



EPTCHINA.CN
中国电力科技网

SXEC 苏夏

大机组供热改造与优化运行技术2019年会



仵耀

南京苏夏工程设计有限公司总工程师，副总经理，高级工程师。主要从事电厂内机组供热改造、长输低能耗热网技术的设计、研究工作，多个项目获全国优秀工程设计奖，荣获全国优秀项目经理称号，拥有多项发明及实用新型专利。

大机组供热改造工程与热源优化设计

主办单位：中国电力科技网 协办单位：江苏苏夏能源集团 2019年9月25-27日 中国·石家庄

2009 Qingdao / 2010 Nanjing / 2011 Yangzhou / 2012 Wuxi / 2013 Suzhou / 2014 Xian / 2015 Guangzhou / 2016 Shenyang / 2017 Xuzhou / 2018 Changshu / 2019 Shijiazhuang

大机组供热改造工程 与热源优化设计

仝 耀

南京苏夏工程设计有限公司

2019年9月



Visual Identification System Of SXEC

IVII

第一章	概述
第二章	大机组供热改造内容
第三章	大机组供热改造设计原则
第四章	大机组供热改造可抽汽源
第五章	大机组供热改造供热系统设计
第六章	大机组供热改造实例
第七章	大机组供热改造业绩



1.1.1 实施电热联产是300MW纯凝机组电厂摆脱困境、生存发展的必由之路

300MW纯凝机组属于亚临界机组，热效率也较高，但与600MW、1000MW超临界机组相比，仍有一定差距，特别上网电价下调的情况下，电厂经济效益显著下降，为了摆脱困境，迫切需要电热联产对外供热，减少冷凝热损失提高电厂总效率，降低供电煤耗，是电厂生存发展的迫切需要。



• 1.1.2大机组供热改造大势所趋

- 当前，大中型燃煤机组供热改造机遇相得。首先，是国家相关政策精神鼓励发电企业择机进行；其次，是国家在关停一批小火电后、热电联产项目尚未按合理供热半径布局到位的前提下，有明显的供热区域空间可以利用；再次，是随着我国工业化和城市化的同步加快，对供热量需求的急速上升；最后是现有大中型燃煤机组一般处在中心城市边缘且在有效供热半径内，进行集中供热具有明显的区位优势，比新投资建设热电项目节省投资。
- 因此，唯一的出路是实施供热改造，走热电联产、替代小锅炉、小热电供热，300MW、600MW机组是目前发电供热的主力机组，具备供热条件。



1.1.3 长输热网专有技术，扩大了供热半径与供热负荷

供热负荷，是机组实施电热联产的基础，供热负荷大小取决于供热半径与供热温降。国家规定一般供热温降为每公里 $10^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ 、供热半径为6~8公里；在我公司长输热网方法、低能耗输送蒸汽管系统、超远距离蒸汽管道专有技术（目前已发展到第四代）支持下，已把每公里供热温降由 $10^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ 降低到 $5^{\circ}\text{C}\sim 7^{\circ}\text{C}$ ，供热半径由6~8公里扩大到30~50公里。由于供热半径扩大了5~6倍，使电厂供热负荷大幅度增加，为电厂实施电热联产，集中供热，提供了供热负荷，是专有技术产生的重要技术支持。

2.1 大机组供热改造的内容

- (1) 机组本体改造；
- (2) 厂内新增供热站及供热系统改造；
- (3) 化水系统能力核算或增容改造；
- (4) 新增厂内蒸汽管网。



2.1 大机组供热改造的内容

2.1.1 机组本体改造；

2.1.1.1 中压缸增加旋转隔板和抽汽口

2.1.1.2 更换中压缸至低压缸连通管

机组本体通流部分不变，只是把中压缸至低压缸连通管更换，并在连通管与抽汽管道上设置压力调节阀、压力平衡式补偿器等安全部件。

第二章 大机组供热改造的内容



2.1 大机组供热改造的内容

2.1.1 机组本体改造；

2.1.1.3 打孔抽汽

本体改造供热改造方案比较			
	方案一 (连通管抽汽)	方案二 (回转隔板)	方案三 (打孔抽汽)
优点	改造工作量小， 造价较低	实现调整抽汽	
缺点		改造工作量大， 造价较高	汽缸开孔难度大， 高中压缸通流处抽汽影响转子推力

2.1 大机组供热改造的内容

2.1.2 厂内新增供热站及供热系统改造； 增建供热站

供热站是供热的核心，供热站内设有压力匹配器（或减温减压器）、减温器、背压机、低压蒸汽联箱、供热蒸汽联箱等设备。供热设备一般应室内布置，供热站厂房设双层窗，墙体设隔音材料，以减小噪音对周围环境的影响。

2.1 大机组供热改造的内容

2.1.2 厂内新增供热站及供热系统改造；

增建接汽点至供热站的热源管道

送至供热站的热源管道一般有单根或多根，一般采用以下抽汽管道：

高排冷段与热段的再热蒸汽

中排抽汽供热管道

经过汽轮机厂家同意一抽与三抽抽汽管道也可送至供热站作为供热热源，也有部分高压用户采用主蒸汽减温减压或直供。

2.1 大机组供热改造的内容

2.1.3 化水系统能力核算或增容改造

根据供热负荷、用户用汽性质、供热后的冷凝水是否能回收等，对已有的化水系统供水能力进行核算，并根据实际情况进行改造。



2.1 大机组供热改造的内容

2.1.4 新增厂内蒸汽管网

厂内供热蒸汽管网接自供热站供热蒸汽联箱，送至电厂围墙外，与厂外相应的供热蒸汽管道相接。在厂内供热蒸汽管道上设有供热蒸汽流量、压力、温度等计量、监控表计，一般都集中到主厂房控制室DCS系统监控。



3.1 大机组供热改造设计原则

3.1.1 大机组供热改造的满足性（主要确保满足热用户压力、温度、流量）

分级供热：根据用户用热参数（压力、温度），采用分级对用户供热方式——合理确定供热系统

3.1.1.1 抽汽直供

对电厂邻近或用汽参数较低的用户可采用机组中排抽汽，通过调节阀调压直接供给，以避免减温减压造成的蒸汽节流损失。

第三章 大机组供热改造设计原则



3.1.1 大机组供热改造的满足性

3.1.1.2 采用压力匹配器供热，厂内已有的减温减压器仅作为备用热源

对离电厂较远热用户或用汽参数较高用户，可采用高排中压抽汽通过压力匹配器提升中排低压蒸汽压力，以满足热用户对蒸汽参数的要求。把本来不能利用的中排低压蒸汽利用了，在同样的供热量下，减少了高排中压蒸汽量，减少了机组供热后所牺牲发电效益，增加了热化发电量。

第三章 大机组供热改造设计原则



3.1.2 确保大机组供热改造的安全性

实施电热联产，机组安全运行风险小，根据已实施电热联产集中供热的江苏南通天生港电厂、淮南田家庵等电厂经验，机组供热改造，汽缸本体部分未作任何修改，只是更换中压缸至低压缸连通管，在连通管上打孔接出供热抽汽管道，并在连通管上设压力调节阀，控制抽汽压力。同时在连通管抽汽管道上设压力平衡式波纹管补偿器，减少抽汽管道对机组的推力，把机组供热改造给机组安全运行带来的安全风险减少到最小，为厂外供热管网开了绿灯。

控制抽汽量：高排冷段或热段抽汽量、中排抽汽量，在确定供热量时，抽汽量不超过汽轮机厂家规定的允许最大值，以保证锅炉再热器不超温，机组能在较高的发电效率上运行。

3.1.3 确保大机组供热改造的可靠性

热源系统设计要求灵活、切换调节方便、运行可靠。主要供热设备压力匹配器与相应的机组采用单元制匹配运行，各机组供热抽汽要相互联通，保证压力匹配器在机组各种运行工况都有可靠供热热源。电厂已有的减温减压器，作为主要供热设备的在线热备用，确保供热的可靠性。



第三章 大机组供热改造设计原则



3.1.4 大机组供热改造的成熟性

- 已完成并已投产的项目业绩

- 1、连云港新海电厂 $2 \times 220\text{MW}$ 、 $2 \times 330\text{MW}$ 机组供热改造及长输热网，连云港2007已建成；（压力匹配器）
- 2、镇江电厂 $2 \times 135\text{MW}$ 、 $2 \times 140\text{MW}$ 、 $2 \times 630\text{MW}$ 机组供热改造及长输热网，镇江2008已建成；（压力匹配器）—我公司总承包
- 3、国电南通天生港电厂 $2 \times 330\text{MW}$ 机组供热改造及长输热网，南通2008已建成（压力匹配器）



第三章 大机组供热改造设计原则



- 已完成并已投产的项目业绩
- 4、安徽淮南田家庵电厂2×300MW机组供热改造及长输热网，安徽2010已建成（压力匹配器）
- 5、国电宁夏石嘴山2×300MW机组一期供热改造；
- 6、国电桂林永福2×300MW机组供热改造；
- 7、河南登封2×300MW机组供热改造及长输热网；
- 8、国电泰州2×1000MW机组供热改造及及长输热网；
- 9、国信淮阴发电2×300MW机组供热改造及长输热网；



第三章 大机组供热改造设计原则



- **已完成并已投产的项目业绩**
- 10、国电宿迁2×135MW机组供热改造及长输管网；
- 11、华能南京发电2×300MW机组部分供热长输管网；
- 12、河南焦作2×50MW机组供热改造及长输管网；
- 13、华电福建永安2×300MW机组供热改造及长输管网；
- 14、太仓港协鑫4×300MW机组供热改造及31KM长输热网；
- 15、国家电投芜湖2×600MW机组供热改造及长输管网
—我公司总承包；
- 16、华电望亭电厂2×660MW机组供热改造及长输管网。

3.1.5 大机组供热改造的经济性

3.1.5.1 对外供热产生经济效益

3.1.5.2 发电机组纯凝供电煤耗下降

3.1.5.3 电力调度方式改变，运行小时数增加



3.1.6 大机组供热改造的社会性

节能减排

替代小锅炉群，关闭小锅炉，造福百姓；

节省标煤；减少SO₂排放量；减少CO₂排放量；

减少灰渣排放量；

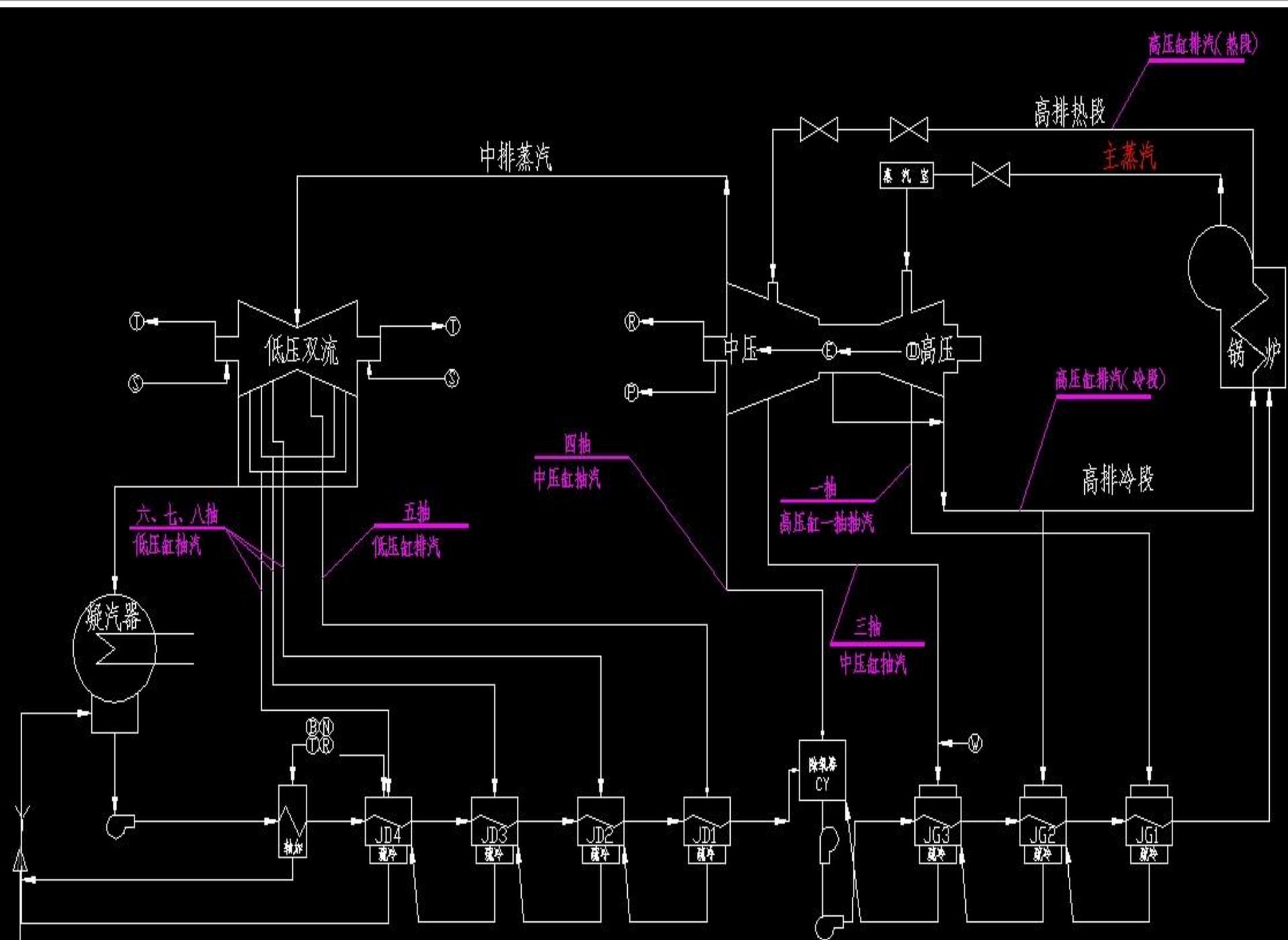


第四章 大机组供热改造可抽汽源



300MW机组在额定（THA）纯凝工况运行时各段抽汽参数与抽汽量

序号	抽汽点名称	抽汽点位置	抽汽参数		额定抽汽量 (t/h)	抽汽用途	允许最大抽汽量 (t/h)	备注
			压力 (MPa)	温度 (°C)				
1	一抽	高压缸一段抽汽	~6.0	387.6	~70	1#高加加热用汽	80	允许增加 10t/h 抽汽量
2	二抽 (冷段)	高压缸排汽抽汽 (冷段)	~3.60	~321	~75.3	2#高加加热用汽	115~120	允许增加高排冷段抽汽量约 40~50t/h
3	二抽 (热段)	高压缸排汽抽汽 (热段)	3.23	537			100~120	采用热段抽汽供热, 允许最大抽汽量 100~120t/h
4	三抽	中压缸抽汽	1.6243	433.2	35.35	3#高加加热用汽		供热允许增加抽汽量 20~30t/h
5	四抽	中压缸抽汽, 抽汽参数相当于中压缸排汽参数	0.757	330	~40.8	除氧器加热用汽		
6	中压缸排汽	中压缸排汽即中排抽汽	0.757	330	657.8	中压缸排汽去低压缸发电	150~200	供热允许增加抽汽量 150~200t/h
7	五抽	低压缸排汽	0.3155	227.8	32.634	1#低加加热用汽		抽汽压力较低, 没有抽汽供热的价值
8	六抽	低压缸抽汽	0.1321	140.9	20.108	2#低加加热用汽		抽汽压力较低, 没有抽汽供热的价值
9	七抽	低压缸抽汽	0.0709	90	31.23	3#低加加热用汽		抽汽压力较低, 没有抽汽



4.1 大机组供热改造可抽汽源 (热平衡图)

4.1.1 中压缸排汽抽汽（即中排抽汽）

根据南通天生港电厂，淮南田家庵电厂等300MW机组已实施供热经验，每台机组中排最大抽汽量150t/h~200t/h。中排抽汽压力随发电负荷变化，一般在0.6~0.8MPa（a）变化。



4.1 大机组供热改造可抽汽源

4.1.2 高排再热蒸汽

即高排冷段或热段再热蒸汽抽汽高排冷段抽汽压力随发电负荷变化，一般在3.2~3.8MPa（a）变化。为了防止锅炉再热器超温，抽汽量一般控制在45t/h以下。

高排热段抽汽压力一般比冷段抽汽压力低10%左右，抽汽量可达100~120t/h。若冷段和热段同时抽汽供热，应与汽轮机厂家商定。

4.1 大机组供热改造可抽汽源

4.1.3 其他抽汽热源

根据正在进行的广西北海电厂300MW机组供热改造工程设计经验，在征得汽轮机厂家同意后，可允许从高压缸一抽抽汽10t/h供热；从中压缸三抽抽汽20t/h~30t/h供热。



第五章 大机组供热改造供热系统设计



5.1 概述

供热系统是热源的核心，供热系统设计是否合理，直接关系到机组安全经济运行、关系到供热的可靠性和经济性。

通常情况下可采用的方式主要有四种：一是采用减温减压器对中压蒸汽双减后，使其达到供汽参数要求；第二是采用压力匹配器，以高压蒸汽通过高速喷嘴引射低压蒸汽，使其温度、压力提高以达到供汽参数要求；三是汽轮机本体改造，多级抽汽对外采用迴转隔板抽汽直供；第四是如果末端有稳定参数用量的负荷用户可采取上单台或多台背压机，利用背压机的排汽给用户供热。具体选用应根据汽源抽汽情况、用户对供热的要求、蒸汽输送距离、电厂现有设施等情况，因地制宜经过技术经济比较确定。

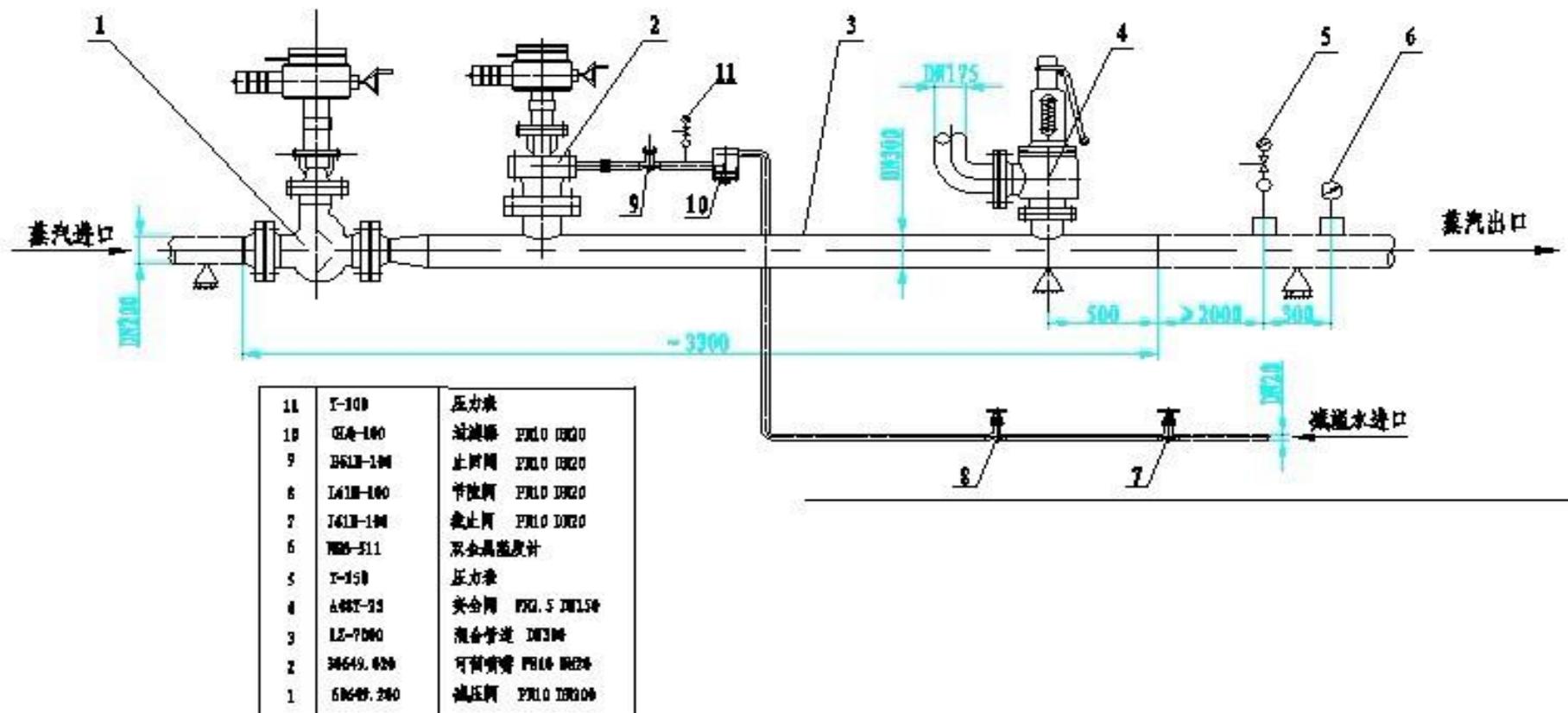


- **5.1.1 减温减压器方案**

- 减温减压装置可对热源（电站或工业锅炉以及热电厂等处）输送来的一次（新）蒸汽压力、温度进行减温减压，使其二次蒸汽压力、温度达到生产工艺的要求。减温减压装置由减压系统（减温减压阀、节流孔板等）、减温系统（高压差给水调节阀、节流阀、止回阀等）、安全保护装置（安全阀）等组成。如：国电福州发电有限公司可用作减温减压汽源的为取自再热热段中压汽源及主蒸汽。



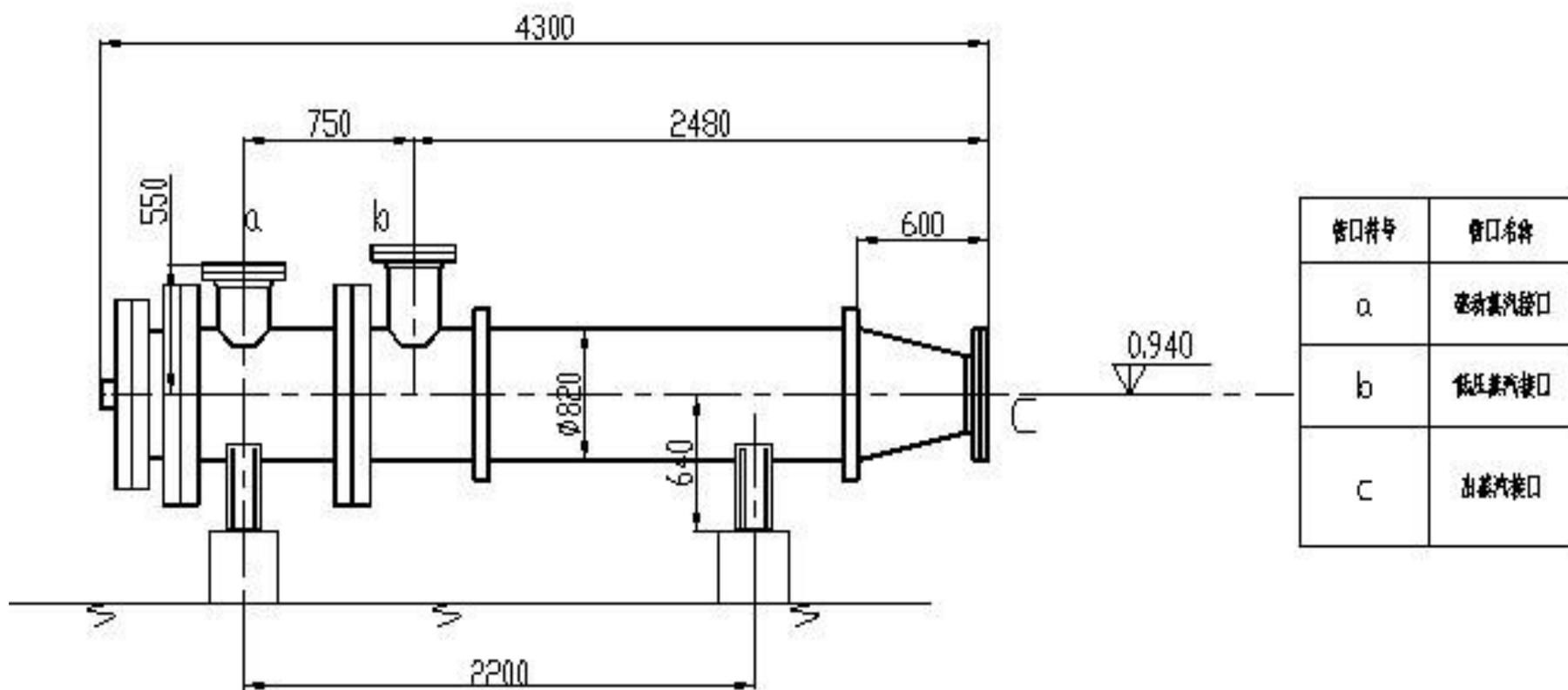
采用减温减压器



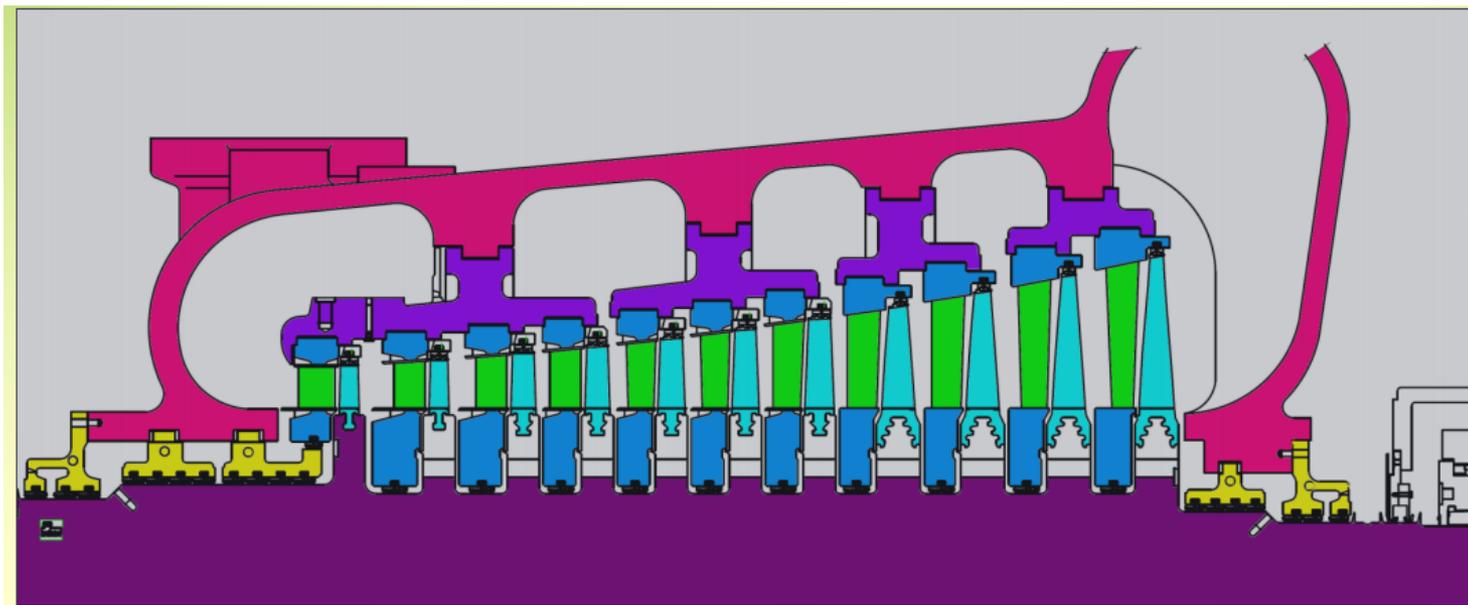
- **5.1.2 压力匹配器方案**

- 压力匹配器是提高低压蒸汽压力的专用设备。其原理是利用高压蒸汽（驱动蒸汽）通过喷咀喷射产生的高速气流，将低压蒸汽吸入，使其压力和温度提高，而高压蒸汽的压力和温度降低。从而使低压蒸汽的参数满足不同用户企业的要求，利用了原来不能利用的蒸汽，达到节能的目的。压力匹配器中装有针型调节阀，能保证用汽蒸汽压力在流量30~100%的范围内不变。该设备应用在热电联产系统中经济效益显著。

• 采用压力匹配器



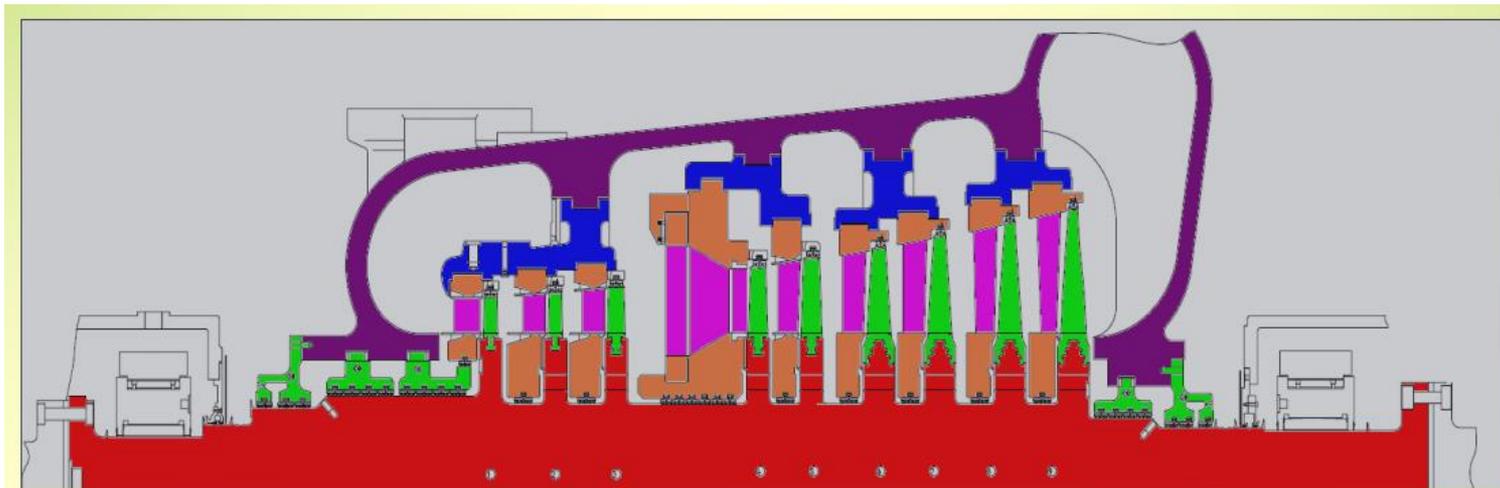
- **5.1.3 汽轮机本体改造方案**
- 增设旋转隔板，更换转子，调整通流级数；
改造前中压缸结构示意图：中压缸内部共有4个隔板套，11个压力级。



第五章 大机组供热改造供热系统设计

• 5.1.3 汽轮机本体改造方案

改造后中压缸结构示意图：去掉中压缸原第4、5级，在原第4、5级布置旋转隔板和抽汽口，中压缸由11个压力级减少为9级，旋转隔板安装在第二个隔板套上。





第五章 大机组供热改造供热系统设计

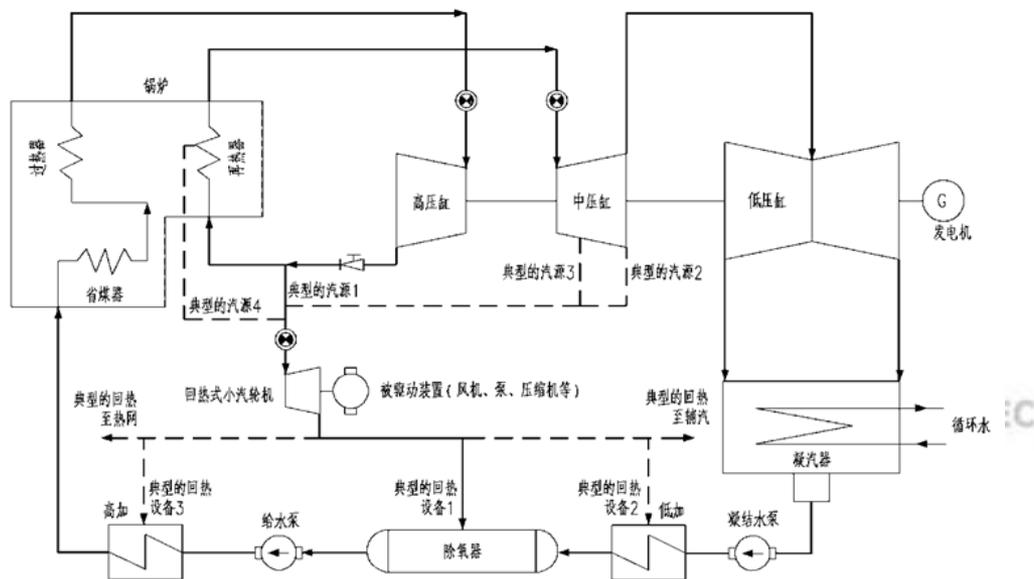


- **5.1.3 汽轮机本体改造方案**
- 按照国家电力行业标准DL/T891-2004“热电联产电厂热力产品”中的规定：“凝汽式机组经过较少改动，形成凝汽、抽汽两用汽轮机，主要是在中、低压连通管上增加蝶阀或回装隔板作为抽汽调节机构”，从中低压连通管接出抽汽管道（即中排直接抽汽），通过蝶阀装置调节抽汽管道压力，以满足周边用户的用汽需求，并相应减少发电量。
- 对电厂邻近或用汽参数较低的蒸汽用户可采用中排抽汽直接供热；对用汽参数超过2.0MPa以上的蒸汽用户可采用高排冷段再热蒸汽通过压力调节阀直接供热。采用抽汽直供，蒸汽能源利用合理，节能。

第五章 大机组供热改造供热系统设计

5.1.4 背压机方案

- 背压机方案就是利用机组的高压蒸汽经过背压汽轮机做功后供相应设备驱动或者发电，从而利用背压机的排汽作为供热汽源进行供热；对于用汽的负荷、用汽参数都很稳定的用户，且用汽量较大情况下，采用小背压机是十分经济的。



第五章 大机组供热改造供热系统设计



- **5.1.5 用户端热源优化**
- **5.1.5.1 替代导热油炉**
- **(1) 改造终端换热系统，以蒸汽换热器替代导热油换器。
如纺织业的定型机**
- **(2) 用户端增设油气换热器，用高压蒸汽加热导热油，原有生产线不变。如化纤企业**



第五章 大机组供热改造供热系统设计



- **5.1.5 用户端热源优化**
- 5.1.5.2 替代小热电
- 利用大电厂的中高压蒸汽送往用户端的自备小热电，关停锅炉，汽轮发电机组不关；

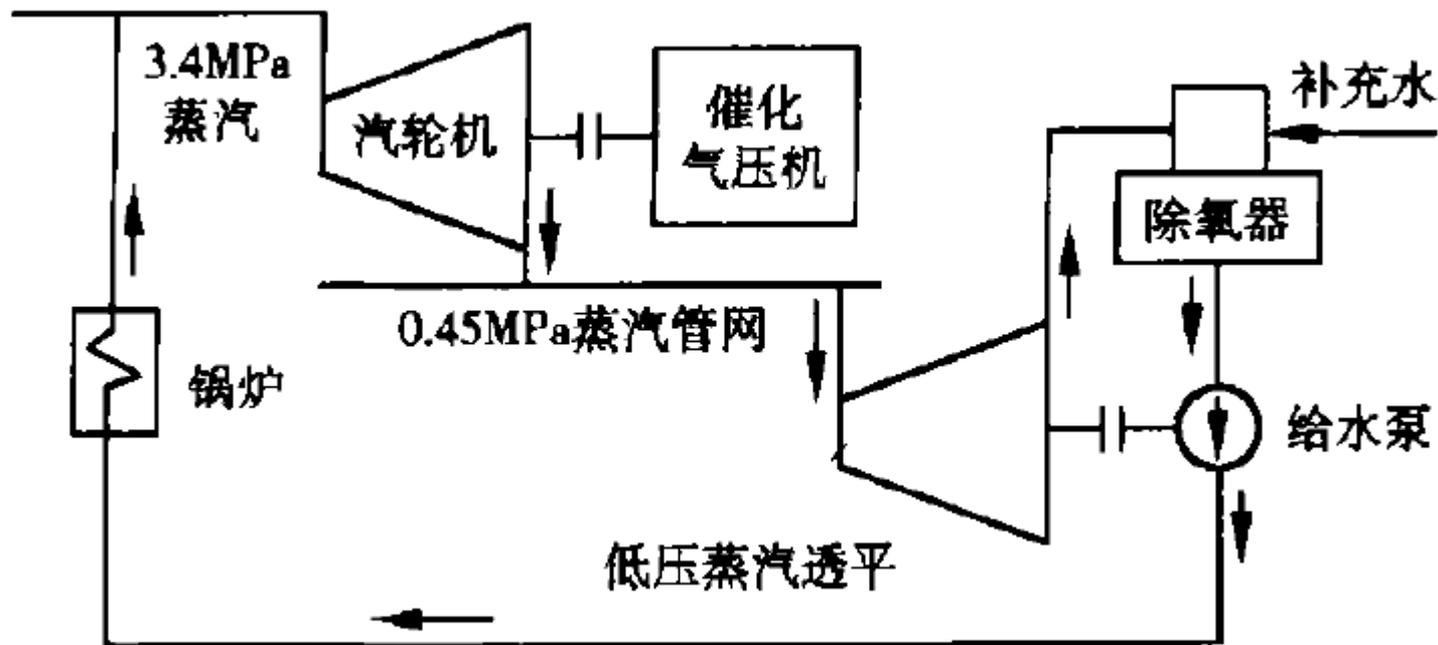


Visual Identification System Of SXEC



第五章 大机组供热改造供热系统设计

- 5.1.5 用户端热源优化
- 5.1.5.3 用户侧建背压机组与蒸汽透平



第六章 大机组供热改造实例



- 6.1 南通天生港电厂大机组供热改造
- 6.2 安徽淮南田家庵电厂大机组供热改造
- 6.3 广东恒运电厂2*330MW+2*210MW机组供热改造



Visual Identification System Of SXEC



• 6.1 南通天生港2*330MW机组供热改造及集中供热工程概况

- (1) 2*330MW机组本体机组技术改造；
- (2) 厂内新增供热站及供热系统改造；
- (3) 化水系统增容改造；
- (4) 建设三条热网管线。

- A—天电至宏达热电热网
- B —天电至纺工热电热网
- C —天电至江山农化热电热网

南通天生港2*330MW机组 供热改造情况介绍



● Visual Identification System Of SXEC

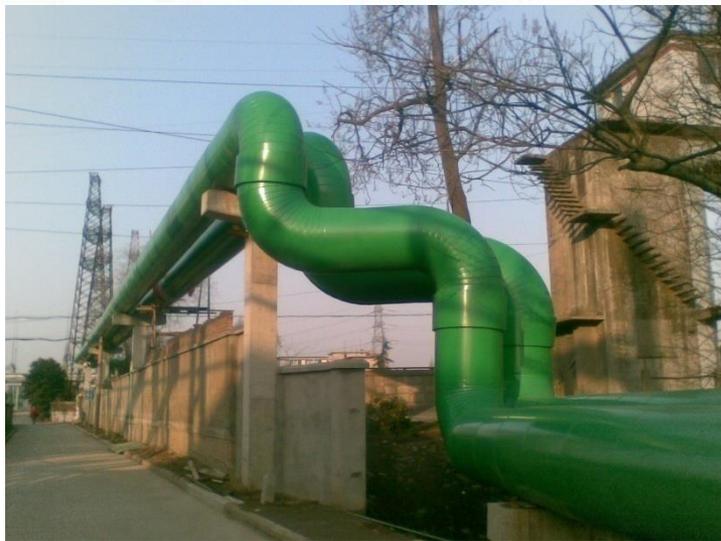
IVII

- **6.1.1 对外供热技术参数：**
- 两台330MW机组其（高压缸排汽的部分蒸汽）驱动蒸汽与吸入蒸汽（中压缸排汽的部分蒸汽）在**压力匹配器**调节下，能供压力1.15MPa(绝)、温度310—330°C、流量170t/h。——**本工程三根管线**
- 总投资1605万。



天生港供热改造

SXEC 苏夏
兴于苏·盛于夏



Visual Identification

IVI

- 6.1.3 南通天生港电厂大机组供热改造用户报告
- (一) 投用情况

2008年12月二台330MW大机组通过供热改造对外供热投用，设计供热量 $Q=200\text{t/h}$ ，电厂送蒸汽参数：
1.2MPa (a), 330°C 。

2010年年供热量80万吨，机组正常安全运行发电，压力匹配器正常供热、运行可靠、调节灵活方便、满足了热用户参数需求。供热半径最长达22km。



• (二) 节能减排、企业经济效益评价

该项目在投入运行后，关停了效率低，煤耗大，环保差3个小热电，在平均供热负荷120t/h, 年供热量80万吨蒸汽量，企业经济效益、节能减排等主要技术经济数据整理如下：

- 1、供电煤耗，纯凝供电煤耗：326g/kw·h, 供热后：310g/kw·h, 供电煤耗降低16g/kw·h.
- 2、电厂总效率由纯凝发电的37%提高到46.89%。
- 3、与小热电相比节能减排效果如下：
年节省标煤量 53216t/a；年减少烟尘向大气排放量约1876t/a；年减少SO₂排放量 595t/a；年减少CO₂排放量 1.67万t/a；年减少灰渣量约 1.087万t/a
- 4、电厂每年增收 1.08亿元/年。

• 6.2 淮南田家庵发电厂 2*330MW机组供热改造

(一) 投用情况

2012年12月二台330MW大机组通过供热改造对外供热投用，设计供热量 $2 \times 85 = 175 \text{t/h}$ ，电厂送出蒸汽参数：
1.0MPa (G)， 280°C 。2011年平均供热负荷约50t/h。机组供热后，正常安全运转发电，压力匹配器正常供热，运行可靠，调节灵活方便，满足了用户用热要求。供热半径目前约10km。



- 6.2 淮南田家庵发电厂 2*330MW机组供热改造

(二) 节能减排、企业经济效益评价

该项目在投入运行后，关停了周边的小锅炉群，现按2011年平均供热负荷50t/h，年供热量36万吨蒸汽进行核算、供电煤耗；纯凝发电：330g/kw.h；供热后：326g/kw.h. 每年节省标煤约1万吨。供热后企业增收5508万元/年。

大机组电热联产，在供热量220t/h，通过核算，电热联产售电售汽收入增加2.2亿人民币整；替代小锅炉群，在上述供热量下，每年节省标煤约12万吨，减少SO₂排放量约6455吨；减少CO₂排放量28万吨；减少灰渣排放量5.3万吨；电厂总效率由纯凝发电的37.6%增加到56.51%。

总投资：1516万元。

• 6.3 广东恒运电厂2*330MW+2*210MW机组供热改造

• 一、机组本体改造

• 1、改造方案

中压调节阀参调，维持供热时中压调节阀前压力

3.0MPa/2.0MPa，在中压主汽门前再热热段管道合适位置打孔抽汽，达到300MW机组最大再热热段供热量为300+300t/h（压力2.0MPa、温度340℃，包括减温水在内）；达到两台210MW机组最大再热热段供热量为200+250t/h（压力2.0MPa、温度340℃，包括减温水在内）。

2、改造范围

中压调节阀、油动机及相关控制系统、阀门、管道。

6. 13广东恒运电厂2*330MW+2*210MW机组供热改造

3、工程造价估算

单台机组改造汽轮机部分费用约470万元。

4、供汽预估

设计生产加工周期为180天。



6.1.3 广东恒运电厂2*330MW+2*210MW机组供热改造

5、抽汽能力

汽源	压力 (G) (MPa)	温度 (°C)	单抽最大抽汽量 (t/h)	备注
210MW机组再热热段(6#机)	2.19	536	200	总抽汽量不大于 1050t/h
210MW机组再热热段(7#机)	2.13	533	250	
330MW机组再热热段(8#、9#机)	3.204	537	300×2	

- 6.3 广东恒运电厂2*330MW+2*210MW机组供热改造

- 二、厂内供热系统改造

从两台机组热再接出管线减温减压至厂区分汽缸对外供热。
管线满负荷设计，设计参数为：压力2.5MPa（G），温度370℃。



第七章 大机组供热改造业绩



7.1 大机组供热改造遍及：

- (一) 国电集团
- (二) 华能集团
- (三) 华电集团
- (四) 大唐集团
- (五) 中电投集团
- (六) 华润集团
- (七) 协鑫集团
- (八) 国投集团
- (九) 国网集团
- (十) 浙能集团
- (十一) 国信集团
- (十二) 其他

7.2 主要业绩：[大机组供热改造业绩.doc](#)

——真诚欢迎各位领导、专家到上述大机组供热改造及长输热网业绩项目进行实地考察指导。



联系我们
Contact Details

南京苏夏工程设计有限公司

2019年09月

Visual Identification System Of SXEC

IVII