

区域供冷与余热利用的优势与风险研究

中国中元国际工程公司 李著萱[☆] 贺继超 吕访桐 刘广清
王英刚 别舒 江绍辉

摘要 基于对北京地区多个区域供冷工程的分析、研究以及对国内外区域供冷项目的调研,阐述了区域供冷的特点及优势,指出能源选用方案阶段应注意的问题及规避的风险,并提出风险防范措施。建议利用余热提高区域供冷的能源利用效率,结合实例介绍了冷热电三联供设计。

关键词 区域供冷 余热利用 优势 冷热电三联供 风险

Superiority and risk of district cooling and excess heat utilization

By Li Zhuxuan[★], He Jichao, Lü Fangtong, Liu Guangqing,
Wang Yinggang, Bie Shu and Jiang Shaohui

Abstract Based on the analysis and research of several district cooling projects in Beijing and a survey into district cooling projects at home and abroad, expounds the features and superiority of district cooling. Points out some problems requiring attention and risks to be avoided when selecting energy scheme. Puts forward some measures for risk prevention. Suggests improving the energy utilization efficiency of district cooling by means of excess heat. With examples, presents the design of combined cooling, heating and power.

Keywords district cooling, excess heat utilization, superiority, combined cooling heating and power, risk

① ★ China IPPR International Engineering Corporation, Beijing, China



李著萱

代表工程:

- ◎ 北京新东安市场
- ◎ 浙江义乌中心医院
- ◎ 北京市政府机构节能改造示范工程
- ◎ 昆明长水国际机场
- ◎ 北京科技未来城

0 引言

区域供冷是否适合中国的国情? 区域供冷在什么前提下应用合理? 这两个问题值得深入探讨。随着我国经济的发展和人们对舒适和健康环境要求的提高,以及能源形式的多元化,对区域供冷适宜性的研究非常迫切。

本文通过对北京科技未来城,丽泽金融商务区,海淀北部 3 井、4-1 井片区等多个新型功能区区域冷热源的规划、分析和研究,以及大型机场航站区、北京昌平航天城等区域供冷项目的设计实践,结合对国内外区域供冷项目调研情况,探讨区域供冷与余热利用的优势与风险。

1 区域供冷的主要影响因素

区域供冷的能耗与建筑的容积率和建筑空调冷负荷密度成反比,是否适用与项目、功能区、能源条件及其负荷特点相关联。欧洲不少发达国家供冷是社会福利,并且其能源价格与国民收入的比例与我国国情不同,生搬硬套发达国家的成功案例而不考虑我国国情是造成制冷站单位制冷量能耗高和经济性差的主要原因。

GB 50736—2012《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》第 8.1.3 条规定,公共建筑群同时具备下列条件并经技术经济比较合理时,可采用区域供冷系统:

- 1) 需要设置集中空调系统的建筑的容积率较高,且整个区域建筑的设计综合冷负荷密度较大;
- 2) 用户负荷及其特性明确;

①[☆] 李著萱,女,1960 年 6 月生,大学,教授级高级工程师,注册公用设备工程师,能源院副总工程师,节能与市政环境工程所所长

100089 北京市海淀区西三环北路 5 号中国中元国际工程公司 10 层

(010) 68732902

E-mail: lizhuxuan2728@sina.com

收稿日期:2012-11-29

修回日期:2012-12-20

- 3) 建筑全年供冷时间长,且需求一致;
- 4) 具备规划建设区域供冷站及管网的条件。

2 区域供冷的优势

在建筑容积率高和建筑冷负荷密度大的前提下,区域供冷的主要优势在于:

1) 由于区域供冷利用建筑尖峰负荷的差异特点,大大减小了装机容量,减小了供配电容量,并且大型离心机组制冷性能系数 COP 较高,加上夜间低温制冷蓄冷(特别是水蓄冷)能够获得更高的制冷性能系数;可实现末端大温差运行,减少管道占用空间。区域供冷能平衡电网负荷,减少输配电耗和运行成本。

2) 采用大型多源的区域供冷项目,能通过智能管网、智能调度、自动控制实现冷源、管网输配和站点(建筑物)的高效运行和维护管理,有利于提高运行效率和节能;同时结合蓄能技术、吸收式等多元复合式设备供冷和供热,可提高园区的供能负荷的互备性。

3) 当采用冷热电联供、有余热资源和采用蓄能技术时,有利于专业化的制冷企业和利用余热的能源企业落实减排指标并获得效益。

3 风险与防范

3.1 风险

1) 区域供冷的能效很大程度上取决于该区域建筑是否都集中供冷。如果区域供冷系统建造完成后实际用户不多,则项目不仅很难发挥其优势,并且还会导致能耗过高。

2) 负荷估算不准,项目过早的资金投入会增加建设成本,特别是项目规模大于负荷需求时运行成本过高,也会导致资金占用量大、项目达不到预期的投资回报,甚至会造成项目亏损,给项目建设单位造成经济损失。

3) 负荷预测不准、管网规划不合理,供冷半径过大、设计流速过大或过小,将导致运行费用过高或造成管网投资浪费。

3.2 风险的防范

1) 借鉴成功园区的经验。地方政府的政策对区域供冷项目的建设将起决定性作用。附加一定的优惠条件,提高入园企业采用区域供冷方案的积极性,同时依靠园区所在地的政府和专家团队做好宣传工作是非常有必要的。

2) 对建设期长的项目,做好前期负荷预测与

分析,根据建设时序和负荷需求分析分期分批投产,能减少初投资。

3) 通过负荷和运行的预测与分析,设置合理的供回水温差($\geq 8\text{ }^{\circ}\text{C}$)和供冷半径(宜小于 $1\ 500\text{ m}$),尽可能降低管网建设费用和运行能耗,提高项目的效益;当仅有夏季负荷时,尽量利用冬季供热管网(适当加大供热管网冷热同网)在非供热季节供冷,以减少供冷管网投资,降低投资风险。

4) 通过专业化高素质管理团队、先进的自控手段和运行策略,提高能源效率和减少运行费用。

4 结合余热利用提高能源利用效率

在有压力大于 0.3 MPa 的蒸汽源或温度 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上的热水余热资源、技术经济分析合理时,可以采用部分溴化锂机组制冷,以提高能源利用效率和增加冷源的互备性。当不能满足冷负荷需求时,可用高效电制冷机作为供冷补充。

当夏季的热源价格大于 40 元/GJ 时,以目前北京市的能源价格体系衡量,采用吸收式制冷不经济,此时,吸收式制冷量比例越高,运行费用越高,其经济性就越差。当热源价格大于 33 元/GJ 时,应通过技术经济分析合理配置电制冷和吸收式制冷的负荷比例,提高项目的经济性。同时可以用电制冷作为吸收式制冷的二级冷却,通过二级冷却提高供冷效率和加大供冷温差,增加供冷管网的半径和能力。

采用三联供方式的前提是燃料条件和供电方案可行,同时基于冷热电负荷不同季节典型日的逐时负荷分析,根据逐时负荷曲线确定发电、供热和供冷方案。

1) 当采用并网运行方式时,发电机组容量应根据基本电负荷曲线确定,单台发电机组容量应满足低负荷运行要求。

2) 当采用孤网运行方式时,发电机组容量应满足峰值电负荷需求。余热利用设备应根据发电机余热参数确定。温度高于 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烟气热量和温度高于 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冷却水热量应利用,温度高于 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冷却水热量宜利用。

3) 冷热电联供的余热利用设备应根据发电机余热参数确定。温度高于 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烟气热量和温度高于 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冷却水热量应利用,温度高于 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冷却水热量宜利用。

4) 联供系统的年平均能源综合利用率应大于 70% 。

5) 制冷优先采用压力高的蒸汽源或烟气以及高温热水,对于压力和温度过低的余热优先供生活热水或其他用热场所。

5 案例介绍

某机场拟针对生产主体工程、生产辅助设施、行政生活设施、空管、供油工程、货运区及公务机区供热区域内热用户进行热、电、冷三联供。设计条件:1) 机场周边无集中冷、热源,天然气、电力供应充足。2) 供暖热负荷为 208.7 MW,空调冷负荷为 138 MW。

5.1 热电机组

1) 选型原则

机组选型的基本原则遵循《关于发展热电联产的规定》(急计基础[2000]1268 号)的规定,按照“统一规划、分步实施、以热定电和适度规模”的原则进行机组选型。机组选型首先要满足热负荷的需求,以热负荷的性质、供热时间的长短、供热时间内热负荷的变化等因素为依据确定机组的型式。选择合适的热化系数,确定机组的规模。热化系数取值小,热电厂机组容量小、建设周期短,但调峰锅炉房容量大、数量多;热化系数取值大,机组的供热量大,需要的供热机组的容量就大,设备投资高。关于热电联产工程热化系数的选取,有专门研究,有关技术文件中也有明确的规定,如在《小型火力发电厂设计规范》中就规定:对以供冬季采暖为主的热电厂,其热化系数宜取 0.5~0.6。在选取热化系数时,应对热负荷的性质进行分析。年利用小时数高、日负荷稳定的,热化系数取高值;年利用小时数低、日负荷波动大的,热化系数取低值。

2) 系统配置

选用 GPB 180D 型燃气轮机发电机组 2 台,热耗率为 11 048 kJ/(kW·h),排气温度为 537℃;蒸汽轮机发电机 2 台,额定输出功率为 18.88 MW;余热锅炉 2 台,蒸发量 39 t/h;燃气热水锅炉 3 台,额定供热量 58 MW,设计压力 1.6 MPa,供回水温度 130℃/70℃。燃气蒸汽联合循环装置装机容量 35 MW。

3) 供热平衡

本项目供热能力为 226.9 MW,满足供暖季最大热负荷 208.7 MW 的需求;供冷季只运行燃气蒸汽联合循环装置,这时的供热能力为 52.9 MW,不能满足供冷季最大热负荷的需求,冷负荷不足部分由电制冷机补充。表 1 为供热参数。

表 1 供热参数

MW

		供暖季			供冷季		
		最大	平均	最小	最大	平均	最小
热源能力	燃气蒸汽联合循环	52.9			52.9		
	燃气热水锅炉	174			0		
	小计	226.9			52.9		
供热热负荷/供冷折算热负荷		208.7	151.5	100.4	256		
热源能力与热负荷之差		18.2	75.4	126.5	-203.1		

注:供冷折算热负荷是指完全采用燃气蒸汽联合循环供冷所需热量。

4) 热经济指标(见表 2)

表 2 热经济指标

	供暖季	供冷季	全年
热负荷/MW	208.7	52.9	
联合循环发电功率/MW	37.763	31.91	
发电量/(GW·h)	116.91	36.34	153.25
供热量/TJ	1 688.56	211.58	1 900.14
联合循环供热量/TJ	589.71	211.58	801.29
燃气热水锅炉供热量/TJ	1 098.85		1 098.85
天然气耗量/(10 ⁴ m ³)	6 971.6	1 142.31	8 113.91
联合循环天然气耗量/(10 ⁴ m ³)	3 500	1 142.31	4 642.31
燃气热水锅炉天然气耗量/(10 ⁴ m ³)	3 471.6		3 471.6
发电气耗率/(m ³ /(kW·h))	0.155 9	0.148 8	0.154
联合循环供热气耗率/(m ³ /GJ)	28.43	28.43	28.43
联合循环热化系数	0.253		
联合循环热电比	1.4	1.6	1.45
联合循环装置热效率/%	82.1	85.23	82.87
联合循环装置运行时间/h	3 096	1 858	4 954
燃气热水锅炉运行时间/h	3 096		3 096

燃气蒸汽联合循环系统的年热效率为 82.87%,年热电比为 1.45,满足《关于发展热电联产的规定》中对上述指标要求的规定。

5.2 制冷机组

区域供冷站采用电厂余热制冷和冰蓄冷相结合的复合制冷方案。在部分负荷阶段,优先使用溴化锂吸收式制冷机组制取冷水,采用冰蓄冷系统控制水温,从而输出 3.5℃/13.0℃的大温差冷水。

1) 设备选型

选用 8 台溴化锂制冷机组,制冷量 5 233 kW(1 488 rt),输入功率 17.35 kW;3 台常规电制冷机组,其中 2 台制冷量 7 034 kW(2 000 rt),1 台制冷量 3 165 kW(900 rt);8 台双工况主机,空调工况制冷量为 7 034 kW(2 000 rt),蓄冰工况制冷量为 1 428 kW。

总装机容量为 113 600 kW,冰槽蓄冷量为 325 709 kW·h(92 610 rt·h)。

2) 空调系统运行策略(见图 1)

3) 能耗及运行费用

年耗热量 213 221 GJ,年耗电量 37 031×10⁴ kW·h,年用电费 2 341 万元,年供冷量 15 784×10⁴ kW·h(4 488×10⁴ rt·h)。

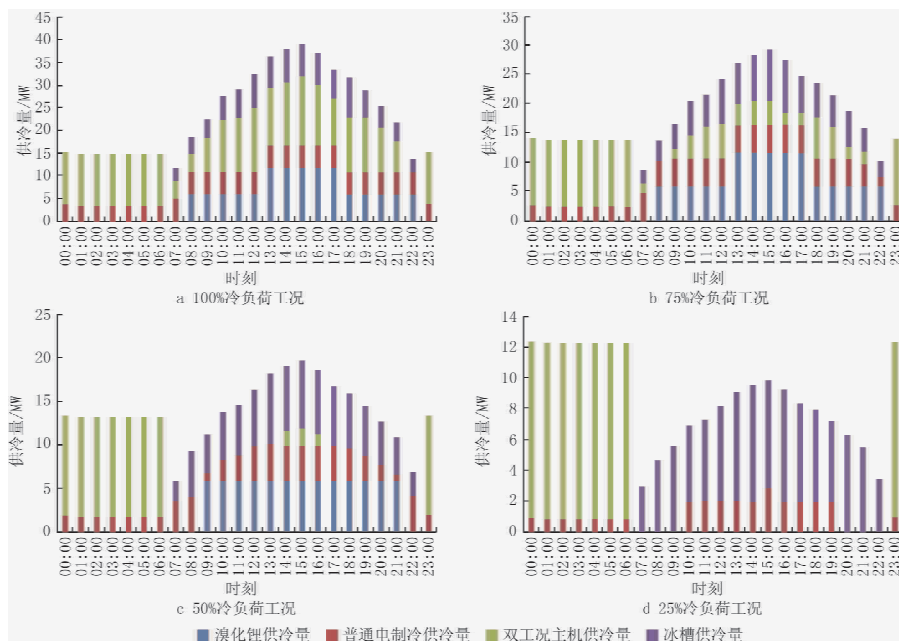


图1 不同负荷率下空调系统运行策略

6 结语

无论是区域供冷还是冷热电联供的规划与设计,都必须基于负荷测算和技术经济分析。技术方案、设备配置和制冷站、发电机用房及管网都应通过技术优化与比选来确定,因此冷热电负荷动态仿真模拟和分析有助于确定冷热电和设计方案。只有通过精心的计算和分析,合理确定设计规模、合理配置设备,才能使技术方案合理可靠可行,才能实现预期的效果。

参考文献:

- [1] 中国建筑科学研究院. GB 50736—2012 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2012
- [2] 城市建设研究院,北京市煤气热力工程设计院有限公司. CJJ 145—2010 燃气冷热电三联供工程技术规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2012
- [3] 隋晓峰,姜微微,李著萱,等. 区域供冷在丽泽商务区的应用与研究[J]. 工程建设与设计,2012(11):181-185
- [4] 国家发展计划委员会,国家经济贸易委员会,建设部,等. 关于发展热电联产的规定(急计基础[2000]1268号)[R],2000