

全国职业技能培训推荐教材 劳动和社会保障部培训就业司认定

职业技能培训MES系列教材

维修电工技能

——初级工、中级工、高级工、技师、高级技师——

《职业技能培训MES系列教材》编委会



技 能
无 价



MES

航空工业出版社 中国劳动出版社

MES

再 版 前 言

由中国航空工业总公司组织修订的《职业技能培训 MES 系列教材》，经过一年多的努力工作，现已邀请有关行业和地方的专家及业务主管部门领导，按照“用户评估、专家评审、行政认定、向社会发布”的质量保证制度，完成了评审认定，并由航空工业出版社和中国劳动出版社联合出版。这是由劳动和社会保障部首批向社会发布信息、推荐使用的职业技能培训教材。

这套新修订的教材和原版教材一样，其新颖独特的形式，实用精练的内容，必将继续受到广大技术工人和各级职业技能培训机构的欢迎和重视，并在新形势下，为推进职业技能培训教材的规范化，为培养一支具有很强市场竞争就业能力的技术工人队伍发挥应有作用。

再版新教材主要有以下特点：

1. 在内容的增删和水平把握上，更加符合新颁《工人技术等级标准》（简称《标准》）和《职业技能鉴定规范》（简称《规范》）。在突出技能要求的前提下，凡《标准》和《规范》中规定的技能要求和有关知识，都作了补充；凡《标准》、《规范》中未作要求的内容，特别是那些单纯为照顾系统性、全面性的内容，一般都进行了删除，与学科性的传统教材比较，无论在形式或内容上都有所创新和发展。

2. 在“模块”和“单元”的设计上更具通用性。教材中把能反映本工种技术等级标准要求，并在技术上最具代表性的典型件或实例称为模块；而把完成模块技能要求所需的单一基础技能训练或应知内容称为学习单元。模块的设计最大限度地考虑了在全国范围内的广泛适用性，而“学习单元”的划分也尽量照顾了知识的相关性和相对独立性。

3. 保持了教材内容的先进性。航空工业在我国一直是“以军为主”的高新技术产业，这套再版教材，既重视通用性，又充分注意内容的先进性，把一些可供其他行业借鉴的先进技术给予了充分反映，以期能起到带动整个工业技术发展的联动作用。

4. 既注重扩大服务面向、增加信息量，又坚持做到实用精练。新版教材在充分满足初、中、高级工参加培训或个人自学需要的同时，大多数工种都增加了技师、高级技师的考核题例，有的还选列了国际、国内技能竞赛的试题，旨在开阔眼界，清晰成才之路，激励不断进取的精神。为适应在职培训或自学的需要，教材坚决体现职业培训应贯彻：“干什么、学什么；缺什么、补什么”的原则，以求达到内容全新，实用精练的要求。

在这套教材的修编、出版过程中，劳动和社会保障部培训就业司张小建司长和有关领导给予了及时指导和全力支持，在此特致谢意。

《维修电工技能》由南昌飞机公司和南京金城集团公司共同负责组织修订编写；由陈建华同志主编；马维列同志为副主编，参加编写的还有陈志雄、李春超同志。本书由南方动力公司卞立同志负责主审，南昌飞机公司曾宪炳、张兰生同志最后审校。在编审过程中参阅了有关图书资料，在此一并致谢。还要感谢刘孝悌等同志先期主编的原版教材，其已达到的高水平，既为这次修订再版工作奠定了良好基础，又为再创精品提供了范例。

尽管我们为一创新一套新型职业技能培训教材已作了很大努力，但由于在新形势下，对怎样才能使这套新版教材适应时代的需要还缺乏实践经验，故其中的不足欠缺之处实所难免。期盼社会各界、同行专家和广大读者提出指正，以便重印或继续修订再版时修改完善。

《职业技能培训 MES 系列教材》编委会

1999 年 2 月

原版前言

为落实国务院关于“搞好职工培训,不断提高职工队伍素质”的指示精神,以适应工人岗位培训的需要,在总结航空工业多年来工人培训的实践,借鉴国际劳工组织开发的职业技能模块(MES)教学法的基础上,我们组织编写了车工、钳工、铣工、钣金工、磨工、冲压工、表面处理工、焊工等十几个专业工种和工人岗位通用知识在内的新型教材。计划从1991年至1992年陆续出版。

这套教材的内容及其深广度,以《工人技术等级标准》为依据,以操作技能为主,将本工种各技术等级、不同岗位的要求,用若干个典型零件来体现,这种典型零件即为模块,而完成模块技能要求所需的单一的基础技能训练内容称为学习单元。因此,这套教材既是工人技能培训教材,同时也是技能考核标准的具体化。当某个工人需要培训或考核时,根据技术等级和需要加工的零件(或工艺)类型,可以很快找到所应掌握的学习单元和考核要求。本教材的内容大多是由一些老工人、技师和多年在生产第一线的技术人员提供的操作技能技巧实例,加上通俗易懂的文字和大量的图示图解,无论采取集中培训形式还是工人自学,都较其他类型教材容易掌握。

本书由秦岭电气公司职工培训中心负责组织编写。全书由刘孝悌同志任主编,参加编写的还有董春成、冉守信、王文森等同志。由苏州长风机械总厂杨明坤,沈阳飞机制造公司贾淑文、郑欣,南京金城机械厂魏云超等同志集体审定。在教材编审过程中,部教育司、有关工厂、航空工业出版社等单位给予了大力支持和帮助,在此表示感谢!

在教材编写过程中,我们坚决地按照岗位培训“干什么,学什么;缺什么,补什么”的原则,努力处理好专业理论与操作技能、典型与特殊以及各技术等级之间的关系,希望能成为一套适合岗位培训并受广大工人欢迎的新型教材。但由于时间仓促,水平有限,缺点错误在所难免,请广大工人同志和各位读者提出宝贵意见,使这套教材日臻完美。

《工人岗位技能培训系列教材编委会》

1991年6月

《职业技能培训 MES 系列教材》

编委会组成名单

顾 问：张小建

主 任：齐少敏

副主任：王德祥 孙 江 张铁钧 葛 玮

委 员：（按姓氏笔划为序）

王芝良 包丽珍 孙 通 申家华

毕忠礼 师树军 李光宇 李德英

姚宝祥 柴燕峰 商士德 黄永顺

董宝静 曾森龙 雷 勇 戴虹红

《职业技能培训 MES 系列教材》

《维修电工技能》修编人员名单

主 编：陈建华

主 审：卞 立

副主编：马维列

审 校：曾宪炳 张兰生

参 编：陈志雄 李春超

目 录

维修电工技能培训模块设计与学习单元划分表及“哈达表”使用说明	(插页)
第1学习单元 电工识图的基本知识	(1)
一、识图的基本要求	(1)
二、识图的基本步骤	(3)
三、识图举例	(3)
练习题	(4)
第2学习单元 电工“三表”的使用	(5)
一、万用表	(5)
二、钳形电流表	(7)
三、兆欧表	(9)
练习题	(11)
第3学习单元 电工安全技术	(12)
一、电流对人体的伤害作用	(12)
二、常见的触电方式	(12)
三、用电的安全措施	(12)
四、防火火灾、防爆、防雷	(13)
五、触电及救护	(15)
练习题	(15)
第4学习单元 三相异步电动机单向运转控制线路安装	(16)
一、单向运转控制线路原理图及元件明细表	(16)
二、元件检查	(16)
三、线路安装	(17)
四、试运转	(17)
五、常见故障及排除方法	(17)
练习题	(18)
第5学习单元 低压内线的安装	(19)
一、绝缘子配线	(19)
二、塑料护套线配线	(22)
三、线管配线	(23)
四、民用照明灯具、开关及插座的安装	(28)
五、移动电具及照明装置的安装规程	(32)
六、单相电度表的接线	(33)
练习题	(33)
第6学习单元 简单电子电路的安装及调试	(34)
一、晶体管串联稳压电源	(34)
二、阻容耦合放大电路	(36)
练习题	(38)
第7学习单元 小型线圈绕制的基本技能	(39)
一、图算法设计小型变压器	(39)

二、小型变压器线圈的绕制	(42)
练习题	(45)
第 8 学习单元 三相异步电动机定子绕组重绕与嵌装	(46)
一、常用工具	(46)
二、拆除已损坏的旧绕组取得各项数据	(46)
三、绕制线圈与嵌装	(47)
四、检查与测试	(48)
五、定子的浸漆、烘干和整机装配	(48)
六、绝缘测试、首尾端区分及空载试验	(49)
练习题	(49)
第 9 学习单元 常用低压电器的维护与检修方法	(50)
一、常用低压电器分类	(50)
二、开关电器	(50)
三、保护电器	(53)
四、控制电器	(56)
练习题	(57)
第 10 学习单元 三相异步电动机的维护与检修方法	(58)
一、三相异步电动机的结构	(58)
二、三相异步电动机的维护与检修	(59)
三、三相异步电动机的常见故障及修理方法	(62)
练习题	(63)
第 11 学习单元 车间电力与照明线路的巡查与检修	(64)
一、车间内配电线检查	(64)
二、车间电器的检查、清扫	(64)
三、车间照明设备的检查	(65)
四、线路巡查及检修要点	(66)
练习题	(68)
第 12 学习单元 CA6140 型车床电气故障分析与修理	(69)
一、识读 CA6140 型车床电气线路原理图	(69)
二、CA6140 型车床常见电气故障分析及排除方法	(70)
三、CA6140 型车床电气元件表	(70)
练习题	(71)
第 13 学习单元 电工测量技能	(72)
一、直流电阻的测量	(72)
二、电流、电压的测量	(75)
三、电功率的测量	(79)
四、电能的测量	(81)
练习题	(83)
第 14 学习单元 三相异步电动机的启动、调速及制动	(84)
一、三相异步电动机的启动	(84)
二、三相异步电动机的调速	(88)
三、三相异步电动机的制动	(89)
练习题	(91)
第 15 学习单元 直流电动机的启动、调速及制动	(92)

一、直流电动机的启动	(92)
二、直流电动机的调速	(94)
三、直流电动机的制动	(97)
练习题	(99)
第 16 学习单元 “星—三角”自动降压启动线路的安装与检修	(100)
一、Y— Δ 自动降压启动工作原理简述	(100)
二、技能实例	(101)
三、Y— Δ 自动降压控制线路常见故障及修理	(102)
练习题	(102)
第 17 学习单元 单相可控调压电路的安装与调试	(103)
一、电路图及电路原理分析	(103)
二、安装与调试	(103)
练习题	(105)
第 18 学习单元 同步电动机的简单维修	(106)
一、同步电动机的基本结构	(106)
二、同步电动机的工作原理	(106)
三、同步电动机的故障及排除方法	(107)
四、同步电动机检修后简单的试运转方法	(108)
练习题	(109)
第 19 学习单元 单相手电钻的结构、使用与维修	(110)
一、单相手电钻的结构	(110)
二、单相手电钻的使用	(110)
三、单相手电钻的常见故障及检修方法	(110)
练习题	(115)
第 20 学习单元 直流电动机的维护与检修方法	(116)
一、直流电动机的分类及其接线	(116)
二、直流电动机的结构	(118)
三、直流电动机的维护与检修	(119)
四、直流电动机的常见故障及处理方法	(121)
练习题	(122)
第 21 学习单元 电流互感器的运行与维修	(123)
一、概述	(123)
二、型号及主要参数	(123)
三、电流互感器的极性	(125)
四、选用电流互感器应注意的问题	(126)
五、电流互感器的运行维修	(126)
练习题	(127)
第 22 学习单元 X62W 万能铣床电气线路分析与故障处理	(128)
一、线路分析	(128)
二、X62W 万能铣床电气线路常见故障及排除方法	(136)
练习题	(137)
第 23 学习单元 电焊机的维护与检修	(138)
一、交流电焊机	(138)
二、直流电焊机	(139)

三、氩弧焊机的使用与维护	(140)
练习题	(146)
第 24 学习单元 20/5 吨桥式起重机电气线路分析与故障处理	(147)
一、主要电器	(147)
二、线路分析	(147)
三、20/5 吨桥式起重机常见故障及排除方法	(150)
练习题	(151)
第 25 学习单元 M7475B 型磨床电气线路分析、与故障处理	(152)
一、M7475B 型磨床的主要结构及电路分析	(152)
二、M7475B 型磨床电气故障与维修	(156)
三、M7475B 型磨床电器元件明细表	(157)
练习题	(158)
第 26 学习单元 用晶闸管直流调速系统对 MGB1420 型万能磨床进行改造	(159)
一、磨床电路的分析	(159)
二、用晶闸管无级调速装置改造工件直流拖动系统	(161)
三、电路常见故障及排除方法	(163)
练习题	(164)
第 27 学习单元 晶闸管电镀电源的工作原理、调试及维修	(165)
一、工作原理	(165)
二、调 试	(170)
三、电镀电源常见故障分析	(172)
练习题	(173)
第 28 学习单元 电气原理图的绘制	(174)
一、元器件的主要参数和工作状态的表示法	(174)
二、常用电工元器件图标在电路图上的布置	(175)
三、动力、控制、信号、保护电路的绘制	(175)
四、电路图绘制举例	(176)
练习题	(178)
第 29 学习单元 交磁电机扩大机的使用与常见故障分析	(179)
一、交磁电机扩大机的工作原理	(179)
二、电机扩大机的型号、规格	(180)
三、电机扩大机使用注意事项	(180)
四、电机扩大机常见故障分析	(181)
五、电机扩大机的检测与剩磁消除法	(183)
练习题	(185)
第 30 学习单元 电磁调速电动机维护、常见故障与修理	(186)
一、电磁调速电动机的结构、型号	(186)
二、电磁调速电动机的工作原理	(187)
三、电磁调速电动机的维护与保养	(187)
四、电磁调速电动机的故障分析与排除方法	(189)
练习题	(191)
第 31 学习单元 变频器的原理简述、运用和维修	(192)
一、简 述	(192)
二、变频器的工作原理	(192)

三、变频器的基本功能	(192)
四、变频器型号的选择和容量、基本参数设定	(197)
五、变频器的安装、运转及注意事项	(197)
六、变频器的运用举例	(199)
七、变频器的故障处理	(202)
练习题	(203)
第 32 学习单元 龙门刨床电气控制线路分析与故障处理	(204)
一、龙门刨床电气控制线路分析	(204)
二、龙门刨床电气控制线路常见故障与排除方法	(212)
练习题	(213)
第 33 学习单元 可编程控制器概述	(214)
一、简 述	(214)
二、可编程控制器相对于继电控制系统的优点	(214)
三、可编程控制器各模块、框架、电源功能和 PC 配置	(214)
四、PC 指令系统和梯形图	(216)
练习题	(219)
第 34 学习单元 可编程控制器与其所控制设备的故障与排除	(220)
一、排除故障总思路	(220)
二、PC 本身故障的判别与排除方法	(220)
三、输入/输出回路故障检查与排除方法	(220)
第 35 学习单元 用可编程控制器改造继电控制设备	(221)
一、原 则	(221)
二、改造前准备	(221)
三、PC 硬件线路设计步骤	(221)
四、实 例	(222)
五、PC 程序中的定时器和计数器	(224)
六、鼓形控制器的操作(计数器的运用)	(226)
七、移位寄存器功能介绍	(227)
八、几种常用移位寄存器	(228)
九、PC 编程器的操作	(231)
练习题	(240)
第 36 学习单元 数控系统简述和数控机床的维修	(242)
一、简 述	(242)
二、J50 三轴数控系统	(242)
三、数控机床的维修及保养	(244)
四、日本安川 J50 三轴数控系统故障报警与分析(供读者参考)	(251)
练习题	(253)
附录 新旧电气图形符号对照	(254)
概 述	(255)
符号要素、限定符号和常用的其他符号	(256)
导线和连接器件	(261)
无源元件	(265)
无源元件·半导体管和电子管	(267)
半导体管和电子管	(268)
电能的发生和转换	(270)

开关、控制和保护装置	(278)
开关、控制和保护装置 • 测量仪表、灯和信号器件	(286)
测量仪表、灯和信号器件	(287)
电力、照明和电信布置	(288)
电气技术中的文字符号	(297)
表 1 表示电气设备、装置和元器件种类的单字母符号	(297)
表 2 电气设备常用基本文字符号	(298)
表 3 常用辅助文字符号	(298)
参考书目	(299)

第1学习单元 电工识图的基本知识

图样是工程技术的通用语言,电路图是电气工程的通用语言。电路图一般由电路、技术说明和标题栏三部分组成。电路通常由主电路和辅助电路组成。主电路是电源向负载输送电能的部分,一般包括发电机、变压器、开关、接触器、熔断器和负载等。辅助电路是对主电路进行控制、保护、监测、指示等的电路。标题栏画在电路图的右下角,其中注有工程名称、图名、图号、设计人等内容。技术说明中含文字说明和元件明细表等在电路图的右上方。

电路图的种类繁多,常见的有:电气原理图、安装接线图、展开接线图、平面布置图和剖面图。维修电工以电气原理图和安装接线图最为重要。电工识图是每个维修电工必须掌握的技能。

在掌握了电路的基本构成、种类和电气符号的基础上,本单元讲述识图的基本要求和步骤。

一、识图的基本要求

1. 结合电工基础理论看图

无论变配电所、电力拖动,还是照明供电和各种控制电路的设计,都离不开电工基础理论。因此,要想搞清电路的电气原理,必须具备电工基础知识。例如,鼠笼式电动机的旋转方向是由电动机的三相电源的相序决定的,所以通常用两个接触器进行切换,改变三相电源的相序,从而达到控制电动机正转或反转的目的。

2. 结合电器元件的结构和工作原理看图

电路中有各种电器元件。例如,在高压供电电路中常用高压隔离开关、断路器、熔断器、互感器、避雷器等;在低压电路中常用各种继电器、接触器和控制开关等。因此,在看电路图时,首先应该搞清这些电器元件的性能、相互控制关系以及在整个电路中的地位和作用,才能搞清工作原理。否则,无法看懂电路图。

3. 结合典型电路看图

所谓典型电路,就是常见的基本电路。如电动机的启动、制动、正(反)转控制电路、继电保护电路、联锁电路、时间和行程控制电路、整流和放大电路,等等。一张复杂的电路图,细分起来不外乎是由若干典型电路所组成。因此,熟悉各种典型电路,对于看懂复杂的电路图有很大帮助,能很快地分清主次环节、抓住主要矛盾,而且不易搞错。

4. 结合电路图的绘制特点看图

电气原理图也叫电气控制线路图。它表示电流从电源到负载的传送情况和电器元件的动作原理,不表示电器元件的结构尺寸、安装位置和实际配线方法。阅读原理图可以了解负载的工作方式和功能,电气原理图是绘制安装接线图的基本依据,在调试和寻找故障时有重要作用。

绘制电气原理图时,通常把主电路和辅助电路分开。主电路可用粗实线画在辅助电路的左侧或上部,辅助电路可用细实线画在主电路的右侧或下部。

如图1-1所示为鼠笼式电动机启动控制电气原理图。图中左侧粗实线图是主电路,右侧细实线图是辅助电路。主电路的构成:三相电源经开关QS→熔断器FU→交流接触器主触头KM→热继电器发热元件FR→电动机M。辅助电路的构成:停止按钮SB1→启动按钮SB2→

接触器线圈 KM→热继电器动断触头 FR 构成回路。从该原理图中可以知道：

- (1) 启动、停止按钮控制电动机的启动或停机；
- (2) 熔断器作为短路保护；
- (3) 热继电器作为过载保护。

在绘制电气原理图时，有时将同一元件分解成几个部分，画在不同的回路中，但以同一文字符号标注，如图 1-1 中，接触器的主触头、辅助触头、线圈均用“KM”标注，热继电器的发热元件和动断触头均用“FR”标注。回路的排列，通常根据元件的动作顺序或电源到用电设备的元件连接顺序，水平方向从左到右、垂直方向从上到下画出。了解电气原理图的基本画法后，就容易看懂电路的构成情况，搞清电器元件间的相互控制关系，掌握电气基本原理。这对分析电路的工作过程、进行电气施工以及维修都是非常重要的。

安装接线图是电气原理图具体实现的表现，可直接用于安装配线，图中只表示电器元件的安装位置、实际配线方式等，而不明确表示电路的原理和电器元件间的控制关系。

图 1-2 所示是鼠笼式电动机启动控制电路的安装接线图。它是根据图 1-1 的原理图，考虑到各设备的安装位置绘制的。

图中将电器元件按照实际组合及安装位置画在虚线框内，标注了文字符号，例如熔断器 FU、接触器 KM、热继电器 FR (KM 和 FR 还可组成启动器)，一般由工厂生产或单独组装，通过端子排与其他设备 (如控制按钮 SB1、SB2 和电动机等) 连接。各元件间根据电气原理图用导线连接起来。

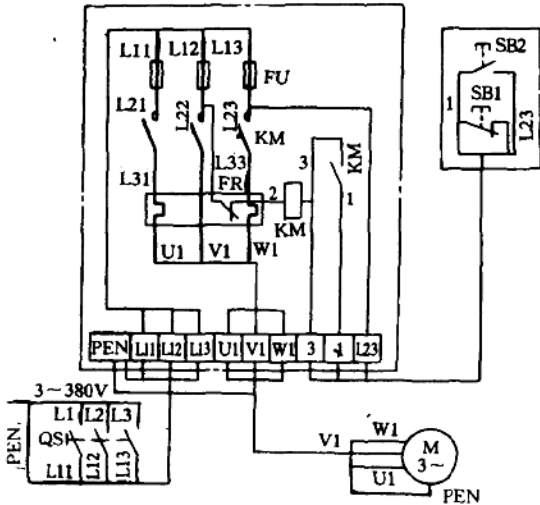


图 1-2 电动机启动控制安装接线图

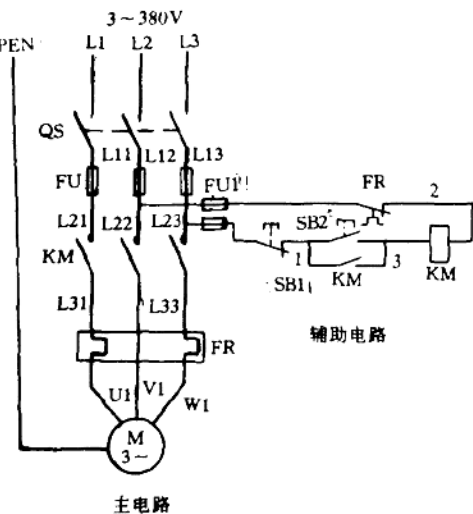


图 1-1 电动机启动控制电气原理图

为了区别主电路和辅助电路，安装接线图用粗实线表示主电路，用细实线表示辅助电路。有的安装接线图采用适当的比例绘制，这样，在看图时能了解元件的安装尺寸和连接导线的长度。

另外，电源正负极接线柱之间、合闸回路和跳闸回路之间的端子排应不相毗邻，一般用一个空端子隔开。一个端子的每一个接线螺钉上一般只接一根导线，特殊情况最多可接两根。端子排垂直布置时，是按交流电流回路、交流电压回路、信号回路、控制回路和其他回路的顺序排列的。

安装接线图主要用于电气施工及维修。

二、识图的基本步骤

1. 看图样说明

图样说明包括图样目录、技术说明、元件明细表和施工说明书等。识图时,首先看图样说明、搞清设计内容和施工要求,这有助于了解图样的大体情况、抓住识图重点。

2. 看电气原理图

看电气原理图时,首先要分清主电路和辅助电路,交流电路和直流电路。其次按照先看主电路,再看辅助电路的顺序读图。看主电路时,通常从下往上看,即从电气设备开始,经控制元件,顺次往电源看;看辅助电路时,则自上而下、从左向右看,即先看电源,再顺次看各条回路,分析各条回路元件的工作情况及其对主电路的控制关系。

通过看主电路,要搞清用电设备是怎样取得电源的,电源经过哪些元件到达负载等。通过看辅助电路,要搞清它的回路构成,各元件间的联系、控制关系和在什么条件下回路构成通路或断路,并理解动作情况。

3. 看安装接线图

看安装接线图时,也要先看主电路,再看辅助电路。看主电路时,从电源引入端开始,顺次经控制元件和线路到用电设备;看辅助电路时,要从电源的一端到电源的另一端,按元件的顺序对每个回路进行分析研究。

安装接线图是根据电气原理图绘制的,对照原理图看安装图是有帮助的。还有,回路标号是电器元件间导线连接的标记,标号相同的导线原则上都是可以接到一起的。还要搞清接线端子板内外电路的连接,内外电路的相同标号导线要接在端子板的同号接点上。另外搞清安装现场的土建情况和设备分布情况,对安装工作有很大的帮助。

三、识图举例

1. 电动机启动控制电气原理图(如图 1-1 所示)

电路的工作过程:

先接通隔离开关 QS,设备与电源接通。

启动:按下 SB2,KM 线圈通电,KM 的辅助动合触点闭合自锁,主触点闭合,电动机通电运转。

停止:按下 SB1,KM 线圈断电,KM 的辅助动合触点断开,主触点断开,电动机断电停转,同时自锁解除。

若出现电动机因过载或缺相等故障引起工作电流过大,则经一定时间,发热元件将使双金属片过度扭曲,推动动断触点 FR 断开,切断控制电路电源(相当于按下停止按钮 SB1)使电动机停转,从而避免因电动机定子绕组长时间超过额定电流而受损坏或烧毁。

若出现短路故障时,熔断器 FU 的熔体熔断,设备与电源分断,起保护作用。

2. 电动机启动控制安装接线图(如图 1-2 所示)

接线图与原理图对照识图是维修电工应掌握的基本技能。对照看两图,其特点是原理图中连在一起的符号在实物中不一定在一起,而安装接线图中是以实物的实际布置来绘图,各种图形符号大体上也是以实物为基础画在相连之处。两图的文字符号相对应。两图对照识图是维修中检查、分析故障必须掌握好的技能。

3. B690 型液压牛头刨床电路图

请对照阅读其原理图(如图 1-3 所示)和安装接线图(如图 1-4 所示)

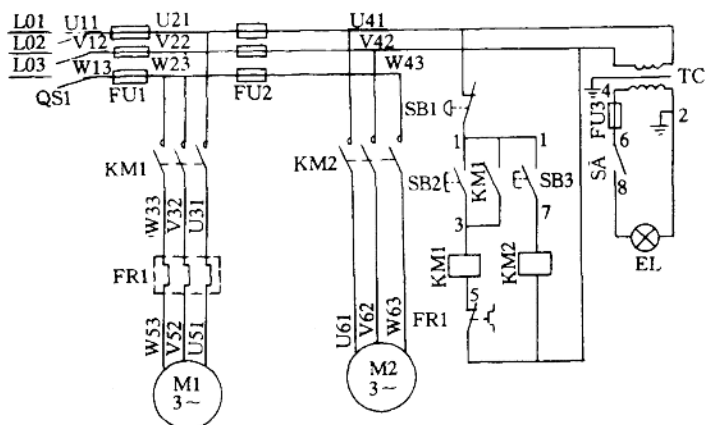


图 1-3 B690 型液压牛头刨床电气原理图

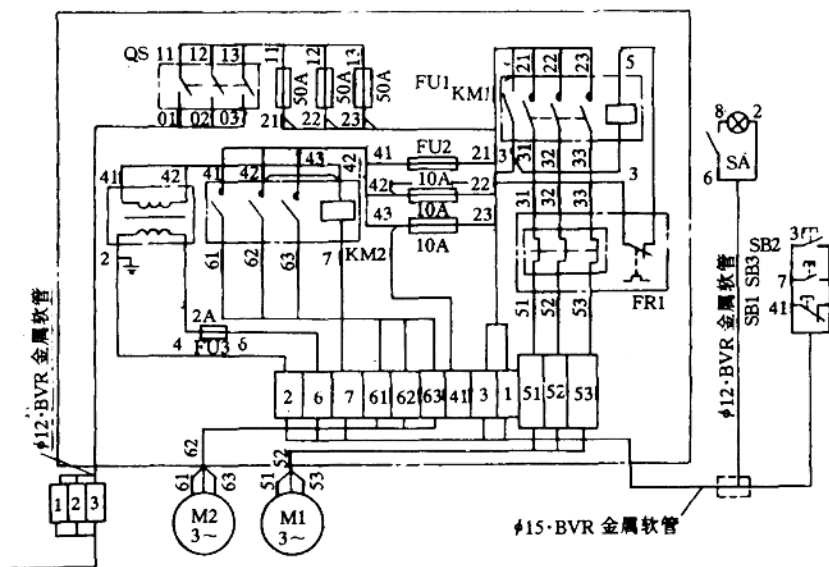


图 1-4 B690 型液压牛头刨床安装接线图

练 习 题

1. 电路图有哪几部分组成? 常见的电路图有哪几种?
2. 怎样正确识读接线图?
3. 识图有哪些基本要求?
4. 结合典型电路看图有何好处?
5. 一般的识图步骤是怎样的?

第2学习单元 电工“三表”的使用

维修电工最常用的便携式测量仪表是万用表、钳形电流表和兆欧表,通常也称为电工“三表”。

一、万用表

万用表分指针式万用表和数字式万用表两类,各类的型号、规格繁多,精度等级各异,价格差异也很大。

选购万用表时,应根据工作需要选择相应的测量范围、工作频率、准确度(精度)等级。

指针式万用表具有结构简单、使用方便、可靠性高、价格低廉等优点。

现以 MF30 型万用表为例,说明指针式万用表的基本使用方法。

1. 面板功能开关介绍

如图 2-1 所示为 MF30 型万用表面板图,现说明如下:

(1) 面板上画有“-”符号的代表“直流”,画有“~”符号代表“交流”。

(2) “20000 Ω /V-”指直流电压灵敏度。

“5000 Ω /V~”指交流电压灵敏度。

(3) “-2.5”是测直流时的准确度等级。2.5 表示误差(用指示值的百分数表示)不超过 $\pm 2.5\%$ 。

“~5.0”是测交流时的准确度等级。“5.0”表示误差(用指示值的百分数表示)不超过 $\pm 5\%$ 。

“ $\Omega_{2.5}$ ”是测电阻时的准确度等级。2.5 表示误差(用标度尺长度的百分数表示)不超过 $\pm 2.5\%$ 。

“0dB;1mW600 Ω ”是说明零分贝是指 600 Ω 负载上获得 1mW 的功率。

“45~1000Hz”指工作频率范围。

(4) 面板最底部的两个插孔,“-”表示表的负端,接黑表笔,测量时接被测电路的低电位点。在测电阻挡时,该端通过电阻与干电池的正极性电压相接。“+”表示表的正端,接红表笔,测量时接被测电路的高电位点。在测电阻挡时,该端通过熔断丝接干电池的负极性电压。

2. 指针式万用表的基本使用方法

测试前,首先把万用表放置水平状态,并视其表针是否处于零点(指电流、电压刻度的零点),若不在,则应调整表头下方的“机械零位调整”,使指针指向零点。然后根据被测项目,正确选择万用表上的测量项目及量程开关。如已知被测量的数量级,就选择与其相对应的数量级量程。如不知被测量值的数量级,则应从选择最大量程开始测量,当指针偏转角太小而无法精确读数时,再把量程减小。一般以指针偏转角不小于最大刻度的 30% 为合理量程。

1) 万用表作为电流表使用

(1) 把万用表串接在被测电路中时,应注意电流的方向。正确的接法如图 2-2 所示,即把红表笔接电流流入的一端,黑表笔接电流流出的一端。如果不知被测电流的方向,可以在电路的一端先接好一支

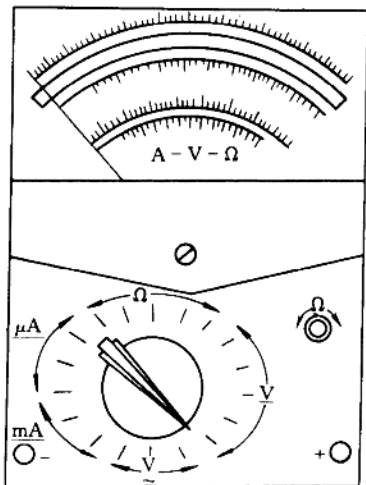


图 2-1 MF30 型万用表面板图

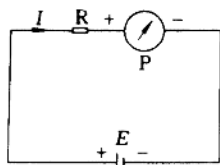


图 2-2 测量电流时万用表的正确接法

表笔,另一支表笔在电路的另一端轻轻地碰一下,如果指针向右摆动,说明接线正确;如果指针向左摆动(低于零点),说明接线不正确,应把万用表的两支表笔位置调换。

(2) 在指针偏转角大于或等于最大刻度 30% 时,尽量选用大量程挡。因为量程愈大,分流电阻愈小,电流表的等效内阻愈小,这时被测电路引入的误差也愈小。

(3) 在测大电流(如 500 mA)时,千万不要在测量过程中拨动量程选择开关,以免产生电弧,烧坏转换开关的触点。

2) 万用表作为电压表使用

(1) 把万用表并接在被测电路中时,在测量直流电压时,应注意被测点电压的极性,正确的接法如图 2-3 所示,即把红表笔接电压高的一端,黑表笔接电压低的一端。如果不知被测电压的极性,可按前述测电流时的试探方法试一试,如指针向右偏转,则可以进行测量;如指针向左偏转,则把红、黑表笔调换位置,方可测量。

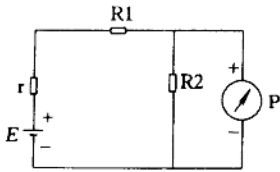


图 2-3 测量直流电压时表的连接方法

(2) 与上述电流表一样,为了减小电压表内阻引入的误差,在指针偏转角大于或等于最大刻度的 30% 时,测量尽量选择大量程挡。因为量程愈大,分压电阻愈大,电压表的等效内阻愈大,这对被测电路引入的误差愈小。如果被测电路的内阻很大,就要求电压表的内阻更大,才会使测量精度高。此时需要换用电压灵敏度更高(内阻更大)的万用表来进行测量。如 MF10 型万用表的最大直流电压灵敏度(100 kΩ/V)比 MF30 型万用表的最大直流电压灵敏度(20 kΩ/V)高。

(3) 在测量交流电压时,不必考虑极性,只要将万用表并接在被测两端即可。另外,一般也不必选用大量程挡或选高电压灵敏度的万用表。因为一般情况下,交流电源的内阻都比较小。值得注意的是被测交流电压只能是正弦波,其频率应小于或等于万用表的允许工作频率,否则就会产生较大误差。

(4) 不要在测较高的电压(如 220 V)时拨动量程开关,以免产生电弧,烧坏转换开关的触点。

(5) 在测量大于或等于 100 V 的高电压时,必须注意安全。最好先把一支表笔固定在被测电路的公共端,然后用另一支表笔去碰触另一端试点。

(6) 在电路系统中常用电平来表示该点的电压有效值。故万用表在交流电压挡上带有电平刻度,零电平是指 600 Ω 阻抗上产生 1 mV 的功率,即对应的电压有效值为 0.775 V。如果被测电路阻抗不等于 600 Ω,则按下式进行核算:

实际电平值 = 万用表 dB 读数 + 10lg(600/Z)

式中: Z —— 被测电路的阻值。

值得指出的是:测电平时应放置在 10 V 挡上,因为万用表电平刻度是在该挡上设计计算的,如果量程不够,需换另外挡测量时,则应按表 2-1 进行修正。另外,万用表只适宜测量音频电平,如电路上有直流电压,还必须串接一只 0.1 uF/450 V 电容器将直流隔断后再测量。

表 2-1 测量电平时的读数修正值

交 流 电 压 挡 (V)	修 正 值 (dB)
50	+14
100	+20
250	+28
500	+34

(7) 在测量有感抗的电路中的电压时,在测量后,必须先把万用表断开再关电源。不然在切断电源时,因为电路感抗元件的自感现象,会产生高压而可能把万用表烧坏。

3) 万用表作为欧姆表使用

(1) 测量时应首先调零,即把两表笔相碰 $R_x=0$ 时(短路),调整表盘右下方的 Ω 调整器(如图 2-1 所示),使指针正确指在 0Ω 处。这是因为内接干电池随着使用时间加长,其提供的电源电压会下降,指针就有可能达不到满刻度,此时必须调整(Ω),使表头的分流电流降低,来达到满刻度电流 I_g 的要求。

(2) 为了提高测试的精度和保证被测对象的安全,必须正确选择合适的量程。一般测电阻时,要求指针在全刻度的 $20\%\sim 80\%$ 的范围内,这样测试精度才能满足要求。

(3) 由于作欧姆表使用时,内接干电池,对外电路而言,红表笔接于干电池的负极,黑表笔接于干电池的正极。在测晶体二极管极间电阻时应按图 2-4 所示进行。

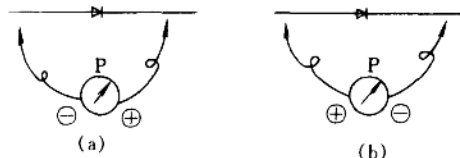


图 2-4 用万用表测晶体二极管极间电阻的正确接法

(a) 测正向电阻 (b) 测反向电阻

(4) 测量较大电阻时,手不要同时接触被测电阻的两端,不然,人体电阻就会与被测电阻并联,使测量结果不正确,测试值会大大减小。另外,要测电路上的电阻时,一定要将电路的电源切断,不然不但测量结果不准确(相当再外接一个电压),还会使大电流通过微安表头,把表头烧坏。同时,还应把被测电阻的一端从电路上焊开,再进行测量,不然测得的是电路在该两点的总电阻。

测量完成后,应注意把量程开关拨在直流电压或交流电压的最大量程位置,千万不要放在欧姆挡上,以防两支表笔万一短路时,将内部干电池全部耗尽。

MF14 型万用表准确度较高,价格也较贵,对测量要求较高的场合可选用。

数字式万用表采用了大规模集成电路,具有显著优点:读数容易、准确,精度高,性能稳定、耐用,在强磁场下也能正常工作。随科技的发展,价格也降了许多。

现以 DF830 型数字万用表说明其使用方法和注意事项。首先选好所测类别(如 AC、DC、 Ω 、A 等)和挡位(如 200 mV 或 20 V 等)。

测量电压时应注意:测低电平信号(幅值小于 0.5 V)时,必须考虑理想的屏蔽和接地,以排除各种杂波干扰;测千伏以上(830 型表不能测)时必须要有绝缘设施,用单手操作,并使用探头;太高的电压不能测量,如电视的高压整流器,但第二阳极电压可以测量。

电流的测量:特别注意量程的选择要适合被测电路。测电阻选好相应挡位,测量热敏电阻时选好适当量程,而且测量时间越短越好。

某些数字万用表附有专用的高压探头、高频探头、交流探头,以便相应项目的选择。图 2-5 所示为 DT-830 型面板图。

二、钳形电流表

钳形电流表主要用来在不断开电路的情况下测量交直流电流。有的钳表还可以测量交流电压。

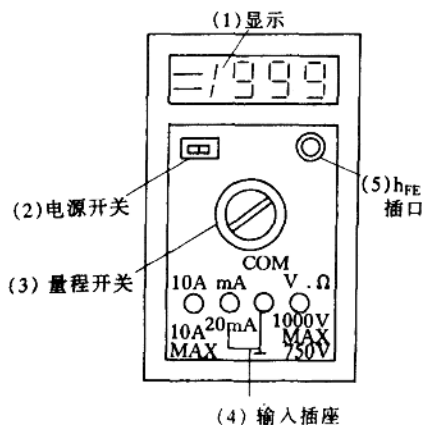


图 2-5 DT830 数字万用表面板