

天津翔悦

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

汽包两侧水位偏差治理消除

山东日照发电厂生技部(276826) 辛以波 牟春华 林存增

【摘要】 文章对日照发电厂汽包炉的水位测量原理进行了细致的分析,从理论和实践两方面解释了汽包炉两侧存在水位偏差的原因,针对原因采取了有效的消除措施,对同类型锅炉解决此类问题有借鉴意义。

【关键词】 汽包 水位 偏差 消除

1 设备概况

日照电厂一期工程2×350MW机组采用FOSTER WHEELER公司设计的FWESA1189.2/17.14型锅炉,是亚临界、一次中间再热、自然循环汽包锅炉;锅炉采用平衡通风负压燃烧方式,单炉膛, π 型布置,水冷壁采用膜式结构;锅炉为全悬吊钢架结构,露天布置。

锅炉给水经过给水总管从单侧进入汽包后,分成两支相同尺寸的配水管,即左侧配水管和右侧配水管,按照相同的方式,分别在左侧配水管和右侧配水管上沿轴向方向、以不等间距布置1列共151个流量分配孔,其中任一侧配水管直径 $D=0.1524\text{m}$,长度 $L=17.71\text{m}$,任一个分配孔直径 $d=0.0175\text{m}$,在两个配水管上共布置302个分配孔以平衡沿汽包长度方向上的流量分配。

2 汽包配水管改造前的情况

日照电厂锅炉蒸发量为1189.36t/h,汽包长度为19.606米,设计工作压力为19.66MPa,汽包内部布置了不同类型、数目繁多的汽水分离装置;两侧配有双色水位计和差压式水位计,前者用于表盘监视,后者用于保护和调节系统。随着锅炉容量的增加,1)汽包长度和容积增大;2)炉内热负荷分布不均的程度增加,烟气参数场偏置趋于恶化,从而导致汽包内部的汽水状态的分布也越来越不均匀,这给水位的测量带来了新的难题。日照电厂350MW机组#1锅炉,1999年8月19日14时14分,机组325MW负荷运行,汽包南侧三个差压式水位计指示为-5mm左右,北侧二个差压式水位计指示达到200mm以上,达到了汽包水位高于+203mm则保护动作的条件,锅炉MFT。可见,汽包水位偏差问题已经成为影响机组安全运行的重要问题之一,如果不能正确解决将严重制约锅炉的安全运行。

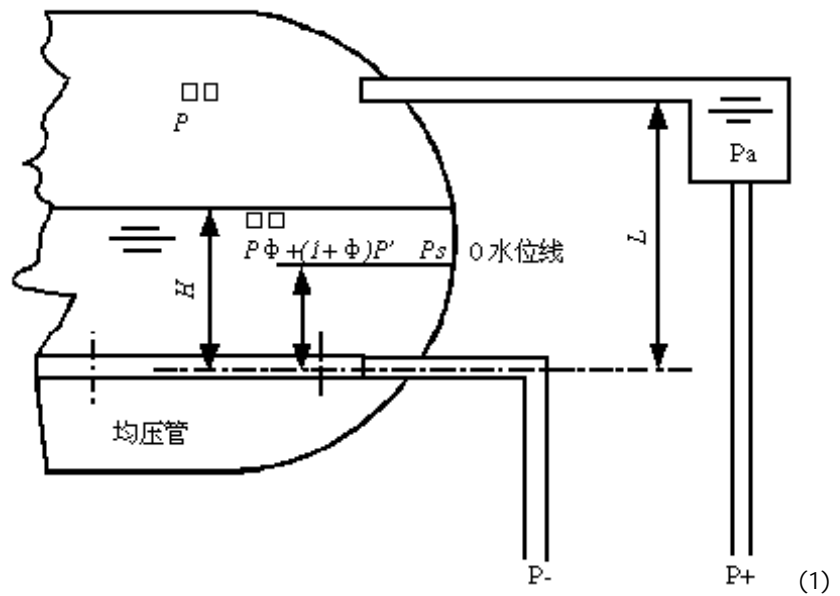
3 水位测量装置的改进

3.1 汽包两侧水位偏差的成因分析

3.1.1 差压式水位计的测量原理

差压式水位计的测量的基本原理见图1,不考虑动态特性时,根据静力学原理,并引入汽包内水中的

截面含汽率，可以写出：



$$P_- = \rho'_s (1 - \phi) g H + \rho'' \phi g H + \rho'' g (L - H) \quad (1)$$

(2)

$$\Delta P = P_+ - P_- \quad (3)$$

$$h = H - H_0 \quad (4)$$

由(1)，(2)，(3)，(4)可得汽包水位读数和差压转换的基本公式：

$$h = \frac{L(\rho_a - \rho'')g - \Delta P}{(1 - \phi)(\rho'_s - \rho'')g} - H_0 \quad (5)$$

式中：

- 汽包水位读数，m
- 平衡容器的水位高度，m
- 平衡容器水的密度， kg/m^3
- 汽包中水和饱和蒸汽的密度， kg/m^3
- 测量压差，Pa
- 汽包水内的截面含汽率，%
- 汽包水侧接点距汽包零位的垂直距离，m。

根据有关文献的截面含汽率的计算方法：

$$\phi = 25.30 \left(\frac{D}{F} \right)^{0.8} (\Delta \rho)^{-0.72} (\rho'')^{-0.68} \quad (6)$$

式中：

- 为饱和水和饱和汽的密度差， kg/m^3
- 蒸汽负荷，t/h

—蒸发面面积, m^2

—汽包内单位面积上的产汽量, $t/(m^2 \cdot h)$

3.1.2 水中含汽对汽包水位测量的影响

目前的测量系统—无截面含汽率修正时的水位测量。

目前的水位测量系统, 假定汽包内水和汽的分界明显, 均为饱和状态, 则 $\phi = 0$, 且不考虑汽包内水的含汽率, 即认为 $\rho' = \rho_s$, 代入(5)式, 得到这种测量系统水位读数和差压转换的公式:

$$h' = \frac{L(\rho'_a - \rho'')g - \Delta P}{(\rho'_s - \rho'')} - H_0 \quad (7)$$

式中:

—不考虑汽包内水的含汽率时的测量水位, m

—为饱和水密度, kg/m^3

结合(5) (7)两式可得到, 在汽包内同一汽水工况下, 无截面含汽率修正时的水位 h' 和有截面含汽率修正时的水位 h 的关系如下:

$$h = \frac{h' + \phi H_0}{1 - \phi} \quad (8)$$

3.1.3 汽包内的实际汽水状态

汽包在很高的工作压力下, 实际情况是水中带汽、汽中带水, 汽水界面模糊, 因此, 采用截面含汽率修正的水位更为符合实际情况, 下文称之为“真实水位”。

由于汽包容积巨大, 炉膛内热负荷分布不均, 汽包内不同区域水温不同, 一些区域的水处于欠饱和状态, 另一些区域则可能处于饱和状态, 且有蒸汽逸出(分离器分离下来的水中含汽), 产汽量也不可能均匀, 即截面含汽率 ϕ 在汽包内的不同位置也是不同的。

3.1.4 含汽率对汽包水位测量的影响

当汽包的“真实水位”(采用截面含汽率修正的水位)为0时, 即 $h = 0$, 代入(8), 得到目前的测量系统(不采用截面含汽率修正)显示的水位 h' 为:

$$h' = -\phi H_0 \quad (9)$$

由(9)式可看出, 目前的测量系统测得的水位和汽包的“真实水位”有一定的偏离, 偏离的大小决定于水位测量系统的结构参数 H_0 和汽包内的截面含汽率 ϕ 。

(6)式代入(9)式而得到:

$$h' = -25.3 \left(\frac{D}{F} \right)^{0.8} (\rho' - \rho'')^{-0.72} \rho''^{-0.68} H_0 \quad (10)$$

汽包的“真实水位”为零时, 对于电厂中普遍采用的测量系统, 其水位显示值与汽包内单位面积上的产汽率的关系由(10)式给出。

3.1.5 汽包内水温分布对汽包水位测量的影响

汽包内的水温处于欠饱和状态时, 测量系统把欠饱和的水当作饱和水处理时, 测得的水位为 h' ; 按欠饱和水计算得到的水位为 h , 则 h' 和 h 有如下关系:

$$\frac{h''+H_0}{h+H_0} = \frac{\rho'_s - \rho''}{\rho' - \rho''} \quad (11)$$

当h=0时，(11)变成：

$$h'' = \frac{\rho'_s - \rho'}{\rho' - \rho''} H_0 \quad (12)$$

3.1.6 偏差形成原因综述

根据以上分析，由于目前汽包水位测量系统没有引入含汽率和汽包水温的修正，汽包两侧的水位测量偏差由含汽率和汽包水温两个因素迭加形成。那么造成两侧含汽率和汽包水温偏差这么大的原因有什么呢？通过分析，我们认为重点是由于汽包单侧进水造成的。因此改造的重点一是从汽包进水结构上进行改造使给水沿整个汽包分配均匀，二是对水位测量管路进行改造使两侧取样温度尽量一致，三是从热工控制逻辑中做工作弥补由于两侧偏差大对水位自动调节和保护的不利影响。

3.2 采取的改进措施

3.2.1 位测量均压管的安装

由上面的分析可以看出，水位计的水侧取压管伸入汽包内的位置不同，其附近局部区域产汽率和汽包水温存在着差异，由此会引起了汽包两侧的水位偏差。为此，对汽包水位的水侧传压管进行如下改造：将伸入汽包内的水侧传压管加长，使之跨越整个汽包长度，传压管上分布十个小孔，用于均衡汽包长度方向上液体的静压力，从而可以减轻汽包两侧的水位偏差，从其功能上讲，这种传压管可称为均压管。均压管按照下列原则改造：

- (1) 均压管的数量等于汽包水位计的水侧接点数目，为2根。
- (2) 按表1选用均压管和均压孔的尺寸。
- (3) 均压管的长度从一侧水位计的水侧接点开始，一直延伸到汽包另一侧封头的中心线以内25.4mm。
- (4) 均压管上布置十个均压孔，位于汽包封头中心的位置各设一个均压孔；另外的8个均压孔，沿均压管均匀分布，或者在下降管之间的距离上均匀分布，设计时遵守以下原则：
 - A) 尽可能让10个均压孔沿均压管均匀分布；
 - B) 如果某些均压孔正好位于下降管附近，应对其作调整，让部分均压孔在下降管之间均匀分布；
 - C) 9个均压孔的开孔方向应位于均压管底部，另一个均压孔布置在均压管的顶部，作为排汽孔。
- (5) 均压管在汽包内的标高应低于水位计在汽包上的水侧接点的标高。

表1 均压管和均压孔的设计

汽包长度	均压管尺寸	均压孔个数	均压孔尺寸
19.606m	ID 38×10mm	10mm	8mm

安装均压管后，汽包两侧水位偏差有明显降低，从原来的200—210mm降低到171mm，但仍没有达到令人满意的效果。

3.2.2 汽包配水管的改造

如前文所述，电站锅炉的汽包配水管应保证给水沿汽包长度均匀分配。日照发电厂的汽包单侧进水，这种设计布置简单，减少了汽包上的开孔数量，配水管上采用变节距分配孔用于平衡汽包长度方向

上的流量分配，但由于设计上的欠合理，分配孔的布置不能保证给水沿汽包长度方向均匀分流，从而导致汽包两侧水温和沸腾状态的差异，这是引起两侧水位偏差的原因之一，锅炉汽包单侧进水，给水管进入汽包后分成两支相同的配水管。原设计采用变节距布置分配孔，试图平衡汽包两侧的流量分配，但并没有达到此目的，汽包两侧单位长度上的进水量是不平衡的，这会导致两侧水温和沸腾状态的差异，从而引起水位偏差，为此，通过改进配水管的设计，对分配孔进行重新配置，达到均衡两侧流量分配的目的，使两侧的水位问题有进一步的改观。考虑现场施工的工作量，汽包配水管的改造采用封堵的方法，即封堵部分不合理的配水孔：汽包内有两根配水管，每根配水管沿周向有1排孔，总计302个孔。从配水管的末端(北侧)开始计数，每根配水管上封堵第2排、第6排、第11排、第16排、第21排、第27排、第33排、第39排、第46排、第53排、第60排孔，两根配水管共封堵22个孔，采用封堵的方法现场施工工作量极小，但离均匀配水有一定的偏差，但比原设计更为接近均匀分流的分配孔布置，改造后的配水管的分配特性应该好于原设计。通过上述改造后，汽包两侧水位偏差有明显降低，从原来的171mm降低到85mm，取得了令人满意的效果。

3.2.3 热工控制逻辑的修改

日照厂汽包配备2个就地水位指示计用于摄像机远传，和6个差压水位变送器用于DCS控制。这6个变送器分布于汽包两侧，每侧3个；在功能分布上有3个变送器用于汽包水位指示和调节，另外3个用于汽包水位保护；用于调节的3个变送器分别布置于汽包两侧，用于汽包保护的3个变送器也分别布置于汽包两侧，并且没有重叠，这是考虑到两侧可能有偏差而设计的。但实际应用中，DCS有偏差剔除功能，由于汽包两侧偏差很大，总会在用于调节或保护的3个变送器中有一个与另外两个偏差很大而被剔除，被剔除的这一个与另外两个必定不在同一侧。这样实际上，用于调节的水位变送器在同一侧，而用于保护的水位变送器在另一侧，被调节水位值与保护值偏差很大，没有达到原设计思想。

为此进行了热工逻辑修改：（1）将用于调节的3个变送器的中间值与用于保护的3个变送器的中间值再取平均值，将这个平均值用于汽包水位调节；（2）将用于调节的3个变送器的中间值也用于汽包水位保护，与原水位保护并用，任何一侧水位过高或过低都会触发MFT，避免了拒保护的可能。

4 改造后的效果及经济效益分析

日照电厂两台锅炉按照上述方案进行了改造，主要采用了水位测量装置改进、汽包配水管改造和热工逻辑修改等综合治理措施。机组满负荷运行时，成功地将汽包两侧的水位偏差从原来的200~210mm降低到目前的85mm左右，解决了锅炉安全生产中的一项难题，消除了影响安全运行的隐患，获得了较好的经济效益，避免了由于汽包水位保护动作引起的锅炉MFT。

文章作者：辛以波

发表时间：2005-02-01 00:00:00

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