

电站锅炉汽温问题的现状及应采取的对策

刘林华 余其铮 阮立明 谈和平 (哈尔滨工业大学)
许万里 (哈尔滨科学技术大学)*

〔摘要〕 本文综述了电站锅炉目前存在的有关汽温方面的若干问题,以及国内在汽温方面的研究情况,提出了今后汽温方面试验研究工作的主要方向。

关键词 锅炉 汽温 现状 对策

分类号 TK223.73

0 前言

随着我国电力工业的发展和火电机组的大型化,200 MW、300 MW 机组已成为电网中的主力机组。这部分机组运行质量的好坏,对电网运行的经济性有至关重要的影响。由于设计制造和运行管理等方面的原因,目前 200 MW、300 MW 容量级机组普遍存在可用系数低、非计划停运次数多、经济效益差等一系列问题。文献[1]给出了 100、125、200、和 300MW₁ 火电机组故障多发部件在 1990~1992 年三年平均故障停机时数占机组全部非计划停机时数的百分比。其中 200 MW、300 MW 机组过热器和再热器的故障停机时数百分数为(18~20)%。由此可见,目前我国电站锅炉中所存在的一个带有普遍性的问题是汽温问题。

近年来,不但国产大容量锅炉受热面超温事故频发,从国外引进的大容量锅炉也大部分发生过过热器和再热器超温爆管事故。

所谓锅炉汽温问题有以下两类: a) 总体超温或欠温: 锅炉出口过热蒸汽或再热蒸汽超过或低于设计值。在设计规定的调温手段的调节范围内锅炉不能稳定在额定汽温及其允许的偏差范围内运行; b) 局部超温: 过热器或再热器管组中某一片或某几片中的某一根或几根管子超温。

造成总体超温或欠温的主要原因有: 炉膛或上炉膛区热力计算不准确,使炉膛出口烟温大大偏离设计值; 炉内燃烧过程组织不合理; 燃烧器与炉膛设计不合理; 煤质变化与设计煤种相差太大; 吹灰器工作不正常或不能投入等。

造成局部超温的主要原因有: 炉内空气动力场组织不合理,使得炉膛出口及水平烟道区域两侧烟速和烟温偏差较大; 过热器、再热器集箱及其连接系统设计不合理,使管组中各管的蒸汽流量不均匀,不能与其吸热量相匹配。

本文结合实例介绍了国内汽温方面所存

本文得到黑龙江省博士点基金资助 * 哈尔滨科学技术大学现改为哈尔滨理工大学

收稿日期 1994-10-13

本文联系人 刘林华 博士研究生 28 岁 15001 哈尔滨工业大学 513 信箱

在的问题,所取得的研究成果及其应用情况,最后提出了今后在汽温方面应进一步做的工作。

1 我国近二十年来在汽温方面的研究情况

近二十多年来,国内有关单位在电站锅炉汽温方面做了大量的研究工作。这些工作主要包括:炉膛热力计算方法的研究;过热器和再热器热偏差及炉内管壁温度计算方法的研究;过热器和再热器系统流量分配规律的研究;过热器、再热器系统的设计研究;炉内燃烧过程,煤质变化,燃烧器及炉膛的设计对汽温的影响的研究。至今,在上述各方面均取得不少有价值的研究成果。

1.1 炉膛热力计算方法的研究

炉膛出口烟温计算的准确度直接影响过热器和再热器的吸热量和温度水平。Кейлиць^[2]曾针对原苏联热力计算标准比较了958个炉膛出口烟温实测值与相应的计算值之间的偏差,发现偏差大于40℃的百分数约为40%,偏差大于60℃的百分数约为25%。国内在400 t/h锅炉上的实践证明:炉膛几何形状,特别是高宽比对炉膛传热有很大的影响。对于同样受热面积的炉膛,高宽比大的其出口烟温低。我国后期设计的400 t/h锅炉之所以普遍发生欠温,正是炉膛过于瘦高所致。文献[3]针对这一情况建议在原苏联炉膛传热计算方法的基础上对炉膛高宽比加以修正,并成功地解决了开封电厂SG50412型400 t/h锅炉的欠温问题。

近几年来,上锅、哈锅等锅炉厂对300 MW和600 MW机组普遍采用美国CE公司的炉膛计算方法。CE方法是建立在一定的炉膛结构和煤质特性基础上的一套设计方法,是否广泛适合我国的国情,特别是我国多变

的煤质特性仍值得进一步探讨。据最近的调查表明,我国目前在役的按CE方法设计的300 MW和600 MW容量级锅炉炉膛出口烟温普遍不同程度上偏离设计值。

1.2 热偏差和管壁金属温度计算方法的研究

过热器、再热器管组中某一根管子的焓增与该管组平均焓增之比称为热偏差系数。在现行的各种计算标准中,对过热器和再热器热偏差方面的概念和计算方法很不完善。并联各管间的热偏差往往是造成局部超温爆管的主要原因。国内70年代发现许多锅炉对流过热器和再热器存在1.1~1.3的同片热偏差系数,并发现同片管数愈多热偏差愈大。最近我国学者在长期试验研究的基础上提出了一套过热器和再热器同片热偏差的计算方法,该方法考虑了以下几种不均匀性:管片间烟气辐射的不均匀性;管束前、后及下部烟气空间辐射的不均匀性;烟气对流传热的不均匀性;各管间流量分配的不均匀性^{[4][5]}。

以前,我国一直沿用原苏联热力计算标准计算过热器和再热器的管壁温度,该标准中基本上没有考虑同片各管间的吸热偏差,至使许多按这一标准设计的锅炉管材材质选择不当而发生过热器和再热器超温爆管。经多年研究,国内已提出沿管长炉内金属壁温分布的计算方法,并有了相应的计算机程序。这套计算方法和程序已成功地应用于淮北电厂、陡河电厂和谏壁电厂等近十台锅炉过热器或再热器的超温事故分析及改造中^{[4][5]}。

1.3 流量分配的研究

为使并联管束能安全运行,需把供给的蒸汽流量与各管的吸热量的比率保持在适当的范围内。在设计中若不注意集箱系统的合理布置,常会造成并联管间过大的流量偏差。黄埔电厂400 t/h箱式油炉的第一级过热器、淮北电厂670 t/h锅炉高温再热器均发生过由于集箱内径过小而导致的严重超温。

流量分配计算的最基本问题是确定在集箱与导汽管以及受热面管速连接部分由于分流或合流所引起的压力损失系数。国内在这方面做过不少工作,由于集箱内三元流动的复杂性,这些研究还远不能满足工程计算的需要。对于轴向引入、引出的集箱系统,现已根据实验整理出若干流量偏差计算的经验公式。

导汽管径向引入和引出结构在引进的大容量电站锅炉和超临界锅炉中用得比较普遍。这种引入引出方式易在集箱与导汽管相连的三通两侧产生涡流区,使该区域的静压降低而造成与之相连的管束流量减少。上海宝钢二台 1084 t/h 锅炉炉的二次再热曾因这种原因超温爆管。目前有关单位正在开展三通区域流量分配特性的研究。

1.4 过热器和再热器系统设计研究

现有锅炉的过热器和再热器系统复杂多样,各有优缺点。在一些锅炉中,前级过热器与后级过热器之间蒸汽没有通过中间集箱或导汽管的交叉或混合,致使前级受热面出口汽温偏差转移到后一级受热面的入口,造成两级受热面热偏差的叠加。陡河电厂从日本引进的两台 850 t/h 锅炉曾因这种原因造成末级过热器超温爆管。

在我国自行设计的电站锅炉中,传统上采用文氏管式喷水减温器。设计中不注意会造成靠近涡流区的管排的温度工况恶化。

过热器和再热器系统的汽温调节是汽温方面的一个关键问题。最近几年国内各设计研究单位对烟气挡板,烟气再循环,摆动火嘴,喷水等调温方式以及系统的动态特性,耦合特性等方面做了不少工作,基本上摸清了各种调温方式的性能及设计的关键所在。

1.5 炉内燃烧过程、煤质变化,燃烧器及炉膛的设计对汽温的影响

目前,国内普遍采用四角切向燃烧方式,锅炉水平烟道两侧烟温常达 100℃左右,有

的高达 250℃。在四角切向燃烧方式的锅炉炉膛中,通常希望利用气流的旋转在燃烧区域强化煤粉的着火、稳燃和燃尽。但在炉膛出口外则希望残余扭转越小越好,因为炉膛出口烟气的残余扭转易引起水平烟道两侧烟温和烟速的偏差,严重的可能导致超温爆管。

在新炉的设计或旧炉的改造前一般都要进行炉膛模化试验,探明着火、燃烧和烟道内烟气气流的偏斜程序等情况。根据不同的模化目的,国内外有多种冷态模化方法,对燃烧器的结构及布置的选定,燃烧器喷口的投运组合、炉膛形状以及一、二次风动量比等参量的确定起了很大作用。研究表明上述参量对炉膛出口残余扭转有很大影响。

根据炉内旋转气流的生成原理。国内提出了将燃烧器上部喷嘴出口射流反切,以减弱或抵消由下部喷嘴出口射流形成的主旋气流,降低炉膛出口残余扭转,改善对流烟道烟气偏流的措施。这一措施已应用于石横电厂 300 MW 锅炉上,取得了一定的效果。但这种方法受负荷、下部燃烧器喷口的投运情况和煤质变化等因素的影响,反切角度及其动量难以掌握。

我国早期设计的大容量锅炉,除计算方法存在问题之外,缺乏根据燃料特性选择炉膛尺寸的可靠依据,使得一部分锅炉火焰中心偏高,煤粉粒子在炉内停留时间小于燃烧所需的时间,燃烧区推迟到水平烟道区域,导致过热器或再热器超温爆管。重庆电厂 DG670/140-8 型锅炉曾发生类似的现象。上述这种情况可用燃烧器喷口适当下倾而得到部分改善。

炉底密封设计不合理会使炉底大量漏风,致使火焰中心上移,从而引起过热器或再热器的超温爆管。富拉尔基发电总厂 HG670/140-6 型锅炉曾存在这方面的问題,后经改用水封除渣装置,超温问題得到部分改善。

炉内一旦发生结渣,如不及时采取有效的防止措施,渣块越结越厚,严重时会导致炉内燃烧恶化,引起过热器或再热器超温爆管。炉膛结渣受下列因素的影响:燃煤特性、燃烧区域的温度水平和热流强度,炉内空气动力工况、单只燃烧器的输入功率、燃烧器结构和布置方式、水冷壁附近的气氛等。文献〔7〕对易结渣的各种燃料,提出了在新炉设计应采取的一些具体措施,并对现有的结渣严重的锅炉提出了一些防止结渣的办法。

煤质的变化常引发出结渣、着火不稳定、火焰中心位移和后燃等一系列问题。限于燃料政策及一些地方保护政策,控制来煤质量目前看来还有一定难度。

1.6 其它方面

汽温问题所涉及的因素很多,除上述几个主要因素外,还有卫燃带的设置、炉内吹灰的投入等因素。限于篇幅本文不一一叙述。

目前,部分电厂限于超温改造所存在的各方面的困难,常采取一些应急措施,如在超温爆管部位改用材质比原来高一档的耐热合金钢、将减温器水管管径加粗以加大喷水量等。应该指出的是,改用高等级材料是一种治标不治本的方法,势必使高等级材料不能充分利用,这特别在设计阶段是不可取的。加大喷水量会导致前级受热面的蒸汽流量减少,严重时将危及前级受热面的安全。

2 需进一步做的工作

我国在电站锅炉汽温方面做了不少试验研究工作,已积累了大量的数据,但分散在各研究、设计单位,没有很好地总结汇总。鉴于目前超温事故频发,严重影响机组的安全经济运行,今后要做的工作一方面是总结以前的试验数据以及设计运行经验,把这些成果

和经验加以推广,制订出相应的设计和计算标准、导则,充分应用到设计和现场试验及运行中去;另一方面还需加强以下相关项目的研究:

1 完善炉内传热计算方法,使其能充分考虑到炉膛形状、燃烧方式、喷口的投运组合、燃料的反应特性、沾污特性和燃烧产物辐射特性等因素对炉膛出口烟温的影响;

2 完善复杂系统中流量偏差的计算方法,特别是集箱与导汽管相连部位三通区域涡流区对流量分配的影响;

3 研究切向燃烧方式锅炉中各主要参数,诸如一、二次风动量比、切圆半径、炉膛形状、燃烧器的高宽比、喷口间的距离、煤质特性、卫燃带的设置、吹灰等相关参量对汽温状况的影响,找出使汽温偏差限制在一定范围内的设计及运行措施;

4 研究炉内壁温在线测量设备,利用炉外易测量参量反演炉内管壁温度分布,并在此基础上研究常用管材剩余寿命的计算方法及判废标准。

参 考 文 献

- 1 刘剑. 火电机组运行可靠性现状. 华北电力技术, 1993 (8)
- 2 Кендись. Теплоэнергетика, 1957 (4)
- 3 曹汉鼎. SG50412型400t/h锅炉炉膛计算方法的研究. 上海机械学院学报, 1984 (2)
- 4 王孟浩. 屏式过热器同屏热偏差的成因和计算方法. 上海发电成套所研究报告, 1984
- 5 刘林华. 电站锅炉过热器和再热器热偏差计算方法的完善化及壁温的计算方法的研究. 上海发电成套所研究报告, 1990
- 6 何佩敬等. 煤粉燃烧器的设计及运行. 机械工业出版社, 1987, 12
- 7 何佩敬等. 炉膛结渣和防止措施. 热能动力工程, 1994 (4)

necessitates a test rig compatibility design. This paper gives a detailed description of the said design philosophy and process, and analyses the stage characteristics of the three-dimensional flow blade wheel, which provides a reliable basis for the uprating-oriented modification of the compressor. **Key words:** axial-flow test rig, centrifugal stage test, test rig compatibility test, multi-function stage characteristics.

电站锅炉汽温问题的现状及应采取的对策 = The Present Status of Utility Boiler Steam Temperature Problems and Some Countermeasures [刊, 中]/Liu Linhua, Yu Qizheng, et al. (Harbin Institute of Technology), Xu Wanli (Harbin University of Science & Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996, 11(5). -297~300

Some existing problems relating to utility boiler steam temperature are reviewed and the present status of steam temperature research in China presented with the future main direction of experimental research in this field being proposed. **Key words:** boiler, steam temperature, present status, countermeasures

宽调节比燃烧器空气动力场的数值模拟 = Numerical Simulation of the Aerodynamic Field of Wide-range Burners [刊, 中]/Liu Guisu, Chen Shiyong, et al. (Huazhong University of Science & Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996, 11(5). -301~304

A numerical calculation was performed of the aerodynamic field of a wide-range burner through the use of $k-\epsilon$ model. Obtained were the axial speed in the flow field, turbulent kinetic energy and the dissipation rate distribution of the said energy. The difference between the wide-range burner and a conventional one was compared and analyzed with calculation results being used to analyze the location of the wide-range burner bluff body and the effect of bluff body side width on the burner flow field structure. **Key words:** burner, numerical simulation

供热系统“单耗分析”模型 = “Unit Consumption” Model for a Heat Supply System [刊, 中]/Song Zhiping (North China Electrical Engineering University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, -1996, 11(5). -305~310

Starting with a simple outline of the “unit consumption analysis” theory and method proposed by the author a generalized model was set up for a modern heat supply system. With regard to this model the fuel unit consumption for boiler heat supply, electric heat supply and heat pump heat supply was calculated with a calculation formula for heat supply cost being given, which is readily applicable for specific engineering cases. **Key words:** heat supply, unit consumption, cogeneration, exergy saving, exergy

风水共冷式冷渣器的换热计算 = Heat-transfer Calculation of a Slag Cooler Cooled by Air and Water [刊, 中]/Zhao Guangbo, Zhu Qunyi, et al. (Harbin Institute of Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996, 11(5). -311

水泥窑余热锅炉窄点温差 = Heat Recovery Boilers for Cement Kilns and Their Pinch Temperature [刊, 中]/Yu Zhimin, Gao Jiguo (Harbin Boiler Co. Ltd.) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996, 11(5). -312~314

Key words: cement kiln heat recovery boiler, pinch point temperature