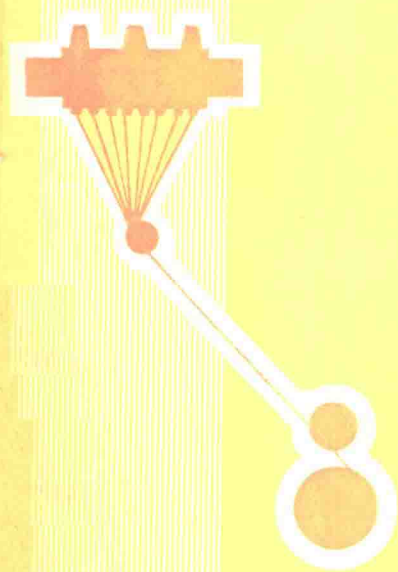


连续玻璃纤维



中国建筑工业出版社

连续玻璃纤维

[苏联] M·Г·契尔尼亚克 著

张 碧 栋 等 译

中国建筑工业出版社

本书比较系统地介绍了制球、拉丝、退并、纺织和玻璃纤维表面处理等工序，对玻璃纤维及其制品的性能，光学玻璃纤维和玻璃的一些基本概念等也作了介绍。

译文对原书中的前言和附录中的“СПА-ВС 拉丝机组的维护”等有关内容作了删节。

本书可供玻璃纤维厂工人和技术人员参考。

参加本书翻译的有张碧栋、何如、危良才、周喜昌、陈秀碧、张景韩、李祖良、罗舜卿和徐秀娟。全书由张碧栋、文启碧和胡仪贞校阅。

НЕПРЕРЫВНОЕ СТЕКЛЯННОЕ ВОЛОКНО

Основы Технологии И Свойства

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ХИМИЯ» МОСКВА—1965

连续玻璃纤维

张碧栋 等译

中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

开本：850×1168毫米 1/32 印张：9 1/2 字数：249 千字

1975年8月第一版 1975年8月第一次印刷

印数：1—4,280 册 定价：0.85 元

统一书号：15040·3226

目 录

绪论.....	1
---------	---

第一篇 生产玻璃纤维的玻璃

第一章 物质的玻璃状态	9
有关玻璃结构的假说 (9)	
第二章 玻璃的性能及对它的要求	11
玻璃的结晶性能 (11) 玻璃的粘度 (14) 对玻璃化学成分的要求 (16)	
第三章 玻璃熔制过程的主要阶段	19
原料和配合料的准备及制取 (19) 铝硼硅酸盐玻璃的熔制 (23)	
第四章 玻璃球的机械化生产	34
用ACIII自动制球机生产玻璃球的工艺过程 (35) 带喂料池的ACIII自动制球机的安全生产技术 (41)	

第二篇 连续玻璃纤维的生产

第一章 玻璃纤维生产过程的原理	43
连续玻璃纤维的成型 (43) 纤维成型过程工艺参数的计算 (56) 纤维的张力 (61) 纤维的断头 (63)	
第二章 玻璃纤维的生产工艺	69
连续玻璃纤维的生产方法 (69) 玻璃球的准备 (71) 玻璃球在电炉中的熔化 (73) 原丝的形成及其浸润 (76) 浸润剂 (81) 纤维在绕丝筒上的上丝过程及原丝的卷绕 (88) 玻璃纤维的生产检验 (91)	
第三章 玻璃纤维的生产设备	94
电炉 (94) 自动控制电炉操作 以稳定原丝的公制支数 (106)	

电炉制度的自动调节设备 (109)	浸润装置 (124)	拉丝机 (125)	拉丝机组 (130)
第四章 玻璃纤维拉丝车间的劳动组织	135		
第五章 玻璃纤维生产工艺改革的前景	136		
新型设备 (136)	生产连续玻璃纤维的新方法 (139)		
玻璃纤维生产过程的综合自动化 (142)			

第三篇 玻璃纤维的加工

第一章 玻璃纱及其纺织加工	144
玻璃纱的工艺性能 (144)	玻璃纱的退解和加捻 (149)
退解捻线机和捻线机 (152)	环锭捻线机的工艺计算 (161)
第二章 玻璃纱的织造准备工作	164
引言 (164)	织造玻璃布用经纱的准备 (165)
织造玻璃布用纬纱的准备 (175)	
第三章 玻璃布和带的织造	178
引言 (178)	玻璃布的织造 (180)
玻璃带的织造 (182)	织机生产能力的计算 (183)
玻璃布的上机计算 (183)	布中纱线交织种类 (185)
方格布及其制造工艺 (188)	产品检验 (190)
第四章 玻璃纱加工成为玻璃钢用的无纺布加筋材料	191
无纺布加筋材料简介 (191)	单方向无纺材料及其性能 (192)
无纺布加筋卷材, 其性能及制造方法 (197)	

第四篇 玻璃纤维材料的后处理

第一章 技术用玻璃纤维材料的处理	202
去除浸润剂 (202)	化学处理 (上浆) (204)
玻璃布热化学处理的工艺流程及设备 (209)	
第二章 装饰和照明技术用玻璃纤维材料的处理	211
表面准备 (211)	染色 (212)

第五篇 玻璃纤维及其制品的性能

第一章 玻璃纤维及其制品的物理机械性能	215
---------------------------	-----

有关玻璃纤维高强度的假设 (215)	各种因素对玻璃纤维机械性能的影响 (217)	
第二章	玻璃纤维及其制品的物理化学性能	228
玻璃及玻璃纤维的化学稳定性 (228)	玻璃纤维材料的过滤性能 (234)	
第三章	玻璃纤维及其制品的电绝缘、隔热及隔声性能	235
电性能 (235)	导热性 (238)	耐热性 (241)
声学性能 (242)		
第四章	玻璃纤维及其制品的粘附性能及照明技术性能	243
粘附性能 (243)	照明技术性能 (245)	

第六篇 光学玻璃纤维

第一章	引言	247
光的内部全反射现象 (247)		
第二章	光学纤维及其特性	251
包覆层的用途及其厚度 (252)	利用光学纤维传送光能 (255)	单芯与多芯光学纤维及其制备的方法 (256)
第三章	光导体及其应用	257
传送光能及影象的光导体 (257)	光导体的应用范围 (269)	
附 录		274
1. 玻璃纤维的主要生产方法和应用范围		274
2. 带喂料池的ACIII自动制球机的使用与检修		275
3. CIIA-6c拉丝机组的装配质量检验		279
4. 单机和CIIA-6c拉丝机组的使用与检修		280
5. CIIA-6c拉丝机组在生产中的故障及其排除的措施		282
6. 拉丝机的使用及检修		284
7. 拉丝机在生产中的故障, 其产生原因及排除的措施		287
8. 原丝出废品的原因及其消除的方法		289
9. 用单机和CIIA-6c拉丝机组拉制玻璃纤维的安全生产技术		291
10. 玻璃与玻璃纤维制品的现行国家全苏标准 (ГОCT)		
和技术条件 (TY)		292
参考文献		293

绪 论

现代技术发展水平要求生产具有特殊性能的新型材料。

目前的科学技术成就已为生产新型合成材料提供了广泛的可能性。用有机合成及无机纤维生产的许多制品具有天然纤维所没有的新的物理-机械及化学性能。化学纤维与天然纤维相比，其生产周期大大缩短，产品成本也大大降低。

现将生产1吨不同纤维所耗用的劳动量（工日）对比如下：

来源于动、植物的天然纤维：

羊毛	624
棉花	238

化学纤维：

定长纤维	56
人造羊毛	280
玻璃纤维	120

玻璃纤维材料具有许多优越性能。它具有不燃性、耐腐蚀、高抗拉强度、较低的密度、优良的光学性能、电绝缘、隔热及隔声性能，还具有抗生物作用的性能，因而在各技术部门中得到愈来愈广泛的应用。

玻璃纤维产生的历史是很有趣的。公元前两千年埃及的玻璃学家就发现热塑性玻璃液能够拉成柔软的细丝。到了十八世纪末期，才试探控制可以加工成为纺织制品的玻璃丝。

自然，那时的技术水平实际上没法实现这一生产过程。

玻璃纤维工业的形成较晚（大约在廿五年前），但它的发展速度却很快。

玻璃纤维制品的品种有巨大发展。如美国，玻璃纤维材料及其制品的种类已达4000种以上。

玻璃纤维生产迅速发展的原因，是因为主要的硅酸盐原料取之不尽，用之不竭。

小巧的设备、较短的生产周期及较高工艺水平为自动化工厂生产大批廉价的玻璃纤维创造了必要的前提。

1962年全世界（除苏联外）各品种玻璃纤维的总产量超过50万吨，其中美国的定长纤维为39.7万吨^①。在这一工业部门中拥有工人25000人左右（除苏联外）。

从1952年到1964年期间，用连续纤维制成的玻璃纤维材料的产量，在美国增加了6倍，而在欧洲工业最发达的国家增加了15~29倍。

世界各国纺织玻璃纤维的生产发展情况列于表1。

最近几年来苏联玻璃纤维材料生产的主要技术经济指标的提高情况列于图1，2，3及4^②。

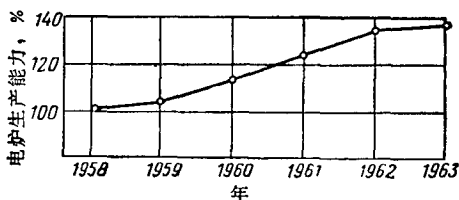


图1 纺织玻璃纤维工厂电炉生产能力增长情况

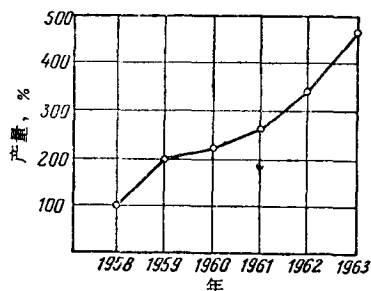


图2 纺织玻璃纤维产量增长情况

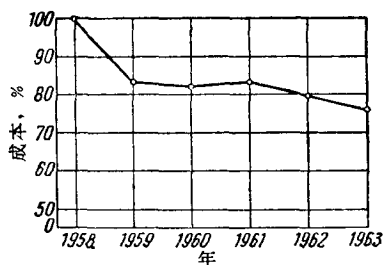


图3 玻璃纤维成本降低情况

① H.辛普森，“1963年玻璃工业，第一部分”，《Glass Jnd.》，45，№2，66(1964)。

② 1964年数据为(%)：144.7(图1)，629(图2)，74(图3)，213(图4)。

表 1
国外纺织玻璃纤维的产量 (从1952年到1964年) 千吨

国 别	1952年	1953年	1954年	1955年	1956年	1957年	1958年	1959年	1960年	1961年	1962年	1963年	1964年
美 国	20.430	22.836	26.877	34.413	43.811	50.167	47.125	66.920	80.353	65.467	85.23	146.7①	148.95②
法 国	0.409	0.409	0.631	1.044	1.952	3.360	4.812	6.447	8.989	8.081	9.72	14.895	16.875
日 本	0.590	0.999	1.362	1.180	1.952	2.906	3.859	6.084	8.717	10.533	4.54	10.8	10.8
意大利	0.318	0.454	0.454	0.772	0.772	1.317	1.362	2.270	2.996	3.859	4.77	8.46	10.08
西 德	—	—	0.09	0.182	0.454	1.498	1.771	2.677	4.449	5.443	5.85	6.75	6.75
加拿大	0.136	0.227	0.227	0.454	0.454	0.590	0.681	1.044	1.453	1.680	1.935	2.565	2.565

备注: 1. 1952~1961 年的生产数据摘自《纺织机关报》(Текстиль Органон), 33, № 6, 113(1962), 32, № 6, 90 和 102 (1961)。

2. 1962~1964 年的生产数据摘自《纺织机关报》, 34, № 6, 82(1963), 而且1963~1964年为计划产量。

① 实际水平为86.9。

② 实际水平为109.3。

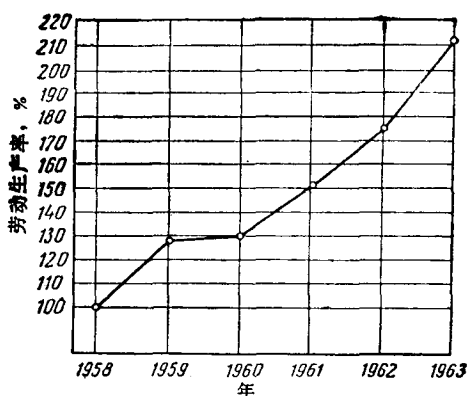


图 4 纺织玻璃纤维工厂的劳动生产率增长情况

生产的发展、粗纤维无纺材料的应用（用直径为9~11微米代替5~7微米的纤维）以及掌握了玻璃纤维池窑拉丝的先进技术，使劳动力消耗及成本进一步降低。目前，某些玻璃布在价格上已经可以与天然及合成纤维布相媲美，而在技术应用方面的某些指标超过天然及合成纤维布。玻璃纤维材料的广泛使用可以节省大量人民必需的动、植物天然纤维或有机合成纤维纺织品。

玻璃纤维材料的使用范围扩大得特别快。

最近几年来玻璃钢生产的发展为玻璃纤维生产迅速发展创造了条件，因为在玻璃钢中，玻璃纤维增强材料占总量的40~80%。

根据美国杂志《纺织机关报》1957年7、8期的资料，美国1956年生产的6万5千7百吨塑料中有80%用于玻璃钢生产。1962年美国为玻璃钢生产了50种标准玻璃布。

玻璃钢的宝贵性能之一，就是它与结构钢及其它合金相比具有很优异的比强度。

密度为1.7~1.9克/立方厘米的玻璃钢，具有5000公斤/平方厘米甚至7000公斤/平方厘米抗拉强度极限。

连续玻璃纤维增强的单向玻璃钢，强度高达15000~16000公

斤/平方厘米，冲击韧性可达400公斤·厘米/平方厘米，并具有较高的抗压强度极限、耐腐蚀性、抗磁性、较低的热膨胀系数、破坏部分局限性及其他贵重性能。

玻璃钢生产迅速发展，不仅是由于它的宝贵性能，还由于有很大的可能性来改善其生产的流水作业工艺，以保证降低价格。

玻璃钢的技术经济指标高，为其在造船工业、汽车工业上的应用创造了条件。用玻璃钢造船，即使采用手工成型，其劳动力消耗也比制造同类型金属船及木船要减少40%。

用玻璃钢制造的汽车车身要比结构及大小相同的金属车身轻2/3，这样就能大大提高车速。同时由于它具有导热性低，抗冲击强度高的优点，这种车身的使用寿命要比金属的提高2倍。

汽车采用玻璃钢车身（根据1965年微型汽车工厂的生产计划）可节约1450万卢布。

用玻璃钢制造矿井使用的小推车、运输机械及矿柱，不仅能节约大量在地下使用不耐久的金属与木材，而且由于矿工们使用的工具及设备的重量减轻，能大大提高劳动生产率。

可以用玻璃钢来制造用于储存及运送血液的容器和油罐、贮气器、气体及侵蚀性液体的输送管、雷达罩、卫生设备（浴盆、洗脸盆等等）、矿工盔等等。

采用玻璃纤维及聚酯树脂制成的类似油毛毡的屋面材料（玻璃波形板），能减轻屋面结构的重量，延长使用寿命，尤其在侵蚀性介质条件下更为突出；能节约数十万吨金属，也不需要为保护屋面而耗用大量涂料。

应当强调指出，树脂、合成纤维、有机硅清漆及塑料往往只有与玻璃纤维相结合，才能在电力、煤炭、造船、机器制造及其他工业部门获得巨大经济价值。

例如：玻璃纤维与有机硅清漆相结合可以使电力设备的工作温度提高55℃，功率提高20~30%，体积和重量减少25~40%，铜的消耗下降15%，而更重要的是能节约大量黑色金属。同时，

它还能提高电力设备的使用寿命，并保障使用安全。

联合采煤机上的截煤器用的电动机，采用玻璃布绝缘，可以连续使用2~3年不需修理；可是采用有机材料绝缘，就只能使用5~6个月。

大功率的小型电动机、大功率的透平及水力发电机转子、透平钻机的电动机、轧钢机及初轧机传动的巨型马达等采用玻璃布绝缘非常适宜。

在马丁炉的电力设备上，海运河运船队及潜水舰队的电力设备上，工作温度为160°C的强功率电动机车的电动机上，以及在化学工业中使用的电力设备或在热带气候使用的电力设备上采用玻璃纤维绝缘也有很大的好处。

下述事例证明采用玻璃纤维作为电绝缘是有效的，例如装有玻璃纤维绝缘的ДПД-340型电动机的电气机车，其牵引力提高12.5%，而载重量增加250吨。采用玻璃纤维绝缘的干式变压器来代替油浸变压器，就不需要建筑防火的钢筋混凝土房屋。玻璃网布或玻璃纸垫板用作耐热电绝缘材料，就有可能利用由云母生产中的废料制得的玻璃云母片来代替稀缺的云母。

用玻璃钢做高压绝缘子及支架，就解决了简化电力传动线结构这个极重要的问题。国外有50~80%的电力设备采用玻璃纤维绝缘。

玻璃纤维用作隔声隔热，可以大大降低运输设备——飞机、海轮、江河船舶、潜水艇、火车保温车箱等的重量，同时还可以增加载重量。

玻璃纤维绝缘也适用于民用和工业建筑，这可以从下列数据的对比中看出：用厚度为5厘米、重量为5公斤的玻璃纤维绝缘，其隔热效率相当于厚度1米、重量为1.8吨的砖砌体。采用1百万平方米的玻璃纤维绝缘，就可以节约5百万吨标准燃料。冰箱及冷冻器采用玻璃纤维绝缘与采用有机材料绝缘相比，价格要低得多，同时电力消耗也下降。

用直径为0.2~0.5微米的超细定长纤维制成最薄的耐热玻璃

纸，可以用在电容器、气溶胶过滤器、氧气装置、原子能技术及其他部门中。用这种纸印刷的地形图可以防潮耐温，不收缩不变形。

根据劳动保护研究院试验证明，用1微米以下的超细纤维做耳塞，可以大大降低噪音车间（纺织、锅炉等）工人的疲劳。

玻璃纤维用作地下石油管道及煤气管道的防水材料，可以保护数百万吨金属免受腐蚀，减少定期检修和更换部分管道所需的费用，延长管道使用寿命1~2倍。玻璃布用于石油产品的净化、侵蚀性液体和空气的过滤也很成功。同时，这种过滤器与有机纤维及活性炭过滤器相比，使用寿命延长4~5倍，每套设备的价格也大大降低。在锌白生产中用玻璃纤维过滤器来代替有机纤维过滤器，可以减少发生火灾的危险性，也不需要建造稀释高温过滤气的装置。玻璃纤维过滤布用于炭黑、水泥生产以及净化有色金属冶炼过程的热气体并从中回收贵重产品，每年可以节约几百万卢布。

在一定的压力下热压金属制品时，采用玻璃纤维作为高温润滑剂，可以降低压力并保持压模形状，同时使压制品具有很高表面光洁度。

最近出现了一批新型无机纤维，即熔点为1800~2000°C的耐热纤维、半导体纤维、光学纤维以及具有许多其他性能的纤维。这些纤维在电子计算、雷达及电视技术中获得了广泛应用。这就为解决更复杂的科学技术及国民经济方面的问题创造了新的条件。

用这些纤维制成的材料已在宇宙飞船、巨型燃气轮机、发电机中得到应用。

在光学中使用玻璃纤维可以按曲线轨迹传递光能，提高光学仪表的分辨能力，消除象差。这就为制造远距离观察在原子能装置和化学装置中所发生过程的柔软潜望镜以及医用诊断器械等等展示了新的途径。

这种新型光学的形成为通讯（收讯速度提高几十倍）、航空

摄影、彩色电视技术的发展起了巨大的推动作用。

最近几年的研究表明，由于掌握了细的连续纤维（2.5~3微米）的生产方法，并寻找改善这种纤维制品的新方法与成分的结果，不久就可能把这种纤维布大量应用于日常生活中。

第一篇 生产玻璃纤维的玻璃

第一章 物质的玻璃状态

玻璃态物质是各向同性的非晶形物质，即其性质与其测定的方向无关。

“由熔体过冷而获得的所有非晶形物质，随着其粘度的逐渐增加具有固体的机械性能，不管其化学组成及硬化的温度范围如何，而且由液态到玻璃态的转变过程是可逆的”，这种物质就称为玻璃。玻璃各方向都具有同一的结构，所以它没有双折射现象（仅仅由于玻璃中的机械应力可以暂时产生双折射，并随着应力的消除而消失）。玻璃熔体的特性是随着温度的降低，其粘度逐渐增大，其它物化性能也随之发生变化。

Д.И.门捷列夫（Менделеев）科学地论证了玻璃是高粘度复杂熔体的概念。

目前，玻璃被认为是处于过冷状态的复杂液体系统，所以这种液体结构的特性也适用于玻璃结构。玻璃没有固定的熔点，它在一定的温度范围内软化。玻璃的性能随着温度的变化而逐渐变化，但不发生突变。某些玻璃具有一种反常的温度范围，在该温度范围内，玻璃的性能发生变化。

玻璃在形成有序结构时，要消耗微量的内能，所以玻璃的内能较晶体为大。玻璃态物质不稳定，它总是力图转变为更稳定的结晶状态。

有关玻璃结构的假说

关于玻璃结构有几种假说，其中最普遍的有下列几种：

晶子学说[**A. A. 列别捷夫(Лебедев)院士**] 根据晶子学说,在冷却时玻璃的熔融体中会产生大量的微晶体——或多或少地显出与晶格结构相应的结晶体。**A. A. 列别捷夫**还推断出在硅酸盐玻璃结构中存在石英微晶体。

Н. Н. 瓦连科夫(Валенков)和**Е. А. 波拉依-柯希茨(Порай-Кошиц)**用伦琴射线法研究了钠硅酸盐玻璃,发现玻璃在加热及冷却后,其结构有序程度增加。因此,作者推断在玻璃中有晶体产生。

К. С. 叶夫斯特罗帕也夫(Евстропьев)把玻璃结构看作是各种硅酸盐及二氧化硅的微晶体聚集状态,其化学性能取决于玻璃的化学成分。这些微晶体可以是一定组分的化合物,或固态溶液。

聚集体学说[**О. К. 鲍特文金(Ботвинкин)**] 认为,玻璃中结构基团的形成是与在高温下开始并随温度降低而成长的聚集体的形成过程联系在一起的。根据**О. К. 鲍特文金**的资料,聚集体是相同分子互相结合而形成的,这就使玻璃有可能产生微多相结构。

不规则连续网状体学说[**查哈里阿生(Zachariasen)**] 该学说把玻璃看作是具有不规则连续网状体的相应的晶体结构。在其结点上分布有离子、原子或原子团。玻璃结构网的基础是一定的结构单元体,而整个网就是这种单元体的重复所构成的。但是,这种重复不象晶体结构那样有规律性(根据查哈里阿生的资料,在石英玻璃结构中, SiO_4 四面体的相互取向上出现无规律性)。在复杂的玻璃中,硅离子占有四面体的中心,而在其结点上分布有氧离子。金属阳离子就分布在四面体之间的“空隙”中。

查哈里阿生的学说认为各种玻璃的结构完全是均匀的。

但是,个别作者试图证明玻璃的结构为连续非晶形结构网,其结果都不够理想,因为用这种概念很难解释玻璃态系统的许多性能。

其他学说 还有许多关于玻璃结构的假说。例如**B. B. 塔拉索夫(Тарасов, 苏联)**及**斯台弗斯(Stevens, 荷兰)**认为玻璃

是一种带链状空间点阵的聚合物。

П.П.科贝柯 (Кобекко) 则认为玻璃是一种在熔化温度下结构固定下来的过冷液体。

无机玻璃结构的聚合学说目前尚未充分发展, 还要进行更广泛的试验研究来加以证实。

目前, 大多数研究工作者都得出了关于玻璃的微多相结构的结论, 就是说在玻璃结构中没有异种分子的完全相互渗透, 只有同种分子的相互作用, 并形成独立的结构微晶群。

К.С.叶夫斯特罗帕也夫根据二元系统熔融玻璃态的粘度及导电性的数据, 得出了关于玻璃的微多相结构的结论。为了证实玻璃的微多相结构的假说, 他用钠硼硅酸盐成分的玻璃作为例子, 这种玻璃在酸的作用下随着硼钠成分的形成而逐渐破坏。

今后对于玻璃与液体的性能以及这些性能与成分、温度及其他因素的关系进行更深一步的研究, 就有可能更准确地来确定玻璃的结构。

第二章 玻璃的性能及对它的要求

用于拉制连续玻璃纤维的玻璃必须具有较低的结晶倾向, 同时在其拉丝的温度范围内达到所需的粘度。由于用途不同, 对玻璃的化学成分还有其他一些要求, 如化学稳定性、优良的电绝缘性及其他等。

玻璃的结晶性能

在拉制玻璃纤维时, 必须考虑玻璃的结晶倾向 (玻璃的结晶能力)。用于拉制玻璃纤维的玻璃熔体中所含结晶杂质会在拉丝过程中引起断头, 并降低纤维的强度。

玻璃结晶起初出现在相界面上, 多半出现在表面上 (在气泡