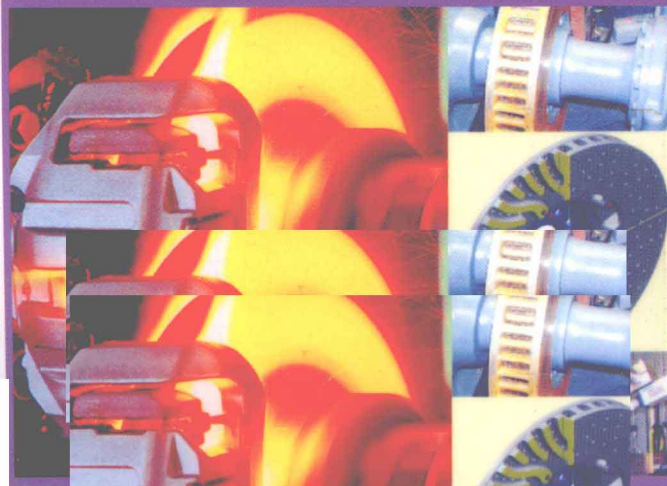


汽 / 车 / 先 / 进 / 技 / 术 / 译 / 丛

制动技术手册

(德) B.布勒伊尔 K.比尔 著
刘希恭 等译



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车先进技术译丛

制动技术手册

——基础知识、部件、系统、行驶动力学

(德) B. 布罗伊尔 著
K. 比尔
刘希恭 等译



机械工业出版社

本手册探讨了有关现代车辆制动系统的基础知识、要求、设计、模拟、部件、系统、工作性能和功能。本手册适用于乘用车、商用车、拖车、轨道车辆、轮式和履带式越野车、摩托车、自行车和赛车,并且均以独立篇章叙述机械电子应用、材料及处理、安全性和可靠性、控制机构与试验方法、批准与评价、维护与修理以及未来发展。本手册适于汽车行业的工程师和技术人员阅读与参考,也适于汽车专业的大学生学习使用。

Bremsenhandbuch(3. Auflage)

Bert Breuer/Karlheinz Bill

Original ISBN: 978-3-8348-0064-0

Originally published in the German Language by Vieweg + Teubner, 65189 Wiesbaden, Germany.

Vieweg is a part of Springer Science + Business Media © Vieweg + Teubner/GWV, Wiesbaden 2006.

Authorized Simplified Chinese Edition is published by CMP. All Rights Reserved.

本书中文简体版由德国 Vieweg + Teubner 出版社授权机械工业出版社独家出版发行。

版权所有,侵权必究。

北京市版权局著作权合同登记号:01-2010-0437

图书在版编目(CIP)数据

制动技术手册/(德)布罗伊尔(Breuer,B.),
(德)比尔(Bill,K.)著;刘希恭等译. —北京:
机械工业出版社,2011.6

(汽车先进技术译丛)

ISBN 978-7-111-34916-7

I. ①制… II. ①布…②比…③刘… III. ①车
辆制动—技术手册 IV. ①U260.35—62

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第103751号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:徐巍 责任编辑:徐巍

封面设计:鞠杨 责任印制:乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2011年7月第1版第1次印刷

169mm×239mm·36.25印张·4插页·744千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-34916-7

定价:133.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

销售一部:(010)68326294 门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版



前 言

自 1935 年起,在德语地区就有 Teves 制动器手册,其新版对于乘用车制动系统的学习来说,已证明为最适宜的参考书。1995 年,Teves 制动器厂商又出版了《电子制动系统》一书。

Vieweg 出版社建议在此基础上进行广泛扩充,以使其满足现代专业读者的需求:包含专业厂商最新技术,以基础知识为导向,同时涉及实际应用。

微电子学和机械电子学提高了技术潜力和制动系统功能度。液压、电液或电动机械操纵制动器以及具有所有部件的整体制动系统,现今已经成为不可缺少的组成部分。同样这对于将来高水平的安全性、驾驶人辅助功能,避免事故以及舒适性也是不可缺少的。对此,一个具有其他如转向、车轮悬架和轮胎等汽车分系统对环境-驾驶人-车辆这个总系统的作用是绝对必要的。

编者和出版社编辑出版的制动技术手册(第 3 版),以专业图书的形式展示出有关各种类型车辆的制动器和制动系统。本手册探讨了有关现代车辆制动系统的基础、要求、设计、模拟、部件、系统、工作性能和功能。本手册适用于乘用车、商用汽车、拖车、轨道车辆、轮式和履带式越野车、摩托车、自行车和赛车,并且均以独立篇章叙述机械电子应用、材料及处理、安全性和可靠性、控制机构与试验方法、批准与评价、维护与修理以及未来发展。

我们的目标读者有汽车专业工程师、技术员,对车辆和制动系统进行设计、开发、试验、制造、维护与监控的人员,以及学习、研究的其他人员,特别是工程专业和汽车专业的大学生。

我们对制动技术手册进行了彻底修订和修改,扩充了轨道车辆制动系统,引入了机械电子系统、具有自动放大作用的机电操纵制动器、工业设备用机械制动器、具有非金属制动盘的制动器等新课题,我们对第 3 版拥有广泛的读者感到高兴。

此外,本书所有篇章采用统一的公式符号。

全体著者对于在本书章节的修订过程中提供帮助的专业咨询人员以及对本书提出鼓励和提示的广大读者表示衷心感谢(bbauer@fid.tu-darmstadt.de, bill@fltw-berlin.de)。对 Vieweg 出版社 Imke Zander 女士和 Ewald Schmitt 先生的可靠而令人愉快的合作表示感谢。

Seeheim-Jugenheim/柏林 2006 年 7 月

B. 布罗伊尔

K. 比尔

译者的话

本手册由 2006 年出版的德文版《Bremsenhandbuch》译出。图书原版包括各种类型车辆的制动器和制动系统，探讨了有关现代车辆制动系统的基础、要求、设计、模拟、部件、系统、工作性能和功能。内容涉及范围广，介绍了制动方面的最新技术，并结合实际需要，以基础知识为导向进行论述。

本手册适于汽车行业的工程师和技术人员阅读与参考，也适于汽车专业的大学生学习使用。

参加本手册翻译的人员有：刘希恭、刘小丰、李伟、刘晓璞、寇少华、赵洪安、卢振英、崔燕、赵海玲、王言臣、崔顺德、刘小鹏、杨香兰。由于水平有限，难免有翻译不当之处，欢迎读者提出宝贵意见。

译者

目 录

前言

译者的话

1 汽车制动系统发展史	1
1.1 机械操纵的车辆制动器	1
1.2 液压操纵的四轮制动器	3
1.3 带有内置助力器的制动系统	4
1.4 多回路制动系统	5
1.5 由肌力到外力的制动系统	7
1.6 液压操纵的盘式制动器	7
1.7 电控制动系统	9
2 制动过程基础知识	12
2.1 作为驾驶任务的制动	12
2.2 制动过程的特点	13
2.3 停车距离	15
2.4 制动稳定性与制动力分配	17
2.5 故障安全保护	19
3 车辆技术要求	21
3.1 工作能力	21
3.1.1 制动距离	21
3.1.2 稳定性	22
3.1.3 道路的不平度	23
3.1.4 摩擦因数相关性	24
3.2 车况	25
3.2.1 稳定性	26
3.2.2 车身俯仰	29
3.3 操纵/操作	31
3.3.1 动作与定量性	31
3.3.2 力、行程、标志	32
3.4 组件/安装位置	33
3.4.1 尺寸与装配关系	33

3.4.2 质量	34
3.5 制动助力器供能	35
3.6 热边界条件	36
3.7 环境条件	38
3.8 噪声与振动	38
3.8.1 振动	38
3.8.2 噪声	39
3.9 碰撞要求	40
3.10 环保	41
3.10.1 制动摩擦片	41
3.10.2 防腐蚀	41
3.10.3 制动液	41
3.11 能量回收	41
4 人员要求	43
4.1 序言	43
4.2 制动形势	43
4.2.1 信息接收	45
4.2.2 狭义的信息处理	46
4.2.3 反应	47
4.2.4 制动信息处理过程中的时间顺序	47
4.3 制动行为	48
4.3.1 脚部动作	48
4.3.2 制动踏板操作	49
4.4 人机工程学的制动设计	50
4.4.1 几何学	50
4.4.2 踏板特性曲线	51
4.4.3 选择方案	51
4.4.4 制动辅助	52
5 路面、轮胎、制动器的相互作用	55
5.1 序言	55
5.2 轮胎—路面间力的传递	55
5.2.1 橡胶摩擦	55
5.2.2 轮胎—路面间的相互作用	57
5.2.3 轮胎力的建立	59

5.3 轮胎—制动器间的相互作用	62
5.3.1 轮胎模型	62
5.3.2 制动时轮胎的动态圆周力—滑移率特性	62
5.3.3 ABS 制动时的圆周力	64
5.3.4 圆周力和侧向力的结合, 有侧向力需求时的制动	64
5.4 轮胎综合到车辆总系统	66
5.4.1 轮胎产品最优化—以冬季轮胎为例的 ABS 控制	67
5.4.2 事故复制中的制动迹线	68
5.5 展望	71
6 乘用车制动系统的设计与模拟	73
6.1 制动动力学基础	74
6.2 制动计算基础	75
6.2.1 踏板装置	76
6.2.2 带制动主缸的真空助力器	76
6.2.3 制动器	77
6.3 制动系统设计	79
6.3.1 制动回路布置	79
6.3.2 制动系统设计标准	80
6.3.3 车轮制动器设计	81
6.3.4 制动调节系统设计	85
6.3.5 电—液制动系统设计标准	90
6.4 制动系统模拟	91
6.4.1 制动系统设计	92
6.4.2 制动系统部件的有限元分析法	93
6.4.3 制动系统部件模拟	94
6.4.4 总系统模拟	95
7 乘用车制动系统的结构与部件	98
7.1 引言	98
7.1.1 物理学基础	98
7.1.2 制动系统类型	101
7.1.3 乘用车制动系统结构	102
7.2 制动力的产生	103
7.2.1 盘式制动器	104
7.2.2 鼓式制动器	113

7.2.3 发电机	115
7.3 制动能量的传递与调制	117
7.3.1 机械液压制动压力调制	117
7.3.2 电子液压制动压力调制	118
7.3.3 传递单元	131
7.4 制动操纵	132
7.4.1 制动助力器	132
7.4.2 串联式制动主缸	136
7.5 人机接口(HMI)	138
7.5.1 行车制动器 HMI	138
7.5.2 驻车制动器 HMI	138
7.5.3 踏板特性(人机工程学)	140
7.6 新的与未来系统的设计结构	141
8 商用车和拖车制动系统与制动特性	144
8.1 制动系统设计	144
8.1.1 制动时的车辆稳定性	144
8.1.2 制动力在轴上的分配	145
8.1.3 制动力分配图中的制动过程	147
8.1.4 制动力控制(ALB)	148
8.1.5 发动机制动力矩、惯性矩及缓行制动装置制动力矩的影响	149
8.1.6 特征值波动测定及其对制动力分配的影响	150
8.1.7 制动回路布置与制动回路失效	152
8.2 中型与重型商用车制动系统	153
8.2.1 制动系统结构	153
8.2.2 车轮制动器与操纵部件	155
8.3 缓行制动系统	158
8.3.1 发动机制动系统	158
8.3.2 缓速器	159
8.4 常规制动与驱动防滑转控制系统	160
8.4.1 防抱死系统	160
8.4.2 牵引控制	161
8.5 电子制动管理系统(EBS)	163
8.5.1 缓行制动系统集成	164
8.5.2 积成的近似阻滞的稳定性控制	165
8.5.3 牵引车与拖车间兼容性的优化	166

8.5.4 制动辅助	167
8.5.5 回滚锁止	167
8.5.6 制动摩擦片磨损控制	167
8.5.7 距离控制自动装置	168
8.5.8 车辆自动控制系统	169
8.6 系统集成与电子交联	170
8.7 线控系统综合研究	170
9 商用汽车制动器	172
9.1 压缩空气操纵的商用车辆制动器结构类型	172
9.1.1 鼓式制动器	172
9.1.2 盘式制动器	172
9.2 压缩空气操纵的滑动钳—盘式制动器的结构与作用原理	173
9.2.1 操纵系统	173
9.2.2 自动磨损调整系统	174
9.2.3 调整特性	175
9.2.4 空气隙的意义	175
9.2.5 制动器与轮毂的相互作用	177
9.3 功率与寿命特性	179
9.4 摩擦体	180
9.4.1 制动摩擦片	180
9.4.2 制动盘	181
9.5 制动器与摩擦体的开发和试验	185
9.6 拖车制动器	187
9.6.1 拖车特有特性	187
9.6.2 拖车特定规范	190
9.6.3 拖车特定制动系统	191
9.7 列车中的兼容性	192
9.7.1 立法	192
9.7.2 列车协调	193
9.7.3 不充分兼容的原因与后果	193
10 单轨车辆制动性能与制动器	194
10.1 摩托车	194
10.1.1 单轨车辆的行驶动力学	194
10.1.2 单轨车辆的制动性能	195

10.1.3	制动时的典型驾驶错误	201
10.1.4	单轨车辆的制动系统	201
10.1.5	制动系统设计	209
10.1.6	集成制动系统与制动控制系统	215
10.1.7	整体制动系统	221
10.1.8	线控制动系统	225
10.2	自行车	225
10.2.1	引言	225
10.2.2	自行车制动性能	225
10.2.3	制动时的典型驾驶错误	225
10.2.4	自行车的制动系统	226
11	惯性制动系统	233
11.1	引言	233
11.2	制动系统的结构与作用	233
11.2.1	部件	234
11.2.2	功能	237
11.3	制动系统设计	239
11.3.1	按准则 71/320/EWG 的分配计算	239
11.3.2	附着利用	240
11.3.3	ABS 兼容性	241
11.4	维护保养	241
11.4.1	维护	242
11.4.2	调整	242
11.5	新开发	242
12	轮式越野车制动器	244
12.1	轮式越野车制动器发展史	244
12.2	制动系统国家与国际法定规范概况	244
12.2.1	联邦德国交通法 (StVZO)	244
12.2.2	欧共体准则 (EG)	245
12.2.3	欧洲经济委员会 (ECE) 规定	245
12.2.4	汽车工程师学会 (SAE) 标准	245
12.3	技术结构与几何尺寸	246
12.3.1	鼓式制动器	246
12.3.2	盘式制动器	247

12.3.3	多片式制动器	248
12.4	制动试验与制动作用	251
12.4.1	实验室中的试验	251
12.4.2	车上试验	252
12.5	展望与趋势	254
12.5.1	与其他制动系统相互配合的车轮制动器(制动管理系统)	254
12.5.2	新制动方案的环保	255
13	履带式车辆制动器	256
13.1	序言	256
13.2	对履带式车辆制动器的特殊要求	256
13.3	履带式车辆的机械制动器	258
13.3.1	机械摩擦制动器	258
13.3.2	湿式多片制动器	258
13.3.3	干式单盘及多盘制动器	259
13.3.4	机械制动器控制	260
13.4	组合制动系统	262
13.4.1	与初级缓速器组合	262
13.4.2	与流体动力行车制动器(大功率次级缓速器)组合	262
13.4.3	其他组合	263
13.5	履带式车辆制动器验收	264
13.6	总结与展望	264
14.	飞机制动器	265
14.1	飞机制动系统概述	265
14.1.1	机械式控制	267
14.1.2	电控(线控制动器)	268
14.1.3	制动系统子系统	269
14.2	军用与民用飞机设计标准	270
14.2.1	鉴定准则	270
14.2.2	模拟方法	272
14.3	制动系统结构与部件	273
14.3.1	踏板总成	273
14.3.2	制动控制单元(BCU)	274
14.3.3	阀	275
14.3.4	传感器	275

14.3.5 轮制动器	275
14.4 摩擦材料	277
14.5 冷却与温度监控	278
14.5.1 热负荷	278
14.5.2 冷却	278
14.5.3 温度监控	279
14.6 展望与远景	279
15 赛车制动系统	280
15.1 引言	280
15.2 赛车制动系统的效能	280
15.3 制动系统	282
15.3.1 制动钳	283
15.3.2 制动主缸	283
15.4 制动系统冷却	285
15.5 摩擦材料	287
16 有轨机动车辆制动系统	289
16.1 序言	289
16.2 有轨机动车辆对其制动器的要求	289
16.2.1 高速列车	289
16.2.2 牵引机车	289
16.2.3 旅客列车	290
16.2.4 货物列车	290
16.2.5 多机组(EMU,DMU)	290
16.2.6 地铁	290
16.3 制动操纵与安全性要求	291
16.3.1 基本安全要求	291
16.3.2 信号技术要求	291
16.3.3 维护与寿命要求	291
16.3.4 AAR 轨范围要求	291
16.4 批准与调整器	291
16.4.1 UIC 备忘录	291
16.4.2 EU 准则与 TSI	291
16.4.3 欧洲标准	292
16.4.4 批准机关	292

16.4.5 运行特殊标准与准则	292
16.5 有轨机动车辆制动器设计	292
16.5.1 附着	292
16.5.2 效能	292
16.5.3 制动重量	292
16.6 制动系统	293
16.6.1 制动方式	293
16.6.2 间接气动制动器(HL 制动器)	294
16.6.3 直接电—气动制动器	296
16.6.4 制动管理系统	297
16.7 部件与子系统	297
16.7.1 供气	297
16.7.2 空气截流阀与制动耦合	298
16.7.3 控制阀与制动耦合	298
16.7.4 传感制动系统	298
16.7.5 制动仪表单元	298
16.7.6 机电模块	299
16.7.7 防滑	299
16.7.8 闸瓦式制动器	299
16.7.9 盘式制动器	300
16.7.10 驻车制动器	301
16.7.11 磁轨制动器	301
16.7.12 涡流制动器	301
16.8 有轨电车的液压制动系统	302
16.8.1 有轨电车制动器控制器与规范	302
16.8.2 车辆构造	302
16.8.3 制动系统	302
16.8.4 制动阵列	303
16.8.5 有轨电车制动系统图	303
16.8.6 液压制动系统主要部件	303
17 机电系统简介	306
17.1 从机械到机电系统	306
17.2 机械系统与机电系统开发	307
17.3 机电系统功能	309
17.3.1 基本机械结构	309

17.3.2	机电功能分配	310
17.3.3	工作特性	310
17.3.4	新功能	311
17.3.5	其他开发	311
17.4	程序与电子学集成形式	311
17.5	机械电子系统设计方法	314
17.6	机械电子系统的计算机辅助设计	315
18	电动操纵乘用车制动系统基础	319
18.1	序言	319
18.2	线控制动系统定义	320
18.3	电动操纵制动系统结构	321
18.4	操纵装置设计	322
18.4.1	控制装置	322
18.4.2	基本特性	322
18.4.3	信息响应	323
18.5	电液制动系统	323
18.5.1	具有压力调制器与蓄压器的 EHB 系统	323
18.5.2	具有电液转换器的 EHB 系统	325
18.6	电动机械制动系统	325
18.6.1	电动操纵车辆制动器	326
18.6.2	能量需求量	330
18.6.3	电动操纵车轮制动器工作方式	332
18.6.4	制动系统结构	335
18.6.5	失效—安全方案	336
18.7	机电一体化对制动器自放大作用的干预	337
18.7.1	主动制动摩擦片控制	337
18.7.2	特征值机理中的主动作用	339
18.8	方案比较	340
18.9	混合电动制动系统	341
18.10	展望	342
19	电液操纵制动系统	344
19.1	目标冲突与常规制动系统的限制	344
19.2	不同制动系统方案比较	344
19.3	电液操纵制动系统的特征	347

19.4	系统与部件描述	348
19.4.1	操纵装置	348
19.4.2	液压单元	350
19.4.3	控制装置与传感器	350
19.5	系统功能特性	350
19.5.1	踏板感觉	350
19.5.2	停车距离	350
20	电动机械操纵制动系统	353
20.1	目标确定	353
20.2	系统结构——部件相互作用	353
20.2.1	操纵装置	353
20.2.2	电动机械车轮制动器	354
20.2.3	控制方案	355
20.2.4	能量供应	356
20.2.5	被动安全性的角度	356
20.3	电动驻车制动器(EPB)和主动驻车制动器(APB)	356
20.4	混合制动系统	357
20.5	具有自动放大作用的研究制动器	358
20.6	电动机械操纵楔式制动器	360
20.6.1	基础	360
20.6.2	结构形式	362
20.6.3	控制与调节	363
20.6.4	试验研究与结果	364
20.6.5	展望	366
21	驾驶人辅助系统中的制动系统	367
21.1	提要、功能及对乘用车驾驶人辅助系统的要求	367
21.1.1	防抱死制动系统(ABS)	367
21.1.2	驱动防滑转控制(ASR)	371
21.1.3	电子稳定程序(ESP)	373
21.1.4	电子制动力分配(EBV)	381
21.1.5	电子控制减速装置(ECD)	381
21.1.6	山路下坡控制(HDC)	382
21.1.7	制动辅助(BA)	382
21.1.8	主动串列稳定	384

21.2	驾驶人辅助系统中的制动系统功能	385
21.3	驾驶人辅助系统对制动系统的要求	385
21.4	驾驶人辅助系统用制动系统结构	386
21.5	驾驶人辅助系统中的制动系统监控	390
21.6	展望与前景	390
22	机电行驶机构中的制动器	391
22.1	序言	391
22.2	行驶机构	391
22.2.1	车轮悬架功能结构与接口	391
22.2.2	制动器与车轮悬架间的相互作用	391
22.2.3	行驶机构参数说明	393
22.3	被动行驶机构系统限度	394
22.3.1	常规液压操纵车轮制动器限制	394
22.3.2	动力	394
22.3.3	制动舒适性	394
22.3.4	可靠性与舒适性间的目标冲突	395
22.4	通过机械电子装置的解决潜力	395
22.4.1	机械电子装置的可能性	395
22.4.2	制动系统中的机械电子装置	396
22.4.3	车轮悬架中的机械电子装置	398
22.4.4	转向与制动器间的相互作用	401
22.4.5	轮胎与制动器的相互作用	402
22.5	展望	404
23	制动摩擦片	406
23.1	序言	406
23.2	对制动摩擦片的要求	406
23.3	材料方案	408
23.3.1	半金属摩擦片	409
23.3.2	低钢摩擦片	409
23.3.3	NAO 摩擦片	410
23.3.4	无金属摩擦片	410
23.3.5	混合摩擦片	410
23.3.6	陶瓷盘用摩擦片	411
23.3.7	中间层	412