

# 聚焦材料科技、 创新绿色未来

Focus On Polymer Technology

Innovate a Green Future

[www.pret.com.cn](http://www.pret.com.cn)



# LCP薄膜助力高频高速通信发展

李宏 副总裁

2023年12月8日

上海普利特复合材料股份有限公司

[www.pret.com.cn](http://www.pret.com.cn)

聚焦材料科技 创新绿色未来

Focus On Polymer Technology | Innovate A Sustainable Future

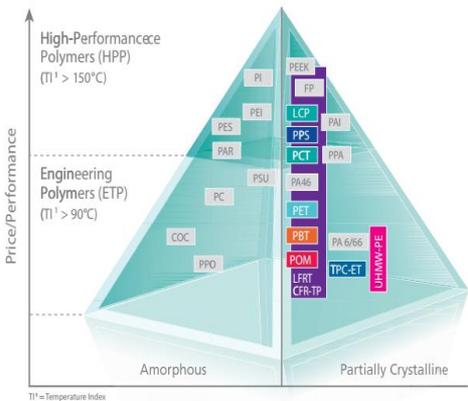


## I. 关于LCP薄膜

## II. 关于普利特LCP薄膜

## III. 关于普利特

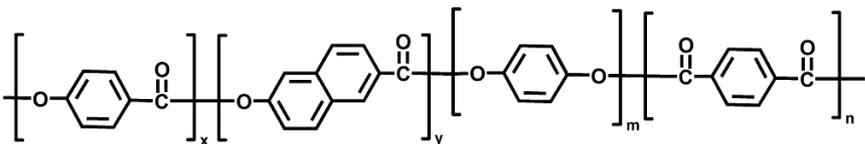
# 关于LCP薄膜



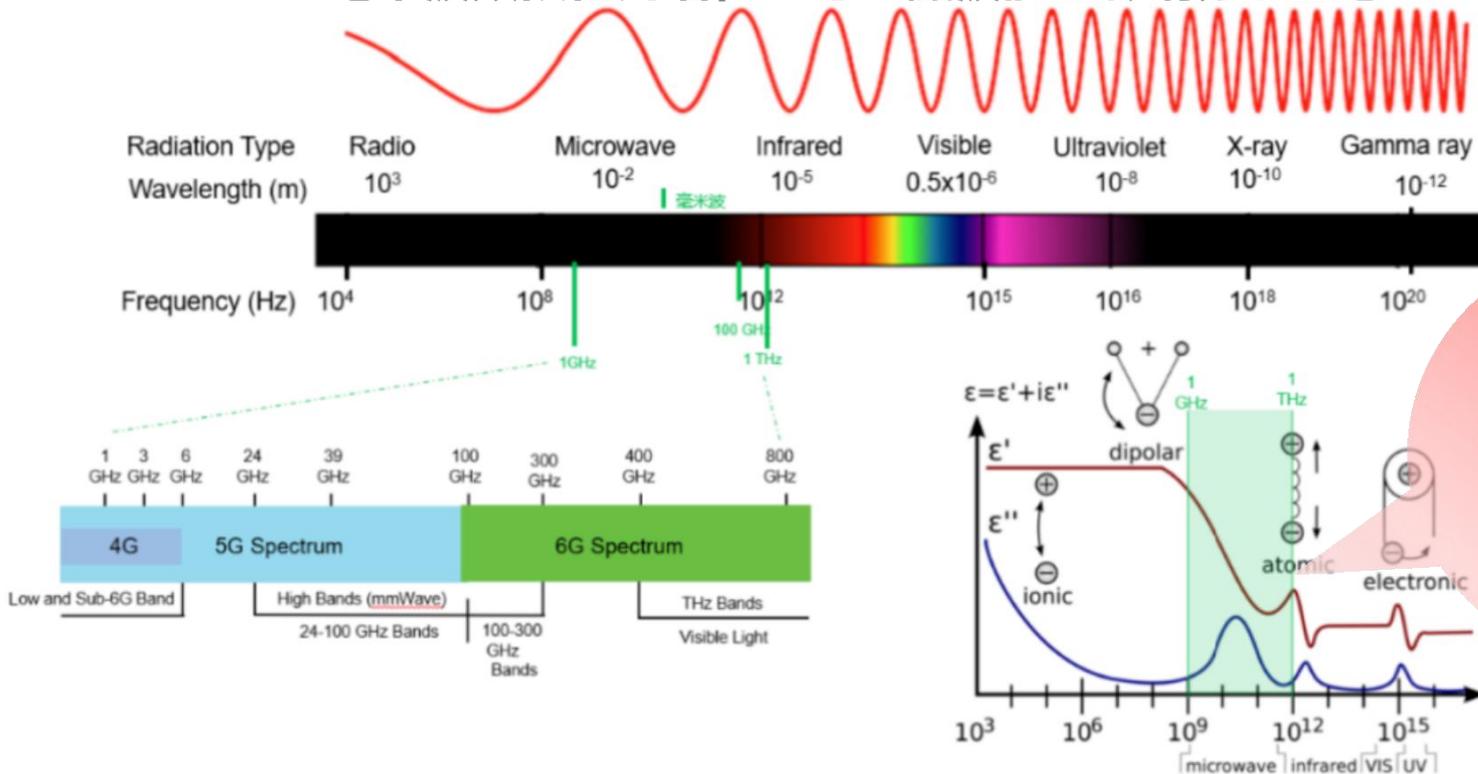
应用领域Application: 高频高速传输通讯 / 耳机振膜  
High frequency communication / Earphone diaphragm

产品特点Features:

- 低吸水性 Low water absorption
- 耐有机溶剂 Solvent resistance
- 高阻气性 High gas barrier
- 耐高温 High temperature resistance
- 低线性膨胀系数 Low linear expansion coefficient
- 阻燃性 Flame retardancy
- 高刚性 High stiffness
- 高频低介电常数 Low dielectric constant
- 高频低介电耗损因子 Low dielectric loss factor



## 毫米波频段在光谱位置与电磁波能量影响分子型态



当通信频谱从微波到毫米波，其能量逐渐增大，影响分子能力，氢键甚至共价键发生分子间的振动，进而影响材料的介电常数

# 关于LCP薄膜

## LCP薄膜是高频高速通信优选材料



### 高频高速通信特点

- ◆ 超宽带
- ◆ 速度快
- ◆ 低延时
- ◆ 抗干扰

- ◆ 高频化
- ◆ 集成化
- ◆ 小型化
- ◆ 多场景

### 对介质材料要求

- ✓ 低介电常数
- ✓ 低介电损耗
- ✓ 高机械强度
- ✓ 低吸湿率
- ✓ 耐化学溶剂
- ✓ 具有密封性
- ✓ 阻燃性
- ✓ 耐高温
- ✓ 可弯折性
- ✓ 可裁剪性
- ✓ 尺寸稳定性好
- ✓ 介电性能稳定性

### LCP薄膜特性

- DK=3.2, Df=0.0014 (10GHz)
- 拉伸强度 $\geq 200\text{MPa}$ , 拉伸模量 $\geq 2500\text{MPa}$
- 吸水率 $\leq 0.04\%$
- 氧透过率 $0.9\text{cm}^3/\text{m}^3 \cdot \text{day} \cdot \text{bar}@23^\circ\text{C}, 0\%\text{RH}$ ;
- 水汽透过率 $0.1\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{day} \cdot \text{bar}@38^\circ\text{C}, 90\%\text{RH}$ .
- Tm=280-330 $^\circ\text{C}$ , 热分解温度 $500^\circ\text{C}$ , 连续使用温度 $-50^\circ\text{C} \sim 240^\circ\text{C}$
- 厚度25-125 $\mu\text{m}$ , 易弯折, 可裁剪
- XY-CTE: 10-25ppm可调; Z-CTE: 220ppm
- 谐振腔法10-109.1GHz测得介电常数 $3.15 \pm 0.25$ , 介电损耗 $< 0.003$ ;
- 介电常数温度系数: 11GHz-105GHz大约为 $-42 \times 10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$
- 天然阻燃, 不含阻燃剂
- 与铜箔结合力 $\geq 0.7\text{N}/\text{mm}$ , 可做双面板和单面板FCCL, 可多层全LCP介质压合成FPC, 加工性能好, 钻孔性能好
- 耐化学性好, 在浓度90%酸和浓度50%碱不受浸蚀, 耐化学溶剂, 不溶解, 不引力开裂
- 抗蠕变性能好
- 不含氟等卤素, PFAS Free

# 关于LCP薄膜



## LCP薄膜是毫米波频段优选材料

### 讯号传递速度

$$v = \frac{k_1 C}{\sqrt{D_k}}$$

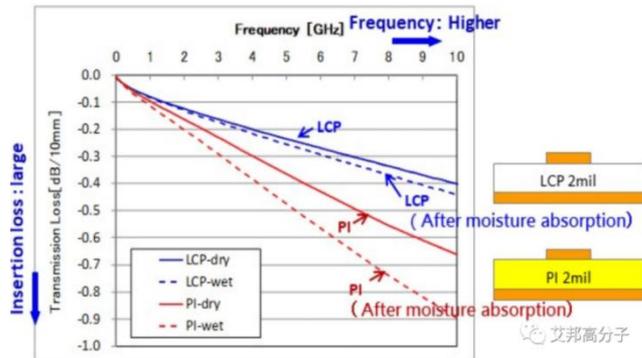
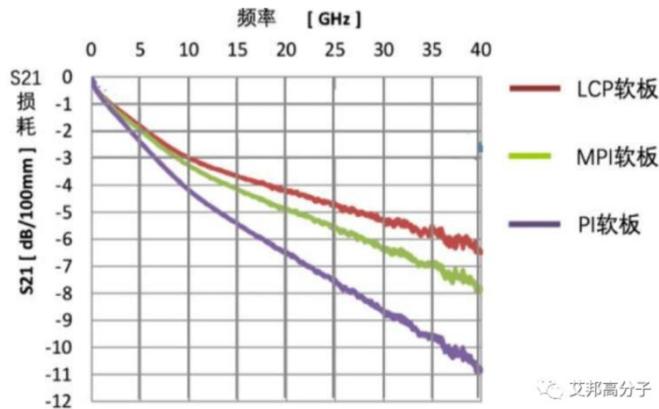
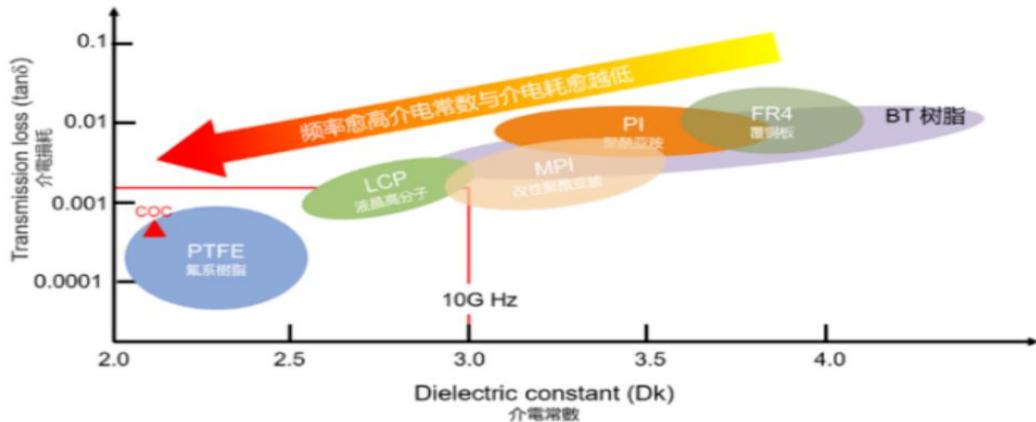
v : 传输速度  
K<sub>1</sub> : 常数  
C : 光速  
Dk: 介电常数

### 讯号传递损失 $\alpha_D$

Transmission loss

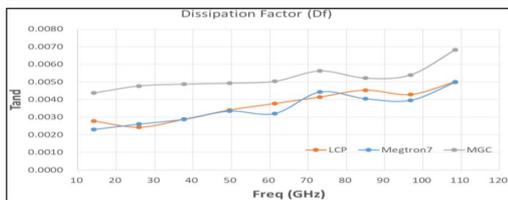
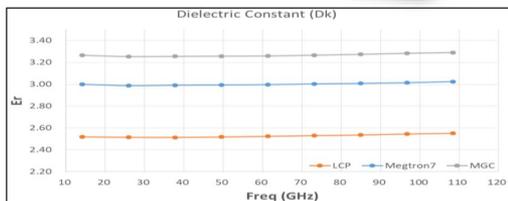
$$\alpha_D = k f \tan \delta \sqrt{D_k}$$

$\alpha_D$  : 介电讯号传递损失  
k : 常数  
f : 频率  
tan  $\delta$  : 介电损耗 (介电损耗角正切)  
Dk : 介电常数

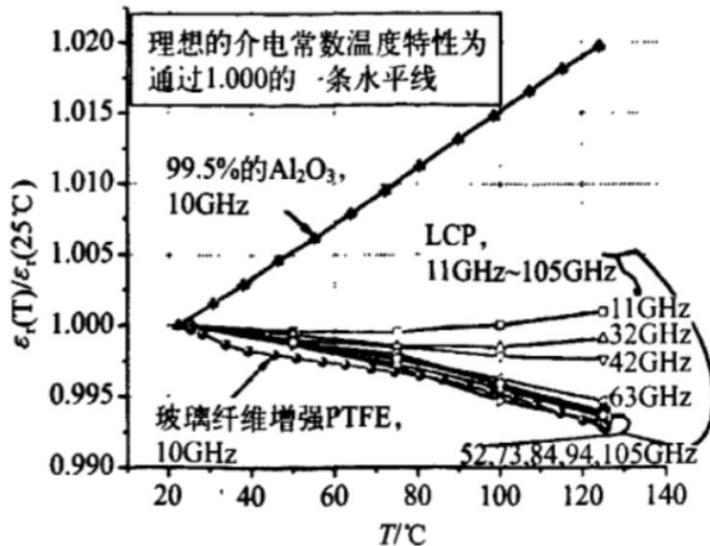


### 介电性能的频率特性

指标	条件	LCP	MGC (HL972LFG)	Megtron7 (R5785)
介电性能 DK	10GHZ	2.54	3.27	3.00
	50GHZ	2.55	3.26	2.99
	100GHZ	2.56	3.29	3.02
介电损耗 DF	10GHZ	0.002	0.004	0.002
	50GHZ	0.003	0.005	0.003
	100GHZ	0.003	0.006	0.005
弯曲	静态	2.5~3X T ✓	不能弯曲	不能弯曲
吸水率	25摄氏度 50h 浸没	0.04% ✓	0.35%	0.06



### 介电性能的温度特性



采用BCDR法测定dk和df性能

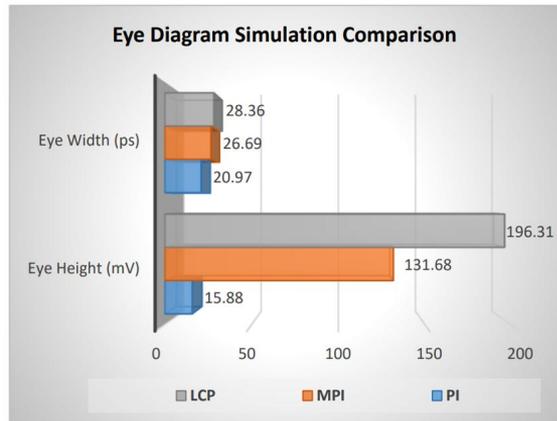
LCP介电常数温度系数在11GHz-105GHz大约为  $-42 \times 10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ ，明显优于PTFE和氧化铝陶瓷板

# 关于LCP薄膜



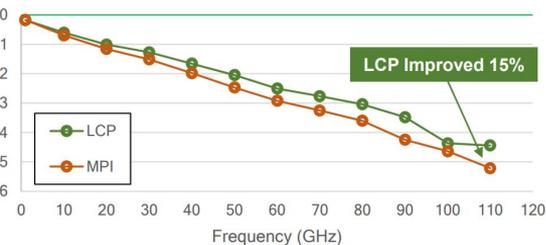
## 速度提升

用10cm长度的PI/MPI/LCP做模拟，LCP在25Gbps频率下拥有最好的传输性能。



## 插损改善

2cm Coupon Measurement Comparison

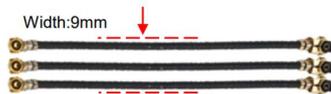


## 空间节省

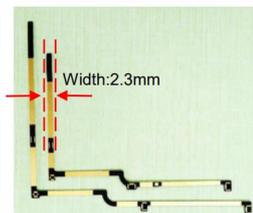
传输线电缆

3mm\*3=9mm, FPC损耗接近而轮廓宽度2.3mm。

3 Transmission Line Size Required: 4X

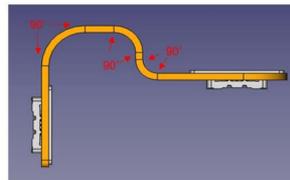


3 Transmission Line Size Required: 1X



## 弯折性好

弯曲以匹配外形尺寸，减小尺寸和相互影响的问题。



## 更高空间利用率

	S-parameter of 28GHz	Insertion loss(dB)	Transmission Percent
	Stagger Via Design	-2.33	58% <span style="color: green;">Improve 38%</span>
	Stack Via Design	-0.17	96%



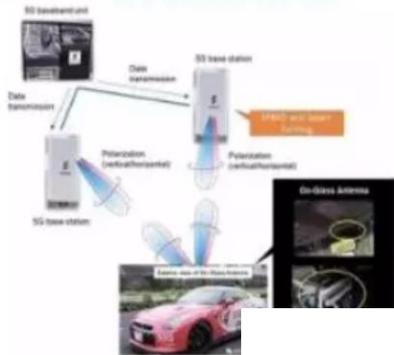
在相同厚度堆叠下，LCP与MPI相比在110GHz频率下改善了15%的插损。

堆叠过孔在28 GHz时传输率提高了8%，AOP采用倒装芯片设计，将天线和封装结合在一起，而不是使用电缆和连接器来提高空间利用率。

### ◆ 柔性可穿戴电路



### ◆ 5G毫米波雷达通讯



### ◆ 5G手机天线



### ◆ 大飞机射频天线

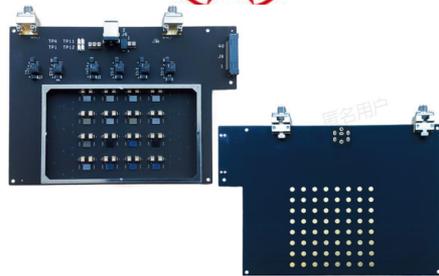
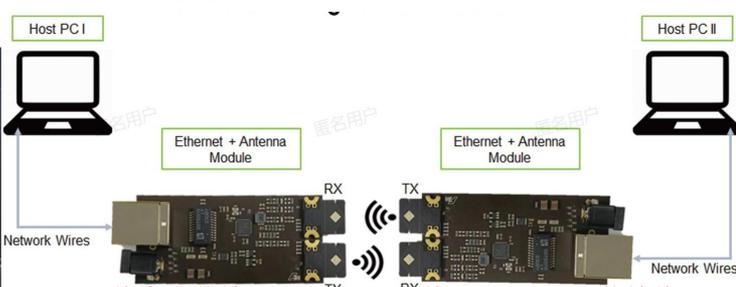
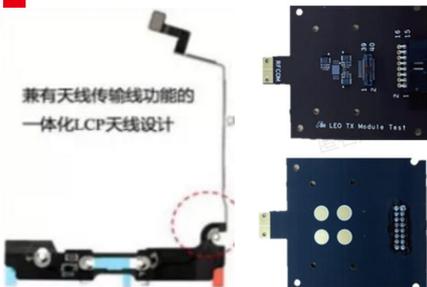


### ◆ 5G基站柔性发射单元



# 关于LCP薄膜

## LCP薄膜应用案例



手机，毫米波天线&传输线

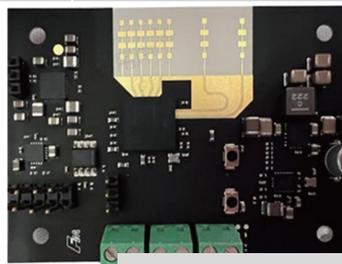
低轨卫星通信模组，14Ghz

PC，无线高速传输60Ghz，WIFI天线7Ghz，USB3.2传输线20Gbps

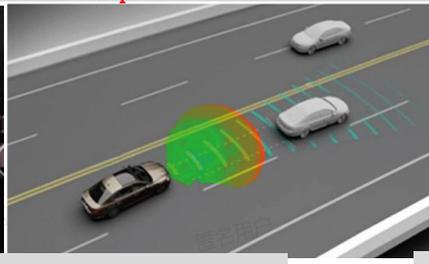
波束成形前端模组64天线单元，39Ghz



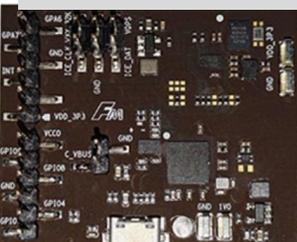
盲点探测雷达模组，24Ghz



防撞雷达&人体探测雷达模组，77Ghz



脉冲雷达模组（后备箱脚踏开关锁），60Ghz



手势识别（智能穿戴），60Ghz



自动门运行传感器，60Ghz



UWB模组，8Ghz



## 上海市先进材料产业发展“十四五”规划

### 上海市经济和信息化委员会文件

沪经信新〔2021〕1207号

#### 上海市经济信息化委关于印发 《上海市先进材料产业发展“十四五”规划》的通知

各区科经委、经委、商委，有关单位：

按照国家对新材料产业创新发展的总体部署，为加快上海先进材料产业高端化、绿色化发展，助力构建“3+6”新型产业体系，我委编制了《上海市先进材料产业发展“十四五”规划》。现印发给你们，请认真贯彻落实。

上海市经济和信息化委员会  
2021年12月24日

— 1 —

专栏8 高性能膜材料：加快5G手机  
天线用LCP膜材料产业化

## 上海：打造未来产业创新高地 发展壮大未来产业集群

打造膜都！T

2022年10月11日 来源：上海市人民政府

为了贯彻落实创新驱动发展战略，全力做强创新引擎，培育发展新动能，打造未来产业创新高地、发展壮大未来产业集群，制定本行动方案。

### 一、明确总体要求

#### (一)指导思想

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻落实党的十九大和十九届历次全会精神，强化高端产业引领功能，以落实国家重大战略任务为牵引，统筹推进科技和产业融合、当前和长远结合、有为政府和有效市场结合，立足产业基础和生态优势，集中力量、滚动培育，全力打造具有世界影响力的未来产业创新高地。

#### (二)发展目标

到2030年，在未来健康、未来智能、未来能源、未来空间、未来材料等领域涌现一批具有世界影响力的硬核成果、创新企业和领军人才，未来产业产值达到5000亿元左右。

### (五)打造未来材料产业集群

在浦东、宝山、金山等区域，提升产业转化承载能力，打造未来材料产业集群。

1. 高端膜材料。提升膜材料基础结构设计和原料自主化能力，突破高端分离膜技术，研发攻克燃料电池质子交换膜及专用树脂、体外膜肺氧合器用中空纤维膜、5G/6G天线用液晶高分子聚合物膜、高导热石墨烯薄膜等原材料及成膜技术。持续推进高端锂电池用膜材料、新型显示用光学膜、集成电路离子型膜等材料技术迭代和产业化。

## I. 关于LCP薄膜

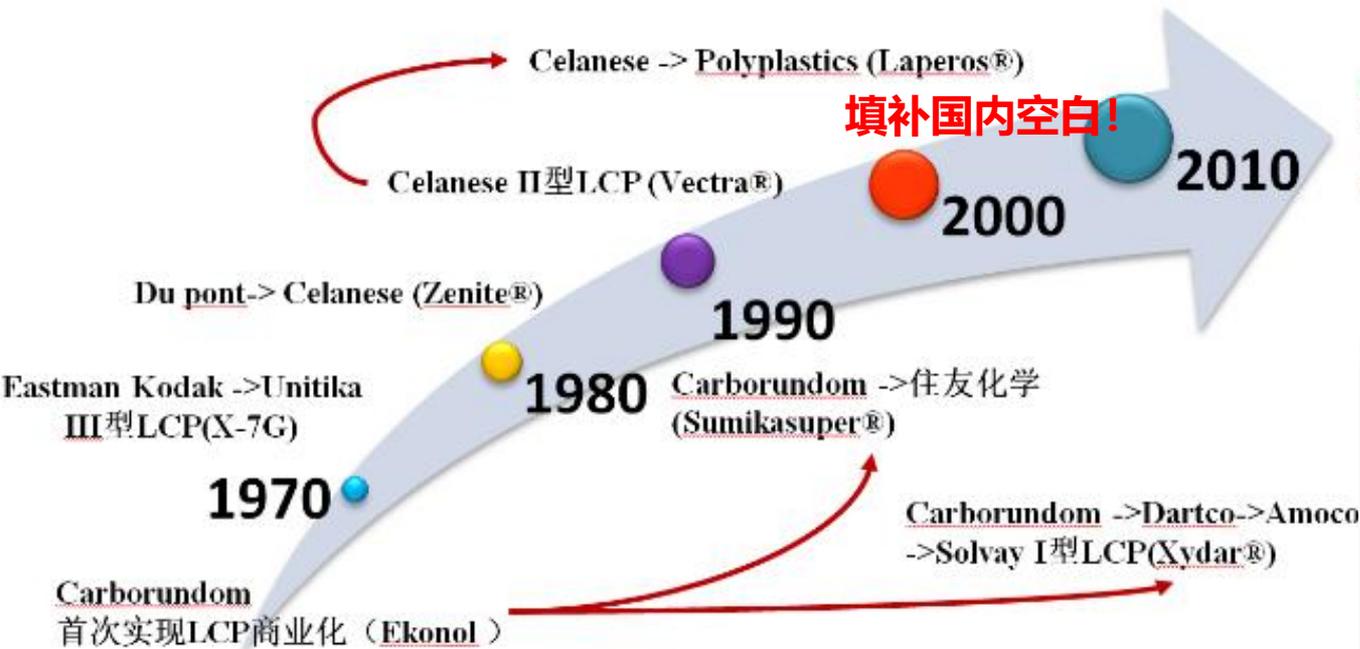
## II. 关于普利特LCP薄膜

## III. 关于普利特

# 普利特技术实力



中国首家LCP树脂聚合产业化企业**涵盖 I 型、II型、 III型树脂**



中国普利特PRET  
TLCP项目投产  
(KG300®)

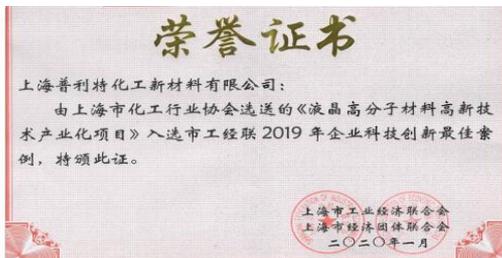
Class	Structure	HDT	Examples
I型		260°C-	Solvay SUMIKASUPER
II型		210-260°C	Celanese
III型		~210°C	Unitika Mitsubishi

# 普利特技术实力



- 2018年上海市技术发明二等奖
- 2018年首批应用示范专项支持项目
- 2019年企业科技创新最佳案例
- 2022年主导起草工信部行业标准制定“玻纤增强液晶高分子（LCP）专用料”
- 2022年度上海市金山区专利工作示范单位
- 承担2022年度国家科技部重点研发计划项目“知识与数据双驱动树脂基复合材料智能设计共性关键技术研发与空间应用”子课题
- LCP薄膜获得上海经信委2021-2022年促进产业高质量发展专项（产业高端供给能力提升）重点项目支持。
- “5G高频高速用LCP薄膜创制”项目荣获2022年上海融合发展创新专业赛银奖。
- “可挤出成膜的液晶高分子材料”，列入2023年第1批高新技术成果转化项目。

■ 拥有自主知识产权，申请LCP相关中国发明专利29项，获得授权12项，LCP相关授权美国专利1项

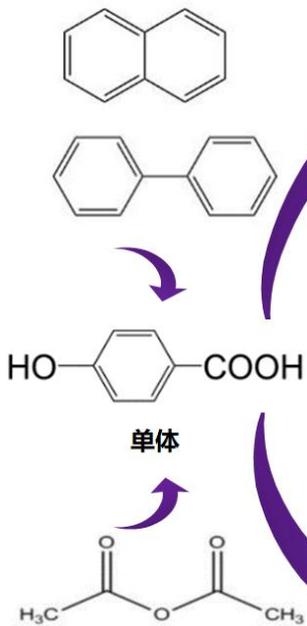


# 普利特技术实力

全球唯一全产业链可量产技术的企业



## 普利特量产技术



注塑级LCP树脂



薄膜级LCP树脂



纤维级LCP树脂



LCP复合材料



LCP注塑件



LCP接插件



线圈骨架



高速风扇



智能汽车



LCP板材



覆铜板



高频高速PCB



电脑, 服务器



LCP薄膜



LCP振膜



耳机



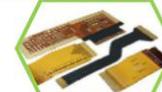
音响



智能穿戴



LCP FCCL



高频高速FPC



模组



智能手机



LCP纤维



LCP纤维布



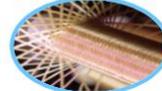
CCL



高频高速PCB



基站



LCP线缆



耳机线缆



光纤



防弹防护



高强绳索

# 普利特技术实力



**LCP树脂  
4000吨/年**



**LCP注塑料  
5000吨/年**



**LCP薄膜  
300万平方米/年**



**LCP纤维  
1000吨/年**

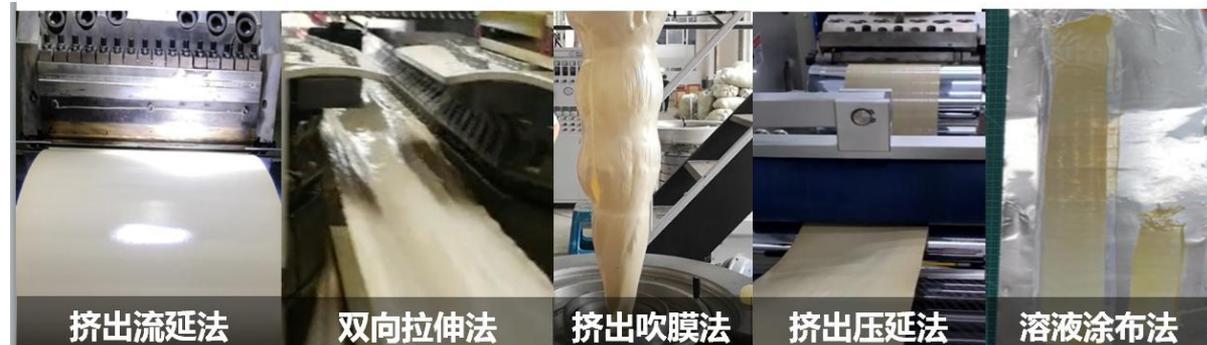
# 普利特LCP薄膜开发历程



# 普利特LCP薄膜开发历程



走遍千山万水、想尽千方百计、吃尽千辛万苦、技术千锤百炼



挤出流延法

双向拉伸法

挤出吹膜法

挤出压延法

溶液涂布法

历经4年，试验足迹遍布日本、德国、美国、泰国、中国台湾、中国大陆（上海、山东、广东、湖南、江苏、浙江等），产品验证遍布日本、韩国、中国台湾、中国大陆（上海、江西、广东、江苏、浙江、山东、福建、四川等）



德国压机

日本压机

日本烘道

起步装备

量产装备

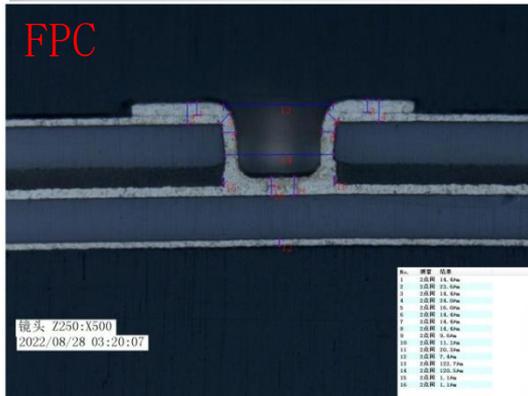
找得准方向、用得对方法、投得起经费、建得好团队、受得住打击、耐得了寂寞，勇往直前，定有收获！

# 普利特 LCP薄膜

## 普利特LCP薄膜规格 PRET LCP Film Grade

<b>品类</b> Classification	<b>LFP</b> 低熔点 (280℃), 高模量, 高强度, 主要应用在声学方向。 Low melting point, high modulus, high strength, mainly used in acoustics.
	<b>LFR</b> 低熔点 (280℃), 可应用在中层电路, 做粘合片。 Low melting point, can be used in multi-layer circuits as adhesive sheets.
	<b>LFE</b> 较高熔点 (310℃), 高强度, 性价比高, 主要应用于FCCL。 High melting point, high strength, cost-effective, mainly used in FCCL.
	<b>LFT</b> 耐高温, 高熔点 (330℃), 高伸长率, 加工性好, 主要应用于FCCL。 High temperature resistance, high melting point, high elongation, good processability, mainly used in FCCL.

厚度规格	25 μm	38 μm	50 μm	75 μm	100 μm	125 μm
LFP	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LFR	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LFE	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LFT	✓	✓	✓	✓	✓	✓



项目	单位	测试方法-PRET	PRET实测值				K报道值	E报道值	
			Unit	Test Method	LFT-50	LFE-50			CTZ-50
熔点 Melting Temperature	°C	ISO 11357-3	333	310	335	311	/	310	
拉伸强度 Tensile Strength	MD	MPa	ASTM D882	280	230	300	233	180	30
	TD		ASTM D882	240	160	220	155		
断裂伸长率 Elongation at Break	MD	%	ASTM D882	50	28	49	30	80	400
	TD		ASTM D882	52	24	52	28		
拉伸模量 Tensile Modulus	MD	MPa	ASTM D882	2,350	2,900	2470	3,357	5,700	/
	TD		ASTM D882	2,400	3,100	2500	3,244		
热膨胀系数 CTE (30-150°C)	MD	ppm/°C	ISO 11359-2	18	15	12	14	18	120
	TD		ISO 11359-2	18	15	12	12		
介电常数 Dielectric constant (Dk)	/	SPDR,10GHz,xy direction	3.21	3.21	3.45	3.56	3.1	2.1	
介电损耗因子 Dielectric dissipation (Df)	/	SPDR,10GHz,xy direction	0.00144	0.00144	0.0018	0.00149	0.006	0.001	
吸水率 Water Absorption	%	ASTM-D570	0.04	0.04	0.04	0.04	0.7	< 0.1	
耐焊性 Solder Resistance	/	288°C*10S*3	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	
铜箔剥离力 Copper sheet peel strength	N/mm	IPC-TM-650	≥0.7	≥0.6	≥0.6	≥0.6	≥0.8	≥0.6	
吸湿膨胀率 CHE (50-85°C)	ppm/RH%	/	0	0	/	-22.8	/	/	

材料	牌号	DK					Df				
		10GHz	28GHz	77.6GHz	98.6GHz	109.1GHz	10GHz	28GHz	77.6GHz	98.6GHz	109.1GHz
可乐丽LCP薄膜	CTQ100	3.31	3.46	3.37	3.35	3.35	0.0017	0.0019	0.0029	0.0028	0.0025
钟渊二代MPI	MPI-IB-50	3.55	3.61	3.52	3.50	3.50	0.0011	0.0014	0.0039	0.0034	0.0034
普利特LCP薄膜	LFT-100	3.24	3.38	3.01	2.89	2.87	0.0015	0.0021	0.0027	0.0022	0.0020
罗杰斯陶瓷 +PTFE	3003	2.94	3.00	2.93	2.88	2.86	0.0006	0.0006	0.0010	0.0013	0.0012

备注：10-28GHz为SPDR测试方法；77-110GHz为准谐振腔方法，由于10-28和77-110GHz由不同测试单位不同方法测试，同一频段具有可比性

普利特LFT-50		直接烘烤	85/85处理	吸湿后
DK	10GHZ	3.33	3.36	3.34
	28GHZ	3.29	3.46	3.38
Df	10GHZ	0.0014	0.0014	0.0015
	28GHZ	0.0019	0.002	0.002

备注：SPDR测试方法；普利特LFT-50样品测试数据

# 普利特LCP薄膜-客户测试认可

## LFT-25um



### ● 材料组成

薄膜：普利特LFT-25型LCP膜510mm\*25um

铜箔：福田高频电解铜520mm\*18um

### ● 辊压试制



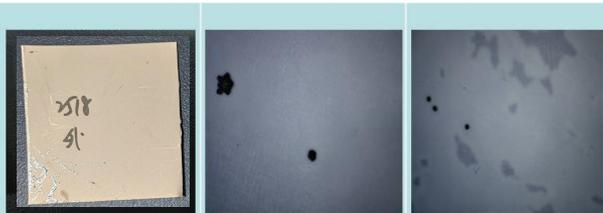
LCP膜平整无异常



压合后外观无异常

说明：辊压后剥离力为TD: 0.7-0.8kgf、MD: 0.6-0.75kgf，辊压外观平整。

### ● 耐热记录 (LFT-25)



浸锡外观平整无爆板

蚀刻后膜面无异常 (A面)

蚀刻后膜面无异常 (B面)

### ● 剥离强度

检测样品	测试方向	单位	测量值 (区间)	剥离界面
SLDP1F20-2518E	TD	kgf/cm	0.7~0.8	LCP/Cu
SLDP1F20-2518E	MD	kgf/cm	0.6~0.75	LCP/Cu

### ● 基材耐热性 (LFT-25)

条件：浸锡，288°C，10s，三次

序号	测试结果	判断
样品1	外观无褶皱、分层、气泡	合格
样品2	外观无褶皱、分层、气泡	合格
样品3	外观无褶皱、分层、气泡	合格

### ● 基材耐化学性 (LFT-25)

条件：2mol/L HCl 浸泡10min, 2mol/L NaOH浸泡10min

序号	测试结果	判断
样品1	外观无分层、剥离力下降 < 20%	合格
样品2	外观无分层、剥离力下降 < 20%	合格
样品3	外观无分层、剥离力下降 < 20%	合格

### ● 尺寸安定性 (LFT-25)

测试方法：参照IPC TM650 2.2.4

测试样品：辊压后未进行高温热处理的样品

测量位置	测量方向	单位	参考标准值	普利特产品实测值				
				原膜 (1H)	原膜 (24H)	Method B	Method C (1H)	Method C (24H)
OP侧	TD	%	0±0.20	0.046	0.0537	-0.0420	0.0309	0.0376
OP侧	MD	%	0±0.20	0.0611	0.0669	-0.0080	-0.0934	-0.0906
DR侧	TD	%	0±0.20	0.070	0.0778	-0.0302	0.0565	0.0600
DR侧	MD	%	0±0.20	0.0555	0.0615	-0.0116	-0.0740	-0.0726

说明：

①此批原膜尺寸稳定，波动在0.04%~0.78%之间；

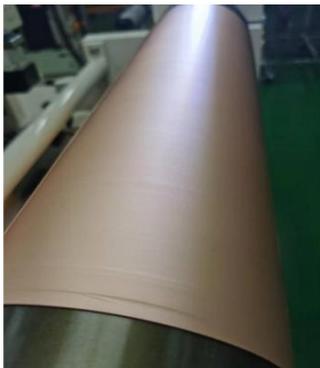
②辊压后LCP膜整体尺寸在-0.094%~0.06%之间，较稳定（注：烘烤条件为150°C/30min）

# 普利特LCP薄膜-客户测试认可

## LFT-50um



铜箔：福田高频电解铜520mm\*12μm



成品

### ● 尺寸安定性

测试方法：参照IPC TM650 2.2.4

测试样品：辊压后未进行高温热处理的样品

测量位置	测量方向	单位	参考标准值	普利特产品实测值				
				原膜 (1H)	原膜 (24H)	Method B	Method C (1H)	Method C (24H)
OP侧	TD	%	0±0.20	0.0061	0.0104	-0.1074	-0.1050	-0.1041
OP侧	MD	%	0±0.20	0.0451	0.0491	0.0142	0.0394	0.0410
DR侧	TD	%	0±0.20	0.0211	0.0261	-0.0972	-0.0880	-0.1093
DR侧	MD	%	0±0.20	0.0533	0.0589	0.0142	0.0340	0.0596

说明：

- ①此批原膜尺寸整体稳定，控制在0.06%±0.01%；
- ②产品蚀刻前后尺寸波动较大，烘烤后LCP TD向整体收缩较大，在-0.1%左右（注：烘烤条件为150°C/30min）
- ③成品整体尺寸安定性能波动较大。



### ● 剥离强度 (辊压后)

检测位置	测试方向	单位	测量值 (区间)	剥离界面
A面	TD	kgf/cm	0.85~1.0	LCP/Cu
A面	MD	kgf/cm	0.8~1.0	LCP/Cu
B面	TD	kgf/cm	0.85~1.0	LCP/Cu
B面	MD	kgf/cm	0.8~1.0	LCP/Cu

说明：

- ①结合力基本满足工艺需求；
- ②A/B面结合力差异不大。



### ● 基材耐热性

条件：浸锡，260°C，10s，三次

序号	测试结果	判断
样品1	表观无褶皱、分层、气泡	合格
样品2	表观无褶皱、分层、气泡	合格
样品3	表观无褶皱、分层、气泡	合格

### ● 基材耐化学性

条件：2mol/L HCl 浸泡10min，2mol/L NaOH浸泡10min

序号	测试结果	判断
样品1	表观无分层、剥离力下降 < 20%	合格
样品2	表观无分层、剥离力下降 < 20%	合格
样品3	表观无分层、剥离力下降 < 20%	合格

# 普利特LCP薄膜-客户测试认可

## LFT-75um



### ● 材料组成

薄膜：普利特LFT-75型LCP膜510mm\*75μm

铜箔：福田高频电解铜520mm\*12μm

### ● 辊压试制



LCP膜平整无异常



压合后表面平整

**说明：**辊压后剥离力为TD：0.8-1.0kgf、MD：0.7-0.75kgf，辊压外观平整。

### ● 剥离强度

检测样品	测试方向	单位	测量值 (区间)	剥离界面
SLDP1F20- 7512E	TD	kgf/cm	0.8~1.0	LCP/Cu
SLDP1F20- 7512E	MD	kgf/cm	0.7~0.75	LCP/Cu

### ● 尺寸安定性 (LFT-75)

测试方法：参照IPC TM650 2.2.4

测试样品：辊压后未进行高温热处理的样品

测量位置	测量方向	单位	参考标准值	普利特产品实测值				
				原膜 (1H)	原膜 (24H)	Method B	Method C (1H)	Method C (24H)
OP侧	TD	%	0±0.20	0.026	0.083	0.0135	0.089	0.0860
OP侧	MD	%	0±0.20	0.0633	0.0671	0.0346	0.0321	0.0409
DR侧	TD	%	0±0.20	0.09	0.0903	0.0107	0.0752	0.099
DR侧	MD	%	0±0.20	0.0516	0.0548	0.0196	0.0024	0.0114

**说明：**

- ①此批原膜尺安稳定，波动在0.05 % ~0.10%之间；
- ②辊压后LCP膜整体尺安在0.01%~0.1%之间（注：烘烤条件为150°C/30min）
- ③薄膜CTE:MD方向19ppm/°C，TD方向15ppm/°C

### ● 基材耐化学性 (75μm)

条件：2mol/L HCl 浸泡10min, 2mol/L NaOH浸泡10min

序号	测试结果	判断
样品1	表面无分层、剥离力下降 < 20%	合格
样品2	表面无分层、剥离力下降 < 20%	合格
样品3	表面无分层、剥离力下降 < 20%	合格

### ● 耐热记录 (75μm)



浸锡外观平整无爆板

蚀刻后膜面无异常 (A面)

蚀刻后膜面无异常 (B面)

# 普利特LCP薄膜-客户测试认可

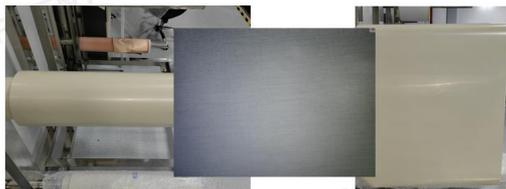
## LFT-100um



### ● 材料信息

材料名称: LCP薄膜 (TM: 330°C)  
规格型号: LFT-100 (510mm\*100μm)  
生产批号: Q3A12Z11A01

### ● 材料外观



### ● 材料组成

薄膜: 普利特LFT-100型LCP膜510mm\*100μm  
铜箔: 福田高频电解铜520mm\*12μm

### ● 辊压制制



LCP膜平整无异常

### ● 剥离强度 (辊压后)

规格	测试方向	单位	测量值 (区间)	剥离界面
1210012	TD	kgf/cm	0.8~1.0	LCP/Cu
1210012	MD	kgf/cm	0.6~0.7	LCP/Cu

### ● 基材耐热性 (100μm)

条件: 浸锡, 288°C, 10s, 三次

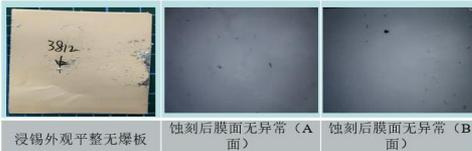
序号	测试结果	判断
样品1	表面无褶皱、分层、气泡	合格
样品2	表面无褶皱、分层、气泡	合格
样品3	表面无褶皱、分层、气泡	合格

### ● 基材耐化学性 (100μm)

条件: 2mol/L HCl 浸泡10min, 2mol/L NaOH浸泡10min

序号	测试结果	判断
样品1	表面无分层、剥离力下降 < 20%	合格
样品2	表面无分层、剥离力下降 < 20%	合格
样品3	表面无分层、剥离力下降 < 20%	合格

### ● 耐热记录 (38μm)



浸锡外观平整无爆板 蚀刻后膜面无异常 (A面) 蚀刻后膜面无异常 (B面)

### ● 耐热记录 (100μm)



浸锡外观平整无爆板 蚀刻后膜面无异常 (A面) 蚀刻后膜面无异常 (B面)

### ● 尺寸安定性 (100μm)

测试方法: 参照IPC TM650 2.2.4 测试样品: 辊压后未进行高温热处理的样品

测量位置	测量方向	单位	参考标准值	普利特产品实测值				
				原膜 (1H)	原膜 (24H)	Method B	Method C (1H)	Method C (24H)
OP侧	TD	%	0±0.20	0.063	0.0665	-0.028	0.0922	0.1009
OP侧	MD	%	0±0.20	0.0548	0.0502	0.0052	-0.0214	-0.0226
DR侧	TD	%	0±0.20	0.073	0.0763	-0.0213	0.0902	0.0974
DR侧	MD	%	0±0.20	0.0580	0.0544	0.0090	-0.0316	-0.0270

#### 说明:

- ①此批原膜尺寸较稳定, 波动在0.05%~0.076%之间;
- ②辊压后LCP膜整体尺寸在-0.022%~-0.1%之间, 波动同LCP原材料变化趋势一致 (注: 烘烤条件为150°C/30min)。

# 普利特LCP薄膜-客户测试认可



分类	测试项	评估方法	允收标准	测试数量	確認結果
LCP FPC单体	弯折测试	<p><b>静态弯折区:</b> 采用每折半径R=0.8mm的弯折夹具, 对LCP FPC样品的弯折区分别进行单向90°弯折测试10次。</p> <p><b>潜在弯折-刚柔结合补强设计:</b> 采用如下方法进行90°弯折测试:</p>	<p>A、原始线路R&lt;10mm时, 电阻率变化率&lt;30%; 原始线路R&gt;10mm时, 电阻变化率&lt;10%。</p> <p>B、切片无裂纹注: 以上两项需同时满足。</p>	5PCS	可执行, 需提供其體產品上弯折位置
	热应力测试	<p>(1) 将LCP FPC样品先在125摄氏度的烤箱中烘烤4小时后冷却至室温;</p> <p>(2) 参照IPC-TM-450 2.6.5的方法进行测试, 温度260±1°C, 10:15, 浸提次数3次。</p>	<p>A、热应力测试后, 应无裂纹、基材分层、起泡、阻焊油墨脱落等异常现象, 切片需满足要求。</p> <p>B、FPC经热应力后, 其结构完整性需符合客户要求。结构完整性通过金相切片进行, 切片位置IPC-TM-450-2.11.1或2.11.2进行, 垂直切片至少检查3个孔。</p>	5PCS	可执行
	回流测试	<p>(1) 将LCP FPC样品先在125摄氏度的烤箱中烘烤4小时冷却至室温;</p> <p>(2) 将样品放入回流炉中进行无铅回流3次, 回流炉升温速度为24°C左右。</p> <p>(3) 对样品进行外观检查, 观察样品表面存在缺陷, 如起泡、分层、覆层脱落等现象。</p> <p>(4) 若存在缺陷, 则对缺陷位置进行切片, 若无缺陷, 则随机抽取3个位置切片, 观察是否存在孔壁裂纹、基材分层、气泡、阻焊油墨脱落等异常现象。</p>	<p>IPC-TM-450 2.4.13, 检查FPC是否存在裂纹、覆盖膜脱落、起泡等缺陷。</p> <p>参考标准: 切片无缺陷。</p>	5PCS	可执行
	冷热冲击测试	<p>(1) 将LCP FPC样品先在125摄氏度的烤箱中烘烤4小时冷却至室温;</p> <p>(2) 放入冲击设备中, 测量LCP FPC光板的电阻值;</p> <p>(3) 进行200次冷热循环, 循环条件为: -55摄氏度(15分钟)到125摄氏度(15分钟)中间切换时间设置为2分钟;</p> <p>(4) 循环结束后, 再次测量光板的电阻值, 并对比冷热冲击前后电阻值的变化率是否超过10%; 若电阻变化超过10%, 则需要切片分析失效的位置。</p>	<p>环境测试: 热循环; 参考标准: 冷热冲击前后电阻值的变化率&lt;10%。</p>	5PCS	我司冷热衝擊設備, 高低溫轉換時間5min
	绝缘测试	<p>1. 使用测试板测试, 测试式样品指定绝缘层的绝缘电阻</p> <p>1. 烘烤温度50±3°C, 烘烤时间min 3hr</p> <p>2. 测试条件: 电压: 500-150 V 电阻30-3.0sec</p>	绝缘电阻≥500 Ω	5PCS	可执行

**10层毫米波天线**

**4层高频传输线**

**4层UWB天线(高温压合)**

**25层IC数据载板 (高温压合)**

**6层毫米波雷达天线 (高温压合)**

**5G 手机毫米波天线, 天线与传输线一体化 9层+3层 (高温压合)**

Antenna 9 layers, Transmission line 3 layers

Antenna region

# 普利特 LCP薄膜-客户测试认可



## 样品数量

日期	规格	厚度	数量M	批号	客户
4月25日	LFR	50	250*60	Q3D08A3Z15A01	
4月25日	FCCL	50	250*16		
4月25日	FCCL	100	250*16		

### 1.基础性能

测试项目	具体项次	测试标准	测试方法	测试设备	测试结果	结论
材料特性	ROHS测试	符合AKM内部ROHS要求	送样品至物理实验室测试	ROHS测试仪	0	OK
物理性能	外观	无压坑、压痕、折痕、褶皱、氧化、色差	目视	目视		OK
	宽幅尺寸	±1mm	刻度测量	钢尺		OK
	卷曲性	72h静置无卷曲、波浪边	目视	目视		OK
	尺寸稳定性	M.D./T.D.≤±0.1%	IPC-TM650-2.2.4	二次元	M.D.:0.05%/T.D.:0.06%	OK
	Dk,Df	收集数据, 仅供参考	将基材蚀刻纯膜, 用谐振腔测试	谐振腔	DK:3.22 ; Df: 0.00154	OK
	厚度均匀性	±10%	金相切片	金显微镜	Cu: 12.2-14.5um; LCP:46.4-50.7um	OK
	剥离强度	基材(12um铜厚): ≥3.0LB/in	IPC-TM650-2.4.9-1	剥离强度测试仪	铜与基材: 0.541N/mm; 介质膜与粘胶膜: 1.2N/mm	OK
	挠曲测试	试验结果仅供参考	IPC-TM650-2.4.3	挠曲测试仪	A面: 232次. B面: 264次	/
	MIT	试验结果仅供参考	参考CPAP/JPCA-BMO3-2005	MIT测试仪	A面56次; B面53次	/

### 1.基础性能

测试项目	测试方法	测试工具	标准评定	测试结果	结论
热性能	耐焊性	IPC-TM650-2.4.13	无铅锡炉	无变色、分层、起泡	 OK
化学性能	耐溶剂性	IPC-TM650-2.3.2	/	无变色、分层、起泡	 OK
	耐酸性	IPC-TM650-2.3.2	/	无变色、分层、起泡	 OK
	耐碱性	IPC-TM650-2.3.2	/	无变色、分层、起泡	 OK
电性能	耐电压	IPC-TM650-2.5.7	耐电压测试仪	AC500V*1min无机机械损伤、无击穿	 OK
	线间绝缘电阻	IPC-TM650-2.6.3.2	精密兆欧表	≥1.0*10 <sup>8</sup> Ω	9999兆欧姆 OK

# 普利特 LCP薄膜-客户测试认可

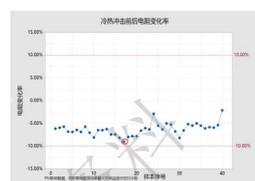
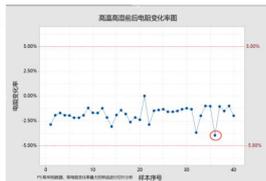


## 可靠性测试(185018 FCCL+LFR-50材料搭配, 三层板)

测试项目 (三层板)							
序列	测试项目	测试数量	前处理	测试方法	测试条件	判定标准	测试结果
1	热应力	3 PCS	135°C 烘烤6h	IPC-TM-650 2.6.8	260°C浸锡3次, 每次10s	无变色分层, 盲孔, 通孔无孔裂现象	阻值合格
2	高温高湿	3 PCS	165°C 烘烤2h	IPC-J-STD-020E	85°C85湿度 125h	无分层, 盲孔, 通孔无孔裂现象, 电阻变化率 < 5%, 电阻变化率最大的孔, 拍摄SEM图片	阻值合格
3	回流焊	3 PCS	165°C 烘烤2h	IPC-TM-650 2.6.27	最高260°C, 循环次数20次	无分层, 盲孔, 通孔无孔裂现象, 电阻变化率 < 5%, 电阻变化率最大的孔, 拍摄SEM图片	阻值合格
4	热油	3 PCS	165°C 烘烤2h	IPC-TM-650 2.4.6	热油260°C; 冷油25°C, 循环202次, 停留时间热油20s, 冷油20s	无分层, 盲孔, 通孔无孔裂现象, 电阻变化率 < 5%, 电阻变化率最大的孔, 拍摄SEM图片	阻值合格
5	冷热冲击	3 PCS	165°C 烘烤2h	IPC-TM-650 2.6.7.2	温度范围-45-125°C, 半小时循环一次, 共计500次循环	无分层, 盲孔, 通孔无孔裂现象, 电阻变化率 < 10%, 电阻变化率最大的孔, 拍摄SEM图片	阻值合格

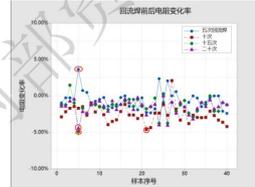
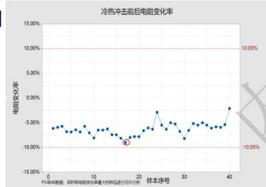
### 2.可靠性测试

高温高湿



冷热冲击

热油



回流焊

小结: 可靠性 电阻变化率小于10%, 后续增加切片图

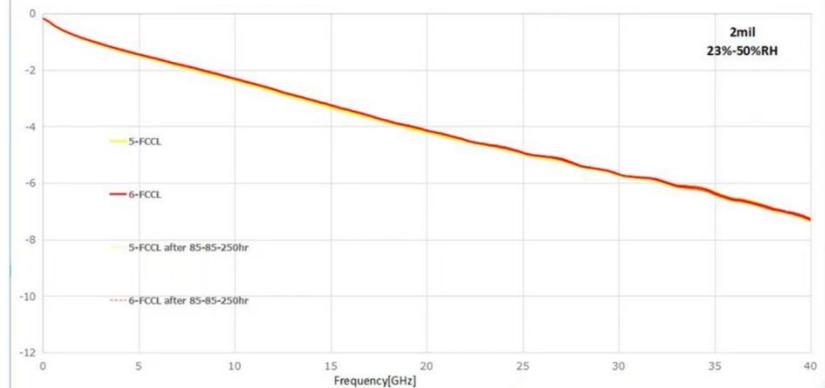
185018 三层板验证通过

# 普利特 LCP薄膜-客户测试认可



## 普利特LCP插损比较

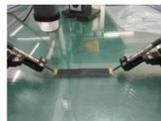
stack No.	5-FCCL	6-FCCL
基材	普利特LCP	Kuraray LCP
铜箔	三井TQ-M7	三井TQ-M7



小结：普利特LCP常态及吸潮后S21损耗表现均匀Kuraray LCP相当

### A.测试方法:

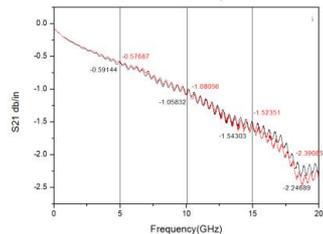
- 1)按照要求投产制作测试样件（带状线）。
- 2)测试
  - (1) .在0.01 GHz ~ 20 GHz频段内对矢量网络分析仪进行校准;
  - (2) .使矢网的输入与输出端探针进行两端连接;
  - (3) .在电路片的两端进行的差损性能进行测试。  
测试7.87 in的带状线，得到频点从0.01至20 GHz，长度为7.87 in的带状线的插损。
- (4) 测试环境为：23°C、50RH%///85°C。



测试样件

### B;测试结果

插损 (db/mm)	频率	5GHz	10GHz	15GHz	20GHz
普利特	插损	-0.5981	-1.06999	-1.56005	-2.24785
		-0.59403	-1.05783	-1.55716	-2.23991
		-0.58219	-1.04714	-1.51189	-2.2529
	平均值	-0.59144	-1.05832	-1.54303	-2.24689
松下	插损	-0.57687	-1.08056	-1.52351	-2.39085
	差异百分比	-2.46%	2.10%	-1.27%	6.41%



插损图对比图

小结：该材料与同等规格下松下LCP材料相比，10GHz下插损小了-0.03024db/in，差异2.1%，差距不大

Proprietary and Confidential

## Evaluation results of LCP

### FCCL properties

\* Evaluation in progress

Product name			LFT				LFT *new			
			50um-1st	50um-2nd	100um	75um	25um (Q3C15Z11A01)	50um (Q2G01Z11A02)		
Film thickness		um	50	50	100	75	25	50		
Peel strength		A	N/mm	0.52	0.56	0.48	0.5	0.77	0.66	
Soldering Resistance		A	℃	330	330	360	360			
		C-96/40/90		280	310	290	330	*	*	
MIT 0.38R x4.9N	MD	A	Times	104	89	10	28	239	122	
	TD	A		90	90	8	26	238	80	
Dimensional Stability		After Etching	%	-0.114	0.022	0.005	-0.007	-0.013	0.011	
				TD	-0.183	0.009	-0.009	0.011	-0.024	0.020
		E-0.5/150	%	MD	-0.129	0.054	0.037	-0.004	0.007	0.060
				TD	-0.239	0.038	0.016	0.058	-0.021	0.077
Dk @10GHz Cavity resonance		E-2/135	-	3.03	3.05	3.12	3.14	-	*	
		C-24/23/50	-	3.04	3.06	3.13	3.14	-	3.14	
		C-100/85/85	-	3.04	3.06	3.13	3.15	-	*	
Df @10GHz Cavity resonance		E-2/135	-	0.0014	0.0017	0.0018	0.0018	-	*	
		C-24/23/50	-	0.0015	0.0018	0.0018	0.0019	-	0.0018	
		C-100/85/85	-	0.0017	0.0020	0.0021	0.0020	-	*	

- ✓ As the film thickness increases, the peel strength decreases.
- ✓ The MIT test is affected by uneven film thickness.

# 高频高速PCB-LCP纤维布



对比	LCP纤维布	下一代NE布	NE布	E布
价格比值	4	21	7	1
DK 10GHz	3.5	4.5	4.6	6.4
DF 10GHz	0.0008	0.0020	0.0035	0.0066

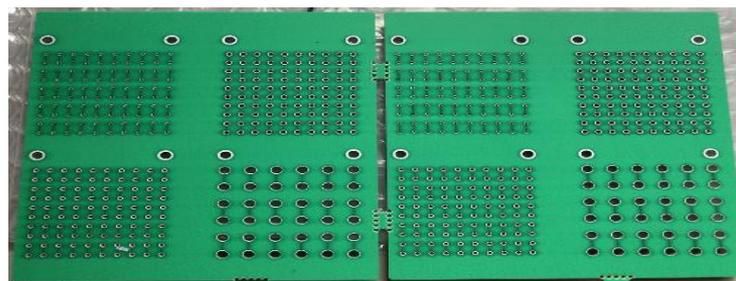


4层LCP纤维布CCL

厚度mm	0.89
DK@10GHz	3.043
Df@10GHz	0.00103
288°C@10S*3次 漂锡	ok
288°C@5min漂锡	ok
CTE@ (X-Y) ppm	16



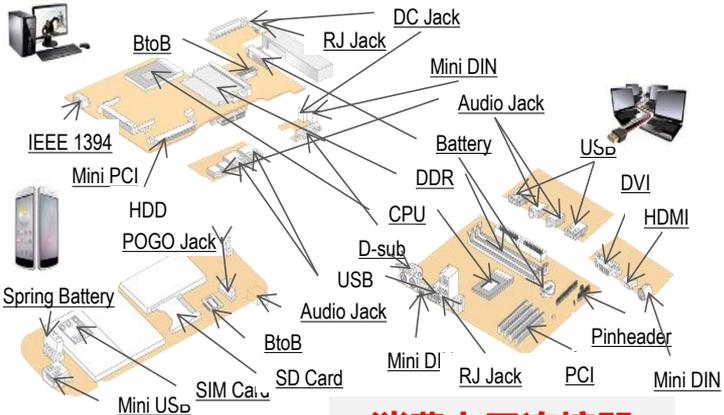
LCP纤维布, 100um@53g



LCP纤维布PCB

# 高频高速接插件-注塑级LCP

## 注塑级产品应用场景



### 消费电子连接器



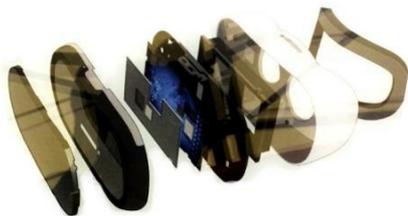
### 汽车电子连接器



继电器壳体



高速风扇



### 智能穿戴



### 通讯连接器

- 低频电连接器及组件
- 光纤连接器
- 微波射频连接器及组件
- 低频电连接器及组件
- 光纤连接器
- 高速连接器
- 微波射频连接器及组件
- 低频电连接器及组件



电机线圈

## I. 关于LCP薄膜

## II. 关于普利特LCP薄膜

## III. 关于普利特

# 关于普利特\_新材料&新能源解决方案提供商



Polymer 聚合 Exploration 探索  
Research 研发 Technology 技术

- 全球现有3800名员工;
- 全球新材料年产能达50万吨, 在建产能18万吨;
- 锂电现有年产能5.3GWh, 在建产能42GWh.

公司愿景  
全球优秀  
新材料公司



企业使命  
聚焦材料科技  
创新绿色未来



核心原则  
创造价值  
成就客户



核心价值观  
坦诚、体验、  
创造力、执行力



上海普利特创立于  
PRET was founded in

# 1993

# 2009

深交所上市  
Listed on SZSE

## “新材料+新能源” 双轮驱动

01



### 改性材料板块

改性PP、改性ABS及PC类合金、改性PA、纤维增强类材料、各类阻燃材料及PPA/PPS/PPO等特种工程塑料、TPE、色母粒。



02



### 信息通讯材料板块

LCP树脂、LCP薄膜、LCP纤维、导热材料、导电材料、屏蔽材料等、光刻胶等。



03

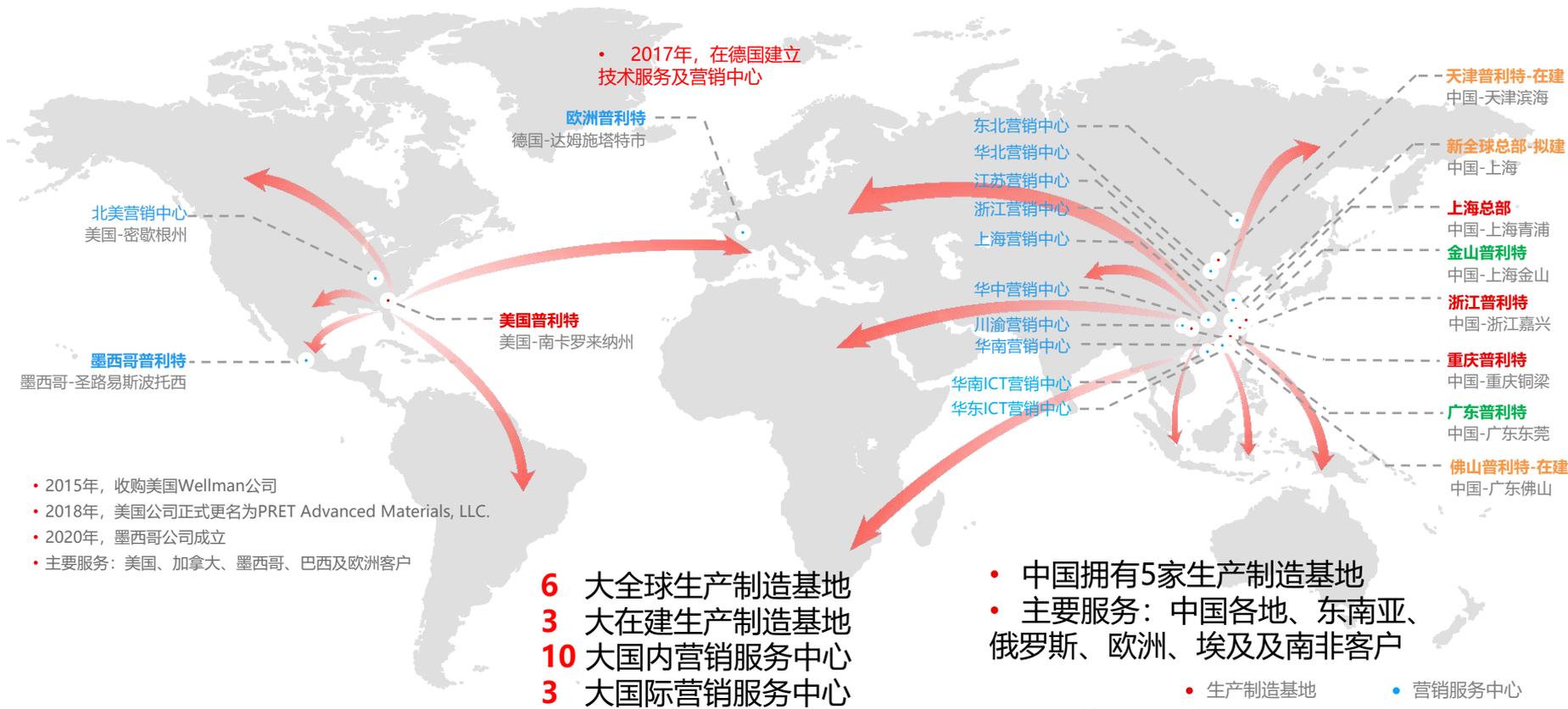


### 新能源板块

三元锂电池、磷酸铁锂电池、钠离子电池、镍镉电池、镍氢电池、电源系统等。



# 关于普利特\_新材料板块



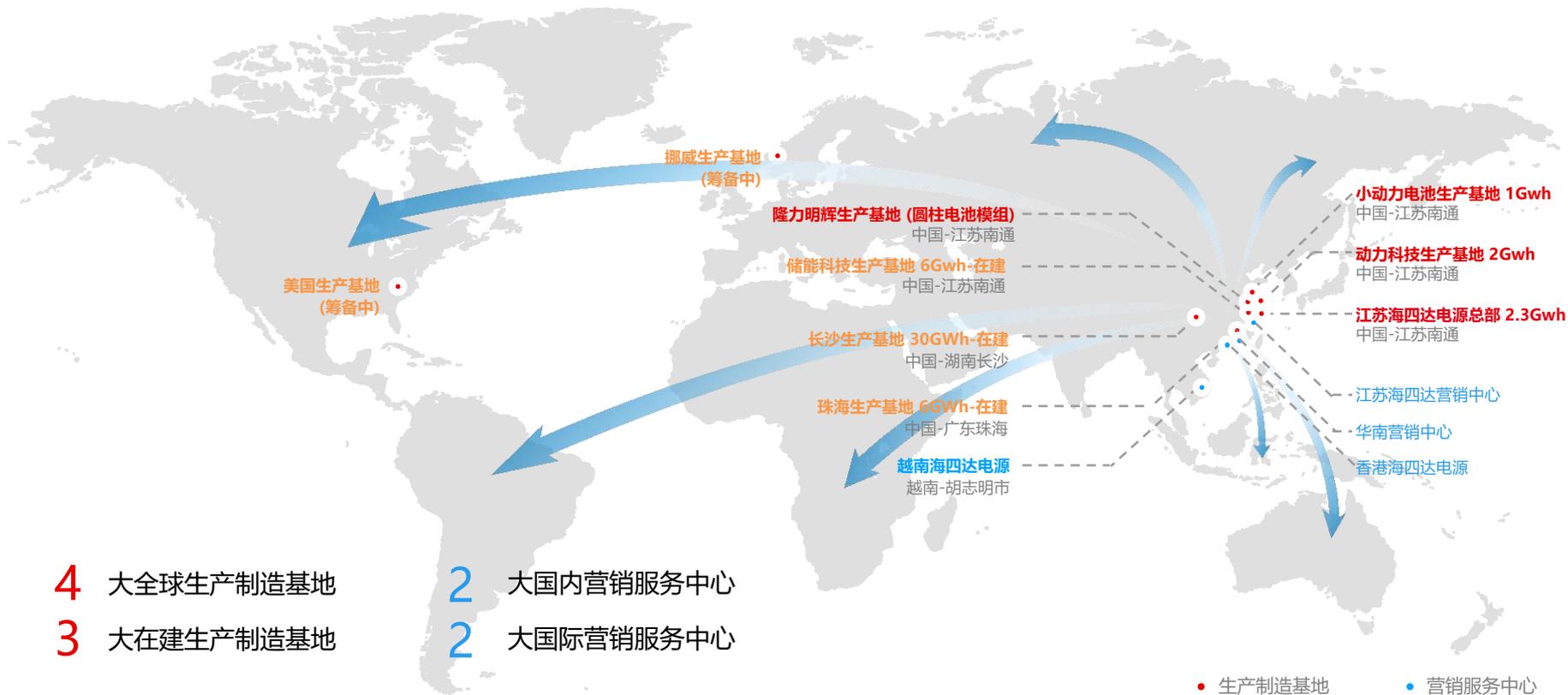
- 2015年, 收购美国Wellman公司
- 2018年, 美国公司正式更名为PRET Advanced Materials, LLC.
- 2020年, 墨西哥公司成立
- 主要服务: 美国、加拿大、墨西哥、巴西及欧洲客户

- 6** 大全球生产制造基地
- 3** 大在建生产制造基地
- 10** 大国内营销服务中心
- 3** 大国际营销服务中心

- 中国拥有5家生产制造基地
- 主要服务: 中国各地、东南亚、俄罗斯、欧洲、埃及及南非客户

● 生产制造基地  
● 营销服务中心  
— 改性材料生产基地  
— 信息通讯材料生产基地  
— 在建/拟建生产基地

# 关于普利特\_新能源板块

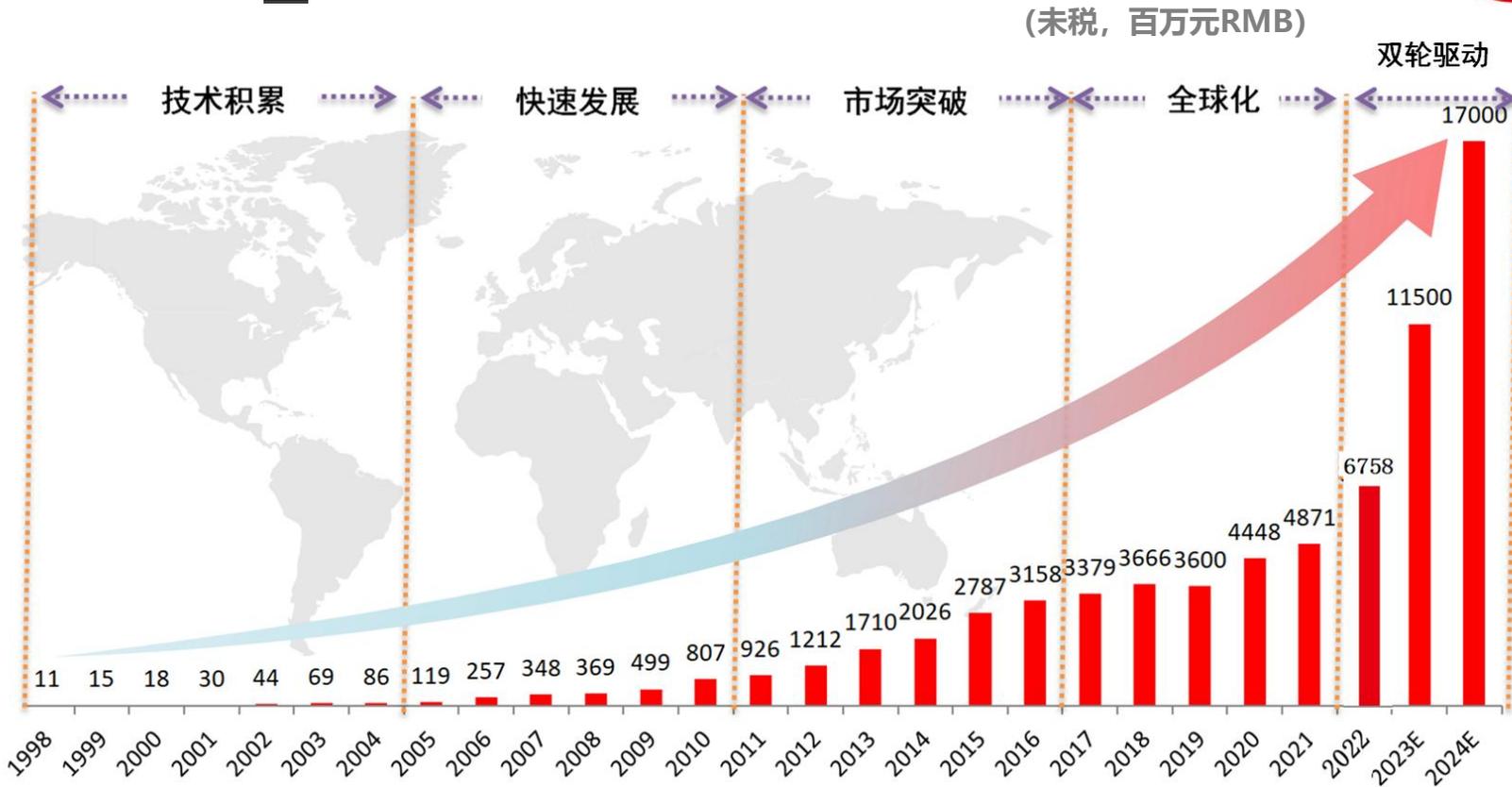


4 大全球生产制造基地  
3 大在建生产制造基地

2 大国内营销服务中心  
2 大国际营销服务中心

现有生产基地 营销服务中心 在建/拟建生产基地

# 关于普利特\_营业收入



# 关于普利特\_科研平台



## 产学研荣誉

- 国家企业技术中心
- 国家专精特新“小巨人”企业
- 国家知识产权优势企业
- 工业企业知识产权运用试点企业
- 上海汽车用塑料材料工程技术研究中心
- 博士后科研工作站
- 上海市院士专家工作站
- 上海市知识产权示范企业（首批）

## 企业荣誉

- 2022年上海民营企业100第71名
- 2022年上海制造业企业100强第46名
- 2022年上海民营制造业企业100强第25名
- 2022年上海新兴产业企业100强第40名

## 新材料版块

2 项国家级科技成果

49 项省部级科技成果

36 项参与主持并制订国家、联盟及企业标准

179 项授权专利 (1项PCT专利)

62 件国内及国际注册商标

## 新能源版块

13 项国家级科技成果

46 项省部级科技成果

6 项参与主持并制订国家、联盟及企业标准

66 项授权专利

19 件国内及国际注册商标

## 科技创新



### 研发队伍

100多位具备硕士/博士及以上学历的研发精英团队



### 人才梯度

国内外各大高校尖端人才多层次研发人员梯度储备

## 专业



## 高效



## 定制



普利特致力于为客户提供量身定制的产品开发服务，我们采用专业开发流程满足材料的不同功能定制。



## 普利特色彩开发中心

致力于整合新材料色彩领域的一站式服务  
根据客户需求量身定制标准色板  
提供色彩的创新与动态解决方案

长期为各大主机厂定制开发标准板  
完备的开发体系可同时兼顾效率与质量  
自主开发提供多样性的色彩选择与CMF协助支持  
新色彩创新开发与协作色彩管理  
贴心的售后服务



## 国家级实验室

ISO/IEC 17025:2005  
实验室管理体系,  
CNAS 认可实验室,  
可提供第三方测试服务



## 测试范围

全面覆盖各项材料性能  
检测, 如力学、燃烧、  
耐热、耐候、散发、流  
变及成分分析等



## 顶级实验设备

自德国、美国、意大利  
等国家进口国际一流的  
检测设备, 从硬件上保  
障材料品质。



## 稳定合作

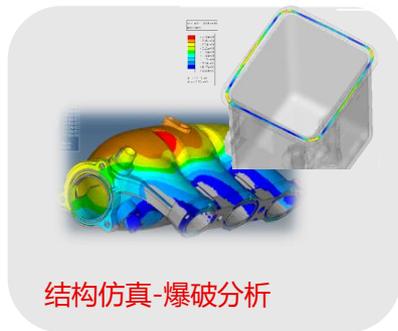
与大众、福特、奔驰  
等主机厂长期合作,  
众多测试项目已获得  
主机厂资质认可

# 关于普利特\_科研平台

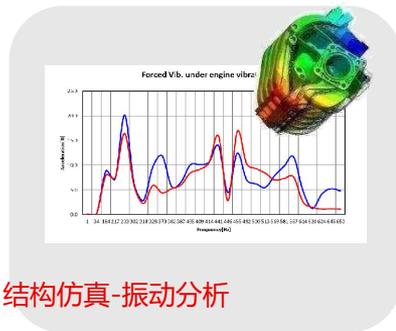


普利特拥有资深的技术服务人员，为客户提供售前、售后技术支持：

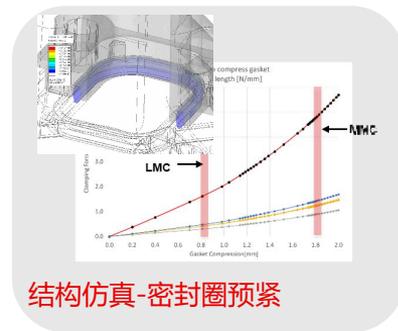
- 结构仿真
- 模流分析
- 现场工艺支持
- 产品品质问题分析
- .....



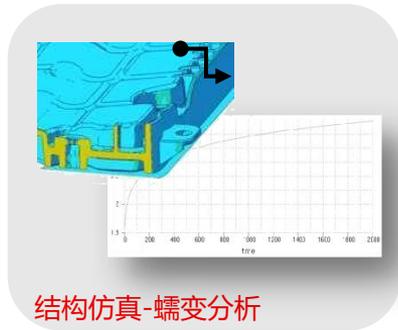
结构仿真-爆破分析



结构仿真-振动分析



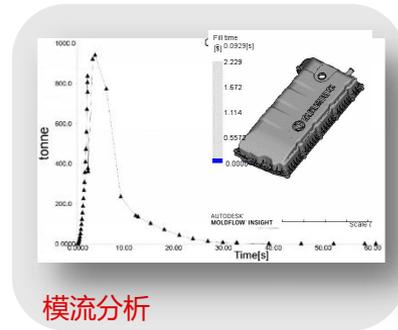
结构仿真-密封圈预紧



结构仿真-蠕变分析



流体仿真-流场分析



模流分析

## 你想要的，普利特都能提供

聚焦多元化应用场景，全面规划材料方案



# 谢谢聆听，欢迎垂询！

Focus On Polymer Technology Innovate A Sustainable Future  
聚焦材料科技 创新绿色未来

# 让通讯更通畅



普利特  
PRET

上海普利特复合材料股份有限公司

上海市青浦工业园区新业路558号

+86 021-31115900

www.pret.com.cn

李宏 / 副总裁

137 0186 4098

lih@pret.com.cn

此名片由普利特LCP薄膜制作



[www.pret.com.cn](http://www.pret.com.cn)

