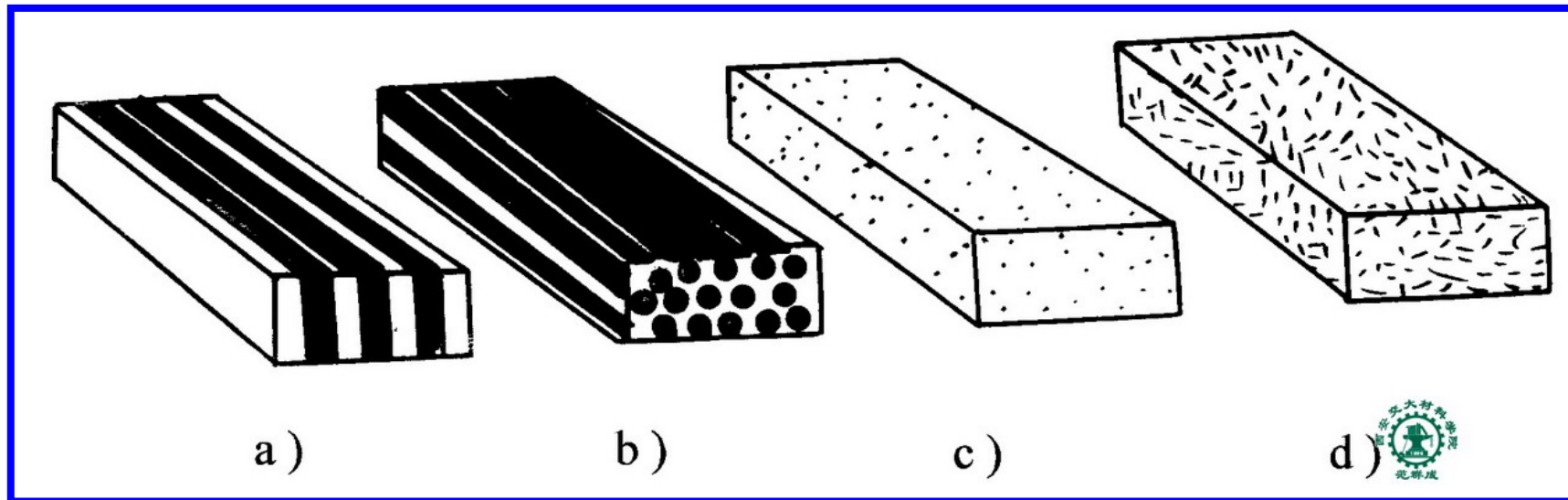


Chapter IX Composite Materials

§ 9-1 Introduction

9.1.1 The classification of composite materials



Schematic of structure of composite materials

- a) laminated composite b) and d) fiber-reinforced composite
c) particle-reinforced composite

THE END



表 9-1 复合材料的种类

增强体		基体							
		金属	无机非金属				有机材料		
			陶瓷	玻璃	水泥	碳	木材	塑料	橡胶
金属		金属基复合材料	陶瓷基复合材料	金属网嵌玻璃	钢筋水泥	无	无	金属丝增强塑料	金属丝增强橡胶
无机非金属	陶瓷 { 纤维粒料	金属基超硬合金	增强陶瓷	陶瓷增强玻璃	增强水泥	无	无	陶瓷纤维增强塑料	陶瓷纤维增强塑料
	碳素 { 纤维粒料	碳纤维增强金属	增强陶瓷	陶瓷增强玻璃	增强水泥	碳纤增强碳复合材料	无	碳纤维增强塑料	碳纤、碳黑增强橡胶
	陶瓷 { 纤维粒料	无	无	无	增强水泥	无	无	玻璃纤维增强塑料	玻璃纤维增强橡胶
有机材料	木材	无	无	无	水泥木丝板	无	无	纤维板	无
	高聚物纤维	无	无	无	增强水泥	无	塑料合板	高聚物纤维增强塑料	高聚物纤维增强橡胶
	橡胶胶粒	无	无	无	无	无	橡胶合板	高聚物合金	高聚物合金

THE END

9.1.2 The property feature of composite materials

1. High specific strength and specific modulus

表 9-2 金属材料与纤维增强复合材料性能比较

材料 \ 性能	密度 /g·cm ⁻³	抗拉强度 /10 ³ MPa	拉伸模量 /10 ⁵ MPa	比强度 /10 ⁶ N·m·kg ⁻¹	比模量 /10 ⁶ N·m·kg ⁻¹
钢	7.8	1.03	2.1	0.13	27
铝	2.8	0.47	0.75	0.17	27
钛	4.5	0.96	1.14	0.21	25
玻璃钢	2.0	1.06	0.4	0.53	20
高强度碳纤维-环氧	1.45	1.5	1.4	1.03	97
高模量碳纤维-环氧	1.6	1.07	2.4	0.67	150
硼纤维-环氧	2.1	1.38	2.1	0.66	100
有机纤维 PRD-环氧	1.4	1.4	0.8	1.0	57
SiC 纤维-环氧	2.2	1.09	1.02	0.5	46
硼纤维-铝	2.65	1.0	2.0	0.38	75

THE END

A plate spring and a boat made from composite materials



Figure 8-34 Experimental composite car. A weight comparison; a graphite truck spring (left) versus steel spring (right). (Ford Motor Co.)

正在试验中的
复合材料汽车



Experimental composite Car



船

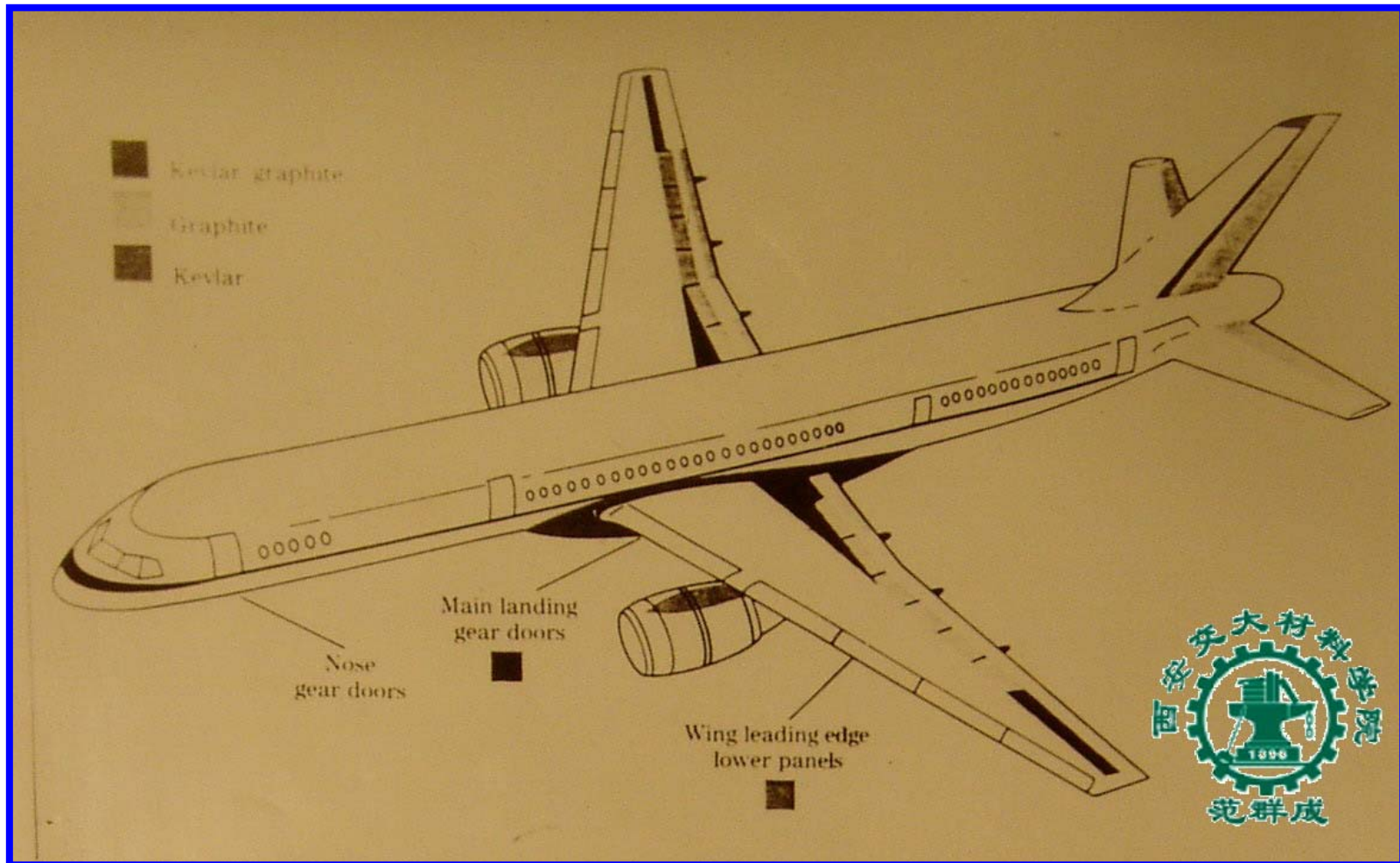


A boat Coated Kevlar Fiber

范群成

THE END

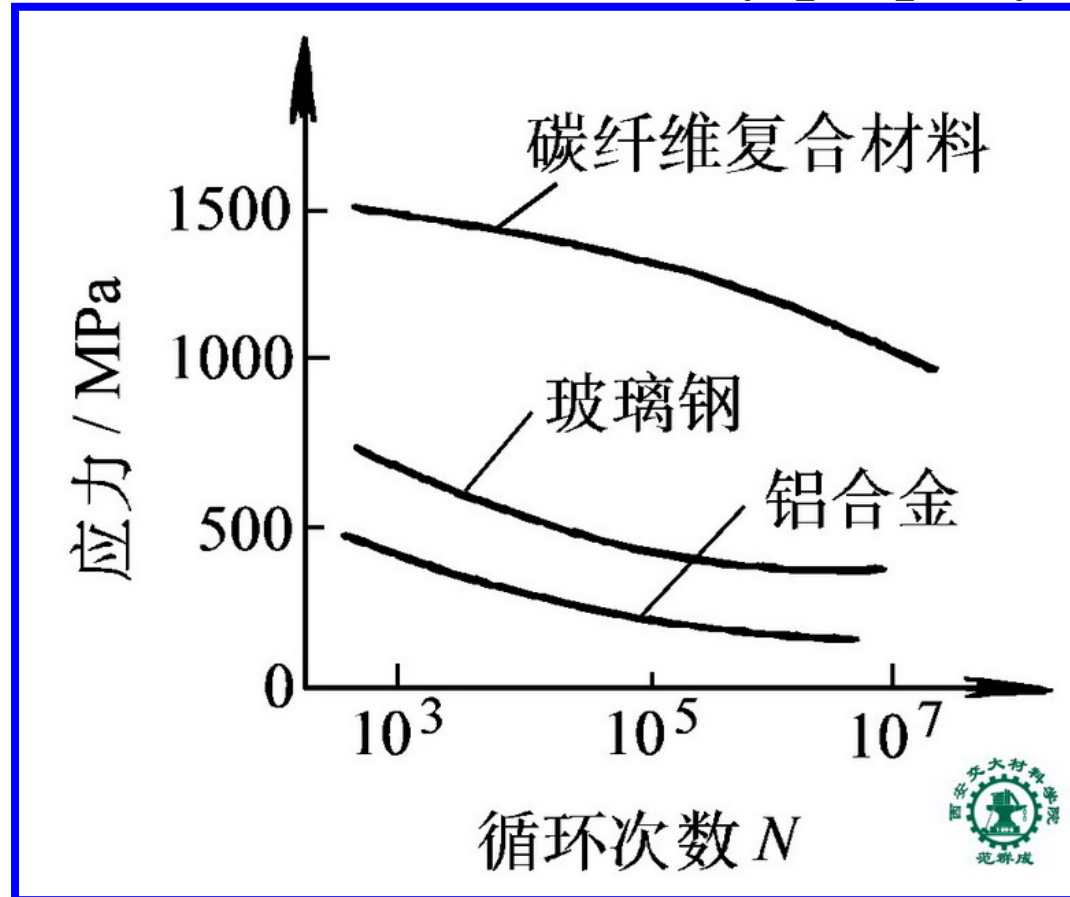
The application of composite materials in plane



THE END

2. Good fatigue resistance and fracture safety property

The comparison of fatigue strength among the three kinds of materials



3. Nice high-temperature property

4. Fine damping property

THE END

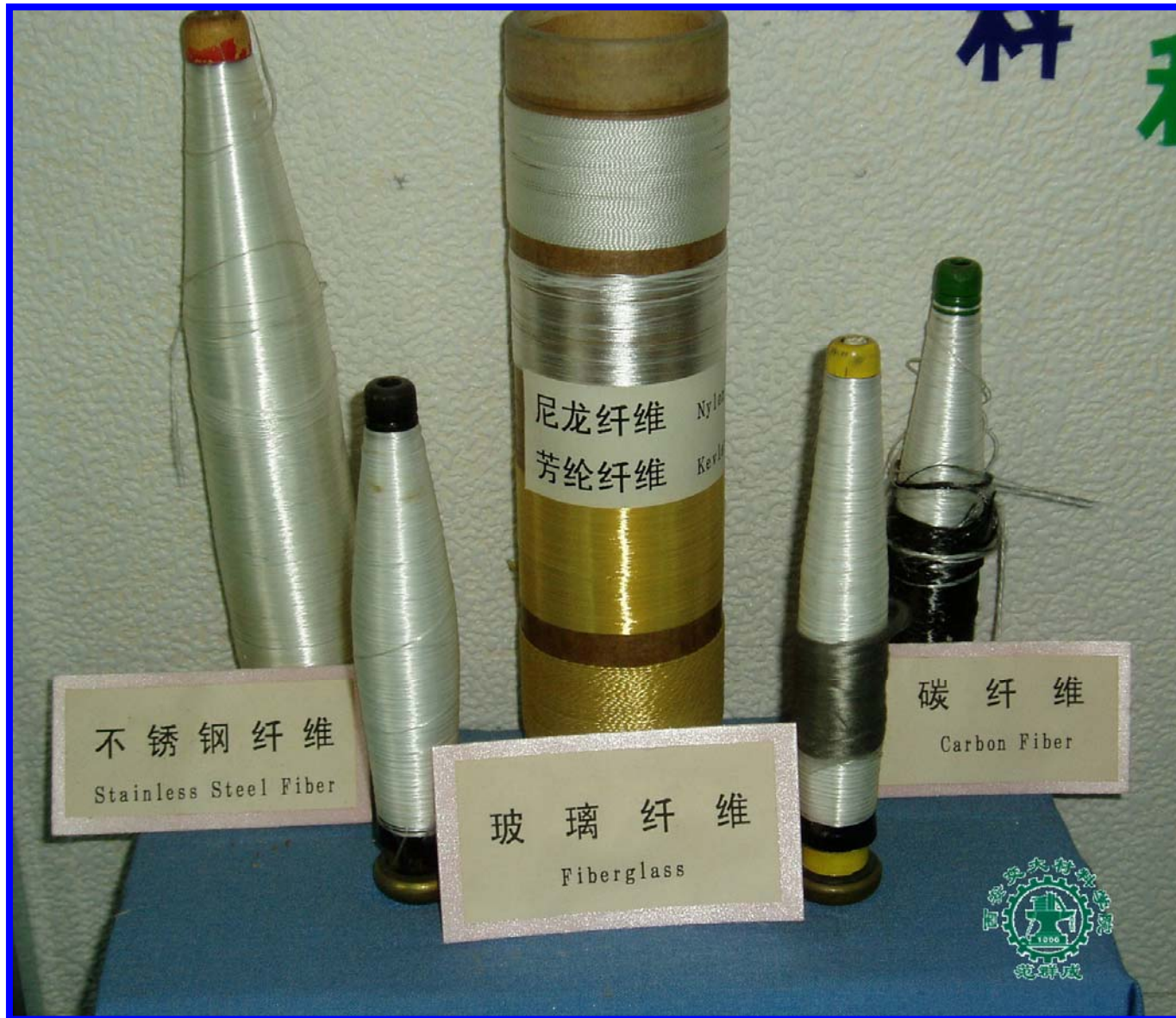
§ 9-2 Reinforcer and reinforcing mechanisms

9.2.1 The reinforcers

1. The fiber reinforcers

表 9-3 常用增强纤维与金属性能对比

性能 材料	密度 /g·cm ⁻³	抗拉强度 /10 ³ MPa	拉伸模量 /10 ⁵ MPa	比强度 /10 ⁶ N·m·kg ⁻¹	比模量 /10 ⁶ N·m·kg ⁻¹
无碱玻璃纤维	2.55	3.40	0.71	1.33	28
高强度纤维 (II型)	1.74	2.42	2.16	1.39	124
高强度纤维 (I型)	2.00	2.23	3.75	1.12	188
Kevlar49	1.44	2.80	1.26	1.94	88
硼纤维	2.36	2.75	3.82	1.17	162
SiC 纤维 (钨芯)	2.69	3.43	4.80	1.28	178
钢丝	7.74	4.20	2.00	0.54	26
钨丝	19.40	4.10	4.10	0.21	21
钼丝	10.20	2.20	3.60	0.22	35



THE END



THE END

2. The particle reinforcers

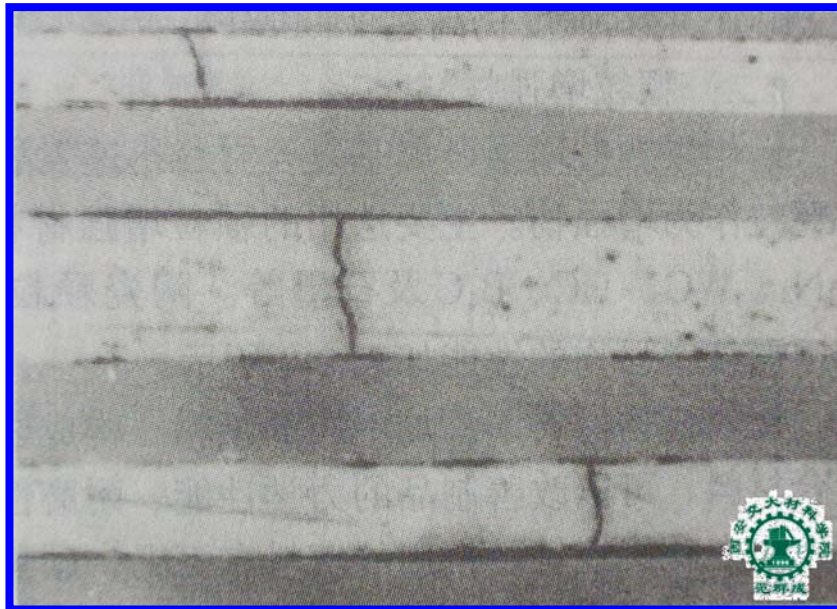
表 9-4 常用颗粒增强物的性能

颗粒名称	密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	熔点/ $^{\circ}\text{C}$	热膨胀系数/ $10^{-6}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$	热导率/ $\text{W}\cdot(\text{m}\cdot\text{K})^{-1}$	硬度/GPa	抗弯强度/MPa	弹性模量/GPa
碳化硅 (SiC)	3.21	2700 (分解)	4.0	75.31	26.5	400~ 500	
碳化硼 (B_4C)	2.52	2450	5.73		29.4	300~ 500	360~ 460
碳化钛 (TiC)	4.29	3300	7.4		25.5	500	
氧化铝 (Al_2O_3)		2050	9.0				
氮化硅 (Si_3N_4)	3.2~3.35	2100 (分解)	2.5~3.2	12.55~29.29	19.0	900	330
莫来石 ($3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$)	3.17	1850	4.2		31.9	~1200	
硼化钛 (TiB_2)	4.5	2980					

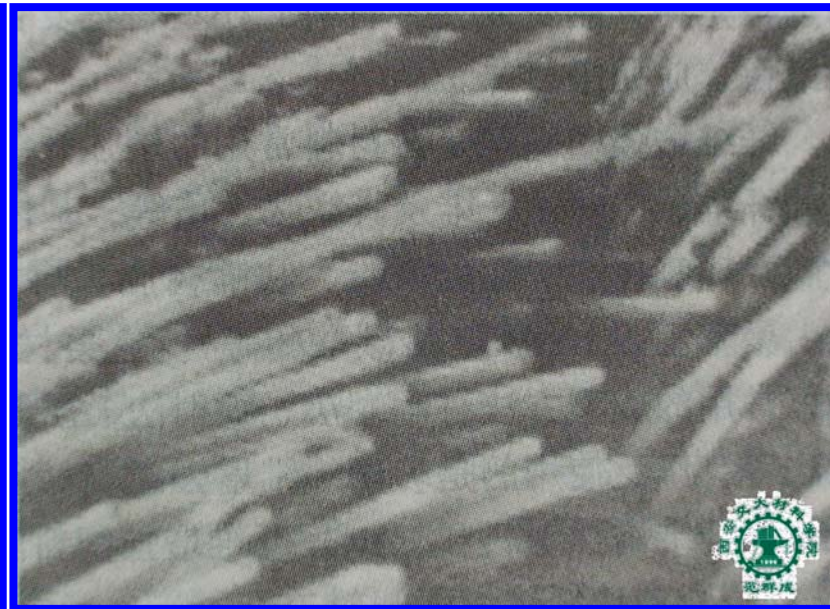
THE END

9.2.2 The brief introduction of reinforcing mechanism

1. Fiber reinforcing



Cracks in the fractured fibers propagating along interface between fiber and matrix



The fractured fibers being drawn out the matrix

2. Particle reinforcing reinforcing

THE END

§ 9-3 The common composite materials

9.3.1 The plastic-matrix composite materials

表 9-5 几种热塑性玻璃钢的性能

性能 基本材料	密度 /g·cm ⁻³	抗拉强度 /MPa	弯曲弹性模量 /10 ² MPa	热膨胀系数 /10 ⁻⁵ ·°C ⁻¹
尼龙 66	1.37	182	91	3.24
ABS	1.28	101.5	77	2.88
聚苯乙烯	1.28	94.5	91	3.42
聚碳酸酯	1.43	129.5	84	2.34

表 9-6 几种热固性玻璃钢的性能

性能 基本材料	密度 /g·cm ⁻³	抗拉强度 /MPa	抗压强度 /10 ² MPa	抗弯强度 /MPa
聚酯	1.7~1.9	180~350	210~250	210~350
环氧	1.8~2.0	70.3~298.5	180~300	70.3~470
酚醛	1.6~1.85	70~280	100~270	270~1100



玻璃纤维增强尼龙车轮

Tuff Wheel Made of Glass



玻璃纤维增强
塑料制自行车

Bicycle Manufactured by G



THE END



THE END



玻璃纤维增强
风机叶片

Fiberglass Composite

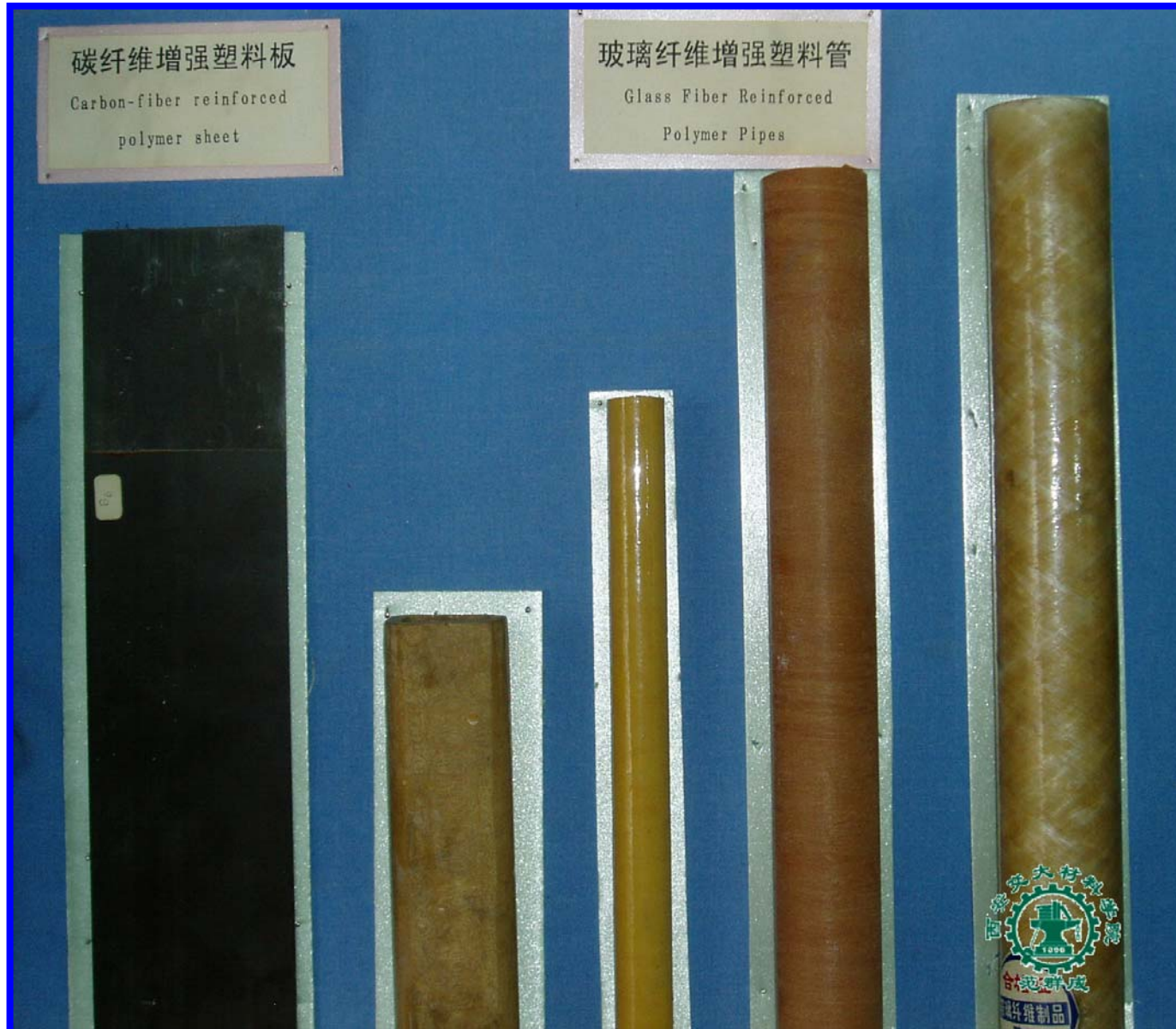
Turbine Blades



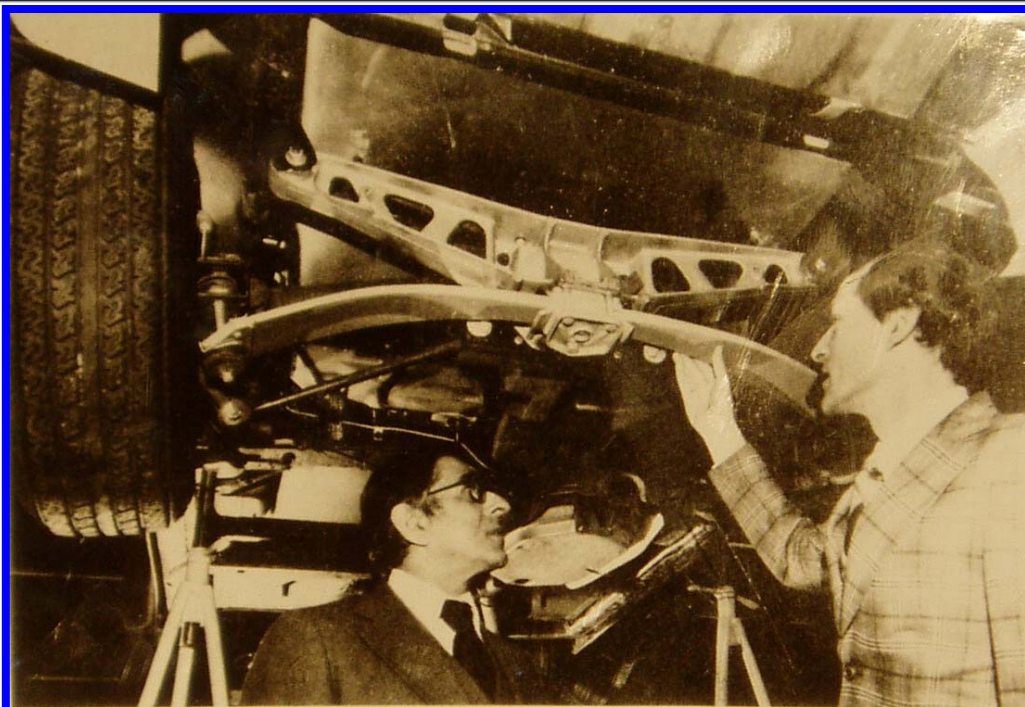
防 弹



THE END



THE END



碳纤维增强弹簧板

Carbon Reinforced Composite

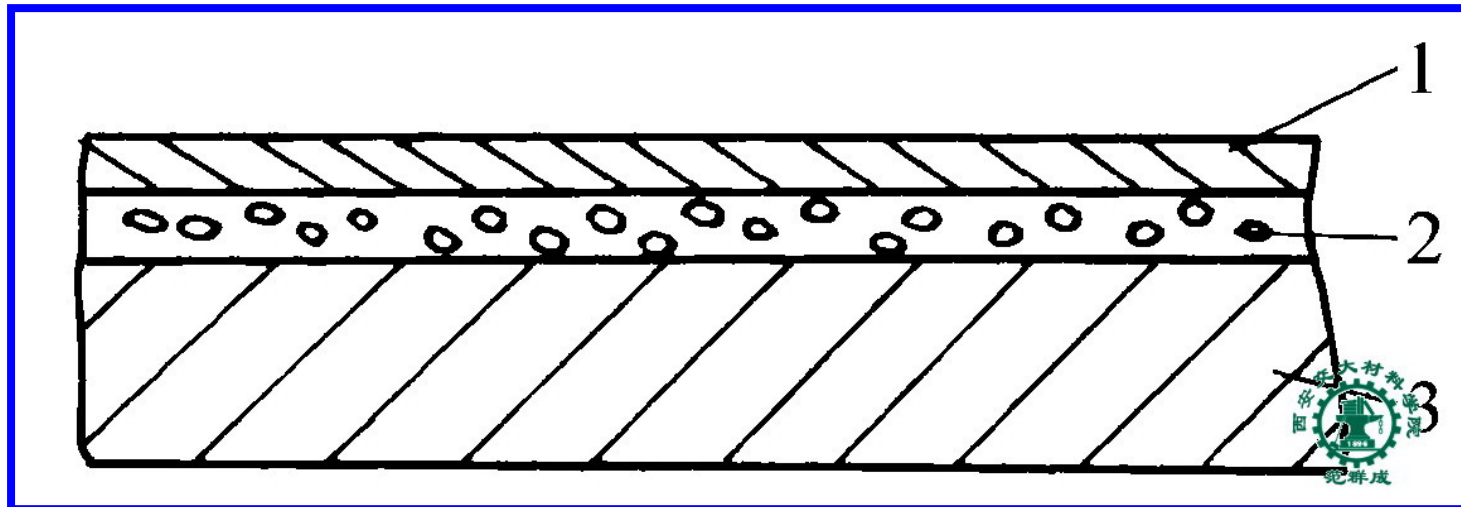
Spring-Weigh about 60% 1

than Steel That



THE END

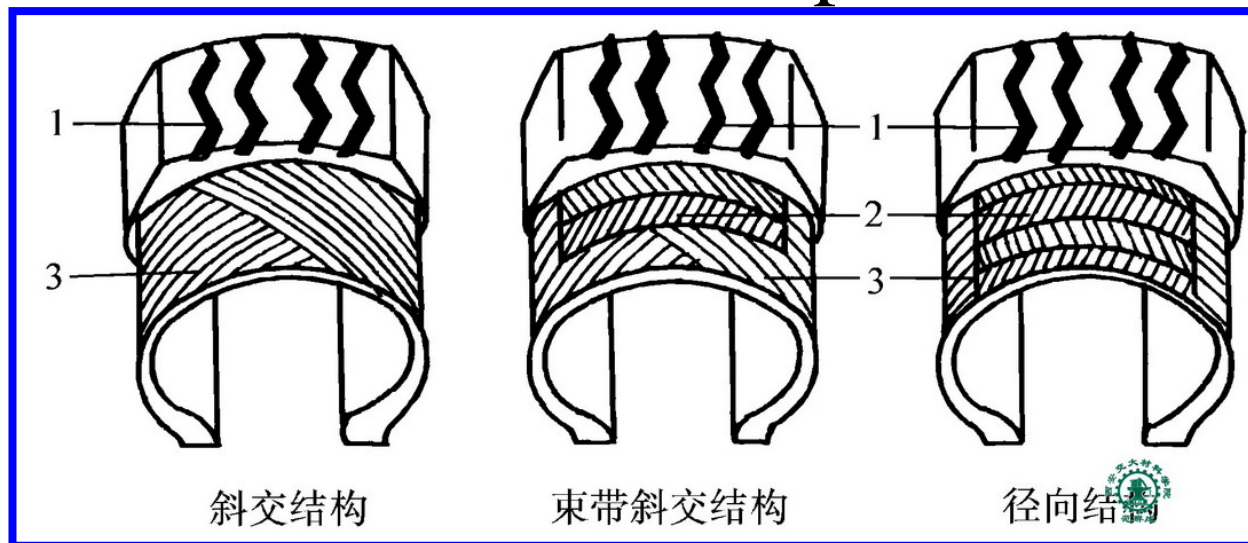
9.3.2 The metal-matrix composite materials



Aplastic-metal three-layer composite material
1—plastic layer 2—porosity bronze interlayer
3—steel-based

THE END

9.3.3 The rubber-matrix composite materials



Schematic of structure of automobile tire

1—tread layer 2—buffer layer 3—cord fabric layer

表 9-7 炭黑对橡胶的增强效果

橡胶类别	硫化后的抗拉强度/MPa		增强效果 加炭黑强度/未加炭黑强度
	未加炭黑	加炭黑	
天然橡胶	20~30	30~34.5	1~1.6
氯丁橡胶	15~20	20~28	1~1.8
丁苯橡胶	2~3	15~25	5~12
丁腈橡胶	2~4	15~25	4~12



9.3.4 The ceramics-matrix composite materials

表 9-8 陶瓷经碳化硅纤维增强前后的性能比较

材料	抗弯强度 /MPa	断裂韧性 /MPa·m ^{1/2}	材料	抗弯强度 /MPa	断裂韧性 /MPa·m ^{1/2}
Al ₂ O ₃	550	5.5	玻璃-陶瓷	200	2.0
Al ₂ O ₃ /SiC	790	8.8	玻璃-陶瓷/ SiC	830	17.6
SiC	495	4.4	Si ₃ N ₄ (热压)	470	4.4
SiC/ SiC	750	25.0	Si ₃ N ₄ /SiC	800	56.0
ZrO	250	5.0	玻璃	62	1.1
ZrO/ SiC	450	22	玻璃/ SiC	825	17.6

表 9-9 莫来石-ZrO₂ 复合材料性能

样品	热压烧结	m-ZrO ₂ φ _{ZrO₂} (%)	σ _f /MPa		K _{IC} / (MPa·m ^{1/2})	
			室温	800℃	室温	800℃
莫来石 ^①	1650℃ 60min	0	236	274	2.5	3.1
复合物 ^②	1480℃ 80min	88.1	612	440	5.1	4.4

① 莫来石: Al/Si =68/32 (质量比)

② ZrO₂: (Y₂O₃-ZrO₂): 莫来石=25:25:50 (体积比)