



全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

电气设备检修

鲁爱斌 主 编

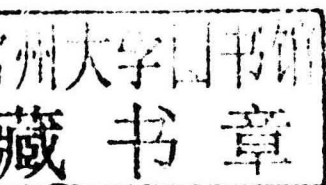


中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

全国电力职业教育规划教材

电气设备检修

主 编 鲁爱斌
编 写 刘海琼 吴喻飞
主 审 刘增良



中国电力出版社

内 容 提 要

本书为全国电力职业教育规划教材。

本书围绕电气设备检修各项工作进行介绍,全书共分为五章。第一章介绍电气设备检修管理,包括电气设备检修模式的演变、电气设备检修安全管理、现场标准化作业等;第二章介绍电气设备状态检修,重点介绍电网企业目前状态检修的实施流程及相关技术;第三章介绍电力变压器检修,包括油浸式变压器、干式变压器的运行维护及检修等;第四章介绍高压断路器检修,包括 SF₆ 断路器、真空断路器、高压开关柜的运行维护及检修等;第五章介绍高压隔离开关检修。

本书可作为高职高专电力技术类等相关专业的教学用书,也可作为电力行业培训教材,同时可供从事电气设备检修的技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气设备检修 / 鲁爱斌主编. —北京: 中国电力出版社, 2011.8

全国电力职业教育规划教材
ISBN 978-7-5123-2018-5

I. ①电… II. ①鲁… III. ①电气设备—检修—职业教育—教材 IV. ①TM64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 163403 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 8 月第一版 2011 年 8 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.125 印张 343 千字
定价 24.50 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

随着电力工业的发展，电力企业正由计划经济向市场经济转轨，提高供电可靠性和降低生产成本是企业实现良好社会效益和经济效益的关键。近几年来，发电企业、电网企业建设不断加快，装备水平不断提升，对生产管理、信息化水平，精益化、集约化、标准化管理的要求不断提高，传统的电气设备检修制度、检修工艺正面临深刻的改革，对电气设备的检修也提出了更高的要求。因此，培养面向生产、建设、服务和管理一线的高素质专门人才成为高等职业教育的迫切任务。

本书以服务企业、提升学生现场作业技能为目的，以“技能为主、知识够用”为原则，选取电力企业覆盖面广、检修频率高，具有代表意义的电气设备检修项目而编写。本书内容紧密结合生产实际，反映最新的检修技术标准和管理规范，内容涵盖电气设备检修生产管理人员所涉及的知识 and 技能，力求体现科学性、实用性、先进性，同时注重知识性、系统性、专业性。

本书围绕电气设备检修的各项工作进行阐述，全书共分为五章，主要内容包括电气设备检修管理、电气设备状态检修、电力变压器检修、高压断路器检修和高压隔离开关检修。

本书由鲁爱斌主编，其中第一、第二、第三章由鲁爱斌编写，第四章由刘海琼编写，第五章由吴喻飞编写，全书由鲁爱斌统稿。

本书由铜陵学院刘增良教授主审，提出了宝贵意见，作者表示衷心感谢。本书编写过程中得到许多供电企业、设备制造厂的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

限于作者水平，恳请读者对书中的疏漏与不足之处提出批评指正。

编者

2011年6月

目 录

前言

第一章 电气设备检修管理	1
第一节 电气设备检修方式	1
第二节 电气设备检修安全管理	4
第三节 电气设备缺陷管理	17
第四节 现场标准化作业	20
第五节 电气设备检修组织工作与技术档案管理	29
第六节 电气设备检修成本管理	32
复习思考题	34
第二章 电气设备状态检修	36
第一节 电气设备状态检修认识	36
第二节 电气设备状态检修流程	42
复习思考题	46
第三章 电力变压器检修	48
第一节 电力变压器基本结构	48
第二节 变压器检修基础	65
第三节 油浸式变压器运行维护	69
第四节 变压器检修	85
第五节 干式电力变压器运行维护	98
第六节 变压器状态检修	105
复习思考题	115
第四章 高压断路器检修	117
第一节 高压断路器运行维护	117
第二节 高压断路器检修基础	129
第三节 SF ₆ 断路器检修	131
第四节 真空断路器检修	146
第五节 高压断路器操动机构检修	149
第六节 高压断路器故障与处理	151
第七节 高压开关柜检修	158
第八节 SF ₆ 断路器状态检修	167
复习思考题	178
第五章 高压隔离开关检修	180
第一节 隔离开关检修基础	180
第二节 隔离开关检修	185
第三节 隔离开关常见故障分析	194

第四节 隔离开关状态检修.....	197
复习思考题.....	199
附录 A GW4—126 型隔离开关大修作业指导书.....	200
附录 B KYN28A—12 型开关柜小修作业指导书.....	208
附录 C LW6—220 型 SF ₆ 断路器小修作业指导书.....	213
参考文献.....	219

电气设备检修管理

随着电力系统容量的增大和电网规模的扩大，电气设备故障给人们的生产和生活带来的影响越来越大，这对系统的稳定经济运行也提出了越来越高的要求。保证电力系统的经济性和稳定性的一个强有力措施就是在提高电气设备使用率前提下，保证设备安全可靠运行，因此检修成为生产经营管理中不可或缺的部分。

电气设备检修管理的优劣，直接影响设备的健康水平、电网供电的可靠性、运行的安全性和经济性、设备的维修费用和运行检修人员的劳动强度。随着电网的高速发展和电网的市场化运营，安全、可靠、经济、优质供电的现代化电网成为电网发展的目标，这就对电网设备的管理，特别是设备的检修管理、质量管理和市场化运作提出了更高的要求。

第一节 电气设备检修方式

一、检修分类及要求

检修是为了确保设备保持并实现其产品设计的固有功能状态而进行的一切活动。根据检修的目的和时机，可以分为预防性检修、故障检修、改进性检修和现场抢修四种。

1. 预防性检修

预防性检修是对设备进行检查、测试，在发现异常或故障时予以消除，防止事故、故障的发生，使设备保持在规定状态所做的各项检修活动。预防性检修工作一般包括外观检查、清扫，机械部分的润滑和调整，电气部分的测试和调整，设备的拆装及不合格元器件的更换等。

预防性检修的目的是消除故障隐患，确保设备在运行过程中不发生故障，从而避免造成更大的损失，做到防患于未然。其检修活动的时机是在故障发生之前进行，这种检修方法一般用于故障后果会危及安全、影响功能的实现和任务的完成、故障会造成较大经济损失和社会影响的情况。电力行业一般都采用这种检修方法，主要原因是电气设备故障不仅危及电网和人身的安全，造成供电中断，经济损失较大，而且直接影响国民经济和人民的生产和生活。

预防性检修可分为定期检修、定期更换、状态检修和隐患检测四种。

(1) 定期检修：指设备使用到规定时间内进行检修，使其恢复到规定的状态。所谓“规定的时间”，是指规程、制度中的规定的时间周期。一般指累计工作时间或某些运行技术参数出现的次数。“规定的状态”是指规程、标准或出厂试验中要求达到的技术指标、性能和要求。

定期检修的工作范围可以包括设备的外观检查到设备的全面翻新，因此不同的设备、不同的规定时间，其检修的工作范围是不同的。电气设备检修工作内容可划分为小修、大修及临时性检修。针对不同检修形式，其规定的检修周期是不同的，工作内容一般是大修多于小修、临时性检修，大修的技术指标一般高于小修的技术指标。考虑到高压电气设备价格昂贵，运行可靠性的要求高，因此高压电气设备大都采用预防性定期检修方式。

(2) 定期更换检修：指设备使用到规定的时间予以更换。如果检修所消耗的资源较大，或者设备的功能已丧失，技术性能指标下降，无法使其恢复到预定的功能，可以考虑采用定期更换检修方式。定期更换检修方式在许多行业中广泛采用，但电力系统中采用这种方式很少。一般规程、标准中很少规定哪些设备可以采用定期更换。采用定期更换检修的前提条件是对连续运行工作的设备进行定期的停运检查和测试，从中了解、判断设备运行状况，确定设备的故障期或寿命终期，从而确定所要更换的设备或部件、更换的时机、相应的检修方法等。

(3) 状态检修：指设备的运行和使用状态受到严格监视，并根据监视获得的信息，与适用的标准参数比较，对设备的技术状态作判别，以决定是否需要检修。状态检修通过应用现代检修管理技术，利用先进的状态检测手段和分析诊断技术，实时了解设备的健康状况和运行工况，及时给出设备的寿命评估，然后根据设备的健康状况，合理安排检修项目和检修时机，最大化地降低检修成本乃至发电成本，提高设备的可靠性。

状态检修基于一种实际情况，即大量的故障不是瞬时发生的，故障从开始萌发到逐渐发展至最后的故障状态，总有一定的异常现象，且要持续一段时间，同时这种异常现象是可以监测的。因此，人们可以通过对设备实际运行的在线监测，来判断设备是否出现异常，是否需要进行检修。这种监测不需使设备退出运行，电气设备无须停电。这种检修方式是视设备运行中实际情况而决定检修工作，故称之为预知性检修、视情检修。

显然，状态检修是最为经济和理想的检修方式。20 世纪 90 年代电力系统部分企业已在这方面作了探索，取得了一些成绩，然而尚有许多故障机理、故障诊断技术等问题有待进一步研究，目前这种检修的实际应用水平还很有限。

(4) 隐患检测：指在某一具体的时间间隔内，对设备进行检查、测试，如发现不符合规定的技术指标，即进行调整、修正或判定某种异常，决定采用某种检修工作。目前电力企业普遍采用的预防性试验就属于这种隐患检测。

正常运行的设备到期按计划进行检查、试验，试图找出设备的隐患，这种隐患实际上是设备的隐蔽功能障碍已发生，而未发展成设备功能故障。但设备如果继续运行，隐蔽功能障碍可能发展成为功能故障状态，而运行人员难以直观察觉这种隐蔽功能障碍，要通过一定的检测手段才能发现和确定。

2. 故障检修

故障检修是指设备发生故障后，使其恢复到规定或初始状态所进行的检修活动，其活动通常包括故障定位、故障隔离、分解更换元器件、组装、调试、试验等。

故障检修是在设备故障发生之后进行的。故障可能是设备早期故障、损耗期的故障以及运行时的随机故障。这些故障在预防性检修活动中是不能避免的，只要经济上合理，就可以采用故障检修，而不要轻易报废或更新。如果预防性检修效果不佳，而设备故障又不会产生严重后果，就可采用故障检修。

电气设备很少采用故障检修，主要原因是电气设备故障往往会造成严重后果或较大的经济损失。通常采用的方法是：当电气设备故障停运后，由检修部门对故障部件进行检查、修理、更换，对停运设备进行分解、拆洗、组装、调试等修复性的检修工作。

3. 改进性检修

改进性检修是指设备达不到规定的某些功能、指标或对原来的功能、指标提出了新的要

求，对设备按标准和方法进行改进或改装的检修活动。改进性检修是保证预防性检修的有效性，提高设备可靠性、安全性的一种补充手段，也是设备改进循环中的一个必要环节。改进性检修往往还包括修改设计和制造。

电气设备常采用改进型检修，解决运行中出现的问题，如 110kV 及以上电压等级的互感器防潮、防水措施的改造，变压器的呼吸器和储油柜的改造等。

4. 现场抢修

现场抢修是指运行中的设备因故障而遭受损坏后，在现场采取应急修复技术与方法，使设备部分或全部恢复到规定的功能。现场抢修与修复性检修相近，但检修条件与正常检修相差很大，检修的时机是随机的，检修的要求和措施与一般检修有所不同，检修的技术标准也可能不同于正常情况，故可作为独立的检修活动。

为了减少故障停电时间，电气设备经常采用现场抢修方式。现场抢修的主要特点是：工作条件较差，特别是遇到天气恶劣的户外作业；时间要求较紧迫，往往要求尽早恢复供电；对损坏较严重的设备，往往采用更换的检修方式。

二、电气设备检修模式演变

电气设备检修模式的演变经历了两个阶段，即 18 世纪第一次产业革命采用的事后检修和 19 世纪第二次产业革命采用的预防性检修。事后检修也称故障检修，是最早出现的检修方式，这种检修方式以设备出现功能性故障为判据，在设备发生故障且无法继续运行时才进行检修。采用这种检修方式需要付出很大的代价，不仅会严重损坏设备，而且会危及人身安全。

第二次产业革命时期，开始推行预防性检修。预防性检修经过多年的发展，根据检修的技术条件、目标的不同而出现了定期检修、状态检修、主动检修、以可靠性为中心的检修、故障查找、故障检修等检修方式。其中，定期检修和状态检修前面已经介绍过，下面介绍主动检修和以可靠性为中心的检修。

1. 主动检修（proactive maintenance, PAM）

主动检修又称改进性检修，是指对设备先天性缺陷或频发故障，按照当前设备技术水平和发展趋势进行改造，从根本上消除设备缺陷，以提高设备的技术性能和可用率，并结合检修过程实施的检修方式。

主动检修是指设备在发生影响正常使用的关键故障之前的一种主动预测、预防性行为。其着眼点是通过对设备故障的根本原因进行预先的系统化识别、判断、排除；其落脚点是减小设备整体维修需求，使设备的寿命延长。主动检修是寻找故障的根本原因，修改设计或对设备进行改造，消除故障再次发生的可能，这是一种非常主动的、积极的方式。对于设备的频发性故障，要改变设计进行改造，这并不是新的见解。但作为一种检修方式，却才提出不久。

主动检修属于状态检修的范畴，主动检修和状态检修都要对一些参数进行监测，区别在于：主动检修监测的是参数的异常，这些异常出现时，设备尚未发生实质性故障，但若这些异常不得到及时纠正，则会引发实质性故障，即会发生材料的劣化或设备性能的下降；而状态检修中所监测的是实质性故障的征兆，这时设备已处于初始故障阶段。

2. 以可靠性为中心的检修（reliability centered maintenance, RCM）

以可靠性为中心的检修理论认为，人们的一切检修活动都是为了保持和恢复设备的初始功能，因此应当根据设备及其部件的可靠性状况，运用逻辑决断分析，制订设备检修大纲，

确定所需检修项目、合理的检修方式、恰当的检修间隔期，从而达到优化检修的目的。RCM是状态检修的发展和完善。

以可靠性为中心的检修是目前国际上通用的、用以确定资产预防性检修需求、优化检修制度的一种系统工程方法。其基本思路是：对系统进行功能和故障分析，明确系统内各种故障的后果；用规范化的逻辑决断方法，确定出各故障后果的预防性对策；通过现场故障统计、专家评估、量化建模等手段，在保证安全性和完好性的前提下，以检修停机损伤最小为目标优化系统的检修策略。

RCM的研究始于20世纪60年代后期，电力工业则是从1983年开始研究，并于1984年由美国电力研究院将其用于核电站的检修。我国电力行业在应用RCM和状态检修方面，较其他行业滞后。由于电力生产的特殊性，我国电力管理部门更强调各种安全制度，尚未打破传统的定期检修制度以及有关的规程、规范和标准。

第二节 电气设备检修安全管理

安全是人类生产和生活的基本需要。电力企业担负着保证员工在电力生产活动中的人身安全，保证电网安全稳定运行和可靠供电，保证国家和投资者的资产免遭损失三项任务。电力安全生产必须通过全员、全方位、全过程管理才能实现。为此，各级电力企业必须坚持和不断完善安全生产责任制，建立健全有系统、分层次的安全生产保证体系和安全生产监督体系，充分发挥两个体系各自的作用并密切配合，共同保证安全生产目标的实现。

一、电力安全生产管理

（一）电力安全生产管理目的和内容

电力安全生产管理是指为保证电力生产过程在符合安全的物质条件和秩序下进行，为防止人身伤亡、设备损坏和电网事故以及各种灾害的发生，保障职工的安全健康和设备、电网的安全以及“发电、送电、变电、配电、用电”各个环节的正常进行而采取的各项措施和活。电力安全生产的目标是维护电力系统安全稳定，保证电力正常供应，防止和杜绝人身伤亡、大面积停电、主设备严重损坏、电厂垮坝、重大火灾等重、特大事故及对社会造成重大影响事故的发生。

电力安全生产管理的内容主要包括：贯彻落实安全生产法规和“安全第一、预防为主、综合治理”的方针；加强安全生产管理；健全和执行安全生产规章制度；坚持安全检查，排除安全隐患；坚持对领导、职工和特种作业人员进行安全教育，提高安全素质；采取各种安全技术措施和反事故技术措施，消除不安全因素；不断改善安全装备和劳动条件，减轻劳动强度，保证劳逸结合；对职工伤亡及生产过程中的各类事故进行调查、处理和统计报告等。

（二）安全生产组织管理体系

电力安全生产组织管理体系是“一个核心、两个体系和三级安全网”。一个核心，是指以行政正职为核心的各级安全生产责任制；两个体系，是指电力安全生产的保证体系和监督体系；三级安全网即公司、车间及班组安全网。

1. 安全生产责任制

安全生产责任制是根据“管生产必须管安全”的原则，对企业领导、各部门和各类人员明确规定其在生产中应负的安全责任，它是企业中一项最基本的安全制度。只有建立了全面、

完善、合理的安全生产责任制，并认真、有效地执行，企业的安全生产才能得到保证。《电力安全生产工作规定》明确了企业各级行政正职是安全生产的第一责任人，对本企业的安全生产工作和安全生产目标负全面责任。各级行政副职是分管范围内安全生产的第一责任人，对分管工作范围内的安全生产工作负领导责任，向行政正职负责；总工程师对本企业的安全技术管理工作负领导责任，向行政正职负责。各部门、各岗位应有明确的安全职责，做到责任分担，并实行下级对上级的安全生产逐级负责制。

电力企业安全生产责任制涵盖了各级各类人员和各职能部门。从行政组织体系上讲，各级行政正职是安全生产第一责任人；从作业体系而论，每项作业的负责人是安全生产第一责任人。要落实安全生产责任制，各级领导和管理人员就要做到层层把关，每个岗位的作业人员就要做到分兵把守，这样才能构筑起保证安全生产的屏障。

2. 安全生产保证体系

安全生产保证体系是指为实现安全生产，由人员、设备和管理三个基本要素构成的有机整体。三个基本要素中，人员素质的高低是安全生产的决定性因素，优良的设备和设施是安全生产的物质基础和保证，科学的管理则是安全生产的重要措施和手段。只有通过人员、设备和管理这三个基本要素在安全生产过程中的有机结合，并不断地提高和发展，才能使电力安全生产水平逐步提高，并保持长期稳定的安全生产局面。

安全保证体系的根本任务包括三方面内容。首先，要造就一支具有高度事业心、强烈责任感、良好安全意识、熟练业务技能、遵章守纪的优良品质和严肃认真、一丝不苟、精益求精工作作风的员工队伍；其次，要努力提高设备、设施的健康水平，充分利用现代化科技成果改善和提高设备、设施的性能，最大限度发挥现有设备、设施的潜力；最后，要不断加强安全生产管理，提高管理水平。

3. 安全生产监督体系

电力企业安全监督体系一般是由安全监督部门、车间和班组安全员组成的三级安全监督网络。其主要功能：一是安全监督，即运用行政上赋予的职权，对电力生产和建设全过程的人身和设备安全进行监督，并具有一定的权威性、公正性和强制性；二是安全管理，即协助领导做好安全管理工作，开展各项安全活动等。

三级安全监督网络的工作重点各有侧重：电力企业安全监督部门以安全管理为主，现场监督为辅，以季节性安全检查、专项检查、不定期安全抽查为主要监督方式；车间安全员的工作重点是监督一些工作量较大或工作条件较复杂的大修、基建、改造等工程，其他工程可采取不定期抽查的办法，以较多的精力从事安全管理工作；班组安全员则主要侧重于现场监督。

（三）安全目标管理与过程控制

1. 安全目标管理

安全目标管理是通过目标体系的建立和实施，把“以作业技术为中心”和“以人的因素为中心”的两种管理方式有机地结合起来，把人和目标的实现紧密地结合在一起，激发各级责任者为实现目标而自觉地采取措施，提高全员的安全意识。安全目标管理的任务是通过层层设定目标，建立起完整的、纵横方向的目标管理体系，通过目标的层层展开，措施计划的层层落实，保证企业安全工作总目标的实现。安全目标管理是参与管理的一种形式，是根据企业安全工作目标来控制企业安全生产的一种民主、科学、有效的管理方法，是电力企业实

现生产的一项重要内容。从管理过程上讲，安全目标管理的主要内容有目标的设定、目标的实施、目标成果的检查与评价三个部分。电力企业有“安全文明双达标”、“创一流”、“三项责任制考核”等目标管理过程。

电力生产是多岗位、多专业协同工作的结果，因此实现分层次分级管理和实现目标分解是完成总体目标的必然途径。电力安全生产分级控制目标是：个人控制差错和违章，不发生未遂和异常；班组控制未遂和异常，不发生障碍和轻伤；车间控制障碍和轻伤，不发生事故和重伤；企业控制事故和重伤，不发生人身死亡、重大设备损坏和电网事故。防人身事故的基础是防违章，抓不安全现象；防设备事故的基础是设备、设施的零缺陷，无异常，切实贯彻执行“两票三制”，实施运行分析、状态分析、检修文件包制度并作好技术监督等；防电网事故涉及电网构架、继电保护管理、操作及一系列预防性工作的质量等。

2. 过程控制

安全管理的过程控制是企业安全管理的一个重要领域。企业安全管理包括生产过程中人身、设备以及系统的安全管理。加强对安全管理的过程控制，是企业安全管理首先应树立的理念。安全管理的过程控制包括安全性评价、安全检查、技术监督、进行整改等内容。坚持目标管理与过程控制相结合，形成动态的闭环过程管理，是提高安全管理水平的关键。

过程控制基本理念是“持续改进”，简单地讲就是“没有最好，只有更好”，建立覆盖电力生产各环节、各领域的安全评价动态管理体系，以安全评价为龙头，实施自下而上与自上而下相结合的基于风险辨识、风险分析、风险评估、风险控制的动态闭环过程管理，逐步形成基于风险管理的安全生产长效管理机制，不断提高企业的安全生产管理水平。

（四）电力安全性评价

安全性评价是电力安全生产管理的重要手段之一，对于确保电网安全运行，降低发供电企业的各类安全事故与损失具有重要的意义。安全性评价是通过设备系统、劳动与作业环境、安全管理三大安全基础的评价和分析，制定整改和预防措施，实现人、机、环境、管理四者安全的优化配置，从而实现人身安全、设备安全和电网安全。

（1）安全性评价工作的内容主要包括：①设定安全评价标准，即根据不同类型企业，依据规程、制度制定评价标准，目前已制定《输电网安全性评价》、《火电厂安全性评价》、《水电厂安全性评价》、《供电企业安全性评价》等评价大纲；②建立专家库，主要由长期从事安全、生产技术的退休专家组成，这些专家必须具备经验丰富、技术过硬、掌握标准、熟悉程序的条件；③规范评价程序；④按照规范的程序进行评价操作。

（2）电力安全性评价的操作要点包括：①做好评价计划，包括自评价、专家评价计划书、问题整改计划书；②按计划实施评价，检查和考核，实现持续改进。

（五）危险点分析与控制

危险点分析是指在一项作业和工程开工前，对作业项目或工程所存在的危险性类别、发生条件、可能产生的情况和后果等，进行危险性分析并找出危险点，其目的是控制事故的发生。

（1）危险点分析作用主要有：①分析各类危险因素及其存在原因，评价已辨识危险因素发生的频率；②评价危险因素的后果和事故影响范围；③提出危险源控制措施及反事故预案。

（2）危险点分析方法。主要包括安全性评价、安全检查表、故障树分析、事件树分析。

（3）危险点控制措施。主要从产生事故的原因入手，采取相应的控制措施，包括：①物

的控制措施，如消除设备缺陷、安全隐患、控制危险点；②人的控制措施，如推行危险点分析方法、列出危险因素、制定控制措施、开展反习惯性违章活动；③环境因素控制（现场）；④管理制度控制。

（六）安全考核

（1）考核项目。主要内容包括：①特大、重大事故次数；②死亡、重伤人数；③电网事故次数；④设备事故次数；⑤安全周期个数。

（2）安全记录。主要内容包括：①连续无事故累计天数，100 天为一个安全周期；②所有重、特大事故、人身死亡事故和特殊情况下的一般事故，均需中断事故发生单位的安全记录。

（七）电力生产事故调查

（1）事故的“四不放过原则”，即事故原因不清楚不放过；事故责任者和应受教育者没有受到教育不放过；没有采取防范措施不放过；事故责任者没有受到处罚不放过。

（2）事故划分。事故可划分为人身事故（特大、重大、一般人身事故）、电网事故（特大、重大、一般、电网一类障碍、电网二类障碍）和设备事故（特大、重大、一般）。

（3）事故调查。主要内容包括：①及时报告，人身死亡、重大以上电网事故和设备事故要求 24h 内上报；②调查程序，要保护事故现场、收集原始资料、调查事故情况、分析原因、提出防范措施、提出处理人意见。

（4）统计报告。主要包括事故报告书、《人身伤亡事故调查报告书》、《电网事故调查报告书》、《设备事故调查报告书》，月度报告、报表，季度报告，年度报表。

（八）安全设施规范化与行为规范化

（1）安全设施规范化的内容包括安全标志、设备及安全工器具标志、警戒线、安全防护的图形规范和配置规范。其目的是指导电力企业在生产现场安全设施管理上达到规范、统一，从而创造一个清晰、安全的工作环境，提高安全管理水平。重点是：①发电厂、变电所、电力（电缆）线路应按要求实现安全设施规范化；②设备标志齐全、清晰；③介质流向清楚；④安全防护设施符合要求；⑤线路杆塔及各种辅助设施的标志齐全、正确、醒目。

（2）人的行为规范化包括人的自主因素（身体、技术、思想）、客观因素（软、硬环境）、企业安全文化建设。

（九）安全大检查

安全大检查包括季节性安全大检查、专项检查、专业性检查。季节性安全大检查的重点是防雷、防雨、防冻、防火、防污染、防小动物等；专项检查和专业性检查包括夏季防汛检查、重大社会活动安全供电检查、节前安全大检查、落实反事故措施专业安全检查等。

（十）教育培训

（1）上岗前培训。新员工需经公司、车间、班组三级安全教育；新换岗员工需经跟班实习和仿真培训；在岗人员需要定期培训。

（2）班组安全日活动。所有班组每周必须进行班组安全活动，学习安全通报、安全规程，分析本周或上周的安全情况。

（3）安全录像、事故通报、安全教育室等再教育形式，如播放安全录像，通报网省公司安全情况，不定期出安全简报等。

（4）反事故演习。针对电网的薄弱环节预测可能发生的事故，对组织机构和员工的应变

能力进行培训。

(5) 法规制度考试，包括网省电力公司管理人员安全生产法规考试、所有员工每年进行安全规程考试等。

二、保证安全的组织措施和技术措施

1. 保证安全的组织措施

- (1) 工作票制度；
- (2) 工作许可制度；
- (3) 工作监护制度；
- (4) 工作间断、转移和终结制度。

2. 保证安全的技术措施

- (1) 停电；
- (2) 验电；
- (3) 接地；
- (4) 悬挂标示牌和装设遮栏（围栏）。

上述措施由运行人员或有权执行操作的人员执行。

3. 停电

(1) 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；

表 1-1 设备不停电时的安全距离

电压等级 (kV)	10 (13.8) 及以下	20、35	66、110	220	330	500
距离 (m)	0.7	1.0	1.5	3.0	4.0	5.0

3) 在 35kV 及以下的设备处工作，安全距离虽大于表 1-2 规定，但小于表 1-1 规定，同时又无绝缘挡板、安全遮栏措施的设备；

表 1-2 工作人员工作中正常活动范围与带电设备的安全距离

电压等级 (kV)	10 (13.8) 及以下	20、35	66、110	220	330	500
距离 (m)	0.35	0.60	1.5	3.0	4.0	5.0

4) 带电部分在工作人员后面、两侧、上下，且无可靠安全措施的设备；

5) 其他需要停电的设备。

(2) 检修设备停电，必须把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（开关）断开电源的设备上工作。必须拉开隔离开关（刀闸），手车开关必须拉至试验或检修位置，应使各方面有一个明显的断开点（某些无法观察到明显断开点的设备除外）。与停电设备有关的变压器和电压互感器，必须将设备各侧断开，防止向停电检修设备反送电。

(3) 检修设备和可能来电侧的断路器（开关）、隔离开关（刀闸）必须断开控制电源和合闸电源，隔离开关（刀闸）操作把手必须锁住，确保不会误送电。

(4) 对难以做到与电源完全断开的检修设备，可以拆除设备与电源之间的电气连接。

4. 验电

(1) 验电时，应使用相应电压等级且合格的接触式验电器，在装设接地线或合接地开关处对各相分别验电。验电前，应先在有电设备上进行试验，确证验电器良好，无法在有电设备上进行时，可用高压发生器等确证验电器良好。如果在木杆、木梯或木架上验电，不接地线不能指示者，可在验电器绝缘杆尾部接上接地线，但应经运行值班负责人或工作负责人许可。

(2) 高压验电必须戴绝缘手套。验电器的伸缩式绝缘棒长度必须拉足，验电时手必须握在手柄处，不得超过护环，人体必须与验电设备保持安全距离。遇雨雪天气，不得进行室外直接验电。

(3) 对无法进行直接验电的设备，可以进行间接验电。即检查隔离开关（刀闸）的机械指示位置、电气指示、仪表及带电显示装置指示的变化，且至少应有两个及以上指示已同时发生对应变化；若进行遥控操作，则必须同时检查隔离开关（刀闸）的状态指示和遥测、遥信信号及带电显示装置的指示，进行间接验电。330kV 及以上的电气设备，可采用间接验电方法进行验电。

(4) 表示设备断开和允许进入间隔的信号、经常接入的电压表等，如果指示有电，则禁止在设备上工作。

5. 接地

(1) 装设接地线应由两人进行（经批准可以单人装设接地线的项目及运行人员除外）。

(2) 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。电缆及电容器接地前应逐相充分放电，星形接线电容器的中性点应接地，串联电容器及与整组电容器脱离的电容器应逐个放电，装在绝缘支架上的电容器外壳也应放电。

(3) 对于可能送电至停电设备的各方面都必须装设接地线或合上接地开关，所装接地线与带电部分应考虑接地线摆动时仍符合安全距离的规定。

(4) 对于因平行或邻近带电设备导致检修设备可能产生感应电压时，必须加装接地线或令工作人员使用个人保安线，加装的接地线应登录在工作票上，个人保安接地线由工作人员自装自拆。

(5) 在门形架构的线路侧进行停电检修，如工作地点与所装接地线的距离小于 10m，则工作地点虽在接地线外侧，也可不另装接地线。

(6) 检修部分若分为几个在电气上不连接的部分 [如分段母线以隔离开关（刀闸）或断路器（开关）隔开分成几段]，则各段应分别验电，并进行接地短路。降压变电站全部停电时，应将各可能来电侧的部分接地短路，其余部分不必每段都装设接地线或合上接地开关。

(7) 接地线、接地开关与检修设备之间不得连有断路器（开关）或熔断器。若由于设备原因，接地开关与检修设备之间连有断路器（开关），在接地开关和断路器（开关）合上后，必须有保证断路器（开关）不会分闸的措施。

(8) 在配电装置上，接地线应装在该装置导电部分的规定地点，这些地点的油漆必须刮去，并划有黑色标记。所有配电装置的适当地点，均应设有与接地网相连的接地端，接地电阻必须合格。接地线应采用三相短路式接地线，若使用分相式接地线时，应设置三相合一的接地端。

(9) 装设接地线时,必须先接接地端,后接导体端,接地线必须接触良好,连接应可靠。拆接地线的顺序与此相反。装、拆接地线均应使用绝缘棒和戴绝缘手套。人体不得碰触接地线或未接地的导线,以防止感应电触电。

(10) 成套接地线应由具有透明护套的多股软铜线组成,其截面积不得小于 25mm^2 , 同时应满足装设地点短路电流的要求。禁止使用其他导线作接地线或短路线。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。

(11) 严禁工作人员擅自移动或拆除接地线。高压回路上的工作,需要拆除全部或部分接地线后才能进行工作者,如:

- 1) 拆除一相接地线;
- 2) 拆除接地线,保留短路线;
- 3) 将接地线全部拆除或拉开接地开关。

上述工作必须征得运行人员的许可(根据调度员指令装设的接地线,必须征得调度员的许可)方可进行。工作完毕后立即恢复。

(12) 每组接地线均应编号,并存放在固定地点。存放位置亦应编号,接地线号码与存放位置号码应一致。

(13) 装、拆接地线应作好记录,交接班时应交待清楚。

6. 悬挂标示牌和装设遮栏(围栏)

(1) 在一经合闸即可送电到工作地点的断路器(开关)和隔离开关(刀闸)的操作把手上,均应悬挂“禁止合闸,有人工作!”标示牌。

如果线路上有人工作,应在线路断路器(开关)和隔离开关(刀闸)操作把手上悬挂“禁止合闸,线路有人工作!”标示牌。

对由于设备原因,接地开关与检修设备之间连有断路器(开关),在接地开关和断路器(开关)合上后,在断路器(开关)操作把手上应悬挂“禁止分闸!”标示牌。

在显示屏上进行操作的断路器(开关)和隔离开关(刀闸)的操作处均应相应设置“禁止合闸,有人工作!”或“禁止合闸,线路有人工作!”以及“禁止分闸!”的标记。

(2) 部分停电的工作,安全距离小于表 1-1 规定距离以内的未停电设备,应装设临时遮栏。临时遮栏与带电部分的距离,不得小于表 1-2 的规定数值。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!”标示牌。

35kV 及以下设备的临时遮栏,如因工作特殊需要,可用绝缘挡板与带电部分直接接触。但此种挡板必须具有高度的绝缘性能,并符合相关规程要求。

(3) 在室内高压设备上工作,应在工作地点两旁及对面运行设备间隔的遮栏(围栏)上和禁止通行的过道遮栏(围栏)上悬挂“止步,高压危险!”标示牌。

(4) 高压开关柜内手车开关拉出后,隔离带电部位的挡板封闭后禁止开启,并设置“止步,高压危险!”标示牌。

(5) 在室外高压设备上工作,应在工作地点四周装设围栏,其出入口要围至邻近道路旁边,并设有“从此进出!”标示牌。工作地点四周围栏上悬挂适当数量的“止步,高压危险!”标示牌,标示牌必须朝向围栏里面。若室外配电装置的大部分设备停电,只有个别地点保留有带电设备而其他设备无触及带电导体的可能时,可以在带电设备四周装设全封闭围栏,围栏上悬挂适当数量的“止步,高压危险!”标示牌,标示牌必须朝向围栏外面。严禁越过围栏。

(6) 在工作地点设置“在此工作!”标示牌。

(7) 在室外构架上工作,应在工作地点邻近带电部分的横梁上悬挂“止步,高压危险!”标示牌。在工作人员上下铁架或梯子上,应悬挂“从此上下!”标示牌。在邻近其他可能误登的带电架构上,应悬挂“禁止攀登,高压危险!”标示牌。

(8) 严禁工作人员擅自移动或拆除遮栏(围栏)、标示牌。

三、工作票管理

工作票是依据工作计划,执行电气设备设施的安装、检修、试验、消除缺陷(简称消缺)、维护等工作的作业文件。《电业安全工作规程》规定,在高压设备上工作,必须填写工作票、工作任务单或事故抢修单,应至少由两人进行,并完成保证安全的组织措施和技术措施。

1. 工作票的使用范围

(1) 使用第一种工作票的工作:高压设备上工作需要全部停电或部分停电者;二次系统和照明等回路上的工作,需要将高压设备停电者或做安全措施者;高压电力电缆需停电的工作;其他工作需要将高压设备停电或要做安全措施者。

(2) 使用第二种工作票的工作:控制盘和低压配电盘、配电箱、电源干线上的工作;二次系统和照明等回路上的工作,无需将高压设备停电者或做安全措施者;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的工作;非运行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的电流;大于设备不停电安全距离的相关场所和带电设备外壳上的工作以及无可能触及带电设备导电部分的工作;高压电力电缆不需停电的工作。

(3) 使用带电作业工作票的工作:带电作业或与邻近带电设备距离小于设备不停电安全距离规定的工作。

(4) 使用事故应急抢修单的工作:事故应急抢修可不用工作票,但应使用事故应急抢修单。

2. 工作票的使用原则

(1) 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。一个电气连接部分是指配电装置的一个电气单元中用隔离开关与其他电气部分截然分开的部分。该部分无论引伸到发电厂或变电站的其他什么地方,均视为一个电气连接部分。

(2) 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。多个检修班组同时工作时,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。若至预定时间,一部分工作尚未完成,需继续工作而不妨碍送电者,在送电前,应按照规定办理新的工作票,布置好安全措施后,方可继续工作。

(3) 事故抢修是指设备在运行中发生故障或严重缺陷,有扩大故障范围、危及人身安全、造成设备严重损坏的可能,必须立即进行隔离处理的工作。事故抢修可不使用工作票,但在抢修前必须作好安全措施,指定工作负责人并得到值班负责人的许可后方可进行工作。事故抢修的安全措施可由检修负责人提出,由值班负责人审查并执行。如果抢修时间超过8h,则应办理工作票。工作票的计划工作时间和许可开始工作时间从抢修开始时起算。

(4) 持线路或电缆工作票进入变电站进行架空线路、电缆等工作时,工作票必须由管辖该设备的单位签发,并履行工作许可手续。工作票签发人对工作票上所填工作任务的必要性