

某主蒸汽疏水管频繁爆漏的应力分析

邓广发

(江苏方天电力技术有限公司, 江苏 南京 211102)

摘 要:某火力发电机组投运后,主蒸汽管道疏水管多次发生爆漏,影响了设备和人身的安全,降低了电厂的经济性。通过管道应力分析发现,发生爆漏的原因是二次应力严重超标,为此将管系中部分固定支座改造成滑动支座,使二次应力下降到许用应力以内,改造后此管道未再发生爆漏。

关键词:疏水管道;爆漏;应力分析

中图分类号: TM621.7⁺2

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2010)06-0081-02

某电厂的 2 台火力发电机组自投产后,主蒸汽管道的疏水管多次发生爆漏,爆漏位置为接管座与疏水管的焊接接头热影响区,严重影响了设备和人身的安全,并降低了电厂的经济性。

1 疏水管道的应力计算

为查找发生爆漏的原因,预防事故的再次发生,进行了多项专业分析和试验,发现运行操作、焊接工艺和质量、材质性能等均正常,不是引起该疏水管爆漏的原因。

因此,又对该管系进行应力分析计算^[1]。该疏水管道如图 1 所示,材质为 12Cr1MoV;管道规格为 D38×3,接管座规格为 D46×8.5;管系中有 16 个固定支座;该处主蒸汽管道在 X、Y、Z 3 个方向的热位移为 -56, -3, -21 mm;主蒸汽压力和温度分别为 8.83 MPa 和 540 °C。

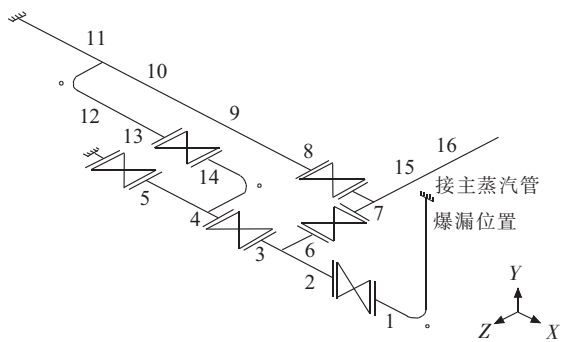


图 1 主蒸汽疏水管示意图

在汽水管道应力分析中,一般将应力划分为一次应力和二次应力。

一次应力是由于压力、重力及其他外力载荷的作用所产生的应力。一次应力没有自限性,当管道内的塑性区扩展达到极限状态,使之变成几何可变的机构时,即使外力不再增加,管道仍将产生不可

限制的塑性流动,直至破坏,可见一次应力对管道安全性危害极大。

一次应力计算公式如下:

$$\sigma_L = \frac{PD_i^2}{D_o^2 - D_i^2} + 0.75 \frac{iM_A}{W} \quad (1)$$

式中: P 为介质压力; D_o 为管道外径; D_i 为管道内径; M_A 为持续载荷作用在管道横截面上的合成力矩; W 为管道截面抗弯矩; i 为应力增加系数。

二次应力是由于热胀冷缩、端点位移等作用所产生的应力,不直接与外力平衡。二次应力具有自限性,一般来说局部屈服或小量变形就可以使位移约束条件或自身变形连续要求得到满足。可见,相对于一次应力,二次应力的危害性相对较小,但当二次应力太大时,管道仍有可能在一次加载过程中就发生破坏。

二次应力计算公式如下:

$$\sigma_E = \frac{iM_c}{W} \quad (2)$$

式中: M_c 为热胀引起的合成力矩。

2 改造前的应力计算结果及分析

运用上述方法对改造前的疏水管道进行应力计算,计算结果如表 1 所示。在 540 °C 时,12Cr1MoV 的一、二次许用应力分别为 72 MPa 和 200 MPa。

可见,该疏水管系改造前的一次应力最大值位于爆漏点下方的弯头,二次应力最大值位于爆漏位置,管系的一次应力状态较好,各处均小于许用应力,最大值只有许用应力的 53%;但管系的二次应力有两处超标,爆漏处的二次应力高达 2 780 MPa,是其许用应力的 13.9 倍。

3 爆漏的原因分析及解决方案

由于已经排除了运行操作、焊接工艺和质量、材

表 1 改造前的应力计算结果

计算节点位置	应力类型	应力值 /MPa	许用应力 /MPa	计算值 /许用值	结论
爆漏点	一次应力	30.1	72	41.8%	合格
	二次应力	278 0.0	200	139 0.0%	严重超标, 不合格
爆漏点下弯头	一次应力	38.2	72	53.1%	合格
	二次应力	280.0	200	140.0%	超标, 不合格
支座 1	一次应力	27.0	72	37.5%	合格
	二次应力	190.0	200	95.0%	合格
支座 2	一次应力	31.0	72	43.1%	合格
	二次应力	195.0	200	97.5%	合格
支座 3	一次应力	29.2	72	40.6%	合格
	二次应力	160.0	200	80%	合格
支座 4	一次应力	30.6	72	42.5%	合格
	二次应力	112.0	200	56.0%	合格
支座 5	一次应力	17.9	72	24.9%	合格
	二次应力	136.0	200	68.0%	合格
支座 6	一次应力	23.7	72	32.9%	合格
	二次应力	173.2	200	86.6%	合格

质性能等方面引起爆管的可能性,所以由上述应力计算结果可断定:爆漏处的二次应力高达许用应力的 13.9 倍,是该发生爆漏的原因。

因此解决该管道频繁爆漏的思路是:加大管系的柔性,大幅降低二次应力,确保其应力水平满足规范要求。

为制定合理的爆漏解决方案,先设计多套初步方案,再对各方案进行应力计算。对比各方案的应力计算结果后,最终选定的改造方案是将管系中 16 个固定支座改造成滑动支座。

4 改造后的应力计算结果及对比分析

对改造后的疏水管道进行应力计算,计算结果见表 2。

表 2 数据表明,改造后管道的一、二次应力均符合规程要求。

对比分析疏水管道改造前后的应力数据可见,改造后管系各点的二次应力均有不同程度的下降,

表 2 改造后的应力计算结果

计算节点位置	应力类型	应力值 /MPa	许用应力 /MPa	计算值 /许用值	结论
爆漏点	一次应力	30.1	72	41.8%	合格
	二次应力	175.0	200	87.5%	合格
爆漏点下弯头	一次应力	38.2	72	53.1%	合格
	二次应力	160.0	200	80.0%	合格
支座 1	一次应力	27.0	72	37.5%	合格
	二次应力	120.0	200	60.0%	合格
支座 2	一次应力	31.0	72	43.1%	合格
	二次应力	110.2	200	55.1%	合格
支座 3	一次应力	29.2	72	40.6%	合格
	二次应力	96.8	200	43.4%	合格
支座 4	一次应力	30.6	72	42.5%	合格
	二次应力	92.6	200	46.3%	合格
支座 5	一次应力	17.9	72	24.9%	合格
	二次应力	131.2	200	65.6%	合格
支座 6	一次应力	23.7	72	32.9%	合格
	二次应力	102.9	200	51.5%	合格

爆漏点的二次应力从 2 780 MPa 大幅下降到 175 MPa,降幅高达 93.7%,极大地改善了管系的柔性,改造效果十分明显。

5 改造后的运行情况及结论

电厂采用了改造方案对 2 台机组的主蒸汽疏水管道进行改造,改造后至今已运行 4 年以上,两台机组的主蒸汽疏水管均未再发生爆漏。

可见,由于该疏水管系使用了过多的固定支座,使管道二次应力严重超标是管道频繁爆漏的原因。机组的实际运行情况证明,本文得出的爆漏原因正确,改造方案合理有效。

参考文献:

[1] DL/T 5366—2006.火力发电厂汽管道应力计算技术规程 [S].北京:中国电力出版社,2006.

作者简介:

邓广发(1971-),男,江苏盐城人,高级工程师,主要从事电力设备的安全性研究、承压部件的应力分析等工作。

Stress Analysis on the Leakage of Main Steam Drainage Pipes

DENG Guang-fa

(Jiangsu Electric Power Research Institute Co., Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract: Due to the leakage of the main steam drainage pipes, the efficiency as well as the personal safety and the normal operation of the equipment in one power plant has been seriously affected. The excessively high secondary stress is considered to the main reason for the issue, so instead of fixed bearings, sliding bearings are adopted to make sure that the secondary stress is in the allowable range. No leakage accidents happen again after the technical renovation.

Key words: drainage pipes; leakage; stress analysis