



大唐东北电力试验研究所有限公司
Datang Northeast Electric Power Test & Research Institute Co.,Ltd

热电联产机组辅机蒸汽驱动 及平峰供热运行技术

大唐东北电力试验研究所
2015年 8月 郑州



提 要

背景、简介

一 辅机蒸汽驱动技术

技术背景、内容和应用分析

二 平峰供热运行技术

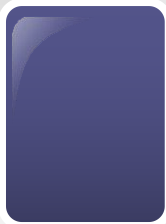
技术背景、内容和应用分析



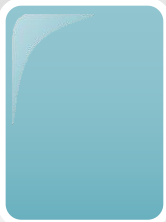
大唐东北电力试验研究所有限公司

Datang Northeast Electric Power Test & Research Institute Co.,Ltd

研究背景



在北方，随着城镇化建设的快速发展，冬季城市用热需求不断增加



热电联产机组发展迅速，目前东北区域热电联产机组装机容量已占火电装机总容量的**75%**



城市生活环境有待提高，城市日益增长的供热需求亟需满足

开展热电联产
机组节能综合
改造工作是非
常重要的



节能技术路线

- 现有热电联产机组采取的主要节能技术有：机组乏汽余热利用技术（热泵、高背压供热）、辅机蒸汽驱动技术以及平峰供热技术等，本文仅对辅机蒸汽驱动技术和热电联产机组平峰供热技术进行介绍，与各位专业人员分享交流。
- 一 辅机蒸汽驱动技术
- 二 平峰供热运行技术



一 辅机蒸汽驱动技术

1.1 技术背景

- 电力市场竞争日趋激烈，电厂需降低发电费用以提高竞争力
- 在目前电网调度和结算方式下，降低厂用电率是提高电厂整体盈利能力的重要选择
- 为降低机组厂用电率，电厂除积极开展变频改造以及辅机提效改造外，辅机蒸汽驱动改造也成为降低厂用电的发展趋势
- 由于热电联产机组辅机蒸汽驱动改造能够实现能量的梯级利用，在能源有效利用方面，热电联产机组的辅机蒸汽驱动改造更具优越性



一 辅机蒸汽驱动技术

1.2 技术内容

- 根据现场设备及工艺管道布置情况，采用小汽轮机取代电动机直接拖动水泵（热网循环水泵等）或异步发电机发电，以减少厂用电量达到节能目的
- 据汽源参数的选择和排汽方式的差异，热电联产机组辅机蒸汽驱动改造有三种方式：小汽轮机排汽至主机凝汽器，汽源采用采暖抽汽或更高参数抽汽；小汽轮机排汽至热网加热器，汽源必须采用高参数抽汽；小汽轮机汽源采用采暖抽汽，排汽至热网循环水系统
- 根据驱动设备的不同，改造可分为三类：抽汽驱动给水泵、采暖抽汽驱动热网循环水泵以及蒸汽驱动厂用汽轮发电机改造



一 辅机蒸汽驱动技术

➤ 1.2技术内容

- 小汽轮机排汽至主机凝汽器，汽源可采用采暖抽汽或更高参数的抽汽，系统布置情况如图1

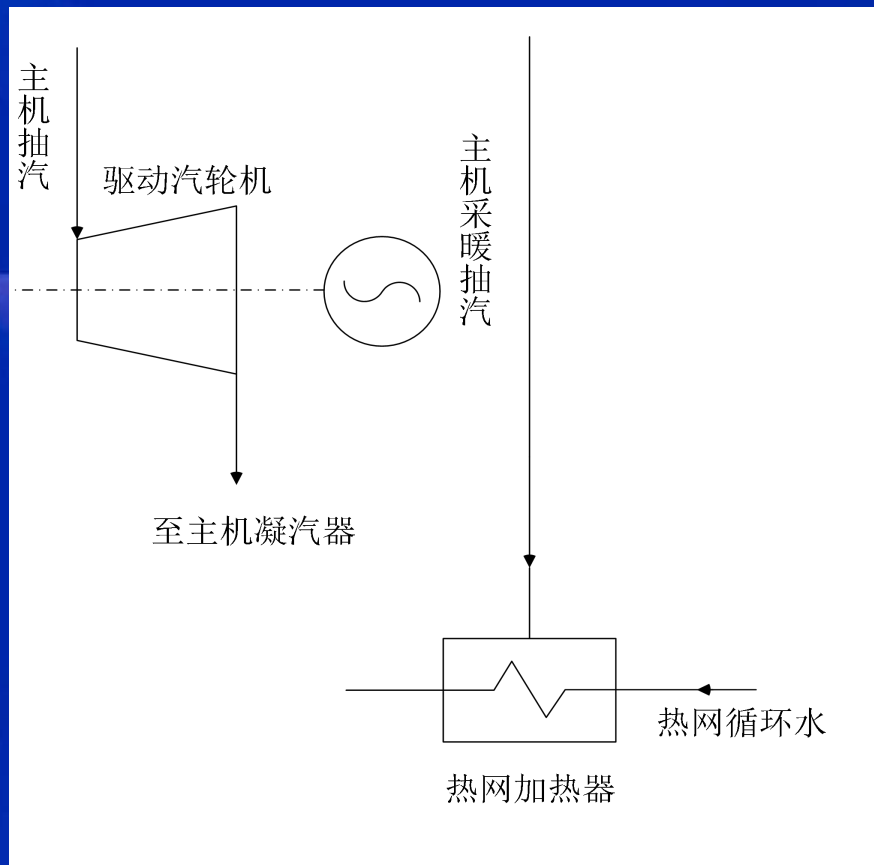


图1 小汽轮机排汽至主机凝汽器系统示意图



一 辅机蒸汽驱动技术

➤ 1.2技术内容

- 小汽轮机排汽至热网加热器，汽源必须采用高参数抽汽，系统布置情况如图2

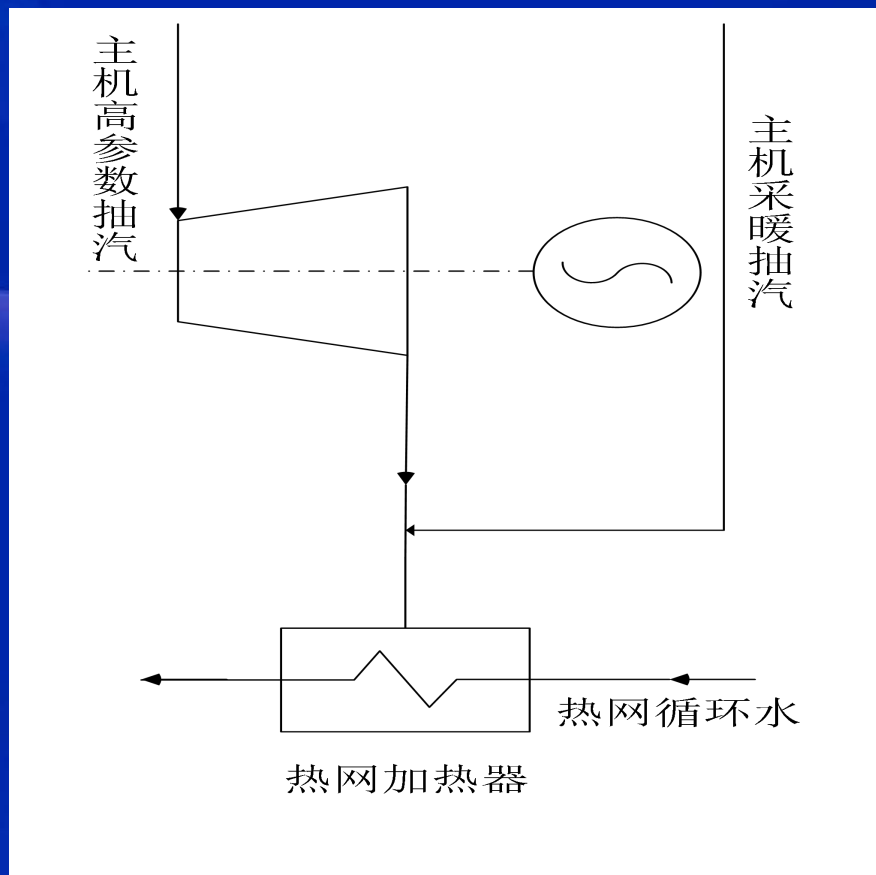


图2 高参数抽汽驱动旋转设备示意图



一 辅机蒸汽驱动技术

- 1.2技术内容
- 小汽轮机汽源采用采暖抽汽，排汽至热网循环水系统，系统布置情况如图3

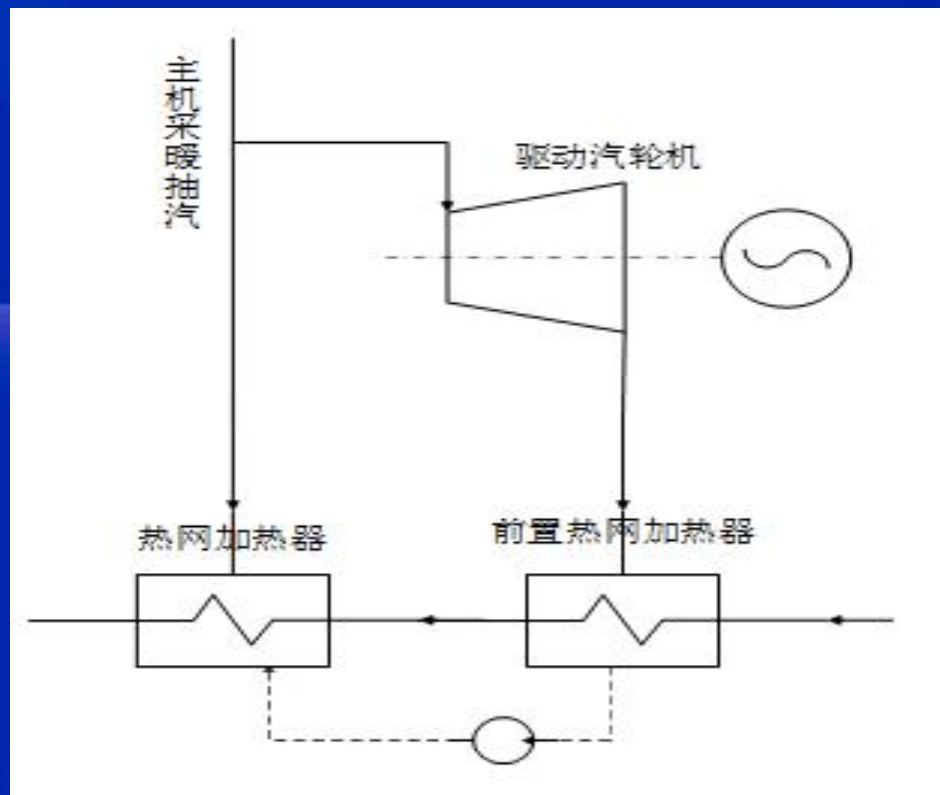


图3 采暖抽汽驱动旋转设备示意图



一 辅机蒸汽驱动技术

➤ 1.3应用情况

➤ 1.3.1给水泵改造

- 项目介绍：某厂1号汽轮机系哈尔滨汽轮机厂生产的超高压、一次中间再热、双缸、单排汽125MW汽轮机，2014年该厂对电动给水泵进行了蒸汽驱动技术改造。小汽轮机汽源取自主机再热蒸汽冷段，排汽排至主机凝汽器（或热网加热器），系统布置方案如图1所示。

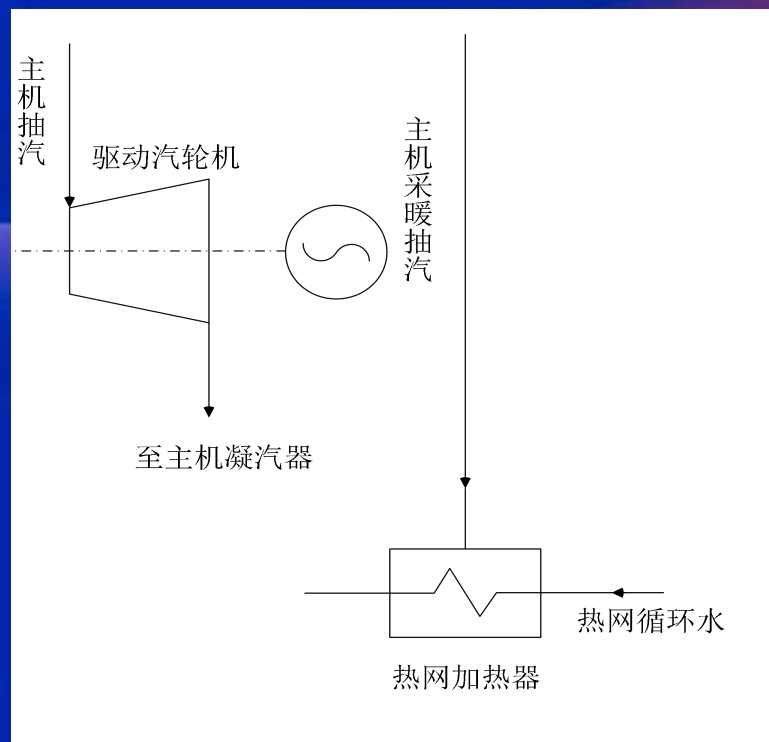


图1 小汽轮机排汽至主机凝汽器系统示意图



一 辅机蒸汽驱动技术

1.3.1给水泵改造

项目	单位	110MW		100MW		75MW	
		电泵	汽泵	电泵	汽泵	电泵	汽泵
发电机功率	MW	110.462	110.604	101.802	98.984	75.681	76.647
主蒸汽流量	t/h	352.908	365.214	327.900	324.792	236.298	250.442
高厂变有功功率	MW	9.209	6.795	9.087	6.559	8.490	6.314
厂用电率	%	8.34	6.14	8.93	6.63	11.22	8.24
试验热耗率	kJ/ (kW·h)	8793.55	9090.97	8892.49	9159.50	9022.41	9371.94
参数修正后热耗率	kJ/ (kW·h)	8542.17	8808.81	8628.73	8900.56	8915.01	9206.22
修正后发电煤耗率	g/ (kW·h)	328.87	339.13	332.20	342.67	343.22	354.43
修正后供电煤耗率	g/ (kW·h)	357.39	360.24	364.58	366.08	385.51	385.23
电泵耗电功率	kW	2299		2122		1770	



一 辅机蒸汽驱动技术

1.3.1 给水泵改造

- 按照项目经济效益：以100MW负荷试验工况为例，给水泵改造后机组发电煤耗增加10.47 g/ (kW·h)、厂用电率降低2.35%、供电煤耗率增加1.50g/ (kW·h)。
- 电价0.4179元/ (kW·h)、标煤单价471.47元/t计算，该机组给水泵进行蒸汽驱动改造后，年燃煤成本增加274.73万元，售电量增加收入546.58万元，改造所带来收益271.58万元。项目投资约300万元，2年内即收回投资。



一 辅机蒸汽驱动技术

➤ 1.3应用情况

➤ 1.3.2热网循环水泵改造

- 某厂3、4号汽轮机是北京北重汽轮电机有限公司制造的亚临界、一次中间再热、单轴三缸双排汽330MW汽轮机，2014年进行了热网循环水泵蒸汽驱动改造。小汽轮机汽源取自采暖抽汽，排汽排至新增的前置热网加热器。热网循环水回水首先进入前置热网加热器进行初步加热，然后进入热网加热器进一步进行加热，前置热网加热器疏水通过疏水泵回收至热网加热器疏水罐中，系统布置情况见图3。

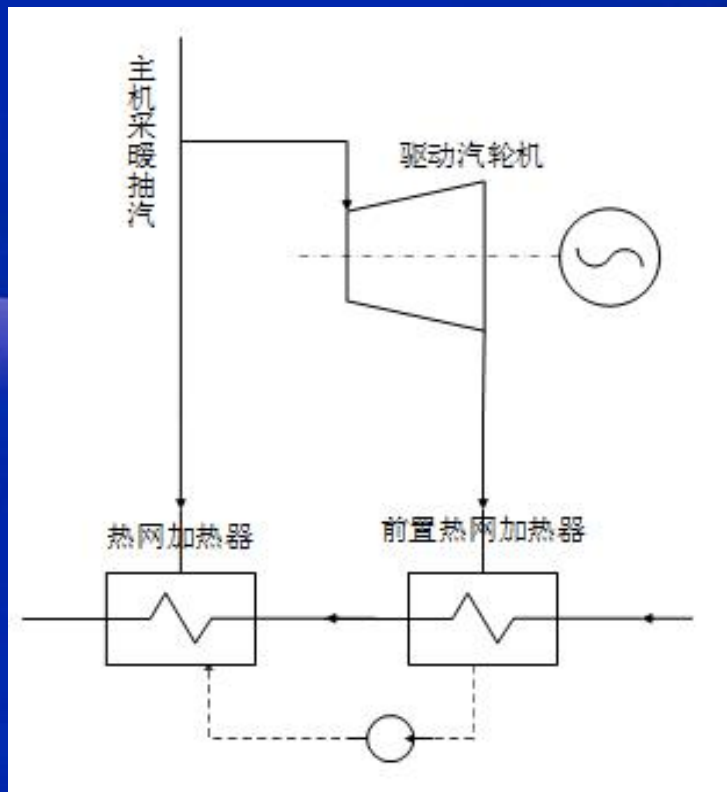


图3 采暖抽汽驱动旋转设备示意图



一 辅机蒸汽驱动技术

1.3.2热网循环水泵改造

项目	单位	供热初期	供热中期	供热末期
应用小汽轮机后增加的采暖抽汽流量	t/h	0.289	0.418	0.393
抽汽量增加导致机组供热期多耗煤	t	11.8	41.47	17.73
抽汽量增加导致机组供电煤耗率增加	g/ (kW·h)	0.06	0.09	0.09
供热期多耗煤费用	万元	0.57	1.99	0.85
节约厂用电功率	kW	1021.155	1764.681	1555.577
厂用电率下降引起的供电煤耗率降低值	g/ (kW·h)	1.56	2.69	2.37
热网循环水泵改造后机组供电煤耗总体降低值	g/ (kW·h)	1.49	2.60	2.28
多发电收入	万元	34.458	144.845	58.166
综合经济效益	万元	33.892	142.855	57.315
综合经济效益合计	万元	234.062		
增加上网电量折算燃煤减少	t	1968.49		
综合节约燃煤量	t	1897.50		



一 辅机蒸汽驱动技术

1.3.2热网循环水泵改造

- 项目经济效益：在一个采暖期热网循环水泵改造后机组发电煤耗增加0.08g/(kW·h)，厂用电率降低0.69%、供电煤耗率减少2.12g/(kW·h)；电厂可获得234.062万元经济效益，在保持上网负荷及供热负荷一定的情况下，可节省燃煤近1900t。
- 项目投资约800万元，4年内即可回收投资。



一 辅机蒸汽驱动技术

- 1.3应用情况
- 1.3.3厂用汽轮发电机改造
- 项目介绍：某厂1号汽轮机为哈尔滨汽轮机厂生产的超临界660MW凝汽式汽轮机，2014年该厂对1号汽轮机进行了供热改造，同时增加了一台4000kW厂用汽轮发电机，所发电量并入高压厂用电系统，汽轮机汽源取自采暖抽汽，其排汽加热网循环水，系统布置情况见图3。

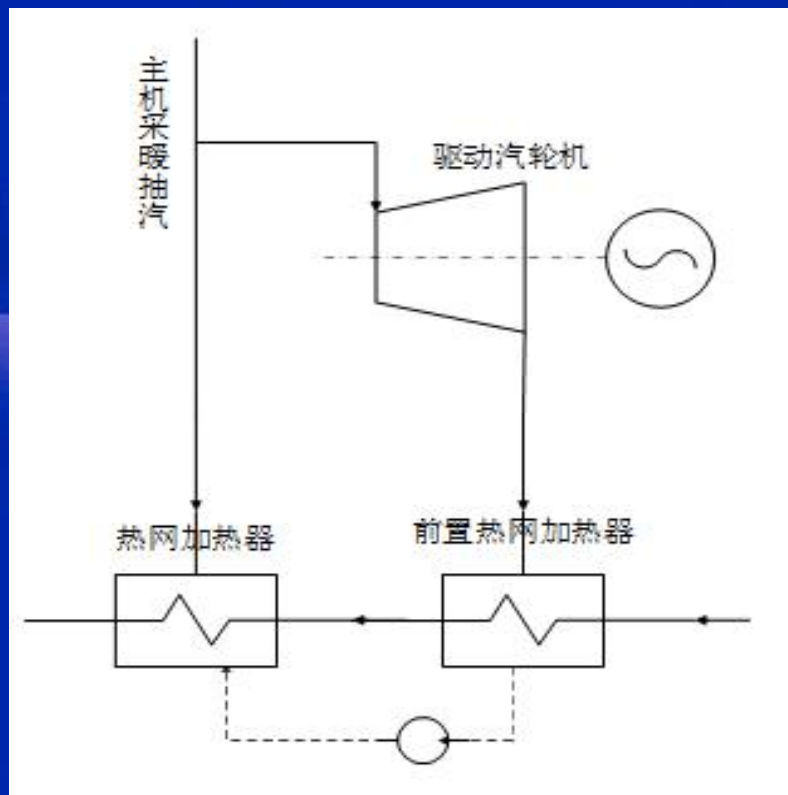


图3 采暖抽汽驱动旋转设备示意图



一 辅机蒸汽驱动技术

➤ 1.3.3厂用汽轮发电机改造

项目	单位	供热初期	供热中期
主机发电机功率	kW	345180	341047
小机发电机功率	kW	3624.33	3575.87
应用小汽轮机后引起的厂用电率下降值	%	1.050	1.048
小汽机用汽量	t/h	47.87	47.66
应用小汽轮机后增加的采暖抽汽流量	t/h	4.756	4.710
抽汽量增加导致机组供电煤耗率增加	g/ (kW·h)	0.38	0.38
应用小汽轮机后厂用电率下降引起的供电煤耗率降低值	g/ (kW·h)	3.36	3.36
应用小汽轮机后引起的供电煤耗率总降低值	g/ (kW·h)	2.98	2.98
综合经济效益	万元	524.8	
节约燃煤量	t	4205.4	



一 辅机蒸汽驱动技术

1.3.3 厂用汽轮发电机改造

- 项目经济效益：厂用汽轮发电机投入运行后，机组厂用电率降低**1.049%**，机组供电煤耗降低**2.98 g/（kW·h）**。
- 项目投资**1000万元**，**2年内**可回收投资。



一 辅机蒸汽驱动技术

1.4结论

- 采用蒸汽驱动辅机或拖动异步发电机带部分厂用电，对电厂而言是有一定的经济效益的。但对社会而言，是否节能还需要进一步论证。
- 通过理论分析和实践证明，对于热电联产机组进行辅机蒸汽驱动是否节能取决于**汽源参数和排汽方式**的选择上，小汽轮机汽源参数只要高于采暖抽汽参数或其排汽至主机凝汽器，项目就是不节能的。
- 只有选择**采暖抽汽作为小汽轮机汽源**，并且排汽被有效的利用（用于加热热网循环水），才能实现真正意义的节能。



一 辅机蒸汽驱动技术

1.5 应用前景

- 综合考虑：场地布置情况、采暖抽汽参数
- 对于纯凝改供热的机组，由于采暖抽汽参数相对较高，并且供热改造需要新增厂房，建议考虑进行厂用汽轮发电机的改造
- 对于原设计为供热机组的电厂，由于采暖抽汽参数较低，并且受原厂房空间的限制，建议进行热网循环水泵蒸汽驱动改造



二 平峰供热运行技术

➤ 2.1 技术背景

- 在实际供热中，热电联产机组在采暖初末期所承担的热负荷并不很高，其供热能力没有得到充分利用。
- 开展热电联产机组平峰供热运行研究，解决限制机组供热能力发挥的问题，优化配置热电联产机组与调峰锅炉的热负荷具有重大意义。

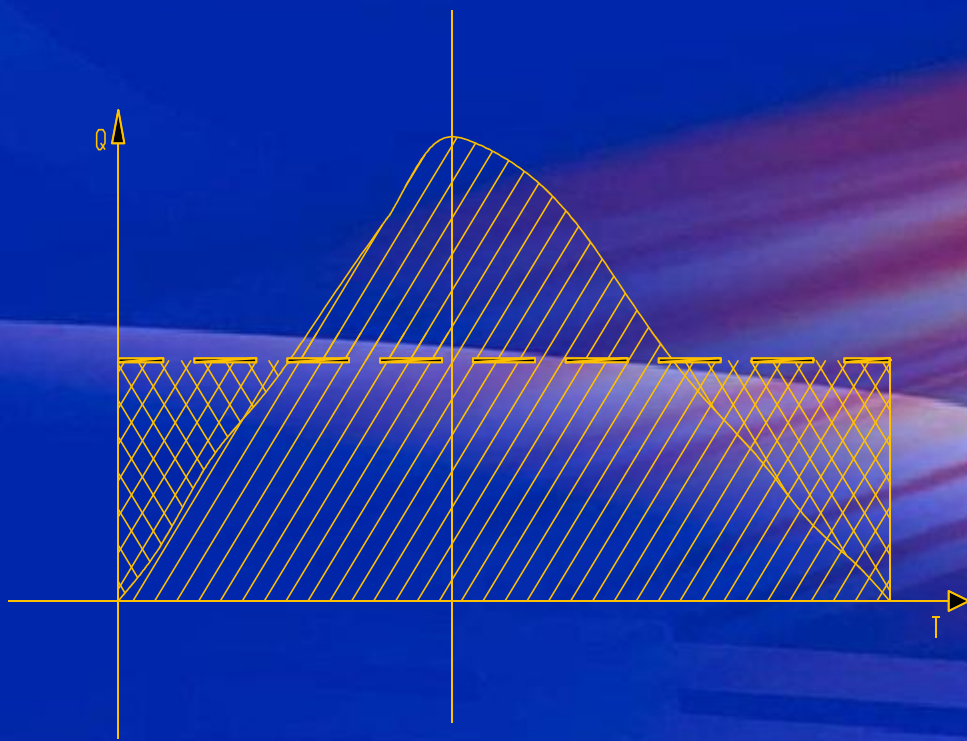


图4 热电联产机组在城市供热的供需关系曲线



二 平峰供热运行技术

2.2 技术内容

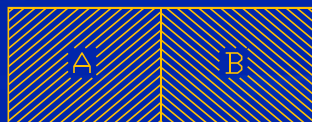


图5

- 图5是原来热电联产运行模式（A代表热电厂供热区域，B代表调峰供热区域）。此时的热化系数一般为0.5-0.6之间。基本上电厂和调峰炉各负责一半的供热面积。该种模式缺点是在采暖初末期电厂热量消纳不掉，即供热区域受限原因。



图6

- 图6采用新的运行模式，即以采暖初末期时负荷确定的供热面积，供热范围比原来运行模式面积增大三分之一左右，此时热化系数约为0.3左右。故此，还用既有热电厂来供热，其所供热的范围变大，即要求这种模式的联合供热管网区域比原来模式大。



二 平峰供热运行技术

2.2 技术内容

- 采用平峰供热模式的边界条件：

城市中的热电厂供热管网与城市集中供热的供热管网**必须联通**且有**相互独立运行**的保障机制。

- 首先确定机组供热能力和实际热负荷需求的差异，并根据供热指标确定可替代的供热区域。
- 然后，将热电联产机组供热二次管网与集中锅炉供热管道相连接，在采暖初末期原集中锅炉房供热负荷由热电联产机组提供，集中锅炉处于备用状态，在采暖中期锅炉运行保证该区域的供热。



二 平峰供热运行技术

2.2 技术内容

- 面临的问题：一是项目实施后机组所替代的供热区域社会责任主体由谁承担的问题。二是供热成本问题。
- 解决方法：一为消除热电厂供热安全顾虑，明确在采暖初末期由热电联产机组所替代供热区域的社会责任主体不变，仍然由热力公司承担，集中锅炉随时备用。二，就目前而言，因热电厂售热有一定的利润空间，且低于热力公司集中锅炉供热运营成本，供热质量优于集中锅炉，因此热电联产机组实施平峰供热，对供热双方即电厂和热力公司均有经济效益。



二 平峰供热运行技术

2.3应用分析

- 某热力公司热源主要由两个热电厂（A厂、B厂）和分散集中锅炉房构成，其中热电厂供热管网与集中锅炉供热管网是相互独立的系统。2014年该热力公司对其部分集中锅炉供热系统进行了改造，将热电厂二次网管道与集中锅炉房供热管道连接，替代集中锅炉进行供热。项目总投资510万元。
- A厂在2014年10月至2015年4月期间，机组实施平峰供热，共计转供热量31万GJ，使全厂供电煤耗下降1.73g/(kW.h)；转供每GJ的利润为2.5元，电厂整个采暖周期内通过转供热量创造利润为77.5万元；由高效电站锅炉替代低效集中锅炉，在整个供热期社会可节约标煤982.81吨。



二 平峰供热运行技术

2.3应用分析

- B厂在2014年10月至2015年4月期间，机组实施平峰供热，共计转供热量131万GJ，使全厂供电煤耗下降9.22g/(kW.h)；转供每GJ的利润为2.5元，电厂整个采暖周期内通过转供热量创造利润为327.5万元；由高效电站锅炉替代低效集中锅炉，在整个供热期社会可节约标煤4470吨。
- 热力公司在整个采暖期间转供热量共计162万GJ（A厂+B厂），按照销售热价34元/GJ，购买热价27.5元/GJ计算，每GJ转供热量的利润为6.5元，热力公司整个采暖期间通过转供热量创造利润1053万元。



二 平峰供热运行技术

2.4应用前景

- 2015年，对区域内供热机组的供热能力和实际供热情况进行调查和核算，发现机组供热能力远远大于其实际供热负荷。一些热电厂机组实际供热负荷在供热初末期仅为其供热能力的30%，在供热中期也仅达到其供热能力的50%，机组供热能力没有得到充分的发挥。
- 如供热机组额定供热能力能够被有效的利用，机组热电比将提高10~20GJ/(万kWh)，机组供电煤耗下降17.5~35g/(kW.h)。因此，积极推广供热机组平峰供热运行，有显著的经济效益和社会效益。



大唐东北电力试验研究所有限公司

Datang Northeast Electric Power Test & Research Institute Co.,Ltd

谢谢！
请各位专家指正！