

SIMPLIFIED SERIES OF
CIVIL ENGINEERING

清华大学土木工程系组编

丛书主编 崔京浩

周献祥 著

简明土木工程系列专辑

品味钢筋混凝土

——设计常遇的混凝土结构机制机理分析



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

知识产权出版社
www.cnipr.com

Simplified Series of Civil Engineering

清华大学土木工程系组编

丛书主编 崔京浩

周献祥 著

简明土木工程系列专辑

品味钢筋混凝土

——设计常遇的混凝土结构机制机理分析

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn
知识产权出版社
www.cnipr.com



内容提要

本书系“简明土木工程系列专辑”中的一本，是作者多年来对钢筋混凝土结构设计理论和实践切身感悟的总结。全书共分为七章。第1章介绍了合理配筋方式具有提高构件承载力、改变结构破坏模式、改善结构受力性能、改变结构传力途径、使构造设计与试验和计算条件相一致的作用。第2章系统阐述了钢筋混凝土结构间接传力作用的传力机理，论述了工程实践中一些不合理的构造做法的不利影响。第3章给出两端有嵌固弯矩时梁的最大挠度计算公式，分析了钢筋混凝土梁、板允许跨高比的实用计算方法。第4章从设计角度提出了减少和控制混凝土早期收缩裂缝的综合技术。第5章提出降低结构工程造价的途径和技术措施。第6章和第7章，从钢筋混凝土与其他结构材料共同工作的角度，探讨钢筋混凝土结构的受力性能。

本书可供建筑结构设计、施工、监理、科研人员和大专院校师生参考。

选题策划：阳 森 张宝林 E-mail: yangsanshui@vip.sina.com; z_baolin@263.net

责任编辑：阳 森 张宝林

文字编辑：周 媛

图书在版编目 (CIP) 数据

品味钢筋混凝土：设计常遇的混凝土结构机理分析
析/周献祥著. —北京：中国水利水电出版社：知识产
权出版社，2006

(简明土木工程系列专辑/崔京浩主编)

ISBN 7-5084-3393-9

I. 品... II. 周... III. 钢筋混凝土结构—结构设
计 IV. TU375.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 132368 号

简明土木工程系列专辑

品味钢筋混凝土——设计常遇的混凝土结构机理分析

周献祥 著

中国水利水电出版社 出版 发行 (北京市西城区三里河路6号；电话：010-6831835 68357319)
知识产权出版社 (北京市海淀区马甸南村1号；传真、电话：010-82000893)

全国各地新华书店和相关出版物销售网点经销

北京市兴怀印刷厂印刷

850mm×1168mm 32开 7.375印张 198千字

2006年1月第1版 2006年1月第1次印刷

印数：0001—4000册

定价：16.00元

ISBN 7-5084-3393-9

版权所有 侵权必究

如有印装质量问题，可寄中国水利水电出版社营销中心调换
(邮政编码 100044，电子邮件：sales@waterpub.com.cn)

清华大学土木工程系组编

简明土木工程系列专辑

编 委 会

名誉主编 陈肇元 袁 驷

主 编 崔京浩

副主编 石永久 宋二祥

编 委 (按汉语拼音排序)

陈永灿 胡和平 金 峰 李庆斌

刘洪玉 钱稼茹 王志浩 王忠静

武晓峰 辛克贵 阳 森 杨 强

余锡平 张建民 张建平

编 辑 办 公 室

主 任 阳 森

成 员 张宝林 董拯民 彭天赦 淡智慧

周 媛 莫 莉 丁 丁 张 冰

邹艳芳

总 序

国务院学位委员会在学科简介中为土木工程所下的定义是：“土木工程（Civil Engineering）是建造各类工程设施的科学技术的统称。它既指工程建设的对象，即建造在地上、地下、水中的各种工程设施，也指所应用的材料、设备和所进行的勘测、设计、施工、保养、维修等专业技术”。土木工程是一个专业覆盖面极广的一级学科。

英语中“Civil”一词的意义是民间的和民用的。“Civil Engineering”一词最初是对应于军事工程（Military Engineering）而诞生的，它是指除了服务于战争设施以外的一切为了生活和生产所需要的民用工程设施的总称，后来这个界定就不那么明确了。按照学科划分，地下防护工程、航天发射塔架等设施也都属于土木工程的范畴。

土木工程是国家的基础产业和支柱产业，是开发和吸纳我国劳动力资源的一个重要平台，由于它投入大、带动的行业多，对国民经济的消长具有举足轻重的作用。改革开放后，我国国民经济持续高涨，土建行业的贡献率达到 1/3；近年来，我国固定资产的投入接近甚至超过 GDP 总量的 50%，其中绝大多数都与土建行业有关。随着城市化的发展，这一趋势还将继续呈现增长的势头。

相对于机械工程等传统学科而言，土木工程诞生得更早，其发展及演变历史更为古老。同时，它又是一个生命力极强的学科，它强大的生命力源于人类生活乃至生存对它的依赖，甚至可以毫不夸张地说，只要有人类存在，土木工程就有着强大的社会需求和广阔的发展空间。

随着技术的进步和时代的发展，土木工程不断注入新鲜血液，呈现出勃勃生机。其中工程材料的变革和力学理论的发展起

着最为重要的推动作用。现代土木工程早已不是传统意义上的砖瓦灰砂石，而是由新理论、新技术、新材料、新工艺、新方法武装起来的为众多领域和行业不可或缺的大型综合性学科，一个古老而又年轻的学科。

综上所述，土木工程是一个历史悠久、生命力强、投入巨大、对国民经济具有拉动作用、专业覆盖面和行业涉及面极广的一级学科和大型综合性产业，为它编写一套集新颖性、实用性和科学性为一体的“简明系列专辑”，既是社会的召唤和需求，也是我们的责任和义务。

清华大学土木工程系是清华大学建校后成立最早的科系之一，历史悠久，实力也比较雄厚，有较强的社会影响和较广泛的社会联系，组编一套“简明土木工程系列专辑”，既是应尽的责任也是一份贡献，但面对土木工程这样一个覆盖面极广的一级学科，我们组编实际起两个作用：其一是组织工作，组织广大兄弟院校及设计施工部门的专家和学者们编写；其二是保证质量的作用，我们有一个较为完善的专家库，必要时请专家审阅、定稿。

简明土木工程系列专辑包括以下几层含义：简明，就是避免不必要的理论证明和繁琐的公式推导，采用简洁明快的表述方法，图文并茂，深入浅出，浅显易懂；系列，指不是一本书而是一套书，这套书力争囊括土木工程涵盖的各个次级学科和专业；专辑，就是以某个特定内容编辑成册的图书，每本书的内容可以是某种结构的分析与计算，某个设计施工方法，一种安装工艺流程，某种监测判定手段，一个特定的行业标准等等，均可独立成册。

这套丛书不称其为“手册”而命名为“系列专辑”，原因之一是一些特定专题不易用手册的方法编写；原因之二是传统的手册往往“大而全”，书厚且涉及的技术领域多，而任何一个工程技术人员在某一个阶段所从事的具体工作又是针对性很强的，将几个专业甚至一个项目的某个阶段集中在一本“大而全”的手册势必造成携带、查阅上的不方便，加之图书的成本过高，编写人员臃肿，组织协调困难，出书及再版周期过长，以致很难反映现

代技术飞速发展、标准规范规程更新速度太快的现实。考虑到这些弊端，这套系列专辑采用小开本，在选题上尽量划分得细一些，视专业、行业、工种甚至流程的不同，能独立成册的绝不合二为一，每本书原则上只讨论一个专题，根据专题的性质和特点有的书名仍冠以“手册”两字。

这套系列专辑的编写严格贯彻“新颖性、实用性、科学性”三大原则。

新颖性，就是充分反映有关新标准、新规程、新规范、新理论、新技术、新材料、新工艺、新方法，老的、过时的、已退出市场的一律不要。体现强劲的时代风貌。

实用性，就是避免不必要的说理和冗长的论述，尽可能从实用的角度用简洁的语言以及数据、表格、曲线图形来表述；深入浅出，让人一看就懂，一懂能用；不是手册，胜似手册。

科学性，就是编写内容均有出处，参考文献除国家标准、行业标准、地方标准必须列出以外，尚包括引用的论文、专著、手册及教科书。

这套系列专辑的读者对象是比较宽泛的，它包括大专院校师生，土木工程领域的管理、设计、施工人员，以及具有一定阅读能力的建筑工人。它既可作为土建技术人员随身携带及时查阅的手册，又可选作大专院校、高职高专的教材及专题性教辅材料。

崔京浩

2005年10月于清华园

崔京浩，男，山东淄博人。1960年清华大学土建系毕业，1964年清华大学结构力学研究生毕业，1986~1988年赴挪威皇家科学技术委员会做博士后，从事围岩应力分析的研究。先后发表论文150多篇，编著专业书4本，参加并组织编写巨著《中国土木工程指南》，任编辑办公室主任，并为该书撰写绪论；主持编写由清华大学土木工程系组编的“土木工程新技术丛书”和“简明土木工程系列专辑”，并任主编。曾任清华大学土木系副系主任，现为中国力学学会理事，《工程力学》学报主编，享受国务院特殊津贴。

前 言

在我国，大部分结构设计者都是无神论者，但将规范作为“圣经”来看待的设计人员、施工图审查人员为数却不少。产生这种现象的主要原因是我国设计规范是强制性的，对于设计人员来说，规范就是法律，按照规范进行的设计即使有问题，设计人员也可能不负任何法律责任，而不按规范要求进行的设计，即使理论先进、经济合理，但是一旦出问题责任自负。所以将规范作为“圣经”来看待，虽然设计会保守些，但对每一个设计人员来说都无可非议。可是如果站在一个国家的一个行业的整体高度来看，这种状况的出现就不得不说是一种悲哀。因为现阶段的规范、规程和标准虽然反映了国内结构设计行业的成熟经验、国内外先进的设计理论和设计思想，但目前规范、规程和标准的体系结构还不完善，其所涉及的理论体系还不完备，所以目前的规范、规程和标准的体系结构还远没有形成一个可以自成一家且非我莫属的封闭体系，规范、规程和标准的体系结构之外还有许多未被发现的真理。如果将结构设计理论体系结构比作一个矿藏，则现有的规范、规程和标准体系结构只是已发现的一个煤矿，也许还有许多金矿、银矿未被发现，至少还有储存量更大、品质更好的煤矿等待我们去发掘。此外，如果将设计规范作为已建建筑的检验标准，考虑到设计缺陷、施工误差、材料的变异和使用环境多变等不利因素，则至少有 50% 的建筑物属于有缺陷的次品。但这些建筑物均能满足正常使用极限状态和承载能力极限状态的要求。这说明在实际工程中存在这样一种可接受状态：在现有规范和设计理论体系总体框架内，它既与规范的要求不完全一致，又与常规理论计算的结果有一定的偏差。因此，对工程实际与理论计算结果、规范要求之间的偏差，既不能掉以轻心，也不宜反

应过度，而应该实事求是地分析、探索其内在的、符合实际的理论依据，这就是本书所力求表达的主要内容。

节约是符合人类可持续发展要求所需要的一种美德，节约钢材是我国结构设计人员长期设计实践形成的重要守则。可是近年来我国混凝土结构设计钢材用量普遍上升，规范的修订、程序的升级，虽然其出发点不同，但其共同的趋势和结果就是增加了混凝土结构的配筋量，施工图审查也有了一个不成文的规定，钢筋多配的一般不提意见，使得“算不清，多配筋”有时竟成为设计者自我保护的良策。建设部副部长仇保兴在2005年2月23日国务院新闻办举行的新闻发布会上披露了一组触目惊心的数字：“我国建筑业物资消耗水平与发达国家相比，钢材消耗高出10%~25%，每拌和1立方米混凝土要多消耗水泥80公斤。”（《北京青年报》2005年2月24日）。钢筋混凝土结构配筋的基本原则就是按需配置，而不是越多越好。影响结构可靠度的因素很多，材料用量只是其中之一。事物发展的普遍规律是螺旋式上升，仅以提高配筋这一“线性增长”的特殊方式来提高结构可靠度，并不一定能达到全面提高结构可靠度的目的。随着用钢量的增加，因钢筋过于拥挤而难于浇捣混凝土的比例也随之上升；由于对用钢量的增加所带来的可靠度增加的期望值过高，从而导致施工单位疏于质量管理，以及监理企业和质量监督机构放松对质量监督的倾向随之增长。改善结构受力性能的途径也是多方面的，“多配筋”这一简单而粗放的设计思想之所以得到追捧，主要是因为长期以来我国钢材、水泥等一直处于紧缺状态，设计中节约钢材自然成了我国结构工程师的必然选择，总体而言，我国结构的可靠度水平比国外低。鉴于我国已告别了物资短缺的经济时代，适当增加一些钢材来提高可靠度既属于合理消费，又能促进钢材、水泥生产，缓解通货紧缩的困难，拉动经济发展，有其合理的一面。但同时也必须承认，我国在物资短缺的经济时代背景下，设计和施工实践中所形成的节约钢材的良好传统，充分发挥了钢筋混凝土材料的弹塑性性能，这是对混凝土结构设计理论的重大检

验，蕴含着丰富的理论价值。因此，发掘这些宝藏，深入分析混凝土结构受力机制和机理，研究并整理出经受实践检验的理论和措施，辨别出以往工程实践中哪些方面是需要改进的，哪些是可以继续发扬光大的，都有一定的实际意义。探讨混凝土结构的受力机理，是减少盲目性，增强针对性，合理配置钢筋的前提和基础，这就是本书的写作动机。

本书共分七章，是作者对钢筋混凝土结构设计理论和实践的一些切身感悟的总结。第1章根据工程设计实践经验，论述了钢筋混凝土梁板结构塑性内力重分布现象的普遍性，分析讨论了利用钢筋混凝土塑性性能的可靠性和经济性。详细介绍了合理的配筋方式具有提高构件的承载力、改变结构破坏模式、改善结构构件的受力性能、通过内力重分布，改变结构的传力途径、使构造设计与试验条件和计算条件相一致、分散温度和收缩应力，限制裂缝的发展等作用。第2章阐述了钢筋混凝土结构间接传力作用的传力机理，并从间接传力作用传力途径的角度，分析常见配筋构造的内在理论依据，论述了工程实践中一些不合理的构造做法的不利影响。第3章根据两端有嵌固弯矩时梁的最大挠度计算公式，分析研究了钢筋混凝土梁、板允许跨高比的实用计算方法，对于减小钢筋混凝土梁板的截面尺寸，尤其是降低框架梁的截面高度，有一定的设计参考价值。第4章从设计角度提出了减少和控制混凝土早期收缩裂缝的综合技术。本章的核心内容是探讨混凝土养护不充分对混凝土强度的影响，即“当混凝土潮湿养护若干天后再在空气中干燥，强度会暂时有所增加，但最终强度不会高于潮湿养护的强度”。这一结论与某些文献中的结论正好相反。根据这一结论，只要混凝土湿养达到现行混凝土结构验收规范要求的天数，其同条件养护的试块的抗压强度理论上就应大于28d标养试块的抗压强度。实际工程中，由于混凝土材料的离散性，它只是一个总趋势的反映，这一结论对于判断构件产生混凝土早期收缩裂缝的原因是否为养护不充分而引起的有一定的参考价值。第5章针对目前我国工程设计技术人员缺乏经济观念，在设

计过程中不重视如何降低项目投资的现状，以提高项目投资效益为目的，在工程建设过程中把技术和经济有机地结合起来，通过技术比较、经济分析和效果评价，深入技术领域研究节约投资的可能性，提出多方案比选、选用合理的理论计算模型、合理的构造设计和利用概预算的编制原理进行工程造价控制的降低结构工程造价的途径和技术措施，把控制工程项目投资观念渗透到各设计阶段之中。第6章和第7章，从钢筋混凝土与其他结构材料共同工作的角度，探讨钢筋混凝土结构的受力性能。第6章依据文献中的试验资料，推导出钢骨混凝土梁和钢筋混凝土梁统一的裂缝宽度和刚度计算公式，结合文献中所给出的可退化为相应于钢筋混凝土梁规范公式的钢骨混凝土梁强度计算公式，便形成了钢骨混凝土和钢筋混凝土相统一的梁强度、裂缝宽度和刚度计算体系。根据这一可退化计算方法，钢筋混凝土梁是钢骨混凝土梁的特例，钢骨混凝土梁是钢筋混凝土梁概念的延伸和应用范围的扩大，从而揭示出钢骨混凝土梁和钢筋混凝土梁之间的一般和特殊的内在联系。第7章依据国内的试验资料，结合工程设计的实际情况，论证了砖墙-混凝土墙楼房组合结构体系具备必要的抗震承载能力、良好的变形能力和消耗地震能量的能力。在小震作用下，由于混凝土墙的刚度相对较大，大部分的地震力由混凝土墙承担，混凝土墙成为抗震的第一道防线，因而砖墙所承担的地震作用相对减小，对砖墙起了一定的保护作用。在中震作用下，混凝土墙和砖墙相继开裂，结构自振周期变长，砖墙开裂过程中所产生的良好耗能作用有效地保护了混凝土墙，使混凝土墙不至于在强震作用下被各个击破，减缓了混凝土墙在地震作用下的破坏程度。在罕遇地震作用下，主要靠混凝土墙发挥其塑性变形来抵御强烈的地震作用，并通过圈梁和构造柱对砌体的约束作用来保证砌体裂而不倒，该体系能达到“小震不坏、中震可修、大震不倒”的抗震设防要求。

在规范面前亦步亦趋，不敢越雷池一步的做法是保守了些，但怀疑一切否定一切的倾向更可怕。黑格尔说过：“当一种哲学

被推翻的时候，其中的原则并没有失去，失去的只是这种原则的绝对性和至上性。”我们所反对的只是将规范视为一条不可逾越的鸿沟的这种绝对性和至上性，而在大多数情况下，按照规范的要求进行设计，至少在目前仍然是一种正确而明智的选择。

“苔花如米小，也学牡丹开。”作为一名工程师，对结构设计理论的研究不如理论研究者充分和全面，对设计规范、设计理论的理解上也常常摆脱不了一知半解的陋习，但在工程实践中常常会遇到许多令人困惑的问题。这类问题的解决方法，设计规范规定不明确，教科书表述不详细，而实际工程中却常引起争议。工程设计中要回避这些问题并不难，而要把它写出来却感到有些力不从心。好在古希腊哲学家亚里士多德说得好：“凡愿解惑的人宜先好好地怀疑；有怀疑而发为思考，这引向问题的解答。人们若不见有‘结’，也就无从解脱那‘结’。但思想的困难正是问题的症结所在；我们在思想上感到不通，就像被锁链缚住了；捆结着的思想，也像缚住了的人，难再前进。所以我们应将疑难预估为力量；因为欲作研究而不先提出疑难，正像要想旅行而不知向何去的人一样。”（亚里士多德《形而上学》卷三章一，商务印书馆1991年版第37页）。正是在“将疑难预估为力量”精神的鼓舞和感召下，勉为其难地写下了这些文字，不妥之处，希识者指正。

感谢我院陈锡智总工程师和王孙旦总工程师，是他们把我引入了设计和科研相结合之路！感谢熊德青高级工程师，是他指导我如何将书本知识和设计实践结合起来！感谢造价工程师宋明军和刘国仁高级工程师，在与他们的工作配合中，使我感受到了造价控制的必要性和重要性，并学到了不少造价控制的基本知识。衷心感谢所有对本书做出贡献的同志们！

周献祥

2005年6月 于总后建筑设计研究院

目 录

总序

前言

第 1 章 钢筋混凝土结构配筋的作用	1
第 1 节 引言/1	
第 2 节 钢筋混凝土双筋梁的内在理论依据/7	
第 3 节 现浇钢筋混凝土双向板塑性设计的可靠性和 经济性/10	
第 4 节 双向板与单向板的分界界限/16	
第 5 节 关于钢筋混凝土连续梁弯矩调幅法的调幅限值/24	
第 6 节 强剪弱弯及强柱弱梁与配筋方式/30	
第 7 节 强弯弱扭与配筋方式/31	
第 8 节 防止短柱脆性破坏的配筋方式/32	
第 9 节 若干与配筋有关的构造分析/34	
第 2 章 钢筋混凝土结构的间接传力作用	40
第 1 节 问题的提出/40	
第 2 节 钢筋混凝土主梁和次梁相交处配筋构造分析/42	
第 3 节 钢筋混凝土结构的间接传力机制/44	
第 3 章 位移控制的钢筋混凝土梁和板允许跨高比	58
第 1 节 两端有嵌固弯矩时梁的最大挠度计算公式/59	
第 2 节 简化计算模型 /65	
第 3 节 算例/68	
第 4 节 钢筋混凝土梁最大挠度控制的允许跨高比 估算公式/71	
第 5 节 位移控制的板允许跨厚比/75	
第 6 节 小结/78	

第4章 减少和控制混凝土早期收缩裂缝的综合技术措施 ... 80

第1节 问题的提出/80

第2节 混凝土早期收缩裂缝增多的主要原因/83

第3节 减少和控制混凝土早期收缩裂缝的设计技术措施/84

第4节 混凝土配合比对钢筋混凝土结构早期收缩
裂缝的影响/86

第5节 施工缝的加强措施/90

第6节 混凝土养护措施对收缩的影响/91

第7节 常见的裂缝修补措施/97

第8节 典型工程实例分析/98

第9节 小结/101

第5章 降低结构工程造价的途径及技术措施..... 103

第1节 问题的提出/104

第2节 运用价值工程的基本思想进行多方案比选/111

第3节 选用合理的理论计算模型/124

第4节 合理的构造设计/130

第5节 加强设计变更管理/135

第6节 利用概预算定额计算规则进行结构工程造价
控制/135

第7节 降低结构工程造价的技术措施与投资控制的
比较/148

第8节 小结/151

第6章 钢骨混凝土与钢筋混凝土统一的梁裂缝宽度和刚度 计算公式..... 153

第1节 引言/154

第2节 可退化为混凝土结构设计规范公式的钢骨混凝土
梁裂缝宽度计算公式/157

第3节 可退化为钢筋混凝土梁的规范公式的钢骨混凝土
梁的刚度计算公式/165

第4节 钢骨混凝土梁的设计理论及实例/173

第 5 节	钢筋混凝土梁的合理截面型式探讨/182	
第 6 节	钢筋混凝土梁和钢筋混凝土梁的内在联系/185	
第 7 节	小结 /186	
第 7 章	多层砖墙-混凝土墙楼房的抗震性能	188
第 1 节	问题的提出/188	
第 2 节	砖墙-混凝土墙楼房的抗震性能/189	
第 3 节	砖墙-混凝土墙楼房的两阶段设计/194	
第 4 节	小结/196	
附录	按极限平衡法计算四边支承塑性板.....	197
参考文献		206
后记		211

第 1 章 钢筋混凝土结构配筋的作用

目前钢筋混凝土结构设计方法的最大缺陷是采用弹性理论进行内力和变形分析,但构件设计时往往采用基于大量试验数据的经验公式,虽然这些经验公式能够反映钢筋混凝土构件的非弹性性能,对构件常规设计来说也是行之有效且简便易行的,但它未能准确反映整体结构的真实受力状况,也造成了在实际工程设计中重构件而轻体系的现象比较普遍。正是因为这些缺陷的存在,分析结构配筋的作用才显得更有实际意义,才更显示出配筋策略的重要。

第 1 节 引 言

一般而言,构件内配置一定数量的钢筋后可提高构件的承载力、改变结构破坏模式、改善结构构件的受力性能、通过内力重分布改变结构的传力途径、使构造设计与试验条件和计算条件相一致、分散温度和收缩应力、限制裂缝的发展等作用。为了说明钢筋混凝土结构配筋作用的丰富性,先从三种配筋构件的破坏机理说起。

1.1 配置纵向受拉钢筋构件的正截面破坏机理

众所周知,素混凝土抗压强度高,而拉强度约为抗压强度的 $1/18 \sim 1/8$ 。当素混凝土梁承受荷载时,中和轴以上受压、以下受拉。随着荷载的逐渐增大,梁中压应力和拉应力也不断增大。当荷载达到某一数值 P_0 时,梁的受拉区边缘混凝土拉应力达到其抗拉极限强度时即出现裂缝,这时,在裂缝截面处的混凝土脱离工作,有效截面高度减小。即使荷载不增加,拉应力比开裂瞬间前还要大,因而裂缝将继续向上发展,最大拉应力迅速增大,受压区域迅速减小,压应力很快增大,使梁很快沿全截面断裂。

这种破坏是很突然的，属于脆性破坏。

如果在混凝土梁的受拉边配置纵向钢筋，即构成钢筋混凝土梁。试验表明，与素混凝土有相同截面尺寸的钢筋混凝土梁承受荷载时相比，其抗裂荷载显然比素混凝土梁要增大些，但增大的幅度不大。因此，钢筋混凝土梁在不大的荷载作用下，梁受拉区仍然会开裂，但出现裂缝后的截面，其变形性能与素混凝土梁大不相同。在裂缝截面，因为钢筋和混凝土牢固地粘结在一起，裂缝截面原本由混凝土承受的拉应力传至钢筋，因为钢筋强度大，这时的拉应力较其屈服强度低很多，所以钢筋仍处于弹性阶段，又因钢筋的弹性模量很大，在裂缝截面处钢筋相应的变形也很小，有效地约束了裂缝的发展，使其不可能无限制地向上延伸。这就使得钢筋混凝土梁仍能继续承受荷载，直至纵向钢筋应力达到屈服，裂缝向上延伸，受压区混凝土达到其抗压强度而被压碎，梁始告破坏。可见，配置受拉钢筋后梁的承载力提高很多，但对抵抗裂缝出现的能力提高不多，因此在正常使用荷载作用下大多数梁是带裂缝工作的，通常将裂缝宽度控制在一定范围内。

1.2 有腹筋简支梁沿斜截面破坏机理和箍筋在改善柱延性方面的主要作用

在无腹筋简支梁中，临界斜裂缝出现后，梁被斜裂缝分割为套拱机构 [见图 1.1 (a)]。内拱通过纵筋的销栓作用和混凝土骨料的咬合作用把力传给相邻外侧拱，最终传给基本拱体 I，再传给支座。但是，由于纵筋的销栓作用和混凝土骨料的咬合作用很小，所以由内拱 (II、III) 所传递的力很有限，主要依靠基本拱体 I 传递主压应力。因此，无腹筋梁的传力体系可比作一个拉杆拱，斜裂缝顶部的残余截面为拱顶，纵筋为拉杆，基本拱体 I 为拱身。当拱顶混凝土强度不足时，将发生斜拉或剪压破坏；当拱身的抗压强度不足时，将发生斜压破坏。

在有腹筋梁中，临界斜裂缝形成后，腹筋依靠“悬吊”作用把内拱 (II、III) 的内力直接传递给基本拱体 I，再传给支座