



建筑结构检测 鉴定与加固实例

谈忠坤 主 编
李 刚 梁 波 副主编

JIANZHU JIEGOU JIANCE JIANDING YU JIAGU SHILI

中国建筑工业出版社

建筑结构 检测鉴定与加固实例

谈忠坤 主 编
李 刚 梁 波 副主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构检测鉴定与加固实例/谈忠坤主编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2016.5
ISBN 978-7-112-19445-2

I. ①建… II. ①谈… III. ①建筑结构—检测②建
筑结构—鉴定③建筑结构—加固—结构设计 IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 106509 号

本书由 5 章组成。第 1 章为总述, 第 2 章为建筑结构检测基本理论, 第 3 章为建筑结构鉴定基本理论, 第 4 章为建筑结构加固基本理论。前 4 章简单介绍了检测鉴定与加固的基本技术方法, 并溯源到具体的标准、规范。第 5 章为建筑结构检测鉴定与加固实例, 具体分为承载力或者耐久性不足、火灾鉴定、倒塌与严重损坏工程事故、抗震鉴定与加固、施工振动对房屋影响、结构严重变形、结构裂缝鉴定、改扩建工程、危房鉴定、结构荷载试验、特殊结构鉴定共 11 种类型。

本书为湖南中大建设工程检测技术有限公司及湖南中加土木工程加固技术有限公司近两年的典型项目, 可供建筑结构检测鉴定与加固人员借鉴和参考。

责任编辑: 郭 栋
责任设计: 李志立
责任校对: 李美娜 刘梦然

建筑结构检测鉴定与加固实例

谈忠坤 主 编

李 刚 梁 波 副主编

*

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
霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版
廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 14 $\frac{1}{2}$ 字数: 344 千字
2016 年 9 月第一版 2016 年 9 月第一次印刷

定价: 60.00 元

ISBN 978-7-112-19445-2
(28703)

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)

本书编委会

顾问：沈蒲生

主编：谈忠坤

副主编：李刚 梁波

编委：汪幼林 田代亮 郭棋武

柏礼平 黄威龙 肖金鑫

前 言

建筑结构的评估、维修和改造伴随着人类房屋的建设而出现，20 世纪初期的两次世界大战对建筑物带来了空前的破坏，战后房屋的需求量激增且受经济技术水平的限制，绝大部分建筑使用不到 30 年，因而在 20 世纪 50 年代左右带来了检测鉴定加固行业的迅速发展。国外建筑工程的发展过程也表明，当工程建设进行到一定阶段后，结构的维修改造将成为主要的建设方式。经过数十年的发展，国内建筑结构检测、鉴定、加固及改造技术均取得显著的进展，但仍有许多问题有待解决。特别是近十年来，城市化进程、基础设施建设方兴未艾，新标准规范陆续颁布实施和新技术的迅猛发展，检测鉴定与加固的队伍不断扩大，急需要一批专业素质高、理论水平过硬的专业技术人才。

鉴于目前从事建筑结构检测鉴定和加固的技术人员水平参差不齐，部分中小检测鉴定和加固公司的技术力量不足，市场鱼龙混杂，质量良莠不齐。作者通过分享湖南中大建设工程检测技术有限公司及湖南中加土木工程加固技术有限公司近两年的典型项目，为从事建筑结构检测鉴定与加固的同行提供借鉴和参考，希望能抛砖引玉。

本书由 5 章组成，第 1 章为总述，第 2 章为建筑结构检测基本理论，第 3 章为建筑结构鉴定基本理论，第 4 章为建筑结构加固基本理论，前 4 章简单介绍了检测鉴定与加固的基本技术方法，并溯源到具体的标准、规范。第 5 章为建筑结构检测鉴定与加固实例，具体分为承载力或者耐久性不足、火灾鉴定、倒塌与严重损坏工程事故、抗震鉴定与加固、施工振动对房屋影响、结构严重变形、结构裂缝鉴定、改扩建工程、危房鉴定、结构荷载试验、特殊结构鉴定共 11 种类型。作者担任了绝大部分项目的项目负责人，以上实例基本囊括了目前工程界检测鉴定与加固中常见的类型，内容丰富，图文并茂，具有极强的代表性。

本书在编写过程中得到了湖南中大建设工程检测技术有限公司董事长尹小波教授、梁波总经理、田代亮总工程师、汪幼林部长，湖南省工程中心主任郭棋武博士等领导、专家的大力支持与帮助，湖南中加土木工程加固技术有限公司谈忠坤总经理更是亲自执笔，在此深表感谢。湖南大学沈蒲生教授对本书进行了悉心指导，其严谨细致的作风和一丝不苟的态度让人深深感动，特此表示衷心的感谢。湖南中大建设工程检测技术有限公司及湖南中加土木工程加固技术有限公司的同事和出版社编辑等为本书出版付出了辛勤的劳动，在此一并表示感谢！

由于作者理论水平和实践经验有限，书中难免存在不足或者谬误之处，恳请读者批评指正。读者意见或建议请与作者联系（303857385@qq.com）。

作者

于长沙中南大学科技园

目 录

第 1 章 总述	1
第 2 章 建筑结构检测基本理论	3
2.1 检测方法选取原则	3
2.2 检测程序和抽样方案	3
2.2.1 检测程序	3
2.2.2 抽样方案	3
2.3 检测基本要求	4
2.3.1 检测报告要求	4
2.3.2 检测单位和人员要求	4
2.3.3 检测设备和场所要求	4
2.4 混凝土结构检测	5
2.4.1 混凝土抗压强度	5
2.4.2 混凝土抗拉强度	6
2.4.3 混凝土外观质量与内部缺陷	6
2.4.4 混凝土裂缝检测	6
2.4.5 混凝土化学分析	6
2.4.6 钢筋配置	6
2.4.7 钢筋锈蚀检测	7
2.4.8 钢筋性能检测	7
2.5 砌体结构检测	7
2.5.1 砖抗压强度	7
2.5.2 砂浆抗压强度	7
2.5.3 砌体抗压强度	8
2.5.4 砌体抗剪强度	8
2.5.5 砌筑质量	9
2.5.6 砌筑构造	9
2.6 钢结构检测	9
2.6.1 连接检测	9
2.6.2 涂层厚度	10
2.6.3 高强度螺栓终拧扭矩检测	10
2.7 木结构检测	11
2.7.1 木材性能	11
2.7.2 木材缺陷	11

2.7.3	尺寸与偏差	11
2.7.4	连接与构造	11
2.7.5	变形与损伤	11
2.8	结构试验	11
2.8.1	结构静力试验	11
2.8.2	结构动力试验	12
2.8.3	结构抗震试验	12
2.9	结构变形	13
2.9.1	结构位移检测	13
2.9.2	结构沉降检测	13
2.9.3	结构裂缝检测	13
第3章	建筑结构鉴定基本理论	14
3.1	可靠性鉴定	14
3.1.1	可靠性鉴定基本概念	14
3.1.2	可靠性鉴定分类	14
3.1.3	可靠性鉴定程序	15
3.1.4	可靠性鉴定评级	15
3.1.5	相关规范标准	16
3.2	火灾鉴定	16
3.2.1	火灾鉴定基本概念	16
3.2.2	火灾鉴定程序	16
3.2.3	火灾鉴定评级	16
3.2.4	相关规范标准	17
3.3	抗震鉴定	17
3.3.1	抗震鉴定基本概念	17
3.3.2	抗震鉴定程序	18
3.3.3	抗震鉴定评级	18
3.3.4	相关规范标准	18
3.4	裂缝鉴定	19
3.4.1	裂缝鉴定基本概念	19
3.4.2	裂缝鉴定基本程序	19
3.4.3	相关规范标准	20
3.5	危房鉴定	20
3.5.1	危房鉴定基本概念	20
3.5.2	危房鉴定程序	20
3.5.3	危房鉴定评级	20
3.5.4	相关规范标准	20
3.6	耐久性评定	20
3.6.1	耐久性基本概念	20

3.6.2	耐久性评估等级	21
3.6.3	相关规范标准	21
3.7	工程质量评定	21
3.7.1	工程质量评定基本概念	21
3.7.2	工程质量评定基本原则	21
3.7.3	相关规范标准	21
3.8	地基基础鉴定	22
3.8.1	地基鉴定	22
3.8.2	基础鉴定	23
3.8.3	相关规范标准	23
第4章	建筑结构加固基本理论	24
4.1	加固基本原则	24
4.2	加固基本程序	24
4.3	地基基础加固	24
4.3.1	基本流程	24
4.3.2	常用加固方法	25
4.3.3	其他加固方法	25
4.3.4	相关规范标准	27
4.4	混凝土结构加固	27
4.4.1	直接加固法	27
4.4.2	间接加固法	28
4.4.3	配合使用技术	28
4.4.4	相关规范标准	29
4.5	砌体结构加固	29
4.5.1	直接加固方法	29
4.5.2	间接加固法	29
4.5.3	相关规范标准	30
4.6	钢结构加固	30
4.6.1	加固设计基本方法	30
4.6.2	加固施工基本方法	31
4.6.3	相关规范标准	31
4.7	结构抗震加固	31
4.7.1	基本原则	31
4.7.2	地基和基础	32
4.7.3	多层砌体房屋	32
4.7.4	多层钢筋混凝土房屋	33
4.7.5	内框架和底层框架砖房	33
4.7.6	单层钢筋混凝土柱厂房	34
4.7.7	单层砖柱厂房和空旷房屋	34
4.7.8	木结构和土石墙房屋	35
4.7.9	烟囱和水塔	35

4.7.10 相关规范标准	35
第5章 建筑结构检测鉴定与加固实例	36
5.1 承载力或耐久性不足	36
5.1.1 湖南省江华县某小学食堂钢屋盖	36
5.1.2 京珠高速某大型收费站网架工程	38
5.1.3 珠海市某工厂过渡基地厂房	47
5.2 火灾鉴定	58
5.2.1 湖南省某勘察设计研究院	58
5.2.2 耒阳市某大市场D区9栋	64
5.2.3 常德市某材料交易中心1、2栋	69
5.3 倒塌与严重损坏工程事故	87
5.3.1 耒阳市某商品房	87
5.3.2 常德市武陵区某砂石场运输架	93
5.3.3 张家界市慈利县某中心幼儿园	100
5.4 抗震鉴定与加固	102
5.4.1 长沙市芙蓉区某小学教学楼	102
5.5 施工振动对房屋的影响	109
5.5.1 浏阳市唐洲社区某私宅	109
5.5.2 岳阳市岳阳楼区某私宅	117
5.6 结构严重变形	122
5.6.1 中国水利水电某局设备制造某分公司车间16~29×P~K轴钢梁	122
5.6.2 郴州市北湖区某家属楼和服务大楼倾斜	132
5.7 结构裂缝鉴定	139
5.7.1 衡阳市疏市镇刘某等20户合伙建房	139
5.7.2 湘潭市某税务局机关食堂及稽查局办公楼	147
5.7.3 株洲市某公园一期别墅	151
5.7.4 衡阳某钢管有限公司炼铁分厂出铁平台	156
5.7.5 常德市灌溪镇某安置小区	169
5.8 改扩建工程	176
5.8.1 山西省长治市某火力发电厂	176
5.8.2 株洲市某自来水厂	182
5.9 危房鉴定	189
5.9.1 株洲市茶陵县某私房	189
5.9.2 邵阳市双清区某私房	201
5.10 结构荷载试验	208
5.10.1 益阳市某县人民医院医疗综合楼五层现浇板荷载试验	208
5.10.2 长沙市某附中预制空心板荷载试验	211
5.10.3 长沙市某住宅小区荷载栏杆试验	213
5.11 特殊结构鉴定	216
5.11.1 株洲市某公司钨钼制品事业部烟囱	216
参考文献	224

第 1 章 总 述

建筑结构的评估、维修和改造伴随着人类房屋的建设而出现，20 世纪初期的两次世界大战对建筑物带来了空前的破坏，战后房屋的需求量激增且受经济技术水平的限制，绝大部分建筑使用不到 30 年，因而在 20 世纪 50 年代左右带来了鉴定加固行业迅速发展。

欧美、日本等国以及相关国际行业协会对已有建筑的维修、改造的研究十分重视，如日本在 20 世纪 70 年代就制订了《住宅区改造法》、《土木建筑更换标准》等。1978 年，国际预应力协会成立了混凝土结构维修与加固工作组，并于 1982 年提出了《混凝土结构的抽查与维修》及《混凝土结构的维修与加固》的报告。1980 年，美国出版了《房屋检查手册》和相应的标准。国外投入到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。据统计，20 世纪 90 年代初美国用于建筑物维修和加固上的投资已占到建设总投资约 50%，英国为 70%，而德国则达到 80%。国外建筑工程的发展过程表明，当工程建设进行到一定阶段后，结构的维修改造将成为主要的建设方式。

我国的结构检测经历了从无到有、从单项到全面、从局部构件到整体结构的发展过程。如 20 世纪 60 年代中期到 80 年代初，主要研究混凝土和砌体结构的检测方法，发布了《水工混凝土试验规程》SD 105—82、《回弹法评定混凝土抗压强度技术规程》JGJ 23—85 等规程。20 世纪 70 年代末期，开始混凝土构件钢筋配置情况的检测，到目前已经形成了电磁感应为测试原理的第二代钢筋测定仪；20 世纪 70 年代末到 80 年代初，开始了混凝土结构的损伤程度、耐久性、碱活性、抗冻性及抗渗性等耐久性问题的研究；20 世纪 90 年代中期，砌体结构强度检测具有了回弹法、点荷法、筒压法、射钉法和剪切法五种砂浆强度检测方法，与推剪法、单剪法、轴压法、扁千斤顶和拔出法五种砌体强度检测方法。与此同时，钢结构基于无损检测技术陆续出台了《钢焊接手工超声波探伤方法和探伤结果分级》GB 11345—89、《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81—91、《螺栓球节点钢网架焊缝超声波探伤及质量分级法》JG/T 3034.2—1996、《焊接球节点钢网架焊缝超声波探伤及质量分级法》JG/T 3034.1—1996 等。

国内建筑物的评估技术起步较晚，1976 年唐山大地震后，建筑物和构筑物的抗震鉴定技术得到迅速发展，国家每年都拨出专款进行建筑物和构筑物的抗震加固，陆续颁布了《工业与民用建筑抗震鉴定标准》TJ 23—77、《工业构筑物抗震鉴定标准》GBJ 117—88、《钢铁工业建（构）筑物可靠性鉴定标准》YBJ 219—89 等。20 世纪 80 年代以后，改革开放在城市得到了大力推进，大量的工业和民用建筑需要改变用途和局部改造，鉴定加固行业也取得了突飞猛进的发展。这一时期颁布实施了《工业厂房可靠性鉴定标准》GBJ 144—90、《建筑抗震鉴定标准》GB 50023—95、《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292—1999、《危险房屋鉴定标准》JGJ 125—99 等一批鉴定标准。2008 年汶川地震后，《建筑抗震鉴定标准》GB 50023—2009 等对建筑结构的抗震提出了更高的要求。经过 50 年的发展，结构的鉴定与评估技术已经发展成为包括结构安全性鉴定、结构抗灾害能力鉴定与评

估、工程质量问题鉴定、灾后结构的鉴定与评估、结构耐久性鉴定和剩余寿命评估的综合技术。

我国加固与改造技术最早体现在单层居民住宅的修缮，20世纪60年代加固较多的是单层工业厂房中的混凝土柱和薄腹梁，外包钢法和增大截面法是常见的混凝土柱加固方法，薄腹梁主要采用体外拉杆加固。20世纪70年代中后期，砌体结构抗震加固特别是砖墙的加固问题日益突出。中国建筑科学研究院等单位开发了钢筋网水泥砂浆面层（俗称“加板墙”）加固技术至今一直沿用。20世纪80年代开始研究JGN结构加固胶、锚载钢筋技术、高流动性修补砂浆、纤维类材料等技术。陆续颁布的规范有《混凝土结构加固技术规范》CECS 25：90、《古建筑木结构维护与加固技术规范》GB 50165—92、《钢结构加固技术规范》CECS 77：96、《多层砖房结构加层技术规范》CECS 78：96、《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116—98、《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116—2009等。进入21世纪后，新型加固技术，如替代结构技术、改变传力途径技术、预应力技术、托梁拔柱技术等，开始崭露头角并逐步走向成熟。

总体来说，经过数十年的发展，建筑结构检测、鉴定、加固及改造技术均取得了十分显著的进展，相关国家规范、行业和地方标准等达到了几千本，但仍有许多问题有待解决。如钢结构焊缝新型探伤技术、结构负荷条件下力学性能测定技术、地下连续墙无损检测、砌体非破损测强、材料腐蚀程度测量新技术等，需要进一步研究。建筑物剩余寿命、失效概率等需要工程鉴定技术人员深入探索，耐久性加固方法、边坡加固方法、裂缝加固修补方法等加固的方法需进一步探讨，改扩建工程的合理结构体系和结构方案需要进行更深入的研究。

本书简单总结了目前国内常用的建筑结构检测鉴定与加固基本知识，重点附加了湖南中大建设工程检测技术有限公司和湖南中加土木工程加固技术有限公司近两年在检测鉴定与加固工作中真实的典型工程实例，希望能抛砖引玉。

第 2 章 建筑结构检测基本理论

2.1 检测方法选取原则

建筑结构检测应根据检测项目、检测目的、建筑结构现状和现场条件选择合适的方法。总体来说，建筑结构检测方法的类型，可以分为以下几种：

1) 检测类标准规范规定的检测方法，包含了适用范围、仪器设备要求、检测结果等。通用检测项目，优先选用国家标准或行业标准，对于有地区特点的项目，可以选择地方标准。当应用的标准与实际情况有差异或者明显不适用时，可以进行有充分依据的修正，并在检测方案中予以说明。

2) 非检测类标准中规定或者建议的检测方法，这类检测方法没有直接的检测类标准，而是在设计、施工验收等规范中出现，应判断是否有相同或者相关的检测标准，没有时应该自行制定检测细则。

3) 扩大检测标准范围的检测方法，如采用回弹法检测龄期超过 1000 天的混凝土抗压强度。要求检测项目的性质与检测标准相近，并应进行必要的验证。

4) 检测单位自行开发或引进的方法，一般要求验证或者比对，并应通过专家鉴定。

2.2 检测程序和抽样方案

2.2.1 检测程序

建筑结构检测工作程序，宜按图 2-1 的框图进行。

具体参照《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344。

2.2.2 抽样方案

建筑结构检测的抽样方案，可根据检测项目的特点按下列原则选择：

1) 外部缺陷的检测，宜选用全数检测方案。

2) 几何尺寸与尺寸偏差的检测，宜选用一次或二次计数抽样方案。

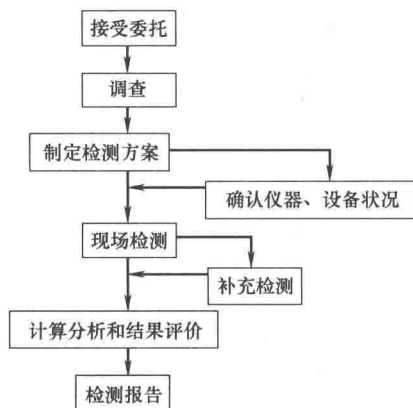


图 2-1 建筑结构检测工作程序框图

- 3) 结构连接构造的检测, 应选择对结构安全影响大的部位进行抽样。
- 4) 构件结构性能的实荷检验, 应选择同类构件中荷载效应相对较大和施工质量相对较差构件或受到灾害影响、环境侵蚀影响构件中有代表性的构件。
- 5) 按检测批检测的项目, 应进行随机抽样, 且最小样本容量宜符合表 2-1 的规定。
- 6) 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 或相应专业工程施工质量验收规范规定的抽样方案。

建筑结构抽样检测的最小样本容量

表 2-1

检测批的容量	检测类别和样本最小容量			检测批的容量	检测类别和样本最小容量		
	A	B	C		A	B	C
2~8	2	2	3	501~1200	32	80	125
9~15	2	3	5	1201~3200	50	125	200
16~25	3	5	8	3201~10000	80	200	315
26~50	5	8	13	10001~35000	125	315	500
51~90	5	13	20	35001~150000	200	500	800
91~150	8	20	32	150001~50000	315	800	1250
151~280	13	32	50	>500000	500	1250	2000
281~500	20	50	80	-----	-----	-----	-----

注: 检测类别 A 适用于一般施工质量检测, 检测类别 B 适用于结构质量或性能检测, 检测类别 C 适用于结构质量或性能的严格检测或复检。

具体参照《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344。

2.3 检测基本要求

2.3.1 检测报告要求

检测报告应做出所检测项目是否符合设计文件要求或相应验收规范规定的评定。既有建筑结构性能的检测报告应给出所检测项目的评定结论, 并能为建筑结构的鉴定提供可靠的依据。检测报告应结论准确、用词规范、文字简练, 对于当事方容易混淆的术语和概念可书面予以解释。至少应包括以下内容: ①委托单位名称; ②建筑工程概况, 包括工程名称、结构类型、规模、施工日期及现状等; ③设计单位、施工单位及监理单位名称; ④检测原因、检测目的, 以往检测情况概述; ⑤检测项目、检测方法及依据的标准; ⑥抽样方案及数量; ⑦检测日期, 报告完成日期; ⑧检测项目的主要分类检测数据和汇总结果; 检测结果、检测结论; ⑨主检、审核和批准人员的签名。

2.3.2 检测单位和人员要求

承接建筑结构检测工作的检测机构, 应符合国家规定的有关资质条件要求。检测单位应有固定的工作场所, 健全的质量管理体系和相应的技术能力。检测人员必须经过培训取得上岗资格, 对特殊的检测项目, 检测人员应有相应的检测资格证书。现场检测工作应由三名或三名以上检测人员承担。

2.3.3 检测设备和场所要求

检测机构应配备能满足所开展检测项目要求的检测设备, 建筑结构检测所用的仪器和

设备应有产品合格证、计量检定机构的有效检定（校准）证书或自校证书。大型、复杂、精密的检测设备应编制操作规程，主要检测设备应有使用记录，维护保养记录等。检测场所的环境条件应符合国家现行有关标准的要求，并应满足检测工作及保证检测人员身心健康要求。具体参照《房屋建筑和市政基础设施工程质量检测技术管理规范》GB 50618。

2.4 混凝土结构检测

2.4.1 混凝土抗压强度

1. 回弹法

回弹法是根据混凝土的回弹值、碳化深度与抗压强度之间的相互关系来推定混凝土抗压强度的一种非破损方法，测点布置采用测区和测点的概念。回弹法不适用于表层与内部质量有明显差异或内部存在缺陷的混凝土结构或构件的检测。

检测时，回弹仪的轴线始终垂直于结构或构件的混凝土检测面，缓慢施压、准确读数、快速复位。每一测区应记取 16 个回弹值，每一测点的回弹值读数估读至 1。回弹值测量完毕后，在有代表性的位置上测量碳化深度值，测点数不少于构件测区数的 30%，取其平均值作为该构件每测区的碳化深度值。当碳化深度值极差大于 2.0mm 时，应在每一测区测量碳化深度值。从该测区的 16 个回弹值中剔除 3 个最大值和 3 个最小值，余下的 10 个回弹值的平均值作为测区平均回弹值，精确至 0.1。

具体参照《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T 23。

2. 超声回弹综合法

超声回弹综合法将回弹法和超声法相结合，首先对构件进行回弹法检测，按照《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T 23 的要求进行。运用超声法检测各测区的超声参数值，由相应测区修正后的回弹代表值和声速代表值按测强曲线计算出测区混凝土抗压强度换算值。超声回弹综合法不适用于检测因冻害、化学侵蚀、火灾、高温等已造成表面疏松、剥落的混凝土。

具体参照《超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程》CECS 02。

3. 钻芯法

钻芯法是根据钻取芯样的试验值推定混凝土抗压强度的方法。适用范围如下：

- 1) 对试块抗压强度的测试结果有怀疑时。
- 2) 因材料、施工或养护不良而发生混凝土质量问题时。
- 3) 混凝土遭受冻害、火灾、化学侵蚀或其他损害时。
- 4) 需检测经多年使用的建筑结构或构筑物中混凝土强度时。

具体参照标准《钻芯法检测混凝土强度技术规程》CECS 03。

4. 后装拔出法

后装拔出法是在硬化混凝土上钻孔、磨槽、安装锚固件后用拔出仪做拔出试验，根据测定的抗拔力检测混凝土抗压强度的微破损方法，它具有测试结果可靠、适用范围广等特点。根据预先建立的拔出力与混凝土强度之间的相关关系检测混凝土强度，被检测混凝土的强度不应低于 10MPa。

具体参照《拔出法检测混凝土强度技术规程》CECS 69。

2.4.2 混凝土抗拉强度

混凝土抗拉强度可采用对直径 100mm 的芯样试件施加劈裂荷载或直拉荷载的方法进行检测。劈裂荷载的施加方法具体可参照《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定执行，直拉荷载的施加方法具体可按《钻芯法检测混凝土强度技术规程》CECS 03 的规定执行。

2.4.3 混凝土外观质量与内部缺陷

混凝土构件外观质量与缺陷的检测可分为蜂窝、麻面、孔洞、夹渣、露筋、裂缝、疏松区和不同时间浇筑的混凝土结合面质量等项目，可采用目测与尺量的方法检测。混凝土内部缺陷的检测，可采用超声法、冲击反射法等非破损方法，必要时可采用钻芯法等局部破损方法对非破损的检测结果进行验证。

外观质量具体参照《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204，内部缺陷超声法具体参照《超声法检测混凝土缺陷技术规程》CECS 21。

2.4.4 混凝土裂缝检测

混凝土构件裂缝检测项目应包括裂缝的位置、长度、宽度、深度、数量、裂缝发生及开展过程等，裂缝的记录可采用表格或图形的形式。裂缝深度检测采用超声法或者局部破损，裂缝长度采用尺量，裂缝宽度检测采用裂缝宽度观测仪、塞尺等。

具体参照《建筑变形测量规范》JGJ 8。

2.4.5 混凝土化学分析

1. 游离氧化钙

游离氧化钙是指熟料中没有以化合状态存在而是以游离状态存在的氧化钙，又称游离石灰 (f-CaO)，对水泥安定性的危害很大。怀疑水泥中游离氧化钙对混凝土质量构成影响时，可进行游离氧化钙试验。

具体参照《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 附录 B。

2. 碱骨料反应

碱骨料反应是指碱性物质（水泥、外加剂中均含有碱性成分）与砂石骨料中的活性成分发生化学反应，从而引起混凝土内部膨胀，时间长了会导致混凝土疏松、强度降低、开裂等，造成混凝土的破坏。混凝土存在碱骨料反应隐患时，可从混凝土中取样进行碱含量试验。

具体参照《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 53。

3. 氯离子含量

氯离子是诱发钢筋锈蚀的重要因素，为了避免钢筋过早锈蚀，混凝土原材料中氯离子含量的控制相当严格，很多时候需要进行混凝土中氯离子的含量试验。

具体参照《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 附录 C。

2.4.6 钢筋配置

钢筋配置的检测可分为钢筋位置、保护层厚度、直径、数量等项目。钢筋位置、保护

层厚度和钢筋数量，采用非破损的雷达法或电磁感应法进行检测，必要时可凿开混凝土进行钢筋直径或保护层厚度的验证。

具体参照《混凝土中钢筋检测技术规程》JGJ/T 152。

2.4.7 钢筋锈蚀检测

钢筋锈蚀的检测方法有开凿法、取样法、电位法和综合法。开凿法是凿开混凝土保护层，刷去浮锈，用游标卡尺测量剩余钢筋直径。取样法是将样品除锈后，在天平上称出残余质量，根据称重质量差来衡量钢筋锈蚀率。电位法是利用检测仪器的电化学原理来定性判断混凝土中钢筋锈蚀程度的检测方法。当混凝土中的钢筋锈蚀时，钢筋表面有腐蚀电流，钢筋表面与混凝土表面之间存在电位差。运用电位测量装置，可以大致判断钢筋锈蚀的范围及严重程度。

具体参照《混凝土中钢筋检测技术规程》JGJ/T 152。

2.4.8 钢筋性能检测

混凝土中钢筋性能主要包括力学性能和化学成分分析。力学性能主要检测钢筋屈服强度、极限强度、延伸率等。化学成分分析主要检测 C、Mn、P、S 等化学元素的质量分数。

具体参照《金属材料 弯曲试验方法》GB/T 232。

2.5 砌体结构检测

2.5.1 砖抗压强度

主要采用回弹法。烧结砖回弹法适用于推定烧结普通砖砌体或烧结多孔砖砌体中砖的抗压强度，不适用于推定表面已风化或遭受冻害、环境侵蚀的烧结普通砖砌体或烧结多孔砖砌体中砖的抗压强度。检测时，应用回弹仪测试砖表面硬度，并将砖回弹值换算成砖抗压强度。

具体参照《砌体工程现场检测技术标准》GB/T 50315。

2.5.2 砂浆抗压强度

1. 回弹法

在砌体工程的现场检测中，对砂浆的抗压强度一般采用回弹法进行检测，回弹法属于原位无损检测，测区选择不受限制，回弹仪性能较稳定，操作简便，检测部位的装修面层仅局部损伤。回弹法不适用于推定高温、长期浸水、化学侵蚀、火灾等情况下的砂浆抗压强度，砂浆强度不应小于 2MPa。

具体参照《砌体工程现场检测技术标准》GB/T 50315。

2. 贯入法

贯入法属原位无损检测，测区选择不受限制，贯入仪性能较稳定，操作简便，检测部位的装修面层仅局部损伤。主要适用于检测水泥混合砂浆或水泥砂浆的抗压强度。不适用于推定高温、长期浸水、化学侵蚀、火灾等情况下的砂浆抗压强度以及冻结法施工的砂浆强度回升阶段的检测。

具体参照《贯入法检测砌筑砂浆抗压强度技术标准》GB/T 136。

3. 筒压法

筒压法属取样检测，仅需利用一般混凝土试验室的设备，取样部位局部损伤。检测烧结普通砖墙体中的砂浆强度，测点数量不宜太多。

具体参照《砌体工程现场检测技术标准》GB/T 50315。

4. 砂浆片剪法

砂浆片剪法属于取样检测，利用专用的砂浆测强仪和标定仪局部取样，试验工作较简便，但有轻微损伤，适用于检测烧结砖普通墙体中的砂浆强度。

具体参照《砌体工程现场检测技术标准》GB/T 50315。

5. 点荷法

点荷法属取样检测，取样部位局部损伤，试验工作较简便，适用于检测烧结普通砖墙体中的砂浆强度。砂浆强度不应小于2MPa。

具体参照《砌体工程现场检测技术标准》GB/T 50315。

6. 射钉法

射钉法属原位无损检测，测区选择不受限制。射钉枪、子弹、射钉均有配套定性产品，设备较轻便，墙体装修面层仅局部损伤，一般用于烧结砖和多孔砖砌体中。宜与其他检测方法配合使用，砂浆强度不低于2MPa，检测前设备需要用标准靶检校。

具体参照《砌体工程现场检测技术标准》GB/T 50315。

2.5.3 砌体抗压强度

1. 原位轴压法

原位轴压法直接在墙体上测试，测试结果综合反映材料质量和施工质量。直观性、可比性强，设备较重，检测部位有局部破损，适用于检测普通砖砌体的抗压强度。槽间砌体每侧的墙体宽度应不小于1.5m，同一墙体上的测点数量不宜多于1个，测点总数不宜太多，限用于240mm砖墙。

具体参照《砌体工程现场检测技术标准》GB/T 50315。

2. 扁顶法

扁顶法属原位检测，直接在墙体上测试，测试结果综合反映了材料质量和施工质量。直观性、可比性较强，重复使用率较高，设备较轻，检测部位局部破损。砌体强度较高或轴向变形较大时，难以测出抗压强度。主要测试范围：普通砖砌体抗压强度、工程砌体弹性模量、古建筑和重要建筑的实际应力。限制条件：槽间砌体每侧的墙体宽度应不小于1.5m；同一墙体上的测点数量不宜多于1个，测点总数不宜太多。

具体参照《砌体工程现场检测技术标准》GB/T 50315。

2.5.4 砌体抗剪强度

1. 原位单剪法

原位单剪法属原位检测，直接在墙体上测试，测试结果综合反映了施工质量和砂浆质量；直观性强，检测部位局部破损，可以检测各种砌体的抗剪强度。限制条件：测点选在窗下墙部位，且承受反作用力的墙体应有足够长度，测点数量不宜太多。