上纬新材料科技股份有限公司
SWANCOR ADVANCED MATERIALS CO.,LTD.
上海市松江区松胜路618号
电话：+86 21 5774 6183
传真：+86 21 5774 6177
shanghai@swancor.com.cn

上纬（天津）风电材料有限公司
SWANCOR (TIANJIN) WINE BLADE MATERIALS CO.,LTD.
天津经济技术开发区汉沽现代产业区彩云街6号
电话：+86 22 5991 6567
传真：+86 22 5991 6568
tianjin@swancor.com.cn

上纬兴业股份有限公司
SWANCOR HIGHPOLYMER CO.,LTD.
台湾南投市南岗工业区工业南六路9号
电话：+886 49 225 5420
传真：+886 49 225 1534
nantou@swancor.com

上纬（江苏）新材料有限公司
SWANCOR (JIANGSU) NEW MATERIALS CO.,LTD.
江苏省盐城市阜宁县高新产业园纬二路27号
电话：+86 515 8788 6518
传真：+86 515 8788 6015

上纬（马）有限公司
SWANCOR IND(M) SDN.BHD.
PLO 212, Rumbia 5, Kawasan Perindustrian Tanjung Langsat,
81700 Pasir Gudang, Johor, Malaysia.
电话：+607-255 6605
传真：+607-255 7562
johor@swancor.com

www.swancor.com.cn

股票代码：688585

上纬NEWS

2021年 第35期

逆风而行 向阳而生

目录

CONTENTS

奋发向上、大有作纬 …… 02
热烈祝贺上纬新材成功登陆上交所科创板

上纬新型风电灌注树脂SWANCOR HYVER …… 03
助力风能平价时代提速发展

第26届中国国际复材展 …… 04
&“上纬杯”第六届全国大学生
复合材料设计与制作大赛成功举办

凤凰涅槃，浴火重生 …… 05
小记上纬江苏工厂安全提升历程

从汽车行业到风电产业链， …… 07
专属风电的APQP4Wind

上纬拉挤树脂在风电叶片上的应用 …… 08

新型风电灌注树脂SWANCOR HYVER …… 09
在大型风电叶片上的应用

上纬乙烯基酯树脂在土耳其胡努特鲁电厂 …… 14
“烟塔合一”大型玻璃钢烟道中的应用

拉挤板材的制样方式 …… 15
对测试结果的影响

奋发向上、大有作纬 —
热烈祝贺上纬新材成功登陆上交所科创板

2020年9月28日，上纬新材料科技股份有限公司【股票代码：688585】挂牌上市敲钟仪式在上交所隆重举行。敲响上市金钟，标志着上纬新材正式登陆上交所科创板，进入跨越式发展的新征程！

上纬新材料科技股份有限公司董事长蔡朝阳先生与员工代表参加了上市敲钟仪式，共同见证这一具有里程碑意义的重要时刻。

此次成功上市后，上纬新材将进一步加大研发投入，不断拓宽和延伸产业链，持续提升核心竞争力，未来，公司将在巩固及发展现有的国内外市场优势的基础上，以自身的核心技术优势、过硬的产品质量、优良的客户口碑为突破口，进一步增强核心竞争力，用优异的经营成果回报各位投资者，回馈社会！

上纬新型风电灌注树脂SWANCOR HYVER 助力风能平价时代提速发展

根据全球风能理事会预测，到2023年中国在全球新增风电装机量的占比将超过30%，占据全球第一大风电市场。当前风电产业已进入平价时代，正处于优化升级的关键期，如何稳定增长，提升发展质量及竞争力，是全产业链风电人面临的共同难题。

全球风机朝向大型化的趋势愈发明显，结合中国风能资源的特点，在低风速风场更大更长的风机叶片可实现发电效率更优化，有助于提高投资回报。但随着风机的不断增大，对设计、安装、成本控制的要求也提出了更大的挑战。

上纬新材拥有20多年的树脂开发经验，且在风电叶片用材料领域深耕多年，坚持技术创新，针对当前风电市场发展的状况，打造出一款极具成本优势且兼顾性能要求的新型树脂SWANCOR HYVER (以下简称" HYVER")，助力解决风电产业发展面临的成本难题。

今年6月，上纬新材与国内知名叶片公司合作开发使用HYVER的低风速叶型首支叶片成功下线。该叶片长度超过80米，使用了上纬新材全新开发的HYVER灌注，也是上纬新材HYVER灌注顺利完成大叶型叶片试制的全新开创性突破。

试制前，上纬新材技术人员与客户联合开发做了大量的技术储备工作，进行了材料性能、结构设计及关键工艺点的全面验证，为首支叶片顺利成功下线奠定了坚实的基础。今年随着风电产业进入平价时代，且受全球疫情及不可抗力气候状况影响，化工原材料普遍上涨，作为风电叶片用主要原材料，风电环氧树脂价格也顺势上浮，而风机价格顺应市场竞争不断下跌，整机及叶片企业面临前所未有的降本压力。上纬新材推出的HYVER解决方案，具有以下竞争优势：

1. 价格优势明显，在风电平价时代，符合降本增效的需求；
2. 黏度低，对纤维有良好的浸润性，可缩短叶片灌注时间，提高叶片生产效率；
3. 放热温度低，操作时间长，有利于大型叶片的灌注；
4. 产品强度建立快，可减少叶片占模时间；
5. 力学性能优异，符合大型叶片的设计需求。

"十四五"是风电产业迈向世界引领、市场开拓的关键阶段，如何降本增效是突破的关键，现下更低的上网电价使降本任务更加艰巨。 上纬新材HYVER满足了客户降本需求，有效解决客户甚至风电产业链降本增效的痛点。未来上纬新材将持续不断的完善自身研发创新体系，并进一步深化与下游客户的技术合作，着力研发大型高效绿色风力叶片用材料等产品，为实现更为安全环保的生产工艺、制造环境及产品应用做不断的完善和创新。

第26届中国国际复材展& "上纬杯"第六届全国大学生复合材料设计与制作大赛成功举办

2020年9月2-4日， "第26届中国国际复合材料工业技术展览会"于上海世博展览馆隆重举办，上纬全新推出用于大型风电叶片主梁等关键部件的预浸料树脂SWANCOR 2591和碳纤维灌注&碳玻混编灌注树脂SWANCOR 2519-2A/BS，并一如既往的秉承"Green Energy & Environmental Protection & Safety" 的绿能、环保与安全理念，继续诠释"复合材料专家"的风采。

展会期间，上纬新材料科技股份有限公司董事长蔡朝阳先生接受了复材展组委会的现场采访直播。蔡先生介绍了上纬在中国与全球市场的发展情况，目前的重要研发突破和未来规划展望等。

同期 9月2-3日， "上纬杯"第六届全国大学生复合材料设计与制作大赛在上海世博展览馆成功举行，9月3日下午举行了隆重的颁奖仪式。大赛以"高延展复合材料"为比赛主题，吸引了18所高校的38支队伍参赛。在公平、公正、公开的竞争原则下，经过角逐，武汉理工大学三队获得高延展复合材料一等奖，武汉理工大学一队、武汉理工大学二队获得高延展复合材料二等奖，上海应用技术大学梦想启航队、西北工业大学卓新队、同济大学三队获得高延展复合材料三等奖。 在优秀海报评比中，国防科技大学-材料设计全都队获得一等奖、西北工业大学-卓新队获得二等奖、东华大学-东复超延PLUS队获得三等奖。同时，在网络评选中国防科技大学-将遇良材队获得最佳人气奖。

今年，在第27届中国国际复材展同期，"上纬杯"第七届全国大学生复合材料设计与制作大赛将继续成为展会现场人气最旺的活动之一，今年大赛以"轻质碳纤维复合材料夹芯结构"为比赛内容，将吸引约25所高校、55支队伍参赛。上纬作为大赛的主要赞助单位，相信通过"上纬杯"能给参赛大学生一个很好的交流与竞技平台，学以致用，更切身体验和理解复合材料的设计理念。

凤凰涅槃，浴火重生

-----小记上纬江苏工厂安全提升历程

“居安思危、思则有备、有备无患”，这几年在全国化工行业很火的词是“安全提升”，自2020年开始江苏省开展“一年安全整治开小灶，全国三年开大灶”，在当地相关领导关心指导下，上纬江苏工厂也积极开展了安全整改提升。

过去一年上纬江苏厂没有发生一起安全事故，没有发生一起品质异常，没有发生一起安全虚惊，在盐城市我们是化工安全表率企业之一，这一切不是偶然，这是上纬江苏同事一起努力奋斗的结果！为什么能有今天这样的好结果？我们做了一件事情，安全标准化不再仅仅是一张冷冰冰的证书，结合公司实际苦练安全标准化这个基本功，我们在过去一年里争取把安全标准化落地，未来争取把它成为我们日常工作的一部分。

安全整改提升项目之初我们首先专门组建了专案团队，汇集了一支能打硬仗的队伍，其中有化工从业经验超过10年的化工安全、工艺、设备等骨干，我们的口号是“做事绝不推，凡事一起扛”。然后我们开始思考到底该怎么做这件事？激情和蛮干解决不了问题，我们开始查阅很多相关资料，重点研究了国外安全理论的发展。安全管理经历了四个发展阶段，第一阶段是19世纪末推行经验型的安全管理方式；第二阶段是从二十世纪50年代发展制度安全管理模式；第三阶段是从二十世纪80年代发展了系统安全管理模式；第四阶段是跨世纪以来发展了本质安全管理模式。我国的安全管理的研究与西方相比开展较晚，但是发展很快。我们国家安全生产法将“安全第一，预防为主，综合治理”确定为安全生产工作的基本方针。在20世纪50年代，现代安全理论开始进入我国，在60、70年代，我国开始吸收并研究事故致因理论、事故预防理论，到80、90年代，我们开始研究企业安全生产风险评价，危险源辨识和监控。但目前国内安全管理有相当一部分的企业还停留在事故后管理，只有极少数企业开始运用现代安全科学理论。

上纬新材是一家从事新材料研发、生产及销售的科创板上市公司，透过对历年以来公司安全隐患以及事故的分析，安全风险主要来源于人的作业失误和设备的故障等，我们确定了我们的目标方向，我们从系统安全入手，逐步做到本质安全，而如何做好系统安全，首先要从安全标准化落实做起，二级标准化有11个一级要素，55个二级要素。现阶段公司全面推进安全生产标准化建设及全员隐患提报工作，通过隐患提报奖励机制激发员工积极性，做到人人争当“安全卫士”。通过不断建立和完善安全生产管理制度和岗位安全操作规程，实现安全生产制度化。加大安全生产投入，不断完善安全设备设施，实现本质安全化。落实安全培训教育工作，使作业人员从心理上认识到安全的重要性，从而控制自己的行为，预防和减少安全生产事故的发生。积极开展各项安全活动，建立健全应急救援组织，组织开展应急演练工作，提高员工应急救援能力。落实“风险分级管控，隐患排查治理”工作，实现“关口前移、精准监管、源头治理、科学预防”，从根本上减少安全事故的发生。我们团队过去一年里努力执行了这一专案，相关专案流程如下：

在整个专案实施过程中团队克服了很多困难，风险识别与管控不知如何入手、安全培训不知如何取得实际效果、安全检查不知如何形成全员习惯-----经历了过去这一年的洗礼，公司安全工作有了长足的进步，团队也得到了很大的提升，上纬江苏厂的安全管理工作经过安全标准化推行之后有了很大的进步。相关安全检查和安全培训等专案活动照片如下：

“迨天之未阴雨，彻彼桑土，绸缪牖户”，尽管天未下雨，也要补好房屋，以防雨患！化工安全已经成为化工企业管理中的一个重要课题，安全已经成为化工管理中的一个重要因子。在当前化工安全严峻形势下，化工企业要结合自身公司实际情况积极推行落实安全标准化，“患生于所忽，祸发于细微”，让我们共同钻研如何让化工厂更安全而一起努力。

从汽车行业到风电产业链，专属风电的APQP4Wind

产品质量规划（Advanced Product Quality Planning，简称APQP），在20世纪后几十年里，由福特、通用和克莱斯勒”三巨头”引领的汽车工业，将这些早期的品质策划原则发展成汽车工业的要求与指标，大幅提升汽车工业的生产效率、良率并规避预防可能发生的潜在性问题。但这样一套非常适合用于品质管理的标准显然无法通用到所有行业，意识到风电产业不同于其他批量生产行业，西门子、维斯塔斯、KK和LM联合开发了APQP4Wind手册和其他适用于风电行业公司的指导材料文件，截止至今，该份APQP4Wind手册已改版至1.2版本。

上纬公司做为风电行业供应链中的一级材料供应商，在2017年由品管单位领头，开始将FMEA与control plan的概念导入公司生产与研发体系，当时我们尝试将其融入专案中，但因为理解不够透彻而无法贯彻精髓。

在2019年与西门子合作开发产品期间，我们正式接触到因应风电行业而诞生的APQP4Wind手册，透过专案开发与西门子共同完成这份PPAP文件并落实到专案中，随著这次由西门子引领，从PPAP开始定义专案等级，指定专案经理并建立跨部门专案小组，从了解客户需求到辨识产品关键指标，将各数据有规划的整理、汇整至PPAP中，在专案进行的过程中不断更新数据、小组讨论、与客户沟通确认开发时程与困难点，最终到专案顺利完成。这样的一个过程把先前在我们眼中杂乱无章的FMEA与control plan以及各种文件需求有因果的进行连结，专案的开发与量产后的生产监控因为这一个步骤进行的更加顺利，为我司风电行业专案开发注入一股全新的力量。

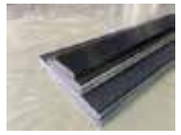
「品质至上、诚信为纬、创新致胜、勤俭兴利」是上纬公司的信念也是行为准则，品质一直是我们最重要的诉求。2021年5月，DNV开班授课最新1.2版的APQP4Wind手册介绍，上纬公司在领导的支持下各部门间报名踊跃，品保/研发/生产/业务单位皆积极参与，透过老师的引导，更深入的了解这份专属风电的APQP4Wind宗旨、诉愿以及要求，最后我司参与的同仁全员通过评鉴取得证书，成为公司中的种子，各司其职将APQP4Wind带入工作日常，不仅仅止于风电，而是全面强化公司开发制度，超越昨天的上纬。

关于APQP4Wind

- APQP4Wind是一家非营利组织，由世界知名的风力发电机制造商和供应商创立。
- 为紧随行业平准化度电成本不断下降的趋势，风电行业必须持续改进产品质量，APQP4Wind正是在这种背景下应运而生。
- APQP是汽车行业广为人知的理念，几十年来始终是客户与供应商改进质量绩效的基石。APQP4Wind根据风能业务领域的具体情况和特殊条件对APQP概念进行了改进，以区分风能行业与和汽车行业。
- APQP4Wind旨在使产品质量保证需求过程（APQP）和产品发布过程（PPAP）尽可能地清晰化。

上纬拉挤树脂在风电叶片上的应用

● SWANCOR 2207-A/B & SWANCOR 2208-A/BH



碳纤拉挤板材和玻纤拉挤板材是通过拉挤工艺制造的一种具有高纤维含量、高性能和低成本的连续加工的复合材料。目前在风电叶片行业广泛应用。

在制造过程中，树脂的浸润性、树脂的固化工艺关系到拉挤板材的产品性能、工艺稳定性。上纬新材开发的SWANCOR 2207系列和SWANCOR 2208系列拉挤树脂在风电用拉挤板材中得到广泛的应用，助力国内外叶片往更大功率发展。

表1.树脂基本性能

牌号	混合粘度（cps,25℃）	混合密度（g/cm³）	黏胶时间（mins,150℃）	强度（Mpa）	模量（Gpa）
SWANCOR 2207	800-1400	1.18-1.20	1-1.3	60-75	2.5-3
SWANCOR 2208	500-1100	1.15-1.17	0.75-1.75	60-75	2.5-3

表2. 力学性能

力学性能	产品种类			检测标准
	碳纤维/ SWANCOR 2208		玻璃纤维/ SWANCOR 2207	
纤维体积含量(%)	60%	62%	68%	
0°拉伸强度(MPa)	1750	1960	2480	ISO 527-5
0°拉伸模量(GPa)	147	151	161	
0°压缩强度(MPa)	1150	1200	1550	ISO 14126
0°拉伸强度(MPa)	132	136	148	
0°弯曲强度(MPa)	1200	1280	1380	ISO 14125
0°弯曲模量(GPa)	138	140	146	

新型风电灌注树脂SWANCOR HYVER在大型风电叶片上的应用

一、前言

风能是绿色、环保和可再生能源，其蕴量巨大，有广阔的应用空间。风电叶片是风力发电机组的核心部件之一，其材料、结构设计和工艺决定着风力发电装置的性能和功率；基体树脂作为生产风电叶片的关键原材料，其优越的性能是保证风电叶片质量和风力发电机组正常稳定运行的重要因素。

在风电平价时代，整个风电行业对降本增效的需求日益增强；风电叶片大型化、轻量化趋势随着市场对风电叶片的利用效率要求越来越高，风电叶片向大型化发展成为了必然的趋势；上纬新材开发出的新型风电灌注树脂SWANCOR HYVER（以下简称HYVER），具有一定的成本优势，其优异的力学性能，符合大型风电叶片的设计需求，可提升叶片生产效率，降低生产成本。

二、产品介绍

◆ 新型HYVER树脂是一款自由基改性环氧真空灌注树脂，含主剂、固化剂和起始剂。

◆ 新型HYVER树脂具有复合型交联系统——在既有环氧固化体系导入自由基系统，生成内嵌合网状结构(interpenetrating network(IPN))，进而使材料兼具环氧系统韧性及自由基系统刚性。

◆ 新型HYVER树脂力学性能优异，相比于环氧树脂特性，新型HYVER树脂具有更高的力学性能及耐温性。

表1. 新型HYVER树脂浇注体性能

项目	HYVER	环氧	DNV-GL 要求	检测标准
拉伸强度(MPa)	76.9	67.0	>55	ASTM D638 / ISO 527
拉伸模量(MPa)	3240	2900	>2700	ASTM D638 / ISO 527
断裂延伸率(%)	7.0	7.5	>2.5	ASTM D638 / ISO 527
弯曲强度(MPa)	133	112	>100	ASTM D790 / ISO 178
弯曲模量(MPa)	3330	2900	>2700	ASTM D790 / ISO 178
Tg(℃)	89	80	N.A.	DSC test ,10℃/min
HDT(℃)	80	75	>65	ASTM D648 / ISO 75-2

注1：固化条件：室温>16h+80℃/8h；

◆ 新型HYVER树脂与玻璃纤维有良好的浸润性，界面结合力强，FRP性能优异；相比于环氧树脂，在同等纤维含量下， HYVER与纤维结合性能更优，可提供叶片更大的设计余量。

表2. HYVER树脂FRP性能—单轴向纤维H-glass(HUL1240)

检验项目	HYVER+CTG-HUL1240	环氧树脂+CTG-HUL1240	检测标准
纤维体积含量（%）	55±2	55±2	ISO 1172
90°拉伸强度（MPa）	54.8	47.9	ISO 527-5
90°拉伸模量（GPa）	14.0	13.6	
90°压缩强（MPa）	185	168.4	ISO 14126
90°压缩模量（GPa）	16.8	15.9	
面内剪切强度（MPa）	46.4	45.2	ISO 14129
面内剪切模量（GPa）	3.86	3.95	
V剪切强度（MPa）	60	61.8	ASTM D7078
V剪切模量（GPa）	4.34	4.26	

◆ 新型HYVER树脂板材与环氧结构胶粘接性能优异。

表3. 新型HYVER树脂拉剪性能

环氧结构胶厚度（mm）	拉剪强度（MPa）	DNV-GL 要求	检测标准
0.5	32.09	>12MPa	ISO 4587
1	28.45		
3	19.28		

◆ 新型HYVER树脂与手糊补强材料层间的结合性与环氧树脂相当，满足叶片设计要求，补强及维修可使用现有环氧体系。

表4. 新型HYVER树脂与手糊补强材料层间结合性能

板材组合		粘接层	测试项目	拉剪强度（Mpa）	设计要求
HYVER板材	手糊补强板材	HYVER树脂	拉伸剪切强度	31.26	≧25MPa
HYVER板材	手糊补强板材	手糊树脂		32.77	
环氧板材	手糊补强板材	环氧树脂		29.30	

◆ 新型HYVER树脂与拉挤玻板、楔形块、金属件、大腻子、胶衣等这些叶片制造过程中会与树脂接触的材料进行匹配性测试，测试结果与环氧相当。

表5. 新型HYVER树脂匹配性测试力学性能

测试项目	HYVER	环氧	匹配材料
拉剪强度（MPa）	34.9	33.2	拉挤板
层间剪切强度（MPa）	58.5	56.6	楔形块
拉剪强度（MPa）	12.2	13.7	金属件
拉剪强度（MPa）	7.2	7.9	大腻子
拉剪强度（MPa）	21.3	21.4	胶衣

◆ 与环氧树脂相比，HYVER树脂粘度低，流动性能好，能大幅度提高灌注速度，可缩短风电叶片成型时间，减少占模时间。

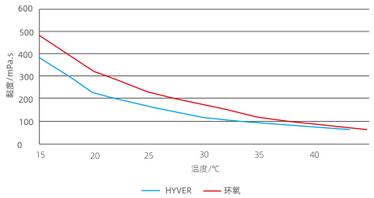


图1.混合黏度随温度变化曲线对比

◆ 与环氧树脂相比，HYVER树脂放热温度低，操作时间长，有利于大型风电叶片灌注。

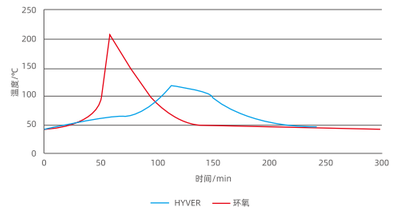


图2.　100g树脂恒温恒湿箱45℃放热曲线对比

◆ 与环氧树脂相比，HYVER树脂Tg建立快，可缩短风电叶片脱模时间。

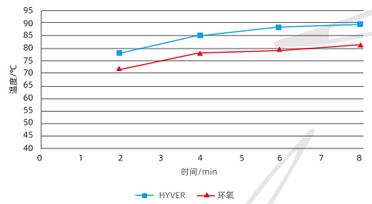


图3.　80℃ Tg建立曲线对比

◆ 新型HYVER树脂灌注叶片主梁样件，灌注效果良好。

◆ 新型HYVER树脂灌注PVC腹板样件，灌注效果良好。

◆ 新型HYVER树脂灌注壳体巴沙木样件，灌注效果良好。

◆ 新型HYVER树脂灌注壳体PVC样件，灌注效果良好。

三、SWANCOR HYVER应用案列

在2021年6月份和7月份这段时间里，新型HYVER树脂成功应用于80米以上大型叶片的生产；为了保障叶片试制成功，试制前，上纬技术人员配合叶片公司做了大量的技术储备工作，进行了关键工艺点的验证实验；试制过程中，上纬技术人员全程现场跟进。

6月份，上纬新材与国内某知名叶片公司合作开发使用新型HYVER树脂生产长达82m大型风电叶片；顺利完成4支82m大型叶片的试制，此次82m叶片的成功下线，标志着上纬新材全新开发的新型HYVER灌注树脂，在大叶型叶片应用上的新突破。

◆ 与环氧树脂相比，灌注同样82m叶型，HYVER树脂用量减少，进一步降低成本。

灌注项目	树脂用量(kg)
HYVER壳体	3626
环氧壳体	3810

◆ HYVER树脂在叶片固化过程中，放热平缓可控。

◆ 82m叶片撕膜和起模时，巴氏硬度和Tg均符合要求。

叶片名称	壳体型号	撕膜表面硬度(HBa)	起模Tg(℃)	要求值
HYVER-82m	SS	49-52	80.23	Tg≥70℃ 硬度≥45HBa
	PS	50-52	78.75	

◆ 7月份，上纬新材与国内某知名叶片公司合作开发使用新型HYVER生产长达81m大型风电叶片，顺利完成1支81m大型叶片的试制；此次81m叶片的成功下线，加速了新型HYVER灌注树脂应用于大型叶片的进程。

◆ 与环氧树脂相比，灌注同样81m叶型，HYVER树脂灌注速度快，可提高生产效率，缩短叶片成型总用时降低成本。

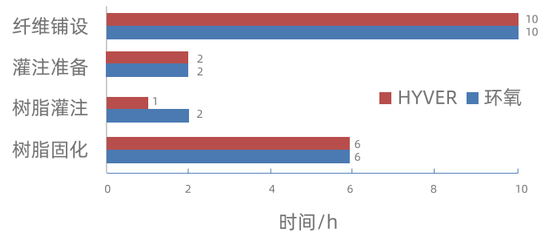


图4 HYVER与环氧生产叶片效率比对

◆ 81m叶片撕膜和起模时，邵氏硬度和Tg均符合要求。

叶片名称	壳体型号	撕膜表面硬度(HBa)	起模Tg(℃)	要求值
HYVER-81m	SS	75-79	79.8	Tg≥70℃ 硬度≥55HD
	PS	77-80	77.6	

四、总结

◆ 新型SWANCOR HYVER树脂具有一定的成本优势，在风电平价时代，符合降本增效的需求；

◆ 新型SWANCOR HYVER树脂具有优异的力学性能，符合大型风电叶片的设计需求；

◆ 新型SWANCOR HYVER树脂具有黏度低，放热温度低、Tg强度建立快的特点，可缩短大型风电叶片灌注时间和固化时间，提升大型风电叶片生产效率，降低生产成本；

◆ 新型SWANCOR HYVER树脂已成功应用于81m和82m大型风电叶片的生产中，未来将会凭借自身优势助力更多叶片公司完成大型叶片生产升级。

上纬乙烯基酯树脂在土耳其胡努特鲁电厂“烟塔合一”大型玻璃钢烟道中的应用

胡努特鲁电厂是中土两国建交以来中资企业在土耳其直接投资金额最大的项目，总投资约17亿美元，由上海电力股份有限公司控股，与中航国际成套设备有限公司和土耳其当地自然人股东合资成立的土耳其EMBA发电有限公司投资建设，也是中国“一带一路”倡议和土耳其“中间走廊”倡议下的重点项目，致力于建设成一座“清洁、高效、可靠、美丽的世界一流电厂”。该项目是中资企业在土耳其投资的第一个进口煤电项目，项目的顺利实施对于中土两国能源合作，对于项目投资方和各参建企业的经营发展都有着重要意义；另外，该项目中国设备供货率超过90%，实现中国设计、标准、设备、技术、管理和服务全面“走出去”，带动中国产能的输出。

该项目建设内容主要包括燃煤电厂和专用煤码头，将建设两台660兆瓦超超临界发电机组，规划总装机容量1320兆瓦，配套建设烟气脱硫和脱硝装置，建成后排放优于欧盟标准和燃机标准。由中航国际成套设备有限公司与中电投电力工程有限公司组成联合体作为EPC工程总承包商，中国能建华东院设计，安徽电建一公司承建，采用冷却塔排烟技术（亦称“烟塔合一”），即利用冷却塔排放脱硫后净烟气。项目投产后每年可供应电力90亿度。

“烟塔合一”技术于20世纪70年代起源于德国，随后逐渐在其国内得到大力推广引用，目前已发展成为一项相当成熟的技术。“烟塔合一”技术中应用大量的玻璃钢烟道，其作为烟气输送的主要设备，其设计、用材、施工、安装是保证工程质量的关键所在。玻璃钢烟道制作使用的防腐树脂材料，在设备中主要起抵抗腐蚀介质侵蚀及在复合材料中传递载荷的作用。树脂材料的质量决定设备的质量及使用寿命，该项目的制作单位冀州中意复合材料股份有限公司选用上纬公司的标准双酚A型乙烯基酯树脂SWANCOR CHEMPULSE 901作为防腐蚀材料，为该项目排烟设备的质量及使用寿命提供了强有力的保障。该项目的玻璃钢烟道直径7.5米，长度260米。

按照计划，项目第一台机组将于2021年底投入商运，第二台机组将在2022年投入商运。

拉挤板材的制样方式对测试结果的影响

一、前言

纤维复合材料的拉挤成型是利用树脂的热熔粘流性和纤维的连续性及松弛压缩性特点，将浸渍过树脂胶液的连续纤维束或布带，通过具有一定截面形状的成型模具，并在模腔内固化成型，或在模膛内凝胶，出模后再加热固化。因为在成型过程中必须经成型模具的挤压和外牵引力的拉拔， 而且生产过程和制品长度是连续不断的，所以称为挤拉连续成型。

这种拉挤板材，一般制品板材宽度、厚度固定，长度无限制；故评估其力学性能时，往往在得到标准样品时存在多种制样工艺，这些制样工艺对测试结果影响较大，本文针对不同的制样方式对力学测试结果的影响展开了探究。

二、实验材料及方法

1．原材料

选用某碳纤复材公司生产的拉挤碳板A，裁切长、宽、厚为1000*200*5(单位为mm）规格的若干块板材备用，注意碳板表面无孔洞、树脂淤积、划痕、气泡、翘曲等缺陷；将碳板表面脱模布撕除，用酒精擦净表面杂物，烘干备用。

2.实验过程

2. 1拉伸样条制备

①铣薄法

②灌注法

③直接贴加强片法

参考复合材料拉伸测试标准ISO 527-5:2009 TypeB,样条加工尺寸如下：

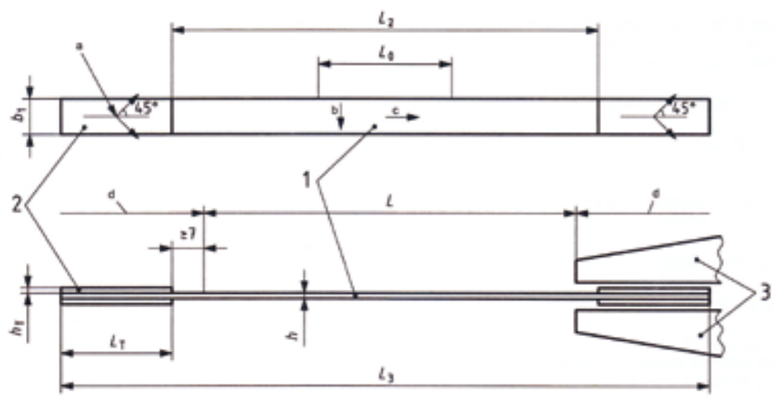


图1 拉伸样条

表一 拉伸样条尺寸（mm）

尺寸	符号	Type A试样	Type B试样
总长度	L3	250	250
加强片间距离	L2	150±1	150±1
宽度	b1	15±0.5	25±0.5
厚度	h	1±0.2	2±0.2
标距长度	L0	50±1	50±1
夹具间初始距离	L	136	136
加强片长度	Lt	>50	>50
加强片厚度	ht	0.5-2	0.5-2

①铣薄法：如图所示，将板材裁切成尺寸为300*15*5（mm）的样条；再将L2中间区域铣薄成2mm厚，注意两面均匀铣薄，铣薄区域尺寸为150*15*2（mm）；最后裁切Lt段至两端均匀等长；样条表面打磨平整，洗净烘干备用。

②灌注法：取三块碳板平行叠加，用树脂灌注固化或用胶粘剂粘接，此时碳板厚度约15mm，沿厚度方向裁切，裁切成尺寸为250*15*2（mm）的样条，之后在夹持段贴上加强片，固化成型。

③直接贴加强片法：将样条加工成如下尺寸，如图2所示，样条厚度为5mm，再将夹持段贴上加强片，固化成型。

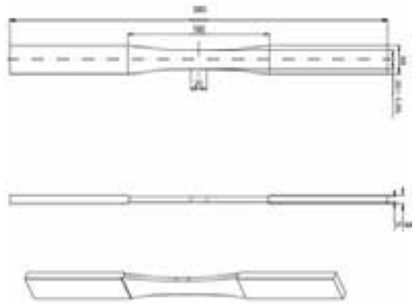


图2 直接贴加强片样条

2.2压缩样条制备

①铣薄法

②灌注法

③直接贴加强片法

参考复合材料压缩测试标准ISO 14126：1999 TypeA或B1，样条加工尺寸如下：

表二 压缩样条尺寸（mm）

尺寸	符号	Type A试样	Type B1试样	Type B2试样
总长度	l0	110±1	110±1	125±1
加强片间距离	h	2±0.2	2±0.2-10±0.2	≥4
宽度	b	10±0.5	10±0.5	25±0.5
夹具/加强片间距离	L	10	10	25
加强片长度（最小值）	lt	50	50	50
加强片厚度	d	1	0.5-2	0.5-2

①铣薄法：将板材裁切成尺寸为150*10*5（mm）的样条；再将L中间区域铣薄成2mm厚，注意两面均匀铣薄，铣薄区域尺寸为10*10*2（mm）；最后裁切Lt段至两端均匀等长；样条表面打磨平整，洗净烘干备用。

② 灌注法：取两块碳板平行叠加，用树脂灌注固化或用胶粘剂粘接，此时碳板厚度达到约10mm厚，沿厚度方向裁切，裁切成尺寸为110*10*2（mm）的样条，之后在夹持段贴上加强片，固化成型。

③ 直接贴加强片法：将样条加工成尺寸为250*20*5（mm），中间测试区尺寸为20*20*5（mm），再将夹持段贴上加强片，固化成型。

三、测试与表征

按照ISO 527-5:2009 、ISO 14126:1999标准，采用Instron5985万能试验机测量样条的抗拉和抗压强度、刚度、应变等；每组试样共6个有效数据，结果取平均值。

四、结果与分析

1．测试结果

共进行6组测试，比对结果如下表三、四所示：

表三 拉伸比对结果

测试样条	制样方法	拉伸强度（MPa）	拉伸模量（GPa）	断裂应变（%）
拉挤碳板A	方法①	1799.41	143.40	1.15
	方法②	1625.28	141.41	1.08
	方法③	1556.07	141.16	1.06

表四 压缩比对结果

测试样条	制样方法	压缩强度（MPa）	压缩模量（GPa）	断裂应变（%）
拉挤碳板A	方法①	1388.93	138.91	1.06
	方法②	1128.09	134.14	0.92
	方法③	1023.64	132.12	0.81

小结：由上表可知， 拉伸、压缩测试铣薄法数据最高，灌注法次之，直接贴加强片法最低；相比于直接贴加强片法，铣薄法拉伸强度提升15.6%，灌注法提升4.4%，铣薄法压缩强度提升35.7%；灌注法压缩强度提升10.2%；铣薄、灌注法模量提升不明显。

2．分析

由结果可知，不同的制样方式对测试结果影响较大，分析原因如下：

（1）纤维垂直度

铣薄法与直接贴加强片法对纤维垂直度的破坏较小，灌注法需将板材重新对齐灌注成型，对齐时纤维垂直度方面引入误差。

（2） 加强片粘接

粘接加强片时，粘接胶胶厚的均匀度、粘接胶的粘接强度、加强片的平整度、粘接方向的对齐等对结果影响较大，故加工步骤越少对测试结果影响越小。

（3） 树脂层的引入

灌注法样条会引入树脂层，其相当于取代部分碳板，导致力学性能下降。

（4）缺陷消除

铣薄法会将测试区域的碳板表面部分缺陷铣掉，从而提升了力学性能。

（5）厚度效应

对于复合材料来说，同种材料试样其厚度越厚，纤维垂直度越差，试样缺陷越多，试样层间结合能力越弱，测试时样条易分层，从而导致力学性能变差。

五、结论

由以上比对实验及结果分析可以看出：不同的制样工艺对拉挤板材的力学测试结果影响较大，日常检测必须结合测试数据及破坏模式综合分析，以期得到更接近材料真实性能的检测结果，在此基础上也进一步改善制样方法、提高制样效率。

此产品说明书上之各项数据皆为准确及可靠的，但客户在使用本产品前仍应先进行检验及测试，以确认本产品可符合客户端之应用。

上纬新材料科技股份有限公司保留一切涉及知识产权等权利。