



THE CHINA SUSTAINABLE ENERGY PROGRAM

中国可持续能源项目

上海热电联产政策研究



上海市节能监察中心

2002年8月

## 目 录

前言	1
第一章 总则	4
一、项目的研究目的范围	4
二、项目研究方式	4
三、项目的成果	4
四、项目成果的受益者	5
五、项目的社会效益	5
第二章 上海热电联产的现状、发展方向和必要性	7
一、上海热电联产的现状	7
二、上海市热电联产的发展方向	8
三、上海发展燃气热电联产的必要性	9
第三章 燃气热电联产经济环境的模型分析	14
一、本市天然气价格及变化趋势	15
二、本市目前电力价格现状和变化趋势	15
三、分散燃气锅炉供热成本分析和现有集中供热热价情况	18
四、400 千瓦级燃气内燃机经济分析	20
五、4000 千瓦级燃气轮机经济分析	24
六、5 万千瓦级燃气联合循环热电联产经济分析	27
七、提高燃气热电联产上网电价竞争性模型分析	33
八、分析结论	35

第四章 欧美热电联产经验 .....	37
一、美国的经验 .....	37
二、欧盟的经验 .....	40
三、结论 .....	44
第五章 清洁热电联产在上海发展的障碍分析和政策建议 .....	46
一、提高电力上网的燃气热电联产企业的市场竞争性 .....	47
二、通过实施环保政策来促进热电联产的发展 .....	52
三、促进自备小型热电联产机组的发展 .....	55
四、鼓励支持建立行业协会促进热电联产的发展 .....	56

## 前 言

热电联产是一项能提高能效而且同时产生热和电的技术。热电联产不是一项新的技术，它随着火力发电厂的诞生而存在，并且其技术也一直在进步，热电联产英文名称叫 Combined Heat & Power(简称 CHP)，还有一个专用单词叫 Cogeneration。

大型的集中式的燃煤发电模式综合能效为 30-40%。上海目前平均发电效率为 37%左右，而先进的燃煤发电机组其最高发电效率可达 45-50%，燃天然气的联合循环发电机组的发电效率可达 55%。单纯发电的电站通过大型的冷却塔，将约 60—40%能量作为废热给释放掉了。另外，电能从电厂输送到用户还有一定的损失，称线损，上海目前的线损率在 6%左右。

我们把能对发电过程中所产生的废热加以利用的技术称之为热电联产，热电联产的综合能效最高可达 90%以上。一般来讲，热电联产机组同热电分供（即电网供电和锅炉供热）相比，能源利用率可提高 15-40%。

传统的热电联产的供热形式是蒸汽轮机的中间抽汽和背压；现在欧美国家大量应用的是燃用天然气的内燃机、燃

气轮机或者联合循环热电联产机组，他们通过合理利用高温烟气的余热来供热，内燃机组还可以进一步利用气缸夹套冷却水和润滑油冷却水的热量来供热，我们统称这三种形式的热电联产为燃气热电联产。目前世界上还出现了燃料电池热电联产和光伏热电联产系统。热电联产应遵循的最主要、最基本的一条原则就是，系统应以满足实际热负荷的需要为基础，使热电厂的综合能源利用效率最优化。热电联产系统的用户可以是一幢独立的建筑物、一家工业企业或是一个有着集中供热/制冷需求的区域。

上海是中国最为发达的城市之一。上海市政府决心使上海成为我国最适宜居住和发展的城市之一。扩大天然气在上海的使用是上海优化能源结构的主要措施之一。现在上海的日天然气消耗量是 120 万立方米，在整个城市的能源消耗比例中仅占了很小的一部分，气源主要来自于东海。在不久的将来，中国西部地区、东海平湖将有大量的天然气输往上海，也许还会有进口的液化天然气。有关部门规划到 2005 年，上海的天然气的年消耗量要达到 30 亿立方米。我们如何才能充分地利用好这些天然气呢？清洁的（燃气型的）热电联产将是一种解决方案。

本市的热电联产与集中供热相结合，经过 40 多年的发展，已初具规模。目前热电联产的装机容量已超过全市发电装机容量的 17%。但是，本市的热电联产机组绝大部分是燃

煤锅炉+蒸汽轮机机组。因此，在上海推广采用燃气型（天然气）的热电联产将显得十分必要。

我们国家历来十分重视热电联产的发展，历年来已颁布了一系列鼓励和支持热电联产的政策和法规。但是不可否认，上海还存在一些阻碍燃气热电联产发展的障碍。燃气热电联产要在上海得到推广应用不单纯是一个技术问题，主要是政策环境问题。我们相信在上海地区这个层面进行热电联产政策的研究，必将有助于推动其在上海的应用。

接受美国能源基金会的资助，上海市节能监察中心组织包括政府、咨询公司、电力公司、环保部门、设计院所以及热电用户和热电联产投资方的有关领导和专家，一同致力于上海发展热电联产的政策研究，提出了一些促进清洁热电联产在上海发展的政策建议。

## 第一章 总 则

### 一、 项目的研究目的范围

本课题的目的是从经济、政策的角度出发，客观地分析研究评价上海热电联产的现状和发展障碍，并提出需进一步完善的政策框架，目的是为政府制定发展热电联产政策提供决策建议。

研究范围是满足下列条件的清洁热电联产：

- 以热定电
- 能源利用率最优化
- 环境污染最小化

### 二、 项目研究方式

通过召开专家研讨会，收集资料，现场调查，模型分析等形式来开展本课题的研究。

### 三、 项目的成果

项目得到了如下一些主要研究成果：

- 建立了一套热电联产经济环境分析模型。

- 为增加经济效益,提出燃气热电联产参与电力调峰的建议。
- 为减少燃料成本,提出燃气热电联产发电厂成为可中断用户的建议。
- 建议成立热电联产协会。
- 建议制定热电联产企业上网和并网的可操作和透明的许可程序。
- 建议促进本市燃气热电联产设备制造产业化。
- 建议尽早实施电厂二氧化硫指标交易。
- 电力改革和重组过程中,要给予热电联产足够的重视。

#### 四、 项目成果的受益者

本市有关热电联产主要政策决策者如下所示,课题的研究得到了他们支持,课题的成果将作为他们决策的依据。

- 上海市经济委员会
- 上海市发展计划委员会
- 上海市物价管理局
- 上海市环保局

#### 五、 项目的社会效益

课题的研究成果将提供给本市有关热电联产的政策决



策者，促进制定热电联产的有关政策，来达到如下的社会效益：

- 提高能源利用效率；
- 减少排污，尤其是对温室气体之一的 CO<sub>2</sub> 的减排，还有 SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub>；
- 支持国家“西气东输”工程；
- 减少成本开支，提高工业和商业企业的竞争力；
- 有助于提高电力供应的安全性；
- 吸引更多的人参与热电联产的发展；
- 增加投资和更多的就业机会。

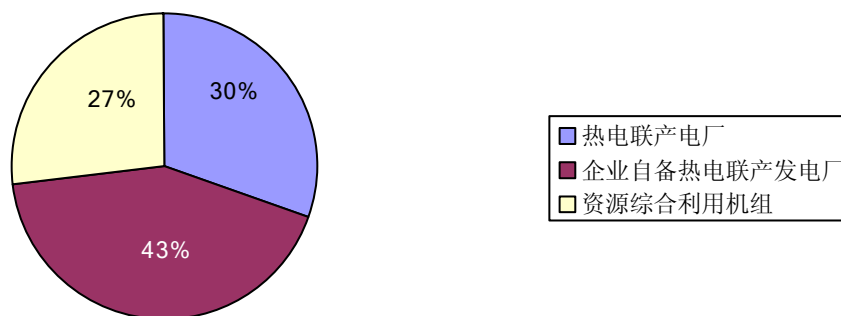
## 第二章 上海热电联产的现状、发展方向和必要性

### 一、 上海热电联产的现状

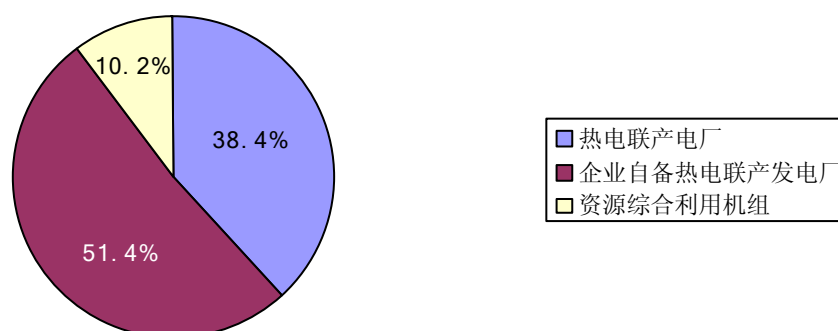
2000年，上海热电联产总装机容量161万千瓦，占上海市发电装机容量930万千瓦的17.3%。全市共有69台热电联产机组，全年供热量为4511万百万千焦，发电量71.4亿千瓦时，占全市总发电量的13.9%。2000年，全市热电联产机组的平均热电比为1.75。

习惯上，上海有关电力部门将热电联产分为三类：热电联产发电厂、企业自备热电联产发电厂、资源综合利用发电机组。严格意义上来讲，部分资源综合利用发电机组由于其本身不向外供热，不能称为热电联产机组，如宝钢利用高炉煤气的联合循环发电机组，但由于他们和热电联产机组在技术和政策方面有许多相同之处，故我们也沿用习惯，将它们并入热电联产的范畴。如图一所示为上海各类热电联产的装机容量比例，图二为各类热电联产机组的发电比例。

图一：上海各类热电联产占热电联产总装机容量的比例



图二：上海各类热电联产占热电联产总发电量的比例



本市现有热电联产具有如下特点：

- (1) 上海的热电联产绝大多数为燃煤锅炉加蒸汽轮机，主要分布在公共电力、石化、钢铁、印染和造纸企业。
- (2) 大部分的热电联产和集中供热相结合。
- (3) 热电联产的热电比普遍较高。
- (4) 燃气热电联产开始得到应用，如浦东国际机场采用了燃气轮机的热电联产系统。
- (5) 热电联产电厂的投资建设已出现多元化。
- (6) 经济效益普遍较好。主要原因是企业自备电厂和热电联产电厂采用低价的煤炭燃料，上网电价也较高。

## 二、 上海市热电联产的发展方向

本市的热电联产经过 40 多年的发展，已初具规模，目前热电联产的装机容量已超过全市发电装机容量的 17%。但是，本市的热电联产机组绝大部分是燃煤锅炉+蒸汽轮机机组，技术装备水平低，SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>等气体的排放系数与先进的燃气热电联产相比都较高。这种状况，和“使上海成为我国最适宜居住和发展的城市之一”的发展方向是不协调的。因此，燃气热电联产是本市今后热电联产的发展方向。燃气轮机、联合循环和内燃机这三种热电联产系统在本市都有其发展空间，可适应不同用户的需要。

同时我们应提倡发展清洁的热电联产系统，清洁的热电联产应满足如下条件：

- 以热定电。机组的建设以满足热负荷为主要目的，并符合国家有关最小热电比的要求。
- 能源利用率最优化。合理利用发电过程中产生的热量，并满足国家有关最低热效率的要求。
- 环境污染最小化。采用天然气等清洁能源，并采取减少 NO<sub>x</sub> 排放的环保措施，如使用低 NO<sub>x</sub> 烧嘴等。

本课题研究的范围是指满足上述三个条件的燃气热电联产机组。

### 三、 上海发展燃气热电联产的必要性

本市能源发展“十五”规划中指出：要紧紧围绕“发挥

国际大都市的综合优势，增强城市综合竞争力”的奋斗目标，以国家推进“西气东输”、“西电东送”为契机，积极开发和推广利用清洁能源，以天然气建设为重点，扩大电力、燃气消费，控制煤炭消费，优化能源结构，保障能源安全，深化能源管理体制改革，提高能源利用效率和效益，保护生态环境。为了切实实施本市能源发展“十五”规划，我们必须充分认识发展本市热电联产的重大战略意义和现实必要性：

### 1、是落实国家规定，实施可持续发展战略的需要

热电联产是能源利用效率较高的技术手段之一，它在获取较高的能源转换效率的同时，大大提高了有效能量的输出，以较少的土地、环境、燃料和水等相关资源的代价，获取较大的能源利用效率。对于上海这样一个单位面积能源使用量位居全国第一的地区，由于燃气热电联产环境污染小，可以建设在人口较为密集或用能相对集中的地区，就近生产输送能源，可以将电、热等能源量的损失降到最低，从而可以最大限度提高系统能效。同时在能源资源平衡和持续安全供给方面，可以有效提高城市能源环境相协调的可持续发展的后劲。

### 2. 保护环境的需要

上海属于国家酸雨控制区，近年来虽采取了一系列治理措施，取得了一些减排实绩，但由于能源结构的客观条件限制（燃煤比例达 65%），2000 年排放的二氧化硫仍达 46 万吨。

根据市府环境治理行动计划要求，“十五”期间削减二氧化硫排放量 20%的要求，我们的任务十分艰巨。随着进一步推进创建“基本无燃煤区”的计划，以及天然气使用比例的不断上升，研究天然气有效利用技术及其推广应用，已经成为十分迫切的课题。燃气热电联产对于二氧化碳、氮氧化物、二氧化硫、一氧化碳、臭氧、粉尘和可吸入颗粒物，以及污水、废渣等污染物的排放均可控制在较理想的状态。因此发展清洁热电联产，是改善城市环境污染最可行的技术手段之一。

### 3、是能源安全稳定供应的需要

上海是全国最大的工业化、科技化、信息化城市，同时是一个能源纯消费大户。发展燃气热电联产可以为天然气应用市场的开发提供出路，可以减少对进口能源的依赖，同时利用燃气轮机的燃料适应性强这一特点，提高能源系统的安全性和应变能力。当燃气热电联产达到一定规模时，其燃机热电厂的用户化、小型化、分散化及其黑启动性能的优势，有助于能源安全稳定供应。在一定范围内，尤其是在大电网出现重大事故时，这些分散、独立的电源将为电网供电的安全、应变能力的提高作出重要的贡献。

### 4、实施和支持我国西部大开发的需要

西部大开发的战略决策，为中国经济持续发展和社会共同进步确立了目标。但西部能否顺利开发，取决于东部能否

合理、有效地利用好西部的宝贵资源。上海作为西气东输的下游终端大市场，应当在科学、高效利用天然气的应用技术领域，作出国际化大都市应有的贡献。

5、是缓解清洁能源替代引起能源成本大幅度上升矛盾的有效手段

燃气热电联产是环境代价低、能源利用效率高、运行灵活、技术可靠、组合多样化的能量转换装置，已为全世界广泛采用。燃气或燃油热电联产与单纯的燃煤炉改为燃气、燃油炉相比，具有十分明显的技术经济优势，是一项切实有效的系统节能措施。上海正在积极扩大燃气消费市场，因地制宜发展燃气热电联产，这对于推进燃煤锅炉清洁能源改造和发展天然气消费市场有积极意义。

6、对于推进上海燃气轮机技术及其热电联产成套设备国产化进程具有重大意义

尽管世界范围内燃气轮机及其热电联产技术已经十分成熟，然而国内的燃气轮机制造技术及其产业发展与世界先进水平相比，差距至少在十到十五年，特别是在中小型燃气热电系统的应用方面，还缺乏关键设备和系统设计、应用经验。目前，在上海有限使用的燃气轮机基本上都是进口的。许多外国公司已经纷纷抢先占领了天然气应用技术市场，欲以他们的先进技术和产品，叩开了我国燃气热电联产应用的市场大门。燃气轮机技术是当今世界能源利用技术发展的趋

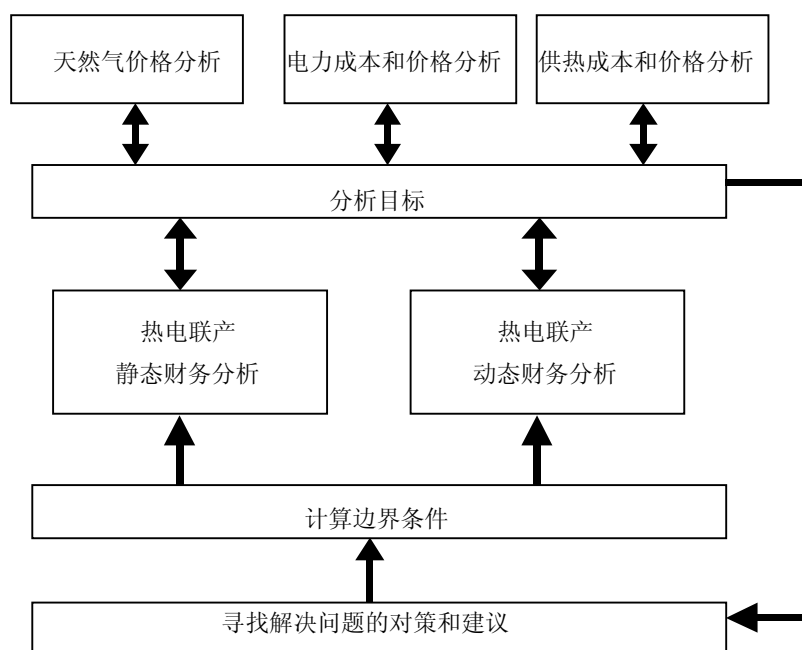
势，也是衡量一个国家能源科学技术水平的重要标志，针对上海的技术现状，我们可以结合借鉴国外经验的同时，走自己燃气轮机发展的道路。但是任何先进技术及其产业化发展，都离不开相应技术消费市场的发展，因此积极推进燃气热电联产的发展，扩大市场，可通过热电联产技术应用市场的发展来带动燃气热电联产关键设备技术的国产化进程。



### 第三章 燃气热电联产经济环境的模型分析

在上海发展燃气热电联产的必要性已经得到许多人的共识，并且随着“西气东输”的日益临近，发展燃气热电联产也越来越显示出紧迫性。上海的有关人士在发展燃气热电联产方面已进行了多年的探索，个别机组已经投入运行，有些项目已经完成了预可行性研究报告。但总的来说，燃气热电联产让人感觉普遍缺乏市场竞争性。

本课题对燃气内燃机、燃气轮机和联合循环这三种典型类型的热电联产机组，在目前上海的外部边界条件下，进行经济环境分析。通过数据分析的结果，来寻找解决问题的对策和建议，并进一步验证其效果。分析模型的功能如下：



模型分析研究的主要目的是通过调整有关能源价格政策来促进燃气热电联产的发展。根据模型分析的结果，提出一些促进热电联产在上海发展的行动。

## 一、 本市天然气价格及变化趋势

目前，上海东海天然气的企业用价格是在 1.9—2.1 元/立方米之间。“西气东输”到达上海的价格还没有明朗，目前国家有关部门只宣布确定天然气的平均指导价格为 1.29 元/立方米，到达上海门站的指导价格是 1.35 元/立方米，而天然气的热值和压力都没有确定。因此，可以预测未来天然气的价格将下降，但加上城市的管网费用，低于 1.6 元/立方米的可能性较小。本课题天然气低位发热量暂按 8500Kcal/Nm<sup>3</sup> 计算。

## 二、 本市目前电力价格现状和变化趋势

### 1. 电力价格现状

上海目前燃煤发电厂的平均上网电价是 0.31 元/kwh，但每个电厂的上网电价不一样。不同热电联产企业的上网电价相差很大，有些自用小机组的多余电力的上网电价只有 0.1755 元/kwh，而最高的热电厂上网电价达 0.622 元/kwh。

本市目前居民用户电价为 0.61 元/kwh，并已经在部分居民中推广分时用电计价，峰时（6：00～22：00）电价为

0.61 元/kwh，谷时（22：00～次日 6：00）电价为 0.35 元/kwh。

企业用户电价分电度电价和基本电价两部分，电度电价实行分时电价，其情况如下表所示：（单位：元/kwh）

用电时间		行业	400 伏	10 千伏
电 度 电 价	峰时段 8:00~11:00 18:00~21:00	工业	0.871	0.865
		宾馆	1.021	1.015
		商业	0.901	0.895
	平时段 6:00~8:00 11:00~18:00 21:00~22:00	工业	0.568	0.562
		宾馆	0.676	0.670
		商业	0.644	0.638
	谷时段 22:00~6:00	工业	0.295	0.289
		宾馆	0.346	0.340
		商业	0.306	0.300
基本 电价	变压器容量（元/千伏安·月）			12
	最大需求量（元/千瓦·月）		18	18

## 2. 电力价格变化趋势

电力价格变化趋势主要取决于三大因素：

### （1）供求趋势因素

预计 2005 年上海电网最高用电负荷将达 1340~1450 万千瓦，年均增长 6~8%，全年用电量达到 650~730 亿千瓦时，

年均增长 4~6%。

“十五”期间上海电力需求的总体趋势是：全市用电量将稳步增加，但增长速度比“九五”时期略低，其中第三产业用电比例将上升，第二产业用电增加但比例有所下降，居民用电明显增长。“十五”期间，上海新增发电机组约 383.5 万千瓦，其中燃煤机组 240 万千瓦，燃气机组 137.5 万千瓦，以及风力发电 4~6 万千瓦。至 2005 年，计划内的市外来电有 363.5 万千瓦。按照 2005 年最高用电负荷达到 1450 万千瓦的高方案测算，“十五”期间上海电量供需基本平衡，由供求紧张引发的电力价格上涨可能性不大。

## (2) 电力体制改革因素

今后我国电力改革的发展方向是：实施厂网分开；重组发电和电网企业；实行竞价上网，建立电力市场运行规则和政府监管体系，初步建立竞争、开放的区域电力市场，实行新的电价机制；制定发电排放的环境折价标准，形成激励清洁能源发展的新机制；开展发电企业向大用户直接供电的试点工作，改变电网企业独家购买电力的格局；继续推进农村电力管理体制的改革。

理顺电价机制是电力体制改革的核心内容，新的电价体系将划分为上网电价，输、配电价和终端销售电价。首先在发电环节引入竞争机制。对于仍处于垄断经营地位的电网公司的输、配电价，要在严格的效率原则、成本约束和激励机

制的条件下，由政府确定定价原则，最终形成比较科学、合理的销售电价。

目前，上海是国家 6 个省级发电竞争市场的试点之一，竞争市场容量定为总电量的 10%-15%，市场竞争力度有限，再加上市场竞争的主体数目较少，容易产生市场操纵力。由此估计，“十五”期间上海通过竞争而降低电价的幅度有限。

### (3) 成本因素

主要有两个因素：

一是天然气价格。目前相同热值的天然气的价格是煤价的 3—4 倍。“十五”期间本市要增加燃气电厂的发电量，将导致发电成本增加。

二是调高征收二氧化硫排污费。上海地区为二氧化硫排放两控区，现在二氧化硫的排污费是 0.2 元/公斤，以后将成倍增加；而二氧化硫的脱硫成本是 3 元/公斤，电厂在二氧化硫排污费和脱硫成本将增大。设发电的二氧化硫排放因子为 0.008 公斤/kWh，如电厂采用脱硫装置，每千瓦时电将增加脱硫成本 2.4 分。

综合分析，“十五”期间平均电价下降可能性不大，上涨空间有限，但电价的峰谷比会进一步拉大，将从目前的 3 倍拉大到 4 倍以上。

## 三、分散燃气锅炉供热成本分析和现有集中供热热

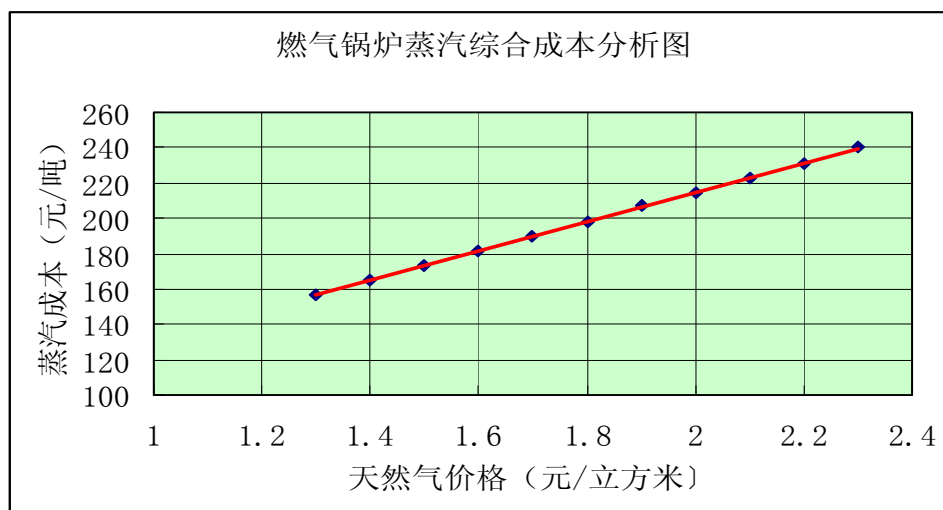
## 价情况

### 1. 分散燃气锅炉供热成本分析

采用燃用天然气分散锅炉供热是一种简单易行的供热方式，但综合能源利用率较低。作为热电联产经济分析的比较基准，我们对燃气锅炉进行供热成本分析，计算结果如下：

平均每蒸吨燃气锅炉设备和土建投资：	25 万元/吨
平均每蒸吨燃气锅炉工人：	3 人/吨
人均工资及福利：	5 万元
锅炉折旧年限：	10 年
水电和日常维修费：	5 元/吨蒸汽
锅炉平均效率：	85%
锅炉平均年利用小时：	4000 小时
天然气价格：	2 元/立方米（工业小用户）
吨蒸汽成本：	214 元/吨

天然气价格和蒸汽成本的关系式如下图所示：



## 2. 本市目前集中供热价格

本市的集中供热和热电联产相结合，已有一定的规模。由于现有集中供热绝大部分采用煤为燃料，价格大大低于燃气供热成本。下面是 2000 年本市各供热单位及热力价格情况。

供热单位	热力价格(元/百万千焦)
市电力公司各单位	15.55—22.16(43.4—61.9 元/吨)
高化	26.65—29.00(74.4—81.0 元/吨)
星火	40.00(111.7 元/吨)
桃浦	40.77(113.9 元/吨)
张江	49.85(139.2 元/吨)
金桥	44.36(123.9 元/吨)
闵行	47.09(131.5 元/吨)
青浦	40.90(114.2 元/吨)

注：1 百万千焦蒸汽=0.358 吨蒸汽(表压为 16Kgf/cm<sup>2</sup> 的饱和蒸汽)

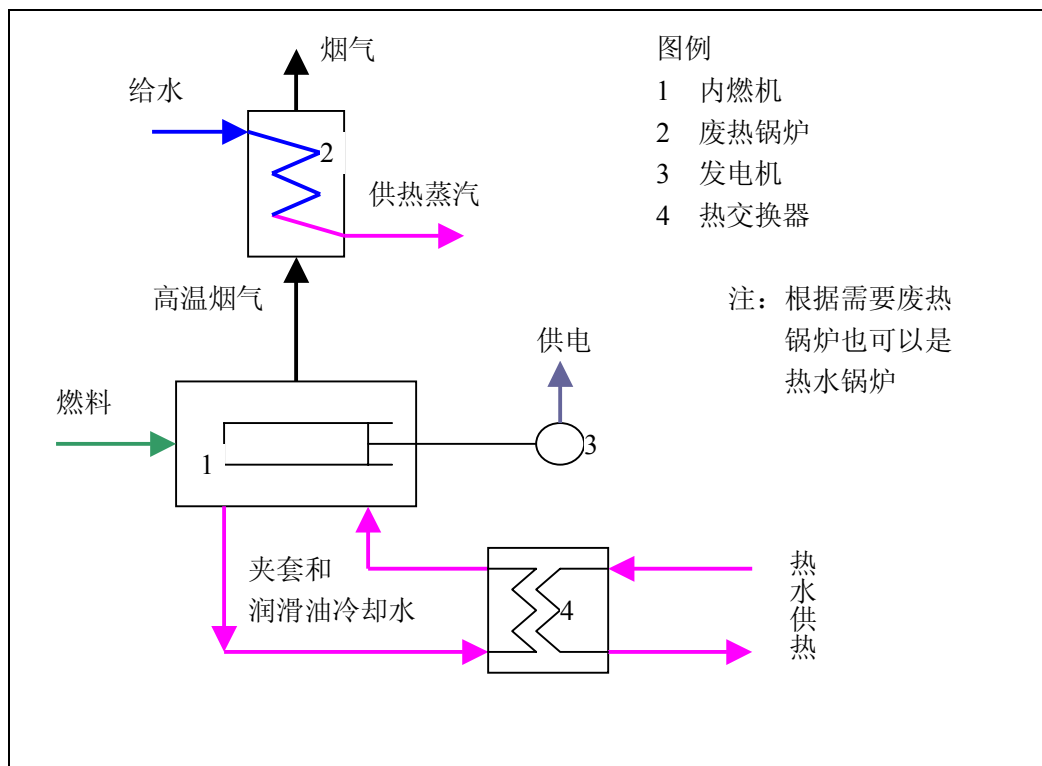
## 四、 400 千瓦级燃气内燃机经济分析

图三所示为燃气内燃机热电联产系统示意图，其可利用的废热主要来自三个方面，气缸排出的废气(400℃ - 700℃)、气缸夹套冷却水和润滑油冷却水。



内燃机产生的热量品位低，故小功率的内燃机(小于 1000KW)适合于产生热水来供热。

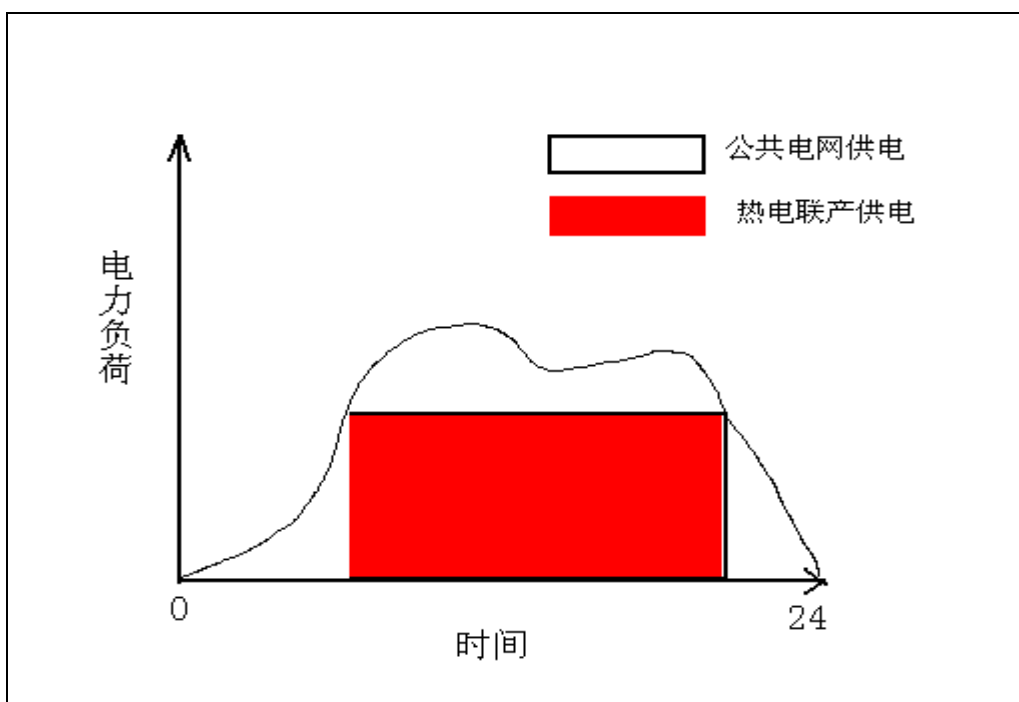
图三：燃气内燃机热电联产系统示意图



这种热电联产系统适合于应用在中小型医院、宾馆和室内游泳池等场所。燃气内燃机热电联产成功与否的关键是要仔细分析热、电负荷，选择合适的热电联产装机容量，保证较高的满负荷运行时间。这种热电联产系统产生的电力宜和公共电网实行并网不上网，产生的电力能满足基本的负荷要求，高峰和低负荷部分由公共电网来补充。图四所示是最佳的日电负荷构成曲线。



图四：最佳日电负荷曲线

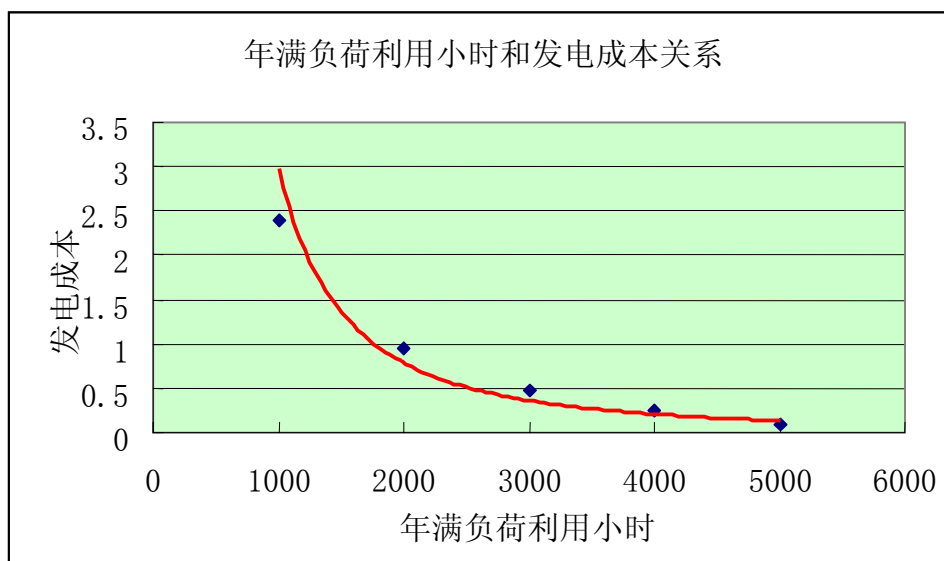


下面是对一套 400 千瓦级燃气内燃机热电联产的经济分析结果：

燃气内燃机装机容量：	406kw
燃料消耗量：	1213kw
回收余热量：	691kw
设备满负荷年利用小时：	4000h
年天然气耗量：	49 万立方米
天然气价格：	2 元/立方米
年发电量：	162.4 万千瓦时
年天然气成本：	98.2 万元
年回收余热折合产汽量：	3962 吨
锅炉产蒸汽成本：	214 元/吨

年产蒸汽效益:	84.8 万元
工资和福利费:	15 万元
设备总价:	327.2 万元
设备年折旧:	18.2 万元
年维修费用:	7.0 万元
发电成本:	0.24 元
发电效率:	33%
综合效率:	90%
投资回收期:	2.5 年

由上面计算结果可知，在 4000 小时的满负荷运行时间的条件下，燃气内燃机热电联产系统经济效益较好。但是在一些以空调负荷为主的建筑物内，要达到 4000 小时的满负荷运行时间是比较困难的，下图表明了 400KW 级的燃气内燃机热电联产机组发电成本随年满负荷利用小时变化的关系。



由上图可知，随着满负荷年利用小时的减少，发电成本急剧上升。当年利用小时减到 2000 小时，其发电成本将上升到接近 1 元/度，显然是不经济的。

## 五、 4000 千瓦级燃气轮机经济分析

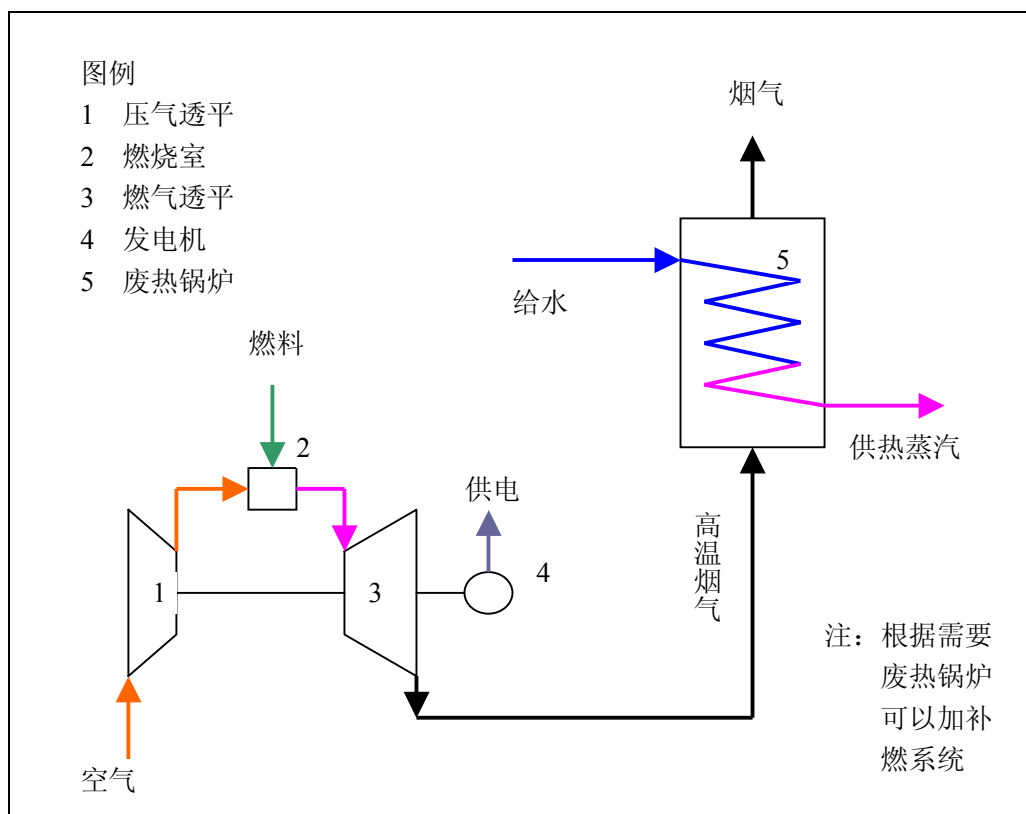
图五所示为燃气轮机热电联产系统示意图。燃气轮机的高温高压气体带动发电机发电后排出，这时还保持着相当的温度（一般在 400℃ 以上），并



具有较高的含氧量。通过废热锅炉回收这部分热量，还可通过以补燃来产生更多蒸汽。

燃气轮机的废热还可以直接排入直燃型溴化锂机组或其它工业加热设备来回收这部分热量。

图五：燃气轮机热电联产系统示意图



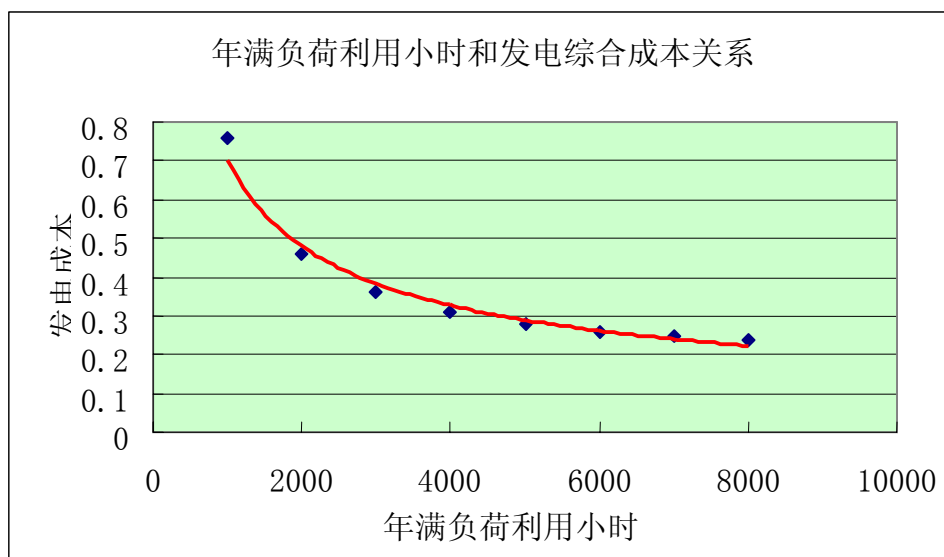
燃气轮机热电联产系统可应用于机场、综合性高层建筑等大中型公共建筑和工业领域。

下面是对一套自备的 4000KW 燃气轮机热电联产进行经济分析的结果：

燃气轮机装机容量：	4000kw
余热锅炉装机容量：	11t/h
燃气轮机发电单耗：	12607kJ/kwh
设备满负荷年利用小时：	4000h
年天然气耗量：	566.8 万立方米
天然气价格：	2 元/立方米

年发电量:	1600 万千瓦时
年天然气成本:	1133 万元
余热锅炉年产汽量:	44000 吨
锅炉产蒸汽成本:	215 元/吨
年产蒸汽效益:	941.6 万元
工资和福利费:	35 万元
设备总价:	3628 万元
土建:	86.4 万元
设备年折旧:	201.6 万元
土建年折旧:	2.88 万元
年维修费用:	68.8 万元
发电成本:	0.31 元/kWh
发电效率:	28%
综合效率:	83%
投资回收期:	6 年

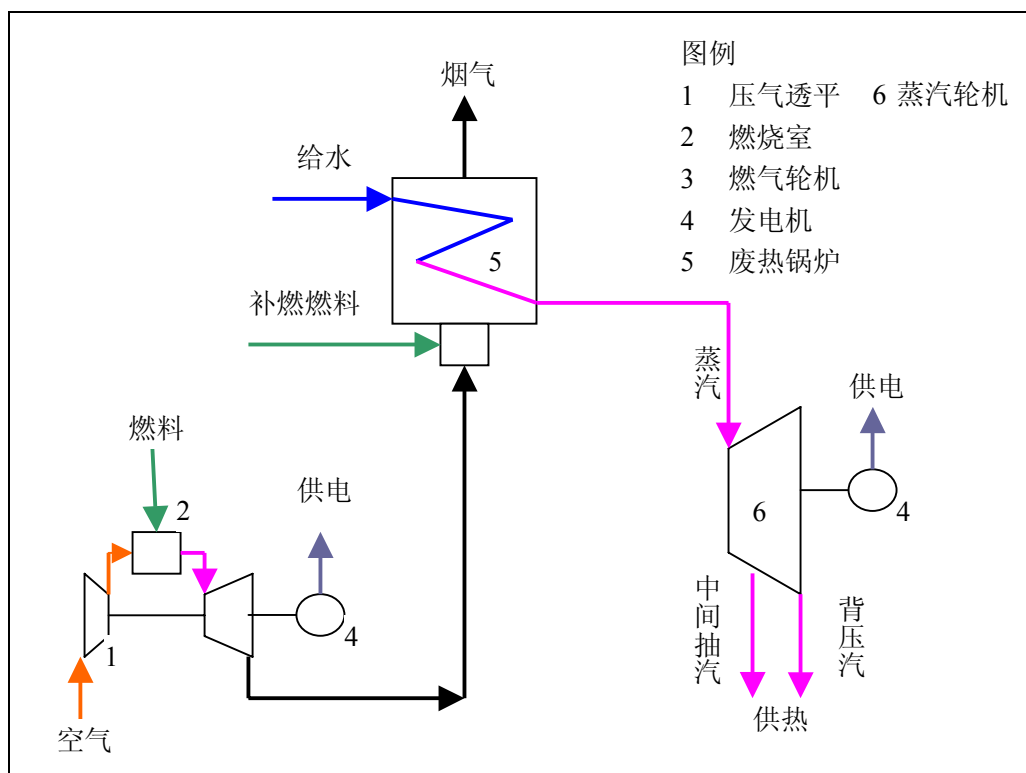
由上面计算结果可知,在 4000 小时的满负荷运行时间的条件下,热电联产系统经济效益较好。由下图可知,发电成本随年满负荷利用小时的减少比 400 千瓦的燃气内燃机平缓,当年满负荷利用小时在 2000 小时时,其发电成本还只有 0.46 元/kWh。



## 六、 5万千瓦级燃气联合循环热电联产经济分析

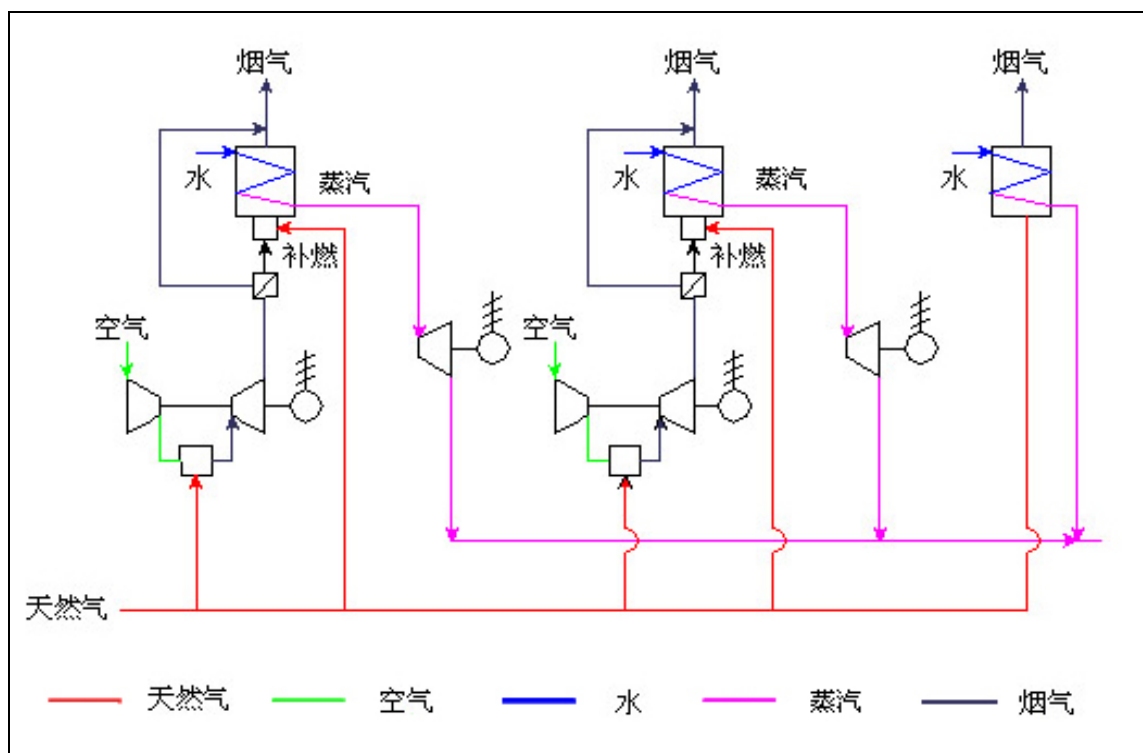
联合循环就是将燃气轮机和蒸汽轮机结合起来的发电系统，如图六所示。联合循环结合了燃气轮机和蒸汽轮机的特点，将热能从高温端(1000℃左右)一直到低温(最低可达30℃)都可以利用来发电，因此它最显著的特点是发电效率高，最高可达55%。目前一般都采用天然气和油作为燃料，也可以用煤作为燃料，即所谓的整体煤气化联合循环(IGCC)，在国际上已有示范项目投入运行，但还没有实现商业化。一般来讲，为了更好适应热负荷的变化，系统中可设置调峰锅炉。联合循环热电联产通过利用蒸汽轮机的中间抽汽或者背压蒸汽来供热，联合循环热电联产系统主要用于各种工业开发区或者大型联合企业。

图六：燃气联合循环热电联产系统示意图



我们以一个工业区为例进行联合循环热电联产系统的经济分析。在这里，热电联产产生的电力全部出售给电网公司，产生的蒸汽通过集中供热热网出售给不同的用户。其基本配置为：两台燃气轮机发电机组、两台余热锅炉、一台抽凝式汽轮发电机组、一台背压式汽轮发电机组和一台调峰锅炉。设置调峰锅炉的目的是可以更好的适应热负荷的变化，减少初投资。系统流程图如图七所示。

图七：燃气联合循环热电联产系统流程图



机组基本技术参数如下：

燃气轮机发电机组：	2×40MW
余热锅炉：	2×65t/h，5.29Mpa，450℃
抽凝式汽轮发电机组：	8000KW，40t/h，1.27MPa
背压式汽轮发电机组：	5000KW，65t/h，1.27Mpa
调峰锅炉：	50t/h，1.27Mpa

主要技术经济指标计算结果如下：

机组发电装机容量：	93MW
蒸汽轮机外供汽量：	105t/h
调峰锅炉外供汽量：	50t/h



联合循环机组年利用小时:	7000 小时
调峰锅炉年利用小时:	3000 小时
年发电量:	651000000 千瓦时
年供蒸汽:	885000 吨
天然气价格:	1.6 元/立方米
上网电价:	0.43 元/千瓦时
热价:	190 元/吨
天然气消耗量:	21628 万立方米
发电销售收入:	26313 万元
供热销售收入:	16815 万元
购买天然气支出:	30279 万元
机组总投资:	46500 万元
热网投资:	2500 万元
职工人数:	40 人
人均工资及福利:	5 万元
工资及福利:	200 万元
增值税率(供电部分):	17%
增值税率(供热部分):	13%
各种附加税率:	10%
所得税率:	15%
残值率:	10%
流动资金:	800 万元

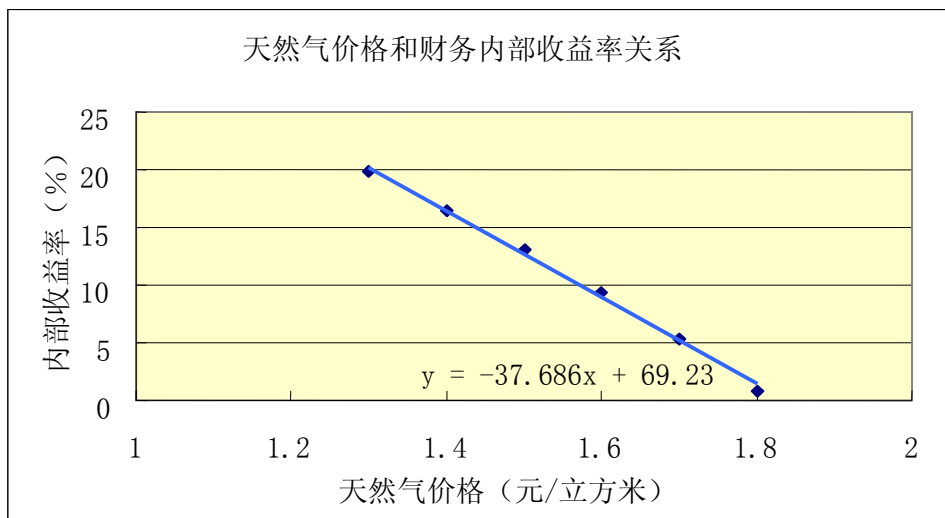
年折旧:	2093 万元
其它运行费用和修理费用:	930 万元
增值税(供热部分):	382 万元
增值税(供电部分):	838 万元
增值税:	1220 万元
附加税:	122 万元
所得税:	635 万元
动态投资回收期:	14.4 年(含建设期 1 年)
内部收益率(税后):	9.4%

因此可见在以上条件下该项目的经济效益尚可。

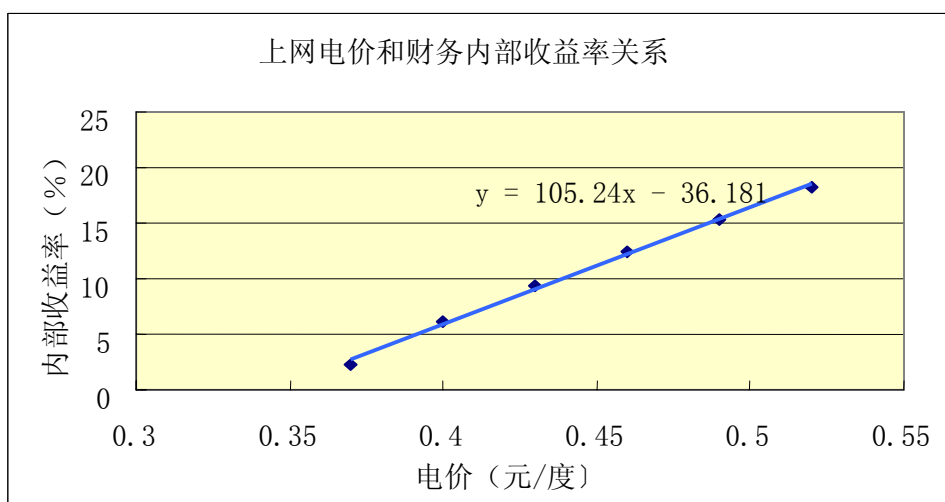
本市目前工业天然气的价格在 1.9—2.1 元/Nm<sup>3</sup>之间,电厂平均上网电价在 0.31 元/KWh 左右,热价在 40—130 元/吨之间。但应该注意的是,目前的集中供热都是采用煤炭作为燃料,故热价较低。因此可见,要得到 1.6 元/Nm<sup>3</sup>的天然气价格,0.43 元/KWh 的上网电价不是一件容易的事,要让用户接受 190 元/吨的蒸汽价格也不容易。

故本课题对这几种价格的变化对财务内部收益率的影响进行了分析。

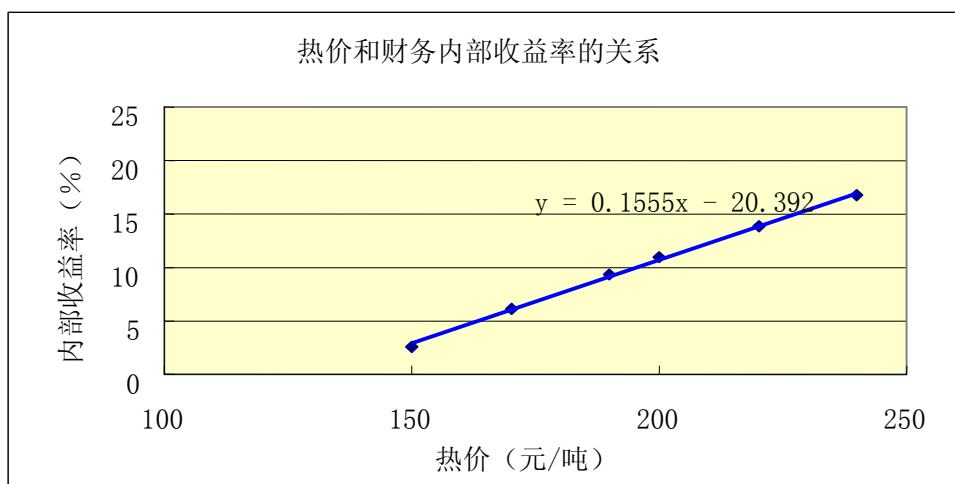
天然气价格和财务内部收益率的关系如下图所示：



上网电价和财务内部收益率的关系如下图所示：



热价和财务内部收益率的关系如下图所示：



由上述图中可知，天然气价格的变化对财务内部收益率的影响很大，当天然气价格波动 10% 时，如其它价格不变，其财务内部收益率将波动 65%；当上网电价波动 10% 时，其财务内部收益率将波动 48%；而热价波动 10% 时，其财务内部收益率将波动 32%。由此可知，天然气的价格对投资回报的影响最大，其次是电价，最后才是热价。

由此可见，天然气价格、上网电价和热价三者之间必须取得相对平衡，才能使这种类型的热电联产具有生命力，才有利于推广热电联产技术。

## 七、 提高燃气热电联产上网电价竞争性模型分析

由前面的分析可知，一个开发区的、独立的燃气热电联产企业的上网电价要和目前常规的燃煤机组电价进行竞争，在目前的条件下是没有竞争性的。现在电力公司已经是独立的企业了，故让他们来收购高于平均上网电价的热电联产电力，显然不是长久之计。为此，我们建议可采取如下措施来提高其竞争性。

- 制定峰谷上网电价政策。对于大型联合循环机组参与电力调峰，电力公司可提高峰时段的上网电价。
- 制定可中断用户天然气优惠价格政策。对于大型联合循环热电联产机组设计成可采用油、气两种燃料，参与天然气的调峰。也就是说，热电联产企业成为

天然气可中断用户，天然气公司给予优惠的天然气价格。

根据热电联产的分析模型，我们可分析要提高多少调峰上网电价和降低多少可中断用户的天然气价格达到什么水平才能使热电联产得到一定的盈利水平。下面是对 5 万千瓦机组分析结果。

年电力峰时段时间：	2190 小时
年天然气可中断时间：	1000 小时（假定）
峰时段上网电价：	0.6 元/度
其它时段上网电价：	0.31 元/度
可中断用户天然气优惠价：	1.3 元/立方米
轻油价格：	2.5 元/公斤
蒸汽价格：	165 元/吨
项目的动态投资回收期：	13.8 年
项目的内部收益率：	9.9%

上面的计算结果表明，采取峰谷上网电价和可中断用户天然气优惠价后，尽管峰时段的上网电价低于闸北燃机调峰电厂的上网电价，其它时段的上网电价等于目前本市平均上网电价，项目仍能达到盈利水平，内部收益率 9.9%，电价具有竞争力。

由于“西气东输”还没有到达上海，故目前天然气的高

峰时间和调峰成本只能假设。上述计算中，蒸汽价格为 165 元/吨，和分散燃气锅炉的蒸汽价格相比也是有竞争力的。

因此应尽快制定上网调峰电价和可中断天然气用户的优惠政策，以推动热电联产的发展。

## 八、 分析结论

1. 本市“十五”期间平均电价将保持平稳，而电价的峰谷差将进一步拉大。这是因为，通过增加电力市场的竞争性来降低电价的力度有限；由增收二氧化硫的排污费而引起电价上涨的幅度很小；由安装电厂脱硫装置而引起的发电成本上升也只有 2.4 分/度。综合起来，平均电价将基本保持平稳。另由于电网本身调峰能力下降，而电力的峰谷差将不断增大，因此电价的峰谷差也将进一步拉大。
2. 目前，分散天然气锅炉每吨蒸汽综合成本在 214 元左右，高于目前用户的承受能力。采用热电联产可以通过发电来降低热用户的用热费用。
3. 天然气的价格对热电联产经济效益的影响最大，其次是电力价格，最后是蒸汽价格。
4. 自用燃气热电联产机组的发电成本和电力公司销售电价相比有竞争性。
5. 在目前的天然气价格和用户能承受的蒸汽价格的情

况下，需要上网的燃气热电联产机组上网电价和现有的常规火力机组上网电价相比缺乏竞争性。

6. 上网调峰电价和可中断天然气用户的优惠政策可提高燃气热电联产机组上网电价的竞争性。

## 第四章 欧美热电联产经验

### 一、 美国的经验

1998年，美国热电联产的发电量为3060亿千瓦时，其中54%为自用电，其余的卖给公共电网。热电联产发电量约占全美发电量的9%。在美国，热电联产的主要燃料是天然气。1998年，燃气热电联产发电量为1950亿千瓦时，占热电联产总发电量的64%。另两个主要的热电联产燃料是煤和可再生能源，其中燃煤占热电联产总发电量的17%，可再生能源占13%。

在美国燃气热电联产比例如此之高，是因为他们感觉到燃机电力建设成本低、建设时间短、污染低、能量转换效率高、开停容易、便于调峰、布局灵活等一系列优点。还有一点要注意的是美国的天然气价格比我们要便宜多，因此其热电联产的经济性要优于我国。如下表所示是美国天然气的平均价格（美分/m<sup>3</sup>）：

	民用	商用	工业	发电
1998年价格	19.33	15.48	8.69	6.71

美国政府目前鼓励热电联产的主要行为是规范电力市场，政策激励和引导。



在早期，美国工业界普遍采用分散式热电联产，因为那时集中式的发电系统缺乏竞争性。后来由于集中式的大型机组的可靠性的不断提高而电价在下降，许多企业转而向公用电力公司购买电力，只有那些需要大量蒸汽或者有废热资源可利用的企业继续经营着他们的热电厂。

到 20 世纪 70 年代，公用电力公司为了抢占电力市场，采用如下一些垄断的措施：

- 拒绝从热电联产电厂购买电力；
- 对有自备热电联产企业的备用电力负荷收取高额费用；
- 对热电联产电厂接入公共电网设置一些特殊要求等。

为了消除热电联产进入电力市场的障碍，1978 年美国的公共电网管理政策法案（PURPA）上升为法律，法律允许达到一定要求的非公用电力公司的发电机组（即具有资格的设备，简称 QF）把电出售给电力公司。QF 包括达到一定能效和热电比运行要求的热电联产机组，或者使用化石燃料小于燃料总量 25% 的小型发电设备。电力公司必需以可避免成本收购 QF 所发的电。这使 QF 从大量束缚手脚的规章中解脱出来，而公共电力公司则必需按这些规章来办事。另外，电力公司必须按合理的价格为 QF 提供备用电服务。美国联邦能源管理委员会（FERC）被授权实施 PURPA。PURPA 的通过和实施，使美国首次出现一个具有竞争性的电力市场。

看到投资热电联产有利可图，许多人跻身于热电联产这个市场，他们的目的是多发电而不是产热，公用电力公司面临着巨大的电力收购压力。为此，美国 1992 年通过了能源政策法令（EPACT），建立了竞价上网的电力市场，即所有的发电商都通过竞价上网。随着竞争的加剧，电力价格下降了。但是由于竞争过度，监管不力，美国也出现了 2000 年加州电力危机的现象。但在这场电力危机中，拥有热电联产的用户损失较少。

美国政府已经认识到热电联产对于能源供应可靠性和环保的重要性，正着手与工业及其他行业进行合作，共同消除一些障碍。为此他们采取了一系列措施，主要有：

- 进一步探索采用基于输出端的排放环保标准（标准是根据电厂输出的能量来制定的），这有利于推进能效技术。
- 采用经认定的标准设计的小型热电联产，将自动获得环境认证许可，简化许可过程。
- 进行广泛的宣传活动，建立了一个热电联产网站。
- 联邦政府承诺按公平和合理的价格为自备电厂提供备用电。
- 建立先进技术的开发基金，帮助降低热电联产的投资和运行费用。目前主要在开发先进、高效、低 NO<sub>x</sub> 排放的燃气轮机。推进燃料电池、微型燃气轮机以及先

进的内燃机等研究。

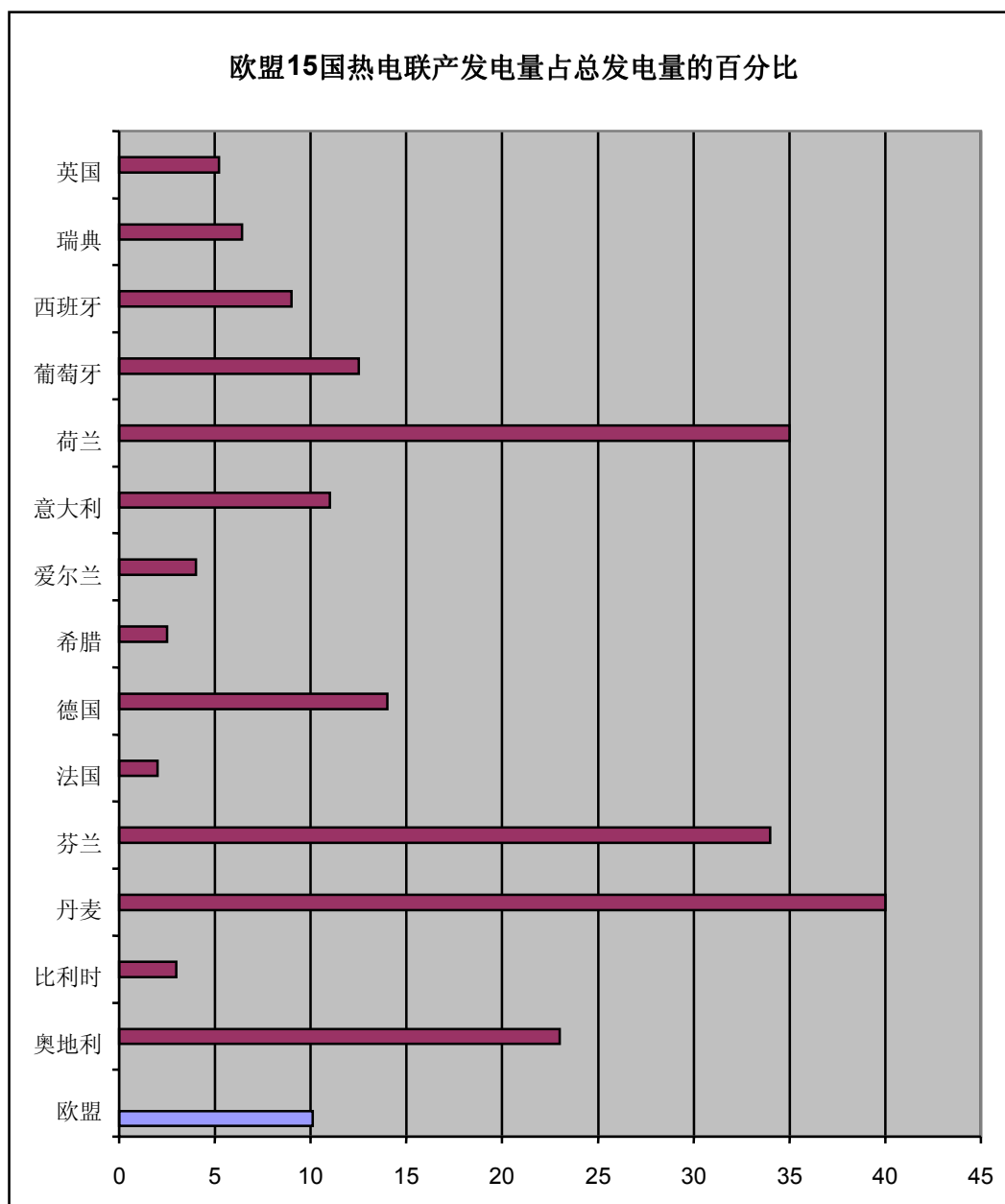
- 制定政府能效目标，政府部门带头采用热电联产设备。
- 制定标准化并网标准，并与立法部门沟通，促进相关法律的修改。
- 提出立法意见，要求修改税法实现减税，为热电联产企业制定合理的设备折旧期限。

## 二、 欧盟的经验

热电联产在欧洲各国发展是不一样的，如图所示是欧盟15国热电联产在电力市场中占有的百分比，他们的平均百分比是10.1%。欧盟委员会已经提出要在2010年以前将热电联产的发电量占总发电量的百分比提高到18%的战略目标。欧洲热电联产协会的一些专家甚至提出30%这样更高的目标。目前，有些国家如芬兰、丹麦、荷兰等国的热电联产百分比已超过30%。

欧洲许多国家的热电联产的主要障碍和美国类似，是电力市场的垄断性。欧盟委员会正试图通过电力市场的解放运动来促进热电联产的发展。

欧盟委员会正在建议对《大型火力发电站政策》进行修改，要求所有新建的大型火力发电站都要采用热电联产，除非他们有充足的理由认证采用热电联产是不可行的。



欧盟这几年为什么积极推广应用热电联产？归纳起来主要有如下一些原因，其主题还是开放能源市场，保护环境。

#### (1) 对传统电力生产模式的反思

长期以来，人们一提到电力生产，就意味着大容量、高参数的电站和长距离、高电压的输配电网，也就是集中式系

统，人们在追求着高的发电效率和规模经济的效益。目前高效的联合循环燃气轮机发电机组发电效率可达 55%。但是许多用户需要电力的同时，往往还需要热量，不得不另建锅炉来生产蒸汽。再考虑到电网的线损，据统计在英国电网线损为 10%，这在欧洲算是较好的，而在瑞典高达 20%，从而导致综合能源利用效率的下降。

### (2) 热电联产的技术进步

近几年来，随着科技的发展，热电联产系统的可靠性、自动化程度和效率都得到了很大的提高。它们的原动机可以是活塞式引擎、透平、燃料电池和光伏电池等，系统可以小到 1KW 的家用微型热电联产系统，大到 500MW 的工业用就地设置发电厂，这样的系统称为分布式系统。它们可以根据用户的热电负荷需要进行优化设计，其综合能源利用率最高可达 90% 以上，比传统电站节能 15—40%。应该指出的是，许多小型热电联产系统采用了一体化设计，安装施工方便。自控程度高，平常不需要设专人操作。在欧洲一般把小于 5MW 的热电联产系统称为小型热电联产系统(但在丹麦定义为小于 50MW)，但在小型和大型之间没有很明确的界限，一般称小于 20KW 的热电联产系统为微型热电联产系统。

### (3) 增加电力市场竞争性的需要

欧洲的电力生产市场已发展的很成熟，电力装机容量已经饱和，经过多年的大鱼吃小鱼式的兼并，市场已被一些大

型电力公司所垄断和瓜分，这样必然带来整个市场缺乏竞争性。因此，欧盟现在正在积极倡导能源市场解放运动。1996年底欧盟公布的《电力政策》要求，到1999年2月以前要求所有成员国电力市场要开放25%，2002年达到28%，2005年达到33%。分布式小型热电联产系统由于效率高、一次性投资低等特点，适合许多中小投资者介入电力市场，从而增加市场的竞争性。因此推广热电联产被作为欧洲能源市场解放的一种重要手段，反过来欧洲能源市场的解放又为热电联产的进一步推广创造了条件。

#### (4) 大型电站投资风险大

大型电站建设周期长，一次性投资大，并且要求对未来长期的电力需求预测比较准确，欧洲20多年电力建设的经验表明，电力需求预测比较困难，往往偏大，这样导致大型电站投资风险增大。

#### (5) 可持续发展的要求

全球化的进程和可持续发展的要求使人们对资源和环境意识的增加，认识到有必要改进老的电力生产方式，避免不可再生的化石燃料的过多消耗和不受欢迎的二氧化碳的排放增加。

#### (6) 通过推广热电联产可完成欧盟CO<sub>2</sub>减排目标的20%

欧盟接受了京都协议，确定了到2010年减少温室气体排放15%的目标，他们深知在不影响经济增长的前提下减少

温室气体排放是一件困难的事。热电联产技术被他们称为一种“没有遗憾”的二氧化碳减排技术。通过热电联产技术的推广可完成欧盟减排目标的 20%。

荷兰热电联产的发电量占全国的 40%。荷兰发展热电联产成功的经验是（1）可得到大量天然气，（2）发达的天然气管网和电网，（3）支持和奖励政策，包括国家的热电联产目标、小型热电联产电厂能接受的天然气价格、减免税收以及较低的贷款利率，（4）节能和 CO<sub>2</sub> 减排方面的策略，（5）公共配电系统对热电联产的极大支持。

虽然英国热电联产占发电比例不是很高，但英国在推广应用小型热电联产方面有他的特色。英国白汉金宫的热电联产机组能产生 4900kW 电力，8000kW 热力，其热力供 23 座政府大楼使用。现英国有 300 家酒店、225 家医院、4000 多家游泳池采用了热电联产技术。英国从 2001 年 4 月 1 日起，工业和商业用能源要缴纳气候变化税。初步税率将使电费提高 0.43 便士/千瓦时，燃气费提高 0.15 便士/千瓦时，而热电联产用户将可避免对上列项目征收税款。

英国的经验认为热电联产的年运行时间要达到 4500 小时，才能取得较好的经济效益。

### 三、 结论

从以上国外经验我们看到，各国对热电联产的政策有共

同处和不同之处。共同处是都鼓励热电联产的发展，给热电联产创造一个比较具有市场竞争力的环境。不同之处是，美国热电联产的经济性不是发展中的主要障碍，要解决的是规范市场、监管市场的问题。而欧洲则倡导能源市场解放运动，来解决大型电力公司的垄断问题，通过打破电力垄断来促进热电联产发展。我国正处于电力体制改革和重组的关键时刻，国外的热电联产的发展经验值得我们的学习和借鉴。



## 第五章 清洁热电联产在上海发展的障碍分析和政策建议

在国家这个层面上，历年来已颁布了一系列鼓励和支持热电联产的政策和法规，特别是国家计委、国家经贸委、国家环保总局、建设部联合于2000年8月公布的《关于发展热电联产的规定》（急计基础[2000]1268号文），是落实《中华人民共和国节约能源法》的具体规章。为了更好的在上海贯彻1268号文，在上海这个层面上进行热电联产的政策研究显得非常必要。

本课题对发展燃气热电联产提出如下政策建议，供政府有关部门决策参考：

1. 对参与电力调峰的热电联产用户实行二部制电价。
2. 给予成为可中断天然气用户的热电联产企业优惠气价。
3. 对热电联产投产初期的上网电价政府给予补贴。
4. 电力改革中，继续给予合格的热电联产机组不参与竞价上网的政策支持。
5. 在规划和项目审批中，导向性地将热负荷需求较大的企业集中在一起。

6. 通过促进本市燃气热电联产设备制造产业化，来降低热电联产的投资和设备维修成本。
7. 调整二氧化硫排污费征收标准，推行基于输出的二氧化硫排放控制标准，尽快实施二氧化硫排污交易，体现清洁热电联产内在的环境价值。
8. 将燃煤锅炉改烧清洁能源的补贴政策，适用于分散的燃煤锅炉改建为区域性供热的清洁热电联产机组。
9. 对于使用清洁能源的、新建或扩建的热电联产给予政策扶持。
10. 鼓励支持服役期长和即将退役的燃煤热电联产改造为燃气热电联产。
11. 培育自备小型热电联产咨询产业，鼓励 ESCO 公司或公用电力行业参与热电联产的投资、建设和管理。
12. 政府有关的电力主管部门，应制定自备小型热电联产机组电力并网申请的可操作的、透明的程序。并鼓励电力行业积为小型热电联产提供技术支持和服务。
13. 支持通过行业协会来促进热电联产的发展。

上述建议的分析意见如下：

## 一、提高燃气热电联产企业上网电力的市场竞争性

一提到热电联产的发展障碍，许多人也许会说是电力公司的垄断：电力并网难，上网更难，上网电价低等等。但是，经过调研分析可以看出，目前上海发展清洁热电联产的首要障碍是其缺乏市场竞争力。以下五条建议有助于提高热电联产的市场竞争力。

（一）对参与电力调峰和成为可中断天然气用户的热电联产企业给予优惠的电价和气价。我国天然气价格在今后相当时间内将保持较高的水平，这是一个不争的事实。根据前面模型的分析，我们知道燃气热电联产通过参与电力调峰和成为可中断天然气用户得到的优惠政策，可增加燃气热电联产的市场竞争性。

### 1. 参与电力调峰的可行性分析

#### （1）技术分析

燃气-蒸汽轮机联合循环电厂的设备调节灵活性大大优于煤电和核电设施，其中燃气轮机在这方面更具有突出的优势。燃气轮机起停迅速，并可以实现所谓的“黑启动”。以PG6561B 燃气轮机为例，其正常起动（从零负荷到满负荷）的时间是16分钟，紧急起动的的时间只需10分钟。因此，特别适合承担电网中的最尖峰的负荷。燃气-蒸汽联合循环相对于等功率的蒸汽轮机而言，在起停时间上亦占有优势。并

且，抽汽式热电联产机组在一定负荷范围内，可以同时满足热负荷和电负荷变动要求。因此从技术上讲，部分燃气热电联产机组参与电力调峰是可行的。

## （2） 政策分析

《关于发展热电联产的规定》第八条阐明热电厂“投产第一年按批准的可行性研究报告中确定的全年平均热电比和总热效率签定上网电量合同。在保证供热和机组安全性运行的前提下供热机组可参加调峰(背压机组不参加调峰)”。

《关于发展热电联产的规定》第九条中明确：“热电厂应根据热负荷的需要，确定最佳运行方案，并以满足热负荷的需要为主要目标。地区电力管理部门在制定热电厂电力调度曲线时，必须充分考虑供热负荷曲线变化和节能因素，不得以电量指标限制热电厂对外供热，更不得迫使热电厂减压减温供汽，否则将依据《中华人民共和国节约能源法》和《中华人民共和国反不正当竞争法》第二十三条追究有关部门领导和当事人的责任，并赔偿相应的经济损失。”

《关于发展热电联产的规定》中还规定燃气—蒸汽联合循环热电联产系统应符合下列指标：“总热效率年平均大于55%”，“热电比年平均大于30%”。

以上条款是热电联产参与电力调峰的政策依据。

## 2. 成为可中断天然气用户的可行性分析

从技术上讲，燃气轮机及其联合循环机组是天然气管线上的天然气的稳定大用户。现代的燃气轮机均安装了双燃料喷嘴，在天然气管道的用气高峰时间段里可以改烧轻柴油等其他替代燃料。因此，燃气热电联产可以减少天然气输管线的调峰压力，并可以利用电厂的储备燃料，平衡管道的日用气峰谷差，从而有利于减少天然气储备设施费用，降低供气成本。

从政策上讲，《上海市“十五”能源发展重点专项规划》中指出“对可中断用户实行优惠的能源价格。发展一批可中断用户，在电力和燃气消费高峰时可减少部分或全部中断，可中断用户享受较优惠的能源政策”。

### 3. 建议

从技术和政策两方面分析，部分燃气热电联产参与电力调峰和成为可中断天然气用户是可行的。

燃气机组参加调峰为削减电网的峰谷做贡献时，燃气热电联产在热负荷要求下运行，全年累计的供电量可视为最低供电量。建议增加给热电厂一定的电量，作为热电机组调峰空间，给予调峰电较高的上网电价。

一般来讲，电厂都设置有备用燃料储罐，可充分利用备用燃料作为可中断时段的替代燃料，给予可中断天然气热电联产足够低的天然气价格，以激励其对管网调峰的贡献，由

此提高热电联产机组的市场竞争性。

**（二）对热电联产投产初期的上网电价给予优惠。**热电联产机组投产后，由于区域性的热负荷需求量有一段发展的过程，致使项目前期热负荷不足，单位成本较高，经营有困难。建议对经批准符合规定运行的热电联产项目，在其投产后三到五年内，给予略高于平均市场上网价格的优惠电价。电价的优惠部分，拟由市政府从征收的环保排污等费用中拿出一部分给予补贴。

**（三）电力改革中，继续给予热电联产机组不参与竞价上网的政策支持。**上海目前电力体制改革逐步进行，电力竞价上网容量只占全市总发电量的10—15%，热电联产机组没有参与竞价上网。随着电力体制改革力度的加大，厂网彻底分离，电力行业的重组，不可避免地实行全市统一竞价上网。由于热电联产的市场竞争性相对较差，因此，建议有关方面在制定电力上网的政策时，综合考虑燃气热电联产的灵活可调峰性，就地设置的安全性和对环境的友好性，对热电联产机组给予一定的支持。不能将燃气热电联产作为“小发电”来看待，要将它作为解决电力增长和电力结构性矛盾的一种有效措施。因此，继续给予热电联产机组在一定时间内不参与竞价上网的政策支持。

**（四）在规划和项目审批中，导向性地将热负荷需求较大的企业相对集中。**热负荷的需求量是热电联产项目成功与否的决定性因素。鉴于现有的一些热电联产项目由于热负荷不足，导致经济性差，甚至难以维持。建议在以后规划和项目审批中，导向性的将热负荷需求较大的企业相对集中，形成一定的热负荷区域规模，以利于集中供热，提高热电联产的经济性。

**（五）通过促进本市热电联产设备制造产业化，降低投资成本和维护费用。**作为燃气热电联产的主要设备——燃气轮机，我国虽然自 50 年代末就开始了试生产，但发展缓慢，同国外差距较大，不具备竞争实力，更未形成产业。目前，国内燃机 90% 以上靠进口，10% 不到的非进口机组中关键部件也依赖国外，这必然出现该设备普遍投资成本高和维护费用贵的情况。因此促进燃气热电联产设备的产业化，关系到降低投资成本、提高投资者积极性以及增强热电联产电厂市场竞争力等问题。本市可以采用捆绑式招标方式，以市场换技术，依托现有的电站设备制造能力，吸引国外燃机制造商投资或转让部分核心制造技术。建议争取得到国债资金对热电联产产业发展的支持，培育扶持具有攻坚力、牵引力，能跻身于国际市场的企业，使其恰如其分地明确市场定位，确

立一定时期内的发展规模、产品技术取向和特点，稳步推进热电联产设备产业化的进程。

## 二、 通过实施环保政策来促进热电联产的发展

(一) 调整二氧化硫排污费征收标准，尽早实施二氧化硫排放交易，体现清洁热电联产内在的环境价值。目前本市的二氧化硫排污费只有 0.2 元/公斤，这样对燃煤电力成本的影响微乎其微，应加大排污费收费标准，尽早制定和实施电厂之间的二氧化硫排放交易规则。通过市场经济运作机制来促进电厂脱硫的早日实施。以期增加传统电厂的环境成本（每千瓦时电 2—3 分）来提高燃气热电联产的电力市场竞争性，使燃气热电联产的环境效益变成经济效益。

建议从收取的二氧化硫排污费中，拿出一部分来补贴燃气热电联产的投资费用。

希望上海尽早实施电厂二氧化硫排污权交易，并逐步扩大到分散的燃煤锅炉用户，促使分散的燃煤锅炉改造为集中区域性的清洁热电联产。

(二) 将燃煤锅炉改烧清洁能源的补贴政策，适用于分散的燃煤锅炉改建为区域性供热的清洁热电联产机组。本市 2001 年 5 月出台的《关于上海市燃煤锅炉及工业炉窑改清洁能源实施办法》规定：凡列入市环保局和市经委共同编制的



改炉计划的燃煤锅炉及工业炉窑，按每蒸吨（或折算蒸吨），给予一次性补贴 4 万元的经济资助。建议该补贴政策，适用于分散的燃煤锅炉改建为使用清洁能源实行区域性供热的清洁热电联产机组。

**（三）对于使用清洁能源的、新建和扩建的热电联产给予政策扶持。**从前面第二章上海热电联产的现状，以及第三章燃气热电联产经济环境的模型分析，可以看出清洁热电联产（尤其是燃气热电联产），由于天然气和油的价格同煤价有较大的差距，要提高对清洁热电联产的投资积极性，需要对其实施政策扶持。建议从提高征收的二氧化硫排污费（以及下一步考虑实施的氮氧化物排污费）中提取部分资金，用于补贴新建、扩建的清洁热电联产，并把分配二氧化硫（氮氧化物）排放指标中的预留配额，部分给予使用清洁能源新建、扩建的热电联产。

**（四）鼓励支持服役期长和即将退役的燃煤热电联产改造为燃气热电联产。**从第一章的分析来看，上海的热电联产比例已不算低，但大都为燃煤的热电联产。这些企业利用热电联产热效率高的优势，又使用低价燃料，尽管设备多为效率不高的高压或中压机组，但仍有一定的市场竞争力。关于燃煤热电联产改造，从技术角度来看，是适合改造为燃气热

电联产的。改造时，供热式汽轮机及辅助系统仍可利用，只需要将燃煤锅炉换成燃气轮机和余热锅炉。从能源效率和环境效益来看，经过改造可以使发电量和发电效率提高，二氧化硫减排效果显著。但投资成本和燃料运行费用无疑将使企业增加高额负担。因此，当燃煤热电联产机组长期服役或面临退役时，可以用政策支持鼓励其改造为燃气热电联产，培育、扩大燃气热电联产市场。对燃气热电联产的改造，除给予按照《关于上海市燃煤锅炉及工业炉窑改清洁能源实施办法》，享受每蒸吨（或折算蒸吨）一次性补贴 4 万元的资助外，建议从提高征收的二氧化硫排污费中，拿出部分资金另给予适当的补贴。

### 三、 促进自备小型热电联产机组的发展

发电基于自用为主的自备小型热电联产，因为其发电成本和电力公司销售电价进行比较有竞争性，故在设计中只要能保证一定的满负荷运行时间，热电联产的经济效益是显著的。目前一些已在运行的小型热电联产效益不理想的主要问题是设计阶段热、电负荷没有计算准确，机组运行后，其基本负荷得不到保障，导致成本上升，失去应有的价格优势。虽然这种小型热电联产经济性较好，但是近几年在上海的发展还是比较缓慢，主要原因如下：

- 缺乏专业的咨询机构；

- 缺乏非常成功的案例；
- 热电联产的企业分布于不同的行业，不能形成合力，而热电联产设备制造商商业化的推广和宣传力度也不够，所以社会对热电联产的优点认识不足；
- 许多小型热电联产的用户和潜在用户都是中小企业，他们缺少发电方面的知识，在并网、高峰用电、备用电等问题上需要电力行业的帮助。

为了促进自备的小型热电联产在上海的发展，建议采取如下一些措施：

- 培育热电联产咨询产业，鼓励 ESCO 公司或公用电力行业参与热电联产的投资、建设和管理；
- 政府有关电力主管部门，应制定自备热电联产机组电力并网申请的可操作的、透明的程序，并鼓励电力行业积极为小型热电联产提供技术支持和服务。

#### 四、 鼓励支持建立行业协会促进热电联产的发展

建议成立由热电联产企业与用户、节能机构和团体、热电联产设备制造商、投资商等组成的热电联产行业协会。通过协会来进行行业自律；建立自我发展，自我保护，自我约束机制；规范会员单位的行为；和公用电力等部门沟通；进行热电联产的宣传；协助政府有关部门制定本市热电联产的发展战略。