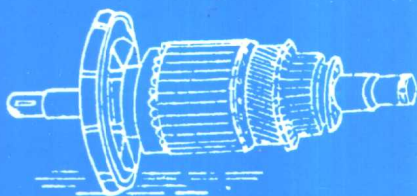
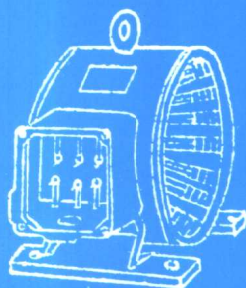
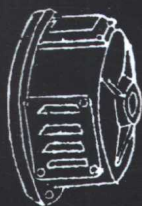


安装与维修 电工技术

(第 2 版)

龚顺镒
施启达 编著



机械工业出版社

安装与维修电工技术

(第2版)

龚顺镒 施启达 编著



机械工业出版社

本书较全面系统地介绍了工厂安装与维修电工应知的工厂供电系统和常用电气设备的基本知识及其施工、安装、使用、维护与检修等具体技术知识。本书系根据有关工人技术等级标准编写的,适合于具有初中以上文化程度的初级至中级电工自学,并可供工厂作为业余培训教材使用及有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

安装与维修电工技术/龚顺镒,施启达编著.第2版.
—北京:机械工业出版社,1999
ISBN 7-111-04132-1

I. 安…

II. ①龚… ②施…

III. 电工技术—基本知识

IV. TM05

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:边萌 版式设计:王颖 责任校对:陈立耘

封面设计:郭景云 责任印制:路琳

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2002年2月第2版第12次印刷

787mm×1092mm¹/₃₂·16.5印张·364千字

155951—158450册

定价:24.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677—2527

前 言

为了适应广大工人技术学习的需要，我们根据原第一机械工业部1978年颁发的《工人技术等级标准》（电工）“应知”“应会”的要求和水电部颁发的《安装工人技术等级标准》（电工）“应知”“应会”的要求，编写了这本供安装和维修电工学习的通用读物《安装与维修电工技术》。本书较全面系统地介绍了工厂电气设备结构及原理基本知识，阐述了有关电器的使用、安装、维护与检修的具体实践技术知识。内容包括：电工操作工艺基础；工厂供电线路的施工与维修；电机原理、安装与维修；电力拖动控制线路及维修；工厂变电所主要电气设备及其安装等五章。

本书适合于二级到五级电工自学。为了便于自学，叙述力求深入浅出，通俗易懂，结合实际，并附有练习题，以培养学员分析问题和解决问题的能力。通过本书的学习，能掌握二级到五级电工应知的基本理论知识和应会的基本技能，达到技术考核标准。

本书第一章第三、四两节、第二章第七节和第五章由施启达同志编写，其余部分由龚顺镒同志编写。

由于编者的业务知识有限，书中错误和不足之处难免，恳切希望广大读者批评指正。

编 者

第 2 版 前 言

本书自1985年第1版发行以来,受到了广大读者的欢迎。由于近年来电工技术发展很快,不论在设备、施工技术方面,还是在操作工艺和材料等方面,都有很大进展。1987年我国颁发了电气图形符号最新标准,原有图形符号已被淘汰,且电气施工及验收规范全部重编。因此有必要对本书加以修订。

这次修订的主要内容有:增加一些新内容,例如第六章电工安全技术;动力照明线路的最新安装;电缆头的最新制作;晶闸管直流电动机的调速等。第三章充实了电机、变压器的维修;第二章增加了工厂节电措施等。另外删去了一些过时的内容。通过修改,反映了电工专业的新技术、新工艺、新标准、新设备和新材料,扩大了该书的知识面,使其更具有实用性。

这次修订仍保留原书的特点,着重讲述了初、中级(2~5级)电工应知的基本理论知识和应会的基本技能,突出针对性和实用性。内容包括了工厂供电系统和常用电气设备的基本原理及其安装、使用、维护、选择设计和安全用电等,努力做到理论联系实际。

本书仍由龚顺镒和施启达同志修订,由龚顺镒统编。全书由南京高等动力专科学校副教授韩廷臣主审。在修订过程中,得到南京大方股份有限公司龚天兵同志的帮助,谨此一并表示深切谢意。

编 者

目 录

前言

第2版前言

第一章 电工操作工艺基础	1
§ 1-1 常用电工工具的使用与维护	1
§ 1-2 基本操作工艺	4
§ 1-3 电气施工识图	18
§ 1-4 照明线路安装	32
§ 1-5 电工安全(防护)用具的使用与维护	47
§ 1-6 绝缘材料的性能指标	50
练习题	51
第二章 工厂供电线路的施工与维修	52
§ 2-1 工厂供电系统的接线方式	52
§ 2-2 供电线路上的电压损失及功率损失	55
§ 2-3 工厂供电线路及其选择	58
§ 2-4 供电变压器容量的选择	73
§ 2-5 架空输电线路的架设	76
§ 2-6 电力电缆线路的施工	94
§ 2-7 电缆头的制作与安装	101
§ 2-8 车间(低压)配电线路的安装与车间电力负荷的 计算	122
§ 2-9 供电线路的运行与维护	149
§ 2-10 工厂节约用电	154
练习题	163
第三章 变压器与电机原理、安装与维修	166
§ 3-1 变压器的工作原理与构造	166

V

§ 3-2	三相变压器	173
§ 3-3	电力变压器的抽心检查与安装	182
§ 3-4	几种特殊用途的变压器	193
§ 3-5	异步电动机	201
§ 3-6	电动机的安装与接线	221
§ 3-7	电动机常见故障及维修	226
§ 3-8	同步电机	235
§ 3-9	直流电机	246
§ 3-10	单相串励电动机	264
§ 3-11	直流弧焊机——硅整流弧焊机	266
练习题		270
第四章 电力拖动控制线路与维修		275
§ 4-1	常用低压电路控制设备	275
§ 4-2	电器元件的维修	297
§ 4-3	异步电动机的拖动控制线路	301
§ 4-4	机床电气控制线路举例	341
§ 4-5	高压电动机的控制电路	350
§ 4-6	直流电动机的自动控制概述	354
§ 4-7	直流电动机控制线路举例	361
§ 4-8	晶闸管-直流电动机的调速	365
§ 4-9	机床电气线路的维护与检修	368
练习题		369
第五章 工厂变电所主要电气设备及其安装与调整		373
§ 5-1	工厂供电概述	373
§ 5-2	工厂变电所的类型与主接线	375
§ 5-3	工厂变电所的主要电气设备	381
§ 5-4	工厂变电所的继电保护装置	398
§ 5-5	继电保护装置的运行和维修	414
§ 5-6	工厂变电所的过电压保护	417

§ 5-7 电气设备的安装与调整	424
练习题	448
第六章 电工安全技术	450
§ 6-1 电气安全技术基础	450
§ 6-2 电气设备的接地与接零	457
§ 6-3 漏电保护装置	477
§ 6-4 防雷保护	487
§ 6-5 电气防火与防爆	495
§ 6-6 静电安全技术	500
练习题	510
附录	512
附录 A 500 V 铝芯绝缘导线长期连续负荷允许载流量表	512
附录 B 500 V 铜芯绝缘导线长期连续负荷允许载流量表	514
附录 C 500 V 橡皮与塑料绝缘电力电缆及裸导线载 流量表	516
附录 D 500 V 塑料绝缘塑料护套线 (BVV、BLVV) 在空气 中敷设长期连续负荷允许载流量表	517
附录 E 电力电缆及高压架空线载流量表	517
附录 F 熔断器的熔体电流	518

第一章 电工操作工艺基础

§ 1-1 常用电工工具的使用与维护

工具是电气安装与维修工人的武器，正确使用工具是提高工作效率、保证施工质量的重要条件，因此，必须十分重视对工具正确使用和正常维护。由于工具种类繁多，这里仅对常用的电工工具作简单的介绍，但对于一般的通用工具如钳子、螺钉旋具等就不作介绍了。

常用电工工具除了携带的工具如试电笔、钢丝钳、电工刀、螺钉旋具、钢卷尺、尖嘴钳、剥线钳及活动扳手等外，还有电工公用工具如喷灯、紧线器、安全带、脚扣、人梯、压接钳、弯管器、割管器、手电钻、拉拔器、钢锯、手锤、台钻、砂轮、各种规格的扳手、锉刀、电烙铁、长卷尺、转速表和小型起重吊链、叉杆等。

电工工具的设置要看电工的工作性质和范围，并非所有工具都要备全，有时还可能超出上述范围。下面介绍几种常用电工工具（安全用具见本章第五节）。

一、试电笔

试电笔是电工常用的一种辅助安全用具。用于检查500 V以下导体或各种用电设备外壳是否带电。试电笔外形像钢笔，前端有金属探头，后端有金属挂勾，使用时手接触金属挂勾。将探头触及检查部位，若是带电，试电笔中的氖气管就会发出红光。

只要我们善于使用，可以用试电笔进行许多电气检查工

作。如区别相线和零线：相线发亮，零线一般不发亮；区别交流电和直流电：在直流电通过试电笔时，氖灯里的两个极只有一个发亮；区别直流电正极和负极：把试电笔联接在直流电的正负极之间，发亮的一端为负极，不发亮的一端为正极；区别电压高低：电压越高，发光越亮；检查相线接地：接地一相的亮度较弱；接触中性点，若发亮，说明各相负载不平衡，或有匝间短路现象；检查接线头，若接触不良，或有干扰，则氖灯出现闪烁现象；等等。

二、手电钻

手电钻是装配电工的常用工具，其基本结构由电动机、减速机构、夹头、开关和手柄等组成。6mm电钻一般采用手枪式；10mm电钻采用环式后手柄结构；13~23mm电钻采用双侧手柄及后托架。

用电钻钻孔时，必须亲自察看电线和插销是否完好，接地线联接是否正确。初次使用时，不要手握电钻去插电源，应先将其放在绝缘物上，再插上电源，用试电笔检查外壳是否带电，然后再使用。

三、弯管器和切管器

弯管器和切管器是钢管配线中常用的工具。弯管器的种类有手弯管器、液压弯管器和电动弯管器。手弯管器体积小、轻便，适于工地现场使用，它是靠人力弯曲管子，只适用于弯直径50mm以下的管子。为使管子不被弯扁，在弯曲时，弯管器须逐点移动，使管子弯成所需的弯曲半径。

液压弯管器所弯曲的电线管，能到直径100mm以上，最适于弯曲半径相同的成批管弯。弯曲较粗的管子时，可采用电动弯管机或灌砂火弯法（煨弯）。

电线管一般是用钢锯切断。也可用切管器切断。

四、压接钳

压接钳是联接导线的一种工具。导线与导线的联接采用压接法。压接可靠，施工方便、灵活。根据联接管截面大小的不同，选用不同规格的压接钳。各种压接钳使用范围，见表1-1。

表1-1 各种压接钳使用范围

名 称	型 号	使 用 范 围
单股导线压接钳	—	可压接 $2.5 \sim 10 \text{mm}^2$ 单股铝线
手动油压钳	SLY-240型 SYQ-12A型	可压接 $16 \sim 240 \text{mm}^2$ 的铜铝绞线
导线机械压接钳	QYQ-12型 SXQ-16(X)型	可压接 $16 \sim 180 \text{mm}^2$ 铝绞线， $25 \sim 300 \text{mm}^2$ 钢芯铝绞线

使用压接钳时，应根据导线截面选择适当规格的压模，不能混用。

五、喷灯

喷灯是作为导线局部或电缆封端加热的工具。使用前要检查所用的油，禁止在煤油或酒精喷灯内注入汽油使用；检查油量是否合适，油量不应超过油筒容量的 $3/4$ ；检查油筒是否漏油，喷油嘴有无堵塞，螺纹处是否漏气；检查加油的螺塞是否拧紧。

禁止使用打气筒上没有保险套的喷灯。

使用时及点火前不要打气，先在点火碗内注入汽油，油量不可太满，点火将喷嘴加热，其目的是加热汽化管，使汽油变成蒸气。点火后，待碗内汽油快烧尽时，将节油阀拧开，少量汽油就会喷出燃烧，稍待一会即可打气使用，但打气不

可过分。

§ 1-2 基本操作工艺

一、导线的联接与封端

在电气安装与线路维护工作中，常常因为导线太短和线路分支，需要把一根导线与另一根导线联接起来，再把终端出线与用电设备的端子联接，这些联接处通常称为接头。但应尽量避免出现不必要的接头，因为常常由于接头的质量不好而发生故障。因此，导线的联接是一道非常重要的工序，必须重视联接质量。

导线的联接方法很多，有绞接、焊接、压接和用螺钉联接等。各种联接方法适用于不同导线（铜线，铝线）及不同的工作地点。导线联接的基本要求是：导线接头处的电阻，不得大于导线本身的电阻值；接头处的机械强度，不得低于原导线强度的80%；在接头处不得使绝缘降低，保证接头处在运行后不受腐蚀。

（一）线头的剖削

导线联接前，必须把导线端头的绝缘层剥削掉，并将裸露的导体表面清理干净，削切绝缘层的方法要正确，对橡胶绝缘线，应采用分段削剥，如图1-1所示。对塑料绝缘线，适用单层削法。削切绝缘时，不应损伤线芯，剖去绝缘的长度一段在50~150mm，截面小的剖短些，截面大的剖长些。

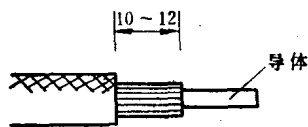


图1-1 橡胶绝缘线分段剖法

（二）铝导线的接法

由于铝在空气中极易氧化，因此铝导线的联接工艺比铜

导线复杂，稍不注意就会影响接头质量。铝导线的联接方法很多，有压接、电焊、钎焊、气焊。在铝线联接方法上禁止采用绞接和绑接。

1. 管压接

(1) 对内线工程用的 10mm^2 以上的单股小截面铝导线，多用铝套管进行局部压接，如图 1-2 所示。压接前，先把导线两端的绝缘层各剥去 $50\sim 55\text{mm}$ ，用电工刀把导线表面的氧化膜及油污刮掉，再涂上凡士林锌粉膏，把线芯从两端插入事先选好的铝套管内，有圆形和椭圆形两种套管，然后用压钳进行压接。压接尺寸见表 1-2。

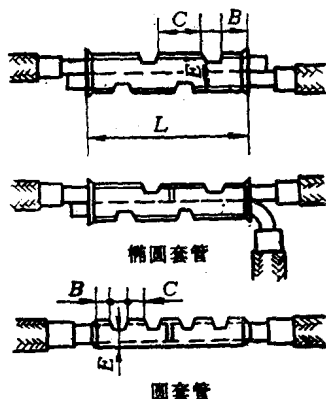


图1-2 单线压接

表1-2 铝套管压接规格表

套管形式	导线截面 (mm^2)	铝芯外径 (mm)	管压接尺寸 (mm)		压后尺寸 E (mm)	铝套管长 L (mm)
			B	C		
圆形	2.5	1.76	2	2	1.4	31
	4	2.24	2	2	2.1	31
	6	2.73	2	1.5	3.3	31
	10	3.55	2	1.5	4.1	31
椭圆形	2.5	1.76	2	8.8	3.0	31
	4	2.24	2	8.4	4.5	31
	6	2.73	2	8.4	4.8	31
	10	3.55	2	8	5.5	31

压接时，要按规定压接，使压钳压到必要的极限尺寸，并使所有压坑的中心线处于同一条直线上。

单股铝导线需要分支或需要并头联接时，也可以用管压接头方式联接。

(2) 多股铝绞线的压接。截面在 $16\sim 240\text{mm}^2$ 的铝导线可采用手提式油压钳进行局部压接，如图1-3所示。压接前，先把两根导线端部的绝缘层剥去，每端剥去长度为联接管长度的一半加 5mm 。为确保压接质量，应使用钢丝刷除去导线表面的氧化膜，并涂上凡士林锌粉膏。然后把线芯从两端插入已清除氧化膜和油垢的联接管内，插入长度各占联接管的一半，并相应地划好压坑的标记。根据联接导线截面的大小，选好压模，装到钳口内进行压接。压坑尺寸及深度见图1-3，所注工艺尺寸见表1-3。

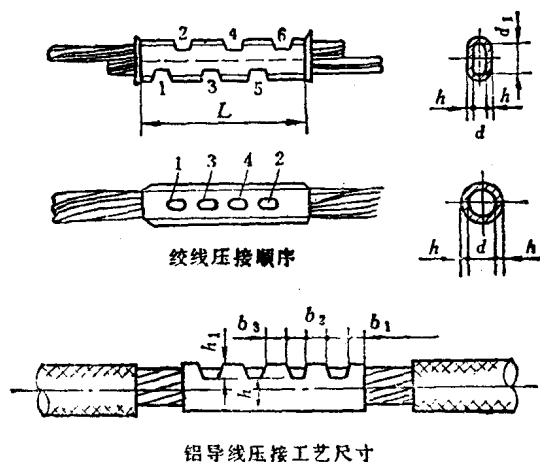


图1-3 铝导线压接

表1-3 铝导线压接的压坑间距及深度尺寸 (mm)

联接管规格 (圆形)	压坑间距			压坑深度 h_1	剩余厚度 h	铝接管长 L
	b_1	b_2	b_3			
GL-16	3	3	4	5.4	4.6	66
GL-25	3	3	4	5.9	6.1	68
GL-35	3	5	4	7.0	7.0	72
GL-50	3	5	6	8.3	7.7	78
GL-70	3	5	6	9.2	8.8	82
GL-95	3	5	6	11.4	9.4	86
GL-120	4	5	7	12.5	10.5	92
GL-150	4	5	7	12.8	12.2	95
GL-185	5	5	7	13.7	13.2	100
GL-240	5	6	7	16.1	14.9	110

压接顺序见图1-3, 压完后, 用细纹锉刀锉去压坑边沿的棱角, 并用砂布打光, 再用浸汽油的抹布擦净。最后恢复绝缘。

有关外线工程导线的联接见第二章。

2. 焊接

焊接法可以采用电阻焊、气焊、药包焊或钎焊等方法。

对于单股导线的并接(如接线盒), 可用电阻焊, 即用低电压炭极焊。焊接时, 先把联接的铝导线的线头剥去20~30 mm, 把线芯头并绞剪齐, 在端头涂上少量的焊药, 即可进行焊接, 使线头熔化为球状,

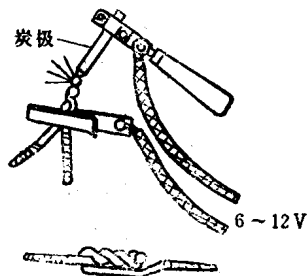


图1-4 单股导线电阻焊

见图1-4。焊药配方为氯化钾粉50%, 氯化钠粉30%, 冰晶石

粉20%。

气焊法是多股铝导线在接线盒内并头联接时采用的，如图1-5所示。一般由气焊工直接操作，而由电工配合完成。焊接时先加热焊点，到熔化时再加入铝焊粉（焊药），借助焊粉的填充和搅动，使端面的金属芯线熔合并接起来。接头焊好后，要立即清除残渣和焊粉，因为施焊后残留的焊粉会对铝本身产生腐蚀作用。可趁热用棉纱沾水把线头擦干净。

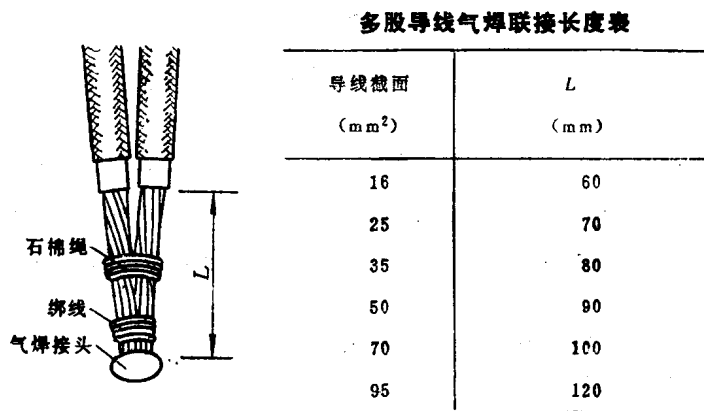


图1-5 多股导线气焊接头

（三）铜导线的联接

铜导线的联接工艺比铝导线要简单一些，可采用绞接、焊接或压接等方法。铜导线的焊接通常采用锡焊、气焊，单股铜线也可采用电阻焊（见图1-4）。铜导线的压接与铝导线的压接工艺基本相同，不同点仅是铜联接管内壁必须镀锡，以加大导线接触面积。此外，铜线的联接还可采用绞接和绑接。

1. 绞接法

小截面 (6mm^2) 单芯直接联接和分支联接, 常采用绞接法联接, 见图1-6。

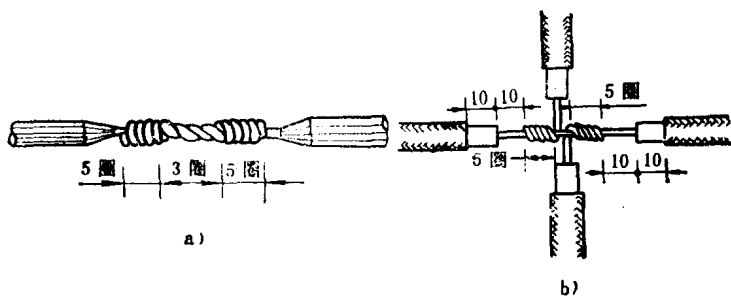


图1-6 单芯导线绞接联接

a) 直接联接 b) 十字分支联接

2. 缠绕绑接

对于较大截面 (10mm^2 以上) 的单芯直接联接和分支联接, 是用联接线缠绕绑接, 填一根 1.5mm^2 铜线作辅助线, 然后再用 1.5mm^2 的裸铜线从中部开始向左右两端展开缠绕, 见图1-7。

对多芯铜线直接联接和分支联接也可采用缠绕绑线联接。先把导线两端剥去线皮, 然后把多芯线打开, 把中心线切短, 再把两头多芯线顺序交叉插进去成为一体, 加辅助线一根, 用 1.5mm^2 的铜线从中央开始绑缠, 接法与单芯直接缠绕绑法相同, 见图1-8。

3. 单卷或复卷联接

首先把多芯线拧开, 把中心线切短, 把两头线芯插成一体, 利用导线本身单卷联接, 见图1-9。任取两股同时缠绕成圈后, 另换两股缠绕, 余线头压在里头或剪掉, 再绕至5圈