



“十一五”高等学校通用教材（土木建筑类）

# 钢—混凝土组合结构

GANG-HUNNINGTU ZUHEJIEGOU

● 张春玉 主编



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE



“十一五”高等学校通用教材（土木建筑类）

张春玉主编

GANG—HUNNINGTU ZUHEJIEGOU

# 钢—混凝土组合结构

张春玉 主编

江苏工业学院图书馆  
藏书章



中国计量出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

钢—混凝土组合结构/张春玉主编. —北京:中国计量出版社,2008.7

“十一五”高等学校通用教材(土木建筑类)

ISBN 978-7-5026-2846-8

I. 钢… II. 张… III. 钢结构;混凝土结构;组合结构—高等学校—教材 IV. TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 068369 号

## 内 容 提 要

本教材结合钢—混凝土组合结构的最新研究成果,以现行规范、规程、标准为依托,系统介绍了钢—混凝土组合结构设计的原理和方法,具体包括钢—混凝土组合结构概论、组合结构的材料、钢—混凝土组合梁、压型钢板—混凝土组合板、型钢混凝土结构、钢管混凝土结构、组合结构的施工等。

本教材以培养应用型人才为目标,是高等学校土木工程专业及相关专业的本科教材,节选后亦可作为相关院校专科教材,同时可供从事土木工程施工、设计及科研技术人员参考。

---

## 中国计量出版社 出版

地 址 北京和平里西街甲 2 号(邮编 100013)

电 话 (010)64275360

网 址 <http://www.zgjl.com.cn>

发 行 新华书店北京发行所发行

印 刷 北京市媛明印刷厂印刷

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 14

字 数 294 千字

版 次 2008 年 10 月第 1 版 2008 年 10 月第 1 次印刷

印 数 1—3 000

定 价 24.00 元

---

如有印装质量问题,请与本社联系调换

版权所有 侵权必究

# 教材编委会

主任 赵惠新 刘国普 刘宝兰

副主任 李保忠 景海河 丁琳 薛志成 杨国义

委员 (按姓氏笔画排序)

于秀娟	邓一兵	王福彤	付伟庆	左宏亮
左敬岩	孙林	刘汉青	吕名云	齐伟军
刘俊玲	乔雅敏	安静波	陈勇	李小勇
李国东	李绍峰	杜永峰	宋国利	张春玉
张俊杰	张智均	张新全	张燕坤	周莉
杨璐	郗伟	胡焜	赵文军	赵延林
姜连馥	高建岭	徐晓红	钱晓丽	程楨
程选生	董连成	潘睿	谭继亮	

策划 刘宝兰 李保忠

— 本 书 编 委 会 —

主 编 张春玉

副主编 卢召红

胡 畔

参 编 陈 勇

郭轶宏

主 审 赵延林

# 编写说明

---

近年来,建筑业的快速发展对整个社会经济起到了良好的推动作用,尤其是房地产业和各项基础设施建设的深入开展与逐步完善,使国民经济逐步走上了良性发展的道路。与此同时,建筑行业自身的结构性调整也在不断进行,这种调整使其对本行业的技术水平、知识结构和人才特点提出了更高的要求。为此,教育部对普通高校“土木建筑类”各专业的设置和教材也多次进行了相应的调整,使“建筑工程”和“交通土建工程”等相关专业逐步向“土木工程”转化,“十一五”期间,这种转化将进一步得到完善,这将使“土木工程”的内涵大大拓宽。所以,编写高等院校土木建筑类各专业所需的基础课和专业课教材势在必行。

针对这些变化与调整,由中国计量出版社牵头组织了“十一五”高等学校通用教材(土木建筑类)的编写与出版工作,该套教材主要适用于应用型人才培养院校的建筑工程、工程管理、交通土建以及水利工程等相关专业。该学科具有发展迅速、技术应用性强的特点,因此,我们有针对性地组织了黑龙江科技学院、黑龙江大学、兰州理工大学、北方工业大学、黑龙江工程学院、广东惠州学院、深圳大学、哈尔滨工程大学、东北林业大学、大庆石油学院、大连大学、哈尔滨学院以及黑龙江东方学院等45所相关高校中兼具丰富工程实践和教学经验的专家学者担当各教材的主编与主审,从而为我们成功推出该套框架好、内容新、适应面广的好教材提供了必要的保障,以此来满足土木建筑类各专业高等教育的不

断发展和当前全社会范围内建设工程项目安全体系建设的迫切需要;这也对培养素质全面、适应性强、有创新能力的高技术专门人才,进一步提高土木建筑类各专业教材的编写水平起到了积极的推动作用。

针对应用型人才培养院校土木建筑类各专业的实际教学需要,本次教材的编写尤其注重了理论体系的实用性与前沿性,不仅将建筑工程领域科技发展的新理论合理融入教材中,使读者通过教材的学习可以深入把握国际建筑业发展的全貌,而且使学生通过学习能将教材中的理论迅速应用于工程实践,这对我国新世纪应用型人才的培养大有裨益。相信该套教材的成功推出,必将会推动我国土木建筑类高校教材体系建设的逐步完善和不断发展,从而对国家的新世纪人才培养战略起到积极的促进作用。

教材编委会

2008年10月

# 前 言

## • FOREWORD •

**钢—混凝土组合结构**是继钢结构、混凝土结构、砌体结构及木结构之后,迅速发展起来的新型结构形式,它兼有钢结构和混凝土结构的长处,具有承载力高、自重轻、刚度大、抗震性能好、施工快捷等一系列优点,在大跨建筑、高层建筑、超高层建筑以及桥梁工程中得到广泛的应用,并显示出良好的经济效果和社会效益。

为适应土木工程专业人才培养方案及教学改革的要求,在学好基础理论的前提下,拓宽知识面,并着重掌握有发展前景的新兴学科,是新世纪土木工程专业人才的当务之急。基于此,我们吸收相关参考书的长处,结合多年的教学经验编写了此书。在编写过程中力求重点突出、概念清晰、方法明确,以满足培养应用型人才的需求。

本教材结合钢—混凝土组合结构的最新研究成果,以现行规范、规程、标准为依托,系统介绍了钢—混凝土组合结构设计的原理和方法,具体包括钢—混凝土组合结构概论、组合结构的材料、钢—混凝土组合梁、压型钢板—混凝土组合板、型钢混凝土结构、钢管混凝土结构、组合结构的施工等。



本教材以培养应用型人才为目标,是高等学校土木工程专业及相关专业的本科教材,节选后亦可作为相关院校专科教材,同时可供从事土木工程施工、设计及科研技术人员参考。

本教材第一章和第三章由黑龙江科技学院张春立编写,第五章由大庆石油学院卢召红编写,第六章和第七章由大庆石油学院胡畔编写,第四章由黑龙江科技学院陈勇编写,第二章由哈尔滨工程大学郭轶宏编写,附录部分由陈勇和郭轶宏共同编写;全书由张春立作为主编主持编写,由黑龙江科技学院的赵延林主审。

本教材的编写除参考了现行的相关规范和规程外,还参考了一些公开出版的教材和著作,在此向各位作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请读者批评指正。

编 者  
2008年10月

# 目 录

## • CONTENTS •

<b>第一章 概论</b> .....	( 1 )
第一节 组合结构类别 .....	( 1 )
第二节 组合结构特点 .....	( 5 )
第三节 组合结构的发展与应用 .....	( 7 )
第四节 组合结构的基本设计原则 .....	( 9 )
<b>第二章 组合结构的材料</b> .....	( 15 )
第一节 钢筋 .....	( 15 )
第二节 混凝土 .....	( 16 )
第三节 钢材 .....	( 17 )
第四节 连接材料 .....	( 22 )
<b>第三章 钢—混凝土组合梁</b> .....	( 26 )
第一节 概述 .....	( 26 )
第二节 一般规定及相关构造 .....	( 31 )
第三节 组合梁弹性设计 .....	( 33 )
第四节 组合梁塑性设计 .....	( 46 )

第五节	组合梁抗剪连接件设计 .....	( 52 )
第六节	组合梁挠度及裂缝控制 .....	( 65 )
第七节	组合梁稳定 .....	( 72 )
第八节	部分抗剪连接组合梁 .....	( 73 )
	思考题与习题 .....	( 75 )
<b>第四章</b>	<b>压型钢板—混凝土组合板</b> .....	( 76 )
第一节	概述 .....	( 76 )
第二节	压型钢板的型号及截面特性 .....	( 78 )
第三节	构造要求 .....	( 85 )
第四节	非组合板的设计 .....	( 88 )
第五节	组合板的设计 .....	( 89 )
第六节	组合板的配筋 .....	( 100 )
	思考题与习题 .....	( 101 )
<b>第五章</b>	<b>型钢混凝土结构</b> .....	( 103 )
第一节	概述 .....	( 103 )
第二节	结构的共同作用及一般构造 .....	( 104 )
第三节	型钢混凝土梁 .....	( 107 )
第四节	型钢混凝土柱 .....	( 120 )
第五节	型钢混凝土框架梁柱节点 .....	( 131 )
第六节	型钢混凝土剪力墙 .....	( 136 )
第七节	型钢混凝土结构连接构造 .....	( 142 )
	思考题与习题 .....	( 144 )
<b>第六章</b>	<b>钢管混凝土结构</b> .....	( 145 )
第一节	概述 .....	( 145 )

第二节	力学性能及构造要求 .....	(146)
第三节	圆钢管混凝土构件 .....	(152)
第四节	矩形钢管混凝土构件 .....	(156)
第五节	格构式钢管混凝土构件 .....	(160)
第六节	钢管混凝土结构的变形 .....	(166)
第七节	钢管混凝土结构的节点构造 .....	(167)
	思考题与习题 .....	(170)
<b>第七章</b>	<b>组合结构的施工 .....</b>	<b>(172)</b>
第一节	组合梁施工 .....	(172)
第二节	组合板的施工 .....	(176)
第三节	型钢混凝土结构的施工 .....	(178)
第四节	钢管混凝土结构施工 .....	(181)
	思考题与习题 .....	(184)
<b>附 录</b>	<b>.....</b>	<b>(185)</b>
附表 1	热轧 H 型钢规格与截面特性 .....	(185)
附表 2	直缝电焊钢管的规格与截面特性 .....	(187)
附表 3	无缝钢管的规格与截面特性 .....	(189)
附表 4	螺旋焊钢管的规格与截面特性 .....	(193)
附表 5	无侧移框架柱的计算长度系数 .....	(196)
附表 6	有侧移框架柱的计算长度系数 .....	(196)
附表 7	上端自由的单阶柱下柱段的计算长度系数 .....	(197)
附表 8	上端可移动但不能转动的单阶柱下柱段的计算长度 系数 .....	(199)

附表 9	上端自由的双阶柱下柱段的计算长度系数 .....	(201)
附表 10	上端可移动但不能转动的双阶柱下柱段的计算长度 系数 .....	(205)
<b>参考文献</b>	.....	(209)

# 第一章 概 论

由两种或两种以上不同受力性能的建筑材料组成,并在荷载作用下具有整体工作性能的结构即为组合结构。根据组成材料的不同,组合结构有多种类型,如砖混组合结构、钢木组合屋架等。目前,组合结构一般特指钢—混凝土组合结构,就是指利用型钢或钢板组成钢截面,在其上部、四周或内部浇注混凝土,使钢材和混凝土形成整体并共同受力的结构。钢—混凝土组合结构是在钢结构和钢筋混凝土结构的基础上发展起来一种新型结构,它充分利用了钢结构和混凝土结构的各自优点。

随着我国钢产量的不断提高,用钢量已不再成为制约结构发展的瓶颈,钢结构在我国的应用蓬勃兴起。但钢结构在推广应用中仍有一些问题需要特殊处理,如钢结构易于锈蚀、抗火能力差,又如纯钢结构的超高层建筑刚度较小、抗侧移能力较差等。对于钢筋混凝土结构而言,随着建筑层数的增加和柱网尺寸的增大,易于形成对抗震不利的短柱。同时,混凝土本身延性较差,需要通过很多构造措施来加以控制。鉴于此,通过材料组合则可以充分发挥钢材和混凝土的材料特性。

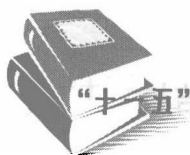
钢—混凝土组合结构是结构工程领域近年来发展很快的一个方向。世界各国已经将组合结构成功应用于许多超高层建筑及大跨桥梁。自 20 世纪 80 年代初以来,随着我国经济建设的快速发展,钢—混凝土组合结构在我国也得到了迅速发展和越来越广泛的应用,应用范围已涉及建筑、桥梁、高耸结构、地下结构、结构加固等领域。工程实践证明,组合结构综合了钢结构和钢筋混凝土结构的优点,可以用传统的施工方法和简单的施工工艺获得优良的结构性能,技术经济效益和社会效益显著,具有广阔应用前景和发展潜力,现已成为和钢结构、钢筋混凝土结构、砌体结构并列的新的结构类型。

## 第一节 组合结构类别

组合结构大致可分为钢—混凝土组合楼盖结构(包括钢—混凝土组合梁和钢—混凝土组合板)、型钢混凝土组合结构、钢管混凝土组合结构等几类。钢—混凝土组合楼盖结构按楼板形式可以分为现浇钢筋混凝土板组合楼盖、预制钢筋混凝土板组合楼盖、钢—混凝土叠合板组合楼盖以及压型钢板—混凝土板组合楼盖,由于《混凝土结构设计原理》一书中详细介绍了钢筋混凝土板的设计内容,因此本书对于组合楼盖部分主要介绍钢—混凝土组合梁和压型钢板—混凝土组合楼板。

### 一、钢—混凝土组合梁

钢—混凝土组合梁是由钢梁和楼板通过抗剪连接件连接而成。楼板有现浇混凝土



板、预制混凝土板、压型钢板组合板等。钢梁与楼板间通过抗剪连接件形成整体,保证钢梁与楼板共同工作,组合梁截面构造如图 1—1 所示。抗剪连接件的设计是组合梁设计的关键内容,其计算和构造均应满足相关规定的要求。

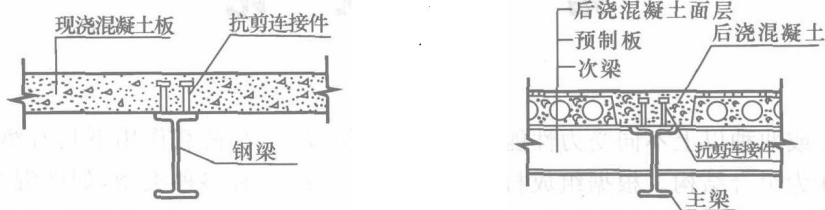


图 1—1 组合梁截面构造

## 二、压型钢板—混凝土组合楼板

压型钢板—混凝土组合楼板是在带有各种形式的凹凸肋或各种形式槽纹的钢板上浇注混凝土而制成的组合楼板,它依靠各种凹凸肋或各种形式的槽纹将钢板与混凝土连接在一起,构造如图 1—2 所示。

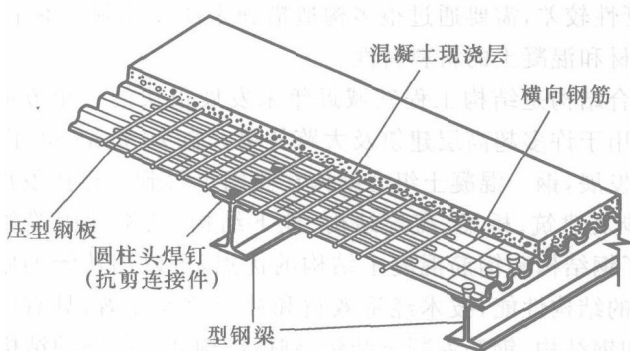


图 1—2 压型钢板—混凝土组合楼板

压型钢板与混凝土组合楼板的共同工作,主要依靠钢板上压制的齿槽、穿过压型钢板焊在钢梁上的抗剪连接件或焊在压型钢板端部的横向钢筋的作用。

压型钢板—混凝土组合楼板主要应用于高层钢结构建筑中,其结构性能较好,综合经济效益优于其他组合楼板。1984 年以来,我国兴建的高层钢结构建筑中大部分采用组合楼盖,如建筑高度 107 m 的上海瑞金大厦,其 10 层以上采用压型钢板—混凝土组合楼板,楼盖组合梁上焊有一排或两排  $\phi 16$  mm、间距 230 mm 的栓钉抗剪连接件;建筑高度 183.5 m 的北京京城大厦采用了压型钢板—混凝土组合楼板,其主次梁全部采用  $\phi 19$  mm 或  $\phi 16$  mm 栓钉抗剪连接件。此外,京广中心(53 层)、上海静安—希尔顿酒店(43 层)、深圳发展中心大厦(41 层)、中国国际贸易中心(39 层)、上海国际贸易中心大楼(37 层)、北京长富宫中心(26 层)等工程,均采用了栓钉抗剪连接件的压型钢板—混凝土组合楼板。

虽然压型钢板—混凝土组合楼板具有显著的优点,但是也有一种观点认为,在工业建筑中采用压型钢板—混凝土组合楼板造价偏高,耐久性较差,如果考虑钢梁的组合作用,就要保证抗剪连接件穿过压型钢板并保证与钢梁的焊接质量,施工程序比较复杂,因此不推荐采用压型钢板组合楼板。

### 三、型钢混凝土组合结构

混凝土内配置型钢(轧制成型或焊接成型)和钢筋的结构称为型钢混凝土组合结构。过去也称其为钢骨混凝土结构或劲性钢筋混凝土结构。型钢混凝土组合结构的构件是由型钢、纵筋、箍筋及混凝土组合而成,其核心部分为型钢结构构件,外部则为以箍筋约束并配以适当的纵向受力钢筋的混凝土结构。型钢混凝土梁、柱是型钢混凝土结构基本构件,如图 1—3 所示。

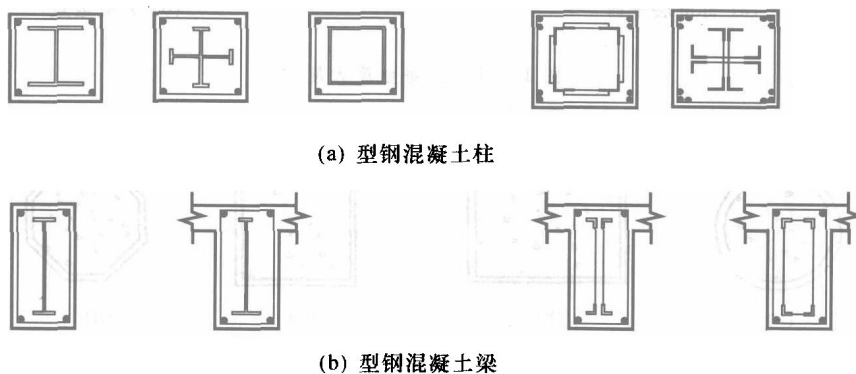


图 1—3 型钢混凝土柱和梁截面形式

型钢混凝土结构除了用于框架结构、剪力墙结构外,也可制作拱和壳体,在桥梁和原子能反应堆保护壳等工程中使用。北京香格里拉饭店采用框架—剪力墙结构体系,2 层以上为型钢混凝土柱、组合梁组成的钢接框架,柱内配置轧制 H 型钢。88 层、高 420.5 m 的上海金茂大厦周边采用 8 根截面尺寸为 1.5 m×5.0 m 的巨型型钢混凝土柱,柱中配有两根焊接 H 型钢(图 1—4)。81 层、高 325 m 的深圳地王大厦在 58 层以下采用型钢混凝土柱,是我国目前最高的钢—混凝土混合结构。

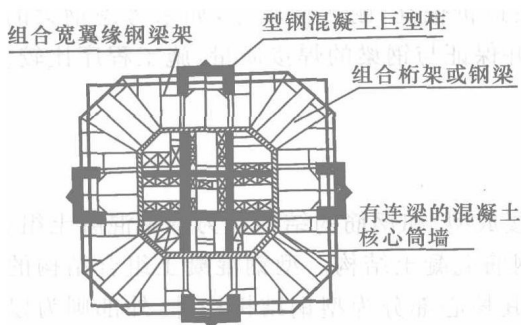
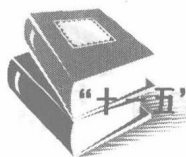
型钢混凝土组合结构的共同工作主要依靠箍筋的约束作用,有时也设抗剪连接件。

### 四、钢管混凝土组合结构

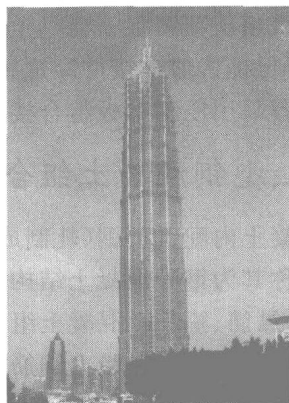
钢管混凝土组合结构是指其主要构件采用钢管混凝土构件的结构。钢管混凝土构件是指用素混凝土填入薄壁钢管内形成的结构构件,通常不必配置钢筋。目前,在工程中应用最多的是钢管混凝土柱,其截面形式有圆形、矩形、方形、多边形,应用最多的是圆形,如图 1—5 所示。

钢管混凝土结构能够充分发挥混凝土和钢材各自的优点、受力合理并节省材料,一方面是核心混凝土增强了钢管壁的稳定性,另一方面是钢管对核心混凝土提供了约束作





(a) 标准层平面



(b) 大厦全景

图 1—4 上海金茂大厦

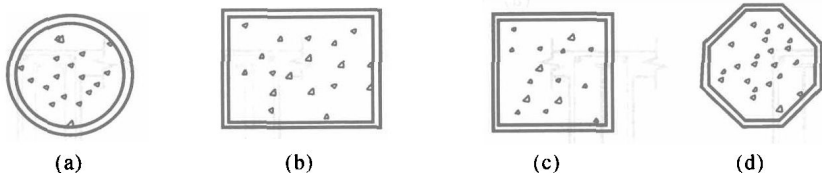


图 1—5 钢管混凝土柱截面形式

用,使混凝土处于三向受压状态,提高了混凝土的强度和变形能力。

钢管混凝土结构的共同工作主要依靠钢管与混凝土的相互约束、层间横隔板等形成。

钢管混凝土结构适应现代工程结构向大跨、高耸、重载发展和承受恶劣工作条件的需要,符合现代施工技术的工业化要求,越来越广泛地应用于单层和多层工业厂房柱、高层和超高层建筑、设备构架柱、栈桥柱、地铁站台柱、送变电塔、桁架压杆、桩、空间结构、各种支架以及桥梁结构中,都取得了良好的经济效果。

我国是应用钢管混凝土工业厂房柱较多的国家,与钢筋混凝土柱及钢柱相比,钢管混凝土柱特别轻巧。上海中华造船厂船体结构车间、本溪钢铁公司第二炼钢厂轧辊钢锭模车间等均采用了钢管混凝土格构式柱。在各种平台或构筑物的设备构架柱、支架柱和栈桥柱中,下部支柱常为轴心受压,且往往荷载较大,采用钢管混凝土组合柱能够充分发挥材料性能,如江西德兴铜矿矿石储仓支架柱、首钢二号高炉构架等。地下铁道站台采用钢管混凝土组合柱可减小截面,扩大使用空间,如北京地铁北京站和前门站、天安门东站以及南京地铁三山街站等;间距大的高压输电杆塔或微波塔,可用钢管混凝土构件作立柱;桁架压杆中采用钢管混凝土可达到节省钢材、减少投资的目的。钢管混凝土在我国高层建筑中的应用发展很快,已建成的有北京的世界金融大厦、深圳的赛格广场大厦