



天津翔悦密封材料有限公司



弗莱希波·泰格  
金属波纹管有限公司



温州环球阀门制造有限公司



北新集团建材股份有限公司

## 锅炉汽包水位测量偏差分析及解决方案

吉林石油集团有限责任公司热电厂（138000）

[摘要] 文中以吉林油田热电厂4台炉12套汽包水位表由于安装设计时遗留下来的缺陷，针对长期以来汽包水位偏差太大，显示各异造成运行人员判断失误，以致造成2号炉汽包满水事故，后果严重。使电厂的经济运行失去保障，同时也浪费了大量资金。为此我们对汽包水位测量装置进行了改造，采用高压补偿式水位平衡容器与OSB表配套使用，对汽包水位进行全程跟踪，为现场的安全稳定运行提供了有力的保障。为我厂节省了大量的资金。

[关键词] 全程跟踪 显示准确 测量装置 改造

### 1 概述

锅炉汽包水位是锅炉运行的一项重要的安全指标。由于负荷、燃烧工况及给水流量的变化，汽包水位会经常变化。水位过高或急剧波动会引起蒸品质恶化和带水，造成受热面结垢，严重时会导致汽轮机水冲击振动，叶片损坏，水位过低，会引起排污失效，甚至会引引起下降管带汽，影响炉水循环工况，造成炉管大面积爆破。汽包水位测量准确程度直接关系到锅炉的安全、经济运行水平，延长锅炉设备的使用寿命。针对吉油热电厂锅炉汽包满水事故，根据其故障现象及汽包水位表显示原因进行分析，提出解决办法和实施方案。

### 2 水位测量改造前存在的问题

吉林石油集团热电厂原有汽包水位测量装置一类是普通测量筒与电接点水位二次表配套使用；一类是采用热套式单式水位平衡容器与差压变送器配套使用，还有一类是热套式单式水位平衡容器与机械水位表配套使用。水位表种类繁多，各表显示数据无法对应，更无法判断表记准确性；各水位表静态误差、动态误差不一，水位示值参差不一，尤其是启炉时误差最大，所有表记均无法投入正常工作，给运行人员对参数调整带来了及大不方便；锅炉汽包压力变化，需始终校正水位表示值；汽包水位表差压与水位关系校验数据是人为估算的，仅为某一压力点的理论值与锅炉汽包实际工况不符，不能反映水位平衡容器内工况值，是需人为调整水位示值的原因之一。

#### 2.1 热套式水位平衡容器存在的问题

(1)、容器外表面散热面积、金属热容量较大，消除多余饱和蒸汽，使容器内压力稍低于汽包压力，造成水位偏高，产生水位误差。

(2)、下降管>10米长，且不允许保温，也是水位偏高的原因。

(3)、下降门开度与水位示值有关，开度越大，水位越偏正。

(4)、容器水测管为仪表管，较细其直径在12毫米左右，造成水位差压波动较大。

(5)、水位差压偏小是热套容器的特性，使水位示值偏正。

(6)、容器内正压管有多道焊口，存在腐蚀泄漏隐患。

(7)、汽包工作压力突然下降，正压管中饱和水有沸腾蒸发可能，导致水位示值偏正或显示满水。

#### 2.2 单室容器存在问题

(1)、容器可测范围大于水位刻度，实际水位与测量值无法达到一致。

(2)、正、负压取样点分处两地，使动态压力加入到水位差压中，无法分离。

(3)、单室容器向下温降很大，由316℃降到室温40℃左右，使过冷水密度受热不均，温场影响较大，并

产生随机差压误差，影响水位示值。

(4)、负压取样管直接与汽包相连，汽包内水位波动无衰减的传递到差压变送器负压侧，造成水位波动较大。

### 2.3 汽包水位表实际校验中存在的问题

(1)、人为估算的校验值与实际不符。

(2)、校验差压值仅为一个压力点上的值，偏离此点水位表误差加大，而且不准。

(3)、校验差压是理论值，不能反映水位平衡容器内的工况。

(4)、估算差压值不包含容器、管、阀、保温、室温条件带来的误差。

(5)、一点估算校验差压值，应用到压力工况全程，如果标准补偿水位平衡容器也会产生多种误差，其中压力温度造成的水位误差最大达 $\pm 31\%$ 。

(6)、工业仪表中弹簧管压力表精度算是最低了，为1.5级精度，而常规水位表的精度是3级。

### 2.4 现场差压变送器现存问题

(1)、差压变送器正、负压导压管反接，使差压变送器工作在非正常工作状态。

(2)、差压变送器输出电流在无差压情况下进行百分之百迁移。给管理、维护带来很多不便。

(3)、水位差压变送器输出电流零位调整5%时，引起水位表刻度（即水位表可测范围）缩小10%（正水位刻度减少5%、负水位刻度减少5%）。容易误导锅炉运行人员误操作，属于事故隐患，威胁安全生产。

## 3 提高汽包水位表准确度建议、及技术改造方案

经过上述存在的问题及对汽包水位测量装置的分析，为改善吉林石油集团热电厂锅炉汽包水位运行情况，提高汽包水位表可靠性，特提出以下建议及改造技术方案：

### 3.1 提高汽包水位表准确度建议

(1)、容器可测量范围与水位刻度相合，容器可测量范围尺寸误差 $\pm 1$ 毫米。

(2)、安装误差，零水位点在汽包几何中心线规定处。

(3)、容器结构中没有不均匀温度场。

(4)、容器中参数都是已知的，没有不确定误差，随机误差，水位与差压的关系仅与热力学参数有关。

### 3.2 技术改造方案

#### 3.2.1、高压补偿式水位平衡容器与OSB表配套使用

##### 1、理论校验差压式计算：

(1)、已知：额定汽包压力 $P_s=10.6\text{MPa}$

额定饱和温度 $t_s=316.6^\circ\text{C}$

饱和水密度 $\rho'_s=675\text{kg/m}^3$

饱和汽密度 $\rho''_s=61\text{kg/m}^3$

过冷水密度 $\rho^1=998\text{kg/m}^3$

水位表刻度 $H=\pm 300\text{mm}$

容器抽头值 $L=242\text{mm}$

(2)、求： $\Delta p_H$ ?  $\Delta P_K$ ?  $I \Delta P_K$ ?  $I \Delta p_H$ ?

(3)、计算：条件是额定工况下

a)+300mm满水差压值 $\Delta P_H$

$$\Delta P_H = (H-L) \cdot (\rho^1 - \rho''_s) \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$= (0.6 - 0.242) \times (998 - 675)$$

$$=115.6\text{mmH}_2\text{O}$$

b) +300—300mm水位刻度差压值  $\Delta P^{\text{K}}-H$

$$\begin{aligned}\Delta P^{\text{K}}-H &= H \times (\rho^{\text{水}}/\rho^{\text{油}} - \rho^{\text{水}}/\rho^{\text{水}}) \\ &= 0.6 \times (675 - 61) \\ &= 368.4\text{mmH}_2\text{O}\end{aligned}$$

c) -300mm无水差压值  $\Delta P_{\text{K}}$

$$\begin{aligned}\Delta P_{\text{K}} &= \Delta P_{\text{H}} + \Delta P_{\text{K}}-H \\ &= 115.6 + 368.4 \\ &= 484\text{mmH}_2\text{O}\end{aligned}$$

d) 零水位差压值  $\Delta P^0$

$$\begin{aligned}\Delta P^0 &= \Delta P_{\text{H}} + 1/2 \times \Delta P_{\text{K}}-H \\ &= 115.6 + 0.5 \times 368.4 \\ &= 299.8\text{mmH}_2\text{O}\end{aligned}$$

e) I  $\Delta P_{\text{H}} = \Delta P_{\text{H}} / \Delta P_{\text{M}} \times 16 + 4$

$$\begin{aligned}&= 115.6 / 600 \times 16 + 4 \\ &= 7.08\text{mA}\end{aligned}$$

f) I  $\Delta P_{\text{K}} = \Delta P_{\text{K}} / \Delta P_{\text{M}} \times 16 + 4$

$$\begin{aligned}&= 484 / 600 \times 16 + 4 \\ &= 16.91\text{mA}\end{aligned}$$

(4)、列水位表校验表:

$$H_{\text{Smm}} \quad +300 \quad 0 \quad -300$$

$$\Delta P_{\text{SmmH}_2\text{O}} \quad 115.6 \quad 299.8 \quad 484$$

$$I \Delta P \quad \text{mA} \quad 7.08 \quad 11.99 \quad 16.91$$

#### 4 QSB 全程水位表与水位记录表系统误差比较

1)、水位记录表系统误差  $\delta_{\text{h}}$  记录表总

$$\delta_{\text{h}} \text{记录表总} = \pm \sqrt{(\delta^2 \Delta P \text{差压变} + \delta^2 \Delta P \text{压力变} + \delta^2 h \text{记} + \delta^2 \text{容器})}$$

$$= \pm \sqrt{(0.2^2\% + 0.2^2\% + 0.5^2\% + 31.5^2\%)} = \pm 31.5\%$$

2)、QSB 全程水位表系统误差  $\delta_{\text{hQSB}} \text{总}$

$$\delta_{\text{hQSB}} \text{总} = \pm \sqrt{(\delta^2 \Delta P \text{差压变} + \delta^2 \Delta P \text{压力变} + \delta^2_{\text{QSB}} + \delta^2 \text{容器})}$$

$$= \pm \sqrt{(0.22^2\% + 0.2^2\% + 0.2^2\% + 1^2\%)}$$

$$= \pm 1.06\%$$

3)、QSB表与记录表精度比(系统误差比)

$$K = \delta_{\text{h}} \text{记录表总} / \delta_{\text{hQSB}} \text{总}$$

$$= 31.5\% / 1.06\%$$

$$= 29.7 \text{倍} \approx 30 \text{倍}$$

结论: QSB全程水位表系统精度比常规水位表提高了30倍。

#### 5 QSB全程水位表使用效果

1)、启炉、停炉水位表仍能正常工作,即能准确显示汽包水位真实值。

2)、额定参数条件下运行稳定,准确。

- 3)、各水位表间差值大大缩小。
- 4)、水位波动明显减小。
- 5)、差压变送器校验数据实现了标准比。
- 6)、差压变送器正压管接正、负压管接负，管路安装恢复正常。
- 7)、适用于滑参数运行。
- 8)、免维护。
- 9)、减少了热工、锅炉专业的维护、检修资金。

## 6 结束语

全程水位平衡容器消除了热套容器与单室容器存在的各种问题，有效地提高了汽包水位表的精确度，缓解了水位过高或急剧波动引起蒸品质恶化和带水，造成受热面结垢的程度，大大提高了锅炉运行的安全性。减少了启停炉次数，为我厂的经济运行提供了有力的保障。

## 7 参考资料

- [1] 沈阳东电北拓测控技术有限公司文件MC01040129（研究报告）

文章作者： 刘瑞 刘恩赫 张士侠

发表时间： 2009-04-09 00:00:00

[\[关闭窗口\]](#) [\[打印文章\]](#) [\[回到顶端\]](#)