

KUANGWU BAOWEN GERE CAILIAO JI YINYONG

矿物保温隔热材料 及应用

张凌燕 编著



化学工业出版社

KUANGWU BAOWEN GERE CAILIAO

矿物保温隔热材料 及应用

张凌燕 编著



化学工业出版社

·北京·

内 容 提 要

本书主要阐述了以非金属矿物材料为原料生产保温隔热材料的原理、制造工艺和应用,内容上从矿物保温隔热材料的分类、结构、性质及其影响因素,石棉、蛭石、石膏、硅藻土、珍珠岩、岩棉、浮石及火山灰等矿物保温隔热材料的制造方法、工艺原理及其应用等方面对矿物保温隔热材料进行较为全面的论述;同时从经济合理的观点出发,介绍了保温保冷设计的原理、计算方法和常见的保温保冷工程的施工方法。

本书内容涉及建筑工程和工业上的保温隔热及保冷,可供冶金、机械、电力、化工、建材、建筑、轻工及交通等部门从事保温隔热工程设计、施工、管理人员和从事保温隔热材料研制、生产的科技人员参考,也可作为大学本科高年级学生及研究生相关课程的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

矿物保温隔热材料及应用/张凌燕编著. —北京:化学工业出版社, 2007. 7
ISBN 978-7-122-00530-4

I. 矿… II. 张… III. ①非金属矿物-保温材料②非金属矿物-隔热材料 IV. TB32

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 075511 号

责任编辑: 朱 彤
责任校对: 徐贞珍

文字编辑: 杨欣欣
装帧设计: 张 辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 北京云浩印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张 12 $\frac{1}{4}$ 字数 329 千字
2007 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

前 言

保温隔热技术几乎在所有工业领域中得到广泛运用,民用建筑中也离不开保温隔热,世界范围内的能源短缺对节能提出了更高要求,保温隔热技术已成为节能技术中不可或缺的重要组成部分。矿物保温材料是由各种天然矿物或岩石经加工处理制备而成,以散状粒料、纤维料或各种制品和构件形式在各种保温隔热结构中发挥作用。近年来,各种新型矿物保温隔热材料相继问世,为其在各个工业领域的应用提供了更大的选择余地;同时现代的保温保冷施工技术也有了较大进步。新标准的实施和施工机械化程度的提高,为保温隔热材料标准化、构件化及高性能化提供了可能,矿物资源利用的空间得到更广泛拓展,促进了矿物保温隔热材料的研发、生产及施工技术水平的提高,本书旨在对矿物材料保温隔热技术的最新进展和应用进行全面介绍。

本书主要按非金属矿物的种类对保温隔热材料进行分类,在内容编排上按矿物的性质与组成、矿物加工技术与生产工艺、矿物保温隔热制品及其应用为主要内容。书中涉及的技术指标、标准及规范均力求采用最新国家标准,同时兼顾目前的实际发展。考虑到保温隔热的效果与保温保冷设计及施工技术有关,同时这两者也是保温隔热技术的重要组成部分,因此将这部分内容收编在本书第 15 章和第 16 章中,以满足读者的实际需要。

本书在编写中得到多方指导和帮助,在此表示衷心的感谢:博士生导师袁继祖教授提出了建设性意见;赖伟强做了大量基础工作;李昕和高级工程师对全文进行了校对。同时感谢牛艳萍和李靖

为本书所完成的工作。化学工业出版社对全书的编写和出版给予了大力支持，在此表示深深的感谢！

由于编著者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编著者

2007 年 2 月

目 录

1 绪论	1
1.1 节能与保温隔热材料的应用	1
1.2 矿物保温隔热材料的发展趋势	8
参考文献	13
2 矿物保温隔热材料的分类和基本性质	15
2.1 矿物保温隔热材料的分类	15
2.2 保温隔热材料的性质及其影响因素	17
2.2.1 矿物保温隔热材料的容重和气孔率	17
2.2.2 矿物保温隔热材料的传热过程和矿物保温隔热材料的热学性质	19
2.2.3 矿物保温隔热材料的吸湿性	28
2.2.4 矿物保温隔热材料的力学性能	29
参考文献	31
3 石棉保温隔热材料及其制品	32
3.1 石棉的性质与组成	32
3.2 石棉的加工技术	34
3.3 石棉保温隔热制品	36
3.3.1 织造类石棉保温隔热制品	36
3.3.2 造纸类石棉保温隔热制品	52
3.3.3 模制类石棉保温隔热制品	56
3.4 应用	60
参考文献	62

4 珍珠岩保温隔热材料及其制品	63
4.1 珍珠岩的性质与组成	63
4.2 膨胀珍珠岩的加工技术	66
4.2.1 选矿	66
4.2.2 预热	66
4.2.3 焙烧	67
4.3 膨胀珍珠岩保温隔热制品	67
4.3.1 水泥膨胀珍珠岩制品	70
4.3.2 水玻璃膨胀珍珠岩制品	72
4.3.3 沥青膨胀珍珠岩制品	73
4.3.4 憎水珍珠岩制品	74
4.3.5 磷酸盐膨胀珍珠岩制品	76
4.3.6 石膏珍珠岩制品	78
4.3.7 其他新型保温隔热制品	78
4.4 应用	80
参考文献	83
5 蛭石保温隔热材料及其制品	85
5.1 蛭石的性质与组成	85
5.2 膨胀蛭石的加工技术	87
5.2.1 选矿	87
5.2.2 膨胀加工	88
5.3 膨胀蛭石保温隔热制品	90
5.3.1 水泥膨胀蛭石制品	91
5.3.2 水玻璃膨胀蛭石制品	92
5.3.3 沥青膨胀蛭石制品	96
5.3.4 其他膨胀蛭石制品	96
5.4 应用	98
参考文献	102
6 硅藻土保温隔热材料及其制品	103
6.1 硅藻土的性质与组成	103

6.2 硅藻土及其保温隔热制品的加工技术	105
6.2.1 硅藻土的加工技术	105
6.2.2 硅藻土保温隔热制品的加工技术	108
6.3 硅藻土保温隔热制品	113
6.3.1 硅藻土粉	113
6.3.2 硅藻土隔热砖	114
6.3.3 硅藻土泡沫制品	116
6.3.4 硅藻土质焙烧板	117
6.3.5 硅藻土石棉粉	117
6.4 应用	117
参考文献	118
7 石膏保温隔热材料及其制品	119
7.1 石膏的性质与组成	119
7.1.1 晶体结构	119
7.1.2 物理化学性质	120
7.1.3 分类	120
7.2 石膏的加工技术	122
7.2.1 选矿	122
7.2.2 熟石膏的加工	123
7.3 石膏保温隔热制品	128
7.3.1 石膏砌块	129
7.3.2 石膏板材	130
7.4 应用	143
参考文献	144
8 岩棉保温隔热材料及其制品	146
8.1 玄武岩、辉绿岩的性质与组成	146
8.2 岩棉的性能与加工技术	147
8.2.1 岩棉的性能	147
8.2.2 岩棉的加工技术	150
8.3 岩棉保温隔热制品	157

8.3.1	岩棉保温板	159
8.3.2	岩棉保温管	163
8.3.3	岩棉软毡、岩棉缝毡	167
8.3.4	岩棉保温带	168
8.3.5	刚性岩棉保温隔热制品	169
8.3.6	岩棉保温绳	170
8.4	应用	170
	参考文献	172
9	浮石、火山灰保温隔热材料及其制品	173
9.1	浮石、火山灰的性质与组成	173
9.2	浮石、火山灰的加工技术	176
9.3	浮石、火山灰保温隔热制品	177
9.3.1	浮石混凝土空心砌块	177
9.3.2	浮石混凝土墙板	177
9.3.3	其他的浮石保温隔热制品	179
9.4	应用	180
	参考文献	180
10	沸石保温隔热材料及其制品	182
10.1	沸石的性质与组成	182
10.1.1	晶体结构	182
10.1.2	物理化学性质	183
10.1.3	分类	183
10.2	沸石的加工技术	185
10.2.1	选矿	185
10.2.2	化学增白	187
10.3	沸石保温隔热制品及应用	187
	参考文献	189
11	硅酸钙保温隔热材料及其制品	190
11.1	硅酸钙的性质与组成	190

11.1.1	组成	190
11.1.2	物理化学性质	191
11.2	硅酸钙的生产工艺	193
11.2.1	静态蒸压法	194
11.2.2	动态水热合成法	196
11.2.3	二次反应法	196
11.3	硅酸钙保温隔热制品	197
11.3.1	石棉硅酸钙保温隔热制品	200
11.3.2	无石棉硅酸钙保温隔热制品	201
11.3.3	贴面硅酸钙板	203
11.4	应用	205
	参考文献	206
12	硅酸铝纤维保温隔热材料及其制品	208
12.1	硅酸铝纤维的性质与组成	208
12.1.1	组成与分类	208
12.1.2	物理化学性质	209
12.2	硅酸铝纤维的生产工艺	211
12.2.1	电弧法喷吹成纤工艺	211
12.2.2	电阻熔融成纤工艺	213
12.3	硅酸铝纤维保温隔热制品	216
12.3.1	硅酸铝耐火纤维棉	216
12.3.2	硅酸铝耐火纤维毡	216
12.3.3	硅酸铝耐火纤维湿毡	217
12.3.4	硅酸铝耐火纤维针刺毯	217
12.3.5	硅酸铝耐火纤维板	217
12.3.6	硅酸铝耐火纤维预制组件	220
12.3.7	硅酸铝耐火纤维异型制品	220
12.3.8	硅酸铝耐火纤维纸	221
12.3.9	硅酸铝耐火纤维绳	223
12.3.10	硅酸铝耐火纤维复合制品	224
12.4	应用	224

参考文献	225
13 玻璃纤维保温隔热材料及其制品	227
13.1 玻璃纤维的热力学性能	227
13.1.1 热导率	227
13.1.2 荷重热收缩和使用温度	229
13.1.3 低温特性	230
13.2 玻璃棉的性质与组成	231
13.2.1 组成	231
13.2.2 技术性能	233
13.3 玻璃棉及其制品的生产工艺	234
13.3.1 离心喷吹法生产工艺	234
13.3.2 火焰喷吹法生产工艺	236
13.4 玻璃纤维保温隔热制品	241
13.4.1 玻璃棉制品	241
13.4.2 连续玻璃纤维制品	245
13.5 应用	253
参考文献	254
14 陶粒保温隔热材料及其制品	256
14.1 陶粒的性质与组成	256
14.1.1 组成与分类	256
14.1.2 技术性能	257
14.2 陶粒的生产工艺	258
14.2.1 烧胀法	258
14.2.2 熔吹法	260
14.2.3 烧结法	260
14.3 陶粒保温隔热制品	262
14.3.1 陶粒无砂大孔隔墙板	262
14.3.2 陶粒耐火浇注料	262
14.3.3 陶粒轻质耐火混凝土砌块	267
14.3.4 陶粒混凝土空心砌块	270

14.3.5 粉煤灰陶粒耐热混凝土	273
14.4 应用	274
参考文献	275
15 保温保冷设计	276
15.1 热力设备及管道的保温计算	276
15.1.1 保温层厚度计算	277
15.1.2 保温层的热损失量	282
15.1.3 保温层外表面温度计算	283
15.1.4 双层保温时内外层界面处温度计算	283
15.1.5 能量价格、保温结构单位造价计算	284
15.1.6 保温计算的参数	285
15.2 热力设备及管道的保温结构	287
15.2.1 管道的保温结构	287
15.2.2 管件的保温结构	292
15.2.3 热力设备的保温结构	294
15.3 保温隔热材料的选择	297
15.3.1 不同温度下保温隔热材料的选择	298
15.3.2 经济厚度	300
15.3.3 散热损失和外表温度	302
15.4 保冷计算	305
15.4.1 按防凝露要求计算保冷层厚度	306
15.4.2 按最大允许冷损失量计算保冷厚度	308
15.4.3 按经济厚度计算法计算保冷层厚度	308
15.4.4 冷损失量计算	308
15.4.5 保冷层外表面温度计算	309
15.4.6 保冷层冷收缩量的计算	309
15.4.7 能量价格、保冷结构单位造价计算	310
15.4.8 保冷计算参数	312
15.5 保冷类型与保冷结构	313
15.5.1 保冷类型	313
15.5.2 保冷结构	324

15.6 保温保冷结构设计	328
15.6.1 绝热层设计要求	328
15.6.2 防潮层设计要求	333
15.6.3 保护层设计要求	333
15.6.4 结构部件的设计	334
15.7 保温保冷设计实例	335
参考文献	341
16 保温保冷施工	343
16.1 保温保冷施工的规定与要求	343
16.1.1 保温保冷施工的一般规定	343
16.1.2 保温保冷施工的要求	344
16.2 防腐层的施工	354
16.2.1 需要进行防腐施工的工况	354
16.2.2 防腐涂料的选用	354
16.2.3 防腐层的施工	356
16.3 保温保冷结构的施工	358
16.3.1 填充结构施工	358
16.3.2 捆扎结构施工	359
16.3.3 粘贴结构施工	360
16.3.4 浇灌结构施工	366
16.3.5 喷涂结构施工	367
16.4 保护层的施工	368
16.4.1 金属保护层	368
16.4.2 毡、箔、布类保护层	371
16.4.3 抹面保护层	371
16.5 保温保冷施工实例	372
16.5.1 锅炉保温施工实例	372
16.5.2 30 万吨合成氨装置中的氨球罐保冷施工实例	376
参考文献	377

1 绪 论

节能与保温隔热材料的应用

随着人类生产的发展和生活水平的提高,消耗的能量日益增加,能源枯竭虽不是迫在眉睫的问题,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,无节制地使用资源,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。解决能源问题无非是开源和节流。开源即开发新的能源,如太阳能、地热、潮汐、风力等;节流就是要减少能量损失,杜绝浪费。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被加剧破坏。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方便的同时,正在越来越多地给人类带来苦果并贻害子孙,后患无穷。因此,节能是关乎人类生存和发展的大事,必须引起足够的重视。

工业炉和各种高温反应器是大量消耗能源的设备,但通常热效率很低。图1-1中列出各种常见工业炉的热效率,其最高热效率仅为50%~60%,可见大量的能量被浪费掉。为了弄清工业炉热流的分布情况,常常可利用热平衡表或者热平衡图。表1-1为某隧道窑的热平衡表。由表1-1可见,此窑的热效率接近50%,而在热损失中,通过窑墙、顶和窑车底部的散热占全部热量支出的一半以上。对于这类窑炉,加强保温具有重要意义。由于保温隔热材料的容重小,热容量较低,所以,合理选用保温隔热材料可以减轻工业炉的重量,降低蓄热损失。图1-2中示出四种不同结构的炉墙的散

表 1-1 隧道窑的热平衡

热 损 失	比 例	热 损 失	比 例
辐射传热等散热损失	52.8%	冷却用空气带走热损失(干燥用)	6.3%
窑车带走的热量	2.1%	冷却用空气带走热损失(未回收)	12.8%
管道热损失	3.5%	排气带走的损失	14.5%
坯体水分带走热量	3.9%	总计	100%
烧成品带走的热损失	4.1%		

注：耐火砖烧成效率为 49.4%。

高温流体的输送在工业和民用方面都很重要。管道保温不仅可以减少散热损失，而且还可以保持流体的温度和压力。表 1-2 中列出了输送蒸汽的裸管和用玻璃棉保温筒及硅酸钙保温筒保温时管道的散热损失。由表 1-2 可见，保温以后散热损失几乎只有裸管的 1/10。

表 1-2 蒸汽裸管及保温管的散热损失 / (W/m)

温度/℃		120	130	140	150	160
50(A)①管	裸管	290	331	373	418	464
	玻璃棉保温筒(40mm 厚)	33	35	38	42	47
125(A)管	裸管	605	695	781	854	977
	硅酸钙保温筒(50mm 厚)	67	76	83	91	98

① 日本管径表示法。

英国有关单位对在英国许多重要工业部门广泛使用的保温砖、轻质浇灌料以及陶瓷纤维等高温保温材料的节能效果进行了研究，结果如表 1-3 所列。由表 1-3 可见，保温的节能效果是十分显著的。

除了工业部门以外，为了减少空调的能耗，人们对住宅、房屋的保温愈来愈重视，特别是北欧和北美寒冷地域更是如此。表 1-4 中列出某些国家住宅使用保温隔热材料厚度的变化情况，可见在这段时间内，国外房屋建筑中使用的保温隔热材料大大增加，这样不仅可减少空调能源消耗，而且可以大大减轻建筑物的重量。

不仅是在国外广泛使用保温隔热材料，我国在使用保温隔热材

表 1-3 高温保温隔热材料的节能效果

工业部门	能 量 消 耗		年潜在节能量 /10 ⁶ GJ	采用高温保温材料 节能量/10 ⁶ GJ
	年 份	/10 ⁶ GJ		
钢铁	1978	487.9	2.45	2.45
铝	1978	100	1.05	0.525
铜及铜合金	1980	20	0.5	0.25
铅、锌	1978	12	0.6	0.3
水泥	1976	116	2.9	2.46
建筑砖	1978	28	1.75	1.75
耐火砖	1976	16		
玻璃	1975	45	4.5	2.2
瓷器	1978	17.31	0.65	0.55
化学	1978	461.5	0.5~0.75	0.5~0.75

表 1-4 国外住宅用保温隔热材料厚度的变化 /mm

年份	日本实际厚度 (玻璃棉)	法国实际厚度	丹麦规定厚度		瑞典(南部)规定厚度			美国实际厚度		
			天花板	外墙	天花板	外墙	底	天花板	外墙	底
1950								28	无	无
1960		25			100	80	100			
1970		45								
1972			80	70	6					
1974	34	60	115	75	7(实际)					
1975	43	67						150	90	90
1976	45	73								
1977		78 (预测)	150	12	220	150	150	(300) ^①	(150) ^①	(150) ^①

① 括号表示部分采用。

料对建筑进行保温方面也取得相当好的效果。据统计表明,建筑中每使用 1t 矿物棉保温隔热制品,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