

100MW 螺管高压加热器底封头应力分析

(哈尔滨锅炉厂有限责任公司) 鲁悦 张建平 金家东

摘要: 用有限元法对高压加热器底封头进行了分析和评定。

关键词: 高压加热器; 力学模型; 边界条件; 有限元分析

中图分类号: TK264.9

文献标识码: A

1 产品结构及技术参数

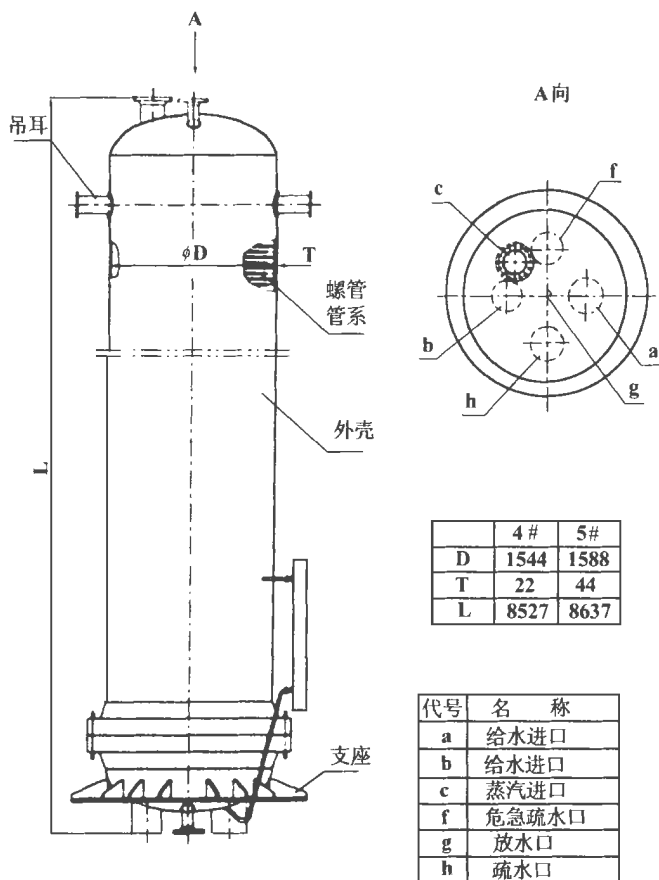


图 1 产品结构图

1.1 产品结构

IIB-450-23-2.5 和 II B-450-23-5.0 型 100 MW 螺管式高压加热器是俄罗斯热电联合机组的配套辅机, 它是用汽轮机的抽汽来加热锅炉给水从而提高电厂的热效率, 是汽轮机回热系统中的重要设备。

高压加热器立式安装, 如图 1 所示, 带有许多筋板的环式支座支托在底封头上, 支承了整台设备的重量, 设备是由壳体、管系、支座和附件等组成, 为了便于检查和维修, 螺管式加热管系焊接成一个整体, 通过底封头上两根大口径给水进、出口接管将管系的全部重量作用到底封头上。此外, 底封头上还将承受内压和各个接管连接管系由热膨胀所造成的各种载荷以及介质重量等, 造成底封头上很复杂的应力状态, 采用有限元法对底封头进行应力分析计算将能详细了解封头的整体应力状态并作出应力评定, 应力分析标准按 ASME V III-2 进行。

两台产品的 II B-450-23-2.5 为 4 号产品, II B-450-23-5.0 为 5 号产品。

1.2 技术参数

表 1.2 为产品的技术参数和力学模型材料的物理性能。

表 1 技术参数

	4 号		5 号	
	壳程	管程	壳程	管程
设计压力/MPa	2.6	25	5.1	25
工作压力/MPa	1.88	20.6	3.39	20.6
设计温度/°C	240	240	270	270
工作温度/°C	309.9/209.6	204.1/160	376.5/240.8	234.8/204.1
操作介质	水、蒸汽	水	水、蒸汽	水
腐蚀余量/mm	1.0			

收稿日期: 1999-08-18; 修订日期: 1999-10-30

作者简介: 鲁悦(1968-), 女, 辽宁北镇人, 哈尔滨锅炉厂有限责任公司工程师, 从事压力容器的设计及核电产品的开发。通讯处: 150040 哈

表 2 材料物理性能

材 料	SA106-B		16MnR		20G		16Mn	
	(联箱管)		(封头)		(接管)		(法兰接管)	
设计温度/°C	240	270	240	270	240	270		
泊松比 ν	0.3							
弹性模量/MPa	1.894×10^5	1.878×10^5	1.912×10^5	1.884×10^5	1.836×10^5	1.884×10^5		
设计应力强度 /MPa	133.2	128	149.9	135.3	120	132		

表 3 接管外载荷

接管代号	分配管	a	b	f		g		h	
材 料	SA106B	SA106B	SA106B	20G	16Mn	20G	16Mn	20G	16Mn
接管公称尺寸 $D_N \times \alpha$ (mm)	$\Phi 219 \times 35$	$\Phi 324 \times 60$	$\Phi 273 \times 36$	$\Phi 108 \times 14$	$\Phi 152 \times 30$	$\Phi 108 \times 14$	$\Phi 152 \times 30$	$\Phi 159 \times 14$	$\Phi 152 \times 30$
轴向力 F/N	49 050	$F_{(上)} = 981\ 000$ $F_{(下)} = -19\ 620$		-4 905	0	0	-4 905	-7 848	
周向弯矩 $M_C/N \cdot mm$	0	9.32×10^6	9.32×10^6	2.26×10^6	2.26×10^6	0	0	2.26×10^6	3.92×10^6
轴向弯矩 $M_L/N \cdot mm$	0	9.32×10^6	9.32×10^6	2.26×10^6	2.26×10^6	0	0	2.26×10^6	3.92×10^6

2 力学模型及边界条件

2.1 力学模型

本题采用 I — DEAS (VD) 大型通用 CAD 软件中的有限元分析模块在 SUN4/75 图形工作站上进行计算的。采用程序中的 8 节点三维块单元进行计算, 为了简化计算和力学模型的对称性, 接管 h 和 f 的几何尺寸和外载荷作适当的调整, 调整后力学模型是沿切面对称的半只椭圆形封头, 计算是偏于安全的, 图 2、图 3 为 4 号和 5 号高加底封头力学模型结构网格图, 其中 4 号高加共划分 4416 个节点, 2648 个单元, 5 号高加共划分 4 151 个节点, 2 596 个单元。

加载时在壳体和管系中分别施加了壳程和管程压力, 金属的自重和接管上所有的外载荷。

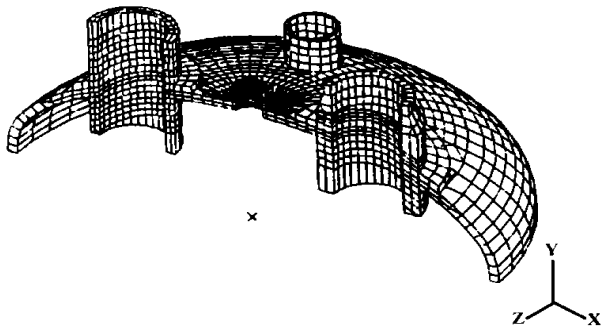


图 2 4 号高加底封头网格图

表 3 为各根接管上所作用的外载荷值, 接管轴线指向封头外侧方向为 Y 轴正向, 施加在接管上的轴向力和 Y 轴方向相同为正, 反之为负。在接管 a、b 外载荷计算时共算两种工况, 一种为正 F 与 M_C 、 M_L 的联合作用, 另一种为负 F 与 M_C 、 M_L 的联合作用。

2.2 边界条件

在图 2.3 中底封头切开面为 X—Y 面的对称面, 加对称约束条件, 在封头与支座连接处作为刚性约束处理, 相关线的所有节点位移和转角全部约束。

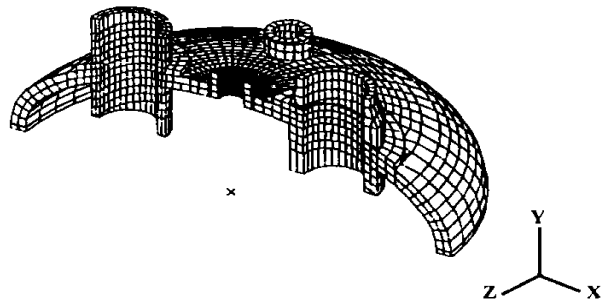


图 3 5 号高加底封头网格图

3 计算结果和分析

3.1 计算结果

计算时分别将 4 号、5 号高加底封头外表面的最大主应力分布图和等值线描绘出来, 见图 4、5。

由图 4、5 可见 4 号高加底封头在上述载荷作用下其最大主应力出现在 b 管(给水出口管)和封头连接处附近的封头表面上, 见箭头指向处, 而 5 号高加的最大主应力出现在中心管 g 与封头相接的部位上。

LOAD SET:1-LOAD SET 1
 FRAME OF REF:GLOBAL
 STRESS-MAX PRIN MIN:6.34 MAX:64.48

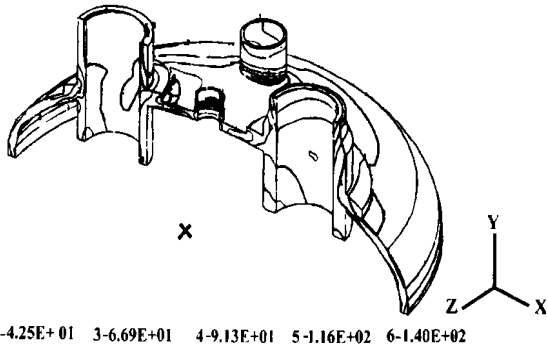


图 4(a) 4 号高加底封头最大主应力等值线图

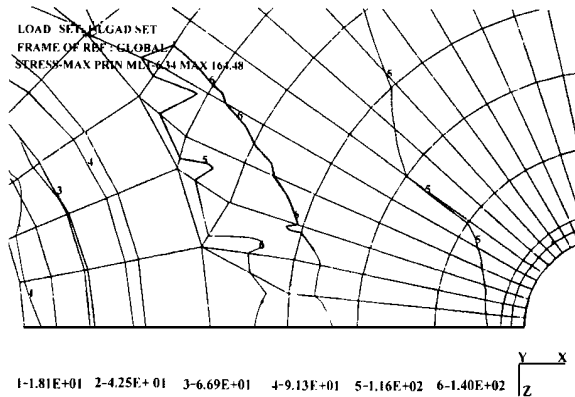


图 4(b) 4 号高加底封头最大主应力等值线图(局部)

LOAD SET:1-LOAD SET 1
 FRAME OF REF:GLOBAL
 STRESS-MAX PRIN MIN:-3.73 MAX:43.84

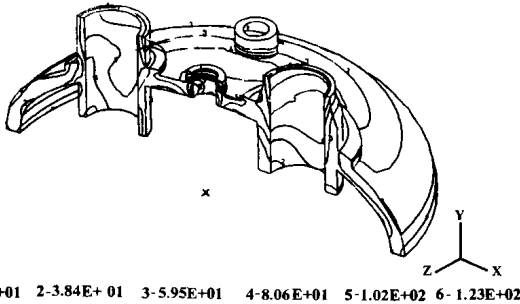


图 5 5 号高加底封头最大主应力等值线图

4 号高加封头上沿壁厚划分了二层网格, 故沿壁厚上输出了三个点(外壁、中间、内壁)的三个主应力, 求出三个点上的最大主应力强度 $S = \sigma_1 - \sigma_3$, 并将它沿壁厚拟合为一根 $as^2 + bs + c = 0$ 的二次应力强度分布曲线, 用线性当量法分别求出一次和二次应力强度进行应力评定。5 号高加的最大应力在中心管 g 和封头连接部位外壁的管子截面上, 该截

面为单层网格, 计算时壁厚上的应力分布用内、外壁的计算应力值按线性规律考虑。表 4 列出两台高加的最大应力部位计算应力值和应力评定。

表 4 4 号、5 号高加最大应力部位的应力评定(MPa)

最大应力部位 壁厚位置	4 号封头上			5 号中心管 g 上	
	外壁	中间	内壁	外壁	内壁
主应力	σ_1	44.9	82.6	164.5	97.6
	σ_2	5.8	49.1	129.2	62.2
	σ_3	-27.8	-0.1	-7.2	21.6
最大应力强度	S_{max}	72.7	82.7	171.7	76
一次局部薄膜应力	P_L	95.8			119.5
材料许用应力	S_m	149.9			132
P_L 应力评定	$P_L \leq 1.5 S_m$	95.8 < 224.9			119.5 < 198
一次+二次应力	$P_L + P_b + Q$	171.7			162.9
$P_L + P_b + Q$	$P_L + P_b + Q$	171.7 < 299.8			162.9 < 396
应力评定	$\leq 3 S_m$				

3.2 分析

高压加热器的底封头上由于开有许多管孔, 封头有较大的削弱。封头的外缘和环式支座连接处受壳体自重作用, 封头中部给水进、出口管上承受了整个管系的重量, 再加上内压和各根接管的外载荷作用, 整个封头的受力很复杂。两台高加经有限元计算可知, 底封头和环式支座连接部位邻近处应力变化均匀, 应力值在 40 MPa 以下范围变化。底封头中部为开口密集区, 应力变化较大, 应力值也较大, 两台高加的封头和接管因采用了较厚的壁厚, 所以有较好的强度, 在底封头中部一般应力强度均低于 100 MPa, 最高应力部位的局部薄膜应力强度在 100 ~ 120 MPa 范围内, 最高应力点的应力强度值属于一次加二次应力强度范畴, 其值在 160 ~ 170 MPa 范围内, 两台高加的应力水平相当, 经 ASME 法规第 VIII 篇第 II 分篇的有关章节进行应力评定, 均符合要求。

4 结论

4 号、5 号两台高压加热器底封头, 在内压、设备自重、接管外载荷作用下, 经有限元应力计算和按 ASME 法规 VIII-2 篇应力评定, 符合设计要求, 结构合理, 安全可靠。

参考文献

- [1] ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII Rules for Construction of Pressure Vessels, Div. 2—Alternative Rules. The American Society of Mechanical Engineers, 1986.
- [2] JB4732—9《钢制压力容器分析设计标准》, 全国压力容器标准化技术委员会发行, 1995.

(何静芳 编辑)

tion, gas-solid fluidized bed, mixing, non-uniformity, oscillation

径向浓淡旋流燃烧器出口扩锥壁温分布及其对抗磨性能的影响 = **Temperature Distribution at the Expansion Cone Wall of a Radial Dense-dilute Swirl Burner Outlet and Its Effect on Abrasion Resistance** [刊, 中]/Niu Haifeng, Li Zhengqi, Sun Rui, (Harbin Institute of Technology), et al // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 15 ~ 17

An analysis is performed of the abrasion resistance loss of a central expansion cone at a radial dense-dilute swirl burner outlet. The wall temperature distribution of the central expansion cone under actual operating conditions is studied and determined. The results obtained can serve as a reliable basis for the rational selection of materials for the central expansion cone, contributing to its enhanced high-temperature abrasion resistance. **Key words:** burner, abrasion, wall temperature distribution

层板室壁无相变流动时的冷却性能 = **Cooling Performance of a Laminated Platelet Wall in the Absence of a Phase-change Flow** [刊, 中]/Wu Huiying, Cheng Huier, Deng Shu (Jiaotong University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 18 ~ 19

An analysis is conducted of the liquid coolant heat transfer in a laminated platelet wall. As a result, identified is a performance parameter $m_{1/2}$, which exercises an influence on the platelet wall cooling effectiveness. The above-cited parameter has a bearing on the platelet passage heat exchange area, heat exchange factor and the coolant specific heat. With the platelet thrust chamber serving as an example the authors have determined the effect of the performance parameter $m_{1/2}$ on the platelet inner wall temperature and the temperature difference between the inner and outer wall. **Key words:** laminated platelet wall, cooling performance, thrust chamber, wall temperature

加福煤粉燃烧过程的微观形态观察 = **Microscopic state Observations of Jiafu Pulverized-Coal Combustion Process** [刊, 中]/Gu Zhongzhu, Zhang Yonglian, Cai Song (Southeastern China University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 20 ~ 22

With the help of an optical microscope and a scanning electronic microscope conducted are the detailed observations of the microscopic-state change relationship of a Jiafu pulverized-coal combustion process. The results of the investigation indicate that there appear in the Jiafu pulverized-coal combustion process five different types of particles, i. e., white, brown and black balls, black lump I and black lump II. The burn-off process is influenced by thermodynamic operating conditions. The key factor in reducing the carbon content of fly ash consists in an attempt to achieve a complete burning of the black lump I and an maximum ignition of the black lump II. **Key words:** pulverized coal, combustion, optical microscope, scanning electronic microscope, fly ash

100MW 螺旋管高压加热器封头应力分析 = **Stress Analysis of the High-pressure Spiral-tube Heater Head of a 100 MW Unit** [刊, 中]/Lu Yue, Zhang Jianping, Jin Jiadong (Harbin Boiler Co. Ltd.) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 23 ~ 25

Through the use of a finite element method analyzed and evaluated in this paper is a high-pressure heater head. **Key words:** high-pressure heater, mechanics model, boundary conditions, finite element analysis

啮合齿向误差对齿轮承载能力的影响 = **The Effect of Gear Mesh Error on Gear Loading Capacity** [刊, 中]/Yao Shaoming, Cheng YinLi, Huang QinHai (Harbin No. 703 Research Institute), et al // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 26 ~ 27

The authors have come up with a method for calculating gear mesh error. Under this method the gear axial inclination angle is divided into two components with the gear mesh error being calculated separately and then added up as per direc-