

跨世纪人才论中国交通

主 编 张湘伟

副主编 曹钟勇 施 欣 那向谦

严新平 翟婉明

重庆大学出版社

1995 年 · 重庆

序 言

目前,我国的社会主义建设事业正在快速、协调、稳定、健康地迈向二十一世纪。我们将面临一个国民经济迅速腾飞的时代。可以预计,国民经济的迅速发展必将对我国交通运输业的发展提出更新、更高的要求。而振兴与发展我国交通运输事业,迎接下一个世纪挑战的重任将由跨世纪的年轻一代来完成。为此,国家教委科技委组织了全国首届交通运输领域青年学术大会,以期通过学术交流活动,为跨世纪青年学者提供一个有益的相互学习机会、创造一个活跃的学术交流舞台,提高我国交通运输领域青年学者的学术水平。同时,通过学术交流活动,促进跨世纪青年学者为我国交通运输业的发展开展踏踏实实的科学研究工作。

本届学术大会共收到学术论文数百篇。作者年龄均在45岁以下,来自全国交通运输领域的有关院校、科研机构和企业事业单位。这既充分体现了战斗在我国交通运输领域的青年学者良好的学术素质及朝气蓬勃、奋发向上的创业精神,也展示了我国交通运输领域后继有人、兴旺发达的前景。

这一套论文集收录的二百余篇学术论文,是在数百篇来稿的基础上挑选出来的。内容涉及汽车工程、船舶工程、机车车辆与轨道、交通运输管理科学和其它与交通运输相关的领域。论文的具体研究内容既涉及到我国目前交通运输业的发展中迫切需要解决的重大技术与经济问题,也涉及到我国交通运输业发展的长远规划、方针与策略问题。

我认为,选录的论文基本上反映了我国交通运输领域的学术动态和水平。论文的研究成果对推动我国交通运输业的顺利发展必将起到十分有益的推动作用。

中科院院士、工程院院士
西南交通大学 教授

沈志云

1995年10月

'95 全国交通运输领域青年学术大会

主办单位： 国家教委科技委

资助单位： 国家自然科学基金委员会
铁道部科技司
交通部教育司

承办单位： 重庆大学 北方交通大学 上海铁道学院 上海海运学院
西南交通大学

协办单位： 大连海事学院 武汉交通科技大学 重庆交通学院
吉林工业大学 哈尔滨工程大学 上海交通大学

指导委员会：

主 任： 沈志云

委 员： (按姓氏笔划为序) 王金华 王德荣 王士杰 石 洞 龙良贤
孙国正 刘人杰 吴云鹏 李克健 李杰仁 李润培 陈永宽
陈祖慰 张登良 张起森 周翊民 杨士茂 杨兆升 胡正明
欧可平 郦 萌 袁成琛 袁景葵 秦作睿 秦士元 郭孔辉
曾祥伟

组织委员会：

主 任： 张湘伟

副主任： 曹钟勇 施 欣 那向谦 翟婉明 严新平

秘书长： 靳 萍

委 员： 章梓茂 潘复生 程昌华 郑健龙 王殿海 吕赛英 谢新廉

目 录

铁道运输

惠普数据采集系统在内燃机测试中的运用	董 春(1)
机车的非线性动态曲线通过及直线横向响应性能分析	付秀通(4)
关于铁路运输业建立现代企业制度的思考	张 戎(9)
车辆脱轨稳定性的数值模拟研究	赵国堂 等(14)
轨道结构几何参数对曲线钢轨侧面磨耗影响的研究	练松良(18)
用变计算宽度法分析图形挖井基础横向受力	孙学先(24)
综合交通运输规划的计算方法	濮定国(29)
隧道围岩稳定性分析中常用破坏准则的比较	阳有奎(34)
铁路区间通过能力计算方法研究	孙全欣 等(40)
开发铁路国际集装箱运输市场的分析	袁振洲 等(46)
建立铁路运输现代企业制度的基本构思	袁振洲(50)
客运列车电气设备集中监测诊断专家系统的研究	丁旺才 等(53)
轨道垂直向不平顺动力特性分析	刘学毅 等(57)
轮轨垂向—横向空间耦合振动模型	王 平等(62)
准高速、高速机车空心小齿轮式传动方案的研究	虞丽娟(67)
浅埋隧道荷载计算与试验研究	王 兵 等(70)
混凝土轨枕承载力的非线性分析	陈 波 等(75)
有限元分析中的曲梁单元切线刚度矩阵	陈 波 等(80)
车辆结构振动的分散控制	吴 波 等(86)
铁路客站客运服务信息的处理和信息矩阵的研究	汪 晓(91)
高速铁路弓网系统垂向动力学研究	蔡成标 等(100)
车载试验评定既有钢筋混凝土简支梁桥承载能力	马文祥(106)
铁路网分配模型及模拟退火算法	高旭敏 等(109)
线路通过能力分析系统的研究及应用	田长海(115)
机车车辆运行状态振动检测实用方法研究	柴东明(121)
轮轨科学润滑与减磨分析	戴利民 等(127)
铁路多级四代油的研究	王 丹 等(131)
提高既有线路列车运行速度对运输能力的影响	时 颢(139)
铁路路基病害管理模式的研究	孙玫肖(144)
非侵蚀型泥石流龙头运动计算模型的研究	李良勋(149)
树脂混凝土制品开发研究工作的回顾与展望	祝和权(155)

铁路轮轨高频随机振动理论解析..... 翟婉明(162)

第二代运输小汽车铁路专用车辆的探讨..... 王春山(170)

高速铁路的噪声分析及其治理措施建议..... 张科平(176)

内燃机车冷却液再生工艺及效益评估 李彦生 等(181)

轨道系统高频垂向振动特性 魏 伟 等(185)

对我国铁路运输供给与需求特点的分析..... 王怀相(191)

铁路运输业亏损的经济学分析..... 许晓峰(195)

铁路网上车流径路选择的 0—1 规划方法..... 林伯梁 等(201)

通信站辅助监控系统中 LUEP 码的应用 吴 凯(205)

铁路车站微机联锁系统软件的安全性和可靠性..... 于拓华(210)

一种新的尝试——架桥机计算机监控系统 蒋大明 等(213)

车辆系统非线性运动稳定性研究 张卫华 等(218)

缓曲路径对车辆轮重减载率影响的分析 陈良麒 等(224)

铁路牵引动力合理布局的目标规划模型..... 王齐荣(230)

关于机车柴油机修制问题的几点探讨 张 欣 等(237)

线路—列车动力学与计算机仿真 魏庆朝 等(241)

牵引电动机的环火与轮轨作用的关系..... 王庆贤(246)

钢筋混凝土板弹塑性分析的退化壳单元方法 杨子江 等(251)

对重载列车制动系统漏泄标准的探讨..... 吴学斌(255)

铁路车辆试验台的速度同步控制方法研究 周文祥 等(260)

铁路运输业推行质量成本管理的设想 李文兴 等(265)

高速列车弓网系统动力学计算机仿真研究..... 单 奇(270)

高速铁路的噪声分析及其治理措施建设..... 张科平(276)

380 马力 J384 型内燃机车静态粘着重量分析 沈丽达 等(282)

铁路编组站作业计划计算机智能编制方法的研究..... 刘 军(285)

列车运行图的可靠性问题研究 刘乃奎 等(291)

铁路分界口、限制口能力分配及管理的研究 尹相勇(296)

论我国铁路信息系统的发展战略..... 张剑平(301)

铁路运输企业的竞争环境和发展战略分析 张志宏 等(305)

铁路客运管理体制及客运价格改革的探讨 张志宏 等(310)

行车人机系统可靠性分析 王武宏 等(315)

我国第一辆高速客车转向架选型及动力性能研究..... 戴焕云(319)

铁路运输能力利用中能力损失及其传递性研究 徐瑞华 等(325)

改革军运运价 适应市场经济..... 范精明(330)

清筛机挖掘阻力分析..... 钟建国(334)

汽车运输

Wavelet Analysis in Testing Signals Zhang Xiangwei(339)

公路平面线形设计的样条曲线方法研究·····	王福建(344)
高速公路稳态交通流的最优问题·····	姜紫峰(350)
微机化汽车变速器总成同步器性能与寿命试验台的研制·····	蔡建勇等(355)
参照国际惯例完善公路工程监理体系·····	朱梦良(361)
路用颗粒性材料的压实评价方法·····	延西利等(365)
压路机作用下土中应力状态的分析及其对压实效果的影响·····	杨士敏(368)
基于分形的路面破损状况评价方法的研究·····	杨锡武(373)
基于五次样条曲线的公路平面线形设计方法研究·····	王福建(379)
数字模拟技术在汽车安全性设计中的应用·····	杨昌棋(382)
高速公路监控系统通信方式的优化设计·····	黄承明等(386)
自动避让模拟系统的设计方法·····	乐美龙等(391)
柔性基础半刚性桩复合地基变形与稳定性分析·····	折学森(396)
公路施工季节性影响的网络计划技术·····	李传习等(401)
高速公路客运网络优化模型研究·····	刘魏等(407)
汽车电子技术的发展与对策·····	马强骏等(411)
制动防抱孔系统的控制通道及其控制效果的分析·····	司利增(415)
柴油机喷油规律微机测量与分析系统的研究·····	吴义虎等(420)
公路工程项目评估的中观经济模型·····	袁剑波(423)
道路横断面型式与交通噪声传播·····	陈雨人(427)
道路景观设计的基础·····	陈雨人(431)
高等级公路全过程系统管理的必要性与可行性·····	晓声等(436)
关于我国未来高等级公路建设资金需求与对策的讨论·····	杨可(438)
关于高速公路管理模式的比较分析·····	向涛(443)
高速公路中客车选型的动态决策·····	马维跃(448)
多轴汽车油气悬架参数动态优化设计·····	贺岩松(454)
高速公路收费显示器的设计研究·····	陈敬明(459)
分形论及其在路网分析中的应用·····	乔林等(465)
斜T型梁桥的有限元分析·····	王其功(469)
重庆大佛寺长江大桥初步设计—组合式PC悬索桥方案介绍·····	刘毓湘(477)
干线公路网络规划的思想与方法·····	韩直(483)
土性的自相关性及其路堤概率分析中土性统计参数的确定·····	邓卫东(488)
云南省公路网规划的分期实施研究·····	周伟等(496)
城市公路主枢纽的目标结构及运行机制模式·····	徐双应(500)
全挂车轮转向装置设计·····	黄海波(504)
排气消声器消声理论模型及性能评价指标探讨·····	刘晓玲等(509)
轻变型摩托结构动态特性的分析·····	程露敏(515)
汽车动力性实时分析系统前向通道配置·····	孙仁云(522)
沥青路面结构目标可靠度研究·····	卢正宇(527)
车用液化石油气的开发研究·····	刘生全等(534)

城市公交客流 OD 分布的一种推算方法及其应用	夏志浩 等(539)
水泥赤泥混凝土路用性能研究	梁乃兴 等(545)
路基土回弹模量的应力依赖性模型研究	凌天清 等(550)
路网节点的输入输出模型	许茂增(555)
路网节点的输入输出模型的参数估计	许茂增(560)
汽油掺水防爆节油措施及汽车运行节油机理的研究	邵毅明 等(565)
基于常规被动悬架的汽车主动悬架的研究	李 伟 等(569)
车内噪声控制方法的研究	李克强 等(574)
全自动直尺式公路平整度检测议仪的研究	杨德明(579)
科技进步对公路运输企业经济增长的综合优化效应研究	隽志才 等(581)
模糊优化在刚性路面设计中应用的探讨	陈忠达(587)
M5 甲醇汽油混合燃料在 EQ6100—1 型汽油机上的应用研究	王贺武 等(593)
隧道开挖引起地层移动的计算模拟研究	刘欣荣 等(599)
汽车灯光光强测试自动补偿法的研究	杨中玉 等(604)
均衡交通分配模型及其应用研究	陆化普 等(608)
我国高速公路建设发展的特点及实施效果初探	贾元华(613)
深圳运输企业发展动态	韩 彪 等(618)
用多目标方法解决运输流优化问题	周启雷(623)
隧道开挖引起地表沉陷的研究	刘欣荣 等(628)
发展西南交通运输业的若干构想	靳 平(634)
军事公路运输系统动力学模型的建立	范精明(639)
南方地区路基土材料参数的研究	刘朝晖(643)

船舶运输

数据库在航运管理中运用的探讨	邵哲平 等(647)
港口系统的仿真研究	王 鹏 等(650)
水运宏观决策支持系统的设计与应用	刘艳琴(655)
运量波动航线上的船型论证问题	谢新连(659)
目标规划优化方法在船舶配积载中的应用	王鸿鹏(668)
试论厦门港 VTS 在两岸海上直航中的作用	张杏谷(675)
轴压随机几何缺陷圆柱壳可靠性分析	孙海虹 等(681)
论福建水路高速客运的发展前景	林 敏(688)
船舶电站微机监测与故障模拟系统	黄丽卿 等(694)
船机修造工程学科的理论体系与研究方向的探讨	严新平等(699)
船舶柴油机基于磨粒分析的故障诊断的研究	严新平等(704)
船用柴油机故障诊断中的 ANN 知识获取方法	刘以建 等(709)
船舶电站原动机及调速器系统的模拟	杨国豪 等(714)
随机运输网络交通量分配模型及算法研究	施 欣(719)

船舶冷库的变频节能控制	林金表 等(723)
随机波浪荷载下灯塔结构的动力分析	唐雪松(728)
我国船舶交通管理系统发展的几点看法与建议	林长川(733)
用几何模拟算法实现计算机辅助优化航班分派	何 正(737)
内河船队操纵性数据库系统及其应用	刘祖源 等(742)
长江三角洲集装箱运输系统的两个突出问题	刘 伟(746)
长江中下游船舶产品焊接质量的调查与分析	彭吉祥(751)
船舶综合自动化系统的展望与探讨	汤天浩 等(755)
机动船舶船型优选方法的探讨	王丽铮 等(760)
建立海上信息高速公路的构想	孙文力 等(765)
国际航运的物流发展战略	费维军(770)
VTS 船舶交通数据管理系统	柳晓鸣 等(774)
船舶物理场测量	苏龙滨 等(779)
主从式发动机故障诊断系统的研制	王 俊 等(782)
三峡枢纽通航水力学模型试验中 HD—4B 型电脑流速仪的应用	余 葵 等(787)
弯曲航道航槽水深预报的新模型	王平义(793)
水下目标辐射噪声线谱的分析	杨德森 等(800)
航行安全评价决策支持系统初探	文 华(806)
二滩木材过坝工程中有关流体力学问题的研究与探讨	詹德新 等(810)
大型自位推力球轴承与轴配合间隙的探讨	刘正林 等(815)

交通运输管理及其它

关于行商问题的一个算法	黄 河 等(818)
梁系浮筏隔振的功率流分析	李天匀 等(822)
异种钢焊接中的“富奥氏体区”的形成机理	潘春旭 等(827)
用神经网络方法处理交通平衡分配问题	邓 卫 等(831)
奥氏体不锈钢焊缝中显微缺陷的电镜研究	潘春旭(836)
多目标运量分配优化问题的模型及求解算法	黄 平(840)
未来影响城市道路交通发展的诸因素分析	范文毅(847)
交通监控系统中区域控制器的研究	朱 建 等(852)
具有高弹联轴节轴系统非线性振动的稳态解	王 杰 等(858)
车一路相互作用的随机荷载	孙 璐(862)
悬索桥极限跨度技术研究	邬晓光(868)
我国城市外部交通方式的比较及下世纪初运输规模的预测	曹钟勇(872)
漫水丁坝水流特性和冲刷的试验研究	田伟平 等(879)
论中国交通工程学科发展战略	王 炜(883)
圆型截面钢筋混凝土偏心受压构件截面设计的程序方法	刘玉兰 等(887)
铝合金脉冲 MIG 焊电弧稳定性研究	丁 韦 等(892)

· 开辟中国东部沿海交通大走廊·····	邹元超(896)
复合材料压杆的冲击屈曲·····	王德禹等(898)
论施工监理的基本原理·····	袁剑波(902)
运输管制:理论与实践·····	郭华伟(906)
多式联运——中国交通运输业发展新热点分析·····	王稼琼(911)
交通运输建设项目的国民经济评价方法的探讨·····	刘万明(917)
交通运输建设项目环境影响评价问题研究·····	洪卫等(921)
I—DEAS 在东风 11 型内燃机车开发中的应用·····	林宝阳(927)
市场经济下铁路经济区的构建与发展·····	王海生等(931)
多目标运量分配优化问题的模型及求解算法·····	黄平(937)
预应力混凝土桁式连续刚构的设计与施工·····	许晓锋等(942)
影响桥梁抗振综合影响系数的主要因素·····	胡勃等(947)
基于测量面坯的曲面拟合·····	肖国平等(952)
用于运行方案分析的客车框架随机生成模型·····	张星臣等(956)
运输发展理论以运输化为主要线索的新进展·····	荣朝和(960)
· 重庆市地下空间综合开发可行性研究·····	刘伟等(965)
实现高性能混凝土的途径·····	杨彦克等(973)
结构动力稳定性分析的一种数值方法·····	吴卫国等(977)
大型变截面钢质引桥模型的质试验研究·····	杨平等(981)
用四点法实地定线·····	李清波(986)
层间接触状态对路面裂缝应力场的影响·····	周志刚(989)
自行车交通安全的对策研究·····	许洪国等(992)
利用船用 ARPA 实现的 VTS 系统·····	索继东(997)
基于神经网络的 VTS 雷达方位超分辨·····	王飞舟(1001)
论 LPGH 应用前景·····	刘生全等(1007)
城市土地使用与交通相互作用的动态模拟模型·····	胡天军(1011)
用算子矩阵判别微分方程的可积性·····	冯兆生(1016)
自仿集的势论和分析性质·····	商朋见(1022)
· 交通运输规划中的可持续发展问题研究·····	毛保华(1029)
交通运输与区域经济协调中的耗散现象——交通经济带浅析·····	张秀媛(1034)
基于线性规划的均衡器调节方法的研究·····	孙泽行等(1039)
遗传算法在优化问题中的应用研究·····	孙艳丰(1043)
加快中原地区交通运输发展·····	周朝宏(1048)
模拟电子云居民分布模型研究·····	王殿海等(1053)
CMAC 神经网络与 FUZZY 逻辑结合的智能控制器·····	郭晨等(1057)
最大似然思想和最大熵思想在交通状态分析中的一致性·····	靳文舟等(1063)
小型柴油机缸内辐射传热的实验测量·····	俞水良(1070)
关于动力学中一类微分方程的周期解问题·····	冯兆生等(1074)

惠普数据采集系统在内燃机测试中的应用

董 春

(铁道部科学研究院, 北京, 100081)

摘 要 结合实验,介绍了惠普数据采集系统在内燃机测试中的具体应用,包括该系统的一些功能特点、测试原理和使用方法,并着重说明了利用曲轴转角和上止点位置信号触发数据采集过程的原理和方法。实验结果表明,该系统能够满足内燃机测试对曲轴转角触发采样的要求,而且较之目前常用的内燃机燃烧分析仪显著地提高了测试精度和灵活性,扩大了测量范围。

关键词 数据采集; 内燃机; 测试

0 前 言

以往在内燃机测试中较多使用的是燃烧分析仪,由于其数据采集和处理软件都固化在硬件中,一定程度上限制了仪器使用和处理分析数据的灵活性。美国惠普公司的 HP3852 数据采集和控制系统是集数据采集和控制功能于一身、方便实用、用途广泛的便携式智能数据采集和控制系统,利用主机箱或数据采集插板的外触发功能完全可以满足一般内燃机测试对上止点和曲线转角角标信号的要求。同时,HP3852 的很多优秀功能,如每秒 10 万次的采样速度、16 位的分辨率、数千通道同时采样和与微机或工作站的高速通讯更是一般燃烧分析仪所无法比拟的,它十分适用于类似内燃机综合测试这样融电压、电阻、应力、温度等多种测量于一体的复杂实验。

1 测试系统及其特点

HP3852 由主机箱和完成各种功能的插板组成。它既可独立使用,也可由微机或工作站控制工作;既可仅由主机箱完成简单操作,也可通过增加扩展箱和插板,组成多达数千路测量通道的数据采集系统,并有一定控制能力。图 1 为典型的系统构成。

衡量测试系统优劣有许多重要指标。其一是速度,HP3852 的单通道最高采样速度和累积采样速度均为 10 万次/秒,内部数据传输速度最高是 9 万数/秒,与计算机通信最高为 10 万次/秒,可以完成数据高速连续采集。其二是分辨率,根据实验需要可以选择使用 13 位或 14 位,甚至 16 位精度($<0.01\%$),这足以保证绝大多数测试的需要。其三是适用性,针对不同的测试对象和要求,都有适合的采集插板可供选用,轻而易举地搭配出最佳方案,完成电压、电阻、温度、应力应变等参数的多路同时或顺序采



图 1 典型 HP3852 数据采集测试系统构成

样。其四是可靠性,对各种参数的测试都有保护地、补偿、自动调零和修正子程序来保证测试结果正确。还有灵活性,只需十分简捷的指令就可完成十分复杂而庞大的测试。

惠普 HP3852 的一个重要特点在于它将数据采集方式分为系统模式和扫描模式。系统模式比较简单,适于一般测试。扫描模式则较为复杂,它把扫描、测量、停止三级触发与插板参数设置、通道选择、分辨率设定、数据传输以及中断功能等巧妙结合,有效地实现了高速采样和数据传输。图 2 为扫描模式下的数据采集过程。

惠普 HP3852 的另一特点是其采样保持功能。指定采样通道的输入信号被同时捕捉,然后再按通道顺序采样。因此,这些通道的采样数据就是同一时刻的信号。这决不等于逐一通道采样,那样即使采样速度再高也不是同一时刻的信号。这点对于内燃



图 2 扫描模式下的数据采集过程

机测试十分有利,严格保证各缸测试结果相对时间轴的一致性。

虽然微机同样可以胜任控制 HP3852 的任务,但是利用惠普工程工作站对 HP3852 操作更使之发挥最佳性能,特别是使用 UNIX 环境下对数据采集过程和采样数据管理的 DACQ/UX 所提供的子程序库,建立采样数据库、分析处理数据、作图作表、对温度和应力修正以及制作测试任务流程等等。当然,如果再加入自编的程序加强分析和后处理,会使之更完善,更具专业性。

以上只是对 HP3852 的简单介绍,也是为说明后面的实验作铺垫。其实,它的功能和特点远不只这些,还有待进一步开发、使用。

2 用转角触发测试的方法

有两条途径可以满足内燃机测试对曲轴转角和上止点信号触发数据采集过程的要求,这也是可以利用 HP3852 对内燃机进行测试的保证。首先,上止点信号既可以从数据采集板的外触发端口输入,也可从主机箱系统触发端口输入,区别只在于程序中要说明扫描触发源是外部方式还是系统方式,其实从主机箱输入等于把系统内部扫描设为外部输入方式,二者本质是一样的。其次,对于曲轴转角信号同样有数据采集板和主机箱两种输入方法。如果接主机箱,可以只接步进触发端口,然后通过编程把它转化为步进脉冲,即由外部脉冲产生内部脉冲;或者再把这个产生的脉冲从步进信号输出端口接出,重新从主机箱的系统触发端口输入,作为系统触发源。

将上面的接法组合有多种方法可用作内燃机测试的触发。由于由内部步进脉冲触发采样需要开、关测量通道,影响高速采样和传输,不可取;数据采集板的两个外触发输入端口之一要兼作输出端口,也不可取。所以,最可行的方案是上止点和曲轴转角信号分别接主机箱的系统触发口和数据采集板的外触发输入端口,至于哪两个相连并不重要,重要的是把上止点信号设定为扫描触发,把曲轴转角信号设定为测量触发,这样就满足了内燃机测试的要求。

3 测试实例

由于 HP3852 数采系统功能很多,不便赘述,仅将部分体现 HP3852 优越性能并且适合内燃机测试的优秀功能集于一处作为简单例子,说明实际使用的步骤和编程方法,达到抛砖引玉的目的。

实验采用 HP9000/382 工作站控制 HP3852,同时(采样和保持)测量 240 单缸柴油机喷油压力和汽缸压力。将采样保持板和高速采集板置于主机箱的 5,6,7 插槽,上止点信号接主机箱的系统触发口,曲轴转角信号与高速采集板的 EXT1 口相接,柴油机喷油压力和气缸压力信号接采样保持板,并用内部缆线连接采样保持板、高速采集板和主机箱,由于数据直接从高速采集板内存经内外缆线传到工作站,无须主机干扰,所以可以作到两通道连续的同时高速采样,这样,工作站与 HP3852 之间只须使用 HP-IB 线(即 IEEE488 线),就可达到 35,000 数/秒的传输速度,足以满足该实验的要求。此外,还可以利用采样保持板的四阶低通滤波、自动调零、自动量程、放大增益和高速采集板的 16 位数据精度、扫描测量等功能进一步改进实验方案。图 3 所示为程序框图,图 4 为实验结果。

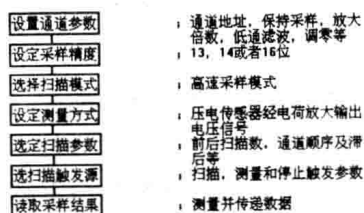


图 3 数据采集部分的程序框图

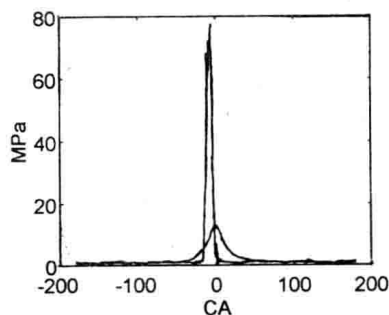


图 4 测试结果

4 结束语

大量实验结果表明,惠普 HP3852 作为通用的数据采集控制系统,具有许多优秀的功能,不仅能够满足一般和较高的测试要求,经过适当调整,完全适用于内燃机测试,尤其是对多缸机或测试要求高、测试参数多的复杂实验,更能发挥它的优越性。当然,它是通用的数据采集系统,缺乏有关内燃机测试数据处理的专用功能,本身也不带图形显示功能,需要与计算机共同组成实用高效的测试和处理系统。

(下转 8 页)

机车的非线性动态曲线通过及直线横向响应性能分析^{*}

付秀通

(铁道部科学研究院,北京:100081)

摘要 主要研究机车的非线性动态曲线通过和横向直线响应。建立了包括钢轨、轮对、驱动电机、转向架、车体在内的多自由度非线性数学模型。以实测的轨道方向不平顺样本作为随机输入,曲线通过模型中还包括了曲线半径及外轨超高等确定性输入。列出机车的运动方程采用,采用 Newark 预测—校正积分法进行数值计算。以获得机车曲线通过和横向响应的全部信息,并对机车的横向动力学性能进行分析。

关键词 机车;非线性;曲线通过;响应

1 引言

机车动态曲线通过主要研究机车通过曲线时的运动和受力关系;而直线响应研究对轨道随机不平顺激励的响应性能。在分析的基础上应用相应的动力学性能判据,如脱轨和倾覆稳定性、平稳性、乘坐品质等来确定与线路相适应的机车车辆的结构参数,并进而确定机车车辆的合理运用条件。为了节省篇幅,以下将重点介绍机车的曲线通过性能分析。

现代应用动力学的导向理论揭示了蠕滑力和踏面锥度联合导向的固有性质,与传统的导向理论有着本质的区别^[1]。随着铁路向高速重载的不断进军,分析动力学越来越显示出了它的重要地位和应用价值。它可为新车设计和旧车改造进行参数的优化以节省人力、物力及财力。本文拟采用模型模拟的方法,对机车动态曲线通过及直线响应性能进行分析,以评估机车在曲线上的运行安全性及直线上的运行平稳性。

2 数学和物理模型

2.1 模型及自由度

图 1a)为常用六轴机车的分析模型^[2,3](若图 1 的模型采用符号指令,可删去中间轴,模型可以直接用于四轴机车),图 1b)为轨道模型。图 1c)为考虑驱动(制动)单元的模式图。在模型中作了如下假设:1)机车前后,左右对称布置,因此机车的横向和垂向运动为弱耦合;2)各质量视为刚体,彼此间以弹性元件联接;3)轮轨保持接触(车轮不浮起);4)轨道具有横向弹性;且每一车轮与钢轮的相互作用,只在一定长度范围内有影响,超过此范围,同侧相邻车轮之间不相干^[4];5)机车以恒定速度 V 运行。

模型中考虑了三种主要的非线性因素:1)轮轨接触几何学非线性;2)悬挂非线性;3)粘

着饱和,同时还考虑了牵引矩的影响。

模型中的自由度为:轮对:横移 Y_{wi} 、偏转 Ψ_{wi} 、左、右旋转角速度差 $\delta\Phi_{wi}$ $i=1, \dots, 6$ 。

电机*:横移 Y_{mj} 、偏转 Ψ_{mj} 、侧滚 θ_{mj} $j=1, \dots, 6$ 。

转向架:横移 Y_{bk} 、偏转 Ψ_{bk} 、侧滚 θ_{bk} $k=1, \dots, 2$ 。

车体:横移 Y_c 、偏转 Ψ_c 、侧滚 θ_c 。

轨道:左轨 Y_{ln} ;右轨 Y_{rn} $n=1, \dots, 6$ 。

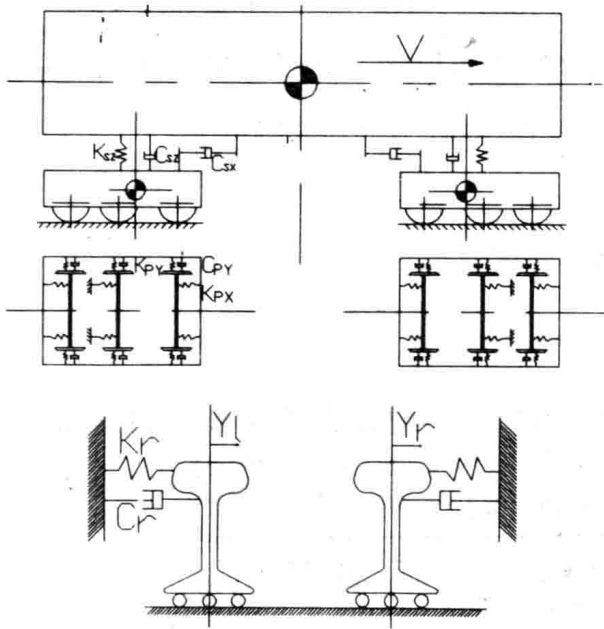


图 1 机车车辆——轨道耦合模型图

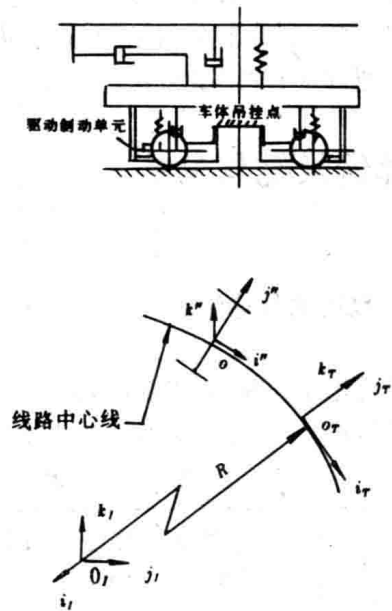


图 2 坐标系

2 月

2.2 坐标系及各质心的加速度和角运动

机车通过曲线时将在切向和径向偏离轨道中心线,为了模拟方便,分别定义了空间定坐标系 $O_1(\vec{i}_1, \vec{j}_1, \vec{k}_1)$ 、线路坐标系 $O_r(\vec{i}_r, \vec{j}_r, \vec{k}_r)$ 及体坐标系 $O(i'', \vec{j}'', \vec{k}'')$,对于轮轨接触点又建立了接触点坐标系 $(\vec{e}_{11}, \vec{e}_{21}, \vec{e}_{31})$ 、 $(\vec{e}_{1r}, \vec{e}_{2r}, \vec{e}_{3r})$,如图 2 所示。由理论力学可知空间刚体的绝对加速度有下列形式:

$$\vec{a} = \vec{a}_{l/T} + \vec{\omega}_{l/T} \times \vec{R} + \vec{\omega}_{l/T} \times (\vec{\omega}_{l/T} \times \vec{R}) + 2\vec{\omega}_{l/T} \times \vec{\dot{R}} + \vec{\ddot{R}} \quad (1)$$

式中各符号的意义见文献[3]。

2.3 作用力(力矩):

轮轨式运输工具,粘着是摩擦传力的充分条件,而滑动是必要条件。文中考虑了蠕滑饱和,并采用 Johnson—Vermeuler 公式对其进行修正^[1]。除蠕滑力(力矩)外,还有各刚体间的悬挂力(力矩)作用,由于悬挂力和力矩仅与两联接部件的相对位移差和相对速度差有关,因此

悬挂力和力矩可以单独列出,在列机车车辆运动方程时,加上相应的项即可。

3 机车车辆运动方程

根据牛顿定律和动量矩定律可以列出机车车辆的运动方程,经推导整理可以归结如下:

$$[M]\ddot{X} + [C]\dot{X} + [K]X = \sum [P] \quad (2)$$

式中: $[M]$ 为广义惯性矩阵; $[C]$ 为广义阻尼矩阵; $[K]$ 为广义刚度矩阵

$[P]$ 为广义激励力阵; X 为广义坐标

对于(2)式我们采用了 Newmark 显隐式预测—校正积分模式作为数值积分方法,该方法具有速度快,精度高和稳定性好等特点^[5]。

4 算例及结果分析

4.1 动态曲线通过:

利用建立的模型,以我国自行设计的高速动力车为原型进行了计算和模型的验证。高速动力车不同于传统的机车,具有许多特点^[6]。动力车的动态曲线通过算例见表 1。

表 1 动态曲线通过算例表

算例	曲线半径 m	速度 km/b	实设超高 mm	欠超高 mm	曲线组成 m
1	495	100	150	89.4	50—120—40—120—50
2	1500	175	150	90.4	50—120—40—120—50
3	3100	250	150	87.9	50—120—40—120—50

注: * 曲线组成为直线→缓和曲线→圆曲线→缓和曲线→直线

动力车的动态曲线通过性能摘自表 2 中

表 2 动态曲线通过性能表

曲线 半径 m	轮 对 ⁽¹⁾						转向架 ⁽²⁾			车 体			
	横移 mm	偏转 rad E-03	加速度 g	法向力 kN	横向力 kN	L/V	横移 mm	偏转 rad E-03	侧滚 rad E-03	横移 mm	偏转 rad E-03	侧滚 rad E-03	质心加 速度 g
495	8.4	4.4	2.4	15.2	41.2	0.28	4.5	0.6	0.2	-9.3	-0.8	-7.2	0.017
1500	7.7	2.5	3.2	14.9	29.6	0.21	5.5	0.5	0.4	19.1	-1.0	-9.0	0.028
3100	7.4	1.6	2.7	15.7	35.1	0.23	6.8	0.9	1.3	49.3	-1.4	-25.0	0.101

注 1: 轮对为 1# 轮对; 2: 转向架为前转向架

图 3 为算例 1 的部分结果。图中包含了丰富的信息,不仅可以看出在整个曲线通过的过程中轮对横移、偏转、轮轨法向力、横向力以及车体运动的变化规律,从而可以利用相应的动力学标准或指标来评价动力车的曲线通过性能,而且还可以根据需要提取所需信息,进行机

车参数的分析和优化,以达到动力学分析的目的,由表 2 可以看出高速动力车的动态曲线通过性能满足设计的要求^[7],其动态曲线通过性能良好。

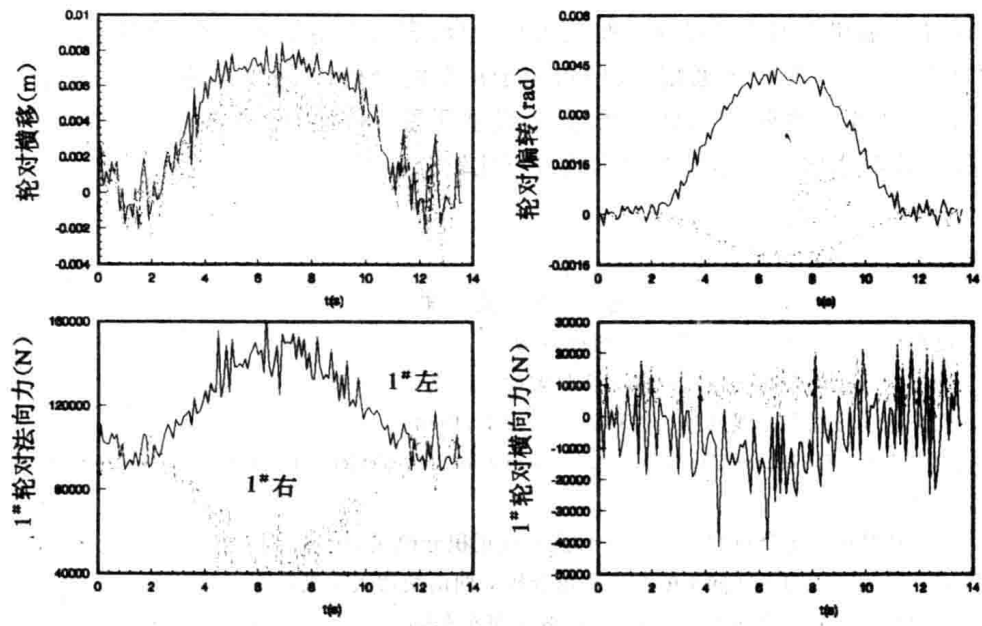


图 3 算例 1 的部分结果

4.2 直线响应

用本文建立的模型来进行机车的直线响应分析,只须通过程序中的控制指令将(5)式中与曲线通过有关的项(超高和曲率)置为零,并将其右端项以不平顺的激励代入,即可求得机车对轨道不平顺的响应结果。仍以高速动力车为例,其横向响应算例及部分结果见表 3。表 3 中 W_y 为计算得到的车体加速度时间历程用 Sperling 公式得到的横向平稳性指标,而 a_L 和 F_L 分别为车体质心加速度和轮对横向力(3 σ)值。

表 3 动力车横向响应算例及结果

速度 km/h		200	250	300	350
W_y		1. 95	2. 06	2. 43	2. 79
a_L (m/s ²) (3 σ)		0. 181	0. 230	0. 270	0. 350
轮对 横向力 F_L (kn (3 σ))	1	32. 74	36. 25	42. 73	45. 51
	2	21. 51	28. 80	38. 11	40. 16
	3	28. 29	33. 42	40. 56	43. 61
	4	20. 37	21. 83	28. 27	34. 43

表 3 表明,随着速度的提高,动力车的横向响应性能下降,这与理论分析和机车车辆运行情况相符合;同时可以看出高速动力车的响应性能指标满足[7,8]中的规定,其横向响应性能良好。