

独立供暖系统 设计施工及质量分析

杜 渐 主 编
吴 芳 胡广宇 副主编

中国建筑工业出版社

独立供暖系统 设计施工及质量分析

杜 渐 主 编
吴 芳 胡广宇 副主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

独立供暖系统设计施工及质量分析/杜渐主编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2015. 2

ISBN 978-7-112-17743-1

I. ①独… II. ①杜… III. ①供热系统-系统设计-研究
IV. ①TU833

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 027129 号

责任编辑: 齐庆梅

责任设计: 张 虹

责任校对: 李美娜 刘梦然

独立供暖系统设计施工及质量分析

杜 渐 主 编

吴 芳 胡广宇 副主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 8 $\frac{3}{4}$ 字数: 208 千字

2015 年 2 月第一版 2015 年 2 月第一次印刷

定价: 28.00 元

ISBN 978-7-112-17743-1
(27004)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

随着我国经济的发展和人民生活水平的提高，人们对生活的舒适性要求越来越高。在以前没有集中供热的地区，越来越多的家庭开始安装独立供暖系统；在北方有集中供热的地区，对于供热收费头痛的小区也开始普及安装独立供暖系统；一些度假村、商务楼在某一个或两个楼层也有设置独立供暖系统的要求。目前，独立供暖采用的形式有：

(1) 电加热供暖（电热膜、发热电缆和碳晶板）：优点是安装比较简便，控制也比较方便，价格也较适中，房间升温较快；缺点是还需要另外安装生活热水系统，电负荷可能要扩容。

(2) 热泵机组（气源热泵或地源热泵机组）+ 散热设备（毛细管、地暖管、风机盘管）：优点是冬季可以供暖，夏季可以制冷，可提供“新风+热水”，夏季效率很高；缺点是冬季效率很低，价格高，机组所占空间很大，地源式系统还要打井，遇到复杂地质需要多打井或效果很差，安装工艺较复杂，热水温度一般不超过 55℃，对军团细菌的杀灭需要采取其他措施。

(3) 燃气壁挂炉+地暖加热管或散热器：优点是供暖与热水都能兼得，价格与安装工艺都较适中，控制也较方便；缺点是房间首次升温较慢，不适于经常启闭的房间供暖，需要有燃气气源。

由于要求安装独立供暖系统的家庭日益增加，而进入这个行业的门槛不高，许多企业都涌进来抢这块蛋糕，鱼龙混杂、泥沙俱下。现在从事独立供暖系统当中的大多数人原来没有经历过这个领域的学习或培训，都是自学成才，一线操作人员技能好的不多；即使经历过专业培训的人员，因为进口的新材料、新附件、新设备和新技术也越来越多，对它们的特性和安装要求也不很熟悉，一些技术人员和施工人员还未吃透其技术和安装工艺；许多客户对这个行业也很陌生，甚至提出一些违反设计规范的要求，有些企业为了得到订单也迁就他们。这些因素导致了设计、安装和售后服务过程中存在的问题越来越多，能耗很高、故障频发，一些地区因为气源紧张而对燃气壁挂炉的安装甚至给予了限制。

由于以上原因，我们认为有必要为独立供暖系统设计和施工的人员编写一本书，来改进我们的设计和施工。要使独立供暖成为一个能长期做下去的事业，就必须要求所有的设计与施工人员懂得重要的专业知识，懂得与业主如何正确沟通、相互交流哪些信息，懂得正确安装的工艺要求。本书针对独立供暖系统的设计与施工人员介绍和分析水暖（即燃气壁挂炉+地暖加热管或散热器）的设计和施工要点，收集了大量的图片，进行质量分析。这本书也可以供集中供热的设计与施工人员参考以及职业院校学生施工技术的学习。

本书的主编是南京高等职业技术学校的副教授杜渐，负责翻译了大量德文资料与前三章内容的编写；副主编是雅克菲（上海）热能设备有限公司总经理吴芳和副总经理胡广宇，他们确定了编写提纲、编写模式，组织有关人员到现场参观、搜集相关资料、回来进行讨论和筛选，胡广宇还负责了调节控制技术章节的编写；雅克菲公司销售总监资道友负

责了散热器章节的编写，雅克菲公司技术总监吴海翌负责了燃气壁挂炉章节的编写。雅克菲公司的郝佩芳提供了一些施工现场的照片和信息，孙浩伟、王世丹和诸盛慧参与了书中图片的拍摄、修改与润色。

在编写过程中，我们还翻译了德国网站 <http://www.heiz-tipp.de> 的一些资料。在编写过程中，德国专家 Guenter Hank 先生也提供了不少资料和帮助。德国罗森博格工具公司（Rothenberg）、上海吉博力房屋卫生设备工程技术有限公司（Geberit）、德国适加建筑技术中国代表处（Fraenkische）也提供了相关资料。在编写过程中，我们还参考了百度文库的部分内容。在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，本书可能存在一些不足和错误，恳请广大读者给予批评和指正。

目 录

1 独立供暖系统的设计	1
1.1 舒适性	1
1.2 供暖系统的选择与热负荷计算	7
1.3 散热器的选型	9
1.4 生活热水所需燃气加热器的最小功率	10
1.5 供暖与生活热水两用型燃气壁挂炉的选择确定	12
1.6 设计与绘制独立供暖系统平面图与详图	13
2 散热器供暖系统干管与支管的安装	14
2.1 准备工作	14
2.2 安装的实施	15
2.3 安装质量的验收	16
2.4 注意事项	16
2.5 管道的敷设	33
2.6 安全用电	37
3 地暖加热管的敷设	38
3.1 准备工作	38
3.2 安装的实施	40
3.3 验收与交付	44
3.4 注意事项	44
4 散热器的安装	60
4.1 准备工作	60
4.2 安装的实施	60
4.3 安装质量的验收与交付	64
4.4 注意事项	64
4.5 补充信息	76
5 燃气式壁挂炉锅炉的安装	78
5.1 准备工作	78
5.2 安装的实施	78
5.3 安装质量的验收与交付	79
5.4 注意事项	79
5.5 燃烧器	92
6 调节控制技术	96
6.1 测量、控制和调节概念的划分	96

6.2	测量、控制和调节技术	98
6.3	调节器的使用	105
附录		122
整体解决方案才是节能唯一的途径——分析两个德国家庭供暖系统的能耗		122
附表 1	钢制散热器选型 (热输出比 95/70℃)	126
附表 2	钢制散热器选型 (热输出比 80/60℃)	127
附表 3	钢制散热器散热系数换算表	128
附表 4	水泥、石材或陶瓷面层单位地面面积的向上供热量和向下传热量 (W/m ²)	130
参考文献		131

1 独立供暖系统的设计

1.1 舒适性

许多企业的设计和施工人员在和业主商谈独立供暖项目的方案时，经常是价格优先；但是在安装了供暖系统后，业主一直抱怨：“房间的温度好像没有达到 18°C ”；“房间温度应该达到 25°C ，我才不感到冷”；“门窗都关好了，怎么会有风（俗称‘穿堂风’）”；“窗户上有‘气汗水’（即冷凝水）”；“以前我们家没有霉菌，为什么现在安装了供暖系统后却发生了”；“我们安装了地暖，但我的脚没有感到热”……

这些业主吃惊的说法表明一个舒适和无缺陷的房间温度与湿度应该有正确的控制值。同时也表明，舒适性这个题目显而易见是多层次的和错综复杂的。

然而，许多人习惯于居住在缺少阳光和不健康的空气环境里。后果就是不舒适，甚至是疾病缠身。许多人常常试图用不可靠的、甚至是不合适的方法来解决舒适性的问题，因为普通的业主难以得到专业性的建议。

1.1.1 人体体温的调节

人体的生命过程要求有一定的外部条件来保障，首先，当然是理想的，保证有一个舒适的环境。尤其是对我们舒适起作用的热，扮演了一个特别的角色，人体在进行新陈代谢作用时，在变化的外部影响下试图保持其体温的恒定。所以，我们必须在体内产生热量，在过剩时也排出热量。这对于创造一个舒适的环境有着重要的意义。

如果假设现在一个人在阅读这本书时，其周围的空气温度是 21°C 。空气几乎没有运动，他是普通的穿着。那么在这种情况下，人体发出的热量大约相当于两个 60W 普通白炽灯泡所放出的热量。

(1) 这个热量的一部分，约三分之一，通过人体皮肤放出、直接热辐射到围护结构的表面（墙体、窗户等）和家具上。

(2) 人体第二个三分之一的热量通过对流和传导损失掉，即通过热传输散发到室内空气，以及通过身体（脚掌、手、臀部等）与其他物体表面的接触发生的热传导散发热量。

(3) 通过水的汽化，即通过呼吸和出汗（排出汽化热），将人体剩下的三分之一热量散发到周围的环境中。

这些过程对于环境舒适性的设计有着如下重要的意义：

① 人们感觉供热（或供冷）舒适的地方，必然是既没有加速也没有妨碍身体温度的自然调节。

② 人们感觉不舒适的地方，一定是由于外部环境大大加速或降低了人体热量正常的散发。干扰了热平衡！

1.1.2 我国供暖的室内温度

我国《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134—2010 规定，冬季供暖卧室、起居室设计温度取 $16\sim 18^{\circ}\text{C}$ 。任何地区的冬季室内温度均不得低于 13°C 。

垂直温差：指居室中央地面以上 0.1m 处的气温与距地面以上 1.5m 的气温之差。垂直温差过大，会使足部温度下降，体温调节紧张，不利于健康，一般垂直温差应小于 3°C 。

水平温差：指居室内 1.5m 处各点的气温之差。一般在门口、窗口、走廊等处气温偏低，房间内的水平温差过大容易使人受凉，水平温差以不超过 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 为宜。

《公共场所空气温度测定方法》GB/T 18204.13—2000 中，对室温的测定方法也作了具体规定。室内面积不足 16m^2 的测室中央一点； 16m^2 以上但不足 30m^2 的测二点（居室对角线三等分，第二个等分点作为测点）； 30m^2 以上但不足 60m^2 的测三点（居室对角线四等分，其三个等分点作为测点）； 60m^2 以上测五点（二对角线上梅花设点）。

所有的人都了解，人在健康状态时，如饮食正常、衣着适宜，人体的体温一般是比较恒定的，人体的体温自行调节在 37°C 上下（大致介于 $36.2\sim 37.2^{\circ}\text{C}$ ）。仅仅事先给定房间某一温度，并规定此温度针对所有人，这是件太简单的事！但是因为每个人对热的敏感性是不同的。

另外，也不要误解为舒适性仅仅是测量空气温度并使之保持在一定的范围里，还应考虑其他重要的决定性因素，例如空气的运动（流动速度）、空气的湿度、围护结构表面的温度和空气的成分（例如污染物）等。

1.1.3 空气的流动和速度的限制

在夏日的室外温度时，面对电风扇的高速空气流或者在自行车上的迎面风的气流，人体感觉很舒适。在较低的空气温度时，一点点空气的流动就会使人觉得冷飕飕的、甚至不能忍受了。

空气的流动会改善或降低舒适性。如果空气流动强烈，会带走和返回较多的热量。空气流动的大小，人体感觉是否舒适，强烈地依赖于人的年龄、心理状态、活动、衣服……尤其是与空气的温度有关。

保健专家确定，在 $20\sim 22^{\circ}\text{C}$ 的空气温度时，人能忍受的空气速度是 $0.15\sim 0.2\text{m/s}$ 。气流严重地干扰了舒适性，疾病也容易接踵而来。另一方面，一定的空气流动对于散热器热量的输送（通过对流的热量分配）是需要的，同样对于物质的输送（水蒸气和有害物质的排出）也是需要的。创造一种没有空气流动的、推荐几种所谓的纯粹由热辐射来达到的气氛，这不是目标。而且在实际上这种没有流动的空气环境中，人也无法适应。在空气温度和室内围护结构面之间的温差为 2°C 时，微弱的空气流动是不可避免的，也是人体舒适性所希望的。

供暖设计需要注意的是：

- (1) 调节空气流动，使通风均匀的到达房间各处；
- (2) 空气流速不要超过 0.15m/s ，以便于在较低的室内温度时，不会产生不适。

当采用下列措施时，就可以实现没有穿堂风、但是还有空气流动的环境：

- (1) 要避免产生冷的表面——通过建筑构件良好的绝热来提高窗户和外墙的表面温度

(这点将在下节介绍)。

(2) 避免使用刚好满足要求的散热器 (小的、紧凑型散热器)；

(3) 供暖系统的供水温度降低到 $50\sim 55^{\circ}\text{C}$ (因此, 散热器选型就会大一些, 它不可避免地具有一个较大的正立面, 但是也减少了对流功率, 同时按比例提升了辐射功率)；

(4) 使用长条形不太高的散热器, 它会产生尽可能宽的、较低气流速度的空气圆柱体; 特别是在房间的基面不规则时, 应用若干个散热器来分配热负荷。

1.1.4 围护结构的内表面温度与空气的温度差——建筑绝热的重要性

空气的温度对人体舒适性的感觉有强烈的影响。当然, 周边的表面 (窗户、墙体、家具等) 温度对人体热的感知度同样重要。这两个指标共同且同步地影响着人体对热的感知度。图 1.1 显示了舒适的范围其实很小。围护结构表面的温度与空气温度的相互影响, 决定了舒适性关系的设计。

试验证明, 使大多数人感到舒适的环境是:

- (1) 空气的温度与围护结构表面的温度之间的平均值约在 20°C 时；
- (2) 空气的温度与围护结构表面的温度差不超过 3°C 时；
- (3) 地板与天花板之间的温度差同样也不要超过 3°C 时。

所以由图 1.1 可以看到, 例如在室内空气温度为 19°C 时, 外墙的内表面最低温度不能低于 16°C 。要实现这个条件, 与该建筑构件的绝热特性有关。绝热很好的围护结构表面温度可以接近室内空气温度。如果相反, 绝热差, 那么它们在较长的加热时间后, 仍然远低于室内空气温度。这对于舒适性有严重的影响。如果外墙的表面温度下降 1°C , 那么人的感觉就好比室内空气温度减少了 1°C 。为了平衡这点就必须再加热。

当人站在窗户前面, 甚至站在没有窗户的冷的外墙前面时, 会感觉到有冷风从头沿着颈椎往下沉。这是因为室内的热空气在冷的外墙和窗户上冷却而下降。墙附近的空气冷却得越厉害, 它的下降速度就越大。事实上, 这就形成了室内空气运动, 即自然通风。

当人体感受到环境温暖时, 人体自身发出的热量比以前 (例如在其他房间时) 要少一些。根据物理学定律, 虽然热量总是从比较热的物体转移到比较冷的物体, 但温度较低的物体如果其温度根本不太低会怎样呢? 很简单, 比较热的物体辐射 (即转移) 的热量就会少一些!

例如, 在一个春天有阳光的日子里, 下午晚些时候已经变得相当凉了, 空气温度仅为

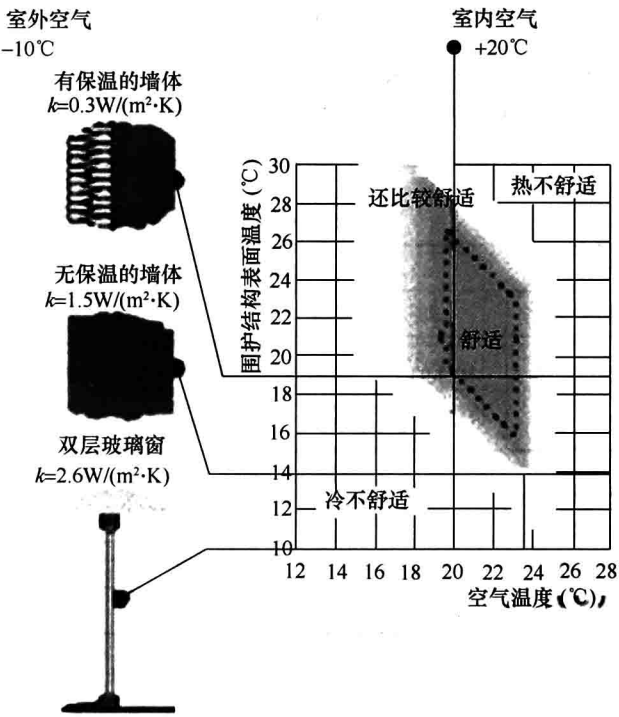


图 1.1 围护结构表面的温度与空气温度
对人体舒适性的相互影响

5℃。白天太阳的辐射，加热了房子的南面与西南面的墙。墙的蓄热大，还保持着一些热量。当人在近距离经过这样的墙时，对着墙壁那边的皮肤会感觉到舒适的暖意。人们以为墙体应有较高的温度，但是实际上却相反，它们摸起来是冷的。原因是皮肤散发出的热量至较冷的墙面较少而已。

围护结构表面与空气的温差越小，这种来自于皮肤的热辐射越小。

因为南墙比其他的墙暖和一些，人体散发到这面墙的热量，就要比散发到更冷的墙，例如北墙的热量更少些。如果人体散发出去的热量（或者我们也称之为失去的热量）少些，那么留在我们身上的就是温暖的感觉。所以要实现舒适的温暖感觉，不仅是空气温度决定的。

其实创造一个温暖的环境，关键是使人体少失去热量，此外不妨碍体温的调节。这就要求接近一个热平衡状态。

人们通过外墙、地面、楼板和窗户等围护结构的良好绝热来达到较高的表面温度。从表 1.1 可以看出德国对建筑构件绝热的重视。

在不同质量的绝热时德国建筑构件可以达到的表面温度 表 1.1

在室外温度为-10℃和室内温度为+20℃时的表面温度								
房屋/住宅	1984 年前建造		1984 年后建造		1995 年后建造		2002 年后建造	
建筑构件名称	构件的传热系数	表面的温度℃	构件的传热系数	表面的温度(℃)	构件的传热系数	表面的温度(℃)	构件的传热系数	表面的温度(℃)
墙体	1.4	14.5	0.6	17.7	0.5	18	0.26	19
窗户	5.2	-0.3	2.6	9.9	1.8	13	1.1	16.4
屋顶	1	16.1	0.3	18.8	0.22	19.1	0.16	19.4
下部的楼板	0.8	16.9	0.55	17.8	0.35	18.8	0.19	19.3

传热系数的数值是查看建筑构件绝热性质的常用数据。传热系数与建筑材料本身的热性、建筑构件的厚度有关。

如果所选用的建筑构件传热系数越小，那么绝热性能越好，表面温度越高，舒适性增加得越多，供暖费用下降得越大，冷凝水的危害就越小。

所以通过改善外墙、窗户，可能的话也可以改善内墙（如果与未供暖房间相邻）的绝热，来减少冷空气的下沉。因为出于费用的考虑，在窗户上的绝热上是不可能随意改善的，所以必须通过供热技术调节控制。原则上，总是将散热器放在窗户下面，并以伸展最长的形式放在整个外墙前面。

实际上，目前在德国大多数住宅中总会有一个或若干个建筑构件（遗憾的是在旧式建筑和我国的建筑物中，是所有的建筑构件）表面温度达不到 18℃ 以上。虽然德国一个新式的绝热玻璃窗具有相对小的传热系数，该值可达 1.1~1.3W/（m²·K），大约相当于隔热窗或复合玻璃窗传热系数的一半。但是相对于外墙和楼板来说，窗户的传热系数还是要高出两倍至三倍以上，特别是还有冷风通过窗户的缝隙渗透，造成更大的热损失。在冬天的后果是相对于其他的建筑构件在玻璃内表面温度下降明显。因此，温暖的室内空气在窗户面上急剧变凉，这里引起被冷却的空气因密度增加而下沉。由此造成玻璃的低温表面

吸收辐射热。这个问题在我国更加明显。为了避免关键性的下沉空气速度过大，窗户的传热系数不可以超过一定的数值。这个值还与窗户的高度有关（表 1.2）。大窗户和玻璃幕墙热损失是可观的，所以我国对此也进行了限制（表 1.3）。

窗户高度和传热系数与空气流速的关系（来自德国低能耗房屋研究所）表 1.2

窗户高度	为了避免下降空气速度大于 0.2m/s，窗户最大传热系数（W/（m ² ·K））
1.2m	1
1.8m	0.7
3m	0.5

不同朝向、不同窗墙面积比的外窗传热系数表 1.3

朝 向	窗外环境条件	外窗的传热系数 K（W/（m ² ·K））				
		窗墙面积比 ≥0.25	窗墙面积比 0.25< 且≤0.30	窗墙面积比 0.30< 且≤0.35	窗墙面积比 0.35< 且≤0.45	窗墙面积比 0.45< 且≤0.50
北（偏东 60° 到偏西 60°）	冬季最冷月 室外平均气温 >5℃	4.7	4.7	3.2	2.5	—
	冬季最冷月 室外平均气温 ≤5℃	4.7	3.2	3.2	2.5	—
东，西（东 或西偏北 30° 到偏南 60°）	无外遮阳措施	4.7	3.2	—	—	—
	有外遮阳措施 （其太阳辐射 透过率≤20%）	4.7	3.2	3.2	2.5	2.5
南（偏东 30° 到偏西 30°）		4.7	3.2	3.2	2.5	2.5

虽然传热系数小于 1 的窗户能够制造出来，但是其价格极其昂贵，还没有被市场接受。所以提高室内环境舒适性最合适和最有效的措施，除了改善建筑构件的绝热，还有正确选择和安置散热器，以及相应地确定供暖热水温度，来避免对室内环境舒适性的干扰，防止冷凝水（即霉菌）的产生。

当外墙与窗户绝热不好时，其附近变凉的空气下沉后，分布在地面附近，这个冷的空气层形成了导致脚冷的“冷湖”（即使室内空气温度为 26℃，“冷湖”使人感觉也不舒适）。之所以将这个冷的空气层称为“冷湖”，是因为冷空气沉在那里成为一个层面，并能像水一样在地面流动。在德国，测量在楼板和地面之间的温差时有些甚至能达到 16℃。所以有些客户即使安装了地暖，感觉仍然不舒适。

如果为此增加地暖加热管的密度（即增加其长度），一方面增加了管材的消耗量（其沿程阻力同时增加，有可能导致供热水泵的扬程达不到要求），地暖系统的造价也随之增加；另一方面随着管长而增加了供暖系统中水的容积（即增加燃气壁挂锅炉的热负荷）。而如果一味地提高供暖系统的水温，一方面会使人体感觉不舒适，另一方面也会影响 PE 地暖加热管的寿命。

1.1.5 冷凝水的产生与霉菌的发生

通常，如果室内热空气在冷的建筑构件表面变凉，构件表面会变潮湿。原因是空气相

对湿度增加了。同时它又导致表面温度进一步下降。遗憾的是，人们不能立刻看出冷凝水在墙上的生成，因为人们不能通过肉眼看到。从“外观的视觉效果”看，某些部分的外墙先转变成潮湿的面，早些时候可以看到表面滋生霉菌。特别危险的是可能在房间的角落、在踢脚板区域或者在橱柜的后面，那里的温度特别低。在窗户上，由于薄薄的一层雾气刚显示就可以看出，而人们在墙体上看出时就太晚了——霉菌已经发生了。

图 1.2 为外墙采用不同的建筑材料、在相同室内外温度与相同湿度的条件时，围护结

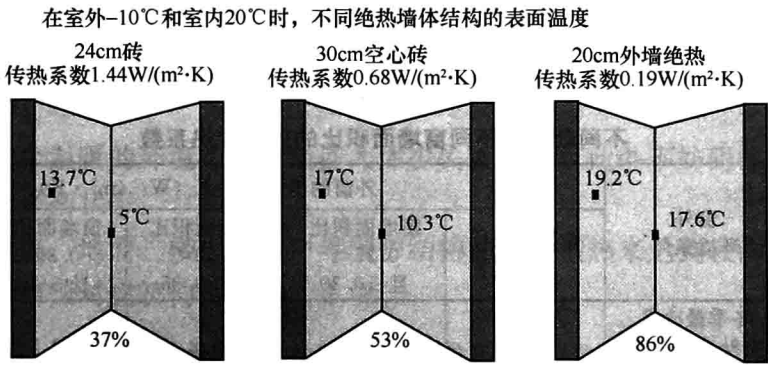


图 1.2 在不同绝热墙体结构时，在相同的室内外温度和绝对湿度条件下，墙角温度的表现与冷凝水的形成

构内表面具有不同的温度与结露的情况。图 1.3 表示无绝热和有绝热墙体的情况。

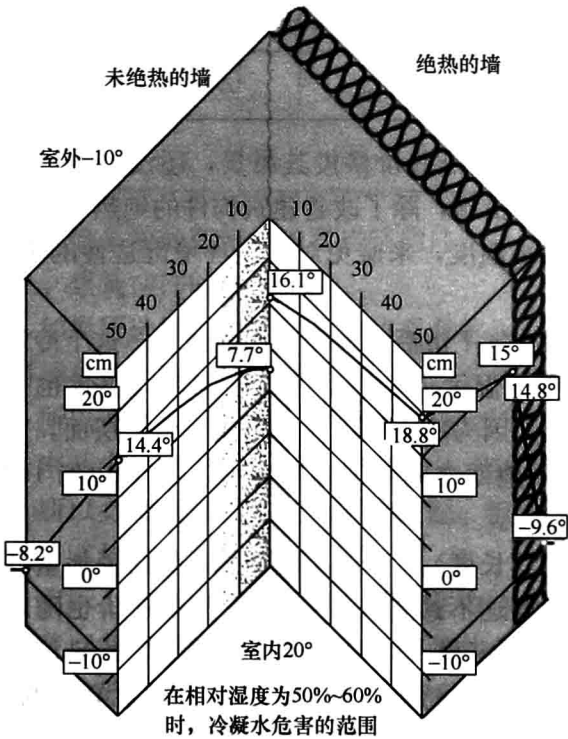


图 1.3 无绝热和有绝热的墙体在相同室内外温度和相同绝对湿度时，墙角内表面的表现（墙角阴影部分为产生霉菌的位置）

1.1.6 建议与客户讨论的问题

当技术人员在与客户讨论设计与安装一个新的供暖系统时，除了材料、设备、附件和安装的价格，一定要首先和客户讨论如下问题：

- (1) 您的住宅门窗是什么类型的？其密封如何？冷风渗入强烈吗？
- (2) 您的橱柜后面出现过黑斑吗？
- (3) 周围环境在什么温度时您感觉特别舒适？
- (4) 您曾经在哪里、什么时候有暖和舒适的感觉？
- (5) 在哪里或在谁那儿根本就感觉不到舒适？
- (6) 或许这根本不是一个舒适的供暖系统？
- (7) 这些舒适或不舒适的感觉是来自哪些方面？
- (8) 您是否经常感觉到脚冷，这种感

觉使人不舒服？

(9) 您是否只在某些位置有脚冷的感觉？

(10) 您是否经常需要房间温度保持在 25℃才感到舒适？

(11) 您的家庭有哪些成员、他们的年龄分别是多大？他们对冷热分别有什么喜好？

(12) 您的住宅是哪一类建筑和处于哪个楼层？周围的环境情况如何？

(13) 您对供暖系统的运行价格特别在乎，还是对系统的设计与安装价格特别在乎？

要满足舒适性的最重要的条件是：室内空气温度和围护结构温度的均衡。遗憾的是，创造这样一个平衡不全是供暖设计师与安装人员的课题。

另外，非常重要的一项是应避免单一追求暖和。对于人体严格的、没有温度波动的要求是很难实现的，唯一可以采取的措施是调节，即根据客户的要求设计调节的对策，调节热量并能使之适合不同的人。

1.2 供暖系统的选择与热负荷计算

1.2.1 供暖系统的选择

根据散热设备的不同，热水供暖系统一般有地暖系统和散热器供暖系统。

一般来说，未装修的或打算重新装修房屋的，可以选择地暖系统，其优点是美观、不占平面空间、舒适。缺点是占高度空间，在层高较低时如果牺牲绝热层厚度，导致能耗较高；地暖不适用于开启和关闭频繁的房屋。

已装修好且不想大动的房屋，宜安装散热器供暖系统，优点是安装快捷，因水温较高，室内温度上升较快。不足是管道明装，不美观，而且由于要考虑散热器的放置和有利于空气的对流，可能要调整房间的摆设布局。

1.2.2 基本耗热量与实际耗热量

无论选用哪种供热方式，首先都要计算围护结构的能量损失，即计算热负荷。

热负荷就是为了使一个房间稳定地保持在例如 18℃ 的温度、向该房间持续供给的热量。它必须等于因为热传导（传导热负荷，或称基本耗热量）和通风（通风热负荷）等产生的热损失总和。

基本耗热量计算一般是先求出每个房间的门、窗、地板、天花板和墙体（扣除门窗面积后）等围护结构的面积和传热系数（由每个围护结构的各层材料、厚度与导热系数计算），将这些参数代入下式：

$$Q_i = F_i K_i (t_{in} - t_w) \quad (1-1)$$

式中 Q_i ——围护结构基本耗热量，W；

F_i ——围护结构面积， m^2 ；

K_i ——围护结构传热系数， $W/(m^2 \cdot K)$ ；

t_{in} ——室内空气温度，℃；

t_w ——室外空气温度，℃。

然后考虑围护结构的附加耗热量，例如传热方向、围护结构的朝向、风力、高度等修

正系数再次验核；并计算冷风渗透耗热量（即在风力和热压造成的室内外压差作用下，室外的冷空气通过门、窗等缝隙渗入室内，被加热后逸出。把这部分冷空气从室外温度加热到室内温度所消耗的热量）。最后求出每个房间的实际耗热量与整个系统的耗热量。这种计算方法已经有专业软件，在北方的集中供热供暖计算应用很普遍；在南方独立供暖系统设计中最好也采用此法，可以比较严格地控制能耗。

虽然我国冬季各地平均风速不同，但不是很大，一般为 2~3m/s，可不考虑风力修正。房间高度在 4m 以下的也不进行高度修正。

德国的设计施工企业都采用这类专业计算软件。粗放型经济已经不适应现代人的需要，经常会有客户首先问及设计人员所设计的供暖系统能耗如何。而现在我国几乎很少有企业能回答得出。围护结构的建材传热系数还和生产厂家与施工质量有关，即使是同一地区，相差都很大。随着大数据时代的到来，这就要求各个企业花费三~五年的时间去测量、收集和整理，这就要求人们向精细化方向发展。

由于窗户是围护结构的最薄弱环节（表 1.4），建议客户选择绝热比较好的品牌窗户。我国现在已经有传热系数小于 2 的窗户，但是安装质量也应该认真考虑。这一点必须向客户提出，窗户在安装前，了解绝热措施，并且窗户在安装过程中严格监督。

不同窗户的传热系数 表 1.4

窗户材料	窗户类型	空气层厚 (mm)	窗框窗洞面积比 (%)	传热系数 K [W/ (m ² · K)]	传热阻 R ₀ (m ² · K/W)
钢、铝	单层窗	—	20~30	6.4	0.16
	单框双玻璃	12	20~30	3.9	0.26
		16	20~30	3.7	0.27
		20~30	20~30	3.6	0.28
	双层窗	100~140	20~30	3.0	0.33
木、塑料	单层窗	—	30~40	4.7	0.21
	单框双玻璃	12	30~40	2.7	0.37
		16	30~40	2.6	0.38
		20~30	30~40	2.5	0.40
	双层窗	100~140	30~40	2.3	0.43

1.2.3 供暖热负荷面积指标法与体积指标法计算

(1) 面积指标法

对于南方地区的独立供暖系统的设计，现在的技术人员大都采用面积指标法粗略地估算：

$$Q= q_i \cdot F_i \tag{1-2}$$

式中 Q——供暖热负荷，W；
q_i——单位面积热负荷指标，W/m²（表 1.5）；
F_i——房间或整套房屋建筑面积，m²。

单位面积耗热指标值

表 1.5

建筑物类别	单位面积耗热指标 (W/m ²)	建筑物类别	单位面积耗热指标 (W/m ²)
住宅	45~80	节能住宅	35~55
办公室	60~90	旅馆	60~80
图书馆	45~75	商店	65~75
单层住宅	80~105	一、二层别墅	100~125
影剧院	79~150	食堂、餐厅	110~140

由于南方夏热冬冷地区，湿度较高，冬季阴雨天较多，即使在与北方相同的温度条件下，人体感觉仍不舒适，所以北方的数据不能完全硬搬；南方地区大部分旧建筑没有外墙外保温，墙体较薄；新建筑物采取的绝热措施也比北方差；许多用户在房屋内没有人时经常关闭供暖系统，而回来后开启供暖系统要求较快地升温；所以在实际上较普遍地采用了120~150W/m²的指标，造成能耗较高。如若按照 100W/m²的指标配置，连续运行，并不比前者能耗高。

〔例题 1-1〕 某住宅总建筑面积为 150m²，客厅面积为 30m²，单位面积热负荷指标为 100W/m²。试求其供暖总负荷和客厅散热器负荷。

解：住宅供暖总负荷 $Q = q_i \cdot F_i = 150\text{m}^2 \times 100\text{W/m}^2 = 15000\text{W} = 15\text{kW}$

客厅散热器负荷 $Q_1 = 30\text{m}^2 \times 100\text{W/m}^2 = 3000\text{W} = 3\text{kW}$

(2) 体积指标法

如果建筑物体积较大，举架较高（高于 4m 的房间），如高大厂房、体育馆等，则可利用体积热指标法计算。

$$Q_v = q_v \cdot V \cdot (t_n - t_w)$$

(1-3)

- 式中
- Q_v ——体积热指标法计算的热负荷，W；

q_v ——供暖体积热指标，W/（m³·℃），查表 1.6；

V ——建筑物的外围体积，m³，按外围尺寸计算；

t_n ——供暖室内计算温度，℃；

t_w ——供暖室外计算温度，℃。

北京地区民用建筑物体积热指标

表 1.6

建筑类型	建筑物体积 V (m ³)	体积热指标 q_v [W/（m ³ ·K）]
办公楼、学校	9000~22000	0.36~0.41
医院、幼儿园	9000~35000	0.53~0.57

注：其他地区应根据室外计算温度修正。

1.3 散热器的选型

散热器主要分为两大类，板式对流散热器和片式辐射散热器。前者应计算散热器所需的长度，见式（1-4），后者应计算散热器所需的片数，见式（1-5）。可以根据室内供暖温

度、供热热水锅炉的供回水设计温度（参见附表 1～附表 3）选型。

$$L = \frac{Q}{q} \tag{1-4}$$

式中 L ——钢制板式散热器长度，mm；
 Q ——房间热负荷，W；
 q ——钢制板式散热器的每米热负荷，W/m。

$$n = \frac{Q}{q} \tag{1-5}$$

式中 n ——片式散热器数量，片；
 Q ——房间热负荷，W；
 q ——片式散热器的每片热负荷，W/片。

〔例题 1-2〕 某城市采用集中供热，按照当地的气候条件，室内供暖温度要达到 18℃，某房间的供暖面积为 21m²，按照集中供热热水锅炉的供回水设计温度为 95/70℃，每平方米的热负荷为 110W。若采用 22PKKP 钢制板式散热器，高度为 600mm，如何选型？

解： $Q = q_i \cdot F_i = 110\text{W/m}^2 \cdot 21\text{m}^2 = 2310\text{W}$
查附表 1， $q = 2373\text{W/m}$ ，

$$L = \frac{Q}{q} = \frac{2310\text{W}}{2373\text{W/m}} = 0.97\text{m} \approx 1\text{m}$$

选高度为 600mm、长度为 1m 的 22PKKP 钢制板式散热器。

〔例题 1-3〕 条件同上，如果采用壁挂炉来作为热源，壁挂炉的供回水设计温度为 80/60℃，房间供暖温度要求达到 18℃，若仍采用 22PKKP 钢制板式散热器，高度为 600mm，如何选型？

解：查附表 2， $q = 1804\text{W}$ ，

$$L = \frac{Q}{q} = \frac{2310\text{W}}{1804\text{W/m}} = 1.28\text{m} \approx 1.3\text{m}$$

选高度为 600mm、长度为 1.4m 的 22PKKP 钢制板式散热器。

1.4 生活热水所需燃气加热器的最小功率

1.4.1 生活热水所需即热式燃气加热器的最小功率

家庭中生活热水用水量最大的是沐浴，一个淋浴器的出水量 $q_{\min} = 5\text{L/min}$ ， $q_{\max} = 10\text{L/min}$ 。淋浴的最佳水温是比人体皮肤温度高 8℃，人体的皮肤温度一般在 30～32℃，即冬天淋浴的水温在 38～40℃。我国南方的水源是地表水，水箱一般在楼顶或未绝热的楼层，入户的生活冷水温度可以低至 4～5℃（表 1.7）。

冷水计算温度 表 1.7

地 区	地面水水温（℃）	地下水水温（℃）
第一分区：黑龙江、吉林、内蒙古的全部，辽宁的大部分，河北、山西、陕西偏北部分、宁夏偏东部分	4	6～10