

# 浅谈发电机密封油真空泵出力低的主要原因及处理

郁步强

(江苏射阳港发电有限责任公司, 江苏 射阳 224300)

**摘 要:** 江苏射阳港发电有限责任公司 5 号发电机密封油系统是由东方集团设计并制造。发电机密封油系统已运行一年多, B 修前密封油真空泵频繁出现出力降低现象, 不能满足正常生产的需要, 经仔细研究, 找出其主要原因, 提出了一套现场操作改进方案, 并在 B 修中进行系统优化, 经过近一个月现场试验, 可以满足安全生产要求。

**关键词:** 发电机; 真空泵; 出力低; 主要原因及处理

## 0 引言

随着高参数大容量火电机组的快速发展, 大型发电机一般采用氢气冷却方式也越来越多了, 发电机内部的氢气纯度、湿度对机组的安全经济运行有重要的影响。运行中发电机内部氢气纯度降低可能会出现: 机内氢爆、发电机线圈绝缘下降、发电机过热、热损失增大等不异常情况, 同样氢气的湿度过大时也会引起发电机绝缘破坏、腐蚀设备。因此单油环式密封油系统氢冷发电机组中必须设有连续抽吸密封油中气体及水分的设备——真空泵, 通过其正常连续不断的工作, 来保证氢气纯度、湿度在合格范围内。

## 1 发电机密封油真空泵结构及工作原理介绍

江苏射阳港发电有限责任公司 5 号发电机密封油系统是由东方集团设计并制造的, 密封油真空泵是由 BEACH-RUS 公司生产的 RP 型“WP”级油封旋片式真空泵。

### 1.1 结构

旋片式真空泵, 即旋片真空泵装有滑片 (又称滑阀) 的偏置转子在泵腔内作回转运动, 使由滑片分隔的泵腔工作室容积周期性变化以实现抽气的真空泵, 故又称滑片式真空泵。

旋片式真空泵主要由泵体 (汽缸)、转子 (滑阀) 以及附件: 阀箱 (由排气阀、排油阀组成)、气镇阀 (又称净气阀)、供油电磁阀、分离器、分离器油位计、分离器放水门、分离器水溢流管、分离器挡板等部件组成 (图 1)。

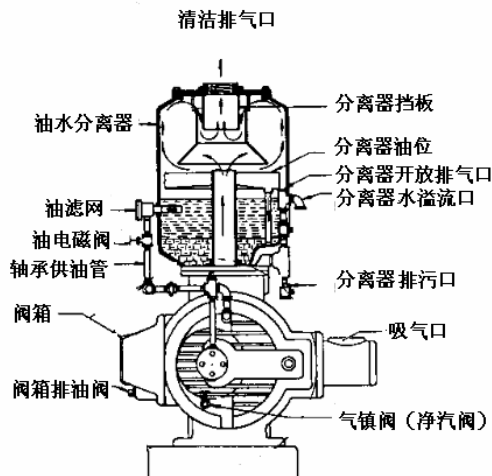


Fig. 3 —Class “WS” Type RP Pump.

图 1 RP 型“WP”级油封旋片式真空泵结构

### 1.2 旋片式真空泵的基本工作原理

在转子槽中装有两块的滑片, 滑片间还装有弹簧。转子偏心地装在泵腔内, 其外缘与泵腔顶部表面的间隙为  $2\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ 。转子旋转时, 在离心力等作用下, 滑片沿槽作往复滑动并与泵腔内壁始终保持接触, 将泵腔分成两个可变容积的工作室。转子顺时针方向旋转时, 与吸气口相通的吸气腔容积由零逐渐增大, 腔内气体压力降低, 被抽气体便从吸气口源源不断地吸入 (图 2 a)。同时, 与排气口相通的排气腔容积由大变小, 吸入腔内的气体被压缩, 待气体压力略高于大气压力时, 推开排气阀排出大气 (图 2 b)。转子连续转动, 泵便不断抽气。排气阀浸在油里, 油通过排气阀和油孔进入泵腔, 使泵腔内所有运动件的表面覆盖一层油膜, 密封住吸气腔与排气腔间的间隙, 防止气体返流。这些油还能减少排气腔内的有害空间, 以消除它们对极限压力的影响。

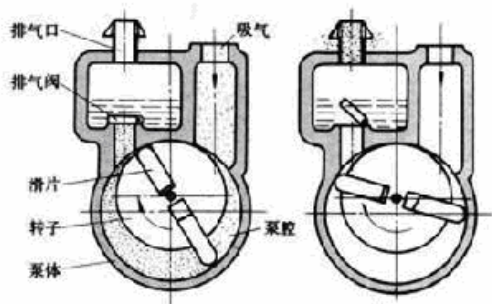


图2 旋片式真空泵的工作原理

### 1.3 RP 型“WP”级油封旋片式真空泵的工作过程

真空泵启动时供油电磁阀打开向泵体提供密封润滑用油，转子旋转时，滑片外缘与泵腔顶部表面接触，密封油箱中的气体及水蒸汽通过吸气管道进入吸气腔室，在转子顺时针方向旋转下原吸气腔室转变成压缩室，汽气混合物被压缩后，待气体压力略高于大气压力时，推开阀箱内排气阀进入泵体上方的分离器，气水油混合物与分离器挡板在撞击力作用下，气水油分离，气体排出分离器，水油收集在分离器中，由于水油的密度不同，水最终积聚分离器底部，油继续进行循环使用（图3）。

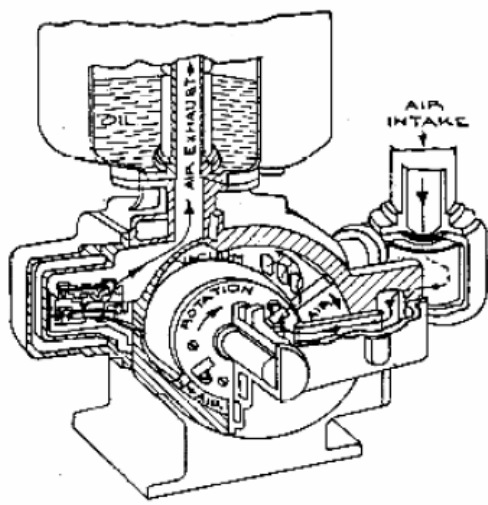


图3 旋片式真空泵的工作过程

## 2 发电机密封油真空泵气镇阀作用及工作原理介绍

由于RP型“WP”级油封旋片式真空泵的工作介质存在大量凝结水蒸汽和气体负荷的潮湿环境，泵体上设有蒸汽净化装置——气镇阀，故这里有必要介绍一下其作用及工作原理。

气镇阀是油封机械真空泵的压缩室上开一小孔，并装上调节阀。当打开阀并调节入气量，转子

转到某一位置，空气就通过此孔掺入压缩室以降低压缩比，从而使大部分蒸汽不致凝结而和掺入的气体一起被排除泵外起此作用的阀门故又称为净汽阀。

气镇阀能加速抽出水蒸汽而不致污染油质。如果真空泵只抽出永久性气体时，气体不因压力的增加而液化，则无所谓泵油的劣化，但是如果要用该泵来抽出潮湿气体，则该气体中不但有气体而且还有水蒸气，如果用不带气镇的泵抽出这部分水蒸气时，蒸汽将液化而溶于油中，油的真空性质劣化，因而降低了泵的抽速和真空度。下面对水蒸气的压缩过程进一步的阐述如下：

被泵抽除的水蒸气，应该在压缩室内压缩，直到排气阀打开为止，若假定泵内的温度为 $60^{\circ}\text{C}$ ，则在此温度下水的饱和蒸汽压为 $20000\text{ Pa}$ ，在压缩过程中的水蒸气一旦达到上述压力则开始凝结为水，但是 $20000\text{ Pa}$ 时还不能推开排气阀，因为排气阀是通向大气又有排气阀的弹簧压住，也就是泵腔的内部压力要压缩到 $120000\text{ Pa}$ 以上才能推开排气阀，水蒸气被压缩以后，到压缩末期已全部凝结为水，又混入油中。

为了满足抽出潮湿空气的要求，而不致水蒸气污染油质，所以，真空泵装有气镇装置，其原理是在压缩过程中放入一定量的空气以提高混合气体的压力，混合气体的压力为空气的分压力和水蒸气的分压力之和，在蒸汽的分压力尚未达到泵温下的饱和蒸汽压时，混合气体压力超过排气阀的压力而打开排气阀，使蒸汽来不及在泵腔中液化而被排除泵外。

气镇阀另一用途可用以恢复真空泵的极限压力，有时抽出一般空气，内含可凝性的气体较少，一般气镇阀是关闭的，但当时间久了，油质却逐渐被空气内含有的少量可凝性气体所污化，对没有气镇机构的泵来说，只有更换新油，或把泵油加热，让液化的蒸汽蒸发才能恢复泵原有的极限压力，而对于气镇泵来说，只要关闭泵的进气阀后，打开 $0.5$ 至 $1$ 个小时即可恢复真空泵之极限压力。

当气镇阀内部压力低于外部压力时，气镇阀打开，气体进入泵腔使泵腔内部可凝性气体分压力达到泵温时的饱和蒸汽压之前，压缩气体的压力已达到排气压力，将可凝性气体排出；当气镇阀内部压力高于外部压力时，气镇阀关闭。

3 发电机密封油真空泵出力低的主要原因

在机组日常运行维护工作中，我们发现发电机密封油真空泵每次出力低时，真空泵的分离器内积水较多，同时从阀箱处放油阀处能放出很多水，在放水加油后真空的出力立即恢复正常。因此发电机密封油真空泵出力低的一般主要原因由于油封旋片式真空泵内工作油液被水污染所致。为什么发电机密封油真空泵会被水污染呢？

密封油真空泵是工作油是循环使用的，这样就在多次循环过程中，工作液温度会因反复循环温度会不断升高，因此为保证其正常工作，泵体必须采用冷却设备进行冷却，该泵浦采用闭式水进行冷却。若冷却器出现泄漏时，冷却介质就会漏入工作油液中，造成工作油介质被污染，从现场来看此种可能性较小。

汽轮发电机组润滑油直接向发电机密封油系统供油。由于汽轮机轴封调整不可避免存在间隙，少量轴封汽就不可避免会进入轴承室而造成润滑油中含有少量水分。发电机密封油真空泵连续不断地抽吸密封油中所夹杂的气体及水蒸汽，由于旋片式真空泵的工作原理所决定了，该部分水蒸汽可能会在真空泵压缩室内凝结或在系统出口管道中受阻滞留，若不能及时排出系统外时，就会出现工作油介质被污染现象。

660MW 汽轮发电机组的润滑油国家标准要求：润滑油中含水量在小于 200 mg/l 情况下，机组允许长期安全稳定运行。表 1 为公司近期一段时间汽轮发电机组的润滑油化验报告。

表 1 汽轮发电机组的润滑油化验报告

报告日期	水分/（mg/l）	机械杂质/%
2012-4-02	23.5	无
2012-4-09	32.61	无
2012-5-14	38.21	无
2012-6-11	31.28	无
2012-6-25	32.4	无
2012-7-03	38.1	无
2012-7-23	32.5	无
2012-8-06	33.6	无
2012-8-20	46.58	无
2012-9-10	52.3	无
平均值	36.11	符合要求

我公司发电机密封油系统单位时间需油量为：10L/min，6 月 8 日联系化验主油箱与真空密封油箱油中的水分含量分别为：33.26 mg/l、26.08 mg/l，这样密封油真空泵一天所抽出密封油中的水分为：

$$\begin{aligned} & (33.26-26.08) \times 10 \times 60 \times 24 \\ & = 103392 \text{ mg (约 } 0.103\text{m}^3\text{/日)。} \end{aligned}$$

若每天有这么多的水未能及时从真空泵分离器中排出，这样必然会污染真空泵内工作油的油质。

当水聚集到足够多时真空泵几乎由水在润滑会增加泵负荷，降低泵的出力，加剧零部件磨损和损坏。

4 发电机密封油真空泵出力低处理方法

针对上述密封油真空泵的工作油中含水量多现象，会引起密封油真空泵出力降低的问题，从以下几个方面进行处理：

（1）在 B 修中将密封油真空泵的出口排气管道直接改排大气，以降低密封油真空泵出口管道阻力，便于密封油真空泵抽出的水蒸汽及时排至大气，避免出现以前的凝结水积聚在出口管道以及集水器中，影响密封油真空泵工作。

（2）正常运行中加强密封油真空泵电流参数的监视，控制泵运行电流在 2.35~2.6 A，若长时间超过上限值时，关闭真空泵进口门后，停止真空泵并进行放水或换油工作。

（3）现场巡查时注意分离器油位在 1/2 左右，发现液位升高时，对分离器进行放水工作；油位降低时要及时加油。若油位未出现异常情况下，每日对分离器放水一次，同时控制出口管道上透明集水器液位正常。

（4）在分离器放水量较多的情况下，要稍开气镇阀以减少水蒸汽在真空泵中被压缩凝结。

（5）每周放尽真空泵阀箱内的油水混合液体。

（6）每月进行一次在密封油真空泵进口门关闭状态下，打开运行的密封油真空泵气镇阀运行半小时左右，用以恢复真空泵的极限压力。

（7）每次从分离器排放口放水时，要检查油质是否乳化、是否变粘、是否有焦糊味、颜色是否变黑。若发现油乳化、变质或被污染须及时进行更换，同时清洗过滤器和油路。

（8）每次停机后对密封油真空泵换油一次。先放尽密封油真空泵及分离器中的油并清洗过滤器及油路后，再换新油保持润滑油清洁、畅通对保证泵的出力和使用寿命非常重要。

（9）由于密封油真空泵的转子与汽缸间隙较小，密封油真空泵的大修周期不要超过 3 年。当泵

抽真空能力不能达到要求时，必须进行检修处理。

（10）正常运行中润滑油温度控制在 40℃左右，因此要控制真空油箱真空 $>93\text{kPa}$ ，否则不能保证油中气体和水分能够及时排出，而影响机内氢气。

（11）鉴于主油箱中润滑油中含水量相对偏多情况，定期运行在线滤油装置的滤水功能，以降低润滑油中的水分，从而减少密封油中的水分。

（12）根据 5 号机组轴封系统运行情况来看，机组负荷低于 370MW 时，轴封压力才切至辅汽供（轴封汽压力 0.03MPa），而大多数情况下机组负荷高于 370MW，自密时封压力较高（轴封汽压力 0.04MPa），相对而言轴封汽漏入润滑油中量相对较多，目前运行中已适当降低轴封汽压力，以减少由轴封漏入润滑油中水分。

（13）在监盘过程中，若发现密封油真空泵电流经常有突增现象时，有可能出现转子与汽缸间隙性摩擦，此时应检修处理，避免设备损坏。

## 5 结束语

总之，保证发电机密封油的各项参数指标在正常值范围内运行，有利于机组安全经济运行，同时通过此次对密封油真空泵出力低的主要原因查找、

分析、处理，提高了运行人员对异常情况的处理能力。

### 参考文献：

- [1] 周学良 润滑油[M].北京:化学工业出版社,2007.
- [2] 成都信达能科技有限公司.BEACH-RUS 密封油真空泵中文操作、维护手册[Z].
- [3] 贾宗谟,穆界天,范宗霖.旋涡泵、液环泵、射流泵[M].北京:机械工业出版社,1993.
- [4] 江苏射阳港发电有限责任公司.660MW 超超临界燃煤机组电气运行规程[Z].射阳:江苏射阳港发电有限责任公司,2011.
- [5] 江苏射阳港发电有限责任公司.660MW 超超临界燃煤机组汽机运行规程[Z].射阳:江苏射阳港发电有限责任公司,2011.

### 作者简介：

郁步强（1974—），男，江苏滨海人，助理工程师，主要从事火电厂集控运行。