

# 某 300 MW 水氢氢机组定冷水含氢量超标分析及处理

史松梅, 范朝光, 顾孟祥, 曾云峰, 刘波  
(太仓港协鑫发电有限公司, 江苏 苏州 215433)

**摘要:**针对太仓港协鑫发电有限公司 4 号机发电机组定冷水含氢量超标问题, 根据系统构成和现场检查结果分析了产生的原因, 制定了合理的处理方案, 确保定冷水含氢量在允许范围内, 并提出了防止此类问题再发生的预防措施。

**关键词:**水氢氢机组; 定冷水含氢量; 分析处理; 预防措施

**中图分类号:** TM621.7

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-0665(2012)03-0079-02

太仓港协鑫发电有限公司 4 号机为上海电机厂生产的 QFSN-300-2 型发电机组, 冷却方式为水-氢-氢冷, 即定子线圈及连接线、出线套管采用水内冷, 转子绕组、定子铁心及端部均采用氢冷。氢气由装在转子两端的风扇强制循环, 并通过设置在定子机座上部的 4 组氢气冷却器进行冷却, 氢气系统由发电机定子外壳、端盖、氢气冷却器、密封瓦以及氢气管路构成全封闭气密结构。重点介绍太仓港协鑫发电有限公司 4 号发电机定冷水含氢量超标的原因分析及处理过程, 同时提出了解决问题的预防措施, 以提高机组安全运行水平。

## 1 定冷水含氢量超标分析

2011 年 7 月 21 日 10:05, 运行人员发现 4 号发电机定冷水箱顶部放空气门上部 5 cm 处含氢量达 4.2% (报警值为 3.2%) 未报警, 检查发现发电机定冷水箱至漏氢报警仪一次门未全开, 将发电机定冷水箱至漏氢报警仪一次门全开, 发“发电机定冷水箱漏氢”报警信号, 其他未发现异常。经查 4 号机每天补氢量呈上升趋势, 由平时的 8 m<sup>3</sup>/d 上升至 22

m<sup>3</sup>/d。可以初步判断, 发电机氢冷系统氢气漏入发电机定冷水系统 (如图 1 所示)。氢冷发电机的漏氢部位归纳起来有两部分: 一是氢冷发电机本体结构部件的漏氢, 二是发电机外部附属系统的漏氢。氢冷发电机本体结构部件的漏氢涉及 4 个系统: 水电连接管和发电机线棒的水内冷系统, 发电机密封瓦及氢侧回油管接头的油系统, 发电机氢气冷却器的循环水系统, 发电机人孔、端盖、手孔、二次测量引出线端口、出线套管法兰及瓷套管内部密封、出线罩、氢冷却器法兰、转子导电杆等的氢密封系统。发电机外部附属系统的漏氢包括氢管路阀门及表计、氢油差压调节系统、氢油分离器、氢气干燥装置、氢湿度监测装置、绝缘过热检测装置等。结合 4 号发电机氢气系统的结构, 从图 1 可以看出, 氢气进入定冷水的最大可能性为水电连接管和发电机线棒的水内冷系统。

## 2 发现的问题

问题 1。2011 年 9 月 8 日 4 号发电机停机检修, 9 月 15 日两侧端盖、导风筒拆除完毕, 14:00 进行定子绕组检查性水压试验, 发现汽侧第 33 槽绕组

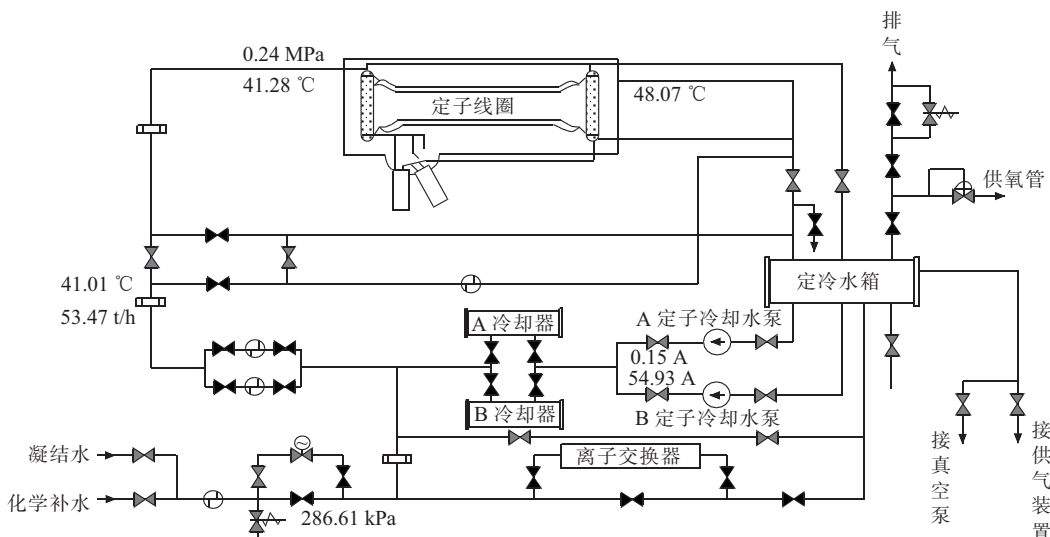


图 1 发电机定子冷却水系统

绝缘引水管三通部位存在渗水,打开手包绝缘检查为三通金属接头存在砂眼(如图2所示)。



图2 漏氢点

问题2。9月17日定冷水系统恢复并进行发电机定冷水回路反冲洗,每天跟踪测量定冷水水质、发电机汇水环对地直流电阻、绕组绝缘电阻数据变化情况,定冷水电导率由起初的 $8.9 \mu\text{S}/\text{cm}$ 下降至 $1.416 \mu\text{S}/\text{cm}$ ,总汇水环对地直流电阻由 $0.2 \text{ k}\Omega$ 上升至 $18 \text{ k}\Omega$ ,绕组绝缘电阻 $R_1$ 为 $1.84 \text{ G}\Omega$ , $R_{60}$ 为 $1.81 \text{ G}\Omega$ ,吸收比接近1,绕组直流泄漏电流试验无法进行。9月23日检查发现发电机汽侧18槽、19槽绝缘引水管内壁存在异物,如图3(a)所示,检查定冷水A、B两侧滤网滤芯上有黑色黏稠状物质(如图4所示),经过化验确定该物质为油、24%铜、1%铁混合物,离子交换器树脂中含黑色物质。

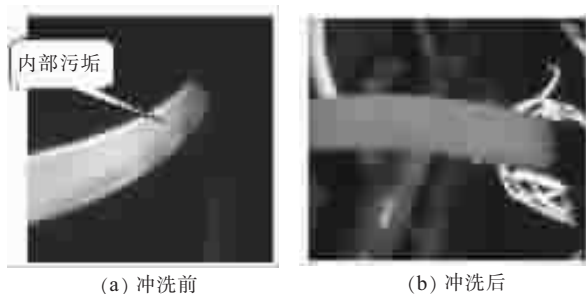


图3 汽侧18槽和19槽绝缘引水管内壁

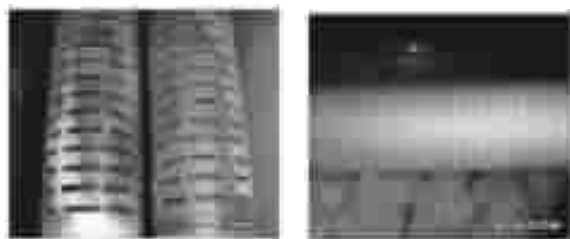


图4 定冷水A侧和B两侧滤网滤芯

### 3 处理过程

问题1处理过程。2011年9月15日18:00左右,上海电机厂人员将砂眼补焊完毕并重新更换一根绝缘引水管,9月16日14:00开始进行8h修后水压试验,水压试验 $0.5 \text{ MPa}$ ,8h无泄漏。

问题2处理过程。9月27~29日利用4号机组辅汽加热定冷水至 $60 \text{ }^\circ\text{C}$ ,通过循环过滤的方式消除发电机定冷水系统内部杂质。经过4次热水循环冲洗并4次换水,热水循环冲洗共14h,汽侧19槽油污基本消失,汽侧18槽内壁油污面积减小(如图3(b)所示)。停止热水循环后,将发电机热循环水温降温至 $44 \text{ }^\circ\text{C}$ ,正常通水后,超声波测汽侧流量试验合格,汇水管对地电阻 $32.5 \text{ k}\Omega$ ,电导在 $0.35$ ,绕组绝缘A相 $1000 \text{ M}/1600 \text{ M}$ ,B相 $1290 \text{ M}/2660 \text{ M}$ ,C相 $990 \text{ M}/1570 \text{ M}$ 。

### 4 预防措施

(1) 建立每台发电机补氢台账,并进行对比分析,发现发电机补氢量异常增大,应及时汇报并组织分析,查找补氢量上升原因。

(2) 保持发电机定冷水箱至漏氢报警仪一次门为全开状态,利用机组检修对漏氢报警仪定值进行校验,确保定冷水箱含氢量超标时能够及时报警。

(3) 发电机检修时,对发电机定冷水回路进行检查性水压试验,及时发现并消除发电机定冷水回路存在的安全隐患。

(4) 建议将发电机定冷水箱上部充氮气<sup>[1]</sup>,一方面可以隔绝水与空气的接触,减少氧对铜线的腐蚀;另一方面如定子线棒存在漏点,氢气不可避免的漏至定冷水侧,漏氢汇集至定冷水箱,导致定冷水箱顶部空间氢气浓度在爆炸极限范围内,充氮气可以避免爆炸事故的发生。

### 5 结束语

综上所述,发电机出现漏氢现象后,在停机前积累数据分析和查找漏点,如停机前无法查出漏点,则应在停机后重点对水电连接管和发电机线棒的水内冷系统采用水压试验查找漏点,查出漏点后应设法消除漏点;同时应充分考虑密封油经氢气带入内冷水系统后对发电机定子回路造成的污染及对发电机定子回路绝缘造成的影响,利用机组辅汽加热发电机定冷水系统,采用热水循环冲洗法消除发电机定冷水系统内部杂质的方法,可起到良好的效果。

#### 参考文献:

[1] 国家电力公司发输电运营部. 防止电力生产重大事故的二十五项重点要求[M].北京:中国电力出版社,2001.

#### 作者简介:

史松梅(1968),男,江苏苏州人,高级工程师,从事发电厂电气运行管理工作;

范朝光(1977),男,江苏苏州人,工程师,从事发电厂运行管理工作;

- 1883-1891.
- [9] LI Y, LI Y W. Decoupled Power Control for an Inverter Based Low Voltage Microgrid in Autonomous Operation [C]. Proceedings of IEEE 6th International Power Electronics and Motion Control Conference, 2009.
- [10] MOHAMMADHASSAN A S, GEVORG B G. Dynamic Performance Enhancement of Microgrids by Advanced Sliding Mode Controller [J]. Electrical Power and Energy Systems, 2011, 21(4): 1-7.
- [11] XU X L, LIN T, ZHA X M. Probabilistic Analysis of Small Signal Stability of Microgrid Using Point Estimate Method [C]. Proceedings of International Conference on Sustainable Power Generation and Supply, 2009.
- [12] YOKOYAMA R, NIIMURA T, SAITO N. Modeling and Evaluation of Supply Reliability of Microgrids including PV and Wind Power [C]. Proceedings of IEEE PES General Meeting, 2008.
- [13] 鞠平, 蔡昌春, 曹湘芹. 基于物理背景的微网总体建模[J]. 电力自动化设备, 2010, 30(3): 7-11.
- [14] LAAKSONEN H J. Protection Principles for Future Microgrid [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2010, 25(12): 2910-2918.
- [15] 王伟. 含微网配电系统的继电保护问题研究[D]. 济南: 山东大学, 2009.
- [16] ZHANG Y P, LU Y P. A Novel Newton Current Equation Method on Power Flow Analysis in Microgrid [C]. Proceedings of IEEE PES General Meeting, 2009.
- [17] 章健, 艾芊, 王新刚. 多代理系统在微电网中的应用[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(24): 80-82.
- [18] FEROCZE H. Multi-Agent Systems in Microgrids Design and Implementation [D]. Arlington: Virginia Polytechnic Institute and State University, 2009.
- [19] 王成山, 杨占刚, 王守相, 等. 微网实验系统结构特征及控制模式分析[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(1): 99-105.

#### 作者简介:

- 朱永利(1987), 男, 硕士研究生, 从事微电网运行控制、分布式电源建模研究工作;
- 姚建国(1963), 男, 研究员级高级工程师, 从事智能电网技术、电网调度运行研究工作;
- 刘骥(1967), 男, 高级工程师, 从事电力系统分析、配电自动化研究工作。

## Key Technologies and Developing State of Microgrid

ZHU Yong-li, YAO Jian-guo, LIU Ji

(State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China)

**Abstract:** The microgrid technology can solve the whole uncontrolled problem caused by traditional distributed generation dispersant integration and independent grid connection. When there is grid disturbance, microgrid control technology can effectively solve the power quality problem of key load in single distributed power and thus helpful to improve the power grid controllability. The hotspots and developing tendency of microgrid technology in recent years are described in the aspects including energy management, control strategy, protective relaying and so on. Besides, some key technical problems required to solve are also discussed. Combined with the relevant demonstration projects, the domestic application and research situation are introduced and the future development direction of microgrid technology is also proposed.

**Key words:** microgrid; distributed generation; seamless handover; master-slave control; peer-to-peer control

(上接第 80 页)

顾孟祥(1970), 男, 江苏苏州人, 工程师, 从事发电机组设备管理工作;

曾云峰(1977), 男, 江苏苏州人, 助理工程师, 从事发电厂运行

管理工作;

刘波(1973), 男, 江苏苏州人, 工程师, 从事发电厂运行管理工作。

## Analysis and Solution for Over High Hydrogen Content of the Water-hydrogen-hydrogen Stator Coolant in One 300 MW Power Plant

SHI Song-mei, FAN Chao-guang, GU Meng-xiang, ZENG Yun-feng, LIU Bo

(Taicang Xiexingang Power Generation Co.Ltd., Suzhou 215433, China)

**Abstract:** Issues on the over high hydrogen content of the water-hydrogen-hydrogen stator coolant occurred in 4' power plant of Taicang Xiexin Power Generation Co.Ltd. are analyzed in this paper. According to the system constitution as well as the field inspection results, a reasonable solution scheme aiming to ensure the hydrogen content to be in an allowable scope is determined. To prevent the similar issues from happening again, prevention measures are also proposed in the current work.

**Key words:** water-hydrogen-hydrogen power plant; hydrogen content of stator coolant; analysis and solution; prevention measures