

先进复合材料在汽车领域的应用

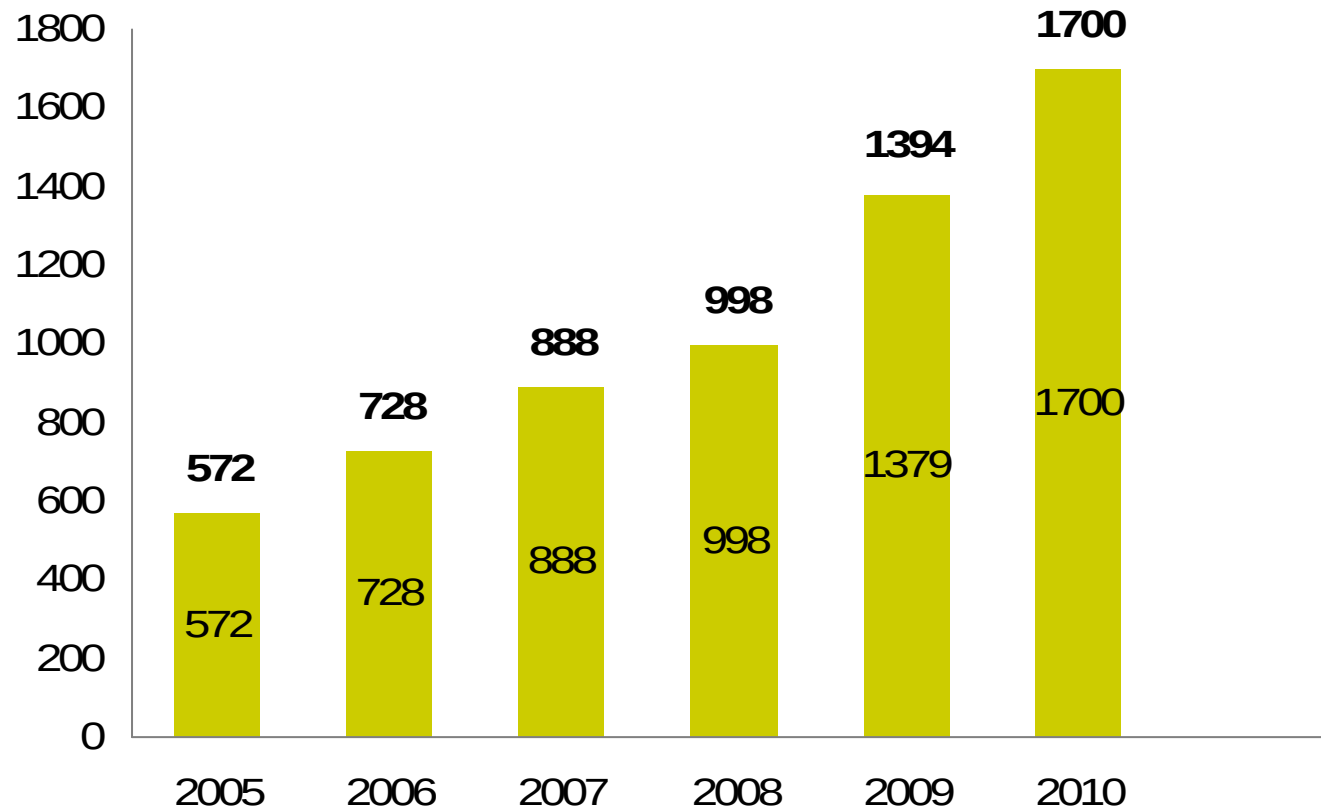
中国复合材料学会常务理事

沈阳飞机设计研究所

陈绍杰 2014年

- 汽车工业是我国重要的支柱产业之一，近年来得到了迅猛的发展，**2010**年产销量突破**1800**万辆，跃居世界第一
- 汽车的生产制造和性能的不断提提高，应该与所使用材料密切相关，当前应和复合材料，特别是先进复合材料密切相关，本次演讲将对该方面情况进行详细的介绍与评述

2005-2010年中国汽车产量



一.汽车的减重需求

- 现代汽车四项基本要求：安全、舒适、节能、环保。因此，减轻重量=节省燃油+减少排放，是未来汽车的重要发展方向
- 汽车结构每减重**10%**，燃油可节省**7%**
- **BMW**等提出每车要减重**100KG**以上的目标，提高燃油效率，排放减至**7.5-12g/KM**以下，美国提出**30KM/升油**的里程目标
- 为此世界上各大汽车公司均在制订并执行汽车的轻结构的战略计划

汽车减重的最主要措施就是大量使用先进复合材料

- 先进复合材料密度仅有 1.6g/cm^3 ，比强度、比刚度高、可设计性强、疲劳耐久性好、不腐蚀、能大规模整体成型，以之代钢可有40-60%的减重效果，相当可观。
- 美国能源部（DOE）联合美国汽车研究会（USCAR）共同发起一个五年计划，投资\$1.95亿，发展轻质高强汽车材料，复合材料首当其冲。

[CFRP effects]

Weight saving

Good Mileage → Ecology

Better crash safety

Energy-absorbing

Lower assembly man-hour / expense

Modularized by unification

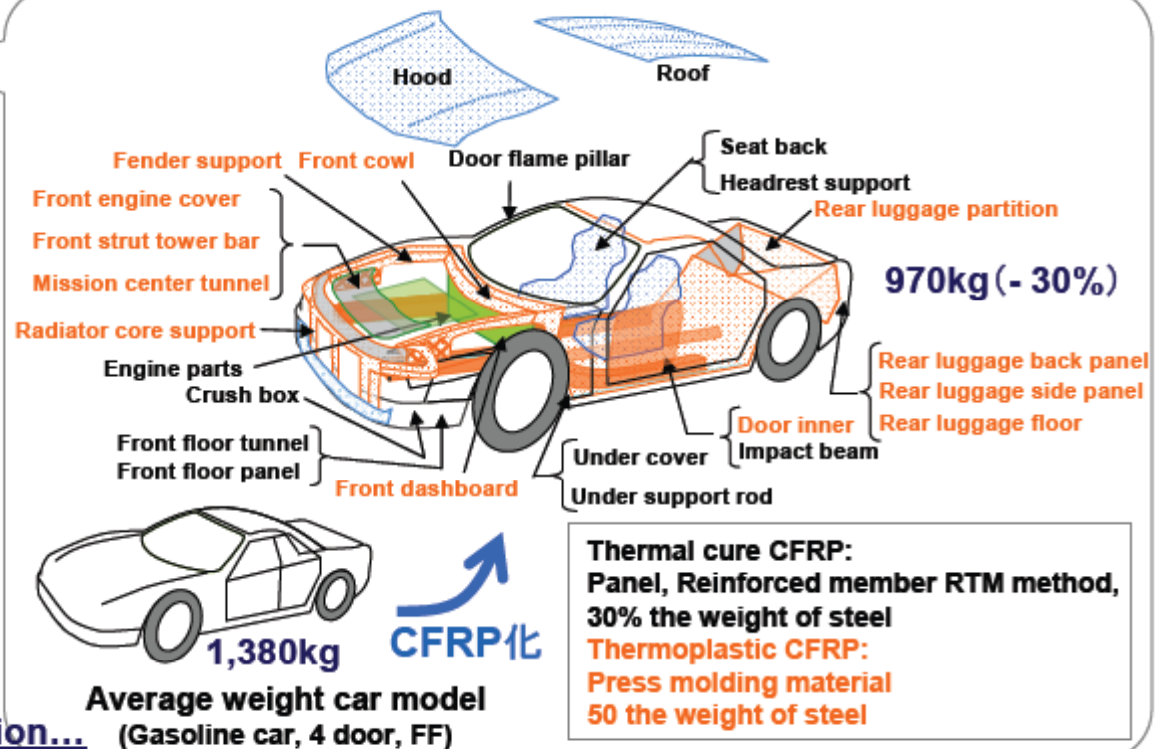
Better driving performance

Better vibration damping
Natural vibration UP

Safety improvement

Improvement of
material fatigue

Possible to reduce 400kg by CFRP



For more CFRP application...

■ Issues

- Total cost down
- Improvement of molding flexibility

■ Countermeasures

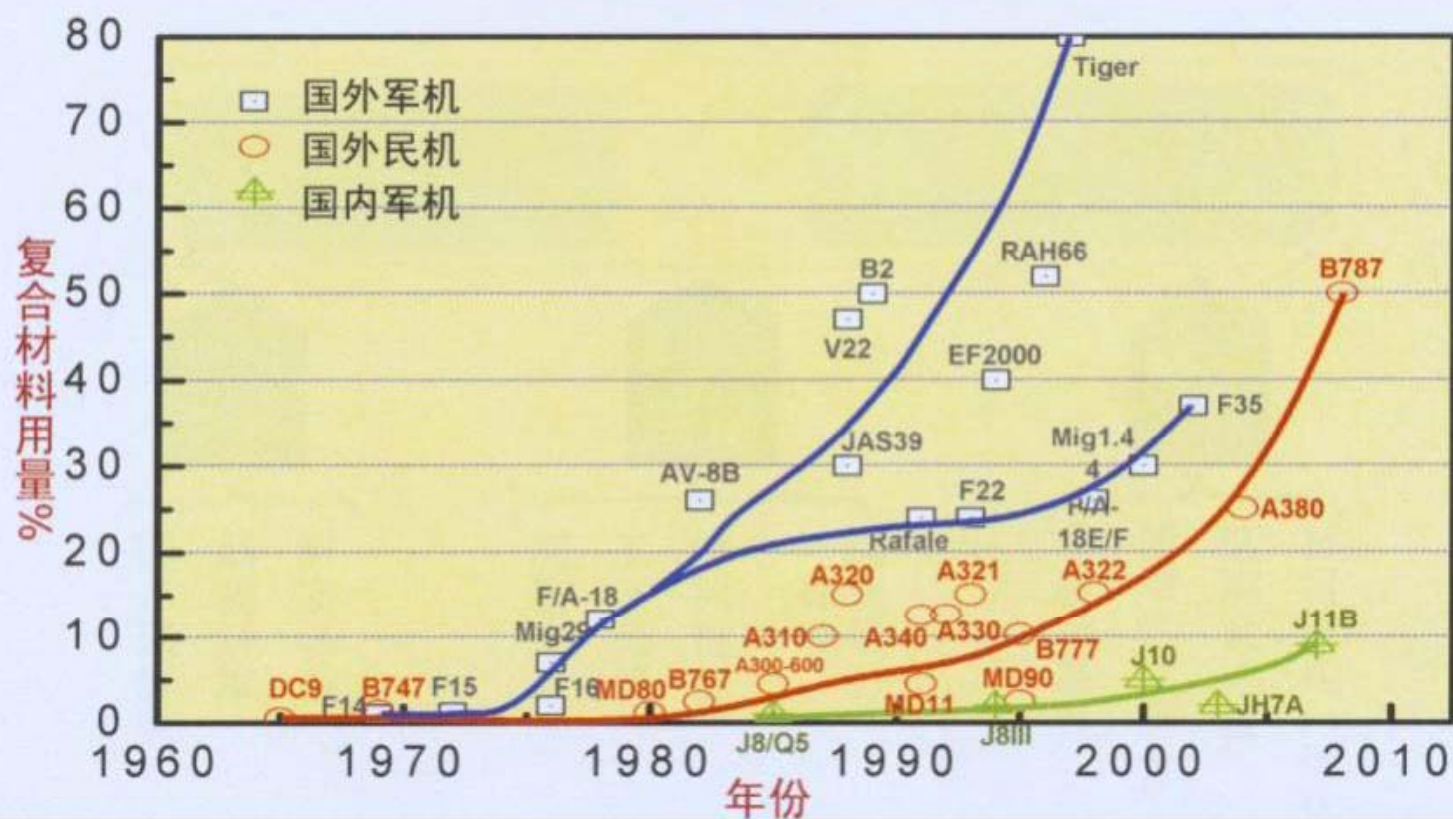
-Integration and systematization of material

Combination with thermoplastic materials and joint technology, etc.

Solving issues, even as aiming for proposing new concepts by integration of CF characteristics (electromagnetic shielding, etc.) and those of other materials such as resin or IT-related materials.

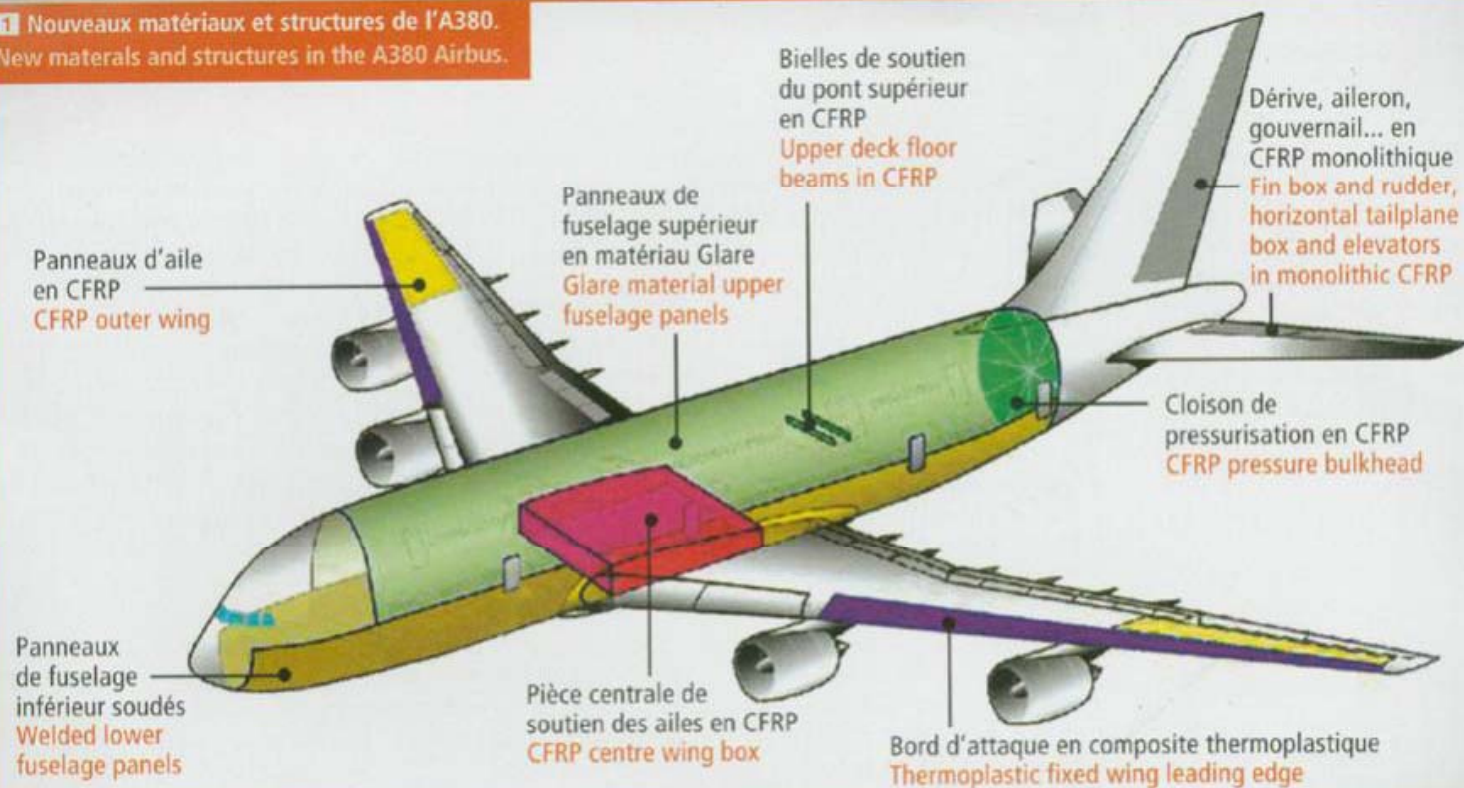
- 先进复合材料问世**40**多年，以飞机结构而言已基本实现了“飞机结构复合材料化”。
- 汽车虽不同于飞机，但减重、节油、减少污染要求是一样的，道理是相通的，以是观之，汽车早晚也会走上复合材料化这条路。
- 有人预言**2020**年汽车将主要由复合材料和铝合金制造，而不是钢！

飞机结构复合材料化态势





1 Nouveaux matériaux et structures de l'A380.
New materials and structures in the A380 Airbus.





- 多年来先进复合材料在汽车上应用进展缓慢，不如人意，主要问题是成本高，并说要等碳纤维降至\$11/kg 以下才会大规模应用。
- 但近年来事情有了变化，大丝束碳纤维、低成本制造工艺的出现，复合材料技术发展的成熟，使成本大大下降，加之客观需求的强烈，先进复合材料在汽车领域的应用开始呈现蓬勃发展的态势
- 在汽车领域大规模应用先进复合材料此其时也

二.先进复合材料在汽车上的应用

- 1:玻璃钢的应用

玻璃钢在汽车上早有应用，近年来呈逐渐上升的态势，西欧用量占到车体重量的**15%**左右，我国仅为其半，还有较大的发展空间

- 如**1953**年美国通用汽车公司研制一个全玻璃钢汽车 **corvette**，我国亦早于上世纪**50**年代就开始了应用的进程，并已制造出全玻璃钢轿车，面包车等，据说仅山东武城就有**600**多家相关企业，应用可见一斑
- 但玻璃钢模量低，刚度不够，不能用作主承力结构，定义上不属先进复合材料



- 2: 先进复合材料的应用
- 先进复合材料由于其自身的独特优点，可广泛用在汽车结构上
- 车种包括赛车、跑车、轿车、客车、货车、特种车辆等，部位包括受力骨架、车顶、底盘、侧板、车门、帽罩、保险杠、翼子板、轮毂、传动轴、板簧等
- 现在世界上已有多辆全复合材料汽车问世

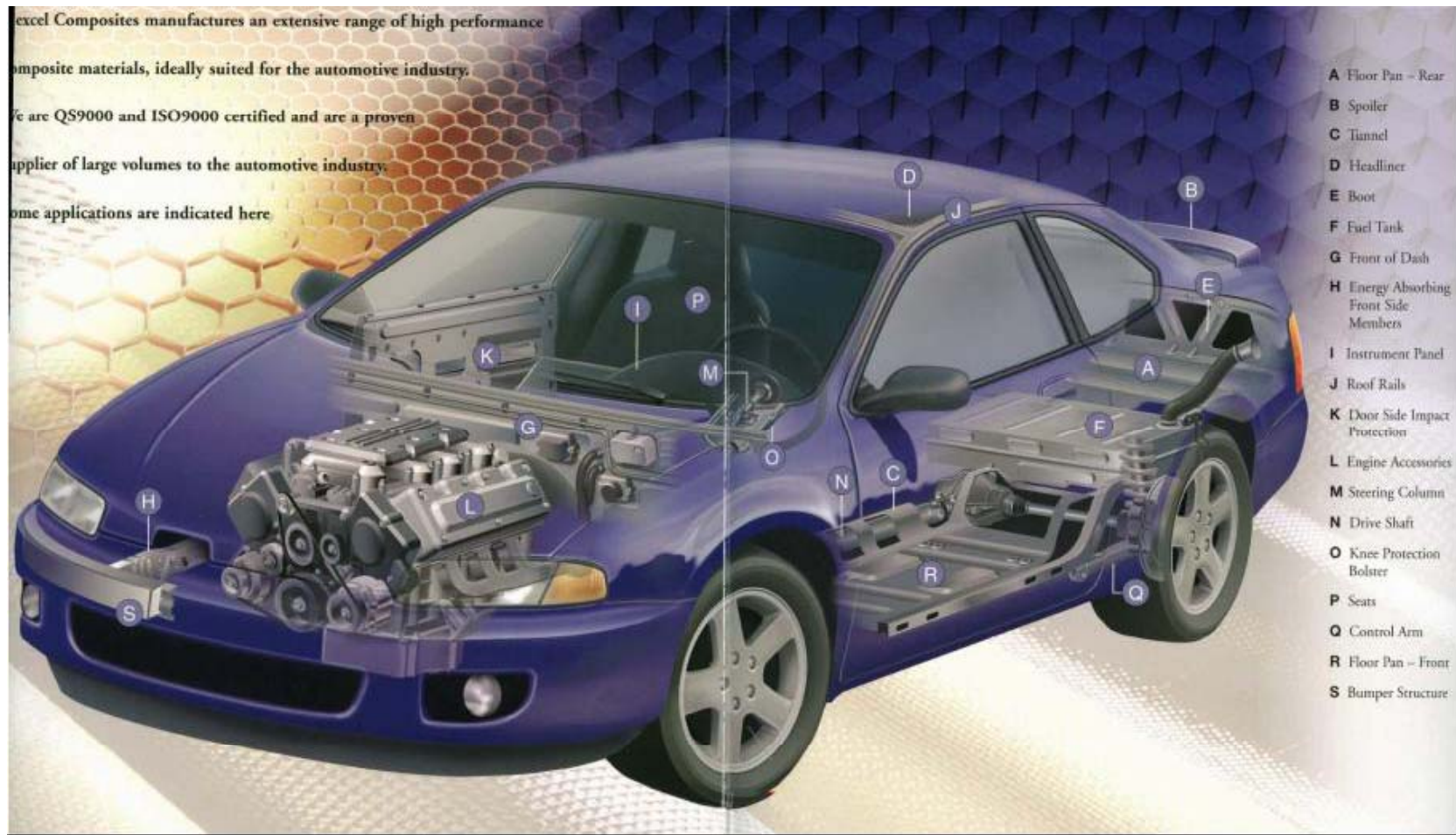
Excel Composites manufactures an extensive range of high performance

composite materials, ideally suited for the automotive industry.

We are QS9000 and ISO9000 certified and are a proven

supplier of large volumes to the automotive industry.

Some applications are indicated here

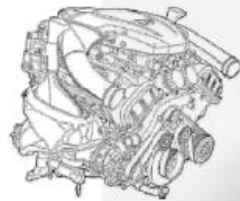


Lightweight concept

- Developed lightweight technologies for our future models

- Arc-Sprayed cylinder bores
- Titanium connecting rod
- Titanium valve

- PC glazing quarter window
- PC glazing partition



- CFRP cabin
- CFRP roof and hood

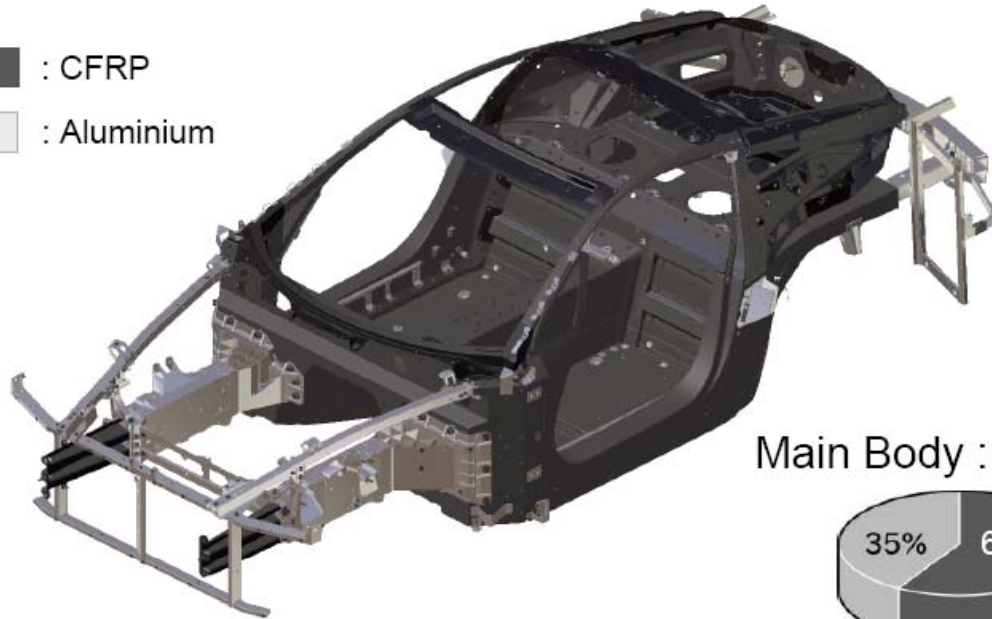
- SMC panels
- SMC/Aluminum hybrid door

{

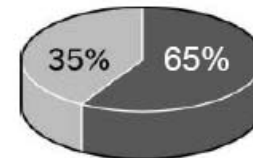
Main Body Material Mix

- CFRP cabin and aluminium frames

■ : CFRP
■ : Aluminium



Main Body : 193kg



Weight composition

新型应用例举 - 2006-Jeep车顶



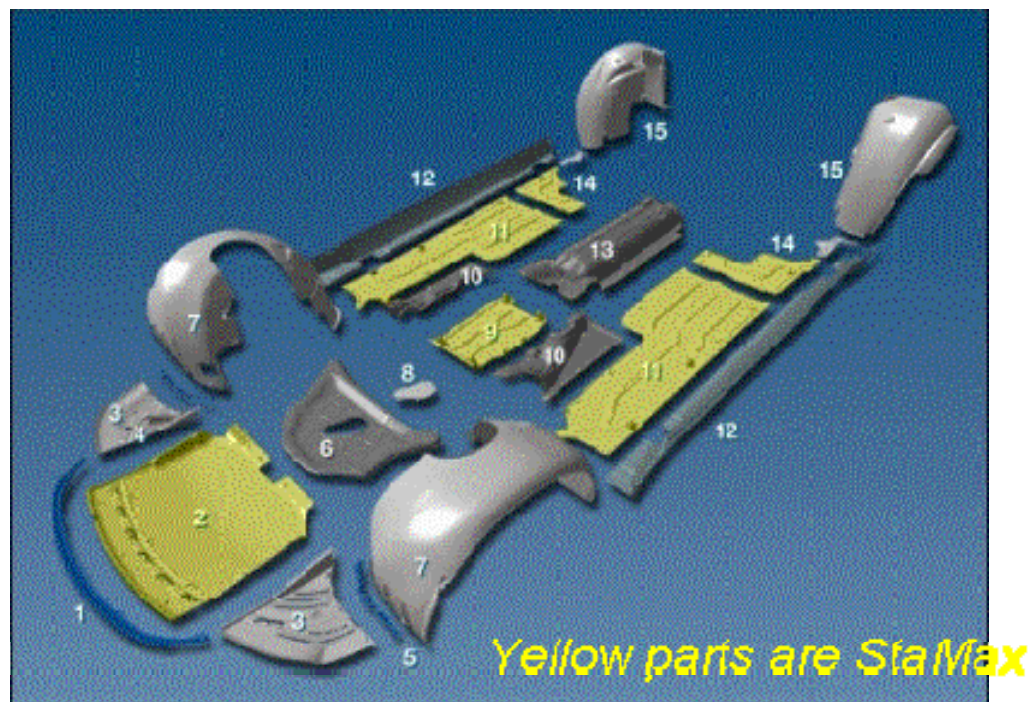
- Jeep 由3片SMC产品组成的硬顶
- 并行的SMC遮阳板
- 便于用户移动

碳纤维增强汽车硬顶

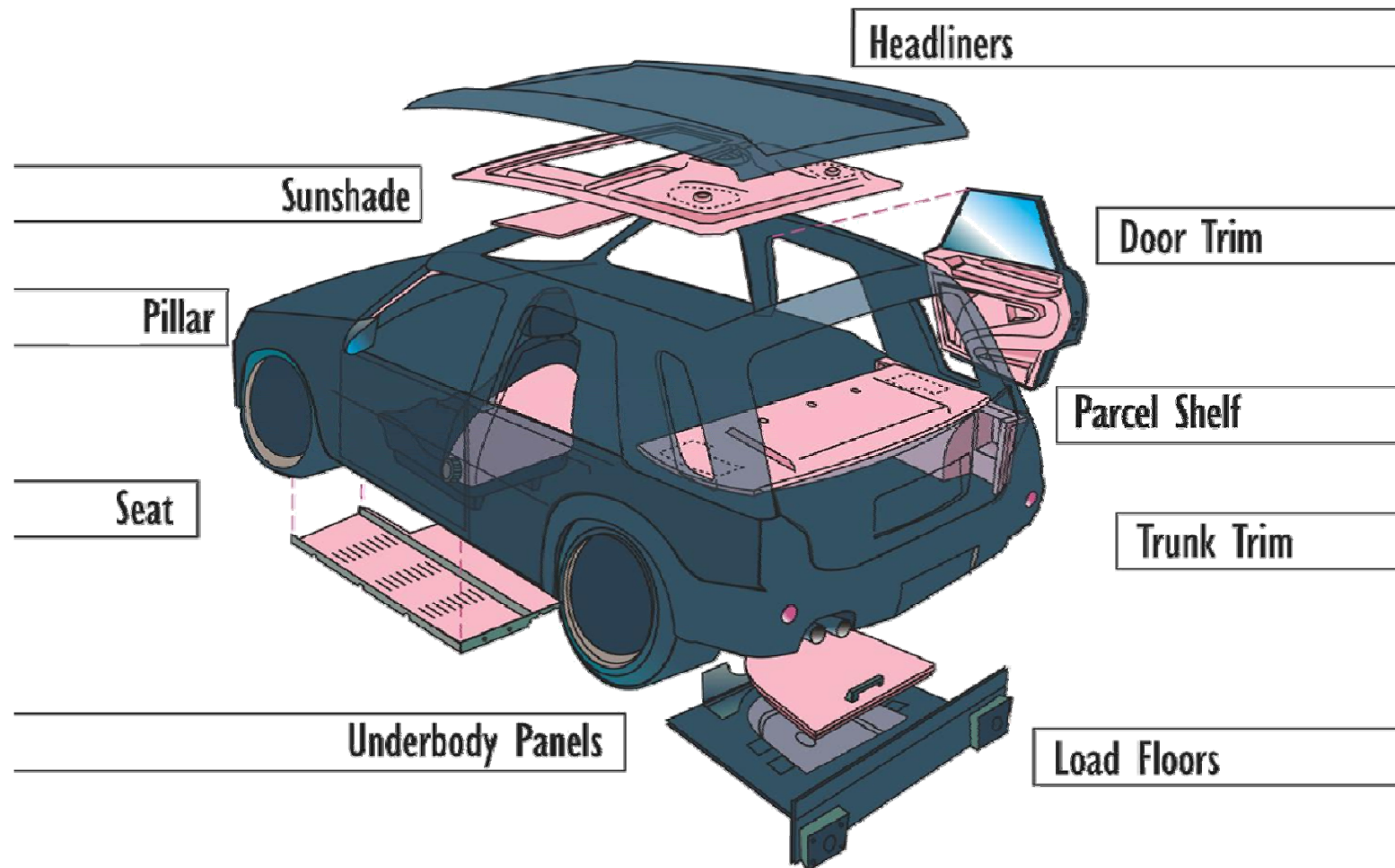


应用举例—引擎降噪板/底部护板

OEM	BMW
车型	7 series
产量	55.000 cars
重量 (6 parts)	6,7 kg
供应商	Faist
部件加工商	Polynorm
工艺路线	挤出模压成型
使用材料	StaMax P 30YK430
优势 好	综合成本比 GMT 更低，对汽车底部的保护较



部件举例：AcoustiMax



CFRP板簧



Features

- All carbon body panels
- SPRINT™ CBS
- Vacuum only processing



Body mouldings produced by SPA Composites

Ultima Cars of Hinckley (Leics) are the

SP proposed a solution based on

syntactic core in the CBS material also









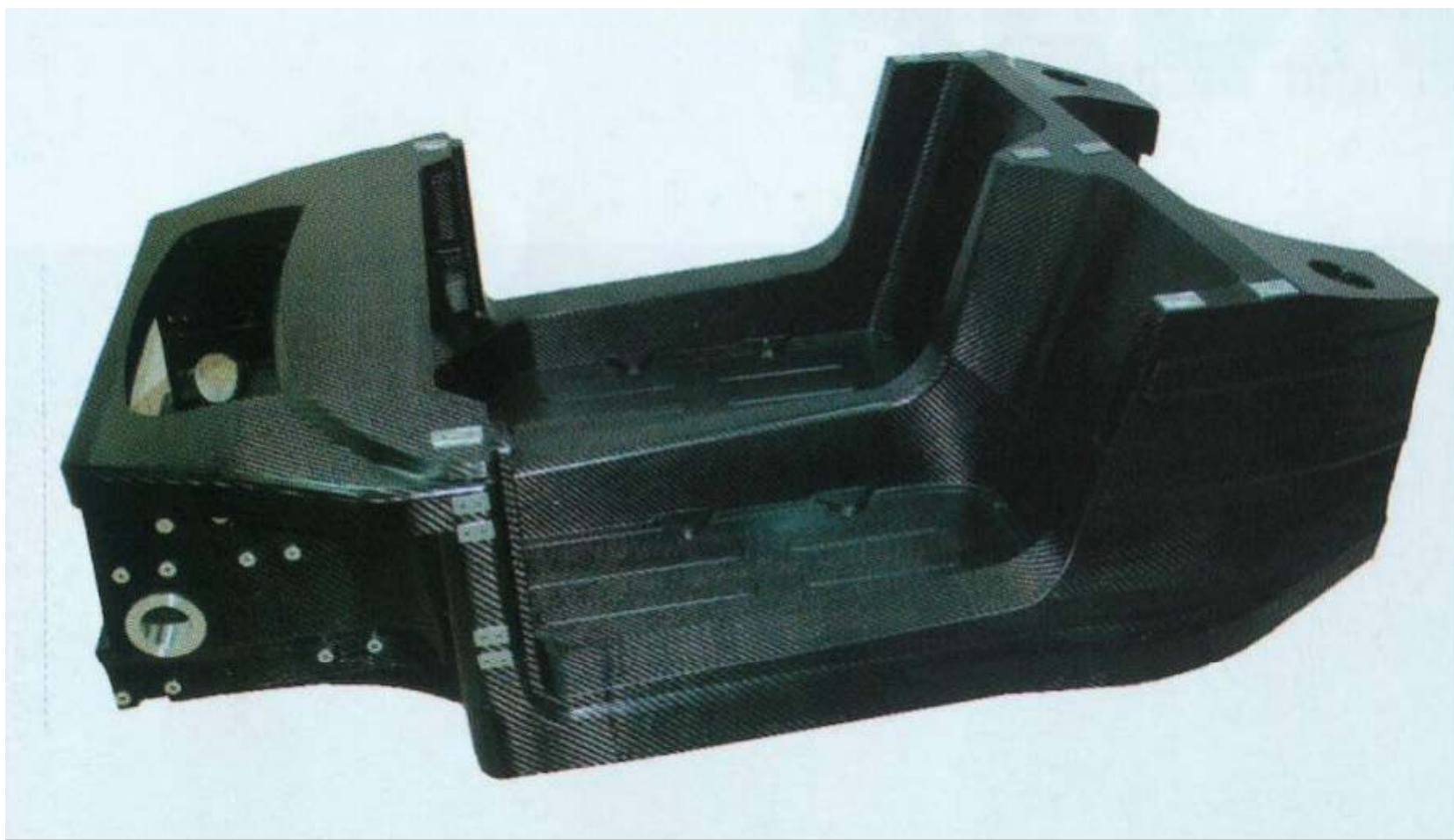
The MonoCell tub for the McLaren MP4-12C supercar is moulded as a single piece and weighs less than 80 kg (176 lbs).



现世界上已有多辆全复合材料汽车 问世

- 意大利研制的“K200 ROAD”双座全复合材料轿车，重仅300kg，号称世界最轻。该车采用整体成型技术，用热压罐法成型。
- 英国AXON汽车公司研制了一个复合材料节能车，较钢制车减重40%，油耗35km/升，价格不高于金属车，2010年投产。

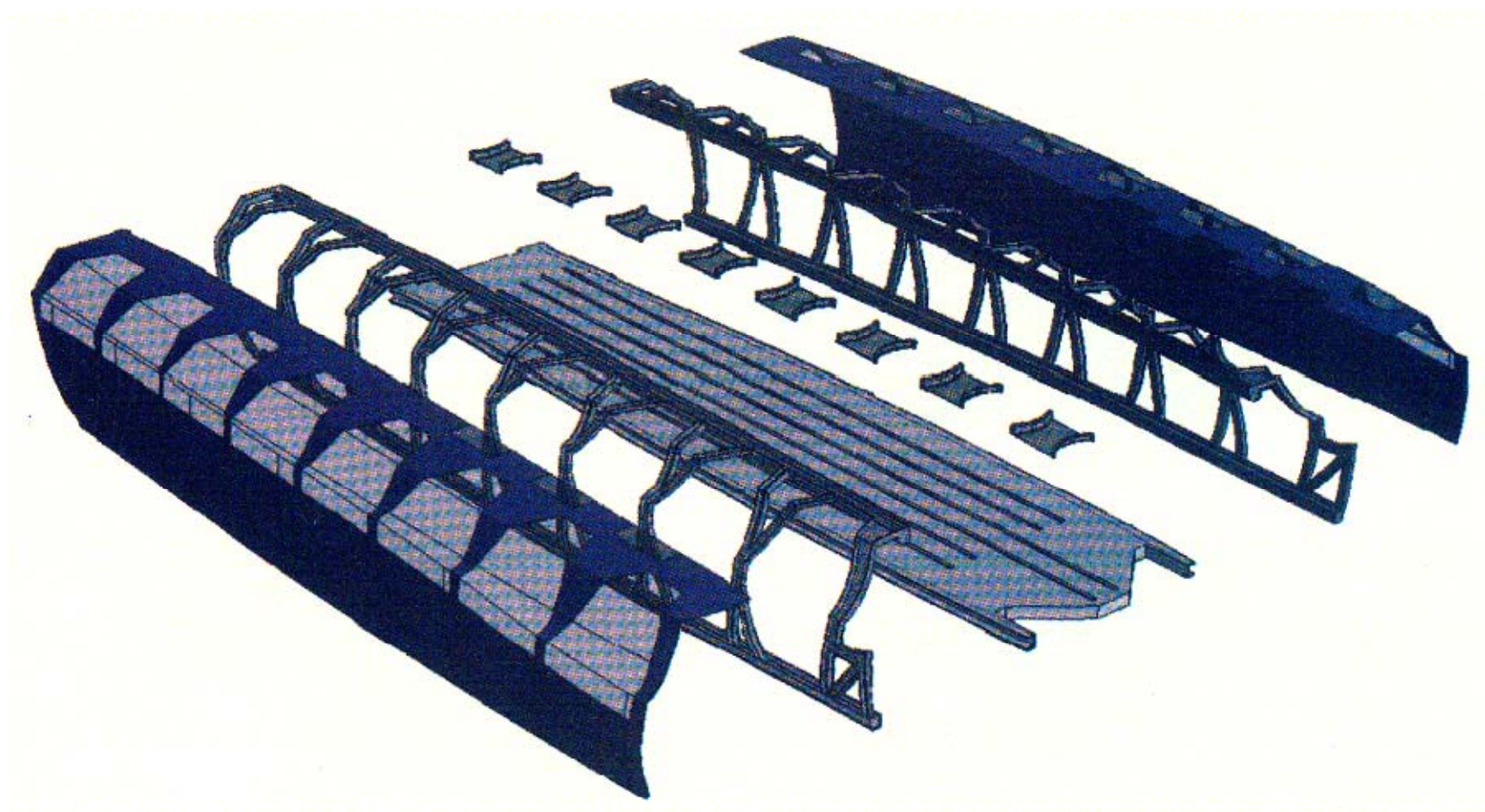






- 荷兰人研制了一个全复合材料超级巴士（super bus），该车15X2.5X1.5m，为一电动车，车速达250km/小时，环保无污染。
- 用材为T700-12K/环氧树脂，用VARI法成型，其结构设计和制造极类似于飞机的情况。
- 复合材料传动轴，板簧可较钢件减重50-60%，且有更好的减震阻尼特性。





- 美国专门成立有“汽车复合材料联盟” ACA,系美国复合材料制造协会 (ACMA)下属的一个工业联盟
- 其系统的研究了7个典型复合材料部件减重等情况，以及防腐、振动、噪声等改进情况
- 结论是大有效益，值得继续深入研究

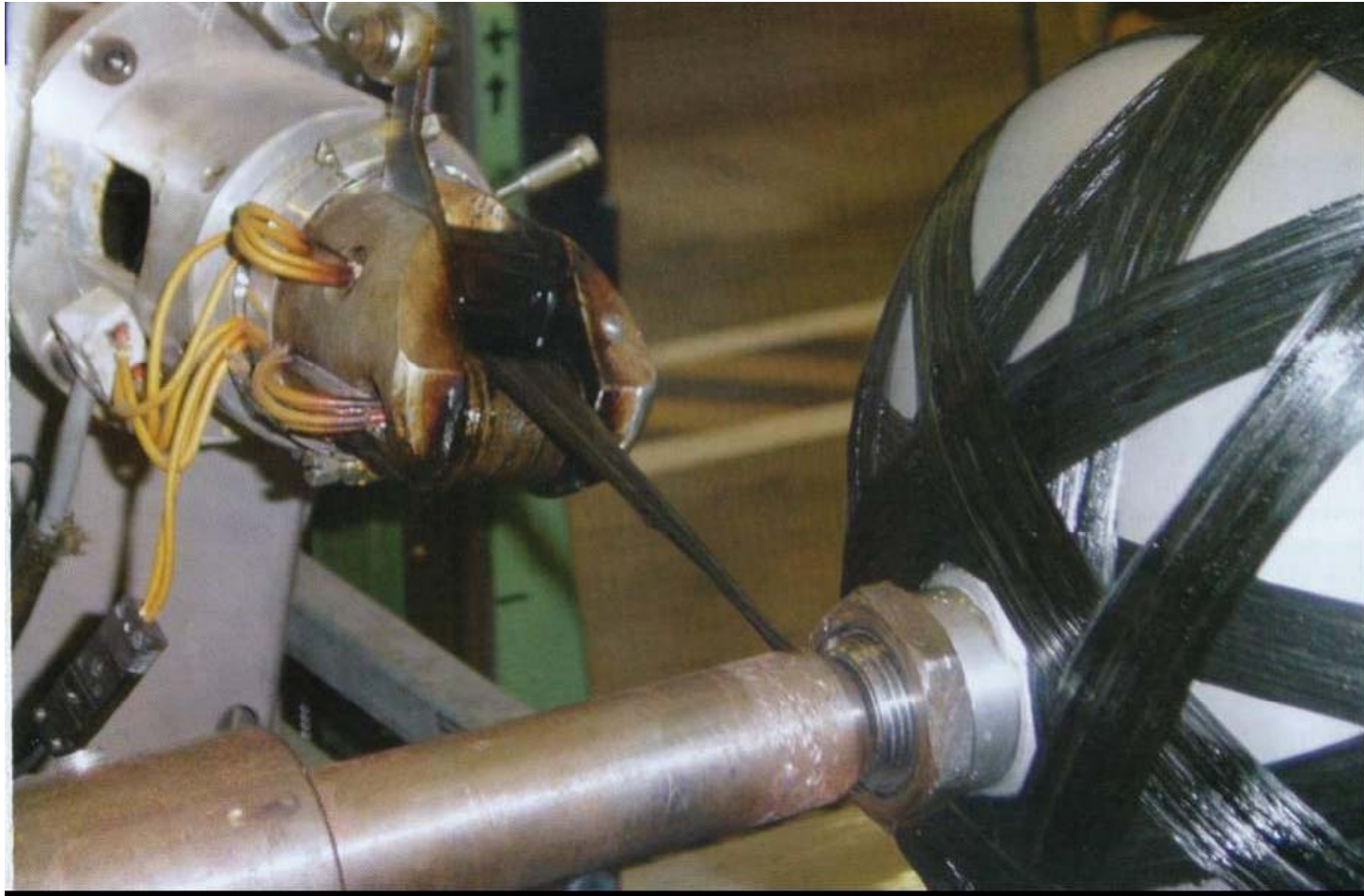
表1： 典型部件效益特性

序号	部件名称	减重	模具成本下降	附注
1	帽罩（Hoods）	30-40%	70%	
2	挡泥板（Fenders）	25-35%	55-65%	4块变成1块
3	上盖（Deck lids）	25-30%	50-60%	4块变成两块
4	电池组件（Battery modules）	30%	50%	电性能有提高
5	地板（Floor Pans）	30-40%	60%	
6	行李箱（Trunk Compartments）	50%	70%	
7	前后保险杠（Bumper beams）	30-40%	50%	改进了抗震性能

- 先进复合材料在汽车应用的另一个重要领域是压缩天然气瓶、储气罐等。出于环保要求，世界及我国均大量使用了天然气汽车(NGV)。过去压缩天然气（CNG）均用钢瓶，要跟汽车跑一辈子，为减重起见，现已改用复合材料瓶。
- 铝内胆外缠碳纤维，国内生产该类产品的厂家不下**10**多家，用量可见一斑。



车用高压储氢罐获JEC运输类创新奖







Composite body panels on the Aptera electric car make extensive use of DIAB foam core in the sandwich construction.



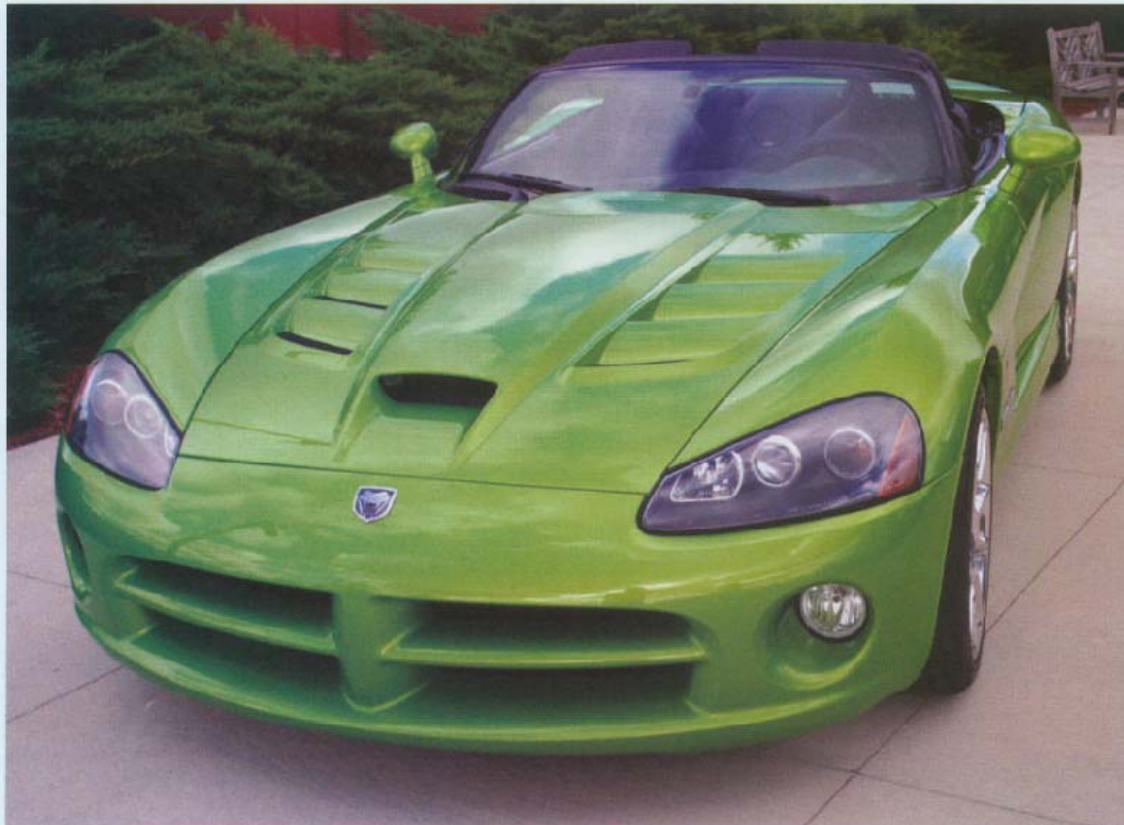
FEATURE

The engine compartment is a prime target for replacing metal components with composites. This under-bonnet photo was taken at the recent North American International Auto Show in Detroit.

Lightweighting the automotive market



The Tesla Roadster Sport is an all-electric, high-performance sports car with innovative lightweight body panels of carbon fibre/epoxy composite.



The carbon fibre bonnet (hood) of the Dodge Viper features integral, moulded-in louvres. An adjustable carbon fibre rear wing was nominated for an SPE Innovation Award.









Develop market and technologies as a pioneer in automobile application



Respond to environmental regulation and needs for weight saving

- Comprehend trends in automobile industry
- Study effect of weight saving by CFRP
- Propose solutions to automobile manufacturers



Create CFRP demand for automobile

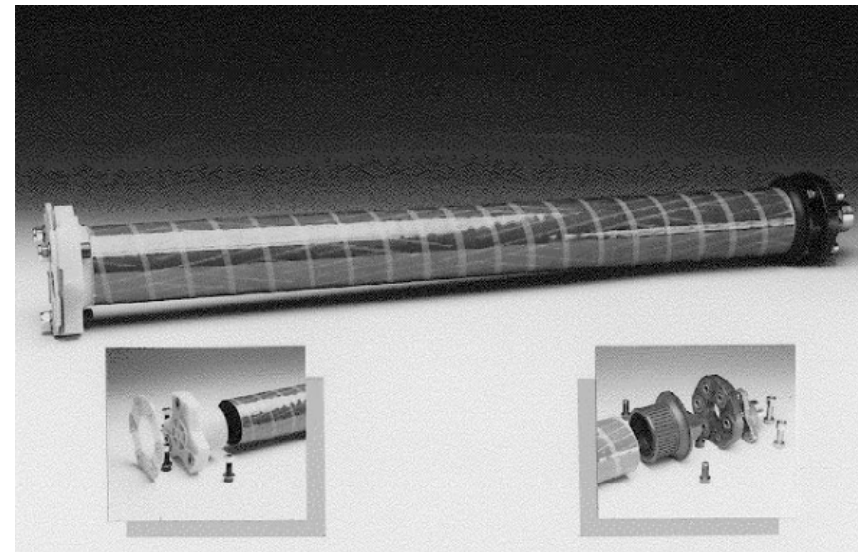
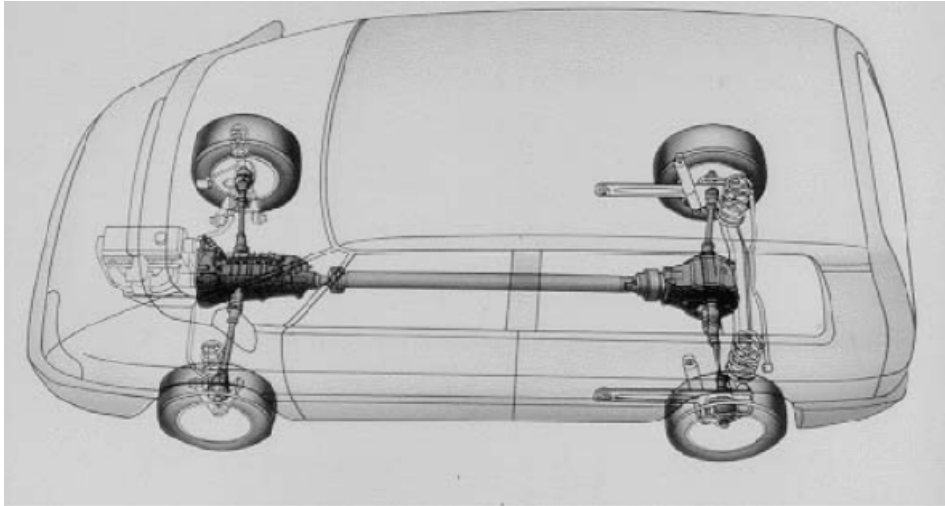


Enhance R&D for automobile

- Integration of company-wide technologies
- Develop low-cost material and mass production molding technology
- Co-develop with customers



Cross-organizational development
Go into automobile field drastically







The transit bus preloaded flywheel design (pictured below) is assembled from multiple individual rings fabricated from high-strength carbon fiber impregnated with a toughened epoxy. All composite rings are assembled by interference fit which preloads the rings and maintains a radial compressive stress state at operating speed. A solid metallic hub or shaft serves as the foundation of the preloaded flywheel design. Testing under earlier phases of this program have shown that preloaded composite flywheels are robust, stable structures.

■ Automobile-related



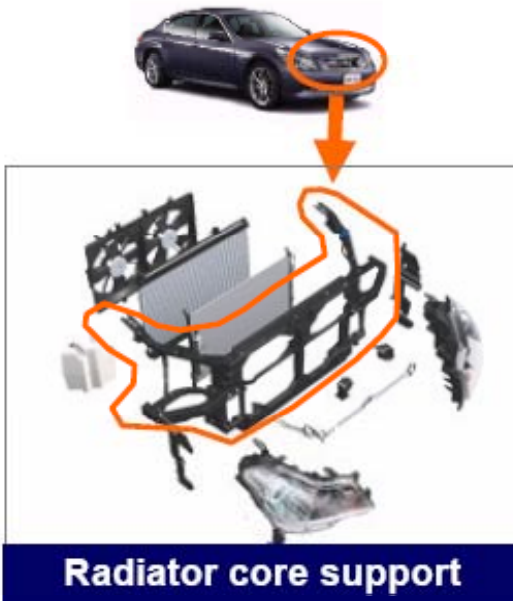
Hood



Spoiler



Propeller shaft



Radiator core support



F1 machine parts



Body panel

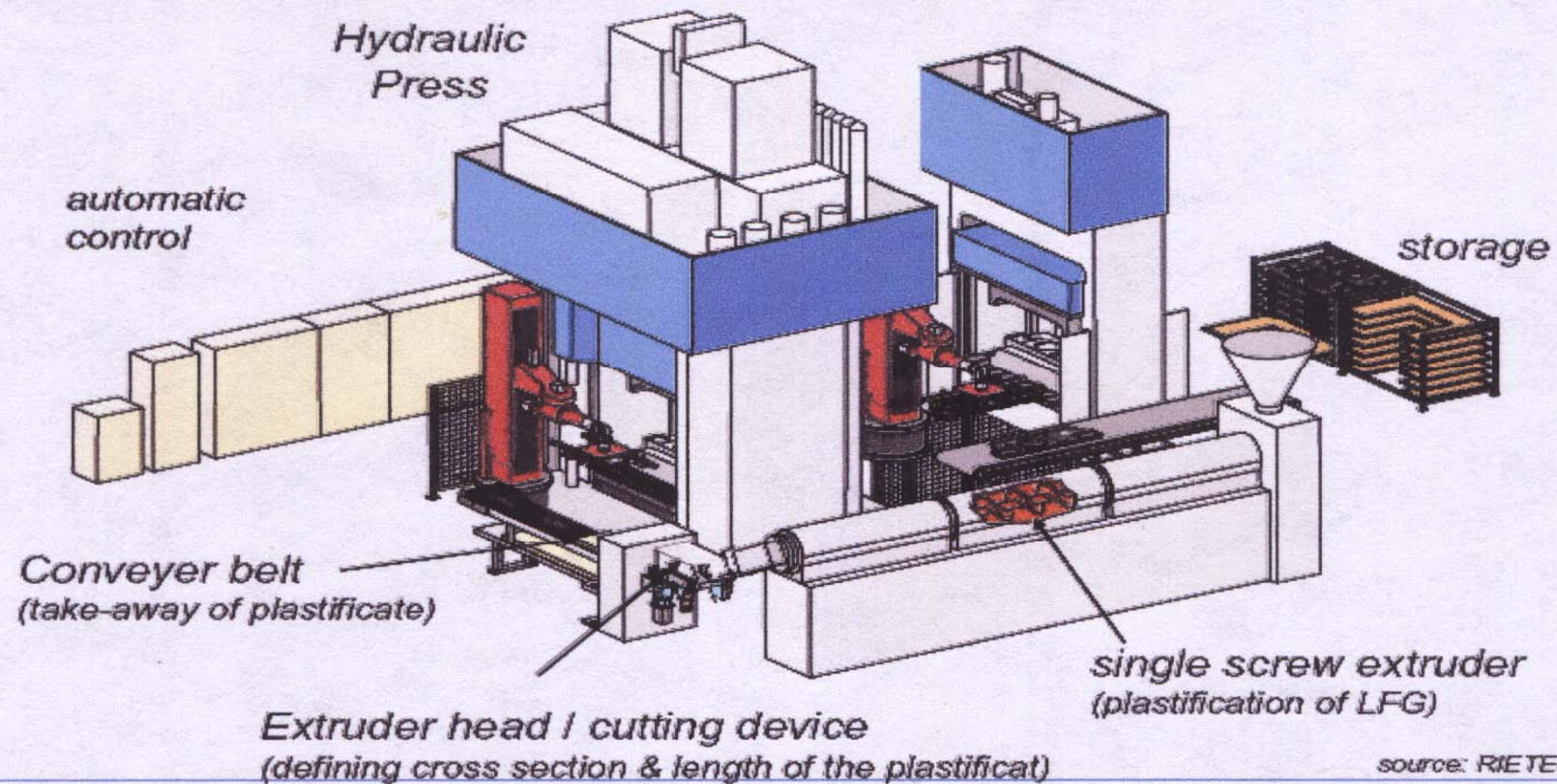


- 3: 材料与工艺简介
- 热固性复合材料 (Thermosetting plastic)
- 热塑性复合材料 (Thermoplastic)
- 纤维应以碳纤维为主，亦可用混合复合材料。碳纤维应以大丝束（**24k**以上）或较大丝束（如**12k**）的为主，因其价格便宜。
- 树脂基体包括环氧树脂、酚醛树脂等，热塑性则有**PP**、**PPS**和尼龙等。**SMC/BMC**技术，玻纤毡增强热塑性复合材料**GMT**技术
- 长纤维增强热塑性复合材料**LFT**等已较多的应用于汽车工业中

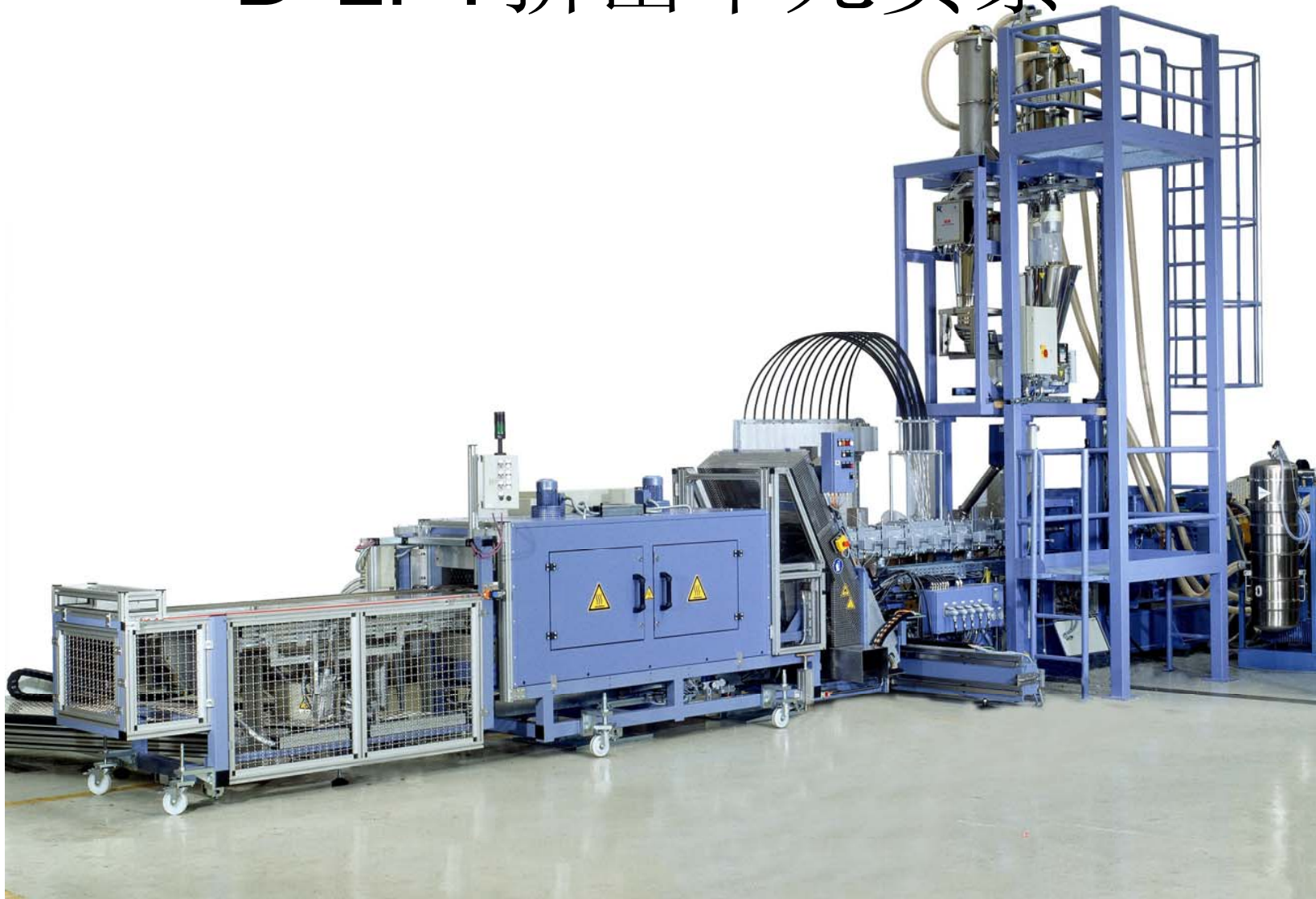
GMT成型工场的实景



LFG - ECM compression moulding



D-LFT挤出单元实景



国内已引进的D-LFT挤出单元的外景



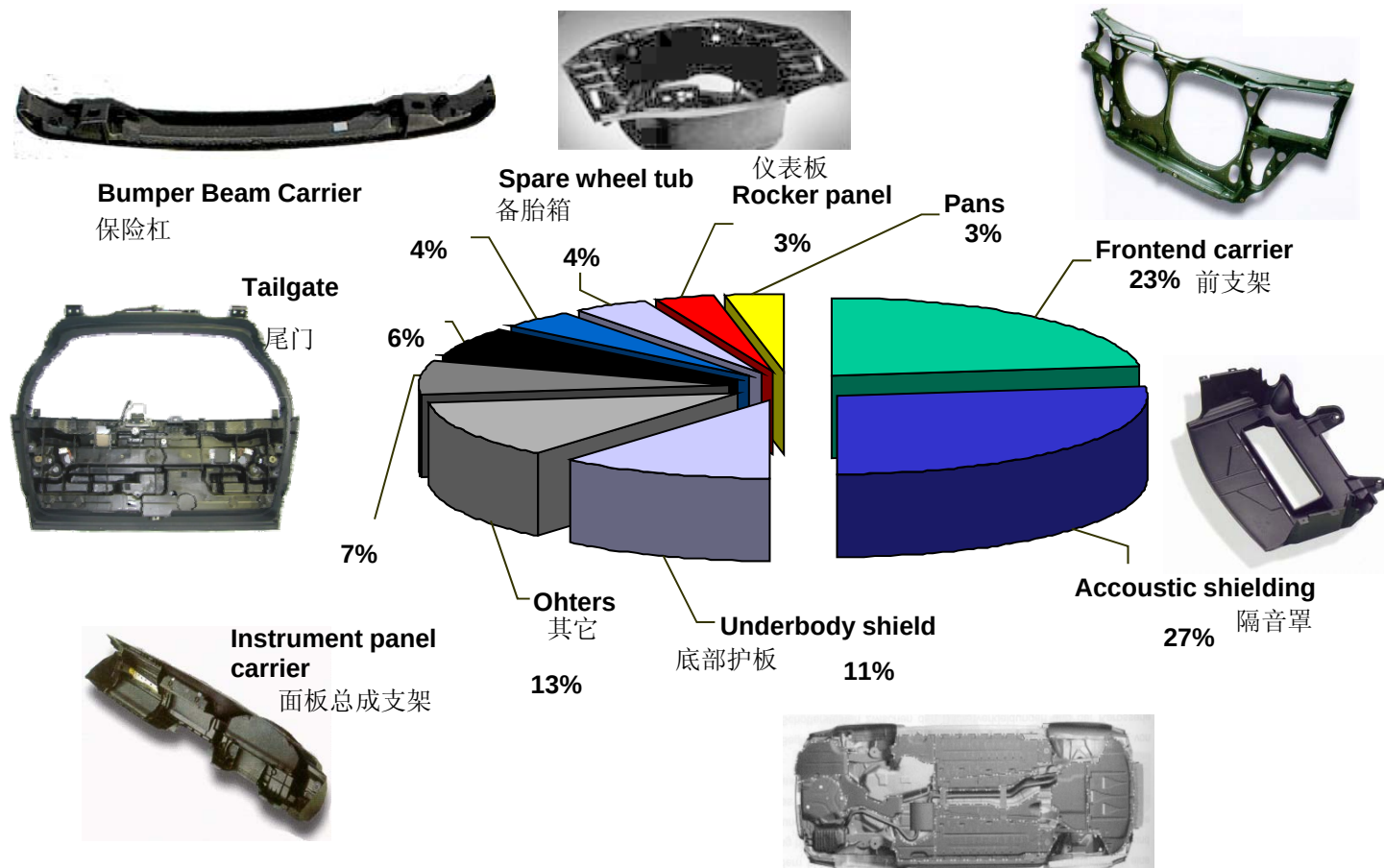
国内已引进的D-LFT注塑机的注射单元外景



SMC与LFT成型工艺对照表

项目	热固性片状模塑料 SMC 压制成型	长纤维增强热塑性塑料 LFT 压制成型
成型前的预热	不需要	D-LFT 不需要 GMT 需要相当严格的 加热,165~200℃
模具的热状态	通常要保持130~ 155℃	不需要加热,通常要通水 冷却 保持40~70℃
材料的装填铺放	平均按模具投影面积 的 40~80%进行铺放	D-LFT 只要20%铺放,即 可较好流动 GMT 尽量铺放达80% 以上的模腔面积
成型压力	10~20MPa	15MPa
成型周期(平均壁厚 5mm)	4~6分钟	30~60秒钟

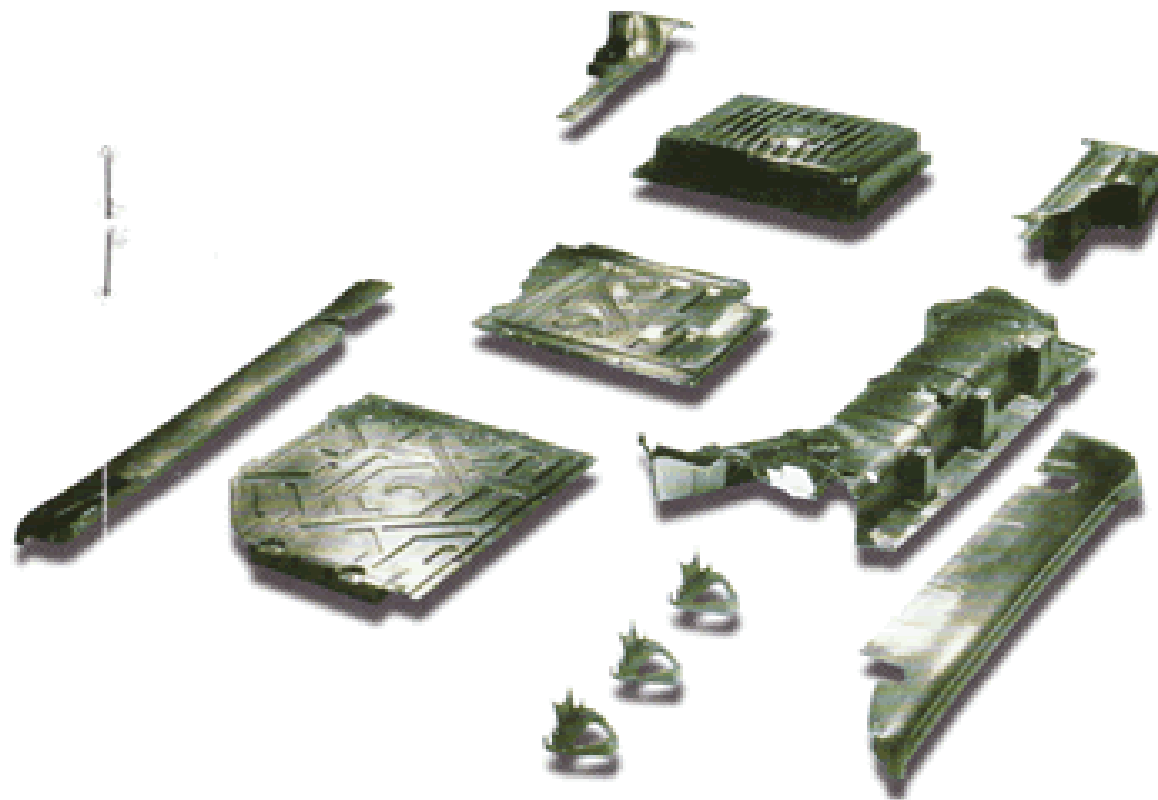
欧洲市场LFT/GMT应用实例



菲亚特前端模块LFT-D30PP



奔驰汽车内部GMT零件



- 内饰件等还会用到生物又称天然纤维，如大麻（**Hemp**）、亚麻（**Flax**）、黄麻（**Jute**）等，可用于仪表板、车顶、车身板、车门等处，可减重**10-30%**，成本低、易成型、可再生、原材料来源广，世界各大汽车公司已多有应用，加拿大**Motive** 公司甚至用大麻复合材料做了一个整车车体，重量和成本均用大幅下降

表2 部分天然纤维的力学性能

纤维:	模量 Gpa	强度 Mpa	断裂伸长%	密度g/CM ³
黄麻	10~25	400~800	1~2	1.46
剑麻	46	700	2~3	1.33
大麻	26~30	500~900	1~6	1.48
亚麻	48~85	800~2000	2.4~3.0	1.54
苧麻	87±28	1594±642	2.11±0.81	1.5
玻纤	72	2200	3	2.54

- 现有的复合材料制造工艺原则上均可用到汽车工业中，但汽车生产量大面广，应特别注意发展低成本的快速成型工艺方法
- 多用模压（**compression molding**）成型工艺，现已大量采用新兴的RTM（**resin transfer molding**），树脂转移模塑成型工艺
- 复合材料制造离不开模具，要注意模具材料的选用和加工制造，修复校正

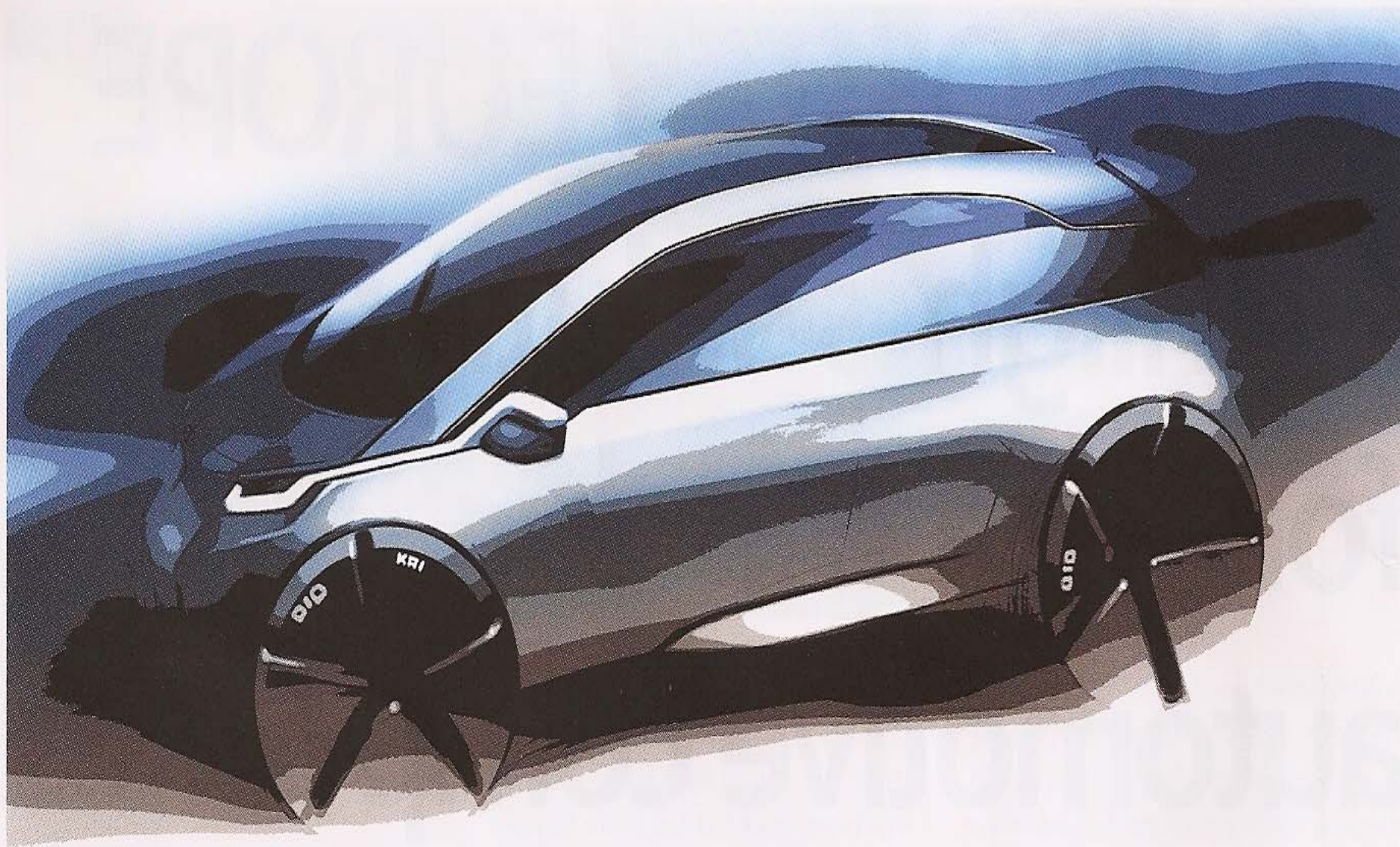
- 4: 应用的新动向
- 需求牵引，技术推动为汽车领域大规模应用先进复合材料提供了大好商机和前提条件。世界上各大汽车公司和各大碳纤维、复合材料厂家纷纷联手积极行动起来，共同推动此项产业
- 德国碳纤维厂家**SGL**已建立“**SGL汽车碳纤维公司**”并与**BMW**于**2009**年成立合资公司，投资**\$1**亿在美国西雅图建碳纤维厂，用于**Megacity**电动车生产，计划**2013**年投产，同时与日本三菱公司合作，研发低成本原丝，在德国建复合材料厂，组装成车，世界上称此举是规模化在汽车上应用先进复合材料的里程碑事件，要掀起一场轻型汽车上使用复合材料的革命

- 世界上最大的碳纤维厂家日本的东丽（Toray）于2008年投资\$2430万建“汽车中心”AMC，并于2009年与Daimler公司签订协议，首先用于Mercedes Benz 车上，使该公司所有车型减重10%以上；
- 日本第二大碳纤维厂家东邦（TOHO），预计用于汽车上的碳纤维销售额从2008年的3%增加到2010年的10%，并大力开发快速成型技术。并与丰田合作成立“复合材料创新中心”，生产Lexus LFA 跑车；
- 世界上最大的大丝束碳纤维生产厂家，Zoltek 已组建“汽车子公司” 拟将其50K大丝束纤维用在汽车上。

- 美国能源部（DOE）近来投资\$3470万给橡树岭国家实验室建碳纤维中心，主要开发用于汽车上的低成本原丝及碳纤维技术，要降低成本的50%。现已有80吨/年的产能，供有关方面评价试用，表示10年内要有显著进步。
- 我国的台湾由其经济部牵头，官产学研结合，已于2010年组织了以“车辆产业应用碳纤维复合材料”为题的多次专项研讨，并采取了相应行动。
- 世界上的这些新动向，新举措是我们应紧密关注的。



(BMW Megacity)



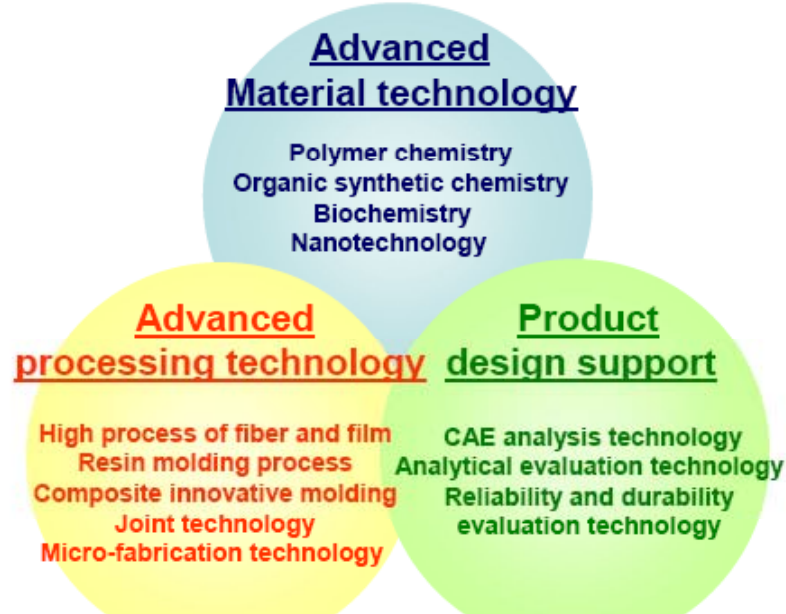
The BMW i3 electric car features a new vehicle architecture with a CFRP passenger cell. BMW has set up a joint venture with SGL Group to produce carbon fibre for the car.

■ **Fundamental reinforcement of development capability for automobile application**

**Integration of
Toray Group technology**



**Establish Automotive Center
as cross-organizational base**



**Automotive center
(AMC)**



**Pursuit of ultimate performance through
integration of material and technology**

**Proposal of innovative solution
by Integrated technology**

三.开发的技术要点

1: 注意开发低成本的材料体系

- 核心是低成本的碳纤维，降到\$11/kg以下目前难以达到，国内T700 12k 量级的碳纤维成本在150元/kg左右，降到100元/kg也有难度，但世界上正在为此努力
- 同时要注意低温固化，流动性好，可快速成型的树脂体系的配套研发，热塑性树脂体系及其预浸料制造技术的研发
- 天然纤维复合材料及混杂复合材料的研发和应用，以降低成本

2：低成本制造技术的研发

- 能否在汽车工业大量应用复合材料关键就在于低成本制造技术的研发，成败全系于此。复合材料成本高并不是高在材料上，关键是制造成本上，其约占总成本的70-80%
- 在低成本、快速成型技术中，RTM技术占用重要的地位，RTM技术是该项技术上的总称，其下有许多分支：
- VARTM 真空辅助RTM
RFI 树脂膜熔塑成型
SCRIMP 西曼复合材料树脂熔塑成型
VARI 真空辅助树脂熔塑成型 等等
HPRTM 高压RTM

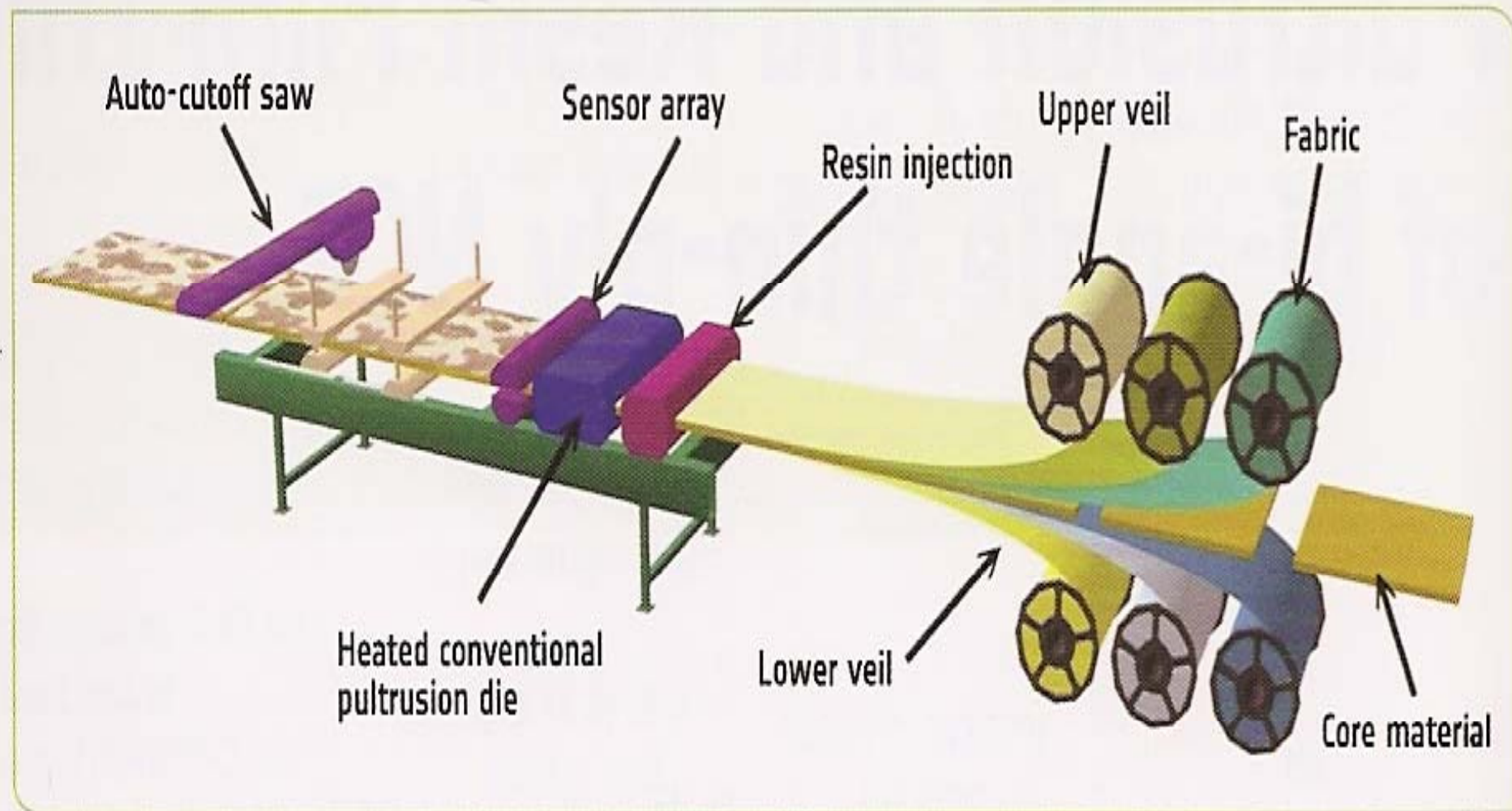


Fig. 1: Schematic of pultrusion

OOA(Out-of-Autoclave)技术

- 罐外成型技术的研究发展：

既要克服罐内成型成本高，周期长的缺点，又要保证结构力学性能高的优点。采用预浸料真空袋法加温加压成型，其关键是适用树脂体系的研发。

美国Cytec已推出CYCOM5320-1韧性环氧预浸料系统，正在评定中；ACG推出MTM45-1环氧预浸料系统

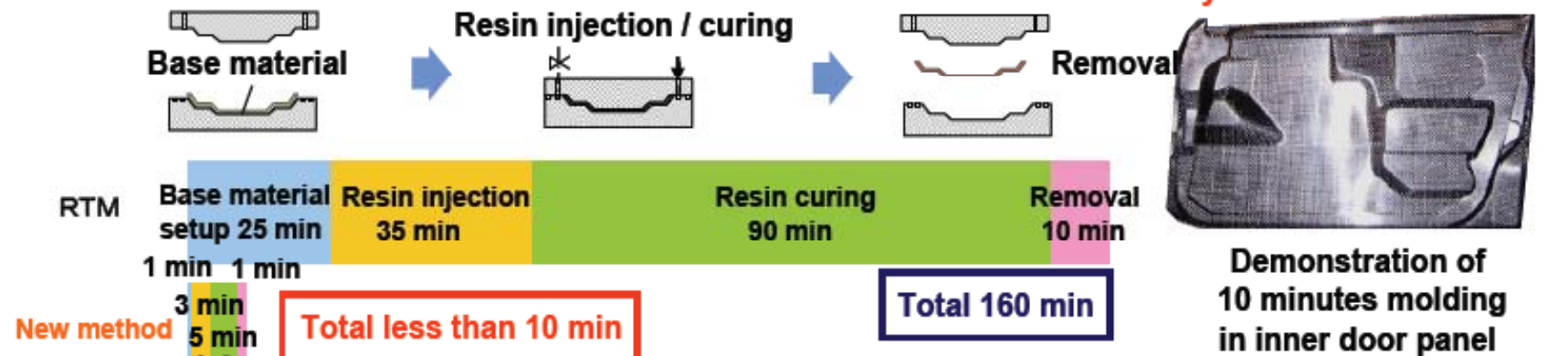
空客参与评定，并已在太阳能无人机上试用；澳大利亚的Quickstep也在发展此项技术，有美国空军参加，准备用于F-35飞机结构件的制造上。

此项技术对汽车复合材料结构件的制造有特殊意义，因汽车复合材料结构件的制造不宜采用热压罐法成型。

热隔膜成型Hot Drap Forming是一种新的成型方法。

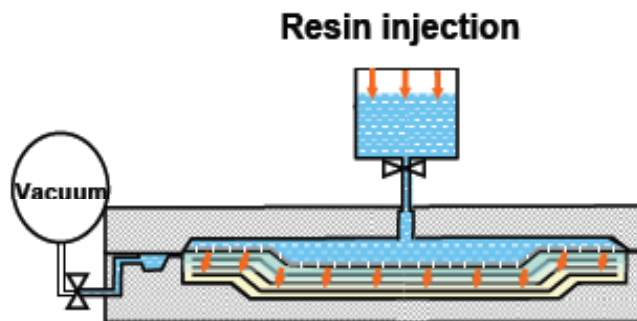
Reduced composite molding time by developing ultrahigh-speed curing resin and high-speed resin injection technology in national project led by NEDO

Achieved less than 10 minutes of molding by new method

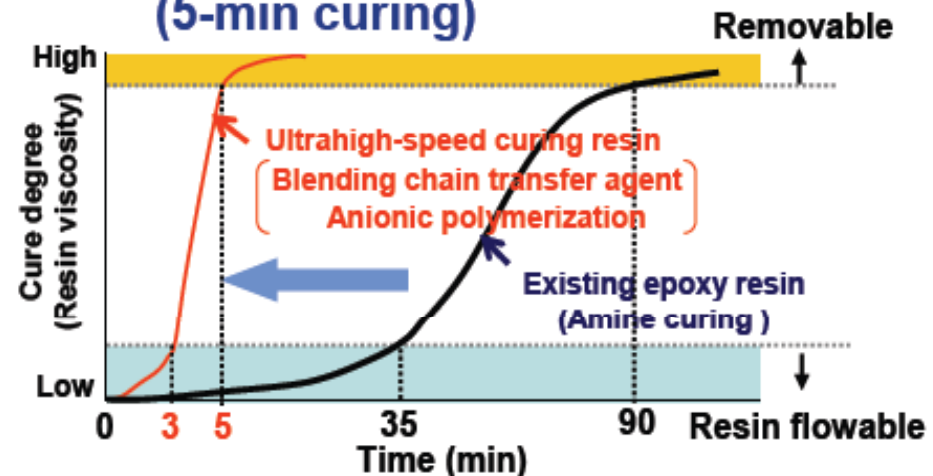


High-speed resin injection technology (3-min injection)

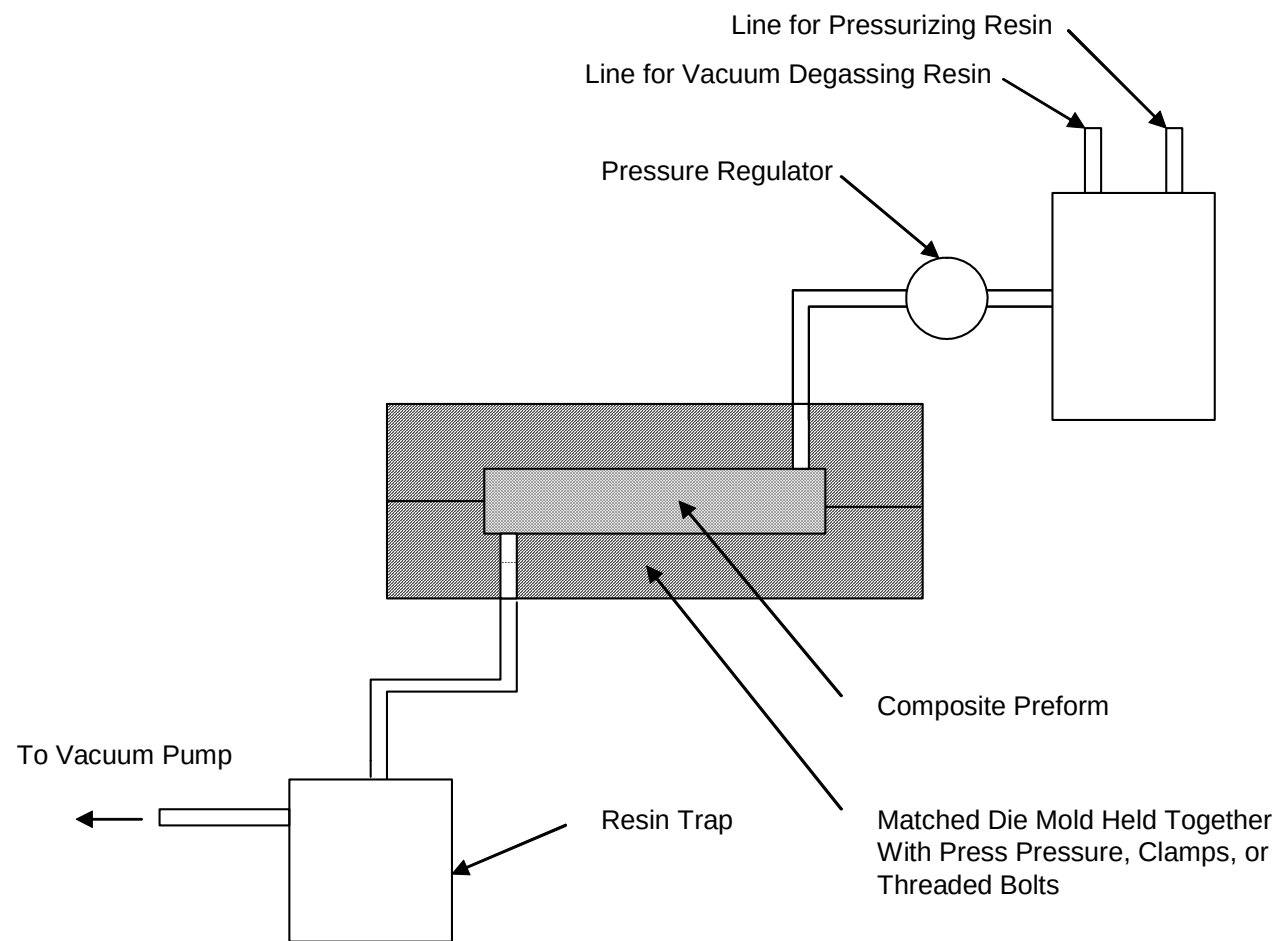
Ultrahigh-speed curing resin (5-min curing)

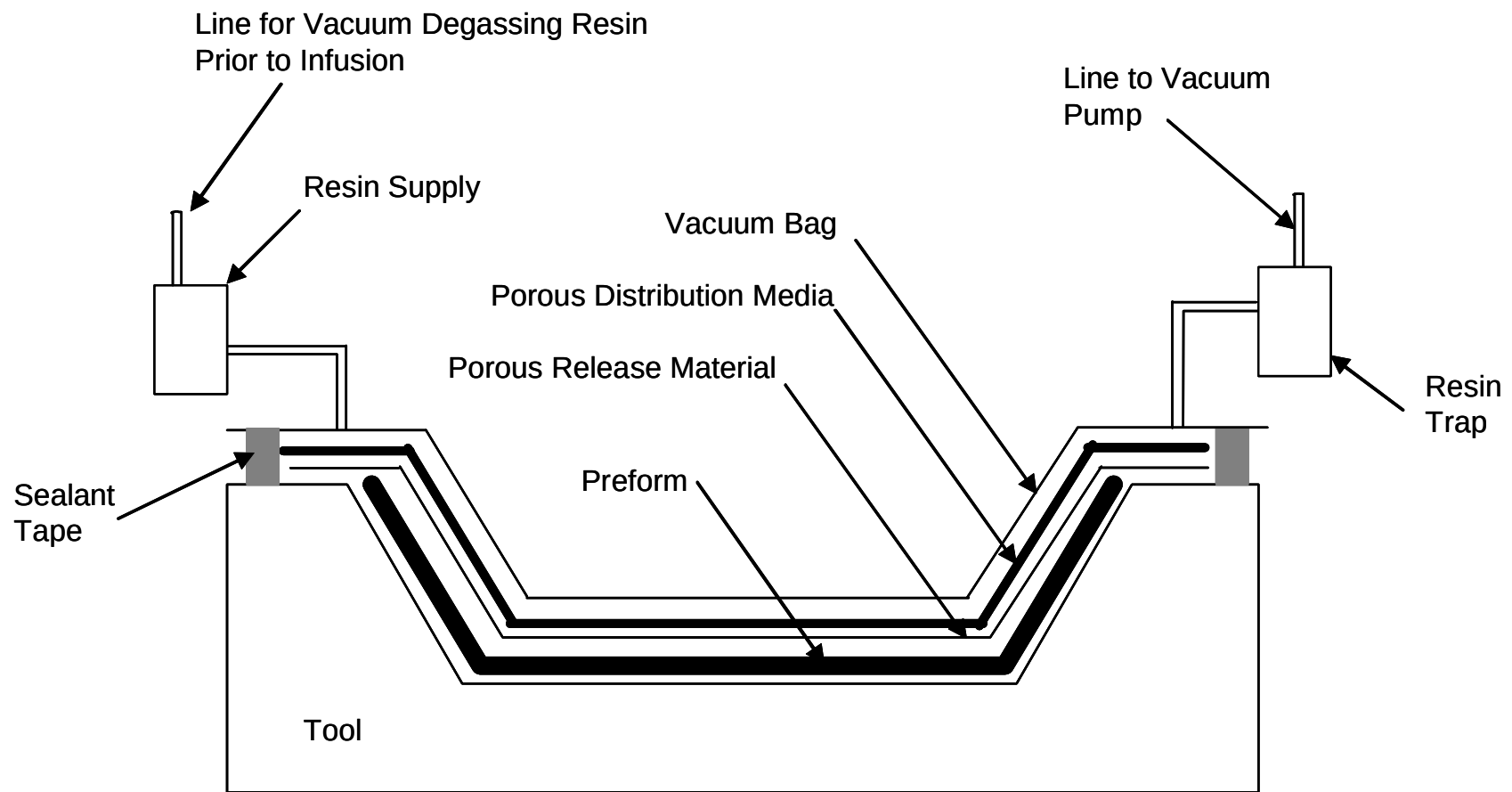


It takes 3 min by multipoint injection



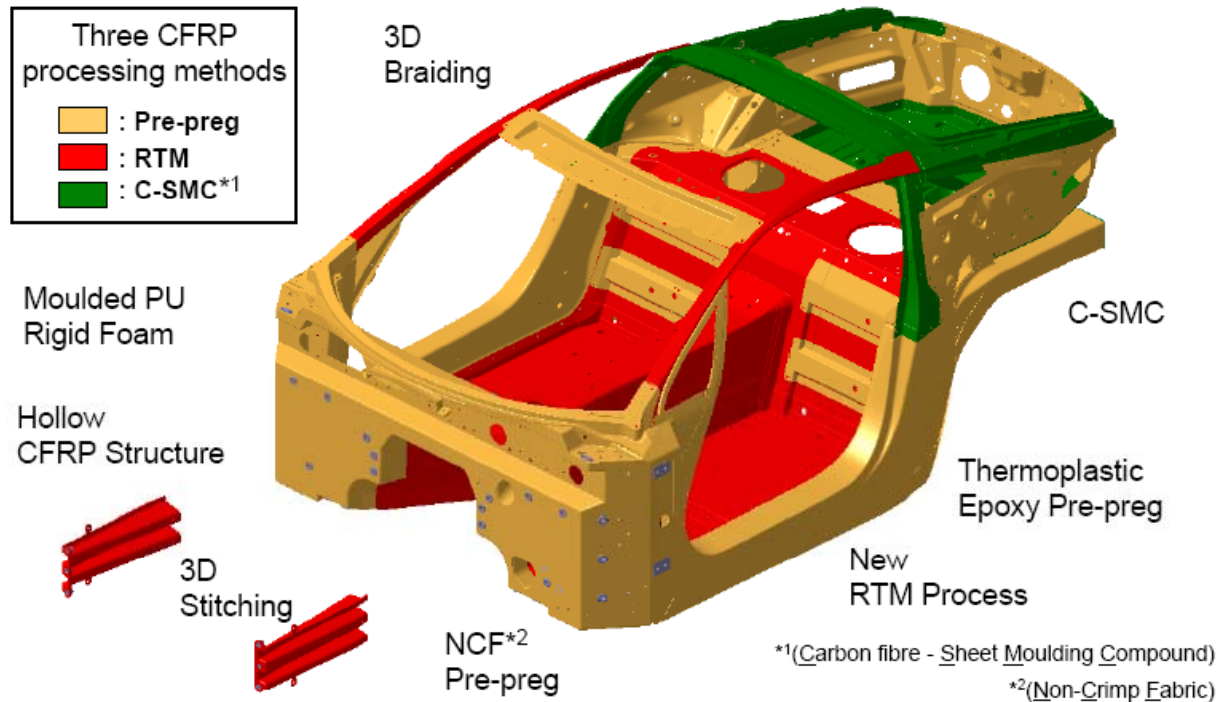
*Based on isothermal condition





Composite Technology

- Developed various materials and processes

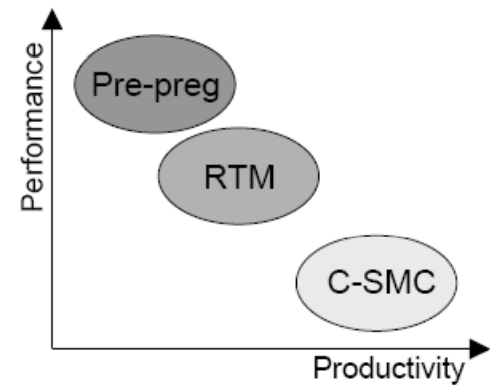


CFRP Processing Methods

- Balancing productivity and performance

Material / Process	Specific strength	Specific stiffness
Pre-preg (epoxy)	100%	100%
RTM (epoxy)	78%	89%
C-SMC (Vinyl Ester)	36%	54%

Specific strength and Stiffness



Performance and Productivity

- 还要注意大规模整体成型技术的研发，所谓“大规模整体成型”即采用共胶接/共固化等技术，大量减少零件数、紧固件数，尽力将众多零件做成一个整体件的技术方法。
- 此乃复合材料的优点和特点之一，对减轻结构重量，减少装配工序和时间，降低成本收效甚大，飞机工业已经有大量成功的应用

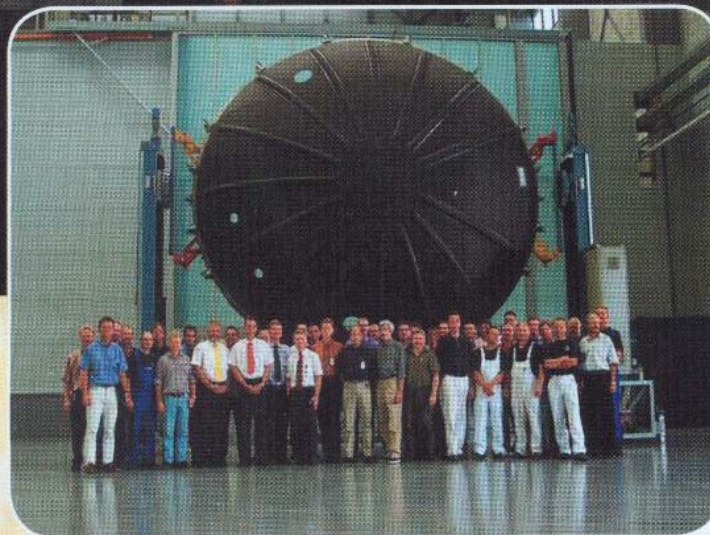


Source: Boeing

A representative fuselage section, made as part of the program to develop and demonstrate the manufacturing processes for representative design features, such as the doors and windows.



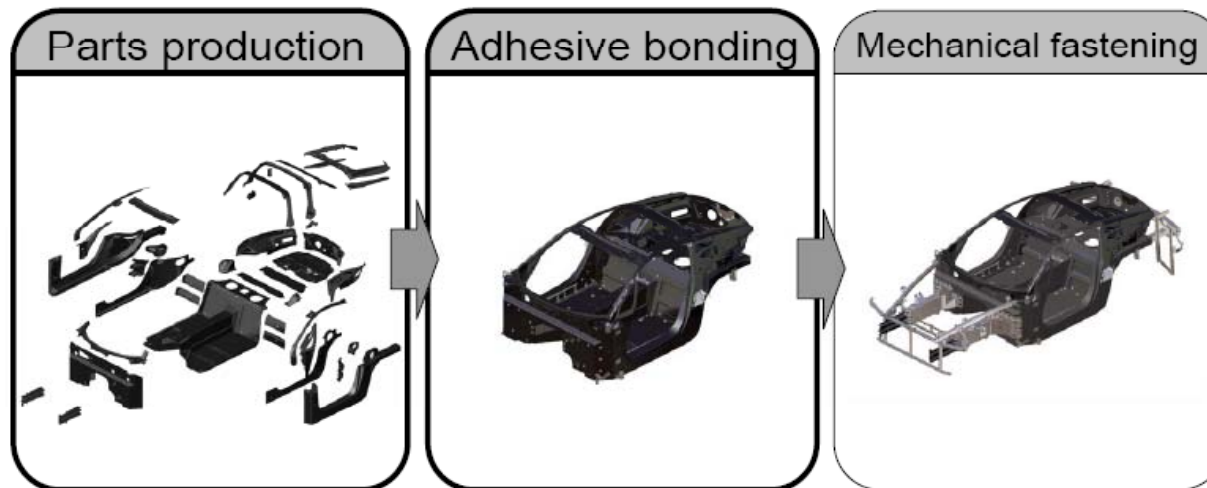
Composite Stiffened Wing Skin





Development Focus of CFRP Body Production Engineering

- New technology for Parts production
- Quality control technology for adhesive bonding



New Production Technology for CFRP Parts

- Improved productivity using the following technologies:
 - One piece moulding of large integrated components
 - 3D weaving technology
 - Short cycle time moulding

One piece moulding



Floor Panel

Short cycle time moulding



Upper Body

3D weaving technology



Crash Box



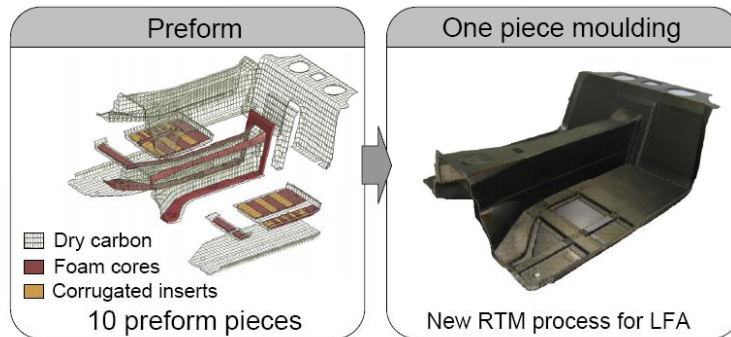
Roof Rail



Combination of weaving & automotive technology

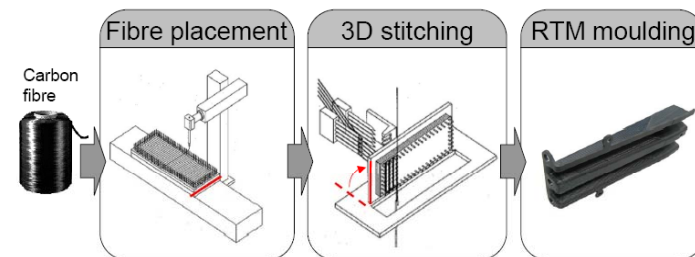
One Piece Moulding

- Preform with foam cores and corrugated inserts
- One piece moulding of large integrated Floor Panel by new RTM process



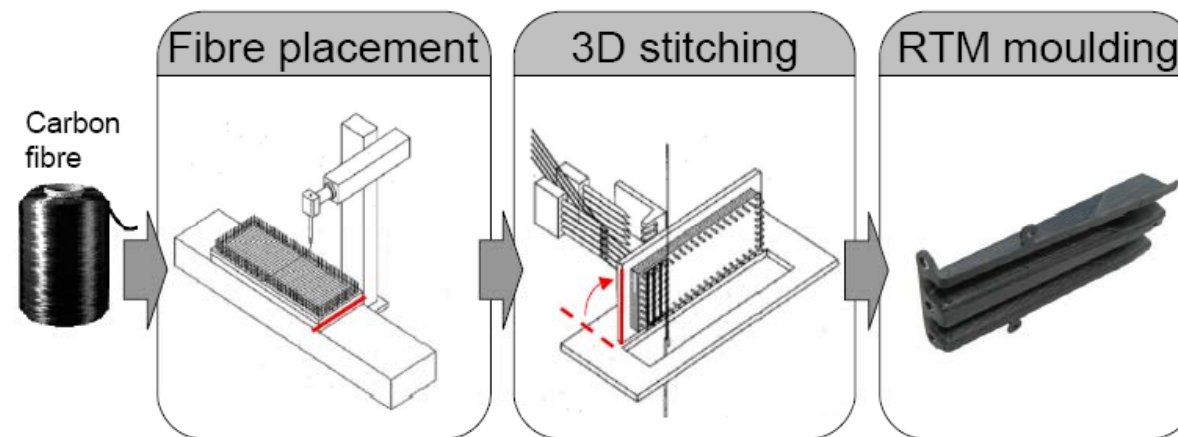
3D weaving technology

- Developed automated preform technology by 3D loom for Front Crash Boxes



3D weaving technology

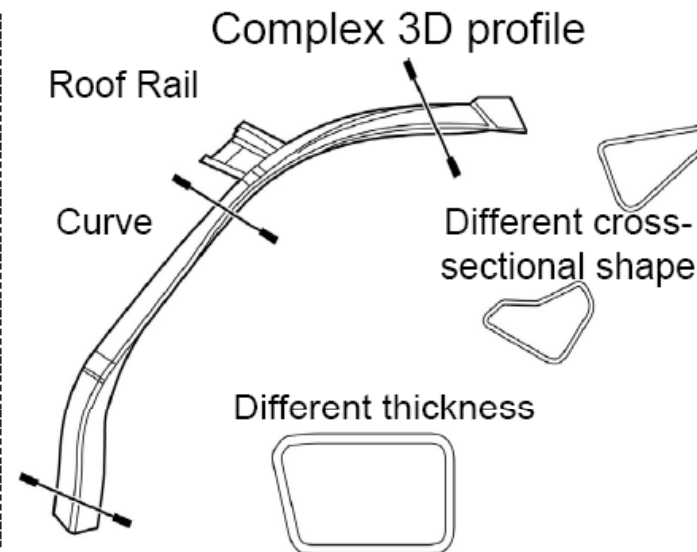
- Developed automated preform technology by 3D loom for Front Crash Boxes



3D weaving technology

- Developed automated preform technology by Braiding machine for Roof Rails
 - complex 3D profile , Near net-shape , single piece textile

New braiding machine



- 还要适当注意自动化和数字化制造技术的研发和应用，其与低成本和快速成型亦密切相关。
- **RTM**技术中预成型体的自动化技术，如自动编织、针织缝纫等；
- 自动切割下料、自动铺带、自动铺丝
- 还要注意复合材料修理技术的研发和应用
- 汽车零件不像飞机、舰船，一般尺寸较小，但个别零件形状较复杂，研发要适用对路，设备改造和置办要有一定投资。



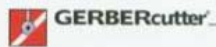
DCS 2500

Static Cutting System



The economical solution to accurate, fast, low-ply cutting

The DCS 2500 GERBERcutter your needs. Split table operation. The DCS 2500 offers reliable.



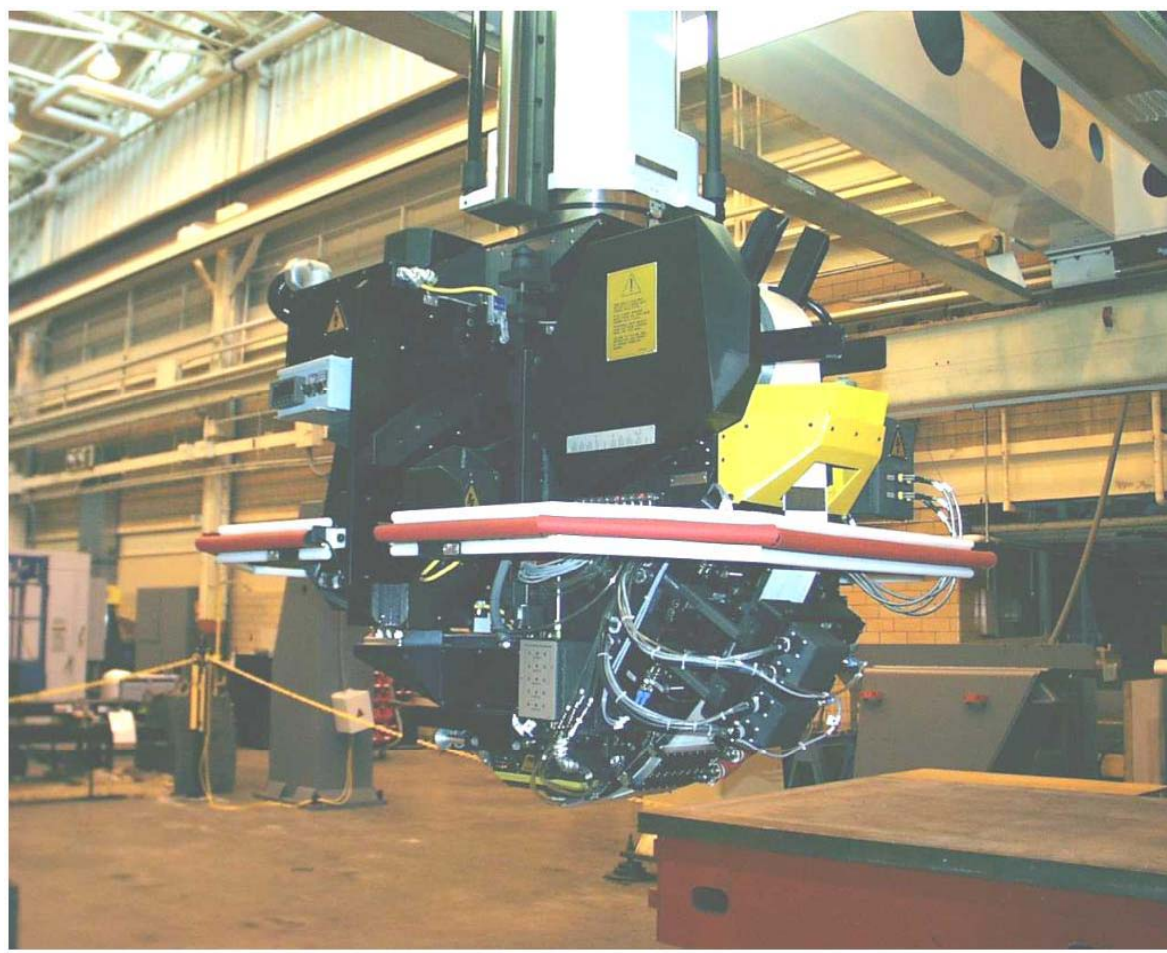
切割机

DCS 3500

Conveyorized Cutting System



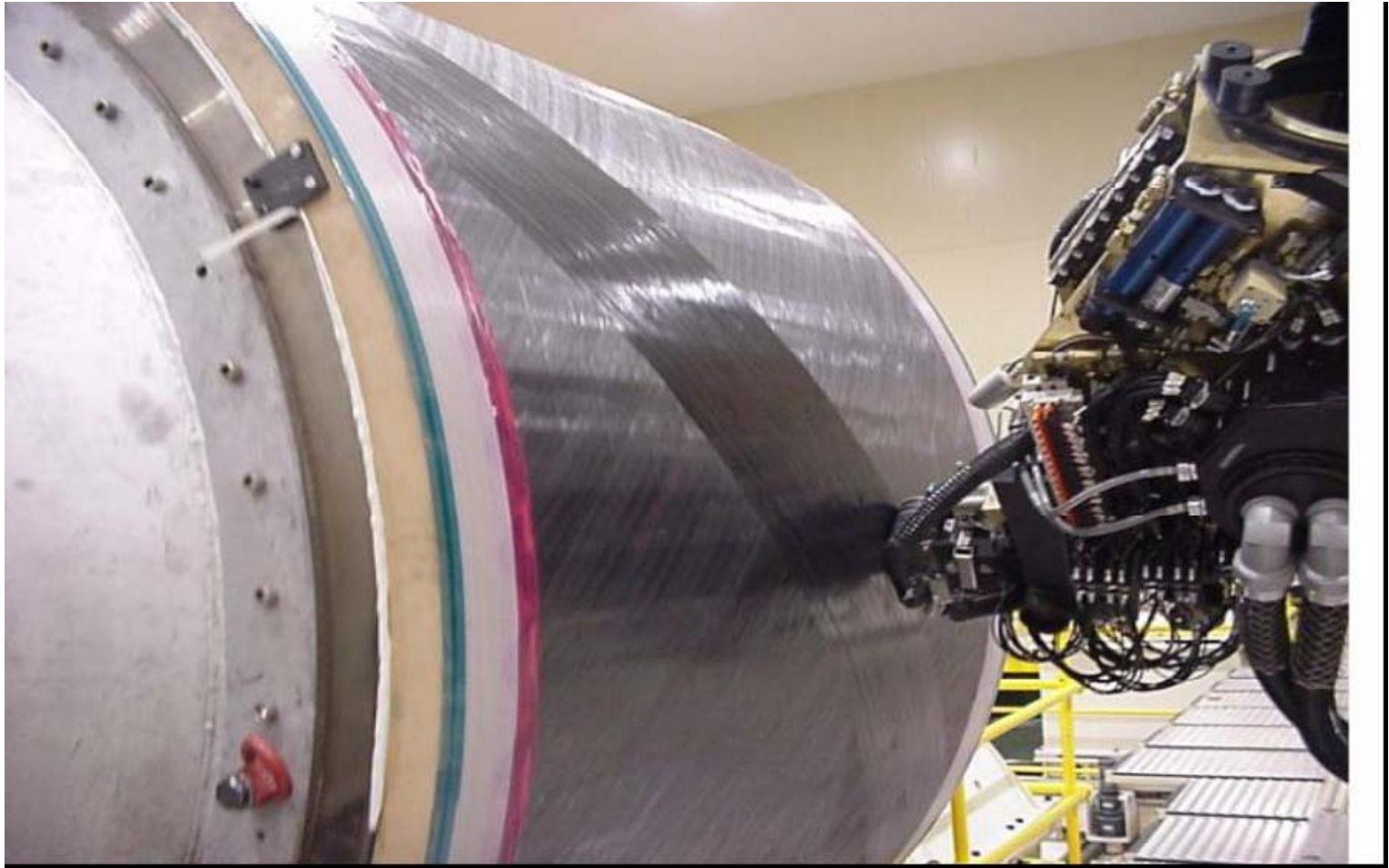
The low-ply, high-volume cutting solution











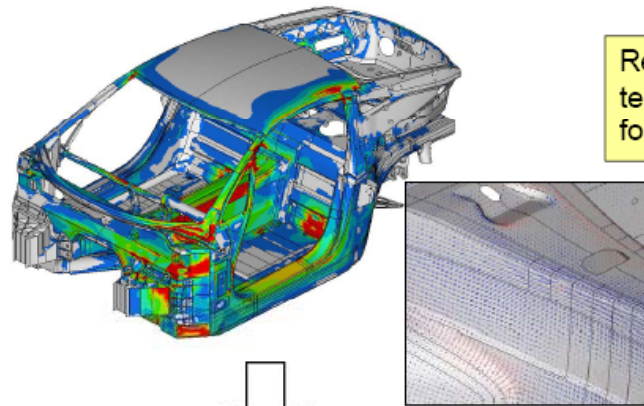
3：设计包括计算分析技术的研发

- 复合材料设计、材料和工艺三者密不可分，但设计是牵头的，龙头舞不起来，在汽车上扩大复合材料的应用就是一句空话！
- 复合材料技术历经40多年的研究、应用和发展已逐步走向了成熟化、规范化，但汽车还是该领域的新军，急需进一步学习、研究、借鉴和提高，从而建立起有汽车工业特色的设计、计算分析、试验验证和鉴定验收等一系列技术，并注意研发或引进软件，建设数据库（**Data Base**），制定规范，积累经验等项工作

CFRP Design Method

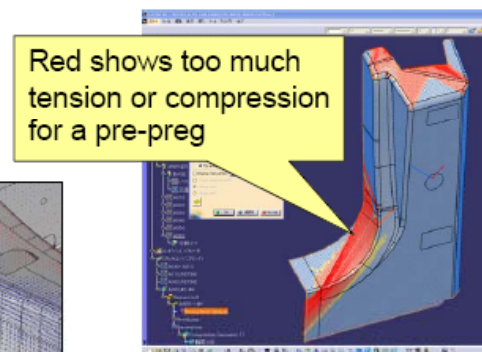
- Determine lay-up construction by CAE analysis

● Stress simulation



Determine the number of ply
and the orientation of the fibres

● Draping simulation

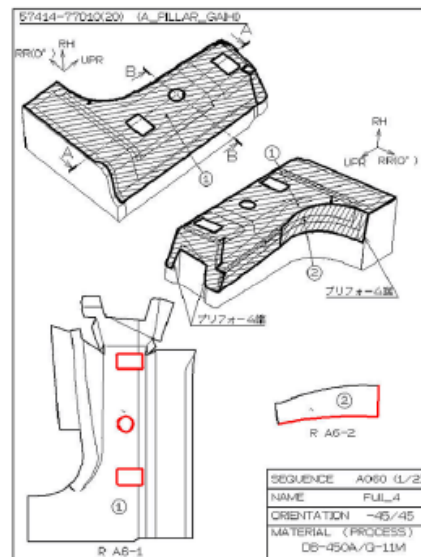


Determine pre-preg cut pattern

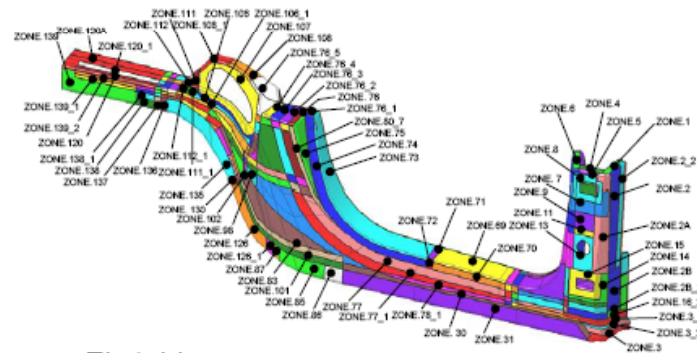
CFRP Design Method

- Ply books for CFRP parts

Cut pattern and lay up instructions



Zone number instructions



Ply table

ZONE NO	Thickness (mm)	GF	1PLY	2PLY	3PLY	4PLY	5PLY	6PLY	7PLY	8PLY	9PLY	10PLY	11PLY
ZONE.1	0.98		45/-45	0/90									
ZONE.2	2.45	GF	45/-45	0/90	-45/45	90/0	45/-45						
ZONE.3	2.35	GF	45/-45	0/90	45/-45	-45/45	0/90						
ZONE.4	2.45	GF	45/-45	0/90	-45/45	90/0	45/-45						
ZONE.5	2.08	GF	45/-45	0/90	45/-45	-45/45	90/0	45/-45					
ZONE.6	2.25		45/-45	0/90	45/-45	-45/45	0/90						
ZONE.7	2.25		45/-45	0/90	-45/45	0/90	90/0						
ZONE.8	1.98	GF	45/-45	0/90	45/-45	0/90							
ZONE.9	4.05		45/-45	0/90	45/-45	0/90	90/0	-45/45	-45/45	90/0	45/-45		
ZONE.10	4.95		45/-45	0/90	45/-45	0/90	90/0	-45/45	90/0	-45/45	-45/45	90/0	45/-45
ZONE.11	2.88	GF	45/-45	0/90	45/-45	0/90	90/0	-45/45					
ZONE.12	3.78	GF	45/-45	0/90	45/-45	0/90	90/0	-45/45	90/0	-45/45			
ZONE.13	2.88	GF	45/-45	0/90	45/-45	0/90	90/0	-45/45					
ZONE.14	2.45	GF	45/-45	0/90	90/0	45/-45	45/-45						
ZONE.15	2.45	GF	45/-45	0/90	-45/45	90/0	45/-45						

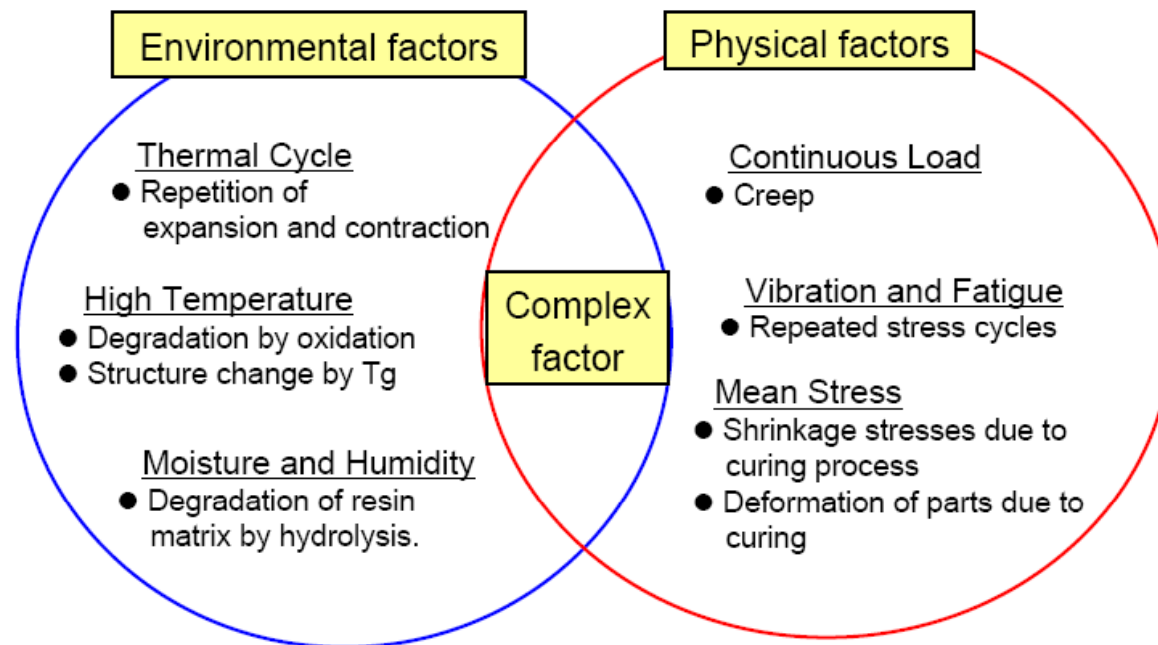
Joining Technology - Adhesive

- Developed three types of adhesive

Adhesive Type	Application	Features
1. Paste adhesive	Adhesive Bonding of Cured Parts	●Used in assembly process ●Two components mixture ●Clearance as allowed by design
2. Film adhesive	Adhesive Bonding Cured and Uncured CFRP	●Used in molding process ●Stable and near zero-clearance. (Film is 0.2mm thick)
3. Sheet adhesive (with glass beads)	Bonding between Aluminium Inserts and Uncured CFRP	●Used in moulding process ●Absorbs the thermal expansion differences ●Clearance ensured by glass beads

Joining Technology - Adhesive

- Strength testing and strength design
with an assumption of various degradation factors

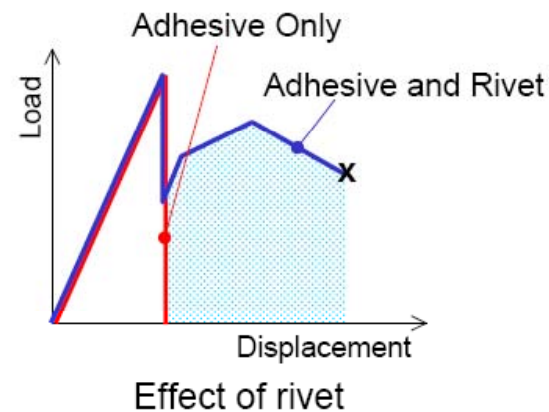


Joining Technology – Rivet

- Stainless steel rivet to prevent galvanic corrosion with CFRP
- Temporary fixing method until completion of adhesive curing
- Stabilization of failure load by using combination of adhesive and rivet

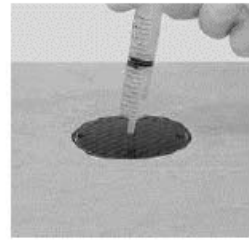


Rivet



Repair Concept

- CFRP cabin can be repaired by following methods
- Outer panels and aluminium frames can be replaced

Damage	Scratch 	Delamination 	Carbon fibre damage 
Repair Method	 Fill with resin	 Injection	  1.Remove damaged area 2.Re-Layup

CFRP damage patterns and basic repair methods

四：存在问题

- 1: 思想认识和理念上的问题：虽然世界上对复合材料在汽车上的应用，有了一批先知先觉者，并有所行动，但多数还在观望，亦不乏反对和抵制者，阻力还是很大的，汽车工业是个发展成熟的工业，骤然改变之绝非易事。为此，复合材料界要和汽车领域的OEM建立起良好的互信关系，合作共赢，玉汝于成，才有可为。
- 2: 严重缺乏经验的问题：在汽车领域大规模应用复合材料，从设计、材料到制造均严重地缺乏经验和数据。汽车工程师普遍不熟悉复合材料。因此急需学习，借鉴和提高，且不能操之过急，可能要有一个过程。

- 3: 原有设备改造和投资的问题
- 复合材料的生产制造几乎完全不同于金属，车铣刨磨钳锻铸焊基本不用，程控、数控机床亦无用武之地，产业链产生了巨大的变革。
- 这需要较大规模的放弃和改造现有设备，投资兴建和添置生产复合材料用的新设备，这对已经发展成熟的汽车工业来讲，可能是一个长期而痛苦的过程。
- 飞机工业正在经历这一场巨大的变革，由生产金属制件向生产复合材料制件转进。

- 4: 回收再利用的问题
- 使用到期报废产品回收再利用是一个大问题，事关可持续发展。汽车寿命较飞机，叶片等短，一般10-15年，对到寿命的汽车零部件国外有严格规定，2015年后要求其95%以上要能回收再利用
- 解决此问题，复合材料较金属难，特别是热固性的复合材料，过去多是粉碎、焚烧和掩埋。现在要讲究更好的方法，如高温裂解、溶剂萃取等，总之，要将纤维和树脂分开，回收再利用
- 欧美日等均已积极行动起来，进行研究解决，并已建起专门的企业，问题是会解决的。

五：相关的发展建议

- 前述多为国际情况，国内先进复合材料在汽车上应用甚少，远落后于国外。结合国内的具体情况，提出如下的相关发展建议：
- 1：要提高思想认识
要以开放的思想，前瞻的眼光，创新的思维，充分认识先进复合材料在汽车领域应用的重要意义和光明前景。
- 要充分吸取当年航空领域由于认识滞后而导致今天应用严重落后的经验教训。
- 为此要舆论先行，业界同仁要责无旁贷地做好宣传推动工作。

- 2:复合材料界要与汽车工业界密切结合
- 只有两者密切结合，认识上达成共识，行动上步调一致，通力合作事情才有可为。
- 发展先进复合材料产业我国已有**40**多年的历史，亦取得了一些可喜的成果与进步，如近期首飞的**J-20**隐身战斗机，其上复合材料的应用已有突破，量上甚至超过**F22**的水平，世界上复合材料体育用品**60%**以上均出自中国大陆。在此基础上前进可事半功倍

- 3: 材料、制造和设计技术要综合发展
- 设计是先导，材料是基础，制造是关键，这在世界上已达成共识，在汽车工业应用复合材料，要注意三者的协调、配套、综合发展。
- 前述说设计已走向成熟化、规范化主要系指国外，国内尚非如此，汽车领域情况尤差。故需大力做好该方面的基础预研工作，为应用提供坚实可靠的技术支撑。

- 国内要注意解决既满足要求又成本较低碳纤维的研发与供应问题。碳纤维是一项高技术，过去我国长期不过关，**95%**以上依赖进口，受制于人，近期已经有突破，但性能不够高，质量不够稳定，品种不够多，价格不够低，急需改进。
- 据知价格低于**100元/kg**的，主要用于汽车的国产碳纤维即将问世，但非**PAN**基的，而是沥青基的。

- 思想上必须牢记先进复合材料能否在汽车上实现成功应用的关键就是低成本快速制造技术的发展。而在该技术领域，国内还是落后的，需要学习国外的先进经验，引进国外的相关设备，下大力气研发自己的创新技术。
- 工作要有针对性地进行，汽车工业有汽车工业的特点，适用于其他工业的方法不一定完全适合汽车，要针对汽车工业的具体需求进行创造性的研究发展。

- **4：**汽车领域在重点发展新能源汽车，包括混合动力车和电动汽车等，有重大的商机。据知**2015**年世界上要有**500**万辆新能源汽车，中国也计划达到**100**万辆，为此“十二五”期间中央财政拟投入**500**亿作为该项目研发和产业化的专项基金。新能源汽车对减重有更迫切的需求，如电动汽车讲求一次充电跑的里程要长，这要求车体结构要轻，其次其上的电池、电机、能源转换系统的增重有待车体减重予以平衡。所以对汽车来讲新能源和轻结构的结合是极为重要的发展方向，绝对有无限光明的发展前途！

- 5: 从可持续发展的角度出发, 要重视解决到寿命产品的回收再利用问题。国内从现在起就要着手组建专门的研究机构、相应企业, 研究解决这一问题, 只有解决了这一问题, 才会为汽车领域大规模应用复合材料扫清障碍。
- 回收的碳纤维是可以再利用的, 多以短纤维或磨碎品形式应用, 如建筑和道路建设等领域。须知世界碳纤维总产量中本来就有**14%**的纤维以短纤维方式应用。

结语

- 在汽车领域应用先进复合材料前景是肯定的，前途是光明的。世界上相关业界已开始积极行动起来，付诸实施。希望国内对此能有个清醒的认识并付诸行动，顺应历史的潮流，不落人后，在该技术领域跟上并能超越世界前进的雄伟步伐。
- 先知先觉者先行，捷足先登者先赢！
- 东方欲晓，莫道君行早。