

# 冷热电三联供系统在浙江省的发展前景浅析

□ 杭州市热力有限公司(310007) 金富根

## 1 引言

近年来,天然气产业在浙江省处于快速发展时期,西一气、东海气和川气已作为长输管道气源陆续供应了我省北部地区各大中型城市,2009年全省天然气耗气量约20亿 $m^3$ ,在省能源消费结构中的比例约1.36%。总的来看,天然气替代部分燃煤、燃油所体现出来的经济、环境和社会效益已获认可,符合各城市社会经济和生态环境保护的协调、可持续发展导向。根据气源进入计划,浙江将陆续引入西二气、进口LNG等多种天然气资源,资源供应规模将大大增加,如何对宝贵的天然气资源进行合理有效的利用是各地市政府及企业最为关心的问题。

冷热电三联供系统(Combined Cooling Heating and Power, CCHP)是一种建立在能量梯级利用概念基础上,以天然气为一次能源,产生热、电、冷的联产联供系统。它利用小型燃气轮机、燃气内燃机、微燃机等设备将天然气燃烧后获得的高温烟气首先用于发电,然后利用余热在冬季供暖,在夏季通过驱动吸收式制冷机供冷,同时还可利用排气热量提供生活热水。系统不仅提高了能源综合利用效率(在80%以上),而且减少了碳化物和有害气体的排放,具有良好的经济效益和社会效益。本文根据国内外CCHP系统发展经验,结合浙江省实际条件,初步分析在我省发展CCHP系统的前景和相关问题,以供参考。

## 2 冷热电三联供系统在国内外的发展情况

CCHP在国外的发展始于20世纪70年代的能源危

机,最早出现在美国。美国能源部1978年就开始提倡发展小型热电联产,在美国能源部的倡导和天然气、电力和暖通空调等工业部门的制造业的参与下,美国提出了众所周知的“CCHP2020年纲领”,宣称到2020年,美国将使CCHP成为商用和写字楼类建筑高效使用矿物能源的典范,并通过整合能源系统,极大地推动经济的增长和居民生活质量的提高,最大限度地降低污染物的排放量<sup>[1]</sup>。

在欧洲及亚洲,CCHP的发展也日益受到重视,特别是从20世纪80年代后,发展比较迅速。英国的Bowman公司现在已成为微型燃机著名的生产商,英国在曼彻斯特机场还成功建立了CCHP项目。曼彻斯特机场是世界上最大的20个机场之一,实行天然气冷热电三联产后,年总产值约180万英镑(含吸收式制冷每年可节电价值5万英镑),每年可减少 $CO_2$ 排放量50 000t, $SO_2$ 排放量1 000t,经济效益和环保效益十分显著。日本政府早在上世纪60年代末即大力推动燃气空调发展,燃气空调占据了中央空调市场的85%以上。随着技术的开发和政策方面的鼓励,日本天然气热电冷联供系统的数量从1989年开始迅速增长。到1997年3月末,日本天然气热电冷联供系统已累计达820座、共142万kW(蒸气轮机包括在内),其中民用520座、30万kW,工业(300座)112万kW(蒸气轮机包括在内)。韩国此后也推动了燃气空调的发展,其燃气空调国内占有率甚至比日本还高,这些都为发展CCHP打下了有利基础。同时,越来越多的国家认识到CCHP系统的意义,从政策和税收等方面大力促成CCHP项目的实施,例如意大利、泰国用减免20%~40%燃料费的办法鼓励建筑物应用CCHP系统<sup>[1]</sup>。

虽然热电联产在我国已经广泛应用，但是CCHP系统的应用尚处于起步阶段，而且主要集中在上海、北京等地。在相关政府部门和专业公司的推动下，国内已经建成了几个三联供项目，其中影响较大的有北京燃气集团指挥调度中心，浦东国际机场等三联供系统。根据浦东机场项目的经济性分析，在三联供系统合理配置，运行时间足够的情况下，每年可以为用户节省大量的运行费用。

### 3 冷热电三联供系统简介

冷热电三联供中的冷热联供系统主要由热源、一级管网、冷暖站、二级管网和用户设备组成（如图1）。夏季吸收式制冷机利用汽轮机的抽汽产生冷水供空调用户使用，供回水的温度为7℃~12℃，供回水的温差为5℃；冬季板式换热器利用抽汽加热水，产生60℃的热水供用户取暖，回水温度为50℃，供回水温差10℃。当然如吸收式制冷机组为热泵型，冬季也可利用制冷机产生的热水供暖，系统同时也可满足用户的用汽需要。

冷热电联产系统的模式有许多种，这主要取决于当地的能源需求结构。无论哪种模式都包括动力设备、发电机、制冷系统及余热回收装置（供热）等主要装置。动力设备主要有燃气轮机、内燃机、微燃机及燃料电池等，制冷装置可选择压缩式、吸收式或其它热驱动制冷方式，主要采用溴化锂吸收式制冷机，

又包括单效、双效、直燃机等。总的来说，冷热电联产系统有以下几种典型模式<sup>[2][3]</sup>：①直燃型（烟气型、余热型）冷热电三联供。如燃气轮机+余热型溴化锂冷热水机组系统，燃气轮机+排气再燃型溴化锂冷热水机组系统，以及燃气轮机+双能源双效直燃式溴化锂吸收式冷热水机组系统等；②燃气-蒸汽轮机联合循环。即燃气轮机+余热锅炉+汽轮发电机+蒸汽型吸收式制冷机系统；③内燃机前置循环余热利用模式。

### 4 浙江省发展冷热电三联供系统的可行性和必要性

#### 4.1 浙江省发展冷热电三联供系统的可行性

从气源角度看，根据浙江省天然气气源引入计划，除在用的“西一气”、“东海气”和“川气”外，未来将接纳“西二气”、“温东气”以及进口液化天然气等多种天然气气源，至2020年，省计划引入天然气资源总量约185亿m<sup>3</sup>。与此同时，省高压环网以及各地市天然气输配气管网也正在大力建设与完善之中，可以给冷热电三联供系统提供稳定的气源供应。

从技术角度看，发展冷热电三联供系统是合理利用有限的天然气资源的有效方法，有利于节能减排。在国外冷热电三联供系统已应用了二十多年，经过多年的技术改进，已形成了规范的技术体系，设备制造技术也已成熟。不论是发电机组部分还是余热回收机组部分在国内外都有商品供应。另外，冷热电三联供

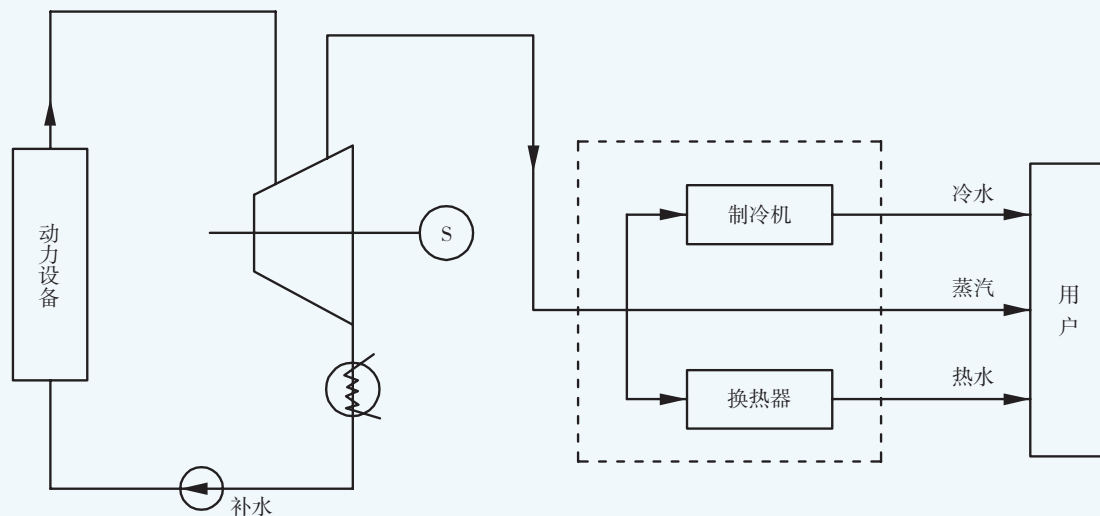


图1 冷热电三联供系统示意图

系统技术、建设和运用管理经验已被国内的专业公司所掌握。上海浦东机场和北京燃气大楼等项目的成功已为三联供项目的建设和管理培养了技术队伍，积累了丰富的经验，国内的一些专业公司已具备了独立完成项目的策划、设计、建设、调试和运营管理能力。

从外部环境上看，浙江省位于我国东部沿海，虽不属于集中供暖范围，但随着人们生活水平的提高以及近年来极端天气的频繁出现，冬季低温天气持续较长，不少居民已经自己装上了采暖设施，区域供暖将是浙江省未来的发展趋势，另外浙江省全年的制冷期较长，因此发展冷热电三联供系统是可行的；而且浙江省属于全国经济发达的地区，人才聚集，对于分布式能源这样初投资较大，又需要有高素质维护人员的系统，无疑是适合的。

从现状来看，浙江省经过30年的改革开放，无论国营资本还是民营资本，均具有较强大的实力。省电负荷特别峰谷差较集中的地方主要在杭州、温州、宁波等地，这些地区最大能耗为建筑空调。工业用能主要为离散制造业，如电子、家电、制衣、制鞋、玩具等，这些企业都是建设分布式能源站极有前景的用户，也具有一定的经济实力和价格承受能力。由此，热电冷三联供系统的发展在浙江已具备了良好的气源、技术和经济条件，是可行的，它也是缓解现状能源消费对城市生态环境的污染，促进社会经济与生态环境可持续发展的必由之路。

## 4.2 浙江省发展冷热电三联供系统的必要性

### 4.2.1 缓解电力紧张和“削峰填谷”的需要

由于浙江省经济的快速发展，能源的需求量也迅速增加，特别是电力的需求量近年来呈现两位数的增长，2008年全省电力消费量达2 322.87亿kWh，是1999年全省电力消费量230.29亿kWh的10倍。由于前几年电力建设项目的禁批，电力生产跟不上经济发展的步伐，电力的短缺成为经济发展的“瓶颈”。如何解决电力紧张的问题，已是浙江省经济发展迫在眉睫的问题。浙江省电力紧张和峰谷差大的主要原因同国内许多大城市一样，均为夏季空调制冷用电力负荷的持续增长所致，据统计，2003年杭州夏季电力最高负荷中，空调负荷约占45%，可以说浙江电力的巨大压力主要来自空调用电。同时，城市燃气负荷特性又正好与电力的情况相反，夏季的燃气需求量约为冬季的

60%。燃气热电冷三联供系统的推广可以充分利用电力和燃气的错峰错谷特性，因此，发展冷热电三联供等分布式能源是缓解电力紧张和解决电力、燃气峰谷不平衡的最有效方法。

### 4.2.2 改善能源消费结构的需要

改善能源消费结构，需要大力推广天然气的利用。如何对宝贵的天然气资源进行合理有效的利用才能带来更大的经济效益和环境效益是各地市政府及企业最为关心的问题。各国发展天然气的经验告诉我们，采用天然气的冷热电联供，是解决这个问题直接有效的方法，也是未来天然气应用发展的一个主要分支。以上海为例，作为一个国际性的大都市，上海已通过了相关的法规条例，决定今后不再新建燃煤电厂，控制煤炭消费总量，以西气东输为依托，加速建设天然气电厂，建设重点工业区的热电联产项目。所以，浙江省应重视天然气的推广建设，改善能源环境，实现能源的可持续发展。

### 4.2.3 节能的需要

近年来，浙江省能源消费量增加较快。2009年全省一次能源总消费量达1.78亿t标准煤。建筑能耗占一次能源消耗量的11%以上，其中60%用于空调。从节能的角度来看，热电联产是唯一被公认能大规模节约能源的技术，但其实施的先决条件是有热负荷。冷热电联产的实施增加了绝热机组夏季的热负荷，为在长江中下游地区实施热电联产提供了有利条件。

### 4.2.4 环境保护的需要

近年来，浙江省经济快速增长，各项建设取得巨大成就，但也付出了巨大的资源和环境代价，经济发展与资源环境的矛盾日趋尖锐，浙江省应对规划、拟建甚至在建中的公共建筑、建筑群的能源供应进行控制，在有条件的地市推广应用CCHP系统，不允许新建燃煤锅炉房，为浙江省的“碧海蓝天”创造条件。

## 5 浙江省推广冷热电三联供需要注意的问题

### 5.1 协调落实气源和气价

充足的天然气供应是冷热电三联供系统稳定运行的前提，各地市燃气公司应能保证对冷热电联供系统的燃气供应。天然气价格始终是影响冷热电联产系统经济效益的敏感因素，也是决定其能否顺利推广的关

键因素之一。美国为了鼓励冷热电三联供系统，制定了相应的优惠价格体系。因此，为保障项目合理的投资回报率，增强投资者的积极性，浙江省应对冷热电联供项目实行优惠的燃气价格。但燃气公司单方面的努力是有限度的，政府也可以通过实行气价补贴和税收减免等形式来间接扶持冷热电联供的发展。

### 5.2 协调有关电力部门做好上网工作

目前分布式能源在中国发展遇到的阻力主要来自电力企业，电力部门的并网标准限制了分布式冷热电联供参与竞争，导致电力上网困难。我们应该看到，分布式能源站对于平衡电力峰谷差，保障电网安全能起到的积极作用。实际上，对电力部门来说，分布式冷热电联供是在不增加建设资金前提下增加了发电容量，增强了电网调峰能力。而且分布式能源从全局上节省了电网公司投资建设电网和整个电站的建设费用，在特定的局部减少了电力公司供电负荷，所以，电力公司对冷热电联供应该平等对待甚至优待，为其发展提供尽可能的支持，达到无论在近期或长远都互利的结果。至于上网电价的问题，建议由政府考虑提供免税、补贴等电价扶持。

### 5.3 政府的引导职能

天然气冷热电联供系统的发展需要国家政策法规的保护。国外的发展经验证明，必须对分布式能源的发展给予一定的政策和资金扶持，才能保证其健康地发展。为使分布式能源能够按照市场机制来运作，政府一是提供支持条件和投资环境，制定相应的政策法规；其次是对它的发展做出宏观的规划和调控，实施必要的资金扶持。

### 5.4 技术问题

经过多年发展，发电机已发展成为成熟的技术，锅炉也发展为成熟的技术，但要实现高效的能源利用和各个设备的无缝对接，就必须有一套成熟的智能控制技术把发电机、锅炉等设备有机地协调起来，这就是三联产智能控制系统软件，由于三联产属于高新技术，在国内还没有成套的成功的技术研发出来。研发三联产控制系统软件要求的综合素质比较高，必须由精通发电机控制专业、锅炉控制专业的专业高校、研究院和公司联合完成。高技术的前期研发需要巨大的资金投入，政府要提供一定科研经费和资金进行前期研发，同时引进国外先进技术，加以消化吸收利用，

走国产化道路。

## 6 结论和建议

(1) 以天然气为能源的冷热电三联供系统，实现了对能量的梯级利用，是节能、环保、经济的用能方式，有利于环境保护和经济的可持续发展。浙江省已具有推广应用CCHP系统的基本条件，积极推广应用CCHP系统既是必要的、也是难得的机遇。

(2) 为鼓励发展天然气冷热电三联供，政府部门应给予政策鼓励支持，如电力并网，收购多余电力，环境效益补贴等，给分布式能源创造一个有利的发展环境。在电力上网条件下，应“以热定电”对余热进行充分的利用，提高冷热电联供系统的综合利用效率，达到良好的经济效益，提高冷热电联供市场竞争力。

(3) 建议浙江省对积极推广应用CCHP技术尽早出台相关法规、政策，营造一个既有法可依、又宽松灵活的投资建设环境，尽快制定浙江省发展CCHP系统和分布式能源系统的规划，确定必要的示范项目，将积极推广应用CCHP系统落到实处，为实现缓解浙江省电力供应紧张、峰谷差大和燃气平衡供作出贡献。

### 参考文献

- 1 李君等. 浅谈冷热电联产系统及其发展状况. 科技经济市场, 2006; 4: 60~61
- 2 马一太等. 天然气热电冷总能系统应用模式的探讨. 能源研究与信息, 2004; 20(2): 86~92
- 3 张万坤等. 天然气热、电、冷联产系统及其在国内外的应用现状. 流体机械, 2002; 30(12): 50~53
- 4 郭韶萍, 林奇峰. 热电冷三联供发展探讨. 山东化工, 2009; 38(7): 49~51
- 5 刘华斌. 热电冷联供技术及其在武汉发展的设想. 建筑热能通风空调, 1999; 1: 11~13
- 6 陈霖新, 王建. 北京及其周边地区积极发展冷热电三联供的分析研究. 工厂动力, 2004; 3: 1~5
- 7 韩荣, 郭长宝. 热、电、冷联产技术的综合效益分析. 山西冶金, 2003; 1: 60~61