

装配式混凝土结构设计

徐其功 主 编

广东省建筑科学研究院集团股份有限公司 组织编写

广东省建科建筑设计院有限公司

筑道教育



非外售

中国建筑工业出版社

装配式混凝土结构设计

徐其功 主 编

广东省建筑科学研究院集团股份有限公司 组织编写

广东省建科建筑设计院有限公司

筑道教育

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

装配式混凝土结构设计/徐其功主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 11
ISBN 978-7-112-21472-3

I. ①装… II. ①徐… III. ①装配式混凝土结构-结构设计 IV. ①TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 266952 号

本书从设计人员角度出发, 比较分析了传统现浇混凝土结构与装配整体式混凝土结构的异同点, 讲解了装配整体式混凝土结构预制构件的划分、节点连接技术、设计及方法和施工图设计与深化设计的划分等内容, 并结合实例进行说明。全书分为十一章, 分别从连接材料与连接形式、装配整体式混凝土结构的分类、结构布置和整体分析、典型结构体系、结构构件、性能设计和 BIM 在装配式结构中的应用几个方面进行阐述, 深入浅出, 浅显易懂。

本书既可作为设计人员装配式混凝土结构设计的设计指南, 也可作为业内人士的培训教材, 同时对相应专业的高校师生学习装配式混凝土结构也有很好的借鉴、参考和学习价值。

责任编辑: 李笑然 赵梦梅 刘婷婷

责任设计: 李志立

责任校对: 焦乐 李美娜

装配式混凝土结构设计

徐其功 主 编

广东省建筑科学研究院集团股份有限公司 组织编写

广东省建科建筑设计院有限公司

筑道教育

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17 字数: 421 千字

2017 年 11 月第一版 2017 年 11 月第一次印刷

定价: 45.00 元

ISBN 978-7-112-21472-3

(31147)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

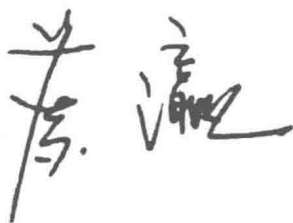
(邮政编码 100037)

序一

装配式建筑是一个既传统又新鲜的事物。新中国成立后，我们就进行了建设大板楼的实践，不少工程项目采用了预制屋面梁、吊车梁、预制屋面板、空心楼板等构件。但是限于当时的技术水平，虽然预制构件得到应用，但建成的建筑普遍质量不高，并存在构件跨度小、承载力低、整体性和延性差等缺点。由于密封胶的质量问题及防水措施不完善，楼层面板使用两三年后便出现渗水漏水，保温隔热隔声的效果也欠佳，并且由于成本相对较高原因，改革开放后的近30年来逐渐被市场经济大潮淘汰。现在，随着社会经济的持续健康发展，绿色发展成为新型城镇化发展的主题。在绿色发展的大背景下，作为推进供给侧结构性改革和新型城镇化发展的重要举措，国家再次提出了大力发展装配式建筑的要求，并赋予了标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修、信息化管理和智能化应用的一系列新的内涵。万科等房地产龙头企业，华阳国际等设计企业，中建、广东建工、深圳鹏程等我省施工企业纷纷开展了工程实践。特别是我省深圳市开创了发展装配式建筑的深圳模式。实践表明，装配式建筑的工程质量水平，相比50年前已不可同日而语，装配式建筑理念已逐渐渗透到我们行业的方方面面，建筑业的转型发展正在酝酿。

装配式建筑是建造方式的根本性变革，是一场以节水、节材、节能、环保、高效为主要特征的建造方式的革命，符合中央提出的“五大发展理念”。中共中央、国务院在《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》中提出了“力争用10年左右时间，使装配式建筑占新建建筑的比例达到30%”的总目标，国务院办公厅、住房和城乡建设部相继印发了发展装配式建筑的政策文件，明确了各阶段的推进目标和重点任务，广东省政府办公厅也印发了贯彻落实意见。我们应该以习近平总书记对广东作出的重要批示为统领，围绕节约资源能源、减少施工污染、提升劳动生产率和质量安全水平、促进建筑业与信息化和工业化深度融合、培育新产业新动能等关键领域，不折不扣地贯彻落实好中央和省委、省政府的决策部署，圆满完成国家下达的目标任务。

本书以装配式混凝土结构设计为切入点，全面深入地阐述了装配式建筑设计的原则和要点，能够有效引导政府监管部门、设计院、构件厂家有序做好装配式建筑的管理、设计和生产，对于我省进一步提高装配式建筑发展水平具有重要的现实意义。



广东省建设厅副厅长

2017年8月

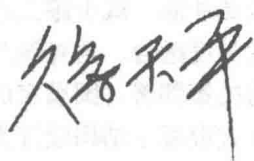
序二

近年来党中央、国务院高度重视装配式建筑的发展，各省市、地区也在纷纷响应国家关于装配式建筑的发展号召。广东省人民政府办公厅发布了《广东省人民政府办公厅关于大力发展装配式建筑的实施意见》文件，文件明确了我省装配式建筑发展的工作目标、6大重点任务、4项支持政策及3大保障措施，不仅为我国的装配式建筑提供了明确的发展目标和有力的政策支持，也将带领我省装配式建筑迎来大发展的春天。

广东省建筑工程集团有限公司积极响应国家的政策路线，抓住推广装配式建筑这一大好契机，拓展企业经营路线。针对装配整体式结构的研究，成立了装配式建筑攻关团队，系统地开展装配式结构的“标准—设计—制作—运输—安装—检测—管理”一体化研究，为企业在这方面的发展提供了坚实的理论与技术依据。

徐其功总工程师带领广东省建科建筑设计院有限公司的一批工作在设计一线的设计人员，结合工程实践，编著了《装配式混凝土结构设计》一书。书中从整体到局部，从受力构件到非受力构件，系统地梳理了装配式结构的相关规范及规程，从传统现浇混凝土结构理论体系出发，分析对比了现浇结构与装配整体式结构的异同点，并针对装配整体式结构的特点，对关键技术——节点连接技术进行了提炼与整理，提出了具有突破性的建议及处理方法。该书帮助业内人士理清了关于装配式结构的一些认知误区，从设计人员的角度出发，理论结合实例阐述了装配整体式结构设计的依据及方法。

本书是广东建工集团设计攻关团队的成果之一，是推动广东省装配式建筑发展的重要理论支持，对提高广东省装配式结构设计能力具有重要作用。



广东省建筑工程集团有限公司 总工程师
广东省土木建筑学会 理事长

2017年8月


序三

2016年9月国务院办公厅印发了《关于大力发展装配式建筑的指导意见》，为贯彻落实这一意见，各地方政府也相应颁发了大力发展装配式建筑的各项规定，装配式建筑可实现建设的高效率、高品质、低消耗、绿色环保，是我国建筑界的一次重大变革。

本书的主编徐其功是国内较早从事装配整体式建筑研究的专家，曾参编国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231—2016，主编广东省地方标准《装配式混凝土建筑结构技术规程》DBJ 15-107-2016、《装配式建筑深化设计技术规程》和《装配式混凝土建筑施工验收规程》等。本书的其他编写人员都是有着丰富经验的第一线设计人员。他们通过对装配整体式建筑的深入研究，结合实际的工程经验，完成了本书的编著工作。

随着我国大规模发展装配式建筑，专业技术人才的匮乏成为装配式建筑发展的瓶颈之一。结构专业作为装配式建筑设计的主力，其设计水平的高低直接关系到装配式建筑的质量、安全和成本。日前，国内结构设计人员熟练掌握了现浇混凝土结构的设计，但是对装配式建筑的认知总体还不高。

装配式混凝土结构从根本上来说还是混凝土结构，本书从混凝土结构设计的一般原则出发，并对装配整体式建筑的特有性能进行描述，帮助设计人员从现浇混凝土结构过渡到装配整体式混凝土结构。本书既是结构工程师学习装配式混凝土结构的教材，又是具体指导装配式混凝土结构设计的实用参考书。本书的出版对提高广东省装配式混凝土结构设计水平起到重要作用。



广东省工程勘察设计行业协会会长

2017年8月

前 言

2016年9月国务院办公厅印发《关于大力发展装配式建筑的指导意见》中提出,力争用10年左右的时间,使装配式建筑占新建建筑面积的比例达到30%。这个规模和发展速度在世界建筑产业化进程中也是前所未有的,我国建筑界面临巨大的转型和产业升级压力。广大结构设计人员除掌握现浇混凝土结构设计外,急需了解装配式混凝土结构与现浇混凝土结构的差异和关联,系统地掌握装配式混凝土结构设计方法。

广东省建工集团积极响应国家号召,组成攻关团队,系统地开展装配式结构的“标准—设计—制作—运输—安装—检测—管理”一体化研究,本书是设计团队的成果之一,拟对内作为设计指南,对外作为培训教材。

本书由徐其功任主编,指导并编写各章节概要,把控整本书的编写思路及质量。毛娜负责全书的编写协调、汇集编排及通篇的审核、校对、修改等工作。本书共十一章,第一章由熊俊明编著;第二章由陈舒婷编著;第三章主要由周金编著,胡淑军参与编写,陈林校对;第四章由陈春晖、刘亨编著;第五章由陈春晖、谢智彬和李昂编著;第六章由毛娜编著;第七章由陈舒婷、熊俊明编著;第八章由刘红卫编著;第九章主要由刘亨、马俊丽编著,吴瑜灵、侯家健参与编写;第十章由杨志兵、李争鹏编著;第十一章由黄伟江编著。就读于加拿大皇后大学的徐采薇翻译了有关美国的资料,参与了全书的文字校订修改工作;李娜和陈春晖参与了全书的校审修改工作。

感谢广东东方雨虹防水工程有限公司王家兴为本书提供的宝贵资料;感谢中国建筑科学研究院北京构力科技有限公司为本书提供的案例及相关资料;感谢广东省建科建筑设计院领导对编制团队在人力和物力方面的大力支持。

感谢赵晓龙总工程师和窦祖融博士对全书进行审阅并提出修改意见。

装配式建筑在国内是近几年才大规模发展起来,很多课题与相关技术正在研究探索之中,本书中编者都是设计一线人员,一边生产一边编写,时间仓促,虽然尽力校审,但仍旧会有差错和不足,恳请并感谢读者给予批评指正。书中为说明本书的技术观点采用的部分图片来源于网络和其他资料,其所有权仍属于原作者,在此一并表示感谢。

目 录

第一章 绪论	1
第二章 连接材料与连接形式	4
第一节 纵向钢筋连接材料	4
第二节 辅助连接材料	20
第三节 构件连接形式	24
第三章 装配式混凝土结构的分类	28
第一节 结构三个装配水平的划分	28
第二节 装配整体式混凝土结构	29
第三节 全装配式混凝土结构	32
第四节 结构抗侧力体系与抗重力体系	37
第四章 装配整体式高层混凝土结构布置和整体分析	39
第一节 结构体系和布置原则	39
第二节 装配整体式结构设计的基本规定	50
第三节 装配整体式结构计算分析的特点	53
第四节 装配式结构设计深度要求	56
第五章 框架结构	62
第一节 梁柱构件设计与拆分形式	62
第二节 构件连接验算	75
第三节 构造要求	79
第四节 设计深度要求及图面表达	87
第五节 案例分析	91
第六章 剪力墙结构	101
第一节 剪力墙墙身设计	101
第二节 预制剪力墙水平缝连接抗剪及纵向钢筋连接设计	109
第三节 剪力墙拆分和水平连接	118
第四节 水平构件的设计	126
第五节 其他装配式剪力墙结构连接大样	132
第六节 剪力墙结构设计深度及图面表达	137
第七节 案例分析	144
第七章 楼面板与屋面板	154
第一节 楼盖的类型与布置	154
第二节 叠合板分析计算	158

第三节	构造要求	162
第四节	叠合板施工验算	165
第五节	图面表达及案例分析	168
第八章	预制混凝土内隔墙与其他非结构构件	177
第一节	内隔墙	177
第二节	楼梯	184
第三节	阳台板	193
第四节	空调板、遮阳板、挑檐板设计	197
第九章	预制混凝土外墙板设计	199
第一节	预制外墙板类型和建筑功能	199
第二节	预制外挂墙板结构设计	216
第十章	性能设计	227
第一节	概述	227
第二节	装配整体式结构连接形式及效应划分	229
第三节	性能水准和性能目标	234
第四节	性能设计步骤	242
第十一章	BIM 在装配式结构中的应用	243
第一节	BIM 简介	243
第二节	装配式框架结构 BIM 应用实例	243
第三节	BIM 在设计中应用实例	255
参考文献	259

第一章 绪 论

一、历史与现状

装配式建筑是对目前我国以现浇为主的建造方式的一次重大变革,是我国建造方式的发展趋势。装配式建筑可实现建设的高效率、高品质、低资源消耗和低环境影响,是贯彻绿色发展理念、实现建筑现代化的需要。

我国装配式混凝土建筑的研究和应用始于20世纪50年代,在20世纪70年代、80年代发展到高峰,在单层工业厂房、仓库及居住建筑中有着比较广泛的应用。由于受当时的技术、材料、工艺和设备等条件限制,已建成的装配式建筑建造质量较差,特别是大量的无筋砖混预制板住宅,多数经不起地震的考验,唐山大地震的巨大破坏,使得预制楼板的使用被否定。20世纪90年代后,由于国内建筑市场条件变化及多种因素影响,装配式混凝土建筑在我国几乎消失,许多人对装配式建筑的印象就停留在预制板的使用,甚至有些结构设计人员认为装配式建筑是不抗震的,在行业内还存在一些认知的误区。

随着我国经济的迅速发展,政府对节能减排、环境保护要求的日益提高,以及劳动力成本的快速上涨,建筑业转型升级势在必行。装配式建筑在北美、欧洲、日本的应用相当广泛,技术成熟,我国对装配式建筑的优越性和可靠性有了新的认知。近10年来,借鉴发达国家装配式建筑发展经验,引进国外成熟技术,国内开展了大量装配式关键技术的试验研究,通过工程试点,尤其是近三年来,以高层住宅为主的装配整体式混凝土建筑得到了大量应用。我国在已有研究成果和工程经验的基础上,编制了《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1—2014、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231—2016、广东省标准《装配式混凝土建筑结构技术规程》DBJ 15-107—2016等国家和地方标准规范,还编制了系列与装配式混凝土建筑相关的国家建筑设计标准图集,这些标准和图集已能满足目前主流装配式建筑工程建设的基本需求。

随着我国大规模发展装配式建筑,专业技术人才的匮乏成为装配式建筑发展的瓶颈之一。结构专业是装配式建筑设计的主力,在解决装配式关键技术上发挥着重要作用,结构设计水平高低直接关系到装配式建筑的质量、安全和成本,在初期甚至影响到建设单位的决策。目前,国内结构设计人员对装配式建筑的认知总体还不高,提高结构设计人员的装配式结构设计水平迫在眉睫。

二、装配式混凝土结构的特点

装配式混凝土结构是由预制混凝土构件通过可靠的连接方式装配而成的混凝土结构。作为设计人员应清醒地认识到,它首先还是混凝土结构,其材料性能、结构受力的特点、结构布置及构造措施等仍应遵循一般现浇混凝土结构的规则和规范规定。

但是由于预制构件之间以及预制构件与现浇混凝土之间的连接与传统现浇混凝土结构

有差异,使得在现浇混凝土结构中不需明确的概念和分类,须在装配式混凝土结构中明确才能使设计人员更容易理解。比如,在钢结构中通常使用的螺栓连接、焊接连接等,在现浇混凝土结构就不会出现,但在装配式混凝土结构中就有可能使用。

本书中,预制构件之间采用与现浇混凝土相同的连接称为湿连接,是指预制构件间主要纵向受力钢筋的拼接部位,用现浇混凝土或灌浆填充的连接方法。湿连接形式与现浇混凝土结构类似,其强度、刚度和变形行为与现浇混凝土结构基本相同。干连接是指预制构件不属于湿连接的连接方法。由于干连接不需要在施工现场使用大量现浇混凝土或灌浆,只需少量混凝土或灌浆填缝,与湿连接相比,安装较为方便、快捷,但干连接的变形主要集中于连接部位,与现浇混凝土结构变形不一样,不能采用现浇混凝土结构同样的分析方法。

装配整体式结构和全装配式结构的一个主要差别在于抗侧力体系中预制构件之间采用的连接方式。当结构抗侧力体系的主要受力构件现浇,或预制构件间通过现浇混凝土进行连接,再通过现浇楼板或叠合楼板将结构构件连成整体,保证装配式结构的整体性能,使其结构性能与现浇混凝土基本等同,这类结构统称为装配整体式混凝土结构。当结构抗侧力体系预制构件之间的连接,部分或全部通过干式节点进行连接,或采用全预制楼板时,结构的总体刚度和整体性与现浇混凝土结构相比会有所降低,变形行为也与现浇混凝土结构可能有较大差异,这类结构统称为全装配式结构。目前我国主要发展的是装配整体式混凝土结构,由于力求与现浇结构等同或相近,而我国现行的抗震规范和高层规范均是立足于现浇结构编制的,也容易造成误解,认为装配式结构的安全性不如现浇结构。实际上装配式结构也不一定非要与现浇结构相同,只要能抵抗风、地震等作用,达到相同的安全目的和可靠度即可。随着装配式结构在我国的发展,各种形式的构件连接技术和结构体系会逐步应用于工程实践中。

三、本书编制的目的

为了提高我国人工工作效率,减少建筑垃圾,提高建筑质量,减少建筑质量通病,从而提高我国的建造水平,在各级政府的大力推动下,近两年,装配式混凝土结构在我国发展迅猛。这项变革基本上是自上而下推动的,但由于与其他建筑新技术市场化的发展路径不同,造成了部分人员的不理解,以及广大的一线设计人员知之不深。

由于构件的预制,带来了工厂制作、运输、安装等与现浇或后浇混凝土不同的环节,从而对设计提出了新的要求。

鉴于设计人员对现浇混凝土结构的设计较为熟悉,本书从混凝土结构设计的一般原则出发,理清设计过程中容易混淆的概念,系统梳理装配式建筑相关的规范和规程,分析现浇和装配式结构的差异和关联,总结编制组的设计经验,帮助设计人员从现浇混凝土结构设计过渡到装配式混凝土结构设计。

本书引用的规范简称说明:

国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231—2016,简称《装标》

行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1—2014,简称《装规》(行标)

广东省标准《装配式混凝土建筑结构技术规程》DBJ 15-107—2016,简称《广东省装标》

- 国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010，简称《混规》
- 国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010（2016年版），简称《抗规》
- 行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3—2010，简称《高规》
- 国家标准《装配式建筑评价标准》（征求意见稿），简称《装评》（征求意见稿）

装配式建筑评价标准（征求意见稿）

1.1 总则
1.1.1 为贯彻国家有关方针政策，落实科学发展观，推进我国建筑业的可持续发展，提高建筑工业化水平，制定本标准。
1.1.2 本标准适用于新建装配式混凝土结构建筑的评价。
1.1.3 本标准的评价体系由建筑工业化、绿色建造和品质提升三个部分组成。
1.1.4 本标准的评价指标分为基本指标和附加指标。
1.1.5 本标准的评价等级分为三星、二星和一星三个等级。
1.1.6 本标准的评价结果可作为装配式建筑项目评优、招投标、信贷、保险、融资等的重要依据。
1.1.7 本标准由住房和城乡建设部负责管理和解释。
1.1.8 本标准自发布之日起施行。

绿色建筑

绿色建筑是指在全寿命周期内，最大限度地节约资源（节能、节地、节水、节材）、保护环境、减少污染，为人们提供健康、适用和高效的使用空间，最大限度地提升资源利用效率和生态环境质量。
绿色建筑评价等级分为三星、二星和一星三个等级。



图 1.1.1 装配式建筑评价标准（征求意见稿）

绿色建筑评价标准（征求意见稿）
1.1 总则
1.1.1 为贯彻国家有关方针政策，落实科学发展观，推进我国建筑业的可持续发展，提高建筑工业化水平，制定本标准。
1.1.2 本标准适用于新建绿色建筑的评价。
1.1.3 本标准的评价体系由建筑工业化、绿色建造和品质提升三个部分组成。
1.1.4 本标准的评价指标分为基本指标和附加指标。
1.1.5 本标准的评价等级分为三星、二星和一星三个等级。
1.1.6 本标准的评价结果可作为绿色建筑项目评优、招投标、信贷、保险、融资等的重要依据。
1.1.7 本标准由住房和城乡建设部负责管理和解释。
1.1.8 本标准自发布之日起施行。

第二章 连接材料与连接形式

第一节 纵向钢筋连接材料

预制构件的连接接缝从受力上来讲主要传递轴力（压力、拉力）、剪力、弯矩，以及少部分扭矩。从常识来说，压力的传递是不需要特别处理的，拉力主要由受拉钢筋传递，剪力通过钢筋的销栓作用、现浇混凝土以及抗剪槽的作用来传递，弯矩可通过受拉区钢筋的受拉以及受压区混凝土的受压来传递，因此，连接接缝的关键就是受拉纵筋的连接。本节主要介绍纵向钢筋的连接材料。

装配式混凝土结构连接材料包括纵向钢筋连接材料和其他辅助连接材料，其中纵向钢筋连接材料有灌浆套筒、套筒灌浆料、机械套筒、浆锚孔波纹管、浆锚孔螺旋筋、浆锚搭接灌浆料、灌浆导管、灌浆孔塞、灌浆堵缝材料、钢筋锚固板等。除机械套筒和钢筋锚固板在现浇混凝土建筑结构中也有应用外，其余材料都是装配式混凝土建筑结构的专用材料，装配式混凝土建筑也简称为 PC 建筑。本章根据郭学明主编的《装配式混凝土结构建筑的设计、制作与施工》中部分厂家资料，结合有关规范和作者的研究，阐述装配式结构的连接和连接形式，帮助设计人员更方便地理解。

一、灌浆套筒

灌浆套筒是用于钢筋连接的一种金属材质圆筒。圆筒两端预留插孔，连接钢筋通过插孔插入套筒后，将专用灌浆料灌入套筒，充满套筒与钢筋之间的间隙，灌浆料硬化后与钢筋横肋和套筒内壁形成紧密啮合，并在钢筋和套筒之间有效传力，实现钢筋对接（图 2.1-1）。

灌浆套筒分全灌浆套筒和半灌浆套筒（图 2.1-2）。两端均采用套筒灌浆料连接的套筒为全灌浆套筒；一端采用套筒灌浆连接方式，另一端采用机械连接方式的套筒为半灌浆套筒。灌浆套筒是装配式混凝土结构最主要的连接构件，用于纵向受力钢筋的连接。灌浆套筒作业原理如图 2.1-3 所示。

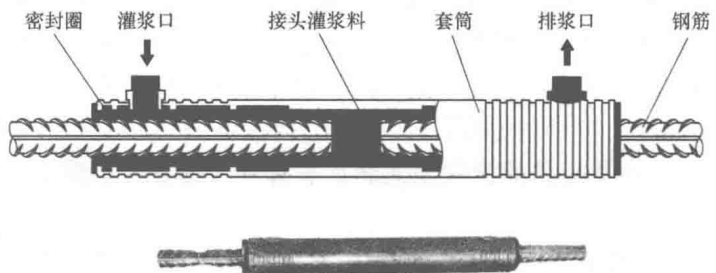


图 2.1-1 灌浆套筒示意图

钢筋灌浆套筒的使用和性能应符合现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355—2015、《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398—2012 的规定。行业标准《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398—2012 给出了灌浆套筒的构造图（图 2.1-4），且强制性条款 3.2.2 规定：“钢筋套筒灌浆连接接头的抗拉强度不应小于连接钢筋抗拉强度标准值，且破坏时应断于接头外钢筋。”

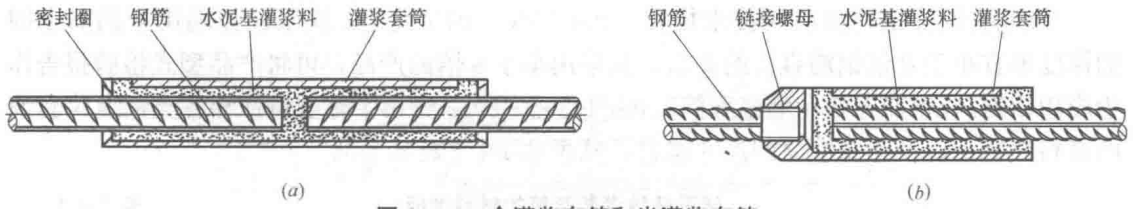


图 2.1-2 全灌浆套筒和半灌浆套筒

(a) 全灌浆套筒; (b) 半灌浆套筒

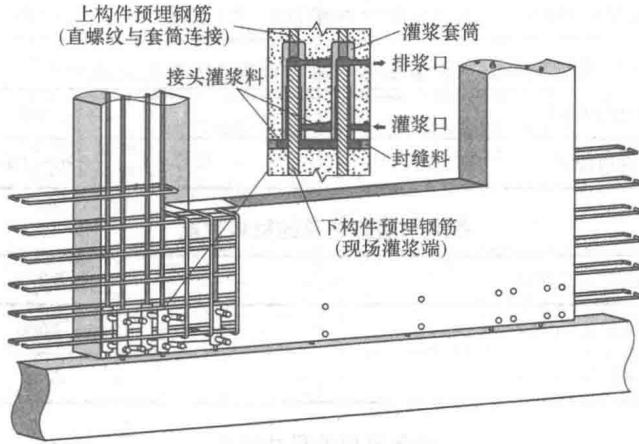


图 2.1-3 半灌浆套筒工作原理

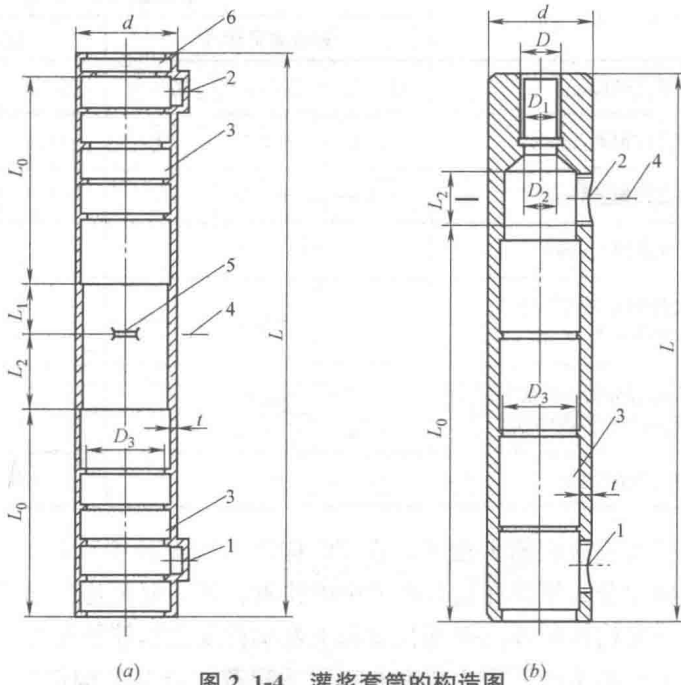


图 2.1-4 灌浆套筒的构造图

(a) 全灌浆套筒; (b) 半灌浆套筒

说明: 1—灌浆孔; 2—排浆孔; 3—剪力槽; 4—强度验算用截面; 5—钢筋限位挡块; 6—安装密封垫的结构。

尺寸: L —灌浆套筒总长, L_0 —锚固长度; L_1 —预制端预留钢筋安装调整长度;

L_2 —现场装配端预留钢筋安装调整长度; t —灌浆套筒壁厚; d —灌浆套筒外径;

D —内螺纹的公称直径; D_1 —内螺纹的基本小径; D_2 —半灌浆套筒螺纹端与灌浆端连接处的通孔直径;

D_3 —灌浆套筒锚固段环形凸起部分的内径。

注: D_3 不包括灌浆孔、排浆孔外侧因导向、定位等其他目的而设置的比锚固段环形突起内径偏小的尺寸。 D_3 可以为非等截面。

《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355—2015 规定，灌浆连接端用于钢筋锚固的深度不宜小于 8 倍钢筋直径的要求。如采用小于 8 倍的产品，可将产品型式检验报告作为应用依据。《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398—2012 给出了球墨铸铁和各类钢灌浆套筒的材料性能，以及灌浆套筒的尺寸偏差，见表 2.1-1~表 2.1-3。

球墨铸铁灌浆套筒的材料性能

表 2.1-1

项 目	性能指标
抗拉强度 σ_b (MPa)	≥ 550
断后伸长率 σ_s (%)	≥ 5
球化率 (%)	≥ 85
硬度 (HBW)	180~250

各类钢灌浆套筒的材料性能

表 2.1-2

屈服强度 σ_s (MPa)	≥ 355
抗拉强度 σ_b (MPa)	≥ 600
断后伸长率 σ_s (%)	≥ 16

灌浆套筒的尺寸偏差

表 2.1-3

序号	项 目	灌浆套筒尺寸偏差					
		铸造灌浆套筒			机械加工灌浆套筒		
1	钢筋直径(mm)	12~20	22~32	36~40	12~20	22~32	36~40
2	外径允许偏差(mm)	± 0.8	± 1.0	± 1.5	± 0.6	± 0.8	± 0.8
3	壁厚允许偏差(mm)	± 0.8	± 1.0	± 1.5	± 0.6	± 0.8	± 0.8
4	长度允许偏差(mm)	$\pm(0.01 \times L)$			± 2.0		
5	锚固段环形突起部分的内径允许偏差(mm)	± 1.5			± 1.0		
6	锚固段环形突起部分的内径最小尺寸与钢筋公称直径差值(mm)	≥ 10			≥ 10		
7	直螺纹精度	—			GB/T 197 中 6H 级		

因灌浆套筒外径比连接钢筋大很多，在 PC 构件结构设计中计算 h_0 和配筋时，需相应明确套筒外径以确定受力钢筋在构件断面中的位置；还需要知道套筒的总长度和钢筋的插入长度，以确定下部构件的伸出钢筋长度和上部构件受力钢筋的长度。

目前，国内灌浆套筒生产厂家主要有北京思达建茂（合金结构钢）、上海住总（球墨铸铁）、深圳市现代营造（球墨铸铁）、深圳盈创（球墨铸铁）、建研科技股份有限公司（合金结构钢）、中建机械（无缝钢管加工）等。

北京思达建茂公司生产的半灌浆套筒如图 2.1-5~图 2.1-7 所示，全灌浆套筒如图 2.1-8 所示，半灌浆套筒和全灌浆套筒主要技术参数见表 2.1-4~表 2.1-6。

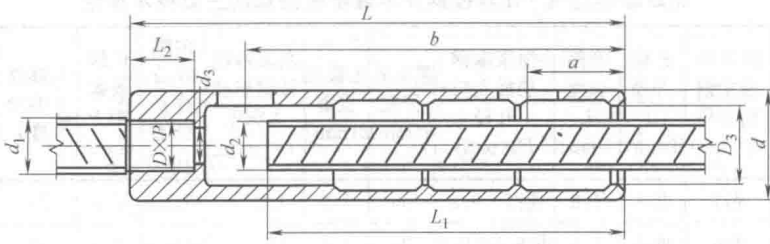


图 2.1-5 JM 钢筋半灌浆套筒

北京思达建茂 JM 钢筋半灌浆连接套筒主要技术参数

表 2.1-4

套筒型号	螺纹端连接钢筋直径 d_1 (mm)	灌浆端连接钢筋直径 d_2 (mm)	套筒外径 d (mm)	套筒长度 L (mm)	灌浆端钢筋插入孔径 D_3 (mm)	灌浆孔位置 a (mm)	出浆孔位置 b (mm)	灌浆端连接钢筋插入深度 L_1 (mm)	内螺纹公称直径 D (mm)	内螺纹螺距 P (mm)	内螺纹牙型角 (度)	内螺纹孔深度 L_2 (mm)	螺纹端与灌浆端通孔直径 d_3 (mm)
GT12	φ12	φ12, φ10	Φ32	140	Φ23±0.2	30	104	96 ⁺¹⁵ ₀	M12.5	2.0	75°	19	≤Φ8.8
GT14	φ14	φ14, φ12	Φ34	156	Φ25±0.2	30	119	112 ⁺¹⁵ ₀	M14.5	2.0	60°	20	≤Φ10.5
GT16	φ16	φ16, φ14	Φ38	174	Φ28.5±0.2	30	134	128 ⁺¹⁵ ₀	M16.5	2.0	60°	22	≤Φ12.5
GT18	φ18	φ18, φ16	Φ40	193	Φ30.5±0.2	30	151	144 ⁺¹⁵ ₀	M18.7	2.5	60°	25.5	≤Φ15
GT20	φ20	φ20, φ18	Φ42	211	Φ32.5±0.2	30	166	160 ⁺¹⁵ ₀	M20.7	2.5	60°	28	≤Φ17
GT22	φ22	φ22, φ20	Φ45	230	Φ35±0.2	30	181	176 ⁺¹⁵ ₀	M22.7	2.5	60°	30.5	≤Φ19
GT25	φ25	φ25, φ22	Φ50	256	Φ38.5±0.2	30	205	200 ⁺¹⁵ ₀	M25.7	2.5	60°	33	≤Φ22
GT28	φ28	φ28, φ25	Φ56	292	Φ43±0.2	30	234	224 ⁺¹⁵ ₀	M28.9	3.0	60°	38.5	≤Φ23
GT32	φ32	φ32, φ28	Φ63	330	Φ48±0.2	30	266	256 ⁺¹⁵ ₀	M32.7	3.0	60°	44	≤Φ26
GT36	φ36	φ36, φ32	Φ73	387	Φ53±0.2	30	316	306 ⁺¹⁵ ₀	M36.5	3.0	60°	51.5	≤Φ30
GT40	φ40	φ40, φ36	Φ80	426	Φ58±0.2	30	350	340 ⁺¹⁵ ₀	M40.2	3.0	60°	56	≤Φ34

注：1. 本表为标准套筒的尺寸参数；套筒材料优质碳素结构钢或合金结构钢，抗拉强度 $\geq 600\text{MPa}$ ，屈服强度 $\geq 355\text{MPa}$ ，断后伸长率 $\geq 16\%$ 。

2. 竖向连接异径钢筋的套筒：(1) 灌浆端连接钢筋直径小时，采用本表中螺纹连接端钢筋的标准套筒，灌浆端连接钢筋的插入深度为该标准套筒规定的深度 L_1 值。(2) 灌浆端连接钢筋直径大时，采用变径套筒，套筒参数见表 2.1-5。

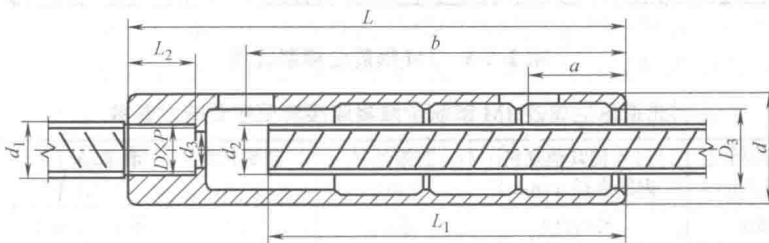


图 2.1-6 JM 异径钢筋半灌浆套筒

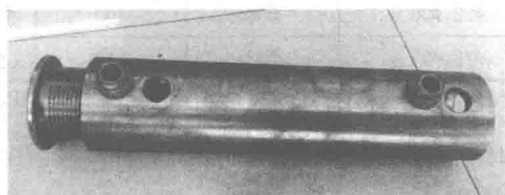


图 2.1-7 半灌浆套筒实物图片

北京思达建茂 JM 异径钢筋半灌浆连接套筒主要技术参数

表 2.1-5

套筒型号	螺纹端连接钢筋直径 d_1 (mm)	灌浆端连接钢筋直径 d_2 (mm)	套筒外径 d (mm)	套筒长度 L (mm)	灌浆端钢筋插入孔径 D_3 (mm)	灌浆孔位置 a (mm)	出浆孔位置 b (mm)	灌浆端连接钢筋插入深度 L_1 (mm)	内螺纹公称直径 D (mm)	内螺纹螺距 P (mm)	内螺纹牙型角 (度)	内螺纹孔深度 L_2 (mm)	螺纹端与灌浆端通孔直径 d_3 (mm)
GT14/2	φ12	φ14	Φ34	156	Φ25±0.2	30	119	112 ⁺¹⁵ ₀	M12.5	2.0	75°	19	Φ8.8
GT16/14	φ14	φ16	Φ38	174	Φ28.5±0.2	30	134	128 ⁺¹⁵ ₀	M14.5	2.0	60°	20	Φ10.5
GT18/16	φ16	φ18	Φ40	193	Φ30.5±0.2	30	151	144 ⁺¹⁵ ₀	M16.5	2.0	60°	22	Φ12.5
GT20/18	φ18	φ20	Φ42	211	Φ32.5±0.2	30	166	160 ⁺¹⁵ ₀	M18.7	2.5	60°	25.5	Φ15
GT22/20	φ20	φ22	Φ45	230	Φ35±0.2	30	181	176 ⁺¹⁵ ₀	M20.7	2.5	60°	28	Φ17
GT25/22	φ22	φ25	Φ50	256	Φ38.5±0.2	30	205	200 ⁺¹⁵ ₀	M22.7	2.5	60°	30.5	Φ19
GT28/25	φ25	φ28	Φ56	292	Φ43±0.2	30	234	224 ⁺¹⁵ ₀	M25.7	2.5	60°	33	Φ22
GT32/28	φ28	φ32	Φ63	330	Φ48±0.2	30	266	256 ⁺¹⁵ ₀	M28.9	3.0	60°	38.5	Φ23
GT36/32	φ32	φ36	Φ73	387	Φ53±0.2	30	316	306 ⁺¹⁵ ₀	M32.7	3.0	60°	44	Φ26
GT40/36	φ36	φ40	Φ80	426	Φ58±0.2	30	350	340 ⁺¹⁵ ₀	M36.5	3.0	60°	51.5	Φ30

注：1. 本表为竖向连接异径钢筋时，灌浆端连接钢筋直径大，且连接钢筋直径相差一级的变径套筒参数；套筒材料：同表 2.1-4；套筒型号标识：灌浆连接端的钢筋直径在前，螺纹连接端的钢筋直径在后，直径数字之间用“/”分开，例如：灌浆连接钢筋为 25mm，螺纹连接端的钢筋直径为 20mm，则型号标识为 GT25/20。

2. 对于灌浆连接端钢筋直径大，且钢筋直径差超过一级的变径套筒，套筒参数按以下原则设计：套筒外径、长度及灌浆连接端各参数均与灌浆端连接钢筋的标注套筒相同，套筒螺纹连接端的内螺纹参数与连接的相应小直径钢筋的标准套筒的内螺纹参数相同。

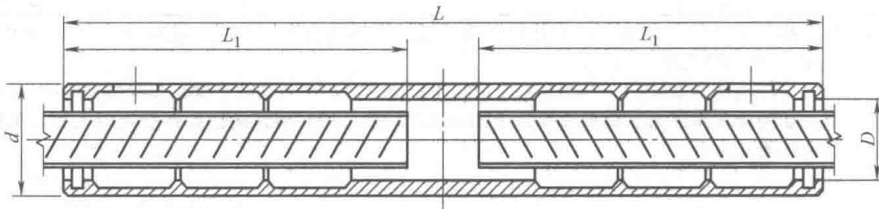


图 2.1-8 JM 钢筋全灌浆套筒

北京思达建茂 JM 钢筋全灌浆连接套筒主要技术参数

表 2.1-6

套筒型号	连接钢筋直径 d_1 (mm)	可连接其他规格钢筋直径 d (mm)	套筒外径 d (mm)	套筒长度 L (mm)	灌浆端口孔径 D (mm)	钢筋插入最小深度 L_1 (mm)
CT16H	φ16	φ14, φ12	Φ38	256	Φ28.5±0.2	113±128
CT20H	φ20	φ18, φ16	Φ42	320	Φ32.5±0.2	145±16
CT22H	φ22	φ20, φ18	Φ45	350	Φ35±0.2	160±175
CT25H	φ25	φ22, φ20	Φ50	400	Φ38.5±0.2	185±200
CT32H	φ32	φ28, φ25	Φ63	510	Φ48±0.2	240±255

注：1. 套筒材料：优质碳素结构钢或合金结构钢，机械性能，抗拉强度≥600MPa，屈服强度≥355MPa，断后伸长率≥16%。

2. 套筒两端装有橡胶密封环，灌浆孔、出浆孔在套筒梁端。

深圳市现代营造科技有限公司生产的半灌浆套筒如图 2.1-9 所示，半灌浆套筒与连接钢筋对应尺寸见表 2.1-7。