



房屋结构检测与 鉴定技术

Detection and Identification Technology of House Structure

主 编 陈 鲁
副主编 王 皓 苗焜青 朱卫华
缪 盾 朱 嘉

陕西新华出版传媒集团



陕西科学技术出版社
Shaanxi Science and Technology Press



主编简介

陈鲁，男，1978年7月生，工学博士，现任同济大学浙江学院副教授，同济大学浙江学院土木工程系常务副主任，同时担任同济大学浙江学院工程结构检测研究中心常务副主任。长期从事工程结构检测、监测与控制领域的科学研究与工程实践。作为项目负责人，作为课题负责人或参与人主持或参与科研项目近十项，发表论文30余篇，获得上海市科技进步奖四项，拥有国家发明型专利一项，国家实用新型专利9项。主持或参与了包括上海世博会、上海中心等在内的近四十项大型重点工程项目的检测、监测与健康监测。

房屋结构检测与鉴定技术

主 编 陈 鲁
副主编 王 皓 苗焯青 朱卫华
 缪 盾 朱 嘉

陕西新华出版传媒集团



陕西科学技术出版社
Shaanxi Science and Technology Press

— 西 安 —

图书在版编目(CIP)数据

房屋结构检测与鉴定技术 / 陈鲁,王皓,田焯青等编著. —西安:陕西科学技术出版社, 2019.12

ISBN 978 - 7 - 5369 - 7724 - 2

I. ①房… II. ①陈… ②王… III. ①房屋结构—检测
②房屋结构—鉴定 IV. ①TU22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 271616 号

房屋结构检测与鉴定技术

出版者 陕西新华出版传媒集团 陕西科学技术出版社
西安市曲江新区登高路 1388 号陕西新华出版传媒产业大厦 B 座
电话(029)81205187 传真(029)81205155 邮编 710061
<http://www.snstp.com>

发行者 陕西新华出版传媒集团 陕西科学技术出版社
电话(029)81205180 81206809

印刷 陕西天地印刷有限公司

规格 787mm × 1092mm 16 开

印张 24.25

字数 560 千字

版次 2019 年 12 月第 1 版
2019 年 12 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978 - 7 - 5369 - 7742 - 2

定价 60.00 元

版权所有 翻印必究

序

犹如人一出生就开始求医问药、治病养生一样,工程结构投入运营后就需要不断进行检验探查、维修加固。“健康诊断”这一拟人化的专业术语曾经表征了土木工程学科中一度最热门的研究领域,而且至今仍然是关注的热点。经过多年的深入研究、技术开发和工程实践,相关的基础理论、工程技术和仪器设备日臻完善和配套,结构检测、鉴定和加固已发展成为土木工程学科中的重要分支。

陈鲁副教授在同济大学攻读博士学位和开展博士后研究期间师从张其林教授和叶可明院士,主要从事结构检测方面的科研工作,参与了上海中心大厦等重大工程的结构检测实际工作。博士后出站后在上海同济建设工程质量检测站继续从事结构检测和加固领域的专业技术工作,主持和参与了大量不同类型工程结构检测和加固项目,积累了丰富的工程实践经验。2014年他加盟同济大学浙江学院从事土木工程专业的教学工作后,积极探索把本科教学中分散、零星的房屋结构检测、鉴定和加固方面的课程教学转换为较为系统的课程体系,组建土木工程专业的新方向,推进土木工程本科培养方案的改革与创新。新颖的教学设想和丰富的工程经历是他完成《房屋结构检测与鉴定技术》的动力和基础。

《房屋结构检测与鉴定技术》的主要特点是紧扣我国已经颁布的涉及结构检测和鉴定的不同规范和标准,系统介绍了不同类型结构检测和鉴定的总体原则、基本要求、技术要点、仪器设备、实际操作、数据分析和结论凝练等,内容细致翔实,重在应用。本书可用于土木工程及相关专业的教材,也可作为结构检测、鉴定和加固行业从业人员的参考书籍。

楼梦麟写于2019年8月10日

目 录

第一篇 概论篇

第1章 绪 论	(3)
1.1 引言	(3)
1.2 房屋结构检测与鉴定的目的	(7)
1.3 房屋建筑的发展历程	(8)
1.4 我国房屋结构现状	(9)
1.5 房屋结构检测鉴定的意义	(11)
1.6 我国房屋检测鉴定加固行业发展现状	(12)
1.6.1 建筑物鉴定与加固企业构成	(12)
1.6.2 建筑物鉴定与加固行业现状	(12)
1.7 本书内容设置简介	(13)
第2章 房屋建筑检测与鉴定技术概论	(15)
2.1 现行规范介绍	(15)
2.1.1 我国房屋建筑检测与鉴定技术及相关规范的发展	(15)
2.1.2 我国房屋建筑检测与鉴定相关规范简介	(17)
2.2 需要检测鉴定的房屋建筑类别	(18)
2.3 房屋建筑检测与鉴定的基本概念	(25)
2.3.1 建筑物可靠性鉴定的基本概念	(25)
2.3.2 房屋建筑鉴定的方法分类	(27)
2.4 房屋建筑可靠性鉴定的基本流程	(30)
2.4.1 工业建筑可靠性鉴定程序	(30)
2.4.2 民用建筑可靠性鉴定程序	(32)

第二篇 结构检测技术篇

第3章 建筑结构检测技术概论	(37)
3.1 建筑结构检测的意义	(37)
3.2 建筑结构检测的范围和分类	(38)
3.3 检测工作的程序与基本要求	(39)
3.4 检测方法和抽样方案	(41)

3.4.1	检测方法	(41)
3.4.2	抽样方案	(42)
3.5	本篇内容概述	(43)
第4章	钢筋混凝土结构检测技术	(44)
4.1	混凝土抗压强度的检测	(44)
4.1.1	回弹法	(45)
4.1.2	超声法	(55)
4.1.3	超声回弹综合法	(56)
4.1.4	后装拔出法	(64)
4.1.5	钻芯法	(73)
4.2	混凝土缺陷的检测	(82)
4.2.1	混凝土缺陷概述	(82)
4.2.2	混凝土缺陷检测基本规定	(88)
4.2.3	超声波检测设备	(88)
4.2.4	声学参数测量	(89)
4.2.5	裂缝深度检测	(96)
4.2.6	不密实区和空洞检测	(108)
4.2.7	混凝土结合面质量检测	(117)
4.2.8	混凝土表面损伤层检测	(118)
4.3	混凝土中钢筋配置情况的检测	(121)
4.3.1	概述	(121)
4.3.2	钢筋间距和保护层厚度检测	(122)
4.3.3	钢筋直径检测	(130)
4.3.4	钢筋锈蚀性状检测	(131)
第5章	砌体结构检测技术	(138)
5.1	概述	(138)
5.1.1	砌体结构特点及其破坏特征	(138)
5.1.2	砌体结构检测的适用条件	(140)
5.1.3	砌体结构现场检测的方法分类及其选用原则	(141)
5.1.4	砌体结构现场检测的程序和工作内容	(144)
5.2	原位轴压法	(147)
5.2.1	概述	(147)
5.2.2	基本原理	(147)
5.2.3	仪器设备	(147)
5.2.4	测试部位	(149)

5.2.5	测试步骤	.....	(149)
5.2.6	数据分析	.....	(150)
5.3	扁顶法	.....	(152)
5.3.1	概述	.....	(152)
5.3.2	基本原理	.....	(152)
5.3.3	仪器设备	.....	(153)
5.3.4	测试部位	.....	(154)
5.3.5	测试步骤	.....	(155)
5.3.6	数据分析	.....	(156)
5.4	切制抗压试件法	.....	(158)
5.4.1	概述	.....	(158)
5.4.2	测试部位要求	.....	(159)
5.4.3	测试设备	.....	(159)
5.4.4	测试步骤	.....	(160)
5.4.5	数据分析	.....	(162)
5.5	原位单剪法	.....	(162)
5.5.1	概述	.....	(162)
5.5.2	基本原理	.....	(163)
5.5.3	测试装置	.....	(163)
5.5.4	测试部位	.....	(164)
5.5.5	测试步骤	.....	(165)
5.5.6	数据分析	.....	(166)
5.6	原位双剪法	.....	(167)
5.6.1	概述	.....	(167)
5.6.2	基本原理	.....	(167)
5.6.3	测试装置	.....	(167)
5.6.4	测试部位选择	.....	(168)
5.6.5	测试步骤	.....	(168)
5.6.6	数据分析	.....	(169)
5.7	推出法	.....	(171)
5.7.1	概述	.....	(171)
5.7.2	基本原理	.....	(172)
5.7.3	测试装置	.....	(172)
5.7.4	测试部位	.....	(174)
5.7.5	测试步骤	.....	(174)

5.7.6	数据分析	.....	(175)
5.8	筒压法	.....	(177)
5.8.1	概述	.....	(177)
5.8.2	基本原理	.....	(177)
5.8.3	测试装置	.....	(177)
5.8.4	取样要求	.....	(179)
5.8.5	测试步骤	.....	(179)
5.8.6	数据分析	.....	(180)
5.9	砂浆片剪切法	.....	(184)
5.9.1	概述	.....	(184)
5.9.2	基本原理	.....	(184)
5.9.3	测试装置	.....	(184)
5.9.4	测试步骤	.....	(186)
5.9.5	数据分析	.....	(186)
5.10	点荷法	.....	(187)
5.10.1	概述	.....	(187)
5.10.2	基本原理	.....	(187)
5.10.3	测试设备	.....	(188)
5.10.4	测试步骤	.....	(188)
5.10.5	数据分析	.....	(189)
5.11	砂浆回弹法	.....	(191)
5.11.1	概述	.....	(191)
5.11.2	基本原理和测试设备	.....	(192)
5.11.3	测位布置	.....	(192)
5.11.4	测试步骤	.....	(193)
5.11.5	数据分析	.....	(194)
5.12	烧结砖回弹法	.....	(194)
5.12.1	概述	.....	(194)
5.12.2	检测设备	.....	(194)
5.12.3	测区测位布置	.....	(195)
5.12.4	测试步骤	.....	(195)
5.12.5	数据分析	.....	(196)
5.13	强度推定	.....	(196)
5.13.1	概述	.....	(196)
5.13.2	检测单元数据统计	.....	(197)

5.13.3	砌筑砂浆抗压强度推定	(198)
5.13.4	砌体抗压强度或抗剪强度推定	(200)
5.13.5	烧结砖强度推定	(202)
第6章	钢结构检测技术	(203)
6.1	概述	(203)
6.1.1	钢结构的特点	(203)
6.1.2	钢结构的主要破坏形式	(204)
6.2	钢结构现场检测的基本规定	(205)
6.2.1	依据的标准和规范	(205)
6.2.2	钢结构检测的分类	(206)
6.2.3	钢结构检测的工作程序和基本要求	(206)
6.2.4	钢结构现场检测的主要内容	(208)
6.3	表面质量检测	(208)
6.3.1	表面质量缺陷	(208)
6.3.2	表面质量的外观检测	(211)
6.3.3	表面质量的磁粉检测	(214)
6.4	焊接质量内部缺陷的超声波检测	(221)
6.4.1	焊接连接概述	(221)
6.4.2	超声波检测的基本原理	(223)
6.4.3	超声波检测的设备器材	(223)
6.4.4	超声波检测的检测步骤	(229)
6.4.5	超声波检测结果的评价	(233)
6.5	高强度螺栓终拧扭矩检测	(234)
6.5.1	高强度螺栓连接简介	(234)
6.5.2	检测设备	(235)
6.5.3	检测技术	(236)
6.5.4	检测结果评价	(236)
6.6	钢材厚度检测	(236)
6.6.1	检测设备	(236)
6.6.2	检测步骤	(238)
6.6.3	检测结果评定	(238)
6.7	防腐涂层厚度检测	(238)
6.7.1	检测设备	(239)
6.7.2	检测步骤	(240)
6.7.3	检测结果评价	(240)

6.8	防火涂层厚度检测	(240)
6.8.1	检测设备	(241)
6.8.2	检测步骤	(241)
6.8.3	检测结果评价	(242)
第7章	建筑物变形测量	(243)
7.1	概述	(243)
7.1.1	建筑物(构筑物)变形的基本概念	(243)
7.1.2	变形测量的意义	(243)
7.1.3	变形测量的内容及技术等级	(244)
7.1.4	本章主要内容	(245)
7.2	沉降观测	(245)
7.2.1	沉降观测的概念	(246)
7.2.2	测量设备	(246)
7.2.3	沉降观测程序	(247)
7.3	倾斜观测	(253)
7.3.1	倾斜观测的概念	(253)
7.3.2	测量仪器设备	(254)
7.3.3	倾斜观测方法	(254)
7.4	挠度观测	(257)
7.4.1	挠度观测的概念	(257)
7.4.2	仪器设备	(257)
7.4.3	观测方法及技术指标	(257)
7.5	裂缝观测	(261)
7.5.1	裂缝观测概述	(261)
7.5.2	常见裂缝的特征	(262)
7.5.3	裂缝检测的基本规定	(267)
7.5.4	混凝土结构与砌体结构裂缝现场检测技术	(269)
7.5.5	裂缝深度检测	(270)

第三篇 建筑物鉴定技术篇

第8章	工业建筑可靠性鉴定	(275)
8.1	工业建筑简介	(275)
8.2	工业建筑可靠性鉴定的基本规定	(277)
8.2.1	工业建筑可靠性鉴定的一般规定	(277)
8.2.2	工业建筑可靠性鉴定的鉴定程序和工作内容	(279)

8.2.3	工业建筑可靠性鉴定的鉴定评级标准	(284)
8.3	调查与检测	(286)
8.3.1	使用条件的调查	(287)
8.3.2	工业建筑物本身的调查	(290)
8.4	结构分析与校核	(292)
8.4.1	结构分析与校核的基本原则	(292)
8.4.2	结构分析与校核的基本规定	(293)
8.5	构件的鉴定评级	(294)
8.5.1	钢筋混凝土结构构件的鉴定评级	(294)
8.5.2	钢构件的鉴定评级	(297)
8.5.3	砌体构件的鉴定评级	(300)
8.5.4	构件的可靠性评级	(303)
8.6	结构系统的鉴定评级	(303)
8.6.1	地基基础鉴定评级	(303)
8.6.2	上部承重结构鉴定评级	(306)
8.6.3	维护系统鉴定评级	(310)
8.6.4	结构系统可靠性等级评定	(311)
8.7	工业建筑物的综合鉴定评级	(312)
8.7.1	鉴定单元的划分	(312)
8.7.2	鉴定单元的综合鉴定评级	(312)
8.8	工业构筑物的鉴定评级	(313)
8.8.1	基本规定	(313)
8.8.2	烟囱的鉴定评级	(314)
8.8.3	贮仓的鉴定评级	(316)
8.8.4	通廊的鉴定评级	(318)
8.8.5	水池的鉴定评级	(318)
第9章	民用建筑可靠性鉴定	(320)
9.1	民用建筑简介	(320)
9.2	民用建筑可靠性鉴定的基本规定	(320)
9.2.1	民用建筑可靠性鉴定的一般规定	(321)
9.2.2	工业建筑可靠性鉴定的鉴定程序和工作内容	(322)
9.2.3	民用建筑可靠性鉴定的鉴定评级标准	(329)
9.3	调查与检测	(332)
9.3.1	使用条件和环境的调查与检测	(332)
9.3.2	建筑物现状的调查与检测	(335)

9.4	结构或构件的承载能力验算	(337)
9.5	构件安全性鉴定评级	(338)
9.5.1	混凝土结构构件	(338)
9.5.2	钢结构构件	(341)
9.5.3	砌体结构构件	(345)
9.6	构件使用性鉴定评级	(347)
9.6.1	混凝土结构构件	(348)
9.6.2	钢结构构件	(350)
9.6.3	砌体结构构件	(352)
9.7	子单元安全性鉴定评级	(354)
9.7.1	地基基础安全性鉴定评级	(354)
9.7.2	上部承重结构安全性鉴定评级	(356)
9.7.3	围护结构安全性鉴定评级	(360)
9.8	子单元使用性鉴定评级	(361)
9.8.1	地基基础使用性鉴定评级	(361)
9.8.2	上部承重结构使用性鉴定评级	(361)
9.8.2	维护系统使用性鉴定评级	(363)
9.9	民用建筑可靠性鉴定评级	(364)
9.10	民用建筑适修性鉴定评级	(365)
附表1	测区混凝土强度换算表	(366)
附表2	钻芯强度推定区间上、下限值系数	(373)
参考文献	.....	(674)

第一篇

概论篇

第1章 绪论

1.1 引言

一千多年以前，一位心系天下苍生，却苦于报国无门的老人，求亲告友，在成都浣花溪边盖起了一座茅屋，总算有了一个栖身之所。却不料到了八月，大风破屋，大雨又接踵而至。老人触景生情，面对天下百姓背井离乡、流离失所的悲惨境地，在其《茅屋为秋风所破歌》中做出“安得广厦千万间，大庇天下寒士俱欢颜！风雨不动安如山”的千古绝唱。千古诗圣杜甫，喊出亿兆黎民世代心愿，希冀生活安康，居所稳固。千年时光转瞬即逝，时至今日，尽管科技发展日新月异，现代机械、通讯、电子技术突飞猛进，然而于建筑工程领域，房屋倒塌、结构损坏、人民生命财产安全损失等情况仍不断见诸视野之中。

巴黎戴高乐机场2E候机厅结构，由于设计师对偶然性安全因素考虑不足，导致其结构突然倒塌造成4人死亡的重大安全事故（图1.1a）^[1]；俄罗斯莫斯科水上乐园屋顶大跨度网架结构，由于过大雪荷载发生坍塌（图1.1b）；1999年9月21日台湾集集地震中，许多建筑物因为底层破坏发生整体倒塌（图1.1c）；2008年5月12日四川汶川大地震中倒塌的校舍，多为砌体墙承重预制楼板结构。地震中砖砌体墙倒塌，预制板节点破坏，预制楼板整个下陷（图1.1d）^[2]。

近年来，许多已经建成的住宅、公共建筑等基础设施不断出现倒塌、破坏、倾斜、开裂等工程事故，极大地影响到人民群众生命和财产安全。2017年，浙江温州文成县百丈漈镇3间5层民房倒塌，共有9名群众被埋（图1.2a）。2009年烟台市汽车东站的大楼上挂出了一个醒目的条幅，上面写着：“大楼随时垮塌！请勿靠近！”。这个建筑面积约2万m²的汽车站是2001年底开工建设，2004年6月才竣工的。但是人们怎么也没有想到，仅仅5年左右的时间就成了一座危楼，当地老百姓套用时的时髦用语把它叫“楼垮垮”（图1.2b）。2013年6月11日上午7点26分左右，苏州苏福路段传来一声巨响，苏州燃气集团下属液化气经销分公司横山储罐场内，一栋面积约400m²的3层综合办公楼坍塌，20名正准备上班的工人被埋，致11死9伤（图1.2c）。2013年5月20日，福州市五一中路附近一幢正在装修的楼房发生坍塌（图1.2d）；2014年12月20日，河南信阳一在建楼房坍塌致5人死亡，9人受伤（图1.2e）；2015年6月14日凌晨5时58分，位于遵义市红花岗区松桃路口五金市场A栋1单元民房发生局部垮塌事故，造成多名人员被困，其中2人死亡3人受伤（图1.2f）。



(a)戴高乐机场候机厅倒塌



(b)莫斯科水上乐园屋顶倒塌



(c)台湾集集地震



(d)汶川地震

图 1.1 房屋倒塌典型案例

对于逝者而言，这般惨痛的结局，无疑是“天降横祸”。房子作为人类生存居住的根本需求场所，也是一个家庭最重要的一个财富构成部分，何以成了索要人命的利器？



(a)温州楼房倒塌



(b)烟台汽车东站长危楼



(c)苏州燃气集团办公楼倒塌



(d)福州市五一中路楼房倒塌