

玻璃纤维物理化学性质

〔苏联〕A. Φ. 札克 著

赵德地 沈大森 译
周石云 刘惠远

中国工业出版社

本书首先扼要地叙述各种玻璃纤维的生产方法，然后详细地论述玻璃纤维及其制品的力学、热学、化学及电学性质，并探讨这些性质与各种影响因素的关系。最后介绍了玻璃纤维结构的各种概念。

本书供从事玻璃纤维、玻璃钢生产和研究工作的技术人员阅读；有关的大专院校的师生也可参考。

А.Ф. Зах
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
СТЕКЛЯННОГО ВОЛОКНА
Ростехиздат·Москва·1962

* * *
玻璃纤维物理化学性质

赵德地 沈大森 译
周石云 刘惠远

*
建筑材料工业部图书编辑部编辑 (北京西郊惠外大街)

中国工业出版社出版 (北京德胜门内大街)

北京市书刊出版业营业许可出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*
开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $7^{2/8}$ ·字数186,000

1966年5月北京第一版·1966年5月北京第一次印刷

印数0001—1,490·定价(科五)1.00元

*
统一书号: 15165·4301 (建材-6)

目 录

作者序言 (摘要)

第一章 玻璃纖維的生产方法	1
連續纖維的生产方法	1
定长紡織纖維的生产方法	9
隔热、隔音和防水纖維的生产方法	12
超細纖維的生产方法	16
第二章 玻璃纖維的力学性质	17
纖維的抗拉强度	20
纖維的老化	26
纖維的疲劳	30
纖維的弹性	33
纖維的柔性	39
纖維的抗扭强度	45
纖維的耐多次弯曲强度	47
纖維的耐磨性	49
纖維强度同玻璃化学成分的关系	51
玻璃液的缺陷对纖維强度的影响	58
成型条件对纖維强度的影响	65
第三章 玻璃纖維制品的力学性质	74
紗和布的强度	74
紗和布的耐多次弯曲强度	90
紗和布的耐磨性	93
以玻璃纖維为基料的复合材料的性能	95
第四章 玻璃纖維及其制品的耐热性	107
加热时纖維的强度	107
热处理对纖維某些力学性质的影响	110
加热时纖維的变形	114

玻璃纖維制品的耐熱性	125
第五章 耐高溫玻璃纖維	130
石英纖維	130
高硅氧纖維	131
鋁硅酸鹽纖維	134
第六章 玻璃纖維及其制品的化學穩定性	139
不同直徑的纖維的穩定性	140
有鹼纖維的穩定性	143
無鹼纖維的穩定性	161
使用條件對纖維穩定性的影響	164
纖維的穩定性和強度	168
纖維在水蒸汽作用下的穩定性	170
玻璃纖維制品的穩定性	172
玻璃纖維過濾材料	174
玻璃纖維的吸濕性	180
第七章 玻璃纖維及其織物的介電性質	184
第八章 玻璃纖維制品的隔熱隔音性能	195
玻璃纖維制品的隔熱性能	195
玻璃纖維制品的隔音性能	199
第九章 玻璃纖維的結構	202
玻璃和玻璃纖維在結構上的同一性	202
玻璃結構和取向效應	210
纖維強度增高的原因	213
玻璃纖維的結構特性	214
微裂紋在脆性斷裂時的作用	216
參考文獻	227

第一章 玻璃纖維的生产方法

玻璃纖維根据不同用途采用不同的生产方法，而玻璃纖維的重要性能在許多方面又取决于生产方法。

为了对玻璃纖維制品的性能及其同各种因素的关系有一个完整的概念，必須了解玻璃纖維的現有生产方法。

連續纖維的生产方法

連續纖維的成型过程如下：

盛于玻璃熔化坩堝內的玻璃液由于液体靜压力的作用不断从坩堝漏孔流出。因为玻璃液在成型溫度时具有較高的粘度，且漏孔直径又小，所以在表面张力作用下，玻璃液不是呈連續的流股，而是呈液滴从漏孔流出。玻璃液通过漏孔的流出速度，除了液体靜压力外，还取决于对纖維所施加的拉力。

通过坩堝漏孔的玻璃液的流量应当与繞絲量相适应。当玻璃液的流量减少而拉絲速度不变时，纖維直径就会减小到一定限度，以至最后断头。如果增加玻璃液的流量，則纖維直径变粗。調整个别工艺参数（坩堝內玻璃液溫度、液面高度、漏孔直径等）都能在很大范围内改变拉絲机組的生产能力以及創造生产所需直径玻璃纖維的必要条件。

从坩堝漏孔流出的玻璃液在外部拉力的作用下被拉伸成极細的纖維。玻璃纖維成型时，拉伸程度达到很大的数值。例如，从1.5毫米孔径拉制6微米纖維时，拉伸程度等于63,000。

由玻璃液拉制纖維的过程是在一段不长的被称为成型区或絲根的区域內进行的。玻璃液在成型区保持塑性状态，粘度为 $10^3 \sim 10^{13}$ 泊。絲根的长度取决于很多因素。論形状，它很象等边抛物体。絲根的上部直径与漏孔直径相等；其上部溫度应保持在

使粘度为 $10^3 \sim 10^4$ 泊的范围内。絲根直径随着离开漏孔的距离不断减小，温度也不断降低。当絲根下部温度降低到玻璃化温度时，玻璃液不再显著变形，已成型的纖維直径也就不再变化了。

玻璃纖維的成型过程在很大程度上是由絲根中所产生的各种复杂的热力学现象所决定的。所以，目前只能提出一个經驗公式来确定纖維直径同各种成型因素的关系^[2]。

当从漏孔拉制纖維时，纖維受到很大的张力^[3]。对在不同成型条件下所得纖維的张力进行多次测定，查明了张力同各个工艺因素的关系。当温度降低或拉絲速度增加时，纖維所受的张力增加；当坩埚内玻璃液面变化时，张力保持不变。当成型温度从 1230°C 降低到 1150°C 时，张力从 2 公斤/毫米² 增加到 11 公斤/毫米²，而当拉絲速度从 1,000 米/分钟增加到 3000 米/分钟时，张力则从 4.9 公斤/毫米² 增加到 20.3 公斤/毫米²。

纖維张力按下述經驗公式計算：

$$F = \frac{B}{\alpha}(v - A),$$

式中 B 和 A ——同漏孔温度和直径有关的常数；

α ——拉伸程度值；

v ——拉絲速度。

纖維成型时，能量主要用于克服玻璃拉伸过程中的內摩擦力（粘度）。其余的力非常小。在一般条件下，纖維（直径 6 微米）所受张力为 0.48 克。如計算表明，其中用来克服內摩擦力的为 0.45 克，加速质点的为 0.04 克，形成新表面的为 0.002 克。

张力值应当大大地小于纖維强度。这是实现玻璃纖維連續拉制过程最重要的条件。如果纖維张力超过纖維强度，則在拉絲过程中必然产生断絲，整个工艺过程必将遭到破坏。

例如，直径 6 微米的鋁硼硅酸盐玻璃纖維的强度极限在夹距为 10 毫米时为 230 公斤/毫米²。当夹距增大时，纖維强度就大大降低。考虑到各个数值的不一致性，这种纖維的最小强度不小于 65 公斤/毫米²。而拉絲时纖維所受的张力不超过 16 公斤/毫米²。

很显然，张力比强度小得多。

上述情况说明，在正常工艺条件下，拉丝时间可以延续很久而不会断头。然而实际并非如此，在玻璃纤维的生产过程中，断头率仍达到相当大的数值。这种现象只有在破坏了正常成型过程的条件才可能发生。

玻璃纤维成型时，造成断头的主要原因如下：

用于拉丝的玻璃液量和制成的纤维之间不适应（如前所述，当玻璃液供应不足时，纤维逐渐变细，当其直径过细时即产生断头）；

在不适宜的粘度下拉制纤维（玻璃粘度高时，纤维中的张力增加并有可能超过其强度；玻璃粘度大大降低时，漏孔产生漫流，也造成断头）；

漏板温度不均，有的漏孔温度较低；在这种情况下，断头的原因，一方面是流出的玻璃液量不足，另一方面是由于玻璃液粘度太大，张力增加；

玻璃液化学成分不均一（由于各个部份的化学成分不同，充满在各个漏孔的玻璃液的粘度也不同，因而造成断头；此外，玻璃液不均一也可能引起局部结晶，这也导致断头率增加）；

拉丝过程中有打断纤维的气流存在，等等。

所以，采用均一的玻璃料和等温漏板的玻璃熔化坩埚，保持作业制度稳定（温度、液面、拉丝速度）就能保证纤维成型过程中的断头率最小，并最大限度地提高制造纤维的设备生产能力。

连续玻璃纤维用无碱铝硼硅酸盐玻璃制成，其成分（%）如下：

SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	B_2O_3	Na_2O
53~54	14~16	14~17	4~5	9~10	0.5~1.7

这种成分的纤维具有许多优异的性能：强度高、抗水性好、电绝缘性能好、耐温程度高，等等。

有碱連續纖維的用量有限，其成分（%）如下：

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O
71.0	3.0	8.5	2.5	15.0

这种成分的纖維主要用来制造过滤用布和热絕緣用布。

用漏孔法生产連續纖維的装置是同一个类型的，仅結構部件有所不同。

用鉑坩堝漏孔生产連續纖維的装置示意图見图 1。

将直径約18毫米的玻璃球加入坩堝中。玻璃球用专门机器制成，制球机安装在玻璃池窖上。采用玻璃球，便于往坩堝中自动加球，便于挑选无缺陷的优质玻璃，这对进行纖維正常成型作业是极为重要的。玻璃球从貯料斗經两根下料管自动进入坩堝中。用針狀或浮标式計量器控制所需数量的玻璃球，使坩堝內的玻璃液保持恒定的液面。

坩堝是拉絲装置最重要的組成部分。坩堝系用鉑銠合金制成。該合金能抵抗被加热到1150~1350℃的熔融玻璃液的侵蝕作用。此外，由于鉑銠合金抗玻璃侵蝕性能良好，就不会有坩堝的破损产物使玻璃液受到污染。利用賤金属或陶瓷材料制造坩堝的試驗迄今还未取得良好的效果。因为这种坩堝不仅寿命很短，而且一旦损坏，就会使玻璃液污染，导致拉絲过程的断头率增加。

坩堝形状如小舟，底部有若干漏孔，漏孔的数量和直径根据所制产品的品种而定。普遍采用的坩堝漏孔为50~204孔，孔径为1~2.5毫米。孔数也可达408孔。

坩堝同时又是加热体，一定功率的电流通过它将玻璃液加热到所需温度。由于坩堝的电阻小，所以加热时采用低电压和强电流。电流經电炉变压器降压。用带有水冷却夹头的軟质銅母线将坩堝和变压器连接起来。坩堝的温度制度和电气制度靠自动調节器来达到稳定。

拉絲电炉的有效系数很低，原因是饋电线和电炉本身的冷却

耗去了大量的热量。

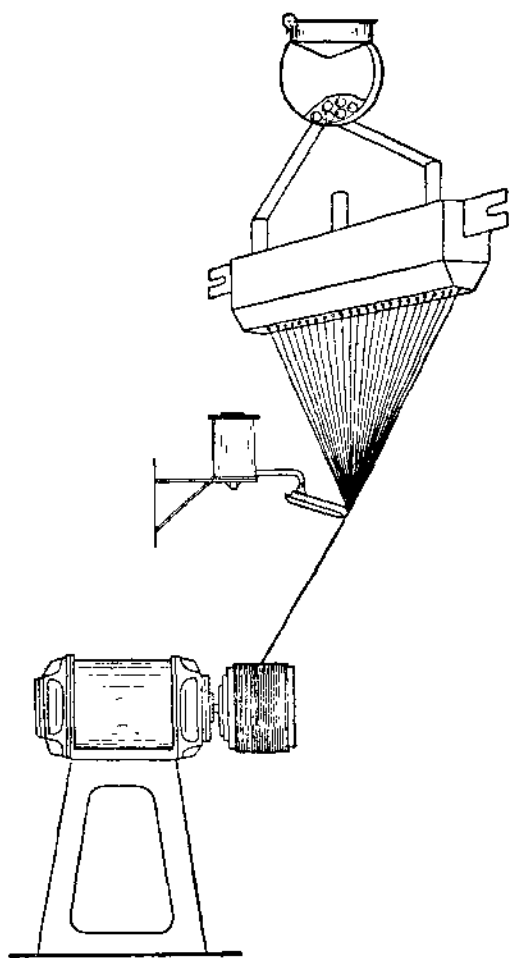


图 1 拉制连续玻璃纤维的装置示意图

用玻璃棒把从漏孔流出的玻璃液滴引下，液滴被拉成较粗的纤维，纤维被缠绕在拉丝机头上可卸下的绕丝筒上，然后启动拉丝机的电动机。绕丝筒按规定的速度旋转，拉丝线速度一般达3000~3500米/分钟。

为了制取原紗，在漏孔和拉絲机之間安裝有集束裝置并用潤滑剂来浸漬纖維。潤滑剂的成分、用量及它在纖維上涂敷的均匀程度对玻璃纖維制品的质量和設備生产能力有很大的影响。潤滑剂的作用在于保护纖維表面，使它在紡織加工过程中免受損伤。同时通过单根纖維的相互粘合，使纖維在受拉时能够同时受力。

繞在繞絲筒上的原絲由 50~200 根单根纖維組成，然后在适合于玻璃纖維特性的相应型式的普通紡織設備上进行加工。

为生产連續纖維，建立了拉絲联合机組，每个联合机組安裝 6 台或 12 台坩堝，每边相应地各为 3 台或 6 台。联合机組中的所有环节都是現代化的，保証纖維能不断地纏繞在繞絲筒上。根据纖維直径和漏孔数量，每套生产連續纖維裝置的昼夜生产能力可达 150 公斤。联合机組的生产能力比相同坩堝数量的单独裝置的生产能力大約高 30%。

采用上述方法生产連續纖維，虽然生产效率不太高，但纖維质量較好。考虑到生产的迅速发展，需要建立能力較大的裝置。但現有坩堝的熔化能力較低，暂时还妨碍着生产效率的提高。此外，采用玻璃球作原料使拉絲裝置結構复杂化，玻璃球的重复加热也可能使拉絲过程的断头率增大，从而提高玻璃纖維的成本。

生产連續纖維的方法中比較先进的方法是池窖直接拉絲法，即玻璃熔体从池窖直接进入喂液器，再由漏孔拉絲。采用此法时，熔窖結構如下：进入喂液器的玻璃液是已經熔化和澄清好了的均一的玻璃液。池窖的衬里和喂液器应当用耐玻璃液侵蝕的耐火材料来砌筑。因为耐火材料破損物掉入玻璃液中是一件很麻煩的事情，特別在生产細纖維时更是如此。此外还应制訂一种新的生产方法，以保証能从分布于喂液器上的大量漏孔快速拉制纖維。

池窖直接拉絲有可能建立自动化流水作业线，这样就能大大降低玻璃纖維及其制品厂以及玻璃鋼厂的建筑造价。

目前，可用連續纖維制造玻璃紗、玻璃帶、玻璃套管、玻璃布以及其它不同厚度和結構的制品。这些制品的品种頗为繁多。

由于纖維制品的强度高,所以被广泛地用来制造结构用的玻璃鋼。连续纖維細紗薄布則广泛地用于电絕緣。

拉制纖維所用的潤滑剂不是都能既使纖維在紡織加工时不受机械磨損,又使纖維和树脂有較好的粘着能力的,所以玻璃布有时还要进行表面处理。在这种情况下,潤滑剂的作用主要是为了使紗和布不受磨損。表面处理有时是在特制装置內用快速热处理除去潤滑剂的主要物质,有时是用特制葯剂洗滌玻璃布以除去潤滑剂。

除去潤滑剂后采用憎水剂浸漬玻璃布,这种物质既能和树脂很好地粘着,又能和玻璃很好地粘着。玻璃布的用途和玻璃成分不同,可以使用不同的浸漬剂,其中包括硅有机化合物。成分中含有能够和粘結剂相互作用的基团的化合物最有价值。

采用能与玻璃很好地粘着的憎水性浸漬剂,对于有碱玻璃纖維具有較大的意义。

借助于所謂热化学处理过程可以成功地改进玻璃布的性能。将玻璃布在 650°C 下加热 $5\sim 15$ 秒鐘以除去潤滑剂,然后主要用丁腈共聚物(丁二烯和丙烯腈的共聚物)或其它类似的成分处理玻璃布以提高其耐磨性能。继而再将玻璃布加热到 160°C 并被复以既能与玻璃,又能与树脂很好地粘着的物质。經過这样表面处理后,玻璃布变得柔軟而有弹性,具有耐水、抗磨及其他宝贵性能。

玻璃布通常是由不同股数的捻紗织造而成。股数不同,合股紗在捻线机上經過的工序也不同。

目前,越来越广泛地采用不加捻的玻璃紗来制造玻璃布。在这种情况下,连续纖維原紗集成不同粗細的无捻粗紗。集成粗紗的装置并不复杂。繞有原紗的繞絲筒安置在支杆上,从支杆上将各股原紗集合起来通过网眼即成为粗紗。粗紗通过若干能造成所需张力的压輥而最后被卷繞在卷筒上。集束装置的运动使粗紗在卷筒上保持一定的排列。每个粗紗卷筒重20公斤。

在制造玻璃布,特別是用高支紗织造玻璃布时,为改进织造

过程,采用特制粘結剂浸漬粗紗。高支紗在普通織机上進行加工,低支紗則是在特制的高效率織机上加工。

粗紗布由直径 9~10 微米的纖維織成,一般厚 1.0~1.2 毫米。这种布的浸漬性能很好,适宜于制造較厚的有一定质量要求的玻璃鋼。采用厚布可以簡化玻璃鋼的制造过程,降低生产費用。

在玻璃鋼的生产中还广泛采用“开刀”絲制的毡片,其制造方法是:将制得的粗紗用鋼刀切成 30~60 毫米长的小段,鋼刀固定在一个迴轉輥軸上。靠近輥軸安装着另一个包裹着一定硬度的橡皮的輥軸,它往相反的方向旋轉。当切割玻璃絲时,刀子嵌入橡皮輥內 0.2~0.3 毫米。“开刀”絲被抽风机吸入成型室,纖維在室內运动速度降低,并均匀地落在安装在下端的传送带上。粘結剂被同时送入成型室。在传送带上形成的一定厚度的毡片接着通过干燥室。之后,接收装置将硬毡片卷成卷。生产軟毡片时,用縫合代替粘結过程,縫合是用特制的縫合机进行的。

用“开刀”絲制取毡片的装置的生产能力很高,工艺流程也比较簡單,所以毡片比玻璃布便宜。

玻璃纖維的紡織加工必然牽涉到一系列繁重工序。因此, A.K.布洛夫 (Буров) 和合作者提出的不經紡織加工而制造玻璃鋼的方法是值得注意的^[4]。按照这个方法,生产連續纖維的电炉安装在活动的支架上,电炉和支架一起作往复运动。电炉下边装有繞絲滾筒,其直径为 1 米,長約 3 米。电炉沿繞絲滾筒的中心线平行移动。当电炉和繞絲滾筒同时运动时,便从坩堝漏孔拉制纖維。当纖維往一个方向移动时,形成一个片状薄层,盖在滾筒上。电炉到达滾筒边部后,再往相反方向运动,于是在第一层纖維表面又形成另一层纖維。根据层数不同制得相应厚度的无紡布。

在繞絲的同时用噴霧器噴以粘結剂对纖維进行湿润。

此后,将单向无紡布带切开,从滾筒上取下,放在室外干燥。

在生产两个方向都具有高强度的玻璃鋼时,纖維繞于固定在滾筒上的可拆卸的金属板上。經過一定時間,把繞有纖維的金属板从滾筒上取下,轉一个 90° 角并继续繞制新的纖維层,最后用

普通方法热压此无纺布以制取板状层压玻璃鋼。这种玻璃鋼具有相当高的强度（比用玻璃布制成的层压板的强度高）。

这种方法同用玻璃布压制层压板的方法相比，主要优点是省去了繁重的纺织加工过程并使制品的机械强度有所提高。

但是这种方法也有一些缺点，例如，經常引絲降低了电炉的生产能力，提高了玻璃的单位消耗量；纖維預先进行表面处理比較复杂，而这一点对于用廉价的有碱纖維来制造高强度玻璃鋼具有非常重要的意义；难于建立連續的制造玻璃鋼的流水作业线或传送流程；利用池窑直接拉絲先进方法的可能性最小。鉴于上述各点，在現有成批生产装置的结构已經定型的条件下，这种方法的前途不大。

定长紡纖纖維的生产方法

用短的定长纖維可以加工成比較厚和帶絨毛的玻璃布。在很多情况下，这种玻璃布比用連續玻璃纖維织造的玻璃布优点还多，特别是比較便宜。

纺织用定长纖維的生产方法很多，目前最为普遍的是噴吹法。这种方法同連續纖維生产方法的主要区别在于，纖維不是靠旋轉滾筒这种机械方法来制取，而是靠壓縮空气或高压蒸汽的气流来制取（图2）。

坩堝1同生产連續纖維的坩堝差不多，也是用鉑鎢合金制造的。但漏孔数量少一些，孔径1.6~1.8毫米。玻璃液从漏孔流出，从噴吹装置噴嘴吹出的超音速壓縮空气或过热蒸汽（压力11~13大气压）将它拉伸。纖維和空气（或蒸汽）以不同的速度运动，它們之間的摩擦力便是使纖維受到拉伸的力。正是纖維和空气（或蒸汽）之間所产生的这种可以变化的关系在很大程度上决定了纖維的成型过程。当然，比起用机械方法生产連續纖維，这是另一种工艺因素对噴吹纖維成型过程的影响。

采用噴吹法生产纖維最适宜于使用粘度小的玻璃液。这样，設備生产能力会更高一些。

普遍认为，采用喷吹法生产纖維时，在拉絲的同时还須將玻璃絲切斷。制得的紗具有長纖維結構。

纖維長達500~600毫米。

噴吹裝置由兩個矩形的“拉瓦爾”型噴嘴2組成。噴嘴離漏

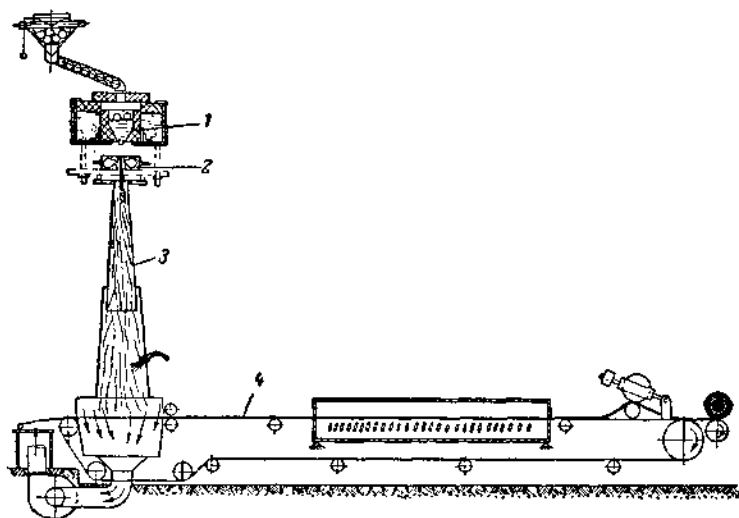


图 2 用垂直拉制法拉制定長紡纖維裝置示意图

板20~30毫米，與被拉制纖維成 11° 角。拉成的纖維通過纖維成型室3頂蓋上的縫隙掉在網式輸送機4上。纖維成型室（高2200毫米）是一個切去兩頭的四邊形金屬錐體，外用玻璃纖維層絕緣。為了從成型室中排出蒸汽並將纖維吸在輸送機上，在輸送機下邊用抽風機造成不大的負壓。

制得的纖維用精紡機制成0.5~1.0支（米制）的粗紗。用牽伸捻線機還可將纖維的紗支提高。

目前，每台裝置（圖2）的晝夜生產能力達60~70公斤，纖維直徑8~9微米。這大致相當於生產相同直徑連續纖維的每台裝置的生產能力。但由於坩堝漏孔數量少一些，因而每個漏孔的生產能力要比生產連續纖維的大。

定长纺织纖維还可以用老方法生产——用玻璃棒熔融的一端来拉制。这种生产方法目前已经比較現代化了。

玻璃纖維用直径为 3 ~ 5 毫米的玻璃棒来拉制，玻璃棒是用苏列茨 (Шулец)、丹涅尔 (Данер)、柯罗列夫 (Королев) 等机器生产的。用 50 ~ 90 根玻璃棒放在拉絲机的格架上，格架以一定的速度均衡地移动。例如，用直径 4 毫米的玻璃棒来拉制直径为 9 ~ 10 微米的纖維时，玻璃棒移动速度为 1.8 米/小时。玻璃棒下端用煤气燃烧嘴或螺旋形金属加热器加热到 1150 ~ 1120℃。加热器温度的調节精确度可达 5℃。被加热的玻璃棒一端的液滴不断下落而被拉伸成纖維。纖維繞在直径約 1 米的滾筒上，滾筒轉速为 2000 ~ 2400 米/分钟。制得的纖維直径波动范围很大，取决于玻璃棒的粗細、移动速度以及拉絲速度。

繞在滾筒上的纖維被切割成 70 ~ 120 毫米长的短纖維，然后用机械方法再加工成紗。在这种情况下，纖維受到切碎和損伤，自然就会降低紗的强度，妨碍高支紗的加工。正因为这样，采用机械方法把定长纖維加工成紗的途径受到了一定限制。

此外，还制定了一种新的方法：不經梳棉过程，直接把滾筒上的定长纖維加工成紗。值得注意的是捷克斯洛伐克成功地采用的用玻璃棒制得的纖維加工成“安哥拉”粗紗的方法。其特点是将繞在滾筒上的纖維用特制的刮板送入不大的空气透平中。在空气流的作用下，纖維沿螺旋线移动并同时被加捻。制得的捻紗进入导輓，通过潤滑槽，然后繞在筒管上。低支安哥拉紗 (0.5 ~ 1.6 支) 用来制造帶絨毛的厚布，用于管道防潮和電纜等。

用玻璃棒生产 6 微米纖維时，每台装置的生产能力为 24 公斤/昼夜。生产 10 ~ 12 微米纖維时，产量增加到 70 公斤/昼夜。

在生产某些組合材料，特别是建筑用纖維时，采用移动式熔炉漏板法制取纖維。

容量不大的熔炉沿滾筒往复运动。玻璃加入熔炉中，用电加热或煤气加热来熔融。炉底安装有耐热鋼漏板，漏孔 90 ~ 95 个。从漏孔中流出的玻璃液滴沿流槽落到滾筒上。在液滴落下时拉制

成的纖維被滾筒纏繞住（系自動引絲）。由于炉子往复运动，纖維以一定的角度繞在滾筒上，所以纖維是交錯排列的。

每台裝置的生产能力大致是 100 公斤/昼夜直径 15 微米的纖維。繞絲速度达 1000 米/分钟。

从滾筒上切下来的纖維放在长约 50 米的传送带上，纖維在带上被鋪展成毡片，用适当物质浸漬，随后烘干并繞成 125~150 米长的卷材。毡片厚 0.75~1.0 毫米。

隔热、隔音和防水纖維的生产方法

为了隔热、隔音和防水，广泛采用玻璃纖維制作的棉、毡、板、壳等制品。这些制品生产发展很快。目前已有許多生产絕緣纖維的方法。比較完善和經濟的是用蒸汽噴吹玻璃液流股的方法。

图 3 介紹了噴吹法生产隔热纖維的試驗裝置示意图。大約 80% 的絕緣纖維都是用这种方法生产的。

噴吹法生产纖維时，生产能力要比其它已知道的生产方法高很多倍。

整个生产过程都已机械化和传送带化。

噴吹法生产玻璃纖維所采用的玻璃，除了应有良好的熔化能力和較高的化学稳定性外，还应具有較小的粘度以及在纖維成型区溫度变化时粘度梯度要小。

茲推荐下述玻璃成分（%）：

SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	B ₂ O ₃
58.5	4.0	0.5	16.0	6.0	11.5	3.5

这种玻璃的粘度在 1445℃ 时为 28.4 泊，1350℃ 时为 46.9 泊，1200℃ 时为 173 泊，1000℃ 时为 2784 泊。

同时也采用其它玻璃成分（无 B₂O₃）。

玻璃在普通玻璃熔窑內熔化，熔窑生产能力达 50 吨/昼夜。

熔化和澄清好了的玻璃液，从熔窖流到喂液器 1 (图 3)，再以连续不断的流股从铂漏孔 2 流出，漏孔直径约 2.5 ~ 2.8 毫米。

漏板由铂铑合金组成，安装在喂液器底部。漏板通以低压 (4 ~ 5 伏) 电流加热，以补偿热量通过喂液器底部的损失，从而达到恒定的熔融温度 (1400℃)。

蒸汽或压缩空气气流以超音速作用在从漏孔流出的玻璃液流股上。喷吹装置 3 由两个平行排列的矩形喷嘴组成，玻璃液流股由其间通过。喷嘴上部有矩形截面的缝隙。蒸汽或空气从缝隙送入。缝隙中心线与玻璃液流股中心线呈 11° 角。研究表

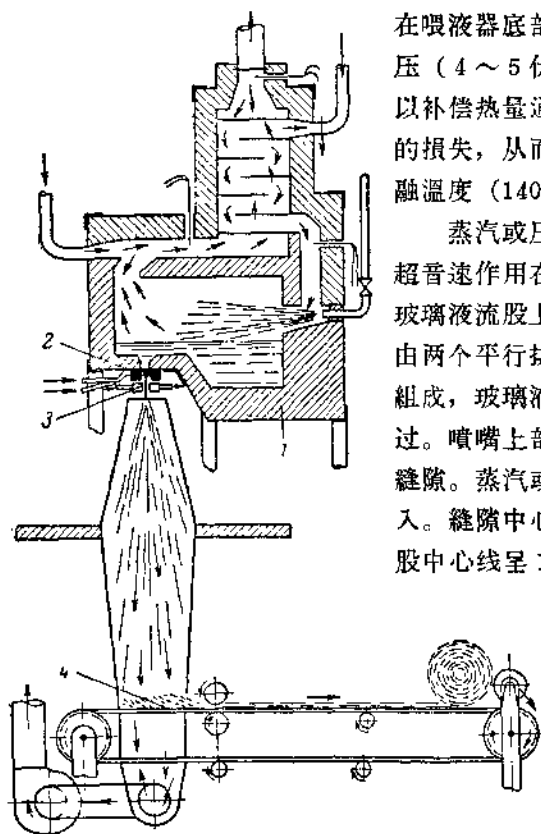


图 3 拉制热绝缘用定长纤维的实验装置示意图

明，角度放大时，纤维中非纤维杂质——渣球的含量增加。

形成的纤维和蒸汽 (或空气) 一起被送入竖式纤维成型室中。成型室下面安装有传送带 4。传送带下面设抽风机造成负压，纤维掉在传送带上即被吸住，同时把蒸汽 (或空气) 从成型室中抽出。