

新世纪土木工程专业系列教材

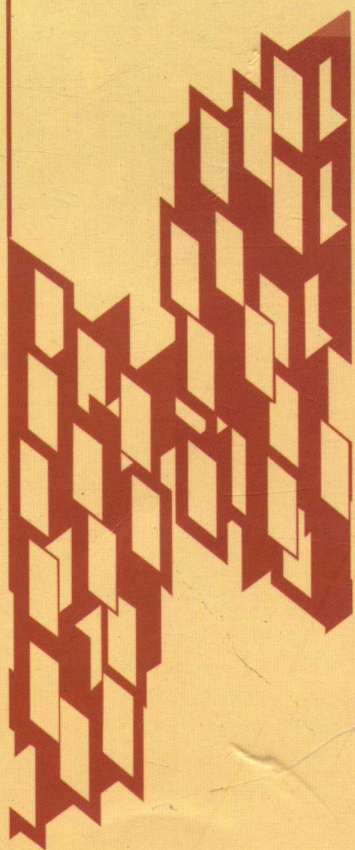


工程结构鉴定与加固改造技术

GONGCHENG JIEGOU JIANDING YU JIAGU GAIZAO JISHU

——方法·实践

敬登虎 曹双寅 编著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

新世纪土木工程专业系列教材

工程结构鉴定与加固改造技术

——方法·实践

敬登虎 曹双寅 编著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

内 容 摘 要

本书内容包括两大部分:第一部分为工程结构的鉴定与加固改造方法,第二部分为具体的工程案例。主要包括:建筑物/构筑物可靠性鉴定,抗震鉴定与抗震加固,锈蚀混凝土构件的受力性能与治理措施,火灾后结构构件的受力性能与鉴定方法,混凝土结构加固,砌体结构加固,钢结构加固,木结构加固,建筑物改造与地基基础加固,以及七个具体的工程案例分析。针对加固方法,本书主要从其概念和应用特点加以介绍,并且提供了一些有代表性的试验研究内容,以便读者更加直观地理解和掌握所述加固方法的有效性。本书的内容简明实用、可读性和操作性强,一方面可为初学者打开工程结构鉴定与加固改造技术领域的大门,另一方面也可拓宽正在从事该领域工作技术人员的视野。

本书可供高等院校土木工程专业的高年级本科生、研究生以及从事工程结构鉴定与加固改造技术的技术或研究人员使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程结构鉴定与加固改造技术:方法·实践/敬登虎,
曹双寅编著. —南京:东南大学出版社, 2015. 6

新世纪土木工程专业系列教材

ISBN 978-7-5641-5742-5

I. ①工… II ①敬…②曹… III. ①工程结构—
鉴定—高等学校—教材②工程结构—加固—高等学校—
教材 IV. ①TU3②TU746.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 102767 号

编 著 敬登虎 曹双寅
责任编辑 张 莺
出版发行 东南大学出版社
社 址 南京市四牌楼 2 号 邮编:210096
出 版 人 江建中
网 址 <http://www.seupress.com>
电子邮箱 press@seupress.com
经 销 全国各地新华书店
印 刷 大丰市科星印刷有限责任公司
版 次 2015 年 6 月第 1 版
印 次 2015 年 6 月第 1 次印刷
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 30
字 数 730 千
书 号 ISBN 978-7-5641-5742-5
定 价 56.00 元

新世纪土木工程专业系列教材编委会

顾 问 丁大钧 容柏生 沙庆林

主 任 吕志涛

副主任 蒋永生 陈荣生 邱洪兴 黄晓明

委 员 (以姓氏笔画为序)

丁大钧 王 炜 冯 健 叶见曙 石名磊 刘松玉 吕志涛
成 虎 李峻利 李爱群 沈 杰 沙庆林 邱洪兴 陆可人
舒赣平 陈荣生 单 建 周明华 胡伍生 唐人卫 郭正兴
钱培舒 曹双寅 黄晓明 龚维民 程建川 容柏生 蒋永生

序

东南大学是教育部直属重点高等学校,在 20 世纪 90 年代后期,作为主持单位开展了国家级“20 世纪土建类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践”课题的研究,提出了由土木工程专业指导委员会采纳的“土木工程专业人才培养的知识结构和能力结构”的建议。在此基础上,根据土木工程专业指导委员会提出的“土木工程专业本科(四年制)培养方案”,修订了土木工程专业教学计划,确立了新的课程体系,明确了教学内容,开展了教学实践,组织了教材编写。这一改革成果,获得了 2000 年教学成果国家级二等奖。

这套新世纪土木工程专业系列教材的编写和出版是教学改革的继续和深化,编写的宗旨是:根据土木工程专业知识结构中关于学科和专业基础知识、专业知识以及相邻学科知识的要求,实现课程体系的整体优化;拓宽专业口径,实现学科和专业基础课程的通用化;将专业课程作为一种载体,使学生获得工程训练和能力的培养。

新世纪土木工程专业系列教材具有下列特色:

1. 符合新世纪对土木工程专业的要求

土木工程专业毕业生应能在房屋建筑、隧道与地下建筑、公路与城市道路、铁道工程、交通工程、桥梁、矿山建筑等的设计、施工、管理、研究、教育、投资和开发部门从事技术或管理工作,这是新世纪对土木工程专业的要求。面对如此宽广的领域,只能从终身教育观念出发,把对学生未来发展起重要作用的基础知识作为优先选择的内容。因此,本系列的专业基础课教材,既打通了工程类各学科基础,又打通了力学、土木工程、交通运输工程、水利工程等大类学科基础,以基本原理为主,实现了通用化、综合化。例如工程结构设计原理教材,既整合了建筑结构和桥梁结构等内容,又将混凝土、钢、砌体等不同材料结构有机地综合在一起。

2. 专业课程教材分为建筑工程类、交通土建类、地下工程类三个系列

由于各校原有基础和条件的不同,按土木工程要求开设专业课程的困难较大。本系列专业课教材从实际出发,与设课群组相结合,将专业课程教材分为建筑工程类、交通土建类、地下工程类三个系列。每一系列包括有工程项目的规划、选型或选线设计、结构设计、施工、检测或试验等专业课系列,使自然科学、工程技术、管理、人文学科乃至艺术交叉综合,并强调了工程综合训练。不同课群组可以交叉选课。专业系列课程十分强调贯彻理论联系实际的教学原则,融知识和能力为一体,避免成为职业的界定,而主要成为能力培养的载体。

3. 教材内容具有现代性,用整合方法大力精减

对本系列教材的内容,本编委会特别要求不仅具有原理性、基础性,还要求具有现代性,纳入最新知识及发展趋向。例如,现代施工技术教材包括了当代最先进的施工技术。

在土木工程专业教学计划中,专业基础课(平台课)及专业课的学时较少。对此,除了少而精的方法外,本系列教材通过整合的方法有效地进行了精减。整合的面较宽,包括了土木工程

各领域共性内容的整合,不同材料在结构、施工等教材中的整合,还包括课堂教学内容与实践环节的整合,可以认为其整合力度在国内是最大的。这样做,不只是为了精减学时,更主要的是可淡化细节了解,强化学习概念和综合思维,有助于知识与能力的协调发展。

4. 发挥东南大学的办学优势

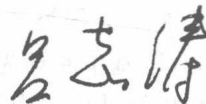
东南大学原有的建筑工程、交通土建专业具有 80 年的历史,有一批国内外著名的专家、教授。他们一贯严谨治学,代代相传。按土木工程专业办学,有土木工程和交通运输工程两个一级学科博士点、土木工程学科博士后流动站及教育部重点实验室的支撑。近十年已编写出版教材及参考书 40 余本,其中 9 本教材获国家和部、省级奖,4 门课程列为江苏省一类优秀课程,5 本教材被列为全国推荐教材。在本系列教材编写过程中,实行了老中青相结合,老教师主要担任主审,有丰富教学经验的中青年教授、教学骨干担任主编,从而保证了原有优势的发挥,继承和发扬了东南大学原有的办学传统。

新世纪土木工程专业系列教材肩负着“教育要面向现代化,面向世界,面向未来”的重任。因此,为了出精品,一方面对整合力度大的教材坚持经过试用修改后出版,另一方面希望大家在积极选用本系列教材中,提出宝贵的意见和建议。

愿广大读者与我们一起把握时代的脉搏,使本系列教材不断充实、更新并适应形势的发展,为培养新世纪土木工程高级专门人才作出贡献。

最后,在这里特别指出,这套系列教材,在编写出版过程中,得到了其他高校教师的大力支持,还受到作为本系列教材顾问的专家、院士的指点。在此,我们向他们一并致以深深的谢意。同时,对东南大学出版社所作出的努力表示感谢。

中国工程院院士



2001 年 9 月

前 言

随着我国城市化发展的推进和社会对建筑功能及安全要求的不断提高,需要进行结构鉴定与加固改造的建筑物越来越多,这就要求在校的本科生、研究生以及相关技术人员应该掌握一些工程结构鉴定与加固改造技术方面的专业知识。一方面可以拓宽自己在土木工程领域的知识范围,另一方面也有助于今后的职业发展规划。

笔者长期以来一直在东南大学工程结构可靠性鉴定与加固技术研究开发中心从事研究与工程实践工作。该中心成立于1990年,是我国最早一批主要从事建筑物与构筑物结构损伤识别、安全性监测及结构可靠性检测鉴定、结构加固与改造、古建筑维护及加固修复等方面的科学研究和教学以及对外技术服务的科研单位。

本书的整个框架分为两大部分,即方法与实践。首先介绍建筑物/构筑物的可靠性鉴定、抗震鉴定、锈蚀混凝土构件以及火灾后结构构件鉴定的主要内容与技术要点。鉴于国内关于工程结构加固改造技术方面的书籍较多,现行相关规范与标准中也给出了详细的加固设计方法与步骤,在介绍加固方法时,本书对于计算理论与步骤将不再重复,而是主要从加固方法的概念和应用特点加以介绍,并且介绍了一些有代表性的试验研究内容,以便读者更加直观地理解和掌握所述加固方法的有效性。需要强调的是,由于各种试验的条件不完全相同,个别试验结果可能不完全一致,希望读者朋友们求大同存小异。此外,作者遴选了几个有代表性的工程案例以飨读者,工程案例中的依据规范或标准仍按项目实施时的标准,读者在参考时务必加以区分。

本书的出版有助于在校的本科生、研究生以及从事这方面工作的技术人员对工程结构的鉴定与加固改造技术有较为直观的认识和理解,能够帮助和提高他们在工程结构鉴定和加固改造技术方面的工作能力。诚然,本书在编写的过程中时间有限,笔者纵然有几十年从事这方面的科研与工程实践的经验,也难免考虑不周,自觉有一些不满之处,敬请读者批评指正。在编写过程中,笔者汲取了一些相关文献资料的精华,以及得到了南京东南建设工程安全鉴定有限公司、江苏东南特种技术工程有限公司在工程案例方面的资料支持,在此向他们表示诚挚的感谢。此外,感谢笔者科研团队的研究生为本书完成的相关研究内容与校对工作。

敬登虎 曹双寅

2014年10月于东南大学

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 工程结构鉴定与加固的发展历程	1
1.1.1 建筑物可靠性鉴定技术的发展	1
1.1.2 建筑物加固技术的发展	1
1.1.3 既有建筑物治理改造技术的发展	1
1.2 工程结构鉴定、加固改造的必要性	2
1.2.1 材料劣化造成性能下降	2
1.2.2 建筑行业的整体发展趋势	3
1.2.3 可持续发展	4
1.3 工程结构鉴定、加固的原因	5
1.3.1 设计和施工缺陷	5
1.3.2 建筑物的功能改造	7
1.3.3 地震、火灾以及爆炸等灾害	10
1.3.4 结构设计标准的提高	12
1.3.5 优秀历史建筑的保护	12
参考文献	16
第 2 章 建筑物/构筑物可靠性鉴定	17
2.1 鉴定的分类、依据和程序	17
2.1.1 鉴定的分类	17
2.1.2 鉴定的依据	21
2.1.3 鉴定的程序	21
2.2 民用建筑可靠性鉴定要点	23
2.2.1 鉴定要求与目标使用年限	24
2.2.2 鉴定调查与检测	24
2.2.3 可靠性鉴定的步骤与评级标准	28
2.2.4 构件的安全性鉴定评级方法	32
2.2.5 构件的正常使用性鉴定评级方法	40
2.2.6 子单元的安全鉴定评级方法	41

2.2.7	子单元的正常使用时鉴定评级方法	52
2.2.8	鉴定单元的安全性及使用性鉴定评级方法	53
2.2.9	民用建筑的可靠性鉴定评级方法	53
2.2.10	民用建筑的适修性评估方法	54
2.3	工业建筑可靠性鉴定要点	54
2.3.1	鉴定要求与目标使用年限	55
2.3.2	可靠性鉴定的步骤与标准	55
2.3.3	结构分析与校核	57
2.4	砌体拱的检查与图形静力学分析	58
2.5	民用建筑可靠性鉴定的材料强度与荷载取值	61
2.6	工程结构的裂缝分析	63
2.7	木材的损坏与缺陷	68
2.8	可靠性鉴定的计算模式	72
	参考文献	75
第3章	抗震鉴定与抗震加固	76
3.1	抗震鉴定与加固的意义	76
3.2	抗震鉴定的基本要求	77
3.2.1	抗震鉴定的基本程序	77
3.2.2	后续使用年限的确定	77
3.2.3	建筑抗震鉴定方法	78
3.2.4	需要进行抗震鉴定的现有建筑	78
3.3	现有建筑的抗震设防标准	78
3.4	建筑抗震能力的评定	80
3.5	地基和基础抗震鉴定	82
3.6	抗震鉴定结论	84
3.7	抗震加固	84
3.7.1	抗震加固方案与要求	84
3.7.2	抗震验算原则	85
3.7.3	抗震加固的结构布置和连接构造	85
3.7.4	常用的抗震加固方法	86
3.7.5	地基基础抗震加固措施与要点	88
3.7.6	RC框架梁抗震加固中楼板的考虑	89
	参考文献	90

第 4 章 锈蚀混凝土构件的受力性能与治理措施	92
4.1 钢筋锈蚀分类与机理	92
4.1.1 钢筋锈蚀的分类	92
4.1.2 钢筋电化学腐蚀的机理	94
4.1.3 钢筋电化学腐蚀的影响参数	95
4.2 混凝土构件锈胀的理论分析	97
4.3 钢筋锈蚀后力学性能	98
4.4 锈蚀后钢筋混凝土粘结性能	101
4.5 锈蚀钢筋混凝土梁受力性能	106
4.6 锈蚀钢筋混凝土柱受力性能	120
4.7 锈蚀钢筋检测评定方法	124
4.8 钢筋锈蚀防治与处理	126
4.8.1 钢筋锈蚀前防治	126
4.8.2 锈蚀钢筋的处理	127
参考文献	133
第 5 章 火灾后结构构件的受力性能与鉴定方法	136
5.1 建筑物火灾的发展规律	136
5.1.1 室内火灾的发展阶段	136
5.1.2 影响室内火灾发展的因素	137
5.2 火灾现场的温度判断	138
5.2.1 根据火灾燃烧时间推算火灾温度	138
5.2.2 依据火灾现场残留物烧损情况判定火灾温度	139
5.2.3 根据火灾后混凝土结构表面颜色及外观特征判定火灾温度	141
5.2.4 测量火灾后混凝土结构表面烧损层厚度判断火灾温度	143
5.2.5 取火灾现场混凝土构件表面烧损混凝土进行电镜分析判定火灾温度	143
5.2.6 用超声法对火灾后混凝土构件测定脉冲速度推定火灾温度	144
5.3 高温对钢材力学性能的影响	144
5.4 高温对混凝土力学性能影响	156
5.5 高温对钢筋与混凝土粘结性能的影响	166
5.6 高温后钢筋混凝土构件受力性能	167
5.6.1 受弯构件的高温性能特点	167
5.6.2 受压构件的高温性能特点	168
5.6.3 超静定结构的高温性能特点	169
5.6.4 高温后钢筋混凝土构件试验研究与分析	169

5.7	高温对砌体结构构件受力性能的影响	176
5.8	火灾后混凝土构件的耐久性问题	178
5.8.1	火灾引起的氯离子侵蚀问题	178
5.8.2	火灾引起的混凝土中性化	179
5.8.3	火灾对混凝土结构耐久性的其他影响	179
5.9	火灾后建筑结构鉴定方法	180
5.9.1	基本规定	180
5.9.2	调查和检测	182
5.9.3	结构现状检测	186
5.9.4	火灾后结构分析与构件校核	186
5.9.5	火灾后结构构件鉴定评级	187
	参考文献	198
第6章	混凝土结构加固	200
6.1	加固结构构件受力特征	200
6.2	结合面抗剪控制	200
6.3	常用加固方法	203
6.3.1	加固方法的选择与要求	203
6.3.2	增大截面加固法	203
6.3.3	置换混凝土加固法	205
6.3.4	外粘型钢加固法	205
6.3.5	粘贴钢板加固法	206
6.3.6	粘贴纤维增强复合材料加固法	207
6.3.7	绕丝加固法	208
6.3.8	钢绞线(钢丝绳)网片-聚合物砂浆加固法	209
6.3.9	增设支点加固法	209
6.3.10	预应力加固法	209
6.3.11	结构体系加固法	210
6.4	植筋技术	210
6.5	裂缝处理方法	213
6.6	水泥基渗透结晶型防水材料的应用	214
6.7	主要加固方法试验研究简介	216
6.7.1	增大截面加固法试验研究	216
6.7.2	粘贴钢板加固法试验研究	219
6.7.3	外包型钢加固法试验研究	234

6.7.4	粘贴纤维增强复合材料加固法试验研究	236
6.7.5	高强钢绞线网-聚合物砂浆加固法试验研究	249
6.7.6	体外预应力加固法试验研究	257
6.7.7	其他加固方法试验研究	264
	参考文献	270
第7章	砌体结构加固	274
7.1	影响砌体强度的因素	274
7.2	砌体加固方法	276
7.3	砌体裂缝修补法	284
7.4	历史砌体结构建筑物的保护与修缮	286
7.5	砌体结构加固方法试验研究简介	287
7.5.1	复合面层加固	287
7.5.2	纤维增强复合材料加固	300
7.5.3	体外预应力加固	305
7.5.4	外包角钢加固	306
7.5.5	嵌缝与嵌筋加固	308
	参考文献	308
第8章	钢结构加固	311
8.1	钢结构加固原因与方法选择	311
8.1.1	钢结构加固原因	311
8.1.2	加固方法选择原则	311
8.2	钢结构加固方法	311
8.2.1	钢柱的加固方法	312
8.2.2	柱脚加固方法	312
8.2.3	钢屋架(托架)加固方法	312
8.2.4	钢梁加固方法	313
8.2.5	连接和节点加固方法	314
8.2.6	裂纹的修复与加固	315
8.2.7	钢结构锈蚀处理与防腐	317
8.3	钢结构加固方法试验研究简介	318
8.3.1	FRP加固方法	318
8.3.2	其他加固方法	323
	参考文献	324

第 9 章 木结构加固	326
9.1 木材与木结构的特点	326
9.1.1 木材的特点	326
9.1.2 木结构的特点	327
9.2 木材及木结构防护	327
9.2.1 防护方法综述	327
9.2.2 湿度控制	328
9.2.3 原位防护处理	329
9.2.4 构造上的防腐措施	330
9.2.5 防腐的化学处理	330
9.3 木结构加固维修	332
9.3.1 加固维修步骤	332
9.3.2 木梁与檩条加固	333
9.3.3 木屋架加固	333
9.3.4 木柱加固	335
9.3.5 木楼盖加固	336
9.3.6 支撑系统加固	336
9.4 木结构加固方法试验研究简介	337
9.4.1 木梁加固	337
9.4.2 榫卯节点加固	346
参考文献	347
第 10 章 建筑物改造与地基基础加固	349
10.1 增层扩建改造	349
10.1.1 建筑物增层方法	349
10.1.2 其他构造措施	351
10.2 大空间改造	353
10.2.1 托梁拆墙	353
10.2.2 托梁抽柱	357
10.3 地基基础加固	360
10.3.1 基础补强注浆加固方法	361
10.3.2 扩大基础加固方法	361
10.3.3 锚杆静压桩加固方法	362
10.3.4 树根桩加固方法	363
10.3.5 坑式静压桩加固方法	364

10.3.6	注浆加固方法	364
10.3.7	石灰桩加固方法	366
10.3.8	其他地基加固方法	367
10.4	纠倾加固	368
10.4.1	迫降纠倾方法	368
10.4.2	顶升纠倾方法	371
10.5	钢板-砖砌体组合结构/构件试验研究简介	372
10.5.1	钢板-砖砌体组合柱受压性能	372
10.5.2	钢板-砖砌体的正拉粘结强度	373
10.5.3	钢板-砖砌体组合梁受弯性能	374
10.5.4	钢板-砖砌体组合墙梁受集中荷载	375
10.5.5	钢板-砖砌体组合框架抗震性能	377
10.5.6	钢板-砖砌体组合梁受剪性能	377
10.5.7	钢板-砖砌体组合梁受扭性能	378
10.5.8	钢板-砖砌体组合异形柱受压性能	379
10.5.9	钢板-砖砌体组合异形柱抗震性能	380
	参考文献	381
第 11 章	地下室上浮事故案例分析	383
11.1	引言	383
11.2	事故案例介绍	383
11.3	结构损伤调查与检测	384
11.3.1	地下室二层结构损伤	384
11.3.2	地下室一层结构损伤	388
11.3.3	地下室柱的倾斜	390
11.3.4	地下室底板标高差	390
11.4	上浮影响及安全现状分析与评估	390
11.5	结论与处理建议	391
11.5.1	鉴定结论	391
11.5.2	处理建议	391
第 12 章	建筑增层可行性分析案例介绍	400
12.1	引言	400
12.2	工程概况	400
12.3	现状检查、检测	402

12.3.1	结构布置和构件信息检查	402
12.3.2	使用环境与作用调查	403
12.3.3	材料强度抽样检测	403
12.3.4	房屋结构损伤情况	404
12.3.5	抗震构造措施核查	404
12.4	现状安全性和抗震鉴定	405
12.4.1	既有主体结构安全性评价	405
12.4.2	既有主体结构抗震鉴定	406
12.5	加层改造可行性分析	406
12.5.1	增层改造后的参数变化	406
12.5.2	建模计算	406
12.5.3	增层可行性分析	407
12.6	结论与处理建议	407
第 13 章	单层门式刚架结构厂房结构鉴定实例分析	412
13.1	引言	412
13.2	工程概况	412
13.3	相关图纸与资料查阅	412
13.3.1	原设计图纸	412
13.3.2	后期加固图纸	413
13.3.3	沉降观测	413
13.4	现状检查、检测	415
13.4.1	变形、倾斜	415
13.4.2	损伤和结构完整性	417
13.5	主体结构安全性计算分析	419
13.6	现状安全性鉴定	420
13.7	鉴定结论与处理建议	421
13.7.1	鉴定结论	421
13.7.2	处理建议	421
第 14 章	历史建筑现状鉴定与保护实例分析	423
14.1	引言	423
14.2	工程概况	423
14.3	现场检查、检测	423
14.3.1	建筑结构组成	424

14.3.2	木柱检查	426
14.3.3	木构架检查	428
14.3.4	木柱的倾斜	431
14.3.5	木构件的含水率	432
14.3.6	其他	433
14.4	结构安全性分析与评估	434
14.5	鉴定结论与加固修缮建议	435
14.5.1	鉴定结论	435
14.5.2	加固修缮建议	435
第 15 章	建筑物火灾鉴定案例分析	437
15.1	引言	437
15.2	工程概况	437
15.3	现场检查、检测	437
15.4	灾后受损程度评价	445
15.4.1	火灾温度的判定	445
15.4.2	火灾后材料的残余强度	445
15.4.3	主体结构受损的综合评价	446
15.5	鉴定结论与处理建议	446
第 16 章	结构腐蚀受损鉴定案例分析	448
16.1	引言	448
16.2	工程概况	448
16.3	现场检查、检测	448
16.3.1	混凝土腐蚀	449
16.3.2	结构现状	451
16.3.3	混凝土碳化	451
16.3.4	钢筋锈蚀	451
16.3.5	混凝土强度	451
16.3.6	其他	452
16.4	混凝土构件酸性腐蚀分析	452
16.5	结构安全性复核计算	452
16.6	鉴定结论与处理建议	452
16.6.1	鉴定结论	452
16.6.2	处理建议	453

第 17 章 房屋垮塌事故案例分析	454
17.1 引言	454
17.2 非正常使用引起局部垮塌	454
17.2.1 事故概况	454
17.2.2 原因分析	455
17.2.3 启示与教训	456
17.3 设计与施工问题引起局部垮塌	456
17.3.1 事故概况	456
17.3.2 原因分析	457
17.3.3 启示与教训	458
参考文献	459