

高职高专系列教材

高职院校职业技能鉴定培训教程 维修电工

WEIXIU DIANGONG

杨柳春 主编



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

责任编辑：黄彦芬
责任校对：李 伟
封面设计：七星工作室



ISBN 978-7-80229-825-5



9 787802 298255 >

定价：42.00 元

高职高专系列教材

高职院校职业技能鉴定培训教程

维修电工

杨柳春 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书以《国家职业标准——维修电工》作为编写大纲,内容上力求体现基于工作过程导向的课程观,结构上针对维修电工(中、高级工)职业的“技能要求”,按照“典型工作任务”的方式进行编写。本书包括技能、应会和应知三大部分,借助于理论考试模拟题帮助学生熟悉考试题型,增强取证的应试能力,将《国家职业标准——维修电工》中的技能要求转化为实训课程项目,力求达到“做”中学和“学”中做的工学交替效果。

本书适用于高职院校、技师学院和高级技工学校在校学生的职业技能培训和专业教学实训,更适用职业技能鉴定机构直接进行职业技能鉴定取证的辅导。

图书在版编目(CIP)数据

维修电工 / 杨柳春主编.

—北京:中国石化出版社,2009

(高职高专系列教材)

高职院校职业技能鉴定培训教程

ISBN 978-7-80229-825-5

I. 维… II. ①杨…②殷…③杜…④傅… III. 电工-维修-高等学校:技术学校-教材 IV. TQ07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 071583 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

金圣才文化发展(北京)有限公司排版

北京科信印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 20 印张 501 千字

2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

定价:42.00 元

前 言

在高职院校推行国家职业资格证书制度,实行“双证制”,有利于增强学生的就业能力,有利于学校的专业建设和课程建设进一步适应社会经济发展及生产力发展的需求。学校在满足专业教学的前提下,学生不再为取证而专门参加系统性的职业技能培训,在专业教学内容的基础上,只需把职业技能的内容融入专业教学的实训之中,把职业应知的知识要求分解到专业理论课程之中。通过我们编写的教材进行适当的强化补充和延伸,学生在专业学习的同时就可完成职业资格取证,从而实现职业技能培训与专业教学的“双证融通”。

本教材以《国家职业标准——维修电工》作为编写大纲,内容上力求体现基于工作过程导向的课程观,结构上针对维修电工(中、高级工)职业活动的“技能要求”,按照“典型工作任务”的方式进行编写。分技能、应会和应知三大部分,技能部分的章对应于国家职业标准的“职业功能”,节对应于国家职业标准的“工作内容”,节中阐述的内容对应于国家职业标准的“技能要求”和“相关知识”。应会部分是将《国家职业标准——维修电工》中的技能要求转化为实训课程项目,达到“做”中学和“学”中做的工学交替效果。应知部分借助于理论考试模拟题帮助学生熟悉考试题型,增强取证的应试能力。

本教材适用于高职院校、技师学院和高级技工学校在校学生的职业技能培训和专业教学实训,更适用职业技能鉴定机构直接进行职业技能鉴定取证的辅导。

本教材编写工作主要由兰州石化职业技术学院承担,杨柳春、殷培峰、杜韦辰、付继军、刘石红、彭贞祥(中石油兰州石化公司污水处理厂)、刘鹏飞(中石油兰州石化公司仪表厂)执笔编写,杨柳春主编;兰州石化职业技术学院工学结合教材编审委员会组织审核。

在教材审定过程中,甘肃省职业技能鉴定指导中心多次提出指导性改进意见,给予了极大关注和支持,使教材更符合职业技能鉴定取证的要求,在此表示感谢!

由于时间仓促,不足之处在所难免,欢迎读者提出宝贵意见和建议,以便教材修订时补充更正。

编 者

目 录

技 能 部 分

第一章 工作前准备	(1)
1.1 工具、量具及仪器、仪表	(1)
1.1.1 常用电工工具	(1)
1.1.2 常用工具	(4)
1.1.3 常用量具	(5)
1.1.4 常用电工仪表	(6)
1.1.5 常用电工仪表的使用方法及注意事项	(7)
1.1.6 常用电子仪器	(10)
1.2 读图与分析	(12)
1.2.1 较复杂机械设备的电气控制线路图看图要点	(12)
1.2.2 较复杂机械设备的电气图阅读分析方法与步骤	(13)
1.2.3 较复杂机械设备的电气安装接线图阅读分析	(13)
1.2.4 X6132 型万能铣床较复杂机械设备的电气控制原理图	(14)
1.2.5 MGB1420 型万能磨床等较复杂机械设备的电气控制原理图	(15)
1.2.6 JWK-15T 型机床数控系统的电气控制原理图	(15)
1.2.7 三相晶闸管中频电源装置的读图	(19)
1.2.8 高频电源装置的读图	(25)
第二章 装调与维修	(31)
2.1 电气故障检修	(31)
2.1.1 常用电子仪器的使用方法及注意事项	(31)
2.1.2 三相异步电动机的拆装、检修与测试	(39)
2.1.3 中、小型直流电动机的拆装、检修和常见故障及其排除方法	(46)
2.1.4 特种电动机	(55)
2.1.5 B2010A 型龙门刨床常见电气故障的检修	(58)
2.1.6 经济型数控机床常见电气故障的检修	(62)
2.1.7 中高频电源装置常见故障的检修	(66)
2.1.8 可编程序控制器的检查与维护、自检功能及故障检查方法	(78)
2.1.9 可编程序控制器及其所控制设备的故障检修	(79)
2.2 配线与安装	(81)
2.2.1 较复杂机械设备电气线路配线及安装方法和注意事项	(81)
2.2.2 X6132 型万能铣床的电气安装	(85)
2.2.3 20/5t 桥式起重机电气控制装置的安装	(89)

2.2.4	晶体管调速器电路的安装	(94)
2.2.5	带有可编程序控制器(PLC)组合机床的配线与安装	(95)
2.3	测绘	(99)
2.3.1	电气测绘的基本方法	(99)
2.3.2	CA6140 型车床的电气安装接线图和电气控制原理图的测绘	(100)
2.3.3	测绘 X6132 型铣床的电气安装接线图和电气控制原理图	(101)
2.3.4	测绘晶闸管触发电路印制电路板	(104)
2.4	调试	(105)
2.4.1	电气系统的一般调试方法和步骤	(106)
2.4.2	较复杂机械设备电气控制线路的调试方法	(106)
2.4.3	X6132 型万能铣床的调试	(108)
2.4.4	MGB1420 型万能磨床的调试	(111)
2.4.5	20/5 t 桥式起重机电气控制装置的调试	(113)
2.4.6	WK 系列经济型数控机床的调试	(117)
2.5	新技术应用	(120)
2.5.1	应用 PLC 技术实现对三相异步电动机的控制	(120)
2.5.2	用可编程序控制器改造继电控制转塔车床	(122)
2.5.3	变频器、PLC 及触摸屏在恒压供水系统中的综合应用	(126)
2.6	工艺编制	(130)
2.6.1	编制一般机械设备的电气大修工艺	(130)
2.6.2	一般机械设备电器修理质量标准	(131)
2.6.3	编写 CA6140 型车床的电气大修工艺	(132)

应 会 部 分

第三章	技能实操考核培训	(133)
3.1	电工仪表的选择及使用	(133)
3.1.1	功率表的选择及使用	(133)
3.1.2	直流单臂电桥的使用	(135)
3.1.3	直流双臂电桥的使用	(136)
3.1.4	接地电阻测量仪的使用	(138)
3.2	电子仪器的选择、使用及维护	(139)
3.2.1	普通示波器的使用及维护	(139)
3.2.2	双踪示波器的使用与维护	(141)
3.2.3	同步示波器的使用与维护	(143)
3.2.4	晶体管特性图示仪的使用与维护	(145)
3.3	电动机的拆装、接线及调试	(149)
3.3.1	按工艺规程进行 55kW 以上交流异步电动机的拆装、接线和调试	(149)
3.3.2	按工艺规程进行 60kW 以下直流电动机的拆装、接线和调试	(151)
3.3.3	按工艺规程进行 55kW 以上电动机的安装、接线及试验	(153)

3.3.4	特种电动机的拆装、接线和调试	(156)
3.3.5	特种电动机的安装、接线和调试	(158)
3.4	电动机检修	(160)
3.4.1	检修 55 kW 以上交流异步电动机	(160)
3.4.2	检修中、小型多速交流异步电动机	(162)
3.4.3	检修 60 kW 以下直流电动机	(163)
3.4.4	检修特种电动机	(165)
3.5	变压器检修	(167)
3.5.1	检修 1000kV · A 以下的电力变压器	(167)
3.5.2	检修 10 kV 及以下电压互感器	(169)
3.6	电缆故障检修	(170)
3.7	继电 - 接触器基本控制线路的安装与调试	(172)
3.7.1	采用软线进行安装	(172)
3.7.2	采用硬线进行安装	(177)
3.8	继电 - 接触式基本控制电路检修	(182)
3.8.1	断电延时带直流能耗制动 Y - Δ 的起动控制电路检修	(182)
3.8.2	三相异步电动机双重联锁正反转起动能耗制动的控制电路	(184)
3.8.3	双速交流异步电动机自动变速控制电路电气线路	(185)
3.9	电子线路的安装、调试与测绘	(185)
3.9.1	进行分立电子元件的安装	(185)
3.9.2	带集成块模拟电子线路的安装与调试	(189)
3.9.3	带晶闸管的电子线路安装与调试	(191)
3.9.4	较复杂模拟电子线路安装与调试	(194)
3.9.5	数字电子线路的安装与调试	(197)
3.9.6	电子线路的测绘	(199)
3.10	电力电子线路的安装与调试	(202)
3.10.1	触发电路安装与调试	(202)
3.10.2	电力电子变流系统的安装与调试	(204)
3.11	电子电路的检修	(207)
3.11.1	较复杂电子触发电路的检修	(207)
3.11.2	电子线路的检修	(210)
3.12	继电 - 接触器控制线路的设计、安装与调试	(212)
3.12.1	控制线路的设计、软线安装和调试	(212)
3.12.2	较复杂控制线路的设计、软线安装和调试	(215)
3.13	机床部分电路的安装、调试与测绘	(216)
3.13.1	采用软线进行安装和调试机床控制线路	(216)
3.13.2	机床设备电气线路的测绘	(219)
3.14	机床电气控制线路检修	(222)
3.14.1	检修较复杂机床的电气控制线路	(222)
3.14.2	检修大型设备局部电气线路	(229)

3.15 小容量晶闸管直流调速系统的检修	(234)
3.15.1 检修 SA7512 螺纹磨床调速系统	(234)
3.15.2 检修 ZLK-1 型滑差电动机调速系统	(239)
3.16 用 PLC 进行控制线路的设计、安装与调试	(242)
3.16.1 用 PLC 控制 2 种液体自动混合的设计、安装与调试	(242)
3.16.2 用 PLC 控制小车运动装置的设计、安装与调试	(246)
3.16.3 进行 PLC 控制机械手设计, 并进行模拟安装与调试	(247)
3.16.4 进行 PLC 控制电镀生产线设计, 并进行模拟安装与调试	(251)
3.17 PLC、变频器控制的设备电气线路检修	(253)
3.17.1 检修 PLC 控制的电梯设备电气线路	(253)
3.17.2 检修 PLC 控制的 Z3040 摇臂钻床电气线路	(261)
3.17.3 检修变频器控制的设备电气线路	(263)
3.18 用 PLC、变频器改造继电-接触式控制线路, 并进行设计、安装与调试 ..	(269)
3.18.1 用 PLC 改造继电-接触式控制线路, 并进行设计、安装与调试	(269)
3.18.2 用变频器改造继电-接触式控制线路, 并进行设计、安装与调试	(274)

应 知 部 分

第四章 理论考试模拟题	(278)
4.1 中级工模拟题	(278)
中级维修电工考试模拟题(一)	(278)
4.2 高级工模拟题	(292)
高级维修电工考试模拟试题(一)	(292)
高级维修电工模拟试题(二)	(296)
附录	(310)
参考文献	(311)

技能部分

第一章 工作前准备

1.1 工具、量具及仪器、仪表

国家职业标准技能要求：中级工能够根据工作内容正确选用仪器、仪表，熟知常用电工仪器、仪表的种类、特点及适用范围。

1.1.1 常用电工工具

1. 验电笔

是用来检验导线、电器和电气设备是否带电的电工常用工具。它由氖管、电阻、弹簧和笔身等组成，如图 1-1 所示，分钢笔式和螺丝刀式两种。

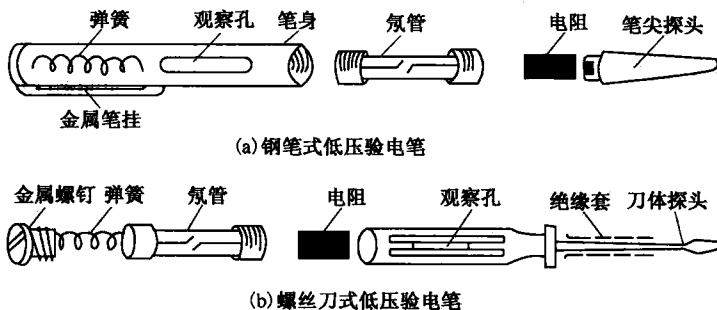


图 1-1 验电笔

① 验电笔使用时正确的握笔方法如图 1-2 所示，手指触及其尾部金属体，氖管背光朝向使用者，便于验电时观察氖管辉光情况。当被测带电体与大地之间的电位差超过 60V 时，用验电笔测试带电体，氖管就会发光。验电笔测试范围为 60 ~ 500V。

② 验电笔主要用途如下：

a. 区别相线与零线。在交流电路中，当验电笔触及导线时，氖管发亮的即是相线。正常时，零线不会使氖管发亮。

b. 区别电压的高低。测试时可根据氖管亮光的强弱来估计电压的高低。

c. 区别直流电与交流电。交流电通过验电笔时，氖管里的两个极同时发亮；直流电通过验电笔时，

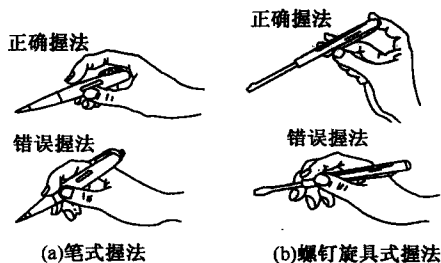


图 1-2 验电笔及其握法

氖管里两个极只有一个发亮。

d. 区别直流电的正负极。把验电笔连接直流电的正负极之间，氖管发亮的一端即为直流电的正极。

e. 识别相线碰壳。用验电笔触及电机、变压器等电气设备外壳，若氖管发亮，则说明该设备相线有碰壳现象。如果壳体上有良好的接地装置，氖管是不会发亮的。

f. 识别相线接地。用验电笔触及三相三线制星形接法的交流电路时，有两根比通常稍亮，而另一根的亮度则暗些，说明亮度较暗的相线有接地现象，但不太严重。如果两根很亮，而另一根不亮，则这一相有接地现象。在三相四线制电路中，当单相接地后，中线用验电笔测量时，也会发亮。

2. 钢丝钳

是弯、钳、剪导线的电工常用工具。由钳头和钳柄两大部分构成，钳头由钳口、齿口、刀口和侧口组成，见图 1-3(a) 所示。钢丝钳的使用方法如图 1-4 所示。

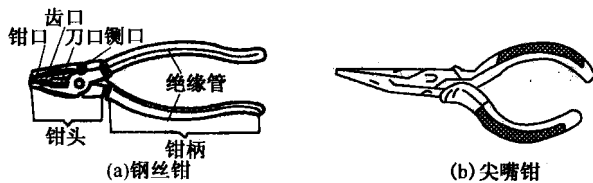


图 1-3 钢丝钳和尖嘴钳

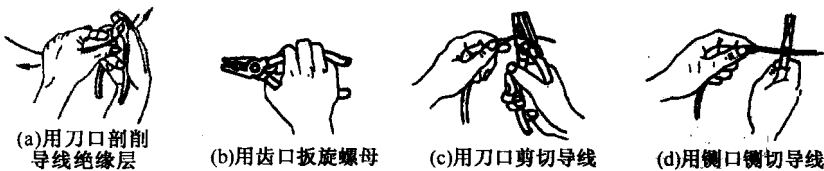


图 1-4 钢丝钳的使用

钢丝钳的主要用途有：用钳口来弯绞或钳夹导线线头；用齿口来紧固或旋松螺母；用刀口来剪切或剖削软导线绝缘层；用侧口来侧切粗电线线芯、钢丝或铅丝等较硬金属。

3. 尖嘴钳

头部的尖细使它常在狭小的空间操作，外形如图 1-3(b)。

尖嘴钳的主要用途有：钳刀口剪断细小金属丝；夹持较小螺钉、垫圈、导线等元件；装接控制线路板时，将单股导线弯成一定圆弧的接线鼻子。

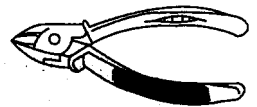


图 1-5 断线钳

4. 断线钳

又称斜口钳，其外形如图 1-5 所示。其耐压为 1000V，可直接剪断低电压带电导线。主要用途是专供剪断较粗的金属丝、线材及电线电缆等。

5. 剥线钳

是用于剖削小直径导线绝缘层的专用工具。其外形如图 1-6 所示。使用时，将要剖削的绝缘层长度用标尺定好以后，即可把导线放入相应的刃口中，用手将钳柄一握，导线的绝缘层即被割破自动弹出。

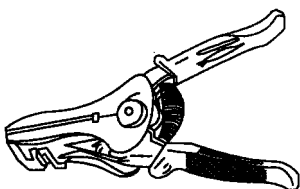


图 1-6 剥线钳

6. 电工刀

其外形如图 1-7 所示。由于刀柄是无绝缘的，不能在带电

导线或器材上剖削，以免触电。使用时，应将刀口朝外剖削。剖削导线绝缘层时，应将刀面与导线成较小的锐角，以免割伤导线芯。刀用毕后，随即将刀身折入刀柄。电工刀的主要用途有：用来剖削电线线头，切割木台缺口，削制木模等。



图 1-7 电工刀

7. 螺丝刀

是紧固或拆卸螺钉的专用工具。有一字形和十字形两种，如图 1-8 所示。一字形螺丝刀电工必备的是 50mm 和 150mm 两种；十字形螺丝刀常用的规格有四个，I 号适用于直径为 2~2.5mm 的螺钉，II 号适用于 3~5mm 的螺钉，III 号适用于 6~8mm 的螺钉，IV 号适用于 10~12mm 的螺钉。使用螺丝刀紧固或拆卸带电的螺钉时，手不得触及螺丝刀的金属杆，以免发生触电事故。为了避免螺丝刀的金属杆触及皮肤或触及邻近带电体，应在金属杆上穿套绝缘套管。正确的使用方法见图 1-9 所示。

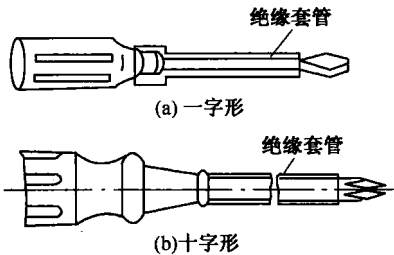


图 1-8 螺丝刀

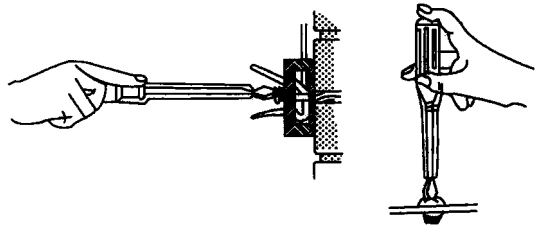


图 1-9 螺丝刀的使用

8. 活络扳手

是用来紧固或旋松螺母的专用工具，由头部和柄部组成，头部又由活络扳唇、呆扳唇、扳口、蜗轮和轴销等构成。如图 1-10 所示。旋动蜗轮可调节扳口的大小。

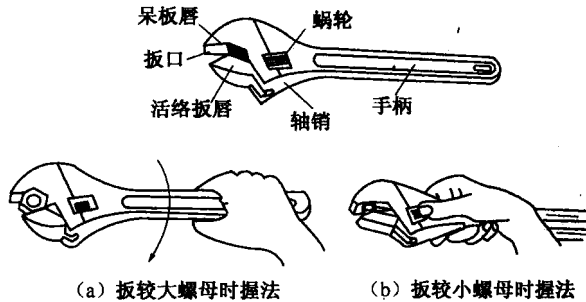


图 1-10 活络扳手

电工常用的规格有 150mm、200mm、250mm 和 300mm 四种。在使用时，扳大螺母时手应握在靠近柄尾部，扳小螺母时手握在靠近头部即可，如图 1-10(a)、(b) 所示。另外活络扳手不可反用，以免损坏活络扳唇。也不可用钢管接长手柄来加力，更不得当撬杠或手锤使用。

9. 梯子

有直梯和人字梯，直梯常用于户外登高作业。人字梯常用于户内登高作业。直梯的两脚应嵌套防滑胶皮套，人字梯还应在中间绑扎两道防自动滑开的安全绳。电工在梯子上作业时，既要扩大人体作业的活动幅度又要站稳，能用上力。在人字梯上作业时，两脚应站立同一或相邻挡上，切不可采取骑马式站立，甚至站在梯子顶部来作业。

1.1.2 常用工具

1. 套筒扳手

是用来拧紧或旋松有沉孔螺母的工具，由套筒和手柄两部分组成。套筒需配合螺母的规格选用。

2. 喷灯

是一种利用火焰喷射对工件进行加工的工具，常用于锡焊。在制作电力电缆终端头或中间接头及焊接电力电缆接头时，都要使用喷灯。按照所用燃料油的不同，喷灯可分为煤油喷灯和汽油喷灯。

(1) 使用方法

加注燃料油时，首先旋开加油螺塞，注入燃料油，油量要低于储油筒容量的 $3/4$ ，然后旋紧加油螺塞。操作手动泵增加储油筒内的压力，并在点火碗中加入燃料油，点燃燃烧热喷嘴后，再慢慢打开进油阀。当火焰喷射压力达到要求时，即可开始使用。手持手柄，使喷灯保持直立，将火焰对准工件。

(2) 注意事项

使用前，仔细检查储油筒是否漏油，喷嘴是否畅通或漏气。工作场所不能有易燃物品。喷灯火焰和带电体之间的安全距离为：10kV 以上大于 3m，10kV 以下大于 1.5m。打气加压时，检查并确认进油阀必须可靠地关闭。喷灯点火时，喷嘴前严禁站人。储油筒内的油压应根据火焰喷射压力控制。喷灯的加油、放油和维修应在喷灯熄火后进行。喷灯使用完毕，应将剩余的燃料油倒出回收，并将喷灯污物擦除后，妥善保管。

3. 短路探测器

是一种开口的变压器，它有一个开口的铁芯，铁芯上绕有线圈。使用时，首先通入交流电，将探测器放在被测电动机定子铁芯的槽口，此时探测器的铁芯与被测电动机的定子铁芯构成磁回路，组成一只变压器。探测器的线圈相当于变压器的一次绕组，槽内的线圈相当于二次绕组。若被测线圈没有匝间短路，则相当于变压器二次侧开路，电流表读数很小。若被测线圈匝间短路，则相当于变压器二次绕组短路，电流表的读数明显增大。

4. 断条侦察器

由一大一小两只开口铁芯组成，如图 1-11 所示。使用时，先将被测转子放在铁芯上，线圈接入交流电源，这时铁芯与转子构成闭合回路，组成一只变压器。线圈相当于变压器的一次绕组，被测转子的笼型绕组相当于变压器的二次绕组。若被测转子无断条，相当于变压器二次绕组短路，电流表读数较大，否则电流表读数就会减少。

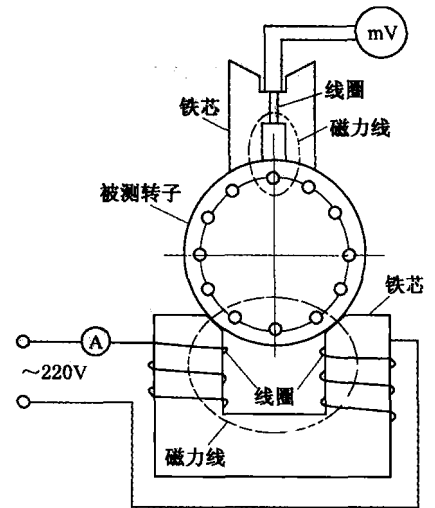


图 1-11 断条侦察器的工作原理

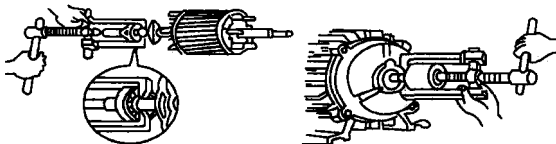


图 1-12 拉具结构和使用的

5. 拉具

又叫拉模、拉盘，分双爪和三爪两种，用来拆卸带轮和轴承等配件。拉具结构和使用方法如图 1-12 所示。

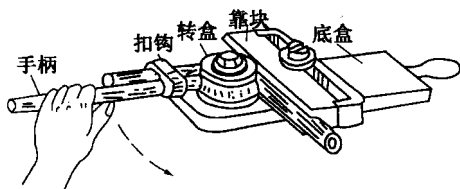


图 1-13 弯管器的结构和使用

6. 弯管器

是对钢管或镀锌管进行弯曲的常用工具。用于制作保护导线穿越墙壁和楼板或线管线路转弯处的弯曲钢管。

结构和使用方法如图 1-13 所示。

7. 手动压线钳

用于导线端头与接线头(又称线鼻子)压接的专用工具。它由压接钳头、模块和钳柄组成。结构和使用方法如图 1-14 所示。

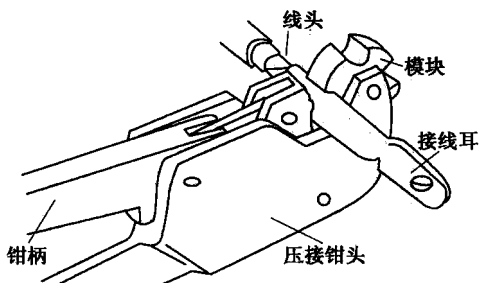


图 1-14 导线线头与接线头的压接方法

8. 紧线器

是用来收紧户内外瓷绝缘子线路和户外架空线路的导线。它由夹线钳头、定位钩、收紧齿轮和手柄组成。使用时,定位钩必须钩住架线支架或横担,夹线钳头夹住需收紧导线的端部,然后扳动手柄,逐步收紧。

1.1.3 常用量具

1. 千分尺

是一种精度较高的精确量具。通过旋转测微螺杆对工件进行直接测量,其外形结构及读数方法如图 1-15 所示。

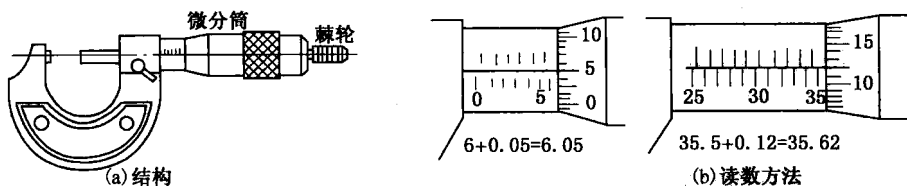


图 1-15 千分尺

(1) 千分尺的读数机构

① 由固定套筒和微分筒组成,固定套筒与尺连接,内有螺距 0.5mm 的螺孔,其外径在轴线方向上刻有一条中线,沿中线两侧分别刻有相错 0.5mm 的两排刻线,下排从零线起,上排从零线以右 0.5mm 处起,两条刻线间距均为 1mm。

② 测微杆的螺距为 0.5mm,它装入固定套筒的螺孔中。测微杆尾部锥体与装在固定套筒外面的微分筒连接。

③ 微分筒表面沿圆周有 50 等分刻线,每旋转一周测微螺杆轴向移动 0.5mm,因此微分筒上面每小格的刻线读数值为 0.01mm。

(2) 测量与读数方法

① 测量前,将千分尺测量面擦拭干净后,检查零位是否正确。

② 将工件被测表面擦干净,保证测量准确。

③ 用手握持千分尺对工件进行测量。先将千分尺两测量面张开得比被测尺寸稍大些,然后用左手握持千分尺靠近测量面,再用右手转动微分筒,当千分尺的测量面刚接触到工件表面时改为转动棘轮,一听到测力控制装置发出嗒嗒声时就停止转动,即可读数。

④ 读数时,要先看清固定套筒上露出的刻线,读出整数或带 0.5mm 数,然后再读微分筒的刻线和固定套筒的轴向长刻线所对齐的数值(每格为 0.01mm),将两个读数相加,其

结果就是测量值。如图 1-15(b) 所示的读数分别为 $(6 + 0.05) \text{ mm} = 6.05 \text{ mm}$ 和 $(35.5 + 0.12) \text{ mm} = 35.62 \text{ mm}$ 。

(3) 使用注意

不能用千分尺测量粗糙的表面。使用后擦拭干净测量表面并加油防锈，放入盒中保存。

2. 塞尺

又叫厚薄规，由许多不同厚度的薄钢片组成，是用来检验两个结合面之间间隙大小的片状量规。如图 1-16 所示。它有两个平行的测量平面，其长度为 50mm、100mm 或 200mm

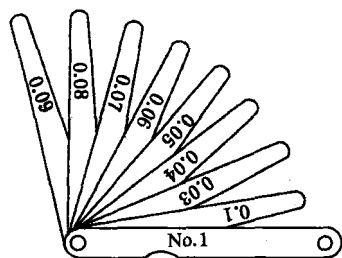


图 1-16 塞尺

三种。若薄钢片厚度不同，则其相邻两片间的差距也不同，如厚度在 0.02 ~ 0.1mm 之间的薄钢片，其相邻两片间相差 0.01mm；厚度在 0.1 ~ 1mm 之间的薄钢片，其相邻两片间相差 0.05mm。

① 使用塞尺时，根据间隙大小，可用一片或数片重叠在一起插入间隙内。例如，用 0.3mm 的塞尺可以插入工件的间隙，而 0.35mm 的塞尺插不进去时，说明工件的间隙在 0.3 ~ 0.35mm 之间。

② 使用注意，塞尺片有的很薄，容易弯曲和折断，测量时不能用力太大。注意不能测量温度较高的工件。用完后要擦拭干净，及时放到夹板里。

1.1.4 常用电工仪表

1. 电工仪表的种类

分为电工测量指示仪表和校量仪表两大类。

① 按仪表测量机构的结构和工作原理分为磁电系、电磁系、电动系、感应系、静电系、整流系等。

② 按使用方式分为安装式、可携带式等。

③ 按测量对象分为电流表、电压表、功率表、相位表、电能表、欧姆表、绝缘电阻表、万用表等。

④ 按所测电流种类分为直流、交流、交直流两用表。

⑤ 按准确等级分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 共 7 级。

a. 仪表准确度等级的数字，是表示仪表在正常工作条件下（位置正常，环境温度为 20℃，几乎无外磁场或电场影响）的最大误差的百分数，即发生的最大绝对误差与仪表的额定值（满度值）的百分比。正常条件下，最大绝对误差是不变的，可是在满度值范围内，被测量的值越小，相对误差就越大。

b. 为了提高被测值的精度，在选用仪表时，要尽可能使被测量值在仪表满度值的 2/3 以上。

c. 通常 0.1 级和 0.2 级仪表作标准表；

d. 0.5 ~ 1.5 级用于实验室；

e. 2.5 ~ 5.0 级用于工程测量。

2. 电气测量仪表的准确度等级的选择确定

① 一般不得低于 2.5 级。

② 发电机控制盘上的仪表以及直流系统的仪表应不低于 1.5 级。在缺少 1.5 级仪表时，可用 2.5 级仪表加以调整，使其在正常工作条件下，误差达到 1.5 级的标准。

③ 与仪表连接的分流器、附加电阻、电流互感器、电压互感器的准确度等级不低于0.5级。

a. 仅作电流或电压测量时，1.5级和2.5级的仪表容许使用1.0级的互感器。

b. 非重要回路的2.5级电流表容许使用3.0级的电流互感器。

3. 选择仪表用互感器和仪表的测量范围

① 应考虑设备在正常运行条件下，使仪表的指示经常在仪表标尺工作部分量程的2/3以上，当电力设备过负载时，也可以有适当的指示。

② 在可能出现短时间冲击过负载的电气设备上，应安装标有过负载电流标记的电流表。

③ 对于有互供设备的变配电所，应装设符合互供条件要求的电测仪表。例如，当功率有送、受关系时，就需要安装两组电能表和有双向标度尺的功率表；对有可能出现两个方向电流的直流电路，也应装设有双向标度尺的直流电流表。

④ 对于500V及以下的直流电路中，允许使用直接接入的电表和带分流器的电流表。

1.1.5 常用电工仪表的使用方法及其注意事项

1. 万用表

是一种可以测量多种电量的多量程便携式仪表，它可用来测量交流电压、直流电压、直流电流和电阻值等，有的还能测量电容、电感、晶体管的 h 值等。它是电工必备的测量仪表之一。万用表的结构一般都是由表头（磁电系测量机构）、测量线路和功能与量限选择开关组成。现以500型万用表为例，介绍其使用方法及注意事项。

① 万用表表笔的插接。测量时将红表笔插入“+”插孔，黑表笔插入“-”插孔。测量高压时，应将红表笔插入2500V插孔，黑表笔仍旧插入“-”插孔。

② 交流电压的测量。测量交流电压时，将万用表的转换开关置于交流电压量程范围内所需的某一量限位置上。表笔不分正负，将两表笔分别接触被测电压的两端，观察指针偏转刻度。

③ 直流电压的测量。测量直流电压时，将万用表的转换开关置于直流电压量程范围内所需的某一量限位置上。用红表笔接触被测电压的正极，黑表笔接触被测电压的负极。测量时，表笔不能接反，否则易损坏万用表。直流电压的读数与交流电压读同一条标度尺。

④ 直流电流的测量。测量直流电流时，将万用表的转换开关置于直流电流量程范围内所需的某一量限位置上。再将两表笔串接在被测电路中，串接时注意按电流从正到负的方向连接。读数与交流电压同读一条标度尺。

⑤ 电阻值的测量。测量电阻时，将万用表的转换开关置于欧姆挡量程范围内所需的某一量限位置上。再将两表笔短接，指针偏右。调节调零电位器，使指针指示在欧姆标度尺“0”位上，接着用两表笔接触被测电阻两端，读取测量值。每转换一次量限挡位就需进行一次欧姆调零。读欧姆标度尺上的数，将读取的数再乘以倍率数即为被测电阻的电阻值。

⑥ 使用万用表应注意，使用前一定要仔细检查转换开关的位置选择，避免误用而损坏万用表；使用时不能旋转转换开关；电阻测量必须在断电状态下进行；使用完后将转换开关旋至空挡或交流电压最高量限位上。

2. 兆欧表

是一种专门用来测量电气设备绝缘电阻的便携式仪表。兆欧表在结构上是由磁电系比率表、高压直流电源（包括手摇发电机或晶体管直流变换器）和测量线路等组成。

(1) 兆欧表的选用

选用时，其额定电压要与被测电气设备或线路的工作电压相适应，测量高压设备的绝缘

电阻时，必须选用电压等级高的绝缘电阻表。不能用电压过高的绝缘电阻表测量低电压电气设备的绝缘电阻，以免设备的绝缘受到损坏。

- ① 100V 以下的电气设备或线路，采用 500V 的兆欧表。
- ② 500V 以下至 100V 的电气设备或线路，采用 1000V 的兆欧表。
- ③ 3000V 以下至 500V 的电气设备或线路，采用 1000V 的兆欧表。
- ④ 10000V 以下至 3000V 的电气设备或线路，采用 2500V 的兆欧表。
- ⑤ 10000V 及以上的电气设备或线路，采用 2500V 或 5000V 的兆欧表。
- ⑥ 测量对象不同，所选择的绝缘电阻表额定电压也不同。列表 1-1 如下。

表 1-1 不同额定电压的兆欧表的选用

测量对象	被测对象的额定电压/V	所选绝缘电阻表的额定电压/V
线圈	< 500	500
	≥ 500	1000
电力变压器和电机绕组	≥ 500	1000 ~ 2500
发电机绕组	≤ 380	1000
电气设备	< 500	500 ~ 1000
	≥ 500	2500
绝缘子	—	2500 ~ 5000

兆欧表对外有三个接线柱：接地(E)、线路(L)、保护环(G)。对于一般性测量，只需把被测绝缘电阻接在 L 与 E 之间即可。在测量电缆芯线的绝缘电阻时，就要用 L 接芯线，E 接电缆外皮、用 G 接电缆绝缘包扎物。

(2) 兆欧表的主要用途

照明及动力线路对地绝缘电阻的测量如图 1-17(a) 所示，将兆欧表接线柱 E 可靠接地，接线柱 L 与被测线路连接。按顺时针方向由慢到快摇动兆欧表的发电机手柄，待兆欧表指针读数稳定后，这时兆欧表指示的数值就是被测线路的对地绝缘电阻值。电动机绝缘电阻的测量：拆开电动机绕组的星形或三角形连接的连线，用兆欧表的两接线柱 E 和 L 分别接电动机两相绕组，如图 1-17(b) 所示。摇动兆欧表发电机手柄，应以 120r/min 的转速均匀摇动手柄，待指针稳定后，读数，测出的是电动机绕组相间绝缘电阻。图 1-17(c) 是电动机绕组对地绝缘电阻的测量接线，接线柱 E 接电动机机壳上的接地螺丝或机壳上(勿接在有绝缘漆的部位)，接线柱 L 接电动机绕组上，摇动兆欧表发电机手柄，读数。测出的是电动机绕组对地的绝缘电阻值。电缆绝缘电阻的测量接线如图 1-17(d) 所示。将兆欧表接线柱 E 接电缆外皮，接线柱 G 接电缆线芯与外皮之间的绝缘层上，接线柱 L 接电缆线芯，摇动兆欧表发电机手柄，读数。测出的是电缆线芯与外皮之间的绝缘电阻值。

(3) 使用兆欧表应注意的事项

- ① 测量设备的绝缘电阻时，必须先切断设备的电源。对含有较大电容的设备，必须先进行放电。
- ② 兆欧表应水平放置，未接线之前，应先摇动兆欧表，观察指针是否在“∞”处，再将 L 和 E 两接线柱短路，慢慢摇动兆欧表，指针应指在零处。经开、短路试验，证实兆欧表完好方可进行测量。
- ③ 兆欧表的引线应用多股软线，两根引线切忌绞在一起，造成测量误差。
- ④ 测量电解电容器的介质绝缘电阻时，要根据电容器的耐压等级选用兆欧表，并注意其极性，电解电容正极接绝缘电阻表“L”，负极接“E”，否则会使电容器击穿。在测电容或