

技工学校教材

水电站电气运行与检修

广东水利电力职业技术学院 李允儒 主编

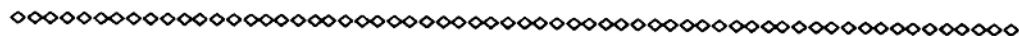


中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

TV73

1

技工学校教材



水电站电气运行与检修

广东水利电力职业技术学院 李允儒 主编

内 容 提 要

本书较系统地介绍了中小型水电站电气一次系统和二次回路设备的运行、检修和试验的实用知识。对主接线倒闸操作,配电装置,二次回路的运行和故障处理等作了详细介绍;对各种电气设备的检修质量,工艺要求,试验方法和现场实操等作了重点介绍;还阐述了生产技术管理基本知识。

本书作为技术专业学校“水电站机电运行与检修”专业的实用性教材,同时适用于中小型水电站和变电所电气工人上岗等级培训教材,亦可供从事中小型水电站及变电所工作的技术人员及技工自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

水电站电气运行与检修/李允儒主编. —北京:中国水利水电出版社, 1999
技工学校教材

ISBN 7-80124-986-0

I. 水… I. 李… III. ①水力发电站-电力系统运行-技工学校-教材②
水力发电站-维修-技工学校-教材 N. TV73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 05753 号

书 名	技工学校教材 水电站电气运行与检修
作 者	广东水利电力职业技术学院 李允儒 主编
出 版	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: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
发 行 经 售	新华书店北京发行所 全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 13.25 印张 301 千字
版 次	1999 年 10 月第一版 1999 年 10 月北京第一次印刷
印 数	0001—1000 册
定 价	13.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

本书根据水利部人事劳动教育司《1997—2000年技工学校水利水电类专业教材选题和编审出版规划（第一批）》和全国水利水电技工学校教育研究会审定的课程教学大纲编写，作为“水电站机电运行与检修”专业《水电站电气运行与检修》课程教材。

本书的特点是通俗易懂、实用性强，侧重电机原理、电气一次部分、电气二次部分在水电站的具体应用。它是水电工人电气运行、检修和试验岗位的职业技能鉴定相衔接的应用型教材。水电站电气运行篇结合水电站实际，分析电气主接线倒闸操作及故障（或事故）的分析、判断与处理方法、检测手段和寻找故障点、消除缺陷的技能，对二次回路出现的各种信号、故障性质跟踪分析，层层深入，提出具体的处理建议，对保证电站电气设备的安全运行具有现实意义；电气设备检修和试验篇具体阐述各种电器的拆装程序、检修工艺、质量标准、试验方法、现场实操和质量鉴定，为水电站、变电所安全、经济、高效地服务。本书是技工升级考核的参考书之一。

全书共分两篇十二章，第一、二、三、五章由浙江省水利水电技校黄林根同志编写，第四、十、十一章由广东水利电力职业技术学院吴靓同志编写，第六、七、八、九和十二章由广东水利电力职业技术学院李允儒编写。全书由李允儒同志主编，安徽省水利技校陶有抗同志任主审。

本书在编写过程中，得到教研会同行的大力支持并提出了许多宝贵意见，在此深表谢意。

本书涉及面广、细、深，需一定的实际经验，由于编者学识及篇幅所限，疏漏及错误之处，恳请广大教师和读者批评指正。

编 者

1998.8.18 于广州

目 录

前 言

第一篇 水电站电气运行

第一章 电气设备的安全运行	1
第一节 电气运行的任务与要求	1
第二节 保证电气安全运行的措施	4
第三节 电气设备非正常运行的基本处理原则	8
复习思考题	10
第二章 水电站电气主接线的倒闸操作	11
第一节 电气主接线的运行方式	11
第二节 倒闸操作的基本原则与要求	15
第三节 操作票和倒闸操作	18
第四节 水电站主接线倒闸操作举例	23
复习思考题	31
第三章 变压器的运行	32
第一节 变压器的运行方式	32
第二节 变压器的经济运行	36
第三节 变压器运行中故障分析及处理	41
复习思考题	46
第四章 高低压配电装置运行	47
第一节 户外配电装置的运行和维护	47
第二节 户内高压配电装置的运行和维护	52
第三节 站用电运行巡检及故障处理	53
第四节 电动机的运行及故障处理	55
复习思考题	59
第五章 电气二次部分运行	60
第一节 概述	60
第二节 直流系统运行与维护	62
第三节 继电保护的运行及故障分析与处理	68
第四节 二次回路的运行及故障分析与处理	71
第五节 查找二次回路故障的方法	76
复习思考题	78

第二篇 电气设备检修和试验

第六章 电气检修管理	79
第一节 检修周期和内容	79
第二节 检修施工管理	80
第三节 常用电工材料及检修工具	82
复习思考题	90
第七章 变压器检修	91
第一节 变压器的检修周期、项目和检修准备工作	91
第二节 变压器外观检查与修理	93
第三节 变压器吊芯检修	97
第四节 变压器的干燥	103
第五节 预防变压器事故的措施	106
复习思考题	108
第八章 高压配电装置检修	109
第一节 高压断路器的检修	109
第二节 隔离开关的检修	119
第三节 母线、电缆和其他电气设备检修	121
复习思考题	126
第九章 低压电气设备检修	127
第一节 低压开关的检修	127
第二节 异步电动机的检修与重绕	132
第三节 桥式起重机的工作原理与维修	142
复习思考题	146
第十章 电气设备预防性试验	147
第一节 电气试验的基本知识	147
第二节 绝缘电阻与吸收比试验	149
第三节 泄漏电流和直流耐压试验	153
第四节 介质损失角正切值 $\tan\delta$ 试验	156
第五节 交流耐压试验	163
复习思考题	167
第十一章 分类电气试验	168
第一节 变压器的电气试验	168
第二节 配电装置试验	173
第三节 站用电设备试验	178
第四节 防护用品试验	180
第五节 电工仪表和继电器校验	182
复习思考题	188

第十二章 水电站生产技术管理.....	189
第一节 常规生产技术管理	189
第二节 计算机应用与展望	194
复习思考题	197
附录.....	198
参考文献.....	202

第一篇 水电站电气运行

第一章 电气设备的安全运行

第一节 电气运行的任务与要求

一、电气运行的任务

水电站电气运行总的任务就是：安全、优质、经济。

（一）确保安全运行

随着社会的发展，各行各业对电的需求不断增加，给水电的发展提供了机遇，同时对水电站的安全运行提出了更高的要求。众所周知，电力系统是一个发、输、用三者同时进行而建立的动态平衡系统。电站是电力系统中一个单元，若电站电气设备的安全运行得不到保障，那么势必影响到电力系统，影响到各行各业，甚至使国民经济也蒙受损失。因此，必须贯彻“安全第一，预防为主”的电业生产方针，严格执行电站和班组各项规章制度，严格执行部颁 DL408—91《电业安全工作规程》，精心维护设备。同时电站每年组织广大运行人员，进行安全教育、安规考核、技能训练，使每一位运行人员做到心中有数，不断提高其分析问题和具体操作处理问题的技能。确保水电站的安全是运行工作的首要任务。

（二）保证电能质量

1. 电能质量指标

衡量电能质量的指标是频率和电压。我国确定频率为 50Hz，在电力系统中一般允许频率有一定偏差，但要求在 $\pm 0.2\text{Hz}$ 范围内，电压的偏差一般控制在额定电压 5% 以内。

2. 确保电能质量

水电站是生产电能的特殊工厂。由于小型水电站相对电力系统而言其容量较小。目前绝大多数电站并网运行，因此，只要电站的有功调节设备——调速器和无功调节设备——自动励磁装置调试得当，是完全能满足系统要求的。若电站相对电网容量较大，能起到调峰作用，那么电站要根据负荷的变化，自动调节，使电站能满足电能指标的要求。对单机运行的电站，即机组在直接带负荷而不是并网运行时，则更要控制好电压和频率这两个指标，否则将直接影响用户的用电质量。

3. 电能指标对用户的影响

众所周知，交流电动机的转速与频率直接有关。频率偏差大，那么电动机将不能按额定转速运行，因此将直接影响工厂生产的产品质量。若电压较低，电动机电流会过大，线圈的温度升高，严重时还会烧坏电机。电压过低照明灯的发光量降低。因此确保电能质量也是运行的一大任务。

（三）经济运行

在确保安全运行和电能质量的前提下，运行要提高其经济效益。水电站提高经济效益

应从下列几个方面考虑。

(1) 水文资料的积累分析,合理调节水库的库容,实行水库优化调度。电站根据历年的水文资料,掌握历年来水的周期,调节好发电期和检修期,严防水库库容调节不当而弃水。

(2) 采用最佳的运行方式,合理分配机组负荷,提高机组运行效率和设备的效率,减少损耗。

(3) 采用峰、谷发电制,由于水电站的特点是开、停机快,往往可作为电网的峰荷之用,而峰谷电差价较大。

(4) 提高运行人员的技能水平,避免设备在运行期间发生事故,而直接影响发电。因此,运行人员要勤巡检、勤记录、勤汇报,将事故消灭在萌芽状态。

二、电气运行的要求

(一) 运行的组织体制

要保质保量地完成电站的运行任务,向系统提供优质电能,电站运行必须有组织体制作保障。一般电站应设有技术领导、技术职能部门、设备检修班、运行值班班组。各部门必须有明确的职责要求,各运行班组有明确的值班长,制定各种必须的规章制度,使电站的机制与电站安全生产相适应。目前大部分电站机、电分班(单机容量在 500 kW 以下一般不分开),值长负责与调度联系,并负责处理当班中的技术问题,必要时向电站技术领导及时汇报。

(二) 电气运行工的基本素质要求

1. 职业道德要求

由于电站的性质和地理位置所定,电站运行工作比较单调,有的地处较偏僻的山区。因此,电站运行人员必须具有较高的思想素质,有职业道德;工作必须认真、细致;能安心在电站工作;有较强的工作责任心和事业心。

2. 职业技能要求

由于电气运行工作不像其他工作那样直观,电能的生产较为抽象。因此,电气运行人员必须持证上岗。也就是说,电气运行人员上岗前必须进行应知和应会的培训,懂得电气的基本知识、电气设备的基本原理和结构,掌握电气安全操作规程,经应知、应会考核合格后方可上岗。一般的运行人员必须达到中级及以上的资格,方能独立操作。初级工必须在中级工的监护指导下进行一般性操作。除上述基本技能要求外还需根据各电站的实际情况掌握以下技术知识。

(1) 熟悉电站的电气接线系统(如一次主接线、站用电系统、二次系统、直流系统等)及正常的运行方式。

(2) 熟悉本电站设备的规范、参数、特性和作用。

(3) 熟悉集控台(控制盘)配电盘、励磁操作控制盘、水机控制操作盘上操作开关的作用及操作方法,各盘柜上仪表反映出的参数含义,各种信号的作用和含义。

(4) 熟悉电站发电机、变压器、线路继电保护和自动装置。

(5) 了解本电站的全部生产过程。

(6) 掌握电站常用的仪表,工具、量具及安全用具的使用方法和注意事项。

(三) 运行制度建设

1. 电气运行工的值班制度

(1) 应服从上级电力调度值班员的操作命令，不得无理拒绝。

(2) 坚守岗位，不准迟到或早退，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。不准自由散漫、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并调节发电设备，及时分析仪表变化，在值班时不看报刊和小说，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) 要按规定巡查各种设备，不得走马观花，更不能疏漏不查。

(7) 在操作或检修时要认真执行有关制度，精心操作，坚决消除错误操作。

(8) 发生异常情况，应如实反映，从中吸取教训，不得弄虚作假，隐瞒真相。

(9) 要文明值班，搞好值班现场的清洁卫生工作，不得在设备附近烤晒衣物。值班人员在值班时仪容应整洁，女工应将发辫盘入工作帽内。更禁止酒后值班。

2. 交接班制度

所谓交接班制度主要是规定运行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。

(1) 准备交接。交班者应在交班前 30 min 左右做好准备工作。主要做好交接班记录簿的记录、运行日记、设备巡视检查记录、设备缺陷记录，整理本班执行或未执行的操作票，工作票或调度的命令情况。整理好值班用具及搞好中控室等值班场所的清洁卫生工作，接班人一般要提前 15 min 接班。

(2) 交待情况。交班负责人应向接班人员口头交待：现场运行方式，倒闸操作情况，发生异常和事故及处理情况；本班发现的设备缺陷和消除情况，设备检修、保护动作及定值更改情况；下一班将要进行的操作和注意事项。

接班人员在认真听取交班人员的汇报以后，有不清楚者，当场询问，直至弄懂，还应认真查阅各种记录、资料和两票等。

(3) 巡视检查。接班值班长应分配巡视人员在认真核对一次系统模拟图后，对电站一、二次设备进行一次全面的检查。接班值班长，应重点对照运行模拟图，了解设备的运行情况，并认真听取本班巡视人员的汇报。

(4) 履行手续。接班人员在进行详细全面地检查并认为确无问题后，交接双方在交接班记录簿上签名，并且交接值班佩带标志，交接班工作方告结束。

(5) 交接班责任划分。若因交班者记录不清或不全，导致接班后发生异常，交班者负主要责任，接班者负次要责任。若因接班者检查马虎不细导致发生问题，则完全由接班者负责。

交接班是既平常、频繁的工作，但又不能草率马虎，为此，在执行中应注意：在进行重大的操作或事故处理时不得进行交接班，交接班应做到交待清楚，接受明确，防止扯皮和混乱及仓促交接班而导致异常。

3. 电气设备巡视和检查制度

为了保证电气设备的安全运行，电站应制定设备巡检制度。制度规定运行人员巡查的路线、设备、时间和具体巡视内容。设备的巡视检查要做到认真、仔细、负责，发现设备缺陷及时做好记录，重要的缺陷要及时报告站技术领导。巡查中发现异常情况或突发事件，要沉着、冷静，果断采取措施。

设备巡检一般分为：交接班巡查，正常巡查，夜间巡查，特殊巡查。一般在气候较差，如遇风、雨、雪、浓雾天气时要加强巡查次数，在机电设备超负荷运行时也应多巡视设备情况，新投入或检修后刚投入的设备，有缺陷但又不能一时退出运行的设备都必须加强监视和巡视。

4. 运行日志

运行日志是运行工作的重要环节。运行日志是电站掌握设备运行情况，积累运行经验的原始依据。分析运行日志，可以掌握电站的发电规律，掌握设备缺陷情况。因此，要求运行人员认真地定时记录电站运行参数。

运行日志中要记录的参数主要有：发电机、变压器及出线的有功功率和无功功率、频率、电压、电流、励磁电压、电流，直流系统电流电压参数，发电机组的各部位温度，变压器温度等。除此以外，在记事栏应记录下设备异常运行的状态及事故处理过程，以便采取反事故措施，保证设备安全、经济运行。

第二节 保证电气安全运行的措施

根据电业安全工作规程的要求，水电站电气安全运行的措施包括保证电气安全运行的组织措施和保证电气安全运行的技术措施。

一、保证安全的组织措施

在电气设备上工作，保证安全的组织措施是指：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。

(一) 工作票制度

1. 工作票的方式

在电气设备上工作，应填用工作票或按命令执行，其方式有以下三种。

(1) 填用第一种工作票（格式详见附录 B）。

(2) 填用第二种工作票（格式详见附录 C）。

(3) 口头或电话命令。口头或电话命令必须清楚正确，值班员应将发令人、负责人及工作任务详细记入操作记录簿中，并向发令人复诵核对一遍。

工作票由检修班负责人填写，由工作负责人（或监护人）到中控室办理开工手续；值班人员根据工作要求，到现场做好各种安全措施。

2. 各类工作票适用的范围

(1) 填用第一种工作票的工作为：当在高压设备上工作需要全部停电或部分停电者；高压室内的二次接线和照明等回路上工作，需要将高压设备停电或做安全措施者。以上情况需填写第一种工作票。

(2) 填用第二种工作票的工作为：①带电作业和在带电设备外壳上的工作；②控制盘

和低压配电盘、配电箱、电源干线上的工作；③二次接线回路上的工作，无需将高压设备停电者；④转动中的发电机的励磁回路或高压电动机转子电阻回路上的工作；⑤非当值班人员用绝缘棒和电压互感器定相或用钳形电流表测高压回路的电流。

(3) 其他工作用口头或电话命令。口头或电话命令，必须清楚正确，值班员应将发令人、负责人及工作任务详细记入操作簿中，并向发令人复诵核对一遍。

3. 工作票填写及应用中注意的几个问题

(1) 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，如有个别错、漏字需要修改时应字迹清楚。

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，按值移交。值班员应将工作票号码、工作任务、许可工作时间及完工时间记入操作记录簿中。在无人值班的设备上工作时，第二份工作票由工作许可人收执。

(2) 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。如施工设备属于同一电压，位于同一楼层，同时停送电，且不会触及带电导体时，则允许在几个电气连接部分共用一张工作票。开工前工作票内的全部安全措施应一次做完。

(3) 在几个电气连接部分上依次进行不停电的同一类型的工作，可以发给一张第二种工作票。若一个电气连接部分或一个配电装置全部停电，则所有不同地点的工作，可以发给一张工作票，但要详细填明主要工作内容。几个班同时进行工作时，工作票可发给一个总的负责人，在工作班成员栏内只填明各班的负责人，不必填写全部工作人员名单。若到预定时间，一部分工作尚未完成，仍须继续工作不妨碍送电者，在送电前，应按照送电后现场设备带电情况，办理新的工作票，布置好安全措施后，方可继续工作。

(4) 事故抢修工作可不用工作票，但应记入操作记录簿内，且一切安全技术措施和工作许可、监护、间断、转移和终结等制度仍应坚决执行。

(5) 第一种工作票应在工作前一天交给值班员。临时工作可在开始以前直接交给值班员。第二种工作票应在进行工作的当天预先交给值班员。

(6) 工作票应由工作负责人或工作许可人填写。由电站内责任心强、技术水平较高、熟悉本站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签发。工作负责人和工作许可人不能签发工作票。工作票签发人、工作负责人和工作许可人均有其安全职责，对其本人的安全技术水平均有一定的要求。

(二) 工作许可制度

工作许可人（值班员）在完成施工现场的安全措施后，还应会同工作负责人到现场再次检查所做的安全措施，经验电，证明设备确无电压，并向工作负责人指明带电设备的位置和注意事项，然后双方在工作票上分别签名。

完成上述手续后，工作班方可开始工作。

工作负责人、工作许可人任何一方均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。这是因为，当工作班擅自变更安全措施后，可能造成运行人员的误操作事故。而当运行人员擅自变更安全措施或运行接线方式后，可能给工作班人员的人身安全带来危险，所以两者都应严格禁止擅自变更安全措施。工作中如遇特殊情况需要

变更时，应事先取得对方的同意，然后再更改相应的工作票。

（三）工作监护制度

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，所有工作人员（包括工作负责人）不许单独留在高压室内或室外变电所高压设备区内。

工作负责人（监护人）在全部停电时，可以参加工作班工作。在部分停电时，只有在安全措施可靠，人员集中在一个工作地点，不致误碰带电部分的情况下，工作负责人（监护人）方能参加工作。

工作期间，工作负责人若因故必须离开工作地点时，应指定能胜任的人员临时代替，离开前应将工作现场交待清楚，并告知工作班人员。原工作负责人返回工作地点时，也应履行同样的交接手续。若工作负责人需要长时间离开现场，应由原工作票签发人变更新工作负责人，两工作负责人应做好必要的交接。

（四）工作间断、转移和终结制度

工作间断时，工作班人员应从工作现场撤出，所有安全措施保持不动，工作票仍由工作负责人执存。间断后继续工作，无需通过工作许可人。每日收工，应清扫工作地点，开放已封闭的通路，并将工作票交回值班员。次日复工时，应征得值班员许可，取回工作票，工作负责人必须事前重新认真检查安全措施是否符合工作票的要求后，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。

在未办理工作票终结手续以前，值班员不准将施工设备合闸送电。对于夜间需要送电的工作，应每天办理新的工作票，每天分别履行工作许可和工作终结手续。

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。

全部工作完成后，工作班应清扫、整理现场。工作负责人应先周密地检查，待全体工作人员撤离工作地点后，再向值班人员讲清所修项目、发现的问题、试验结果和存在问题等，并与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，工作票方告终结。

只有在同一停电系统的所有工作票结束，拆除所有接地线、临时遮栏和标示牌，恢复常设遮栏，并得到值班调度员或值班负责人的许可命令后，方可合闸送电。

已结束的工作票，保存三个月。

二、保证安全的技术措施

在全部停电或部分停电的电气设备上工作，必须完成停电、验电、装设接地线和悬挂标示牌及装设遮栏等技术措施。这些措施由值班员执行。对于无经常值班人员的电气设备，由断开电源人执行，并应有监护人在场。

（一）停电

将检修设备停电，必须把各方面的电源完全断开，即既断开断路器，又要把两侧的隔离开关打开，操作把手必须锁住，使得各方面都至少有一个明显的断开点，与停电设备有

关的变压器、电压互感器，必须从高、低压两侧断开，以防向停电检修设备反送电。停电时要充分考虑到检修人员正常活动范围所需要的安全距离。

（二）验电

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

验电的工具是电压等级相应而且合格的验电器（试电笔），验电前先把验电器在有电设备上试验，以确证验电器良好，然后在检修设备进出线两侧各相分别验电。高压验电时必须戴绝缘手套。

（三）装设接地线

当验明设备确实已无电压后，应立即将检修设备接地并三相短路。这样可以释放掉具有大电容的检修设备的残余电荷，消除残余电压，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；且当突然来电时，能作用于开关迅速跳闸，切除电源，消除危险。

对于可能送电至停电设备或停电设备可能产生感应电压的都要装设接地线，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安全距离的规定。

装有接地刀闸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；万一因疏忽走错设备间隔或出现意外突然来电时，因接地而使保护动作于开关跳闸，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仔细检查。接地线应用多股软裸铜线，其截面应符合短路电流的要求，但不得小于 25 mm^2 。禁止使用不符合规定的导线作短路接地之用。

接地线必须使用专用的线夹固定在导体上，严禁用缠绕的方法进行接地或短路。

（四）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和刀闸的操作把手上，悬挂“禁止合闸，有人工作！”的标示牌，或应在线路开关和刀闸的操作把手上悬挂“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，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，防止在工作中接近高压带电的危险部分。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， 35 kV 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以及禁止通行的过道上悬挂“止步，高压危险！”的标示牌，可以更明确地警告工作人员不要靠近带电设备的高压部分或其附近，从而保证安全。

室外设备大都设有固定的围栏，设备布置也不像室内那样集中。为了更好地警告检修工人，限制检修工作人员活动范围，应在工作地点四周用绳子做围栏，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工作人员的人身安全和设备安全运行而作的安全措施，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。

第三节 电气设备非正常运行的基本处理原则

电气设备的异常现象是电气设备故障和事故的前兆。运行人员的主要职责就是要及时发现和消除缺陷，把事故隐患消灭在萌芽状态，以确保安全发电。严重的事故，不仅导致设备的损坏，而且可能造成人身伤亡。

纵观电站的电气设备事故，除少数外因造成外，大多数是由于设备、人员等内因所致；因设计、安装、检试存在问题；运行中设备缺陷发展成事故；人员违章误操作；运行管理混乱或人员素质差引发事故。根据历年电站运行实践和事故调查统计分析，水电站电气设备主要事故有以下几种。

- (1) 主要电气设备的绝缘损坏事故。如发电机、变压器和母线等。
- (2) 电气误操作事故。
- (3) 电缆头与绝缘套管的损坏事故。
- (4) 高压断路器与操作机构损坏事故。
- (5) 继电保护及自动装置的误动作或因缺少这些必要的装置而造成的事故。
- (6) 由于绝缘子损坏或脏污所引起的闪络事故。
- (7) 由于雷害所引起的事故。
- (8) 线路引起的事故。
- (9) 系统影响而引起电站事故。
- (10) 隔离开关接触不良或机构失灵引起的事故。

一、电气设备的正常、异常及事故状态

设备的正常工作状态是在规定的外部环境条件（如额定电压、电流、介质、环境温度等）下，保证连续、正常地达到额定工作能力状态。在正常工作状态下，由环境和温度的影响，设备将逐步老化。随着时间的推移或外部环境的改变，设备即使在规定的条件下，部分或全部失去额定的工作能力，可以认为该设备已进入异常状态（如设备不能承受额定电压，出力达不到铭牌要求，达不到规定的运行时间等）。设备发生轻微异常时还可继续运行，但发展到威胁安全或已造成设备部分损坏时，会引起系统运行异常，直接影响

电站发电的状态，称为事故状态。

综上所述，水电站内某一电气设备发生异常运行状态时，运行人员必须尽早作出判断，尽快予以处理。在异常和事故处理中，要分秒必争，及时制止异常状态的进一步扩展，减少电站和系统的损失。

二、电气设备非正常运行处理的要求和基本原则

1. 对运行人员要求

当电气设备发生异常或事故时，运行人员必须沉着、迅速、准确地进行处理，不应慌乱、匆忙或未经慎重考虑即行处理，以免扩大事故。

(1) 处理事故时除现场领导和运行人员外，其他外来人员应退出事故现场。

(2) 发生事故时，当值班班长是处理事故的指挥人，重要操作必须有值班长命令方可执行。对解救触电人员、扑灭火灾、挽救危险设备，值班员有权先行处理，然后迅速报告值班长。

(3) 在事故处理过程中，值班员除积极处理外，还应有明确的分工，要将事故发生情况及处理的过程，详细地记入设备操作簿内。

(4) 如逢交接班时发生事故，则应由交班人员处理，接班人员做助手，等恢复正常后再交班。若一时恢复不了，则要经有关领导同意后交换接班。

设备异常运行和事故威胁着电站乃至电力系统的正常运行，而且又是运行中不可避免的现象。因此，能正确处理异常运行和事故，是每个运行人员最重要的基本功，要学会事故分析，掌握判断和处理事故的方法与原则，不断提高判断事故与处理事故的能力，以适应现场工作的需要。在判断事故原因时，应根据事故发生的部位（如发电机、高压配电室、升压站等）收集事故现场观察到的各种信息资料，整理出与事故有关的各种数据（如电流表摆动、电压、频率、励磁电流表下降的幅度、电弧闪络或着火、喷油的部位等）。这些原始资料，不仅可以提供有关事故部位的确切信息，而且对以后编写事故报告、分析事故原因和制订反事故措施也是不可少的。

2. 设备非正常运行及事故的分析和判断

水电站电气值班人员应在运行中认真巡视设备的运行情况，观察设备及时发现异常现象。在判断事故点时，除了应根据现场发现故障现象外，还要根据控制屏（集控台）上的光字信号、仪表指示以及继电保护和自动装置的信号指示情况，迅速判断事故部位、故障性质，确定处理方案。

在根据继电保护和自动装置的动作情况判断事故性质时，要考虑继电保护范围和灵敏度。这时注意是否存在非故障设备的越级跳闸和故障设备的拒动等情况。

如果在事故发生时出现一些互相矛盾的信号或事故波及的范围很大，以至值班人员不可能在很短的时间内摸清情况，一时无法采取有效措施，这时可把注意力集中在主要的问题上（例如消除对人员的人身威胁，扑灭火灾，制止事故蔓延等），并采取有针对性的措施。

在事故处理过程中，如果条件允许，应及时向有关领导和系统调度汇报发生的事故情况及事故处理过程。值班人员在处理事故过程中应严格遵循运行规程的操作规定。

3. 处理事故的原则和措施

(1) 要迅速限制事故发展，消除事故根源，并解除对人身或设备的危害。

- (2) 设法保证站用电及主机正常运行,防止事故扩大。
 - (3) 用一切可能的方法,使设备继续运行,以保证对用户的供电。
 - (4) 系统振荡时,尽量将发电机无功出力提高,并按调度员命令执行。
 - (5) 任何人员无权将正常运行、动作正确的保护装置退出。
 - (6) 对继电保护动作时的掉牌信号、光字信号,值班运行人员必须准确记录,向技术领导汇报,得令后在监护下将其恢复。
 - (7) 发生电气火灾时,应先切断电源,并用电气灭火器灭火。
4. 事故处理时,水电站值班人员的具体任务
- (1) 记录好事故发生的时间,有关表计的指示值,继电保护及自动装置、信号的动作情况,各项操作的时间,有关事故现象。
 - (2) 将事故情况迅速报告电站生产领导,并与调度联系,争取对事故处理的支持及互通情报。
 - (3) 正确执行调度命令。当执行调度命令时,必须重复一次,确认无误方可执行,并记录在记录簿上。如值班调度员的命令直接威胁人身和设备安全时,应拒绝执行,并申诉理由,报告电站领导直至上级领导。
 - (4) 在值长(或值班长)的领导下,根据事故现象,全面分析,正确判断,并采取有效措施,限制和消除事故,确保未发生事故的设备正常运行。
 - (5) 处理事故时,值班人员必须坚守岗位,只有接到站领导、值班长命令,或对人身及设备的安全没有危险时,方可离开工作岗位或停止设备运行。

复 习 思 考 题

1. 水电站电气运行总的任务是什么?运行人员应怎样完成好这些任务?
2. 水电站电气运行工需要具备哪些基本素质?
3. 保证水电站电气设备安全运行的措施有哪些?
4. 水电站电气设备非正常运行处理的基本原则是什么?
5. 电气设备非正常运行时,对当值运行人员有什么要求?