



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102494323 B

(45) 授权公告日 2014. 04. 23

(21) 申请号 201110428271. 3

KR 10-2010-0002688 A, 2010. 01. 07,

(22) 申请日 2011. 12. 19

审查员 解茜

(73) 专利权人 上海望特能源科技有限公司
地址 200235 上海市徐汇区钦州路 100 号 1 号楼 608 室

(72) 发明人 王孟浩 王衡

(74) 专利代理机构 上海交大专利事务所 31201
代理人 王锡麟 王毓理

(51) Int. Cl.
F22B 35/00 (2006. 01)

(56) 对比文件
CN 101975390 A, 2011. 02. 16,
CN 101832543 A, 2010. 09. 15,
CN 1877193 A, 2006. 12. 13,
CN 101216164 A, 2008. 07. 09,

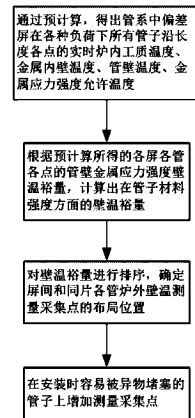
权利要求书4页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

电站锅炉高温管系炉外壁温测量采集点的布局方法

(57) 摘要

一种电站锅炉技术领域的电站锅炉高温管系炉外壁温测量采集点的布局方法, 步骤如下: 预先计算出在各种负荷下各管组各屏各管各点的炉内工质温度、管子金属内壁温度、管壁温度、金属应力强度允许温度值; 根据各屏各管各点的壁温与允许温度值, 计算出强度壁温裕量; 对壁温裕量进行排序, 确定屏间和同片各管炉外壁温测量采集点的布局位置; 在容易被安装时异物堵塞的管子上增加测量采集点。本发明在线监测系统实时检测和计算出所有管子中炉内壁温裕量最小, 即最具超温爆管危险性的管子, 实现了电站锅炉过热器和再热器管系的安全、经济运行, 并为锅炉的状态检修提供了直接的数据支持。



1. 一种电站锅炉高温管系炉外壁温测量采集点的布局方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤 1、通过预计算,得出管系中偏差屏在各种负荷下所有管子沿长度各点的实时炉内工质温度、金属内壁温度、管壁温度、金属应力强度允许温度值,具体包括以下步骤:

a、计算管段的对流热量平均值 Q_d :

$$Q_d = \xi_d Kh \alpha_d H_d (\theta - t_3) \quad (1)$$

式中: ξ_d 为对流传热偏差系数, Kh 为高度热负荷偏差系数, α_d 为对流放热系数, H_d 为对流受热面积, θ 为烟气温度, t_3 为管子积灰表面温度;

b、计算屏间辐射热量平均值 Q_p

$$Q_p = \xi_p Kh \sigma_0 a_{xi} a_p H_p [(\theta_p + 273)^4 - (t_3 + 273)^4] \quad (2)$$

式中: ξ_p 为屏间辐射偏差系数, Kh 为高度热负荷偏差系数, σ_0 为波尔茨曼辐射常数, a_{xi} 为系统辐射黑度, a_p 为屏间烟室黑度, H_p 为屏间辐射面积, θ_p 为屏间烟气温度; t_3 为管子积灰表面温度;

c、计算屏前辐射热量平均值 Q_q

$$Q_q = \xi_q Kh \sigma_0 a_{xi} a_q H_q [(\theta_q + 273)^4 - (t_3 + 273)^4] \quad (3)$$

式中: ξ_q 为屏前辐射偏差系数, Kh 为高度热负荷偏差系数, σ_0 为波尔茨曼辐射常数, a_{xi} 为系统辐射黑度, a_q 为屏前烟室黑度, H_q 为屏前辐射面积, θ_q 为屏前烟气温度, t_3 为管子积灰表面温度;

d、计算屏前前烟室辐射热量平均值 Q_{qq}

屏前前烟室辐射热量平均值为:

$$Q_{qq} = \xi_{qq} Kh \sigma_0 a_{xi} a_{qq} (1 - x_{gp}) (1 - a_q) H_{qq} [(\theta_{qq} + 273)^4 - (t_3 + 273)^4] \quad (4)$$

式中: ξ_{qq} 为屏前前烟室辐射偏差系数, Kh 为高度热负荷偏差系数, σ_0 为波尔茨曼辐射常数, a_{xi} 为系统辐射黑度, a_{qq} 为屏前前烟室黑度, x_{gp} 为屏前烟室进口管排的角度系数, a_q 为屏前烟室黑度, H_{qq} 为屏前前烟室辐射面积, θ_{qq} 为屏前前烟室的烟温, t_3 为管子积灰表面温度;

e、计算屏中辐射热量平均值 Q_z

$$Q_z = \xi_z Kh \sigma_0 a_{xi} a_z H_z [(\theta_z + 273)^4 - (t_3 + 273)^4] \quad (5)$$

式中: ξ_z 为屏中辐射偏差系数, Kh 为高度热负荷偏差系数, σ_0 为波尔茨曼辐射常数, a_{xi} 为系统辐射黑度, a_z 为屏中烟室黑度, H_z 为屏中辐射面积, θ_z 为屏中烟气温度, t_3 为管子积灰表面温度;

f、计算屏后辐射热量平均值 Q_h

$$Q_h = \xi_h Kh \sigma_0 a_{xi} a_h H_h [(\theta_h + 273)^4 - (t_3 + 273)^4] \quad (6)$$

式中: ξ_h 为屏后辐射偏差系数, Kh 为高度热负荷偏差系数, σ_0 为波尔茨曼辐射常数, a_{xi} 为系统辐射黑度, a_h 为屏后烟室黑度, H_h 为屏后辐射面积, θ_h 为屏后烟气温度, t_3 为管子积灰表面温度;

g、计算屏下辐射热量平均值 Q_x

$$Q_x = \xi_x Kh \sigma_0 a_{xi} a_x H_x [(\theta_x + 273)^4 - (t_3 + 273)^4] \quad (7)$$

式中: ξ_x 为屏下辐射偏差系数, Kh 为高度热负荷偏差系数, σ_0 为波尔茨曼辐射常数, a_{xi} 为系统辐射黑度, a_x 为屏下烟室黑度, H_x 为屏下辐射面积, θ_x 为屏下烟气温度, t_3 为管子积灰表面温度;

子积灰表面温度；

h、计算管段的焓增 Δia

$$\Delta ia = Kr^y (Q_d + Q_p + Q_q + Q_{qq} + Q_z + Q_h + Q_x) / ga \quad (8)$$

式中： Kr^y 为预计算所设定的宽度吸热偏差系数， Q_d 为管段对流热量平均值， Q_p 为管段屏间辐射热量平均值， Q_q 为管段屏前辐射热量平均值， Q_{qq} 为管段前前辐射热量平均值， Q_z 为管段屏中辐射热量平均值， Q_h 为管段屏后辐射热量平均值， Q_x 为管段屏下辐射热量平均值， ga 为计算管段的蒸汽流量；

i、计算管段的蒸汽焓 i

$$i = ij + \Sigma \Delta ii \quad (9)$$

式中： ij 为计算管的进口蒸汽焓，取用设计值， $\Sigma \Delta ii$ 为从管子进口到计算点所有管段的蒸汽焓增计算值之和；

j、计算管段的工质温度 t

根据蒸汽的焓温表，由 i 得出 t ；

k、计算管段外壁沿周界最大热负荷 qm

$$qm = \eta Q_d / Hd + \phi (Q_p / H_p + Q_q / H_q + Q_{qq} / H_{qq} + Q_z / H_z + Q_h / H_h + Q_x / H_x) \quad (10)$$

式中： η 为对流热负荷增大系数， Q_d 为对流热量平均值， H_d 为对流受热面积， ϕ 为辐射热负荷曝光系数， Q_p 为屏间辐射热量平均值， H_p 为屏间辐射面积， Q_q 为屏前辐射热量平均值， H_q 为屏前辐射面积， Q_{qq} 为屏前前烟室辐射热量平均值， H_{qq} 为屏前前烟室辐射面积， Q_z 为屏中辐射热量平均值， H_z 为屏中辐射面积， Q_h 为屏后辐射热量平均值， H_h 为屏后辐射面积， Q_x 为屏下辐射热量平均值， H_x 为屏下辐射面积；

l、计算管段的金属内壁温度 tnb

$$tnb = t + \beta qm \left(\frac{\mu n}{\alpha 2} \right) \quad (11)$$

式中： t 为计算管段工质温度， β 为管子外径与内径之比， μn 为内壁热量均流系数， $\alpha 2$ 为内壁与蒸汽之间的放热系数， qm 为外壁沿周界最大热负荷；

m、计算管段的管壁温度，即热阻均分点温度 tb

$$tb = t + \beta qm \left[\frac{\mu n}{\alpha 2} + \frac{\delta \mu pj}{\lambda (1 + \beta)} \right] \quad (12)$$

式中： t 为计算管段工质温度， β 为管子外径与内径之比， qm 为计算管段的外壁沿周界最大热负荷， μn 为内壁热量均流系数， μpj 为沿管壁厚度的平均热量均流系数， $\alpha 2$ 为内壁与蒸汽之间的放热系数；

步骤 2、根据预计算所得的各屏各管各点的管壁温度和金属应力强度允许温度值，计算出在强度方面的壁温裕量，即计算管子管壁金属应力强度壁温裕量，包括以下步骤：

a、计算监测点管子的管壁金属应力强度壁温裕量 δt

$$\delta t = tyx - tb$$

式中： tyx 为计算点管子金属的允许温度； tb 为管壁温度；

步骤 3、对壁温裕量进行排序，确定屏间和同片各管炉外壁温测量采集点的布局位置，即将步骤 2 中壁温裕量从小到大对前 100 位的部位的屏号、管号、监测点号进行排序，取相对最小的壁温裕量部位确定屏间和同片各管炉外壁温测量采集点的布局位置；然后进行以

下操作：

①各屏屏间的测量采集点部位除了按预计算所得的同屏各管中壁温裕量相对最小的管子出口外,在若干代表屏的外圈管出口布置测量采集点；

②同屏各管的测量采集点布置在沿烟道宽度吸热量相对最大的管屏；

③对切向燃烧 II 型锅炉,当火球逆时针旋转时在右侧 0.05 ~ 0.2B 位置,顺时针旋转时在左侧 0.05 ~ 0.2B 位置;对切向燃烧的塔式锅炉,在两侧的 0.05 ~ 0.3B 位置的两片屏上布置测量采集点,其中 B 是锅炉宽度；

④对于前后墙燃烧方式锅炉,则在沿锅炉宽度的中间部位距离侧墙 0.4 ~ 0.6B 位置的一片屏上布置主要测量采集点,其中 B 是锅炉宽度；

⑤除了上述主要的同屏各管的测量采集点布置方式外,对切向燃烧 II 型锅炉和前后墙燃烧方式锅炉都在吸热量较高的管屏上布置测量采集点作为补充；

步骤 4、在容易被安装时异物堵塞的管子上增加测量采集点。

2. 根据权利要求 1 所述的电站锅炉高温管系炉外壁温测量采集点的布局方法,其特征是,步骤 1 所述的预计算,是在锅炉设计阶段,预先计算沿锅炉宽度吸热量最大的偏差屏中各段管子管壁金属应力强度壁温裕量,用以找出管屏中容易超温爆管的最危险的管子。

3. 根据权利要求 1 所述的电站锅炉高温管系炉外壁温测量采集点的布局方法,其特征是,步骤 a 中所述的对流传热偏差系数,根据计算管段在管屏中所处的位置,由烟气对各排管子的对流传热偏差,计算得到管段的对流传热偏差系数 ξ_d 。

4. 根据权利要求 1 所述的电站锅炉高温管系炉外壁温测量采集点的布局方法,其特征是,步骤 b 中所述的屏间辐射偏差系数,根据计算管段在管屏中所处的中间管,首排管,紧贴一片屏侧面的管子,两边节距不等管子的位置,由屏间烟气对各种类型管子的屏间辐射角系数,计算得到各管段的屏间辐射偏差系数 ξ_p 。

5. 根据权利要求 1 所述的电站锅炉高温管系炉外壁温测量采集点的布局方法,其特征是,步骤 c 中所述的屏前辐射偏差系数,根据计算管段在管屏中垂直于屏前辐射所处的第 1、2、3、...排的位置,由屏前烟气对各排管子的辐射角系数,计算得到各管段的屏前辐射偏差系数 ξ_q 。

6. 根据权利要求 1 所述的电站锅炉高温管系炉外壁温测量采集点的布局方法,其特征是,步骤 d 中所述的屏前前烟室辐射偏差系数,根据计算管屏烟气上游高温管屏屏间烟室的辐射热量透过计算管屏的进口管排和屏前烟室,对计算管段的辐射角系数,计算得到各管段的前前辐射偏差系数 ξ_{qq} 。

7. 根据权利要求 1 所述的电站锅炉高温管系炉外壁温测量采集点的布局方法,其特征是,步骤 e 中所述的屏中辐射偏差系数,根据计算管段在管屏中垂直于屏中辐射所处的第 1、2、3、...排的位置,由屏中烟气对各排管子的辐射角系数,计算得到管段的屏中辐射偏差系数 ξ_z 。

8. 根据权利要求 1 所述的电站锅炉高温管系炉外壁温测量采集点的布局方法,其特征是,步骤 f 中所述的屏后辐射偏差系数,根据计算管段在管屏中垂直于屏后辐射所处的第 1、2、3、...排位置的,由屏后烟气对各排管子的辐射角系数,计算得到管段的屏后辐射偏差系数 ξ_h 。

9. 根据权利要求 1 所述的电站锅炉高温管系炉外壁温测量采集点的布局方法,其特征

是,步骤 g 中所述的屏下辐射偏差系数,根据计算管段在管屏中垂直于屏下辐射所处的第 1、2、3、...排的位置,由屏下烟气对各排管子的辐射角系数,计算得到管段的屏下辐射偏差系数 ξ_x 。

10. 根据权利要求 1 所述的电站锅炉高温管系炉外壁温测量采集点的布局方法,其特征是,获得步骤 1 所述的金属应力强度允许温度值,包括以下步骤:

计算点管子应力强度允许温度 $t_{yx} = f(\sigma_{dt})$

式中: σ_{dt} 为计算点管子的动态应力值。

11. 根据权利要求 1 所述的电站锅炉高温管系炉外壁温测量采集点的布局方法,其特征是,步骤 4 中所述的在容易被安装时异物堵塞的管子,是指:根据管屏受热面的布置和进口集箱的布置方式,确定容易被安装时异物堵塞的管子。

12. 根据权利要求 1 所述的电站锅炉高温管系炉外壁温测量采集点的布局方法,其特征是,步骤 4 中所述的管子,包括:

a、对于自中间部位以三通形式径向引入进口集箱的结构,则在进口集箱引出的所有管子中,正对三通引入导汽管下方的管子是容易被安装异物堵塞的管子;

b、对于自两端轴向引入进口集箱的结构,则在进口集箱中间部位,其中:集箱中纵向流速 = 0,自进口集箱下方引出的管子是容易被安装异物堵塞的管子;

c、对于自一端轴向引入进口集箱的结构,则进口集箱的另一端,其中:集箱中纵向流速 = 0,自进口集箱下方引出的管子是容易被安装异物堵塞的管子。

电站锅炉高温管系炉外壁温测量采集点的布局方法

技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种电站锅炉技术领域的方法,具体是一种电站锅炉高温管系炉外壁温测量采集点的布局方法。

背景技术

[0002] 近年来,我国发电行业高速发展,超临界和超超临界发电机组大量投运,锅炉蒸发量、温度、压力等参数随着提升,金属材料已经用到了接近最高耐温等级,在应力超温方面的裕量越来越小。运行中多项因素都会引起材料强度超温和管内氧化皮的生成过快并脱落堵塞爆管等问题。锅炉爆管事故不但会造成上千万元的直接经济损失,还使管组寿命大幅度缩短。近几年开发的电站锅炉高温管系炉内壁温实时监测系统,其功能可以减小高温管系的温度偏差,延长使用寿命。但监测系统实时计算管子的炉内汽温和壁温,需要有代表性的而且测量准确的炉外壁温测量数据作为前提和依据。如果测量采集点的布局没有涵盖所有温度高及超温裕量小的管子,就不可能检测出具有超温爆管或氧化皮堵塞这些具有潜在危险性的管子,从而影响其功能的实现。然而目前大多数电站锅炉高温管组的炉外壁温测点都没有涵盖所有具有危险性的管子。为此本专利提出一种炉外壁温测量采集点正确布局的方法,旨在充分发挥高温管系炉内壁温实时监测系统的功能,以减小温度偏差和延长高温管屏的使用寿命。

[0003] 经对现有的技术文献检索发现:

[0004] ①专利申请名称:超超临界锅炉受热面壁温监控系统及监控方法,专利申请号:201010183756.6,专利公开号:CN101975390A,该技术自述:本发明涉及超超临界锅炉受热面壁温监控系统及监控方法,目的是可以对锅炉内末级过热器、屏式过热器的受热管子进行全面实时监测,包括热电偶、数据采集系统、监控系统,数据采集系统的输入端与热电偶相连,数据采集系统的输出端与监控系统相连,在锅炉屏式过热器和末级过热器的每一路管路上都设有一热电偶,并按管路在锅炉内沿炉膛宽度方向的实际排列顺序依次与数据采集系统相连。

[0005] 该技术的不足之处是:只提出超超临界锅炉的炉外壁温监控系统及监控方法,用以对锅炉的燃烧工况进行调整优化,没有对炉外壁温测点提出优化的布局方法。更没有从管子炉内管壁温度超温裕量的角度来优化测点的布局,因此不能保证测点布置在壁温最高的管子上;而且该技术没有用预计算来确定管壁温度的超温裕量,因此补充和加装炉外壁温测点的依据不足。

[0006] ②专业刊物名称:中国仪器仪表,2009年第九期,文章名称为:1000MW超超临界塔式锅炉受热面壁温在线监测方法研究,该技术自述:针对一台具体锅炉对原设计测点布置作了增加,增加的测点针对锅炉两侧烟气偏差在比较高的温度状态,加强对该部分金属温度的监视及对管组同屏最外侧管温度的监视。

[0007] 该技术的不足之处是:只涉及1000MW超超临界塔式锅炉一台具体锅炉的水冷壁和过热器再热器炉外壁温测点的补充和加装,并不是对各种锅炉炉型炉外壁温测点提出布

局方法 ;没有从管子炉内管壁温度超温裕量的角度来优化测点的布局。有些锅炉外圈管有短路,因此并不是外圈管温度最高。所以不能保证测点布置在壁温最高的管子上 ;另外没有用预计算来确定管壁温度的超温裕量,因此补充和加装炉外壁温测点的依据不足。

发明内容

[0008] 本发明针对现有技术中存在的不足和缺陷,提出一种电站锅炉高温管系炉外壁温测量采集点的布局方法。本发明可实现锅炉在线监测系统实时检测和计算出所有管子中炉内壁温裕量最小,即最具超温爆管危险性的管子(在材料强度方面)。对防止强度超温具有实际意义。实现了电站锅炉过热器和再热器管系的安全、经济运行,并为锅炉的状态检修提供了直接的数据支持。

[0009] 本发明是通过以下技术方案实现的 :

[0010] 本发明包括以下步骤 :

[0011] 步骤 1、通过预计算,得出管系中偏差屏在各种负荷下所有管子沿长度各点的实时炉内工质温度、金属内壁温度、管壁温度、金属应力强度允许温度值 ;

[0012] 步骤 2、根据预计算所得的各屏各管各点的管壁金属应力强度壁温裕量,计算出在管子材料强度方面的壁温裕量 ;

[0013] 步骤 3、对壁温裕量进行排序,确定屏间和同片各管炉外壁温测量采集点的布局位置 ;

[0014] 步骤 4、在容易被安装时异物堵塞的管子上增加测量采集点。

[0015] 其中 :

[0016] 步骤 1 所述的预计算,就是在锅炉设计阶段,预先计算沿锅炉宽度吸热量最大的偏差屏中各段管子管壁金属应力强度壁温裕量,用以找出管屏中容易超温爆管的最危险的管子。

[0017] 获得步骤 1 中所述的实时工质温度、金属内壁温度、管壁温度,包括以下步骤 :

[0018] a、计算管段的对流热量平均值 Q_d :

[0019] 计算管段的对流热量平均值为 : $Q_d = \xi_d Kh \alpha_d H_d (\theta - t_3)$ (1)

[0020] 式中 : ξ_d 为对流传热偏差系数, Kh 为高度热负荷偏差系数, α_d 为对流放热系数, H_d 为对流受热面积, θ 为烟气温度, t_3 为管子积灰表面温度。

[0021] 根据计算管段在管屏中所处的位置,由烟气对各排管子的对流传热偏差,计算得到管段的对流传热偏差系数 ξ_d 。

[0022] b、计算屏间辐射热量平均值 Q_p

[0023] 屏间辐射热量平均值为 : $Q_p = \xi_p Kh \sigma_0 a_{xi} a_p H_p [(\theta_p + 273)^4 - (t_3 + 273)^4]$ (2)

[0024] 式中 : ξ_p 为屏间辐射偏差系数, Kh 为高度热负荷偏差系数, σ_0 为波尔茨曼辐射常数, a_{xi} 为系统辐射黑度, a_p 为屏间烟室黑度, H_p 为屏间辐射面积, θ_p 为屏间烟气温度 ; t_3 为管子积灰表面温度。

[0025] 根据计算管段在管屏中所处的位置(中间管,首排管,紧贴在一片屏侧面的管子,两边节距不等管子),由屏间烟气对各种类型管子的屏间辐射角系数,计算得到各管段的屏间辐射偏差系数 ξ_p 。

[0026] c、计算屏前辐射热量平均值 Q_q

[0027] 屏前辐射热量平均值为： $Q_q = \xi_q Kh \sigma_0 a_{xi} a_q H_q [(\theta_q + 273)^4 - (t_3 + 273)^4]$ (3)

[0028] 式中： ξ_q 为屏前辐射偏差系数，Kh 为高度热负荷偏差系数， σ_0 为波尔茨曼辐射常数， a_{xi} 为系统辐射黑度， a_q 为屏前烟室黑度， H_q 为屏前辐射面积， θ_q 为屏前烟气温度， t_3 为管子积灰表面温度。

[0029] 根据计算管段在管屏中垂直于屏前辐射所处的位置（第 1、2、3……排），由屏前烟气对各排管子的辐射角系数，计算得到各管段的屏前辐射偏差系数 ξ_q 。

[0030] d、计算屏前前烟室辐射热量平均值 Q_{qq}

[0031] 屏前前辐射热量平均值为：

[0032] $Q_{qq} = \xi_{qq} Kh \sigma_0 a_{xi} a_{qq} (1-xgp) (1-aq) H_{qq} [(\theta_{qq} + 273)^4 - (t_3 + 273)^4]$ (4)

[0033] 式中： ξ_{qq} 为屏前前辐射偏差系数，Kh 为高度热负荷偏差系数， σ_0 为波尔茨曼辐射常数， a_{xi} 为系统辐射黑度， a_{qq} 为屏前前烟室黑度，xgp 为屏前烟室进口管排的角系数， a_q 为屏前烟室黑度， H_{qq} 为屏前前辐射面积， θ_{qq} 为屏前前烟室的烟温， t_3 为管子积灰表面温度。

[0034] 根据计算管屏烟气上游高温管屏屏间烟室的辐射热量透过计算管屏的进口管排和屏前烟室，对计算管段的辐射角系数，计算得到各管段的前前辐射偏差系数 ξ_{qq} 。

[0035] e、计算屏中辐射热量平均值 Q_z

[0036] 屏中辐射热量平均值为： $Q_z = \xi_z Kh \sigma_0 a_{xi} a_z H_z [(\theta_z + 273)^4 - (t_3 + 273)^4]$ (5)

[0037] 式中： ξ_z 为屏中辐射偏差系数，Kh 为高度热负荷偏差系数， σ_0 为波尔茨曼辐射常数， a_{xi} 为系统辐射黑度， a_z 为屏中烟室黑度， H_z 为屏中辐射面积， θ_z 为屏中烟气温度， t_3 为管子积灰表面温度。

[0038] 根据计算管段在管屏中垂直于屏中辐射所处的位置（第 1、2、3……排），由屏中烟气对各排管子的辐射角系数，计算得到管段的屏中辐射偏差系数 ξ_z 。

[0039] f、计算屏后辐射热量平均值 Q_h

[0040] 屏后辐射热量平均值为： $Q_h = \xi_h Kh \sigma_0 a_{xi} a_h H_h [(\theta_h + 273)^4 - (t_3 + 273)^4]$ (6)

[0041] 式中： ξ_h 为屏后辐射偏差系数，Kh 为高度热负荷偏差系数， σ_0 为波尔茨曼辐射常数， a_{xi} 为系统辐射黑度， a_h 为屏后烟室黑度， H_h 为屏后辐射面积， θ_h 为屏后烟气温度， t_3 为管子积灰表面温度。

[0042] 根据计算管段在管屏中垂直于屏后辐射所处的位置（第 1、2、3……排），由屏后烟气对各排管子的辐射角系数，计算得到管段的屏后辐射偏差系数 ξ_h 。

[0043] g、计算屏下辐射热量平均值 Q_x

[0044] 屏下辐射热量平均值为： $Q_x = \xi_x Kh \sigma_0 a_{xi} a_x H_x [(\theta_x + 273)^4 - (t_3 + 273)^4]$ (7)

[0045] 式中： ξ_x 为屏下辐射偏差系数，Kh 为高度热负荷偏差系数， σ_0 为波尔茨曼辐射常数， a_{xi} 为系统辐射黑度， a_x 为屏下烟室黑度， H_x 为屏下辐射面积， θ_x 为屏下烟气温度， t_3 为管子积灰表面温度。

[0046] 根据计算管段在管屏中垂直于屏下辐射所处的位置（第 1、2、3……排），由屏下烟气对各排管子的辐射角系数，计算得到管段的屏下辐射偏差系数 ξ_x 。

[0047] h、计算管段的焓增 Δia

[0048] $\Delta ia = Kr^y (Q_d + Q_p + Q_q + Q_{qq} + Q_z + Q_h + Q_x) / ga$ (8)

[0049] 式中： Kr^y 为预计算所设定的宽度吸热偏差系数， Q_d 为管段对流热量平均值， Q_p 为

管段屏间辐射热量平均值, Q_q 为管段屏前辐射热量平均值, Q_{qq} 为管段前前辐射热量平均值, Q_z 为管段屏中辐射热量平均值, Q_h 为管段屏后辐射热量平均值, Q_x 为管段屏下辐射热量平均值, ga 为计算管段的蒸汽流量。

[0050] i、计算管段的蒸汽焓 i 和工质温度 t

$$[0051] \quad i = i_j + \sum \Delta i_i \quad (9)$$

[0052] 式中: i_j 为计算管的进口蒸汽焓, 取用设计值, $\sum \Delta i_i$ 为从管子进口到计算点所有管段的蒸汽焓增计算值之和。

[0053] j、计算管段的工质温度 t

[0054] 根据蒸汽的焓温表, 由 i 得出 t 。

[0055] k、计算管段外壁沿周界最大热负荷 q_m

$$[0056] \quad q_m = \eta Q_d / Hd + \Phi (Q_p / H_p + Q_q / H_q + Q_{qq} / H_{qq} + Q_z / H_z + Q_h / H_h + Q_x / H_x) \quad (10)$$

[0057] 式中: η 为对流热负荷增大系数; Q_d 为对流热量; H_d 为对流受热面积; Φ 为辐射热负荷曝光系数; Q_p 为屏间辐射热量; H_p 为屏间辐射面积; Q_q 为屏前辐射热量; H_q 为屏前辐射面积; Q_{qq} 为屏前前辐射热量; H_{qq} 为屏前前辐射面积; Q_z 为屏中辐射热量; H_z 为屏中辐射面积; Q_h 为屏后辐射热量; H_h 为屏后辐射面积; Q_x 为屏下辐射热量; H_x 为屏下辐射面积。

[0058] l、计算管段的金属内壁温度 t_{nb}

$$[0059] \quad t_{nb} = t + \beta q_m \left(\frac{\mu_n}{\alpha_2} \right) \quad (11)$$

[0060] 式中: t 为计算管段工质温度, β 为管子外径与内径之比, μ_n 为内壁热量均流系数, α_2 为内壁与蒸汽之间的放热系数, q_m 为外壁沿周界最大热负荷;

[0061] m、计算管段的管壁温度 (热阻均分点温度) t_b

$$[0062] \quad t_b = t + \beta q_m \left[\frac{\mu_n}{\alpha_2} + \frac{\delta \mu_{pj}}{\lambda(1+\beta)} \right] \quad (12)$$

[0063] 式中: t 为计算管段工质温度, β 为管子外径与内径之比, q_m 为计算管段的外壁沿周界最大热负荷, μ_n 为内壁热量均流系数, μ_{pj} 为沿管壁厚度的平均热量均流系数, α_2 为内壁与蒸汽之间的放热系数。

[0064] 获得步骤 1 所述的金属应力强度允许温度值, 包括以下步骤:

[0065] 计算点管子应力强度允许温度 $t_{yx} = f(\sigma dt)$

[0066] 式中: σdt 为计算点管子的动态应力值。

[0067] 步骤 2 中所述的计算出在强度壁温裕量, 是指计算管子管壁金属应力强度壁温裕量, 包括以下步骤:

[0068] a、计算监测点管子的管壁金属应力强度壁温裕量 δt

$$[0069] \quad \delta t = t_{yx} - t_b$$

[0070] 式中: t_{yx} 为计算监测点管子金属的允许温度; t_b 为管壁温度 (管壁热阻均分点温度)。

[0071] 步骤 3 中所述的对壁温裕量进行排序, 是指: 将步骤 2 中壁温裕量从小到大对前 100 位的部位的屏号、管号、监测点号进行排序, 取相对最小的壁温裕量部位确定屏间和同片各管炉外壁温测量采集点的布局位置。

[0072] 步骤 3 中所述的测量采集点的布局位置, 其方法为:

[0073] ①各屏屏间的测量采集点部位除了按预计算所得的同屏各管中壁温裕量相对最小的管子出口外,在若干代表屏的外圈管出口布置测量采集点;

[0074] ②同屏各管的测量采集点布置在沿烟道宽度吸热量相对最大的管屏。

[0075] ③对切向燃烧II型锅炉,当火球逆时针旋转时在右侧 $0.05 \sim 0.2B$ 位置 (B 是锅炉宽度),顺时针旋转时在左侧 $0.05 \sim 0.2B$ 位置;对切向燃烧的塔式锅炉,在两侧的 $0.05 \sim 0.3B$ 位置的两片屏上布置测量采集点。

[0076] ④对于前后墙燃烧方式锅炉,则在沿锅炉宽度的中间部位距离侧墙 $0.4 \sim 0.6B$ 位置的一片屏上布置主要测量采集点 (B 是锅炉宽度)。

[0077] ⑤除了上述主要的同屏各管的测量采集点布置方式外,对切向燃烧II型锅炉和前后墙燃烧方式锅炉都可以在吸热量较高的管屏上布置测量采集点作为补充。

[0078] 步骤4中所述的在容易被安装时异物堵塞的管子上增加测量采集点,是指:根据管屏受热面的布置和进口集箱的布置方式,确定容易被安装时异物堵塞的管子。在这些管子上增加测量采集点。

[0079] 步骤4中所述的容易被安装时异物堵塞的管子,包括:

[0080] a、对于自中间部位以三通形式径向引入进口集箱的结构,则在进口集箱引出的所有管子中,正对三通引入导汽管下方的管子是容易被安装异物堵塞的管子;

[0081] b、对于自两端轴向引入进口集箱的结构,则在进口集箱中间部位,其中:集箱中纵向流速 = 0,自进口集箱下方引出的管子是容易被安装异物堵塞的管子;

[0082] c、对于自一端轴向引入进口集箱的结构,则进口集箱的另一端,其中:集箱中纵向流速 = 0,自进口集箱下方引出的管子是容易被安装异物堵塞的管子。

[0083] 本发明与现有技术相比,具有显著的技术效果和技术进步:(1) 本发明通过预计算,有效地选择管组中在强度方面炉内壁温裕量最小的管子装设炉外壁温测量采集点,使实时炉内壁温计算涵盖了所有危险的管子,不会遗漏容易发生强度超温的管子,而且计算的准确性有了坚实的基础;(2) 本发明在容易被安装时异物堵塞的管子上增加测量采集点,可以有效地检测出锅炉运行初期被安装时异物堵塞的管子,防止这些管子的超温爆管。因此本发明实现了使大容量高参数锅炉的在线监测系统能够充分发挥其防止超温爆管,延长管系使用寿命的技术效果;解决了当前我国的电站锅炉技术领域急需解决的重大的技术难题。

附图说明

[0084] 图1为本发明实施步骤方框示意图。

具体实施方式

[0085] 下面结合附图对本发明的实施例作详细说明:本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出了详细的实施方式和过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0086] 实施例

[0087] 如图1所示,本实施例的实施方式和过程选择某发电厂1000MW超超临界电站锅炉再热器管系。

[0088] 本实施例1000MW超超临界锅炉高温再热器共有44片屏,每片屏有24根管子。共

计 1056 根管子,需计算 6336 个计算点。

[0089] 本实施例包括以下步骤:

[0090] 第一步:在锅炉设计阶段,通过预计算得出在各种负荷下末级过热器、第一级过热器、第二级过热器、高温再热器和第一级再热器共 5 个管组中所有管子沿长度各点的炉内工质温度、管子金属内壁温度、管壁温度、金属应力强度允许温度值和壁温裕量,包括下列步骤:

[0091] a. 确定偏差屏的位置。本实施例 1000MW 超超临界锅炉中高温再热器管组共有 44 片屏,确定第 5 片屏为偏差屏。每片屏有 24 根管子。共计 1056 根管子,共有 6336 个计算管段(计算管段的出口即为计算点)。

[0092] b. 计算管段对流热量平均值 Q_d ;管段屏间辐射热量平均值 Q_p ;管段屏前辐射热量平均值 Q_q ;管段前前辐射热量平均值 Q_{qq} ;管段屏中辐射热量平均值 Q_z ;管段屏后辐射热量平均值 Q_h ;管段屏下辐射热量平均值 Q_x 。该 7 项热量的计算式与上述式(1)~式(7)相同。

[0093] c、计算管段的焓增 Δia

$$[0094] \quad \Delta ia = Kr^y (Q_d + Q_p + Q_q + Q_{qq} + Q_z + Q_h + Q_x) / ga$$

[0095] 式中: Kr^y 为预计算所设定的宽度吸热偏差系数,本实施例中高温再热器管组的 Kr^y 取值为 1.37; Q_d 为管段对流热量平均值; Q_p 为管段屏间辐射热量平均值; Q_q 为管段屏前辐射热量平均值; Q_{qq} 为管段前前辐射热量平均值; Q_z 为管段屏中辐射热量平均值; Q_h 为管段屏后辐射热量平均值; Q_x 为管段屏下辐射热量平均值; ga 为计算管段的蒸汽流量。

[0096] d、计算点(计算管段出口)的蒸汽焓 i

$$[0097] \quad i = i_j + \sum \Delta ii$$

[0098] 式中: i_j 为高温再热器管组进口蒸汽焓,取设计进口焓 3418kJ/kg; $\sum \Delta ii$ 为从管子进口到计算点所有管段的蒸汽焓增之和。

[0099] e、计算点的工质温度 t

[0100] 根据蒸汽的焓温表,由 i 得出工质温度 t 。本实施例中高温再热器管组的预计算 6336 个计算点的工质温度在 460℃~620℃之间。

[0101] f、计算点管子金属内壁温度: $tnb = t + \beta q_m \left(\frac{\mu_n}{\alpha_2} \right)$

[0102] 式中: t 为计算点管内的蒸汽温度; β 为管子外径与内径之比; μ_n 为内壁热量均流系数; α_2 为内壁与蒸汽之间的放热系数; q_m 为外壁沿周界最大热负荷;

[0103] g、计算点管壁温度(热阻均分点温度):

$$[0104] \quad tb = t + \beta q_m \left[\frac{\mu_n}{\alpha_2} + \frac{\delta \mu_{pj}}{\lambda(1 + \beta)} \right]$$

[0105] 式中: t 为监测点的管内蒸汽温度; β 为管子外径与内径之比; q_m 为监测点管子的外壁沿周界最大热负荷; μ_n 为内壁热量均流系数; μ_{pj} 为沿管壁厚度的平均热量均流系数; α_2 为内壁与蒸汽之间的放热系数。

[0106] 本实施例中高温再热器 6336 个计算点的金属内壁温度 tnb 在 503℃~658℃之间;管壁温度(热阻均分点温度) tb 在 570~660℃之间。

[0107] h、计算点管子应力强度允许温度 $tyx = f(\sigma dt)$

[0108] 式中: σdt 为计算点管子的动态应力值。本实施例高温再热器管组 6336 个计算

点的动态应力 σ_{dt} 值在 55 ~ 65MPa 之间。

[0109] 第二步:计算出在强度方面的壁温裕量

[0110] a、计算点管子的管壁金属应力强度壁温裕量 δt

[0111] $\delta t = t_{yx} - t_b$

[0112] 式中: t_{yx} 为计算点管子金属的允许温度; t_b 为管壁温度(管壁热阻均分点温度)。

[0113] 本实施例中高温再热器的预计算 6336 个计算管段的金属应力强度壁温裕量 δt 在 5℃ ~ 50℃ 之间。

[0114] 第三步:对壁温裕量进行排序,确定屏间和同片各管炉外壁温测量采集点的布局位置,并在容易被安装时异物堵塞的管子上增加测量采集点,包括下列步骤:

[0115] 对壁温裕量由小到大进行排序,并取前 100 位的排序作为屏间和同屏各管的测量采集点。同时确定容易被安装时异物堵塞的管子上增加测量采集点。

[0116] 本实施例末级过热器:末级过热器共有 22 片屏,每片屏有 38 根管子。根据预计算及壁温裕量排序,取每片屏的所有外数第 13 管及外数第 1 管中共 12 根管子,以及沿锅炉宽度的第 6、17 屏的 17 根代表管作为测量采集点,总计有 68 个测量采集点,其中已经包含了容易被安装异物堵塞的管子。

[0117] 本实施例第二级过热器:第二级过热器共有 89 片屏,每片屏有 14 根管子。根据预计算及壁温裕量排序,取每片屏的所有外数第 1 管中的 19 根代表管,以及沿锅炉宽度的第 15、75 屏中的各 6 根代表管作为测量采集点。容易被安装异物堵塞的管子为第 22、23、67、69 屏的第 6、7 号管。总计有 39 个测量采集点。

[0118] 本实施例第一级过热器:第一级过热器共有 22 片屏,每片屏的前、后管屏各有 14 根管子,同屏共有 28 根管子。根据预计算及壁温裕量排序,取每片屏的前、后管屏外数第 14 管中各 8 根代表管,以及沿锅炉宽度的第 20 屏的全部共 28 根管子作为测量采集点。容易被安装异物堵塞的管子为前、后管屏各第 11、12 屏的第 5、6 号管。总计有 50 个测量采集点。

[0119] 本实施例高温再热器:高温再热器共有 44 片屏,每片屏有 24 根管子。根据预计算及壁温裕量排序,取每片屏的外数第 5 管全部 44 根管子、各屏外数第 1 管中的 18 根代表管,以及沿锅炉宽度的第 5、40 屏的各 12 根代表管作为测量采集点。容易被安装异物堵塞的管子为第 11、12、33、34 屏的第 11、12、13 号管。总计有 94 个测量采集点。

[0120] 本实施例第一级再热器:第一级再热器共有 178 片屏,每片屏有 8 根管子。根据预计算及壁温裕量排序,取每片屏的外数第 8 管的 33 根代表管,以及沿锅炉宽度的第 28、150 屏的各 4 根管子作为测量采集点。容易被安装异物堵塞的管子为第 89、90 屏的第 4、5 号管。总计有 33 个测量采集点。

[0121] 与现有技术相比,本实施例能够使该锅炉的炉内壁温在线监测系统的各种实时计算,包括所有管子监测点的炉内汽温和壁温、强度超温裕量等实时计算建立在有完整代表性、全面,而且正确的炉外壁温测量值的基础之上。使在线监测系统充分发挥其减小温度偏差,避免强度超温,延长高温管屏的使用寿命等功能。从而获得大的经济效益,真正实现电厂的状态检修和寿命管理。

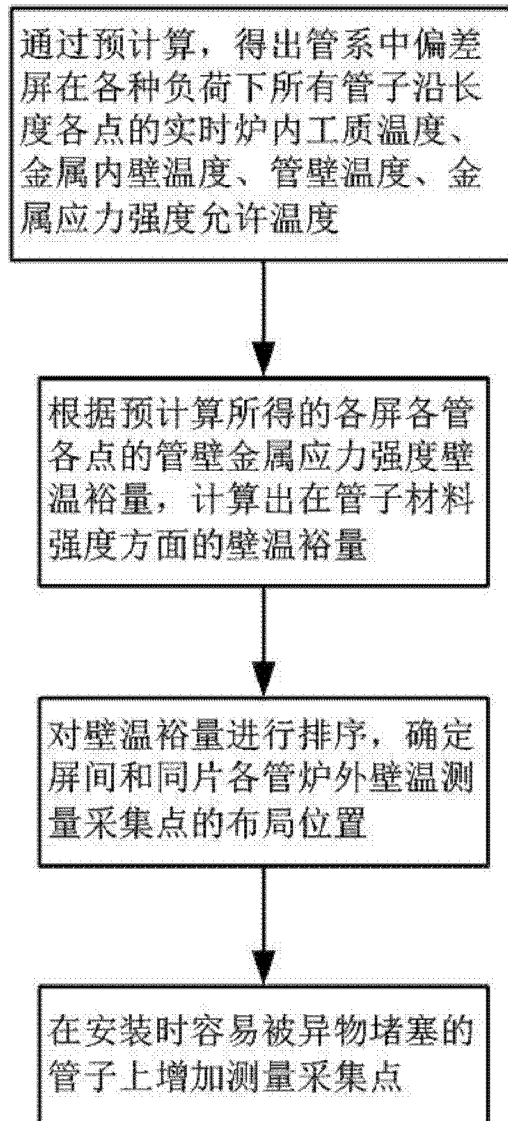


图 1