

# 600 MW 超临界火力发电机组凝汽器 真空测量改造简析

刘龙翔

(福建华电可门发电有限公司,福州 350001)

**摘要:**以福建华电可门发电有限公司真空取样测量系统在实际运行中存在的问题为背景,结合实际分析了原因。针对凝汽器真空测量系统提出改进措施并加以实施,有效地提高了凝汽器真空测量的准确性,取得了良好的效果。

**关键词:**600 MW;凝汽器;真空;取样方式

**中图分类号:**TK 228

**文献标志码:**B

**文章编号:**1674 - 1951(2017)08 - 0039 - 03

## 1 背景

“十三五”期间,我国在火电节能减排方面制定了严苛的标准,提质增效已经成为整个电力行业发展的必然趋势,如何降低煤耗、减少排放已成为火力发电厂的重中之重。汽轮机真空测量的准确与否,直接关系到机组是否能安全、经济运行。选择合适的真空测量取样方案,是准确可靠地监视机组真空变化的关键。本文针对福建华电可门发电有限公司(以下简称可门公司)汽轮机凝汽器真空测量采样引压管“积水”造成运行中真空指示偏高现象,以及公用仪表管道取样等问题进行了分析,并提出了改进意见。

## 2 存在的问题

可门公司拥有 4 台 600 MW 超临界火力发电机组,汽轮机系上海汽轮机有限责任公司制造的超临界、中间再热、双缸双排汽、单轴、凝汽式汽轮发电机组,每台机组各有 2 台凝汽器,其真空测量采用常规的压力测量方式,引压取样管规格为  $\phi 14 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ ,材质为不锈钢 1Cr18Ni9Ti,取样管水平段无倾斜度,所有测量仪表安装位置均高于取样口位置。凝汽器真空测量系统简图如图 1 所示。

测量系统投运多年以来,存在的问题逐渐显现。真空取样管路存在积存凝结水的现象,运行中数块真空表之间指示偏差较大,在做真空严密性试验时,发现个别真空表计测量值下降迟缓,影响了测量的准确性和节能计算的精度。同时,在将凝汽器温度换算成相应的真空压力时,经常会出现不对应情况,给运行监视带来极大困难。

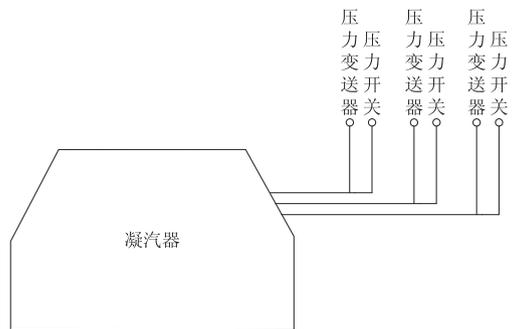


图 1 凝汽器真空测量系统简图

当机组真空降低到限值数值时,作为保护信号的电接点真空开关仍停留在较高真空数值,机组低真空保护不能及时动作,给机组的安全造成很大威胁。每次定期检查前需要临时退出汽轮机危机遮断系统(ETS)凝汽器真空低保护,不仅工作繁琐,而且风险极大。

## 3 原因分析

可门公司凝汽器真空取样管积水的主要原因在于喉部真空取样管路的有效通径太小,导致管路中的凝结水不易排出<sup>[1]</sup>。同时取样管路存在着走向不合理、长度过长、拐弯过多等问题,取样管呈完全水平布置,部分位置甚至略向下倾斜。仪表及变送器安装位置不合理,造成取样管路坡度不够,管路内部的水无法排出<sup>[2]</sup>,致使真空值测量出现误差<sup>[3]</sup>。

每台凝汽器的真空压力测量仪表含有 1 个压力表、2 个变送器、8 个压力开关。凝汽器喉部 4 个角各安装了 2 个取样装置,即内部共有 8 个取样口,因此明显存在共用取样口的现象。

现场核对取样口和对应的测量仪表如图 2 所示。由图 2 可知,凝汽器 A 真空低三值压力开关(主机 ETS 保护用)和凝汽器 A 变送器 2、凝汽器 B 真空低三值压力开关(主机 ETS 保护用)和凝汽器 B

低二值压力开关存在取样口共用现象。目前每台凝汽器的凝汽器真空低三值 4 个压力开关共用 1 个取压口(即 ETS 保护的 4 个压力开关在一次门前为同一根管),只要管路出现问题,容易引起主机 ETS 保护动作,安全风险大。

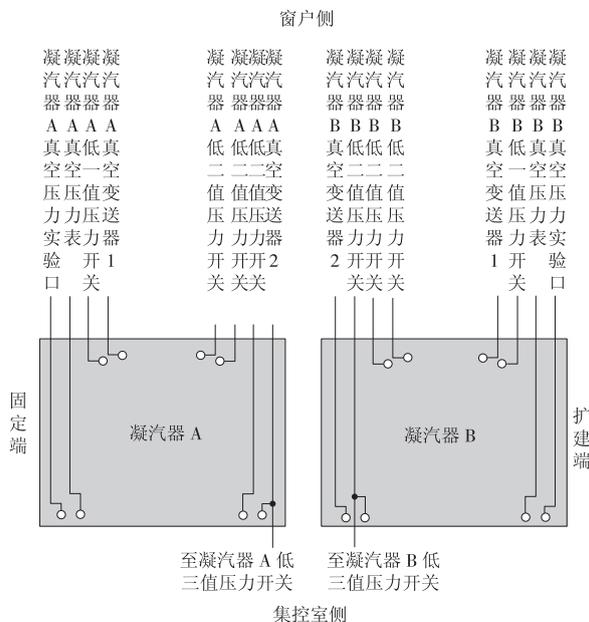


图 2 凝汽器真空取样口示意图

每台机组凝汽器如果取样口少,压力表、变送器和真空开关数量多,就必然存在多台设备共用取样管道的问题,造成相互关联、相互影响。在保护开关取样管路上存在泄漏时,会造成保护误动或拒动。

可门公司凝汽器温度的测量元件采用的是 II 级精度 E 型热电偶,在中、低温区时(凝汽器温度一般为 30~40℃)输出热电势很小,抗干扰措性差,冷端温度和环境温度的变化所引起的相对误差较大,测量精度较低。同时,凝汽器温度测量点与真空压力取样口不在同一水平位置,也可能无法反映出当前真空压力所对应的温度,因此需要将凝汽器测温元件更换类型及测量位置<sup>[4]</sup>。

### 4 改进措施

针对以上分析,可采取以下改进措施。

(1)改用独立真空取样口。凝汽器真空低三值取样口单独取样,并如图 3 所示位置安装新的取样装置独立取样(图中黑色圆圈为新加装管路或取样装置)。

(2)修改管路的敷设路径。管路敷设时,弯管应用冷弯方式,取样管从取样装置引出后应逐渐抬高,要有与水平面夹角不小于 40°的倾斜度,无论凝汽器内部还是外部,倾斜度都需要保持一致<sup>[5]</sup>。

(3)增大凝汽器真空取压管的通流直径。取压

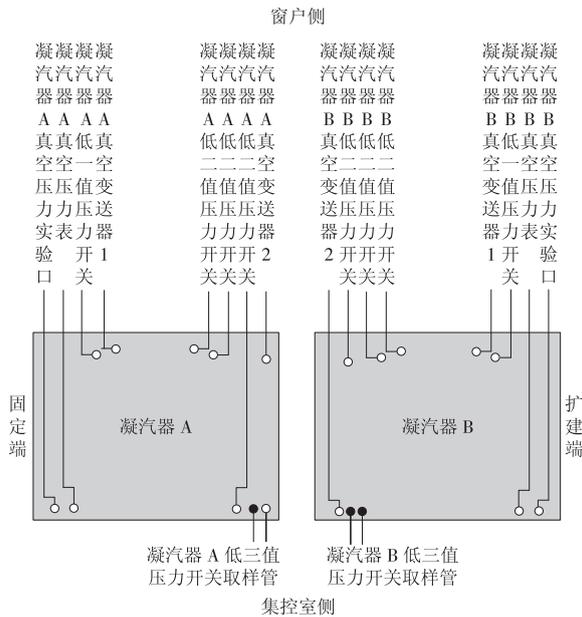


图 3 独立真空取样口示意

管路规格选用  $\phi 20\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ ,材质为不锈钢 1Cr18Ni9Ti,通径由原来的 10 mm 增大到现在的 16 mm。一次阀门的型号规格应符合改造后取样管通径的要求,选用型号 NFSS-MS20-6-G-C,安装点选在操作方便的位置,一次阀门安装前应进行必要的耐压试验,阀门安装时应横向且阀杆水平,便于凝结水回流至凝汽器,应使被测介质的流向由阀芯下部导向阀芯上部,不得反装。由于取样管路加粗,需要将凝汽器壁的穿孔扩大为 20 mm,穿管后凝汽器壁内、外部穿孔处均需焊接牢固,以免机组运行时真空泄露<sup>[6]</sup>。

(4)改造凝汽器真空低试验块。每台凝汽器配备 1 块凝汽器真空低试验块,每个试验块各有 2 个通道,每个通道各接 2 个凝汽器真空低三值压力开关,用作主机 ETS 保护。由于试验块设备本身的限制,只能安装 1 条压力取样管路,如果该管路出现问题,就会导致试验块后的所有开关都动作而跳机,因此需要更换新试验块。新的试验块外部增加了 1 个取样接入口,内部将 2 个通道的管路完全分离。如图 4 所示,左右两侧 2 组压力开关使用各自的取压管,如果其中 1 路取压管路泄压,不会导致跳机。在每个凝汽器的喉部都新增一个取样装置,按标准敷设取样管至新试验块的另一个接头,完成所有改造。

(5)在改变凝汽器压力测量取样方式之后,还需要将凝汽器测温元件由原来的 II 级精度 E 型热电偶更换为 I 级精度 Pt100 热电阻,同时,将温度测量位置迁至凝汽器喉部,与压力取样口在同一水平面。这样能够实时并准确地反映出当前位置的真空压力以及凝汽器温度。

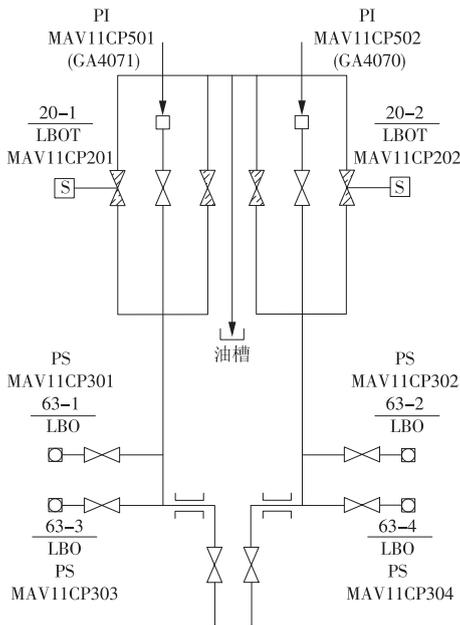


图 4 新凝汽器真空试验块

对照上述几点硬件改进措施,利用机组检修期间对凝汽器真空取样系统进行彻底改造。与此同时,还要改进检修操作步骤,包括以下 2 个方面:每次在启机前,当真空系统投运后且汽轮机未挂闸时,对真空取样管路进行一次倒吸吹扫排水,确保在机组运行前凝汽器真空测量准确;在机组运行时,如果需要临时对凝汽器真空取样管路进行吹扫,需要临时将主机 ETS 凝汽器真空低保护退出,避免压力开关误动作。

### 5 效果检查

可门公司 #2 机组凝汽器真空取样管路改造后,于 2015 年 11 月 18 日做的真空严密性试验。试验结果证明,由凝汽器真空数值计算的压降和排汽温度计算的压降一致,真空数值准确性较高。

表 1 为 #2 机组凝汽器真空取样管路改造后,某段时间内,操作人员记录的 2 组凝汽器真空数值与就地精密真空表数值对比。由表格可看出凝汽器真空值最大偏差仅为 0.8 kPa,满足要求。

### 6 经济效益

改造后具有以下经济效益:大大减少了工作量,

(上接第 38 页)(36):86-87.

[3]张林,李阳春.空预器堵灰的原因分析及处理措施[J].热力发电,2008,37(10):43-45.  
 [4]王晓青,夏水华.滚动轴承失效影响因素与影响机制[J].轴承,2010(11):18-22.  
 [5]彭朝林,谢小鹏,陈祯.润滑因素与滚动轴承失效的关系研究[J].润滑与密封,2015,40(8):26-30.

表 1 #2 机组凝汽器真空数值记录

kPa

| 设备    | 真空变送器 1 | 真空变送器 2 | 精密真空表 |
|-------|---------|---------|-------|
| A 凝汽器 | 94.5    | 94.6    | 95.3  |
|       | 95.2    | 95.6    | 95.9  |
| B 凝汽器 | 94.4    | 94.9    | 94.8  |
|       | 95.1    | 94.7    | 95.3  |

节约了宝贵的人力资源;保证了凝汽器真空以及排汽压力等相关测点的准确性,确保运行人员调整在最佳凝汽器真空状态,保证了机组的经济性;真空测量准确性有所提高,标准煤耗下降,经济效益显著;避免了人为误操作事故,保证了机组安全稳定运行。

### 7 结束语

目前,可门公司已完成 #2, #4 机组所有的改进措施。通过对这 2 台机组 1 年多来的运行观察,凝汽器真空压力测量准确、良好,没有出现故障。实践证明,各项改进卓有成效,能适应各种运行工况变化的考验,大大提高了机组的安全性和可靠性。

### 参考文献:

[1]郭伯春.多点汇合式取样在提高凝汽器真空度测量准确性中的应用[J].2012,34(3):7-9,44.  
 [2]翟建平,李远.汽轮机凝汽器真空测量采样的改进[J].山西电力技术,1997,17(3):47-48.  
 [3]张海涛.凝汽器真空测量系统分析与改进[J].河南电力,2014,42(3):51-52.  
 [4]赵斌,张晓亮,刘玲.汽轮机凝汽器最佳真空的影响因素及确定方法[J].河北理工大学学报(自然科学版),2007,29(4):85-89,94.  
 [5]马晓燕.提高凝汽器真空度的措施[J].机电工程技术,2012,41(10):75-77.  
 [6]张茂义.漏入空气对凝汽器运行特性影响的研究[J].华东电力,2001(8):22-25.

(本文责编:刘炳锋)

### 作者简介:

刘龙翔(1988—),男,福建古田人,工程师,工学硕士,从事发电厂热控自动化设备检修维护工作(E-mail:liulongxiang@yeah.net)。

[6]邵长暖,孙维菊.1000 MW 超超临界机组空气预热器下轴承损坏原因探析[J].华电技术,2015,37(7):27-28.

(本文责编:白银雷)

### 作者简介:

王林(1989—),男,山东莱西人,工程师,工学硕士,从事大型火电机组启动调试与运行优化方面的工作(E-mail:wangling@tpri.com.cn)。