

600 MW 机组高压加热器疏水控制系统改进

张良军, 李康良

(国电浙江北仑第一发电有限公司, 浙江 宁波 315800)

摘要: 分析了北仑发电厂 600 MW 机组高加疏水控制系统存在的问题, 提出了通过单室平衡容器实现疏水水位差压式测量; 进行疏水水位测量压力温度修正和疏水水位控制由基地式控制改为 DCS 控制的改进方案, 可为存在类似问题的发电厂提供参考和借鉴。

关键词: 高压加热器; 疏水; 基地式控制; 压力修正; 端差

中图分类号: TK323

文献标志码: B

文章编号: 1007-1881(2011)03-0040-03

Improvement of Drainage Control System for High Pressure Heaters of 600 MW Units

ZHANG Liang-jun, LI Kang-liang

(Guodian Zhejiang Beilun No.1 Power Generation Co., Ltd, Ningbo Zhejiang 315800, China)

Abstract: This paper analyses the existing problems of the drainage control system for high pressure heaters of 600 MW units in Beilun Power Plant and offers the improvement scheme, in which the drainage water level differential pressure measurement is achieved with a single chamber balance vessel. In addition, the pressure and temperature are corrected for drainage water level measurement and local control of drainage water level is replaced with distributed control system (DCS). It can serve as a reference for other power plants with the similar problems.

Key words: high pressure heater; drainage; local control; pressure correction; terminal temperature difference

1 系统简介

高压给水加热器(简称高加)是热力发电厂广泛应用的节能设备之一, 利用汽轮机抽汽回热来加热锅炉给水, 提高给水温度, 以达到节能的目的。北仑发电厂 3-5 号机组所配置的高、低压加热器和除氧器均由日本东芝公司设计制造。这些加热器均为表面式“U”型管加热器, 卧式布置。

1-3 号高加各配置 2 套基地式水位调节仪(正常疏水调节仪和事故疏水调节仪)、1 套浮子式液位变送器、低/高/高高液位开关各 1 套。正常/事故疏水调节仪目标水位分别为+0 mm 水柱、+50 mm 水柱。高(+140 mm 水柱)/低(-50 mm 水柱)液位开关用于 DCS 系统报警, 高高(+660 mm 水柱)液位开关动作时高加隔离, 液位变送器用于 DCS 系统液位显示。

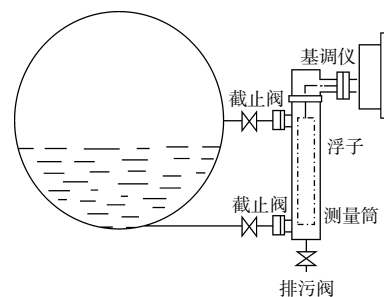


图 1 高加基地式调节仪表安装结构图

2 存在问题

(1)基地式调节仪是纯机械式现场控制仪表, 其转换环节比较多, 反应比较慢, 在机组工况变化比较大的情况下高加水位调节品质比较差; 另一方面, 高加的疏水是依靠相互之间的压差逐级进行的, 疏水从压力高的加热器流至压力较低的

加热器,最后流至压力最低的除氧器,所以靠近除氧器的3号高加疏水量最大,而压差最小,再加上疏水管路长,沿程阻力大,远距离的气动信号传输(汽机房6.1 m 3号高加层到汽机房30 m 除氧器层)出现严重的信号滞后,这导致3号高加疏水调节品质差,5号机组3号高加疏水波动达50 mm左右。

(2)基地式调节仪内部有喷嘴、挡板、机械连杆、波纹管、放大器等部件,其测量单元直接与高温高压介质接触,容易造成仪表内部密封垫圈老化,缩短仪表的使用寿命。到目前为止,由于高温烫伤已损坏5套高加基地式调节仪,而日本原装YAMATAKE HONEYWELL基地式调节仪每套将近16万元;1,2号高加基地式调节仪损坏后曾经选用国内替代产品,但只能使用1年左右时间,均因高温烫伤仪表内部密封部件而损坏。

3 改进方案

针对高加基地式调节仪存在的问题,鉴于高加差压式水位测量方式的广泛使用及DCS系统日益成熟,将基地式调节改成DCS系统控制及应用差压方式实现高加液位测量是必然的选择。

应用差压原理实现高加水位测量:把水位高度的变化转换成差压的变化,因此差压式水位测量的精度取决于实际水位与差压之间的准确转换,这可采用平衡容器形成参比水柱来实现。

变送器压差值 ΔP 计算如下:

$$\Delta P = p^+ - p^- = (\rho_{m1} - \rho_{qs})gh_1 - (\rho_m - \rho_{qs})gh_2$$

$$= (\rho_{m1} - \rho_{qs})gh_1 - (\rho_{qw} - \rho_{qs})gh \quad (1)$$

式中: h 为高加实际水位高度; h_1 为平衡容器参比水柱高度; h_2 为负压侧水柱高度; ρ_{qs} 为高加内饱和蒸汽密度; ρ_{qw} 为高加内疏水密度; ρ_m 为负压侧水柱平均密度; ρ_{m1} 为平衡容器参比水柱平均密度。

$$h = \frac{(\rho_{m1} - \rho_{qs})gh_1 - \Delta P}{(\rho_{qw} - \rho_{qs})g} = \frac{(\rho_{m1} - \rho_{qs})h_1}{(\rho_{qw} - \rho_{qs})} - \frac{\Delta P}{(\rho_{qw} - \rho_{qs})} \quad (2)$$

根据单室平衡容器安装手册可知:单室平衡容器水平导压管长度必须大于1 m,正压侧下降导压管管径尽可能小(实际应用中一般 ≤ 16 mm),这样基本可保证正压侧下降导压管内水温接近于环境温度。由文献[1]可知,不同抽汽压力、不同温度下冷凝水的密度变化很小,所以对平衡容器

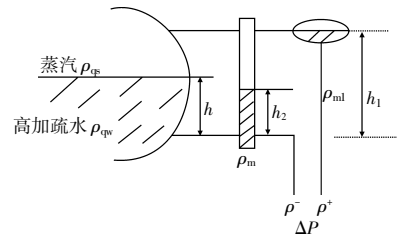


图2 高压加热器差压式水位测量原理图

参比水柱密度进行压力温度修正,对测量精度影响不大。考虑到1号高加环境温度,以额定抽汽压力(6.3 MPa)20℃冷凝水密度约1 001.021 kg/m³代表所有工况下平衡容器参比水柱密度。

在高加投运过程中,高加内的热传递过程实际上是十分复杂的。高温、高压蒸汽经过过热蒸汽冷却段、凝结段和疏水冷却段3个热量释放过程生成冷凝水(疏水)。为了维持高加安全、经济运行,必须将疏水水位控制为零水位附近,通过正常疏水调节阀将疏水进行排放,这部分排放掉的包括将要排放的疏水还未达到饱和状态,而积存于加热器底部靠近事故疏水排放口的水基本上是饱和水,因此,高加内疏水是饱和水和未饱和水的混合物。由于未饱和水占高加内疏水的大部分,所以一般以高加内未饱和水的密度来表征高加内疏水的密度。

根据高加实际运行情况可知,任一工况下高加抽汽压力对应的饱和水温度与高加疏水温度的偏差基本上是恒定的,例如北仑发电厂3-5号机1,3号高加偏差大约为20℃左右,2号高加偏差大约为33℃左右,因此,可以建立高加抽汽压力与高加疏水密度、蒸汽密度之间对应关系,也就是说 ρ_{qw} , ρ_{qs} 均是高加抽汽压力的函数,设 $f_1(x) = \rho_{m1} - \rho_{qs}$, $f_2(x) = \rho_{qw} - \rho_{qs}$ 。表1列出了几个绝对压力值时对应的 $f_1(x)$, $f_2(x)$ 函数值。高加水位 h 测量公式则变为:

$$h = \frac{(\rho_{m1} - \rho_{qs})h_1}{(\rho_{qw} - \rho_{qs})} - \frac{\Delta P}{(\rho_{qw} - \rho_{qs})g} = \frac{f_1(x)h_1}{f_2(x)} - \frac{\Delta P}{f_2(x)g} \quad (3)$$

4 项目实施

3号机组1,3号高加疏水控制系统的改进主要采取了以下措施:

(1)利用原来基地式水位测量筒连接管道安装了两套单室平衡容器,将原来法兰连接方式变更为焊接方式,并将测量量程由原来300 mm扩

表 1 $f_1(x)$, $f_2(x)$ 函数发生器参数表

绝对压力 /MPa	饱和水温度/°C	1号高加疏水温度/°C	1号高加疏水比容	1号高加疏水密度/(kg·m ⁻³)	饱和蒸汽比容	饱和蒸汽密度/(kg·m ⁻³)	$f_1(x)$	$f_2(x)$
0.101 31	100	80	0.001 029 02	971.798 410 1	1.675 4	0.596 872 389	1 000.403 1	971.201 538
1.002 7	180	160	0.001 101 69	907.696 357 4	0.193 9	5.157 297 576	995.842 7	902.539 06
1.908	210	190	0.001 140 84	876.547 105 6	0.104 3	9.587 727 709	991.412 27	866.959 378
3.348	240	220	0.001 188 68	841.269 307 1	0.059 7	16.750 418 76	984.249 58	824.518 888
4.094	251.8	231.8	0.001 210 76	825.927 516 6	0.048 6	20.576 131 69	980.423 87	805.351 385
5.505	270	250	0.001 248 69	800.839 279 6	0.035 6	28.089 887 64	972.910 11	772.749 392
6.3	278.8	258.8	0.001 269 38	787.786 163 3	0.030 8	32.467 532 47	968.532 47	755.318 631
7.1	286.8	266.8	0.001 289 74	775.350 070 6	0.026 9	37.174 721 19	963.825 28	738.175 349

大到 800 mm; 适当增大单室平衡容器与差压变送器垂直距离至 6 m 左右。

(2)参与高加隔离及保护的电磁阀控制回路予以保留, 新加装的电流气压转换装置(I/P)尽量安装在阀门附近, 将控制电磁阀移至 I/P 出口, 即当 1 号高加水位高/高高液位开关动作时电磁阀失电时, 通过电磁阀快速排放 I/P 输出气体以实现 1 号高加至凝汽器事故疏水调节阀全开; 2 号高加水位高高液位开关动作时电磁阀失电时, 通过电磁阀快速排放 I/P 输出气体以实现 1 号高加至 2 号高加正常疏水调节阀全关。

(3)高加疏水控制策略采用典型单回路 PI 调节, 正常疏水调节品质侧重于平稳和准确, 事故疏水调节品质则要求快速; 由于水位测量设计了压力修正功能, 考虑到压力信号无冗余, 所以逻辑中增加了压力信号失去水位控制切至手动的功能。另外, DCS 软件中增加了 1 号高加浮子式液位测量信号与差压式液位测量信号切换逻辑, 以便于差压式水位变送器日常排污、校验等日常维护时的无扰切换。除了通过电磁阀控制实现高加保护(正常疏水调节阀全关、事故疏水调节阀全开)外, 还将高加水位高/高高等保护信号通过 CCS 控制系统 TRACK 功能实现高加保护。

5 效果评价

高加疏水控制系统改进后, 通过近两个多月跟踪分析效果非常明显:

(1)1, 3 号高加疏水端差达到设计标准, 其中 1 号高加在 300~600 MW 负荷变化范围端差为 4.5~9°C, 比改造前 5~13°C 有明显改善, 3 号高加端差 4~7.6°C 与改造前基本一致。

(2)1, 3 号高加疏水调节品质较好, 其中 1 号

高加疏水水位波动范围大约为 10 mm, 比改造前波动范围 16 mm 略有改进, 3 号高加疏水水位波动范围大约为 18 mm 比改造前 30 mm 波动范围有明显改善。

(3)1, 3 号高加基地式调节仪改进后基本上可以实现零费用维护, 备品库存大幅降低。

6 结语

高加水位调节由传统基地式调节改造为 DCS 控制是必然趋势, 既能大幅节省检修、维护成本, 又能极大地提高高加运行的经济性安全性。将成熟应用在发电厂汽包水位上单(双)平衡容器差压式水位测量技术移植至高加水位测量上是完全可行的, 但需重视两者之间的差别, 即前者测量介质是饱和水而后者则是不饱和的疏水。目前新投产机组的高加水位测量普遍采用了差压式水位测量方式, 由于没有进行抽汽压力修正, 在机组启停阶段或工况变化较大的情况下水位测量误差较大, 因此必须对高加水位测量进行抽汽压力修正, 在日常维护中也应重视对加热器差压式变送器仪表管的冲洗、排污工作。

参考文献:

- [1] 国际水和水蒸气热力性质学会(IAPWS).工业用水和水蒸气热力性质计算公式[G].1997.
- [2] 胡辉武.高加水位保护逻辑的改进和完善[J].湖南电力, 2006(2):42-44.

收稿日期: 2010-09-03

作者简介: 张良军(1969-), 男, 浙江宁波人, 高级工程师, 从事火电厂热工设备管理。

(本文编辑: 陆莹)