

SIMPLIFIED SERIES OF
CIVIL ENGINEERING

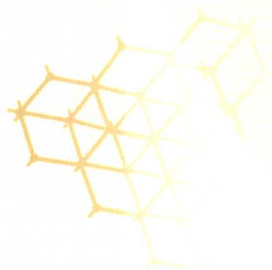
清华大学土木工程系组编

丛书主编 崔京浩

张敬书 编著

简明土木工程系列专辑

建筑抗震鉴定与加固



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

张敬书 编著

简明土木工程系列专辑

建筑抗震鉴定与加固

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

本书根据《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023—95)、《建筑抗震加固技术规程》(JGJ 116—98)、其他现行规程规范及《建筑抗震鉴定加固手册》等编写,以实用性、前瞻性、简明性为原则,介绍了建筑抗震鉴定与加固技术。

本书较为详细地介绍了最常见的砌体结构、钢筋混凝土框架和排架结构、单层砖柱厂房和空旷房屋的抗震鉴定与加固方法;收录了一些目前尚未得到广泛应用、但效果可靠、具有良好发展前景的技术,如消能减震技术、抗震性能设计、结构耐久性评估、无损检测技术等;提出了建筑抗震鉴定与加固技术中疑难问题(如鉴定与加固尺度的掌握、耐久性和防火问题、防震缝和梁柱节点处加固等)的处理方法。本书还附有建筑抗震鉴定与加固的工程实例,使本书能够直接应用在抗震鉴定与加固的实际工程中,并使读者更全面、深入地了解抗震鉴定与加固技术。

本书是一本建筑抗震鉴定与加固技术的简明、实用的参考书,可供土建结构设计、施工、监理、研究和管理人员以及大专院校土建专业师生使用和参考。

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: 彭天放

图书在版编目(CIP)数据

建筑抗震鉴定与加固/张敬书编著. —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著/崔京浩主编)

ISBN 7-5084-3387-4

I. 建... II. 张... III. ①建筑结构; 抗震结构—鉴定②建筑结构: 抗震结构—加固 IV. TU352

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 130752 号

简明土木工程系列专著

建筑抗震鉴定与加固

张敬书 编著

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: 010-68331835 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 10.875 印张 292 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: 21.00 元

ISBN 7-5084-3387-4

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)

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。

新颖性——反映新标准、新规程、新规范、新理论、新技术、新材料、新工艺、新方法

实用性——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——编写内容均有出处

——摘自《简明土木工程系列专辑》总序

出版者的话

尊敬的读者：

为适应国家建设发展的需要，为及时反映有关“新标准、新规程、新规范、新理论、新技术、新材料、新工艺、新方法”，为有志于在土木工程领域传播和推广科学技术知识的人士构筑学术出版平台，为渴求知识的读者在工作实践中的学习交流和继续教育创造机会，由中国水利水电出版社和知识产权出版社与清华大学土木工程系联手，倾力推出的“简明土木工程系列专辑”中的第一批出版物正式与您见面了。

在此，我们特别感谢您对本套专辑的热切关注。

为使您对本套专辑有更多的了解，以下一并列出2006年和2007年两年内本套专辑即将陆续出版的图书。如果您有什么要求，有什么意见和建议，真诚地希望和欢迎您随时与我们联系。具体联系方式详见版权页上的E-mail地址。

再次感谢您对本套专辑的支持与厚爱！

“简明土木工程系列专辑”

系列出版物

- | | |
|-------------|------------------|
| 伟大的土木工程 | 结构原理与结构概念设计 |
| 原位测试 | 桥梁施工技术及质量控制 |
| 客运站设计 | 城市污水处理及回用技术 |
| 建筑消防系统 | 预应力加固法理论与实践 |
| 土坡稳定分析 | 土力学与地基基础应试要点 |
| 建筑装饰材料 | 高层建筑基础实用设计方法 |
| 建筑结构荷载学 | 新型建筑防水材料实用手册 |
| 品味钢筋混凝土 | 预应力混凝土圆池结构设计 |
| 轻钢结构新技术 | 拱坝整体地质力学模型试验 |
| 土力学与地基基础 | 建筑施工常见质量问题及对策 |
| 空间钢结构新技术 | 混凝土结构加固实用技术手册 |
| 高性能膨胀混凝土 | 抗氯离子侵蚀混凝土设计手册 |
| 水泥混凝土及外加剂 | 区域性特殊土的地基处理技术 |
| 水电站设计的新进展 | 计算机程序在土木工程中的应用 |
| 建筑抗震鉴定与加固 | 结构工程师常用计算数据速查手册 |
| 多高层钢结构住宅设计 | 房屋建筑加固实用方法及其新技术 |
| 浅基础设计及程序设计 | 高层建筑结构地震反应的时程分析法 |
| 弹性地基梁板实用计算 | 公路桥涵钢筋混凝土受弯构件的计算 |
| 建筑的灾害与安全设防 | 工程事故分析与工程安全抗裂机理 |
| 钢-混凝土组合梁设计 | 工程事故分析与工程安全后桩基时代 |
| 自密实混凝土技术手册 | 工程事故分析与安全加固技术 |
| 城市生活垃圾处理工程 | 工程事故分析与工程安全实例 |
| 框架结构的计算与构造 | 工程事故分析与工程安全结构方案 |
| 房屋改造工程原理与应用 | 在役桥梁检测、可靠性分析与寿命 |
| 火灾后建筑物鉴定与加固 | 预测 |
| 基础隔震设计及施工手册 | 平面结构弹塑性地震响应分析软件 |
| 剪力墙结构的分析与设计 | NDAS2D 及其应用 |
| 钢筋混凝土圆形容器设计 | …… |

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 谈智慧

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

近年来,抗震加固工作受到了重视,许多重要的建筑相继进行了抗震加固,较大地提高了现有建筑的抗震性能。本书的编写宗旨是为读者提供一本实用、简明的参考书。本书依据实用性、前瞻性和简明性的原则对抗震加固工作中应用的技术和常见的问题进行了介绍与分析。

1. 实用性

本书主要依据现行《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023—95)、《建筑抗震加固技术规程》(JGJ 116—98)、其他现行规范规程及《建筑抗震鉴定加固手册》等编写,其中所选用的技术绝大部分是规范、规程推荐的成熟可靠技术,能够直接应用在抗震加固的实际工程中。

在编写时,除上述资料外,作者还参考了大量新近的资料,尤其是近年来颁布的规范、规程,例如《建筑工程抗震性态设计通则(试用)》(CECS 160:2004)、《喷射混凝土加固技术规程》(CECS 161:2004)、《碳纤维片材加固混凝土结构技术规程》(CECS 146:2003)、《建筑结构检测技术标准》(GB/T 50344—2004)、《混凝土结构后锚固技术规程》(JGJ 145—2004)和《混凝土结构耐久性设计与施工指南》(CECS 01:2004)等。将这些新的成熟可靠的技术反映在本书中,以适应当前的抗震加固工作的需要。

2. 前瞻性

在注重实用性的同时,作者也注重技术上的前瞻性,尽可能收录了一些目前尚未得到广泛应用、但具有良好发展前景的技术,例如消能减震技术、抗震性态设计、结构耐久性评估、无损检测技术等,使本书尽可能地对抗震鉴定与加固技术有一

个系统的阐述，对其趋势的发展也有一些概括性的介绍。

对于抗震加固技术中一些难以处理的问题，例如抗震鉴定标准的修订（采用前一版抗震设计规范作为新版抗震鉴定标准）、防震缝处构件的加固处理（合缝加固）、节点核心区的加固（碳纤维、粘钢、钢构套在节点处箍板改为普通钢筋的箍筋）等，作者提出了自己的一些看法，供读者参考。

3. 简明性

按照本丛书的要求，本书尽可能以较少的篇幅介绍房屋抗震鉴定与加固技术，因此对于现在应用较少的技术、落后的技术以及某些规范规程〔如《混凝土结构加固技术规范》（CECS 25:90）〕中与现行规范不相符的条文、公式和图表等内容未进行介绍；对于房屋抗震鉴定与加固中不常用的钢结构、木结构以及烟囱、水塔等构筑物未进行介绍；考虑到底层框架砖房和内框架砖房进行抗震加固的较少，且其基本内容同砌体结构和多层钢筋混凝土结构房屋重复，因此对于底层框架砖房和内框架砖房也未进行介绍。读者如有需求，可参阅有关书籍。

本书由兰州大学土木工程与力学学院张敬书编著，国家工业建筑诊断与改造工程技术研究中心徐凤萍编写了第4章部分内容，全书由张敬书统稿、定稿。

作者曾经在设计部门从事设计工作近20年，近年开始进行土木工程的教学工作。在编写本书时，尽管作者尽了最大努力，参考了大量的科研成果和资料，但限于作者的学识、能力和专业水平，可能仍有许多不尽如人意之处，也肯定存在不少疏漏和不当之处，真诚欢迎读者批评指正。

张敬书

2005年9月于兰州大学

目 录

总序

前言

第 1 章 抗震鉴定加固概论 1

第 1 节 抗震鉴定和加固技术的发展历程 / 1

第 2 节 抗震加固工作的现状及前景 / 12

第 2 章 抗震鉴定方法 16

第 1 节 概述 / 16

第 2 节 砌体结构的抗震鉴定 / 34

第 3 节 钢筋混凝土框架结构的抗震鉴定 / 55

第 4 节 钢筋混凝土排架结构的抗震鉴定 / 66

第 5 节 单层砖柱厂房和空旷房屋的抗震鉴定 / 76

第 6 节 抗震鉴定实例 / 80

第 7 节 鉴定中的几个问题 / 89

第 3 章 抗震加固技术 116

第 1 节 概述 / 116

第 2 节 砌体房屋加固技术 / 130

第 3 节 多层钢筋混凝土结构房屋加固技术 / 156

第 4 节 钢筋混凝土排架结构加固技术 / 204

第 5 节 单层砖柱厂房和空旷房屋的加固技术 / 213

第 6 节 抗震加固实例 / 221

第 4 章 抗震加固的材料与施工 232

第 1 节 材料要求 / 232

第 2 节 施工检测机具 / 253

第 5 章 抗震鉴定与加固技术存在的问题和发展趋势 284

第 1 节 存在的问题 / 284

第 2 节 发展趋势 / 309

主要参考文献 322

出版者的话

第 1 章 抗震鉴定加固概论

第 1 节 抗震鉴定和加固技术的发展历程

1.1 我国地震震害概况

1.1.1 我国地震震害

我国是一个多地震国家，处于世界上两个最活跃的地震带上，一个是环太平洋地震带（我国东部地区），另一个是欧亚地震带（我国西部及西南部地区）。

地震给人类带来了巨大灾难，从历史记载和近代的统计资料看，我国的地震震害历来都居世界首位。而且我国地震造成的人员伤亡，也是世界上最多的。1556 年 1 月 23 日陕西华县 8 级地震，死亡 83 万人，是有史以来全世界地震中死亡人数最多的一次。进入 20 世纪后，1920 年 12 月 16 日宁夏海原 8.5 级地震，即使是在人口较疏的地区，死亡人数也达 20 余万。1976 年 7 月 28 日河北唐山 7.8 级地震，死亡人数达 24.2 万，伤残 16.4 万人，是世界上近代大地震中伤亡人数最多的一次。在 20 世纪，世界上破坏最严重的 20 次地震中共死亡 100 万人左右，其中中国发生两次，仅占 10%，但死亡人数达 44.2 万，占 44%；20 世纪 70 年代，全世界因地震伤亡的总人数约 42 万，中国占 63%。

近年来，由于地震发生在比较偏远的地区，造成的人员伤亡不大，但造成的经济损失有增无减（见表 1.1），其中地震直接经济损失主要是由房屋破坏造成的。

2 建筑抗震鉴定与加固

表 1.1 **近年我国大陆发生的 7 次 6 级以上**
地震造成的直接经济损失

单位: 亿元

地 震	房屋建筑损失	室内财产损失	生命线工程损失	总直接经济损失
1996 年 2 月 3 日, 云南丽江, M7.0	23.53	4.44	2.52	30.49
	77.17%	14.56%	8.27%	
1996 年 5 月 3 日, 内蒙古包头, M6.4	18.64	0.78	7.40	26.82
	69.50%	2.91%	27.59%	
1997 年 1 月 21 日, 新 疆伽师, M6.3~M6.6	4.47	0.09	0.07	4.63
	96.54%	1.94%	1.51%	
1998 年 1 月 10 日, 河北张北, M6.2	5.99	0.59	1.30	7.88
	76.02%	7.49%	16.50%	
1998 年 11 月 19 日, 云南宁蒗, M6.2	2.53	—	1.39	3.92
	64.54%	—	35.46%	
2000 年 1 月 15 日, 云南姚安, M6.5	8.12	0.43	1.61	10.16
	79.92%	4.23%	15.85%	
2003 年 2 月 24 日, 新 疆巴楚-伽师, M6.8	11.94	0.15	0.77	12.86
	92.85%	1.17%	5.99%	
7 次地震平均损失	10.75	0.92	2.15	13.82
	77.79%	6.66%	15.56%	
房屋与室内财产之和	11.67		2.15	13.82
	84.45%		15.56%	

1.1.2 我国地震震害严重的主要原因

1. 地震区分布广

据历史记载, 全国除个别省区外, 都发生过 6 级以上地震 (见表 1.2), 地震基本烈度在 6 度及以上地区占全国陆地国土面积的 60% (见表 1.3)。由于地震区分布广, 震中分散, 因此难以集中财力物力重点防御。

表 1.2 各省(区)地震数目统计表

省(自治区)	地震次数					始记年代 (公元)
	$9 > M^{\text{①}} \geq 8$	$8 > M \geq 7$	$7 > M \geq 6$	$6 > M \geq 5$	合计	
河北	1	4	22	90	117	前 231
山西	1	5	14	53	73	144
山东	1	2	4	29	36	前 70
内蒙古		1	8	21	30	849
河南			6	20	26	前 519
湖北			3	18	21	前 143
湖南			1	9	10	1509
江西			1	8	9	319
安徽			4	19	23	294
江苏			4	12	16	前 179
浙江				0		
福建	1		3	47	51	963
台湾	2	15	235	520	772	1654
广东		4	9	32	45	288
广西			1	6	7	288
辽宁		1	3	17	21	294
吉林		3	12	13	28	2
黑龙江		3	6	10	19	1137
陕西	1	1	6	30	38	前 1177
甘肃	2	11	27	50	90	前 9
宁夏	2	4	10	26	42	143
青海		3	25	79	107	138
新疆	3	18	91	370	482	1600
四川		19	47	147	213	前 26
云南	1	16	81	303	401	前 26
贵州				7	7	1526
西藏	4	11	83	363	461	642
合计	19	121	703	2299	3144	

① M 为里氏(Richter)震级,资料截至1990年12月。