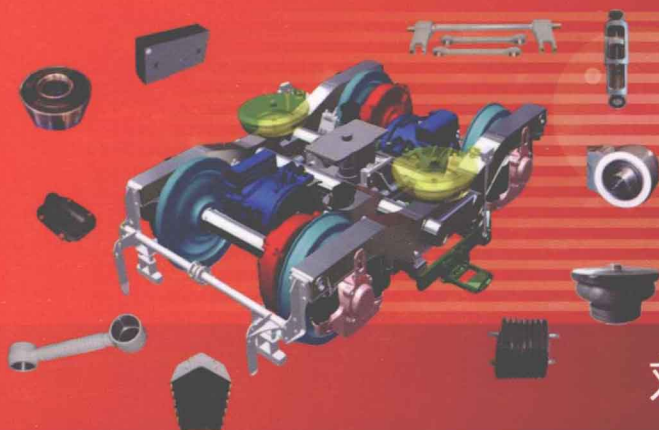




GUIDAO CHELIANG ZHUANXIANGJIA
XIANGJIAO TANXING YUANJIAN
YINGYONG JISHU

轨道车辆转向架 橡胶弹性元件应用技术



刘建勋 卜继玲◎编著



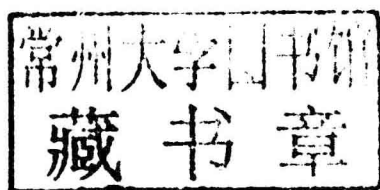
SEU 2657787

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

铁路科技图书出版基金资助出版

轨道车辆转向架 橡胶弹性元件应用技术

刘建勋 卜继玲 编著



中国铁道出版社

2012年·北京

内 容 简 介

本书以橡胶弹性元件在轨道车辆转向架上的应用技术为主线,分别介绍各种弹性元件的开发应用情况,通过归纳整理和总结,实现了各种弹性元件产品的谱系化,规范了橡胶弹性元件的选型,有利于各轨道车辆主机厂的转向架开发,方便设计人员进行转向架方案设计时参考等目的。同时本书介绍了结构有限元分析技术在轨道车辆转向架橡胶弹性元件开发中的应用情况,展望了转向架悬挂技术和橡胶弹性元件的发展方向。

本书既可以作为主机厂转向架开发、设计人员选择橡胶弹性元件的参考资料,也可以作为橡胶弹性元件研发人员的专业技术参考书。还可以作为高等院校中有兴趣对橡胶弹性元件展开学习和研究的研究生指导书。

图书在版编目(CIP)数据

轨道车辆转向架橡胶弹性元件应用技术/刘建勋,卜继玲编著. —北京:中国铁道出版社,2012.8

ISBN 978-7-113-15277-2

I. ①轨… II. ①刘… ②卜… III. ①轨道车—橡胶—弹性元件—技术 IV. ①U216.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 207476 号

书 名:轨道车辆转向架橡胶弹性元件应用技术

作 者:刘建勋 卜继玲 编著

责任编辑:王明容 编辑部电话:010-51873138 电子信箱:tdpress@126.com

编辑助理:黄 璐

封面设计:崔 欣

责任校对:孙 玫

责任印制:陆 宁

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

版 次:2012年9月第1版 2012年9月第1次印刷

开 本:787 mm×1092 mm 1/16 印张:21 字数:516 千

印 数:1~2 000 册

书 号:ISBN 978-7-113-15277-2

定 价:80.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

序

轨道交通作为现代交通的重要组成部分,已经成为我国重载货物运输和快捷旅客运输的主流。目前,我国轨道交通在高速动车组、城市轨道交通车辆和重载货物运输装备(大功率机车和重载货车)等领域取得了重大成绩。轨道车辆的转向架是轨道交通的关键部件,承担了机车车辆在轨道上走行的任务。为了确保转向架性能,其悬挂系统应具有更高的要求,它直接影响车辆的运行安全性、舒适性和稳定性。由于橡胶弹性元件具有质量轻、无磨损、非线性,且同时具有减振和隔振的功能,在轨道车辆转向架上的应用越来越广泛。随着橡胶制品工业技术的发展,尤其是高弹弹性材料的技术进步,可以预见橡胶弹性元件在轨道交通领域的应用将更加深入。

目前,本行业还没有一本将橡胶弹性元件和轨道车辆转向架相结合的技术参考书,橡胶弹性元件也没有形成谱系化,这对于转向架开发人员对橡胶弹性元件的选型、橡胶弹性元件开发人员对于产品性能的整体把握都存在不利的影响。今天,本书作者编著的《轨道交通车辆转向架橡胶弹性元件应用技术》一书,正了结了我们的心愿。

本书作者所在的株洲时代新材料科技股份有限公司是我国重要的橡胶弹性元件研发和生产企业,产品覆盖轨道交通的各个领域。作为橡胶制品非轮胎行业的世界 50 强之一,产品出口到世界重要的轨道交通车辆企业。该企业具备丰富的产品数据,为型谱化提供有力支撑,这正是该书的可贵之处,基础知识与实践经验的结合。此次将其中各型产品的设计技术和应用技术总结公开出来,将有力地促进我国橡胶弹性元件制品行业的技术发展,也将对轨道车辆转向架开发提供有力的帮助。

刘建勋同志长期从事橡胶弹性元件的产品开发和技术研究工作,积累了丰富的橡胶弹性元件开发经验;卜继玲博士长期从事轨道车辆转向架性能研究和橡胶弹性元件结构性能基础研究工作,在工程实践中积累了不少经验与成果,为本书的编著打下了良好基础。本书依托时代新材公司的整体技术力量和丰富的产品数据,既收集了国内外主要的轨道车辆转向架的技术特点,又完成了橡胶弹性元件的谱系化编制工作,还探讨了未来轨道车辆转向架技术

发展、橡胶弹性元件技术发展方向等,使得全书的内容既是对目前情况的总结提高,也是对未来的展望。

《轨道车辆转向架橡胶弹性元件应用技术》一书的出版,将有助于轨道车辆转向架开发、设计人员对橡胶弹性元件的掌握,也有助于推进橡胶弹性元件产业的技术进步与产品质量的提高,是一本较为专业的科技参考书,学术水平和工程应用价值都较高。愿它能成为本专业技术人员的良师益友。

中国工程院院士



2012年3月20日

前 言

由于具有自行导向、低运行阻力、可编组、运营效率高、成本低等技术优点,轨道车辆作为现代交通运输装备的重要组成部分,已经成为我国重载货物运输和快捷旅客运输的主流。随着高速列车、大功率机车、重载提速货车和城市轨道交通车辆的快速发展,促进了轨道车辆转向架悬挂系统大量采用新型高性能的弹性元件。橡胶等高分子材料弹性元件的广泛应用,使轨道车辆 in 提高运行速度和载重的同时,还提高了车辆运行的稳定性、平稳性、舒适性和安全性,降低了运行噪声,减少了磨耗件和磨损件,减轻了轮轨磨耗。

橡胶弹性元件在我国工业领域中的应用已经有很长的历史了。随着我国经济水平和工业技术的迅猛发展,橡胶弹性元件在汽车、轨道车辆、桥梁、机械工程等工业行业中得到了大面积的推广和应用,在某些领域已经逐步替代了金属弹性元件。尤其是近十多年来,我国橡胶工业的发展已经具备了一个橡胶工业大国的规模,正在朝着建设橡胶强国的方向发展。轨道车辆转向架上对于橡胶弹性元件的应用也越来越广泛,如何提高轨道车辆转向架开发和设计技术人员对于橡胶弹性元件的选型设计能力,提高橡胶弹性元件产品研发人员的开发命中率,将是轨道车辆行业和橡胶工业中非常重要的方向,对既往的轨道车辆转向架用橡胶弹性元件进行型谱化建设就显得非常关键,这也就是本书编著的重要初衷。

笔者所在的南车株洲时代新材料科技股份有限公司(CSR Zhuzhou Times New Material Technology Co. Ltd. 以下简称时代新材公司)主要从事高分子减振降噪产品、复合改性材料、特种涂料及新型绝缘材料等产品的研制开发,为轨道交通领域提供橡胶高弹子弹性元件系列的减振降噪产品,拥有国家级的高分子材料检测中心。其中轨道车辆用的弹性元件在国内轨道车辆配件行业中占据了重要的地位,并出口到世界著名的轨道交通装备企业,如 Bombardier、Siemens、Alstom 和 GE 等,产品性能达到了国际先进水平。本书作者根据多年从事橡胶弹性元件的开发经验,充分结合时代新材公司的试验检测能力,对橡胶弹性元件的有限元结构分析技术和疲劳寿命预测进行了深入研究,积累了一系列相关的技术资料,并在时代新材公司的橡胶弹性元件开发中发挥了重要作用。

全书从橡胶弹性元件在轨道交通领域的应用情况出发分为 8 章。第 1 章介绍了橡胶弹性元件在轨道车辆转向架中的作用、应用大致情况和技术优势。根据轨道交通车辆的大致分类情况,在本书的第 2 章~第 6 章,分别介绍了机车转向架、客车转向架、动车组转向架、城市轨道车辆转向架和货车转向架中橡胶弹性元件的应用技术情况,并按照一系悬挂系统、二系悬挂系统、牵引装置等进行分类,描述各种橡胶弹性元件在轨道车辆转向架中的应用情况,实现了产品的谱系化描述。考虑到液压减振器作为轨道交通车辆转向架

中重要的零部件,两端的橡胶弹性关节作为独立的内容在本书的第7章进行描述。最后,在第8章介绍了轨道交通车辆及其转向架的发展趋势,着重介绍了半主动悬挂系统的技术特点,展望了轨道车辆转向架橡胶弹性元件的产品发展方向和研发技术手段发展方向。

本书认真总结了橡胶弹性元件在轨道车辆转向架上的应用情况和产品研发的最新技术成果,论述了轨道车辆橡胶弹性元件及其研发技术的发展方向。围绕橡胶弹性元件在轨道车辆转向架上的应用案例和型谱化进行论述,既介绍了橡胶弹性元件的一般应用情况和各种产品系列的参数化和型谱化,也论述了轨道车辆转向架的技术发展方向、悬挂系统发展方向和橡胶弹性元件的发展方向,体现了轨道交通的技术发展以及橡胶弹性元件的技术积累和发展成果。

本书由刘建勋和卜继玲负责编著;参与各章节编写的人员还有荣继刚、黄友剑、张春良、冯万盛、王永冠、潘文斌、田志刚、许呈祥、杨毅、孙海燕、林立钿、刘波、刘勇、吕保杰、王兴伟、曲孝波、肖体龙、柳禄决、曹政、肖体龙、王喜利、罗俊、蒋仲三、赵斌、黄江彪、王金辉、刘凯、程思、刘羽、刘柏兵等。

在本书的编写过程中,得到了时代新材公司董事长曾鸿平先生、总经理杨军博士、副总经理龚志强先生、副总工程师程海涛博士、副总工程师兼技术中心常务副主任姜其斌博士等各位领导的支持和督促,在不断的产品研发和基础研究数据积累的基础上,形成本书的各种素材,在此表示衷心的感谢。需要特别感谢中国工程院院士丁荣军先生和南车株洲电力机车研究有限公司总工程师冯江华先生,多年来一直支持株洲时代新材公司和笔者开展轨道交通橡胶弹性元件开发与应用的基础研究。感谢北京交通大学缪龙秀教授和西南交通大学傅茂海研究员、安琪博士,在本书编写完成后,对本书进行了细致地审校,并提出了宝贵的修改意见,付出了辛勤的劳动。还要感谢时代新材公司技术管理部、技术中心和弹性元件事业本部开发中心等各相关部门同事的大力支持,本书正是大家的努力工作的共同成果。最后要衷心感谢中国铁道出版社的领导和编辑,他们的辛勤工作促成了本书的及时出版。

本书既适合于轨道交通车辆转向架开发人员对橡胶弹性元件进行选型参考,也适合于广大的橡胶弹性元件研发技术人员阅读参考,还可以作为普通高等院校中有兴趣对橡胶弹性元件展开学习和研究的研究生的指导书。

由于编写时间仓促,加之编者知识水平的限制,本书中还有许多疏漏,望读者不吝指正。

作 者
2012年7月

目 录

1 轨道车辆转向架橡胶弹性元件	1
1.1 轨道车辆转向架的作用	1
1.2 轨道车辆转向架上的悬挂系统	3
1.2.1 悬挂系统的分类	3
1.2.2 弹簧的作用	3
1.2.3 弹性元件的主要特性	4
1.3 轨道车辆转向架上的橡胶弹性元件	5
1.3.1 轴箱定位装置	5
1.3.1.1 双拉杆式定位	6
1.3.1.2 单拉杆式定位	6
1.3.1.3 转臂式定位	7
1.3.1.4 V形橡胶弹簧定位	7
1.3.1.5 圆锥形橡胶弹簧定位	9
1.3.1.6 导柱式定位	9
1.3.1.7 其他轴箱悬挂装置中的橡胶弹性元件	10
1.3.2 二系悬挂系统	11
1.3.2.1 弹簧装置	11
1.3.2.2 减振装置	14
1.3.2.3 抗侧滚扭杆装置	14
1.3.2.4 牵引装置	18
1.3.3 限位装置	19
1.4 橡胶弹性元件的设计要点	20
1.5 橡胶弹性元件开发中理论计算方法	21
1.5.1 矩形橡胶堆计算	21
1.5.1.1 矩形橡胶堆的垂向刚度计算	21
1.5.1.2 矩形橡胶堆的水平方向刚度计算	23
1.5.2 圆柱形橡胶堆计算	25
1.5.2.1 圆柱形橡胶堆的垂向刚度	25
1.5.2.2 圆柱形橡胶堆的水平方向刚度	25
1.5.3 橡胶球铰刚度计算	26

1.5.3.1	橡胶球铰的轴向刚度	26
1.5.3.2	橡胶球铰的扭转刚度	27
1.5.3.3	橡胶球铰的径向刚度	28
1.5.3.4	橡胶球铰的偏转刚度	29
1.5.4	轴箱弹簧刚度计算	29
1.5.4.1	单层橡胶衬套的垂向刚度计算	30
1.5.4.2	单层橡胶衬套的径向刚度计算	30
1.6	橡胶弹性元件开发中仿真分析技术	31
1.6.1	专业化的有限元分析平台	32
1.6.2	橡胶弹性元件结构仿真分析基础技术	33
1.6.2.1	黏弹性材料本构模型参数建设	33
1.6.2.2	大变形特征的分析技术	34
1.6.2.3	不断延伸的计算对象	34
1.6.3	小结	35
1.7	橡胶弹性元件几种典型失效形式	36
1.7.1	功能性失效	36
1.7.1.1	应力松弛及蠕变失效	36
1.7.1.2	刚度失效	37
1.7.1.3	稳定性失效	38
1.7.2	破坏性失效	39
1.7.2.1	疲劳失效	39
1.7.2.2	极限载荷失效	39
1.7.2.3	粘结失效	40
2	机车转向架橡胶弹性元件	41
2.1	机车转向架简介	41
2.1.1	我国机车发展情况简述	41
2.1.2	机车转向架的组成与功能	42
2.1.3	机车转向架的分类	47
2.1.4	HXD ₁ 型系列机车转向架简介	47
2.1.5	HXD ₂ 型系列机车转向架简介	50
2.1.6	HXD ₃ 型系列机车转向架简介	52
2.1.7	HXN ₃ 型机车转向架简介	54
2.1.8	HXN ₅ 型机车转向架简介	55
2.1.9	其他 B ₀ 轴式机车转向架简介	57
2.1.9.1	SS ₇ 型系列机车转向架简介	57
2.1.9.2	SS ₈ 型机车转向架简介	58
2.1.10	其他 C ₀ 轴式机车转向架简介	60

2.1.10.1	DF _{8B} 型机车转向架简介	60
2.1.10.2	DF ₁₁ 型机车转向架简介	60
2.1.10.3	SS ₉ 型机车转向架简介	61
2.2	一系悬挂系统橡胶弹性元件	63
2.2.1	轴箱弹簧橡胶垫	63
2.2.1.1	HXD _{1C} 轴箱弹簧橡胶垫	64
2.2.1.2	轴箱弹簧橡胶垫谱系表	64
2.2.2	轴箱拉杆橡胶关节	66
2.2.2.1	轴箱拉杆橡胶关节特点	66
2.2.2.2	双拉杆定位的橡胶关节	67
2.2.2.3	单拉杆定位的橡胶关节	69
2.2.2.4	橡胶关节(球铰)产品有限元分析技术特点	70
2.2.2.5	轴箱拉杆橡胶关节谱系表	71
2.3	二系悬挂系统橡胶弹性元件	72
2.3.1	二系橡胶堆旁承	73
2.3.1.1	橡胶堆旁承特点	73
2.3.1.2	HXD _{2B} 型橡胶堆旁承	73
2.3.1.3	HXN ₃ 型橡胶堆旁承	75
2.3.1.4	HXN ₅ 型橡胶堆旁承	76
2.3.1.5	橡胶堆类产品有限元分析技术特点	79
2.3.1.6	橡胶堆旁承谱系表	80
2.3.2	二系高圆弹簧橡胶垫	81
2.3.2.1	HXD _{1C} 型二系橡胶垫	81
2.3.2.2	二系橡胶垫谱系表	83
2.3.3	二系横向弹性止挡	84
2.3.3.1	HXD ₁ 型转向架二系横向止挡	84
2.3.3.2	HXD ₃ 型转向架二系横向止挡	85
2.3.3.3	二系横向止挡谱系表	86
2.4	牵引系统橡胶弹性元件	87
2.4.1	牵引装置橡胶关节	87
2.4.1.1	HXD ₂ 型牵引杆橡胶关节	87
2.4.1.2	HXD _{2B} 型牵引杆橡胶关节	89
2.4.1.3	HXD ₁ 型牵引杆橡胶关节	92
2.4.1.4	HXD ₁ 型牵引机构连杆橡胶关节	93
2.4.1.5	牵引装置橡胶关节谱系表	94
2.4.2	牵引橡胶堆	95
2.4.2.1	HXN ₅ 型牵引橡胶堆	95

2.4.2.2 牵引橡胶堆谱系表	98
2.5 驱动系统橡胶弹性元件	99
2.5.1 六连杆橡胶关节	99
2.5.1.1 某型六连杆橡胶关节	99
2.5.1.2 六连杆橡胶关节谱系表	100
2.5.2 牵引电机吊杆橡胶关节	101
2.5.2.1 HXD ₃ 型电机吊杆橡胶关节	101
2.5.2.2 DF 系列机车电机吊杆橡胶关节	102
2.5.2.3 牵引电机吊杆橡胶关节谱系表	103
3 客车转向架橡胶弹性元件	106
3.1 客车转向架及其弹性元件简介	106
3.1.1 我国铁路客车转向架发展情况简述	106
3.1.2 CW 系列客车转向架	107
3.1.2.1 CW-2 型转向架简介	108
3.1.2.2 CW-200K 型转向架简介	109
3.1.3 SW 系列客车转向架	110
3.1.3.1 SW-160 型转向架简介	111
3.1.3.2 SW-220K 型转向架简介	112
3.1.3.3 SW-300 型转向架简介	113
3.1.4 PW 系列客车转向架	114
3.1.4.1 209HS 型转向架简介	115
3.1.5 国外典型客车转向架	116
3.1.5.1 Y32 型转向架简介	116
3.1.5.2 MD523 型转向架简介	118
3.1.5.3 AM96 型转向架简介	119
3.1.5.4 SF 400 型转向架	119
3.1.5.5 CL-242 型转向架	120
3.2 一系悬挂系统橡胶弹性元件	121
3.2.1 轴箱弹簧橡胶垫	121
3.2.1.1 206P 型转向架轴箱弹簧橡胶垫	121
3.2.1.2 209HS 型转向架轴箱弹簧橡胶垫	122
3.2.1.3 客车转向架轴箱弹簧橡胶垫谱系表	124
3.2.2 轴箱弹性定位套	125
3.2.2.1 206 型系列转向架弹性定位套	125
3.2.2.2 209HS 型转向架弹性定位套	125
3.2.3 轴箱转臂定位关节	128
3.2.3.1 CW-2 型转向架转臂关节	129

3.2.3.2 SW-160 型转向架转臂关节	130
3.3 二系悬挂系统橡胶弹性元件	132
3.4 牵引系统橡胶弹性元件	135
3.4.1 单拉杆牵引方式的牵引拉杆球铰	135
3.4.2 Z 字形牵引方式的牵引拉杆球铰	136
4 动车组转向架橡胶弹性元件	138
4.1 我国高速动车组转向架简介	138
4.1.1 CRH ₁ 型系列动车组转向架简介	139
4.1.2 CRH ₂ 型系列动车组转向架简介	142
4.1.3 CRH ₃ 型系列动车组转向架简介	144
4.1.4 CRH ₅ 型系列动车组转向架简介	145
4.2 一系悬挂系统橡胶弹性元件	147
4.2.1 一系弹簧橡胶垫	147
4.2.1.1 CRH _{380D} 型转向架一系弹簧橡胶垫	147
4.2.1.2 CRH ₅ 型转向架一系橡胶垫	148
4.2.1.3 轴箱弹簧橡胶垫谱系表	151
4.2.2 转臂定位关节	151
4.2.2.1 CRH _{380D} 型转臂定位关节	151
4.2.2.2 CRH _{1B} 型转臂定位关节	154
4.2.2.3 转臂定位关节谱系表	156
4.3 牵引系统橡胶弹性元件	156
4.3.1 中心牵引销+“Z”字形双拉杆方式	156
4.3.1.1 CRH ₃ 型中心牵引销套	157
4.3.1.2 CRH ₃ 型牵引拉杆球铰	159
4.3.2 单牵引杆方式	160
4.3.2.1 CRH _{1B} 牵引杆球铰	160
4.3.2.2 CRH _{380D} 牵引杆球铰	161
4.3.3 牵引销套(球铰)谱系表	163
4.4 驱动悬挂系统弹性元件	164
4.4.1 电机悬挂弹性元件	164
4.4.1.1 CRH _{1B} 型电机球铰	165
4.4.1.2 Zefiro Italy 动车组电机衬套	166
4.4.2 齿轮箱悬挂	168
4.4.2.1 CRH ₃ 型齿轮箱悬挂橡胶减振垫	169
4.4.2.3 CRH ₅ 型齿轮箱反作用杆橡胶节点	170
4.4.3 驱动系统弹性元件谱系表	171
4.5 二系悬挂系统橡胶弹性元件	172

4.5.1	CRH _{380D} 型横向止挡	173
4.5.2	CRH ₅ 型横向止挡	175
4.5.3	二系横向止挡谱系表	175
5	城轨车辆转向架橡胶弹性元件	178
5.1	城轨车辆转向架简介	178
5.1.1	城轨 A 型车转向架简介	179
5.1.1.1	ZMA080 型转向架简介	179
5.1.1.2	ZMA100 型转向架简介	180
5.1.1.3	南京地铁 A 型车辆转向架简介	182
5.1.2	城轨 B 型车转向架简介	182
5.1.2.1	ZMA120 型转向架简介	183
5.1.2.2	ZMB080 型转向架简介	184
5.1.2.3	SDB80 型地铁车辆转向架简介	185
5.1.3	直线电机城轨车辆转向架简介	186
5.1.3.1	广州地铁直线电机转向架简介	186
5.1.3.2	首都机场线直线电机转向架简介	188
5.1.4	跨坐式单轨转向架简介	189
5.1.5	国外典型城轨车辆转向架简介	192
5.1.5.1	Bombardier 公司城轨车辆转向架	193
5.1.5.2	Siemens 公司城轨车辆转向架	195
5.2	一系悬挂系统橡胶弹性元件	196
5.2.1	锥形橡胶弹簧	196
5.2.1.1	锥形橡胶弹簧特点	196
5.2.1.2	轴箱外置式锥形橡胶弹簧	197
5.2.1.3	轴箱内置式锥形橡胶弹簧	200
5.2.1.4	多伦多轻轨车轴箱弹簧	201
5.2.1.5	轴箱锥形橡胶弹簧仿真分析特点	203
5.2.1.6	一系锥形橡胶弹簧谱系表	203
5.2.2	一系 V 形弹簧	205
5.2.2.1	广州地铁 V 形弹簧	206
5.2.2.2	伦敦地铁 V 形弹簧	208
5.2.3.3	一系 V 形弹簧谱系表	209
5.2.3	转臂定位节点	211
5.2.3.1	广州地铁转臂定位节点	211
5.2.3.2	一系转臂定位节点谱系表	212
5.2.4	一系橡胶垫	213
5.2.4.1	广州地铁一系橡胶垫	213

5.2.4.2 Dortmund 轻轨一系橡胶垫	214
5.2.4.3 一系橡胶垫谱系表	215
5.2.5 垂向止挡	215
5.2.5.1 广州地铁垂向止挡	216
5.2.5.2 武汉地铁垂向止挡	217
5.2.5.3 一系垂向止挡谱系表	218
5.3 二系悬挂系统橡胶弹性元件	219
5.3.1 沙漏弹簧	219
5.3.1.1 Blackpool 沙漏弹簧	220
5.3.1.2 BTNA 沙漏弹簧	222
5.3.2 横向止挡	224
5.3.2.1 VLU 横向止挡	224
5.3.2.2 上海地铁转向架横向止挡	224
5.3.2.3 横向止挡谱系表	225
5.4 牵引系统橡胶弹性元件	227
5.4.1 单拉杆牵引系统橡胶弹性元件	227
5.4.2 “Z”字形双拉杆牵引系统橡胶弹性元件	228
5.4.2.1 中心销弹性定位套	228
5.4.2.2 牵引拉杆球铰	230
5.4.3 牵引系统橡胶弹性元件谱系表	230
5.5 电机驱动系统橡胶弹性元件	232
5.5.1 直线电机吊杆橡胶关节	232
5.5.2 牵引电机球铰	233
5.5.3 悬挂梁支撑球铰	235
5.5.4 电机驱动系统弹性元件谱系表	236
5.6 齿轮箱系统橡胶弹性元件	237
5.6.1 广州地铁齿轮箱吊杆球铰	237
5.6.2 B5006 转向架齿轮箱吊杆球铰	238
5.6.3 齿轮箱系统橡胶弹性元件谱系表	239
6 货车转向架橡胶弹性元件	241
6.1 货车转向架简介	241
6.1.1 我国铁路货车转向架发展情况简述	241
6.1.2 转 8 型系列货车转向架	242
6.1.3 21 t 轴重提速货车转向架	242
6.1.4 25 t 轴重货车转向架	243
6.1.5 快速货车转向架	244
6.2 构架式转向架橡胶弹性元件	245

6.2.1 转 K3 型转向架简介	245
6.2.2 齐轨道装备公司快速货车转向架用橡胶弹性元件	247
6.2.2.1 橡胶定位器	247
6.2.2.2 牵引拉杆橡胶垫	248
6.2.2.3 横向止挡	250
6.2.3 眉山公司快速货车转向架用橡胶弹性元件	251
6.2.3.1 牵引拉杆的弹性球铰	251
6.2.3.2 二系橡胶堆组成	252
6.2.3.3 横向止挡	253
6.3 摆动式转向架橡胶弹性元件	255
6.3.1 转 K5 型系列转向架简介	255
6.3.2 重载摆动式转向架简介	257
6.3.3 轴箱橡胶弹簧	259
6.3.4 长行程弹性旁承	261
6.4 侧架交叉支撑转向架橡胶弹性元件	263
6.4.1 转 K6 型系列转向架简介	263
6.4.2 重载交叉支撑转向架简介	266
6.4.3 八字形轴箱弹簧	266
6.4.4 V 形弹性旁承	267
6.5 副构架转向架橡胶弹性元件	269
6.5.1 转 K7 型转向架简介	269
6.5.2 副构架橡胶堆弹簧	273
6.5.3 承载鞍橡胶垫	276
6.6 国外典型货车转向架	278
6.6.1 国外快速货车转向架及其特点	278
6.6.2 国外重载货车转向架及其特点	281
6.6.3 国外重载货车转向架用轴箱橡胶垫	283
6.6.3.1 双侧耳结构轴箱橡胶垫	284
6.6.3.2 单侧耳结构轴箱橡胶垫	285
6.6.3.3 轴箱橡胶垫谱系表	287
7 液压减振器橡胶关节	290
7.1 轨道车辆液压减振器作用	290
7.2 液压减振器橡胶关节作用	291
7.3 典型液压减振器橡胶关节	292
7.3.1 橡胶垫式减振器关节	292
7.3.2 无外套桥式减振器关节	294
7.3.3 无外套销式减振器关节	295

7.3.4 球形桥式减振器关节	295
7.3.5 球形销式减振器关节	297
8 轨道车辆转向架橡胶弹性元件展望	299
8.1 轨道车辆转向架发展	299
8.2 轨道车辆悬挂系统发展	300
8.2.1 轨道车辆悬挂系统方式	300
8.2.1.1 悬挂系统方式	301
8.2.1.2 悬挂系统性能对比	302
8.2.1.3 轨道车辆悬挂系统发展趋势	304
8.2.2 轨道车辆半主动悬挂技术	304
8.2.2.1 国内外主动/半主动悬挂系统的应用状况.....	304
8.2.2.2 国内外主动/半主动悬挂系统的研究状况.....	305
8.2.2.3 半主动悬挂的关键技术	307
8.3 轨道车辆转向架橡胶弹性元件发展方向	308
8.3.1 弹性元件产品向资源型、环保型方向发展.....	308
8.3.2 弹性元件产品向专利化、模块化方向发展.....	309
8.3.3 弹性元件产品向轻量化、精细化方向发展.....	309
8.3.4 弹性元件产品向功能化、智能化方向发展.....	310
8.4 橡胶弹性元件开发技术发展	310
8.4.1 橡胶材料的疲劳预测技术	310
8.4.2 橡胶弹性元件的结构优化技术	311
8.4.3 橡胶弹性元件的流固耦合技术	312
8.5 结论	314
参考文献.....	315

1 轨道车辆转向架橡胶弹性元件

现代交通体系是一个空中、地面和地下联合的立体式交通体系,在地面交通中又有水运、路面运输和管道运输等不同的运输形式,其中路面运输又主要包括铁路运输和公路运输两种。由于我国幅员辽阔,对于大宗的货物运输和旅客运输还是以铁路运输为主。

铁路运输由于采用轨道车辆运行在由两根钢轨形成的固定线路上而形成了具有独特魅力的运输形式。这里,“轨道车辆”是泛指运行在轨道线路上的所有车辆,包括传统意义上的铁道机车、铁道客车、铁道货车、高速动车组、铁路工程机械、铁路工务养路机械、城市地铁车辆、城市轻轨车辆、磁悬浮车辆和城市有轨电车等。轨道车辆在运行时,其钢制的车轮与钢轨(独轨车辆转向架除外)发生接触,依靠轮轨之间相互作用产生的黏着力而运行,即轨道车辆的最大特点在于这种车辆的车轮必须在专门为它铺设的钢轨上运行。这样产生了铁道运输的一些特点:

1. 自行导向:除轨道上运行的轨道车辆之外,其他各种运输工具都要有操纵运行方向的机构。轨道车辆通过其特殊的轮轨结构,车轮即能沿轨道运行而无需专人控制运行的方向。

2. 低运行阻力:除坡道、弯道及空气对车辆的阻力之外,运行阻力主要来自走行机构中的轴与轴承以及车轮与轨面的摩擦阻力。轨道车辆的车轮及钢轨都是含碳量偏高的钢材,轮轨接触处的变形较小,而且轨道线路的结构状态也尽量使其运行阻力减小,故轨道车辆运行中的摩擦阻力较小。

3. 成列运行:由于以上两个特点决定它可以编组、连挂组成列车。为了适应成列运行的特点,车与车之间需设连接、缓冲装置;且由于列车的惯性很大,每辆车均需设制动装置。

4. 严格的外形尺寸限制:轨道车辆只能在规定的线路上行驶,无法像其他车辆那样主动避让靠近它的物体,为此要制定限界,严格限制车辆的外形尺寸以确保运行安全。

1.1 轨道车辆转向架的作用

轨道交通运输事业发展的初期,世界各国均采用二轴车辆,将轮对直接安装在车体下面。但是这种二轴车一般比较短小,为便于通过曲线,前后两轮对车轴中心线之间的距离一般不大于 10 m。二轴车的总重受到容许轴载重的限制,其载重量一般不大于 20 t。随着社会的发展,二轴车在载重、长度和容积等多方面都不能满足运输要求,于是曾出现与二轴车结构相仿的多轴车辆。虽然多轴车辆能增加载重量,但为能顺利通过小半径曲线,