

国家工业建筑诊断与改造工程技术研究中心  
冶金工业部建筑研究院

# 建筑物改造和维修 加固新技术

范锡璠 廖 薇 岳清瑞 编著

中国建材工业出版社

国家工业建筑诊断与改造工程技术研究中心  
冶金工业部建筑研究总院

# 建筑物改造和维修加固新技术

范锡盛 曹 薇 岳清瑞 编著

中国建材工业出版社

## 内容简介

本书针对我国近些年来建(构)筑物技术改造的工程实践,收集了130个典型实例,通过全面、系统的分析,提供了建(构)筑物改造和维修加固的经验及方法。全书分为四大篇,第一篇首先介绍建筑物技术改造的现状、对策及经验;第二篇介绍建(构)筑物的可靠性鉴定;第三篇重点介绍建(构)筑物改造的五大技术,包括解体技术,托换技术,顶升、移位、纠偏技术,地基处理技术,房屋增层技术;第四篇重点介绍建(构)筑物维修加固技术,包括结构补强加固技术,裂缝控制及修补技术,屋(桁)架加固技术,防水堵漏及屋面维修技术。

本书资料翔实、全面、典型,可供建筑设计人员、施工技术人员、房屋维修人员以及科研人员参考使用,也可作为土木建筑类专业师生的参考读物。

责任编辑:李书田

### 图书在版编目(CIP)数据

建筑物改造和维修加固新技术/范钧盛等编著. —北京:中国建材工业出版社,1998

ISBN 7-80090-802-X

I. 建… II. 范… III. ①建筑物-改建②建筑物-维修③建筑物-加固 IV. TU746.3

中国版本图书馆(CIP)数据核字(98)第34963号

## 建筑物改造和维修加固新技术

范钧盛 曹 薇 岳清瑞 编著

\*

中国建材工业出版社出版(北京海淀区三里河路11号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京丽源印刷厂印刷

\*

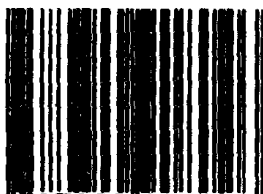
开本:787×1092毫米 1/16 印张:33.125 字数:822千字

1999年1月第1版 1999年1月第1次印刷

印数:1~4000册 定价:80元(精)

ISBN 7-80090-802-X/TU·177

ISBN 7-80090-802-X



9 787800 908026 >

编 著:范锡盛 曹 薇 岳清瑞  
 编 委:白 云 孙长水 刘 春 刘景政 范锡盛 曹 薇  
 岳清瑞 姜迎秋 李佩勋

编写人员:(以姓氏笔划为序)

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 山文华 | 马杏薇 | 王守富 | 王铁权 | 王铁梦 | 王庆霖 |
| 王 靖 | 王 伟 | 王兆麟 | 王文涛 | 刘永德 | 刘景波 |
| 刘 哲 | 李亚平 | 许长明 | 叶琳昌 | 叶书麟 | 朱思平 |
| 史永忠 | 史瑞生 | 史玉良 | 齐 放 | 孙长水 | 李汉祥 |
| 李庆福 | 李德荣 | 李 刚 | 关志中 | 任红春 | 全明研 |
| 宋 发 | 肖良钊 | 肖逸生 | 汪恒在 | 陈华腾 | 陈 健 |
| 陈雪民 | 沈宏勋 | 沈雪才 | 初明进 | 岳清瑞 | 欧进萍 |
| 邢德山 | 邹越强 | 季国勤 | 杨建平 | 杨石春 | 杨 松 |
| 杨 军 | 林宝玉 | 周静林 | 周云麟 | 周志道 | 罗国强 |
| 张可本 | 张 志 | 张有昌 | 张昌让 | 张家启 | 张苏东 |
| 姜迎秋 | 范文理 | 侯 昶 | 修洪德 | 俞国音 | 洪乃丰 |
| 南东亚 | 赵晋义 | 耿树江 | 高容万 | 高维元 | 倪诗阁 |
| 顾 兵 | 徐名涛 | 徐 建 | 徐 明 | 徐向东 | 浦聿修 |
| 胡 伟 | 郭 理 | 钱道尧 | 钱 胤 | 柳春圃 | 盛吉鼎 |
| 黄 文 | 黄敏元 | 黄永嘉 | 董效良 | 景建国 | 韩继云 |
| 韩贵桃 | 童明华 | 曾钦林 | 曾宪纯 | 曾 滨 | 崔旭中 |
| 谢征勋 | 姚春和 | 姚鹏皋 | 简 直 | 黎 伟 | 廉能直 |
| 樊 华 | 魏广敖 | 蒲德群 | 潘传霖 | 穆保岗 |     |

# 前 言

建国以来,全国建成各类工业项目和公共建筑项目近百万个,其中 50 年代建设的工业厂房,多数已接近设计规定的基准使用期,生产功能已不能满足现代化生产要求,亟待改造更新。现有的 50 多亿平方米建筑物中,约有近一半建筑物已经分期、分批进行鉴定、修复、加固,其中有 50% 亟待改造、加固才能正常使用。

中国国民经济和社会发展“九五”计划中明确指出,目前,我国工业发展主要依靠对现有企业挖潜改造和改建、扩建。为此,我国的建设已从过去的以新区开发为主转入以新区开发与旧城治理改造相结合的阶段。建筑物的现代化改造工作已开始起步,建筑物可靠性鉴定与加固的任务十分繁重。无疑,这将给建筑业带来很好的发展机会。

建筑物的改造和维修是个技术难度大、决策过程复杂的系统工程。作为工程技术人员,应当具有高水平综合解决问题的能力。一方面要精通建筑结构理论,掌握各种评估、维修、加固的方法;另一方面还必须了解与使用环境有关的各种影响因素,懂得结构和结构材料劣化损坏的机理。这样,才能提出最佳的建筑物改造和维修对策,保证建(构)筑物的正常使用,发挥应有的社会、经济效益。有鉴于此,编者搜集了我国 20 多年来的 130 例建筑工程,汇编成一本实用手册。旨在广泛交流各种有效的新技术、新方法,以使我国建(构)筑物改造和维修技术的水平上一个新的台阶。

本手册共分四部分。第一篇是建筑物技术改造的现状、对策及经验。汇总了 15 篇具有政策性的综述文章,以使读者了解我国建筑物的现状,改造的途径和经验。第二篇是建筑物可靠性的鉴定。汇总了建(构)筑物可靠性鉴定方面的文章 23 篇,旨在使工程技术人员了解,建筑结构质量可靠性鉴定是结构耐久性评估和结构加固补强设计的基础,提供确定建(构)筑物可靠指标的先进方法。第三篇是建筑物的改造技术。汇总了建(构)筑物改造工程典型实例 46 例,从所归纳的五大技术中,指导工程技术人员遴选其中相近的实例,从事建(构)筑物的改造设计。第四篇是建筑物维修加固技术。汇总了建(构)筑物补强加固的典型实例 46 例,旨在向工程技术人员提供四项建(构)筑物维修加固技术,与第三篇构成本书的主体。

本手册选用的实例系从《工业建筑》刊物近 10 多年来刊载的有关文章和国家工业建筑诊断与改造工程技术研究中心提供的部分文章筛选、加工而成。力求做到典型真实,技术先进,通用性强,适用面广,且编写形式统一,内容完整,便于比较应用。但由于时间短,加之编者水平所限,本书仍会有不少缺点和疏漏之处,热诚期望广大读者批评、指正。

本手册在编写过程中,得到了广大读者的通力合作和《工业建筑》编辑部、冶金部建筑研究总院工程结构所的热情支持,在此谨表衷心的感谢。

# 目 录

## 第一篇 建筑物技术改造的现状、对策及经验

|      |                           |      |
|------|---------------------------|------|
| 1.1  | 浅议我国建筑物修复改造行业的现状及发展 ..... | (1)  |
| 1.2  | 国内外旧建筑物检测与加固的现状和发展 .....  | (5)  |
| 1.3  | 论加大老厂改造力度 .....           | (9)  |
| 1.4  | 工业建筑改造工程的特点及技术政策问题 .....  | (13) |
| 1.5  | 旧厂房改建设计的注意事项 .....        | (16) |
| 1.6  | 武钢工业建(构)筑物状况分析及管理对策 ..... | (21) |
| 1.7  | 计算机在建筑物修复改造中的应用 .....     | (23) |
| 1.8  | 单层工业厂房加固设计中应注意的问题 .....   | (27) |
| 1.9  | 某炼钢车间的扩建设计 .....          | (30) |
| 1.10 | 电炉炼钢厂房的建筑改造 .....         | (35) |
| 1.11 | 某麻纺厂扩建设计的措施 .....         | (40) |
| 1.12 | 因地制宜改造和扩建厂房实例 .....       | (42) |
| 1.13 | 工业建筑的加固与维护 .....          | (46) |
| 1.14 | 维修改造工程中基础设计的某些经验 .....    | (49) |
| 1.15 | 老厂扩建中节约用地的措施和途径 .....     | (55) |

## 第二篇 建筑物可靠性的鉴定

|      |                                 |       |
|------|---------------------------------|-------|
| 2.1  | 中西方混凝土结构规范安全储备的比较 .....         | (58)  |
| 2.2  | 建(构)筑物可靠性鉴定程序及其特点 .....         | (60)  |
| 2.3  | 混凝土结构的可靠性鉴定 .....               | (65)  |
| 2.4  | 关于鉴定评级分级标准问题 .....              | (72)  |
| 2.5  | 工业厂房的综合鉴定评级 .....               | (75)  |
| 2.6  | 重有色冶金工厂建(构)筑物的可靠性鉴定及其修复加固 ..... | (79)  |
| 2.7  | 现役结构安全度评估的环境荷载标准研究 .....        | (85)  |
| 2.8  | 对旧有建筑物鉴定的灰色决策 .....             | (91)  |
| 2.9  | 工业建筑目标管理实用软件系统的研制与应用 .....      | (96)  |
| 2.10 | MERS 数据库管理系统的研究与开发 .....        | (101) |
| 2.11 | 工业建筑日常管理系统软件的研制与应用 .....        | (104) |
| 2.12 | 工业厂房钢结构可靠性评估软件的开发 .....         | (109) |
| 2.13 | 工业厂房钢结构失效风险分析与预测软件的开发 .....     | (112) |
| 2.14 | 已有钢结构的诊断、评定与加固技术 .....          | (116) |
| 2.15 | 已有工业建筑可靠性鉴定的若干经验 .....          | (123) |

|      |                                     |       |
|------|-------------------------------------|-------|
| 2.16 | 工业厂房钢结构的安全评定和加固技术·····              | (129) |
| 2.17 | 钢筋混凝土多层工业厂房的可靠性鉴定·····              | (145) |
| 2.18 | 贮仓结构的可靠性鉴定·····                     | (148) |
| 2.19 | 砌体结构的可靠性鉴定·····                     | (152) |
| 2.20 | 已有建筑物可靠性评价——兼谈虎丘塔的加固经验和工程事故的教训····· | (157) |
| 2.21 | 结构混凝土安定性鉴定实例·····                   | (161) |
| 2.22 | 腐蚀气氛下管型钢屋架结构承载力可靠性评定·····           | (165) |
| 2.23 | 某加热炉基础鉴定与修复·····                    | (173) |

### 第三篇 建筑物的改造技术

#### 一、解体技术

|      |                         |       |
|------|-------------------------|-------|
| 3.1  | 大型工业建筑群的控制爆破拆除技术·····   | (176) |
| 3.2  | 用控制爆破拆除高耸建筑物·····       | (183) |
| 3.3  | 用控制爆破拆除框架大楼的折叠倾倒法·····  | (188) |
| 3.4  | 邻近建筑物的高框架塌落控制爆破·····    | (195) |
| 3.5  | 数控爆破在厂房危房大修中的运用·····    | (201) |
| 3.6  | 控制爆破中的控制·····           | (205) |
| 3.7  | 精确微差控制爆破在土石方工程中的应用····· | (208) |
| 3.8  | 应用导爆管起爆系统的施工技术·····     | (214) |
| 3.9  | 狭窄场地高大烟囱的定向控爆·····      | (218) |
| 3.10 | 钢筋混凝土烟囱整体定向拆除·····      | (221) |
| 3.11 | 提高爆破工程安全可靠性的途径和方法·····  | (223) |
| 3.12 | 在保证机组正常运转下扩建和拆除旧厂房····· | (234) |

#### 二、托换技术

|      |                       |       |
|------|-----------------------|-------|
| 3.13 | 有关托梁拔柱的几个技术问题·····    | (235) |
| 3.14 | 连续抽9根柱的老厂房改造·····     | (241) |
| 3.15 | 高空支顶屋架托梁抽柱施工·····     | (244) |
| 3.16 | 轧钢厂改造中的抽柱换梁·····      | (247) |
| 3.17 | 托梁截柱施工·····           | (251) |
| 3.18 | 托梁截柱工程中的技术及监测·····    | (255) |
| 3.19 | 托换技术在老基础扩展工程中的应用····· | (258) |

#### 三、顶升、移位、纠偏技术

|      |                              |       |
|------|------------------------------|-------|
| 3.20 | 建筑物整体移位设计准则及移位后的结构连接处理·····  | (263) |
| 3.21 | 某建筑群整体平移技术·····              | (266) |
| 3.22 | 单层工业厂房排架采用“回顶法”整体复位加固修复····· | (269) |
| 3.23 | 多排工业厂房屋架的整体抬高·····           | (274) |
| 3.24 | 厂房部分跨段屋面的顶升·····             | (275) |
| 3.25 | 大深度削柱技术在厂房加固纠偏中应用·····       | (278) |
| 3.26 | 八层砖混结构住宅楼掏土灌水法纠倾施工·····      | (282) |
| 3.27 | 采用顶升纠偏方法处理下沉柱基·····          | (286) |

#### 四、地基处理技术

|      |                          |       |
|------|--------------------------|-------|
| 3.28 | 锚杆静力压桩法加固填土地基上厂房基础·····  | (289) |
| 3.29 | 树根桩在工业厂房技术改造中的应用·····    | (294) |
| 3.30 | 某综合楼软土地基注浆综合加固处理·····    | (297) |
| 3.31 | 灌注桩加固柱基在重工业厂房改造中的应用····· | (301) |
| 3.32 | 灌注桩挡土墙在老厂房内基坑护坡中的应用····· | (305) |
| 3.33 | 压密灌浆法加固湿陷地基·····         | (307) |
| 3.34 | “等效复合基础”在老厂改造中的应用·····   | (314) |
| 3.35 | 环氧砂浆锚固大直径基础螺栓·····       | (316) |

## 五、房屋增层技术

|      |                            |       |
|------|----------------------------|-------|
| 3.36 | 房屋增层合理结构形式的选择方式·····       | (319) |
| 3.37 | 关于建筑增层设计准则及新旧房屋间的连接问题····· | (329) |
| 3.38 | 外套框架结构加层研究初探·····          | (332) |
| 3.39 | 采用环形减震器外套框架增层结构的抗震问题·····  | (337) |
| 3.40 | 悬吊结构在建筑物室内增层中的应用·····      | (340) |
| 3.41 | 空间网架结构在增层改扩建工程中的应用·····    | (342) |
| 3.42 | 古建筑物的室内加层·····             | (347) |
| 3.43 | 扩大顶层柱网的两层工业厂房的设计·····      | (350) |
| 3.44 | 仓库加层改造成车间·····             | (353) |
| 3.45 | 钢结构加层施工技术措施·····           | (355) |
| 3.46 | 膨胀喷射混凝土在房屋加层中的应用·····      | (360) |

## 第四篇 建筑物维修加固技术

### 一、结构补强加固技术

|      |                                 |       |
|------|---------------------------------|-------|
| 4.1  | 混凝土建筑物的病害防治及补强加固新材料·····        | (364) |
| 4.2  | 混凝土结构新型加固技术·····                | (369) |
| 4.3  | 已建预应力结构的改造与加固·····              | (374) |
| 4.4  | 喷射混凝土在地面建筑物补强加固及桩基护壁工程中的应用····· | (379) |
| 4.5  | 混凝土结构加固设计计算软件 CSP·····          | (384) |
| 4.6  | 某铸造厂混凝土框架结构成套加固技术的应用·····       | (388) |
| 4.7  | 钢-混凝土组合梁在框架加固改造中的应用·····        | (391) |
| 4.8  | 单层工业厂房钢筋混凝土柱的抗震加固设计·····        | (394) |
| 4.9  | 现浇钢筋混凝土受弯构件加固补强简易方法·····        | (399) |
| 4.10 | 地下烟道的腐蚀毁坏和加固改造·····             | (402) |
| 4.11 | 地脚螺栓的损坏原因和修复方法·····             | (404) |
| 4.12 | 钢筋锈蚀破坏和修补技术·····                | (407) |
| 4.13 | 阻锈剂与防腐砂浆在修复工程中的应用·····          | (411) |
| 4.14 | 钢筋混凝土工业厂房火灾后的检测分析和加固处理·····     | (413) |

### 二、裂缝控制及修补技术

|      |                       |       |
|------|-----------------------|-------|
| 4.15 | 超长超厚现浇混凝土结构的裂缝控制····· | (419) |
| 4.16 | 大体积混凝土裂缝的控制·····      | (424) |
| 4.17 | 混凝土结构裂缝的补强补漏·····     | (426) |

|      |                                 |       |
|------|---------------------------------|-------|
| 4.18 | 大跨度整浇钢筋混凝土框架裂缝分析·····           | (433) |
| 4.19 | 热轧基础裂缝化学灌浆处理·····               | (437) |
| 4.20 | 烟囱大块体基础采用斜面分层法浇灌混凝土产生裂缝的原因····· | (442) |
| 4.21 | 砖烟囱裂缝分析和加固·····                 | (444) |
| 4.22 | 钢筋代换时的裂缝控制·····                 | (447) |
| 4.23 | 用 K—801 胶对混凝土裂缝灌浆补强·····        | (451) |

### 三、屋(桁)架加固技术

|      |                               |       |
|------|-------------------------------|-------|
| 4.24 | 钢筋混凝土屋架质量问题处理经验·····          | (453) |
| 4.25 | 加固原有厂房钢筋混凝土屋架的远距离自动控制新工艺····· | (458) |
| 4.26 | 在承载状态下更换木屋架部分构件·····          | (460) |
| 4.27 | 工业通廊的损坏与修复·····               | (462) |
| 4.28 | 钢桁架在负荷高应力下的加固·····            | (464) |
| 4.29 | 满负荷作用下钢屋架焊缝的加固·····           | (471) |
| 4.30 | 通廊墙皮桁架横向稳定的特殊构造措施·····        | (474) |
| 4.31 | 钢托架现场加固方法·····                | (476) |
| 4.32 | 混凝土大梁抗震加固的粘贴钢板法·····          | (478) |
| 4.33 | 某变电所钢筋混凝土梁快速加固抢修·····         | (481) |
| 4.34 | 厂房框架梁粘钢补强·····                | (484) |
| 4.35 | 采用船状箱体块件加固下弦断裂的轨道大梁·····      | (488) |

### 四、防水堵漏及屋面维修技术

|      |                            |       |
|------|----------------------------|-------|
| 4.36 | 堵漏材料的发展及性能和应用·····         | (489) |
| 4.37 | 上海地铁 1 号线地下结构渗漏水现状和治理····· | (493) |
| 4.38 | 整体滑动刚性防水屋面设计和施工·····       | (497) |
| 4.39 | 冶金厂房屋面防漏措施·····            | (500) |
| 4.40 | 某办公楼保温排气屋面施工·····          | (503) |
| 4.41 | 铸钢设备地坑抗裂纹抗渗处理·····         | (505) |
| 4.42 | 用帆布水槽止水闸法堵水·····           | (507) |
| 4.43 | 丙烯酸酯水泥砂浆修补大型屋面板·····       | (508) |
| 4.44 | 压型钢板屋面的维修·····             | (511) |
| 4.45 | 某工程屋面梁裂缝分析与处理·····         | (515) |
| 4.46 | 预应力混凝土槽瓦屋面维修加固·····        | (518) |

# 第一篇 建筑物技术改造的现状、对策及经验

## 1.1 我国建筑物修复改造行业的现状及发展

### 1.1.1 引言

大多数建筑物随着社会的发展和时间的流逝,会因劣化、损坏造成使用性能下降,或因技术落后无法满足继续使用的要求。这时,根据现状情况一般应对其进行修复、防护或改造处理,以满足不同的使用要求。这里,修复指的是拆换或修理已经劣化、损坏的结构材料或结构构件、配件,包括结构功能加固、外观修复以及恢复结构构件、配件和材料的其它内在特性(如恢复构件或构件表面的整体性,恢复混凝土材料的钝化(碱)性能,等等);防护则指对材料或结构构件、配件采取保护措施,使其免受恶劣环境的直接作用;而改造则指对旧的建筑物或结构、构件等进行改建,使其适应新的形式和需要。对建筑物进行修复改造是建筑业常规的工程领域之一,但是,将其作为专门的科学技术来研究还是近些年的事情。在具体工程中,将根据建筑物的现状和人们对建筑物的使用要求来决定采取哪些处理措施。

### 1.1.2 工程程序

研究分析有关文献和我国近几年的工程实践经验,一般修复改造工作的程序可概括为现状鉴定、设计、施工、验收与工程效果检验 4 个步骤。

#### (1) 现状鉴定

进行现状鉴定的目的是为制订修复或改造方案提供技术依据。由于工程对象的规模、复杂程度等具体情况不同,鉴定工作的难易程度也不同。一般情况下,鉴定工作涉及现状情况初步调查及已有资料收集、现场检查检测、实验室试验分析、资料整理分析、编制鉴定报告等工作内容。

对现状情况进行初步调查、收集已有的资料是为后续工作奠定基础的。包括现场的初步检查,收集和整理与建筑物有关的所有原始设计、施工资料、图纸、使用记录等,并向知情人员进行调查。一旦收集到所有的相关资料,就要系统地详细审阅,并根据需要制订出有关的检测计划。

现场检查检测,视具体条件,可能是简单的目测,也可能是按既定计划实施的细致复杂的过程。在所有的检测项目中,最主要的目标是确定导致可见损坏的原因,以及确认结构的整体性和工作性能。如果问题简单,根据工程师的经验,简单的目测检查即可用来作为修复处理的参考,但在大多数项目中,即使是一个有经验的工作师也需要材料试验工程师来协助工作,以便对材料的结构性能有一个全面的了解。

现场和实验室试验数据以及现场的观察记录都要做仔细的整理,并认真地总结分析,充分地运用已有的专家知识,采用适当的推理机制,对面临的工程问题做出正确的判断。

鉴定报告是现状鉴定的最终成果,它是制订修复或改造方案的主要技术依据。鉴定报告的内容一般应包括:工程对象受损的范围、程度;工程对象的整体技术状态;造成结构及结构材料劣化损坏的主要原因;应采取的处理措施或对策。

#### (2)设计

在现状鉴定的基础上,设计的主要任务是制订修复或改造方案,选择维修材料及修补做法,绘制施工图。

制定方案具有很大的难度,它需要考虑大量的因素,包括技术方面、经济方面的,以及其它纯粹实践经验方面的因素。设计过程中要充分考虑到施工期间对建筑物正常使用可能产生的影响。

选择维修材料和做法是修复设计的另一重要任务。在通常情况下,对维修材料的要求与对新建材料的要求是不同的,设计人员必须考虑多种维修材料以及维修材料与原结构材料的相容性问题;并且,常常还要考虑材料对施工速度的影响,考虑到修复结构经多长时间才能够再次投入使用等问题。

#### (3)施工

通常情况下,已有建筑物修复或改造施工是一项专业性很强的技术,并非任何施工单位都能胜任。为了保证设计意图的全面实现,施工单位除了有良好的信誉之外,还应有专业工程经验。

施工之前还应编制详细的施工组织设计,制订完善的施工操作规程。一般情况下,尽可能地使用现有的操作规程、规范。但是,如果选定的维修材料和方法没有包括在现有的规程、规范里,则应从类似的工程项目中获取基于实践经验的、详细的数据资料,并据此制订有关操作规程。

#### (4)验收与工程效果检验

修复或改造完成之后要按照既定的标准进行验收。为了保证修复效果,一些重要部位或者对施工质量产生怀疑时,还要采取必要的检验手段来对工程效果进行检验。

### 1.1.3 行业现状分析

我国已有建筑物现代修复技术研究正处于全面起步阶段,发展迅速,尽管已取得了一些成果,但总体水平并不高,而且市场秩序比较乱,缺少统一的行为准则来规范人们的业务活动。

已有建筑物是国民经济基础的重要组成部分。进入80年代国民经济开始高速增长,一些危旧建筑开始与高速发展的生产需要不相适应,有的还对生产造成了严重的危害。这时候,一些有识之士即开始对已有建筑物的诊断、修复、改造等技术进行系统的研究。近年来,投身于这一行业的人越来越多。到目前为止,各种从事已有建筑物修复或加固改造业务的专业队伍开始出现,新型的专用维修材料、专项技术面市,而且已经完成了一批风险高、难度大的工程项目,取得了可观的经济效益和社会效益。为了统一有关的技术标准,提高行业的总体水平,我国已经编制了《危房鉴定标准》、《工业厂房可靠性鉴定标准》、《民用建筑可靠性鉴定标准》、《钢铁工业建(构)筑物可靠性鉴定规程》、《混凝土结构加固技术规范》等一系列有关的规范、标准。各种专业学(协)会多次举办学术活动,进行技术研讨和交流。所有这些都有力地推动了我国行业技

术的进步和发展。

另一方面,与发达国家相比,我国已有建筑物修复改造行业的总体水平还不高。集中表现在以下几个方面:

①目前主要技术力量集中在少数专业研究院(所)、高等学校及少数大型设计院、生产企业,并且发展不均衡,大多数厂矿、企业的技术水平还不高。纵观过去已经完成的一些工程,多数情况是人们只注意到了建筑物或结构遭受损坏的现象,而不注意造成损坏的原因,结果导致修复或改造失败。还有些工程甚至出现修复方案选择失误,对结构整体造成了不应有的损坏。

②从事建筑物修复改造施工的单位多数是从事一般基本建设的施工队伍,或者是松散组织的临时工、农民工队伍,操作工人对建筑物修复施工并不熟悉,加之修复改造工程所涉及的项目内容零星繁杂,施工组织和管理难度比较大,施工过程中管理措施跟不上,造成工程质量低下,设计意图不能完全实现,甚至违背设计意图。

③对建筑物进行修复或改造的第一步是对工程对象的现状进行鉴定。目前已有建筑物诊断技术水平还比较低,主要是检测手段比较落后,也没有相应的检验标准供人们遵循。解决工程问题时,有不少情况仍是以经验为主进行判断,有时候迫于工程需要,匆忙地得出结论,增加技术风险,甚至造成失误。

④缺少配套的施工操作规程、规范和质量验收标准等,即使是一些专业队伍也极少能制订出自己的执行标准来规范施工过程,施工操作的随意性太大。特别是当采用新材料、新技术时,由于没有标准的工程做法,施工操作人员在现场进行试操作,工程的质量很大程度上取决于个体操作人员的责任心,多数情况下很难获得最佳修复效果,最终导致工程质量低劣。

⑤缺少专用的工程机具、材料。近些年,虽然有些单位也开发了一些专用的机具、器材,但总的来讲,还没有满足工程应用的需要,有的是质量不过关,也有的是使用不便,影响了推广应用。

⑥结构耐久性不足而造成的危害尚未被人们所完全认识,混凝土结构也需要进行积极防护的概念还没被人们所接受。在发达国家,许多露天混凝土结构多数会考虑到采取主动防护措施,以增加建筑物的寿命,如采用涂环氧钢筋,混凝土表面做防护涂料等。这些,在国内工程上很少应用。

目前,我国对已有建筑物修复改造行业尚未建立起完善的管理体系。对承担项目的单位缺少恰当的资质认证办法、标准和健全的监督约束机制;对操作人员缺少技能考核制度;对投入市场的一些新型修补材料、新技术、新方法缺少有效的工程检验或质量认证办法和标准。这样一来,助长了一些人的投机行为,导致了行业市场运行的不规范,亟待予以改善。

#### 1.1.4 提高我国行业水平的几点意见和建议

针对我国已有建筑物修复和改造行业总体水平不高、市场混乱、缺少统一行为准则的现状,提出下面几点意见或建议。

##### (1)加强管理,促使与建筑物修复改造有关的各种行为规范化

首先,应考虑工作程序规范化。任何建筑物在进行修复或改造之前必须通过相应的技术鉴定,修复或改造设计应当以鉴定报告为主要技术依据。这一点在部分企业已经试行,并且取得了良好的效果。在《混凝土结构加固技术规范》中也制订了类似的条文。

对所有从事鉴定、设计、施工及质量监督检验的单位进行资质认证。认证内容包括人员组

成、技术水平、设备仪表装备、工程经验、组织建制、质量保证体系、民事行为能力等诸方面,根据认证结果核定其承担业务的规模和范围。

为了保证工程质量,新型修补材料或专用修补材料的供应厂家应向施工单位提供与施工操作有关的全套资料。施工操作人员的技能水平应得到材料供应厂家的认可。同时,材料供应厂家应用一定数额的材料款作为质量保证金,施工单位应无条件地提供一定期限的施工质量保证。

### (2)开发成套的修复和改造技术

要投入研究力量,收集整理以往的工程资料,积极制订有关的规程、规范、标准等;同时下力量编写有关的实用技术手册或资料集;引进、消化国外的先进技术和装备;开发现代先进的结构诊断、检测方法及相关标准、规范。借助于现代计算机技术建立实用技术库及修复材料库,开发已有建筑诊断、修复、改造计算机辅助系统,使个体设计更详细、更规范化,便于工程施工。

### (3)广泛地开展技术交流和培训

应当承认,各种有效的新技术、新方法的信息没有广泛的宣传扩散是导致目前总体水平不高的重要原因之一。如果恰当地利用目前的有关新技术、新方法是完全可以使我国已有建筑物修复和改造技术的水平上一个新的台阶。在目前情况下,各种专业学(协)会积极开展交流活动、举办专题讲座无疑会加速现代新技术、新方法的传播。有条件时,在高等院校开设有关专业课程亦不失为明智之举。

### (4)对于新建结构尽早采取防护措施

与发达国家相比,我国许多大型建筑物大都为近些年所修建。虽然使用年限不多,但目前已暴露出一些老化损坏现象,特别是边缘、节点等易损部位损坏较为严重。我们应当汲取发达国家的一些经验教训,对于需要长期使用的露天建筑物(如立交桥、停车场、各种塔架等),应及早采取修复防护措施,延长这些建筑物的使用寿命。

## 1.1.5 总结

受我国经济政策的影响,可以预料,已有建筑物修复改造的工程规模在近些年还会扩大。这种趋势必须会对维修材料市场、专业维修技术及维修服务业产生影响。这既向我们提供了机会,也向我们提出了挑战。所谓的机会,意味着将会有大量的新技术、新材料、专门的服务机构来满足市场的特殊需要,以此来带动整个行业水平的提高;所谓的挑战,即大量新材料、新技术的涌现势必对工程决策带来困难,由此可能会带来更多的新问题。在高度工业化的今天,人们对建筑物的功能要求越来越高,结构的形式越来越复杂,所处的使用环境更加恶劣。目前状态下,完善地对已有建筑物进行修复或改造是一个极为复杂的系统工程。这就需要负责技术决策的有关人员应当具有高水平综合解决问题的能力。要求他们不但要精通建筑结构理论,掌握各种修补材料的物理力学性能和耐久(耐老化)性能,还需要懂得结构和结构材料劣化损坏的机理,同时还必须了解与使用环境有关的各种影响因素。这种技术难度大、决策过程复杂的系统工程决非是一般的个体责任者所能承担的。

## 1.2 国内外旧建筑物检测与加固的现状和发展

### 1.2.1 已有建筑物的检测

检测是已有建筑物评估和加固改造工作的一项内容,也是该项工作的基础。没有检测则评估和加固改造工作难于顺利实施。有了检测,结构存在的问题可以在一定程度上显现出来,后续工作有的放矢,同时可减少工作失误。

检测工作一般可分成具体的测试方法和专家法。专家法也就是现场的初步检查,是靠有经验的专家现场观察,发现结构存在的主要问题,作出初步的结论,以便确定具体检测的重点和检测方案。但单一的专家法一般是不可靠的。首先,专家法只能定性,不能定量;其次,专家的知识范围和能力是有限的。因此,对于简单、常见的问题尚可用单一的专家法解决,对于复杂的结构问题必须有相应的检测项目。否则,专家法之后很可能将是国家的刑法。

已有建筑物的检测有其特殊性,也有与在工程的检测相同之处。其检测项目一般有构件材料强度、构件缺陷、钢筋配置情况、构造连接情况、构件的损伤情况、基础沉降情况、构件应力状态、构件承载能力的实荷测试及装饰面层的测试等。

#### (1) 构件材料强度的检测

在对已有建筑评定和加固改造时,构件材料强度的测试是必不可少的项目。构件材料强度的检测项目包括混凝土强度、砂浆强度、砖的强度、砌体强度、钢材强度和木材强度等。

混凝土强度的检测是国内外发展较早的检测项目,也是公认比较成熟的技术。目前常用的混凝土强度的检测方法有回弹法、超声法、超声回弹综合法、钻芯法、后装拔出法、贯入法和冲击回波法等,以及由这些方法派生出来的其他方法。在上述方法中,有些已经有了相应的标准。

尽管关于混凝土强度的检测方法比较多,我们在实际工作中使用最多的是回弹法加取芯修正的综合方法。可以说,有了这两种方法的结合,混凝土强度的检测问题可以基本上得到解决。

应该看到,关于混凝土强度检测技术的发展重点不应是开发新的“更准确的”检测方法,而是充分运用已有的技术,扩大其应用范围,解决已有建筑物检测中的难题。过去的经验告诉我们,每当一项新的混凝土强度测试技术问世时,人们都在“更准确”方面对其抱有过高的期望。但事与愿违,随着该项技术的应用,其不准确的问题也逐渐暴露出来。实际上,开发更准确的检测方法也是不现实的,换言之,任何一种检测方法都不能解决构件混凝土强度离散的问题。

在构件混凝土强度测试时,确实有一些问题需要解决。最近,中国建筑科学研究院针对现场检测的需要,开发了预制预应力圆孔板混凝土强度回弹测试技术、高性能混凝土强度回弹测试技术、小直径芯样测定混凝土强度技术。河北省建筑科学研究院开发了小直径芯样折断测试混凝土强度技术,用以解决薄壁构件混凝土强度的测试问题。

对于已有建筑来说,不破坏构件表面装饰层,能比较准确地测定混凝土强度,肯定会受到用户的欢迎。超声法和冲击回波法在这方面有一定发展的前景。北京市市政研究院在超声测试方面进行过有益的尝试;中国建筑科学研究院拟开发冲击回波的测试方法。

有关砌体强度和砌筑砂浆强度的检测技术正日趋成熟,由四川院主编的相关标准正在审批之中。可以说,在这方面亦不宜再投入过多的研究经费。为配合该标准的实施,中国建筑科

学研究院最近研制出 SQD-1 型砂浆强度点荷测定仪,并已进入技术转让阶段。在实际检测工作中,我们大都采用回弹法和点荷法结合的方法测定砌筑砂浆强度。这样可以保证检测数据有代表性和准确性。

目前,建筑钢材和钢筋力学性能只能在试验室用试验机检验。这种方法适用于在施工程成批钢材的检验,用于已有建筑钢材性能检测时则不完全合适。因此,宜发展非损伤性或损伤性较小的检测方法。估计,化学元素分析法、表面硬度法,再加上适当取样,可能是有发展前景的综合性测试方法。

已有建筑中木结构占有一定的数量。对于木材强度测试一般可采用取样法。由于木材强度试样尺寸较小,木构件一般尺寸相对较大,取样一般不会影响结构的安全。

#### (2) 构件材料缺陷测试

构件材料缺陷测试主要针对钢结构和混凝土结构。钢材缺陷测试方法较多,相对来说运作也比较规范。混凝土结构缺陷的测试技术则有待发展。混凝土结构的缺陷可分成混凝土缺陷和混凝土中埋入件的缺陷。

混凝土缺陷包括蜂窝、狗洞、漏振或酥松带和裂缝等。对于这类缺陷,国内虽然已有相应的标准,但是对于某些构件,目前尚无合适的测试方法。例如,随着建筑技术的发展,建筑业大体积混凝土,特别是高层建筑基础中的大体积、密配筋构件极易出现混凝土缺陷。对于这些构件缺陷的测试尚需进行研究。中国建筑科学研究院正在进行一些测试方法的研究和工程实践。雷达波法、冲击回波法和渗透法可能是有发展前途的测试方法。

混凝土中埋入件的缺陷主要是预应力管道灌浆饱满程度的测试。一些国家的规范已规定,凡是后张预应力管道都应进行灌浆饱满程度的检测。我国正在修订的有关规范也有此项要求。因此,无论是在施工程还是已有建筑或桥梁都面临这个问题。国外曾进行过相关的研究,中国建筑科学研究院也在进行这方面的研究工作。

#### (3) 钢筋配置情况测试

钢筋配置情况测试包括混凝土构件的钢筋和砌体中的钢筋。我们目前采用电磁感应法和雷达波法测定构件中的钢筋。其中雷达波法测试速度较快,电磁感应法测试速度相对较慢。

这两种方法都不能准确地测试钢筋直径。当需要钢筋直径准确数值时,剔凿检查必不可少。因此,开发研制测试精度较高的仪器肯定会有较好的销售市场。

另一方面,这两种测试方法均不能测定节点区的钢筋和构件中钢筋的连接情况。而这两个问题又与结构的安全密切相关。曾有过薄腹梁主筋的连接问题造成的断裂事故。

中国建筑科学研究院最近虽然开展了框架节点区主筋测试技术的研究,但该项技术尚需实践检验和不断地完善。目前,构件中钢筋的连接尚无好的测试方法。

#### (4) 构件的损伤情况测试

构件的损伤情况包括钢材的锈蚀量、混凝土和砌体构件截面的腐蚀损失量和灾害损伤程度等。这些测试工作可通过量测完成。冶金部建筑研究总院、北京市建工监督总站和中国建筑科学研究院先后引进了钢筋锈蚀测定仪。据说,该仪器可测定混凝土中钢筋的锈蚀速度。目前上述单位正在进行该仪器性能的研究和工程检测实践。

#### (5) 基础沉降检测

基础沉降检测对某些已有建筑物的评定来说是必不可少的。基础沉降检测包括基础累积沉降和当前月平均沉降。基础沉降检测都是使用水准仪。累积沉降要根据测试数据和经验判

定,而当前月平均沉降量一般都较小,测试数据的准确性不易保证。

据说,德国等国家有光传感器这类产品,用于大型桥梁的变形的长期监控。国内同济大学可能也在进行相关的研究。将光传感测试技术用于建筑物基础沉降检测和监测中将是一项有益的工作。

#### (6) 构件应力状态的测试

构件应力状态的测试对于已有建筑的评定非常重要。目前,在结构安全性评定中,均采用与新结构设计相同的结构计算方法。计算结果与结构的实际受力状态肯定存在着较大的偏差,使随后的加固工作带有一定的盲目性。因此,实测构件的应力状态在某些特定的情况下显得十分必要。

砌体结构受力状态已有了初步测试方法<sup>[2]</sup>,但该项测试技术的完善和提高也是完全必要的。

中国建筑科学研究院曾进行过木屋架受拉钢杆件应力状态的测试工作。测试使用振弦法并在试验机上进行了同样材料杆件的校准。校准结果表明:理论计算值有较大的偏差。

前几年盛传,前苏联有混凝土构件应力的测定方法,但至今未见有更进一步的消息。

据说,美国已开发出钢材应力的磁回弹测试技术,并可测定钢材内部残余应力。

总之,构件应力状态的测试基本有了一个轮廓,是一个全新的研究领域。

#### (7) 构件承载能力实荷测试

在计算分析无法解决或关键参数无法准确测定时,实荷测试是解决问题的方法之一。中国建筑科学研究院建筑结构研究所曾进行过一些实际工程的实荷测试,在测试时基本上沿用了试验室常用的测试技术。这些技术应用到现场测试尚存在一些问题,例如,如何消除环境影响,加快测试速度,提高测试精度等。

#### (8) 外装修质量检测

外装修质量检测应是引起重视的新的检测项目。目前,除了干挂饰面外,所有粘贴的建筑外装饰和抹灰都存在年久脱落的问题。外装饰层脱落同样可以引发人员伤亡事故。如北京某工程,第十八层阳台栏板水刷石饰面脱落,面积  $1\text{m}^2$ ,饰面落下后将地面上水井铸铁盖板砸得粉碎,碎块被砸入土中约  $1\text{m}$  深。

当前,对于外饰面的检查只有敲击检测方法,但其成本高,操作困难。

中国建筑科学研究院最近引进了日本的远红外仪并正在研究其测试效果。

#### (9) 渗漏检测

渗漏检测包括屋面、墙板及混凝土楼板等,其要点应该是准确地寻找渗漏点。河南省制定了新建工程屋面验收的规定,主要是用爱尔兰生产的屋面渗漏仪检测。国外还有混凝土渗漏仪这类产品。我们认为,这些仪器和方法虽然能在一定程度上测定渗漏问题,但若准确寻找渗漏点还存在一定的问题。

检验测试技术是有必要继续发展的项目,其重点应该是解决目前无法解决的问题。新的检测手段特别是与之配套检测仪器依然是发展的重点。

### 1.2.2 已有建筑物的加固

对已有建筑物的加固的讨论,仅限于砌体结构和混凝土结构,实际讨论的范围更窄,限于构件。

已有建筑物的加固技术尚须完善和发展。加固技术的发展应立足于解决现存的难题,并使加固工作符合低价、高效、施工方便、对用户影响小的要求。加固技术的发展取决于加固材料、配件和加固用机具的发展。加固技术的完善不仅限于理论上,在实际操作中应考虑加固后结构的综合效应。所谓综合效应是指构件的承载能力、结构的抗灾害能力、防火等级、耐久性及建筑物的使用性能和经济性等应统筹兼顾,不应过多偏重某些性能而使其他性能受到过多的影响。

#### (1) 混凝土构件的加固

混凝土构件的加固是我们遇到的最多的加固工作。对于混凝土构件的加固已有相应的规范。该规范中包括了增大截面法、干式外包钢法、湿式外包钢法、预应力加固法、改变结构传力途径加固法、外部粘钢法和裂缝修补法。该规范的实施对国内加固事业起到极大的推动作用。目前,四川省院正在着手规范的修编工作。在实际的加固工作中尚有许多行之有效的加固方法,如对楼板的叠合加固方法和喷射混凝土加固技术。这些成熟的技术和方法理应纳入修编的《混凝土结构加固技术规范》之中。

在混凝土加固技术发展方面,国内许多单位都在进行研究和探讨。最近,中国建材院和冶金部建筑研究总院开发出修补用自流平砂浆,冶金部建筑研究总院正在进行碳纤维应用技术的研究,中国水科院研制出的机器设备地螺栓专用锚固剂;中国建筑科学研究院已经开展了混凝土结构后装锚固技术的研究,并将编制有关的行业标准。与此同时,中国建筑科学研究院设立了混凝土结构锚栽钢筋技术、低价高效承重膨胀螺栓和提高混凝土强度加固技术等课题。这些新材料和新方法的研究和问世必将对我国的加固改造起到积极的作用。

#### • (2) 砌体的加固技术

与混凝土构件加固技术相比,砌体结构的加固方法相对较少。分析其原因,除少量砖柱外,砌体大都为墙体,而混凝土构件则大都为梁、板、柱等构件。适用于墙体的加固方法确实较少,夹板墙也许是应用最多的砌筑墙体加固的方法。

实际上,砌筑墙体的加固和受力性能的改善也许是今后一段时间要大力发展的技术,其应用前景极其广泛。由于烧结普通实心粘土砖的生产受到限制,砌块砌体的综合性能尚无法与实心粘土砖墙相抗衡;北方地区建筑物有节能的要求,以北京为例,目前推广使用外保温复合墙体,要求粘土砖外墙的厚度由 370mm 减少到 240mm,许多设计院反映,按目前八度抗震设防要求,外纵墙 240mm 是不够的。本世纪末到下世纪初,我国的城市建设的重点是商品住宅,且能自由分隔的大开间住宅又是目前国家攻关的重点。大开间住宅的墙体也成为阻碍其发展的因素。从以上几个方面来看,砌筑墙体的加固及其受力性能的改善确实是非常重要的。

中国建筑科学研究院与郑州工业大学联合进行了一种复合墙体性能的研究,其目的是要大幅度提高砖砌体的抗剪性能。试验结果表明,复合墙体抗剪能力较普通粘土砖砌体抗剪能力提高 1~2 倍,砌体的延性性能得到改善,且对于已开裂墙体的修复效果极佳。本项课题的初步鉴定将在今年完成。此后,将进入成果的完善和推广阶段。

已有建筑物的检测与加固是极有发展前景的领域,检测和加固技术的发展与新技术、新的检测仪器、新的材料和新的施工机具有密切的关系。期望有更多的多学科的技术人员能够涉足这个领域,使其有更快的发展。