

中小型水电站运行与管理技术丛书

中小型水电站

辅助设备及自动化

肖志怀 蔡天富 编写



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

中小型水电站运行与管理技术丛书

中小型水电站 辅助设备及自动化

肖志怀 蔡天富 编写



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书主要介绍了中小型水电站辅助设备, 全书内容包括油系统、压缩空气系统、技术供水系统、排水系统、水轮机进水阀及常用阀门、机组辅助设备的自动控制等六章。包含了作者多年来对水电站辅助设备及其自动化系统的教学和研究成果, 收集的有关实例资料以国内近几年的应用实例为主。全书立足于中小型水电站辅助设备的介绍, 同时也部分提及了大中型水电站的相关设备, 以利于知识的全面性和系统性。

本书可供有关中小型水电站运行与检修技术人员的业务培训使用, 也可作为相关人员的培训教材和相关专业师生的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

中小型水电站辅助设备及其自动化/肖志怀, 蔡天富编写. —北京: 中国电力出版社, 2006

(中小型水电站运行与管理技术丛书)

ISBN 7-5083-4174-0

I. 中... II. ①肖... ②蔡... III. ①水力发电站-辅助系统-基本知识②水力发电站-自动化-基本知识 IV. TV73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 018850 号

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路 6 号 100044 [http: //www. cepp. com. cn](http://www.cepp.com.cn))
北京同江印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

2006 年 5 月第一版 2006 年 5 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 9.5 印张 225 千字
印数 0001—3000 册 定价 16.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

中小型水电站运行与管理技术丛书

编 委 会

主 任：余卫国

副主任：谭少华 蔡维由 王贞伟 刘克兴

委 员：(以姓氏笔划为序)

王贞伟	毛慧和	付国锋	江小兵	刘克兴
刘金生	刘国刚	刘柄文	陈启卷	陈 涛
李学超	肖志怀	肖惠民	余卫国	张天明
张成平	罗仁彩	姬巧玲	职小前	程远楚
谭少华	蔡天富	蔡维由		

目前,我国大中型水电站已普遍采用计算机监控,具有高度自动化水平,并逐步实现了“无人值班”(少人值守)。而中小型水电站的自动化水平仍处于比较落后的状态,尤其是具有计算机技术知识的技术人才较为缺乏,相对制约了其自动化水平的提高。我国小型水电站自动化发展的总体目标是,在2010年前50%的农村小型水电站及配套电网达到现代化水平。2015年,农村水电行业全面实现现代化。近年来,我国中小型水电站建设发展非常迅速,中小型水电站的辅助设备的功能也日益完善,性能和自动化水平正逐步提升,有些方面与大中型电站的相关设备之间的差距也越来越小。为了提高中小型水电站运行管理人员的技术水平和管理水平,充分发挥中小型水电站的经济效益,有必要加强对相关人员的技术培训。这对中小型水电站的运行管理人员提出了新的技术要求,需要普及基本的专业技术知识。本书正是为了满足这一要求而编写的。本书立足于对中小型水电站辅助设备的介绍,同时也部分提及了大中型水电站的相关设备,以利于知识的全面性和系统性。

全书共有六章,包括两个部分的内容。第一部分包括第一至第五章,由武汉大学蔡天富讲师编写,第二部分为第六章,由武汉大学肖志怀副教授编写。

水电站的辅助设备主要包括油系统、压缩空气系统、技术供水系统、排水系统、水力监测系统,以及主阀、起重和机修设备等。辅助设备对保证水电站和水力机组的安全经济运行、机组出力和电能质量等方面起着决定性作用。结合国内的中小型水电站的实际情况,本书的第一部分按章节分别介绍了辅助设备中的油、气、水三大主要系统和主阀等相关知识,并在每一章中对涉及到的主要设备,从操作和运行与维护等方面做了较详细的介绍。

可编程控制器具有高可靠性、编程方便、易于使用、环境要求低、及与其他装置连接方便,以及采用功能模块化等突出的优点,故现阶段中小型水电站辅助设备的自动控制,一般都采用可编程控制器来完成。为此,第二部分首先介绍了可编程控制器工作原理及结构特点和基本逻辑指令,在此基础上,结合水电站油、气、水三大系统,主要介绍了可编程控制器在水电站辅助设备自动化系统中的应用。

本书在编写过程中,得到了武汉大学水动教研室各位老师、浙江乌溪江电厂张银云工程师、中国电力出版社华中办事处等的大力支持和帮助,在此致以谢意。

本书包含了作者多年来对水电站辅助设备及自动化系统的教学和科研成果，书中收集的
有关实例资料以国内近几年的应用实例为主。由于现代科学技术的应用水平不断提高，发展
迅速，限于作者的水平和经验，书中难免存在不足之处，真诚希望同行专家和本书读者积极
提出建议和意见，以利作者不断提高和改进。

编 者

2005 年 11 月

目 录

前言

第一章 油系统	1
第一节 油的种类及其作用	1
第二节 油的基本性质及其对运行的影响	2
第三节 油的劣化分析及其防止措施	7
第四节 油的净化与再生	8
第五节 油系统的组成、作用及系统图	12
第六节 油压装置的自动化	15
第七节 油系统的运行与维护	17
第二章 压缩空气系统	22
第一节 压缩空气的用途	22
第二节 机组制动供气	23
第三节 机组调相压水供气	27
第四节 油压装置供气	34
第五节 配电装置供气	37
第六节 风动工具、空气围带和防冻吹冰供气	43
第七节 综合压缩空气系统	48
第八节 空气压缩装置的自动化	51
第九节 压缩空气系统的运行与维护	53
第三章 技术供水系统	57
第一节 技术供水系统的任务与组成	57
第二节 用水设备对供水的要求	59
第三节 水的净化与处理	64
第四节 水源及供水方式	66
第五节 技术供水系统图	71
第六节 技术供水装置的自动化	73
第七节 水泵的运行与维护	75
第八节 技术供水的运行与维护	78

第四章 排水系统	80
第一节 排水系统的任务和排水方式	80
第二节 渗漏排水	80
第三节 检修排水	83
第四节 排水系统图	87
第五节 集水井排水装置的自动控制	89
第六节 排水系统的运行与维护	92
第五章 水轮机进水阀及常用阀门	94
第一节 进水阀的作用及设置条件	94
第二节 进水阀的类型及其结构	95
第三节 进水阀的操作	103
第四节 进水阀的调整试验	107
第五节 进水阀控制系统的自动化	109
第六节 进水阀的运行与维护	112
第七节 辅助设备中常用的阀门	114
第八节 快速闸门	116
第六章 机组辅助设备的自动控制	121
第一节 可编程控制器的工作原理及结构特点	121
第二节 可编程控制器的基本逻辑指令	130
第三节 基于 PLC 的辅助设备的自动控制	136
参考文献	142

中小型水电站运行与管理技术丛书
中小型水电站辅助设备及自动化

第一章

油 系 统

第一节 油的种类及其作用

一、用油种类

水电站的水轮发电机组及电气设备在电能生产转换和操作控制的过程中,为了保证设备的安全和正常运行,在进行负荷调节的能量传递、机组运转的润滑散热以及电气设备的绝缘消弧时,都是用油作为介质来完成的。由于设备的工作条件和要求不同,使用的油质也不一样,水电站的用油主要有润滑油和绝缘油两大类。

1. 润滑油

- (1) 透平油: 供机组轴承的润滑和调节系统等液压操作;
- (2) 机械油: 供电动机、起重机和水泵等设备的润滑用;
- (3) 空压机油: 供空气压缩机润滑用;
- (4) 润滑脂(黄油): 供滚动轴承润滑用。

2. 绝缘油

- (1) 变压器油: 供变压器及电流、电压互感器用;
- (2) 断路器油: 供断路器用。

以上用油量最大的为透平油和变压器油,一般中小型水电站用油量有数吨到数十吨。为了保证水电站机组运行时用油的需要,必须有储油的容器、输送油的管道,以及控制它们的阀门。由这些容器、管道和阀门等所组成油的回路,称为水电站的油系统。

二、油的作用

1. 透平油的作用

透平油在机组运行中的作用主要是润滑、散热,以及液压操作。

(1) 润滑作用: 油在机组的运动件与约束件之间的间隙中形成油膜,以润滑油膜内部的液态摩擦,代替固体之间的干摩擦,从而减少设备的磨损和发热,以延长设备的使用寿命,提高设备的机械效益和运行安全。

(2) 散热作用: 设备在运行中,由于油的润滑作用,减少了磨损,但仍有摩擦作用而产生热量,这些热量对设备及润滑油的寿命和功能都有很大的影响,必须设法予以排出。润滑油能将这部分热量通过油冷却器排出,使得设备和润滑油的温度都不会超过规定值,以保证设备的安全经济运行。

(3) 液压操作: 水电站中有许多设备的操作需要很大的能量,如水轮机调速器对不同形

式水轮机的导水叶、桨叶和针阀的操作,以及水轮机进水阀、放空阀和液压操作阀的操作等,都需要用透平油作为传递能量的工作介质。

2. 绝缘油的作用

绝缘油主要用在水电站的电气设备中,其作用是散热、绝缘和灭弧。

(1) 散热作用:变压器在带负荷运行,特别是大负荷下运行时,其线圈通过强大的电流而产生热量,此热量如不设法排出,则变压器的温度会升高,导致变压器线圈绝缘会因温度过高而被烧坏。绝缘油可吸收这部分热量并传至变压器外壳散发或通过冷却器散热,使变压器温度维持在正常水平,以保证正常运行。

(2) 绝缘作用:由于绝缘油的绝缘强度比空气大,其介质强度为空气的6倍左右,因而用绝缘油来做绝缘介质可大大提高电气设备的运行安全效果,并可缩小设备尺寸,使设备紧凑。同时,绝缘油对棉纤维的绝缘材料,起到一定的保护作用,使其不受空气和水分的侵蚀而变质,从而提高它的绝缘性能。

(3) 消弧作用:当高压油断路器切断负荷时,在断路器的静动触头之间会产生强大电弧,此电弧温度很高,如不很快将热量传出,就有可能烧坏设备以及引起过高电压而击穿设备。绝缘油在受到电弧作用时,迅速分解而产生气体和油蒸气,这些气体和油蒸气能从电弧中带走大量的热量,同时将电弧冷却,从而使电弧尽快熄灭。

水电站常用的国产透平油牌号有 HU-22、HU-30 和 HU-46 三种;变压器油有 DB-10、DB-25 两种;断路器油有 DU-45 等。

第二节 油的基本性质及其对运行的影响

油的性质分为物理性质、化学性质、电气性质和安定性等。其中,物理性质包括:禾度、闪点、凝固点、透明度、水分、机械杂质和灰分含量等;化学性质包括:酸值、水溶性酸或碱、苛性钠抽出物等;电气性质包括:绝缘强度、介质损失角等;安定性包括:抗氧化性和抗乳化性等。

一、黏度

液体质点受外力作用后相对移动时,分子间所产生的阻力称为黏度。油的黏度分为动力黏度、运动黏度和相对黏度,动力黏度和运动黏度又叫绝对黏度。

1. 动力黏度 (μ)

使面积各为 1cm^2 相距 1cm 的两层液体,以 1cm/s 的速度作相对运动时,液体质点内部所产生的阻力即为动力黏度,以 μ 表示,单位为帕·秒 ($\text{Pa}\cdot\text{s}$)。

2. 运动黏度 (ν)

在相同的试验温度下,液体的动力黏度与该液体密度的比值,称为该液体的运动黏度,以 ν 表示, $\nu = \mu/\rho$, 单位为沱 (St)。

3. 相对黏度 (η)

动力黏度与运动黏度是理论分析和公式推导中常用的单位,而实际上这两种黏度的大小很难测得。工程上常用仪器直接测得液体的黏度指的是液体的相对黏度。

任一液体的动力黏度 μ 与 20.2°C 的水的动力黏度 μ_0 的比值称为该液体的相对黏度,以 η 表示。一般在工业上油的黏度常用恩格拉尔黏度计来测定,所以又称为恩氏黏度,以 $^\circ\text{E}$

表示。恩氏黏度的测定方法是：取某一温度下的油 200ml，在其自重的作用下，流过恩氏黏度计中直径为 2.8mm 的孔口所需要的时间 T_1 ，与同样体积的蒸馏水在 20℃ 时，从同一黏度计下的同一孔口流过时所需时间 T_2 之比，就是该油在该温度时的恩氏黏度 °E。即 $°E = T_1/T_2$ 。一般标准恩氏黏度计 200ml 体积 20℃ 的水流过黏度计孔口的时间在 50s 与 52s 之间。

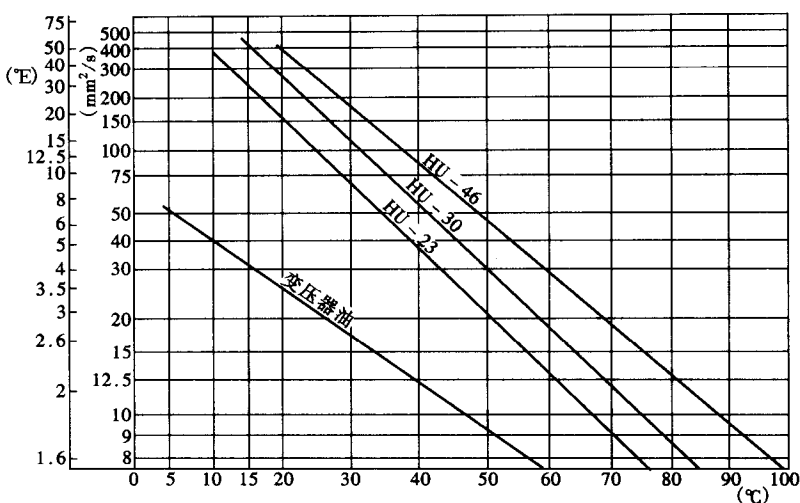


图 1-1 油的黏度与温度的关系

油的黏度不是一个常数，它随着本身的温度变化而不同。温度升高时，黏度降低；温度降低时，黏度升高。所以表示油的黏度数值时，总是要说明是在某一具体温度下油的黏度。图 1-1 表示油的黏度与温度的关系。

黏度是油的重要特性之一，油的黏度大小不仅影响到油的流动性，还影响到两摩擦面所形成的油膜厚度。

对润滑油来说，黏度大时，油附着在金属表面而不易被挤压出来，有利于保持两摩擦面之间所形成的油膜厚度。但黏度大时，流动时所产生的阻力也大，油就不易流到配合间隙较小的摩擦面上，使润滑效果降低，因而增加了摩擦损失。同时，还容易引起设备振动，散热的能力也相应下降。相反，若黏度小，两摩擦面之间不易保持良好的油膜，使轴承不能得到很好的润滑，容易使两摩擦面产生干摩擦，但其阻力较小，散热能力强。水电站选择用油一般原则是：对压力大而转数慢的设备，多选用黏度较大的油；反之，则选用黏度较小的油。规定在 50℃ 时，新的轻质油的黏度不大于 3.2°E，中质油的黏度不大于 4.3°E。在正常运行中，随着使用时间的延长，油的黏度会增大。

对绝缘油来说，一般要求黏度尽可能的小。因为变压器铁芯的绕组是靠绝缘油的对流作用进行散热，黏度小则流动性大，散热效果就好。对油断路器内的油要求也相同。但绝缘油的黏度也不能太小，因为油的黏度降低到一定程度时，其闪点也随之降低，因此绝缘油需要适中的黏度。水电站选择绝缘油，在温度为 50℃ 时，油的黏度在 1.8~2.0°E 之间。

二、闪点

闪点是保证油在规定的温度范围内储运和使用的一项安全指标。闪点表示油在高温下的安定性，根据闪点可以知道油中是否含有低沸点易蒸发的碳氢化合物，以及判断这种油着火爆炸的危险程度，从而促使我们注意防爆问题。水电站对油的运行、储存和运输，都要注意油的闪点高低，以保证电站安全可靠的运行。

闪点是在一定条件下加热油品时，油的蒸气和空气所形成的混合气，在接触火源时即呈

现蓝色火焰并瞬间自行熄灭（闪光现象）时的最低温度。

如果继续加热，提高油的温度，则持续闪光并且生成的火焰越来越大，火焰熄灭所经历的时间也越长，若闪光时间长达 5s 以上，则此温度称为油的燃点。一般情况下油的燃点比闪点高 20~30℃。

水电站在接受新的透平油时，要求其闪点不应低于 180℃；接受绝缘油时，不应低于 135℃。

油的闪点高低，不仅取决于油的化学成分，而且与其所处的物理条件有关，如测定的方法，仪器、温度、压力等都会影响油的闪点。因此，油的闪点是在专门的仪器内，在一定的条件下测定的，是在一定条件下的数值。对于没有标明测定方法的闪点是毫无意义的，对油的闪点的测定方法与其工作状态有关。通常情况下，透平油处于不密封或不完全密封的工作状态，因此，透平油的闪点一般用开口式仪器测定。而绝缘油一般处于密封的工作状态，其闪点用闭口式仪器测定。

在测定闪点时，无论是用开口仪器还是闭口仪器，若油面愈高，蒸发空气的空间愈小，则蒸发空气愈小，愈容易达到闪点浓度，所以闪点也愈低。

三、凝固点

当油温度下降时，使其由流动状态变为塑性状态时的最高温度称为油的凝固点。油的凝固点的大小，取决于油中所含杂质。当油中含有水分和石蜡时，凝固点升高；若油中含有胶质和沥青质时，油的凝固点降低。

由于所含化学成分不同，油没有固定的凝固点。在不同的测验仪器和不同的试验条件下，油失去流动性开始凝固的温度也不同。当油冷却到某一温度时，把储油的试管倾斜 45°，经过一分钟后，看不出试管内油面有流动，这时就认为油已经凝固了。产生这种现象时油的温度就是该油的凝固点。

油达到凝固点时，输送困难，使用不便。设备中油的凝固，将使油的阻力加大，设备不能很快起动，油的凝固还使其散热性能变差。对于气温较低的地区，如北方的冬季，露天工作的油断路器，因变稠的油对断路器的操作阻力较大，而影响灭弧过程，可能使断路器触头熔化。因此，一般规定新透平油凝固点为 -10~-15℃，绝缘油为 -35~-45℃。不同地区，需根据气温的不同来选用具有适宜凝固点的油，如室外断路器油在长江以南可采用凝固点为 -10℃ 的 10 号油，而东北地区则需要用凝固点为 -45℃ 的 45 号油。25 号绝缘油用于变压器中时，可不受地区气温的限制，在全国各地区使用。

四、酸值

油中游离的有机酸的含量称为油的酸值（或酸价）。酸值是以中和 1g 油中的酸所需要的氢氧化钾的毫克数来表示。酸值是用来鉴定油劣化的指标之一。

酸能腐蚀金属和纤维，含酸的油与设备的金属表面接触后，形成一种皂化物，它在润滑油循环流动过程中，会妨碍油在管道中的正常流动，降低油的润滑性能。一般规定：新透平油和新绝缘油的酸值都不应超过 0.05mg/g。运行中绝缘油的酸值不超过 0.1mg/g。运行中透平油的酸值不超过 0.2mg/g。

五、抗氧化性

在高温下，油和空气中的氧会发生化学变化，油的这种变化称为油的氧化性。油在高温下抵抗和氧发生化学变化的能力称为油的抗氧化性。油温愈高，愈容易被氧化。

油氧化后,沉淀物增多产生的油泥会堵塞油管,酸值增高腐蚀设备。抗氧化性低的油,必然更易劣化变质,并增加油的黏度和降低闪点,引起腐蚀性的加剧和润滑性能的变坏,以致不能保证安全经济运行。目前,我国各水电站采用在油中添加“721”抗氧化剂来提高油的抗氧化性能。从使用效果来看,这是延长油使用时间的一项有效措施。

六、抗乳化性

油与水或其他一些物质混合后,生成一种很难分解的乳状混合物的性质,称为乳化性。抵抗这种作用的性质,称为抗乳化性。油与水等形成乳状液后,如能很快分层,说明油的抗乳化能力强。测定抗乳化性以时间(min)来表示,它表示油水分层的速度。水电站只对透平油进行抗乳化性测定,一般透平油抗乳化性不应大于8min。

油乳化后,由于黏度增高,摩擦阻力增大,而使得其润滑性能降低,并导致油温及酸值增高而加速油的劣化。同时,油被乳化后,油中的乳状物有腐蚀金属的作用。当其乳状物沉积在油循环系统中时,还会妨碍油的循环,使得流速减小,造成油量供应不足。

七、水分

透平油中含有水分,会降低油的润滑性能,同时还会使与其接触的金属表面氧化(生锈),促使油泥的产生,从而堵塞油路,并加快腐蚀作用和加速油的劣化。绝缘油中的水分对介质强度和耐压水平影响极大。例如,当含水量小于0.003%时,对绝缘水平影响不大;当大于0.005%时对绝缘水平则会产生较大影响;当超过0.01~0.02%时,油的绝缘水平则降到最小值(0.1kV),使油的介质损失角增大。同时,水分会加速绝缘纤维的老化。

油中水分的主要来源:①油与外界空气接触时,空气中的水分带到油中;②油的氧化作用而生成水。前一种水分多是与油混合在一起,不发生化学变化,很容易分开,这种水很容易除去,危害不大。后一种由氧化作用产生的水多为溶解水,即水溶解于油中,这种水不易除去,其危害也很大,需采用高度真空下的雾化法方能除去。

油中水分的测定,可用定性和定量的两种方法,这两种方法都是有条件的。①定性的测定是将油注入干燥的试管中,把油加热。当加热到150℃左右时,如听到响声,且油表面产生泡沫,这时如摇动试管,则管内的油变成混浊状,说明油中含有水分,否则不含水分;②定量方法测定油的含水量,是利用低沸点的无水溶剂携带水分的蒸馏方法测定,结果用百分数表示。规定不论是新油或运行油都不允许含有水分。

八、灰分

油中含有很多矿物性杂质。当油蒸发和焙烧后,所剩下的不能燃烧的无机矿物质的氧化物,即为油的灰分。用剩下的残余物重量占原来油重的百分比,来表示灰分的含量。灰分太多的油,对水分特别敏感,从而影响油的性能。润滑油的灰分过多,将使油膜不均匀,降低润滑效果。

对新油进行灰分测定,可以判断炼制的质量;对运行中油的灰分测定,可以判断油的劣化程度和机械杂质的含量等。

九、水溶性酸和碱

油中的酸和碱,使接触部件金属表面以及输油管和油容器等产生腐蚀。酸作用于铁和铁的合金,碱作用于有色金属。酸和碱都会加快油的劣化。

油中酸和碱的存在,主要是油在炼制过程中处理不当造成的。检验油中是否含有酸和碱,是根据抽出液中的酸性和碱性反应来确定的。如抽出液对甲基橙不变色时,认为该油中

不含水溶性酸；若抽出液对酚酞不变色时，认为该油不含水溶性碱。水电站要求使用的透平油和绝缘油为中性油，无酸碱反应。

十、透明度

油的透明度表示新油和运行油的清洁和被污染的程度。水分和机械杂质等，对油的透明度均有所影响。如油中胶质和沥青质的含量愈高，油的颜色愈深。要求油质为橙黄色透明体。对透明度的测定一般是用直径为 18~20mm 的玻璃试管，在油冷却到 0℃ 时，观察液态油质是否仍是透明的。

水电站对油的性质要求除以上十项外，还要求油中无游离碳，活性硫和机械杂质等。一般绝缘油在使用上要求具有很高的耐压能力和良好的安定性，以保证安全可靠，能长时间连续工作，对透平油则要求具有良好的抗氧化性、安定性和抗乳化性。具体对透平油和绝缘油的各项要求标准如表 1-1。

表 1-1

透平油和绝缘油质量标准

项 目		质 量 标 准									
		透平油 (SYB1201 - 60)				变压器油 (SYB1351 - 62)				油断路器用油 (SYB1352 - 62S)	
		HU - 22	HU - 30	HU - 46	HU - 57	DB - 10		DB - 25		DB - 45	
运 动 黏 度 (mm ² /s)		50℃				20℃	50℃	20℃	50℃	20℃	50℃
		20 ~ 23	28 ~ 32	44 ~ 48	55 ~ 59	不大于 30	不大于 9.6	不大于 30	不大于 9.6	不大于 30	不大于 9.6
恩氏黏度(°E)		3.19	4.2	6.8		不大于 4.2	不大于 1.8	不大于 4.2	不大于 1.8		
酸 值 (mgKOH/ g)		不大于 0.02	不大于 0.02	不大于 0.02	不大于 0.05	不大于 0.05		不大于 0.05		不大于 0.05	
闪 点 (℃)		开 口				闭 口					
		不低于 180	不低于 180	不低于 195	不低于 195	不低于 135		不低于 135		不低于 135	
凝 固 点 (℃)		不高于 - 15	不高于 - 10	不高于 - 10	不高于 0	不高于 - 10		不高于 - 25		不高于 - 45	
抗 氧 化 安 定 性	氧化后沉淀 物 (%)	不大于 0.1	不大于 0.1	不大于 0.15		不大于 0.1		不大于 0.1		不大于 0.1	
	氧化后酸值 (mgKOH/g)	不大于 0.35	不大于 0.35	不大于 0.45		不大于 0.35		不大于 0.35		不大于 0.35	
灰 分 (%)		不大于 0.005	不大于 0.005	不大于 0.02	不大于 0.04	不大于 0.005		不大于 0.005		不大于 0.005	
抗 乳 化 度 (mjn)		不大于 8	不大于 8	不大于 8	不大于 8						
水溶性酸或碱		无	无	无	无	无		无		无	
机械杂质 (%)		无	无	无	无	无		无		无	
苛性钠抽出物 (级)		不大于 2	不大于 2	不大于 2	不大于 2	不大于 2		不大于 2		不大于 2	
透 明 度 (5℃)		透明	透明	透明	透明	透明		透明		透明	
介 质 损 失 角	20℃ (%)					不大于 0.5					
	70℃ (%)					不大于 2.5					

第三节 油的劣化分析及其防止措施

一、油的劣化及其危害

在储存或运行过程中,由于封闭不严,油中会产生水分,出现杂质,使酸值增高和沉淀物增多,导致油的组成及性质发生变化,改变油的物理和化学性质,以致无法保证设备的安全经济运行。油所发生的这种变化称为油的劣化。

油劣化的危害决定于油劣化时的生成物及其劣化程度:①对于劣化时产生的溶解于油中的有机酸,因增大了油的酸值,会腐蚀金属和纤维,同时还会加快油的劣化;②对于劣化时产生不溶解于油中的油泥沉淀物,会沉淀在油冷却器附近或油箱及管道和阀门等处,将大大地妨碍油的散热及循环,使管道中循环油量减少,导致操作水轮机导叶或进水阀时,开关动作不灵,直接影响了运行的安全;③对于高温下运行所产生的氢和碳化氢等气体,将与油面的空气相混合成为爆炸物,这对设备运行更是危险,应严加注意。

二、油劣化的原因及防止措施

油劣化的根本原因是由于油在高温下和空气中的氧起了化学反应,油被氧化了。氧化后的油酸值增高,闪点降低,黏度增加,颜色加深,并有胶质状油泥沉淀物析出。这不但影响了油的润滑和散热作用,同时还会腐蚀金属,使操作系统失灵等。

促使油加速氧化作用的因素有:

1. 水分

水分进入油中使油乳化,以促进油的氧化,增加油的酸值和腐蚀性。水分从下列几方面进入油中:

- (1) 干燥的油放置在空气中而吸收空气中水分;
- (2) 随着机组运行情况的不同,空气的温度与油的温度都发生变化,空气在油表面冷却,使空气中所含的水分凝结出来而进入油中;
- (3) 设备中的冷却水管和油冷却器因安装或检修时密封不严,或因压力过大,使油冷却器中水管破裂而渗漏出水分混入油中;
- (4) 变压器的贮油罐的呼吸器中的干燥剂性能降低或失效时,会带入空气中的水分;
- (5) 从油系统或操作系统的油箱混入水分。

防止措施:①应将用油设备密封,与空气隔绝;②注意冷却水压不宜过高,防止油冷却器管漏水。

2. 温度

油温度的升高,会造成油的分解、蒸发和碳化,并降低闪点,同时加速油的氧化。实践证明,在正常压力下,油的氧化随温度的升高而加快。当油温在 30°C 以下时,氧化很慢;当油温到 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 时,氧化开始加速;当温度超过 60°C 时,每增加 10°C ,其氧化速度将加快一倍。所以一般规定透平油温度不得高于 45°C ,绝缘油温度不得高于 65°C 。

油温影响油氧化速度的原因是由于温度升高时,油吸收的氧气量增加,氧化作用也随之加快。油温升高会降低油的闪点的原因,是由于油吸收空气量与温度成正比例,高温时吸气,低温时排气。高温时吸入空气中的氧与油进行氧化,所以排出气体中氧气已减少,而且带有甲烷,因而使油的闪点降低。

油温升高的原因是设备运行不良所造成的,如机组过负荷、冷却水中断,或因轴承摩擦表面之间的润滑油膜被破坏而产生干摩擦等。有时,由于机组安装不好,运转时摆度过大,以及机组运转条件不良而产生气蚀和振动等,都会导致机组油温升高。

防止措施:运行时保持油温在规定范围内,如温度过高,应开大冷却水管的阀门,加强油的冷却;同时应检查机组运转是否正常,如负荷是否过高,机组摆度和振动是否过大,水轮机是否产生气蚀等。

3. 空气

空气中由于含有氧和水分,同样会引起油的氧化。同时,空气中含有砂粒和灰尘状的矿物杂质,这些杂质的自然降落,会增加油中机械杂质。油和空气除直接接触外,还有泡沫接触。泡沫使油与空气接触面增大,氧化速度加快。泡沫产生的主要原因是:

- (1) 运行人员在向设备补充油时,速度太快,因油的冲击带入空气而产生泡沫。
- (2) 离心油泵向设备注油时,由于搅动剧烈,产生泡沫;
- (3) 油在轴承油槽中被搅动产生泡沫;
- (4) 油泵的吸油管没有完全插入油中,或油位过低,混入空气而产生泡沫。

防止措施:设备的注油和泄油管出口应低于油面;运行人员加油时速度不能太快;避免因油的冲击带入空气。

4. 天然光线

含有紫外线的天然光线对油的氧化可起触媒作用,造成油质劣化。油在日光照射以后,再放到无日光照射的地方,劣化会继续进行。

防止措施:要避免与日光长时间接触。

5. 电流

电流通过油时,会对油进行分解,使油劣化。如发电机主轴铁芯所产生的轴电流,通过轴颈穿过轴承的油膜时,可较快地使油的颜色变深,并生成油泥沉淀物。

防止措施:加强发电机的绝缘,在轴承座下加绝缘垫,防止轴承上有轴电流流通。

6. 其他因素

除以上原因影响油的劣化外,还有金属的氧化作用、充油设备安装和检修后清洗不干净留有脏物,以及油容器使用的油漆不当等因素。

防止措施:有针对性的采取措施,如对设备检修后和安装后采用正确的清洗方法,为油容器选用合适的油漆。

实际运行中,在接受新油、储存净油、向油设备充油以及对油进行临督时,要注意控制两个主要因素,即油的水分和温升。

第四节 油的净化与再生

尽管在运行时要采取许多防止油劣化的措施,但在长期的运行中,油的质量会不可避免地下降。对油质劣化的油需要进行净化处理。根据油劣化变质程度的不同,劣化后的油分为污油和废油两种。轻度劣化或仅被水分和机械杂质污染了的油称为污油。这种油只需经过简单的净化方法进行处理后即可继续使用。另一种是油质已经深度劣化,用简单的机械净化方法无法达到原有的性质。只有通过化学或物理化学的方法才能使油恢复原有的性质,这种油

称为废油，处理废油的方法称为油的再生。

一、油的净化

下面介绍水电站一般常用的机械净化方法。

1. 澄清

当油在储油设备中较长时间处于静止状态时，油中所含有的比重较油大的水分和机械杂质便会沉淀到储油设备的底部，如图 1-2 所示。沉淀速度与悬浮颗粒的密度、油层的高度形状和油的黏度有关。悬浮颗粒的密度越小、黏度越大、油层越高则澄清的速度就越慢；反之，则澄清的速度越快。在采用此方法时，有时为了加快油的沉淀速度，而将油温适当提高以减小其黏度。

这种方法的优点是设备简单、经济，对油质又无损害，被水电站所广泛采用。缺点是净化时间长，不能除去油中全部水分和杂质，无法实现完全净化，有些酸质和可溶性杂质也无法除去，因此电站中一般不能单独使用这一种净化方法。

2. 离心分离

为了把油与水分和杂质分开，可迅速转动盛油的容器。容器在离心力的作用下，将油分离为数层。靠近容器壁最外层的是密度最大的机械杂质层，其次是较轻的水分层，最里面的为净油层，而容器的中心则为最轻的液体或空气，如图 1-3 所示。根据离心分离的原理，可做成圆筒形或鼓形的离心滤油机。

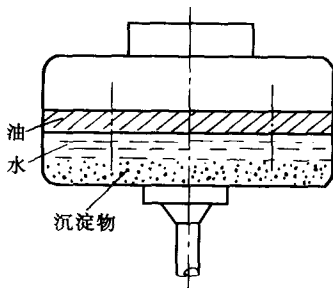


图 1-2 油的澄清法

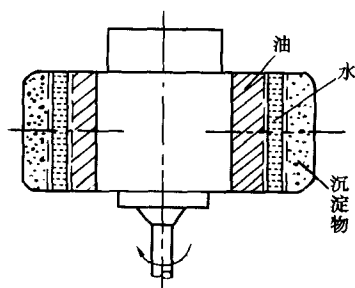


图 1-3 油的离心分离法

3. 压力过滤

把油加压，使之通过具有能够吸收水分和阻止一切机械杂质通过的过滤层，从而实现油的净化，这种方法称为压力过滤。过滤层一般用特制的过滤纸做过滤介质，压力过滤的设备称为压力滤油机，其工作原理如图 1-4 所示。

压力滤油机是由齿轮油泵、滤床、烘箱等组成。滤床是压力滤油机的主要工作部件，一般由 15~20 个铸铁滤板和滤框组成。其构造如图 1-5 所示，在滤板与滤框之间放有特制的滤纸。

滤油时，启动油泵电动机，将污油从压力滤油机进油口吸入，通过初滤器除去较大的杂质，再进入齿轮油泵。齿轮油泵对滤油产生挤压作用，迫使滤油流入滤床右上角的脏油进口，然后再通过滤框孔口流入两滤纸间形成的孔道内。因滤纸纤维有极细小的管孔而形成毛细管作用，油渗透过滤油纸时，滤纸不仅阻止杂质通过，而且还能吸收油中水分。通过滤纸过滤后除去了脏油中的水分和机械杂质，净油通过滤床下方的汇流管流出。当滤纸中的纤维