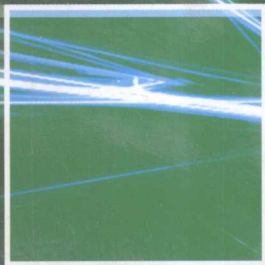
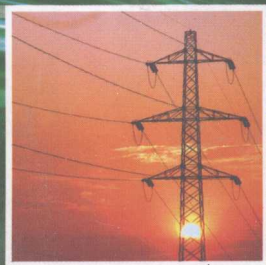
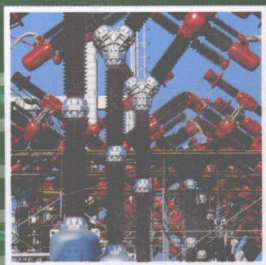




实用最新电力技术系列培训教材

电气运行与检修

汪永华 陈化钢 戴建新 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



实用最新电力技术系列培训教材

本书由合群内，用取西通备已计活备为于中个世最最好，章八共注本

电气运行与检修

汪永华 陈化钢 戴建新 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书共分八章,较系统地介绍了电气设备运行与检修的知识,内容有电气运行与检修基本知识、电气设备倒闸操作、变压器运行与检修、互感器运行与检修、高压开关设备运行与检修、电力线路运行与检修、防雷装置运行与检修、电气设备绝缘试验等。本书内容丰富、实用性强,叙述简洁明了、深入浅出。

本书可供从事电气设备运行与检修的工程技术人员使用,也可作为电气专业培训教材及电气相关专业大中专院校师生的参考用书,还可供企业从事工厂供配电系统设计、运行和管理的技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电气运行与检修 / 汪永华, 陈化钢, 戴建新主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2008

(实用最新电力技术系列培训教材)

ISBN 978 - 7 - 5084 - 5510 - 5

I. 电… II. ①汪…②陈…③戴… III. ①电气设备—运行—技术培训—教材②电气设备—检修—技术培训—教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 053922 号

书 名	实用最新电力技术系列培训教材 电气运行与检修
作 者	汪永华 陈化钢 戴建新 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 22.75 印张 539 千字
版 次	2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	39.50 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

随着我国对城乡电网改造的重视和投入的加大，电力事业正在蓬勃发展，电力已广泛应用在社会生活的各个领域。目前在广大城乡，各行各业都形成了庞大的运行与维修电工队伍，不少新上岗的人员在电气设备运行、检修和试验中往往对常见的异常问题缺乏分析和处理能力，以致发现不了电气设备故障的原因或造成误判断、错处理，使原本可以避免的事故没能有效防止甚至使得事故扩大，造成不应有的损失。为了快速提高电气工作人员的设备运行与检修技能，特别是新上岗电工的运行与维修水平，保证电气设备的安全可靠运行，我们编写了电气运行与检修一书。

本书编写时以现场应用或正在推广的新设备、新技术、新工艺作为分析对象，反映最新的技术成果，理论联系实际，强化工程意识，促进运行维修技能的提高。通过本书的学习，能快速了解电气设备运行与维护，熟悉电气设备的常见故障现象和故障原因以及故障处理方法，为从事电气设备运行维修工作打下良好基础。本书以现行的国家标准、规范、规程等为依据进行编写，便于应用。

本书内容丰富、简明实用、浅显易懂。读者通过对本书的学习，能快速掌握高压电气设备运行与检修技术，大大提高自己的业务水平和工作能力。

本书由汪永华、陈化钢、戴建新主编，参加本书编写的还有黄太贵、陈涵林、吕之伦、马光胜、江淑军、王琪等。全书由汪永华统稿。

本书在编写过程中，查阅了大量的资料，参考和引用了有关书籍的一些内容，谨向被本书引用的参考文献的作者表示衷心的感谢。由于电气设备运行检修涉及面广，新产品、新技术的应用越来越广泛，加之编者水平有限，不妥和错误之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

作者

2008.2

目 录

前言

第一章 电气运行与检修基本知识	1
第一节 电气运行的主要任务.....	1
第二节 变电所值班人员的任务、职责及要求.....	2
第三节 电气设备的安全运行.....	4
第四节 电气设备的巡视检查.....	9
第五节 新设备投入运行的管理.....	13
第六节 变电所电气事故的处理.....	13
第七节 电气设备的检修.....	15
第八节 变电所电气设备的故障诊断.....	20
第九节 变电所电气设备的大修和小修.....	24
思考题一.....	28
第二章 电气设备倒闸操作	29
第一节 概述.....	29
第二节 操作票制度及执行.....	30
第三节 倒闸操作管理.....	35
第四节 倒闸操作中的误操作.....	38
思考题二.....	42
第三章 变压器运行与检修	44
第一节 变压器的运行.....	44
第二节 变压器的巡视检查.....	53
第三节 变压器的异常运行分析及事故处理.....	55
第四节 变压器的检修.....	66
第五节 变压器的干燥.....	88
第六节 变压器油的处理.....	93
第七节 变压器的状态监测与故障诊断.....	99
思考题三.....	104
第四章 互感器运行与检修	106
第一节 概述.....	106
第二节 互感器的运行.....	107
第三节 互感器的检修.....	113

思考题四	136
第五章 高压开关设备运行与检修	137
第一节 高压断路器运行与检修	137
第二节 高压隔离开关运行与检修	170
第三节 高压负荷开关运行与检修	175
第四节 高压熔断器运行与检修	178
思考题五	181
第六章 电力线路运行与检修	183
第一节 概述	183
第二节 电力线路运行	183
第三节 电力电缆线路的检修	189
思考题六	216
第七章 防雷装置运行与检修	218
第一节 概述	218
第二节 防雷装置的运行	218
第三节 防雷装置的检修	240
思考题七	247
第八章 电气设备绝缘试验	248
第一节 概述	248
第二节 预防性试验的基本方法	252
第三节 电气设备的试验项目与要求	299
思考题八	308
附录	310
附录 A 变电站（发电厂）第一种工作票格式	310
附录 B 变电站（发电厂）第二种工作票格式	313
附录 C 变电站（发电厂）倒闸操作票格式	315
附录 D 电力线路倒闸操作票格式	316
附录 E 变电站（发电厂）带电作业工作票格式	317
附录 F 变电站（发电厂）事故应急抢修单格式	319
附录 G 二次工作安全措施票格式	320
附录 H 电力线路第一种工作票格式	321
附录 I 电力线路第二种工作票格式	323
附录 J 电力电缆第一种工作票格式	324
附录 K 电力电缆第二种工作票格式	327
附录 L 电力线路带电作业工作票格式	329
附录 M 电力线路事故应急抢修单格式	331

附录 N	绝缘安全工器具试验项目、周期和要求	332
附录 O	登高工器具试验标准表	335
附录 P	起重机具检查和试验周期、质量参考标准	336
附录 Q	标示牌式样	338
附录 R	紧急救护法	339
参考文献	353

第一章 电气运行与检修基本知识

第一节 电气运行的主要任务

变电所电气运行的主要任务是保证变电所电气设备安全、经济、优质、可靠运行。

一、安全运行

电气生产的特点是发、供、用电同时进行。若发生重大事故，不仅会使人身和设备受到损害，而且会直接影响到人民的正常生活，甚至使国民经济蒙受严重损失。为此，变电站运行、检修人员必须牢固树立“安全第一”的思想。这也是我国的电力方针。

为了确保安全运行，必须经常对全站职工进行安全生产的教育，使广大职工充分认识到搞好安全生产的重要意义及忽视安全生产的危害性，从而使全站职工，特别是运行、检修人员加强政治责任感和工作责任心。同时，还必须建立和健全必要的规章制度，加强对运行、检修人员的技术培训，不断提高他们的技术水平和分析处理事故的能力，及时、正确地进行事故处理，排除隐患。要加强对设备的巡视检查和维护检查，提高设备完好率，把电力安全生产提高到一个新水平。

二、经济运行

经济运行是指供电系统的投资要少，运行费用要低，并尽可能地节约电能和有色金属消耗量。

为了确保经济运行，必须加强技术管理，提高技术水平，采用经济运行方式，合理分配负荷，提高设备检修质量，缩短检修时间，消除设备缺陷，提高设备健康水平和完好率，做到经济、优化运行。

三、优质供电

优质供电是指供电系统供给的电能质量应能满足用户的用电要求。传统的电能质量只有三个主要指标，即电压、频率和可靠性（不间断供电），其中前两者是电能质量的重点考核指标。根据需要，目前又增加了谐波、三相不平衡度、电压波动和闪变四个指标。

关于频率质量，在《供电营业规则》中规定，在电力系统正常状态下，供电频率的偏差为：①电网装机容量在300万kW及以上的，为 $\pm 0.2\text{Hz}$ ；②电网装机容量在300万kW以下的，为 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。在电力系统非常状况下，供电频率允许偏差不应超过 $\pm 1.0\text{Hz}$ 。

电压是电能的主要指标之一。衡量电压质量的指标是电压偏差、电压波动、电压波形是否畸变（即是否含有高次谐波电压不平衡度）等。

四、可靠运行

可靠是指变电所能够连续把电站发出的电能不中断地向系统送出。若变电所中的设备发生故障或检修，应有备用设备或通过改变运行方式来保证可靠性。

第二节 变电所值班人员的任务、职责及要求

一、值班人员的任务

值班人员在工作时间内对分管的设备和运行事务负责，并应按照规程、制度及上级值班人员的要求，进行安全、经济的运行工作，其具体任务是：

(1) 按照交接班制度有关规定，接班人员必须提前 15min 进入厂房，由交班人员介绍运行情况，并由接班人员对运行设备按规定检查项目逐项进行检查。若设备运行正常，在交接班记录簿上签字，到时间进行交接班。

(2) 在值班期间，按规定时间间隔，抄录主变、线路等全部表计的指示值及所用电屏上表计的指示值。

(3) 监盘操作，即监视运行设备，并及时调整设备的各项运行参数，使之工作在规定的范围内。

(4) 负责填写操作票，在值（班）长或主值的监护下，进行倒闸操作。

(5) 当发生事故或异常情况时，应在值（班）长领导下尽快设法处理事故与异常情况并做好详细真实的运行及事故记录。

(6) 为检修人员办理工作票的开工和结束手续。

(7) 每班对不同设备应按规程规定进行巡视检查。

(8) 发现设备缺陷应及时设法消除，或向值（班）长汇报，并做好记录。

(9) 做好备品、工具、安全用具、图纸、资料及测量仪表等的保管工作。

(10) 在交班前，做好运行日志、记录本等的填写，并搞好全所卫生工作。

(11) 交班时，应向接班人员介绍本班运行情况及应注意的事项。如本班在当班运行中发生了事故，一般应待事故处理完毕后才能下班，下班后应立即召开事故分析会。

二、值班人员的职责范围

1. 运行值班人员的岗位责任制

运行值班人员首先应该严格遵守岗位责任制。岗位责任制规定了运行值班人员在值班时的职责权限及应遵守的纪律。

(1) 运行值班人员岗位责任制主要内容。

1) 规定值班人员的德、才、资（经验）。

2) 规定运行值班人员管理设备和生产现场的职权和职责。

3) 规定运行值班人员操作设备的职权和职责。

这就是说作为一个运行值班人员，除了懂得规定的“应知”、“应会”外，还必须通过现场实习，取得一定的实际技术工作经验和操作技能后，才能正式参加运行值班。

(2) 运行值班人员的运行纪律。

运行值班人员在运行值班时应明确肩负的重任，树立起高度的责任感，自觉遵守如下运行纪律：

1) 应服从电力系统值班调度员的操作命令（除严重威胁设备和人员安全者外），不得

不听指挥而拒绝执行命令。

2) 要坚守岗位, 不应迟到或早退, 不得擅离职守。

3) 要严格执行有关规章制度, 做到严肃认真、一丝不苟。不得自由散漫、有章不循、粗枝大叶、漫不经心。

4) 要专心致志地值好班, 全神贯注地进行监视及调节运行设备, 及时分析仪表变化, 在值班时不得看报和书籍, 不打瞌睡, 不做与值班无关的事情。

5) 作运行记录时要做到字迹清楚, 数据准确、详细、真实。不应含义不清, 更不准乱涂乱画、伪造数据。

6) 在操作或检修时要认真执行有关制度, 精心操作, 坚决克服操作上的坏习惯。

7) 要按规定巡查各种设备, 不得走马观花, 更不得疏漏不查。

8) 如果发生异常情况, 应如实反映, 不得弄虚作假, 隐瞒真相。

9) 要注意文明生产, 搞好生产现场的清洁工作, 不得在设备附近烤晒衣物。

总之, 运行值班人员在值班时必须自觉遵守劳动纪律和各项规章制度。集中注意力, 坚守岗位, 按时准确地填写运行日志。一旦发现异常现象, 应立即向值(班)长或电力系统值班调度员汇报并请示处理意见。按规程规定的时间定期对设备进行巡回检查。值班人员在值班时应衣容整洁, 女工应将发辫盘入工作帽内。严禁酒后值班等。

2. 交接班制度

交接班制度主要是规定运行值班人员在交接班时的职责和职权、交接班的内容、交接班的方法和顺序。

各运行岗位应进行对口交接。为了明确交班和接班双方在运行上的职责, 双方应履行交接班手续, 按规定内容交接清楚后, 双方共同签字。自接班人员在交接班记录簿上签字时候起, 运行工作的全部责任由接班人员负责。在未办完交接班手续前, 交班人员不得离开值班岗位。

交接班的内容应包括现场设备检查, 各岗位运行日志和各种记录的查阅, 安全用具、工具、备品和规程、资料的清点, 以及异常运行、设备缺陷、检修情况和运行方式变动情况的交接等。具体的交接内容应根据各岗位的职责和需要予以规定, 并报请上级有关领导批准。

交班人在交班前应做好准备, 检查本班有关事项是否均已记入各类记录簿, 检查各类交接物件是否齐全等。在未做好交接班准备时双方不应交接班。接班人应提前到班做好接班前的检查准备工作, 并会同交班人一起进行各项交接班检查。接班检查结束后, 双方在交接班记录簿上认可签字, 交接班手续至此完成。

在处理事故或进行重要的操作时, 不得进行交接班。

值班人员在值班时应填写下列值班记录:

(1) 交接班记录簿。

(2) 运行日志, 按时系统地记录各主要设备的运行情况及技术数据。

(3) 设备缺陷记录簿, 主要记载值班时发现的设备缺陷和不良状况及相应的处理方法。该记录簿应由值(班)长逐项查阅并签字。

(4) 命令记录簿, 主要记录现行规程中未包括而需要长期执行的指示; 运行时临时发

布的命令及批评意见。值（班）长和运行值班人员都应在命令记录簿上认可签字。

上述值班记录在交接班时，交班人员应交代清楚，接班人应仔细查阅，询问明白。

3. 其他规程、制度

运行值班人员在运行值班时还应遵循其他一些规程制度，主要有电业安全工作规程、设备运行规程、技术监督制度和设备的巡视、检查、维护、保养制度等。

运行值班人员在运行值班期间，应加强对设备的巡视检查，对设备要进行经常保养、维护及定期试验，防止设备不正常的老化、磨损、腐蚀和结垢，做到仪表灵、运转好、出力足、不漏水、不漏风、不漏油。这些就是设备的巡视、检查、维护、保养制度所规定的主要内容。

为了在运行值班时能确保人身及设备安全，小型水电站必须遵照《电业安全工作规程》（DL 408—91）的规定，结合本站实际，制定本水电站的安全工作规程。

三、对值班人员的技术要求

（1）应具备一定的电工基础知识，并熟悉本所的电气接线系统（如一次主系统、厂用电系统、照明系统、直流系统等）及其正常运行方式。

（2）熟悉本所各种电气设备的规范、用途、特性等。

（3）熟悉控制屏、配电屏或集控台上所有测量表计及信号（包括中央信号装置、同期装置等）。

（4）熟悉发电机、变压器、输电线路等的继电保护和自动装置。

（5）熟悉电业安全工作规程及运行规程。

（6）了解本电站的安全生产过程。

（7）掌握常用电工测量仪表（包括兆欧表、钳形电流表、万用表等）的正确使用方法及安全用具的正确使用和注意事项等。

第三节 电气设备的安全运行

一、保证安全的组织措施

在变电所（发电厂）的电气设备或电力线路上工作时，应严格执行电力行业标准《电业安全工作规程》（DL/T 408—91），要切实做好各项保证电气安全的组织措施，即工作票制度、工作许可制度、工作监护制度、工作间断、转移和终结制度。

1. 工作票制度

在电气设备上工作，必须得到许可或命令方可进行。工作票制度是准许在电气设备上（或线路上）工作的书面命令，是工作班组内部以及工作班组与运行人员之间为确保检修工作安全的一种联系制度。工作票制度的目的是使检修人员、运行人员都能明确自己的工作责任、工作范围、工作时间、工作地点；在工作情况发生变化时如何进行联系；在工作中必须采取哪些安全措施，并经有关人员认定合理后全面落实。除一些特定工作外，凡在电气设备上进行工作的，均须填写工作票。

（1）工作票的种类及使用范围。工作票分为第一种工作票和第二种工作票，其格式见

附录 A 和附录 B。

第一种工作票的使用范围如下：

- 1) 在高压设备上工作需要全部停电或部分停电者。
- 2) 在高压室内的二次接线和照明等回路上的工作，需要将高压设备停电或做安全措施者。

第二种工作票的使用范围如下：

- 1) 带电作业和在带电设备外壳上工作。
- 2) 在控制屏、低压配电屏和配电箱电源干线上工作。
- 3) 在二次接线回路上工作，无需将高压设备停电的场合。
- 4) 在转动中的发电机、同期调相机的励磁回路或高压电动机转子电阻回路上工作。
- 5) 非当值值班人员用绝缘棒和电压互感器定相或用钳形电流表测量高压回路电流的工作。

此外，其他工作可口头或电话命令，如事故抢修工作，不用填写工作票，但值班员要将发令人、工作负责人及工作任务详细记入操作记录簿中。无论口头还是电话命令，其内容必须清楚正确，受令人要向发令人复诵核对无误后方可执行。

(2) 工作票的填写与签发。工作票要用钢笔或圆珠笔填写，一式两份，应正确清楚，不得任意涂改。工作负责人可以填写工作票。

工作票签发人应由本所内熟悉本所技术人员水平、熟悉本所设备情况和熟悉电业安全工作规程的生产领导人或电气技术人员担任。工作负责和允许办理工作票的值班员（工作许可人）不得签发工作票。工作票签发人员名单应当面公布。工作许可人应由主管生产的领导当面批准。工作票签发人不得兼任所签发任务的工作负责人。工作票签发人必须明确所签发任务的必要性、安全性以及工作票上所填安全措施是否完备，所派工作负责人和工作班人员是否适当和足够，精神状态是否良好。

一个工作负责人只能发给一张工作票。工作票上所列的工作地点，以一个电气连接部分为限。如果需作业的各设备属于同一电压，位于同一楼层，同时停送电，又不会触及带电体时，则允许几个电气连接部分共用一张工作票。在几个电气连接部分依次进行不停电的同一类型的工作，如对各设备依次进行校验仪表的工作，可签发一张（第二种）工作票。若一个电气连接部分或一个配电装置全部停电时，对与其连接的所有不同地点的设备的工作，可发一张工作票，但要详细写明主要工作内容。几个班同时进行工作时，工作票可发给一个总负责人，在工作班成员栏内只填明各班的负责人，不必填写工作人员名单。

(3) 工作票的执行。两份工作票中的一份必须经常保存在工作地点，由工作负责人收执，另一份由值班员收，执行按值移交。值班员应将工作票号码、工作任务、工作许可时间及完工时间记入操作记录簿中。在开工前工作票内标注的全部安全措施应一次做完，工作负责人应检查工作票所列的安全措施是否完备和值班员所做的安全措施是否符合现场的实际情况。

第一种工作票应在工作前一日交给值班员，若变电所离工区较远，或因故更换新工作票，不能在工作前一天将工作票送到，工作票签发人可根据自己填好的工作票用电话全文传达给变电所的值班员，值班员应做好记录，并复诵核对。若电话联系有困难，也可在进

行工作的当天预先将工作票交给值班员。临时工作可在工作开始之前交给值班员。第二种工作票应在进行工作票工作的当天预先交给值班员。第一、第二种工作票的有效时间以批准的检修期为限。对于第一种工作票，至预定时间工作尚未完成，应由工作负责人办理延期手续。延期手续应由工作负责人向值班负责人申请办理，主要设备检修延期要通过值班长办理。工作票有破损不能继续使用时，应填补新的工作票。

需变更工作班的成员时，须经工作负责人同意。需要变更工作负责人时，应由工作票签发人将变动情况记录在工作票上。若扩大工作任务，必须由工作负责人通过工作许可人，并在工作票上增填工作项目。若需变更或增设安全措施，必须填写新的工作票，并重新履行工作许可手续。

执行工作票的作业，必须有人监护。在工作间断、转移时执行间断、转移制度。工作终结时执行终结制度。

2. 工作许可制度

为了进一步确保电气作业的安全进行，完善保证安全的组织措施，对于工作票的执行，规定了工作许可制度，即未经工作许可人（值班员）允许不准执行工作票。

工作许可人（值班员）认定工作票中安全措施栏内所填的内容正确无误且完善后，去施工现场具体实施。然后会同工作负责人在现场再次检查必要的接地、短路、遮栏和标示牌是否装设齐备，并以手触试已停电并已接地和短路的导电部分，证明确无电压，同时向工作负责人指明带电设备的位置及工作中的注意事项。工作负责人确认后，工作负责人和工作许可人在工作票上分别签名。完成上述许可手续后，工作班方可开始工作。

工作许可人、工作负责人任何一方不得擅自变更安全措施；值班人员不得变更有关检修设备的运行接线方式，工作中如有特殊情况需变更时，应事先取得对方的同意。

3. 工作监护制度

监护制度是指工作人员在工作过程中必须受到监护人一定的指导和监管，以及时纠正不安全的操作和其他的危险误动作。特别是在靠近有电部位工作及工作转移时，监护工作更为重要。

工作负责人同时又是监护人。工作票签发人或工作负责人可根据现场的安全条件、施工范围、工作需要等具体情况，增设专人进行监护工作，并指定被监护的人数。

工作期间、工作负责人（监护人）若因故需离开工作地点时，应指定能胜任的人员临时代替监护人的职责，离开前将工作现场情况向指定的临时监护人交待清楚，并告知工作班人员。原工作班负责人返回工作地点时，也履行同样的交接手续。若工作负责人需长时间离开现场，应由原工作票签发人变更新工作负责人，并进行认真交接。

专职监护人不得兼做其他工作。在下列情况下，监护人可参加班组工作：

(1) 全部停电时。

(2) 在变电所内部分停电时，只有在安全措施可靠，工作人员集中在一个工作地点，工作人员连同监护人不超过3人时。

(3) 所有室内、外带电部分均有可靠的安全遮栏，完全可以做到防止触电时。

完成工作许可手续后，工作负责人（监护人）应向工作班人员交待现场的安全措施、带电部位和其他注意事项。工作负责人（监护人）必须始终在工作现场，对工作班人员的

安全认真监护，及时纠正违反安全的动作，防止意外情况发生。

所有工作人员（包括监护人），不许单独留在室内和室外变电所高压设备区内。若工作需要一个人或几个人同时在高压室内工作，如测量极性、回路导通试验等工作时，必须满足两个条件：一是现场的安全条件允许；二是所允许工作的人员要有实践经验。监护人在这项工作之前要将有关安全注意事项作详细指示。

值班人员如发现工作人员违反安全规程或发现有危及工作人员安全的任何情况，均应向工作负责人提出改正意见，必要时暂时停止工作，并立即向上级报告。

4. 工作间断、转移和终结制度

工作间断制度是指当日工作因故暂停时，如何执行工作许可手续、采取哪些安全措施的制度。工作间断时，后继工作人员应从工作现场撤离，所有安全措施保持不变，工作票仍由工作负责人执存。间断后继续工作时，无需通过工作许可人。每日收工，应清扫工作地点，开放已封闭的道路，并将工作票交回值班员。次日复工时，应得到值班员许可，取回工作票，工作负责人必须重新认真检查安全措施是否符合工作票要求后，方可工作。若无工作负责人或监护人带领，工作人员不得进入工作地点。

在工作期间，若需要紧急合闸送电时，值班员在确认工作地点的工作人员已全部撤离，报告工作负责人或上级领导，并得到他们的许可后，可在未交回工作票的情况下合闸送电，并应采取下列措施：

(1) 拆除临时遮栏、接地线和标示牌，恢复常设遮栏，换挂“止步，高压危险！”的标示牌。

(2) 必须在所有通道派专人守候，以便告诉工作班人员“设备已经合闸送电，不得继续工作”，守候人员在工作票未交回以前，不得离开守候地点。

工作转移制度是指每转移一个工作地点，工作负责人应采取哪些安全措施的制度。在同一电气连接部分用同一工作票依次在几个工作地点转移工作时，全部安全措施由值班员在开工前一次做完，不需再办理转移手续，但工作负责人在转移工作地点时，应向工作人员交待带电范围、安全措施和注意事项。

工作终结制度是指工作结束时，工作负责人、工作班人员及值班员应完成哪些规定的工作内容之后，工作票方可终结的制度。全部工作完毕后，工作班应清扫、整理现场。工作负责人应先周密检查，待全体人员撤离工作地点后，再向值班人员讲清所检修的项目、发现的问题、试验的结果和存在的问题等，并同值班人员共同检查设备状况、有无遗留物件、是否清洁等，然后在工作票上填明工作终结时间。经双方签名后，工作票方告终结。已结束的工作票，保存3个月。

二、保证安全的技术措施

在全部或部分停电的电气设备上工作时，为了保证人身安全，作业前必须执行保证安全的技术措施。

1. 停电

工作地点必须停电的设备如下：

(1) 检修的设备。

(2) 与工作人员在进行工作中正常活动范围的距离小于表1-1规定的设备。

(3) 在 44kV 以下的设备上工作，上述安全距离虽大于表 1-1 的规定，但小于表 1-2 的规定，同时又无安全遮栏的设备。

表 1-1 工作人员正常工作的活动
范围与带电设备的距离

电压等级 (kV)	安全距离 (m)
10 及以下	0.35
20~35	0.6
44	0.9
60~110	1.5

表 1-2 设备不停电时的
安全距离

电压等级 (kV)	安全距离 (m)
10 及以下	0.7
20~35	1.0
44	1.2
60~110	1.5

(4) 带电部分在工作人员后面或侧面无可靠安全措施的设备。

将检修设备停电，必须将各方面的电源完全断开（任何运用中的星形接线设备的中性点，必须视为带电设备）。禁止在只经断路器断开电源的设备上工作。必须拉开隔离开关，使各方面至少有一个明显的断开点。与停电设备有关的变压器和电压互感器，必须从高、低压两侧断开，防止向停电检修设备反送电。

为防止已断开的断路器误合闸，应取下断路器控制回路的熔断器或者关闭汽、油阀门等。对一经合闸有可能送电到停电设备的隔离开关，其操作把手必须锁上。

2. 验电

停电后，还应检验已停电设备有无电压。这样可以明显地验证设备是否确无电压，以防出现带电装设接地线或带电合接地刀闸等恶性事故。

验电时，必须用电压等级合适而且合格的验电器，在检修设备进出线两侧各相分别验电。验电前，应先在有电设备上进行试验，确证验电器的良好。

高压验电必须带绝缘手套，验电时应使用相应电压等级的专用验电器。

3. 装设接地线

当验明设备确无电压后，应立即将检修设备接地并三相短路。这是保护工作人员在工作地点防止突然来电的可靠安全措施，同时设备的剩余电荷亦可因接地而放尽，而且还可以消除因线路平行、交叉等引起的感应电压或大气过电压造成的危害。

对于可能送电至停电设备的各方面或可能产生感应电压的停电设备都要装设接地线，即做到对来电侧而言，始终保证工作人员在接地线的后侧。所装接地线与带电部分距离应符合有关规定。

装有接地开关的设备停电检修时应合上接地刀闸以代替接地线。当接地刀闸有缺陷需检修时，应另行装设接地线代替该接地刀闸，才可拉开接地刀闸进行检修。

装设接地线时，必须先接接地端，后接导体端，这样做的好处是停电设备若还有剩余电荷或感应电时，因接地而将电荷放尽，不会危及人身安全。万一因疏忽跑错设备或出现意外突然来电时，因接地而使保护动作并使开关跳闸，将电源切断，并有效地限制接地线上的电位而保护人身安全。同理，拆除接地线的顺序与装设接地线的顺序相反。为了进一步确保操作人员的人身安全，要求拆、装接地线时，均应使用绝缘棒或戴绝缘手套。

接地线在装设前应经过详细检查，禁止使用不符合规定的导线作接地线和短路之用。接地线必须用专用的线夹固定在导体上，严禁用缠绕的方法进行接地和短路。

4. 悬挂标示牌和装设遮栏

工作人员在验电和装设接地线后，应在一经合闸即可送电到工作地点的开关的操作把手上，悬挂“禁止合闸，有人工作！”的标示牌，或在线路开关的操作把手上悬挂“禁止合闸，线路有人工作！”的标示牌，标示牌的悬挂和拆除，应按调度员的命令执行。

部分停电的工作，当安全距离不能满足要求时，应装设临时遮栏，用以隔离带电设备，并限制工作人员的活动范围，防止在工作中对高压带电部分的危险接近。临时遮栏可用干燥木材、橡胶或其他坚韧绝缘材料制成，装设应牢固，并悬挂“止步，高压危险！”的标示牌。因工作特殊需要，35kV及以下设备的临时遮栏，可用绝缘挡板与带电部分直接接触，挡板的绝缘性能应符合规定。

在室内高压设备上工作，应在工作地点两旁间隔和对面间隔的遮栏上和禁止通行的过道上悬挂“止步，高压危险！”的标示牌。可以更明确地警戒工作人员不要误入带电间隔的高压导电部分或附近，从而保证安全。

室外设备，大都没有固定的围栏，设备布置也不像室内集中。为了更好警戒检修工作地点，限制检修工作人员活动范围，应在工作地点四周用绳子做好围栏，将检修设备围起来，指定检修人员在围栏内进行检修工作，围栏上应悬挂适当数量的“止步，高压危险！”的标示牌。标示牌必须朝向围栏里面（即面向检修人员）。

在工作地点悬挂“在此工作”的标示牌，这样可以提示检修工作人员，防止走错间隔。

在工作人员上下用的铁架或梯子上，应悬挂“从此上下！”的标示牌，在邻近其他可能误登的架构上，应悬挂“禁止攀登，高压危险”的标示牌。

各种安全遮栏、标示牌和接地线等都是为了保证检修工作人员的人身安全和设备安全运行而做的安全措施，任何工作人员在工作中都不能随便移动和拆除。如确因工作需要，须变动上述安全措施的内容或做法时，必须征得工作许可人的同意，工作完成后，应立即恢复原来状态并报告工作许可人。

第四节 电气设备的巡视检查

一、电气设备巡视检查的规定

1. 执行《电业安全工作规程》(DL 408—91) 有关规定

(1) 经企业领导批准允许单独巡视高压设备的值班人员和非值班人员巡视高压设备时，不得进行其他工作，不得移开或超过遮栏。

(2) 雷雨天气需要巡视室外的高压设备时，应穿绝缘靴，并不得靠近避雷器和避雷针。

(3) 高压设备发生接地时，室内不得接近故障点 4m 以内，室外不得接近故障点 8m 以内。进入上述范围内的人员必须穿绝缘靴，接触设备外壳和构架时应戴绝缘手套。

(4) 巡视配电装置时, 进出高压室必须随手将门锁好。

(5) 高压室的钥匙至少应有三把, 由变电值班人员负责保管, 按值移交。一把专供紧急时使用, 一把专供值班人员使用, 还有一把可以借给许可单独巡视高压设备的人员或工作负责人使用, 但必须登记签名并当日交回。

(6) 新进人员和实习生不可单独巡视检查。

(7) 维护班进行红外线测温、继保巡视等, 必须执行工作票制度。

2. 值班人员进行巡视检查时注意事项

(1) 须随身携带巡视记录小册子, 按照站内规定的巡视检查线路进行检查, 防止漏查设备。巡视前应了解站内设备负荷分配及设备健康情况, 以便有重点地进行仔细检查。

(2) 在设备检查中, 要做到“四细”, 即细看、细听、细嗅、细摸(指不带电设备外壳), 严格按照设备运行规程中的检查项目逐项检查, 防止漏查缺陷。

(3) 对查出的缺陷和异常情况, 应在现场做好记录并及时汇报值长, 当值进行分类详细记在相应的记录簿上。对严重缺陷及紧急异常情况, 班、所长应立即复查分析, 并向主管部门和有关调度汇报。必要时应加强对设备薄弱环节的监视, 采取相应措施, 并填写缺陷单上报。

(4) 巡视时遇有严重威胁人身和设备安全的情况, 应按事故处理有关规定进行处理。

(5) 巡视检查人员要做到“五不准”: 不准做与巡视无关的工作; 不准移开或越过遮栏; 不准嬉笑、打闹; 不准交谈与巡视无关的内容; 不准观望巡视范围以外的外景。

二、电气设备巡视检查的方法

变电所电气设备的巡视检查方法, 可通过运行人员的眼观、耳听、鼻嗅、手触等感官为主要检查手段, 发现运行设备的缺陷及隐患。也可使用工具和仪表, 进一步探明故障性质。

常用的巡视检查方法有以下四种。

1. 目测法

目测法就是值班人员用肉眼对运行设备可见部位的外观进行观察来发现设备的异常现象, 如变色、变形、位移、破裂、松动、打火冒烟、渗漏油、断股断线、闪络痕迹、异物搭挂、腐蚀污秽等都可以通过目测法检查出来。因此, 目测法是设备巡查最常用的方法之一。

2. 耳听法

变电所的一、二次电磁设备(如变压器、互感器、继电器、接触器等), 正常运行通过交流电后, 其绕组铁芯会发出均匀节律和一定响度的“嗡嗡”声。运行值班人员应该熟悉掌握声音特点, 当设备出现故障时, 会夹着杂音, 甚至有“噼啪”的放电声, 可以通过正常时和异常时的音律、音量的变化来判断设备故障的发生和性质。

3. 鼻嗅法

电气设备的绝缘材料一旦过热会使周围空气产生一种异味。这种异味对正常巡查人员来说是可以嗅别出来的。当正常巡查嗅到这种异味时, 应仔细巡查观察、发现过热的设备与部位, 直至查明原因。