

水电站润滑油系统的几个问题

熊 道 树

(成 都 水 力 发 电 学 校)

多年来,我们对国内部分大中型水电站作了一些调查,现就润滑油系统存在的几个问题予以探讨,以供参考。

(一) 润滑油的劣化与回收问题

水电站润滑油常用透平油(汽轮机油)、机械油及空压机油。其中用量最大的是透平油,除用于润滑外,还用于操作。大中型水电站用油量,一般达数十吨到数百吨乃至上千吨。石油是国家的重要战略物资,也是不可缺少的化工原料。原油中含润滑成分不过10~17%,提炼工艺复杂,而且在加工过程中损失达一半左右。我国生产润滑油的成本,通常为原油的10倍左右(有的甚至高达20—30倍)。因此减少油耗、节约用油,具有十分重要的政治和经济意义。

水电站用油一是要防止有形的浪费,如漏掉(有一电站环形接力器漏油,严重时一天达百余斤)、倒掉(使用后不沉降净化重复使用)、烧掉(有的“废油”实则未废,往往连同棉纱一并烧掉);另一方面要防止油过早劣化这种无形的浪费,如运行管理不善,造成油温升高,水分及灰尘等杂质混入,加快了油的氧化,使油的粘度及其酸价增大,沥青质增多,氧化进一步加剧。这样恶性循环的结果,造成油过早地失去原有性质而劣化变质,只得提前报废。上述两种情况,前者易于察觉,比较好控制;而后者则系潜移默化,需要运行人员在思想上重视并采取积极的措施,妥善地加以维护。

透平油变质会增加机件磨损,造成阀孔堵塞,液压元件工作机构失灵,必须及时更换以免影响设备正常工作。值得注意的是,一般废油只有百分之几的烃类真正变质,只要除去变质的烃类和混入的杂质,再加入适当的添加剂,就能使废油再生成为良好的透平油。据了解,废透平油再生回收率可达80—90%;废变压器油再生回收率可达90—92%。为降低再生成本和提高回收率,废油应分类收集存放,不得混有其他种类的油料。

延长油的使用寿命,防止过早劣化,是节约用油的重要途径。这方面首先应注意的是防止水分混入油中和减少油与空气接触(因为此二者均为油的氧化准备了条件)。比如水轮机导轴承油盆及漏油箱,水分就易于侵入,运行管理时需要留心。其次应注意消除温度升高,油污与净油混合污染等促使油加速氧化。近年来研制了一些性能良好的添加剂,可以显著改善油的品质。如纯透平油中加入0.1~0.3%的2,6—二叔丁基对甲酚(代号T—501),能破坏烃类氧化过程中的连锁反应,抑制有机酸的生成,可以大为提高油的抗氧化能力。

(二) 油压装置的基本结构问题

由于水轮机调节的特点之一是操作力量大, 因此广泛采用液压传动(工作介质普遍为透平油)。对于常用的等压力式油压装置, 一般由油泵机组、油箱、安全阀、过滤器、压力调节器、蓄压器(压力油罐)与冷却器等组成。

液压系统中油泵的工作状况是一个需要加深认识的重要问题。从本质上说, 泵是一个等流量装置。理想泵的流量为

$$Q_p = D_p \cdot \omega$$

式中 D_p ——泵的排量(升/弧度);

ω ——泵的角速度。

可见, 泵只是移动了一定量的液体, 并没有确定输出的压力或能源的压力。从根本上讲, 压力取决于与泵相联的负载。这好比发电机一样, 从本质上讲它是一个定常电压的装置, 它的输出电流取决于负载的阻抗。实际上泵总有一些内部泄漏, 泄漏量正比于泵两端的压差, 即 $Q_l = C_l \cdot P_s$ 。如果泵的高压腔总容积为 V_t , 有效容积系数为 β_e , 根据连续方程可得下式:

$$Q_p - Q_l - C_l P_s = \frac{V_t}{\beta_e} \cdot S \cdot P_s$$

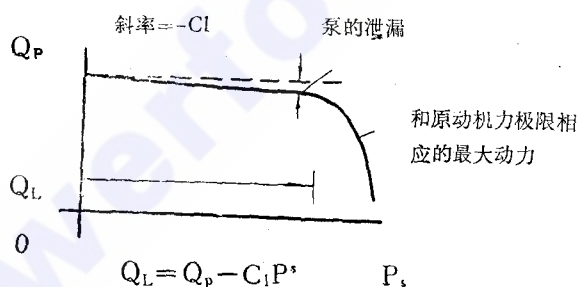
式中 S ——拉氏算子(1/秒);

P_s ——泵出口端压力;

Q ——负载流量。

经过整理可得

$$P_s = \frac{Q_p - Q_l}{C_l \left[1 + \left(\frac{V_t}{\beta_e C_l} \right) S \right]}$$



泵的负载流量与压力的关系(无压力控制时)

由上式可知, 在稳态部分(如图), 负载流量(Q_l)相对来说与泵的出口压力(P_s)无关(泄漏量除外)。同时, 还可看出当 Q 接近于零时, P_s 将变得很大。实际上, 如果没有负载流量或泄漏,

$$\text{则 } P_s = \frac{Q_p}{\left(\frac{V_t}{\beta_e} \right) S}$$

当液流累积时, 泵的输出压力将急剧增加, 以致最后使泵壳或管道破裂。因此, 在泵上都装有溢流阀, 以策安全。

(三) 功率损失、温升与散热问题

油泵机组所产生的总液压功率, 减去由执行元件(活塞等)传送到负载(如导水机构)去的机械功率, 就是功率损失部分。除油泵机组本身的机械摩阻外, 在液压传动与控制过程中, 液阻与泄漏是造成功率损失不可忽视的重要原因。功率损失常以热量的形式表现出来。具体地说, 油压系统产生的热量有以下几个来源:

1. 阀门和节流孔对液流起节流和控制作用(即液阻), 是产生热量的主要原因。被这些元件消耗的液压功率, 大部分用来使油液发热, 而另一小部分用以使阀门本身局

部发热。此外，液压管道，管接头、滤油器等也会引起阻力压降，造成热损耗。

如果在所考虑的系统内没有热量加入，并且也没有做功，同时液流是稳态的，则下式成立：

$$K C_p T_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = K C_p T_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$$

若入口和出口尺寸基本相同（常是这样设计的），则 $V_1 \approx V_2$ ，上式可简化为：

$$\Delta T = \frac{\Delta P}{K \cdot C_p \cdot \gamma}$$

式中 ΔT —— $T_2 - T_1$ ，进出口温度差；

ΔP —— $P_1 - P_2$ ，进出口压力差；

C_p ——比热；

γ ——油液的重度；

K ——热的功当量常数。

这里，我们可以看到阀本身就是液压系统中的热量产生源，它是对液流进行控制的必然结果。像调速系统的配压阀，则是典型的热量产生源。

2. 油泵、阀门中的泄漏损失，会使系统的发热量加大。

3. 机械磨擦、密封磨擦、油泵内部接触面之间的粘性阻力也会产生热量。

4. 当透平油中，特别是压力油罐中的压缩空气以及渗入油中的空气被压缩至高压时，也要产生热量。

除上述各项外，油压系统还会从外部热源吸收热量。

如果接力器工作时保持在给定位置（如担任基荷稳定运行），则油压系统所产生的功率几乎最终都消耗在发热上了。

油温升高是十分有害的，油压系统的热量散发可通过三种途径进行：传导、辐射和对流。大中型电站常用的分离式油箱传导出的热量可用下式表示：

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

式中 q ——热的散发速率（大卡/小时）；

U ——总的热传导系数（大卡/米²·小时·℃）；

ΔT ——油液周围环境的温度差（℃）；

A ——油箱表面积（米²）

U 取决于许多因素（如油漆颜色为暗色时则利于辐射），但主要取决于油箱四周的空气循环。对标准设备来说， U 值为7.5~15大卡/米²·小时·℃。

为了保持合理的油温，当系统散发的热量超过系统的自然散热能力时，可增设冷却器以提高冷却效果。

参 考 文 献

〔1〕（美）H·E·梅里特著《液压控制系统》，1967

〔2〕（日）《油压空气压》总卷第56期，1980