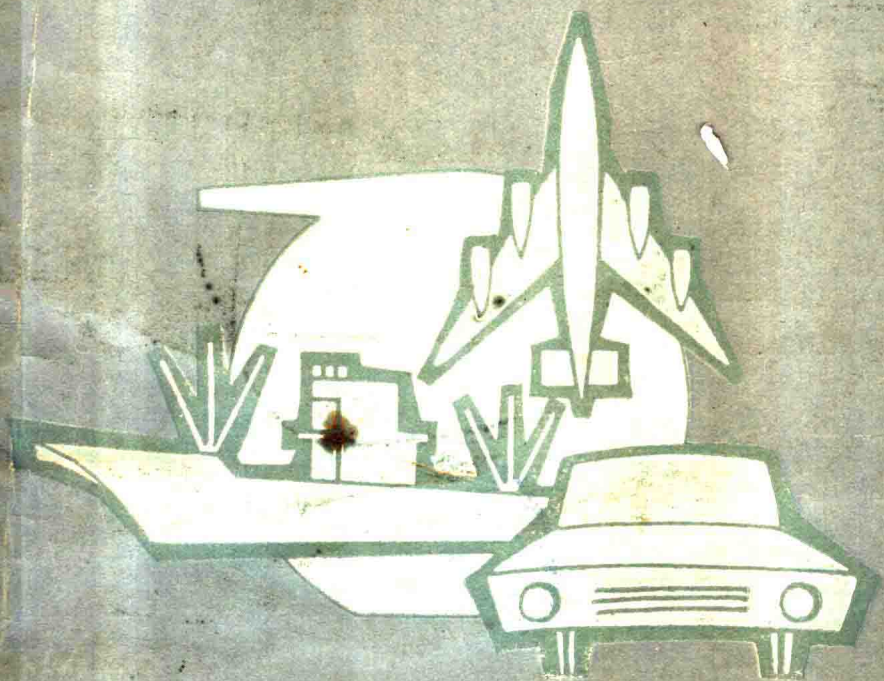


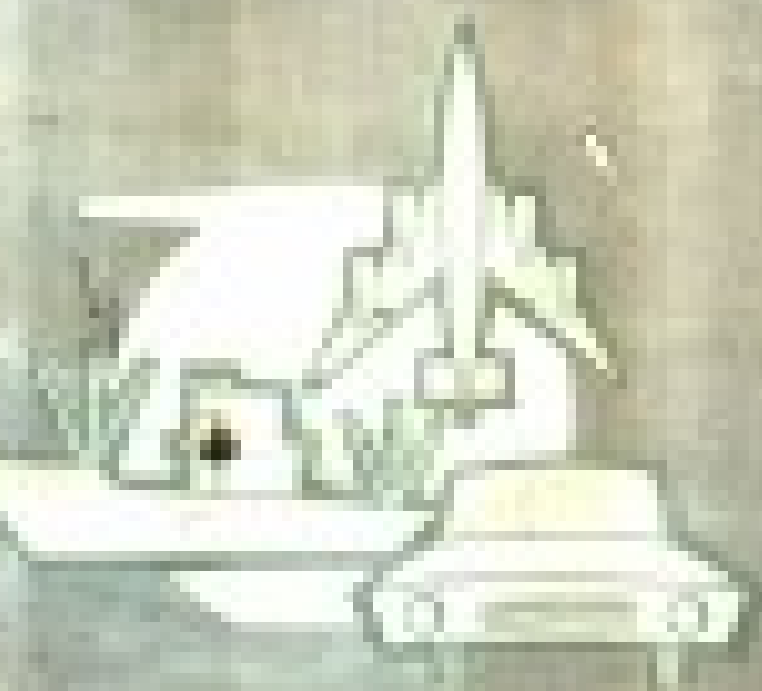
71.225
GX

玻璃钢的奥秘



山东科学技术出版社

玻璃鋼的奧秘



編者：張學良、張學成

玻璃钢的奥秘

山东科学技术出版社

一九七九年·济南

玻璃钢的奥秘

广心编

★

山东科学技术出版社出版

山东省新华书店发行

山东新华印刷厂临沂厂印刷

★

187×1092毫米32开本 3.25印张 58千字

1979年6月第1版 1979年6月第1次印刷

印数：1—13,000

书号 13195·7 定价 0.25 元

内 容 提 要

这是一本介绍玻璃钢知识的科学普及读物。它主要介绍玻璃钢的组成、性质、制造方法、用途以及由它发展起来的其他塑料复合材料等方面的基本知识。本书可供广大干部和工农兵群众阅读，也可作为青年学生的课外读物。

目 录

一、玻璃怎么成为钢的.....	1
玻璃的怪脾气.....	1
粘结玻璃纤维的合成树脂	5
玻璃钢的诞生.....	10
在玻璃和树脂之间架桥	12
二、玻璃钢的性能.....	15
和钢铁不相上下.....	15
比铁结实比铝轻.....	18
在酸碱中毫无惧色	22
阻挡电流的英雄好汉	25
美中不足之处	29
三、玻璃钢是怎样制造的.....	32
合成树脂的制造.....	32
拉制玻璃纤维	40
手糊法	44
机械化的操作方法	51
四、玻璃钢在各行各业中大显身手.....	57
玻璃钢在车、船和飞机上的应用.....	57

新颖的建筑材料·····	65
玻璃钢在国民经济其他部门的应用·····	67
玻璃钢也进入了日常生活中·····	72
五、玻璃钢的新发展·····	75
为克服玻璃钢的弱点所作的努力·····	75
玻璃钢的兄弟姐妹·····	80
宇宙飞行提出的要求·····	83
耐热性更好的增强塑料·····	87
增强材料的新品种·····	91

玻璃钢，多么熟悉的名字呀！书籍、报刊、杂志和科学技术资料里常常提到它，人们在生产和生活中也会接触到它。有时，人们已经使用了玻璃钢制造的物品，可还不知道什么是玻璃钢哩！玻璃钢到底是什么样的东西，它是怎样制造的，具有什么性质和用途，现在就让我们揭示这些有关玻璃钢的奥秘吧。

一、玻璃怎么成为钢的

玻璃的怪脾气

“玻璃能象钢铁一样结实吗？”当你听到这种问话的时候，也许会满有把握地摇摇头吧。是的，普通的玻璃哪能象钢铁一样结实呢。一只玻璃杯不小心掉在地上，“啪！”地一声就粉身碎骨了。可钢筋铁块呢，任你怎么摔也很难使它破碎。所以人们常常用“象钢铁一样”来形容意志坚强的人。

不过，也有的时候玻璃会比钢铁还结实，要让你相信这一点，咱们还是先从怎样评价一种材料结实不结实来谈起。

一种材料结实不结实是看它的机械强度高不高。材料的机械强度包括许多方面的性能指标，如抗拉强度、抗弯强度、抗冲强度、硬度等等。在这些机械性能的指标中，最重要的是抗拉强度。

什么是抗拉强度？怎样测量它呢？人们把要测定抗拉强度的材料首先制成规定形状和尺寸的拉伸试棒（图1）。这种试棒一般是两头大中间小的圆形或扁平的棒。测定时，将试棒的两端夹紧在材料试验机的机头上。机器一开动，试验机就把试棒向两头拉伸，同时读数盘上指示出加在试棒上的拉力大小。当拉伸试棒的力加大到一

定程度时，试棒被拉坏。根据将试棒拉坏时试验机所加的力和试棒断裂部位的截面积（在拉伸前就精确量好），经过换算就可以得出每单位截面积材料所能承受的最大拉伸力。这就是该材料的抗拉强度。它的单位为公斤/厘米²或公斤/毫米²。显然，一种材料的抗拉强度越大，要拉坏单位截面积材料所用的力就越大，那末，这种材料也就越结实。钢铁的抗拉强度是很大的。铸

铁的抗拉强度约为2400公斤/厘米²，工厂里常用的A₃钢的抗拉强度约为4000公斤/厘米²。和钢铁相比，普通玻璃的抗拉强度的确不算高，一般只有700公斤/厘米²，还不到铸铁抗

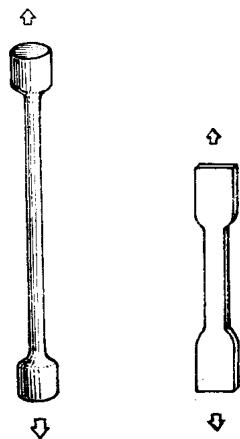


图1 拉伸试棒

拉强度的1/3，只有A₃钢抗拉强度的1/6。

衡量材料机械性能的另一个重要指标是材料的抗冲强度。测量抗冲强度时，是用一只可以摆动的重锤去冲击规定形状的材料试块。重锤将单位截面积的材料冲断所需要的功，就叫做抗冲击强度，简称抗冲强度。抗冲强度的单位为公斤×米/厘米²或公斤×厘米/厘米²。至于说到抗冲击性能，玻璃就更无法和钢铁相比了。铸铁的抗冲强度约为0.5公斤×米/厘米²，A₃钢的抗冲强度高达10公斤×米/厘米²，而玻璃的抗冲强度在0.02公斤×米/厘米²以下，还不到钢材的1/500，简直小得可怜！

这里所讲的玻璃是大块玻璃，譬如镶在窗框里的玻璃，它的机械强度远不及钢铁。可是要把玻璃拉成很细很细的玻璃纤维，情况就大不一样了。原来玻璃有这样一种古怪脾气：把它拉成很细的玻璃纤维，机械强度就能大大提高。而且玻璃纤维越细，强度就越高。上面说过，普通玻璃的抗拉强度只有700公斤/厘米²，要是将它拉成直径为30微米（一微米等于0.000001米）的玻璃纤维，那末它的抗拉强度就能提高到10000公斤/厘米²以上。这也就是说，一束截面积为一平方厘米的这种玻璃纤维，要用10吨的拉力才能把它拉断。图2就是玻璃纤维的抗拉强度和它的直径的关系。图上的曲线说明，随着玻璃纤维直径变小，它的抗拉强度迅速增大。当它的直径为5微米时，其抗拉强度可以高达30000公斤/厘米²，是普通大块玻璃抗拉强度的四十多倍。这样当然也就大大超过了钢铁和其他金属的抗拉强度。此外，玻璃拉细以后也变

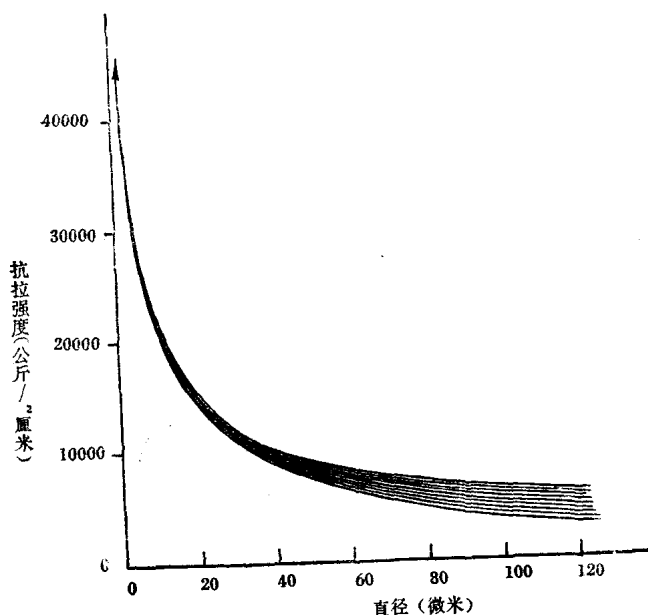


图2 玻璃纤维抗拉强度与直径的关系

得柔软起来，可以弯曲而不致折断了。

为什么大块的玻璃强度不高，而把它拉成很细很细的玻璃纤维后强度就大大提高了呢？起初有人认为，大概是在玻璃拉成细丝的过程中，玻璃的内部结构起了变化，即构成玻璃的原子排列得更整齐了。要证实这一点，就要设法观察玻璃的内部结构。后来有人用X射线照相和电子束照射的方法，仔细地观察大块玻璃和很细的玻璃纤维，可是并没有发现它们的内部结构有什么不同之处。只是在用超显微镜观察时，发现玻璃上布满了微小的裂缝，通常叫做微纹。微纹极其细

微，只有用放大倍数很高的显微镜才能发现它们。大块玻璃的强度之所以不高，原来正是这些细小的微纹在捣乱。可以把大块的玻璃比作一块破布，玻璃上的微纹就好比是布上的窟窿。当撕扯破布时，当然是在有窟窿的地方先破裂，这种布是很不结实的。可是，如果把破布撕成很细的布条的话，布上面的许多窟窿就被撕开了。布条上的窟窿少了，布条反而比破布还结实。玻璃也是这样，当它拉成很细的纤维以后，分布在玻璃纤维上的微纹就大大减少了，而且也变得更加细小。玻璃纤维拉得越细，它上面的微纹就越少、越小。所以玻璃拉成很细的玻璃纤维以后，它的强度会大大提高，而且纤维越细，强度就越高。

粘结玻璃纤维的合成树脂

玻璃拉制成很细的玻璃纤维以后，机械性能的确大大改善了，可是一根根柔软的玻璃纤维还是无法象钢筋铁块那样使用还需要寻找一种能把玻璃纤维粘结在一起，使它变得“硬挺”的东西。于是有人想到了塑料。

塑料是人们用化学方法制造（也叫做合成）出来的具有塑性的高分子材料。我们先说说什么是塑性。如在捏制泥人时，胶泥在手的搓捏下，可以做成各式各样的泥人。泥人捏好了，手不再去搓捏它，它的形状是不会自己改变的。胶泥在外力作用下，形状发生了变化，这叫做形变。当外力解除以后，受外力作用时所发生的形变仍然能保持下来的性质就叫

做塑性。塑料都是具有塑性的材料，所以它能塑制成各种形状的物品。不过，大多数塑料都是在较高的温度下才具有塑性的。

通常的塑料是由好几种成分组成的混合物。在它的各种成分中，最主要的一种成分就是人工合成出来的高分子化合物——合成树脂。因为最初合成出来的这种物质都是粘乎乎、黄澄澄的透明液体，很象树上分泌出来的树脂，所以人们把它叫做合成树脂。后来，合成树脂品种越来越多了，有许多合成树脂的外观并不象树脂，但是合成树脂这个名称还是保留下来了。

合成树脂在塑料中所占的比例为30~100%。有少数塑料，如聚乙烯塑料可以完全由合成树脂所组成。不过大多数的塑料除了以合成树脂为主体外，还根据需要，添加固化剂、增强剂、增韧剂、着色剂和填料等成分。由于合成树脂是塑料中最主要的成分，它在很大程度上决定了塑料的主要性质，所以人们就用合成树脂的名称来给塑料取名字。如以聚氯乙烯树脂为主体的塑料就叫做聚氯乙烯塑料；以酚醛树脂为主体的塑料就叫做酚醛塑料等等。有时候，塑料和合成树脂这两个名词可以通用，如人们常常把酚醛树脂叫做酚醛塑料。其实，严格地说，酚醛树脂是指单纯的合成树脂；而酚醛塑料则除了酚醛树脂以外，还添加了固化剂、填料等其他成分，因此它是多种成分的混合物。合成树脂是塑料的主体，塑料之所以能把玻璃纤维粘结在一起，靠的就是其中的合成树脂。

合成树脂都是人工合成出来的高分子化合物，所以由它们组成的各种塑料都是高分子材料。下面就谈谈什么是高分子化合物。

我们知道，世界上的物质都是由分子组成的。如水是由水分子组成，氨气由氨分子组成，聚氯乙烯树脂由聚氯乙烯分子组成……。而分子又是由比它更小的微粒——原子组成的。由于组成分子的原子数目不同，分子的大小当然也就不同。如水是由许许多多水分子组成的，而每个水分子都是由两个氢原子和一个氧原子组成的，总共只有三个原子，这算是小分子。可是在一个聚乙烯树脂的分子中却有几千，甚至几万个碳原子和氢原子，因此象聚乙烯树脂这类很大的分子就叫做高分子化合物或者高聚物。除了人工合成的高分子化合物以外，自然界里也有许多天然的高分子化合物，如蛋白质、纤维素和淀粉等，它们的分子也是由成千上万个原子组成的。

象合成树脂这样的高分子化合物，分子中原子的数目虽然非常多，可是众多的原子不是杂乱无章地堆积在一起，而是一节一节很有规律地相连起来的，又细又长，有些象自行车上的链条，所以化学家们把它叫做分子链。图3所表示的就是聚乙烯树脂的分子链和其中一小段的局部放大图。局部放大图中的空心球代表碳原子，实心球代表氢原子。一个个碳原子彼此相连形成主分子链（简称主链），而每个碳原子上又各连着两个氢原子。化学上把相邻原子间的吸引力叫做化学键。图上每对原子的化学键用一根短棒来表示，连在化

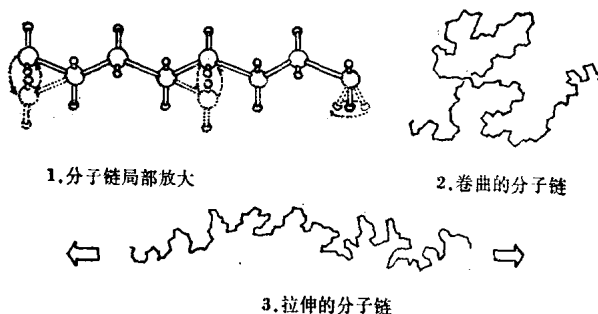


图 3 聚乙烯树脂分子链

学键两端的原子能够以化学键为轴自由地旋转，所以，整个合成树脂分子链就有点象是受惊的长蛇，时时刻刻蠕动不止。

合成树脂的分子链是很细很长的。通常一个分子链的宽度只有几埃(埃是一种很小的长度单位，一埃等于0.00000001厘米)，而长度却有几千埃。也就是说，如果把一个分子链放大一亿倍，就成了一根粗细只有几厘米，而长度却有几十米的细绳。试想，如果一根根细长的合成树脂分子链都是直挺挺、硬梆梆的，那末塑料一定是又脆又硬，一碰就断。但是，由于合成树脂分子链中原子的相互吸引和旋转，所以一条条分子链无规则地卷曲着，纠缠着，简直象一团乱麻(图3)。当受到外力作用时，如果这个力是拉伸力，这种卷曲的分子链可以沿着拉伸的方向舒展开来，等外力解除以后，分子链又可以部分或全部地缩回去。当受到压缩的时候，分

子链又可以进一步卷曲缩紧。正因为高分子化合物的分子链具有这种伸缩性，所以合成树脂都有一定的弹性和较好的韧性。

利用不同的原料和不同的方法，可以合成出各种不同的合成树脂。到目前为止，世界上合成树脂的品种已经有几百种了。各种合成树脂配上不同的其他成分，制出来的塑料，花色品种就更多了。品种繁多的塑料可以根据它们在受热时的表现分成热塑性塑料和热固性塑料两大类。塑料之所以有热塑性和热固性的区别，也是因为它的主体——合成树脂有热塑性合成树脂和热固性合成树脂两种类型的缘故。热塑性合成树脂受热时变得柔软，冷却后变得坚硬。这种受热变软，冷后变硬的过程可以反复多次。如通常作牙刷柄的塑料都是热塑性塑料，所以牙刷坏了，牙刷柄可以重新加热变软，回炉再造。热固性合成树脂在常温下通常是象胶水似的粘稠液体，当它受热或者在固化剂的作用下，就发生化学变化，变成坚硬的固体，这种过程叫做固化。在固化过程中，固化剂的分子在一根根合成树脂分子链中间搭起了许多“小桥”。这些“小桥”把原来可以自由移动的链条状（也叫做线状）合成树脂分子连结起来，形成一个大的网架状立体结构。这样，合成树脂也就失去了原来的流动性，变得又坚硬，又结实。热固性合成树脂即便不加固化剂，由于加热，合成树脂分子链之间也会发生化学反应，交联成网架状的立体结构，从而变硬。热固性合成树脂和热塑性合成树脂不同，固化变硬的热固性合成树脂重新受热时，即便把它加热到烧焦或者

分解的程度，也不会再变软。如通常做电灯插口的塑料就是热固性塑料，它坏了以后不能重新回炉再造。

最初，玻璃纤维就是用热固性合成树脂来粘结的。让玻璃纤维浸上热固性树脂，等树脂固化以后，玻璃纤维就可以被变硬的合成树脂牢牢地粘住了。后来，也有用热塑性合成树脂来粘结玻璃纤维的，那是将热塑性合成树脂加热熔化，再将切短了的玻璃纤维均匀地混合在熔融的合成树脂里，等合成树脂冷却变硬以后，玻璃纤维便被固定在树脂之中了。

玻璃钢的诞生

第二次世界大战时期，军事上急需一种能透过雷达波的高强度材料，以便制造战斗机和轰炸机上雷达天线的防护罩。金属虽然可以承受高速飞行时空气的巨大压力，可是它会反射雷达波，因此不能胜任这种任务。普通的塑料不反射雷达波，可是它的机械强度又不够。这时有的工程技术人员把玻璃纤维浸渍在加了固化剂的聚酯树脂中，然后把沾有树脂的玻璃纤维缠绕在雷达天线防护罩的石膏模型上。因为聚酯树脂是一种热固性树脂，它在固化剂的作用下，发生了化学变化，原先象胶水似的聚酯树脂经过几小时以后，变成很坚硬的塑料。变硬了的聚酯树脂按照防护罩的形状把玻璃纤维牢固地粘在一起，这样就做成了一只塑料的雷达天线防护罩。把它装到飞机上试一试，无论是雷达波的透过性能，还是机械强度都完全符合技术要求。这是1940年的事情。打这