

超超临界机组锅炉给水泵选型探讨

王 骏,赵世明

(张家港沙洲电力有限公司,江苏 苏州 215624)

摘 要: 锅炉给水泵是发电厂热力系统中重要的辅助设备,而给水泵组的选型不仅直接影响其自身的安全性和经济性,更对整个发电厂建设工程的初期投资和以后的安全经济生产有着重要的影响。介绍了国内已投产的超超临界机组给水泵的配置情况,对沙洲电力公司二期工程超超临界机组的锅炉给水泵进行了优化选型。

关键词: 超超临界机组;给水泵;选型

中图分类号:TM621.2

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2010)5-0077-02

江苏沙洲电厂二期工程为 $2 \times 1\,000$ MW超超临界燃煤发电机组。锅炉给水泵处于火力发电厂工艺流程的关键地位,是发电厂热力系统中重要的辅助设备,而给水泵组选型的优劣不仅直接影响其自身的安全性和经济性,更对整个发电厂建设工程的初期投资和以后的安全经济生产有着重要的影响。故公司专门对二期工程的锅炉给水泵选型进行了探讨。

1 国内外同类型机组锅炉给水泵的配置情况

目前,国外在锅炉给水泵的配置方面,日本大多数发电厂采用 $2 \times 50\%$ BMCR容量的汽动给水泵+ $1 \times 25\% \sim 30\%$ BMCR容量的电动给水泵;德国发电厂采用 $1 \times 100\%$ BMCR容量的汽动给水泵+ $1 \times 35\% \sim 40\%$ BMCR容量的电动给水泵作为启动和备用泵。也有少数电厂甚至不配置电动给水泵。国内已建或在建的超超临界机组的锅炉给水泵配置情况如表1所示。

2 给水泵组选型的几点探讨

2.1 给水泵组的配置

由于该二期工程是扩建工程,可以利用辅助蒸汽作为启动汽源(一期工程单台汽轮机汽轮机厂用汽工况4抽为40 t/h和2抽60 t/h,可以满足百万机组启动时汽动给水泵的用汽量)。汽动给水泵台数和容量的选择,决定于多种因素。配100%容量汽动泵,单泵在机组40%~100%负荷范围,泵与主机的负荷相匹配,调节比较方便。低于40%负荷,则切换至备用汽源,也能保证机组正常运行。虽然100%容量泵比 $2 \times 50\%$ 容量泵方案运行经济性高,但由于100%给水泵配套的给水泵汽轮机目前需要进口,且需要配套单独的凝汽器、真空泵、凝结水泵等辅助设备,总体上100%给水泵汽轮机比 $2 \times 50\%$ 给

表1 已建或在建超超临界机组锅炉给水泵配置情况

序号	工程名称	汽动给水泵配置	电动给水泵配置	备注
1	华电邹县 ($2 \times 1\,000$ MW)	$2 \times 50\%$	$1 \times 25\%$ (启动,备用)	扩建
2	华能玉环 ($4 \times 1\,000$ MW)	$2 \times 50\%$	$1 \times 30\%$ (启动,备用)	新建
3	北仑港三期 ($2 \times 1\,000$ MW)	$2 \times 50\%$	$1 \times 30\%$ (启动)	扩建
4	国电泰州 ($2 \times 1\,000$ MW)	$2 \times 50\%$	$1 \times 30\%$ (启动,备用)	扩建
5	外高桥三期 ($2 \times 1\,000$ MW)	$1 \times 100\%$	无	扩建
6	国华宁海 ($2 \times 1\,000$ MW)	$2 \times 50\%$	无	扩建
7	华润彭城 ($2 \times 1\,000$ MW)	$2 \times 50\%$	$1 \times 40\%$ (启动)	扩建
8	华润贺州 ($2 \times 1\,000$ MW)	$2 \times 50\%$	$1 \times 30\%$ (调速启动)	新建
9	华能海门 ($2 \times 1\,000$ MW)	$2 \times 50\%$	$1 \times 30\%$ (启动)	新建
10	天津北疆 ($2 \times 1\,000$ MW)	$2 \times 50\%$	无	新建

水泵汽轮机投资多约3 000万元。配 $2 \times 50\%$ 容量汽动泵的优点是,一台汽动泵组故障时仍能带50%负荷运行。给水泵的可靠性对机组运行影响极大,考虑到国内外已运行的1 000 MW机组大都采用 $2 \times 50\%$ 汽动给水泵配置方案,建议配置 $2 \times 50\%$ BMCR容量的汽动给水泵,不配置电动给水泵。可节约一次性投资约3 000万元(包括地基处理、基础土建、电动给水泵组、管道阀门、电气元件、起吊设施和设备安装等费用);可使高厂变容量大幅减小,变电设备及其附属的高压开关等费用大大降低;还可省去生产期间的运行和维护费用。

2.2 汽泵前置泵的布置方案

汽泵前置泵的布置有2种,一种是前置泵布置于0 m层,有单独的电动机驱动;另一种是前置泵与给水泵平行轴布置,即前置泵布置于运转层,汽动给

水泵组包括 1 台由汽轮机直接驱动的锅炉给水泵和 1 台前置泵,前置泵由汽轮机另一端或给水泵的非驱动端输出轴通过减速箱驱动,该法比较安全经济。2 种方案的比较见表 2。

表 2 前置泵单独电机驱动和同轴布置的比较

项目	气泵前置泵单独设电机驱动	汽泵前置泵由给水泵汽轮机通过减速齿轮驱动
特点	(1)前置泵布置于 0 m 层 (2)前置泵由单独电机驱动 (3)前置泵需要配置单独的检修起吊设施	(1)前置泵布置于运转层(17 m) (2)前置泵与给水泵平行轴布置,由给水泵汽轮机通过减速齿轮驱动 (3)检修可利用汽机房行车
	技术经济比较	(1)减少了前置泵电机、检修起吊设施的投资及安装费用 (2)降低厂用电率,但给水泵汽轮机汽耗增加 (3)中低压给水管道路短
相关工程	华电邹县、国电泰州等	华能玉环、上海外高桥三期等

注:由于前置泵的必须汽蚀余量(NPSH_r 3%)一般小于 8 m,前置泵布置于 17 m 运转层,不需要增加除氧器的高度(35.7 m),按照常规百万机组除氧器布置高度即可。

汽泵前置泵与给水泵同轴布置方案运行经济性计算(以汽轮机 THA 工况计算)如下。

汽泵前置泵功率。按 0.788 MW 记(上海电力修造厂数据),给水泵汽轮机汽耗率:4.8 kg/(kW·h)(杭州汽轮机厂三菱技术数据);给水泵汽轮机内效率:82.6%(杭州汽轮机厂三菱技术数据);汽轮机四抽蒸汽的焓:3 185.9 kJ/kg(上海汽轮机厂数据);汽轮机的排行焓:2 313.5 kJ/kg(上海汽轮机厂数据);机组年运行小时数:5 500 h。

汽泵前置泵由给水泵汽轮机驱动后,运行 1 年节约用电量为:788 × 5 500 × 4 = 1 733.6 万 kW·h。

运行一年节约的费用:1 733.6 × 0.410 8 = 712.16 万元/年(其中:0.410 8 为 2008 年江苏省脱硫燃煤机组的上网电价)。

给水泵汽轮机增加的汽耗量:

$$778 \times 4.8 \times 5\,500 / 0.826 = 9.946 \times 10^7 \text{ kg}.$$

对应的有效焓降:

$$9.946 \times 10^7 \times (3\,185.9 - 2\,313.5) = 8.677 \times 10^8 \text{ MJ}.$$

折算成锅炉消耗的标煤量是:8.677 × 10⁸ / (29.27 × 0.935 × 0.99 × 0.451) = 7 029.97 t(其中:锅

炉的热效率为 0.935,管道效率为 0.99,全厂热效率为 0.451)。

全年增加的燃煤费用:7 029.97 × 610 = 428.83 万元(其中:标煤按照 610 元/t 计)。

可以得出,前置泵由给水泵汽轮机驱动每年可以产生利润:712.16 - 428.83 = 284.33 万元。设备寿命按照 30 年计,可产生 8 529.9 万元的利润。

综上所述,如果汽泵前置泵采用给水泵汽轮机驱动,可节约用电,并可产生 284.33 万元/年利润;在工程建设方面,可省去 4 台前置泵电机、检修起吊设施、相关电气设备等投资。故建议采用给水泵汽轮机同时驱动给水泵和前置泵的方案。

3 国内超超临界机组锅炉给水泵选型情况

锅炉给水泵作为发电厂热力系统的核心动力设备,其设计精密,加工工艺要求极高,与大容量高参数的超超临界机组配套的给水泵更是如此。因此,国际上能够生产给水泵的厂家不多,最著名的是美国福斯(BJ 品牌)、德国凯士比(KSB)、瑞士苏尔寿(SULZER)、英国威尔(WEIR)以及日本的 EBARA、日立、三菱等。目前国内能生产 600 MW 机组以上锅炉给水泵的企业有上海电力修造总厂(SULZER 泵芯)^[1]、上海 KSB 有限公司、沈阳透平机械股份有限公司(原沈阳水泵股份有限公司)、荏原博泵泵业有限公司等,或从国外引进技术与国外公司合作生产。给水泵泵芯均为原装进口。国内超超临界机组锅炉给水泵选型情况如表 3 所示。

表 3 国内超超临界机组锅炉给水泵选型情况

序号	工程名称	生产厂家	备注
1	华能玉环	日本 EBARA	全进口
2	华电邹县	日本日立	全进口
3	国电泰州	德国 KSB	全进口
4	外高桥三期	瑞士 SULZER	全进口
5	国电北仑三期	德国 KSB	全进口
6	国华宁海	瑞士 SULZER	全进口
7	华润彭城	上海电力修造厂	SULZER 泵芯
8	天津北疆	瑞士 SULZER	全进口
9	大唐潮州	上海电力修造厂	SULZER 泵芯
10	安徽铜陵	瑞士 SULZER	全进口
11	上海漕泾	上海电力修造厂	SULZER 泵芯
12	华能海门	日本 EBARA	全进口
13	河南平顶山	上海电力修造厂	SULZER 泵芯
14	华能金陵	日本 EBARA	全进口
15	国华绥中	日本 EBARA	全进口

(下转第 81 页)

统启动操作,降低了对系统的冲击,提高了系统运行安全性;可以实现凝结水泵低速运行,降低耗电量,避免了系统阀门节流冲刷,消除了因阀门节流所产生的强烈运行噪音,改善了阀门的工作环境,延长了阀门维护周期和使用寿命。

(2) 提高了泵组工作效率,降低了系统节流损失和泵组使用能耗,避免了资源上的浪费,节能效果显著。实际工况试验表明,机组满负荷时,凝结水泵工作点为 45 Hz,以 2008 年上半年机组 66.35% 负荷率计算,半年可节电 296.06 万 kW·h。以 0.37 元/(kW·h) 计算,可节约 109.54 万元,全年节约 219 万元,单台机组当年可以回收全部成本。

(3) 凝结水泵变频改造后,充分考虑对相关系统的影响,因此进行了针对性的调整优化,通过试验,验证了凝结水泵变频改造后不会对系统及机组运行安全产生威胁,完全可满足系统安全运行需求。

Analysis on the Frequency Conversion Reform and the Control Strategy of the Condensate Pump

WANG Fu-yu, ZHANG Jing-hong

(Shenhua Guohua Taicang Power Generation Co., Ltd., Taicang 215433, China)

Abstract: The Control Strategy, specific control methods and economic benefits achieved after the reform of the condensate pumps in 630 MW supercritical once-through power plants of Guohua Taicang Power Generation Co., Ltd. are introduced in detail in the paper to provide reference for other electric power enterprises.

Key words: condensate pump; frequency conversion; power frequency; control strategy

(上接第 78 页)

可见,前期超超临界机组都选用了全进口的给水泵,而后期工程大部分选用国内厂家的产品,由于核心部件采用了进口泵芯,其产品的总体品质和运行可靠性与全进口产品无明显差别。可以考虑采用进口泵芯、国内成套的方式进行给水泵招标。

4 结束语

综上所述,建议公司二期工程采用 $2 \times 50\%$ BMCR 容量的汽动给水泵,不配置电动给水泵,汽泵前置泵与给水泵由给水泵汽轮机平行轴驱动。为降

5 结束语

凝结水泵变频改造其节能效果显著,但在实施改造后,要注意变频器本身和工作环境的维护和保养,同时要结合系统设置,从控制逻辑上进行优化,并在实际运行时,根据工况的变化由运行人员合理调整除氧器上水调门开度,以保证凝结水泵处于一个经济合理的运行工况,才能从根本上保证凝结水泵工作的可靠性,确保实现经济运行的目的。

参考文献:

[1] 李方园.变频器应用技术[M].北京:科学出版社,2008.

作者简介:

王福玉(1970-),男,黑龙江克山人,工程师,从事发电运行管理工作;

张景红(1968-),男,天津人,工程师,从事发电运行管理工作。

低一次性投资,建议选用国内知名企业引进国外技术生产的给水泵,完全符合安全可靠、经济适用、符合国情的电力建设总方针。

参考文献:

[1] 上海电力修造厂有限公司.1 000 MW 机组 HPT 给水泵[S]. 2009.

作者简介:

王 骏(1972-),男,江苏南京人,工程师,从事发电厂建设工作;

赵世明(1974-),男,山西阳泉人,工程师,从事发电厂建设工作。

Research on the Selection of Main Feed Water Pumps for Ultra Supercritical Power Plants

WANG Jun, ZHAO Shi-ming

(Zhangjiagang Shazhou Electric Power Co., Ltd., Suzhou 215624, China)

Abstract: As the important component of the thermodynamic system, the selection of the main feed water pump will not only affect the safety and efficiency of the whole plant, but also have great effect on both the initial investment of the construction project and the long-term production. The configuration of the main feed water pumps for different ultra supercritical power plants in China are introduced in the paper. The optimization of the selection of main feed water pumps for the ultra supercritical power plants adopted in the phase II project of Shazhou Electric Power Co., Ltd. is also carried out.

Key words: ultra supercritical power plant; main feed water pump; equipment selection