维普资讯 http://www.cqvip.com

600MW大型火电站用半容量锅炉给水泵汽轮机的开发设计

杭州汽轮机股份有限公司
曹李农 孔建强 李健生 杨雄民 蔡盛明

1 概述

90年代初，我公司成功地开发了300MW火电机组配套用半容量锅炉给水泵汽轮机，从而进入锅炉给水泵汽轮机市场，至今该产品已生产近百台，累计产值数亿元，是我公司90年代主要的经济增长点之一。

随着我国国民经济的高速发展和大型火电设备设计制造技术的不断提高，从“九五”计划起，我国逐渐将大电站的单机容量从300MW转向600MW。因此600MW大型火电站配套用锅炉给水泵汽轮机的开发是我公司继300MW用锅炉给水泵汽轮机后的又一重大开发项目。天津大唐盘山发电有限责任公司600MW半容量锅炉给水泵汽轮机的设计制造成功标志着我公司的给水泵汽轮机进入了新的发展阶段。

2 技术参数和关键

2.1 技术参数

2.1.1 机型：NK63/71/0

2.1.2 形式：单缸、单轴、单流、反动式冷凝机组

2.1.3 汽轮机最大功率：≥12000KW

2.1.4 转速范围：3000—5650r/min

2.1.5 正常工作汽源：主机四段抽汽

2.1.6 备用汽源：主机二段抽汽（再热器冷端抽汽）

2.1.7 汽源切换方式：外切换

2.1.8 汽轮机转向：顺汽流看为右旋

2.2 技术关键

2.2.1 汽轮机本体、底盘一体化，合适的外形尺寸保证机组整体发运。

2.2.2 工作汽源、备用汽源自动切换。

2.2.3 自动化水平上新台阶，达到国际同类机组水平，实现远程启动和流程控制，机旁不设操作岗。

2.2.4 采用西门子最新技术，高速盘车：≥120 r/min。

2.2.5 在调速范围内，转子振动的振幅≤36μm。

2.2.6 调节系统的精度达到NEMA标准的最高级：D级。

维普资讯 http://www.cqvip.com

2.2.7 汽轮机的内效率≥81%。

3 设计方法和措施

3.1 热力、强度设计

3.1.1 蒸汽条件

主机负荷	BMCR 额定	TMCR 设计	TNL	TRL 夏季	90% TNL	75% TNL	50% TNL	40% TNL	30% TNL
主机四段抽汽口压力 MPa(a)	0.8964	0.8576	0.8099	0.8395	0.7296	0.6059	0.4168	0.34	0.2812
主机四段抽汽口温度 ℃	339.1	339.4	339.9	337.7	340.4	341.7	320.1	302.2	295.0
再热器冷端抽汽压力 MPa(a)	3.6198	3.456	3.2544	3.4299	2.9241	2.4129	1.6767	1.3797	1.0512
再热器冷端抽汽温度 ℃	322.4	317.3	311.3	316.4	301.5	288.4	277.3	272.1	267.4
汽轮机排汽压力 MPa(a)	0.0069	0.0069	0.0069	0.0135	0.0069	0.0069	0.0069	0.0069	0.0069

3.1.2 汽轮机操作条件（被拖动机——锅炉给水泵的功率转速）

主机负荷	BMCR	TMCR	TNL	TRL	90%	75%	50%	40%	30%
给水泵轴功率 kW	8466	7970	7270	8095	6649	5860	4850	4563	4280
转速 r/min	5370	5300	5200	5320	5050	4800	4550	4500	4470

3.1.3 汽轮机热力设计要求

3.1.3.1 汽轮机的设计工况点为主机TMCR负荷工况，功率：7970kW，转速：5300r/min，并对所有工况点进行保证。

3.1.3.2 汽轮机双机并联运行，能驱动每台锅炉给水泵供给锅炉50%BMCR的给水量；一台汽轮机驱动一台锅炉给水泵与一台30%BMCR容量的电动泵组并联运行，供给锅炉90%BMCR的给水量；汽轮机驱动一台锅炉给水泵作单泵运行时，供给锅炉60%BMCR的给水量。

3.1.3.3 汽源切换点：≤40%主机负荷

3.1.4 设计方法、措施及结果

本汽轮机的热力和强度计算全部由引进的计算程序自动设计完成，该过程主要包括：调节级详细计算、转鼓级详细计算、变工况热力计算、汽耗曲线修正计算、轴承油量及耗功计算、转子推力计算、转子静挠度计算、转子振动和响应计算、叶片图和通流图的绘制等。

为了满足高可靠性和高效率，以及汽源切换点的要求。我们采取了以下措施：

3.1.4.1 特殊设计

汽轮机的通流部分针对用户的要求进行专门独立的设计。采用整锻转子结构，新型反动式叶片（T4、T6、T7型线），并从进汽段开始优化通流的布置结构，使流道光滑顺畅、阀点布置合理，并根据给水泵的功率及转速的不同合理改变叶片的级数和尺寸，故运行的适应性好，效率高。

设计结果汽轮机共有9级：1级调节级、5级转鼓级的直叶片和3级标准的低压扭叶片（SK71）。

维普资讯 http://www.cqvip.com

汽轮机在考核（功率7970 KW，转速5300r/min）工况下的耗汽量为：41.8t/h，内效率为81.3%。

3.1.4.2 不调频叶片

汽轮机所有动叶中的直叶片均自带整体围带，按不调频叶片设计，倍频大于6倍。汽轮机的扭叶片为标准的低压叶片组，共三级，其动叶片带有阻尼拉筋和阻尼双锥棒。

3.1.4.3 转子振动

汽轮机采用整锻转子结构，故转子刚性非常好，最大静挠度仅为20μm。汽轮机按API612-95版进行转子的弯曲振动计算，考虑了前后轴承座的支撑刚性和汽封激振力的影响等，前后轴承均为二油楔轴承。在运行调速范围内的各阶振动响应的放大系数均小于2.5倍，转子经高速动平衡后的运行非常平稳，额定振幅小于36μm。

3.2 结构设计

在消化吸收西门子引进技术的基础上大胆突破，借鉴西屋公司的经验，运用现代化的设计手段，在保证安全性和可靠性前提下，合理布局，将汽轮机结构做重大调整（参见汽轮机纵剖面图）。

3.2.1 取消独立的蒸汽室，采用喷嘴持环结构；速关阀和前汽缸采用法兰连接，简化汽缸结构；根据给水泵汽轮机的实际运行条件对铸造前汽缸的壁厚、法兰、螺栓布置等进行调整，使前汽缸的重量比同类型的汽轮机减轻了40%。

3.2.2 前支座采用焊接结构，与汽缸的连接采用横键导向结构，加强机组运行的稳定性并方便安装。

3.2.3 采用焊接式排缸，宽度尺寸缩小30%，后轴承座与排汽缸焊为一体方便安装。

3.2.4 前后汽封档采用三段闭式结构，提高了封汽效果。

3.2.5 汽轮机转子上采用了二段离心式甩油环结构，解决了以往同类机组中前后轴承座油封档的漏油问题。

3.3 调节、仪控设计（参见汽轮机调节系统图）

3.3.1 采用以微处理器为基础的电液调节系统，转速控制范围不小于10%NH——120%NH（NH为给水泵最高工作转速），转速控制速度＜0.1%NH。电液调节系统作为DCS系统的一个站与DCS实行数据通信，由DCS操作员站统一操作。高度自动化保证了机组在起/停、滑压/定压和快速减负荷具有良好的性能。

3.3.2 由PLC完成逻辑运算的和就地可靠的一次检测元件组成的ETS独立于调节系统、机组安全运行有了可靠保证。任何一个停机信号一旦送入ETS系统都将立即触发联锁停机，主汽门和调节汽阀同时快速关闭、切断蒸汽。同时ETS将跳闸原因送至DCS进行记录。

3.3.3 TSI是机组重要参数的监测系统，主要是振动、位移、轴瓦温度等。系统采用微处理器为基础的设备。例如本特利3500系列，软件模块化、程序标准化，具有自检、故障诊断等功能。重要参数进行冗余设置与DCS实现通信联络或硬接线连接。以满足不同的需要。这样机组的稳定运行就有了重要保证。

3.3.4 液压系统作了重大改进。电液转换部分和油动机部分以抗污性强为设计开发目标。该系统既能配置低压透平油调节装置，也能配置高压抗燃油调节装置。虽然采用的是欧洲形式的汽源外切换方式和系统，但从结构和调节来讲与内切换并无两样。高低压汽源调节阀都与

维普资讯 http://www.cqvip.com

汽轮机本体连在一起，都受调节系统自动控制。不仅安全可靠性有保证，而且包括汽源切换在内的综合调节性能也得到保证。同时大大方便了安装、调试和检修。

3.4 装置设计(参见汽轮机润滑油系统图、汽轮机布置图)

3.4.1 控制油路设计进行充分优化。采用速关组件HBL取代大部分复杂的控制油外管路，并由三维CAD软件实现管路布置设计、干涉检查。

3.4.2 汽轮机盘车可采用高速油涡轮盘车方案，盘车转速大于120r/min，由盘车控制装置实现盘车的自动投入与脱离。高速盘车在减少轴承磨损、防止水泵抱轴方面较低速盘车有利。为解决机组启动时所需盘车力矩较大，通过配备辅助顶轴油系统有效地降低静态启动所需盘车功率。为使油系统设计经济，不设置独立的盘车油泵，而由主油泵和辅助油泵同时运行提供盘车时所需的盘车油和润滑油。

为满足不同用户的需求，系统也可按电动盘车方案设置。

3.4.3 油系统可采用分立油站供油形式，该方案将所有油站设备集成于一独立底盘以方便现场施工，缩短现场施工周期。应用户要求，油系统也可与汽轮机一起集成安装与单一底盘，该方案的现场安装工作量更少。

3.4.4 汽轮机本体底盘制造采用工字型钢以简化结构，在满足刚度设计要求下，控制结构尺寸使之适于安装后整体发运的要来，底盘采用无垫铁安装方式以减少用户现场安装调整工作量。

3.4.5 汽水系统配备气动疏水装置、电动真空碟阀，满足运行自控要求。

3.4.6 通过设置汽轮机与给水泵统一的整体隔音大罩壳，以降低汽轮给水泵组的总体噪音水平。

4 结论

NK63/71/0型600MW半容量锅炉给水泵汽轮机于2001年5月在天津大唐盘山发电有限责任公司进行了机组的性能考核试验，各项性能指标均达到或超过了设计要求。因此NK63/71/0型600MW半容量锅炉给水泵汽轮机具有广阔的市场应用前景。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

维普资讯 http://www.cqvip.com

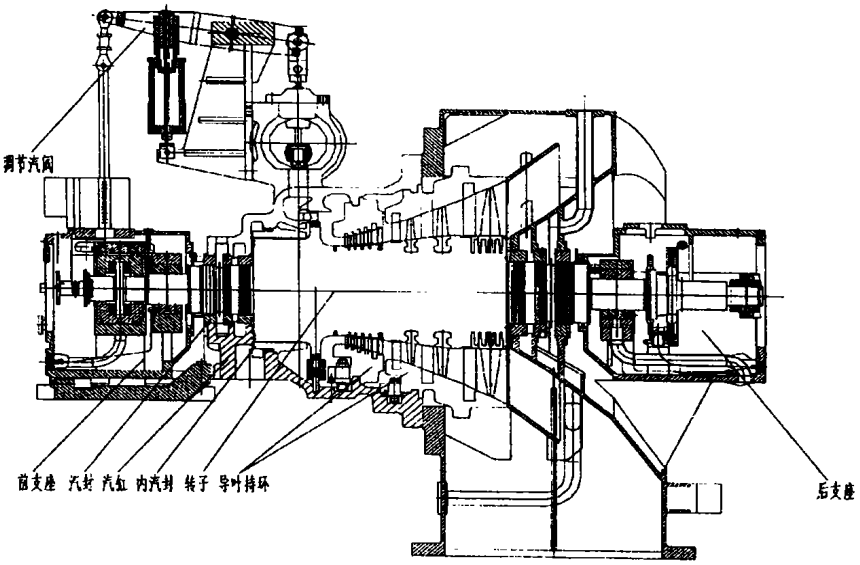

图1 汽轮机纵剖面图

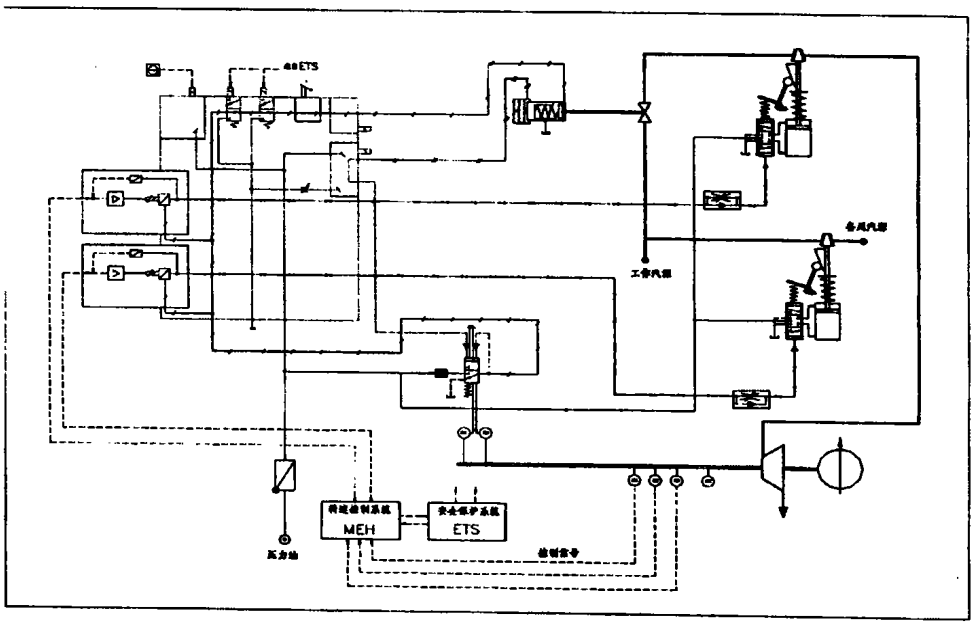

图2 汽轮机调节系统图

维普资讯 http://www.cqvip.com

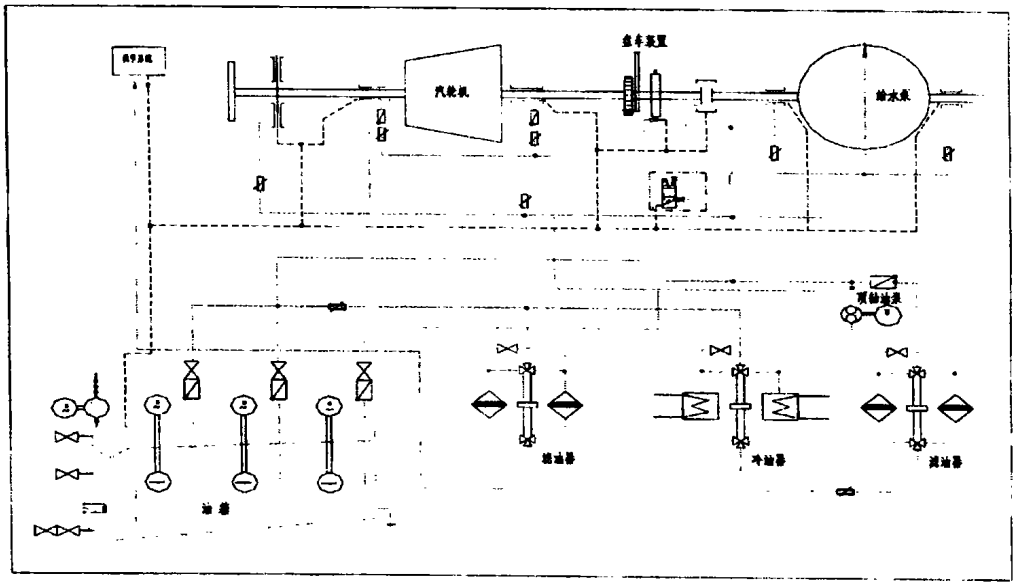

图3 汽轮机润滑油系统图

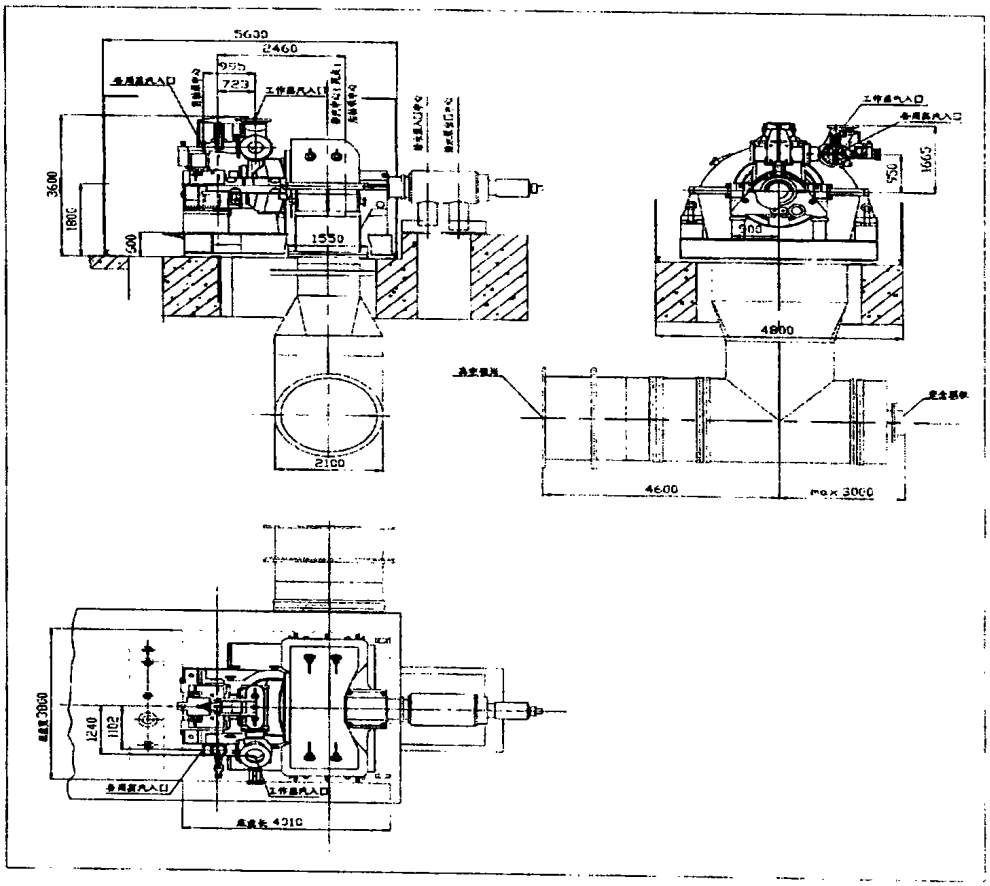

图4 汽轮机布置图

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载