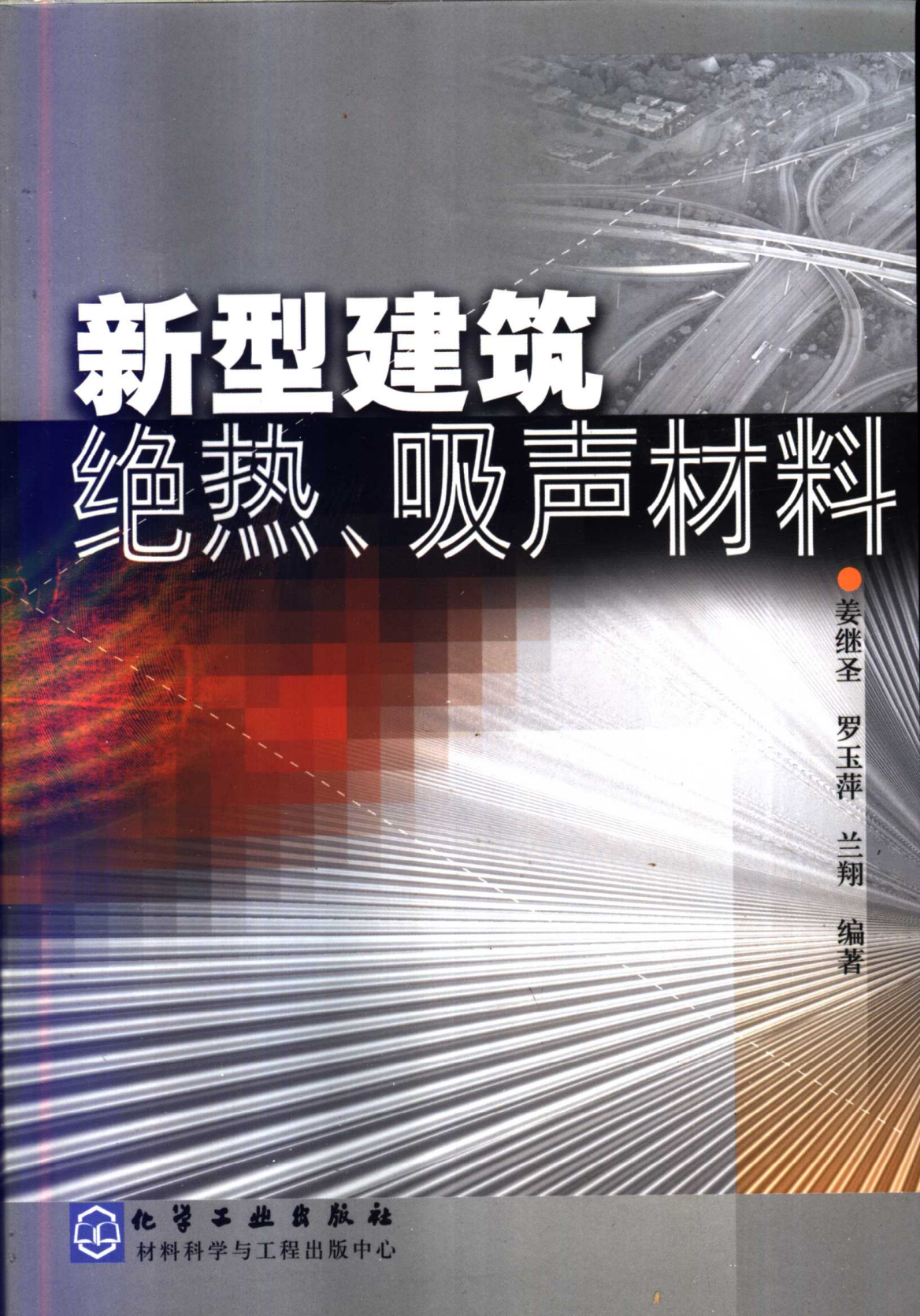




新型建筑 绝热、吸声材料

姜继圣 罗玉萍 兰翔 编著



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

861091

JJS

新型建筑绝热、吸声材料

姜继圣 罗玉萍 兰 翔 编著

化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

·北 京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

新型建筑绝热、吸声材料/姜继圣,罗玉萍,兰翔编著.
北京:化学工业出版社,2002.8
ISBN 7-5025-3907-7

I. 新… II. ①姜…②罗…③兰… III. 建筑材料:
隔热材料:声吸收材料 IV. TU55

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 042386 号

新型建筑绝热、吸声材料

姜继圣 罗玉萍 兰翔 编著

责任编辑:王苏平

责任校对:蒋宇

封面设计:于兵

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

发行电话:(010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市燕山印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 12¼ 字数 341 千字

2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3907-7/TU·14

定 价: 26.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

建筑与人类的生存和生活密切相关。在经历了二十多年的改革开放，中华民族已基本摆脱了贫困，正在逐步或已经奔向小康的过程中，人们的生存意识已经由满足温饱逐渐过渡到追求生活质量。即在重视身体健康以及丰富的物质和精神文化享受的同时，对居住条件和居住环境也提出了更高的要求。

20 世纪 80 年代以来，我国的建筑业取得了突飞猛进的发展。高楼林立，鳞次栉比；新建居民住宅，如雨后春笋，拔地而起。城乡居民的居住条件，得到了前所未有的改善。然而在莺歌燕舞声中，我们也应该清楚地看到，我国目前绝大多数住宅建筑的热工标准不高。这一方面降低了住宅的居住舒适度，与居民日益增长的生活质量要求不相符；而且直接带来的另一方面的严重后果是大量建筑能源的浪费。

随着全球工业化进程的发展，地球上可供人类开采利用的化石燃料资源已近枯竭，世界性的能源危机已不可避免，建筑节能成为人类的共识。过度的能源消耗，不仅违背我国的可持续发展战略，而且会贻害后代，危及中华民族的长远发展。并且由此造成的大气污染，正在损害人类的生存环境，对人的健康造成直接危害。建筑节能成为摆在我们面前的当务之急。

建筑绝热吸声材料是提高建筑物的热工性能，实现建筑节能的物质基础。宣传、推广建筑绝热吸声材料，让更多的人认识、了解新型建筑绝热吸声材料的品种、性能、生产及应用知识，是作者编著本书的初衷。

本书资料的积累得益于作者长期的新型建材教学和科研实践。应化学工业出版社的要求，在系统地收集、整理和借鉴了前人已有成果的基础上，结合作者的实际工作，在对各类新型建筑绝热、吸

声材料进行一般介绍的同时，重点对各主要品种的原材料、生产工艺、技术性能进行介绍。本书的编著由浙江科技学院姜继圣、烟台大学罗玉萍和浙江大学兰翔共同完成。本书的编写工作得到作者所在单位各级领导的大力支持。西南交大焦方栋同学在本书资料的收集、整理过程中作了大量的工作。资料的积累和书稿的完成，还得益于此前作者与中国建筑工业出版社袁孝敏、周世明先生的良好合作以及他们的热情帮助，谨此深表感谢。

我们正处在一个飞速发展的时代，新型建材工业更是如此。新材料层出不穷，受手头资料限制，一些新材料未能编入，一些品种介绍不够详细，有待于今后资料的进一步积累和补充。更由于作者水平所限，疏漏、谬误之处在所难免。恳请各位同仁不吝赐教，提出宝贵批评和修改意见。

编 者

2002年5月18日于杭州

目 录

绪论	1
一、建筑绝热、吸声材料在建筑中的作用及其在国民经济中的地位	1
二、建筑绝热、吸声材料的种类及发展趋势	5
第一章 无机纤维状绝热、吸声材料	13
第一节 岩矿棉及其制品	13
一、概述	13
二、原材料	16
三、生产工艺	18
四、岩矿棉及其制品的技术性能	45
五、岩矿棉及其制品的应用	47
第二节 玻璃棉及其制品	49
一、概述	49
二、原材料	52
三、生产工艺	57
四、玻璃棉及其制品的技术性能	66
五、玻璃棉及其制品的应用	71
第三节 硅酸铝纤维	72
一、概述	72
二、原材料	74
三、生产工艺	76
四、硅酸铝棉及其制品的技术性能	87
五、硅酸铝纤维及其制品的应用	91
第二章 无机多孔状绝热、吸声材料	93
第一节 膨胀珍珠岩及其制品	93
一、概述	93
二、原材料	95
三、生产工艺	95

四、膨胀珍珠岩及其制品的技术性能	111
五、膨胀珍珠岩及其制品的应用	112
第二节 膨胀蛭石及其制品	118
一、概述	118
二、原材料	120
三、膨胀蛭石及制品生产工艺	121
四、膨胀蛭石及其制品的技术性能	131
五、膨胀蛭石及制品的应用	133
第三节 微孔硅酸钙	138
一、概述	138
二、硅酸钙保温材料的原材料及配比	140
三、生产工艺	142
四、微孔硅酸钙保温材料的物理性能及技术指标	149
五、微孔硅酸钙及制品的应用	153
第四节 泡沫石棉	153
一、概述	153
二、泡沫石棉原材料	157
三、泡沫石棉生产工艺	159
四、制品种类及技术性能	162
五、泡沫石棉的应用	164
第三章 泡沫塑料	167
第一节 聚苯乙烯泡沫塑料	169
一、概述	169
二、原材料	170
三、生产工艺	171
四、理化性能及技术指标	176
五、PS 泡沫塑料的用途	177
第二节 聚氨酯泡沫塑料	180
一、概述	180
二、原材料及常用配方	181
三、生产工艺	186
四、聚氨酯泡沫塑料的技术性能	189
五、聚氨酯泡沫塑料的应用	192

第三节 聚氯乙烯泡沫塑料	194
一、概述	194
二、原材料及常用配方	195
三、生产工艺	198
四、聚氯乙烯泡沫的性能指标	202
五、聚氯乙烯泡沫的用途	203
第四节 聚乙烯泡沫塑料	203
一、概述	203
二、原材料与常用配方	206
三、生产工艺	209
四、产品规格及技术性能	211
五、聚乙烯泡沫塑料的用途	212
第五节 脲醛泡沫塑料	213
一、概述	213
二、原材料	214
三、生产工艺	214
四、理化性能及产品技术性能	217
五、脲醛泡沫塑料的应用	218
第六节 酚醛泡沫塑料	218
一、概述	218
二、原材料	219
三、生产工艺	223
四、酚醛泡沫塑料的技术性能	226
五、酚醛泡沫塑料的用途	229
第四章 玻璃绝热、吸声材料	231
第一节 中空玻璃	231
一、概述	231
二、原材料	234
三、生产工艺	235
四、产品品种、规格和技术指标	239
五、中空玻璃的应用	242
第二节 热反射玻璃	242
一、概述	242

二、原材料与生产工艺	245
三、产品种类与技术性能	250
四、热反射玻璃的应用	252
第三节 吸热玻璃	253
一、概述	253
二、原材料	255
三、生产工艺	255
四、产品种类与技术性能	255
五、吸热玻璃的应用	257
第四节 泡沫玻璃	257
一、概述	257
二、原材料	259
三、生产工艺	260
四、产品种类及技术性能	263
五、泡沫玻璃的应用	266
第五章 反射型保温隔热材料	269
第一节 铝箔波形纸保温隔热板	270
一、概述	270
二、原材料及生产工艺	270
三、品种及技术性能	270
四、应用	271
第二节 反射型保温隔热卷材	271
一、概述	271
二、品种规格及技术性能	272
三、应用技术	272
第三节 玻璃棉制品铝箔复合材料	273
一、概述	273
二、产品规格及技术性能	273
三、应用	274
第六章 轻质保温墙体及屋面材料	275
第一节 加气混凝土砌块与板材	275
一、加气混凝土砌块	275
二、加气混凝土板材	281

第二节 石膏砌块与板材	286
一、石膏砌块	286
二、石膏墙板	289
第三节 轻质混凝土砌块与板材	304
一、轻质混凝土空心砌块	304
二、轻质混凝土板材	310
第四节 粉煤灰墙体材料	314
一、粉煤灰砌块	315
二、粉煤灰小型空心砌块	318
第五节 纤维增强水泥板材	321
一、纤维增强低碱度水泥建筑平板	321
二、玻璃纤维增强水泥板 (GRC 板)	324
三、水泥木屑板	328
四、水泥刨花板	330
第六节 钢丝网夹芯复合板材	334
一、钢丝网泡沫塑料水泥砂浆复合墙板	334
二、岩棉夹心板 (GY 板)	336
三、钢丝网夹心复合板材的技术性能	336
四、钢丝网夹心复合板材的应用	340
第七节 有机纤维板与有机复合板	340
一、硬质纤维板	340
二、刨花板	343
三、定向木片层压板 (OBS 板)	347
四、纸面草板	348
五、稻壳板	350
六、有机复合板	351
第八节 塑料板材	352
一、钙塑板	352
二、塑料护墙板和屋面板	353
第九节 新型金属复合板材	357
一、聚氨酯夹芯复合板	358
二、聚苯乙烯复合夹芯板	362
三、岩棉夹芯复合板	364

四、铝塑复合板	366
第七章 吸声制品	370
第一节 吸声制品概述	370
一、多孔吸声材料	370
二、共振吸声结构	371
三、特殊吸声结构	371
第二节 常见的建筑吸声材料	371
一、石膏装饰吸声板	372
二、纤维装饰吸声板	378
三、钙塑装饰吸声板	379
四、聚苯乙烯泡沫塑料装饰吸声板	381
五、硅钙装饰吸声板	381
六、膨胀珍珠岩装饰吸声板	382
七、岩(矿)棉装饰吸声板	384
八、玻璃棉装饰吸声板	387
九、金属装饰吸声板	388
十、水泥木屑天花板	388
参考文献	390

绪 论

一、建筑绝热、吸声材料在建筑中的作用及其在国民经济中的地位

人类的现代文明依赖于能源、信息和材料三大支柱，而材料是一切技术发展的物质基础。没有材料，人类将失去生存的必要条件，更谈不上发展社会的进步与文明。材料是支持人类生存和发展现代文明的重要支柱之一，这一点即使在 21 世纪以后也不会改变。

建筑材料更与人类的生存休戚相关。建筑绝热保温和吸声隔声是节约能源、降低环境污染、提高建筑物居住和使用功能非常重要的一个方面。随着人民生活水平的逐步提高，人们对建筑物的质量要求越来越高。建筑用途的扩展，使对其功能方面的要求也越来越严。因此，作为建筑功能材料重要类型之一的建筑绝热吸声材料的地位和作用也越来越受到人们的关注和重视。

能源问题是当前世界各国普遍重视的问题，并被列为人类面临的四大生存问题之一。随着各国工业化进程的发展，地球上可供人类利用的化石燃料资源日渐枯竭，能源危机的总趋势已不可避免。自从 1973 年世界性的能源危机发生以来，人类从痛苦的经历中开始认识到，无节制地使用能源，必然会导致能源危机的加剧。失去了能源支柱，人类的现代文明就是无源之水，无本之木，可持续发展就无从谈起。解决能源危机的出路只有两条，即在开发新能源的同时注意节约能源。受科学技术发展水平的限制，新能源的开发在短期内尚难起到缓解能源供应紧张局面的作用，因此，自 20 世纪 70 年代以来，世界各国均投入大量的人力、物力进行节能研究。

同时人们发现，随着工业化进程的加快，人类赖以生存的地球环境也正在因此而加剧破坏。这时人们才逐渐觉悟到，无节制地使用能源，在带来经济繁荣的同时，还在自毁人类的生存环境。在给

人们带来舒适和欢乐的同时，这样的工业化、现代化正越来越多地给人类带来苦果，并且贻害子孙，后患无穷。因此，节能是关乎人类生存和发展的大事。若听之任之，最终只能是人类自身毁灭自己。

在我国，能源短缺目前已成为制约我国国民经济发展的重要因素。能源是现代化经济建设的基本物质基础，国民经济的发展以能源的发展为前提。在 1990 年～1995 年这五年间，我国国内生产总值平均年增长率为 12%，而一次商品能源平均年增长率仅为 3.6%。并且在今后相当长一段时间内，我国的能源生产增长速度，还会滞后于国内生产总值的增长速度。因此，能源短缺将会变成我国国民经济发展的“瓶颈”。不采取严格的节能措施，就无法实现国民经济的快速发展。因此，我国亦将节约能源作为经济工作的一项长期任务，并将能源问题列为我国经济建设的战略重点。

在全世界的能源消耗中，由于建筑能耗占人类总能耗的比例甚高（一般在 30%～40%），故世界各国又都将建筑节能列为节能工作的重点。广义的建筑节能，是指“提高建筑中的能源利用效率”。也就是说，所谓建筑节能，绝不是狭义的单指控制在建筑和建筑业中消耗能源的数量，而是要积极采取措施提高能源的利用效率。即要在建筑中合理地使用能源，有效地利用能源。

能源涉及国计民生，我国民生领域能耗巨大。20 世纪 90 年代中期所作的统计资料表明，在我国一次能源总消费量中，城乡民生能耗占 32.2%。仅城镇采暖一项，即占全国商品能源总消耗的 9.6%，而我国采暖区城镇人口仅占全国总人口的 13.6%。随着人民生活水平的提高，采暖、空调需求日益增加，建筑能耗的增长将远高于能源生产增长的速度。因此高耗能建筑的不断兴建，势必会导致能源短缺的加剧，制约国民经济的发展。

由于建筑能耗数量巨大，故其造成的环境污染同样不可忽视。近年来，地球上温室效应、酸雨、厄尔尼诺现象、沙尘暴、水旱灾害频仍，这一切都向人们揭示，过量燃烧矿物燃料所产生的污染正在危及人类的生存，建筑节能是改善大气环境所必需。目前世界上

众多有识之士已逐渐形成这样的共识，即建筑节能是事关拯救地球、拯救人类的大事。因此各发达国家目前制订的节能政策，都十分明确地以减少矿物燃料燃烧排放物为主要目标。在近 20 多年中，建筑节能在世界上成为人类关注的热点问题。

我国由于以煤炭为主要能源，故受煤烟型污染危害则更加严重。近年来，虽在不断进行整治，但以城市为中心的环境污染势头并未得到有效控制。几个主要技术指标如总悬浮颗粒、降尘、二氧化硫和氮氧化物等的变化情况反映出，我国大气污染总的趋势是北方城市高于南方城市，采暖期高于非采暖期，采暖期城市大气污染普遍超标。故除工业用燃煤外，建筑采暖是造成大气污染的一个主要因素。随着城市化进程的发展，采暖建筑越来越多，取暖煤耗还会大幅增加，由烟尘和二氧化碳排放造成的环境污染的加剧将不可避免。大幅降低建筑的单位面积采暖能耗，是保证大气环境指标改善的有效途径之一。

自 1986 年国家颁布《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》等法规以来，我国的建筑节能工作进入全面实施阶段，尤其在最近的十年中，更是取得了长足进展。但与世界发达国家相比，还有相当差距。这些差距一方面表现为我国的单位建筑面积能耗高，而另一方面，则表现为能源的利用率低（我国为 28%，欧美平均近 50%，日本为 57%）。就所用建材而言，目前发达国家的建筑围护材料均采用高效复合绝热材料和密封性能优良的门窗，而我国多数建筑外围护结构的保温隔热性能仍然很差，外墙、外窗漏风严重。如与气候条件相近发达国家的建筑相比，我国华北地区典型的 37cm 砖墙多层住宅，单位面积能耗外墙为发达国家的 4~5 倍，屋顶为 2.5~5.5 倍，外窗为 1.5~2.2 倍，门窗气密性为 3~6 倍。并且采暖系统落后，运行热效率低；加之用热管理方面的一些弊端，不能调动用户参与节能的积极性。因此导致我国一方面能源紧缺，而另一方面采暖用能又浪费惊人的局面。据统计，我国目前的住宅建筑采暖能耗为发达国家的 3 倍左右，建筑能耗远高于发达国家。

改革开放以来，我国建筑业的飞速发展，极大地改善了城乡人民的工作和居住条件，成绩不容置疑。但在经历了 20 多年的改革开放，人民生活水平正在逐渐由温饱向小康转化的今天，回顾我国建筑业的发展历程，我们也不能不清楚地认识到，如仍像以往那样，降低住房的热工标准，不考虑居住的热舒适条件，只追求建房数量，不顾及能源浪费及大气污染，实际上是一种以牺牲长远利益为代价的短视行为，这种发展不可能持久。

要实施可持续发展战略，就必须从每一幢建筑物做起，把建筑节能工作抓紧抓好，坚决遏制建筑用能浪费严重，建筑热舒适状况不佳，而城市大气污染加剧的趋势。可喜的是，近年来，国家加大了建筑节能标准的实施力度，并将建筑节能标准逐步提高。建设部做出明确部署，要求必须认真贯彻，群策群力，把建筑节能工作切实做好。不仅北方地区，而且我国南方的省、市地方政府也都分别进行了具体安排，一些地方通过立法将《建筑节能》作为强制性措施要求执行。因此可以乐观地认为，随着人民生活水平和节能意识的不断提高，节能建筑离我们普通百姓已不再遥远。

有效地利用能源、节能降耗是摆脱能源危机的有效途径之一，建筑保温及各类热工设备的保温绝热，则成为节能的重要措施。

建筑绝热保温材料是建筑节能的物质基础。性能优良的建筑绝热保温材料和良好的保温技术，在建筑和工业保温中往往可起到事半功倍的效果。

统计表明，建筑中每使用 1t 矿物棉绝热制品，每年可节约 1t 燃油。北京安苑北里节能小区的使用情况表明，单位面积节煤率每年为 11.91kg 标准煤/ m^2 。在锅炉、发电设备、工业管道和其他热工设备上，每使用 1m^3 岩矿棉制品，平均每小时可节约能量 $1 \times 10^4 \text{kJ}$ ，每年可节约标准煤 3t 左右。采用良好的绝热措施与材料，可使热量损失降低 95% 左右，不但可显著降低生产能耗和成本，改善环境，同时有较好的经济效益。通常用于保温材料的投资一年左右即可通过节约的能量收回。

据粗略统计，近年我国采暖地区（即严寒和寒冷地区）城镇新

建采暖住宅建筑面积平均为 $1 \times 10^8 \text{m}^2/\text{年}$ ，按照 1996 年国家新颁布的《民用建筑节能设计标准》，若所有新建建筑均达到节能 50% 的指标，则每年可节约采暖用煤 1500kt 标准煤，并可相应减少 SO_2 排放量 127kt，烟尘 6550t，灰渣 2170kt。1996 年到 2005 年 10 年间，即可累计节约采暖用标准煤 8250 万 t。因此开发研制适合我国国情的高效绝热保温材料、大力推广节能建筑，贯彻节能标准对节约采暖能耗、保护环境、保持我国国民经济的持续高速发展具有重要意义。

同时，建筑使用功能的提高，使人们对建筑的吸声隔声性能的要求也越来越高。随着近年来对环境保护意识的增强，噪声污染对人们的健康和日常生活的危害日益为人们所重视，建筑的吸声功能在诸多建筑功能中的地位在逐渐增高。保温绝热材料由于其轻质及结构上的多孔特征，故具有良好的吸声性能。对于一般建筑物来说，吸声材料无需单独使用，其吸声功能是与保温绝热及装饰等其他新型建材相结合来实现的。因此在改善建筑物的吸声功能方面，新型建筑隔热保温材料起着其他材料所无法替代的作用。

二、建筑绝热、吸声材料的种类及发展趋势

绝热（保温、隔热）材料是指对热流具有显著阻抗性的材料或材料复合体；绝热制品则是指被加工成至少有一面与被覆盖面形状一致的各种绝热材料的制成品。

材料保温隔热性能的好坏是由材料导热系数的大小所决定的。导热系数越小，保温隔热性能越好。材料的导热系数，与其自身的成分、表观密度、内部结构以及传热时的平均温度和材料的含水量有关。一般地说，表观密度越轻，导热系数越小。但对松散的纤维材料而言，当表观密度小于最佳极限值时，其导热系数会随表观密度的减少而增大。在材料成分、表观密度、平均温度、含水量等完全相同的条件下，多孔材料单位体积中气孔数量越多，导热系数越小；松散颗粒材料的导热系数，随单位体积中颗粒数量的增多而减小；松散纤维材料的导热系数，则随纤维截面的减少而减小。当材料的成分、表观密度、结构等条件完全相同时，多孔材料的导热系

数随平均温度和含水量的增大而增大，随温湿度的减小而减小。绝大多数建筑材料的导热系数介于 $0.023 \sim 3.49 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 之间，通常把 λ 值不大于 0.23 的材料称为绝热材料，而将其中 λ 值小于 0.14 的绝热材料称为保温材料。进而根据材料的适用温度范围，将可在零摄氏度以下使用的称为保冷材料，适用温度超过 1000°C 者称为耐火保温材料。习惯上通常将保温材料分为三档，即低温保温材料，使用温度低于 250°C ；中温保温材料，使用温度 $250 \sim 700^\circ\text{C}$ ；高温保温材料，使用温度 700°C 以上。

除节能这一主要功能外，建筑绝热材料还应具备如下作用：(1) 绝热保温或保冷，阻止热交换、热传递的进行。(2) 隔热防火。(3) 减轻建筑物的自重。因此绝热材料的选用应符合以下基本要求。(1) 具有较低的导热系数。优质的保温绝热材料，要求其导热系数一般不应大于 $0.14 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，即要求具有较高的孔隙率和较小的表观密度，一般不大于 $600 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。(2) 具有较低的吸湿性。大多数保温材料吸收水分之后，其保温性能会显著降低，甚至会引起材料自身的变质，故保温材料要使之处于干燥状态。(3) 具有一定的承重能力。保温绝热材料的强度必须保证建筑和工程设备上的最低强度要求，其抗压强度应大于 0.4 MPa 。(4) 具有良好的稳定性和足够的防火防腐能力。(5) 必须造价低廉，成型和使用方便。

吸声材料在建筑中的作用主要是用以改善室内收听声音的条件和控制噪声。保温绝热材料由于其轻质及结构上的多孔特征，故具有良好的吸声性能。除一些对声音有特殊要求的建筑物如音乐厅、影剧院、大会堂、大教室、播音室等场所外，对于大多数一般的工业与民用建筑物来说，均无需单独使用吸声材料，其吸声功能的提高主要是靠与保温绝热及装饰等其他新型建材相结合来实现的。因此，建筑绝热材料也是改善建筑物吸声功能的不可或缺的物质基础。

材料吸声性能的优劣以吸声系数衡量，吸声系数是指被吸收的能量与声波原先传递给材料的全部能量的百分比。吸声系数与声音