

BAOWEN CAILIAO
ZAI JIANZHU QIANGTI
JINENG ZHONG DE YINGYONG

保温材料在建筑墙体节能中的应用

朱盈豹 编著

中国建材工业出版社



保温材料在建筑墙体节能中的应用

朱盈豹 编著

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

保温材料在建筑墙体节能中的应用 / 朱盈豹编著.
北京: 中国建材工业出版社, 2003.6
ISBN 7-80159-459-2

I. 保... II. 朱... III. 保温材料: 墙体材料
IV. TU522

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 042416 号

内 容 简 介

本书包括建筑外墙保温隔热的社会效益论证、保温材料的特性及应用要求、外墙保温的热工计算和冷凝受潮验算、保温材料的应用分析、九种保温板及保温材料在外墙外保温、夹芯保温、内保温中的应用等七个部分。着重于建筑热工学基础理论在节能建筑中的应用, 内容丰富, 立论新颖, 实用技术性强。主要供节能建筑设计、施工和保温材料生产企业的科技人员阅读, 亦可供有关教师、建筑师、工程师及工程技术人员参考, 还可供培训相关专业人员和保温材料营销人员之用。

保温材料在建筑墙体节能中的应用

朱盈豹 编著

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市海淀区三里河路 11 号

邮 编: 100831

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

印 张: 17.75

字 数: 422.8 千字

版 次: 2003 年 9 月第 1 版

印 次: 2003 年 9 月第 1 次

印 数: 1~3000 册

书 号: ISBN 7-80159-459-2/TU·223

定 价: 32.00 元

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 68345931

前 言

本书是应中国建材工业出版社的约请编写的。理论部分主要参考重庆建筑工程学院陈启高教授编著的《建筑热物理基础》，应用部分是参考辽宁省建设厅科技处等编印的《建筑节能应用技术》、沈阳市城乡建设委员会设计科研处编印的《民用建筑节能技术资料汇编》。

书中不仅吸收了国内外在建筑节能方面的一些新观念、新材料、新技术，而且包括作者和所在单位及其它单位的许多同志在最近 20 多年来的一些科研成果和应用经验。有的成果已体现在国家、省、市的政策法规中，有的成果已编制出“规范”、“规程”、“标准”、“标准图集”等。本书旨在加深对国家建筑节能方面的法令的理解，在执行相关“规范”、“规程”、“标准”中应用好已有的科研成果，结合实际情况，得心应手地应用好新材料、新技术，创造更优秀的节能建筑产品，开发出更优秀的多功能节能材料。

另外，作者在收集资料过程中得到辽宁省建设厅、沈阳市城乡建设委员会、辽宁省墙体材料革新和建筑节能办公室、沈阳市墙体材料革新和建筑节能办公室、沈阳建宝丽新型建材有限公司、沈阳星光集团等许多领导和同志的大力支持，在此致以诚挚的谢意。

作者在编写过程中得到中国建材工业出版社李书田编辑、《辽宁建材》提军科主编的指导，在此亦表感谢。

书稿在编审和制图中得到辽宁省建筑材料科学研究所张成祺高级工程师、沈阳市北方岩棉厂佟海工程师的大力帮助，在此一并致谢。

由于学识水平和实践经验所限，疏漏难免，特致歉意，并欢迎批评指正。

朱盈豹

作者简介

朱盈豹，四川资中人，1939年生。辽宁省建筑材料科学研究所教授级高级工程师，曾历任研究室主任、科技室主任。曾任中国建筑学会建筑物理委员会委员、中国建筑业协会建筑节能委员会专家组成员、辽宁省保温材料工程工业协会副理事长。一直从事建筑热物理及应用技术的研究，完成省部级和市级科研课题 20 多项，发表科技论文 50 多篇，获得两项国家专利。获省部级科技进步二、三等奖多项，曾被评为“全国墙体材料革新先进个人”，享受政府特殊津贴。

目 录

第一章 概论	1
第一节 世界的三大问题	1
第二节 保温材料在建筑节能中的重要作用	9
第三节 外墙保温的经济性	14
第四节 外墙保温的经济热阻和保温层的经济厚度	21
第五节 建筑物的保温节能及其社会效益	30
第二章 保温材料及其特性	34
第一节 概述	34
第二节 保温材料的品种和分类	35
第三节 保温材料的选用原则和方法	37
第四节 保温材料的热物理性能	41
第五节 保温材料的导热系数和计算导热系数	55
第三章 墙体保温的热工计算	60
第一节 概述	60
第二节 平壁稳定传热	60
第三节 外墙的最小传热阻	67
第四节 外墙内部冷凝受潮验算	71
第四章 保温材料在节能建筑墙体中的应用	85
第一节 外墙保温方式及其分析	85
第二节 保温材料在北方节能建筑墙体中的应用分析	90
第三节 空气层在节能建筑墙体中的应用	94
第四节 涂抹型保温材料在节能建筑墙体中的应用	98
第五章 保温板在节能建筑外墙外保温中的应用	102
第一节 外墙外表面后挂保温板及其分析	102
第二节 现浇混凝土外墙外保温自挂板及其分析	108
第三节 外墙外表面粘贴 EPS 板及其分析	114
第四节 外墙外贴坚壳珍珠岩板及其分析	124
第五节 外墙砌块保温砖在节能建筑墙体中的应用	127
第六节 轻质保温外墙板在节能建筑外墙中的应用	133

第七节	钢丝网架保温夹芯板及其墙体	136
第八节	彩板保温夹芯板及其应用	149
第九节	保温板在建筑模网混凝土外墙中的应用	155
第六章	保温材料在节能建筑夹芯外墙中的应用	169
第一节	概述	169
第二节	砖砌体夹芯外保温节能墙体	171
第三节	混凝土空心砌块夹芯外保温节能墙体	187
第四节	发泡填充外保温复合外墙	201
第七章	保温材料在节能建筑外墙内保温中的应用	211
第一节	概述	211
第二节	节能建筑外墙内保温的热桥问题	215
第三节	防止保温层受潮和保持保温层干燥	218
第四节	吸湿空气层对保温层的干燥	223
第五节	不设空气层的内保温墙体	229
第六节	内贴保温板的复合外墙	235
附录一		246
附表 1	建筑材料热物理性能	246
附表 2	围护结构冬季室外计算参数及最冷最热月平均温度	250
附表 3	标准大气压时不同温度下的饱和水蒸汽分压力 P_s 值	254
附表 4	空气间层的用途	255
附录二		260
附图 1	彩板保温夹芯板节点 (图 5~38 至图 5~57)	260
附图 2	全国建筑热工设计分区图	270
主要参考文献		271

第一章 概 论

第一节 世界的三大问题

当今世界的三大问题是人口、资源和环境问题。资源问题又以能源为首要问题。世界上发生的一些大事件，如 1973 年的中东战争、1978 年的伊朗革命、1991 年的海湾战争，都直接或间接地与能源有关。中东战争和伊朗革命先后导致了两次世界性的石油危机。

1.1.1 能源储量和消费

1.1.1.1 世界的能源储量和消费

世界石油的最终可采储量约 2 万亿桶，已探明的储量约 1 万亿桶。中东石油的可采储量最多，达 6 616 亿桶，可开采 100 余年。

世界上有 85 个国家有天然气，已探明的总储量为 120 万亿 m^3 （估计远期约有 250~300 万亿 m^3 ）。据推算，天然气还可开采 60 多年。

世界上有 26 个国家共有 449 个核反应堆，核电总容量为 35 万兆瓦，占世界总发电量的 17%。但须解决好能量转换效率和核废料的处理等问题。

世界已探明的煤炭可采储量约 13 113 亿吨。其中高品位煤炭约 10 755 亿吨，可开采 300 余年。2000 年的世界能源消费约为 1970 年的 6 倍^[1]。

1.1.1.2 我国能源储量和消费分析

我国已探明的煤炭储量约为 8 737 亿吨，水力资源的可开发电量达 3.79 亿千瓦，都居世界各国之首。我国原煤产量居世界第一，石油产量居世界第五。能源消费中煤炭占 75%。由于我国的人口众多，人均能源的占有量仅为世界人均占有量的 33%，仅为美国人均占有量的 5%。

我国的能源消费总量虽然很大，是世界上第三能源消费大国，但人均能源消费水平却很低，仅为世界人均消费的 50%，为发达国家人均消费的 14.7%。

美国、前苏联、日本、德国、英国、法国、意大利、加拿大，这些国家的人口之和仅为世界总人口的 18.3%，而能源消费之和却占世界总能源消费的 63.6%。

我国不仅人均能源消费少，而且能源的利用效率也很低，仅为 30% 多一点，与欧洲的 40%、美国的 51%、日本的 57% 相比差距很大。这虽然与我国能源是以煤为主有一定关系，但更说明我国的能源在使用中的浪费是很大的。

我国的万元产值的能源消费，“八五”期间为 3.93 吨（标煤，下同），1995 年为 3.13 吨；1995 年的用电产值为 5.64 元/千瓦·时。而辽宁省的万元产值的能源消费，“八五”期间为 5.35 吨，1995 年为 4.76 吨；用电的产值为 3.92 元/千瓦·时。我国创造 1 美元的国民生产产值所消费的能源是印度的 1.65 倍，是日本的 4.43 倍，是法国的 4.97 倍^[2]。

根据我国能源的实际状况，国务院提出了“开发和节约并重，近期把节约放在优先地

位，对国民经济实行以节约为中心的技术改造和结构改革”的能源工作方针。要最大限度地降低那些既不创造产值，又不增加利润的能源消耗。

住宅的采暖能源消耗，就是一种不创造产值也不增加利润的能源消耗，其费用更不能进入生产成本。这个费用不仅仅是购买采暖煤的费用，而且要支付购煤费的 2.1~3.7 倍的钱，才能完成供暖的全过程。这种费用是年复一年的投入，任何时候也无产出，从经济意义上讲也是很不合算的。

1.1.2 我国的建筑能源消费

据 1990 年底统计计算，当年我国城镇集中供热用标煤 4 445 万吨，非集中采暖用标煤 5 010 万吨；采暖区的农村每年采暖要用商品能源 1 100 万吨标煤；长江流域采暖每年要用商品能源 200 万吨标煤；南北方空调能耗每年要用 160 万吨标煤；南北方的电扇每年要用 110 万吨标煤。我国一年的采暖空调总能耗为 11 025 万吨标煤，占全国总能耗的 11.2%^[3]。

我国钢材的 33% 用于建筑，水泥的 90% 用于建筑。我国建材工业生产每年用 10 500 万吨标煤，建筑施工每年用 1 270 万吨标煤。所以我国采暖房屋的建造每年要用 11 770 万吨标煤，占全国总能耗的 11.9%。

综上所述，1990 年，我国的建筑能耗总计为 2.28 亿吨标煤，占全国总能耗的 23.165。这里尚未包括炊事和其它家用电器用的能源消耗。

我国疆域辽阔，纵跨温、热两气候带，自然环境复杂，气候类型多样。我国北方大多为寒冷地区和严寒地区，据《民用建筑节能设计标准》JGJ 26—1995 中表 4.2.1 所示，采暖期室外平均温度最高的为 1.0~2.0℃，代表性城市有郑州、洛阳、宝鸡、徐州；最低的为 -12.5~-14.5℃，代表性城市有伊春、呼玛、海拉尔、满洲里；处于中等的 -5.1~-6.0℃ 的代表性城市有沈阳、大同、本溪、阜新、哈密。以沈阳为例，属北温带受季风影响的半湿润大陆性气候，有关沈阳地区采暖能耗及建筑节能方面情况分析如下。

1.1.2.1 沈阳市的采暖能耗

据沈阳市 1980 年的统计，采暖用煤（包括民用建筑和工业建筑）占全市总用煤量的 33%。1994 年的采暖用煤为 1980 年的 2.3 倍，平均年增长率为 9.3%。1994~1995 采暖年度，每平方米建筑面积采暖用标煤 27 公斤。1996~1997 采暖年度，全市采暖用标准煤 170.1 万吨。

1.1.2.2 沈阳市住宅的建造能耗

1985 年，我们对沈阳市 77.4 万 m² 建筑的统计，六层普通（非节能）砖混住宅建造能耗及其比例关系列于表 1-1。

表 1-1 6 层砖混结构住宅每平米建筑面积的建造能耗

项 次	住宅建造中的 总能耗	其 中		
		建筑材料的 生产能耗	建筑材料的运 输能耗	建筑施工中的 能耗
标煤 (kg/m ²)	145.23	82.23	13.07	49.93
所占比例 (%)	100	56.6	9.0	34.4

从表 1-1 可以看出, 沈阳的 6 层砖混结构普通住宅的建造能耗中, 建筑材料的生产能耗占 56.6%, 施工能耗占 34.4%, 运输能耗占 9.0%。

1.1.2.3 沈阳市住宅的使用能耗

住宅建筑的建造能耗是一次性的消耗, 而住宅建筑的使用能耗却是长期的, 而且使用能耗包括炊事、电器、洗涤、采暖等能耗。6 层砖混普通住宅 (非节能建筑), 平均每平方米建筑面积每年的使用能耗为 69.55 公斤标煤。现将房屋使用 50 年和 70 年的各能源消耗比例列于表 1-2。

表 1-2 6 层砖混结构住宅每平方米建筑面积的总能耗分析

使用 年限	项目及单位	住宅建筑 的总能耗	住宅使用 能耗	住宅建造能耗		
				建材 生产	建材 运输	建筑 施工
五十年	耗标煤 (kg/m ²)	3 622.73	3 477.5	82.23	13.07	49.93
	比例 (%)	100	96.0	2.2	0.4	1.4
	比例 (%)	100	96.0	4.0		
七十年	耗标煤 (kg/m ²)	5 013.73	4 868.5	82.23	13.07	49.93
	比例 (%)	100	97.1	1.6	0.3	1.0
	比例 (%)	100	97.1	2.9		

从表 1-2 可以看出, 住宅能耗中, 使用能耗占 96%~97%, 而建造能耗仅占 3%~4%。可见, 建筑节能的主要任务是要节约使用能源。在使用能耗中, 电器、洗涤能耗随生活水平的提高有增加的趋势, 所以建筑节能的重点是要节约采暖能源。

1.1.2.4 沈阳市住宅的采暖能耗与建造能耗的比例关系

现将砖混住宅的采暖能耗 (1979~1980 年度) 与建造能耗的比例关系列于表 1-3。

表 1-3 6 层砖混结构住宅每平方米建筑面积的建造和采暖能耗分析

使用年限	项目及单位	合计	住宅建筑能耗	住宅采暖能耗
五十年	耗标煤 (kg/m ²)	1 430.23	145.23	1 285
	比例 (%)	100	10.2	89.80
七十年	耗标煤 (kg/m ²)	1 944.23	145.23	1 799
	比例 (%)	100	7.5	92.5

从表 1-3 可以看出, 在采暖能耗和建造能耗的总和中, 采暖能耗占 89.8%~92.5%, 而建造能耗仅占 7.5%~10.2%。从表 1-2 和表 1-3 还可以看出, 越坚固而使用时间越长的住宅, 更应该搞好建筑节能, 以收到更大的节能效果。

1.1.2.5 沈阳市住宅的热损失

为分析住宅各部位的耗热量, 这里取非节能住宅的《辽宁通用图 81 辽住-2》进行具体计算, 这个 6 层砖混住宅的建筑面积为 4 633.1 m², 并将各部位的采暖热损失除以建筑面积 (为与民用建筑节能设计标准的耗热量指标对应), 计算结果列于表 1-4。

表 1-4 6 层砖混结构住宅各部位每平方米建筑面积能耗分析

项目 \ 部位	外墙	屋顶	地板	门 窗		合 计
				传导	换气	
热损失 (W/m^2)	14.8	1.74	1.13	6.37	6.68	30.72
(%)	48.18	5.66	3.68	20.74	21.74	100
(%)	48.18	5.66	3.68	42.48		100

从表 1-4 可以看出, 外墙的能耗最多, 为采暖能耗的 48.18%, 重点应加强外墙的保温来实现建筑节能。门窗的热损失也很大, 达 42.48%, 故也要加强门窗的气密性和保温。当节能建筑的外墙, 其保温达到高水准之后, 加强门窗的保温隔热将会收到更好的技术经济效果。当然, 有一定的换气热损失是必要的, 这是补充室内新鲜空气, 满足人们居住卫生要求所必须的, 但不能过多。而门窗的传导热损失是可以尽力降低的。

1.1.3 大量能源消耗对环境的污染

1.1.3.1 世界性的环境污染

随着经济的迅速发展和人民生活水平的不断提高, 采暖用煤也随着工业与民用房屋的大量增加而增多, 这就会造成更严重的大气污染。

世界建筑能耗中所排放的 CO_2 约占全球总排放量的三分之一, 其浓度还在急剧增加, 已从 19 世纪的 260 ppm 增加到现在的 360 ppm。这种温室气体的大量排放, 会使地球变暖, 气温升高, 甚至造成冰川融化、海面升高、气候异常、灾害频发^[3]。

1.1.3.2 我国能源消耗对环境的污染

我国的采暖, 年排烟尘 300 万吨, SO_2 300 万吨, CO_2 1.9 亿吨, 而且都集中在冬季。加上全国 200 万个企业, 年排污物 5 000 万吨, SO_2 1 800 万吨, 故造成酸雨危害。

1993 年 5 月 26 日《浙江科技报》登载了国家环保局负责人在杭州的讲话: “杭州的酸雨较集中, 频率在 80% 左右。”这是工厂和生活用煤、石油、天然气等矿物燃料燃烧时, 排放硫的氧化物、氮的氧化物等有害气体所造成的。带毒的酸性物质飘落到农田并渗入土壤, 破坏了植物的水分和养料输送, 致使农作物渐渐死亡。强酸进入土地后, 还会将铝等金属电离化, 形成毒性较强的铝离子等, 这些离子进入江、河、湖、塘, 能杀死水中的鱼和浮游生物。

1.1.3.3 我国三个城市的污染状况

1) 本溪市的污染情况

1979 年, 联合国环境规划署的官员, 仔细地查阅卫星拍摄的照片, 竟然未发现一座占地 400 多平方公里的本溪市, 其原因是有一层浓重的污染废气笼罩在本溪市的上空。此后, 本溪市花了近十亿元人民币, 用了近十年的时间, 进行了综合的环境治理, 这才算有了较大的改善。

2) 北京市的大气污染情况

为了进一步证明采暖用能源对大气的污染, 这里引用北京市环境保护科学研究所徐国光先生在《北京市的采暖用能与大气污染状况》一文中所提供的资料。图 1-1 是北京市

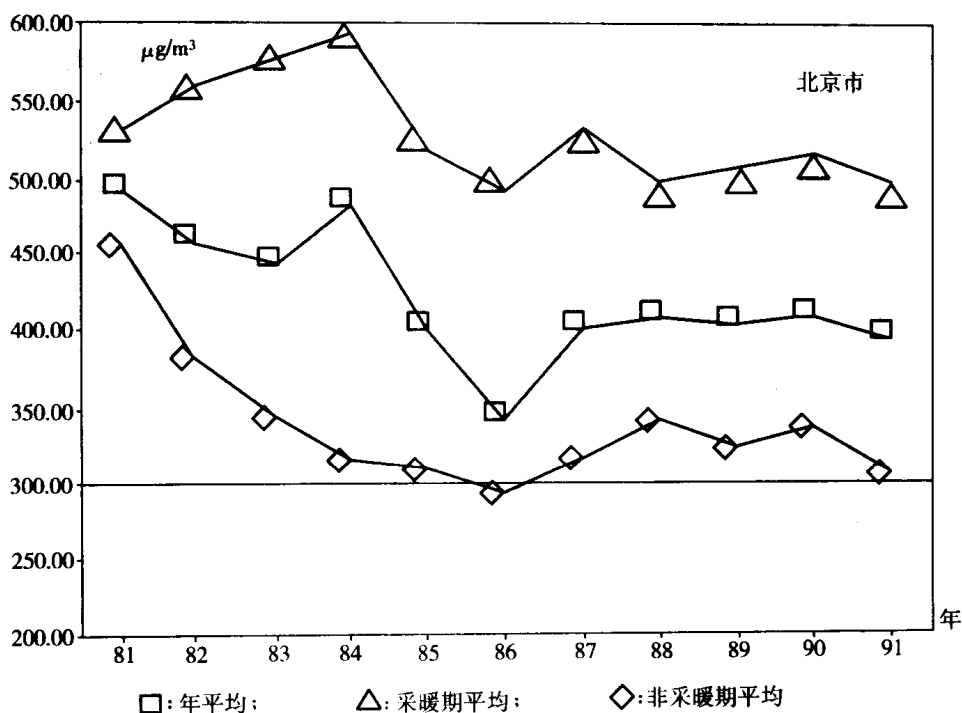


图 1-1 1981~1991 年 TSP 平均浓度 (北京)

1981~1991 年大气污染的总悬浮微粒 (TSP) 年平均浓度、采暖期平均浓度和非采暖期平均浓度。图 1-2 是北京市 1991 年工业区、商业区、居民区和清洁对照点的 SO_2 各月平

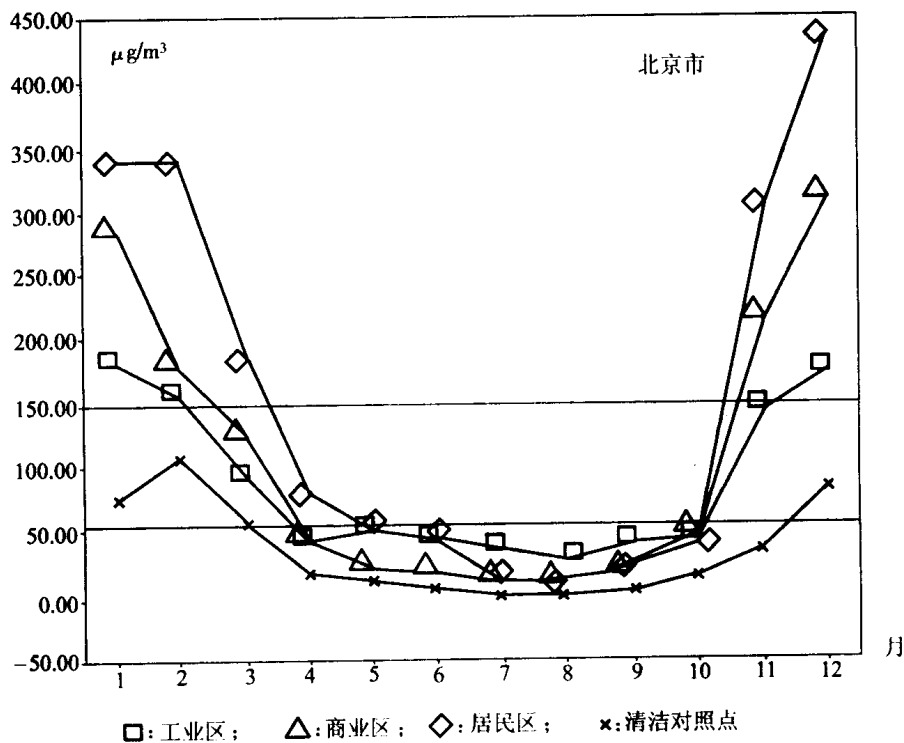


图 1-2 1991 年各月 SO_2 平均浓度 (北京)

均浓度。图 1-3 是北京市 1989~1991 年 CO₂ 年平均浓度、采暖期平均浓度和非采暖期平均浓度。图 1-4 是北京市城区、近郊区、规划区 1991 年 CO 的各月平均浓度。图 1-5 是

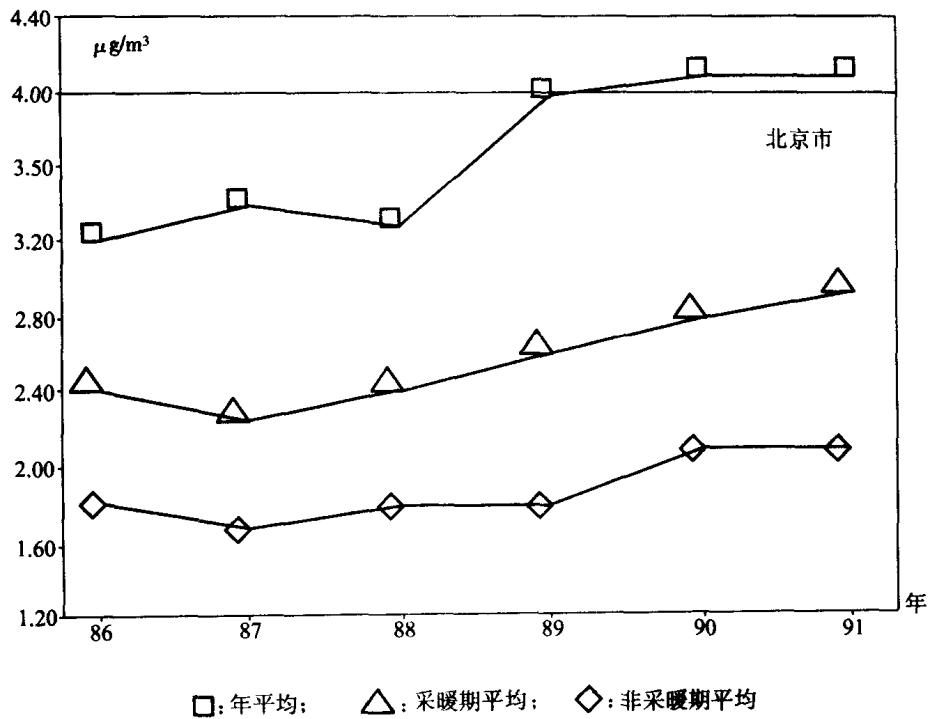


图 1-3 1989~1991 年 CO₂ 平均浓度 (北京)

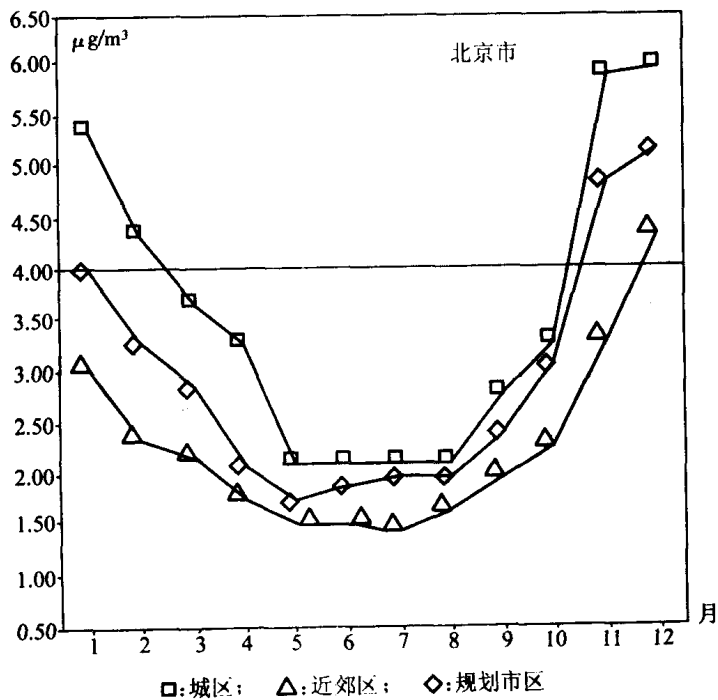


图 1-4 1991 年各月 CO 平均浓度 (北京)

北京市 1989~1991 年 NO_x 的年平均浓度、采暖期平均浓度和非采暖期平均浓度。图 1-6 是北京市城区、近郊区、规划市区 1991 年 NO_x 的各月平均浓度。

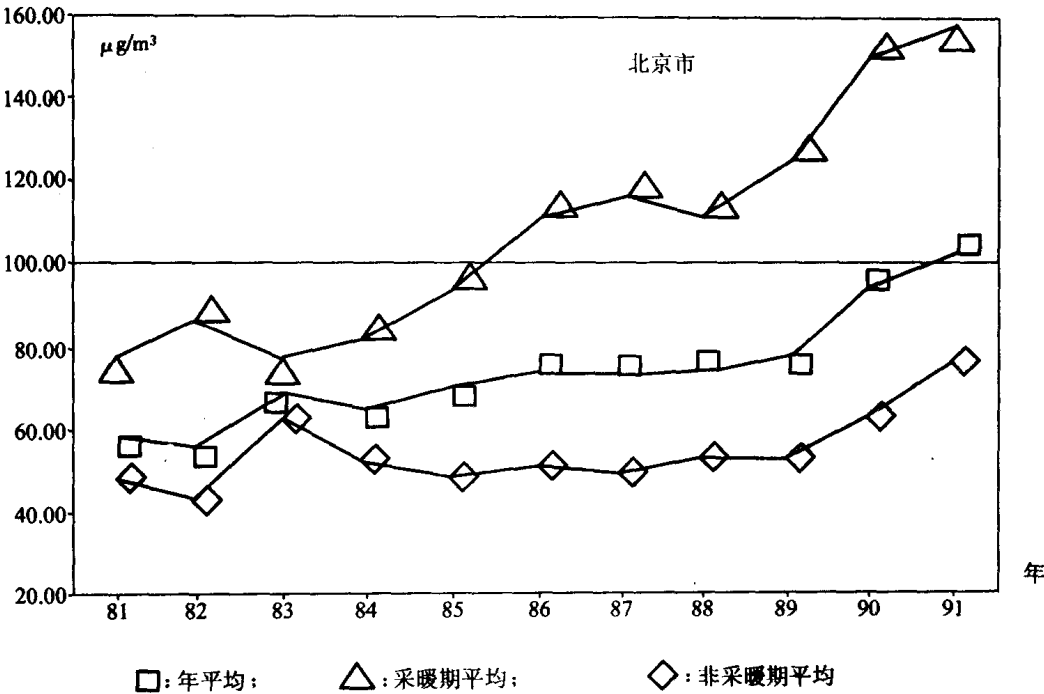


图 1-5 1989~1991 年 NO_x 平均浓度 (北京)

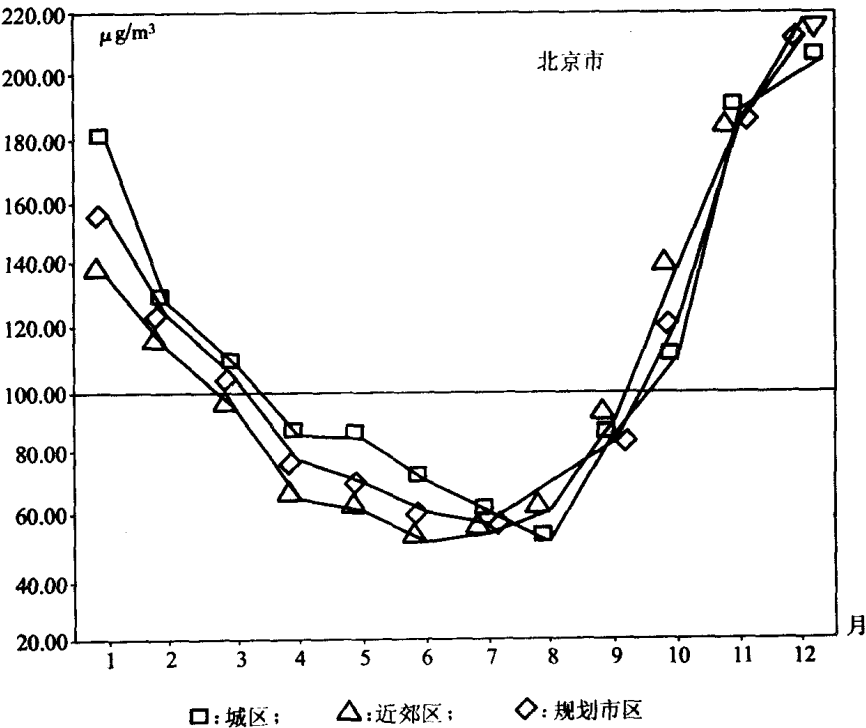


图 1-6 1991 年各月 NO_x 平均浓度 (北京)

从图 1-1~图 1-6 的各统计曲线及其变化特点,无论是累计年统计平均值还是一年中各月的平均值都说明了北京市的大气中, TSP、SO₂、CO、NO_x 的污染程度是采暖期比非采暖期严重得多; TSP 的污染虽有降低趋势,但一直是超过大气环境质量规定的标准; CO 或 NO_x 在大气中的浓度有快速增大的趋势^[4]。

3) 沈阳市的大气污染情况

根据沈阳市 1989~1998 年对大气监测的统计,绘制成图 1-7、1-8 和 1-9。从这三个图中可以看出沈阳市的空气中所含的 SO₂、NO_x 和 TSP 在一年中的变化规律。即从每年 10 月下旬(采暖)开始,空气中的污染物浓度(mg/m³)就逐渐增加,到下一年的 1 月(最冷时,采暖煤烧得最多)达到顶峰,而后又逐渐减少,直到 4 月上旬(采暖停炉);其他月份的空气污染则轻得多。

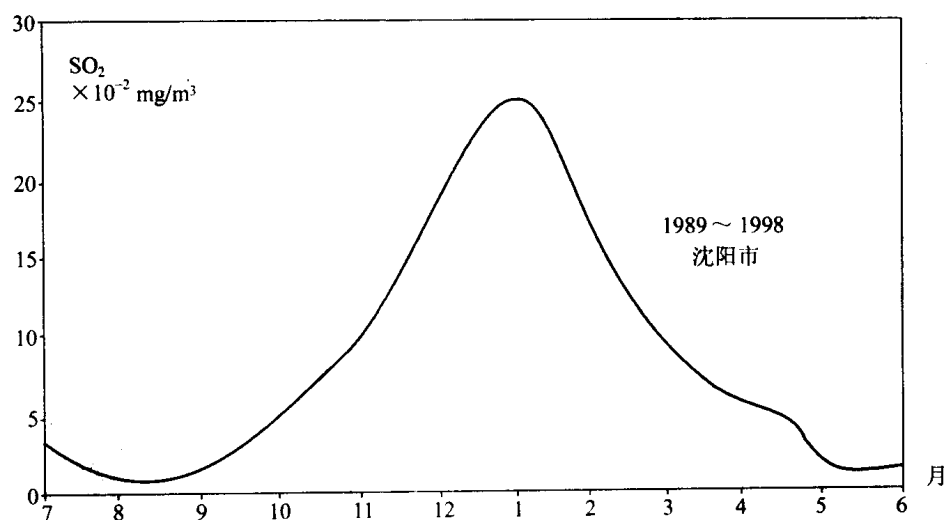


图 1-7 空气中 SO₂ 各月的平均浓度 (沈阳)

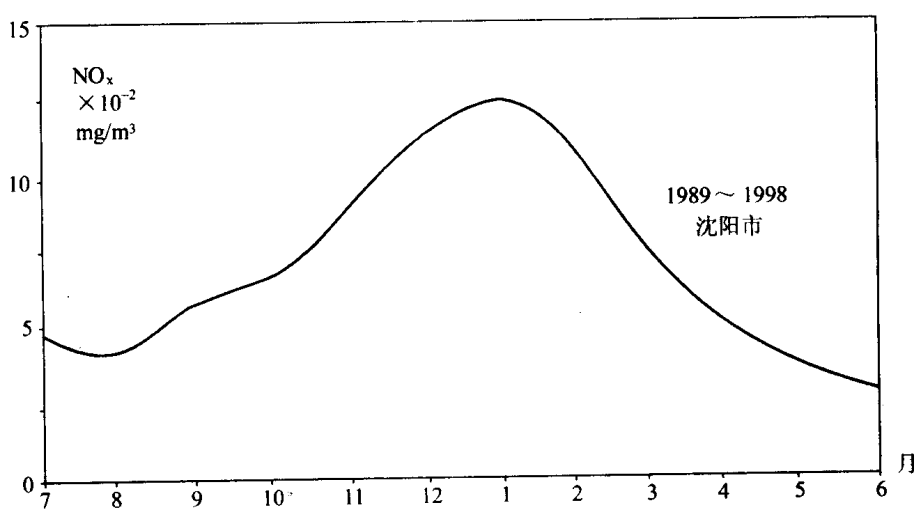


图 1-8 空气中 NO_x 各月的平均浓度 (沈阳)

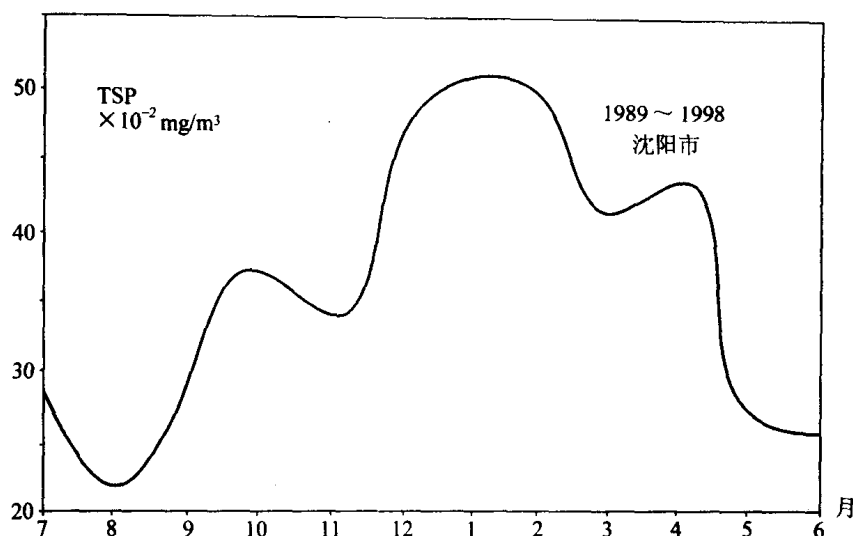


图 1-9 空气中 TSP 各月的平均浓度 (沈阳)

从统计数字上看, 沈阳空气中的 SO_2 含量, 1 月份是全年平均值的 2.89 倍, 是非采暖期 (5、6、7、8、9 月) 平均值的 13.38 倍; 空气中的 NO_x 含量, 1 月份是全年平均值的 1.70 倍, 是非采暖期的 2.65 倍; 空气中的 TSP (总悬浮微粒) 的含量是年平均值的 1.53 倍, 是非采暖期平均值的 2.10 倍^[5]。

1.1.4 小结

要改善大气污染, 保护人类生存的环境, 就应大力节约能源, 尤其是对住宅的采暖和空调能耗, 要用现代科学技术, 将它降到最低限度。因为这种能源消耗, 既不创造产值, 也不增加利润, 还污染环境。虽然这种能耗也能给人们带来较舒适的室内热环境, 但这是以牺牲资源和环境为代价的。

在科学技术发达的新世纪, 在欧美等国的新技术成熟和我国新材料丰富的今天, 加上我国已有近 20 年的墙材革新和建筑节能的实践, 完全可以通过保温材料和新型墙体材料在建筑上的合理应用, 来实现人们需要而舒适的室内热环境。这是既节约能源, 又节约土地, 既保护了环境, 又能收到巨大的社会效益。而且这种节约能源的见效周期和节约能源的投资, 远远比开发能源的见效周期快得多, 投资也少得多。矿物能源一旦用掉就不能再生, 而节约能源不仅可以给子孙后代多留一些资源, 也给子孙后代留下一个好的生存环境和一个节约能源的美德。

第二节 保温材料在建筑节能中的重要作用

据统计报道, 1998 年底, 我国有各类建筑 340 亿 m^2 。在改革开放 20 年中新建住宅 170 多亿 m^2 , 其中城镇为 47.5 亿 m^2 , 农村约 130 亿 m^2 , 城镇人均住宅面积已从改革开放初期的 3.3 m^2 增加到 9 m^2 , 农村人均住宅面积也从 8.1 m^2 增加到 23.0 m^2 。“九五”期

间又新建房屋 55 亿 m^2 ，其中城镇住宅为 12 亿 m^2 ，农村房屋为 40 亿 m^2 ^[6]。

在城乡面貌发生巨大变化的同时，人们建造了大量的住宅、写字楼和商场，的确是宽敞、明亮、舒适、甚至豪华，也给人们带来快乐和自豪。但是，这些建筑要使用大量的建筑材料，要消耗大量的不可再生资源 and 能源，特别是保温隔热不良的建筑物，北方的冬季采暖给环境造成的污染，南方的夏季制冷造成电力供应紧张，房产主还要长期支付那些能源利用效率极低的建筑物所造成的浪费能源的资金。

1.2.1 节能建筑的发展进程

1.2.1.1 国外建筑节能的发展

美国在 20 世纪 70 年代制定了《新建筑节能暂行标准》、《新建筑节能设计和评价标准》，德国在 1976 年颁布了《建筑节能法》，加拿大在 1972 年颁布了《新建筑节能法》。法国分三个阶段完成了住宅经济使用能源设计规范，即 1974 年首次颁布的规范，要求在 1958~1973 年间建造的住宅采暖能耗的基础上节能 25%；1982 年的第二套规范，要求在前一规范的基础上再节能 25%；1989 年的第三套规范，要求在第二套规范基础上还要节能 25%^[7]。

在英国的建筑节能法规中，主要是控制外墙的传热系数，而且保温要求在不断提高。如 1963 年要求外墙的传热系数应小于或等于 $1.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，1974~1975 年又修定为 $1.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，1982~1983 年再修定为 $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，1988 年再度降为 $0.45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。这就是说，从相当于 370 mm 厚红砖墙的保温逐步修定为 620 mm、1 190 mm、1 650 mm 厚砖墙的保温效果。

丹麦最初的建筑法规定，重质外墙的传热系数值不得大于 $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，轻质墙不得大于 $1.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，在 1985 年和 1997 年，又先后作了两次修改，重质墙和轻质墙分别降为 $0.3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 和 $0.35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

1.2.1.2 我国建筑节能的进程

我国在 1986 年，建设部颁布了《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》JGJ 26—86。该标准要求 1980~1981 年当地通用设计的采暖能耗的基础上节能 30%，其中建筑物承担 20%，采暖系统承担 10%，虽然相关各地区也制定了相应的《民用建筑节能设计标准实施细则》，但由于该标准是“试行”本，执行得并不好，直到 1995 年底，全国仅建成节能住宅 4 000 万 m^2 。

1995 年，建设部将 JGJ 26—86 试行标准修订为 JGJ 26—95 强制性标准，并将原标准的节能率为 30% 提高到节能率为 50%，其中建筑物承担 30%，采暖系统承担 20%，相关地区也制定了新的《民用建筑节能设计标准实施细则》。到 1999 年底，北方地区累计建成节能建筑 1.3 亿 m^2 ，其中达到节能率为 50% 标准的节能建筑为 2 215 万 m^2 。累计可节约能源 675 万吨标准煤。仅在 1998 年和 1999 年就建成节能建筑 2 100 万 m^2 和 3 484 万 m^2 ，但仍只占同期城市新建住宅的 5.28% 和 7.92%。可见节能建筑的步伐虽然已加快，但节能建筑所占的比例仍很小^[8]。根据我国建筑节能“十五”计划和 2015 年规划，到 2010 年，要在节能 50% 的节能建筑的基础上，再节能 25%，实现累计节能 1.7 亿吨标煤。