

21世纪农村电气化小水电实用技术丛书

21st

水电站电气一次设备检修

何国志 邹光涛 陈胜军 谭哲文 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21世纪农村电气化小水电实用技术丛书

水电站电气一次设备检修

何国志 邹光涛 陈胜军 谭哲文 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书共 16 章, 主要内容包括: 概述, 水电站电气主接线, 水轮发电机检修, 电力变压器检修, 高压断路器检修, 高压隔离开关检修, 避雷器检修, 电容器检修, 高压负荷开关检修, 母线检修, 电力电缆检修, 电气接地装置及防雷, 直流系统及蓄电池检修, 绝缘油与透平油, 电动机的维护及检修, 电气照明系统检修等, 并着重介绍了发电机、电力变压器运行中出现的异常现象及诊断处理方法。本书还列举了大量的实例, 供读者参考。本书语言通俗易懂、图文并茂, 内容丰富、突出实用, 具有很强的操作性。

本书可供中小型水电站电气设备检修、运行和管理人员查阅、使用, 并且可作为中小型水电站从业人员的岗位培训教材, 还可作为电力用户及大中专院校相关专业师生学习、参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

水电站电气一次设备检修/何国志等编. —北京: 中国水利水电出版社, 2005

(21 世纪农村电气化小水电实用技术丛书)

ISBN 7-5084-3078-6

I. 水... II. 何... III. 水力发电站—电气设备—检修 IV. TV734

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 071177 号

书 名	21 世纪农村电气化小水电实用技术丛书 水电站电气一次设备检修
作 者	何国志 邹光涛 陈胜军 谭哲文 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)、68331835 (营销中心)
经 售	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	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm × 1092mm 16 开本 30.5 印张 723 千字
版 次	2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	58.00 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

进入新世纪以来,党中央、国务院把水资源列为国家的重要战略资源,有力地推动了水力发电工程的建设与改造,是有史以来发展最快、投资最多的时期。水电事业和农村电气化事业的不断发展,单机容量、变压器容量的不断增大,新技术、新产品的大量采用,都给广大水电职工提出了新的要求,急需运行维护、检修方面的实用技术图书。为适应新时期加速培养水电专业人才,满足水力发电各专业、各层次职工的岗位培训需要,我们组织了一批有丰富经验的专业技术人员编写了《水电站电气一次设备检修》一书。

本书特点:一是涵盖面宽、系统全面,对 220kV 以下电气一次设备运行维护、故障检测、检修等方面进行了介绍。二是内容简明扼要,通俗易懂,深入浅出,简洁直观,易于操作。三是实用性强,全书结合技术标准和有关规程规范的要求进行选材和编写。本书系统叙述了一些常用电气一次设备的故障原因、类型、检测诊断方法、项目及故障实例和检修方法。本书所列的故障实例,都是从实际工作中总结得来的,可帮助广大水力发电职工正确检测诊断事故原因,提高事故诊断及速度,从而缩短故障检测诊断处理的时间,避免不应有的损失。

由于电气的品种类型繁多,故障的种类也具有多样性、复杂性。本书所述事故检测诊断及实例只起引导作用,并不能解决所有问题。如果读者能在本书的引导下,从实践中学习、总结、探索、提高,增强解决工作中实际问题的能力,我们也就感到欣慰了。

本书共 16 章,第一、二、三章和第十、十二章由何国志编写,第四章和第十一章由邹光涛编写,第五、六、七、八、九章由陈胜军编写,第十三、十四、十五、十六章由谭哲文编写。

本书在编写过程中,参考和引用了有关文献的内容、事故实例及统计分析数据和试验研究成果;特别是有关水电科研、设计及运行单位,为我们提供了许多参考资料和宝贵意见。在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在不当或错误之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2005 年 7 月

目 录

前 言

第一章 概述	1
第一节 我国水力发电事业的发展概况	1
第二节 水电站的检修发展过程及方向	3
第三节 水电站检修管理	6
第二章 水电站电气主接线	9
第一节 对电气主接线的基本要求	9
第二节 电气主接线的接线形式	10
第三节 厂用电接线	12
第三章 水轮发电机检修	16
第一节 水轮发电机概述	16
第二节 水轮发电机的基本结构	17
第三节 水轮发电机的检修内容	20
第四节 水轮发电机检修的前期准备	28
第五节 水轮发电机定子的检修	30
第六节 水轮发电机定子圈式线圈的更换	39
第七节 水轮发电机定子条式线圈的更换	45
第八节 发电机转子的检修	57
第九节 推力轴承的检修	65
第十节 氟塑料瓦的使用与维护	78
第十一节 导轴承的检修	80
第十二节 滑动轴承的检修	84
第十三节 水轮发电机组轴线的调整	90
第十四节 其它附件的检修	97
第十五节 水轮发电机组振动及处理	102
第十六节 机组的试运行	107
第四章 电力变压器检修	109
第一节 电力变压器分类和结构	109
第二节 变压器检修	120

第三节	变压器故障及异常情况处理	158
第四节	变压器绝缘干燥	207
第五节	变压器安装	219
第六节	互感器、消弧线圈、电抗器	221
第七节	变压器检修后的试验	239
第五章	高压断路器检修	248
第一节	高压断路器的分类和基本结构	248
第二节	高压开关设备和组合电器	254
第三节	常用操作机构和配置	260
第四节	油断路器的检修	263
第五节	真空断路器的检修	273
第六节	SF ₆ 断路器的检修	278
第七节	全封闭组合电器 (GIS) 检修	284
第六章	高压隔离开关检修	287
第一节	隔离开关的分类和基本结构	288
第二节	隔离开关的检修	292
第七章	避雷器检修	297
第一节	碳化硅阀型避雷器	299
第二节	金属氧化物避雷器	302
第三节	避雷器的检修	305
第八章	电容器检修	309
第一节	电容器的结构	310
第二节	并联电容器无功补偿成套装置	313
第三节	并联电容器的检修	315
第九章	高压负荷开关检修	317
第一节	高压负荷开关的分类与结构	318
第二节	高压负荷开关的检修	322
第十章	母线检修	325
第一节	母线检修的基本概念	325
第二节	硬母线的检修	326
第三节	软母线的检修	332
第十一章	电力电缆检修	339
第一节	电力电缆基本概念	339
第二节	电力电缆的选择与敷设	343
第三节	电力电缆接头的制作	354
第四节	电力电缆的运行与维护	368

第五节	电力电缆故障分类与测寻方法	375
第六节	电力电缆的试验	390
第十二章	电气接地装置及防雷	400
第一节	电气接地装置的基本概念	400
第二节	电气接地网的检修	406
第十三章	直流系统及蓄电池检修	409
第一节	蓄电池的构造及工作原理	409
第二节	蓄电池的检修	410
第三节	免维护蓄电池	414
第四节	充放电装置	417
第五节	直流系统的绝缘监察装置	424
第十四章	绝缘油与透平油	429
第一节	透平油及绝缘油处理	429
第二节	油试验	435
第三节	油务管理	441
第十五章	电动机的维护与检修	444
第一节	异步电动机参数简介	444
第二节	中小型异步电动机的维护检查及检修项目	445
第三节	电动机的机械维修	447
第四节	电动机定子绕组的拆换和修复	448
第五节	鼠笼式转子常见故障及维修	450
第六节	铁芯故障修理	453
第七节	转轴的检修	455
第八节	电动机的现场烘干	458
第九节	电动机试验	460
第十节	异步电动机的常见故障、故障原因及其处理方法	462
第十一节	直流电动机的维修	466
第十六章	电气照明系统检修	471
第一节	电气照明基础知识	471
第二节	电气照明线路的常见故障及处理	473
第三节	电光源故障处理	474
参考文献		478

第一章 概 述

第一节 我国水力发电事业的发展概况

电是能量的一种表现形式，水电发展到今天已成为工农业生产不可缺少的动力，并广泛应用到一切生产部门和人们的日常生活之中。电能较其他的能量形式有很多优点。首先，它可以方便地从一种能量转换成另一种能量。将电能转换为机械能，就能拖动机械，带动机床；将电能转换为热能，为冶炼服务；转换为光能，电灯照亮千家万户。其次，电能通过远距离传输，把电厂发出的电能送到工业比较发达的城市。再次，电能方便地实现自动化控制，使电按照人们的意志来提供服务。第四，水电能源是清洁能源和二次能源，在我国为优先开发和利用的能源。

在我国，电的出现是 1879 年，当时，英国工程师毕晓浦（J. D. Bishop）在上海虹口乍浦路，以一台 10 马力的蒸汽机为动力，带动自激直流发电机点亮了我国境内的第一盏弧光灯。

我国的第一座发电厂，同样是在上海建成，时间是 1882 年。

我国的第一座水力发电站是 1904 年在台湾省建成的，是建在台北附近淡水河支流的龟山水电站，总装机 600kW。但这座水电站是在日本帝国主义占领台湾期间建成的。

完全由中国人自行建成的水电站当推建于云南省昆明市的石龙坝水电站。它是于 1908 年被发现具有优越的水资源和良好的开发条件，1909 年云南商人王小斋等筹集资金兴建，1912 年底第一台机组发电。它由四个厂组成，到 1949 年新中国成立前夕，石龙坝水电站共建成三个厂，装机 7 台，总容量 2920kW。水轮发电机组均是德国西门子公司建造，输出线路电压等级为 22kV。

1949 年新中国成立时，全国总装机容量 184.9 万 kW，其中水电 16.30kW，居世界第 25 位。

经过几十年的发展，特别是改革开放 20 多年来我国的水电事业得到了飞速的发展，像三峡工程这样的一些大型、特大型的水电站的建成和大量农村小水电的建设，给工农业生产带来快速发展和人们的生活带来了极大的方便。至 2003 年底，全国水电总装机容量达到 9489.62 万 kW，占全国发电装机总容量的 24.24%，发电量 2813.3 亿 kW·h，占全国总发电量的 14.77%。农村小型水电站总座数为 4.8 万座，装机容量 3414 万 kW，年发电量 1100 亿 kW·h，占全国水电装机发电量的 40% 左右。全国有近 1800 个县开发了农村水电站，形成了 40 多个跨县的县际区域性电网。目前，有 800 多个县以农村水电供电为主，400 多个县实现了农村电气化。

1949 ~ 2003 年中国大陆水电装机容量增长情况见表 1-1。

表 1-1

1949~2003 年中国大陆水电装机容量

单位: 万 kW

年份	装机容量	年份	装机容量	年份	装机容量	年份	装机容量	年份	装机容量
1949	36.0	1961	233.3	1972	870.0	1983	2416.5	1994	4906.1
1950	36.2	1962	237.9	1973	1029.9	1984	2560.0	1995	5218.4
1951	37.8	1963	243.0	1974	1181.7	1985	2641.5	1996	5557.8
1952	38.5	1964	268.3	1975	1342.8	1986	2754.2	1997	5972.6
1953	53.0	1965	302.0	1976	1465.5	1987	3019.3	1998	6506.5
1954	60.6	1966	363.8	1977	1576.5	1988	3269.8	1999	7297.1
1955	69.5	1967	383.9	1978	1727.7	1989	3458.3	2000	7935.2
1956	91.4	1968	438.8	1979	1911.0	1990	3604.6	2001	8300.6
1957	101.9	1969	505.3	1980	2031.8	1991	3788.3	2002	8607.5
1958	121.6	1970	623.5	1981	2193.3	1992	4068.1	2003	9489.6
1960	162.0	1971	780.4	1982	2295.9	1993	4489.3		

2004 年 9 月 26 日, 黄河上的公伯峡水电站第一台机组发电, 全国水电装机总容量突破 1 亿 kW。

我国是水资源大国, 但分布极不平衡, 主要特点是南多北少。水资源在全世界排在第一位, 蕴藏量为 6.89 亿 kW, 可开发量为 4.93 亿 kW, 经济可开发量 3.95 亿 kW。2003 年底水电开发率为 18.7%, 开发的前景是非常广阔的。尽管我国水电的开发率不高, 但是我国水电开发的速度和发展规模, 在世界上也是罕见的。不过, 电力的发展与我国的经济增长还不是同步的增长, 它还滞后于经济的发展。

一、水电站的分类

水电站按照分类有多种多样, 但归纳起来由三种形式组成, 即:

河川式水电站。又称常规水电站, 利用河川的水位落差建设水坝, 安装发电机将水能转换成电能的一种水电站。

抽水蓄能水电站。一般建成上、下两个水库, 利用上、下水库之间的水位高度之差, 安装发电机将水能转换成电能的一种水电站。

潮汐发电站。利用海洋在潮汐过程中形成的水位落差, 安装发电机将水能转换成电能的一种水电站。

二、我国目前的电力发展方针

1. 在发展能源工业的基本方针指导下发展电力工业

我国能源工业发展的基本方针: 开发和节约并重, 能源开发要以电力为中心, 煤炭为基础, 大力发展水电, 积极发展核电, 积极开发石油和天然气。在农村推行小水电代燃料工程。

2. 电力工业发展速度必须与国民经济发展速度相适应

在一定的时期内国民经济的增长率与电力工业的增长率要有一个适当的弹性系数, 此系数要大于 1.1 以上, 即电力的增长要大于国民经济的增长。

3. 发挥水能资源优势，加快水电开发，促进地区间协调发展

(1) 实行流域开发、梯级开发和滚动开发，对水资源进行综合开发利用。

(2) 注重生态平衡，重视环境保护，实现水资源可持续发展，促进人与自然的协调发展。

(3) 进行梯级开发，建设一批水电基地。

(4) 继续重视小水电的开发，启动小水电代燃料工程，巩固退耕还林成果。

(5) 建立小水电开发的优惠政策和配套的法律法规。

(6) 加强国际间的交流与合作，共同促进水电建设的健康发展。

(7) 重视和研究移民安置与移民发展问题，抓好库区的移民生产生活和后期的经济发展。

4. 因地制宜、多能互补、综合利用、讲求效益

在边远山区和远海岛屿，因地制宜建设小水电、风力发电、地热发电和太阳能发电，以解决无电、缺电地区的用电问题，重视和做好农村电气化建设。

5. 加快氢能源和生态能源等新能源的研究和开发

氢能源主要从水中分解出氢，将氢作为动力来代替目前的电力和汽油等能源。就目前来说水是一个取之不尽的物资，它从水中提取，再经过与空气反应作为能源使用以后又还原为水，是一种清洁能源和可以多次循环使用的能源。生态能源在生物中取得，而生物是人们在不断的生产和发展中取得，同样是一种清洁能源。

第二节 水电站的检修发展过程及方向

一、水电站检修的发展过程

自从第一个水电站建成以来，水电站的设备检修就伴随而来，从未间断。水电站的维修技术发展过程大致经历了以下几个阶段：

(1) 事故维修阶段。水电站的设备在运行过程中出现了故障时才对故障设备进行检修和维护。这个阶段对设备的运行状况是盲目的。

(2) 定期检修阶段。定期检修就是设备在运行一个阶段以后，无论设备有无故障均按照上年底作出的计划对设备进行检修。这种检修分定期大修和小修。其中小修可与设备的预防性试验一同进行。这种检修有一些不足的地方。

1) 具有盲目性和强制性。定期检修是以实践为基础的，它没有考虑设备的实际运行状况和设备的运行环境，到时必修，于是在某种情况下的过度维修，造成人力、物力的浪费。

2) 产生新的事故隐患。在维修过程中由于当时的技术不过关，检修人员的技术水平、工艺水平造成检修达不到检修的要求和设备的频繁拆装而造成新的隐患。在预防性试验中试验电压往往高于设备运行电压好几倍，这就可能对绝缘造成损伤，缩短绝缘的使用寿命，严重时可能引发事故。

(3) 状态检修阶段。状态检修目前在国内外均得到了广泛的重视，我国已在一些小型水电站和变电站实施。状态检修也是发展的方向。状态检修是基于现代在线检测技术，

对设备的实际运行工况进行全面的监测和监视,进而全面、正确地给出设备的各种运行参数和可靠的信息,在人们了解掌握设备健康状态的基础上作出是否检修的决定。一句话:“当修必修,修必修好,不做无为的维修。”

二、水电站检修方式

水电站的检修方式大致有以下几种。

1. 计划检修

按照年度计划的安排,对设备有计划、定时间地检修,它分为:

(1) 大修或叫 A、B 级检修。是工作量大、时间长的一种计划性检修。它对设备进行全面解体或部分解体,对部分零部件进行修复、改造、更换,处理缺陷,提高设备效率和使设备性能达到设计标准的一种强制性检修。

(2) 小修或叫 C、D 级检修。是工作量少、时间短的一种计划检修。目的是消除设备的一些缺陷,保证在运行过程中设备的安全生产。

(3) 日常维修和保养。是对水电站设备、设施进行巡视检查,消除一些不停电的缺陷和定期保养、发现其他的设备缺陷等。

2. 非计划检修(临修)

由于设备发生重大缺陷需要立即进行处理的检修。它分为:

(1) 发电机组、变压器由于发生故障不能继续运行而立即停下的检修。

(2) 输、变、配电设备由于发生故障不能继续运行而立即停下的检修。

(3) 保护装置、自动装置和其他附属设备由于发生故障,使主设备不能继续运行而立即停下的检修。

3. 空隙检修

这种检修既不是计划检修也不是临修,而是提前提出申请的一种有计划的临修性检修方式。

(1) 利用晚上 0 点到早上 7 点此时段负荷轻的特点,为减少发电量损失而停下机组消缺的检修。

(2) 利用节假日期间休假人员多、负荷轻而停下机组消缺的检修。如国庆节、元旦等。

三、检修方式发展方向

1. 集中性检修

它的优点是集中人力、物力,充分调动各方面的积极性,适应市场发展要求,充分利用资源,高效率、高质量地完成检修任务,达到效益最大化。

(1) 本厂集中制或叫公司集中制。一个总厂或一个公司有几个水电站的,由总厂或公司成立一个检修队伍,负责下属各厂机电设备的检修任务。

(2) 地区集中制。成立地区检修公司或专业化检修公司,负责本地区内多个水电站机电设备的检修。

(3) 招投标制。现代化技术较高的水电站不设立自己的检修队伍,当电站进行 A 级检修或 B 级检修时,面向社会公开进行机电设备检修招标,选择技术过硬、检修价格低的队伍。

(4) 多厂合作制。联合几个机组型号和容量相近或其他容量的且人员配置不多的水电站, 组成一个联合检修队伍, 负责水电站机电设备的检修任务, 达到人力资源的合理配置。

2. 设备状态检修

状态检修就是在设备状态评价的基础上, 利用先进的设备诊断技术和手段, 做到预知发电设备和变、配电设备可能发生故障, 提前安排检修时间和内容的方法。所谓设备诊断技术是指在运行过程中, 将设备状态作定量和定性的监测与检测, 并根据设备的运行历史、出现过故障类型、内外部运行条件, 分析判断设备的缺陷、异常与故障的性质和产生的原因, 并提出可靠性预测和处理对策。设备诊断技术包括设备状态监测系统、设备性能监测系统、设备故障诊断系统、诊断专家系统和检测诊断与维修决策系统。设备诊断手段主要有状态监测手段、可靠性评价手段和寿命预测手段。采用先进的设备诊断技术和手段来进行设备的状态检修可为电站设备安全、稳定、长周期、优质、稳定运行提供了可靠的技术和管理保障。水电站状态检修的基础工作是设备诊断。设备诊断分三个阶段:

(1) 事前诊断。主要是收集资料, 了解设备在初始阶段如制造、运输、安装个阶段的各种情况, 判断设备的可靠性和可用系数。有重点地分析出同类型设备和系统的故障及故障对策, 从而做出综合评价。

(2) 事中诊断。主要对运行设备状态和预知劣化及故障诊断。

(3) 事后诊断。主要对故障后的故障原因分析或设备运行寿命的判断, 从而作处理的对策。水电站设备寿命周期几个阶段的诊断任务见表 1-2。

表 1-2 水电站设备寿命周期几个阶段的诊断任务

诊断阶段	诊断科目	诊 断 内 容
试运行阶段	初期功能诊断	对材料供应、机电设备制造、安装施工阶段的成果进行诊断, 查明机电设备的功能、性能以及安全可用程度, 设备状态特性的原始记录
	故障诊断	针对设备出现的一场征兆的诊断, 运行正常的性能功能诊断, 劣化程度诊断
生产运行阶段	正常功能诊断	定期功能诊断, 设备正常时的功能诊断, 劣化程度诊断
	异常或故障诊断	机电设备出现异常和故障时, 即使查明原因, 预测设备运行的寿命, 分析机电设备出现故障的原因并找出处理对策
维修过程	解体检查	设备退出运行后进行的性能、强度、劣化诊断, 预测危险程度和采取的对应对措施
	功能诊断	修理后对检修质量、精度和出现的偏差诊断, 评价检修的好坏
技术改造	技改后的诊断	技术改造以后, 设备的技术性能的提高状况的诊断
	设备更换的诊断	技改后, 设备运行多长时间方可进行更换, 更换时许用多少费用, 如何节约费用等

根据设备的诊断结果, 然后进行检修决策、检修实施, 最后是检修工作的评价和对检修设备的评价。

四、水电站的无人值班 (少人值守)

随着现代科学技术的发展, 自动化控制程度越来越高, 自动化的实现也越来越容易,

目前, 在一些水电站已经实现了无人值班(少人值守)。对于中小型水电站无人值班(少人值守)的实施更是容易, 但对检修人员的素质、设备的健康水平和检修质量又提出了更高的要求。

1. 对设备的要求

主辅设备运行状态良好, 机组应能自动避开振动区运行, 附属设备都能自动正常运行。在此基础上, 保护装置的保护功能和故障自动处理能力都能可靠的工作。

(1) 可靠、自动的控制系统。

(2) 完善的保护系统和可靠的电源。

(3) 能在最不利的情况下, 保证发电机的断路器可靠跳开, 运行的机组正常停运, 导叶前的快速闸门或进水阀可靠关闭。

(4) 水轮机、发电机、变压器、高压配电装置等主设备的完好必须大部分是一类设备, 其他不能低于二类。

2. 人员素质的要求

水电站实行无人值班(少人值守), 进一步打破了运行与检修维护工种的界限, 实行运行和检修维护的互学和培训。水电站人员坚持少而精, 素质高, 事业心强, 敢于负责, 具有与其工作相适应的文化程度; 要做到一工多艺, 一专多能。

(1) 掌握和正确使用各种便携式测量仪器和仪表。

(2) 掌握和应用综合信息管理系统和计算机监控系统所形成、累计的运行记录文件等信息, 定期进行分析以指导巡视检查、巡视检查的重点部位和设备的检修维护安排。

(3) 具有对现场出现的一些异常现象进行准确判断及组织检修处理的能力。

(4) 运行检修维护人员中, 具备负责一个检修工作面的能力和熟练多个专业的维护检修能力。

(5) 具有日常的维护检修能力, 又具备能参加水电站主辅设备的 A、B 级检修的能力。

第三节 水电站检修管理

一、水电站检修管理的基本原则

(1) 水电站应按照国家有关部门发布的技术监督法律法规、制造厂提供的设计文件及技术说明书、本站编制的检修规程、同类机组的检修经验以及设备运行状态、评估成果等, 合理安排检修。

(2) 电站设备检修应贯彻“安全第一”的方针, 杜绝各种违章, 确保人身和设备安全。

(3) 坚持质量第一, 检修质量管理要贯彻 GB/T1901 质量管理标准, 在检修管理全过程中推行标准化作业和加强对质检点(H、W点)的控制。

(4) 设备检修必须实行资金预算管理和进行成本控制。

(5) 在定期检修的基础上, 分析和总结机组的运行情况, 最终形成一套集定期检修、状态检修、改进性检修和故障检修为一体的优化检修模式。

二、检修管理的基本要求

(1) 水电站应在规定的期限内高质量、高标准完成计划的全部检修工作并达到质量目标,保证机组安全、稳定、经济运行。同时要保证检修、检查的水工建筑物和构筑物完整牢固。

(2) 机电设备的检修要采用 PDCA (P-计划、D-实施、C-检查、A-总结) 方法,从检修准备开始就制定各项计划和具体措施,做好施工、验收和检修后的评价工作。

(3) 坚持以人为本,完善劳动保护措施,改善检修人员的作业环境和劳动条件,文明检修,清洁生产。

(4) 制定完善的环境保护措施,合理处置各类废弃物和保护好生态环境。

(5) 检修人员应熟悉电站各种设备的构造、性能和原理,熟悉设备的检修工艺、工序、调试方法和质量标准,熟悉安全工作规程;具备一定的钳工技能,能熟练掌握与本专业密切相关的电工及其它技能,能看懂图纸并能绘制各种零部件图和电气原理图。

(6) 坚持安全第一,检修设备必须完成必需的安全措施,坚持双票制,严格遵守各项安全规定。

(7) 水电站应积极建立和推行采用先进工艺、新技术、新方法,推广应用新材料、新工具、提高检修效率;建立设备状态监测和诊断技术,应用计算机检修管理系统,提高发电机、设备的可靠性、安全性,实现检修管理现代化。

三、检修管理的安全管理要求

《电力安全规程》明确规定在电力生产中必须实行和严格执行《电力安全规程》,严格两票三制制度。要有强有力的技术措施和组织措施。

1. 保证安全的组织措施

(1) 操作票制度。指水电站机电设备检修时,运行当班人员按照本厂设备的实际运行状态及接线方式和工作票的要求,对该设备退出运行后保证检修人员安全施工所进行的填写操作顺序、审核、核对和操作、监护的严格的工作制度。

(2) 工作票制度。指经批准的有资格的检修人员填写的明确检修设备的名称、停电范围、检修工作时间和保证安全检修的安全措施等严格的工作制度。

(3) 工作许可制度。指完成施工现场的安全措施后,由有资格的运行值班人员按照一定的程序批准检修人员可以进行检修的制度。

(4) 工作监护制度。指完成工作许可手续后,工作负责人(监护人)向检修工作人员交待现场安全措施,带电部位和其他注意事项;工作中及时纠正违反安全的动作和始终在工作现场,对检修工作人员进行监护的制度。

(5) 工作间断、转移和终结制度。指对检修工作班人员在检修过程中发生工作间断、工作转移和工作终结时必须遵守的一系列规定的制度。

2. 保证安全的技术措施

(1) 停电。需停电的设备有:检修设备;检修工作人员的工作范围与带电设备的安全距离不够的设备;检修工作人员的工作范围与带电设备的安全距离够但小于设备不停电的安全距离规定,同时又无安全遮拦措施的设备;带电部分在工作人员后面或两侧无可靠安全措施的设备;与检修设备有接地联系的设备。

(2) 验电。用与检修设备电压等级相适应而且合格的验电器，对已停电的检修设备的引出线两侧各相分别验电，验明检修设备确已停电且无电压。

(3) 装设接地线。在验明检修设备确无电压后，应立即将检修设备接地并三相短路，以保护工作人员在工作地点防止突然来电的可靠安全措施，同时通过接地线将检修设备上的剩余电荷泄掉。

(4) 悬挂标示牌和装设遮拦。在工作人员工作的地方和已停电的设备及设备操作把手上挂“有人工作，禁止合闸”等标示牌，以提醒人们注意，防止人员误操作。

在一些容量较小和装机较少的水电站，其人员也较少，可以根据本电站的实际情况制定一些保证安全的制度和措施，确保水电站的安全运行。

第二章 水电站电气主接线

电气主接线是水电站电气部分的主体结构，它是由发电机、变压器、断路器、互感器等电气设备通过连接导体所组成的。它是接受或分配电能、传输电流的电路，故又称为一次接线或电气主系统。现在，水电站都并入一个电网运行，所以，水电站的主接线又是电力系统网络结构的重要组成部分，对电网的安全可靠运行起着重要作用。

第一节 对电气主接线的基本要求

一、水电站的一般特点

(1) 离负荷中心较远。水电站大部分建在山区，发电机侧负荷不大，通常通过远距离传送到负荷中心的城市或邻近的集镇供电。所以，要考虑适当的电气等级和接线形式。

(2) 水轮发电机起动快、调整灵活，自动化程度高。水轮发电机从启动到带满负荷在 1min 内就能完成，而且很容易实现自动化。所以，在电网中水轮发电机通常承担调峰、调频任务。在现代的水电站中均具备了 AGC、AVC 功能，水轮发电机在电网中的调频、调压更加方便。

(3) 中小型水电站的水库调节性能差。中小型水电站大部分是径流式电站，发电受季节性水量影响很大，丰水季节水多，枯水季节少水或无水发电，机组利用小时低。

(4) 水电站较分散。小型水电站大部分分布在山区，单机、单站孤立运行或几个中、小电站并列的小电网运行或小电网通过几个并联点与大电网联系，供电可靠性差，重要工业负荷较少。随着农业现代化的提高，农业用电也必须予以高度重视。

(5) 流域梯级开发水电站的集中控制。农村电气化的建设和大力发展水电的过程中，对一些河流进行梯级开发和水利综合利用越来越多，这就需要将梯级开发的几个水电站进行集中调度，提高水资源的综合利用。

二、基本要求

鉴于中小水电站的一般特点，对水电站的主接线基本要求有下列几方面：

(1) 可靠性。即根据电网和用户的要求，有可靠供电和电能质量的保证。为保证可靠性主要考虑电气主接线的接线形式、接入方式和运行方式三种情况。

(2) 经济性。即经济上合理，在运行中运行费用低。主要考虑投资省，运行时电能损耗少和维护费用低三种情况。

(3) 灵活性。即接线简单、清晰、运行方式灵活、操作和维护方便。要能满足不同运行方式的倒闸操作，维护检修、安全满发，系统稳定的要求。

第二节 电气主接线的接线形式

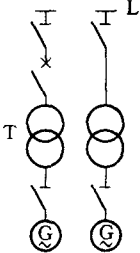
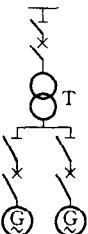
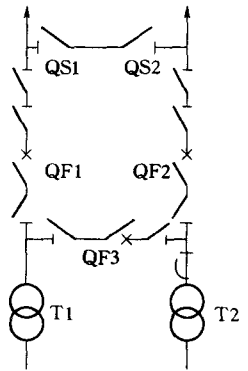
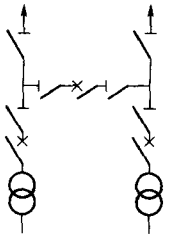
在中小型水电站，电气主接线可以分为两大类：无汇流母线的接线形式和有汇流母线的接线形式；也可分为发电机出口电压接线方式和变压器高压侧接线方式两种。

一、无汇流母线的电气主接线

它的最大特点是使用的断路器数量较少，从而使水电站投资省，结构简单，见表2-1。

表 2-1

无汇流母线的电气主接线

接线名称	简 图	基本要求比较	适用范围
单元接线 (发一变组接线)		1. 可靠性高。发电机容量与主变容量相同或相近，故障影响范围小。 2. 发电机出口设备少，接线简单、清晰、便于维护。 3. 投资较大，主变压器和高压电气设备数量多	大型水电站
扩大单元接线		1. 可靠性差。主变压器故障或检修，两台发电机均要停机不能发电。 2. 接线简单清晰、运行维护、操作方便。 3. 投资省、减少了主变压器和高压设备	1. 近区负荷较小的电站。 2. 2台以上的发电机组的电站
桥形接线	内桥 	1. 接线简单、断路器数量少。 2. 一回线路检修，不影响主变压器运行。 3. 主变压器故障或检修操作复杂，且送出功率只有主变压器的一半功率。 4. 桥连断路器检修，二回线路需解列运行。可靠性不高。 5. QS1、QS2 为并联跨条上的跨设旁路隔离开关。目的是为了轮流检修桥连断路器之用，正常运行时断开	适用于进出线两回路且电站年利用小时数高，线路较长，主变压器不经常拉合的电路
	外桥 	1. 接线简单，断路器数量少。 2. 一台主变压器检修，不影响线路和另一台变压器运行。 3. 桥连断路器检修时，二回线路和主变压器需解列运行，可靠性低，但可以采用内桥的同样方式加装 QS1、QS2 来解决	适用于进出线路只有两回路且电站年利用小时数低的主变投切频繁的电站，有穿越功率的也可采用