



EPTCHINA.CN
中国电力科技网



中国华电
CHD

第三届热电联产远距离低能耗集中供热技术研讨会



蒋玉国

华润电力登封有限公司技术支持部汽机主管，《集中胶球清洗装置在火电厂的应用》《登封二期前置泵自由端轴承冷却方式优化》《600MW机组给水最小流量阀故障原因分析和处理措施》等论文分获2017年电力行业节能技术协会优秀论文二等奖、2016年河南省机电工程优秀论文二等奖、2019年燃煤发电论坛优秀论文三等奖，享有《一种核电站用提高真空泵出力减少汽蚀措施》《一种核电站用凝泵组减速器润滑装置》《一种核电站给水泵组联轴器找中心专用表架》三项实用型专利。

郑州市“西热东送”郑登工程远距离供热电厂内改造方案

主办单位：中国电力科技网

协办单位：华电宁夏灵武发电有限公司 宁夏华电供热有限公司

2020年1月8-10日 中国·银川



郑州市“西热东送”郑登工程远距离供热厂 内改造方案

蒋玉国

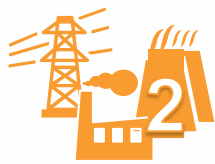
2020年01月

目录

- 项目背景
- 技术方案介绍
- 一期机组低压缸零出力改造介绍
- 总结及社会效益

公司简介

总装机容量
1840MW



一期**2×320MW**亚临界热电联产机组

分别于**2004年7月**、**9月**投入商业运营。

- 2010年，投资840万完成汽轮机中排管打孔抽汽供热改造，**抽汽供热蒸汽能力500t/h**，实际工业供汽量50-70t/h。
- 2015年，完成超低排放改造。
- 2016-2017年，完成汽轮机通流部分节能提效改造。



二期**2×600MW**超临界纯凝机组

分别于**2011年11月**、**2012年10月**投入商业运营。

- 2016年，完成#3、4机组超低排放改造。

项目背景：改造必要性

1、破解一期机组生存问题

日益严苛的环保政策使一期机组面临生死存亡；《河南省“十三五”煤炭消费总量控制工作方案》强调：推动郑州中心城区周边30万千瓦级及以下的燃煤机组关停或改为燃气机组；到2020年，再关停410万千瓦以上落后煤电机组，**30万千瓦级及以下非供热煤电机组全部退出市场。**

《河南省“十三五”煤炭消费总量控制工作方案》

2018年公用燃煤电厂基础利用小时仅为2000小时，而同类型供热机组按照“以热定电”原则基础小时数明显高于纯凝机组。



项目背景：改造必要性

2、保持二期机组区域竞争优势

《京津冀及周边地区2017年大气污染防治工作方案》

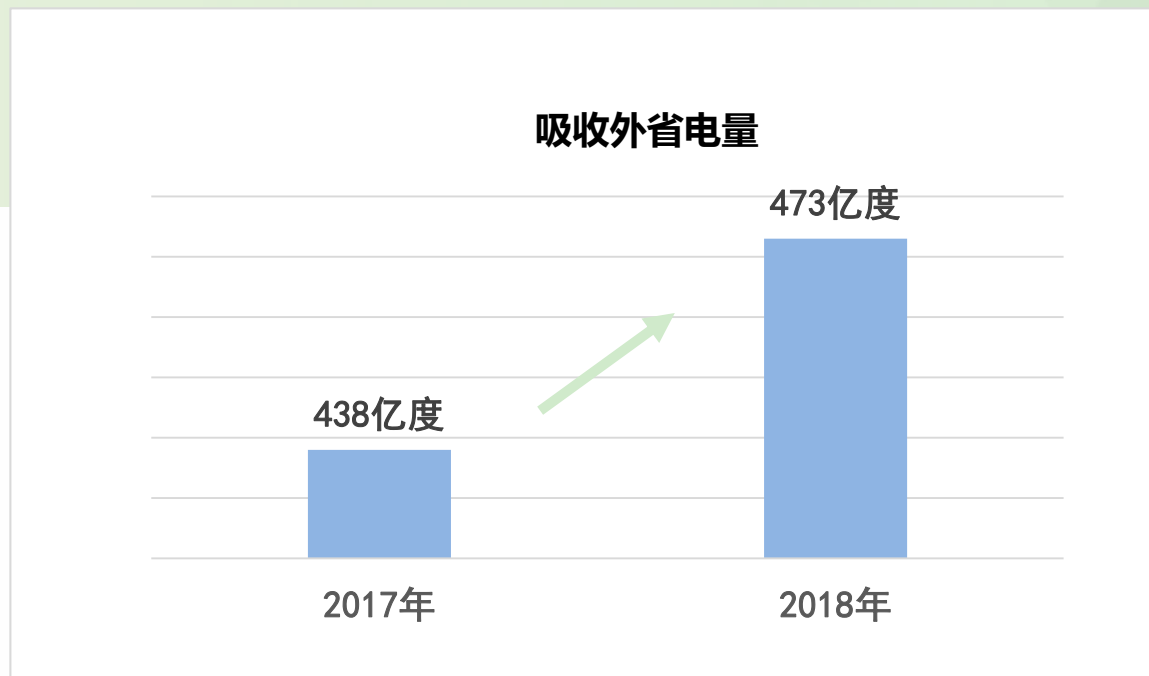


- 郑州市被定为“2+26”个京津冀大气污染传输通道城市之一。
- 政府明令郑州市区域（含4市1县）采暖期纯凝机组仅保持一台机组且最低负荷运行，2×600MW机组失去大机组区域竞争优势。

项目背景：改造必要性

3、吸收外省电功率压缩省内电厂发电空间

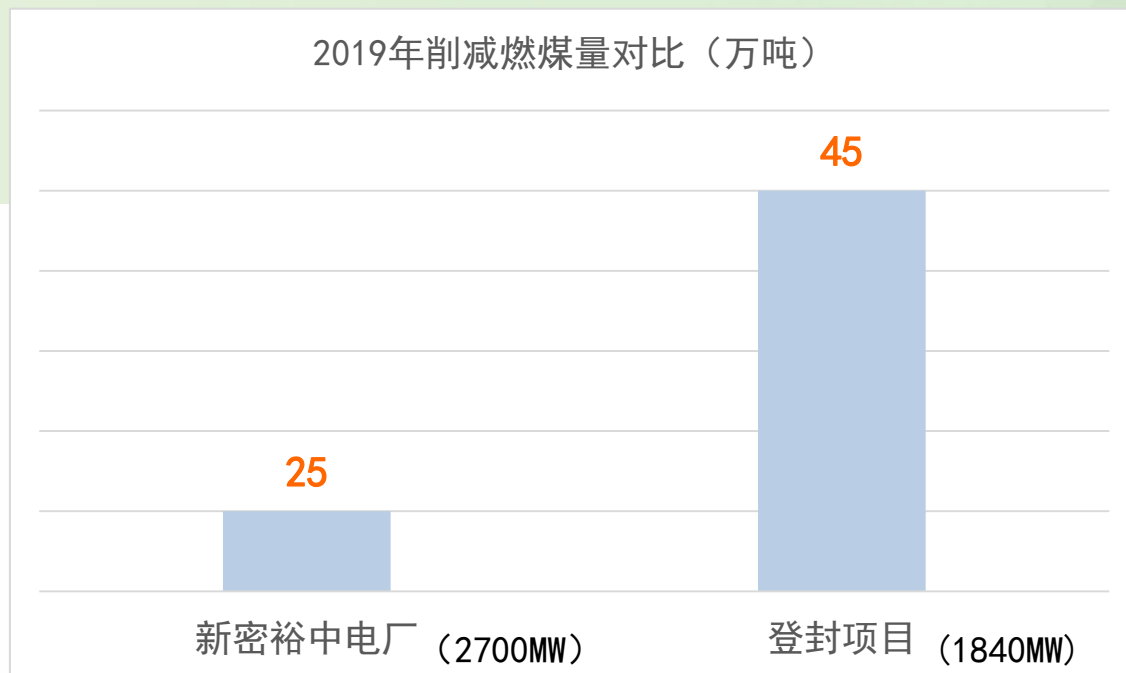
吸收外省电功率**600万千瓦**，进一步压缩省内电厂发电空间。



项目背景：改造必要性

4、降低煤炭削减政策不利影响

郑州市2017年电力行业燃煤削减实施方案要求：登封项目2017年削减燃煤45万吨，因新密裕中电厂向郑州市供热，其削减煤任务小于登封项目，仅25万吨。**煤炭使用量的降低严重影响登封项目发电量。**



项目背景：改造必要性

5、提升全厂热效率至80%

燃煤机组实现居民采暖供热，可充分利用汽轮机排汽余热、减少冷源损失，提高能源利用效率。厂内供热改造完成后，供暖期一期机组热效率**由现状40%提高到约80%**、二期机组热效率由现状**40%提高到约80%**。



项目背景：改造必要性

综上所述：

- 若无居民采暖供热，登封项目一期机组面临关停；绿色调度使二期机组失去区域竞争优势，公司经营环境愈加严峻。
- 只有抓住机遇，及时开拓居民采暖供热市场，实现向郑州市、登封市居民采暖供热，才能实现向绿色综合能源服务商转型。
- “西热东送”工程厂内改造完成、实现向郑州市供热后，不仅为登封项目增加了新的利润增长点，消除一期机组关停的威胁、提升二期机组区域竞争优势，而且可使公司成为郑州市主城区重要的热源点，增加了与郑州市的粘合度。



机遇



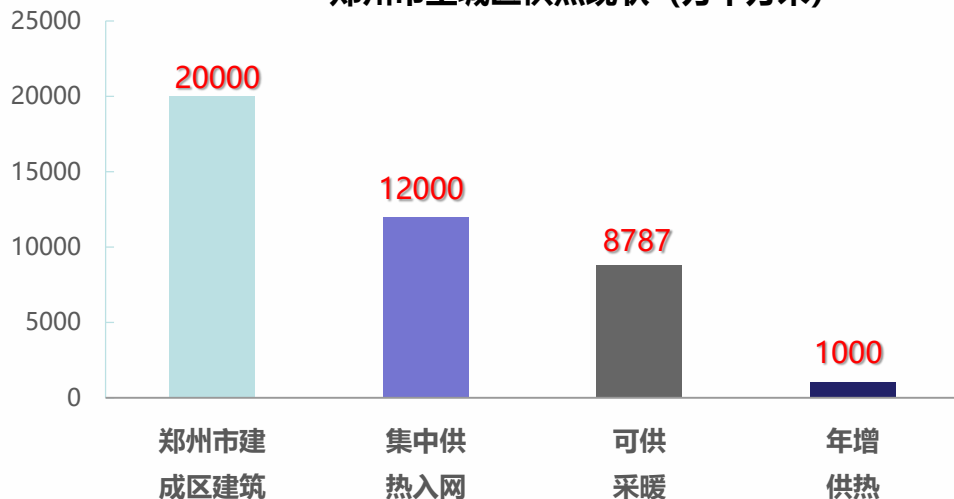
挑战

项目背景：郑州市主城区供热现状及发展

一、供热现状

- 郑州市建成区总建筑面积达20000万平方米；现集中供热入网总面积约12000万平方米；主城区现采暖面积8174万平方米。郑州市主城区每年新增入网面积1000万平方米以上，新增采暖面积约1000万平方米。
- 郑州市主城区由13台热电联产机组和郑州热力总公司5座燃气锅炉房供热，综合供热能力3954MW、可供采暖面积仅约8787万平方米。

郑州市主城区供热现状（万平方米）

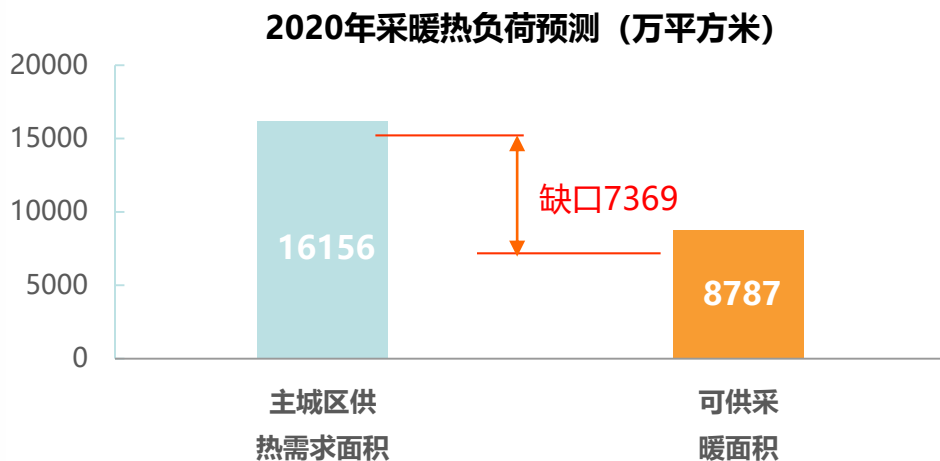


郑州市主城区集中供热普及率约40%，远小于《郑州市2018年大气污染防治攻坚战实施方案》规定的“中心城区集中供热普及率达到85%以上”的目标。

项目背景：郑州市主城区供热现状及发展

三、2020年采暖热负荷预测

- 2020年，主城区供热需求面积为**16156**万平方米，最大热负荷为**7270**MW。
- 现状热源点供热能力为**3954**MW、缺口**3316**MW，供热面积缺口达**7369**万平方米。
- 根据郑州市人民政府《关于印发郑州市推进能源业转型发展方案的通知》：2018年10月底前关停某电厂5×20万千瓦机组；2019年10月前关停某电厂2×13.5万千瓦机组；2020年底前关停某电厂2×21万千瓦机组。**郑州市供热负荷缺口进一步加剧，登封市居民供热采暖只能由我司供应。**



项目建设内容、规模与计划

一、项目建设内容

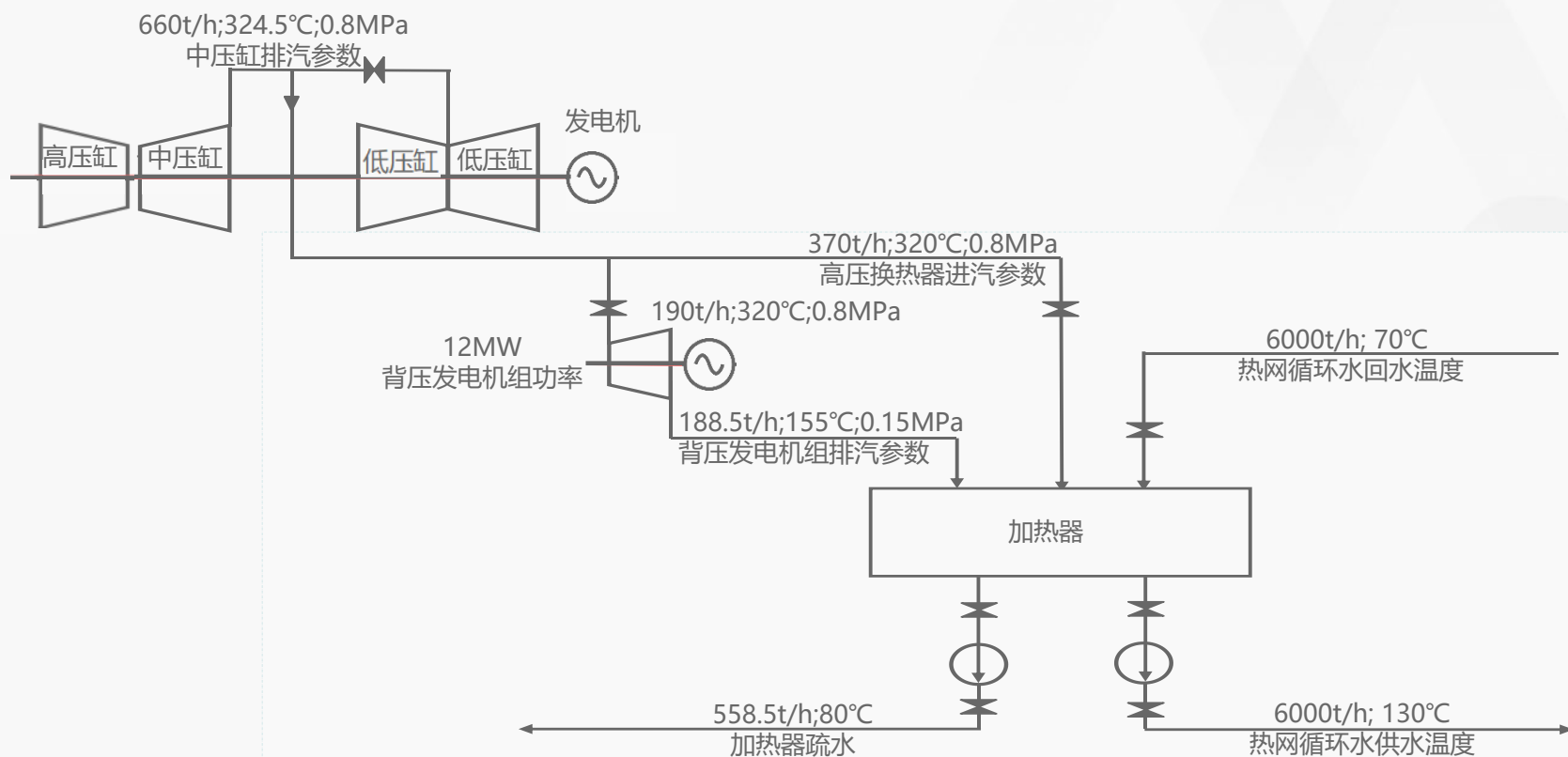
根据：登封项目厂内供热改造具体详情如下。

序号	项目名称	额定参数	单位	数量	备注
1	一期320MW汽轮机 本体供热能力提升改造	流量2×660t/h 温度324.5℃ 压力0.8MPa	台	2	低压缸零出力改造
2	一期供热首站	818MW	座	1	
3	二期600MW 汽轮机本体抽汽供热改造	流量2×1084t/h 温度352.4℃ 压力1.0MPa	台	2	低压缸零出力改造
4	二期供热首站	1630MW	座	1	
6	一期供热背压发电机组	12MW级	台	2	
7	二期供热背压发电机组	20MW级	台	2	

项目建设内容、规模与计划

(一) 供热改造工艺流程图

供热改造工艺流程图如下（以一期机组供热改造为例）



项目建设内容、规模与计划

(二) 一、二期供热改造基本工艺参数

一、二期供热改造基本工艺参数，详见下表。

项目	一期机组参数	二期机组参数
主机功率	320MW	600MW
中压缸排汽参数	660t/h; 324.5℃; 0.8MPa	1084t/h; 352.4℃; 1.0MPa,
背压发电机组进汽参数	190t/h; 320℃; 0.8MPa	390t/h; 350℃; 1.0MPa,
换热器进汽参数	660t/h; 320℃; 0.8MPa	1084t/h; 350℃; 0.35MPa,
热网循环水回水温度	70℃	70℃
热网循环水供水温度	130℃	130℃
背压发电机组功率	12MW	20MW

总供热蒸汽量为3488t/h，其中一期机组供热蒸汽量为1320t/h，二期机组供热蒸汽量为2168t/h；除去一期机组预留工业用汽量200t/h、一期机组供应郑州市热量818MW，二期机组供应郑州市热量1282MW，二期机组剩余热量348MW全部向登封市供热。

项目建设内容、规模与计划

(三) 供热首站背压发电机负荷消纳分析

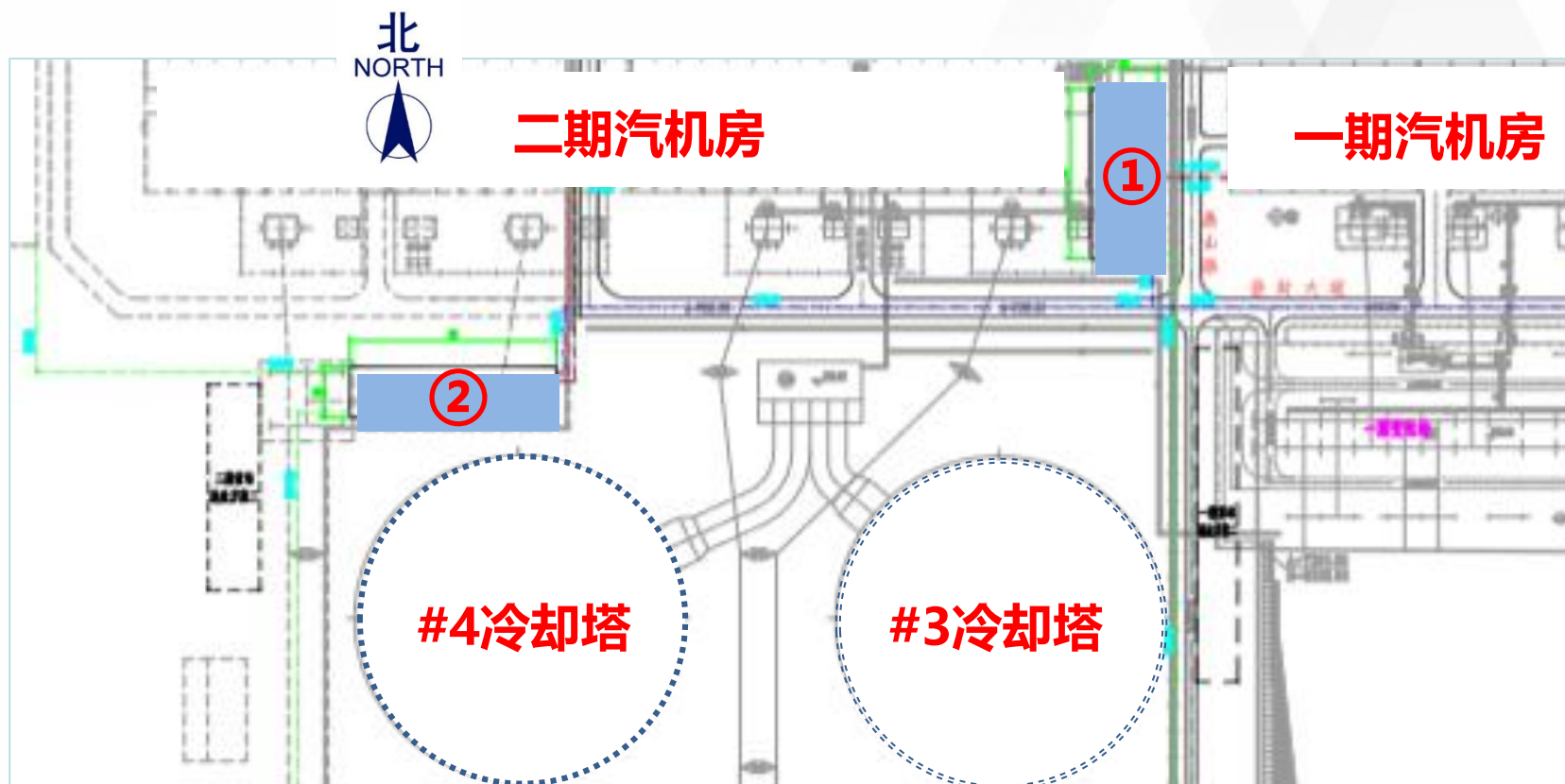
工程一期供热首站拟建 $2\times 12\text{MW}$ 级背压发电机组，二期供热首站拟建 $2\times 20\text{MW}$ 级背压发电机组。背压发电机出口各连接一段**供热首站6kV母线**，6kV母线通过开关**向对应主机的6kV工作B段供电**。由下表可知一二期背压发电机除可满足本机用负荷外，还可向主机供电。

序号	项目 (kW)	1B工作段	2B工作段	3B工作段	4B工作段
1	设计负荷	30822	29759	33753	34085
2	机组工作段最大负荷	10490	10184	21750	21813
3	供热首站用电负荷	2693	2693	7057	7057
4	供热后各段最大负荷	13183	12877	28807	28870

项目建设内容、规模与计划

三、供热首站建设位置

- ①一期供热首站位置：二期汽机房东侧，占地 $66\text{m} \times 26\text{m}$ 。
- ②二期供热首站位置：#4冷却塔北侧，占地 $24\text{m} \times 90\text{m}$ 。



项目建设内容、规模与计划

四、汽轮机改造方案

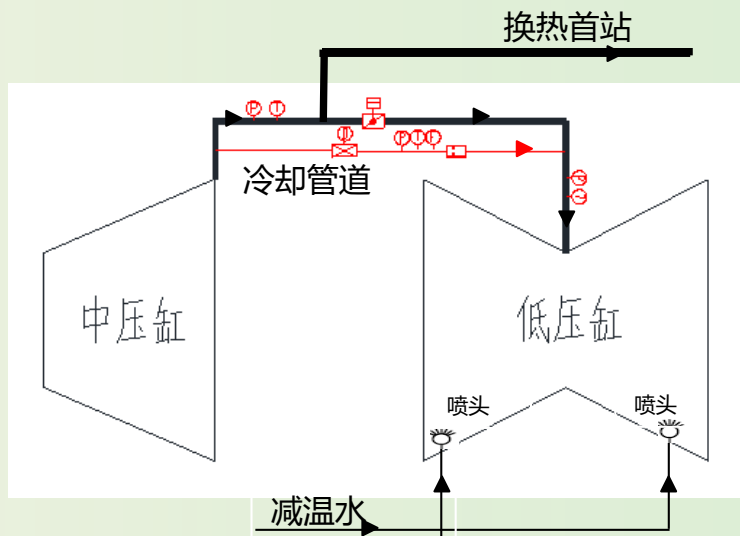
- 一期汽轮机采用**低压缸零出力技术**。
- 二期汽轮机采用**低压缸零出力技术**。

技术路线	一期汽轮机低压缸零出力改造	二期汽轮机低压缸零出力改造
改造内容	中低压连通管改造	中低压连通管改造
	中低压连通管蝶阀改造	中低压连通管加装供热蝶阀
	供热抽汽管道改造	供热抽汽管道改造
	汽轮机监视测点完善	汽轮机监视测点完善
	加装低压缸冷却蒸汽管道	加装低压缸冷却蒸汽管道
	低压缸喷水减温系统改造	低压缸喷水减温系统改造
改造后 抽汽参数	流量 $2\times 660\text{t/h}$ ；温度 324.5°C ；压力 0.8MPa	流量 $2\times 1084\text{t/h}$ ；温度 352.4°C 压力 1.0MPa

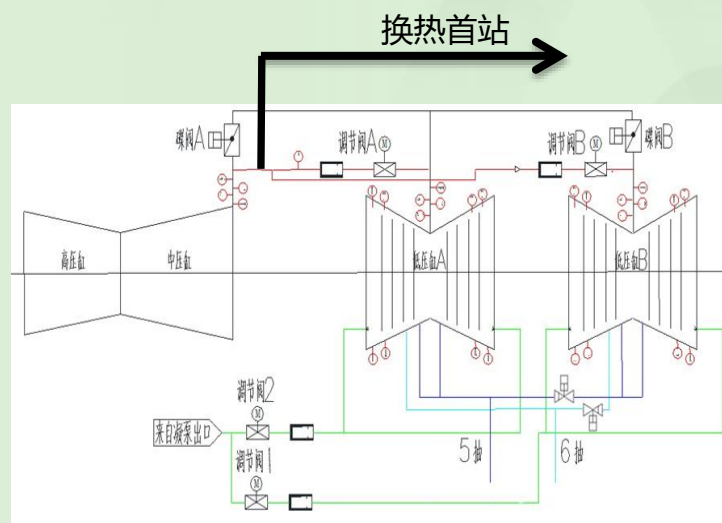
项目建设内容、规模与计划

四、汽轮机本体改造方案

一期汽轮机本体“低压缸零出力”改造
工艺流程示意图



二期汽轮机本体“低压缸零出力”改造
工艺流程示意图



一期机组低压缸零出力改造

- 2016年6月，国家能源局首批火电机组灵活性改造试点工作启动。临河热电厂1号机组列入首批提升火电灵活性改造试点项目。
- 2017年3月，临河热电厂1号机组低压缸零出力运行试验取得**圆满成功**！试验过程机组各项参数保持稳定，运行模式切换平稳顺畅。标志国内**首次**实现机组运行过程中低压缸**零出力**供热运行。
- 辽宁东方发电有限公司、北方联合电力有限责任公司临河热电厂、黄台电厂、开封电厂（2 × 600MW）、张家口电厂等相继完成低压缸零出力改造并投运。

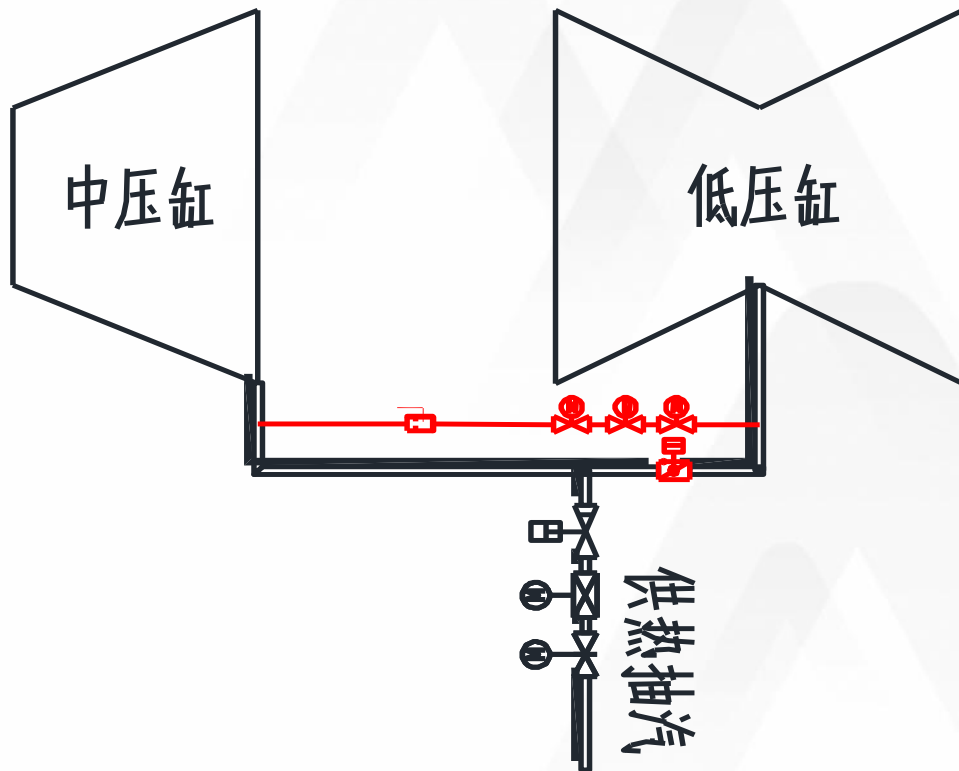
二、主要技术内容与关键点

低压缸零出力供热技术（又称“切除低压缸进汽供热技术”）是在低压缸高真空运行条件下，切除低压缸全部进汽，仅通入少量的冷却蒸汽，实现低压缸“零出力”运行，从而提高机组供热能力、供热经济性和电调峰能力。与常规供热方式相比，低压缸零出力供热技术具有以下优势：

- 在机组运行过程中，实现低压缸“零出力”运行，大幅提高供热机组的供热能力、电调峰能力和供热经济性，是对原有供热机组运行模式的重大突破！经济效益、社会效益、环保效益显著！
- 能够实现供热机组在抽汽凝汽与切除低压缸运行方式的灵活切换。
- 与双转子高背压、光轴等供热方式相比，避免了供热期需更换两次低压缸转子的问题和备用转子保养问题，机组运行时的维护费用大大降低。

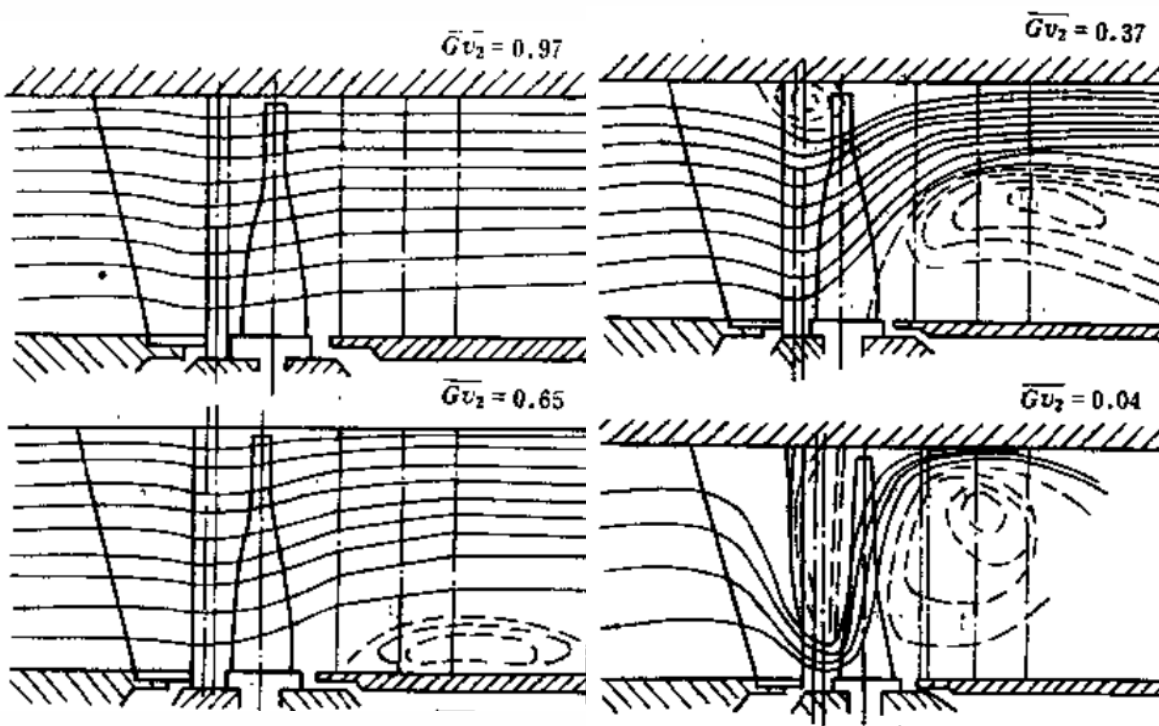
二、主要技术内容与关键点

- 蒸汽流程：在供热期间切除全部低压缸进汽，仅保持少量的冷却蒸汽，使低压缸在高真空条件下“零出力”背压方式运行，以提高汽轮机的供热能力，方案示意图见右图。
- 改造范围：连通管、蝶阀、冷却蒸汽旁路、末级叶片喷涂、温度监测、喷水减温系统、真空系统、控制系统等。

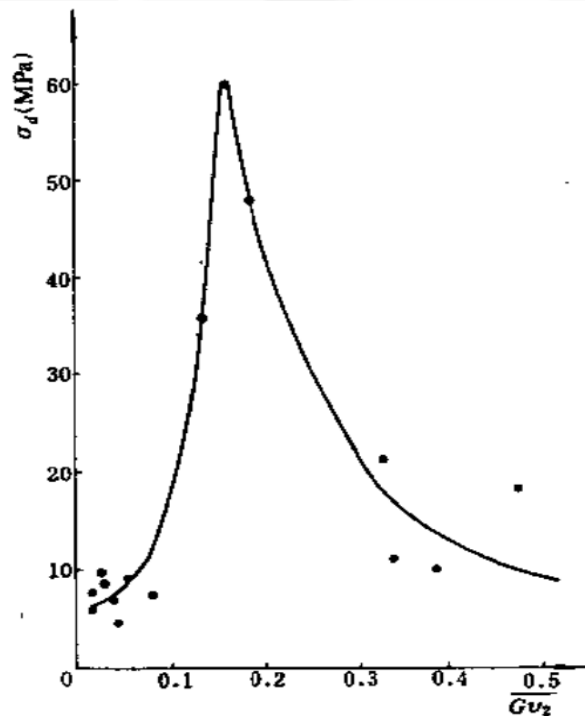


汽轮机切除低压缸供热改造示意图

二、主要技术内容与关键点

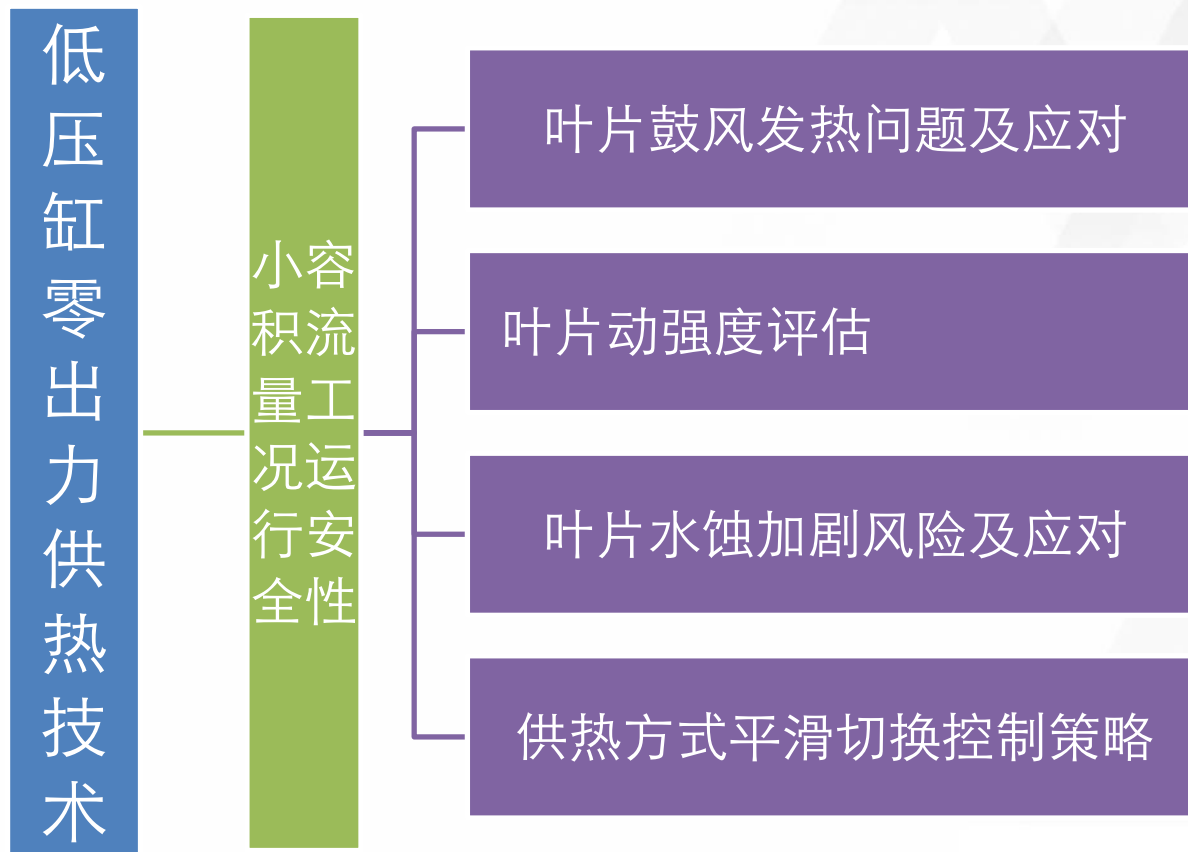


容积流量减小时，低压缸末级叶片内流动状态变化示意图



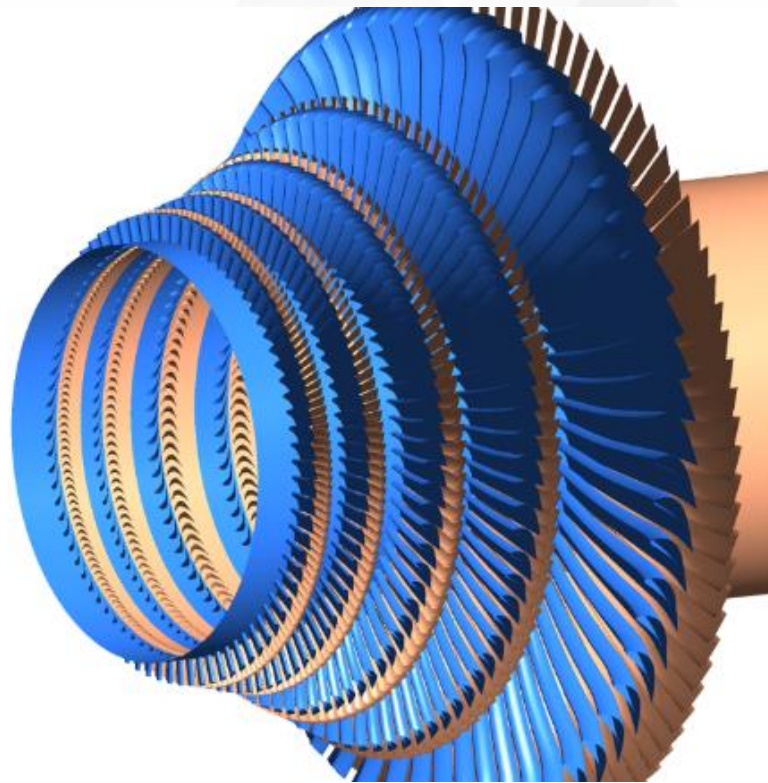
叶片动应力与容积流量的关系曲线

二、主要技术内容与关键点



二、主要技术内容与关键点

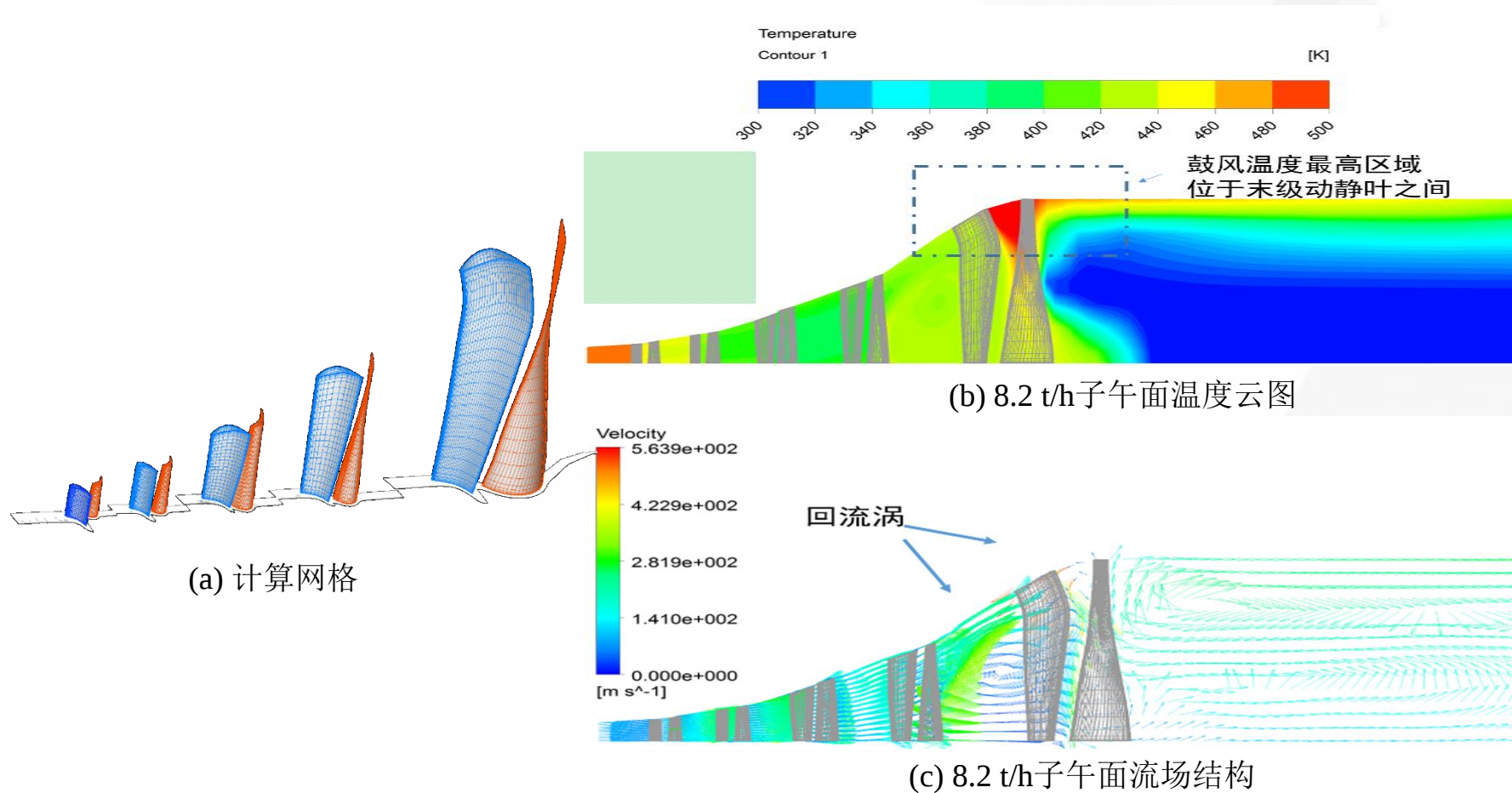
- 受低压缸末两级叶片**叶形弯扭**、**叶片长度大**、**叶顶薄**、**抗振性能弱**等特点影响，叶片在小容积流量工况下运行时容易出现大负冲角运行，影响机组安全运行。
- 建立汽轮机低压缸通流部分数值分析模型，研究低压末两级叶片小容积流量条件下动应力特性。



某330MW机组低压缸通流部分数值计算模型

二、主要技术内容与关键点

➤ 某机组低压缸通流区域流场分析结果



三、改造原则

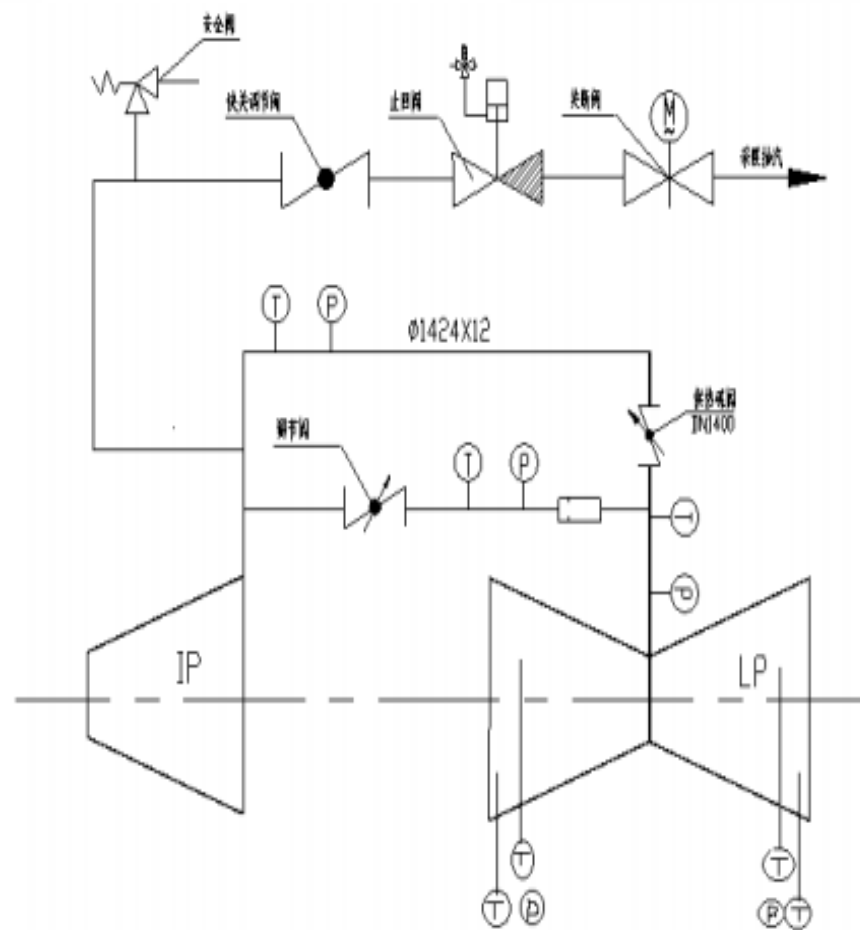
- 以最小改动原则，确保改造目标；
- 确保机组能满足安全稳定运行；
- 中压排汽口与连通管接口位置及尺寸不变；
- 机组的低压缸体尽量不改动；
- 在额定工况下，高压缸各抽汽口的热力参数基本不变；
- 高、中压转子及叶片不变；
- 保证新增加和改造设计的控制保护系统及热工测点满足设备长期安全稳定的运行要求；
- 高、中压缸各抽汽口及排汽口位置不变

四、改造方案及范围

低压缸零出力运行期间，采用可完全密封的液压蝶阀切除低压缸全部进汽，仅通入少量(30t/h)的冷却蒸汽，用于带走低压缸零出力运行产生的鼓风热量，从而大幅提高机组供热能力。

总体改造方案为：汽轮机本体改造；配套供热抽汽系统改造；控制系统改造；增加低压缸冷却蒸汽系统；增加安全运行的监测保护；以实现低压缸零出力切缸运行。

改造方案示意图



改造原供热抽汽系统，重新设计抽汽管线及抽汽阀门；

供热抽汽管道设计为DN1400，供热管线上设置止回阀，快关阀，调节阀，安全阀等。

- 改造中低压连通管；
- 更换连通管上供热调节蝶阀，可实现完全关闭；
- 新增低压缸冷却蒸汽管路，管路上设置调节阀、流量计；
- 优化改造原相应监测点；
- 优化改造低压缸冷却喷水系统；
- 新增低压缸末级及次末级温度测点；
- 低压末级动叶片进行抗水蚀喷涂保护；
- 控制系统及安保系统改造。

改造优点

- 能够较大的增加中排的供热能力，经济性较好。
- 供热季调峰能力与低压缸光轴一样。
- 每年不需要更换低压转子。
- 供热量不变的条件下，可一定程度降低机组发电功率，实现深度调峰。

工程实施后的主要社会效益

厂内供热改造后，机组效率可提高约40%，发电煤耗降低约110克/千瓦时，在不增加燃煤耗量情况下，四台机组可供居民采暖热量约2500万吉焦，可为郑州市节约供暖能耗51万吨标煤。

对于已实现超低排放后的大型燃煤机组，可提高能源使用，为国家节约煤炭资源；同时大大降低新增燃气锅炉的数量和对天然气的依赖，降低居民供热支出，扩大供热范围，提高人民幸福生活指数，造福社会和子孙后代落实科学发展观等方面有着十分重要的意义。

汇报完毕
谢 谢