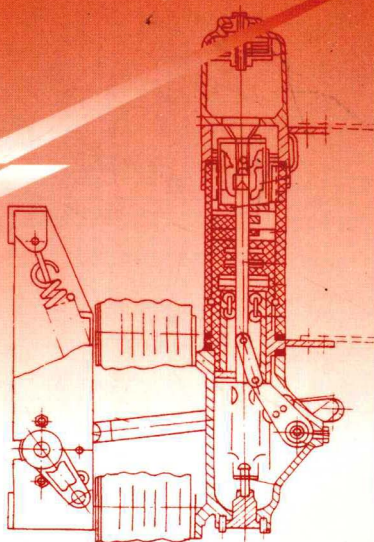
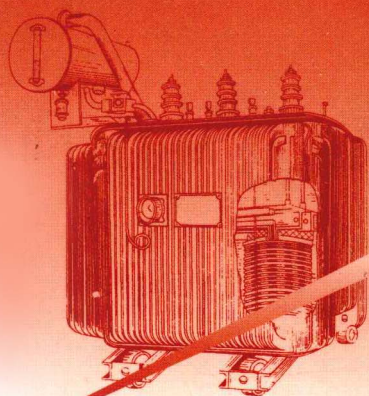


技术工人技能鉴定培训用书

变电站值班员

姜 禾 主编



化学工业出版社

技术工人技能鉴定培训用书

变电站值班员

姜 禾 主编

化学工业出版社

·北 京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

变电站值班员/姜禾主编. —北京: 化学工业出版社,
2003. 11

技术工人技能鉴定培训用书
ISBN 7-5025-4907-2

I. 变… II. 姜… III. 变电所-电工-职业技能
鉴定-自学参考资料 IV. TM63

中国版本图书馆CIP数据核字 (2003) 第099340号

技术工人技能鉴定培训用书

变电站值班员

姜禾 主编

责任编辑: 陈丽 刘俊之

文字编辑: 余德华

责任校对: 郑捷

封面设计: 蒋艳君

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

新华书店北京发行所经销

中国纺织出版社印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 15 $\frac{3}{4}$ 字数 429 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4907-2/TM·32

定 价: 36.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

《变电站值班员》编写人员

主编：姜 禾

编者：梁凤珍 陈雪冬 秦桂艳
王楚艳 张海军

前 言

变电站值班员属于电力系统中的“智能”型工种，是企业电力供应的最主要工种。变电站运行稳定与否，直接影响到本地区电网安全，是决定企业电力经济运行的关键岗位。变电站值班员的技术素质高低将直接影响电网生产的质量。为了加强技术管理，提高队伍素质，推动新技术应用，从而调动工人学习的积极性，引导工人热爱企业供电专业、热爱变电站岗位、立足岗位做贡献，鼓励和引导工人走岗位成才之路，应大力开展以安全运行为主体的岗位技术培训。

变电站值班员日常主要工作可分为监盘、抄表、巡检及倒闸操作四大项。监盘就是要求值班运行人员，应时时注意监视变电站内控制屏、盘及柜上的各种电气表计指示，电气表计能够直观地指示变电站各电气设备的电气运行参数，值班运行人员如果了解指示仪表的原理、读数意义等，就能很方便地利用仪表指示，及早发现异常或指示数据反映的变电站供电系统出现的异常问题；抄表就是要求值班人员在规定的时段内，对所管辖的供配电回路所发生的电能消耗及电能质量等进行抄录，这就要求值班人员对所抄录的数值能进行合理计算，并根据计算结果安排运行方式，使其更经济、合理；巡检就是变电站值班人员对所管辖的电气设备进行检查，通过对照电气设备的完好标准及正常运行状况，从而及早发现设备可能存在的隐患及缺陷，这就需要变电站值班人员要对电气设备的性能、完好标准、巡检内容等熟练掌握；倒闸操作是变电站值班人员一项非常重要的工作，具体内容主要是根据生产需要，结合电力系统准确地进行由电气设备的送电或停电，这就要求变电站值班人员要熟悉电力系统特点、当前变电站运行方式及操作规程要求等。除此之外，变电站值班人员还要承担一部分电气设备的日常保养、维

护工作，检修后或新购进电气设备的验收工作等。

本书即是以变电站值班员在岗位工作中，应能熟练运用电气知识完成上述内容为中心，而组织编写的。通过大量实例结合理论，引导变电站值班员熟练掌握并使用电工工具；全面了解变电站的作用；配置电气设备的种类；电气设备的性能、特点；看懂变电站常用电气图纸；掌握经济运行方法及电能计算；掌握变电站电气设备检查内容和标准；运行操作方法及事故处理；了解计算机在变电站生产管理方面的应用。在编写过程中，本着值班员干什么、学什么的原则进行结构设计，紧紧围绕变电站值班员的岗位要求，以会操作、明原理、懂管理为要求，把概念、原理、标准、技能有机地结合起来，并附有习题供读者学后进行练习，从而巩固所学知识与技术。在学习过程中要注意结合本岗位实际情况，重点掌握原理问题，切不可生搬硬套图表中各类数据。

本节第1、2、3章由陈雪冬编写，第5、6章由王楚艳编写，第4、7、9章由梁凤珍编写，第8、10章由秦桂艳编写，全书由郭玉、王涛等同志审阅。由于编者水平有限，对书中的错误和不妥之处，欢迎读者批评指正。

编著者

目 录

第一章 变电站常用工具、仪表及低压电气设备	1
第一节 变电站常用工具	1
第二节 变电站常用仪表	6
第三节 变电站常用低压电气设备	24
第二章 工厂供电系统	30
第一节 工业企业的负荷分级及供配电系统	30
第二节 变电站位置和变压器容量及数量的选择	34
第三节 变电站的主接线	44
第四节 工厂供配电系统二次回路	55
第五节 中央信号及其他信号装置	67
第六节 工厂供配电电压选择和电压调整谐波	75
思考题	86
第三章 变电站电气设备	87
第一节 短路电流的计算	87
第二节 选择电气设备的一般原则	96
第三节 高压断路器及隔离开关	102
第四节 仪用互感器	118
第五节 电容器和电抗器	131
第六节 变压器	138
第七节 输电线路	147
第八节 直流系统	157
思考题	165
第四章 继电保护和自动装置	166
第一节 线路保护	169
第二节 变压器保护	177
第三节 母线与发电机保护	186
第四节 电动机保护	189

第五节	自动装置	192
思考题	.....	195
第五章	工厂供电系统防雷与接地	196
第一节	雷电及雷电过电压	196
第二节	防雷保护装置	200
第三节	变电站和工厂配电网的防雷	212
第四节	接地和接零	217
第五节	接地装置	223
第六节	接地电阻及其测试	230
第七节	防雷装置和接地装置的交接验收	239
思考题	.....	247
第六章	工厂提高功率因数及电能节约	248
第一节	功率因数的基本概念	248
第二节	提高工厂功率因数的方法	251
第三节	功率因数的人工补偿	255
第四节	工厂功率损耗与电能损耗计算	269
第五节	工厂电能节约的途径与方法	279
思考题	.....	289
第七章	变电站的运行操作及安全措施	290
第一节	电气倒闸操作概述	290
第二节	变电站高压设备的操作	292
第三节	变电站的倒闸操作示例	301
第四节	倒闸操作规范	312
第五节	变电站运行的安全措施	318
思考题	.....	328
第八章	工厂照明及电能计量	329
第一节	工厂照明与相应标准及电光源选择	329
第二节	灯具的选择和布置	343
第三节	照明方式及照度计算	349
第四节	厂区照明及照明配电系统	358
第五节	电能计量	363
思考题	.....	371
第九章	计算机在工厂电气方面的应用	372

第一节	微机保护	373
第二节	工厂电气系统综合自动化	379
第十章	变电站日常管理	392
第一节	日常管理内容及规程的制订执行	392
第二节	规程制度种类及内容	394
第三节	应建立的档案及要求内容	401
第四节	安全管理	406
第五节	设备管理及设备完好评定标准	412
第六节	电气操作及事故处理	422
第七节	新建工程的验收及运行准备	427
第八节	安全用电及电气设备火灾扑救常识	432
思考题	.....	438
第十一章	配电装置布置、巡检与异常事故处理	439
第一节	配电装置的安全净距	439
第二节	配电装置的布置原则	442
第三节	电气设备巡查及异常事故处理	445
思考题	.....	483
附录 A	电路常用公式及单位换算	484
附录 B	电气设备常用符号	486
附录 C	电力系统图中的回路标号	491
附录 D	功率因数速查表	493

第一章 变电站常用工具、仪表及 低压电气设备

变电站值班员在日常工作中，除了靠高超的业务技术水平和遵照各类电气规程外，还要参照大量的电气仪表指示，及使用各类电工工具来完成变电站值班工作。因此有必要了解变电站经常用到的工具及指示仪表的特点、原理及使用方法、注意事项等。

第一节 变电站常用工具

本节主要介绍变电站值班人员经常需要使用的一些电工手持工具，及其特点、作用、使用方法等。

1. 电笔

电笔又称试电笔、验电笔，是用来检查低压导体和电气设备外壳是否带电的工具。检测电压范围为 $60\sim 500\text{V}$ （指带电体与大地的电位差）。为了便于使用和携带，电笔常做成钢笔式结构，前端是金属探头，内部依次装接氖泡、安全电阻和弹簧。弹簧与后端外部的金属挂钩相接触，使用时手应触及金属挂钩，但测试时万万不可用手触及金属探头。

常用的低压试电笔主要有 108 测电笔、111 笔形测电笔、505 试电笔、301 矿用测电笔 4 种，其规格是指测量电压范围、总长度、氖气管长度及碳膜电阻的长度、功率及阻值等。

(1) 工作原理 当用电笔测试带电体时，带电体经电笔、人体到大地形成通电回路，只要带电体与大地之间的电位差超过一定的数值，电笔中的氖泡就能发出红色的光。如果被测体是交流电压，氖泡两极发光；如果测量的是直流电压，氖泡一极发光；如测量的带电体为正极，氖泡前端发光；如测量的带电体为负极，则氖泡后端发光。需要注意的是，有的电笔测试直流电压时氖泡不发光，是

因为电笔的内阻较大。只有电笔内阻值较小时，才有可能测量出直流母线是否有电压存在。因此不能以电笔没有测出直流母线有电压存在，而断定直流母线停电，此时可借助万用表来进行测量、重新确定。

(2) 注意事项

① 使用电笔前，一定要认真检查电笔手持部分是否已损坏。

② 要在已经确认的带电体上检查氖泡能否正常发光，验证电笔是好用的。

③ 不准触及高压设备带电部分。

④ 不要带绝缘手套握电笔。

⑤ 在明亮的光线下测试时，往往不易看清氖泡的辉光，应当注意避光（电笔发光体避光）检测。

⑥ 有些电气设备工作时外壳会因感应而带电，但不一定能造成触电危险，这时可采用其他检测手段判断（如使用万用表来进行测量其电压值）。

⑦ 电笔的金属探头多制成螺丝刀形状，由于结构上的原因，它只能承受很小的扭矩，使用时应特别注意，以防损坏。

⑧ 由于电笔中的高电阻是限制流过人体电流不超过危险值的，因此万万不可轻易进行更换，以防造成人身触电事故。

2. 螺丝刀

螺丝刀又称螺丝旋具、起子、旋凿、改锥等。它的种类很多，按头部形状不同，可分为一字形和十字形（梅花形）两种；按柄部材料和结构不同，可分为木柄、塑料柄和夹柄3种，其中塑料柄的具有较好的绝缘性能。

其规格以柄外金属杆身长度和直径表示，合称尺寸；前面的尺寸数字为杆身长度，后面的尺寸数字为杆身直径。

常用的螺丝刀有以下4种。

(1) 一字形螺丝刀 用来紧固或拆卸一字槽的螺钉和木螺钉。

(2) 十字形螺丝刀 专供紧固或拆卸十字槽的螺钉和木螺钉。

(3) 夹柄螺丝刀 其柄部是用木柄装夹在螺丝刀扁平形尾部的

两侧，是一种特殊结构的一字形螺丝刀。它比普通的一字形螺丝刀耐用，但禁止用于有电的场合。

(4) 多用螺丝刀 是一种组合工具，它的柄部和刀体是可以拆卸的。它附有三种不同尺寸的一字形刀体，两种规格号的十字形刀体和一只钢钻。换上钢钻后，可用来预钻木螺钉的底孔。它采用塑料柄，柄部结构与电笔相似，有的也在螺丝刀上安装了氖泡，故可兼作电笔使用。但由于其金属部分往往较长，因此在使用过程中应特别注意，防止触电。

3. 钳子（尖嘴钳、剥线钳）

(1) 尖嘴钳 头部尖细，适于在狭小的工作空间操作。带有刀口的尖嘴钳能剪断细小的金属丝及拆、卸固定螺母等。尖嘴钳有铁柄和绝缘柄两种，绝缘柄的工作电压为 500V，作好防护措施后，也可带电进行工作。

(2) 剥线钳 是用于剥除小直径的橡皮塑料电线、电缆端部绝缘的专用工具。它的手柄是绝缘的，可以带电操作，工作电压为 500V。其规格以全长表示，有 140mm 和 80mm。

使用中需注意：①不要同时切断两根电源线，防止造成短路；②工作前要清楚工作回路的负荷情况，防止带负荷进行工作；③钳口张开时，防止造成工作现场邻近带电部位短路或接地；④要穿戴好必要的安全防护用具；⑤使用前要特别注意，绝缘手柄处的绝缘是否损坏，不准露出金属部分。

4. 电工刀

电工刀适用于电工工作中割削电线、电缆端部绝缘、绳索、木桩及软性金属。其结构有普通式和三用式两种。普通式电工刀按刀片长度分大号（112mm）和小号（88mm）；三用式电工刀为 100mm。三用式电工刀增加了锯片和锥子，可以分别锯割电线槽板和锥钻木螺钉的底孔，常用规格有 100mm 一种。

使用中需注意：①不可在有电的设备及线路上进行工作；②刀口向外；③要握紧，用力适度；④注意周围环境，防止误伤其他人及误碰其他设备。

5. 扳手

扳手又称扳子，是用于螺纹连接的一种手动工具，种类和规格很多。主要有下面几种。

(1) 活扳手 又称扳手或活络扳手，它的开口宽度可在一定范围内调节。

(2) 呆扳手 又称死扳手，它的开口宽度不能调节，有单端开口和两端开口两种形式，分别称为单头扳手和双手扳手。

(3) 梅花扳手 此类扳手都是双头形式，它的头、尾两部分均做成空心圆形状，封闭圆内分布了 12 个可与六角头螺钉或螺母相配的牙型，适用于工作空间狭小、不便使用活扳手和呆扳手的场合。

(4) 两用扳手 一端与单头扳手相同，另一端与梅花扳手相同，两端适用同一规格的六角头螺钉或螺母。

(5) 套筒扳手 由一套尺寸不同的梅花套筒头和一些附件组成，可用在一般扳手难以接近螺钉或螺母的场合。

(6) 内六角扳手 用于旋动内六角螺钉，它的规格以六角形对边的尺寸来表示。

使用中需注意：①不可带电工作；②要选择尺寸大小合适的扳手，特别是活扳手，张开口一定要大小合适，过小不必讲，过大将可能使螺母拧坏，且扳手易脱落，伤及人员及设备；③螺旋丝处应经常涂些油，防止其生锈。

6. 安全带

又称保安带或腰绳，是在电杆上、变电站户外构架上进行高压作业时必须使用的保安用具，由大、小两根皮带（或其他材料）组成。

安全带应在使用前或使用半年后，进行拉力试验，验证安全带承受的拉力正常；不管什么样式的安全带，都不准出现松股、散股及有断口情况；安全带的紧扣要牢固，不可松、扭；安全带固定处一定要在使用前进行拉力试验，以防出现危险时，无法承受人体的重量而脱落；安全带固定处要略高于人体，不准低于人的腰部以下。

7. 接地线

是为了在已停电的设备和线路上意外地出现电压时，保证工作人员安全的重要工具。按部颁规定，接地线符合短路电流的要求，最小不得小于 25mm^2 的裸铜软线制成。

接地线一定要按规定定号、定位置正确摆放；接地线不准出现散股、断股等现象；接地线的握手柄不能损坏；地线号码牌一定要醒目、位置适中。

8. 遮栏

为防止工作人员无意碰到带电部分而装设的屏护。有软硬两种形式。软连接的遮栏一般有尼龙绳、各种颜色的布旗等；硬连接的有木制的和塑料等材料制成。遮栏还分临时遮栏和常设遮栏。

使用时一定要正确使用，防止挂错标示，引起误导；存放处要干燥，防止霉变，造成损坏、褪色等；存放在规定的固定场所。

9. 标示牌

用来警告人们不得接近设备的带电部分，指示为工作人员准备工作地点，提醒采取安全措施，以及禁止向设备或某段线路合闸通电的通告标牌。标示牌可分为警告类、允许类、提示类和禁止类等。

标示牌要分类存放在固定处；使用时要固定好，防止脱落，并做好记载。

10. 高压绝缘棒

又称令克棒、绝缘拉杆、操作杆等，用来操作 35kV 及 35kV 以下的高压跌落式熔断器及隔离开关等。它由几节可以接长的层压玻璃布管或虫胶桑皮纸管组成，棒头上有金属拉钩，以便操作时套入熔丝管及隔离开关的操作环内。

使用及保养时需注意：①无特殊防护装置的高压绝缘棒不允许在下雨或下雪时进行室外操作；②高压绝缘棒每年应定期做预防性试验，并加盖合格章；③不准在超过绝缘棒电压等级的线路、设备上工作进行；④使用时要戴好绝缘手套；⑤高压绝缘棒应垂直存放在支架上，或吊挂在室内。

11. 高压验电笔（器）

用来检查高压网络变配电设备、架空线、电缆头等电气设备是否带电的工具，是变电站值班人员经常用到的一种防护工具。主要根据轮盘指针转动，声响来发出有电信号，验电器主要根据不同电压等级进行划分。

使用及存放时需注意：①进行线路验电时，一定要确认该线路的电压等级，从而选择与之电压相适应的验电器，万万不可使用低电压等级的验电器去检验超过验电器电压等级的线路；②要戴好绝缘手套；③触及带电点时，要尽量使验电器垂直，不可斜向触及，防止连接邻近带电设备；④存放处固定、干燥，按电压等级不同进行分类摆放；⑤存放处要牢固，不可造成掉落而造成损坏；⑥定期校验并合格。

第二节 变电站常用仪表

为了保证电气设备安全、经济、可靠地运行，在变电站中装有一定数量的测量和监视仪表，并备有必要的测试仪表。用这些电工仪表来监视各个回路的电能质量、负荷数值以及某些设备和装备的运行状况，以便值班人员正确掌握运行情况，及时发现异常现象，迅速排除故障点，以预防发生事故。

电气指示仪表是保证电力系统安全经济运行的重要工具之一，是变电站值班人员监督电气设备运行状况的主要依据，是正确统计电力负荷、积累技术资料 and 计算生产指标的基本数据的来源。

大多数的电工检测仪表都是在被测量的作用下，引起仪表活动部分的偏转，根据这个偏转角的大小来确定被测量的值。在制造过程中根据试验结果在仪表盘上做好刻度划分、数值注明，从而使指示数值一目了然。

电磁系仪表的驱动装置机构常见的有吸引型和推斥型。吸引型电磁系仪表的驱动装置是由固定部分——线圈和活动部分——铁片组成，当线圈通入被测电流时产生磁场，将铁片磁化而被吸入线圈，于是产生了使活动部分偏转的转矩 M 。转矩 M 的大小与被测量的大小有关。排斥型仪表在固定线圈内装有固定铁片和与转轴同

轴的铁片，当有电流通过时两铁片磁化，极性相同，从而互相排斥，使转轴转动。其转角与被测电流大小有关。

产生反作用力矩的控制装置，一般采用温度系数较小，而弹性较强的锡锌青铜制成的螺线形游丝。有了控制装置以后，仪表活动部分的偏转将使游丝产生变形，这时游丝所产生的力矩称为反作用力矩，其大小与活动部分的偏转角成正比，方向与转矩相反。因此仪表的活动部分，在转矩和反作用力矩的联合作用下，将转到二者平衡为止，这时仪表的偏转角，将与转矩的大小相对应，而与被测量的大小有关。

电气仪表按使用方式来分，主要分手持仪表和固定测量仪表两大类。

一、手持仪表

值班人员经常使用手持仪表，使用不当很容易发生仪表损坏及人身伤害现象。常见的问题主要是：使用者个人安全防护用具不齐全、工作中粗心马虎、相互配合监护不利、周围环境、光线不足等；仪表种类、挡位选择不对、使用方法不对等。因此必须加强学习，认真工作，以杜绝此类现象发生。

此处只介绍手持仪表的特点、使用注意事项及个别现象分析，其工作原理由于有大量资料及说明可供参考，受篇幅所限，这里不再一一详细介绍。

1. 万用表

万用表是一种多功能的测试仪表，也是变电站值班人员经常使用的一种工具仪表。一般的万用表都具有测量直流电流、直流电压、交流电压、电阻和音频电平等五项基本功能，且每种功能都具有多种测试量程。有的万用表测试项目更广，功能更完善，所以万用表又叫做万能测试仪表。其内部结构一般由三部分组成：测量机构、测量线路和转换开关。

万用表主要分指针式和数字式两类。指针式万用表外形美观，表盖用透明有机玻璃制成，读数清晰，标度盘装有反光镜，可减少视觉误差，体积小，携带方便。数字式万用表采用运算放大器和大

规模集成电路，通过模数转换将被测量用数字形式显示出来。它具有读数直观、准确度高、性能稳定等特点，不但可广泛用于多种用途的数字测量，还可作为较低级数字电压表、数字面板表等校验用仪表。

使用万用表注意事项及个别现象分析如下。

(1) 指针式万用表中交流挡与直流挡在同一量程时刻度大部分不相重合，特别是低刻度时相差很大。这是因为在万用表中交流电是靠整流器变为直流送入表头进行测量的。由于整流器具有非线性特性（即它的电阻值随所加的电压值改变而改变，电压低时电阻值大），因此在测量低电压的时候，流过的电流并不完全正比于所加电压的数值，而较应有的数值稍为小些。在整修刻度范围中，交直流读数在满刻度处的设计是重合的，在其他点上交流的刻度相对都较小。

(2) 测量电阻时，要先用调节电阻，把指针调到零位。这是因为万用表的电源——干电池的电压，不能长期恒定，利用调节电阻把指针调到零位，即是使外部输出电压保持恒定，从而减少误差。另外，调换测试电阻挡位时，也要注意验证指针零位问题。

(3) 测量交流或直流电压，要注意按稍大于被测量的数值来选择量程，这是因为这样测量可使表头指针获得较大的偏转，通常以指针偏转大于标尺刻度全长的三分之二以上为最理想。例如：测量220V交流电，最好使用交流250V电压档量程，可减小测量误差。如果不十分清楚被测种类，应使用表计中交流电压最高档位进行验证。

(4) 用欧姆档测量电阻时，要注意切断被测电路的电源。这是因为万用表测量电路中本身就有电源，不再需要任何外界电源。如对带电的电阻进行测量，就相当于在表头电路中又加入了一个外加电压。这样不但使测量的数值不准确，而且很可能烧坏表头。

(5) 测量过程中，测试人员两手不可以接触试针（表笔）导电部分。这是因为：①测量电压时，易发生触电事故；②测量电阻时，测出的阻值实际上是被测电阻与人体两手间电阻的并联值，与