

建设工程质量检测人员岗位培训教材

BUILDING MAIN STRUCTURE
ENGINEERING INSPECTION

建筑主体结构 工程检测

贵州省建设工程质量检测协会 组织编写

中国建筑工业出版社

建设工程质量检测人员岗位培训教材

建筑主体结构工程检测

贵州省建设工程质量检测协会 组织编写

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑主体结构工程检测/贵州省建设工程质量检测协会组织编写. —北京: 中国建筑工业出版社, 2018.9
建设工程质量检测人员岗位培训教材
ISBN 978-7-112-22412-8

I. ①建… II. ①贵… III. ①结构工程-检测-岗位培训-教材 IV. ①TU712

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 144534 号

本书是建设工程质量检测人员岗位培训教材的一个分册, 按照国家《建设工程质量检测管理办法》的要求, 依据相关国家技术法规、技术规范及标准等编写完成。主要内容有: 建筑物主体结构工程检测基本知识、钢筋混凝土结构及砌体结构基本概念、结构性能检验及后置埋件基本概念、钢筋混凝土结构工程及砌体结构工程检测、混凝土构件结构性能检验、后置埋件力学性能检测、建筑物变形检测、建筑物耐久性评估等。

本书为建设工程质量检测人员培训教材, 也可供从事建设工程设计、施工、质监、监理等工程技术人员参考, 还可作为高等职业院校、高等专科学校教学参考用书。

责任编辑: 胡永旭 范业庶 杨 杰

责任设计: 李志立

责任校对: 党 蕾

建设工程质量检测人员岗位培训教材 建筑主体结构工程检测 贵州省建设工程质量检测协会 组织编写

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

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: 11 $\frac{3}{4}$ 字数: 289 千字

2018 年 10 月第一版 2018 年 10 月第一次印刷

定价: 32.00 元

ISBN 978-7-112-22412-8

(31679)

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)

建设工程质量检测人员岗位培训教材

编写委员会委员名单

主任委员：杨跃光

副主任委员：李泽晖 许家强 谢文辉 梁 余 宫毓敏 谢雪梅
王林枫 陈纪山 姚家惠

委 员：（按姓氏笔画排序）

王 转 王 霖 龙建旭 卢云祥 冉 群 朱 孜
李荣巧 李家华 周元敬 黄质宏 詹黔花 潘金和

本书主编

冉 群 卢云祥

丛书前言

建设工程质量检测是指依据国家有关法律、法规、工程建设强制性标准和设计文件，对建设工程材料质量、工程实体施工质量以及使用功能等进行检验检测，客观、准确、及时的检测数据是指导、控制和评定工程质量的科学依据。

随着我国城镇化政策的推进和国民经济的快速发展，各类建设规模日益增大，与此同时，建设工程领域内的有关法律、法规和标准规范逐步完善，人们对建筑工程质量的要求也在不断提高，建设工程质量检测随着全社会质量意识的不断提高而日益受到关注。因此，加强建设工程质量的检验检测工作管理，充分发挥其在质量控制、评定中的重要作用，已成为建设工程质量管理的重要手段。

工程质量检测是一项技术性很强的工作，为了满足建设工程检测行业发展的需求，提高工程质量检测技术水平和从业人员的素质，加强检测技术业务培训，规范建设工程质量检测行为，依据《建设工程质量检测管理办法》、《建设工程检测试验技术管理规范》和《房屋建筑和市政基础设施工程质量检测技术管理规范》等相关标准、规范，按照科学性、实用性和可操作性的原则，结合检测行业的特点编写本套教材。

本套教材共分6个分册，分别为：《建筑材料检测》、《建筑地基基础工程检测》、《建筑主体结构工程检测》、《建筑钢结构工程检测》、《民用建筑工程室内环境污染检测》和《建筑幕墙工程检测》。全书内容丰富、系统、涵盖面广，每本用书内容相对独立、完整、自成体系，并结合我国目前建设工程质量检测的新技术和相关标准、规范，系统介绍了建设工程质量检测的概论、检测基本知识、基本理论和操作技术，具有较强的实用性和可操作性，基本能够满足建设工程质量检测的实际需求。

本套教材为建设工程质量检测人员培训教材，也可供从事建设工程设计、施工、质监、监理等工程技术人员参考，还可作为高等职业院校、高等专科学校教学参考用书。

本套教材在编写过程中参阅、学习了许多文献和有关资料，但错漏之处在所难免，敬请谅解。关于本教材的错误或不足之处，诚挚希望广大读者在学习使用过程中及时发现的问题函告我们，以便进一步修改、补充。该培训教材在编写过程中得到了贵州省住房和城乡建设厅和有关专家的大力支持，在此一并致谢。

前 言

近年来,随着我国经济社会的快速发展和城镇化进程的不断加速,全国各地建设规模日益增大。与此同时,建设工程领域内的有关法律、法规逐步完善,人们对建筑工程质量的要求也不断提高,建筑主体结构工程检测得到了全社会日益广泛的关注。主体结构工程检测的对象可以是新建工程,也可以是既有建筑,其目的是为工程材料及工程实体提供科学、准确、公正的检测、鉴定报告,其重要性体现在为新建工程竣工验收及质量溯源提供客观依据,为既有建筑的安全性、可靠性做出判断,为受损房屋的后续修复、加固提供数据支撑等。可以说,建筑主体结构工程检测的科学性、公正性、准确性关乎国计民生,容不得丝毫懈怠。

本教材为建设工程质量检测人员培训丛书的一个分册,在编写过程中结合行业特点,依据相应的检测标准、规范及规程等,较全面、系统地阐述了建筑主体结构工程检测的基本概念、基本理论、检测内容、检测方法及评价原则等内容,旨在使读者通过本教材的学习,提高对建筑主体结构工程检测的认识,掌握主体结构工程检测的基本理论、基本知识和基本方法。

本教材的主要内容为:第1章简述建筑物主体结构工程检测基本知识,第2~5章叙述了钢筋混凝土结构、砌体结构、结构性能检验和后置埋件的基本概念,第6章叙述了钢筋混凝土结构工程检测相关内容,第7章叙述了砌体结构工程检测相关内容,第8章叙述了混凝土构件结构性能检验相关内容,第9章叙述了后置埋件力学性能检测相关内容,第10章叙述了建筑物变形检测相关内容,第11章叙述了建筑物耐久性评估相关内容。

本教材内容丰富、资料翔实,具有较好的实用性和可操作性,可供建筑结构检测鉴定及与此相关的设计、施工、科研、监理、大专院校等单位人员使用。

本教材由冉群、卢云祥、田涌、李元东、罗国波、黄钰涵、杨雪瑞、朱国良、赵福龙、向元杰、刘飞、杨建勋、唐王龙、向上、何源编写。

在本教材的编写过程中尽管参阅、学习了许多文献和有关资料,但错漏之处在所难免,敬请谅解。关于本教材的错误或不足之处,欢迎专家及同行们指正。

目 录

第 1 章 建筑物主体结构工程检测基本知识	1
1.1 建筑物主体结构工程检测的发展及现状	1
1.2 建筑物主体结构工程检测的技术分类	2
1.2.1 机械类检测技术	2
1.2.2 机电类检测技术	2
1.2.3 超声类检测技术	7
1.2.4 激光类检测技术	7
1.2.5 影像类检测技术	9
1.3 建筑物主体结构工程检测的工作程序	10
第 2 章 钢筋混凝土结构基本概念	14
2.1 概述	14
2.2 钢筋混凝土材料及其基本力学性能	14
2.2.1 钢筋的力学性能	14
2.2.2 混凝土的力学性能	17
2.3 钢筋混凝土构件常见的几种受力形式	19
2.3.1 轴心受力与偏心受力构件	19
2.3.2 受弯构件	20
2.3.3 受剪构件	20
2.3.4 受扭构件	22
2.4 预应力混凝土结构的基本知识	24
2.4.1 预应力混凝土的基本知识	24
2.4.2 预应力混凝土分类	24
2.4.3 施加预应力的方法	24
2.4.4 预应力混凝土使用的材料和机具	25
2.4.5 预应力混凝土特点	25
2.4.6 张拉控制应力	26
2.4.7 预应力损失	26
第 3 章 砌体结构基本概念	30
3.1 概述	30
3.2 砌体材料及其基本力学性能	30

3.2.1 块体性能	30
3.2.2 块体强度等级	31
3.2.3 砂浆分类、强度等级和质量要求	32
3.2.4 块体及砂浆的选择	33
3.2.5 砌体类型	33
3.2.6 砌体的性能	33
3.3 砌体建筑构造措施	36
3.3.1 墙、柱高厚比验算	36
3.3.2 一般构造要求	37
3.3.3 框架填充墙	37
3.3.4 防止或减轻墙体开裂的主要措施	37
3.3.5 砌体建筑的过梁、圈梁	38
第4章 结构性能检验基本概念	39
4.1 结构性能检验的目的	39
4.1.1 结构性能检验的意义	39
4.1.2 结构性能检验的难度	39
4.2 结构性能检验的原则	39
4.2.1 结构性能检验的原则	39
4.2.2 预制构件的结构性能检验	40
第5章 后置埋件的基本概念	41
5.1 概述	41
5.2 锚栓与基材	41
5.2.1 锚栓的种类	41
5.2.2 基材	44
5.2.3 适用范围	44
5.3 锚固设计的基本理论	45
5.3.1 后锚固设计原则	45
5.3.2 地震对后置锚固件锚固的影响	46
5.3.3 构造措施	47
5.4 后锚固连接破坏形态	49
5.4.1 钢材破坏	50
5.4.2 混凝土基材破坏	50
5.4.3 拔出破坏	51
5.5 锚固质量检查与验收	51
5.5.1 锚固质量检查	51
5.5.2 锚固质量验收	52

第 6 章 钢筋混凝土结构工程检测	53
6.1 混凝土构件混凝土抗压强度检测	53
6.1.1 回弹法检测混凝土抗压强度	53
6.1.2 超声回弹综合法检测混凝土强度	64
6.1.3 后装拔出法检测混凝土强度	73
6.1.4 钻芯法检测混凝土强度	79
6.2 混凝土构件内部缺陷检测	83
6.2.1 超声法检测混凝土缺陷	83
6.2.2 其他混凝土缺陷检测方法简介	92
6.3 混凝土构件中的钢筋检测	93
6.3.1 钢筋直径、间距和保护层厚度检测	93
6.3.2 钢筋锈蚀性状检测	97
6.4 混凝土构件裂缝检测	100
6.4.1 混凝土构件受力裂缝特征及评定标准	100
6.4.2 混凝土构件非受力裂缝特征及评定标准	103
第 7 章 砌体结构工程检测	105
7.1 砌体材料基本力学性能检测	105
7.1.1 抽样要求	107
7.1.2 主要检测依据	107
7.1.3 各种检测方法介绍	107
7.2 强度标准值的确定	128
7.3 砌体构件裂缝检测	129
7.3.1 砌体构件受力裂缝特征及评定标准	129
7.3.2 砌体构件非受力裂缝特征及评定标准	130
第 8 章 混凝土构件结构性能检验	133
8.1 试验方法	133
8.1.1 基本规定	133
8.1.2 仪器设备及环境	133
8.1.3 检验依据	133
8.1.4 检验数量	133
8.1.5 支承装置	134
8.1.6 加载方式	137
8.1.7 荷载试验操作步骤	139
8.1.8 加载程序	141
8.1.9 挠度或位移的量测方法	142
8.1.10 承载力的测定及判定	143
8.2 数据处理与结果判定	143

8.2.1 变形量测的试验结果整理	143
8.2.2 抗裂试验与裂缝量测的试验结果整理	144
8.2.3 承载力试验结果整理	145
8.2.4 结果判断	146
8.3 工程实例	146
第9章 后置埋件的力学性能检测	150
9.1 后置埋件的力学性能检测基本规定	150
9.1.1 基本规定	150
9.1.2 检测依据及抽样	150
9.2 后置埋件力学性能试验方法	151
9.2.1 仪器设备要求	151
9.2.2 检测条件	152
9.2.3 加载方式	154
9.3 数据处理与结果评定	154
9.3.1 检验评定规定	154
9.3.2 质量合格要求	155
9.4 工程实例	155
第10章 建筑物变形检测	156
10.1 概述	156
10.2 建筑物不均匀沉降检测	157
10.2.1 沉降观测布点原则及埋设	158
10.2.2 沉降观测作业要求	162
10.3 建筑物整体倾斜检测	164
10.4 建筑物裂缝检测	165
10.5 梁、板、桁架等水平构件的挠度检测	165
10.5.1 梁、板挠度检测	165
10.5.2 桁架挠度检测	166
第11章 建筑物耐久性评估	167
11.1 概述	167
11.2 混凝土结构耐久性评估	168
11.2.1 一般大气环境下钢筋混凝土耐久性评定	169
11.2.2 氯腐蚀环境下钢筋混凝土耐久性评定	171
11.2.3 冻融环境下钢筋混凝土耐久性评估	173
11.3 砌体结构耐久性评估	173
11.3.1 块体和砂浆的耐久性评估	174
11.3.2 钢筋的耐久性评估	175
参考文献	176

第1章 建筑物主体结构工程检测基本知识

1.1 建筑物主体结构工程检测的发展及现状

建筑物通称建筑，属于固定资产范畴，一般指供人居住、工作、学习、生产、经营、娱乐、储藏物品以及进行其他社会活动的工程建筑。例如，工业建筑、民用建筑、农业建筑和园林建筑等。《民用建筑设计术语标准》GB/T 50504—2009 中建筑物的定义：用建筑材料构筑的空间和实体，供人们居住和进行各种活动的场所。

建筑物的特点：（1）生产周期长。每栋建筑物的可行性研究、设计、建造时间之长，是一般工业新产品的生产周期所不能比拟的，通常以年来计。（2）影响工程质量的因素多。其设计、施工和监理都是由不同的专业、不同的工程，相互协调、协作、交叉作业的结果，工序繁多，专业分工性强，组织协调复杂，而且有大量的隐蔽工序。（3）使用寿命长。它在自然的环境中建造，其使用寿命长达几十处，甚至上百年，在其使用期间，在自然界的各种作用和居住的人以及生产设备等各种使用下要保证安全、适用、耐久。（4）经济投入高。建筑物的立项、设计、施工及竣工后的使用维护、维修、管理，都要投入巨额资金、大量的人力和物力。（5）属一次性产品，建成后不可逆转。不能批量生产，每一栋建筑物都是不可重复的。

随着历史在发展，时代在进步，建筑物数量也在增加。从发达国家城市近代建筑业的发展规律来看，一般为三个时期：第一时期是大规模的新建时期，第二时期为新建与维修改造并举时期，一方面为满足社会发展的需求，不断建造新的建筑，同时社会发展和生产生活的要求不断提高，建筑物的标准也相应提高，对过去低标准的建筑物要求进行维修、加固、补强和内部功能的现代化改造；第三时期为维修与现代化改造为主时期，随着社会和科技的进一步发展，人民生活水平的逐渐提高，对建筑功能的需要也越来越高，原有的老房子建设标准低、使用时间久、结构功能降低等，受经济和规划等影响，如拆除重建费用高，规划不允许在原址重建，因此在原有结构的基础上，对结构按新标准进行补强、加固并进行使用功能现代化改造是合理的选择。新中国成立以来，随着综合国力的显著增强和已有建筑物的逐年增加，已经开始进入到新建与改造并重的发展时期，随着环保意识、节约资源、可持续发展和节约型社会的需求，不久也将进入到以建筑物现代化改造和维修、加固为主的第三时期。

建筑物在它的建造和使用期间期内（一般建筑物设计使用期限为 50 年）可能会遇到各种各样的情况，在长期的自然环境和使用环境的双重作用下，结构功能会逐渐减弱、降低，有时与原设计预期的要求有较大的差距，这时就需要对建筑物进行检测，对其可靠性进行科学的、客观的评价、鉴定，根据鉴定结果，采取有效的加固、补强、维修等措施进行处理，以此提高结构的功能，延长建筑物的使用寿命。

建筑结构鉴定是人们根据结构力学和建筑结构、建筑材料的专业知识，依据相关的鉴定标准、设计标准、规范和结构工程方面的理论，借助检测工具和仪器设备，结合建筑结构设计 and 施工经验，对房屋结构的材料、承载力和损坏原因等情况进行的检测、计算、分析和认证，并给出结论的一门科学。

1.2 建筑物主体结构工程检测的技术分类

建筑物主体结构检测的目的是要获得建筑结构在当前状态下，建筑各类作用与响应的各种参数，如图 1-1 所列。

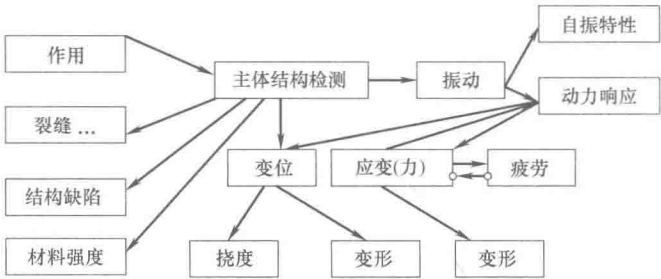


图 1-1 建筑主体结构检测

为得到这些参数，需要根据不同的建筑结构形式、现场检测条件等因素选择使用各式各样的专业仪器设备进行参数的检测、收集、汇总。检测从业工作人员主要任务或者说首要问题，是如何选用合适的仪器设备，并且正确地使用它们以满足各类检测试验的要求。随着时代的发展，机电工程、光电工程、自动控制与量测技术等现代科技都强有力地促进和推动着建筑主体结构检测技术、检测仪器设备的发展更新。

根据检测对象的不同，主体结构检测技术大体可划分为：混凝土结构工程检测、砌体结构工程检测、钢结构工程检测等常见类型。依据所依托的技术手段、仪器设备使用原理的不同又可分为：机械类检测技术、机电类检测技术、激光类检测技术、红外线类检测技术、振动类检测技术、超声波类检测技术、影像类检测技术等。

1.2.1 机械类检测技术

此类技术是通过机械或人工操作而获得建筑物相关技术检测参数和计量信息的一种检测技术手段，一般具有结构简单、制作容易、使用寿命长、故障率低、较易保养维护、价格低廉等优点。但由于机械类检测技术本身固有的特性，往往存在检测精密度低、操作劳动强度大、效率较低等缺点。混凝土检测中的混凝土强度检测回弹仪、油压拉拔仪、水冷式取芯机（装有人造金刚石薄壁钻头）；砌体结构检测中的砂浆贯入式检测仪、原位轴压仪等都属于典型的机械类检测仪器（图 1-2～图 1-7）。

1.2.2 机电类检测技术

机电类检测技术是通过机械、人工和电子测试采集相结合而获得建筑结构技术参数和计量信息的一种技术手段。机电检测仪器通过机电转换，具有仪器牢固可靠、使用寿命长、

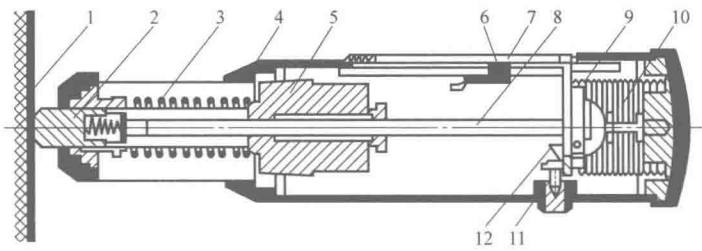


图 1-2 回弹仪构造图

1—试验构件表面；2—弹击杆；3—拉力弹簧；4—套筒；5—重锤；6—指针；7—刻度尺；8—导杆；
9—压力弹簧；10—调整螺栓；11—按钮；12—挂钩

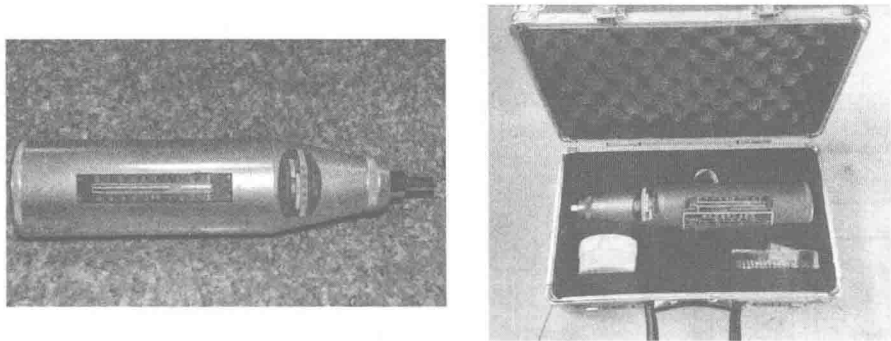
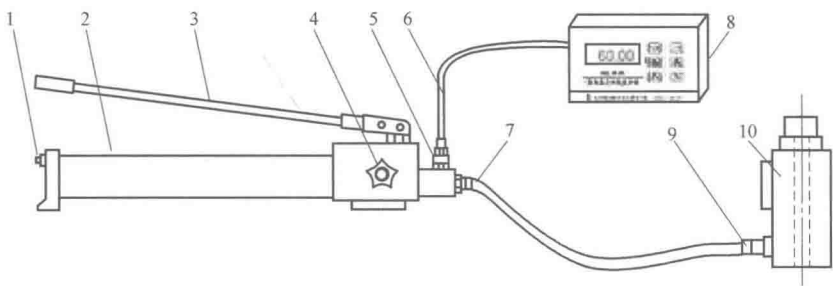


图 1-3 回弹仪



1—注油孔；2—储油筒；3—多功能压把；4—卸荷阀；
5—压力传感器；6—传感器连接线；7—高压油管；
8—智能压力数值显示器；9—快速接头

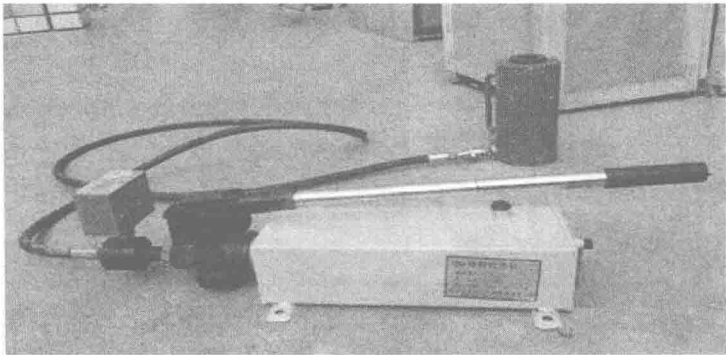


图 1-4 油压拉拔仪

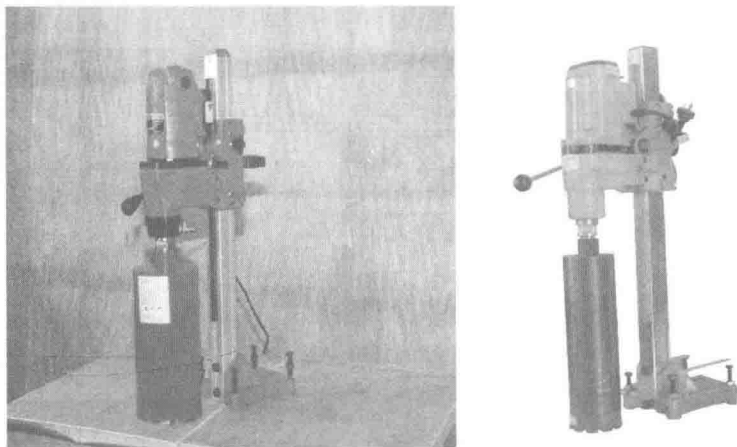


图 1-5 水冷式取芯机

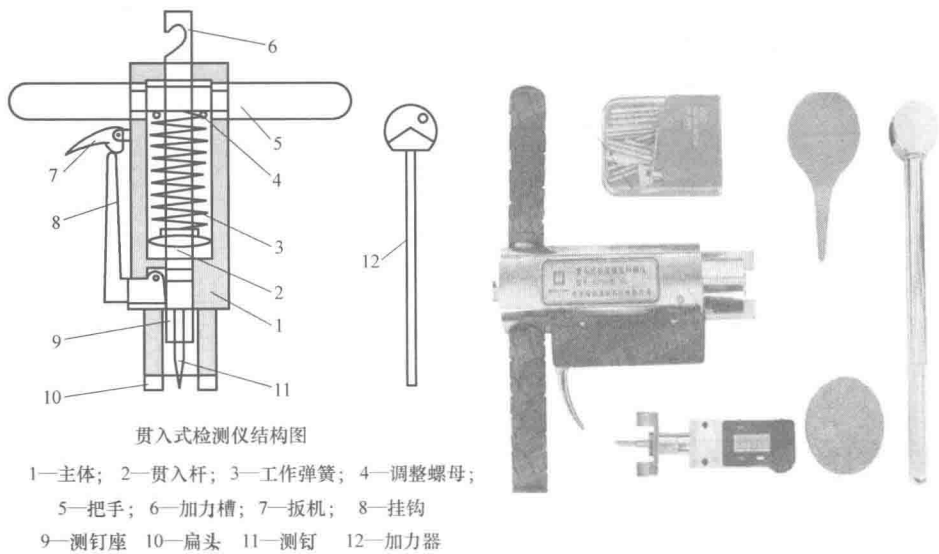


图 1-6 砂浆贯入式检测仪

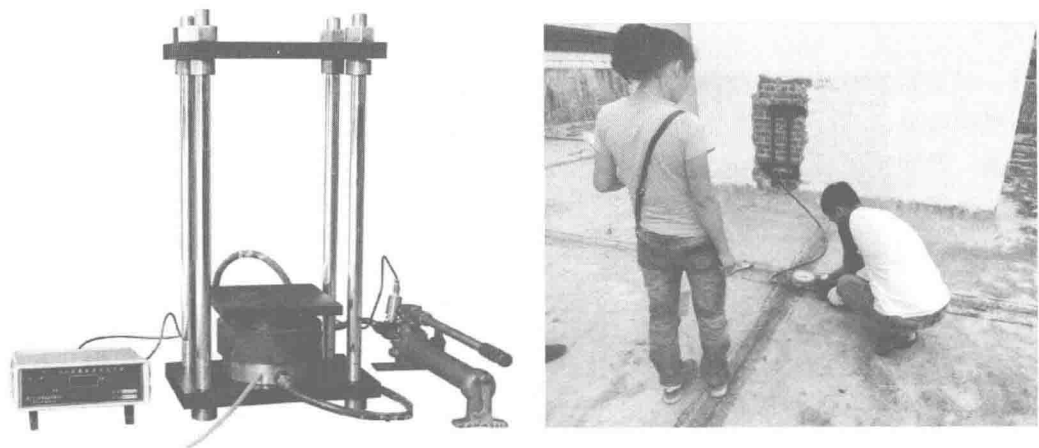


图 1-7 原位轴压仪及其检测作业

价格合理、使用方便、量测准确等优点。近几十年来,随着数字计算机工业的发展,机电类检测技术有了重大发展,测定应力、应变、位移、钢筋隐蔽定位、楼板厚度等信息参量的机电类、光纤类传感器数字化仪表得到了广泛应用,大大提高了检测工作的精度和效率。

混凝土检测中的应力应变检测系统、钢筋隐蔽扫描定位仪、钢筋锈蚀仪、楼板测厚仪;钢结构检测中的钢材金属硬度计、金属涂层测厚仪、电子精密水准仪等都属于机电类检测技术(图1-8~图1-14)。

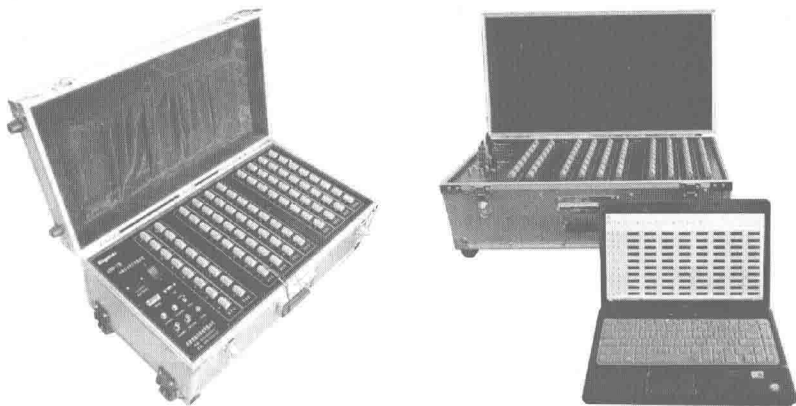


图 1-8 应力应变测试系统

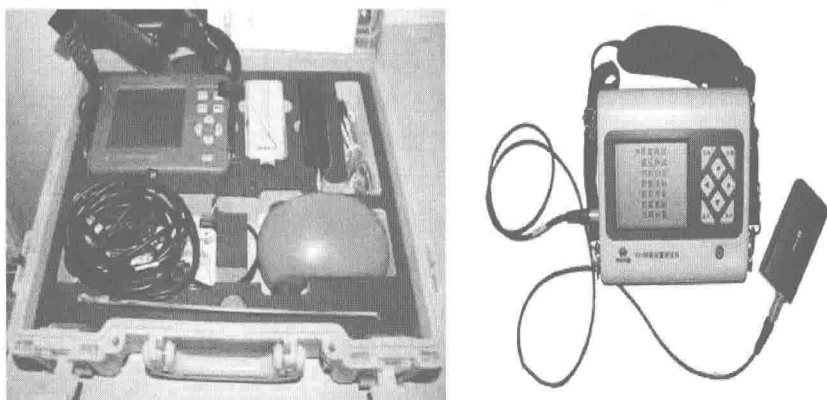


图 1-9 钢筋隐蔽扫描定位仪

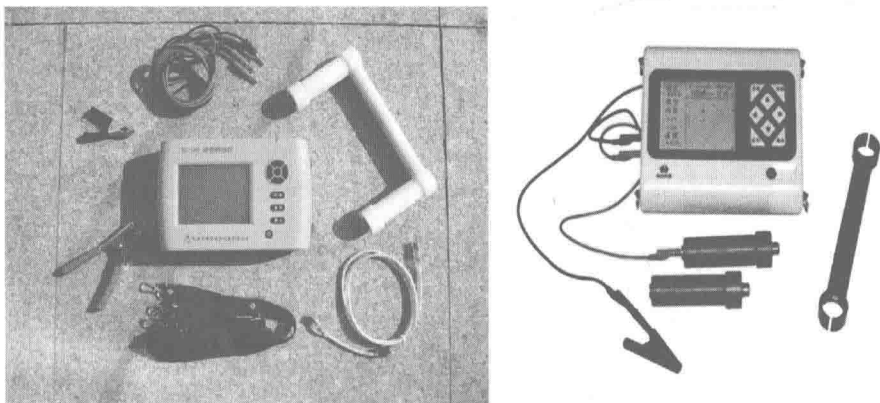


图 1-10 钢筋锈蚀仪

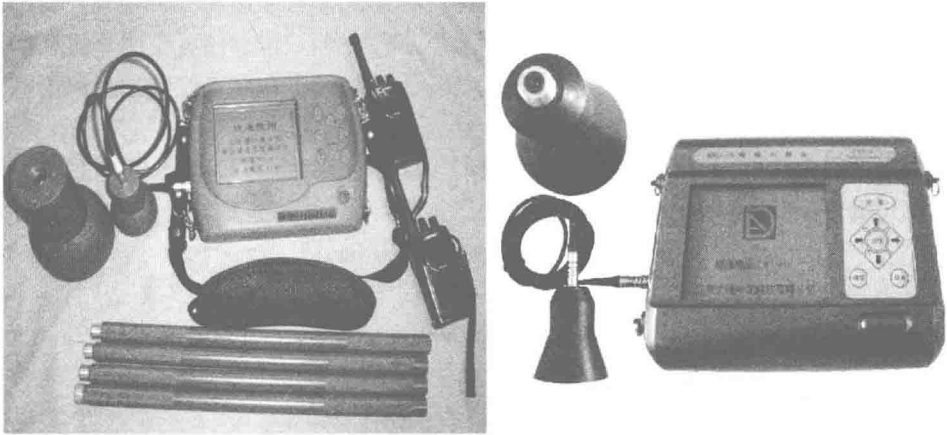


图 1-11 楼板测厚仪

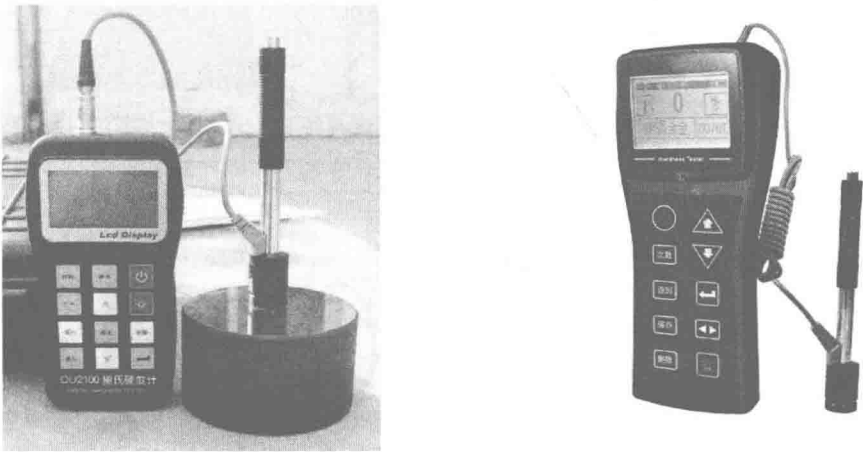


图 1-12 钢材金属硬度计

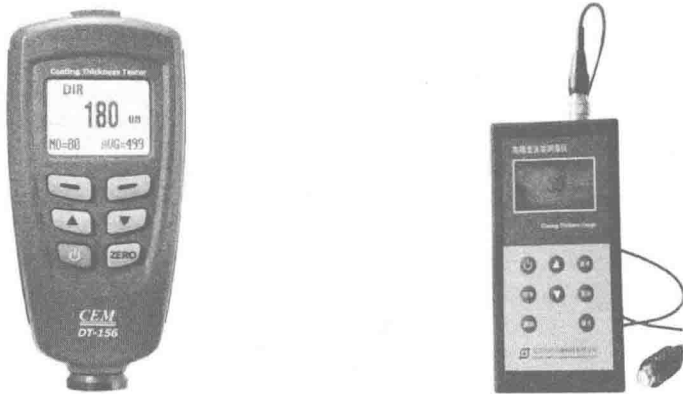


图 1-13 钢材涂层测厚仪

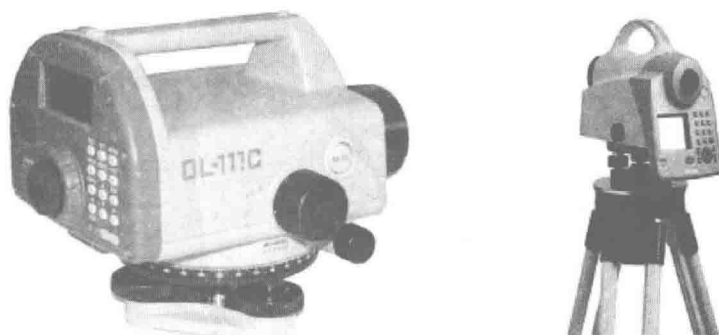


图 1-14 电子精密水准仪

1.2.3 超声类检测技术

超声波检测技术是一种利用超声波的传播特性进行建筑结构检测的无损检测新技术。超声波是一种频率高于人耳所能听到的频率的声波。人耳能听到的声波频率范围为 $20 \sim 20\text{kHz}$ ，而超声波的频率超过了 20kHz 。由于超声波是属于波的一种，因此它在传输过程中同样服从于波的传输规律。利用这些特点，也可以使之成为工程质量监控服务，达到无损、快速地检测要求。

超声波检测技术早在 20 世纪 70 年代就得到了较快发展。我国超声波检测技术开始于建筑工程与岩土工程，在土工试块与某些岩体中利用波速法进行无损检测有着比较成熟的经验，应用也比较广泛。超声波的两个探头（发射与接收）安装容易，用穿透式的测定方法，其能量发射与接收都比较集中，规律性较为明显，只要测出相关的声学参数，用声波在介质中传播的基本公式就能算得所求指标（如强度、缺陷等）。建筑工程结构检测作业中，超声波检测技术已广泛地应用于混凝土质量检测、钢结构焊缝质量检测、钢材厚度检测等领域。如混凝土超声回弹检测仪、焊缝超声波检测探伤仪、超声波测厚仪等（图 1-15～图 1-17）。



图 1-15 混凝土超声波回弹检测仪

1.2.4 激光类检测技术

激光是 20 世纪 60 年代发展起来的一门尖端科学。由于激光具有高亮度、高方向性、