

高职高专“十二五”电力技术类专业规划教材

电气运行

王卫卫 杨军 戴海荣 主编

DIANQI YUNXING



www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高职高专“十二五”电力技术类专业规划教材

电 气 运 行

主 编 王卫卫 杨 军 戴海荣
副主编 李家坤 夏 勇 余海明
参 编 汪 锋 张 争 程天龙 刘姣姣
主 审 李 可

常州大学图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书是高职高专“十二五”电力技术类专业规划教材,是根据高职教育的思想结合实际生产编写而成的。

全书共6个项目,按照安全教育、熟悉现场设备、电厂设备的正常运行及检查维护、设备异常及事故处理、蓄电池直流系统及二次回路运行、运行操作的顺序作了介绍。书中每个项目都有知识目标和技能目标,下设基本任务,每个项目完结后有思考题,以便学生在学习及现场实习过程中理解和巩固所学的知识。

本书可供高职高专电力技术类专业学生使用,也可作为从事电气行业的工程技术人员及电气运行工人的参考书或培训教材。

为方便教学,本书配有免费电子课件、教学设计方案、教学指导、电子习题库等教学资源,凡选用本书作为教材的学校,均可来电索取。咨询电话:(010) 88379375;电子邮箱:wangzongf@163.com。

图书在版编目(CIP)数据

电气运行/王卫卫,杨军,戴海荣主编. —北京:机械工业出版社, 2014.8

高职高专“十二五”电力技术类专业规划教材

ISBN 978-7-111-47521-7

I. ①电… II. ①王… ②杨… ③戴… III. ①电力系统运行—高等职业教育—教材 IV. ①TM732

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第169970号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王宗锋 责任编辑:王宗锋 王琪

版式设计:霍永明 责任校对:刘怡丹

封面设计:路恩中 责任印制:李洋

北京华正印刷有限公司印刷

2014年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·11.25印张·1插页·271千字

0 001—2 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-47521-7

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

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

本书根据高等职业教育的培养目标,从“以学生为主体,以能力为本位,以就业为导向”的教育理念出发,精简理论,结合陆水电厂以及丹江口电厂的实际案例,紧密联系生产实际,重点培养学生的职业意识,是一本校企合作教材。

本书依据生产实际和学生的认知规律设置了6个教学项目,可让学生在实习过程中感知、学习并掌握相关操作技能和专业知识。本书的主要特点有:

1. 以应用为核心,知识适度超前。本书把理论知识与实践技能有机地结合起来,一方面精简理论,便于学生理解和掌握;另一方面尽可能地采用新知识、新器件和新工艺,有助于学生全面了解该领域技术的发展方向。

2. 遵循认知规律,突出项目的层次性,将实践技能和理论知识培养按照由易到难的规律融于各个项目中。

3. 以学生为主体,培养学生的学习能力。本书中每个项目的开始均设有项目教学目标,项目最后设有思考题。这样安排便于学生在学习每个项目时明确应掌握的内容及其深度。

4. 充分考虑读者的需求,做好立体化配套。本书按照立体化的思路进行编写,有配套的电子课件、教学设计方案、教学指导、电子习题库等教学资源,最大限度地为教师教学、备课提供全方位的教学资源服务。

本书由长江工程职业技术学院王卫卫、丹江口水电厂杨军和陆水电厂戴海荣任主编,长江工程职业技术学院李家坤、夏勇以及湖北水利水电职业技术学院余海明任副主编,参加编写的还有长江工程职业技术学院汪锋、张争、程天龙和刘姣姣。其中,项目一由杨军、夏勇编写,项目二由王卫卫、李家坤编写,项目三由张争、余海明编写,项目四由程天龙、刘姣姣编写,项目五由戴海荣、汪锋编写,项目六由王卫卫、戴海荣编写。长江工程职业技术学院李可担任主审。

由于编者水平有限,书中难免有错漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言		任务八 母线的异常运行及事故处理	126
项目一 安全教育	1	任务九 隔离开关的异常运行及事故处理	128
任务一 电气运行概述	1	任务十 互感器的异常运行及事故处理	130
任务二 安全用电及救助	8	任务十一 消弧线圈的异常运行及事故处理	133
任务三 安全用具的使用	17	任务十二 电抗器的异常运行及事故处理	133
思考题	22	任务十三 电力电缆的异常运行及事故处理	135
项目二 熟悉现场设备	23	思考题	136
任务一 熟悉发电厂的整体布置	23	项目五 蓄电池组直流系统及二次回路运行	137
任务二 熟悉电厂主接线	34	任务一 熟悉蓄电池组直流系统	137
任务三 熟悉电厂主设备	43	任务二 蓄电池组直流系统的运行维护与操作	140
思考题	54	任务三 熟悉发电机、变压器、母线、线路及厂用变压器和电动机继电保护装置的配置	145
项目三 电厂设备的正常运行及检查维护	55	任务四 继电保护与自动装置、微机保护装置、监测装置及综合自动化装置的运行	154
任务一 发电机的正常运行及巡视检查	55	思考题	160
任务二 变压器的正常运行及巡视检查	66	项目六 运行操作	161
任务三 其他设备的正常运行及巡视检查	77	任务一 倒闸操作的基本原则和技术要求	161
思考题	98	任务二 电气主接线图及操作票实例	169
项目四 设备异常及事故处理	99	思考题	173
任务一 发电机的异常运行及处理	99	参考文献	174
任务二 发电机的故障及处理	102		
任务三 冷却系统的异常运行和故障处理	112		
任务四 变压器的异常运行及故障处理	114		
任务五 电动机的异常运行及故障处理	118		
任务六 高压断路器的异常运行及处理	120		
任务七 高压断路器的故障处理	123		

项目一 安全教育

► 项目教学目标

◆ 知识目标

了解安全教育的主要内容，明确电气运行的主要内容、电力系统运行组织的组成和划分。掌握工作票制度、操作票制度、运行交接班制度、运行巡回检查制度、设备定期试验与切换制度、运行分析制度等内容。

掌握电气安全用具的用途和使用注意事项。

◆ 技能目标

掌握电气运行相关规程。

能够正确使用各种电气安全用具。

任务一 电气运行概述

一、电气运行的主要任务及运行组织

电气运行是指发电厂、变电站、电力系统在电能的发、供、配、用过程中，运行值班人员对发供电设备进行监视、控制、操作和调节，使发供电设备正常运行，同时，对设备运行状态进行分析，在故障情况下，对事故进行处理，保证发电厂、变电站和电力系统安全、稳定、优质、经济运行。

(一) 电气运行的主要任务

电气运行的主要任务就是保证电力生产的安全运行和经济运行。

1. 保证安全运行

电力生产的特点是发电、供电、用电同时完成。由于电能不能大规模储存，电力生产的这种特点决定了发电、供电必须有极高的可靠性和连续性，所以电力生产的安全运行十分重要。电气运行中，一旦发生事故，对国民经济、国防建设、人民生活都有着直接的影响，甚至威胁到人的生命安全。因此，电力生产必须保证安全运行。

安全运行是保证电力生产经济、满发和正常供电的前提。只有保证电力生产的安全发电和供电，才能降低成本，提高劳动生产率。为此，电力生产中需加强管理，建立和健全安全生产的规章制度，加强安全生产的教育和技术培训，使运行人员充分认识安全生产的重要意义及不安全生产的危害性，加强工作责任感，加强运行设备的维护，提高设备完好率，提高电力生产的安全运行水平。

2. 保证经济运行

电力生产的经济运行是指电能在生产 and 输送过程中都要求在最经济的状态下进行，以最少的消耗取得最高的效益。为了保证经济运行，需采取下列措施：

1) 提高运行人员的技术水平, 加强设备技术管理, 消除设备缺陷, 杜绝电气运行事故的发生, 做到电力生产的安全、经济、满发。

2) 在运行时要做到四勤。

① 勤联系: 如负荷增加或减少时, 电气、汽机 (蒸汽机和汽轮机的统称)、锅炉运行值班人员要及时联系, 相互调整负荷;

② 勤调整: 对负荷、电压、波形要勤调整, 以保持运行稳定;

③ 勤分析: 如对电压、电流及负荷之间的变化关系进行分析, 通过分析, 能帮助运行人员掌握运行情况、积累运行经验和发现运行工作中的优缺点;

④ 勤检查: 检查设备的运行情况, 发现设备缺陷应及时消除, 确保安全经济运行。

3) 提高厂用机械运行的经济性。厂用机械和电动机在接近额定容量时有最高的效率, 而在低负荷下运行时, 耗电量将大大增加。在运行调度中要掌握的原则是同时起动的厂用机械要最少, 而且要保持每台厂用机械以额定负荷运行。另外, 厂用机械要尽量采用高效率、低耗能的新产品, 以降低厂用电量。

4) 提高锅炉效率, 降低煤耗。

综合上述情况, 运行中管理好设备, 保证安全、满发及低消耗 (即发电量和供热量增加, 再用电率及煤耗降低), 才能达到更好的经济运行。

(二) 电力系统运行组织

电力系统中设有各级运行组织和值班人员, 分别担负系统中各部分的运行管理工作。

1. 电网调度机构

各级电网均设有电网调度机构 (或称电网调度管理机构)。电网调度机构是电网运行的组织、指挥、指导和协调的机构, 负责电网的运行。各级调度机构分别由本级电网管理部门直接领导, 它既是生产运行单位, 又是电网管理部门的职能机构, 代表本级电网管理部门在电网运行中行使调度权。

电网调度机构是随电网的发展逐步健全的。目前, 我国的电网调度机构是五级调度管理模式, 即国调、网调、省调、地调、县调。

国调是国家电力调度通信中心的简称, 它直接调度管理各跨省电网和各省级独立电网, 并对跨大区域联络线及相应变电站和起联络作用的大型发电厂实施运行和操作管理。

网调是跨省电网电力集团公司设立的调度局的简称, 它负责区域性电网内各省间电网的联络线及大容量水电、火电骨干电厂的直接调度管理。

省调是各省、自治区电力公司设立的电网中心调度所的简称。省调负责本省电网的运行管理, 直接调度并入省网的大中型水电厂、火电厂和 220kV 及以上的网络。

地调是省辖市级供电公司设立的调度所的简称, 它负责供电公司供电范围内的网络和大、中城市主要供电负荷的管理, 兼管地方电厂及企业自备电厂的并网运行。

县调负责本县城乡供配电网络及负荷的调度管理。

2. 发电厂、变电站运行值班单位

目前, 发电厂、变电站运行值班实行四值三倒或五值四倒, 实行 8h 或 6h 轮换值班制度。

无人值班的变电站, 由变电站控制中心值班人员监控。发电厂、变电站运行值班的每一个值 (或变电站控制中心的每一个值) 称为运行值班单位。

采用主控制室方式的发电厂, 其运行值班单位由值长、电气值班长、汽轮机值班长、锅

炉值班长、燃料值班长、化学值班长及各班值班员组成。电气值班长下设主值班员、副值班员、厂用电工、副厂用电工等。

对于采用集控方式的发电厂，一台机组设置一个机长，机长下设锅炉主控、副控和辅机值班员，汽机主控、副控和辅机值班员，电气主控、副控和电气巡视员等。

变电站的运行值班单位由值班长、主值班员、副值班员、值班助手等组成。

变电站控制中心监视、控制多个无人值班变电站，控制中心每值设置值班人员 2、3 人。

3. 调度指挥系统

由于电力系统是一个有机的整体，系统中任何一个主要设备运行状况的改变，都会影响整个电力系统，因此，电力系统必须建立统一的调度指挥系统。电网调度指挥系统由发电厂、变电站运行值班单位（含变电站控制中心）、电网各级调度机构等组成，电网的运行由电网调度机构统一调度。

我国《电网调度管理条例》规定，调度机构调度管辖范围内的发电厂、变电站的运行值班单位，必须服从该级调度机构的调度，下级调度机构必须服从上级调度机构的调度。

调度机构的调度员在其值班时间内是系统运行工作技术上的领导人，负责系统内的运行操作和事故处理，直接对下属调度机构的调度员、发电厂的值长、变电站的值班长发布调度命令。值长在其值班时间内是全厂运行工作技术上的领导人，负责接受上级调度的命令，指挥全厂的运行操作、事故处理和调度技术管理，直接对下属值班长、机长发布调度命令。

变电站的值班长在其值班时间内，负责接受上级的调度命令，指挥全变电站的正常运行和事故处理。

二、电气运行的管理制度

发电厂和变电站的电气运行的管理制度主要有工作票制度、操作票制度、运行交接班制度、运行巡回检查制度、设备定期试验与切换制度和运行分析制度等。

（一）工作票制度

为了确保工作现场的人身和设备安全，防止各类事故的发生，对运行或备用设备进行检修时，均应填写工作票。电气工作票分为第一种工作票和第二种工作票。

下列工作应填写第一种工作票：

- ① 高压设备上需要全部停电或部分停电的工作；
- ② 高压室内的二次接线和照明等回路上需要将高压设备停电或做安全措施的工作。

下列工作应填写第二种工作票：

- ① 带电作业或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 二次接线回路上无需将高压设备停电的工作；
- ④ 转动中的发电机励磁回路或高压电动机转子回路上的工作；
- ⑤ 非当值值班人员用绝缘棒给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。

1. 工作票的统一要求

- 1) 工作票应一式两份，用钢笔或圆珠笔填写。
- 2) 工作票应有编号，编号以班组为单位，填写在工作票的右侧。

3) 填写工作票时,字迹应清楚无涂改,个别错、漏字需修改时,必须在修改处有该工作票签发人或工作许可人签名,否则该工作票视为不合格。

4) 工作票应由工作负责人或签发人填写,设备名称应填写双重名称(设备和编号),安全措施应正确、清楚、完善。

5) 工作票签发人不得同时兼任该项工作的负责人。工作许可人不得签发工作票。

6) 工作票上签名应签全名。

2. 工作票的开出

1) 检修工作开始前工作许可人和工作负责人应共同到现场检查安全措施,并向工作负责人交待清楚注意事项,然后双方在工作票上签名,方可开始工作。

2) 工作票一份应保存在工作地点,由工作负责人收执,另一份由工作许可人收执,按值移交。

3) 工作票必须记在《工作票登记簿》中。

4) 在同一工作时间内,一个工作负责人只能接受一张工作票。

5) 工作负责人、工作许可人均不得擅自变更安全措施,但可以补充安全措施。

6) 电气第一种工作票必须提前一天送到集控室电气运行班长处,运行班长收到工作票后要填写收到时间并签名。

7) 工作期间要求送电或试运转时,工作负责人在试运转前应将全部工作人员撤离现场,并将所持工作票交给工作许可人。工作许可人应收回与该设备有关的全部工作票。

3. 工作票的终结

1) 检修工作完工后,工作班人员应清扫、整理现场,然后撤出工作地点,工作负责人和工作许可人应到现场检查设备状况,设备确已具备投运条件后,双方才可办理工作票终结手续。

2) 检修工作如不能按许可期限完成,必须由工作负责人办理工作延期手续。

3) 工作负责人开工与终结应为同一人(如需变更工作负责人时,工作票签发人应在该项工作票上进行记录并且签名)。

4) 在未办理工作票终结手续之前,不准将该设备投入运行。

(二) 操作票制度

为保证运行操作的准确、可靠,防止误操作,运行操作时必须严格执行操作票制度。

1. 运行操作的一般要求

1) 运行操作对管理方面的要求。

① 要有分级操作项目的规定,操作人和监护人均应由合格人员担任。

② 有与现场设备和当时运行方式相符的主要系统模拟图。

③ 现场设备有准确的命名、编号,切换装置必须标明作用和位置指示,电气相色必须清晰、完备。

④ 使用统一、确切的调度操作术语。

⑤ 正确执行规定的操作程序。

⑥ 有正确的操作票。

⑦ 有合格的操作用具、安全工具和设施条件。

2) 任何电气操作必须严格执行《电业安全工作规程》(发电厂和变电站电气部分)。

- 3) 电气的重要操作或多项操作必须使用操作票。
- 4) 6kV 以下的电动机停、送电操作凭值长批准的《停送电联系单》执行。
- 5) 电气运行人员按规定需在监护下进行操作。
- 6) 在事故情况下, 为限制事故蔓延和迅速恢复正常运行, 可不使用操作票。若条件许可, 仍需在监护下操作。
- 7) 停役后的设备如转入检修, 运行人员应严格按照工作票的要求, 做好安全隔离工作。
- 8) 对于电气的重要复杂操作, 值长及电气运行班长应留在控制室内密切关注, 并做好必要的事故预想。
- 9) 上级调度管辖设备, 应按上级值班调度命令执行。

2. 操作程序

使用操作票应严格执行下列程序:

- 1) 发布和接受命令。
- 2) 填写操作票。
- 3) 审核批准, 正式发令。
- 4) 现场核对设备, 逐项唱票复诵操作。
- 5) 校正模拟图。
- 6) 汇报完成, 记录入簿。

3. 各级人员的职责

- 1) 操作人是操作任务的具体执行者, 在监护人监护下迅速完成操作, 并对各项操作的正确性负主要责任。
- 2) 监护人应审阅操作票, 并严肃认真地要求操作人迅速、正确地执行, 监护人对所监护的各项操作的准确性与操作人负同样责任。
- 3) 审核人对所审核的操作票的正确性负主要责任。
- 4) 发令人对所发命令的正确性和必要性负全部责任, 并对操作票主要次序的正确性负责。
- 5) 电气倒闸操作使用上班预开的操作票时, 其操作的正确性、安全性均由操作班负责。

(三) 运行交接班制度

为保证机组的安全经济运行, 各岗位应认真做好交接班工作, 杜绝因交接不清造成的设备异常运行。

1. 交接班条件及注意事项

- 1) 运行人员应根据轮值表进行值班, 未经领导同意不得擅自改变。运行人员不允许连续值两个班。
- 2) 交班前, 值班负责人应组织全体运行人员进行本班工作小结, 提前检查各项记录是否及时登记, 并将交接班事项填写在运行日志上。
- 3) 若接班人员因故未到, 交班人员应坚守岗位, 并汇报班长, 待接班人员或分场指派人员前来接班并正式办好交接手续后方可离岗。
- 4) 在重大操作、异常运行以及事故时, 不得进行交接班。接班人员可在交班值长、班

长的统一领导下，协助上一班进行工作，待重大操作或事故处理告一段落后，由双方值长决定交接班。

5) 交班人员如发现接班人员精神异常或酗酒，不应交班，并将情况汇报有关领导。

6) 交班前 20min 和接班后 10min 一般不进行正常操作。

2. 交接班的具体内容及要求

1) 交班前各值班人员应对本岗位所辖设备进行一次全面检查，并将各运行参数控制在规定的范围内。

2) 交班人员应将值班期间发现及消除缺陷的情况记录并交待清楚。

3) 交班前公用工具、钥匙、材料等应清点齐全，各种记录本、台账应完整无损，现场应打扫干净。

4) 交班人员应详细交待本班次内的系统运行方式、异常运行和操作情况，以及上级指示和注意事项。接班人员也应主动向交班人员详细了解上述情况，并核对模拟图及有关报表、表计。

5) 交接班应做到“口头清、书面清、现场清”。

6) 接班人员提前 20min 进入现场，并做好以下工作：①详细阅读《交接班记录簿》及有关台账，了解上值本岗位设备运行情况；②听取交班人员对运行情况的陈述，核对有关记录；③按照各岗位的接班检查要求巡视现场，检查并核对设备缺陷及检修情况，清点有关台账和材料；④巡检中发现的问题，及时向交班人员提出，并汇报班长，由双方做好有关记录和说明。

7) 接班前 5min 由班长召开班前会，听取各岗位检查情况汇报，布置本班主要工作、事故预想及注意事项。

8) 必须整点交接班，集控室内由值长统一发令，其余外围作业由班长发令，外围岗位按规定交接。

9) 双方交接清楚后，应在《交接班记录簿》上签名。接班人员签名后，运行工作的全部责任由接班人员负责。

10) 各外围岗位接班后应在 10min 内向班长汇报，班长接班后 15min 内向值长汇报，值长 30min 内向调度汇报，并逐级布置本值内的主要工作、事故预想及注意事项。

11) 正式交班后，交班班长应根据情况召开班后会，小结当班工作。

(四) 运行巡回检查制度

巡回检查是保证设备安全运行、及时发现和处理设备缺陷及隐患的有效手段，每个运行值班人员应按各自的岗位职责，认真、按时执行巡回检查制度。巡回检查分交接班检查、经常监视检查和定期巡回检查。

1. 巡回检查的要求

1) 值班人员必须认真、按时巡视设备。

2) 值班人员必须按规定的设备巡视路线巡视本岗位所分工负责的设备，以防漏巡设备。

3) 巡回检查时应带好必要的工具，如手套、手电、电笔、防尘口罩、套鞋及听音器等。

4) 巡回检查时必须遵守有关安全规定。不要触及带电、高温、高压、转动等设备危险

部位,以防危及人身和设备安全。

5) 检查中若发现异常情况,应及时处理、汇报,若不能处理,应填写缺陷单,并及时通知有关部门处理。

6) 检查中若发生事故,应立即返回自己的岗位处理事故。

7) 巡回检查前后,均应汇报班长,并作好有关记录。

2. 巡回检查的有关规定

1) 每班值班期间,对全部设备检查应不少于3次,即交、接班各一次,班间相对高峰负荷时一次。

2) 对于天气突变、设备存在缺陷及运行设备失去备用等各种特殊情况,应临时安排特殊检查或增加巡视次数,并作好事故预想。

3) 对检修后的设备以及新投入运行的设备,应加强巡视。

4) 事故处理后应对设备、系统进行全面巡视。

3. 巡回检查设备的基本方法

1) 巡回检查时必须集中思想,做到眼看、耳听、鼻闻、手摸,详细掌握设备运行情况。

2) 在毛毛雨和雾雪天,应检查绝缘子有否闪络、放电现象。

3) 利用日光检查户外绝缘子是否有裂纹。

4) 在高温、高负荷时,可根据示温片熔化等情况,检查设备是否过热。

5) 设备操作后要作重点检查,特别是断路器跳闸后的检查。

6) 气候突然变化(如变热、变冷)时,要检查注油设备的油位情况。

7) 根据历次事故处理的经验教训,重点检查设备运行的薄弱环节。

(五) 设备定期试验与切换制度

为了保证备用设备的完好性,确保运行设备故障时备用设备能正确投入工作,提高运行可靠性,必须对设备定期进行试验与切换。

设备定期试验与切换的要求如下:

1) 运行各班、各岗位应按规定的时间、内容和要求,认真做好设备的定期试验、切换、加油、测绝缘等工作。班长在接班前应查阅设备定期工作项目,在班前会上进行布置,并督促实施。

2) 如遇机组起停或事故处理等特殊情况,不能按时完成有关定期工作时,应向值长或分场申明理由并获同意后,在交接班记录簿内记录说明,以便下一班补做。

3) 经试验、切换发现缺陷时,应及时通知相关检修人员处理,并填写缺陷通知单。若一时不能解决的,经生产副厂长或总工程师同意,可作为事故或紧急备用。

4) 电气测量备用辅助电动机绝缘不合格时,应及时通知检修人员处理。

5) 各种试验、切换操作均应按岗位职责做好操作和监护,试验前应做好相应的安全措施和事故预想。

6) 定期试验与切换中发生异常或事故时,应按运行规程进行处理。

7) 运行人员应将本班定期工作的执行情况、发现问题及未执行原因及时登记在《定期试验切换记录簿》内,并做好交接班记录。

电气设备的定期试验与切换应按现场规定执行。

（六）运行分析制度

运行分析是确保发电厂安全、经济运行的一项重要工作，通过对各个运行参数、运行记录和设备运行状况的全面分析，及时采取相应措施，消除缺陷或提出防止事故发生的对策，并为设备技术改进、运行操作改进和合理安排运行方式提供依据。

运行分析的内容包括岗位分析、专业分析、专题分析和异常运行及事故分析。

1) 岗位分析。运行人员在值班期间对仪表活动、设备参数变化、设备异常和缺陷、操作异常等情况进行分析。

2) 专业分析。专业技术人员将运行记录整理后，进行定期的系统统计分析。

3) 专题分析。根据总结经验的要求，进行某些专题分析，如机组起停过程分析、大修前设备运行状况和改进的分析、大修后设备运行工况对比分析等。

4) 异常运行及事故分析。发生事故后，对事故处理和有关操作认真进行分析评价，总结经验教训，不断提高运行水平。

为了做好运行分析，要求做到以下几点：

1) 运行值班人员在监盘时应集中思想，认真监视仪表指示的变化，按时并准确地抄表，及时进行分析，并进行必要的调整和处理。

2) 各种值班记录、运行日志、月报表及登记簿等原始资料应填写清楚，内容正确、完整，保管齐全。

3) 记录仪表应随同设备一起投入，指示应正确。若发现记录仪表有缺陷，值班人员应及时通知检修人员修复。

4) 发现异常情况，应认真追查和分析原因。

5) 发现重大的设备异常或一时难以分析和处理的异常情况时，应逐级汇报，组织专题分析，提出对策，采取紧急措施，同时运行人员应做好事故预想。

（七）其他制度

1) 设备缺陷管理制度。该制度是为了及时消除影响安全运行或威胁安全生产的设备缺陷，提高设备的完好率，保证安全生产的一项重要制度。

该制度规定了运行值班人员管辖的设备缺陷范围、发现设备缺陷的汇报、设备缺陷的登记和缺陷记录的主要内容等。

2) 运行管理制度。该制度包括做好备品（如熔断器、电刷等）、安全用具、图样、资料、钥匙及测量仪表等的管理规定。

3) 运行维护制度。运行维护主要指对电刷、熔断器等部件的维护。发现的其他设备缺陷，运行值班人员能处理的应及时处理，不能处理的由检修人员或协助检修人员进行处理。以保证设备处于良好的运行状态。

任务二 安全用电及救助

一、人体触电

从事电类工作的人员，必须懂得安全用电常识，树立“安全责任重于泰山”的观念，避免发生触电事故，以保护人身和设备的安全。

人体是导体,当发生触电导致电流通过人体时,会使人体受到不同程度的伤害。由于触电的种类、方式及条件不同,受伤害的后果也不一样。

1. 人体触电的种类

人体触电有电击和电伤两类。

电击是指电流通过人体时所造成的内伤。它可造成肌肉抽搐、内部组织损伤,造成发热、发麻、神经麻痹等,严重时将引起昏迷、窒息,甚至心脏停止跳动、血液循环中止而死亡。通常说的触电,多是指电击。触电死亡绝大部分是电击造成。

电伤是在电流的热效应、化学效应、机械效应及电流本身作用下造成的人体外伤。常见的有灼伤、烙伤和皮肤金属化等现象。

灼伤由电流的热效应引起,主要是指电弧灼伤,会造成皮肤红肿、烧焦或皮下组织损伤;烙伤也是由电流热效应引起,是指皮肤被电气发热部分烫伤或由于人体与带电体紧密接触而留下肿块、硬块,使皮肤变色等;皮肤金属化则是指由电流热效应和化学效应导致熔化的金属微粒渗入皮肤表层,使受伤部位皮肤带金属颜色且留下硬块。

2. 人体触电方式

1) 单相触电。这是常见的触电方式,人体的一部分接触带电体的同时,另一部分与大地或零线(中性线)相接,电流从带电体流经人体到大地(或零线)形成回路,这种触电称为单相触电,如图1-1所示。在接触电气线路(或设备)时,若不采用防护措施,一旦电气线路或设备绝缘损坏漏电,将引起间接的单相触电。若站在地面上误触带电体的裸露金属部分,将造成直接的单相触电。

2) 两相触电。人体的不同部位同时接触两相电源带电体而引起的触电称为两相触电,如图1-1所示。对于这种情况,无论电网中性点是否接地,人体所承受的电压将比单相触电时高,危险性更大。

3) 跨步电压触电。雷电流入大地时,或载流电力线(特别是高压线)断落到大地上时,会在导线接地点及周围形成强电场,其电位分布以接地点为圆心向周围扩散、逐步降低而在不同位置形成电位差(电压),人、畜在这种电压作用下,电流从接触高电位的脚流进,从接触低电位的脚流出,这就是跨步电压触电,如图1-2所示。

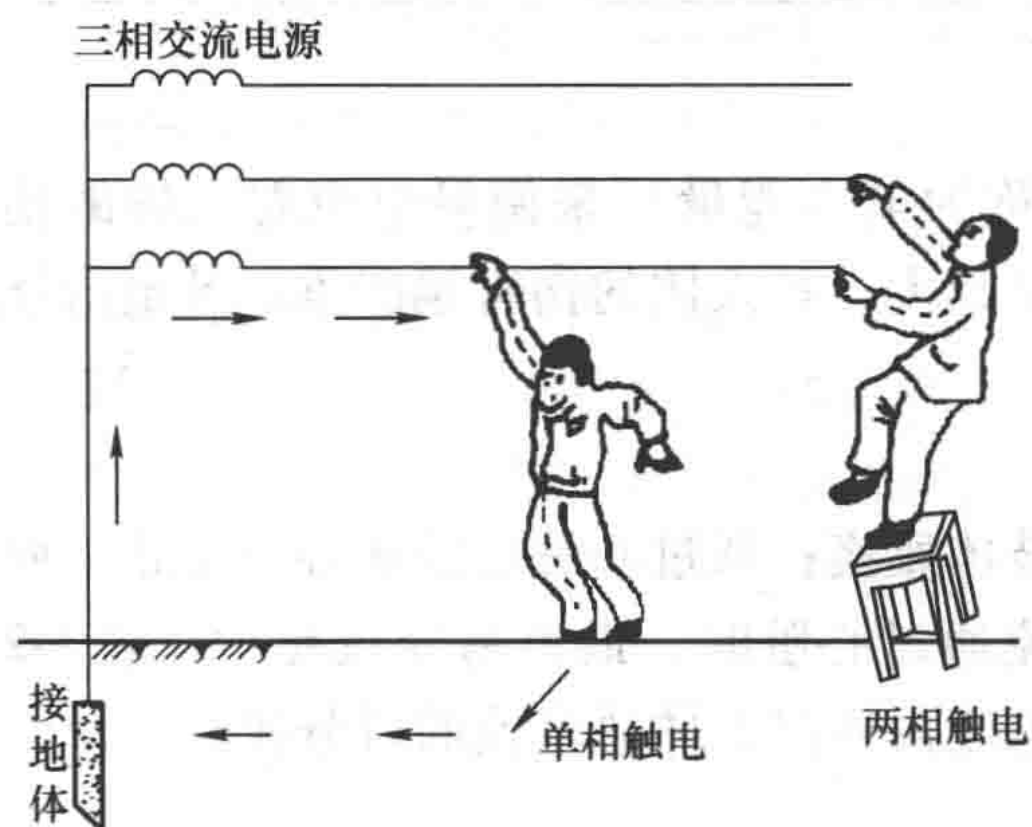


图 1-1 单相触电和两相触电

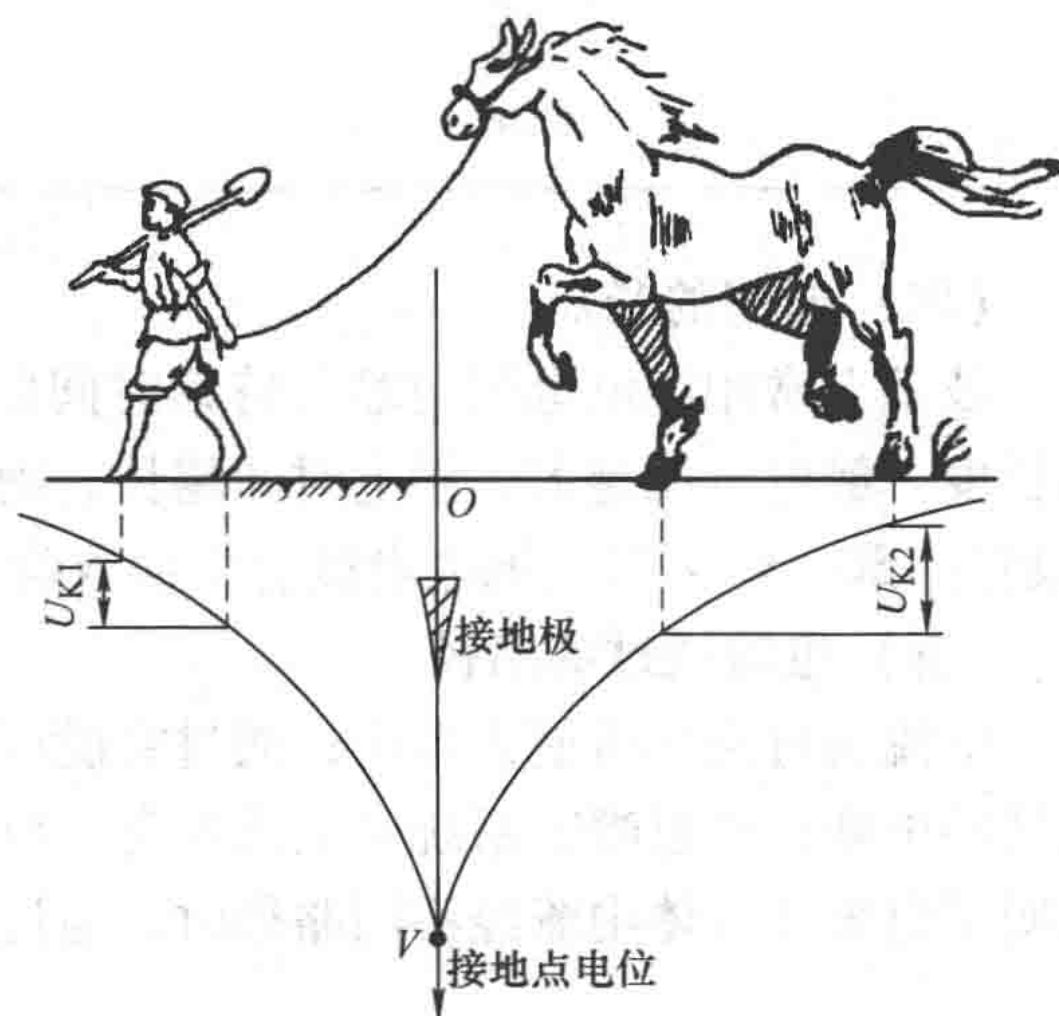


图 1-2 跨步电压触电

4) 悬浮电路触电。220V 工频电流通过变压器（一、二次绕组相互隔离）的一次绕组后，从二次侧输出的电压线不接地，且变压器绕组间不漏电时，即二次绕组相对于大地处于悬浮状态。若人站在地上接触其中一根带电导线，不会构成电流回路，没有触电感觉。如果人体一部分接触二次绕组的一根导线，另一部分接触该绕组的另一导线，则会造成触电。某些电子设备的金属底板是悬浮电路的公共接地点，在接触或检修这类机器的电路时，如果一只手接触电路的高电位点，另一只手接触低电位点，即用人体将电路连通造成触电，这就是悬浮电路触电。在检修这类机器时，一般要求单手操作，特别是电位比较高时更应如此。

二、电流伤害人体的因素

人体对电流的反应非常敏感，触电时电流对人体的伤害程度与以下几个因素有关。

(一) 电流的大小

触电时，流过人体的电流是造成损伤的直接因素。人们通过大量试验，证明通过人体的电流越大，对人体的损伤越严重。

(二) 电压的高低

人体接触的电压越高，流过人体的电流越大，对人体的伤害越严重。但在触电事例的分析统计中，70% 以上的死亡者是在对地电压为 250V 以下的低压下触电的。如以触电者人体电阻为 1kΩ 计，在 220V 电压作用下，通过人体的电流是 220mA，能迅速使人致死。对地 250V 以上的高压，本来危险性更大，但由于人们接触少，且对它警惕性较高，所以触电死亡事例约在 30% 以下。

(三) 频率的高低

实践证明，40 ~ 60Hz 的交流电对人最危险，随着频率的升高，触电危险程度将下降。高频电流不仅不会伤害人体，还能用于治疗疾病。表 1-1 表明了这种关系。

表 1-1 电流频率对人体的影响

电流频率/Hz	对人体的伤害
50 ~ 100	有 45% 的死亡率
125	有 25% 的死亡率
> 200	基本上消除了触电危险

(四) 时间的长短

技术上常用触电电流与触电持续时间的乘积（称为电击能量）来衡量电流对人体的伤害程度。触电电流越大，触电时间越长，则电击能量越大，对人体的伤害越严重。若电击能量超过 150mA · s 时，触电者就有生命危险。

(五) 电流通过的路径

电流通过头部可使人昏迷；通过脊髓可能导致肢体瘫痪；通过心脏可造成心跳停止、血液循环中断；通过呼吸系统会造成窒息。可见，电流通过心脏时，最容易导致死亡。表 1-2 表明了电流在人体中流经不同路径时，通过心脏的电流占通过人体总电流的百分比。

表 1-2 电流通过人体的路径对人体的影响

电流通过人体的路径	通过心脏的电流占通过人体总电流的百分数（%）
从一只手到另一只手	3.3
从右手到右脚	3.7
从右手到左脚	6.7
从一只脚到另一只脚	0.4

从表中可以看出，电流从右手流到左脚危险性最大，同时可参见图 1-3。

(六) 人体状况

人的性别、健康状况、精神状态等与触电伤害程度有着密切关系。女性比男性触电伤害程度约严重 30%；小孩与成人相比，触电伤害程度也要严重得多；体弱多病者比健康人容易受电流伤害。另外，人的精神状况，对接触电器有无思想准备，对电流反应的灵敏程度，醉酒、过度疲劳等都可能增加触电事故的发生次数并加重受电流伤害的程度。

(七) 人体电阻的大小

人体电阻越大，受电流伤害越轻。通常人体电阻可按 1 ~ 2kΩ 考虑。这个数值主要由皮肤表面的电阻值决定。如果皮肤表面角质层损伤，皮肤潮湿、流汗、带着导电粉尘等，将会大幅度降低人体电阻，增加触电伤害程度。

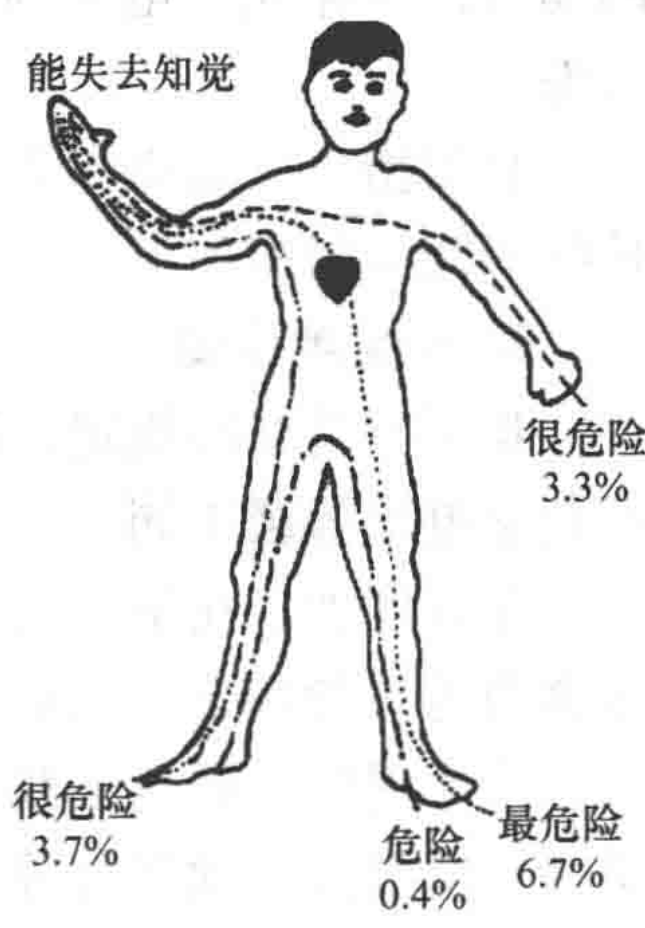


图 1-3 电流通过人体的路径

三、安全电压

人体触电时，人体所承受的电压越低，通过人体的电流就越小，触电伤害就越轻。当电压低到某一定值以后，对人体就不会造成伤害。在不带任何防护设备的条件下，当人体接触带电体时对各部分组织（如皮肤、神经、心脏、呼吸器官等）均不会造成伤害的电压值，称为安全电压。它通常等于通过人体的允许电流与人体电阻的乘积，在不同场合，安全电压的规定是不相同的。

1. 人体电阻

人体电阻包括体内电阻、皮肤电阻和皮肤电容。因皮肤电容很小，可忽略不计；体内电阻基本上不受外界影响，差不多是定值，约为 0.5kΩ；皮肤电阻占人体电阻的绝大部分。但皮肤电阻随着外界条件的不同可在很大范围内变化。皮肤表面 0.05 ~ 0.2mm 的角质层电阻高达 10 ~ 100kΩ，但这层角质层容易遭到破坏，在计算安全电压时不宜考虑在内，除去角质层，人体电阻一般不低于 1kΩ，通常应考虑在 1 ~ 2kΩ 范围内。

影响人体电阻的因素很多，除皮肤厚度外，皮肤潮湿、多汗、有损伤、带有导电粉尘，对带电体接触面大、接触压力大等都将减小人体电阻，加大触电电流，增加触电危险。

人体电阻还与接触电压有关，接触电压升高，人体电阻将按非线性规律下降，如图 1-4 所示。

图中，曲线 a 表示人体电阻的上限，曲线 c 表示人体电阻的下限，曲线 b 表示人体电阻的平均值，曲线 a 与曲线 b 之间对应于干燥皮肤，曲线 b 与曲线 c 之间对应于潮湿皮肤。

2. 人体允许电流

人体允许电流是指发生触电后触电者能自行摆脱电源，解除触电危害的最大电流。在通常情况下，人体的允许电流，男性为 9mA，女性为 6mA；在设备和线路装有触电保护设施的条件下，人体允许电流可达 30mA；但在容器中，在高空、水面上等可能因电击造成二次事故（如再次触电、摔死、溺死等）的场所，人体允许电流应按不引起强烈痉挛的 5mA 考虑。

必须指出，这里所说的人体允许电流不是人体长时间能承受的电流。

3. 安全电压值

我国有关标准规定，12V、24V 和 36V 三个电压等级为安全电压级别，不同场所应选用的安全电压等级不同。

在湿度大、狭窄、行动不便、周围有大面积接地导体的场所（如金属容器内、矿井内、隧道内等）使用的手提照明灯，应采用 12V 安全电压。

凡手提照明器具，在危险环境、特别危险环境的局部照明灯，高度不足 2.5m 的一般照明灯，携带式电动工具等，若无特殊的安全防护装置或安全措施，均应采用 24V 或 36V 安全电压。

安全电压的规定是从总体上考虑的，对于某些特殊情况或某些人也不一定绝对安全。是否安全与人的现时状况（主要是人体电阻）、触电时间长短、工作环境、人与带电体的接触面积和接触压力等都有关系，所以即使在规定的安全电压下工作，也不可粗心大意。

四、触电原因及预防措施

触电包括直接接触电和间接接触电两种。直接接触是指人体直接接触或过分接近带电体而触电；间接触电指人体触及正常时不带电而发生故障时才带电的金属导体。

1. 触电的常见原因

触电的场合不同，引起触电的原因也不同，下面将常见触电原因归纳如下。

（1）电气操作制度不严格、不健全 带电操作时不采取可靠的安全保护措施；不熟悉电路和电器而盲目修理；救护已触电的人时自身不采取安全保护措施；停电检修时不挂警告牌；检修电路和电器时使用不合格的安全保护工具；人体与带电体过分接近又无绝缘措施或屏护措施；在架空线上操作时不在相线上加临时接地线（零线）；无可靠的防高空坠落措施等。

（2）用电设备不合要求 电器设备内部绝缘损坏，金属外壳又未加保护接地措施或保护接地线太短、接地电阻太大；开关、灯具、携带式电器绝缘外壳破损，失去防护作用；开关、熔断器误装在中性线上，一旦断开，就使整个线路带电。

2. 预防触电的措施

（1）绝缘措施 用绝缘材料将带电体封闭起来的措施称为绝缘措施。良好的绝缘是保证电气设备和线路正常运行的必要条件，是防止触电事故的重要措施。

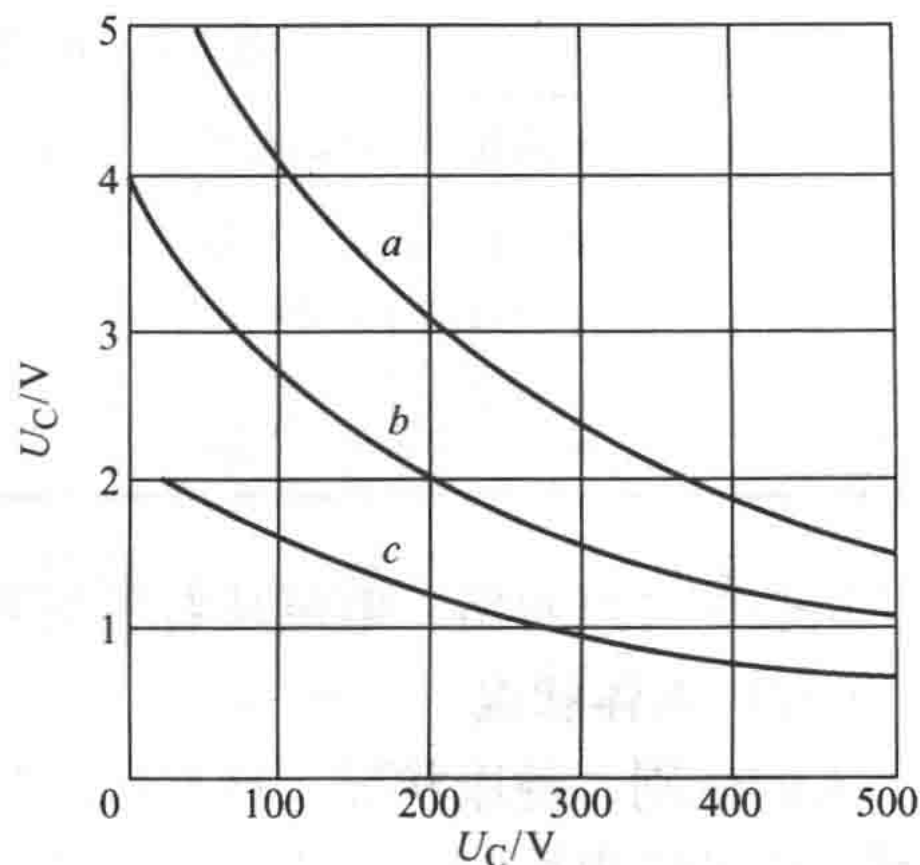


图 1-4 人体电阻与接触电压的关系