

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.04.007

超超临界 350 MW 机组的可行性研究和 参数选型分析

高慧云, 霍沛强

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: [目的]300 MW 等级亚临界、超临界机组是我国目前在运行的主导机型。为了节能增效,以海南某火电项目为依托,对超超临界 350 MW 机组可行性进行研究,并提出推荐参数。[方法]分析了汽轮机和锅炉采用超超临界的可行性,并分析了主机材料、辅机选型、管道材料等因素,进行了几组参数的技术经济性比较和敏感性分析。[结果]分析表明:超超临界 350 MW 机组是可行的,按现在的设备造价、煤价,25 MPa/600 °C/600 °C 参数经济效益最好。[结论]超超临界 350 MW 机组可投入商运,合理选择主机参数能有效提高经济效益,环保节能。

关键词: 超超临界; 350 MW; 主机参数

中图分类号: TM621; TM611

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2019)04-0047-07

Feasibility Research on Ultra-supercritical 350 MW Unit and Analysis of Main Equipment Parameter

GAO Huiyun, HUO Peiqiang

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: [Introduction] Subcritical and ultra-supercritical 300 MW level units dominates the main electrical market in China. The feasibility study on ultra-supercritical 350 MW unit and advice the parameters with the background of a power plant in Hainan is completed to promote the energy conservation and efficiency. [Method] The feasibility of ultra-supercritical 350 MW unit was analyzed in this paper. The aspects of the material of the main equipment, feasibility for auxiliary equipment and material of pipes were analyzed too. We also compared the data of thermal economy and sensitivity of coal price assuming that the unit ran on different parameters. [Result] The result demonstrates that the technology of ultra-supercritical 350 MW unit is feasible. The unit if runs on 25 MPa/600 °C/600 °C has the best economic profit with the current level of equipment price and coal price. [Conclusion] The technology of ultra-supercritical 350 MW unit can be applied in our country. It has a higher economic profit and a lesser pollutant emissions if the unit runs on the suitable parameters.

Key words: ultra-supercritical; 350 MW; main equipment parameter

目前我国采用超超临界参数的机组限于 600 MW ~ 1 000 MW 及以上大型机组,随着保卫蓝天,绿色发展在全社会形成共识,中、小容量机组是否可向超超临界参数发展,提升机组的经济效益,节能减排,成为业内关注的焦点。本文依托海南某火

力发电项目,对超超临界 350 MW 机组的结构材质、主机参数的选择以及设备投资与运行的经济性比较等方面进行分析,以供 350 MW 机组参数选型时参考。

依托项目位于海南省某经济开发区,规划容量 $2 \times 350 \text{ MW} + 4 \times 660 \text{ MW}$,设计煤种采用印尼煤,热值 18.840 ~ 19.260 MJ/kg;选用两种校核煤种,校核 1 煤种为山西平朔煤,热值不高于 20.934 MJ/kg;校核 2 煤种为印尼煤,热值约 17.585 MJ/kg。

收稿日期: 2018-10-26 修回日期: 2018-12-28

基金项目: 中国能建广东院科技项目“中小型机组移植高参数的关键技术研究”(EX05141W)

1 中小容量机组采用超超临界参数可行性

本世纪初开始,国内三大动力集团分别引进了国外先进的超临界、超超临界机组技术,并迅速完成技术消化与国产化工作,至今已经取得了多次技术进步,从 24.2 MPa/566 °C/566 °C 超临界参数逐步发展到超超临界参数。在超超临界机组示范成功后,随着对高温耐热材料性能认识与验证的进展,又历经多次参数升级,目前国内还准备进行 630 °C 再热蒸汽超超参数的项目示范^[1]。

国内超(超)临界机组首先在 600 MW ~ 1 000 MW 大容量机组上实施,技术成熟后又带动中小容量机组技术升级,目前国内中等容量机组已经从 300 MW ~ 330 MW 亚临界机组升级到 350 MW 超临界机组,目前已经投产的 350 MW 容量最高参数为超临界 24.2 MPa/566 °C/566 °C 等级参数。中小容量机组是否能进一步提高参数,取决于两个因素:第一是技术经济性考虑,第二是设备制造成套能力。从长远趋势而言,燃料价格会不断上涨,因此在适当的阶段提高参数是合理的。国内目前已经能自主设计制造 600 MW ~ 1 000 MW 的超超临界机组,设计制造 350 MW 等级超超临界机组技术上没有问题,仅仅需要考虑设备厂家成套件的开发和定型周期。

1.1 汽轮机采用超超临界的可行性分析

1.1.1 热力系统拟定

国内尚未有 350 MW 容量的超超临界机组进行定型设计,因此原则性设计时需要确定机组一些热力参数选取原则。但是热力过程线的拟定以及回热系统的拟定与机组容量并没有直接相关性,国内设备厂家均掌握核心设计技术,并且已经实现电算化,因此可以很快完成热力系统的拟定工作。

1.1.2 通流模块设计

国内三大动力设备厂均开发了规格种类齐全的叶片和模块,并且大量采用电算以及 CFD 分析手段,确定热力参数后,可以在较短时间内拟定通流模块,从而开展整体设计。

与通流相关的抽汽口设计、排汽蜗壳设计、汽封等配套部件设计,可以按照相似模块进行核算,技术上也是成熟的。国内三大动力设备厂在本工程方案技术交流时提出,600 °C 或 610 °C 方案需在超临界参数的设计周期上增加半个月到一个月左右,

是可以接受的。

1.1.3 加工制造与质量检验

由于 600 MW ~ 1 000 MW 机组上已经大量使用过超超临界参数的材料,并且在国内运行时间已经超过 10 年,具有丰富的加工制造经验和成熟的质量检验体系。350 MW 机组利用现有的生产线,设备与材料的加工、焊接、热处理都不存在问题。

1.2 锅炉采用超超临界的可行性分析

锅炉炉内燃烧组织设计与蒸汽侧参数关联不大,主要与煤质有关;传热计算、水动力计算、承压件强度计算、本体部件设计、锅炉整体结构设计等方面与蒸汽侧参数有关,但设计计算方法是与其它容量机组一致的。锅炉制造流程主要是管材机械加工、焊接、热处理等工艺,这些工艺流程与机组容量相关不大,只要设计方案完成后,制造与检验方式与其它超超临界锅炉相差不大。

2 超超临界主机选型

2.1 汽轮机型式与参数选型

2.1.1 汽轮机结构选择

根据目前的末级叶片技术和实际运行情况,350 MW 机组通常选用 2 排汽(1 只低压缸),可降低投资,也不影响背压优化。高中压合缸结构紧凑,投资较低,但是过桥汽封较难降低间隙,对中小型容量汽轮机内效率的影响较为明显;若高中压实现分缸分别设置汽封,单根转子跨度减少可以减小通流的根径,有利于提高高压缸内效率。

根据本工程装机方案技术交流,三大汽机厂已经按照 3 缸 2 排汽结构重新对 350 MW 机组通流进行优化。根据其中厂家 S 的介绍,3 缸 2 排汽结构结合新的通流设计,同样参数下热耗可降低约 200 kJ/kWh,效果显著。因此推荐超超临界参数汽轮机采用 3 缸 2 排汽结构。

2.1.2 汽轮机热力参数选择

材料的高温性能是决定进汽温度的关键因素。按照已经商业化的超超临界高温材料性能,超超临界参数选择 600 °C 已很成熟。确定进汽温度以后,在一定参数范围内,理论上压力越高热力循环效率越高,但实际上对于汽轮机来说与机组的容量有关。若汽轮机单机容量偏小,则高压、流通部分的尺寸也偏小,造成二次流损失和汽封漏气损失比例增加,高压缸效率降低,将会一定程度上抵消参数

提高带来的收益。当假定中压缸参数不变时(实际有一定变化),同样初温下初压提高对高压缸焓降的影响估算结果如表1所示。从对比表可以看出,随着主汽压力的提高,理想焓降增幅逐渐放缓,如果考虑高压缸效率减小,实际焓降增幅更低,若结合投资考虑,25 MPa、26.25 MPa是较佳选择。

表1 进汽参数与高压缸实际焓降对比

Tab. 1 Comparison of steam intake parameters with actual enthalpy drop of high pressure cylinder

主汽参数对比/ (MPa·°C ⁻¹)	高压缸理想 焓降/%	高压缸估算 效率/%	高压缸实际 焓降/%
24.2/566	100(基准)	100(基准)	100(基准)
25/600	108.4	+0.3(持平)	+8.73
26.25/600	110.2	-0.3	+9.87
27/600	111.2	-0.7	+10.42
28/600	112.5	-1.2	+11.15

2.1.3 参数优化研究

超超临界参数主蒸汽/再热蒸汽的初温取600 °C/600 °C为常规成熟参数,但这个参数尚未发挥材料的最大潜力。其中一些性能优秀的马氏体耐热钢可以用于650 °C以下^[2-3];超超临界常用的奥氏体耐热钢按照ASME规定可以用于649 °C^[4],国内《锅炉安全技术监察规程》(TSG G0001—2012)规定其最高使用温度可为630 °C^[5]。但在大口径管件上,P92强度不足,在大容量机组上应用时使一次汽系统的管壁厚接近加工能力的极限,管道外径 D_0 和管道内径 D_i 的比值大于1.7,也超出有规范使用的管道最小壁厚计算公式的使用条件^[6-7]。

350 MW容量偏小,管径直径也相应较小,并且初压取值低于660 MW~1 000 MW机组,因此具备进一步提高一次汽温度的潜力。一次汽设计温度提高后,不仅理论循环效率提高,也有利于提高高压缸内效率,使整机获得更高的实际效率。

压力提高虽然循环效率略有提高,但是高压缸的实际效率会降低,抵消了一部分初压提高获得的收益,因此考虑压力不提高或者少量提高,主蒸汽和再热蒸汽的初温提高10 °C后,经核算材料变化如表2所示。

由表2可见,从超临界提升到超超临界600 °C及以上参数时,汽轮机本体材料需由低合金钢更改为马氏体钢。

表2 进汽参数变化引起汽轮机主要材料变化

Tab. 2 Variation of main materials of steam turbine caused by variation of intake parameters

机组参数	24.2/566/566	25/600/600	26.25/610/610
高压转子	Cr-Mo 低合金钢	改良10~12Cr	FB2或10Cr
中压转子	Cr-Mo 低合金钢	改良10~12Cr	FB2或10Cr
低压转子	Ni-Cr 低合金钢	Ni-Cr 低合金钢	Ni-Cr 低合金钢
高压内缸	Cr-Mo 低合金钢	改良9~10Cr -Mo	改良9~10 Cr-Mo
中压内缸	Cr-Mo 低合金钢	改良9~10 Cr-Mo	改良9~10 Cr-Mo
高温级组叶片	10Cr	R26+10Cr	R26+10Cr

610 °C转子如采用FB2,则需要进口,导致设备差价明显;如果采用改良马氏体,可以国产则价格相差不大。经咨询,国内三大动力设备厂中的两家认为610 °C应采用FB2,另一家认为可以用改良马氏体。提高参数以后,热力循环过程可获得明显的效率提升,理论计算结果如表3所示。

表3 初参数提高对热力循环效率的影响

Tab. 3 Effect of increasing initial parameters on thermal cycle efficiency

机组参数	24.2/566/ 566	25/600/ 600	25/600/ 610	26.25/610/ 610	27/610/ 610
热力循环效率	41.84	42.59	42.69	42.89	42.96
效率提高幅度	基准	0.75	0.85	1.05	1.12

注:(1)未计入回热系统参数变化的影响,仅为热力循环的效率;(2)背压按5.5 kPa。

2.1.4 技术配合结果

为验证理论分析结果,在以上理论分析的基础上,优选了3组超超临界参数,并以超临界参数作为参照基准,向国内三大动力设备厂进行了咨询,在提供同样的边界条件后,咨询结果如表4~表6所示。

表4 不同初参数下设备厂核算结果(1)

Tab. 4 Accounting results of equipment factories under different initial parameters (1)

机组参数	24.2/566/566	25/600/600	25/600/610	26.25/610/610
热耗降低值	基准	-125	-138	-176
效率提高值	基准	0.79	0.87	1.11

注:按照厂家D的配合数据。

表5 不同初参数下设备厂核算结果(2)

Tab. 5 Accounting results of equipment factories under different initial parameters (2)

机组参数	24.2/566/566	25/600/600	25/600/610	26.25/610/610
热耗降低值	基准	-132.8	-147.6	-182.4
效率提高值	基准	0.83	0.92	1.14

注:按照厂家H的配合数据。

表6 不同初参数下设备厂核算结果(3)

Tab. 6 Accounting results of equipment factories under different initial parameters (3)

机组参数	24.2/566/566	25/600/600	25/600/610	26.25/610/610
热耗降低值	基准	-97	-107	-131
效率提高值	基准	0.63	0.69	0.85

注:按照厂家S的配合数据。

从技术配合结果可以看出,综合考虑回热系统的变化与缸效的变化后,最终效率提高值的核算结果(表4~表6)与理论分析的结果(表3)不仅趋势一致,而且数值也是接近的,说明机组效率提高主要是参数提高获得的收益,受回热系统的影响较小。

2.1.5 参数对高温部件材料选型的影响

由表2可见,超超临界参数25 MPa/600 °C/600 °C时,各厂家的技术方案所用材料基本类似。但是参数提高到610 °C以后,其中一部分厂家认为高温转子应该采用FB2,另一部分厂家认为改良的10Cr材料仍可以满足要求。目前国内尚未有锻造FB2的业绩,因此还需要进口,这将导致机组的成本以及交货周期发生较大变化。

从技术角度看,FB2的持久强度更高,是提高机组参数后的最佳选择;改良10Cr材料虽然从理论上分析也可采取措施满足使用要求,但未有相应的运行业绩。

2.2 锅炉型式与参数选型

本工程所选择的蒸汽参数除进一步提高外,并无特别之处,因此锅炉的选型思路与其它等级参数机组一致。

2.2.1 锅炉容量与参数

锅炉的容量与参数应与汽轮机匹配,本工程机组采用单元制。

锅炉侧出口蒸汽参数与汽轮机进汽侧蒸汽参数按照国内大部分超(超)临界机组选型经验:

1)过热蒸汽压力大于汽轮机高压缸进汽压力5%,过热蒸汽温度大于汽轮机高压缸进汽温度5 °C。

2)再热蒸汽温度大于汽轮机中压缸进汽温度3 °C。

2.2.2 炉型与炉膛特征参数选择

炉型以及炉膛特征参数的选择与煤质密切相关,根据本工程的煤质资料,炉型推荐采用成熟的II型布置;由于设计煤种较易着火且结渣性较强,炉膛断面热负荷可以适当降低;为了兼顾校核煤燃尽,炉膛容积热负荷也不宜取过高。根据煤质推荐本工程的炉膛特征参数指标如表7所示。

表7 炉膛特征参数推荐值

Tab. 7 Recommended value of furnace characteristic parameters

炉膛特征参数	符号	数据
炉膛容积热负荷/(kW·m ⁻³)	qV	80~95
炉膛断面热负荷/(MW·m ⁻²)	qF	4.1~4.2
上排燃烧器至屏底高度/m	h1	>20

2.2.3 锅炉主要受热面钢材选择

24.2 MPa/566 °C/566 °C超临界方案为常规成熟参数;25 MPa/600 °C/600 °C的超超临界方案也是常规成熟参数,与600 MW同参数机组相近;26.25 MPa/610 °C/610 °C的超超临界方案仅主蒸汽初温提高10 °C,但仍在成熟的马氏体和奥氏体钢材的许用温度范围内,因此主要高温材料仍是常规超超临界的成熟材料,如表8所示,但是材料分界变化,每种材料的用量比例有不同。

表8 锅炉主要受热面材料对比

Tab. 8 Material comparison of main heating surfaces of boilers

机组参数	24.2/566/566	25/600/600	26.25/610/610
省煤器	SA-210C	SA-210C	SA-210C
水冷壁	T2	15CrMoG	15CrMoG
	15CrMoG	12Cr1MoVG	12Cr1MoVG
低温过热器	15CrMoG	12Cr1MoVG	12Cr1MoVG
	12Cr1MoVG	T91	T91
分隔屏/大屏	12Cr1MoVG	T91	T91
	T91	S30432	S30432
末级过热器	T91	S30432	S30432
	TP347H	S31042	S31042
低温再热器	15CrMoG	12Cr1MoVG	12Cr1MoVG
	12Cr1MoVG	T91	T91
高温过热器	T91	S30432	S30432
		S31042	S31042
末级受热面集箱	P22	P91	P91
	P91	P92	P92

从受热面材料上分析,采用超超临界参数之后,主要是最高温度区的受热面材料要更换,从T91+TP347H的组合升级为S30432+S31042,并且部分12Cr1MoVG材料要更换为T91。中温和低温受热面的材料几乎不变或者采用的材质相当。

当采用优化后的26.25 MPa/610 °C/610 °C超超临界参数,由于压力和温度都提高,部分S30432材料裕度不足,要更换为S31042,即这两种材料的分界面有变化,S31042的比例要提高。

3 辅机选型

本工程以超临界参数为基准,当改为超超临界机组时,辅机选型的主要变化如下:

3.1 燃烧制粉系统辅机

燃烧制粉系统辅机主要包括给煤机、磨煤机、一次风机、送风机、引风机、除尘器、脱硫装置等。这些辅机均与蒸汽侧参数无关。

3.2 热力系统转动类辅机

给水泵以及驱动小汽机、凝结水泵等转动类设备,会随主机参数变化而略有变化,主要反映在压头略有增加,流量略有下降,容量与超临界参数相比,基本相当。

3.3 容器类承压辅机

汽轮机初参数提高以后,回热系统的加热器设计参数会随初参数提高而有一定程度提高,除最高参数高压加热器的局部材料有可能提高材料等级外,大部分加热器材料不需要升级,只是因参数提高而材料用量略有增加。

3.4 其它

旁路、安全阀或者热力系统的工艺阀门,随机组参数提高而可能材料升级或者材料用量有一定幅度增加,但本工程所选参数仍在成熟材料的适用范围内,因此仍可以采用成熟的规格型号。

4 高温管材(四大管)材料选择

4.1 主蒸汽管道材料的选择

在热力系统中,除了设备本体以外,主蒸汽管道承压最高,因此壁厚较大对管材用量以及造价的影响最大。

按照同等流速设计,超临界参数主蒸汽管道采用P91材料,超超临界参数主蒸汽管道采用P92材料,材料等级需要提高。当超超临界主汽温度再提

高10 °C后,材料不变,但P92的许用应力降低,壁厚有一定程度增加。

主蒸汽计算壁厚(不含腐蚀裕量)对比情况如表9、表10所示。

表9 主蒸汽管道计算壁厚(单管)

Tab. 9 Calculated wall thickness of main steam pipeline (single piping)

机组参数	24.2/566/566	25/600/600	26.25/610/610
选用材质	P91	P92	P92
设计温度/°C	576	610	620
许用应力/MPa	83.7	66.7	58.0
设计流速/(m·s ⁻¹)	50	50	50
选用内径/mm	330	337	337
计算壁厚/mm	60	80	96
壁厚对比/%	—	100	120

表10 主蒸汽管道计算壁厚(双管)

Tab. 10 Calculated wall thickness of main steam pipeline (double piping)

机组参数	24.2/566/566	25/600/600	26.25/610/610
选用材质	P91	P92	P92
设计温度/°C	576	610	620
许用应力/MPa	83.7	66.7	58.0
设计流速/(m·s ⁻¹)	50	50	50
选用内径/mm	235	235	235
计算壁厚/mm	43	56	70
壁厚对比/%	—	100	125

4.2 再热蒸汽管道材料的选择

再热蒸汽热段管道设计温度与主蒸汽管道相同或者更高,但是压力较低,因此壁厚相对较小,但是由于再热蒸汽比容大而容积流量大,管道横截面积大,因此对材料用量也有一定的影响。超临界参数再热蒸汽热段管道采用P91材料,超超临界参数再热蒸汽热段管道采用P92材料。

再热蒸汽冷段管道设计温度较低,而且超临界参数与超超临界参数的再热蒸汽冷段管道设计参数相差并不大。冷段管道选用不同材质,主要依据汽轮机分缸参数以及启停参数的要求。

4.3 给水管道材料的选择

提高参数以后,不仅设计压力有提高,而且回热系统参数不同设计温度也会提高,但是经过核算,超超临界机组的给水管道设计温度均未超过

15NiCuMoNb5 -6 -4 的许用范围, 仅壁厚会增加一些, 因此给水管道可以采用成熟的 15NiCuMoNb5 -6 -4 材料。

5 超超临界与超临界主要技术经济指标对比

5.1 技术经济对比计算

根据以上理论分析以及三大动力设备厂的配合结果, 最终选取了 4 组代表性的参数进行技术经济比较。四个方案的技术经济比较如表 11 所示。

表 11 技术经济比较表(单台机组)

Tab. 11 Main economic indexes (for one unit)

机组参数	24. 2/566 /566	25/600 /600	25/600 /610	26. 25/610 /610
锅炉效率/%	基准	0	0	0
发电煤耗率/ (g · kWh ⁻¹)	基准	-4. 6	-5. 1	-6. 5
汽轮机价格 差/万元	基准	1 000	1 150	1 750
发电机价格 差/万元	基准	0	0	0
锅炉价格 差/万元	基准	3 300	4 150	4 500
高压管道价格 差/万元	基准	1 722	2 015	3 254
总差价/万元	基准	6 022	7 315	9 504
标煤价格/ (元 · t ⁻¹)	700	700	700	700
机组利用小时 数/h	5 500	5 500	5 500	5500
节煤费用/ (万元 · 年 ⁻¹)	基准	-619. 85	-684. 53	-873. 18
静态回收年限	—	9. 72	10. 69	10. 88

注: 1) 价格按照三大动力设备厂为本工程配合报价为基础, 适当进行了微调, 使价格与报价平均值接近。

2) 26. 25 MPa/610 °C/610 °C 参数汽轮机差价取两家较高值平均值而未采纳最低差价, 主要考虑技术上推荐转子材料采用 FB2。

5.2 简单的敏感性分析

敏感性分析涉及多个因素, 目前仅从设备投资和煤价两个与技术关联较密切因素分析, 对影响趋势做一个简单的评估。

当设备投资总差价降低 10% 或增加 10% 时, 静态回收年限相应减少 10% 或增加 10%。

以煤价作为敏感性分析因素, 当煤价降低至 600 元/t 或增加到 800 元/t 时, 静态回收年限变化如表 12 所示。

表 12 煤价变化对静态回收年限的影响

Tab. 12 Effect of coal price change on static recovery years

机组参数	24. 2/566/566	25/600/600	25/600/610	26. 25/610/610
标煤价格 8/ (元 · t ⁻¹)	600	600	600	600
静态回收年限	—	11. 33	12. 47	12. 7
标煤价格/(元 · t ⁻¹)	800	800	800	800
静态回收年限	—	8. 5	9. 35	9. 52

6 结论

1) 经过技术分析可知, 350 MW 机组采用超超临界参数技术上可行, 并且所采用的材料均是成熟材料, 设计与制造工艺成熟, 完全可以国产化。

2) 提高参数至超超临界后, 350 MW 机组的技术指标接近同等参数的 600 MW ~ 660 MW 超超临界机组, 能耗水平显著降低。提高参数后投资增加幅度不多, 回收年限也相差不大。但是如果汽轮机高压转子采用 FB2 而需要进口时, 则整体经济性降低。

3) 当参数提高至超超临界参数以后, 投资有所增加, 在煤价较高时回收年限可以接受; 但是煤价较低时, 回收年限较长。

4) 从投资角度考虑, 按现阶段煤价水平考虑, 采用超超临界参数性价比并不突出, 但从长远角度考虑, 煤价如果提高幅度较大, 设备投资进一步下降, 采用超超临界参数则具有较好的经济性。从环保节能以及落后产能淘汰方面考虑, 采用较高的参数也是符合国家产业政策的。在超超临界 350 MW 机组参数选择中, 按目前设备造价、煤价, 25 MPa/600 °C/600 °C 参数有较大的优势。

参考文献:

- [1] 电力规划设计总院. 关于报送 650 °C 超超临界燃煤发电技术可行性研讨会会议纪要的函: 电规发电[2016]224 号[EB]. (2016-05-27)[2018-10-26].
General Institute of Electric Power Planning Programming. Letter on the summary of the seminar on the feasibility of ultra upercritical coal-fired power generation technology at 650 °C: electric power planning[2016]No. 224 [EB]. (2016-05-27)[2018-10-26].
- [2] 刘正东, 包汉生, 徐松乾, 等. 用于超 600 °C 蒸汽参数超超临界火电机组的新型马氏体 G115 耐热钢及其钢管研制 [C]// 中国金属学会. 2015 年全国高品质特殊钢生产技术交流研讨会, 苏州, 2015. 苏州: 中国金属学会, 2015: 26-32.
LIU Z D, BAO H S, XU S Q, et al. Development of a new martensite G115 heat resistant steel and the steel pipe for ultra 600 °C steam parameter ultra supercritical thermal power unit

[C]// China Metal Society. National Symposium on High Quality Special Steel Production Technology in 2015, Suzhou, 2015. Suzhou: China Metal Society, 2015: 26-32.

- [3] 刘正东, 程世长, 包汉生, 等. 蒸汽温度超超临界火电机组用钢及制备方法: CN103045962A [P]. 2013-04-17.
LIU Z D, CHENG S C, BAO H S, et al. Steam temperature ultra supercritical thermal power unit steel and its preparation method: CN103045962A [P]. 2013-04-17.
- [4] The American Society of Mechanical Engineers. Code cases 2015 ASME boiler and pressure vessel code; ASME BPVC. CC. BPV-2015 [S]. New York: The American Society of Mechanical Engineers, 2015.
- [5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 锅炉安全技术监察规程: TSG G0001—2012 [S]. 北京: 新华出版社, 2012.

General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Technical supervision regulations for boiler safety: TSG G0001—2012 [S]. Beijing: Xinhua Press, 2012.

- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 电厂动力管道设计规范: GB 50764—2012 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2012.

Ministry of Housing and Urban-Rural Construction of the People's Republic of China, General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Code for design of power pipeline in power plant: GB 50764—2012 [S]. Beijing: China Planning Press, 2012.

- [7] 王东雷, 张鹏, 霍沛强. 采用再热温度 630 °C 的 1 GW 新一代超超临界二次再热机组可行性研究 [J]. 南方能源建设, 2018, 5(3): 33-41.

WANG D L, ZHANG P, HUO P Q. Feasibility study on 1 GW new generation ultra-supercritical unit with double re-heating cycles at 630 °C [J]. Southern Energy Construction, 2018, 5(3): 33-41.

作者简介:



GAO H Y

霍沛强

1975-, 男, 广东广州人, 高级工程师, 学士, 主要从事火电厂设计工作 (e-mail) 15818889050@139.com.

高慧云 (通信作者)

1983-, 女, 湖北武汉人, 高级工程师, 硕士, 主要从事大型火力发电厂、燃机电厂热机设计等工作 (e-mail) gaohuiyun@gedi.com.cn.

项目简介:

项目名称 中小型机组移植高参数的关键技术研究 (EX05141W)

承担单位 中国能源建设集团广东院发电工程公司

项目概述 由于发达国家电力建设在上世纪 70 年代开始, 已经逐步度过高峰期, 现阶段仅零星建设超超临界大型火力发电厂, 国外的主要主机厂家对于 350 MW 以下等级机组移植高参数的研究较少, 国内主机厂也是最近才开始关注此类技术的研发工作。近年受电网容量的限制大型机组项目较少, 但自备电厂以及海外项目仍有不少建设需求。由于燃料价格上涨和钢材价格相对下降, 因此越来越多项目在中小机组上采用高参数。

中小机组选用高参数涉及到多方面因素, 并不是简单的套用大型机组的参数或缩小布置设计, 更主要是考虑燃料、设备结构, 系统配置等一系列特定的要求, 需要进行参数优选和布置优化。另外中小机组结构特殊性, 目前行业内尚未统一做法, 急需在不同方案间选择最佳配置以作为标准化模板。结合我公司在发电领域的技术背景及市场占有率情况, 及时开展中小型机组移植高参数的关键技术研究, 并转化为工程设计和建设的能力, 对我公司抢占国内外中小型机组的技术领域市场至关重要。

(责任编辑 李辉)

中国能建广东院博士后工作站入选广东省博士博士后创新样本

日前, 广东省博士博士后人才发展促进会公布了《广东省博士博士后创新样本》, 中国能建广东院博士后科研工作站入选“100 个博士博士后创新平台”, 成为广东省博士博士后创新样本。

广东院博士后科研工作站于 2008 年 6 月经人力资源和社会保障部批准设立, 2015 年 12 月被评为“全国优秀博士后科研工作站”, 2016 年 10 月具备独立招收资格。截至目前, 该工作站已培养博士后 25 名, 发表各类期刊论文 169 篇, 获各类基金资助 26 项。承担或参与国家和省部级科技项目 38 项, 已授权各类知识产权 148 项。主编或参编国际技术标准 2 项、国家技术标准 2 项、地方或行业标准 2 项。由博士后研究成果直接转化效益的工程或研究项目超过 80 个, 为企业创造经济效益超过 2 000 万元, 社会效益显著。

“博士后工作站是广东院培养高层次人才的平台, 在关键技术、前沿技术创新方面发挥很好的引领作用, 如柔直、特高压、海上风电、智慧能源、储能、氢能、碳捕集等领域。同时, 也是广东院与国内外高校、科研院所开展合作交流的纽带。”广东院总工程师裴爱国表示。

此次评选由广东省博士博士后人才发展促进会组织开展, 旨在更好地推动广东省博士博士后事业创新发展。评审专家从博士博士后培养体系、人才数量、创新成果、转化效益等不同维度, 对全省超过 1 400 家博士博士后培养平台进行审核评估, 最终遴选出 100 个博士博士后创新样本。

(中国能建广东院 黄肇和)