

# 600 MW 氢冷发电机漏氢处理及预防措施

袁 廷

(四川广安发电有限责任公司, 四川 广安 638000)

**摘 要:**广安发电有限公司 600 MW 发电机在投运初期运行中曾多次发生过严重漏氢。发电厂在不同漏氢部位有针对性地采取了一系列改进措施,取得了较好效果,有效地减少了发电机运行中的漏氢,使机组漏氢量控制在  $10 \text{ m}^3/\text{d}$  内。

**关键词:**发电机组;氢气冷却;漏氢;措施

**Abstract:** There were several times of serious hydrogen leakage in the initial stage of 600 MW generator putting into operation in Guang'an Power Generation Co., Ltd. A series of improvement measures are adopted aiming at the place of hydrogen leakage which has achieved good results that the hydrogen leakage during the operation of generator has been reduced effectively and the amount of hydrogen leakage has been controlled within  $10^3 \text{ m}^3/\text{d}$ .

**Key words:** generator set; hydrogen cooling; hydrogen leakage; measure

**中图分类号:** TM307 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-6954(2009)03-0093-02

广安发电机有限责任公司第 3 期共有 2 台 600 MW 汽轮发电机。型号为 DH-600-G, 额定功率为 600 MW, 冷却方式为水氢氢, 额定工作氢压为 0.414 MPa 是东方电机股份有限公司 2006 年 7 月和 2007 年 4 月的产品。发电机基本结构为机座设计为三段式结构及一个中段和两个端罩组成发电机本体。氢气(油)密封方式为单流环式油密封, 密封油压大于氢压为  $0.056 \pm 0.02 \text{ MPa}$  密封回油量为  $180 \text{ L}/\text{min}$ 。发电机与端盖之间采用注入密封胶的方式进行密封。氢气冷却器立式放在发电机机座的四角, 制造厂规定

运行时漏氢量为  $13 \sim 19 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

## 1 发电机漏氢情况

2 台发电机分别自 2006 年 12 月和 2007 年 6 月投运以来, 均发生过不同程度的漏氢, 特别是在 2007 年 6 月至 2008 年 1 月期间, 2 台发电机运行中出现频繁漏氢, 严重漏氢就有 10 次。有的机组多次反复发生, 已严重威胁到机组的安全运行, 漏氢及处理情况如表 1 所示。

表 1 漏氢及处理情况表

设备名称	日期	漏 氢 位 置	漏氢量 ( $\text{m}^3/\text{d}$ )		备 注
			处理前	处理后	
6号发电机	2007-06	定子励端右侧机壳机脚板位置 3 个螺丝孔顶部。	50	35	168 h 试运期间
6号发电机	2007-06	定子机壳右侧汽、励两端, 加强筋焊缝。	35	19	168 h 试运期间
6号发电机	2007-09-04	定子机壳焊缝处理。	25	10	停机消缺
6号发电机	2007-10-02	汽端轴承外盖、励端上下端盖接合面和上端盖 $30^\circ$ 角处。	50	40	机组运行
6号发电机	2007-10-04	汽、励两端上下端盖接合面和励端上端盖 $30^\circ$ 角处。	50	10	机组运行
6号发电机	2007-10-28	励端左侧氢气冷却器底部密封面。	10 kPa/h		机组运行
6号发电机	2007-12-04	励端左侧氢气冷却器底部密封面。	10 kPa/h	9	机组运行
6号发电机	2008-01-17	励端右侧氢气冷却器底部密封面, 8号轴瓦。	5 kPa/h	该处不漏	机组备用, 机内压力 0.25 MPa
5号发电机	2007-10-24	汽端右侧上下端盖接合面。	20	10	机组运行
5号发电机	2007-10-26	励端右侧氢气冷却器下端密封面。	2 kPa/h	10	机组运行

## 2 漏氢处理方法和预防措施

为了解决发电机漏氢,在发电机大修、小修消缺的同时,多次对发电机的漏氢部位进行分析研究,发现漏氢点一般都在设备的接合面处,如发电机端盖与本体接合面、上下端盖的水平接合面、密封瓦的密封座环、中间过渡环与端盖接合面、氢气冷却器底部与发电机本体接合的密封框压板处。为了减少发电机漏氢,针对机组在不同状态和漏氢位置,采取不同的处理方法和预防措施。

### 2.1 发电机本体机壳焊缝漏氢处理

由于制造厂制造质量原因,6号发电机在2007年6月168h试运期间,发电机励侧右边定子机壳与机脚板接合面处3个固定螺丝的螺丝孔顶部,发电机汽轮机端机脚板与机壳接合面之间大量漏氢,励端尤为严重。对螺丝孔加装堵头和在发电机本体机壳与机脚板安装接合面之间注胶进行处理后,漏氢还是较为严重,运行一段时间后,发电机漏氢量还在不断增加。在机组停运消缺时,采用下列方式进行查漏和处理。

#### 2.1.1 漏气点查找

因发电机漏气点在机脚板嵌装面之间的机壳加强筋的内侧焊缝上,漏气点位置特殊,如按常规向发电机内充入气体后在机壳外部查漏,就无法确定漏气点的确切位置。因此改为从发电机机壳外面进气在发电机定子本体内部进行查漏。将氢气冷却器吊出,发电机端盖不拆开,在发电机机脚板上打的临时注胶孔上扩孔,并在该位置下方打一个排胶孔,从机脚板向发电机机壳接触面内充入压缩空气,压力 $\leq 0.6 \text{ MPa}$ 。在发电机定子机壳内侧相对应位置加强筋和焊缝处进行查漏,发现汽轮机端发电机定子机壳内右侧上方一条加强筋的中间及向励侧方向端头焊缝各有1个漏气点,励侧方向的1个点漏气较大,下方一条加强筋向励侧端头死角位置整条焊缝有多个漏点,漏气量特别大。

励端发电机机壳内,整条加强筋焊缝未发现漏气,原因是试运期间该位置漏气严重,用端盖密封胶对发电机机壳与机脚板接合面之间进行过注胶堵漏。在查漏前进行排胶处理的同时,可能把漏气点堵塞了,所以该位置未能发现漏气点,在停机前对该位置检查,漏气量比较大。

在发电机定子机壳内,对有螺丝孔加强筋板和全

部焊缝的焊口进行外观和金相着色检查,发现加强筋焊缝的焊口多处有气孔、夹渣、咬边等现象,特别是4个死角处。

#### 2.1.2 漏气点处理

漏气点用手提砂轮或磨光机等工具进行挖削打磨后,用电焊进行补焊,然后再用16~20号槽钢、 $\delta 10 \text{ mm}$ 钢板对补焊位置的整条焊缝覆盖后进行封焊。对漏气点位置较窄且经多次补焊效果不好的也采用钢板进行封焊。对发电机机壳内侧加强筋和焊缝漏气点位置不明确的,用16号、20号槽钢和 $\delta 10 \text{ mm}$ 钢板全部覆盖后进行封焊。

焊接工艺要求:①焊接面除漆除锈。②电焊条在使用前应烘焙除潮,焊接采用直流电焊机,电焊条型号为J507,发电机机壳材料为A3钢。③焊接时应事先在焊接工件四方点焊再在中间点焊,然后才能进行焊接,采用交叉焊接法,每次焊接长度不超过100mm,防止变形和应力过大。④为防止变形和应力集中以及过大,焊接后应用石棉布进行保温。

焊接质量标准:①焊缝应无裂纹、气孔、夹渣等缺陷,焊缝表面均匀。②焊接完毕后,进行金相作色检查。③对每个焊件(堵板)进行单个气密试验,试验压力 $\leq 0.5 \text{ MPa}$ 检查应无泄漏情况。

经上述处理后,发电机漏氢量由处理前 $25 \text{ m}^3/\text{d}$ 降至合格范围 $10 \text{ m}^3/\text{d}$ 。处理后发电机气密试验虽然合格,但因发电机端盖未拆开,汽轮机端有一个特别狭小位置不好接焊,汽轮机端机壳与基脚板接合面处仍有轻微漏气。

### 2.2 发电机端盖漏氢处理

发电机本体与端盖、端盖与密封座环、过渡环之间的密封,是采用注入美国产TTTESSAL Part No T20-75密封胶的方式进行密封。发电机运行时受热不平衡膨胀、振动以及检修安装质量等原因,多次造成这些接合面漏油漏氢,发电机润滑油及密封油系统氢含量大,运行中多次进行过补胶处理后,在较短的时间内又重复发生漏氢。

发电机端盖漏氢主要是密封胶泄漏造成密封槽内胶液压力下降在端盖上方形成空洞造成的。如果只利用原来安装在发电机端盖水平接合面的两个注胶嘴进行补胶,对端盖水平面接合漏氢处理有较好效果,而对垂直面的漏氢处理由于不容易排出端盖上方密封槽气体基本无效果。为此在端盖垂直面漏氢时采取先将机组负荷降低后,把氢压降到 $0.25 \text{ MPa}$ 以

下,将端盖上方的堵头螺丝更换成注胶嘴排气后进行注胶。在上下端盖接合面漏油漏氢时,在水平接合面注胶嘴处进行注胶处理,从而有效解决运行中端盖漏氢问题。注意运行中对端盖上的堵头螺丝更换时,应先将堵头螺丝旋松放气,降低密封槽内的气体压力,防止拆出堵头螺丝时因压力过大造成堵头螺丝冲出。

在端盖检修后,由制造厂要求的在端盖上方注胶,改为由端盖下方注胶。方法为打开端盖水平接合面和上方注胶孔,在端盖下方注入密封胶,使密封槽内的气体能顺利排出,依密封胶出现的顺序装上注胶嘴和堵头螺丝。最后再分别从端盖水平线接合面注胶,直到两边加压密封胶注不进为止。这就防止了发电机密封槽内密封胶的气泡产生和密封胶压力过小及胶量过少,从而造成发电机运行不久后出现漏氢。

发电机端盖密封座环、过渡环接合面之间漏氢,运行中无法处理,只能采用一些临时处理方法,费时且效果也不好。因此在检修过程中加强端盖、密封座环、过渡环装配质量,在密封槽两侧及接触面连续均匀薄薄地涂一层可新赛平面密封胶,特别是励端过渡环绝缘、环氧玻璃布板的上下合缝处应涂密封胶。涂密封胶时应小心,不要造成密封槽堵塞,从而造成该处漏氢。

### 2.3 润滑及密封油系统管道内含氢量大的处理

在运行期间发电机轴瓦及润滑油和密封回油系统漏氢处理进程中,多次发现在补胶后漏氢量减小,不久后含氢量又增大,为此将发电机油氢压差由 0.07 MPa 降至 0.055 MPa 有效减小端盖密封座环、过渡环处有漏胶时油系统漏气,能使漏氢量减少  $5\text{m}^3/\text{d}$  左右。

### 2.4 氢气冷却器底部漏氢处理

因氢气冷却器是立式安装的,冷却器底部的密封和固定,是靠与发电机本体之间的  $10\times 10\text{mm}$  方形密封橡胶条的两个垂直面、钢压条及压板固定和密封。运行时受到热胀冷缩和振动的影响,容易发生漏氢。在每次对密封面进行处理时,都发现密封压板上的螺丝是松动的,对螺丝进行紧固后,漏氢量都明显减少或消除,但处理后不久该处又出现漏氢。

#### 2.4.1 加强氢气冷却器底部固定

由于冷却器底部密封  $10\times 10\text{mm}$  方形密封橡胶条的两个垂直密封面较小、工作地方又窄,装配困难,运行中多次出现漏氢。为了防止密封面漏氢,针对原

冷却器底部密封结构的缺陷,作了如下改进:

在密封压框上的压紧螺丝上增加了一个弹簧垫圈,防止密封橡胶条变形造成螺丝松动,并在冷却器四个边的密封压框中间对称位置安装 4 个防止冷却器振动位移的定位支撑块。经过改进处理后,消除了运行中振动、密封面减弱造成的漏氢。

#### 2.4.2 提高检修质量

在氢气冷却器装复前,先将氢气冷却器底部密封部位的上下两层方形钢压条校直后,在冷却器和发电机嵌装面进行试装配,使方形钢压条与该接合面平直,以保证密封胶条在安装后能受力均匀、密封良好。氢气冷却器吊入发电机时不要落到位应留有  $2\sim 3\text{mm}$  间隙,再用防止冷却器振动位移的定位支撑块,调整方形钢压条与发电机本体接合面之间间隙,钢压条四周两边间隙控制在  $0.5\text{mm}$ ,方形密封胶条装配时,涂抹平面密封胶(587 密封胶),避免该接合面因安装不良而漏氢。

#### 2.4.3 防止氢气冷却器和进出水母管路运行中的振动措施

氢气冷却器投入运行前对冷却器和管路注水排净其内空气,运行时调整控制好氢气冷却器进出水流量,压力应均衡且不宜过大,防止因冷却水中含有空气和机座受热不平衡膨胀在运行中产生振动。停机时,应关闭氢气冷却器进出水阀门,防止因启停其他设备时在管路内产生负压造成冷却器进出水管振动。因在 6 号发电机停机备用期间,就发生过因氢气冷却器进出水管振动过大,造成发电机励端右侧冷却器底部密封框压板螺丝松动,漏氢严重。

对进出水母管固定支架与冷却器连接法兰距离较远的水管,在靠近冷却器的进出水母管处加装固定支架,防止进出水母管振动位移产生的拉力对冷却器的影响,避免了冷却器密封面时好时坏。

## 3 结束语

经过上述处理后,发电机整体气密试验(氢运行)检查,漏氢量都明显减少,漏氢量控制在  $10\text{m}^3/\text{d}$  以下,满足运行要求。

(收稿日期:2008-12-15)