

北海某大型酒店项目泛能机方案

□ 广西北部湾新奥燃气发展有限公司 (536007) 吴风文

摘 要: 商用泛能机为新一代智能化小型分布式能源核心设备, 由内燃机、余热回收系统、控制系统等几部分组成。燃料气进入内燃机燃烧产生的机械能驱动发电机输出380V~410V交流电、产生500℃~600℃高温烟气及80℃~90℃缸套水, 交流电并入电网, 高温烟气和缸套水经过机组内余热回收系统转化成高温热水 ($\leq 85^{\circ}\text{C}$) 输出, 通过加装补燃锅炉或制冷模块, 可将热量转化成蒸汽和冷量, 最大限度的满足不同客户的能源需求, 实现效率收益最大化^[1]。本方案论述了新建天然气分布式能源部分, 并进行了方案设计、环境保护分析、节能减排和投资分析, 未包含现有设计方案末端空调系统部分。

关 键 词: 泛能机 分布式能源 内燃机 余热回收

1 项目概述

北海市某大型酒店项目位于市银海区域, 总占地面积52 489m², 总建筑面积42 538m²。主体建筑为酒店, 地上9层, 地下1层, 高度为42.85m。其中地上面积25 933m², 地下面积13 784m², 共有客房281间。当前项目处于初步建设阶段, 配有施工图纸, 空调末端采用风机盘管。酒店能耗来源主要由供暖、空调、生活热水、照明、动力、办公设备、餐厅等部分构成, 其能源形式包括冷、热、电、水、蒸汽和燃气等, 其中电、燃气和水为其主要能耗。项目暖通设计说明中, 空调计算冷负荷共4 164.5kW, 选用2台水冷式离心机组和2台水冷式螺杆水机组作为空调冷源。

本项目针对酒店本身耗能情况, 采用高效的技术手段, 通过新建分布式能源系统, 提高酒店能源的综合利用率, 节能减排, 节省能源使用成本。

本项目新建能源站, 替代现有设计方案的热源系统, 并提供满足酒店基本电负荷的电能, 电能不足部分由市政网电系统补充。项目采用商用泛能机

由内燃机、发电机、控制系统和余热回收系统等几部分组成, 泛能机产生的电力 (400V) 接入方式按照“并网不上网”的方式考虑。泛能机内余热回收系统是高温烟气和缸套水经过机组内换热器转成高温热水 ($\leq 85^{\circ}$) 输出。

本项目新建1台250kW商用泛能机, 并配置2台额定热功率1 400kW燃气冷凝热水锅炉和2台额定蒸汽量1.5T/1.0MPa燃气蒸汽锅炉, 为客户提供稳定可靠的电、热水和蒸汽。

2 热电负荷分析

热电负荷是分布式能源系统配置的基础和依据, 本方案中热负荷和电负荷数据由该酒店提供的施工图和燃气公司提供的调研表数据确定, 并作为技术方案的设计依据, 最后根据廊坊市某五星级酒店的实际情况进行校核。

能源需求: 本项目主要为酒店提供供暖季的采暖, 酒店全年基础电负荷以及酒店全年用蒸汽量和全

年生活热水量。由于未提供具体用能时间，建筑的供能时间拟为24h。

2.1 电负荷分析

本项目酒店主要用电负荷包括照明负荷、动力负荷、空调负荷等。酒店客户拟配备2台1 000kW柴油发电机保证用电安全。

对比项目：廊坊市某酒店位于廊坊市开发区。酒店建筑面积近47 247.03m²，地上22层，地下1层，共有客房234间，餐饮面积为7 020m²，会议厅面积2 010m²，康体面积为5 799m²。该酒店采用直燃机空调制冷和制热，燃气热水锅炉制生活热水。酒店配置2台1 250kVA的变压器。该酒店的2016年电费明细如表1：

表1 廊坊市某酒店2016年电费明细如下表

月份	电消耗 (kWh)	峰电消耗 (kWh)	平电消耗 (kWh)	谷电消耗 (kWh)
一月	282 540	110 130	119 670	52 740
二月	282 540	110 130	119 670	52 740
三月	282 540	110 130	119 670	52 740
四月	196 890	76 590	79 620	40 680
五月	178 230	68 010	74 700	35 520
六月	243 930	94 110	99 150	50 670
七月	268 260	103 770	108 750	55 740
八月	323 280	127 140	132 870	63 270
九月	312 510	120 990	129 870	61 650
十月	218 610	83 100	89 850	45 660
十一月	205 920	79 470	87 450	39 000
十二月	232 170	91 050	96 630	44 490
总计	3 027 420	1 174 620	1 257 900	594 900

该酒店5月份电量最低，该月份为过渡季节，无空调负荷，假定该月每日用电量相同，峰电时段（8h）的电负荷为274kW，平电时段（8h）的电负荷301kW，谷时段（8h）的电负荷143kW。综上所述，上述274kW基本为照明负荷和动力设备负荷。

本方案大型酒店5.2万m²，客房281间，廊坊某酒店4.7万m²，客房234间，两家酒店的规模相当，本方案酒店的基本电负荷大于274kW。

2.2 热负荷分析

本项目酒店供能复杂，客房、汗蒸、宴会厅、会议室、办公室等各部门的使用时间与空调负荷特性并不相同，热负荷同时性不太高。热源有蒸汽和热水，蒸汽供洗衣房使用，热水供空调和生活热水。

根据本方案酒店业主提供的项目暖通专业图纸热负荷数据，本项目总热负荷2 371.4kW，其中供暖面积42 523m²，热负荷指标44W/m²，设计热负荷为1 871.4kW，冬季供暖时间为：12月份至次年2月份，按照90d计算；生活热水负荷500kW，集中用水时间为晚6点~12点。原设计采用3台（每台额定产热量1 050kW）燃气/燃油两用型常压热水锅炉作为热源。锅炉的供回水温度为90℃/65℃。

蒸汽房蒸汽总量为1 580kg/h，原设计选用2台1.5t/h的燃气/燃油蒸汽锅炉，一用一备，每天运行能满足锅炉房最大蒸汽使用量，蒸汽需求量按照每天使用10h测算。见表2。

表2 负荷统计表

负荷类型	负荷用量	单位	备注
基础电负荷	274	kWh	实际项目对比
供暖负荷	1 871	kW	24h供暖
蒸汽负荷	1 580	kg/h	1.0MPa（10h）
生活热水负荷	500	kW	用能时间6h

2.3 负荷分析结论

通过分析廊坊市某酒店电负荷情况，对本项目酒店的电负荷进行校对，得出校对后的电负荷相差较大，本方案以校对后的基础电负荷274kW进行设计。热负荷与原设计单位基本相同，因此热负荷以设计单位提供的设计热负荷为2 371.4kW，其中供暖热负荷1 871.4kW，生活热水500kW为依据。蒸汽负荷1 580kg/h。

3 方案设计^[2]

3.1 设计原则

为提高供电可靠性，泛能机采用并网不上网模式，电量全部供给客户使用，用于满足客户基础电负荷，不足部分由市电补充；泛能机供暖期满足酒店的供暖热需求，供暖不足部分由燃气锅炉补充；其他季

节泛能机单独运行满足酒店全年所需生活热水用量,检修期间由燃气热水锅炉补充;燃气蒸汽锅炉解决全年洗衣房蒸汽需求;在该原则基础上尽量最大化泛能机的满负荷运行时间,提高系统的经济性。

选择风机时,风机效率不应低于70%,并应严格按照规范计算风系统。一般送排风系统的风量为计算风量乘以1.25~1.10计算,风压为计算风压乘1.10~1.10计算,避免把风压选得太高,造成浪费。如选用的节能风机为低噪音柜式离心加压送风风机、低噪声轴流排风风机,其效率高于75%,并自带变频,能效等级达到了不低于《通风机能效限定值及能效等级》中规定的3级标准。

3.2 设备选型

本项目根据燃气公司自有生产的商用泛能机特点,设备主要为商用泛能机,调峰设备为燃气热水锅炉和燃气蒸汽锅炉,采用“以热定电,热电匹配”的原则和设计思路^[3]。

本项目中商用泛能机由内燃机、发电机、控制系统和余热回收系统等几部分组成。泛能机内余热回收系统是高温烟气和缸套水经过机组内换热器转成高温热水($\leq 85^{\circ}$)输出。泛能机除通过燃气发电外,输出的高温热水一部分串联进锅炉供回水系统中,用于供暖和产出生活热水,并设置蓄热水箱存储多余的高温热水。

3.3 设备布置

泛能站房设置位置暂定于原设计锅炉房中。酒店锅炉房占地面积 264m^2 , 250kW 泛能机尺寸为 $5\,305\text{mm}\times 1\,646\text{mm}\times 2\,480\text{mm}$,泛能机设置要求参见《燃气冷热电联供工程技术规范》(GB51131-2016)^[3]。

3.4 运行策略

供暖季(12月份~次年2月份)^[4]:供暖季90d,泛能机每天运行12个h(根据酒店用能高峰时段进行开启),产生电力供给整个酒店使用,产生热水并入燃气热水锅炉机组进行联合循环,进入换热站产采暖用热水和生活热水,泛能机供热不足部分由燃气蒸汽锅炉补充,其他时段泛能机不运行。燃气热水锅炉每天运行24h对酒店进行供暖。燃气蒸汽锅炉每天运行约10h(根据洗衣房使用蒸汽时间段)供洗衣房用蒸汽(1.0MPa)。

其他季节:共240d(泛能机预留15d检修期),燃

气热水锅炉不运行,泛能机每天运行7.8个h(根据生活热水使用高峰期时间段提前开启),产生电力供给整个酒店使用,其他时段泛能机不运行,泛能机检修期间可由燃气热水锅炉进行补热。燃气蒸汽锅炉每天运行约10h(根据洗衣房使用蒸汽时间段)产蒸汽。

4 经济分析

4.1 燃气公司投资模式

供热电模式即燃气公司投资泛能设备,利用泛能站设备将燃气的化学能转化成为热能、电能,将热能、电能销售给用户。

经过主要经济数据及财务评价指标对比测算,采用燃气公司投资新建泛能站供热、供电和蒸汽后,相比客户自投每年可为燃气公司新增燃气销量 10.32万m^3 ,并可为客户节省前期投资304万元(泛能站设备167万元,工程设计施工等费用137万元),并为客户每年节省运行人工成本24万元。

4.2 酒店客户自投模式

酒店客户自投模式下,我们按照两种方案在同种条件下进行比对。方案一,即客户自己投资运行泛能站设备,基础电力由泛能机提供,不足部分由市政电力补充;泛能机和燃气锅炉产热水和蒸汽供自己使用。方案二,即按照客户原设计的设备方案,电力由市政电力供给,锅炉房设备将燃气的能量转换为热水和蒸汽供客户自己使用。

通过测算,酒店客户自投模式下,加入泛能机后相比原设计方案,虽然前期投资提高,但每年可为酒店节省运行费用15.45万元,增量投资回收期为4.34年。

4.3 敏感性分析

以目前北海 10kV 商业用电标准统一为 0.89元/kWh 和天然气价格 4.5元/Nm^3 为标准及其他因素不变为前提,分析电价和气价在此基准价格上下分别浮动10%、20%、30%和40%时,对泛能系统机组配置及经济性影响^[5]。

4.3.1 天然气价格敏感性分析

由图1可以看出在电价不变的情况下,当天然气价格小于 4.5元/Nm^3 时,随着价格的下降,泛能机和燃气冷凝热水锅炉的容量保持不变,燃气冷凝蒸汽锅炉的容量不断上升,市政网电容量不断下降,使用泛

能机供电比市政网电更经济。这是因为随着天然气价格的下降，泛能机使用电量增加。当天然气价格大于4.5元/Nm³，随着价格的上升，泛能机、燃气冷凝热水锅炉的容量均逐渐下降，而燃气冷凝蒸汽锅炉的容量不断上升，市政网电容量不断上升，使用市政网电比泛能机供电更经济。

由图1可以看出，电价不变，天然气价格的变化

对泛能系统的最优配置也会发生变化。图2所示在电价不变，不同天然气价格条件下的系统最优配置的年运行费用节约率。由图2可以看出，当天然气的价格由4.0元/Nm³上升到4.5元/Nm³时，泛能系统的年运行费用节约率由7.5%降到3%，下降幅度超过一半。由此可知，天然气价格的变化对泛能系统年总费用具有较大的影响。

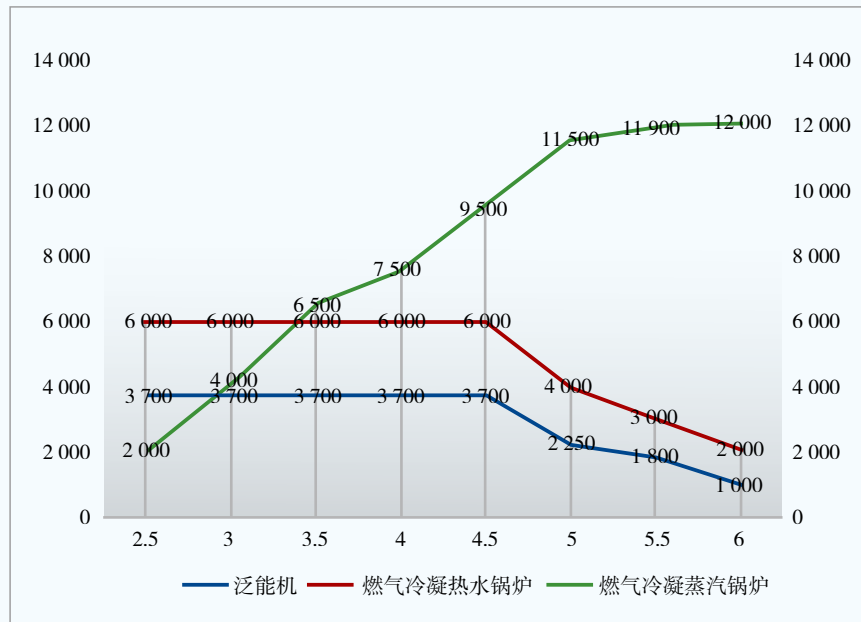


图1 天然气价格变化对泛能系统机组配置容量影响

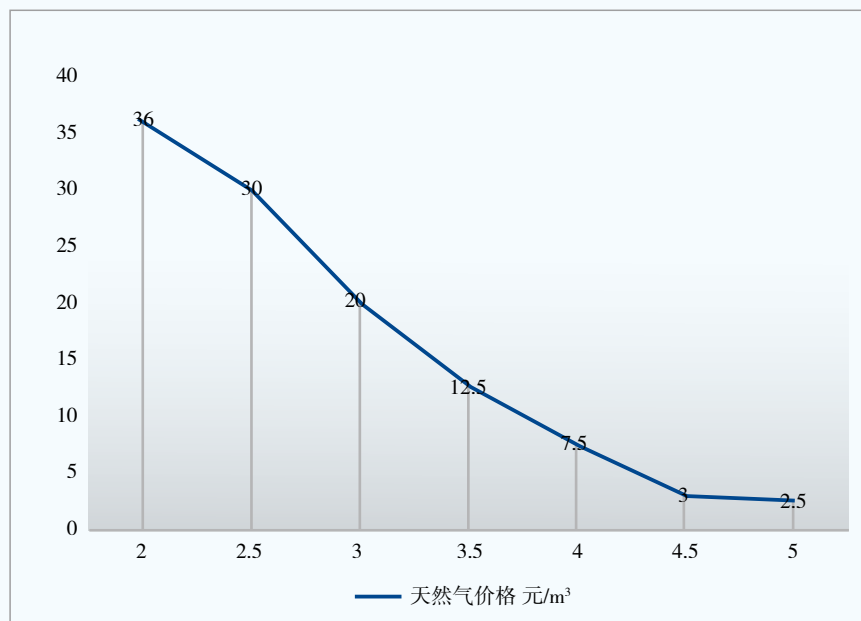


图2 天然气价格变化对泛能系统年用费用节约率的影响

4.3.2 电价敏感性分析

由图3可以看出,在天然气价格不变情况下,电价为0.89元/kWh,泛能机耗电容量为0,此时常规系统比泛能系统更具有经济优势。随着电价的上升,泛能机和燃气冷凝热水锅炉的容量不断增大,在电价上升到1.018元/kWh以后,泛能机和燃气冷凝热水锅炉的容量保持不变。泛能机供电与市政网电的容量分别随着电价的升高而逐渐增大和减少。这是因为随着电

价的上升,泛能机供电比市政网电更具有优势。燃气冷凝蒸汽锅炉的容量则随着电价的升高呈现出先减少后增大的变化趋势。

由图3可以看出,天然气价格不变,电价的变化也会造成泛能系统最优配置的变化。图4所示为在天然气价格不变,不同电价条件下的系统最优配置的年运行费用节约率,表现在天然气价格不变的情况下,当电价从0.89元/kWh上升到1.43元/kWh时,泛能系统

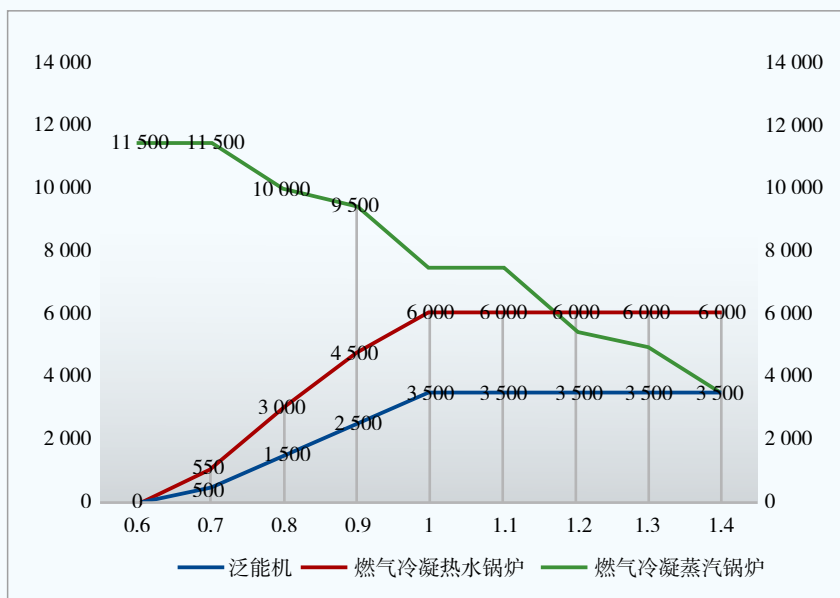


图3 电价变化对泛能系统机组配置容量影响

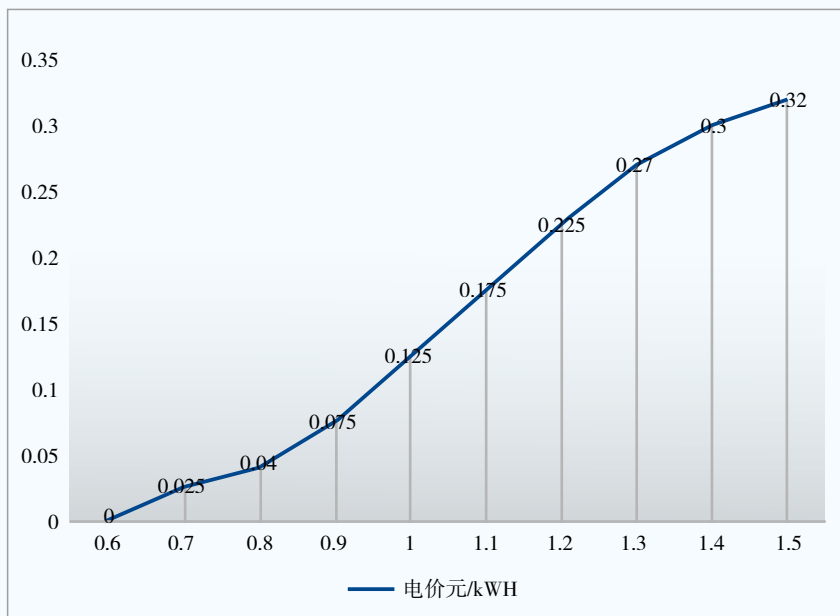


图4 电价变化对泛能系统年用费用节约率的影响

的年运行费用节约率由7.5%上升到30.9%,呈现近似线性递增的趋势。由此可知,电价的变化对泛能系统年总费用具有较大的影响。

综上所述,在电价不变,天然气的价格由4.0元/Nm³上升到4.5元/Nm³,系统机组已调整到相对能源价格的最优配置的情况下,泛能系统的年运行费用节约率由7.5%降到3%;在天然气价格不变,电价从0.89元/kWh上升到1.43元/kWh时,系统机组已调整到相对能源价格的最优配置的情况下,泛能系统的年运行费用节约率由7.5%上升到30.9%。合理地升高电价或降低天然气价格,采用燃气公司投资泛能机模式,天然气优惠价格为4.0元/Nm³低于自投模式的4.5元/Nm³,泛能机优惠电价0.8元/kWh低于自投模式0.89元/kWh上。即多采用泛能机供电,少用市政网电,意味着合理地升高市政网电。

燃气公司投资模式下,加入泛能机后,充分使用泛能机发电能力,总体经济技术指标评价结果更优。

5 环境保护

天然气是一种清洁能源,由于天然气中S、灰尘等含量极低,因此烟气排放物中含有极低的SO₂、灰尘等污染物,其燃烧产生的烟气排放污染物主要包括NO_x、CO₂。按照现行的规范,目前北海尚未对固定式内燃机的空气污染物排放浓度做限值,同时考虑到泛能机排烟温度过低,不能进行脱硝处理,因此本项目暂不做脱硝处理。

本项目选用的燃气公司泛能机NO_x排放量为500mg/Nm³,燃气锅炉的排放量标准为NO_x排放量为200mg/Nm³,SO₂排放量为50mg/Nm³(参照《锅炉大气污染物排放标准GB13271-2014》)。泛能站能源综合利用率,参照《燃气冷热电联供工程技术规范》GB51131-2016中第4项第3条第8款的计算方式,计算得出,方案一泛能站能源综合利用率为88.91%。

根据《绿色建筑评价标准》GB-50378T中的条例第11项第2条第3款,系统全年能源综合利用率达标,在《绿色建筑评价标准》中属于加分项^[6]。

本项目方案所用泛能机发电,可替代火电燃煤所带来的污染,同时也避免了备用柴油发电机运行时所产生的污染物排放。

泛能机年发电量76.23万kWh,可替代火力发电标准煤耗254.59t,累计减排二氧化碳640.88t,二氧化硫427.72kg,氮氧化物616.63kg。

6 结论与建议

(1) 电和热等能源价格具体要进一步和客户确定,在为客户节约投资和能源费用的同时,实现项目本身的经济效益。

(2) 本酒店项目需要进一步调研的资料:通过对比同等规模酒店的能耗情况,原设计的电和热负荷都较大,造成设备选型偏大。需要原设计的和酒店各项用能的典型日负荷曲线、典型月负荷曲线。

(3) 本酒店项目测算中并未加入前期计划收取的配套费和预估的政府补贴,若加入该两项后内部收益率将会更高,收益更好,回收期更短。

(4) 根据《供配电系统设计规范》2009版(2010年7月1日实施)的4.0.1条规定:三联供燃气发电机是可以作为备用电源使用。考虑到能源使用安全方面的要求,建议酒店客户减少原柴油发电机的功率,建议仅上1 000kW的柴发,与250kW发电机组协同作为备用电源,在设计上充分考虑切换方案。

参考文献

- 1 马宁,徐国义.华夏宾馆天然气分布式能源系统[J].上海节能,2008;51
- 2 国家电网公司.国家电网公司关于印发《国家电网公司关于印发分布式电源并网相关意见和规范(修订版)的通知》[Z].国家电网办〔2013〕1781号
- 3 中国国家标准化管理委员会.燃气冷热电三联供工程技术规程[S].CJJ 145-2010
- 4 中国国家标准化管理委员会.民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[S].GB50736-2012
- 5 梁哲成,陈颖,罗向龙等.能源系统在广州某大型酒店的应用[J].四川建筑科学研究,2013;39(5):307-308
- 6 中国国家标准化管理委员会.绿色建筑评价标准[S].GB50378T-2014
- 7 中国国家标准化管理委员会.锅炉大气污染物排放标准[S].GB13271-2014