

化工工人技术理论培训教材



电气识图与控制

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

化学工业出版社

化工工人技术理论培训教材

电气识图与控制

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

化学工业出版社

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

电气识图与控制/化学工业部人事教育司, 化学工业部
教育培训中心组织编写. —北京: 化学工业出版社, 1997
化工工人技术理论培训教材
ISBN 7-5025-1943-2

I. 电… II. ①化…②化… III. ①电路图-识图法-
技术培训-教材②电气控制-技术培训-教材 IV. TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 22562 号

化工工人技术理论培训教材

电气识图与控制

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

责任编辑: 唐旭华

责任校对: 陈 静 吴桂萍

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

新华书店北京发行所经销

北京市燕山印刷厂印刷

北京市燕山印刷厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 9 $\frac{7}{8}$ 插页 2 字数 275 千字

1997 年 12 月第 1 版 2003 年 3 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-5025-1943-2/G · 549

定 价: 17.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

为了适应化工系统工人技术等级培训的需要,提高工人的技术理论水平和实际操作技能,我们依据《中华人民共和国工人技术等级标准》和《化工系统工人技术理论培训教学计划和教学大纲》的要求,组织有关人员编写了这套培训教材。

在教材编审过程中,遵循了“坚持标准,结合实际,立足现状,着眼发展,体现特点,突出技能,结构合理,内容精炼,深浅适度”的指导思想,以“等级标准”为依据,以“计划和大纲”为蓝图,从有利于教师教学和方便工人自学出发,力求教材内容能适应化工生产技术和现代化生产工人培训的要求。

按照“中华人民共和国工人技术等级标准”规定的化工行业 168 个生产工种的有关内容,在编制教学计划和划定大纲时,在充分理解等级标准的基础上,吸取了国外职业教育的成功经验,对不同工种、不同等级工人围绕技能所要求掌握的技术理论知识进行分析和分解,作为理论教学的基本单位,称之为“单元”。在计划和大纲中,168 个工种按五个专业大类(及公共课)将不同等级的全部理论教学内容分解为 301 个教学单元。为了方便各单位开展培训教学活动,把教学计划中一些联系较为密切的“单元”合在一起,分成 112 册出版。合订后的全套教材包括以下六部分。

无机化工类单元教材共 25 册:《流体力学基础》、《管路的布置与计算》、《物料输送》、《气相非均一系分离》、《液相非均一系分离》、《物料混合》、《固体流态化与应用》、《加热与冷却》、《蒸发》、《结晶》、《浸取与干燥》、《制冷》、《焙烧与工业炉》、《粉碎与筛分》、《电渗析》、《吸附分离》、《离子交换》、《常见的无机化学反应》、《电解及其设备》、《物料衡算与热量衡算》、《合成氨造气》、《合成氨变换》、《合成氨净化》、《合成氨压缩》和《氨的合成》。

有机化工类单元教材共 7 册:《吸收》、《蒸馏》、《萃取》、《有机化学反应(一)》、《有机化学反应(二)》、《有机化学反应(三)》和《化学反应器》。

化工检修类单元教材共 43 册:《电镀》、《腐蚀与防护》、《机械传动及零件》、《液压传动与气动》、《金属材料热处理知识》、《机械制造工艺基础》、《化工检修常用机具》、《工程力学基础》、《测量与误差》、《公差与配合》、《化工机器与设备安装》、《化工压力容器》、《展开与放样》、《化工管路安装与维修》、《钳工操作技术》、《装配和修理》、《钢材矫正与成型》、《电工材料及工具》、《焊工操作技术》、《焊接工艺》、《阀门》、《化工用泵》、《风机》、《压缩机》、《化工分析仪表(一)》、《化工分析仪表(二)》、《化工测量仪表》、《电动单元组合仪表》、《化工自动化》、《集散系统》、《仪表维修工识图与制图》、《仪表常见故障分析与处理》、《过程分析仪表》、《化工检修钳工工艺学》、《化工检修铆工工艺学》、《化工检修管工工艺学》、《化工检修焊工工艺学》、《化工防腐橡胶衬里》、《化工防腐金属喷涂》、《化工防腐金属铅焊》、《化工防腐砖板衬里》、《化工防腐塑料》以及《化工防腐玻璃钢》。

化工分析类单元教材 6 册:《化学分析的一般知识及基本操作》、《化学分析》、《电化学分析》、《仪器分析》、《化验室基本知识》和《有机定量分析》。

橡胶加工类单元教材共 11 册:《橡胶、配合剂与胶料配方知识》、《再生胶制作机理、工艺及质量检验》、《橡胶加工基本工艺》、《轮胎制造工艺方法》、《力车胎制造工艺方法》、《胶管制造工艺方法》、《胶带制造工艺方法》、《橡胶工业制品制造工艺方法》、《胶鞋制造工艺方法》、《胶乳制品制造工艺方法》和《炭黑制造工艺方法》。

另外还有公共课及管理课类单元教材共 20 册:《电工常识》、《电工基础》、《电子学一般常识》、《电子技术基础》、《机械识图》、《机械制图》、《化工管路识图》、《工艺流程与装备布置图》、《工厂照明与动力线路》、《电气识图与控制》、《电机基础及维修》、《工厂电气设备》、《工厂电气技术》、《安全与防护》、《三废处理与环境保护》、《化工计量常识》、《计算机应用基础知识》、《化工应用文书写作》、《标准化基础知识》和《化工生产管

理知识》。

按照“单元”体系组织编写工人培训教材,尚是一种尝试,由于我们经验不足和教材编审时间的限制,部分教材在体系的合理性、内容的先进性、知识的连贯性和深广度的准确性等方面还不尽如人意,为此建议:

一、各单位在组织教学过程中,应按不同等级的培训对象,根据相应的教学计划和教学大纲的具体要求,以“单元”为单位安排教学。

二、工人技术理论的教学应与操作技能的培训结合起来。技术理论的教学活动除应联系本单位生产实际外,还应联系培训对象的文化基础、工作经历等实际情况,制订相应的教学方案,确定相应的教学内容,以提高教学的针对性和教学效率。

三、在教学过程中发现教材中存在的问题,可及时与我们联系,也可与教材的编者或出版单位联系,使教材中的问题得到及时更正,以利教学。

本套教材的组织编写,得到全国化工职工教育战线各方面同志的积极支持和帮助,在此谨向他们表示感谢。

化学工业部人事教育司

化学工业部教育培训中心

1996年3月

内 容 提 要

本书的主要内容是电气识图与控制,电气控制的含义、内容及任务,自动控制系统的概念。本书介绍了有关图形和文字符号,着重叙述控制电路的动作过程。

内容包括异步电动机继电器-接触器控制线路;机床控制线路;高压系统供用电设备电气控制线路;常用设备的控制线路;控制线路故障分析等。

本书作为化工企业电工岗位培训教材,也可作为其他行业电气工人的技术参考书。

目 录

电气识图与控制(公 013)	1
第一章 异步电动机继电器-接触器控制线路的基本环节	2
第一节 电气控制系统的图形符号、文字符号和回路标号	2
第二节 三相鼠笼型异步电动机直接起动控制线路	6
第三节 三相鼠笼型异步电动机降压起动控制线路	14
第四节 三相绕线式异步电动机起动控制线路	23
第五节 三相异步电动机的制动控制线路	29
第六节 三相异步电动机调速控制线路	41
第七节 控制回路故障分析和处理	44
第二章 常用机床控制线路	46
第一节 C620 车床控制线路	46
第二节 M7130 平面磨床控制线路	48
第三节 摇臂钻床的电气控制	55
第四节 T68 卧式镗床的电气控制线路	60
第五节 桥式起重机控制线路	67
第六节 机床控制线路的分析及故障处理	82
第三章 高压系统供用电设备电气控制线路	85
第一节 供用电设备二次回路的基本知识	85
第二节 三相高压异步电动机的控制保护线路	99
第三节 变压器的控制保护线路	103
第四节 备用电源的自动投入装置控制线路	107
第五节 高压同步电动机的控制和保护及硅整流励磁控制线路	111
第六节 信号装置	118
第七节 控制线路故障分析及处理	124
第四章 常用设备控制线路	126
第一节 电磁调速异步电动机的控制线路	126
第二节 可控硅电镀装置的控制线路	129

第三节	立式车床的控制线路	134
第四节	控制线路故障分析及处理	156
第五章	典型控制线路	158
第一节	自动控制系统的一般概念	158
第二节	同步电动机全控桥励磁装置的控制线路	163
第三节	大型变压器的保护和控制线路	183
第四节	母线保护和控制线路	190
第五节	可控硅-电磁转差离合器式电弧炉电极自动调节器控制线路	198
第六节	龙门刨床的控制线路	217
第七节	电收尘器控制线路	264
第八节	同步电动机无刷励磁控制线路	268
第九节	控制线路故障分析和处理	280
附录		284
附录 1-1	电工系统图图形符号(GB312—64)	284
附录 1-2	电气控制系统图文字符号(GB315—64)	289
附录 1-3	电力系统图上的回路标号(GB316—64)	293
附录 2-1	电工系统图图形符号 GB4728	298
附录 2-2	电气控制系统图文字符号 GB7159	303

电气识图与控制

(公 013)

吉化公司化肥厂	李松岩	主编
吉林化工学院	王锡琴	参编
吉林化工学院	李晓红	
吉化公司职教总校	刘金铎	主审

第一章 异步电动机继电器—接触器 控制线路的基本环节

生产实际中常见的用继电器、接触器、按钮等有触点电器组成的控制线路,是为了满足生产机械电力拖动的起动、制动、反向和调速等要求的。继电器-接触器控制线路在控制系统中来说是比较简单的,随着工业飞速发展,对控制系统的要求不断提高,单纯的继电器-接触器控制线路已远远不能满足生产上的要求,于是,在现代的控制系统中采用了许多新的控制元件,如电子器件、可控硅元件等。但是,即使如此,继电器-接触器控制线路仍是控制系统中最基本的控制方法。

控制线路的复杂程度是由生产机械提出的工艺要求来决定。任何复杂的控制线路都是由一些比较简单的基本环节组合而成。本章将介绍最基本的控制方法。

第一节 电气控制系统的图形符号、 文字符号和回路标号

电气控制系统是由许多电气元件按一定要求联接而成的。为了表达生产机械电气控制系统的结构、原理等设计意图,同时也为了便于电气元件的安装、调试、使用和维修,将电气控制系统中各电气元件的联接用一定的图表示出来。在图上用不同的图形符号来表示各种电气元件,用不同的文字符号来表示各电气元件的用途。书后附有各种符号的新旧两种国家标准,请读者在使用此书时自行对照参考。

一、图形符号

在电气控制系统图中,代表各种电动机、电器及元件的图形符号,均按国家科委 1964 年制定颁布实施的“电工系统图图形符号”的国家标准(即:GB312—64)绘制。见附录表 1-1 电气控制系统的部分图形符

号(附录 2-1 为新的国标)。

该标准中规定有三种图形符号。

(一) 基本图形符号

基本图形符号(简称基本符号)一般不代表独立的器件和设备,而标注于器件和设备符号的旁边(或中间),来说明某些特征或绕组接线方式等,例如:“交流电”、“正极性”、“星形接法”等。

(二) 一般图形符号

一般图形符号(简称一般符号)用于代表某一大类设备或元件(例如旋转电动机),即可代表同步电机,也可代表感应电动机;与其他图形符号、物理量符号、文字符号相结合,派生出明细符号。

(三) 明细符号

明细符号用来代表具体器件和设备。

该标准中的图形符号,均按无电压、无外力作用的正常状态表示。正常状态断开,在外力作用下趋于闭合的触点,称为动合(常开)触点;反之,称为动断(常闭)触点。

采用本标准的图形符号绘制系统图时,应注意:

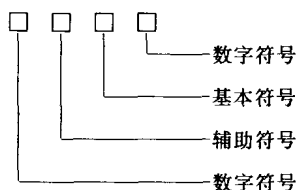
1. 符号的大小,线条的粗细,可以与标准的图形符号相同,也可按比例地放大或缩小。
2. 表示母线或干线的线条,以及主回路和励磁回路中各元件和导线的线条,应较其他部分画得粗些。
3. 按图面布置的需要,可以将标准中的图形符号旋转 90° 或 180° 绘制,但不得将文字和指示方向的符号倒置,而且,促使触点动作的外力方向,必须是当图形垂直放置时,为从左向右,即动触点在静触点左侧时为动合(常开),在右侧时为动断(常闭);当图形水平放置时为从上向下,即动触点在静触点上方时为动合(常开),在下方时为动断(常闭)。

二、文字符号

文字符号是用于和图形符号相配合,进一步说明图形符号所代表的电动机、电器及元件的基本名称、用途、主要特征及编号等。

文字符号应按国家标准“电工设备文字符号编制通则”(GB315—64)所规定的精神编制。

按标准中规定、文字符号的组合格式为：



其含义如下：

(一) 基本符号

基本符号用于表明电工设备、电器元件的基本名称，例如 C, D, J, B 分别代表接触器、电动机、继电器与变压器等。

(二) 辅助符号

辅助符号用于标明电工设备、电器元件的作用和主要特征，例如 Z, F, S 分别表示正转、反转、手动等。

(三) 首位数字符号

首位数字符号用于区别同一图面上的许多相同设备。电器元件的顺序的编号，如 3D, 2C, 4J 分别表示第三台电动机、第二个接触器、第四个继电器。

(四) 末位数字符号

末位数字符号用于区别同一电器元件的不同部位，例如：3XK₁, 3XK₂ 分别表示第三个行程开关的第一对触点和第二对触点。

标准中还规定，按国际惯用基本符号（如：R 为电阻，L 为电感，C 为电容）外，基本符号和辅助符号均采用大写印刷体的汉语拼音字母。

附录表 1-2 列出了常用基本符号和辅助符号以及常用电器文字符号（附录 2-2 为新的国家标准）。

三、回路标号

根据国家标准“GB316—64”电力系统图上的回路标号规定原则进行。

根据“GB316—64”中规定的原则，电气控制系统中的回路，一般都应进行回路标号。控制回路标号一般由三位或三位以下的数字组成。主回路标号则由文字符号和数字组成。标注方法按“等电位”原则进行，即

在回路中连于一点上的所有导线(包括接触连接的可拆卸线段)必须标以相同的回路标号;由线圈、绕组、触点或电阻、电容等原件所间隔的线段,均视为不同的线段,须标以不同的回路标号。对于其他设备引入本系统中的联锁回路,可按原引入设备的回路特征进行标号。

数字标号用阿拉伯数字,文字符号用汉语拼音字母。与数字标号并列的字母,用大号印刷体,注角字母用小写印刷体。

在电气控制系统图中,回路标号的编排次序和标注位置:

1. 在水平绘制的回路中,应尽量自左至右或自左、右至中顺次标号;标号一般注于表示连接导线的上方。
2. 在垂直绘制的回路中,应尽量自上至下或自上、下至中顺次标号。

(一) 主回路标号

主回路标号中的文字符号部分,用来标明主回路中的元(部)件或线路的主要特征(如电源端点用 X,电枢回路用 S 等);数字标号部分,用来区别回路不同线段。

1. 直流主回路 直流主回路用数字标号的个位数的奇偶来区别回路的正、负极性,用十位数字来区别回路的不同线段(如用 1、11、21、31……顺次标号表示正极性回路各线段,用 2、12、22、32……顺次标号表示负极性回路各线段)。

2. 交流主回路 用数字标号的个位数来区分回路的相别(如用 1、2、3 分别代表 A、B、C 三相),用十位数的顺次来区别同一相回路中的不同线段(如用 1、11、21、31……顺次表示 A 相回路中的不同线段;用 2、12、22、32……顺次表示 B 相回路中的不同线段;用 3、13、23、33……顺次表示 C 相回路中的不同线段)。

(二) 控制回路标号

1. 直流控制回路 直流控制回路中正极各线段按奇数顺序标号,负极各线段按偶数顺序标号。回路的极性经过主要压降元件(如线圈、电阻等)后即改变,标号也相应地改变。

对于不能明确极性的线段(如串联的线圈、绕组、电阻、电容之间的线段),可任意选奇数或偶数。

2. 交流控制回路 交流控制回路的标号一般以主要压降元件(如

线圈、绕组、电阻等)为分界,一侧用奇数标号,另一侧用偶数标号(一般左侧用 1、3、5……,右侧用 2、4、6……),压降元件相串联时,其间的线段,可任意选标奇数或偶数。

附表 1-3 列出了回路标号,以供电气控制回路标注标号时使用。

四、电气原理图

用规定的图形符号,按主电路与辅助电路相互分开并依据各电气元件动作顺序等原则所绘制的线路图,叫原理接线图,简称原理图。它包括所有电气元件的导电部件和接线端头,但并不按照电气元件实际布置的位置来绘制。

由于原理图结构简单、层次分明、适于研究、分析线路工作原理等特点,所以无论在设计部门还是生产现场,都得到广泛的应用。

原理图一般分为主电路和辅助电路两部分:主电路是电气控制线路中强电流通过的部分,在原理图中用粗实线绘制;辅助电路包括控制电路、照明电路、信号电路及保护电路,在原理图中用细线条绘制。主电路都画在辅助电路的左侧或上面。无论是主电路还是辅助电路,各电气元件一般应按动作顺序从上到下,从左到右地依次排列,其触头通常按没有通电和不受外力作用时的正常状态画出。同一个电器的各个部件(如接触器的线圈和触头),分别画在各自所属的电路中。为了便于识别,这些同一个电器的各个部件均编以相同的文字符号。若是在同一个原理图中,作用相同的电气元件有若干个时,则可在文字符号前加以数字序号来区分。在原理图中,导线的连接点均用小圆圈或黑圆点表示。

为了便于施工和分析线路,原理图中各电气元件之间的连接线都标有标号,可按“GB316—64”国家标准来标注。

一般来说,原理图的绘制要求层次分明,各电气元件以及它们触头的安排要合理,运行要可靠,节省连接导线,并为施工、维修提供方便。

第二节 三相鼠笼型异步电动机 直接起动控制线路

一、控制装置中采用的基本控制方式

电力拖动中生产机械的工作过程是由生产工艺要求决定的。工艺

要求不同,生产机械的工作过程也就不同,因而由它所规定的电动机的运动形式也就不一样。为了获得电动机的不同的运动形式,控制装置就必须对它采取不同的控制方式,就必须用一定的继电接触器并通过一定的线路结构来保证这些控制方式的施行。因此,要了解电器元件的作用和线路结构的原理,就必须先了解控制方式是什么,电动机的运动形式有哪些,工艺要求规定的拖动过程如何。这就是分析电力拖动这一事物的基本方法。

控制装置所采用的控制方式有哪些?各种不同控制装置之间是否具有一些共同的最基本的控制方式?下面我们概括以下几点。

1. 不论何种电力拖动,不管其控制装置的复杂程度如何,都是由一台台的电动机的控制环节所组成。每一台电动机,它的可能的运动形式不外乎静止与转动,而转动又不外乎正转与反转、快速与慢速几种。任何拖动过程,都是电动机的这些运动形式间相互变换的结果,而电动机运动形式间的变换,都是由一系列的启动与停止的控制来实现的。可以说,任何复杂的工艺过程,都是靠对电动机的一启一停控制来完成的。货物的提升与下放,龙门刨工作台的前进与后退,车床主轴的正向与反向运转,都是靠电动机的静动、正反、快慢间的变换来获得的,而这些又都需要经过一系列启动、停止、再启动、再停止的控制。显然,这一系列的启、停控制都是继电接触器控制装置的基本任务。所以,启、停控制就是所有这类控制装置的最基本、最主要的一种控制方式。

2. 对电动机的启、停控制,又都是按生产工艺过程所规定的先后顺序来进行的。或者说,各电动机以及它们的各种运动形式之间,必须遵循一定的互相联系与互相制约的关系。起货机双杆联合提货时甲乙两台电动机的步调必须一致,转速必须相同,车床主轴电动机与油泵电动机间的启停顺序必须严格遵守,电动机由正转向反转变换时必须先停止正转,然后才能启动反转(快慢变换也如此),就是这种互相联系与互相制约关系的表现。不保证这种顺序,不遵守这种联系制约关系,就不能实现工艺要求。完成拖动的任务,就将造成混乱与事故。因此,控制装置的各种启停控制,必须严格按工艺过程规定的这种顺序来进行,这种按顺序的启停控制,称为“联锁”控制。所以,继电接触器控制装置

的启停控制方式,并不是一种随意的控制方式,而应是一种联锁的控制方式。

3. 对电动机的启停控制或者说联锁控制,是根据一定的信号来进行的。这些信号不外乎两种:一种是人们通过如起货机的主令控制器、机床上的各类按钮发布的操作指令;一种是控制对象本身在工作过程中反映出来的各种变化参量,如龙门刨床中的行程开关反映出来的“位置”信号等。后一种信号对于电力拖动来说是尤为重要的,它能完成各种复杂的自动循环与规定次序的操作,缩短辅助时间,提高生产效率,减轻劳动强度。因此,人们的指令特别是生产过程中的变化参量,是继电接触器控制装置通过其启停或联锁控制方式,实现生产过程自动化的重要根据,也是它和手动控制装置间的根本差别所在。或者说,按生产过程中的变化参量来进行控制,是自动控制装置所具有的一个重要特点与规律。

4. 任何电力拖动,为了确保工作可靠,确保设备与人员的安全,都应具有各种保护措施,它的控制装置都应能自动地实现在各种故障情况下的保护控制。很显然,这种控制实际上就是一种按变化参数(量)(如电动机过载时的过电流信号等)来进行的启停或联锁控制。

更概括地说,继电接触器控制装置的控制方式,是在规定的工艺要求下,按照人们的指令特别是生产过程中的变化参量对控制对象自动地进行的一种联锁的启动控制方式。

这就是我们对控制方式的共同本质的认识。以后我们将以这种共同的认识为指导,结合生产实际当中设备的拖动控制过程,进而研究继电器、接触器等元件在控制装置中所起的各种控制作用与线路工作原理,找出它们内部的特殊本质与规律,从而进一步补充、丰富和发展上述共同的本质的认识。做到“由特殊到一般,又由一般到特殊”,使认识不断深化。

二、电动机单向运行控制线路

图 1-1 是三相笼型异步电动机单向运行控制线路,它是一个最常用、最简单的控制线路。它由开关 DK、熔断器 1RD、接触器 C 的常开主触头、热继电器 RJ 热元件与电动机 D 构成主电路。