

铁道车辆制动新技术应用丛书



盘形制动及其配套技术

孙新海 吕换小 著
卜华娜 孙福祥

中国铁道出版社

铁道车辆制动新技术应用丛书

盘形制动及其配套技术

孙新海 吕换小 著
卜华娜 孙福祥
饶 忠 审 校

中 国 铁 道 出 版 社

2001年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书系统地介绍了当前我国双层客车、提速客车和准高速客车所采用的盘形制动装置的结构、作用、原理以及运用、检修和试验等方面的知识,并简要介绍了与之有关的空重车自动调整阀、高度调整阀、差压阀和三阀试验台等新技术方面的知识。

本书可供车辆研究、设计、运用等部门的人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

盘形制动及其配套技术/孙新海等著. —2版. —北京:中国铁道出版社, 2001.5
(铁道车辆制动新技术应用丛书)
ISBN 7-113-04175-2

I. 盘… II. 孙… III. 旅客列车—盘形制动—制动装置 IV. U271.035

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 030397 号

书 名:盘形制动及其配套技术

著作责任者:孙新海 吕焕小 卜华娜 孙福祥 著

出版·发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑:薛淳

封面设计:李艳阳

印 刷:北京市燕山印刷厂

开 本:787×1092 1/32 印张:4.625 插页:3 字数:99 千

版 本:1998 年 9 月第 1 版 2001 年 6 月第 2 版第 1 次印刷

印 数:3501~6500 册

书 号:ISBN 7-113-04175-2/U·1141

定 价:10.80 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

前 言

目前,世界各国的旅客列车均向高速化发展,继 1964 年日本东海道新干线实现了速度 210km/h 以来,法国、德国等国家相继实现了最高运行速度 240km/h 、 270km/h 、 300km/h ,甚至更高的速度。在这一形势下,我国铁路旅客列车速度的提高,亦被提到日程上来。随着我国经济的迅速发展,铁路已远远不适应经济发展的需要,尤其在民航、公路大发展的今天,迫使铁路必须向高速方向发展。

1994 年 12 月 22 日广深线准高速列车的开行,给广大铁路工作者以极大的鼓舞,展示了我国铁路科技迈上了一个新水平,从而向世人宣布,中国铁路正在腾飞。

长期以来,我国铁路客、货列车运行速度较低,旅客列车最高速度仅为 110km/h 。限制列车运行速度的一个主要原因是列车的制动技术,落后的踏面(闸瓦)制动方式限制了列车速度的进一步提高。自 1989 年双层客车采用盘形制动之后,给列车速度的提高带来了希望,同时使制动技术上了一个新台阶。短短几年,盘形制动大量运用于双层客车、提速客车和准高速客车,与其他新技术配套,使旅客列车最高运行速度提高到了 140km/h 和 160km/h 。

1997 年 4 月 1 日,全国各大干线普遍提速,其中采用盘形制动的快速列车最高达到了 $140\text{km/h}\sim 160\text{km/h}$,从而缓解了铁路运输的紧张局面,也提高了铁路的竞争能力。可以相信,在列车速度提高的同时,也必将推动铁路制动技术的进一步发展。

为使盘形制动及其配套技术得到更好的推广和使用,保证列车的安全运行,特编写此书。本书主要讲述了盘形制动装置的结构、作用、原理以及运用、检修和试验等方面的知识,并简要介绍了与之有关的空重车自动调整阀、高度调整阀、差压阀和三阀试验台等新技术方面的知识,以供有关的工程技术人员、高等院校师生和从事铁路制动方面的广大职工学习和参考。在本书的编写过程中,得到了各铁路车辆工厂和车辆段的大力帮助,并承蒙北方交通大学饶忠副教授审校,在此特表示谢意。

由于作者水平所限,本书有错误和不妥之处,请读者指正。

铁道部科学研究院 钱立新

1997年10月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 盘形制动在我国客车上的应用	1
第二节 盘形制动的特点	2
第三节 盘形制动的制动距离计算及试验	5
第二章 采用盘形制动的客车制动系统配置	18
第一节 普通双层客车制动系统配置	18
第二节 准高速客车制动系统配置	23
第三章 盘形制动装置	24
第一节 制动盘和合成闸片	24
第二节 SP_2 型盘形制动单元	44
第三节 SP_4 型踏面清扫器	53
第四节 盘形制动单元的发展与系列化	64
第五节 SP 系列盘形制动单元检修	78
第四章 空重车自动调整阀	84
第一节 国产 KZF ₃ 型和 KZF ₄ 型空重车自动调整阀	84
第二节 U ₅ A 型空重车自动调整阀	90
第五章 高度调整阀与差压阀	116
第一节 高度调整阀	116
第二节 差 压 阀	124
第六章 三阀试验台	128
参考文献	140

第一章 绪 论

第一节 盘形制动在我国客车上的应用

自20世纪30年代以来,世界上许多国家都陆续采用了盘形制动。尤其在高速列车上,盘形制动更是必不可少。我国一般旅客列车仍然采用传统的基础制动装置,如果说目前的运行速度限制在110km/h还能维持运营,那么当列车运行速度提高到120km/h以上,闸瓦制动无法满足列车制动的要求时,将采用什么样的制动方式呢?答案是盘形制动。它是当今世界各国高速列车普遍使用的制动方式,也是今后中国旅客列车制动技术的发展方向之一。表1—1是世界各国动车和拖车采用盘形制动的情况。

表 1—1 世界各国采用盘形制动的情况

国 别	列车型号	最高运行速度(km/h)	运用年份
日 本	0 系列	210	1964
	100 系列	230	1985
	300 系列	300	1991
德 国	ET403	200	1972
	ICE-V	300	1990
	ICE	280	1991
前苏联	ЭР-200	200	1984
法 国	TGV-A	300	1989
	TGV-N	350	1995
加拿大	LRC	200	1968
英 国	HST	200	1975
意大利	ETR450	250	1988
瑞 典	X2000	210	1990

自从 1989 年 25.5m 新型全空调双层客车采用 H300 型大功率盘形制动装置以来,盘形制动得到了较大的应用和发展,先后在上海、北京、济南、郑州、柳州、沈阳等铁路局和广州铁路(集团)公司运用。盘形制动最初在中短途双层客车上得到应用,近年来应用于中长途双层客车,又大量应用于准高速客车和提速客车。由于盘形制动装置结构紧凑、能够承受巨大的制动能量,为旅客列车速度的进一步提高奠定了基础。

由于双层客车载重量较大,充分利用了车体空间,车辆走行部倘若仍采用传统的制动方式,不仅布置困难,而且也不易达到设计技术要求的各项指标。为此在原 209T 型转向架的基础上设计了盘形制动装置和空气弹簧,命名为 209PK 型转向架(P 代表盘形制动;K 代表空气弹簧);随着列车速度提高的需要,盘形制动又大量应用于准高速 209HS 和 CW-2 型转向架。

H300 型大功率盘形制动装置主要包括:H300 型制动盘、SP₂ 型盘形制动单元、HZ408 型合成闸片(普通双层客车用)和 HZ5445 型合成闸片(准高速客车用)等部件组成。另外,H300 型大功率盘形制动装置的配套装置有 SP₄ 型踏面清扫器。

另外,装有盘形制动装置的车辆配套技术,还有空重车自动调整阀、高度调整阀和差压阀(合称三阀)等装置,在本书中也作一些介绍。

第二节 盘形制动的特点

一、结构紧凑、制动效率高

由制动盘、盘形制动单元、高摩擦系数合成闸片和杠杆等构成的盘形制动装置,具有结构紧凑,制动效率高(90%以上)

的特点。传统的基础制动装置,不但传动效率低(只有 50%~60%),而且传动杠杆等系统庞杂,自重较大。随着旅客列车速度和载客量的不断增加,如果仍然采用传统的基础制动装置和铸铁闸瓦,就不能适应旅客列车及其他条件发展的要求。

传统制动方式的制动缸自重大,检修不便,一般每 6 个月要进行一次制动检查,制动缸要清洗、给油。铸铁闸瓦摩擦系数是随着列车速度的提高而减小的,例如:列车速度在 20km/h 时,铸铁闸瓦的摩擦系数大约为 0.16,而当列车速度为 120km/h 时,摩擦系数将降低到 0.075 左右。这说明在高速情况下,使用铸铁闸瓦会导致制动距离延长。所以,目前运行的普通旅客列车速度只能限制在 110km/h 以下。

铸铁闸瓦的耐磨性差,尤其是为了获得必要的制动力,不得不提高闸瓦压力,这又会导致铸铁闸瓦的加速磨耗。试验表明,闸瓦的耐磨性与闸瓦压力的大小有关,磨耗量几乎与压力成正比。据不完全统计,我国铁路车辆每年需消耗铸铁闸瓦 $10 \times 10^4 \text{t}$,这是很不经济的。

二、盘形制动能充分利用制动粘着系数

盘形制动使用的是高摩擦系数合成闸片,摩擦系数还可以根据需要进行闸片配方调整。合成闸片的摩擦系数与列车速度的变化关系不大,摩擦系数特性曲线与粘着系数的特性曲线可以做到非常吻合,这样就有利于车辆制动力的设计。盘形制动能够充分利用制动粘着系数,有效地缩短制动距离。图 1—1 是合成闸片的摩擦系数和制动粘着系数特性曲线。

在设计车辆时,制动力的计算取决于可利用的制动粘着系数,即:制动力 $\leq$ 粘着力。

盘形制动的制动力等于闸片压力乘以摩擦系数再乘以制

动盘的摩擦半径与车轮半径的比值。粘着力等于制动粘着系数与车轮载荷的乘积。由于盘形制动的摩擦系数曲线和制动粘着系数曲线随速度变化的规律相似,所以盘形制动能充分地利用轮轨间的粘着系数。

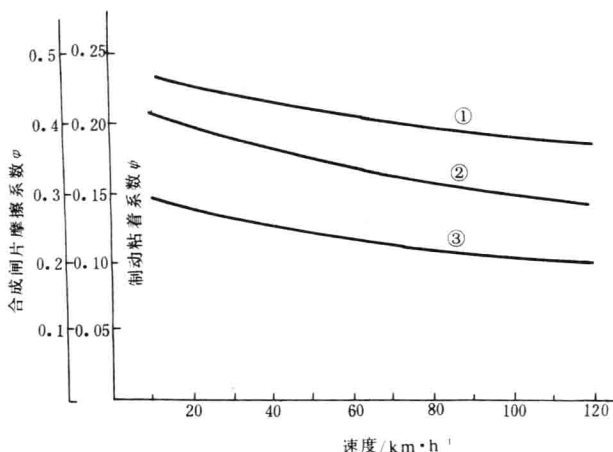


图 1—1 合成闸片摩擦系数与制动粘着系数特性曲线

①制动粘着系数(干燥轨面) $\psi=0.0624+\frac{45.60}{v+260}$

②闸片摩擦系数;

③制动粘着系数(潮湿轨面) $\psi=0.0405+\frac{13.55}{v+120}$

三、盘形制动能适应速度的提高,减轻车轮踏面的磨耗

随着列车速度的提高,列车的制动能量与列车速度呈平方关系增加,盘形制动具有较大的制动功率,能够充分吸收和转化制动能量,有效地减轻车轮的热负荷,减轻车轮踏面的磨耗和热损伤。

四、制动盘和闸片的耐磨性好,检修工作量小

从现场调查情况来看,盘形制动装置的故障较少。如上海—南京的双层客车制动盘和闸片的运用情况相当理想。一副闸片使用一个段修期,磨耗量平均在 13mm 左右(闸片原型厚 28mm,运用限度为 5mm),制动盘在运行 2×10^6 km 后仍未磨耗到限。由于制动力大部分由盘形制动来承担,所以踏面清扫器上的闸瓦磨耗量也很小,一块铸铁闸瓦平均可使用一年左右,从而减少了以往更换闸瓦和停车作业的时间。

第三节 盘形制动的制动距离计算及试验

一、盘形制动的制动距离计算

120km/h 紧急制动距离的设计计算(以双层客车为例)。

(一)只用 SP₂ 型盘形制动单元,不使用 SP₄ 型踏面清扫器

1. SP₂ 型盘形制动单元制动缸的有效面积

$$C = \frac{\pi D^2}{4}$$

式中 D ——制动缸有效直径, $D=25.4$ cm。

$$C = \frac{3.14 \times 25.4^2}{4} \approx 506 \text{ cm}^2$$

2. 重车工况时(总重 72t)紧急制动闸片压力

$$K = 2pCN\eta \times 100$$

式中 p ——制动缸空气压强,重车时 $p=400$ kPa,空车时 $p=300$ kPa;

N ——夹钳杠杆倍率, $N=1.31$;

η ——杠杆实测传动效率, $\eta=0.85$ 。

$$K = 2 \times 0.4 \times 506 \times 1.31 \times 0.85 \times 100 \approx 45074\text{N}$$

3. 摩擦力矩

$$W_1 = K\varphi r$$

式中 φ ——合成闸片的摩擦系数, 120km/h 时 $\varphi=0.33$;

r ——制动盘平均摩擦半径, $r=0.25\text{m}$ 。

$$W_1 = 45074 \times 0.33 \times 0.25 \approx 3718\text{N} \cdot \text{m}$$

4. 轴制动力

$$B = 2W_1/R$$

式中 R ——车轮半径, $R=915/2=0.4575\text{m}$ 。

$$B = 2 \times 3718 \div 0.4575 \approx 16253\text{N}$$

5. 减速度

$$a = B/M$$

式中 M ——轴重, $M=18000\text{kg}$ 。

$$a = 16253 \div 18000 \approx 0.903\text{m/s}^2$$

6. 实制动距离

$$S_{\text{实}} = v^2/2a$$

式中 v ——制动初速度, $v=120/3.6 \approx 33.3\text{m/s}$ 。

$$S_{\text{实}} = 33.3^2 \div 2 \div 0.903 \approx 614\text{m}$$

7. 20 辆车时的空走距离

$$S_{\text{空}} = vt_k$$

式中 t_k ——空走时间, $t_k=4\text{s}$ 。

$$S_{\text{空}} = 33.3 \times 4 \approx 133\text{m}$$

8. 全制动距离

$$S_{\text{全}} = S_{\text{实}} + S_{\text{空}} = 614 + 133 = 747\text{m}$$

(二)使用 SP₂ 型盘形制动单元,同时采用 SP₄ 型踏面清扫器

1. 由于 SP₄ 型踏面清扫器能够承担一部分制动力,所以

盘形制动单元制动缸的空气压强相应低一些。重车工况(72t)下空气压强设计值为 365kPa,空车工况(52t)下空气压强设计值为 265kPa。

(1)SP₄ 型踏面清扫器有效面积

$$C = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \times 20.3^2}{4} \approx 323.5 \text{cm}^2$$

式中 D ——制动缸有效直径, $D=20.3\text{cm}$ 。

(2)重车紧急制动时踏面清扫闸瓦压力

$$\begin{aligned} K_{\text{瓦}} &= pCN\eta \times 100 \\ &= 0.365 \times 323.5 \times 1 \times 0.85 \times 100 \\ &\approx 10036 \text{N} \end{aligned}$$

(3)重车紧急制动时盘形制动闸片压力

$$\begin{aligned} K_{\text{片}} &= 2pCN\eta \times 100 \\ &= 2 \times 0.365 \times 506 \times 1.31 \times 0.85 \times 100 \\ &\approx 41130 \text{N} \end{aligned}$$

(4)重车时盘形制动摩擦力矩

$$W_1 = K_{\text{片}} \varphi r = 41130 \times 0.33 \times 0.25 \approx 3393 \text{N} \cdot \text{m}$$

(5)重车时踏面制动摩擦力矩

$$W_2 = K_{\text{瓦}} \varphi R = 10036 \times 0.08 \times 0.4575 \approx 367 \text{N} \cdot \text{m}$$

(6)重车时盘形制动轴制动力

$$B_1 = 2W_1/R = 2 \times 3393 \div 0.4575 \approx 14832 \text{N}$$

(7)重车时踏面制动轴制动力

$$B_2 = 2W_2/R = 2 \times 367 \div 0.4575 \approx 1604 \text{N}$$

(8)轴制动力总和

$$B_{\text{总}} = B_1 + B_2 = 14832 + 1604 = 16436 \text{N}$$

(9)减速度

$$a = B_{\text{总}}/M = 16436 \div 18000 \approx 0.913 \text{m/s}^2$$

(10)实制动距离

$$S_{\text{实}} = v^2/2a = 33.3^2 \div 2 \div 0.913 \approx 607\text{m}$$

(11)20 辆车时的空走距离

$$S_{\text{空}} = vt_k = 33.3 \times 4 = 133\text{m}$$

(12)全制动距离

$$S_{\text{全}} = S_{\text{实}} + S_{\text{空}} = 607 + 133 = 740\text{m}$$

2. 如在重车工况(72t)下制动缸空气压强(空重车自动调整阀的输出压强)最大值取 420kPa,其制动距离可按以下步骤计算。

(1)SP₄ 型踏面清扫器有效面积

$$C = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \times 20.3^2}{4} \approx 323.5\text{cm}^2$$

(2)重车紧急制动时踏面清扫闸瓦压力

$$\begin{aligned} K_{\text{瓦}} &= pCN\eta \times 100 \\ &= 0.42 \times 323.5 \times 1 \times 0.85 \times 100 \\ &\approx 11549\text{N} \end{aligned}$$

(3)重车紧急制动时盘形制动闸片压力

$$\begin{aligned} K_{\text{片}} &= 2pCN\eta \times 100 \\ &= 2 \times 0.42 \times 506 \times 1.31 \times 0.85 \times 100 \\ &\approx 47328\text{N} \end{aligned}$$

(4)重车时盘形制动摩擦力矩

$$W_1 = K_{\text{片}} \varphi r = 47328 \times 0.33 \times 0.25 \approx 3904\text{N} \cdot \text{m}$$

(5)重车时踏面制动摩擦力矩

$$W_2 = K_{\text{瓦}} \varphi R = 11549 \times 0.08 \times 0.4575 \approx 423\text{N} \cdot \text{m}$$

(6)重车时盘形制动轴制动力

$$B_1 = 2W_1/R = 2 \times 3904 \div 0.4575 \approx 17066\text{N}$$

(7)重车时踏面制动轴制动力

$$B_2 = 2W_2/R = 2 \times 423 \div 0.4575 \approx 1849\text{N}$$

(8)轴制动力总和

$$B_{\text{总}} = B_1 + B_2 = 17066 + 1849 = 18915\text{N}$$

(9)减速度

$$a = B_{\text{总}}/M = 18915 \div 18000 \approx 1.05\text{m/s}^2$$

(10)实制动距离

$$S_{\text{实}} = v^2/2a = 33.3^2 \div 2 \div 1.05 \approx 528\text{m}$$

(11)20 辆车时的空走距离

$$S_{\text{空}} = vt_k = 33.3 \times 4 = 133\text{m}$$

(12)全制动距离

$$S_{\text{全}} = S_{\text{实}} + S_{\text{空}} = 528 + 133 = 661\text{m}$$

采用盘形制动的其他车种可以按照以上的方法进行计算。

二、盘形制动的制动距离试验

(一)单车溜放制动试验

车辆的紧急制动距离计算仅是设计值,实际上客车采用盘形制动后,在 120km/h、140km/h、160km/h 最高速度时的紧急制动距离是否能够达到设计值,必须通过现车试验来验证。

单车溜放制动试验的方法是:机车与被试验车辆 1 辆联挂后,由机车向被试车辆充气,待车辆制动系统充气至定压后,分别关闭机车与车辆的折角塞门,摘开列车软管连接器;由机车牵引该车辆运行,当速度超过目标速度后,机车压钩,车辆提钩,机车继续加速行驶,使其与客车分离,然后在被试车辆上进行列车管紧急排气,车辆发生紧急制动作用,同时记录被试车辆的紧急制动停车时间、制动距离及减速度等的变

化过程。单车溜放制动试验的主要目的是检测车辆在120km/h、140km/h、160km/h速度下紧急制动时,其制动距离是否与设计值一致,能否在规定的制动距离内停车,并考核盘形制动装置的配置合理性与可靠性。

1. 双层客车单车溜放制动试验

1992年6月13日~22日在铁道部科学研究院环行试验基地进行了双层客车的单车溜放制动试验。

被试双层客车的车号为SYZ39025,自重53.1t,加载重量16t,总重69.1t,配置两套104型空气分配阀及两套空重车自动调整阀,盘形制动单元制动缸直径254mm,杠杆倍率为1.31,踏面清扫器制动缸直径为203mm,杠杆倍率为1.0。

这次试验中紧急制动时采用了空重车自动调整阀输出压强最大值(即制动缸压强)420kPa,其试验结果见表1—2所示。

表1—2 双层客车(SYZ39205)溜放制动试验数据表

制动初速(km/h)	制动距离(m)	制动缸压强(kPa)	制动时间(s)
120.3	547.0	415	29.89
121.3	547.7	415	31.52
123.6	554.9	415	30.03

由试验结果看,在单车紧急制动时,其制动距离值:当120.3km/h时为547m;当121.3km/h时为574.7m;当123.6km/h时为554.9m;平均减速度在 $0.99\sim 1.06\text{m/s}^2$ 之间。试验结果与120km/h时的实制动距离、平均减速度 1.05m/s^2 的计算值比较吻合。

1992年9月在铁道部科学研究院环行试验基地再一次进行了双层客车的单车溜放制动试验。

被试双层客车每辆车配置1套104型空气分配阀及1套

空重车自动调整阀。单车溜放试验车号为 SYZ39385,自重 54.9t,按标记载重加载 14.3t,总重 69.2t,盘形制动单元制动缸直径 254mm,杠杆倍率为 1.31,踏面清扫器制动缸直径为 203mm,杠杆倍率为 1.0。溜放制动的试验结果见表 1—3。

表 1—3 双层客车(SYZ39385)溜放制动试验数据表

制动初速(km/h)	制动距离(m)	制动缸压强(kPa)	制动时间(s)
120.0	634.5	350	35.0
120.3	672.7	310	37.5
122.5	710.1	310	39.7

试验结果表明,在单车紧急制动时,其制动距离值:当 120km/h 时为 634.5m(此时制动缸压强为 350kPa),平均减速度为 0.876m/s^2 ,这与以上设计计算的 120km/h 时,制动缸压调整为 365kPa 紧急制动制动距离为 607m、平均减速度 0.913m/s^2 相当吻合。其他试验数据也符合设计规律。

2. 准高速客车单车溜放制动试验

1992 年 6 月 13 日~22 日在铁道部科学研究院环行试验基地对准高速客车样车进行了单车溜放制动试验。主要试验数据见表 1—4 和表 1—5。

表 1—4 浦镇厂准高速客车溜放试验(车号 SRZ_{25B}10434,重车)

制动初速(km/h)	制动距离(m)	制动缸压强(kPa)	制动时间(s)
159.5	1046.5	390	45.16
159.5	1004.9	400	42.40
160.3	991.9	405	41.34
161.1	1023.1	395	43.33

浦镇车辆工厂被试准高速双层客车每辆车配置 1 套 104 型空气分配阀及 1 套空重车自动调整阀。自重 53.1t,按标记