

玻璃纖維及其在建筑上的应用

建 筑 工 程 出 版 社

內容提要 本書系根据 苏联技术 委员会 和技术 管理局編的“情报通訊”譯出。書內介紹了玻璃纖維及其制品的各种性能及其檢驗方法，并闡述了建筑用玻璃纖維的各种生产方法及其应用范围，对各地大力发展玻璃纖維的生产很有参考价值。

本書可供各專区、县、乡生产玻璃纖維人員参考。

原本說明

書 名	Информационные Сообщения
編 著 者	Технический Совет И Техническое Управление
出 版 者	Промстройиздат
出版年月	1956

玻璃纖維及其在建筑上的应用

建筑工程部 玻璃陶瓷研究院
玻 璃 設 計 院

1958年11月第1版 1959年3月第2次印刷 3,061—7,070册

787×1092 • $\frac{1}{32}$ • 50千字 • 印張 $2\frac{1}{4}$ • 定价(9)0.25元

建筑工程出版社印刷厂印刷 • 新华書店发行 • 統一書号: 15040·1389

建筑工程出版社出版(北京市西郊百万庄)

(北京市書刊出版业营业許可証出字第052号)

目



序言	(3)
用玻璃纖維制成的隔热和隔音制品的性能	
及其檢驗方法	(5)
纖維直徑的平均值之測量	(5)
玻璃纖維板和席厚度之測量	(9)
玻璃纖維布厚度之測量	(10)
振動安定性	(12)
制品的容積空隙度	(12)
吸濕性	(13)
化學安定性	(13)
玻璃纖維的機械強度	(14)
熱穩定性	(16)
玻璃纖維的過濾性能	(17)
耐火性	(19)
抗凍性	(20)
導熱系數	(21)
玻璃纖維席和板的聲學性能	(26)
隔音性能	(28)
吸音系數之測量	(31)
建築用玻璃纖維的生產方法	(36)
漏孔法	(38)
制玻璃纖維的漏孔電爐	(38)
生產玻璃纖維用的移動漏孔爐	(40)

用玻璃棒制造纖維的方法	(42)
离心法	(43)
噴吹法	(46)
气流法	(49)
玻璃纖維及其制品的应用范围	(52)

序 言

玻璃纖維和玻璃纖維制品具有很多特点：容重小，导热系数低，吸音系数較高，并且具有耐振性和耐溫性。由于具有上述这些性質，因此它是一种最好的隔热和隔音材料。

用玻璃纖維制成的各种制品，在国外应用很广。在建筑上利用容重为30—180公斤/立方公尺的玻璃纖維板裝置在鋼筋混凝土和其他結構內，大大提高了这些結構物的質量，同时还改进了其隔热、隔音性能。

隔热、隔寒和隔音的玻璃纖維耐火板，在造船业、汽車及鐵路運輸方面，以及冷藏和其他工业部門都有着很广泛的用途。容重为300—1800公斤/立方公尺的玻璃纖維板及各种玻璃纖維制品可用作为結構材料。玻璃纖維与各种物質（淀粉、瀝青、塑料、石膏、水泥、金屬和其他）配合可制成各种建筑材料和制品。同时，它还是制造空气过滤器和液体过滤器的一种极好的材料。

用玻璃纖維制成的过滤器可安装在民用建筑物和工业建筑物上供清洁空气之用。

近几年来，玻璃和玻璃纖維研究院，热工設計院，共和国地方建筑材料科学研究院及許多其他机构对建筑上用的玻璃纖維制品的物理化学性質（容重、热傳导性、隔音性及其他等）都进行了研究。

М·С·阿斯兰諾娃（Асланова），А·Н·博夫庫年科（Бовкуненко），Т·М·巴尔巴里納（Барбарина），Т·М·巴尔帖涅夫（Бартенев），О·К·博特文金（Ботвинкин），А·Ф·查克（Зак），Ю·П·馬尼科（Малько）和С·Ф·皮亞特金（Пяткин）等著有关于这方面的著作，在实际上和理

論上都有很重要的意义。在这些作者的著作中指出改进玻璃纖維生产的方法以及如何改进 玻璃纖維制品 的質量 和降低 其生产成本。

本書所介紹的是关于建筑用玻璃纖維及其制品（图 1、2、3、4、5、6）的物理化学性質，以及其生产方法和在建筑上的应用範圍。

用玻璃纖維制成的隔熱和隔音 制品的性能及其檢驗方法

纖維直徑的平均值之測量

玻璃纖維直徑的平均值乃是確定玻璃纖維制品的一系列其他性質的主要指標。



图 1 玻璃棉

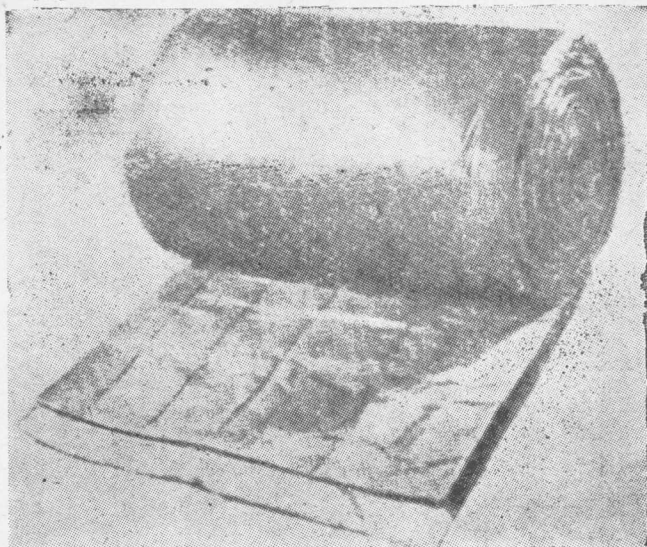


图 2 玻璃纖維隔热席

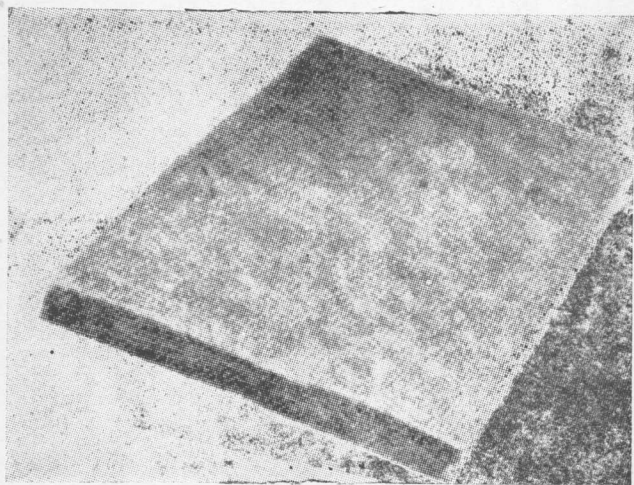


图 3 玻璃纖維板

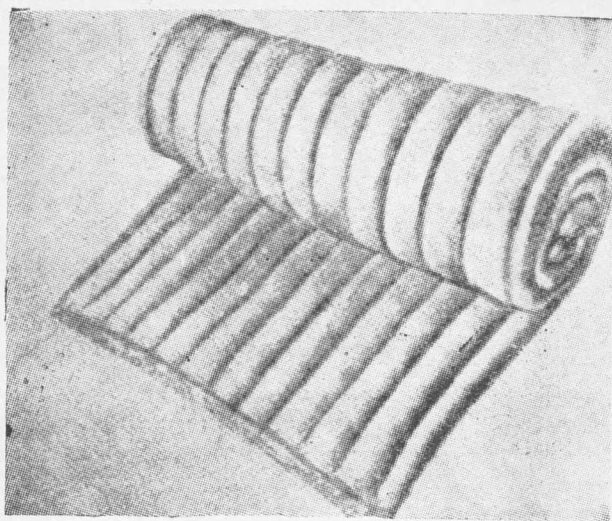


图 4 玻璃纖維制成之軟墊（用棉綫縫合）

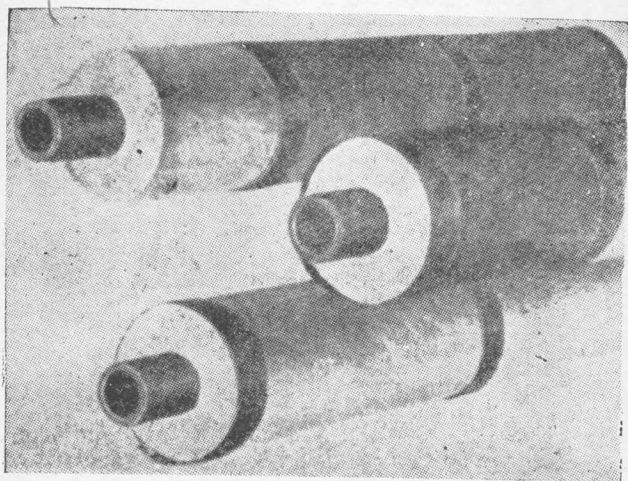


图 5 玻璃纖維制成的外壳

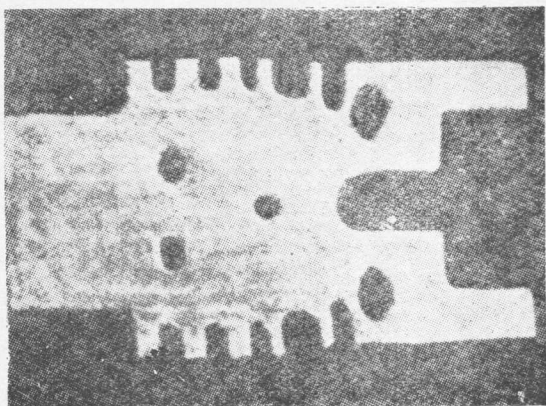


图 6 玻璃纖維制成的機車上隔热用的花样另件

測量纖維的直徑是利用具有測微目鏡并能放大三百倍的顯微鏡來進行的。

接目鏡標尺的刻度值應不得超過 3—4 微米。

在測定纖維直徑的平均值時，最好是取 30—50 根，纖維進行測量，而在要求特別精確的情況下，可取 100—500 根纖維進行測量。纖維的平均直徑按下式計算：

$$M = \frac{\sum V}{n} m$$

M ——纖維直徑的平均值；

n ——測量次數；

m ——接目鏡標尺的刻度值；

$\sum V$ ——直徑值的全部測量總和。

以下乃是各種材料的纖維直徑平均值之比較數據：

材 料 名 称	纖維厚度微米
紡織用玻璃纖維	3—7
隔熱用玻璃纖維	20—50
棉	20—48
亞麻	11—120
羊毛	15—60

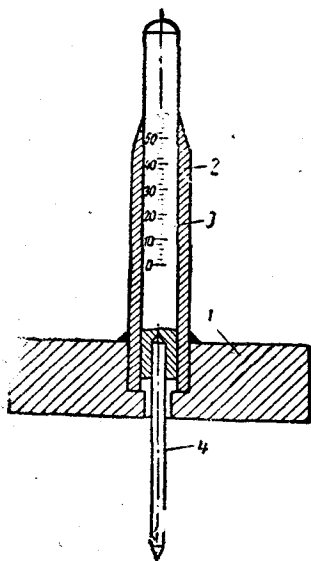


图 7 測厚計外觀

玻璃纖維板和席厚度之測量

由于玻璃纖維制品之結構的不穩定，因此不可能用一般測量儀器（尺，千分尺）來測量其厚度。因而採用測厚計（图 7）來測量玻璃纖維板和席的厚度。測厚計為一鐵盤 1，厚度約 25 公厘，在鐵盤的中心焊接有管 2，在管 2 的內部有一帶有刻度并能移動的杆 3，杆 3 的末端裝置有一針 4。當測量制品厚度時，鐵盤 1 產生一定的壓力，該壓力使制品具有極穩定的結構。改變鐵盤的重量，可使每 1 平方公分上具有所期望的適當的壓力。

在測量厚度時，先將制品放置在一光滑而堅硬的平面上。再將測厚計放在制品的上面，測厚計本身的重量即為所要求的荷重，然後，用手向下壓測厚計上的杆 3，使針 4 穿透整個席子的厚度直到不能再向前伸為止。於是制品的厚度就從測厚計的管子

上端水平处的刻度尺上測量出。

該測厚計測量的精確度達 1 公厘。

玻璃纖維布厚度之測量

為了使某些制品（例如玻璃纖維布）厚度測量的精確度能達到 0.1 公厘起見，我們所使用的測厚計與一般常用的紹普彼爾（Шонпер）型測微計不同，其特點是利用這種儀器可以在 0.03—2.0 公斤/平方公分的各種不同荷重下進行厚度的測量。

通常是在單位荷重為 0.2 公斤/平方公分的情況下測量厚度（圖 8）。

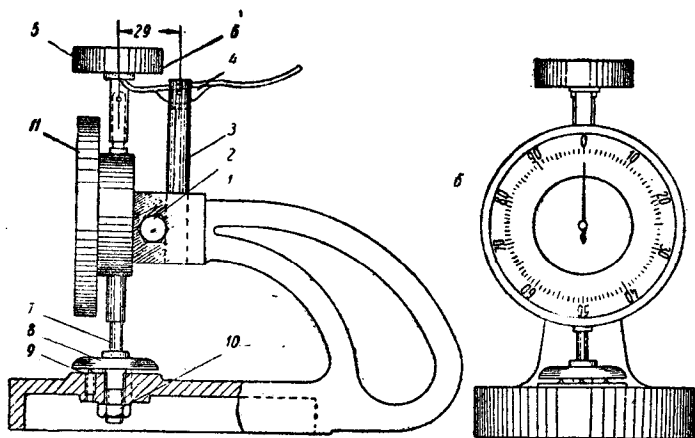


圖 8 測厚計

a—外視；6—側視

1—底座；2—螺栓；3—支杆；4—叉子；5—荷重的噴嘴杆；6—荷重；7—上部頂蓋；8—下部頂蓋；9—支持螺旋；10—螺帽；11—標準指示器

容 重

席、板和玻璃纖維布的容重按下式計算：

$$W = \frac{P}{a \cdot b \cdot c}$$

W ——容重，公斤/立方公尺；

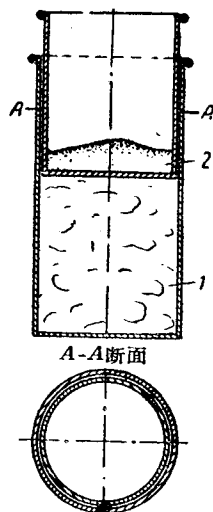
P ——制品重量，公斤；

$a \cdot b \cdot c$ ——長度，寬度，厚度，公尺，

測定玻璃棉容重所使用的儀器是由大小兩個圓筒組成，這兩個圓筒是一個套在另一個圓筒內（見圖 9）。大圓筒尺寸為：高 600 公厘，內徑 300 公厘。小圓筒尺寸為：高 380 公厘，外徑為 290 公厘。

為了測定玻璃棉的容重，以工業用天枰稱量 4 公斤玻璃棉，並將其分 6—8 次，放入大筒內。

圖 9 玻璃棉容重
測定儀
1—玻璃棉；2—砂



在小筒內裝入砂子，砂子的重量為 14 公斤（包括筒的重量在內），其相應壓力為 0.02 公斤/平方公分。變換砂子的重量，就可調節玻璃棉上所須要的壓力。將小筒套入到大筒內。在壓力下，玻璃棉向下沉了一些，並佔據了一定的容積。

玻璃棉的容重按下式計算：

$$W = \frac{P}{V} = \frac{58.5}{H} \text{ 公斤/立方公尺}$$

H ——層的高度，公尺；

P ——重量，公斤；

V ——容積，立方公尺；

在玻璃研究院中，曾在确定席的容重与纖維的平均直径和压力之间的关系方面进行了一些工作。茲將所得結果列入表 1 內。

玻璃纖維席的容重与其纖維的平均直径和压力之关系

表 1

纖維的平均 直径 微米	在下列荷重下 (公斤/平方公分) 的容重 (公斤/立方公尺)				
	0.005	0.01	0.02	0.03	0.04
15.0	97.8	114.7	135.5	148.5	156.4
20.0	94.8	111.2	127.5	138.6	149.0
25.0	103.0	117.4	135.1	149.0	157.2
30.0	91.4	106.0	124.4	136.2	145.9
35.0	93.4	109.9	128.8	140.4	148.8

由表 1 可看出，在較小的荷重下，改变纖維的平均直径（从 15—35 微米）时，容重沒有改变，而在較大的荷重下（0.02—0.04 公斤/平方公分），当增加纖維直径时，容重就要降低。

振动安定性

曾把用吹制法制得的含有 15—20% 非纖維夹杂物的玻璃棉进行了振动安定性試驗。試驗的方法是使用頻率為 50 赫芝和振幅為 5—6 公厘的电力振动器將試体加以振动之。試驗表明，在經過 10 小时振动后，碎落的纖維之数量为 0.5%（按重量計）。因之，玻璃纖維制品乃是抗振性材料。

制品的容积空隙度

光是使用玻璃纖維制成的制品，其容积空隙度是按以下公式計算：

$$K = 100 - 40 \gamma \text{ 制品}$$

K ——容积空隙度，%；

γ ——制品之容重，克/立方公分，

用胶粘剂浸潤过的玻璃纖維制品，其容积空隙度按以下公式計算之：

$$K = 100 - \gamma \text{ 制品} \left(40 + \frac{P}{\gamma \text{ 浸潤剂}} - 0.4P \right)$$

K ——容积空隙度，%；

P ——燒失量，%；

γ 浸潤剂——浸潤剂之比重，克/立方公分；

γ 制品——玻璃纖維制品之容重，克/立方公分。

吸 湿 性

玻璃纖維制品的吸湿性大小取决于玻璃的化学成分和化学安定性。

吸湿性等于0.01—0.06的玻璃纖維制品，是用下列成分的玻璃制成的：

$\text{SiO}_2 - 72.4\%$	$\text{Al}_2\text{O}_3 - 0.05\%$	$\text{CaO} - 6.0\%$
$\text{Na}_2\text{O} - 16.4\%$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0.07\%$	$\text{SO}_3 - 0.5\%$
$\text{MgO} - 4.28\%$		

化学安定性

玻璃纖維的化学安定性 取决于用以制做 纖維的玻璃 之成分（表2）。

玻璃纖維的化学安定性与用以制做玻璃纖維的玻璃內

Na_2O 之百分含量的关系

表 2

玻璃中氧化物的含量 %					平均 $d=30$ 微米的 玻璃纖維中 Na_2O 之含量,毫克/平方公寸
SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	
72.5	2.5	8.5	3.5	13.0	0.09
72.5	2.5	7.0	3.5	14.5	0.116
72.5	2.5	6.0	3.5	15.5	0.266
72.5	2.5	4.0	3.5	17.5	0.420
72.5	2.5	3.0	3.5	18.5	0.655

玻璃纖維的机械强度

目前,可以有好几个理論來說明玻璃纖維的高强度,第一个是用强度統計理論(亞历山大洛夫和茹尔科夫)來說明纖維强度的增加。第二个理論認為,由于拉制纖維时,表面分子的定向排列而使纖維强度增加(格利費特)。第三个理論認為,由于拉制时,纖維的缺陷沿中心綫方向的組排,而使纖維的强度增加(康托罗娃)。但是,所有上述的三个理論沒有一个是为大家所公認的。

最近, B·B·塔拉索夫提出沿纖維中心綫存在有分子成定向排列这一假定。A·H·博夫庫年科的著作也是很重要的,叙述了在玻璃纖維成型的过程中能使玻璃纖維加固的新因素。在其著作中还对玻璃纖維的强度与拉制速度,液压和玻璃熔融器中的玻璃液溫度之間的关系,以及与漏孔直徑,纖維拉制程度,玻璃液通过漏板的速度,玻璃纖維的直徑和長度等之間的关系方面都做了研究。

根据以上所进行的工作,可做几点說明如下:

1. 玻璃纖維的强度是随着拉制速度的增加而增長。

2. 玻璃纖維強度是隨着漏孔直徑的增加而增長：

$$P = A + B \frac{D}{d}$$

A 和 B —— 常數；

D —— 漏孔的直徑；

d —— 纖維直徑；

3. 隨着玻璃液溫度的增加，玻璃纖維的強度也增長。例如，直徑為 20μ 的纖維，在 1110° 的溫度下，強度為 60 公斤/平方公厘，而在 1250°C 溫度下，同樣直徑的纖維，其強度為 120 公斤/平方公厘。在 1110° 溫度下 50μ 的纖維強度等於 30 公斤/平方公厘，而在 1250° 時為 90 公斤/平方公厘。

作者說明此現象是由于在溫度較高時，纖維結構比較均勻之故。

4. 在玻璃熔融器皿中玻璃液面不同和拉制速度，不同時，所拉制成的同樣直徑的玻璃纖維是具有同樣的拉制程度和強度的。

所謂拉制程度就是指玻璃纖維的拉制速度 V 與玻璃液自由通過漏孔的速度 V_0 之比。

$$\alpha = \frac{V}{V_0}$$

在研究時曾發現，在較小的拉制程度下拉出的纖維比在較大的拉制程度下拉出的纖維要堅固得多。

作者用以下兩個基本原因來說明玻璃纖維強度的增加：較粗纖維（拉制程度較小者）由于其不均勻性的定向排列而較堅固，而細纖維（拉制程度較大者）則靠用結構的定向或強力結合的定向方法使之堅固。

奧托在關於玻璃纖維的強度與成型條件之關係方面曾進行了研究，并于 1955 年發表，在其著作中也證明，玻璃纖維的拉伸強