

某火电厂 1000 MW 机组高温再热蒸汽管道热位移异常原因分析

Cause Analysis of Abnormal Thermal Displacement of High Temperature Reheat Steam Pipeline of 1000 MW Unit in a Thermal Power Plant

李大为

Dawei Li

安徽淮南平圩发电有限责任公司 中国·安徽 淮南 232000

Anhui Huainan Pingwei Power Generation Co., Ltd., Huainan, Anhui, 232000, China

摘要: 某电厂 1000 MW 机组再热蒸汽管道存在热位差过大的问题, 主要原因是: ①在高温再热蒸汽管路内壁设置了测温探头, 测得温度值小于设计温度。②测温探头使用双卡夹具, 连接一根套管、一根测温探头和一节套管。③测温探头固定在套管顶部, 通过对温度值进行计算, 得出管道的热位移量。结合管径、流速、材质和热阻等因素分析该高温再热蒸汽管道存在热位移异常现象。针对可能存在的热胀现象和管道质量问题, 在设计中将热胀冷缩补偿方式从套管内壁的轴向压缩转变为管道内部的滑动补偿方式。采用该补偿方式可以避免高温再热蒸汽管道热位移对该锅炉造成二次污染。通过现场实测数据验证了这种采用新方法补偿热胀变形的可行性。

Abstract: The thermal potential difference of reheating steam pipeline of 1000 MW unit in a power plant is too large. The main reasons are as follows: ① A temperature probe is set on the inner wall of the high temperature reheat steam pipeline, and the measured temperature value is less than the design temperature. ② The temperature probe uses a double clamping fixture, connected with a casing, a temperature probe and a piece of casing. ③ The temperature probe is fixed on the top of the casing, and the thermal displacement of the pipeline is obtained by calculating the temperature value. Combined with pipe diameter, flow rate, material and thermal resistance, the thermal displacement anomaly of the high temperature reheat steam pipeline was analyzed. In view of the possible thermal expansion and pipeline quality problems, the compensation method of thermal expansion and cold contraction is changed from axial compression of casing wall to sliding compensation method of pipeline interior. This compensation method can avoid the secondary pollution of the boiler caused by the thermal displacement of the high temperature reheat steam pipeline. The feasibility of using this new method to compensate thermal expansion deformation is verified by field measurement data.

关键词: 1000 MW 机组; 高温再热; 蒸汽管道

Keywords: 1000 MW unit; high temperature reheating; steam pipe

DOI: 10.12346/peti.v4i4.6980

1 引言

高温再热蒸汽管道是电厂高温高压蒸汽管道的重要组成部分, 其管道组成包括两部分: 汽水分离管道和再热蒸汽管道。汽水分离管道由高压汽罐、高温再热管道、再热蒸汽管道组成, 其中高温再热管道长度最长、断面最大, 它担负着高温区蒸汽输送、热量回收及凝结水输送等任务; 再热蒸汽管道主要由低压汽罐和高温再热管道组成。高温区蒸汽温度

较高, 管道在运行中可能会发生热位移, 进而引起管道振动, 严重时会导致锅炉的炉膛及汽包烧毁。因此, 合理地检修高温再热蒸汽管道是十分必要的, 及时消除管道热位移也是保证高温再热蒸汽管道安全运行的重要措施之一。论文以某电厂 1000 MW 机组高温再热蒸汽管道热位移异常情况为例, 通过实验和理论分析, 对高温再热蒸汽管道运行参数进行了比较全面的计算分析, 得出了异常情况下蒸汽管道振动可能

【作者简介】李大为 (1981-), 男, 满族, 中国吉林长春人, 硕士, 工程师, 从事火电厂集控运行研究。

产生的原因和后果。为设计上提供参考借鉴作用。以实际工程为基础,进行相关分析研究,提出相应措施建议,以期对电厂高温高压蒸汽管道维护及运行管理有所帮助。

2 热位移形成的原因

2.1 理论基础

在水冷壁管内部,流体的流速可以通过改变流体的接触面积而改变,流体在管道中存在几何体积,流体经过接触面积较小的区域时会引起流体的膨胀和收缩,即流体在一定速度范围内随着时间的推移会发生变形。这是水冷壁管中产生位移现象之一。论文主要研究该管道在结构上是否存在热胀变形问题^[1]。在水冷壁管内部产生变形后,流体在该区域内主要有两种位移形式:纵向位移和横向位移。在计算流体从管外流动时产生应力时得到壁温场,是反映管壁内流体温度分布状态与流体流动方向垂直于壁面所发生的热膨胀量之间关系的重要指标,为分析该情况提供了重要依据。横向位移是指流体从管外壁(在管子外壁上方)通过外壁时所产生的偏移距离;纵向位移是指流体从管内壁(在管子中部)沿管壁或管内边缘产生的偏移距离;横向位移是从壁面或管子内(在管子外层)方向向外发生的偏移距离。对于不同流体通道而言,影响其横向位移大小的因素主要有流体速度、流体温度和管径。通常情况下流体速度随时间变化,管壁热胀变形引起的热胀现象属于此类现象;流体温度对热胀冷缩有重要影响;从外部产生的位移则需要通过结构方式加以补偿。流体速度对流体变形影响不大则无需补偿。

2.2 实际分析

某火电厂高温高压蒸汽管道热位移主要由高压罐热端和低压罐热端构成,高压罐温度约为1250℃,低压罐最高温度约为430℃。蒸汽管道在运行过程中,温度逐渐升高,而各部件之间没有很好融合和接触^[2],再热蒸汽管道中汽水之间容易发生物理吸附作用,再热蒸汽管道在高温区运行中会出现明显的热位移现象。高温区蒸汽管道的热位移现象会使高温高压蒸汽管道受到振动影响,甚至可能引起爆管事故发生,因此需要进行相应的分析和研究,找出产生热位移的原因。热位移产生的主要原因有以下几个方面:一是蒸汽温度上升得过快,超过低汽压罐极限工况压力;二是蒸汽压力过高;三是高温高压蒸汽管道管壁、管板因汽水密度差而被压缩;四是蒸汽压力低于低汽压罐极限工况压力;五是蒸汽管路和高压管路之间不能相互接触;六是蒸汽压力过高或超低时,均可能导致超压事故发生。上述原因都有可能引起高温高压蒸汽管道位移异常现象而造成锅炉事故、爆管等严重后果。因此为了防止高温高压蒸汽管道热位移发生,需要根据异常现象分析造成热位移的原因和预防措施:①定期对高温高压蒸汽管道进行巡检维护,发现泄漏及时修复;②对再热蒸汽管道进行预防性检修;③定期检查锅炉及汽包过热器是否存在结垢或腐蚀现象。其中对罐体进行清洗是防止损坏

及泄漏现象发生的必要措施。

3 管道在运行过程中的热位移控制策略

温度补偿器:用于补偿管道的位移,其原理与温升补偿器相同,主要用于确定高温再热蒸汽的温差、温度应力。不同型号的温升补偿器具有一定的差异,但都是在一定范围内保持相对稳定状态。对于不同型号的温升补偿器以及参数不同而导致温度变化较大的管线,应根据设备条件进行选择、控制以确保设备正常运行。对于温度应力补偿器与温度应力抑制管段及膨胀管段应保持一定距离(通常控制在10~15 m范围内),以便避免热位移形成。为保证管道安全受热,必须根据实际运行条件下受热面温度、系统压力以及管道壁厚等参数对管线进行综合分析评价,同时采用局部优化方法对管道进行计算模拟。通过计算预测得出管道在正常运行条件下受热面和管段之间的热量分配情况^[3]。

4 热位移测量方法研究

热位移测量一般采用内窥镜和超声探头两种方法。内窥镜的主要作用是对温度进行测量,其探头内壁与内窥镜表面贴附紧密,保证了探头内部不会受到内窥镜表面热量或蒸汽气体所产生的蒸汽冲击变形。超声探头在检测管道热位移时也起着重要作用。超声波探头被安装在介质流动出口附近,通常用于在介质中传播声波。当介质流道中介质含量增加时,超声探头会产生位移从而产生热量,通过热耦合公式计算管道热位移。

5 测量结果分析

高温再热蒸汽管道在套管顶部安装了测温探头,在套管底部设置了两个测温探头。测量结果显示,测量的套管顶部之间存在一段距离。当两个测温探头在相同位置垂直向下设置时,测温探头所测的管线上部分热量将直接传递到套管内壁即产生热位移,若有更多热量传递至内壁时将导致套管内壁温度升高,甚至产生爆管。结合试验结果分析认为:当采用单卡夹具连接后测量的套管顶部及套管底部热位移量和设计结果基本一致。套管顶部热位移量超过设计值0.18 mm时,应考虑是否存在热胀效应。管内壁温度低时,测温探头所测温差应不大于0.1℃;管内壁温度高时除外壁外测温探头测出温差应不大于0.2℃。因此如果在该高温再热蒸汽管网中存在着较大的管间热位移量或有较大的外壁温度差时可通过设置测温探头位置来防止类似状况发生,即在管间设置两个温度计或一个温度探头固定一根管径较大的高温再热蒸汽管。由于高温再热蒸汽套管顶部有大量管内面积与管壁面积相等的面积为内壁加热后产生热胀现象提供了空间,因此这种情况下如果使用单卡夹具,则不会造成管间热位移量比设计值大而无法有效补偿热胀冷缩现象^[4]。

进一步对高温再热蒸汽管路进行测温分析,根据管道的

温度值计算得出不同尺寸的管道存在热位差过大的问题。从测温曲线可以看出,再热蒸汽管道的内、外壁都出现了不同程度的热位差值点,可以看出,管道存在着温度与流量间的规律和变化。随着管径大小以及流速变化,热位移也会发生周期性变化,其变化趋势显示管道热位差与流速之间存在着正相关关系。同时根据现场实测数据也可以清楚地看到这种关系:当热位移超过规定数值时,再热蒸汽阀门可能会自动开启以补偿管道热位差值过大现象,从而导致运行中管道热位移异常频繁发生。

6 热位移影响因素分析

根据以上计算结果,可以得出,管壁温度、管身结构以及水力结构等因素对管道热位移产生较大影响。热水管道热位移与管子壁厚度、管身结构以及水力结构有明显关系,其中管道壁厚度与管道热位移密切相关。管子规格与管壁厚度呈正相关,管身结构越复杂,管子壁厚越大,热位移越大,且随着管口形式越复杂,热位移越大。因此,管身结构对管束热位移影响较大。管束密度与管壁厚度成反比关系,由管体内不同位置管子内阻不同,在管子末端或弯管处管流阻力增大;管身结构、水力结构、管身结构与管束厚度成反比关系。由于不能确定水力结构会直接导致管路弹性模量、强度或膨胀系数等指标受影响,但考虑到管体结构和截面形式影响,可将管体结构因素(包括管径、壁厚、管径、壁挂螺栓等)作为管段弹性模量数值指标引入水力结构中作为管身弹性模量数值指标;管径大小、壁厚是否足够、管径分布是否均匀是影响管内固体不均匀变形情况与膨胀系数密切相关的重要因素之一^[5]。管身结构越复杂,管身性能越差,其振动也就越大,越容易出现振动异常现象。因此,结构复杂的锅炉管段宜采用合理的结构设计降低流体不均匀变形率。

7 结语

论文在对某火电厂1000 MW机组高温再热蒸汽管道进行测试时发现套管两端热胀冷缩温度相差很大。通过对计算数据及现场实测数据分析,发现该热位移异常主要原因是热膨胀式结构中的管段两端采用双卡夹具连接,造成管段两端对测温探头的压力分布不均匀。通过对测温探头测得数据分析中管段两端存在局部热胀变形情况。在高温再热蒸汽管段

两端安装测温探头并将其设置在套管顶部时,由于管内流体温度急剧升高,导致管段两端产生局部变形,从而引起高温管段两端热位移量的急剧变化。而在安装测温探头后由于温度升高导致对套管两端产生局部热胀变形而导致管段两端对测温探头位置出现一定角度位移的现象,从而导致高温再热蒸汽管段两端出现局部热胀变形,而当温度达到设计温度时就会将热位移释放出来并释放至大气中,导致大气污染。从实验和理论分析来看,高温再热蒸汽管道的振动与管内温度、流体的流动速度、管道结构以及机械应力等因素有一定的关系。其中内胀管和膨胀压力过大以及管壁结构应力不合理可能是高温再热蒸汽管道振动产生的原因之一。因此,定期对高温再热蒸汽管道进行维护保养,消除管道热位移非常重要。管道出现热位移不及时消除会引起锅炉炉膛及汽包烧毁安全事故,影响重大。①在正常情况下,当管道内压力低于设计值时,蒸汽将沿轴线呈逐渐上升趋势从管壁外侧进入内胀管内,且随着蒸汽压力不断升高,管内压力逐渐降低。在极端情况下,外胀管可能造成管壁结构裂缝和高温管壁裂纹现象。②高温再热蒸汽输送量较大时不会发生内胀管或膨胀压力过大现象,但是当输送量较小时,则会出现管壁裂纹或高温裂纹现象,造成管壁与容器壁之间连接处产生热位移现象。③当发生管壁裂缝或热位移现象后,必须及时消除蒸汽管道内胀管所造成的热位移现象,并调整运行参数,确保在最短时间内消除管道热位移现象。

参考文献

- [1] 卫大为,安付立,康豫军.某火电厂1000 MW机组高温再热蒸汽管道热位移异常原因分析[C]//第九届电站金属材料学术年会论文集,2011.
- [2] 李丹.1000 MW机组汽轮机高温螺栓缺陷研究[J].热加工工艺,2019,48(3):256-258+262.
- [3] 姜洪波,宁献武,王磊,等.东方锅炉厂1000 MW机组锅炉高温腐蚀缓解与预防[C]//中国电机工程学会清洁高效发电技术协作网2014年会论文集,2014.
- [4] 胡志光,朱怡儒.1000 MW燃煤机组SCR脱硝系统设计[J].化工进展,2014,33(Z1):308-311.
- [5] 赵勇刚,董林,李奇隽,等.低温脱硝催化剂在火电厂锅炉启动期间的中试应用[J].工业催化,2018,26(4):64-71.