



全国高职高专一体化教学(电气专业)通用教材  
QUANGUO GAOZHIGAOZHUAN YITIHUAJIAOXUE DIANQIZHUANYE TONGYONGJIAOCAI

# 机床电气控制

## JICHUANG DIANQI KONGZHI

主编 高学民



# JCDQKZ



山东科学技术出版社  
www.lkj.com.cn

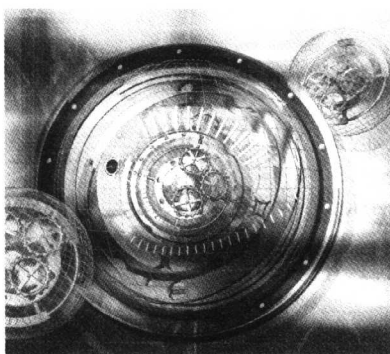


全国高职高专一体化教学(电气专业)通用教材  
QUANGUO GAOZHIGAOZHUAN YITIHUAJIAOXUE DIANQIZHUANYE TONGYONGJIAOCAI

# 机床电气控制

JICHUANG DIANQI KONGZHI

主编 高学民



山东科学技术出版社

### 图书在版编目(CIP)数据

机床电气控制/高学民主编. —济南: 山东科学技术出版社, 2005.9

全国高职高专一体化教学(电气专业)通用教材

ISBN 7-5331-4156-3

I. 机... II. 高... III. 机床—电气控制—高等学校: 技术学校—教材 IV. TG502.35

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 094915 号

全国高职高专一体化教学(电气专业)通用教材

### 机床电气控制

主编 高学民

---

**出版者: 山东科学技术出版社**

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531)82098088

网址: www.lkj.com.cn

电子邮件: sdkj@sdpress.com.cn

**发行者: 山东科学技术出版社**

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531)82098071

**印刷者: 山东新华印刷厂**

地址: 济南市胜利大街 56 号

邮编: 250001 电话: (0531)82079112

---

开本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 14.5

版次: 2005 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

---

ISBN 7-5331-4156-3

TP·110

定价: 24.00 元

## 编 委 会

主 任:王炳实

副主任:黄振轩 杨传耀 王洪龄 阎 伟

编 委:(按姓氏笔画)

刁毓亮 王云祥 王宗贵 孙大伟

田明光 乔元信 刘宗亮 刘通森

李丰桐 肖学东 匡奕珍 张德生

苑忠昌 赵中波 胡勤海 徐 冬

高学民 魏亚南

《机床电气控制》编者

主 编:高学民

编 者:赵 冰 刘晓东 王世桥

苏慧祯 路晋泰 林忠来

主 审:王炳实

## BIANXIESHUOMING

近年来,我国职业教育蓬勃发展。国家教育部多次在全国教育系统会议上强调:“高职教育必须以就业为导向”。这就要求高职教育要培养适合市场需要的应用型技术人才,即高职教育培养的学生应具备扎实的理论水平和熟练的操作技能。

理论与实践相结合的“一体化教学”模式是高职教育在教学改革中探讨出的新方式。目前“双师型”教师在职业院校的比重不断增加,而教材的一体化建设却远远没有做到。目前,各职业院校中使用的教材大多还是理论与实践分开的,编写一套适合高职教育的一体化教学模式的规范教材成为当前一项紧迫的课题。

为了贯彻“一体化教学”在高职教育中实施的指导思想,山东科学技术出版社在充分调研的基础上,组织省内外 10 多家职业院校共同研讨,决定编写一套适合一体化教学特色的教材,并聘请了有丰富经验的专家和工程师负责,组织在职业教育一线教学的“双师型”教师参加编写工作。

这套教材的主要特色有以下几个方面:

1. 吸收和借鉴各地职业院校教学改革的成功经验,保证理论与实践的紧密结合。在每章节中都穿插典型实例,章节后有典型、实用的实训项目及必要的训练要求,从而真正体现了“一体化教学”模式的特点。
2. 在一些重要课程中编写了课题设计及工程实践内容,力求贴近工业现场,体现了技能训练向工业现场的自然过渡。
3. 教材编写时力求简练实用,贯彻国家关于职业资格证书制度与就业制度相衔接的有关精神,实训项目的选取参考了该专业相关国家职业技能鉴定(高级)标准。
4. 本套教材层次清楚,内容详实,易学易教,方便自学,在内容选取上体现了知识的代表性和技术的前瞻性。

本套教材可作为高职高专相关专业的“一体化教学”的通用教材,也可结合国家教育部两年制高职教育的试点推行使用,还可在各类职业院校、相关职业培训学校中使用;另外也可作为工程技术人员学习的参考读物。希望读者提出宝贵意见,使本套教材得到不断的充实与完善,为职业教育一体化教学的改革发挥助推作用。

山东科学技术出版社

## QIANYAN

本书为 21 世纪高职教育规划教材,是根据高职高专电气自动化技术专业人才培养规格和最新出版的维修电工国家职业标准,组织“双师型”教师编写的。在内容选取上,体现了先进性和实践性,突出工艺要领与操作技能的培养。书中不仅列举了大量的实训,还总结了从业人员在实际工作中常见故障的分析和处理方法。

本书在内容上,反映了我国机床电气控制的现状,也注意了机床控制新技术的发展,本书特别注意内容与生产实际紧密联系,尽量选用先进的、典型的线路和实例,使读者能获得实用的知识。本书可作为高职高专机电一体化专业和电类专业教材,也可以供技工学校师生和技术人员学习参考和自学之用。

本书共分五章,主要内容有:机床电气控制线路的工作原理、安装调试、故障分析及处理方法;机床电气控制设计;机床电气设备的计划管理及大修工艺编制;数控机床的工作原理、操作及维修。

本书由烟台市技术学院高学民主编,其中第四章由高学民编写,第一章由赵冰编写,第二章由刘晓东编写,第三章由王世桥、苏慧祯编写,第五章由路晋泰、林忠来编写。由济南大学王炳实教授担任主审。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

编者

# 目 录

## MULU

<b>第一章 机床电气控制线路</b> .....	1
第一节 机床电气设备维修的一般要求和方法 .....	1
第二节 CA6140 车床电气控制线路 .....	14
实训一 CA6140 型车床电气控制线路的故障分析及检修方法 .....	18
实训二 CA6140 型车床电气控制线路的安装与调试 .....	22
第三节 Z37 摇臂钻床电气控制线路.....	25
实训三 Z37 摇臂钻床电气控制线路的故障分析及检修.....	29
习题 .....	31
<b>第二章 较复杂机床电气控制线路</b> .....	33
第一节 M7130 型平面磨床电气控制线路 .....	33
实训一 M7130 型平面磨床电气控制线路的故障分析及检修 .....	38
实训二 M7130 型平面磨床电气控制线路的安装与调试 .....	41
第二节 X62W 型卧式万能铣床电气控制线路.....	44
实训三 X62W 型万能铣床电气控制线路的故障分析与检修 .....	51
实训四 X62W 型万能铣床电气控制线路的安装与调试.....	54
第三节 10t 交流桥式起重机电气控制线路 .....	58
实训五 10t 交流桥式起重机电气控制线路常见故障分析及 检修方法 .....	63
第四节 T68 型卧式镗床控制线路.....	66
实训六 T68 型镗床电气控制线路的故障分析及检修.....	71
第五节 T610 型卧式镗床电气控制线路 .....	74
实训七 T610 型镗床电气控制线路的检修 .....	82
第六节 专用机床 .....	85
实训八 YXF-63-OFD-2Z 钻孔机床故障检修 .....	90
习 题 .....	93



<b>第三章 机床电气控制设计</b> .....	94
第一节 机床电气控制设计的基本内容 .....	94
第二节 机床电路图的绘制 .....	96
第三节 提高机床电气控制电路的可靠性 .....	98
第四节 电气控制电路的设计方法 .....	105
实训 设计电路图 .....	106
第五节 位置图和接线图的绘制 .....	109
习 题 .....	110
<b>第四章 机床电气设备的计划管理及大修工艺编制</b> .....	111
第一节 电气设备的计划管理 .....	111
第二节 电气设备复杂系数的计算 .....	114
第三节 设备事故处理 .....	118
第四节 机床电气设备大修方案的制订 .....	121
实训 大修工艺编制 .....	124
习 题 .....	127
<b>第五章 数控机床</b> .....	128
第一节 数控机床的概述 .....	128
第二节 数控机床的工作原理 .....	133
第三节 数控机床的程序编制 .....	135
第四节 输入装置 .....	151
第五节 插补原理、控制器、运算器 .....	151
第六节 伺服系统 .....	154
第七节 数控机床的操作 .....	163
第八节 数控机床的维修 .....	182
实训 数控机床典型故障分析及其检修方法 .....	200
实训一 数控车床故障分析及检修 .....	201
实训二 数控铣床故障分析及检修 .....	208
实训三 加工中心故障分析及检修 .....	215
习 题 .....	221
<b>参考文献</b> .....	223



# 第一章 机床电气控制线路

机械设备在工厂的生产加工中应用是非常广泛的。学会阅读、分析机床电气控制电路的方法、步骤,加深对典型控制线路环节的理解和应用,是做好维修保养工作的前提。本章通过对 CA6140 普通车床、Z37 摇臂钻床等具有代表性的常用生产机械的电气控制线路及其安装、调试与维修进行分析与研究,以提高在实际工作中综合分析和解决问题的能力。

## 第一节 机床电气设备维修的一般要求和方法

### 一、机床电气设备维修的一般要求

机床电气设备在运行过程中,由于各种原因会产生各种故障,致使机床不能正常工作,影响生产效率,严重时还会造成人身设备事故。因此,机床电气设备发生故障后,维修人员能够及时、熟练、准确、迅速、安全地查出故障,并加以排除,尽早恢复机床正常运行,是非常重要的。同时,日常的维护和保养能有效地减少故障发生率。

对工业机械电气设备维修的一般要求是:

1. 针对不同机床采取正确的维修步骤和方法。
2. 维修过程中不得损坏电器元件。
3. 不得擅自改动线路。
4. 不得随意更换电器元件,不得随意更改电器元件型号。
5. 损坏的电器元件及装置应尽量修复使用,但达不到其固有性能的,必须更换。
6. 维修后,电气设备的各种保护性能必须满足使用要求。
7. 通电试车能满足电路的各种功能,各控制环节的動作程序符合要求。
8. 修理后的电气装置必须满足其质量要求。电气装置的质量检修标准是:
  - (1) 外观整洁,无破损和炭化现象。
  - (2) 灭弧罩完整、清洁、安装牢固。



- (3)操作、复位机构都必须灵活可靠。
- (4)压力弹簧和反作用力弹簧应具有足够的弹力；各种衔铁运动灵活，无卡阻现象。
- (5)所有的触头均应完整、光洁、接触良好。
- (6)整定数值大小应符合电路使用要求。
- (7)指示装置能正常发出信号。

## 二、工业机械电气设备维修的一般方法

电气设备的维修包括日常维护保养和故障检修两方面。

### 1. 电气设备的日常维护和保养

电气设备在运行过程中出现的故障，有些可能是由于操作使用不当、安装不合理或维修不正确等人为因素造成的，称为人为故障。有些故障则可能是由于电气设备在运行时过载、机械振动、电弧的烧损、长期动作的自然磨损、周围环境温度和湿度的影响、金属屑和油污等有害介质的侵蚀以及电器元件的自身质量问题或使用寿命等原因而产生的，称为自然故障。显然，如果加强对电气设备的日常检查、维护和保养，及时发现一些非正常因素，并给予及时的修复或更换处理，就可以将故障消灭在萌芽状态，防患于未然，使电气设备少出甚至不出故障，以保证工业机械的正常运行。

电气设备的日常维护保养包括电动机和控制设备的日常维护保养。

#### (1) 电动机的日常维护保养

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、油污或金属屑等任何异物掉入电动机的内部。

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，三相电流中的任何一相与其三相平均值相差不允许超过 10%。

③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电阻；对工作在潮湿、多尘及含有腐蚀性气体等环境条件下的电动机，更应该经常检查其绝缘电阻。三相 380V 的电动机及各种低压电动机，其绝缘电阻至少为  $0.5M\Omega$  方可使用。高压电动机定子绕组绝缘电阻为  $1M\Omega/kV$ ，转子绝缘电阻至少为  $0.5M\Omega$ ，方可使用。若发现电动机绝缘电阻达不到规定要求时，应采取相应措施处理后，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经常检查电动机温度是否正常。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	E	B	F	H
最高允许 温度(℃)	定子和绕组转子绕组	95	105	110	125	145
	定子铁心	100	115	120	140	165
	滑环	100	110	120	130	140



⑦经常检查电动机的振动、噪声是否正常,有无异常气味、冒烟、起动困难等现象。一旦发现,应立即停车检修。

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)。电动机常用的润滑脂特性见表 1-2。

表 1-2 各种电动机使用的润滑脂特性

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,需进一步检查电刷或清理滑环表面,并校正电刷弹簧压力。一般电刷与滑环的接触面积不应小于全面积的 75%;电刷压强应为 15000~25000Pa;刷握和滑环间应有 2~4mm 间距;电刷与刷握内壁应保持 0.1~0.2mm 游隙;对磨损严重者需更换。

⑩对直流电动机应检查换向器表面是否光滑圆整,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功效,切忌用纱布磨去。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纱布进行细心的研磨或用车床重新车光,而后再将换向器片间的云母下刻 1~1.5mm 深,并将表面的毛刺、杂物清理干净后,方能重新装配使用。

⑪检查机械传动装置是否正常,联轴器、带轮或传动齿轮是否跳动。

⑫检查电动机的引出线是否绝缘良好、连接可靠。

#### (2) 控制设备的日常维护保养

①电气柜的门、盖、锁及门框周边的耐油密封垫均应良好。门、盖应关闭严密,柜内应保持清洁,不得有水滴、油污和金属屑等进入电气柜内,以免损坏电器造成事故。

②操纵台上的所有操纵按钮、主令开关的手柄、信号灯及仪表的护罩都应保持清洁完好。

③检查接触器、继电器等电器的触头系统吸合是否良好,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;各种弹簧弹力是否适当;灭弧装置是否完好无损等。

④试验位置开关能否起位置保护作用。

⑤检查各电器的操作机构是否灵活可靠,有关整定值是否符合要求。

⑥检查线路接头与端子板的连接是否牢靠,各部件之间连接导线、电缆或保护导线



的软管,不得被冷却液、油污等腐蚀,管接头处不得产生脱落或散头等现象。

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检查电气设备和工业机械上所有裸露导体件是否接到保护接地专用端子上,是否达到了保护电路连续性的要求。

(3)电气设备的维护保养周期

对设置在电气柜内的电器元件,一般不经常进行开门监护,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、使用情况以及条件等来确定。一般可采用配合工业机械的一、二级保养同时进行其电气设备的维护保养工作。

①工业机械一级保养进行电气设备的维护保养工作。如金属切削机床的一级保养一般在一季度左右进行1次,机床作业时间常在6~12h。这时可对机床电气柜内的电器元件进行如下维护保养:

a. 清扫电气柜内的积灰异物。

b. 修复或更换即将损坏的电器元件。

c. 整理内部接线,使之整齐美观。特别是在平时应急修理处,应尽量复原成正规状态。

d. 紧固熔断器的可动部分,使之接触良好。

e. 紧固接线端子和电器元件上的压线螺钉,使所有压接线头牢固可靠,减小接触电阻。

f. 对电动机进行小修和中修检查。

g. 通电试车,使电器元件的动作程序正确可靠。

②配合工业机械二级保养进行电气设备的维护保养工作。如金属切削机床的二级保养一般在一年左右进行1次,机床作业时间常在3~6天。此时可对机床电气柜内电器元件进行如下维护保养:

a. 机床一级保养时,对机床电器所进行的各项维护保养工作,在二级保养时仍需照例进行。

b. 着重检查动作频繁且电流较大的接触器、继电器触头。为了承受频繁切合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头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。即使这类触头表面出现烧毛或凹凸不平的现象,仍不会影响触头的良好接触,不必修平(但铜质触头表面烧毛后则应及时修平)。但触头严重磨损至原厚度的1/2以下时应更换新触头。

c. 检修有明显噪声的接触器和继电器,找出原因并修复后方可继续使用,否则应更换新件。

d. 校验热继电器,看其是否能正常动作。校验结果应符合热继电器的动作特性。

e. 校验时间继电器。看其延时时间是否符合要求,如误差超过允许值,应调整或修理,使之重新达到要求。

2. 机床电气设备维修的一般方法



### (1) 检修前的故障调查

机床电气发生故障后,不要盲目进行检修。检修前,应向操作者询问、了解故障发生前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;是否有异常响声、冒烟、火花、异常振动等征兆;故障发生前是否有不当操作情况,如施加过大负载、频繁起动、停止、制动等情况;有无在以前的检修或技术革新中改动电路等。

### (2) 试车观察故障现象

为了使检修工作更具针对性,通过试车观察故障现象,划定故障范围。试车前提是不扩大故障范围,不损伤电气设备和机械设备。试车时需要注意观察以下内容:

①电动机是否运转,转动时声音是否正常。

②控制电动机的接触器、继电器等电器是否按工作原理正常工作,电磁线圈吸合声音是否正常。

③与故障范围相关的电气线路、控制环节都要试车,如多台电动机的顺序控制;单台电动机的多种工作方式及相关程序控制等。

④以上试车用到看和听,试车停止切断电源后,还可通过触摸检查电动机、变压器、电磁线圈等电器,看是否超过允许温升,还可通过闻,看是否有异常气味产生。

⑤试车前,为避免机床运动部分发生误动作或碰撞等意外情况,可将生产机械与电动机分离;或将电动机与电器线路分离,然后再试车,这也是判断故障是电气故障还是机械故障的有效方法之一。

### (3) 用逻辑分析法确定故障范围,用排除法缩小故障范围

逻辑分析法是根据电气控制线路的工作原理,控制环节的动作顺序以及它们之间的联系,结合试车确认的故障现象作具体的分析,同时运用排除法迅速缩小故障范围,从而判断最小故障范围。

**【例1】**如一台三相异步电动机用一只交流接触器控制起动、停止,对于这台电动机不能起动,故障的分析方法是:若接触器线圈不能得电,则故障必定在控制线路,而非主电路;若接触器线圈能正常得电,则故障必定在主电路,而非控制电路。上述判断正是利用了电动机主电路与控制电路的逻辑关系,即先有控制电路工作,才有主电路工作,才有电动机起动。

**【例2】**如图1-1所示,该线路为三相异步电动机接触器联锁正反转控制线路。现以该线路为例,说明如何运用逻辑分析法缩小故障范围。

机床电气控制线路常用部分如出现一处故障,机床基本不能正常工作,操作工人找维修工检修,分析故障时要首先把故障确定为一个,特殊情况除外。如机床电气控制线路发生短路,除造成熔断器熔断外,还可能造成流过短路电流的电气元件损坏。学生在训练、考试过程中教师也会同时设置多处故障。本书中所介绍故障分析、检查方法基本是按一个故障为例来进行分析。

当一个电器不能得电工作时,为该电器供电的线路都是故障范围,即电流所流过的线路、电气元件都是故障范围。

故障一:电动机M正反转都不工作,且试车时,观察到接触器KM1、KM2线圈都不得

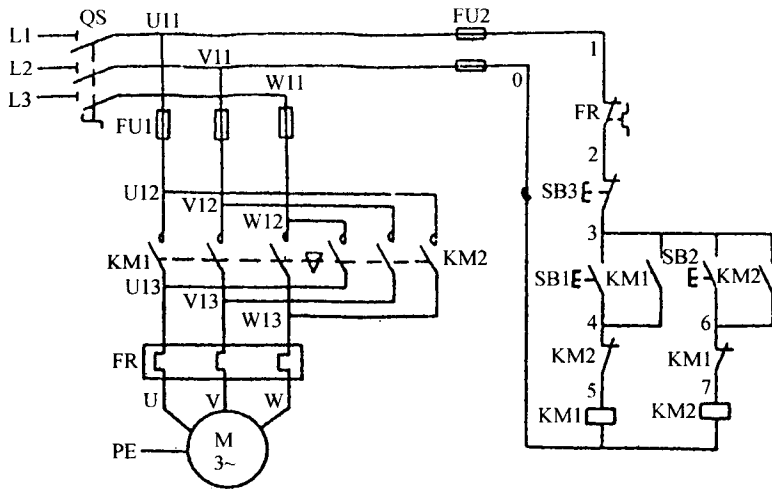


图 1-1 三相异步电动机接触器联锁电路图

电。用例 1 的逻辑分析方法判断故障在控制电路,一个故障能造成接触器 KM1、KM2 线圈都不得电,逻辑分析该故障必在接触器 KM1、KM2 线圈公共线路上,即 U11-1-2-3, V11-0 线路。若试车时接触器 KM1、KM2 线圈都得电,则故障在主电路公共部分,即 U11-U12、V11-V12、W11-W12, U13-U, V-M、V13-V-M、W13-W-M。

故障二:电动机 M 正转工作正常,反转不工作,且试车时,观察到接触器 KM2 线圈不得电。逻辑分析,正转工作正常,说明接触器 KM1、KM2 线圈公共线路无故障,导致接触器 KM2 线圈不吸合的故障必在 3-6-7-0 线路上。若试车时,观察到接触器 KM2 线圈得电,则故障在主电路,因正转能正常工作,排除主电路公共部分,故障只在接触器 KM2 主触头上(包括主触头向外的 6 根连线)。正转故障的分析方法与反转相同。

检修工作中,经常运用如下逻辑关系:

- ①主电路与控制电路逻辑关系。
- ②两台以上电动机顺序或程序控制逻辑关系。
- ③单台电机各控制环节程序控制逻辑关系。
- ④公共电路与分支电路(并联电路)之间相互逻辑关系。
- ⑤电气设备与机械设备相互逻辑关系。

#### (4)用测量法确定故障点

利用试车法、逻辑分析法确定故障范围后,会发现不同机床、不同故障的故障范围有大有小,对故障范围较大的故障,要采用测量法进一步缩小故障范围,最终确定故障点。测量法常用的测试工具和仪表有测电笔、万用表、钳形电流表、兆欧表等,通过对电路进行带电或断电的有关参数如电压、电阻、电流等的测量来判断电器元件、设备以及线路的好坏及通断情况。

在用测量法检查故障时,要严格遵守停电作业、带电作业的安全操作规程,保证人身安全、设备安全,保证各种测量工具和仪表完好,使用方法正确,还要注意防止感应







线路测量,依据测量结果即可快速缩小范围,见表 1-4 所示。这种电压分阶测量法叫做电压长分阶测量法,测量时,分阶点的位置,可根据线路情况灵活选择,一般选择线路中段,可将故障范围快速缩小 50% 左右。

表 1-4 电压长分阶测量法

故障现象	测试状态	0~1	0~4	故障范围
按下按钮 SB2 时,接触器 KM 线圈不得电	电源电压正常,按下按钮 SB2 不放	0	0	FU 熔断或接触不良
		380V	0	1~2~3~4
		380V	380V	4~5~6~0

b. 电压分段测量法 将万用表的转换开关置于交流电压 500V 的档位上,然后按如下方法测量。

如图 1-4 所示,若按下按钮 SB2,接触器 KM 线圈不得电,则说明该控制电路有故障。首先确认电源电压正常,然后一人按下按钮 SB2,另一人用万用表的红、黑两根表棒逐段测量相邻两点 1~2,2~3,3~4,4~5,5~6,6~0 之间的电压,根据测量结果即可找出故障点,见表 1-5。该方法是利用等电位原理测量故障点。

这种测量方法将被测电路分段,逐段进行测量,所以叫电压分段测量法。该方法还可灵活运用,即加长分段,如图 1-5 所示,电路分成 1~4,4~0 段进行测量,可将故障范围快速缩小 50%,这种方法也叫电压长分段法,见表 1-6。

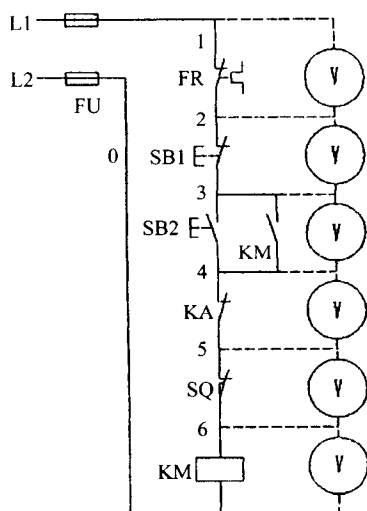


图 1-4 电压分段测量法

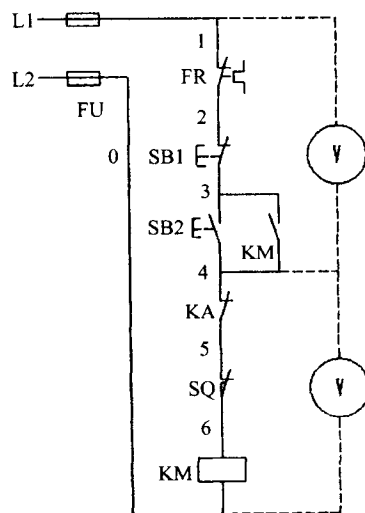


图 1-5 电压长分段测量法