

第19届
全国结构工程学术会议
论文集

第Ⅰ册

PROCEEDINGS OF THE NINETEENTH NATIONAL
CONFERENCE ON STRUCTURAL ENGINEERING

No. I

主编：崔京浩

《工程力学》杂志社

2010.10

序

一年一度的全国结构工程学术会议今年是第 19 届了，在同行学者的大力支持下会议越办越好，正逐渐形成了一个相对稳定的学术群体，会议每年为学者们提供一个学术交流的平台，而学者们又为会议成功的召开提供了最重要学术保障，在这里我们首先要对他们致以真诚谢意。

本届会议论文集收录论文 298 篇，除特邀报告外包括 9 个专业门类，共计 1738 页。分装成 3 册，每册独立编页，为了便于读者查阅，第 I 册载入全套论文集的总目录，第 II、III 册则只载本册目录。

会议在济南召开，济南素有泉城之称，山水秀美，文脉绵延又毗邻世界文化遗产和自然遗产的泰山和孔庙，是一个人文荟萃，风物绝佳的学术交流胜地。

今年会议的东道主是山东建筑大学，它创建于 1956 年，目前已发展成以建筑、结构为核心的综合性大学，拥有 44 个本科专业，在校生 2 万多人，学生就业率连续多年保持在 95% 以上，不仅早已通过教育部本科教学评估而且被评为全国建设人才培养工作先进单位。会议期间代表们会亲眼目睹学校的办学优势和校园风采。会议组委会衷心感谢山东建筑大学为开好本届会议所做的一切努力。

崔京浩



2010 年 10 月

第 19 届全国结构工程学术会议论文集

本次会议论文集收录论文 298 篇，共计 1738 页，分装成 3 册，每册独立编页。第 I 册载入全套论文集的总目录，第 II、III 册则只载本册目录。

第 I 册论文 80 篇（共 586 页），包括：特邀报告；1. 力学分析与计算；
2. 钢结构、材料与构件

第 II 册论文 112 篇（共 588 页），包括：3. 钢筋混凝土结构、材料与构件；4. 岩土、地基与基础、隧道及地下结构；5. 公路、铁路、桥梁、
水工与港工

第 III 册论文 106 篇（共 564 页），包括：6. 抗震、爆炸、冲击、动力与稳定；7. 设计、施工、加固、优化、可靠度及事故分析；8. 舰船、车辆、机械制造、航空航天结构；9. 新材料、新能源及交叉学科

第 19 届

全国结构工程学术会议

中国 济南
JINAN CHINA
11.5 ~ 11.9, 2010

主办单位 中国力学学会结构工程专业委员会
山东建筑大学
中国力学学会《工程力学》编委会
清华大学土木工程系
清华大学水沙科学与水利水电工程国家重点实验室
清华大学土木工程安全与耐久教育部重点实验室
山东建筑大学建筑结构鉴定加固与改造省重点实验室

会议协办单位 山东建筑大学工程鉴定加固研究所
山东建固特种专业工程有限公司

学术委员会

主 席 : 袁 驷

委 员 : (按姓氏拼音为序)

岑 松 陈以一 陈永灿 崔京浩 傅传国 葛耀君 龚耀清 桂国庆 韩林海 金 峰
金伟良 李 慧 李庆斌 刘德富 刘光栋 刘宏民 楼梦麟 聂建国 茹继平 石永久
宋二祥 隋允康 孙建恒 王崇杰 王光谦 王全凤 王晓纯 魏德敏 夏 禾 张 鑫
郑建岚 周新刚 周绪红 周学军

组织委员会

主 席 : 范存礼

常务副主席: 崔京浩

副 主 席 : 韩林海

委 员 : (按姓氏拼音为序)

曹万林 曾 攀 陈政清 高 波 顾 明 郝际平 金学松 李 珠 李宏男 李正良
李忠献 刘运动 陆新征 王怀忠 王庆利 王正兴 王忠静 韦树英 吴胜兴 武 哲
辛克贵 徐礼华 杨 强 杨亚政 叶康生 袁明武 张 鑫 张建民 张正威 周学军
朱宏平 庄 茁军

秘 书 处

秘书长 : 张 鑫

副秘书长 : 范夕森

学术秘书 : 黄丽艳(组织论文宣读、排序、分组、评定等)

秘书组 : (按姓氏拼音为序)

高 翔 郭 东 李 鹤 李 莹 李士彬 李秀领 马 萍 谭天乐 王 恒 邢 锐
颜丙冬 岳庆霞 张国强 张婷婷 张玉明

第 19 届全国结构工程学术会议论文集目录

第 I 册目录

特 邀 报 告

力学在学科发展及国民经济中的重大作用.....崔京浩 (001)

济南市工程地质特征分析及问题探索.....陈启辉 田洪水 孙振波 宋金平 (073)

“城市窑洞”式绿色建筑研究.....李 珠 刘元珍 代学灵 张 婷 (084)

基于结构可靠性理论的既有桥梁承载能力评估.....李全旺 李春前 董 春 (093)

节能减排与低碳建筑.....王崇杰 薛一冰 (106)

CFRP-钢管混凝土结构研究的进展与展望.....王庆利 车 媛 谭鹏宇 邵永波 (114)

结构变形稳定与控制理论及在岩土工程中的应用.....

.....杨 强 刘耀儒 常 强 冷旷代 周维垣 杨若琼 (129)

二维有限元线法自适应分析的若干新进展.....袁 驷 方 楠 王 旭 叶康生 邢沁妍 (160)

建筑结构鉴定与加固改造技术的进展.....张 鑫 李安起 赵考重 (168)

广州珠江新城地下空间关键技术应用研究.....张季超 刘 晨 刘茂龙 许 勇 林本海 郑先昌 (181)

济南奥体中心场馆钢结构设计特色与健康监测.....周学军 (192)

结构损伤动力检测与健康监测研究现状与展望.....朱宏平 余 璟 张俊兵 (202)

再生混凝土框架-剪力墙结构抗震研究与应用.....曹万林 张建伟 尹海鹏 陈家珑 (216)

结构拓扑优化 ICM 显式化与抛物型凝聚函数对于应力约束的集成化.....隋允康 铁 军 (224)

举办学术会议提升科技期刊水平.....黄丽艳 崔京浩 (238)

1. 力学分析与计算

海床土刚度对钢悬链线立管触地点动力响应的影响分析.....白兴兰 黄维平 (243)

双弓/刚性悬挂接触网耦合系统动态仿真研究.....毕继红 任洪鹏 裘金真 (249)

偏心异径管在扭矩作用下的弹性应力及极限扭矩解析解.....陈孙艺 (255)

三种非线性梁柱单元的研究及单元开发.....陈学伟 韩小雷 孙思为 (259)

ACL 重建方法对股骨力学性能影响.....黄荣瑛 徐 强 许勇刚 郭云飞 郑红光 (267)

非开挖定向钻水平穿越钻柱与井壁切点位置分析.....嵇国华 (271)

砖混结构混凝土现浇板收缩裂缝的数值分析.....贾 强 王子卿 李士彬 (275)

开敞厂房的屋盖升力系数的风洞试验研究.....姜海鹏 全 涌 顾 明 樊友川 倪建公 (281)

输电线覆冰舞动的简化分析方法.....李 黎 曹化锦 陈元坤 夏正春 (287)

铅垂井段两端固支钻柱屈曲的理论与数值分析.....李丽娟 张 娜 张青峰 焦永树 (292)

运营桥梁结构的间接辨识的统计估计方法.....李炜明 朱宏平 (296)

用 FRP 粘结加固的 Timoshenko 梁的界面应力分析.....刘 承 徐荣桥 (302)

刚架偶联式的表达式.....刘光好 (307)

有限元法对粘弹性塑料齿轮计算分析.....刘广建 李小磊 (311)

高层框架结构中转动惯性对其地震响应的影响.....刘铁林 石大川 刘 泓 (316)

圆柱绕流气动噪声数值模拟.....龙双丽 聂 宏 詹家礼 (321)

不同载荷作用下的 I 型动态裂纹的解析解.....吕念春 程云虹 王云涛 程 靳 (328)

巨型组合框架结构分析 QR 法.....潘文军 叶献国 (332)

折板结构屈曲分析的无网格伽辽金法.....彭林欣 (338)

几何非线性样条有限元法.....秦 剑 黄克服 张清东 (345)

基于多岛遗传算法的复合材料格栅加筋圆柱壳体优化设计.....石姗姗 任明法 陈浩然 (351)

改进的基于弹性核法的曲梁有限梁段法.....宋郁民 吴定俊 (357)

棒球棒上的最佳击球点问题分析.....王凤军 王保成 杜俊成 (364)

波动钻压激励下斜井段钻柱运动的数值模拟.....王晓阳 张青峰 焦永树 (368)

基于组合单元的拱桥静力分析.....谢 璞 任伟新 (372)

矩形截面高层建筑顺风向平均风荷载的风洞试验研究.....熊 勇 全 涌 顾 明 (376)

基于二次刚度修正的结构损伤识别新方法.....徐 训 欧进萍 (382)

基于离散奇异卷积法的梁和薄板弯曲分析.....徐素明 王鑫伟 (387)

沥青砂流变模型及其参数确定.....叶 永 蔡宜洲 (394)

基于小波有限元模型的移动荷载识别.....尤 琼 史治宇 (399)

混凝土分段曲线受压损伤模型.....于海祥 武建华 唐 明 (404)

用不协调实体单元进行梁构件温升分析.....余新盟 查晓雄 (409)

等截面圆弧无铰拱内力的快捷计算.....张 玥 (413)

基桩动测响应的三维有限元数值模拟及其应用.....张灿辉 杨少强 谢建华 张建国 (418)

稳态温度场分析的有限元线法线性参数单元.....张月强 高建岭 白玉星 王晓纯 (422)

高层建筑扁梁-平板结构在竖向荷载下的内力分析.....赵 彬 赵世春 李 力 (429)

分区加速 Müller 法对多材料 V 型切口平面问题特征根的求解.....赵 东 傅向荣 岑 松 赵 阳 田 歌 应秀梅 刘浩宇 张 鹏 (434)

刚架结构弹性波传播的数值分析研究.....赵元博 田家勇 杨志勇 齐 辉 (439)

并列梭形截面绕流气动特性的有限元计算.....朱 勇 江 俊 (445)

多重连接加固建筑结构的动力特性检测与识别.....朱怀亮 梁思辉 罗仁安 (451)

2. 钢结构、材料与构件

预应力斜拉网格结构静力优化研究.....边广生 张玉明 郭正兴 (455)

单坡楔形工形柱平面内稳定承载力研究.....陈 明 刘 军 (462)

中俄结构可靠度指标比较及应用分析.....陈树华 侯钢领 张德财 (466)

用有限单元法求解半刚性连接有侧移钢框架的屈曲荷载.....程华虎 张少钦 (470)

钢-混凝土组合梁的动力特性分析丰维方 李青宁 杨 超 刘庆梅 (479)

方钢管混凝土柱-钢梁外加强环节点试验研究及参数分析.....高春彦 张 飞 李 斌 (483)

内置圆钢管的钢骨混凝土柱特性及梁柱节点分析.....耿翠珍 刘中华 (488)

考虑嵌固作用钢板弹性屈曲研究.....郭 丹 赵 伟 任 涛 (493)

两边连接开缝钢板剪力墙的弹性屈曲分析.....郭兰慧 马欣伯 张素梅 (499)

高层建筑结构抗震弹塑性分析方法比较研究.....雷淑忠 郭 兵 沈祖炎 (505)

方钢管高强混凝土柱的受力性能研究.....李 斌 高春彦 (511)

双塔结构风荷载干扰效应试验研究.....刘庆宽 马文勇 盛永青 侯莉倩 (517)

钢结构住宅混凝土叠合楼板的应用与研究进展.....刘淑娟 童乐为 李 杰 陈以一 张凯强 (522)

钢管橡胶混凝土短柱力学性能初步研究.....刘艳华 梁 力 白义奎 (530)

杭州电子科技大学体育馆结构设计与研究.....刘中华 肖志斌 裘 涛 高博青 (534)

榫卯连接组装钢框架自振特性试验研究.....马春艳 段树金 林玉森 (538)

圆柱面网壳结构风荷载试验研究.....马文勇 刘庆宽 肖 彬 邵新霞 (542)

耗能器偏心支撑结构的抗震性能分析.....潘秀珍 郝际平 高 杰 (547)

带钢 C 翘问题的样条有限元法研究.....秦 剑 张清东 黄克服 (552)

两种波纹几何参数对波纹腹板钢梁弯扭屈曲临界弯矩的影响.....王传慧 栾艳萍 张 云 席 丰 (558)

ICF 装置大型支撑结构的动力学稳定性设计.....王美聪 陈 刚 王 军 徐元利 陈晓娟 余绍蓉 吴文凯 (562)

压盖组件力学性能研究.....魏晓贞 符春渝 徐有刚 (566)

带约束拉杆的矩形钢管混凝土短柱偏压承载力计算公式的探讨于锦华 (570)

人字形支撑与横梁的板式连接节点的低周疲劳性能及设计建议.....张文元 陈世玺 张耀春 (575)

无防火保护钢柱抗火性能的研究.....吕俊利 董毓利 孙建东 杨志年 (582)

第 II 册目录

3. 钢筋混凝土结构、材料与构件

海砂混凝土耐久性试验研究.....曹卫群 苏 卿 赵铁军 巴光忠 (001)

长期荷载作用对核心柱承载力影响的数值分析.....陈周熠 (007)

CFRP 加固钢筋混凝土梁的抗弯试验研究.....董江峰 王清远 邱慈长 (011)

基于随机多尺度力学模型的混凝土力学特性研究.....杜修力 金 浏 (019)

利用超声无损检测技术评价模拟酸雨环境下混凝土损伤厚度.....范颖芳 刘江林 王大为 (024)

球形骨料混凝土宏观弹性模量影响因素研究.....付 鹏 于国友 尹光荣 (031)

腹部纵向配筋混凝土梁斜裂缝有限元分析.....傅玉勇 闫澍旺 杜 闯 (036)

钢筋混凝土板抗冲切承载力计算.....韩向丽 赵均海 魏雪英 张冬芳 (042)

现浇预应力混凝土空心楼盖剪力滞后效应的分析与计算.....黄竹也 王国阳 (050)

竖向荷载下现浇梁板协同工作对楼板的影响.....蒋利学 (054)

异形钢纤维体积率对超高性能混凝土力学性能的影响研究.....李 妍 刁 波 杨松霖 张 笑 张 茜 (060)

某八层混凝土框架结构火灾连续倒塌模拟.....李 易 陆新征 任爱珠 叶列平 陈适才 (067)

超低温环境下钢筋与混凝土的粘结性能.....李会杰 谢 剑 (075)

箍筋锈蚀钢筋混凝土梁的抗剪承载力分析.....李士彬 张 鑫 贾留东 (082)

轻骨料混凝土单轴受压应力应变关系研究.....刘 香 银 俊 (089)

竖向荷载下现浇梁板协同工作对梁的影响.....蒋利学 (093)

短切玄武岩纤维增强混凝土抗弯性能的试验研究.....刘华挺 张俊芝 傅招旗 朱燕东 吴灵杰 (098)

抗冲刷磨蚀混凝土的耐磨损试验研究.....刘卫东 林 瑜 朱玉强 陆中国 (102)

玻化微珠陶粒保温混凝土性能优化研究.....刘元珍 朱民伟 李 珠 秦尚松 (106)

预拌干料贮存期对喷射混凝土抗折强度影响的试验与分析.....马芹永 韩兴腾 张经双 (113)

石化环境基础中钢筋腐蚀与防护措施.....孟庆娟 高建岭 白玉星 王晓纯 (118)

超声法逆回归现场测强曲线.....秦春霞 佟晓君 陈海彬 (124)

现浇主次梁楼盖中梁板协同工作对次向梁和楼板的影响分析.....蒋利学 (127)

再生混凝土研究与发展析议.....施养杭 彭 冲 (133)

低温环境下混凝土性能的试验研究.....王传星 谢 剑 李会杰 (138)

大体积混凝土瞬态温度场实测与数值分析.....王贵君 刘海卿 王锦力 肖建华 刘文伍 张国祥 (144)

关于加强拉结钢筋薄壁方钢管混凝土短柱延性的研究.....王海超 葛月珍 李永秋 张红英 辛建达 (149)

钢筋混凝土 Z 形截面柱双偏压正截面承载力分析.....王铁成 陈 烜 (156)

钢筋混凝土异形截面柱纵筋最小配筋率研究.....王依群 严孝钦 (164)

矩形钢管混凝土梁柱节点与钢梁节点受力性能的对比研究.....闻 洋 李 斌 高春彦 (168)

装配箱混凝土空心楼盖整体性试验研究.....谢 群 刘俊岩 李克翔 (174)

FRP 筋混凝土梁的挠度特点及影响因素分析.....徐新生 曹 凯 闫玉本 (180)

高强钢筋高强混凝土框架非线性地震反应分析.....阎 石 陈 鑫 季保健 (186)

再生混凝土基本力学性能试验研究.....杨德健 高永孚 高志伟 (192)

宽肢异形柱受剪承载力试验研究.....王铁成 陈向上 (197)

活性粉末混凝土轴拉性能试验研究.....原海燕 安明喆 贾方方 余自若 (203)

波纹管孔道的摩擦系数.....张狄龙 邸小坛 陈 中 (207)

超长混凝土框架结构非线性有限元研究.....张永胜 李雁英 (211)

平面形状为圆环形的混凝土框架结构温度应力研究.....张玉明 边广生 孟少平 (215)

U 型钢-混凝土组合梁的受弯承载力计算.....赵风华 齐永胜 (221)

装配箱混凝土空心楼盖结构受力性能试验研究.....赵考重 李自然 王 莉 孙双军 庠晓朋 王 超 (226)

预应力 FRP 加固 RC 梁抗弯疲劳寿命分析.....郑顺潮 黄培彦 郭馨艳 (233)

钢丝网增强钢纤维混凝土力学性能研究.....	钟轶峰 牛建丰 蒙 云 (238)
混凝土含水率对梁动力性能影响研究.....	周 耀 王元丰 韩 冰 (242)
玻化微珠保温墙模结构自保温体系研究.....	朱民伟 刘元珍 李 珠 张 巍 (246)

4. 岩土、地基与基础、隧道及地下结构

基于 Boussinesq 应力解和位移解的复合地基沉降可靠度分析.....	丁继辉 袁 满 王 岩 (252)
基桩低应变完整性曲线的综合解释方法.....	韩 亮 (258)
上海打浦路越江隧道结构健康监测系统的设计与实施.....	贾喜鸽 赵 鸣 李素贞 葛 捷 (261)
混凝土水化热及入模温度对钻孔灌注桩与冻土回冻过程的影响.....	贾艳敏 郭红雨 (265)
新管幕结构肋梁斜截面抗剪性能非线性有限元分析.....	金春福 阎 石 钮 鹏 王 健 (269)
溶洞位置和大小对公路隧道力学特性影响研究.....	李 围 (274)
自锚式悬索桥张拉过程吊杆力相邻性原理研究.....	李子奇 樊燕燕 (278)
考虑土体固有各向异性的三轴和直剪试验的研究.....	梁令枝 (282)
考虑盾构隧道围岩扰动损伤的地表沉降预测.....	刘纪峰 王逢朝 (286)
三维桩土动力接触模型研究.....	卢华喜 (292)
碎石桩加固液化砂土地基的数值模拟分析.....	牛琪瑛 张 明 刘建君 (297)
台阶式加筋土挡墙的原型试验研究.....	戚 炜 王勇智 赵星民 (301)
拱形优化的直接求解法和实际应用.....	王胜利 童景盛 敖运安 (307)
夯实水泥土桩复合地基动力特性和动力响应影响因素分析.....	王维玉 赵 拓 丁继辉 (312)
大型实验室基础基坑围护方案的综合比较.....	王伟良 任晓崧 (318)
复合土钉墙变形的简化计算方法.....	魏焕卫 杨 敏 孙剑平 (323)
长沙地铁袁家岭车站基坑对周边建筑影响的有限元模拟研究.....	吴朝阳 李正农 罗叠峰 张盼盼 卢 剑 (331)
开挖过程中地下新管幕结构变形数值分析.....	阎 石 张占军 金春福 卢静丽 (336)
高水压铁路隧道管片衬砌临界水压力浅析.....	晏启祥 马婷婷 (341)
极端冰雪条件下典型红粘土力学性能试验研究.....	张永兴 王韵斌 宋西成 冯 兵 (345)
盾构管片衬砌环间接缝对结构内力影响分析.....	赵大洲 (352)
悬臂排桩支护基坑侧移分布规律.....	赵静力 张建辉 王道卓 (356)
滑坡与隧道相互作用实例监测分析.....	朱苦竹 庄 宁 (360)
土体路基热力耦合数值分析.....	朱志武 宁建国 (365)
桩基负摩阻力简化计算模型研究.....	庄 宁 朱苦竹 阚二林 (370)

5. 公路、铁路、桥梁、水工与港工

基于弹塑性损伤理论的水泥稳定基层养生期裂缝形成机理分析.....	曹 鹏 冯德成 田 林 (375)
预应力混凝土箱梁桥徐变研究综述.....	曾庆响 韩大建 (379)
高速公路限速标准的可靠性分析.....	陈富坚 黄世斌 包惠明 (384)

非对称大跨连续刚构桥线形控制技术研究.....陈兴冲 王常峰 夏修身 庄立普 (390)

考虑施工缺陷和初始偏心的高墩稳定性分析.....杜进生 康景亮 罗小峰 (394)

拱形加劲梁自锚式悬索桥静动力特性分析与研究.....范志甫 谭红霞 涂 莉 唐先彬 (398)

B3 徐变预测模型修正方法的分析与比较.....胡世翔 黄 侨 任 远 (403)

城市雨水管网中明满流与水气两相流研究进展.....胡应均 茅泽育 (407)

水泥稳定沥青路面冷再生路用性能研究.....黄世斌 刘 峰 (411)

国内外铁路桥梁抗震设计反应谱比较与分析.....蒋丽飞 孙 卓 吴有明 钟铁毅 (416)

钢拱塔斜拉桥动力特性试验与数值模拟研究.....李 鑫 梁 力 王福春 (422)

京杭运河大桥成桥阶段吊杆索力量测与分析.....杜进生 肖 亮 徐 强 廖 宇 (427)

倒梯形板桁主梁 CFD 简化模型及气动特性研究.....李永乐 安伟胜 蔡宪棠 何庭国 (431)

现浇箱梁满堂碗扣支架设计与计算.....林 珈 李 伟 崔 杨 (438)

泾河大桥合拢内力和变形分析.....刘海彬 杜进生 罗小峰 (442)

移动荷载作用下半刚性基层的粘弹性沥青路面结构的动力响应分析.....刘俊卿 王保实 (446)

高拱坝梁向配筋抗震措施效果研究.....龙渝川 许绍乾 高雪超 (452)

小花沟高墩连续刚构桥的稳定和抗震分析.....罗小峰 杜进生 刘海彬 (459)

风嘴角度对钢箱梁斜拉桥涡振、颤振性能的影响.....孟晓亮 郭震山 丁泉顺 朱乐东 (463)

数字图像技术在沥青混合料无侧限抗压强度试验中的应用.....彭 锋 王旭东 张 蕾 周兴业 (467)

基于动力特性的中承式拱桥损伤识别.....彭 卫 王 炎 (473)

钢混组合梁的顶推施工过程分析.....邵斌磊 徐荣桥 (477)

斜拉桥钢锚箱组合索塔水平受力性能简化分析模型.....苏庆田 秦 飞 (482)

铁路 PC 低高度 T 型梁裂缝成因分析.....孙 卓 蒋丽飞 吴有明 (489)

高压旋喷注浆在桥墩基础托换加固处理中的应用.....孙国钧 (494)

地震作用下施工期大型桥梁的可靠性分析.....檀维超 谢 楠 杜进生 罗晓峰 (498)

脱空率对偏心受压钢管混凝土承载能力影响研究.....唐 述 刘夏平 杨作用 宁运琳 刘爱荣 (502)

胶粉改性沥青混合料弯曲蠕变试验研究.....王 岚 常春清 邢永明 (508)

水平圆柱与沉箱组合结构消波特性试验研究.....王国玉 王彦哲 任 冰 王永学 刘 丹 (513)

拱桥连续组合梁有效宽度研究.....苏庆田 王 巍 (517)

斜拉桥上斜拉索振动控制关键技术.....王凌云 (523)

变截面梁桥在移动力下的动响应计算.....王文洁 吕中荣 刘济科 (527)

E2 地震作用下部分填充钢管混凝土桥墩非线性时程分析及抗震性能评价.....王占飞 隋伟宁 吴 权 (532)

闸室混凝土浇筑温度场的仿真分析.....吴礼国 邓方明 李 维 李跃卿 (537)

某栈桥结构安全性能计算方法研究.....吴有明 孙 卓 蒋丽飞 (543)

桥梁养护管理系统中环境影响因素的成本化分析.....吴宇蒙 常 军 (548)

大尺度扁平箱梁节段模型涡激力半经验模型应用.....鲜 荣 廖海黎 (554)

大跨度斜拉-悬索协作体系桥缆索无应力长度研究.....谢官模 苗润池 (560)

基于多因素的模糊综合评判法在超声波检测桩基完整性应用中的研究.....张鹏远 申向东 (564)

斜拉桥反应谱分析与动力时程响应分析比较研究..... 周 艳 宋君超 潘瑞松 (571)

国内外大跨度拱桥发展与展望.....周水兴 沈培文 孙东生 张 敏 (576)

基于弹性半空间体的水平荷载与垂直荷载非线性叠加条件下沥青路面结构受力分析

..... 周兴业 王旭东 张年梅 (584)

第Ⅲ册目录

6. 抗震、爆炸、冲击、动力与稳定

基于 IDA 方法的钢筋混凝土结构失效模式优化..... 白久林 欧进萍 (001)

金属薄板局部爆炸冲击荷载数值模拟研究..... 白志海 严 波 蒋志刚 (007)

橡胶垫与基底钢筋沥青并联隔震立式储罐动响应分析

..... 崔利富 赵颖华 孙建刚 赵长军 张 营 (011)

基于移动附加质量的模态参数识别方法..... 邓 昌 顾培英 汤 雷 (017)

滚轴-橡胶支座组合系统隔震结构的地震反应分析..... 范夕森 任淑贞 张 鑫 (023)

现阶段新型反应装甲综述..... 高远亮 彭 利 章 云 (029)

竖向振动对凹曲线滑道辊轴摩擦摆系统影响研究..... 葛 楠 苏幼坡 王兴国 (033)

近断层地震动速度大脉冲对典型结构影响的概述..... 郭 恩 周锡元 (040)

带暗支撑 L 形短肢剪力墙抗震研究 黄选明 卢智成 张建伟 曹万林 (044)

广东科学中心隔震结构的健康监测及科学展示..... 姬 蕾 张季超 范 雁 许 勇 (051)

安装 MR 阻尼器相邻结构半主动控制振动台试验..... 姜 南 李忠献 (056)

钻井隔水管基本周期简化计算方法..... 李 妍 马万俊 高德利 (060)

砌体结构抗震墙截面的平均压应力分析..... 李 叶 郭冬娟 张文芳 (065)

铅芯橡胶隔震支座平扭耦联低周疲劳试验研究..... 李 桢 李向真 向伟明 朱小文 (070)

下击暴流作用下建筑物表面风压分布模拟..... 李宏海 欧进萍 (076)

非比例阻尼下隔震结构动力振型反应计算的摄动迭代法及其相关分析

..... 李向真 向伟明 朱小文 (081)

磁流变阻尼器控制偏心结构柱子应变的试验研究..... 李秀领 (088)

实测风场数据的修正与预测..... 李正农 刘艳萍 王莺歌 (092)

转动惯性对高耸烟囱地震响应影响的研究..... 刘铁林 张 季 刘 泓 (097)

非一致激励对隔震连续梁桥地震响应的影响..... 龙晓鸿 李 黎 江宜城 胡 亮 (102)

7.62mm 口径模拟弹侵彻碳化硼陶瓷复合靶板的数值模拟..... 卢 君 陈 斌 曾首义 (108)

偏心辊轴摩擦摆系统隔震性能的研究..... 明 伟 葛 楠 (113)

高层钢框架结构附加金属阻尼器的最佳减震阻尼量分析..... 裴星洙 贺方倩 王星星 (118)

湍流对高层建筑风致响应影响的风洞试验研究..... 李正农 苏万林 罗叠峰 (123)

超高分子量聚乙烯纤维增强层合板抗弹性能的数值模拟..... 秦曾涌 何 煌 曾首义 (129)

ISO-834 标准火灾下钢管混凝土短柱动态冲击试验 任晓虎 霍静思 肖 岩 (134)

电阻应变测量仪器的技术指标、检定方法及其应用	沈观林 (138)
近地强风的湍流特性和空间相关性实测研究	史文海 李正农 张传雄 (142)
显式动力分析中梁单元的混凝土单轴本构模型研究	王 强 潘天林 刘 明 张曰果 (146)
巨型框架悬挂结构地震响应分析	裴星洙 汪 玲 周 华 姬文广 (153)
空间框架抗连续倒塌分析	王铁成 康 健 李志萍 (159)
低周反复荷载下预应力 FRP 筋混凝土梁的抗震性能试验研究	王作虎 杜修力 詹界东 (164)
桥梁深水群桩基础动力特性数值模拟	魏 凯 伍勇吉 徐 灿 庞于涛 袁万城 (171)
近场地震作用下某框架结构的增量动力分析	吴巧云 朱宏平 樊 剑 (177)
结构-桩-土振动台试验桩土地震反应规律分析	吴薪柳 姜忻良 (183)
内嵌墙板对框架地震响应影响的数值模拟研究	谢 伟 夏军武 骆泽新 (187)
考虑地震动扭转分量时框架结构时程分析	徐东强 冯 婧 (193)
采用 MR 阻尼器的车桥系统竖向振动控制	颜全胜 刘斯琴 郑恒斌 (198)
考虑土-结构动力相互作用的隔震结构分析研究	杨 帆 罗永坤 赵晓勇 王 彬 (202)
双层网壳结构阻尼杆件控制的参数分析	杨 颢 李友明 寇 捷 (207)
坑道中扰流板对任意冲击波的衰减作用	杨科之 王吉远 陈叶青 李 麟 (211)
LRB 偏心基础隔震结构在近断层脉冲型地震动作用下的碰撞响应研究	叶 昆 李 黎 符 蓉 (217)
拉索减震支座及桥梁抗震设计应用研究	袁万城 韦正华 曹新建 荣肇骏 (224)
非一致地震激励下地下综合管廊三维响应分析	岳庆霞 李 杰 (230)
局部悬挂结构设计要点	张 坚 杨 军 刘艺萍 吴明儿 陈 隽 林 峰 (236)
多层框架结构混合控制抗震性能分析	张 乐 邹建奇 (243)
基于调频—EMD 方法的有损伤混凝土结构模态辨识方法研究	张 欣 杜修力 (246)
基于能量法的并联隔震砖木建筑响应分析	张华英 李 慧 张 鑫 (250)
核电厂安全壳结构抗震分析与鉴定	张会东 林松涛 赵文博 王永焕 徐海翔 张际斌 (256)
L 形高层建筑风荷载特性研究	张建国 雷 鹰 (263)
圆钢管混凝土边框内藏钢桁架低矮剪力墙抗震性能试验研究	张建伟 杨亚彬 曹万林 (269)
多点激励人工地震记录合成	张石磊 陈少峰 王焕定 (275)
立式网壳储罐固有振动分析	张文福 王 总 计 静 隋海燕 (279)
预应力混凝土梁拱组合桥稳定性研究	张兴标 沈锐利 成文佳 (283)
大型桥梁抗震能力设计的局部策略	张于晔 袁万城 樊 伟 (289)
双层陶瓷复合靶板优化计算研究	郑延锋 何 煌 曾首义 (295)
沿海某滩涂风力机抗震分析	朱方剑 王振宇 刘国华 章子华 (300)
轻型钢框架支撑体系振动特性分析	邹 昀 张振炫 (308)

7. 设计、施工、加固、优化、可靠度及事故分析

碳纤维复合材料修补结构的 ANSYS 参数化建模技术与修补参数讨论	白瑞祥 王秀秀 王 蔓 (313)
---	-------------------

某大学综合科研楼(A区)增层改造与加固设计	陈培霞 王 琴 张 鑫 (317)
框架柱托换节点承载力计算公式的理论研究	都爱华 张 鑫 朱维申 (321)
福厦铁路莆田站站房结构设计	冯晓敏 王 军 (325)
CFRP 的强度折减系数 Ψ 的计算	谷有法 王海军 冯艳峰 (329)
扣件式钢管模板支架计算模型研究	胡长明 王 静 葛召深 陈 红 曾凡奎 (333)
移位建筑柱托换节点梁柱结合面受力性能试验研究	贾留东 谭天乐 张 鑫 夏风敏 (340)
局部柱肢斜交异形柱框架的设计	李 达 牟在根 孟胜国 暴育红 (348)
湿陷性黄土上某建筑物的浸水纠偏及数值模拟	李 瑞 徐浚峰 武建勋 (352)
托换梁配箍率对柱托换节点影响的试验研究	李玉平 张 鑫 夏风敏 贾留东 (356)
利用立杆支撑对柱卸载方案	刘建生 罗永坤 徐亚军 (362)
钢-混凝土组合框架结构受力性能分析	刘阳冰 刘晶波 韩 强 (366)
双曲扭壳屋面混凝土施工在工程中的应用	吕大为 朱晓菲 (372)
基于虚面导荷的膜结构检测鉴定方法	彭 煌 徐 劲 黄 达 (376)
岩溶地区基桩工程事故检测与加固处理方法	孙剑平 邵广彪 魏焕卫 祝 健 (380)
空斗墙墙片抗震修复与加固伪静力试验研究	汤伟民 孙林柱 金国平 张清华 李校兵 (385)
托换梁剪跨比对柱托换节点受力性能影响的试验研究	王 恒 张 鑫 贾留东 夏风敏 (392)
混凝土浇注期高大模板支架工作状态的试验测试	谢 楠 (400)
设计阶段的造价控制	邢明峰 张云贵 张国强 (405)
防微振净化屏蔽罩及光学平台微振动研究	徐有刚 杜 强 冯加权 魏晓贞 (409)
盾构进出洞加固体的强度和稳定性分析	杨洪杰 (414)
青岛游泳跳水馆复杂网架结构施工卸载分析	张纪刚 张同波 (420)
邻近大面积堆载下某厂房结构的不均匀沉降分析	张晓斌 姜忻良 (426)
喷射聚合物保温砂浆在外墙加固节能中的应用研究	张学伟 刘卫东 邹文宝 肖煌俊 (430)
弯曲荷载作用对混凝土氯离子侵蚀的影响	周胜兵 鲁 列 周建民 张俊芝 (435)
太原大学体育游泳馆屋盖钢结构设计研究	朱昊梁 孙文波 耿艳丽 江俊毅 王剑文 (439)

8. 舰船、车辆、机械制造、航空航天结构

建立在 DFR 概念基础上的一种新的民机薄壁结构耐久性分析方法	弓云昭 杨玉恭 薛景川 (444)
FDPSO-TLD 原理样机的试验设计	雷 松 张文首 岳前进 谢 鹏 (450)
开孔结构风致内压试验研究	李祝攀 陈朝晖 (454)
复合载荷作用下开孔细节疲劳额定值的解析确定	薛景川 窦秋芳 弓云昭 (460)
TMD 在半潜式平台垂荡响应控制中的应用	刘 鲲 朱 航 欧进萍 (467)
伞状天线展开机构的非概率-概率可靠性分析	刘国梁 陈建军 朱增青 (473)
基于方钢及阻尼特性的基座结构减振性能分析	彭华康 李天匀 朱 翔 (477)
某无人机复合材料机翼有限元分析	王兴刚 姜年朝 张 逊 戴 勇 张志清 (482)
托管架/管道作用力的实验研究	谢 鹏 周 雷 张向锋 孙 贞 唐琰林 (486)

民机金属薄壁结构静强度、耐久性/损伤容限综合强度设计和分析研究.....薛景川 弓云昭 张 茂 樊优优 窦秋芳 (492)

救一救我们的母亲——黄河.....于海山 张永航 陈定胜 (498)

9. 新材料、新能源及交叉学科

复合材料风机叶片的逐步破坏分析.....白瑞祥 沈亚南 (504)

再生聚苯颗粒生产混凝土保温砌块的试验研究.....崔秀琴 赵华玮 和 燕 蔡丽朋 (508)

多阶模态力法研究定日镜等效风荷载.....宫 博 李正农 王志峰 王莺歌 罗叠峰 (512)

基于 PLC 的自适应 PID 控制器在预应力张拉仪中的应用.....贾敏智 李 珠 石晓敏 (517)

基于概率分布的 RPC 损伤本构关系.....秦 鑫 余自若 安明喆 (523)

保温砂浆不同保温形式墙体温度效应研究.....秦尚松 李 珠 王 宏 刘元珍 (528)

深水典型 Spar 平台总体强度分析.....王世圣 张 威 (534)

钢-聚丙烯混杂纤维混凝土强度试验研究.....张元元 徐礼华 徐浩然 (540)

基于图像的弹道实验中运动目标检测定位方法.....赵 健 陈 斌 曾首义 (547)

灌孔玻璃纤维石膏墙板偏心受压构件试验研究.....赵考重 王 风 卞晓峰 (554)

超声波法测定聚合物保温砂浆导热系数的试验研究.....邹文宝 刘卫东 肖煌俊 张学伟 (561)

力学在学科发展及国民经济中的重大作用

—第 19 届全国结构工程学术会议特邀报告—

崔京浩

(清华大学土木系, 北京 100084)

摘 要: 力学是物理学的发展基础和基础, 它引领并推动了基础学科的发展, 是自然科学中历史最悠久、延伸功能最强的基础学科, 对国民经济、技术科学和工业行业的发展有着举足轻重的作用, 这种作用在新中国成立后尤其明显, 甚至可以说中华民族的伟大复兴离不开力学。

关键词: 经典力学; 相对论; 技术科学; 清华工程力学班

1 力学引领物理学和基础学科的发展

1.1 经典力学的强势和早熟^[1-2]

1.1.1 经典力学的发展简史

经典力学又称牛顿力学, 是物理学中发展最早的一个分支, 它以牛顿三大运动定律为基础, 研究宏观世界和低速状态下物体机械运动规律的科学。这里“宏观”是相对于原子微观粒子而言, “低速”是相对于光速而言的。

机械运动是物质运动最基本的形式。机械运动亦即力学运动, 是物质在时间空间中的位置变化, 包括移动、转动、流动、变形、振动、波动、扩散等, 而平衡或静止则是其中的特殊情况。物质运动还有一些其他运动形式, 如热运动、电磁运动、原子及其内部的运动以及化学运动等。

力是物质间的一种相互作用, 机械运动静止或运动状态的变化是由这种相互作用引起的。静止和运动状态不变, 则意味着各作用力在某种意义上的平衡, 因此力学又常被说成是力和运动的科学。

古代人们在生产劳动中就应用了杠杆、螺旋、滑轮、斜面等简单机械, 从而促进了静力学的发展。

古希腊, 就已形成比重和重心的概念, 进而总结出杠杆原理。阿基米德(约公元前 287—212)的浮力原理提出于公元前 200 多年。这些知识尚属力学科学的萌芽, 但在力学发展史中占有重要的地位。

16 世纪以后, 由于航海、战争和工业生产的需要, 力学的研究得到了真正的发展。钟表工业促进了匀速运动的理论, 水磨机械促进了摩擦和齿轮传动的研究, 火炮的运用推动了抛射体的研究。天体运行的观测提供了力学运动最单纯、最直接、最精确的数据资料, 使得人们有可能排除空气阻力的干扰得到规律运动的认识。天文学的发展为力学找到了一个最理想的“实验室”——天体。

16 世纪, 资本主义生产方式开始兴起, 海外贸易和对外扩张刺激了航海的发展, 引发了对天体进行系统观测的迫切要求。第谷(1546—1601)顺应了这一要求, 以毕生精力收集了大量观测数据, 为克卜勒(1571—1630)的研究作了准备。克卜勒于 1609 年和 1619 年先后提出了行星运动的三条规律, 即克卜勒三大行星运动定律。

与此同时, 以伽利略(1564—1642)为代表的物理学家对力学开展了广泛研究, 得到了自由落体定律。伽利略的两部著作《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》(1632)和《关于力学和运动两种新科学的对话》(1638)(简称《两种新科学的对话》)为力学的发展奠定了思想基础。

随后, 牛顿(1642—1727)把天体的运动规律和地面上的实验研究成果加以综合, 建立了牛顿三大运动定律和万有引力定律, 形成比较完整的经典力学体系。以后经过伯努利(1700—1782)、拉格朗日(1736—1813)、达朗贝尔(1717—1783)等人的推广和完善, 取得了广泛的应用并发展出了流体力学、弹性力学和分析力学等分支。

到了 18 世纪, 经典力学已经相当成熟, 成了自然科学特别是物理学的主导和领先学科。

作者简介: 崔京浩, 男, 山东淄博人, 清华大学教授, 副博士, 《工程力学》第二届常务副主编, 第三、四届主编, 现任《工程力学》名誉主编

1.1.2 经典力学的主要成就

经典力学的主要成就也就是牛顿运动定律和万有引力定律。

1) 牛顿第一定律

① 内容

物体将保持静止或作匀速直线运动，直到其他物体对它的作用力迫使其改变这种状态为止。牛顿第一定律阐明了物体运动的如下本质规律。

② 物体运动的惯性

由牛顿第一定律可知物体之所以静止或做匀速直线运动是由于物体的本性造成的。这种本性叫做物体运动的惯性。

③ 惯性的大小可以用“质量”来表示，因而质量也称为物体的惯性质量。在国际单位制中，质量的单位是千克(kg)。物体质量越大，保持原有运动状态的本领越强。

④ 牛顿第一定律阐明了力是改变运动状态的原因，而不是维持物体运动状态的因素，这是牛顿的一个重大发现。在牛顿之前人们一直认为力是起维持物体运动状态的作用。

2) 牛顿第二定律

① 内容

物体在外力作用下将产生加速度，加速度的大小与合外力的大小成正比，与物体自身的质量成反比，加速度的方向在合外力的方向上。

② 第二定律是第一定律在逻辑上的延伸，它进一步定量阐明了物体受到外力作用时运动状态是如何变化的(使物体产生一个加速度)。牛顿第二定律的数学表达式为：

$$F = ma$$

在国际单位制下，力是以牛(N)为单位，加速度以 m/s^2 为单位，质量以 kg 为单位。

上式叫做牛顿运动方程。在牛顿定律的应用中特别要注意的是第二定律中的 F 是物体所受的合力。

③ 加速度与力的对应性

在某些情况下，物体所受的力为恒力，物体具有的加速度为匀加速度，例如自由落体运动，这时力与加速度都不随时间 t 变化。但是更普遍的情况表现为物体所受的力为变力，力的大小方向都可能发生变化，相应物体的加速度也是变化的，这时物体的加速度与力在时间上应表现为一一对应的关系。

④ 加速度是描述速度快慢和方向的物理量。速度的变化与这一变化所用时间的比值称为这段时间的“平均加速度”，如果这一时间极短(趋于零)，这一比值的极限称为物体在该时刻的加速度或“瞬时加速度”。加速度是矢量，它的方向就是速度变化的极限方向，由于加速度是矢量牛顿第二定律的运动方程是一个矢量方程。

3) 牛顿第三定律

① 内容

物体之间的作用力与反作用力大小相等，方向相反，作用在不同的物体上。

牛顿第三定律在逻辑上是牛顿第一、第二定律的延伸。在第一、第二定律中都使用了力的概念，但什么是力，力有什么特点都没有具体介绍。牛顿第三定律就是来补充力的特点和规律的定律。

② 特点

根据牛顿第三定律，我们可以将力定义为：力就是物体间的相互作用。这种相互作用分别叫做作用力与反作用力。从牛顿第三定律我们知道作用力与反作用力之间有如下的特点：

a) 作用力与反作用力大小相等，方向相反。力线是在同一直线上的。

b) 作用力与反作用力不能抵消，因为它们是作用在不同物体上的。

c) 作用力与反作用力是同时出现同时消失的；作用力与反作用力的类型也是相同的，如果作用力是万有引力，则反作用力也是万有引力。

4) 牛顿万有引力定律

物体间由于质量而引起的相互吸引力,这种力存在于地球万物之间。地面上的物体所受到的地球对它的吸引力就是万有引力。牛顿在开普勒定律和自由落体定律的基础上首先肯定了这样一种吸引力的存在,并确定了质量分别为 m_1 和 m_2 相距为 r 的两质点间引力的大小为:

$$F = Gm_1m_2 / r^2$$

其中 $G = \frac{6.67259 \times 10^{-11} \text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$, 称之为引力常数。地面上两物体间的万有引力一般很小,但对质量大的天体

这个力就很大。例如地球和太阳之间的引力大约为 $3.56 \times 10^{22} \text{N}$, 这样大的力如果作用在直径 9000m 的钢柱两端,可以把钢柱拉断。

万有引力定律的发现奠定了天体力学的基础,揭示了天体运行的基本规律,从而解释了极多的地面现象和天体现象,例如哈雷慧星,地球的扁形,……,为 20 世纪开创的航天科学和航天事业奠定了基础(详见附录 1)。

5) 归纳

力学或“牛顿力学”,是研究通常尺寸的物体在受力情况下的形变以及速度远低于光速的运动过程的物理学分支。力学是物理学、天文学以及许多工程科学的基础。机械、建筑结构、航天器和船舰等设计都必须以经典力学为基本依据。力学知识最早起源于对自然现象的观察和生产劳动中的经验。牛顿运动定律的建立标志着力学开始成为一门科学。力学可粗分为静力学、运动学和动力学三部分,静力学研究力或物体的静止问题,运动学只考虑物体怎样运动,动力学讨论物体运动和所受力的关系。

1.1.3 经典力学适用的范围及其局限性

1) 牛顿运动定律适用于质点

牛顿运动定律中的“物体”是指质点,或者说它只有针对质点才成立。如果一个物体的大小形状在讨论问题时不能够忽略不计,可以将该物体处理为由许许多多质点构成的质点系统(简称为“质点系”)。且质点系中每一个质点的运动规律都应当遵从牛顿运动定律。

2) 牛顿力学适用于宏观物体的低速运动情况

在牛顿于 1687 年提出著名的牛顿三大定律之前,人们对物质及其运动的认识还仅仅局限于宏观物体的低速运动。低速运动是指物体的运动速度远远小于光在真空中的传播速度。牛顿力学在宏观物体低速运动的范围内描述物体的运动规律是极为成功的。但是到了 19 世纪末期,随着物理学在理论上和实验技术上的不断发展,人类观察的领域不断扩大,实验中相继观察到了微观领域和高速运动领域中的许多现象,例如电子、放射性射线等等(详见附录 2)。人们发现用牛顿力学解释这些现象是不成功的。直到 20 世纪初,相对论和量子力学诞生,它们才得到了合理的解释。

3) 只适用于伽利略相对性原理及伽利略坐标变换

伽利略在对时间作进一步考察后,提出了相对性原理,即一个相对于惯性系做匀速直线运动的系统其内部所发生的一切力学过程都不受到系统作为整体的匀速直线运动的影响。设两个惯性参照系 S 与 S' , 令 S' 沿 x 轴方向以速度 v 做匀速直线运动,则两参照系中的坐标变换为:

$$\begin{cases} x' = x - vt \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases} \tag{1}$$

这就是所谓的伽利略坐标变换。从上述变换式中可知,在做相对运动的不同的坐标系中测定的时间是相同的,即 $t' = t$ 。因此在伽利略看来时间是绝对的普适的。由 $x' = x - vt$ 式中包含了空间不变性,认为在两个惯性系中测量同一尺度或物体的长度是相同的,即绝对空间的观点。

4) 错误的绝对时空观

时间和空间是物质固有的存在形式。时间是物质运动的延续性、间断性和顺序性,其特点是一维性即