

国产 600 MW 超临界汽轮机给水泵组设备的技术特点

袁光福

(国电荆门热电厂, 湖北 荆门 448040)

[摘要] 介绍了国产引进型 600 MW 超临界汽轮机给水泵组设备的技术特点, 对给水泵组的关键设备进行了对比分析, 可供国产 600 MW 超临界机组引进型给水泵组设备选型参考或借鉴。

[关键词] 给水泵; 最小流量调节阀; 轴端密封; 盘车

[中图分类号] TK223.5 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1006-3986(2004)增刊-0045-02

给水泵是大型电站重要的辅机设备, 我国目前已经投产的 600 MW 汽轮机组很多采用了 2 台 50% 容量汽动给水泵以及一台 25%~40% 容量的液力调速电动给水泵。采用该配置的主要优点是当 1 台运行的汽动给水泵发生故障而跳闸时, 备用电动给水泵联锁启动后的总给水量能达到锅炉额定负荷的 70%~80% 以上。电动给水泵只在主机启动初期(有的电厂通过对小汽轮机供汽系统改进, 已经可以直接由汽动给水泵启动)或事故状态下启动, 节约了厂用电。

1 给水泵组设备特点

1.1 汽动、电动给水泵

国内 600 MW 超临界机组引进型给水泵生产厂家主要有沈阳水泵厂引进美国 FPD 公司技术生产的 HDB 型给水泵、上海 KSB 泵有限公司引进德国技术生产的 CHT 型给水泵、上海电力修造总厂引进英国 Weir 公司生产的 FK 型和引进 Sulzer 技术生产的 HPT 型给水泵。

1.1.1 双壳体内泵双涡壳中开式多级离心泵

双壳体内泵双涡壳中开式多级离心泵主要部件有: 外筒、泵盖、内涡壳、转子、轴承, 其中的泵芯为内泵中开式结构, 国内主要的生产厂家为沈阳水泵厂。该系列给水泵具有以下特点:

- (1) 给水泵首级叶轮为双吸, 吸入性能较好;
- (2) 转子装配及动平衡精度较高;
- (3) 中开式的内泵壳体为双蜗壳式、上下蜗壳面积相同(见图 1), 泵中心线两边径向力能够自相平衡;

(4) 蜗壳式泵芯转子上叶轮的背靠背对称布置可以使叶轮产生的轴向力很大程度上抵消;

(5) 刚性转子。第一阶临界转速大于最高工作转速的 125%;

(6) 采用盒式快装自循环机械密封。

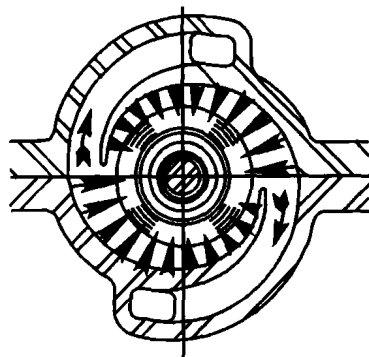


图 1 上下蜗壳对称结构示意图

1.1.2 双壳体圆筒整体芯包卧式离心泵

国内主要的生产厂家为上海 KSB 泵有限公司的 CHT 型和上海电力修造厂生产的 FK 型给水泵。其主要特点有:

(1) 轴向推力采用单平衡鼓加推力轴承(FK 型)或双平衡鼓加推力轴承(CHT 型)。剩余轴向推力则由推力轴承来承受。

(2) 整体芯包式结构, 故障检修时间短。

(3) 密封环间隙合理, 防止了汽动给水泵在低速盘车时转子部件咬合。其中 Weir 泵设计的密封环内孔采用了平行的浅矩形节流槽, KSB 泵采用了蜂窝状密封面的密封环。

(4) 刚性轴。采用了较粗的转子, 第一阶临界转速可以达到最高运行转速 150% 以上。

比较以上几种类型的给水泵, 其中双壳体内泵双蜗壳中开式给水泵效率较高, 高效区较宽, 其 HDB 型泵效率可以达到 85%。KSB 公司生产的电

[收稿日期] 2004-07-28

[作者简介] 袁光福(1968-), 男, 湖北钟祥人, 工程师。

动给水泵效率大于 83%，上海电力修造厂引进的 Weir 电动泵效率稍低一些，更注重设备的可靠性。在轴向力的平衡上，沈阳 HDB 型泵叶轮采用了背靠背布置，轴向力小，无平衡装置，结构简单。KSB 泵采用的是双平衡鼓加推力轴承，在推力轴承损坏的情况下，双平衡鼓起到平衡盘的作用，防止转子部件损坏。Weir 泵采用的是单平衡鼓加推力轴承。对于暖泵系统的要求，当小汽轮机盘车装置大于规定值时，Weir 泵和 KSB 泵不需要暖泵系统，系统简单。沈阳 HDB 型泵则需要暖泵系统，系统布置比较复杂。运行业绩上，HDB 结构形式的给水泵在福建漳州后石电厂以及上海石洞口二电厂超临界机组上有投运的业绩。

1.2 关于给水泵组轴端密封

600 MW 超临界机组主给水泵，一般有采用迷宫密封和机械密封 2 种形式供用户选择。

1.2.1 反螺旋注射式迷宫

反螺旋注射式迷宫密封的原理是在给水泵轴套的外表面加工数条使水流方向指向内侧的螺旋槽，而在固定衬套的内表面加工与轴套螺旋方向相反的螺旋槽。当轴旋转时，螺旋槽类似螺旋槽泵，使流体产生压头，阻止泵内流体外泄。由于轴套与固定衬套之间存在径向间隙，仍有部分流体越过螺纹齿顶向外泄漏。为避免泵内高温水向外泄漏，必须由外部注入密封水。该密封水一部分随螺旋槽泵送至轴封内侧，阻止泵内流体外流，一部分与少量经密封间隙外流的高温水混和形成密封回水。

采用迷宫密封优点：

- (1) 检修维护工作量小，泵组可靠性高；
- (2) 无动静接触，设计寿命时间长。

采用迷宫密封缺点：

(1) 在热态备用状态或热态停运时其轴端和泵壳两端容易受到热冲击。

(2) 泄漏较大，降低了泵组效率。

(3) 密封水调整不好时，容易造成油中进水，低压回水带空气。

在实际运行中，特别是在新机组调试时，有的 600 MW 机组经常发生因给水泵密封水压差小而导致给水泵频繁跳泵现象。当密封水投用压力较高的正常供水系统，即由凝结水母管供水时，凝结水母管压力稍一波动，密封水调节阀就振荡，流量极不稳定。当因机组负荷或其他原因，除氧器补水量较大时，凝结水母管压力下降较快，密封水调节阀往来不及开大，致使密封水压差小于保护定值，跳给水

泵；除氧器补水量较小时，凝结水母管压力上升，密封水调节阀常常又开度太小，甚至关死，造成密封水压差瞬间变小而跳泵。给水泵频繁跳泵，延长了机组调试时间，严重影响机组的安全稳定运行。目前电厂主要采用如下几种方式来改进：

(1) 改善密封水调节阀的调节特性。

(2) 在密封水压差小跳给水泵的保护上增加一定时间的延时。

(3) 采用在密封水压差小跳给水泵的保护上增加一密封水回水温度高的条件。

1.2.2 机械密封

600 MW 超临界机组给水泵采用了一种新型的快装盒式流体动力机械密封，利用自循环冲洗，不需要外供凝结水，减少了凝结水事故而烧毁轴瓦。该种密封作为一个整体更换装配，故障检修时更换更加迅速。

另外，该装置一般在制造厂内就已安装好并经过仔细的调整，在使用时仅需少量的工作就可以装入泵内。给水泵运行时，机械密封由闭式循环水进行冷却，在回路中装有磁性过滤器以过滤杂质。机械密封室冷却器用来自外部的清洁水进行冷却。

采用机械密封的优点是泄漏少，效率高。缺点是易磨损、检修工艺要求较高，检修维护工作量大，寿命较短，维护成本相对较高。另外在夏季环境温度比较高的工况运行时，有的电厂经常出现“机械密封水温度高”故障，有时被迫降负荷运行，另一方面机械密封磨损后，导致泄漏的给水顺泵轴串入轴承室，使润滑油中大量含水，油质恶化，因此选择运行业绩良好、可靠性高、使用寿命长的机械密封是一项重要的工作。

1.3 最小流量调节阀

600 MW 超临界汽轮机的给水泵要把锅炉给水加压至 29.4~37.6 MPa，给水泵在低负荷状态下，需要通过最小的流量防止过热和气蚀。为此需要加装一套再循环系统，最小流量调节阀在系统中起到了十分重要的作用。该阀门的设计必须考虑如下几点：

(1) 在全行程调节的过程中，处理高压降。

(2) 有效防止气蚀。

(3) 降低冲刷和噪音。

最小流量阀在多数状态下处于关闭状态，阀前压力会上升到 29.4 MPa 以上，一旦泄漏，极其少量的两相流会冲刷阀座表面，使其变得粗糙，严重影响阀门的关闭性能失去。

(下转第 48 页)

泵是起维持真空的作用。由于连接到凝汽器的管道及系统很多,因此影响真空严密性的部位很多,但均可通过真空严密性试验来检查真空系统的密封性能,真空严密性试验即是在机组正常运行的情况下,在机组负荷 80%以上,在循环水条件及机组工况不变的情况下,停止 2 台真空泵运行,测试凝汽器真空值下降的速度,该真空下降率是检验负压系统严密性的最好标志,如果做真空严密性试验结果不合格(真空下降率 >0.4 kPa/min),说明真空系统密封性不好,应进行全面检查,即对所有可能是负压的部分进行检查,并结合机组在启动之前或以前所做过的凝汽器灌水试验进行比较和判断,查找漏点,对于负压系统上的阀门内漏及小沙眼等漏点,一般对真空的影响值不超过 1 kPa。通过做真空严密性试验,1 号机组试验结果合格(真空下降率为 0.25 kPa/min),并且机组启动前做灌水试验结果良好,从而排除真空系统不严密的可能。

第三,分析凝汽器抽真空系统的影响。鄂州电厂 2 台真空泵为并联运行方式,在机组正常运行的情况下真空泵只是起维持真空的作用,因为凝汽器负压系统总有不严的地方,总有少量空气进入凝汽器,因此即使做真空严密性试验合格,真空泵停运之后真空仍会持续下降。运行人员判断抽真空系统抽真

空能力的方法是对真空泵电流大小进行观察,经比较 1~2 号机真空泵电流发现 1 号机真空泵电流偏小只有 200 A,而其历史记录的电流值为 240 A,2 号机真空泵电流为 250 A,并且在同时启动备用真空泵的情况下,凝汽器真空有明显回升,由此可初步判断凝汽器真空低的原因为真空泵出力不足。为此,对 1 号机组真空泵进行了进一步检查,发现其运行时冷却器外壳温度偏高,用测温仪测为 60℃。分析认为由于真空泵冷却器冷却效率低,导致真空泵的出力降低,凝汽器内空气不能及时抽出,积聚在凝汽器铜管附近影响凝汽器换热,使凝汽器真空降低。进一步对 2 台真空泵进行检修,发现 2 台真空泵的冷却器结垢严重,对其分别进行清理之后重新启动真空泵,真空回升至 94 kPa,凝汽器运行恢复正常。

3 结论

鄂州电厂 1 号机组凝汽器真空低的原因是真空泵冷却器结垢,冷却效果差,导致真空泵出力降低。

对于具有多台同型机组的电厂,在基本热力学原理指导下的比较分析法,既能合理地进行原因分析,又能迅速找出差别,是一种电厂运行人员值得采用的分析问题的快捷方法。

(上接第 46 页)

国外某公司设计了一种新型 DRAG 迷宫盘片式最小流量调节阀,采用了迷宫盘片作为减压装置,实际运行效果较好。

2 给水泵组设备选型要注意的问题

2.1 性能指标

为了适应机组运行时负荷的变化,汽动给水泵和电动给水泵除了保证必须的流量、压力和效率外,还要求有灵活的调节性能,汽动给水泵的小汽轮机调速范围一般应为 2 700~6 000 r/min,允许负荷变化率为 10%/min;电动给水泵组从零转速的备用状态启动至给水泵出口的压力和流量达到额定参数的时间为 12~15 s;

2.2 给水泵对小汽轮机盘车转速的匹配问题探讨

国内许多电厂都曾出现小汽轮机在预暖低速启动或给水泵热态停泵过程中给水泵泵芯抱死的问题,

一旦发生卡涩后必须拆泵检修或者返厂处理,特别是在新投产机组初期表现最为明显和突出,给机组正常投运造成了严重影响。

对停运后盘车转速的要求是给水泵转子质量好坏的一个反映,若盘车转速要求大于 10 r/min,说明该泵的转子热态刚度欠佳,容易发生卡死现象。现在一般电厂在新机组投产初期(半年以内)均采用不投盘车的做法,暖好泵后直接启动,停泵后也不投盘车,待确保系统清洁后,泵组运行可靠了才按要求正常投用盘车装置。杭州汽轮机厂针对这一问题,引进西门子技术采用了高速油涡轮盘车装置,盘车转速大于 120 r/min,在给水泵热态跳泵后转速降到一定值即可投入盘车装置,避免了电动盘车装置的涡轮蜗杆必须在转速降到“0”时才能投入的难题,很好地解决了给水泵热态调泵后投入盘车装置时卡涩的问题。