

高职高专机电类专业统编教材  
全国水利水电高职教研会组编

SHUIDIANZHAN FUZHU SHEBEI

# 水电站辅助设备

龙建明 杨 絮 主编



黄河水利出版社

高职高专机电类专业统编教材  
全国水利水电高职教研会组编

# 水电站辅助设备

主 编 龙建明 杨 絮  
副主编 李爱民  
主 审 蔡燕生

黄河水利出版社

## 内 容 提 要

本书是高职高专机电类专业统编教材,是根据全国水利水电高职教研会制定的《水电站辅助设备》课程教学大纲编写完成的。全书共分六章,包括水电站油系统、压缩空气系统、技术供水系统、排水系统、水轮机的进水阀及常用阀门、水电站厂房及设备布置等内容。各章前有教学要求,后有小结和复习思考题。可作为水利水电类高等职业技术学院、高等专科学校水电站电力设备、水电站动力设备、小型水电站等专业的教材。还可以作为水电站运行、管理、维护、检修等有关工作人员的培训教材和参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

水电站辅助设备/龙建明,杨絮主编. —郑州:黄河水利出版社,2009.1

高职高专机电类专业统编教材

ISBN 978 - 7 - 80734 - 383 - 7

I. 水… II. ①龙…②杨… III. 水力发电站 - 辅助动力装置 - 高等学校:技术学校 - 教材 IV. TV735

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 005677 号

组稿编辑:简群 电话:0371-66023343 E-mail:w\_jq001@163.com

---

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路11号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:10.5

字数:240千字

印数:1—4 100

版次:2009年1月第1版

印次:2009年1月第1次印刷

---

定价:20.00元

# 前 言

本书是根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神,以及由全国水利水电高职教研会拟订的教材编写规划,报水利部批准,由全国水利水电高职教研会组织编写的机电类专业统编教材。

辅助设备是服务于水轮发电机组的、电站不可缺少的重要设备,对保证水电站和水力机组的安全经济运行、机组的效率与出力、电能质量等方面起着重要的作用。本书立足于小型水电站,兼顾中型水电站。水电站辅助设备主要包括油系统、压缩空气系统、技术供水系统、排水系统和水轮机的进水阀及常用阀门,考虑到辅助设备在水电站厂房内“无处不在”的实际及与水轮发电机组布置位置的关联性,增加第六章水电站厂房及设备布置内容。可作为水利水电类高职高专院校水电站电力设备、水电站动力设备、小型水电站等专业的教材,也可以作为水电站运行、管理、维护、检修等有关工作人员的培训教材和参考用书。

本书第一章由湖南水利水电职业技术学院胡文花编写;第二章和第五章由杨凌职业技术学院龙建明编写;第三章由四川电力职业技术学院杨絮编写;第四章由三峡电力职业技术学院叶青编写;第六章由四川电力职业技术学院黄金楷编写。全书由龙建明担任主编,杨絮担任第二主编,四川水利职业技术学院李爱民担任副主编,四川电力职业技术学院蔡燕生教授担任主审。

在本书的编写过程中,得到了陕西石头河水电站、黑河水电站、宝鸡峡林家村水电站、杨凌水电站等单位领导和技术人员的大力支持与帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥或错误之处,恳请读者批评指正。

编 者  
2008 年 12 月

# 目 录

## 前 言

<b>第一章 水电站油系统</b> .....	(1)
第一节 水电站用油的种类和作用 .....	(1)
第二节 油的基本性质和分析化验 .....	(2)
第三节 油的劣化分析和净化处理 .....	(6)
第四节 油系统的任务、组成和系统图 .....	(9)
第五节 油系统的计算和设备选择 .....	(13)
第六节 油系统的监督、运行与维护 .....	(19)
小 结 .....	(21)
复习思考题 .....	(22)
<b>第二章 压缩空气系统</b> .....	(23)
第一节 压缩空气的用途 .....	(23)
第二节 压缩空气的产生及主要设备 .....	(24)
第三节 低压压缩空气系统 .....	(30)
第四节 高压压缩空气系统 .....	(42)
第五节 综合压缩空气系统 .....	(50)
小 结 .....	(53)
复习思考题 .....	(53)
<b>第三章 技术供水系统</b> .....	(55)
第一节 供水对象及其作用 .....	(55)
第二节 技术供水的水源和供水方式 .....	(62)
第三节 水电站常用水泵的类型及应用 .....	(65)
第四节 技术供水系统的设计 .....	(80)
第五节 消防供水系统 .....	(87)
第六节 技术供水系统的运行维护 .....	(91)
小 结 .....	(94)
复习思考题 .....	(95)
<b>第四章 排水系统</b> .....	(96)
第一节 排水系统的任务和排水方式 .....	(96)
第二节 检修排水 .....	(97)
第三节 渗漏排水 .....	(102)
第四节 排水系统图 .....	(106)
第五节 排水系统的运行与维护 .....	(111)

小 结 .....	(112)
复习思考题 .....	(113)
<b>第五章 水轮机的进水阀及常用阀门 .....</b>	<b>(114)</b>
第一节 进水阀的作用及设置条件 .....	(114)
第二节 进水阀的型式和结构 .....	(115)
第三节 进水阀的操作和控制 .....	(124)
第四节 进水阀的运行与维护 .....	(133)
第五节 辅助设备中常用的阀门 .....	(135)
小 结 .....	(140)
复习思考题 .....	(141)
<b>第六章 水电站厂房及设备布置 .....</b>	<b>(142)</b>
第一节 概 述 .....	(142)
第二节 主厂房起重设备选择和主要尺寸的确定 .....	(144)
第三节 厂房的设备布置 .....	(149)
第四节 安装场与副厂房 .....	(152)
第五节 厂房布置实例 .....	(154)
小 结 .....	(160)
复习思考题 .....	(160)
<b>参考文献 .....</b>	<b>(161)</b>

# 第一章 水电站油系统

## [教学要求]

- ★了解水电站用油的种类和作用；
- ★了解油的基本性质和质量标准；
- ★了解油劣化的原因及后果,并学会分析和净化处理；
- ★熟悉油系统的任务及主要组成设备,掌握油系统图的识读及绘制；
- ★熟悉油系统的设计要求,掌握油系统的运行与维护,并能根据公式对油系统油量进行估算及设备选择。

## 第一节 水电站用油的种类和作用

水电站机电设备在运行中,如调速器、主阀等液压操作设备操作,机组及辅助设备润滑,电气设备绝缘和消弧等,都需要用到各种性能的油品。由于设备各自的特性、工作条件和要求不同,使用油的种类和作用也不相同。

水电站用油按照作用通常分为润滑油和绝缘油两大类。

### 一、润滑油

水电站中常用的润滑油有以下四种:

(1)透平油(又称汽轮机油)。透平油在水电站中主要起润滑和散热作用及能量传递作用。国产透平油有32号、46号、61号和100号四种牌号,牌号的数值表示油在40℃时的运动黏度。目前,中小型水电站常用的国产透平油牌号有32号和46号两种,且通常选择防锈型的。

**润滑和散热作用:**透平油的黏度适中,可在机组的运动件(轴)与约束件(轴承)之间的间隙中形成油膜,以油膜的液态摩擦代替固体之间的干摩擦,从而降低了摩擦系数,起到润滑的作用。同时由于油的流动性,它还可将设备转动部件因摩擦产生的热量以对流的方式携带出来,与空气或冷却水进行热量交换,从而起到散热的作用。由此可见,透平油在机组轴承的运行中同时起到润滑和散热两种作用。

**能量传递作用:**由于高压液体在一定的几何形体内被迫移动时,可以传递机械能,因此在调速器和其他液压操作设备中的透平油主要起着能量传递作用,用来进行液压操作。

(2)机械油(俗称机油):它的黏度较大,主要供电动机、水泵、机修设备和起重机等润滑使用。常见的机械油有HJ-10、HJ-20、HJ-30等型号。

(3)压缩机油:主要用于空气压缩机,除供活塞式空气压缩机润滑外,还承担活塞与汽缸壁间的密封作用。它能在温度不高于110℃的高温下正常工作。常见的压缩机油有

HS-13 和 HS-19 两种。

(4) 润滑脂(俗称黄油):主要供滚动轴承及机组中具有相对运动部件之间的润滑,也对机组部件起防锈作用。

## 二、绝缘油

绝缘油主要用于水电站电气设备中,它的绝缘性能远比空气要好,主要作为绝缘介质来提高电气设备运行的可靠性,并可吸收和传递电气设备运行时产生的大量热量;同时绝缘油还可将油断路器(也称油开关)断开负载时产生的电弧熄灭,故绝缘油的主要作用为散热、绝缘和消弧。

水电站中的绝缘油主要有以下三种:

(1) 变压器油:主要用于油浸式变压器及电流、电压互感器,作为它们的高、低压绕组和铁芯间的绝缘介质;同时变压器运行时线圈因通过强大的电流会产生大量的热量,而绝缘油可以吸收这些热量,然后在油流温差的作用下,利用油的对流使它通过冷却器或散热片将热量传递出去。

(2) 开关油:主要用于油断路器,起绝缘和消弧作用。当油断路器切断电力负荷时,在触头之间会产生电弧,该电弧很可能烧坏设备或使电力系统发生振荡,引起过电压,击穿设备。绝缘油在受到电弧作用时会发生分解,产生约 70% 的氢,氢是一种活泼的消弧气体,同时绝缘油在分解过程中能带走大量的热量,也可以直接钻进弧柱地带,使电弧消灭。

(3) 电缆油:有 DL-38、DL-66、DL-110 三种,符号后面的数字表示以千伏计的电压等级,电缆油作为充油电缆中的浸渍和绝缘介质,主要起绝缘作用。

GB2536—90《绝缘油(变压器油)》中,国产绝缘油中变压器油有 10 号、25 号及 45 号三种牌号,开关油有 45 号,牌号的数值表示油的凝固摄氏温度值(负值)。一般选用 25 号绝缘油;在月平均最低气温不低于  $-10^{\circ}\text{C}$  的地区,如无 25 号绝缘油,可选用 10 号绝缘油;在月平均最低气温低于  $-25^{\circ}\text{C}$  的地区,宜选用 45 号绝缘油。

在上述各类油中,以透平油和变压器油用量最大,为水电站的主要用油。

## 第二节 油的基本性质和分析化验

### 一、油的基本性质及其对运行的影响

要保证水电站机电设备正常运行,了解水电站用油的基本性质至关重要。现将润滑油和绝缘油最重要的性质及性能指标介绍如下。

#### (一) 物理性质

(1) 黏度:液体质点受外力作用而相对移动时,在液体分子之间产生阻力的大小称为黏度。黏度是流体抵抗变形的性质,也可表示流体黏稠的程度。一般油品的黏度是随着工作温度上升而降低,随工作温度下降而增高,而且会随着使用时间的延长而略有增高。油的黏度分动力黏度和运动黏度,常用运动黏度。动力黏度是指液体中面积为  $1\text{ cm}^2$ 、相



距 1 cm 的两层液体,发生速度为 1 cm/s 的相对移动时所受阻力的。运动黏度是液体动力黏度与其密度之比,常用  $\nu$  表示,单位为  $\text{m}^2/\text{s}$ 。

油的黏度是油的重要特性之一,也是选择油品的一项重要指标。对于透平油系统,黏度大时,易于保持液体摩擦状态,但会加大液体阻力,增加摩擦损失,也不利于散热;黏度小时则相反。同时为便于运行管理,机组润滑油与调速系统等作用油宜选用同一牌号透平油,选用不同牌号油时应进行技术经济比较论证。对于绝缘油则要求较小的黏度,因为流动性好可以增强散热效果并有利于消弧。

(2) 闪点:当油被加热至某一温度,油的蒸气和空气混合后,遇火呈现蓝色火焰并瞬间自行熄灭(闪光)时的最低温度,称为闪点。当闪光时间长达 5 s 以上时,此温度即为油的燃点。闪点反映了油在高温下的稳定性,闪点的高低取决于油中含有沸点低、易挥发的碳氢化合物的数量。闪点低,油品易燃烧或爆炸。因此,闪点又是表示油品蒸发倾向和储运、使用的安全指标。

(3) 凝固点:当油温下降,油品失去流动性而变为塑性状态时的最高温度称为凝固点。在测试中,将储油的试管倾斜  $45^\circ$ ,经过 1 min,试管内油面不发生明显变形,即认为油凝固了。油凝固后不能在管道及设备中流动,会使润滑油的油膜破坏。对于绝缘油,则既降低散热和灭弧作用,又增大断路器操作阻力,故在寒冷地区应选用凝固点较低的油。

(4) 灰分与机械杂质:油品燃烧后所剩下的无机矿物质占原来油重的百分比,称为灰分。在油中以悬浮状态存在的各种固体物质,如灰尘、金属屑、纤维物及结晶盐等,称为机械杂质。灰分与机械杂质均会破坏油的润滑性能和绝缘性能。

(5) 抗乳化性:油与水蒸气形成乳浊液后静置,达到完全分层所需的时间,称为抗乳化性(以分钟计)。它是透平油的专用指标。润滑油乳化后,黏度增高,泡沫增多,使机械杂质不易沉淀,析出的水分还会破坏油膜,影响润滑效果,加速部件磨损,同时也会加速油的氧化。为保证油品正常循环使用,要求油暂时乳化后能迅速与水分离,然后将水排出。

(6) 透明度:用透明度可以简易判断新油及运行油的清洁或被污染程度。清洁的油多为淡黄色透明液体。

(7) 水分:油中含有水分会助长有机酸的腐蚀能力和加速油的劣化,使油的绝缘强度降低,加速绝缘纤维的老化等。当油中含有水量超过 0.01% ~ 0.02% 时,油的绝缘强度则降低到最小值(1.0 kV),故新油中不允许含有水分。

## (二) 化学性质

(1) 酸值:油中游离有机酸的含量,称为油的酸值,以酸价表示。酸价是中和 1 g 油中的酸性物质所需氢氧化钾的毫克数。酸值是控制油品精制深度及运行油品劣化程度的重要指标之一。酸能腐蚀金属和纤维(油中含有水分时,腐蚀性更强),含酸的油与设备的金属表面接触后,会形成一种皂化物,它在循环式润滑油系统中,妨碍油在管道中的正常流动并降低油的润滑性能。新透平油和新绝缘油的酸值都不能超过 0.05 mgKOH/g;运行中的绝缘油不超过 0.1 mgKOH/g;运行中的透平油不超过 0.2 mgKOH/g。

(2) 抗氧化安定性:油在运行过程中(高温下)抵抗氧化的能力,称为抗氧化安定性。油温愈高,愈容易被氧化。油被氧化后会生成含有有机酸和其他物质的胶状沉淀物,从而使油管堵塞,酸值提高,引起腐蚀和润滑性能变坏。油的新标准中,要求设备运行 1 000 h

后油的酸值不得大于 2.0 mgKOH/g。目前,我国某些水电站采用在油中添加抗氧化剂的办法,根据使用情况来看,这是一项提高油品抗氧化安定性、延长使用时间的有效措施。

(3)水溶性酸、碱:油中若含有水溶性酸、碱,会使金属部件产生强烈腐蚀,并加快油的劣化。因此,水电站中要求使用的油为中性油,不允许含有水溶性酸、碱。

### (三)电气性质

(1)介质损耗因数:油在电场作用下,要消耗部分电能并转换成热能,单位时间内消耗的电能称为介质损失,并以介质损耗因数  $\tan \delta$  来衡量。造成介质损失的原因如下:

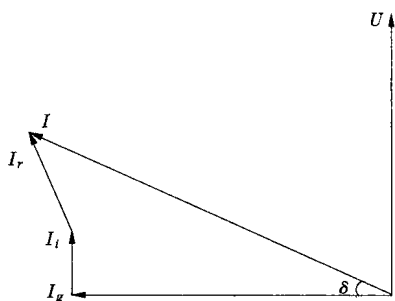


图 1-1 介质损失相量图

①电流穿过介质而泄露,叫做传导电流  $I_c$ ;②绝缘油中存在极性分子,随交流电场方向不断变化而不断运动,产生热量损失,这样消耗的电流称为吸收电流  $I_a$ 。若不存在介质损失,则加于绝缘油的电压  $U$  与通过绝缘油的电流  $I_g$  间的相角将准确地等于  $90^\circ$ ,而由于存在介质损失,相角总是小于  $90^\circ$ ,电压和电流间相角与  $90^\circ$  的差值,称为介质损失角  $\delta$ ,如图 1-1 所示。由于电气用油的损失功率与介质损失角的正切值成比例,故介质损失通常以  $\tan \delta$  值来表示。 $\tan \delta$  的大小,是绝缘油电气性能

中的一个重要指标,其值越大时,不仅功率损失越大,其绝缘性能也越差; $\tan \delta$  同时还可以很灵敏地显示出油的污染程度,故介质损失角  $\delta$  也是检验绝缘油干燥、精制程度及老化程度的重要指标。

(2)介电强度:介电强度是评定绝缘油电气性能的主要指标之一,用在标准电极下的击穿电压表示。绝缘油的介电强度是保证设备安全运行的重要条件。油的击穿电压受很多因素影响,但决定性的因素是含水量。当水和固体杂质存在时,油的介电强度将严重下降。

## 二、油的质量标准及分析化验

水电站习惯上把新买回的油称为新油;把不含水分和机械杂质、符合运行标准的油称为运行油;把有某一指标不符合运行标准的油称为污油。

无论新油或运行油,对其性能都有严格的要求。运行中的透平油和绝缘油都要符合国家标准。运行中的透平油质量标准见表 1-1;运行中的绝缘油质量标准见表 1-2。

表 1-1 运行中的透平油质量标准

序号	项目	设备规范	质量指标	检验方法
1	外状		透明	外观目测 <sup>①</sup>
2	运动黏度(40℃)(mm <sup>2</sup> /s)		与新油原始测值偏离≤20%	GB/T 265
3	闪点(开口杯)(℃)		与新油原始测值相比 不低于 15	GB/T 267
4	机械杂质		无	外观目测

续表 1-1

序号	项目		设备规范	质量指标	检验方法
5	颗粒度 <sup>⑤</sup>		250 MW 及以上	报告 <sup>①</sup>	SD/T 313 或 DL/T 432
6	酸值 (mgKOH/g)	未加防锈剂油		≤0.2	GB/T 264 或 GB/T 7599
		加防锈剂油		≤0.3	
7	液相锈蚀			无锈	GB/T 1143
8	抗乳化度 (min)			≤60 <sup>③</sup>	GB/T 7605
9	水分 <sup>④</sup> (mg/L)		250 MW 及以上	≤100	GB/T 7600 或 GB/T 7601
			250 MW 及以下	≤200	
10	起泡沫试验 <sup>②</sup> (mL)				GB/T 12579
11	空气释放值 (min)				GB/T 0308

注:① 参考国外标准控制极限值 NAIS 638 规定 8~9 级或 MOOG 规定 6 级;有的 300 MW 透平油润滑系统和调速系统共用一个油箱,也用矿物透平油,此时油中颗粒度指标应按制造厂提供的指标;

② 参考国外标准极限值为 600 mL;

③ 参考国外标准控制极限值为 10 min;

④ 在冷油器处取样,对 200 MW 及以上的水轮机油中水分质量指标为 ≤200 mg/L;

⑤ 对 200 MW 机组油中颗粒度测定,应创造条件,开展检验。

另外,表中对闪点、水分两项指标做了修正;而颗粒度、起泡沫试验和空气释放值三项指标是新增加的;颗粒度的标准参考国际标准。

表 1-2 运行中的绝缘油质量标准

序号	项目	质量指标			试验方法
		10	25	45	
1	牌号	10	25	45	外观目测 <sup>①</sup>
2	外观	透明,无悬浮物和机械杂质			GB 1884
2	密度(20℃)(kg/m <sup>3</sup> )	≤895			GB 1885
3	运动黏度(mm <sup>2</sup> /s)				GB 265
	40℃时不大于	13	13	11	
	-10℃时不大于	—	200	—	
	-30℃时不大于	—	—	1 800	
4	倾点(℃)不高于	-7	-22	报告	GB 3535
5	凝点(℃)不高于	—		-45	GB 510

续表 1-2

序号	项目	质量指标		试验方法
6	闪点(闭口)( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 140$	$\geq 135$	GB 261
7	酸值(mgKOH/g)	$\leq 0.3$		GB 264
8	腐蚀性硫	非腐蚀性		SY 2689
9	氧化安定性 <sup>②</sup>			ZBE 38003
	氧化后酸值(mgKOH/g)	$\leq 0.2$		
	氧化后沉淀(%)	$\leq 0.05$		
10	水溶性酸或碱	无		GB 259
11	击穿电压(标准间距下)(kV) <sup>③</sup>	$\geq 35$		GB 507
12	介质损耗因数(90 $^{\circ}\text{C}$ )	$\leq 0.005$		GB 5654
13	界面张力(MN/m)	$\geq 40$	$\geq 38$	GB 6541
14	水分(mg/kg)	报告		ZBE 38004

注:①把产品注入 100 mL 量筒中,在(20  $\pm$  5) $^{\circ}\text{C}$ 下目测,如有争议,按 GB 511 测定机械杂质含量为无。

②氧化安定性为保证项目,每年应至少测定一次。

③测定击穿电压允许用定性滤纸过滤。击穿电压为保证项目,每年应至少测定一次,用户使用前必须进行过滤并重新测定。

在生产中,对设备中的运行油要定期采样进行分析化验,检查其各项指标是否合格。对不合格的油应进行净化处理,以免油的劣化对设备造成影响。

### 第三节 油的劣化分析和净化处理

#### 一、油劣化的原因及后果

油在运行或储存过程中,经过一段时间后,会因潮气侵入而产生水分,或因光线照射、温度变化、杂质混入等因素的影响,会出现酸值增高、沉淀物增加、机械杂质增多等情况,改变了油的物理、化学和电气性质,从而不能保证设备的安全可靠运行。这种使油的性能恶化的现象称为油的劣化。

油劣化的根本原因是油和空气中的氧气发生反应,使油被氧化。

油劣化的危害取决于劣化时的生成物及其劣化程度。油劣化后通常会出现酸值增高、闪点降低、颜色加深、黏度增大等现象,并有胶状物和油泥沉淀析出。其中酸值增高会腐蚀金属和纤维;黏度增大及沉淀物的生成不仅影响油正常的润滑和散热作用,并且会使管道中循环油量减少,致使操作系统失灵,危及运行安全;而在高温下运行如产生氢和碳化氢等气体,它将与油面的空气混合而成为爆炸物,这对设备运行更是危险,应严加注意。促使油加速氧化的因素主要有以下几个方面:

(1)水分:水分进入油中使油乳化,并促进油的氧化,增加油的酸价和腐蚀性。水分主要来源于以下几个方面:①干燥的油放置在空气中能吸收空气中的水分;②随着空气温度和油温度的变化,空气中油表面冷却时,析出凝结水进入油中;③设备中的水管或油冷却器因安装密封不严,或因压力相差过大,使油冷却器中水管破裂而渗漏出水分;④变压器中的干燥剂效率降低或失效,带入空气中的水分;⑤从油系统或操作系统中混入水分。

(2)温度:油温的升高会造成油的蒸发、分解和碳化,并降低闪点,同时使吸氧速度加快,即加速油氧化。油温在 30 ℃ 以下油质基本没有变化。一般油在 50 ~ 60 ℃ 时开始加速氧化,当温度超过 60 ℃ 时,每增加 10 ℃,油的氧化速度加快一倍。温度影响油的氧化速度主要是由于温度升高时,油吸收的氧气量增加,氧化作用也跟着加快。

(3)空气:空气中含有氧、水分和灰尘,因此油与空气直接接触同样会引起油的氧化,增加其水分和灰分等杂质。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有:①运行人员加油时速度太快,因油的冲击带入空气;②油泵的吸油管没有完全插入油中或油位过低,可能混入空气;③油在轴承中被搅动也会产生泡沫。因此,设计时应注意将注油及泄油管的出口做得低于油面,并在加油时速度不能太快,避免泡沫的大量产生。

(4)天然光线:天然光线含有紫外线,能促进油的氧化,使油质劣化。油经日光照射以后,再放到无日光照射的地方,劣化会继续进行。因此,要防止油品与日光长时间接触。

(5)电流:穿过油内部的电流会使油分解,使油劣化。如发电机转子铁芯所产生的涡流,通过轴颈然后穿过轴承的油膜时,会使油的颜色变深,并生成油泥沉淀物。

(6)其他因素:如金属的氧化作用、检修后的清洗不良、油容器用的油漆不当等因素都能引起油质的劣化。

## 二、油的净化处理

尽管在设计和运行中采取了相应的措施来防止油的劣化,但在长期运行中,油的质量仍不免会发生改变。根据油劣化变质程度的不同,劣化的油可分为污油和废油两种。仅被水和机械杂质污染及轻度劣化的油称为污油,污油用机械净化法处理后仍可继续使用。当油发生了深度劣化,用机械净化法已无法使其恢复工作性能时,只能通过化学或物理化学的方法才能使油达到原有的性质,这种油称为废油,处理废油的方法称为油的再生。油的再生一般在专门的油务部门或电力系统的中央油系统进行。

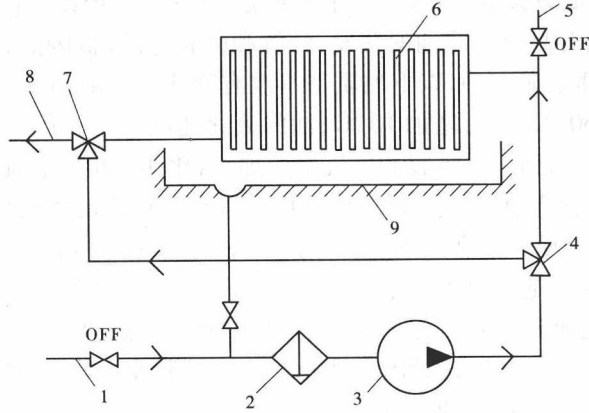
对一般水电站来说,只对劣化油作机械净化处理。常用的机械净化处理措施包括澄清、压力过滤、真空净化和离心分离等。

### (一)澄清

使油长时间在储油设备中静置,密度较油大的水和机械杂质便会沉淀到底部,然后将其排出。澄清时,澄清的速度取决于油的黏度、温度及油层的高度。黏度大、油层高则澄清的速度慢。为了加快油的沉淀速度可将油加热以减小其黏度。虽然澄清并不能除去油中全部水分和杂质,且所需时间长,但因这种方法不需添置设备,简单、廉价且对油质没有伤害而被广泛采用。

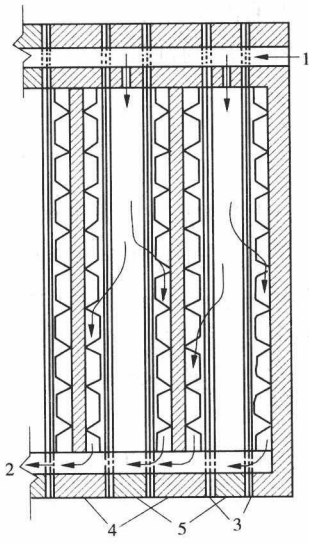
## (二) 压力过滤

把加压的油通过具有能够吸收水分和阻拦机械杂质的过滤层称为压力过滤。通常用特制且经过干燥的过滤纸作为过滤介质,将油加压并过滤的设备称为压力滤油机。压力滤油机的工作原理如图 1-2 所示。



1—进油口; 2—预过滤器; 3—油泵; 4、7—三通阀;  
5—油样口; 6—滤油器; 8—出油口; 9—油槽

图 1-2 压力滤油机的工作原理



1—污油进口; 2—净油出口;  
3—滤纸; 4—滤板; 5—滤框

图 1-3 滤油器结构

压力滤油机由齿轮油泵、滤油器、油槽、预滤过器、阀门等部件组成。滤油器是压力滤油机的主要工作部件,它由许多可移动的铸铁滤板和滤框组成。在滤板和滤框之间放有特制的滤纸,且用螺旋夹将三者压紧。其构造如图 1-3 所示。滤油时,油泵将污油加压从右上角进入滤油器,通过滤框孔口流入两层滤纸间的空腔中,再透过滤纸,从滤板上的沟道网汇集到滤油器下方的管孔流出。油在透过滤纸时,因滤纸纤维有极细小的管孔从而形成毛细管作用,不同的液体渗入这些管孔的能力各不相同,水能加倍地渗入纸孔,并从中把油挤出,故滤纸可吸收油中水分;同时滤纸还阻止了机械杂质通过。滤后的油再排回净油罐。当滤纸的纤维吸饱水分或表面布满杂质后就应更换。含水分而干净的过滤纸经过烘干后可继续使用,因此压力滤油机还需配置烘箱使用。

压力滤油机在使用时应注意:滤油工作最好是在天气晴朗、气候干燥的情况下进行,滤纸应在烘箱内以 80℃ 温度烘干 24 h 后方可使用。滤油纸如被机械杂质堵塞,滤油工作压力将会上升,当超过规定油压时应停机检查,更换滤纸。在每次更换滤纸后开机时,油中会发生很多泡沫且含有纤维,故重新开机的最初 3~4 min 应当把滤出的油送回污油中重新过滤。滤油过程

中,每隔一段时间应取油样化验检查,合格后方能使用。压力过滤的质量较高,但生产率较低,且过滤纸耗损较大。

压力滤油机普遍用于透平油的净化。

### (三) 真空净化

真空净化是利用油和水的汽化温度不同,在真空罐内将水分和气体减压蒸发,从而将油中的水分及气体分离出来,达到除水脱气的目的。

真空滤油机的工作原理如图 1-4 所示。污油经压力滤油机加压过滤后通过加热器送至真空罐内的喷嘴喷成雾状;当真空罐内油位达到 1/2 油位计指示油位时,用另一台压力滤油机或油泵将罐内的油抽回储油罐。如此不断循环,并控制进入真空罐的油压为 0.2 ~ 0.3 MPa,同时调节出油,使进出油量平衡。

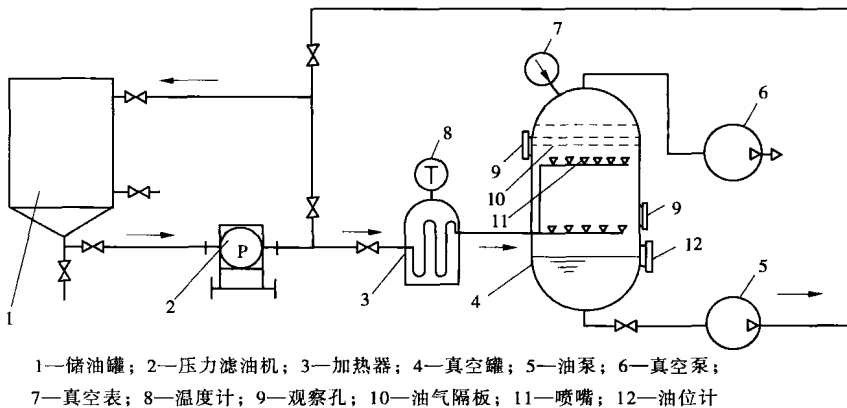


图 1-4 真空滤油机的工作原理

经过一段时间,待加热器出油温度达到 50 ~ 70 °C 时,开启真空泵(最好采用油浸式真空泵),逐渐提高罐内真空度。由于油与水的汽化温度不同,而汽化温度又与压力有关,当罐内真空值达到一定值时,油中的水分开始汽化并经过真空泵抽出。污油不停地循环过滤和分离,直到油的除水脱气达到合格为止。

真空分离的优点是能快速除水,缺点是不能清除机械杂质。因此,真空分离主要用于机械杂质较少而绝缘强度要求较高的绝缘油的净化处理。

### (四) 离心分离

离心分离是利用水分和机械杂质的密度较油大的特点,在离心力作用下,将水与机械杂质分离出去。但因其性能不易掌握、不好调整、不能自动排污,特别是当油中水分较少时分离效果不好,故不推荐选用。

## 第四节 油系统的任务、组成和系统图

在水电站中,用油量最大的是透平油和绝缘油两大类。用管网将这两类油的用油设备、油泵、储油罐、油处理设备、油化验设备和监测控制元件等连接起来组成系统,叫做油系统。油系统设置是否合理不仅直接影响到油和用油设备能否可靠、经济地运行,也对运

行、管理和检修有着重要的意义。水电站的油系统中,由于透平油、绝缘油是两种不同性质、不同用途的油,不能混合,为了便于运行管理,按两个独立系统分别设置。其他油品,如压缩机油、润滑脂等用量不大,可定时加注,因此不单独设置油系统。小型水电站中使用绝缘油的设备较少,因而绝缘油系统比较简单,本节主要讨论透平油系统。

## 一、油系统的任务

为保证设备安全、经济运行,油系统必须完成下列各项任务。

(1)接受新油:采用自流或压力输送的方式将新油送入储油罐。

(2)储备净油:水电厂油库一般设置两个运行油罐,每个运行油罐的容积为总容积的一半;也可按一台机组的最大用油部件充油量的110%来确定。油库中随时都应储备一定的合格备用油,以供发生事故需要更换污油和正常运行中补充损耗之用。

(3)给设备充油或添油:在设备大修后或新安装机组运行前,给设备充净油;向运行设备添油,以补充设备在运行中油的损耗。大中型水电站多采用重力加油的方式,小型水电站多采用直接加油的方式。

(4)从设备中排出污油:机组设备检修时,通过油泵或自流的方式,从设备中排出污油并送到油库的污油罐中。

(5)油的净化处理:将污油罐中的污油通过压力过滤或真空净化等净化处理后,再送回净油罐。

(6)油的监督、维护和取样化验:包括分析、鉴定新油是否符合标准;定期对运行油进行取样化验;对油系统进行检查、修理和清洗。

(7)废油的收集与处理。

## 二、油系统的组成

油系统通常由以下几部分组成:

(1)储油罐:储存临时的废油或从机组设备中排出的污油以及一定的净油,通常一个油系统设置的储油罐不应少于两个,包括净油罐和污油罐。储油罐的容积应相等。

(2)油处理设备:设有净油设备及输送设备,如压力滤油机、油过滤器及油泵等。

(3)油化验设备:在油化验室中,设有油化验仪器、设备及药物等。

(4)油吸附设备:用于变压器的硅胶吸附器等。

(5)管网:将油系统设备与用户连接起来的管道系统。

(6)测量及监测控制元件:用以检测和控制用油设备的运行情况;监测元件有温度信号器、压力控制器、油位信号器和油混水信号器等。

## 三、油系统图

表明油系统的基本组成、连接情况和运行方式的平面展开示意图,称为油系统图。油系统图是技术施工设计的依据,也是电站管理及运行人员管理、操作和维护的依据。对油系统图的基本要求是:系统的连接明了,管道和阀门尽量精简,全部操作简单明确、程序清楚,不易导致误操作;油的处理设备应可以单独运行或串、并联运行;污油和净油应有各自



的独立管道和设备;设备布置尽可能固定。设计时应根据电站规模、布置方式和机组型式等,参照同类型电站运行的实践经验,合理地加以拟订。

拟订油系统图时应注意以下几点:

(1)用油设备的油箱应通过支管与管网的主供油管、主排油管相连接,供油口应设置于油箱上部,排油口应在油箱的底部。为防止充油时油位过高从油箱四周溢油,还应在油箱中设置溢油管。溢油管大都与排油支管相连,且为自流方式排油。水轮机导轴承用油较少、位置低,可只设供油管,检修时,以人工方式排油。

(2)一般情况下,电站的油库与油处理室建在一起。油库中设置容量足够的净油桶和运行油桶,储油桶结构如图 1-5 所示;油处理室中设置滤油和输油设备。在油处理室的管道布置中,设有进油、出油(与污油共用)两条水平联络管,将各油桶之间以及主供、主排油管相对固定地联系起来。这样的连接,油能从任何一个储油桶直接或经过油泵、滤油机进入任何一个用油设备或储油桶;油也能从任一用油设备以上述方式进入任一储油桶。在某些电站,出油与污油分别设置水平联络管,这样可以减少油管冲洗次数和用油的污染机会,但管路较多且布置较为复杂。上述管道同样可以用来进行油的净化处理。污油可在一个桶中循环过滤,也可在两个桶之间循环过滤,而不必更换接头,只需操作阀门即可。

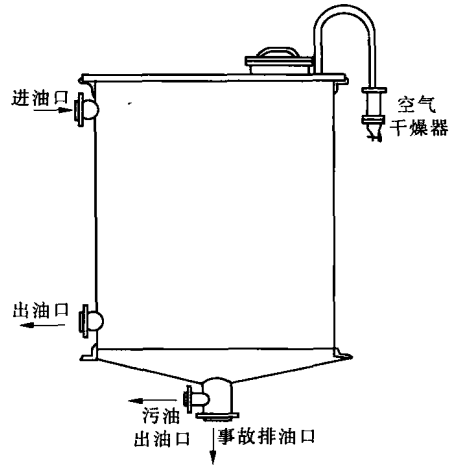


图 1-5 储油桶结构

为了防火,有的电站在油库近旁设置地下事故油池。当油库发生火灾时,储油桶中的油可以自流方式迅速流入事故油池,避免火势扩大。

当油库位置较高时,储油桶能以自流方式向任一用油设备加油。但用油设备的溢油和排油就无法自流回油库。此时,可在水轮机层设置溢油槽,储存溢油、设备的漏油等。

如油库位置不高或距离厂房较远,可在厂房较高位置设置重力加油箱,预先用油泵经主供油管向重力油箱充油,然后再以自流方式向用油设备添油。当然,小型水电站若加添油量甚少,可不设置重力加油箱。

(3)系统中的主供、主排油管直径应满足使用要求,主供油管上最好再设置油过滤器,防止机械杂质进入用油设备。同时,管道中阀门的数量应尽量少,但应切换灵活,布置集中,以便操作。管道长度在保证安装、操作条件下应尽可能短。

为检查油系统拟订是否合理和说明运行操作方式,在油系统设计中,还制订出油系统操作程序表,列出主要工作项目的操作程序。图 1-6 所示为某水电站的透平油系统图,其操作程序表如表 1-3 所示。