

复合式区域能源项目系统设计与性能评价方法

张向荣,颜将林,杨智勇

(北京金茂绿建科技有限公司,北京 100012)

System design and performance evaluation method of composite regional energy project

ZHANG Xiangrong, YAN Jianglin, YANG Zhiyong

(Beijing Jinmao Green Construction Technology Co., Ltd., Beijing 100012, China)

摘要:基于长沙梅溪湖区域能源站项目实际数据和需求,开展了项目技术路线选择、方案设计、设备选型等一系列研究,并就复合能源系统的评价指标进行了探讨。研究制定了评价系统设计性能的方法,并进行了算例验证,证明区域能源项目采用年一次能源利用率和年系统综合性能系数相结合的方式进行评价,可合理反映系统整体性能状况。

关键词:区域能源;燃气三联供;系统设计;评价指标

Abstract: Based on the actual data and needs of the Changsha Meixi Lake regional energy station project, a series of studies on the selection of project technical routes, scheme design, and equipment selection are carried out, and the evaluation indicators of the composite energy system are discussed. The methods for evaluating system design performance are researched, formulated, and verified by calculation examples. It proves that regional energy projects adopt a combination of annual primary energy utilization rate and annual system comprehensive coefficient performance for evaluation, which can reasonably reflect the system overall performance status.

Key words: DHC; CCHP; system design; evaluation criteria

0 引言

区域综合能源系统是对一个片区进行整体规划,综合考虑片区冷、热、电等各种能源需求,实现对能源生产、输配、消费进行时间和空间合理的匹配,最终能源资源得到充分利用^[1]。区域综合能源系统是一个多输入多输出的复合系统,良好的系统设计是项目成败的关键^[2-3]。本文以某复合式能源站项目为例就区域综合能源系统的系统设计进行分析。

1 项目基本情况

1.1 项目背景

项目区域总建筑面积约337万m²,包含百货、餐饮、办公、酒店、医院等各种业态,各业态建筑面积统计如表1所示。建筑区域公建占比高,冷、热负荷需求大,适宜集中供能。

1.2 建设条件及可再生资源条件分析

项目2 km范围内有3个110 kV变电站,电力容量充足,接入条件良好。该项目电力采用一般工商业电价,为单一制电价。项目周围有城市中压燃气管网,燃气供应充足,天然气价格约为2.5元/m³。

收稿日期:2020-09-13;修回日期:2020-10-27

基金项目:北京金茂绿建科技有限公司数字化能源设计技术研发项目

This work is supported by Digital Energy Design Technology Research and Development Project of Beijing Jinmao Green Construction Technology Co., Ltd.

表1 各业态建筑面积统计

Table 1 Statistics of construction area of various business types

业态	百货	餐饮	娱乐	办公	公寓	m ²
面积	793 601	476 161	317 441	281 284	76 343	
业态	酒店	医院	住宅	合计		
面积	156 204	110 297	1 160 888	3 372 219		

项目紧邻污水提升泵站,设计规模为31.39万m³/d,夏季最高水温24℃,冬季最低水温12℃。污水提升泵站至本能源站取水点小于30 m,具备良好的污水源热泵实施条件。

2 系统设计

2.1 负荷分析

方案设计阶段,冷热负荷计算采用面积指标法。综合考虑区域用户的接入率和达产率,确定实际供能面积。由于供能区域内业态较为综合,选取一定同时使用系数,公共建筑取0.65,住宅取0.4。项目根据区域负荷成长情况分3期实施,分期冷热负荷计算结果如表2所示。

表2 项目冷热负荷计算结果

Table 2 Project cooling and heating load calculation results

	冷负荷	热负荷	MW
2020—2021年接入负荷	23.13	9.96	
2022—2025年接入负荷	67.85	30.74	
2026—2030年接入负荷	17.31	6.31	
总计	108.29	47.01	

2.2 技术路线分析

2.2.1 总体技术路线

项目所在地燃气价格较低,且当地对燃气三联供系统有财政补贴(按发电功率计2 000元/kW,最高1 500万元),优先选择燃气三联供技术路线。项目周围有丰富的污水资源,可以选择采用污水源热泵技术供冷供热。同时,设置一定的燃气锅炉和冷水机组作为调峰和备用冷热源。

最终,选用基于能源梯级利用的天然气冷热电三联供分布式能源技术、污水源热泵制冷制热技术,离心式高效冷水机组技术以及冷凝式燃气锅炉技术组成的复合式供能技术。项目原则性系统流程图如图1所示。

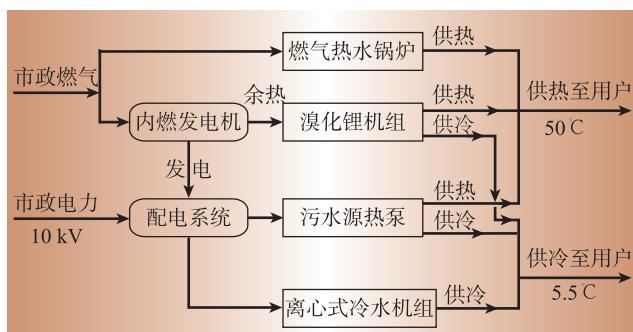


图1 项目原则性系统流程图

Fig. 1 Project principle system flowchart

2.2.2 三联供系统设计与分析

设计原则:

(1) 分布式供能系统系统设计考虑“以电定热”,供电比例为系统总用电负荷的20%~30%,并网不上网,确保分布式供能系统年利用小时数大于2 500 h,充分利用发电余热。

(2) 分布式供能及污水源热泵系统承担基本负荷,离心式冷水机组承担调节负荷,确保分布式能源稳定运行,燃气冷凝热水锅炉作为备用及调峰使用。

2.2.3 发电机组容量及类型选择

天然气三联供系统除了具有能量梯级利用的优势外,也有明显缺点:初期投资高(5 000~6 000元/kW);运行维护成本较高。如按照冷水机组与水源热泵方案(机房综合系统能效比夏季4,冬季3),能源站各期装机容量如表3所示。

表3 项目用电负荷估算

Table 3 Project electricity load estimation

时间段	制冷期工艺设备用电功率	制热期工艺设备用电功率	辅助设备用电功率	kW
2020—2021年 一期	5 780	3 320	200	
2022—2025年 二期	22 745	13 567	350	
2026—2030年 三期	27 075	15 667	350	

根据表3来估算初步发电机容量,一期考虑发

电机容量为2~3 MW(制热期间富余电量可向临近污水泵站供电);二期发电容量为2~3 MW(负荷增长时间较长,用能持续增长);三期考虑发电容量为3~4 MW(负荷进入稳定增长期)。

参考项目所在地节能补贴政策,发电总装机容量控制在6~8 MW左右。

2.2.4 污水源热泵系统设计与分析

项目平均污水量按1.3万m³/h计算,考虑污水安全利用量及污水换热后参数,夏季污水可提取冷量为49.5 MW;冬季污水可提取热量为61.6 MW。

按照冬季制热来选取污水源热泵机组。拟采用3台制热量为9.5 MW的离心式水源热泵机组与2台制热量为6 MW的离心式水源热泵机组作为污水源热泵机组搭配,作为基础和调节冷热源。

2.2.5 调峰锅炉与冷机设计与分析

为提高区域能源系统的供能稳定性及可靠性,拟定锅炉供热量为系统总热负荷的20%~25%左右,主要作为前期污水量不足情况下的备用热源,以及调峰使用。选用2台5.6 MW燃气冷凝热水锅炉作为供热调峰和备用热源。

根据上述工艺供能设备的选择及估算总冷负荷,水源热泵供冷负荷不足部分由常规水冷机组来提供,选用6台10 MW的离心式冷水机组作为补充调峰冷源。

3 运行调节

3.1 供冷策略

一期制冷供能开始后,当负荷较低时,开启能源站的离心式冷水机组;当系统用电量大于2 MW时,开启2 MW天然气分布式能源系统(能源价格合理情况下),余热进入溴化锂吸收式机组制冷,其余不足由离心式冷水机组和离心式污水源热泵机组提供。

3.2 供热策略

一期制热供能开始后,在低负荷情况下,开启制热量为6 MW的离心式水源热泵;当系统用电量大于2 MW时,开启2 MW天然气分布式能源系统(能源价格合理情况下),余热进入溴化锂吸收式机组制热,其余不足热量由离心式污水源热泵机组提供。

4 系统性能评价

4.1 评价指标选择

复合式能源系统属于多输入多输出的能源动力系统,输入电力、燃气、空气源、低品位能源(包括污水、中水以及江河湖水、工业余热等),净输出为供热量或供冷量,可以从能效、经济和环境角度,建立综合性评价指标。本文主要对区域能源系统能效进行评价。

该复合式能源系统冷热源部分可分为燃气冷热电三联供子系统、水源热泵子系统、冷水机组子系统和燃气锅炉子系统。根据文献[5]的等效电

法,对各子系统进行技术评价。评价指标选用年综合能源利用效率和系统综合性能系数。

(1) 年综合能源利用率(等效电法)

年综合能源利用率 η 指在一个完整的供能期内,各供能子系统总产出折算电量与各供能子系统总输入折算电量之比,即

$$\eta = \sum_{i=1}^n c_i \eta_i \quad (1)$$

式中: η_i 为各子系统等效电折算效率; c_i 为各子系统输入能源等效电量占总输入能源等效电量的百分比。

(2) 年系统综合性能系数(等效电法)

年系统综合性能系数(annual system comprehensive coefficient performance, ASCOP)为在一个完整的供能期内,各供能子系统总产出折算热量(或冷量)与各供能子系统总输入折算电量之比,即

$$ASCOP = \sum_{i=1}^n c_i cop_i \quad (2)$$

式中: cop_i 为各子系统等效电折算性能系数; c_i 为各子系统输入能源等效电量占总输入能源等效电量的百分比。

4.2 系统性能评价

燃气三联供子系统输入为燃气,输出为电和热(或冷),输出电力按等效电折合为热量或冷量,燃气折算为等效电,计算结果如表4所示。

表4 各子系统性能评价指标

Table 4 Performance evaluation index of each subsystem

	折算 性能系数	折算能源 效率/%	各子系统 投入占比/%
供 燃气三联供子系统	4.54	64	43.9
热 污水源热泵子系统	3.6	51	43.4
工 冷水机组子系统			
况 燃气锅炉子系统	1.44	20	12.7
供 燃气三联供子系统	8.35	61	44
冷 污水源热泵子系统	3.8	27.7	
工 冷水机组子系统	4.2	30.7	56
况 燃气锅炉子系统			

首先,从各子系统来看,燃气三联供系统按等效电法折算供热量和供冷量都非常高,有良好的系统性能,且发电效率越高,等效电效率和折算性能系数越高,应作为最优运行的技术路线;燃气锅炉子系统无论折算性能系数还是折算效率,都是最低,作为最劣的技术路线。这与常规看法完全一致,因此采用等效电法计算的能源效率和系统性能系数都可以很高表征子系统性能。

其次,从年综合能源利用效率来看,供热工况以燃气三联供和污水源热泵为主运行,整体能源利用效率较高;供冷工况由于冷水机组子系统等效电效率远低于燃气三联供子系统,整体能源利用效率较低,如表5所示。从综合性能系数来看,由于供冷工况下燃气三联供系统有较高的折算性能系数,且投入等效电占比较大,整个系统性能系数较高。因此,综合能源效率和综合性能系数都可以有效反应系统性能。

表5 区域能源项目性能评价指标

Table 5 Performance evaluation index of regional energy project

	供热期	供冷期
年综合能源利用率(等效电法)/%	53	44
综合性能系数(等效电法)	3.74	6.01

5 结束语

本文对复合式能源系统技术路线选择、系统设计过程进行了简要分析。根据资源条件和运行策略,合理确定基础负荷、调节负荷和调峰负荷比例是实现良好系统设计的关键。

本项目针对供冷供热工况不同的能源输入,采用等效电法,选择年综合能源利用效率和综合性能系数作为系统评价指标,并明确了燃气、电力、供热量和供冷量的折算方法。分析表明,这两个评价指标可合理的反映复合式能源系统的性能。D

参考文献:

- [1] 伍小亭,王砚,宋晨,等. 基于暖通专业视角的区域能源系统思考——概念、规划、设计[J]. 暖通空调,2019,49(1):2-14,24.
WU Xiaoting, WANG Yan, SONG Chen, et al. Thinking of district energy system based on HVAC professional perspective—concept, planning and design [J]. Heating Ventilating & Air Conditioning, 2019, 49(1):2-14, 24.
- [2] 罗艳玲. 区域能源系统的优化设计[D]. 武汉:武汉理工大学,2012.
LUO Yanling. Optimization and design of regional energy system [D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2012.
- [3] 王昌,李尤然,刘丽珍. 某典型区域能源站系统的设计与运行分析[J]. 科技创新导报,2016,13(31):1-3,5.
WANG Chang, LI Youran, LIU Lizhen. Design and operation analysis of a typical regional energy station system [J]. Science and Technology Innovation Herald, 2016, 13(31):1-3, 5.
- [4] 董福贵,张也,尚美美. 分布式能源系统多指标综合评价研究[J]. 中国电机工程学报,2016,36(12):3 214-3 223.
DONG Fugui, ZHANG Ye, SHANG Meimei. Multi-criteria comprehensive evaluation of distributed energy system[J]. Proceedings of the CSEE, 2016, 36(12):3 214-3 223.
- [5] 江亿,杨秀. 在能源分析中采用等效电方法[J]. 中国能源,2010,32(5):5-11.
JIANG Yi, YANG Xiu. Electricity equivalent application in energy analysis[J]. Energy of China, 2010, 32(5):5-11.

作者简介:

张向荣(1982),男,河南洛阳人,硕士,工程师,研究方向为区域供暖供冷,主要从事区域能源项目系统设计及技术管理工作;

颜将林(1983),男,湖南衡阳人,学士,工程师,研究方向为区域供暖供冷,主要从事区域能源设计工作;

杨智勇(1969),男,河北保定人,博士,工程师,研究方向为区域供暖供冷,主要从事区域能源设计工作。

(责任编辑 曹阳)