

全国高等院校**土木工程类**应用型系列规划教材

土木工程结构试验 与检测技术

王立峰 卢成江 主 编
刘洪波 张建民 李 巍 副主编



科学出版社
www.sciencep.com



全国高等院校土木工程类应用型系列规划教材



土木工程结构试验 与检测技术

王立峰 卢成江 主 编
刘洪波 张建民 李 巍 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

全书共分十四章,主要介绍了土木工程结构试验与检测的基本原理和基本方法,包括土木工程试验的组织实施与管理、试验设计理论与方法、试验测量技术与仪器的使用方法、无损检测技术与设备、试验加载方法与设备,以及模型试验原理与方法、静载和动载试验的准备及组织,常用仪器和操作方法等。本书还结合高等院校土木类学科不同方向的专业特点,介绍了建筑结构检测、桥梁现场检测、路基路面现场检测以及桩基检测的检测内容与方法,同时还介绍了常用的测试数据整理与分析方法。每章末附有思考题与习题。

本书可作为高等院校土木工程类专业及相关专业的教学用书,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程结构试验与检测技术/王立峰,卢成江主编. —北京:科学出版社,2010

(全国高等院校土木工程类应用型系列规划教材)

ISBN 978-7-03-027847-0

I. ①土… II. ①王… ②卢… III. ①土木工程-工程结构-结构试验-高等学校-教材 ②土木工程-工程结构-检测-高等学校-教材 IV. ①TU317

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 103841 号

责任编辑:童安齐 陈 迅/责任校对:耿 耘

责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

信洁彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年7月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010年7月第一次印刷 印张:21 1/4

印数:1—3 000 字数:475 000

定价:33.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62137026 (HA08)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

随着我国的公路工程建设在建设规模,建设速度,质量控制,概预算的大型化、复杂化的迅速发展,工程实践中遇到了越来越多的问题,解决这类工程问题,通常有理论计算分析和试验分析两种方法。工程结构试验与检测技术,可以看成是人类自然感官的延伸和扩展,是人们认识客观规律、改造自然的重要手段。现代化的试验检测技术在很大程度上决定了经济生产和科学技术的发展水平,同时科学技术的发展也促进了试验检测技术的提高与进步。

结构试验与检测技术是土木工程专业的专业选修课,是一门实践性较强、发展迅速且涉及材料、结构、机械与仪器仪表、自动控制等多学科的专业技术课程。

本书就土木工程结构试验与检测技术的相关内容进行了较全面、系统的论述,共四篇十四章,主要包括:

第一篇(第一章~第三章)主要介绍结构试验检测的目的、任务、地位,试验的方案设计方法、组织规程、安全策略,实验设计理论、原则与方法、荷载试验设计原理与方法,常用实验仪器及使用方法、无损检测试验的设备与实现方法等。

第二篇(第四章~第九章)重点叙述工程试验加载方法与设备,模型试验的理论基础、操作方法、注意事项与数据采集,静载、动载与抗震试验的试验原理、方法及设备。

第三篇(第十章~第十三章)主要介绍建筑结构检测、桥梁现场检测、路基路面现场检测,地基与桩基检测的实施方案、操作方法和技术要点。

第四篇(第十四章)重点介绍测试数据整理与分析的方法。

在本书的编写过程中,着重体现“夯实基础、强化概念、着重实用、突出规范”的原则,并具备以下特点:

1) 知识系统。本书包括土木工程各种结构形式的试验与检测,涉及建筑、桥梁、道路等方面的专业知识,便于各行业人士的使用。

2) 内容新颖。本书力求“以实用为主,实践与理论相结合”,并尽量做到与时俱进,增加先进、有较大可操作性的结构试验检测技术等内容。

3) 重视实践。为培养学生独立开展结构试验检测的能力,本书对试验操作部分适当地增加了篇幅,对某些章节还增加了关于试验与检测技术发展动态的内容,引导学生进行知识扩展与课后思考。

4) 可读性强。为体现求真务实、以人为本的理念,在技术与规范的结合方面,本书用一定篇幅对规范细则进行说明,以增强学生对规范条文的理解。

本书具体编写分工为:王立峰编写第十一章、第十四章 14.1 节至 14.3 节,卢成江编写第八章、第十章,刘洪波编写第一至五章,张建民编写第十二章,李巍编写第十三章,王世杰编写第九章,韩春鹏编写第七章,任重昕编写第十四章 14.4 节至 14.6 节,

吴海英编写第六章。全书由王立峰统稿。

另外，孙勇、纪世奎、王子强、赵立志、于广龙、尹传军、陈新培等同学在资料整理方面做了许多工作，在此表示感谢。

在编写本书过程中参考了有关专家、学者的著作及文章，在此对其作者表示感谢。因时间仓促、水平有限，书中差错或不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

目 录

前言

第一篇 试验检测的实施基础

第一章 概述	1
1.1 目的和任务	1
1.2 土木工程结构试验与检测的分类	1
1.2.1 土木工程结构试验分类	1
1.2.2 土木工程结构检测分类	3
1.3 结构试验科学发展与展望	4
1.3.1 结构试验学的科学定位	5
1.3.2 结构性能的试验与理论研究	5
1.4 现代测试技术的发展	6
1.5 课程内容与学习方法	7
1.5.1 课程内容	7
1.5.2 学习方法	7
思考题与习题	8
第二章 组织实施与管理	9
2.1 组织计划	9
2.2 试验前期方案设计	11
2.2.1 调研方案设计	11
2.2.2 研究路线方案设计	11
2.2.3 其他工作方案设计	11
2.3 结构试验的技术性文件	12
2.3.1 试验大纲	12
2.3.2 试验记录	12
2.3.3 试验报告	13
2.4 试验安全措施	13
2.4.1 试件的安全措施	13
2.4.2 仪器设备的安全措施	13
2.4.3 人身安全措施	14
思考题与习题	14
第三章 试验设计理论与方法	15
3.1 试验设计理论、要求与原则	15

3.1.1	试验研究的基本要求	15
3.1.2	与试验有关的术语	16
3.1.3	结构试验设计的基本原则	16
3.2	结构试验的试件设计和模型设计	19
3.2.1	试验构件方案设计	19
3.2.2	结构试验模型设计	21
3.3	结构试验的荷载设计	21
3.3.1	试验加载图式的选择与设计	21
3.3.2	试验加载装置的设计	21
3.4	结构试验的观测设计	22
3.4.1	观测项目的确定	23
3.4.2	测点的选择与布置	23
3.4.3	仪器的选择与测读的原则	24
3.5	结构试验的误差控制	25
3.5.1	试件制作误差	25
3.5.2	材料性能误差	26
3.5.3	试件安装误差	26
3.5.4	荷载量测设备误差	26
3.5.5	结构试验方法非标准误差	26
	思考题与习题	27

第二篇 试 验

第四章	试验量测技术与仪器	28
4.1	概述	28
4.2	量测仪表的基本概念	28
4.2.1	量测仪表的基本组成	28
4.2.2	量测仪表的基本量测方法	29
4.2.3	量测仪表的主要性能指标	29
4.2.4	量测仪表的选用原则	30
4.3	仪表的率定	30
4.4	应力应变量测	31
4.4.1	电阻应变测量方法	31
4.4.2	手持式应变仪	34
4.4.3	振弦式应变计	34
4.5	位移量测	35
4.5.1	线位移传感器	35
4.5.2	角位移传感器	37
4.6	力值量测	37

4.6.1	机械式力传感器	38
4.6.2	电阻应变式力传感器	38
4.7	裂缝量测	39
4.8	振动参数量测	40
4.8.1	拾振器的使用	41
4.8.2	拾振器量测参量的转换	41
4.9	温度量测	46
4.9.1	热电偶温度计	46
4.9.2	热敏电阻温度计	47
4.9.3	光纤温度传感器	47
4.10	数据采集系统	48
4.10.1	数据采集系统的组成	48
4.10.2	数据采集的过程	49
	思考题与习题	50
第五章	无损检测技术与设备	52
5.1	概述	52
5.2	超声和超声波技术	53
5.2.1	超声波检测基本原理	53
5.2.2	混凝土强度的检测	54
5.2.3	混凝土裂缝深度的检测	55
5.2.4	混凝土内部缺陷的检测	57
5.2.5	钢材和焊缝缺陷的检测	58
5.3	回弹法检测混凝土强度	59
5.3.1	回弹仪的结构和基本测试原理	59
5.3.2	回弹法的测强曲线	60
5.3.3	回弹法检测结构和构件混凝土强度时测区的选择	61
5.3.4	用回弹法测量应注意的事项	61
5.3.5	碳化层的测量	61
5.3.6	回弹值的数据处理	61
5.3.7	结构混凝土抗压强度的确定	62
5.4	超声-回弹综合技术	63
5.5	电磁检测技术	64
5.5.1	钢筋位置的检测	64
5.5.2	钢筋锈蚀的检测	65
5.5.3	磁粉探伤	65
5.5.4	涡流检测	66
5.5.5	磁记忆无损检测	67
5.6	射线探伤	67

5.7 渗透检测	68
思考题与习题	68
第六章 试验加载方法与设备	69
6.1 重物加载与设备	69
6.1.1 重物直接加载法	69
6.1.2 重物间接加载法	70
6.2 液压加载与设备	71
6.2.1 液压加载器	71
6.2.2 液压加载器系统	73
6.2.3 大型结构试验机	73
6.2.4 电液伺服液压系统	74
6.3 机械机具加载与设备	75
6.3.1 卷扬机、绞车加载	75
6.3.2 螺旋千斤顶加载	75
6.3.3 弹簧加载	75
6.4 气压加载与设备	76
6.4.1 正压加载	76
6.4.2 负压加载	77
6.5 激振加载与设备	77
6.5.1 信号发生器	77
6.5.2 功率放大器	77
6.5.3 激振器	78
6.6 加载辅助装置	79
6.6.1 荷载支承装置	80
6.6.2 荷载传递装置	84
6.6.3 试件支承装置	85
思考题与习题	88
第七章 模型试验	89
7.1 概述	89
7.1.1 模型试验的优点	89
7.1.2 模型试验的应用范围	90
7.2 相似理论基础	90
7.2.1 相似的含义	90
7.2.2 物理量的相似	91
7.2.3 相似原理	93
7.3 量纲分析法	94
7.4 模型设计	95
7.4.1 模型的类型	95

7.4.2	模型设计的程序	96
7.4.3	模型设计的相似条件	96
7.4.4	模型试件的设计	101
7.4.5	模型试验设计的方法	103
7.5	模型材料与制作	106
7.5.1	模型材料要求	106
7.5.2	常用模型材料种类	106
7.6	模型试验注意事项	108
7.7	数据采集与整理	109
	思考题与习题	109
第八章	静载试验	110
8.1	静载试验的准备与现场组织	110
8.2	静载试验仪器	113
8.2.1	静载试验加载设备	113
8.2.2	试验装置的支座设计	113
8.2.3	试验台座和反力刚架	115
8.3	静载试验的方法	115
8.3.1	加载和观测方案	115
8.3.2	混凝土梁结构单调静力荷载试验	118
8.4	数据采集与整理	123
8.4.1	试验数据的采集内容	124
8.4.2	试验数据的整理、分析及性能评定	125
8.4.3	试验曲线与图表绘制	130
	思考题与习题	132
第九章	动载试验	133
9.1	概述	133
9.2	动载试验的准备与组织	134
9.2.1	试验总体领导管理组织	134
9.2.2	试验方案的制订	135
9.2.3	动载试验的准备工作	135
9.3	激振方法与设备	136
9.3.1	动载试验的激振方法	136
9.3.2	动载试验的常用仪器设备	139
9.4	动载试验的方法与程序	142
9.4.1	动载试验方案	143
9.4.2	动载试验效率	144
9.4.3	动载试验的测点设置	144
9.4.4	数据采集	147

9.4.5	桥梁动载试验	150
9.4.6	索力测试	151
9.5	试验数据整理与分析	153
9.5.1	结构固有频率的判定	153
9.5.2	结构阻尼的判定	154
9.5.3	振型的判定	155
9.5.4	结构动力响应的判定	155
9.5.5	桥梁结构动力性能的分析评价	156
9.5.6	桥梁动载试验非线性问题	157
9.5.7	桥梁动载试验报告的编写	157
9.6	结构疲劳试验	158
9.6.1	疲劳试验项目	159
9.6.2	疲劳试验荷载	160
9.6.3	疲劳试验的步骤	160
9.6.4	疲劳试验的观测内容	162
9.6.5	疲劳试验的试件安装	163
	思考题与习题	164

第三篇 检 测

第十章	建筑结构检测	165
10.1	概述	165
10.1.1	结构检测的内容及方法	165
10.1.2	现场检测的准备工作	166
10.2	混凝土结构检测	167
10.2.1	混凝土和钢筋材性的检测	168
10.2.2	混凝土强度的检测	168
10.2.3	混凝土构件外观质量与内部缺陷	173
10.2.4	表面检测	174
10.2.5	结构变形	174
10.2.6	混凝土结构内部钢筋检测	174
10.3	砌体结构检测	175
10.3.1	砌体结构检测的主要内容	175
10.3.2	砌筑块材的检测	178
10.3.3	砌筑砂浆	179
10.3.4	砌体强度	182
10.3.5	砌筑质量与构造	187
10.3.6	损伤与变形	188
10.4	钢结构检测	189

10.4.1	钢材外观质量检测	189
10.4.2	构件的尺寸偏差检测	189
10.4.3	钢材的力学性能检测	190
10.4.4	常用检测方法	190
	思考题与习题	191
第十一章	桥梁现场检测	192
11.1	概述	192
11.2	桥梁结构荷载试验	193
11.2.1	桥梁静载试验方案设计	193
11.2.2	测试准备	199
11.2.3	加载试验	200
11.2.4	试验资料的整理	201
11.2.5	数据分析与结构性能评定	204
11.2.6	动载试验	205
11.3	桥梁外观缺陷检查	206
11.3.1	桥面系的外观检查	206
11.3.2	桥梁上部结构的检查	207
11.3.3	桥梁支座的检查	207
11.3.4	桥梁桥墩与桥台的检查	208
11.3.5	桥梁桥墩与桥台基础的检查	208
11.3.6	经常检查	209
11.3.7	定期检查	210
11.3.8	特殊检查	211
11.4	影响桥梁健康的因素	212
11.4.1	设计方面的因素	212
11.4.2	施工方面的因素	212
11.4.3	既有桥梁结构的使用管理因素	213
11.5	桥梁检测结果的评价	213
	思考题与习题	216
第十二章	路基路面现场检测	217
12.1	路基路面现场检测的基本要求	217
12.2	几何参数检测	217
12.2.1	几何尺寸检测	217
12.2.2	路面厚度检测	220
12.3	压实度检测	223
12.3.1	标准密度(最大干密度)确定	223
12.3.2	现场密度试验检测方法	226
12.3.3	压实度检测结果评定	235

12.3.4	压实度检测新技术	236
12.4	平整度检测	238
12.4.1	平整度测试方法	239
12.4.2	平整度指标间相互关系的建立	243
12.5	抗滑性检测	245
12.5.1	构造深度测试方法	246
12.5.2	摆式仪测定路面抗滑值试验方法	251
12.5.3	摩擦系数测定车测定路面横向力系数试验方法	253
12.5.4	抗滑性能检测中应注意的问题	255
12.6	承载力检测	256
12.6.1	回弹弯沉测试方法	256
12.6.2	回弹模量试验检测方法	261
	思考题与习题	268
第十三章	地基与桩基础检测	270
13.1	概述	270
13.2	地基承载力检测	270
13.2.1	现场试验方法	270
13.2.2	规范确定地基承载力	282
13.3	基桩承载力检测	285
13.3.1	基桩的竖向抗压静载试验	285
13.3.2	基桩高应变动力检测(凯斯法)	291
13.4	钻(挖)孔灌注桩完整性检测	297
13.4.1	超声波法	297
13.4.2	反射波法	303
13.4.3	机械阻抗法	306
	思考题与习题	308

第四篇 试验检测数据的分析整理

第十四章	测试数据的整理与分析	309
14.1	试验检测误差分析	309
14.1.1	系统误差	309
14.1.2	过失误差	310
14.1.3	偶然误差	310
14.2	误差计算	310
14.2.1	真值与平均值	310
14.2.2	精确度与准确度	311
14.3	测试数据的误差估计	312
14.3.1	多次测量的误差估计	312

14.3.2 多次量测误差的分布	313
14.3.3 间接量测时的误差估计	314
14.3.4 单次量测的误差估计	315
14.4 可疑数据的取舍方法	316
14.5 测试线图与关系式的建立	319
14.6 测试数据的回归分析	321
14.6.1 一元线性回归	322
14.6.2 二元线性回归	324
思考题与习题	325
主要参考文献	326

第一篇 试验检测的实施基础

第一章 概 述

土木工程结构试验与检测技术是电学、光学、光电子学、力学、钢筋混凝土结构和钢结构等学科相互交叉、实用性很强的一门学科，同时也是研究和发​​展工程结构新材料、新体系、新工艺、新设计理论和方法，以及鉴定结构现有状况、结构损伤程度和处理工程事故的重要手段，其在工程结构科学研究和技术创新中起着重要作用，具有较强的工程实践性。它与结构设计、施工实践及土木学科发展有着密切的关系。

1.1 目的和任务

本课程的任务是使学生掌握结构试验方面的基本知识和基本技能，可根据设计、施工和科研的需要，完成一般土木工程结构的试验设计，并得到初步的训练和实践；要求学生检测的基本方法、原理和技能做到重点掌握，对具体结构的检测全过程有整体的认识 and 了解。本课程的重点之一是了解各种试验装置的使用原理和使用功能，特别要求熟练掌握施工现场检测和研究中经常使用的重物加载、液压加载和支承装置；重点之二是掌握结构检测中各种物理量的测试原理和测试技术，特别是熟练掌握电阻应变测量方法、振弦式应变计测量方法、测量高远处位移的光学测量方法和加速度传感器测量方法等。此外，本课程还要求掌握结构检验的前期准备工作程序，为结构检测的顺利进行准备测试方案，以及典型结构静载检测的测试内容、测试方法的全过程、结构无损检测的原理和检测方法。

1.2 土木工程结构试验与检测的分类

1.2.1 土木工程结构试验分类

结构试验按试验的目的、对象、荷载性质、试验场所以及试验持续时间等可分为生产检验性试验和科学研究性试验、真型试验与模型试验、静力试验与动力试验、短期荷载试验与长期荷载试验、实验室试验与现场试验、非破坏性试验与破坏性试验。

1. 生产检验性试验与科学研究性试验

按试验的目的，可将土木工程结构试验分为生产检验性试验和科学研究性试验。生产检验性试验以直接生产为目的；科学研究性试验的目的是验证结构计算的各种假定、发展新的设计理论、改进设计计算方法、修改和制定各种规范，为发展和推广新结构、

新材料和新工艺提供理论和试验的依据。

生产检验性试验通常要解决的问题包括：①结构的设计和施工通过试验进行鉴定；②预制构件的性能检验；③工程改建或加固；④工程事故的处理；⑤服役结构的可靠性鉴定。

科学研究性试验通常要解决的问题包括：①验算结构计算理论的假定；②为制定设计规范提供依据；③为发展和推广新结构、新材料与新工艺提供实践经验。

2. 真型试验与模型试验

真型试验的试验对象是实际结构（构件）或者按实际结构（构件）足尺寸复制的结构（构件）。真型试验，适用于生产检验性试验；有些结构整体性能的研究试验（如工业厂房结构的刚度试验、高层结构风振测试及采用脉动法测量结构的动力特性等）；实际构件试验；足尺寸复制结构的试验等。真型试验的目的是通过试验对结构构造、各构件的相互作用、结构的整体刚度以及结构破坏阶段的实际状况进行全面观测了解。真型试验的缺点是投资大、周期长、测量精度受环境影响较大。

模型试验的试验对象是仿照真实结构并按一定比例复制而成的试验代表物。它具有真实结构的全部或部分特征，是比真型结构尺寸小得多的缩尺结构。对模型试验的要求是必须保证模型与真实结构几何相似、材料相似和力学相似，完全满足相似理论。

3. 静力试验与动力试验

静力试验也称为结构静力单调加载试验。由于大部分结构在工作中承受的是静力荷载，静力试验是结构试验中数量最大、最常见的基本试验。静力试验的最大优点是所有加载设备相对简单，荷载逐级施加，可以停下来仔细观测结构变形，给人以明晰的概念。

动力试验包括振动试验和疲劳试验。对于承受动力作用的结构或构件，为了了解结构的动力特性及在动力荷载作用下的响应，一般要进行结构动力试验。

4. 短期荷载试验与长期荷载试验

短期荷载试验只能反映出结构的短期性能。绝大多数试验都是短期荷载试验。这种试验与结构实际工作状态不完全相同。而长期荷载试验，则是研究结构的长期性能，如徐变、结构的长期刚度和抗裂性能、混凝土的耐久性等。

5. 实验室试验与现场试验

结构试验按试验场合分为实验室试验和现场试验。

(1) 实验室试验

实验室试验是指在有专门设备的实验室内进行的试验。近年来，我国大专院校和科研机构建造了许多大型结构实验室，为进行模型试验和足尺结构的整体试验提供了比较理想的条件。实验室试验由于有良好的工作条件和精密灵敏的仪器设备，可获得较高的准确度；甚至可以人为地创造一个适宜的工作环境，突出研究的主要方面，减少或消除各种不利因素对试验的影响。

(2) 现场试验

现场试验是指在生产 and 施工现场进行的试验。与室内试验相比，由于客观环境条件的影响、加载方法和量测方法受到了一定的限制，应选择适当的检测试验方法，以提高

试验的准确度。

6. 非破坏性试验与破坏性试验

根据结构或构件的破坏与否，分为非破坏性试验和破坏性试验。

(1) 非破坏性试验

非破坏性试验有使用性能检验和承载力检验两种。检验的对象可以是实际的结构或构件，也可以是足尺或缩尺的模型。

使用性能检验用于证实结构或构件在规定荷载的作用下不出现过大的变形和损伤，经过检验且满足要求的结构或构件应能正常使用。

承载力检验用于证实结构或构件的设计承载力。其试验荷载应采用永久荷载与可变荷载适当组合的、承载力极限状态的设计荷载。其目的在于检验荷载作用下结构或构件的任何部分不应出现屈曲破坏或断裂破坏；卸载后，结构或构件的变形应至少减少20%。

(2) 破坏性试验

破坏性试验的目的是为了掌握试验结构或构件由弹性阶段进入塑性阶段甚至破坏阶段时的结构性能、破坏形态等试验资料，常用于确定结构或模型的实际承载力。

实体结构的破坏性试验，不论在费用上还是在方法上都存在一些具体的问题，特别是在结构进入破坏阶段后试验是比较困难的。因此，破坏性试验的对象一般均以模型结构或构件为对象，也可以是足尺寸的模型或不再使用的结构或构件。

1.2.2 土木工程结构检测分类

结构检测是为评定结构工程的质量或鉴定既有结构的性能等所实施的检测工作。结构检测的含义应是广义的，不应单纯局限于仪器测量的数据。检测包括检查和测试。检查一般是指利用目测了解结构或构件的外观情况（如结构是否有裂缝，基础是否有沉降，混凝土结构表面是否存在蜂窝、麻面，钢结构焊缝是否存在夹渣、气泡，连接构件是否松动等），主要用于定性判别；测试是指通过工具或仪器测量了解结构构件的力学性能和几何特征。对观察到的情况要详细记录，对测量的数据要做好原始记录，并对原始记录进行必要的统计和计算。

结构检测可分为结构工程质量的检测和既有结构性能的检测。

1. 结构工程质量的检测

结构工程质量检测的目的，在于控制新建结构在施工过程中可能出现的质量问题，处理工程质量事故，评估新结构、新材料和新工艺的应用等。当其遇到下列情况之一时，应进行结构工程质量的检测：

- 1) 涉及结构安全的试块、试件以及有关材料检验数量不足。
- 2) 对施工质量的抽样检测结果达不到设计要求。
- 3) 对施工质量有怀疑或争议，需要通过检测进一步分析结构的可靠性。
- 4) 发生工程事故，需要通过检测分析事故的原因及其对结构可靠性的影响。

2. 既有结构性能的检测

既有结构性能检测的目的在于评估既有结构的安全性和可靠性，为结构的改造和加