

中国热电联产市场评估

中国节能投资公司

国际能源资源

2001 年 8 月

目 录

一、前言.....	1
二、中国的能源规划.....	3
三、中国的电力与热电联产现状.....	5
(一) 1999年中国电力行业总体现状.....	5
(二) 热电联产情况(1999年)	6
四、国家政策法规与热电联产的发展.....	8
五、中国的热电联产特点.....	10
六、热电联产面临的机遇和挑战.....	12
(一) 市场动力	12
(二) 国家电力体制改革	12
(三) 供热价格	13
(四) 资金	14
七、热电市场预测.....	15
(一) 自备热电厂	15
1、石油工业	15
2、化学工业	17
3、轻工工业	19
4、有色冶金工业	20
5、全国主要工业自备热电站预计新增容量	22
(二) 三北地区城市集中供热市场	23
1、全国城市发展情况	23
2、三北地区城市集中供热现状	23
3、三北地区城市集中供热面积增长预计	25
(三) 三北地区热电市场预测	26
1、大型城市热电现状与变化	26
2、中等城市热电市场变化	30
3、小城市热电市场	30
4、三北地区热电联产市场容量分析	33
(四) 南方非采暖地区工业开发区热电市场	34
(五) 天然气联合循环热电市场	37
1、中国天然气的发展规划	37
2、天然气消耗状况(1998年)	37
3、天然气需求预测	38
4、天然气联合循环热电市场	38
(六) 全国热电市场预测汇总	40
八、结论.....	41

一、前言

中国热电联产自五十年代开始到七十年代后期的这段时间里，热电联产发展较慢。七十年代后期，由于国际石油危机的经验教训唤醒了中国的节能意识，八十年代国家提出了“节约和开发并重、把节约放在首位”的能源政策，积极鼓励热电联产、集中供热，国家计委把热电联产列为重大节能措施项目，自那时起中国热电联产有了快速的发展。到 1999 年底全国 6MW 及以上供热机组装机已达 1402 台，总容量 28153MW，占火电装机 12.6%，年节约标煤量 2700 万吨；减排二氧化碳量 7000 万吨；二氧化硫 50 万吨。

我国的大气环境污染以煤烟型污染为主，主要污染物为总悬浮颗粒物和二氧化硫。近年来，政府加大环境治理力度，编制规划，增加投资，制定法规和污染物排放标准，环境状况已有明显好转，但是环境污染状况仍然不容乐观。据中国环境公报：到 1999 年底 338 个城市中，33.1% 的城市满足国家空气质量二级标准，66.9% 的城市未达到国家空气质量二级标准，其中超过三级标准的城市有 137 个。

1999 年，全国废气中二氧化硫排放总量 1857 万吨，其中工业来源的排放量 1460 万吨，生活来源的排放量 397 万吨；烟尘排放总量 1159 万吨，其中工业烟尘排放量 953 万吨，生活烟尘排放量 206 万吨。

中国现有大约 43 万台工业燃煤炉，除工业窑炉和热处理炉外，工业锅炉和民用热水锅炉约有 39 万台。这些平均容量 4t/h 左右，实际运行效率 30-60% 的小炉子每年大约消耗 3 亿多吨原煤，如果以热电厂热效率 85-90% 的大型锅炉替代其中的大部分小锅炉，节约煤炭的潜力每年可达数千万吨标准煤，减少二氧化碳排放量近亿吨。

中国是一个人口众多的发展中国家，经济处于高速发展阶段，人均年排放二氧化碳量只有 2.51 吨，远低于欧美发达国家，但排放总量已达 30 亿吨以上，占世界总排放量的 13.6%，仅次于美国排在第二位，增长速度已居世界第一位。热电联产是减排二氧化碳的有效手段之一，如果每年热电联产能增加 3000MW 的装机容量，预计每年可以节约 288 万吨标准煤，减排二氧化碳 755 万吨，减排二氧化硫 5.76 万吨。

中国节能投资公司自 2000 年 9 月开始，组织有关人员展开了对中国热电市场的调查。这期间收集了有关统计资料，访问了政府官员、热电联产专家、热电厂的经营者、地方官员、用热工业的有关专家等。结合中国近期能源规划和有关地方规划、节能政策等，对中国的热电市场进行了认真的分析、论证。

二、中国的能源规划

中国能源发展战略是：“在保障能源安全的前提下，把优化能源结构作为能源工作的重中之重，努力提高能源效率，保护生态环境，加快西部开发”。

中国到 2005 年能源规划中生产与消费需求预测建立在两个原则的基础上：一是能源供应立足于国内，适当进口；二是优先生产和使用清洁能源。

2000 年中国一次能源生产总量约为 10.9 亿吨标准煤，其中煤炭占 65.46%、石油占 20.94%、天然气占 3.3%、水电核电等占 10.3%。一次能源消费总量为 11.7 亿吨标准煤，其中煤炭 61.03%、石油 26.69%、天然气 3.06%、水电核电等 9.22%。

规划到 2005 年，中国一次能源生产总量约为 12.3 亿吨标准煤，其中煤炭占 63.45%、石油 17.55%、天然气 5.07%、水电核电等 13.93%。一次能源消费总量约为 13.7 亿吨标准煤，其中煤炭占 57.15%、石油 24.97%、天然气 4.85%、水电核电等 13.03%。

到 2005 年，中国能源消费年均增长速度约为 3.26%，煤炭在一次能源消费中的比重将下降 3.88 个百分点，发电量年增长 5%，水电、核电、石油天然气等的比重约有不同程度的提高。

能源发展重点：推进洁净煤技术，大力开发煤层气、石油天然气。

在电力方面 ,重点是城乡配电网建设与改造 ,输电网建设与改造 ,
西电东送基地建设。

在能效方面的发展重点是实施“ 电机系统节能 ” 计划 , 实施重点
耗能行业节能示范工程 , 在城市中推广 “ 以热定电 ” 的热电联产 , 热
电冷三联产和热电煤气三联产。

三、中国的电力与热电联产现状

(一) 1999年中国电力行业总体现状

表 3-1 1999 电力总装机容量中各部分的数量 (MW)

总装机	298767.9MW
其中 : 水电	72970.8MW
火电	223434MW
核电	2100MW
其它	263.1MW

1999年电力总装机容量中水电、火电、核电及其它数量 (MW)

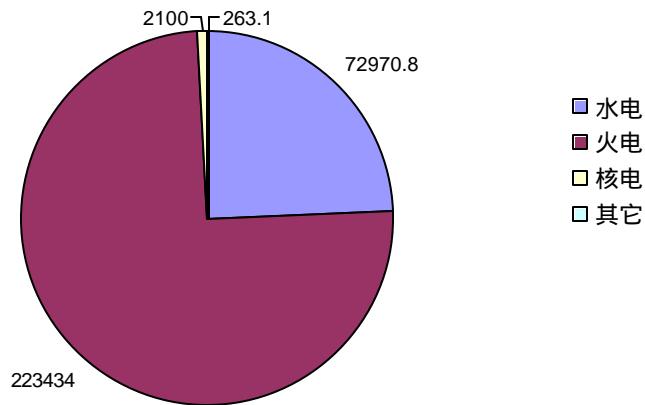


表 3-2 1999 年全国发电量中各部分的数量 (亿 kwh)

发电量 :	12331.41 亿 kwh
其中 : 水电	2129.27 亿 kwh
火电	10047.37 亿 kwh
核电	148.33 亿 kwh
其它	6.44 亿 kwh

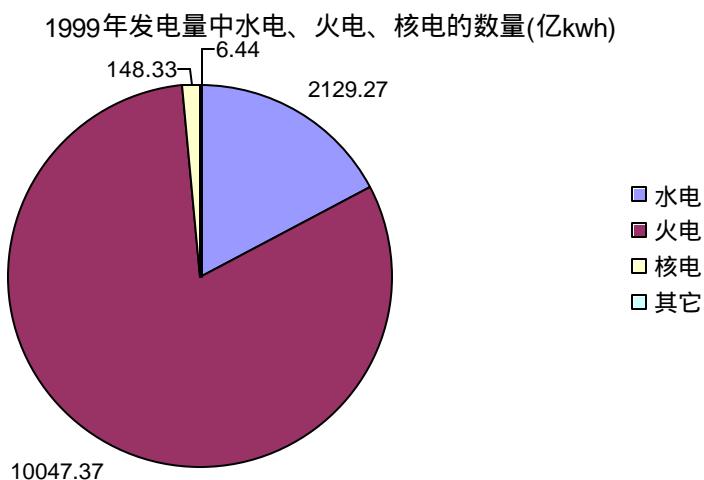


表 3-3 1999 年发电用的能源消耗

发电用能源：	36539 万吨标煤
其中：燃原煤	48187 万吨
燃 油	1159 万吨
燃 气	1290668 万立方米

(二) 热电联产情况 (1999 年)

全国单机 6000KW 及以上供热机组有 1402 台，总容量 28153MW，占火电总装机的 12.6%，年供热量 108907×10^4 吉焦。

供热机组分类情况：

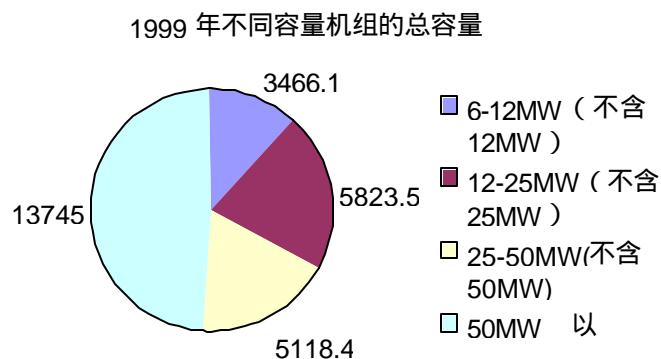
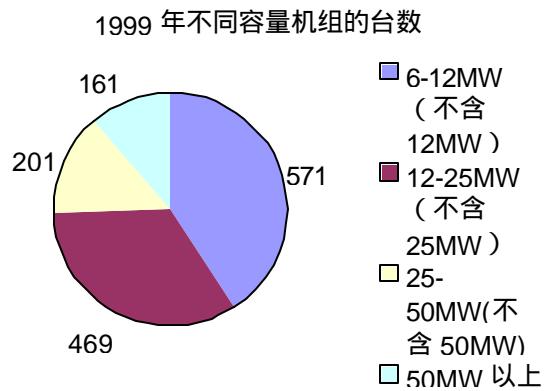


表 3-4 近两年不同容量热电机组的分类情况表

容量	参数	1999 年		1998 年		增加量	
		台数	MW	台数	MW	台数	MW
6-12MW (不含 12MW)	高压机组	1	10	1	10		
	中压机组	570	3456.1	541	3278.5	29	177.6
12-25MW (不含 25MW)	高压机组	14	181.6	14	181.6		
	中压机组	455	5641.9	426	5252	29	390
25-50MW (不含 50MW)	高压机组	120	3015	120	3010		
	中压机组	81	2103.4	70	1823	11	280.4
50MW 以上	高压及超 高压	161	13745	140	11372	21	2373

四、国家政策法规与热电联产的发展

八十年代初，国家计委把热电联产列为重大节能措施项目之后，对各地上报的项目给予（三分之一）资金支持。自八十年代开始中国热电联产有了快速发展，同时国家强调“以热定电”的原则，要求根据热用户的热需求量来决定机组的型式和建设规模，因此当时多以单机3-12MW为主建设了一批背压式汽轮发电机组的热电厂。由于背压式供热机组的缺点是不能适应较大热负荷的变化，后来这些热电厂又扩增了抽汽冷凝式机组或安装了后置式机组。

中国的热电联产项目要由国家或地方政府审批才能建设，单台机组25MW及以上由国家审批，以下由省级政府审批。

国家强调城市要制定供热规划，实行区域供热，因此大多数热电厂为多家企业供热或是某个厂的自备热电厂同时为该区域中的其它热用户供热，热网管线长，投资较大。

中国热电联产快速发展的时期是八十年代末九十年代初，国家依然拿出大批资金支持的同时，又出台了让利于节能项目的税收政策，如税前偿还贷款，供热流转税的零税率和30%银行优惠贷款利率等，加上当时全国的电力供应紧张，电力上网容易解决，这一时期是地方小型热电项目发展的最快时期。

九十年代中后期，国民经济进入市场经济的步伐加快，国家财务

会计制度发生了较大的改变，取消了供热的零税率、税前还贷、优惠利率和国家的资金支持等。电力供应暂时的过剩和电力市场的垄断等众多因素，增加了地方投资热电的困难。还贷能力的下降，项目融资难度加大，中小型热电项目的建设数量明显减少。

为了规范热电联产项目的建设和运行，国家计委、国家经贸委、建设部、国家环保局联合颁布了计基础[2000]1268号《关于发展热电联产的规定》，重申了以热定电的原则和审批权限，规定了全厂热效率燃煤机组大于45%和燃天然气机组大于55%，还规定了不同容量机组热电比的要求。这一文件的颁布规范了热电厂的建设和运行管理，有利于热电市场的健康发展。

《国务院关于酸雨控制区和二氧化硫污染控制区有关问题的批复》(国函[1998]5号)的政策出台后，文件规定了在两控区内，城市附近只能建设热电厂。国家西部大开发的重要内容之一：西电东输，东部地区的新建纯凝汽发电项目受到一定限制，东部地区开始在城市中拆除小型凝汽电厂，扩建和新建较大型的热电厂；单台200-300MW级的发电、供热两用机组(冬天供暖，夏天凝汽发电)近年在三北寒冷地区的大型城市增加较快。

五、中国的热电联产特点

1、热电联产技术特点：现有热电厂单台 6-12MW(不含 12MW) 中压和次高压参数机组占到热电机组总台数的 40.7%，而容量只占热电总容量的 12.3%，台数上小型机组比例大。

2、与其他国家不同的是中国建设热电厂强调“以热定电”，以供热为主要目的，热电厂的机组选择往往是根据热用户的现有实际热负荷来决定机型和容量，机组容量往往选的偏小，几年后热负荷增长，又在原热电厂内扩建复制同规模的机组，是造成小型机组较多的原因之一。

3、为了满足环保要求，中小型热电联产项目的燃煤锅炉多数选择低氮氧化物排放和炉内脱硫的循环流化床锅炉。循环流化床锅炉容量多数是 35t/h 和 75t/h，少数是 130t/h 和 220t/h。国家的产业政策是 410t/h 以下的燃煤锅炉优先选用循环流化床，最近 410t/h 的循环流化床锅炉也开始小批量安装。

4、中小型城市热电厂（三北地区）既供工业蒸汽，也供居民采暖，城市中的热网既有蒸汽热网，也有为建筑采暖供热的热水管网，热网复杂，投资大。一般热电站的合理供热区域为：供蒸汽半径 5km 以内，供热水半径 10km 以内。

5、国家支持热、电、冷联产，这类项目多用在纺织、化工企业

的工艺过程制冷和大型公用建筑制冷，由于没有解决居民分户用冷计量问题，进入家庭还较困难。采用夏季吸收式制冷方式可以平衡热电厂的冬、夏热负荷，提高热电厂的节能和经济效益。

6、国家支持循环流床锅炉加干馏炉的煤气、热力、电力三联产的工艺技术，该技术正在进行工业性实验，这一技术很受中小城市的欢迎，是国家鼓励和支持的洁净煤燃烧技术之一，获得成功后将成为中小热电的主流技术。

7、石油加工、有色冶炼、造纸、化工等用蒸汽负荷较多和用电量较大的企业，从满足自身用热、用电量的需要出发建设热电厂，一般与电网相联，不考虑向电网卖电或少量从电网购电。

8、北方大型城市规划建设的热电厂以采暖供热为主，供热面积1000 万平方米以上，由单机 100MW 以上的大型抽汽冷凝两用机组成。小城市的热力规划中一般建造 1 - 2 个区域热电厂，中等城市一般规划建设 3—4 个区域热电厂。南方的中等以上城市一般都规划在开发区建设一个热电厂。

9、中国热电厂的燃料 95%以上使用煤炭，80 年代以前石化行业建设了一批小型燃油热电机组，由于石油价格的上涨和使用年限较长，已处于停产或半停产状态，代之以大型的燃煤供热电站。木浆造纸厂的热电联产，使用树皮、树枝、造纸黑液等为燃料。由于中国的天然气产量还较低，价格偏高，联合循环热电联产项目还很少。

六、热电联产面临的机遇和挑战

(一) 市场动力

1998年1月1日起实施的《中华人民共和国节约能源法》第三十九条，“国家鼓励发展下列通用节能技术：推广热电联产，集中供热提高热电机组的利用率，发展热能梯级利用技术，热，电，冷联产技术和热，电，煤气三联供技术，提高热能综合利用率”。政府有关部门十分重视热电联产的发展，2000年8月22日由国家计委、国家经贸委、建设部、国家环保局联合颁发了计基础（2000）1268号《关于发展热电联产的规定》，为热电联产的发展提供了法律和政策保证。

中国城市总体规划的工业开发区和高新技术开发区，把城市的新、老工业逐步向开发区集中；城市房地产集中开发的住宅区以多层和高层为主，有利于集中供热的实施。

建设部提出以热电联产为主，以集中供热锅炉为辅的城市供热模式，把热电联产纳入了城市热力规划之中。

热电联产的供热与工业锅炉供热相比，保证了工业用热的稳定性
和可靠性，提高了工业产品的质量和产量，普遍受到工业用户的欢迎。

(二) 国家电力体制改革

国家已经决定对电力体制进行改革，首先是厂网彻底分开，国家

电网公司负责输电、配电、电量调度和交易，各发电公司竞价上网，国家电力监管委员会负责制定规则；监督执行；解决纠纷。这一改革打破了电力的独家垄断，促进了电力的公平交易，解决了多年困扰地方建设的热电厂和企业建设的自备热电厂的电力上网问题，为热电联产带来了新的发展机遇。但热电厂要面对新的挑战，就是与大型凝汽电厂的电力上网价格竞争问题，热电联产企业在竞争中必须提高技术水平和管理水平，进行现代企业制度改革，减员增效，降低生产成本。目前已有一些热电厂已经开始考虑新建或扩建中、大型高参数热电机组，拟拆除接近寿命期的小型机组，进一步降低发电煤耗，减少人员编制，降低运行成本。

（三）供热价格

区域热电厂的热网投资较大，供热成本较高。热电厂销售收入的50%以上来自于供热收费。目前供热、供电价格都由政府制定，各地政府对热电厂的热、电成本分摊计算方法也不相同，实际执行的热价各地不一，有的地区以电养热，提高上网电价，降低供热价格，实行供热让利于民，个别地区供热价格往往低于成本价格，绝大多数热电厂的热价只相当于小型燃煤锅炉供热成本的70%左右，供热利润率在5%以下。调整不合理的热价是热电联产在电力体制改革后很重要的工作。

(四) 资金

大型城市的热电厂由于机组规模大，国家电力公司等有实力的大型企业投资积极性高，热电厂建设资金容易解决。大城市的热网管径大，主干线长，采用地沟敷设，投资很大，一般由市政部门负责投资建设和经营，地方财政出少部分注册本金，其余部分靠融资，投资大融资难度也大，热网很难与热电厂同时完成。中小城市的热电厂，机组规模小，电厂和热网的建设及经营往往是同一个法人，大公司不愿意投，小公司又建不了，政府出资少，融资更困难。

七、热电市场预测

根据近几年中国热电的发展情况，结合电力体制改革及市场经济的新形势，据专家预测，工业企业自备热电厂每年预计新增装机620MW；三北地区城市集中供热（民用采暖和工业用热）每年预计可增加2000MW；南方的工业开发区热电厂每年预计可增加500MW；中国的热电市场每年预计可增加3100MW左右。

（一）自备热电厂

用蒸汽负荷较多和用电量较大的企业自备热电厂，当初的建设方案是保证供热的前提下能发多少电就发多少电，往往选择低参数的小型机组。如今自备热电厂的机组选型已考虑企业的热、电平衡。

1、石油工业

中国原油一次加工能力在2.7亿吨/年，1998年全国原油加工量1.5亿吨。原油加工量的90%以上由中国石化总公司和中国石油天然气总公司两大集团公司完成。

（1）中国石化总公司自备电厂(站)情况

中国石化总公司既有油气开发，原油加工，又有石化产品生产。在油气开发、石油炼制、石化产品生产中，均消耗大量的电力。中国石化总公司近几年每年消耗的电量在300亿kwh左右。中国石化总

公司的下属企业大都是大型联合企业，多数建有自备发电厂(站)。1999年底有22家企业建有自备电厂(站)，总装机能力3740.7MW，最大装机规模的企业为中原石油勘探局523MW。

机组分类如下表：

表 7-1 石化企业热电装机机组分类表

装机容量	企业数(个)
10MW 以下	2
50MW 以下	8
50MW—100MW	4
100MW—200MW	5
200MW—500MW 以上	3

石化企业早期多数建设有燃油小型热电机组，部分机组接近报废期，随着世界石油价格的提高，企业从自身利益出发提出扩建大型燃煤热电机组，替代小型燃油机组。我们实地考察的天津石化厂已建成两台50MW热电机组，同时停掉6台燃油小机组，新疆独山子石化厂拟扩建一台50MW燃煤热电机组。

2005年中国石化总公司规划热电总装机能力4300—4500MW，比现在装机容量增加560—760MW。

(2) 中国石油天然气集团公司自备热电厂情况

中国石油天然气(集团)公司，简称石油集团。石油集团主要包括北方地区的石油勘探开发、炼油化工、石油工程建设、石油机械制造、石油管道运输和石油销售企业等。重点油气田和炼化企业有大庆、辽河、大港，吐哈等十三个油田；大庆石化、大连西太平洋石化、宁夏化工等十四家石化企业。

1998 年石油集团总用电量达 327 亿千瓦时 ,其中油气田用电 206 亿千瓦时 ,长输管道用电 10 亿千瓦时。

石油石化企业大都为特大型联合企业 ,多数都建有自备发电厂 ,一是为了保证生产的用电安全 ,二是为了供生产工艺用热和采暖供热。 1998 年石油集团自发电量占总耗电量的 38.5%。

石油集团所属油田和石化企业的自备电厂装机容量约为 2900MW ,大都为 50MW 及以下的中小机组。燃料以煤和重油为主 ,少数以天然气和炼厂瓦斯气为燃料。 1998 年原煤消耗量 795 万吨 ,燃料油消耗量 164 万吨 ,发电量为 126 亿千瓦时 ,其中油气田自发电 66.8 亿千瓦时 ,石化企业 (热电联产) 自发电 59.7 亿千瓦时。

石油集团自备发电厂的发展设想是减少燃油消耗 ,东部地区实行以煤代油 ,西部地区实行以气 (天然气) 代油对现有热电厂进行改造 ,扩大热电厂的规模 ,实行集中供热 ,以取代燃油锅炉。

到 2005 年中国石油天然气集团公司计划新增加装机 650MW 。

2、化学工业

(1) 概况

化学工业自备电站 (厂) 数量多 ,分布面广 ,除硫酸余热发电外 ,198 家建设有热电厂的化工企业分布在全国 25 个省、市。据不完全统计 ,截止到 1998 年 ,化学工业热电联产总装机有 346 台 ,1885MW 。初步统计近一两年有 25 家企业准备扩建或新建自备电厂 ,拟建容量在

200MW 左右。

表 7-2 化学工业热电联产现有装机分布情况表

单机容量 MW 套数 行业	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	6.0	12.0	25.0	50.0	合 计
化肥	16	9	37	2	43	49	11	10		177
纯碱、氯碱	3	1	5	1	18	27	22	1		78
油漆、染料	1		1		2	2				6
橡胶		3	1			3				7
农药	1		1		6	1				9
矿山		1	4	2			2			9
碳黑			10		3					13
其它		14	8		16	7	6	3	2	47
合计	22	18	67	5	88	89	41	14	2	346

(2) 发展潜力

化学工业生产用电、用汽量很大，实现热电联产可以提高企业的经济效益。江苏省一个年产 3.5 万吨合成氨厂，以一台 35t/h 中温中压锅炉替代原有 6 台小锅炉，配抽汽背压式汽轮发电机组，除为自己供热外，还为附近一个造纸厂和一个油脂厂供热，吨氨煤耗平均下降 80 公斤标煤左右。

(3) 化学工业自备电站(厂)发展预测

近年合成氨、氯碱、纯碱企业热电联产发展很快，小合成氨企业大约 50% 左右建立了热电站或由区域热电厂供热，40 多个氯碱企业有 80% 建立了热电站，十大纯碱企业亦无例外地都已建有热电站并准备扩建。预测到 2005 年化学工业自备电站总装机将达到 3000MW，

到 2015 年装机容量预计达到 4000MW

3、轻工工业

(1) 轻工行业热电现状

在轻工行业归口管理的 44 个行业中，根据生产特点，具备建立热电站的行业，主要是制浆造纸、井矿盐、酿酒、发酵制品、制糖等。其中制糖业为季节性生产，一些企业装有小型抽凝式机组，榨糖季节抽汽供热，非榨糖季节凝汽发电，在此不作分析。井矿盐、酿酒、发酵制品行业由于企业规模小，有热电站的企业较少，故轻工行业主要热电站是制浆造纸。

2000 年我国纸及纸板产量达 3000 万吨，年消耗能源约 2000 万吨标煤，其中 70% 是原煤，其它是木浆造纸的树皮、树枝和造纸黑液。木浆造纸厂一般都建设有热电厂，草浆造纸厂多数没有建设热电厂，年产 3 万吨以上的草浆纸厂部分企业安装了燃烧黑液的锅炉进行碱回收，但自建热电厂的很少，三万吨以下的草浆造纸厂基本没有自备热电厂，多数为自备锅炉，部分企业由区域热电厂供热。据不完全统计造纸工业现有自备热电厂总装机容量达 1500MW，机组 180 台套。

表 7-3 造纸工业现有热电装机分类表

单机容量	台套	合计容量
3MW 及以下	96	200MW
6MW	36	220MW
12MW	32	380MW
20-50MW	10	320MW

50MW 及以上	6	380MW
总计	180	1500MW

(2) 发展预测

预计到 2005 年我国纸及纸板产量可达 4000 万吨，企业自备热电站发电机组装机容量增加 600MW 左右。

表 7-4 部分造纸企业新增热电装机容量表

单位名称	装机容量	台套
宁波中华纸业有限公司	50MW	2
海南纸浆厂	37MW	3
山东华泰纸业集团有限公司	27MW	2
佳木斯纸业集团有限公司	25MW	1
岳阳纸业集团有限公司	25MW	1
日照纸浆厂	25MW	2

4、有色冶金工业

(1) 有色冶金工业现状

1999 年底全国已形成有色金属生产能力：矿山原料 541 万吨，冶炼 761 万吨，铜铝加工材 591 万吨。当年生产有色金属 694.7 万吨，其中：铜 117 万吨，铝 280 万吨，铅 91 万吨，锌 170 万吨。十种有色金属已连续六年居世界第二位，仅次于美国。

(2) 有色冶金工业能源消耗现状

1999 年有色金属产量 694.7 万吨，消耗能源 3366 万吨标准煤，占当年全国能源消耗的 2.76%。

1999 年的能源消耗中：电力占 65.1%；煤炭占 25.3%；焦炭占 4.6%；重油占 1.8%；汽油、柴油、天然气占 1.13% 左右；其它能

耗占 2.07% 左右。

(3) 有色冶金工业自备热电厂现状

有色金属冶炼工艺用热用电很多。在六十、七十年代，自备热电站很少，多数企业是由锅炉直接供热。八十年代国家电力供应紧张，保证不了生产用电、用热，八十年代中后期氧化铝新厂建设及老厂技术改造中都建设了自备电厂。铜、镍、铅、锌、锡的生产企业回收工业炉窑的高温烟气，建余热电站或者余热锅炉供热。到 2000 年底，大型有色金属铜、铝、铅、锌、镍生产企业，建成了 17 个自备热电厂（站）共有锅炉 61 台，总容量 5710t/h，发电机组 61 台，装机 517.5MW，年发电 26.3046 亿千瓦时。

表 7-5 有色冶金工业自备热电站现状表

单机容量 MW 套数 行业	1	3	6	12	15	25	合计
铝			18	5	3	7	33
铜、镍	1	4	9	3			17
铅、锌、锡		3	3	3	2		11
合计	1	7	30	11	5	7	61

(4) 有色冶金工业自备热电厂发展预测

专家预测的 2005 年有色金属产量可达 900 万吨，年均递增 3.7 %。其中：铜达到 155 万吨，年均递增 3.26 %；铝达到 355 万吨，年均递增 4.65 %；铅达到 120 万吨，年均递增 4.33 %；锌达到 220

万吨，年均递增 2.77%；其余六种金属达到 50 万吨。

根据这一预测，有色冶金工业初步计划还要扩建 10 个热电站，11 台机组，新增发电能力 309MW，节约 35.272 万吨标煤。

表 7-6 有色冶金工业自备热电厂发展预测表

单机容量 MW	1	3	6	12	15	25	50	125	合计
套数									
行业									
铝							2	1	3
铜、镍			1	5					6
铅、锌、锡		1			1				2
合计		1	1	5	1		2	1	11

5、全国主要工业自备热电站预计新增容量

表 7-7 2005 年全国主要工业自备热电站预计新增容量表

单位：MW

	新增容量	每年增加容量
化学工业	1000	200
石油工业	1240	240
轻工工业	600	120
有色冶金工业	309	61.8
合计	3149	621.8

(二) 三北地区城市集中供热市场

1、全国城市建筑发展情况

近几年城市民用建筑发展较快，1996—2000年，全国城镇新增加建筑面积12亿平方米，年均增加2.4亿平方米，1999年比1998年新增加3.1亿平方米，有关专家预测2000—2010年十年间，新增建筑预计约33.5亿平方米，年均3.35亿平方米，三北地区年增约1.5亿平方米。

表 7-8 现有城镇建筑面积表

单位：亿平方米

	1985	1990	1995	1998	1999
年末实有房屋建筑面积	23.9	39.8	57.3	70.9	73.5
年末实有住宅建筑面积	11.3	19.6	31.0	39.7	41.7
年末实有住宅居住面积	5.8	9.8	15.5	19.8	21.0

2、三北地区城市集中供热现状

表 7-9 三北地区城市住宅及集中供热统计表(1999年)

单位：万平方米

地区	年末实有 建筑面积	年末实有 住宅建筑	年末住宅 居住面积	集中供热 面积	热化率 %
北京	27430	14211	6670	6976	25.4
天津	15042	7831	4035.15	5011	33.3
河北	29536	15914	8593.84	8751	29.6

山西	20036	11106	5951.44	4645.	23.2
内蒙	14241	8013	4194.15	4335.	30.44
辽宁	49631	28965	14538.66	17653	35.57
吉林	22061	13364	6922.81	8430	38.2
黑龙江	34025	20443	10545.18	12945	38
山东	54162	29596	14873.82	10737	19.8
河南	33147	18013	8892.84	3222	9.72
陕西	14328	7624	4003.08	1465	10.2
甘肃	9647	5151	2699.38	3067	31.8
青海	2256	1122	633.9	60	2.66
宁夏	3364	1714	946.34	1520	45.2
新疆	11971	6727	3385.87	3511	29.3
合计	340877	189794	96886.46	92328	

三北地区（华北、西北、和东北）13个省、市、自治区，河南省、山东省的城市集中供热发展很快，一般城市热化率在25-30%左右。但发展不平衡，西部的青海省集中供热才刚刚开始，陕西、河南发展的较慢。三北地区1999年底集中供热面积9.23亿平方米，加上其他地区，全国集中供热面积共9.67亿平方米。

三北地区的城市热化率统计数字虽然很高，但从实际现场调研情况分析，不少集中供热锅炉房是由多台10吨以下热水锅炉组成，热效率低。河北省唐山市西郊热电厂规划供热区现有900万平方米建筑面积中，由热电厂直接供热300万平方米，其余的集中供热锅炉房如铁路职工宿舍区、开滦矿务局宿舍区等都是30万平方米以上的宿舍区，现场调研看到集中供热锅炉房是由6—7台6吨/时热水锅炉组成，最大的热水锅炉不超过10吨/时。乌鲁木齐市有4000万平方米建筑面积，集中供热1100万平方米，由35吨以上大型热水炉供450万平方米，10吨以下锅炉供480万平方米。现有中小城市集中供热的

锅炉几乎都是 10 吨以下的小锅炉。

3、三北地区城市集中供热面积增长预计

表 7-10

城镇房地产开发企业竣工、开工建筑面积统计表（1999 年）

单位：万平方米

地区	施工面积	竣工面积		开工面积	
		城市建筑	城市住宅	城市建筑	城市住宅
北京	3784	1208.5	1061.8	850	
天津	1596.7	454.8	497.3	446	
河北	1489.4	693	725.7	649.4	
山西	762.5	259.4	412.5	389.5	
内蒙	473.5	268.6	315.9	235.8	
辽宁	2614.5	1277.9	1328.	1056.8	
吉林	751.4	368.6	403.5	329.2	
黑龙江	1118.7	547.4	727.4	566.9	
山东	2824.4	1401.9	1406	1158	
河南	1339.6	444.9	574.4	487.9	
陕西	1313.54	580.8	414.7	345.3	
甘肃	431.2	172.1	135.2	115.1	
青海	174.3	78.1	60.6	47.1	
宁夏	209.6	124.2	135.3	105.6	
新疆	343.4	160	212.7	194.8	
合计		8040	8411		

以上统计数据的是三北地区房地产开发企业集中开发的建筑面积，这只是新增建筑面积的一部分，这些建筑一般都是在城市集中供热规划内集中开发的建筑，1999 年新增建筑面积 8040 万平方米。

三北地区城市存量建筑 34 亿平方米，其中的 70—80%，仍由分散锅炉供热，大约 25 亿平方米应改造为集中供热。

表 7-11

中国城市建设统计年报 集中供热部分

指标		1996年	1997年	1998 年	1999年	2000年
供热 能力	蒸汽 (吨/时)	62316	65207	6647	70146	75439
	热水 (兆瓦/时)	103960	69539	71720	80591	97475
供热 总量	蒸汽 (万吨)	17615	20604	17463	22169	23951
	热水 (万百万千焦)	56307	62661	64684	69771	83454
管道 长度	蒸汽 (公里)	9577	7054	6933	7733	7963
	热水 (公里)	24012	25446	27375	30506	35785
集中供热 面积		73433	80754	86540	96774	110766

从全国集中供热面积的统计数据看分析 1999 年比 1998 年全国新增集中供热面积 1 亿平方米 , 是近几年增加最快的一年。集中供热热源和热网建设属于城市基础设施 , 是国家鼓励和支持的项目 , 也是地方政府努力筹资要建设的项目。从这几年集中供热面积的增长和城市热电厂建设的趋势分析 , 今后几年每年新增集中供热面积约 1.5 亿平方米左右是有可能的。

(三) 三北地区热电市场预测

1、大型城市热电现状与变化

三北地区的特大型城市北京市现有建筑面积 2.743 亿平方米 , 其中城区建筑面积 2.285 亿平方米 , 计划到 2005 年城区的建筑面积达到 2.685 亿平方米。1999 年城区集中供热面积 6978 万平方米 , 有 8 个热源厂 , 总供热能力 , 民用热 17980 吉焦 , 蒸汽 1320 吨 / 小时 ,

城市供热管网长度 328km , 热力站 1002 座 , 由热电厂供热 3098 万平方米 , 热电厂容量共 2230MW 。

表 7-12 北京城区热电厂供热情况表

项目	装机规模 (MW)	供热能力 (万平方米)	实际供热 (万平方米)	2005 年供热 (万平方米)
第一热电厂	580	1452	881	1452
第二热电厂	200	1089	803	1089
石景山热电厂	800	1089	1000	1089
高碑店热电厂	650	2106	414	2106
合计	2230	5736	3098	5736

表 7-13 北京城区供热及预测表

项目		单位	2000 年	2002 年	2005 年
城区民用建筑面积		万平方米	22850	24450	26850
燃 气	燃气采暖面积	万平方米	2400	5000	9900
	折天然气量	亿立方米	3.6	10.	16.5
电 力	电采暖面积	万平方米	300	1000	1750
	折电量	亿 KWH	3.14	10.465	18.314
燃 油	燃油采暖面积	万平方米	200	800	1250
	折油量	万吨	2.4	9.6	15
市热力公司供热面积		万平方米	5099	6399	8359
其他燃煤锅炉供热面积		万平方米	14851	11251	5591

注 : 市热力公司供热面积包括了热电联产的供热面积

从北京的供热规划和能源发展预测分析 , 供热燃煤量会逐年减少 , 天然气的使用量会逐年增加。北京正在论证电子城的天然气联合循环热电厂项目 , 该项目可研报告的建设规模为 170MW 联合循环供热机组和 4 台 75t/h 的燃天然气热水锅炉 , 供热 500 万平方米。北京市已规划了草桥、郑常庄、上地工业开发区、清华大学、太阳宫等拟再建设五座联合循环热电厂。北京、天津等特大型城市为了满足环境

要求，天然气的用量增加而燃煤量减少，今后新增热电联产项目会以天然气联合循环为主。

从近两年北方大城市热电厂的建设和政府审批的项目分析，城市热电机组正向大型化，高参数发展。

辽宁省沈阳市城区人口 500 万，2000 年消耗能源 1200 万吨标准煤，其中煤炭 1100 万吨，电力 110 亿 kwh，燃油 40 万吨，成品油 75 万吨。全市现有热电装机容量 638MW，其中沈海热电厂装机 400MW，沈阳热电厂装机 100MW，金山热电有限公司装机 24MW，皇姑热电有限公司 24MW，新北热电有限公司装机 24MW，沈阳抗生素厂自备热电厂装机 24MW。

全市供热面积 8000 万平方米，其中集中供热面积 4500 万平方米，由热电厂供热的面积 1750 万平方米。沈阳市城市热源建设的指导思想是以热电联产为重点、大型区域锅炉房为辅助。该市计划在金山热电厂扩建 50MW；皇姑热电厂扩建 12MW；沈阳热电三厂扩建 100MW。到 2005 年全市新增热电装机 200MW，热电厂供热增加 700 万平方米。

河北省石家庄市城区人口 160 万人。现有建筑面积 3567 万平方米，采暖热负荷 2279MW，工业生产热负荷 1238 吨/小时，采暖热化率 44%，工业热化率 66%。石家庄市城市规划到 2010 年，建筑面积增加 3700 万平方米。《石家庄市城市集中供热规划》提出的目标是到 2010 年，城市采暖热化率达到 70%，工业热化率达到 80%。

为了达到上述目标石家庄市已经提出：在石家庄热电厂扩建 2 台 200MW 供热机组，在石家庄东方热电股份公司热电二厂扩建 2 台 50MW 机组的建设方案，上述两个项目正在审批中，同时还规划在石家庄南郊热电厂扩建 2 台 125MW 供热机组。

乌鲁木齐市有 160 万人口，4000 多万平方米的建筑面积，集中供热面积只有 1100 万平方米，城市热化率只有 25%。该市只有苇湖梁一个热电厂，电厂已建成两台 125MW 供热机组，供热能力 350 万平方米，由于热网正在建设中现只能供热 100 万平方米。乌市是空气污染较严重的城市之一，现全市有采暖及工业锅炉 2958 台，锅炉耗煤量 700 万吨 / 年，其中 4t/h 以下的小型锅炉有 1224 台。该市空气中的二氧化硫和粉尘等指标都超过国家标准。为了治理城市空气污染，该市在南区规划新建四台 200MW 供热机组，增加供热面积 1050 万平方米，并研究规划在城区使用天然气。

河北省唐山市是河北省的地级市，现有城市人口 157 万，现有建筑面积 4348 万平方米，集中供热面积 1800 万平方米，热化率 41%，其中唐山电厂 4 台 12MW 和 1 台 50MW 供热机组供热 438 万平方米，唐山西郊热电厂 2 台 50MW 机组供热 300 万平方米。该市规划到 2010 年新增建筑面积 2000 万平方米，城市热化率达到 60%，在今后十年中要解决 2000 万平方米的集中供热。该市计划在唐山电厂扩建两台 300MW 供热机，增加供热面积 1000 万平方米，计划 2005 年建成，项目正在审批中。在唐山西郊热电厂计划扩建 1 台 200MW

供热机组，增加供热面积 500 万平方米。

三北地区，100 万人口以上的城市有 21 座，近 5 年城市规划的热电容量每年的增加量在 200 ~ 600MW 左右。

2、中等城市热电市场变化

三北地区中等城市的热电机组规模也在扩大，正在审批的山东省德州市热电厂 1 台 50MW 和 1 台 25MW 机组，新疆石河子市 2 台 50MW 供热机组已经开工建设，奎屯市 2 台 25MW 供热机组，其中一台已具备安装条件，河北沧州市 2 台 25MW 机组也已批准建设。

三北地区的中等城市有 117 座，这些城市的大多数都已建有热电厂，经济发展较快的城市今后几年会新建和扩建热电厂。

3、小城市热电市场

20 万人口以下的小城市地方工业多数是化肥、酿酒、造纸、食品、小化工等，有规模的工厂多建设在城市附近。从已建成的小型热电项目的实际运行结果分析，工业热负荷年供热量多在 30 万吨以上。小城市的工业规模小，自备热电厂少，基本上是区域热电厂。

在北方寒冷地区采暖时间超过 4000 小时的小城市，一般可供热面积在 100 万平方米左右，现多由小锅炉供暖，这种小城市即使没有工业热负荷，建设背压式热电厂冬季运行供热，夏季检修，其经济效益比热水锅炉供热要好的多。在这一地区基本符合这一条件的小城市有约 50 个左右，只要能解决电力上网问题，该类热电厂的数量会在

这一地区很快多起来。

有些工业热负荷较大的小城市，由于建设资金不足，项目批准了也建不起来。因此，三北地区小城市多数没有建设热电厂，已经有的热电厂规模也偏小。

从调研分析，西部的新疆区 5-10 万人的城市有 15 座，内蒙区 5-10 万人的城市也有 15 座，这些城市都未建设热电厂；10-20 万人的城市中有 50% 未建设热电厂；20 万人以上的城市有 30% 未建设热电厂；30 万人以上的城市一般都已经建设了热电厂，但规模小不能满足集中供热的需要。

表 7-14 内蒙古自治区城市供热和热电情况表

城市名称		热电规模	供热方式
人口 30 万以上的	呼和浩特	2 台 200MW 在建	
	包头	750MW	
	乌海	2 台 12MW 在建	
	赤峰	36MW	
人口 20 万以上	乌兰浩特	24MW	
	通辽	30MW	
	集宁		小锅炉供热
	临河		小锅炉供热
	海拉尔 东胜	24MW 30MW	
人口 10 万以上	锡林浩特	24MW	
	满洲里		小锅炉供热
	牙克石	12MW	
	扎兰屯	6MW	
人口 5 万以上	呼市土右旗		小锅炉供热
	翁牛特旗		小锅炉供热
	宁城县		小锅炉供热
	通辽市开鲁县		小锅炉供热
	通辽市扎鲁特旗		小锅炉供热

兴安盟扎赉特旗		小锅炉供热
兴安盟突泉县		小锅炉供热
兴安盟科右中旗		小锅炉供热
伊盟达拉特旗		小锅炉供热
伊盟杭锦后旗		小锅炉供热
伊盟准格尔旗	准煤公司发电厂	循环水供热
巴盟乌拉特前旗		小锅炉供热
巴盟五原县		小锅炉供热
阿盟阿左旗		小锅炉供热
呼盟鄂伦春旗		小锅炉供热

三北地区 20 万人口以下的城市有 168 个，这是一个较大的热电市场。那些工业热负荷较大的城市，若能解决建设资金和取得合理的供热价格，热电厂的生存与发展也是没有问题的。而那些冬季供热时间短，工业热负荷又少的小型城市，建设热电厂就会有一定难度。

表 7-15 三北地区城市人口统计表

单位：万人

地区	合计	按城区非农业人口分组				
		200 以上	100-200	50-100	20-50	20 以下
北京	1	1				
天津	1	1				
河北	34		3	2	6	23
山西	22		1	1	4	16
内蒙	20		1	1	6	12
辽宁	31	2	2	6	7	14
吉林	28	1	1		11	15
黑龙江	31	1	1	6	10	13
山东	48		3	5	20	20
河南	38		2	5	10	21
陕西	13	1			5	7
甘肃	14		1		2	11
青海	3			1		2

宁夏	5				2	3
新疆	19		1		7	11
合计	308	7	16	27	90	168

4、三北地区热电联产市场容量分析

从调查和有关资料分析：河北省的热电联产项目，截止到 2000 年底已建设了 60 家，装机容量共 2300MW。但该省的城市热化率平均水平较低，廊坊市、张家口市、衡水市等一批中等城市还没有建设热电厂，该省 20 万人以下的城市有 23 座，大部分城市没有建设热电厂，甚至没有集中供热，但各地对热电厂需求很大。该省到 2010 年能源规划中，电力装机增加容量 10000MW，总装机容量将达到 25000MW，其中单台机组 50MW 以上的热电厂将是今后发展的重点，20MW 的矸石热电厂规划建设 15—20 个。从对河北省能源规划的分析可以得出，该省每年新增 1000MW 的发电容量中，热电机组占 30—40%是有可能的。

山东省土地面积 15.67 万平方公里，人口 8785 万人。全省 142 个县市区中已有 95 个建设了热电厂，全省现有热电厂 161 座，热电机组 277 台，装机容量 180 万千瓦，占全省发电设备装机容量的 11%。1997 年，全省现有工业锅炉 8642 台、9.71 万蒸吨，城镇集中供热面积不高，热化率仅为 19%。山东省提出文明城市的标准是城市热化率大于 35%，规划全省县及以上城市都要求建设热电联产搞集中

供热 , 要求县级城市在近几年内热化率要大于 20% 。山东省近几年每年由地方提出申请的热电联产项目 , 总的建设规模都在 300MW 左右。

新疆区在建设的石河子市、伊犁市、奎屯市热电厂的建设规模共有 200MW , 全区拟规划建设热电规模 1000MW 以上。

专家预测三北地区发展较快的省每年可增加 300MW 以上的热电装机容量 , 发展较慢的省每年也可增加 100-200MW 的热电装机容量。在该地区预计每年可新增 2000MW 以上的热电装机容量。

(四) 南方非采暖地区工业开发区热电市场

南方城市的热电联产集中供热的对象是工业用户 , 南方的大、中、小城市几乎都规划建设了以工业为主的开发区。发展较快的东南沿海长江三角洲地区的经济技术开发区已经达到一定规模 , 通过对开发区现有热电厂调查 , 热电厂已成为开发区不可缺少的基础设施之一 , 在开发区引进工业项目中发挥了重要作用。江苏省太仓经济开发区及其热电厂的建设在其中比较有代表性。

太仓市位于江苏省东南端 , 东濒长江 , 南邻上海 , 西接苏州 , 太仓市现有人口 44.75 万 , 总面积 815 平方公里。太仓经济开发区是由江苏省人民政府批准的省级开发区 , 总体规划面积为 25 平方公里 , 截止到 1998 年底 , 开发区已基本完成一期规划区域 5.2 平方公里 , 区内道路、供水、供电、通信、供热为主的基础设施配套建设已基本

完成。进开发区投资的外商来自日本、美国、英国、德国、韩国、新加坡、台湾和香港等十多个国家和地区，并在其中建成了一批以电子、机械、食品、轻工、纺织、冶金等为主的工业项目。太仓经济技术开发区建设之初，迫切要求实现热电联产、集中供热，以保护环境、利于开发区总体规划。太仓热电厂就是在这种大环境下开工建设。

太仓热电厂装机规模为 $2 \times 75\text{t/h}$ 煤粉炉、 $2 \times 15\text{MW}$ 抽凝式机组，分别于 1998 年末、1999 年初投产。热电厂现正在扩建另一台 75 t/h 煤粉炉。热电厂全年发电量已达 18841.26 万度；年供热量 31.56 万吨。热电厂平均热负荷已达 50 吨/时，峰值近 90 吨/时。目前，热电厂已建成热网 20 余公里，已为 58 家热用户供热。热电厂的建设，使得太仓市城区供热网的覆盖率达到 80%，集中供热率达到了 68.03%，并为下一步向居民供应热水服务创造了条件。

热电厂的建成，淘汰了大小煤（油）锅炉 60 余台，共计 260 余吨/时，削减烟尘 560 吨/年，TSP 日平均值由 97 年的 $0.276\text{mg}/\text{m}^3$ 下降到了 $0.164\text{mg}/\text{m}^3$ 。因此，热电厂的建设，为开发区内环境保护作出了突出贡献。

专家评价认为，开发区的建设推动了热电厂的建设，另一方面，热电厂的建设，又为开发区内企业提供了良好的生产保障，为开发区吸引了更多投资项目。太仓热电厂的情况，在中国经济技术开发区的建设过程中具有一定的代表意义。

目前，东部特别是长江三角洲的江苏、上海、浙江等省、市的大

部分开发区已经建设了热电厂，而在南方中西部地区的开发区还很少建设热电厂，国家正在实施西部大开发战略，随着西部投资的增加，西部开发区热电厂的数量会增加。

表 7-16 南方地区城市人口统计表（单位：万人）

地区	合计	按城区非农业人口统计				
		200 以上	100-200	50-100	20-50	20 以下
上海市	1	1				
江苏省	44	1	1	4	19	19
浙江省	35		1	2	7	25
安徽省	22		1	4	9	8
福建省	23		1	1	5	16
江西省	21		1		8	12
湖北省	36	1		3	14	18
湖南省	29		1	3	8	17
广东省	54	1		3	30	20
广西省	19			2	4	13
海南省	9				2	7
重庆市	5	1			2	2
四川省	31	1			13	17
贵州省	13		1		3	9
云南省	15		1		2	12
合计	348	6	8	22	126	195

南方 20 万人口以上的城市有 162 个，在这些城市中的 70% 没有建设热电厂，现有的这些热电厂以工业热负荷为主，建设规模一般在 50MW 及以下，根据近期发展推测，在南方经济技术开发区的热电市场近期每年约新增 500MW 供热机组是有可能的。

(五) 天然气联合循环热电市场

1、中国天然气的发展规划

中国自产天然气资源初步预测为 38 万亿立方米，其中陆上资源量 29.9 万亿立方米。资源分布主要集中在中西部地区和海上油气区，即西部的塔里木和四川两个巨型含气盆地，鄂尔多斯、准格尔、渤海湾、珠江口、东海、琼东南和莺歌海七个大型盆地。1998 年中国天然气产量 215 亿立方米，除天然气开采企业自用外，实际外供量为 149 亿立方米。预计 2005 年天然气产量达 370 亿立方米，从西部可向东部输气量 85 亿立方米，2010 年天然气产量达 450 亿立方米，可向东部输气量 210 亿立方米。

2、天然气消耗状况（1998 年）

化工：占 41.56%，其中：化肥（37.01%）

油气开采：27.98%

冶金：2.18%

电力：12.65%

其它：3.08%

天然气的实际消耗中用于发电的比例很少。

3、天然气需求预测

中国的天然气近期以工业燃料和化工原料为主，远期以发电和城市燃气为主。

表 7-17 专家预测天然气需求表 单位：亿立方米

部门	2005 年	2010 年
发电	174	484
化工	120	180
工业原料	168	257
城市燃料	106	230
合计	568	1151

到 2010 年国内实际可供应量与需求预测量相差 700 亿立方米，拟从俄罗期西伯利亚引进 200 亿立方米，从中亚三国引进 300 亿立方米。（哈萨克斯坦 100 - 150 亿、乌兹别克斯坦 50 亿、土库斯坦 100 - 150 亿）。东部沿海，进口 LNG 液化天然气解决。广东省进口液化天然气项目首期 300 万吨已经开始建设。

4、天然气联合循环热电市场

电力专家分析在三北地区以天然气为燃料的联合循环发电还不能与煤电竞争，但在长江三角洲和广东等南方地区可与燃煤 600MW 烟气脱硫机组和核能电站竞争。在实现西气东送和进口 LNG 后，天然气供应量会有较大的增加，在长江三角洲和广东等地区大中城市工业开发区建设的热电厂今后会以燃气联合循环机组为主。上海两个工业开发区（金桥和松江）拟建设 200MW 联合循环热电机组，江苏省

的能源专家也呼吁使用清洁能源。但受气源供应量的限制，在 2005 年以前不会有大规模的进展。

虽然在三北地区燃天然气联合循环电厂的发电成本高于燃煤电厂，但象北京、天津及其他省会城市为了满足环境保护要求，城市的燃料结构必然要进行调整，增加天然气的比例是一个首选方案，与其让天然气直接烧锅炉供热，不如搞热电联产更有节能和经济效益，天津市经济技术开发区 1999 年已建成一座 50MW 天然气联合循环小型供热电厂，还正在论证市区内的联合循环供热项目。北京正在论证电子城的天然气联合循环热电厂项目，该项目可研报告的建设规模 170MW 联合循环机组和 4 台 75t/h 的燃天然气热水锅炉，供热 500 万平方米。另外拟规划建设五座联合循环热电厂。

表 7-18 北京天然气设想使用量（单位：万立方米）

	2000 年	2001 年	2002 年	2005 年
居民及公用	44533	50225	55918	80491
采暖	50553	66635	94885	145759
制冷	3000	4400	4400	5842
直燃机	659	758	842	
汽车燃料	2847	5694	8760	19710
热电联产				100000
工业	7428	9382	13952	53548
合计	109020	137094	178757	405350

中国东南部经济较发达地区属于能源输入区，输入天然气与输入煤炭相比，天然气联合循环热电厂的热效率高，对环境污染小，与煤电相比具有一定的竞争力，是今后天然气联合循环的主要市场。首

都等特大型城市及天然气产地的大型城市，联合循环热电厂虽然不能与煤电竞争，但要满足环境要求必须改变燃料结构。专家预测到 2005 年大约有 1000MW 以上的联合循环热电机组投产，2005 年以后会有较快的发展。

(六) 全国热电市场预测汇总

全国热电市场预测汇总表（单位：MW/年）

类别	每年新增装机容量
工业企业自备热电厂	622
三北地区城市区域热电厂	2000
南方工业开发区热电厂	500
合计	3122

全国热电市场预测图（单位：MW/年）



八、结论

几十万台燃煤小锅炉的煤烟型污染是中国的可持续发展要面对的主要问题之一，要解决这一问题，目前最有效的办法是实现集中供热和热电联产。

根据前面的分析评估中国的热电联产每年至少可增加 3000MW 以上的装机容量，年增加供热能力 4500MW，增加供热量 20×10^6 MW；年需投资 150--180 亿元（不包括热网投资）；年节约标煤 288 万吨，减排二氧化碳 755 万吨，二氧化硫 5.76 万吨。

1999 年热电装机占火电装机的 12.6%，若按热电每年增加 3000MW，火电装机每年增加 5% 计，5 年后热电总装机达 43100MW 左右，热电占火电装机的 14~15%，所占比例还是不高。若要达到欧洲国家 30~45% 的比例水平，热电装机至少要达到 85000MW 左右的水平，因此中国的热电联产市场发展空间是很大的。

中国即将进行的电力体制改革，将解决多年困扰热电联产建设的电力上网问题，为热电联产带来新的发展机遇。

热电厂在电力市场的竞争中要进行现代企业制度改革，提高管理水平和技术水平，还要扩大供热市场，开拓目前处于起步阶段的城市热水市场、供冷市场和尽快推进联产煤气技术的实施。那些机组规模小、热负荷不足和管理水平差的热电厂将退出热电市场。

热电厂的建设资金不足（特别是中小热电厂）和政府减少了税收优惠是热电联产在九十年代中后期发展较慢的主要因素之一

为了节约能源，在政府优惠政策的支持下，热电联产项目在八十年代得到了快速发展。九十年代人们把节约能源与减排温室气体等环境效益联系起来，热电联产又被视为是环保项目，普遍受到各界的关注。国家于 1997 年颁布了《中华人民共和国节约能源法》，于 2000 年颁布了《中华人民共和国大气污染防治法》，政府出台了相应的政策规定。中国的热电联产项目有政府的支持，有电力体制改革后的市场化条件，一定会得到稳步的发展。

附件一：美国和欧盟的热电联产

美国的热电联产

1998 年，美国热电联产的总发电量为 3060 亿千瓦小时 (kWh)，其中 54% 由热电联产设施自身消耗使用，剩余电力出售给电力公司¹。在美国，热电联产项目的发电量占全美总发电量的 9 %。

美国热电联产使用的燃料主要是天然气。1998 年，热电联产设施消耗了 1950 亿千瓦小时的基于天然气的电力，相当于热电联产发电总量的 64%。热电联产使用的其它燃料主要有煤 (17%) 和可再生能源 (13%)。

美国大部分热电联产设施由工业制造企业拥有。1994 年，工业制造企业生产现场的发电量为 1425 亿千瓦小时，为热电联产发电总量的 90%。此发电量超出企业的电力消耗量，因此企业向外出售或传输了 2800 万千瓦小时的电力。在热电联产总发电量中，大约有 40% 是由造纸工业设施产生的。第二大热电联产发电量是化学工业 (35%)。

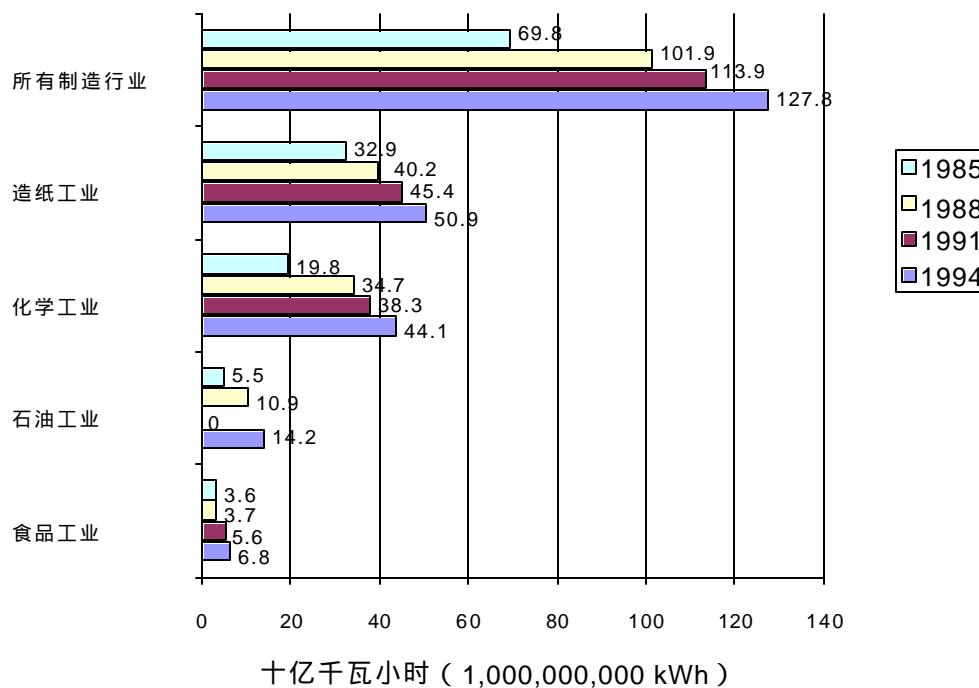
美国的工业热电联产高度集中。这是因为，在工业发展过程中，一些具体工业的需求和特点成为工业热电联产发展的主要驱动力。高蒸汽需求、高能量利用以及无副产品燃料是热电联产项目经济可行的重要组成部分，也是主要热电联产企业的共同特点。由此，85%的工业热电联产发电量（占全国热电联产总产量的 56%）存在于化学、炼油和造纸工业。食品工业也是热电联产的主要行业。钢铁工业在广泛采用综合制钢方式时也曾经是热电联产的一个主要产出行业，但是，随着钢铁工业规模的减小，以及作为热电联产设施主要燃料源的鼓风炉由电弧炉替代，钢铁工业的热电联产发电量已经很低。

美国 27%以上的工业热电联产集中在得克萨斯州、路易斯安纳州和俄克拉荷马州。这些州是化学、炼油和造纸工业集中的地区。

1985 年至 1994 年期间，美国工业热电联产得到了迅猛发展。图 1 展示了在此期间主要工业行业以及所有制造行业的热电联产发电量的增长情况。联邦法律《1978 年公用电力管理政策法案》(the Public Utility Regulations Policy Act of 1978)(PURPA) 的通过和颁布执行刺激了工业热电联产的迅速发展。《1978 年公用电力管理政策法案》的条款规定，公用电力公司向使用可再生能源或使用热电联

产设施发电的独立电力供应商购买电力。这些新的电力供应商必须满足联邦能源管理委员会规定的标准 部分电力供应商来自于制造业。

**图 1
1985 年、1988 年、1991 年以及 1994 年制造行业的热电联产发电量**



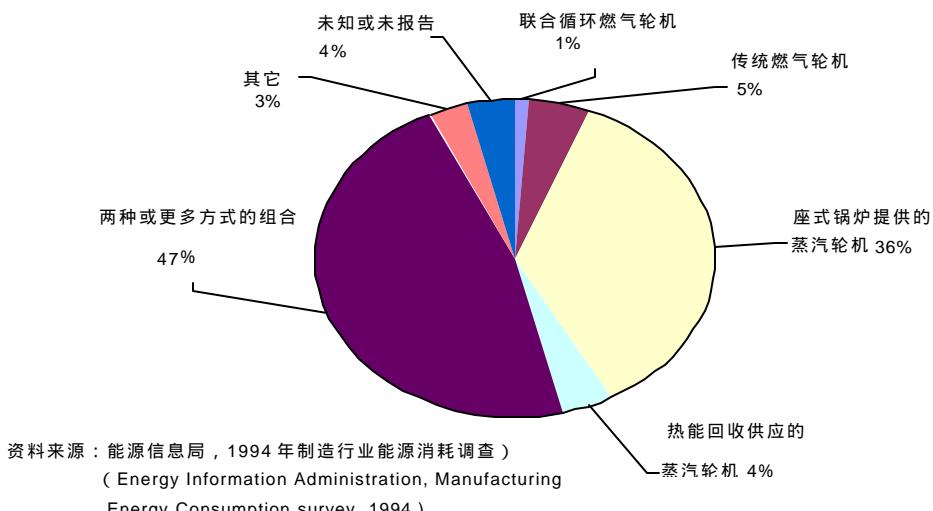
资料来源：《从历史角度看制造行业的发电》(Electricity Generation with Manufacturing Sector: An Historical Perspective)

但是，制造企业进行现场发电的原因很多。热电联产主要存在于那些对蒸汽需求很大以用于工艺加热的工业企业——二次使用能源，主要作为热能和电力的来源以提高效率。此外，许多使用热电联产技术的企业是因为在其能源消耗中会产生大量副产品，比如树皮、木屑、黑色液体以及各种形式的气体。进行热电

联产的工业企业同时也是某些最大的电力用户。例如，1994 年造纸和化学工业消耗了 35% 的电力，相当于现场总发电量的 74%。此外，现场发电的可靠性高，工业制造企业，比如造纸企业具有大量的能源，如生物质，可以便捷地进行低成本现场发电。

美国的热电联产使用了一系列新技术：锅炉 / 蒸汽轮机——标准设计但进行了重新配置以保证高电力输出；燃气轮机——低成本天然气或蒸馏系统，效率更高，峰效率时单位蒸汽能够提供更多的电力。图 2 展示的是制造业中使用发电技术的热电联产发电量比例。

**图 2
1994 年制造业使用发电技术的热电联产发电量比例**



技术选择的地区性很强。例如，在得克萨斯州、路易斯安纳

州和俄克拉荷马州，67%的热电联产使用燃气轮机，这是因为可以使用天然气和副产品燃料以及此地区对电力的高度需求。同样，在南大西洋地区，76%的热电联产使用的是传统的锅炉 / 蒸汽轮机，这是因为其邻近产煤区（用于造纸和化学工业）以及造纸厂内的生物质和副产品燃料。

传统的热电联产，比如在中国，其主要功能是为工业用户提供蒸汽，发电只是其副产品。但是在美国，热电联产设施的主要功能是发电。非传统热电联产设施可以在 PURPA 规定的电 - 热需求比例为 18 的限度内生产尽可能多的电力。PURPA 规定热电联产产量中热能最低为 5%。非传统设施从蒸汽销售中获得的收入很少；其效率也比较低。

美国造纸工业的发电情况：1988 年至 1994 年

造纸工业的发电量大约占工业发电总量的 41%，有 590 亿千瓦小时。其中 87% 的电力是热电联产发电。同其它年份一样，1994 年造纸工业企业有大量的可用木材以及与木材相关的副产品，主要是黑液（882 万亿 Btu）和生物质（406 万亿 Btu），可用于热电联产。利用这些木材以及与木材相关的副产品，61% 的电力通过由座式锅炉驱动的蒸汽轮机进行热电联产产生。

在 1988 年至 1994 年期间，造纸工业的电力消耗增加了 21%，此期间现场发电量也增长了 33%，其中 1988 年至 1991 年期间增长了 21%。发电设施——不是使用可燃燃料的热电联产设施 1991 年的发电量相当于 1988 年的两倍多，从 20 亿千瓦小时增加到了 55 亿千瓦小时。同时，造纸工业在历史上曾经主要使用可再生能源（主要是水利发电）进行现场发电。用于发电的可再生能源增加了 46%，从 20 亿千瓦小时增加到了 29 亿千瓦小时。但是，在 1991 年至 1994 年期间，随着热电联产发电量增长了 12%，使用可再生能源（太阳能、风能、水利以及地热能）的发电量减少了 13%。

美国化学工业的发电情况：1988 年至 1994 年

化学工业的发电量大约占现场工业发电总量的 33%，有 468 亿千瓦小时。其中 94% 是使用至少两种不同的热电联产技术发电获得的。化学工业是天然气的最大用户，以此作为给料并用于工艺加热。因此我们有理由认为 1994 年热电联产发电量中有一部分来自于联合循环系统发电，联合循环系统既可以燃烧天然气也可以使用副产物气体。此外，在 1994 年，化学工业是电力的第二大销售商（77 亿千瓦小时）。也许可以这样认为，其中部分电力是使用传统燃气轮机进行热电联产发电。传统燃气轮机也可以燃烧

天然气发电。当存在过剩能量并出售电力时，使用更多的是传统的燃烧系统。

在 1988 年至 1994 年期间，化学工业的电力消耗增加了 39%，此期间现场发电量也增长了 22%，同时热电联产发电量增长了 27%。此期间化学工业已经不再使用可再生能源进行发电，使用可燃燃料进行热电联产之外的发电方式正在逐渐减少，1991 年比 1988 年降低了 7%（分别为 31 亿千瓦小时和 34 亿千瓦小时），1994 年与 1991 年相比又降低了 15%（分别为 26 亿千瓦小时和 31 亿千瓦小时）。

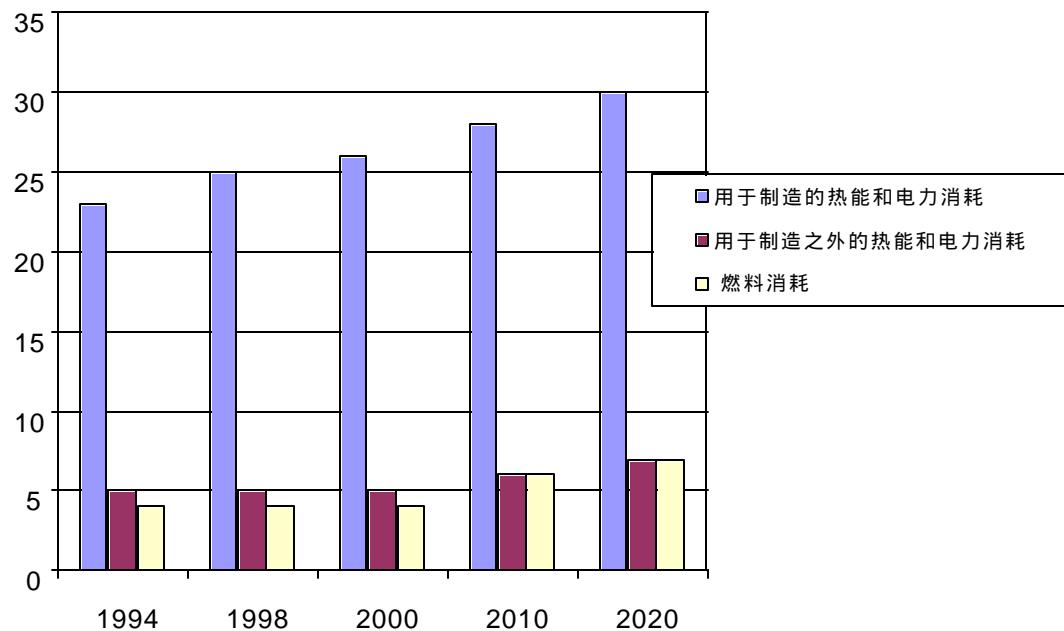
美国制造行业现场发电的未来前景

工业领域消耗的所有能量中，超过三分之二的能量是用于为制造业提供热能和电力。剩余部分基本上平均分布在非制造业热能和电力消耗以及用于非燃料目的，比如原材料和沥青。

在美国，能源的非燃料使用的增长速度（每年 1.2%）预计将比热能和电力消耗高（每年 0.8%）ⁱⁱ（参见图 3）。预计石油加工、化学、纸浆和造纸业仍将是制造行业热能和电力的最大用户。1998 年，这三种能源密集型行业消耗的能源为 8.9×10^{15} Btu。炼油厂所使用的

主要燃料仍将是天然气和石油焦。在化学工业，用于提供热能和电力的能源消耗的三分之二仍将是天然气。纸浆和造纸业仍将是可再生能源的主要用户，主要形式为木材和废液。

**图 3
1994 年 - 2020 年工业主要能源消耗按行业分类情况 (10^{15} Btu)**



政府管制的解除以及激烈的零售竞争将会给客户带来更多的选择。所有客户，包括制造企业都将能够自由选择其电力供应商。此外还有一个选择，部分、大部分或全部电力可以通过现场发电提供，电力公司可以参与也可以不参与。制造企业，尤其是此领

域内的最主要的电力用户都曾有过现场发电的历史。此趋势是否会持续下去，目前还不明朗。

电力管制的解除以及环境问题的考虑可能会促进电力生产尤其是热电联产的增长。在加利福尼亚州进行的一项私人调查表明，到 2004 年，分散式发电量将是现在的两倍。其原因在于，如果电力公司想具备竞争力，就必须提供额外的业务服务，而在用电现场建立分散式发电系统便可能是它们的业务之一。

在未来的市场，甚至当前在较低的规模上，现场发电，尤其是热电联产将越来越具吸引力。热电联产系统的高效率会带来成本的降低以及排放的减少。现场发电与在其它地区发电不同，不存在电力传输以及配电损耗问题。另外一个考虑是，在竞争激烈的市场环境下，可靠性将成为一个日益突出的问题。1998 年和 2000 年的夏季，在美国中西部和西部都出现了电力短缺和电价暴涨现象。这种易变性刺激了现场发电的发展。对可靠稳定电力供应依赖严重的制造企业，比如电脑芯片制造商以及在生产过程中使用电脑系统的企业都开始自己发电。

但是，在美国，热电联产的前景仍不明朗。据估计，在工业领域，从技术上说，热电联产的发电量可达 90000 兆瓦。美国电

力领域的巨大变化给热电联产带来机遇的同时也带来了问题和担忧ⁱⁱⁱ。电力公司重组以及电力服务各个组成部分的分类计价为客户提供了更多的选择以优化其能源业务。对电力可靠性的担忧以及技术的发展进步推动了小型、高效和低成本的电厂的建立，最低的环境影响使小型发电设施可以与中央电厂展开竞争。行业重组也将新的公司类型引入了市场，比如能源服务公司，能够促进小型发电系统的市场销售。

但是，依靠过剩电力销售的大型热电联产设施必须与其它大型发电设施展开竞争。这些大型发电设施可能会在可调度性以及成本上占有优势。竞争可能会降低大型工业企业的电价，降低现场发电量的价值。另外，工业热电联产增长还存在下述障碍：

- 电网互联——各州和各公司的非标准互联需求不同，定制工程以及冗长的谈判会增加系统安装的成本和时间。同时，这也为建立标准化的热电联产系统带来了困难。
- 备用 / 后援费用 对于需要由电力网提供备用 / 后援电力的电力客户可能需要支付很高的费用。
- 搁浅成本 回收搁浅成本可能会导致对现场热电联产设施产生的电的销售和购买征收税费。这些费用会影响热电联产的竞争力。

- 环境管制 当前的环境管制实践是限制单位燃料输入基础上的空气污染物排放。这对于象热电联产这样的高效技术来说，没有任何优势而言。
- 现场许可 热电联产设施所需遵守的冗长而代价高昂的许可标准对于这些小型低污染技术来说不合时宜。

欧盟的热电联产

1997 年欧盟国家内有 9000 多处热电联产设施正在运行使用。当年欧盟的总装机容量为 555 千兆瓦 , 其中热电联产的装机容量为将近 74 千兆瓦 (13%)^v 。 1997 年欧盟国家总发电量为 2.4 万亿兆瓦小时 , 其中热电联产设施的发电量为 2.79 亿兆瓦小时。 1997 年 , 热电联产电厂还生产了 163000 兆瓦的热能 (200 万 TJ) 。各国热电联产发电量占总发电量的比例有所不同 , 其中最高为丹麦的 90% , 最低为希腊、法国和爱尔兰 , 比例为 2% 。大多数欧洲国家的比例一般为 10% 至 20% 。

欧洲工业热电联产发电容量超过 33 千兆瓦 , 大约占欧洲热电联产总发电量的 45% 。工业领域内的热容量超过 110 千兆瓦 (净热) , 大约占欧洲总热容量的三分之二。此热容量分布在多个工业行业内。但是 , 74% 的发电容量以及 87% 的热容量来自于下述

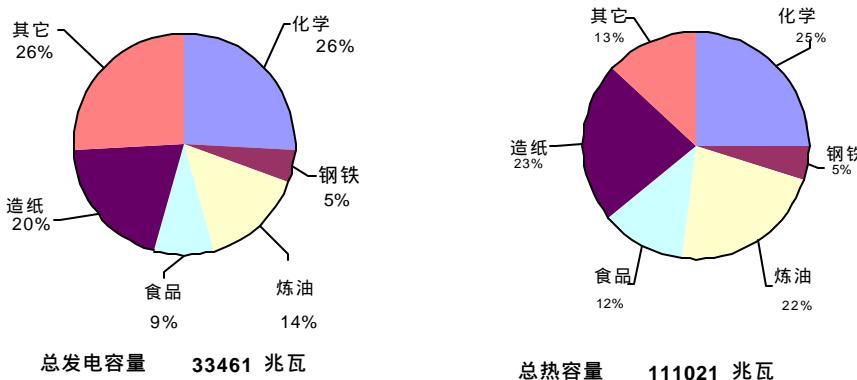
5 个工业行业：(1) 炼油，(2) 钢铁，(3) 化学，(4) 食品以及(5) 造纸工业。正如所料，这些工业行业是工业领域内电力和热能的主要生产者，这是因为他们同时也是工业领域内电力和热能的主要消耗者。图 4 展示的是每种工业行业的发电容量占欧洲工业总发电容量的比例并概括如下：

- 炼油（发电量 14%，热能产量 22%）
- 钢铁（发电量 5%，热能产量 5%）
- 化学工业（发电量 26%，热能产量 25%）
- 食品、饮料和烟草（发电量 9%，热能产量 12%）
- 造纸和印刷（发电量 20%，热能产量 23%）

图 4

1997 年欧洲热电联产的工业应用

电力和热容量按工业分类情况



工业热电联产总发电量超过 162000 千兆瓦小时，热能产量超过 160 万 TJ。如图 5 所示，在工业领域，75% 的发电量以及 81% 的热能产量来自于相同的五个行业：

- 炼油（发电量 16%，热能产量 16%）
- 钢铁（发电量 6%，热能产量 6%）
- 化学工业（发电量 26%，热能产量 26%）
- 食品、饮料和烟草（发电量 6%，热能产量 7%）
- 造纸和印刷（发电量 21%，热能产量 29%）

欧洲的热电联产工厂采用了多种技术。其中包括：

- 背压式蒸汽轮机——蒸汽先通过一个涡轮机，然

后以规定压强从涡轮机中排放出去。凝汽式汽轮机涡轮机使用的一定比例的蒸汽以中间压力从涡轮机中抽取，同时排放的废气被压缩。蒸汽轮机可以使用多种燃料，包括煤、气、油以及衍生废物燃料。热电联产项目中使用的蒸汽轮机一般规模为几 MWe 至 100 MWe 以上。

- 燃气涡轮通常使用改型的航空发动机，在工作中，燃料（气或天然气/石油）在燃气涡轮中燃烧，其废气通常用于废热锅炉以产生可用蒸汽。其废气也可以直接用于某些工艺应用中。简单循环系统的电效率可达 22% 至 30%。联合循环系统能够在蒸汽涡轮中利用废热回锅炉中的蒸汽。联合循环系统的电效率可达 45%，热回收率为 20%，热能和电力产生比例低于 1:1。

- 内燃机（用于最高为 5 MWe 的小型系统）的应用基础是汽车发动机和船用发动机的改型，经过改装可以以气为燃料。可以使用压缩点火和火花点火燃料。其运行的电效率为 28% 至 33%，大约 33% 至 50% 的燃料输入为可用热能。

图 5
1997 年欧洲工业热电联产的生产
电力和热能生产按行业分类情况

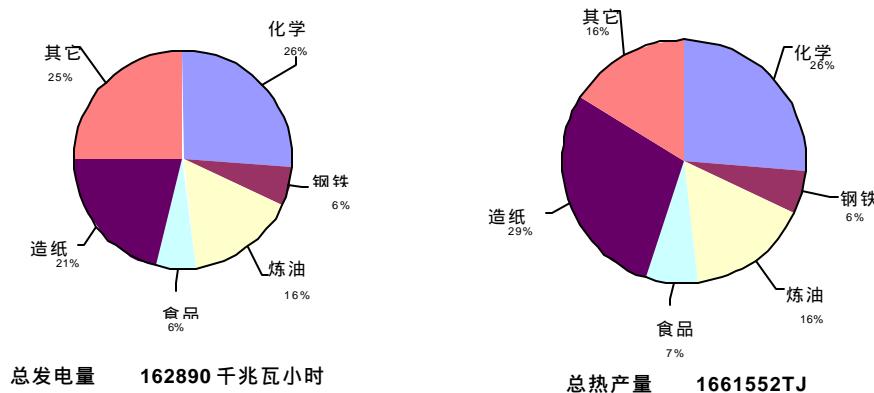


图 6 和图 7 显示的是热能和电力生产中使用的技术的分配情况（所有欧洲热电联产项目）。图 6 显示的是 1997 年热容量和发电容量的分配情况。概括如下：

- 22% 的发电容量和 15% 的热容量使用联合循环技术
- 24% 的发电容量和 49% 的热容量使用背压式汽轮机
- 39% 的发电容量和 25% 的热容量使用凝汽式汽轮机
 - 7% 的发电容量和 7% 的热容量使用能够热回收的燃气涡轮机
- 7% 的发电容量和 4% 的热容量使用内燃机
- 其它还使用了多种技术。

图 7 显示的是生产的电力和热能的分配情况。

图 6

欧洲热电联产工厂中使用的技术（按容量分配）

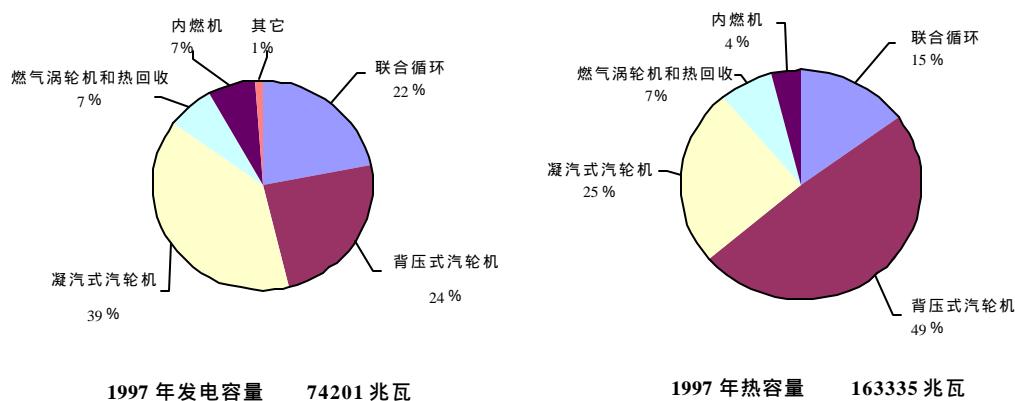
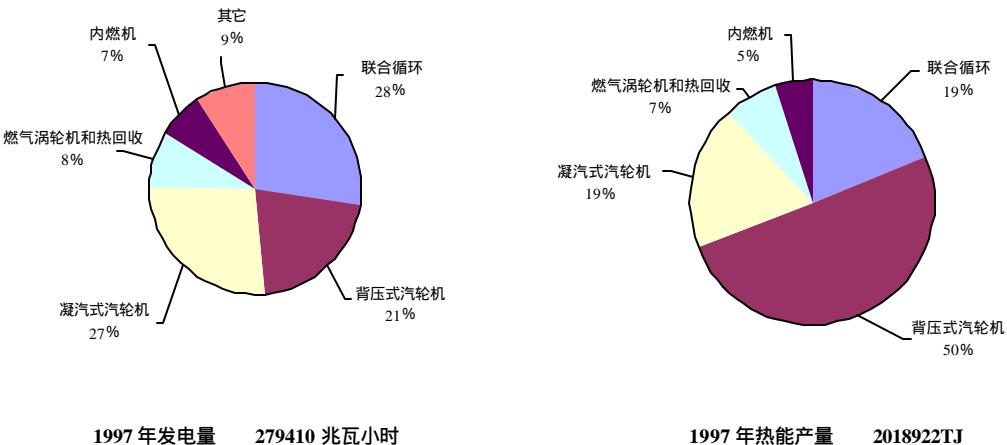


图 7

1997 年欧洲热电联产设施能源生产中使用的技术（按生产量分
配）



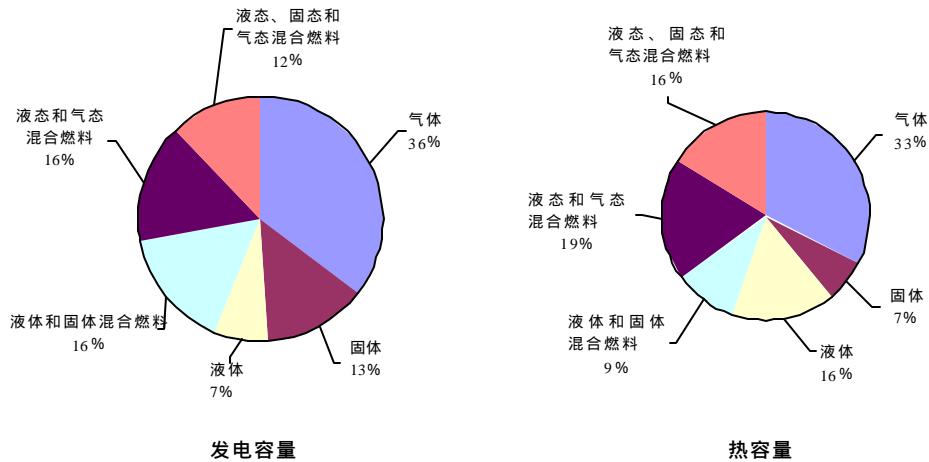
欧洲热电联产工厂所使用的燃料包括天然气、液体燃料、固体燃料、液体和固体混合燃料、液态和气态混合燃料、液态固态和气态混合燃料以及生物质和废燃料。一般说来，在热电联产工厂，（1）钢铁工业使用鼓风炉以及炼焦炉气体和煤；（2）化学工业使用天然气和煤；（3）炼油厂使用炼油气、燃料油和天然气；（4）造纸和印刷工业使用天然气和废燃料；以及（5）食品工业使用天然气。

图 8 显示的是欧洲热电联产设施所使用的燃料类型根据发电容量和热容量进行的分配情况。欧洲绝大部分热电联产工厂使用气（天然气和人造天然气，或者单独使用或与其它燃料混合使用）作为燃料（占 73%）。

热电联产在欧洲的发展前景十分光明。这是因为：

- 一般说来，气的价格比较低。因此，在欧盟迅速变化的电力供应工业，新的天然气工厂对于新的基于固态燃料的工厂有着明显的优势。
- 人们越来越多的关注环境问题。由于热电联产的排放率较低，尤其是 CO₂ 的排放十分低，这对于其它效率较低又不干净的选择方案更容易受到人们的青睐。

图 8 1997 年欧洲热电联产能源生产按燃料类型分类情况



另外一方面，欧盟对天然气的过于依赖也越来越多地引起人们的关注。因此，有可能维持燃料使用的多样化，从而对热电联产的发展

产生消极的影响。

但是，很显然，欧盟支持热电联产的发展。欧盟国家的能源政策强调了三个侧重点：(1) 竞争性；(2) 环境保护；以及 (3) 能源供应的安全性^v。一项旨在推动热电联产和区域供热的政策已经在 1996 年 1 月《欧盟白皮书》的一个附件中进行了概括，即《欧盟的能源政策》(An Energy Policy for the European Union)。此政策讨论了可用于刺激热电联产发展的税收、环境以及其它手段。其中有些政策建议已经得到批准实施。

英国已经提出了一项雄心勃勃的热电联产项目推广计划，由此可以看到欧盟对热电联产的巨大兴趣。1999 年热电联产的热电容量增加了 9%，装机容量增加到了 4239MWe。英国的目标是到 2001 年年中，热电联产的热电容量达到 5000MWe。

在过去十年中，英国热电联产的装机容量已经增长了一倍多，年平均增长率为 7%。其热电联产设施主要分为两大类，一是装机容量低于 100 kW(e) (占总数的 49%)，另外一类是装机容量在 100 kW(e) 至 999 kW(e) 之间 (占总数的 34%)。但是，规模大于 10MWe 的热电联产设施占发电总容量的 81%。据估计，1998 年英国热电联产设施的总数为 1313，总安装容量为 4239MWe。其中有 361 处设施 (占总容量的 93%) 属于工业领域，952 处设施 (占总容量的 7%) 在商业领域、公共设施和居民区。

i 《2000 年年度能源展望》(Annual Energy Outlook 2000), 美国能源部能源信息局, 1999 年 12 月。

ii 《2000 年年度能源展望》(Annual Energy Outlook 2000), 美国能源部能源信息局, 1999 年 12 月。

iii 《热电联产当前所面临的问题》(Current Issues in Combined Heat and Power), 美国热电联产协会, 1999 年 6 月。

iv 欧洲统计局提供的原始数据。

v 《欧洲联盟能源政策》“热电联产、区域供热和冷却”(Cogeneration, District heating and Cooling in the EU ENERGY POLICY), 欧洲委员会, 1997 年 6 月。