



钢管混凝土结构

—— 理论与实践

(第二版)

韩林海 著



科学出版社

www.sciencep.com

TU392.3

2=3

2007

钢管混凝土结构

——理论与实践

(第二版)

韩林海 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书通过列举一些典型的工程实例,介绍了钢管混凝土在实际工程中的应用概况,旨在帮助读者具体地了解这种结构的特点和可能形式。

本书阐述了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力学实质,系统介绍了钢管混凝土在长期荷载、往复荷载和火灾作用下及火灾作用后的工作机理,提供了基于参数分析结果所导出的实用计算方法。本书还论述了钢管混凝土结构的一些关键技术,如受轴向局压荷载时的力学性能、施工阶段钢管初应力的影响、核心混凝土的水化热和收缩、混凝土浇筑质量的影响、钢管及其核心混凝土间的粘结等。

本书内容具有系统性、理论性和实用性,可供土建类专业师生和广大科技人员参考。

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. —2版. —北京:科学出版社, 2007

ISBN 978-7-03-018557-0

I. 钢… II. 韩… III. 钢管结构:混凝土结构 IV. TU37

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第017995号

责任编辑:杨家福 / 责任校对:刘彦妮

责任印制:吕春珉 / 封面设计:陈 敬

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>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年3月第一版 开本:B5(720×1000)

2007年2月第二版 印张:48 3/4

2007年2月第二次印刷 字数:955 000

印数:3 001—6 000

定价:100.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137026(BA08)

第二版前言

钢管混凝土诞生已有 100 多年的历史。在 20 世纪 60 年代前后,人们在研究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方面取得了较大进展,当时的工作以实验研究为主。之后的 70~80 年代,研究者们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。90 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 and 设计方法的研究也有不少报道,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,之后的 20 年左右,以研究和应用圆形截面钢管混凝土居多,近 10 多年来对方、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。

钢管混凝土在力学性能和施工性能等方面具有一系列优点,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。

一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深入研究,此外,还需要对工程技术中出现的新问题和难点问题不断探索。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。随着国民经济的健康发展和社会的快速进步,土木工程技术得到了前所未有的发展机遇,同时也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，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，钢管混凝土具有一系列优越的力学性能，但其力学性能也更为复杂，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年师从钟善桐教授就开始从事这方面的研究工作。为了能深入全面地解决这一问题，作者及其合作伙伴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服务，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标准 GB50016-2006、国家军用标准 GJB4142-2000 和国家电力行业标准 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得到应用。这些实际应用既使理论结果得到检验，也促进了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更深入交流的机会，同时也为便利于国外研究者有机会较全面地参考作者课题组取得的研究结果，课题组成员共同努力，陆续把获得的一些主要研究结果进行了整理，并系列地发表在有影响的一些国际学术期刊上，且已为国内外同行多次引用。

钢管混凝土结构学科的内容十分丰富多彩，因此，有必要对原来的一些结果进行进一步的扩充、改进或完善，但这必须是建立在深入研究的基础之上。作者及其课题组成员坚持从客观实际出发，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。尽管在探索过程中遇到一些问题和困难，但

课题组成员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。大家通过共同努力，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，全面地介绍了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》一书进行修订，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近年来还对钢管混凝土结构节点、平面框架结构和钢管混凝土框架-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，有关结果将另书介绍。

作者及其课题组成员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！

在本书的修订过程中，作者的研究生陶忠、杨有福，杨华、霍静思、刘威、卢辉、尧国皇、林晓康、黄宏、王文达，曲慧、廖飞宇、郑永乾、李永进、郑莲琼、王卫华，游经团、冯斌、高猷和王再峰等均协助作者进行了不少理论分析或试验研究。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的建设事业。

第一版前言

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。广大设计部门不仅希望这一问题在理论上取得较透彻的解决,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。而研究者在工程技术领域从事科学研究的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,以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《战时军港抢修早强型组合结构技术规程》[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和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)等规程采用。

课题组取得的初步研究成果经整理曾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门新兴学科,其内容十分丰富多彩。科学是不断发展的,人们对科学问题的认识也在不断深入。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,这既是必然的,也是当然的。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等工程界同仁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，我特别感谢恩师钟善桐教授，在从事钢管混凝土结构的研究过程中，一直得到他的关注和支持，受益匪浅。

这本书其实是大家的，我将永远心存感激。

主要符号

a	防火保护层厚度
A_c	核心混凝土横截面面积
A_L	局压荷载作用面积
A_s	钢管横截面面积
A_{sc}	钢管混凝土横截面面积, $A_{sc} = A_s + A_c$
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_a	方形端板边长
c	材料的比热
C	钢管混凝土构件横截面周长
COV	均方差
d	圆形局压垫板直径
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_a	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_c	混凝土弹性模量
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_{scmh}	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_{sct}	钢管混凝土轴压切线模量

f_{ba}	钢管与混凝土间的平均粘结强度
f_{bu}	钢管与混凝土间的极限粘结强度
f_c	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_{sep}	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_u	钢材抗拉强度极限
f_y	钢材的屈服强度（或屈服点）
$f_y(T)$	高温下钢材的屈服极限
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_{sct}	钢管混凝土剪切切线模量
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_{cr}	长期荷载作用影响系数
k_p	钢管初应力对钢管混凝土构件的承载力影响系数
k_r	火灾作用后钢管混凝土构件的承载力系数
k_t	火灾作用对钢管混凝土构件承载力的影响系数
K	钢管混凝土构件的抗弯刚度
K_{ie}	钢管混凝土初始阶段的抗弯刚度
K_{LC}	有端板时钢管混凝土的局压承载力折减系数
K_{LCo}	无端板时钢管混凝土的局压承载力折减系数
K_{se}	钢管混凝土使用阶段的抗弯刚度
L	钢管混凝土构件在其弯曲平面内的计算长度
m	剪跨比
M	弯矩
M_{in}	内弯矩
M_u	钢管混凝土抗弯强度
M_{uc}	钢管混凝土抗弯强度计算值
M_{ue}	钢管混凝土抗弯强度实验值
M_{ux}	矩形钢管混凝土绕强轴（ $x-x$ ）弯曲时的抗弯强度

M_{uy}	矩形钢管混凝土绕弱轴 ($y-y$) 弯曲时的抗弯强度
M_y	屈服弯矩
n	长期荷载比, 轴压比或火灾作用下钢管混凝土柱的荷载比
n_r	相对刚度半径
N	轴向压力
N_c	混凝土承受的荷载
N_F	火灾情况下作用在钢管混凝土柱上的荷载
N_{in}	内轴力
N_L	长期荷载值
N_{LC}	钢管混凝土的局压承载力
N_o	作用在钢管混凝土柱上的恒定轴心压力
N_p	作用在钢管上的初始荷载
N_u	钢管混凝土轴心受压柱的强度承载力
$N_{u,cr}$	钢管混凝土轴心受压柱的稳定承载力
N_{uc}	钢管混凝土柱极限承载力计算值
N_{ue}	钢管混凝土柱极限承载力实验值
N_{uL}	考虑长期荷载作用影响时钢管混凝土柱的极限承载力
N_s	钢管承受的荷载
N_{tu}	钢管混凝土轴心抗拉强度
p	钢管对其核心混凝土的约束力
P	水平荷载
P_{uc}	钢管混凝土压弯构件计算极限水平力
P_{ue}	钢管混凝土压弯构件实测极限水平力
r	冷弯钢管角部的圆角半径
t	钢管壁厚度, 长期荷载的持荷时间或火灾持续时间
t_a	钢管混凝土端板厚度
t_h	升、降温临界时间
t_o	升温时间比 ($t_o = t_h/t_R$)
t_R	耐火极限
T	温度或扭矩
T_{cr}	钢管构件达到耐火极限时钢管表皮的温度
T_u	钢管混凝土抗扭强度
T_{uc}	钢管混凝土抗扭强度计算值
T_{ue}	钢管混凝土抗扭强度实验值
u_m	构件中截面挠度

u_{mt}	火灾作用后钢管混凝土柱的残余变形
V	剪力
V_u	钢管混凝土抗剪强度
V_{uc}	钢管混凝土抗剪强度计算值
V_{ue}	钢管混凝土抗剪强度实验值
W_{scm}	构件截面抗弯模量
W_{sct}	构件截面抗扭模量
α	钢管混凝土构件截面含钢率 ($\alpha = \frac{A_s}{A_c}$)
α_c	混凝土的热膨胀系数
α_s	钢材的热膨胀系数
β	可靠度指标, 钢管混凝土局压面积比 ($\beta = A_c/A_l$) 或钢管初应力系数 ($\beta = \frac{\sigma_{so}}{\varphi_s f_y}$)
β_c	混凝土局压强度提高系数
β_m	等效弯矩系数
δ_d	考虑混凝土浇筑质量影响时钢管混凝土构件的承载力损失系数
Δ	局压垫板相对于试件底部的位移或压弯构件水平侧移值
ϵ	材料应变
ϵ_{cl}	混凝土的纵向应变
ϵ_{cr}	混凝土的徐变应变
$\epsilon_{elastic}$	弹性应变
ϵ_i	材料应变强度
ϵ_{max}	受弯构件中截面外边缘纤维最大应变
ϵ_o	受弯构件中截面形心处应变或长期荷载下的总纵向应变
ϵ_{scy}	钢管混凝土轴心受压时的强度指标 f_{scy} 对应的应变
ϵ_{sh}	混凝土的收缩应变
ϵ_{sl}	钢材的纵向应变
ϕ	曲率
φ	钢管混凝土轴心受压柱的稳定系数
$\varphi(t, \tau_0)$	徐变系数
φ_s	空钢管柱的稳定系数
γ	剪应变
γ_m	抗弯强度承载力计算系数 ($\gamma_m = \frac{M_u}{W_{scm} f_{scy}}$)
γ_t	抗扭强度承载力计算系数 ($\gamma_t = \frac{T_u}{W_{sct} \tau_{scy}}$)

γ_v	抗剪强度承载力计算系数 ($\gamma_v = \frac{V_u}{A_{sc}\tau_{scy}}$)
λ	钢管混凝土构件长细比, 对于圆钢管混凝土 $\lambda = \frac{4L}{D}$; 对于方钢管混凝土 $\lambda = \frac{2\sqrt{3}L}{B}$; 对于矩形钢管混凝土, 当构件绕强轴 ($x-x$) 弯曲时, $\lambda = \frac{2\sqrt{3}L}{D}$; 当绕弱轴 ($y-y$) 弯曲时, $\lambda = \frac{2\sqrt{3}L}{B}$
μ	位移延性系数, 平均值或钢管与核心混凝土界面摩擦系数
μ_c	混凝土弹性阶段的泊松比
μ_s	钢材弹性阶段的泊松比
ρ	材料容重
θ	夹角或扭转角
σ	材料应力
σ_i	应力强度
σ_{rc}	焊接引起的残余压应力
σ_{sc}	钢管混凝土轴心受压时的名义压应力 ($\sigma_{sc} = \frac{N}{A_{sc}}$)
σ_{so}	钢管初应力
τ	剪应力
τ_{bond}	钢管与混凝土界面平均粘结力
τ_{scy}	钢管混凝土抗扭强度指标
τ_0	加载龄期
$\chi(t, \tau_0)$	龄期调整系数 (或老化系数)
ξ	约束效应系数, $\xi = \frac{A_s f_y}{A_c f_{ck}}$

目 录

第二版前言

第一版前言

主要符号

第 1 章 绪言	1
1.1 钢管混凝土的特点	1
1.2 钢管混凝土的发展和研究	5
1.2.1 钢管混凝土构件的静力性能	8
1.2.2 长期荷载作用对钢管混凝土构件力学性能的影响	20
1.2.3 钢管混凝土构件的滞回性能	21
1.2.4 钢管混凝土构件的耐火性能	24
1.3 本书的目的、研究方法和内容.....	26
第 2 章 钢管混凝土工程实践	31
2.1 概述.....	31
2.2 钢管混凝土的应用实例.....	31
2.2.1 单层和多层厂房柱	31
2.2.2 设备构架柱、各种支架柱和栈桥柱	34
2.2.3 地铁站台柱	35
2.2.4 送变电杆塔	35
2.2.5 桁架压杆.....	36
2.2.6 桩	36
2.2.7 空间结构	36
2.2.8 高层和超高层建筑	36
2.2.9 桥梁结构	50
第 3 章 钢管混凝土压（拉）弯构件的力学性能	66
3.1 概述.....	66
3.2 压弯构件荷载-变形关系的理论分析	66
3.2.1 引言	66
3.2.2 压弯构件的纤维模型法	66
3.2.3 压（拉）弯构件的有限元法	105
3.2.4 本节小结	158
3.3 实验研究	159
3.3.1 轴心受压短试件	159

3.3.2	轴心受压长柱	170
3.3.3	纯弯曲构件	174
3.3.4	压弯构件	183
3.4	实用计算方法研究	192
3.4.1	引言	192
3.4.2	实用计算方法	192
3.5	钢管混凝土压弯构件设计公式及可靠度分析	227
3.5.1	承载力设计方法	227
3.5.2	可靠度分析	229
3.6	规程比较	234
3.7	小结	260
第4章	钢管混凝土构件在压弯扭剪复合受力状态下的力学性能	262
4.1	概述	262
4.2	钢管混凝土受纯扭转时的力学性能	262
4.2.1	有限元计算模型	263
4.2.2	荷载-变形关系计算	264
4.2.3	计算结果和实验结果比较	266
4.2.4	扭转破坏模态	268
4.2.5	受力特性分析	269
4.2.6	钢管和核心混凝土之间的相互作用	270
4.2.7	荷载-变形关系的影响因素分析	272
4.2.8	抗扭强度实用计算方法	273
4.3	钢管混凝土横向受剪时的力学性能	280
4.3.1	有限元计算模型	280
4.3.2	剪跨比的影响分析	281
4.3.3	计算结果和实验结果比较	282
4.3.4	纯剪 τ - γ 关系曲线的影响因素	285
4.3.5	抗剪强度实用计算方法	286
4.4	钢管混凝土受压扭时的力学性能	290
4.4.1	荷载-变形关系计算	291
4.4.2	计算结果和实验结果比较	296
4.4.3	工作机理分析	300
4.4.4	承载力相关方程	301
4.5	钢管混凝土受弯扭时的力学性能	305
4.5.1	荷载-变形关系计算	305
4.5.2	计算结果和实验结果比较	310
4.5.3	工作机理分析	313