

水力机组及其辅助设备运行

丰满水电技术学校编

电力工业出版社

内 容 提 要

本书是按照有关规程并在收集了一些水电站多年来运行经验的基础上编写的。全书内容着重阐述水电站油、水、气系统的运行；机组设备的自动化；机组设备的运行与维护；机组设备的正常操作和检修措施。此外，对水电站机组的经济运行及事故处理也作了简要的介绍。

本书可作为技工学校有关专业的教材，也可供水电站机械运行工人的技术培训和有关技术人员参考。

水力机组及其辅助设备运行

丰满水电技术学校编

*

电力工业出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 7印张 156千字

1981年7月第一版 1981年7月北京第一次印刷

印数 0001—5100册 定价 0.65元

书号 15036·4217

前 言

本书是根据电力工业部召开的有关技工学校教材编写工作会议的精神和要求编写的。

全书依据有关规程和国内一些水电站多年来的运行经验，着重阐述水电站油、水、气系统的运行；机组设备的自动化；机组设备的运行与维护以及机组设备的正常操作和检修措施。此外，对水电站机组的经济运行、事故处理也作了简要的介绍。

本书由丰满水电技术学校李贺林主编，经原富春江水电厂技工学校主审。在编写过程中，得到一些水电站和一些同志的大力支持，在此表示感谢。

本书可作为水电技工学校有关专业的教材，也可供水电站机械运行工人的技术培训及技术人员参考。

限于我们的水平和经验，书中差错在所难免，诚恳地希望读者批评指正。

编 者

1981年1月

ABD-78/03

目 录

前 言

第一章 水电站油、水、气系统的运行	1
第一节 油系统的运行	1
第二节 水系统的运行	11
第三节 压缩空气系统的运行	21
第二章 机组设备的自动化	27
第一节 概述	27
第二节 常用的自动化主要元件	28
第三节 自动控制器符号	37
第四节 辅助设备的自动化	39
第五节 水轮发电机组的自动化	51
第三章 机组设备的运行与维护	66
第一节 机组检修后投入运行前的检查和试验	66
第二节 机组运行中的维护	69
第三节 蝶阀、导轴承的运行与维护	73
第四章 水电站机组的经济运行	79
第一节 机组经济运行的基本原理	79
第二节 水电站的工作和流量特性曲线	81
第三节 水电站机组的经济运行	84
第五章 机组设备的正常操作与检修措施	91
第一节 机组设备的正常操作	91
第二节 机组设备的检修措施	96
第六章 机组故障与事故处理	99
第一节 如何预防和处理事故	99
第二节 机组事故处理	100
第三节 电液调速机异常现象的分析	104

第一章 水电站油、水、气系统的运行

水电站的动力设备分为主机和辅助设备两大部分。两者的工作是相辅相成的，辅助设备运行的好坏，直接影响着主机的安全运行。辅助设备主要是由油、水、气系统组成，熟悉掌握这部分内容是搞好水力机组运行工作的基础之一。

油、水、气均属于流体。使用它们的时候，必须有盛装的容器，输送的管道，控制阀门以及监视器具等，由这些设备所组成的油、水、气复杂的回路称之为油、水、气系统。为了便于区别这些管道和阀门的不同用途，在油、水、气管道上分别涂上不同的颜色；在阀门上分别编上不同的编号。如，油管：压力油管和进油管为红色；排油管和漏油管为黄色。水管：冷却水管为天蓝色；润滑水管为深绿色；消防水管为橙黄色；排水 管 为 草 绿 色；排污管为黑色。气管为白色。阀门的编号，在许多厂习惯采用四位数字：千位数字为机组编号；百位数字油系统为 1，水系统为 2，气系统为 3；十位和个位数字为阀门的编号。如 1107——1 号机油系统第 7 号阀门；2211——2 号机水系统第 11 号阀门；3304——3 号机气系统第 4 号阀门。

第一节 油 系 统 的 运 行

在水电站中，机组调节系统工作时，能量的传递和机组转动部分的润滑与散热等，一般都是用油作为介质来完成的。油系统是为水电站用油设备服务的。油系统由一整套设备，如管道、控制元件等组成，它用来完成用油设备的给油、排油、添油及净化处理等工作。

一、水电站用油的分类和作用

水电站用油大体分为润滑油和绝缘油两大类。

1. 润滑油的作用

润滑油的种类很多，有透平油、空气压缩机油、机械油和润滑脂等。本节主要介绍透平油，其主要作用是润滑、散热以及对设备进行操作控制以传递能量。

（1）润滑 机组在运行中，轴颈与轴瓦或推力瓦与镜板接触的两个金属表面间，因摩擦会使轴承发热损坏，甚至不能运行。为了减少因这种固体摩擦所造成的不良情况，在轴与轴瓦间加了一层油膜。因油有相当大的附着力，能够附在固体表面上，使其由固体的摩擦转变为液体的摩擦，从而提高了设备运行的可靠性，延长了使用寿命，保证了机组的安全运行。

（2）散热 油在轴承中，不仅减少了金属间的摩擦，而且还减少了由于摩擦而产生的热量。在机组的轴承油槽中设有油的循环系统，通过油的循环把摩擦产生的热量传给冷却器，再由冷却器中的水把热量带走，使轴瓦能经常地保持在允许的温度下运行。

（3）传递能量 由于油的压缩性极小，操作稳定、可靠，在传递能量过程中压力损

失小，所以水电站常用它来作为传力的介质。把油加压以后，用来开闭快速闸门（或蝶阀）和进行机组的开、停机操作等。在调速系统中，油用来控制配压阀、导水机构接力器活塞的位置。另外油还可以用来操作其他一些辅助设备。

2. 绝缘油的作用

绝缘油分为变压器油和开关油两种。前者用于电站的变压器中，后者用于油开关中。绝缘油的主要作用是绝缘、散热和消弧。

二、机组用油系统示例

水电站油系统是由两部分组成，即机组的用油系统和油处理系统。机组的用油系统的用途是向机组蓄油部件注油、排油、更换净油以及为了补偿运行中的损耗向设备加油等。用油系统又分为压力油系统和排油系统，这两个系统又分别与油处理系统相连。油处理系统是用来处理机组用过的废油和供机组的新油。

图1-1和图1-2为水电站两种不同型式的水轮发电机组用油系统的示例。图1-1为混流式水轮发电机组的用油系统，在此系统中示出了压力油系统和排油系统。

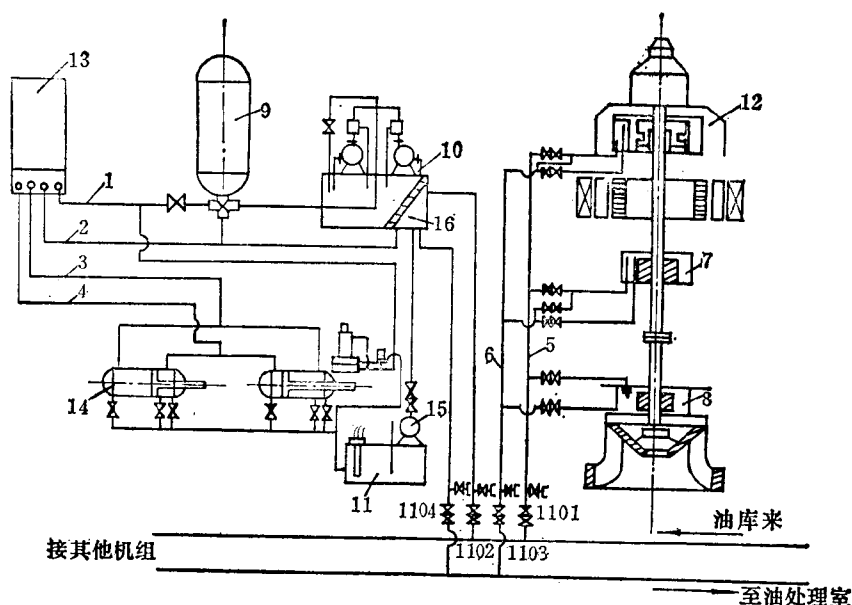


图 1-1 混流式水轮发电机组的用油系统

1—压力油管；2、6—排油管；3—闭侧油管；4—开侧油管；5—给油管；7—下导轴承；8—水导轴承；9—压油槽；10—压油泵；11—漏油槽；12—推力轴承；13—调速机；14—接力器；15—漏油槽；16—集油槽

压力油系统中的压力油从总管引来：一路经1101阀将压力油分别充入发电机的推力轴承12、下导轴承7及水轮机导轴承8的油槽，待一定的油量后，1101阀关闭，分别供各轴承润滑用，即构成了机组的润滑油系统；另一路经过1102阀将压力油充入集油槽16，待一定的油量后，1102阀闭，再通过压油泵10将集油槽的油打入压油槽9，供调速机13调整操作之用，这就构成了机组操作的压力油系统。该系统工作时，如开机或增加负荷压油槽的压力油经调速机主配压阀的开侧管路分别去两个接力器14的开侧，而接力器闭侧的压力油

经闭侧管路由主配压阀的闭侧排油管排至集油槽。当停机或减负荷时则与上述相反。

排油系统，当机组检修时，主机的各轴承油槽的油分别由排油管，经1103阀至总排油管排至油库。

当压油装置检修时，将压油槽的油排至集油槽，再由集油槽的排油管经1104阀至总排油管即可。如果检修接力器时，接力器的排油或机组运行中接力器的渗油都排到漏油槽，再通过压油泵打入集油槽。

图 1-2 为转桨式水轮发电机组的用油系统，它和混流式水轮发电机组的用油系统大致相同，不再叙述。

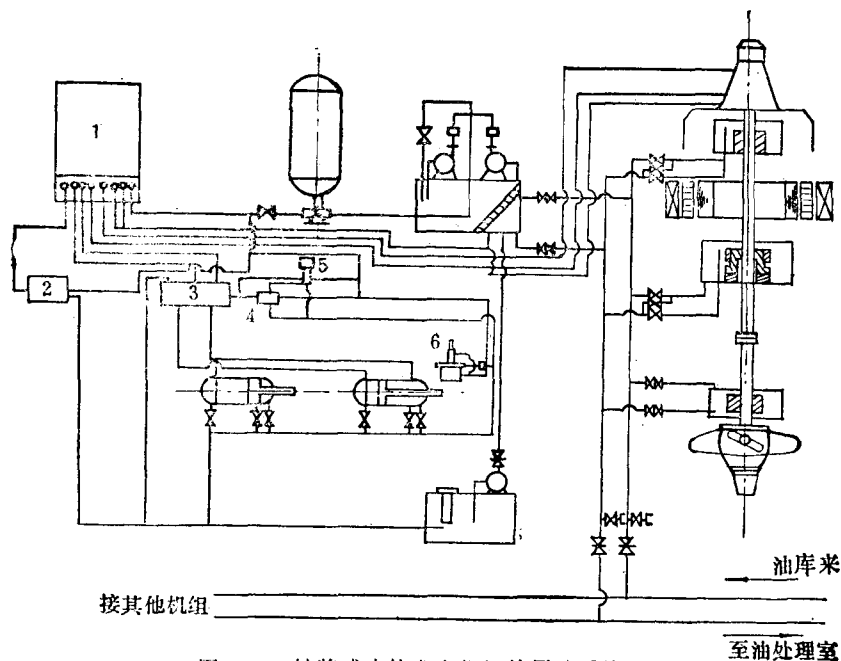


图 1-2 转桨式水轮发电机组的用油系统

1—调速机；2—联锁滑动阀；3—过速限制器；4—油阀；5—电磁操作阀；6—锁锭

三、润滑油系统

（一）润滑油系统的组成

水轮发电机组有推力、上导、下导和水导轴承。这些轴承（除橡胶轴承用水润滑外）是用油来润滑和散热的，因此这些轴承都装在油槽内。根据机组的型式不同，轴承的结构也有所不同。悬吊式小型机组的推力轴承和上导轴承大多共用一个油槽；大型机组的推力轴承和上导轴承用的油槽是分设的；伞式机组推力轴承和下导轴承大多共用一个油槽；其它也有推力、上导、下导、水导轴承各设一个油槽的。

用供油管道和排油管道将这些油槽连接起来，并在需要的部位设置自动化元件和控制阀门，这样构成的整个回路称为润滑油系统。

（二）润滑油系统的工作

1. 推力轴承

它是担负整个机组转动部分的重量和水的轴向压力的轴承（图1-3）。推力轴承多数采

用刚性支柱式，推力头 2 和大轴 7 紧密配合在一起转动，推力头把转动部分的荷重通过镜板 3 直接传给扇形推力瓦 4，然后经过托盘 5、抗重螺丝 6、底座、推力油槽 9、机架 8，最后传给机组混凝土基础。

镜板和扇形瓦无论在停机或运转状态，都是被油淹没的。由于扇形瓦的支点和重心

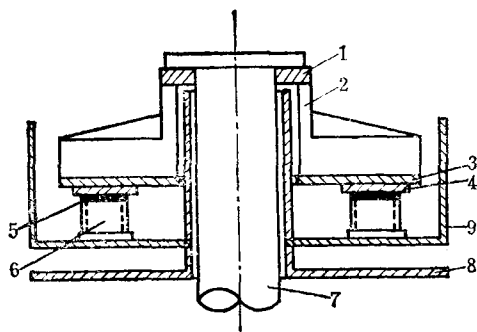


图 1-3 推力轴承示意图

1—卡环；2—推力头；3—镜板；4—推力瓦；5—托盘；6—抗重螺丝；7—大轴；8—机架；9—油槽

有一定的偏心距，所以当镜板随同机组旋转时，扇形瓦会沿旋转方向轻微的波动，从而使润滑油顺利地进入镜板和推力瓦之间，形成一楔形油膜，这样，增强了摩擦面的润滑和散热作用。

在停机时，机组转动部分的荷重通过平整光滑的镜板死死地压在推力瓦上，停机时间愈长，镜板和推力瓦间油膜被挤压得愈薄，以至干枯。因此，停机时间较长的机组在下次开机前必须用高压油泵把压力油充入风闸，将机组转动部分顶起，使

镜板与扇形瓦面脱离开一定的缝隙（一般为 9~11 毫米），重新建立油膜后再行开机。这样才能避免镜板和扇形瓦之间的干摩擦，烧损轴瓦。一般机组检修完毕或推力油槽放油至推力瓦以下，机组起动前均要把转子顶起，建立油膜后再起动机组也是同样道理。

一般水轮发电机起动前顶转子的时间规定：新安装机组运行在三个月以内 停机 24 小时，运行三个月后停机时间超过 72 小时，运行一年后停机时间超过 240 小时均需顶转子。

2. 上导和下导轴承

它们都是发电机的导轴承，用来承受机组转动部分径向力，限制机组的水平摆动。装设在转子上面的轴承称为上导轴承，装在转子下面的轴承称为下导轴承。

以伞式机组的导轴承而言（图 1-4），大轴 6 和轴领 3（或推力头）一起转动，弧形导轴瓦的分块分布在轴领外的圆周上，大轴转动时的径向摆动力由轴领传给导轴瓦 1、抗重螺丝 2、油槽 5、机架 7、最后传给混凝土基础。

导轴瓦和轴领间在安装时要有一定的间隙，其大小在机组盘车时调整。

在停机时，油槽的油位只淹没导轴瓦下面的少部分。当机组运转时，轴领跟着轴转动，一方面，因摩擦产生的热传给油，热油也随着作圆周运动，由于离心力的作用，油槽中的油位形成边缘高，中心低的状态；另一方面，由于导轴瓦面和轴领的间隙经常变化，造成一定的负压，这就使油槽中心部分的冷油，经挡油环 8 和轴领内圆之间而上移，再经轴领上的导油孔喷射到导轴瓦面上，这就使热油和冷油形成对流，起到润滑和散热的作用。

导轴承承受机组转动部分的径向力，如果机组由于某种因素引起转动部分的径向力增大，轴承的负载增加，摩擦产生的热量也就随之增大，导轴瓦温度必然升高。如当机组剪断销拆断时，因导水叶开度不等，使水力不平衡，轴瓦温度就随之提高。所以要经常注意监视导轴瓦温度的变化情况，如遇这种情况就要尽快将剪断销更换。

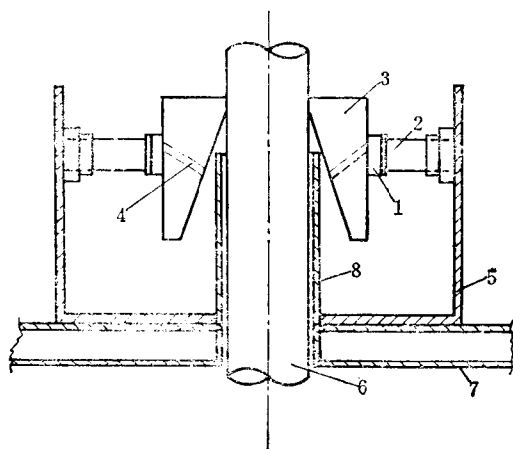


图 1-4 导轴承示意图

1—导轴瓦；2—抗重螺丝；3—轴领；4—导油孔；
5—油槽；6—大轴；7—机架；8—挡油环

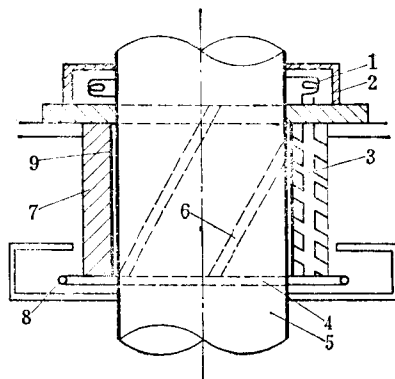


图 1-5 筒式合金轴承示意图

1—油冷却器；2—固定油槽；3—溢油管；4—环
形油管；5—大轴；6—斜向油沟；7—轴承体；
8—进油孔；9—筒式轴瓦

3. 水导轴承

水轮机的导轴承称为水导轴承。其作用和上导、下导轴承相同。水导轴承的结构与上导、下导轴承不同，可分为分块瓦式和筒式的两种。如果采用筒式合金轴承（图 1-5）时，润滑油的工作情况：当位于下部并和大轴 5 相连的油槽与大轴一起旋转时，油槽中的油也跟着旋转，油经固定不动的轴承体 7 的圆周外部的进油孔 8 进入轴承体内的环形油管 4，由于轴的转动使油沿筒式轴瓦 9 面上的斜向油沟 6 上移，并流经整个瓦面，使润滑良好，同时带走热量，热油流到上部固定油槽 2，经油冷却器 1 后通过溢油管 3 自动溢回油槽下部。

（三）润滑油系统的运行、维护

1. 油位

在轴承油槽上部装有油位标尺（油标尺），用来观察和记录油位。油标尺的零位线就是导轴承轴瓦抗重螺丝的水平中心线。一般停机油位是负值，就是说导轴瓦大部分不被油所淹没。机组运行时，靠转动部分的离心力和油的热膨胀等作用使油位升高，整个轴瓦面才能进行良好地润滑和散热。

当机组以静止状态起动到额定转速这段时间，油位的升高主要由于转动部分离心力作用；机组以额定转速（运行状态）到各部轴承温度稳定下来的几小时内，油位的逐步上升，完全是油的膨胀作用引起的。

各部轴承运行中应有一个稳定的油位。一般说来油位缓慢地下降，这是正常的，因为油槽总会有少许的漏油或甩油。如果油位发生明显地变化：油位下降得快，说明漏油或甩油严重；油位上升得快，则多为油冷却器漏水渗入油中。都应该及时加以处理。

2. 油温

油是把轴承摩擦面产生的热量传递给冷却水的媒介。在冷却条件不变，运行稳定的

情况下,轴承温度应保持稳定。一般要求在 $35\sim 45^{\circ}\text{C}$ 之间为宜。油温过高,油本身的氧化作用要加快,易于劣化;油温过低,油的粘度大,润滑和散热作用变差,也不利于运行。但有时轴承温度升高是正常的,如机组负荷增加,导叶开度增大,水轮机过水量增加,压力水作用在转轮上的轴向推力增大,推力轴承荷重增加,所以推力轴承温度自然有所升高。一般轴承温度升高是不正常的,如机组在振动区域内运行,这时就需要变更负荷运行。或是冷却条件变坏,或是油质变坏,轴承温度也会升高,都要及时加以处理。油温降低,有时也是正常现象。如反冲供水的油冷却器,当倒换水源后,冷却效果改善,油温会有所降低。一般油温降低是不正常的,如冷却水量过大或冷却水已渗入到油中等,都应尽快查明原因,迅速解决。

3. 油质

油质的合格与否,应通过化验来决定。但在运行中,也可根据油的颜色进行初步的分析和判别。如滤油网经常出现有堵塞现象时,说明油中的机械杂质过多;油槽下部放出的油进行燃烧,如有“啪啪”声,说明油中有水分;如果油呈乳白色或轴承有生锈现象,也说明油中有水分。合格的透平油呈橙黄色,如发现油色变黑,说明油温过高,有大量碳化物存在。

实际上,油质除了定期地进行化验外,一般还应由运行人员根据油质变化的情况,再要求化验人员进行油质的鉴定。此外,不合格的油不能与新油混用,更不能让水渗入油中。油箱必须加盖,以防油与空气接触或杂质脏物落入油中。

四、压力油系统

1. 压力油的产生

油是不易压缩的,它的膨胀性又很小,难以保证操作机械机构平稳、可靠。空气是既容易压缩,又容易膨胀。如果把压缩空气充入盛装油的密闭容器内,油在压缩空气的压力作用下就形成压力油。压力油具有弹性。水电站压油槽的压力油就是打入三分之一的透平油和三分之二的压缩空气制成的。

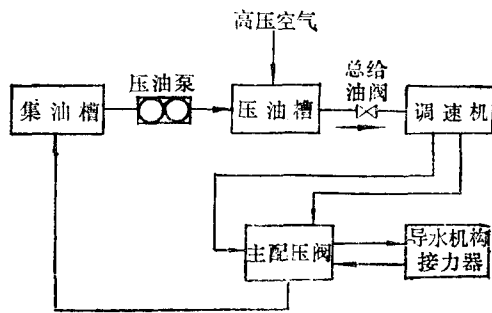


图 1-6 调速系统示意简图

2. 压力油系统的组成

调速系统的组成,可由图 1-6 简易示出。

图1-7(a)为竖轴蝶阀压力油系统。该系统示出了蝶阀关闭状态时各机构所处的位置。

蝶阀开启时,油泵20起动,油自集油槽3经过油泵压力升高,经管路进入侧路阀操作阀10和蝶阀操作阀11。将侧路阀操作阀10的把手向上抬起,其活塞将压力油与侧路阀接力器开侧油管接通,将侧路阀9打开。其闭侧接力器油经油管,操作阀10将油排至集油槽3。在开侧路阀的同时,由阀杆带动机械机构将空气围带压缩空气经围带给气管28排出。当侧路阀9全开蜗壳充满水时,蝶阀操作阀11的机械水压锁锭装置13被打开,将操作阀11向上抬,其活塞将压力油与配压

阀29接通，在压力油作用下使配压阀29活塞向上，因此活塞将压力油与蝶阀开侧接力器接通，在压力油作用下，将蝶阀1开起。其闭侧油经油管15，配压阀29，过滤器23排回集油槽3。蝶阀1全开，锁锭装置7已锁住，再将油泵20停止。

蝶阀关闭时，起动油泵20，压力油通往蝶阀操作阀11及侧路阀操作阀10，使操作阀11向下，其活塞将压力油与配压阀29接通，在压力油作用下，使配压阀29向下，活塞将压力油与蝶阀闭侧接力器接通，在压力油作用下，将蝶阀关闭。其开侧油经油管14，配压阀29，过滤器23排回油槽。蝶阀全关后，操作阀10向下，其活塞将压力油与接力器闭侧油管接通将侧路阀9关闭。其开侧油经油管，操作阀10，将油排回集油槽。侧路阀9关闭同时由阀杆带动机械机构将压缩空气经管28通入围带内，以达到止水的目的，侧路阀9全关后停止油泵。

图1-7(b)为横轴蝶阀压力油系统，其开闭操作动作过程与竖轴蝶阀开闭操作动作过程基本相同。

3. 压力油系统的运行维护

(1) 为了供油的可靠性，一般设两台压油泵，一台工作，一台备用。当压油槽油压降至工作压力的下限值时，工作油泵起动，油压达到工作压力的上限值时，工作油泵停止。当压油槽油压降至工作压力以下的某一直值时，说明工作油泵发生故障，备用油泵自动投入，并同时发出相应的故障信号。这是断续运行的自动油泵的工作方式。当大量用油时，两台泵可以同时运行。

有的水电站工作油泵是连续不断地运行的，就是在油泵至压油槽的管道上装有油压调节阀，加以调节。它的工作情况是当压油槽的油压降至工作压力的下限值时，油压调节阀动作向压油槽送油；当油压达到工作压力的上限值时，油压调节阀动作将油泵送来的油排回集油槽。

(2) 压油槽是储存压力油的，运行中须着重监视油压和油位。

油压：油压过高，一方面使油泵过载，另一方面使承压容器遭受破坏，所以压油泵和压油槽等均设有安全阀。当油压超过工作压力的某一数值时，安全阀自动排油，至油压正常时自动停止。油压过低，使操作力矩变小而无法进行操作。若当油压下降到操作导水叶的最小油压时（即事故低油压），为了避免此时机组因突然甩负荷而有可能造成飞车事故的危险，低油压事故保护动作紧急停机或改为调相运行，导水叶全关，自动落下接力器锁锭。

油位：压油槽的油位要保持一定的高度。在压油槽的油位计上，一般标有红线标记，便于监视油位的高低。

油位过高，则油压下降快，油泵起动频繁。油位过低，当大量用气时，压油槽中的高压空气可能流入油管道和接力器中，使油封大量漏气，以至造成调速系统振动等。

(3) 因为压油槽中的压缩空气有损失，所以运行一段时间后，油位就会升高。故必须注意自动或手动向压油槽内充气，调整油、气比例，使其保持在所要求的范围内。

(4) 压力油的回收。蝶阀和导水机构接力器在操作时的回油是带有压力的，能直接送回集油槽。接力器的漏油和各液压阀的漏、排油都是自流入位置较低的漏油槽内。当漏

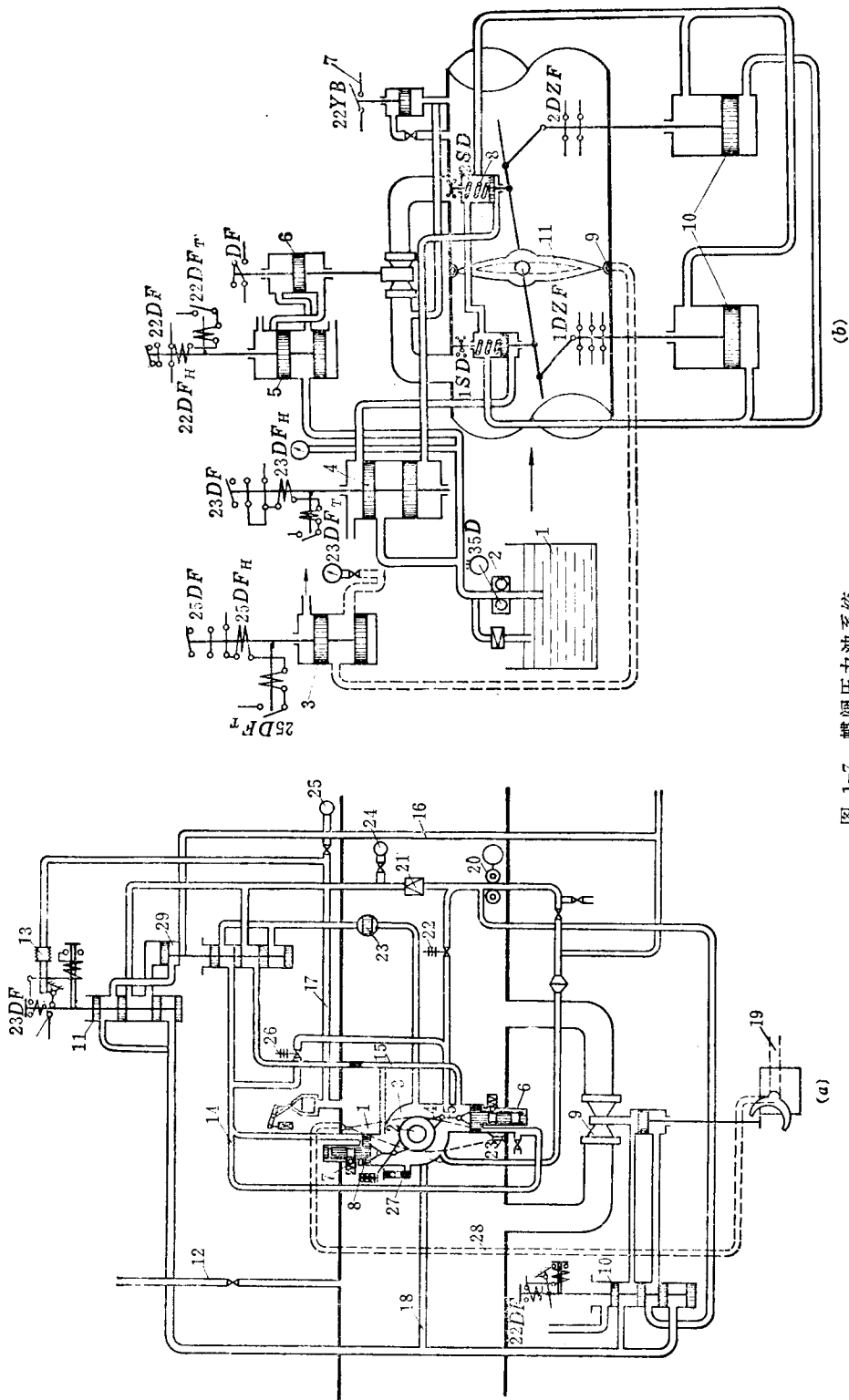


图 1-7 蝶阀压力油系统

(a) 竖轴蝶阀压力油系统

1—蝶阀；2—油泵；3—电液操作空气阀；4—蝶阀操作配压阀；5—侧路阀；6—蝶阀装置；7—压力继电器；8—锁紧装置；9—活塞；10—侧路阀操作阀；11—蝶阀操作阀；12—钢管水压表引水管；13—水压锁紧装置；14—开侧路油管路；15—闭侧路油管路；16—排油管；17—压力水管；18—排油管；19—压缩空气管；20—油泵；21—逆止阀；22、26—安全阀；23—过滤器；24—油压表；25—蝶阀壳水压表；27—油面计；28—围带给气管；29—配压阀

(b) 横轴蝶阀压力油系统

1—油槽；2—油泵；3—电液操作空气阀；4—蝶阀操作配压阀；5—侧路阀；6—蝶阀装置；7—压力继电器；8—锁紧装置；9—空气围带；10—接压器；11—蝶阀体

油槽油位上升至一定高度时，漏油泵则自动起动，将油送到集油槽内。在运行中要经常对漏油装置进行检查监视。

五、油劣化的原因及预防措施

油在输送、使用和保管过程中，因种种原因，发生了物理、化学变化，使之不能保证设备的安全经济运行，这种变化称为油的劣化。油劣化的原因很多，主要有以下几点：

1. 水分的影响

水分混入透平油后，造成油乳化促使油的氧化速度加快，同时也增加了油的酸价和腐蚀性。油中水分的来源：干燥的油可吸取空气中的水分，当空气在油的表面冷却时，空气中的水分可大量进入油内；设备的水管和冷却器接合不牢或压力相差悬殊时，使油冷却器的水管破裂、使水流入油中；被劣化的油有时还会分解出水分等。为了避免和预防油中混入水分，除了在机组运行中要尽可能使润滑油与空气隔绝外，运行人员还应该注意监视推力轴承和导轴承的冷却器水压，并注意油位和油色的变化。

2. 温度的影响

当油的温度很高时，会造成油的蒸发、分解、碳化，并使闪光点降低，同时使油氧化加快。一般油温在30℃时不氧化，油温在50~60℃时氧化较快，油温在60℃以上时每增加10℃氧化速度就增加1倍，所以透平油油温一般不得超过45℃（绝缘油不得高于65℃）。

油温升高的原因主要是设备运行不正常所造成的。如机组过负荷，冷却水中断，设备中的油膜被破坏，均能造成全部油或局部油的温度升高。因此在运行中应注意监视，防止由于不良现象造成的油温升高。

3. 空气的影响

空气能使油引起氧化，增加水分和灰质等。当空气增加时，油的氧化速度加快，油和空气直接接触或空气以气泡的形式和油接触，会造成不同的接触面，接触面愈大则氧化速度愈快。油中产生气泡的原因：运行人员充油速度快，因油的冲击而产生泡沫；油泵工作时吸油的速度太快，冲击产生泡沫；空气和油在轴承、齿轮中搅动可能引起泡沫等。油系统中有泡沫，使油和空气中的氧接触面积增大，加快了油的氧化并促使油的劣化，这不仅影响油的润滑作用，而且也使油的体积增加并从油箱中溢出来，所以在运行中要设法防止泡沫的发生。

4. 混油影响

任意将油混合使用，会使油质较快的劣化。因此必须严格防止不同牌号的油任意混合，需要混合使用时应进行化验后无影响时再混合。

5. 天然光线的影响

含有紫外线的光线对油的氧化起媒介作用。新油经日光照射会更加混浊，所以要防止日光对油的长时间照射。

6. 轴电流的影响

当轴承绝缘损坏时，轴电流通过油膜能很快地使油颜色变深甚至发黑，并产生油泥沉淀物，如发现此种现象应及时设法消除。

7. 油系统设备检修不良的影响

在设备检修时，若不将油系统中的油泥沉淀物或设备中的灰尘杂物等清洗干净，注入新油或再生油后，油可很快被污染。

油劣化以后，有条件的水电站是可以采用净化处理的，经净化处理后的油仍然可以使用。

六、油的净化

根据油污染的程度不同，可分为污油和废油。污油——轻度劣化或被水和机械杂质污染了的油，经过简单的净化方法处理后仍可使用。废油——深度劣化变质的油，不能用简单的机械净化方法恢复其原有性质，只有采用化学方法或物理化学方法才能使油恢复原有的物理、化学性质，此法称为油的再生。

下面介绍水电站一般常用的机械净化油的方法：

1. 澄清

当油在油槽内长期处于静止状态时，比重较大的水和机械杂质便沉到底部。虽然澄清不能除去全部的水分和杂质，但却被广泛的采用。因此种方法极其简单，对油也没有伤害。

澄清的速度决定于油的粘度和油位的高度。油柱越高，粘度越大，澄清的速度越慢。

2. 离心分离

离心分离采用的设备是离心滤油机，其工作原理如图1-8所示。它是利用水分、机械杂质和油的比重不同，在离心力的作用下，进行分离。比重大的水分和机械杂质甩至最外边；油则升入碗形金属片中。水分、杂质和油被分离后各由不同的出口向外流出，这样即可得到滤过的清油。

3. 压力过滤

压力过滤采用的设备是压滤机，其工作原理如图1-9所示。它是将油用油泵3升压，通过滤油纸，将水分、机械杂质与油分开。

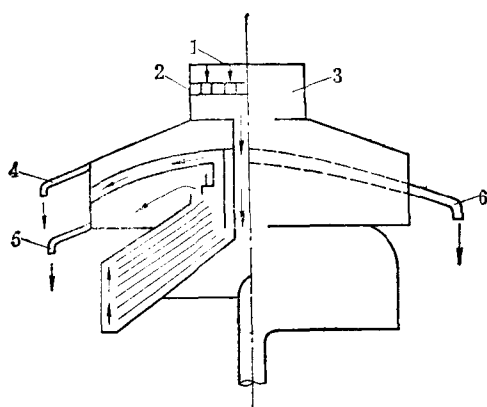


图 1-8 离心滤油机的工作原理图
1—废油进口；2—滤网；3—油盘；4—过量油溢出口；5—水及杂质出口；6—清油出口

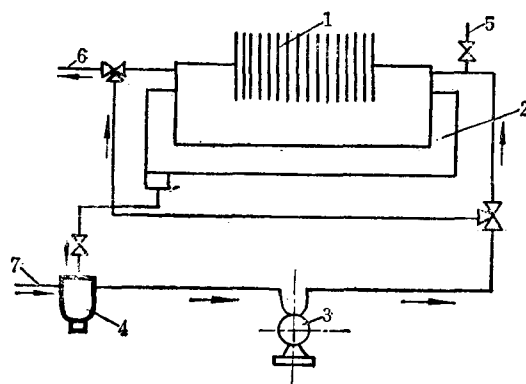


图 1-9 压滤机工作原理图
1—滤油器；2—油槽；3—油泵；4—预过滤器；5—试验栓；6—出油孔；7—进油孔

采用压滤机净化油虽然比离心滤油机净化油慢，但效果较好，通常压滤机连接在离心滤油机之后，用来除去油中最后残留的杂质和水分，压滤机能最大限度地清除水分和得到最高的击穿电压。

4. 真空过滤

对绝缘油的处理，目前采用真空喷雾滤油的方法，其系统如图 1-10 所示。它是根据油、水汽化温度的不同。将污油经压滤机 1 输送到电加热器 4，提高油温(50~70℃)后，压向真空罐 9 内，再通过喷嘴扩散喷成雾状。此时油中的水分，在一定温度和真空下汽化，油与水分得到分离，再用真空泵 6 经油气分离挡板，将水蒸汽和气体抽出来，达到油中除水脱气的目的。

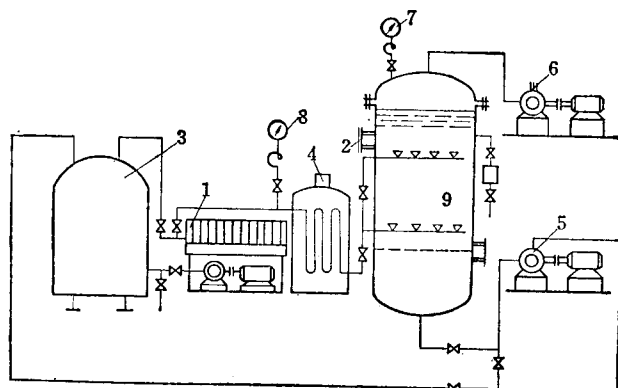


图 1-10 真空滤油系统图

1—压滤机；2—接管阀；3—贮油罐；4—电加热器；5—油泵；6—真空泵；7—真空表；8—压力表；9—真空罐

真空过滤法的优点：速度快、质量好、效率高，不受气候条件的影响，这对于油量较大的用油设备的注油、换油，按时完成检修任务都有很大的作用。其缺点不能清除机械杂质。

油的再生有蒸馏水洗法、酸碱白土法、硫酸白土法、碱白土法等。

第二节 水系统的运行

水电站水系统包括供水、排水和消防用水等。它是供机组的冷却和润滑，厂房和设备的灭火，机组检修排水和厂房渗漏排水之用。

供水系统由水源、管道和控制元件等组成。根据用水设备的技术要求，要保证一定的水量、水压、水温和水质。水源由取水设备、水处理设备等全套或其中一部分组成。由于水电站的水头不同，构成的供水方式也不同，一般可分为自流供水系统、水泵供水系统和混合（自流和水泵）供水系统三类。

供水系统的管道是将从水源引来的水流分配到机组的各个用水设备上，并用各种控制元件（如阀门）和仪表等，操作供水设备，控制、监视管道中水流的运行。

水电站的河流有时含有大量的泥砂、杂质等，易使管道堵塞和淤积，因此供水系统对

水质也有一定的要求。在技术和结构上应该采用适当的措施保证供水系统的正常工作。对自动化较高的水电站，应该在管道系统上根据运行的要求，设置适当的操作阀门，监视和控制水量、水压和水温的各种自动化元件，如自动减压阀、电磁液压阀、示流信号器、流量计等。

一、供水系统

供水系统是用来满足水电站的生产技术用水（不包括机组发电用水）、消防用水和生活用水的要求。其中生产技术用水最复杂，操作频繁，所以本节着重讨论生产技术用水。

（一）生产技术用水的作用

冷却：机组、变压器和辅助设备运行时产生的热量必须及时地散发出去，使各设备维持在要求的温度范围内，以保证设备的安全运行。

润滑：当水轮机的导轴承采用橡胶轴承时，就需要用水作为润滑剂，这既经济，维护又方便，同时对设备起到冷却作用。

传递能量：使用压力水用以操作液压阀门和射流泵。

现就生产技术用水具体分述如下：

1. 冷却用水

发电机的冷却用水：发电机在工作过程中，由于铜损和铁损而使发电机的铁芯和线圈发热。这些热量如不散发出去，轻则使线圈温度升高，电阻增大，降低发电机的效率；重则会使发电机的线圈和铁芯绝缘烧毁，引起发电机着火，所以发电机在工作过程中必须冷却。

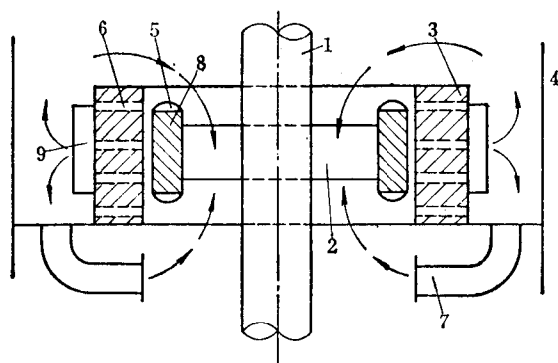


图 1-11 发电机空气循环冷却示意图

1—主轴；2—转子；3—定子；4—风洞；5—风扇；6—通风沟；
7—通风口；8—磁极；9—冷却器

发电机的冷却方式普遍采用的是密闭式空气循环冷却，即将发电机装在密闭的风洞内。近代也采用双水内冷和氢气冷却等。下面将密闭式空气循环冷却发电机的冷却过程介绍如下。

图1-11是发电机的空气冷却的示意图。其冷却循环过程是：当发电机运行时，装在转子2圆周上的风扇5随之旋转，把风刮入发电机定子3线圈的通风沟6，将线圈和铁芯产生的热量带走而成为热风。热风经过定子外罩的通风口7处的空气冷却器9，这时热风被冷却而成为冷风；一路经风洞4地面的通风口进入转子下部；另一路经定子外罩上部空间进入转子上部。如此循环，发电机产生的热量就被空气冷却器中的冷却水带走了。

在机组运行中，应使发电机线圈的温度，按规程规定控制在适当的范围内。根据材料的不同线圈温度控制值也不同。线圈温度控制值过高，易使绝缘老化、甚至烧损；线圈温度控制值过低，则空气中水分容易产生凝结水珠，使线圈受潮，绝缘强度下降。热风温度以不超过60℃为宜，冷风温度以不低于结露为宜。但各空气冷却器的风温要求保持一致，