



煤炭技工学校“十一五”规划教材

■ 中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编

矿山电气控制与安装

KUANGSHAN DIANQI KONGZHI YU ANZHUANG

煤炭工业出版社

煤炭技工学校“十一五”规划教材

矿山电气控制与安装

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

矿山电气控制与安装/中国煤炭教育协会职业教育
教材编审委员会编. --北京:煤炭工业出版社, 2010
煤炭技工学校“十一五”规划教材
ISBN 978-7-5020-3576-1

I. ①矿… II. ①中… III. ①矿用电气设备-维修-
技工学校-教材 ②矿用电气设备-安装-技工学校-教材
IV. ①TD607

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 144045 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*
开本 787 mm × 1092 mm $1/_{16}$ 印张 15 插页 4
字数 353 千字 印数 1—5 000
2010 年 12 月第 1 版 2010 年 12 月第 1 次印刷
社内编号 6386 定价 30.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会

名 誉 主 任	朱德仁					
主 任	邱 江					
常务副主任	刘 富					
副 主 任	刘爱菊	吕一中	肖仁政	张西月	郝临山	魏焕成
	曹允伟	仵自连	桂和荣	雷家鹏	张贵金	韩文东
	李传涛	孙怀湘	程建业			
秘 书 长 委 员	刘 富 (兼)					
	(按姓氏笔画为序)					
	牛宪民	王 枕	王明生	王树明	王朗辉	甘志国
	白文富	仵自连	任秀志	刘爱菊	刘 富	吕一中
	孙怀湘	孙茂林	齐福全	何富贤	余传栋	吴丁良
	张久援	张先民	张延刚	张西月	张贵金	张瑞清
	李传涛	肖仁政	辛洪波	邱 江	邹京生	陈季言
	屈新安	林木生	范洪春	侯印浩	赵 杰	赵俊谦
	郝临山	夏金平	桂和荣	涂国志	曹中林	梁茂庆
	曾现周	温永康	程光岭	程建业	董 礼	谢宗东
主 参	谢明荣	韩文东	雷家鹏	题正义	魏焕成	
	编 孔三喜					
	编 盛 军	王 聪	门 景			

前 言

为适应煤炭工业新形势对煤炭职业教育和职工培训工作的要求，加快煤炭职业教育教材建设步伐，坚持“改革创新、突出特色、提高质量、适应发展”的指导思想，完成“创新结构、配套专业、完善内容、提高质量”的工作任务，中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会于2004年5月份召开了第一次全体会议，对煤炭行业职业教育教材建设工作提出了具体意见和要求。经过几年的工作，煤炭行业职业教育教材建设工作进展顺利，煤炭行业职业教育教材建设“十一五”规划已经完成，新的教学方法研究和新的教材开发都取得了可喜成绩。一套“结构科学、特色突出、专业配套、质量优良”的煤炭技工学校通用教材正在陆续出版发行，将为煤炭职业教育的不断发展提供有力的技术支持。

这套教材主要适用于煤炭技工学校教学及工人在职培训、就业前培训，也适合具有初中文化程度的工人自学和工程技术人员参考。

《矿山电气控制与安装》是这套教材中的一种，是根据经劳动和社会保障部批准的全国煤矿技工学校统一教学计划、教学大纲的规定编写的，经中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会审定，并认定为合格教材，是全国煤炭技工学校教学，工人在职培训、就业前培训的必备的统一教材。

本教材由孔三喜主编，孔三喜编写了第一、二、三章，盛军编写了第四、五章，王聪编写了第六章。全书由孔三喜统稿。另外，在本教材的编写过程中，得到了有关煤炭技工学校的广大教师和煤矿企业有关工程技术人员的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于时间仓促，书中难免有不当之处，恳请广大读者批评指正。

中国煤炭教育协会职业教育教材

编审委员会

2010年10月

目 次

第一章 电气设备安装与维护的基础知识	1
第一节 电气设备维护方法	1
第二节 电气控制图和标注	10
第三节 电气工程图的表述	26
第二章 电气设备安装电工常用材料	34
第一节 电工常用导电材料	34
第二节 电工常用绝缘材料	54
第三节 电工常用其他材料	63
第三章 提升机的电气控制与安装	69
第一节 提升机控制要求	69
第二节 交流提升机控制	76
第三节 直流提升机控制	100
第四节 提升机电气安装	113
第四章 空气压缩机电气控制与安装	123
第一节 空气压缩机电气控制	123
第二节 空气压缩机电气保护	143
第三节 空气压缩机电气安装	152
第五章 通风机的电气控制与安装	159
第一节 通风机供电系统	159
第二节 通风机电气控制	166
第三节 通风机电气设备	181
第四节 通风机电气安装	192
第六章 排水设备的电气控制与安装	199
第一节 排水设备电气控制	199
第二节 水泵电气装置	211
第三节 排水设备电气安装	224
参考文献	232

第一章 电气设备安装与维护的基础知识

第一节 电气设备维护方法

【知识要点】

1. 电气设备维护的要求
2. 电气设备维护的方法

【课程内容】

一、电气设备维护的要求

电气设备维护的一般要求是：

- (1) 采取正确的维护步骤和方法，维护措施要符合实际要求。
- (2) 电器元件要完好。不得随意更换电器元件及连接导线的型号、规格。
- (3) 损坏的电气装置应尽量修复使用，不得降低其原有的性能。
- (4) 电气设备的各种保护性能应满足使用要求。
- (5) 绝缘状况良好，符合规定。控制环节的动作程序符合要求。
- (6) 修护后的电气装置必须满足其质量标准。电气装置的检修质量标准是：
 - a. 外观整洁，无破损和碳化现象。
 - b. 触点完整、光洁、接触良好。
 - c. 压力弹簧和反作用弹簧具有足够的弹力。
 - d. 操纵、复位机构灵活可靠。
 - e. 各种衔铁运动灵活，无卡滞现象。
 - f. 灭弧罩完整、清洁，安装牢固。
 - g. 整定值合理，符合电路的保护要求。
 - h. 指示装置正常，信号准确。

二、电气设备维护的方法

电气设备的维护包括日常维护保养和故障检修两方面。

(一) 电气设备的日常维护保养

电气设备的日常维护保养主要包括电动机和控制设备的日常维护。

1. 电动机的日常维护

(1) 电动机应保持表面清洁，进、出风口必须保持畅通无阻，不允许水滴、油污或金属屑等异物掉入。

(2) 经常检查运行中的电动机负载电流是否正常，用钳形电流表查看三相电流是否平衡，三相电流中的一相与其三相的平均值不允许超过 10%。

(3) 对工作在正常环境条件下的电动机，应定期用兆欧表检查其绝缘阻值。对工作在潮湿、多尘及含有腐蚀性气体环境条件下的电动机，应该经常检查其绝缘电阻，绝缘电阻不低于0.5 MΩ。高压电动机定子绕组绝缘电阻为1 MΩ/kV，转子绝缘电阻不低于0.5 MΩ。若发现电动机的绝缘电阻达不到规定要求时，应采取相应措施使其符合规定要求，方可继续使用。

(4) 经常检查电动机的接地装置，使之保持牢固可靠。

(5) 经常检查电源电压是否与铭牌相符，三相电源电压是否对称。

(6) 经常检查电动机的温升是否正常。交流三相异步电动机各部位温度的最高允许值见表1-1。

表1-1 三相异步电动机的最高允许温度
(用温度计测量法，环境温度+40℃)

绝 缘 等 级		A	B	E	F	H
最高允许温度/℃	定子和绕组转子绕组	95	110	105	125	145
	定子铁芯	100	120	115	140	165
	滑环	100	120	110	130	140

注：滑动和滚动轴承的最高允许温度分别为80℃和95℃。

(7) 经常检查电动机的振动和噪声情况，有无异常气味、启动困难等现象。做到发现及时，停车和检修及时。

(8) 经常检查电动机轴承是否有过热、润滑脂不足或磨损等现象，轴承的振动和轴向位移不得超过规定值。轴承应定期清洗检查，定期补充或更换轴承润滑脂（一般一年左右）。电动机常用润滑脂的特性见表1-2。

表1-2 电动机常用润滑脂的特性

名 称	钙基润滑脂	钠基润滑脂	钙钠基润滑脂	铝基润滑脂
最高工作温度/℃	70~85	120~140	115~125	200
最低工作温度/℃	≥-10	≥-10	≥-10	—
外观	黄色软膏	暗褐色软膏	淡黄色、深棕色软膏	黄褐色软膏
适用电动机	封闭式、低速轻载的电动机	开启式、高速重载的电动机	开启式及封闭式高速重载的电动机	开启式及封闭式高速的电动机

(9) 对绕线转子异步电动机，应检查电刷与滑环之间的接触压力、磨损及火花情况。当发现有不正常的火花时，要进一步检查电刷或清理滑环表面，并校正电刷弹簧压力。电刷与滑环接触面的面积不应小于75%，电刷压强为 $1.5 \times 10^4 \sim 2.5 \times 10^4$ Pa，刷握和滑环之间应有2~4 mm间距，电刷与刷握内壁应保持0.1~0.2 mm游隙。

(10) 直流电动机的检查要注意换向器的表面是否光滑，有无机械损伤或火花灼伤。若沾有碳粉、油污等杂物，要用干净柔软的白布蘸酒精擦去。换向器在负荷下长期运行

后,其表面会产生一层均匀的深褐色的氧化膜,这层薄膜具有保护换向器的作用,切忌使用砂布打磨。但当换向器表面出现明显的灼痕或因火花烧损出现凹凸不平的现象时,则需要对其表面用零号砂布进行细心的研磨或用车床重新加工,然后再将换向片之间的云母下移1~1.5 mm,并将表面的毛刺、杂物清理干净后,重新装配使用。

2. 控制设备的日常维护

(1) 电气柜的门、盖、锁及门框周边的耐油密封垫均应符合规定。做到门、盖关闭严密,柜内清洁,不得有水滴、油污和金属屑等,以免损坏电器造成事故。

(2) 操纵台上的操纵按钮、主令开关的手柄、信号灯及仪表护罩等要做到清洁、完好。

(3) 检查接触器、继电器等电器。要注意触头吸合是否良好,有无噪声、卡住或迟滞现象。触头接触面有无烧蚀、毛刺或穴坑,电磁线圈是否过热,弹簧弹力是否适当,灭弧装置是否完好等。

(4) 试验开关的位置要准确,保证性能可靠。

(5) 电器的操作机构应灵活可靠,整定值应符合要求。

(6) 要注意检查导线接头与端子板的连接是否牢靠。

(7) 检查电气柜及导线通道的散热情况是否良好。

(8) 检查各类指示信号装置和照明装置是否完好。

(9) 检查电气设备和机械是否接有保护接地,是否达到保护电路的接线要求。

3. 电气设备维护周期

设置在电气柜内的电器元件主要是靠定期的维护保养来实现电气设备较长时间的安全稳定运行。其维护保养的周期,应根据电气设备的结构、使用情况及环境条件来确定。一般可在进行机械检修的一、二级保养的同时进行电气柜电气设备的维护保养工作。

1) 一级保养

一级保养一季度进行一次。作业时间为6~12 h,这时可对电气柜内的电器元件进行维护保养。主要内容是清扫电气柜内的积灰异物,修复或更换即将损坏的电器元件,整理内部接线,使之整齐美观,特别是在平时进行了应急修理的位置,要尽量复原。紧固熔断器的可动部分,使之接触良好;紧固接线端子和电器元件上的压线螺钉,做到压接线头牢固可靠,减小接触电阻;对电动机进行小修和中修检查;通电试车;确定电器元件的动作顺序准确可靠。

2) 二级保养

二级保养一年左右进行一次,作业时间为3~6 d,此时可对电气柜内的电器元件进行维护保养。主要内容是重点检查动作频繁且电流较大的接触器、继电器触头。为了能承受频繁分断电路所受的机械冲击和电流的烧损,多数接触器和继电器的触点均采用银或银合金制成,其表面会自然形成一层氧化银或硫化银,它并不影响导电性能,这是因为在电弧的作用下它还能还原成银,因此不要随意清除掉。即使这类触点表面出现烧毛或凹凸不平的现象,仍不会影响触点的良好接触,不必修整锉平。但铜质触点表面烧毛后则应及时修平。当触点严重磨损至原厚度的1/2时要及时更换。

检修有明显噪声的接触器和继电器,找出原因并修复后可继续使用。校验热继电器,校验结果应符合热继电器的动作特性。校验时间继电器,延时时间是否符合要求,如果误

差超过允许值时，要进行调整。

（二）电气检修的一般方法

1. 故障察看

当工业机械发生电气故障后，切忌盲目进行检修。在检修前，应通过问、看、听、摸来了解故障前后的操作情况和故障发生后出现的异常现象，以便根据故障现象判断出故障发生的部位，进而准确地排除故障。

问：询问操作者故障前后电路和设备的运行状况及故障发生后的症状，如故障是经常发生还是偶尔发生；是否有响声、冒烟、火花、异常振动等现象；故障发生前有无切削力过大和频繁地启动、停止、制动等情况；是否经过保养检修或改动线路等。

看：察看故障发生前是否有明显的外观征兆。例如，各种信号，有指示装置的熔断器的情况，保护电器脱扣动作，接线脱落，触头烧蚀或熔焊，线圈过热烧毁等。

听：在线路还能运行和不扩大故障范围、不损坏设备的前提下，可通电试车，细听电动机、接触器和继电器等电器的声音是否正常。

摸：在刚切断电源后，尽快触摸检查电动机、变压器、电磁线圈及熔断器等是否有过热现象。

2. 故障分析

用逻辑分析法确定并缩小故障范围。检修简单的电气控制线路时，对每个电器元件、每根导线逐一进行检查，一般能很快找到故障点。但对复杂的线路往往有上百个元件，成千条连线，若采取逐一检查的方法，不仅需耗费大量的时间，而且也容易漏查。在这种情况下，若根据电路图，采用逻辑分析法，对故障现象作具体分析，划出可疑范围，提高维修的针对性，就可以达到准而快的效果。

首先分析电路。先从主电路入手，了解工业机械各种运动部件和机构，设备采用了几台电动机拖动，与每台电动机控制相关的电器元件有哪些，采用哪种控制方式，根据电动机主电路所用电器元件的文字符号、图区号及控制要求，找到相应的控制电路。在此基础上，结合故障现象和线路工作原理，进行认真分析排查，以便判定故障发生的可能范围。

当故障的可能范围较大时不必采取逐级检查的方法，可在故障范围内的中间环节进行检查，以判断故障发生在哪一部分，从而缩小故障范围，提高检修速度。

3. 外观检查

在确定了故障发生的可能范围后，可对范围内的电器元件及连接导线进行外观检查。例如熔断器的熔体熔断；导线接头松动或脱落；接触器和继电器的触头脱落或接触不良，线圈烧坏使表层绝缘纸烧焦变色，烧化的绝缘清漆流出；弹簧脱落或断裂；电气开关的动作机构受阻失灵等，都能明显地表明故障点所在。

使用试验法进一步缩小故障范围。经外观检查未发现故障点时，可根据故障现象，结合电路图分析故障原因，在不扩大故障范围、不损伤电气和机械设备的条件下，进行直接通电试验或除去负载后进行通电试验。通过试验可以分清故障是在电气部分还是在机械部分，是在电动机上还是在控制设备上，是在主电路上还是在辅助电路上，以确定故障的大致范围。

具体方法是先检查辅助电路。操作按钮或开关时，线路中有关的接触器、继电器将按规定的动作顺序进行动作。若依次动作至某一电器元件时，发现不符合要求，即说明该电

在通电试验时，必须注意人身和设备的安全。要遵守安全操作规程，不得随意触动带电部分，要尽可能切断电动机主电路的电源，这样才能在辅助电路带电的情况下进行检查。如需电动机运转，则应使电动机在空载下运行，以避免工业机械的运动部分发生误动作和碰撞。要有暂时隔断故障主电路的措施，以免故障扩大。要事先充分估计局部电路动作后可能产生的不良后果。

测量法是维修电工工作中用来准确确定故障点的一种行之有效的检查方法。常用的测试工具和仪表有校验灯、测电笔、万用表、钳形电流表、兆欧表等。主要是通过对电路进行带电或断电时的有关参数的测量来判断电器元件的好坏。随着科学技术的发展,测量手段也在不断更新。例如,在晶闸管—电动机自动调速系统中,利用示波器来观察晶闸管整流装置的输出波形、触发的脉冲波形,就能很快判断出系统发生故障的原因。

[illegible]

如图 1-1 所示的电路, 首先把万用表的转换开关置于交流电压 500 V 的挡位上, 用万用表测量如图 1-1 所示 0—1 两点间的电压, 若为 380 V, 则说明电源电压正常。然后一人按下启动按钮 SB₂, 若接触器 KM₁ 不吸合, 则说明电路有故障。这时另一人可用万用表的红、黑两根表笔逐段测量相邻两点 1—2、2—3、3—4、4—5、5—6、6—0 之间的电压, 根据其测量结果即可找出故障点, 见表 1-3。

表 1-3 电压分段测量法查找故障点

故障现象	测试状态	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—0	故障点
按下 SB ₂ 时, KM ₁ 不吸合	按下 SB ₂ 不放	380 V	0	0	0	0	0	FR 常闭触点接触不良
		0	380 V	0	0	0	0	SB ₁ 触点接触不良
		0	0	380 V	0	0	0	SB ₂ 触点接触不良
		0	0	0	380 V	0	0	KM ₂ 常闭触点接触不良
		0	0	0	0	380 V	0	SQ 触点接触不良
		0	0	0	0	0	380 V	KM ₁ 线圈断路

2) 电阻分段测量法

如图 1-2 所示的电路, 测量检查时, 首先切断电源, 然后把万用表的转换开关置于倍率适当的电阻挡, 并逐段测量相邻两点 1—2、2—3、3—4、4—5、5—6、6—0 之间的电阻 (测量时可事先按下 SB_2)。如果测得相邻两点间电阻值很大, 即说明两点间接触不良或导线开路, 见表 1-4。

表 1-4 电阻分段测量法查找故障点

故障现象	测量点	电阻值	故障点
按下 SB_2 , KM_1 不吸合	1—2	∞	FR 常闭触点接触不良或误动作
	2—3	∞	SB_1 常闭触点接触不良
	3—4	∞	SB_2 常开触点接触不良
	4—5	∞	KM_2 常闭触点接触不良
	5—6	∞	SQ 常闭触点接触不良
	6—0	∞	KM_1 线圈断路

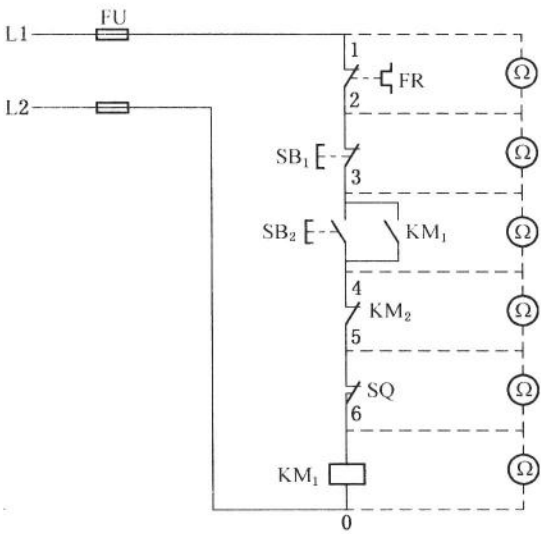


图 1-2 电阻分段测量法

电阻分段测量法的优点是安全, 缺点是测量电阻值不准确时, 易造成误判, 为此应注意用电阻测量法检查故障时, 要先切断电源。所测量电路若与其他电路并联, 则必须将该电路与其他电路断开, 否则所测电阻值不准确。测量高电阻电器元件时, 要将万用表的电阻挡转换到适当挡位。

3) 电路短接法

电气设备的常见故障为开路故障, 如导线断线、虚连、虚焊、触头接触不良、熔断器熔断等。对这类故障, 除用电压法和电阻法检查外, 还有一种更为简便可靠的方法, 就是短接法。检查时, 用一根绝缘良好的导线, 将所怀疑的开路部位短

接, 若短接到某处电路接通, 则说明该处开路。

如图 1-3 所示的电路, 进行短接法检查前, 先用万用表测量 0—1 两点间的电压, 若电压正常, 可一人按下启动按钮 SB_2 不放, 然后另一人用一根绝缘良好的导线, 分别短接相邻的两点 1—2、2—3、3—4、4—5、5—6 (注意不要短接 6—0 两点, 否则造成短路), 当短接到某两点时, 接触器 KM_1 吸合, 即说明开路故障就在这两点之间, 见表 1-5。

短接法也可以一次短接两个或多个触点来检查故障, 称为长短接, 如图 1-4 所示。

表 1-5 局部短接法查找故障点

故 障 现 象	短接点标号	KM ₁ 动作	故 障 点
按下 SB ₂ , KM ₁ 不吸合	1—2	KM ₁ 吸合	FR 常闭触点接触不良或误动作
	2—3	KM ₁ 吸合	SB ₁ 的常闭触点接触不良
	3—4	KM ₁ 吸合	SB ₂ 的常开触点接触不良
	4—5	KM ₁ 吸合	KM ₂ 的常闭触点接触不良
	5—6	KM ₁ 吸合	SQ 的常闭触点接触不良

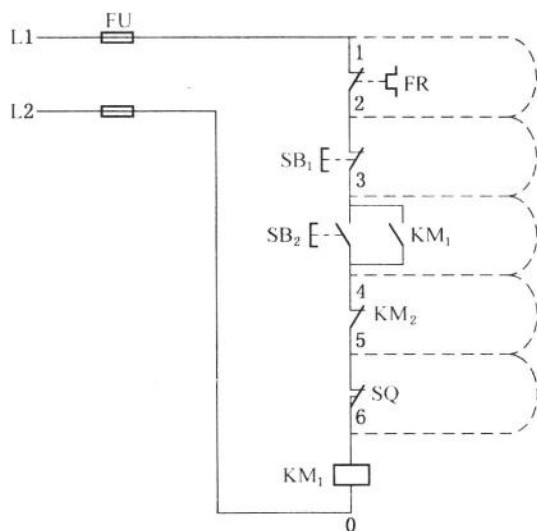


图 1-3 局部短接法

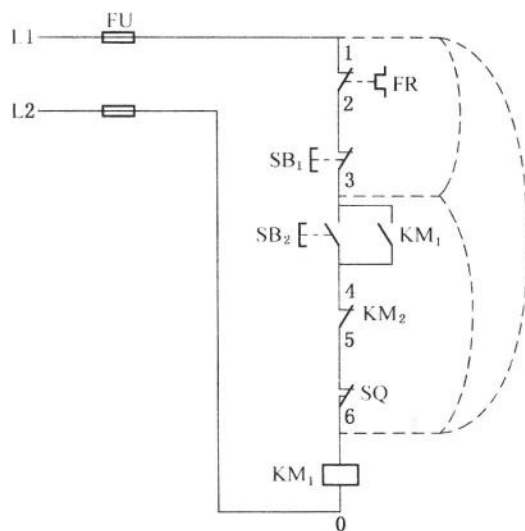


图 1-4 长短接法

当 FR 的常闭触点和 SB₁ 的常闭触点同时接触不良时，若短接其中的 1—2 两点，按下 SB₂，KM₁ 仍不能吸合，则可能造成判断错误。如果将 1—6 两点短接，KM₁ 吸合，则说明 1—6 这段电路上有开路故障。然后再用逐段短接的办法找出故障点。

长短接的另一个作用是可把故障点缩小到一个较小的范围。例如，第一次先短接 3—6 两点，KM₁ 不吸合，再短接 1—3 两点，KM₁ 吸合，说明故障在 1—3 范围内。可见，如果将长短接和逐段短接结合使用，就能很快找出故障点。

用短接法检查故障时必须注意安全，避免触电事故。短接法只适用于压降极小的导线及触头之类的开路故障。对于压降较大的电器，如电阻、线圈、绕组等开路故障，不能采用短接法。对于机械运行的某些要害环节和环境要事先进行分析、判断，在确保电气设备或机械部分不发生事故的前提下才能使用短接法。

以上所述检查分析电气设备故障的一般顺序和方法，应根据故障的性质和具体情况灵活选用，断电检查多采用电阻法，通电检查多采用电压法或短接法。各种方法可交叉使

用，以便迅速有效地找出故障点。

故障排除要注意的是找出故障点和排除故障是有区别的。不能把找出的故障点作为寻找故障的终点，还必须进一步分析和查明产生故障的根本原因。例如，在处理某台电动机因过载烧毁的事故时，决不能认为将烧毁的电动机重新修复或换上一台同型号的新电动机就算完成修复工作，而应进一步查明电动机过载到底是因负载过重，还是电动机选择不当（功率过小）所致，因为两者都可能导致电动机烧毁。

找出故障点后，一定要针对不同故障情况和部位采取正确的修复方法，不要轻易更换电器元件和补线等，更不允许轻易改动线路或更换规格不同的电器元件，以防止产生人为故障。

在对故障点的修理过程中，一般情况下应尽量做到状态复原。有时为了尽快恢复工业机械的正常运行，根据实际情况也允许采取一些适当的应急措施，但绝不可凑合行事。

每次排除故障后，应及时总结经验，做好维修记录。记录的主要内容有工业机械的型号、名称、编号、故障发生日期、故障现象、部位、损坏的电器、故障原因、修复措施及修复后的运行情况等。记录的目的是作为档案以备日后维修时参考，并通过对历次故障的分析，采取相应的措施，防止类似事故再次发生。

【训练项目】

一、训练内容

- 1. 使用短接法检查电路
- 2. 使用电阻分段测量法检查电路

二、目的要求

- 1. 掌握用短接法检查电路的方法
- 2. 掌握用电阻分段测量法检查电路的方法

三、项目准备

- 1. 制定测量和检查措施

制定测量和检查措施主要是确定测量点和需要检查的内容，明确任务要求等。一般按照工作的先后顺序进行排序，说明具体内容和任务进度等，见表1-6。

表1-6 测量电路参数和性能

施 工 项 目	参加人数	所需课时	备 注
测量启动与调速控制电路节点各段电阻，判断其性能	10	4	学生分组测量，填写记录
短接电路中的部分节点，观察器件的变化情况	10	4	学生分组测量，填写记录

表1-7 技能考核表

考核侧重点	考核内容	考核要求	评分标准	实际得分
准确度	确认和制定测量点和方法, 选择材料、工具	准确填写工具、材料的名称、规格和数量等	漏、错1处扣5分, 总计20分, 扣完为止	
	测量操作	操作步骤完整, 参数正确、合理	错1处扣5分, 总计20分, 扣完为止	
	质量检查	选择仪表、工具合理, 测量点处理符合质量和安全要求	错1处扣5分, 总计20分, 扣完为止	
熟练度	以上3项	各项操作时间分别为20 min, 总计60 min	每超时1 min扣2分, 总计20分, 扣完为止	
扩展度	说明测量结果和意义	内容全面、专业术语准确	总计20分, 酌情扣分, 扣完为止	



复习思考题

1. 简述电气设备维护的一般要求。
2. 简述电气设备日常维护的内容。
3. 简述换向器表面出现明显的灼痕或因火花烧损出现凹凸不平的现象时的修理方法。
4. 简述电气检修的一般方法。
5. 简述用逻辑分析法缩小并确定故障范围的方法。
6. 简述通电试验要注意的事项。
7. 什么是电压分段测量法?
8. 什么是电阻分段测量法?
9. 简述用短接法检查故障时要注意的事项。

第二节 电气控制图和标注

【知识要点】

1. 电气控制图的识读方法
2. 电路图种类和表达特点

【课程内容】

一、电气控制图的识读

生产机械电气控制图常用电气原理图、接线图和布置图来表示。

(一) 电气原理图

1. 电气原理图的分类及特点

电气原理图也称电路图,是根据生产机械运动形式对电气控制系统的要求,采用国家统一规定的电气图形符号和文字符号,按照电气设备和电器的工作顺序,详细表示电路、设备或成套装置的基本组成和连接关系,而不考虑其实际位置的一种简图。

按新国标(GB 6988)的规定,电气图(表)共分16种,即系统图、框图、功能图、逻辑图、功能表图、电路图、等效电路图、端子功能图、程序图、接线图(表)、单元接线图(表)、互连接线图(表)、端子接线图(表)、位置图、设备元件表、数据单。

除此之外,在电气工程实践中广泛采用的电气图还有平面布置图、结构布置图(断面图)、电气控制图和印刷板电路图。

电路图也可分为两类:控制电路图(又称一次原理图)和二次电路图(又称二次原理图)。控制电路图以电动机或其他用电设备的电气控制装置作为主要描述对象,主要表现其启动、制动、反转、调速等控制原理,常用于电气动力工程中。二次电路图以变配电系统中的二次设备为描述对象,用于表示二次电路的全部组成和连接关系。

电路图的形式主要有两种:集中式(又称整体式)和分开式(又称展开式)。在集中式电路图中,各元器件(主要指各继电器和接触器)的线圈和触点不被拆开而以整体的形式集中地绘制在一起。也就是说,它是以元器件为中心而将相关的电流、电压和直流回路都综合在一起的电路图。在分开式电路图中,各继电器、接触器的线圈和触点被分别绘制在不同的电路中,并按其工作顺序进行排列。这种电路以各独立电源或回路为中心绘制,这些回路主要是电流互感器的交流电流回路、电压互感器的交流电压回路、直流控制回路、直流保护回路及直流信号回路等。

电路图的最大特点是它力求详尽地表现控制与保护元件的触点状态和功能,以及触点与线圈或与信号元件间的连接关系,其描述范围不受屏(盘、箱)内外或室内外的局限,但对元器件、端子或线缆的布设则不予考虑。

电路图能充分表达电气设备和电器的用途、作用和工作原理,是电气线路安装、调试和维修的理论依据。

2. 电路图的绘制要求

(1) 电路图一般分电源电路、主电路和辅助电路3部分进行绘制。电源电路画成水平线,三相交流电源相序L1、L2、L3自上而下依次画出,中线N和保护地线PE依次画在相线之下。直流电源的“+”端画在上边,“-”端画在下边。水平画出电源开关。

主电路是指受电的动力装置及控制、保护电器的支路等,它是由主熔断器、接触器的主触点、热继电器的热元件及电动机等组成。主电路通过的电流是电动机的工作电流,电流较大。主电路图要画在电路图的左侧并垂直于电源电路。

辅助电路一般包括控制主电路工作状态的控制电路,显示主电路工作状态的指示电路,提供设备局部照明的照明电路等。它是由主令电器的触点、接触器线圈及辅助触点、继电器线圈及触点、指示灯和照明灯等组成。辅助电路通过的电流都较小,一般不超过5 A。画辅助电路图时,辅助电路要跨接在两相电源线之间,一般按照控制电路、指示电路和照明电路的顺序依次垂直画在主电路图的右侧,且电路中与下边电源线相连的耗能元件(如接触器和继电器的线圈、指示灯、照明灯等)要画在电路图的下方,而电器的触