

建筑工程入门之路丛书

建筑工程加固技术 实例教程

程选生 刘彦辉 宋术双 编



JIANGZHU GONGCHENG JIAGU JISHI
JIAOCHENG

入门之路在手中
实践之路在脚下



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



建筑工程入门之路丛书

建筑工程加固技术 实例教程

程选生 刘彦辉 宋术双 编



机械工业出版社

本书共分五章,包括:绪论,混凝土结构的加固技术,砌体结构的加固技术,地基基础的加固技术,钢结构的加固技术等。本书紧密结合我国现行加固规范,详细介绍了混凝土结构、砌体结构、地基基础和钢结构的加固技术,指出了施工注意事项,同时结合工程实例阐述了建筑工程理论。

本书可供建筑工程施工技术人员、现场管理人员以及相关专业大中专院校的师生学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程加固技术实例教程/程选生,刘彦辉,宋术双编.

—北京:机械工业出版社,2011.6

(建筑工程入门之路丛书)

ISBN 978-7-111-34886-3

I. ①建… II. ①程…②刘…③宋… III. ①建筑工程—加固—教材 IV. ①TU746.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第100553号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号) 邮政编码 100037

策划编辑:范秋涛 责任编辑:范秋涛

版式设计:霍永明 责任校对:刘秀丽

封面设计:王伟光 责任印制:杨

北京京丰印刷厂印刷

2011年7月第1版·第1次印刷

140mm×203mm·7.25印张·192千字

标准书号:ISBN 978-7-111-34886-3

定价:28.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
电话服务 网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着我国经济建设突飞猛进的发展，包括建筑业在内的各行各业均得到了全面的发展，人们的居住、办公等生活条件大大改善。由于工程建设的速度过快，使得建筑结构在建造阶段可能出现设计疏忽和施工失误，在正常使用阶段可能出现自然和人为灾害，从而导致建筑结构在使用寿命期内承载能力下降，耐久性降低，不能满足人们的使用要求，更为严重的会产生各种风险。为了避免建筑结构产生事故，延长其使用寿命，故而对建筑结构进行加固或维修改造。

全书共分5章，内容包括：绪论，混凝土结构的加固技术，砌体结构的加固技术，地基基础的加固技术，钢结构的加固技术等。

本书的编写分工为：第一章由兰州理工大学程选生编写；第三章由兰州理工大学宋术双编写，第二章、第四章和第五章由兰州理工大学程选生和广州大学刘彦辉共同编写，全书由程选生统稿。

本书可供建筑工程施工技术人员、现场管理人员以及相关专业大中专院校的师生学习和参考。

在本书编写过程中，参考了许多同行专家的研究成果，在此向这些专家表示诚挚的谢意。

最后，在编写过程中，研究生周志、田瑞瑞、朱海燕和王俊岭做了许多工作，在此表示感谢。

限于编者的水平，书中难免存在不妥甚至错误之处，希望读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 工程加固任务和分类.....	1
第二节 工程结构加固的作用和意义.....	9
第二章 混凝土结构的加固技术	17
第一节 概述	17
第二节 加大截面法	19
第三节 外包型钢法	23
第四节 预应力法	29
第五节 改变传力途径法	44
第六节 粘贴钢板法	52
第七节 植筋法	64
第八节 工程实例	69
第三章 砌体结构的加固技术	77
第一节 概述	77
第二节 加大截面法	83
第三节 外加钢筋混凝土面层法	86
第四节 外包钢法	90
第五节 钢筋网水泥砂浆面层法	94
第六节 增加圈梁或拉杆法	97
第七节 碳纤维材料法.....	100
第八节 工程实例.....	103
第四章 地基基础的加固技术	108
第一节 概述.....	108
第二节 加大基础底面积法.....	112

第三节	加深基础法	116
第四节	锚杆静压桩法	120
第五节	树根桩法	127
第六节	其他加固法	131
第七节	工程实例	141
第五章	钢结构的加固技术	145
第一节	概述	145
第二节	增大构件横截面面积法	154
第三节	改变结构计算图形加固法	169
第四节	卸荷法	179
第五节	加强节点法	184
第六节	钢结构加固施工注意事项	195
第七节	工程实例	218
参考文献		225

第一章 绪 论

第一节 工程加固任务和分类

一、概述

土木工程结构是以工程材料为主体构成的不同类型的承重构件相互连接而成的骨架，它的主要作用就是通过骨架来传递和抵抗自然界的各种作用，使得建（构）筑物在规定的时间内、规定的条件下完成预定功能。规定的时间是指设计所假定的结构使用期，即设计基准期，结构的设计基准期一般为 50 年。规定的条件是指正常设计、正常施工、正常使用的条件。预定功能是指结构的安全性、适用性和耐久性。安全性是指结构在规定的条件下应能承受可能出现的各种荷载和作用。适用性是指结构在正常使用时，应能满足预定的使用要求，其变形、裂缝或振动等性能均不超过规范规定的限值。耐久性是指结构在正常使用、正常维护情况下，材料性能虽随时间推移发生变化，但仍然满足预定功能的要求，例如结构材料的腐蚀不能影响结构预定的使用期限。因此，工程结构在规定的使用期内应能安全有效地承受外部及内部形成的各种荷载和作用，以满足结构在功能和使用上的要求。

但是由于建造阶段可能发生的设计疏忽和施工失误，正常使用阶段可能出现的自然或人为灾害，以及老化阶段可能产生的各种损伤积累，导致结构正常抗力降低，影响结构的耐久性，结构在整个使用寿命期间会产生各种风险。

结构加固是通过一些有效的措施，使受损结构恢复原有的结

构功能，或者在已有结构的基础上提高结构抗力，以满足新的使用条件下结构的功能要求。结构加固涉及的内容十分广泛，它包含了结构损伤的检测及鉴定方法，加固理论和加固技术，以及加固方案选择与投资效益的优化等。从实质上讲，它是一门研究结构服役期间的动态可靠度及其维护理论的综合学科。实际上，结构的可靠性鉴定与加固技术是与建筑同时出现的一个传统专业，但是长期以来，人们习惯于已有的经验做法，缺少系统的分析和理论探讨，因而技术水平提高不快，并没有形成一门科学。近十余年来，结构鉴定与加固改造技术在我国得以迅速发展并且初具规模，作为一门新的学科正在逐渐形成。这一方面是在建筑业发展进入第二个时期后，既有建筑的维护改造需求的驱动，另一方面也是由于现代技术的发展，对该领域的发展提供较好的技术条件。既有建筑的现代化改造是一项对已有建筑进行改造、扩充、挖潜和加固等的综合性活动，是在既有建筑的基础上进行新的建筑创作，在安全、可靠、经济合理的前提下满足新的功能和标准要求。它与新建建筑不同，由于涉及既有建筑和新建建筑两部分，结构体系复杂，影响因素多，技术难度大，所以，对既有建筑全面科学的鉴定，采取合理、可靠的加固措施是既有建筑现代化改造的关键。

结构在长期的自然环境和环境使用环境的双重作用下，其功能将逐渐减弱，这是一个不可逆转的客观规律。如果能够科学地评估这种损伤的规律和程度，及时采取有效处理措施，可以延缓结构损伤的进程，达到延长结构使用寿命的目的。因此，在用结构的可靠性评估方法及加固技术已逐渐成为土木工程界关注的热点问题，许多工程技术人员和研究团体已经开始把注意力转向该领域，把结构的鉴定与加固技术放在非常突出的位置。近代建筑业的发展大致可以分为三个时期。

第一个发展时期为大规模新建时期。第二次世界大战结束后，世界各国特别是欧洲国家面临着繁重的重建任务，以满足人们基本的生产和生活需求，建筑业迎来了前所未有的大规模新建

时期,这一时期建筑的特点是规模大但标准相对较低。

第二个发展时期是新建与维修改造并重时期。在此期间,一方面为满足社会发展的需求,新的建筑在不断建设,同时由于人类生产和生活对建筑要求的提高,过去建造的低标准建筑经过数十年的使用后已不能满足社会的需求,需要进行维修、加固和现代化改造,从而使建筑业过渡到新建与维修改造并重的发展时期,这在很大程度上推动了对在用建筑物进行正确鉴定、有效加固技术方面的课题研究。此后,随着社会的进一步发展,人们生活水平的进一步提高,人们对建筑功能的要求越来越高,越来越感到已有建筑的规模和功能不能满足新的使用要求,而且既有建筑的低标准、建筑的老龄化和长期使用后结构功能的逐渐减弱等引起的结构安全问题已开始引起人们的关注,但是由于昂贵的拆建费用以及对正常生活秩序和环境的严重影响等问题阻碍了新一轮新建建筑高潮的兴起,于是人们纷纷把目光投向对既有房屋的维修加固和现代化改造,这种在保存原来建筑形体的基础上,对其进行加固和现代化改造,即在提高结构安全性的同时使其内部设施功能进行现代化的加固改造,投资少、影响小、见效快,不仅具有可观的经济效益,同时也具有巨大的社会效益,因此,促使建筑业跨入以现代化改造和维修加固为重点的第三个发展时期。目前,我国建筑业也开始从第一发展时期迈向第二发展时期,既有建筑的现代化改造和维修加固已逐渐成为建筑业的热点之一。

随着人们环保意识的加强,将走持续发展道路作为 21 世纪人类社会发展的主题,已在全世界范围内形成共识。可持续发展是指“既满足当代人的需要,又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展”。可持续发展战略已被世界上大多数国家和地区所普遍接受。1992 年 6 月,联合国环境与发展大会在巴西里约热内卢召开,就是这种战略得到认可的充分体现。建造建筑物需要大量的材料,消耗大量的资源,其中的许多资源是不可再生的。既有建筑的维修与改造,尽可能地延长其使用寿命符合可持

续发展战略,因而具有广阔的前景。根据美国劳工部对热门行业的预测,认为维修改造业是最受欢迎的九大行业之一。

我国建国以来,特别是改革开放以后,建筑业得到了很大发展,工程结构的质量基本上是好的,但是重大工程质量事故每年发生几十起。在过去几十年内,我国曾有过四次结构倒塌质量事故相对较多时期。第一次是1958年“大跃进”时期,只求大干快上,主观上要求高速度进行基本建设,不按客观规律办事,结果造成大量工程事故和结构倒塌;第二次是“十年动乱”时期,建设程序被否定,边勘察、边设计、边施工的做法盛行,留下大量工程隐患,造成很大浪费;第三次是20世纪80年代初期,由于国民经济迅速发展,设计、施工队伍不断扩大,技术素质跟不上要求,出现许多工程倒塌事故;第四次是20世纪90年代后期,在市场经济冲击下,建设领域不正之风和腐败现象蔓延,是导致工程质量事故的主要原因。

另外,工程结构经过长期使用也存在耐久性问题,受到环境因素的影响,随着时间的推移,结构的性能将会发生退化,结构的使用寿命也会受到影响。为了保证结构的正常使用,延续结构的使用寿命,在一些经济发达国家,工程结构的维修和加固费用有的已达到或超过新建工程的投资。例如美国20世纪90年代初期用于旧建筑物维修和加固上的投资已占到建设总投资约50%,英国这一数字为70%,而德国则达到80%。世界上经济发达国家的工程建设大都经历了三个阶段,即大规模新建阶段,新建与维修并重阶段,工程结构维修加固阶段。我国建国以来,从“一五”开始直至现在一直在进行大规模的工程建设,当这些建设活动到达顶峰之后,结构的耐久性问题将更加突出。据统计,我国20世纪60年代以前建成的房屋约有25亿 m^2 ,这些房屋已进入中老年阶段,需要对其进行结构鉴定和可靠性评估,以便实施维护和加固,以延长它们的使用寿命。

1. 工程质量事故

在土木工程中,由于勘察、设计、施工、使用等方面存在某

些缺陷和错误，往往导致工程质量低下而不能满足结构功能要求，造成工程质量隐患，给人民生命财产带来巨大损失。事故发生的原因是多种多样的，从已有事故分析，其主要原因有以下几个方面：

(1) 工程勘察失误 诸如不认真进行地质勘察，随意确定地基承载力；盲目套用邻近场地勘察资料。

工程实例：某市化工厂综合楼，工程勘察中不按有关规范行事，未进行原状取土和取样试验，探孔深度未触及地基下存在的泥炭土层，房屋建成后，高压缩性的软土层产生较大压缩变形，致使建筑物产生过大沉降和沉降差，建成后不到两年，最大沉降达 362mm，墙体普遍开裂。

(2) 设计方案不当或计算错误 工程设计时，结构方案欠妥，构造措施不当，结构计算简图与实际情况不符；漏算或少算作用于结构上的荷载。

工程实例：某市煤炭局办公楼会议室，平面尺寸 $9.6\text{m} \times 7.2\text{m}$ ，采用井字楼盖，设计人员错误认为长向梁的弯矩大于短向梁的弯矩，导致短向梁配筋不足，承载力不够，跨中严重开裂。

(3) 施工质量低劣、技术人员素质较差 不了解设计意图，盲目施工，甚至为了施工方便，擅自修改图样；施工方案考虑不周，技术组织设计不当；砌体组砌方法不当，造成通缝或重缝，混凝土浇筑方法错误，形成孔洞或裂缝；进场材料控制不严，钢材物理力学性能不良，水泥过期或安定性不合格，混凝土制品质量低劣。

工程实例：上海某大厦为现浇钢筋混凝土剪力墙体系，结构层数地下 1 层，地面以上 20 层，在施工到 11 ~ 14 层主体结构时，使用了安定性不合格的水泥，设计混凝土强度等级 C30，实际测定只有 C10 ~ C15，混凝土表面掉皮，内部疏松，造成重大质量事故。后对使用不合格水泥的第 11 ~ 14 层逐层实施爆破拆除。

(4) 结构使用或改建不当 经核算就在原有建筑物上加层或对构筑物进行改造,造成原有结构承载力不够或地基承载力不足。

工程实例:某市一栋单层空旷砌体房屋,一侧纵墙面对马路,使用者拟将其改造成超市,为了扩大入口增加门窗取得立面效果,将沿街一侧砖柱之间墙体全部拆除,只剩下残缺不全的独立砖柱支承屋盖系统,结果造成屋盖倒塌。

2. 结构的耐久性

结构经长期使用会发生老化,随着结构服役时间的增长,受到气候条件、环境侵蚀、物理作用或其他外界因素影响,结构的性能发生退化,结构受到损伤,甚至遭到破坏。一般来说,工程材料自身特性和施工质量是决定结构耐久性的内因,而工程结构所处的环境条件和防护措施则是影响其耐久性的外因。

1) 混凝土结构由于外部温度的变化,将会引起混凝土表面开裂和剥落;随着时间的推移,混凝土碳化将使钢筋失去保护产生腐蚀,钢筋的锈蚀膨胀又引起混凝土开裂和疏松;化学介质侵蚀也会造成混凝土结构开裂,钢筋锈蚀和强度降低。

2) 砌体结构由于风力和雨水冲刷及砌体表面冻融循环,会造成砌体风化、酥裂,承载力下降。

3) 钢结构由于自然环境因素影响和外界有害介质侵蚀,钢材会产生腐蚀,锈蚀会引起构件有效截面减小而导致承载力下降,在外部环境恶劣,有害介质浓度高的情况下,钢材腐蚀速度加快。另外,在反复荷载作用下,因裂缝扩展、损伤积累会引起疲劳破坏。

结构的耐久性损伤,有时也会酿成重大工程事故。前联邦德国柏林会议厅建成于1957年,屋盖为马鞍形壳顶,跨度约30m,从一对支座上伸出两条斜拱,形成受压环,斜拱之间是用悬索支承的薄壳屋面,混凝土板壳厚65mm。由于屋面拱与壳交接处出现裂缝,不断渗水,致使钢筋锈蚀,在建成23年后,1980年5月的一天上午,悬索突然断裂,导致屋盖倒塌。

综上所述,不论是勘察、设计、施工、使用等方面存在缺陷和错误,还是受到气候作用、化学侵蚀引起结构老化,均会造成工程隐患,降低结构的安全性和耐久性。为了确定结构的安全性和耐久性是否满足要求,需要对工程结构进行检测和鉴定,对其可靠性做出科学评价,然后进行维修和加固,以提高工程结构的安全性,延长其使用寿命。

二、检测与加固的任务

工程结构检测包括检查、测量和判定三个基本过程,其中检查与测量是工程检测最核心的内容,判定是目的,它是在检查与测量的基础上进行的。工程结构检测就是通过一定的设备,应用一定的技术,采集一定的数据,把所采集的数据按照一定的程序通过一定的方法进行处理,从而得到所检对象的某些特征值的过程。比如混凝土强度的检测,可以理解为通过回弹仪等设备,应用回弹技术,按照《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》(GJ/T 23—2001)所规定的方法,采集回弹值以及碳化深度值,把这些值按照《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》(GJ/T 23—2001)规定的程序进行处理,从而计算所检混凝土抗压强度的推定值。

检测对象的特征值,对于材料而言,强度是一个很重要的特征值;对于构件来说,特征值就是该构件的承载能力;对于结构来说,特征值就是该结构的可靠性。

结构加固就是根据检测结果,按照一定的技术要求,采取相应的技术措施来增加结构可靠性的过程。

三、检测与加固的分类

工程结构检测与加固和其他事物一样,按照不同的标准有不同的分类。

1. 结构检测的分类

按分部工程来分,有地基工程检测、基础工程检测、主体工

程检测、维护结构检测、粉刷工程检测、装修工程检测、防水工程检测、保温工程检测等。

按分项工程来分，有地基、基础、梁、板、柱、墙等内容的检测。

按结构材料不同来分，有砌体结构检测、混凝土结构检测、钢结构检测、木结构检测等。

按结构用途不同来分，有民用建筑结构检测、工业建筑结构检测、桥梁结构检测。

按检测内容不同可以分为几何量检测、物理力学性能检测、化学性能检测等。

按检测技术不同可以分为无损检测、破损检测、半破损检测、综合法检测等。无损检测技术在我国迅速发展，这种技术以不破坏结构见长，是工程质量检测的理想手段和首选技术。比如，材料强度回弹检测，内部缺陷以及材料强度超声检测，红外线红外成像无损检测，雷达检测等。

破损检测是最直接的检测方式，目前在检测领域仍然具有主导地位。比如，用混凝土试块来检测混凝土强度，单调加载的静力试验、伪静力试验和拟动力试验等。

半破损检测又称为微破损检测，检测时对原结构的局部有一定的破坏。比如，钻芯法检测混凝土强度、拔出法检测混凝土强度以及在钢结构或木结构上截样的检测方法等。

2. 结构加固的分类

按受力特点来分，主要有抗剪能力加固（包括地基加固和框架梁柱节点加固）、抗弯能力加固、抗震能力加固等。

按分部工程来分，有地基工程加固、基础工程加固、主体工程加固等。

按分项工程来分，有地基、基础、梁、板、柱、墙加固等。

按结构用途不同来分，有民用建筑结构加固、工业建筑结构加固、桥梁结构加固等。

按结构材料不同来分，有砌体结构加固、混凝土结构加固、

钢结构加固、木结构加固等。

按照加固所抵抗外力的性质不同，又有抗震加固和非抗震加固之分。

第二节 工程结构加固的作用和意义

既有建筑需要进行结构加固的原因是多方面的，主要原因是结构的缺陷和损伤以及使用要求的改变，结构设计是把各种现有的技术成果转换为生产力的一种手段和活动，它的发展历史是与人类的科技进步相关联的。随着科技成果从无到有，从落后到先进，设计方法也从直觉的、经验的、实验辅助的逐步进展到可靠的、理论的、现代的结构设计方法。在进行建筑结构设计时，尽管设计人员尽最大可能考虑了影响建筑安全和使用的诸多因素，在结构上采取了各种各样的处理措施，但是，由于技术水平所限，实际结构有其各自的结构特点和与众不同的使用环境以及施工质量的差异，竣工使用后的结构不可能完全被设计分析时采取的数学模型所描述，使用中实际情况与原先设计构思有一定的差异。另外，场地选择的错误、基础方案的不合理、结构体系选择上的失误或计算方法选择上的差异等均可能在建筑中留下隐患，导致结构的先天不足。结构的先天不足还可能源于施工。

进行结构加固首先应该进行结构检测，对于不同结构的检测，检测的方法也不相同，清楚了各种结构的检测方法，才能对结构进行加固。

一、结构检测方法

工程结构的检测和鉴定应以国家及有关部门颁布的标准、规范或规程为依据，按照其规定的方法、步骤进行检测和计算，在此基础上对结构的可靠性做出科学的评判。我国已颁布了《民用建筑可靠性鉴定标准》（GB 50292—1999）、《工业厂房可靠性鉴定标准》（GBJ 144—1990）、《危险房屋鉴定标准》（JGJ 125—

1999)、《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023—2009)、《超声回弹综合法混凝土强度技术规程》(CECS 02: 2005)、《钻芯法检测混凝土强度技术规程》(CECS 03: 2007)等一系列鉴定标准和技术规程,这是对大量结构物科学研究和工程实践所做的总结,以此为依据进行工程结构检测与鉴定,有利于排除人为因素,统一检测标准,提高鉴定水平,在满足结构安全性和耐久性的前提下,取得最大经济效益。

工程结构的检测与鉴定就是对现存结构的损伤情况进行诊断。为了正确分析结构损伤原因,需要对事故现场和损伤结构进行实地调查,运用仪器对受损结构或构件进行检测。现存结构的鉴定与新建结构的设计是不同的,新建结构设计可以自由确定结构形式,调整杆件断面,选择结构材料,而现存结构鉴定只有通过现场调查和检测才能获得结构有关参数。因此,现存结构的可靠性鉴定和耐久性评估,必须建立在现场调查和结构检测^[30]的基础上。

利用仪器对结构进行现场检测可测定工程结构所用材料的实际性能,由于被测结构在试验后一般均要求能够继续使用,所以现场检测必须以不破坏结构本身使用性能为前提,目前多采用非破损检测方法,常用的检测内容和检测手段有如下几种:

(1) 混凝土强度检测 非破损检测混凝土强度的方法是在不破坏结构混凝土的前提下,通过仪器测得混凝土的某些物理特性值,如测得硬化混凝土表面的回弹值或声速在混凝土内部的传播速度等按照相关关系推出混凝土强度指标。目前实际工程中应用较多的有回弹法、超声法、超声一回弹综合法,并已制定出相应的技术规程。半破损检测混凝土强度的方法是在不影响结构构件承载力的前提下,在结构构件上直接进行局部微破坏试验,或者直接取样试验获取数据,推算出混凝土强度指标。目前使用较多的有钻芯取样法和拔出法,并已制定出相应的技术规程。

利用超声仪还可以进行混凝土缺陷和损伤检测。混凝土结构在施工过程中因浇筑不密实会造成蜂窝、麻面甚至孔洞,在使用

过程中因温度变化和荷载作用会产生裂缝。当混凝土内部存在缺陷和损伤时,超声脉冲通过缺陷时产生绕射,传播的声速发生改变,并在缺陷界面产生反射,引起波幅和频率的降低。根据声速、波幅和频率等参数的相对变化,可评判混凝土内部的缺陷状况和受损程度。

(2) 混凝土碳化及钢筋锈蚀检测 混凝土结构暴露在空气中会产生碳化,当碳化深度到达钢筋时,破坏了钢筋表面起保护作用的钝化膜,钢筋就有锈蚀的危险。因此,评价现存混凝土结构的耐久性时,混凝土的碳化深度是重要依据。混凝土碳化深度可利用酚酞试剂检测,在混凝土构件上钻孔或凿开断面,涂抹酚酞试液,根据颜色变化情况即可确定碳化深度。

钢筋锈蚀会导致保护层胀裂剥落,削弱钢筋截面,直接影响结构承载能力和使用寿命。混凝土中钢筋锈蚀是一个电化学过程。钢筋锈蚀会在表面产生腐蚀电流,利用仪器可测得电位变化情况,再根据钢筋锈蚀程度与测量电位之间的关系,可以判断钢筋是否锈蚀及锈蚀程度。

(3) 砌体强度检测 砌体强度检测可采用实物取样试验,在墙体适当部位切割试件,运至试验室进行试压,确定砌体实际抗压强度。近些年,原位测定砌体强度技术有了较大发展,原位测定实际上是一种少破损或半破损的方法,试验后砌体稍加修补便可继续使用。例如:顶剪法利用千斤顶对砖砌体作现场顶剪,量测顶剪过程中的压力和位移,即可求得砌体抗剪及抗压强度;扁顶法采用一种专门用于检测砌体强度的扁式千斤顶,插入砖砌体灰缝中,对砌体施加压力直至破坏,根据加压的大小,确定砌体抗压强度。

(4) 钢材强度测定及缺陷检测 为了解已建钢结构钢材的力学性能,最理想的方法是在结构上截取试样进行拉压试验,但这样会损伤结构,需要补强。钢材的强度也可采用表面硬度法进行无损检测,由硬度计端部的钢球受压时在钢材表面留下的凹痕推断钢材的强度。钢材和焊缝缺陷可采用超声波法检测,其工作