

可见水位与真实水位之区别

龚三省 (海军工程学院)

〔摘要〕 本文指出锅炉运行时水位表中指示的可见水位与汽筒内的真实水位并不相同, 其差别取决于容水空间平均含汽率 φ_0 , 而 φ_0 取决于锅炉工作压力和蒸发平面的负荷(D/F)。

关键词 可见水位 真实水位 含汽率 水位指示器

1 可见水位与真实水位的关系

锅炉运行时依靠水位表指示的水位来衡量工作过程中的质量平衡问题, 但是水位表中指示的可见水位与汽筒中真实水位是不同的, 后者始终高于前者, 压力愈低、负荷愈高的锅炉尤其如此。

设 h ——水位表中可见水位高度, 从水位表下支管的中心线算起, mm,

h' ——汽筒中真实水位的高度, 也是从水位表下支管的中心线算起, mm,

γ' 、 γ'' ——锅炉工作压力饱和水和汽的比重, kg/m³,

φ_0 ——汽筒中的水位下的平均含汽率。

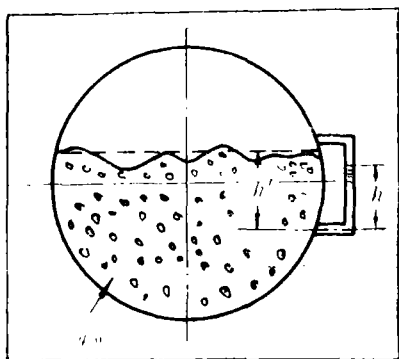


图1 可见水位与真实水位的关系

从图1可见, 水位表系一联通器, 其两边所受压力的平衡公式为

$$\begin{aligned} (h' - h)\gamma'' + h\gamma' &= h(1 - \varphi_0)\gamma' + h'\varphi_0\gamma'' \\ \text{即 } h(\gamma' - \gamma'') &= h'(1 - \varphi_0)(\gamma' - \gamma'') \\ h' &= h/(1 - \varphi_0) \end{aligned} \quad (1)$$

所以两者之差主要取决于水位下的平均含汽率 φ_0 。

2 水位下平均含汽率 φ_0 的确定

根据文献〔1〕整理的平均含汽率 φ_0 , 可用下式表示

$$\varphi_0 = 0.26K^{0.8}[(\gamma' - \gamma'')/\gamma'']^{0.28} \quad (2)$$

式中 K ——蒸发平面的无因次负荷值, 由文献〔2〕可知

$$K = \frac{\omega_0'' \sqrt{\gamma''}}{\sqrt{\sigma g^2 (\gamma' - \gamma'')}} \quad (3)$$

式中 ω_0'' ——蒸发平面蒸汽逸出平均速度, 即 $\omega_0'' = D/3600 F \gamma''$ m/s (4)

这里, D 为锅炉产汽量, kg/h, F 为蒸发平面面积, m², 有水下多孔板时按水下多孔板面积算; σ 为锅炉压力下水的表面张力, kg/m, 可用下式表示

$$\sigma = 71 \times 10^{-4} [(\gamma' - \gamma'')/1000]^4 \quad (5)$$

g 为重力加速度, m/s²。

由式(4)代入式(3)得

$$K = \frac{D}{F} \cdot \frac{1}{3600 \sqrt{\gamma''} \sqrt[4]{\sigma g^2 (\gamma' - \gamma'')}} =$$

$$\frac{D}{F} \cdot \frac{1}{3.6 \sqrt{g} \sqrt{\gamma''} \cdot \frac{1}{10} \sqrt[4]{71 (\gamma' - \gamma'')^5}}$$

$$= \frac{D}{F} \cdot \frac{1}{3.272 \sqrt{\gamma''} \sqrt[4]{(\gamma' - \gamma'')^5}}$$

设 $A = \frac{1}{3.272 \sqrt{\gamma''} \sqrt[4]{(\gamma' - \gamma'')^5}}$

$$B = \frac{\gamma' - \gamma''}{\gamma''}$$

这样可以将上式写成

$$K^{0.8} = (D/F)^{0.8} A^{0.8}$$

而 $\varphi_0 = 0.26(A)^{0.8}(B)^{0.28}(D/F)^{0.8}$

又设 $C = 0.26A^{0.8}B^{0.28}$

可得 $\varphi_0 = C \cdot (D/F)^{0.8}$ (6)

可见 φ_0 系蒸发平面负荷 (D/F) 和锅炉工作压力 P 的函数，系数 C 是压力 P 的函数，因而作成 $C \sim f(P)$ 和 $(D/F)^{0.8} = \phi(D/F)$ 两根曲线（见图2和图3），只要已知锅炉工作压力和蒸发平面的负荷就可定出水位下的平均含汽率 φ_0 。

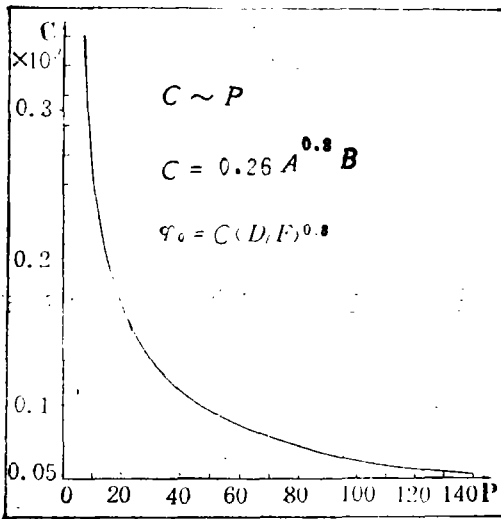


图 2 C~P的曲线

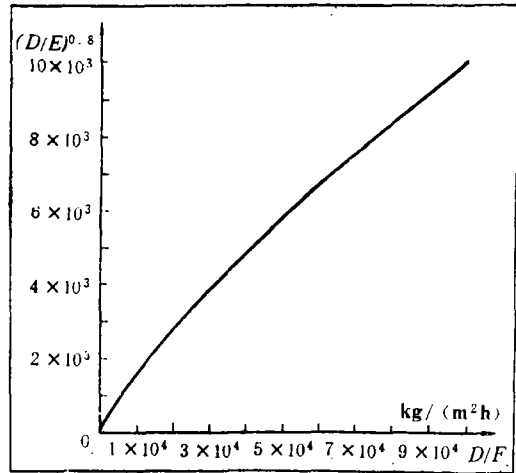


图 3 D/F ~ (D/F)^0.8 曲线

3 应用实例

一些论及锅炉汽水自然分离的资料把分离高度定为 $H \geq 0.5m$ ，在正常锅水盐度下才能保证湿度 $y \leq 1\%$ 。当然该数据是按可见高度来计算的，但实际高度往往比可见高度要低。

下面按目前已有的锅炉作实例计算。

$$P = 2.45 \text{ MPa}, D = 46 \text{ t/h}$$

$$F = 0.7 \times 2.38 = 1.67 \text{ m}^2$$

运行人员认为高负荷时怕失水发生危险，保持高水位 ($h = 250 \text{ mm}$)，见图4。

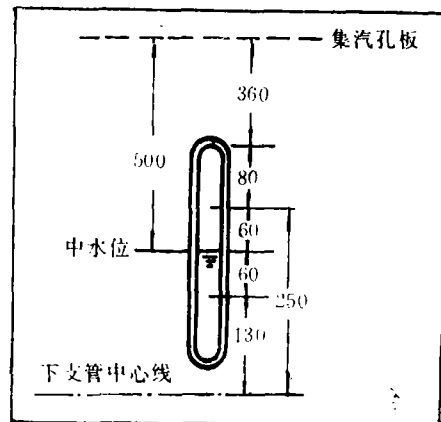


图 4 某锅炉真实水位位置

$(D/F)^{0.8} = [(46 \times 10^3) / 1.67]^{0.8} = 3.565 \times 10^3$ 查图2曲线,

得 $C = 0.148 \times 10^{-3}$

故 $\varphi_0 = C (D/F)^{0.8} = 0.148 \times 3.565 = 0.527$

所以真实水位高度 $h' = h / (1 - \varphi_0) = 250 / 0.473 = 529 \text{ mm}$, 比可见水位高出 279 mm, 离集汽多孔板才 137 mm, 因而实测所得饱和蒸汽湿度达到 $y = (2 - 5) \%$ 。

后又将锅炉压力升高到 2.94 MPa, 查图 2 曲线得: $C = 0.131 \times 10^{-3}$, $\varphi_0 = C (D/F)^{0.8} = 0.131 \times 3.565 = 0.467$, $h' = h / (1 - \varphi_0) = 190 / 0.533 = 356 \text{ mm}$ 。这里运行中将水位保持在中水位, 故 $h = 190 \text{ mm}$, h' 比水位表最高指示位置还高出 26 mm, 离集汽多孔板有 334 mm, 实测饱和蒸汽湿度 $y = 0.053 \%$, 可见保持中水位和升压对汽水分离明显有利。

为了间接衡量汽水自然分离的有效性应按真实水位离集汽设备的高度 H' 为准, 而

不宜选用可见水位离集汽设备的高度 H 为准, 其数值可取 250~300 mm。

4 结 论

1 水位表所指示的可见水位与汽筒内的真实水位是不同的, 尤其对低压力高热负荷的锅炉两者差别很大。

2 以可见水位离集汽设备的高度作为分离高度, 这数值不确切, 尤其对低压力高热负荷的锅炉容易造成很大误差。所以改用真实的分离高度 $H' \geq 250 \sim 300 \text{ mm}$ 较为适宜。

参 考 文 献

- 1 Майзель С С. Определение влажности насыщенного пара в судовых паровых котлах. Судостроение, 1974(12)
- 2 龚三省. 饱和蒸汽温度的理论计算. 热能动力工程, 1989(3): 49~51

The Difference between Visible Water Level and True Water Level

Gong Sanxing

(Naval Engineering Academy)

Abstract

This paper points out that there exists a difference between the visible water level indicated on the glass gauge and the true water level in the steam drum of an operating boiler. The said difference depends on the water space mean steam content φ_0 which is, in turn, determined by boiler operating pressure and evaporation surface load (D/F) .

Key words: visible water level, true water level, mean steam content below a water level, level indicator