

# 摩擦材料文集

下 册

杭州汽车摩擦材料研究所

78, 1134/25

---

**摩擦材料文集（下册）**

出版日期：1984年10月

印刷册数：800

字 数：167,000

主 办：杭州汽车摩擦材料研究所

责任编辑：

地 址：杭州中山|北路大桥北

承印单位：浙江省统计局附属印刷厂

---

# 目 录

## (下 册)

### 三、材料、粘合剂、工艺研究

- 盘式制动器摩擦片研制.....王延孝( 1 )
- 高速客车盘形合成闸瓦研制.....王延孝( 4 )
- 火车闸瓦研制.....司万宝( 8 )
- 纸基油介质摩擦材料研制.....俞光燮( 16 )
- 一种制造石棉多孔摩擦材料的新工艺.....潘继城( 25 )
- 有机半金属摩阻材料研究.....周顺隆等( 29 )
- 腰果壳液改性酚醛树脂的合成研究.....王延孝( 39 )
- 酚醛树脂粘合剂的固化特征及制品质量.....俞佩琛( 45 )
- 石棉摩擦材料用的填料.....黄国仁( 50 )
- 石棉摩擦材料生产中的炼胶工艺.....江世履( 57 )

### 四、制动性能与测试方法研究

- 制动摩擦材料试验方法研究.....周顺隆等( 64 )
- 制动距离与制动力关系的台架试验.....张德林( 77 )
- 汽车制动器台架试验方法探讨.....张德林( 82 )
- 介绍一种简易的汽车用摩擦材料惯性制动试验方法.....张样林( 91 )

### 五、环境保护、三废处理

- 摩擦材料厂磨削粉尘利用研究.....司万宝( 97 )
- 酚醛树脂废水治理.....虞维元( 102 )
- 制动噪音的探讨.....严浙生( 107 )

# 盘式制动器摩擦片的研制

上海材料研究所 王延孝

## 一、前 言

盘式制动器始源于英国，其发展史可追溯至1902年。它首先应用于坦克和飞机，经过半个世纪的发展，从五十年代开始，相继研制成适用于汽车的盘式制动器，随后各国先后在汽车上逐步开始装用。

近年来，盘式制动器已推广到工程机械，我国ZL系列轮胎式装载机就是采用盘式制动器。

盘式制动器之所以能迅速发展，颇受欢迎，是由于它具有以下优点：

1. 摩擦片的摩擦系数对盘式制动器输出力矩的影响小，且平稳；
2. 制动减速度与管压力的关系是线性的；
3. 通风冷却效果较好；
4. 在水泥、砂粒或其它恶劣条件下仍能保证较稳定的制动性能；
5. 结构简单维修保养方便。

盘式制动器的优点虽多，但也有其缺点，即由于摩擦片承受单位压力较高，使得工作温度较高，对重型车辆更为突出。这样对摩擦材料的耐热性和热稳定性提出更高的要求。

本文着重介绍一种适用于工程机械的盘式制动器摩擦片。

## 二、摩擦片的组成及生产工艺

### 1. 摩擦片的组成

盘式制动器的摩擦片可分为金属型（粉末冶金）、半金属型、碳基型及有机石棉基型等。这里介绍的是国内外工程机械上普遍采用、并在国内已成批生产和使用的有机石棉基型摩擦片（以下简称HZ—507摩擦片）。

摩擦片主要由树脂粘结剂、石棉和填料三大部分构成。

（1）树脂粘结剂是对热最敏感的组分，也是影响摩擦片制动性能、热稳定性和磨损的主要因素。HZ—507摩擦片采用酚醛树脂和丁腈橡胶掺合而成的胶型作为粘结剂。其耐热温度可稳定在300℃，机械强度高，耐磨性好。

（2）石棉采用纤维蛇纹石类石棉，其化学成分为 $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。它在450℃时结晶水开始分解，800℃时完全失掉结晶水，因而在材料中起提高摩擦系数、提高机械强度、提高耐热性和吸收振动等作用。

(3) 填料主要采用固体润滑剂与固体增摩剂两类。所采用的固体润滑剂的有石墨、铁粉和铜屑等, 主要作用是提高摩擦片的耐磨性及摩擦稳定性, 并能防止摩擦振动的产生。所采用的固体增摩剂的有硫酸钡、金属氧化物等, 主要作用是提高摩擦片的摩擦系数及耐衰退性能, 并提高自净效能。

### 2. 生产工艺过程

衬板化学预处理→喷涂粘结剂。

丁腈橡胶预素炼→加橡胶配合剂及部分填料→加树脂热辊炼→下料冷却→粉碎→加石棉及填料等混合→加衬板热压成型→热处理→磨面加工→检验→成品。

## 三、HZ—507摩擦片性能

### 1. 机械物理性能(见表1)

表1 机械物理性能

布氏硬度 (HB)	冲击强度 (Kg·cm/cm <sup>2</sup> )	吸水率 (%)	吸油率 (%)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )
38.3	6.86	0.4	0.4	2.01

### 2. 摩擦磨损性能

(1) 按 J C 126~129—66 标准测定(见表2、图1~2)

试验条件: 单位压力 3kg/cm<sup>2</sup>

线速度 7.5m/s

摩擦对偶 HT 20—40 灰铸铁

表2 不同温度下摩擦系数及磨耗

120℃		300℃	
平均摩擦系数	磨耗 (mm/30分)	平均摩擦系数	磨耗 (mm/分)
0.47	0.03	0.39	0.10

摩擦系数随温度及时间变化见图1~2。

(2) 按 JIS D4411 标准测定(见表3、图3~4)

试验条件: 单位压力 10kg/cm<sup>2</sup>

线速度7.5m/s

摩擦对偶HT20-40

表3 不同温度下摩擦系数及磨耗率

项 目	温度(°C)				
	100	150	200	250	300
摩 擦 系 数	0.48	0.46	0.46	0.47	0.47
磨耗率(V) × 10 <sup>-7</sup> cm <sup>3</sup> /Kg·m	2.13	3.22	6.44	8.71	9.92

摩擦系数与温度变化曲线见图3。

磨耗率与温度变化曲线见图4。

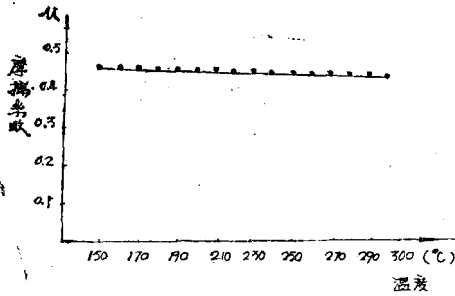


图1 摩擦系数随温度变化曲线



图2 300°C时摩擦系数随时间变化曲线

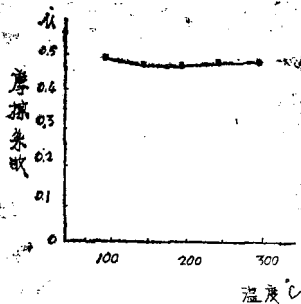


图3 摩擦系数与温度变化曲线

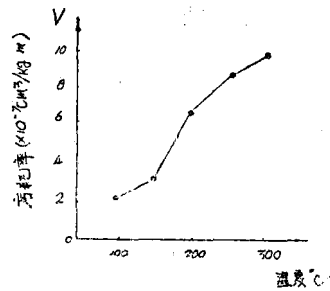


图4 磨耗率与温度变化曲线

#### 四、结 束 语

综上所述, HZ-507摩擦片摩擦性能随温度和制动时间的影响变化较小, 有良好的耐热性、耐磨性和足够的机械物理性能。

2. 近二年来在国产ZL40、ZL50、ZL90和Z4JM-2.5等型号的工程机械上都是采用这种摩擦片, 证明其摩擦系数稳定, 耐热性能良好, 能满足各种工况条件下的使用要求。

# 高速客车盘形合成闸片的研制

上海材料研究所 王延孝

## 一、前言

随着列车速度的增加，制动能量也在加大。列车的动能与速度二次方成正比。采用合成闸瓦的踏面制动，随着制动能量的增大，车轮踏面热负荷增加，从而使车轮受到损伤。而车轮是整个车辆行走部分的安全部件，车轮质量状态直接影响车辆运行安全。

由于合成闸瓦的散热量只是铸铁闸瓦的三分之一，为解决列车高速化中，在踏面制动时出现的热负荷增加问题，铁路车辆开始移用飞机的盘形制动经验。因为盘形制动比踏面制动有如下优点：①盘形制动的制动功率极大，可在更高速下制动；②盘形制动，车轮不承受制动能量；③盘形制动盘与闸片的材质与结构可双向任意选择；④盘形制动平稳，几乎无噪音，运行可靠；⑤重量轻，对车轮踏面无磨损。但盘形合成闸片在单位面积上摩擦压力较大，这样合成闸片的吸收热量也相应增大，因此，对合成闸片就提出更高的要求。

为适应时速160公里客车采用盘形制动装置的需要，我们研制了高摩擦系数的盘形合成闸片（简称HZ—408合成闸片）。

## 二、合成闸片的组成及生产流程

合成闸片摩擦部分配方主要是由树脂粘结剂、石棉和填料三大部分组成。其中树脂粘结剂一般是有机基的，是三大组中对热稳定性最敏感的材料，也是影响合成闸片衰退、弹性模量和磨损的主要因素。

国外在合成闸片上采用的树脂粘结剂种类很多，有酚醛树脂为基础的改性树脂、纯酚醛树脂或改性酚醛树脂和合成橡胶掺合型的粘结剂等。

我们考虑盘形闸片在时速160公里使用的性能要求和国内资源情况，选择用腰果壳液改性酚醛树脂（以下简称7605改性酚醛树脂）和丁苯橡胶掺合胶型作粘结剂。这种粘结剂的优点是：①7605改性酚醛树脂分解温度为377℃，较一般纯酚醛树脂高40℃左右，热稳定性好；②压缩弹性模量低、噪音小；③粘结性强，既有树脂耐老化性，又有橡胶的韧性，衰退率低，恢复性好；⑤耐磨性好，做成闸片后表面有良好的再现性。

采用这类掺合型粘结剂，所以能显示出上述优点，除了7605改性酚醛树脂本身结构上具有两个双键外，还因该树脂与合成橡胶相并用时，在受热过程中，树脂与橡胶填充剂之间，既能产生分子间的物理键，又能产生化学键。由于橡胶与树脂粒子表面相互作用的结果，在树脂粒子上能够形成橡胶外壳，使粘附性大为改善<sup>[1]</sup>。

1. HZ—408合成闸片组成（见表1）

表1

原料名称	7605 改性树脂	丁苯橡胶	硫化剂	铝铁铜 金属粉	无机填料	有机填料	固体 润滑剂	石棉	合计
%	17.34	4.26	0.38	14.36	28.77	4.07	5.32	25.5	100

2. 生产工艺流程

橡胶预素炼→加橡胶硫化剂及部分填料混炼→加树脂热辊炼→下料冷却→粉碎→加石棉及金属粉等混和→热压成型→热处理→成品。

### 三、HZ—408合成闸片的性能

1. 机械物理性能（见表2）

表2

测 定 项 目	结 果
密度（克/厘米 <sup>3</sup> ）	2.12
布氏硬度	18.0
冲击强度（公斤·厘米/厘米 <sup>2</sup> ）	3.90
抗拉强度（公斤/毫米 <sup>2</sup> ）	2.25
抗压强度（公斤/毫米 <sup>2</sup> ）	4.18
抗压弹性模量（ $\times 10^{-4}$ /厘米 <sup>2</sup> ）	0.813
线膨胀系数（ $\times 10^{-6}$ /℃）	31.7
吸水率（%）	2.0

2. 平均摩擦系数及磨耗率

HZ—408合成闸片平均摩擦系数及磨耗率是在1：1制动动力试验台上，以HT 30—54灰铸铁材质的磨盘为对偶<sup>[2]</sup>。

（1）不同速度下平均摩擦系数及实测制动距离见表3。

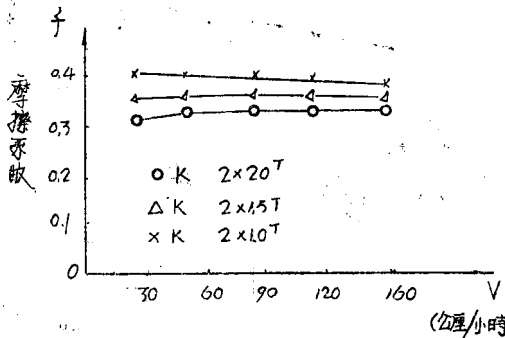


表 3

闸片压力 (吨)	实制动率 g (%)	摩 擦 系 数					制 动 距 离 (米)				
		制 动 初 速 (公里/小时)					制 动 初 速 (公里/小时)				
		30	60	90	120	160	30	60	90	120	160
2×2.0	34.9	0.33	0.34	0.33	0.31	0.28	30.9	119	275	523	1016
2×1.5	26.2	0.36	0.37	0.35	0.34	0.30	37.9	147	350	626	1262
2×1.0	17.5	0.40	0.40	0.38	0.37	0.35	50.5	204	474	874	1652

注：表列摩擦系数为平均值

HZ—408合成闸片与HT30—54灰铸铁对偶平均摩擦系数及制动距离曲线见图1、2。



图一 (HT30—45对偶, HZ—408材质)  
平均摩擦系数与速度关系

## (2) 闸片磨耗率

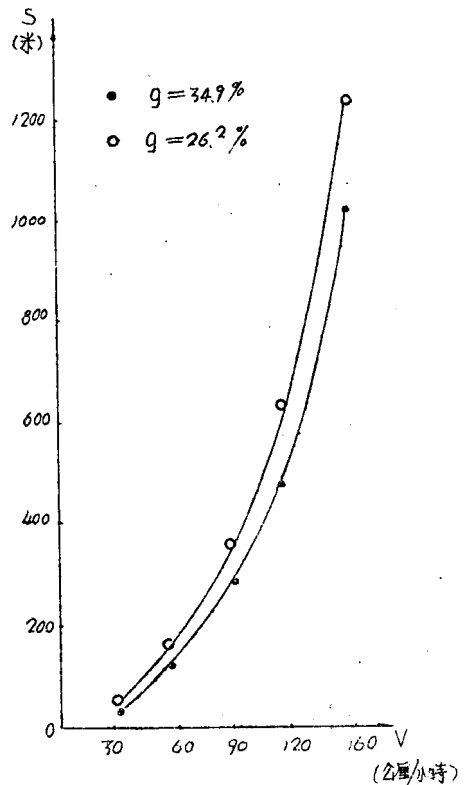
在1:1制动动力试验台上,按下列试验程序进行整套试验后,测得表4磨耗率:

①磨合试验:初速100公里/小时,每盘2×1.5吨闸片压力连续磨合十次,至闸片与盘接触面积达80%以上。

②紧急制动试验:按下列初速160、120、90、60、30、30、60、90、120、160、160、120、90、60、30(公里/小时)制动共十五次,每盘2×2.0吨闸片压力。

③常用制动试验:按下列初速160、120、90、60、30(公里/小时),每盘2×1.5吨及2×1.0吨闸片压力各制动一次,共十次。

④潮湿试验:制动时在制动盘二侧喷水,按下列初速160、90、30(公里/小时),每盘



图二 (HT30—54对偶, HZ—408材质)  
制动距离与速度关系

2×1.5吨闸片压力各制动一次，共三次。

⑤坡道制动试验：在60公里/小时左右，每盘2×0.5吨闸片压力条件下，连续制动约8分钟。

表 4

试验前后磨耗重量 (克)	所作制动功 (马力·小时)	重量磨耗率 (克/马力·小时)	厚度磨耗率 ( $\times 10^{-3}$ 毫米/马力·小时)
37	44.47	0.83	12.6

#### 四、结 语

(1)HZ—408合成闸片属低弹性模量高摩擦合成闸片，从1:1制动动力试验台测试结果分析，其摩擦磨损性能在较苛刻工况条件下，与合适的对偶配合（如HT30—54材质），是能满足时速160公里客车使用要求。

(2)HZ—408合成闸片具有较低抗弹性模量，且采用多组份金属粉末<sup>[3]</sup>，与结构合理的制动盘匹配，有良好的散热性，在每盘2×2.0吨压力，时速160公里条件下制动，最高摩擦盘表面温度为210℃。

(3)由于采用耐热性能良好的新型改性树脂作粘结剂，在坡道持续制动8分钟后，闸片衰退率为25%，摩擦系数稳定在0.30左右，能保持坡道制动力，不致产生“放扬”危险<sup>[2]</sup>。

研制成功的HZ—408盘形合成闸片曾安装在广州至九龙高速列车上运行考验。制动效果良好，符合设计要求。

参考文献 3 篇（略）

# 火车闸瓦研制

沈阳市石棉制品厂 司万宝

## 一、前言

铁路车辆通过制动装置的作用，由闸瓦迫使轮对减速，使列车在预定的时间和地点停车。随着铁路运输的发展，列车行车速度逐步提高，现在使用的铸铁闸瓦显然已逐渐不适用。因为铸铁闸瓦，在列车高速制动时，摩擦系数过小，则将延长制动距离，保证不了行车安全；而在低速制动时，则摩擦系数又显过大，造成了停车时的冲动（停车不稳定）。另一方面铸铁闸瓦不耐磨，全国每年将要消耗在闸瓦上的铸铁就达十四多万吨。另外，由于闸瓦制动时冒火引起的烧车事故，每年也有近百起，给国家财产造成极大损失。

近年来，合成闸瓦在世界上许多国家的铁路运输上都已经得到应用和发展。英国于一九〇七年，美国在一九二四年就先后开始了合成闸瓦的试验研究。一九五五年美国就已经开始在机车、车辆上应用。一九七一年约有二十多万辆机车、车辆上装用合成闸瓦。日本合成闸瓦年产量也达五十多万块。西德由一九二四年开始并研制成功了BK64型合成闸瓦，现在已被十几个国家所采用。苏联、瑞典、法国、芬兰、意大利等国家也都对合成闸瓦进行了大量的试验研究。世界合成闸瓦的产量在逐步增多。

我国早在一九五八年，就开始了这方面的研究，并曾在12/11次沈阳—北京特别快车上装用。当时试验的闸瓦是属高摩擦闸瓦，装用时，需要改动车辆制动结构降低车辆的制动倍率。因此，对合成闸瓦的推广应用带来困难。

一九七〇年，我厂在沈阳铁路局科研所，沈阳车辆段的帮助下，首先开始了低摩擦系数合成闸瓦的试验研究。这种闸瓦，不用改动车辆制动结构，可以和铸铁闸瓦互换使用。通过单车溜放，列车制动试验，反复筛选了上百个配方，于一九七二年试制成功SY21合成闸瓦，又通过装车运用考核，于一九七三年正式批量生产。这种闸瓦可直接应用在普客、直快、特快列车上。它具有制动力强，耐磨性好，体轻，换互方便的特点，减轻了列检人员的劳动强度，并综合利用了石棉摩擦材料粉尘。因此，这项试验研究受到国家有关部门的重视。

## 二、闸瓦性能

### 1. 闸瓦组成

各种组分技术要求如表1：

表 1

成分名称	技 术 要 求
酚醛树脂	软化点85℃，聚合速度40—70秒，细度100目以上，游离份5.5%以下
石 棉	建标54—61
石 墨	纯度95%
滑 石 粉	细度 200 目
粉 尘	细度 160 目，烧失量35%
钢 板	A 3

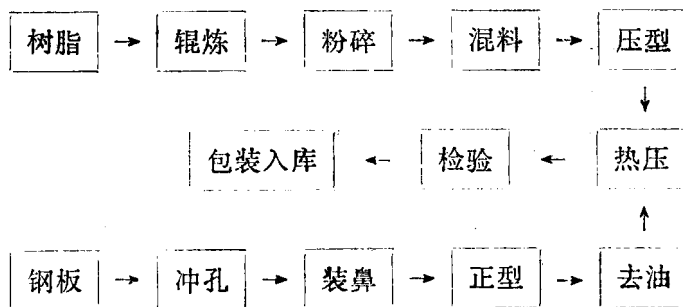
## 2. 闸瓦制造

表 2

成分名称	比 例 (%)
酚醛树脂	27
6 级石棉	45
滑 石 粉	2
重 品 石	5
粉 尘	11
石 墨	10

SY21合成闸瓦，是以六级石棉绒做骨架材料，酚醛树脂为粘结剂，添加其它材料经过热压复合而成。并衬有钢板增加强度。采用了强度高，性能稳定的干法生产工艺进行制造。

## (1) 工艺制造流程图



## (2) 工艺控制

一种质量稳定的产品，除必须通过严格制造工艺控制以外，还必须对使用的各种材料，严加要求，才能使产品的质量得到保证。

石棉，在闸瓦中用量较大，其性能对闸瓦质量有较大影响。分析表明，石棉因产地不同，成分变化很大，见表 3：

表 3

产地 \ 成分%	SiO <sub>2</sub>	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	CaO	Na <sub>2</sub> O
四川石棉	38.52	35.93	4.76	2.16	15	1.72	0.55
新康石棉	40.3	34.06	8.33	3.51	13	2.26	0.62
金县石棉	27.7	19.10	1.73	1.58	24.3	26.1	—
芒崖石棉	39.41	36.44	4.53	1.64	15.22	28.0	--

石棉等级对强度的影响也是很大的，见表 4：

表 4

石棉等级	4	5	6
冲击强度 kg-cm/cm <sup>2</sup>	6.0	4.2	3.1

因此，对石棉的产地及等级（筛余量）都要进行控制，见表 5

表 5

筛层	筛余量%
三层筛	35~45
满底	40~50
粉尘	25~5

树脂是合成闸瓦的粘结剂，对闸瓦性能，起重要作用。闸瓦的摩擦性能、热稳定性能、耐磨性、机械强度等均与树脂有较大关系。如树脂细度和强度之关系如表 6：

表 6

性能 \ 目	80	100
冲击强度 kg-cm/cm <sup>2</sup>	2.5	3.1

SY 21 闸瓦，是低摩擦类型的。起减磨作用的材料是石墨。石墨能提高闸瓦耐磨性，还可改善闸瓦的导热性能。 $\mu$  与石墨含量关系，见表 7：

表 7

配 方 号	石 墨	$\mu$
1	10	0.288
2	20	0.281
3	30	0.190

1. 在标准配方中, 外加石墨量。

2. 为圆盘测定。

石墨纯度, 随产地不同, 有较大的变化, 见表 8

表 8

产 地	含 C %	石 墨 %
南 墅		92
柳 毛		65

组份中的粉尘, 是生产石棉摩擦材料的废渣。在闸瓦中应用, 就可以降低成本, 达到综合利用的目的。

SY 21 闸瓦热压成型控制:

温度  $160 \pm 5^\circ\text{C}$

时间 40 分 (1 分 / 1 MM)

压强  $170\text{kg}/\text{cm}^2$

钢背尺寸严格按设计图纸要求。钢背在加工过程中污染上的油污, 会降低与背体间剪切强度, 因此, 要通过处理把油污除掉。

3. 闸瓦性能

(1) 物理机械性能, 如表 9 所示:

表 9

性 能	指 标 达 到	备 注
冲击强度 $\text{kg}\text{-cm}/\text{cm}^2$	3.0	
抗压强度 $\text{kg}/\text{cm}^2$	590	
含水率 %	2.0	
含油率 %	3.0	
摩擦系数 $\mu$	0.25	
磨 耗	0.01	
导热系数	1.077	
弹性模量 牛顿/mm	$1.4 \times 10^{-4}$	

( 续 ) 耐磨性

表10

闸瓦	试 验 方 法	
	台 测	运 用 考 察
S Y 2 1	0.017mm	1
铸 铁	0.02mm	3.5

耐磨性是合成闸瓦重要的技术经济指标,装车运用试验,在沈阳——青岛直客列车消耗闸瓦量大。按其往返一次的平均磨耗量计算,SY21合成闸瓦可运行22.038个往返,是铸铁闸瓦运行6.296个往返的3.5倍。试验台测定磨耗量为八倍。这是由于使用铸铁闸瓦轮对踏面十分粗糙,造成闸瓦磨耗偏高。

( 3 ) 摩擦性能

合成闸瓦的摩擦系数是闸瓦重要技术指标。如果摩擦系数高则使轮对擦伤,甚至造成行车事故。如果摩擦系数低,则降低了制动力,延长了制动距离,不能保证行车安全。

合成闸瓦摩擦特性与铸铁相比,在高速制动时 $\mu$ 高,低速制动时 $\mu$ 低。

SY 闸瓦,在各种条件测定其 $\mu$ 值如下:

①SY21闸瓦在 $\frac{1}{4}$ 模拟试验台测定 $\mu$ 见图1。

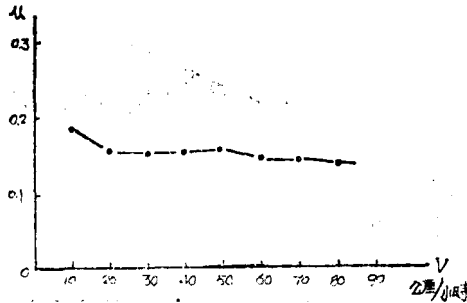


图1 SY21闸瓦在 $\frac{1}{4}$ 模拟试验台测定 $\mu$ 曲线

②在圆盘摩擦试验机,测其变温 $\mu$ 见图2。

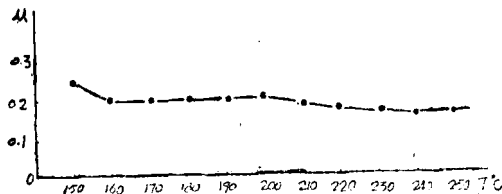


图2 在圆盘摩擦试验机测得变温 $\mu$ 曲线

③在MD—240定速式摩擦试验机测定 $\mu$ 与温度关系如下：  
(比压 $10\text{kg}/\text{cm}^2$ )

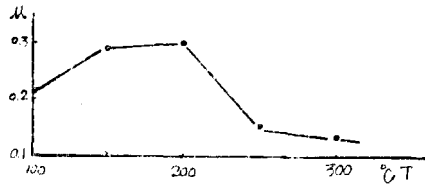


图3. 在MD—240定速式摩擦试验机测定摩擦系数

④在铁科院1:1动力试验台测定数据

瓦型	制动方式	摩擦系数		轮表最高温度 (°C)	最长制动时间 (秒)	最大制动距离 (米)	磨合温度 (°C)
		90公里/时	最低				
SY 21	2.5吨压力一次制动	0.094—0.156	0.066	300	51.1		255
	2.5吨压力连续制动	0.088—0.126	0.066	250	51.5		"
	2.5吨压力冷闸	0.126—0.156	0.072	300	46.8		"
	1吨压力一次制动	0.13		200			"
铸铁	2.5吨压力一次制动	0.133—0.186	0.116	113	28.3	495.4	239
	2.5吨压力连续制动	0.112—0.179	0.101	181	33.4	534	"
	1吨压力一次制动	0.16—0.186		93.7			"

⑤单车溜放试验，是实际考核。选在营口——老边区间的平直道上进行。试验车是SY 3 97005, 101型转向架，滑动轴承，GL 3型制动机。由机车SL 758牵引，当试验达到规定的速度时，进行摘钩，使试验车和机车分开，达到要求速度时进行制动，测定在一定的闸缸压力下，一定的初速度时，车辆每减速10公里/小时的时间(秒)，然后依减速时间和制动力的关系，按下式计算每减速10公里/时的平均摩擦系数即计算摩擦系数( $\varphi_K$ )：

$$\varphi_K = \frac{30 \frac{\Delta v}{\Delta t} - \omega}{1000 N}$$

- $\Delta V$  减速10公里/时
- $\Delta t$  减速10公里/时的时间(秒)
- $\omega$  试验车基本阻力
- $N$  制动率 公斤/吨



$$\omega = 1.49 + \frac{20}{V} + 0.00032 V^2$$

阻力计算为：

V	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$\omega$	3.52	2.62	2.44	2.50	2.67	2.98	3.34	3.79	4.30

摩擦系数及制动距离为：

闸瓦	制动缸压力	制动距离(米)	$\varphi_k$									
			0—10	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—70	70—80	80—90	
SY21	4.0	348	0.0973	0.105	0.120	0.120	0.120	0.106	0.0953	0.1005	0.0868	
铸铁	4.2	348	0.63	0.148	0.123	0.118	0.0935	0.098	0.0906	0.102	0.097	

#### (4) 运用性能

为考核气候地理条件差别对闸瓦的影响，铁道部科委于七三年发文，安排组织了齐、锦、哈、吉、上、广、柳和西安等铁路局，各装一列SY21闸瓦，进行运用考察。观察SY21合成闸瓦在高坡、寒冷、高温、多雨的地区适应情况。试后各局都给于评价，如柳局反映：“SY21闸瓦的制动力与生铁闸瓦相近，稍微高一点”。在运用中“两次非常制动……均未发现擦伤轮对”。广局科研所反映“SY21合成闸瓦通过半年多来的运用证明，效果良好，达到了节约，减轻劳动强度，有利于行车安全的目的”。齐局反映“在齐、满五个主要长大坡道上使用SY21合成闸瓦，按现行机车乘务员操纵方法，在技规规定减压量的情况下列车速度均能控制在安全速度范围内，进站停车没有发生冒进事故，制动距离与铁瓦无显著差别，行车安全可以保证。”这些试用反映表明，SY21合成闸瓦是适用于高坡、寒冷、高温、多雨地区的旅客列车上的使用。并能满足列车安全、正点、平稳的要求。

#### 4. 经济效果

##### (1) 运用的效果

试用表明，合成闸瓦耐磨性为铸铁闸瓦的3.5倍以上，因此，运用成本就相对降低。试用表明，每用一块合成闸瓦可节省0.2元左右。还能节省铸铁和焦炭，按生产63万块计算，节省铸铁2万吨。焦炭1.1万吨。

##### (2) 生产的效果

前已提到，这种闸瓦主要用粉尘，如按实际计算，已经使用粉尘量达到200多吨。给国家创造了利润。