



国家电网
STATE GRID

国网山东省电力公司电力科学研究院

STATE GRID SHANDONG ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

深度调峰下保证SCR系统正常投运方法

崔福兴

电源技术中心锅炉室

666cfx@sina.com

15854175931

2017年5月



目 录

1

火电机组深度调峰的背景

2

深度调峰下SCR系统工作情况

3

几种改造思路及优缺点

一、深度调峰的背景

- ◆ 2016年国家发改委、国家能源局联合下发《可再生能源调峰机组优先发电试行办法》。
- ◆ 2016年国家能源局对外发布《关于下达火电灵活性改造试点项目的通知》，鼓励挖掘燃煤机组调峰潜力，提升火电机组灵活性，全面提高系统调峰和新能源消纳能力。



一、深度调峰的背景

- ◆ 山东核电机组、可再生能源并网发电及特高压外电入鲁负荷比重日益加大，在建及刚投产火电机组仍将占有部分负荷。新的电力供需环境下，山东火电利用小时数将长期保持在较低水平，且深度调峰将成为新常态。
- ◆ 2017年初山东省电力技术监督办公室依照省经信委要求，对申请参与可再生能源调峰的15台统调机组进行试验，确定邹县电厂#5机组等8台机组为参与可再生能源调峰机组。

2017年可再生能源调峰机组



序号	机组名称	额定容量	最低出力	最低出力比例
1	润泽电厂#2	645MW	222MW	34.4%
2	费县电厂#2	650MW	228MW	35.1%
3	鲁北电厂#2	330MW	124MW	37.6%
4	运河电厂#4	145MW	55MW	37.9%
5	邹县电厂#5	635MW	243MW	38.3%
6	蓬莱电厂#1	330MW	128MW	38.8%
7	莱城电厂#4	335MW	130MW	38.8%
8	威海电厂#3	320MW	128MW	40%

一、深度调峰的背景

- ◆ 可再生能源调峰试点机组不参与市场交易，其发电量列入年度优先发电计划予以保障。可再生能源调峰试点机组实行动态管理，按年度核定。上述8台机组仅作为2017年参与可再生能源调峰试点的机组。

二、深度调峰下SCR系统工作情况

绝大部分电厂使用高温催化剂 V_2O_5/TiO_2 、铁基、铜基、铬基，催化温度 $305\sim 380^{\circ}\text{C}$ ，反应区温度低于 305°C 时，催化剂性能下降甚至中毒失活，逃逸氨大量增加并与烟气中 SO_3 生成 NH_4HSO_4 与飞灰粘附在催化剂表面，进一步削弱催化能力，形成恶性循环。



三、几种改造思路

- ◆ 内部改造思路：选择宽温差催化剂
- ◆ 外部改造思路：提高SCR入口烟温
 - ◆ 1.水侧
 - ◆ (1) 省煤器分级布置
 - ◆ (2) 省煤器给水旁路
 - ◆ (3) 省煤器热水再循环
 - ◆ (4) 弹性回热技术（增设零号高加）
 - ◆ 2.烟气侧
 - ◆ (1) 增设高温烟气旁路
 - ◆ (2) 燃烧调整

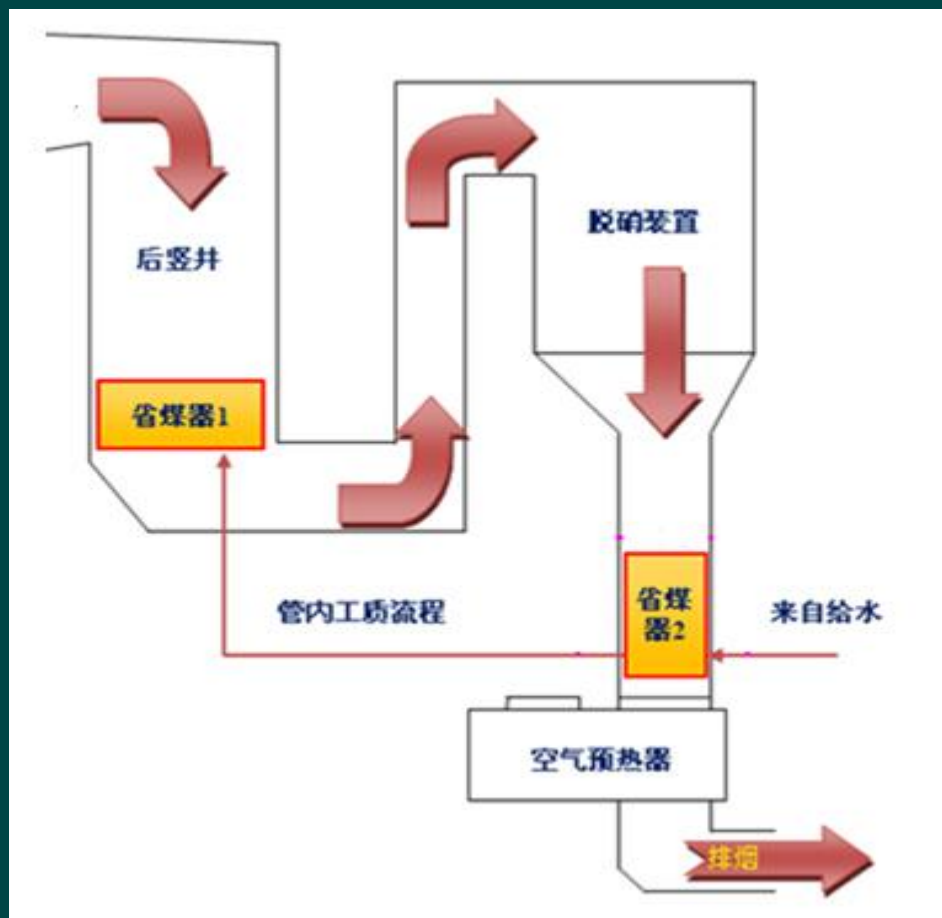


应用于电厂脱硝的宽温差催化剂

- ◆ 原理：采用新型催化剂，可使用在260~380℃工作环境中。
- ◆ 优点：
 - ◆ 1) 不降低锅炉效率；
 - ◆ 2) 改造周期短，直接更换催化剂即可；
- ◆ 缺点：
 - ◆ 1) 技术成熟度有待进一步验证；
 - ◆ 2) 催化剂成本高；

省煤器分级布置

- ◆ 原理：将原来单级省煤器拆成两级，一级布置在SCR之前，一级布置在SCR之后，不需要额外增加省煤器换热面积，只需增设两级省煤器间集箱、连接管道等。



省煤器分级布置



◆ 优点：

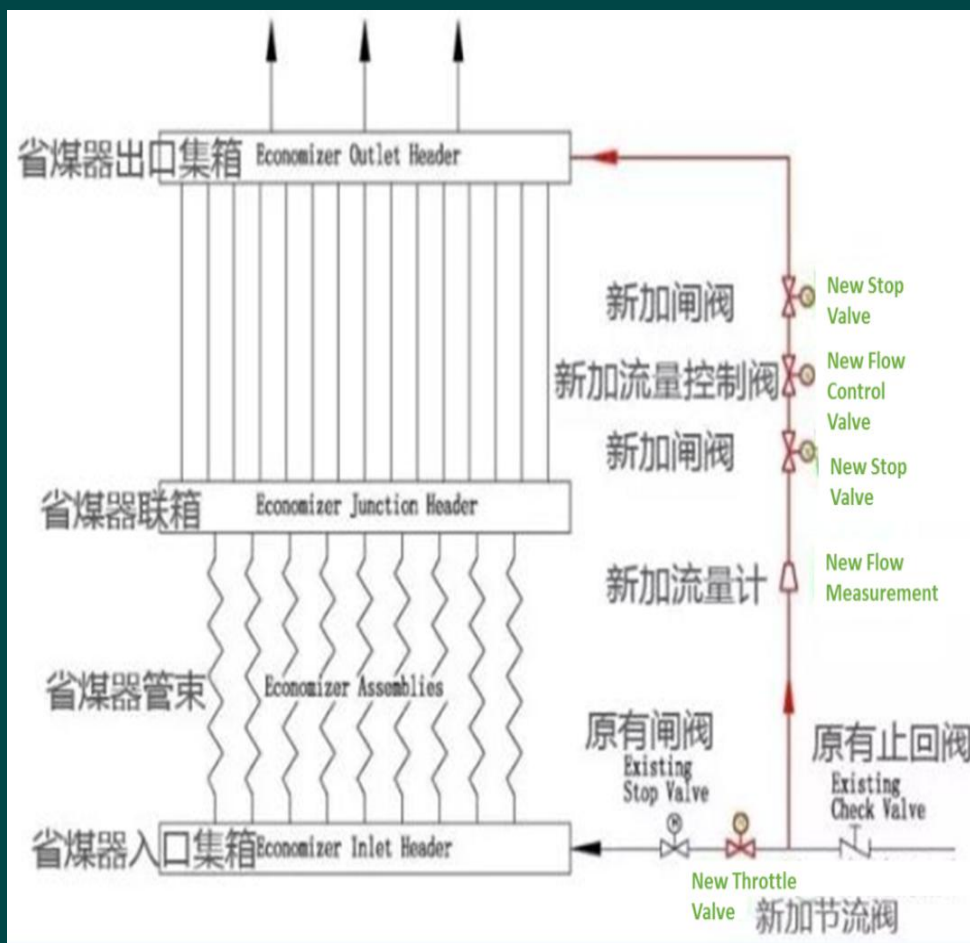
- ◆ 1) 锅炉效率基本不变；
- ◆ 2) 锅炉水动力安全性不受影响；

◆ 缺点：

- ◆ 1) 投资成本高、施工周期长；
- ◆ 2) 老机组改造难度大；
- ◆ 3) 烟温可调节性能差， 催化剂高温烧结。

省煤器增设给水旁路

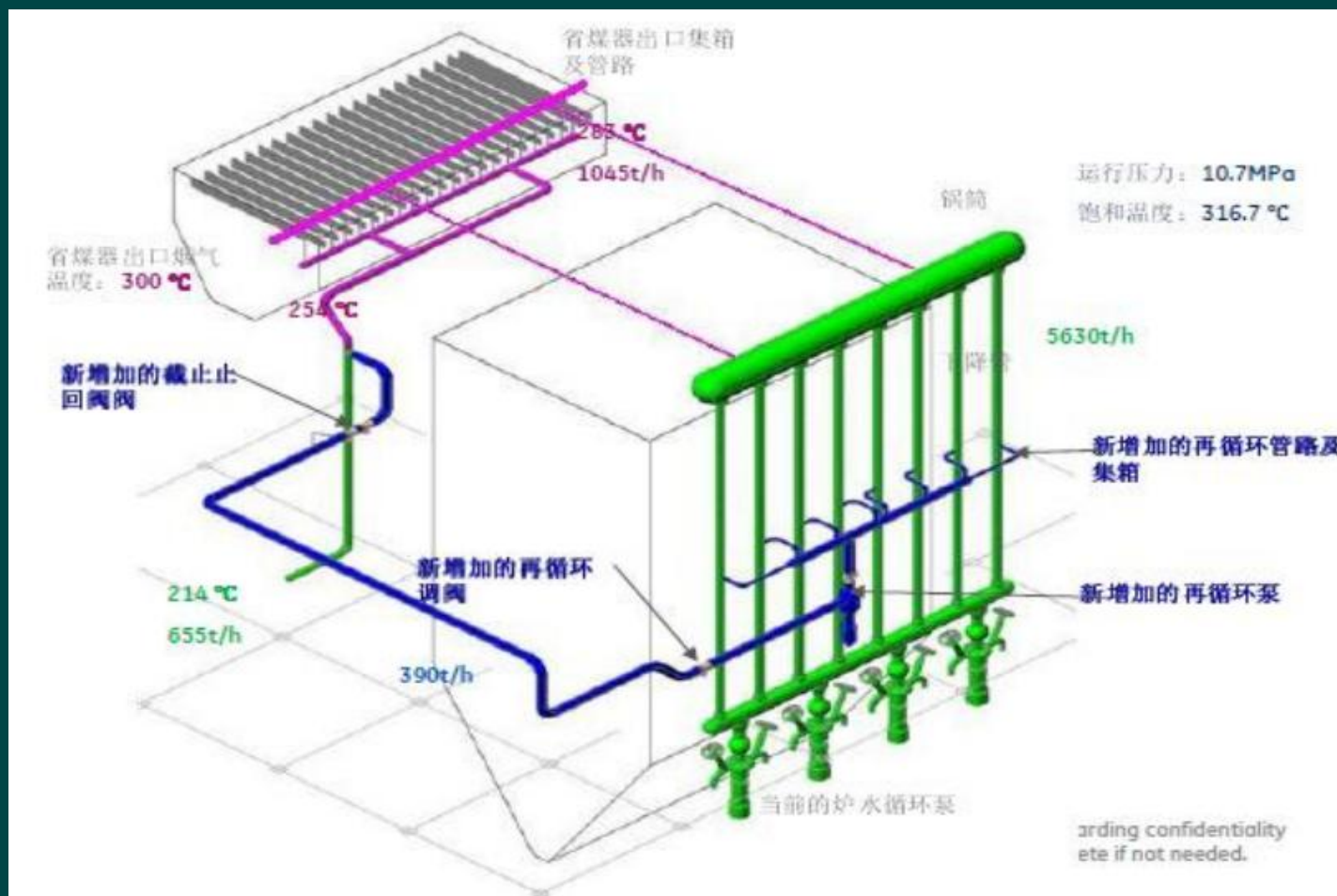
- 原理：低负荷下部分给水经旁路管道，直接进入省煤器出口联箱，减少省煤器的吸热量。



省煤器增设给水旁路

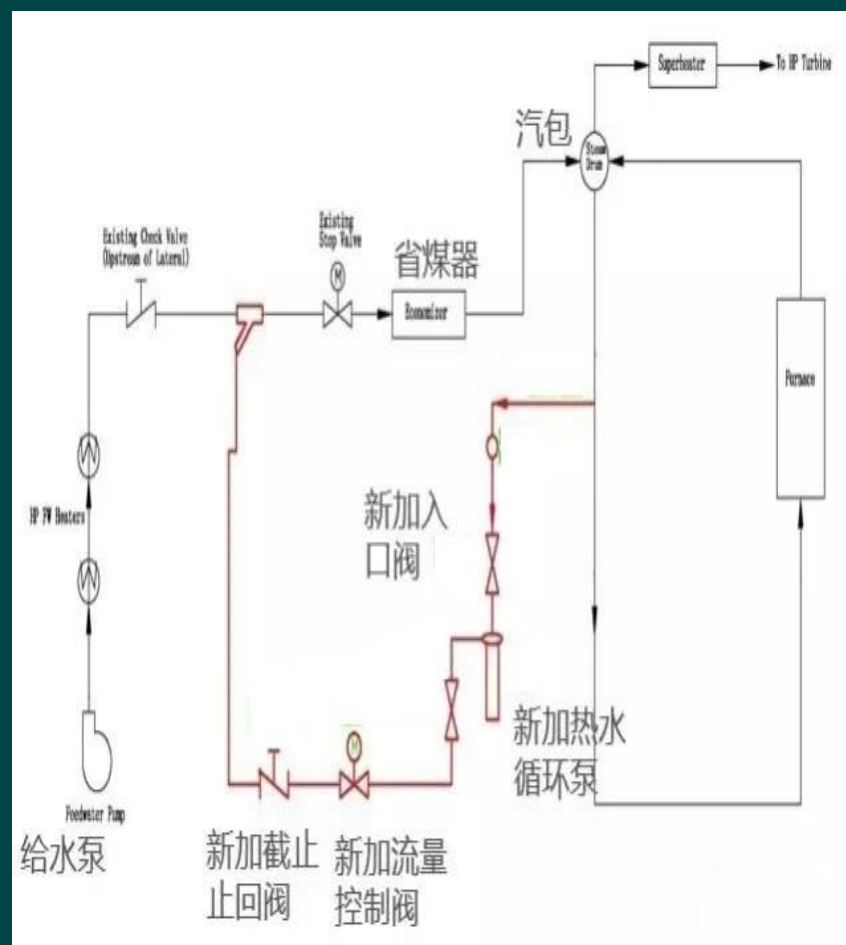


- ◆ 优点：投资少，改动小，增加管道及若干阀门。
- ◆ 缺点：
 - ◆ 1) 容易出现省煤器沸腾现象；
 - ◆ 2) 影响锅炉水动力安全性；
 - ◆ 3) 烟温提升有限（低负荷下5~10度）；
 - ◆ 4) 投运时锅炉效率下降。



省煤器热水再循环

- 原理：从汽包下降管引出部分热水，由再循环泵压至省煤器入口管道与给水混合，提高了进入省煤器的水温，降低省煤器吸热量，从而提高SCR入口烟温。



省煤器热水再循环



◆ 优点:

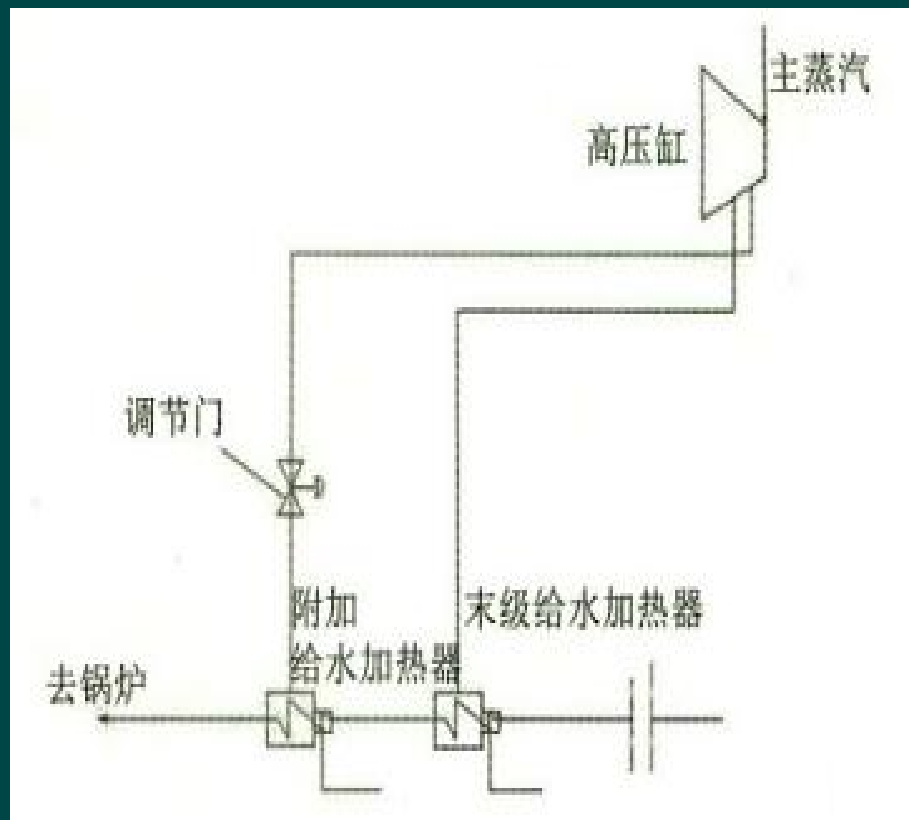
- ◆ 1) 烟温升高明显, 调节范围可达 $0\sim 40^{\circ}\text{C}$;
- ◆ 2) 改造后烟温调节迅速;
- ◆ 3) 施工周期 $20\sim 30$ 天, 现场安装工作量小。

◆ 缺点:

- ◆ 1) 设备投资大, 增加再循环泵;
- ◆ 2) 厂用电增加;
- ◆ 3) 排烟温度升高, 锅炉效率降低。

弹性回热技术（增设零号高加）

- ◆ 原理：
- ◆ 弹性回热技术是在原有的不可调抽汽回热系统的基础上，增加一级参数更高的抽气送入新增零号高加，预先加热给水温度，进而提高SCR入口烟温。

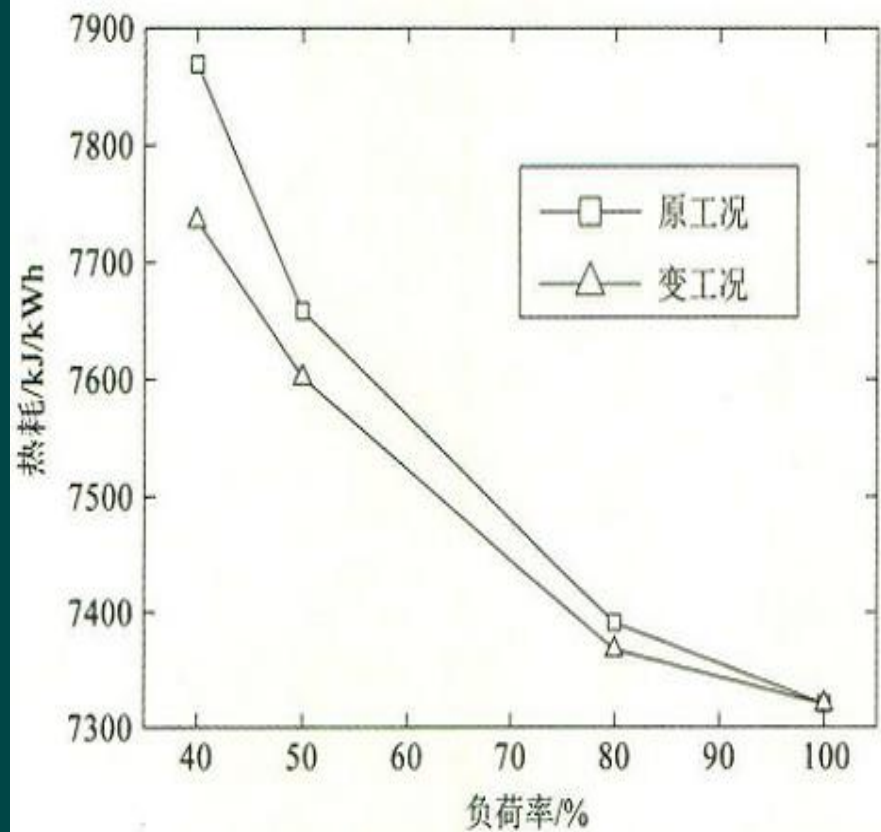
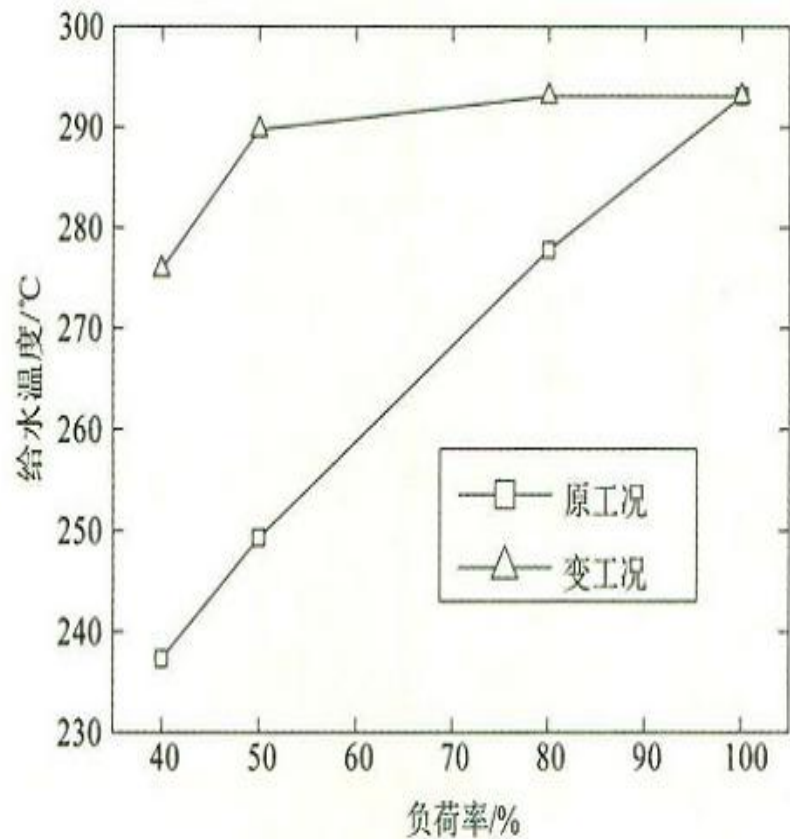


弹性回热技术（增设零号高加）

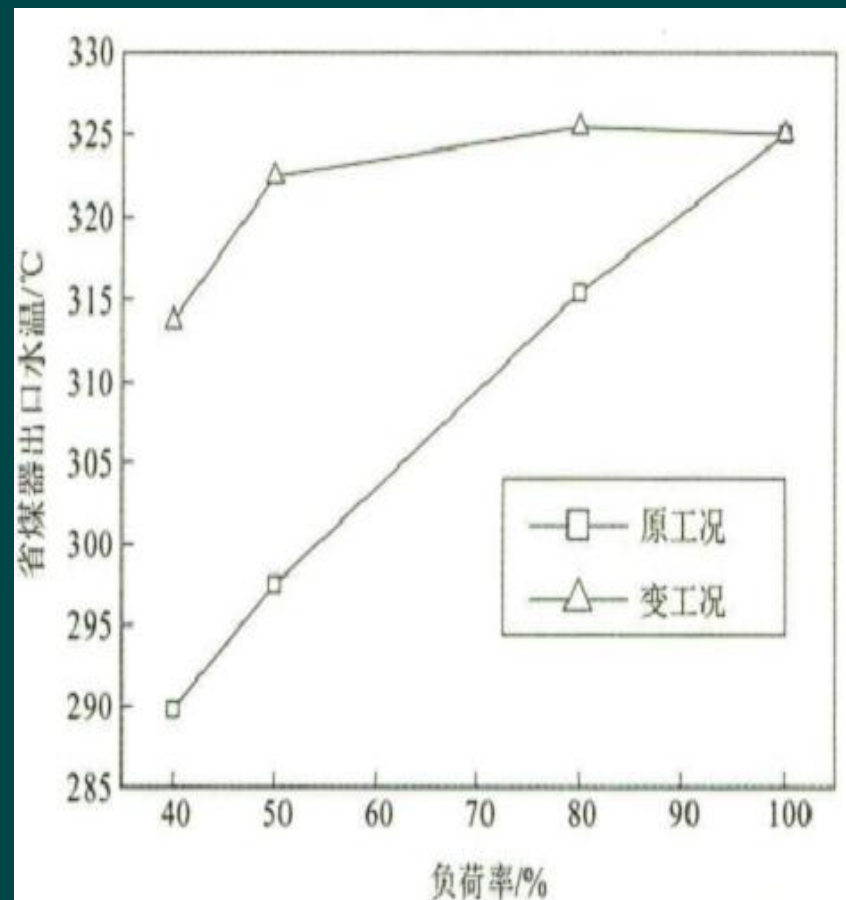
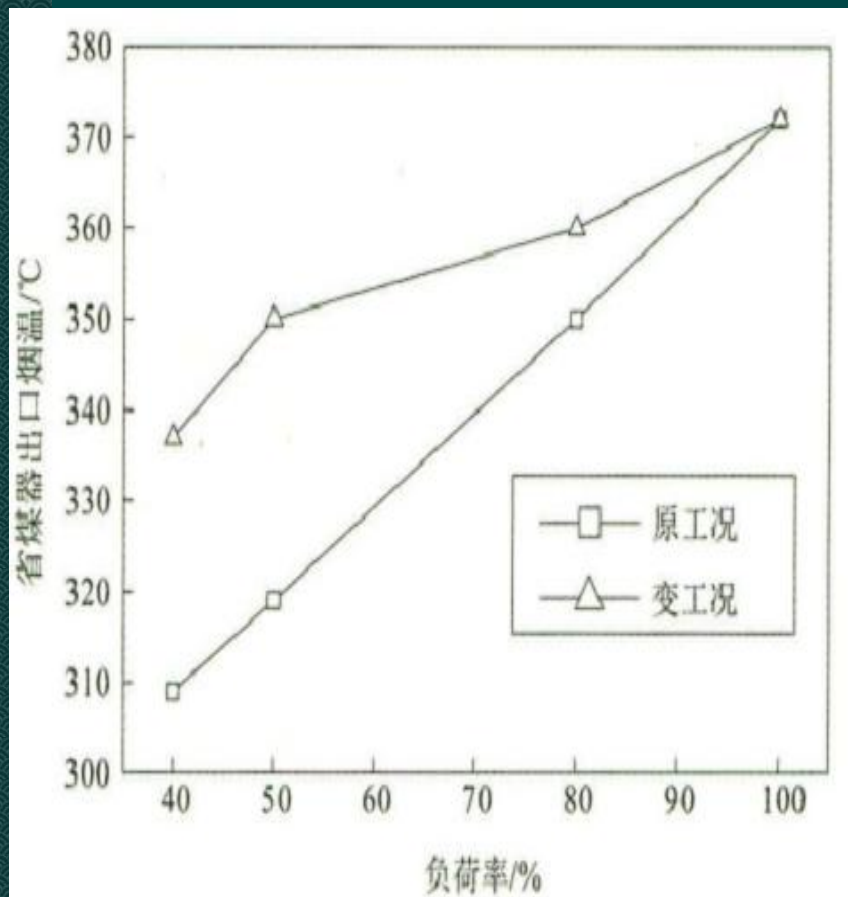


- ◆ 优点：
 - ◆ 1) 低负荷时提高给水温度 40°C 以上，可提高SCR入口烟气温度 30°C 以上；
 - ◆ 2) 提高锅炉水动力安全性；
 - ◆ 3) 汽机热耗有效降低，机组整体经济性好。
- ◆ 缺点：
 - ◆ 1) 投资大，设备加工及施工周期长；
 - ◆ 2) 锅炉效率降低；给水泵耗电有所上升；
 - ◆ 3) 汽轮机需增设抽气口，改造难度大。

增设零号高加的1000MW机组



增设零号高加的1000MW机组



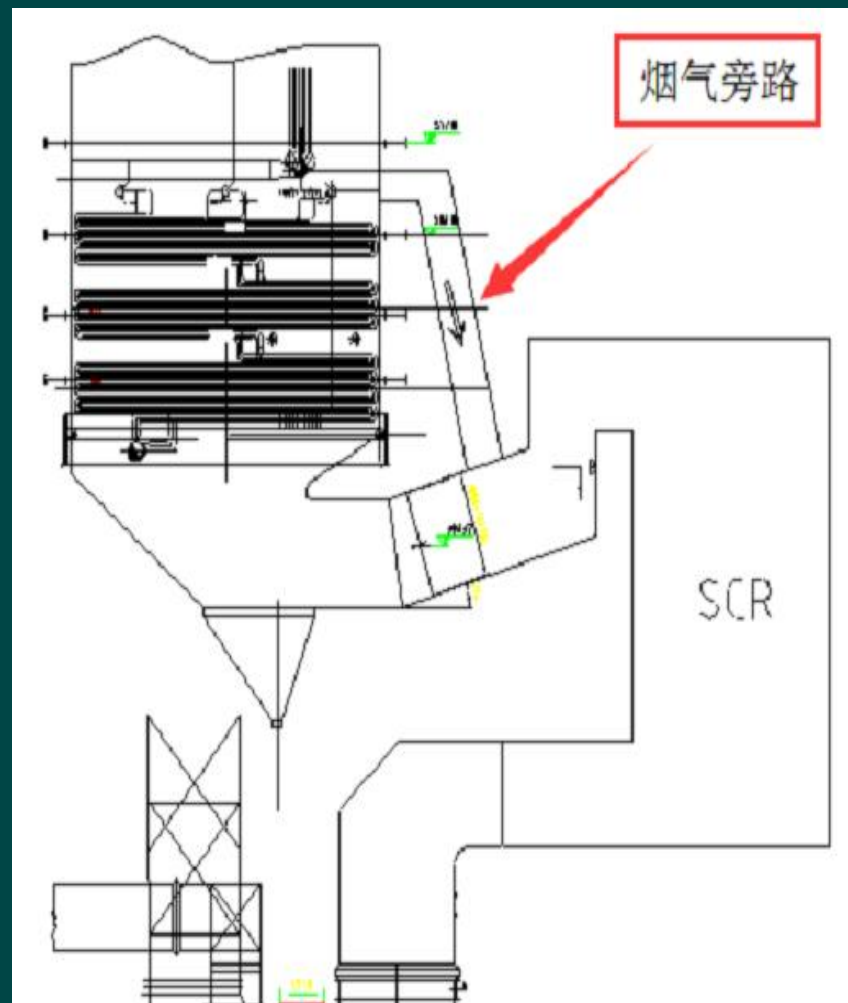
增设零号高加的1000MW机组

◆ 经济性分析

指标	400 MW	500 MW	800 MW
无弹性回热锅炉效率/%	93.3	93.5	94.0
有弹性回热锅炉效率/%	92.92	93.13	93.94
无弹性回热供电煤耗/(g/kWh)	302.79	294.04	282.28
有弹性回热供电煤耗/(g/kWh)	298.85	293.04	281.56
供电煤耗变化量/(g/kWh)	-3.94	-1.00	-0.72

增设高温烟气旁路

- ◆ 原理：
- ◆ 将高温烟气通过旁路管道引入SCR系统入口位置，使用阀门或者烟气挡板控制高温烟气量，提高SCR入口烟温，达到了SCR正常投运条件。



增设高温烟气旁路



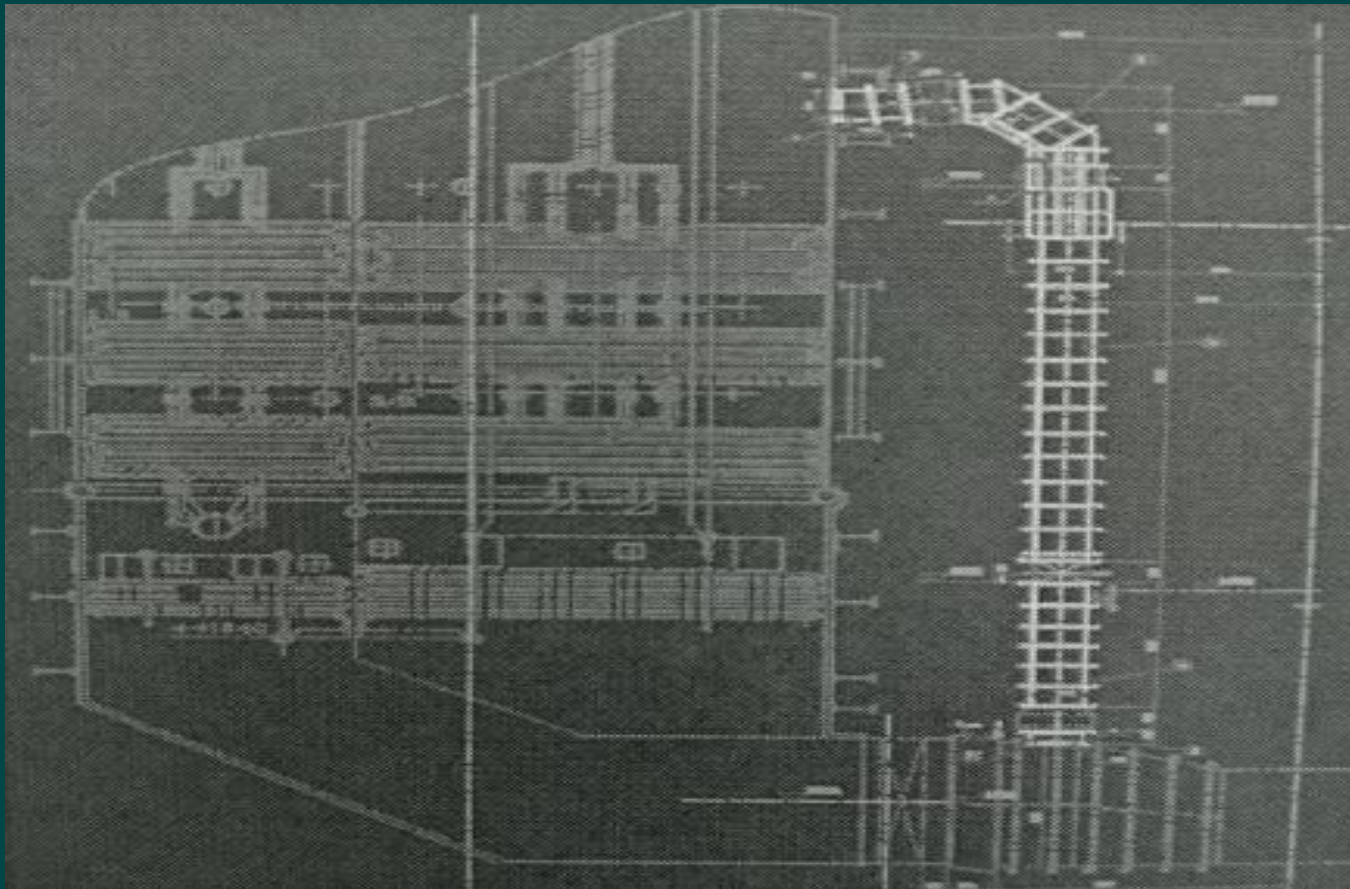
- ◆ 高温烟气来源:
- ◆ 1) 省煤器之前 (450°C)
- ◆ 降低了省煤器出口给水温度，容易造成水冷壁入口欠焓，影响水动力安全；
- ◆ 2) 尾部烟道低过、低再之前 (620°C)
- ◆ 容易造成末过、末再蒸汽温度下降，影响机组经济性；
- ◆ 3) 炉膛高温烟气 (1000°C)
- ◆ 烟温高容易造成烟气挡板变形及失灵；

大唐三门峡发电有限责任公司改造

- ◆ 改造方式：低过低再前烟气旁路
- ◆ 锅炉型号：HG1900-25.4-YM4，600MW
- ◆ 前后墙对冲、尾部竖井双烟道布置，前后烟道分别布置低再和低过。
- ◆ #3机组高温烟气旁路设计参数

项目	单位	300MW负荷
总烟气量	t/h	1215
旁路烟气量	t/h	83.8
旁路烟气比例	%	6.9
旁路烟气温度	℃	600
SCR入口混合烟气温度	℃	320

大唐三门峡发电有限责任公司改造施工图



增设高温烟气旁路



◆ 优点:

- ◆ 1) 改造成本低, 施工周期短;
- ◆ 2) 效果明显, 可提高烟温 40°C 以上;
- ◆ 3) 系统简单, 可调节性好, 烟温反应迅速。

◆ 缺点:

- ◆ 1) 对烟气挡板要求高;
- ◆ 2) SCR入口流场烟温不均匀;
- ◆ 2) 排烟温度升高, 锅炉热效率降低。

某300MW机组改造后SCR入口 截面烟温实测



表1 2号炉各负荷下的脱硝入口烟温

负荷, MW	A 侧(6个测点自上而下)温度, ℃						B 侧(6个测点自上而下)温度, ℃					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
150	370	371	316	352	280	334	347	318	308	292	291	294
200	382	380	330	352	280	335	373	344	333	315	313	317
250	333	326	321	352	280	335	323	321	321	351	321	323
300	340	330	324	351	281	338	328	330	327	327	326	329

燃烧调整



- ◆ 原理：通过调整燃烧器开启方式、二次风门挡板开度、煤粉细度、一次风喷口风速、一次风喷口风温等参数，将炉膛火焰中心整体上移，促使下游烟温整体升高。

燃烧调整



- ◆ 具体思路:
- ◆ 1) 尽量开启上层磨煤机
- ◆ 2) 煤粉细度适当加大
- ◆ 3) 二次风配风方式可采用倒宝塔型配风, Sofa风量适当加大
- ◆ 4) 降低吹灰频率

燃烧调整



- ◆ 优点:
- ◆ 无新增投资；无需停机改造；
- ◆ 缺点:
- ◆ 1) 烟温升高有限 ($3\sim 8^{\circ}\text{C}$)
- ◆ 2) 调整时间长，动作大，运行人员要求高
- ◆ 3) 锅炉稳燃效果变差
- ◆ 4) 排烟温度升高，锅炉热效率有所下降



谢谢!