



学科发展战略研究报告

(2006年~2010年)

建筑、环境与土木工程 II

(土木工程卷)

国家自然科学基金委员会
工程与材料科学部



科学出版社
www.sciencep.com

学科发展战略研究报告

建筑、环境与土木工程 II

(土木工程卷)

国家自然科学基金委员会工程与材料科学部

科学出版社

北京

内 容 简 介

为了不断促进工程与材料学科各领域的基础研究工作,瞄准国际学科发展前沿,面向未来国家经济建设和社会发展的重大需求,着力解决我国工程与材料领域中的重要科学技术问题,增强国家原始创新和技术创新能力,国家自然科学基金委员会工程与材料科学部精心组织出版了一系列学科发展战略研究报告。

本书作为学科发展战略研究报告之一,内容既具有前瞻性和战略性,又具有针对性和可操作性。本书的撰写是站在国家利益和学科总体的高度,从国际学科发展和中国实际出发,论述了土木工程各学科的科学内涵与结构体系、重要地位、国内外研究现状和发展趋势,并论证和遴选出“十一五”的基础研究方向和优先资助领域。

本书为国家自然科学基金委员会工程与材料科学部遴选“十一五”优先领域提供参考,同时也可供有关决策部门、科研院校及社会公众参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑、环境与土木工程Ⅱ(土木工程卷)/国家自然科学基金委员会工程与材料科学部. —北京:科学出版社,2006

(学科发展战略研究报告)

ISBN 7-03-016909-3

I. 建… II. 国… III. 土木工程-发展战略-研究报告-中国 IV. ①TU
②X5

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第012064号

责任编辑:田士勇 卜 新 / 责任校对:包志虹

责任印制:安春生 / 封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年7月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2006年7月第一次印刷 印张:35 1/4

印数:1—3 000 字数:674 000

定价:98.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

国家自然科学基金委员会工程与材料科学部 学科发展战略研究报告组织委员会

主任：周孝信

副主任：黎明 高瑞平

委员：车成卫 陈克新 苗鸿雁 马劲 朱旺喜
雷源忠 王国彪 刘涛 纪军 黄斐梨
茹继平 李大鹏 李万红 张亚南 王之中

编辑：田士勇

建筑、环境与土木工程学科 发展战略研究执行委员会

主任委员：李 杰

副主任委员：刘加平 曲久辉 王 炜

聂建国 陈云敏 吕西林

委员（以姓氏汉语拼音为序）：

常 青	陈政清	崔 杰	杜修力	方 秦
葛耀君	顾 明	韩林海	何品晶	黄海军
黄宗明	金伟良	李爱群	李大鹏	李国强
李宏男	李 惠	李秋胜	李小军	李忠献
刘滨谊	刘松玉	栾茂田	牛荻涛	欧进萍
瞿伟廉	任南琪	茹继平	宋二祥	陶夏新
滕锦光	滕 军	王殿海	王建国	王兰民
王晓昌	王自法	卫 军	吴 波	吴智深
肖 岩	邢 锋	阎培渝	杨庆山	杨晓光
于 雷	余 刚	余志武	俞汉青	袁 勇
曾 坚	翟婉明	张其林	赵成刚	赵万民

序

未来十五年是我国科技事业发展的重要战略机遇期。胡锦涛同志在全国科学技术大会上指出，我们必须围绕建设创新型国家的奋斗目标，进一步深化科技改革，大力推进科技进步和创新，大力提高自主创新能力，推动我国经济社会发展切实转入科学发展的轨道。

把科技创新作为国家战略，走创新型发展道路，就是要实现经济增长方式从要素驱动型向创新驱动型的根本转变，使得科技创新成为我国经济社会发展的内在动力和全社会的普遍行为，最终依靠制度创新和科技创新实现经济社会持续协调发展。当代科学技术的发展趋势、世界主要发达国家的战略选择以及我国的基本国情，决定了我国不可能选择资源型发展模式或技术依附型的发展模式，必须提高自主创新能力，走建设创新型国家的发展道路。提高自主创新能力，最关键的还是原始创新，而加强基础研究是提高自主创新能力的重要措施之一。“十一五”期间，国家自然科学基金应结合国家发展的战略目标和社会发展与经济进步的重大需求，准确把握国家自然科学基金“支持基础研究，坚持自由探索，发挥导向作用”的战略定位，完善和发展中国特色科学基金制，着力营造有利于源头创新的良好环境，推动学科均衡、协调和可持续发展，培养和造就一批具有国际影响力的杰出科学家和进入国际科学前沿的创新团队，提升基础研究整体水平和国际竞争力，力争在若干主要领域取得突破，为繁荣科学事业、增强自主创新能力、建设创新型国家做出应有的贡献。

学科是科学基金资助和管理的基本单元。根据国家中长期科学和技术发展规划，遵照学科发展的自身规律和基础研究的特点，认真分析和研究学科发展的国际前沿、动态和趋势，总结国内研究状况和未来的发展需求，把握本学科发展在我国科技、经济、社会发展中的地位 and 作用；从学科发展全局出发，制定学科发展战略规划，明确目标，遴选优先领域和重点研究方向，并对应采取的重大步骤和措施提出建议，是一件十分有意义的工作。制定学科发展战略规划，不仅可以明确科学基金的定位和发挥科学基金的导向作用，而且对实现科学基金资源的优化配置，提高科学基金的资助效益具有十分重要的作用。

学科发展战略研究首先必须体现前瞻性、前沿性和战略性。学科发展战略报告的撰写应把握科学基金的职责和定位，结合国家科技发展战略目标和遵循科学发展规律，瞄准国际前沿。任何一门学科都有其自身的发展规律和特点。因此，在制定学科发展战略的过程中要处理好全局与局部的关系，既要注意发展战略涵

盖的范围,又要做到重点突出,坚持有所为、有所不为,同时也应考虑学科的发展状况以及与世界先进水平之间的差距,遴选适合我国国情的学科发展优先领域和重点研究方向。其次,学科发展战略研究还应体现科学基金的基础性。加强基础研究是提升国家创新能力、积累智力资本的重要途径,是跻身世界科技强国的必要条件。材料科学和工程科学是在工程实践和应用的基础上发展起来的技术基础学科,既有系统的理论体系和自身的客观规律,又有很强的交叉性、集成性和应用性。因此,工程科学与材料科学的学科发展战略研究,不仅要体现科学基金的基础性,还应结合社会进步与经济需求的重大需求,体现国家发展的战略目标。另外,学科发展战略研究还要体现科学基金的导向作用。科学基金的导向作用不仅仅体现在基础研究的资助方向上,还应体现在营造良好的源头创新氛围、提倡严谨求实的学风和增强自主创新的信念上。在基础研究工作中,要耐得住寂寞,要敢于做难事,敢于做前人没有做过的事,敢于做外国人没有做过的事,切实提高我国的源头创新和自主创新能力。

工程与材料科学部各学科处组织相关领域的专家在研讨的基础上制定了本学科发展战略规划,为“十一五”期间学科的科学基金资助工作打下良好的基础。在学科发展战略规划的制定过程中,专家站在国家利益和学科发展的高度,认真调研、客观分析、积极建议,体现出了高度的责任感和使命感。科学出版社对工程与材料科学部的学科发展战略研究报告的出版给予了积极支持,并对其撰写和定稿提出了宝贵意见。在此表示衷心感谢。

国家自然科学基金委员会副主任
中国工程院院士



2006年1月17日

前 言

2004年8月,国家自然科学基金委员会决定启动学科发展战略研究和“十一五”优先资助领域的研究论证工作。这一工作的基本要求与任务是:根据国家科技发展的基本方针,遵照学科发展的自身规律,分析与总结本学科发展的国内外动态、趋势与前沿,明确本学科的发展全局,近、中期的战略目标和重点研究领域,并对必须采取的重大步骤和措施提出建议。

根据上述要求,国家自然科学基金委员会工程与材料科学部组织了建筑、环境与土木工程学科发展战略研讨工作。在全国范围广泛征集论文摘要的基础上,建筑、环境与土木工程学科于2004年11月26、27日在同济大学召开了“建筑、环境与土木工程学科发展战略研讨会”预备工作会议。会议确定了由建筑、环境与土木工程学科发展战略研究执行委员会负责完成学科发展战略的研究制定工作,讨论了学科发展战略研究的主要形式和基本成果,确定了学科发展战略研究主题报告分工。2004年12月25~27日,“建筑、环境与土木工程学科发展战略研讨会”在北京召开,到会代表254人,来自全国45个单位。陈肇元院士和欧进萍院士担任大会主席,郑时龄、钱易、汤鸿霄、项海帆、沈世钊、谢礼立、沈珠江、董石麟、钱七虎、周锡元、陈肇元、欧进萍等12位院士做了大会邀请报告,刘加平教授等39位专家分别做了会议专题报告。大会取得了广泛的共识。

在上述工作基础上,建筑、环境与土木工程学科发展战略研究执行委员会又开展了广泛、深入的工作,形成了建筑、环境与土木工程学科发展战略研究报告的初稿。2005年4~6月,我们将上述研究报告印刷成册,呈送国内70余位专家征求意见。这一行动同样得到了各位专家热情的回应、关心与指教。2005年9月24、25日,在深圳召开了有关学科发展战略研究的第三次会议,对学科发展的关键问题进行了进一步的研讨。

上述一系列工作的成果,就是呈现在读者面前的建筑、环境与土木工程学科发展战略研究报告。为了便于不同学科的研究工作者进行研究和交流,本研究报告分为《建筑、环境与土木工程I(建筑、环境与交通工程卷)》和《建筑、环境与土木工程II(土木工程卷)》,由科学出版社出版。

学科的发展需要社会的关心,更需要本领域广大科学工作者的共同努力与推动。值此报告集出版之际,我们谨对为上述工作做出贡献和给予关心的所有专家致以真诚的感谢。同时,我们希望通过出版这套凝聚了众多智慧与心血的研究报

告, 实现反映我国在建筑、环境与土木工程领域的整体实力和现实水平, 反映我国新、老两代学者的学术风貌与科学追求, 推动学科发展, 促进学术研究向纵深推进的目的。

在本研究报告的成稿及出版过程中, 同济大学陈建兵博士和艾晓秋、马骏驰、岳庆霞、彭勇波等同志做了大量的手稿整理工作。在此, 对他们的辛勤劳动表示诚挚的感谢。

建筑、环境与土木工程学科发展战略研究

执行委员会

2005年11月

目 录

序

前言

建筑、环境与土木工程学科发展战略研究报告 1

第一部分 结构工程学科

结构工程学科发展战略研究报告	11
大型桥梁全寿命结构设计理论与方法	26
高层建筑结构及其设计理论	38
大跨度空间结构研究及关键应用技术	59
钢—混凝土组合结构及其工程应用	75
地下工程结构学科的若干基础研究	89
结构计算理论研究进展	100
结构实验学研究的过去、现状和展望	126
重大工程结构损伤积累、健康监测与安全评定	139
高性能混凝土	161
新型复合材料与结构	177
混凝土结构耐久性研究主要进展及其发展趋势	193

第二部分 岩土工程学科

岩土工程学科发展战略研究报告	233
特殊土工程中的关键科学问题研究与展望	264
土动力学与岩土地震工程研究专题	284
城市地下工程	305
环境岩土工程研究专题	319

第三部分 防灾工程学科

防灾工程学科发展战略研究报告	345
工程地震研究的基础科学问题	367
土木结构抗风研究进展及基础科学问题	382
结构抗火研究进展与趋势	404

工程结构抗爆防爆的研究与发展·····	427
工程结构的振动控制理论及其应用·····	456
大型土木工程抗震与性态控制研究·····	488
生命线工程研究的基本进展与发展趋势·····	510
城市综合防灾的关键科学问题·····	532

建筑、环境与土木工程学科发展战略研究报告

1 学科界定

建筑、环境与土木工程是一个相互联系又各具特色、差异显著的学科群，其研究对象包括与人类生活和生产活动密切相关的各种环境作用、各类建筑和构筑物、工程基础设施和相关人居环境。在国家自然科学基金资助范围内，本学科目前划分为建筑学、环境工程、交通工程、结构工程、岩土工程和防灾减灾工程等六个领域。

2 学科发展趋势

2.1 可持续发展思想、数字信息技术的发展和渗透正在促进建筑学学科的变革

自1992年联合国世界环境与发展大会发表《里约热内卢宣言》以来，可持续发展思想逐渐成为人类对社会发展和城镇建设的共识，并上升为环境伦理准则。在此背景下，绿色城市和建筑设计得到广泛关注，诸如城市设计生态策略和技术措施、被动式和低能耗（PLE）的建筑设计、建筑物理技术的组合应用以及相关的评估、检测、鼓励技术政策、行业技术标准的研究和制定等已成为国际建筑学科当今最显著的学术前沿。面向信息社会的建筑与城市设计理论、信息化城市形态与功能布局理论、信息化城市管理与数字城市设计理论、基于数字技术的绿色建筑理论、数字化社区公共建筑设计关键技术等课题成为建筑和规划基础理论变革与发展亟待解决的关键科学问题。伴随着数字技术的发展和渗透，建筑学和城市规划学科正在经历科学量化的数字建模、仿真分析、优化设计和系统控制的深刻变革，诸如数字城市、虚拟现实和计算机生成设计、建筑物理环境模拟与控制、高度信息化的城镇区域空间合理布局、资源优化配置、动态监测、预测与调控等成为这一历史性变革的重要研究热点。

2.2 环境复合污染机制、效应与过程控制成为全球环境工程研究的新热点

近年来，在发达国家环境质量明显好转、发展中国家环境质量持续恶化的全球背景下，环境工程的研究更加关注复杂污染过程所导致的生态与环境安全保障

问题。随着先进的科学手段与现代分析技术的广泛应用,环境工程学科研究已从简单的技术或工艺探索向定量半定量的现代科学发展;从单元环节的研究向过程研究拓展;环境技术的发展方向越来越面向人类生存发展的需要。与此同时,环境工程和技术的研究内容也在不断深化。在污染物控制方面,研究重点从一般污染物转向持久性有毒物质,从单一污染物扩展为复合污染物,从相对简单的介质过渡到多相体系中的复杂过程;在污染物环境效应控制方面,研究工作从单一污染物的简单效应控制深入到复合污染的联合效应控制,从常规的指标控制过渡到总体风险控制;在环境保护与质量改善方面,已从简单的末端治理转向以清洁生产和循环经济为目标的全过程控制,从单项技术开发转向以关键技术为核心的物化、生物和生态工程技术的系统集成。研究和解决环境工程中的重大科学问题成为现代科学技术发展的重要内容。

2.3 促进被动适应型的交通系统向主动控制型的交通系统转变、缓解现代城市交通拥堵成为交通工程学科重点研究的科学问题

交通是现代城市赖以生存和发展的基础设施系统,解决城市交通问题是我国社会、经济发展的重大需求。交通工程的主要研究范围包括交通模型、交通规划与设计、交通管理与控制、交通安全与交通环境等基本问题。作为一门为解决现代城市交通问题提供理论指导的学科,城市交通工程大体经历了基础理论形成阶段(20世纪30年代初至50年代末)、交通规划理论形成阶段(50年代初至70年代末)、交通管理理论形成阶段(70年代初至90年代末)和智能化交通系统研究阶段(90年代至今)。面向前沿研究方向,结合我国实际需求,积极开展城市交通关键科学问题研究、构建缓解我国城市交通问题的系统理论是我国交通工程学科发展的战略选择。在我国中长期科技发展规划中,已将“发展现代综合交通体系、缓解大中城市交通拥堵问题、减少交通能源消耗与环境污染问题、解决交通安全问题”作为交通科技发展战略任务。现代城市交通拥堵机理的研究表明:被动适应型、非集约化、不和谐的交通系统向主动控制型的交通系统转变是缓解城市交通拥堵的根本出路。因此,重点开展交通需求与土地利用相互作用关系、交通供给及其与城市空间的耦合关系、不同类型城市的交通发展模式 and 交通结构、交通供需平衡、交通系统的优化设计、现代交通系统管理与控制等理论与实践等问题的研究,将成为交通工程学科的发展趋势。

2.4 以高性能和多功能材料应用为标志、精细化分析和全寿命性能设计为趋向、具有智能特性的第三代结构体系正在孕育与发展

结构工程随着社会生产和人类活动的需要而发展。早期的结构(泛称为第一代结构)主要由石材、砖砌体和竹木等天然结构材料组成,没有严格的科学理论

和方法指导设计和建造。自 19 世纪末, 钢材与混凝土两种人造材料开始逐渐广泛应用, 结构分析、计算和设计逐步形成较为严格的科学理论和方法。这一时期及以后建造的结构可以称为第二代结构。20 世纪, 尤其是第二次世界大战之后, 随着高强度钢材和高强、高性能混凝土的推广应用以及结构分析理论、结构设计理论、结构实验技术和结构施工技术的不断发展, 工程结构呈现出跨度不断增大、高度不断增加、安全性和经济性更加合理的特征。20 世纪后半叶以来, 随着现代科学技术的发展, 人们开始期望工程结构、特别是重大工程结构不仅应具有传统结构被动抵抗外荷载的能力, 同时应能够主动适应环境作用, 调整结构性态, 对结构缺陷、损伤和性能退化实施监测和诊断, 并根据掌握的信息及时对结构进行维护、加固与控制, 从而使结构具有一定的智能特性和尽可能长的使用寿命。能够满足这些目标要求的结构可以称之为第三代结构。目前, 各国学者在高性能与多功能智能材料、先进传感器、结构控制装置以及结构监测诊断等方面均开展了大量研究工作, 为第三代结构体系的发展提供了技术上的支撑。

在上述背景下, 目前结构工程学科的发展趋势主要包括: 结构材料向高性能、多功能、高耐久性方向发展; 结构计算和设计理论向精细化分析和全寿命性能设计的方向发展; 传统的结构向多种结构形式优化组合的新型结构方向发展; 结构被动承载向自感知、自适应、自诊断、自恢复的智能结构方向发展。

2.5 我国城市化进程、西部开发的建设背景正在促进岩土工程学科的跨越与发展

岩土工程学科早期以土力学为主, 大致经历了两个阶段: 古典土力学 (1925~1960 年) 阶段和现代土力学 (1960 年至今) 阶段。前者基本上是在太沙基理论的范围内展开, 发展了相应的试验和测试技术, 并在工程实践中应用; 后者以罗斯科为代表创立的临界状态土力学理论及其与计算机技术的结合为标志, 使土力学进入了一个能更好地反映土的本来面目和更符合土的工程性质的快速发展时期。20 世纪 70 年代初, 人们将土力学、岩体力学和工程地质三者结合为一体并应用于土木工程实践, 称为岩土工程学科。

我国的岩土工程学科面临快速发展的城市化进程、西部大开发和可持续发展的重大技术需求。合理地开发和利用地下空间问题日益突出。在我国城市化进程中, 迫切需要研究地震、爆炸和海浪等各种动力荷载作用下土体的基本特性以及土工构筑物的抗灾措施。随着我国西部大开发发展战略的实施, 许多重大基础设施将在黄土、冻土及膨胀土中建设, 特殊土理论的进一步研究显得非常重要。现代工业的发展, 使城市生活垃圾、工业废物和核废料的填埋以及土体的污染和防治成为新出现的环境岩土工程问题。这些重大技术需求, 促使岩土工程学科更加重视岩土的基本特性研究、基础工程的性态设计和岩土工程施工技术的研究。以

变形和破坏为主要问题和以岩土力学为主要研究手段的传统岩土工程,正向以复杂环境为主要问题,以现代信息和监测技术、计算机模拟和仿真技术、室内模拟试验技术和新材料技术等为主要手段的现代岩土工程转变。

2.6 多种灾害作用、结构受灾破坏机理与破坏效应、工程系统抗灾性态设计是世界性的热点研究课题,防灾减灾的智能化与数字化构成重要的发展趋势

灾害是自然环境或工程系统演变过程中失去固有平衡或稳定时造成人类赖以生存的基础设施被破坏或功能失效的突发事件。它具有大面积破坏的突发性和系列次生灾害的连锁性,极大地威胁着人类生存和社会发展。我国灾害种类多、发生频次高、影响范围大,加之防灾减灾技术滞后于经济建设的发展,灾害严重威胁着国家的经济建设和可持续发展。

地震、风暴、火灾、爆炸和环境侵蚀作用等灾害具有强烈的破坏作用,多数具有大范围的空间分布特性和明显的随机动力特性,是土木工程学科目前研究的主要对象。这些灾害的作用机理和破坏效应极其复杂,一直吸引着众多科学工作者的持续研究,并由此推动了结构动力学、工程可靠性理论、结构控制理论等学科的发展,同时促成了灾害危险性分析、地震工程、风工程、火灾工程、抗爆防爆工程及相关实验技术等一系列学科分支的建立。在新的世纪,复杂的灾害作用及其传播机理、工程结构与生命线工程系统的非线性灾害作用效应、工程结构与系统的灾害性态控制与设计仍然是世界性的热点研究课题;重大工程结构和生命线工程系统的长期载荷、突变载荷和环境侵蚀等多因素复杂环境耦合作用、损伤演化规律、累积损伤与突发灾害的耦合效应、灾害实时监测与安全预警系统的应用正在成为土木工程学科发展的新一轮推动力量。与此同时,土木工程学科正在迎接现代城市这样超级复杂的工程系统的多种灾害危险性分析、灾害破坏效应分析、灾场模拟和数字减灾系统研究等一系列新的挑战。

3 基本科学问题

世界范围内科学技术的迅猛发展、空前的学科交叉与融合、我国宏大的工程建设背景,给传统的建筑、环境与土木工程学科提出了越来越多的关键科学问题和注入了蓬勃发展的生机,同时也呼唤和催生着我国在这些领域研究中的创新与超越。

建筑、环境与土木工程学科的基本科学问题包括:

(1) 高度数字化和信息化的城镇区域(含都市连绵区)规划原理,可持续发展的绿色城市和建筑设计理论,建筑环境控制与节能技术原理,现代城市公共空间环境品质与功能布局优化,地域建筑学与历史建筑和文化遗产保护。

(2) 城市水质安全保障与水回用风险控制, 大气复合污染控制, 固体废物的减量化、无害化、资源化的过程机制与技术原理。

(3) 城市交通拥堵形成机理, 交通需求与土地利用相互作用分析, 城市空间、交通结构及交通供给的系统耦合原理, 城市交通系统供需平衡原理, 城市交通系统的综合优化理论, 交通行为特征与交通安全基础理论。

(4) 高性能、多功能、高耐久性新型结构材料研究; 结构复杂环境作用与灾害作用模型, 结构损伤演化与性能退化规律, 结构全寿命设计理论与方法; 多种结构形式优化组合的新型结构体系, 自感知、自适应、自诊断、自修复智能结构体系。

(5) 土体的结构性能与复杂环境下的性能, 固-液-气多相介质以及变形场、应力场、温度场和渗流场的相互耦合作用, 复杂环境下土工构筑物和基础工程的失效机理与性状设计。

(6) 复杂的灾害作用、传播机理, 工程结构与工程系统的破坏机理与破坏效应分析理论; 工程结构与工程系统的抗灾设计与控制理论, 重大工程健康监测、安全评定和预警; 区域与城市综合防灾减灾能力与数字减灾系统等。

4 建议的优先资助领域

4.1 可持续发展的人居环境与绿色建筑

(1) 城镇区域规划与绿色建筑设计理论和方法。高度信息化的城镇区域(含都市连绵区)空间合理布局和资源优化配置的规划原理与方法; 可持续发展的绿色城市和建筑设计理论; 现代城市公共空间环境品质优化方法; 全球化背景下的地域建筑学与历史建筑和文化遗产保护。

(2) 建筑节能设计理论与方法。具有地域特点的城乡低能耗建筑体系, 适应气候和太阳能等自然能源的被动式节能设计理论和方法; 建筑物理环境设计与控制的基础科学问题; 调控城市与小区热环境、声环境和光环境的规划设计方法, 建筑室内外物理环境模拟和预测技术与方法。

(3) 城市环境质量改善与安全保障的技术基础研究。城市水体及水处理和水回用过程中的污染风险控制与水质安全保障; 大气重要污染物的源控制; 固体废物的减量化、无害化与资源化; 受污染城市环境修复。

(4) 城市交通系统的供需平衡机理与控制理论。城市交通拥堵的形成机理与分析, 交通需求与土地利用相互作用关系, 交通供给与城市空间的耦合关系, 不同类型城市的交通发展模式和交通结构, 交通系统的优化设计方法, 现代交通系统管理与控制, 交通行为特征与交通安全基础理论。

4.2 第三代结构体系及其设计理论

(1) 新型结构材料与结构体系。高强、高性能混凝土,纤维混凝土,自密实混凝土以及高性能、多功能、高耐久性新型结构材料;复杂超高层建筑结构体系,新型大跨度空间结构体系,大型桥梁结构体系,地下工程结构体系以及新型组合结构、智能结构体系;可持续结构工程系统。

(2) 结构精细化分析、性态设计与全寿命设计理论。结构持久性环境作用和疲劳环境荷载模型;结构在极端环境作用下的设防水准,结构性态设计准则、设计理论和方法;结构材料复杂受力本构关系和构件损伤演化规律;结构在复杂环境耦合作用下的损伤演化与性能退化的精细化分析理论、计算方法与试验方法;结构全寿命安全性、耐久性与经济性评价指标、设计准则、设计理论与方法。

(3) 结构新型控制与智能控制系统。结构新型隔震减振与多维隔震减振理论、方法和系统,高性能、大出力、低能耗的结构主动、半主动与智能控制原理、方法和系统,基于可靠性的结构性态控制理论,结构性态与智能控制一体化设计的理论和方法。

4.3 城市与重大工程灾害防治

(1) 大型结构和生命线工程灾害响应与控制。地震、风暴、建筑火灾、爆炸等灾害作用模型;大型结构和生命线工程的非线性时空灾害响应与灾害破坏机理与效应;大型结构和生命线工程的抗灾性态设计、性态控制和优化的理论、技术和方法。

(2) 岩土工程灾害与环境岩土工程。土体在复杂环境下多相和多场耦合相互作用的性状以及分析理论,城市地下工程抗震理论及性态设计,城市地下工程和高层建筑群的相互作用及诱发灾害,城市废弃物的填埋处理及其引起的土体污染、防治和修复,大型土工构筑物在长期荷载和环境侵蚀等多因素作用下的灾变机理及防治。

(3) 重大工程的灾变行为与健康监测。重大工程结构与生命线工程系统的长期载荷、突变载荷,环境侵蚀作用机理、模型与模拟试验的方法;工程结构与工程系统的损伤演化、灾变失效规律以及长期健康监测、实时损伤识别、损伤自愈合、安全评定和预警的理论、方法。

(4) 城市数字减灾系统。针对城市和重大工程灾害的复杂性和大规模分布性,利用现代的数字模拟和虚拟现实技术,研究再现灾害过程、破坏特征、灾害分布和减灾效果的数字减灾系统,包括灾害基础数据、重大工程与生命线系统的数字灾害仿真理论、城市数字减灾系统集成原理和技术。