



土木工程精品系列

特殊和复杂 高层建筑结构设计

唐兴荣 编著

Design of Special and Complicated
Hightrise Building Structures



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



土木工程精品系列

特殊和复杂高层建筑设计

**Design of Special and Complicated
Highrise Building Structures**

唐兴荣 编著



机械工业出版社

本书按照我国现行规范《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ3—2002)、《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002)、《建筑抗震设计规范》(GB50011—2001),系统而完整地阐述了各类特殊和复杂高层建筑结构设计准则和设计建议。内容包括:复杂高层建筑结构的地震反应、复杂高层建筑结构基于功能的抗震设计、平面不规则结构、竖向不规则结构设计、带转换层高层建筑结构设计、深受弯构件设计、新型转换层结构设计、底部大空间上层鱼骨式剪力墙结构设计、带底盘单塔楼高层建筑结构设计、巨型框架结构设计、错列高层建筑结构设计、错列剪力墙结构设计、带加强层高层建筑结构设计、错层高层建筑结构设计、连体高层建筑结构设计、多塔楼高层建筑结构设计、悬挑高层建筑结构设计、预应力复杂高层建筑结构设计以及超限高层建筑结构设计等。

本书对特殊和复杂高层建筑结构设计有很强的实用价值,其中诸多内容对规则高层建筑结构设计也有参考价值。

本书可供工程设计人员、科研人员以及土建专业师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

特殊和复杂高层建筑结构设计/唐兴荣编著. —北京:机械工业出版社, 2006.6 土木工程精品系列

ISBN 7-111-18637-0

I. 特... II. 唐... III. 高层建筑—结构设计 IV. TU973

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 016859 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:薛俊高 版式设计:张世琴 责任校对:李秋荣

封面设计:张静 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷

2006 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·16.875 印张·2 插页·657 千字

0 001—4 000 册

定价:58.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

编辑热线: (010) 68327259

封面无防伪标均为盗版

前 言

由于结构分析水平的提高,三维空间分析程序和计算机的广泛应用使超限和复杂高层建筑结构分析成为可能。近十年来,国内、外高层建筑发展迅速,现代高层建筑向着多功能、多用途及造型新颖方向发展,具有结构的平面布置和体型日益复杂,结构体系日益多样化等特点。目前,特殊和复杂高层建筑结构(带转换层的结构、带加强层的结构、错层结构、连体结构和多塔楼结构、超限高层建筑结构等)的工程实践较多,从而对这些结构抗震设计提出了更高的要求。作者对带转换层高层建筑结构进行了较为系统的试验研究和理论分析,又完成了两项部级科研项目,同时也积累了大量的相关资料,在此基础上,编著了此书,以系统介绍特殊和复杂高层建筑结构设计的重要概念、准则和设计方法,也希望对特殊和复杂高层建筑结构的设计有实用价值。

现行规程对复杂高层建筑结构的设计提出了各项专门的规定,本书深入阐述了《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ3—2002)中有关规定所依据的理论分析、试验研究等。对于其他类型的特殊高层建筑结构和超过规范规程规定的超限高层建筑结构也提出了相应的设计准则和建议。

本书重视特殊和复杂高层建筑结构基本概念和设计方法的论述,内容包括:复杂高层建筑结构的地震反应、复杂高层建筑结构基于功能的抗震设计、平面不规则结构、竖向不规则结构设计、带转换层高层建筑结构设计、新型转换层结构设计、底部大空间上层鱼骨式剪力墙结构设计、深弯构件设计、带底盘单塔楼高层建筑结构设计、巨型框架结构设计、错列高层建筑结构设计、错列剪力墙结构设计、带加强层高层建筑结构设计、错层高层建筑结构设计、连体高层建筑结构设计、多塔楼高层建筑结构设计、悬挑高层建筑结构设计、预应力复杂高层建筑结构设计以及超限高层建筑结构设计等。

本书可供工程设计人员、科研人员以及土建专业师生参考使用。希望本书能对他们了解和掌握特殊和复杂高层建筑结构设计方面的知识有所帮助,为知识经济时代的到来和知识创新、加速现代高层建筑结构的发展和应用,起到一定的作用。

书中论述的内容定有不妥之处,望请予以批评指正。

唐兴荣
2006年元月

PREFACE

With the improvement of structure analysis level and the broad application of the three-dimensional space analysis program and computer it becomes possible for the structure analysis on the out-of-Codes and complicated high-rise buildings.

In recent decade years, with the rapid development of the domestic and overseas high-rise buildings, modern high-rise buildings make progress in terms of achieving multi-function, multi-use and new-type mode, and these structures have more and more complicated plane layout and form with the structure system is becoming more and more diverse. Nowadays, special and complicated high-rise buildings (structure with transfer story, structure with story with outriggers and/or belt members, structure with staggered floor, spatial corridors structure and multi-tower structure, and out-of-codes high-rise structures etc) have a broad application, which leads to higher standard of requirements for seismic design of these structures. This book is based on the author's systematic test study and theory analysis on the high-rise structures with transfer story, the finishing of two ministry-level scientific research projects, and a great deal of accumulated related documents, and it mainly introduces the important conceptions, rules and design methods of the structure design of the special and complicated buildings systematically. The author also hopes this book will have practical value in the design of the special and complicated structures.

The current specifications have special provisions on the design of the complicated high-rise buildings. This book states in-depth the theory analysis and test research that the related provisions in the "Technical Specification for Concrete Structures of Tall Buildings" (JGJ3—2002) are based on. The relevant design rules and suggestions are also given in this book for the other type of special high-rise structures and out-of-codes high-rise structure beyond the provision of the specifications and codes.

This book mainly focus on the statements of the basic definitions and design methods of special and complicated high-rise structures, which includes the seismic responses of complicated high-rise structures, the performance-based seismic design of complicated high-rise structures, the structure design of the irregular structure in plane, the structure design of the irregular structure along vertical indirection, the structure design of the high-rise buildings with transfer story, the structure design of the high-rise buildings with new-type transfer

story, the structure design of the fishbone type shear wall structure with large space on ground floor, the design of deep flexural members, the structure design of the high-rise buildings with enlarged base and single-tower, the structure design of mega-frame structure, the structure design of the high-rise buildings with staggered floor, the structure design of staggered shear panels structure, the structure design of spatial corridors structure, the structure design of multi-tower structure, the structure design of the suspended and projected high-rise buildings, the structure design of the prestressed concrete complicated high-rise buildings, and the structure design of the out-of codes high - rise buildings etc .

This book can be used as reference for structure designers, researchers and student-faculty of civil engineering major. The author hopes readers can benefit from this book in understanding and learning the relevant knowledge regarding the structure design of the special and complicated high - rise buildings, and the author also hopes this book can be valuable in certain degree for the approaching of the knowledge economy, knowledge innovation and the acceleration of the development and application of the modern high-rise structures.

The improper and inaccurate statement is inevitable in this book, and the author welcomes your comments.

目 录

前言

第一章 绪论 1

第一节 复杂高层建筑结构定义 1

第二节 复杂高层建筑的现状与发展 趋势 3

参考文献 28

第二章 复杂高层建筑结构的地震反应 33

第一节 复杂高层建筑结构体系的运动方程 33

第二节 复杂高层建筑结构的地震反应 36

第三节 振型的选择 37

第四节 振型的组合 40

参考文献 42

第三章 复杂高层建筑结构基于功能的抗震设计 43

第一节 基于功能的抗震设计理论的研究现状 43

第二节 基于功能的抗震设计理论的研究内容 46

第三节 复杂高层建筑结构基于功能的抗震设计方法 48

第四节 抗震性能设计的能力谱法 56

第五节 扭转不规则结构基于性能的抗震设计 61

参考文献 64

第四章 平面不规则结构设计 66

第一节 平面不规则结构的判断 66

第二节 扭转不规则结构 69

第三节 平面凹凸不规则楼板不连续结构 75

参考文献 79

第五章 竖向不规则结构设计 80

第一节 立面收进和悬挑不规则结构的判断 81

第二节 立面收进不规则结构设计 82

第三节 立面悬挑结构设计 83

参考文献 89

第六章 带转换层高层建筑结构设计 90

第一节 概述 90

第二节 转换层的主要结构形式 99

第三节 带转换层高层建筑结构布置 103

第四节 带转换层高层建筑结构的抗震等级 108

第五节 带转换梁高层建筑结构设计 110

第六节 带桁架转换层高层建筑结构设计 149

第七节 带厚板转换层高层建筑结构设计 160

第八节 带箱形转换层高层建筑结构设计 178

参考文献 192

第七章 新型转换层结构设计 194

第一节 搭接柱转换结构设计 194

第二节 斜柱转换结构设计 209

第三节 宽扁梁转换结构设计 220

参考文献 226

第八章 深受弯构件设计 227

第一节 概述 227

第二节 深受弯构件的内力分析方

法	228	第二节 错列剪力墙结构内力的 计算方法	301
第三节 深受弯构件的截面设计	230	第三节 错列剪力墙结构体系的 受力分析	316
第四节 深受弯构件的构造要求	234	第四节 错列剪力墙结构体系的 设计和构造要求	319
参考文献	242	参考文献	322
第九章 底部大空间上层鱼骨 式剪力墙结构设计	243	第十四章 带加强层高层建筑 结构设计	324
第一节 底部大空间上层鱼骨式 剪力墙结构的试验研究	243	第一节 概述	324
第二节 底部大空间上层鱼骨式 剪力墙结构设计和构造 要求	249	第二节 加强层的工作机理	331
参考文献	252	第三节 加强层的位置和数量	336
第十章 带底盘单塔楼高层建 筑结构设计	253	第四节 带加强层高层建筑结构设 计	342
第一节 带底盘单塔楼高层建筑 结构的试验研究	253	第五节 带加强层高层建筑结构的 构造要求	348
第二节 带底盘单塔楼高层建筑 结构的设计与构造要求	256	参考文献	350
参考文献	258	第十五章 错层高层建筑结构设 计	352
第十一章 巨型框架结构设计	260	第一节 概述	352
第一节 概述	260	第二节 错层高层建筑结构的试验 研究和受力性能分析	356
第二节 巨型框架结构的计算	265	第三节 错层高层建筑结构设计和 构造要求	365
第三节 框架—巨型框架—剪力墙 体系的结构计算	269	参考文献	367
第四节 巨型框架结构的设计及构 造要求	273	第十六章 连体高层建筑结构设 计	368
参考文献	279	第一节 概述	368
第十二章 错列高层建筑结构设 计	281	第二节 连体高层建筑结构的试验 研究及理论分析	379
第一节 概述	281	第三节 强连接连体结构的设计方 法	384
第二节 错列桁架结构体系设计	282	第四节 弱连接体结构设计方法	389
第三节 错列墙梁结构设计与构造 要求	288	参考文献	390
参考文献	298	第十七章 多塔楼高层建筑结构 设计	392
第十三章 错列剪力墙结构设 计	300	第一节 概述	392
第一节 错列剪力墙结构考虑空间 工作的基本原理	301	第二节 大底盘多塔楼结构抗震分	

析	397	抗震设计	465
第三节 多塔楼高层建筑设计 与构造要求	406	第三节 平面规则性超限结构的 抗震设计	467
参考文献	408	第四节 竖向规则性超限结构的 抗震设计	470
第十八章 悬挑高层建筑设计 计	410	第五节 超限结构抗震设防的专 项审查	473
第一节 概述	410	第六节 各类超限结构抗震设防 的专项审查	476
第二节 悬挑高层建筑设计	412	参考文献	479
第三节 工程实例	419	附录	480
参考文献	426	附录一 错列剪力墙结构内力分 析源程序	480
第十九章 预应力复杂高层建筑 结构设计	427	附录二 框支剪力墙内力系数表	509
第一节 概述	427	附录三 复杂高层建筑设计	512
第二节 预应力混凝土转换层结构 设计	433	附录四 超限高层建筑工程抗震 设防管理规定	521
第三节 分阶段张拉技术	441	附录五 全国超限高层建筑工程 抗震设防审查专家委员 会抗震设防专项审查办 法	523
第四节 预应力混凝土转换梁设计 实例	443	附录六 超限高层建筑工程抗震 设防专项审查技术要点	525
参考文献	451		
第二十章 超限高层建筑设计 计	453		
第一节 概述	453		
第二节 高度和高宽比超限结构的			

第一章 绪 论

第一节 复杂高层建筑结构定义

复杂高层建筑结构包括：带转换层的结构、带加强层的结构、错层结构、连体结构和多塔楼结构等。这些结构竖向布置不规则，传力途径复杂，有的工程平面布置也不规则。

鉴于目前建筑多功能发展的需要，工程中往往会遇到这些复杂结构，为使结构的质量安全得到基本保证，《高层建筑混凝土结构技术规程》^[1-1]（JGJ3—2002）（以下简称《规程》（JGJ3—2002））对复杂高层建筑结构的设计提出了各项专门的规定。

考虑到这些复杂高层建筑结构属于不规则结构，在地震作用下易形成敏感的薄弱部位，需要限制复杂高层建筑结构在地震区的适用范围。

（1）9度抗震设计时不应采用带转换层的结构、带加强层的结构、错层结构和连体结构。考虑9度抗震设计时，多塔楼已不允许采用复杂结构，且《规程》（JGJ3—2002）对塔楼的高度以及塔楼与底盘的偏心已作了限制，因此，这条规定中没有包括多塔楼结构。

（2）多种复杂结构同时在一个工程中采用，在比较强烈的地震作用下，将较难避免发生严重震害。同时，考虑到工程中经常会遇到同时采用两种复杂结构的情况，试验结果表明，结构设计中如能遵守《规程》（JGJ3—2002）各项规定，仍能满足抗震设防的要求，因此，《规程》（JGJ3—2002）允许同时采用两种复杂结构。

7度和8度抗震设计的高层建筑不宜同时采用超过两种《规程》（JGJ3—2002）所指的复杂结构。两种复杂结构组合的可能形式虽有10类，但综合考虑建筑使用功能及满足《规程》（JGJ3—2002）各项有关规定后，有的组合是不允许的或不现实的（见表1-1）。

（3）错层结构竖向布置不规则，错层附近竖向抗侧力结构较易形成薄弱部位，楼盖体系也因错层受到较大的削弱，按目前的研究成果和震害经验，对错层结构的抗震性能还较难把握，加严限制其适用高度是十分必要的。

对框架—剪力墙和剪力墙的错层结构的适用高度应加以比较严格的限制。7度和8度抗震设计时，错层剪力墙结构的高度分别不宜大于80m和60m，错层框架—剪力墙结构的高度分别不应大于80m和60m。

表 1-1 《规程》(JGJ3—2002) 允许的复杂结构可能组合形式

	转换层结构	加强层结构	错层结构	连体结构	多塔楼结构
转换层结构	—	✓	✓	✓	✓
加强层结构	✓	—	×	✓	✓
错层结构	✓	×	—	×	×
连体结构	✓	✓	×	—	✓
多塔楼结构	✓	✓	×	✓	—

注: ✓表示允许的组合形式; ×表示不允许或不现实的组合形式。

框架结构的最大适用高度并不太高(7度时 55m, 8度时 45m), 《规程》(JGJ3—2002)对错层框架结构的高度没有再加以限制。

鉴于目前没有筒体结构错层的工程实践, 也未见有关的研究成果和震害经验, 《规程》(JGJ3—2002)未涉及到筒体结构错层。如设计中遇到错层筒体结构, 类似框架—剪力墙和剪力墙结构应严格限制其适用高度, 不允许采用表 1-2 规定的筒体结构最大适用高度。

(4) 震害表明, 连体位置越高, 越易发生塌落。房屋越高, 连体结构的地震反应越大, 因此有必要对连体结构的适用高度加以限制。抗震设计时, B 级高度高层建筑不宜采用连体结构。

(5) 试验研究表明, 底部带转换层的筒中筒结构, 当外筒采用由剪力墙构成的壁式框架时, 其转换层上、下刚度和内力传递途径的突变比较明显, 因此应适当降低其最大适用高度。抗震设计时, B 级高度的底部带转换层的筒中筒结构, 当外筒采用由剪力墙构成的壁式框架时, 其最大适用高度比表 1-2 中的规定的数值适当降低。降低的幅度可综合考虑抗震设防烈度、转换层位置高低等因素, 一般可考虑降低 10%~20%。

表 1-2 B 级高度钢筋混凝土高层建筑的适用高度 (m)

结构体系		非抗震设计	抗震设防烈度		
			6 度	7 度	8 度
框架—剪力墙		170	160	140	120
剪力墙	全部落地剪力墙	180	170	150	130
	部分框支剪力墙	150	140	120	100
筒 体	框架—核心筒	220	210	180	140
	筒中筒	300	280	230	170

注: 1. 房屋高度指室外地面至主要屋面高度, 不包括局部突出屋面的电梯机房、水箱、构架等高度;

2. 部分框支剪力墙结构指地面以上有部分框支剪力墙的剪力墙结构;

3. 平面和竖向均不规则的建筑或位于 IV 类场地的建筑, 表中数值应适当降低;

4. 甲类建筑, 6、7 度时应按本地区设防烈度提高一度后符合本表的要求, 8 度时应专门研究;

5. 当房屋高度超过表中数值时, 结构设计应有可靠依据, 并采取有效措施。

第二节 复杂高层建筑现状与发展趋势

一、高层建筑多用途、多功能发展趋势

20 世纪五六十年代,前苏联、东欧一些学者提出了柔性底层房屋的方案,也就是上部全部为剪力墙,下部为框架的结构体系,并认为柔性底层有利于隔震,能提高整座建筑物的抗震能力,因而兴建了不少这样的房屋,这也是首次通过设置转换层而取得底层大空间的尝试。但是,实践表明柔性底层房屋并不具有人们所期望的隔震、抗震能力,底层框架柱不能承受过大的变形,在地震中容易破坏而使整座建筑物倒塌。例如 1964 年前南斯拉夫可比耶地震,这类房屋倒塌或破坏严重;1978 年罗马尼亚布加勒斯特地震,许多这样的住宅、计算中心建筑由于底层柱破坏而倒塌;1988 年 12 月前苏联亚美尼亚地震又总结出一个教训:底层柔性房屋的抗震性能很差,破坏严重。

我国在这方面的研究及实际工程的应用始于 20 世纪 70 年代中期,1975 年首先在上海天目路建成了 13 层住宅(上层剪力墙,下层部分改为框架),并对其进行了现场应力实测、光弹性试验、钢筋混凝土模型试验及框支剪力墙有限元分析等一系列研究。1981~1983 年,对 12 层底层大空间剪力墙结构住宅模型(1:6)进行了输入地震波的拟动力试验研究,并在大连建成了一幢 15 层的友好广场住宅^{[1-3][1-4]}。1984~1986 年,中国建筑科学研究院进行了一幢 12 层底部大空间上部为鱼骨式剪力墙模型(1:6)的拟动力试验研究^{[1-5][1-6]};1988~1989 年,还进行了一幢 32 层大底盘大空间有机玻璃模型的静力试验研究和振动台试验。另外,清华大学也进行了两个 1:24 混凝土模型振动台试验研究。这些研究均为底部大空间剪力墙结构的整体刚度和楼层相对刚度的选择和控制,提供了试验和理论上的技术依据。

对框支剪力墙结构中框支梁的研究,国内目前主要进行了有限元分析以及一些工程实践的总结。通过这些研究和总结,对转换梁的受力性能有了较为全面的认识,获得了可靠的设计依据,已作为一种特殊的结构体系反映在《钢筋混凝土高层建筑结构设计与施工规程》(JGJ3—1990)中。

近年来,国内、外高层建筑发展迅速,现代高层建筑越建越高、越建越大,其建筑向着体型复杂、功能多样的综合性方向发展。在同一座建筑中,沿房屋高度方向建筑功能要发生变化,上部楼层布置旅馆、住宅;中部楼层作为办公用房;下部楼层作为商店、餐馆和娱乐设施,这种不同用途的楼层需要采用不同的结构形式。

从建筑功能上看,上部需要小开间的轴线布置和需要较多的墙体以满足旅馆和住宅的功能要求;中部则需要小的或中等大小的室内空间,可以在柱网中

布置一定数量的墙体以满足办公用房的功能要求；下部需要尽可能大的自由灵活的室内空间，要求柱网大、墙体尽量少，以满足商店、餐馆等公用设施的功能要求。

从结构受力上看，由于高层建筑结构下部楼层受力很大，上部楼层受力较小，正常的结构布置应是下部刚度大，墙体多、柱网密，到上部渐渐减少墙、柱的数量，以扩大柱网。这样，结构的正常布置与建筑功能对空间的要求正好相反。因此，为满足建筑功能的要求，结构必须进行“反常规设计”，即将上部布置小空间，下部布置大空间；上部布置刚度大的剪力墙，下部布置刚度小的框架柱。为了实现这种结构布置，就必须在结构转换的楼层设置结构转换层（structure transfer story），在结构转换层布置转换结构构件（transfer member）。

图 1-1 为综合性多功能高层建筑示意。

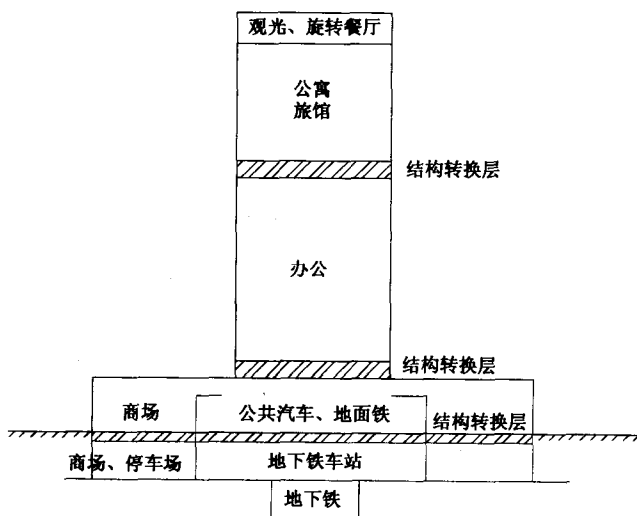


图 1-1 综合性多功能高层建筑示意

从 20 世纪 70 年代中期，国内开始尝试使用底层大开间剪力墙结构（即梁式转换层），到现在短短的三十年时间，梁式转换层的工程应用发展很快。目前，在带转换层高层建筑结构中，梁式转换层的应用最为广泛，从结构传力方式看，梁式转换层具有传力直接、明确和传力途径清楚的优点。转换梁具有受力性能好、工作可靠、构造简单和施工方便的优点，结构计算也相对容易，因此，工程实践中应用较多^{[1-7]~[1-30]}。对国内、外 150 余幢带转换层的高层建筑结构的统计表明，有 93 幢采用梁式转换层高层建筑结构，约占 60%，见表 1-3a~表 1-3e。

单向托梁、双向托梁连同上、下层较厚的楼板共同工作，可以形成刚度很大的箱形转换层。箱形转换层在铁路工程中是常见的结构形式，用于房屋结构

则很少,表 1-3d 给出了部分带箱形转换层高层建筑工程实例^{[1-31]~[1-35]}。

箱形转换结构可根据转换层上、下部竖向结构布置情况沿单向或双向布置主梁(主肋)。主梁腹板截面宽度一般由剪压比控制计算确定,其限值同框支梁的剪压比限值,且不宜小于 400mm;截面高度可取跨度的 1/5~1/8。

当上、下柱网轴线错开较多,难以用梁直接承托时,则需要做成厚板,形成板式承台式转换层。板式转换层的下层柱网可以灵活布置,毋须与上层结构对齐,但自重很大,材料耗用较多。

实际工程中转换板的厚度可达 2.0~2.8m,约为柱距的 1/3~1/5。转换板的厚度可由抗弯、抗剪、抗冲切承载力计算确定。表 1-3c 给出了部分带厚板转换层高层建筑工程实例^{[1-36]~[1-39]}。

对于底部带有转换层的框架—核心筒结构和外围为密柱框架的筒中筒结构,为了布置大的入口,要求在底部布置水平转换构件以扩大柱距。此时,转换构件沿平面周边柱列或角筒布置。外筒主要通过转换梁(或墙梁)、转换桁架、转换空腹桁架、多梁转换、合柱以及转换拱等进行转换。

表 1-3b 给出了部分带桁架转换层高层建筑工程实例。

带转换层高层建筑工程的发展趋势主要体现在以下几个方面^{[1-40]~[1-42]}:

1. 钢筋混凝土在转换层结构中应用

由于建筑朝着高层和超高层的形式发展,相应转换层结构中转换构件承托的层数也增多,同时,又由于建筑功能上对层高及空间的种种限制,使得工程应用中钢筋混凝土材料的引入势在必行。

钢筋混凝土梁不仅承载力高,刚度好,可大大减小截面尺寸,且塑性、耐久性和抗震性能也优于钢筋混凝土梁。此外,钢筋混凝土梁在施工阶段其自身刚度好,定位准确,可减少支模,加快施工速度。目前,国内采用钢筋混凝土转换构件的工程还不多,但国外采用则较多。

2. 预应力技术在转换层结构中应用

采用预应力技术可带来许多结构和施工上的优点,如减小截面尺寸、控制裂缝和挠度,控制施工阶段的裂缝及减轻支撑负担等。因此,预应力混凝土结构非常适合于建造承受重荷载、大跨度的转换结构和悬挑构件,且有自重轻,节省钢材和混凝土的优点。随着我国预应力技术的发展,预应力材料及施工费用的不断下降,即使用材料等强代换的概念从经济上来比较预应力混凝土结构和钢筋混凝土结构,许多情况下后者并不比前者经济。因此,近年来我国高层建筑结构中转换构件、悬挑构件等采用预应力技术的情况越来越多。

近年来,我国高层建筑转换层结构中采用预应力技术的情况越来越多,大多数转换层结构形式都有成功地采用预应力混凝土技术的例子,见表 1-3a~表 1-3e 和第十九章。

3. 新型转换层结构的应用

搭接柱转换、斜柱转换、宽扁梁转换等新型转换层结构形式在高层建筑结构中得到应用。

框架—核心筒结构外围框架柱上、下不连续时，需要设置转换结构加以过渡，实际结构中除常用转换梁、转换桁架、斜撑等的转换结构形式外，也可采用搭接柱转换形式，图 1-2 为框架—核心筒结构采用搭接柱转换柱网的示意图。

搭接柱转换是一种新型转换结构，在立面收进变化的高层建筑中具有十分广阔的应用前景。马来西亚吉隆坡石油大厦双塔（95 层，452m）^[1-43]、上海金茂大厦（88 层，421m）、深圳福建兴业银行大厦（28 层，106.7m）^{[1-44]~[1-47]}、北京中国人民银行大厦地下室等工程均采用了这种新型转换结构。

高层建筑上部立面收进时需要设置转换构件，上、下层柱不在同一轴线上，且往往是高位转换，转换构件布置比较复杂，要根据结构布置的具体情况采用不同的转换方式和转换构件，其中常用的是斜柱转换构件。

斜柱转换是桁架转换的一种特殊形式，沈阳华利广场（33 层，115m）、深圳 2000 大厦（26 层，97.1m）、绥芬河海关办公楼（14 层，61.4m）、武汉世界贸易

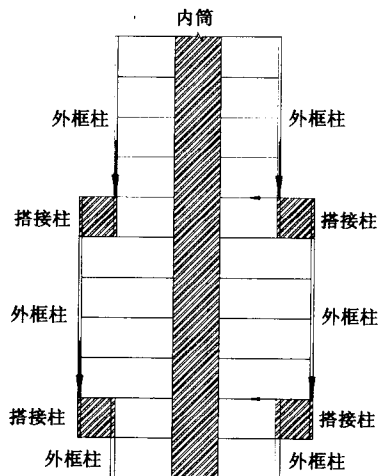


图 1-2 框架—核心筒结构
采用搭接柱转换示意图

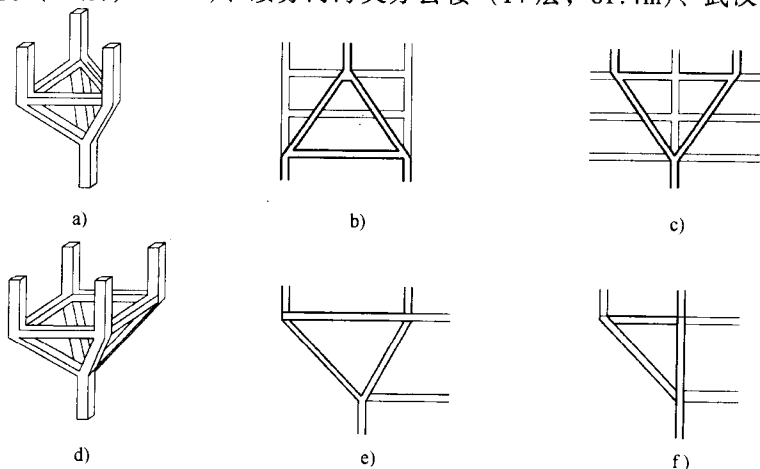


图 1-3 平面和空间斜柱转换

大厦 (58 层, 229m)、重庆银星商城 (28 层, 100.98m)、成都南洋商厦 (16 层, 48.5m)、日本东京绿园大厦 (13 层)、辽宁省艺术中心 (18 层, 68.4m) 等工程均采用这种转换结构形式。

图 1-3 列出了多种形式的平面和空间斜柱转换构件。

表 1-3a 带梁式转换层高层建筑结构主要特征数据

序号	工程名称	层数	结构类型	转换层类型	承托层数	跨度 /m	截面尺寸 / (m × m)	材料
1	深圳云峰花园	39	框架—剪力墙	梁式	30	7.5	0.8 × 2.0、 1.5 × 2.0	R.C.
2	深圳海滨花园	29	框支剪力墙	梁式(加腋)	24	11.1	1.0 × 1.6、 1.1 × 1.8	R.C.
3	深圳彩龙商业城	37	梁式转换层	梁式	29	14.82	1.2 × 2.4、 2.4 × 2.4	R.C.
4	深圳荔湖花苑大厦	30	框支剪力墙	梁式	26	10.2	1.0 × 1.8、 1.3 × 2.2	R.C.
5	天津华信商厦	51	筒中筒	梁式	46	8.0	1.3 × 4.0	P.C.
6	南京新世纪广场	37	框支剪力墙	梁式	30	9.90	1.2 × 2.2	R.C.
		57	框架—筒体	桁架式	50	8.125	高 7.0	P.C.
7	深圳园岭中心 区园中花园	35	框架—筒体	梁式(加腋)	30	7.6	0.8 × 1.8	R.C.
8	珠海园明山 庄商住楼	31	框支剪力墙	梁式(加腋)	27	6.7	梁高 1.8	R.C.
9	辽宁省艺术 中心大厦	20	框架—剪力墙	梁式(托柱)	13	23.4	0.55 × 3.5	R.C.
10	西安小寨 1# 院 高层综合楼	30	框架—剪力墙	梁式	25	6.3	梁高 1.2	R.C.
11	四川广元星江大厦	25	框支剪力墙	梁式	21		梁高 1.9	R.C.
12	上海控江大 楼 1 号楼	30	筒中筒	梁式	27		0.3 × 1.5、 0.5 × 1.8	R.C.
13	广东南海瑞安 花园	43	框架—筒体	梁式 桁架式	35	8.0	1.6 × 1.9、 1.7 × 1.9	R.C.
14	广东惠州好利 商业中心	32	框架—筒体	梁式	23	9.575	0.8 × 2.8	R.C.
15	南京状元楼酒楼	12 + 1	框架	梁式(开洞)	9	8.6	0.6 × 2.5 (主楼)	P.C.
				梁式	3	19.6	0.7 × 2.5 (裙楼)	

(续)

序号	工程名称	层数	结构类型	转换层类型	承托层数	跨度 /m	截面尺寸 /(m×m)	材料
16	广东迎宾馆	10	框支剪力墙	梁式	8	6.8	0.5×2.5	R.C.
17	北京煤炭总公司 高层商住楼	20	框支剪力墙	梁式(加腋)	16	6.8	0.6×0.9	R.C.
18	北京军队离休 干部活动中心	23	框架—剪力墙	梁式	17	7.2	0.4×1.2	R.C.
19	北京南洋饭店	26	框架—剪力墙	梁式	19	8.0	梁高 4.5	R.C.
20	广州嘉应宾馆	32	框支剪力墙	梁式	25	10.6	0.4×3.8、 0.5×3.8	R.C.
21	深圳沙头角大厦	23	框支剪力墙	梁式	29	7.6	0.7×1.8	R.C.
22	深圳华侨大酒店	29	框支剪力墙	梁式	22	12.0	1.7×2.5	R.C.
23	广东肇庆星湖 大酒店	35	筒中筒	梁式	28	8.1	0.5×2.5	R.C.
24	西安华辉大酒店	21	框支剪力墙	梁式	15		1.0×1.0	R.C.
25	深圳外贸中心大厦	40	筒中筒	梁式	34	7.4	1.8×4.0	R.C.
26	深圳四川大厦	34	框架—筒体	梁式(托柱)	14	11.25	0.7×2.85	R.C.
27	北京渔阳饭店	30	筒中筒	梁式	25	7.6	1.0×1.85	R.C.
28	深圳航空大厦	38	筒中筒	梁式	32	7.9	1.0×3.9	R.C.
29	深圳亚洲大酒店	34	巨型框架	梁式	每6层 设大梁			R.C.
30	深圳中国银行大厦	37	框架—筒体	梁式(空腹)	30	20.0	2.0×5.4	R.C.
31	北京铁路局 20 号 区高层住宅	12	框架—剪力墙	梁式(开洞)	9	7.5	0.4×2.5、 0.6×2.5	R.C.
32	苏州八面风商厦	22	巨型框架	梁式	每14层设梁	21.5	1.5×2.5	P.C.
33	北京商务会馆	15	框支剪力墙	梁式	11	9.0	0.6×1.2、 0.6×1.5	R.C.
34	深圳福田保税区 管理中心	57	框支剪力墙	梁式	50	7.5	梁高 1.5	S.R.C.
35	深圳裕龙大厦		框支剪力墙	梁式		6.0	0.6×1.74	R.C.
36	深圳华裕花园	34	框支剪力墙	梁式	37	11.1	1.0×1.8、 0.8×2.4	R.C.
37	深圳流花大厦		框支剪力墙	梁式		6.6	0.8×1.4	R.C.