

房屋建筑 裂缝分析与防治

裂缝特点·产生原因·防治措施

FANGWUJIANZHULIEFENGFENXIYUFANGZHI

张吉人 编著

中国建筑工业出版社

房屋建筑裂缝分析与防治

(裂缝特点·产生原因·防治措施)

张吉人 编著



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

房屋建筑裂缝分析与防治 (裂缝特点·产生原因·防治措施) / 张吉人编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2010. 10

ISBN 978-7-112-12298-1

I. ①房… II. ①张… III. ①建筑物—裂缝—防治 IV. ①TU746.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 141145 号

房屋建筑裂缝分析与防治
(裂缝特点·产生原因·防治措施)

张吉人 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京永峥排版公司制版

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 850 × 1168 毫米 1/32 印张: 5 $\frac{1}{2}$ 字数: 155 千字

2010 年 10 月第一版 2010 年 10 月第一次印刷

定价: 16.00 元

ISBN 978-7-112-12298-1

(19558)

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)

前 言

房屋建筑是为满足人们生产、工作、学习和生活的需要而建造的。

因此，房屋建筑的质量安全、耐久性、使用功能和美观，对城市景观面貌的影响和对城乡建设及人类的生存环境具有重要作用。而其核心——房屋建筑的质量安全性，是必须要保证的。近些年，人们对房屋建造过程中和使用期间发生的裂缝质量问题越来越关注，由此而引发的纠纷和用户投诉，也越来越强烈。因此如何对待，了解房屋建筑出现的裂缝，不仅仅是专业人员所要面对、解决的，同时也需要更多的人对其有所了解和认识。裂缝对房屋建筑的质量安全有无影响？有多大影响？什么原因产生的？如何解决和防治？就这些人们所关心的问题，笔者试图以自己工作经历中所看到和了解的现象，及其对有关知识的认识和体会，作一探究，以供交流，旨在为更好地进行房屋建筑工程的建设，提高房屋建筑工程的质量而努力。

本书以房屋建筑裂缝为专题，对裂缝特点、产生原因和防治措施作了详细的分析和论述。主要内容有：房屋裂缝与房屋结构体系及材料的关系、钢筋混凝土结构裂缝、砌体结构裂缝、混凝土结构中砌块填充墙裂缝、建筑装饰面层空鼓及裂纹、建筑外墙外保温工程防护及装饰层裂缝、控制房屋建筑沉降裂缝的关键地基处理。综观全书，作者以自己几十年的工作经历和经验积累，对房屋建筑裂缝进行了深入探讨。

* * *

责任编辑：周世明

责任设计：张虹

责任校对：张艳侠 赵颖

目 录

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 第 1 章 房屋裂缝与房屋结构体系及材料的关系 | 1 |
| 1.1 房屋结构体系 | 1 |
| 1.2 房屋结构材料 | 1 |
| 1.3 房屋结构受力状况 | 2 |
| 1.4 房屋建筑常见裂缝类别 | 3 |
| 第 2 章 钢筋混凝土结构裂缝 | 6 |
| 2.1 钢筋混凝土结构荷载裂缝 | 6 |
| 2.2 钢筋混凝土结构沉降裂缝 | 11 |
| 2.3 钢筋混凝土结构收缩及温度裂缝 | 12 |
| 第 3 章 砌体结构裂缝 | 63 |
| 3.1 砌体结构荷载裂缝 | 63 |
| 3.2 砌体结构沉降裂缝 | 83 |
| 3.3 砌体结构温度裂缝 | 91 |
| 第 4 章 混凝土结构中砌块填充墙裂缝 | 99 |
| 4.1 砌块填充墙裂缝部位及形态 | 99 |
| 4.2 砌块填充墙裂缝原因分析 | 100 |
| 4.3 砌块填充墙裂缝防治措施 | 101 |
| 4.4 GRC 轻质填充隔墙裂缝 | 104 |
| 第 5 章 建筑装饰面层空鼓、裂纹 | 105 |
| 5.1 外墙水泥砂浆饰面层空裂 | 105 |
| 5.2 外墙镶贴饰面砖空鼓、开裂 | 107 |
| 5.3 水泥砂浆地面空裂 | 109 |
| 5.4 板块地砖地面虚空、裂纹 | 110 |
| 第 6 章 建筑外墙外保温工程防护、装饰层裂缝 | 112 |
| 6.1 裂缝现状 | 113 |

| | | |
|-------------|--------------------------------|------------|
| 6.2 | 裂缝主要原因分析 | 113 |
| 6.3 | 防治措施 | 114 |
| 第7章 | 控制房屋建筑沉降裂缝的关键地基处理 | 117 |
| 7.1 | 建筑地基处理的重要性 | 117 |
| 7.2 | 换土垫层地基处理 | 118 |
| 7.3 | 复合地基处理 | 120 |
| 7.4 | 湿陷性黄土地基处理 | 135 |
| 附录 | | 150 |
| 参考文献 | | 164 |

第1章 房屋裂缝与房屋结构体系及材料的关系

房屋建筑是由各种建筑材料，水泥、砂、石、砖、钢筋、钢材、防水卷材、石材、玻璃、涂料、金属配件等经施工组合而成的。其中一部分材料组成房屋建筑的结构，起骨架作用；另一部分材料组成房屋建筑的饰面基层和面层，主要起功能和观感作用。

1.1 房屋结构体系

房屋建筑的结构起骨架作用的就是房屋的结构体系，主要承受建筑的荷重。通常房屋建筑设计时首先确定结构方案，再确定结构体系。常用的结构方案主要有：砖混结构、钢筋混凝土结构、钢结构、钢筋混凝土与钢混合结构。结构方案中又有不同的结构体系。比如砖混结构由砖砌体与钢筋混凝土楼板、屋盖组成，砌体有横墙承重、纵墙承重或纵横墙承重的结构体系，一般可用于3~7层的住宅和教学楼、招待所、食堂等公共建筑；钢筋混凝土结构有框架、框架-剪力墙、剪力墙、筒体和钢混结构体系，多用于10层及以上高层、超高层的住宅和写字楼、酒店等公共建筑。

1.2 房屋结构材料

确定房屋建筑结构体系的同时，本身也就确定了所选用的建筑结构的材料。如砖混结构砌体主要由黏土砖、烧结多孔砖（以页岩、煤矸石、黏土为主要材料烧结成砖）和砌筑水泥砂浆、水泥混合砂浆组合而成。

钢筋混凝土结构的材料主要由混凝土和钢筋组合而成。钢筋和混凝土两种材料能结成一体，相互间有足够的粘结和握裹力，并有几乎相同的温度膨胀系数钢筋为 1.2×10^{-6} ，混凝土为 $(1.0 \sim 1.4) \times 10^{-6}$ ，两者变形基本同步，可共同工作而不破坏。不同的房屋结构体系和材料，有其自身受力特点和材料应力的变化。研究结构首先是研究结构自身的受力原理，研究结构的材料性能，即研究结构荷载作用的效应问题和材料性能的抗力问题。

1.3 房屋结构受力状况

房屋结构除承受自身建筑材料的重量外，同时承受着雨、雪、风荷载的作用，还要具有抵抗一定地震作用的能力。即结构在其恒载（结构自重、装饰基层、面层自重）、活载（设备、家具、人的重量、雪荷载、吊车荷载等）的静力，动载（风力、地震）作用下，应满足结构的强度、刚度和稳定性，保证结构的可靠度（安全性、适用性、耐久性）。结构在其建筑荷重（竖向和水平荷载）作用下，结构整体及其杆件受到拉力、压力、弯矩、剪力和扭矩的作用，相应产生拉伸、压缩、弯曲、剪切、扭转变形。如低层、多层建筑的结构受力，主要考虑竖向荷载作用；而高层建筑结构的受力，除竖向荷载作用外，由风和地震引起的水平荷载作用成为其主要控制因素。

竖向荷载对结构主要产生压力，与房屋高度成正比，由墙、柱、梁、板承受。水平荷载对结构作用主要产生弯矩和剪力，弯矩与房屋高度的平方成正比。由柱、梁、墙主要抗侧力构件承受。如图 1-1 所示。

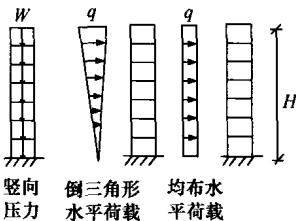


图 1-1 构件受力情况

1. 受力情况（强度）

竖向压力 $N = WH$

倒三角形水平荷载 弯矩 $M = \frac{qH^2}{3}$

均布水平荷载 弯矩 $M = \frac{qH^2}{2}$

式中 W ——垂直荷载；
 q ——水平均布荷载；
 H ——房屋高度。

2. 变形情况（刚度）（图 1-2）

$$\Delta = \frac{11qH^4}{120EI}$$

$$\Delta = \frac{qH^4}{8EI}$$

式中 Δ ——水平位移；
 E ——弹性模量；
 I ——截面惯性矩。

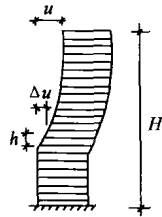


图 1-2 建筑物水平位移

高层建筑应保证结构刚度和稳定性，控制结构水平位移。水平荷载产生的楼层水平位移，与建筑物高度的四次方成正比。

对结构构件，一般情况下，柱、墙竖向构件受到压力作用，有轴心、偏心受压，梁、板水平构件受到弯矩和剪力作用，悬挑构件还受到倾覆力矩和扭矩作用（均依支座约束条件而定）。这些结构在荷载作用下产生不同的内力和变形，即荷载效应问题。荷载效应用 S 表示。不同的结构材料具有不同的抵抗能力，即构件的强度、刚度和稳定性，也即结构材料的抗力问题，结构抗力用 R 表示。当 $S \leq R$ 时，结构是可靠安全的。这是工程设计和施工质量所应该保证的。

1.4 房屋建筑常见裂缝类别

房屋建筑结构承受着自重和外荷载的作用，并受到自然气候环境条件（温湿度）的影响，当结构或构件上的作用力（或其他应力状态）超过了其组成的结构材料的抵抗能力时，结构

就将产生裂缝，极其严重时可能造成垮塌。一般建筑结构的损（破）坏首先以裂缝的形式出现。因此，正确地判断房屋结构裂缝的性质，是否影响结构的安全极为重要。

根据工程结构试验、理论计算和工程实际裂缝现象分析：建筑物上的裂缝可以划分为两大类：一类是发生在建筑结构上的裂缝，另一类是发生在建筑表面饰面层上的裂缝。而建筑结构上的裂缝，又主要有三种基本类型：①荷载裂缝；②沉降裂缝；③温度及收缩裂缝。荷载裂缝由荷载作用引起（静荷载、动荷载及其他外荷载作用），是以荷载变化为主的裂缝，是受力学性质的裂缝；沉降裂缝是由地基不均匀下沉引起的上部结构的裂缝；温度及收缩裂缝则是由温度和收缩变形作用引起的裂缝。沉降裂缝和温度裂缝均是以变形变化为主的裂缝，是非受力学性质的裂缝。从已发生的裂缝总量上看，荷载裂缝较少，约占10%~20%，沉降和温度裂缝发生较多，约占80%~90%，而温度裂缝的发生又多于沉降裂缝。

结构上发生的裂缝，对房屋建筑的安全使用和美观都会有不同程度的影响，裂缝使结构整体性受到损害，降低结构的强度、刚度和耐久性，有的甚至会造成房屋渗漏。建筑表面饰面层的裂缝，则影响美观和使用。当其饰面脱落时，亦可造成对人和财产的伤害。同时，无论结构裂缝或是饰面裂缝，都会受到自然气候条件风、霜、雨、雪，温、湿度变化或者有害气体的影响及侵蚀，也就影响其耐久性，不过要很长时间才能显现出来，人们往往注意不到罢了。

因此，裂缝发生后，应给以正确判定。分析裂缝需要具备丰富的结构理论知识和工程实践经验（如对砌体结构、钢筋混凝土结构的理论知识，设计方法、施工技术的了解或掌握）。房屋建筑的裂缝，往往是房屋“病脉”的表征。裂缝是有其规律和特征的，反映出房屋结构体系的受力特点及工作应力状态。观察裂缝情况，如裂缝发生的位置、走向、形态，裂缝的宽度、发生时间等，并结合房屋结构受力特点、地基处理等特征，就

可以判定裂缝的性质及其严重性，是结构性裂缝，还是饰面裂缝；是荷载裂缝，还是沉降或温度裂缝，从而判定其对结构安全、使用上的影响，是否处理及如何处理。确有经验的结构工程师、工程质量鉴定专家考察裂缝，就可以断定房屋建筑的“病症”，质量问题出现在哪里，什么原因造成的，并提出解决的办法。具体判定房屋裂缝的情况，则与房屋体形、结构类别、构件布置、材料性质、场地地质条件有关，也与气温变化有关，涉及建筑的设计、施工、使用等多方面的因素。裂缝现象形式多样，往往房屋建筑上的裂缝由多种原因造成，是多种作用影响的结果，而非单一因素的作用，或由其中主要因素的作用所造成，对裂缝可采取排除法进行逐项分析。总之，只有对裂缝细心地观察，科学地分析，查明原因，才能准确判定，进而提出解决办法。针对不同的裂缝，采取不同的措施，对症下药，才能奏效。

第2章 钢筋混凝土结构裂缝

2.1 钢筋混凝土结构荷载裂缝

2.1.1 钢筋混凝土结构荷载裂缝的特点

钢筋混凝土结构因荷载作用引起的裂缝，是一种受力性质的裂缝，称为荷载裂缝。

钢筋混凝土结构的受力构件主要有柱、墙、梁、板，其受力形式有中心受拉、轴心受压、偏心受压、受弯、受剪、受扭矩和受冲切。荷载作用下，结构构件受力形式不同，产生的裂缝形态也不同，故裂缝的特点不同，不同受力条件下结构构件的荷载裂缝的形式及特点如下：

1. 中心受拉构件

受轴向拉力，裂缝贯穿全截面，垂直于受力方向，产生的裂缝间距大体相等。见图 2-1。

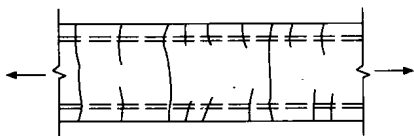


图 2-1 中心受拉构件

2. 轴心受压构件

压力作用下，构件产生短而密的与荷载作用大致平行的多组竖向裂缝，接近破坏时，保护层脱落，混凝土压酥，箍筋和竖向受力钢筋向外鼓出，钢筋被压屈鼓出成灯笼状。破坏时构件纵向变形很小，破坏预兆不明显，带有很大的突然性。见图 2-2 (a)。

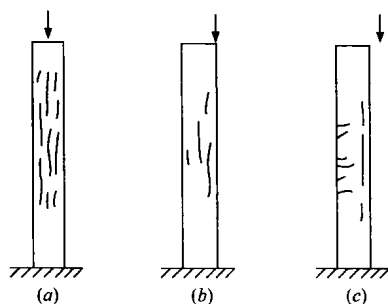


图 2-2 柱子的荷载裂缝形态
(a) 中心受压; (b) 小偏压; (c) 大偏压

3. 小偏心受压构件

与中心受压构件相似，但裂缝主要发生在压力较大的一侧。小偏心受压构件的破坏，没有明显的预兆。当压区混凝土表面出现纵向裂缝时，构件已很危险，接近于破坏。见图 2-2 (b)。

4. 受弯构件

在梁式构件弯矩最大截面区段，主裂缝多从受拉边缘开始出现横向裂缝，逐渐向中和轴发展，荷载增加，主裂缝间出现短的“次裂缝”，接近破坏时，裂缝延伸至受压区，挠度急剧增大，钢筋达到屈服强度，压区混凝土出现纵向裂缝，并被压碎。见图 2-3。



图 2-3 受弯构件

5. 大偏心受压构件

大偏心受压构件受拉一侧出现类似受弯构件的横向裂缝，接近破坏时，受压区出现纵向裂缝，混凝土压碎破坏，拉区钢筋应力达到屈服极限。破坏预兆明显。见图 2-2 (c)。

6. 受剪构件

适筋梁中，沿梁端下部发生约 45° 方向相互平行的裂缝。当为剪力墙或悬臂构件时，在支承端受力一侧中下部发生一条约 45° 的斜裂缝。当配筋较多、箍筋密布时，梁端下部将产生大于 45° 走向、短而密的形态的裂缝。见图 2-4。

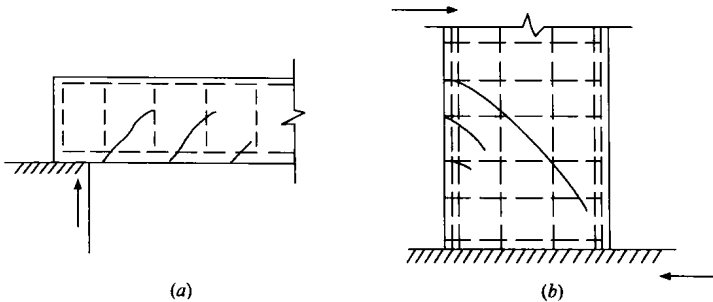


图 2-4 受剪构件

(a) 梁的斜裂缝；(b) 剪力墙斜裂缝

(图 2-1 ~ 图 2-4 引自文献 8)

7. 受冲切构件

沿柱头在支承板（楼盖）内四侧发生 45° 方向的斜裂缝。沿柱下基础体内柱边四周发生 45° 方向斜裂缝。接近破坏时，斜裂缝可穿透支承板或基础全截面。

8. 受扭矩构件

在构件某一腹部先出现多条约 45° 方向的螺旋状的扭转斜裂缝，然后向相邻面展开。

2.1.2 钢筋混凝土结构荷载裂缝对承载力的影响及产生荷载裂缝的主要原因

钢筋混凝土结构出现荷载裂缝，是结构破坏的特征，从结构试验中可知，对钢筋混凝土受拉轴心构件，裂缝出现时的荷载一般为设计荷载的 30%；对梁式受弯构件，裂缝出现时的荷载一般为设计荷载的 50% ~ 80%。而其实际极限荷载都约为设计荷载的 2.5 倍，说明裂缝的出现与荷载作用的大小有关。钢

钢筋混凝土构件的受力破坏有脆性和塑性破坏两种形式。脆性破坏的特点是事先没有明显的预兆，开始裂缝不大，挠度很小，而破坏突然发生，具有较大的危险性。塑性破坏，构件在破坏前发生明显变形，裂缝较宽，挠度较大。如缝宽 $w \geq 1.5\text{mm}$ ，挠度 $f \geq \frac{1}{50}L$ 。构件的变形有一个逐步渐变的过程，给人以破坏的预兆，引起警觉性，以便于防范与处理，防止事故的发生和扩大。

钢筋混凝土结构中脆性破坏一般发生在超筋或少筋构件上，塑性破坏发生在适筋构件上。塑性破坏的受力构件主要有：钢筋混凝土受拉构件正截面裂缝；钢筋混凝土受弯构件、大偏心受压构件正截面受拉区强度裂缝等。

结构构件产生荷载裂缝的主要原因一般有：

(1) 设计方面：结构方案选择不当；计算简图与实际结构受力情况不符；荷载漏算、少算；计算错误；建筑和结构构造不合理等。

(2) 施工方面：钢筋少配、误配；混凝土强度过低；材料及制品不合格；施工超载；施工方案考虑不周，施工顺序错误；擅自修改设计，未按规定和要求施工。

(3) 使用方面：使用过程结构功能改变，随意拆改结构；荷载增大，严重超载加层等。

2.1.3 钢筋混凝土结构荷载裂缝实例

(1) 1983年太原市某钢筋混凝土框架结构综合楼，5层，总建筑面积 3750m^2 ，总高度 23.3m ，在其正立面每层设置有8个开间 50m 长度的连续悬挑遮阳板，形状如图 2-5 所示。

首层施工拆模后，悬挑板因倾覆发生弯曲，扭曲破坏。各开间挑板梁出现向下的挠曲变形，悬挑板向外扭转，与柱交接处挑板出现约 45° 斜裂缝。发生裂缝主要原因是挑板梁刚度不足，截面高度过小（应取 $6000/15 = 400\text{mm}$ ），因倾覆力矩产生的抗扭不足， $4\phi 10$ 抗弯抗扭钢筋配置不足。后在每开间挑板梁中部增设吊柱（支点）加固。

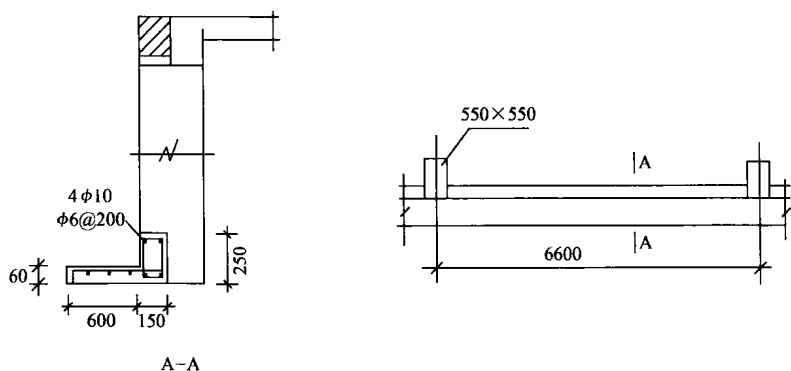


图 2-5 悬挑遮阳板平剖面图

(2) 1986 年太原市某五层砖混结构综合楼，其顶层布置有大会议室一间，结构布置为 8 根 13m 跨度的 800mm × 300mm 简支钢筋混凝土梁。施工拆模后，大梁挠曲变形，下挠大于 40mm，梁底中部产生有多条正截面破坏的受拉裂缝，缝宽大于 0.3mm。发生裂缝的主要原因，截面设计承载力不足，截面高度不满足跨高比要求（按 $L/12$ ，应取 1100mm 高度），大梁配筋率不满足承载力要求。

(3) 1984 年某 5 层框架，叠合梁截面形式。混凝土裂缝和施工模板支设见图 2-6 ~ 图 2-8。先浇筑 400mm 高度叠合梁混凝土，安装楼面板后，在柱梁交接处发生上宽下窄的竖向裂缝。其因叠合梁下部浇筑混凝土已形成柱梁节点，梁上部主筋尚未

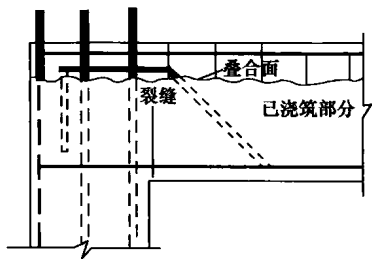


图 2-6 叠合梁与柱交接部位裂缝

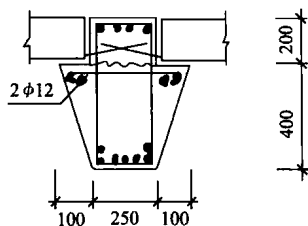


图 2-7 叠合梁部位增设负弯矩筋 2φ12