



EPTCHINA.CN

中国电力科技网

热电联产远距离低能耗集中供热技术研讨会



徐磊

北京国电蓝天节能科技开发有限公司设计室主任，
中级工程师。长期从事供热节能改造工作，具有扎实的
专业技术基础和创新应用能力，作为技术专责人参与过
多个供热改造项目，具有较强的分析问题和解决问题能
力；作为主要参与人，参与了“大容量火电机组高效梯
级供热技术开发及工程示范”国家科技支撑项目；取得
发明专利授权2项。

大型热电联产低位能供热技术研究与应用

CEEC 中国能建

华源泰盟
HYTM

2018年3月20-22日 中国·太原

低位能分级供热技术研究应用

北京国电蓝天节能科技开发有限公司

报告人： 徐磊
2018 年 3 月 20 日

汇报提纲



背景



不同供热技术的节能原理



低位能分级供热理论极限单耗及试验方法



关于低位能汽轮机思考与探讨



低位能分级供热技术简介



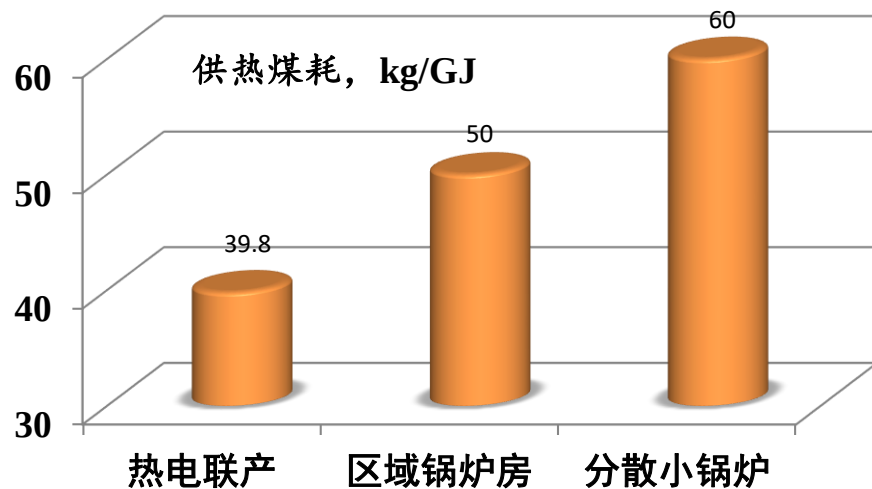
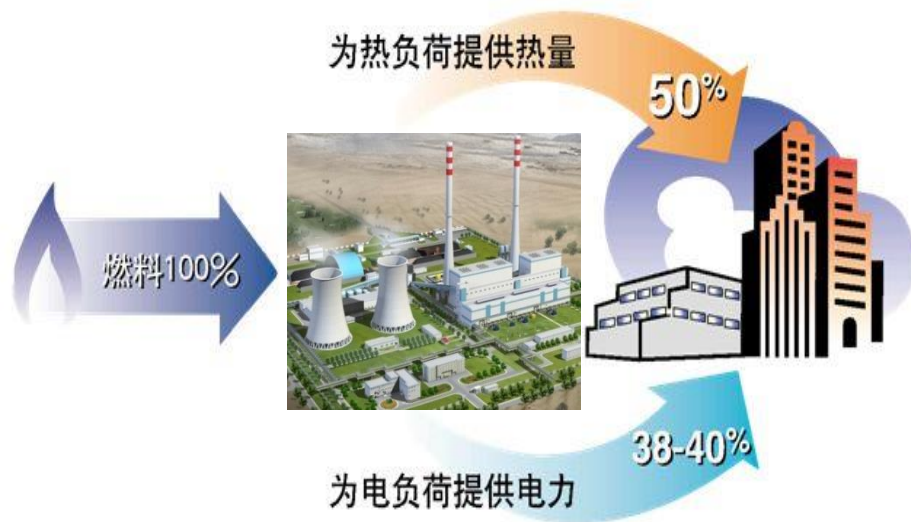
重点示范应用项目技术成果



供热节能对国家整体节能减排战略影响

热电联产是能源高效利用、节能减排的重要途径

- 虽然热电联产机组既发电又供热，实现了初步能源分级利用，有效减少冷源损失，提高能源利用综合效率。随着热力学应用技术的不断研究，发现传统的供热技术在加热过程中熵增和烟损失很大、有很大节能潜力，我公司根据多年研究、研发了热电联产“低位能供热技术”四个类型技术，适用不同供热规模的设计、改造，对大规模的采暖供热可节约有用能60%左右。
- 传统热电联产机组按有用能“烟”计算相当**供热煤耗22kg/GJ**左右。若纯凝机组改抽汽供热，亚临界或超临界机组供热煤耗在27kg/GJ左右。低位能技术**供热煤耗8-12kg/GJ**左右



仅考虑锅炉效率，不同供热形式煤耗对比

低位能的有效利用有巨大的节能减排与经济效益

- 低位能供热技术可大幅降低热源蒸汽参数、实现机组余热利用冷源损失基本为零，在节能减排造福民生中具有重要的战略意义。2014年，我国北方地区城镇采暖面积达120亿平方米，城镇集中供热面积为71亿平方米。采暖用能超过1.8亿吨标准煤，不仅消耗了大量能源，还带来了严重的环境问题，是我国北方地区冬季雾霾的主要成因之一。与此同时北方地区电力、钢铁、水泥、有色金属、石化等行业仍有约3亿吨标准煤低品位余热资源尚未利用。但是热电联产在城市集中供热占比只有1/3左右，全国在用供热锅炉近50万台。小锅炉的供热煤耗在50-65kg/GJ左右。
- 纯凝发电机组由于装机容量过剩，造成运行负荷率低、煤耗高，巨大的余热量排放到大气中没有被利用。许多机组常年均处在60%以下电负荷运行，造成主机及辅机设备长期处在低效区运转，所以研究余热利用、提高资源综合利用效率，显得非常紧迫。
- 然而，全国各地为了当地的节能减排还在申请建设热电联产机组，这将进一步加剧发电产能过剩、余热排放增加。。
- 低位能分级混合加热技术、结合大温差远距离送热、这些技术的突破，为在役纯凝机组改供热提供重要的技术基础，这样可有效的提高存量资产的利用率，相对减少了发电企业产能过剩，实现大幅节能减排。优化社会资源的配置。

低位能供热技术有紧迫的市场需求

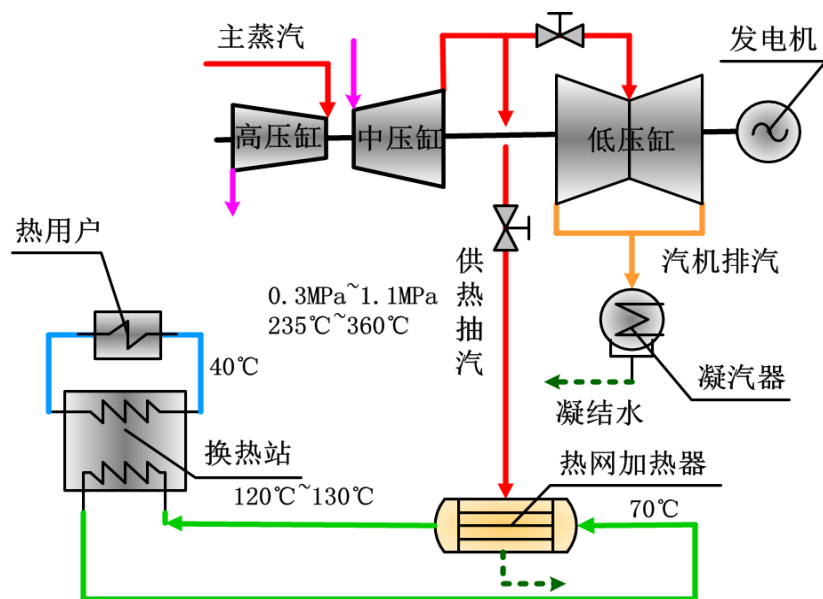
1

2

3

➤ 热电联产技术现状-抽汽供热

- **主要优势** 中、低压缸连通管抽汽进入热网加热器一次加热完成，系统简单、投资少。
- **存在问题** **抽汽参数过高，与供热热网参数不匹配**，造成高品位能量浪费、余热利用不完善；烟效率不到35%；机组供热能力不足。



抽汽供热系统图

电厂	机组容量	抽汽压力和抽汽量
山西太原第二热电厂	300MW	0.4MPa ,500t/h
内蒙古京能康巴什热电厂	350MW	0.42MPa ,500t/h
内蒙古锡林电厂	300MW	0.9MPa, 200t/h
河北三河发电厂	350MW	0.8MPa, 300t/h
山西兴能电厂 一期	300MW	0.8MPa, 400t/h
山西兴能电厂 二期	600MW	1.0MPa ,700t/h

低位能供热技术有紧迫的市场需求

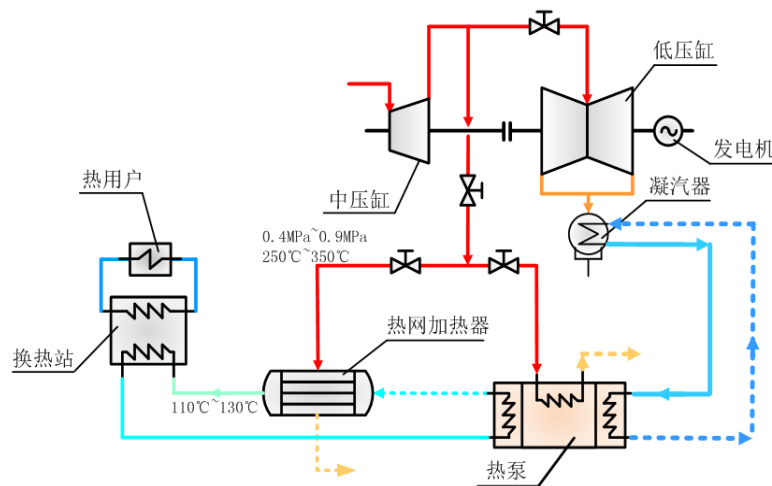
1

2

3

➤ 汽轮机余热部分利用-热泵供热技术

- **主要优势** 供热能力增大，可部分利用汽轮机低品位的余热。
- **存在问题** 需要大量高品位抽汽作为驱动和尖峰加热；发电功率损失大、火用效率低；**系统复杂**；投资很大。



热泵供热系统图

电厂	驱动抽汽参数
赤峰富龙热力有限责任公司	0.3MPa
大同第一热电厂2×135MW	0.4Mpa
神头二电厂2×500MW	0.5MPa 260℃
山西和信热电厂热泵供暖项目2×600MW	0.45MPa 250℃
国电大同发电有限责任公司	0.98MPa 355℃
内蒙古东胜热电2×330MW	0.4MPa 242.4℃

热电联产在热源侧，存在巨大的节能潜力

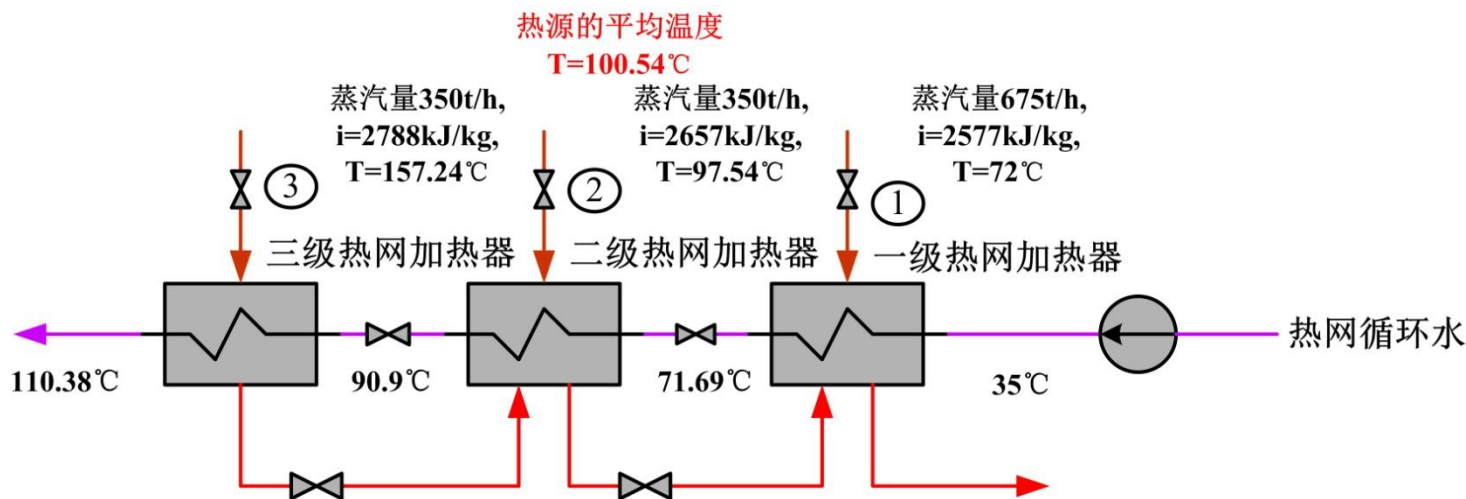
- 目前热电联产的主要问题：一是设计热网供水温度高达110-150℃，实际运行温度90-110℃；二是热源参数偏高、一般加热蒸汽温度达到240℃—350℃、蒸汽压力0.2—1.0MPa，热源温度高于供水温度100—200℃，造成焓损失大。



如何有效解决这个问题？

低位能分级加热技术是降低热源参数的有效途径

- **低位能供热技术的研发使热源参数大幅下降：利用了多台机组乏汽串联加热保证基本热负荷，并同时采用抽汽进行尖峰加热的低位能分级加热技术，可以实现机组的平均热源温度接近甚至低于供水温度，为大容量热电联产机组节能奠定重要技术基础。**



低位能分级加热原理图

如上图所示：一个三级加热的低位能供热系统，供水温度可达到110℃、而平均热源温度只有100.54℃，平均热源温度低于了供水温度，这就是重要的技术进步标志。

2、不同供热技术的节能原理

热力学第一定律把各种不同形式的能量的**数量**联系了起来说明不同形式的能量可以相互转换，且在转换中数量守恒。

热力学第二定律进一步指出，不同形式能量的**品质**是不相同的，表现为转换为功的能力不同。因此，能量除了有量的多少外还有**品质的高低**，**㶲**就是衡量能量品质高低的指标。

㶲 (Exergy) :

当系统由一任意状态可逆地变化到与给定环境相平衡的状态时可以做的最大理论功，称为㶲。用 Ex 表示。

“火无” (Anergy) :

理论上不能转化为有用功的能量（不能转化为㶲的能量）叫“火无”。用 An 表示。

理论上所有能量都是由㶲和“火无”两部分组成的。

2、不同供热技术的节能原理

热流熵算例：

设工质从锅炉吸收热时的平均吸热温度为 350°C ，锅炉平均放热温度为 900°C ，放热量为 100kJ ，求这一过程的熵损失为多少。设环境温度 T_o 为 293K 。

将锅炉和工质构成一孤立系统，孤立系统的做功能力损失即为熵损失。

$$\text{工质吸热时的熵升为： } E_{XQA} = Q(1 - \frac{T_o}{T_A}) = 52.98\text{kJ} \quad (1)$$

$$\text{热源放热时的熵降为： } E_{XQB} = Q(1 - \frac{T_o}{T_B}) = 75.02\text{kJ} \quad (2)$$

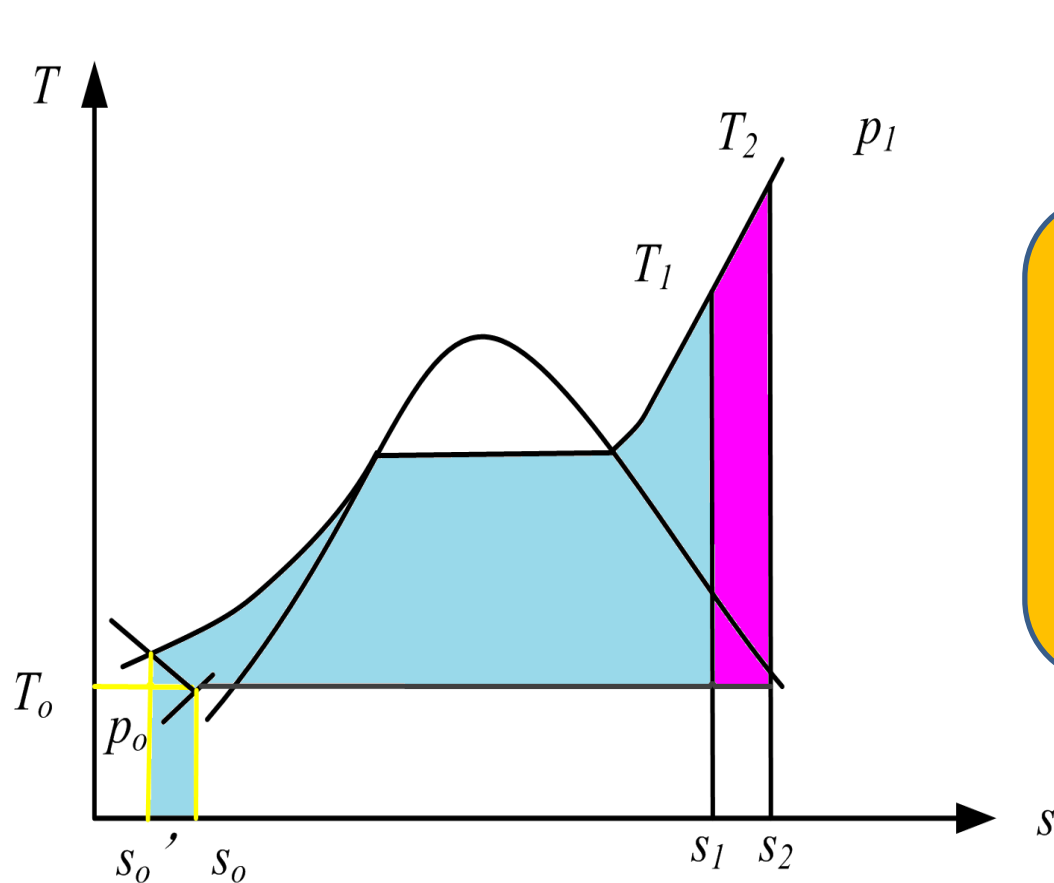
换热过程中的熵损失 ΔE_X 为：

$$\Delta E_X = E_{XQB} - E_{XQA} = QT_o(\frac{1}{T_A} - \frac{1}{T_B}) = 22.04\text{kJ} \quad (3)$$

公式(3)说明，当冷流体温度 T_A 与热源温度 T_B 差值越小，换热过程中的熵损失 ΔE_X 越小。这说明在辐射换热的过程中，换热温差越小，换热过程中不可逆程度越小，熵损失越少。

2、不同供热技术的节能原理

蒸汽的焓焔与温度：

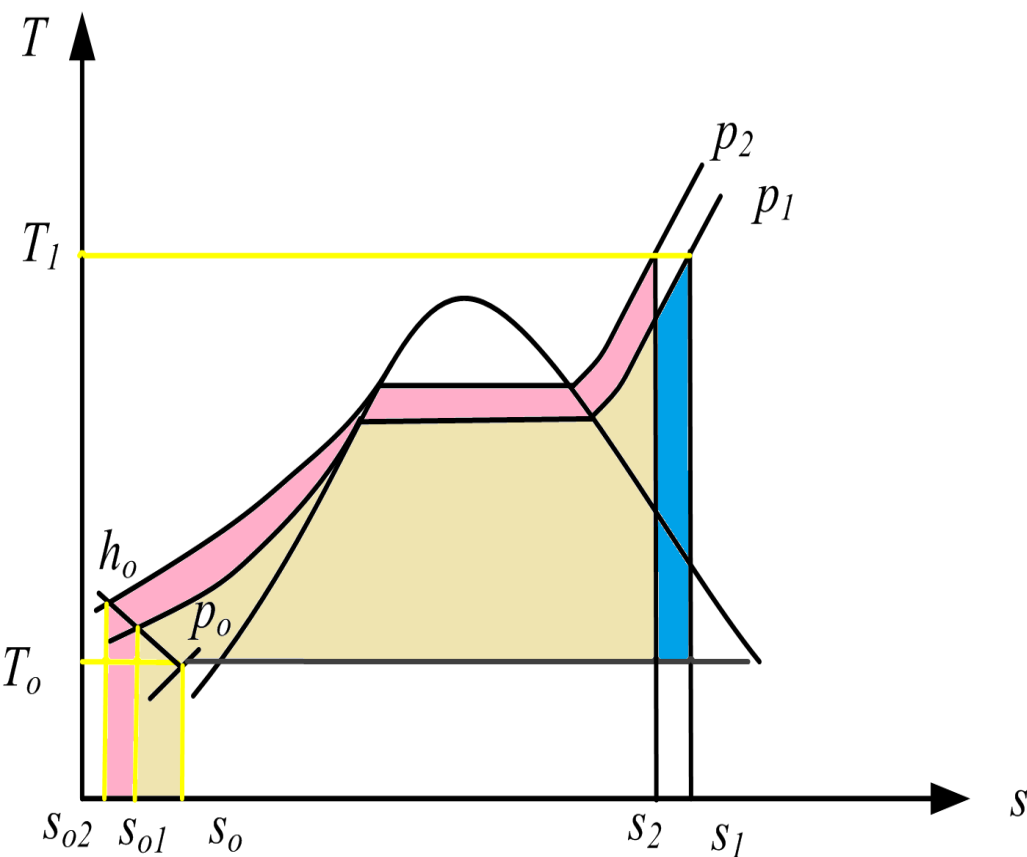


$$T_2 > T_1, \text{ex}_2 > \text{ex}_1$$

蒸汽压力不变时，温度越高，蒸汽的焓焔越大，其热量的品质越高；

2、不同供热技术的节能原理

蒸汽的焓焓与压力:



$$p_1 < p_2, \quad ex_1 < ex_2$$

蒸汽温度不变时，压力越大，平均温度越高，其焓熵越大，其热量的品质越高；

2、不同供热技术的节能原理

在对流换热器中的熵损失：

$$\Delta E_X = m_L \times T_o \times (s_4 - s_3) - m_H \times T_o \times (s_1 - s_2)$$



在换热量及冷流体进出口温度不变的情况下，
如何最低限度的减少换热过程中的**熵**损失？

2、不同供热技术的节能原理

当冷流体进出口参数及供热量不变时，降低换热过程中热流体的平均温度是减少对流换热器内熵损失的直接途径

证明：假设换热量及冷流体进出口温度不变；热流体A平均温度为 $\bar{T}_A$ ，热流体B平均温度为 $\bar{T}_B$ ， $\bar{T}_A > \bar{T}_B$ ，比较 ΔE_{XA} 与 ΔE_{XB}

$$\Delta E_{XA} = m_L \times T_o \times (s_4 - s_3) - m_A \times T_o \times (s_{1A} - s_{2A})$$

$$\Delta E_{XB} = m_L \times T_o \times (s_4 - s_3) - m_B \times T_o \times (s_{1B} - s_{2B})$$

$$\Delta E_{XA} - \Delta E_{XB} = m_B \times T_o \times (s_{1B} - s_{2B}) - m_A \times T_o \times (s_{1A} - s_{2A})$$

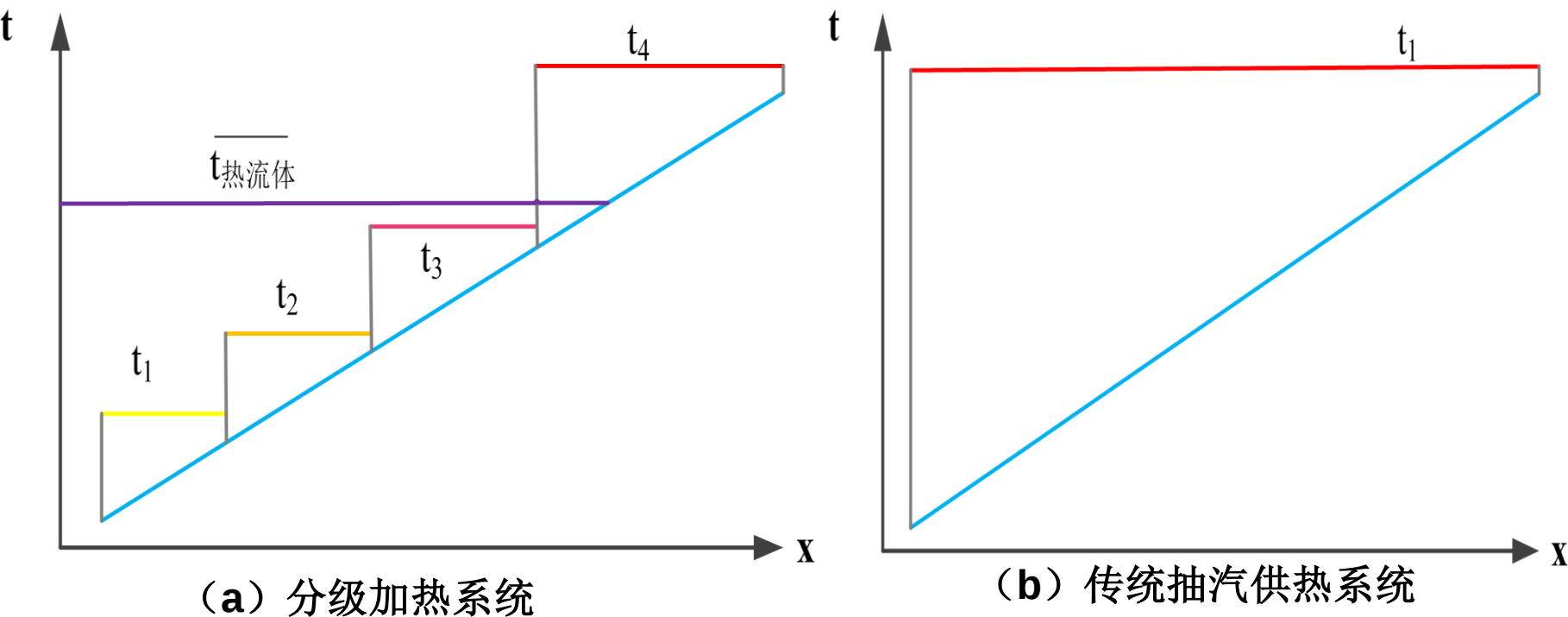
$$= T_o \times (S_{1B} - S_{2B}) - T_o \times (S_{1A} - S_{2A}) = T_o \times \frac{Q}{T_B} - T_o \times \frac{Q}{T_A}$$

$$= T_o \times Q \times \left(\frac{1}{T_B} - \frac{1}{T_A} \right) > 0$$

由此可证，热流体平均温度越低，熵损失越小

2、不同供热技术的节能原理

采用分级加热系统是降低换热过程中热流体平均温度的重要手段。



以古交项目为例：分级加热系统热源的平均压力为0.072MPa，平均温度为90.74℃，平均供水温度为84.2℃；古交项目（一、二期乏汽）分级加热系统热源的平均压力为35.6kPa，平均温度为73.1℃，平均供水温度为82.2℃，实现了平均热源温度低于供水温度。在传统观念中是不可想象的。

2、不同供热技术的节能原理

传统供热方式的焓损失分析：

传统的热电联产是按照能量守恒理论为基础（即热力学第一定律），加热方式为一次完成，没有充分考虑热能的质量分级利用，形成了不科学的供热设计规范，不合理的系统布置和设备配置，加热的热源温度比供出的热水温度高120—200℃以上，这样大的传热温差、一般机组平均供出1kg蒸汽有500kJ以上可转换为动力能（机械能或电能）的有用能而以热能的形式传给了热网系统。

低位能技术的节能意义：

热能分级：设计一个能达到从用户需求、能量分级利用、废热回收、综合利用效益最大的“低位能供暖系统”及关键设备，这就是我们目前研究的重大节能技术措施。研究结果认为：在大规模的城市集中供热中、它将比传统的供热方式节约有用能50%—70%。“低位能供暖系统”，基本上可以实现加热蒸汽的热源平均温度与供出的热水温度基本相等，从系统中每供1公斤蒸汽的热量、与传统供热方式比多转换成动力能320千瓦。

电能和机械能是珍贵的高级能量，一度电的当量热能是3600KJ，但生产一度电要消耗热能9000KJ，所以用电作为大规模的采暖是不可取的

3、低位能分级供热理论极限单耗及试验方法

3.1 低位能供热系统理论极限供热单耗

根据华北电力大学宋志平教授的研究结果，20℃水温的能耗、为每吉焦2.33公斤标准煤，我们的试验和工程验证结果，基本和理论研究是基本一致的，这就为我们的供热技术研究、设计指出了方向和目标，供热节能是有限度的，也说明我们的供热节能空间是很大的。目前最好的低位能分级供热系统就是古交兴能发电公司的供热改造工程，最佳的采暖和动力相结合的动力采暖系统是河南荥阳，兴能公司的低位能分级供热系统达到了年平均供热煤耗7公斤/吉焦。

需要说明：实际运行结果没有达到单耗7公斤标准煤，原因是兴能三期由于各种原因没能按时投产，太原热力公司为了节能环保、人为的提高了供水温度要求，从我们研发的系统和设备看，每个环节都达到和超过了预期目标，如最重要的低温换热器端差、实际运行平均小于0.85℃，预期为1℃。

3、低位能分级供热理论极限单耗及试验方法

3.2 低位能分级供热系统单耗的计算及试验方法

a、供热系统单耗计算方法：

传统上一般采用好处归电法对供热煤耗进行分析，即考虑锅炉效率、管道效率、厂用电效率后计算得出的供热煤耗，一般在 $38\sim 41\text{kg/GJ}$ 左右。

按照节能原理，采用焓分析方法可以更直观地说明供热改造的节能效果。

b、供热系统单耗试验方法：

1) 间接测量法

在高背压低位能供热系统中，供热能耗的测试计算为：测量汽轮机输入总热量、减去发电量、其差值为供热热量，再计算出供热单耗，其方法为测量加计算的方法完成，这是目前国际通行的做法，依据为美国机械工程师协会制定的标准（ASME PTC6—1976修订版），这种方法的缺点：对凝结水及辅助蒸汽的测量要求极高，汽轮机热力系统的内漏的影响忽略不计，实际现场

3、低位能分级供热理论极限单耗及试验方法

条件很难做到，特别是蒸汽测量其实不可能做到精确，系统内漏基本是人为估计无法判断，系统误差分析上述因素无法定量，这种测量一直受到学界质疑，人为因素太多。

2、直接测量法

这是汽轮机试验研究的前沿科学，就是直接测量汽轮机排汽湿度，相当于直接测量排汽焓、供热单耗由测量而来，在这方面研究成果并基本得到应用试验的有：德国斯图加特大学，中国的徐则林研究员、蔡小舒教授，法国EDF中心，2007年在清华大学蒋洪德院士的过问下，由徐则林研究员组织、三国都派出专家在山西的漳山电厂进行比较试验测量，测试结果与热力试验结果非常接近，测试方法基本成熟，在重要的诊断试验可以作为验证比较。

4、关于低位能汽轮机思考与探讨

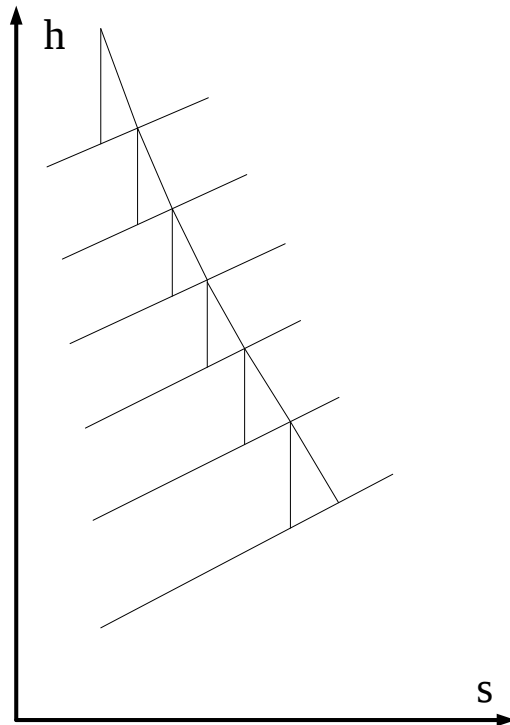
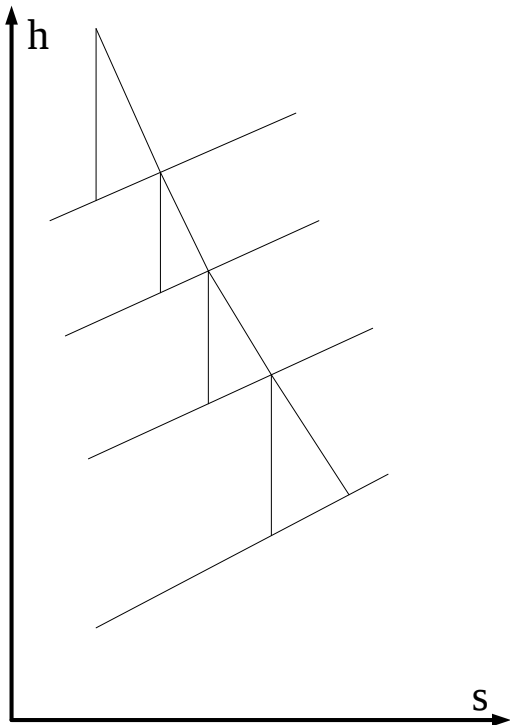
4.1 降低汽轮机单级焓降有利降低热源蒸汽参数

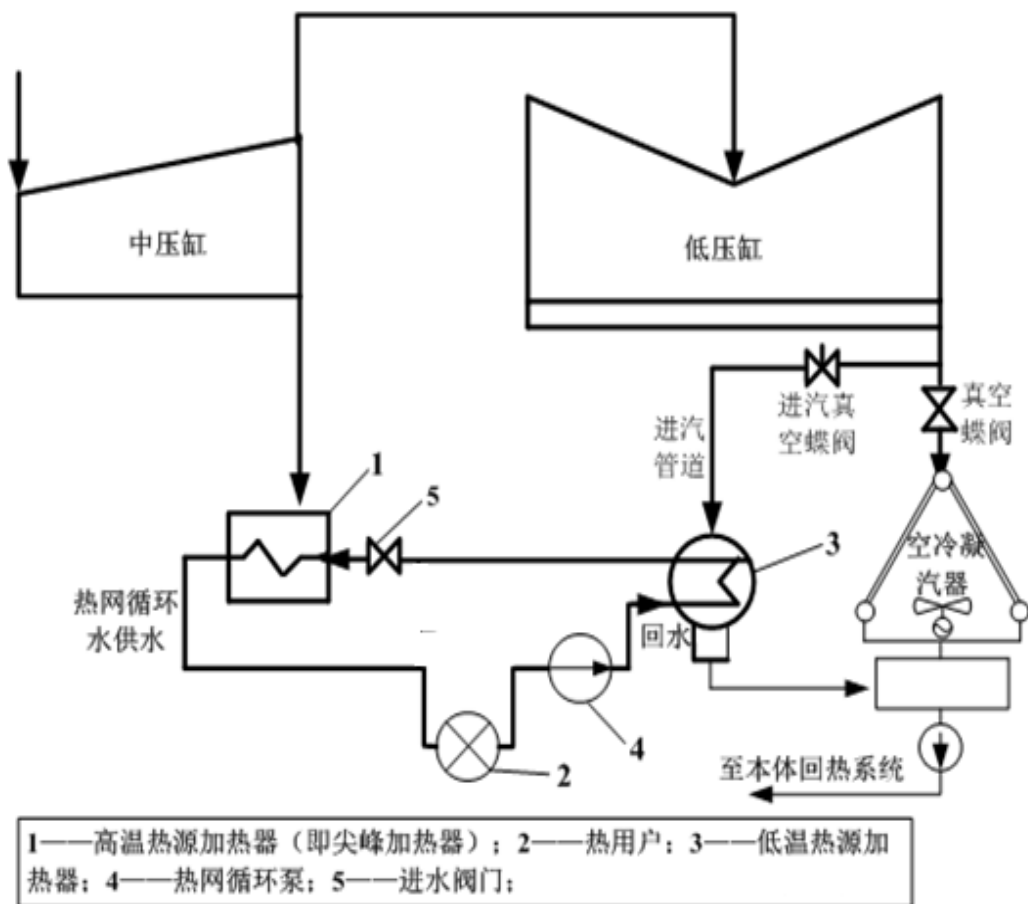
a、降低单级焓降，使整个汽轮机的级数增加，有利于供热蒸汽参数的选择。优点：可使供热分级进一步增加、有利供热系统优化设计；整机回热级数增加、提高机组运行经济性能。缺点：制造复杂、有可能使级间漏汽增加，在实际制造安装工艺控制过程中，如控制不好、有可能整体运行经济性没有提高或者下降。

b、增加供热抽汽级数以降低提质供热蒸汽参数，我国幅员辽阔，东、西、南、北气温差别很大，在采暖参数要求上也有差异，光靠汽轮机乏汽供热基本不能完全满足供热需求（背压汽轮机供热除外），在严寒季节必须提高供热参数满足用户需求，如果提质蒸汽参数跃升过高、就会形成很大的能源浪费，汽轮机单级焓降低就会使问题得到迎刃而解。

4、关于适应低位能供热技术汽轮机制造的思考

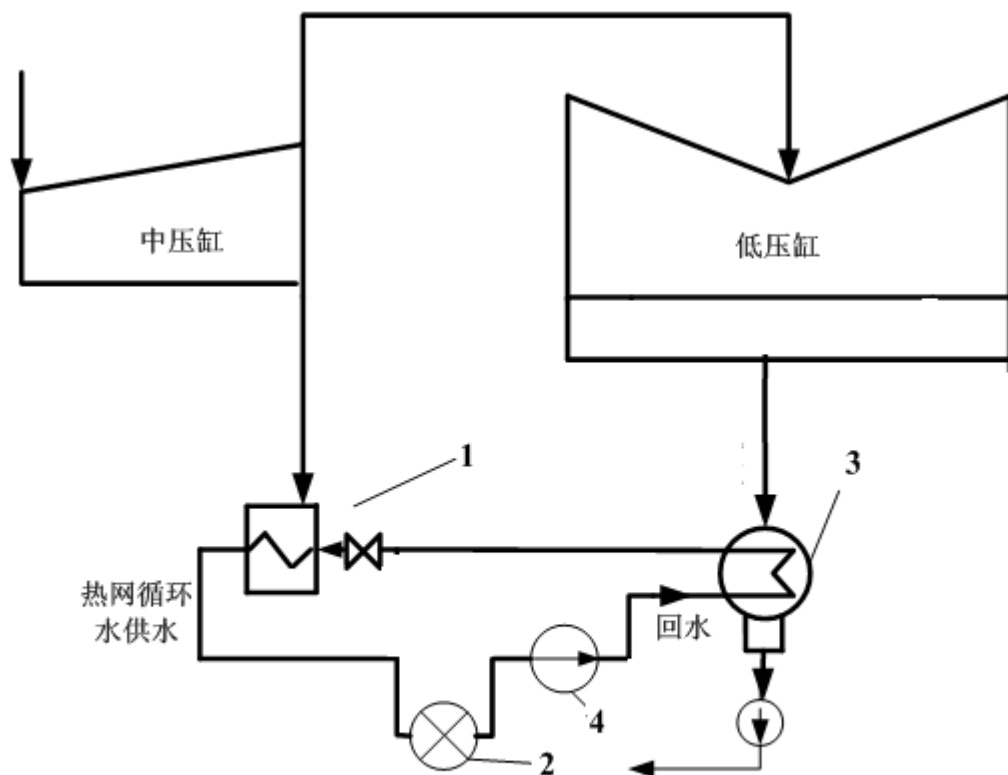
4.2 汽轮机级间焓降分配图（一般是4级或5级抽汽改进后考虑按6级或7级抽汽）





5、低位能分级供热技术简介

5.2 湿冷机组低位能分级混合加热优质供暖系统

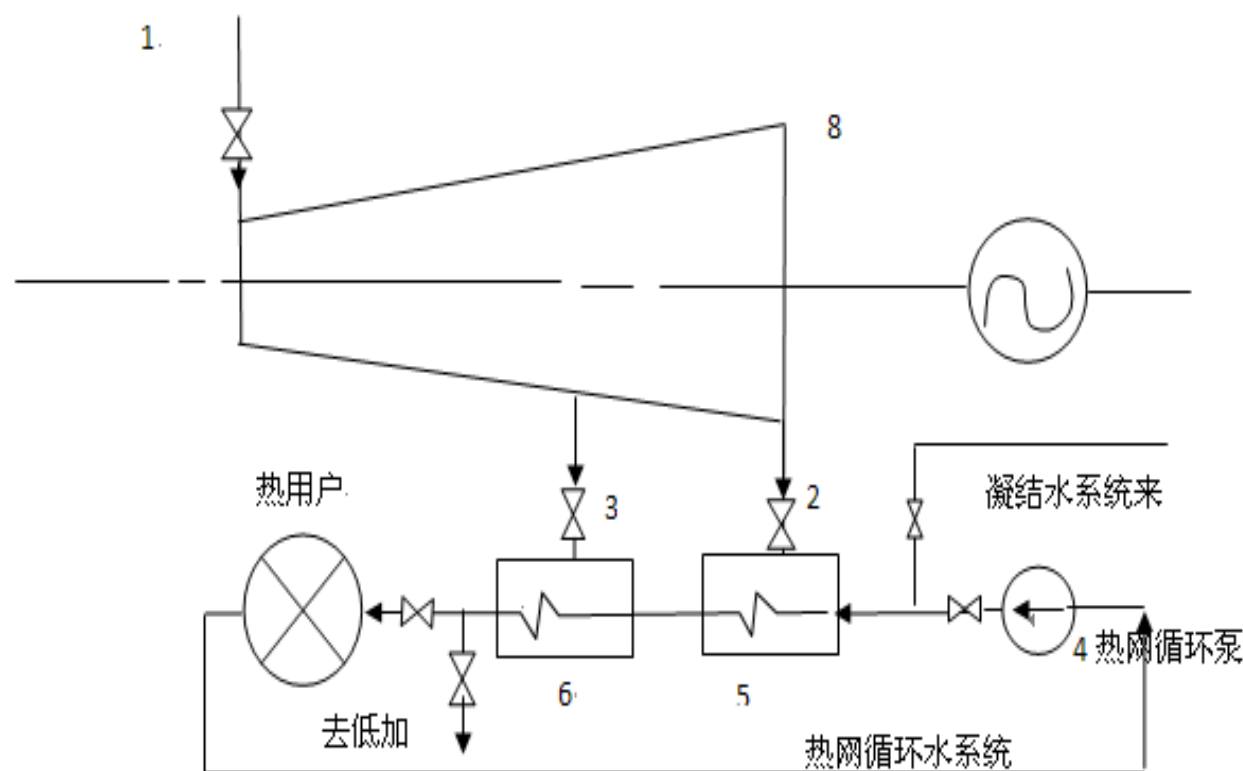


1——高温热源加热器（即尖峰加热器）；2——热用户；3——低温热源加热器；4——热网循环泵；

- 相比于常规中排直接供热系统，实现节约有用能**73%**左右。
- 在供热量足够大的条件下机组增加发电量**13%**左右、增加供热能力**30%**、机组没有冷源损失，供热期低压缸效率提高**5%—8%**，供热期单机发电煤耗下降**70克/千瓦时**以上。

5、低位能分级供热技术简介

5.3 研究成果三 “拖动与采暖多用途动力供暖系统”



►既满足发电厂风机、水泵拖动（驱动）所需动力，又能实现冬季采暖所需的加热热源，夏季纯凝发电加热凝结水并提高综合效率三个目标。

►平均供热蒸汽压力37KPa、温度81℃、供出的热水温度85℃以上，从系统中每供1公斤蒸汽的热量、与传统供热方式比多转换成动力能500千瓦、蒸汽的有用能损失减少62.1%。

►适用于机组容量大、供热规模小的在役机组，供热量在300—600万平方米的供热规模。

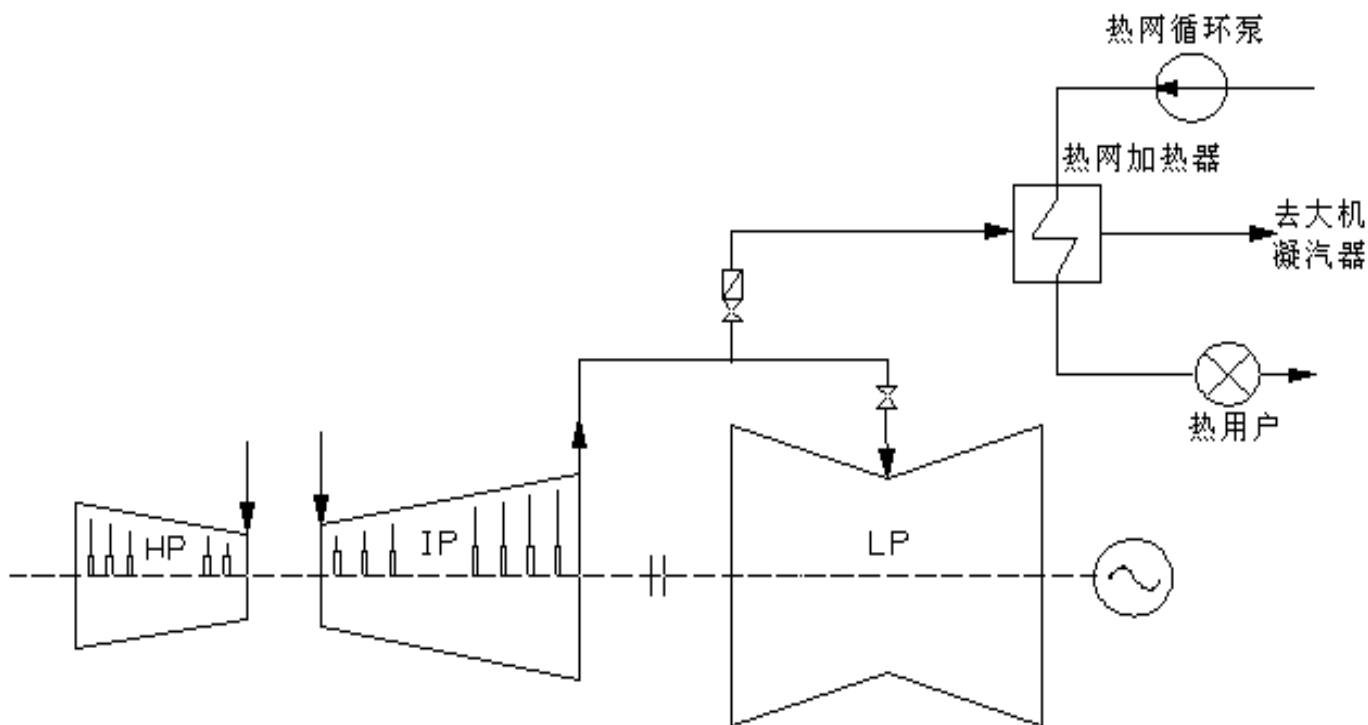
5、低位能分级供热技术简介

拖动与采暖多用途动力供暖系统技术先进性：

拖动与采暖多用途动力供暖系统。此系统及关键设备解决了长期连续运行的主要辅机汽动驱动小汽轮机的余热供热只能适应连续稳定的工业热负荷、不适应只有季节性需求的采暖热负荷的难题；双热源输出抽汽背压式小汽轮机实现了小汽轮机的排汽余热冬季供热、夏季回热加热凝结水的目标，达到蒸汽热能深度梯级利用，纯凝发电期低压回热蒸汽总量增加、相对热耗下降的目的。根据技术情报检索，此项技术是国际领先的具有先进代表意义的热电联产节能技术

5、低位能分级供热技术简介

5.4 研究成果四 “纯凝背压切换技术供暖系统”



与传统供热方式比，创新供热技术下的供热量增加**40%**以上，适应供热市场大而供热能力不足的改造，加热过程的损失并没有减少，冷源损失已减少到零

6、重点示范应用项目

6.1 古交供热改造项目

项目背景：太原市处于黄土高原高寒地区，**采暖期为151天**。截止2012年底，太原市现状建筑供热面积**1.46亿m²**，热电联产集中供热面积仅为**5500万m²**，热电厂供热能力远远不能满足需求，市内供热很大程度上依赖于小锅炉、工业锅炉及居民自家生火炉取暖。每供1GJ热量消耗标准煤55公斤、能耗高对市区的污染严重。

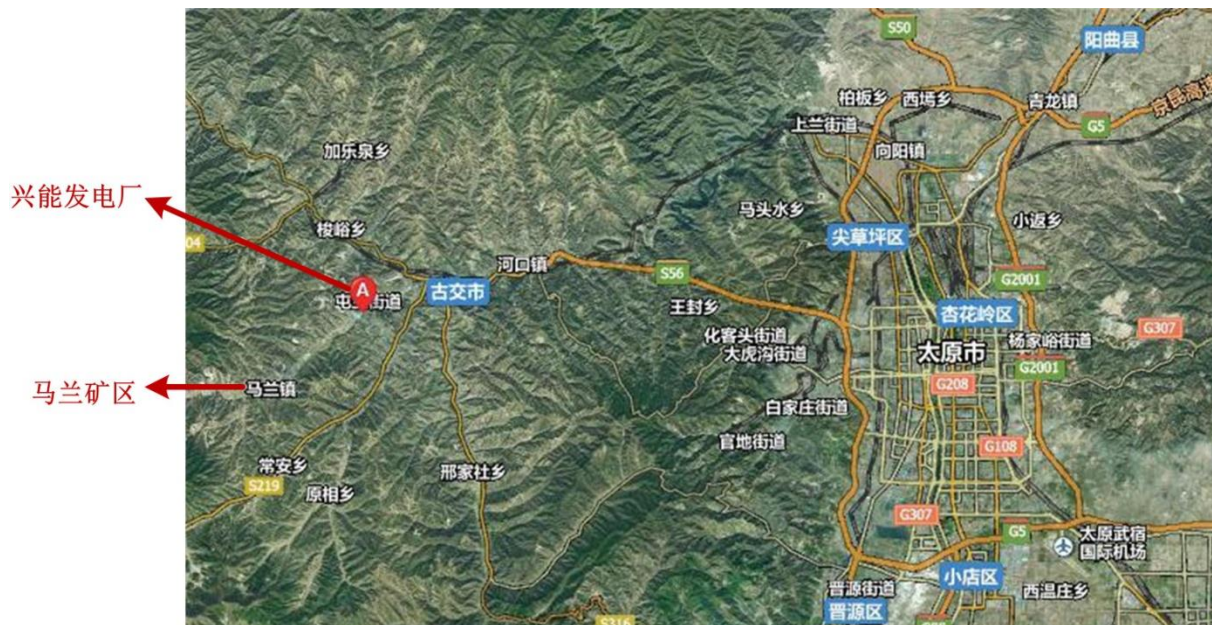
山西兴能发电有限责任公司为太原市规划的八个主要热源点之一，要求一期供热改造实施后，承担起对太原市、古交市及电厂周边矿区的供热任务，供热能力需达到4500万m²以上。

➤工程系统研发与集成：
北京国电蓝天节能科技开发有限公司（国电科学技术研究院北京分院）

➤工程设计：山西电力设计院光华公司

➤运行单位：由国电蓝天公司培训直接指导

➤合同能源管理总承包单位(出资方)：山西工业设备安装公司



6、重点示范应用项目

- **供热规模** 总计供热负荷为4045MW；是一个由六台机组、五个热用户构成的较为复杂的供热系统，是目前国内规模最大、距离最远、技术领先的供热工程；其中供热系统包括4台600MW机组及2台300MW机组；热用户则包括太原市、古交市、马兰矿区、屯兰矿区及厂区。

表1 太原市、古交市、马兰矿区、屯兰矿区供热面积

期限	供热区域	供热面积（万 m ² ）	热负荷 （MW）
近期（2015年）	太原(古交)市	4132	2190
	马兰矿区	131	117
	屯兰矿区	81	72
	电厂	\	25
	合计	4344	2374
远期（2020年）	太原（古交）市	7160	3795
	马兰矿区	162	135
	屯兰矿区	107	90
	电厂	\	25
	合计	7600	4045

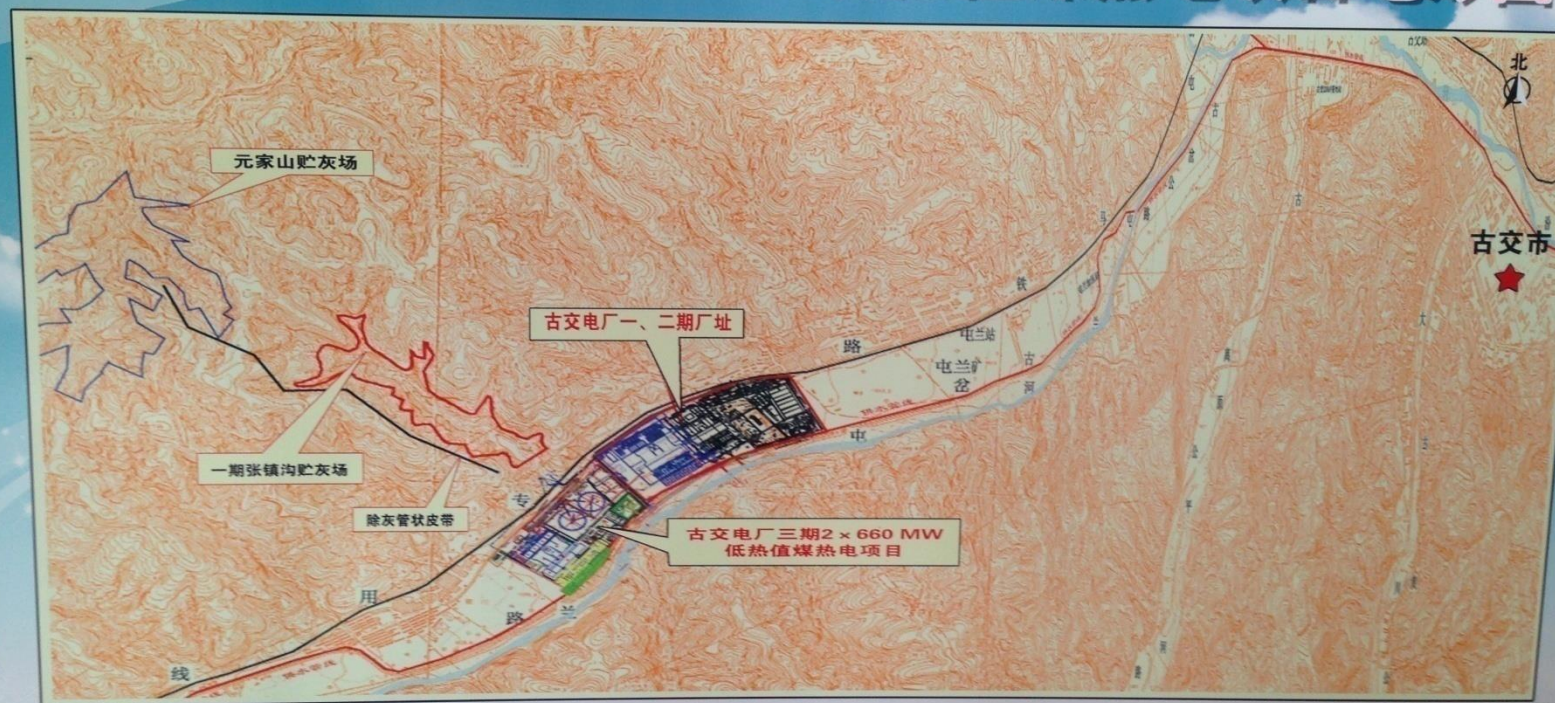
6、重点示范应用项目

改造方案：

- 依靠一期、二期机组进行供热通过梯级供热。对现有两台600MW和两台300MW的空冷纯凝发电机组进行低位能供热技术改造；通过汽轮机排汽余热的直接利用，解决传统技术机组供热能力不足、能耗高的问题。分别满足近程与远程热用户的需要，提高热网的输送能力。改造四台机组年供热能力达到2000万吉焦以上，三年内本地区具备集中供热条件的建筑使用面积达4500多万平方米。

6、重点示范应用项目

古交电厂三期2×660MW低热值煤热电项目地形图



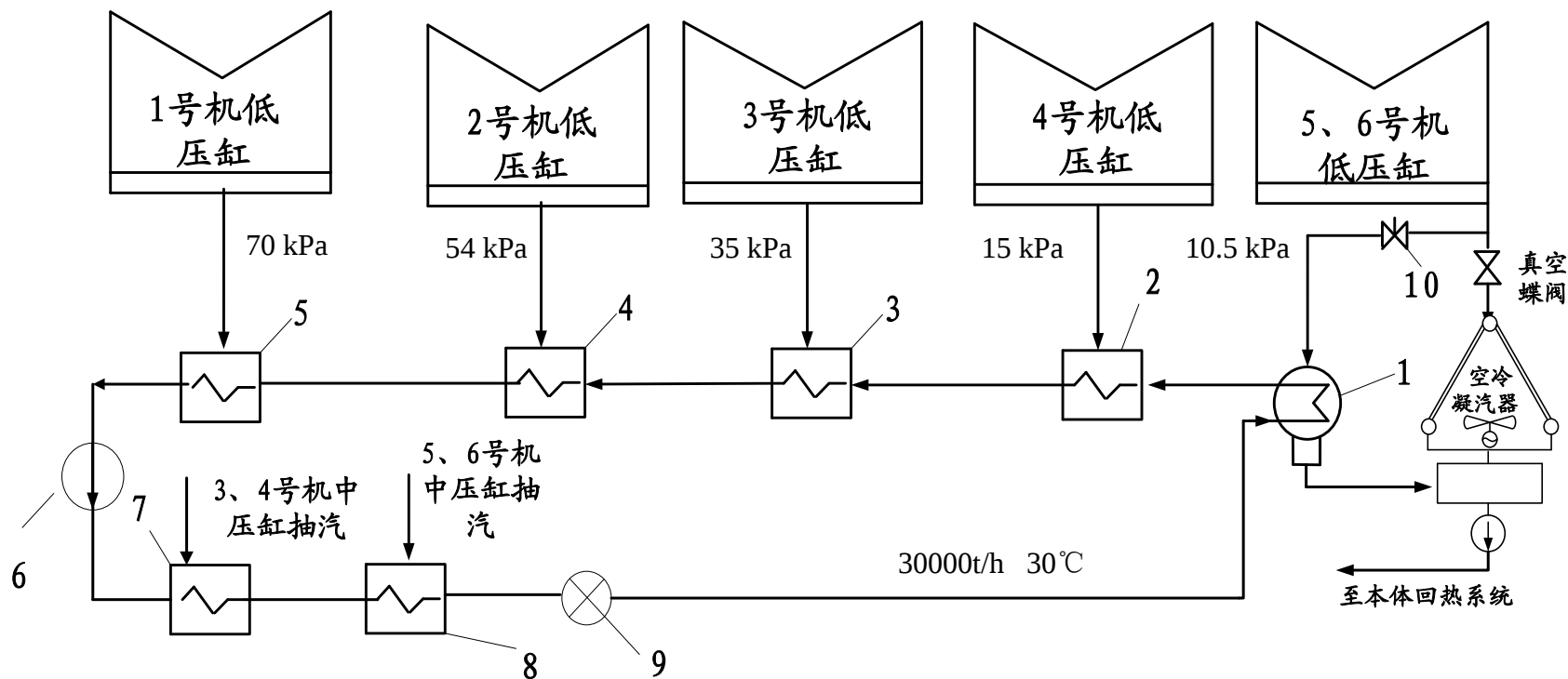
6、重点示范应用项目

● 项目创新点

- (1) **多级热源串联的分级加热系统**。大大降低了热源的平均温度，提高了供热系统的焓效率，具有巨大的节能潜力；针对供热期不同阶段的热负荷具有灵活的调节手段。
- (2) **低位能的直接利用**。通过汽轮机高背压优化设计和运行，以及二次换热站小温差传热技术，10公里范围全部实现了**低位能直接高效**利用。
- (3) **远距离大温差管网设计**。太原市供回水的设计温度为30/130℃；在太原市热用户终端采用热泵使热网回水温度降至30℃，实现了大温差技术与低位能供热技术的结合；这样既实现了热源点的大幅节能又大量节约了输送电力，（一次网供热距离为37.8 km，热源点比太原市中继能源站高180m。管网采用六级中继泵站输送）。

6、重点示范应用项目

古交项目供热流程图（严寒期）

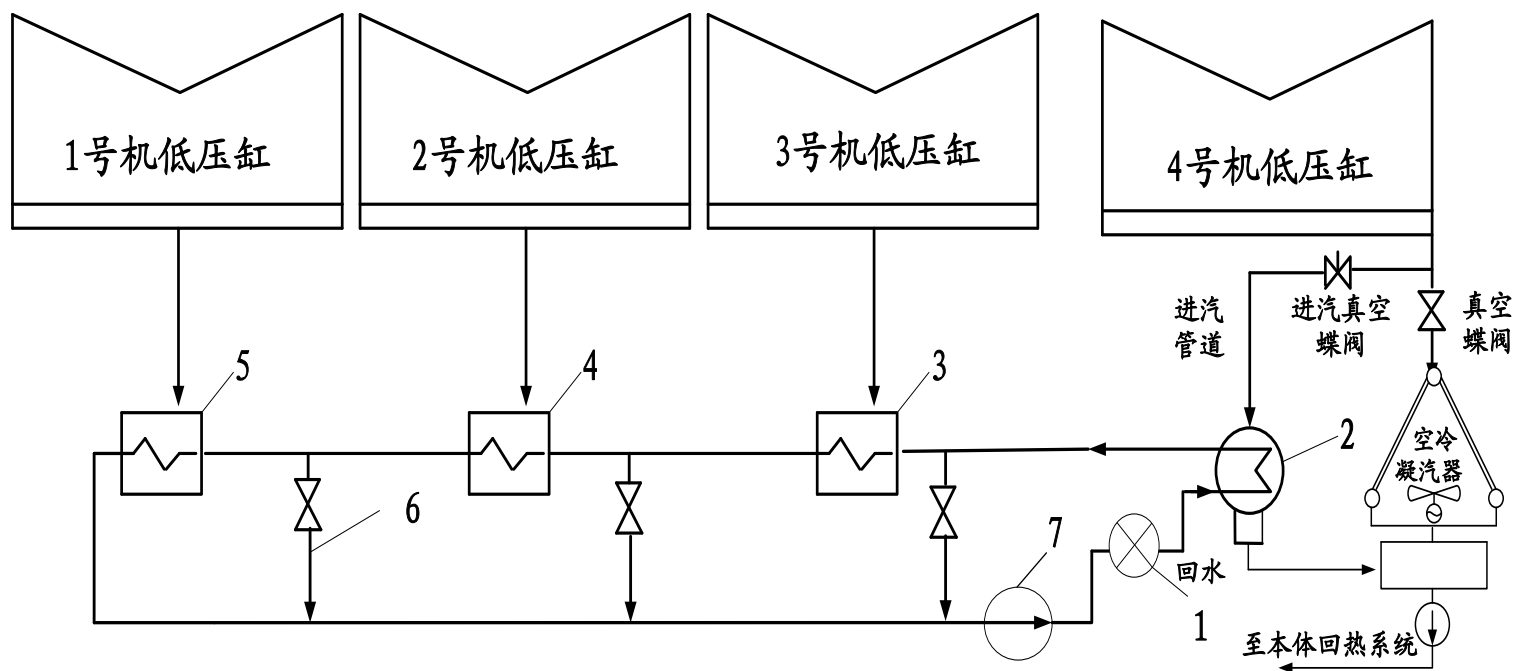


1—低背压凝汽器 2—常规凝汽器 3—次高背压凝汽器 4—高背压凝汽器 5—超高背压凝汽器
6—热网循环泵 7—二期尖峰加热器 8—三期尖峰加热器 9—热用户 10—抽汽真空蝶阀

在严寒期，乏汽将全部用于供热，机组冷源损失为零。

6、重点示范应用项目

古交项目供热流程图（初末期）



初末期采用3号机、2号机乏汽串联完成供热；**采暖中期采用4号机、3号机、2号机、1号机乏汽串联完成供热；**

1—热用户 2—常规凝汽器 3—一次高背压凝汽器 4—高背压凝汽器
5—超高背压凝汽器 6—旁路管道 7—热网循环泵

6、重点示范应用项目

低位能分级加热技术的性能指标

最大热负荷工况经济性能参数表

项目名称	单位	古交项目 (低位能技术)	古交项目 (抽汽供热技术)
全厂最大热负荷	MW	4045	2922
最大热负荷下的全厂电负荷	MW	2644	2479
最大热负荷工况供热系统焓效率	%	73.4	44.3

在汽机输入热量不变的前提下（即锅炉燃煤量不变），和传统的热电联产相比，古交兴能电厂采用低位能供热技术后，供热能力由2922MW增加至4045MW，增加了1213MW；在最大热负荷工况下，全厂电负荷由2479MW增加至2644MW，增加了165MW；最大热负荷工况下焓效率由44.3%增加至73.4%，增加了29.1%。上述数据说明，采用低位能分级加热技术后，可以同时增加机组的供热能力和供电能力。

6、重点示范应用项目

低位能分级加热技术的性能指标

近期全年平均供热工况经济性能参数表

项目名称	单位	古交项目 (低位能技术)	古交项目 (抽汽供热技术)
全年平均供热参数		0.072MPa，90.7℃	0.93MPa，354.6℃
全年平均焓效率	%	61.6	29.5
全年平均供热煤耗量	kg/GJ	7	24.9

古交电厂近期采用传统抽汽供热技术的供热参数为：0.93MPa，354.6℃；古交电厂近期采用低位能供热技术实现的供热参数为：0.072MPa，90.7℃；每公斤蒸汽的有用能可多转化为电能553kJ。

古交电厂近期采用低位能分级加热技术后，每供1GJ热量需要消耗的标煤为7kg标煤，比中排抽汽供热技术的煤耗量减小了17.9kg/GJ。

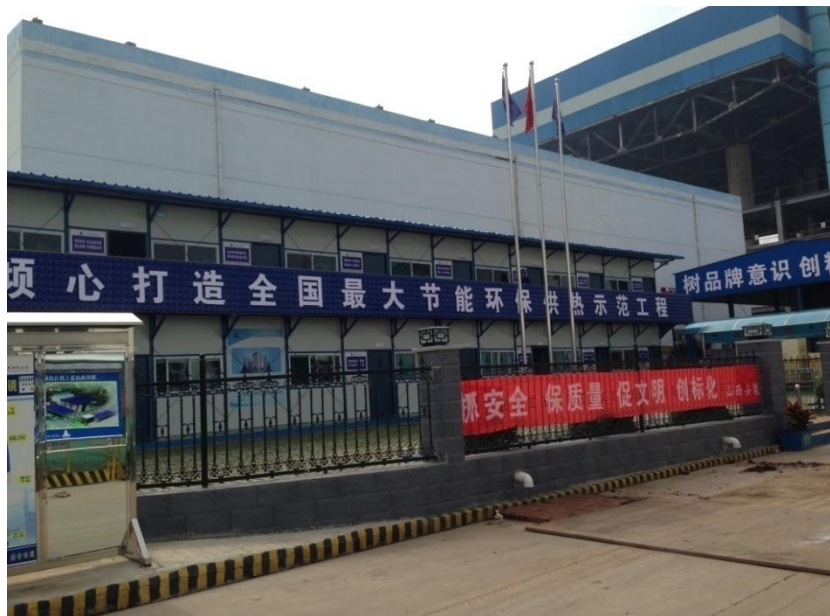
用电能每供1GJ的热量需消耗277.78kWh的电量，电厂煤耗率按0.33kg/kWh考虑，因此按有用能计算，用电能供热，每供1GJ热量需消耗标煤91.66kg。

以上的比较可以看出用高能级的电能去完成低能级的供热需求，代价相当大，所以能源的分级利用具有重大的意义。

6、重点示范应用项目

- 采用低位能供热技术后，近期供热季平均每供1GJ热量需要消耗7kg标煤；当三期机组供热后，远期供热季平均每供1GJ热量需要消耗10kg标煤；远期年供热量可以达到3672万吉焦，那么与现有的区域锅炉房供热相比，**年节约标煤量可达到146.9万吨左右，年二氧化碳减排387.8万吨左右；**
- 为了贯彻落实国家“十二五”节能减排规划，山西省提出节能减排降碳的具体目标为：2014—2015年，单位GDP能耗和单位GDP二氧化碳排放量逐年下降3.0%以上，**省千家企业逐年实现节能量400万吨标准煤；**
- 本项目的启动约可以完成山西省节煤量的36.7%，具有巨大的节能潜力。

现场施工图



6、重点示范应用项目

运行控制的重要意义

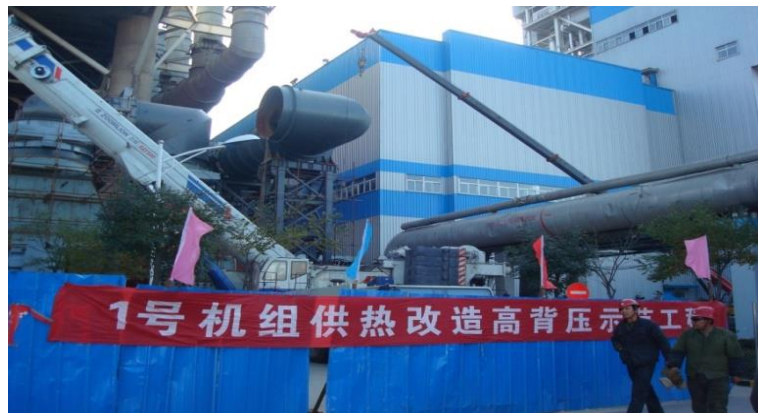
系统研发方案制定、关键设备研发制造很重要，具体的运行更重要。根据兴能供热改造工程的运行实践，低温热源加热器运行端差大小、是整个运行经济性的关键，在运行差的情况下、运行端差达到 10°C ，这一级的乏汽就无法利用，好的时候运行端差 1°C 以下，所以必须专业的运行团队，较高业务素质才能预期目标，中国电力企业联合会以委托我公司编写热电联产标准，我们在热源点的系统设计、设备选型、运行指标要求，分析控制等方面尽量做到详尽实用，预计年底和大家见面。

6、重点示范应用项目

工程应用 空冷机组低位能分级混合加热供暖技术

参数对比

低位能供热改造后，平均供热蒸汽压力119kPa,比改造前下降281kPa、温度112℃比改造前下降164℃、供热蒸汽焓值2699.43kJ/kg比改造前下降319kJ/kg，供水温度搭90℃以上，改造后每供1kg/s蒸汽的热量与传统供热方式比多转换成动力能319千瓦。



国电榆次热电厂330MW空冷机组

经济效益

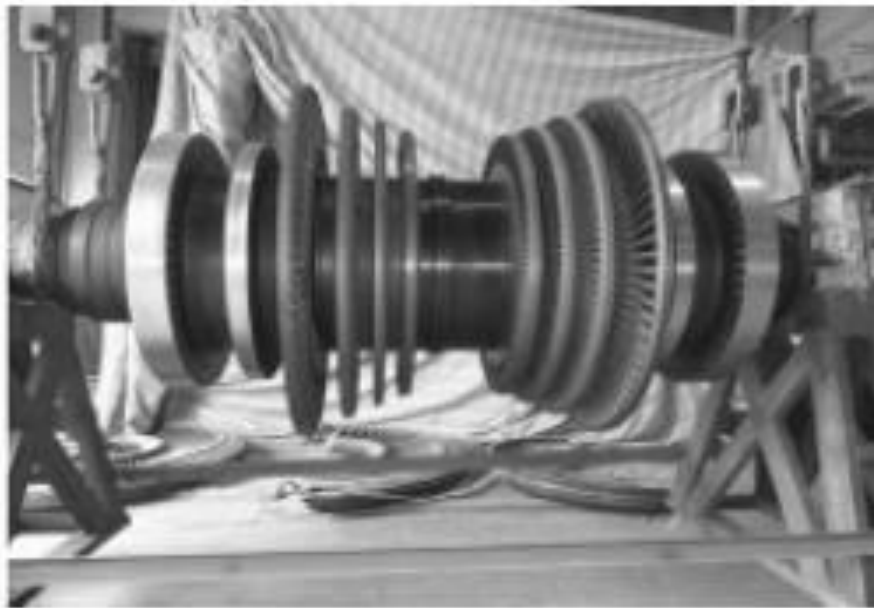
平均供电煤耗下降55.0g/kWh。折算到全年单台机组的供电煤耗下降27g/kWh，机组年上网量以 16×10^8 kWh计算，年节约标煤4.05万吨，二氧化碳减排约10.7万吨。

6、重点示范应用项目

工程应用 湿冷机组低位能 分级混合加热供暖技术

参数对比

改造后平均供热蒸汽压力45kPa、温度78℃，分别比改造前下降155kPa、163℃，供热蒸汽焓值由2954.8kJ/kg、下降到2640 kJ/kg，从系统中每供1公斤/秒的蒸汽热量、与改造前供热方式比多转换成动力能314.8千瓦。

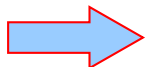


研制的新型低压转子应用于吉林
热电厂220MW湿冷机组

供暖期机组单机煤耗下降
106.4g/kWh以上，年总节煤
量8.02万吨，年减少二氧化碳
排放21.17万吨。

6、重点示范应用项目

工程应用 拖动与采暖多用途动力供暖技术



河南国电荥阳电厂600MW超临界#1机组、供热及引风机汽动改造工程

参数对比



经济效益

改造后，冬季采暖方式下，平均供热汽源**压力降到0.019MPa**、比改造前供热蒸汽压力降低了1.009MPa，平均供热汽源温度下降到54.42℃、比改造前中压缸排汽供热汽源**温度降低205.42℃**，改造后，热源蒸汽温度与热网循环水传热温差仅为4.62℃，而改造前传热温差为210.41℃，在供热量及供热品质不变的情况下，两种供热技术热源蒸汽**单位付出焓相比减少了661.69kJ/kg**。

改造后，机组的年平均厂用电率下降1.3%，每年**增加上网电量4290万kWh**。在纯凝发电方式下，通过回热系统的优化，机组的供电煤耗较变频方式下降0.74g/kWh，年节约标煤1702吨。供热期节约有用能70%以上。较中排供热方式煤耗下降4.8g/kWh，供热期节约标煤5760吨，**全年可以节约标煤7462吨，年减少二氧化碳排放1.97万吨**。

在热电联产领域拥有的专利技术，得到国家科技项目的支持



在热电联产领域已获授权的专利证书



主要成果获得2014年度中国电力科学技术奖一等奖

7、供热节能对国家整体节能减排战略影响

以中国国电集团为例

- 适用于低位能改造的机组有21台，年节约标煤132.1万吨；
- 适用于拖动与采暖多用途动力供暖改造的机组6台，年节约标煤11.5万吨。

社会经济效益	
每年新增发电量	9.073 亿度
每年总节煤量	143.6 万吨
每年总节煤效益	9.167 亿元
每年增加效益	11.633 亿元

应用证明1	
项 目 名 称	国电蒙东煤电一体化有限公司#1机汽动引风机联合供热节能改造项目
应 用 单 位	国电蒙东煤电一体化有限公司
通 讯 地 址	河南郑州市国电大道1号，邮编450199
应用成果起止时间	从2012年5月至2013年4月
经济效益（万元）	
年 度	2012—2013年度
新增产值（产量）	1883万元
新增利税（纯收入）	1522万元
年增收节支总额	1248万元
应用情况及社会效益：	
#1机结合采暖供热系统优化进行了汽动引风机改造，改造后机组的厂用电率下降1.3%，每年增加上网电量4280万kWh。 通过供热系统的优化，在纯凝发电方式下，机组的供电煤耗较变更前下降0.74g/kWh，纯凝发电方式下节约标准煤1700吨。冬季采暖方式下，机组的供电煤耗较变更前下降4.8g/kWh，采暖方式下节约标准煤5760吨。每年共可以节约标准煤17400吨。 改造后，经济效益可观，达到了预期的节能效果。	
应用单位：国电蒙东煤电一体化有限公司 2013年05月08日	

项目经济效益		单位：万元/人民币	
项目名称	2.87	回收率(%)	2.67
年份	新增销售收入	新增利润	新增税金
2012.05-2013.04	1883.00	1263.28	238.74
2012.05-2013.04	3272.50	4340.00	888.50
2012.05-2013.04	8.00	2149.00	480.00




总计 5355.50 7752.26 1587.24

经济效益的有关说明及各方认可的要素：

项目改造前，#1机全厂供热，改造后，#1机可以节约标准煤7462吨，标准煤单价700元/t计算，年增加上网电量4290 t/kWh，上网电价以439元/kWh计算，改造一台机组可节约投资4400万元，

（吉林热电厂#1机改造后，改造后，供热增加119万GJ，供热节约27.5元/GJ，每年可节约的标准煤8.02万吨，标准煤单价480元/t计算，改造一台机组可节约7800万元左右，

（吉林热电厂#1机改造后，改造后，供热增加119万GJ，供热节约27.5元/GJ，每年可节约的标准煤8.02万吨，标准煤单价480元/t计算，改造一台机组可节约7800万元左右，

（吉林热电厂#1机改造后，改造后，供热增加119万GJ，供热节约27.5元/GJ，每年可节约的标准煤8.02万吨，标准煤单价480元/t计算，改造一台机组可节约7800万元左右，

（吉林热电厂#1机改造后，改造后，供热增加119万GJ，供热节约27.5元/GJ，每年可节约的标准煤8.02万吨，标准煤单价480元/t计算，改造一台机组可节约7800万元左右，

（不超过400个汉字）

6. 社会效益与环境影响因素：

此次改造年节约标准煤27.2万吨，年一氧化硫减排量1.65万吨，粉尘减排量1万吨，年减少二氧化碳减排1.85万吨，每年节约标准煤39万吨，年一氧化硫减排1.9万吨，年减少二氧化碳减排19.8万吨，同时减少了二氧化硫减排量的排放，为节省国家减排资金额度，供热品质得到保障。

（不超过500个汉字）

应用证明2	
项 目 名 称	国电榆次热电有限公司#1机空冷机组低位能供热节能改造项目
应 用 单 位	国电榆次热电有限公司
通 讯 地 址	山西省晋中市榆次区工业基地榆次热电厂，030600
应用成果起止时间	从2012年5月至2013年4月
经济效益（万元）	
年 度	2012年度
新增产值（产量）	0万元
新增利税（纯收入）	2588万元
年增收节支总额	2149万元
应用情况及社会效益：	
#1机进行低位能供热改造后，#1机的供热能力提高了30%，采暖期的节能效果折算到#1机组上，单机组供电煤耗下降55.8g/kWh，折算到全年单台机组的供电煤耗下降了27g/kWh，机组年上网量以16×10 ⁴ kWh计算，年节约标准煤4.05万吨。改造后，经济效益可观，达到了预期的节能效果。	
应用单位：国电榆次热电有限公司 2013年05月08日	

7、供热节能对国家整体节能减排战略影响

- 截止2014年底，全国热电联产机组装机容量2.83亿千瓦，**年供热消耗标准煤量12247万吨**，其中采暖供热量约18亿吉焦。
- 项目成果在全国热电联产机组推广，年可新增采暖供热量5.4亿吉焦，新增供热面积约13亿平方米。
- 和传统抽汽供热方式相比，**年可节约标煤约4110万吨、减排CO₂约1亿吨**。
- 随着国家城镇化发展，预计需要增加集中采暖的人口约1.5亿人，采暖面积（包括办公、生产、居民）75亿m²，采暖量35亿GJ，按60%的人口采用集中供暖，需新增或改造为供热装机容量1.2亿kW，供热期发电量3456亿度，和传统供热机相比年节标煤3000多万吨。替代小锅炉年节约标准煤7000万吨。
- 新增和改造总节能量：**14000万吨以上**

7、供热节能对国家整体节能减排战略影响

北京市的热电联产和集中供热程度并不高，所以气体污染物排放也很大，利用周边现有火电机组低位供热技术远距离输送为北京市供热、是节能环保提高社会效益和企业经济效益的多赢选择，在北京周边**100公里**的范围内（非北京市界内）有现役的燃煤发电机组**3600MW**，可输出的低位能余热**4200MW**，达到年供热量**3825万吉焦**，可供**18800万建筑平米**的采暖供热，利用**蓟县2300MW**的火电机组可利用的余热**3000万吉焦**，为北京的顺义、朝阳区部分作为供热的基本负荷，余热的供热温度可达到**97℃**左右、送到用户端为**94℃**左右，全年供热期**90%**的时间段可以满足用户需求，可供建筑面积**12000万平方米**，在严寒期（**10%**的时间段）可利用现有的燃气锅炉作为尖峰加热，覆盖的人口大约**240万**左右；利用**三河市1300MW**的火电机组可利用的余热**825万吉焦**，为北京的通州区供热，可供建筑面积**6800万平方米**，覆盖的人口大约**137万**左右。

谢谢！

