，力求紧密结合企业的技术和生产实际；专业技能训练教材大量吸收了现场工人在生产中总结出来的操作经验和特殊技巧，补充了相关的专业知识，并介绍了国内较先进的技术和工

艺。基本做到了从专业工种的实际需要出发,重点讲清知识应用的条件、方法和手段,使文化基础课为专业课服务,专业课为技能训练服务,最终提高学生的操作技能和分析、解决实际问题的能力。

本套教材既可以作为高级技工学校机械类(冷加工)专业的教材,也可以作为高级技工的培训教材。由于我国高级技工教育正处在初级发展阶段,教材建设还存在着各种各样的问题,因此选用本套教材时,一定要结合本单位的实际情况安排教学。

在近两年的教材编写工作中,得到了有关方面的大力支持,特别是一些高级技工学校的教师,承担了大量的编审任务,在此一并致以诚挚的感谢。欢迎大家在使用中将发现的问题及时反馈给我们,以便适时修订。

高级技工学校机械类教材编审委员会

1998年12月

目 录

第一章 概述	(1)
§ 1.1 电力拖动简介	(1)
§ 1.2 机床电气控制线路的发展	(2)
§ 1.3 机床电气控制线路的原理图和接线图	(4)
§ 1.4 控制电气元件和保护电气元件	(11)
第二章 直流电动机的控制	(21)
§ 2.1 直流电动机的结构、应用和分类	(21)
§ 2.2 他励直流电动机的控制	(25)
§ 2.3 串励直流电动机的控制	(31)
第三章 异步电动机的基本控制线路	(34)
§ 3.1 几种简单的控制线路	(34)
§ 3.2 顺序控制线路	(39)
§ 3.3 多地控制线路	(40)
§ 3.4 自动降压启动控制线路	(41)
§ 3.5 制动控制线路	(46)
§ 3.6 调速控制电气线路	(51)
§ 3.7 几种常见的机床控制线路	(53)
实验一 三相异步电动机 Y- Δ 降压启动	(80)
实验二 三相异步电动机反接制动	(81)
第四章 可编程序控制器	(83)
§ 4.1 概述	(83)
§ 4.2 C 系列 P 型 PC 机	(87)
§ 4.3 指令系列	(92)
§ 4.4 编程方法及编程器的使用	(99)
§ 4.5 编程实例	(106)

第五章 数控机床简介	(110)
§ 5.1 数控机床的产生和特点	(110)
§ 5.2 机床数控系统的基本结构及分类	(111)
§ 5.3 数控机床的发展	(116)
第六章 数控加工程序的基本知识	(118)
§ 6.1 数控机床的工作原理及有关规定	(118)
§ 6.2 数控加工和常用术语的定义	(121)
§ 6.3 程序编制的步骤、方法和有关规定	(123)
第七章 数控机床编程实例	(137)
§ 7.1 数控车床的功能与编程基础	(137)
§ 7.2 车削加工典型零件的编程实例	(142)
§ 7.3 数控铣床的功能与编程基础	(146)
§ 7.4 铣削加工典型零件的编程实例	(153)
§ 7.5 自动编程简介	(156)
第八章 数控机床的使用与保养	(159)
§ 8.1 数控机床的使用	(159)
§ 8.2 数控机床的保养	(160)

第一章 概 述

§ 1.1 电力拖动简介

在国民经济的各个部门中，广泛使用各种各样的生产机械，以电动机为动力拖动生产机械的方式叫电力拖动。电力拖动，特别是自动化程度很高的生产机械的电力拖动，是现代工业高度发达的标志之一。

一、电力拖动的组成

电力拖动由电动机、传动机构、控制设备、生产机械和电源等几部分组成，如图 1.1 所示。

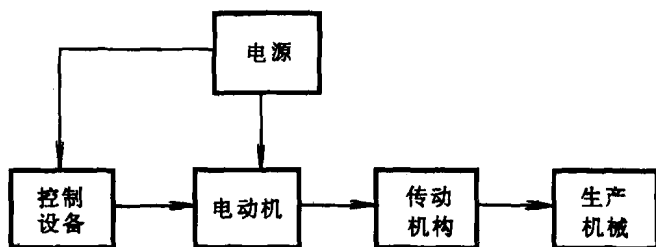


图 1.1 电力拖动的组成

电动机是用以实现电能与机械能转换的。在一个电力拖动系统中，除了一台或几台主电动机外，还有一些辅助电动机和控制电动机等。

传动机构的主要作用是传递动力并实现速度和运动方式的变换。如减速箱、传输带、联轴节等。

控制设备是用来控制供给电动机电能的形式与时间，使其适应生产机械的需要。控制设备由构成一定电气线路的各种电气元件组成。

二、直流拖动和交流拖动

电力拖动分为直流拖动和交流拖动两大类。直流拖动是以直流电动机为动力的拖动方式；交流拖动是以交流电动机为动力的拖动方式。交流电动机具有结构简单、制造方便、维护容易、价格便宜等优点，所以使用较为广泛。直流电动机具有良好的启动和控制性能，尤其是它的调速性能良好，可以方便地在很宽的范围内平滑地调速，所以在频繁启动、制动及调速要求较高的场合，直流拖动仍然居主要地位，并被用于自动控制要求较高的各种生产机械上。

随着电子技术、大规模集成电路、计算机和控制理论的发展，交流电动机的调速方法不断完善，在调速性能方面，使用交流拖动有时也可与直流拖动媲美。

三、机床电力拖动的发展

机床是机械制造中的主要加工设备。机床的拖动装置发展迅速，变化很快。20 世纪初，由于电动机的出现，使机床的动力得到了根本的改变。最初是由电动机直接代替蒸汽机，往往是一台电动机拖动若干台机床，称为成组拖动。后来出现了单独拖动形式，即一台电动机拖动一台机床。

由于生产发展的需要、机床结构的改变、床体的增大，尤其是运动相应增多，这样各种辅助运动仍由一台电动机拖动，其机械传动机构就会变得十分复杂，而且满足不了生产工艺的要求，因此出现了由多台电动机分别拖动各运动机构的多电动机拖动。

由于直流电动机调速性能好，调速精度高，调速平滑性好，调速范围可相应扩大，相继出现了直流发电机—电动机组成的调速系统及通过电机放大机等元件实现控制的自动调速系统。

60 年代，出现了晶体闸流管—直流电动机调速系统和晶体闸流管—交流电动机调速系统。目前这些调速系统已越来越多地应用于机床电力拖动之中。

§ 1.2 机床电气控制线路的发展

机械设备各式各样，就金属切削机床来说，它的功能在于用一把或多把刀具来加工金属零件。这样，刀具和毛坯之间就必须有相对运动。例如，车削时，毛坯旋转，刀具作往返直线运动；铣削时，刀具旋转，毛坯作往返直线运动；钻削时，毛坯不动，刀具既旋转又作往返直线运动……这些运动多用电动机拖动，即采用电力拖动的方式。同时，按照加工工艺要求，机床还需经常启动、制动、停车、反转、变速、冷却、润滑及各种自动操作和调整。电气控制的作用就在于把电能转换成机械能，并根据生产工艺要求进行控制。要进行有效的控制，就要有各种控制电气元件组成的电气控制线路。

可见，电气控制就是用各种电气控制元件和控制线路组成控制系统，对电动机进行控制。

一、电动机自动控制的基本方法

控制系统在电力拖动装置中起着主导作用。由于电动机与生产机械的类型很多，在生产实践中又对它们提出了不同的要求，所以实现自动控制的方法也很多。一般情况下是根据生产工艺过程中某些物理量的变化规律来进行。在程序控制中则是按照人们预先给定的程序自动地进行控制。

电动机自动控制的基本方法有以下几种：

1. 时间控制

时间控制就是把时间作为一种控制信号来实现自动控制。例如线绕式电动机转子电阻的切除，就是使时间继电器按照一定的时间接通接触器，从而短接转子电阻，使电动机自行启动。

2. 转速控制

转速控制就是把电动机转速作为控制信号，使控制系统自动工作。例如异步电动机反接

制动时，可利用速度继电器及时切除电源以避免其反转；在自动调速系统中，可以根据给定转速与实测转速的偏差自动调节转速。

3. 行程控制

生产机械的运动部件往往在一定的进行位置进行减速、停车、换向等，这就有可能利用行程的变化规律进行自动控制。例如龙门刨床工作台的自动往返，就是采用行程开关和撞块进行行程控制的。

4. 电流控制

电动机启动、运转过程中电流是变化的，根据这种变化可以实现对它的自动控制。例如线绕式电动机、直流串激式电动机都可以用电流控制实现自动控制。

5. 电势或频率控制

当电动机转速变化时，直流电动机的反电势和交流电动机转子电势的频率是变化的，所以又可根据电势或频率来实现自动控制。实际上这是一种转速的间接控制。

根据生产和工艺的要求及以上基本控制方法，就可以设计出比较复杂的机床电气控制线路。

二、机床电气控制线路的发展

最初的机床是采用手动控制。现在除少数容量小、动作单一的机床（如小型台钻、砂轮机）使用手动控制外，多数机床采用继电器-接触器的自动控制系统。这种控制系统，控制方法简单直接，工作稳定，成本低，能在一定范围内适应单机和自动生产线的需要，是机床进行自动控制的基础。但它满足不了加工程序经常改变、控制要求比较复杂的控制系统的需要。

顺序控制器，是一种介于继电器-接触器控制系统与计算机控制系统之间的开关量控制的装置。它通过编码、逻辑组合来改变程序，满足程序需要经常变动的控制要求，因而提高了机床的自动化水平。

数控机床是应用微电子技术、计算机技术、自动控制、精密测量及机床结构设计等当代新技术而发展起来的一种自动化程度很高的新型机床。

所谓数控，就是把机床的加工程序和控制指令，以数字形式预先记录在控制介质（如穿孔纸带、磁带）上，通过数控装置对机床运动进行自动控制。

数控加工的主要优点是：当改变加工对象时，除了要重新装夹工件和更换刀具外，一般只需要更换一下控制介质，就可以自动加工出所需要的零件。因此，它特别适用于加工形状复杂、精度要求很高的单件或小批量生产的机械零件。

目前使用的数控机床有以下几种类型：

1. 一般数控（NC）

这种控制系统由控制介质、数控装置、伺服装置和机床等组成，如图 1.2 所示。

NC 系统只能满足特定的功能，对于不同类型的机床就要有不同类型的 NC 系统，因此，其灵活性和通用性较差。

2. 小型计算机数控（CNC）

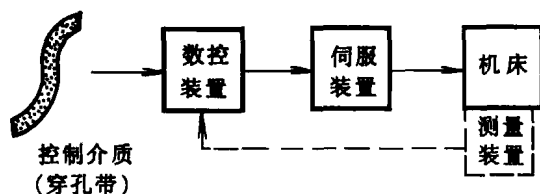


图 1.2 一般数控机床的方框图

这种系统用一台小型通用计算机（或单板机）代替一般数控中由逻辑硬件电路组成的数控装置，如图 1.3 所示。它能随着控制程序的变更而改变，具有非常大的通用性，既可用于车床，又可用于铣床等各类机床。

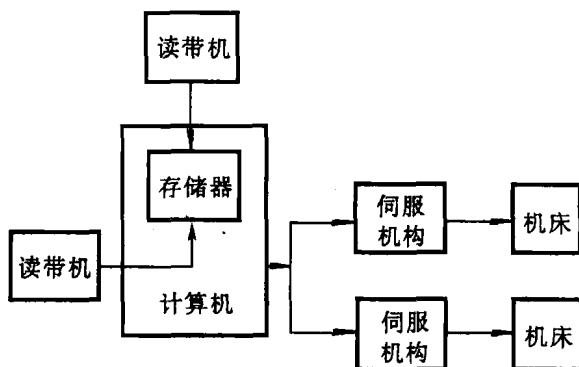


图 1.3 小型计算机数控机床方框图

3. 计算机群控 (DNC)

该系统用一台大型通用计算机直接控制一组数控机床的系统，可以在更大范围内提高生产效率、自动化程度和加工精度。

4. 可编程序控制器控制系统 (PC)

CNC 和 DNC 系统价格昂贵，体积庞大。最近发展起来的采用微处理器的计算机控制系统，不仅价格便宜、性能良好，而且可靠性高，体积也日趋减小，使机床在整体结构上有机电一体化的趋势。可编程序控制器控制系统 (PC) 就是其中之一。

可编程序控制器控制系统以体积微小的可编程序控制器芯片，代替一般数控系统中的数控装置进行程序控制。这种系统的应用日见增多，是取代单板计算机的一种理想控制装置。

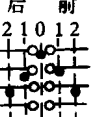
§ 1.3 机床电气控制线路的原理图和接线图

一、电气图常用图形符号及文字符号

用规定的图形符号和文字符号代表各种电动机及电气元件、用线条代表导线而绘制出的表示电气控制原理的图，称为电气控制线路的原理图。电气图常用图形符号及文字符号见表 1-1。

表 1.1

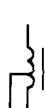
电气图常用图形符号及文字符号

名 称		新 标 准		旧 标 准	
		图 形 符 号 GB4728 - 84 GB4728 - 85	文字符号 GB7159 - 87	图 形 符 号 GB312 - 64	文字符号 GB315 - 64
开 关	开关一般符号		SA		K
	手动开关 一般符号		SA		DK
	三极隔离开关		QS		GLK
	三极负荷开关 (负荷隔离开关)		QS		FK
	手动闭锁开关 (铁壳开关)		QS		DK
	旋转开关 (组合开关)		QS		HK
	闭锁的推动开关		SA		AN
	自动空气开关		QS		ZK
按 钮	控制器或 操作开关	暂时采用右边符号	SA		ZK
	常开按钮		SB		OA
	常闭按钮		SB		TA
按 钮	复合按钮		SB		AN

续表

名 称		新 标 准		旧 标 准	
		图 形 符 号 GB4728-84 GB4728-85	文字符号 GB7159-87	图 形 符 号 GB312-64	文字符号 GB315-64
位置 和 限制 开关	位置开关动合 (常开) 触点		SQ		XWK
	位置开关动断 (常闭) 触点		SQ		XWK
	位置开关 复合触点		SQ		XWK
触 点 元 件	动合 (常开) 触点		同 所 属 电 气 元 件	(1)  (2) 	同 所 属 电 气 元 件
	动断 (常闭) 触点			(1)  (2) 	
	先断后合 转换触点				
	中间断开的 双向触点				
接 触 器	操作器件一般符号 (线圈)		KM		C
	动合 (常开) 主触点		KM		C
继 电 器	瞬时接触继电器线圈 (中间继电器)		KA		ZJ
	欠电压继电器线圈		FV		QYJ
	过电流继电器线圈		FA		QLJ
热 继 电 器	热驱动器件		FR		RJ
	热操作动断 (常闭) 触点		FR		RJ

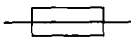
续表

名 称		新 标 准		旧 标 准	
		图 形 符 号 GB4728-84 GB4728-85	文字符号 GB7159-87	图 形 符 号 GB312-64	文字符号 GB315-64
时 间 继 电 器	缓慢吸合线圈 (通电延时)		KT		SJ
	缓慢释放线圈 (断电延时)		KT		SJ
	延时闭合动合 (常开) 触点		KT		SJ
	延时断开动断 (常闭) 触点		KT		SJ
	延时断开动合 (常开) 触点		KT		SJ
	延时闭合动断 (常闭) 触点		KT		SJ
变 压 器	单相变压器		T		B
	单相自耦变压器		TM		ZOB
	三相电力变压器		TM		LB
交 流 电 动 机	三相笼型异步电动机		M		D

续表

名 称		新 标 准		旧 标 准	
		图 形 符 号 GB4728-84 GB4728-85	文字符号 GB7159-87	图 形 符 号 GB312-64	文字符号 GB315-64
交 流 电 动 机	三相线绕转子 异步电动机		M		D
	单相笼型 异步电动机		M		D
直 流 电 动 机	串励式 直流电动机		M		D
	并励式 直流电动机		M		D
半 导 体 管	二极管 一般符号		V		D
	电压调整 (稳压) 二极管		V		DW
	晶体闸流管		V		DW
	PNP 型三极管		V		BG
	NPN 型三极管		V		GB

续表

名 称	新 标 准		旧 标 准		
	图 形 符 号 GB4728-84 GB4728-85	文字符号 GB7159-87	图 形 符 号 GB312-64	文字符号 GB315-64	
其 他	熔断器		FU		RD
	接插器	 	XS (插座) XP (插头)		CZ
	电磁铁		YA		CT
	电磁吸盘		YH		DX
	指示灯		HL		ZSD
	照明灯		EL		ZD

二、电气控制线路原理图

在绘制和阅读电气控制原理图时应注意以下几点：

1. 原理图一般分为主电路和辅助电路（控制电路、照明电路、信号电路和保护电路等）。一般规定主电路用粗实线绘出，画在左侧；辅助电路用细实线绘出，画在右侧，有时也可以用同一种线条表示。

2. 在原理图中，同一电气元件的各导电部件允许不画在一起。例如接触器的线圈和触点常常不画在一起，而是用同一文字标明，如用 K_i 表示同一接触器的多个线圈和触点。

3. 原理图中各电气元件的全部触点都按“平常”状态绘出：对接触器、继电器等电气元件来说，是指线圈未通电的触点状态；对按钮、限位开关，是指没有受到外力时的触点位置；对主令控制电气元件，是指手柄置于“零位”时触点的位置。图 1.4 为三相异步电动机正反转控制的电气原理图。

三、电气控制线路接线图

电气控制线路接线图，简称电气接线图，表示各电气设备之间的实际接线图。它是根据电气控制线路原理图中各电气元件的实际位置，以一定比例绘制的。图 1.4 所示电气原理图