

消除大型汽轮机汽缸变形影响的一种简便方法

黄国强

(四川电力建设二公司, 四川 成都 610051)

摘要:大型汽轮机组由于其结构特点,高中压外缸自身变形较大。在安装、检修实践中,应将这种变形对机组的隔板中心、汽封间隙的影响降至最低,以提高机组运行的安全性、可靠性和经济性。以国产亚临界 300 MW 机组为例,介绍了一种消除汽缸自身变形影响的简便方法,以期对汽轮机的安装有所帮助。

关键词:汽缸变形;影响;经济性

Abstract: Due to the structure characteristics of large-scale steam turbine high-pressure and intermediate pressure outer casing have been deformed greatly. For improving the safety, reliability and economy of unit operation, the effects of this deformation on diaphragm centre and steam seal should be minimized as far as possible. Taking domestic manufactured 300 MW subcritical turbine for example, a simple method to eliminate the effects of cylinder itself deformation is introduced so as to provide some help for the erection of large-scale turbine.

Key words: cylinder deformation; effect; economy

中图分类号: TK266 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003-6954(2010)03-0084-03

0 前言

随着中国汽轮发电机设备制造技术的提高,汽轮机发电设备逐步向高参数、大容量、高经济性的方向发展。随着参数、容量的提高,设备本身的重量和体积也在增大,当然,这也对这些设备的安装工艺和安装精度提出了更高、更严格的要求。由于汽轮机设备制造技术的日臻完善,现场安装、检修对保证设备的安全稳定运行相对变得容易,但是要达到甚至超过机组设计的经济指标,则要求在汽轮机的安装、检修过程中严格控制工艺和精度,将可以预见的装配误差减至最小。特别是高中压缸的汽封间隙的装配,由于其做功占了整个汽轮机的很大一部分,所以控制好汽轮机高中压缸的动静间隙,对提高机组的运行经济性有很大的帮助。

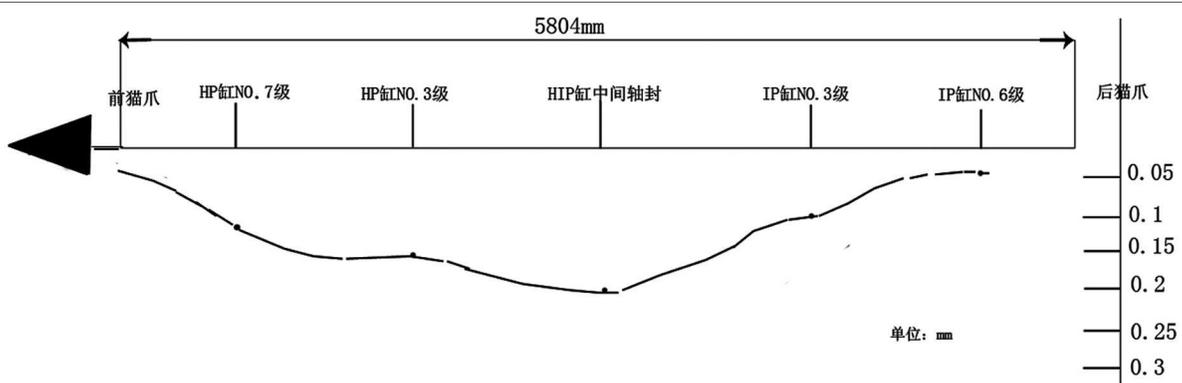
1 影响高中压缸动静间隙的主要因素

在汽轮机安装过程中,影响机组动静间隙的因素主要有三个,一个是设备制造质量,第二个是安装误差,第三个是设备自身的特性影响。随着汽轮机制造技术和制造工艺的提高,安装工具和安装方法的不断

更新、发展,前面两个因素的影响基本上可以降至最低,这里将不对此进行探讨。对于第三个因素,如何用简便可行的办法来消除设备自身特性对安装的影响,从而提高机组的运行经济性,将是下面讨论的重点。

2 高中压缸设备特性

通常情况下,对国产 300 MW 及以上高参数机组,大家都熟知的是汽轮机各转子因本身重量而产生自然挠曲,因此转子的中心线不是一条直线,而是一条曲线,即在自重作用下产生静挠度。但是,随着设备自身体积和重量的增大,汽轮机外缸也会因其重量而产生变形,即它的内部各个隔板中心也不是一条理论上的直线,而是一条曲线(如图 1)。这种由于汽缸自重挠曲变形而引起的实际中心与理论中心之间的差值,称为锤弧差。东方汽轮机厂生产 300 MW 以上亚临界参数汽轮发电机组的高中压缸,由于其 4 支点结构及高中压合缸的特点,其外缸支点间距离大,随着外缸体积的增大,重量也增大,因而变形也较大,如果在安装和检修过程中不对这种变形进行修正,将会对汽轮机组的经济运行产生很大影响。



注:该图是以东方汽轮机厂产 300 MW 亚临界汽轮机为例而绘制。

图 1 汽缸垂弧变化曲线

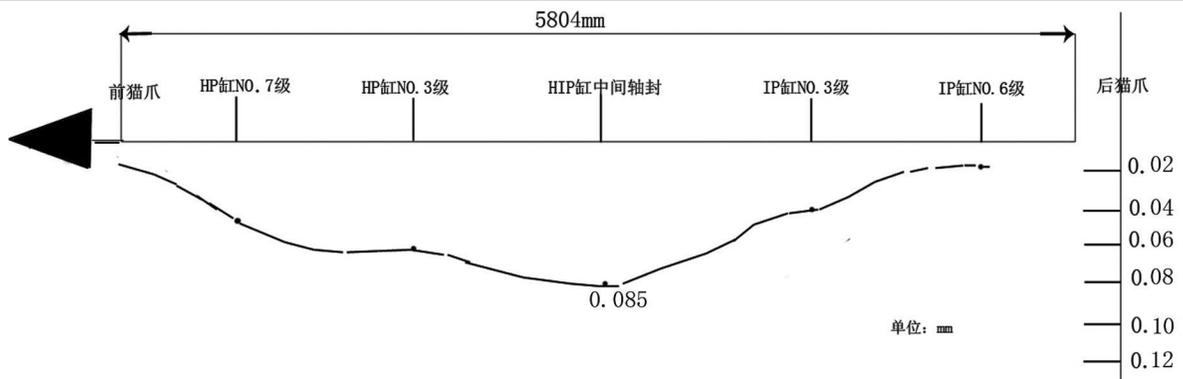
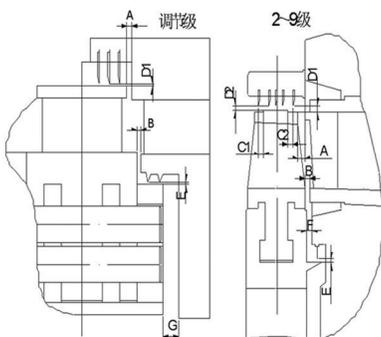


图 2 高中压缸静态垂弧值曲线图



级别	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
调值①	最大	1.6	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38		
	最小	1.4	1	1	1	1	1	1	1		
安装值	0°	左	1.46	1.02	1.0	1.08	1.02	1.24	1.26	1.08	1.01
		右	1.58	1.14	1.0	0.99	1.02	1.08	1.26	1.08	0.97
	90°	左	1.46	1.02	1.0	1.08	1.02	1.24	1.26	1.08	1.01
		右	1.58	1.14	1.0	0.99	1.02	1.08	1.26	1.08	0.97
级别	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
调值②	最大	/	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38		
	最小	/	1	1	1	1	1	1	1		
安装值	0°	左	/	1.14	1.02	1.02	1.08	1.02	1.26	1.32	1.02
		右	/	0.98	1.10	0.98	1.02	1.02	1.12	1.26	0.97
	90°	左	/	1.14	1.02	1.02	1.08	1.02	1.26	1.32	1.02
		右	/	0.98	1.10	0.98	1.02	1.02	1.12	1.26	0.97

图 3 国产 300 MW 汽轮机高压缸汽封间隙安装记录

3 消除变形影响的方法与步骤

下面,将介绍一种简便而准确的方法,来测量汽缸变形的锤弧值,以指导修正汽缸隔板中心和汽封间隙的安装和调整,从而在保证机组安全稳定运行的基础上,最大限度地提高汽轮机运行的经济性。

高中压外缸与内部各部件找中心采用半实缸加垂弧修正的方法,以消除由于气缸的变形对隔板中心的影响。通常情况下,厂家资料中不提供汽缸垂弧值。但是,对调整隔板、隔板套洼窝中心,垂弧值又是必须的。所以在汽轮机高中压外缸与导汽管、再热冷、热段等大口径管及中压联合汽阀等较重设备连接时,作半实缸与全实缸的垂弧差试验,以准确获取其垂弧值。

方法的第一步是测量高中压缸内部各隔板中心处的垂弧值。

以前轴承箱油封洼窝和 2 号轴承油封洼窝为起始点拉紧一根 $\Phi 0.5$ mm 钢丝,用精密水准仪以 2 号

轴承处汽缸中分面为基准,分多点测半实缸与全实缸标高变化,并在垂弧最大点处用内径千分尺测量钢丝与汽缸洼窝径向间隙,根据各点变化值校核、测绘出汽缸垂弧变化曲线图,如图 1 所示。第二步是钢丝挠度的计算;计算公式如下。

$$F_x = \frac{1.5433}{40} \times (L-X)$$

X——测点到支点的距离;

L——钢丝两支点间的距离。

在计算公式钢丝的挠度时,注意计算的测点要与测量垂弧值的点一一对应。

第三步是扣除钢丝挠度对汽缸垂弧变化曲线的影响,从而得到实际的高中压缸静态垂弧值曲线图(见图 2)。

第四步是以此静态垂弧曲线指导调整隔板、隔板套洼窝中心。

在准确测出由于汽轮机高中压缸自身变形而引起的各隔板中心处垂弧变化值后,以此为指导调整隔板、隔板套洼窝中心,调整各汽封间隙至厂家要求的

下限值或比下限值还小,从而最大限度地减小汽封间隙,提高机组的运行经济性。图 3 是在安装中依据这种方法,最终调整后的高压缸汽封安装记录。机组在运行过程显示出了良好的效果,在机组安全稳定运行的同时,提高了机组运行的经济性。

4 结 语

实践证明,这种方法是可行的而且非常有效的,在工程实践中也取得了很好的效果。当然,随着科学技术的进步,先进、简便的测量工器具的出现及其在工程实施中的广泛应用,如,激光对中仪的使用,也大大简化了对大型汽轮机组汽缸变形测量的方法,提高了测量的准确性。也为安装调整提供了更加准确的依据。

注:参考资料为东方汽轮机厂 300 MW 汽轮机图纸及安装手册。

(收稿日期:2011-03-14)

(上接第 64 页)

按表压 0.6 MPa,温度 20℃的状态进行分析。

$$p = 7 \times 10^{-1} \text{ MPa} \quad T = 273 + 20 \text{ K}$$

$$\text{由式 (1)~(3) 得 } r = 45.2 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{代入式 (4) 得 } dp = 0.029 \text{ dT} \quad (5)$$

密度继电器运行压力与报警压力设定差值大多为 0.05 MPa,由上式可得 dT = 17.2 K。即当 SF₆ 气体温度低于密度继电器感温元件所测温度达到 17.2 K 及以上时,才可引起密度继电器发出低压报警信号。

设备运行发热、太阳光照射等原因, SF₆ 气体温度一般高于密度继电器感温元件所测温度。当密度继电器安装在机构箱内,箱内的加热装置因低温、高湿运行时,有可能出现密度继电器感温元件所测温度高于设备内 SF₆ 气体温度的情况。由于机构箱内的加热装置通常 10℃ 停止加热,加之运行设备温升,温差基本不可能达到 17 K。

德阳电业局低压报警的 SF₆ 断路器密度继电器也设置在机构箱中,因气体实际压力值较额定值低,与报警值之差仅为 0.03 MPa。按式 (5) 计算的温度

差达到 10 K 即可发出低压报警信号。清晨,环境温度低于零度,负荷也不大,设备内 SF₆ 气体温度较低;机构箱内加热装置运行,箱内温度较高,极可能出现 SF₆ 气体温度低于密度继电器感温元件所测温度 10 K 以上的情况,由此导致密度继电器发出低压报警信号。但上午随着环境温度上升、负荷增大、加热装置停运等原因,温差缩小,信号即可自行解除。

3 处理措施

通过补加 SF₆ 气体至断路器额定运行压力,加大引发报警的温度差值以避免误报警的发生。补加 SF₆ 气体后,清晨观察密度继电器指针确有偏低现象,但仍位于绿区,未发报警信号;环境温度上升后指针恢复到额定压力位置。

参考文献

[1] 曹长武等编者. 火力发电厂化学技术监督 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.

(收稿日期:2011-03-16)