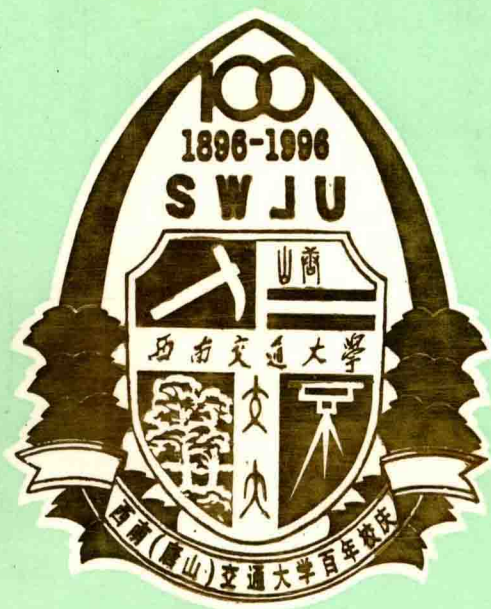


西南(唐山)交通大学 百周年校庆论文集

机车车辆与机械工程分册



1896—1996

西南交通大学出版社

西南（唐山）交通大学百周年校庆论文集

机车车辆与机械工程分册

主 编 王金诺

副主编 金鼎昌 胡汉春 李柏林

编 委 沈志云 魏道远 吴鹿鸣 章 音

西南交通大学出版社

西南（唐山）交通大学百周年校庆论文集
机车车辆与机械工程分册

王金诺 主编

*
西南交通大学出版社出版发行
(成都 二环路北一段 610031)
郫县印刷厂印刷

*
开本: 787×1092 1/16 印张: 15. 875
字数: 372 千字 印数: 1—1000
1996 年 4 月第 1 版 1996 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 7—81022—893—5/Z·062

总定价: 163. 00 元 (本分册定价: 15. 50 元)

总 前 言

1996年是西南交通大学建校一百周年。为了检阅改革开放以来学校在德育、教育、科研及高校管理等领域取得的成绩,反映我校作为中国近代建校最早的一所理工科大学的优良办学经验和改革创新成果,特在百周年校庆筹委会统一筹划下编辑出版了这套百周年校庆学术论文集。

我校在邓小平同志建设有中国特色社会主义理论的指导下,在铁道部、四川省和成都市的领导下,深入贯彻实施《中国教育改革和发展纲要》,始终把培养高质量人才和发展科学技术有机地结合起来,形成了教学科研两个中心。多年来,为适应国民经济和铁路现代化发展的需要,学校坚持“以学科建设为中心,以提高教育质量为根本,坚持改革开放,坚持改进思想政治工作”的办学总方针,不断完善和加强德育体系的建设,形成了全员育人、全程育人、全面育人的良好局面。在学科建设方面取得重大进展,优化学科结构,建成了我国交通行业唯一的具有国际先进水平的“牵引动力国家重点实验室”,带动了学校整体水平的提高;教学改革不断深入,形成了完整的人才培养体系,在教育教学中继承和发扬我校严谨治学的优良传统,教学质量和水平不断提高,并率先在路内建立联合办学董事会,实现了办学体制改革上的新突破。科研方面通过改革,已形成包括基础研究、应用研究、开发研究在内的具有纵深配置的科研体系,整体实力明显增强,“七五”以来全校共完成各类科研项目1800多项,科研经费累计已突破2亿元。科研工作坚持面向铁路建设主战场,以“大”(大型项目)和“高”(高层次)作为学校科研的主干,组织产学研联合攻关,充分发挥多学科综合优势,着力于解决铁路现代化及国民经济发展中的重大综合性科学技术问题,成为铁路专业理论,超前发展研究和重大科技攻关的重要方面军。校办产业已建立“创效益、出人才、转成果、促学科”的发展模式,取得较大发展。在上级主管部门的领导和关怀下,通过全校师生员工的通力协作和共同努力,1994年7月我校顺利通过了由铁道部、国家教委组织的“211工程”部门预审,并已进入建设阶段。这是我校发展史上又一个新的重要的里程碑,它预示着,交通大学在21世纪初叶,必将跻身于世界一流大学的行列。

百年盛典,人生难逢。为了诚邀广大校友回母校参加庆典,学校积极筹备各项活动,包括校友联谊活动、学术交流、成果发布、科技协作等。学术论文是反映高校研究能力与学术水平的重要标志之一。学校决定以各学科为依托,编辑出版学术论文集。校庆筹备组于1995年春向全校发出征文通知,得到师生员工的热烈响应,在不到半年的时间内筹备组收到应征论文千余篇,内容涉及思想教育研究、教育研究、科学研究及改革管理等各个领域。这些论文具有广泛的代表性,反映我校“八五”期间各个方面取得的进展和成果。论文选题既紧密结合教育、科技改革实践,总结成功的经验,探索进一步增强实力、加快发展的新路子;又围绕与国民经济主战场密切相关的重大课题研究及高新技术开发,反映我校在发挥综合优势开展联合攻关及基础理论新兴学科研究方面的进展和水平。这些论文体现了前瞻性与针对性

相结合、理论与实践应用相结合、学术性与科技政策性相结合的学术特征。特别值得提出的是，一批青年教职工和研究生撰写的论文占了相当比例，显示我校青年科技工作者已成为一支朝气蓬勃的生力军。

为了做好应征论文的评审与审阅，学校组成了有各学科教授、专家参加的学科评审组和编委会，在较短的时间内对提交的各类论文进行严格细致的逐篇评审，写出评审意见；校庆论文筹备组又组织专家对推荐来的论文进行两轮审阅，最后共评选出 700 余篇学术论文，编辑成西南交通大学学报庆祝建校百周年专刊和高等教育管理与改革正式公开出版。同时按照学科分类，编辑出版了下列分册：社会科学及思想教育研究、科技产业研究、土木工程、机械工程、材料科学、电气工程、计算机与通信工程、交通运输、管理科学、应用理科、图书情报与出版编辑、博士后论文集及研究生论文专集等，以供校庆期间开展学术交流和专题研讨用。这套校庆论文集能如期和读者见面，要特别地对在论文征集、评审、编辑、出版等方面给予指导把关和组织实施的专家和同志们致以衷心感谢，正是通过他们的热情支持和卓有成效的工作才得以向百周年校庆献上这份厚礼。

由于出版时间紧迫，海内外校友的学术论文与研究成果未及编入论文集，准备在百年校庆期间进行编印与交流。望广大校友与来宾踊跃参加，进行赐教与指导，为母校的建设与发展继续提供支持和帮助，共商学校发展宏图。

回顾过去，使我们精神振奋和自豪；展望未来，更感到任重而道远。诞生于上世纪之交的西南交通大学，将以什么样的面貌迎接新的世纪之交呢？为此，学校已确立发展的目标是：认真贯彻落实科教兴国和科教兴路、科教兴川的战略，深入进行高等教育体制改革，通过五年或更长一段时间的努力，使学校的综合实力、教育质量、学科结构、科研水平、办学效益及自我发展能力有明显提高，把西南交大建设成为国内先进、国际知名、具有铁路特色的一流理工大学，这既是上级领导对我们的殷切希望，也是几代数万名海内外校友的期望和重托，更是全校师生员工的共同心愿。

俟实扬华，日新月异。让我们发扬我校长期办学历程中形成的爱国爱校及严谨治学的传统，承扬百年，继往开来，把“211 工程”建设作为创业的新起点，励精图治，开拓奋进，为实现学校改革、建设与发展的“九五”计划和“211 工程”规划所确立的宏伟目标而努力奋斗！

西南交通大学校长、西南（唐山）交通大学
百周年校庆筹备委员会主任

1996 年 4 月

前 言

在隆重庆祝我校建校一百周年之际,我们呈献这本《西南交通大学百年校庆论文集机械工程类学科分册》,以向全校师生员工、海内外校友以及机械行业的同仁们展现我校机械工程类学科在教学、科研等方面所取得的成就、经验及学术研究的进展情况。由于时间和篇幅的限制,本册内容仅部分地反映了最近一个时期未曾公开发表的学术新作,而我校机械工程类学科所走过的历程,特别是“七五”和“八五”所取得的成就及理论与实践上的探索和创新值得我们回顾。

机械工程类学科在我校历史悠久,它既包括铁路专用机械专业学科又含通用机械专业学科,即包括:机车车辆、工程机械、机械学、工程图学、内燃机、机械制造、暖通与空调、机械电子、检测技术与仪器仪表、汽车工程等,已形成一个专业齐全、多学科交叉与相互渗透的机械工程类学科群,具有较高的学术水平和雄厚的科研实力,立足铁路,面向社会,承担了一大批国家级、省部级及横向科研项目,并取得了一批重要的科研成果,为我国机械工程学科的发展及铁路建设事业作出了积极的贡献。

机车车辆学科是国家级和铁道部重点学科,拥有博士学位授予权,设有:机车车辆动力学及强度、机车车辆摩擦学、机车车辆空气动力学及机车传动控制与故障诊断等四个学术方向。该学科的总体水平在国内处于领先地位,其中,“轮轨关系”、“轮轨蠕滑理论”、“车辆—轨道耦合动力学”等研究处于国际领先地位。由中国科学院院士、工程院院士沈志云教授领导的国家牵引动力重点实验室是研究轮轨相互作用、机车车辆新结构、列车行为和牵引与行车自动化,解决重载运输、高速铁路、行车安全、提高运输舒适性等有关铁路运输现代化关键技术的主要基地,其机车车辆滚动振动试验台的规模和试验研究能力达到世界先进水平,该实验室已于“八五”末通过了国家级验收,向百年校庆献上了一份厚礼。在已故的著名机车车辆和牵引动力学专家孙翔教授主持下完成的国家“七五”重点攻关项目:“重载列车动力学研究”、“大秦铁路万吨级重载单元列车试验研究”,为我国安全开行万吨级重载列车打下坚实的基础,荣获铁道部和国家级科技攻关重大成果奖;“双层客车研制”荣获国家科技进步一等奖;“机车司机驾驶模拟装置”获国家级新产品证书,已形成拳头产业;由摩擦学研究室研制的我国第一台“JD—1型轮轨摩擦模拟试验台”,其性能达到国家先进水平,完成了多项机车车辆轮轨模拟试验项目,该试验装置荣获铁道部和国家级科技进步奖。与土木工程学科合作建成的我国最大的风洞工程实验中心,为进行桥梁、隧道和机车车辆空气动力学研究提供了先进的试验手段。在“八五”期间该学科承担了国家级和铁道部级多项科研课题,其中主持国家“八五”重点攻关专题“高速动力车车体和转向架关键部件的研究”,牵头组织了十六个单位的一百余名专家及技术人员联合攻关,圆满地完成了研究设计任务,已投入试制阶段。机车车辆学科主持和参加的“七五”和“八五”国家重点科技攻关专题12项、铁道部科技发展计划项目10余项、国家自然科学基金和国家教委博士点基金项目10余项,科研经费达1200多万元,在“货运重载、客

运高速”领域居国内领先水平,并向世界先进水平迈进。

机械学学科是铁道部重点学科,围绕现代机械设计与理论和现代机器理论,开展如下几方面的研究:机构学、机器人、优化技术与设计自动化研究;摩擦学与传动的研究;机械可靠性工程研究及液压与机械系统控制等,多个研究领域在国内具有很大优势。例如,在机械学与机器理论领域,特别是在机构运动学理论、工程优化技术、机械设计中的人工智能等方面作出了系统的、创造性的工作,对有关学术领域的发展具有重要意义;在国内首次研制了优化设计专家系统并在实际中得到应用。在摩擦学与传动领域,参与研制了JD—1型轮轨摩擦模拟试验台;承担铁路车辆轴承寿命及故障的研究,先后多次实测了铁路车辆轴承的载荷谱等,对解决我国铁路行车安全具有重大意义。正在进行的工业机器人Robust控制器的研究将对机器人学及有关高技术产业具有重要的理论与实用价值。机械学学科自“七五”以来在国内外发表学术论文150多篇,鉴定科研项目20余项,取得一批科研成果,其中相当一部分研究成果达到国际先进水平,并有多项成果获奖,在国内外同行及学术界中均有相当的影响。

工程机械学科是铁道部重点学科,拥有雄厚的科研实力,形成了稳定的研究方向,它们是:机械结构强度数值分析及CAD;可靠性理论与工程实践;工程机械传动全性能设计;机电液一体化系统与控制。在这些研究方向上承担了国家攻关项目、国家自然科学基金项目、省部级科技项目等一系列高水准的课题,取得了一批重要的科研成果,如:“N1602型铁路起重机”获国家级和铁道部级科技进步二等奖;“N1004型全液压伸缩臂铁路起重机”获铁道部科技进步一等奖和国家级科技进步三等奖;同时与生产现场进行广泛而密切的联系,在解决生产实践中的难题和将科技成果转化成为生产力方面做了大量工作,产生了显著的经济效益和社会效益。例如,与山东起重机厂及哈尔滨铁路局共同研制的“TJLQ30.5t集装箱龙门起重机”替代了进口产品;与兰州机车工厂共同研制的“N1004型全液压伸缩臂起重机”达到了九十年代初国际先进水平,解决了电气化铁道接触网下及桥梁隧道内等特殊场合实现铁路机车车辆颠覆救援的技术难题;还与全国十几个省的二十几家中小企业合作,共同研究开发了5~50t共192个品种规格的桥式起重机系列产品。“七五”以来,工程机械学科在科学研究和产品开发中获得省部级以上的科技奖励10余项,科研经费达500多万元,在国内外发表论文近200篇,在理论与开发研究的诸多方面处于国内领先地位,部分成果达到国际先进水平。

此外,发挥多学科多专业的综合优势,在高速动车段运用和检修基地设计技术的研究、城市轻轨和地铁的技术研究与设计、数控机床的研制、机电液一体化控制技术的应用、柴油机性能综合试验及技术诊断、机械CAD、高大厂房和建筑物采暖通风系统的设计、援外铁路车辆技术服务、机务段检修试验技术设备的研制以及大跨度悬索桥机械技术等诸多方面承担了大批的科研课题,理论紧密联系实际,使我们的学术水平得以在实践中充分发挥。“七五”以来,我们机械工程类学科共承担各类纵、横向科研项目250多项,科研经费达3000多万元,在国内外发表学术论文900余篇,取得了一大批科研成果,获省部级以上科技进步奖40余项。

本分册学术论文的征稿得到了广大作者的积极响应,在较短的时间内共收到应征论文106余篇,内容涉及我们机械工程类各学科专业的诸多领域,绝大部分均是为百年校庆而撰写的新作,已经公开发表的不再收入。这些文章所阐述的论题比较深入,学术观点明确、新颖,既有基础理论的探索,又有理论与实践的结合,有的论文涉及本学科、本专业的发展动向,许多论文结合教学实践和科研项目总结出最新的研究成果。由于篇幅的限制,其中50篇论文收录本册,另作为校庆专刊在《机械科学与技术》杂志收录31篇论文,在《建筑机械》杂志收录12篇论

文。本分册按学科专业划分栏目,文章数量较少的专业类归入一个栏目,共分为“机车车辆”、“工程机械”、“机械制造、机械学及工程图学”和“检测、空调及其他”等四个栏目,以利于有效地进行专题交流和讨论。我们聘请了机械工程类各学科专业的10余名教授、专家参加论文的评审工作,他们以极其认真负责的工作态度和严谨的学术作风在较短的时间内对提交的各类论文逐篇写出评审意见,校科研处的主管同志给予了大力支持和具体指导,校出版社为本册的顺利出版付出了辛勤的劳动,我们借此向他们表示深深的谢意。本分册作为百年校庆论文集的一部分是献给校庆纪念日的一份礼物,我们相信,通过校庆论文报告会的学术交流,相互学习,加强与海内外校友和机械同行的联系与合作,必将对提高我校机械工程类学科学术水平,促进教学与科研的发展起到积极而重要的推动作用。

百年的辉煌,使我们精神振奋;展望未来,更感到任重而道远。“九五”是我国历史上发展的重要阶段,我们一定要在学校的领导之下,脚踏实地,不懈努力,为实现“九五”计划的宏伟目标而艰苦奋斗,使我们机械工程类学科再上一个新台阶,迎接新世纪的到来。

由于编辑时间紧迫,水平所限,错误与不当之处,敬请读者不吝指正。

西南交通大学百周年校庆科教论文组

机械工程学科分册编委会

1996年元月

目 录

机 车 车 辆

科教兴路和铁道科学技术方面的基础性研究	沈志云	1
我国首列高速列车组成模式的探讨	沈志云	6
重载运输的发展模式及其对牵引动力的要求	白家棟 金鼎昌	14
高速列车制动距离与减速度	张开文	18
关节式车辆述评及其应用前景	徐道玄	23
电力机车与轨道的动态相互作用研究	翟婉明	30
万吨级重载列车的安全运行条件及措施	陈 清	35
铁路高速机车车辆运行品质预测的最佳途径	张卫华 徐 涛	40
高速客车蛇行运动稳定性及失稳后的动态特性研究	曾 京 郭平波 徐 涛	43
高速动力车轻型化车体结构	肖守纳	47
ITFC 控制技术的原理分析及其在机车车辆滚动试验台中的应用	张卫华 彭忆强	52
轮轨相互作用的研究	陈良麒 金学松 黄丽湘	58
列车外形对隧道内单车压车波影响初探	梅元贵	63
国外高速列车检修技术研究	王伯铭 王月明 赵 清	67
PIS 中央信息与控制子系统的研究	王玉松	73
列车运行速度监控制动模式曲线的计算	王自力	79
现代控制技术在机车车辆上的应用	彭忆强 周文祥 林建辉	83
160km/h 双层空调客车气流流动计算	吴建林	88
铁道车辆主动悬挂最优控制研究	戴焕云	94
列车牵引方式对节能的影响	王自力	98
磁浮列车动力学研究	戴焕云	101

工 程 机 械

机械现代设计理论与方法的进展及若干问题	王金诺 黄洪钟	105
悬臂灌注造桥机总体结构的研讨	沈 权	110
利用组合逻辑电路实现多工况起重机的遥控	余敏年 穆润生	114
神经网络专家系统的最近发展	黄文培 靳 蕊 王金诺	118
换长轨作业车总体方案研究及钢轨受力分析	刘思宁 黄松和 杜海若	125
N1003 型铁路起重机结构强度测试	于兰峰 陈庭荣 唐元宁	129
起重机小车总体 CAD	徐 菱 黄洪钟 张羽成	135

机械制造、机械学及工程图学

双圆锥前刀面插齿刀的试验研究.....	周汝忠	薛弼一	139
逻辑表示法在专家系统中的应用研究.....	高国安	赵书钦	144
关于公差原则有关概念的探讨.....		王素如	149
高质量开发产品的新技术——测试性设计.....	许志沛	张质文	153
优化问题符号表达的最优解.....	李柏林	陈永	157
低速重载齿轮变位系数的最佳选择.....	战凤	吴鹿鸣	164
构造 B—Spline 自由曲面的逐次反算法	杜宏明	张爱军	168
绘图系统的变革促进着制图的发展.....		曾明华	173
关于 IC 卡的一卡多用及我校校园卡的设想		陈天星	177
C++ 与 C 的混编		陈天星	182
虎门大桥悬索桥施工中楔块式握索器的研制.....		郑全跃	185

检测、空调及其他

车体三向振动在线测试及统计分析.....	高品贤	伍川辉	林建辉	190
微机控制蓄电池快速自动充放电监视系统的研制.....	陈启璠	童晓阳	魏松	195
VVVF 空调技术			章音	201
机车柴油机诊断技术开发探索.....			魏道远	208
核子秤及其广义回归建模.....	肖世德	梁明述	费小琼	213
摩根斩波器换流分析及主要参数计算与选取.....		胡汉春	付金良	216
面元法的远场近似及远场判据.....			雷波	222
磁流体分散、稳定机理分析研究		周伦	王凯印	226
用激光和 CCD 测量位移技术的分析研究	肖绯雄	彭文一	赵彦灵	230
智能型热跑炉温度控制系统.....			梅登华	234

CONTENTS

Locomotive and Vehicle

On Policy of Development with Advances in Sciences and Education and on Fundamental Research in Railway Technology	Shen Zhiyun	1
Discussions about the Development of the First High-Speed Train in China	Shen Zhiyun	6
Developing Models of Heavy Haul Traffic and Their Requirements for Tractive Power	Bai Jiadi Jin Ding Chang	14
Braking Distance and Braking Retardation of High-Speed train in China	Zhang Kaiwen	18
A Comprehensive Evaluation for the Articulated Vehicle and it's Application Prospect	Xu Daoxuan	23
On Dynamic Interactions between Electric Locomotives and Tracks	Zhai Wanming	30
Safe Operating Conditions and Measures of 10000t Heavy Haul Train	Chen Qing	35
The Optimal Route for Performance Prediction of Railway High Speed Vehicle	Zhang Weihua Xu Tao	40
A Study of Hunting Stability of High Speed Railway Vehicle and the Dynamic Performance After Loss of Stability	Zeng Jing Wu Pingbuo Xu Tao	43
Construction of Lightening Body of High-Speed Locomotive	Xiao Shoune	47
The Basic Principle of ITFC and its Application in Railway Vehicles Roller Rig	Zhang Weihua Peng Yiqiang	52
Research on the Interaction of wheels and Rail	Chen Liangqi Jin Xuesong Huang Lixing	58
An Initial Investigation On the Effect of Train Shape on Transient Pressure Waves Generated in a Single Tunnel	Mei Yuanguai	63
Research on Maintenance-technique of High Speed Train Abroad	Wang Boming Wang Yueming Zhao Qing	67
Research on Central Information & Control Sub-System in Passenger Information System	Wang Yusong	73
Calculation of Braking Model Curve in Supervision and Control of Train Running Velocity		

.....	Wang Zili	79
The Application of Advanced Control Technique in Railway Vehicles		
.....	Peng Yiqiang Zhou Wenxiang Lin Jianhui	83
Air Flow Computation in 160km/h Double Floor Air-Conditioned Coach		
.....	Wu Jianlin	88
The Optimum Control of Railway Vehicle Active Suspensions		
.....	Dai Huanyun	94
Saving Energy Influenced by Traction Manner in Train Accelerated Process		
.....	Wang Zili	98
Dynamics Study on Magnetic Levitated Train	Dai Huanyun	101

Construction Machinery

State of the Art and Trends of Mechanical Modern Design Theory and Method		
.....	Wang Jinnuo Huang Hongzhong	105
Research on the Structure of Cantilever-Shuttering Bridge-building Machine		
.....	Shen Quan	110
The Remote Control of the multi-work-States of the Crane Using Combinatorial Logic		
Circuit	Yu Minnian Mu Runsheng	114
The Research Progress on Expert System Based on Neural Network		
.....	Huang Wenpei Jin Fan Wang Jinnuo	118
Research of the Plan of the Track Renewal Vehicles and Analysis of Forces Effecting		
on Rail	Liu Sining Huang Songhe Du Hairuo	125
The Structure Strength Testing of N1003 Railway Crane		
.....	Yu Lanfeng Chen Tingrong Tang Yuanning	129
CAD of Trolley of crane	Xu Ling Huang Hongzhong Zhang Yucheng	135

Machine building、Mechanics and Engineering Drawing

An Experimental Study on Double Conic Top Face Shaper		
.....	Zhou Ruzhong Xue Biyi	139
A Applying Research of Based Logical Representation Method on Expert System		
.....	Gao Guoan Zhao Shuxin	144
Inquiry into Certain Concepts on Tolerancing Principles	Wang Suru	149
Testability Design-New Technique of Developing Product with High Quality		
.....	Xu Zhipei Zhang Zhiwen	153
Symbolic Problems and their Optimal Solution in Symbolic Expression		
.....	Li Bailin Chen yong	157
Optimum Selection of Modification Coefficient of the Low-Speed Heavy-Loaded Gear		

.....	Zhan Fegn	Wu Luming	164	
The Progressive Approach of Constructing B-Spline Surface		Du Hongming	Chang Aijun	168
The Improvement of Drawing Tool System Promotes the Development of Drawing	.....	Zeng Minghua	173	
Multifunction of IC Card and a Proposal for School Card	.....	Chen Tianxing	177	
Mixed Usage of C++ and C	.....	Chen Tianxing	182	
Development of Cuneate Gripper in the Construction of Humen Suspension Bridge	.....	Zheng Quanyao	185	

Check up The air conditioning and Others

The on-line Measurement and Statistical Analysis of the 3D Vibration of the Train Body	.....	Gao Pinxian	Wu Chuanhiu	Lin Jianhui	190
The Monitor System of Battery Quick auto Charging and auto Discharging by	.....	Chen Qifan	Tong Xiaoyang	Wei Song	195
Microcomputer Controlling	.....	Zhang Yin	201		
VVVF air Conditioning Technique	.....	Wei Daoyuan	208		
Exploration of Diagnostic Technology of Locomotive Diesel Engines	.....	Xiao Shide	Liang Shuming	Fei Xiaoqong	213
The Radioactive Weighting System and Its General Regressive Modeling	.....	Hu Hanchun	Fu Jinliang	216	
Converting Current Analysis and Calculation of Primary Parameter for Morgan Chopper	.....	Lei Bo	222		
The Far-field Approximation and Far-field Criteria of Panel Method	.....	Zhou Lun	Wang Kiyin	226	
Analysis and Research on the Mechanism about Dispersion and Stability of Magnetic Fluid	.....	Xiao Feixiong	Peng Weiyi	Zhao Yanling	230
The Research for the Technique of Measuring Displacement Using Laser and CCD	.....	Mei Denghua	234		
The Control System of Furnace Temperature	.....				

科教兴路和铁道科学技术 方面的基础性研究

沈志云

【摘要】 本文从世界发展趋势及我国的情况出发论述了科教兴路策略的重要意义。讨论了基础性研究在科教兴路中的地位和作用。就轮轨接触力学、多体系统动力学及控制、材料强度及可靠性理论、变流技术及电力传动、空气动力学工程、信息技术及自动控制等方面,详细论述了这些基础性研究的内容及与铁路现代化的关系,对加强这些研究提出了具体建议。

【关键词】 轮轨滚动接触力学;多体系统动力学;材料强度;变流技术;信息技术;空气动力学工程

当今世界的大气候、大趋势是什么?和平与发展。在和平的环境下求得最大的发展。大家都要发展,于是就存在剧烈的竞争,其焦点或标志就是科学技术。社会发展到今天,只有科学技术才是推动经济发展的真正动力。在科技发展中,优胜劣汰,谁想求得生存和发展,谁就要不遗余力地去发展科技,并将科技成果转化成强大的生产力,使经济得到更快的发展。这就是本世纪末以来的世界潮流,二十一世纪必然是科技的世纪。

我们的国家,在以江泽民同志为首的党中央领导下,正是朝着这个大方向前进。去年5月召开的全国科技大会和《中共中央、国务院关于加速科学技术进步的决定》,提出了科教兴国的伟大战略。这是全面落实邓小平同志关于科学技术是第一生产力的思想,实现我国社会主义现代化建设伟大目标的一项重大战略决策。如果说十一届三中全会决定了党的工作重心转向经济建设,带来了八十年代经济腾飞的话,那么,这次的决定就是进一步明确经济建设当中要抓科技和教育,走科教兴国的道路。这必将导致一场更大规模的变革,真正把经济纳入依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来。要搞市场经济,这是向前跨进的一大步,市场经济中要依靠科技进步,这就抓到了社会主义市场经济的根本。从一开头我们就提到,在当今世界大潮中,一个国家,一个民族要能生存,能发展,能取得应有的地位,就得靠从科技进步中发展起来的经济实力。同发达国家相比,我们目前虽然还有较大差距,但只要方向路线搞对了,就会腾飞。这是历史的必然,尤其对有12亿人口的大国来说,找准这个方向是一件了不起的大事。世界都在谈论21世纪是中国的世纪,虽然反应一些人惧怕中国兴起的心情,但却也是不无根据的。

十分喜人的是,在去年十月铁道部召开的科学技术大会上,完全贯彻了中央关于科技兴国的战略和十四届五中全会的精神,十分响亮地提出了科教兴路的口号。无论从韩杼滨部长的报告中还是从会议通过的两个历史性文件中,都体现了依靠科技进步和提高劳动者素质的精

神。是我们党制定的“科教兴国”国策在铁道建设上的体现。这是很有气魄的计划,是符合世界发展形势的决策,必将成为我们全体铁路人共同奋斗的纲领,会起到很大推动作用的。

这次制定铁路科技发展“九五”计划和 2010 年长期规划纲要提出了五项跨世纪工程,十项关键技术工程,八项基础技术强化工程和七项成果转化工程。树立了在 2000 年必须达到的十项具体目标。尤其是明确提出加强应用基础研究和重视铁路科研基础设施的建设,这在过去的计划和规划中是很少这样明确提出来过的。作为一名奋斗在科研战线上的战士,我从内心深处感到无比兴奋,感到有许多事情要做,决心加倍努力,带领青年人在学校和铁道部的领导下,在“科教兴路”的伟大实践中,做出我们应有的贡献。究竟什么是铁路科技中的基础性研究,这些研究同铁路科技进步有什么关系,如何结合铁路的现代化建设来加强基础性研究?下面就想谈一些个人的认识,不全面或不正确之处,希望得到大家的批评指正。

铁道技术包括机车车辆、线路桥梁、通信信号及运输组织等多个技术领域。可以说,全部技术科学都可能成为铁道技术的学科基础。然而,从应用的深度和广度考虑,从铁道运输的特点出发,主要是那些构成当前铁路关键技术的基础并能推动其发展的应用基础研究和有关高新技术。当前铁路的关键技术集中表现在重载、高速、安全、信息、管理等几个方面。铁道部制定“九五”计划及 2010 年长期规划对此作了精辟的论述和周密的安排,本文拟从以下六个方面论述铁道技术的应用基础性研究。

1 轮轨滚动接触力学(Wheel/Rail Rolling Contact Mechanics)

铁道运输区别于其他运输形式的根本特点在于轮和轨的滚动接触,运用刚性车轮和钢轨间的滚动摩擦运动副来实现运输对象的位移,带来铁道运输安全、迅速、高效、低耗等一系列其他运输形式无法与之匹敌的优点。但同时也产生磨损、接触疲劳、脱轨、打滑等难于克服的问题。列车运行的大多数难于解决的问题,如提高速度,增加轴重,保证安全,提高运行平稳性,保证运动稳定性等,无不与轮轨相互作用有关。然而,轮轨表面并非绝对刚性,在轮重作用下总要产生弹性甚至塑性变形而形成一个接触斑。在这个接触斑上发生的力与变形的本构关系是极为复杂的,属于三维弹性体滚动接触力学的范围。近二十多年来,在 K. L. Johnson 和 J. J. Kalker 等学者的努力下,轮轨滚动接触力学已有较大发展,为轮轨间相互作用的计算,为定量研究轮轨磨损和牵引粘着等提供了理论工具,近二十年来在提高运行速度,保证行车安全,开发高速、重载用机车车辆转向架等方面所取得的突破性进展,都与轮轨滚动接触理论的发展有关。然而,迄今所有这方面的分析,都限于稳态或某种限制的非稳态,动态理论尚未形成。轮轨表面不平顺和轮轨本身弹性振动对轮轨相互作用的影响,尚缺有力的模型来计算。德国一家著名杂志载文说:“人类今天已能精确模拟和控制宇宙飞行体的运动,但却无法准确模拟轮轨之间的作用。”这是切中要害的评论。当前高速铁路上发现的疑难问题,如车轮表面多边形化和椭圆度的产生机理,高速轨道表面的短波长波浪形磨损的起因及其发展等,都必须靠轮轨滚动接触力学的发展才有希望从理论上得到应有的解释。

我国发展轮轨滚动接触力学更强调实际应用。在轮轨蠕滑力的计算模型上,我们偏向于采用非线性简化模型^[1](通称沈氏理论^[2]),该模型可以修正及推广到非稳态^[3],使其结果更符合实际。在西南交通大学落成的轮轨蠕滑试验台,更借助于原型尺寸模型的试验来验证和发展动态理论。该试验台转速可模拟 400km/h 的前进速度,激振系统可输入轨道不平顺函

数。利用这个试验台,不仅可验证现有稳态理论,还可发展到动态和非稳态领域,有希望再现波磨和混沌现象。在此基础上,高速、重载下的轮轨磨损,轮轨粘着,轮轨动力作用,脱轨机理,轮轨噪声等一系列高难问题,都可得到有直接应用价值的结果,也为发展动态轮轨蠕滑理论,动态脱轨理论和轮轨磨损、疲劳等理论开辟道路。这方面的研究得到了国家科委和国家自然科学基金委员会的重点支持,正在顺利开展。我们有理由期待突破性进展,为我国铁路技术的新发展发挥促进作用。

2 多体系统动力学及控制(Multibody System Dynamics and Control)

机车车辆和轨道线路组成的封闭系统是铁道运输的硬件系统,一切重载货运或高速客运等新技术都发生在这个系统之中。这是一个由众多刚体、弹性体组成的多体系统,要控制或改善列车运行的动力性能,都离不开多体系统动力学的研究。

半个世纪以来,随着计算机的广泛应用,多体系统动力学及控制这门学科发展很快,已经成为国际理论及应用力学联盟中一个非常活跃的分支。1975年,车辆系统动力学,由于其在机车车辆及汽车动力性能分析上的突破,已经形成一门独立的学科,其相应的国际学术组织——国际车辆系统动力学协会(IAVSD)的积极活动,为这一学科的蓬勃发展发挥着越来越大的作用。

这门应用基础性学科所要解决的问题是车辆沿轨道运动的稳定性和运行的平稳性如何预测,如何改善和如何控制,以便保证车辆运行的安全性和舒适性。机车车辆的优化设计及其检修运用标准,轨道线路建设的规范及其维修养护的标准,桥梁隧道的设计,接触网受电弓的设计等等,能够从理论上提供依据和计算方法的只有依靠车辆系统动力学。由于车辆系统动力学的发展,新型结构的机车车辆,尤其是各种型式的转向架,不断涌现,保证了高速客运和重载货运的不断发展,这是近几十年来铁路技术发展的主要特征。

研究车辆系统动力性能的目的,在于控制。各种先进控制技术,如最佳控制,自适应控制,鲁棒控制, H_∞ 控制,模糊控制等,日益在车辆悬挂系统上找到了最佳应用场所。近年发展起来的可倾车体式列车,可变参数定位,主动二系悬挂等新技术,都是通过系统动力学的分析才找到其采用的必要性和控制规律的。这一发展方兴未艾,它所能带来的铁路运输新技术无论怎样评价也不会过份。

车辆系统动力学发展到今天,已形成一整套计算机仿真的综合软件。国际上有名的,如德国的MEDYNA,英国的VAMPIRE,美国的NUCARS等,均已商品化并不断更新版本。我国从80年代初开始,就开展了车辆系统动力学的研究。高速重载机车车辆的设计,目前已经不能离开系统动力学的计算,普遍适用的综合软件也正在研制之中。当前比较关键的是要进行整车试验的验证。一般的线路试验,由于线路干扰因素过多而无法验证理论计算结果。在西南交通大学牵引动力国家重点实验室里建成的整车滚动与振动相结合的试验台,能够就主要因素模拟线路运行,能够对比不同模型的计算验证计算结果的正确性,能够输入任意激励而分别测得其动力响应。所以,这一试验台的建成,为车辆系统动力学及控制的计算机综合软件的验证,创造了最好的条件,也为机车车辆系统运动稳定性研究,提供了实物试验手段。该实验室所编制的综合软件已完成第一版,并已在几次整车试验中得到了初步验证,不久将可以普遍推广应用。

牵引动力实验室还引进了具有 90 年代国际水平的强大的激振及控制系统,可对整车的运动姿态进行任意给定规律的控制。其已完成的可倾车体的控制试验,对车体的倾斜力矩及动作时迟等都取得了有价值的参数。所引进的 LABSITE 及 PROCO,原为用于导弹指定目标控制的军用设备,用于机车车辆任意规律的控制将十分方便。控制规律及控制参数的实验室研究,是为这一高新技术应用于实际机车车辆的基础性研究。也是车辆多体系统动力及控制这一应用基础学科的直接应用。

3 材料动强度及可靠性理论 (Dynamical Material Strength and Reliability)

随着运行速度的提高,降低列车自重的迫切性越来越大。如何在保证安全的前提下尽可能降低自重,这里就要进行材料动强度或疲劳强度及可靠度研究。这是一门对每个工业领域都很重要的基础性研究。对于不断运行的高速列车,尤其如此。

降低自重的途径不外采用新材料和优化结构设计。研究各种材料(低合金钢材,铝合金,不锈钢等)各种工艺条件(锻、铸、焊接等)下的疲劳强度,除应用一般固体力学的理论和有限元计算等方法之外,就是要进行再现工作载荷的疲劳试验。目前所采用的疲劳试验规范过于简单,不足以预测实际结构的寿命。国外在大量研究基础上,已经更新了各种疲劳试验的规范。如机车转向架,我国只进行 200 万次垂向加载。欧洲 UIC 标准已更新为 600 万次三维(垂向、横向、纵向)可控加载。经过这种接近工作应力状态的试验才能保证运用中的安全可靠。我们已经在牵引动力国家重点实验室内按 UIC 标准的规定进行了 250km/h 动力车转向架构架的 600 万次疲劳试验。可以说在设备能力上我国已具有足够的水平。当前的问题是要进行载荷及加载规范的研究,对于车体结构等大型构件,尤其是一个空白。这些虽然属于基础性工作,但是对于优化机车车辆结构设计,减轻列车自重是十分重要的,是能取得直接应用效益的研究。

基于大量统计数据的可靠度理论是一种新方法。例如,随机疲劳理论,能带来寿命预测上的新进展。但为此必须建立足够量的数据库。这是关系到全局的基础性工作,应在铁道部有关部门的统一组织下进行,才可望取得成果。

可靠性设计不仅对机车车辆十分重要,对轨道线路,尤其是桥梁结构,更是如此。这里方法不是问题,问题在于数据库的建立。这是一种十分重要的基础性工作。

4 变流技术及电力传动 (Current Conversion and Power Transmission)

牵引动力的变革是铁道运输中的最主要的进步。铁路由最初的马拉车辆,到蒸汽机车、内燃机车、电力机车,标志着铁道技术进步的历程。当前重载和高速都要求更大的牵引动力和更可靠的电力传动及控制。这方面的研究,是关系到铁道技术发展的根本性应用基础。

我国目前一律采用交一直传动,即只采用直流牵引电机。国外向交流牵引电机的过渡进展十分迅速。我国从七五开始着手研究交一直一交电力传动系统,1996 年将研制成功第一台交一直一交原型车。这是牵引电传动上的一次革命。该车出厂后,将送入牵引动力国家重点实验室进行基础性试验及研究,使其在牵引粘着及动力性能等方面达到设计要求。