

降低燃机发电机充氢操作频次

Reducing Hydrogen Charging Operation Frequency of Gas Turbine Generator

王攀 曹立英

Pan Wang Liying Cao

北京太阳宫燃气热电有限公司 中国·北京 100028

Beijing Taiyanggong Gas Thermoelectric Co., Ltd., Beijing, 100028, China

摘要: 论文针对某电厂两台燃机需要频繁进行发电机氢气提纯的问题进行了分析,并采取了相应措施。通过实验法,将提纯频率由每日一次改造为不需人工操作即可保证发电机氢气纯度的模式,并且减少了氢气消耗量,达到了节能降耗的目标。

Abstract: This paper analyzes the problem that two gas turbines in a power plant need frequent purification of generator hydrogen, and takes corresponding measures. Through experiments, the purification frequency is changed from once a day to a mode that can ensure the purity of generator hydrogen without manual operation, and the hydrogen consumption is reduced, and the goal of energy saving and consumption reduction is achieved.

关键词: 燃机; 氢气; 氢气提纯

Keywords: gas turbine; hydrogen; hydrogen purification

DOI: 10.12346/etr.v4i7.6628

1 引言

发电机氢气纯度在发电机组运行中对安全生产及发电能耗起着至关重要的作用。当氢气中含氧量到达 3%, 遇火立即发生爆炸, 发电机内氢气纯度降低将存在氢爆的可能^[1]。另外, 发电机氢气纯度直接与发电机效率有关, 氢气纯度每下降 1%, 通风损耗及转子摩擦损耗将增加 11% (统称风磨损失)^[2]。因此, 保证发电机氢气纯度在合格范围内是保证机组安全运行, 提高经济效益的重点。

2 设备现状及存在问题

某电厂燃气轮机型号为 PG9351FA 型。现阶段两台燃机发电机均存在氢气纯度下降较快的现象, 如表 1 所示。

表 1 #1、#2 发电机氢气纯度下降速率表

	#1 燃机	#2 燃机
纯度 98.5% 以上	0.09%/天	0.11%/天
纯度 98.5%~97.5%	0.06%/天	0.09%/天
纯度 97.5%~97%	0.055%/天	0.08%/天
整体下降率	0.066%/天	0.09%/天

按照安全评价规定, 燃机发电机内部氢气纯度必须大于 97%。发电部根据两台燃机发电机内部氢气纯度下降速率较快的情况, 规定了每天对 #1、#2 燃气轮机发电机各进行一次手动降压操作, 将机内压力由 2.95kg 降至 2.65kg, 不进行手动提压, 使用自动补氢补充氢气。频繁的充排氢气对机组的安全运行造成严重影响, 因此需要减少发电机补氢提纯的操作频次。

3 氢气纯度下降原因

由于发电机存在漏氢现象, 为了维持氢压, 投入自动补氢装置。由于自动补氢的流量不足以将足够的高纯度氢充入发电机, 因此造成了发电机内氢气纯度快速下降。

按照 GEK 45941C 《Hydrogen Leakage and Purity Formulas》文件提供计算公式如下:

$$Q_h = 2.3PV \log^{10} [(S_0 - S_1)/(S_0 - S_2)] \quad (\text{式 1})$$

式中: Q_h ——需补充的纯度为 S_0 氢气总体积;

P ——发电机置换时内部绝对压力, 取 3.0kg/cm^2 ;

【作者简介】王攀 (1994-), 男, 中国北京人, 本科, 从事发电研究。

V——发电机内气体体积，80m³；

S₀——补充新鲜的氢气的纯度，即氢瓶内氢气纯度，取99.99%；

S₁——置换前发电机内氢气纯度；

S₂——置换后发电机内氢气纯度。

由式(1)进行计算，正常运行时氢气纯度控制在97%以上，可以得出每分钟需要补充的氢气量。

以#1燃气轮机为例， $Q_{h1}=2.3PV\log^{10}[(S_0-S_1)/(S_0-S_2)]$ 。

其中：S₁=97%，S₂=97%+0.055%/24/60=97.00003819

则Q_{h1}=4080cc/min。同理Q_{h2}=5940cc/min。

由于在测量氢气下降速率时，#1燃气轮机及#2燃气轮机均保持5000cc/min的排放量，因此为保证氢气纯度保持在正常运行状态下的氢气排放量计算公式为：

$$Q_H=Q_{h1}+Q_{h0} \quad (\text{式2})$$

可以得出#1燃机总排放量应为Q_{H1}=Q_{h1}+Q_{h0}=4080+5000=9080cc/min，#2燃机总排放量应为Q_{H2}=Q_{h2}+Q_{h0}=5940+5000=10940cc/min。

Q_{H1} > Q_{h0} 并且 Q_{H2} > Q_{h0}，因此笔者所在电厂#1及#2燃气轮机自动补氢量远小于能达到使自动补氢维持氢气纯度的流量，造成了发电机内部氢气纯度下降。

4 解决方法

4.1 治理方案

由于氢气系统中存在自动补氢设备，因此可通过提高自动补氢量将更多高纯度的氢气充入发电机，从而提高氢气纯度。但自动补氢通过调节阀控制氢气压力在44PSI，因此需要将氢气排放仪流量调至与补氢量相等的数值才能保证发电机内氢气纯度下降，即需要调整氢气排放量从而控制补氢流量^[3]。

4.2 氢气排放量计算

本节就排放量调整进行计算。

按照式(2)及安全评价要求可知，对于燃机，按照氢气纯度 > 97% 原则，通过相关数据可知，这里选择S₁=97%，S₂=97.5%。则燃机提高纯度需的氢气量为：

$$Q_{h1}=2.3PV\log^{10}[(S_0-S_1)/(S_0-S_2)]=58\text{m}^3。$$

#1燃机氢气纯度每日下降0.055%，氢气纯度下降0.5%约需要9天。

#2燃机氢气纯度每日下降0.08%，氢气纯度下降0.5%约需要6天。

可以得出结论：#1机每9天需要消耗58m³氢气，而#2机每6天需要消耗58m³氢气。

可知#1机消耗氢气速度为4475cc/min，#2机消耗氢气速度为6613cc/min。与此同时，燃机本身保持着5000cc/min的排放。因此，为保持#1燃机氢气纯度不降排放应在9475cc/min左右，而#2燃机排放应在11613cc/min左右。

4.3 改造方案

由于笔者所在电厂现氢气分析仪最大排放流量为5500cc，因此需要更换流量计型号来达到增大排放量的目的。更换后流量计最大流量为23000cc/min，可满足要求。

5 实验结果

按照电网规定，笔者所在电厂每年度检修期为3—5月和9—10月，检修期最长间隔为5个月即150天。按照要求检修完毕后将燃机发电机内氢气纯度充至99%。满足在150天内发电机内氢气纯度由99%降至97%的条件下，氢气纯度每日下降应 < 0.013%。

在更换流量计后将氢气排放量逐步增大，实验表明#1燃机氢气排放量11000cc、#2燃机氢气排放量9000cc时即可满足要求，将现场充氢操作次数降为0次。

6 结语

燃气轮机的氢气分析仪排放流量计经过改造，现在已经满足了无需人员操作即可保持发电机内纯度不变的要求。本次改造后减少了运行人员在现场操作的频率，提高了机组设备的可靠性。本次优化为中国同类型燃气轮机在正常运行工况下发电机内氢气纯度下降的问题提供了解决办法，起到了科学可靠的指导作用。

参考文献

- [1] 刘博火.电厂发电机氢气纯度下降原因的研究[J].山东工业技术,2017(17):187.
- [2] 解晓辉.发电机氢气纯度下降的原因与处理方案研究[J].电工技术,2018(16):2.
- [3] 王劭刚.发电机氢气纯度下降分析[J].科技创新导报,2017(12):11.