

(第二版)

现代 钢管混凝土 结构技术

韩林海 杨有福 编著

中国建筑工业出版社

TU375/39=2

2007

现代钢管混凝土结构技术

(第二版)

韩林海 杨有福 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代钢管混凝土结构技术/韩林海, 杨有福编著. —2
版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2007

ISBN 978-7-112-09576-6

I. 现… II. ①韩…②杨… III. 钢管结构: 混凝土结
构—技术 IV. TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 124587 号

现代钢管混凝土结构技术

(第二版)

韩林海 杨有福 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京蓝海印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 28 字数: 694 千字

2007 年 12 月第二版 2007 年 12 月第三次印刷

印数: 5001—7500 册 定价: 53.00 元

ISBN 978-7-112-09576-6

(16240)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

第二版前言

自《现代钢管混凝土结构技术》(第一版)在2004年出版以来,国内陆续颁布发行了一些有关钢管混凝土结构设计方面的工程建设标准。国外一些涉及钢管混凝土结构设计内容的规程也陆续进行了修订并颁布,如欧洲的 EC4(2004)、美国的 ACI(2005)和 AISC(2005)、英国的 BS5400(2005)等。

近些年,研究者在钢管混凝土结构研究方面的工作又取得了部分新进展,如构件在压(拉)、弯、扭、剪及其复合受力状态下的性能和设计理论,构件受轴向局压荷载时的力学性能和计算方法,一些新型组合结构构件的力学性能和实用设计方法,钢管混凝土结构节点、带钢管混凝土边柱的混合结构剪力墙、钢管混凝土框架-核心剪力墙混合结构的力学性能。

在这种情况下,作者觉得有必要对《现代钢管混凝土结构技术》(第一版)进行修订。

这次修订的内容主要有:

(1) 补充或完善了钢管混凝土结构构件在复杂受力状态下和受轴向局部压力时的验算方法。

(2) 补充了钢管混凝土结构节点构造及计算方面的内容。

(3) 补充了钢管混凝土结构体系计算方面的一些研究结果。

(4) 更新了本书涉及到的一些规范或规程中的方法及有关计算结果。

此外,这次修订时还修正了第一版中存在的一些不当之处。

鉴于作者在其他论著中更为细致和系统地介绍了钢管混凝土结构理论方面的研究成果,这次修订适时地删除了第一版中曾给出的一些简要的相关论述和介绍内容。

在第一版的基础上,本次修订补充或更新了一些工程实例的介绍,以期使有关论述更为妥当和准确。介绍这些典型工程实例的目的旨在便于读者尽可能全面地了解钢管混凝土结构工程应用的特点和可能形式。这些实例给出的概述性介绍资料有的取自作者课题组曾参与过研究或计算工作的实际工程项目,有的是工程投资方、设计单位或建设方应作者的要求帮助提供的,还有部分工程介绍参考引用了其他有关参考资料。

为了便于应用,在第一版的基础上,本书附录中增加了一些钢管混凝土构件的计算例题。

作者期望通过上述努力能使得本书论述的内容趋于合理和完善,且更具实用性和参考性,能更好地为现代钢管混凝土结构技术的发展提供参考。

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、柯峰、王立长以及一些管理、设计或建设单位的有关技术人员等同志曾为作者提供了宝贵的实际工程图片及其简要介绍材料。本书第一作者的研究生何珊瑚和宋天诣协助进行了本书第3章、附录A和附录B的整理工作,博士生曲慧帮助收集和整理了部分工程照片等资料。在此,谨向所有给予过作者无私帮助和支持的人们表示诚挚的感谢!

本书的再版工作得到国家杰出青年科学基金(No. 50425823)、清华大学“百名人才引进计划”专项基金和福建省引进高层次人才科研启动费资助项目等科研课题的资助,特此致谢!

需要指出的是,钢管混凝土结构学科的理论体系非常宽广,有关工程实践业已丰富多彩。对钢管混凝土结构设计理论及其工程实践的全面阐述,超出了作者的知识和能力范围。有鉴于此,作者仅结合作者熟悉和了解的国内外有关设计方法及工程信息,围绕本书的主题进行论述,内容远非全面和完整。撰写本书意在抛砖引玉。

由于作者学识水平和阅历所限,书中难免存在不当甚至谬误之处,谨请读者给予批评指正!

第一版前言

钢管混凝土早在一百多年前就已被应用于桥墩和工业厂房柱等结构中，但早期的应用中一般不考虑由于组成钢管混凝土的钢管及其核心混凝土间相互作用对承载力的提高。

对钢管混凝土力学性能进行较为深入的研究始于四五十年前。早期钢管混凝土中采用的钢管大多是热轧管，钢管的壁厚一般都比较厚，且由于当时钢管内混凝土的浇筑工艺也未得到很好解决，因而应用钢管混凝土的经济效果并不明显，从而使钢管混凝土的推广应用受到一定影响。二三十年前，研究者们开始较多地研究钢管混凝土结构的抗震性能和耐火极限，以及钢管和混凝土之间粘结性能问题。近些年来，国内外对长期荷载作用下钢管混凝土力学性能的研究取得新进展，对钢管混凝土结构抗震性能的研究也进一步深入，对采用高强钢材和高强混凝土的钢管混凝土构件力学性能，以及薄壁钢管混凝土的工作性能和设计方法研究也有一些报道。

我国主要集中在钢管中浇筑素混凝土的内填型钢管混凝土结构，20世纪60年代中期，钢管混凝土开始在一些厂房柱和地铁工程中采用。进入70年代后，这类结构在冶金、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、桁架压杆中得到广泛的推广应用。1978年，钢管混凝土结构被列入国家科学发展规划，使这一结构在我国的发展进入一个新阶段，无论是科学研究还是设计施工都取得较大进展。

这些研究成果和业已取得的宝贵工程实践经验为钢管混凝土结构的进一步发展提供了必要的条件和基础。

近十几年来，随着我国经济和建设事业的迅猛发展，钢管混凝土在桩、大跨度和空间结构、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中的应用日益增多，其发展速度快得惊人。钢管混凝土也由于具有承载力高、塑性和韧性好、施工方便、经济效果和耐火性能较好等特点而受到广大设计和施工技术人员的青睐。

在这一发展过程中，由于钢管混凝土结构理论和应用技术的需要，钢管混凝土结构的系列关键问题逐渐被研究者和工程技术人员共同关注，这些问题包括：1)静力性能；2)长期荷载作用的影响；3)动力性能；4)耐火极限和抗火设计方法；5)火灾后的力学性能和损伤规律；6)钢管初应力的影响；7)混凝土浇筑质量的影响；8)新型钢管混凝土结构的研发等。对这些关键问题的进一步深入研究和探索，会对更为科学合理地设计钢管混凝土结构，以及钢管混凝土结构技术向更高层次的方向发展提供有力的理论支持，也才能使钢管混凝土结构这一学科体系日臻完善。

众所周知，钢管混凝土结构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，如何合理地认识和深入了解这种相互作用的“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。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,要把理论成果放到工程实践中去接受检验。

为了实现把理论成果推进到实用化程度的目标,需要有定量的结果,还需要考虑到钢管混凝土结构几何参数、物理参数、荷载参数及一系列实际影响因素,就会大大增加研究工作的深度和难度,但这样做的结果反过来也增强了研究成果的理论价值。当然,从事这样的理论研究工作,往往需要花费更大的精力和更长的时间。

近十几年来,作者领导的课题组坚持从客观实际需要出发,坚持科学的研究方法,以期保证研究成果的科学性、系统性和实用性。在这一探索过程中克服了一系列问题和困难,并取得一些有价值的研究成果。

目前,这些成果已在国内外一些著名的学术期刊上系列发表,并在专著《钢管混凝土结构-理论与实践》(科学出版社,2004年)中系统论述。近些年来,这些系列成果还受到广大工程技术人员的广泛关注和欢迎,一些研究成果已被一些典型的实际工程以及国家或地方的十余部工程建设标准采纳,社会反映良好,这对作者及课题组成员们既是鼓励,也是鞭策。

本书首先介绍了钢管混凝土工程的一些典型实例,并归纳了钢管混凝土结构材料和结构设计的一些基本原则。

基于业已取得的系列研究成果,并在充分借鉴和参考了国内外其他研究者们卓有成效的研究结果的基础上,本书系统阐述了钢管混凝土构件设计中的系列关键问题,如一次加载和长期荷载作用下的设计计算、钢管初应力影响的验算、尺寸效应的影响规律、抗震设计、抗火设计和火灾后的损伤评估等方面的基本原理和计算方法。

本书介绍了一些新型钢管混凝土结构,如薄壁钢管混凝土、钢管高性能混凝土和中空夹层钢管混凝土的最新成果及设计方法。

在较为全面地总结现有研究成果的基础上,本书论述了钢管混凝土结构节点的构造措施和设计方法,探讨了钢管混凝土制作、施工与质量控制等方面的一些问题。

本书还比较了国内外一些涉及钢管混凝土结构的设计规程或指南,如ACI(1999)、AIJ(1997)、AISC-LRFD(1999)、BS 5400(1979)、DBJ 13-51-2003、DL/T 5085-1999、EC 4(1994)和GJB 4142-2000等在进行钢管混凝土结构设计计算时的差异和特点。本书最后还给出了钢管混凝土结构构件设计计算例题。

总之,本书并不只是单纯地介绍钢管混凝土的计算方法和构造措施,而是着重于基本概念和理论联系实际,力求从理论上阐明这些问题的本质和机理,以期能为读者从钢管混凝土工作机理和基本概念方面着手,较全面地了解钢管混凝土结构设计的特点起到“抛砖引玉”之作用。

本书内容研究工作先后得到国家自然科学基金、霍英东教育基金、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、福建省科学计划重点和重大项目、教育部科学技术研究重点项目、建设部研究开发项目、澳大利亚ARC基金重点项目、福建省教育厅重点课题和福建省青年科技人才创新项目等科研课题的资助。

孙彤、龚昌基、乔景川、蔡延义、陈立祖、孙忠飞、程宝坪、王怀忠、卢伟煌、李达

明、卓幸福、于连波和柯峰等同志曾为作者提供了非常有价值的实际工程资料。博士生尧国皇和林晓康参加本书第3章、附录A和附录B的整理工作。研究生霍静思和游经团帮助绘制了部分钢管混凝土结构节点构造图。借此机会向他们表示诚挚感谢!

夏汉强教授在百忙中对本书进行了审阅,并提出许多宝贵的建议和意见,作者非常感激。

本书是对现代钢管混凝土结构技术系列关键问题的探索,其中的一些论点仅代表作者当前对这些问题的认识,有待于进一步补充、完善和提高。

作者怀着感激的心情希望读者对本书存在的不当之处给予批评指正。作者也热切地期望钢管混凝土结构技术不断地趋于完善和成熟,从而使之更好地服务于国家的建设事业。

目 录

主要符号	1
第 1 章 绪言	5
1.1 钢管混凝土的特点	5
1.2 钢管混凝土的发展	8
1.2.1 钢管混凝土的发展概况	8
1.2.2 钢管混凝土的力学性能	10
1.3 钢管混凝土的应用	17
1.4 本书的主要内容	55
第 2 章 结构材料和结构设计的一般原则	57
2.1 引言	57
2.2 材料	57
2.2.1 钢管及连接材料	57
2.2.2 混凝土	59
2.2.3 钢管混凝土	60
2.3 钢管混凝土的刚度	69
2.3.1 轴压刚度	69
2.3.2 弯曲刚度	74
2.3.3 剪切刚度	75
2.4 钢管混凝土设计的一般原则	80
2.5 小结	82
第 3 章 构件承载力计算	83
3.1 引言	83
3.2 计算原理简介	83
3.2.1 轴心受力构件	83
3.2.2 纯弯构件	96
3.2.3 纯扭构件	97
3.2.4 横向受剪构件	98
3.2.5 压(拉)弯构件	99
3.2.6 压扭构件	103
3.2.7 弯扭构件	104
3.2.8 压弯扭构件	104
3.2.9 压弯剪构件	105
3.2.10 压弯扭剪构件	106
3.3 格构式构件承载力计算	107
3.4 长期荷载影响的验算方法	111
3.5 钢管初应力影响的验算方法	118
3.6 钢管混凝土局部受压时的承载力计算	121

3.7 尺寸效应影响分析	123
3.8 规程比较	129
3.8.1 引言	129
3.8.2 一般规定	130
3.8.3 计算结果比较	132
3.9 小结	144
第4章 抗震计算	146
4.1 引言	146
4.2 梁柱承载力的计算方法研究	146
4.2.1 圆钢管混凝土	146
4.2.2 方、矩形钢管混凝土	149
4.3 滞回性能的重要影响因素	152
4.3.1 钢管混凝土荷载-变形滞回关系的特点	152
4.3.2 弯矩-曲率滞回关系的影响因素	153
4.3.3 水平荷载-水平位移滞回关系的影响因素	155
4.4 弯矩-曲率滞回模型	157
4.4.1 圆钢管混凝土	157
4.4.2 方、矩形钢管混凝土	159
4.5 水平荷载-水平位移滞回模型	160
4.5.1 圆钢管混凝土	160
4.5.2 方、矩形钢管混凝土	162
4.6 构件位移延性系数	163
4.7 钢管混凝土混合结构的抗震性能	172
4.7.1 带钢管混凝土边柱的混合结构剪力墙	172
4.7.2 钢管混凝土框架-核心剪力墙混合结构	173
4.8 小结	174
第5章 耐火极限、防火保护和火灾后的修复加固	176
5.1 引言	176
5.2 计算原理概述	176
5.2.1 耐火极限和防火保护层厚度	176
5.2.2 火灾作用后的极限承载力	180
5.3 耐火极限实用计算方法	183
5.4 防火保护层厚度计算	186
5.5 火灾作用后极限承载力和残余变形计算	206
5.5.1 承载力影响系数	206
5.5.2 残余变形	210
5.6 防火构造措施	213
5.7 抗火设计和火灾后修复加固方法讨论	217
5.8 小结	222
第6章 节点构造与设计	223
6.1 引言	223

6.2 节点基本类型和研究现状	223
6.2.1 钢梁-钢管混凝土柱节点	225
6.2.2 钢筋混凝土梁(板)-钢管混凝土柱节点	254
6.3 钢管和混凝土之间的粘结强度	263
6.3.1 粘结强度	263
6.3.2 粘结强度的影响因素	264
6.3.3 粘结强度的验算方法	267
6.3.4 平均粘结应力-相对滑移简化模型	268
6.4 节点构造措施及计算方法	269
6.4.1 钢管混凝土梁柱节点的构造措施	269
6.4.2 其他节点的构造	276
6.4.3 加强环节点的计算方法	277
6.4.4 其他节点的计算	280
6.5 小结	286
第7章 新型钢管混凝土结构	287
7.1 引言	287
7.2 采用高性能材料的钢管混凝土	287
7.2.1 采用高强钢材的钢管混凝土	287
7.2.2 采用高强混凝土的钢管混凝土	288
7.2.3 采用自密实混凝土的钢管混凝土	289
7.3 薄壁钢管混凝土	290
7.4 中空夹层钢管混凝土	294
7.5 FRP 约束钢管混凝土	299
7.5.1 FRP 约束钢管混凝土的轴压性能	300
7.5.2 FRP 加固火灾作用后钢管混凝土的静力性能	301
7.5.3 FRP 加固火灾作用后钢管混凝土的滞回性能	303
7.6 钢管再生混凝土	303
7.7 小结	306
第8章 制作、施工与质量控制	308
8.1 引言	308
8.2 一般规定	308
8.3 钢管的制作和施工	309
8.4 混凝土的施工	310
8.4.1 混凝土的浇筑方式	310
8.4.2 混凝土质量检测方法	312
8.5 验收	313
附录 A 各规程的承载力设计公式	315
A.1 《Building code requirements for structural concrete and commentary》ACI(2005)	315
A.2 《Recommendations for design and construction of concrete filled steel tubular structures》AIJ(1997)	316

A. 3	《Specification for structural steel buildings》AISC(2005)	319
A. 4	《Steel, concrete and composite bridges, Part 5: Code of practice for design of composite bridges》BS 5400(2005)	321
A. 5	《矩形钢管混凝土结构技术规程》CECS 159 : 2004	325
A. 6	《钢管混凝土结构技术规程》DBJ 13 - 51 - 2003	329
A. 7	《钢-混凝土组合结构设计规程》DL/T 5085 - 1999	331
A. 8	《Design of steel and concrete structures-Part 1-1: General rules and rules for building》EC 4(2004)	333
A. 9	《战时军港抢修早强型组合结构技术规程》GJB 4142 - 2000	336
附录 B	计算例题	339
B. 1	引言	339
B. 2	格构式柱承载力验算	339
B. 3	单肢柱承载力验算	352
B. 3.1	圆钢管混凝土构件	352
B. 3.2	方钢管混凝土构件	365
B. 3.3	中空夹层钢管混凝土构件	374
B. 4	长期荷载作用影响验算	377
B. 5	施工引起的钢管初应力影响验算	378
B. 6	滞回模型计算	380
B. 6.1	弯矩-曲率滞回模型	380
B. 6.2	水平荷载-水平位移滞回模型	383
B. 6.3	构件位移延性系数计算	385
B. 7	防火保护层厚度计算	386
B. 7.1	圆钢管混凝土柱	386
B. 7.2	方钢管混凝土柱	399
B. 7.3	矩形钢管混凝土柱	406
B. 8	节点计算	408
B. 8.1	圆钢管混凝土	408
B. 8.2	方、矩形钢管混凝土	409
B. 9	收缩计算	410
	参考文献	412

主要符号

a	钢管混凝土构件的防火保护层厚度
A_c	核心混凝土横截面面积
A_{ce}	中空夹层钢管混凝土的名义核心混凝土横截面面积。对于圆套圆中空夹层钢管混凝土, $A_{ce} = \pi(D - 2t_o)^2/4$; 对于方套圆中空夹层钢管混凝土, $A_{ce} = (B - 2t_o)^2$
A_s	钢管横截面面积
A_{sc}	钢管混凝土横截面面积。对于实心钢管混凝土, $A_{sc} = A_s + A_c$; 对于中空夹层钢管混凝土, $A_{sc} = A_{so} + A_c + A_{si}$
A_{sco}	中空夹层钢管混凝土外钢管和夹层混凝土的横截面面积之和($=A_{so} + A_c$)
A_{si}	中空夹层钢管混凝土内钢管的横截面面积
A_{so}	中空夹层钢管混凝土外钢管的横截面面积
B	方钢管横截面外边长、矩形钢管横截面短边外边长或方套圆中空夹层钢管混凝土外钢管横截面外边长
B/t	方钢管横截面的宽厚比, 或矩形钢管横截面短边的宽厚比
C	钢管混凝土构件截面周长, 对于圆钢管混凝土, $C = \pi D$; 对于方钢管混凝土, $C = 4B$; 对于矩形钢管混凝土, $C = 2(D + B)$
C30	表示立方体抗压强度标准值为 30N/mm^2 的混凝土强度等级
CFST	钢管混凝土(Concrete-Filled Steel Tubes)的英文简写
COV	均方差
D	圆钢管横截面外直径、矩形钢管横截面长边外边长或圆套圆中空夹层钢管混凝土外钢管横截面外直径
D/t	圆钢管横截面的径厚比, 或矩形钢管横截面长边的宽厚比
D_i	中空夹层钢管混凝土内钢管横截面外直径
e	轴向荷载偏心距
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}	钢管混凝土组合轴压弹性模量
E_{sch}	钢管混凝土组合轴压强化模量
f	钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值

f_{au}	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	混凝土轴心抗压强度设计值
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_o	中空夹层钢管混凝土外钢管钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值
f_{sc}	钢管混凝土组合轴压强度设计值
f_{scp}	钢管混凝土轴心受压时的比例极限
f_{scv}	钢管混凝土组合抗剪强度设计值
f_{scvp}	钢管混凝土纯剪切时的比例极限
f_{scvy}	钢管混凝土纯剪切时的强度指标
f_{scy}	钢管混凝土轴心受压时的强度指标
f_v	钢材的抗剪强度设计值
f_y	钢材的屈服强度(或屈服点)
f_{yi}	中空夹层钢管混凝土内钢管的屈服强度
f_{yo}	中空夹层钢管混凝土外钢管的屈服强度
G_c	混凝土剪变模量
G_s	钢材剪变模量
G_{sc}	钢管混凝土剪变模量
i	钢管混凝土构件横截面回转半径($=\sqrt{I_{sc}/A_{sc}}$)
I_c	核心混凝土截面惯性矩
I_s	钢管截面惯性矩
I_{sc}	钢管混凝土截面惯性矩
k_{cr}	长期荷载作用影响系数
k_p	钢管初应力影响系数
k_r	火灾作用后钢管混凝土构件的承载力影响系数
k_t	火灾作用下钢管混凝土构件的承载力影响系数
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_{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	弯矩
$M_{r,u}$	中空夹层钢管混凝土内钢管的极限弯矩
M_u	钢管混凝土抗弯承载力
M_{uc}	钢管混凝土梁柱抗弯承载力计算值
M_{ue}	钢管混凝土梁柱抗弯承载力实验值
M_{ux}	矩形钢管混凝土绕强轴($x-x$)弯曲时的抗弯承载力

M_{uy}	矩形钢管混凝土绕弱轴(y - y)弯曲时的抗弯承载力
M_y	屈服弯矩
n	长期荷载比、轴压比或火灾荷载比
N	轴向压力
$N_{i,u}$	中空夹层钢管混凝土内钢管的轴压极限承载力
N_o	作用在钢管混凝土柱上的恒定轴心压力
$N_{osc,u}$	中空夹层钢管混凝土外钢管和夹层混凝土的轴压极限承载力
N_{tu}	钢管混凝土抗拉强度承载力
N_u	钢管混凝土构件轴心受压时的极限承载力
$N_{u,cr}$	考虑长期荷载作用影响时钢管混凝土柱的极限承载力
N_{ul}	钢管混凝土柱的局部受压承载力
N_{uo}	钢管混凝土轴心受压时的强度承载力
$N_{u,p}$	考虑钢管初应力影响时钢管混凝土柱的极限承载力
N_{ut}	钢管混凝土轴心受拉时的强度承载力
$N_u(t)$	火灾作用下(后)钢管混凝土柱的极限承载力
P	钢管混凝土构件的水平荷载
P_{uc}	钢管混凝土梁柱水平承载力计算值
P_{ue}	钢管混凝土梁柱水平承载力实验值
Q235	表示屈服强度为 235N/mm^2 的钢材牌号
t	钢管壁厚度或火灾持续时间
t_R	钢管混凝土柱的耐火极限
t_i	中空夹层钢管混凝土内钢管的壁厚
t_o	中空夹层钢管混凝土外钢管的壁厚
T	温度或扭矩
T_u	抗扭强度承载力
u_m	构件中截面挠度
u_{mt}	火灾作用后钢管混凝土构件的残余变形
V	剪力
V_u	抗剪强度承载力
W_{scm}	截面抗弯模量
W_{sct}	截面抗扭模量
W_{si}	中空夹层钢管混凝土内钢管的截面抗弯模量
α	钢管混凝土构件截面含钢率。对于实心钢管混凝土, $\alpha = A_s/A_c$; 对于中空夹层钢管混凝土, $\alpha = A_{so}/A_c$
α_n	中空夹层钢管混凝土的名义含钢率($=A_{so}/A_{ce}$)
β	钢管初应力系数 [$=\sigma_{so}/(\varphi_s \cdot f_y)$] 或矩形钢管截面高宽比($=D/B$)
β_m	等效弯矩系数
β_u	钢管对混凝土收缩的制约影响系数
Δ	钢管混凝土构件的水平位移

ϵ	应变
ϵ_{\max}	受弯构件中截面外边缘纤维最大拉应变
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}	收缩应变
ϕ	曲率
φ	钢管混凝土轴心受压柱的稳定系数
φ_{s}	空钢管轴心受压柱的稳定系数
γ	剪应变
γ_{m}	抗弯承载力计算系数 [$=M_{\text{u}}/(W_{\text{scm}} \cdot f_{\text{scy}})$]
γ_{t}	抗扭强度承载力计算系数 [$=T_{\text{u}}/(\tau_{\text{scy}} \cdot W_{\text{set}})$]
γ_{ts}	钢管混凝土受拉计算系数
γ_{sep}	钢管混凝土纯剪切时比例极限对应的剪应变
γ_{v}	抗剪强度承载力计算系数 [$=V_{\text{u}}/(\tau_{\text{scy}} \cdot A_{\text{sc}})$]
λ	构件长细比(L/i)
μ	构件位移延性系数
ρ	质量密度
θ	夹角或转角
σ_{sc}	钢管混凝土轴心受压时的名义压应力($=N/A_{\text{sc}}$)
σ_{so}	钢管初应力
τ	剪应力
τ_{sep}	钢管混凝土纯剪切时的比例极限
τ_{scy}	钢管混凝土抗扭屈服强度指标
χ	中空夹层钢管混凝土的截面空心率, 对于圆套圆中空夹层钢管混凝土, $\chi = D_{\text{i}}/(D-2t_{\text{o}})$; 对于方套圆中空夹层钢管混凝土, $\chi = D_{\text{i}}/(B-2t_{\text{o}})$
ξ	约束效应系数。对于实心钢管混凝土, $\xi = \alpha \cdot f_{\text{y}}/f_{\text{ck}}$; 对于中空夹层钢管混凝土, $\xi = \alpha_{\text{n}} \cdot f_{\text{yo}}/f_{\text{ck}}$
ξ_{o}	约束效应系数设计值。对于实心钢管混凝土, $\xi_{\text{o}} = \alpha \cdot f/f_{\text{c}}$; 对于中空夹层钢管混凝土, $\xi_{\text{o}} = \alpha_{\text{n}} \cdot f_{\text{o}}/f_{\text{c}}$

第 1 章 绪 言

1.1 钢管混凝土的特点

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。

目前工程中最常用的钢管混凝土构件横截面形式主要有三种，即圆形、方形和矩形，如图 1.1-1 所示。

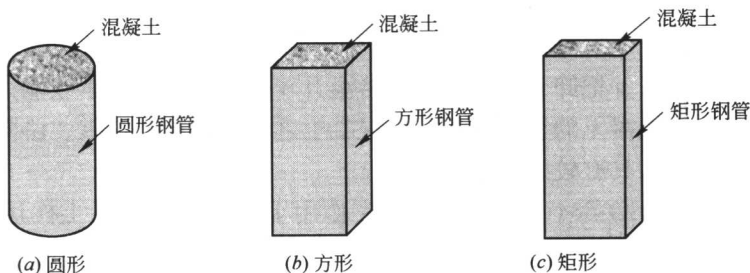


图 1.1-1 钢管混凝土横截面形式示意图

钢管混凝土结构的特点可简要归纳如下：

(1) 承载力高

钢管混凝土构件在受力过程中，钢管可有效地约束其核心混凝土，从而延缓其受压时的纵向开裂；核心混凝土的存在可有效地延缓或避免薄壁钢管过早地发生局部屈曲。这样，两种材料相互弥补了彼此的弱点，却可以充分发挥各自的长处，从而使钢管混凝土具有很高的承载能力，一般都高于组成钢管混凝土的钢管和核心混凝土单独受荷时的极限承载能力的叠加。

(2) 塑性和韧性好

众所周知，混凝土(尤其高强度混凝土)的脆性相对较大。如果将混凝土灌入钢管中形成钢管混凝土，混凝土在钢管的约束下，其脆性可得到有效地改善，塑性性能得到提高。一些研究结果还表明，钢管混凝土在承受冲击荷载时具有良好的韧性(刘亚玲，2005；王克政，2005；张望喜等，2006)。

由于钢管混凝土具有良好的塑性和韧性，因而抗震性能良好。

(3) 制作和施工方便

和钢筋混凝土柱相比，采用钢管混凝土时没有绑扎钢筋、支模和拆模等工序，施工简便。此外混凝土的浇筑也更为方便，特别是目前采用泵送混凝土、高位抛落免振捣混凝土和自密实混凝土等工艺，更可加速混凝土的施工进度。与钢结构构件相比，钢管混凝土的