

125 MW 汽机快冷系统的设计和使用

刁向东

(安徽省电力设计院, 安徽 合肥 230022)

摘要: 比较详细介绍宿东电厂汽轮机快冷系统的设计及其装置, 分析汽缸的温降过程, 通过数据说明其在使用中的经济性和安全性。

关键词: 汽轮机; 快冷系统; 快冷装置; 汽缸温降; 汽缸差胀

中图分类号: TK264.22 文献标识码: B

1 概述

宿东电厂三期扩建工程, 采用上海汽轮机厂生产的N125-135/535/535型超高压、中间再热、凝汽式汽轮机, 由于采用完善的机组保温措施, 从正常停机到通过自然冷却至高压内缸内壁温度在200℃以下停用盘车装置止, 所需用时间约为100~110小时, 时间太长, 直接影响机组的检修工期, 影响机组的投运率。为了加快停机后的冷却速度, 缩短停机后冷却时间, 采用了汽轮机快冷装置, 即: 在汽机停机后的高温阶段, 利用通热空气的方式, 最大可输入350℃干燥洁净的压缩空气为冷却介质进入汽轮机, 并保持与汽缸内壁一定的温差, 在规定的范围内按比例降低汽缸温度, 来强迫汽轮机组的冷却。

2 快冷系统设计及快冷装置

2.1 系统设计

该快冷系统的介质流程采用顺流方式, 即其流向与汽机工作时蒸汽的流向相同, 这样由于是全周进汽, 对汽缸及转子冷却比较均匀, 另外原来的金属温度监测点可加以利用, 便于监视和控制冷却速率。

为了防止冷却开始阶段在空气引入处产生热冲击, 在空气引入前设置电加热器, 预先将冷却空气加热到一定温度, 这样便于控制冷却空气的初始温度, 再加上调节空气流量, 可以自始至终地, 均匀地控制汽轮机最佳的冷却速率。另外, 在空气引入前介质经过二级气液分离器, 使引入的空气洁净, 来保证汽

缸内部分的洁净。

压缩空气经过二级气液分离器和电加热器后到分气集箱, 热空气在分气集箱分四路去各用气接点: (1)高压缸冷却空气由自动主汽门前疏水管引入, 经高压缸排汽管逆止门前的疏水管排出, 来冷却高压缸; (2)中压缸冷却空气由中压调门后疏水管引入经末级抽汽管逆止门前的疏水管排出, 来冷却中压缸; (3)另外两路冷却空气分别去“汽缸夹层加热联箱”及“法兰螺栓加热联箱”, 来冷却汽机的汽缸夹层及其法兰螺栓。

该系统流程如图1。

2.2 快冷装置

本工程的“快冷装置”采用的是江苏扬中华能电力设备修造厂产品, 包括: 空气电加热器, 气液分离器, 集气箱, 电气控制柜及其它附件。另外还配两台空气压缩机。它们的型号, 规格及技术参数如下:

2.2.1 空气电加热器

型号: YQL-II120(卧式)

额定功率: 120 kW

设计压力: 0.8 MPa

最高加热温度: 350℃

最大设计流量: 60 m³/min

2.2.2 气液分离器

设计温度: ≤150℃

设计压力: 0.8 MPa

分离型式: 离心式

最大通流能力: 45 m³/min

2.2.3 集气箱

设计工作温度: ≤350℃

设计压力: 1.6 MPa

2.2.4 电气控制柜

输入电压: 380 V, 50 Hz

额定功率: 1 500 kW

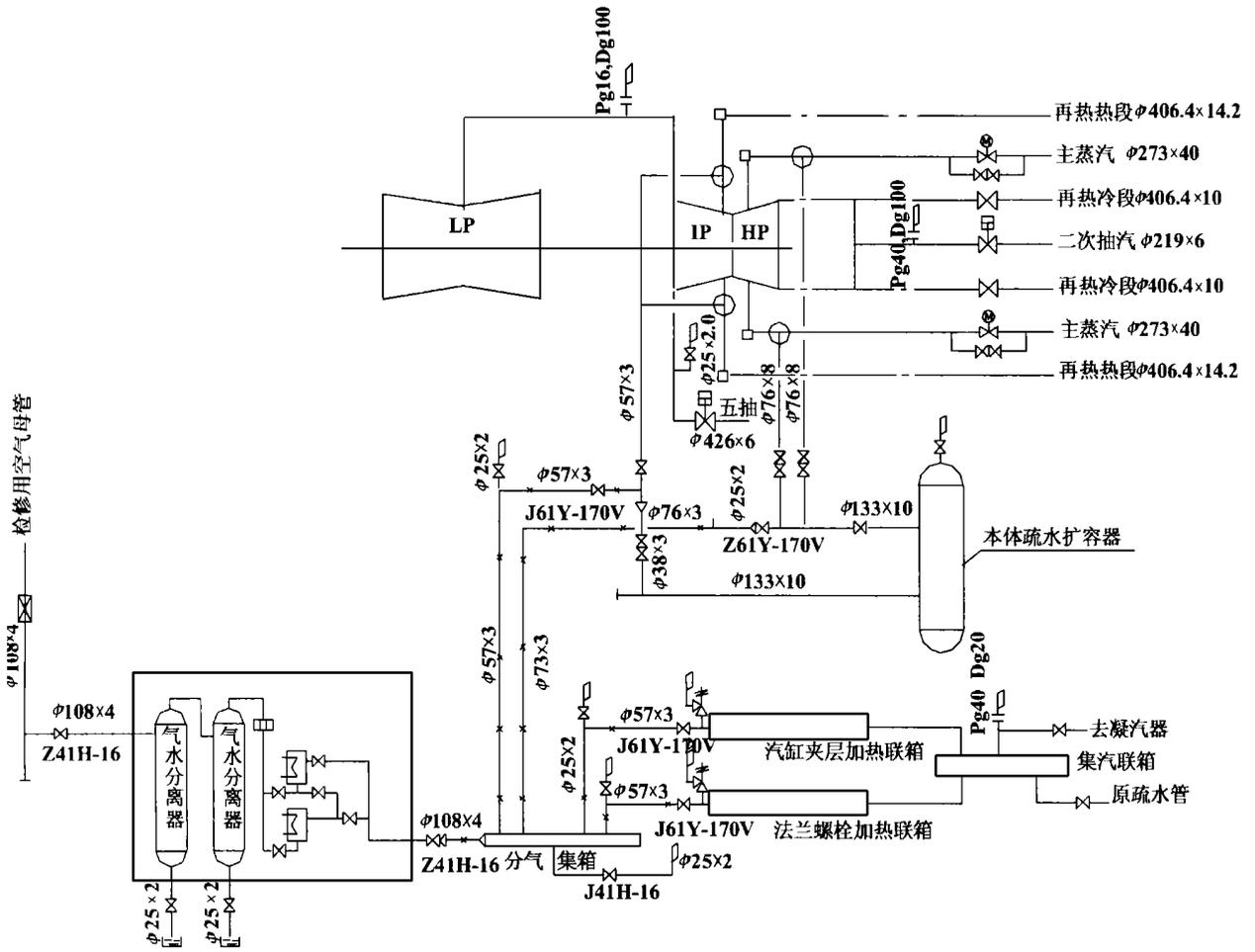


图 1

控制温度: $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 600\text{ }^{\circ}\text{C}$
 控温精度: $\pm 0.5\%$

2.2.5 空气压缩机

型号: 4L-20/8
 出口压力: 0.8 MPa(出口减压后, 0.6 MPa)
 设计流量: $20\text{ m}^3/\text{min}$ (两台 $2 \times 20\text{ m}^3/\text{min}$)

3 汽轮机快冷系统的应用

该系统在投运过程中, 运行良好。以下是投运记录:

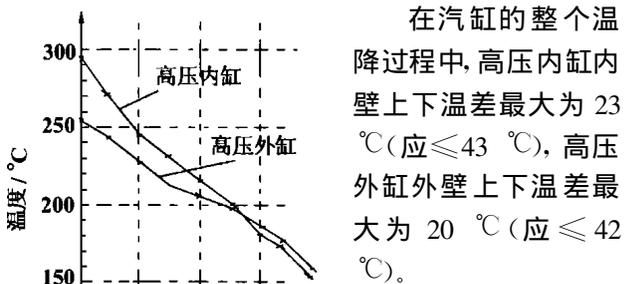
3.1 空气电加热器投运情况

刚投运时, 空气电加热器出口的空气温度为 $220\text{ }^{\circ}\text{C}$, 空气电加热器出口的空气压力为 0.36 MPa, 系统投运结束前, 空气电加热器出口的空气温度为 $93\text{ }^{\circ}\text{C}$, 空气电加热器出口的空气压力为 0.34 MPa。投运“快冷系统”后冷却汽缸过程共经历 19 小时。

3.2 高中压汽缸温降情况

投运过程中, 高压外缸温降为 $92\text{ }^{\circ}\text{C}$, 高压内缸温降为 $134\text{ }^{\circ}\text{C}$, 中压外缸温降为 $88\text{ }^{\circ}\text{C}$, 中压内缸温降为 $127\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

3.3 高压汽缸温差情况



在汽缸的整个温降过程中, 高压内缸内壁上下温差最大为 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ (应 $\leq 43\text{ }^{\circ}\text{C}$), 高压外缸外壁上下温差最大为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (应 $\leq 42\text{ }^{\circ}\text{C}$)。

3.4 中压汽缸温差情况

在汽缸的整个温降过程中, 中压内缸内壁上下温差最大 $19\text{ }^{\circ}\text{C}$

图 2

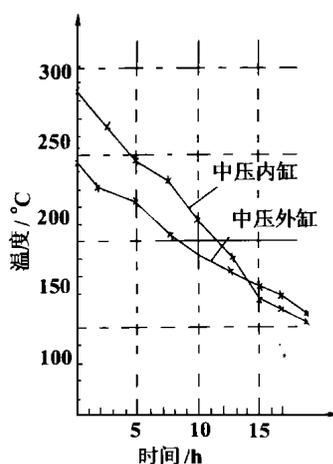


图 3

(应 ≤ 42 °C), 中压外缸外壁上下温差的最大 23 °C(应 ≤ 42 °C)。

3.5 高压缸温降曲线及分析

在温降过程中, 高压缸温度变化的温降曲线如图 2。

其中, 高压外缸: 投“快冷”前的温度为 253 °C, 停运“快冷”时的温度为 161 °C, 平均温降率为 5.1 °C/h。

最大温降点发生在投运后, 该温降率为 5.1 °C/h。

高压内缸: 投“快冷”前的温度 291 °C, 停运“快冷”时的温度 157 °C, 平均温降率: 7.1 °C/h。最大温降点发生在投运后 1 小时 40 分钟左右, 该温降率为 8 °C/h

3.6 中压缸温降曲线及分析

在温降过程中, 中压缸温度变化的温降曲线如下:

中压外缸: 投“快冷”前的温度为 247 °C, 停运“快冷”时的温度为 159 °C, 平均温降率为 4.7 °C/h。最大温降点发生在投运后 2 小时 10 分钟, 该温降率为 6 °C/h。

中压内缸: 投“快冷”前的温度 283 °C, 停运“快冷”时的温度 156 °C, 平均温降率为 6.4 °C/h。最大温降点发生在投运后, 该温降率为 10 °C/h。

3.7 高中压缸差胀及汽缸的绝对膨胀(见表 1)

表 1

投运情况	“快冷”投运前	“快冷”投运终止时
高压缸差胀	+1.13 mm(应 $\leq +7$ mm)	-0.8 mm(应 ≥ -1.5 mm)
中压缸差胀	+2.39 mm(应 $\leq +7$ mm)	-1.1 mm(应 ≥ -1.5 mm)
汽缸绝对膨胀	9.4 mm	5.8 mm
轴向位移	-0.34 mm(应 $\leq \pm 1.2$ mm)	-0.31 mm(应 $\leq \pm 1.2$ mm)

4 结束语

运行实践证明, 本工程设计的“汽轮机快冷系统”安全可靠; 另外为便于灵活操作和控制, 在中间管路安装了控制阀门、压力、流量、温度显示装置, 利用电气控制柜可以随时调节温度和流量, 再配合汽轮机应力监视, 可以方便地在规定范围内按比例降低汽缸温度, 以达到快速冷却的目的。

该“快冷系统”还可以用在机组的冷态启动时, 开机前预热汽轮机, 缩短低速暖机的时间。另外在热态启动时, 可先冷却中压缸, 使汽缸温度与再热汽温提前匹配。停机备用时, 还可用来干燥汽轮机, 防止湿汽腐蚀。

该汽轮机组从满负荷降到零负荷, 约 320 分钟; 再加上高中压汽缸强迫冷却的 19 小时, 这样大约可以缩短整个停机时间约 75 小时, 也就是说电厂检修工期可缩短约 75 小时。如果说电厂一年停机两次, 一年可多发电 150 小时, 如果机组平均运行负荷为 100 MW, 一年可多发电量 1500 万 kW·h。宿东电厂的上网电价为 0.402 元/(kW·h), 这样投入“快冷系统”后, 一年可得产值 603 万元。为电厂取得了很好的经济效益。

(复 编辑)

1 500 °C 级 501G 燃机的研制和运行

据“火力原子力发电”1999 年 1 月号报道, 具有 1 500 °C 级涡轮进口温度的下一代大型重型单轴 501G 燃气轮机已由日本三菱重工(MHD)研制成功并投放市场。

501G 具有 17 级轴流压气机, 压比为 20, 16 个逆流管环式干低 NO_x 燃烧室, 过渡段采用蒸汽冷却而不是通常的空气冷却。四级轴流反动式涡轮使用三维叶片设计并应用具有热障涂层的定向结晶材料。简单循环额定功率为 254 MW, 热效率高达 38.7%。联合循环额定功率为 343.3 MW, 热效率为 58%。

从 1997 年 2 月起, 在三菱重工高砂工厂的验证试验用的联合循环装置中进行了 501G 的试运行, 以便验证它的高性能、可靠性和可维护性。试验期间, 在燃机上安装了 1 800 多个测量仪表系统。在整个范围的运行条件下, 测量了通流部分特性、金属温度、压力、应变、声压级、排气排放物等。全部重要的特性, 包括冷却特性和部件可靠性均得到了验证。

(思娟供稿)

150036) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —2001, 16(1). —93 ~ 95

This paper describes a portable flue-gas analyzing device, detailing its composition, operation principle, functions and usage conditions. The recommended device can be employed to conduct experimental research of the combustion process and the commissioning test of power generation plants. **Key words:** data acquisition, flue gas analysis

125 MW 汽机快冷系统的设计和使用 = **Design and Operation of a 125 MW Steam Turbine Rapid-cooling System** [刊, 汉] / Diao Xiang-dong (Anhui Provincial Electric Power Design Institute, Hefei, Anhui Province, China, Post Code: 230022) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —2001, 16(1). —96 ~ 98

A relatively detailed description is given of the design and installation of a steam turbine rapid cooling system now in operation at Suidong Power Plant, including an analysis of the temperature dropping process of a turbine cylinder. On the basis of relevant data the cost-effectiveness and operation safety of the rapid cooling system have been validated. **Key words:** steam turbine, rapid cooling system, turbine cylinder temperature drop, turbine cylinder differential expansion

国产 50 MW 汽轮机轴端汽封的改造 = **Modification of the Shaft End Gland Seal of a Chinese-made 50 MW Steam turbine** [刊, 汉] / Cai Guo-liang (Guangzhou Yuancun Thermal Power Generation Co. Ltd., Guangzhou, China, Post Code: 510655) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —2001, 16(1). —99 ~ 100

Two Chinese-made 50 MW steam turbines suffered from a high leakage of shaft end gland seal steam and an excessively low vacuum in the condenser. On the basis of a formula for calculating gland seal leakage an analysis was conducted of the various influencing factors of the gland seal leakage. This has been done in the light of the operating condition of the gland seal system as well as its structural parameters (tooth type and quantity) and mounting clearance. As a result, the basic cause of the problem has been determined. This was followed by a modification of the original gland seal construction as well as its fabrication material and mounting clearance. The operation results after the above modification show that the gland seal leakage problem has been solved with significant energy-savings being attained. **Key words:** 50 MW steam turbine, shaft end gland seal, modification of gland seal

远场涡流无损检测技术在电厂的应用研究 = **The Applied Research of Remote-field Eddy Current-based Non-destructive Inspection Technology at a Power Plant** [刊, 汉] / Jin Wan-li (Huainan Pingwei Power Plant, Huainan, Anhui Province, China, Post Code: 232089) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —2001, 16(1). —101 ~ 103

Remote-field eddy current-based non-destructive inspection technology has been widely used in advanced nations with significant effectiveness. However, in China the application of this technology still remains at an investigation and research stage. The authors have made an analytical study of the theory of the above-mentioned technology and reported its effective use for the first time in the quality inspection of steel tubes of a high-pressure heater for a 600 MW power plant. **Key words:** remote-field eddy current, measurement, theoretic analysis, high-pressure heater, steel tube, check and inspection

SHW46-1.6/150/90-A II (65 吨) 型热水锅炉研制 = **The Development of a Model SHW46-1.6/150/90-AII Hot-water Boiler** [刊, 汉] / Ding Li-qun, Wang Wen-yu, Dong San (Harbin Institute of Technology, Harbin, China, Post Code: 150001), Qiao Li-ying (Harbin Heavy Machinery Works, Harbin, China, Post Code: 150000), Sun Hong-tao (Industrial Boiler Co. under the Harbin Boiler Works, Harbin, China, Post Code: 150030) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —2001, 16(1). —104 ~ 105

This paper covers the development and manufacture of a 65 t/h reciprocating grate boiler along with a narration of the authors' design experience. It can serve as a guide during the design and fabrication of large-sized natural circulation hot-water boilers. **Key words:** natural circulation, reciprocating grate, boiler, design