

(上接第 28 页)

6.2 水源热泵系统的节能环保评价不仅要考虑单位水量的节能环保价值和污染物排放量等因素,还要综合考虑区域供冷供热半径对系统能耗的影响,区域性水源热泵解决方案具有更好的实用性。

6.3 江水源热泵系统的大规模使用降低了 SO_2 , NO_x , CO_2 和粉尘等污染物的排放量,但向水体环境排热导致的水体热污染问题及其对水生环境的危害仍应引起足够的重视。

参考文献:

- [1] 朱金铭,项弼中. 江水源热泵在上海十六铺工程中的应用[J]. 暖通空调, 2007, 37(2): 88-89
- [2] 吴荣华,孙德兴,马广兴. 城市污水源热泵系统的节能与环保评价法[J]. 中国给水排水, 2005, 21(12): 103-106
- [3] 舒海文,端木琳,朱颖心,等. 海水热泵区域供热的节能判断及影响因素[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2010,

42(12): 1995-1998

- [4] Zhen Li, Lin D M, Shu H W, et al. District cooling and heating with seawater as heat source and sink in Dalian, China[J]. Building and Environment, 2008, 43: 569-577
- [5] 舒海文,朱颖心. 海水源热泵区域供热系统最大供热半径的研究[J]. 暖通空调, 2009, 39(5): 145-148
- [6] Chow T T, Fong K F, Chan A L S, et al. Energy modeling of district cooling system for new development[J]. Energy and Buildings, 2004, 36: 1153-1162
- [7] 吴荣华,张承虎,孙德兴,等. 江河湖海地表水源热泵系统节能与环境评价[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2008, 40(2): 226-229
- [8] 马宏权,龙惟定. 水源热泵应用与水体热污染[J]. 暖通空调, 2009, 39(7): 66-69

江水源热泵集中区域供冷供热系统节能环保评价研究

江苏河海新能源有限公司 张金鹏[☆] 孙宏伟[△]

摘要 利用江水作为水源热泵的冷热源为建筑物供冷供热具有较好的节能与环保意义。提出了综合分析一次能源利用率、区域供冷供热半径对系统能耗的影响和单位水量的节能环保价值的节能环保评价方法,同时指出环保评价中应考虑水源热泵向水体环境排热导致的水体热污染问题。

关键词 江水源热泵 区域供冷供热 节能评价 环保评价 一次能源利用率

Energy conservation and environmental protection evaluation of river water-source heat pump district cooling and heating systems

By Zhang Jinpeng[★] and Sun Hongwei

Abstract Taking the river water as cold and heat sources of water-source heat pumps for building cooling and heating has good energy conservation and environmental protection significance. Puts forward an evaluation method for synthetically analysing the primary energy utilization rate, the influence of district cooling and heating radius on energy consumption of the system, and the energy conservation and environmental protection value of unit flux. States that the heat pollution problem should be considered when evaluating the environmental performance of water-source heat pump systems.

Keywords river water-source heat pump, district cooling and heating, energy conservation evaluation, environmental protection evaluation, primary energy utilization rate

★ Jiangsu Hehai New Energy Co., Ltd., Changzhou, Jiangsu Province, China

①

0 引言

开发利用江水等低品位可再生能源为建筑物供暖供冷,对建筑节能与环保有重要的现实意义。国内外已有多项应用江水源热泵技术的工程实例,如重庆江北城 CBD 项目、上海十六铺工程、大阪南港广场项目等。区域性的江水源热泵解决方案中,集中供冷供热系统具有初投资少、维护费用低、运行管理效率高等特点,在重庆、上海等地具备实施的条件。

针对水源热泵的节能环保评价,国内外研究多数局限于一次能源利用率、单位水量的节能环保价值、污染物排放量等方面,未综合考虑区域供冷供热半径对系统能耗的影响。江水源热泵技术的环保特性具有相对性,向水体环境排热导致的温升问题及其对水生环境造成危害的研究鲜有文献报道^[1]。

1 江水源热泵集中区域供冷供热系统

江水源热泵集中区域供冷供热系统是利用江水作为热泵冷热源为建筑物供冷供热,通过区域管网将冷热量由能源站集中供给用户的系统。区域化集中供冷供热有利于提高能源利用率,降低工程初投资。江水源热泵集中区域供冷供热系统示意图见图 1。

2 系统一次能源利用率

设供热终端负荷指标为 Q'_h , 供冷终端负荷指标为 Q'_c , 则全年一次能源利用率 E 为

①[☆] 张金鹏,男,1979 年 8 月生,大学

[△] 孙宏伟(通信作者)

213100 江苏省常州市新北区秦岭路 5 号

(0) 13961180248

E-mail: shw9100@126.com

收稿日期:2013-09-24

一次修回:2013-11-29

二次修回:2014-06-03

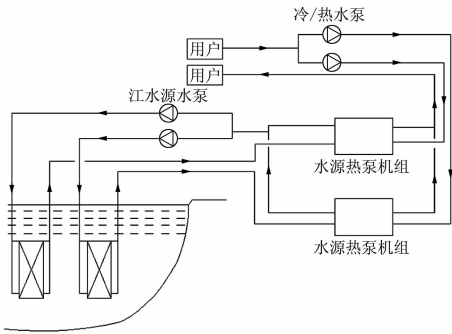


图1 江水源热泵集中区域供冷供热系统示意图

$$E = \frac{Q'_h + Q'_c}{\frac{Q'_h}{E_h} + \frac{Q'_c}{E_c}} = \frac{1 + \frac{Q'_c}{Q'_h}}{\frac{1}{E_h} + \frac{Q'_c}{Q'_h} \frac{1}{E_c}} \quad (1)$$

式中 E_h 为供热一次能源利用率; E_c 为供冷一次能源利用率^[2]。

以上海地区为例,一栋 10 000 m² 的建筑物,按供热终端负荷指标 $Q'_h=492$ kW,供冷终端负荷指标 $Q'_c=710$ kW,年供热时间 90 d,年供冷时间 150 d 计算,江水源热泵系统与其他系统的一次能源利用率对比见表 1。

表1 江水源热泵系统与其他系统的一次能源利用率对比

	E_h	E_c	E
直燃机组	0.81	1.13	1.01
燃煤+风冷机组	0.68	1.13	0.95
外网+风冷机组	0.68	1.13	0.95
空气源热泵	0.89	0.98	0.95
江水源热泵	1.06	1.26	1.19

注:辅助设备输送效率设为 90%。

以上海地区江水源热泵为例,分别在 100%, 90%,85% 和 80% 负荷率下运行的一次能源利用率对比见表 2。

表2 江水源热泵系统不同负荷下的一次能源利用率对比

负荷率/%	E_h	E_c	E
100	1.06	1.26	1.19
90	1.01	1.20	1.13
85	0.97	1.15	1.08
80	0.91	1.08	1.01

注:辅助设备输送效率设为 90%。

3 区域供冷供热半径

江水源热泵机组在供冷供热工况下的设计温差相对于传统系统偏小,导致在相同冷热负荷下江水源热泵系统需要输送的水量更大。江水源热泵区域供冷供热半径过大,则水泵扬程相应偏大,导致输送管网能耗偏大,此时系统是否节能难以直接判断;区域供冷供热半径过小,则难以体现集中区

域供冷供热的优势。因此,合理控制江水源热泵区域供冷供热半径对系统节能有重要影响^[3-5]。

现行的国家标准未对区域供冷供热系统能源站的规模作出明确限制,但可通过规定循环水泵能耗与系统能耗的一次能耗比 ENR 来控制输水管网的能耗, ENR 即为设计工况下输送单位热/冷量的耗电量与系统耗电量的比值^[6],计算公式如下:

$$ENR = \frac{\eta_p \tau N}{24 q A \eta} \leq \frac{0.004 2(14 + \alpha \sum L)}{\eta \Delta t} \quad (2)$$

式中 η_p 为循环水泵变频运行效率,取 75%; τ 为循环水泵全天运行时间,取 24 h; N 为循环水泵的轴功率, kW; q 为设计冷/热负荷指标, kW/m²; A 为系统的供冷/热面积, m²; η 为一次能源转换成用户电能的效率,取 $0.33 \times 0.90 = 0.297$; $\sum L$ 为室外管网主干线(包括供、回水管)的总长度, m; α 为系数, $\sum L \leq 500$ m 时, $\alpha = 0.001 15$, 500 m $< \sum L < 1 000$ m 时, $\alpha = 0.009 2$, $\sum L \geq 1 000$ m 时, $\alpha = 0.006 9$; Δt 为设计供回水温差, °C。

区域供冷供热半径在 2 km 以内时,不同供回水温差下 ENR 随供冷供热半径的变化见图 2。

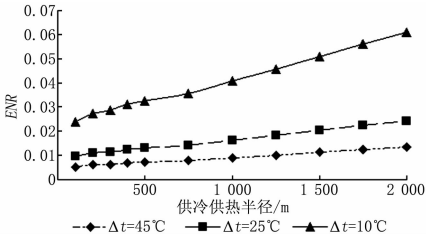


图2 不同供回水温差下 ENR 随供冷供热半径的变化

4 系统节能评价

4.1 单位水量供热节能系数

设单位水量江水的可用热量为 Q_{wh} ,则江水源热泵系统供热时可提供的热量 Q_h 为

$$Q_h = \frac{\epsilon_h}{\epsilon_h - 1} Q_{wh} \quad (3)$$

式中 ϵ_h 为江水源热泵系统的供热性能系数。

江水源热泵系统供热一次能耗 Q_h^1 为

$$Q_h^1 = \frac{1}{\epsilon_h - 1} \frac{1}{1 - f_h} \frac{1}{D_f(1 - D_s)} Q_{wh} \quad (4)$$

式中 f_h 为江水源热泵系统辅助设备的能耗系数; D_f 为一次能源发电率; D_s 为电力输送损耗率^[7]。

则江水源热泵系统供热时的一次能耗系数 N_h^1 为

$$N_h^1 = \frac{1}{\epsilon_h - 1} \frac{1}{1 - f_h} \frac{1}{D_f(1 - D_s)} \tag{5}$$

参照系统 ENR 的定义,提出修正系数 $\xi=1-ENR$ 。

则修正后的江水源热泵系统供热一次能耗系数 N_h^2 为

$$N_h^2 = \frac{1}{\epsilon_h - 1} \frac{1}{1 - f_h} \frac{1}{D_f(1 - D_s)} \xi \tag{6}$$

其他系统修正后的供热一次能耗系数 N_h^3 为

$$N_h^3 = \frac{\epsilon_h}{E_h(\epsilon_h - 1)} \xi \tag{7}$$

则江水源热泵系统供热时的节能系数 W_h 为

$$W_h = \left[\frac{\epsilon_h}{E_h(\epsilon_h - 1)} - \frac{1}{\epsilon_h - 1} \frac{1}{1 - f_h} \frac{1}{D_f(1 - D_s)} \right] \xi \tag{8}$$

4.2 单位水量供冷节能系数

设单位水量江水的可用冷量为 Q_{wc} ,则江水源热泵系统供冷时可提供的冷量 Q_c 为

$$Q_c = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_c + 1} Q_{wc} \tag{9}$$

式中 ϵ_c 为江水源热泵系统的供冷性能系数。

江水源热泵系统供冷一次能耗 Q_c^1 为

$$Q_c^1 = \frac{1}{\epsilon_c + 1} \frac{1}{1 - f_c} \frac{1}{D_f(1 - D_s)} Q_{wc} \tag{10}$$

式中 f_c 为江水源热泵系统辅助设备的能耗系数。

则江水源热泵系统供冷一次能耗系数 N_c^1 为

$$N_c^1 = \frac{1}{\epsilon_c + 1} \frac{1}{1 - f_c} \frac{1}{D_f(1 - D_s)} \tag{11}$$

修正后的江水源热泵系统供冷一次能耗系数 N_c^2 为

$$N_c^2 = \frac{1}{\epsilon_c + 1} \frac{1}{1 - f_c} \frac{1}{D_f(1 - D_s)} \xi \tag{12}$$

其他系统修正后的供冷一次能耗系数 N_c^3 为

$$N_c^3 = \frac{\epsilon_c}{E_c(\epsilon_c + 1)} \xi \tag{13}$$

则江水源热泵系统供冷时的节能系数 W_c 为

$$W_c = \left[\frac{\epsilon_c}{E_c(\epsilon_c + 1)} - \frac{1}{\epsilon_c + 1} \frac{1}{1 - f_c} \frac{1}{D_f(1 - D_s)} \right] \xi \tag{14}$$

4.3 单位水量的节能效益

根据表 1 和表 2 的数据,设供回水温差 $\Delta t=10\text{ }^\circ\text{C}$,区域供冷/供热半径为 2 000 m,计算江水源热泵系统供冷、供热时相对于其他系统的节能系

数,结果见表 3。

表 3 江水源热泵系统供冷、供热时相对于其他系统的节能系数

	直燃机组	燃煤+风冷 机组	外网+风冷 机组	空气源 热泵
供热节能系数	0.34	0.70	0.70	0.24
供冷节能系数	0.09	0.18	0.18	0.09

以上数据表明,在 $\Delta t=10\text{ }^\circ\text{C}$,区域供冷/供热半径为 2 000 m 时,具有可用冷/热量为 Q_w 的单位水量,与直燃机组相比供热时可节省 $0.34Q_w$ 的一次能源,供冷时可节省 $0.09Q_w$ 的一次能源。

单位水量以 $1\text{ }000\text{ m}^3$ 计,利用显热温差为 $5\text{ }^\circ\text{C}$,则可利用冷/热量 $Q_w=21\text{ GJ}$,与直燃机组相比,供冷时可节省一次能源 1.89 GJ ,供热时可节省一次能源 7.14 GJ 。

5 系统环保评价

5.1 单位水量的环保效益

综合计算分析得到江水源热泵集中区域供冷供热系统单位水量的一次能源节能量,为环保评价(尤其是大气污染物)提供计算依据。每节能 $1\text{ kW}\cdot\text{h}$ 相当于节约标准煤 0.4 kg ,对应的污染物排放定额如表 4 所示。

表 4 $1\text{ kW}\cdot\text{h}$ 能源对应的污染物排放定额

污染物	排放定额/kg
SO ₂	0.030
NO _x	0.015
CO ₂	0.997
粉尘	0.272

5.2 水体热污染及其对水生环境的危害

水体热污染是指由于人类活动向水体环境排入的废热超过环境容量,导致局部生态系统遭受破坏的现象。水体热污染可能导致水生生物酶系统失活,使得代谢机能失调,引起水生植物群落组成的改变,减少其多样性,还会使某些致病微生物活性增强^[8]。

目前我国水体热污染的主要来源是沿地表水体排放的各种工业冷却水,但随着水源热泵的规模化应用,且国内地表水地源热泵设计选用的指标偏大,无疑会加剧水体热污染。因此,应加强水源热泵对水体生态系统影响的研究,合理科学规划区域性江水源热泵系统。

6 结论

6.1 江水源热泵集中区域供冷供热系统具有较高的一次能源利用率,满负荷下的供热效率为 1.06,供冷效率达 1.26。