

小型水电站运行与维护丛书

水轮发电机组 及其辅助设备运行

孙效伟 主编



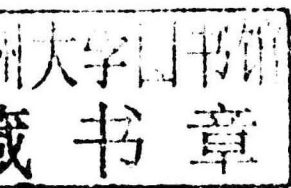
中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

小型水电站运行与维护丛书

水轮发电机组 及其辅助设备运行

孙效伟 主编

李建国 参编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

··· 内 容 提 要 ···

本书为“小型水电站运行与维护丛书”的一个分册，书中主要讨论小型水电站水轮发电机组及其辅助设备运行方面的内容。全书共分5章，依次介绍了小型水电站水轮发电机组辅助设备的系统组成和运行原理、操作和事故故障的分析处理，讨论了主阀系统的组成及运行，调速系统的基本原理、运行、调整试验和调速系统运行维护与故障分析处理，其中重点介绍了水轮发电机组的运行以及水力机组的保护与故障事故处理。

本书可作为小型水电站运行岗位生产人员的培训教材，也可供相关技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

水轮发电机组及其辅助设备运行/孙效伟主编. —北京：中国电力出版社，2012.10

(小型水电站运行与维护丛书)

ISBN 978-7-5123-3581-3

I. ①水… II. ①孙… III. ①水轮发电机-发电机组-运行②水轮发电机-发电机组-辅助系统-运行 IV. ①TM312.06

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 237536 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 12 月第一版 2012 年 12 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13 印张 300 千字

印数 0001—3000 册 定价 35.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

**《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

**《水轮发电机组及其辅助设备运行》
编 写 人 员**

主 编 孙效伟

参 编 李建国

序

我国小水电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2011年已建成小水电站45000余座,总装机容量5900万kW,年发电量2000多亿kWh。目前,我国小水电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。中国小水电在山区农村的作用越来越显得重要,其自身经济效益也在逐步提高。小水电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”期间将迎来新的发展机遇。

随着小水电事业的迅速发展和水电技术水平的不断提高,对小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,从而保证小水电站安全、经济运行。为此,我们组织编写了本套“小型水电站运行与维护丛书”,可满足小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。

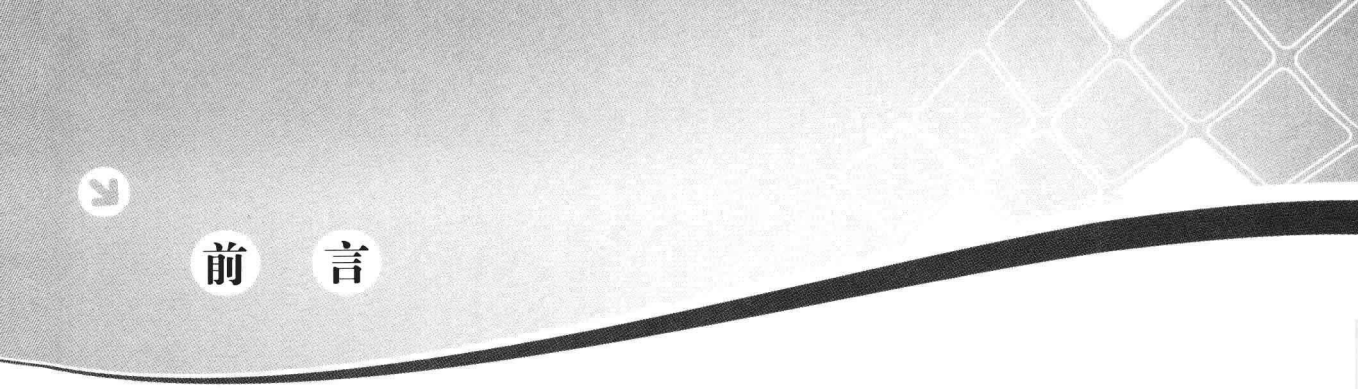
本套丛书共包括《水轮发电机组及其辅助设备运行》、《水力机械检修》、《电气设备运行》、《电气设备检修》、《水电站运行维护与管理》五个分册。该套丛书紧密结合小水电技术水平发展的实际,以典型小水电站的系统和设备为主线,并按CBE模式对丛书的内容进行了划分,按照理论上够用、突出技能的思路组织各分册的编写。丛书图文并茂、浅显易懂,并充分结合了新规程和新标准。小水电站运行与维护人员可根据自身专业基础和实际需要选择要学习的模块。

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

2012年9月



前

言

《水轮发电机组及其辅助设备运行》是针对小型水电站运行与维护人员而编写的。书中以一个 3000kW 机组运行的全部内容为主线,以各种类型的小型水电站的实际系统为例,涉及可编程控制器、插装阀、电动机软启动装置、水电水利工程水力机械制图规范、水电水利工程电气制图规范等新知识与新技术。全书共分 5 章,内容包括水轮发电机组辅助设备的运行、主阀系统的运行、调速系统的运行、水轮发电机组的运行及水力机组的保护与故障事故处理。

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,以实际设备与运行相关的简单结构为起点,以设备的原理为桥梁,参照新规程与新规范,重点突出了机组运行中的监视检查、机组的正常操作、各系统及机组的故障分析与处理和机组各种大修措施等内容。书中用简单明了的示意图来描述复杂的机械结构,用提纲式的语言来阐述各机械液压系统和设备控制的原理,图文并茂、浅显易懂。同时,书中按照系统图、控制原理、实际操作、事故故障分析处理的顺序对各个系统进行介绍,便于小型水电站运行与维护人员系统地掌握所需的知识与技能,具有较强的实用性。

本书由国网新源丰满培训中心孙效伟担任主编。潘家口水电站李建国为本书提供了部分资料,并参与了第 1 章的编写工作。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。

作 者

2012 年 9 月

序
前言

第 1 章 水轮发电机组辅助设备的运行	1
1.1 油系统的运行	1
1.1.1 水电站油系统概述	1
1.1.2 立轴机组油压装置系统的运行	3
1.1.3 卧轴机组润滑油系统的运行	18
1.2 水系统的运行	22
1.2.1 立轴机组技术供水系统的运行	22
1.2.2 卧轴机组技术供水系统的运行	31
1.2.3 排水系统的运行	36
1.3 气系统的运行	43
1.3.1 水电站压缩空气系统概述	43
1.3.2 中压气系统的运行	46
1.3.3 低压气系统的运行	52
第 2 章 主阀系统的运行	64
2.1 水轮机主阀概述	64
2.1.1 主阀的作用	64
2.1.2 主阀的分类	64
2.2 蝶阀	65
2.2.1 蝶阀的组成	65
2.2.2 蝶阀的结构	65
2.3 卧轴机组蝶阀的运行	68
2.3.1 卧轴机组蝶阀的机械液压系统	68
2.3.2 卧轴机组蝶阀的操作	70
2.4 立式机组蝶阀的运行	74
2.4.1 蝶阀机械液压系统	74
2.4.2 蝶阀系统的自动控制	76
2.4.3 蝶阀系统的操作与故障	78

2.4.4 蝶阀的 PLC 控制	80
2.5 冲击式机组球阀系统的运行	85
2.5.1 球阀的结构	85
2.5.2 球阀机械液压系统	87
2.5.3 球阀系统的自动控制	90
2.5.4 球阀系统的操作	92
2.5.5 球阀系统的巡回检查	93
2.6 快速闸门系统的运行	94
2.6.1 快速闸门的结构	94
2.6.2 快速闸门机械液压系统	94
2.6.3 快速闸门系统的自动控制	95
第 3 章 调速系统的运行	101
3.1 水轮机调节基础知识	101
3.1.1 水轮机调节的任务与方法	101
3.1.2 水轮发电机组自平衡特性	102
3.1.3 水轮机调节系统	102
3.1.4 水轮机调节原理概述	103
3.1.5 水轮机调速器的作用、分类与发展	104
3.2 调速器调整试验	105
3.2.1 调速器充油工作	105
3.2.2 主配压阀行程整定	106
3.2.3 超速限制器与两段关闭的调整	108
3.2.4 水轮机调节机构特性曲线的测定	108
3.2.5 低油压操作试验	109
3.2.6 紧急停机电磁阀动作试验及手/自动切换阀切换试验	109
3.2.7 自动模拟试验	109
3.3 调速系统的运行	110
3.3.1 SKYDT 型调速系统基本原理	110
3.3.2 SKYDT 型调速系统的自动开停机逻辑	112
3.4 调速系统运行维护与故障分析处理	115
3.4.1 调速系统设备的运行与维护	115
3.4.2 调速器故障及分析处理	117
第 4 章 水轮发电机组的运行	122
4.1 水轮机空蚀与振动	122
4.1.1 空蚀的概念	122
4.1.2 空蚀的类型	122
4.1.3 空蚀的危害及预防措施	124

4.1.4 水轮机的振动	125
4.2 水轮机的工作原理	127
4.2.1 水轮机中水流的速度三角形和环量的概念	127
4.2.2 水轮机能量转换的最优工况	128
4.2.3 水轮机变工况运行速度三角形分析	129
4.3 水轮发电机组的运行	132
4.3.1 水轮发电机组常用自动化元件	132
4.3.2 立轴机组自动开机动作过程	137
4.3.3 立轴机组自动停机动作过程	141
4.3.4 卧轴机组自动开机动作过程	146
4.3.5 卧轴机组自动停机动作过程	151
4.4 水轮发电机组的检查与操作	154
4.4.1 机组运行中的监视与检查	154
4.4.2 立轴机组手动操作	157
4.4.3 水力机组缺陷处理措施	159
第 5 章 水力机组的保护与故障事故处理	161
5.1 水力机械保护	161
5.1.1 机组过速保护	161
5.1.2 轴承的各种保护	161
5.1.3 油压的各种保护	161
5.2 水力机组故障事故分析与处理	162
5.2.1 瓦温升高故障与事故	162
5.2.2 机组过速事故	164
5.2.3 发电机着火事故	164
5.2.4 导叶剪断销剪断故障	165
5.2.5 轴电流故障	165
5.2.6 运行中机组振动过大故障	167
5.2.7 计算机监控系统故障	171
附录 A 水电水利工程水力机械制图规范	176
附录 B 水电水利工程电气制图规范	186
参考文献	195

水轮发电机组辅助设备的运行

1.1 油系统的运行

水轮发电机组的辅助系统由油、水、气系统组成。油系统压力油管的颜色为红色，排油管为黄色。水系统的供水管为蓝色，排水管为绿色，排污管为黑色，消防水管为橘黄色。气系统的管路为白色。

辅助系统的阀门编号为四位数字，第一位数字为机组编号，公用系统的阀门第一位数字为 0；第二位数字为辅机系统编号，油为 1、水为 2、气为 3；第三与第四位数字为阀门的具体编号。水系统是冷却水为 01~09，阀门数量超过 9 个可用 10~19；然后依次是润滑油 20~29、给冷却润滑油系统备用的阀门 30~39、一级备用 40~49、二级备用 50~59、三级备用 60~69 和消防水 70~79。油系统油压装置为 01~19，高压油顶起装置为 20~29，漏油系统为 30~39，主阀油系统为 40~49，机组供排油系统为 50~59。

1.1.1 水电站油系统概述

一、水电站用油的种类与作用

在水电站调速器的操作中，机组及辅助设备的润滑，以及电气设备的绝缘、消弧等，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，使用油的种类和作用也不同。水电站用油主要分润滑油和绝缘油两大类。

（一）润滑油

常用的润滑油有以下几种：

（1）透平油（即汽轮机油）：黏度适中，可在机组的运动件（轴）与约束件（轴承）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，从而降低摩擦系数；同时，由于油的流动性，还可将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。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。

此外，由于高压液体在一定几何形体（接力器缸）内被迫移动时可以传递机械能，因此透平油也在调速系统和其他液压操作设备中进行能量传递。

（2）机械油（简称机油）：黏度较大，供电动机、水泵、机修设备及起重机等润滑使用。

（3）压缩机油：除供活塞式空气压缩机润滑外，还承担活塞与气缸壁间的密封作用，能在不高于 180℃ 的高温下正常工作。

(4) 润滑脂（俗称黄油）：供滚动轴承及小型机组导水叶轴承润滑。

(二) 绝缘油

绝缘油主要用于水电站电气设备中，其绝缘性能远比空气好，并可吸收和传递电气设备运行时产生的大量热量，此外还可将断路器截断负载时产生的电弧熄灭。因此，绝缘油的作用为散热、绝缘和消弧。

绝缘油主要有以下两类：

(1) 变压器油：供变压器及电流互感器、电压互感器使用。

(2) 开关油：供断路器使用。

水电站用量最大的是透平油和变压器油。常见的国产透平油牌号为 HU-22、HU-30、HU-40 三种，变压器油为 DB-10、DB-25、DB-45，开关油为 CDU-45。

二、油的基本性质与油劣化分析

水电站用油要起到前述作用，保证设备正常运行，其基本性质至关重要。现将润滑油和绝缘油最重要的性质及性质指标介绍如下。

1. 黏度

液体质点受外力作用而相对移动时，在液体分子间产生的阻力称为黏度。黏度是流体抵抗变形的性质，也是黏稠的程度。同一种油的黏度并不保持常数，会随压力和温度不同而变化。压力大黏度就大，且温度升高时，黏度降低，温度降低时黏度升高。通常要求润滑油黏度的变化越小越好。一般当温度在 50~100℃ 时，对油的黏度影响较小。

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，易保持油膜厚度；但黏度过大，油流动性差，则会增加摩擦阻力，降低散热效果。因此，透平油要求有中等黏度，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时，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。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，闪点又是表征油品蒸发倾向和储运、使用的安全指标。

3. 凝固点

使油降温，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。测试时，将贮油的试管倾斜 45° 角，经过 1min 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，会使润滑油的油膜发生破坏。对于绝缘油，既降低了散热和灭弧作用，又增大了断路器操作的阻力。因此，在寒冷地区使用的油，要求有较低的凝固点。变压器油牌号中的数字正是其凝固点的负值。

4. 灰分与机械杂质

油品燃烧后所剩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. 抗乳化度

油与水蒸气形成乳浊液后静置，达到完全分层所需的时间，称为抗乳化度（以 min

计)。它是透平油的专用指标。透平油被水乳化后，黏度增大、泡沫增多，润滑性能降低且会加速油的氧化。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

清洁油是淡黄色透明液体。用透明度可以简易判断新油及运行油的清洁或污染程度。

7. 水分

油中含有水分会助长有机酸的腐蚀能力，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，故新油不允许含有水分。

水电站习惯上把新出厂的油称为新油。不含水分和机械杂质，符合质量标准的油称为净油。符合运行标准的油称为运行油。有某一指标不符合运行标准的油称为污油。

油在使用或储存的过程中，由于种种原因产生有机酸及氧化物，使油的酸值增大、杂质增多，改变了油的使用性质，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变化称为油的劣化。油劣化的根本原因是被氧化了。油劣化的危害取决于劣化时的生成物及其劣化程度。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的润滑和散热作用，并且会使管道中循环油量减少，以致影响操作，危及运行安全；而在高温下运行如产生氢和碳化氢等气体，则将与油面的空气混合成为爆炸物，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有：①水使油乳化，促进油氧化，增加油的酸价和腐蚀性；②油温的升高使吸氧速度加快，即加速油氧化；③空气中的水、氧以及灰尘都能使油劣化；④天然光线含有紫外线，能促进油的氧化，使油质劣化；⑤穿过油内部的电流会使油分解，使油劣化；⑥其他因素，如金属的氧化作用、检修后清洗不良、油容器使用的油漆不当等因素都能引起油质的劣化。

运行人员要定期对机组各部分用油进行检查，外观上目测应无可见的固体杂质，水分上目测应无可见游离水或乳化水，颜色上不是突然变得太深。另外，还应对运行油温、油箱油面高度进行检查。

1.1.2 立轴机组油压装置系统的运行

一、油压装置的组成与工作原理概述

水轮机调节系统中的油压装置主要是供给调速器操作所需要压力油的能源设备，同时也供给机组自动控制系统中液压自动化元件操作时的用油。调速器要求油压装置必须十分可靠地供给清洁的压力油，要求压力稳定。油压装置正常工作油压的变化范围为名义工作压力的±5%以内。

油压装置产品型号由基本代号、规格代号、额定油压代号、制造厂及产品特征代号四部分组成。各部分用短横线分开，如图1-1所示。

第一部分基本代号中，YZ 表示压力油罐与回油箱为分离结构的油压装置，HYZ

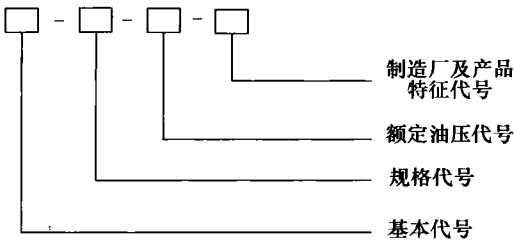


图 1-1 油压装置产品型号组成

型号示例:

(2) YZ-8-6.3- $\times$ 01, 表示压力油罐和回油箱为分离结构的油压装置, 压力油罐的总容积为 8m^3 , 额定油压为 6.3MPa , 为 $\times$ 制造厂 01 系列产品。

YZ 型油压装置由集油槽、带电动机的油泵、阀组（内有安全阀、减载阀、止回阀）、油罐和控制仪表等组成，其工作原理如图 1-2 所示。

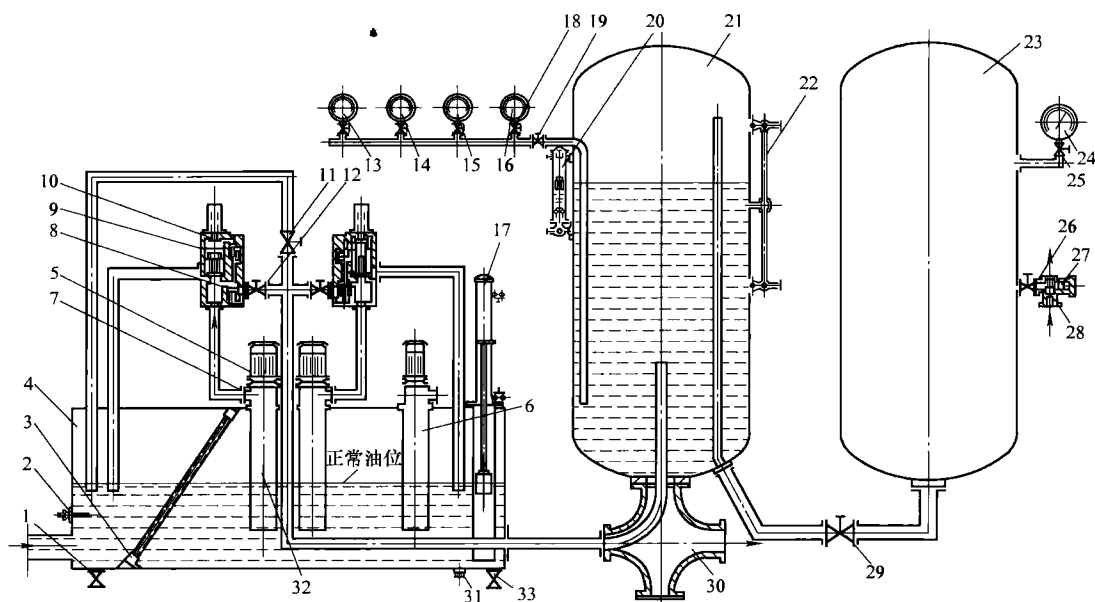


图 1-2 油压装置工作原理图

1、11、12、26、29、33—截止阀；2—温度计；3—滤网；4—集油槽；5—电动机；6、7—螺杆泵；8、28—止回阀；9—安全阀组；10—节流阀；13—紧急低油压信号器；14—油泵停止油压信号器；15—备用泵启动油压信号器；16—工作泵启动油压信号器；17—油位计；18、19、25—针形阀；20—油位信号器；21—压力油罐；22—油位计；23—贮气罐；24—压力表；27—排气阀；30—三通阀；31—螺塞；32—油泵吸油管

集油槽 4 (又称回油箱或集油箱) 是一个由薄钢板焊成的矩形油槽, 贮存无压油, 用以收集调速器的回油和漏油。油槽内装有滤网 3 (油过滤器) 隔成回油区和清洁油区, 为油泵提供清洁的油源。油泵及阀组安装在集油槽盖上。

压力油罐（简称压油罐）21 是圆筒形承压容器，两端用锻造的圆形盖封闭起来，贮存

压力油，它向调速器和某些辅助设备的液压操作阀提供压力油。工作时其内充满了油和压缩空气，油约占总容积的 $1/3$ ，其余是压缩空气。由于有一定数量的压缩空气溶解于压力油内，在调节过程中被压力油带走，并有一定数量的压缩空气从密封不严的缝隙中漏掉，因此需要向压油罐内经常补充压缩空气，维持油与气的比例和油压稳定。

利用压缩空气有良好的蓄存和释放能量的特点，可大大减小在用油过程中所引起的压力波动。罐中的空气由空气压缩机供给，为了使空气干燥，备有专门的贮气罐 23，经截止阀 29 送入。

油泵装在回油箱顶板上，其作用是向压油罐输送压力油。为了保证供油的可靠性，需要设置一台工作油泵、一台备用油泵，并定期相互切换。

安全阀的作用是保证压油罐内的油压不超过允许的最高压力，防止油泵与压油罐过载；减载阀的作用是使油泵电动机能在低负荷时启动，减小启动电流；止回阀的作用是防止压油罐的压力油在油泵停止运行时倒流。

为了自动控制油泵的启、停和发出信号，压油罐上有 4 个压力信号器或压力开关。

当压油罐内的压力下降到正常工作压力下限时，工作泵启动油压信号器 16（见图 1-2）发出信号，工作油泵自动启动，电动机 5 带动螺杆泵 7 运转，油由集油槽到油泵入口，再到油泵出口，经安全阀组 9 内减载阀的排油孔排回集油槽，使油泵电动机低负荷启动，减小启动电流，缩短启动时间。当油泵逐渐达到额定转速时，减载阀自动将其排泄孔逐渐关闭。油泵输送的压力油将止回阀 8 顶开，经阀 12 向压油罐送油。当罐内压力上升到正常工作压力的上限时，油泵停止油压信号器 14 发出信号，使工作油泵停止运行，止回阀自动关闭，阻止罐内的压力油倒流回集油槽。同时，减载阀自动打开排油孔，为下次启动做好准备。

如果油泵停止油压信号器 14 遇到故障不能切除油泵继续送油，当罐内油压高于工作油压上限 2% 以上时，阀组 9 中的安全阀自动打开，将油泵输送的压力油排回集油槽，防止油罐、管路和油泵过载而发生事故。如果由于工作油泵故障而不能按时启动，或负荷大幅度波动时调速器操作大量用油，或调速系统跑油等原因，使罐内油压低于工作油压下限的 $6\% \sim 8\%$ 时，备用泵启动油压信号器 15 发出信号，启动备用油泵，向油罐送油，直到油压升至工作油压上限时，仍由油泵停止油压信号器 14 发信号使备用油泵停止。当油压继续降低至事故低压时，作用于紧急停机的压力信号器 13 应立即动作停机，停机后投入锁锭装置。

油位计 17 用于指示集油槽内油位，并发油位过低和过高信号。油位信号器 20 用于监视压油罐中的油位，也可以发油位过低和过高信号。

某水电站的 YZ-16/2-6.3 油压装置可向水轮发电机组的液压控制系统和控制元件提供具有一定流量和压力的液压能。该装置由压力油箱和回油箱两部分组成。压力油箱上装有空气安全阀、压力开关、油位计、自动补气装置、压力表等仪表阀门。在额定压力下，油箱内油气体积比例大约为 $1:2$ 。回油箱上装有电动机、螺杆泵、油位计、卸载阀、安全阀、检修阀门及空气滤清器等附件。其工作原理与上述 YZ 型油压装置的工作原理相同，但该装置采用了插装阀和感压阀，压力开关、油泵安全阀和空气安全阀的整定值见表 1-1～表 1-3。

表 1-1 压力开关整定值

项 目	整定值 (MPa)	
报警压力	高油压	≥ 6.4
	事故低压	
工作油泵	启动压力	5.9~5.8
	停止压力	6.3
备用油泵	启动压力	5.7~5.6
	停止压力	6.3
补气阀	补气压力	≤ 5.7
	停气压力	6.3

表 1-2 油泵安全阀整定值

整 定 项 目	压力 (MPa)
额定值	6.3
开启	$\geq 6.4 \sim 6.5$
全开	≤ 7.3
关闭	≥ 5.7

表 1-3 空气安全阀整定值

整 定 项 目	压力 (MPa)
额定值	7.3
开启	$> 7.3 \sim 7.35$
关闭	≥ 6.3

当油压高于工作油压上限 2% 以上时, 安全阀应开始排油; 在油压高于工作油压上限的 16% 以前, 安全阀应全部开启, 并使压力油箱中的油压不再升高。在油压低于工作油压下限以前, 安全阀应完全关闭, 此时安全阀的泄油量不大于油泵输油量的 1%。安全阀是插装阀的功能之一, 其压力整定通过插装阀控制盖板上的调压弹簧调整其先导阀的启闭值来进行。

压力油箱上装有空气安全阀, 其作用是在油泵安全阀失灵的情况下, 保证压力油箱内压力不超过其设计值, 从而保证压力油箱及设备的安全。空气安全阀的动作值设定原则是: 在油压达到压力油箱的设计压力以前, 空气安全阀应开始排气, 并使压力油箱中的压力释放;

在油压低于工作油压上限以前, 空气安全阀应完全关闭。

二、油压装置的盘面布置及自动化元件

图 1-3 所示的压油装置盘面布置与现场的机旁盘一致, 现将盘面上各元件的作用叙述如下。

31GN 为 1 号泵控制电源指示灯 (当该泵控制回路有电时此绿色指示灯亮), 31RD 为 1 号泵运行指示灯 (当该泵运行时此红色指示灯亮), 31PA 为 1 号压油泵电流表 (泵软启动时可以通过电流的大小反映出晶闸管导通角的大小), 31SB 为 1 号压油泵急停按钮 (需要时可用此按钮将运行中的压油泵停止), 31SA 为 1 号压油泵的转换开关 (有三个位置, 分别是“自动”、“手动”和“切除”)。同理, 32GN、32RD、32PA、32SB、32SA 分别为 2 号压油泵相应的元件。

油压装置系统的主要自动化元件是阀组。阀组是安全阀、减载阀、止回阀的统称, 安

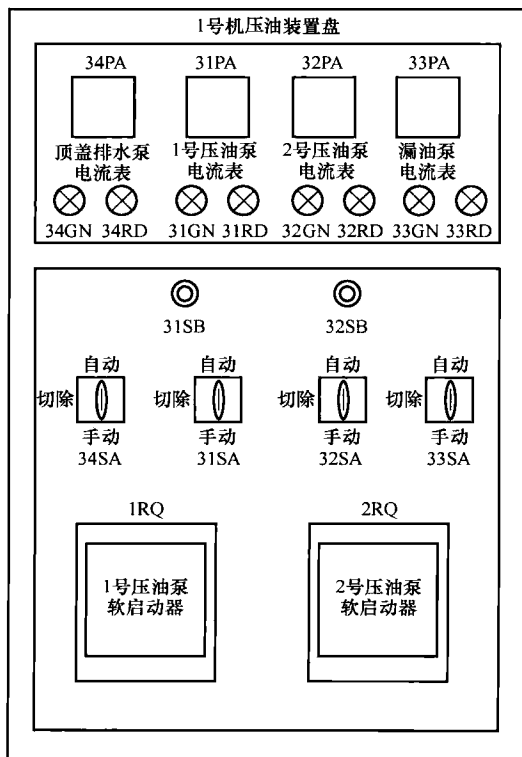


图 1-3 油压装置盘面布置

装在螺杆泵压油室通往压油罐的油管路上。图 1-4 所示为阀组结构。由图可以看出，阀体 1 的底法兰与油泵压油室相连，室 I 的法兰连于通向集油槽的管道，另一个法兰与通向压油罐的管道相连。

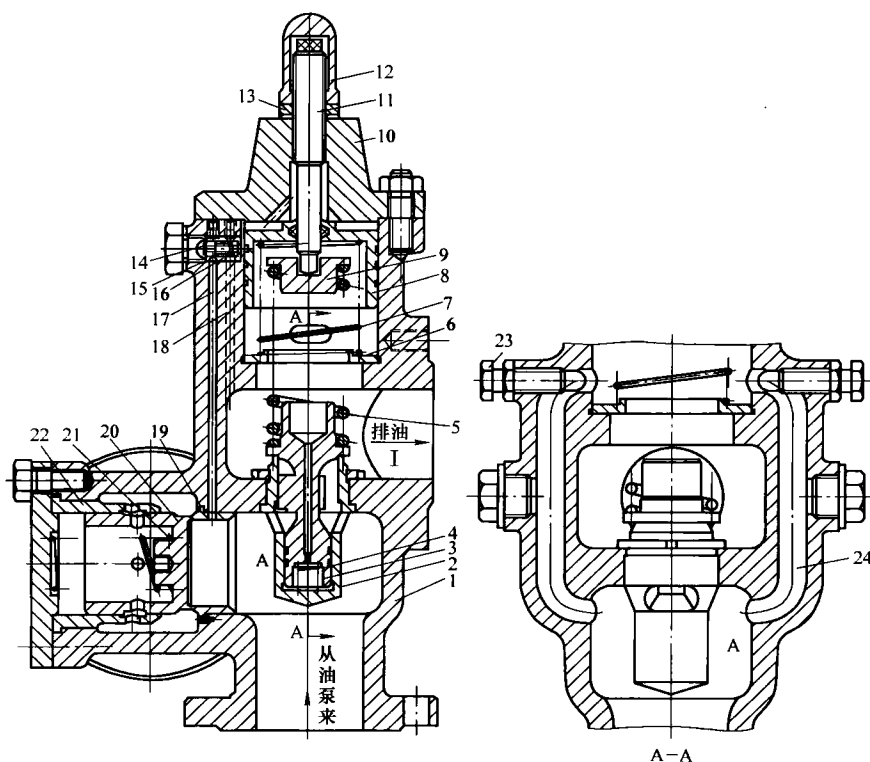


图 1-4 阀组结构图

- 1—阀体；2—阀座；3—安全阀活塞；4—小弹簧；5、7—大弹簧；6—支承；8—减载活塞；
9、14、21—弹簧垫；10—阀盖；11—调节螺钉；12—保护套；13—锁紧螺母；15—节流
活塞；16—节流活塞；17—通道；18—通流孔；19—止回阀座；20—止回阀活塞；
22—阀套；23—节流螺钉；24—减载排油孔

阀座、安全阀活塞、弹簧垫、弹簧、调节螺钉、锁紧螺母、保护套属于安全阀的主要部件，通道、节流阀活塞、节流活塞、减载阀活塞、大弹簧为减载阀的主要部件，止回阀活塞、弹簧止回阀座则是止回阀的主要部件。

油泵从启动至停转的工作过程中各个阀的工作如下：

油泵启动前，阀组的各部分处于图 1-4 所示位置。在大弹簧 7 的作用下减载活塞 8 处于最高位置。止回阀活塞 20 紧压在阀座 19 上，将压油罐与油泵之间的油路隔断。安全阀活塞 3 坐落在阀座 2 上，处于关闭位置。

当压油罐内的压力下降时，油泵电动机启动，油泵向 A 室内输油。油通过阀体 1 两侧的减载排油孔 24 流回回油箱，其排油量可用节流螺钉 23 进行调节，使油泵电动机在低负荷启动。随着油泵转速不断上升，油泵输油量逐渐增加；当输油量增加到使阀体 1 两侧的减载排油孔 24 来不及全排出时，阀组通流部分的油压开始上升。与此同时，压力油经通道 17 和节流阀活塞 15 流入减载活塞 8 的上腔，推动活塞 8 向下压缩大弹簧 7 并逐渐关小减载排油

孔 24 的开度,排油阻力也随之逐渐增加,使阀组通流部分的压力继续升高。因此,减载活塞 8 上腔压力不断增加,推动活塞 8 继续下移,直至与支承 6 接触,减载排油孔全部关闭。此后,阀组内 A 室的压力将继续上升,当此压力超过压油罐内的压力时,压力油推开止回阀活塞 20,油泵开始向压油罐输出压力油。

从以上叙述可知,电动机在启动过程中(转速由零升至额定转速),负载是逐渐增加的,这既有利于减小电动机启动电流,也有利于缩短启动时间(启动时间为 5~10s)。

当罐内压力达到工作油压上限时,压力信号器发出信号,并使油泵电动机停转,而停止向罐内送油。这时,留在 A 室的压力油经过油泵螺杆和缸套间的间隙倒流回集油槽。A 室的油压很快下降,止回阀活塞 20 受到弹簧 21 和罐内油压的作用紧压在阀座 19 上,隔断了压油罐到油泵的通路,阻止压力油倒流。与此同时,减载活塞 8 在大弹簧 7 的作用下上移,活塞 8 上腔的油因被推挤产生油压把节流阀活塞 15 推向左侧,大通流孔 18 开启,活塞 8 上腔的油便经节流阀上的环形槽和通流孔 18 快速泄出到回油箱,减载活塞就可以快速上升到顶点。节流阀活塞因弹簧的推力恢复到原来位置,以便在很短时间内准备好油泵再次减载启动。

安全阀活塞 3 主要受两个力的作用:一个是 大弹簧 5 向下的张力,另一个是因活塞 3 上阀盘的受压面积大于下阀盘而产生的向上油压作用力。活塞 3 上阀盘紧压在阀座 2 上,关闭通往回油箱的油路,向油罐送油。当罐内的压力达到工作压力上限时,由于某种故障不能使油泵停转,使罐内压力继续升高;当高出工作压力上限一定值时,作用在活塞 3 上的油压力大于弹簧力,使其活塞 3 开始上移,油泵送来的压力油部分经安全阀从 I 室排入回集油槽。如压力继续上升,安全阀继续开大增加排油量,一直到油泵送来全部输油量经 I 室排掉,罐内压力不再上升。当阀内通流部分的压力降低到一定值时,弹簧力大于油压力,安全阀活塞 3 下移而关闭,活塞 3 下面空腔内的油经活塞 3 节流中心孔较缓慢地排出,加之小弹簧 4 的作用,使活塞下移过程起到了缓冲作用,避免活塞 3 和阀座 2 产生冲击面发出较大的响声,使安全阀缓慢地到达全关位置。油泵又恢复向压油罐送油,安全阀的动作由调节螺钉 11 进行整定。

插装式组合阀具有工作时无噪声、无剧烈振动、运行平稳、工作可靠、体积小、安装方便的特点,是油压装置系统中阀组的替代产品。

插装式组合阀是由两个插装单元及若干个先导控制盖板组合而成,它包含了单向阀、卸载阀

和安全阀的功能。如图 1-5 所示,它有三个外接油口,压力进口 P 与油泵出口相接,回油口 T 与集油槽相接, P_I 口与压油罐相接。卸载阀的作用是在电动机启动时能使螺杆泵处于卸荷状态,直到电动机转速达到稳定后,螺杆泵才正常工作,并输出额定工作压力与流量。安全阀的作用是防止螺杆泵超载及压油罐油压过高,确保压油罐内油压不超过允许值。

插装式组合阀的工作原理是:当油泵启动时,由于压油罐 P_I 的作

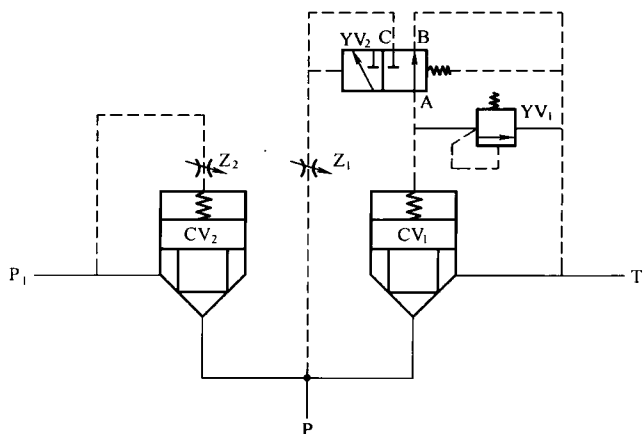


图 1-5 插装式组合阀液压原理图