

引进型 300MW 汽轮机高压缸改造及效果

李殿成,王仲奇

(哈尔滨工业大学,哈尔滨 150001)

摘要:对 300MW 汽轮机高压缸进行了改造。通流部分采用了三维设计技术,在结构上改进了进汽插管、调节级汽封结构和冷却蒸汽流程。西柏坡电厂 1 号机改造后,高压缸实测效率 87.15 %。

关键词:300MW 汽轮机;高压缸;改造;效率

分类号:TK263.1

文献标识码:A

文章编号:1001-5884(2003)03-0145-02

The Rebuilding of 300MW HP Turbine And Efficiency

LI Dian-cheng, WANG Zhong-qi

(Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, china)

Abstract: Harbin turbine company has rebuilt its 300MW HP turbine with 3 dimension method. The inlet pipe, the control stage sealing and IP cooling steam structure were improved. After rebuilt, the tested HP efficiency of XIBAIPO unit 1 is 87.15 %, which is best level in the 300MW class turbines.

Key words: 300MW turbine; HP turbine; rebuild; efficiency

0 前言

哈汽生产的 300MW 汽轮机是在 20 世纪 80 年代初引进的西屋公司 300MW、600MW 汽轮机设计制造技术基础上进行优化设计的^[1]。通流部分优化主要采用可控涡流型,并设计了以 900mm 叶片为末级的新的低压缸模块。通过优化,机组通流部分效率较考核机组有了较大提高。但是,由于受当时技术条件和工艺加工手段的限制,汽轮机尚存在不足之处,在实际运行中高压缸效率偏低^[2-3]。

1 300MW 汽轮机高压缸改进

1.1 通流部分改进

采用了具有后加载特点的新叶型,静、动叶均为扭叶片。对通流进行了详细的三维有粘分析。多级连算,考虑了级间的匹配和级与级之间的影响。各级反动度沿径向分布均匀。各级动、静叶片的几何进汽角能够满足气动设计的要求,动、静叶片沿径向攻角很小。端壁处二次流损失有所下降。

1.2 冷却蒸汽流程的改进

原设计调节级后漏汽先进入高压缸内外夹层,然后一部分漏汽经过位于高压外缸上部挡汽板前的冷却蒸汽管进入中压缸冷却转子,一部分漏汽经外缸挡汽板与高压隔板套之间间隙漏入高排。

根据现场实测,汽缸上部冷却蒸汽管中的蒸汽焓值与高压缸排汽接近,说明实际漏入中压缸的冷却蒸汽至少一半是高压缸排汽。调节级漏汽和 6 根进汽插管漏汽从下缸汇入高压缸排汽。由于从高压排汽来汽焓值较低,比从调节级后

来汽的比容小,同样汽封间隙漏汽量增加 12.9 %。漏汽量约增加 2.35t/h。假定从下缸漏入中压缸的调节级后冷却流量不变,上半考虑比容的影响。由于高排焓值较低,使中压第一级混合后的焓值降低,从混合点到排汽的绝热降减少了 3.2kJ/kg,由计算得到机组功率减少了 529kW。热耗约增加 10 kJ/(kW·h)。因此对高中压缸冷却蒸汽流程做如下改进(如图 1 所示)。

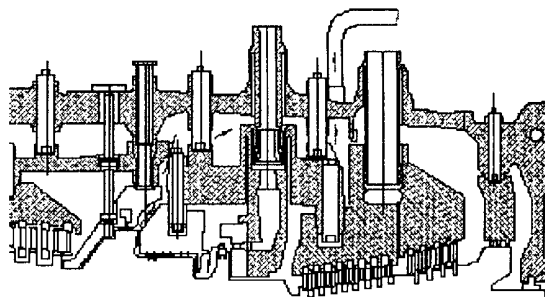


图 1 300MW 汽轮机冷却蒸汽系统改进

取消进入中压进汽侧平衡环的冷却蒸汽管,一部分调节级后漏汽直接进入中压缸起冷却作用。在高中压外缸挡汽板和高压隔板套之间增加一圈 0 间隙的弹性汽封圈,高中压内外缸夹层内蒸汽通过管道连接至高压排汽管道,并安装阀门调整上下缸温差。

冷却蒸汽系统改造后,在中压进汽平衡环上共有 13 圈汽封齿起阻汽作用,比原来多了 5 圈汽封齿,在相同蒸汽参数和汽封间隙下,减少漏汽 21.6 %。

1.3 调节级汽封改进

高压缸调节级动叶叶顶有 1 道镶嵌式单齿径向汽封,叶根有两道汽封。设计径向间隙为 2.5mm。改造和新设计的

收稿日期:2003-03-28

作者简介:李殿成(1963-),男,高级工程师,现任哈尔滨汽轮机厂有限责任公司副总工程师,长期从事汽轮机开发研制工作。现在职攻读哈尔滨工业大学工学硕士学位。

300MW 机组在叶顶增加了一道汽封,可减少调节级汽封漏汽。表 1 列出了改造前、后对应额定负荷时汽封间隙、齿数与漏汽量关系。

表 1 调节级汽封间隙齿数与漏汽量关系

		原设计(73)	改造后
动叶围带	外 径,mm	1 100	
	汽封间隙,mm	2.5	0.75
	齿 数	1	2
动叶根部	汽封直径,mm	929	
	汽封间隙,mm	2.5	0.75
	齿 数	2	2
总漏汽量		基 准	0.24

1.4 高中压叶顶汽封改进

高中压部分动叶顶部汽封由原来直通式汽封改为密封效果好的迷宫式汽封,并在汽封圈上增加汽封供汽槽,保证弹性汽封的汽密性,提高机组效率。

1.5 改进高压进汽插管结构

300MW 高压进汽管原设计为密封环式结构,运行状态密封环不能形成整圈。有时,密封环装反,起不到密封效果。

在 300MW 改造和新出产机组设计(73B)中,由原来带有两道密封环插管改进为“钟形罩”式结构。这种结构在安装时,“钟形罩”与其定位套之间有一定的径向间隙,容易装配。运行时,由于钟形罩与喷嘴室材料的胀差不同,保证在运行时“钟形罩”能完全密封,避免了进汽插管的漏汽。

2 300MW 汽轮机高压缸改造前后效率比较

2.1 高压缸结构改进对效率的影响

双辽电厂 1 号机进行了高压缸改造,改造内容主要是结构改进,没有更换叶片。在不更换汽轮机高压调节级喷嘴情况下,增加了一道动叶围带汽封,汽封的径向间隙调整为 0.75mm;改进了高压缸的冷却蒸汽系统和高压进汽插管的结构。双辽电厂 1 号机大修前、后高压缸效率^[4]见表 2。大修后高压缸效率平均提高了 3.75 个百分点。

表 2 双辽 1 号机高压缸效率比较

项 目	单位	大修前	大修后	大修前	大修后
阀 位		5VWO	5VWO	6VWO	6VWO
负 荷	MW	293.3	300.2	318.8	322.4
高压缸效率	%	79.8	83.7	80.8	84.4

2.2 高压缸通流改造缸效率比较

西柏坡电厂 1 号机是哈汽生产的完善型(73 #) 300MW 机组,1995 年采用扩大通流方法,解决了出力不足问题,并作了评价试验。近几年,该机组高压缸效率下降,机组煤耗较高。2002 年,为了解决高压缸效率低问题,对 1 号机进行了高压缸改造。改造包括了前面提到的双辽电厂 1 号机的全部内容,同时,采用新一代 300MW 通流(73B)对高压各级静叶、动叶进行了改造更换。并于 2002 年 12 月进行了改造后的热力试验。表 3 分别列出了该机 1995 年修通流后和本次

改造后的高压缸效率试验结果。

表 3 西柏坡电厂 1 号机大修和改造后高压缸效率试验结果

	1995 年大修后		2002 年改造后	
试验时间	1995.5		2002.12	
阀 位	5VWO	6VWO	5VWO	6VWO
高压缸效率(管道)	78.81	79.93	84.1	85.33
高压缸效率(缸上)	84.11	85.38	86.05	87.15
缸效率提高(管道)	基点	基点	5.29	5.4
效率提高(缸上)	基点	基点	1.94	1.77

高排压力和温度分别取汽缸上的测点和高排管道上的测点,计算了不同的高压缸效率。汽缸上的温度测点位于排汽区,测量的是流经通流的蒸汽温度。安装于管道上的温度测点测量的则是汽缸夹层漏汽与流过叶片的主排汽混合后的温度。不同位置计算出的高压缸效率反映了进汽管和调节级后漏汽量的多少。

两次试验都是在机组大修后完成的,因此可以认为两次试验结果的差别就是改造措施产生的效果。比较两次大修后的高压缸效率,不难得到以下结论:

(1)以高排管道上的测点比较,在 5 阀全开和 6 阀全开时高压缸效率分别提高了 5.29 和 5.40 个百分点,反映了改造的总体效果。

(2)汽缸上的温度测点测量的是高压缸末级排汽温度,由此计算的高压缸效率不包括夹层漏汽的影响。因此,两次结果反映的应该是通流改造的效果。通流改造使高压缸效率在 5 阀全开和 6 阀全开时分别提高了 1.94 和 1.77 个百分点。

(3)在管道上测量的高压缸效率平均提高了 5.35 个百分点,缸上测量的通流效率平均提高了 1.86 个百分点,由此可推算出高压缸结构改进使效率提高了 3.49 个百分点。

3 结 论

三维设计可以使 300MW 汽轮机高压缸效率提高 1.86 个百分点,进汽结构改进和调节级汽封改进减少了漏汽量,使高压缸效率提高了 3.49 个百分点。高压缸结构改进加上通流改造,使高压缸效率提高了 5.35 个百分点,在 6 阀全开时(包含阀门损失)达到了 87.15 %。西柏坡电厂 1 号机改造后的高压缸效率,达到了同类机组的最好水平。300MW 汽轮机高压缸改造的成功,不仅进一步验证了三维设计对提高效率的作用,同时也说明结构设计对机组效率的影响。

参 考 文 献

[1] 朱家驹等. 引进技术 600MW、300MW 汽轮机的国产化和通流部分优化[J]. 动力工程,1993,13 (1)
[2] 张零一. 提高国产引进型 300MW 汽轮机高压缸效率的探讨[C]. 第六届汽轮机学术年会论文集,武夷山,2001:286~292
[3] 朱晓令,宋文希. 国产引进型 300MW 汽轮机组存在的问题及解决方法[J]. 热力发电,1999,(4):12~15
[4] 西安热工研究院. 双辽电厂 1 号机大修后试验报告[R]. 2002