



# 用于高速列车的 碳纤维增韧炭/碳化硅陶瓷基复合材料制动盘研究

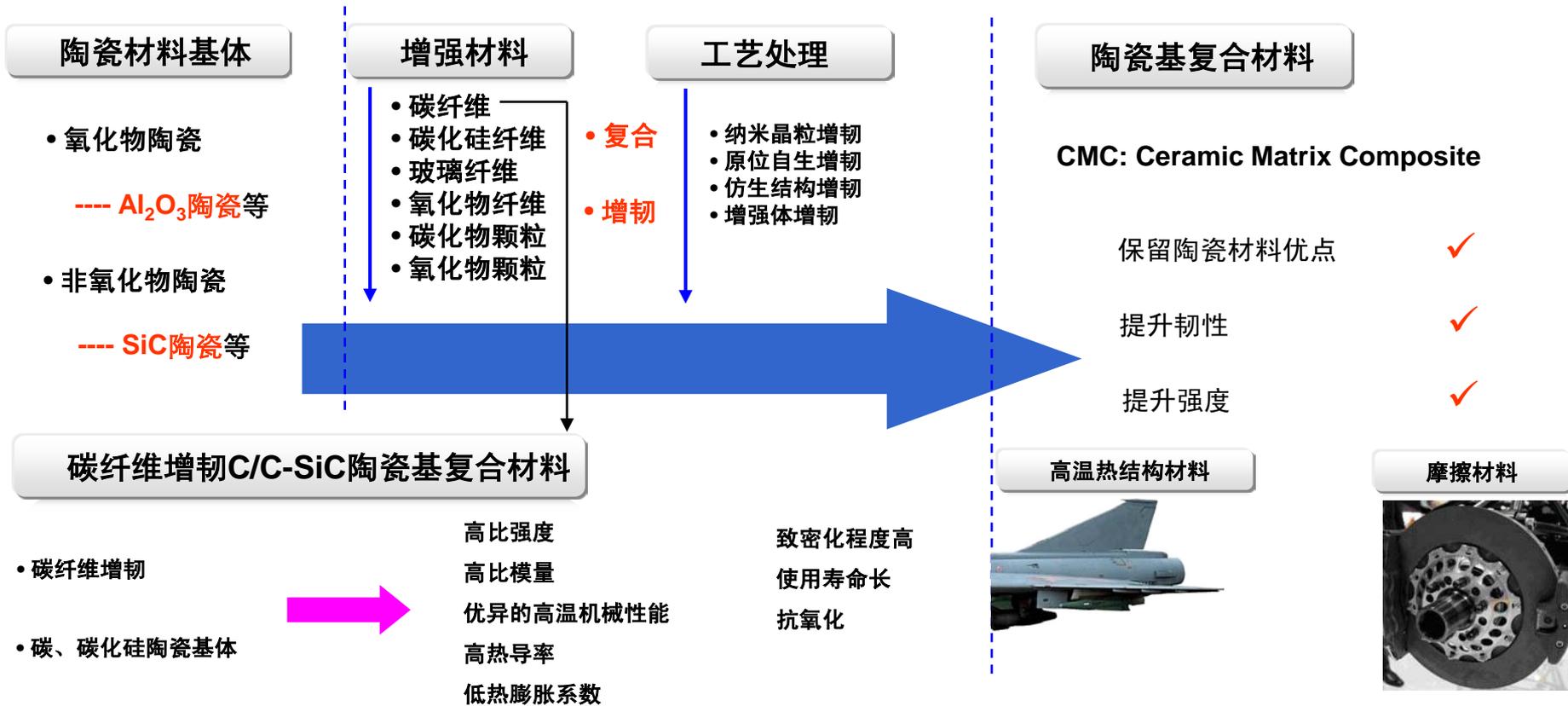
Research on C/C-SiC ceramic matrix composite brake disk  
for the high-speed train

南车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司

教授级高级工程师

钱坤才

# 1.1 陶瓷基复合材料



## 1.2 C/C-SiC陶瓷基复合材料制备工艺

制备工艺

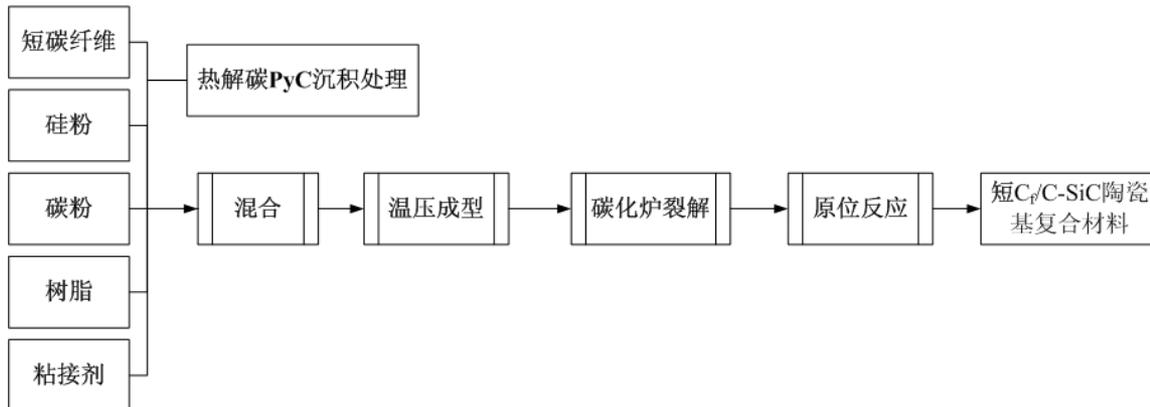
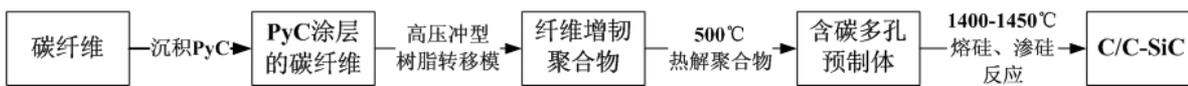
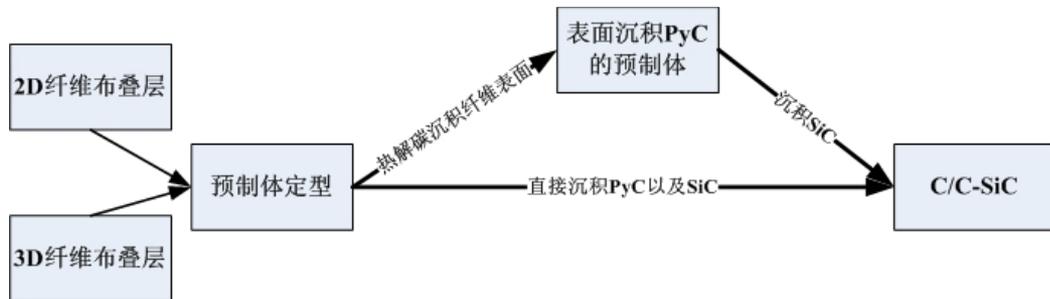
化学气相沉积(CVI)

反应性熔体渗透(RMI)

温压-原位反应(WC-ISR)

浆料浸渗/热压(NITE)

纳米SiC颗粒浆料浸渍结合热压烧结的复合工艺



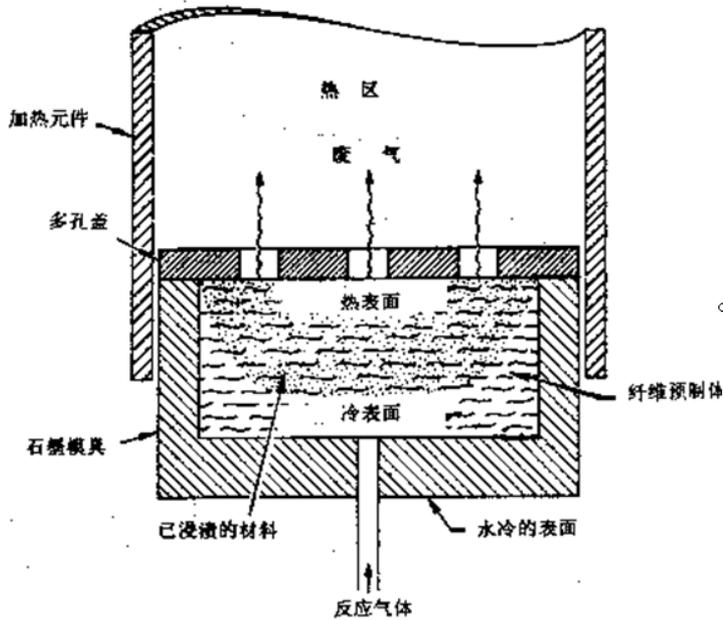
## 1.2 C/C-SiC陶瓷基复合材料制备工艺

### 化学气相沉积(CVI)

#### 化学气相沉积

碳纤维编织

2D/3D编织预制体



Step1. 表面沉积热解碳

Step. 直接沉积热解碳+SiC

Step2. 沉积SiC

• 制备温度低

• 气相渗透能力强

• “近尺寸”制备零件

• 可进行微观成分及结构设计

商业化

## 2.1 样品制备

### 预制件制备

- 大丝束高性能长碳纤维
- 平面方向增强
- 垂直方向互相交错相接
- 短纤维填充

#### CVI 沉积

反应气体  $\text{CH}_3\text{SiCl}_3$

稀释气  $\text{H}_2$

载气  $\text{Ar}$

一定密度的预制体  
 $0.6\text{g/cm}^3$

### 制动盘坯料准备

- 多次CVI渗透SiC
- $\text{H}_2$  100mL/min
- $\text{Ar}$  100mL/min
- 每次渗透表面磨削1mm

密度： $2.14\text{g/cm}^3$

抗压强度： $276\text{Mpa}(\perp)317\text{Mpa}(//)$

剪切强度： $40.5\text{Mpa}$

弯曲强度： $212.5\text{Mpa}$

弯曲模量： $22.5\text{Gpa}$

• 1:1制动试验

### 制动盘加工组装

- 加工
- 钻孔
- 磨削
- 旋铆



- 静平衡试验



### 2.2 样品1:1制动试验

紧急制动试验

轴重:16T 闸片压力:12KN×2

制动初速(Km/h)	实制动距离(m)	平均摩擦因数	盘面最高温度(°C)
200	1149	0.424	437
250	2449	0.322	545
300	3626	0.320	817
320	3868	0.342	920
350	4777	0.332	713
380	5830	0.320	950

加水制动试验

轴重:16T 闸片压力:6KN×2

制动初速(Km/h)	实制动距离(m)	平均摩擦因数	盘面最高温度(°C)
118	1056	0.339	136
160	1228	0.530	222
200	2095	0.484	302
250	3602	0.449	406

坡道制动试验

摩擦系数 ≥0.510

静摩擦系数 0.53

一次停车制动的总磨耗量 0.29cm<sup>3</sup>/MJ

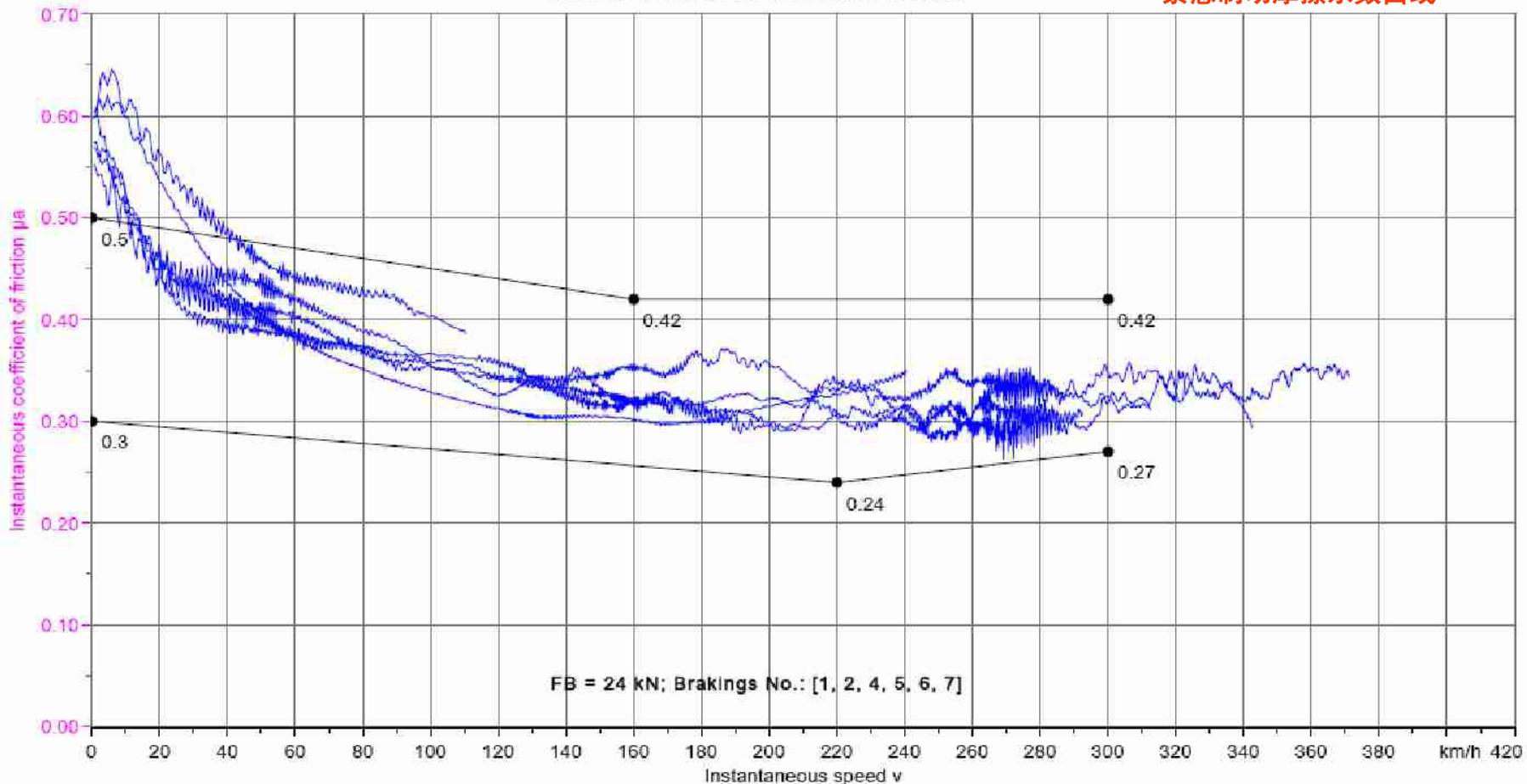


2.2 样品1:1制动试验

	Test program: 2012_12_20_tiema_taoci_zhidongpan_test Type brake pad: QYS	
---	---	---

Instantaneous coefficient of friction

紧急制动摩擦系数曲线

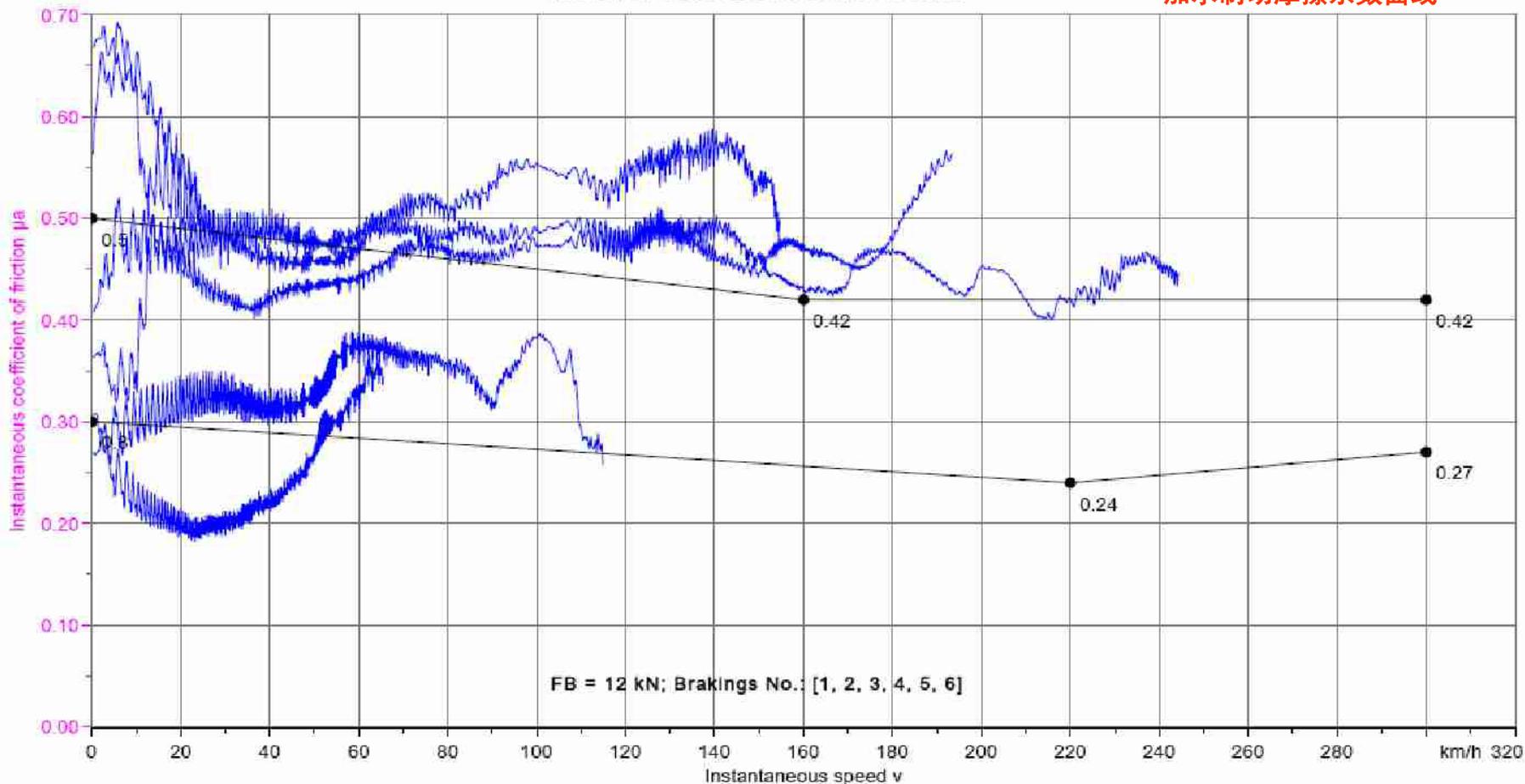


2.2 样品1:1制动试验

	Test program:	2012_12_20_tiema_taoci_zhidongpan_test	
	Type brake pad:	QYS	

Instantaneous coefficient of friction

加水制动摩擦系数曲线

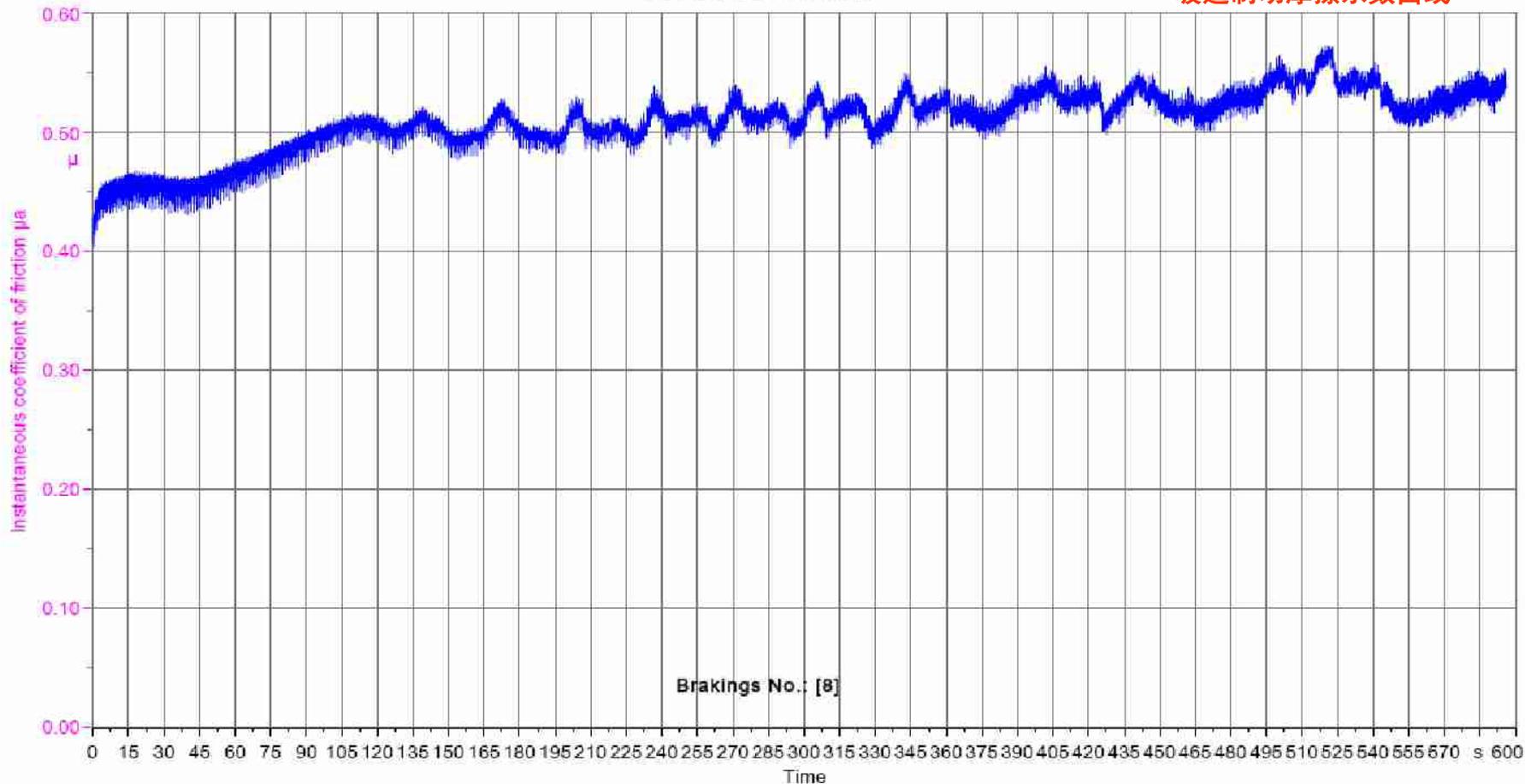


## 2.2 样品1:1制动试验

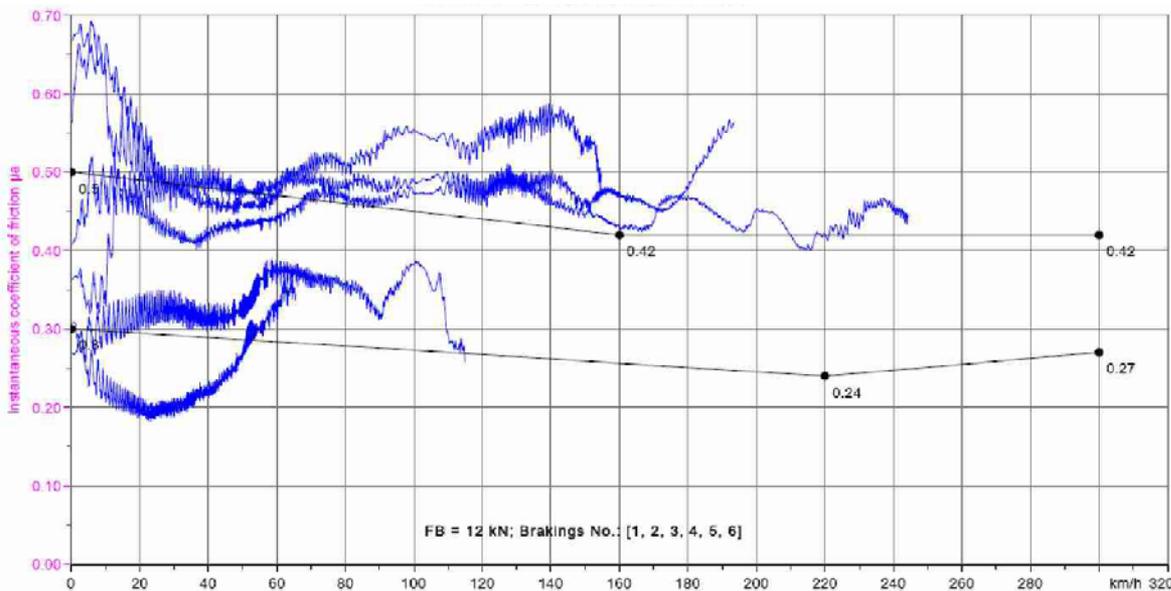
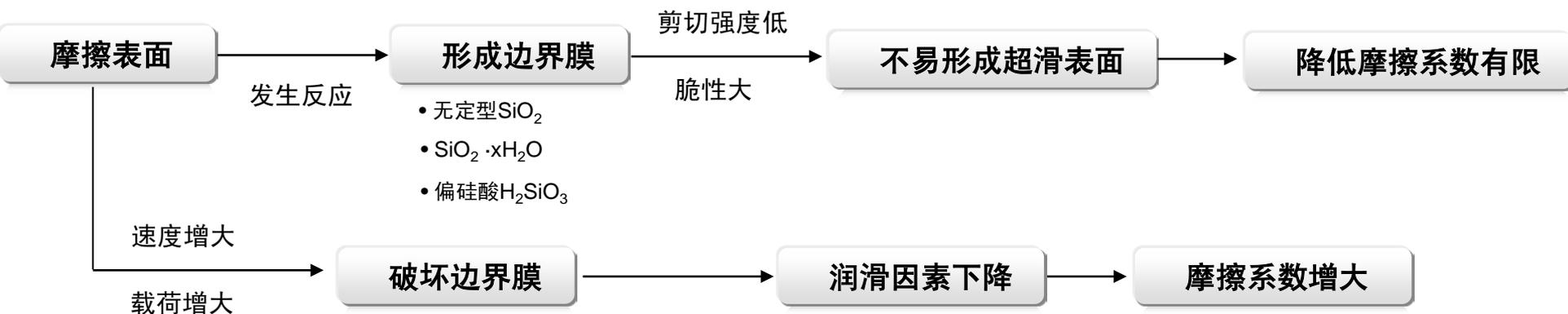
	Test program:	2012_12_20_tiema_taoci_zhidongpan_test	
	Type brake pad:	QYS	

Continuous braking

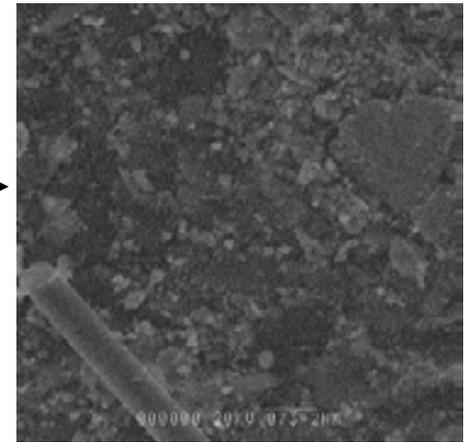
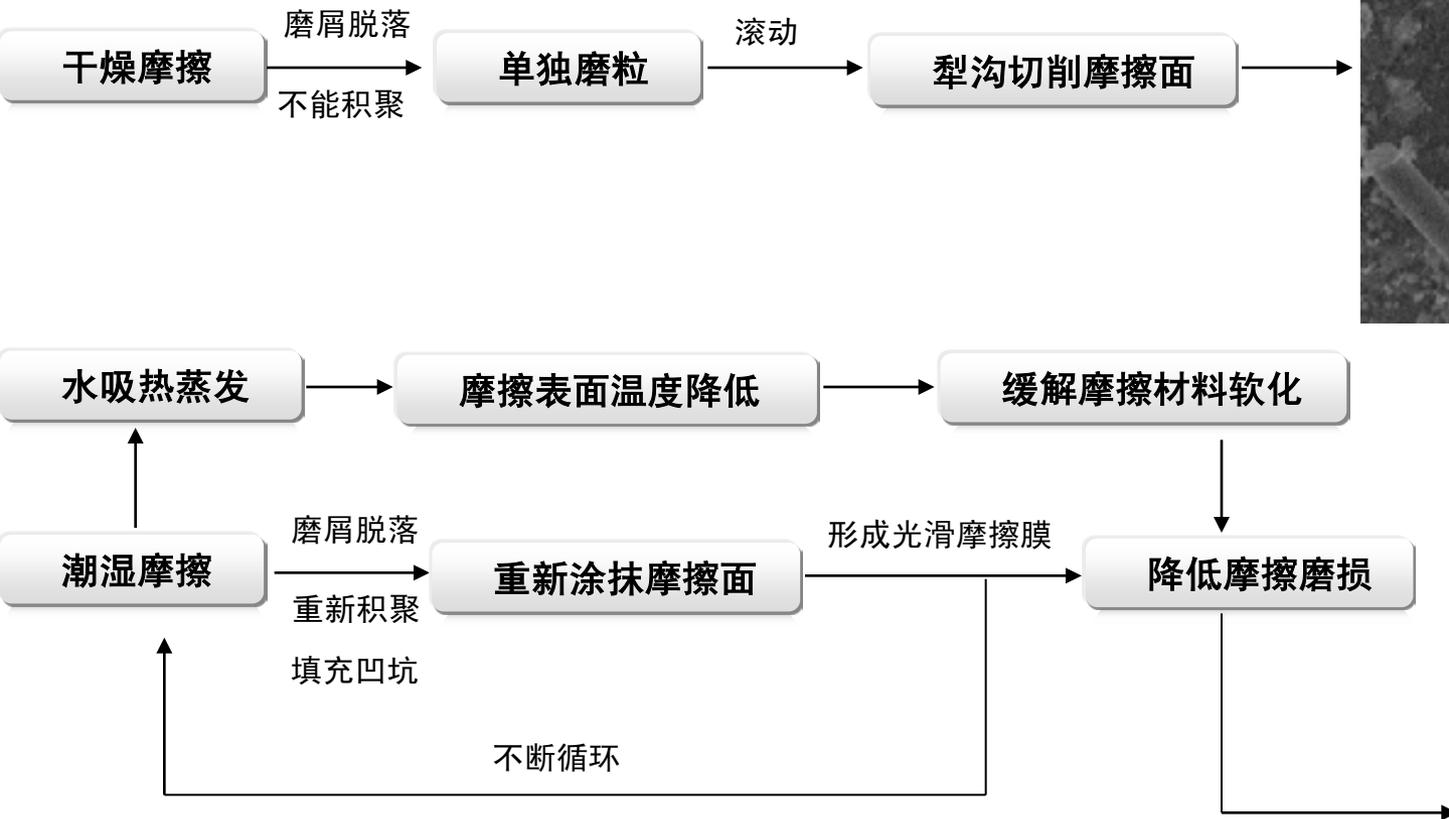
坡道制动摩擦系数曲线



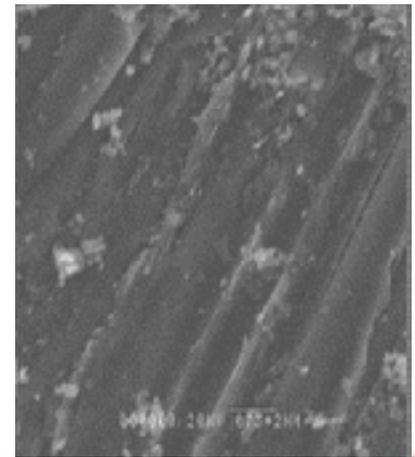
### 3.1 潮湿环境下陶瓷基制动盘摩擦机理分析



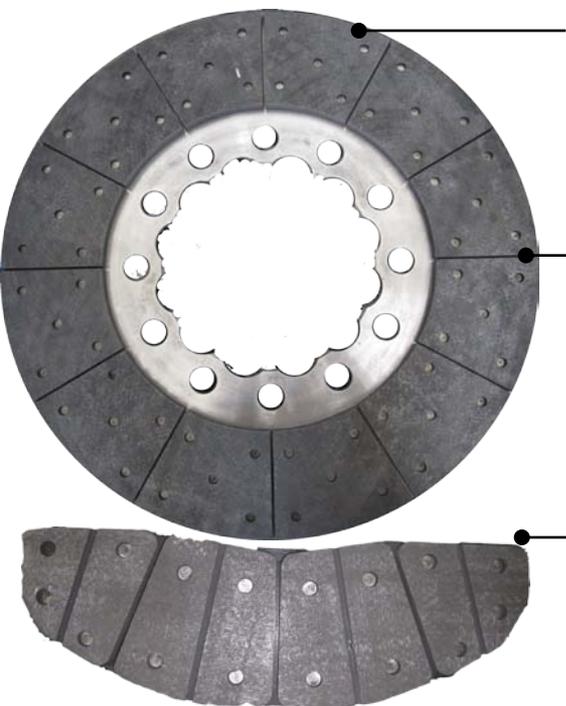
### 3.2 陶瓷基制动盘干、湿状态摩擦机理分析对比



加剧摩擦面磨损



## 4 结论



1. 碳纤维增韧碳和碳化硅陶瓷基复合材料密度低、硬度高、强度高、抗腐蚀能力强、化学稳定性、高温力学性能优异，并且制造工艺相对简单，是较理想的制动盘材料。

2. 陶瓷基复合材料制动盘结构较合理，高速运行时功率损耗小，制动盘自重较轻有利于减轻高速转向架的簧下质量。

3. 完全满足我国高速列车制动技术条件及《铁路主要技术政策》的规定，380Km/h速度紧急制动距离小于8000m，制动盘面最高温度不大于1000℃，盘面光洁无任何损伤和裂纹。

精于材料

专于工艺

值得信赖

---

Thanks  
谢谢!



南车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司

地址：常州市戚墅堰区五一路81号

电话：86-0519-89808228

传真：86-0519-89808906

[www.leadrun.com](http://www.leadrun.com)



# 谢谢各位！

