



对《设备及管道保温技术通则》 中允许最大散热损失值的探讨

哈尔滨工业大学 邹平华[☆] 贾 晶 李艳杰 那 威

摘要 国家标准《设备及管道保温技术通则》中规定的允许最大散热损失值被多个相关标准引用。指出该通则中对允许最大散热损失值的规定存在不妥之处,并分析和研究了俄罗斯相关国家标准中的有关规定。

关键词 国家标准 允许最大散热损失 保温 节能

Discussion of the allowable maximum heat loss prescribed in the General principles for thermal insulation technique of equipments and pipes

By Zou Pinghua[★], Jia Jing, Li Yanjie and Na Wei

Abstract The allowable maximum heat loss prescribed in the national standard is taken as a basic reference by many other related standards. Points out the irrationality of the prescription in the standard, and analyses and studies the correlative regulations in the Russian standards.

Keywords national standard, allowable maximum heat loss, heat insulation, energy saving

★ Harbin Institute of Technology, Harbin, China

①

0 引言

节能已成为国民经济发展的一件大事,而保温是节能最重要的措施之一。国家标准《设备及管道保温技术通则》(GB 4272—92)^[1](以下简称《保温通则》)在保温节能工程中发挥了重要作用,但随着时间的推移和国家经济条件的变化,该通则中的某些规定已不符合当前节能和市场经济的要求。

《保温通则》是在《设备及管道保温技术通则》(GB 4272—84)^[2]的基础上修订的,先后已被我国多个国家标准、行业标准引用。如果《保温通则》中的条文规定不合理,就会引发一系列的问题,影响甚广。

笔者认为,《保温通则》中有关允许最大散热损失值的规定存在不妥之处,本文对此进行了分析和探讨,以供相关人员在引用和修订该通则时参考。

1 《保温通则》中有关允许最大散热损失的规定

1.1 《保温通则》中规定的允许最大散热损失值

《保温通则》按季节运行工况和常年运行工况

给出了设备和管道允许最大散热损失的数值,如表 1 和表 2 所示^[1]。

表 1 季节运行工况允许最大散热损失值

设备、管道及附件外表面温度/K(℃)	323 (50)	373 (100)	423 (150)	473 (200)	523 (250)	573 (300)
允许最大散热损失/(W/m ²)	116	163	203	244	279	308

《保温通则》于 1992 年进行了修订,但其中所列的各项允许最大散热损失数值与 1984 年版本数值完全一样。

1.2 允许最大散热损失值的应用条件

《保温通则》中规定:“为减少保温结构散热损失的保温厚度应按‘经济厚度’的方法计算,并且其

①☆ 邹平华,女,1944 年 4 月生,大学,教授
150090 哈尔滨市南岗区海河路 202 号哈尔滨工业大学二校区 2612 信箱
(0451) 86283342
E-mail: zph@hit.edu.cn
收稿日期:2006-03-02
修回日期:2006-04-26

表 2 常年运行工况允许最大散热损失值

设备、管道及附件外表 面温度/K(°C)	323 (50)	373 (100)	423 (150)	473 (200)	523 (250)	573 (300)	623 (350)	673 (400)	723 (450)	773 (500)	823 (550)	873 (600)	923 (650)
允许最大散热损失/ (W/m ²)	58	93	116	140	163	186	209	227	244	262	279	296	314

散热损失不得超过表 1 或表 2 中的数值。在用‘经济厚度’的方法无法满足本条规定或无条件使用‘经济厚度’公式时方可按允许散热损失计算”^[1]。

从上述规定内容可以看出,在一些特定的情况下可以采用允许最大散热损失值来计算设备和管道的保温层厚度和限定其热损失的数值。另外,在《设备及管道保温效果的测试和评价》(GB 8174—87)^[3]中将允许最大热损失值作为检测、评价设备和管道保温效果的依据。由此可见,允许最大散热损失值的应用是非常广泛的。

1.3 允许最大散热损失值被其他标准引用的情况

20 世纪 90 年代以后,我国在已出版的下列多个涉及到保温的标准和图集中,直接引用了表 1 和表 2 中的数值或在条文规定中引用了《保温通则》中的有关规定。

1)《工业管道及管道绝热工程设计规范》(GB 50264—97)^[4]第 4.3.3.1 条规定:“最大允许热损失量应按附录 B 取值”。而该规范附录 B 中的数值与《保温通则》的数值(即表 1 和表 2)相同。

2)《城市热力网设计规范》(CJJ 34—2002, J 216—2002)^[5]第 11.1.1 条规定:“热力网管道及设备的保温结构设计,除应符合本规范的规定外,尚应符合《设备及管道保温技术通则》(GB 4272—92)的规定”。

3)《城镇直埋供热管道工程技术规程》(CJJ/T 81—98)^[6]中第 6.1.2 条规定:“直埋供热管道与管件的保温结构设计,应按国家现行标准《设备及管道保温技术通则》(GB 4272)的规定执行”。

4)《设备及管道保温效果的测试和评价》(GB 8174—87)^[3]中第 9.1.3 条写道:“设备、管道及其附件保温后的允许最大热损失如表 1、2”。

上述这些标准、规范还互相引用,例如《城镇直埋供热管道工程技术规程》(CJJ/T 81—98)^[6]第 6.2.2 条规定:“经济保温厚度、技术保温厚度和管道热损失计算中有关参数,应符合《城市热力网设计规范》(CJJ 34—2002)的规定”。

由此可见,《保温通则》被其他标准广泛引用,其在保温节能方面的影响和作用重大的。

2 《保温通则》中有关允许最大散热损失值规定存在的不妥之处

2.1 对允许最大散热损失值的规定不适应当前的经济和节能形势要求

《保温通则》84 年版本中确定允许最大散热损失值时,我国正处于由计划经济向社会主义市场经济过渡的初期,价格市场等很大程度上受到国家的宏观调控。现在,我国市场经济迅速发展,且价格体系、保温技术、节能形势等相比 1984 年都发生了重大变化,而《保温通则》92 年版本中的允许最大散热损失值仍沿用 84 年版本。显然该允许最大散热损失值偏大,不适应当前国家的经济发展和节能要求。文献[7-8]中也指出,适当降低允许最大散热损失值,对于减少管道热损失,实现保温设计的节能至关重要。

2.2 用“设备、管道及附件外表面温度”来限定允许最大散热损失值不准确

在一般情况下,设备、管道及附件多采用金属材料,壁面导热热阻可忽略不计,如不保温,认为壁面外表面温度即为热媒温度。假如设备、管道及附件保温,就必须通过热媒温度、壁面导热热阻等计算得出壁面外表面温度。因此,用设备和管道内的热媒温度限定允许最大散热损失值将更加准确和严格。此外,大多数情况下,设备和管道中的热媒温度在系统运行期间是变化的,而规定中的“设备、管道及附件外表面温度”并未说明是什么情况下的温度。因此,在各类运行条件下用整个运行期热媒的平均温度来限定允许最大散热损失,并用运行期热媒的最高温度来验算保温层表面的允许温度将更加合理。

2.3 未考虑以下因素对允许最大散热损失值的影响

1) 设备和管道散热特点不同,计算公式也不同

在热媒温度、运行工况等条件相同时,《保温通则》中对设备和管道给出的允许最大散热损失值相同。然而由于曲率较小的设备,其热损失计算模型接近平面模型;而对于管道而言,其热损失计算模型为圆筒型,两者散热损失计算公式不同。

首先假设设备、管道为金属材料,进行保温,不计保护层热阻。那么对于设备,其单位面积散热损失的计算公式为

$$Q = \frac{t_a - t_0}{\frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_s}} \quad (1)$$

式中 Q ——单位面积保温层外表面散热损失, W/m^2 ;

t_a ——设备或管道的热媒温度, $^{\circ}C$;

t_0 ——环境温度, $^{\circ}C$;

δ ——保温层厚度, m ;

λ ——保温材料在平均温度下的导热系数, $W/(m \cdot ^{\circ}C)$;

α_s ——保温层外表面的表面传热系数, $W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$ 。

对于管道,一般用单位管长计算热损失。如用单位面积计算其散热损失,公式如下:

$$Q' = \frac{t_a - t_0}{\frac{D_1}{2\lambda} \ln \frac{D_1}{D_0} + \frac{1}{\alpha_s}} \quad (2)$$

$$\delta = \frac{1}{2} (D_1 - D_0) \quad (3)$$

式(2), (3)中 Q' ——按面积计算的管道保温层外表面散热损失, W/m^2 ;

D_1 ——管道保温层外径, m ;

D_0 ——管道外径, m 。

由式(1), (2)可以看出,当环境温度和热媒温度相同时,相同保温层厚度的设备和管道,其散热损失计算公式是不相同的,而且按照使用习惯和便于应用,设备和管道的热损失的单位应不同:对设备应为单位面积热损失, W/m^2 ;对管道应为单位管长热损失, W/m 。

因此,应分别规定设备和管道的允许最大散热损失值。

2) 不同运行工况对应的允许最大散热损失值分挡偏少

能耗很大的供热管道,大多数都是季节性运行。特别是供暖系统都是季节性运行。我国供暖地区地域广阔,不同城市的供暖天数可能相差几倍。例如哈尔滨供暖天数为 179 d,而上海为 62 d。对于这样的两个城市,若同样采用表 1 中季节性运行工况的允许最大散热损失值显然不合理。

《保温通则》按季节运行或常年运行确定两种

允许最大散热损失值,且未指出季节运行的时间,这不利于节能和提高热力系统的经济性。

3) 不同地区(城市)或不同环境温度对管道和设备散热损失的影响不同

各类管道和设备所处的地区和环境是有差别的。因此,热损失计算条件不一样,导致实际热损失值也不同。例如对供热管道,各个城市的供暖季大气平均温度和年平均大气温度是不相同的,如哈尔滨供暖季日平均温度为 $-9.5^{\circ}C$,而北京为 $-1.6^{\circ}C$ 。针对这样的两个城市,在管道及其保温等条件相同时,其最大散热损失、平均热损失、供暖期总热损失肯定是不一样的。因此,不分地区,对全国所有城市,按常年运行或季节运行都采用同一个允许最大散热损失值显然是不合理的,不利于供热的经济性和节能。

类似地,同一地区(城市)由于室外和室内敷设所处的环境温度不同,管道和设备也应有不同的允许最大散热损失值。

因此,建议针对不同地区(城市)或不同的环境温度,规定管道和设备不同的允许最大散热损失值。

4) 敷设方式不同时,管道和设备应有不同的允许最大散热损失值

常见的管道和设备敷设方式有:架空敷设、直埋敷设、管沟敷设等。显然当其他条件相同时,架空敷设的热损失要比其他敷设方式大。例如,哈尔滨市供暖期室外平均温度为 $-9.5^{\circ}C$,某供热系统供暖期供水平均温度为 $90^{\circ}C$ 、公称直径为 300 mm 的管道,采用导热系数为 $0.03 W/(m \cdot ^{\circ}C)$ 的硬质聚氨酯泡沫塑料为保温材料,保温层厚度为 40 mm。当采用架空敷设时,其散热损失为 $83.0 W/m$;当采用直埋敷设,平均埋深 1.5 m,土壤导热系数为 $1.2 W/(m \cdot ^{\circ}C)$ 时,其散热损失为 $63.7 W/m$,比架空敷设散热损失减少了 23.3%。

显然,敷设方式不同的管道和设备,初投资(挖土方、建管沟等附加的人工费、材料费)不同,附加热阻(土壤或管沟热阻)不同,单位造价不同,其允许最大散热损失值不同才是合理的。

5) 单、双管敷设方式的管道散热损失应有所区别

在供热工程中,大多数管网采用供水管与回水管或蒸汽管与凝结水管并行的直埋或管沟敷设方式。由于受双管或多管周围温度场的影响,其散热

损失相对单管敷设时均有所减少。而《保温通则》中的允许最大散热损失值中并未反映这一特点。

例如,哈尔滨市供暖期室外平均温度为 -9.5°C ,某供热系统供、回水管直埋并行敷设,管道平均埋深 1.5 m ,两管轴线水平距离为 0.7 m ,土壤导热系数为 $1.2\text{ W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ 。供暖期供水平均温度为 90°C ,回水平均温度为 70°C 。供、回水管公称直径均为 300 mm ,且采用相同的保温材料和保温层厚度,其中保温材料选用导热系数为 $0.03\text{ W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ 的硬质聚氨酯泡沫塑料,保温层厚度为 40 mm 。若不考虑管道之间的相互影响,计算出的供水管和回水管散热损失分别为 $83.0\text{ W}/\text{m}$ 和 $66.3\text{ W}/\text{m}$ 。在考虑供、回水管的相互影响后,计算出的供水管散热损失为 $57.6\text{ W}/\text{m}$,回水管散热损失为 $42.6\text{ W}/\text{m}$,分别减少了 30.6% 和 35.7% 。可见,双管敷设时,管道之间的相互影响使得各自的散热损失都有变化,特别是热媒温度较低的回水管道减少得更多。因此,应对单管、双管(多管)并行敷设

的管道分别给出允许最大散热损失值。对后者给出的允许最大散热损失值应考虑管道之间的相互影响。

3 俄罗斯国家标准《管道和设备保温》的特点

俄罗斯国家标准《管道和设备保温》(CHyII 204.14—88)(以下简称俄罗斯标准)^[9]最主要的特点是规定了各种情况下管道和设备的热损失定额,而不是允许最大散热损失。并在确定热损失定额数值时,考虑了管道公称直径、热媒平均温度、年运行时间、室内外环境、地区(城市)特点、敷设方式、共同敷设的管道数量等多种因素,非常值得借鉴和研究。

3.1 考虑了管道与设备(含直径 $>1\,020\text{ mm}$ 的曲面)散热特点的不同

管道散热按圆筒壁散热处理,设备或大直径管道的散热近似按平面散热处理,并分别给出了两者的热损失定额。以架空敷设、年运行时间大于 $5\,000\text{ h}$ 的管道为例,摘录部分数值如表3所示^[9]。

表3 架空露天敷设下年运行时间大于 $5\,000\text{ h}$ 管道和设备的热损失定额

	热媒平均温度/ $^{\circ}\text{C}$												
	20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
管道单位长度热损失定额/ (W/m)													
公称直径 100 mm	11	24	43	64	85	109	134	160	187	216	247	278	311
300 mm	25	49	84	118	155	198	239	280	324	370	418	467	518
600 mm	42	82	136	188	240	306	363	422	483	548	614	684	754
平面单位面积热损失定额/ (W/m^2) (含直径 $>1\,020\text{ mm}$ 的曲面)	19	35	54	70	85	105	120	135	150	165	180	194	209

表中热媒平均温度为 20°C 时,平面(含直径 $>1\,020\text{ mm}$ 的曲面)的散热损失为 $19\text{ W}/\text{m}^2$ 。而同样条件下,管径为 300 mm 的管道散热损失为 $25\text{ W}/\text{m}$,折算为单位面积热损失为 $26.5\text{ W}/\text{m}^2$ 。可见在相同的热媒温度下设备和管道的热损失并不相同。这是因为俄罗斯国家标准中考虑了管道与平面(含直径 $>1\,020\text{ mm}$ 的曲面)的散热特点和热

损失计算公式不同,分别规定其热损失定额,显然更加合理。

3.2 以年运行时间 $5\,000\text{ h}$ 为界分为两挡给出热损失定额值

以架空露天敷设下平面(含直径 $>1\,020\text{ mm}$ 的曲面)为例,其热损失定额如表4所示^[9]。

从表4可看出,当其他条件相同时,年运行时

表4 架空露天敷设下平面(含直径 $>1\,020\text{ mm}$ 的曲面)的热损失定额

年运行时间	热媒平均温度/ $^{\circ}\text{C}$												
	20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
$>5\,000\text{ h}$	19	35	54	70	85	105	120	135	150	165	180	194	209
$<5\,000\text{ h}$	25	44	71	88	108	133	152	165	190	209	227	245	265

间小于 $5\,000\text{ h}$ 的热损失定额均大于年运行时间大于 $5\,000\text{ h}$ 的热损失定额,且年运行时间小于 $5\,000\text{ h}$ 与大于 $5\,000\text{ h}$ 条件下热损失值间的差值比我国《保温通则》中季节运行与常年运行条件下热损失的差值要小得多。例如,热媒平均温度为

50°C 时,表4中年运行时间小于 $5\,000\text{ h}$ 与大于 $5\,000\text{ h}$ 的设备(含直径 $>1\,020\text{ mm}$ 的曲面)热损失定额相差 $9\text{ W}/\text{m}^2$ 。而我国《保温通则》中季节运行与常年运行工况下允许最大散热损失值相差达 $58\text{ W}/\text{m}^2$ 之多。而两者究竟应有多大差别应根

据具体情况将运行时间细化后确定。

3.3 考虑了管道和设备处于室外、室内(含管沟内)热损失定额的差别

表 5 室外架空、室内(含管沟内)敷设年运行时间 $>5\,000\text{ h}$,公称直径 300 mm 的管道热损失定额 W/m^2

	热媒平均温度/ $^{\circ}\text{C}$											
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
室外架空敷设	49	84	118	155	198	239	280	324	370	418	467	518
室内(含管沟内)敷设	39	77	112	149	193	233	275	319	366	413	463	514

比较表 5 可以发现,其他条件相同时,室内(含管沟)敷设下的热损失定额小于室外架空敷设下的热损失定额。这是由于室内(含管沟内)的环境温度高于室外架空敷设下的环境温度,以及室内(含管沟内)保温层外表面的表面传热系数较小等原因。

3.4 考虑了不同地区(城市)和不同敷设方式对热损失定额的影响

俄罗斯国家标准根据气候特点等将俄罗斯划分为几个地区,并以欧洲地区各种敷设方式下的热损失定额为基准,给出了不同地区、不同敷设方式下的热损失修正系数,摘录数据见表 6^[9]。

表 6 考虑敷设地区和敷设方式的管道热损失定额修正系数

敷设地点	敷设方式			
	室外地上	室内地上	不通行管沟	直埋
欧洲地区	1.00	1.00	1.00	1.00
乌拉尔地区	1.02	1.03	1.03	1.00
中亚地区	1.04	1.04	1.02	1.02
东、西伯利亚地区	1.07	1.09	1.07	1.03
远东地区	0.88	0.90	0.80	0.96

3.5 考虑了双管或多管并行敷设散热的特点

考虑了直埋和管沟敷设中双管和多管并行敷设时,管道的热损失减小情况。以运行时间 $<5\,000\text{ h}$ 不通行管沟敷设双管热水热网热损失定额为例,摘录数据见表 7^[9]。

表 7 运行时间 $<5\,000\text{ h}$,不通行管沟敷设双管热水热网管道热损失定额 W/m^2

管道公称直径/ mm	热媒平均温度/ $^{\circ}\text{C}$					
	供水管	回水管	供水管	回水管	供水管	回水管
	65	50	90	50	110	50
50	22	19	38	16	47	14
150	38	26	54	22	65	19
300	62	40	87	32	103	28

从表 7 可见,热媒平均温度和管径相同的回水管,其热损失与供水管水温有关。供水管温度越高,回水管的热损失定额就越低。并行敷设时供水

以年运行时间 $>5\,000\text{ h}$,公称直径为 300 mm ,在室外和室内(含管沟内)敷设的管道为例,其热损失定额见表 5^[9]。

管的热损失也比单管敷设时要低,即供水管和回水管的热损失相互影响。

4 对修改《保温通则》有关规定的建议

4.1 借鉴俄罗斯国家标准,修订《保温通则》中的允许最大散热损失值的规定。将限定允许最大散热损失改为规定热损失定额。

4.2 建议将以往按设备、管道及附件外表面温度制定热损失标准,改为按热媒温度来制定热损失标准。考虑运行期大多数管道中热媒温度变化的情况,建议按热媒平均温度来制定热损失标准。

4.3 我国《保温通则》中将年运行时间按季节运行或常年运行分为两个档次,俄罗斯国家标准中是以年运行时间 $5\,000\text{ h}$ 为界区分为两个档次,给出热损失定额,总的来说,两者的年运行时间分段都偏少,但也不能过于琐碎。建议按照年运行时间和常年运行至少分为四个区间来给出管道和设备的热损失定额,也可以考虑按中国建筑气候分区制定各气候区热力管道和设备的热损失定额。

4.4 在确定热损失定额时,应考虑管道公称直径、热媒平均温度、年运行时间、室内外及地区(城市)特点、敷设方式、共同敷设的管道数量等因素,但同时应兼顾我国的国情和地域特征。

4.5 在各类运行条件下,用整个运行期热媒的平均温度来制订热损失定额,计算保温层厚度,并用运行期热媒的最高温度来验算保温层外表面的允许温度,由此得到的保温层厚度将更加经济和有利于节能。

4.6 建议针对确定的节能目标,考虑管道的输送效率,来制定管道和设备的热损失定额。

5 结论

制定热损失定额是一项细致、工作量大、涉及到多项技术经济指标的艰巨工作,但同时又是一项关系到节能的重要举措。

本文在指出了我国国家标准《保温通则》中有

(下转第 95 页)

综上,排烟量的确定与火灾的热释放率以及设计烟气层高度有关。与传统的排烟量计算方法相比,该计算方法能够合理地反映出火灾荷载和建筑特性对排烟量的影响。

4 结语

中庭及大空间防排烟是当前国际上防排烟领域的前沿课题之一。对于大空间建筑,性能化的排烟设计基于火灾烟气的运动规律,并结合建筑特性进行定量分析,与传统方法相比更合理。

对于一名设计者来说,要深刻理解烟气在中庭的传播规律以及影响其在中庭流动的因素,除此之外,还应充分了解计算公式的适用条件和实际工程的具体情况,只有这样才能找到一种确定大空间机械排烟量方便、快捷、合理的计算方法。

5 致谢

本文的研究工作得到了审稿老师贺绮华的悉心指导,她严谨的治学风气和追求创新的学术风格给笔者留下了深刻的印象,在此,谨向贺老师致以最衷心的感谢!

参考文献

- [1] 中华人民共和国公安部. GB 50045—95 高层民用建筑设计防火规范(2005 年版)[S]. 北京:中国计划出版社,2005
- [2] 林真国,付祥钊,黄斌,等. 与烟气控制有关的中庭建

筑特性[J]. 消防科学与技术,2002,3(5):8-11

- [3] 江芝芬,康侍民. 中庭烟气控制性能化设计[J]. 消防技术产品与信息,2001(11):6-9
- [4] John K H. New developments in atrium smoke management[G]//ASHRAE Trans, 2000, 106(1): 620-626
- [5] NFPA. NFPA 92B Standard for smoke management systems in malls, atria and large areas[S]. Boston: National Fire Protection Association, 2005
- [6] NFPA. NFPA 204 Guide for smoke and heat venting[S]. National Fire Protection Association, 2000
- [7] CIBSE. Relationships for smoke control calculations TM19[S]. London: Chartered Institution of Building Services Engineers, 2003
- [8] 上海市消防局. DGJ 08-88—2000 上海市民用建筑防排烟技术规程[S],2000
- [9] 王志刚,倪照鹏,王宗存,等. 设计火灾时火灾热释放速率曲线的确定[C]//公安部天津消防研究所. 建筑物性能化防火设计方法与评估技术研讨会论文集, 2003:21-27
- [10] 李思成,陈海良,杜红. 中庭防排烟系统性能化设计探析[J]. 武警学院学报,2002,12(6):45-47
- [11] 刘方. 火灾烟气流动与烟气控制研究[D]. 重庆:重庆大学,2002

(上接第 45 页)

关允许最大散热损失值规定存在的一些不妥之处的同时,分析和研究了俄罗斯国家标准《管道和设备保温》的特点,给出了修改和完善《保温通则》中有关规定时应考虑的一些因素。最后提出了几条修改和完善《保温通则》时可供参考的建议。该准则是保温工程方面的基础标准,笔者期望该标准在我国新的节能形势下,在提高设备和管道系统的节能效果和保证安全运行方面发挥更大的指导性作用。

参考文献

- [1] 国家建筑材料工业局标准化研究所,国家建筑材料工业局南京玻璃钢研究设计院. GB 4272—92 设备及管道保温技术通则[S]. 北京:中国标准出版社,1992
- [2] 中国标准化综合研究所. GB 4272—84 设备及管道保温技术通则[S]. 北京:中国标准出版社,1984
- [3] 全国能源基础与管理标准化技术委员会. GB 8174—87 设备及管道保温效果的测试和评价[S]. 北京:中

国标准出版社,1987

- [4] 中华人民共和国化学工业部. GB 50264—97 工业设备及管道绝热工程设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,1997
- [5] 北京市煤气热力设计院. CJJ 34—2002 J 216—2002 城市热力网设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2002
- [6] 唐山市热力总公司,北京热力工程设计公司. CJJ/T 81—98 城镇直埋供热管道工程技术规程[S]. 北京:中国建筑工业出版社,1998
- [7] 蔡敬琅,蔡玲. 集中供暖和供热中节能改造问题[J]. 暖通空调,2002,32(1):24-25
- [8] 侯敏. 热水供热系统中锅炉、热水泵、管网的节能设计[J]. 天津冶金,2002(5):45-47
- [9] ВНИИП Теплопроект Минмонтажспецстрой. СНиП 204.14—88 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов[S]. Москва, 1989