



《船用塑料螺旋桨》编写组

船用塑料螺旋桨



船用塑料螺旋桨

《船用塑料螺旋桨》编写组

人民交通出版社

1974年·北京

内 容 简 介

《船用塑料螺旋桨》一书，着重总结我国中、小船厂制造塑料螺旋桨的经验。全书共分：概述；玻璃钢螺旋桨的材料；制造工艺；玻璃钢螺旋桨的强度校核等四章。内容比较实用。本书可供船厂从事这方面工作的工人、技术人员和有关单位参考。

船 用 塑 料 螺 旋 桨

《船用塑料螺旋桨》编写组

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷二厂印

开本：787×1092 1/32 印张：6 字数：130 千

1974年4月 第1版

1974年4月 第1版 第1次印刷

印数：0001—6,300册 定价(科二)：0.44元

毛主席语录

自然科学是人们争取自由的一种武装。人们为着要在社会上得到自由，就要用社会科学来了解社会，改造社会进行社会革命。人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

在边区自然科学研究会成立大会上的讲话

（一九四〇年二月五日），

一九四〇年三月十五日《新中华报》

前 言

塑料是一种新型的工业材料。目前，它在工业上已大量使用，而用塑料来制造船舶螺旋桨，迄今也不过十年左右。

塑料螺旋桨在一段不长时间的应用中，已显示出它具有许多的优点，如重量轻、耐腐蚀、震动和噪音小等。目前塑料在船舶中的应用，已引起了造船界的重视。我国广大造船工人，在毛主席的无产阶级革命路线的指引下，坚持“独立自主，自力更生”的方针，经过几年的努力，已在采用新型轻质高强材料尼龙、增强尼龙和玻璃钢等制造船舶螺旋桨方面，积累了一些初步的经验。

遵照伟大领袖毛主席“要认真总结经验”的教导，我们芜湖造船厂、长航东风船厂和广东工学院等单位在有关领导部门及广大群众的支持下，组成了三结合编写小组，通过调查研究，总结了某些地区的先进经验，并在各兄弟单位的协助下，编成了《船用塑料螺旋桨》一书。由于我们的水平所限，加上这是一项新技术，许多问题尚在探索中，所以本书中错误与不足之处在所难免，希望读者加以批评指正，以便本书不断得到补充和提高。

在编写过程中，我们得到了许多兄弟单位的大力支持和帮助，在此顺致感谢！

《船用塑料螺旋桨》编写组

目 录

前 言

第一章 概述	1
第一节 螺旋桨材料概述	1
第二节 塑料螺旋桨的研制概况	4
第三节 塑料螺旋桨的特点	9
第四节 为推广塑料螺旋桨的应用而努力	15
第二章 玻璃钢螺旋桨的材料	16
第一节 环氧树脂	18
第二节 不饱和聚酯树脂	39
第三节 玻璃增强材料—玻璃纤维及其织物	48
第三章 塑料螺旋桨的制造工艺	60
第一节 玻璃钢螺旋桨的模具	60
第二节 玻璃布的剪裁	88
第三节 脱模剂的配制及使用	97
第四节 玻璃钢螺旋桨的成型	101
第五节 影响玻璃钢螺旋桨成型质量的因素	107
第六节 组合式玻璃钢螺旋桨	110
第七节 玻璃钢螺旋桨的加工、装拆和修补	117
第八节 劳动保护	122
第九节 尼龙螺旋桨	125
第十节 增强尼龙螺旋桨	132
第四章 玻璃钢螺旋桨的强度校核	146
第一节 强度校核方法	146
第二节 影响玻璃钢螺旋桨强度的因素	156
第三节 关于许用应力选择的讨论	170
第四节 塑料螺旋桨几何尺寸的特点	180

第一章 概 述

目前，在工程中应用的塑料已不少于四十种，但适合于制造船舶螺旋桨者，目前只有尼龙、增强尼龙和玻璃钢，其中又以玻璃钢应用较普遍。所以，常将塑料螺旋桨分别称为尼龙螺旋桨、增强尼龙螺旋桨和玻璃钢螺旋桨。

尼龙和增强尼龙属于热塑性塑料。其特点是受热时会熔化并呈流动状态，冷却后又能变为固体，故可通过一定的模具压制或浇铸成各种制品。尼龙和增强尼龙螺旋桨的制造，一般是通过加热，将原材料变为液体或流动状态，然后，在预先制好的螺旋桨模具中，进行浇铸、注射或挤压而成。

玻璃钢是玻璃增强塑料的俗称，是以某些属于热固性的合成树脂（如环氧树脂、不饱和聚酯树脂等）为粘合剂，并以玻璃纤维及其制品（如玻璃布、玻璃带、玻璃毡等）为增强材料涂敷加工制成。热固性塑料的特点是受热或加进固化剂后，一经成型，就变为坚硬物质。玻璃钢螺旋桨的制造方法一般是在螺旋桨的模具中逐层敷设浸渍合成树脂的玻璃布，然后使之在常温或高温下进行固化而成。

为什么可以用塑料来制造螺旋桨，塑料螺旋桨有什么特点，目前的研制概况如何？这是本书着重要讨论的问题。

第一节 螺旋桨材料概述

目前制造螺旋桨的主要材料大都采用强度较高的金属或合金，如铸铁、铸钢、锰铁黄铜、不锈钢等。

选择螺旋桨材料时，必须综合考虑各方面的因素。从结

构强度的观点来讲，因为螺旋桨是把主机发出的能量转变成推进船舶前进的动力机械，它在工作中要承受弯、拉、扭等复杂的外力，故要求螺旋桨的材料必须具有较高的机械强度。因此，主机的马力、转速、船舶的航速等因素，就成为选择螺旋桨材料的最重要的依据。此外，还需要考虑到生产成本的高低、原材料来源的难易、加工的繁简以及耐用程度等因素。

下面对几种金属材料的螺旋桨进行概要分析比较，从中可以看出采用新型材料制造螺旋桨的必要性。

一、铸铁螺旋桨：主要优点是材料来源丰富，成本低廉，铸造简单。缺点是强度低、质脆、易折断。为了保证一定的强度，往往将桨叶做得比铜螺旋桨厚30—35%，螺旋桨的效率较低。这类螺旋桨常用在主机马力小，航速低的小型船舶上。铸铁螺旋桨的抗腐蚀性能很差，大大地限制了它在海上的使用。

二、铸钢螺旋桨：它的强度和韧性都比铸铁螺旋桨好，应用范围也比铸铁螺旋桨广，但铸造时要求技术条件较高，成型后表面加工又比较困难。目前许多中小型船厂尚缺乏铸钢螺旋桨的铸造加工设备和技術。铸钢螺旋桨的抗腐蚀性能比铸铁螺旋桨还要差，铸铁螺旋桨大多数在表面上腐蚀，而铸钢螺旋桨的腐蚀常扩展到叶片的深处。腐蚀常使叶片多孔，表面凹凸不平，运转中摩擦阻力大大增加，严重地影响船舶的航速，腐蚀厉害者，六个月后，会使船舶航速下降25%。因此，常常在设计时，不得不增加10%的厚度以抗腐蚀。

三、铜合金和不锈钢螺旋桨：优点是强度高，冲击韧性好，可根据螺旋桨的水动力特性来选择较理想的切面厚度。加工时，也易于研磨和抛光，又耐腐蚀，使用时间较长，螺旋桨也效率高。例如，盘面比为0.4的青铜螺旋桨和同一厚

表1-1

几种常用的金属螺旋桨材料性能比较表

材料名称	比重	拉伸强度 (公斤/厘米 ²)	延伸率	抗腐蚀性	表面质量	加工性能
铸铁	7.6	1800—2600	0	差	表面粗糙， 不能修补	容易铸造
铸钢	7.85	4500—5000	18%	差	粗糙	不易铸造加工
锰铁青铜	8.41	4500—4800	15—20%	好	光滑	容易铸造加工
不锈钢	7.85	7000	25%	很好	光滑	不易铸造，但表面可加工

度但表面较粗糙的铸钢螺旋桨比较，效率可高5%；当盘面比为0.75时，则高10%。目前大型船舶和军舰多采用这类螺旋桨。缺点是材料来源困难，价格昂贵。不锈钢螺旋桨也不易铸造，所以不能在中、小型民用船舶上普遍采用。

金属螺旋桨一个共同的特点是重量大，有的船舶螺旋桨重达5~6吨以上。运输、装拆都十分不便。随着船舶向更大的吨位发展，轴系和螺旋桨的重量也越来越大。如何使轴系和螺旋桨轻型化，已成为造船界需待解决的一个问题。

随着船舶航速的提高，螺旋桨发生空泡现象也是不可避免的。第一阶段空泡的作用引起螺旋桨叶片的严重剥蚀，有的甚至在几天或几个月的时间内竟使桨叶破坏而不能继续使用。以上所列举的各种金属材料，乃至不锈钢，也不能完全抵抗空泡剥蚀。因此，预防螺旋桨空泡剥蚀的问题，又成为造船界共同关心的另一个课题。

从上面的情况看来，采用高强度合金来制造螺旋桨，已经不能完全满足现代船舶发展的要求。所以很希望有一种强度高、重量轻、来源丰富而又经济耐用的新型材料，以代替合金。在探索新材料的过程中，许多国家都进行了不少试验研究工作。塑料螺旋桨就是在这场造船工业技术革命中出现的新产品。

第二节 塑料螺旋桨的研制概况

塑料螺旋桨作为一种新生事物，已初步地显示出金属螺旋桨所没有的优点，引起造船界的注意。

在采用最新技术武装造船工业的战斗中，我国造船工人，在毛主席的无产阶级革命路线的指引下，坚持“独立自主，自力更生”的方针，高举“鞍钢宪法”的旗帜，大力开展群众性的技术革新和技术革命运动，已在采用玻璃钢、尼龙和

增强尼龙等新型材料试制船舶螺旋桨方面，作了大量的工作。自1967年以来，已试制成直径为500~1780毫米的塑料螺旋桨数百只，并分别安装在主机功率为20~400马力的沿海和内河的各种船舶上。到目前为止，使用时间最长者已有二年多。

国外，西德在1966年前后试制成一个直径为1700毫米的船用塑料螺旋桨；美国和丹麦已有厂商出售直径为1250毫米的船用塑料推进器；日本从1962年开始对船用塑料螺旋桨进行了研究，先后制成船用塑料螺旋桨数百只，并已装在各类型船舶上使用，现在正研究用于大型货船。

塑料螺旋桨的应用，开辟了船舶螺旋桨新的材料来源，可以节省大量贵重的有色金属，有利运输和生产。这一新事物普遍受到了欢迎。现仅举部分使用实例如下：

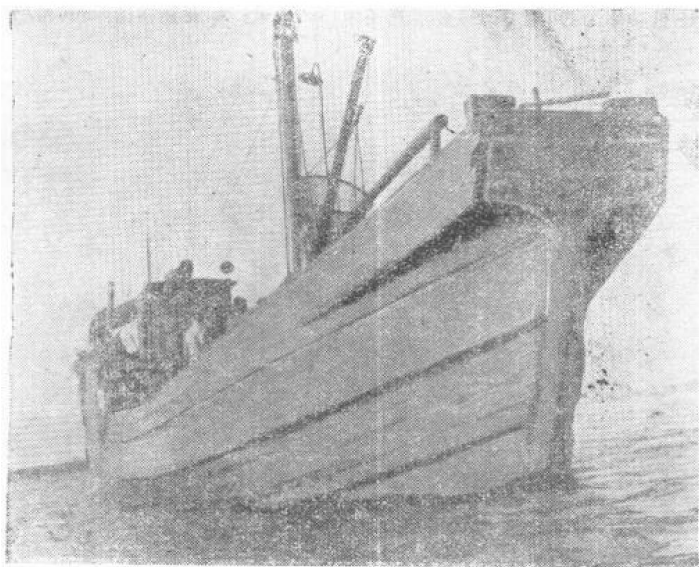


图1-1 安装玻璃钢螺旋桨的渔船

主机功率为135马力，螺旋桨直径为1250毫米，螺旋桨转速为500转/分。

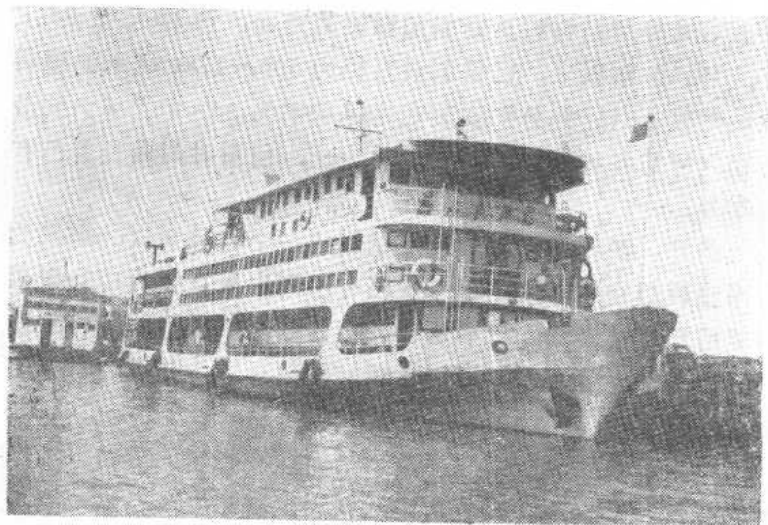


图1-2 安装组合式玻璃钢螺旋桨的内河客船

主机功率为400马力；螺旋桨直径为1580毫米；螺旋桨转速为400转/分。

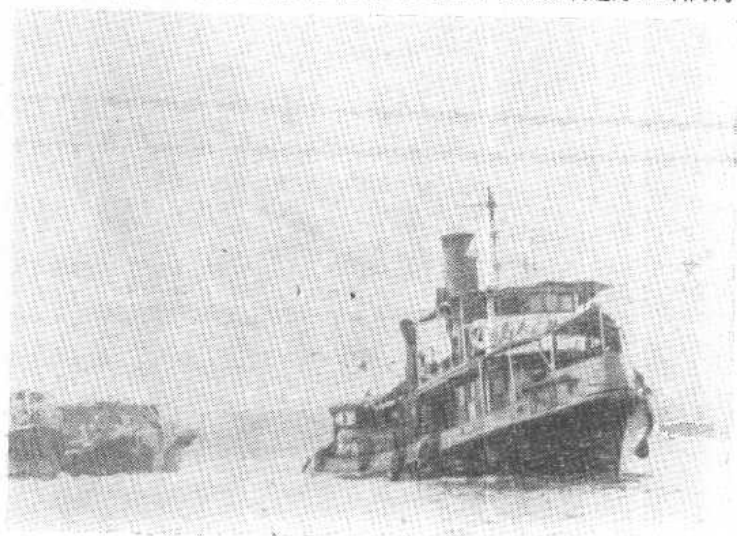


图1-3 安装玻璃钢螺旋桨的蒸汽机拖轮

主机功率为180马力；螺旋桨直径为1780毫米；螺旋桨转速为100转/分。

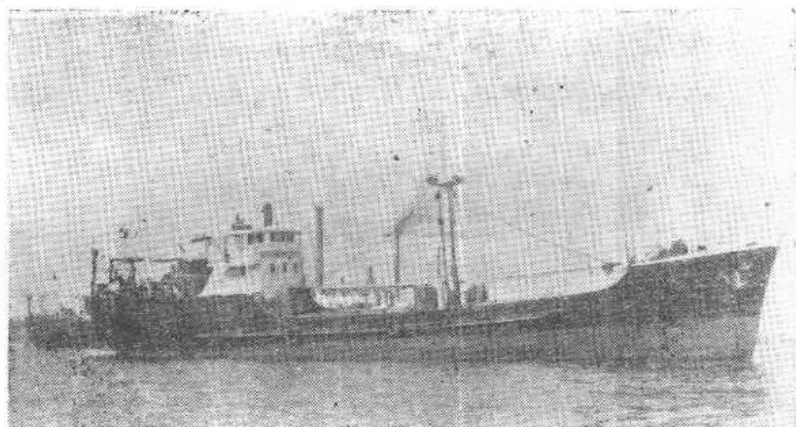


图1-4 安装玻璃钢螺旋桨的沿海货轮

主机功率为400马力；螺旋桨直径为1570毫米；螺旋桨转速为400转/分。

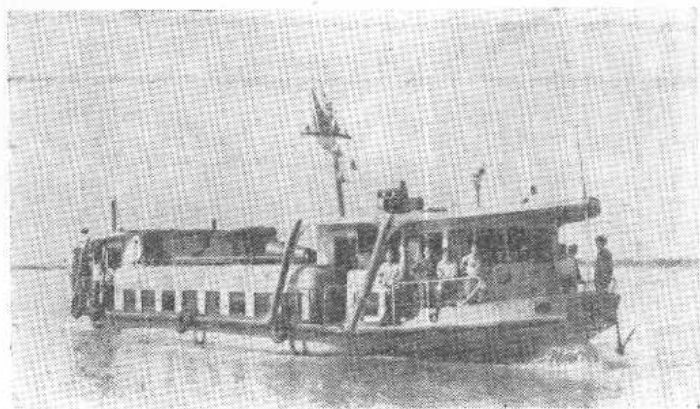


图1-5 安装玻璃钢螺旋桨的喷水客船

主机功率为120马力；螺旋桨直径为846毫米；螺旋桨转速为750转/分。

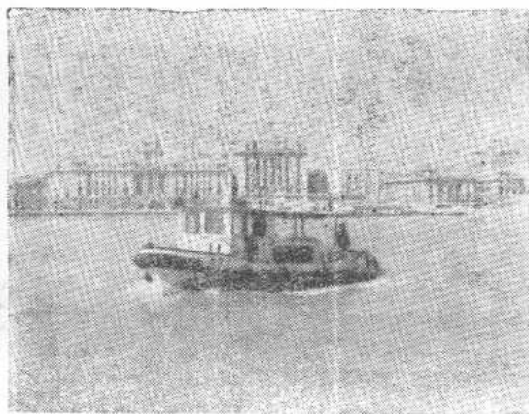


图1-6 安装玻璃钢螺旋桨的物料船

主机功率为120马力；螺旋桨直径为960毫米；螺旋桨转速为500转/分。

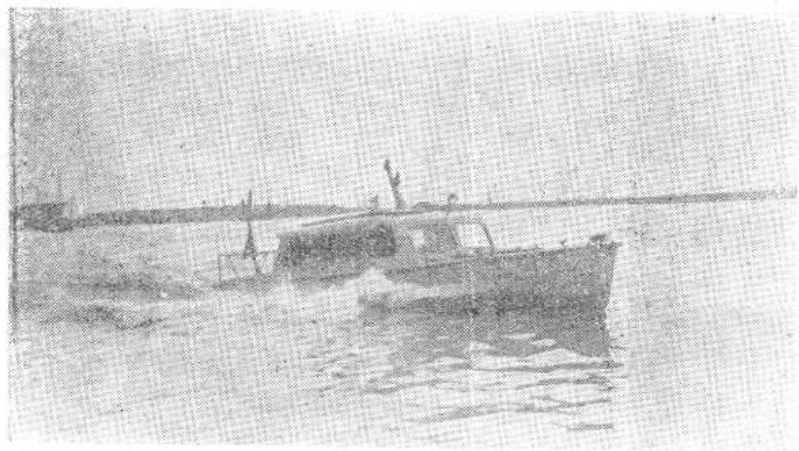


图1-7 安装增强尼龙螺旋桨的快速交通艇

主机功率为75马力；螺旋桨直径为540毫米；螺旋桨转速为1400转/分。

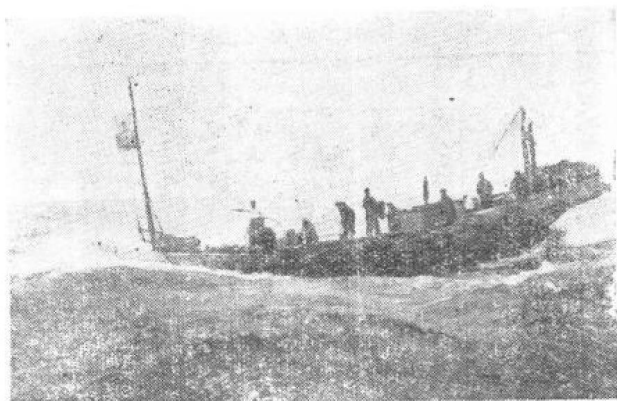


图1-8 安装尼龙螺旋桨的小渔船

主机功率为20马力；螺旋桨直径为620毫米；螺旋桨转速为580转/分。

第三节 塑料螺旋桨的特点

塑料螺旋桨的优点如下：

一、重量轻：尼龙的比重为 1.16；增强尼龙的比重为 1.2—1.45；玻璃钢的比重为 1.6—1.8；而锰铁黄铜的比重为 8.4。用塑料制造螺旋桨时，因强度比铜差，厚度应取得稍大，所以一般塑料螺旋桨的重量约为铜质螺旋桨的 $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{5}$ ，见表 1—2。

螺旋桨重量的大幅度减轻，使得运输、安装和拆卸方便，并减轻了尾轴与轴承的磨损，延长轴系寿命，提高轴系效率，从而降低了主机的耗油量，如表1—3所示。此外，由于螺旋桨重量减轻，质量不平衡所引起的轴系振动以及对船体所产生的附加应力也相应减小，故对船体结构也有好处。

二、吸震和消音：螺旋桨在运转过程中，当桨叶切面上表面某处的水动压力降低至空气的饱和溶解压力时，气体即开始从水中分解出来，在桨叶上表面形成气泡。这种气泡随着桨叶表面流到桨叶随边附近，常因水动压力的增大而消

表1-2

螺旋桨重量对照表

螺旋桨要素				重量(公斤)	
直径 (毫米)	盘面比	叶根厚度(毫米)			
		铜	塑料	铜	塑料
540	0.55	16.6	20	13.5	3.7
650	0.5	26	30	28	7
650	0.55	28	35	25	5
920	0.5	34	44	60	19.5
940	0.55	36.5	42	68.5	17
1060	0.3	38	42	73.5	17.5
1250	0.45	49.5	50	123	24.5
1560	0.46	46	53	210	49
1570	0.454	64	83	321	78

表1-3

耗油量对照表

船名	主机马力	主机转速 (转/分)	每小时耗油量(公斤)	
			铜螺旋桨	塑料螺旋桨
红星132	120	1500	17.4	14.6
红星123	180	750	42	39
红星125	120	1590	26.2	24.7
红星103	80	1500	9.0	9.0
红星108	180	750	28	28.3
前进128	120	1500	16.9	17.1
前进127	120	1500	17.48	15.98
红星203	150	1500	19.00	17.10

失, 气泡周围的水向空泡所在空间的迅速补充, 常常引起桨叶表面的剥蚀, 同时引起螺旋桨噪音。这种噪音很容易被声纳探测器所接收。此外, 上述空泡现象还会使螺旋桨在运动时发出一种称为谐鸣的声调。以上两种现象, 对军舰的隐蔽性和客船要求的安静性影响很大。因此在设计螺旋桨时应该

采取措施避免噪音和谐鸣。塑料是一种较好的吸震和消音材料，事实上一些内河客船使用塑料螺旋桨后，震动和音响都明显地减少。

三、耐腐蚀和抗空泡剥蚀：塑料螺旋桨本身是绝缘体，根本不存在电化腐蚀现象，所以船体和螺旋桨之间不需采用保护锌块作为防止电化腐蚀的措施。塑料螺旋桨本身对海水的化学腐蚀也有很强的抵抗能力，试用中的螺旋桨，表面尚未发现任何化学腐蚀的现象。

关于抗空泡剥蚀问题，当前还缺乏认真研究，所得到的资料尚不能作出结论。据第二届国际船舶结构力学会议“合成材料”一文介绍，塑料螺旋桨由于空泡而引起的剥蚀可以忽略；日本有些资料认为，塑料可以吸收空泡消失时所产生的高频冲击能量，采用塑料螺旋桨至少可以减轻空泡剥蚀。

四、造价低、工艺简单：塑料螺旋桨所采用的材料平均每公斤约10—20元，铜合金螺旋桨按铸造重量计，每公斤约9—10元。但前者耗费材料的重量只有后者的1/5—1/3；另一方面，塑料螺旋桨一经成型，截面形状，几何尺寸，表面光洁度均基本符合要求，不需要再进行削铲、打磨和抛光，从而节省了大量加工劳动。尤其是在批量生产时，生产效率大大提高，成本显著降低。例如：直径为1000毫米的玻璃钢螺旋桨的造价约为铜合金螺旋桨的50%—80%左右。

制造塑料螺旋桨的设备很简单，要求的技术条件也不太高。如广东一个内河船队，以一艘报废的小船作为场地，几位工人同志在设备极为简陋的情况下，已生产出满足整个船队需要的塑料螺旋桨。

修补方便也是玻璃钢螺旋桨的一个优点，只要不是在根部或发生整体性的破坏，一般仍可修复使用。如“红星230”客船，一玻璃钢螺旋桨使用半年后，发现桨毂靠近叶根处有