

城镇(农村) 工矿企业电工培训教材

(初级工)

**变配电
设备安装**

山西省电力工业局 编

中国电力出版社

城镇（农村）工矿企业电工知识问答

变配电设备安装

（初级工）

山西省电力工业局 编

中国电力出版社

内 容 提 要

全书共分十章，主要内容包括：电气设备安装工艺基础；配电变压器；隔离开关及其操作机构；高压熔断器和负荷开关；避雷器和接地；高压成套柜；架空母线和引线设备；变电站电源系统；继电保护基础知识；常用电气仪表及使用。

本书是城镇（农村）企业电工培训教材之一，可供广大城镇工矿企业和农村电工学习参考。

图书在版编目（CIP）数据

变配电设备安装/山西省电力局编. -北京：中国电力出版社，2000.3

城镇（农村）工矿企业电工培训教材

ISBN 7-5083-0213-3

I. 变… II. 山… III. 配电装置-设备安装-技术培训-教材 IV. TM64

中国版本图书馆 CIP 数据核字（1999）第 72989 号

变配电设备安装（初级工）

中国电力出版社出版、发行

（北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>）

保定列电印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2000 年 8 月第一版 2000 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 8.625 印张 189 千字

印数 0001—3000 册 全三册定价 63.00 元（本册 14.00 元）

版 权 专 有 翻 印 必 究

（本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换）

城镇（农村）工矿企业电工培训 教材编审委员会

名 誉 主 任：卞学海 李振生
主 任：刘润来
常 务 副 主 任：郭连邦
副 主 任：程忠智 宗 健 徐 奇 贺至刚
张克让 王靖中 杨定鑫 程纪奎
顾希衍 王文杰 郑承平 刘玉柱
委 员：周 新 郭林虎 李 禄 阎刘生
乔文普 李 波 吴秀初 杨 忠
卫克俭 苑连池 杨德水
办 公 室 主 任：杨定鑫（兼）
办 公 室 副 主 任：乔文普 陈 涛 姜丽敏 郭林虎
办 公 室 工 作 人 员：曹 璘 王荣辉 罗 琳

《变配电设备安装》（初级工） 编 写 人 员

主 编：席治安
参 编：邓可庆 王刘玉

前 言

根据原电力部教育工作会议的精神和中电联教培部《关于电力工业培训教材建设工作的意见》，在部领导的关怀下，山西省电力工业局和中国电力出版社经协商研究后，决定编写出版这套《城镇（农村）工矿企业电工培训教材》。

我国工矿企业和农村，目前约有 300 万电工在从事电力设施的安装、检修、运行维护和试验工作，他们是建设和发展供用电事业、维护供用电设施安全的一支重要生力军。随着我国电力事业的不断发展和电力科学技术的进步，对这支生力军的整体素质也相应地提出了更高的要求。为此，编写一套适用于城镇（农村）工矿企业电工培训学习的教材是当务之急，也是我们电力管理和电力出版部门义不容辞的责任。

本套丛书的内容覆盖了变配电设备运行、检修、安装，供电线路施工、运行、检修，电机检修，电气试验，电气仪表及内线工程施工和检修等 8 个工种对初、中、高级工的技术要求，每个工种分初、中、高级工 3 个分册出版，共 24 个分册。

在编写本套丛书的过程中，着重根据工人技术等级标准中对每一工种的定义、工作内容、技术等级、适用范围等的规定，紧扣标准提出的知识要求和技能要求，从生产实际需要出发拟出初步的编写提纲；经数月重点调查研究、广泛征求意见、认真修订后形成正式的编写提纲；之后，又历时半年余，始成初稿。初稿形成后，在局系统内进行了专家审稿

和主编者的修改、统稿工作。因此，定稿后的培训教材，深信是紧扣工人技术等级标准的实用性教材。

城镇（农村）工矿企业电工培训教材，体现了工人技术培训的特点以及理论联系实际的原则，尽量反映了新技术、新设备、新工艺、新材料、新经验和新方法，其内容涉及电压等级从高压 110kV 到 3kV，低压 500V 及以下电工所需的技术基础知识和技能知识。与每一工种对应的初、中、高级工 3 个分册，自成一个小的系列，呈阶梯式递进，内容上互不重复。每一分册的具体内容又分为核心内容和复习题两大部分。核心内容主要讲解必备知识以及与技能要求对应的一些专业知识。复习题的形式多种多样，解答习题的目的在于巩固和深化所学知识。

本书是《变配电设备安装》初级工培训教材，全部内容共分十章；全书由席治安主编，参编是邓可庆、王刘玉，本书由李永泰主审。

在编写这套丛书的过程中，得到了原电力工业部领导的关怀以及中电联教培部和各有关司局的关心、支持，同时也取得了全国电力系统各有关单位和人员的关注、支持和帮助，他们为本书提供了咨询、技术资料以及许多宝贵的建议，在此一并表示衷心感谢。

各单位和广大读者在使用本套教材过程中，如发现有不妥之处或有需要修改的意见，敬请随时函告，以便再版时修改。

山西省电力工业局 中国电力出版社

1998 年 4 月

目 录

前言

第一篇 变配电设备

第一章 电气设备安装工艺基础	1
第一节 工具	1
第二节 操作工艺	11
第三节 安装材料	22
复习题	32
第二章 配电变压器	34
第一节 变压器原理及其构造	34
第二节 变压器室和变压器台	42
第三节 配电变压器的安装	56
第四节 配电变压器和变台的试验、验收项目 及标准	61
复习题	62
第三章 隔离开关及其操动机构	65
第一节 隔离开关的用途和类型	65
第二节 户内隔离开关	67
第三节 户外隔离开关	72
第四节 隔离开关的操动机构	76
第五节 隔离开关的安装与调整	79
第六节 隔离开关的试验、验收项目及标准	82
复习题	83

第四章 高压熔断器和负荷开关	85
第一节 高压熔断器概述	85
第二节 新型熔断器	93
第三节 GFW□-35 型户外隔离负荷开关	97
第四节 试验、验收项目及标准	99
复习题	100
第五章 避雷器和接地	102
第一节 避雷器	102
第二节 接地	112
第三节 避雷器和接地装置的试验、验收项目 及标准	122
复习题	125
第六章 高压成套柜	127
第一节 GG-1A (F) 高压柜	127
第二节 XGN-10、JYN2-10、JYN1-35 型成 套柜	147
第三节 验收项目及标准	152
复习题	154
第七章 架空母线和引线设备	156
第一节 架空软母线	156
第二节 管形母线	164
第三节 引线及引线设备	171
复习题	175

第二篇 变电站二次系统

第八章 变电站电源系统	177
第一节 站用交流电源	177

第二节	交流和硅整流操作电源.....	192
第三节	蓄电池组直流电源.....	198
第四节	闪光及直流系统监察装置.....	214
第五节	直流供电网络.....	221
复习题		225
第九章	继电保护基础知识	227
第一节	电力系统继电保护的作用.....	227
第二节	对继电保护装置的基本要求.....	229
第三节	继电保护的基本原理.....	232
第四节	常用的几种继电器.....	235
复习题		244
第十章	常用电气仪表及使用	246
第一节	指示式仪表.....	246
第二节	携带式仪表.....	250
第三节	电能计量表.....	254
复习题		266

第一篇 变配电设备

第一章

电气设备安装工艺基础

第一节 工 具

一、普通工具

安装电工工具分个人携带工具及公用工具两类。携带工具包括:钢丝钳、电工刀、活动扳手、螺丝刀(也叫起子、改锥)、钢卷尺、尖嘴钳、剥线钳等。公用工具根据承担安装工程的大小,一般应配备有:滤油机、电焊机、台钻、手电钻、虎钳、钢锯、手槌、砂轮、锉刀、电烙铁、人字梯、喷灯、紧线器、安全带、脚扣、验电笔、万用表、兆欧表、套管扳手、管钳、长卷尺、测绳等。工具种类比较繁多,现仅介绍以下几种。

1. 验电笔(低压试电笔)

验电笔是一种用来检查 500V 以下电线、电器和电气装置是否带电的工具。它由氖管、电阻、弹簧和笔身组成。常见的有钢笔式和改锥(螺丝刀)式。使用时大拇指、食指和中指握住笔身中部,使皮肤接触笔尾的金属体,或者以食指抵住笔尾,用大拇指、中指和无名指夹住笔身,用笔尖去接触验电点。如果验电点带电,则有极微弱电流通过氖管,使氖管发光,如不发光,则说明验电点不带电。

2. 高压验电器

检验高压电气设备或线路是否带电时应使用高压验电器。它主要由电阻、氖管、弹簧和绝缘管组成,图 1-1 为 10kV 验电器结构示意图。

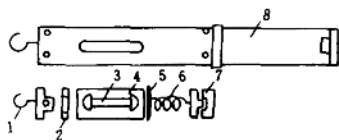


图 1-1 10kV 验电器结构示意图

- 1—金属钩; 2—垫片; 3—氖管;
4—玻璃管; 5—垫片; 6—弹簧;
7—金属底座; 8—绝缘管

验电时,操作人员头戴安全帽,脚穿绝缘靴,用带绝缘手套的手握住尾部手柄,使前边金属钩接触高压设备或导体,如氖管发光或使转式指示器旋转,说明高压设备或导体带电。为安全起见,高压验

电器在使用前应在确认带电的设备上试一下,看氖管是否发光,以检查验电器是否完好。

3. 手电钻

手电钻是电气安装工常用的工具之一,其基本结构由电动机、减速机构、夹头、手柄和开关组成。按钻头直径可分为 6mm, 13mm, 13~23mm 等几种规格。钻头直径 13mm 及以下的为单相电动机, 13mm 以上的为三相电动机。

初次使用时,应先将电钻放在木板上,打开开关,接通电源,用验电笔检查外壳是否漏电。钻孔时用力不可太猛,以防电动机过载,如发现钻头转数降低,应立即切断电源,进行检查,以免烧坏电动机。

装拆钻头时,必须使用钻夹头钥匙,不能用其他工具敲打。

4. 喷灯

喷灯是一种加热工具,其结构如图 1-2 所示。使用的燃料

有汽油、煤油、酒精等，但不能混合使用。禁止在煤油或酒精喷灯内，注入汽油使用。

喷灯（汽油喷灯）使用方法如下：

（1）旋下加油螺丝，加入汽油，油量不要加得太满，加至油桶的 $3/4$ 即可，加完油拧紧加油口螺丝，擦净撒在外部的油。

（2）在预热盘内加入汽油，油量不能太满，点燃盘中的油，预热汽化管，使汽油在汽管中汽化。

（3）预热盘中的油快烧尽时，用气筒先打 3~4 下，然后慢慢旋开调节阀，使气体通过喷嘴进入喷焰管，并由喷焰管喷出可燃气体且自行点燃。如喷出的火焰正常说明无漏气或喷嘴无堵塞现象，否则应设法处理。

（4）如果火焰正常，可多次打气使油桶内有足够的压力，并继续旋开调节阀控制火焰，当火焰逐渐变为透明的纯兰色时即可使用。

（5）使用喷灯时，周围不得有易燃物，空气要流通。

二、起重工具

（一）起重工具介绍

常用的起重工具有抱杆、绞磨、千斤顶、手拉葫芦、滑轮、钢丝绳、白棕绳、地锚、桩锚以及钢丝绳卡子等。现将主要的几种介绍如下。

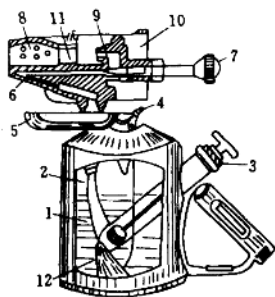


图 1-2 喷灯结构

- 1—汽油桶（只装 $3/4$ 容量）；
2—气室；3—气筒；4—加油口
螺丝；5—预热盘；6—汽化管；
7—调节阀；8—喷焰管；9—喷
嘴；10—风罩；11—混合空气
管；12—安全销

1. 抱杆

起重抱杆是起重吊装的主要工具之一，在变配电安装工程中广泛的用于设备材料的装卸及设备就位，架构组立等工作。

抱杆按制作材料区分有：圆木抱杆、角钢抱杆、钢管抱杆、铝合金抱杆等几种。圆木抱杆是用径缩率较小的圆木杆作为抱杆本体制成的，虽然它的抗压强度较低，抱杆的容许承载能力受到限制，但因其价格低廉、使用轻便，在小型设备的装卸、就位工作中仍在继续使用。整杆长细比大于 75，当两端铰支时，各种不同长度 (L)、梢径 (d)，而径缩率均为 0.8% 及 1% 的圆木抱杆，在取容许应力 (δ) 为 $1000\text{N}/\text{cm}^2$ 时，其容许沿轴向加于轴中心的压力见表 1-1。

表 1-1 容许加于圆木抱杆轴中心的压力 (N)

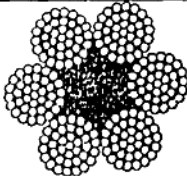
$d(\text{cm}) \backslash L(\text{cm})$	10	12	14	16	18	20
500	12500	23200	39600	63500	96900	142000
600	9800	17900	30200	48000	72600	105800
700	8100	14600	24300	38200	57400	83100
800	6900	12300	20300	31700	47300	68200
900	6100	10700	17400	27000	40000	57300
1000	5400	9400	15200	23500	34600	49200
1100	5000	8500	13700	20900	30600	43300
1200	4500	7700	12300	18700	27300	38400
1300	4200	7100	11300	17000	24700	34700
1400	3900	6100	10400	15600	22500	31500

2. 钢丝绳

(1) 钢丝绳的规格。按照制造过程中绕捻的次数，可分为三大类，即：①单绕捻钢丝绳；②双重绕捻钢丝绳；③三重绕捻钢丝绳。在变配电安装工作中，经常使用的钢丝绳为双重绕捻普通结构钢丝绳，有 $6 \times 19 + 1$ 、 $6 \times 37 + 1$ 、 $6 \times 61 + 1$ 等三种。 $6 \times 37 + 1$ 钢丝绳的规格见表 1-2。 $6 \times 37 + 1$ 即中心

1 股绳纤维芯，外绕 6 股钢丝每股由 37 根钢丝绕捻而成。

表 1-2 钢丝绳 (6×37+1) 的规格及抗拉强度表

		钢丝绳 6×37						
		股 (1+6+12+18)						
		绳纤维芯						
直 径		钢丝绳总 断面积	参 考 质 量	钢丝绳公称抗拉强度 (N/mm²)				
钢丝绳	钢丝			1400	1550	1700	1850	2000
				钢丝绳破断拉力总和 (不小于)				
(mm)		(mm²)	(kg/ 100m)	(N)				
8.7	0.4	27.88	26.21	39000	43200	47300	51500	55700
11.0	0.5	43.57	40.96	60900	67500	74000	80600	87100
13.0	0.6	62.74	58.98	87800	97200	106500	116000	125000
15.0	0.7	85.39	80.27	119500	132000	145000	157500	170500
17.5	0.8	111.53	104.8	156000	172500	189500	206000	223000
19.5	0.9	141.16	132.7	197500	218500	239500	261000	282000
21.5	1.0	174.27	163.8	243500	270000	296000	322000	348500
24.0	1.1	210.87	198.2	295000	326500	358000	390000	421500
26.0	1.2	250.95	235.9	351000	388500	426500	464000	501500
28.0	1.3	294.52	276.8	412000	456500	500500	544500	589000
30.0	1.4	341.57	321.1	478000	529000	580500	631500	683000
32.5	1.5	392.11	368.6	548500	607500	666500	725000	784000
34.5	1.6	446.13	419.4	624500	691500	758000	825000	892000
36.5	1.7	503.64	473.4	705000	780500	856000	931500	1005000
39.0	1.8	564.63	530.8	790000	875000	959500	1040000	1125000
43.0	2.0	697.08	655.3	975500	1080000	1185000	1285000	1390000
47.5	2.2	843.47	792.9	1180000	1305000	1430000	1560000	
52.0	2.4	1003.80	943.6	1405000	1555000	1705000	1855000	
56.0	2.6	1178.07	1107.4	1645000	1825000	2000000	2175000	
60.5	2.8	1366.28	1284.3	1910000	2115000	2320000	2525000	
65.0	3.0	1568.43	1474.3	2195000	2430000	2665000	2900000	

(2) 钢丝的选用。钢丝绳绕过滑轮或卷筒而承受荷重，其钢丝受有拉伸、弯曲、挤压和扭转等多种应力，其中主要是拉伸应力和弯曲应力。通常在按强度选择钢丝绳时，仅按纯拉伸计算，而对于因弯曲而引起的弯曲应力影响，以及因钢丝反复弯曲而引起的疲劳问题则应适当提高滑轮或卷筒槽底直径对钢丝绳直径的比值 $\frac{D}{d}$ 和加大安全系数 K ，来予以适当的控制和补偿。

$$T_{\max} = \frac{T_b}{K} \quad (1-1)$$

式中 $T_{\max}$ ——钢丝绳的容许最大使用应力；

T_b ——钢丝绳的破断拉力；

K ——安全系数，变配电安装施工中，取 4~4.5。

滑轮或卷筒容许最小直径按式 (1-2) 选定

$$D \geq (e - 1)d \quad (1-2)$$

式中 D ——滑轮或卷筒槽底的直径，cm；

d ——钢丝绳的直径，cm；

e ——使用条件系数，对于起重滑车，取 11~12；对于手推绞磨和机动绞磨，取 10~11。

3. 起重用麻绳（白棕绳）

白棕绳是用龙舌兰麻（剑麻）为原料捻制的。这种麻的纤维抗拉力和抗扭力强、滤水快，耐摩擦而富有弹性，受突然荷重时也不易折断，是起重工作中常用的绳索之一；一般用于辅助作业和吊装小于 500kg 的设备。根据绳的新旧，其安全系数按 5~7 选用。白棕绳的性能规格见表 1-3。

4. 各种绳结和绳扣

起重中所用的绳结和绳扣型式很多，图 1-3 中各绳结及绳扣是最通用、最安全的型式。

表 1-3

白棕绳的性能规格

直径 (mm)	每捆 (200m) 质量 (kg)	破断拉力 (N)	安全载重 (kg)					应用之 最小滑 轮直径 (mm)
			综合安全系数					
			4	5	6	7	8	
8	10.5	3250	81	65	54	46	41	100
11	17	5750	144	115	96	82	72	150
13	23.5	8000	200	160	133	124	100	150
14	32	950	237	190	158	136	118	150
16	41	1150	287	230	192	164	144	200
19	52.5	1300	325	260	217	186	162	200
20	60	1600	400	320	267	228	200	200
22	70	1850	462	370	308	264	231	220
25	90	2400	600	450	400	343	300	250
29	120	2600	650	520	433	370	325	290
33	165	2900	725	580	483	414	362	330

5. 滑车 (滑轮)

起重滑车是利用杠杆原理制成的一种简单机械, 它能借起重绳索的作用而产生转动, 以改变作用力的方向。滑车按其工作方式之不同有定滑车和动滑车之分。定滑车只能改变力的方向而不能省力, 作用力的行程与荷重的行程相等。理论上, 所加的拉力与荷重相等, 但实际上由于轴承摩擦阻力和绳索刚性阻力的存在, 拉力恒大于荷重。动滑车本身随荷重升降, 理论上拉力是荷重的一半, 由于摩擦阻力和刚性阻力的存在, 拉力恒大于 $\frac{Q}{2}$ (Q 为荷重)。

在实际应用中, 为扩大滑车的效用, 往往把一定数量的动滑车和一定数量的定滑车组合起来使用, 这便是滑车组。滑车组有省力滑车组和省时滑车组之分, 在起重机械和起重工作中采用的主要是省力滑车组。

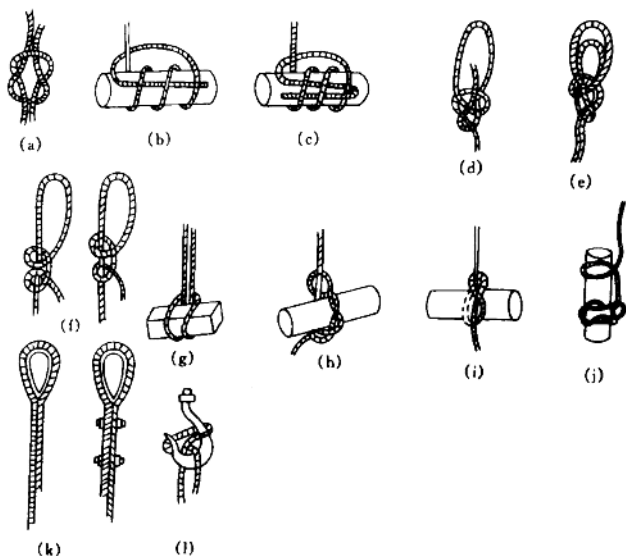


图 1-3 绳结及绳扣

- (a) 十字架；(b) 水平通常结；(c) 终端搭回结；(d) 水手结；
 (e) 双套结；(f) 双结；(g) 死结；(h) 木工结；(i) 8 字结；
 (j) 双环绞缠结；(k) 索套式结；(l) 钩头结

起重用滑车按每个滑车上装的滑轮多少分单轮滑车、双轮滑车、三轮滑车、四轮滑车以及大于四个滑轮的大型滑车。按起重量一般是 0.5~20t，大型多轮滑车可到 140t。使用时，可根据实际需要选用。

普通钢丝绳滑车组的允许荷重见表 1-4。

6. 绞磨

人力手推绞磨是由磨芯(摩擦卷筒)、磨轴、磨架及磨杠等几个主要部分组成。手推绞磨是利用磨杠与磨芯二者的旋转