

21世纪农村电气化小水电实用技术丛书

21e

中小型水电站
电气设备运行

赵福祥 主编



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

中小型水电站 电气设备运行

主 编 赵福祥

副主编 马美君

参 编 雷 强

钟 卓



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书详细介绍了中小水电站电气设备安全运行及管理的各种相关知识。主要包括：电气设备运行基本知识；中小水轮发电机运行；水轮发电机的异常运行；变压器运行；高压配电装置；防雷及接地装置；发电厂厂用电；中小水电站继电保护及自动装置；同步发电机励磁装置；二次回路；计算机监控；输电线路的防冻等。在电力生产中具有较好的实用价值。

本书可供从事变电站、水电站自动化设计、运行和维护的设计人员和工程技术人员查阅、使用，亦可供大中专院校水电和电力相关专业师生学习、参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

中小型水电站电气设备运行/赵福祥主编. —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 7-5084-2953-2

I. 中... II. 赵... III. 水力发电站—电气设备—
运行 IV. TV734

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 050424 号

书 名	21世纪农村电气化小水电实用技术丛书 中小型水电站电气设备运行
作 者	赵福祥 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)、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 25.5印张 605千字
版 次	2005年8月第1版 2005年8月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	46.00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

新中国成立以来，特别是改革开放以来，随着国民经济和电力工业的持续快速发展，我国水电建设事业取得了巨大成就。截至2004年9月，我国水电装机突破1亿kW，水电装机规模跃居世界前列。小水电的建设也不甘落后，解决了3亿无电人口的用电问题，特别是在解决农村偏远地区的用电问题方面发挥了非常重要的作用。目前全国已建成800个小水电电气化县，一些生态环境脆弱的山区和荒漠地区实现了以电代柴，减少了植被的砍伐，治理了环境，保护了生态，美化了农村，促进了农村地区经济和社会的发展，促进了农村精神文明和物质文明建设。

进入21世纪，飞速发展的社会主义市场经济形势必将使小水电事业面临新的发展机遇和挑战。新技术、新设备在中小水电站的广泛运用，给中小水电站的运行管理提出了更高的要求。如何管好用好已建小水电的工程设施和机电设备，使其充分发挥综合效益，是摆在全国100多万小水电职工面前的一项艰巨而光荣的任务。在电力生产过程中要实现安全、稳定运行，除必须具备良好的设备系统、素质过硬的生产人员、健全的规章制度、先进的管理方法外，还需要一批能胜任组织、决策、指挥电力生产的运行管理人员。要做到这一点，运行管理人员需要经过实际工作的锤炼，需要系统地掌握电力企业现代化生产管理知识、各专业基本理论和技术要点以及各专业间的相关知识。

本书按现行最新规程、规范、标准（包括制图标准）和名词术语编写，技术先进，内容新颖，系统全面，充分反映了当前中小水电发展的新技术和新水平，文字通俗易懂，叙述深入浅出，理论联系实际，图文并茂，具有较强的实用性。该书详细地介绍了中小水电站电气设备安全运行及管理的各种相关知识，在电力生产中具有较好的实用价值。

本书可供从事变电站、水电站自动化设计、运行和维护的设计人员和工程技术人员查阅、使用，亦可供大中专院校水电和电力相关专业师生学习、参考。

本书编写人员有：赵福祥、马美君、雷强、钟卓。湖南省水利厅高级工

程师黄长征对本书稿提了许多宝贵的意见，在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限，书中错误和缺点在所难免，希望读者批评指正。

编者

2005年4月

目 录

前 言

第一章 电气设备运行基本知识	1
第一节 电气主接线	1
第二节 电气运行工作的主要任务	8
第三节 运行组织、值班人员的职责及要求	9
第四节 运行日志的记录及主要参数的计算	14
第五节 水电站的安全生产	16
第六节 电气设备的倒闸操作	23
第七节 防止电力生产重大事故的 25 项禁令	40
第二章 中小水轮发电机运行	57
第一节 水轮发电机的基本构造和工作原理	57
第二节 水轮发电机的参数及其额定值	58
第三节 水轮发电机的运行特性	61
第四节 水轮发电机组的试运行	63
第五节 水轮发电机组的运行操作	65
第三章 水轮发电机的异常运行	71
第一节 水轮发电机异常运行原因及事故处理原则	71
第二节 发电机异常运行现象的分析和处理	72
第三节 水轮发电机的特殊运行	76
第四章 变压器运行	80
第一节 变压器的基本工作原理和结构	80
第二节 三相变压器	85
第三节 变压器的负荷能力	88
第四节 变压器的运行原则	92
第五节 变压器运行方式	96
第六节 变压器的运行操作	98
第七节 变压器的正常运行	104
第八节 变压器的异常运行及事故处理	106
第九节 变压器的并列运行	112

第十节 变压器交接及检修后的验收	115
第五章 高压配电装置	117
第一节 高压断路器及其操动机构	117
第二节 隔离开关	156
第三节 互感器	158
第四节 高压熔断器	166
第五节 绝缘子、母线及电缆	168
第六节 配电装置的安全净距	175
第七节 成套配电装置	179
第六章 防雷及接地装置	182
第一节 防雷设施	182
第二节 接地装置	190
第七章 发电厂厂用电	196
第一节 发电厂厂用电的组成及特点	196
第二节 厂用电接线	197
第三节 厂用变压器	201
第四节 厂用配电装置	204
第五节 厂用电动机	207
第六节 厂用照明	211
第八章 中小水电站继电保护及自动装置	217
第一节 水轮发电机的继电保护	217
第二节 电力变压器保护	231
第三节 小接地电流系统的绝缘监察和接地保护	248
第四节 输电线路的继电保护	253
第五节 自动重合闸装置	282
第九章 同步发电机励磁装置	291
第一节 励磁控制方式的演绎与发展	291
第二节 同步发电机励磁系统的任务	294
第三节 同步发电机励磁系统	299
第四节 自动调节励磁装置概述	301
第五节 典型电磁型自动调节励磁装置的原理及原理示意图	303
第六节 晶闸管励磁装置	308
第十章 二次回路	328
第一节 概述	328
第二节 断路器的控制回路	344
第三节 信号回路	356

第四节	电气闭锁回路	361
第五节	电压互感器回路	363
第六节	测量表计回路	365
第七节	同期回路	369
第八节	直流回路	378
第九节	二次回路的运行检查及维护	384
第十一章	计算机监控	387
第一节	概述	387
第二节	计算机监控的内容	389
第十二章	输电线路的防冻	394
第一节	总则	394
第二节	组织领导	394
第三节	职责分工	394
第四节	安全、劳保和职工生活	396
第五节	防冻监视哨汇报制度	397
第六节	防冻监视哨工作制度	397
参考文献	399

第一章 电气设备运行基本知识

水电站是利用拦河筑坝等方式形成水流落差推动水轮机旋转，将水能转换成机械能，再经发电机，将机械能转换成电能的水力工程。

根据我国现行规定，水电站按单厂装机容量规模大小，分为大、中、小三类。装机容量 250MW 以上的为大型水电站，其中 1000MW 以上的可称为特大型水电站，装机容量 25~249MW 的为中型水电站；装机容量 24MW 以下的为小型水电站。

水电站一般由引水渠（洞）、拦河坝、厂房、输电线路、机电设备及其他辅助工程组成。水电站机电设备中电气部分的主要工作，一是根据用电负荷的变化，起动、调节和停止机组；二是对电路进行必要的操作；三是不间断地监视主要电气设备的工作；四是定期对主要电气设备进行检查、维护和检修；五是消除运行中发生的事故或不正常状态等。水电站中应装设的主要电气设备有：

- (1) 生产和变换电能的设备：如发电机、变压器。
- (2) 接通或切断电路的高低电压开关设备：如断路器、隔离开关、负荷开关、自动空气开关、闸刀开关、各种启动器。
- (3) 短路或过电压的保护设备：如熔断器、避雷器。
- (4) 保护电器：如各种保护用继电器及其装置、微机保护装置。
- (5) 测量和监测设备：如各种电工测量表计、传感器、电压互感器及电流互感器。
- (6) 自动调节设备：如用于发电机自动调压的复式励磁装置、可控硅励磁装置。
- (7) 直流设备、电气照明设备、电动机及其他厂用电设备等。

水电站中的电气设备可分为一次设备和二次设备两大类。电气一次设备是直接生产、变换和传输电能的发、变、供电设备，包括发电机、电力变压器、断路器、隔离开关、负荷开关、电抗器、互感器、电力电缆、母线、输电线路等；电气二次设备是指对电气一次设备的工作进行监视、测量、控制和保护的电气设备，包括测量仪表、继电器、自动装置、远动装置、主令电器、信号器具和控制电缆等。

本章中主要介绍中小型水电站的电气设备运行的基本知识。

第一节 电气主接线

一、电气主接线概述

电气主接线是把发电机、变压器、断路器、隔离开关和电抗器等电气一次设备通过导体母线有机地连接起来，并配置电流互感器、电压互感器和避雷器等，构成电站汇集和分配电能的一个电气系统，是电站电气接线的主体。

1. 电气主接线图






电气主接线中的各种电气设备，以国家或国际电工委员会（IEC）规定的电气设备图形符号画出，就得到电气主接线图。它是表明电气一次设备连接关系的图纸。电气主接线图可用单线图，也可用三线图表示。

常用电气一次设备的图形符号和文字符号详见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 常用电气一次设备的图形符号表 (GB4728—84、85)

序号	设备名称	新标准 GB 4728—84、85			序号	设备名称	新标准 GB 4728—84、85		
		形式 1	形式 2	IEC			形式 1	形式 2	IEC
1	有铁心的单相双绕组变压器			=	7	单二次绕组的电流互感器			=
2	YN, d 联结的有铁心三相双绕组变压器			=	8	双二次绕组的电流互感器 (有两个铁心)			=
3	YN, y, d 联结的有铁心三相三绕组变压器			=	9	双二次绕组的电流互感器 (有共同铁心)			=
4	星形联结的有铁心的三相自耦变压器			=	10	断路器			=
5	星形-三角形联结的具有有载分接开关的三相变压器			=	11	隔离开关			=
6	接地消弧线圈			=	12	带接地刀闸的隔离开关			=
					13	负荷开关			=

续表

序号	设备名称	新标准 GB 4728—84、85			序号	设备名称	新标准 GB 4728—84、85		
		形式 1	形式 2	IEC			形式 1	形式 2	IEC
14	电抗器				16	跌开式熔断器			
15	熔断器式隔离开关			=	17	阀型避雷器			

注 表格中“=”符号表示新符号图形符号与 IEC 图形符号相同。

表 1-2 常用电气设备文字符号 (GB 7159—87)

(一) 常用基本文字符号

名称	单字母	双字母	名称	单字母	双字母
直流发电机	G	GD	交流电动机	M	MA
交流发电机	G	GA	同步电动机	M	MS
同步发电机	G	CS	异步电动机	M	MA
水轮发电机	G	GH	笼形电动机	M	MC
励磁机	G	GE	电枢绕组	W	WA
直流电动机	M	MD	定子绕组	W	WS
转子绕组	W	WR	断路器	Q	QF
励磁绕组	W	WE	隔离开关	Q	QS
控制绕组	W	WC	自动开关	Q	QA
电力变压器	T	TM	转换开关	Q	QC
控制变压器	T	TC	刀开关	Q	QK
升压变压器	T	TU	控制开关	S	SA
降压变压器	T	TD	行程开关	S	ST
自耦变压器	T	TA	限位开关	S	SL
整流变压器	T	TR	终点开关	S	SE
稳压器	T	TS	按钮开关	S	SB
电流互感器	T	TA	接触器	K	KM
电压互感器	T	TV	制动电磁铁	Y	YB
整流器	U		电阻器	R	
交流器	U		电位器	R	RP
逆变器	U		起动电阻器	R	RS
变频器	U		制动电阻器	R	RB
频敏电阻器	R	RF	照明灯	E	EL
附加电阻器	R	RA	指示灯	H	HL
电容器	C		蓄电池	G	GB
电感器	L		调节器	A	
电抗器	L		压力变换器	B	BP
起动电抗器	L		位置变换器	B	BQ
感应线圈	L		温度变换器	B	BT
电线	W		速度变换器	B	BY
电缆	W		测速发电机	B	BR
母线	W		接线柱	X	
避雷器	F				
熔断器	F	FU			

续表

(二) 常用辅助文字符号					
名称	符号	名称	符号	名称	符号
高	H	直流	DC	闭合	ON
低	L	交流	AC	断开	OFF
升	U	电压	V	自动	A, AUT
正	FW	电流	A	手动	M, MAN
反	R	降	D	起动	ST
红	RD	主	M	停止	STD
绿	GN	辅	AUX	控制	C
黄	YE	时间	T	信号	C

中小水电站主接线图是电气运行人员进行各种操作和事故处理的重要依据之一。电气运行人员必须熟悉本站电气主接线图，了解电路中各种电气设备的用途、性能及维护、检查项目和运行操作的步骤等，以确保安全生产。

2. 电气主接线的基本要求

水电站的电气主接线关系到水电站运行的安全性、灵活性和经济性，关系到水电站设备的投资、防雷保护、电气布置和继电保护方式的选择等，为此，水电站电气主接线必须具备以下几个基本要求：

- (1) 满足电力网、用电设备对供电可靠性和电能的要求。
- (2) 具有一定的运行灵活性，能适应各种运行方式的变化，在正常运行时，能保证发供电；在部分电气设备检修时，也不应扩大停电范围，并保证检修的安全。
- (3) 接线简单、清晰、操作检修方便。
- (4) 便于分期过渡。当水电站分期建设时，采用过渡接线，并保证过渡阶段和全部建成后接线和布置的合理性，使分期投资、运行费用最小。
- (5) 技术先进、经济合理。新技术、新设备的不断出现和电力系统运行自动化水平的不断提高，都有利于电力生产的安全可靠，在主接线设计时应尽量采用新技术和新设备。

二、水电站电气主接线的基本形式

1. 水电站电气主接线的基本特点

水电站的电气主接线不同于大型水电站的电气主接线，其特点可归纳为以下几点：

- (1) 水电站的装机容量是根据水头和流量经计算后确定的。一般是一次设计分期投入，不任意扩建。主接线应便于分期过渡，有时尚需考虑备用回路和扩建余地。
- (2) 水电站一般远离负荷中心，在电力系统中的地位无足轻重，但在地方电力网中有可能是骨干电站，主要供给地区性的工农业及生活用电，对供电可靠性要求相对不高。其主接线力求简单、清晰，最高出线电压等级不宜超过 110kV。
- (3) 水电站的厂用电负荷较小，约占电站容量的 1%；厂用电动机的台数也较少，厂用电接线比较简单。

(4) 水电站多处于山区，地形复杂，电气设备的布置及出线走廊均受一定的限制。

(5) 水电站所在的河流经常是梯级开发的，此时，应结合地方电力网规划，考虑升高电压的接线方式及线路走向。

(6) 水电站的水库，有些是兼农田灌溉等综合利用的，其负荷随季节变化比较大，在水电、火电联运的电网中，有调节性能的小型水电站，开机、停机比较频繁；根据电网的要求，水电站的机组还可能调相运行，其主接线要求较灵活。

2. 水电站主接线基本接线方式

(1) 发电机电压侧接线。发电机电压侧接线方式与发电机电压等级、机组容量、台数、厂用电负荷及近区供电负荷的回路数有关，主要接线方式有：

单母线接线：在水电站中，若有多台发电机组及多回引出线，可将每一台机组及每一回引出线经过断路器和隔离开关，接到公共的母线上。这种接线方式，称为单母线接线，如图 1-1 所示。

单母线接线的特点：发电机并联工作，都把电能汇集到母线上，每一回引出线都从母线获得电能，母线起着汇集和分配电能的作用。

单母线接线的主要优点：接线简单、清晰、操作维护方便；所用电气设备少；配电装置间隔少、造价低。

单母线接线的主要缺点：可靠性和灵活性较差，当母线或任何一个母线侧隔离开关故障或检修时，必须切断全部电源。

运行经验表明：母线故障的概率极小，检修和清扫母线及母线侧隔离开关一般可安排在枯水期进行；目前发电机侧配电装置多采用可靠性高、互换性强的成套配电装置。因此，对于发电机组在 3 台及以下或虽然在 4 台及以上但在电网中属于非主力电站的中小型水电站，一般均可采用单母线接线。

单母线分段接线：为了提高单母线接线的可靠性和灵活性；用断路器或隔离开关将母线分段，如图 1-2 所示，这种接线方式称为单母线分段接线。

单母线分段接线的特点：将母线分成几段，电源分别接到分段的母线上，出线也分别接到适当的母线上，提高了供电可靠性和灵活性。

图 1-2 (a) 所示是用断路器分段的单母线接线。若在正常工作时分段断路器是闭合的，则任一段母线故障时，分段断路器保护动作使其跳闸，另一段母线可正常供电，缩小了停电范围；若在正常工作状态时，分段断路器是断开的，则任一段母线上的电源有故障时，可通过备用电源自动投入装置将分段断路器闭合，使两段母线上的重要负荷不至中断。

这种接线的缺点：增加了装设分段断路器的装置间隔，增加了投资，使保护装置复杂化。它通常适用于系统中较重要的水电站，一般装机台数多于 4 台或母线上带有负荷需双

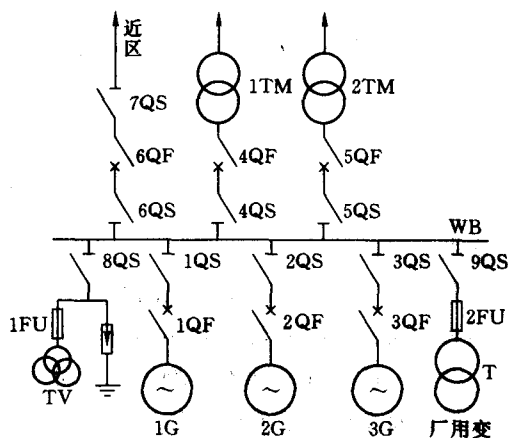


图 1-1 典型单母线接线图

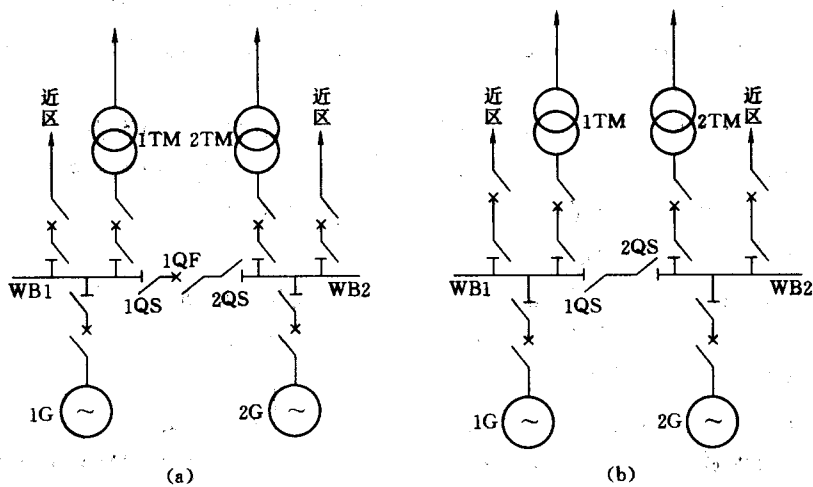


图 1-2 典型单母线分段接线图
(a) 断路器分段; (b) 隔离开关分段

回路供电时。

图 1-2 (b) 所示是用隔离开关分段的单母线接线，它省去了分段断路器。若装设两组隔离开关，母线和母线侧隔离开关都可以分段检修。若正常运行时分段隔离开关是断开的，则任一段母线故障不影响另一段母线运行；若分段隔离开关是闭合的，则任一段母线故障将使整个电气装置短时停电，拉开母线隔离开关后可恢复非故障段母线运行。用隔离开关分段时其可靠性、灵活性较之用断路器时有所降低，一般适用于系统中不重要、对供电连续性要求不高、利用小时数较低的中小型水电站。

单元接线：电气装置中各元件串联而无任何横向联系的接线方式称为单元接线。

图 1-3 (a) 所示为发电机—变压器单元接线，其特点是：发电机电压侧不设母线和断路器，一般也无近区负荷；变压器高压侧与电网相连；发电机容量与变压器容量相等。

图 1-3 (b)、(c) 所示为发电机—三绕组变压器单元接线。当三绕组变压器的高压和中压侧无电源时，采用图 1-3 (b) 接线，发电机和变压器之间可以不设断路器。若变压器停运时，三绕组变压器高、中压侧之间仍须保持电的联系，则应在发电机和变压器之间装设断路器 3QF，如图 1-3 (c) 所示。

单元接线的优点：接线简明清晰，操作简便；高压配电装置布置简单，占地面积小；继电保护简化；设备投资较小。

单元接线的缺点：在一组单元中某个元件故障或检修时，整个单元都将停止运行。当水电站发电机台数较多时，若采用单元接线则会使主变压器的台数增多。这既增加了布置场地和设备投资，又使布置复杂化，不利于简化接线。

单元接线一般用于负荷利用小时数较高，发电机电压侧无馈线、容量较大的发电机组，以提高运行可靠性及限制短路电流。当机组台数较多时，有时可根据系统的供电要求，部分机组采用单元接线。

扩大单元接线：两台或两台以上的发电机和一台变压器相连的接线方式，称为扩大单

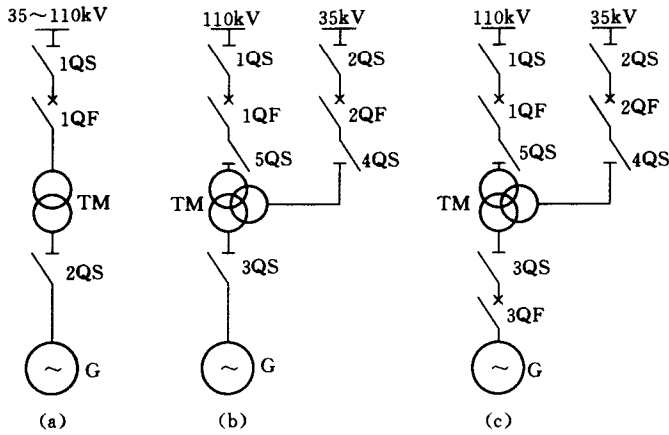


图 1-3 典型发电机—变压器单元接线

(a) 发电机—变压器单元接线；(b)、(c) 发电机—三绕组变压器单元接线

元接线，如图 1-4 所示。扩大单元接线是单元接线的发展。它和单母线接线相比少用一台断路器，和发电机—变压器组相比少用一台变压器。采用扩大单元接线可简化接线、节省投资、减少占地面积，便于高配装置的布置。它的主要缺点是当主变压器故障或检修时，扩大单元的所有发电机都无法送出电能。

扩大单元接线一般在机组台数 4 台及以下、设有不重要的直馈线路、单元容量占系统容量比重不大时采用。

(2) 升高电压侧接线。水电站升高电压侧（即主变压器高压侧）的接线方式与该水电站在电网中的地位 and 作用、电站的运行方式、送电电压等级、出线回路数、电站的装机容量及电力网的结构等因素有关，其主要接线方式除前述的单母线接线、单母线分段接线外，还有变压器—线路单元接线、桥型接线等。

变压器—线路单元接线：当电站只有一台主变压器和一回输电线路时，主变压器和输电线路可直接相连，共用一台断路器，构成变压器—线路单元接线。

桥型接线：当水电站仅有两台主变压器和两回高压输电线路时，可采用桥型接线，如图 1-5 所示，图 1-5 (a) 所示将装有断路器 3QF 的跨条接在变压器侧，称为内桥接线；图 1-5 (b) 所示将跨条接于线路侧，称为外桥接线。

内桥接线和外桥接线的工作特点是不同的。采用内桥接线时，变压器的投入和切除操作比较复杂，内桥接线适用于利用小时数较高、在系统中担任基荷、主变压器不经常投切或线路较长、故障几率较高的水电站。采用外桥接线时，线路的投入和切除操作比较复杂，外桥接线适用于利用小时数较低、在系统中担任峰荷、发电机组开停频繁、主变经常投切或线路较短、故障几率不高的水电站。

桥型接线的优点：断路器用量少，配电装置简单、造价低和具有一定的可靠性、灵活性等。

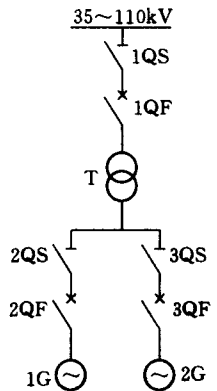


图 1-4 典型发电机—变压器扩大单元接线图

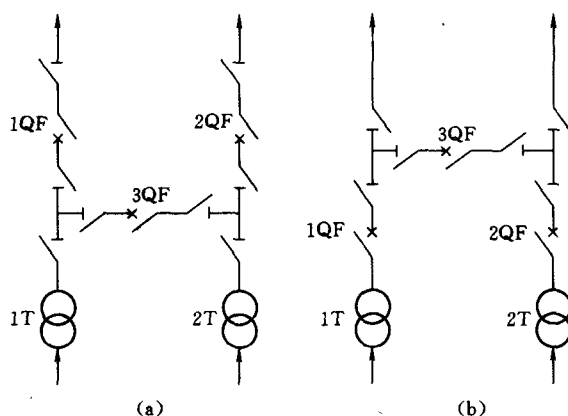


图 1-5 典型桥型接线图

(a) 内桥接线；(b) 外桥接线

桥型接线的主要缺点：外桥接线时，线路故障影响电站一半容量暂时送不出去；内桥接线时，主变压器故障短时影响线路送电，检修断路器也影响线路送电。

对于水电站，当 110kV 出线回路数不多时，一般采用单元接线或桥型接线方式。

第二节 电气运行工作的主要任务

水电站电气运行工作的主要任务概括地讲，就是确保“安全、经济、可靠、满发、多供”。

一、确保安全生产

电力生产的特点是连续生产，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，而且会直接影响到千家万户，甚至使国民经济蒙受严重损失。安全生产也是保证经济、满发，保证电能质量和对用户正常供电的前提条件。水电站电气运行、检修人员必须牢固树立“安全第一”的思想。

为了确保安全生产，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、检修员工的技能培训，不断提高他们的技术水平和分析处理事故的能力，及时准确地进行事故处理，排除设备故障。要加强对设备的巡视检查和维护检修，提高设备完好率、利用率，把电力安全生产提高到一个新水平。

二、确保电能质量

在电力系统中，衡量电能质量的主要指标是频率和电压。我国电力系统的额定频率是 50Hz。正常运行时，电力系统频率的容许偏差不应超过 $\pm 0.2\text{Hz}$ ，对于中、小容量系统（电力网）不应超过 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。当电力系统负荷超过或低于电站出力时，系统频率就会相应地降低或升高。频率的下降不仅会使机组效率下降，而且会将使所有交流电动机的转速按比例下降，导致产品的产量减少。质量下降、次品废品率增加。对于 35kV 及以上的电

力网，电压的允许偏差不应超过额定电压的 $\pm 10\%$ ；对于 10kV 及以下供电的电力用户，电压允许偏差不应超过额定电压的 $\pm 7\%$ ；而对于 220V 的照明用户，则不应超过额定电压的 $+7\%$ 、 -10% 。电压过高，将使电动机的铁芯过热；电压降低太多，则电动机电流会过大，使线圈温度升高，严重时拖不动所带的机械，甚至会使电动机烧坏。对于照明设备（如白炽灯），当电压降低 5%，照度就要降低 18%；当电压降低 10%，照度就要降低约 35%；当电压升高 7%，灯泡寿命约缩短一半以上。

三、确保经济运行

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。要千方百计减少水能损耗，检查并及时消除漏水、漏油现象，提高厂用机械及其电动机运行的经济性，降低厂用电率。

为了确保安全经济满发多供，运行人员必须做到“四勤”：

(1) 勤联系。在负荷增加或减少时，要加强联系，以便相互协调，共同配合做好调整负荷工作。

(2) 勤调整。对有功及无功负荷、频率、电压等要勤调整，以保持运行经济与稳定。

(3) 勤分析。如水头、导水叶开度等与发电出力之间的关系，电流、电压与负荷之间的关系要经常进行分析，及时掌握运行状况，不断积累运行经验，经常总结运行工作的优缺点，以便找出运行规律性，提高运行技术水平。

(4) 勤检查。检查设备的运行情况，发现设备缺陷，应及时消除。

第三节 运行组织、值班人员的职责及要求

一、运行管理组织

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态的改变，都会对电力系统产生影响。因此，并网运行的水电站，必须接受和服从电力系统值班调度员的统一指挥。在中小型水电站中，值班人员业务有的机、电分开，有的机、电不分，每班有值（班）长统一领导当班的运行工作。值（班）长在行政上接受站长（或车间主任）领导，在运行等技术关系上执行系统值班调度员的调度命令。

二、组织机构

为了管好中小型水电站，必须建立精干和健全的管理机构，确定懂业务的专管人员或通过各种渠道培训的管理职工从事各项管理工作。这是提高运行水平、避免事故、确保安全的组织保证。机构的设置应本着“实用精简”的原则，防止重叠及不必要机构的设置，应根据中小型水电站规模的大小确定。管理人员要相对稳定，以便在实践中积累经验，增长才干，不断提高管理水平。

运行班组是中小水电站最基层组织，直接在生产岗位上，班组人员配备的好坏，将直接影响水电站的安全、经济运行。班组人员的配备和工作班次的确定，也应根据电站的规模、机组台数、容量大小、电压高低、自动化程度和技术力量而定，一般情况下，单机在 500kW 以下的低压机组，每台机组需配备 1~2 人。电气和水机值班员应相互配合，互为