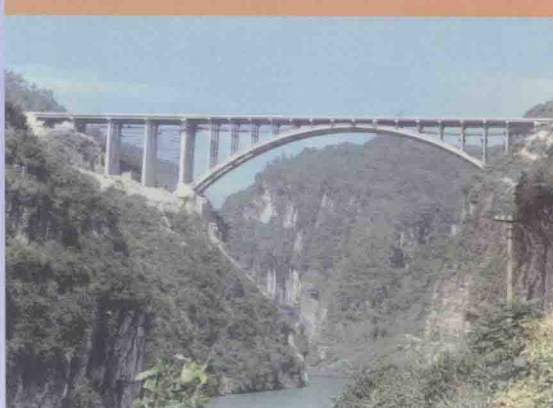


Concrete Filled Steel
Tubular Structures
—Theory and Practice
(Third Edition)

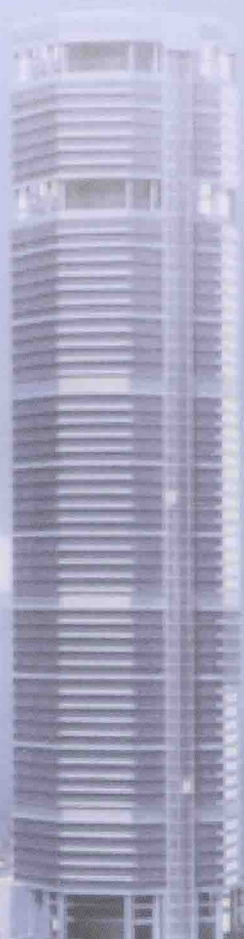


钢管混凝土结构

——理论与实践

(第三版)

韩林海 著



科学出版社

钢管混凝土结构

——理论与实践

(第三版)

Concrete Filled Steel Tubular Structures

——Theory and Practice

(Third Edition)

韩林海 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书通过介绍典型工程实例, 阐述钢管混凝土在工程实践中的应用概况, 以及这种结构的基本特点及其工程应用的可能形式, 其中重点阐述在圆形和方、矩形钢管内部填充实心混凝土而形成的钢管混凝土构件。以构建基于全寿命周期的钢管混凝土结构设计理论为目标, 本书研究了钢管混凝土构件在压(拉)、弯、扭、剪及其复合受力状态下的力学实质, 论述了钢管混凝土基本构件在长期荷载、往复荷载和火灾作用下以及火灾作用后的工作机理, 提出了基于理论和试验研究及参数分析结果所导出的实用设计方法。本书还阐述了钢管混凝土结构构件的一些关键技术问题, 如受轴向局压荷载时的力学性能、施工阶段钢管初应力的限值、核心混凝土的水化热和收缩及混凝土浇筑质量的影响规律、钢管及其核心混凝土间的粘结性能、氯离子腐蚀环境下以及撞击荷载作用下钢管混凝土设计原理。

本书具有理论性、系统性和工程实用性, 可供土木工程领域的科技人员, 以及高等院校的土建类专业的教师、研究生和高年级本科生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

钢管混凝土结构——理论与实践 / 韩林海著. —3版. —北京: 科学出版社, 2016.7

ISBN 978-7-03-049537-2

I. ①钢… II. ①韩… III. ①钢管混凝土结构—研究 IV. ①TU37

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第181243号

责任编辑: 童安齐 / 责任校对: 马英莉

责任印制: 吕春珉 / 封面设计: 耕者设计工作室

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>

北京中科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

※

2006年3月第 一 版	2016年8月第四次印刷
2004年3月修 订 版	开本: B5 (720×1000)
2007年2月第 二 版	印张: 62 1/2
2016年8月第 三 版	字数: 1 220 000

定价: 150.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈中科〉)

销售部电话 010-62136230 编辑部电话 010-62137407

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

第三版前言

钢管混凝土是指在钢管中填充混凝土而形成且钢管及其核心混凝土能共同承受外荷载作用的结构构件，最常见的截面形式有圆形和方、矩形，也可采用多边形和椭圆形等。钢管混凝土中的钢管成型方式有热轧、冷弯或焊接，钢管可采用普通钢材、高强钢材或不锈钢等；钢管内可浇灌普通混凝土、高强度混凝土、自密实混凝土或纤维混凝土等。一般而言，“狭义”的钢管混凝土由外围单层钢管和其内部的实心混凝土共同组成；“广义”的钢管混凝土形式有中空夹层钢管混凝土、钢管混凝土叠合柱、内置型钢或钢筋的钢管混凝土和薄壁钢管混凝土等，此外还包括复合式钢管混凝土（一般由多根“狭义”或“广义”的钢管混凝土构件组合而成），如钢管混凝土桁架、格构式钢管混凝土结构等。本书专门论述在圆形和方、矩形钢管内部填充实心混凝土而形成的钢管混凝土构件。

因地制宜、科学地使用钢管混凝土，可满足有关工程结构向大跨、高耸、重载发展和承受恶劣条件的需要，符合现代施工技术的工业化要求。钢管混凝土结构因在受力和施工建造等方面的高性能而得到工程界的青睐。

作者适逢国家建筑业快速发展的机遇，对钢管混凝土结构设计理论的系列关键问题进行了研究。2000年在科学出版社出版《钢管混凝土结构》；2004年该书修订；2007年完成本书第二版，根据研究进展纳入了不同截面形状（圆形和方、矩形）的钢管混凝土构件在压（拉）、弯、扭、剪及其复合受力状态下的工作机理、受轴向局压荷载时的力学性能，以及考虑火灾全过程时钢管混凝土构件的研究等成果；此外，还纳入了核心混凝土的水化热、收缩及徐变影响规律的研究结果等。

本书第二版的出版得到有关研究者和工程技术人员的关注，并被大量引用；有关成果和方法还先后被推广应用于采用钢管混凝土的高层建筑和拱桥工程实践，以及新型钢管混凝土结构的研究中。近年来颁布的一些有关工程建设标准也采纳了该书的成果，如中国工程建设协会标准 CECS261；2009、CECS28；2012；国家电网公司企业标准 Q/GDW 11136—2013；辽宁省 DB21/T1746—2009、福建省 DBJ/T13-51—2010、浙江省 Q/GW11 352—2012-10204 和四川省 DB 51/T 1992—2015 等十余部地方工程建设标准；住房与城乡建设部行业标准 JGJ/T249—2011；中华人民共和国行业推荐性标准 JTG/T D65-06—2015；国家标准 GB 50016—2014 和 GB 50923—2013 等。

本次对本书第二版再版，进一步完善了钢管混凝土结构理论与应用研究框架，补充了典型工程实例（第2章），结合作者领导的课题组近年来在钢管混凝

土结构研究方面的最新进展，在原书研究成果的基础上补充了钢管混凝土在轴拉、拉弯及剪切荷载作用下的研究成果（第3章和第4章），使钢管混凝土构件在压（拉）、弯、扭、剪及其复合受力状态下的理论体系更加完善。

近年来，钢管混凝土在近海工程结构中的应用逐渐增多，开展该类构件在荷载和氯离子腐蚀环境共同作用下的工作机理研究，是进行有关结构设计的重要基础。本书新增加的第十一章中专门论述有关理论分析和试验研究成果。考虑荷载和氯离子腐蚀的共同作用，对钢管混凝土构件的受力全过程进行了分析，在此基础上提供了承载力实用计算方法，构建了能综合考虑长期荷载和氯离子腐蚀共同作用下钢管混凝土结构工作机理研究的基本框架。

撞击是一些工程结构在服役中可能遭遇的一种意外荷载作用，如高层建筑和桥梁遭受各种撞击等。撞击作用会造成结构损伤甚至严重破坏。本书第十二章以受横向撞击的钢管混凝土构件为对象，通过理论分析和试验研究了该类结构的抗撞击性能，分析了各主要参数的影响规律，给出了钢管混凝土构件抗撞击设计方法。该章中还分析了长期荷载、氯离子腐蚀作用和撞击荷载耦合对钢管混凝土柱承载能力的影响规律。

钢管混凝土的推广，需要精心设计和施工，实现从材料制备、结构加工制作到质量检测检验“三位一体”的过程控制。核心混凝土浇筑缺陷的影响一直是工程界关注的问题，有关研究者和工程技术人员共同努力，不断澄清和解决发展中的问题，同时也积累了宝贵的工程经验，为进一步促进钢管混凝土结构的合理推广应用创造了条件。基于对工程中可能出现的均匀脱空和球冠形脱空形式的分析，本书第十三章通过数值分析和试验研究，开展了量化研究工作。该章还论述了“三位一体”的核心混凝土质量过程控制理念在典型实际钢管混凝土工程中的应用情况。

众所周知，工程结构的全寿命周期包括设计、施工、运营和维护等环节，其安全性和耐久性会影响到可持续城镇化建设过程中的环境、材料、信息、能源、经济、管理和社会等多个方面。系统研究基于全寿命周期的钢管混凝土结构理论具有重要的理论和现实意义。基于全寿命周期的钢管混凝土结构设计理论内容总体可概述为：①全寿命周期服役过程中钢管混凝土结构在遭受可能导致灾害的荷载（如强烈地震、火灾和撞击等）作用下的分析理论，以及考虑各种荷载作用相互耦合的分析方法；②综合考虑施工因素（如钢管制作和核心混凝土浇灌等）、长期荷载（如混凝土收缩和徐变）与环境作用影响（如氯离子腐蚀等）的钢管混凝土结构分析理论；③基于全寿命周期的钢管混凝土结构设计原理和设计方法。近20年来，作者领导的课题组紧紧围绕上述内容开展了有关钢管混凝土结构的基础研究工作，本书实际上综合阐述了这些阶段性工作成果。

本书的研究工作先后得到国家自然科学基金（项目编号：50425823；50738005；51178245；51378290）、国家重大基础研究计划（“973”计划）（编

号：2009CB623200；2012CB719703）、高等学校博士学科点专项科研基金课题（项目编号：20110002110017）、清华大学自主科研计划课题（编号：20111081036；20131089347）等的资助，特此致谢！

作者的研究工作一直得到有关工程界和学术界同行们的帮助和支持。叶尹、牟廷敏和杨蔚彪高级工程师等为作者提供了有关工程资料。作者的博士生何珊瑚，博士后廖飞宇、李威和叶勇协助了本书第3章和第4章的相关工作；本书第11章的试验工作是作者与王庆利教授合作完成的，研究生侯超、侯川川和花幼星协助进行了有关理论分析和成果整理工作；博士后王蕊、研究生侯川川和胡昌明协助进行了第12章的有关工作；博士后廖飞宇、叶勇、何振军和侯超，研究生花幼星协助完成了本书第13章中关于核心混凝土缺陷影响规律分析及混凝土性能现场测试工作。还有一些作者指导的研究生参与了本书再版的有关工作，在此一并致谢！

作者怀着感激的心情期待着读者对本书给予批评和指正！

韩林海

2015年12月20日

于清华园

第二版前言

钢管混凝土诞生已有一百多年的历史。在 20 世纪 60 年代左右，人们对钢管混凝土压弯构件的力学性能，及钢管和混凝土之间粘结问题的研究取得了较大进展，当时的工作以实验研究为主。七八十年代，研究者们开始较多地研究该类结构的抗震性能和耐火极限，以及长期荷载作用的影响等问题。九十年代以来，对钢管混凝土结构抗震性能的研究进一步深入，对采用高性能材料的钢管混凝土构件，及薄壁钢管混凝土工作性能和设计方法的研究也有不少报道，在这一阶段，研究者们还较多地开展了压弯剪和压弯扭构件性能的研究，对钢管混凝土工作机理的理论研究得到较快发展，使人们对这类组合构件力学实质的认识逐渐深入。

我国是研究和应用钢管混凝土较多的国家之一。自 20 世纪 60 年代以来，有关钢管混凝土结构的科学研究、设计和施工等方面均取得较大进展。七八十年代以前，以研究和应用圆形截面的钢管混凝土居多。近十几年来，对方、矩形截面钢管混凝土的研究取得了较大进展，工程应用也逐渐增多。

钢管混凝土具有一系列力学性能和施工性能等方面的优点，因此已被较广泛地应用于各个工程建设领域，如冶金、造船、电力等行业的单层或多层工业厂房、设备构架柱、各种支架、栈桥柱、送变电杆塔、桁架压杆、桩、大跨和空间结构、商业广场、多层办公楼及住宅、高层和超高层建筑以及桥梁结构等。

这些理论研究成果和工程实践经验的取得为钢管混凝土结构学科的进一步发展创造了必要条件。在国内外学者和有关技术人员的共同努力下，钢管混凝土结构理论与设计成套技术正逐步趋于成熟，钢管混凝土正逐步形成一个系统而完整的新学科。

现代结构技术和钢、混凝土材料的不断发展，对钢管混凝土结构理论的发展提出了新的要求，这就需要科技人员用发展的眼光和科学的态度对原有的结果不断进行完善和改进，且要对一些新型钢管混凝土结构进行专门深入的研究，此外，还需要对工程技术中出现的新问题和难点问题要不断探索。只有这样，才可能适应这一现代技术实际发展的需要，才可能促进钢管混凝土结构学科向更高层次的发展。

近些年来，随着现代科学技术的进步，实验科学、计算机技术及分析计算手段的发展，都为更为细致和深入地研究钢管混凝土结构的工作机理及其设计理论创造了条件。随着国家国民经济的健康发展和社会的快速进步，使土木工程技术得到了前所未有的发展机遇。在这一过程中，诞生了不少采用钢管混凝土结构的典型工程。不断的工程实践不仅提出了不少需要解决的新问题，而且也促进了对

原有研究结果的完善和提高，同时也使现代钢管混凝土结构技术快速趋于成熟。作者及其合作伙伴们适逢盛世，有幸在这一发展过程中进行了一些力所能及的研究工作。

在国家各类科学基金、科研项目及工业界等的支持下，作者及其合作伙伴们得以有机会先后进行了一千多个钢管混凝土构件在各种荷载作用下的典型实验研究，其中的不少实验补充了实际工程中常见的，但尚没有经过实验验证的工况。例如大体积核心混凝土的水化热和收缩实验，大轴压比下构件的滞回性能、耐火性能及火灾后性能的实验等。通过这些典型的实验研究，不仅积累了宝贵的第一手资料，而且也进一步增强了人们对这类构件在不同工况下工作特性的感性认识。这些实测结果与国内外同行们进行的大量实验结果共同奠定了钢管混凝土结构学科发展的必要基础，也为更为全面和扎实地开展这类结构的理论分析工作创造了条件。

众所周知，钢管混凝土工作的实质在于钢管及其核心混凝土间的相互作用和协同互补。由于这种相互作用，使钢管混凝土具有一系列优越的力学性能，同时也导致其力学性能的复杂性，因此，如何合理地认识和了解这种相互作用的“效应”，一直是该领域研究的热点课题之一。作者从1989年开始师从钟善桐教授从事该方面的研究工作。为了能深入全面地解决好这一问题，作者及其合作伙伴们一道始终在进行不懈的探索。在系统实验研究结果的基础上，作者领导的课题组先后采用了纤维模型法和有限元法等数值方法计算分析了钢管混凝土构件受力全过程。尤其近些年，课题组采用大型非线性有限元程序建模，深入地研究了不同截面形式、不同加载路径情况下钢管混凝土构件在压（拉）、弯、扭、剪及其复合受力状态下的工作机理，较为细致地分析了钢管及其核心混凝土之间的相互作用，较全面和透彻地揭示了该类组合构件的力学实质。此外，课题组还初步解决了钢管混凝土受局压荷载时及考虑火灾全过程影响情况下构件力学性能的理论分析等问题，从而使力学建模能更真实地反映构件在实际结构中的工作情况。

在工程技术领域从事科学研究，其最终目的是更好地为实际应用，尤其是结合实际情况为本国的行业发展和有关工程实践服务。作者及其合作者们共同取得的阶段性研究结果大都在国内一些学术期刊和学术会议上发表或介绍，受到了国内工程界的重视。部分研究结果先后为国家军用标准 GJB 4142—2000、国家电力行业标准 DL/T 5085—1999 等十余部工程建设标准采纳，还陆续在一些典型的实际工程中应用。通过这些实际应用，即使理论结果得到检验，也促进这些结果不断趋于完善和成熟。考虑到目前的客观实际状况，为了能够创造和国际同行们更深入交流的机会，同时也便于其他国家研究者们有机会较全面地参考课题组取得的研究结果，课题组成员们共同努力，陆续把获得的一些主要研究结果进行了整理，并系列发表在本领域有影响的一些国际学术期刊上。作者及其合作者们共同发表的论著迄今已为国内外同行们多次引用。

钢管混凝土结构学科的内容十分丰富多彩。如前所述,科学和技术是不断发展的,因此,有必要对原来的一些结果作进一步的扩充、改进或完善,但这必须是建立在对原有研究工作深化和扩大的基础上。作者及其课题组成员们坚持从客观实际需要出发,坚持实事求是的态度和方法,力求保证研究结果的科学性、系统性和实用性。在这一探索过程曾遇到一些问题和困难,但课题组成员们始终坚持脚踏实地地把事情做好且精益求精的信念,不断进取和自我完善。通过大家的共同努力,不仅切实解决了一些钢管混凝土结构学科中的难题,而且也使原来研究结果中存在的不足逐步得到改进和充实。

作者曾于2000年在科学出版社出版了《钢管混凝土结构》一书,以期能全面地介绍课题组取得的研究结果。该书受到了研究者和工程技术人员的广泛关注,被多次引用,有关成果和方法还先后被其他研究者推广应用于采用钢管混凝土的高层建筑和拱桥,以及新型钢管混凝土结构的计算分析或研究中。在该书的基础上,结合当时一些较为成熟的研究结果,作者于2003年整理完成了《钢管混凝土结构——理论与实践》一书。

本次有机会对《钢管混凝土结构——理论与实践》再版,除了对原书中的一些不足之处进行了修正、补充和完善外,还增加了课题组取得的最新研究结果,如不同截面形状的钢管混凝土构件在压(拉)、弯、扭、剪及其复合受力状态下的工作机理、受轴向局压荷载时的力学性能,以及考虑火灾全过程时钢管混凝土构件的分析研究等。此外,还给出了核心混凝土的水化热、收缩及徐变影响规律的研究结果等。这些内容的补充进一步完善了该书的理论体系,同时也增强了研究结果的实用价值。

根据钢管混凝土结构技术发展的需要,作者及其课题组成员们近年来还对钢管混凝土结构节点、平面框架结构和由钢管混凝土框架-钢筋混凝土剪力墙混合结构体系等的力学性能进行了理论分析和实验研究,有关结果将另文介绍。

作者及其课题组成员们的研究工作一直得到所在单位的领导及同事们的关心和支持。作者在从事研究的过程中,曾和不少国内外学术界及工业界的同行们进行过有益的交流,一些学术观点曾受过他们的启发。国内外同行在为作者审稿时曾提出过不少宝贵的意见或建议。作者在研究和撰写本书的过程中还参阅了大量其他研究者的论著。此外,不少学术界和工程界的老前辈曾给过作者很多关心和勉励。这些帮助和勉励不仅极大地促进了作者及课题组成员们研究能力的提高,同时也激励着课题组不断地自我完善,使我们的研究方法和研究结果逐渐趋于规范化和成熟。阎善章、魏潮文、龚昌基、陈宝春、乔景川、于连波、陈立祖、孙忠飞、王怀忠、程宝坪、孙彤、卢伟煌、李达明、卓幸福、杨强跃和柯峰等同志曾为作者提供了宝贵的实际工程图片及相关介绍材料;作者已发表的其他论著中还有不少建设单位的有关人员为我提供过有价值的工程项目资料等。在此,谨向这些给予过作者无私帮助的人们表示诚挚的谢意!

本书再版过程中，课题组的陶忠、杨有福、杨华、霍静思、刘威、卢辉、尧国皇、林晓康、黄宏、王文达、曲惠、廖飞宇、郑永乾、李永进、郑莲琼、王卫华、游经团、冯斌、高献和王再峰等均协助作者进行了不少理论分析或试验研究工作。没有他们的协助，本书的再版是不可能的，作者非常感激！

本书的研究工作先后得到国家杰出青年科学基金资助项目（No. 50425823）、清华大学“百名人才引进计划”专项基金、福建省引进高层次人才科研启动费资助项目、福建省科技计划重大项目（No. 2002H007）及其他各类科研项目的资助。另外还得到过不少来自工业界的支持和帮助，特此致谢！

由于作者学识水平和阅历所限，书中难免存在不当或不足、甚至谬误之处。作者怀着感激的心情期待着读者不吝给予批评指正，并将继续努力对这些阶段性结果进行完善和发展，以期更好地服务于人类建设事业的发展。

韩林海

2006年10月2日

修订版前言

钢管混凝土是发展前景广阔的一种结构形式，它能适应现代工程结构向大跨、高耸、重载发展和承受恶劣条件的需要，符合现代施工技术的工业化要求，正被越来越广泛地应用于工业厂房、高层和超高层建筑、桥梁和地下等结构中，取得了良好的经济效益和建筑效果，已成为结构工程科学的一个重要发展方向。

随着我国经济和建设事业的迅猛发展，近十几年来钢管混凝土的应用日益增多，发展速度之快惊人，寻求更为合理和完善的钢管混凝土结构分析理论和设计方法显得突出和重要。为了实现这一目标，作者及其课题组的成员们对工程中常用的圆形和方、矩形钢管混凝土的如下关键问题进行了探索和研究：

1. 静力荷载作用下的性能；
2. 长期荷载作用的影响；
3. 往复荷载作用下的性能；
4. 耐火性能和抗火设计方法；
5. 火灾后的力学性能；
6. 钢管初应力的影响；
7. 混凝土浇筑质量的影响；
8. 薄壁钢管混凝土的力学性能；
9. 采用高性能材料的钢管混凝土的力学性能等。

钢管混凝土构件的工作实质在于钢管及其核心混凝土间的相互作用和协同互补，由于这种相互作用，使钢管混凝土具有一系列优越的力学性能，同时也导致其力学性能的复杂性，因此，如何合理地估计这种相互作用的“效应”成为迫切需要解决的钢管混凝土理论研究热点课题。从广大设计部门的角度，不仅希望这一问题在理论上取得较彻底地解决，而且更希望能进一步提供便于工程设计人员使用的实用设计方法。从研究者的角度来说，在工程技术领域从事科学研究，其最终目的也应该是更好地为实际应用服务。

按照这一指导原则，作者及其课题组成员们在进行上述钢管混凝土若干方面问题的研究时，大都经历了如下三个阶段：

1. 在系统总结和考察目前国内外有关钢管混凝土理论分析和实验研究结果的基础上，提出能够进行钢管混凝土构件荷载-变形全过程分析的理论和方法。
2. 根据研究的需要有针对性地进行一系列钢管混凝土构件的实验研究，从而更加全面地验证全过程分析结果的准确性。
3. 利用理论分析模型，对影响钢管混凝土性能的基本参数（包括物理参数、

几何参数和荷载参数等)进行系统的分析,并考虑各种可能的影响因素,然后对所得大量计算结果进行统计分析和归纳,考察钢管混凝土力学性能的变化规律,最后从理论高度进行概括,提出钢管混凝土构件在各种荷载作用下的设计方法。

课题组取得的研究成果最近几年陆续在国内外著名学术期刊和学术会议上发表,受到国内外同行的广泛关注。这些成果还受到了国内工程界的重视。有关钢管混凝土静力和动力性能方面的成果被国家电力行业标准《钢-混凝土组合结构设计规程》DL/T5085—1999(1999)、国家军用标准《战时军港抢修强早期组合结构技术规程》GJB4142—2000(2001)和福建省工程建设标准《钢管混凝土结构技术规程》DBJ13-51—2003(2003)系统采用;有关钢管混凝土耐火性能方面的成果已在高度为291.6米的深圳赛格广场大厦圆钢管混凝土柱以及国家经贸委产业化重点项目杭州瑞丰国际商务大厦方钢管混凝土柱的防火设计中应用,取得了良好的经济效果和建筑效果。该项成果随后为福建省工程建设地方标准《钢管混凝土结构技术规程》DBJ13-51—2003(2003)、中国工程建设标准化协会标准《矩形钢管混凝土结构技术规程》和浙江省工程建设地方标准《建筑钢结构防火技术规范》(2003)等规程系统采用。

课题组取得的初步研究成果曾整理在科学出版社出版的《钢管混凝土结构》一书中发表,该书自2000年出版发行以来,一直得到研究者和工程技术人员的广泛关注。

本书内容的研究工作先后得到过国家自然科学基金、霍英东教育基金、国家教育部优秀青年教师资助计划项目、国家地震科学联合基金、辽宁省自然科学基金、福建省自然科学基金重点项目、福建省科技计划重点和重大项目,以及澳大利亚ARC基金重点项目等科研项目的资助。

钢管混凝土结构作为一种新兴学科,其内容应该十分丰富多彩。科学是不断发展的,人们对科学问题的认识也将不断深入。虽然作者已进行了艰苦的努力和辛勤工作,但本书的一些论点也仅代表作者当前对这些问题的认识。鉴于所探讨问题本身的复杂性,某些论点定会随着研究工作的深化和扩大而得到改进,这是必然的,也是应当的。因而,对本书存在的不足之处,谨请读者批评指正。

我诚挚感谢所有为本书面世做出贡献的朋友:中国工程院院士王光远教授、赵国藩教授和沈世钊教授在作者从事科学研究的过程给予了我许多鼓励和帮助。国家电力公司电力规划设计总院的阎善章高级工程师、福建省建筑设计院的龚昌基高级工程师、福州大学的陈宝春教授、郑州铁路局和济南铁路局的乔景川和于连波高级工程师、深圳市赛格广场投资有限公司的蔡延义和陈立祖高级工程师、铁道部第一勘测设计院的孙忠飞高级工程师、上海宝山钢铁公司的王怀忠高级工程师、中建二局深圳南方公司的程宝坪总工程师等工程界同仁们曾为作者提供了非常有价值的实际工程资料。博士后杨有福和姜绍飞,博士生陶忠、徐蕾、冯九斌、毛小勇、贺军利、杨华、霍静思、刘威、卢辉、尧国皇、林晓康、黄宏和王文

达，硕士生闫维波、邱明广、程树良、游经团、张铮、冯斌、郑永乾、高献和廖飞宇等均协助作者完成了大量计算或实验工作，他们均对本书做出了重要贡献。最后，特别感谢钟善桐教授，在从事钢管混凝土结构的研究过程中，一直得到恩师的关注和支持，使我受益匪浅。

这本书其实是大家的，我将永远心存感激。

韩林海

2003年10月2日

第一版前言

现代建筑工程对建筑材料和建筑结构的要求越来越高。钢管混凝土能够适应现代工程结构向大跨、高耸、重载发展和承受恶劣条件的需要，符合现代施工技术的工业化要求，因而正被越来越广泛地应用于工业厂房、高层和超高层建筑、拱桥和地下结构中，并已取得良好的经济效益和建筑效果，是结构工程科学的一个重要发展方向。本书首先介绍了钢管混凝土工程的一些典型实例，旨在帮助读者具体地理解这种新型结构体系的特点和可能形式。

针对钢管混凝土结构工程中遇到的一些关键问题和实际设计工作者的要求，作者对圆形和方形截面钢管混凝土构件在静力、动力及火灾荷载作用下的荷载-变形关系进行了全过程分析和系统完整的试验验证。最后，在大规模参数分析的基础上，提出了便于实际工程设计的简化方法。

在钢管混凝土中，混凝土被外围钢管所包覆，造成浇筑质量控制的难度，由于对该问题处理不当，已造成一些工程事故。本书对钢管和混凝土之间的粘结强度进行研究，分析了其主要影响因素，并在此基础上，通过对不同浇筑方式下构件的承载力及变形能力的研究，提出了混凝土质量控制及有关施工方法的建议。

以上内容均曾在国内外有关刊物及学术会议上发表，受到国内外同行和设计工作者们的关注。

本书中有关钢管混凝土静力和动力性能的成果被国家电力公司《钢-混凝土组合结构设计规程 DL/T5085—1999》及国家军用标准《战时军港抢修钢-混凝土组合结构技术规程》(GJB) 采用；有关钢管混凝土耐火性能的成果已在高度为 291.6 米的深圳赛格广场大厦钢管混凝土柱耐火设计中应用。以上工程实践均取得良好的经济效益。

本书内容的研究工作还得到国家自然科学基金、霍英东教育基金和国家教育部资助优秀年轻教师基金项目的支持。

本书的研究成果均通过有关部门组织的鉴定，其中，有关“钢管混凝土静力性能研究”部分曾获得 1995 年度国家教育委员会科技进步一等奖。

科学是不断发展的，人们对科学问题的认识也将不断深入。本书的一些论点仅代表作者当前对这些问题的认识。鉴于所探讨问题本身的复杂性，某些论点定会随着研究工作的深化和扩大而得到改进，这是必然的，也是应当的。因而，对本书存在的不足之处，谨请读者批评指正。

作者诚挚感谢所有为本书面世做出贡献的朋友：中国工程院院士王光远和赵国藩教授一直关注本书的出版，并提出许多建设性意见；中国工程院院士沈世钊

教授在本书的撰写过程中给予了作者许多鼓励和帮助；国家电力公司电力规划设计总院的阎善章高级工程师、福建省建筑设计院的龚昌基高级工程师、福州大学的陈宝春教授、郑州铁路局和济南铁路局的乔景川和于连波高级工程师、深圳市赛格广场投资有限公司的蔡延义和陈立祖高级工程师、铁道部第一勘测设计院的孙忠飞和上海宝山钢铁公司的王怀忠高级工程师等工程界同仁为作者提供了大量的实际工程资料；博士后姜绍飞，博士生陶忠、徐蕾、冯九斌、毛小勇、贺军利，硕士生闫维波、邱明广、杨有福和杨华等均协助作者完成了大量计算或试验工作，他们均对本书做出了贡献。最后，作者特别感谢自己的导师钟善桐教授，作者在从事钢管混凝土结构的研究过程中，一直得到恩师的关注和大力支持，使作者受益匪浅。这本书其实是大家的，作者永远心存感激。

韩林海

1999年10月

主要符号表

a	防火保护层厚度
A_c	核心混凝土横截面积
A_L	局压荷载作用面积
A_s	钢管横截面积
A_{sc}	钢管混凝土横截面积, $A_{sc}=A_s+A_c$
b	方形局压垫板边长
b_e	钢管截面的有效计算长度
B	方钢管横截面外边长、矩形钢管横截面短边的外边长(宽度)
B_s	方形端板边长
c	比热
C	钢管混凝土横截面周长, 对于圆形截面: $C=\pi D$; 对于方形截面: $C=4B$; 对于矩形截面: $C=2(B+D)$
d	圆形局压垫板直径、核心混凝土脱空值
D	圆钢管横截面外直径、矩形钢管横截面长边的外边长(高度)或板的抗弯刚度
D_s	圆形端板直径
D/B	矩形钢管混凝土横截面的高宽比
e	轴向荷载偏心距
e_0	轴向荷载初始偏心距
e/r	荷载偏心率, 对于圆钢管混凝土, $r=D/2$; 对于方钢管混凝土 $r=B/2$; 对于矩形钢管混凝土, 当构件绕强轴($x-x$)弯曲时, $r=D/2$; 当绕弱轴($y-y$)弯曲时, $r=B/2$
E	能量
E_c	混凝土弹性模量
E_{cr}	临界破坏能量
E_k	动能
E_p	塑性消耗能量
E_s	钢材弹性模量
E_{sc}	钢管混凝土轴压弹性模量
E_{sch}	钢管混凝土轴压强化模量
E_{scm}	钢管混凝土抗弯弹性模量
E_{schb}	钢管混凝土抗弯强化模量
E_{scmt}	钢管混凝土抗弯切线模量
E_{set}	钢管混凝土轴压切线模量
E_0	总撞击能量

f_{10}	钢管与混凝土间的平均粘结强度
f_{10r}	钢管与混凝土间的极限粘结强度
f_c	混凝土轴心抗压强度设计值
f'_c	混凝土圆柱体抗压强度
f_c^d	撞击荷载下混凝土圆柱体抗压强度
f_{ck}	混凝土轴心抗压强度标准值
f_{cu}	混凝土立方体抗压强度
f_p	钢材比例极限
f_{scp}	钢管混凝土轴心受压时的比例极限
f_{scy}	钢管混凝土轴心受压时的强度指标
f_t	混凝土抗拉强度设计值
f_t^d	撞击荷载下混凝土轴心抗拉强度
f_{tk}	混凝土抗拉强度标准值
f_u	钢材抗拉强度极限
f_y	钢材的屈服强度（或屈服点）
f_y^d	撞击荷载下钢材屈服强度
$f_y(T)$	高温下钢材的屈服强度
F	撞击力
F_i	惯性力
F_p	撞击力峰值
F_{rk}	支座反力
F_0	撞击力平台值
G_{sc}	钢管混凝土剪切弹性模量
G_{sch}	钢管混凝土剪切强化模量
G_{scr}	钢管混凝土剪切切线模量
h	核心混凝土环向均匀脱空值
H	落锤撞击高度
I_c	核心混凝土截面抗弯惯性矩
I_s	钢管截面抗弯惯性矩
I_{sc}	钢管混凝土截面抗弯惯性矩
k	钢管的屈曲系数或材料导热系数
k_{st}	长期荷载作用影响系数
k_0	钢管初应力对钢管混凝土构件的承载力影响系数
k_f	火灾作用后钢管混凝土构件的承载力系数
k_i	火灾作用对钢管混凝土构件承载力的影响系数