



房屋检测、鉴定 与加固



焦章保 编著



化学工业出版社



房屋检测、鉴定 与加固



化学工业出版社

· 北京 ·

本书在介绍了危险房屋、工业建筑、建筑抗震、火灾后混凝土构件等鉴定标准及鉴定方法后,介绍了既有建筑黏土和软土地基、砖砌体抗压强度、混凝土强度、钢筋抗拉强度碳纤维片材加固混凝土结构施工质量、房屋变形及混凝土受弯构件结构性能检测技术及大气环境混凝土结构耐久年限评估等内容;又以实例详细介绍了地基基础、砌体、混凝土结构构件的各种形式的加固方法(加大截面、外包钢、预应力、纤维加固等)。本书实用特点突出,为从事房屋结构检测、鉴定与加固工作的基层建筑工程技术人员提供了一本很实用的参考书,也可作为高等学校本(专)科教材及职业培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

房屋检测、鉴定与加固/焦章保编著. —北京:化学工业出版社, 2010.7
ISBN 978-7-122-08259-6

I. 房… II. 焦… III. ①建筑物-检测②建筑物-加固 IV. TU746.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 068467 号

责任编辑:戴燕红
责任校对:洪雅姝

文字编辑:丁建华
装帧设计:杨 北

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张19 字数493千字 2010年11月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

前 言

中华人民共和国成立 60 年来建筑工程质量逐渐提高，但城乡土建工程技术人员常会遇到因勘察、设计、施工使用等考虑不周，或火灾、地震和风涝等自然灾害，或房屋超期服役致使结构出现强度、刚度和稳定性降低等问题；有的房屋地基基础沉降不一致，或墙体开裂，或构件混凝土强度不足，造成倒房等事故发生。所以必须经常对房屋结构进行补强或加固以及改造、改建、扩建或加层等。这些都需要对房屋原结构的承载力、使用功能、耐久性进行可靠性评估。

目前，有关房屋结构检测、鉴定与加固方面的高级技术人员和技术成果大部分在高等学校或建筑科学研究院内。广大城乡基层工作的土建工程技术人员非常需要检测、鉴定、加固方面的知识和技术。

鉴于此，笔者收集了一些国内外工程质量事故的实例，并根据国家现行有关技术规范的规定，参考国内外有关预防与处理方法，结合处理工程质量事故的体会，按照课程教学大纲，编著了本书。本书介绍了危险房屋鉴定、工业建筑可靠性鉴定、建筑抗震鉴定、火灾后混凝土构件鉴定等鉴定标准及鉴定方法；既有建筑黏土和软土地基简易检测、砖砌体抗压强度检测、混凝土强度检测、钢筋抗拉强度检测、碳纤维片材加固混凝土结构施工质量现场检测、房屋变形观测、混凝土受弯构件结构性能检测技术及大气环境混凝土结构耐久年限评估等内容；另外还介绍了地基基础加固，砌体结构加固，混凝土结构的梁、板、柱的各种加固方法（含设计和施工）。本书适用于地基基础、砖石结构、钢筋混凝土结构，以及以砖石、钢筋混凝土为结构的构筑物等工程事故的鉴定和处理，使在基层工作的土建技术人员对既有房屋结构的检测、鉴定和加固有个基本了解。对于一般房屋事故，有这本书在手可基本解决问题。

笔者长期工作在基层，深感基层土建技术人员处理结构问题的能力较弱。为增加处理房屋结构问题的科学性，笔者阅读了大量相关论文和规范、标准，希望对基层土建技术人员在处理房屋类似问题时有所裨益。

本书编写过程中得到凌田全、李向上、翟春安、李英、吴科佳等同志的帮助，在此表示感谢。由于本人水平有限，书中疏漏和欠妥之处在所难免，敬请批评指正。

2010 年 3 月

目 录

第一章 概论	1
第一节 我国房屋鉴定与加固的近况	1
第二节 建筑工程事故的一般概念及鉴定与加固实例	2
一、建筑工程事故的含意	2
二、建筑工程事故的分类	2
三、房屋鉴定与加固的程序及内容	3
实例 ××市××中学教学楼混凝土梁裂缝的鉴定与加固（改进式外包钢加固混凝土梁）	4
一、概况	4
二、事故现象	4
三、事故原因	5
四、加固方法	5
五、加固施工说明	5
六、加固效果	7
七、加固设计（估算）	7
第三节 鉴定与加固的目的和客观性	7
一、鉴定与加固的目的	7
二、鉴定与加固的客观性	7
第四节 鉴定与加固工作的展望	12
一、专业队伍的建设与提高	13
二、有关资料的收集和整理	13
三、重视建筑工程现场检测技术	13
四、加强建筑工程可靠性鉴定的理论研究	13
五、开展加固设计计算理论和实用加固技术的研究	13
六、展望	13
第五节 “房屋检测、鉴定与加固”研究的对象与任务及其学科体系	14
一、研究对象	14
二、主要任务	14
三、学科体系	14
第二章 房屋质地鉴定	16
第一节 危险房屋鉴定	16
一、构件危险性鉴定标准	16
二、房屋危险性鉴定	18
第二节 工业建筑可靠性鉴定	21
一、一般规定	21

二、工业建筑可靠性鉴定评级	22
三、鉴定评级标准	22
四、使用条件的调查与检测	24
五、结构系统状况的调查与检测	24
六、构件的鉴定等级	24
七、结构系统的鉴定评级	28
八、工业建筑鉴定单元可靠性评级	31
九、厂房可靠性鉴定实例	31
第三节 建筑抗震鉴定	33
一、地基基础的抗震鉴定	33
二、多层砌体房屋的抗震鉴定	34
三、鉴定方法和重点鉴定部位	38
四、抗震鉴定实例	39
实例一 多层砖混结构震害与抗震鉴定及加固	39
实例二 某八层框架住宅楼, 增建二层的抗震鉴定与加固	41
第四节 火灾后混凝土构件的鉴定	45
一、概述	45
二、火灾温度的判定	45
三、室内区域型火灾温度场及混凝土构件火情分析	47
四、火灾后混凝土构件损伤分析	49
五、火灾后混凝土结构构件鉴定	57
六、加固设计的有关事项	59
七、火灾后砖砌体剩余承载力的计算	60
八、房屋火灾鉴定实例	61
第三章 地基基础病害的处理	65
第一节 地基基础病害实例	65
实例一 ××市×村住宅楼基础下沉不均匀的鉴定与加固	65
实例二 ××乡化工厂某车间厂房基础腐蚀的鉴定与加固	66
实例三 ××综合楼桩基工程鉴定与加固	67
实例四 某农民房屋基础均匀下沉的鉴定与处理	67
实例五 ××县农机公司库房基础沉降鉴定与加固	68
实例六 ××县模具厂注塑车间厂房基础灰缝变形的鉴定及加固	69
实例七 ××市××镇×居民房屋地基基础下沉的鉴定及加固	71
实例八 ××市××新村 111# 房, 一端地基基础下沉的鉴定与加固	73
第二节 地基基础易生病害的原因及相应变形	73
一、湿陷性黄土地基被水浸湿下沉	74
二、膨胀土地基干湿变形	74
三、季节性冻土的冻害——土的冻胀、融陷特性	74
四、软土地基的特性	75
五、房屋高差产生沉降差	76
六、杂填土层地基下沉	77

七、因设计、施工、使用的考虑不周管理不善使地基基础及上部结构发生病害	77
第三节 病害地基基础的加固	79
一、地基基础处理注意事项	79
二、地基承载力和变形计算	79
三、地基基础的加固技术	79
四、既有建筑地基基础承载力提高的加固方法	80
第四章 砌体工程、事故处理	89
第一节 砖砌体事故实例	89
实例一 窗间墙裂缝鉴定与加固	89
实例二 独立柱承载能力不足事故鉴定与加固	89
实例三 内外纵墙裂缝鉴定与加固	90
实例四 某住宅楼顶层横墙裂缝鉴定与加固	91
实例五 房屋改造托梁拆墙	93
实例六 工程改造中结构体系转换实例	94
第二节 砌体裂缝	97
一、砌体裂缝的概念	97
二、常见的砌体裂缝	97
三、裂缝调查与处理原则	106
第三节 砌体加固方法	107
一、砌体裂缝修补	107
二、钢筋砂浆加固	110
三、同材料扩大砌体截面积加固	110
四、钢筋混凝土加固砌体	112
五、夹板墙加固砌体	113
六、钢筋混凝土套加固独立砖柱	114
七、砖柱外包钢加固	115
八、托梁加垫加固	116
九、砌体结构的整体加固	117
第五章 混凝土结构加固	121
第一节 概述	121
一、混凝土加固结构的受力状态	121
二、共同工作问题	121
三、卸荷问题	122
四、混凝土结构加固改造的一般原则	122
五、钢筋混凝土结构发生事故的主要原因	122
六、混凝土结构加固材料的要求	123
七、混凝土结构加固方法的选择	123
八、混凝土加固结构的计算	123
第二节 混凝土梁加固方法及实例	124
一、三个粘钢加固实例	124
二、碳纤维片材加固混凝土结构	130

三、体外预应力筋加固法·····	139
四、预应力梁在拆墙技术中的应用·····	156
五、用钢梁加固混凝土梁实例·····	159
六、增设支点加固法实例·····	161
七、加大截面法加固钢筋混凝土梁·····	162
第三节 混凝土板的加固方法·····	165
一、混凝土板钢筋补强加固·····	165
二、混凝土板加厚及膨胀螺栓抗剪、摩加固·····	166
三、混凝土板粘钢加固·····	166
四、混凝土板粘贴碳纤维布加固法·····	167
五、体外预应力法加固混凝土板·····	168
六、增设支点法加固混凝土楼板·····	169
七、预制混凝土板的加固形式·····	169
八、悬挑板加固形式·····	172
第四节 混凝土柱的加固·····	173
一、概述·····	173
二、混凝土柱扩大截面面积加固法·····	174
三、混凝土柱外包钢加固法·····	179
四、预应力撑杆加固混凝土柱·····	181
五、外包钢套箍加固混凝土柱·····	184
六、绕丝法加固混凝土柱·····	186
七、混凝土柱环包增强纤维约束混凝土加固法·····	187
八、柱纵向刚度不足的加固方法·····	190
九、房屋的抗震与减震加固（引自《建筑物鉴定与加固论文集》）·····	191
十、外包钢板筒加固混凝土柱·····	193
第五节 混凝土构件裂缝分析及修补·····	196
一、常见裂缝实例·····	196
二、混凝土构件裂缝相关概念及其分析·····	208
三、混凝土裂缝的修补·····	231
第六章 与鉴定有关的检测技术·····	234
第一节 黏土和软土地基承载力简易检测方法·····	234
一、静力触探试验·····	234
二、微型贯入仪法·····	235
第二节 砖砌体抗压强度检测·····	236
一、直接法检测砌体抗压强度·····	237
二、间接法检测砖砌体抗压强度·····	239
第三节 混凝土强度检测·····	248
一、钻芯法检测混凝土抗压强度·····	248
二、回弹法检测混凝土抗压强度·····	251
实例 回弹法检测混凝土强度·····	262
三、混凝土构件结构性能检测实例·····	264

第四节 既有混凝土结构钢筋抗拉强度的检测	266
一、直接检测法	266
二、表面硬度法检测钢筋抗拉强度	267
三、混凝土中钢筋状况的检测	268
第五节 碳纤维片材加固混凝土结构施工质量现场检测方法	271
一、试验设备	271
二、取样	271
三、试样制备	271
四、试验	271
五、强度计算	272
六、施工质量判定	272
第六节 房屋变形观测	272
一、沉降观测	272
二、房屋主体倾斜观测	274
三、挠度观测	276
四、裂缝观察	276
第七节 混凝土受弯构件结构性能检测	278
一、结构性能检测	278
二、预应力混凝土构件结构性能试验方法	281
第八节 已有结构构件材料强度标准值的确定	286
第九节 大气环境混凝土结构耐久年限评估	287
一、一般规定	287
二、大气环境混凝土结构耐久年限评估	288
参考文献	292

第一章 概 论

建筑物，特别是房屋建筑是人们从事学习、工作、生产、生活和各项活动的重要物质条件。因此，要求建筑工程不仅应适用、经济、美观，同时应具有牢固，耐久和应有的安全可靠度。由于种种原因，总会有一些房屋工程，因设计考虑不周施工措施不力或管理、维护不善，使工程提前衰竭，部分构件发生不应有的裂缝和破坏性变形，或整幢建筑发生不利的变形和其他事故。对这些有事故的房屋工程，需进行检测、鉴定、修补、加固，目的是能花较少的资金和材料，充分发挥房屋工程的剩余寿命，为社会主义建设和人民生活服务，也是艰苦奋斗精神的一种体现，具有很重要的历史意义。

第一节 我国房屋鉴定与加固的近况

国家建设部“建筑标准化协会”在1990年成立了“建筑物鉴定与加固改造委员会”。委员均系国内从事鉴定与加固有名的教授或教授级高工。有会员300多名，均系从事建筑物鉴定与加固工程师以上的专业技术人员，分布在全国各地。委员会的任务是编制“鉴定标准”、“加固技术规范”和现场检测技术规程。

长期以来，为延长建筑工程使用寿命，对已有建筑物的可靠性鉴定与加固，一直依赖有经验的技术人员，进行现场目测、检查和必要的核算，凭个人的知识和经验，作出评价和处理，这称为“传统经验法”。在复杂问题的处理中会因人而异，可能有不足或过分。因此，成立一个专门机构，制订相应的鉴定标准、加固技术规范和现场检测规程，就显得十分迫切。

近年来，随着国内建筑工程鉴定与加固工程实例的增多，已经积累了一些丰富的经验，理论研究也已起步，且获得了一定的成果，为了在结构可靠性鉴定与加固中引入现代理论和科学的加固方法，已经制订出相应的鉴定标准、加固技术规范、现场检测规程，使得建筑工程的鉴定与加固工作有章可循。

现在应团结和组织全国从事建筑物鉴定与加固改造领域的广大技术人员，开展标准化活动。以制订标准、规范和规程为龙头，提高我国建筑物鉴定与加固的科学技术水平，同时，必须建设和培养一支高素质的专业队伍，以适应日益繁重的鉴定与加固工作的需要。

建筑物鉴定与加固改造委员会成立二十年来我国房屋鉴定与加固行业的主要进展如下。

(1) 二十年来召开了九届全国建筑物鉴定与加固改造学术交流会。

① 1991年，由同济大学负责牵头在上海召开了第一届全国建筑物鉴定与加固改造学术交流会，出版了《建筑物鉴定与加固》论文集两册。

② 1993年由国家建筑科学研究院负责组织在广西桂林召开了第二届全国建筑物鉴定与加固改造学术交流会，出版了《建筑物鉴定与加固》论文集两册。

③ 1995年由东南大学负责组织，在南京召开了第三届全国建筑物鉴定与加固改造学术交流会，出版了《建筑物鉴定与加固》论文集三册。

④ 1998年由冶金建筑研究院负责组织在云南昆明召开了第四届全国建筑物鉴定与加固改造学术交流会，出版了《建筑物鉴定与加固》论文集三册。

⑤ 2000年11月，由汕头大学负责组织在汕头召开了第五届全国建筑物鉴定与加固改造

学术交流会议，出版了《建筑物鉴定与加固改造》论文集三册。

⑥ 2002年10月22日在长沙湖南大学召开了第六届全国建筑物鉴定与加固改造学术交流会，主要交流碳纤维加固混凝土构件等新技术，并出版会议论文集。

⑦ 2004年11月，在重庆召开了第七届全国建筑物鉴定与加固改造学术交流会，并出版会议论文集。

⑧ 2006年8月17日在哈尔滨召开了第八届全国建筑物鉴定与加固改造学术交流会，并出版会议论文集。

⑨ 2008年10月23日在厦门召开了第九届全国建筑物鉴定与加固改造学术交流会，并出版会议论文集。

(2) 制订了系列鉴定标准和加固技术规范。

① 鉴定标准制订情况：《工业厂房可靠性鉴定标准》；《民用建筑可靠性鉴定标准》；《危险房屋鉴定标准》（行业标准）；《建筑抗震鉴定标准》；《火灾后建筑结构鉴定标准》。

② 混凝土强度检测规程制订情况：《钻芯法检测混凝土强度技术规程》；《回弹法检测混凝土强度技术规程》；《超声法检测混凝土缺陷技术规程》；《超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程》。

③ 加固技术规范制订情况：《钢结构加固技术规范》；《混凝土结构加固技术规范》；《既有建筑地基基础加固技术规范》；《砖混结构房屋加层技术规范》；《建筑抗震鉴定标准》和《建筑抗震加固技术规程》；《砌体结构加固技术规范》（正在制订中）。

(3) 开展了课题试验和研究。

各大学的土木工程系和建筑研究院开展了粘钢、碳纤维粘贴、外包钢，体外预应力等加固的试验和研究，混凝土强度、砌体强度的现场检测试验研究，并制订了检测规程，关于受力状态下混凝土中的钢筋和钢结构杆件的钢材强度的检测有待于研究。

(4) 全国各市、县均成立了危房鉴定所，负责危险房屋鉴定工作。

各工科大学的土木工程系和各省、市的建筑研究院相继成立了工程质量检测中心或鉴定与加固公司。

(5) 各有关大学开展了教学、科研工作，并培养了研究生。

第二节 建筑工程事故的一般概念及 鉴定与加固实例

一、建筑工程事故的含意

在建筑工程中，由于勘察、设计、施工、使用等方面存在某些缺点和错误，以及自然灾害（如：地震、暴雨、雨雪、失火等）使工程结构降低了抗力、刚度、稳定性、影响使用功能及损害房屋外形，甚至出现倒塌等问题，统称为建筑工程质量事故。

二、建筑工程事故的分类

建筑工程事故是客观存在的，在众多的建筑工程中，由于各种因素造成这样或那样的工程损伤是难免的。例如：1989年据统计全国共发生建设工程倒塌事故22起，死亡67人，重伤32人，直接经济损失165万元。

其中，在建的18起，在用的4起。

按结构类型分：混合结构12起、钢筋混凝土结构8起、砖木结构2起（在这些事故中

钢筋混凝土梁、板、柱倒塌的 9 起，墙体倒塌的 7 起，阳台、雨篷塌落 4 起，其他 2 起）。

按建筑类型分：公共建筑 10 起，生产性建筑 7 起，其他 5 起。

按施工企业类型分：县以上集体施工企业承包的有 10 起，农村建筑队和个体承包的有 7 起，国有施工企业承包的有 5 起。

按事故原因分：设计错误造成的有 10 起，施工质量低劣的有 4 起，设计和施工共同原因引起的有 6 起，建筑材料不合格造成的有 2 起。

以上举的例子，只是倒塌事故，对于降低了承载能力，有一定的破坏迹象的事故是很多的。具体来说，建筑工程事故的分类如下。

（1）按结构形式分

- ① 地基基础质量事故；
- ② 砖石结构质量事故；
- ③ 钢筋混凝土结构质量事故；
- ④ 钢结构质量事故；
- ⑤ 木结构质量事故。

（2）按破坏现象分

- ① 裂缝（墙、柱、梁、板发生裂缝）；
- ② 变形过大（梁、板挠度过大，柱、墙弯曲、倾斜）；
- ③ 房屋倾斜；
- ④ 房屋倒塌。

（3）按事故原因分

- ① 地质勘探有错（地基承载能力，产生过量沉降或不均匀沉降）；
- ② 设计有错（构件截面偏小，基础底面积偏小，混凝土结构配筋不足）；
- ③ 材料不合格（如钢材、水泥、砂浆等强度不合格）；
- ④ 施工质量差（使用不合格材料，偷工减料，施工质量不合规范、标准要求）；
- ⑤ 使用不当（超载过大，改变用途与原设计不相符）；
- ⑥ 管理不善（维修不及时）。

三、房屋鉴定与加固的程序及内容

（1）受理申请 由事故单位写申请，根据申请确定事故内容和范围。

（2）初始调查

- ① 调查分析原始资料：重新审核设计图纸、施工记录及技术资料。
- ② 现场踏勘，观察破坏现象（如裂缝、挠度、倾斜、沉降……）和事故范围。

（3）事故检测及检测内容

- ① 地基基础是否有沉降或破坏，地基承载能力的检测；
- ② 梁、板、柱、墙是否有裂缝及缝宽、缝长、缝深的检测；
- ③ 梁、板是否有挠度，挠度值是多少的检测；
- ④ 柱、墙是否挠曲或倾斜，挠曲值和倾斜值的检测；
- ⑤ 混凝土强度值的现场检测；
- ⑥ 钢筋型号、规格、数量以及锈蚀的检查；
- ⑦ 砖和砂浆抗压强度及砌体的抗压强度的检测；
- ⑧ 预制混凝土多孔板及梁的结构性能的检测；
- ⑨ 各种构件实际尺寸的检测。

根据事故内容和范围选择检测项目及数量，并比较实测值是否超出规范允许值。

(4) 结构验算

① 根据实测的数据（强度、尺寸）进行验算。

② 验算内容：

- a. 结构或构件的承载能力是否大于荷载效应；
- b. 沉降、挠度、抗裂（裂缝）的验算是否大于规范允许值；
- c. 墙、柱稳定性（柱：长细比；墙：高厚比）的验算是否与规范规定相符合。

(5) 鉴定评级

根据实测数据和验算结果，对照鉴定标准进行综合，评定危险等级。

① 子项分 a、b、c、d 四个等级；

② 项目分 A、B、C、D 四个等级；

③ 单元分一、二、三、四四个等级。

凡属：a，A，一级的不加固，允许个别修补；

b，B，二级的允许个别构件进行加固；

c，C，三级的需要修补或加固；

d，D，四级的必须立即加固。

注：子项指承载能力、构造与连接、裂缝、挠度等；项目指地基基础、主体结构（混凝土、砌体等结构）和维护结构；单元指一个单位工程或变形缝为界的部分房屋。

(6) 鉴定报告内容

- ① 工程概况（房屋长、宽、高、面积、结构形式，开竣工日期、何时发现事故现象等）；
- ② 陈述事故现象（如裂缝的形状、位置、大小等）；
- ③ 根据实测数据及验算结果调查施工者，分析事故原因；
- ④ 确定危险等级；
- ⑤ 提出处理意见或加固方案。

实例 ××市××中学教学楼混凝土梁裂缝的鉴定与加固 (改进式外包钢加固混凝土梁)

一、概况

××市××初级中学教学楼为单跨三层混凝土框架结构，1993 年 8 月竣工。梁跨度为：7000mm、梁高为：600mm、宽为：250mm。每个教室为 2 间，每间宽为 4.0m。教室与教室之间用 240mm 横墙、圈梁构造柱承载，教室中间由混凝土框架梁承载。已投入使用 5 年，1998 年暑期发现二层结平东端三个教室内的三根梁在外走廊的一端出现裂缝（见图 1-1）。

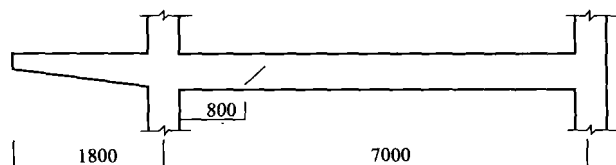


图 1-1 梁裂缝示意图

二、事故现象

(1) 裂缝位置 三根梁均在有外走廊一端，距柱内侧 800~1200mm 处出现斜裂缝。每

根梁只有一条裂缝。

(2) 裂缝状态 裂缝与梁底边呈 45° 方向。两头小，中间宽，上不到梁顶，下不到梁底。裂缝在梁两侧同部位同方向均有，说明裂缝是贯穿的。

(3) 裂缝宽度 经检测最小的为 0.45mm，最大的宽度为 0.5mm，超过规范允许值。

三、事故原因

(1) 梁的混凝土强度等级偏低，混凝土强度等级设计为 C20 经回弹测试为 C11。经查此教学楼共 24 根梁，仅二层东端 3 根有裂缝。据施工者反映，浇筑该流水段混凝土时掺有部分结块的过期水泥，导致混凝土强度不合格，这三根梁属于危险构件。

(2) 梁端部位的箍筋未加密，也未设置弯起筋，故梁抗剪能力不足。

(3) 挑梁长为 1800mm 上部搁置多孔板，端部有 150mm 厚的栏板，形成二楼的外走廊。当部分学生涌向走廊时，在梁的正负弯矩反弯点处产生了最大的剪力，促使裂缝的扩展。

四、加固方法

(1) 混凝土强度等级仅为 C11，只达到设计强度的 55%，原梁安全可靠度严重不足，应另设加固构件，代梁承担全部荷载。

(2) 经研究采用“下降式斜杆，平行弦杆钢桁架”进行加固。在混凝土梁的两侧各设一片钢桁架（详见图 1-2）。上弦为受压杆件，下弦为受拉杆件，斜杆为受拉杆件，竖杆为受压杆件。经验算上、下弦选用 L70×6 角铁。斜杆和竖杆用 -6×50 扁铁。

(3) 加固方式：因为当时本地区不具备湿式加固的技术条件，故采用干式加固。但干式加固与原梁共同工作的效果很差，为此，在钢桁架每个受压的竖杆上，用 2 ϕ 10 膨胀螺栓与原梁固定，这样以简便的干式加固方法可取得近乎湿式加固的共同工作效果，这就是改进式外包钢的特点。

五、加固施工说明

（一）准备工作

(1) 对需加固的梁加以支撑。每根梁用三根木支撑，分布均匀。支撑木小头直径不小于 12cm，下端用 50×200×600 (mm) 的木板作垫板，支撑在地面上用两个楔形木敲紧，以防加固过程中出现安全事故，并适度卸荷。

(2) 将加固梁上的粉刷层清理干净。多孔板底靠梁 15cm 范围的粉刷层也清理干净，用水冲洗后再行加固。

（二）施工要求

(1) 钢材选用一级钢，焊条为 T₄₂。

(2) 焊工应有操作证，并由有 5 年以上焊龄的焊工施焊。

(3) 钢桁架焊接应严格按钢结构施工及验收规范进行。

(4) 加固的钢桁架具体尺寸应在现场测量，必须使钢桁架紧贴混凝土梁。

（三）施工方法

(1) 钢桁架的竖杆与弦杆在同一平面内，要求双面焊，斜杆搭在上、下弦杆上应满焊。

(2) 钢桁架竖杆上的 ϕ 10 螺栓孔打好后，将钢桁架片上梁试装，在混凝土梁上画 ϕ 10 螺栓孔位置，确保螺栓孔的正确性。混凝土梁上螺栓孔钻好后，清理粉末，再用膨胀螺栓把钢桁架与原梁固定好，再将上、下弦的连接板焊接好。

(3) 把梁顶搁置多孔板的砂浆垫层，每隔 500mm 凿一个 60mm 宽的缝隙将上弦连接板

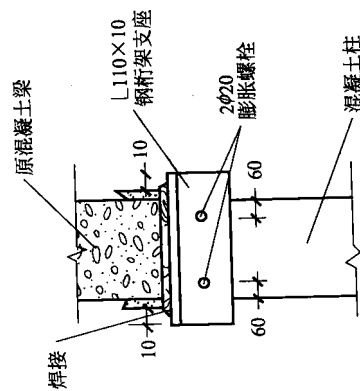
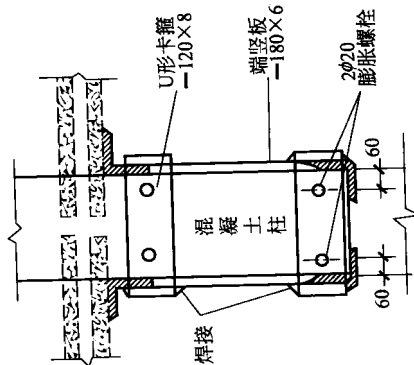
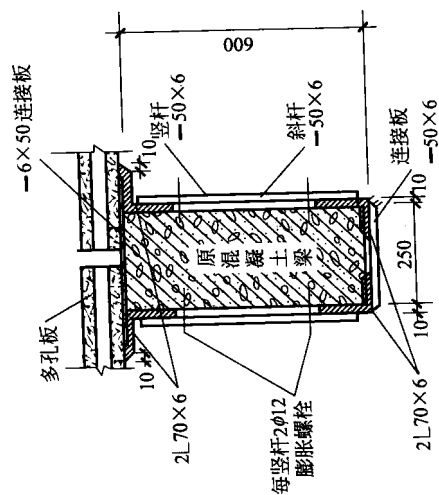
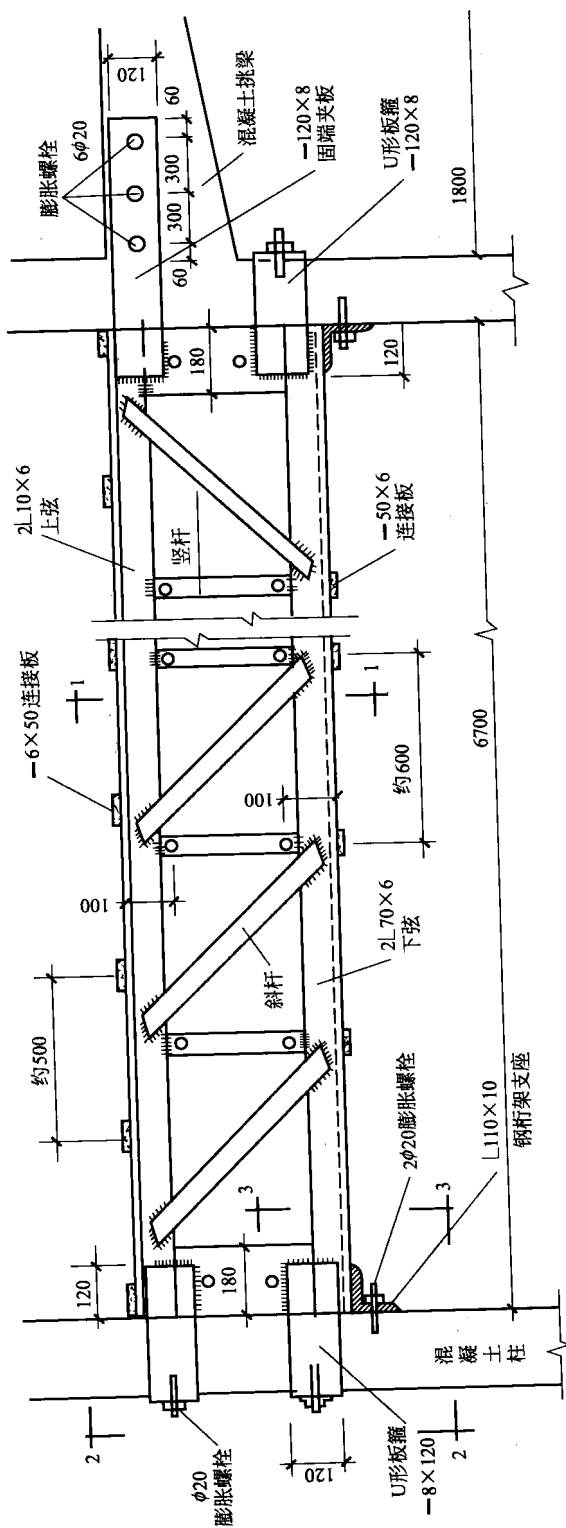


图 1-2 有裂缝梁的加固

穿过去。用工具将两片钢桁架夹紧在混凝土梁上，把上弦的连接板焊接好。

(4) 把梁两端支座角铁 $L110 \times 10$ 用 $\phi 20$ 膨胀螺栓固定在框架柱上，然后再将钢桁架焊在支座角铁上。

(5) 有挑梁一端的两侧采用 -8×120 扁铁一端焊接在钢桁架上，另一端用 $3\phi 20$ 膨胀螺栓固定在挑梁上，这样一是固定钢桁架，二是增强一点挑梁的刚度和承载能力。

(6) 所有膨胀螺栓的螺帽均须拧紧，再用电焊把螺帽点焊在螺栓上，并把长出螺帽的栓杆截去。

(7) 加工或安装每道工序必须经技术和质量负责人验收合格后，再进行下道工序的施工。钢桁架全部施工安装完毕后，有关部门验收符合设计要求再进行表面粉刷，其余连接按图施工。

(8) 梁和钢桁架表面粉刷前，先用加 20% 107胶的水溶液拌制的 $1:1.5$ 水泥（425水泥）砂浆，把钢桁架与混凝土梁之间的空隙塞满。然后用加107胶的 $1:2$ 水泥砂浆分三次把钢桁架全部封盖，铁件外表最小厚度不小于 15mm 。养护一周后拆除木支撑，用同配合比砂浆把支撑点补好。

六、加固效果

加固情况如图1-2所示。本加固工程是1998年7~8月份加固完毕，经1998年12月份、1999年8月份、1999年12月份三次复查未发现任何变异，学校、上级教育管理部门和当地政府均感满意。

七、加固设计（估算）

加固后增加的抗弯能力：

$$M_n = \alpha f_y A_s Z$$

式中， M_n 为新增抗弯能力； α 为加固系数， $0.85 \sim 0.9$ ； A_s 为角铁截面积； Z 为力臂（上、下弦角钢形心的间距）； f_y 为角钢设计强度。

第三节 鉴定与加固的目的和客观性

一、鉴定与加固的目的

房屋鉴定、维修和加固、改造是从人类有建筑史以来便出现的古老而传统的专业。就其内涵而言，才刚刚形成一门新兴的学科，近几十年才初具规模，由于建筑业和现代科学技术迅猛发展，使这门新兴学科发展速度异常迅速。

改革开放以来，因社会经济发展和人民生活的需要，建筑业迅速发展可以说进入了空前繁荣时期。同时，由于20世纪五六十年代的建筑物已到了“中”、“老”年阶段，有的已经老化。还有因设计有误、施工有错、原有建筑物标准低、功能转换、改变用途以及增层、纠倾、移位、自然灾害等原因房屋功能降低，为了充分利用既有房屋的剩余寿命，对既有房屋的鉴定、维修、加固和改造就显得十分重要和紧迫。

二、鉴定与加固的客观性

（一）建筑工程的老化

房屋在长期的自然环境（冷热风雨……）和使用环境（荷载大小，酸碱……）作用下，随着使用年限的增长，逐渐损坏，以至丧失使用功能，这是一个不可逆的客观过程，通常叫

做老化。例如：混凝土结构的混凝土会碳化，当碳化深度到达钢筋处，则钢筋会锈蚀；砌体结构的砖，砂浆经多年冻溶，会产生风化剥落；木结构的木材在干湿交替的环境下会腐朽；钢结构在自然环境下会现锈蚀。据统计，自 1949 年到 1988 年底，我国城镇新建建筑面积约 52.6 亿平方米（其中：住宅约 13.5 亿平方米）。20 世纪 60 年代前建成的近 43.7%，约 23 亿平方米开始老化，必须分期分批地进行鉴定、维修、加固，其中：有 10 亿平方米急待维修、加固、改造才能正常使用。由于我国经济基础差，大量的危、破房（包括工业与民用建筑）仍在使用中，据统计到 1989 年全国各大城市的危、破房已达 3 亿平方米。

(二) 原有建筑标准低

1. 原有建筑结构设计安全度低

自 20 世纪 50 年代以来，我国建筑结构设计经历了容许应力、破损阶段，极限状态和概率极限状态等设计方法的重大变化。在结构设计安全度上与国际通用设计标准相比处于低水平。

我国最早的建筑结构设计标准是借鉴第二次世界大战后前苏联的设计规范而来，采用了低安全度的设计原则，它适应了当时饱受战争创伤的前苏联恢复经济的需要，也符合我国当时的经济情况。直到改革开放之前，我国财政长期拮据，物资供应匮乏，建筑结构设计的低安全度正是在这种钱少、料少又要尽量多建设的历史背景下维持下来的，因此，那时建筑物耐久性很差，应变能力也差。

以混凝土结构为例：

(1) 结构设计的构造要求是为了弥补强度计算的不足，往往与配筋量相联系。从表 1-1 可看出。我国 GBJ 10—89 规范规定柱压筋最小配筋率为 0.4%，比前苏联 1949 年规范的 0.5% 还少。总的看，我国规范中梁拉筋和柱压筋的最小配筋率比国外要低一倍以上。

表 1-1 混凝土结构最小配筋率/%

构 件	中国 GBJ	美国 ACI	英国 BS	日本 JIS
柱压筋	0.4	1.0	1.0	0.8
梁拉筋(I 级钢)	0.15	0.5	0.32	0.4

(2) 荷载设计值与荷载标准值及荷载分项系数有关。与美国相比，恒载标准值相差不大，而活载标准值就有很大差异。从表 1-2 看，美国楼层活载标准值平均比我国大 50%。我国在确定荷载标准值时力求节约，以符合最低要求为出发点。

表 1-2 楼层活载标准值/kPa

国别	住宅	办公室	办公楼大厅	教室	教室走廊	商店	仓库
中国	1.5	1.5	2.0	2.0	2.5	3.5	5.0
美国	1.9	2.4	4.8	1.9	3.8	4.8	≥7.2

荷载分项系数，以恒载标准值 G 和活载标准值 Q 组合后的荷载设计值为例，从表 1-3 可看出，荷载分项系数约低 15%~20%，从而使楼层荷载设计值平均比英美等国低 80% 左右。

表 1-3 恒载和活载分项系数

国 别	荷载设计值
中国	1.2G+1.4Q
美国	1.4G+1.7Q
英国	1.4G+1.6Q