

第二届火电厂锅炉、汽机新技术与节能改造研讨会



陈鸿伟 华能汕头电厂运行部副主任，电厂集控运行工作15年，有丰富的运行经验。主持过低氮燃烧器改造，大型圆形风烟道优化改造，脱硝改造，空预器改造，电袋改造，脱硫增容改造，锅炉受热面改造等。主要文章有《600MW超临界一级旁路无炉水泵直流锅炉的机组启动技术开发及应用》，《大型锅炉停炉真空复合保养技术开发及应用》，《大型煤粉锅炉超净排放与节能研究》。

演讲题目：大型锅炉主烟风系统流场优化设计研究及大型圆形烟道工程应用



尊敬的各位领导、专家：

按照会议安排，华能汕头电厂很荣幸做“锅炉主烟风系统流场优化设计研究及大型圆形烟道工程应用”汇报。

锅炉主烟风系统流场优化设计研究及大型圆形烟道工程应用

（入选华能集团2014年度先进技术推广目录）



 华能汕头电厂

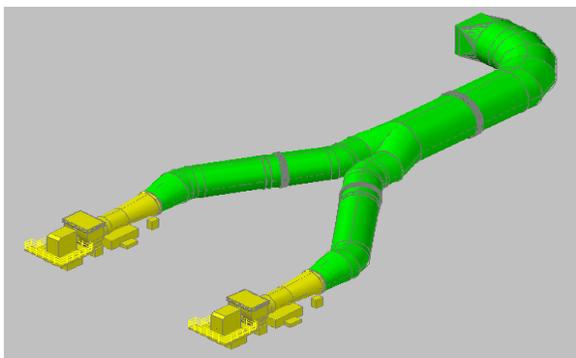
 EPTCHINA.CN
中国电力科技网



华能汕头电厂：
一、二号锅炉
为300MW自
然循环汽包炉，
三号锅炉为
600MW超临
界复合直流炉。

目 录

CONTENTS



- ◆ 锅炉主烟风系统现状及圆形烟风道节能优点
- ◆ 锅炉主烟风系统可改造位置举例
- ◆ 主烟风系统优化的理论基础
- ◆ 研究对象及应用
- ◆ 华能汕头电厂已改造项目介绍
- ◆ 华能汕头电厂改造效果
- ◆ 主要创新点
- ◆ 社会效益
- ◆ 电除尘器改成电袋或布袋除尘器后烟道优化专题介绍
- ◆ 引风机出口至GGH入口烟道优化专题介绍
- ◆ 锅炉烟气协同治理与圆形风烟道优化结合专题介绍

01

锅炉主烟风系统现状

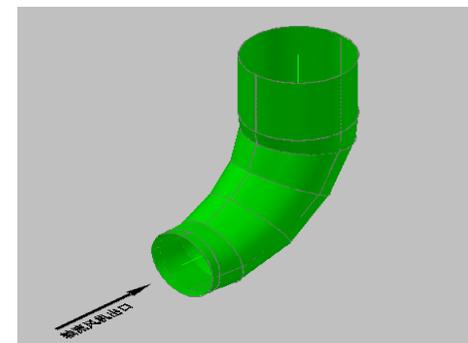
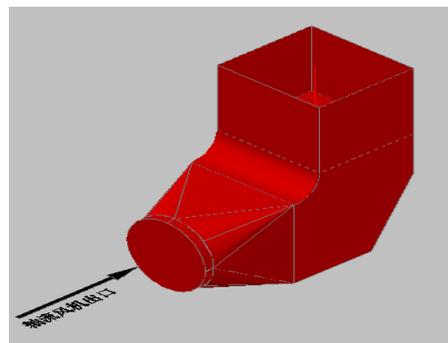
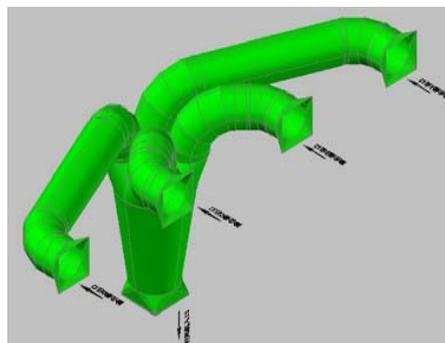
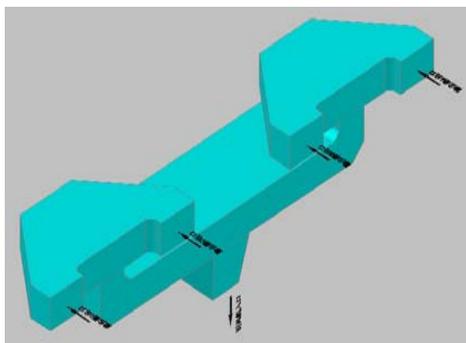


- ✓ 传统矩形风箱布置。
- ✓ 管道路径长、90度弯头多。沿程阻力大。
- ✓ 管道多处采用T型对冲汇流、Z型吸风布置。
- ✓ 烟风道系统振动大，虽然加固，也避免不了。

- 1.火力发电厂锅炉烟风系统中传统矩形设计普遍存在烟气**T型对冲汇流**、矩形风箱式布置、整个烟风道路径长、弯头数多等，造成了烟风道耗材多、四角涡流和内支撑造成沿程阻力大、烟气急转弯和**T型对冲**使局部流场混乱、阻力大、振动大、噪音大等严重问题。为了从根本上解决以上问题，本报告通过对超大型**圆形烟道**、新型圆形**偏心变径多管汇流**、**圆形变径弯头**等新型圆形零部件及全新设计理念深入研究，并根据工程应用后投运的效果来确立这些新型圆形零部件及全新设计理念的理论和实际应用优势。
- 2.大型锅炉烟气协同治理中，所增加设备如：**SCR**、**低温低阻型空预器**、**低温省煤器**、**MGGH**、**脱硫出口烟道除雾器**等设备，都会增加烟道阻力，都可以同时结合该设备前后烟道进行圆形风烟道优化改造，可以大幅度减少或抵消新增防保设备带来的阻力。
- 3.新建锅炉可以采用**全程圆形烟风道**设计应用。

圆形烟道节能优点

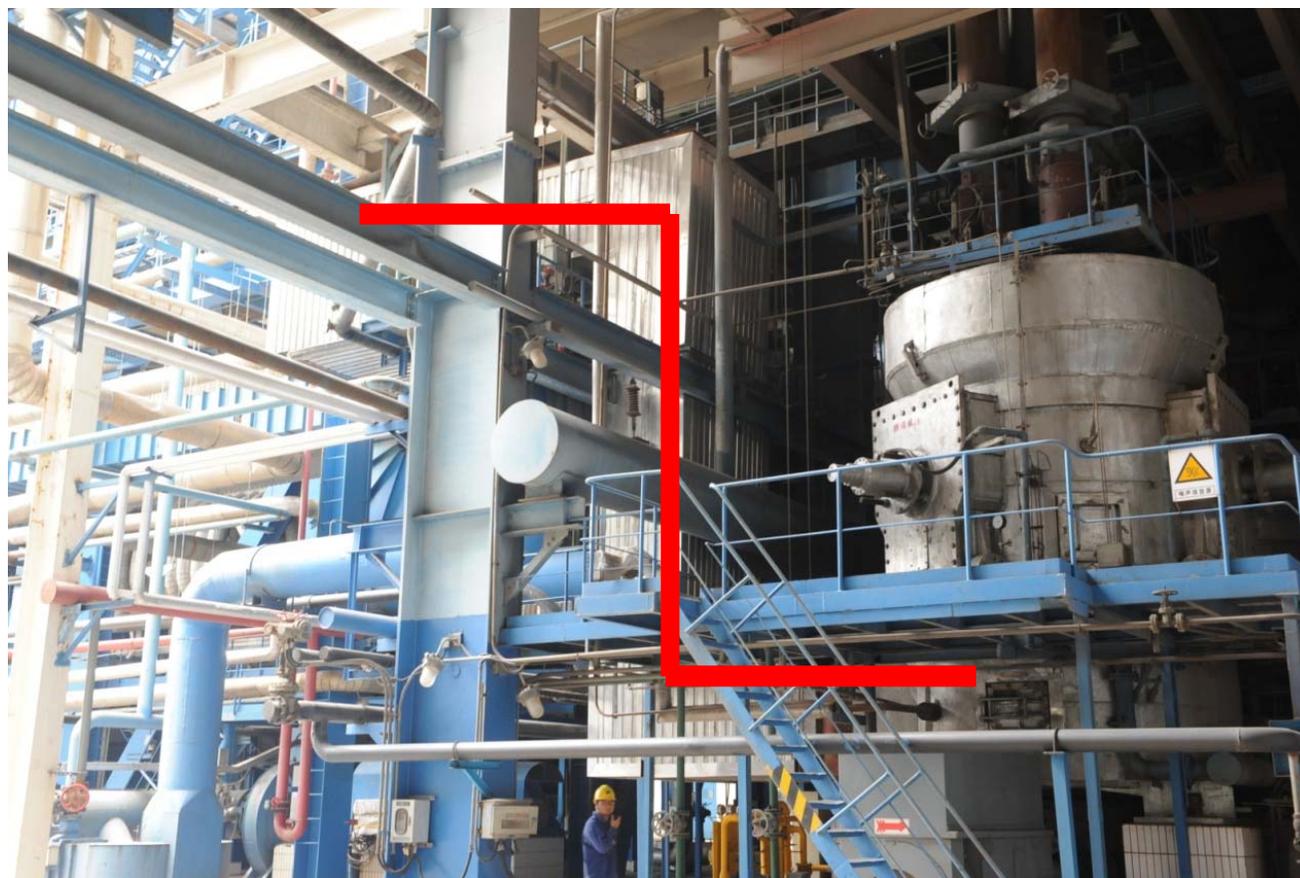
1. 充满度好，消除矩形烟道四角涡流，沿程阻力小。
2. 圆形烟道有很好的刚度，无需设置内撑杆，能够减少烟道积灰，沿程阻力小。
3. 圆形变径裤衩管汇流巧妙的解决了大型烟风道汇流难的问题，避免了传统烟风道对冲汇流造成的巨大压头损失。
4. 圆形烟道可以实现任意角度空间大半径拐弯，局部阻力极小。



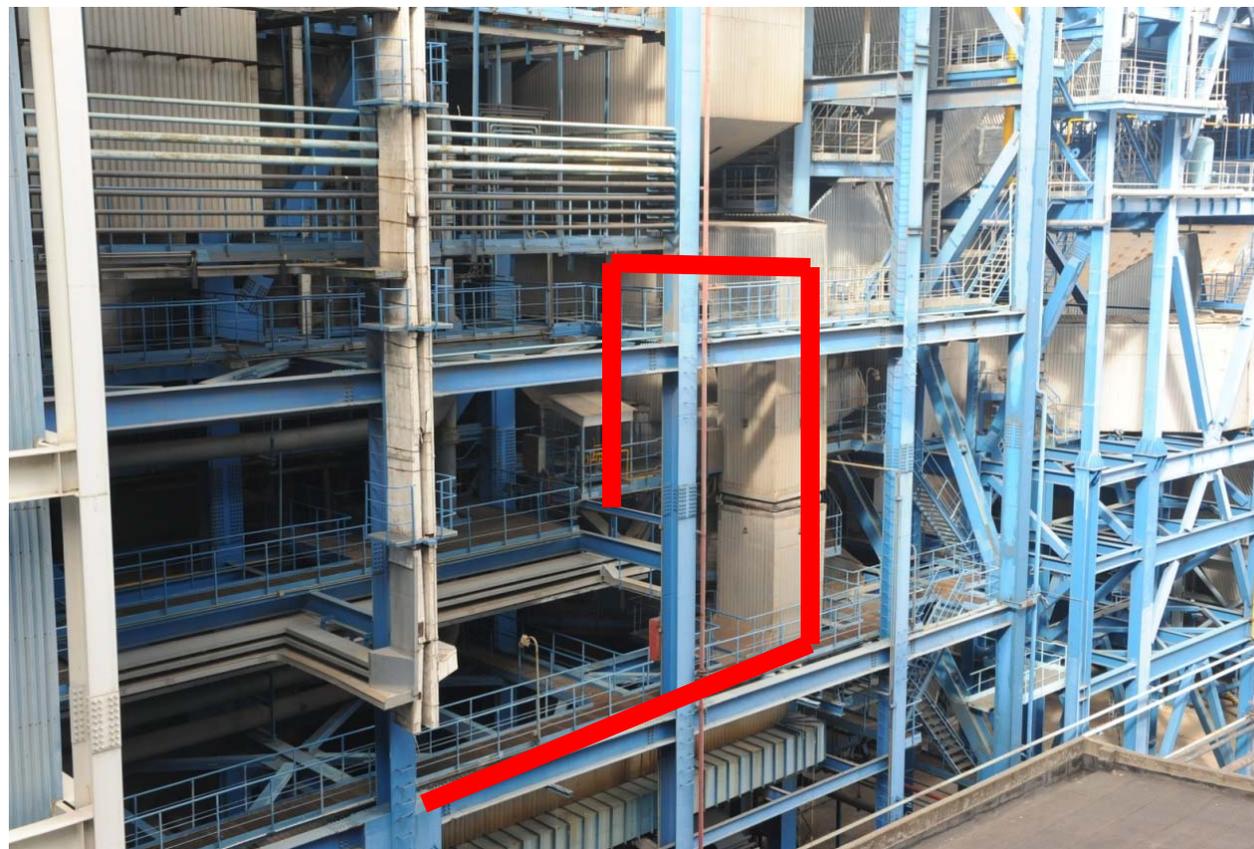
02

锅炉主烟风系统可改造位置举例

- 1、引风机出口到GGH入口烟道存在T型对冲汇流。
- 2、除尘器出口至引风机入口段烟道存在T型对冲汇流。
- 3、送风机入口和一次风机入口风道采用Z形吸风，阻力大。
- 4、空预器至除尘器烟道有三个90度弯头。



- 5) 一次风进入磨煤机处有两个**90度**弯头。
- 6) 一次热风在空预器出口有三个**90度**弯头。
- 7) 电袋或布袋内部烟气有四个**90度**转弯。
- 8) 脱硫净烟道进入烟囱有一个**90度**弯头。

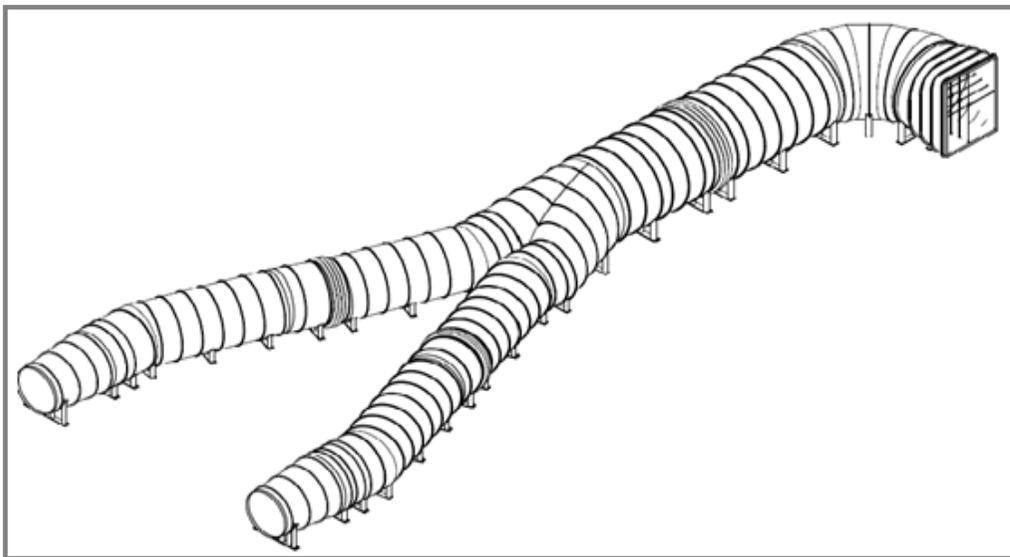




03

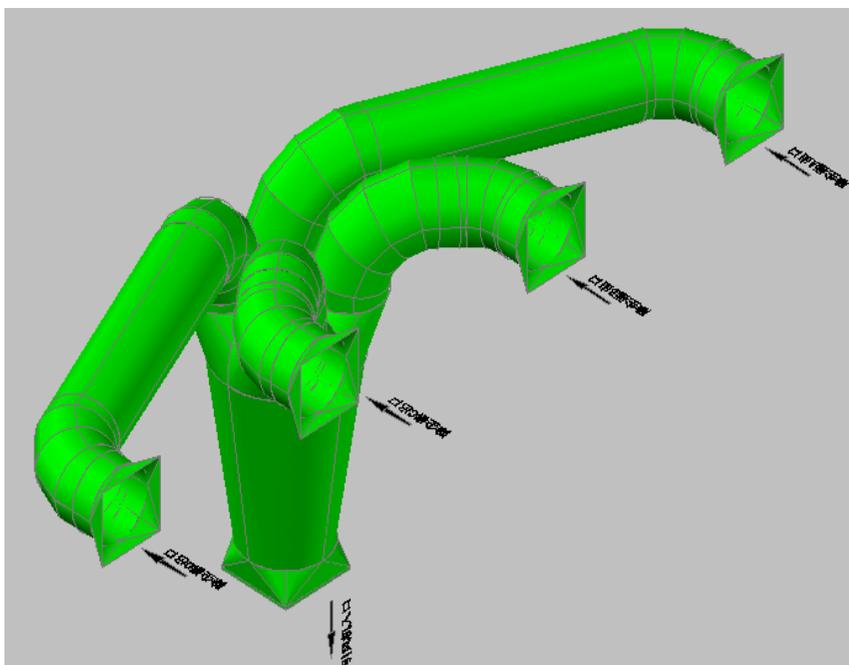
主烟风系统优化的理论基础

超大型圆形烟风道加固肋的理论基础



超大型圆形烟风道的加固肋采用基于有限元的结构分析软件SAP2000模拟计算，参照《烟风煤粉管道设计技术规程》和《配套设计计算方法》相关内容，从而实现在满足结构稳定、整体刚度的条件下耗材最省。

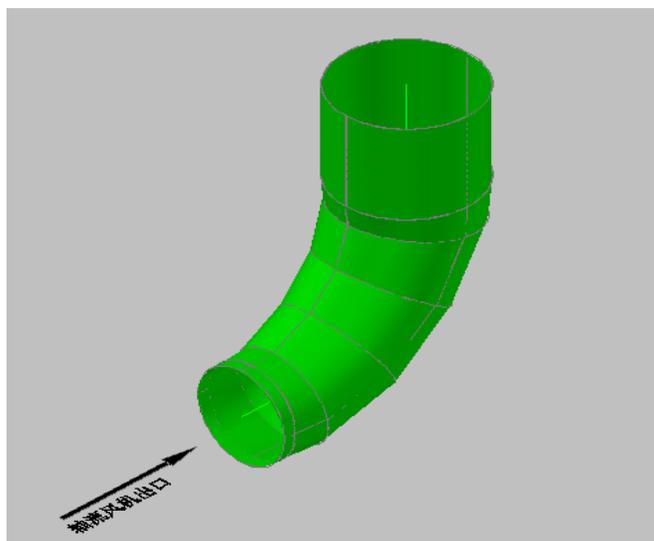
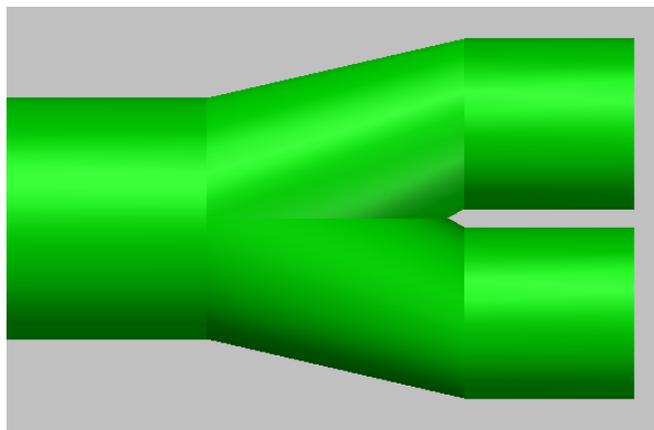
新型零部件及其整体布置的理论基础



对于新型零部件及其整体布置的流场及压力场采用Fluent软件进行了模拟计算，过程包括：几何模型的建立、边界条件的选取等。

04

研究对象及应用



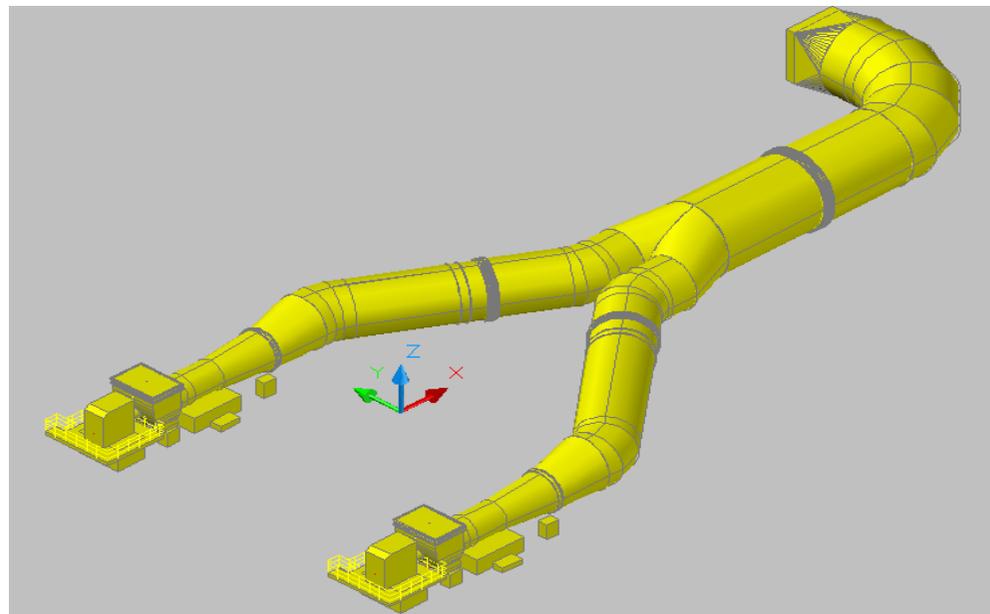
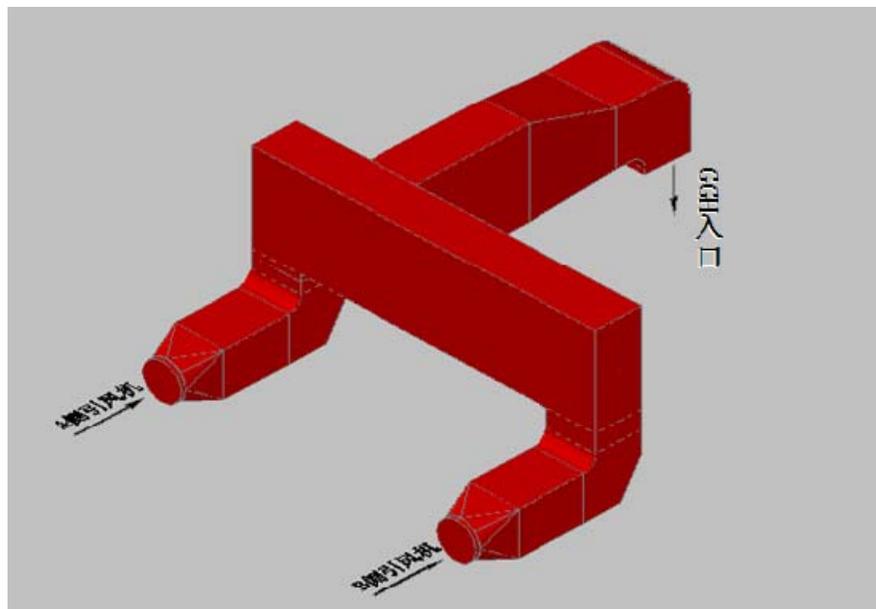
研究对象名称	基于研究对象的主要研究内容
超大型圆烟道	引风机出口汇流后的主烟道、 脱硫净烟道等
新型圆形偏心变径 裤衩汇流管	冷一次风道、冷二次风道、 除尘器出口至引风机入口段 烟道、引风机出口汇流至主 烟道等
圆形变径弯管	冷一次风道、冷二次风道、 引风机出口烟道等
矩形接口沿长边采 用多圆管分流技术	空预器出口至除尘器入口段 烟道、扁宽型烟气接口的吸 收塔进出口连接烟道等
基于新型零部件的 整体布置	炉后烟风道整体新型布置展 示

05

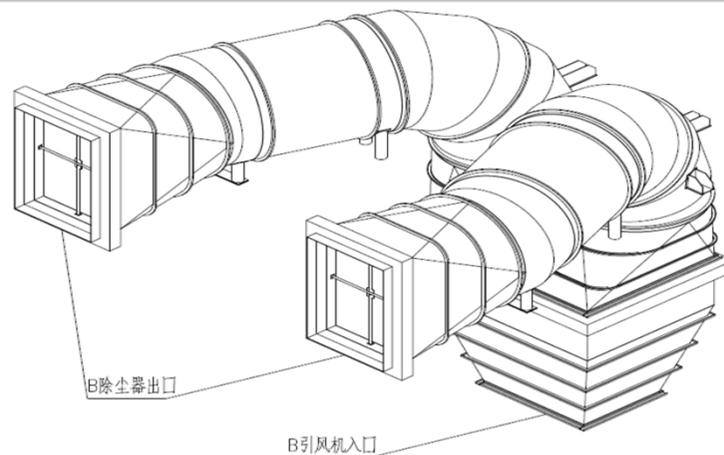
华能汕头电厂已经改造项目介绍

1、引风机至GGH入口改造：

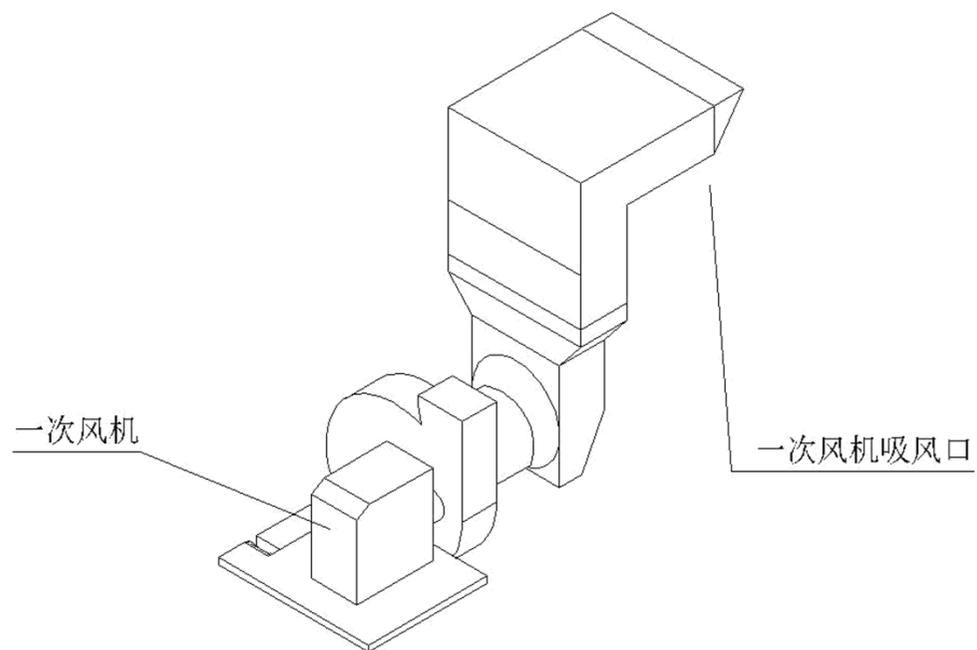
锅炉引风机出口到GGH入口烟道阻力特别大，达1000Pa以上，原烟气挡板不停摇摆晃动，采取在烟道里加导流体，引、增配合优化控制等手段，效果都不明显。



2. 引风机入口改造： 存在T型对冲汇流。

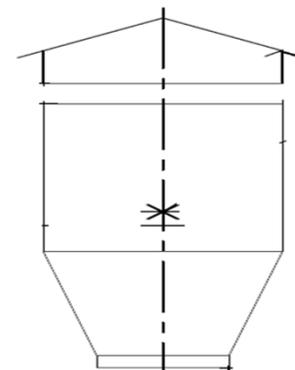
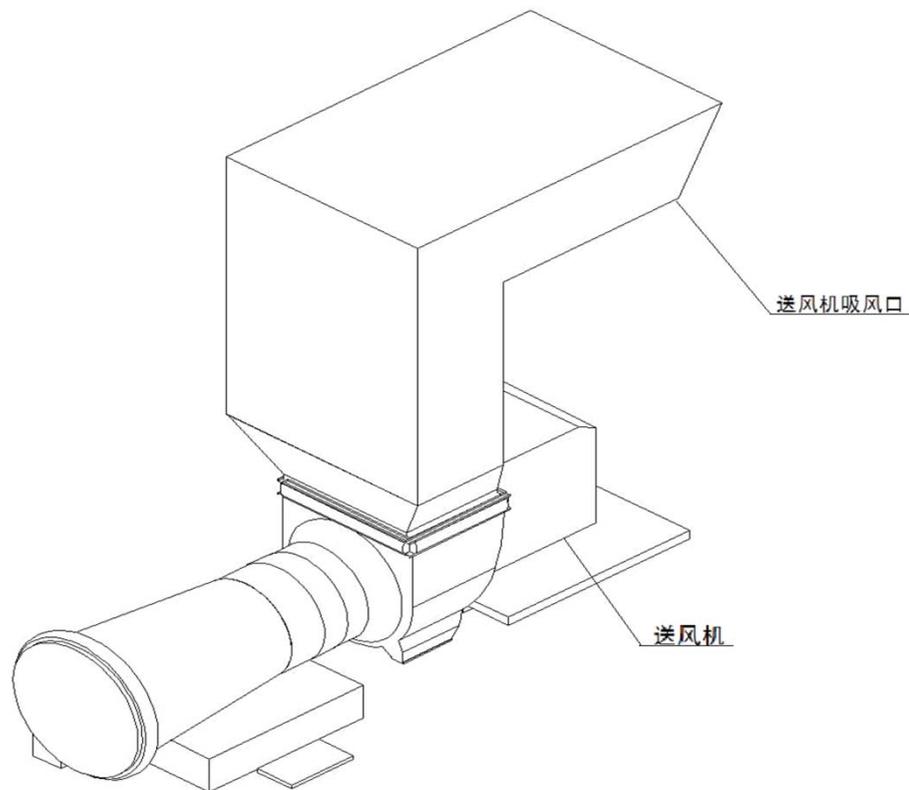


3. 一次风机入口改造：Z形吸风，两个90度转向，阻力大。



4. 送风机入口改造:

Z形吸风，两个90度转向，阻力大。



06

华能汕头电厂改造效果

除尘器出口至引风机入口烟道改造：

大约减少了阻力**200Pa**，换算至节能价值约**80万元/年**。

一次风机入口优化：风道比原来降低阻力**250 Pa**。

根据现场运行参数比对，每台一次风机比原来降低电流**10A**。

送风机入口优化：风道比原来降低阻力**200 Pa**。

根据现场运行参数比对，每台送风机减少电流**6A**。

07

主要技术创新点

主要技术创新点

1. 全程采用大型圆形烟道，充满度好，消除矩形烟道四角涡流，主烟道直径为 $\phi 8800 \times 6$ ，目前国内火电机组烟风道设计及应用中尚属首创。
2. 圆形变径裤衩管汇流巧妙的解决了大型烟风道汇流难的问题，避免了传统烟风道对冲汇流造成的巨大压头损失。
3. 圆形烟道可以实现任意角度空间拐弯，实现了烟道最短行程布置。
4. 由于圆形烟道有很好的刚度，无需设置内撑杆，能够减少烟道积灰，从而减少烟道荷载，可以相应适当地减少支撑烟道的结构框架，降低土建投资。
5. 本设计《新型圆型双偏心变径汇流管》和《新型圆形变径弯头》正在申请专利。

08

社会效益

社会效益

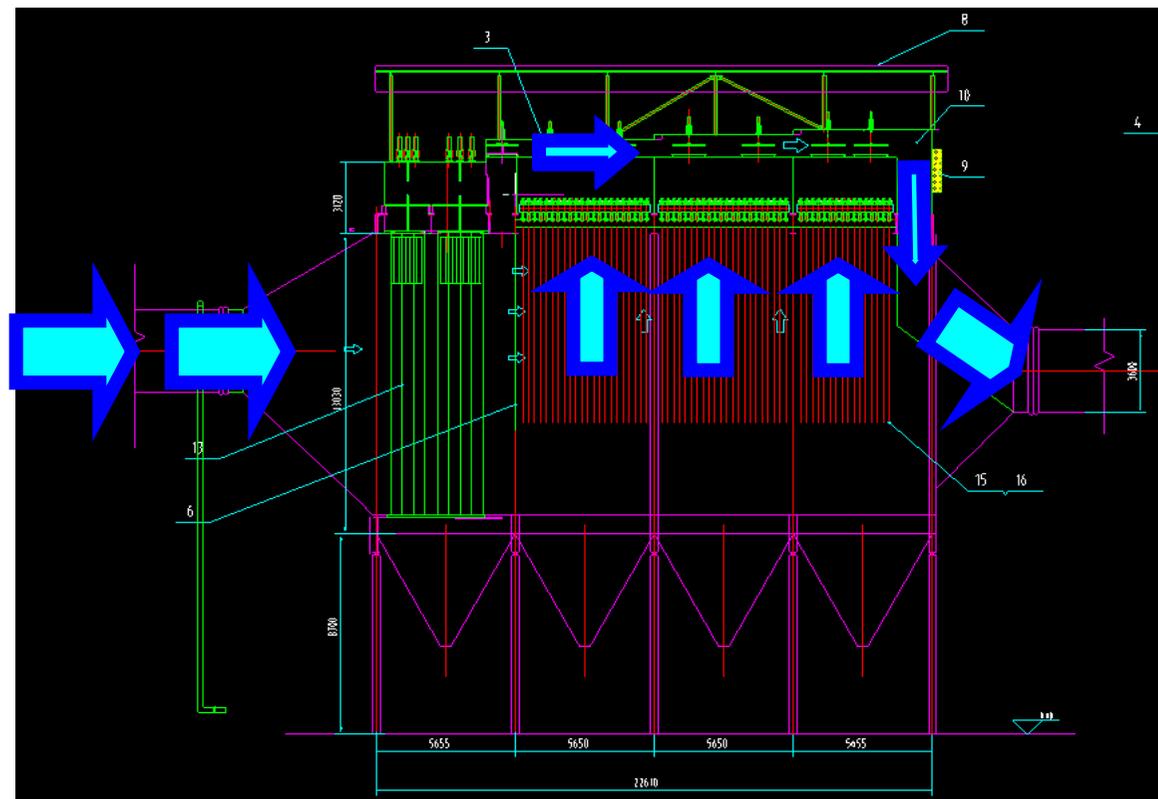
新建 1000MW 等级机组的烟风煤管道限额指标为每台炉 3000 t，烟风道一般约占全厂烟风煤管道用量的 50%，即 1500 t，采用圆形烟风道，可节约 750 吨。初步统计，一顿钢材从采矿到出钢需要产生废气 4000-6000Nm³，产生废水 7-12t，大大减少了环境污染，有利于生态环境的改善。

09

电除尘器改成电袋或布袋 除尘器后烟道优化专题分析

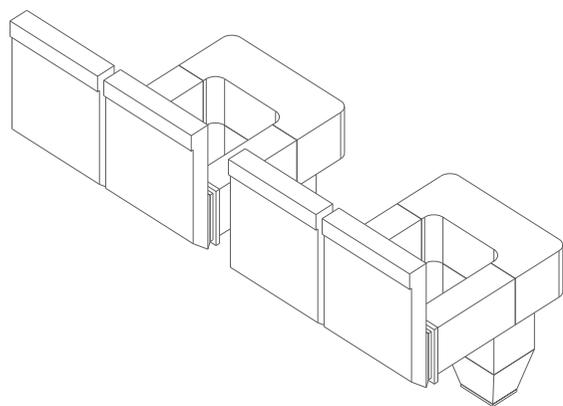
电袋除尘器出口至引风机入口烟风道优化改造

电改电袋后，除尘器出口烟道经3个90°急转弯后对冲汇流至引风机入口，根据经验公式整个烟道的阻力约400Pa。实际运行时袋区差压只有600~700 Pa，但整个除尘器阻力达到1050~1150 Pa，大家都知道电袋或布袋除尘器阻力大，但却不知烟道阻力占了约40%。袋区出口至引风机入口烟道改造后，阻力只有50 Pa。

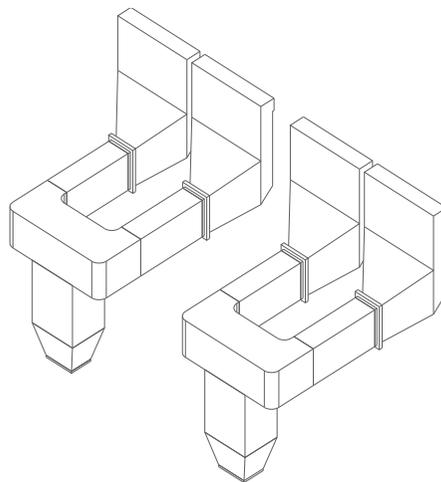


电袋除尘器出口至引风机入口烟风道优化改造

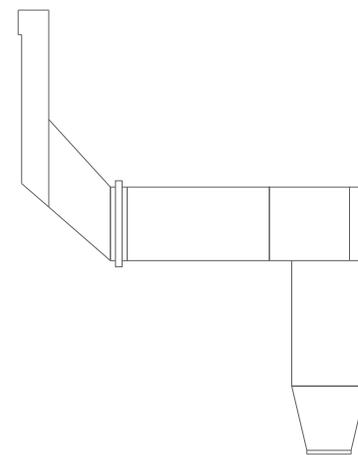
改造前，每台除尘器两烟道出口经3个90°急转弯后对冲汇流至引风机入口，根据经验公式整个烟道的阻力约400Pa。



改造前：立体图（1）



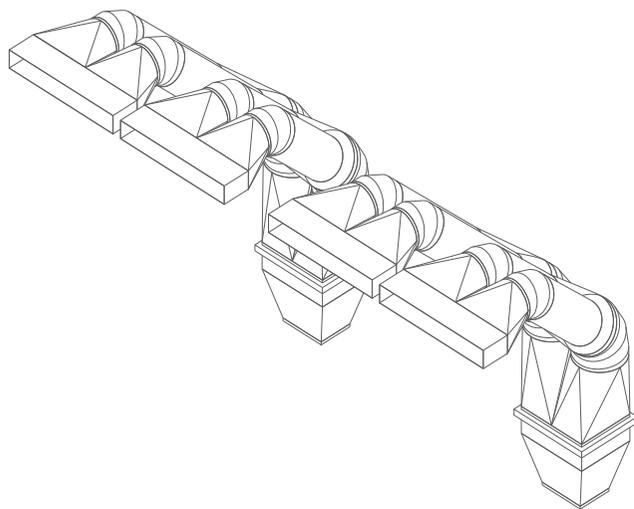
立体图（2）



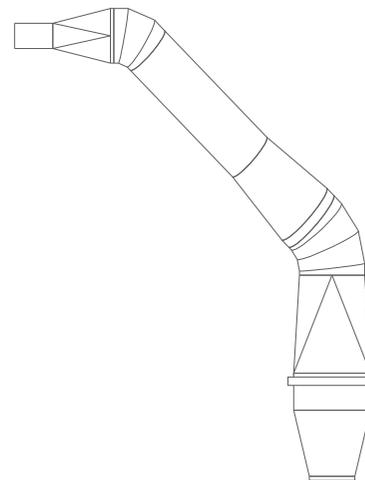
侧视图（3）

电袋除尘器出口至引风机入口烟风道优化改造

改造后，单侧烟道的弯头数变为2个约45°的缓转弯头，根据理论计算估算改造后烟气汇流阻力约50Pa，比改造前阻力下降约350Pa。



改造后：立体图（3）



侧视图（4）

电除尘器改为袋式除尘后烟道优化专题介绍

单侧烟道的弯头数也由原来的3个急转弯变为2个约45°的缓转弯头，根据理论计算估算改造后烟气汇流阻力约**50Pa**，比改造前阻力下降约**350Pa**，且整段烟道流场变得更加均匀，更利于炉膛燃烧、及安全运行。

根据风机功率计算的相关公式我们计算可知：在引风机压头p减少约350Pa时，风机电机功率可以减少约115KW（300MW燃煤发电机组引风机），则年节能效益（按年运行小时数6000，上网电价0.55元/kwh计算）：

每台炉节省电量 $Q=115 \times 6000=690000(\text{kwh})$ ，创造的节能费用为 $690000 \times 0.55 \times 2 / 10000=75.9$ （万元）

10

引风机出口至**GGH**入口烟道 优化专题分析

引风机改造前钢混矩形砖烟道部分，
还没有拆除前与实际改造后大型圆形烟道对比。

可以在新建和老机组改造中进行全面推广



引风机出口至GGH入口烟道改造:

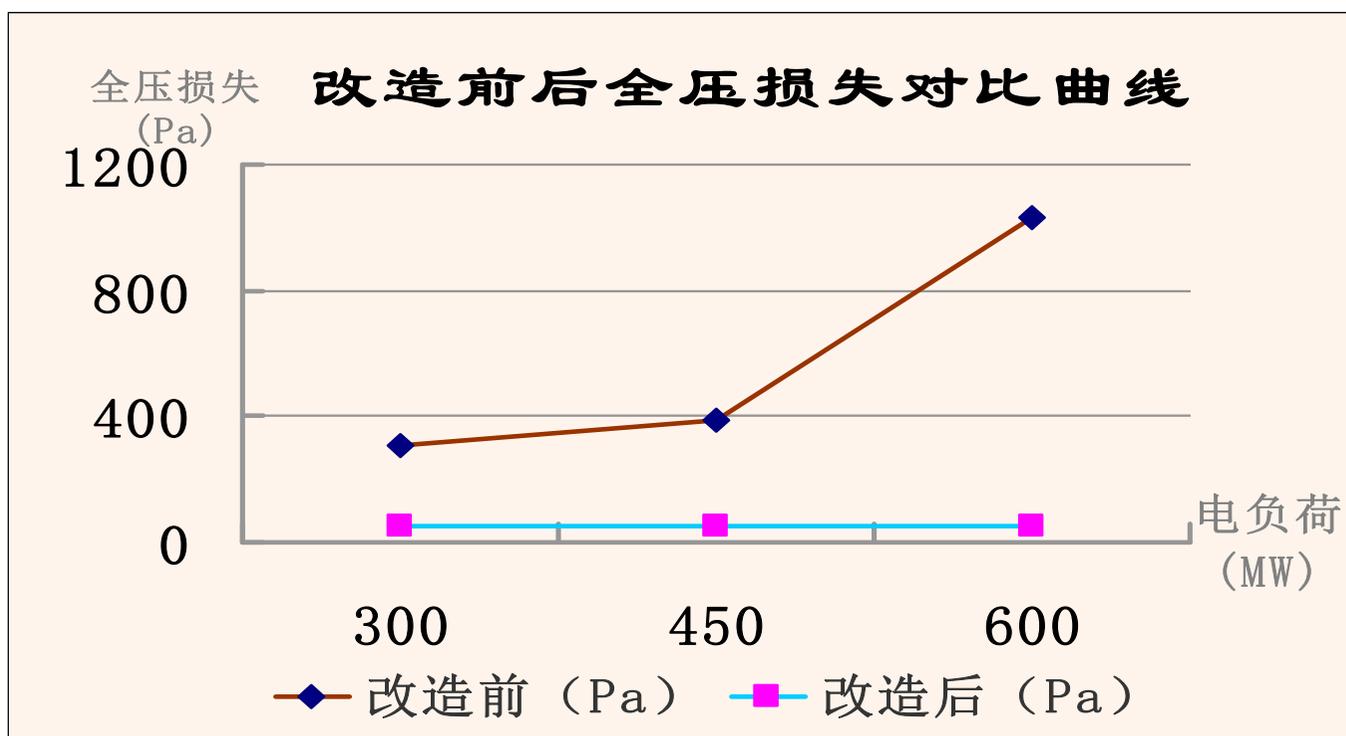
1、降低阻力:

600MW锅炉引风机出口至GGH入口烟道的阻力降低1000 Pa。

项目	单位	工况1	工况2	工况3	工况4
电负荷	MW	300	450	/	600
给煤量	t/h	141.4	207.8	/	270.7
质量流量	kg/s	437.8	538.4	/	674.8
引风机出口全压	Pa	-153	-48	/	250
GGH入口全压	Pa	/	/	/	2880
改造前全压损失	Pa	>304	>387	/	1032

项目	单位	工况1	工况2	工况3	工况4
电负荷	MW	301	448	561	600
给煤量	t/h	126.6	196.9	239.1	251.4
质量流量	kg/s	523	643	766	830
引风机出口全压	Pa	835	1418	1898	2328
原烟气全压	Pa	931	1441	2067	2378
GGH入口全压	Pa	983	1491	2162	2531
改造后全压损失	Pa	接近零	接近零	接近零	接近零

引风机出口至GGH入口烟道改造前后实际测量阻力对比图



2、节约厂用电0.22%，三台机组实现年节能价值超1000万元。

华能汕头电厂通过对三台机组锅炉主烟风道进行优化设计及应用改造后，实现运行年节能价值超1000万元。按现场600MW组（600MW）实际参数，整个烟道阻力6000Pa，引风机总功率8000KW， $8000\text{KW}/6000\text{Pa}=1.33\text{ KW}/\text{Pa}$ ， $1.33\text{KW}/\text{Pa}\times 1000\text{ Pa}=1330\text{KW}$ ，（节约厂用电0.22%），全年按6000小时计算， $1330\text{KW}\times 6000\text{h}=7980000\text{ KWh}$ ，每KWh按0.52元计算， $7980000\text{ KWh}\times 0.52\text{元}=415\text{万元}$ 。三台机组每年节约已经超出1000万元。

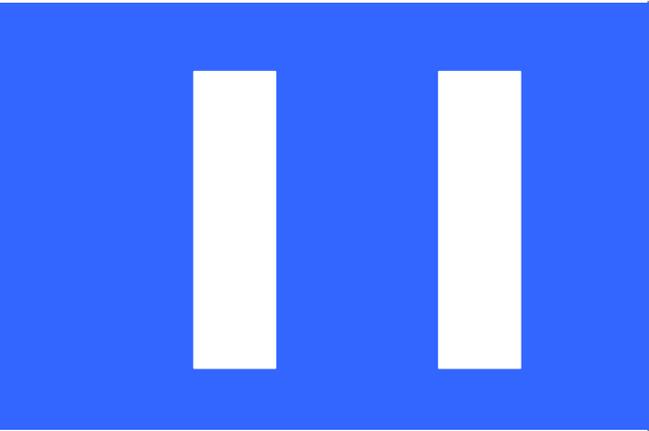
3、节省材料50%，三台机组减少工程建造成本约1000万。

改造后三台炉烟道总长度比常规电厂减少120米，减少90度弯头共21个，大大的减少投资成本。进行改造工程核算,三台机组共减少工程建造成本约1000万。

4、烟道全程布置在地面，施工均不存在高空作业。

大大提高施工安全性、减少施工风险。

5、烟道振动、噪音小，安全性提高。



华能汕头电厂大型煤粉锅炉 烟气协同治理与圆形风烟道 优化结合专题介绍

华能汕头电厂大型煤粉锅炉烟气协同治理 与圆形风烟道优化结合专题介绍：

华能汕头电厂锅炉烟气协同治理方案

按照炉后大系统协同治理，一炉一策，优化组合选定治理方案的原则。汕头厂因为烟囱没有防腐，脱硫系统设有GGH换热器，燃煤低灰低硫，冬天低温时间极短且温度不低等特点，兼顾节能和减排，选择如下方案：**低温低阻型管式空预器+低阻型烟冷器（MGGH）+低温电除尘（高频电源）+GGH+脱硫出口烟道除雾器+GGH+低阻型烟气再热器（MGGH）**最后进入烟囱。同时降低进入电除尘和脱硫塔的烟气温度，进入**脱硫塔的热量减少**，将**大幅度减少水耗和粉尘排放**。由于该方案投资大，目前考虑分步实施，首先在空预器出口加**低温低阻型管式空预器**并进行圆形烟道改造并预留低阻型烟冷器（MGGH）安装位置。

低温低阻型管式空预器 与低温省煤器改造的经济性对比分析

低温低阻型管式空预器利用排烟热量加热二次风、一次风，热量回收重新送入锅炉加热煤粉和配风，提高炉膛温度，锅炉效率**93.5%**，**所有热量高效回收**。

根据锅炉热平衡计算可以知道锅炉排烟温度每降低**12°C**，锅炉效率提高约**0.7%**，降低煤耗**2g/kwh**，按**60万千瓦**发电机组年发电**30亿kwh**计算，年减少消耗标准煤约**6000吨**。按**800元/吨**计算，年节约人民币**480万元**。

低温省煤器利用排烟热量加热凝结水，热量回收排挤低压抽汽，低压抽汽在汽机继续做功，**效率低不足15%**，相当将热量从锅炉转移到汽机，将排烟损失转为冷端损失。在相同条件下，年节约人民币**77万元**。

12

结 语

1. 华能汕头电厂超大型圆形烟风道改造突破传统的设计理念，拓宽设计思路，节能效果明显，可以在现役和新建锅炉中全面应用。

2. 大型锅炉烟气协同治理中同时结合圆形风烟道优化，可以大幅度减少或抵消新增防保设备带来的阻力。

华能汕头电厂汇报完毕
谢谢大家！