



高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列规划教材

Assessment and  
Retrofitting Technique of Building Structures

# 建筑结构检测鉴定与 加固技术

· 建筑工程方向 ·

袁广林 鲁彩凤 李庆涛 王 勇 编著  
孟少平 主审



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列规划教材

# 建筑结构检测鉴定与加固技术

编著 袁广林 鲁彩凤 李庆涛 王 勇  
主审 孟少平



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

建筑结构检测鉴定与加固技术/袁广林等编著. —武汉:武汉大学出版社, 2016. 1  
高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列规划教材  
ISBN 978-7-307-16460-4

I. 建… II. 袁… III. ①建筑结构—检测—高等学校—教材 ②建筑结构—鉴定—高等学校—教材 ③建筑结构—加固—结构设计—高等学校—教材 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 178965 号

责任编辑:王慧平 蔡 巍      责任校对:邓 瑶      装帧设计:吴 极

---

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu\_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:武汉市金港彩印有限公司

开本:880×1230 1/16 印张:16.75 字数:534千字

版次:2016年1月第1版 2016年1月第1次印刷

ISBN 978-7-307-16460-4 定价:36.00元

---

# 高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列规划教材

## 学术委员会名单

(按姓氏笔画排名)

主任委员:周创兵

副主任委员:方志 叶列平 何若全 沙爱民 范峰 周铁军 魏庆朝

委员:王辉 叶燎原 朱大勇 朱宏平 刘泉声 孙伟民 易思蓉

周云 赵宪忠 赵艳林 姜忻良 彭立敏 程桦 靖洪文

## 编审委员会名单

(按姓氏笔画排名)

主任委员:李国强

副主任委员:白国良 刘伯权 李正良 余志武 邹超英 徐礼华 高波

委员:丁克伟 丁建国 马昆林 王成 王湛 王媛 王薇

王广俊 王天稳 王曰国 王月明 王文顺 王代玉 王汝恒

王孟钧 王起才 王晓光 王清标 王震宇 牛荻涛 方俊

龙广成 申爱国 付钢 付厚利 白晓红 冯鹏 曲成平

吕平 朱彦鹏 任伟新 华建民 刘小明 刘庆潭 刘素梅

刘新荣 刘殿忠 闫小青 祁皑 许伟 许程洁 许婷华

阮波 杜咏 李波 李斌 李东平 李远富 李炎锋

李耀庄 杨杨 杨志勇 杨淑娟 吴昊 吴明 吴轶

吴涛 何亚伯 何旭辉 余锋 冷伍明 汪梦甫 宋固全

张红 张纯 张飞涟 张向京 张运良 张学富 张晋元

张望喜 陈辉华 邵永松 岳健广 周天华 郑史雄 郑俊杰

胡世阳 侯建国 姜清辉 娄平 袁广林 桂国庆 贾连光

夏元友 夏军武 钱晓倩 高飞 高玮 郭东军 唐柏鉴

黄华 黄声享 曹平周 康明 阎奇武 董军 蒋刚

韩峰 韩庆华 舒兴平 童小东 童华炜 曾珂 雷宏刚

廖莎 廖海黎 蒲小琼 黎冰 戴公连 戴国亮 魏丽敏

## 出版技术支持

(按姓氏笔画排名)

项目团队:王睿 白立华 曲生伟 蔡巍

## 特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导的模式而成为一次建设性、发现性的学习,从被动学习而成为主动学习,由教师传播知识而到学生自己重新创造知识。这无疑锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。

本系列教材在相关编写人员的配合下,将逐步配备基本数字教学资源,其主要内容包括:

### 课程教学指导文件

- (1)课程教学大纲;
- (2)课程理论与实践教学时数;
- (3)课程教学日历;授课内容、授课时间、作业布置;
- (4)课程教学讲义、PowerPoint 电子教案。

### 课程教学延伸学习资源

- (1)课程教学参考案例集:计算例题、设计例题、工程实例等;
- (2)课程教学参考图片集:原理图、外观图、设计图等;
- (3)课程教学试题库:思考题、练习题、模拟试卷及参考解答;
- (4)课程实践教学(实习、实验、试验)指导文件;
- (5)课程设计(大作业)教学指导文件,以及典型设计范例;
- (6)专业培养方向毕业设计教学指导文件,以及典型设计范例;
- (7)相关参考文献:产业政策、技术标准、专利文献、学术论文、研究报告等。

 本书基本数字教学资源及读者信息反馈表请登录[www.stmpress.cn](http://www.stmpress.cn)下载,欢迎您对本书提出宝贵意见。

## 丛书序

土木工程涉及国家的基础设施建设,投入大,带动的行业多。改革开放后,我国国民经济持续稳定增长,其中土建行业的贡献率达到1/3。随着城市化的发展,这一趋势还将继续呈现增长势头。土木工程行业的发展,极大地推动了土木工程专业教育的发展。目前,我国有500余所大学开设土木工程专业,在校生动达40余万人。

2010年6月,中国工程院和教育部牵头,联合有关部门和行业协(学)会,启动实施“卓越工程师教育培养计划”,以促进我国高等工程教育的改革。其中,“高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划”由住房和城乡建设部与教育部组织实施。

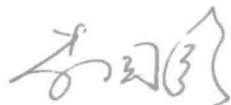
2011年9月,住房和城乡建设部人事司和高等学校土建学科教学指导委员会颁布《高等学校土木工程本科指导性专业规范》,对土木工程专业的学科基础、培养目标、培养规格、教学内容、课程体系及教学基本条件等提出了指导性要求。

在上述背景下,为满足国家建设对土木工程卓越人才的迫切需求,有效推动各高校土木工程专业卓越工程师教育培养计划的实施,促进高等学校土木工程专业教育改革,2013年住房和城乡建设部高等学校土木工程学科专业指导委员会启动了“高等教育教学改革土木工程专业卓越计划专项”,支持并资助有关高校结合当前土木工程专业高等教育的实际,围绕卓越人才培养目标及模式、实践教学环节、校企合作、课程建设、教学资源建设、师资培养等专业建设中的重点、亟待解决的问题开展研究,以对土木工程专业教育起到引导和示范作用。

为配合土木工程专业实施卓越工程师教育培养计划的教学改革及教学资源建设,由武汉大学发起,联合国内部分土木工程教育专家和企业工程专家,启动了“高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列规划教材”建设项目。该系列教材贯彻落实《高等学校土木工程本科指导性专业规范》《卓越工程师教育培养计划通用标准》和《土木工程卓越工程师教育培养计划专业标准》,力图以工程实际为背景,以工程技术为主线,着力提升学生的工程素养,培养学生的工程实践能力和工程创新能力。该系列教材的编写人员,大多主持或参加了住房和城乡建设部高等学校土木工程学科专业指导委员会的“土木工程专业卓越计划专项”教改项目,因此该系列教材也是“土木工程专业卓越计划专项”的教改成果。

土木工程专业卓越工程师教育培养计划的实施,需要校企合作,期望土木工程专业教育专家与工程专家一道,共同为土木工程专业卓越工程师的培养作出贡献!

是以为序。



2014年3月于同济大学四平路校区

# 前 言

目前,建筑业是我国国民经济的重要组成部分。建筑物的数量极其庞大。20世纪50—60年代建造的建筑物已接近或超过其设计使用年限,需经检测鉴定以确定其是否可继续使用及其改造处理方案。还有一部分现有建筑,由于设计、施工等原因存在严重工程质量问题,或经火灾、地震、爆炸等使房屋受到不同程度的损伤,也应通过检测鉴定和加固予以修复。随着旧城改造的发展,一些现有建筑要进行改造或改变用途,改造前也需对其进行检测鉴定以确定加固改造方案。因此,在今后很长时间内,对建筑物的检测鉴定和加固工作必然会越来越多。

编著者根据建筑结构检测鉴定和加固行业的发展情况,基于建筑结构损伤的原因分析,以建筑结构和材料的现场检测技术为分析手段,以建筑结构的可靠性鉴定为分析依据,比较全面地阐述了钢筋混凝土结构、砌体结构及钢结构的加固技术,并以典型的工程事故为实例来说明建筑结构的鉴定程序及加固方法。

全书共分8章,第1章简述建筑结构鉴定加固的必要性及发展情况;第2章讲述钢筋混凝土结构、砌体结构及钢结构损伤的原因分析;第3章讲述钢筋混凝土结构、砌体结构及钢结构的现场检测技术;第4章讲述建筑结构的可靠性鉴定技术及实例;第5~7章分别讲述钢筋混凝土结构、砌体结构、钢结构的加固技术及实例;第8章讲述建筑纠偏与平移技术及实例。

本书由中国矿业大学力学与建筑工程学院袁广林、鲁彩凤、李庆涛和王勇编著。具体编写分工为:袁广林(第1章);鲁彩凤(第2.1、3.1、3.2节,第4、5章);李庆涛(第2.2、3.3节,第6、8章);王勇(第2.3、3.4节,第7章)。

东南大学孟少平教授担任本书主审,详细审阅了全部书稿,并提出了宝贵的修改意见,特此表示感谢。

编著者总结多年来的教学经验和工程实践,结合我国现行的有关建筑结构检测鉴定与加固技术规程,并借鉴国内外有关的最新研究成果和典型的工程事故实例,详细讲述建筑结构检测鉴定与加固的具体方法。本书内容丰富、资料翔实,可作为高等院校土木工程专业的教材,也可作为建筑结构检测鉴定及加固行业工程技术人员的参考书。

由于建筑工程的复杂性,且编著者水平有限,书中难免存在不当之处,敬请读者批评指正。

编著者

2015年10月

## 目 录

1 概述 .....	(1)	2.2.6 砌体结构的其他损伤 .....	(21)
1.1 建筑结构鉴定与加固的必要性 .....	(2)	2.3 钢结构损伤原因 .....	(21)
1.2 建筑工程需要检测与加固的原因分析 .....	(2)	2.3.1 钢结构特点 .....	(22)
1.2.1 工程地质勘察引起的缺陷 .....	(2)	2.3.2 钢结构稳定性破坏 .....	(23)
1.2.2 设计计算引起的缺陷 .....	(3)	2.3.3 钢结构疲劳破坏 .....	(24)
1.2.3 施工和管理引起的缺陷 .....	(3)	2.3.4 钢结构脆性断裂破坏 .....	(25)
1.2.4 房屋维护和使用不当引起的缺陷 .....	(4)	2.3.5 钢结构腐蚀破坏 .....	(25)
1.2.5 灾害性事故引起的缺陷 .....	(4)	知识归纳 .....	(26)
1.3 建筑结构检测鉴定与加固技术的发展 .....	(5)	独立思考 .....	(27)
1.4 建筑结构检测鉴定与加固的方法和程序 .....	(6)	3 建筑结构现场检测技术 .....	(28)
1.4.1 建筑结构检测 .....	(6)	3.1 概述 .....	(29)
1.4.2 建筑结构鉴定 .....	(7)	3.1.1 现场检测程序 .....	(29)
1.4.3 确定加固方案 .....	(7)	3.1.2 检测抽样方案 .....	(30)
1.4.4 加固设计 .....	(7)	3.2 钢筋混凝土结构现场检测技术 .....	(30)
1.4.5 确定施工方案 .....	(7)	3.2.1 混凝土抗压强度检测技术 .....	(31)
1.4.6 建筑结构加固改造的基本原则 .....	(8)	3.2.2 混凝土长期性能和耐久性能检测 .....	(40)
知识归纳 .....	(8)	3.2.3 混凝土中的钢筋检测技术 .....	(52)
独立思考 .....	(8)	3.2.4 混凝土结构构件缺陷检测技术 .....	(58)
2 建筑结构损伤原因分析 .....	(9)	3.3 砌体结构现场检测技术 .....	(61)
2.1 钢筋混凝土结构损伤原因 .....	(10)	3.3.1 原位轴压法 .....	(63)
2.1.1 混凝土中钢筋的锈蚀 .....	(10)	3.3.2 扁顶法 .....	(64)
2.1.2 混凝土碳化破坏 .....	(12)	3.3.3 原位单剪法 .....	(64)
2.1.3 氯离子侵入破坏 .....	(13)	3.3.4 筒压法 .....	(65)
2.1.4 化学介质侵蚀破坏 .....	(14)	3.4 钢结构现场检测技术 .....	(66)
2.1.5 碱-骨料反应 .....	(17)	3.4.1 表面质量检测技术 .....	(66)
2.1.6 冻融破坏 .....	(17)	3.4.2 钢材厚度及品种检测技术 .....	(73)
2.2 砌体结构损伤原因 .....	(18)	3.4.3 高强度螺栓终拧扭矩检测技术 .....	(76)
2.2.1 温度裂缝 .....	(18)	3.4.4 变形检测技术 .....	(77)
2.2.2 地基不均匀沉降 .....	(19)	3.4.5 涂层厚度检测技术 .....	(78)
2.2.3 承载力不足或受荷超载 .....	(20)	3.4.6 构造检测技术 .....	(79)
2.2.4 砌体错位变形 .....	(21)	3.4.7 构件性能检测技术 .....	(80)
2.2.5 地震破坏 .....	(21)	知识归纳 .....	(80)
		独立思考 .....	(81)



4	建筑结构鉴定技术及实例	(83)	5.2.3	受弯构件斜截面加固设计	(116)
4.1	概述	(84)	5.2.4	受压构件正截面加固设计	(117)
4.1.1	可靠性鉴定方法	(84)	5.2.5	加固设计实例	(119)
4.1.2	可靠性鉴定分类	(85)	5.3	置换混凝土加固法	(121)
4.1.3	可靠性鉴定工作程序	(85)	5.3.1	受弯构件正截面加固设计	(122)
4.2	可靠性鉴定评级的层次及标准	(86)	5.3.2	轴心受压构件正截面加固设计	(123)
4.2.1	结构安全性鉴定标准	(86)	5.3.3	偏心受压构件正截面加固设计	(123)
4.2.2	结构正常使用性鉴定标准	(88)	5.3.4	加固设计实例	(124)
4.2.3	结构可靠性鉴定标准	(89)	5.4	粘贴钢板加固法	(126)
4.2.4	结构适修性鉴定标准	(90)	5.4.1	受弯构件正截面加固设计	(127)
4.3	结构构件安全性和正常使用性鉴定	(91)	5.4.2	受弯构件斜截面加固设计	(131)
4.3.1	混凝土结构构件安全性鉴定评级	(91)	5.4.3	大偏心受压构件正截面加固设计	(132)
4.3.2	混凝土结构构件正常使用性鉴定	(93)	5.4.4	加固设计实例	(132)
4.3.3	砌体结构构件安全性鉴定评级	(93)	5.5	粘贴纤维复合材加固法	(134)
4.3.4	砌体结构构件正常使用性鉴定	(94)	5.5.1	纤维复合材及其胶黏剂的性能	(135)
4.3.5	钢结构构件安全性鉴定评级	(95)	5.5.2	受弯构件正截面加固设计	(138)
4.3.6	钢结构构件正常使用性鉴定评级	(97)	5.5.3	受弯构件斜截面加固设计	(141)
4.4	子单元的安全性及正常使用性鉴定	(98)	5.5.4	轴心受压构件正截面加固设计	(142)
4.4.1	子单元安全性鉴定评级	(98)	5.5.5	加固设计实例	(143)
4.4.2	子单元正常使用性鉴定评级	(101)	5.6	外粘型钢加固法	(144)
4.5	鉴定单元鉴定评级及结构可靠性评估	(104)	5.6.1	受弯构件加固设计	(145)
4.5.1	鉴定单元鉴定评级	(104)	5.6.2	受压构件加固设计	(146)
4.5.2	建筑结构可靠性评估	(104)	5.6.3	加固设计实例	(148)
4.6	建筑结构鉴定工程实例	(104)	5.7	混凝土加固的相关技术	(149)
4.6.1	工程概况	(104)	5.7.1	植筋技术	(149)
4.6.2	现状调查检测	(106)	5.7.2	混凝土裂缝修补技术	(154)
4.6.3	安全性鉴定	(106)	5.7.3	钢筋阻锈技术	(157)
4.6.4	抗震鉴定	(107)	5.8	混凝土结构加固综合实例	(160)
4.6.5	适修性评估	(109)	知识归纳	(165)	
4.6.6	鉴定结果	(109)	独立思考	(166)	
知识归纳	(109)	习题	(166)		
独立思考	(110)	6	砌体结构加固技术及实例	(167)	
5	钢筋混凝土结构加固技术及实例	(111)	6.1	概述	(168)
5.1	加固设计基本规定	(112)	6.2	钢筋混凝土面层加固法	(168)
5.2	增大截面加固法	(112)	6.2.1	构造规定	(168)
5.2.1	构造规定	(113)	6.2.2	砌体受压加固计算	(170)
5.2.2	受弯构件正截面加固设计	(115)	6.2.3	砌体抗剪加固计算	(171)
			6.2.4	砌体抗震加固计算	(172)
			6.2.5	加固设计实例	(172)
			6.3	钢筋网水泥砂浆面层加固法	(173)

6.3.1 构造规定 .....	(173)	7.2.2 钢梁加固 .....	(200)
6.3.2 砌体受压加固计算 .....	(175)	7.2.3 屋盖加固 .....	(200)
6.3.3 砌体抗剪加固计算 .....	(176)	7.2.4 桁架加固 .....	(201)
6.3.4 砌体抗震加固计算 .....	(176)	7.3 加大构件截面加固法 .....	(202)
6.3.5 加固设计实例 .....	(177)	7.3.1 一般规定 .....	(202)
6.4 外包型钢加固法 .....	(178)	7.3.2 构造和施工要求 .....	(202)
6.4.1 构造规定 .....	(178)	7.3.3 截面加固形式 .....	(203)
6.4.2 砌体加固计算方法 .....	(178)	7.3.4 加大构件截面加固计算方法 .....	(206)
6.4.3 加固设计实例 .....	(179)	7.3.5 加固设计实例 .....	(212)
6.5 增设砌体扶壁柱加固法 .....	(181)	7.4 连接加固法 .....	(214)
6.5.1 构造规定 .....	(182)	7.4.1 一般规定 .....	(214)
6.5.2 砌体加固计算方法 .....	(182)	7.4.2 构造与施工要求 .....	(215)
6.5.3 加固设计实例 .....	(183)	7.4.3 连接加固计算方法 .....	(216)
6.6 砌体结构构造性加固法 .....	(183)	7.5 钢结构鉴定与加固实例分析 .....	(218)
6.6.1 增设圈梁加固法 .....	(183)	知识归纳 .....	(222)
6.6.2 增设构造柱加固法 .....	(184)	独立思考 .....	(222)
6.6.3 增设梁垫加固法 .....	(184)	8 建筑纠偏与平移技术及实例 .....	(223)
6.6.4 砌体局部拆砌法 .....	(185)	8.1 建筑纠偏 .....	(224)
6.7 砌体结构裂缝的修补方法 .....	(185)	8.1.1 造成建筑物倾斜的原因 .....	(224)
6.7.1 外加网片法 .....	(185)	8.1.2 纠偏技术与方法 .....	(225)
6.7.2 置换法 .....	(185)	8.1.3 顶升纠偏工程实例 .....	(229)
6.8 砌体结构加固综合实例 .....	(186)	8.2 建筑平移 .....	(237)
知识归纳 .....	(192)	8.2.1 房屋整体平移的基本步骤 .....	(238)
独立思考 .....	(192)	8.2.2 房屋整体平移的分类 .....	(239)
习题 .....	(193)	8.2.3 房屋整体平移的关键技术 .....	(239)
7 钢结构加固技术及实例 .....	(194)	8.2.4 建筑平移工程实例 .....	(242)
7.1 概述 .....	(195)	知识归纳 .....	(252)
7.1.1 一般加固方法 .....	(195)	独立思考 .....	(252)
7.1.2 加固材料要求 .....	(196)	参考文献 .....	(253)
7.1.3 加固施工方法 .....	(196)		
7.2 改变结构计算图形加固法 .....	(198)		
7.2.1 钢柱加固 .....	(198)		

# 1

## 概 述

### 课前导读

---

#### □ 内容提要

本章主要介绍建筑结构鉴定与加固的必要性、建筑工程需要检测与加固的原因分析、建筑结构检测鉴定与加固技术的发展、建筑结构检测鉴定与加固的方法和程序。本章的教学重难点是建筑工程需要检测与加固的原因分析。

#### □ 能力要求

通过本章的学习，学生应了解建筑工程需要检测与加固的原因，熟悉建筑结构检测鉴定与加固的方法和程序。

当前,我国正处于建筑工程大规模建设阶段,基本建设规模正不断扩大。2011年,我国房屋建筑竣工面积已达29.2亿平方米。同时,截至2011年年末,我国既有建筑面积超过490亿平方米。由于设计、施工和使用中存在的问题及地震、火灾等灾害的影响,20世纪50—60年代建造的建筑物已接近或超过其设计使用年限,进入安全性降低或功能衰退期。因此,建筑物的检测、鉴定和加固成为当前一项热门的工作,开展建筑物的检测、鉴定和加固技术的研究具有重要意义。

由于建筑工程的检测、鉴定和加固涉及新材料、新技术、新设备,并与建筑材料、建筑结构可靠性理论及建筑施工技术等学科有关,故对建筑设计、施工、质检、使用和管理人员提出了更高的要求,也带来了新的挑战。

## 1.1 建筑结构鉴定与加固的必要性 >>>

改革开放以来,随着我国现代化建设的不断发展,基本建设规模的不断扩大,建筑行业已成为国民经济的重要组成部分,对推动我国经济发展和进步发挥着极其重要的作用。总体来讲,建筑工程的质量越来越好,但目前我国建筑工程质量问题依然严峻,一些在建和竣工项目存在严重的质量问题。有的属于质量通病;有的存在严重质量隐患;有的则是危房,甚至可能发生倒塌。如江苏某地拆迁安置工程,由多层住宅和小高层住宅等建筑组成,总建筑面积约10万平方米,于2009年6月开始施工。其多层住宅为六层砖混结构,素混凝土条形基础,素混凝土强度等级为C15。当工程施工至三层左右时,发现基础部分的素混凝土强度等级不满足设计要求,有的部位混凝土强度等级甚至低于C10。最后拆除重建的单体有2#、3#、5#、10#、11#5栋建筑,总面积超过17700m<sup>2</sup>,直接损失约1000万元。

此外,国外结构工程的发展过程表明,当工程建设进行到一定阶段后,工程结构的维修改造将成为主要的建设方式。世界上经济发达国家的工程建设大体上都经历了3个阶段,即大规模新建、新建与维修加固并重和改造和加固为主。1980年,英国建筑物维修改造工程占英国建筑工程总量的2/3;瑞典建筑业20世纪80年代首要的任务是对已有建筑物进行更新改造;在美国,新建筑业开始萧条,而维修改造业迅速发展,2000年后旧房维修改造业是最受欢迎的九类行业之一。我国20世纪五六十年代建造的建筑物已接近或超过其设计使用年限,对工业与民用建筑进行改造的要求也日益迫切。在今后的若干年内,我国用于旧建筑物维修、改造和加固的费用将逐步增加,工业建筑更是如此。

## 1.2 建筑工程需要检测与加固的原因分析 >>>

造成建筑工程需要检测、鉴定与加固的原因有很多。有关资料显示,由设计方面引起的质量缺陷占40.1%,由施工原因引起的质量缺陷占29.3%,由建材及物料等其他原因引起的质量缺陷占30.6%。特别是一些重大质量缺陷,往往都与建筑工程设计不合理有关。

### 1.2.1 工程地质勘察引起的缺陷

结构的先天不足首先表现在地质勘察不能准确反映地基土、地下水的真实情况。有的勘察设计单位提供的数据、资料有误,盲目估计地基承载力;有的勘察报告不详细、不准确,甚至错误;有的地质勘探的钻孔间距太大,不能准确反映地基的实际情况;有的地质勘察的钻孔深度不够,没有查清地基深处是否有软弱层、古墓、洞穴等;有的未经勘察即开始设计或盲目套用邻近建筑的勘探资料,等等。

### 1.2.2 设计计算引起的缺陷

每个结构都有自己的特性,原先的设计可能与实际情况有较大的差距。有的结构设计计算简图与实际受力情况不符;有的计算假定与施工实际情况不符,计算模型使用不当,计算中漏算荷载或荷载计算错误;有的结构构件刚度不足;有的结构构造不合理,沉降缝、伸缩缝设置不当;有的结构安全度不足;有的套用原有图纸而又未根据实际情况校核。

除上述原因以外,有的甲方(如房地产公司)片面追求节约原材料,降低投资;而有的设计人员,不顾原则迎合甲方的要求,为节省每一根钢筋、每千克水泥反复核算,使得结构的设计冗余度降低,导致使用寿命缩短,结构的耐久性降低。

图 1-1 所示为 2004 年 5 月 23 日巴黎戴高乐机场 2E 候机厅顶棚发生坍塌事故,造成包括两名中国公民在内的 4 人死亡。后经调查发现,此次顶棚坍塌事故主要原因是候机厅顶棚上的一个穿孔在设计时,其应对偶然性安全系数不足。

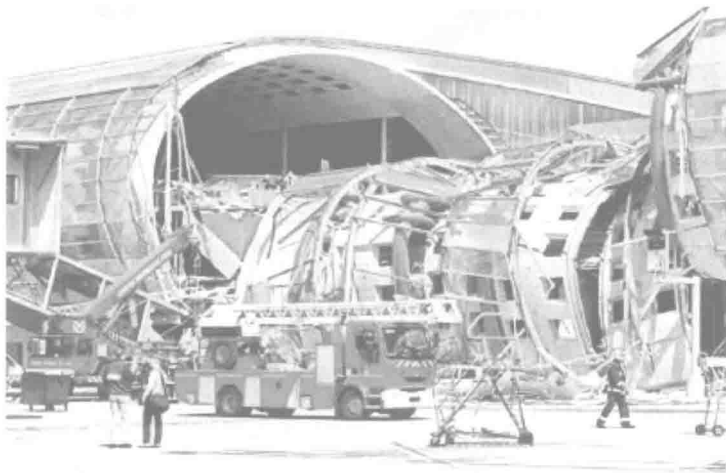


图 1-1 巴黎戴高乐机场 2E 候机厅顶棚坍塌事故

### 1.2.3 施工和管理引起的缺陷

施工队伍素质低,技术力量薄弱。在我国 2800 万的建筑队伍中,其中很大一部分是没有经过专门培训的农民工,很多农民工既缺乏建筑的基本知识,又缺乏基本的操作技能,因此在操作中并没有按有关施工规范及技术规程操作,而是凭经验蛮干。据有关部门统计,建筑队伍中受过专业训练的人员在国有企业中只占职工总数的 8%,在私有企业中只占职工总数的 1%,二级工以下的工人占工人总数的 60% 以上。同时,有的施工队伍缺少技术力量,安全意识淡薄;不熟悉设计意图,不能按有关施工规范和技术规程施工,甚至为方便施工而擅自修改设计。

在当前建筑工程的招投标中,建设单位多以低价方式来选择施工企业,但一些包揽工程的施工企业却以偷工减料的方式来攫取利润,有的甚至不顾一切地在地基基础及主体结构施工中偷工减料。

同时,目前建筑市场流传着这样的顺口溜:一级企业中标,二级企业挂靠,三级企业管理,无级工头承包。这句顺口溜形象地说明了建筑工程层层转包、层层剥皮的现象。有些施工企业越级承接工程项目,非法挂靠,或接收低资质施工队伍挂靠;有的公司无法自行组织施工,只能靠倒手转包获利。

此外,一个工程的施工本应力求均衡,但现在不少工程仍一味地追求速度,而不考虑工程质量。如有些工程只要项目确定之后,就提出要在五一、十一或元旦前竣工,结果迫使施工企业打破正常的施工程序,以“人海战术”和颠倒程序来抢进度,使整个工程施工陷于混乱,最后遗留很多质量缺陷。

图 1-2 所示为 2009 年 6 月 27 日清晨,上海市闵行区“莲花河畔景苑”小区,一栋在建的 13 层住宅楼全部倒塌。调查结果显示,倾覆主要原因是楼房北侧在短期内堆土高达 10m,南侧正在开挖 4.6m 深的地下车库基坑,两侧压力差导致土体产生水平位移,过大的水平力超过了桩基的抗侧能力,最终导致房屋倾覆。



图 1-2 上海市闵行区“莲花河畔景苑”小区倒塌事故

#### 1.2.4 房屋维护和使用不当引起的缺陷

长期以来,只重使用、不重管理的现象在建筑领域普遍存在。而有的建筑物长期处于恶劣的使用环境中,如高温、腐蚀、超载、粉尘、疲劳、潮湿等环境,受到物理、化学、生物等作用,加速了建筑物的早衰和破损。有的在建筑物使用过程中,对下部结构没有进行认真验算,就盲目地在原有建筑物上加层,随意用实心墙分隔。有的在使用过程中随意增大荷载,如把阳台当作库房使用,将办公楼改为生产车间,将住宅改为浴室或娱乐场所。有的使用单位未经相关单位鉴定或加固就随意在建筑结构上开洞或盲目拆除承重墙,破坏了原有结构。

图 1-3(a)所示为广州某两层半民房加建 4 层后,在装修过程中于 2014 年 11 月 15 日发生整体倒塌,造成 2 死 7 伤的后果。图 1-3(b)所示为 2015 年 6 月 9 日,贵州省遵义市汇川区高桥镇鱼芽社区河边组一栋居民楼发生坍塌。该楼建于 1995 年,当时为 3 层,2005 年房主未经批准私自加盖至 7 层,导致房屋基础承载力不足而发生倒塌。



(a)

(b)

图 1-3 房屋维护和使用不当引起的倒塌

#### 1.2.5 灾害性事故引起的缺陷

我国属于多自然灾害的国家,不但有 2/3 的大城市处于地震区,而且风灾、水灾、火灾、爆炸时有发生。由于一些工程的抗灾能力差,在这些自然灾害面前,一些建筑物受到严重损伤。地震对建筑物造成不同程度的损坏;风灾平均每年损坏房屋约 30 万间;仅 2000 年,我国就发生火灾 11213 起,烧毁建筑面积约 50 万平方米。2007 年 1 月 9 日,甘肃省景泰县发生 4.5 级地震,约有 2000 户居民受到影响,个别土坯房倒塌,一些砖混结构房屋出现裂缝;2008 年 5 月 12 日,发生汶川大地震,据不完全统计,地震造成严重损坏房屋 593.25 万间,倒塌房屋 546.19 万间,受损房屋约 1500 万间。

图 1-4(a)、(b)所示的房屋损伤分别是由 2008 年 5 月 12 日四川省阿坝藏族羌族自治州汶川县发生 8.0 级地震、2010 年 4 月 14 日青海省玉树藏族自治州玉树县发生 7.1 级地震引起的。

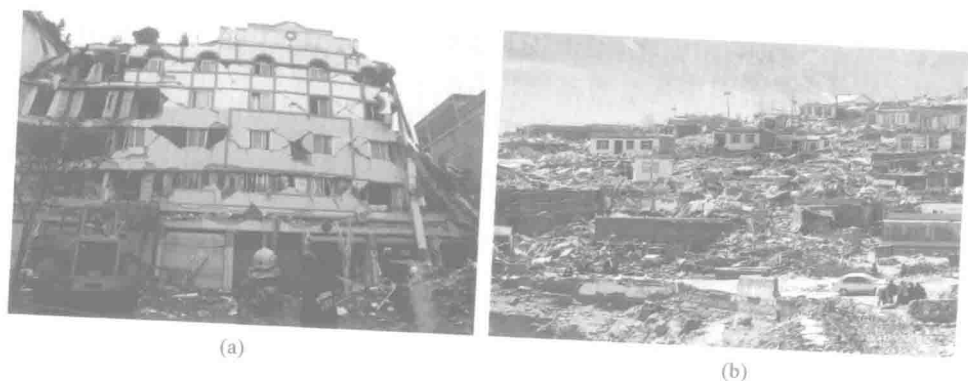


图 1-4 地震引起的房屋损伤

2015年1月2日13时14分,哈尔滨市道外区太古街727号一仓库发生火灾,21时37分大楼突然坍塌,造成多名消防队员伤亡。图1-5(a)、(b)所示分别为倒塌前后的照片。



图 1-5 火灾引起的房屋损伤

### 1.3 建筑结构检测鉴定与加固技术的发展 >>>

对建筑物进行评估、维修和加固改造,古已有之,但其真正的发展还是在20世纪中叶以后。同时,科技水平的提高也为其发展奠定了基础。

国外对已有建筑的维修、改造的研究十分重视,工程结构的维修改造已成为主要的建设方式。世界发达国家已经制订了相应的法规,各国投入建筑物维修改造的资金占房屋建筑投入资金的比例也越来越高。到20世纪90年代初期,美国用于建筑物维修和加固上的投资已达到建设总投资的50%,英国这一数字为70%,而德国则达到80%。

由于战争和其他历史原因,我国大规模的基础建设比世界发达国家晚了几十年,但其工程建设的发展历程也同样遵循大规模新建、新建与维修加固并重、改造与加固为主的这样一个发展规律。20世纪70—80年代,随着工业工艺水平的提高,部分工业建筑开始进行技术改造。而1966年邢台地震、1976年唐山大地震,使人们充分认识到建筑工程的抗震鉴定、抗震加固的重要性,并在工业建筑领域和房屋抗震鉴定、加固领域,开展了大量的工作。20世纪90年代以后,随着建筑业的快速发展,鉴定加固业得到突飞猛进的发展,从业人员大量增加。2008年以后,由于汶川大地震造成重大损失,人们对地震的危害性有了新的认识,对建筑结构的抗震性能提出了更高的要求,开展了新一轮的抗震检测、鉴定与加固工作。同时,随着新材料、新工艺、新设备的大量采用,建筑结构检测鉴定与加固技术也得到了快速发展。建筑结构的检测、鉴定与加固正在逐渐形成一门新的学科,其中,建筑抗震加固是其重要的一方面。

迄今为止,我国在工程结构的检测、鉴定和加固维护等方面,已颁布了相关的标准、规范和规程。在建筑工程检测方面,我国已颁布了《建筑结构检测技术标准》(GB/T 50344—2004)、《混凝土结构现场检测技术

标准》(GB/T 50784—2013)、《砌体工程现场检测技术标准》(GB/T 50315—2011)、《钢结构现场检测技术标准》(GB/T 50621—2010)、《建筑变形测量规范》(JGJ 8—2007)、《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106—2014)、《混凝土强度检验评定标准》(GB/T 50107—2010)、《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》(JGJ/T 23—2011)、《钻芯法检测混凝土强度技术规程》(CECS 03:2007)、《超声法检测混凝土缺陷技术规程》(CECS 21:2000)、《混凝土中钢筋检测技术规程》(JGJ/T 152—2008)、《超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程》(CECS 02:2005)等。在建筑工程鉴定方面,我国已颁布了《民用建筑可靠性鉴定标准》(GB 50292—1999)、《工业建筑可靠性鉴定标准》(GB 50144—2008)、《危险房屋鉴定标准》(JGJ 125—1999)、《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023—2009)、《火灾后建筑结构鉴定标准》(CECS 252:2009)等。在建筑工程加固方面,我国已颁布了《混凝土结构加固设计规范》(GB 50367—2013)、《砌体结构加固设计规范》(GB 50702—2011)、《钢结构加固技术规范》(CECS 77:96)、《既有建筑地基基础加固技术规范》(JGJ 123—2012)、《碳纤维片材加固混凝土结构技术规程》(CECS 146:2003)、《混凝土结构后锚固技术规程》(JGJ 145—2013)、《建筑抗震加固技术规程》(JGJ 116—2009)等。

至2015年,全国建筑物鉴定与加固改造学术交流会已举办13届。目前,建筑结构的检测鉴定从无章可循,到可根据各种标准进行检测、鉴定、加固,使各个阶段越来越规范;从依赖专家经验的“传统经验法”,到专家经验与现场实测数据、复核鉴定相结合并原则性采用统计概率的“实用鉴定法”;从注重可靠性(安全性、正常使用性)鉴定,到可靠性、耐久性评价并重;加固技术从注重单构件的加固效果,到注重结构整体的加固效果。

就建筑结构的加固而言,传统的结构加固方法有增大截面加固法、体外预应力加固法和改变结构传力体系加固法等。这些方法在实际工程中得到了广泛的应用,其缺点是增大了截面尺寸,减少了使用空间,施工周期长,施工技术要求高。因此,近年来,具有施工周期短、施工速度快、对原结构影响小等特点的外贴钢板或外贴纤维复合材料加固法得到了快速应用。

## 1.4 建筑结构检测鉴定与加固的方法和程序 >>>

一般而言,建筑结构的检测是进行结构鉴定的依据,而结构的检测和鉴定又是进行结构加固的前提。因此,建筑结构加固的一般程序是:首先进行结构检测,在检测的基础上进行结构可靠性鉴定,根据鉴定结果确定加固方案,进而进行加固设计,然后确定施工方案和进行施工组织设计,最后进行加固施工。

### 1.4.1 建筑结构检测

进行建筑结构检测时,应首先制订检测方案。检测方案包括以下内容:

- ①检测目的及要求。
- ②工程概况。其包括结构类型、建筑面积、总层数、建造年代等。
- ③检测依据。其主要包括检测所依据的标准及有关的数据资料。
- ④检测所用的仪器设备。
- ⑤进度计划及所需配合的工作。
- ⑥检测中的安全措施。

对已有结构的检测主要是现场检测,检测的内容包括:建筑物的结构形式以及用途有无改变,地基基础是否有沉降或破坏(应查清地基的承载力、地基的变形、地下水位的变化、基础的不均匀沉降、不同土层的分布情况及性能,特别是针对湿陷性黄土、膨胀土等特殊土质,应查清类别、等级和主要性质等),墙面是否开裂,构件实际尺寸,受荷状况,使用荷载有无变化,材料强度,损伤情况(范围及严重程度),是否有裂缝及裂缝的位置和宽度,是否有挠度及挠度值大小,是否有倾斜及倾斜值大小,钢筋(纵筋和箍筋)型号、规格、数量



及锈蚀情况,混凝土的碳化情况,有无与生产工艺有关的侵蚀性介质,等等。

此外,还要检查施工单位是否按施工图施工,施工工艺是否符合有关施工规范的要求。应查清施工顺序与进度,施工荷载,施工日志,隐蔽工程验收记录,必要时了解施工期间的天气变化情况,重点核实材料代用、设计变更等资料。

检测完成后,应进行结构或构件的验算。验算应根据实测的数据(材料强度、构件尺寸等)进行。验算内容应包括结构或构件的承载能力是否大于荷载效应;沉降、挠度、裂缝宽度是否大于规范允许值;墙、柱稳定性是否满足规范要求。

#### 1.4.2 建筑结构鉴定

根据检测和结构复核结果,分别按现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》(GB 50114—2008)和《民用建筑可靠性鉴定标准》(GB 50292—1999)进行可靠性鉴定,确定是否需要加固及加固方案。当与抗震加固结合进行时,还应根据其设防烈度、抗震设防类别、后续使用年限和结构类型,按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023—2009)或《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)的相关规定进行抗震鉴定。

#### 1.4.3 确定加固方案

根据鉴定结论,结合结构特点及加固施工条件,并综合考虑安全、经济、合理等原则确定加固方案。加固方案的选择十分重要。加固方案的合理与否,不但影响工程造价,而且直接影响结构加固效果。好的加固方案是:对使用功能影响小(以对工业建筑不影响生产为原则),加固效果好,施工简便,经济合理。

加固设计与新建工程具有较大区别,其主要特点是:

- ①由于加固的原结构已经存在,必须尽可能利用原有结构,不影响结构的使用功能。
- ②应充分考虑原有结构的现状和受力特点、损伤情况和使用要求,加固方案应尽可能不影响外观。
- ③应根据原有结构的使用状况,充分考虑工期和施工现场条件,充分考虑加固材料的性能,减小对生产和生活的影响。
- ④加固部分属于二次受力构件,加固设计时应考虑二次受力的特点。
- ⑤加固设计应考虑与原结构的可靠连接。

#### 1.4.4 加固设计

建筑结构经可靠性鉴定后确定需要加固时,应根据鉴定结论和委托方提出的要求,由有资质的专业技术人员按加固规范的规定和业主要求进行加固设计。建筑结构加固设计,应进行承载能力极限状态和正常使用极限状态的设计、验算。有抗震设防要求的结构构件的加固,除应满足承载力要求外,还应复核其抗震能力。

加固设计应与实际施工方法紧密结合,采取有效措施保证新增构件和部件与原结构连接可靠,新增截面与原截面黏结牢固,以形成整体共同工作;并应避免对未加固部分,以及相关结构、构件和地基基础造成不利的影

响。对加固过程中可能出现倾斜、失稳、过大变形或坍塌的建筑结构,应在加固设计文件中提出有效的临时性安全措施,并明确要求施工单位必须严格执行。

未经技术鉴定或设计许可,不得改变加固后结构的用途和使用环境。

#### 1.4.5 确定施工方案

加固施工面临着施工场地狭小,受原有生产设备和结构构件的制约问题,故大型机械设备通常难以发挥作用。

加固施工与新建工程也具有较大区别,其主要特点是:

- ①受生产设备和原有结构构件的影响,施工场地受到较大影响,施工场地狭小,机械设备难以发挥作用。
- ②通常情况下,因原结构已建成,往往要求在不停产或不终止使用的情况下进行加固。
- ③施工时,为保证加固效果及加固的安全性,应采取临时支撑或加固措施。