

小型水电站运行与维护丛书

水电站运行 维护与管理

孙效伟 安绍军 主编



非外借



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

小型水电站运行与维护丛书

水电站运行 维护与管理

孙效伟 安绍军 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是“小型水电站运行与维护丛书”分册之一。

全书共分九章，主要介绍了水轮发电机组附属设备的运行与维护、水轮机调速器的运行与维护、发电机励磁系统的运行与维护、变压器的运行与维护、配电设备的运行与维护、水轮发电机组的运行与维护、直流系统的运行与维护、水电厂监控系统和水电站运行管理制度等内容，最后还附有几种工作票的格式作为参考。

本书适合小型水电站运行与维护人员学习和参考，也可供相关专业人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

水电站运行维护与管理/孙效伟, 安绍军主编. —北京: 中国电力出版社, 2017. 12

(小型水电站运行与维护丛书)

ISBN 978-7-5198-1052-8

I. ①水… II. ①孙… ②安… III. ①水力发电站-运行②水力发电站-维修③水力发电站-管理 IV. ①TV73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 194683 号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 安小丹 (010-63412367) 张妍

责任校对: 王小鹏

装帧设计: 左 铭

责任印制: 蔺义舟

印 刷: 三河市航远印刷有限公司

版 次: 2017 年 12 月第一版

印 次: 2017 年 12 月北京第一次印刷

开 本: 787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张: 9.5

字 数: 221 千字

印 数: 0001—2000 册

定 价: 40.00 元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

《小型水电站运行与维护丛书》

编 委 会

主 任 李 华

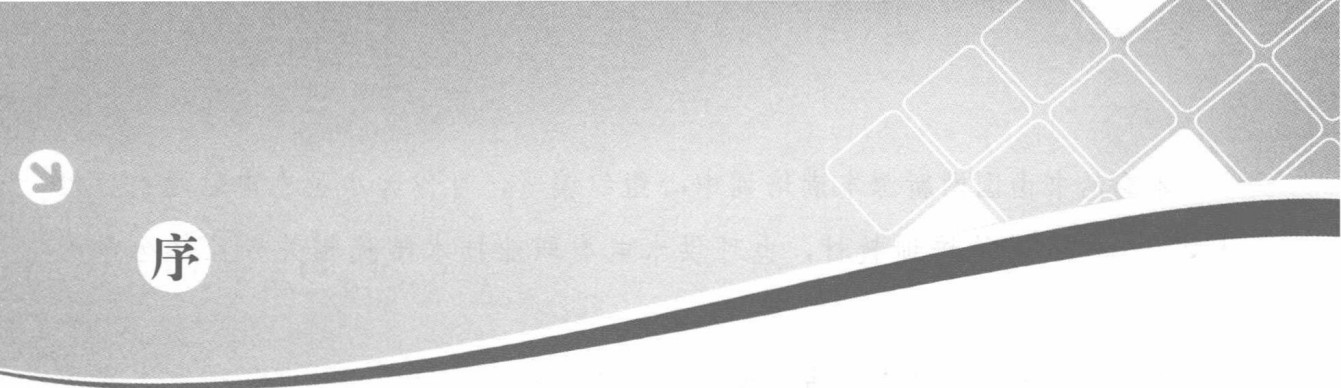
委 员 孙效伟 尹胜军 姜荣武 安绍军

《水电站运行维护与管理》

编 写 人 员

主 编 孙效伟 安绍军

参 编 侯雪梅



序

我国小型水电站近年来发展非常迅速，从 1995 年末发电装机容量 1650 万 kW，年发电量超过 530 亿 kWh，到 2016 年已建成小型水电站 47 000 余座，总装机容量 7500 万 kW，年发电量 2000 多亿 kWh。目前，我国小型水电站遍布全国二分之一的地域、三分之一的县市，累计解决了 3 亿多无电人口的用电问题。我国小型水电站在山区农村的作用越来越重要，其自身经济效益也在逐步提高。小型水电站已成为我国农村经济社会发展的重要基础设施、山区生态建设和环境保护的重要手段。作为最直接的低碳能源生产方式，小水电在“十二五”期间迎来了新的发展机遇。

随着小型水电站事业的迅速发展和水电技术水平的不断提高，对小型水电站运行与维护人员的知识、技能要求也越来越高。特别是随着新技术在小型水电站的应用，需要电站运行与维护人员及时更新知识结构，从而保证小型水电站安全、经济运行。为此，特组织编写了本套“小型水电站运行与维护丛书”，可满足小型水电站运行与维护人员在不脱离岗位的情况下，通过对所需知识的学习提高业务水平和技能，并应用到实际工作中，以保障发电机组的安全、可靠、高效、经济运行。

本套丛书共包括《水轮发电机组及其辅助设备运行》《水力机械检修》《电气设备运行》《电气设备检修》《水电站运行维护与管理》五个分册。该套丛书紧密结合小型水电站技术水平发展的实际，以典型小型水电站的系统和设备为主线，并按 CBE 模式对丛书的内容进行了划分，按照理论上够用、突出技能的思路组织各分册的编写。丛书图文并茂、浅显易懂，并充分结合了新规程和新标准。小型水电站运行与维护人员可根据自身专业基础和实际需要选择要学习的模块。

本套丛书由国网新源丰满培训中心组织编写，可作为小型水电站运行、检修岗位生产人员的培训教材，也可供水电类职业技术学院相关专业师生学习参考。

国网新源丰满培训中心希望能够通过本套丛书的出版，为我国的水电事业尽一份绵薄之力。因编写时间和作者水平所限，丛书谬误和不足之处难免，敬请广大水电工作者批评指正。

国网新源丰满培训中心

2017年3月



前

言

《水电站运行维护与管理》是针对小型水电站运行与维护人员而编写的。全书共分九章，内容包括水轮发电机组附属设备的运行与维护、水轮机调速器的运行与维护、发电机励磁系统的运行与维护、变压器的运行与维护、配电设备的运行与维护、水轮发电机组的运行与维护、直流系统的运行与维护、水电厂监控系统和水电站运行管理制度。

本书按照成人培训及学习知识的规律，结合小型水电站运行与维护人员的实际，简单地介绍了水电厂主要设备的组成和工作原理，机械和电气部分的系统组成和运行方式。针对运行与维护人员的值班工作，重点介绍了设备的日常巡回注意事项，事故和故障处理的要点。为了确保工作人员人身和电站设备的安全，本书还介绍了水电站一些基本的管理要求和规章制度。希望本书对水电站运行人员的工作和学习有所帮助。

本书由丰满发电厂安绍军和国网新源水电有限公司丰满培训中心孙效伟共同主编，丰满发电厂侯雪梅参编，全书由孙效伟统稿。

由于作者学识水平和实践经验有限，加上编写时间仓促，书中疏漏和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2017年3月



目 录

序

前言

第一章 水轮发电机组附属设备的运行与维护	1
第一节 水系统的运行与维护	1
第二节 水电站的油系统	11
第三节 气系统的运行与维护	17
第二章 水轮机调速器的运行与维护	21
第一节 调速器的作用	21
第二节 调速器的组成	21
第三节 调速器的运行	25
第四节 调速器的异常处理及巡回检查	29
第三章 发电机励磁系统的运行与维护	33
第一节 励磁系统组成	33
第二节 发电机励磁系统的运行与维护	39
第四章 变压器的运行与维护	44
第一节 变压器结构和工作原理	44
第二节 变压器的运行与维护	47
第五章 配电设备的运行与维护	56
第一节 断路器和隔离开关的运行与维护	56
第二节 互感器的运行与维护	66
第六章 水轮发电机组的运行与维护	76
第一节 水轮发电机组的巡回检查	76
第二节 水轮发电机的启动试运行	80
第三节 水轮发电机组的异常处理	86
第七章 直流系统的运行与维护	92
第一节 直流系统蓄电池的作用及组成	92
第二节 微机控制直流电源装置	97
第三节 直流系统的运行与维护	101

第八章 水电厂监控系统.....	106
第一节 水电厂监控系统的作用和组成.....	106
第二节 微机监控系统主站.....	107
第三节 下位机计算机监控系统的功能要求.....	110
第九章 水电站运行管理制度.....	113
第一节 运行值班管理.....	113
第二节 工作票制度.....	118
第三节 操作票管理制度.....	121
第四节 水电站设备安全管理.....	126
附录 A 第一种工作票格式	132
附录 B 第二种工作票格式	136
附录 C 机械工作票格式	139
附录 D 操作票格式	142

水轮发电机组附属设备的运行与维护

第一节 水系统的运行与维护

水电站的供水包括技术供水、消防供水和生活供水。技术供水是水轮发电机组及附属设备的生产用水；消防供水可供主厂房、发电机、变压器、油库等处的灭火；生活供水主要为正常生活用水提供水源，如饮用、厕所用水等。中小型水电站一般以技术供水为主，兼顾消防供水和生活供水。

一、技术供水的对象和作用

技术供水的主要作用是用来对水轮发电机组各部进行冷却和润滑，其中又以冷却为主，润滑一般只用于水轮机的水导轴承，但应用比较少。此外，技术供水还可以作为水冷变压器和机组油压装置的冷却介质，以及电站部分设备的操作能源。

（一）机组轴承冷却器

机组轴承冷却器主要有发电机的推力轴承、上导轴承、下导轴承和水轮机导轴承。机组运行时轴承处产生的机械摩擦损失，以热能形式聚集在轴承中。由于轴承是浸在透平油中的，油温升高将影响轴承寿命及机组安全，并加速油的劣化。因此，将冷却器浸在油槽内，通过冷却器内的冷水将热量带走，达到将油加以冷却并带走热量的目的。

用各种方式以水冷却透平油，从而控制轴承的工作温度，是水轮发电机组正常运行的重要条件之一。轴承的工作温度一般为 $40\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，最高 70°C ，一旦发现温度过高，必须立即停机。

（二）发电机空气冷却器

发电机运行时产生电磁损失及机械损失，这些损失转化为热量，影响发电机出力，甚至发生事故，需要及时冷却将热量散发出去。大型水轮发电机采用全封闭双闭路自循环空气冷却，利用发电机转子上装设的风扇，强迫空气通过转子绕组，并经定子的通风沟排出。吸收了热量的热空气再经设置在发电机定子外围的空气冷却器，将热量传给冷却器中的冷却水并带走，然后冷空气又重新进入发电机内循环工作，保持定子绕组、转子绕组温度在正常范围，一些小容量的发电机转子上未装设风扇，但装设上、下挡风板，使冷、热风在密闭的空间内进行交换，热量由空气冷却器带走。空气冷却器是一个热交换器，它是由许多根黄铜管组成，冷却水由一端进入空气冷却器，吸收热空气的热量变成温水，从另一端排出。空气冷却器的个数和结构随机组的容量而不同。

（三）变压器油的冷却

一些水电厂主变压器采用外部水冷式（即强迫油循环水冷式），是利用油泵将变压器油箱内的油送至通入冷却水的油冷却器进行冷却，为防止冷却水进入变压器油中，应使冷却器中的油压大于水压。变压器的冷却方式有油浸自冷式、油浸风冷式、内部水冷式和外部水冷式等。内部水冷式是将冷却器装置在变压器的绝缘油箱内；外部水冷式是强迫循环水冷式用油泵抽出变压器油箱中的运行油，加压送入设置在变压器外的油冷却器进行冷却。此方法散热能力强，使变压器尺寸缩小，便于布置，但需设置一套水冷却系统。

（四）油压装置的水冷却

油压装置的油泵在旋转时和压力油流在流动时，由于摩擦原因都会产生热量，大型油压装置的这一问题比较突出，尤其在油泵频繁启动时温度可能迅速升高。油温过高会使黏度下降，对液压操作不利，而且加快油的劣化。为了控制油的工作温度，大型油压装置常在回油箱中设冷却管，以水冷却汽轮机油。

（五）水压操作的设备

一些高水头电站使用高压水来操作进水阀，不仅减少了油压装置从而节省投资，而且运行费用也得到降低。高压水流还可以用于射流泵，作为电站的排水泵。另外，不少水轮机主轴的工作密封采用橡胶密封结构，要求用有一定压力的清洁水作为密封及润滑使用。

总之，技术用水的基本作用是冷却、润滑和液压操作。

二、技术供水的组成和对水的要求

技术供水系统由水源（包括取水和水处理设备）、管网、用水设备以及测量控制元件组成。技术供水水源的选择非常重要，在技术上需考虑水电站的形式布置和水头满足用水设备所需的参数。这些参数包括技术供水的水量、水压、水温、和水质的要求，力求取水可靠、水量充足、水温适当、水质符合要求，以保证机组安全运行，整个供水系统设备操作维护简便，在经济上需考虑投资和运行费用最省。如果选择不当不仅可能增加投资，还可能使电站在以后长期的运行和维护中增加困难。技术供水系统除正常工作的水源外还应有可靠的备用水源，防止因供水中断而被迫停机，对水轮机导轴承的润滑水和对水冷推力瓦的冷却水要求备用水能自动投入，因供水稍有中断轴瓦就有被烧毁的可能。一般情况下均采用水电站所在的河流电站上游水库或下游尾水作为供水系统的主水源和备用水源，只有在河水不能满足用水设备的要求时才考虑其他水源，例如地下水源作为主水源或补充水源或备用水源。

（一）技术供水水源

从上游取水可以利用水电站的落差，对水头 12~80m 的电站能很方便地实现自流供水，因此，这是电站设计时首先考虑的水源类型。当上游取水无法满足机组运行的条件时，通常采用下游取水的方式。

1. 压力钢管取水或蜗壳取水

这种取水方式一般取水口位置布置在钢管或蜗壳断面的两侧，在 45° 方向上，避免布置在顶部和底部，在顶部有悬浮物，在底部有积存的泥沙。优点是引水管道短，节约投资管道可集中布置，便于操作。

2. 坝前取水

取水口可设置数个，在取水口前均装置拦污栅和小型闸门。常在不同地点和不同高程设

置几个取水口，适应上游水位的变化，或选择适当的水温，引用含沙量较少的水。

坝前取水供水最为可靠，在机组及进水闸门检修时仍能供水，某个取水口堵塞也不影响机组的运行。但是，坝前取水管道较长，主要用于坝后式及河床式电站。

3. 下游尾水取水

当上游水位过高时，用上游高压水作为技术供水可能不经济，水位过低时上游取水不能满足水压要求。因此上游水位过高或过低时，常用下游尾水作水源，通过水泵将水送至各用水部件。下游取水布置灵活，管道也不长，便于设置尺寸较大的水质处理设备。但应有两台以上的水泵，各水泵单独设置取水口，所用设备较多，运行费用也比较高。

4. 地下水源取水

为了取得经济可靠和较高质量的清洁水以满足技术供水，特别是满足水轮机导轴承润滑用水的要求，电站附近有地下水源时可考虑加以利用。地下水源比较清洁，水质较好，某些地下水源还具有较高的水压力有时可能获得经济实用的水源。地下水常用水泵抽取，投资及运行费用比较高。

(二) 技术供水方式

水电站供水方式因电站水头范围不同而不同，其中常用的供水方式有自流供水、水泵供水，以及两者混合使用构成的混合供水方式和射流泵供水等。

1. 自流供水

自流供水系统的水压是由水电站的自然水头来保证的。当水电站平均水头在 $20\sim 40\text{m}$ 时，且水温水质符合要求，采用自流供水，适用于水头在 $12\sim 80\text{m}$ 的电站。为保证各冷却器进口的水压符合制造厂的要求，当水头在 $40\sim 80\text{m}$ 时一般装设可靠的减压装置，对多余的水压力加以削减即自流减压供水方式。减压装置又分为自动减压装置和固定减压装置两种。

2. 水泵供水

当电站水头高于 80m 或低于 12m 时采用水泵供水方式，对于低水头电站取水口可设置在上游水库或下游尾水，对于高水头电站一般均采用水泵从下游取水。采用地下水源时若水压不足亦用水泵供水。用水泵供水，供水的压力、流量均由水泵来保证。

水泵供水方式布置灵活，特别是对于大型机组，可以各机组就近装设一套专用的技术供水系统，便于自动控制。水泵供水的主要问题是供水可靠性差、设备多、投资大、运行费用高。供水泵必须设两台或更多，运行中互为备用，而且应当有可靠的备用电源。

3. 混合供水

混合供水方式适用于水头在 $12\sim 20\text{m}$ 的电站，不宜采用单一供水方式时一般设置混合供水系统及自流供水和水泵供水的混合系统。当水头比较高时采用自流供水，水头低或水头不足时采用水泵供水，经过技术经济比较确定操作分界水头。因为水泵使用时间不多可不设置备用水泵，主管道只设一条，这样可以在不降低安全可靠的条件下减少设备投资，简化系统。也有一些混合供水的水电站根据用水设备的位置及水压水量要求的不同，采用一部分设备用水泵供水，另一部分设备用自流供水的方式。

4. 射流泵供水

当电站水头为 $80\sim 160\text{m}$ 时采用射流泵供水，由上游水库取水作为高压工作液流，在射

流泵内形成射流，抽吸下游尾水，两股液流形成一股压力居中的混合液流供机组技术供水用。射流泵供水兼有自流供水和水泵供水的特点，运行可靠，维护简便，设备和运行费用低。

（三）技术供水管网组织

技术供水设备管网组织根据机组的单机容量和电站的装机台数，一般有以下几种类型。

1. 集中供水系统

全电站所有机组的用水设备都由一个或几个公共取水设备供水，通过全电站公共供水干管供给各机组用水。这种系统设备数量较少，管道、阀门可以集中布置，运行操作和维护比较方便，因此在中小型电站经常采用。

2. 单元供水系统

每台机组设置独立的取水口、管道等，自成体系，独立运行。由于各台机组之间互不干扰，便于自动控制和检修，因此适用于大型机组或电站只装一台机组的情况，此方法运行灵活，可靠性高，易于实现自动化。

3. 分组供水系统

当机组台数较多时，将机组分成几组，每组设置一套设备，且具有单元供水的特点。分组供水系统既比较灵活，又减少了设备，运行管理也比较方便。

（四）技术供水管网设备

1. 供水泵

技术供水系统中，常用卧式离心泵作供水泵，其价格低廉，结构简单，维护方便，运行可靠；深井泵也可以作为技术供水泵，其结构紧凑，性能较好，管道短，但价格较贵。

2. 管道

管道由取水干管、支管及管路附件等组成。干管直径较大，把水引到厂内用水区。支管直径较小，把水从干管引向用水设备。管路附件包括弯头、三通、法兰等，是管网不可缺少的组成部分。

3. 滤水器

无论何种取水方式，其水源都不可避免地带有各种杂质，因此在每个取水口后面必须装置滤水器。滤水器过滤出杂质，确保冷却或润滑设备能正常工作。为了不影响供水，一般采用旋转式滤水器。由于水导轴承润滑用水水质要求很高，因此需设专门的滤水器。

4. 阀门

阀门分为闸阀和截止阀，作用是截断水流和调节流量。闸阀的优点是密封性能好，易于启闭；缺点是外尺寸大，阀门闭合面检修困难。截止阀的优点是结构简单，操作灵活，止水效果好，尺寸小；缺点是水力损失大。

5. 测量控制元件

测量控制元件主要包括阀门、压力表、减压阀、示流信号器、自动排污控制系统等。用以监视、控制和操作供水系统的有关设备，保证供水系统正常运行。

（五）技术供水对水的要求

1. 水温

用水设备的进水温度一般在 $4\sim 25^{\circ}\text{C}$ 为宜，进水温度过高不利于机组各部散热，过低会

使冷却器黄铜管结露，甚至破裂损坏。

2. 水压

为了保证冷却需要的水量和必要的流速，要求进入冷却器的水有一定的流速水压。水压过低，起不到冷却和润滑的效果，水压过高，易造成设备损坏。因此正常水压一般不超过 0.2MPa。

3. 水质

为满足水质的要求，一般在取水口设置拦污栅、用水设备装滤水器。防止冷却管路堵塞和结垢。一般每年夏季，河流上游来水多，雨季山上的树木、杂草进入库区，很容易造成冷却器堵塞、水电机组转轮室堵塞，出力降低，甚至被迫停机，进行处理。河水含有多种杂质特别是汛期河水浑浊、含沙量剧增，所以需要河水进行净化和处理，以满足各用水部件的要求。水的净化可分为两大类，分别为清除污物和清除泥沙。滤水器是清除水中悬浮物的常用设备，按滤网的形式分为固定式和转动式两种。滤水器的网孔尺寸视悬浮物的大小而定，一般采用孔径为 2~6mm 的钻孔钢板外面包有防锈滤网。水流通过滤网孔的流速一般为 0.10~0.25m/s，滤水器的尺寸取决于通过的流量。

清除泥沙常用的方法有水力旋流器、平流沉淀池和斜流式沉淀池。目前小型电站采用水力旋流器，大型电站采用沉淀器清除污泥。有的电厂由于水质污染，要对水进行处理，包括除垢、水生物防治及离子交换法除盐。

（六）消防供水系统

消防水主要用于发电机、变压器、主厂房及油系统灭火，消防水的取水方式与技术供水的取水方式基本相同，一般取自压力钢管、蜗壳或尾水等。

1. 发电机灭火

发电机在运行时可能由于定子绕组匝间短路，或接头开焊等事故而起火。为了避免事故的扩大，应立即采取灭火措施。发电机采用喷水灭火，在定子绕组的上方与下方各布置灭火环管一根。正常运行时发电机灭火水管不与消防水源相接，灭火时利用软管和快速接头与消防水源接通。灭火时要确认发电机已断电，禁止带电灭火。闻味是闻发电机灭火水管中的味道，即风洞里的味道。

2. 变压器灭火

为保证灭火效果良好，每台主变压器均设有多个消防龙头。平时消防龙头供水阀门关闭。灭火时要确认变压器已断电。

3. 主厂房及油系统灭火

主厂房水轮机层、发电机层、安装间及油库内均设有消防栓，设备着火时可进行灭火。

三、水系统的巡回检查和维护

（一）技术供水系统的巡回检查

技术供水系统的正常运行是水轮发电机组安全运行的重要保障，因此，无论对运行机组还是备用机组，值班人员必须要定时对供水系统进行巡回检查，发现异常情况及时处理。当供水系统在异常方式运行时或存在缺陷时，而机组暂时不能停机时，更要增加巡回检查次数，并对缺陷设备重点检查。

1. 水轮发电机技术供水的巡回检查

值班员在巡回检查时,应按巡回检查路线,对系统内的设备做全面的检查。一般应首先检查技术供水干管的总水压是否合格,然后检查各支管的水压,包括推力轴承、上导轴承和下导轴承的水压是否在合格范围内。同时还要检查各轴承的示流信号器指示是否合格,因为若因管路堵塞造成排水不畅或供水管路漏水,有时虽然压力合格,但冷却效果却变差,威胁设备运行。这时示流信号器应有反应,通过检查示流信号器的指示,可以判断出故障点的位置。

在巡回检查水系统的工作参数的同时,还应注意各部是否有漏水或跑水的地方,冷却水滤水器上、下游侧压力是否接近,各阀门的位置指示灯是否正确,阀门和滤水器发电机电源及控制电源工作是否正常。夏季时管路是否有出汗现象,冬季时水系统环境温度是否低于 5°C ,若温度过低,应采取加热措施,防止管路结冰。尤其冬季时机组停机备用,或是对于备用水管路,由于管路里的水处于静止状态,更要对环境温度加强监视。必要时,要定期对冷却水和备用水进行充水试验,及时掌握技术供水管路的工作情况。

2. 水轮机技术供水的巡回检查

水轮机技术供水主要是水导轴承和止水轴承的冷却水和润滑水,其巡回检查项目和方式与发电机的水系统基本相同。需要注意的是,有的机组止水轴承的冷却水或润滑水可能排到水轮机顶盖处,巡回时要检查水轮机顶盖积水情况,若发现积水异常时要及时处理,防止淹没水轮机导轴承。

(二) 供水系统的常见故障与处理方法

1. 供水水压降低

对于技术供水系统,水压降低可导致发电机、变压器冷却效果变差,引起温度升高的严重后果。处理时要进行全面检查,如果是取水口堵塞,则对取水口进行吹扫;滤水器堵塞则进行清扫排污;自动减压阀失灵则打开旁通阀(只对主变压器冷却)供水,并联系检修人员处理;水轮机主轴密封水压降低会引起主轴密封刺水的现象,如为供水管路或阀门破裂漏水引起水压降低,则关闭该供水总阀,对故障点的来水进行隔断,并打开备用供水阀门,维持正常供水,没有备用供水系统,则停机做好相应地安全措施,联系检修人员处理。若个别轴承冷却水压降低,应及时进行冷却水系统的正、反冲切换。

2. 供水水压升高

对于技术供水系统,水压升高超过额定值有可能导致冷却器破裂漏水的严重后果,应调整水压在额定范围之内。如果由于备用水投入造成水压升高,应检查备用水投入的原因,查明原因后将备用水复归,并检查或调整工作水压正常。若因为管路堵塞造成水压升高,应通过检查各部示流信号器的工作状态来确定堵塞的位置,然后进行处理。

(三) 技术供水实例

图 1-1 是某水电厂的技术供水系统图。该机组为轴流转浆机组,主供水采用蜗壳取水方式,备用水采用坝前取水方式。水系统阀门编号由 4 位数字组成:第一位数字“1”代表机组编号,即为一号机组;第二位数字“2”代表该系统为水系统;其后的数字为阀门的代号。

从蜗壳取来的水源经 1201 阀和止回阀 1YVN、1202-1 到冷却水滤水器。该滤水器可自动清扫。当滤水器堵塞时,其上下游产生水压差,这时差压信号器检测到差压超过整定值

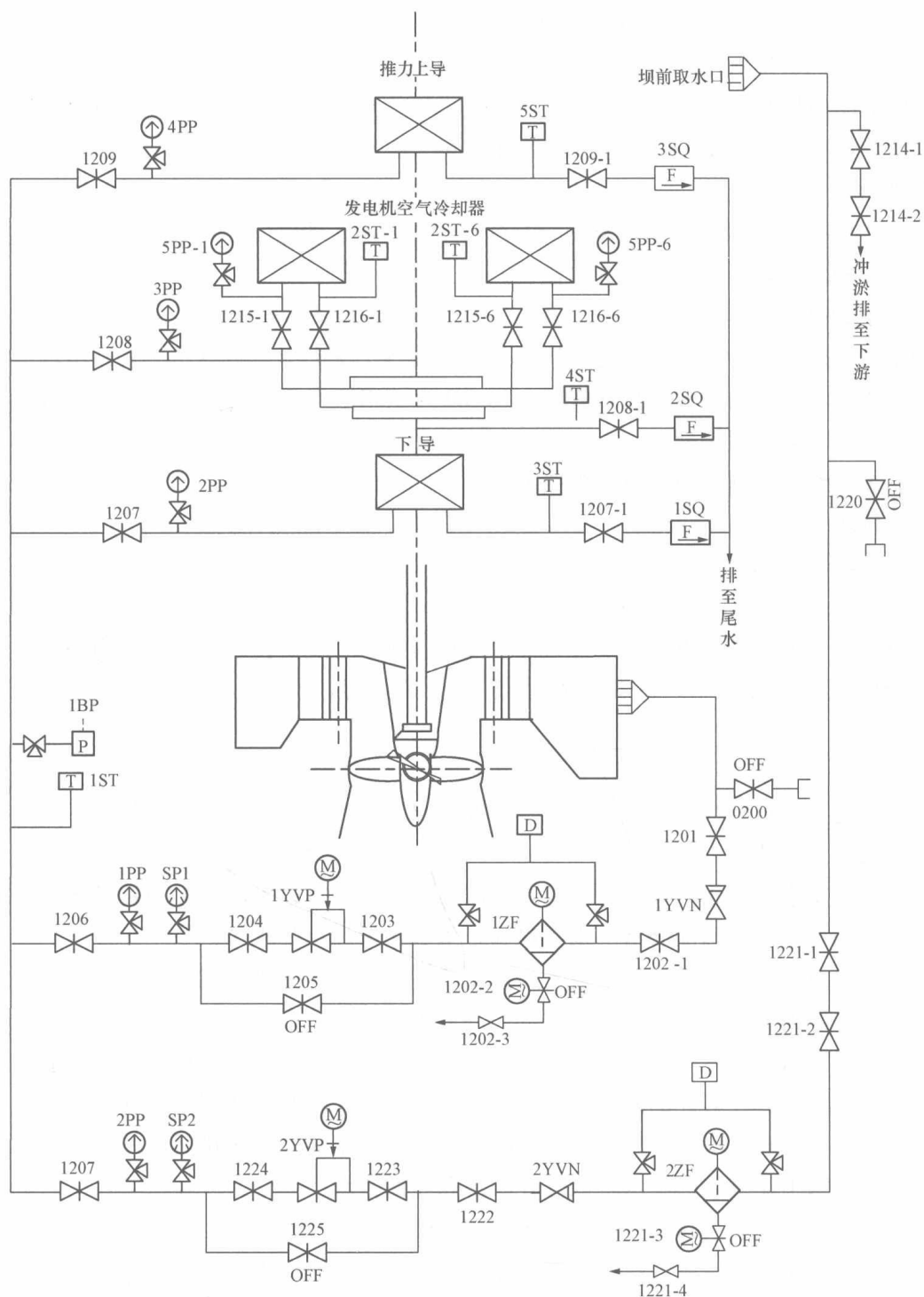


图 1-1 某水电厂技术供水系统图

时,排水阀电动机启动,将排水阀打开,经 1202-3 排水,同时启动滤水器清扫电动机。当清扫完污物杂质后,差压信号器发出停止信号,排水阀电动机启动,将排水阀关闭,同时滤水器清扫电动机也停止转动,清扫过程结束。

1YVP 是水力电控阀,当机组接到开机令后,1YVP 电动机启动,将该阀门打开,向机组各部供水,当机组停机后,该阀门电动机再次启动,将阀门关闭,切断水源。如果该阀门

检修或故障需要退出运行，将 1YVP 两侧的 1203 和 1204 阀门关闭即可。若机组仍需要运行，可将常闭的旁通阀 1205 打开即可。

SP1 为压力控制器，当机组运行时，主供水压力降低到整定值时，SP1 动作，2YVP 电动机启动，技术供水自动切换到备用水供水，确保机组安全运行。1PP 为压力表，供运行人员在监视供水压力。

1ST 为温度计，用来监视水温。1BP 为压力传感器，将技术供水的总水压上传至中控室或现地监视单元，对水压进行远方监视。

供水主管路分成几个支路，经 1207、1208、1209 阀分别通向推力上导轴承、冷风器和下导轴承进行冷却。冷却后的水直接排到下游。在各个支路上也装有压力表和温度计，用来监视各部水压和排水的水温。排水管路上的 SQ 为示流信号器，用来监视排水是否畅通，冷却水管路、冷却器是否堵塞。

备用水管路上的部件与主供水管路上的作用基本相同。

四、排水系统

（一）排水系统的作用与组成

1. 排水系统的作用

水电站除了需要设置供水系统外，还必须设置排水系统。排水系统的作用是排除生产废水、检修积水和生活污水，避免厂房内部积水和潮湿，保证水电站设备的正常运行和检修。

2. 排水系统的组成

水电站的排水可分为生产用水排水、渗漏排水和检修排水三大类。但只有渗漏排水和检修排水列入排水系统。

（1）生产用水的排水。包括发电机空气冷却器的冷却水；发电机推力轴承和上、下导轴承油冷却器的冷却水；稀油润滑的水轮机导轴承冷却器的冷却水等。

这类排水对象的特征是排水量较大，设备位置较高，一般都能靠自压直排下游。因此，习惯上都把它们列入技术供水系统组成部分，不再列入排水系统范围。

（2）渗漏排水主要是排水轮机顶盖与主轴密封的漏水，压力钢管伸缩节、管道法兰、蜗壳及尾水管进入孔盖板等处的漏水；冲洗滤水器的污水、汽水分离器及贮气罐的排水、空气冷却器壁外的冷凝水、水冷空气压缩机的冷却水等，当不能靠自压排至厂外时，归入渗漏排水系统；厂房水工建筑物的渗水，低洼处积水和地面排水。

厂房下部生活用水的排水。渗漏排水的特征是排水量小，不集中且很难用计算方法确定；在厂房内分布广，位置低，不能靠自流排至下游。因此，水电站都设有集中贮存漏水的集水井或排水廊道，利用管、沟将它们收集起来，然后用设备排至下游。

（3）检修排水。当检查、维修机组或厂房水工建筑物的水下部分时，必须将水轮机蜗壳、尾水管和压力钢管内的积水排除。检修排水的特征是排水量大，高程低，只能采用排水设备排除。为了加快机组检修，排水时间要短。

（二）排水方式

1. 渗漏水排水方式

（1）集水井排水：此种排水方式是将水电站厂房内的渗漏水经排水管、排水沟汇集到集