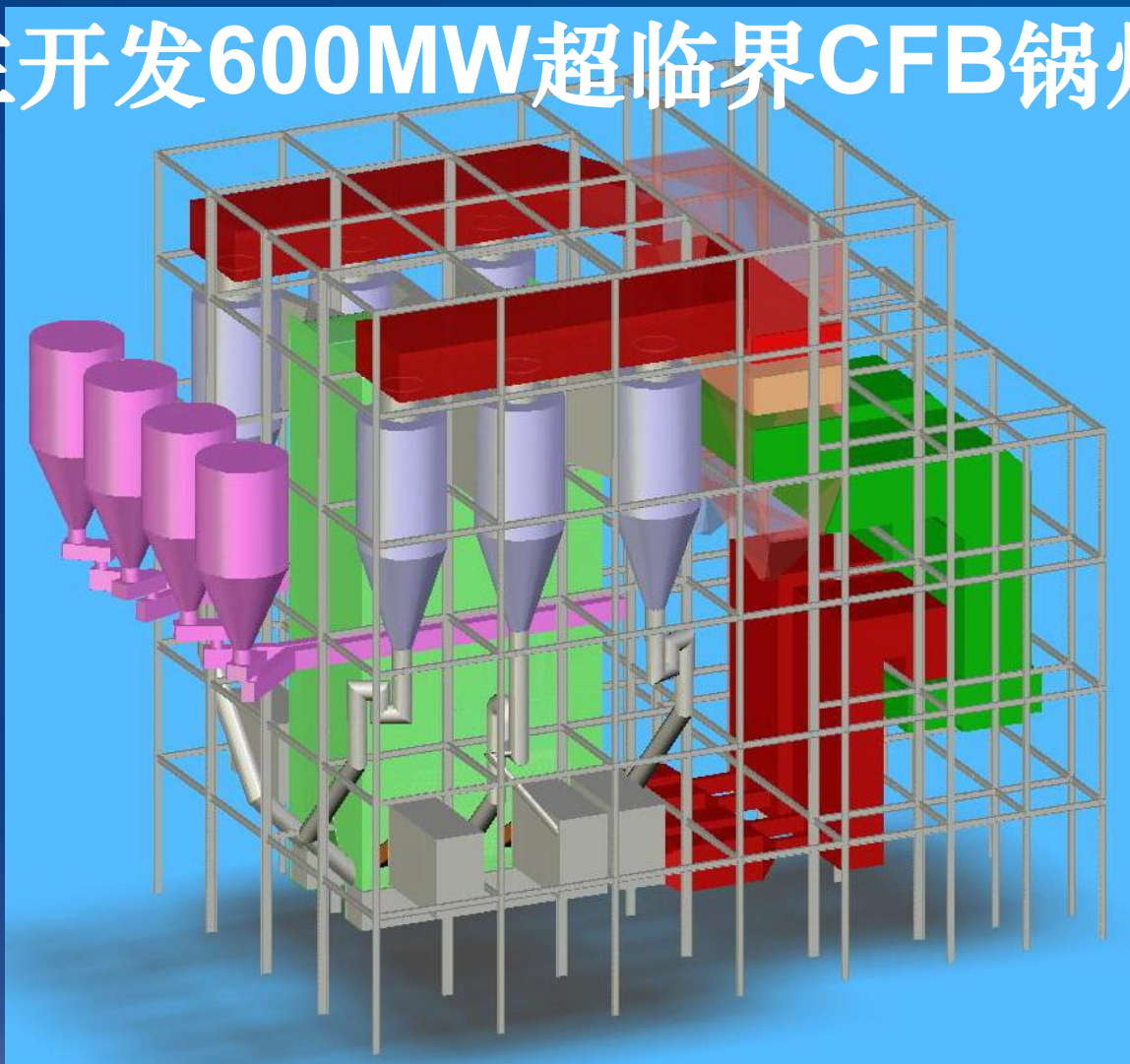
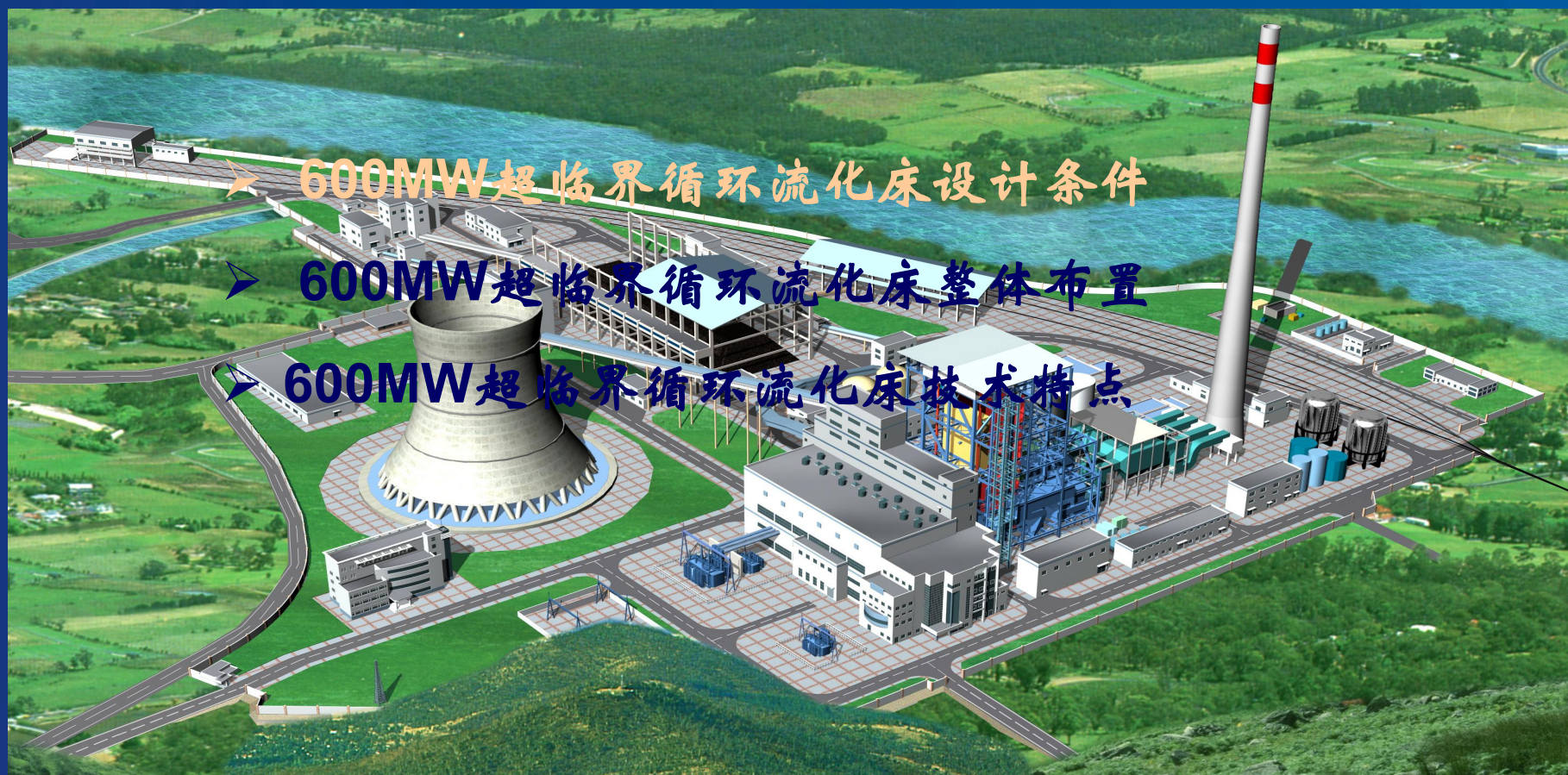


自主开发600MW超临界CFB锅炉方案

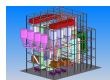


2008年10月

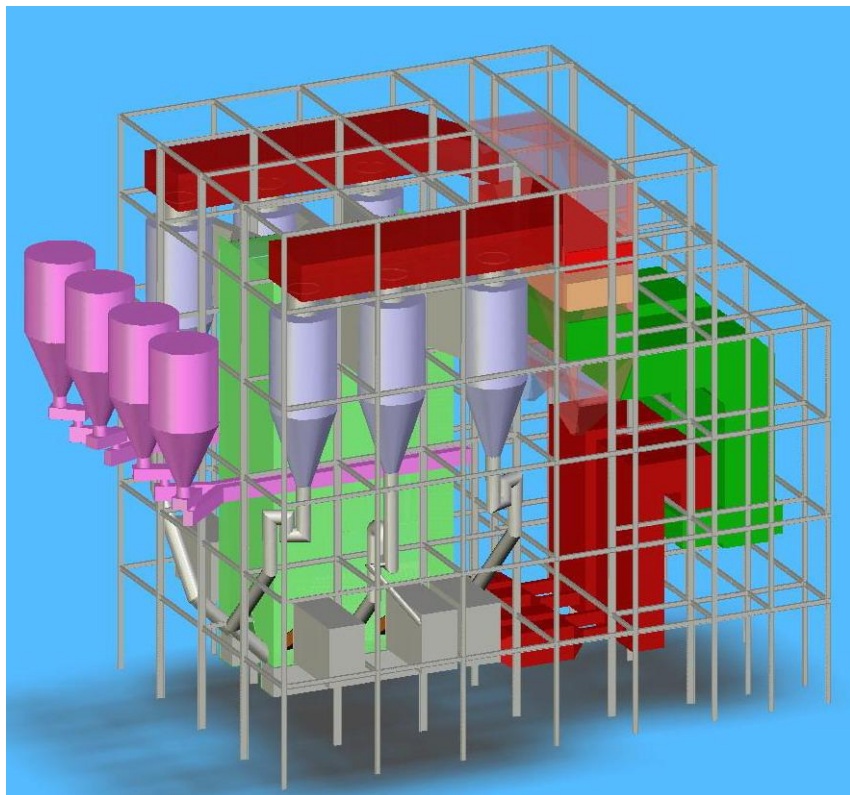
主要内容



2008年10月

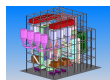


锅炉的设计指导思想



- 满足业主要求
 - 可用率高，可靠性好
 - 热效率高，经济性好
 - 污染排放低
 - 运行灵活，适应变负荷及调峰能力强
 - 维护量低
 - 煤种适应性广
- 技术成熟：
技术来源、本体、
辅机、控制



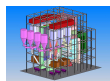


锅炉主要参数

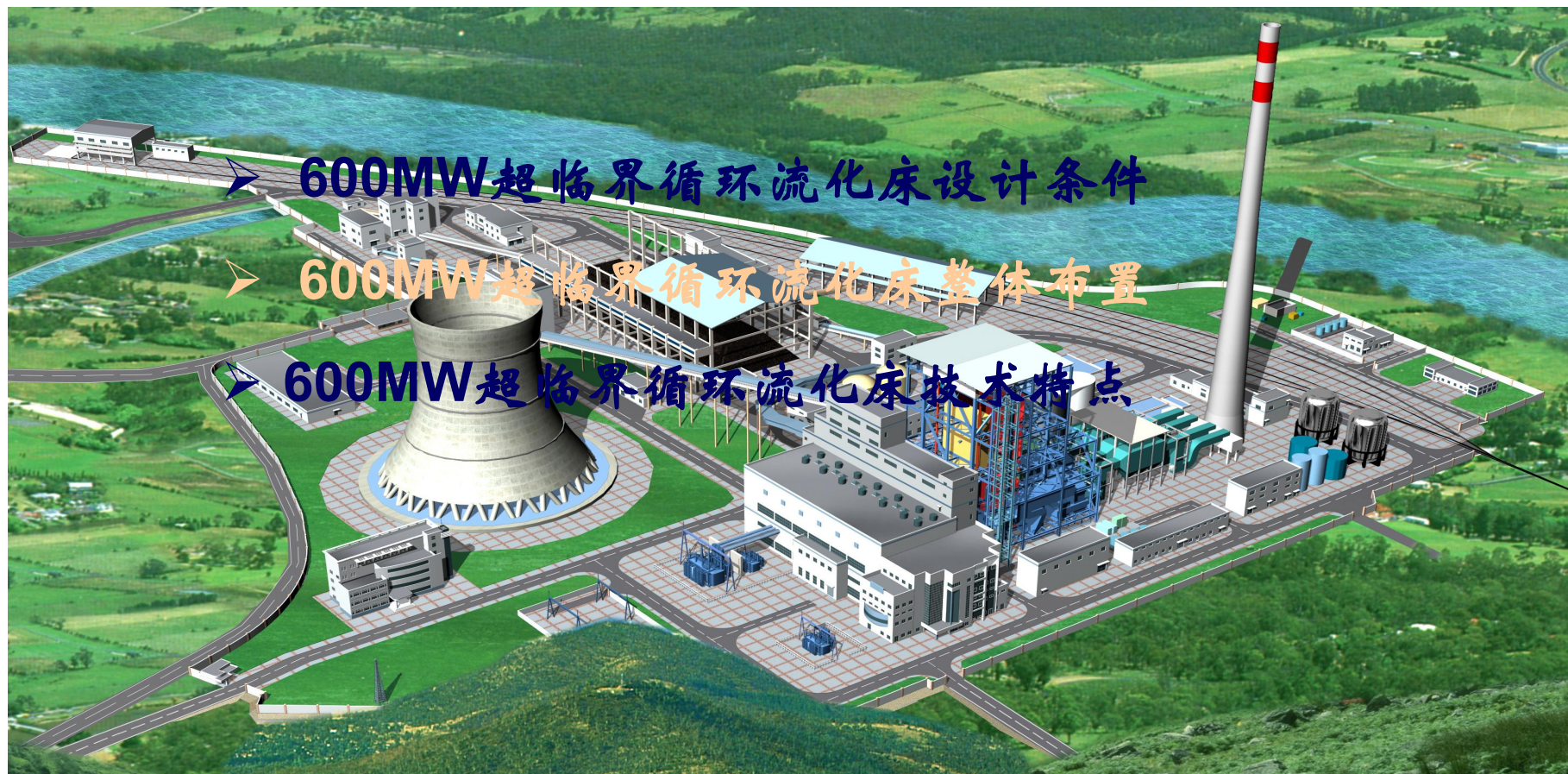
项 目	单位	参数
锅炉蒸发量	t/h	1900
过热器出口蒸汽压力	MPa.a	25.4
过热器出口蒸汽温度	℃	571
再热蒸汽流量	t/h	1600
再热器进/出口蒸汽压力	MPa.a	4.64/4.43
再热器进/出口蒸汽温度	℃	320/569
省煤器进口给水温度	℃	290

参数选取原则

- 典型600MW煤粉炉工程参数



主要内容



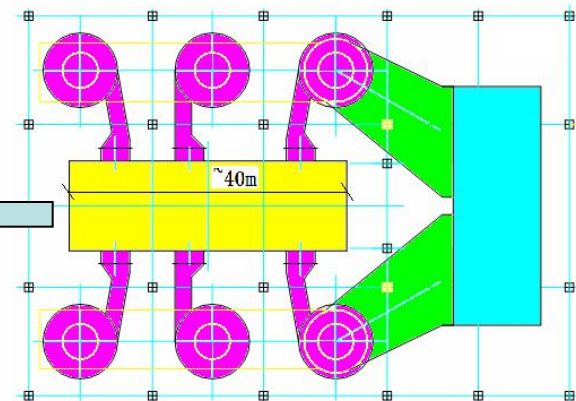
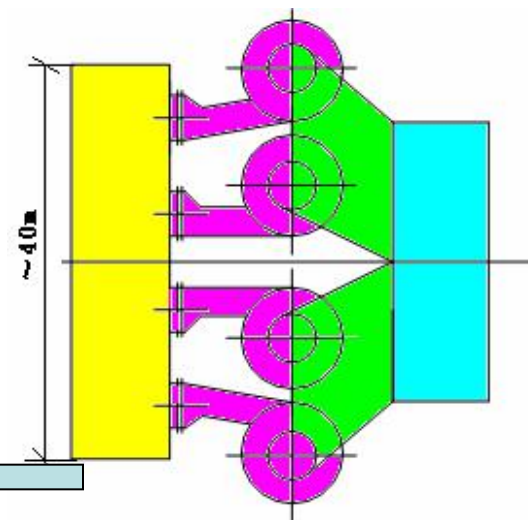
主循环回路的设计考虑：分体炉膛

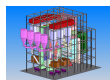
H型布置 + 分体式炉膛 + 六分离器：

- 1) 经验覆盖
- 2) 保证二次风的穿透性
- 3) 整体布置合理

M型布置 + 单炉膛 + 四分离器：汽机房和锅炉本体不匹配，分离器、外置式换热器尺寸过大

H型布置 + 单炉膛 + 六分离器：给煤过长

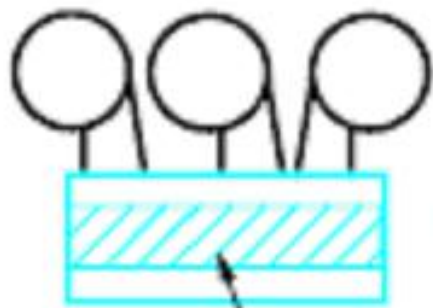




主循环回路的设计考虑：等比例放大原则

Sulcis 340 MW_{el}

炉膛宽度大于24m
的3分离器机组



单炉膛

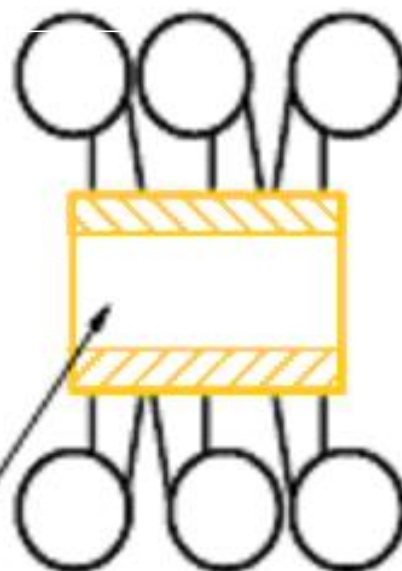
Red Hills 250 MW_{el}

炉膛宽度大于15m
的4分离器机组

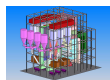


分体式炉膛

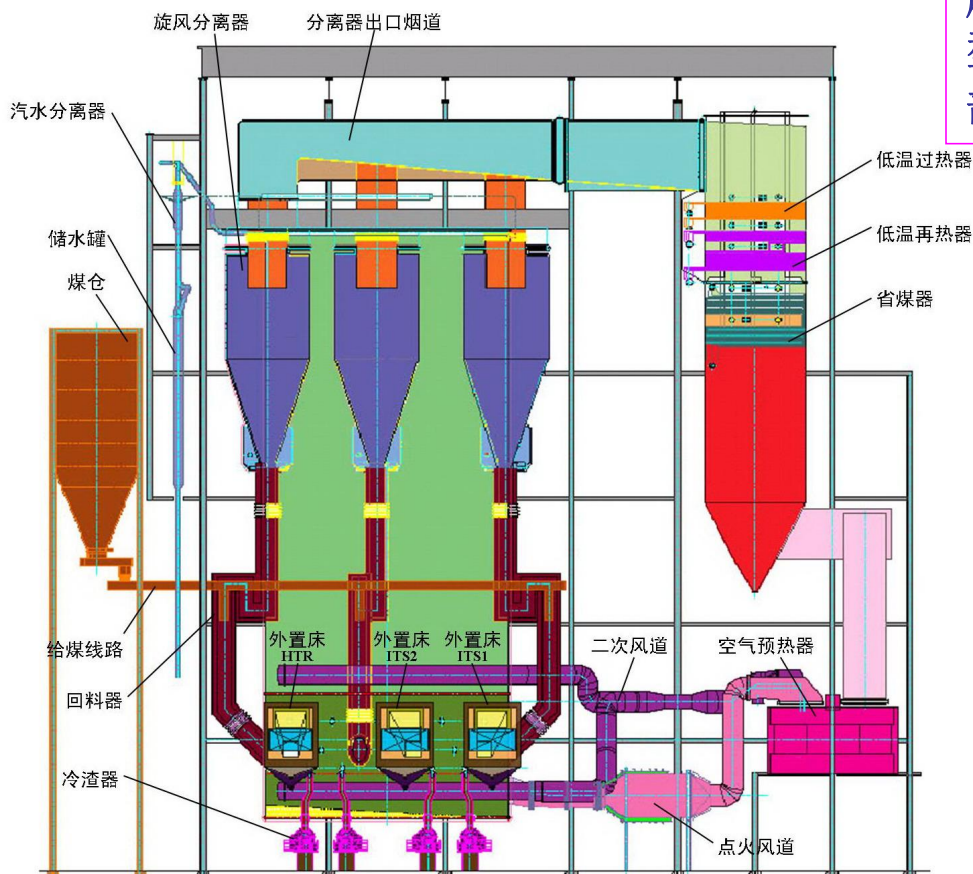
DBC 600 MW_e



需要的炉膛断面（深度和宽度）可以由
当前的经验完全覆盖



锅炉整体布置特点



超临界参数变压直流锅炉，一次中间再热，H型布置，总体上分为主回路、尾部、空预器三部份

单炉膛，双面曝光中隔墙，炉膛内布置屏式过热器，水冷风室

回料器和外置床返料管联合给煤

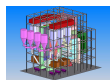
床上床下联合点火

两侧墙排渣，采用滚筒冷渣器

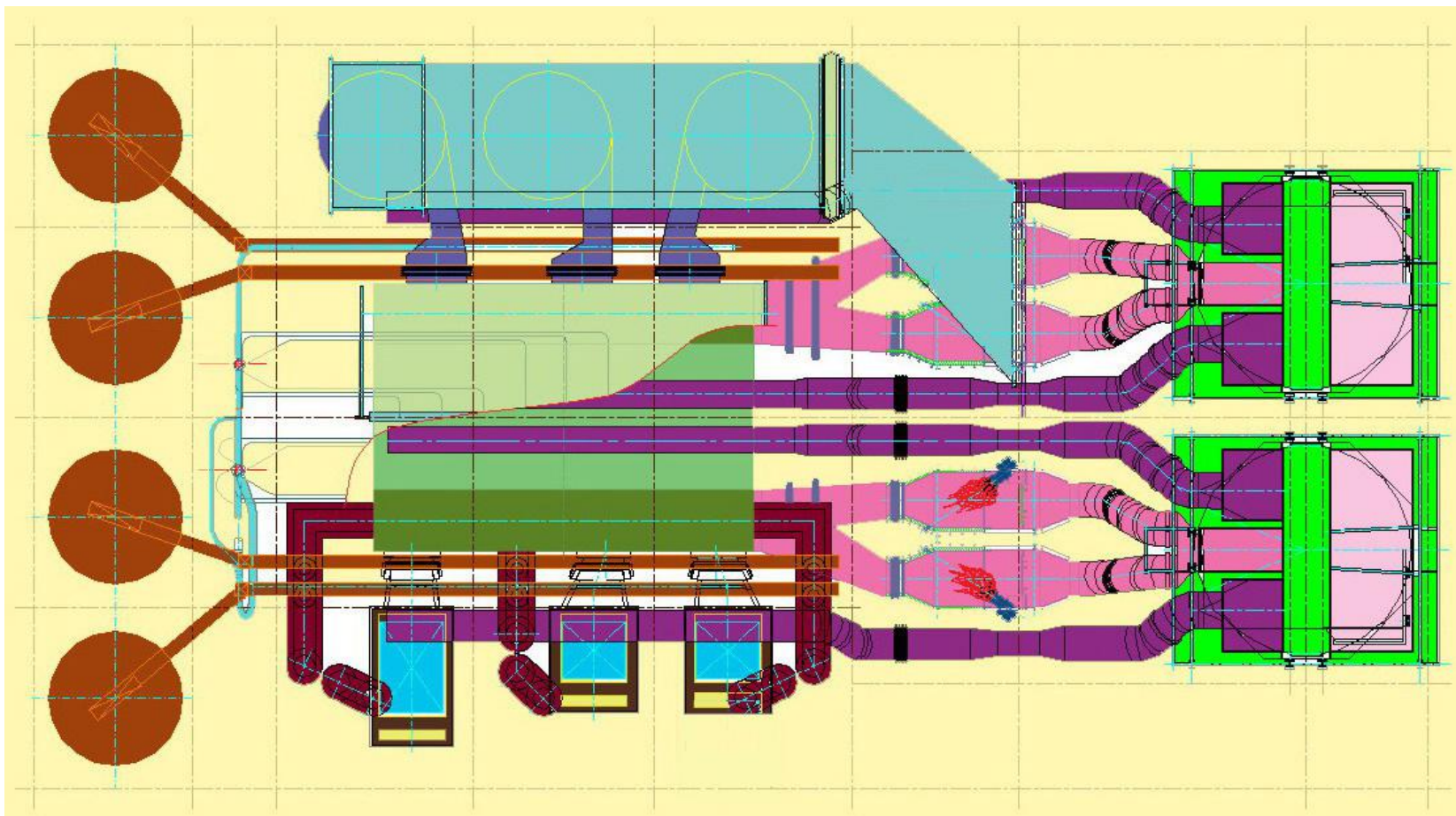
六台分离器，并对应六台外置式换热器

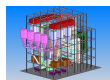
尾部单烟道

两台四分仓回转式空预器方案

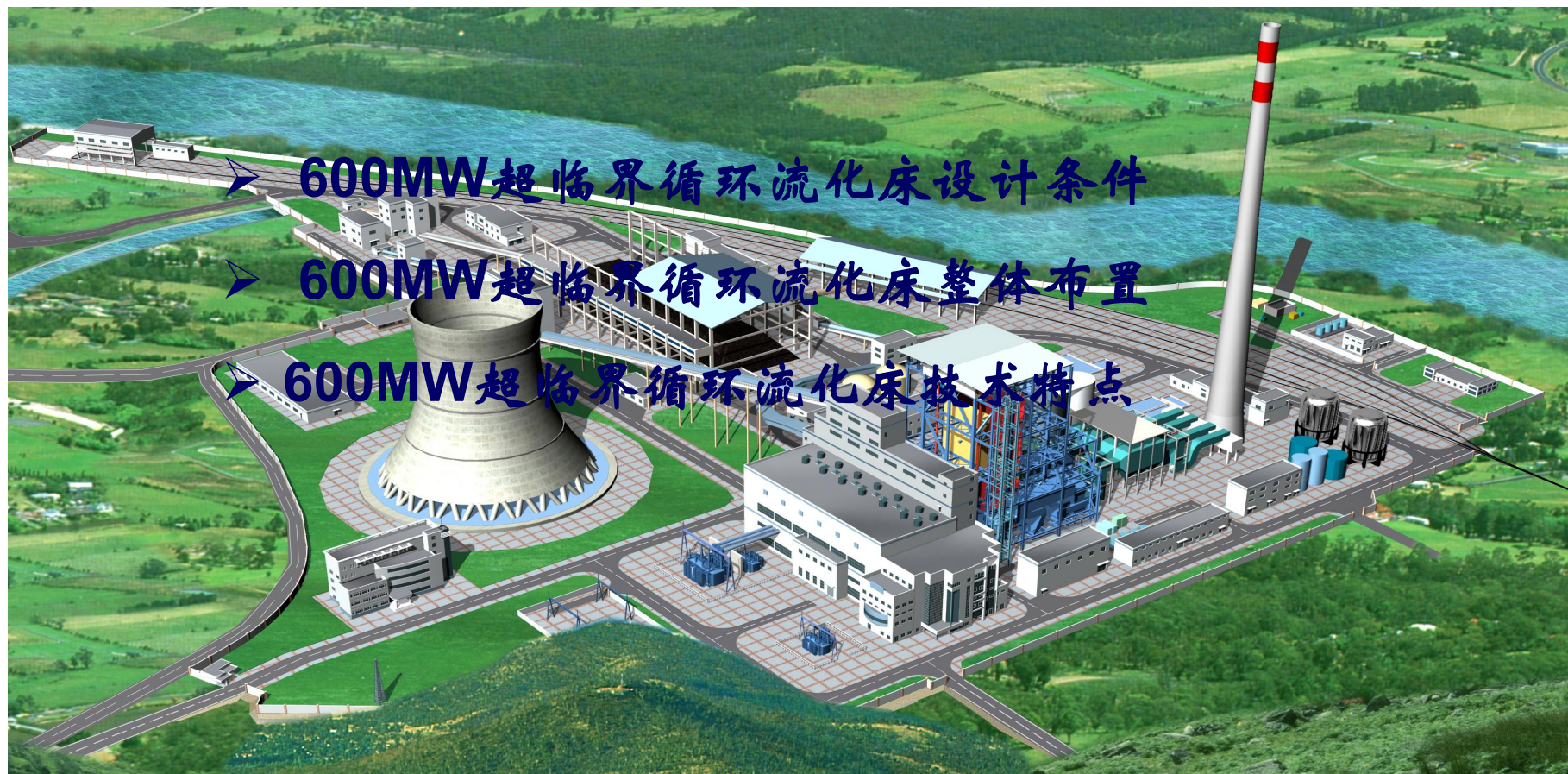


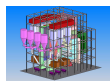
锅炉整体布置特点—俯视图



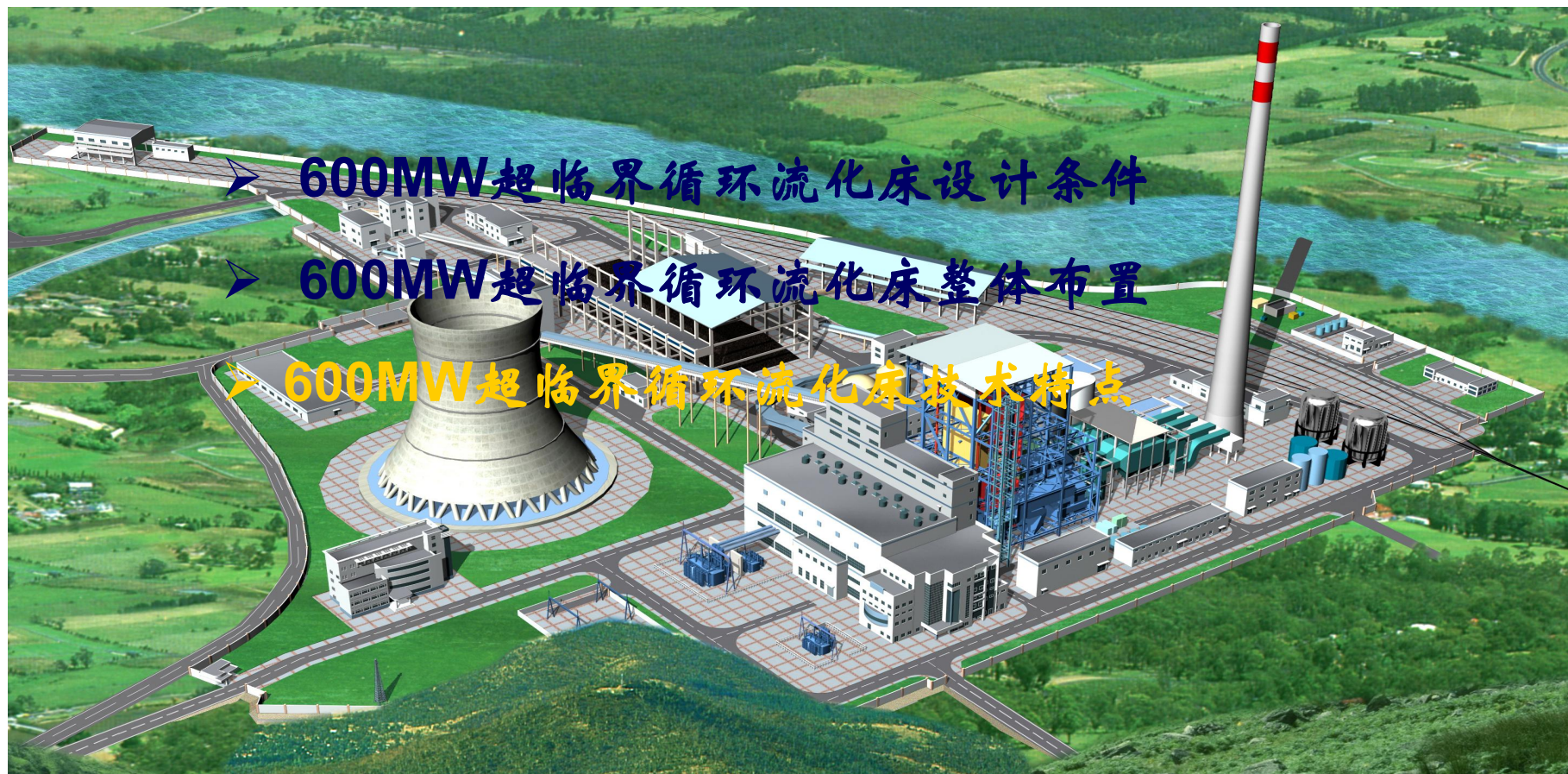


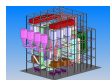
主要内容





主要内容





锅炉设计技术特点

1. 炉膛的设计

1. 炉膛截面尺寸：15.051米×28米

2. 炉膛高度的决定因素

- ✓ 保证燃尽，降低飞灰可燃物
- ✓ 保证水冷壁吸热面积
- ✓ 保证分离器、回料器、外置床的布置

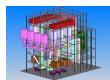
3. 600MW空炉膛无附加受热面高度：76米

135MW炉膛高度：35.06米

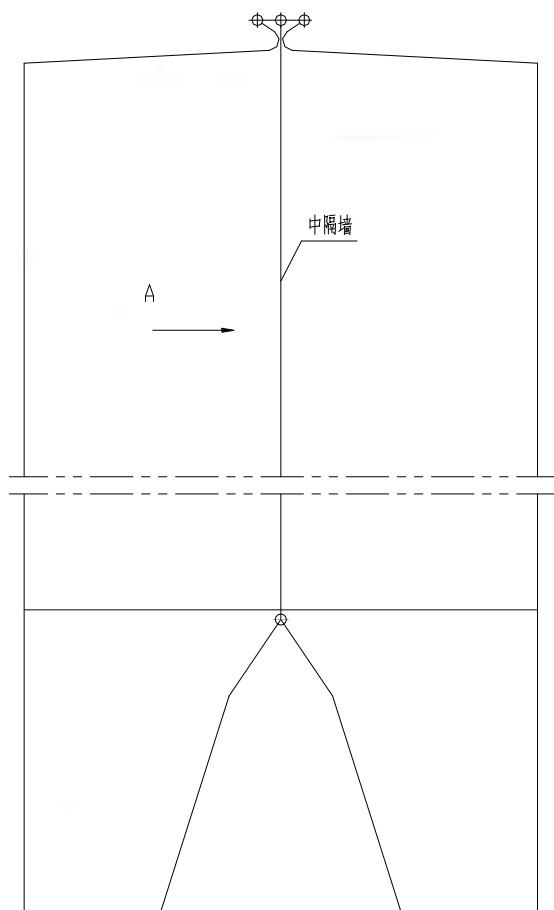
300MW CFB炉膛高度：39.9米

过高的炉膛
带来炉内流
场和温度场
问题

工质侧压降
增加

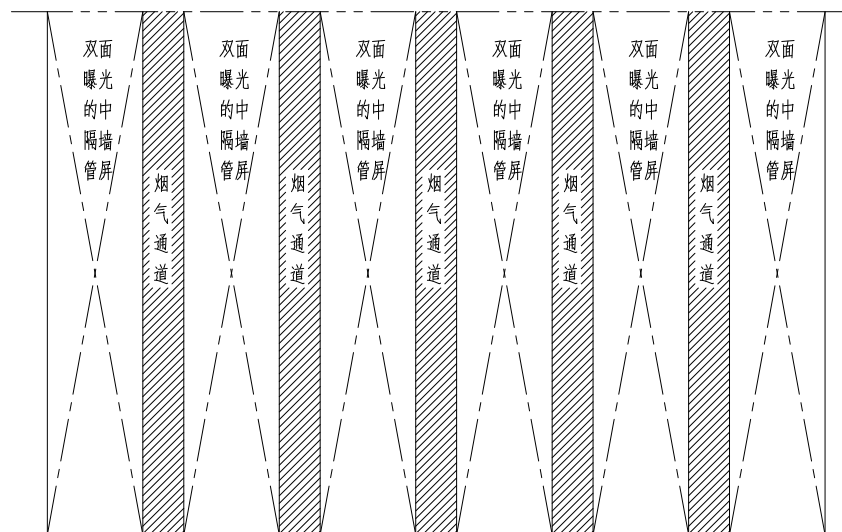


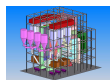
锅炉设计技术特点—炉膛



降低炉膛高度的措施：布置水冷隔墙

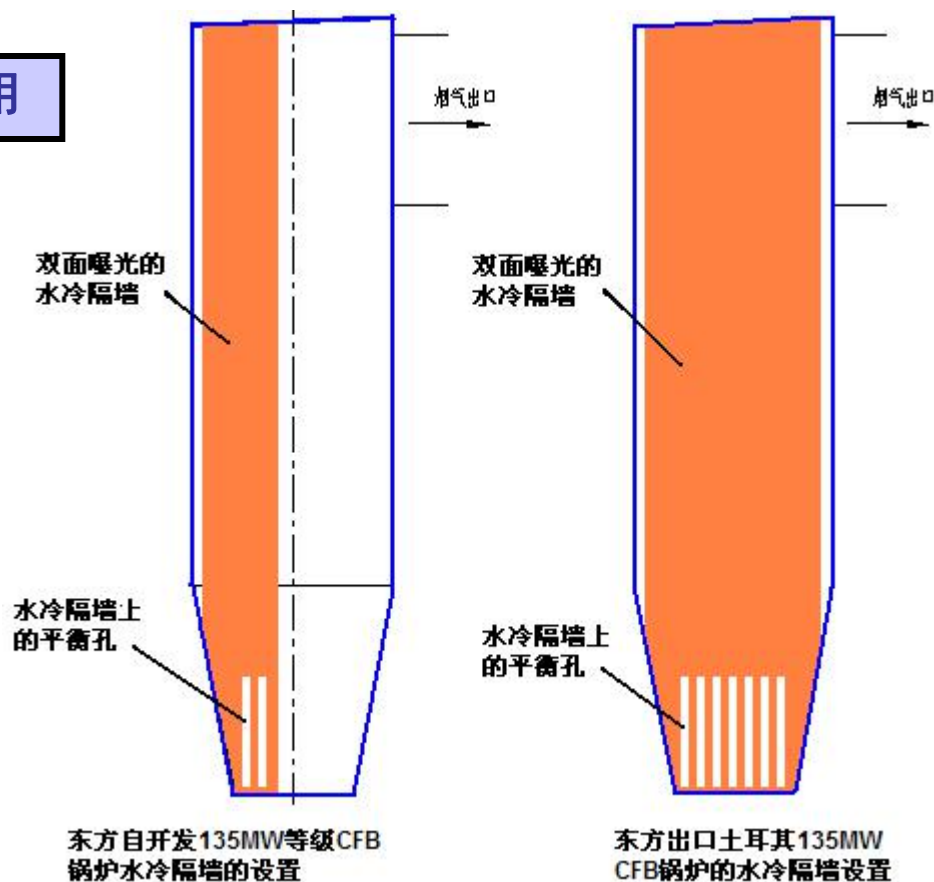
A向：中隔墙管屏布置示意图

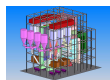




锅炉设计技术特点—炉膛

东方CFB锅炉中水冷隔墙的应用





锅炉设计技术特点—炉膛

FW公司超临界锅炉中隔墙的应用

项目	400MW超临界	800MW超临界
炉膛尺寸（深×宽×高）	10185×26377.9×47600	11528.4×39522.4×49377.6
中隔墙尺寸（宽×高）	3394×47600	3130×49377.6

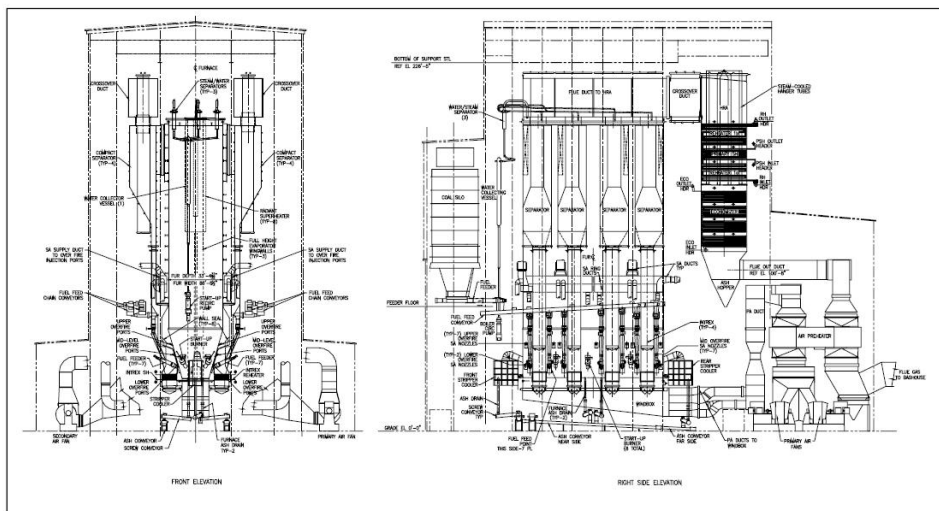


Figure 5. 400 MW_e Ultra-Supercritical OTU CFB – Front and Side Views

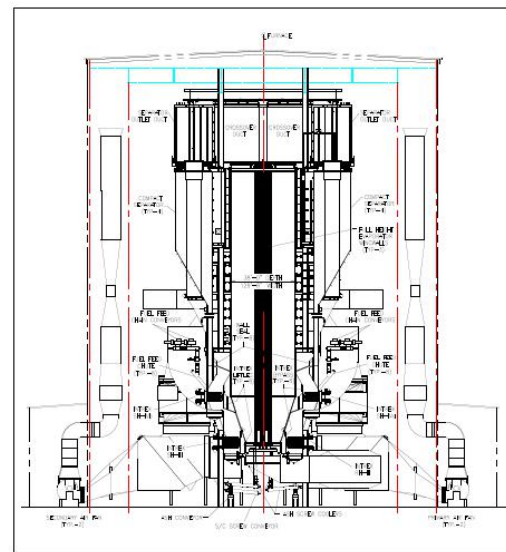
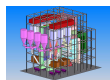


Figure 3. 800 MW_e Ultra-Supercritical OTU CFB – Front View



锅炉设计技术特点—炉膛

炉膛设计在避免放大风险的措施

1. 炉膛流化及布风均匀性

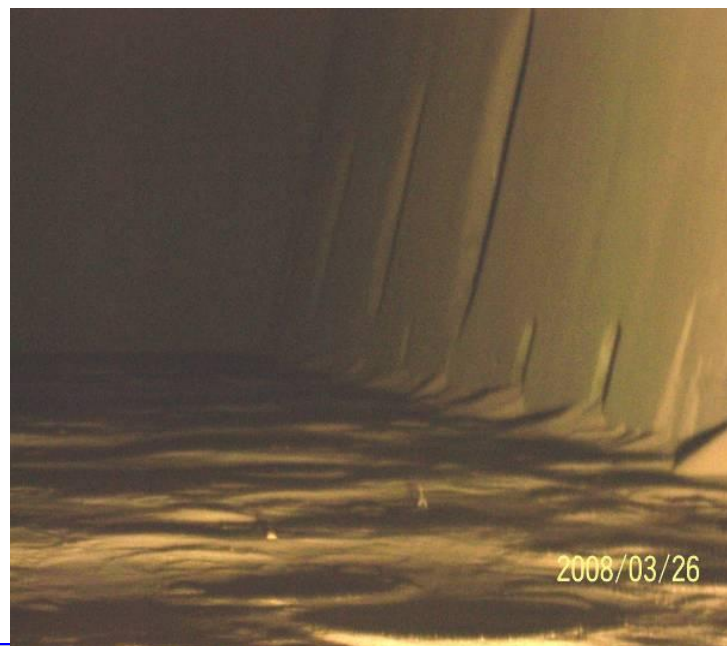
双布风板设计—保证二次风的穿透

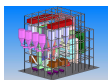
风室设计—保证布风均匀

宝丽华
300MW
两侧进
风流化
后静止
床面



宝丽华
300MW
单侧进
风流化
后静止
床面





锅炉设计技术特点—炉膛

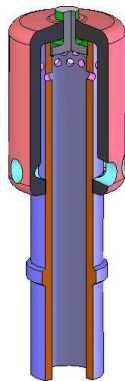
炉膛设计在避免放大风险的措施

2. 风帽

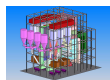
小口径钟罩式风帽，密集布置

3. 合适的布风板阻力

保证布风均匀，避免风机电耗过大

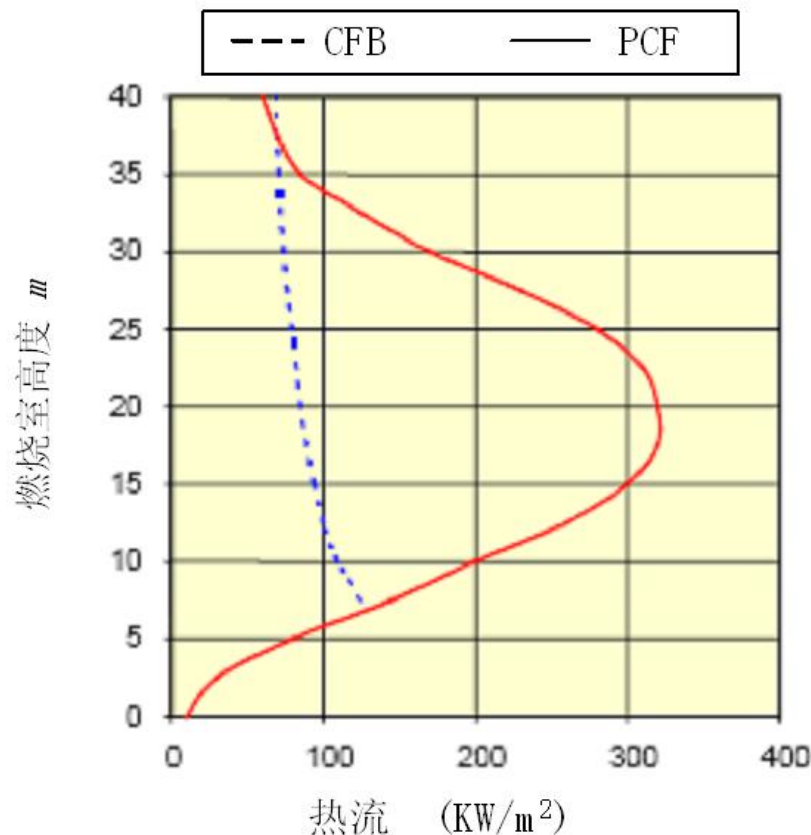


综上所述：东方锅炉结合自主开发**300MW**亚临界**CFB**锅炉的丰富经验，从炉膛形式、风室设计、风帽和布风板设计等多方面保证锅炉炉膛布风的均匀性，从锅内流化、燃烧和传热等方面保证炉膛放大后锅炉运行的安全、有效。



锅炉设计技术特点—水动力

水冷壁质量流速选取及管壁温度的安全性分析：**CFB锅炉采用超临界参数的优势**



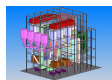
低的热流密度，水冷壁冷却能力好

清洁的炉膛，减少传热恶化

热流密度分布与工质温度分布趋势相反，有利于避免传热恶化

我公司为保证水冷壁在各种运行工况下的安全性，对不同运行阶段的传热恶化、温度偏差和水动力稳定性与国内的权威机构西安交通大学合作，进行了分析。同时，我公司于**2006年11月9日**完成了与西门子子公司关于本生锅炉技术（包括低质量流速垂直管圈水冷壁技术）转让协议的洽谈并签字。

$$q = \eta_r^a \cdot \eta_r^h \cdot \eta_r^b \cdot \eta_r^c \cdot C$$



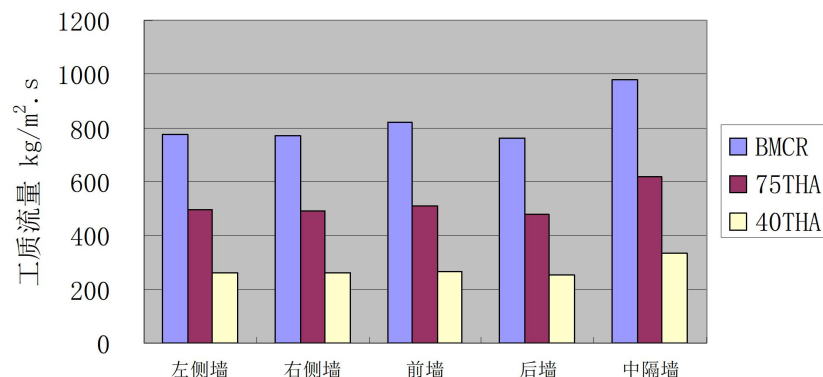
锅炉设计技术特点—水动力

水动力的安全性分析

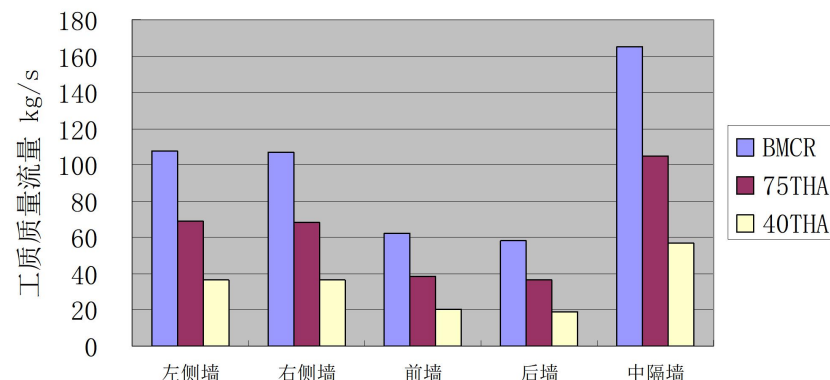
通过选取合适的炉膛上升管（四周炉膛采用光管；中隔墙采用内螺纹管）规格，并调整各回路引入和引出连接管的规格和数量，实现了锅炉在各种负荷条件下工质的合理分配。

从计算结果可以看出，在各种工质条件下，炉膛四周上升管的单位截面质量流量基本相等，而中隔墙的单位截面质量流量较大，这与中隔墙双面曝光的特性是完全吻合的。

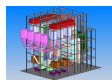
不同负荷上部炉膛单位截面工质流量



不同负荷炉膛工质质量流量



$$q = \eta_r^a \cdot \eta_r^h \cdot \eta_r^b \cdot q_1 \cdot C$$

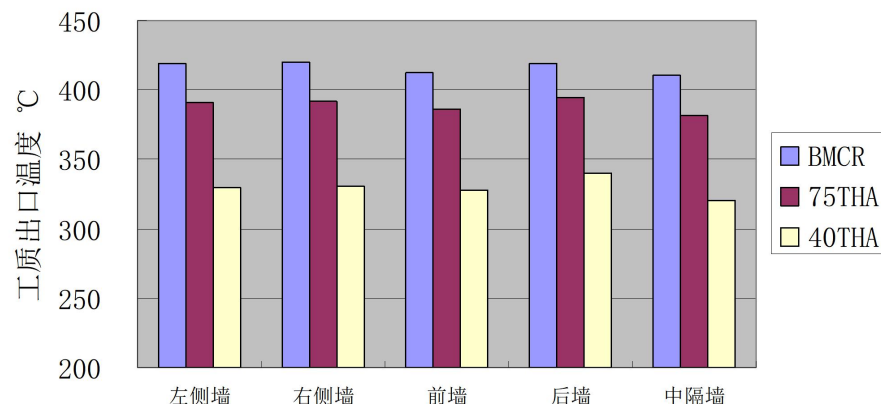


锅炉设计技术特点—水动力

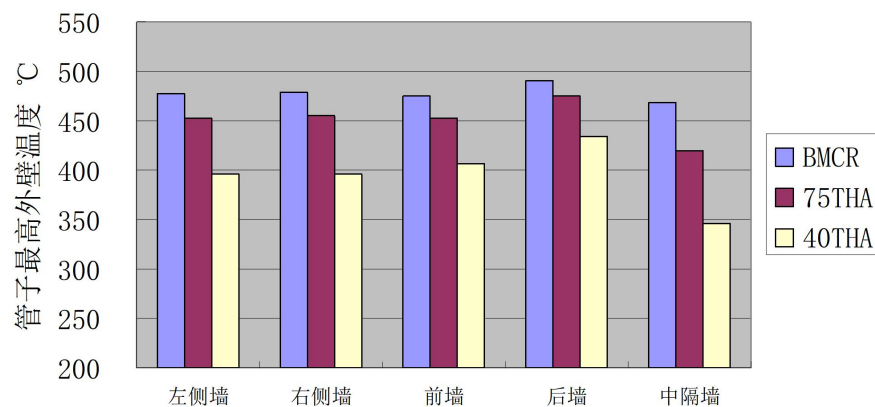
水动力的安全性分析

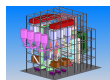
从各上升管出口工质温度和管子最高外壁温度计算结果可以看出，由于中隔墙工质流量较大，虽然其为双面曝光，但出口工质温度和管子最高外部温度都是最低的。

不同负荷上部炉膛工质出口温度



不同负荷炉膛管子最高外壁温度



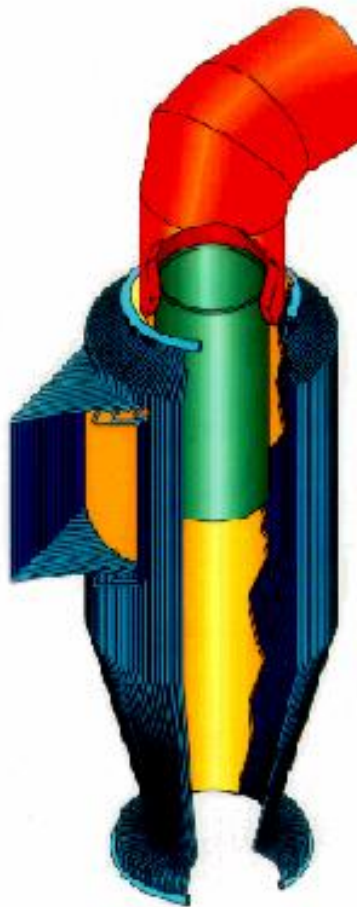


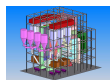
锅炉设计技术特点—分离器

2. 分离器型式的确定

两种分离器型式的比较：

- 1) 分离效率
- 2) 对主回路吸热份额的影响
- 3) 对锅炉总体布置的影响
- 4) 内衬材料用量的影响





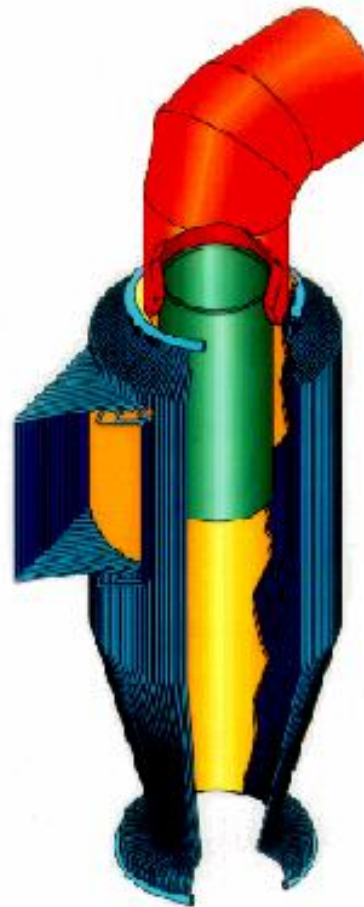
锅炉设计技术特点—分离器

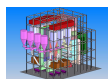
汽冷分离器的优势：

1. 膜式壁结构，可采用全悬吊结构，与炉膛胀差小
2. 耐磨材料厚度小，锅炉启动速度快
3. 耐火材料用量少，施工和维护工作量少
4. 采用外保温结构，散热损失少

保证分离效率的措施：

1. 合理的分离器尺寸
2. 合理的分离器切向进口烟速
3. 渐缩型分离器入口烟道形状
4. 合理的中心筒直径及插入深度





锅炉设计技术特点—分离器

ALSTOM、FW超临界CFB锅炉方案的分离器型式

DEVELOPMENT OF ULTRA LARGE CFB BOILERS

J.-C. SEMEDARD, P. GAUVILLE, J.-X. MORIN

ALSTOM Power Boilers, VELIZY, France

5.2 Cooled cyclones

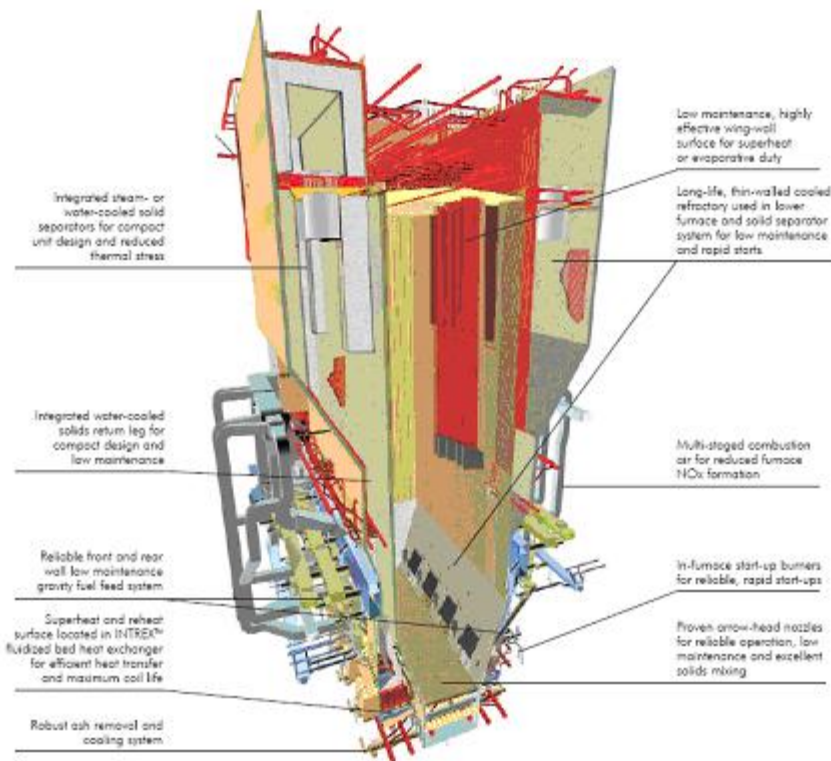
The tubing arrangement, as low temperature steam superheaters, has been studied, to optimise the variable fin width and to reduce the intermediate steam headers quantity required. Manufacturing constraints and transports constraints were also subject to development, due to the large cyclone size (8.3 m diameter).

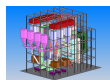
The tubing of the inlet duct and more critical, the tubing of the 6 outlet ducts leading to a common duct to the back pass have been design challenges. A novel geometry has been developed for this outlet common duct, to maximise overall compactness while avoiding the need of a large plenum connecting the 6 cyclones outlets and minimising temperature unbalance at the inlet of the rear pass.

Refractory type used in the cyclones and the connecting ducts, as a thin layer, is conventional, not a silicon carbide type, in order to minimise the cyclone heat absorption reducing the flue gas temperature at the inlet of the back pass where is located the final steam superheater.

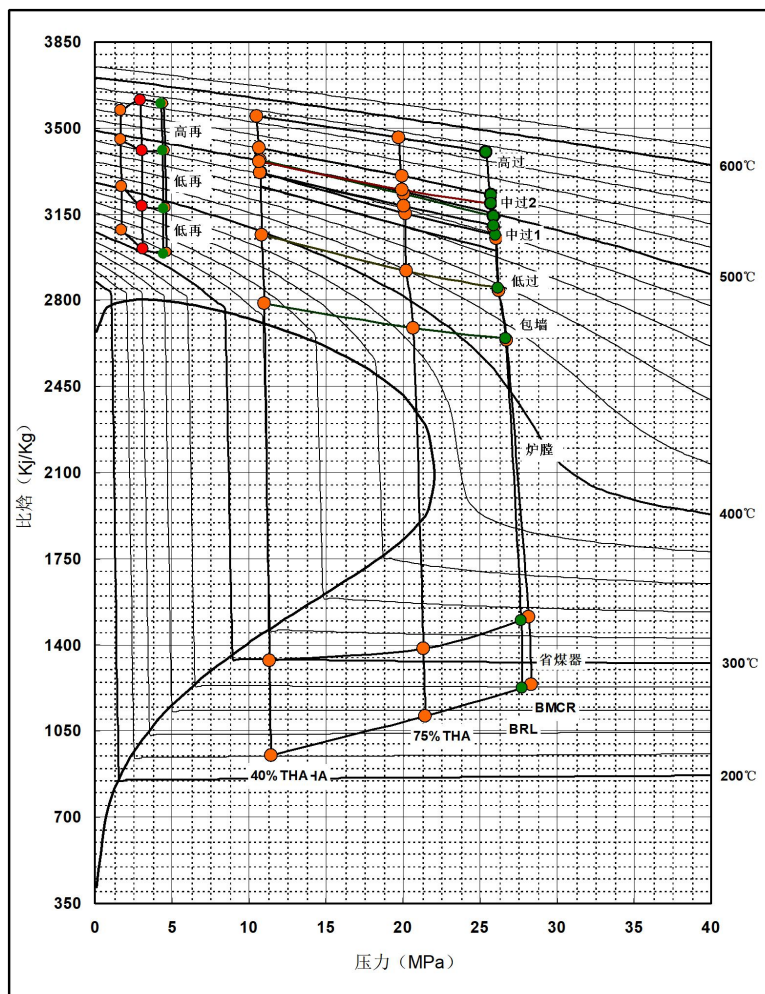
Cooled cyclones with this refractory layer offer benefits, by reducing the amount of further maintenance and lowering the structural steel loading, but are slightly higher in front investment, compared to uncooled cyclones with multi layers thick walls refractory system.

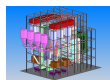
The reduction of expansion joints in the furnace arrangement is also a very positive feature.





锅炉设计技术特点一分离器

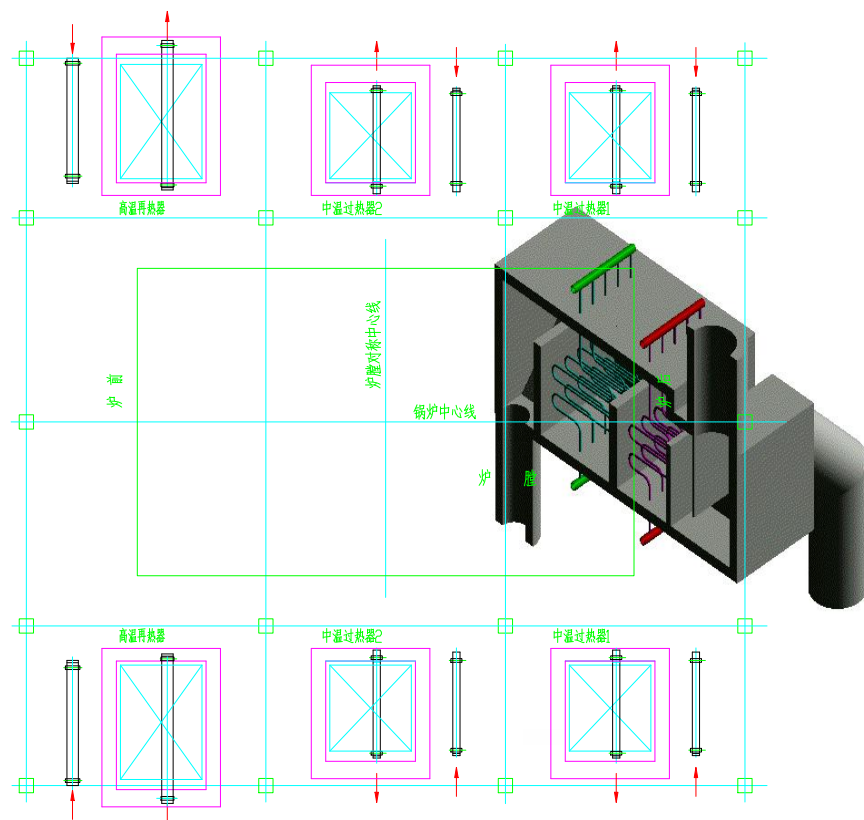


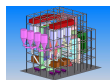


锅炉设计技术特点—外置床

3. 外置换热器

- 所谓外置式换热器就是指将本应布置在炉内的受热面布置在炉外的一种换热装置，外壳由钢板制成，内部布置有埋管受热面；
- 每个仓室有独立的布风系统，使各仓室处于鼓泡床流化状态；
- 外置换热器中布置了高温再热器和中温过热器；
- 物料分流采用机械锥形阀；
- 调节通过中温过热器所在外置换热器的灰量来控制床温；
- 调节通过再热器所在的外置换热器的灰量来控制再热汽温；

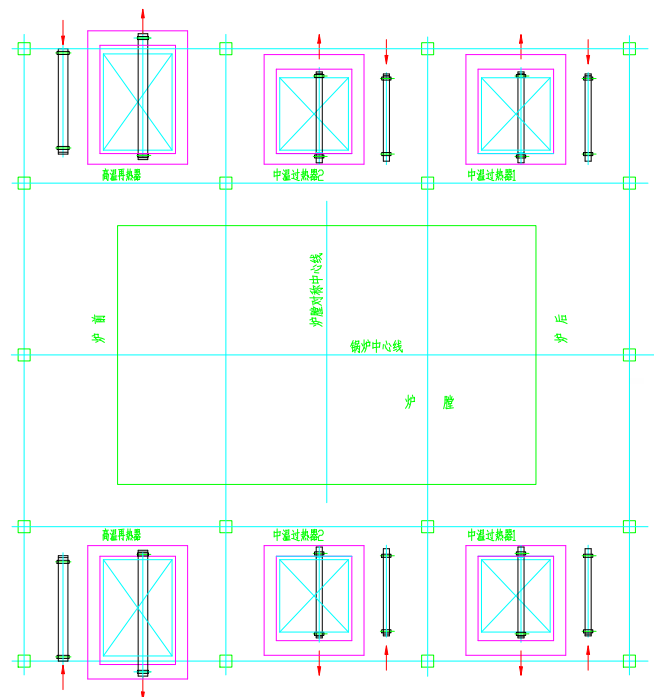


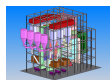


锅炉设计技术特点—外置床

放大设计的原则

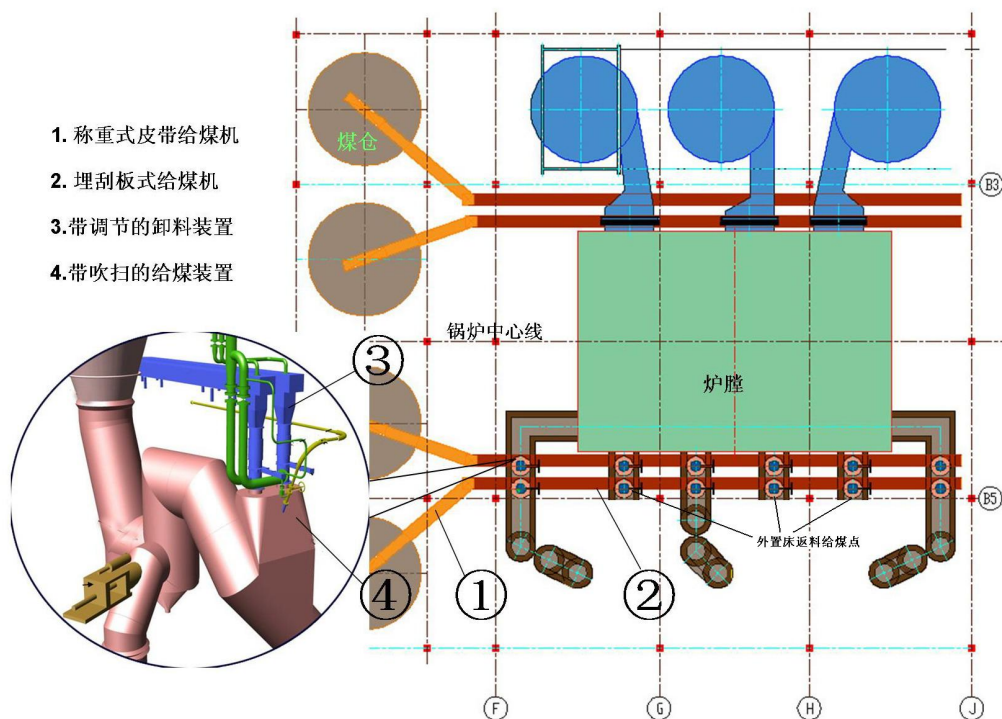
- ✓ 尽量采用成熟的结构
- ✓ 严格遵循设计导则的相关规定
- 外置式换热器换热系数的前提条件
- 灰量限制



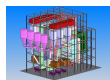


锅炉设计技术特点—给煤点的设计

采用回料器返料管+外置床返料管给煤

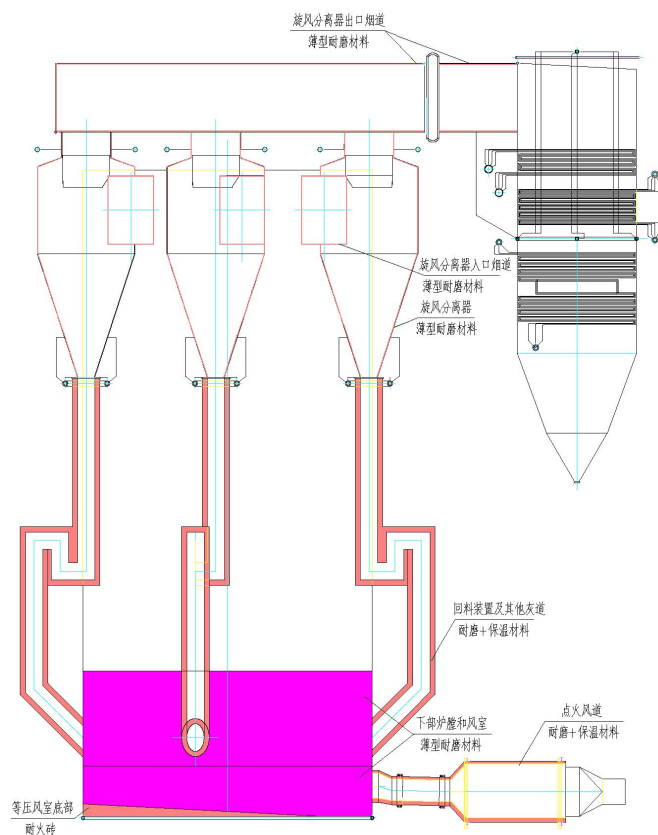


- 多点给煤，保证给煤的均匀性
- 单个给煤口对应的布风板面积为 19m^2
- 单个给煤口热功率 $128\text{MW} < 220\text{MW}$ ，避免单点热功率过大引起的结焦



锅炉设计技术特点—防止炉内磨损的措施

主要的防磨区域

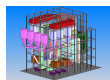


需要防磨的受热表面主要有：

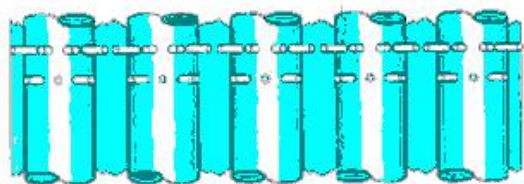
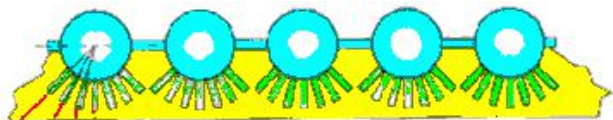
- 水冷布风板
- 炉膛下部密相区四周水冷壁内表面
- 炉膛出口四周水冷壁内表面
- 汽冷旋风分离器及入口烟道内表面

需要防磨的非受热表面主要有：

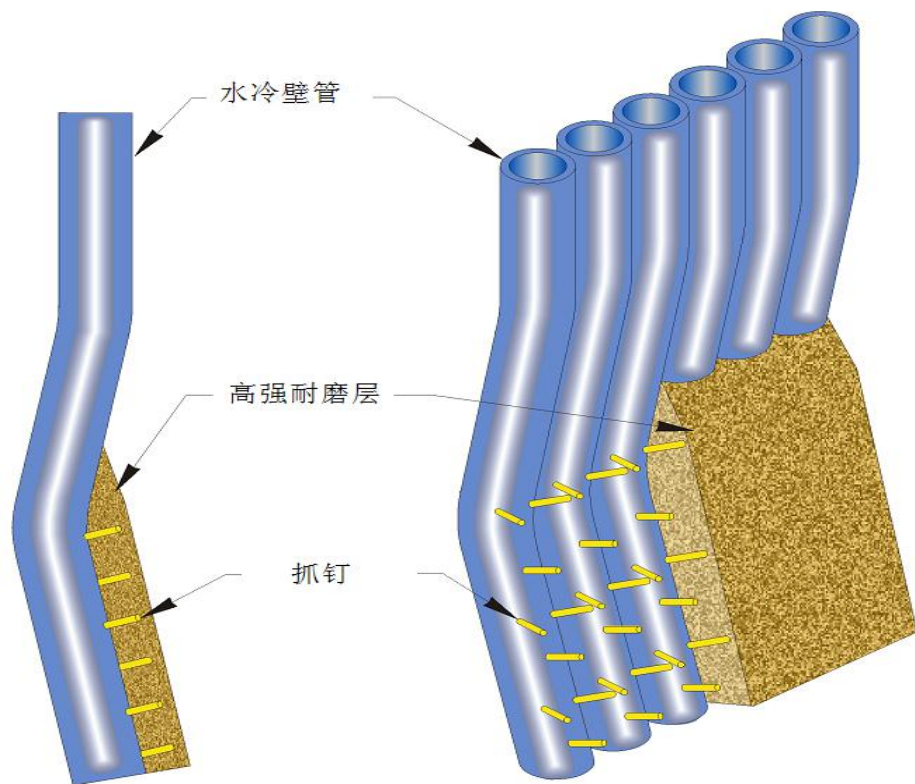
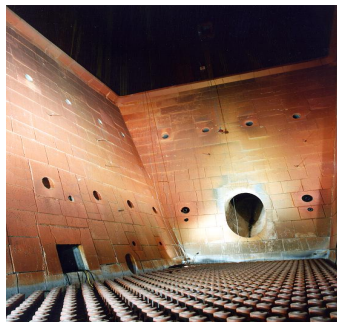
- 绝热分离器及入口烟道内表面
- 旋风分离器中心筒
- 分离器出口烟道内表面
- 立管及回料装置内表面
- 外置床内表面
- 外置床进出口灰道



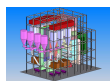
锅炉设计技术特点—防止炉内磨损的措施



高密度销钉固定的可塑料



水冷壁让管结构



锅炉设计技术特点—四分仓空气预热器

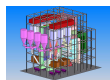
三个空预器方案

方案一：两台60%负荷的四分仓回转式空气预热器；

方案二：一次风采用卧式光管空气预热器，二次风采用两分仓回转式空气预热器；

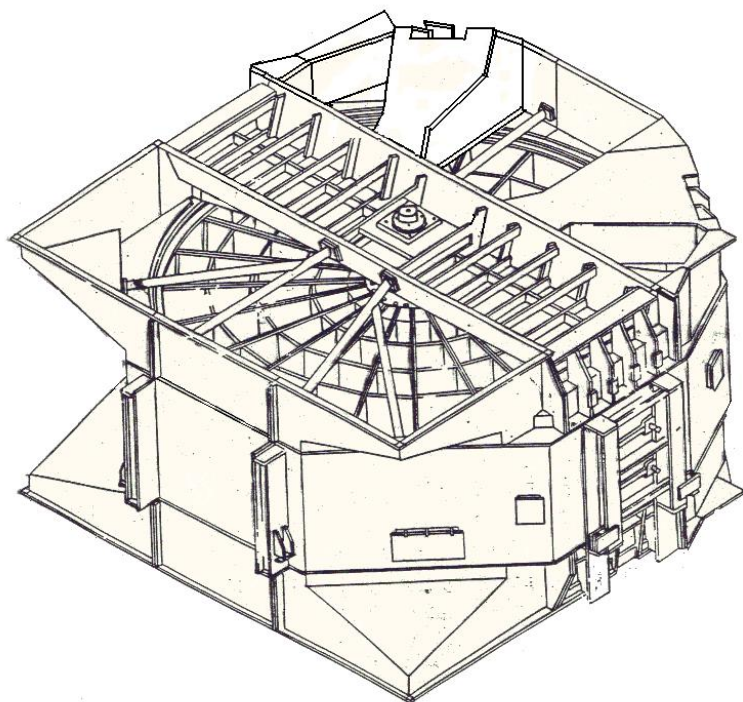
方案三：一二次风均采用卧式光管空气预热器

项目	方案一	方案二	方案三
漏风率	7.5%(二次风到烟气)	7.5%(二次风到烟气)	0
空预器重量(单台锅炉)	1222吨	1694吨	2300吨
煤耗量	366.4吨/小时	365.7吨/小时	365.0吨/小时
15年煤耗量	27.48×10^6 吨	27.42×10^6 吨	27.37×10^6 吨
15年煤价格	137.4亿元	137.1亿元	136.8亿元
空预器电机功率（包括变频器等）及风机电功率差	360KW	330KW	0KW
用电量	360度/小时	330度/小时	0度/小时
15年用电量	27×10^6 度	24.75×10^6 度	0
15年电价	1128.6万元	1035.0万元	0

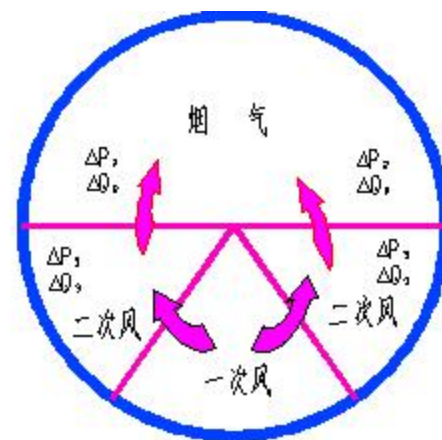


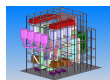
锅炉设计技术特点—四分仓空气预热器

东方锅炉专为CFB锅炉开发的四分仓空预器



四分仓空预器漏风原理分析





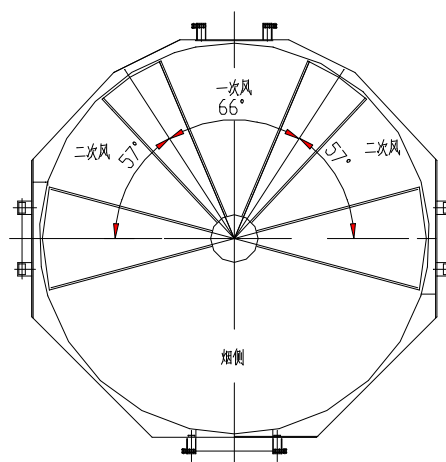
锅炉设计技术特点—四分仓空气预热器

东方锅炉CFB锅炉四分仓空预器减少漏风的措施

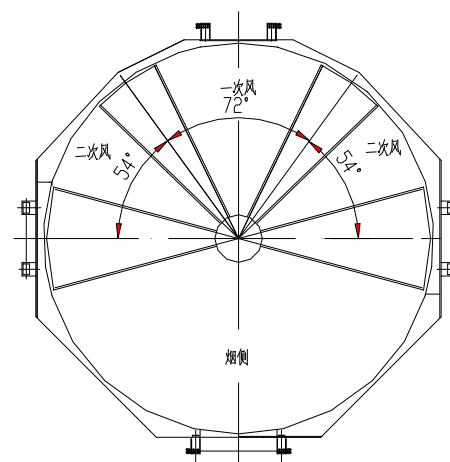
1. 合理布置一次风仓格和二次风仓格的分仓角度

原白马300MW CFB四分仓预热器
一次风与二次风夹角为 66° ，现将
该夹角改为 72° ，有利于减小一次
风阻力

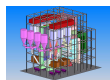
分仓角度的改进



改进前



改进后



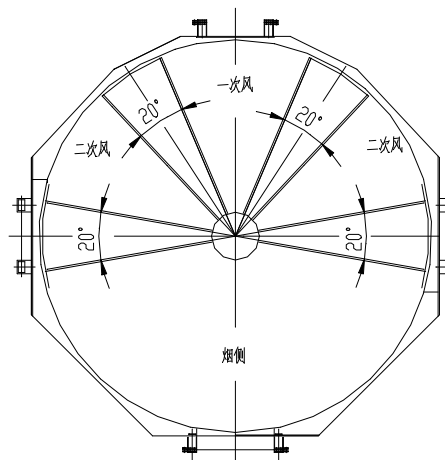
锅炉设计技术特点—四分仓空气预热器

东方锅炉CFB锅炉四分仓空预器减少漏风的措施

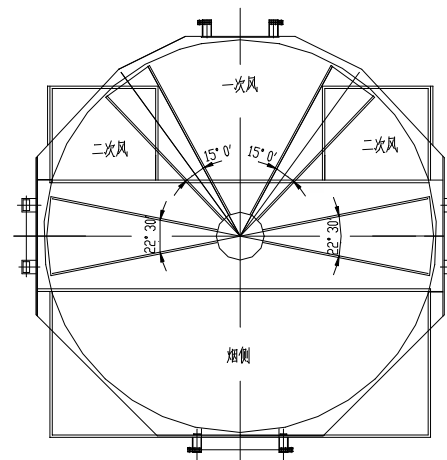
2. 设置多重密封系统

改进结构以实现一次风与二次风侧间的双密封结构、二次风与烟气侧的三密封结构，从而减少漏风量

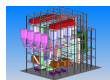
设置多重密封系统



改进前



改进后



锅炉设计技术特点—四分仓空气预热器

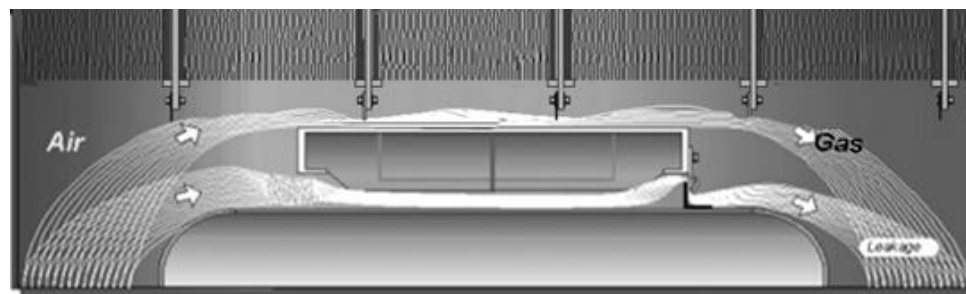
东方锅炉CFB锅炉四分仓空预器减少漏风的措施

3. 采用改进的固定密封结构

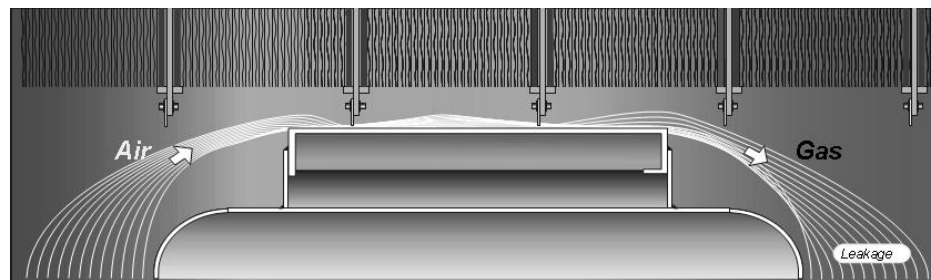
通过冷态调整方式和间隙预留方式，提高预热器的密封可靠性，最大限度的减小预热器的故障率和检修调整工作量

扇形板与梁之间、轴向密封弧板与其支撑壳体板之间均采用密封钢板密封焊接，形成全密封结构，彻底消除此处由于采用热态间隙可调结构时产生的漏风，进一步减小预热器的漏风率

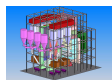
固定密封结构的改进



改进前



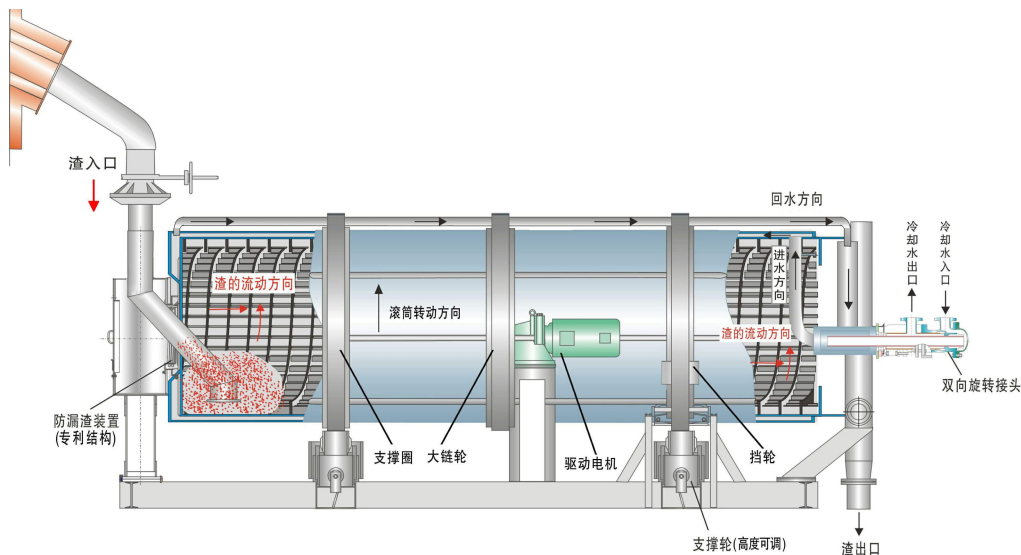
改进后



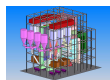
锅炉设计技术特点—冷渣器

冷渣器型式的选择

- 适应电厂的煤质特性，主要是灰分大小
- 考虑到电厂的实际情况



实践证明，流化床冷渣器（即非机械式冷渣器）对于入炉煤质的粒度要求比较高。但目前国内普遍存在的情况是：燃料的来源不稳定，变化较大，且燃料中石块和矸石多，且大多数的电厂对燃煤破碎设备的设计选型重视不够，使燃料入炉粒度难以保证。因此，选取对煤质粒度不敏感的冷渣器类型是用户的最佳选择。



锅炉设计技术特点—降低厂用电的措施

重点是降低风机的电耗：

1. 合理确定风机选型参数，包括风机流量和压头；

与设计院积极配合，合理确定风机选型裕量

2. 合理减少高压头风的用风量。

主要是减少高压流化风机风量：采用滚筒冷渣器

综上所述：

东方锅炉（集团）股份有限公司凭借雄厚的循环流化床锅炉设计、运行、制造实力以及在**600MW**超临界煤粉锅炉领域内丰富的设计和制造经验，在总结和完善实际运行的循环流化床锅炉技术的基础上，结合自身在大容量机组锅炉开发、设计、制造方面的丰富经验，完全有能力在已经投运成功的大型循环流化床锅炉机组的基础上进一步优化设计，为广大用户设计、制造成熟、可靠、具有国际先进水平的国产**600MW** 超临界循环流化床锅炉。