

区域供冷系统二次管网的冷量损失分析*

华南理工大学 康英姿[☆] 左 政

摘要 介绍了区域供冷系统二次管网的冷量损失及冷量损失导致的温升的计算方法,并对某个二次泵变流量运行的区域供冷系统进行了计算。结果表明,在保温材料达到要求、施工合格的情况下,区域供冷系统二次管网的总冷量损失很小,在其输送冷量的 1% 以内;二次泵的冷量损失是二次管网总冷量损失的主要影响因素;二次管网最不利环路上冷量损失导致的温升不会对区域供冷系统的用户造成大的影响;负荷率对二次管网的总冷量损失、最不利环路上冷量损失导致的温升均有较大的影响。

关键词 二次管网 二次泵 直埋管 冷量损失

Cooling loss of the secondary piping network in district cooling system

By Kang Yingzi[★] and Zuo Zheng

Abstract Presents the calculation method of cooling loss and temperature rising caused by cooling loss of the variable water flow secondary piping network in district cooling system (DCS). A calculation result shows that when the heat insulating materials satisfy the specified requirements and constructed adequately, the cooling loss of the secondary piping network in DCS is less than 1% of its conveying cooling energy, the cooling loss of the secondary pump is the key factor in the total cooling loss, and the temperature rising caused by the cooling loss can not obviously influence the user in DCS. It also indicates that the cooling load ratio affects the cooling loss and its temperature rising remarkably.

Keywords secondary piping network, secondary pump, direct buried pipe, cooling loss

[★] South China University of Technology, Guangzhou, China

①

虽然区域供冷系统在国外应用比较广泛,在我国也有不少工程实例,但目前仍有一些人反对该技术在我国的的应用,反对的理由之一就是区域供冷系统二次管网的冷量损失大。区域供冷系统二次管网的冷量损失到底多大,冷量损失与其输送的冷量之比为多少,冷量损失导致的温升是否对用户造成较大的影响,这些都是区域供冷系统的设计与使用者十分关注的问题。本文对区域供冷系统的二次管网的冷量损失与冷量损失导致的温升进行分析。

1 区域供冷系统二次管网的冷量损失组成及计算方法

区域供冷系统的二次管网是区域供冷站内平衡管与区域供冷站外各冷用户之间的冷水管路,其作用为将区域供冷站生产出来的冷水输送至各用户,并将经过换冷后的冷水回水由各用户输送回供冷站。对于区域供冷站与各用户之间采用直埋方式敷设的区域供冷系统而言,其二次管网的冷量损失主要由三部分组成:1) 区域供冷站内及各用户建筑物内架空敷设保温管的冷量损失,这部分管道长度小;2) 二次泵的冷量损失;3) 区域供冷站到

* “十一五”国家科技支撑计划重大项目资助(编号:2006BAJ03A06)

①[☆] 康英姿,女,1970 年 11 月生,博士,讲师
510641 广东省广州市天河区五山路华南理工大学机械与汽车工程学院汽车研究所热能与动力工程教研室
(020) 87113614
E-mail: yzkang@scut.edu.cn
收稿日期:2008-12-29
修回日期:2009-03-06

用户之间的直埋管道的冷量损失,这部分管道长度大。

1.1 架空敷设保温管的冷量损失

架空敷设保温管的冷量损失按下式计算。

$$Q_1 = \frac{t_0 - t_w}{R_{t1}} l_1 \quad (1)$$

式中 Q_1 为架空敷设保温管的冷量损失, W; t_0 为室外空气温度, °C; t_w 为管内冷水的平均温度, °C; R_{t1} 为架空敷设保温管单位长度的总热阻, $m \cdot ^\circ C / W$; l_1 为架空敷设保温管的长度, m。

架空敷设保温管的总热阻包括冷水到管内壁的热阻、钢管热阻、保温层热阻以及管道保温外层到周围空气间的热阻。冷水到管内壁的热阻很小, 通常忽略不计, 其他三项热阻的计算公式如下。

$$R_p = \frac{\ln \frac{d_{out}}{d}}{2\pi\lambda_p} \quad (2)$$

$$R_b = \frac{\ln \frac{d_{out} + 2\delta}{d_{out}}}{2\pi\lambda_b} \quad (3)$$

$$R_w = \frac{1}{\pi(d_{out} + 2\delta)\alpha_w} \quad (4)$$

式(2)~(4)中 R_p 为钢管热阻, $m \cdot ^\circ C / W$; d_{out} , d 分别为钢管的外径与内径, m; λ_p 为钢管的导热系数, $W / (m \cdot ^\circ C)$; R_b 为保温层热阻, $m \cdot ^\circ C / W$; δ 为保温层的厚度, m; λ_b 为保温层的导热系数, $W / (m \cdot ^\circ C)$; R_w 为管道保温外层到周围空气间的热阻, $m \cdot ^\circ C / W$; α_w 为从保温层外表面到空气的表面传热系数, $W / (m \cdot ^\circ C)$, 可取 $\alpha_w = 8.14 W / (m \cdot ^\circ C)$ [1]。

架空敷设保温管的总热阻 R_{t1} 为

$$R_{t1} = R_p + R_b + R_w \quad (5)$$

1.2 二次泵的冷量损失

关于水泵运行时传递给所输送的冷水的冷量损失(或称为导致冷水温升的水泵发热量), 各文献的说法不一致。文献[2]认为是水泵的轴功率与有效功率之差, 文献[3-4]认为是水泵的功率, 文献[5]则是按水泵功率的 80% 进行计算。本文在计算二次泵运行导致的二次管网的冷量损失时, 按文献[3-4]的方法确定, 即二次泵的冷量损失就是二次泵的实际运行功率, 计算公式如下。

$$W_p = \frac{L_p H}{\eta} \quad (6)$$

式中 W_p 为水泵实际运行时的功率, W; L_p 为水泵的实际流量, m^3 / s ; H 为水泵的扬程, Pa; η 为水泵的总效率。

1.3 直埋管的冷量损失

本文中的直埋管是指外表面带保温层、外套管与防腐层, 以直埋方式敷设在土壤中的钢管, 如图 1 所示。单根直埋管的传热热阻包括工作钢管的热阻、保温层热阻、外套管与防腐层的热阻以及土壤热阻 4 部分, 其中外套管与防腐层的热阻相对而言较小, 一般约占总热阻的 5% 以下 [6], 因此, 通常可忽略不计。其他三项热阻中, 钢管与保温层热阻的计算方法同架空保温管, 土壤热阻的计算公式如下。

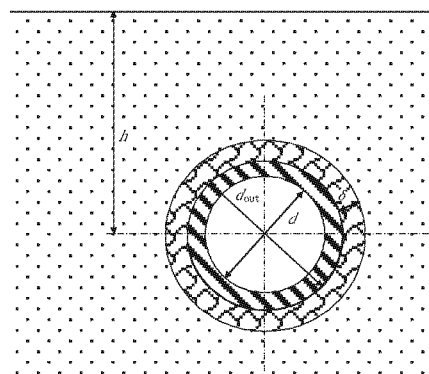


图 1 保温直埋管示意

当直埋管的埋深与保温管外径之比大于 2 (即 $h / (d_{out} + 2\delta) > 2$) 时, 按下式计算土壤的热阻 [6]:

$$R_s = \frac{\ln \frac{h}{d_{out} + 2\delta}}{2\pi\lambda_s} \quad (7)$$

式中 R_s 为土壤热阻, $m \cdot ^\circ C / W$; h 为埋深, 指直埋管中心到地面的距离, m; λ_s 为土壤的导热系数, $W / (m \cdot ^\circ C)$ 。

直埋管的总热阻 R_{t2} 为

$$R_{t2} = R_p + R_b + R_s \quad (8)$$

直埋管的冷量损失 Q_2 为

$$Q_2 = \frac{t_s - t_w}{R_{t2}} l_2 \quad (9)$$

式中 t_s 为土壤平均温度, °C; t_w 为管内流体的温度, °C; l_2 为直埋管的长度, m。

1.4 冷量损失导致的温升

某管段冷量损失导致的冷水温升按下式计算。

$$\Delta t = \frac{Q}{c_w G_w \times 1\,000} \quad (10)$$

式中 Q 为管段的冷量损失, W ; c_w 为水的比定压热容, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$; G_w 为管段内冷水的质量流量, kg/s 。

区域供冷系统的二次管网中,供水管与回水管内冷水的温度是不同的,其冷量损失与冷量损失导致的温升应分别利用前面介绍的方法进行计算。

2 实例

下面结合一个实例计算区域供冷系统的冷量损失及冷量损失导致的温升。

2.1 实例概况

广州某区域供冷系统的二次管网如图 2 所示,该系统共负担 5 个用户(建筑物)。干管 AD, BC 以及支管 $11', 22', 33', 44', 55'$ 为架空保温管,其他均为直埋管,直埋管的埋深 2 m,所有管道的保温

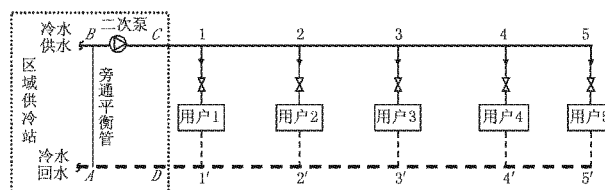


图 2 区域供冷系统二次管网布置

材料均为硬质聚氨酯泡沫,各管段的管径、保温层厚度及长度详见表 1。区域供冷系统设计日最大小时冷负荷以及该时刻各用户的冷负荷列在表 2 中。二次管网冷水供/回水设计温度 $5^\circ\text{C}/15^\circ\text{C}$, 负荷变化时,二次管网的冷水采用变流量定温差的调节方法,二次管网内冷水总流量的调节范围为 30%~100%。二次泵采用定末端压差控制,控制压差为 78.4 kPa。

表 1 二次管网各管段管径、保温层厚度及长度

	干管						支管					m
	$AD(\text{或 } BC)$	$CI(\text{或 } DI')$	$12(\text{或 } 1'2')$	$23(\text{或 } 2'3')$	$34(\text{或 } 3'4')$	$45(\text{或 } 4'5')$	$11'$	$22'$	$33'$	$44'$	$55'$	
内径	0.800	0.800	0.704	0.614	0.515	0.311	0.311	0.363	0.363	0.363	0.311	
外径	0.820	0.820	0.720	0.630	0.529	0.325	0.325	0.377	0.377	0.377	0.325	
保温层厚度	0.070 0	0.070 0	0.065 0	0.065 0	0.063 0	0.062 5	0.062 5	0.061 5	0.061 5	0.061 5	0.062 5	
长度	50	150	240	192	300	220	30	40	46	36	42	

表 2 区域供冷系统设计日最大冷负荷及同一时刻各用户的冷负荷

区域供冷系统	用户 1	用户 2	用户 3	用户 4	用户 5
25 800	4 200	6 100	5 100	5 700	4 700

2.2 计算参数与冷量损失导致温升的计算原则的确定

2.2.1 计算参数

1) 二次泵

依据实例给出的条件,可计算出二次泵设计工况运行时各参数为:扬程 18.13 m,流量 $0.616\ 2\ \text{m}^3/\text{s}$,功率 156.48 kW。

2) 其他计算参数

土壤的导热系数 λ_s 与土壤的湿度、不同的地域等因素有关。当土壤温度为 $10\sim 40^\circ\text{C}$ 时,中等湿度土壤的导热系数 λ_s 在 $1.2\sim 2.5\ \text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 范围内;对于湿土, λ_s 可取 $1.5\sim 2.0\ \text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ [7]。土壤温度在一年内呈周期性变化,且随着深度的增加,土壤温度的年变化波幅逐渐减小。

硬质聚氨酯泡沫的导热系数 λ_b 在考虑保温材料吸湿、老化等情况下的计算公式为 [8]

$$\lambda_b = K[0.027\ 5 + 0.000\ 09(t_m - 25)] \quad (11)$$

式中 K 为修正系数,取值范围为 $1.2\sim 1.35$ [9];

t_m 为保温层内、外表面温度的算术平均值, $^\circ\text{C}$ 。

实例中二次管网冷量损失计算过程中各参数的取值见表 3。

表 3 参数的取值

$t_0/^\circ\text{C}$	$\lambda_p/(\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C}))$	$\lambda_s/(\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C}))$	$t_s/^\circ\text{C}$	K
33.4	52.8	1.7	25	1.35

2.2.2 冷量损失导致温升的计算原则

在计算二次管网中某一管段的冷量损失以及冷量损失导致的温升时,认为该管段上冷水的温度等于其入口处的水温,并按此温度计算出该管段的冷量损失;然后按式(10)计算该管段上冷量损失导致的温升,温升加上该管段的入口处冷水温度即为下一管段入口处的冷水温度,按相同的方法计算下一管段的冷量损失与冷量损失导致的温升,直至计算出整个管路的冷量损失与冷量损失导致的温升。二次管网中距离区域供冷站最远的用户所在的环路为最不利环路,该环路上冷量损失导致的温升是二次管网中最大的,本文计算最不利环路上冷量损失导致的温差。

2.3 计算结果

按照前面介绍的计算方法,设计工况下该区域供冷系统二次管网的冷量损失计算结果如表 4 和图 3 所示。二次管网不利环路为 $B-C-1-2-$

表 4 设计工况下二次管网的冷量损失

		冷量损失/ kW	总长度/ m	平均单位长度冷量 损失/(W/m)
直埋管	冷水供水管	22.35	1 102	20.28
	冷水回水管	11.37	1 102	10.32
架空管	冷水供水管	3.91	147	26.60
	冷水回水管	2.79	147	18.97
二次泵		156.48		
二次管网总计		196.90		

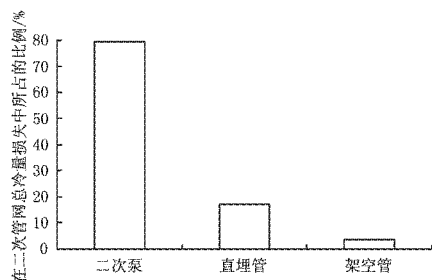


图 3 设计工况下各部分冷量损失在二次管网总冷量损失中所占的比例

3-4-5-用户 5-5'-4'-3'-2'-1'-D-A-B。该环路上冷量损失导致的总温升为 0.096 3℃,其中二次泵冷量损失、供水管路冷量损失、回水管路冷量损失导致的温升分别为 0.060 7, 0.022 8, 0.012 8℃。

2.4 计算结果分析

从表 4 的冷量损失计算结果可知:1) 二次管网在设计工况下的冷量损失总的来说很小,仅为 196.90 kW,而二次管网输送的总冷负荷为 25 800 kW,冷量损失仅占输送冷量的 0.76%。2) 二次管网中,无论是供水管还是回水管,直埋管的平均单位长度冷量损失均小于架空管。供水管路中直埋管与架空管的平均单位长度冷量损失分别为 20.28, 26.60 W/m,直埋管比架空管低 23.75%;而回水管路中直埋管与架空管的平均单位长度冷量损失分别为 10.32, 18.97 W/m,直埋管比架空管低 45.58%。导致该现象的主要原因是土壤的热阻高于空气的热阻。3) 供水管道(包括直埋管与架空管)与回水管道(包括直埋管与架空管)上总的冷量损失分别为 26.26, 14.16 kW,回水管比供水管总冷量损失低 46.07%。这是由于供水管内冷水的温度比回水管内的低(约低 10℃),管内冷水与周围环境的温差大,从而导致供水管的冷量损失大。

图 3 表明二次泵的冷量损失在二次管网总冷量损失中所占的比例最大,高达 79.46%;直埋管

的冷量损失次之,为 17.13%;架空管的冷量损失最小,仅占 3.41%。因此,在管道保温材料性能达到要求,施工合格的情况下,应合理设计二次管网系统,降低二次泵的功率,这样不仅可以节省二次泵的能耗,而且能大幅度降低二次管网的冷量损失。

从最不利环路上冷量损失导致的温升计算结果可知,从冷水供水以 5℃进入二次管网,经二次泵加压,沿 B-C-1-2-3-4-5 输送至用户 5 的入口,此过程中冷量损失导致的温升为二次泵与供水管冷量损失导致的温升之和,即 0.083 5℃,用户 5 的冷水入口实际温度为 5.083 5℃,温升并不高。整个最不利环路上总的冷量损失导致的温升为 0.096 3℃,且总温升中二次泵冷量损失造成的温升占 63%。总之,在二次管网的保温材料与施工均符合要求的前提下,设计工况运行时整个二次管网冷量损失导致的温升较小,不会对末端用户的冷水入口温度造成大影响。

2.5 部分负荷工况的计算结果与分析

下面考察区域供冷系统在部分负荷工况运行时,二次管网的冷量损失及最不利环路冷量损失导致的温升。

2.5.1 各用户的部分负荷率相同时的计算结果与分析

当各个用户冷负荷的变化规律相同时,区域供冷系统以及各用户的负荷率相同,此时二次管网的冷量损失与冷量损失引起的温升的计算结果如图 4,表 5,6 所示。

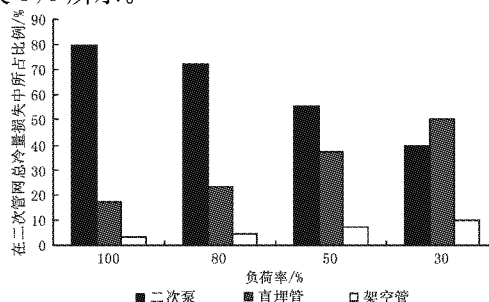


图 4 不同负荷率下各部分冷量损失在二次管网总冷量损失中所占的比例

从表 5 可知,直埋管与架空管的冷量损失基本不随负荷率的减小而变化;在二次泵的流量调节范围内,二次泵冷量损失、二次管网的总冷量损失均随负荷率的减小而降低。二次管网总冷量损失占其输送冷量的比例随负荷率的变化规律为:负荷率

表 5 不同负荷率下二次管网冷量损失

负荷率/ %	二次泵冷量损失/ kW	直埋管冷量损失/ kW	架空管冷量损失/ kW	二次管网总冷量损失/ kW	总冷量损失占输送冷量的 比例/%
100	156.48	33.73	6.70	196.91	0.76
80	103.88	33.74	6.70	144.32	0.70
50	50.50	33.74	6.70	90.94	0.70
30	26.75	33.73	6.70	67.18	0.87

表 6 不同负荷率下二次管网冷量损失导致的温升

负荷率/%	二次泵冷量损失温升/℃	供水管冷量损失温升/℃	回水管冷量损失温升/℃	二次管网总冷量损失温升/℃
100	0.060 7	0.022 8	0.012 8	0.096 3
80	0.050 3	0.027 6	0.015 2	0.093 2
50	0.039 1	0.041 9	0.022 5	0.103 6
30	0.034 6	0.067 2	0.035 6	0.137 3

由 100% 下降到 30% 的过程中, 该比例先减小后增大, 但总的来说较小, 即使负荷率为 30% 时该比例也仅为 0.87%。

表 6 的计算结果显示, 不同负荷率下, 最不利环路上冷量损失导致的总温升并不大, 最大为 0.137 3℃ (30% 负荷率)。负荷率对最不利环路上冷量损失导致的温升影响较大。

图 4 表明, 区域供冷系统的负荷率从 100% 减小至 30% 的过程中, 二次泵的冷量损失在二次管网总冷量损失中所占的比例随负荷率的下降而减小; 直埋管与架空管的冷量损失在二次管网总冷量损失中所占的比例随负荷率的下降而增加。在 50%~100% 负荷率范围内, 二次泵冷量损失在二次管网的总冷量损失中所占的比例最小为 55.53%, 是二次管网的总冷量损失中最主要的部分; 即使负荷率为 30%, 二次泵冷量损失在二次管网的总冷量损失中所占的比例降至 39.82%, 仍占据较大的比例。因此, 对于区域供冷系统的二次管网而言, 二次泵的冷量损失是主要的影响因素。

导致上述结果的原因主要有: 1) 在二次管网与环境温度确定的情况下, 直埋管与架空管的冷量损失仅与管内冷水的温度有关, 不同负荷率下直埋管与架空管内冷水的温度变化很小, 故直埋管与架空管的冷量损失基本不随负荷率的变化而变化。2) 二次管网内冷水的流量随负荷率的降低而减小, 从而使得二次泵的运行功率与冷量损失随负荷率的降低而减小, 由于各种负荷率下二次泵的冷量损失在总冷量损失中占的比例较大, 因此二次管网的总冷量损失也随负荷率的降低而减少。

2.5.2 仅最远的用户需要用冷时的计算结果与分析

当整个区域供冷系统只有最远的用户 5 需要用冷 (冷负荷 4 700 kW) 时, 区域供冷系统出现一

种特殊的部分负荷工况, 此时二次管网的冷量损失以及冷量损失导致的温升的计算结果如下。

二次泵、供水管、回水管以及二次管网的总冷量损失分别为 26.75, 26.25, 14.16, 67.15 kW; 二次泵、供水管、回水管以及二次管网的总冷量损失导致的温升分别为 0.056 9, 0.055 5, 0.029 9, 0.142 3℃。

此结果表明, 当区域供冷系统出现只有最远的用户需要供冷的情况时, 二次管网的冷量损失导致的温升比设计工况增加 47.79%; 二次管网的冷量损失占输送冷量的比例为 1.423%, 相对于设计工况增加了 88.00%。

3 实例计算结果与日本新宿新都心 DHC 系统实际冷量损失相差较大的原因分析

日本新宿新都心 DHC 系统的冷水管道温升达 0.8℃, 输配系统全年的总冷量损失为年售冷量的 9.36%^[10]。该系统的冷量损失与本文实例的计算结果相差较大。在日本新宿新都心 DHC 系统的供冷管道保温施工质量良好、且运行后无损坏的前提下, 笔者认为导致这种差异的主要原因有以下两点。

1) 计入冷量损失的冷水系统范围不同

本文及其实例研究的是二次管网部分的冷量损失, 而文献[10]提供的是日本新宿新都心 DHC 系统的整个冷水输配系统的冷量损失, 不仅包括二次管网, 还包括一次管网。而且, 文献[10]指出导致日本新宿新都心 DHC 系统冷量损失巨大的原因是该项目的冷水泵的高电耗。故该系统的一次管网中的冷水泵也是导致高冷量损失的重要原因, 但由于文献[10]并未介绍该系统的冷水输配系统中一次管网与二次管网的具体情况, 本文无法进一步分析其二次管网的冷量损失情况。

2) 冷水供/回水温差、供冷管网总长度不同

日本新宿新都心 DHC 系统实际运行时冷水供/回水温差为 4~8℃, 供冷管网总长度 4 km^[10]; 实例中的冷水供/回水温差为 10℃, 供冷管网的总长度为 2.69 km。在相同的冷负荷下, 与本文的实例相比, 日本新宿新都心 DHC 系统的冷水温差小、供冷管网长度大、冷水流量大、阻力损失大, 导致了其冷水泵的功率高, 从而使冷量损失大。此外, 供冷管道越长, 冷水的回水温度越低, 从式(1)与(9)可知, 管道部分的冷量损失也越大。

4 结论

4.1 区域供冷系统二次管网的冷量损失总的来说很小。在本文的实例中, 不同负荷率下冷量损失占输送冷量的百分比均低于 1%。

4.2 二次泵的冷量损失是区域供冷系统二次管网冷量损失的主要影响因素。

4.3 区域供冷系统二次管网的最不利环路上冷量损失导致的温升不会对区域供冷系统的用户造成大的影响, 即使在仅最远的用户需要供冷的最不利的部分负荷工况下, 实例的此温升也仅为 0.142 3℃。

4.4 区域供冷系统二次管网中, 直埋管的冷量损失并不大, 而且基本不随负荷率的降低而变化。

4.5 在区域供冷系统仅最远的用户需要用冷的特殊部分负荷工况下, 二次管网冷量损失导致的温升、冷量损失占输送冷量的比例均远高于设计工况时的对应值。

本文的分析与计算均建立在管道保温材料性能达到要求, 施工合格的前提下。若施工质量达不到要求, 或保温材料性能较差, 二次管网的冷量损

• 简讯 •

仇保兴参观唐山供热计量及节能改造工程项目

10 月 22 日, 在河北省唐山市出席北方采暖地区供热计量改革工作会议的住房和城乡建设部党组成员、副部长仇保兴参观了唐山东方花苑供热计量及节能改造工程项目, 对有关工作给予了高度评价。

该项目是 2008 年至 2009 年实施的, 对 584 户共 609

万 m² 居民住宅实施了节能改造和室内供暖系统计量改造。改造使冬季保温效果有了明显改善, 并为改革供热计量收费方式提供了硬件条件。

参考文献:

- [1] 全国能源基础与管理标准化技术委员会. GB/T 8175—2008 设备及管道绝热设计导则[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008
- [2] 潘云钢. 高层民用建筑空调设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999
- [3] 建设部工程质量安全监督与行业发展司, 中国建筑标准设计研究所. 全国民用建筑工程设计技术措施 暖通空调·动力[M]. 北京: 中国计划出版社, 2003
- [4] 刘金平, 杜艳国, 陈志勤. 区域供冷系统中冷冻水输送管线的优化设计[J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2004, 32(10): 28-31
- [5] 马宏权, 龙惟定. 区域供冷系统的能源利用效率[J]. 暖通空调, 2008, 38(11): 59-64
- [6] ASHRAE. ASHRAE handbook—system and equipment [M]. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc, 2004
- [7] 王飞, 张建伟. 直埋管供热管道工程设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006
- [8] 殷平. 保冷材料的性能和选择方法——评暖通空调新规范及其他国家标准的有关规定[J]. 暖通空调, 2005, 35(2): 44-51
- [9] 中华人民共和国化学工业部. GB 50264—97 工业设计及管道绝热工程设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 1997
- [10] 朱颖心, 王刚, 江亿. 区域供冷系统能耗分析[J]. 暖通空调, 2008, 38(1): 36-40

万 m² 居民住宅实施了节能改造和室内供暖系统计量改造。改造使冬季保温效果有了明显改善, 并为改革供热计量收费方式提供了硬件条件。

(本刊引自 http://www.cin.gov.cn/hydt/200910/t20091024_196165.htm)

许钟麟工作室讯息

许钟麟工作室于 2009 年 2 月成立, 经过半年多来的运行, 已经取得了相当大的成效, 为 6 家医院进行了设计方案的咨询, 与 5 家从事净化工程的单位建立了长期的技术合作关系, 举办了 4 期洁净室及受控环境、隔离病房原理培训班, 新产品研发 3 项, 同时在编国家标准 2 部, 筹备国家标准修

订 1 部。为了更好地将最新研究成果和创新产品应用到实际项目当中去, 许钟麟工作室诚邀有市场推广能力的行业人士合作、加盟。联系电话(含传真): 010-84278377-826, 13522706602(潘红红收转), 邮箱: ph_ph@163.com。

(许钟麟工作室)