

住宅小区天然气热电冷联产方案性能分析

苏磊 张红

(南京工业大学)

苏磊等. 住宅小区天然气热电冷联产方案性能分析. 天然气工业, 2005; 25(11): 129~131

摘要 随着城市用于制冷取暖的电力空调数量不断增加, 导致城市冬夏季用电十分紧张。为此, 提出了住宅小区采用天然气热电冷三联产的方案, 并就某8万平方米普通住宅小区4种不同燃气轮机和制冷机组的组合方案进行了技术经济分析; 分析表明, 4种方案热电冷三联产的一次能源利用率都在75%~83%之间, 比常规用电每年可节省1694万元; 在以热载荷(冷载荷)确定电负荷的原则下, 燃机与溴化锂制冷机匹配型方案的经济性能(包括静态和动态投资回收期、内部收益率、净现值和净现值率)优于小燃机配大制冷机的组合方案, 但一次能源利用率和单位燃料产能率则是小燃机配大制冷机的组合方案更优一些。研究结果表明, 4种方案的技术性能均达到要求, 其中方案4的经济性能最优。

关键词 天然气 热电冷三联供 技术 方案 最优化 住宅小区

南京地处长江中下游, 冬冷夏热, 冬天温度在-3~5℃范围有2个多月, 夏天温度在30℃以上也有两个多月^[1]。由于南京地区没有集中供暖设施, 近几年来普遍采用电制冷和制热, 使南京夏季和冬季的电力更加紧缺。另外, 采用高品质的电能用于取暖和制冷, 也是一种浪费。

“西气东输”工程的建成, 使南京有了较充足的天然气资源。天然气三联供系统是利用天然气发电、供暖、制冷的总系统, 是一种先进的高效清洁供能方式, 可缓解南京冬夏季用电的压力, 降低用电峰谷差; 同时也可减少天然气巨大的季节性峰谷差。天然气三联供系统可以改善居民的生活质量, 而且节能、环保。因此是一举多得的工程。在此, 对南京某建筑利用天然气三联供系统的方案进行了比较。

一、热电冷三联产技术方案

南京某高校建 $8 \times 10^4 \text{ m}^2$ 的教师公寓, 为解决教师供暖、制冷和生活热水的需求, 考虑采用天然气热电冷联产系统。

根据住宅建筑设计规范(JGJ96-86)和南京气候条件, 冬季采暖期为77 d, 夏季制冷期为90 d, 春秋非制冷采暖期为198 d, 每天按20 h满负荷运行。这样, 冬季采暖期为1540 h, 夏季制冷期为1800 h, 春秋过渡期为3960 h, 设备年运行7300 h。

表1为南京住宅采暖、制冷和用电负荷指标。

表1 南京地区热电冷负荷指标表

负 荷	电	热	冷
负荷指标(W/m^2)	70	45~50	70~90
项目负荷(kW)	5600	3600~4000	5600~7200

系统采用燃气轮机+余热直燃溴化锂制冷机组组成, 流程见图1^[3]。

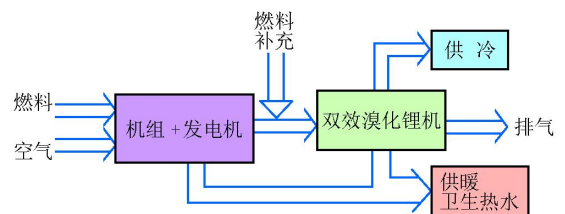


图1 补燃到三联供系统原理简图

本系统采用以热和冷定电的原则。首先选取制冷机, 保证所需的冷热负荷, 再选取合适的燃气轮机, 以提供部分电力负荷; 制冷机所需的烟气量不足时, 可通过直燃机补燃方式提供。

以下是选取的4种组合方案; 其中方案1和方案4为燃机与溴化锂制冷机匹配型, 方案2和方案3为小燃机配大制冷机的组合型。并进行了4种方案

作者简介: 苏磊, 女, 1969年生, 副教授, 博士研究生; 从事节能技术和新能源应用技术的研究。地址: (210009) 江苏省南京市南京工业大学机械动力学院。电话: (025) 83587294 (o), 83471479 (h), 13016962963。E-mail: sulei69@sohu.com

的对比分析。

4种方案的电热冷出力情况如表2所示,表中数据显示,4种方案供电能力不能满足电力需求(分别为需求的42%、21%、21%和61%);但4种方案供热能力都有余量(分别为需求量的1.35、1.53、1.99和1.53倍,多余热量可提供教师生活热水和学生洗澡用水);而且制冷能力都在需求范围内(分别为最大制冷需求的0.8、0.9、1.18和0.9倍)。根据以热冷定电的原则,4种方案基本能满足所需的冷热负荷。

表2 系统电力、制冷与供热对比表 kW

	方案1	方案2	方案3	方案4
燃气轮机 型号	土星20	土星20	土星20	人马座40
	Saturn 20 (2台)	Saturn 20	Saturn 20	Centaur 40
额定发电功率	2362	1181	1181	3418
配套余热 制冷机组	BHRS 250 VII (2台)	BHRS 600 VII	BHRS 800 VII	BHRS 600 VII
应用制冷量	5744	6512	8488	6512
应用供热量	5396	6139	7988	6139

二、各方案成本收益分析^[2]

1. 燃料耗量及燃料成本

当冬夏季,燃机发电后的烟气余热不能满足采暖或制冷需求时,直燃溴化锂制冷机可通过补燃方式得到热量。春秋季,燃机发电后的烟气通过直燃溴化锂制冷机可以提供足够的热,直燃机一般不需补燃。

表3为4种方案的燃耗量及燃料成本。

表3 燃料的耗量和成本表

项目	方案1	方案2	方案3	方案4
燃机年发电耗气量 (10^4 m^3)	734.4	367.2	367.2	934.4
直燃机年采暖补燃耗气量 (10^4 m^3)	9.3	76.3	114.8	6.1
直燃机年制冷补燃耗气量 (10^4 m^3)	0	53.4	85	0
年总耗气量 (10^4 m^3)	743.7	497	567	940.5
年天然气支出费用 (万元/a)	1487	994	1134	1881

注:天然气热值 35170 kJ/m^3 , 价格 2 元/m^3 。

2. 热电冷产量及收益

热电冷产量及收益结果见表4,4种方案总投

资、成本和收益见表5。

表4 年热电冷产量及收益表

项目	方案1	方案2	方案3	方案4
年发电量 (10^4 kWh)	1725.72	862.86	862.86	2495.14
年采暖热量 (10^4 kWh)	829	944	1228	944
春秋季热水热量 (10^4 kWh)	1960	980	980	2316
年制冷量 (10^4 kWh)	1033	1171	1526	1171
年热电冷收益 (万元/a)	2102	1317	1461	2761

注:电价为 0.65 元/kWh , 热价为 0.287 元/kWh , 冷价为 0.174 元/kWh 。其他费用包括设备运行费用、折旧费用和设备造价。其中运行费用按 0.04 元/kWh 计算,设备使用年限为20年,折旧率90%,每年按等值折旧。

表5 4种方案投资收益对比表 万元

方案	总收益	燃料支出	运行费	折旧费	净收益	设备造价
1	2102	1487	69	82.1	464	1824
2	1317	997	34.5	59.4	229	1319
3	1461	1134	34.5	68.5	224	1521
4	2761	1881	99.8	93.2	687	2072

3. 热电冷三联供系统与现有供能系统比较

南京住宅现主要是通过购电和购买电空调来采暖、制冷和提供生产热水。表6以方案3的冷热电负荷为标准,对比热电冷三联供系统和购电及购电空调系统的经济性。结果可见,热电冷三联供系统每年比电空调系统可节约1694万元的收益。

表6 两种能源方式经济性能对比表 万元

方案	热电冷总收益	燃料支出	运行费用	折旧费用	净收益	设备造价
方案3	1461	1134	34.5	68.5	224	1521
购电和电空调	0	0	-1459.25	11.1	0	222

注:其中222万元为小区按800户计算所得的购买电空调的费用。

三、综合分析

1. 技术性能分析

针对7项技术经济指标的计算结果见表7。

表7 4种方案技术经济性能对比表

方案	年产能 (10 ⁴ kWh)	电份额 (%)	热份额 (%)	冷份额 (%)	产能率 (kWh/ m ³ 气)	一次能源 利用率 (%)	单位能净 收益率 (元/kWh)
1	5547	31.1	50.3	18.6	7.46	76.3	0.084
2	3958	21.8	48.6	29.6	7.96	81.2	0.058
3	4597	18.8	48.0	33.2	8.11	82.7	0.048
4	6926	36.0	47.1	16.9	7.36	75.1	0.099

2. 经济性能分析

通过静态投资回收期、动态投资回收期和内部收益率和净现值及净现值率进行4种方案的优选。结果见表8。

表8 4种方案经济性能对比表

方案	1	2	3	4
静态回收期(a)	3.93	5.76	6.79	3.02
动态回收期(a)	5.66	10.4	14.95	3.99
IRR(%)	22	11.5	7.9	30.1
净现值(万元)	797	-25	-255	1809
净现值率(%)	43.7	-	-	87.3

(1) 静态投资回收期

当不考虑时间价值时,动力设备的基准投资回收期一般为3~7 a,其中方案4最优。

(2) 动态投资回收期

项目实际运行中的收入支出具有时间价值,设备回收期按动态回收期 P_d ,公式如下:

$$P_d = \frac{-\lg(1 - K \cdot i / M)}{\lg(1 + i)} \quad (1)$$

式中: i 表示基准社会折现率,取12%; K 表示初始投资,万元。

结果显示,方案4和方案1小于7 a;方案2和方案3不可行;其中方案4最优。

(3) 内部收益率(IRR)

内部收益率是指项目在整个计算期内各年净现金流量现值累计等于零时的折现率。内部收益率反映了工程项目对投资支出的恢复能力;其值越高,方案的经济性越好。

当内部收益率大于基准收益率时,项目是可以接受的。计算公式为:

$$\sum_{t=0}^n M_t (1 + IRR)^{-t} = 0 \quad (2)$$

式中: M 表示年净收益,万元; n 为设备使用年限,取 $n=20$ a。

结果表明:当基准折现率按12%计算时,4种方案均可行,其中方案4最佳。

(4) 净现值与净现值率

净现值反映项目在建设期和使用寿命期内获利能力的综合性动态评价指标。公式如下:

$$NPV = K - M \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n}, NPVR = \frac{NPV}{K} \quad (3)$$

式中: NPV 表示净现值,万元; $NPVR$ 表示净现值率,%。

四、结 论

(1)采用天然气热电冷三联产系统能实现能源的梯级利用,一次能源利用率可达75%~83%。

(2)4种方案均能满足基本的冷热需求,年热电冷净收益可达200~680万元。

(3)4种组合方案中,小燃机配大制冷机的组合型(方案2和方案3)的一次能源利用率和单位燃料产能率比燃机与溴化锂制冷机匹配型方案(方案1和方案4)高,即节能性更好。

(4)按年产能分析,燃机与溴化镉制冷机匹配型方案优于小燃机大制冷机组型。其原因为匹配型方案在保证基本的冷热负荷需求时,其发电能力较大。

(5)动态投资回收期比静态投资回收期更能反映项目的实际情况。采用动态投资回收期分析法,方案4和方案1可行;方案4最好。

(6)当基准折现率为12%,按内部收益率分析,方案4和方案1可行,其中方案4最优。

(7)按净现值和净现值率分析,方案4和方案1可行,其中方案4最优。

(8)热电冷三联供系统虽然初始投资为购电和电空调系统的7倍,但年收益可达224万元,相对于购电和电空调系统每年可节约支出1694万元,可见热电冷三联供系统有很好的经济性。

参 考 文 献

- 1 朱绳杰等.天然气热电冷三联供的探讨.工业锅炉,2004;(3):32~35
- 2 申燕萍等.热电冷三联供空调冷热源综合分析比较.工程建设与设计,2004;(1):19~21
- 3 汪海贵,薛飞等.天然气斯特林发动机的三联产能源利用率和经济可行性.能源技术,2004;25(4):157~160