

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.S1.004

1 000 MW 超超临界燃煤机组高压加热器 端差取值分析

邓成刚, 石佳

(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: 根据某1 000 MW级超超临界燃煤机组的热平衡图, 通过计算分析高压加热器过热蒸汽冷却段出口设计温度对高压加热器面积及上端差值, 高压加热器上下端差值对面积、机组热耗值的影响, 提出机组高压加热器上端差不应统一按规范最小值 -2°C 设定, 而应根据工程具体条件由相应厂商计算确定, 为机组节能降耗设计提供参考意见。

关键词: 1 000 MW; 高压加热器; 端差

中图分类号: TM621

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2016)S1-0014-04

Terminal Temperature Difference Value Analysis of High Pressure Heater for 1 000 MW Ultra-supercritical Coal-fired Unit

DENG Chenggang, SHI Jia

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

Abstract: In this article, based on the heat balance diagram of 1 000 MW ultra-supercritical coal-fired unit, through calculating & analyzing the influence of HP heater superheated steam cooling section outlet design temperature on HP heater heat transfer area and HP heater upper terminal difference; and influence of HP heater terminal difference (upper/lower) on heat transfer area, unit heat consumption value, has presented the HP heater upper terminal difference should not be set to -2°C according to the specification, but determined by calculation on specific project conditions, and has provided reference for energy conservation of power units.

Key words: 1 000 MW; high pressure heater; terminal temperature difference

火力发电厂高压加热器(以下简称“高加”)的端差分为上端差和下端差。上端差又称终端温差,即为加热器进口蒸汽压力下的饱和温度与给水出口温度之差,下端差又称疏水冷却段端差,即为加热器的疏水出口温度与给水进口温度之差。高加的端差在行业标准^[1]要求:上端差 $\leq -2^{\circ}\text{C}$,无过热段 $\leq 1^{\circ}\text{C}$,下端差 $\geq 5.5^{\circ}\text{C}$,HEI标准^[2]要求:无过热段上端差 $\leq 2^{\circ}\text{F}(1.11^{\circ}\text{C})$,下端差 $\geq 10^{\circ}\text{F}(5.56$

$^{\circ}\text{C})$,可见对于无过热段的高加两者标准要求基本上一致,而对于具有过热段的高加,HEI标准无具体规定。我国目前设计的1 000 MW超超临界机组1~3号高加(按压力高低排序,下同)的上端差一般按 -1.7°C 、 0°C 、 0°C ,下端差按 5.6°C 设计,但随着我国节能减排的政策要求越来越高,近几年设计超超临界机组1~3号高加的上端差取值有越来越低趋势,如某正在设计的某1 000 MW超超临界燃煤机组全部取 -2°C ,某国外600 MW超临界机组分别取 -3°C 、 -1°C 、 -3°C ,文献[3]建议1~3号高加上端差取 -1.7°C 、 -3.2°C 、 -2.7°C ,当高加制造有困难时,其取值建议分别为: -1.7°C 、 0°C 、 -1.7°C 。因此,对于不同工程具体情况,其上下端差取值也不同。故而上、下端差取值选择,值得深入研究。本文依据某1 000 MW

收稿日期: 2015-10-30

基金项目: 中国能建广东院科技项目“压力管道规范动力管道实施指南”(ER01701W)

作者简介: 邓成刚(1974),男,广东韶关人,教授级高级工程师,学士,主要从事发电厂热机专业设计研究工作(e-mail) dengcheng-gang@gedi.com.cn。

高效超超临界机组典型热平衡数据, 分析加热蒸汽参数、过热段利用热量程度、上下端差取值对高加面积、热耗及煤耗影响, 寻求工程条件下经济最优的高加上下端差取值。

1 上下端差取值优化分析

1.1 上下端差取值概况

国内外典型超临界大型机组工程的高加上下端差及国家行业标准要求如表 1 所示。

从表 1 中可以看出: 多数高压加热器制造厂商 1、2、3 号高加的上端差设计, 未达到《高压加热器: 技术条件》(JB/T 8190—1999) 规定: “设有内置式蒸汽冷却段高压加热器的终端温差应不小于 $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ” 的极限值。因此, 高压加热器上端差的取值仍有优化的空间, 同时也有必要验证低于 $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 加热器系统的技术经济性及可行性。

高加的下端差设计一般采用 $5.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, 下端差低于 $5.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 需要采用外置式疏水冷却器, 此要求也与 HEI 标准要求的相同。国外有下端差设计值有大于 $5.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, 达到 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的工程, 且实例不少, 因此, 下端差取值大小也有必要研究。

1.2 计算分析

以某正在设计的 1 000 MW 级高效超超临界燃煤机组典型 8 级回热带外置蒸汽冷却器的热平衡图为例, 按文献^[4-5] 计算 1 号高加上、下端差变化时, 其过热蒸汽冷却段、凝结段、疏水冷却段的面积, 按文献^[6-8] 计算汽轮机热耗相应的变化值, 高

加各段面积随上、下端差变化图见图 1~图 2, 机组的热耗值随各高加上、下端差的变化图见图 3~图 6。

由图 1~图 6 可知:

高加的过热蒸汽冷却段及疏水冷却段面积随上端差变化而产生的变化很小。高加凝结段面积随着上端差变低而成几何级数递增。

1、2、3 高加上端差变化对热耗值影响不同, 从图中可以看出, 1 号高加的上端差取值变化对机组热耗值影响最大, 3 号高加次之, 2 号高加取小。

1 号高加下端差取值变化对热耗值影响很小, 几乎可忽略。因此, 建议在实际工程设计中, 高加下端差的值可以适当升高。

按文献 [5], 考虑为确保高加过热蒸汽冷却段安全运行, 一般过热蒸汽冷却段的设计出口温度为考虑过热蒸汽冷却段压降后的实际凝结段压力下的饱和温度加 $25\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, 有些厂商要求更高, 达到 $42\text{ }^{\circ}\text{C}$, 当然也有厂商在设计高加时取用按热量利用率如 80% 来计算, 考虑电力行业对设备高安全性的要求, 按热量利用法计算现已基本不用。过热蒸汽冷却段的设计出口温度的大小直接影响过热蒸汽利用量, 也相应影响高加上端差的取值, 按 1 段抽汽参数, 计算过热蒸汽冷却段设计出口温度取值对高加面积、上端差的影响如图 7 所示。从图 7 可知:

在抽汽参数一定的条件下, 随着过热蒸汽冷却段设计出口温度升高, 相应高加面积增大, 当升高

表 1 部分超超临界机组加热器上、下端差取值一览表

Tab. 1 List of terminal temperature difference value analysis of high and low pressure heater for ultra-supercritical coal-fired unit $^{\circ}\text{C}$

| 项目 | JB/T 8190—1999 的要求 | 海门电厂、平海电厂、潮州 3、4 号、台山 7、8 号 | 钦州电厂 抚州电厂 | 博贺电厂 | 雷州电厂 (初设值) | 越南太平电厂 | 越南隆福电厂 |
|----------|---------------------------|--|---|---|---|--|--|
| 机组容量及参数 | 无 | 1 000 MW 级 8 级回热, 25~26.25 MPa/ 600 $^{\circ}\text{C}$ /600 $^{\circ}\text{C}$ | 1 000 MW 级 8 级回热, 26.25~27 MPa/ 600 $^{\circ}\text{C}$ /600 $^{\circ}\text{C}$ | 1 000 MW 级 8 级回热, 27 MPa/600 $^{\circ}\text{C}$ / 600 $^{\circ}\text{C}$ | 1 000 MW 级 9 级回热, 27 MPa/600 $^{\circ}\text{C}$ / 610 $^{\circ}\text{C}$ | 600 MW 级 8 级回热, 16.67 MPa/ 538 $^{\circ}\text{C}$ /538 $^{\circ}\text{C}$ | 600 MW 级 8 级回热, 25.4 MPa/566 $^{\circ}\text{C}$ / 566 $^{\circ}\text{C}$ |
| 1 号高加上端差 | ≤ -2 , 无过热段 ≤ 1 | -1.7 | -1.7 | -1.7 | -2 | -2 | -3 |
| 2 号高加上端差 | ≤ -2 , 无过热段 ≤ 1 | 0 | 0 | 0 | -2 | -1 | -1 |
| 3 号高加上端差 | ≤ -2 , 无过热段 ≤ 1 | 0 | 0 | 0 | -2 | -1 | -3 |
| 1 号高加下端差 | ≥ 5.5 | 5.6 | 5.6 | 5.6 | 5.6 | 5.6 | 10 |
| 2 号高加下端差 | ≥ 5.5 | 5.6 | 5.6 | 5.6 | 5.6 | 5.6 | 10 |
| 3 号高加下端差 | ≥ 5.5 | 5.6 | 5.6 | 5.6 | 5.6 | 5.6 | 10 |

到特定温度时，面积增加很多。也即说明，在抽汽参数，上端差一定条件下，可能随不同高加厂商的不同设计要求，存在一些厂商无法设计及制造现象。

在抽汽参数一定的条件下，过热蒸汽冷却段设计出口温度升高，为满足高加加工制造要求(即高加冷却面积大小合理)，上端差温度相应也随之降低。

高加上端差的取值主要与相应抽汽可利用的过热度有关，如果上端差取值过低，高加的过热蒸汽冷却段可能存在汽夹带水滴，影响高加运行安全，实际取值需要根据具体工程的抽汽参数计算确定，既能充分获得经济性，又能保证高加运行安全，所以，高加上端差不一定都能取 $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

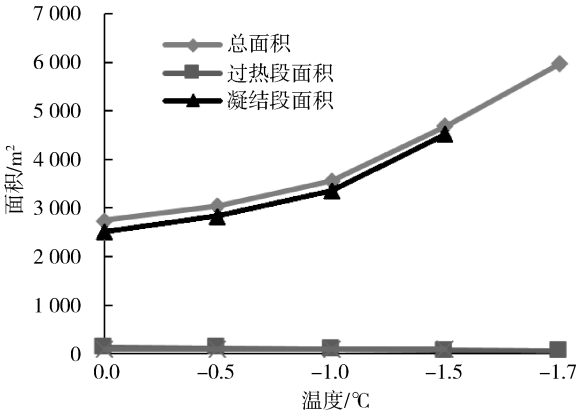


图 1 1号高加各段面积随上端差变化趋势图

Fig. 1 Trend of terminal temperature difference value of high pressure heater for No. 1 unit

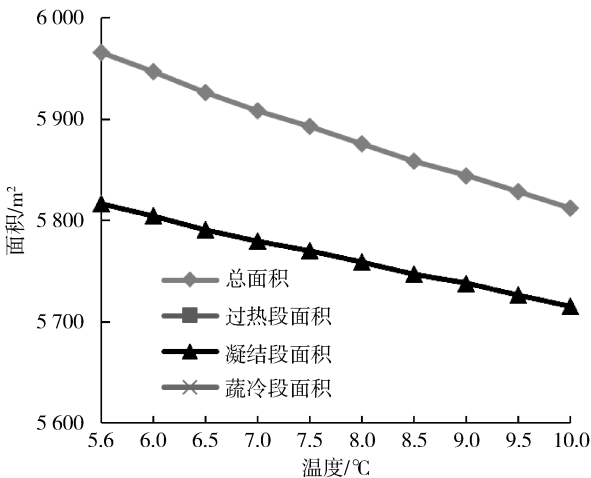


图 2 1号高加各段面积随下端差变化趋势图

Fig. 2 Trend of terminal temperature difference value of low pressure heater for No. 1 unit

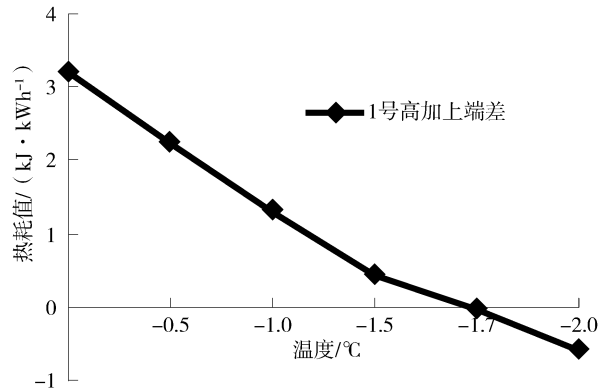


图 3 热耗值随 1 号高加上端差变化趋势图

Fig. 3 Trend of heat consumption value of high pressure heater for No. 1 unit

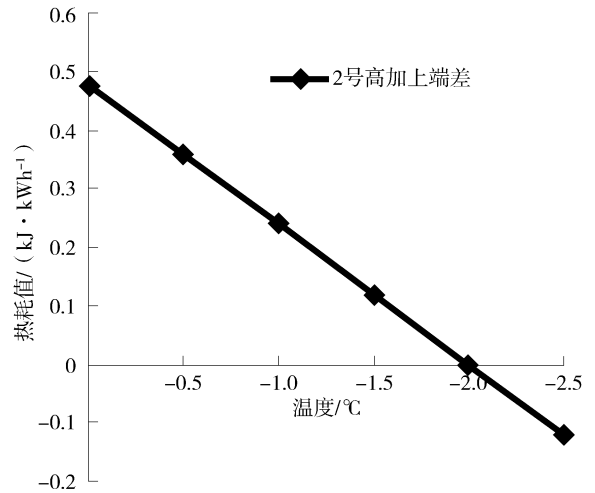


图 4 热耗值随 2 号高加上端差变化趋势图

Fig. 4 Trend of heat consumption value of low pressure heater for No. 2 unit

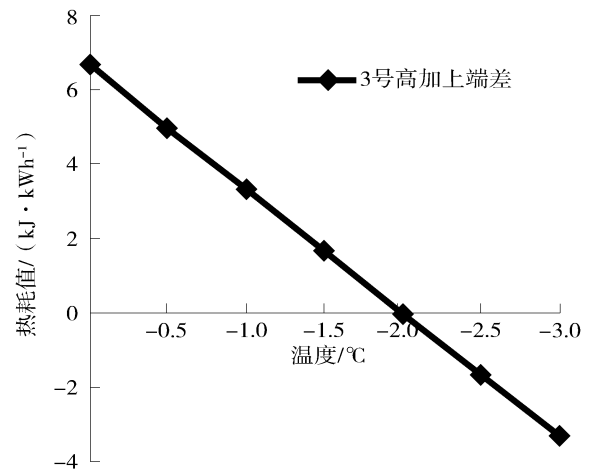


图 5 热耗值随 3 号高加上端差变化趋势图

Fig. 5 Trend of heat consumption value of high pressure heater for No. 3 unit

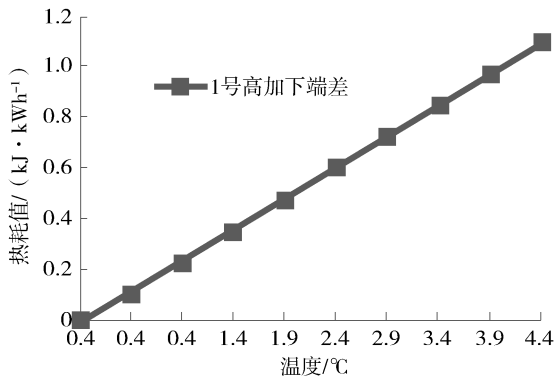


图6 热耗值随1号高加下端差变化趋势图

Fig. 6 Trend of heat consumption value of low pressure heater for No. 1 unit

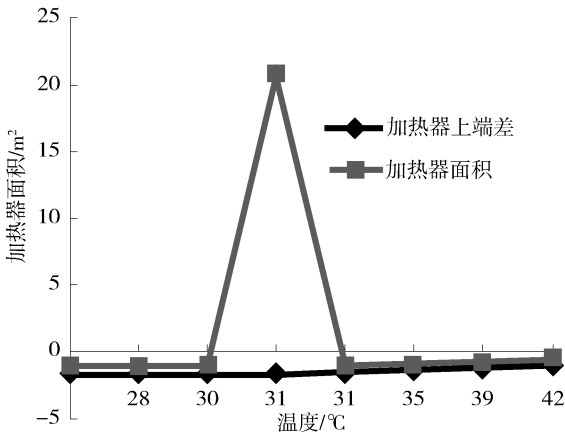


图7 加热器面积及上端差随过热蒸汽冷却段设计温度变化趋势图

Fig. 7 Trend of heater area and terminal temperature difference value of high pressure heater

2 结论

通过上述计算及分析,对1 000 MW超超临界燃煤机组的加热器端差取值建议如下^[9-10]:

1) 1 000 MW机组各个高加上端差的取值不一定统一(如-2 °C),应根据机组相应抽汽参数,确保各高加过热蒸汽冷却段安全运行,经具体高加厂商设计计算分别确定。

2) 高加过热蒸汽冷却段设计出口温度的取值对高加面积计算有较大影响,当安全裕量较大时,上端差取值就越大。

3) 1、3号高加的上端差的取值对机组热耗影响较大,分别可达到1.8 kJ/(kWh · °C)和3.3 kJ/(kWh · °C),2号高加影响较小,仅为~0.23 kJ/(kWh · °C)。

4) 高加下端差的取值对高加面积计算影响很小,对机组热耗影响也很小,在国外工程投标及实际应用中可适当取大值。

5) 建议汽轮机及高加厂家确定后,重新确定各个高加上端差取值及对机组热平衡图重新计算,使机组热耗值在工程条件下最优。

参考文献:

- [1] 国家机械工业局. 高压加热器, 技术条件: JB/T 8190—1999 [S]. 北京: 中国机械工业出版社, 1999.
- [2] Heat Exchange Institute. Standards for closed feedwater heaters; Hei 2622—2009 [S]. Cleveland, Ohio U. S. A.; Heat Exchange Institute, 2009.
- [3] 徐传海. 1 000 MW 机组高压加热器上端差取值建议 [J]. 电力建设, 2007, 28(7): 48-49.
- [4] 水利电力部西北电力设计院. 热机计算手册: 第二册(下) [M]. 西安: 水利电力部西北电力设计院, 1974.
- [5] 中国动力工程学会. 火力发电设备技术手册(第四卷 火电站系统与辅机) [M]. 北京: 中国机械工业出版社, 2002.
- [6] 电力规划设计总院. 火力发电厂汽水管道设计技术规定: DL/T 5054—2016 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2016.
- [7] 林万超. 火电厂热系统节能理论 [M]. 西安: 西安交大出版社, 1994.
- [8] 中国电力工程顾问集团公司. 大中型火力发电厂设计规范: GB 50660—2011 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2011.
- [9] 闫顺林. 加热器上端差变化对煤耗率的影响研究 [J]. 河北电力技术, 2011, 30(3): 5-6.
- [10] 李慧君, 高丽莎. 火力发电厂加热器端差应达值的确定 [J]. 汽轮机技术, 2012, 54(2): 89-92.

(责任编辑 高春萌)