

# 空心 and 实心 钢管混凝土结构

查晓雄 著



科学出版社

# 空心 and 实心钢管混凝土结构

查晓雄 著

科学出版社

北京

**谨以此书纪念我的父亲查沛云先生**

## 序

作者主要从理论方面分析和论证了钢管混凝土构件与结构的工作性能,提出了设计方法,内容较为深入丰富,很有实用意义。

在钢管混凝土构件的研究工作中,采用了我国首创的钢管混凝土统一理论,对各种构件的工作性能进行了分析和验证,提出了统一设计公式。

钢管混凝土统一理论是把钢管混凝土视为组合而成的统一体,视为一种组合材料,用理论分析法或有限元法求其荷载和应变的关系曲线,由此关系曲线即可确定钢管混凝土统一体的抗压强度和轴压弹性模量。同理,由统一体的受扭、受剪与受弯的荷载与变形的关系曲线,可得统一的受扭、受剪与抗弯的极限强度和抗剪、抗弯模量,进而确定复杂受力状态的相关公式,取得合理的结果。

采用的有限元模型包括:常温下混凝土和钢管各种截面的有限元模型、火灾下各种截面的有限元模型、抗震分析时所需的模型、混凝土徐变和施工影响的模型、钢管局部稳定的模型、混凝土裂缝模型、混凝土高温下的剥落模型,以及混凝土防腐电化学脱盐模型等。有了以上各种模型后,用 ABAQUS 软件进行构件在各种受状态下的运算。

理论分析和有限元分析包括下列内容:

一、由弹塑性厚壁筒理论解得空心圆形构件抗压强度值。对不同截面形状所产生的不同紧箍效应,用有效约束等效折减成均匀约束力。当管内混凝土的内半径为零时,即为实心各截面的结果。由此,导出多边形构件的抗压强度值的统一公式。进行适当的简化,得到抗压强度的统一设计公式,和试验结果吻合较好。

二、对于轴压长柱的稳定问题,由于把钢管混凝土视为一种组合材料的统一体,可采用钢结构规范的公式,由各种截面的正则长细比确定稳定系数。由此确定了轴压长柱的稳定设计公式。此稳定系数和设计公式同时适用于空心 and 实心的各种截面的构件。

三、由构件受弯时的应力状态确定受压区的范围后,导出抗弯极限承载力设计公式。与实验结果比较,吻合很好。最后提出简化公式,并与实验结果比较,吻合仍很好。

四、对于复杂受力状态,先不考虑钢管对混凝土的套箍作用,得到各外力间的相关公式。再通过套箍作用对各极限承载力进行修正,最后得出各外力作用下的相关方程,所受外力有轴力、剪力、扭矩和弯矩。因而相关式分别得剪弯、扭弯、剪扭弯和压弯扭剪相关方程。同时,考虑了钢管对混凝土的紧箍效应,及压弯的组合

效应,对方程进行了修正,得到设计规程中的复杂应力状态下的验算公式。将此公式的计算结果与收集到的一些试验结果相比较,证明公式合理可行。上述理论公式的计算结果和有限元模型结果比较,吻合良好。

五、钢管混凝土构件由于管内存在混凝土,因而防火性能比钢结构强。对实心构件的耐火性能进行了有限元分析,考虑了柱端弯矩的影响,分析后提出耐火时间的拟合公式,误差在 10% 以内。同理,进行了空心构件防火性能的研究,因管内混凝土较实心构件少,其耐火时间比实心时的短。最后,提出了实心 and 空心构件防火涂料厚度的计算公式。

对于中空空心钢管混凝土构件,在火灾发生时,由于受火的熏烤,管内混凝土会剥落,因而进行了管内混凝土剥落对构件防火性能影响的研究,拟合和回归了混凝土剥落与时间的关系,与实验结果差别很小。

为了解框架结构的防火性能与单个柱的防火性能的区别,对三个钢管混凝土柱和梁连接的框架结构进行了火灾时几种受火情况和参数的分析,最后得框架柱耐火时间的计算公式,与实验结果基本吻合。

六、管内混凝土在长期荷载作用下将发生徐变,混凝土产生徐变将使内力产生重分布。混凝土卸载,而钢管加载。混凝土和钢管的弹性模量均发生了变化,结果影响了柱的稳定承载力。用 ABAQUS 有限元徐变程序分析了混凝土徐变对空心构件轴压与偏压时承载力的影响,得到徐变影响系数。当空心率为零时,即得实心构件的结果,有限元模型结果与试验结果吻合良好。

七、当前在高层建筑的施工中,施工速度很快,往往在管内混凝土未达设计强度前,就连续向上施工,因而进行了钢管混凝土结构连续施工时安全性的评估。包括两个因素:最底层柱安装后,空钢管先开始承受荷载,各层柱先后浇灌混凝土,因而管内混凝土在不同龄期分别承受荷载作用。对上述问题进行分析,研究了钢管初应力对构件承载力的影响,分析了施工过程中管内混凝土不同龄期时对柱子强度和刚度的影响,有限元模型结果与试验结果比较,吻合良好。

八、对于实心钢管混凝土构件的抗震性能,国内外已有了一些研究成果,因而作者对空心构件的抗震性能进行了有限元分析。经有限元分析得到的滞回曲线和骨架曲线比较精确,但较复杂,因而提出了简化,并进行了非线性回归、优化和修正,导出了最大水平荷载和位移的计算公式,以及构件刚度退化公式。

九、在高层建筑中通常采用的钢管混凝土柱的节点,都有现场焊接工作,不但影响了施工进度,而且现场焊接往往出现质量问题。因而作者提出了两种无现场焊接的节点形式:搭接节点和钢筋套筒连接节点。对常用的焊接节点、搭接节点和钢筋套筒连接节点三种节点共 11 个试件进行了试验。试验结果是:焊接节点的滞回曲线很饱满,耗能性能良好。搭接节点的强度、水平位移和滞回性能都低于焊接节点。新型钢筋套筒连接节点的滞回性能与焊接节点类似。由此证明了搭接节点

和钢筋套筒连接节点都可用,可供参考。

试验中采用了梁端作用反复加载的常规方法,只对一个钢筋套筒连接节点柱端除轴向压力外,作用着水平反复加载。试验结果是:柱端加载时,滞回曲线更为饱满,耗能能力也较强。梁端加载时,滞回曲线呈明显的倒 S 型,耗能能力也明显相对较弱。此两种加载方法得到的结果存在着明显的区别。作者认为柱端加载更能反映柱子节点域抗地震时的性能,而且也引入了轴力的二阶效应,更符合地震时的受力情况。梁端加载时,首先反映的是梁在靠近柱身处的受力情况,把梁端加强后,才能反映柱子节点域的受力性能。这是作者的创举,可供读者参考。

十、针对钢管混凝土柱的局部稳定问题,运用 ABAQUS 软件对空心钢管混凝土已有的试验进行了局部稳定性能的分析研究。运用屈强系数的概念,确定了各种截面构件的宽厚比和径厚比限值,并对一些典型算例进行了分析,包括各种因素的影响。

十一、采用超声波对测法对钢管混凝土柱中存在的脱层和空洞缺陷进行了研究。由于超声波通过钢管或混凝土的速率不同,可以根据首波判定混凝土中是否存在孔洞或缺陷;根据波型的畸变程度,可判定管内混凝土的浇灌质量。

总之,该书的内容十分丰富,理论性较强,还在各章末尾,列出了继续研究和发展的展望,为钢管混凝土结构的发展与应用作出了有力的贡献。

钟善桐  
2011年1月

## 前 言

本书内容主要是我和钟善桐老师,以及后来的研究生一起的研究成果,可以将钢管混凝土结构看成结构领域的一个浓缩,这样所有结构领域的新成果都可以应用到这个领域,从而把钢管混凝土结构发扬光大,用现在的话说就是多学科紧密的交叉结合,发现创新点。在此向恩师钟善桐教授表示感谢。

立足经典理论、揭示内部规律,虽然这样,还有很多现实问题需要解决,理论解需要时间,暂时采用计算回归公式的方法,也可认为一时的权宜之举,在本书中也会多次用到。因此本书以及今后的科研,尽量先走理论分析的道路,因为这是揭示事物内部规律的最好方法,有限元计算的效果等同试验,二者最好仅作为理论推导的验证工具,这样更有利于科研的发展,本书更注重方法方面的讲述,在一些结论上可能存在一些不成熟的地方,主要目的是作为技术和科研人员的参考书。同时也希望这本书作为我们课题组今后研究的指导思想,从中挖掘思路、开拓思路,并且找到新的方向。

在这个工程中,许多成果都是和研究生一起探讨得到的,在此也对他们的智慧、努力以及勇于开拓的作风表示感谢!

总之,本书是自己真正从事科研六年来的总结和反思(2003~2010年),故感谢哈尔滨工业大学深圳研究生院给我提供的机会和条件,感谢同甘共苦的硕士和博士。本书主要是科研探索的体会和经验的总结。

本书原本作为我的课题组成员学习、选题等的方向性资料,现出版为专著,可以作为一种辅助性的资料,具有较强的针对性、启发性、指导性和补充性的特点。本书在内容上做了以下安排:

第1章主要介绍空实心钢管混凝土结构应用和特点,存在的问题;

第2章介绍空实心钢管混凝土统一理论和统一设计公式的推导;

第3章介绍空实心钢管混凝土数值计算理论;

第4章详细讲解空实心钢管混凝土防火性能的研究;

第5章介绍钢管混凝土徐变性能;

第6章介绍钢管混凝土结构连续性施工安全性评估;

第7章介绍空心钢管混凝土抗震性能的研究;

第8章介绍钢管混凝土节点抗震性能的研究;

第9章介绍钢管混凝土局部稳定的研究;

第10章介绍钢管混凝土无损检测的研究。

作者衷心希望本书提供的内容能够对读者有所帮助。由于作者的水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请广大读者批评指正。

最后感谢深圳市科技工贸和信息化委员会、深圳市南山区科技局、深圳市赤晓建筑科技有限公司、雅致集成房屋股份有限公司、中国建筑第五工程局有限公司对项目的大力支持！



# 目 录

序

前言

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 空实心钢管混凝土的应用及特点 .....	1
1.1.1 实心钢管混凝土 .....	1
1.1.2 空心钢管混凝土 .....	7
1.2 存在的问题.....	10
1.3 本书研究思路和内容.....	10
参考文献 .....	11
<b>第 2 章 空实心钢管混凝土统一理论和统一设计公式</b> .....	12
2.1 空实心钢管混凝土轴压承载力统一理论研究.....	12
2.1.1 引言 .....	12
2.1.2 空心和实心圆形钢管混凝土柱的数学模型.....	13
2.1.3 空实心钢管混凝土轴压组合强度统一公式推导 .....	14
2.1.4 空实心钢管混凝土轴压承载力 .....	30
2.1.5 空实心钢管混凝土组合刚度研究 .....	35
2.2 空实心钢管混凝土纯弯强度统一公式.....	39
2.2.1 引言 .....	39
2.2.2 理论假设和受力分析 .....	40
2.2.3 方形构件.....	40
2.2.4 八边形构件 .....	44
2.2.5 实用简化公式 .....	50
2.3 空实心钢管混凝土构件复杂受力下承载力研究.....	53
2.3.1 引言 .....	53
2.3.2 塑性平衡桁架理论 .....	54
2.3.3 平衡方程的推导 .....	55
2.3.4 复杂受力下模型的等效 .....	79
2.3.5 相关方程的推导 .....	80
2.3.6 钢管与混凝土的相互作用对相关方程的修正 .....	87
2.4 有限元验证.....	92

2.4.1	有限元模型的建立	92
2.4.2	有限元模型的验证	93
2.4.3	理论公式计算结果与有限元结果比较	94
2.4.4	理论公式计算结果与试验结果比较	97
2.5	实验验证	101
2.5.1	引言	101
2.5.2	钢管和混凝土的材料性能试验	101
2.5.3	钢管混凝土轴压试验	105
2.6	结论和展望	117
	参考文献	119
<b>第3章</b>	<b>空实心钢管混凝土数值计算理论</b>	<b>120</b>
3.1	引言	120
3.2	有限元计算	120
3.2.1	常温条件下材料静力本构关系及其参数确定	120
3.2.2	钢管混凝土防火计算模型	126
3.2.3	适用于动力计算模型	134
3.2.4	适用于结构整体分析的钢管混凝土纤维梁模型	143
3.2.5	考虑混凝土徐变和施工影响的钢管混凝土模型	146
3.2.6	钢管混凝土局部稳定模型	154
3.2.7	常温和高温下 CFRP 模型	157
3.2.8	常温和高温下 GFRP 模型	159
3.2.9	高温下混凝土裂纹模型	160
3.2.10	混凝土高温下剥落模型	161
3.2.11	混凝土防腐电化学脱盐有限元模型	174
3.2.12	钢管与混凝土界面模型	178
3.3	有限元结果与试验结果的对比	180
3.3.1	轴压短柱	180
3.3.2	轴压长柱	181
3.3.3	纯弯构件	182
3.3.4	偏压构件	184
3.3.5	冲击	184
3.3.6	抗震	194
3.3.7	徐变构件	197
3.3.8	钢管混凝土构件温度场	199
3.3.9	钢管混凝土构件防火	202

3.3.10	高温下混凝土内部孔隙压力验证 .....	204
3.3.11	混凝土防腐电化学脱盐模型验证 .....	206
3.3.12	局部稳定问题 .....	209
3.3.13	FRP 高温下验证 .....	212
3.4	总结和展望 .....	214
	参考文献 .....	214
<b>第 4 章</b>	<b>空实心钢管混凝土防火性能</b> .....	<b>218</b>
4.1	引言 .....	218
4.2	研究现状 .....	219
4.2.1	总体研究阶段 .....	219
4.2.2	实心钢管混凝土构件防火国外研究现状 .....	220
4.2.3	实心钢管混凝土构件防火国内研究现状 .....	221
4.2.4	空心钢管混凝土防火研究现状 .....	221
4.2.5	钢管混凝土框架抗火性能的研究现状 .....	221
4.3	基本假定和判断防火失效准则 .....	222
4.4	实心钢管混凝土构件的耐火性能有限元分析 .....	223
4.4.1	概述 .....	223
4.4.2	钢管混凝土防火有限元模型 .....	224
4.4.3	实心钢管混凝土柱耐火极限分析 .....	225
4.5	空心钢管混凝土构件的耐火性能研究 .....	237
4.5.1	空心率对钢管混凝土温度场的影响 .....	237
4.5.2	不同火荷载下空心率对钢管混凝土耐火性能的影响 .....	237
4.6	空实心钢管混凝土防火涂料厚度的计算方法 .....	242
4.6.1	第一种保护方案 .....	243
4.6.2	第二种保护方案 .....	244
4.7	混凝土或水泥砂浆脱落问题的研究 .....	246
4.7.1	概述 .....	246
4.7.2	研究现状 .....	247
4.7.3	有限元模型的建立 .....	249
4.7.4	骨架应力 .....	250
4.7.5	模拟结果 .....	250
4.7.6	剥落的产生及回归分析 .....	253
4.8	钢管混凝土框架结构耐火性能 .....	263
4.8.1	概述 .....	263
4.8.2	计算模型 .....	264

4.8.3	计算结果与分析	266
4.8.4	标准耐火试验与实际框架中构件抗火性能的比较	271
4.8.5	钢管混凝土框架柱耐火极限计算公式	276
4.9	总结和展望	282
	参考文献	283
<b>第5章</b>	<b>徐变对空心钢管混凝土构件承载力的影响</b>	<b>288</b>
5.1	引言	288
5.2	国内外现状	288
5.3	空心钢管混凝土徐变影响的理论分析	292
5.3.1	基于切线模量理论的空心钢管混凝土轴压构件欧拉临界力公式	292
5.3.2	混凝土的切线模量与应变的关系	292
5.3.3	弹塑性阶段钢材的切线模量与应变的关系	293
5.3.4	徐变影响的理论公式	294
5.3.5	基于切线模量理论的偏压构件稳定承载力公式	295
5.4	有限元模型	296
5.4.1	ABAQUS有限元徐变法则	296
5.4.2	有限元模型的建立	297
5.4.3	有限元与试验对比	298
5.5	核心混凝土徐变对空心钢管混凝土轴压稳定的影响	301
5.5.1	轴压构件徐变量的计算	301
5.5.2	徐变前后混凝土与钢材模量变化	303
5.5.3	徐变影响系数的确定	304
5.6	徐变对空心钢管混凝土偏心受压构件稳定承载力的影响	305
5.7	总结和展望	310
5.7.1	总结	310
5.7.2	展望	311
	参考文献	311
<b>第6章</b>	<b>钢管混凝土结构连续性施工安全性评估</b>	<b>313</b>
6.1	引言	313
6.2	国内外研究现状	314
6.2.1	钢管初应力的研究现状	314
6.2.2	钢管混凝土徐变研究现状	314
6.2.3	施工控制研究现状	314
6.3	连续性分级加载施工中钢管初应力和龄期混凝土徐变的影响	316
6.3.1	连续性分级加载施工中各种影响因素	316

6.3.2	试验研究 .....	321
6.3.3	有限元计算 .....	327
6.3.4	龄期对轴压、偏压构件承载力的影响 .....	329
6.3.5	连续性施工时钢管初应力和龄期混凝土徐变的影响 .....	343
6.3.6	管内混凝土徐变引起的内力变化与钢管初应力影响的统一 .....	361
6.4	总结和展望 .....	366
6.4.1	总结 .....	366
6.4.2	展望 .....	366
	参考文献 .....	366
<b>第7章</b>	<b>空心钢管混凝土的抗震性能</b> .....	<b>368</b>
7.1	引言 .....	368
7.2	钢管混凝土抗震性能研究现状 .....	369
7.2.1	实心钢管混凝土抗震性能国外研究现状 .....	369
7.2.2	实心钢管混凝土抗震性能国内研究现状 .....	370
7.3	空心钢管混凝土抗震性能有限元分析 .....	371
7.3.1	空心率对骨架曲线的影响 .....	371
7.3.2	钢材强度对骨架曲线的影响 .....	373
7.3.3	混凝土强度对骨架曲线的影响 .....	374
7.3.4	长细比对骨架曲线的影响 .....	375
7.3.5	轴压比对骨架曲线的影响 .....	376
7.3.6	含钢率对骨架曲线的影响 .....	376
7.4	骨架曲线简化模型的提出 .....	377
7.4.1	骨架曲线简化模型的提出 .....	378
7.4.2	骨架曲线简化模型中各参数确定 .....	378
7.5	空心钢管混凝土位移延性系数的计算 .....	406
7.5.1	空心钢管混凝土位移延性系数的定义 .....	406
7.5.2	延性系数公式的得出 .....	407
7.5.3	延性系数公式的验证 .....	407
7.6	空心钢管混凝土框架结构抗震性能研究 .....	409
7.6.1	地震波的选择 .....	409
7.6.2	空心钢管混凝土框架模型的建立过程 .....	410
7.6.3	空心率对结构的影响 .....	413
7.6.4	截面形状对结构的影响 .....	415
7.6.5	空心结构与普通结构的对比 .....	417
7.7	总结和展望 .....	420

7.7.1	总结	420
7.7.2	展望	420
	参考文献	421
<b>第8章</b>	<b>钢管混凝土现场无焊接节点抗震性能</b>	<b>423</b>
8.1	引言	423
8.2	钢筋混凝土梁-钢管混凝土柱节点抗震性能试验研究	424
8.2.1	试件准备及装置说明	424
8.2.2	试验现象及分析	439
8.2.3	试验结果及分析	444
8.3	钢筋混凝土梁-钢管混凝土柱节点抗震性能有限元分析	452
8.3.1	三维有限元节点模型的建立与计算	452
8.3.2	节点试验有限元分析结果	454
8.3.3	忽略节点域变形的节点初始刚度简化分析	460
8.3.4	影响钢管混凝土节点抗震性能的参数分析	465
8.4	钢筋混凝土梁-钢管混凝土柱节点骨架曲线理论分析	475
8.4.1	弹性阶段初始刚度计算	475
8.4.2	塑性阶段与退化阶段的强度与刚度计算	483
8.4.3	骨架曲线理论模型与有限元对比验证	486
8.5	结论和展望	490
8.5.1	结论	490
8.5.2	展望	490
	参考文献	491
<b>第9章</b>	<b>钢管混凝土局部稳定性研究</b>	<b>492</b>
9.1	引言	492
9.2	研究现状	492
9.3	有限元和理论计算模型	495
9.3.1	局部稳定计算的有限元模型建立	495
9.3.2	空心薄壁钢管混凝土发生局部屈曲时判断标准	496
9.4	空心薄壁方钢管混凝土柱局部屈曲性能分析	498
9.4.1	空心薄壁方钢管混凝土柱的破坏形态分析	498
9.4.2	空心薄壁方钢管混凝土柱的荷载位移曲线	499
9.4.3	各种因素对构件屈曲性能的影响	500
9.4.4	空心薄壁方钢管混凝土柱局部屈曲宽厚比限值的确定	505
9.4.5	空心薄壁方钢管混凝土柱局部屈曲宽厚比限值的比较	506
9.5	空心薄壁八边形钢管混凝土柱局部屈曲性能分析	512

9.5.1	空心薄壁八边形钢管混凝土柱的破坏形态分析	512
9.5.2	空心薄壁八边形钢管混凝土柱的应变荷载曲线分析	513
9.5.3	各种因素对屈曲性能的影响	513
9.5.4	空心薄壁八边形钢管混凝土柱宽厚比限值的确定	517
9.5.5	与空八边形钢管局部屈曲性能的比较	517
9.6	空心薄壁十六边形钢管混凝土柱局部屈曲性能分析	520
9.6.1	径厚比变化对构件屈曲性能的影响	520
9.6.2	与空十六边形钢管局部屈曲性能的比较	521
9.7	空心薄壁圆形钢管混凝土柱局部屈曲性能分析	524
9.7.1	径厚比变化对构件屈曲性能的影响	524
9.7.2	空心薄壁圆钢管混凝土柱径厚比限值的比较	525
9.8	总结和展望	527
9.8.1	总结	527
9.8.2	展望	527
	参考文献	528
<b>第 10 章</b>	<b>钢管混凝土无损检测</b>	<b>530</b>
10.1	引言	530
10.2	超声波检测原理及方法	530
10.2.1	传统的超声波检测原理	530
10.2.2	检测方法	530
10.3	结合 HHT 分析的超声检测法	532
10.3.1	经验模态分解法	533
10.3.2	Hilbert 变换	534
10.3.3	超声信号的预处理	535
10.4	试验研究	537
10.4.1	无缺陷位置与脱层位置的对比	538
10.4.2	无缺陷位置与内含杂物位置的对比	539
10.4.3	无缺陷位置与中心孔洞位置的对比	540
10.5	总结和展望	540
10.5.1	总结	540
10.5.2	展望	541
	参考文献	541

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 空实心钢管混凝土的应用及特点

钢管混凝土是指在钢管中填充混凝土而形成的构件。按制作方式的不同,可分为空心钢管混凝土和实心钢管混凝土,其中,实心钢管混凝土采用浇灌的方式制作,混凝土完全填满钢管,空心钢管混凝土采用离心法浇筑管内混凝土并通过蒸汽养生制成,混凝土部分为中空。

钢管混凝土由于钢管对其核心混凝土的约束作用,使混凝土处于三轴应力状态,从而提高了混凝土的强度、塑性等力学性能。同时由于混凝土的存在,可以延缓或避免钢管过早地发生局部屈曲,从而可以保证钢材性能的充分发挥。此外,在施工过程中,钢管还可以作为浇筑混凝土的模板,节省模板费用,加快施工速度。钢管混凝土不仅可以弥补两种材料各自的缺点,而且能够充分发挥它们的优点,使得钢管混凝土具有承载力高、塑性和韧性良好、施工方便、耐火性能较好和经济效益高等优点。

### 1.1.1 实心钢管混凝土<sup>[1~8]</sup>

实心钢管混凝土柱是指在钢管中全部填充混凝土而形成的构件,根据形状可分为圆形、方形、矩形和多边形,如图 1-1 所示。圆形钢管混凝土柱受压时具有诸多优点,在实际工程中应用最多,往往成为钢管混凝土柱的代名词;方形、矩形钢管混凝土柱因外形在建筑上有利,主要应用于多层和高层民用建筑中。内填混凝土强度级别较高的又称为钢管高强混凝土柱。钢管混凝土柱最宜用作轴心受压构件以及小偏心受压构件,当偏心较大时,应采用二肢、三肢或四肢组成的组合式构件。

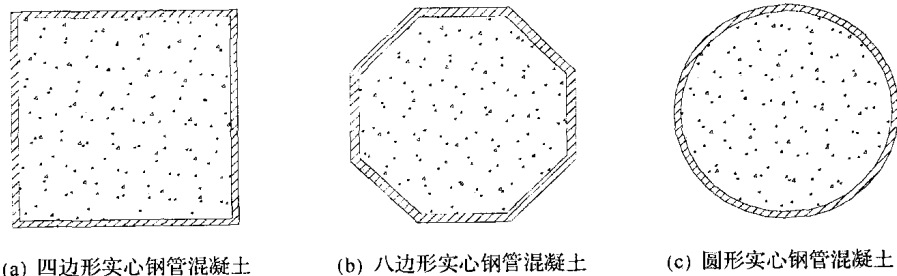


图 1-1 实心钢管混凝土截面



早在 1879 年在英国 Seven 铁路桥的建造中就使用了钢管混凝土桥墩,防止钢管内的锈蚀并承受压力。1897 年美国 Lally 将圆形钢管混凝土应用于房屋建筑中,并命名为 Lally 柱。随后 20 世纪 20 年代在美国各地出现了一些单层和多层的钢管混凝土承重柱。法国巴黎在 1930 年建造了一座跨度 9m 的上承式钢管混凝土拱桥。苏联列宁格勒(现俄罗斯圣彼得堡)建造了横跨涅瓦河 101m 的下承式钢管混凝土拱桥,1939 年在西伯利亚建成了跨度为 140m 的上承式钢管混凝土铁路拱桥。60 年代前后,因管内浇灌混凝土劳动强度大,使钢管混凝土的应用趋缓。到 20 世纪 80 年代,由于泵送混凝土技术的出现和应用,使得钢管混凝土柱的应用步入了一个新的发展时期。日本很多 10 层左右的多层建筑利用泵送技术采用了钢管混凝土柱,在多次地震灾害中表现出良好的抗震性能,1998 年竣工的埼玉县雄狮广场 55 层住宅楼,是日本采用钢管混凝土的最高高层建筑。澳大利亚第一座采用钢管混凝土柱的高层建筑是 1991 年建成位于墨尔本的 46 层联邦中心大厦办公楼。20 世纪 80 年代末 90 年代初,美国在西雅图建造了两座钢管混凝土高层建筑:58 层的联合广场大厦和 44 层的太平洋第一中心大厦。

我国从 20 世纪 60 年代中期开始引入钢管混凝土柱,首先用于首都地铁工程中北京站和前门站两个站台工程中,由于它特别符合中国的国情,使得我国成为钢管混凝土应用最广泛的国家,其应用主要有以下几个方面:

① 工业厂房:有本钢、鞍钢、首钢以及近几年宝钢工程中的大量重工业厂房,还有各地的造船厂和火力发电厂等,厂房跨度最大的为 54m,柱高达 60~70m,桥式吊车最大的为 100t 重级工作制吊车,如图 1-2(a)所示。

② 高炉和锅炉构架:钢铁厂的高炉构架,高炉容量超过 1000m<sup>3</sup>,及一些火力发电厂中的锅炉构架。湖北荆门市热电厂的锅炉构架高达 50m,是迄今采用钢管混凝土柱最大的锅炉构架,如图 1-2(a)所示。

③ 送变电塔架:葛洲坝至华东的 500kV 高压输电线路塔架,以及很多变电站中的变电塔架,如图 1-2(b)所示。

④ 公路和城市拱桥:四川旺苍县东河大桥,净跨为 115m,是第一座采用钢管混凝土柱的公路桥,于 1991 年 5 月建成通车。自此以后,在十多年的时间里,国内已建和在建的钢管混凝土拱桥已达 200 多座。其中,以 1997 年 7 月四川万县长江大桥为最长,跨度达 420m,如图 1-2(c)所示。

⑤ 高层建筑:1992 年建成的福建泉州市邮局大楼,高 87.5m,是我国采用钢管混凝土柱的第一座高层建筑。在此以后的不到十年时间里,各地已建和在建的高层建筑,采用钢管混凝土柱的已有近 50 座之多。其中,深圳赛格广场大厦,地下 4 层,地上 72 层,结构高 291.6m,全部采用了钢管混凝土柱,如图 1-2(d)所示。