

CONG RUMEN
DAO GAOSHOU

电工高技能人才
从入门到高手 系列书



初级工入门的向导
中级工进步的阶梯
高级工的必修课
技师手中的有利工具
高级技师授课的实用教材

常用机电设备 电气维修

张春雷 宋家成 于文磊 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

电工高技能人才从入门到高手系列书

常用机电设备 电气维修

张春雷 宋家成 于文磊 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是《电工高技能人才从入门到高手系列书》之一,重点介绍了电气自动化控制系统中的继电器接触系统和扩大机—发电机—电动机系统。本书共分九章,第一章为识图知识;第二章为基本控制电路;第三章至第六章主要介绍车床、钻床、磨床、铣床、镗床、滚齿机、桥式起重机、蓄电池铲车及龙门刨床等工业企业常用设备的电气控制原理和常见故障的维修;第七章为电气安装调试与配线;第八章为电气控制系统设计基础;第九章绝技绝活是作者在近四十年实践工作中,继承前辈的经验,经过反复验证,总结的一套系统、准确、快速的电气故障检查方法,这些方法一学就会,一用就灵。

为了使读者真正看懂弄通,考虑到本书的读者对象是工人,本书力求文字通俗易懂,图文并茂,有较强的直观性和可操作性,技术数据实用准确,努力做到科学性、完整性、系统性、知识性相统一。

本书可供维修电工和常用电机检修工的初级工、中级工、高级工及技师、高级技师阅读学习,是青年工人自学电气维修技术的理想读物。

图书在版编目(CIP)数据

常用机电设备电气维修/张春雷,宋家成,于文磊主
编. —北京:中国电力出版社,2007
(电工高技能人才从入门到高手系列书)
ISBN 978-7-5083-5432-3

I. 常... II. ①张...②宋...③于... III. 机电
设备-电气设备-维修 IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 054871 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 8 月第一版 2007 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.75 印张 453 千字

印数 0001—4000 册 定价 29.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

《电工高技能人才从入门到高手系列书》

编 委 会

主 任 宋家成

副 主 任 张春雷 李祥新

编 委 (按姓氏笔画排列)

于文磊 王 艳 朱 昱 张东亮

宋 宇 安学立 宋家成 张 勇

张春雷 李祥新 尚红卫 郝 健

段俊龙 游国祖 韩鸿鸾 薛文介

《常用机电设备电气维修》

编 写 组

主 编 张春雷 宋家成 于文磊

编写人员 游国祖 孙长友 戴庆军

张红彬 王立明 李中华

主 审 李祥新

编写说明

一、读者对象和编写目的

本系列书主要针对：

(1) 维修电工初级、中级、高级、技师、高级技师 5 个级别。

(2) 常用电机检修工初级、中级、高级、技师、高级技师 5 个级别。

重点内容为上述两个工种国家职业标准中的实用技术部分，主要目的是让读者学到一些真正的实用技术、操作和修理技能。因为这两个工种的国家标准中，交叉内容较多，因此在编写中特别注意分配了各分册的内容，两个工种的读者在选择时，可根据自己的需要选购。

本系列书可作为：初级工入门的向导、中级工进步的阶梯、高级工的必修课、技师手中的有利工具、高级技师授课的实用教材。

二、编写方法和内容

《电工高技能人才从入门到高手系列书》共七册，分别为：《常用电工电子器件基本知识》、《电机选用安装与故障检修》、《常用机电设备电气维修》、《电机绕组重绕与改绕》、《直流调速系统应用与维修》、《交流调速系统应用与维修》、《数控机床电气维修》。

虽然本系列书按《维修电工》和《常用电机检修工》的国家职业标准编写，但绝不是仅为应付考试而简单整理的习题和答案。而是对每一个命题都遵循从易到难、从理论到实际操作和维修技术、从初级到高级、从基础到高级复杂技术这样的顺序编写的，目的是让读者能学到真正的技术，掌握真正的技能。考虑到技术工人考工定级问题，每个命题都从低级到高级作了详细论述，只要充分理解这些内容，答案都包含在里边。

本系列书不是以工人技术等级划分，而是以命题来分册的。也就是说一个或几个相近的命题分在一册。这样的分册方法不仅有利于读者学习阅读，而且还可以节约资金。例如，在高级工技能要求中，维修电工电路测绘技术，有继电器接触控制电路的测绘。而在技师技能要求中，应能够测绘具有双面印刷线路的电子线路板，并绘出原理图。如果按等级分册，读者想学习电路测绘技术，就必须买两本书，而且学习的思路容易断档。而按命题分册，只要读者买一本书就可以把继电器接触、单面和双面印制电路板测绘技术一气学完。这样可使学习思路不断档而且还能省钱。

为了使读者真正看懂弄通，考虑到本系列书的读者对象是工人，参与编写的大学教授、博士、工程技术人员和高级技师等人员特将高深的理论和复杂的技术用最通俗的语言写出来，使本系列书自始至终保持着通俗易懂的编写风格。

三、“四新”推广站和“绝技绝活”

部分分册在最后一章设立了“四新”推广站和“绝技绝活”。“四新”推广站主要是介绍和跟踪国内、国际最新出现的新工艺、新材料、新技术、新设备。使读者能紧跟不断发展的技术水平和知识，学习到国内、国际的“四新”技能。

“绝技绝活”主要介绍了本系列书编写人员和一些老技术工人的绝技和绝活，尽量做到一学就会，一用就灵。

《电工高技能人才从入门到高手系列书》编委会

2007年5月

前言

PREFACE

常用机电设备电气维修,是工厂维修电工的主要工作,也是电机检修工应该掌握的基本技能。只有及时、准确地排除这些设备的电气故障,才能充分发挥设备的作用,提高生产率和经济效益。近年来,由于经济飞速发展,高技能人才严重缺乏,直接影响了我国的发展。尽快培养出一批具有高技能人才,已是当务之急。为此,作者根据几十年的工作经验,编写了《常用机电设备电气维修》一书,以飨读者。

《常用机电设备电气维修》是《电工高技能人才从入门到高手系列书》之一。根据本系列书的分工,本书重点介绍了电气自动化控制系统中的继电接触系统和扩大机—发电机—电动机系统。本书共分九章,第一章为识图知识;第二章为基本控制电路;第三章至第六章主要介绍车床、钻床、磨床、铣床、镗床、滚齿机、桥式起重机、蓄电池铲车及龙门刨床等工业企业常用设备的电气控制原理和常见故障的维修;第七章为电气安装调试与配线;第八章为电气控制系统设计基础;第九章绝技绝活是作者在近四十年实践工作中,继承前辈的经验,经过反复验证,总结的一套系统、准确、快速的电气故障检查方法,这些方法一学就会,一用就灵,对提高维修电工尤其是青年工人的电气维修技术很有好处。

本书读者对象是维修电工和常用电机检修工的初级工、中级工、高级工及技师、高级技师。本书第一章~第七章和第九章,是维修电工和常用电机检修工的共用部分,是初、中级维修电工主要的实用技术和常用电机检修工技能要求中有关电机、电气控制系统的相关知识。第八章电气控制系统设计基础,适用于高级维修电工、技师和高级技师。

为了使读者真正看懂弄通,考虑到本书的读者对象是工人,本书力求文字通俗易懂,图文并茂,有较强的直观性和可操作性,技术数据实用准确,努力做到科学性、完整性、系统性、知识性相统一。

本书编写过程中得到了聊城大学理工学院的大力帮助,谨在此表示感谢。

由于编者水平有限,疏漏和错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2007年5月

编写说明

前言

第一章 识图知识

第一节 文字和图形符号	1
一、常用文字符号(1) 二、电气图常用图形符号(5) 三、回路标号(22) 四、电气项目代号(22)	
第二节 识图方法	23
一、电气图的分类(24) 二、电气原理图(24) 三、电气布置图(27) 四、电气安装接线图(27)	

第二章 基本控制电路

第一节 交流电动机基本控制电路	30
一、单向起动控制电路(30) 二、正反转控制电路(33) 三、位置控制和自动往返控制(35) 四、异步电动机降压起动控制电路(36) 五、异步电动机制动控制电路(44) 六、多速电动机控制电路(50)	
第二节 直流电动机基本控制电路	52
一、并励电动机起动与调速电路(52) 二、改变励磁电流进行调速的控制电路(53) 三、正反转控制电路(54) 四、带能耗制动的正反转电路(55) 五、反接制动控制电路(56)	

第三章 车床、钻床、磨床电气维修

第一节 车床	58
一、C6140 型普通车床(58) 二、C6132 型普通车床(59) 三、C5225 型双柱立式车床(61)	
第二节 钻床	70
一、Z5163 型立式钻床(70) 二、Z35 型摇臂钻床(75)	
第三节 磨床	79
一、M7120 型平面磨床(79) 二、M1432A 型万能外圆磨床(83)	

第四章 铣床、镗床、滚齿机电气维修

第一节 X62W 型万能铣床	87
一、铣床概况(87) 二、电路特点及控制要求(87) 三、电路工作原理(87) 四、常见故障及检修(92) 五、检修注意事项(95)	
第二节 镗床	95
一、T68 型卧式镗床(95) 二、T610 型卧式镗床(100)	
第三节 YB3120 型滚齿机	112

一、机床概况(112) 二、电路特点及控制要求(112) 三、电路工作原理(113) 四、常见故障与检修(117)

第五章 龙门刨床

第一节 基本环节及其调整..... 119

一、直流发电机—电动机系统(119) 二、电机扩大机—电动机系统(121) 三、电压反馈环节(122) 四、电流正反馈环节(124) 五、电动势负反馈环节(126) 六、电流截止负反馈环节(126) 七、稳定环节(128)

第二节 B2012A 系列龙门刨床 131

一、机床概况(131) 二、电气控制系统(132) 三、交流电路的工作原理(139) 四、直流电路的工作原理(145) 五、电气设备的安装和调试(148) 六、常见故障与检查(157)

第六章 起重与搬运设备

第一节 15/3t 桥式起重机 166

一、设备概况(166) 二、电路特点与控制要求(169) 三、电路工作原理(170) 四、常见故障检修(172)

第二节 ZD1 型 1t 蓄电池铲车 174

一、电气控制系统的概况(175) 二、电路控制原理(175) 三、常见故障分析(176)

第七章 电气设备安装调试与配线

第一节 电气安装材料..... 178

一、导电材料(178) 二、安装敷设材料(185)

第二节 导线的安装敷设..... 189

一、塑料护套线的安装与敷设(189) 二、PVC(聚氯乙烯塑料)管线的安装与敷设(191) 三、塑料槽板布线的安装与敷设(193) 四、电缆与电缆桥架的敷设(195)

第三节 照明灯的安装及线路检修..... 202

一、照明灯具的安装(202) 二、照明灯电路故障的检修(207)

第四节 电气设备的安装与调试..... 209

一、车间低压配电屏(柜)的安装与调试(209) 二、加工机械电气设备的安装与调试(212) 三、电子线路的安装与调试(216)

第五节 电气安全技术..... 219

一、设备接地和接中性线(219) 二、安全操作规程和人身防护(225)

第八章 电气控制系统设计基础

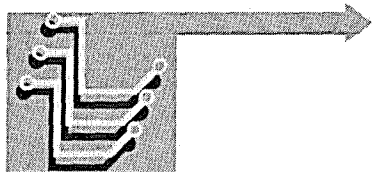
第一节 电气控制系统设计的基础知识..... 228

一、电气控制系统设计的基本任务与内容(228) 二、电气控制系统设计的原则(229) 三、电气控制系统设计的一般步骤(229) 四、电气控制系统设计的一些规则(230)

第二节 电气控制线路的设计方法	232
一、电气原理图设计的基本步骤(232) 二、设计中应注意的问题(232) 三、电气控制线路的设计方法(233)	
第三节 电器的选择	237
一、开关电器(237) 二、熔断器的选用(237) 三、接触器的选用(238) 四、热继电器的选用(238) 五、继电器的选用(239) 六、主令电器的选用(239) 七、其他电器的选择(239)	
第四节 电气控制工艺的设计方法	240
一、电气设备总体配置设计(240) 二、电器元件布置图的设计(240) 三、电器部件接线图的绘制(241) 四、电气箱及非标准零件图的设计(241) 五、各类元件及材料清单的汇总(241) 六、编写设计与使用说明书(242)	
第五节 较复杂电路的设计	242
一、设计项目(242) 二、设计要求任务书(242) 三、电路设计(243) 四、绘制电气图纸(244) 五、控制电器的选择(249) 六、编制设计说明书和使用说明书(253)	

第九章 绝技绝活与“四新”推广站

第一节 电气设备故障检查方法	254
一、直观法(254) 二、测量电压法(255) 三、测量电阻法(258) 四、对比法、置换元件法、逐步开路(或逐步接入)法(259) 五、强迫闭合法(260) 六、短接法(261)	
第二节 电气故障检修经验	262
一、区别易坏部位和不易坏部位(262) 二、利用人体感官检查电气故障(263) 三、牢记基本电路及机电连锁的关系(264)	
第三节 疑难故障及其对策	265
一、造成疑难故障的原因(265) 二、对策(266)	
第四节 “四新”推广站 A 系列全机组型龙门刨床的节能改造	267
一、A 系列龙门刨床改造效益分析(268) 二、A 系列龙门刨床改造方案分析(268) 三、用直流调速器改造 A 系列全机组型龙门刨床的方法(269) 四、用交流变频器改造 A 系列全机组型龙门刨床的方法(271)	
参考文献	273



第一章

识图知识

读懂电气图纸是维修电工和常用电机检修工的基本功之一，没有这个技能，电气设备的维修是无法完成的。电气图的组成一般有以下几个部分组成：电源、控制电器、电机（或用电器）以及把它们连接起来的导线（图纸中用线表示）。其图形按国标规定的电气图形符号绘制。在电气图上还标有国标规定的电气设备文字符号、量的符号、单位代号及电气参数。熟练掌握以上知识后，再读电气图就容易了。

第一节 文字和图形符号

一、常用文字符号

1. 量的常用符号（见表 1-1）

表 1-1

量的常用符号

符号	名 称	符号	名 称
A	线负载、电负载	I_P	额定电流有功分量
a	加速度、导线绝缘厚度	I_Q	电流无功分量
B	磁通密度	I_{st}	起动电流、最初起动电流
B_{ad}	电枢反应直轴磁通密度	I_x	电抗电流
B_{aq}	电枢反应交轴磁通密度	i	电流瞬时值
B_δ	气隙磁通密度	I_N	额定电流
b	宽度	j, J	电流密度
b_K	换向区域宽度	k_i	电流比
c	电机利用系数	k_u	电压比
C_A	电机常数	K	耦合系数
E	电动势	L	自感
E_a	电枢电动势、电枢反应电动势	L_a	电枢电感
E_u	u 次谐波磁场感应电动势	L_f	励磁绕组电感
E_φ	相电动势	l	长度
E_0	空载电动势	M	互感
F	磁动势、磁位降	M	转矩
F_a	电枢反应磁动势	(或 T)	
F_{ad}	电枢反应直轴磁动势		相数、质量、数的序列、定子绕组沿槽高方向数的
F_{aq}	电枢反应交轴磁动势	m	股线数，绕组重路数
F_{fl}	励磁磁动势	n	转速、数的序列
f	频率	n_N	额定转速
H	磁场强度	P	功率、损耗
h	高度	P_{Fe}	铁耗
I	电流有效值	Q	无功功率

续表

符号	名 称	符号	名 称
R	电阻	v_n	电枢圆周速度、空气流速
S	视在功率	W	功、能
s	转差率	X	电抗
T	周期、时间常数、转矩	Z	阻抗
T_k	换向周期	α	电角度
t	时间、温度	γ	重率、容量增长系数
t_{st}	起动时间	ρ	质量密度
U	电压	δ	气隙长度
U_N	额定电压	η	效率
U_ϕ	相电压	θ	温升
V	体积	Λ	磁导
v	风速、线速度	λ	长径比

2. 电气设备常用文字符号

电路图中的实际标注符号，用来说明电气原理图和电气接线图中的设备、装置、元器件，以及电路的名称、性能、作用、位置和安装方式。它由数字序号、基本符号、辅助符号和附加符号四部分组成。这四部分可以在一个文字符号的组合中同时出现，亦可以只有基本符号，省略其他符号。

(1) 数字序号。数字序号用于区别图纸上许多相同电气设备、元件或电路的顺序编号。

(2) 基本符号。基本符号代表电气设备、元件及电路的基本名称。例如，“K”代表继电器或接触器，“M”代表电动机等。电气设备常用文字符号见表 1-2。

表 1-2 电气设备常用文字符号

设备、装置和元器件种类	举 例	基本文字符号	
		单 字 母	双 字 母
组件、部件	分离元件放大器、激光器、调节器	A	
	电桥		AB
	晶体管放大器		AD
	集成电路放大器		AJ
	磁放大器		AM
	电子管放大器		AV
	印制电路板		AP
非电量到电量变换器或电量到非电量变换器	热传感器、热电池、光电池、测功计、晶体管转换器、自整角机、旋转变压器、模拟和多级数字变换器或传感器	B	
	位置变换器		BP
	旋转变换器（测速发电机）		BQ
	温度变换器		BR
	速度变换器		BT
			BV
电容器	电容器	C	
二进制元件、延迟器件、存储器件	数字集成电路和器件、延迟线、双稳态元件、单稳态元件、寄存器	D	
保护器件	发热器件	E	EH
	照明灯		EL

续表

设备、装置和元器件种类	举 例	基本文字符号	
		单 字 母	双 字 母
保护器件	过电压放电器件 具有瞬时动作的限流保护器件 具有延时动作的限流保护器件 具有延时和瞬时动作的限流保护器件 熔断器 限压保护器件	F	FA FR FS FU FV
发生器、发电机、电源	旋转发电机、振荡器 发生器 同步发电机 异步发电机 蓄电池 旋转式或固定式变频器	G	GS GS GA GB GF
信号器件	声响指示器 光指示器 指示灯	H	HA HL HL
继电器、接触器	瞬时接触继电器 瞬时有或无继电器 交流继电器 闭锁接触继电器（机械式或永久磁铁式） 双稳态继电器 接触器 极化继电器 簧片继电器 延时有或无继电器 逆流继电器	K	KA KA KA KL KL KM KP KR KT KR
电感器、电抗器	感应线圈、线圈陷波器、电抗器	L	
电动机	电动机 同步电动机 力矩电动机 发电机和电动机两用机	M	MS MT MG
模拟元件	运算放大、混合模拟/数字器件	N	
测量设备、试验设备	指示、记录器件、积分测量器件、信号发生器 电流表 计数器（脉冲） 电能表 记录仪器 电压表	P	PA PC PJ PS PV
电力电路的开关器件	断路器 电动机保护开关 隔离开关	Q	QF QM QS



续表

设备、装置和元器件种类	举 例	基本文字符号	
		单 字 母	双 字 母
电阻器	电阻器、变阻器	R	
	电位器		RP
	测量分路表		RS
	热敏电阻器		RT
	压敏电阻器		RV
变压器	电流互感器	T	TA
	控制电路电源变压器		TC
	电力变压器		TM
	磁稳压器		TS
	电压互感器		TV
控制、记忆、信号电路的开关器件和选择器件	拨号接触器、连接器	S	
	控制开关		SA
	选择开关	S	SA
	按钮开关		SB
	液压标高传感器		SL
	压力传感器		SP
	位置传感器（包括接近传感器）		SQ
	转数传感器		SR
端子、插头、插座	温度传感器		ST
	连接插头和插座、接线柱、电缆封端和接头、端子板	X	
	连接片		XB
	插头		XP
	插座		XS
	端子板		XT
电气操作的机械器件	气阀	Y	
	电磁铁		YA
	电磁制动器		YB
	电磁离合器		YC
	电磁吸盘		YH
	电动阀		YM
	电磁阀		YV
终端设备、混合变压器、滤波器、均压器、限幅器、	电缆平衡网络、压缩扩展器、晶体滤波器、网络	Z	

3. 常用辅助文字符号

电气设备、装置和元件的种类名称用基本文字符号表示，而它们的功能、状态和特征用辅助文字符号来表示。通常用表示功能、状态和特征的英文单词的前一、二位字母构成，也可采用常用缩略语或约定俗成的习惯用法构成。一般不能超过三位字母。例如，表示“异步”，采用“Asynchronizing”的前三位字母“ASY”作为辅助文字符号。

辅助文字符号也可放在表示种类的单字母符号后面，组合成双字母符号，此时的辅助文字符号一般采用表示功能、状态和特征的英文单词的第一个字母。

某些辅助文字符号本身具有独立的确切的意义，也可单独使用。例如，“ON”表示闭合，

“OFF”表示断开等。常用辅助文字符号见表 1-3。

表 1-3 常用辅助文字符号

符 号	名 称	符 号	名 称
A	电流	M	主
A	模拟	M	中
AC	交流	M	中间线
A, AUT	自动	M, MAN	手动
ACC	加速	N	中性线
ADD	附加	OFF	断开
ADJ	可调	ON	闭合
AUX	辅助	OUT	输出
ASY	异步	P	压力
B, BBK	制动	P	保护
BK	黑	PE	保护接地
BL	蓝	PEN	保护接地与中性线共用
BW	向后	PU	不接地保护
C	控制	R	记录
CW	顺时针	R	右
CCW	逆时针	R	反
D	延时	RD	红
D	数字	R, RST	复位
D	差动	RES	备用
D	降	RUN	运转
DC	直流	S	信号
DEC	减	ST	起动
E	接地	S, SET	位置, 定位
EM	紧急	SAT	饱和
F	快速	STE	步进
FB	反馈	STP	停止
FW	正, 向前	SYN	同步
GN	绿	T	温度
H	高	T	时间
IN	输入	TE	无噪声(防干扰)接地
INC	增	V	真空
IND	感应	V	速度
L	左	V	电压
L	限制	WH	白
L	低	YE	黄
LA	闭锁		

二、电气图常用图形符号

图形符号通常用于电气图或其他文件, 以表示一个设备或概念的图形。它是构成电气图的基本单元, 是电气文件中的“象形文字”, 是电气工程语言。因此, 正确地、熟练地理解、绘制和识别各种电气图形常用符号是识读电气图的基本知识。



(1) 基本图形符号。基本图形符号一般不代表独立的器件和设备，而是标注在器件和设备符号之旁（或之中），以说明某些特征或绕组接线方式等，如“交流电”、“正极性”、“星形接法”等。

(2) 一般图形符号。一般图形符号是用于代表某一大类设备和元件。新国家标准 GB/T 4728—1996~2000 与旧国家标准 GB 312~314—1964 所规定的电气简图用图形符号对照表见表 1-4。

表 1-4

电气简图用图形符号（部分）

说 明		新标准 (GB/T 4728—1996~2000)	旧标准 (GB 312~314—1964)
限定符号和其他常用符号			
限定 符 号	直流	==	—
	交流	~	~
	中性（中性线）	N	N
	中间线	M	
	正极性	+	+
	负极性	-	-
其 他 常 用 符 号	接地，一般符号		
	接地壳或接底板	形式 1 形式 2	或
	故障		
	导线间绝缘击穿		
	永久磁铁		N S