

· 一线动态 ·

# HM-200C1D2 氢气发生器故障分析

Fault analysis of HM-200C1D2 hydrogen generator

夏文武  
XIA Wen-wu

(广东惠州天然气发电有限公司, 广东 惠州 516082)  
(Guangdong Huizhou Gas Power Generation Corporation Limited, Huizhou 516082, China)

**摘要:**对广东惠州天然气发电有限公司 HM-200C1D2 氢气发生器运行中的故障进行分析,采取针对性的备件更换、设备修复及系统改造等有效措施,恢复了氢气发生器安全、稳定、经济的运行。给出了合理的维护建议,为氢气发生器长久稳定运行打下了坚实基础。

**关键词:**工作现状;故障分析;故障处理;维护建议

**中图分类号:**TK 478      **文献标志码:**B      **文章编号:**1674-1951(2008)09-0043-03

**Abstract:**The operation faults of HM-200C1D2 hydrogen generator in Guangdong Huizhou Gas Power Generation Corporation Limited were analyzed. The effective measures aiming the faults were adopted, which includes spare parts replacement, equipment repair, system reformation and others, so the hydrogen generator returned to safety, stable and economical operation. The rational proposal for maintenance was made which lays a solid foundation for long stable operation of hydrogen generator.

**Key words:**working status; fault analysis; fault handling; proposal for maintenance

## 0 引言

广东惠州天然气发电有限公司水电解制氢使用2套型号为 HM-200C1D2 的全自动氢气发生器,该装置由美国 Telydyne 能源系统公司研制,每套设备氢气产量可达  $11.2 \text{ m}^3/\text{h}$ ,氢气纯度达到 99.9998%。这2套氢气发生器分别由电解液、电解液子系统、电解槽、给水子系统、气体控制和调节子系统、氢气干燥、冷却及冷凝器冷却水子系统、系统安全、电力和过程控制子系统、数据显示和过程监控等部分组成,形成了一个有序的制氢机体,从而实现了高效的氢气生产。

## 1 氢气作用及氢气发生器工作现状

氢气发生器作为发电厂重要的辅助生产设备,不论是在普通火力发电厂还是在核电站,都对保证发电机安全生产具有重要意义。在各类大型电站中,机组容量大、设备先进、人员配备少,氢气发生器

所在的制氢站一般无人值守,故氢气发生器的运行维护更应引起足够重视。广东惠州天然气发电有限公司所使用的3台发电机均采用全氢冷,其中,氢气压力为 0.4 MPa,氢气容积为  $120 \text{ m}^3$ 。发电机氢系统的监督规程要求如下:氢纯度,  $\geq 96\%$ ;氧含量,  $< 2\%$ ;机压下露点温度,  $-5 \sim -25^\circ\text{C}$ ;氢气冷态最高温度,  $45^\circ\text{C}$ ;额定氢压, 0.400 MPa;每天氢气泄漏的补充量,  $14 \text{ m}^3/\text{台}$ ;发电机在氢压 0.412 MPa 时要求的氢气体积,  $357 \text{ m}^3$ 。

广东惠州天然气发电有限公司的氢气发生器近来接连发生故障: #1 氢气发生器运行中 KOH 贮罐液位计出现故障、氧中氢流量控制器出现故障; #2 氢气发生器运行中干燥塔吹扫出现故障; 2套氢气发生器都存在氢氧差压低报警出现故障、氧侧含水量高出现故障。上述故障致使2套氢气发生器不能够连续稳定运行,不能保证压力稳定、数量充足、品质优良的氢气供给,给发电机的安全运行带来重大威胁。

## 2 氢气发生器故障分析

(1) #1 氢气发生器在运行过程中出现了 KOH 贮

罐液位连锁跳机现象。通过观察发现, KOH 贮罐液位计下限输出指示灯异常, 初步判断是液位计故障率较高的易损件下限浮球出现了问题, 但并未排除液位计下限开关出现故障的可能性。

(2)<sup>#1</sup> 氢气发生器在运行过程中出现了氧气纯度检测不准确的现象。其氧气取样流量无法调节, 流量计显示偏高, 造成氧中氢探头测出的温度不正确, 不能真实反应氧气纯度, 故此判断氧中氢流量控制器出现故障。如果控制器内漏严重, 还会影响 KOH 贮罐液位, 造成液位虚高引起跳机。

(3)<sup>#2</sup> 氢气发生器运行过程中出现干燥塔吹扫故障, 造成启机后跳机。据观察, 当工作塔压力开始上升时, 再生塔压力也随之上升, 相差 0.1 ~ 0.2 MPa。当工作塔上升至开始启动干燥程序压力 0.56 MPa 时, SV4 打开, 再生塔也进入再生状态, 但由于再生塔压力较高(0.4 MPa 左右), 在 SV4 打开瞬间, 再生塔中压力排空置后, 程序系统检测到两塔压力相差太小, 引起干燥塔吹扫故障而跳机。正常情况下, 在工作塔压力上升时, 再生塔内压力基本维持在零压。只有在 30 min 预压过程中, 再生塔才开始升压, 从零压到与工作塔压力持平, 一般升压时间在 20 min 左右, 但这个过程实际只有 1 ~ 2 min, 不正常。控制再生塔升压流量的只有截流孔板和控制倒塔的两位四通电磁阀, 初步判断出截流孔板堵塞或者两位四通阀切换不到位或内漏。

(4) 2 套氢气发生器在启动过程中, 出现氢氧差压过低报警故障。分析得知, 故障可能由以下 2 个原因造成: 氢侧或氧侧差压阀出现故障; 纸型隔膜出现氢气渗漏。

(5) 2 套氢气发生器的氧侧含水量高, 造成氧中氢过滤器积水, 极易造成氧中氢流量控制器损坏, 从而影响到对氧气纯度的检测。鉴于此, 对系统进行全面分析, 找到了含水量高的 2 个原因。

1) 气体冷却器冷却效果不好, 氧气含水量高。

氢气发生器气体冷却器对冷却水的要求如下: 最大允许温度, 40℃; 最大允许压力, 0.7 MPa; 最大需要量, 40 L/min; 实际的供水条件如下: 最大允许温度, <40℃; 供水压力, 约 0.45 MPa; 回水压力, 约 0.15 MPa; 最大需求量, 在回水排空情况下能达到 40 L/min, 在闭路循环中未测。

2) 气体冷却器冷凝下来的水, 因氧排放管出口位置高出屋顶且未及时对外排出, 积聚在氧气排放管中造成排水阻力增大, 从而向阻力较小且位置低的氧中氢检测回路排出, 造成过滤器积水, 进而影响

氢气发生器氧气纯度检测。

### 3 氢气发生器故障处理及维护建议

(1)<sup>#1</sup> 氢气发生器液位计更换新的下限浮球后, 下限输出指示灯仍然异常, 故障并未排除。重点检查液位计杆, 发现浮球在上下来回移动时, 内部开关无反馈, 据此确定液位计杆下限开关出现故障。拆开液位计杆, 发现下限开关已烧毁, 使用同类型的开关备件更换下限开关, 并按原来距离重新调准上下限开关之间的距离, 修复液位计。将液位计复装进 KOH 贮罐内重启氢气发生器, 液位控制恢复到正常范围内且未出现液位连锁停机, 故障排除。液位计的下限开关出现此类故障较为少见, 建议在今后维护时引起注意。同时, 在日常的运行中要密切关注液位计, 防止其上、下限浮球故障的出现。

(2) 在用专用工具调节<sup>#1</sup> 氢气发生器氧中氢流量控制器的流量调节螺钉时, 流量无反映, 且流量计显示一直在最大。拆开控制器检查, 发现内部膜片已损坏, 使氧气直接从内部穿透。基于此类阀门故障高的缺点, 选用故障率较低且精度高的流量控制器改进型备件替代。更换后流量控制正常, 流量能稳定在 100 mL/min, 氧中氢探头检测正常, 能够真实反应氧气纯度, 故障排除。建议定期检查流量控制器内膜片, 发现其上有 KOH 碱液时应立即清洗, 发现膜片有损坏应予以更换。

(3)<sup>#2</sup> 氢气发生器停运后, 拆开截流孔板检查, 未见堵塞, 由它引起的故障被排除。根据观察, 两位四通电磁阀切换时未见异常, 拆开电磁阀体, 发现内部有 2 个 O 型圈老化, 并已龟裂。通过老化的 O 型圈, 两位四通电磁阀内部的 2 条通道已不能相互独立开来, 通道间存在串气现象, 致使其内漏, 所以才出现干燥塔吹扫故障。更换同类型的 O 型圈, 重新启动<sup>#2</sup> 氢气发生器, 未出现干燥塔吹扫异常, 故障排除。分析此次故障原因, 除两位四通电磁阀 O 型圈本身正常老化原因外, 更重要的是与氢气发生器一直处于带电备用状态有密切关系: 两位四通电磁阀不管在何种状态, 只要氢气发生器带电, 电磁阀就一直处在通电状态, 导致通电线圈处于发热状态, 从而引起阀体温度升高, 最终加速了 O 型圈老化的进程。2 套氢气发生器采用了一用一备设计, 建议在备用状态下氢气发生器彻底断开电源, 以减少通电对两位四通电磁阀及所在氢气发生器上其他电磁阀的影响。

(4) 在检查<sup>#1</sup> 氢气发生器氢侧和氧侧差压阀时,

无异常现象,则对#1 氢气发生器的纸型隔膜做穿透渗漏检查。使用惰性气体氮气,作为低压源。现场穿透渗漏检查步骤如下:

1) 使用电解液的排放程序排空系统;

2) 暂先拆下从氢冷凝捕集器底部连到位于纸型隔膜组件底部的 CPV 三通上的排放管及 CPV 三通流至贮罐的管子,从纸型隔膜底部卸下 CPV;

3) 确认排放阀 MV-1 和 KOH 贮罐顶部出口均关闭;

4) 卸下氢冷凝捕集器顶部的 6.35 mm Swagelok 接头的帽子,把气源接到此接头上;

5) 系统氢侧慢慢加压直到氢压力表显示压力到达 0.05 MPa 时,氢气开始从通向纸型隔膜底部的管中冒泡,可以判断纸型隔膜已穿透,需更换纸型隔膜。使用新备件更换纸型隔膜后,氢氧压差恢复到正常值,大于 0.021 MPa, #1 氢气发生器启机正常,氢氧差压低报警故障排除。

对#2 氢气发生器进行同样的穿透渗漏检查,发现纸型隔膜并无异常,则检查氢侧和氧侧差压阀;在检查氢侧差压阀时,并无异常发现;在检验氧侧差压阀时,发现阀体内有 KOH 碱液存在,对其进行清洗处理后,#2 氢气发生器启机正常,氢氧差压低报警故障排除。由于纸型隔膜中的多孔纸质材料能够收集最终会干扰液体传递的颗粒,所以,2 套氢气发生器都需要定期更换纸型隔膜并建议做预防性的穿透

渗漏检查。同时对 2 套氢气发生器的氢侧和氧侧差压阀进行定期检查,发现 KOH 碱液需及时清理,若发现阀门已损坏,则应立即修复或更换。

(5) 2 套氢气发生器的氧侧含水量高,把回水管对空排放一段时间,氧侧含水量问题并未得到明显改善,这说明故障不是因冷却水原因造成的。根据运行工况要求,增加氧排空管除水的功能(在氧气排空管最低点,增加一个直径为 76 mm、长度为 300 mm 的疏水罐),把积聚的水引到罐子中,改善了氧中氢过滤器积水问题。经过一段时间的连续观察,发现氧侧含水量高的故障问题得到了彻底解决。建议定期对疏水罐进行排水,把冷凝水直接排空,把氧排空管对氢气发生器的影响降到最低。

## 4 结束语

氢气发生器故障处理完毕后,经过长时间的运行,2 套设备工况参数均正常。按照氢气发生器维护手册实施定期维护,及时更换一些到期的备件,平时点检过程中多检查氢气发生器运行各种参数是否正常,进行预防性的维护,可保证氢气发生器安全、稳定、经济运行。

(编辑:白银雷)

### 作者简介:

夏文武(1982—),男,安徽凤阳人,广东惠州天然气发电有限公司助理工程师,从事电厂化学水处理设备管理与维护方面的工作。