

300MW再热冷段内切换给水泵汽轮机 本体设计

赵琪 李陈虎 孙敏

(东方汽轮机有限公司, 四川 德阳, 618000)

摘要: 文章简要阐述了东汽300MW等级机组再热冷段内切换给水泵汽轮机的本体设计。

关键词: 给水泵汽轮机; 再热冷段; 内切换

Design of 300MW Boiler Feed Pump Turbine-Cold Reheat and Switching Over Inside

Zhao Qi, Li Chenhu, Sun Min

(Dongfang Turbine Co.,Ltd. Deyang Sichuan 618000)

Abstract: This paper introduced the design of 300MW boiler feed pump turbine-cold reheat and switching over inside.

Key words: boiler feed pump turbine,cold reheat, switching over inside

1 概述

给水系统对电厂的安全运行起着重要的作用,它必须连续提供与锅炉负荷相适应的给水量,以维持机组的正常运行。在给水泵系统采用小汽轮机驱动给水泵供给水的情况下,小汽轮机的可靠性直接决定了主机能否正常运行。因此,对小汽轮机的安全可靠性要求相当高。同时在大型机组给水系统中由于采用了汽动泵,不仅降低了厂用电率,而且使系统更为经济。

东汽在20世纪80年代就从西屋公司引进了给

水泵汽轮机的设计和制造技术,引进技术具有20世纪80年代中期的世界水平,先后开发了驱动300MW、600MW等级机组的给水泵汽轮机(D20机型),经石横、平圩、沙岭子、潍坊、襄樊等发电公司的机组运行实绩表明,其不但经济性好,而且具有很高的安全可靠。至2010年底,东汽已有200多台相同机型的机组的运行业绩。2006年就云南宣威电厂七期扩建的2×300MW工程,东汽开发了再热冷段外切换给水泵汽轮机。2007年就大唐国际锦州热电厂2×300MW项目,东汽开发了再热冷段内切换给水泵汽轮机。

2 内、外切换主要参数及形式对比

2.1 参数对比 (见表1)

表1 300MW等级机组再热冷段内切换和外切换给水泵汽轮机基本参数对比

项目	外切换	内切换
型号	G6.6-0.8-2	G6.6-0.8
型式	单缸、单轴、冲动式、纯凝汽、再热冷端外切换给水泵汽轮机	单缸、单轴、冲动式、纯凝汽、再热冷端内切换给水泵汽轮机
运行方式	变参数、变功率、变转速	变参数、变功率、变转速
备用汽源调节设备	管道调节阀 (切换阀)	高压主汽调节阀
额定功率 (主机THA工况)	3.159MW	3.106MW
低压阀门全开功率	7.324MW	7.226MW
额定工况内效率	82.5%	82.9%
额定进汽压力	0.8409MPa.a	0.741MPa.a
额定进汽温度	347.3℃	331.1℃
额定进汽流量	16.2t/h	16.32t/h
额定排汽压力	6.48kPa.a	5.88 kPa.a
调速范围	3000~6000r/min	3000~6000r/min
临界转速	一阶: 2620r/min, 二阶: 9233r/min	一阶: 2620r/min, 二阶: 9233r/min
盘车转速	120r/min	120r/min
高、低压汽源切换点	40% (定压), 30% (滑压)	40% (定压), 30% (滑压)
与给水泵连接方式	鼓形齿式联轴	鼓形齿式联轴
旋转方向 (从汽轮机向泵看)	顺时针	顺时针
通流级数	6级	6级
末级叶片长度	209.55mm	209.55mm
安装方式	带有小底盘的快装机组	带有小底盘的快装机组
排汽口方向	下排汽	下排汽

2.2 切换形式比较 (见图1、图2)

内切换与外切换技术是当今世界给水泵汽轮机汽源切换技术的两大派别。在国外, 美国西屋、ABB、日本三菱等采用内切换, 德国西门子、俄罗斯采用外切换; 在国内, 上汽、哈汽采用外切换, 杭汽300MW和600MW等级机组给水泵汽轮机采用外切换, 1000MW等级机组给水泵汽轮机采用内切换。东汽300MW和600MW等级机组给水泵汽轮机采用外切换或内切换均有成熟机型, 而1000MW等级机组给水泵汽轮机则采用成熟引进型外切换。

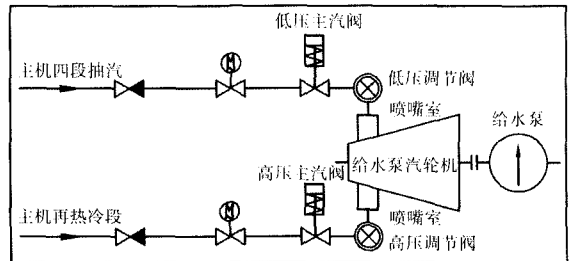


图2 内切换系统

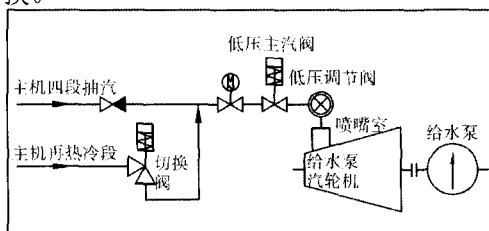


图1 外切换系统

3 本体设计方案

再热冷段内切换给水泵汽轮机保持了西屋快装机组的特点, 机组级数少, 外形尺寸小, 本体重量轻; 轴向推力小, 推力轴承负荷小、耗油量低; 转子直径小, 机组采用弹性板、弹性梁的定位方式, 使机组的膨胀更加自如。机组工作在变转速、变工况的特殊运行条件下, 出于叶片不调频设计的要求, 国内外大部分公司均按冲动式

设计。

3.1 轴系设计

(1) 本机组转子为整锻转子，叶片是不调频的，且各级动叶叶根均设计成枞树形叶根；动叶片共有六级，均为侧装式，前四级为直叶片，后两级为扭叶片。转子总长为3093.5mm，末级叶片长度为209.55mm（见图3）。

(2) 汽轮机—给水泵连接机组采用鼓形齿式联轴器（见图4），以补偿标高的变化值。

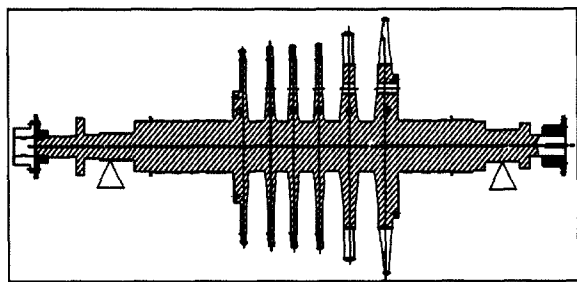


图3 转子简图

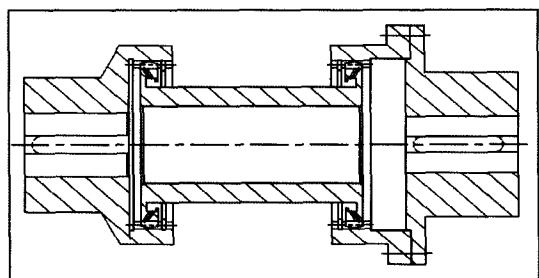


图4 联轴器简图

(3) 采用高速盘车装置（见图5），盘车转速为120r/min，驱动电机功率为7.5kW。

(4) 机组前、后支持轴承均为5瓦块可倾瓦轴承。推力轴承的正、反向各有6块推力瓦（见图6）。推力轴承和1#支持轴承布置于前轴承箱中。

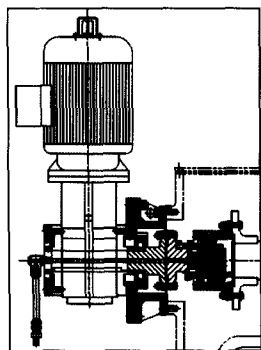


图5 盘车简图

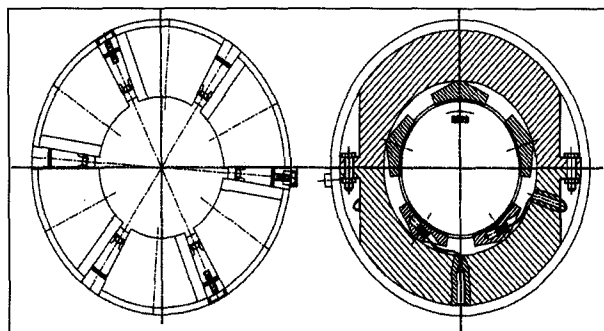


图6 推力轴承和支持轴承

3.2 汽缸设计

汽缸分成前、后两部分。前汽缸为铸造汽缸，后汽缸为焊接结构。

3.3 阀门设计

低压进汽由一个低压主汽阀和8个低压调节阀控制，而高压备用汽源由一个联合的高压主汽调节阀控制。高压主汽调节阀是汽源切换过程中的关键设备，全新设计。高压主汽调节阀基本数据见表2，阀门见图7，阀门连杆见图8，调节阀、喷嘴和喷嘴室的布置见图9。

表2 高压主汽调节阀的基本数据

项目	主汽阀	调节阀
配合直径	Φ116mm	Φ100mm
喉部直径	Φ99.18mm	Φ94.06mm
阀门最大升程	35mm	28mm
阀杆直径	Φ60mm	Φ60mm
最大蒸汽力	3581 kgf	3138 kgf
油动机缸缸尺寸	Φ64mm	Φ64mm
油动机出力倍率	2.68倍	2.96倍
阀体材料	25(锻)	25(锻)
阀杆材料	25Cr2MoVA	25Cr2MoVA
阀门重量	2740.9kg	

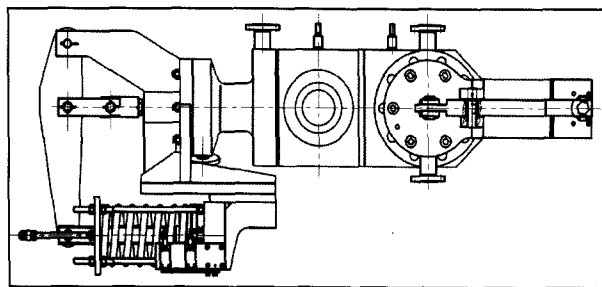


图7 阀门简图

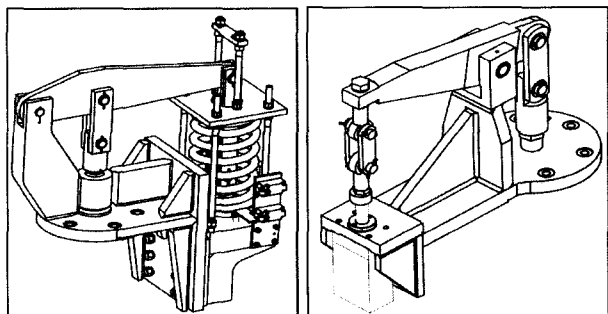


图8 阀门连杆简图

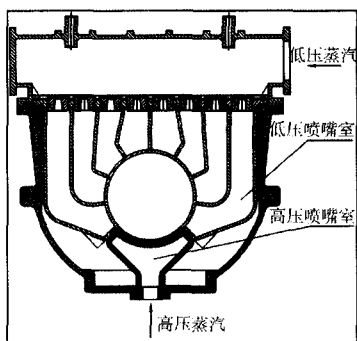


图9 调节阀、喷嘴和喷嘴室布置简图

阀杆动应力计算如下：

冲击初始，阀杆中初始应力 σ_0 (MPa) 表达式如下：

$$\sigma_0 = \frac{10T_A}{F_{min}} \left[1 + \frac{V_A}{100T_A} \sqrt{\frac{G_1 E F}{g L}} \right]$$

T_A ：阀杆实际承受的最大提升力 (kN)；

V_A ：阀杆开启或关闭速度 (cm/s)；

G_1 ：计算截面以下的移动重量 (kN)；

E ：阀杆在工作温度下的弹性模量 (kPa)；

F ：阀杆中部受拉面积 (cm²)；

F_{min} ：计算的危险面面积 (cm²)；

g ：重力加速度 (cm/s²)；

L ：阀杆中部受拉段的长度 (cm)。

阀杆快速提升或关闭时的动应力 σ_d (MPa) 表达式如下：

$$\sigma_d = \sigma_0 \left(\sqrt{\frac{G_1}{G_2}} + 1 \right)$$

G_2 ：相对于计算截面以上的移动重量 (kN)。

此主汽阀和调节阀阀杆规格基本相同，受力区别较大。

阀杆校核结果见表3。

表3 阀杆校核数据表 (MPa)

项目	主汽阀	调节阀
阀杆 δ_0 (开启)	24.59	21.59
阀杆 δ_0 (关闭)	31.33	29.33
阀杆 $\sigma_{0.2}$	572	572
快速提升动应力	42.78	30.79
快速关闭动应力	79.82	74.53

3.4 喷嘴设计

机组高压喷嘴、低压喷嘴和全部隔板均采用焊接结构，低压喷嘴有82只叶片，分成8组，各组分别与低压喷嘴室的8个独立的腔室之一相通，各由相应调节阀供汽，低压喷嘴室固定在前汽缸上半。高压喷嘴仅有一组，共20只叶片，其进汽室（高压喷嘴室）用螺栓固定在前汽缸下半。高压喷嘴、喷嘴室全新设计，见图10。

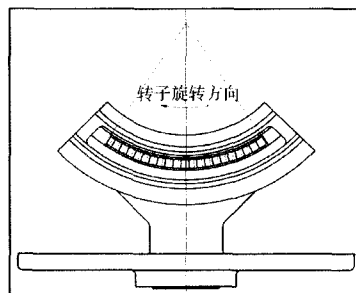


图10 喷嘴、喷嘴室简图

3.5 主汽管设计

高压主汽调节阀与高压喷嘴室之间的高压主汽管挠性设计，充分吸收机组热位移。

3.6 底盘设计

机组的底盘用地脚螺栓把好后，浇注在基础上，小汽机靠后汽缸处两撑脚座在底盘上，汽缸两撑脚下各有一横向滑键，键对称于排汽中心线，前轴承箱用螺栓与前汽缸连成一体，并挠性支撑在底板上，汽缸的热膨胀靠此挠性支撑吸收。挠性支撑布置见图11，挠性板见图12。

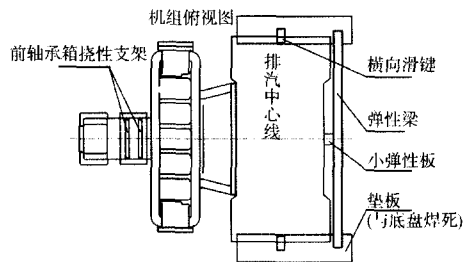


图11 挠性支撑布置 (下转第22页)

鉴于蝶阀在供热机组中的重要性,对其选型及安装维护方面有如下要求:

(1) 阀门及附件都应操作灵活,阀门开启、关闭速度稳定。在汽轮机任何工况条件下阀门均不能出现卡涩现象,并且阀碟在任何开度位置均能可靠定位,无任何摆动现象发生。

(2) 阀碟应有足够的强度,在蒸汽压差和不平衡力作用下不会产生变形。

(3) 为防止阀门开启、关闭过位,蝶阀执行机构应设限位装置,并设置必要的缓冲装置。

(4) 机械操纵机构在结构上要充分考虑防卡涩措施及合理的导向结构,确保蝶阀在在冷热状态下无卡涩现象,操纵灵活。

(5) 阀门上应带有指示开启和关闭方向的铭牌,还应在阀门上明确标明流动方向。蝶阀一般

有安装方向,不能反装。

(6) 蝶阀在仓储时,阀板应开启 $4^{\circ} \sim 5^{\circ}$,以免密封圈长期受压而变形,影响密封。

6 结语

通过国内电厂多年运行反馈结果表明,供热汽轮机组上蝶阀故障率低,维护成本小,工作可靠。从而证明选择蝶阀作为供热调节控制元件是合理的,并将在今后的供热机组中得到越来越广泛的应用。

参考文献

- [1] 王建伟,莫琪辉,徐琼鹰.东汽330MW双抽供热凝汽式汽轮机设计技术.热力透平,2010(1)
- [8] Paul Dvorak. Britannia breaks the 9MW barrier[EB/OL]
http://www.clipperwind.com/pdf/wpe_Britannia.pdf
- [9] Eystein Borgen, Michal Forland. SWAY spins off SWAY turbine[EB/OL]
http://www.sway.no/publish_files/2010_08_27_Press_release_SWAY_demerges_SWAY_TURBINE_Eng.pdf
- [10] Aerogenerator X launched by Wind Power Limited [EB/OL]
www.windpower.ltd.uk/

(上接第14页)

Wind Turbine Direct-Drive Generator Design with Pitch or Active Speed Stall Control[EB/OL]

<http://repository.tudelft.nl/assets/uuid:afa0279c-aea0-4611-989b-eaae377b2f09/211586.pdf>

[7] J. Jonkman, S. Butterfield, W. Musial, G. Scott. Definition of a 5-MW Reference Wind Turbine for Offshore System Development[EB/OL]

http://www.energiarenovables.cimat.es/adjuntos_documentos/NUSA2.pdf

(上接第18页)

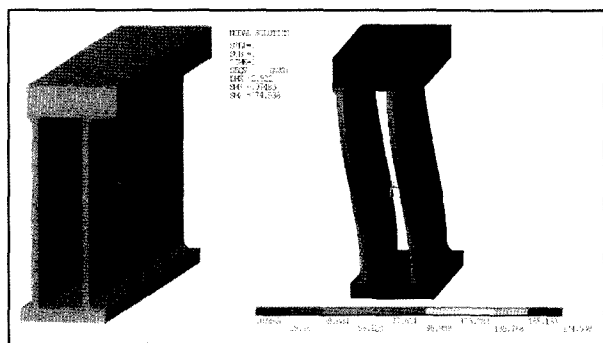


图12 挠性板

挠性板在工作状态下产生的弯曲应力小于45MPa,其静态安全系数为4.78,其强度完全满足运行要求。

4 结束语

从结构设计和运行经济性来讲,再热冷端作为给水泵汽轮机的备用汽源比较合适,而机组采用内切换还是外切换都要根据用户实际需要而定。目前内切换和外切换给水泵汽轮机均有很多成功的设计和运行经验。东汽300MW等级机组再热冷段内切换给水泵汽轮机在大唐国际锦州热电厂 $2 \times 300\text{MW}$ 项目上成功设计完成后,已经具有300MW等级机组新蒸汽、再热冷段内切换和再热冷段、辅汽外切换给水泵汽轮机的所有机型。

参考文献

- [1] 舒士甄,朱力,柯玄龄.叶轮机械原理.北京:清华大学出版社,1991
- [2] 西安交通大学.蒸汽轮机装置.北京:机械工业出版社,1982
- [3] 艾育华.喷嘴与蒸汽喷射器研究.华北电力大学硕士学位论文,2001