

# 第四届建筑科学与工程创新论坛纪要

《建筑科学与工程学报》编辑部

**编者按:**“建筑科学与工程创新论坛”是由中国工程院院士、重庆大学校长、《建筑科学与工程学报》主编周绪红教授发起的一个高端学术论坛,旨在逐渐形成“多元、融合、动态、持续”的协同创新模式与机制,引领建筑科学与土木工程行业技术创新,成为高等院校、科研机构 and 大型企业协同参与建设的重大基础与应用基础研究平台、重大关键技术开发研究平台和重大科技成果转化平台。本次论坛是第四届“建筑科学与工程创新论坛”,于2017年9月22~24日在湖南长沙召开,由中国工程院土木、水利与建筑工程学部,中国土木工程学会,国家自然科学基金委员会工程与材料科学部,《建筑科学与工程学报》编辑部,湖南大学,重庆大学,长安大学主办,由湖南大学承办,中南大学、长沙理工大学、中国建筑第五工程局有限公司、中机国际工程设计研究院有限责任公司等单位协办。中国工程院院士周绪红、张杰、王景全、周福霖、马克俭、聂建国、陈政清、郑健龙、王复明以及22位长江学者、国家杰出青年科学基金获得者等50余家单位的300多位专家学者出席本次论坛。论坛期间召开了创新论坛理事会和《建筑科学与工程学报》第二届编委会第二次会议。

## 1 创新论坛开幕式

2017年9月23日上午8:20,第四届建筑科学与工程创新论坛在长沙隆重召开,湖南大学土木工程学院院长陈仁朋教授主持论坛开幕式。

论坛主席、中国工程院院士、重庆大学校长、《建筑科学与工程学报》主编周绪红在致辞中回顾了建筑科学与工程创新论坛的发展历程及其与《建筑科学与工程学报》的密切联系;指出建筑科学与工程创新论坛是在国家倡导产学研合作、创新驱动战略实施背景下成立的,凝聚了行业内的顶尖专家,探讨建筑科学与土木工程学科的发展,推动与同仁的交流与合作,对行业创新驱动发展发挥重要的引导和促进作用。建筑科学与工程创新论坛的基本宗旨包括:一是关注建筑科学与工程领域的热点问题和焦点问题,促进相关领域科学技术的繁荣、发展、普及和推广;二是促进相关领域的学术交流与合作,创新论坛为科研单位、高等院校、设计单位、施工单位提供了良好的交流与合作平台,大家通过论坛对行业的重大发展进程进行探讨,对技术难题进行联合攻关,发挥最大的社会效益和经济效益;三是构建一个人才培养、人才汇集、感情交流的平台。同时指出,在未来的发展过程中,创新论坛与《建筑科学与工程

学报》要紧密联系,协同发展,共同为建筑科学与工程领域的发展贡献力量。

中国工程院土木、水利与建筑工程学部主任,广州大学周福霖院士代表中国工程院土木、水利与建筑工程学部向出席论坛的各位领导、院士、专家学者表示诚挚的欢迎,向承办本次论坛的湖南大学和付出辛勤汗水的工作人员表示衷心的感谢。他指出,中国工程院作为中国工程界最高荣誉性学术机构,致力于工程科学技术事业的发展,通过举办形式多样的学术研讨活动,引领学科发展方向。希望通过论坛,聚集建筑科学与工程领域的科研工作者,将论坛打造成本领域顶尖学术交流平台,成为中国工程院的品牌论坛,促进国内外建筑科学与工程领域专家、学者、管理人员和技术人员的交流与合作,共同推动中国建筑科学与工程的发展。学部作为论坛主办单位之一,一定会重视并全力支持论坛的发展。

清华大学聂建国院士代表中国土木工程学会致辞,他指出,作为全国土木工程科学技术工作者组成的学术团体,中国土木工程学会的宗旨就是团结、组织广大土木工程科技工作者,促进土木工程科学技术的繁荣和发展,促进土木工程科学技术的普及和推广,促进土木工程科学技术与经济的结合,促进土木工程科技人才的成长和提高,为我国现代化建设

服务。创新论坛的发展理念与中国土木工程学会的宗旨高度一致,论坛的发展必然会促进土木工程行业的发展,中国土木工程学会今后将进一步加强参会力度,支持和宣传创新论坛,为论坛发展和行业发展做出更大贡献。中国土木工程学会能够依托创新论坛更好地为专家、学者、工程管理人员和技术人员服务,为大家提供交流平台,共同探讨行业发展动态和实际需求,实现科研院所与建筑施工单位协同创新,以实际工程需要为研究导向和突破口,促进科研成果转化。

长安大学副校长刘伯权教授代表长安大学致辞,他指出,改革开放 40 年来国家呈现出恢宏的工程建设场景,但也日益面临着环境与资源的约束,创新引领发展成为国家的必然选择。“建筑科学与工程创新论坛”旨在构建“多元、融合、动态、持续”的协同创新模式与机制,积极打造高校、科研机构 and 大型企业协同参与的重大基础和应用基础研究平台、重大关键技术开发应用平台和重大科技成果转化平台。论坛的预期目标正在达成,论坛的重大影响正在不断释放,已成为建筑科学与工程领域的品牌性高端论坛。希望论坛成为学校“双一流”建设的助力平台和长安大学重大科研成果的展示平台。

湖南大学校长段献忠教授代表湖南大学向与会领导、院士、专家学者和主办单位表示衷心感谢。他指出,建筑科学与工程创新论坛大师云集,在行业技术创新和学科发展方面已发挥重要作用。在我国构筑现代基础设施网络和推进新型城镇化的大背景下,创新论坛具有广阔发展空间。目前中国高校建设一流大学竞争激烈,湖南大学面临巨大机遇和挑战,土木工程学科作为湖南大学的优势学科,希望借助建筑科学与创新论坛增进与各位院士、专家学者的交流,为学校早日建成世界一流大学贡献智慧。

## 2 主题报告

在论坛主题报告阶段,中国工程院院士周绪红、周福霖、聂建国、马克俭、郑健龙、张杰、陈政清及 35 位专家学者围绕钢-混凝土结构、工程抗震与减振、装配式建筑与智能建造、建筑材料、桥隧工程、防灾减灾工程、地基工程、道路与交通工程、水环境保护等关键问题与技术,结合国内外研究现状和团队研究成果分别作了学术报告。

### 2.1 钢-混凝土结构

重庆大学周绪红院士的报告题目是“钢管约束混凝土结构研究与发展”。周绪红院士介绍了钢管

约束混凝土结构节点构造简单、具有充分有效的约束作用、钢管无局部屈曲、承载力高、抗震及抗火性能好、综合经济性好等优势,对钢管约束混凝土结构的特点进行了总结,对其研究的历史进行了回顾,并详细介绍了课题组在钢管约束混凝土柱及其梁柱节点方面取得的试验及理论研究成果,包括其静力、抗震、抗火性能和设计计算理论与方法。列举了研究成果在重大工程中的应用,同时介绍了《钢管约束混凝土结构技术标准》的编制情况。最后对钢管约束混凝土框架结构体系进行了展望,从基础理论问题和设计理论问题 2 个方面提出了今后的研究思路。

清华大学聂建国院士的报告题目是“结构创新与实践:钢板与混凝土组合结构”。聂建国院士针对钢板受压易失稳、混凝土受拉易开裂的特点,提出钢板-混凝土组合结构。该结构受拉时可抵抗任一方向的拉应力,阻止裂缝发展和避免裂缝外露;受压时可提高受压钢板的局部稳定性,增大受压面积。钢板与混凝土组合结构在特殊结构、预应力锚固区、异形结构、钢板受压区等都有较大的工程需求,可应用于建筑结构、桥梁结构、地下结构。聂建国院士详细介绍了钢板-混凝土组合梁的试件制作和承载力试验,以及钢板-混凝土组合梁在异形结构、双重组合梁、支座底板(提高结构整体牢固性)、轨道交通车站、组合锚固中的实际应用。针对内嵌钢板组合墙构造复杂、施工困难、混凝土开裂的问题,提出了双钢板组合剪力墙,介绍了钢板-混凝土组合结构在锚固、深中通道沉管隧道中的应用。最后,聂建国院士强调,创新是促进土木工程高性能可持续发展的不竭动力,要让土木工程更适用、更安全和具有更高性价比,希望早日实现中国土木工程强国梦。

中冶建筑研究总院有限公司教授级高级工程师岳清瑞的报告题目是“工业建筑钢结构全寿命周期疲劳诊治关键技术研究”。岳清瑞指出,中国工业建筑使用环境恶劣、超常规运行普遍,从而容易导致钢结构疲劳断裂破坏,因此对工业建筑钢结构疲劳开展全寿命周期诊治是一项十分紧迫的任务。通过对工业建筑钢结构疲劳荷载效应与疲劳抗力参数、8 类典型连接和构造疲劳可靠度研究,确立了疲劳动态可靠性分析模型,首次提出了疲劳可靠度指标,建立了疲劳极限状态计算方法,解决了基于可靠度的工业建筑钢结构疲劳评估理论难题。通过建立时间效应系数与可靠度、单位时间内循环次数变异系数之间的关系,首次提出基于时间效应系数的剩余疲劳寿命评估公式,实现了通过短时荷载谱进行基于可靠度的

剩余疲劳寿命评估,解决了工业建筑钢结构剩余疲劳寿命定量评估的技术难题。国际上率先开展了纤维复材加固钢结构疲劳试验研究,提出加固后裂纹尖端应力强度因子公式,揭示纤维复材加固钢结构疲劳“桥接作用”机理,首次建立纤维复材加固钢结构疲劳计算方法,解决了纤维复材加固钢结构疲劳理论和技术难题。

深圳市市政设计研究院有限公司教授级高级工程师陈宣言的报告题目是“波形钢腹板-钢管组合梁设计与应用”。陈宣言所在团队结合常规波形刚腹板组合梁和钢桁组合梁的特点,创新设计出一种新型组合桥梁结构形式——波形钢腹板-钢管组合梁,并成功应用到实际工程中。同波形钢腹板 PC 组合箱梁相比,采用钢管下弦杆代替混凝土底板,可减轻主梁自重,提高结构抗裂性和整体性;与桁架组合箱梁相比,避免了腹杆与底管相贯节点,很好地解决了节点疲劳破坏问题,具有较强的抗变形能力和延性。该新型组合梁具有自重轻、抗震性能好、结构抗裂性和整体性能优异的优点,更适合桥面宽度较大的市政桥梁工程,具备很好的应用前景。

北京市建筑设计研究院教授级高级工程师朱忠义的报告题目是“500 m 口径球面射电望远镜反射面主体支承结构设计创新与实践”。朱忠义指出,500 m 口径球面射电望远镜(FAST)是国家重大科技基础设施项目,是利用贵州省平塘县喀斯特地貌的洼坑作为台址建造的世界最大单口径射电望远镜。FAST 的反射面板主体支承结构为圈梁和索网组成的超大空间结构,是迄今为止世界上最大的空间结构;通过与索网连接促动器的主动控制,反射面在观测方向形成 300 m 口径瞬时抛物面以汇聚电磁波,且抛物面可在 500 m 口径球面上连续变位,实现跟踪观测;作为高精度天文观测仪器的主要系统,索网法向偏差要求均方根值不大于 2 mm,在超大型索网结构中实现难度极大。因此,圈梁和索网结构可以归结为超大尺度、超高精度以及主动变位 3 个特点,其设计、建造难度较大。他介绍了 FAST 反射面主体支承结构体系、节点、索网形态分析方法、实现高精度策略等方面内容。

## 2.2 工程抗震与减振

广州大学周福霖院士的报告题目是“工程抗震、隔震和减震控制的发展应用和思考”。周福霖院士指出,目前中国建筑结构具有大规模、长大化、高耸化、建筑形体复杂怪异化的特点,分析了中国城乡建设现行采用的传统抗震设防标准和技术存在的问

题,以及地震防灾领域潜在的安全隐患,提出满足中国社会经济发展对防震技术的新要求。根据中国大面积、大幅度提高抗震设防标准还不现实的国情以及世界地震工程的发展趋势,论证了在中国城乡建设中推广应用隔震、减震及控制技术的可行性和必要性。讨论了在中国城乡建设中推广应用隔震、减震及控制技术的前景,指出工程结构将从单纯采用传统抗震技术过渡到抗震、隔震、减震控制同时并用的新时代。

湖南大学陈政清院士的报告题目是“新型电涡流阻尼减振/震技术”。陈政清院士指出,目前普遍应用的各类阻尼器都是基于摩擦耗能原理,电涡流阻尼减振/震是一种基于电磁感应原理的减振新技术,具有很大的技术优势,并且是实现三元减振理论的主要器件。湖南大学发明了一系列全面提高电涡流耗能效率的新技术,并已成功地将这一技术在国际上率先应用于各类大型结构减振。课题组近 2 年在电涡流阻尼器高速工作特性研究方面取得了重要进展,研究成果可以提高大型重要结构减振和隔震的可靠性,并将在火炮与工业建筑等的高速缓冲、海上风机防摇摆主动控制、宇航器状态控制等领域得到重要应用。

清华大学张建民教授的报告题目是“地震液化与地下结构抗震计算方法”。张建民教授介绍了研究团队在地震液化大变形以及可液化土层中地下结构抗震计算分析方面取得的主要研究进展:地震液化大变形本构理论及预测方法,包括变形规律、物理机制、本构模型、零有效应力状态数值算法和实用预测方法;考虑地下结构影响的土层地震液化可能性判别法以及可液化地层中地下结构抗浮验算的实用方法;可液化土层中结构地震反应分析的三维弹塑性动力计算方法,以及液化土层分布对地下结构的主要影响规律。以往的设计方法过小估计了可液化土层中地下结构上作用的荷载,是导致各种地下结构震害产生的主要原因之一。建议采用考虑地下结构影响的土层地震液化可能性四步判别法,提出了可液化地层中地下结构地震反应分析和抗浮验算的实用计算方法。

沈阳建筑大学李宏男教授的报告题目是“混凝土结构地震动力效应及其工程应用”。以重大工程中混凝土结构构件为研究主体,开展了梁、柱、剪力墙构件动力滞变行为的试验研究,揭示了地震动力效应对混凝土构件的影响规律;以混凝土材料和构件非线性动力试验结果为基础,总结国内外已有相

关研究成果,建立了典型混凝土构件模型库;提出了结构动力非线性分析新方法——拟力法,建立了基于材料和构件层面的拟力法,并在大型结构地震动力灾变分析中得到应用,其研究成果已在北京惠悦大厦高层建筑等重点工程中成功应用。该研究工作对于深入理解混凝土结构动力灾变过程有着重要意义。

北京工业大学杜修力教授的报告题目是“装配式地铁车站和隧道结构抗震研究”。杜修力教授指出,预制拼装结构以独特的优势已广泛应用于建筑行业,随着中国地下基础设施的大力建设与发展,装配式地下结构也将成为必然的发展趋势。结合北京市拟建的装配整体式地铁车站和装配式区间隧道实例工程,根据装配式结构的连接拼装特点,开展了从局部构造到整体性能的试验和数值分析研究,重点对大直径钢筋套筒灌浆连接接头、装配整体式地铁车站关键节点进行了试验研究;采用动力时程分析方法和反应位移法分析了装配整体式地铁车站和区间隧道的抗震性能;结合地下结构的震害机理和装配式结构的构造特点,提出了一种新型可自复位的预制拼装车站结构形式。结果表明:装配整体式节点具有良好的抗震能力,可以实现“等同于现浇”的设计理念。研究成果对于推进装配式结构在强震区地下结构建设中的应用具有重要作用。

同济大学陈以一教授的报告题目是“钢框架结构抗震性能提升的研究进展”。陈以一教授指出,现行抗震设计规范对建筑结构在设防地震和罕遇地震下的性能要求分别是“可修”和“不倒”,但随着人口、财富和社会功能的地域集中度越来越高,灾后“可恢复性”正成为对建筑结构抗震性能的新要求。基于对钢框架的研究,提出对建筑结构而言“可恢复性”可体现为“低损伤、可更换、自恢复”等相互关联又程度不同的要求,并探讨了这些要求的基本内涵;讨论了钢框架结构实现“低损伤”设计目标的关键因素和可行方法;介绍了几种损伤后可更换钢结构构件(开缝钢板剪力墙、弧形角撑、耗能角钢框架梁)的研究进展,以及可实现震后自恢复的柔性支撑框架体系、自复位抗剪模块等的试验情况。

同济大学李国强教授的报告题目为“消能-承载双功能减震结构原理、形成及工程应用”。针对以前结构减震采用的消能阻尼器承载能力小、消能能力低、难以适应地震随机性强、需避免严重灾难后果的需求,基于静力与动力作用的特征及结构同时满足承受静力与动力作用的要求,提出了消能-承载双功

能构件的概念与原理,以及消能-承载双功能构件的性能要求;介绍了消能-承载双功能减震结构的主要形式,包括屈曲约束支撑、屈曲约束消能钢板剪力墙、无屈曲波形消能钢板剪力墙、消能柱、消能钢连梁(钢板墙)联肢剪力墙等,对每种消能-承载双功能构件(结构)的特点、工程应用案例的效果进行了分析。结果表明:消能-承载双功能构件兼结构承载构件和消能构件功能于一体,不影响结构抵抗小震和风载的性能,但可大大提高结构抵抗中(大)震的能力,是一种高效减震结构形式。

天津大学韩庆华教授的报告题目是“大跨空间结构多维隔震减振体系研究”。韩庆华教授概述了隔震、减振控制装置,以及大跨空间结构隔震减振体系的发展;阐明了基于液压的三维隔震支座及三维高阻尼隔震支座的基本构造、工作原理;揭示了隔震单层柱面网壳结构多点地震激励作用下的地震响应特征;阐明了三维软钢阻尼器的基本构造以及减振机理,进而开展了调谐质量阻尼器(TMD)对预应力组合网架结构以及张弦梁结构的振动响应控制分析;基于遗传算法和 TMD 参数调整法确定出调谐质量阻尼器关键设计参数的最优解;基于传递函数法揭示了大跨空间主体结构与附属结构动力相互作用机理;研究了悬吊质量摆对大跨空间结构减振控制机理,结果表明悬吊质量摆在平面外的小幅振动不会影响减振效果。通过振动台试验研究确定出吊顶系统位移响应与加速度响应的分布规律,得出了大跨空间结构中的吊顶加速度放大系数建议值。

南京工业大学肖岩教授的报告题目是“多功能大型加载设备 MUST 的研发”。肖岩教授首先回顾了结构柱抗震性能研究常用的地震荷载模拟加载方法,指出传统的轴向力加载方式的共同问题为对试验柱实际施加的侧向力不能被直接测得,需根据轴力的施加方法而进行相应的修正,因此测试精度不能保证,在需要施加很大轴向力的大比例结构或足尺柱试验以及动力加载或变动轴力加载时,此类问题变得极为复杂甚至无法准确模拟地震作用。基于已有加载系统存在的问题,介绍了其发明的新型加载装置 MUST。与已往加载系统相比,MUST 能实现侧向力加载和轴向力加载相互分离,并可直接测得施加在试验柱上的侧向荷载和轴向荷载。根据 MUST 的控制原理,首先于湖南大学研制了第一台竖向加载能力为 20 000 kN、单向水平加载能力为 4 000 kN 的样机 HNU-MUST,并在该样机上测试完成了空载试验、大型钢管柱伪静力试验和拟动力

试验,验证了 MUST 加载系统的加载控制原理及其精确性。最后介绍了正在研发的南京工业大学 MUST-3D 三维地震荷载模拟加载装置。

中国机械工业集团有限公司教授级高级工程师徐建的报告题目是“工业工程建设高端振动控制技术”。徐建指出,振动控制技术是基于土木工程的多专业交叉学科,是现代工业发展的重要环境保障;随着现代工业的发展,高端装备振动控制技术已经成为世界振动控制领域公认的难题。他介绍了在振动控制领域的研究成果和工程实践,其中包括工业工程振动控制基础性技术理论和从精密到大型装备振动控制成套技术,建立了工业工程振动控制标准体系及编制了系列国家标准。通过系列研究工作,推动了该领域的发展和科技进步,实现了中国振动控制技术从低端到高端、从技术引进到技术出口的重大跨越。

### 2.3 装配式建筑与智能建造

贵州大学马克俭院士的报告题目是“建筑工程中的新型混凝土结构体系向工业化装配化的开拓与发展”。马克俭院士指出,建筑工程中的新型结构体系是具有中国自主知识产权的大跨度混凝土空腹夹层板楼盖结构及横向的空腹夹层板楼盖与竖向的网格格式框架柱在楼盖位置刚连接而形成的空间网格盒式结构。这些新型结构和传统的混凝土框架、框剪结构相比,具有优良的力学指标和良好的建筑功效,节约工程造价 20% 以上。由于新型混凝土结构体系的网格化、空腹化和轻量化,且结构构造比传统结构复杂,再采用传统的混凝土现场浇制工序将阻碍其进一步推广应用。通过装配式周边筒支承正交正放空腹夹层板楼盖的仿真试验和理论分析,提出 3 种装配式混凝土空间网格盒式结构新体系,分别应用于多层(2~4 层)大跨度(18~39 m)公共与工业建筑、小高层与高层大开间灵活划分居室住宅建筑、高层与超高层(高于 100 m)大开间灵活划分房间的综合应用写字楼建筑。

中国建筑股份有限公司教授级高级工程师叶浩文的报告题目是“装配式建筑一体化建造技术”。叶浩文从贯彻绿色发展理念、实现建筑现代化、保证工程质量、缩短建设周期、满足供给侧改革需要等几个方面阐述了发展装配式建筑的重要意义;提出装配式建筑是一项完整的系统性工程,建筑、结构、机电、装修一体化是装配式建筑系统性装配的要求,通过功能协同技术、空间协同技术、接口协同技术,统一空间基准标准、模数协调标准和接口标准,实现建筑

系统、结构系统、机电系统和装修系统的一体化装配;创新提出底部加强区预制装配设计技术和设计原则,有效避免了传统装配式建筑设计方法导致的施工现场现浇与装配 2 种工法混用的“技术碰撞”;创新提出大直径、大间距配筋设计技术和构造要求,有效提高了现场构件对接、连接效率;创新提出钢筋竖向错位套筒连接技术和长套筒连接技术,有效提高了构件连接的整体性和可靠性;创新提出“非等同现浇”设计思路,拓展了利于工业化生产和高效装配的装配式建筑结构设计理论和方法。提出了构件钢筋一体化制作和模具自动化组装研究思路,利于构件自动化高效生产。

天津大学陈志华教授的报告题目是“装配式钢结构住宅体系研究”。陈志华教授系统地介绍了矩形钢管混凝土柱-H 型钢梁-装配式节点体系、方钢管混凝土组合异形柱结构体系和钢结构模块建筑体系 3 种装配式房屋建筑钢结构体系的发展和应用,指出了装配式钢结构应用于住宅建筑中的关键问题和目前的解决方法。介绍了矩形钢管混凝土桩的最新计算理论和研究进展,总结了新型装配式钢结构隔板贯通节点的各类构造形式、研究成果和计算方法。此外,陈志华教授还介绍了模块建筑体系的概念和试验研究,并以实际项目为例具体介绍钢结构模块建筑体系下模块单元、连接件等的设计和工程应用,总结了与上述研究成果相关的规范规程和 3 种体系的评价定位。他指出矩形钢管混凝土柱-H 型钢梁-装配式节点体系适用于标准类型的钢结构形式和体系,装配式节点性能优,应用范围广。方钢管混凝土组合异形柱结构体系可使结构骨架藏于墙体之内,室内无凸角,同时保持较好的受力性能,适用于钢结构住宅的推广。钢结构模块建筑体系是建筑工业化的终极产品,模块化建筑代表了建筑工业化的最高技术水平。

中南大学余志武教授的报告题目是“新型装配式混凝土建筑结构体系研究”。余志武教授在分析总结国内外装配式建筑研究与应用现状的基础上,提出了新型装配式混凝土建筑结构体系的概念设计理念,研发了子结构拼装装配式框架结构、装配式剪力墙结构、适合新农村建设的低成本装配式低多层建筑 3 种新型装配式混凝土建筑结构体系和周边叠合装配式混凝土楼盖施工技术、装配式多功能墙体技术 2 种装配式建筑技术;系统介绍了装配式混凝土结构连接接头、混凝土楼板、柱、剪力墙、节点、剪力墙子结构和 3 层装配式房屋的受力性能试验研究

结果,对装配式混凝土构件和结构的静力性能和抗震性能进行了深入探讨;基于试验研究结果,提出了新型装配式混凝土建筑结构的相关设计建议。

中国建筑第五工程局有限公司教授级高级工程师谭立新的报告题目是“智能建造的实践与探索”。谭立新指出,BIM、移动通信、物联网、大数据等技术已在建筑企业及工程建造过程得到广泛应用,结合中建五局9年以来的信息技术应用实践,从企业整体信息化战略、项目、企业和社会几个层面分析了信息化应用的内容及效果。重点介绍了中建五局管理信息化发展战略、物联网及BIM技术在项目全过程的实际应用、工程建造信息化在企业层面的实践与探索,以及工程建造信息化在社会级应用的探索4个方面的内容。

## 2.4 建筑材料

北京工业大学曹万林教授的报告题目是“再生混凝土结构性能、关键技术与标准”。曹万林教授基于系统的再生混凝土材料基本力学性能、钢筋与再生混凝土黏结-滑移性能试验、再生混凝土基本构件受力性能试验和再生混凝土结构抗震性能试验,提出了再生混凝土构件及结构的设计理论与方法。针对材料性能提升、钢筋与再生混凝土共同工作性能、构件基本受力性能、耐久徐变性能几个关键问题进行研究,研发了C60-C70高强再生混凝土,并通过试验得到了其力学性能。结果表明:高强再生混凝土与普通高强混凝土相比,钢筋滑移前锚固性能基本相同,钢筋滑移后性能退化略快;受弯性能两者相近;再生混凝土楼板承载力与普通混凝土楼板接近,但延性略好。

香港理工大学钟国辉教授的报告题目是“Q690高强钢在建筑施工中的有效应用”。钟国辉教授指出,发展高层建筑是全球趋势,国际建筑市场对结构钢材的需求日益增加,中国目前钢结构建筑和用钢量都在世界前列,为了充分发挥高性能钢材在建筑中潜在的施工效率,需要对高性能钢材进行有效设计。他从高强度钢和高强焊接节点的力学性能、高强钢材的焊接截面残余应力、焊接参数和高强构件与节点的焊接工艺、高强钢焊接构件的抗压和抗弯性能几个方面进行分析,通过试验研究高强度钢构件结构性能,并对Q690钢截面的焊接进行数值模拟。这些研究对于中国钢材在世界广泛应用具有积极作用。

陆军工程大学方秦教授的报告题目是“细观建模方法及其在抗爆材料与结构中应用”。方秦教授

首先分析了冲击爆炸荷载强动载、多灾害、随机性、一次性等特征,阐述了抗爆材料对细观层次损伤破坏研究的需求;其次,介绍了工程材料细观模型的建模方法,着重介绍颗粒的大小、形状及其在空间分布的随机性建模方法;然后,重点对混凝土、钢纤维混凝土、砂浆、干沙或砾石、金属泡沫等材料在冲击爆炸荷载作用下细观层次的损伤破坏进行分析;最后,将工程材料细观模型的建模方法推广应用到块石遮弹层和落石冲击效应及防护分析。

湖南大学史才军教授的报告题目是“基于多种性能要求的高性能混凝土设计方法”。史才军教授阐述了中国建设规模空前和对绿色先进材料需求迫切的背景下基于多种性能要求的高性能混凝土设计方法的必要性。针对传统的混凝土组成设计方法通常根据以往经验选取一些配比用试错法进行试验存在的局限性,提出了一种基于多种性能要求的混凝土组成设计方法。首先采用混合砂石容重法确定粗、细骨料的最紧密堆积和骨料间最小空隙率,其次结合鲍罗米公式和耐久性要求,确定混凝土的水胶比,然后根据骨料间的最小空隙率和达到所需工作性或流变特性的骨料表面富余浆体厚度,得到混凝土中浆体的量,通过调整减水剂和黏度改性剂来调节混凝土的屈服应力和塑性黏度,优化混凝土的工作性能。在此基础上采用单纯型重心设计法设计胶凝材料组成,用最少的试验量建立混凝土性能与胶凝材料组成间的关系,最后根据对混凝土不同性能的要求,确定满足要求的胶凝材料组成范围。该方法也可用于预测不同胶凝材料组成制备的混凝土性能。

东南大学刘加平教授的报告题目是“混凝土多场耦合作用机制与裂缝控制”。刘加平教授针对严酷环境和复杂结构情况下现代混凝土结构早期开裂问题,建立了混凝土水化-温度-湿度-约束耦合作用模型,将材料、结构和施工结合,多场耦合,多尺度模拟。结合实际混凝土结构尺寸及约束条件,分析了结构由于收缩变形产生的应力分布,实现混凝土开裂风险的评估,并且模拟结果与试验结果吻合较好;提出“水化-温度-湿度-约束”多场耦合是开展结构混凝土抗裂性专项设计的科学方法,实现了变形性能可预测和抗震性能可设计,解决了材料参数与结构计算脱节和室内标准条件与现场复杂环境无法对应的问题,实现从材料到结构层次的混凝土收缩开裂精准预测;介绍了水化速率调控技术、分阶段膨胀补偿收缩技术、水化速率与膨胀历程双重调控技术等



混凝土早期裂缝控制新技术。

澳门大学李宗津教授的报告题目是“基于物理学原理开发的先进土木工程材料技术”。李宗津教授主要介绍了近年来基于应用物理原理研发的先进土木工程材料技术,包括功能建筑材料、3-D 打印技术、新型材料测试技术以及新型风电系统。介绍的功能建筑材料包括无机反射型隔热材料、相变保温隔热板材、薄壁低频隔音材料、水泥基改性的水凝胶和水泥基压电机敏材料。介绍了最新开发的磷酸镁材料 3-D 打印技术,包括粉末式 3-D 选择性反应打印机与 3-D 打印-磷镁硅酸盐胶凝材料等技术。新型材料测试技术包括非接触式电阻抗测试方法及其在水泥生产质量控制及混凝土性能预测方面的应用。研究团队开发了碗型液浮式风力发电系统,彻底改变了传统风力发电机的结构模式及制作材料,具有施工方便、结构合理、效率高、价格廉等优势。

## 2.5 桥隧工程

长沙理工大学张建仁教授的报告题目是“特大跨桥梁安全性设计与评定的基础理论研究若干进展”。张建仁教授结合在研的国家重点基础研究发展计划(“九七三计划”)项目,围绕特大跨桥梁在多大外场和强动力等多因素作用下的全寿命周期服役安全若干关键科学问题进行研究,介绍了在特大跨桥梁多因素作用效应精细化建模与振动控制、特大跨桥梁材料-构件性能演化特征与感知方法、特大跨桥梁可靠度分析与参数优化设计 3 个方面取得的研究进展,并拟在特大跨桥梁结构整体性能感知理论与方法、特大跨桥梁多层次多目标安全性评定体系、基于可靠度的特大跨桥梁安全性设计理论与方法 3 个方面开展重点研究,旨在提高中国特大跨桥梁建设、管理与科研的国际竞争力。

湖南大学邵旭东教授的报告题目是“面向未来的高性能桥梁结构研发与应用”。为解决混凝土桥、钢桥及钢-混凝土组合桥中的共性技术难题,邵旭东教授所在研究团队以超高性能混凝土(UHPC)为基础,研发了面向未来的高性能桥梁结构体系。他介绍了团队研发的 4 类高性能桥梁结构:钢-超高韧性混凝土(STC)轻型组合桥面结构、钢-UHPC 华夫板轻型组合桥梁结构、单向预应力 UHPC 薄壁连续箱梁结构、全预制快速架设 UHPC 城市桥梁结构。通过大量静力和疲劳试验,掌握了各类 UHPC 桥梁结构的基本受力性能,并建立了计算理论和设计方法。介绍了钢-STC 轻型组合桥面结构在中国的应用,涵盖了梁桥、拱桥、斜拉桥和悬索桥等各类基本桥型。

到目前为止,各实桥运营状态良好,STC 未出现任何病害问题。UHPC 与普通混凝土相比,具备超高的强度和超长的耐久性,UHPC 与钢结构相比,不存在焊接残余应力问题。综合而言,高性能桥梁结构有望突破现有桥梁中的技术瓶颈,具有广阔的应用前景。

湖南省交通水利建设集团有限公司胡建华研究员级高级工程师的报告题目是“山区大跨度悬索桥设计与施工技术创新与思考”。胡建华指出,山区跨越深切峡谷的大跨度悬索桥受地形、地质复杂、气象多变等建设条件限制,普遍存在桥梁总体布置难、常规施工技术装备受限、风观测精度低等难题。针对上述问题,研究团队历时 8 年开展系统研究,取得了新结构、新工艺、新装备与新材料等一系列原创成果,创造性地破解了山区大跨度悬索桥的技术难题,有力地推动了中国山区公路建设。介绍了在塔-梁分离式悬索桥新结构、轨索滑移法悬索桥主梁架设新工艺、悬索式现场风观测新装备与新型 CFRP-RPC 高性能岩锚体系等方面取得的技术成果,指出桥梁建设应与自然相交融,与时代相辉映,与历史相传承,与文化相得益彰。

山东大学李术才教授的报告题目是“隧道与地下工程突涌水灾害治理理论与技术”。李术才教授指出,未来中国交通水电工程、城市地铁工程等隧道建设及运营过程中都将遭受大规模突水灾害的威胁,易造成重大人员伤亡和经济损失,突涌水灾害治理已成为隧道建设中亟需解决的重大难题。他通过大量室内和现场试验及工程案例分析,揭示了突涌水灾害发生机理,建立了注浆封堵理论,研发了有效的水泥基注浆材料;基于精细化探查技术,提出了长寿命周期突涌水治理设计方法,其研究成果在江西永莲隧道、广西均昌隧道、吉林引松输水隧洞、南京地铁车站以及广西平南矿坑等多个突涌水灾害治理工程中成功应用。

深圳地铁集团有限公司陈湘生研究员的报告题目是“地铁隧道与地下空间工程中地层控制精细技术”。陈湘生针对地铁隧道与地下工程所遇到的水、软、变形等难以预测的三大难题,提出了利用地层冻结法改善地层物理力学性能、综合注浆控制水土损失并提高地层抗力、不同建筑间变形隔离(托换)三大独特精细技术,因地制宜解决地铁隧道和地下空间工程中地层位移和变形难以预测和控制的技术难题,建立了相应的规程和标准,广泛应用于数百项工程。特别是释放了地铁运营隧道安保区内原来无法

利用的大量土地。使地铁线网与城市空间融合协同,实现了地铁域土地利用效能最大化,在深圳走出了一条地铁企业可持续发展的新路。

西南交通大学何川教授的报告题目是“隧道工程结构抗震技术研究——隧道结构的抗震计算分析方法”。何川教授指出,特殊环境条件下隧道结构有可能产生严重震害,但目前中国隧道抗震研究滞后于工程建设,规范不健全。研究提出软土隧道的广义纵向反应位移法、地层-结构组合体系的横向反应位移法,可准确体现隧道的地震响应特性,抗震计算便捷、准确。提出岩质隧道的修正静力法,纠正了现行抗震规范的重大偏差,可保证浅埋隧道的抗震能力,避免深埋隧道因不合理设防造成的浪费,并介绍了在国家和行业相关隧道标准中的应用情况。强震后在核心震区修建长隧道因工期长会遭遇频繁余震,施工中的软岩隧道即使在低地震烈度时也极易失稳坍塌,对震裂软岩隧道开展了动力响应研究。开发了组合支护结构,建立了超前定向支护与调节支护刚度、时机相结合的方法,实现对软岩变形和隧道稳定的控制,介绍了在汶川地震灾后重建工程——广甘高速公路软岩隧道群建设中的应用。

长安大学陈建勋教授的报告题目是“黄土隧道支护设计与关键施工技术”。陈建勋教授指出,中国是世界上黄土分布最广、厚度最大的国家,面积约  $64 \text{ km}^2$ 。黄土地区沟壑纵横、梁峁起伏、地形条件复杂,交通建设必然会遇到大量的黄土隧道。黄土是第四纪沉积物,与岩石地层相比,具有典型的工程特性。研究团队自 2005 年以来,历时 12 年针对黄土隧道修建中的关键问题开展研究,揭示了黄土隧道变形规律,提出以钢架为主体的黄土隧道刚性支护理论,突破了以喷锚为主体的柔性支护岩承理论;发现了黄土隧道拱部锚杆受压,首次开展了有无系统锚杆的对比试验,提出采用钢架+喷射混凝土+钢筋网+缩脚锚杆(管)的新型初期支护结构形式,即取消系统锚杆,增加缩脚锚杆(管)。根据黄土的特性和黄土隧道变形规律,提出了快挖、快支、快封闭,二次初砌仰拱与边墙基础紧跟,二次初砌适时施作的施工原则。成果已被纳入《公路隧道设计细则》和《铁路黄土隧道技术规范》。研究成果应用于公路、铁路、地铁等行业的 67 座黄土隧道,为国家节省 2.06 亿元的建设资金,取得了显著效果。

## 2.6 防灾减灾工程

河海大学顾冲时教授的报告题目是“重大水工程病变机理与安全保障理论和方法”。顾冲时教授

指出,目前中国已建水库大坝 9.8 万余座,在防洪、灌溉、发电、供水等方面发挥了巨大作用,是国民经济的重要基础设施。然而,大多数水库大坝建于 20 世纪 50~70 年代,普遍存在防洪标准低、工程质量差、管理维护不善、工程老化等问题,严重影响工程的安全和效益的发挥。为保障大坝等重大水工程的安全,亟待揭示水工程病变机理,提出健康诊断分析理论和技术。他在介绍重大水工程安全研究进展的基础上,总结了大坝与坝基安全监控理论和方法已取得的研究成果,重点探讨了重大水工程隐患病害检测与健康诊断理论和技术,同时提出了重大水工程全生命周期安全保障进一步需要解决的热点问题。

中国海洋大学李华军教授的报告题目是“海洋工程安全与防灾关键技术研究进展与展望”。李华军教授指出,海洋环境恶劣严酷,台风、巨浪频发,破坏力惊人,海洋工程设施复杂庞大,造价昂贵,荷载随机多变,组成部分尺度、刚度差异显著。随着深化近浅海、拓展深远海海洋开发战略的实施,对海洋工程设施的设计、施工以及安全运行与作业能力提出了更高的要求,传统的分析理论、设计方法及施工与运行安全保障技术等面临严峻挑战。他介绍了海洋工程结构物的设计、施工与运行过程中存在的重要科学问题和关键技术难点的研究现状,并对其未来发展趋势进行展望。

## 2.7 地基工程

重庆大学刘汉龙教授的报告题目是“陆域吹填超软地基复式负压快速加固技术与应用”。刘汉龙教授针对中国沿海地区正进行大规模吹填造地和岛礁建设中的吹填超软地基问题,创建了超软地基正负压藕合作用的加固理论,构建了反映软土非线性、剪缩和蠕变特性的三维弹黏塑性本构模型,提出了超软地基负压及正负压耦合作用下的地基沉降计算方法。针对超软土“零”强度问题,发明了吹填超软地基复合加筋无砂垫层排水固结技术,研发了超软地基复式负压快速加固成套技术与装备,解决了吹填超软地基快速加固的难题。

湖南大学陈仁朋教授的报告题目是“软土地基桩承式路堤沉降控制技术”。陈仁朋教授指出,软土地基上的基础设施极易因地基软弱导致过大工后沉降,影响其服役安全性和舒适性。桩承式路堤技术具有建造速度快、承载力高、沉降易于控制等优点而成为一种有效的解决方法。他阐述了桩承式路堤的 3 个关键问题:填土自重作用下的静力土拱效应及



其对车辆动应力传递影响规律;土工格栅加筋拉膜效应;沉降组成及工后沉降规律。控制路基高度或者桩帽净间距能够防止不完整土拱导致的路基不均匀沉降;路基动应力分布受静力土拱发挥程度影响,与静力土拱应力分布规律类似,可以近似按照静力土拱荷载分担比计算桩顶顶荷载;控制桩顶循环荷载比和静荷载比组合在沉降稳定区,能够控制桩体累积沉降;通过控制路基含水量增加,能够控制路基累积沉降;路基固结沉降主要取决于卧层沉降,可以通过控制桩长实现固结沉降的控制。据此提出了桩土荷载分担比、格栅拉力、地基沉降等计算方法,形成了工后沉降的控制措施和准则。

## 2.8 道路与交通工程

长沙理工大学郑健龙院士的报告题目是“关于我国沥青路面材料设计参数的思考与研究”。郑健龙院士指出,现行《公路沥青路面设计规范》指导了中国80%以上高速公路沥青路面的设计与施工,为公路交通发展做出了重要贡献,功不可没。然而,现行沥青路面设计理论与方法仍存在诸多不适应与不合理的问题,主要体现在设计标准偏低,设计指标的理论计算结果与实测结果存在较大的差异性,材料强度与刚度参数的确定缺乏科学性,结构组合不尽合理,设计寿命偏短等几个方面。针对上述问题,提出了解决道路材料刚度与强度参数不确定性、疲劳强度参数随意性、半刚性基层沥青路面结构组合不合理性以及沥青路面设计寿命偏短的技术思路,为科学评价沥青路面荷载效应与结构抗力提供了重要依据,为耐久性沥青路面的结构设计指明了发展方向。

长安大学沙爱民教授的报告题目是“环境友好路面材料与结构”。沙爱民教授指出,在中国城市化的进程中,道路交通基础设施建设和维护过程面临着人与自然的和谐、交通安全与效率、环境污染、人居条件等突出问题,传统的密实型路面一方面满足了车辆和行人的通行要求,但另一方面带来了与节能环保等社会发展方向相悖的系列问题。例如道路交通噪声问题日益严重,城市地下水补充不足和地表洪水泛滥,城市热岛效应加剧等。现代路面除了要有上述从保证正常的道路行驶条件出发而提出的基本要求之外,还应该具有渗水、降噪、低吸热等环保功能。透水沥青路面中的关键技术包括抗冻性能、空隙堵塞恢复技术和对地表径流污染物的影响;多孔降噪路面中的关键技术包括空隙结构对降噪效果的影响规律和路面轮胎噪声的准确评价技术;保

水沥青路面中的关键技术包括保水能力的乳浆材料组成优化设计,以及保水降温效果与材料性能的耐久性能评价。多孔沥青路面的相关研究将为传统沥青路面的改造和升级技术提供理论基础和方法支撑,推动道路交通的绿色、环保与可持续发展。

东南大学王伟教授的报告题目是“城市交通基础设施建设存在问题的反思与可持续发展建议”。王伟教授指出,中国从20世纪90年代初开始,开展了30多年的大规模城市交通基础设施建设,大多数城市的交通基础设施规模已经接近发达国家水平,但与发达国家同类城市相比,中国城市交通基础设施的运行效率远远低于发达国家。要提高中国城市交通系统的运行效率,使城市交通基础设施建设符合可持续发展,必须实现以下3个方面的转变:城市交通基础设施的基本功能从土木工程向交通工程的转变,强化城市交通规划,增强交通系统功能;城市交通设施建设从越大越好向系统匹配的转变,强化完善性交通设施建设,形成合理道路网络等级配置,提升交通网络整体效能;城市综合交通系统从条块分割向系统协同的转变,建立集土地开发、交通规划、交通管控、政策制定于一体的城市虚拟交通系统测试平台,实现交通系统的规划、建设、管理及政策制定的协同,提升整个城市综合交通系统的整体功能。

## 2.9 水环境保护

哈尔滨工业大学张杰院士的报告题目是“城市水系统健康循环:海绵城市建设与黑臭水体防治的基石”。张杰院士指出,在中国当前水环境治理刻不容缓的情况下,城市水系统健康循环与流域水环境恢复已经成为中国当前重要战略需求。通过大量调研、数据收集并汇集多年研究成果,总结出水系统社会循环是中国水环境问题的症结所在,并逐一分析社会水循环系统中的各子系统(城市水资源再生利用与循环,工业点源污染物源头分离与削减,农田肥源与农业可持续发展,城镇水源地保护和流域水环境综合管理)与城市水系统健康循环和流域水环境恢复的内在关系,从规划、管理、经济、城市建设和流域统管等多角度提出城市水系统健康循环和流域水环境恢复战略,实现水资源流、物质流和能源流的循环利用。遵循地球水循环的规律,节制社会水循环的流量,推进城市水资源流、物质流和能量流的健康循环,建立大水不涝、无雨不旱、水生态健康、水资源可持续利用的城乡水环境是海绵城市建设和黑臭水体治理的基本方略。

哈尔滨工业大学马军教授的报告题目是“饮用水面临的安全风险与水质保障技术”。马军教授指出,随着城市高速发展,环境问题日益突出,中国90%以上城镇饮用水源遭受到不同程度的污染,水中污染物可分为高风险微污染物、微生物(藻类、细菌)及其代谢产物、悬浮物和胶体(包括大分子天然有机物和无机胶体颗粒)、次生污染物(消毒副产物)等几类。研究团队从纳米氧化、催化、吸附和纳米复合膜过滤等方面开展了水质净化理论研究。针对水中雌激素、药物、藻毒素和臭味检出频率高、种类多、毒性大、敏感度高等问题,开发出化学预氧化除污染技术,可经济高效地强化现行常规给水处理工艺的除污染效能。针对持久性有机毒物如农药、卤代有机物、硝基化合物等难降解有机物,开发出以臭氧催化氧化为核心的深度处理技术,确保对劣质水源水的净化效能。针对重金属毒性高、生物富集作用强、去除难度大等问题,开发出基于新生态纳米微界面特性的除重金属技术,与现有技术相比效率高、成本低、易于管理。此外,还将纳米和膜有机结合,显著提高了膜抗污染能力,降低了膜滤阻力,解决了高藻水、高有机物和低温水等处理难题。

### 3 论坛理事会暨学报编委会

2017年9月22日“建筑科学与工程创新论坛理事会暨《建筑科学与工程学报》第二届编委会第二次会议”在湖南长沙召开。学报主编周绪红院士主持会议,他充分肯定了《建筑科学与工程学报》近5年来在数字出版、影响力、办刊质量以及与建筑科学与工程创新论坛协同发展方面取得的成绩,分析了新时期学报发展面临的问题、挑战和机遇,对论坛和期刊的品牌发展提出了宝贵建议和殷切期望。

学报编委会副主任委员、长安大学副校长刘伯权教授宣读了建筑科学与工程创新论坛与《建筑科学与工程学报》协同发展方案,同时指出,建筑科学与工程创新论坛和《建筑科学与工程学报》协同发展对高校“双一流”建设具有重要推动作用,为新时期论坛和学报协同发展提供了制度保障。学报副主编刘永健教授阐述了论坛章程的产生背景,宣读了修改和简化后的论坛章程,指出论坛章程可以有效协调论坛理事会与创新论坛具体工作,促进学报和论坛协同发展,规范论坛作为学术交流平台的服务行为,使之成为可持续发展的服务平台,同时为了使章

程更具有操作性,对论坛原章程进行了修改和简化。长安大学杂志社孙守增社长对《建筑科学与工程学报》近5年来的发展情况作了汇报。

与会编委对学报的发展提出了许多建设性意见和建议:要进一步突出办刊特色,定期刊登高质量综述文章以提高期刊引用率;逐渐刊登英文文章和聘请高水平英语编辑,进一步提高期刊国际化水平;将创新论坛和学报有机结合,协同发展,按照 Ei, SCI 数据库收录标准办刊,增加海外编委,同时对照出版英文版;通过创新论坛组织能反映主办单位研究特色的专刊,针对性地向论坛报告专家约高质量综述性和评述性文章;设置优秀论文奖、新星奖等,加强与专家学者的互动,借鉴 Nature、Science 等国际知名期刊的报道性文章出版模式,将最新的研究成果进行快速报道以提高引用次数;吸引国际学者参与创新论坛,参考 TRB 的成功案例,进一步加强论坛和期刊协同发展,提高国际化水平;紧抓行业热点,邀请国内知名专家针对热点研究撰写综述性文章,适当延长英文摘要,进一步缩短发表周期。

### 4 结语与展望

第四届建筑科学与工程创新论坛在湖南大学等各方努力下完美落幕。42位专家学者围绕行业前沿热点问题进行了主题报告,展示了行业最新的研究动态和工程应用。论坛期间召开的创新论坛理事会和《建筑科学与工程学报》编委会会议通过了“建筑科学与工程创新论坛与《建筑科学与工程学报》协同发展方案”,明确了《建筑科学与工程学报》作为论坛支持媒体的重要地位。为了更好地为行业专家服务,会议修订了《建筑科学与工程创新论坛章程》,保障了论坛的可持续性。

随着我国国民经济持续发展,土木建筑行业发展迅速,完成了一系列使用要求高、设计理念超前、施工难度大、科技含量高的重大工程项目,取得了举世瞩目的卓越成就。“十三五”规划中,构筑现代基础设施网络和推进新型城镇化等发展战略为我国基础设施及城镇建设提供了新的发展机遇。在“一带一路”倡议的指导下,对应经济区开放后的承包工程项目激增,亦对我国建筑科技创新提出了新的挑战。建筑科学与工程创新论坛将借助时代机遇,打造成一个引领土木建筑行业发展的品牌论坛。