

# 现代力学测试技术

华南理工大学出版社

# 现代力学测试技术

(第九届全国实验力学学术会议论文集)

1998.11.

主编 戴福隆

华南理工大学出版社

· 广州 ·

图书在版编目(CIP)数据

现代力学测试技术/戴福隆主编. —广州:华南理工大学出版社, 1998. 11  
ISBN 7-5623-1352-0

I. 现…

II. 戴…

III. 力学性能试验

IV. TB302.3

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山 邮编 510641)

华南理工大学印刷厂印装

1998年11月第1版 1998年11月第1次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 43.25 字数: 1038千

印数: 1—250册

定价: 100.00元

**中国力学学会  
第九届全国实验力学学术会议  
论文编审委员会**

主 编： 戴福隆  
副主编： 云大真 宁交贤 王世斌 史红民 吴大方  
          励 争 周辛庚 岳 澄 徐 铸 黄培彦  
          董本涵  
编 委： 亢一澜 于起峰 方如华 方岱宁 苏先基  
          李桂华 严超华 张林春 张 熹 张培强  
          陈惠南 续伯钦 姜锦虎 傅 缤

**中国力学学会  
第五届实验应力分析专业委员会**

主任委员： 戴福隆  
副主任委员： 方如华 宁交贤 伍小平 宋锦良 苏先基  
              秦玉文 董本涵  
委 员： 丁祖泉 于起峰 云大真 方 竞 王 峰  
          史红民 毕 谦 邢永明 何小元 何世平  
          吴大方 吴克成 陈惠南 沈星源 李华屏  
          佟景伟 余士兴 张 熹 张如一 郑长卿  
          周辛庚 杨槐堂 洪水棕 胡时岳 徐 铸  
          黄培彦 陶宝琪 励 争 袁震明 赖增美  
          钱振明 翁振平

(以上均按姓氏笔画排序)

# 前 言

本书是第九届全国实验力学会议论文集，因为它集中反映了我国当前实验力学领域的研究工作现状和发展趋势，基本代表了我国实验力学当前的学术水平，因而这本论文集被命名为《现代力学测试技术》。

第九届全国实验力学会议是我国实验力学界二十世纪末的最后一次全国性盛会。回顾过去，1965年4月由中国力学学会、中国机械学会、中国航空学会联合发起，由杜庆华院士主持召开了中国第一届实验应力分析会议，到会代表不足百人，除若干个大会报告和讨论外，几乎没有论文交流。十年文革以后，在改革开放大潮的推动下，我国的实验力学进入了一个崭新的发展阶段：1979年7月经中国力学学会批准成立了以贾有权、傅梦籛、吴宗岱为首的我国第一届实验力学专业委员会，并由天津大学负责承办在天津召开了第二届全国实验力学会议，到会代表324人，交流论文200余篇；1981年11月由成都科学技术大学和四川省力学学会承办在成都召开了第三届全国实验力学会议，到会代表290多人，交流论文200余篇；1983年10月由华中理工大学负责承办在武汉召开了第四届全国实验力学会议，到会代表221人，会议交流论文300多篇；1987年4月由南京航空学院和江苏省力学学会承办在南京召开了第五届全国实验力学会议，到会代表432人，交流论文413篇，并出版了会议论文集；1989年11月由上海同济大学和上海市力学学会承办在上海召开了第六届全国实验力学会议，到会代表315人，交流论文323篇，并出版了会议论文集；1992年10月由中国科学技术大学和安徽省力学学会负责承办在黄山召开了第七届全国实验力学会议，到会代表258人，交流论文353篇，并出版了会议论文集；1995年8月由哈尔滨工业大学和黑龙江省力学学会负责承办在镜泊湖召开了第八届全国实验力学会议，到会代表165人，交流论文257篇，并出版了会议论文集；本届会议是由华南理工大学和广东省力学学会负责承办的，经论文评审委员会评审，将有170篇论文在会议上宣读交流。在此期间，1985年11月和1988年6月分别在北京和天津召开了两次实验力学国际会议，大大促进和加强了我国实验力学界与国际上的学术交流和人员交往。此外，各种小型的专题讨论会，如动光弹性、光塑性、实验计算杂交法、数据采集与处理、细观力学实验与计算、无损检测、超声技术等几乎每年都有，华东地区实验力学协作组还定期地召开学术交流讨论会。各种地区性、专业性的学术讨论交流会不仅是对定期召开的大会的补充，而且更为深入具体和有效。1980年5月，我国实验力学界第一次走出国门，组团参加了在美国波士顿召开的第四届国际实验力学会议，发表论文8篇，引起了国际实验力学同行们的赞誉和强烈反响。在此后的国际实验力学会议及其它国际性会议上，我国实验力学工作者经常以组团或个人身份参加会议并宣读论文，为我国实验力学界争得了荣誉，扩大了影响，近十几年来我国在国外学习和工作的实验力学年青学者在这一领域十分活跃，已经成为国际实验力学界不可忽视的重要力量。

在实验应力分析专业委员会的领导下，特别是在主任委员贾有权教授和副主任

委员傅梦莲教授的亲自指导下,于1986年起出版了《实验力学》学报,在出版初期得到了郑州工学院的大力协助,至今已出版了51期,刊登论文1000篇以上。十多年来,中国科学技术大学伍小平院士及领导的编委会,为刊物的发行和提高水平付出了艰辛的劳动,使刊物成为我国实验力学界繁花盛开、硕果累累的学术园地,为我国实验力学学术水平的提高和推广应用、实验力学队伍的培养发挥了十分重要的作用。

近二十年来,我国实验力学工作者在高等院校、科研机构、设计部门以及工程技术领域各条战线上辛勤劳动,为我国实验力学学科的发展和提高,为推动和促进相邻学科如材料科学、生物科学、医学工程、固体力学等的发展,为解决各个工程技术如航空、航天、机械、动力、土木、水利等领域的难题,促进国民经济的发展都发挥了重要作用。实践证明,实验力学不仅是力学及其相邻学科发展的重要基础,也是直接为国民经济服务、解决工程技术领域中广泛存在的力学问题的重要途径。可以说,实验力学正是在不断推动其它相邻学科的发展中,在解决各个工程技术难题的过程中谋求实验力学自身的发展的,为此目的,实验力学必须善于应用各种高新技术的新成果武装自己并发展新的实验方法和技术。六十年代以来,由于激光技术、计算机技术、超声技术、红外技术、光纤技术等近代物理技术的发展和推动,实验力学学科才有了飞速的发展,为解决各种学科发展和工程技术中的力学问题提供了新的有效手段。同时,实验力学的发展又丰富了各新兴技术的应用研究领域。正因如此, SPIE 国际光仪学会定期召开 Photo-Mechanics 国际学术会议以加强相邻学科的交流和融合,促进实验力学的发展。可见,实验力学是一门交叉性、综合性很强的技术科学。

为了使实验力学更好地服务于科学技术发展和国民经济建设,一支专门的稳定的长期从事实验力学研究的高水平的实验技术队伍是不可缺少的。这支队伍的组成人员一方面要有很好的力学基础和工程专业知识,还必须了解和掌握多方面的现代物理手段和基础知识,这支队伍必须热爱实验工作,具有高超的实验技能、丰富的实验经验和卓越的创新才能。长期以来,我国已经形成了基本满足这一要求的专门队伍,这支队伍为实验力学发展和四化建设作出了重要贡献。近几年来,我国实验力学领域涌现出一大批年青的实验力学工作者,他们朝气蓬勃、勇于进取、目光敏锐、大胆创新,是一支生机勃勃的研究队伍,是我国实验力学发展的希望所在。他们中间的大部分人主要立足于国内,在各高等院校、研究部门挑起重担,已经成为学术带头人或者学术骨干,还有一部分人尽管暂时滞留国外,但他们已在国际实验力学领域崭露头角,为中华民族争得荣誉,他们中的多数人或迟或早也将回来报效祖国,这也是我们的希望所在。

中国力学学会  
实验应力分析专业委员会  
戴福隆

1998年11月

## 目 录

|                                     |                    |
|-------------------------------------|--------------------|
| 数据自动采集处理的系统集成技术研究.....              | 易丽清 宁交贤 (1)        |
| 一种电阻式水下位移传感器的研制.....                | 李天勇 丛宾 连明华 等 (5)   |
| 高速大容量不间断数据流并行计算机的研制及其应用展望.....      | 宁交贤 (9)            |
| 飞机发动机进口流场温度畸变模拟试验装置的调试和其测试技术研究      |                    |
| .....                               | 展之宏 宁烽 宁交贤 (14)    |
| CJP 型混凝土温度自补偿应变计.....               | 蒋登银 (18)           |
| 环形试样试验机测试系统的研制.....                 | 邓林科 施纪泽 (22)       |
| 橡胶、塑料用引伸计.....                      | 施昭云 陈宝科 郑旭初 等 (25) |
| MCSS-I 智能应变仪的研制.....                | 邓林科 韩建军 (29)       |
| 7V14C 数据采集器的优化设计与关键技术的突破.....       | 李劲 (32)            |
| 油井高温封隔器胶筒与套管接触压力的测试与研究.....         | 岳澄 王燕群 邵立国 等 (37)  |
| 益阳资江二桥静动力试验研究与工作性状评价.....           | 刘小燕 韦成龙 徐飞鸿 (41)   |
| 岩滩水电站厂房结构振动测试研究.....                | 王文宁 沈炜良 (46)       |
| 番禺大桥主桥应变测量与监控.....                  | 许忠勇 梁敏 王卫峰 等 (50)  |
| 海港滚装联接桥水下动态应力应变测试研究.....            | 王峰 曲维波 李军利 等 (55)  |
| 上海浦东国际机场候机楼八十米钢屋盖结构试验中的测试技术的试验研究    |                    |
| .....                               | 范佩芳 李炳生 (59)       |
| YJL2280/1.2 潜水减压舱应力测试研究.....        | 曲维波 (63)           |
| 粉末材料常温压制成型残余应力分布研究.....             | 曲延安 王惠明 房德馨 等 (67) |
| 开槽法测试铸造箱体残余应力.....                  | 曲维波 (71)           |
| 电测技术在广州地铁建设中的应用.....                | 杨学意 (75)           |
| 飞机发动机进口流场综合压力畸变指数 $W$ 的实时采集处理软件实现技术 |                    |
| .....                               | 展之宏 宁交贤 (79)       |
| 用内埋碳纤维检测复合材料层压板损伤的可行性.....          | 赵建华 王彤 刘云平 (83)    |
| 新型直线电机冲床冲裁力测定技术研究.....              | 吕荣坤 吴长富 叶云岳 等 (87) |
| 混流式水轮机转轮叶片残余应力测试.....               | 黄振峰 温洁明 沈炜良 (91)   |
| 混流式水轮机转轮水下动应力试验研究.....              | 沈炜良 黄振峰 温洁明 (95)   |
| 转轮叶片裂纹原因分析试验研究.....                 | 沈炜良 毛汉领 黄振峰 等 (99) |
| 绵羊前胃舒缩应变和胃电同步测量系统研究.....            | 魏俊智 刘小勇 姚刚 等 (103) |
| 梁弯曲实验装置非线性效应的研究.....                | 苏俊华 王常焕 (107)      |
| 压杆实验装置的制作与实践.....                   | 申向东 赵占彪 韩克平 (111)  |
| 高灵敏度的偏光仪.....                       | 周辛庚 章伟宝 李广会 (114)  |
| 显微光弹测量在小孔应力分析中的应用.....              | 方如华 汪波 张林春 等 (118) |
| 棒接触的显微光弹性应力分析及粗糙面接触中的若干问题.....      | 于万明 唐晨 云大真 (122)   |
| 用光弹性贴片法对混凝土裂缝扩展的研究.....             | 王喜闻 于万明 宋伟 (126)   |

|                                       |                     |
|---------------------------------------|---------------------|
| 用光弹贴片技术对机体隔板进行应力分析.....               | 张恩茂 (130)           |
| 光敏传感器的研制及在压铸机上的应用.....                | 严承藩 (133)           |
| 用 1/4 波片和偏振片的不同组合实现散光图象双折射相移技术研究..... | 计欣华 白艳平 郭广平 等 (137) |
| 略阳铜矿矿田构造应力场的光弹性研究.....                | 杨邦成 毕谦 (141)        |
| 桩基作用下冻土蠕变平面问题模拟实验.....                | 王廷栋 赵希淑 吴紫汪 等 (145) |
| 冲击拉伸板条双边裂纹动光弹——边界配置混合解.....           | 顾绍德 万建林 张林春 等 (149) |
| 高速冲击杆动应力的实验——近似解析分析.....              | 杨 坤 顾绍德 张志忠 (153)   |
| 用动态光弹法方法研究轮轨接触问题.....                 | 王文彦 励争 苏先基 (157)    |
| 条形药包动应力场某些特性的研究.....                  | 龚敏 俞洁 程西江 (161)     |
| 确定复合型裂纹应力强度因子的光弹性多参数法.....            | 管大椿 任宇 马为民 (166)    |
| 光弹性法和焦散线法测定裂纹群干扰效应.....               | 李金瀛 张讯 陈祖坤 等 (170)  |
| 闽江大桥主梁斜拉索锚固区光弹性实验研究.....              | 陈日齐 卓卫东 房贞政 (174)   |
| 开孔大托梁光弹性实验研究.....                     | 吴炎海 谢忠强 陈亚亮 等 (178) |
| 拉丝模孔型的三维光弹性实验研究.....                  | 伍俊 王炯华 刘全坤 (182)    |
| 黄河提水工程一级泵站厂房三维光弹性实验研究.....            | 张述琴 何英杰 (186)       |
| 三峡永久船闸下游泄水分岔管的应力分析.....               | 汪华亮 于晓瑞 (190)       |
| 直齿圆柱齿轮精锻凹模的三维光弹性试验模拟及图像处理.....        | 程军 李禾 严超华 等 (194)   |
| 新型旋转式抽油杆的实验研究.....                    | 崔旭明 何富君 李祖祥 等 (198) |
| 轴向载荷作用下管柱在螺旋屈曲时的接触压力.....             | 刘恩 崔旭明 何富君 等 (202)  |
| 相移显微云纹干涉技术用于微电子器件的微小变形测量.....         | 何小元 邹大庆 刘胜 等 (207)  |
| 测量纳米级变形的晶体光栅云纹法.....                  | 邢永明 戴福隆 谢惠民 (213)   |
| 智能型干涉云纹仪及其应用.....                     | 罗至善 穆宗学 苏飞 等 (217)  |
| 显微云纹法.....                            | 王朝阳 戴福隆 蒋小林 (221)   |
| 云纹干涉仪中偏振相移的实验方法研究.....                | 温秀梅 戴福隆 刘杰 (225)    |
| 高温云纹干涉测试系统研究.....                     | 蒋小林 王国弢 戴福隆 (229)   |
| 宏观/细观云纹干涉仪.....                       | 戴福隆 刘杰 (233)        |
| 微型硅晶体传感器残余变形的云纹干涉法测试.....             | 戴福隆 刘杰 高飞 等 (237)   |
| 电子封装组件热变形的实时观测.....                   | 罗晓春 蒋小林 王文浩 等 (242) |
| 用云纹干涉法分析叠层复合材料层缩区的破坏机理.....           | 邢永明 云海 戴福隆 (246)    |
| 折射率介质在制栅和云纹干涉法中的应用.....               | 王朝阳 戴福隆 温秀梅 等 (250) |
| 界面实验力学部分问题研究.....                     | 亢一澜 (254)           |
| 双材料界面角点应力奇异性研究.....                   | 李鸿琦 李克 佟景伟 等 (258)  |
| 云纹法测定复合材料双孔板应变集中.....                 | 荀文选 卫丰 张光 (262)     |
| 界面裂纹双材料试件裂尖行为的实验研究.....               | 李克 李鸿琦 佟景伟 等 (266)  |
| 强激光辐照受拉铝板破坏过程的实验研究.....               | 戴福隆 蒋小林 张光军 等 (270) |
| 双频高温云纹光栅制作工艺的研究.....                  | 谢惠民 戴福隆 王朝阳 等 (274) |

## 激光加工硅钢片降低铁损残余变形的云纹干涉法的测量研究

|                                   |                     |
|-----------------------------------|---------------------|
| .....                             | 谢惠民 戴福隆 温秀梅 等 (278) |
| 亚微米电子束云纹光栅的研制及应用.....             | 戴福隆 谢惠民 王朝阳 等 (282) |
| 航空发动机叶片材料高温蠕变规律研究.....            | 戴福隆 王国强 董本涵 (286)   |
| 航空发动机高温叶片材料高温弹性常数测试技术研究.....      | 戴福隆 王国强 蒋小林 等 (290) |
| 数字散斑图及相关测量系统抗噪声干扰能力关系的研究.....     | 姜锦虎 王海凤 刘诚 (294)    |
| 散斑相关运算的数值模拟分析.....                | 冯传玉 关锴 缪泓等 (298)    |
| 相关系统跟其抗噪声干扰能力关系的研究.....           | 陈大庆 姜锦虎 王海凤 等 (302) |
| 投影散斑相关法在物体三维形状测量中的原理研究及应用.....    | 杨国标 方如华 丁祖泉 等 (306) |
| 激光散斑相关性和位移关系的实验研究.....            | 刘诚 姜锦虎 沈永昭 等 (310)  |
| 用原子力显微镜实测微区的位移场.....              | 徐武城 陈翔 (314)        |
| 跳动量的高精度测量技术研究.....                | 王海凤 陈大庆 谢蒙萌 等 (318) |
| 动态热变形测量的电子散斑干涉技术.....             | 赵阳 伍小平 (322)        |
| 新的大错位三维电子散斑干涉法研究.....             | 张熹 王海峰 (328)        |
| 大错位的数字散斑干涉术.....                  | 姜锦虎 张熹 陈大庆 等 (332)  |
| 用改进的旋滤波法消除散斑条纹图的散斑噪声.....         | 于起峰 张小虎 贺云 (336)    |
| PZT 相移散斑干涉的误差分析研究.....            | 王海峰 张熹 (340)        |
| 彩色相移投影栅线法测量物体形状.....              | 续伯钦 周鹏 东方军 (344)    |
| 空间目标三维姿态的单目摄影测量.....              | 陈国军 孙祥一 于起峰 (348)   |
| CCD 图象处理技术应用于耐久性分析中疲劳断口的数据测量..... | 吴大方 刘文挺 陶海 等 (352)  |
| 条纹图象频率编码方法—形位测量的一个应用.....         | 李邦义 韦疑男 (356)       |
| 位移场的光栅相移测量.....                   | 赵兵 方如华 (361)        |
| 二维剪切干涉的频域分析技术.....                | 史红民 倪受庸 付雷 等 (366)  |
| CT 与光学计量相结合实现三维场重建.....           | 李喜德 (370)           |
| 显微干涉网格法测量曲面物体表面应变.....            | 毛 巍 佟景伟 王世斌 (375)   |
| 网格法在中大变形测量中的应用.....               | 陆宏伟 权铁汉 于起峰 (379)   |
| 全息网格方法及其应用.....                   | 王世斌 佟景伟 李鸿琦 等 (383) |
| 序列图象信号处理技术及应用.....                | 倪受庸 史红民 付雷 等 (387)  |
| 哈特曼—夏克波前检测技术在镜面变形检测中的应用.....      | 史红民 倪受庸 付雷 等 (391)  |
| 量测土体内部位移场的一种方法.....               | 孔宪宾 余跃心 何卫中 (395)   |
| 一种高精度的直线检测法.....                  | 黎明 严超华 刘高航 (400)    |
| 微振动测量的光外差干涉仪.....                 | 郭广平 计欣华 秦玉文 等 (404) |
| 显微光栅衍射应变直接测量.....                 | 赵兵 方如华 曹正元 (408)    |
| 涡轮叶片榫连接结构接触变形测量方法.....            | 董本涵 高鹏飞 卢继斌 等 (413) |
| 汽车风截面面积的高精度光学测量.....              | 郭彬 方如华 顾绍德 等 (417)  |
| 钢丝帘线/橡胶复合材料力学特性的实验研究.....         | 顾学甫 涂玉谦 俞洪 (421)    |
| 激光散斑法用于冻土断裂力学的研究.....             | 孙秀堂 李仑 周纯谦 等 (428)  |

|                                       |                     |
|---------------------------------------|---------------------|
| 白光散斑法用于监测砖结构破坏过程.....                 | 赵仁孝 马世英 邢方亮 (432)   |
| 橡胶颗粒增韧环氧树脂材料裂尖应变场及其断裂过程的实验研究.....     | 王桂珍 傅承诵 (437)       |
| 三维形貌检测中的垂直面及孔洞测量的研究.....              | 徐建强 王蕴珊 (441)       |
| 利用干涉云纹偏振相移技术进行动态变形实时测量的方法研究.....      | 钱克矛 缪泓 伍小平 (445)    |
| 微米级三维形貌测量研究及其在微电子器件翘曲变形测量中的应用.....    | 何小元 邹大庆 郭一凡 等 (449) |
| 高温受弯构件三维表面疲劳裂纹的贯穿举动.....              | 黄培彦 黄小清 赵琛 (455)    |
| 用 DCB 试样测试断裂韧性的原理和方法.....             | 周利 (460)            |
| 石蜡—低分子聚乙烯模料在不同温度下力学性能的研究.....         | 姜殿章 (465)           |
| 应力强度因子控制疲劳裂纹扩展实验.....                 | 黄培彦 邵翠娟 钟晓林 (469)   |
| GFRC 材料的应用研究.....                     | 朱步银 (475)           |
| 温度和应变率历史对拉伸荷载下铁基记忆合金本构关系影响的实验研究.....  | 佟景伟 高丛峰 李林安 等 (481) |
| 各种变形情况下横向变形系数变化规律的研究.....             | 云大真 于万明 唐晨 (485)    |
| 鼓风机爆炸事故分析.....                        | 徐学东 张亦良 (488)       |
| 40Cr 和 Cr16Ni14 钢在快速加热下的非弹性热软化研究..... | 刘宗德 韩铭宝 王仁 等 (492)  |
| 几种弹性金属塑料瓦瓦面材料摩擦磨损性能的对比试验.....         | 原亚争 王子明 (496)       |
| 钢结构工程中高强度螺栓连接抗滑移系数的试验与分析.....         | 陈荣康 李君实 (500)       |
| 温升率对 A3 钢力学性能影响的研究.....               | 韩铭宝 刘宗德 刘怡光 (504)   |
| 对弹簧断口的疲劳分析.....                       | 针继标 杨平 顾典康 等 (508)  |
| 大尺度真三轴模拟水平井水力压裂室内实验.....              | 刘建中 魏燕春 周彦玲 等 (514) |
| 斜拉桥索索力的测量与计算.....                     | 许忠勇 王卫峰 梁敏 等 (519)  |
| 机场道面及道路维修中混凝土早期力学性能测定.....            | 庄惠平 顾红军 胡功笠 等 (523) |
| 大直径桥梁基础灌注桩完整性和承载力试验.....              | 吴晓媛 孙元贵 孔令洲 等 (527) |
| 混凝土一维压缩冲击动态特性研究.....                  | 冯平 顾绍德 杨坤 (531)     |
| 桩—土系统参数的频率拟合优化识别方法研究.....             | 吴长富 王振林 奚德昌 (535)   |
| 岩石单轴压缩试验 Kaiser 效应记忆内容的研究.....        | 樊运晓 吕建国 (540)       |
| AE 法测量岩石记忆应力机理的初步探讨.....              | 丁原辰 徐和玲 邵兆刚 等 (545) |
| 低频振动测试在结构工程中的应用技术.....                | 范佩芳 李炳生 (552)       |
| 超高层建筑振型、模态的实验与数值分析.....               | 李林安 李鸿琦 佟景伟 等 (556) |
| 镍钛聚醚器生物记忆力学的三维光弹法分析.....              | 许硕贵 张春才 曾伟明 等 (560) |
| 镍钛聚醚器记忆力学行为在光弹性分析试验中的克服和计算.....       | 曾伟明 许硕贵 张春才 等 (565) |
| 成人桡骨头脱位的生物力学试验.....                   | 苏 虹 孙保苍 沈铁成 等 (569) |
| 髓内钉固定方位的性能测试与理论计算综合研究.....            | 潘庆春 黄健华 张晓明 (573)   |
| 人脊柱 C5.6、T6.7、L4.5 椎间盘归一化蠕变函数.....    | 朱伟明 马洪顺 王冬菊 (576)   |
| 腰椎间盘突出手术的结构稳定性实验研究.....               | 洪水棕 扬安礼 林兆华 等 (580) |
| 桡动脉血管蠕变实验研究.....                      | 蔡力 马洪顺 (584)        |

|                            |                    |
|----------------------------|--------------------|
| 小边距大孔及复合孔强化应力分析.....       | 何世平 张曦 冯传玉 等(587)  |
| 高能射线在实验应力分析中的应用.....       | 高飞 杨光海(591)        |
| 用 500C 应力仪测定球罐的焊接残余应力..... | 李华屏(595)           |
| 在役检修球罐残余应力的检测与分析.....      | 孙毅(599)            |
| 消除焊接残余应力的测试与分析.....        | 张亦良 徐学东 程咏梅(603)   |
| 防止焊接裂纹的新工艺试验研究.....        | 房德馨 曲延安 宫照坤 等(607) |
| 振动焊接对焊缝力学性能的影响.....        | 陈金涛 于群 房德馨 等(611)  |
| 铸造应力对柴油机缸体变形的影响.....       | 曲牧 宫照坤 洪德利 等(615)  |
| 空间相干的光纤传感器及其对结构物挠度的测量..... | 曹正元 徐卫峰 方如华 等(619) |
| 微波无损检测技术的应用.....           | 陆荣林 方如华(624)       |
| 金属拉伸试验方法的关键问题及其对策.....     | 蔡增仲 王海勇 王丛贤(629)   |
| 双向小扭矩高扭角精度扭转试验.....        | 李君实 陈荣康(633)       |
| 高强钢丝缠绕试验.....              | 李君实 陈荣康(638)       |
| 高强螺栓扭矩系数测定暨大扭矩扭转试验.....    | 李君实 陈荣康(642)       |
| PVDF 多点脉搏波计算机辅助测试系统研究..... | 金观昌 于淼(649)        |
| 相移器智能驱动系统的设计与应用.....       | 缪泓 刘献俊 冯传玉 等(653)  |
| 冰样压缩试验机的研制.....            | 王平一(657)           |
| 碰压预报装置试验研究.....            | 刘维波 李光伟 张小鹏 等(661) |
| 液压缓冲器的性能测试.....            | 刘增利 李仑 高玉洁(665)    |
| 液晶流体测温测速技术研究.....          | 张曦 冯传玉 何世平(669)    |
| 结构小比例模型试验中的预应力加载技术研究.....  | 王振林 王性立 董华进 等(673) |
| 《固体实验力学》教学法初探.....         | 王振林(677)           |

# 数据自动采集处理的系统集成技术研究\*

易丽清      宁交贤

(四川联合大学工程信息技术研究所, 成都, 610065)

**提 要** 论述了数据自动采集处理的系统集成技术的研究背景、系统集成的原理、方法和技术, 列出了系统集成中还有待解决的问题。

**关键词** 数据采集处理, 系统集成技术, OLE、DLL、SHELL函数, 后处理软件系统

## 一、研究背景

数据处理技术, 是新技术环境下电测和光测技术的发展。实验力学的发展与计算机技术密切相关, 数据的测试、采集、存储、分析和处理这几个环节都直接依赖于计算机。然而由于计算机软硬件技术发展的不平衡, 即软件发展滞后于硬件, 这必然影响到数据自动采集处理技术的发展。在数采的传统方法中, 编程者一般都是针对特定系统的硬件、操作系统、支撑软件、外部设备和测试仪器编制相应的程序, 其中任一条件发生变化, 增减或改变任一功能, 都将重新编制新的源程序、进行编译和链接, 造成了大量人力和财力的浪费, 对非精通计算机专业的技术人员使用和管理这种系统也造成极大困难, 没有继承性, 系统难于扩展, 不支持多任务操作, 不能共享资源和数据, 操作使用和维护十分不便, 不能兼用发挥各种语言的优点, 因此, 迫切需要解决系统集成技术, 形成有效的平台, 从而促进数据自动采集处理技术的发展和运用。

近年来, 由于图形操作环境Windows系统、面向对象的程序设计技术及其开发工具的出现, 计算机应用系统的开发逐步进入工业化阶段, 计算机软件逐渐分解为组件和系统集成两大部分, 开发人员的任务将由编制程序转为选择或改造各种组件, 并对各种所需的组件进行系统集成。从而使系统集成技术成为一项重要的研究课题。

数据自动采集处理的系统集成, 有别于一般概念的计算机应用系统或信息管理系统(MIS)的集成, 它还有一些特殊环节的系统集成技术需要解决, 如涉及实时数据采集、传输、存储、控制的软、硬件组件(或模块)的集成等。

## 二、系统集成原理、方法和技术

随着计算机业的迅猛发展, 硬件生产已经实现工业化, 软件发展随着各种工业标准的制定, 也正在走向工业化。面向对象程序设计技术和各种总线标准的出现, 为系统集

---

\* 本文研究得到国家自然科学基金及航空部攻关课题经费的资助

成提供了有利条件。计算机应用系统集成,是指根据应用的需要,将硬件平台、网络及外部设备、系统软件、工具软件及相应的应用软件等集成为具有优良性能价格比的计算机应用系统的全过程。一般概念的系统集成所涉及的技术相当广泛,数据自动采集处理的系统集成技术,包括了一般计算机应用系统集成的基本技术和一些数据采集处理特殊环节的系统集成技术。

系统集成是一个很复杂、涉及面很宽的问题,本文除对此技术问题作一般叙述外,重点讨论了数据自动采集处理系统集成技术中的软件集成技术,如OLE技术、DLL技术等。

### 1. OLE技术

OLE,即“对象的链接与嵌入”(Object Linking and Embedding),是支持Windows应用程序之间相互通信的一种机制,是一项增强Windows应用程序之间的相互协作性的技术,它使Windows应用程序的功能得以扩展。使用OLE技术,一个Windows应用程序可以启动其它Windows应用程序,也可以显示和控制其它Windows应用程序的对象,并在创建该对象的程序中对它进行编辑。

OLE技术通过“对象”来集成Windows应用程序,OLE对象是一个独立的信息载体,可以是正文、电子表格及电子表格中的一些单元、以及图形、声音、部分影像或其它可以由Windows应用程序显示或控制的东西。使用OLE技术,实际上就是在你的应用程序中链接或嵌入Windows下的OLE对象,以便于和其它应用程序合作,产生包含有不同种类对象的复合文档,并且能够显示及控制各种不同种类的对象。

当链接一个对象时,只是为被链接到应用程序的OLE控件中的对象插入一个地址,而没有该对象真正的内容。当链接的OLE对象被选中后,应用程序就会根据其地址去启动被链接上的应用程序,对有关对象进行编辑和控制。你还可以对同一对象设置多个链接关系,如果对象在源程序中有了改变,它在所有与其链接的应用程序中均会相应改变。

当嵌入一个对象时,在应用程序的OLE控件中插入的是对象的真正内容。当嵌入的OLE对象被选中后,同样能启动相关的应用程序对其进行编辑和控制。与链接的OLE对象不同,当一个对象嵌入到一个应用程序之后,其它应用程序就不能访问它了。

链接对象的优点在于它占用的内存空间很少,因为它只存储对象的地址。其不足之处在于若对象的最初版本丢失或路径改变,或应用程序在另一台计算机上运行时,可能会导致失去链接关系。对于嵌入对象,则不必担心丢失内容,但对象会占据较大的内存空间。

### 2. 动态链接库

在进行数据自动采集处理系统集成过程中,我们不仅要优秀的功能软件集成到系统,而且还面临着另一类问题:即在Windows操作系统下如何有效地进行混合语言编程,以便扬长避短,充分利用各种资源;特别是以往人们在DOS操作系统下已经开发了大量的用于数据处理的优秀软件,若是全部抛弃重新编写则其损失巨大,因此,如何将这些优秀软件移植到Windows中来,更成为人们关注的重点。基于Windows下的动态链接库(\*.DLL)就可以比较好地解决这一问题。

动态链接库亦即DLL(Dynamic Link Library)是Windows操作系统提供的共享可执行代码数据的基本手段,它指的是Windows环境下的一种特殊的可执行模块,内含一系列

函数或资源,供一般的应用程序或其它动态链接库函数来调用;这些过程和函数能在程序运行期间动态地链接至应用程序而不是在编译期间静态地链接至可执行文件。与静态链接相比,动态链接具有节省磁盘空间、共享代码和数据段、与应用程序相对独立、加快了应用程序的链接速度等优点,使内存和系统资源的利用率大大提高了。

由于动态链接库和应用程序可以相对独立,开发者只要对动态链接库中的函数或资源进行修改,而用不着对应用程序本身作任何改动就可以对应用程序的功能和用途作较大改善和改变,实现应用程序的版本升级和更新,这就大大提高了应用系统的可维护性和可扩展性,使之成为进行系统集成的一种必不可少的手段。

动态链接库为Windows系统所支持,它不依赖任何一种编程语言和编译器,只要我们遵守DLL的开发规范和编程策略,就可以采用任何编程语言编写出通用的DLL,这样,只要安排了正确的调用接口,不管用户采用了何种编程语言均可以直接调用DLL中所提供的函数。基于这种开发机制,就可以非常容易地实现代码共享。

### (1) 创建DLL

可以用来创建DLL的程序设计语言很多,如Borland C++、Visual C++、Delphi、Fortran及Microsoft C语言等,下面以Borland C++为例,介绍如何创建DLL。

用Borland C++语言创建动态链接库需准备如下三种文件:① Borland C++源程序文件(\*.CPP或\*.C);②模块定义文件(\*.DEF);③工程文件(\*.IDE或\*.PRG)。

#### ① Borland C++源程序文件

用来创建DLL的BC++源程序与普通的BC++源程序有所不同,其代码结构有三个基本成分:其一是LibMain函数,它是Windows DLL的主入口点,负责初始化DLL;其二是应用程序所需的函数,在这段代码结构中可以包含一个或更多的函数;最后是WEP(窗口退出过程)函数,它允许用户在DLL卸出内存前,定义一个清除动作。

#### ② 模块定义文件

模块定义文件的内容包括下列八项:LIBRARY说明此模块是一个DLL,后面跟着库名;DESCRIPTION是描述DLL的字符串;EXETYPE WINDOWS是Windows应用程序和DLL所需要的;STUB定义一个MS-DOS应用程序,它将被拷贝到\*.DLL库文件的头部,该程序的用途是当用户在MS-DOS提示符下运行Windows应用程序时提供警告信息;CODE定义库代码段的内存属性;DATA定义库数据段的内存属性;HEAPSIZE定义DLL局部堆的初始大小;EXPORTS指定作为应用程序或其它DLL的入口点的函数。

#### ③ 工程文件

工程文件中包含了创建DLL所需的C++源文件名和模块定义文件名。

将C语言的功能模块开发为DLL既可采用VC++,也可采用BC++作为开发工具。但是,考虑到不同工具的兼容性和协调性,最好选择同一公司的产品。本文研究的前期采用了BC++开发DLL,用VB调用时,在数据的传递上出现了问题,后改用VC++开发DLL,这些问题便不再出现。因VC++和VB同为微软公司的产品,它们间的调用协定是一致的。

### (2) 调用DLL

Windows系统下的开发语言如: Borland C++、Visual C++、Visual Basic、Ms FoxPro

等都可以调用Windows DLL。下面以VB为例,介绍DLL的调用方法。

VB调用Windows DLL首先必须对要使用的DLL子程序进行声明;可以在两个地方对DLL子程序进行声明,在全局模块(Global Module)中声明或在窗体层的声明部分(Declaration Section)声明。声明语句的格式如下:

① Declare Sub 子程序名 LIB “库名” [Alias “别名”] [(参数名)];

② Declare Function函数名[LIB “库名” [Alias “别名”] [(参数名)] [AS数据类型];

对DLL子程序进行声明后,就可以在VB中像执行通用过程一样来执行DLL子程序。

### 3. 其它集成方法

#### (1) 动态数据交换DDE(Dynamic Data Exchange)

集成数据自动采集处理系统, DDE作为一种数据交换方法,自有其优点,但从某种程度上讲, DDE是一种奇异的、不平衡的交换方法。OLE自动化提供了一种更快速、更强有力、更简单的应用程序间信息交换的方法。就这一点,或许它将逐步取代DDE。

#### (2) SHELL函数

在数据处理方面,数字信号处理(DSP)领域及其它从事科学计算技术人员在长期的工作中积累了大量现成的优秀DSP程序。这些程序一般是在DOS系统下开发的,要将它们集成到Windows操作系统下,可以将它们编写成DLL,另外还有一种更直接、更简单的方法,即通过VB提供的SHELL函数直接调用可执行文件。用SHELL函数除了可以调用DSP程序外,还可以调用数据库应用程序,以实现数据管理功能;可以调用Windows下的许多应用软件,如WORD 6.0等,以支持复杂的、不同需要的图形和文字处理。

SHELL函数的调用格式为: SHELL(命令字符串[, 窗口类型])

### 4. Windows中断的实现

数据的自动采集离不开实时控制和实时处理,如何将实时模块集成到应用系统中,还存在着一系列问题。例如:

#### (1) Windows的消息机制

Windows并非基于优先级来调度任务,它是一种消息驱动式系统。应用程序要实现的功能由消息来触发,并靠对消息的响应和处理来完成。但由于消息的非抢先机制,这就使得一些外部实时事件可能得不到及时处理。近年来发展起来的Windows NT4.0版,已具有抢先机制,建立了解决此问题的技术基础。

#### (2) Windows环境下解决中断问题的方法

如何在Windows环境中安全、有效地处理外部实时事件,现提出以下两种比较可行的方法, DOS保护模式接口(DPMI)法和动态链接库法,留待进一步深入探讨。

## 参 考 文 献

- [1] 宁交贤, 宁烽, 黄爽, 飞机进气道流场压力畸变数据采集与处理系统, 力学学报, 1997.5: P336-P342
- [2] Morton WK et al. On-line distortion analysis system for inlet-engine testing. 1991-91-GT-166

# 一种电阻式水下位移传感器的研制

李天勇 丛宾 连明华 卢琰琰

(中国核动力研究设计院二所, 成都622信箱207分箱 610041)

**摘要** 本文提出了一种水下位移的电阻测量方法, 通过对探头电极的特殊设计, 使敏感元件特性实现了线性化, 并且设计出了相应的检测电路。文中介绍了电路原理和安装调试等技术, 制出了六通道的样机。

**关键词:** 水下位移传感器 线性化 流致振动测量

## 一、问题的提出

在实际工程中要求测量多层板在水流中的动态位移。多层板是由五片长1050毫米, 宽47.7毫米, 厚2毫米的板焊接而成。板与板的间距是2毫米。流体从板间流过, 导致板振动。现要求测出各板的动态位移, 以确定结构是否安全。这就要求采用一种自身体积很小, 灵敏度高, 能工作于水下, 稳定可靠的位移传感器。市售的位移传感器的种类虽然繁多, 但都因体积大, 灵敏度低, 难工作于水下等原因不能满足要求。本课题的目的就是研制出适合于水下, 小空间位置的动态位移传感器。本文提出了一种水电阻测量方法, 研制出了六通道的样机, 提供了解决该问题的一条途径。

## 二、传感器的原理

本方法的基本原理就是通过测量两极板之间水的电阻, 当两极板的位移发生变化时, 水的量也发生变化, 从而导致电阻的变化, 达到输出电压随之改变的目的。一般而言, 影响水电阻 $R_W$ 的因素较多。可表示为: $R_W=(t, d, S, \sigma, \text{电极材料, 导电极边界条件})$ , 式中 $t$ 为测量时间,  $d$ 为待测位移,  $S$ 为极板面积,  $\sigma$ 为水的导电率。若通以直流电流, 则在电极板和水接触处由于极化现象会出现随时间变化的, 不稳定的高阻抗区域, 同时由于电极板材料可能出现的不同, 会有接触电位存在, 这样, 严重地影响测量结果的准确度和重复性, 因此溶液电阻的测量都采用交流电源供电, 这就消除了 $R_W$ 随 $t$ 和电极材料的不同而带来的影响, 对于如图1所示的相距为 $d$ 的水电阻模型, 其交流电阻 $R_W$ 与距离 $d$ 的关系经分析和实验验证, 可表示为:

$$R_W = \frac{Ad}{1+Bd} \quad (0 \leq d < 7mm) \quad \dots\dots\dots(1)$$

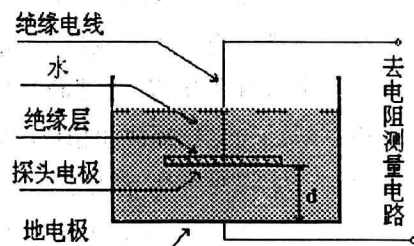


图1 基本的水电阻模型

式中 $A$ 、 $B$ 是与 $S$ 、 $\sigma$ 和导电极边界条件有关的常数。由于 $R_W$ 与 $d$ 的关系呈现非线性,将使灵敏度随着测点位置的不同而变化,给标定和使用造成较大的麻烦;使结构的频谱的组成和形状产生较大误差;同时系数 $A$ 、 $B$ 中还存在与导电极边界条件有关的因素,给标定造成困难并且易受外界因素影响,因此对传感器进行线性化是非常必要的。

本文采用敏感元件特性线性化方案,敏感元件是非电量检测的感受元件,作为第一环节,它的特性的线性化将使整机的特性获得根本性的改善。对于水下位移传感器而言,其敏感元件是探头电极,我们从水中电磁场分析入手,找出解决问题的方法。首先考虑图2(a)中的简单情况:在相距为 $d$ 的两无限大平板之间,充满了电阻率为 $\sigma$ 的液体,从中取出面积为 $S$ 的一块。其电阻可表示

$$\text{为: } R = \frac{\sigma d}{S} \quad \text{从图}$$

中可以看出,它的电力线是相互平行的。图2(b)画出了基本的传感器在稳恒电场中的电力线示意图。

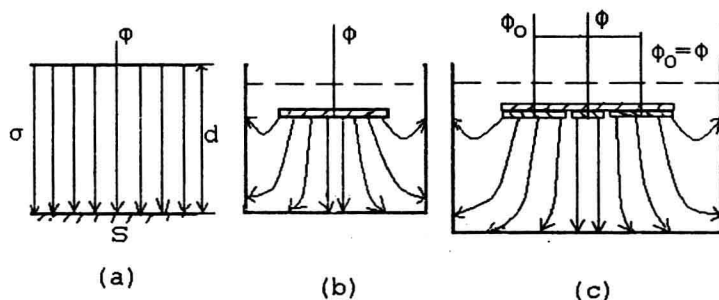


图2. 三种水中电极的电力线示意图

从图中可以看出,其电力线只有中心部分是平行的,

而其它部分的分布是很复杂的。考虑如图2(c)所示的电极结构,其特点是将图2(b)中的电极分为两部分。中心部分的直径仅是外部电极的 $1/5-1/8$ ,而且两电极的电位是相同的,此时就整体而言,电力线的形状仍和图2(b)相近。但考查中心部分的探头电极所发出的电力线,则和图2(a)相似,几乎是相互平行,其电阻也可由(2)式计算,也就是说,实现了线性化,同时也消除了边界条件对测点的影响。我们称外围的电极 of 保护电极。

本文采用恒流激励法测量水电阻。经过分析可以得到,当要求非线性小于5%时,有 $r \geq 20R_W$ ,即尽量增加恒流源的内阻,会减小非线性误差。

联接探头电极的导线对地分布电容较大,并且与水电阻并联,引起输出降低。同时由于分压作用将引起非线性失真,最好能予以消除。采用双层屏蔽电缆,使芯线接探头电极,内屏蔽接保护电极,外屏蔽接地。利用保护电极和探头电极等电位的特性,使电缆芯线和内屏蔽层的电位幅值和相位相同。即可得到此目的。

本机采用电阻测量法,其阻值较小,感应的干扰电压值也很小;在保护电极的作用下,测点附近形成一局部的均匀电场,外部干扰不易进入;双层屏蔽电缆有极强的抗干扰能力;同时,工频干扰的频率比载波频率低380倍,在电路中很容易将其滤掉,故本电路有很强的抗干扰能力。

传感器的动态特性包括探头的机械响应特性和电路的动态特性两部分。就探头电极的