

78.65.2072

860.20.24

热力管道保温设计手册



机械工业部第一设计研究院

1984

目 录

第一章 总论	1	二、玻璃棉及其制品	6
一、保温在国民经济中的地位	1	三、陶瓷纤维及其制品	6
二、保温范围	2	四、膨胀珍珠岩及其制品	6
三、目前使用的部标和国家标准	2	五、硅酸钙	7
第二章 保温材料	2	六、聚氨酯泡沫塑料	7
第一节 保温材料的主要技术指标	2	第四节 国内生产的几种主要保温材料性能介绍	8
一、导热性	2	一、膨胀珍珠岩及其制品	8
二、耐热温度	3	二、玻璃棉及其制品	10
三、化学腐蚀性	3	三、岩棉制品主要技术性能	11
四、容重	3	四、微孔硅酸钙	11
五、孔隙率	3	五、硅酸铝纤维制品	12
六、含湿率	4	六、泡沫塑料	12
七、吸水率	4	七、泡沫石棉主要技术性能	13
八、比热及热容量	4	八、国内保温材料产品性能、价目汇总表	14
九、材料的强度	5	第五节 辅助材料	17
第二节 保温材料的选用原则	5	一、钢丝(铁丝)	17
一、导热系数小	5	二、钢带	18
二、容重小	5	三、铁丝网	18
三、具有一定的机械强度	5	四、铁皮和铝皮	18
四、吸水率小	5	五、油毡	19
五、不易燃烧且耐高温	5	六、玻璃布	19
六、施工方便和价格低廉	5	七、沥青	20
第三节 国外保温材料的发展趋向	5	第三章 保温的热力计算	20
一、石棉及其制品	6	第一节 保温厚度的计算	20
		一、按经济厚度方法计算	20
		二、已知允许热损失,计算保温层厚度	25
		三、已知保温层表面温度为一定值时,计算保温层厚度	28
		四、直埋管道保温厚度的计算	38
		五、地沟管道的温升与厚度的计算	41

六、防冻管道保温厚度的计算.....	48
七、防止空气中水蒸汽在管道或设备表面凝水.....	50
八、按控制管道或设备中流动介质的温降计算厚度.....	51
第二节 热损失的计算.....	53
一、不保温管道的热损失.....	53
二、已知保温层的厚度, 计算热损失.....	55
第三节 表面温度的计算.....	57
一、已知保温厚度及热损失, 求外表面温度.....	57
第四节 温度降的计算.....	58
一、已知热损失求蒸气管道温度降.....	58
第四章 保温结构与施工.....	60
第一节 管道的保温结构.....	60
一、绑扎式.....	61
二、浇灌结构式.....	61
三、整体压制式.....	61
四、胶泥式.....	61
五、喷涂式.....	61
六、填充式.....	61
第二节 管件保温结构.....	62
第三节 保护层.....	63
一、保护层的作用.....	63
二、对保护层的要求.....	63
三、保护层分类.....	63
附录: 参考资料.....	63
附图表: 热力管道保温结构及厚度表M—管48	

热力管道保温设计手册

第一章 总论

一、保温在国民经济中的地位

随着国民经济的发展,能源的需要与日俱增,要使工业高速发展,没有能源是谈不上的,能源是先行,能源的来源只有两个途径,一个是能源开发,另一个是能源的节约。能源的节约其优点有以下几点:

- 1、节能是一种不要资源的“开源”,是一种最好的“开源”和保护资源的方法;
- 2、不要煤矿、油田和电厂的建设。
- 3、就地取得能源,不需要任何能源输送设施的建设。
- 4、它是一种没有污染的能源。
- 5、节能是一种投资省,上马快的能源,开源的周期很长,一般需要十年左右。节能周期短,只要节约每吨标煤所花的投资不超过350元,节能就比开发煤炭经济,而更有意义。

从以上优点看,节能比开发更值得重视,保温是节能的一个方面,而且花钱不多容易收到效果。

1973年世界能源发生危机以来,保温受到各国的高度重视,十几年来保温技术发展非常迅速,如美国1975年制定了“能源政策与节能法”,1976年又制定了“能源节约与生产法”。其中涉及及保温节能的问题。该国1975年曾对耗能最大的化工、石油、冶金、造纸、玻璃等五大工业部门进行测算,认为这些部门采取的措施后,可以节约能源百分之十左右;日本是缺乏资源和能源的国家,近十年中就先后三次修改其保温标准;保温(JIS9501),从修改的情况来看,热设备与蒸汽管道的散热损失由原来的百分之二十到百分之三十降到百分之十至百分之

五,目前正在努力下降到百分之五以下。目前我国也开始重视节能,83年国家计委、经委组织全国供热系统专题调查,其中包括保温专题的调查,调查十四个省市八十五个企业,总的感到我国对保温工作不够重视,主要表现在保温材料的选择后,隔热效率低,保温结构质量较差,大部分阀门、附件没有保温,热损失大。保温与不保温可使热损失减少百分之九十六至百分之九十七,每平方米热表面保温后每年可节约标准煤2.5吨。一只不保温的阀门相当于一米相同管径裸管的热损失,一对公称直径为100毫米的法兰不保温热损失相当于0.5米等直径裸管热损失。

参考资料七介绍,直径越大,温度越高,阀门和法兰损失的热量越大。在周围空气温度25摄氏度的情况下,以公称直径为300毫米,介质温度为400摄氏度不保温与保温的阀门和法兰为例,在10年中其损失见表1—1

表1—1

名称	不保温		保温		保温后可节约	
	损失金额(元)	损失标煤(吨)	损失金额(元)	损失标煤(吨)	金额(元)	标煤(吨)
阀门	7480	97.14	2182	28.34	5298	68.8
法兰	5370	69.74	370	4.8	5000	64.94

管道保温与不保温的热损失相差极大,热损失随管径和介质温度的增加而增加。

设一根公称直径为300毫米的管道,介质温度450摄氏度,周围空气温度25摄氏度,每米每年损失如表1—2

表1—2

不保温	保温		保温后可节约		
	损失金额(元)	损失标煤(吨)	损失金额(元)	损失标煤(吨)	
1185	14.74	31	0.41	1104	14.33

参考资料八介绍, 全国调查85个工厂, 大部分为全国节能较好的单位, 其平均的散热损失为百分之八, 就全国而言可能达百分之十四左右, 目前我国工业锅炉每年用煤量接近2亿吨, 工业锅炉热效率按百分之六十计算, 那么每年热损失的煤量为4660万吨。假如加强保温后, 可以把热损失降低到百分之五以下, 则全国每年可以回收3000万吨煤, 可见保温在节约能源中起到很重要的作用, 化钱不多, 收效很大。

保温除达到节能的目的外, 还可以改善劳动环境 and 安全生产、提高工效的作用。如某造纸厂车间内装有4个直径4米的蒸球, 长期以来没保温, 近二年才开始用岩棉保温, 既缩短了生产加温时间, 又减少散热损失, 每年可节约625吨标煤, 而且改善了工人的劳动条件, 过去室温烤人, 现在只有27摄氏度, 可见保温给生产带来的好处很多。

二、保温范围

凡是符合下列情况的都需要保温。

- 1、为了减少热损失;
- (1) 外表面温度高于50摄氏度的各种设备、管道及其附件。
- (2) 生产中要求介质温度保持稳定的管道及设备。
- (3) 防止管道及设备中介质结晶或冻结。

2、防止烫伤;

- (1) 工艺生产中不宜保温的设备、管道及其附件, 其外表面温度超过60摄氏度而又需要经常操作维护, 能引起烫伤的部位。
- (2) 防烫保温管道上的法兰和阀门可用 $25 \times 25 \times 2$ (毫米) 镀锌铁丝网保护罩来代替防烫保温。

三、目前使用的国标标准和全国通用图:

- 1、国标GBJ235—82《工业管道工程施工及验收规范、金属管道篇》(1982年)
- 2、国标GB4272—84《设备及管道保温技术通则》
- 3、全国通用动力设施标准图集R410—1, 2《热力管道保温结构》《热力管道保温厚度表》1976年编

- 4、全国通用动力设施标准图集R104, 《热力设备保温》1976年编
- 5、全国通用动力设施标准图集CR316·1《油罐保温》1976年编
- 6、全国通用动力设施标准图集CR316·2《油管保温》1976年编
- 7、化工部一九八〇年颁布了《绝热工程施工、验收技术规范》。
- 8、石油部试行《炼油厂设备及管线隔热设计技术规范》和《地上立式钢罐保温设计技术规范》。
- 9、电力部颁布了《火电厂热设备及管道保温材料技术条件和检验方法》。

第二章 保温材料

第一节 保温材料的主要技术指标

在保温工程中, 要想正确地选择和使用保温材料, 必须了解保温材料的各种性能。在与工作条件相适应的前提下, 同时考虑所采用的保温材料 and 保温结构。

保温材料在使用中要求受保温结构自重, 外部荷载与来自设备和管道的应力等机械作用, 室外架空敷设的热力管道还要受到风吹、日晒、雨淋的侵袭, 这些结构或对保温材料均破坏因素, 因此, 在生产制造和设计选用时, 必须控制保温材料的主要技术指标。

一、导热性

保温材料传递热量的性质称为导热性。金属具有最大的导热性, 气体则具有最低的导热性, 作为保温材料, 要求其导热性最低。在室温下, 静止的空气的导热系数为0.02千卡每米·时·摄氏度, 金属的导热系数高达360千卡每米·时·摄氏度。保温材料一般为矿物或多孔材料, 其导热系数介于0.03~0.25千卡每米·时·摄氏度之间。

导热性的大小以导热系数表示。即在稳定热流下, 通过面积为1平方米, 厚度为1米的保温材料, 在1小时间隔时间内, 材料层两面温度差为1摄氏度时所

通过的热量称为保温材料的导热系数。其单位为千卡/每米时摄氏度，用 λ 表示。

如果在二个物体中或几个物体之间有温度差存在，则热量是从温度较高的一侧向温度较低的一侧传递，其传递方式分传导、对流和辐射三种形式，在连续的固体中，传导是热传递的唯一方式，而对流传热只能在液体或气体中进行，但在多孔的固体物质中，如果孔隙内充满液体或气体也能发生对流传热，辐射传热有时发生在多孔的固体孔隙内。

保温材料的导热系数 λ 值大小与材料的容重、水份、气孔率、结构和工作温度有关。一般容重小的保温材料其导热系数值也小，水的导热系数为空气的24倍，因此，当保温材料受潮后材料气孔中的空气被水所替代，其导热系数显著增大，材料的保温性能将显著变坏。在高温时，多孔性保温材料的对流与辐射作用将激烈进行，因而导热系数值也急剧增加。

导热系数随温度变化而变化。导热系数与平均温度的关系可用下式表示。

$$\lambda = \lambda_0 + b t_p \quad (\text{kcal/m} \cdot \text{h} \cdot \text{C}^\circ)$$

式中： λ_0 ——0℃时的导热系数 ($\text{kcal/m} \cdot \text{h} \cdot \text{C}^\circ$)；

b ——每升高1℃时导热系数增加的常数；

t_p ——保温层的平均温度 (C)，一般取热介质温度和保温层表面温度的算术平均值。

二、耐热温度

由于保温材料在使用过程中长时间的受高温的直接作用，因此，要求其保温性能不致于由于温度的急剧变化而丧失其原来的特性。耐热温度是指保温材料安全可靠地工作所能承受的极限温度，也就是保温材料的最高使用温度。保温材料的耐热度主要取决于材料的化学成分。当超过耐热温度时，保温材料将会发生粉化、裂纹，直到松散而失去应有的机械强度，甚至着火烧毁。

三、化学腐蚀性

热力管道所使用的保温材料对金属表面不应有化学腐蚀作用。金属的腐蚀过程受各种复杂因素影响，其中最主要因素是PH值，保温材料的吸水速度以及吸

水率。

在PH值大于13时，金属表面一般不会发生腐蚀。实践证明，当PH值小于13时，尤其PH值小于7~8以下时，保温材料又经常遭受水浸泡时，则会严重地腐蚀金属。

金属的腐蚀速度主要决定于腐蚀部位空气和水的输送速度和数量。因此，对于那些孔隙率大或纤维状材料，而容重又较小的保温材料都具有很快的吸水速度和极大的吸水能力，选用这类保温材料时，应特别注意防止化学腐蚀。

四、容重

在温度为110摄氏度时，经过烘干且呈松散状态（即带有孔隙）存在的保温材料，其单位体积的重量即为该材料的容重。可按下式计算：

$$r_0 = G/V_0 \quad (\text{kg/m}^3)$$

式中： r_0 ——保温材料的容重 (kg/m^3)

G ——保温材料重量 (kg)

V_0 ——材料在自然状态下的体积 (m^3)

保温材料的容重一般为40~400公斤每立方米

容重是保温材料的主要性能指标之一。保温材料的容重愈小，则其保温性能愈好。反之，保温材料的容重愈大，则其保温性能愈差。但对松散材料例外，通过试验求出最佳容重，具有较小的导热系数。一般工程中，为节约能源和保温管道支架结构用钢，应尽量采用容重小的保温材料。

五、孔隙率

孔隙率是指保温材料体积被孔隙充实的程度，即孔隙体积所占的比例以百分比 (%) 表示。

保温材料中的气孔呈两种形式存在，一是闭孔，即气孔本身不通大气，呈密封式气孔；二是开孔，即气孔本身与大气相通。因此气孔的总体积与保温材料的总体积的比值，即为其孔隙率，又叫真孔隙率。如果以开孔体积与保温材料总体积之比，这个比值称假孔隙率。孔隙率可用下式计算，

$$\text{真孔隙率} = (V_1 + V_2) / V \times 100\%$$

假孔隙率 = $V_1/V \times 100\%$

式中: V_1 ——开孔体积

V_2 ——闭孔体积

V ——总体积

孔隙率的大小对保温材料的导热系数影响较大,一般导热系数大小取决于气孔的组织 and 这些孔隙内空气所处的状态,对于纤维和层状组织的材料有纵横不同的方向,其纵向极易通过热流。如果闭孔小而分布均匀,其导热系数低,若增大气孔,特别是增大开孔则热流在内部容易形成对流,这样其导热系数就会增加。有些不规则形状的气孔,会使保温材料制品应力集中,气孔处往往容易破裂,从而使材料强度降低。

六、含湿率

保温材料中呈游离状态存在的水分叫做材料的吸湿率。吸湿率分重量吸湿率和容积吸湿率两种。在材料试样中水分重量与干燥状态下材料试样重量的比值叫做重量吸湿率,在材料试样中水分重量与在干燥状态下材料样品容积的比值叫做容积吸湿率。吸湿率的单位用百分比(%)表示。

吸湿率测定的方法如下:取一材料试样在自然条件下,称其重量 g_1 ,然后将试样置于干燥箱内,定期进行称量,直至干燥至恒重为止。此时干燥材料的重量以 g_2 表示,则材料的吸湿量为 $g = g_1 - g_2$ 。计入干燥材料重量的重量吸湿率 x 为:

$$x = \frac{g}{g_2} = \frac{g_1 - g_2}{g_2} \times 100\%$$

计入湿材料重量的重量吸湿率 y 为:

$$y = \frac{g}{g_1} = \frac{g_1 - g_2}{g_1} \times 100\%$$

上述两种重量吸湿率之间可用下式表示:

$$x = \frac{y}{1 - y}$$

$$y = \frac{x}{1 + x}$$

容积吸湿率 W 为:

$$W = \frac{g_1 - g_2}{V} \times 100\%$$

式中: g_1 ——试样干燥前的重量(g)

g_2 ——试样干燥后的重量(g)

V ——材料在自然条件下(即含有游离水分的材料)的容积(m^3)。

七、吸水率

保温材料吸收水分的性质称吸水性。材料体积用水充实的程度称为吸水率。吸水率可用材料在吸水饱和状态下与干燥状态下的重量差求得:

$$W = \frac{G_2 - G_1}{G_1} \times 100\%$$

式中: W ——材料的吸水率(%) ;

G_1 ——干燥试样的重量(g)

G_2 ——吸水饱和后在空气中的试样重量(g)。

保温材料中含有水分时,不但其容重增大,还会使保温材料的导热系数增大,因而降低其保温性能。如玻璃棉制品的保温材料,吸水率若提高百分之一,其导热系数增加0.002(千卡每米·时·摄氏度)容重为420公斤每立方米的水泥珍珠岩制品体积含水率从百分之一增加到百分之三十三时,其导热系数将增加0.081千卡每米·时·摄氏度。

对于地下敷设的通行地沟,不通行地沟及无沟敷设的保温结构厚度设计时均应考虑含水率,对于较干燥土壤,应选用保温材料绝对含水率为百分之二点五时的导热系数,对于潮湿土壤应选用保温材料绝对含水率为百分之五(通行地沟),百分之十至百分之十五(不通行地沟)及百分之十(无沟敷设)时的导热系数。对于水湿侵蚀较严重的部位不得采用含硫化物的保温材料,通常,对于有水或有湿气侵蚀的保温结构,其保温厚度应乘以1.1~1.3的系数,而对于冷库的保温设计,其保温厚度要乘以1.5~1.7的系数。

八、比热及热容量

保温材料在受热时,要吸收热量,冷却时要放出热量。材料吸热和放热量由

下式计算:

$$Q = G \cdot C \cdot (t_2 - t_1)$$

式中: Q ——材料吸收或放出的热量 (kcal)

G ——材料的重量 (kg)

C ——材料的比热 (kcal/kg·°C)

$t_2 - t_1$ ——材料受热 (或冷却) 前后温差 °C

比热 C 与材料重量 G 的乘积称为材料的热容量。根据保温材料热容量的大小来确定使用的场合。如要求快速加热或冷却使用的热力设备或管道, 应选用热容量小的保温材料, 反之则使用热容量大的保温材料。

九、材料的强度

硬质保温材料在外力 (荷载) 作用下, 抵抗破坏的能力称为强度。当材料承受外力时, 内部就产生应力, 外力逐渐增大, 应力也相应增大。直到质点间作用力不能承受时, 材料即破坏, 此时极限应力值就是材料的极限强度。

保温材料的强度有抗压, 抗拉和抗弯强度等。

不同种类的保温材料其强度不一样, 种类相同的保温材料, 随其孔隙率及结构特征不同, 材料的强度也有很大差异。一般孔隙率越大的材料, 强度越低。强度与孔隙率具有近似直线的比例关系。

为了保证保温材料在运输和施工过程中不致损坏, 对于一些成形的硬质保温制品的抗压强度应不小于 3 千克力每平方厘米。

对于一些散粒状材料, 如珍珠岩等, 要求具有足够的弹性, 其收缩性要小。

第二节 保温材料的选用原则

选用保温材料时, 应从保温材料的主要技术性能、施工、价格及产地等方面综合考虑。

一、导热系数小

作为保温材料, 要求其导热系数越小越好, 一般导热系数 λ 值应小于 0.12 千卡每米时摄氏度特殊情况下也不得大于 0.2 千卡每米时摄氏度。对于在高温条件下

使用的保温材料应选用相同厚度下的导热系数低, 即按导热系数方程式选用。

二、容量小

保温材料的容量一般应小于 500 公斤每立方米。容量小, 可以减少架空敷设管道的支架荷载, 节省基建投资。

三、具有一定的机械强度

除软质、半硬质、散状材料外, 其它保温材料及制品应具有一定的机械强度, 其抗压强度不应小于 3 千克力每平方厘米, 只有这样才能保证在本身自重及外力作用下, 不产生变形和破坏, 才能更好地满足使用及施工要求。尤其是管道架空敷设时, 为便于高空施工, 检修作业, 更应注意选用机械强度较高的保温材料及制品。同时, 机械强度好的保温材料在运输及施工过程中损失率小。

四、吸水率小

保温材料吸水后, 其结构中各气孔内的空气被水排挤出去, 由于水的导热系数比空气的导热系数大 24 倍, 因此吸水后的保温材料的保温性能变坏, 对于那些难以检修的地下敷设的半通行地沟, 不通行地沟及无沟敷设的管道保温更应该注意选用吸水率小的保温材料。

五、不易燃烧且耐高温

保温材料在高温作用下, 不应改变其保温性能甚至着火燃烧, 对于温度较高的过热蒸汽管道保温时, 要选用耐高温不燃的保温材料。

六、施工方便和价格便宜

选用保温材料时应尽量选用成型制品如保温板、管壳及毡类, 对一些附件也应选用制品, 这样便于施工、检修。同时价格应便宜, 并尽可能就地取材, 就近取材, 以减少运输费用和运输过程中的损坏, 从而节约投资。

第三节 国外保温材料的发展趋向

自一九七四年世界发生石油危机以来, 节能工作受到各国的高度重视, 工业

发达的国家先后制订了节能法，具体规定了能源政策与如何合理使用和节约能源等问题。在这些法律中，阐述了在工业和建筑中必须执行的隔热基准，强调加强保温隔热措施的重要性。他们一方面加强保温工程的研究，以开发和生产新型的优质保温隔热材料，一方面国家对保温采取贷款补助和减免税等政策。近年来，国外比较广泛地使用的保温隔热材料有石棉、岩棉、玻璃棉、硅酸钙、软木以及以塑料为主要原料的聚苯乙烯泡沫塑料、聚氨酯泡沫塑料等保温材料。各国为了提高隔热材料的性能，减少热损失，进行了大量的科研工作，使保温隔热材料及其制造工艺技术和制造方法等方面有了新的进展。特别是宇航技术、原子能技术、深冷低温技术的发展促使保温隔热材料向超高温隔热材料和超低温隔热材料的方向发展，出现了许多金属类保温隔热材料，无机轻质材料与有机复合材料，泡沫塑料保温材料以及耐高温纤维及其粘结剂的新型优质保温隔热材料和制品。下面简要地叙述国外几种主要的保温隔热材料的研制生产现状及其发展动态。

一、矿棉及其制品

矿棉一般包括矿渣棉和岩棉。它是利用工业炉渣、矿渣、灰渣或天然岩石（玄武岩）作主要原料生产的棉絮状纤维。其性能类似玻璃棉性能，耐温比玻璃棉高，具有容重轻、不燃、耐腐蚀、隔热效果好、化学稳定性好，价格便宜等优点，是一种优良的建筑保温隔热材料。

目前，国外工业上生产矿棉的方法主要有三种：离心法、喷吹法和离心喷吹法。

在成型胶结材料方面向多种有机树脂及耐高温的精制剂发展，并保留沥青与其它无机胶结剂的专用产品。

二、玻璃棉及其制品

玻璃棉是一种细长纤维，由于纤维较短，一般在150毫米以下或更短。在形态上组织蓬松类似棉絮，故称为玻璃棉。它具有容重小，导热系数低，吸音性能好，过滤效率高，不燃、耐腐蚀等优良性能，是一种良好的绝热（隔热）、吸音、过滤材料。

在生产工艺方面，国外在60年代即采用比较先进的火焰喷吹法和离心火焰喷吹法来代替蒸汽喷吹法，纤维直径可达到4~8微米。采用切板机、贴面机和卷圆机制成各种尺寸的板、缝毡、管壳和管筒。目前玻璃棉制造技术的发展动向是研究降低制品能耗的新工艺。美国还研究成功用粉煤灰作原料在电炉中熔化，生产玻璃棉。

三、陶瓷纤维及其制品

陶瓷纤维是无机纤维的一种，它以氧化硅氧化铝为主要成份，比玻璃纤维、石棉纤维耐热度高，所以也称耐火纤维。

国外，工业化生产陶瓷纤维有三种方法：喷吹法、离心法和溶液纺丝法。

据国外报导，1970年世界上陶瓷纤维产量约为2000吨，1978年增加到43000吨，增长20倍以上。其中900~1100摄氏度使用的一般硅酸铝纤维和高级纤维年产量达30000吨，约占百分之七十。1100~1600摄氏度使用的陶瓷纤维材料约占百分之三十。从增长速率来看，900~1100摄氏度使用的陶瓷纤维年增长率已开始降低，而1100~1600摄氏度的高温陶瓷纤维则供不应求，特别是使用温度在1400~1600摄氏度的氧化铝纤维有急剧增长的趋势。

从品种的发展来看，除了普通硅酸铝纤维（使用温度在1000摄氏度以下），还发展了一系列的耐高温新产品，如含铬硅酸铝纤维，高铝纤维（中档制品使用温度在1300摄氏度以下）以及莫来石纤维，氧化钼纤维，氧化铈纤维（高档制品使用温度在1300~1600摄氏度有的可达1800摄氏度）。

在应用上，陶瓷纤维发展最快，特别是陶瓷纤维炉衬材料给工业窑炉带来了革命性变革，简化设计和砌筑技术，节约燃料，对于间歇作业的窑炉能节约燃料百分之四左右，连续作业的窑炉也能节约百分之十左右，受到高温工作部门的高度重视。此外，陶瓷纤维在原子能反应堆、宇航、汽车发动机以及大型建筑物电气线路上也将得到应用。

四、膨胀珍珠岩及其制品

膨胀珍珠岩是一种白色、多孔的颗粒状物料。它是由酸性火山玻璃质熔岩即珍珠岩经过破碎、筛分、烘干、焙烧膨胀面制成的。它具有质轻、化学稳定性

好,导热系数低、低温不燃等优点,是一种新型的隔热保温、隔音的多功能建筑材料。

目前,全世界已有卅多个国家生产膨胀珍珠岩,1970年世界总产量为89.8万吨,1980年已达到200万吨,其中美国的产量已超过300万立方米,居世界之首。膨胀珍珠岩制品种类繁多,普通膨胀珍珠岩和釉化膨胀珍珠岩,有水泥、水玻璃、沥青、石膏、石灰、合成树脂粘结的珍珠岩制品,还有磷酸盐珍珠岩制品,硅藻土珍珠岩焙烧制品,耐火粘土珍珠岩焙烧制品,以及各种憎水性珍珠岩和发泡珍珠岩制品。

膨胀珍珠岩的应用范围也在不断扩大,例如在工业建筑方面有膨胀珍珠岩轻质混凝土板,隔热和防火抹灰材料,保温和屋面材料,动力工程中的中低温隔热材料,化学、石油、冶金、食品及其它工业部门的过滤粉填料,还广泛地用以制造泡沫玻璃、陶瓷材料、搪瓷材料、搪瓷中的配料组分以及生产水泥作活性外加剂等之用。

五、硅酸钙

硅酸钙保温材料以氧化硅(石英砂粉、硅藻土等),氧化钙(也有用消石灰、电石渣等)和增强纤维(如石棉、玻璃纤维等)为主要原料,经过搅拌、加热、凝胶、成型、蒸压硬化、干燥等工序制成的一种新型保温隔热材料。它具有容重轻、强度高导热系数低等优点,是目前粒状保温隔热材料中较好的一种材料。

自1940年美国首先试制生产微孔硅酸钙并应用于工业保温及建筑隔热以来,得到了很大发展,日本1950年开始干法生产容重为350千克每立方米的硅酸钙制品,1952年开始湿法生产容重为200千克每立方米的轻质制品,1953年日本又从美国引进生产硅酸钙技术,到1970年以后日本又有很大发展,并转卖给美国J·M公司。日本最近在比利时建成大型硬硅酸钙绝热衬板(尺寸为 1.2×3.0 米,厚度可达50毫米)现代化装备生产这种绝热制品。

近年来,国外对微孔硅酸钙的生产也进行了许多改革,一种超轻质和耐高温(900~1000摄氏度)的新型硅酸钙制品已经在工业上推广使用。他们从原料和工艺上进行革新。在原料方面:(1)由石棉改用耐碱玻璃纤维、纸浆纤维、麻纤维的混合物,这种纤维的硅酸钙制品抗压残余强度比较高(加热到650摄氏度

后冷却,残余强度可达70%),能有效地防止热收缩裂纹,(2)采用含杂质少的硅石粉代替硅藻土以减少再热收缩率并提高制品的强度,(3)改用飞灰代替硅藻土,可使制品生成针状结晶的硬硅酸钙。在工艺方面,采用浇制法和压制法并行,同时将高压釜内饱和蒸汽压力提高到14~20千克力每平方厘米,及动态法生产的工艺,用这种工艺生产出的硅酸钙制品系超轻质制品,其容重为100~110千克每立方米,抗折强度达到4.1~5.3千克力每平方厘米,导热系数方程为 $0.031 + 0.00009t_p$,最高可耐1000摄氏度。

硅酸钙保温隔热材料的品种规格主要有板状和管状两种,还有供配套用的斜块,弧形块等。

国外硅酸钙的主要应用有三个方面:第一、在工艺设备上,如高温化学装置,高温贮存库、干燥机等。第二、在各种窑炉设备上如热风炉、干燥炉、加热炉等。第三、防止公害的设施上如集尘机、脱臭机、遮音隔热壁、防热壁等等。

六、聚氨酯泡沫塑料

聚氨酯泡沫塑料(聚氨酯甲酯硬脂泡沫塑料)是由某种类型的聚醚(多元醇化合物)树脂或聚酯树脂和多异氰酸酯加入助剂发泡而成的有机合成材料。它具有密度小、比强度高、绝热、隔音性能好,耐热耐磨以及成型工艺简单等特点是优良的隔热保温材料,也是一种新型的工程材料。

国外在1937年由德国拜耳(Bayer)等第一次合成成功。1950年欧美少数几个国家相继工业化,1957年美国开始生产聚氨酯型聚氨基酯泡沫塑料,到1979年世界的总产量为273万吨,1980年达300万吨,其中软泡沫约180万吨,硬泡沫68万吨,美国产量居世界之首为86.2万吨,预计1984年世界总产量将达480万吨,目前美国、西德、日本、英国、法国、意大利等国家都已大量生产和应用。

从发展动态来看,硬泡沫增长速度比软泡沫快得多。在硬泡沫生产工艺方面除喷涂、灌注以外,大力发展整体模塑制品,各种层压复合材料,并已实现了连续化生产、效率高、无边角度料,提高了原料的利用率。同时采用珠状发泡无气喷涂新工艺,减少泡沫体的密度和喷涂时的毒性,而且开发了制造家具,设备大型构件的反应性注射成型工艺技术。

为了满足某些特殊需求的用户要求,国外还开发了一些特殊性能的品种,如

超低温绝热硬质泡沫 (可在-217摄氏度以下, 保持绝热性能), 超耐燃硬质泡沫, 高强度聚氨酯硬泡沫作为结构材料等。

总之, 国外由于原油价格高涨, 能源供应紧张, 各国都很重视节能材料的生产和应用, 促使保温隔热材料的产量不断增长, 材料的物理性能也逐渐提高, 目前发展的趋势是:

(1) 材料的单体趋向于复合, 特别是有机和无机保温材料的复合, 用无机材料(矿棉等)作芯材外面用泡沫塑料包裹, 这种复合材料的特点是透湿气性好。

(2) 采用新工艺新技术, 提高产品质量, 例如纤维保温材料中的矿棉、玻璃棉, 过去一般采用喷吹式离心法, 现在多数国家均采用多辊离心法或离心火焰喷吹法生产。

(3) 开发应用技术研究, 方便使用, 开拓市场。许多国家保温材料品种规格很多, 适应应用的要求, 而且许多品种可在现场施工, 经济效果好。

(4) 生产原料从天然原料转向人工合成材料或提纯的原料, 以提高产品的物理性能和隔热效果。

(5) 寻找价格低廉的原材料(或废渣利用)生产优质高性能的保温隔热材料。

第四节 国内生产的几种主要保温材料性能介绍

一、膨胀珍珠岩及其制品

1. 膨胀珍珠岩

(1) 膨胀珍珠岩的化学成份 (%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ + FeO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O
~70	11~14	<1	~2	少量	~3	~4	4~6

(2) 膨胀珍珠岩的物理性能

表 2-2-2

项	目	性	能
容重	kg/m ³	40~300	
导热系数	kcal/m·h·°C		
常温时		<0.04 (当容重<180 kg/m ³ 时)	
高温时		0.05~0.15	
低温时	(298~77°K)	0.024~0.033	
耐火度	°C	1280~1360	
安全使用温度	°C	800	
吸水率(%)	(15~30分钟)	重量吸水率400, 体积吸水率 29~30	
吸湿率(%)	(容重为80~300 kg/m ³)	0.006~0.08	
抗冻性	(干燥状态下)	在-20°C时, 经15次冻融, 颗粒度组成不变	
耐酸耐碱性		耐酸性较强, 耐碱性较弱	

(3) 耐碱性

表 2-3

容重 kg/m ³	耐碱性 (剩余量%)		
	10% NaOH	40% NaOH	10% Na ₂ CO ₃ 40% Na ₂ CO ₃
100	19.6	18.0	98.3 96.1
148	24.2	19.3	99.2 96.7
222	31.4	30.0	99.0 96.3

(2) 水泥膨胀珍珠岩制品的高温性能

表 2—6

珍珠岩粉 容重 kg/m ³	用料体积比		烘干强度 抗压 kgf/cm ²	烘干容重 kg/m ³	热面温度 ℃	冷面 温度 ℃	平均温度 ℃	导热系数 kcal/m·h· ℃
	水泥珍珠岩	珍珠岩						
80	1	10	5.9	317	145	50	97.5	0.058
					334	113	223.5	0.090
					548	187	367.5	0.115
100	1	10	7.2	334	185	64	124.5	0.063
					328	107	217.5	0.094
					540	176	358	0.119
120	1	10	8.7	373	170	65	117.5	0.067
					342	121	231.5	0.089
					558	199	378.5	0.123
140	1	10	8.8	401	174	64	119	0.069
					339.7	124.3	232	0.098
					568	210	389	0.131

3、水玻璃膨胀珍珠岩制品一般性能

表 2—7

容重 kg/m ³	抗压强度 kgf/cm ²	常温导热系数 kcal/m·h· ℃	最高使用 温度 ℃	重量吸水率 96小时%	吸湿率% (相对湿度 为100%中20天)

导热系数方程为 $0.052 + 0.00012t_P$

表 2—4

(4) 耐酸性

容重 (kg/m ³)	抗酸性 (剩余量 %)			
	盐	硫酸	硫酸	硝酸
80~120	99	99.5	100	98.4
120~160	98.8	98.7	100	98.8
160~300	98.9	98.5	100	98.7

注: (1)本表系将珍珠岩放在酸溶液中煮沸 2 小时后, 称其剩余量来表示其耐酸性;

(2)表中稀酸之浓度为: 酸: 水 = 1: 5, 硫酸比重 1.84; 盐酸比重 1.19; 硝酸比重 1.42。

2、水泥膨胀珍珠岩制品

(1) 水泥膨胀珍珠岩制品的一般性能

表 2—5

容重 kg/m ³	抗压强度 kgf/cm ²	抗折强度 kgf/cm ²	使用 温度 (℃)	导热系数 kcal/m·h· ℃	吸水率 24小时%	吸湿率 24小时 %	软化系数

上表中制品以 500 * 硅酸盐水泥为胶结剂。

二、玻璃棉及其制品

1、各种玻璃棉的性能

表 2—8

名称	纤维直径 (μm)	容重 (kg/m ³)	常温导热系数 (kcal/m·h·°C)	耐热度 (°C)	备注
普通玻璃棉	<15	80~100	0.045	≤300	(1)使用温度不能超过300°C (2)耐腐蚀性强
有碱超细玻璃棉	<4	20	0.028~0.03	≤400	一般使用温度不能超过400°C
无碱超细玻璃棉	<4	20	0.028~0.03	≤600	(1)一般使用温度为-120~600°C (2)耐腐蚀性强
中级纤维棉	15~25	80~100	≤0.05	≤450	(1)一般使用温度不超过300°C (2)耐腐蚀性强

2、超细玻璃棉的化学成份

表 2—9

成份	SiO ₂	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	B ₂ O ₃	MgO	BaO	ZnO	CaO	Na ₂ O + K ₂ O	其它
无碱% 50~55	14~15	12~2	4~5	1~5	—	18~16	—	—	0
有碱% 60~70	2~1.5	9~3	1~4	—	6.5~9	7~8	13~17	1~3	

3、普通玻璃棉制品主要技术性能

表 2—10

制品种类	中级纤维淀粉粘剂制品	中级纤维酚醛树脂制品	玻璃棉沥青粘剂制品
纤维直径 (μm)	10~25	10~25	10~13
容重 (kg/m ³)	100~130	120~150	75~135 (生产) 100~170 (安装)
大于0.5mm渣球含量%	≤1	≤1	≤3.5
含湿率 %	≤1	≤1	≤0.5
常温导热系数 (kcal/m·h·°C)	0.034~0.04	0.035~0.04	0.035~0.05
导热系数方程式 (kcal/m·h·°C)	0.036~0.038 + 0.00015t _p	0.036~0.038 + 0.00015t _p	0.05 + 0.00017t _p
使用温度 °C	-35~300	-35~350	-20~250
组织结构	纤维及粘剂分布均匀, 无分层现象	纤维及粘剂分布均匀, 无分层现象	纤维及粘剂分布均匀, 无分层现象

技术性能	制品种类	岩棉保温板 (半硬质)	岩棉保温毡 (垫)	岩棉保温管壳管筒
纤维平均直径 (μm)	4~7	4~7	1~7	4~7
容重 (kg/m ³)	100~200	100~200	80~150	100~200
大于0.25毫米渣球含量%	≤1	≤0.4	≤1	≤1
含湿率 %	≤1	≤1	≤1	≤1
抗折强度 kgf/cm ²	1.5~2.0	5.8	5.8	5.8
常温导热系数 kcal/m·h·°C	0.035	0.04~0.05	0.04~0.045	0.045~0.05
导热系数方程 kcal/m·h·°C	0.03 + 0.0002t _P	0.03~0.034 + 0.00014t _P	0.03~0.034 + 0.00014t _P	0.03~0.034 + 0.00018t _P
使用温度 °C	-120~400	-120~400	-120~400	-120~400
组织结构	均匀, 不允许有分层现象	纤维和粘剂分布均匀, 无分层现象	纤维和粘剂分布均匀, 无分层现象	纤维和粘剂分布均匀, 无分层现象

表 2-12

5、无碱超细棉制品主要性能

技术性能	制品种类	无碱超细玻璃棉无脂毡和缝合毡
纤维平均直径 (μm)	≤4	≤4
使用容重 kg/m ³	40~60	40~60
安装容重 kg/m ³	60~80	60~80
大于0.25毫米渣球含量 %	<0.4	<0.4
含湿率 %	<1	<1
常温导热系数 kcal/m·h·°C	≤0.03	≤0.03
导热系数方程 kcal/m·h·°C	0.028~0.03 + 0.0002 t _P	0.028~0.03 + 0.0002 t _P
使用温度 °C	-120~300	-120~300

四、微孔硅酸钙

1、硅酸钙化学成份:

SiO ₂	36.19%	CaO	30.92%
Al ₂ O ₃	8.34%	MgO	2.58%
Fe ₂ O ₃	2.17%	烧失量	17.98%

2、微孔硅酸钙主要技术性能

表内使用温度系采用酚醛树脂粘制品

技术性能

纤维平均直径 (μm)	≤4	≥1.5	≥1.5	≥1.5
使用容重 kg/m ³	40~60	-268~500	-268~400	-268~350
安装容重 kg/m ³	60~80	-268~500	-268~400	-268~350
大于0.25毫米渣球含量 %	<0.4	≥87	(r' = 70hg/m ³) >70	(r' = 200kg/m ³) ≥93
含湿率 %	<1	≥1.5	≥1.5	≥1.5
常温导热系数 kcal/m·h·°C	≤0.03	≥1.5	≥1.5	≥1.5
导热系数方程 kcal/m·h·°C	0.028~0.03 + 0.0002 t _P	0.03~0.034 + 0.00014t _P	0.03~0.034 + 0.00014t _P	0.03~0.034 + 0.00018t _P
使用温度 °C	-120~300	-268~500	-268~400	-268~350

容 重 kg/m^3	200~250
抗压强度 kgf/cm^2	浇制 ≥ 5 压制 7.6~10
抗折强度 kgf/cm^2	浇制 ≥ 2.5 压制 3.6~5
高温残余强度 (在不同温度下受热6 小时与烘干强度之比)	400°C 93% 500°C 81.5% 600°C 80.2%
再热收缩率 %	≤ 2 (650°C时)
重量吸水率 %	390
体积吸水率 %	87.5
常温导热系数 $\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{°C}$	0.051~0.052
导热系数方程 $\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{°C}$	0.042~0.00013 t_p
使用温度 °C	600

五、硅酸铝纤维制品

表 2-15

技术性能	制品种类	硅酸铝纤维制品 (板、毡、管壳)
纤维直径 (μm)		2~5
大于0.25毫米渣球含量 %		< 4
容 重 kg/m^3		150~200
高温弹性恢复系数 %		≥ 65 (1000°C 加热二小时)
高温线收缩率 %		≤ 4 (1150°C 6小时) ≤ 0.5 (900°C)
导热系数方程		0.04 + 0.0001 t_p
使用温度 °C		1000
化学成份		$\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 50\%$; $\text{SiO}_2 44\sim 52\%$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 1.2\%$ $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 \geq 96\%$

六、泡沫塑料

1、可发性聚苯乙烯泡沫塑料主要技术性能 表 2-16

技 术 指 标	聚苯乙烯泡沫塑料板、管壳
容 重 kg/m^3	20~50
抗压强度(压缩10%) kgf/cm^2	1.2~1.8
抗拉强度 kgf/cm^2	4
常温导热系数 $\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{°C}$	0.027~0.04
导热系数方程 $\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{°C}$	0.03 + 0.00012 t_p
比热容 $\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{°C}$	0.35
蒸汽渗透系数 $\text{g/m}\cdot\text{h}\cdot\text{mmHg}$	0.00134~0.0018
重量吸水率 %	0.11~0.40
体积吸湿率(相对湿度95%的空气中90天) %	0.035
防火性	易燃、但离火即熄
使用温度	-80~75 (在此负温下, 仍具有弹性)
化学稳定性	对水、海水、浓硫酸、磷酸、50%苛性钠(钾)的侵蚀均稳定, 仅溶于丙酮、苯、混和汽油、香蕉水等。
制品加工性	易于切割, 可用聚酯酸乙稀乳、环氧树脂、酚醛树脂、聚氨酯预聚体等粘结

2、聚氨脂泡沫塑料主要技术性能

表 2—17

技术指标	硬质制品	软质制品
容重 kg/m^3	30~50	30~42
压缩10%时抗压强度 kgf/cm^2	> 2	
常温导热系数 $\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{C}^\circ$	0.02~0.025	0.02
重量吸水率 %	0.2~0.3	
体积吸水率 %	0.03	
使用温度 $^\circ\text{C}$	-80~120	-50~100
防火性	可燃, 离火二秒自熄	
化学稳定性	耐机油、20% HCl 、45% NaOH 侵蚀24小时无变化	

3、聚氯乙烯泡沫塑料主要技术性能

表 2—18

技术指标	硬质制品	软质制品
容重 kg/m^3	40~50	27
抗压强度 kgf/cm^2	≥ 1.8	5~15
常温导热系数 $\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{C}^\circ$	≤ 0.037	0.045
重量吸水率 %		≤ 0.5
使用温度 $^\circ\text{C}$	-35~80	-60~60
防火性	可燃, 移去火焰自熄	
化学稳定性	对大多数酸、碱作用能稳定, 但可溶于酮类及其芳香族溶剂	

七、泡沫石棉主要技术性能

表 2—19

技术性能	泡沫石棉 (板型)
纤维平均直径 (μm)	< 3.5
生产容重 (kg/m^3)	40~50 (可生产 80~120)
抗拉强度 (kgf/cm^2)	0.5~1
常温导热系数 ($\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{C}^\circ$)	0.038~0.045
导热系数方程 ($\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{C}^\circ$)	$0.033 + 0.0002t_P$
含湿率 (%)	≤ 2
使用温度 ($^\circ\text{C}$)	500
尺寸允许误差 (mm)	
长度	± 15
宽度	± 10
厚度	-2, +3
组织结构	纤维分布均匀, 无空隙、球状及分层现象
参考价格 (元/ m^3)	320

生产厂: 湖北襄樊市石棉厂,

陕西咸阳石棉厂。

八、国内保温材料性能、价目汇总表

表 2—20

类别	产品名称	导热系数		容量 kg/m ³	适用温度 °C	抗压强度 kgf/cm ²	参考价格 (出厂价) 元/m ³	主要生产厂家
		常温	kcal/m·h·°C					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
膨胀珍珠岩类	一级	<0.045		<80			35	11,12,13,15,16,17,19,32,34,37,40,50,58
	二级	0.045~0.055		80~150	~200		25	11,12,13,15,17,19,32,34,50,58
	三级	0.055~0.065		150~250	~800		15	11,15,17,32,50,58
珍珠岩类	水泥珍珠岩板、管壳	0.05~0.075	0.05+0.00022t _P	250~400	≤600	5~10	130~150	1,2,3,11,12,13,14,15,16,17,19,20,21,29,32,34,35,37,39,40,42,43,47,48,50,51,58,60
	水玻璃珍珠岩板、管壳	0.048~0.056	0.052+0.00012t _P	200~300	<650	6~12	200~300	11,13,17,19,20,32,42,48,50
	憎水珍珠岩制品	<0.05		200~300		>5	180	50
普通玻璃棉	中级纤维淀粉粘制品	0.034~0.04	0.036~0.038+0.00015t _P	100~130	-35~300		160~190	
	中级纤维酚醛树脂制品	0.035~0.04	0.036~0.038+0.00015t _P	120~150	-35~350		220	22,36,41,52,55,59
	玻璃棉沥青粘制品	0.035~0.05	0.05+0.00017t _P	75~135(生产) 100~170(安装)	-20~250		450元/吨	
超细玻璃纤维类	超细棉(原棉)		0.028+0.0002t _P	18~30	-100~450		550元/吨	
	超细棉无脂毡和缝合垫	≤0.03	0.028+0.0002t _P	40~60(生产) 60~80(安装)	-120~400		600元/吨	5,6,23,24,36,38,45,46,54,61
	超细棉树脂制品	0.035	0.03~0.033+0.0002t _P	60~80	-120~400		360	
微孔硅酸钙(管壳)	无碱超细棉	≤0.03	0.028~0.03+0.0002t _P	40~60(使用) 60~80(安装)	-120~600		3600~4000元/吨	6,24,36,45,46
		0.051~0.052	0.035~0.042+0.00013t _P	200~250	600	5~10	332~385	4,18,30,49,57,63