

INTELLIGENT ASSISTANCE
ON URBAN RURAL BUILDINGS EARTHQUAKE DAMAGE TO
PREDICTION AND PRECAUTION FOR GOOD SAFE LIVING

城乡房屋

智能辅助震害预测 和安居设防

杨玉成 / 编著
YANG YUCHENG



上海科学技术出版社

INTELLIGENT ASSISTANCE
ON URBAN RURAL BUILDINGS EARTHQUAKE DAMAGE TO
PREDICTION AND PRECAUTION FOR GOOD SAFE LIVING

城乡房屋智能辅助 震害预测和安居设防

杨玉成 编著
YANG YUCHENG

(中国地震局工程力学研究所)
(IEM.BBS.)

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书共分为五个篇章,分别介绍了编著者研究团队对城市和乡镇房屋的震害、预测、智能辅助决策系统的研究,以及安居设防与安全鉴定的创新驱动和应用历程。共汇集论文 105 篇,其中中文论文 83 篇、英文论文 22 篇。旨在以其震前、震时、震后系统的科技知识和经验,推进防震减灾和抗震救灾的应急功效,守望家国安居,大众生活幸福。

本书可供建筑工程、地震工程、防灾减灾工程、抗震救灾和人工智能专业的师生、技术和管理人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

城乡房屋智能辅助震害预测和安居设防 / 杨玉成编
著. — 上海: 上海科学技术出版社, 2022. 3
ISBN 978-7-5478-5498-3

I. ①城… II. ①杨… III. ①城乡—房屋—智能技术—应用—地震预测—研究 IV. ①P315.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2021)第197370号

城乡房屋智能辅助震害预测和安居设防
杨玉成 编著

上海世纪出版(集团)有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海市闵行区号景路 159 弄 A 座 9F-10F)

邮政编码 201101 www.sstp.cn

印刷

开本 889×1194 1/16 印张 38.25 插页 6

字数 1 200 千字

2022 年 3 月第 1 版 2022 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-5498-3/TU·315

定价: 398.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题, 请向工厂联系调换

序言(一)

在今年的两院院士大会和中国科技协会第十次全国代表大会期间,得知上海科学技术出版社即将出版《城乡房屋智能辅助震害预测和安居设防》论文集,编著者要我为之作序,我很高兴地答应了。我同意为之作序,不只是因为该论文集的主要贡献者杨玉成是我在以前的中国科学院土木建筑研究所(后来更名为中国地震局工程力学研究所)工作中相处跨甲子的老同事,更因为该论文集记录了我国在地震工程领域进步的一个个重要而又坚实的脚步。

杨玉成 1961 年刚从中国科学院力学研究所(北京)调到哈尔滨工作时,是从事核反应堆工程结构力学研究的(曾获全国科学大会奖)。1966 年邢台地震后他转为地震工程研究,一干就是一辈子,一直到退休后,乃至耄耋之年仍然坚持退而不休。他在工程力学研究所任职期间就是所里的一名“拼命”干的富有创新精神的科技英才,他的科研成果在全所也是名列前茅的。由他主持的课题曾获国家科技进步奖 2 项、省部级科技进步奖 6 项,为我国工程抗震做出了重要的贡献。

早年,他多次深入地震现场,致力于地震震害调查和试验研究,为我国积累了大量有价值的第一手震害资料,并建立了数据库,在实际的震害研究中抓住科学线索,通过不断的分析和试验研究,发现并证实了重要的震害规律,揭示了结构地震破坏的机理和结构的抗震性能。

1978 年,杨玉成及其课题组的研究成果“唐山地震多层砖房震害总结和工程抗震分析”得到美国首届访华地震工程代表团的高度重视,认为杨玉成的成果对砖结构抗震有重要的科学价值,并在之后多次邀请他出席国际科学论坛介绍他的成果。

在我国“七五”“八五”期间,国家自然科学基金委员会先后在土木工程领域支持了两个重大项目——“工程建设中智能辅助决策系统的应用研究”(由刘恢先院士和清华大学刘西拉教授主持)和“城市与工程减灾基础研究”(由胡聿贤院士和我主持),在这两个重大研究项目中,杨玉成都是重要子课题的主持人,并且都获得了重大进展,并于 1995 年摘得了国家科技进步二等奖。本论文集就是以此为主要内容加上之后取得的新成果经系统整理编撰而成的。

房屋建筑震害预测始创于 1980 年,杨玉成与其团队将其应用于河南安阳,1987 年荣获国家科技进步三等奖。震害预测研究在我国前后持续了 40 年,经过我国科技工作者与工程师们锲而不舍的长期努力,获得了一批重要的成果,并已经在多次地震中得到了印证。震害预测也已经成为地震工程领域中的一个具有明显中国特色的重要科学分支。论文集的出版也必将会大大地丰富地震工程科学的内容。

中国工程院院士
中国地震局工程力学研究所名誉所长
谢礼立

2021 年 6 月 14 日辛丑年端午

序言(二)

十分高兴能有机会向读者推荐这本在土木工程和结构工程领域里与人工智能、知识工程相关的珍贵的论文集,它不但记叙了从1987年开始在国家自然科学基金委等八个部局委的联合资助下启动的当时国内第一个重大基金项目“工程建设中智能辅助决策系统的应用研究”(刘恢先、刘西拉负责主持)的立项背景,系统概括了220名科技人员在统一的工作思路指导下经历五年(1987—1992年)努力的丰硕研究成果,而且还介绍了1993年后国家自然科学基金委在“八五”期间的另一个重大项目“城市与工程减灾基础研究”(胡聿贤、谢礼立负责主持)及随后完成的一些相关成果。

这本论文集收录了编著者杨玉成研究员直接参与上述工作的105篇论文,共分五个篇章,其中包括了中文论文83篇、英文论文22篇。从这些论文里可以了解到编著者和他的研究团队对城市和乡镇房屋震害的预测、智能辅助决策系统和安居设防、安全鉴定的创新驱动和应用历程。

杨玉成研究员是我在清华大学土木建筑工程系学习期间的学长,他从事科研工作的风格是我们学习的榜样。首先,他选择的科研方向是紧紧跟随国家发展需要的。自唐山地震发生以来,他一直瞄准城镇建筑的震害和安全不放,几十年不变。其次,他十分重视调查研究,特别重视数据库的建立和完善,紧紧抓住第一性的信息。最后,他积极开展国际交流与合作,学习国际同行的优势和长处。自参加工作以来,杨玉成研究员直接参加和主持完成的课题有20多项,负责主持获奖的国家级项目2项(其中二等奖1项、三等奖1项),负责主持获奖的省部级项目4项(其中二等奖3项、三等奖1项)。由于杨玉成研究员为我国防震减灾事业做出了贡献,1996年5月国家地震局向他从事抗震减灾工作三十年颁发荣誉证书,以此纪念。2019年,他又荣获中共中央、国务院、中央军委授予的庆祝中华人民共和国成立70周年纪念章(2019010585)。

希望大家能喜欢这本论文集,并从中受益。

上海交通大学讲席教授
上海交通大学 BIM 研究中心主任



2021年7月24日

前 言

当前在我国,人工智能技术及其相关专业正如火如荼地发展着。2019年,已有35所高校新设人工智能专业,96所高校新增智能科学与技术专业,而城乡综合防灾减灾、风险预测和安居设防、抗震救灾又是党和政府、人民群众深切关心的。本书基于的城市现有房屋震害预测智能辅助决策系统,在1995年荣获国家科技进步二等奖。这是20世纪八九十年代国家自然科学基金“七五”“八五”重大项目“工程建设中智能辅助决策系统的应用研究”和“城市与工程减灾基础研究”中的研究成果,在当时是先进的、有远见的,具有前沿性。现看其智能技术虽已远远落伍于4G、5G技术,但也有其坚实的研究基础、科技创新的驱动过程,给当代留下的影响历久弥新,是今昔皆有学习和应用价值的。本书特点如下:

其一,坚实的底蕴。从1966年开始,对十多个地震现场的深入调查,为我国积累了大量具有高度科学价值的震害资料,并以16个地点的400多幢房屋的1000多楼层、7万多墙段的大数据与其相关知识,用统计分析方法,创建了震害程度与抗震系数的关系,创新了多层砖房抗裂抗倒双重设防准则的设计思想和二次判别的鉴定方法,具有中国特色,颇受国内外好评。“多层砖房抗震研究”获国家地震局科技进步二等奖,《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023—1995)获建设部科技进步三等奖,由此建立了大数据知识库。

其二,家国情怀驱动创新。1980年,16个单位协同抗震鉴定豫北房屋,痛切唐山震害慎思担当安居设防,将豫北震前抗震鉴定提升,创新为震害预测。“豫北安阳小区现有房屋(多层砖房)震害预测”在1986年获国家地震局科技进步二等奖,1987年获国家科技进步三等奖。

其三,学习中自主创新。1986年夏,编著者赴美与斯坦福大学和加州大学伯克利分校合作研究,初涉专家系统领域,认为美方在用的专家系统外壳并不适用砖结构房屋工程,便自主编写了“多层砌体房屋震害预测专家系统”文件。在美期间修改文件三次,回国后次年形成编程雏形。在国家自然科学基金重大项目“工程建设中智能辅助决策系统的应用研究”中再次修改和充实文件,由硕士生、博士生先后编写汉化运行程序,经雏形一演示一使用一实用商品化。1989年在我国率先创新建立可投入使用的“多层砌体房屋震害预测专家系统”,在1991年获国家地震局科技进步三等奖,两三年间便应用于20多个城市。

其四,在实践中建成智能系统,预测全市房屋的群体震害。编著者团队先后与三门峡、湛江、厦门、太原、无锡等城市抗震办合作,从小城市到中等城市再到大城市的不断实践,创新建成“城市现有房屋震害预测智能辅助决策系统”。该系统1993年获国家地震局科技进步二等奖,并被列为建设部科技成果重点推广项目;1995年获国家科技进步二等奖。

其五,继而衍生应用,不忘初心家国安居设防。研究成果应用到城市抗震防灾规划和减灾对策,践行抗裂抗倒双重设防准则和现役房屋的抗震鉴定与其加固,创新抗震决策分析。建立试验数据知识的抗震模糊集,以汶川地震震害再论抗震抗倒设计,旨在实现“大震不倒”的安居工程。关联多灾种的综合防灾减灾、特种石化工程和极端生态环境的风险评估灾害防御,在震灾现场抗震救灾时进行损失评估和开创地震现场建筑物安全鉴定的先河,以及为丽江古城重建对策按原样修复发声。主编国标《地震现场工作第二部分:建筑物安全鉴定》(GB 18208.2—2001),进入21世纪实施至今,该国标2018年被列为中国地震局防震减灾科技成果一等奖的地震现场调查评估工作技术标准体系内容之一。

其六,纳新和兼听。在本书编写伊始,编著者于2019年暑回工程力学研究所,得到时任所长孙柏涛研究员

的支持,容编著者在其研究团队 21 世纪发表的论文中纳新,秋冬与老伴在上海图书馆又查阅有关文献,以此遴选融合为震害预测和地震现场安全鉴定的发展现状。尤要诉说,早年编著者研究团队在砖、土、木结构方面的抗震知识和试验研究成果,当今正适合新农村建设的应用。还兼听到前任所长齐晓斋的建议,将国际地震工程权威 Housner 教授在《从地震(大的试验)中学习》中赞誉我国砖房抗震的图文和中国地震工程祖师爷——刘恢先院士亲自写的《砖结构模型试验》纲要作为敬重文献,以示震害调查和试验研究是地震工程中的两大要点,也示在我国砖结构抗震中的重要性。

本书内容分为五个篇章,汇集论文 105 篇,其中中文论文 83 篇、英文论文 22 篇。通过每篇章的开篇言和这些论文,可了解到编著者研究团队对城市和乡镇房屋的震害、预测、智能辅助决策系统的研究,以及安居设防与安全鉴定的创新驱动和应用历程。旨在以其震前、震时、震后系统的科技知识和经验,推进防震减灾和抗震救灾的应急功效,守望家国安居,大众生活幸福。

第一篇章 基础研究——地震震害调查和抗震性能试验,汇集论文 29 篇。开篇言介绍了建立大数据知识库的底蕴,包括:震害调查学习地震知识;统计分析创新抗裂抗倒双重设防准则多层砖房抗震研究获奖;国际地震工程界关注我国砖房抗震知识;探索机理静动试验重现震害现象;基底砂层隔震试验研究和应用;振动台模型地震模拟试验研究。

第二篇章 主题研究——家国情怀,合作和创新震害预测,汇集论文 22 篇。开篇言为创新震害预测的回顾,包括:起因——初心安居设防;非议——逆境我行我素;三足鼎立——获国家科技进步奖;震害预测加抗震决策分析;国际关注——中美国际合作研究。

第三篇章 专家系统——学中创新,预测房屋震害专家系统,汇集论文 10 篇。开篇言介绍了创建我国首个房屋震害预测智能化的历程,包括:中美合作研究赴美初涉专家系统;国家重大项目研究中建成专家系统;研究历程,雏形—演示—使(试)用—实用商品化;多层砌体房屋震害预测专家系统获奖。

第四篇章 智能辅助决策系统——践行“小—中—大”城市,汇集论文 19 篇。开篇言介绍了城镇房屋震害预测智能辅助系统的功能,包括:建立数据库,房屋由单体分类到多元检索;预测单体震害关系知识库到城市群体震害专用知识库;开发搜索技术识别高危害和动态减灾;评双 A 第一,获国家科技进步二等奖;智能系统的先进性和适用性。

第五篇章 衍生应用——不忘震害预测初心,安居设防,汇集论文 25 篇。开篇言介绍了震害预测的衍生应用,推进应急管理体系和能力的现代化,包括:城市抗震防灾规划和抗震减灾对策;抗裂抗倒设计和抗震鉴定加固安居决策;城市与工程多灾种综合防灾减灾研究;特种化工设备、极端生态环境的安全风险评估;地震现场的损失评估和建筑物安全鉴定、城镇重建对策;编制国标《地震现场工作第二部分:建筑物安全鉴定》,2018 年列入获奖体系。

特编录两篇敬重文献:① G.W. Housner 的《从地震(大的试验)中学习》(*Learning from Earthquake—Great Experiment*),陈达生译(摘录);② 刘恢先的《砖结构模型试验》纲要(1977 年 1 月 1 日),以及其 77 岁高龄亲临模拟实验室指导工作的照片(1989 年冬)。感谢主持“七五”“八五”重大项目的负责人谢礼立院士和刘西拉教授写了序言(一)、(二),为本论文集评述和推荐。

期望本书的出版对建筑工程、地震工程、防灾减灾工程、抗震救灾和人工智能专业的学科建设和管理及其人才的培养,对推进应急管理的科学化、专业化、智能化、精细化建设,对推进城乡房屋和工程震害预测、动态减灾和抗震韧性安居设防,具有积极意义和现实作用。

杨玉成

目 录

第一篇章 基础研究 地震震害调查和抗震性能试验

1-0	开篇言 建立大数据知识库的底蕴	3
1-1	唐山地震多层砖房震害总结和工程抗震分析 杨玉成 杨 柳 高云学 朱玉莲 杨雅玲 刘一威 李玉宝	8
1-2	唐山地震多层砖房震害与强度的关系 杨玉成 杨 柳 高云学 朱玉莲 杨雅玲 李玉宝 刘一威	43
1-3	多层砖房抗裂抗倒设计地震荷载系数的统计分析	杨玉成 杨 柳 53
1-4	在阳江地震中多层砖房的震害及其地震荷载系数的反算(概要).....	民用建筑抗震组 61
1-5	多层砖房的震害统计	邬天柱 杨玉成 71
1-6	多层砖房的震害现象和震害特征	杨玉成 杨 柳 高云学 80
1-7	多层砖房的震害概率	杨玉成 杨 柳 高云学 杨雅玲 139
1-8	寒冷地区砖结构房屋地震破坏特征和减轻震害的措施	高云学 杨玉成 143
1-9	冻土层对多层砖房动力特性的影响(概要).....	邱玉洁 杨玉成 刘鸿绪 145
1-10	农村建筑抗震综述	杨玉成 146
1-11	土窑洞在中强地震中的抗震性能(附:山区民居抗震范例).....	杨 柳 杨玉成 149
1-12	足尺砖房模型抗震性能的试验研究	陈懋恭 夏敬谦 杨玉成 丁世文 张培珍 等 153
1-13	砖墙体抗剪强度试验结果的统计分析(概要).....	杨玉成 杨雅玲 楼永林 周炳章 158
1-14	设有隔震砂层的砖房模型振动台试验	高云学 杨玉成 白玉麟 吴沛云 159
1-15	振动台地震模拟试验输入波的选择和结论的真伪	杨玉成 陈新君 162
1-16	七层钢筋混凝土异型柱支撑框架结构模型振动台试验研究 杨玉成 黄浩华 孙景江 陆锡蕾 等	166
1-17	无腹杆钢筋混凝土拱型屋架单层厂房振动台模型试验研究	杨玉成 李亦斌 陈新君 171
1-18	砖住宅楼系列模型地震模拟试验设计——多层砖房抗震性能三向振动台试验研究之一 杨玉成 崔 平 杨 健 陈新君 杨雅玲	178
1-19	抗震设防的六层砖房模型振动台破坏试验	杨玉成 杨 健 崔 平 杨雅玲 184
1-20	西藏高烈度区农牧民安居工程中的试验数据知识和抗震模糊集 陈 珊 孙柏涛 杨玉成	191
1-21	构造柱圈梁抗震体系砌体平房振动台试验研究	周 强 陈 珊 孙柏涛 杨玉成 197
1-22	The Analysis of Damage to Multistory Brick Buildings During the Tangshan Earthquake Yang Yucheng Yang Liu Gao Yunxue Zhu Yulian Yang Yaling Li Yubao Liu Yiwei	199
1-23	Behaviour of Brick Masonry Buildings During Destructive Earthquakes Liu Huixian Yang Yucheng	203

1-24	Empirical Relationship Between Damage to Multistory Brick Buildings and Strength of Walls During the Tangshan Earthquake	Yang Yucheng	Yang Liu	211
1-25	Experimental Research on Model Brick Building by Shaking Table	Gao Yunxue	Yang Yucheng Bai Yulin Song Xueyun	217
1-26	Earthquake Damage and Aseismic Measure of the Earth Buildings in the Contemporary China (Introduction)	Yang Yucheng	Yang Liu	223
1-27	The Conceptual Analysis of Vulnerable Structures to Survive Severe Earthquakes	Chen Dan	Yang Yucheng Li Li	224
1-28	Earthquake Damage to Brick Buildings and Its Mitigation in Cold Region (Abstract)	Gao Yunxue	Yang Yucheng Tan Yingkai	233
1-29	Earthquake Damage to and Aseismic Measures for Earth-Sheltered Buildings in China	Yang Yucheng	Yang Liu	234

第二篇章 主题研究

家国情怀,合作和创新震害预测

2-0	开篇言 创新震害预测的回顾			245
2-1	现有多层砖房震害预测的方法及其可靠度	杨玉成	杨柳 高云学 杨雅玲 陆锡蕾 杨桂珍	247
2-2	安阳市北关小区多层砖房的震害预测	杨玉成	杨柳 高云学 杨雅玲 杨桂珍 陆锡蕾	253
2-3	安阳小区现有房屋震害预测科研成果通过鉴定	会务组报道	杨玉成执笔	257
2-4	豫北安阳小区现有房屋震害预测	杨玉成	等	259
2-5	辽宁三市典型多层砖住宅抗震性能评定和震害预测	陈金华	杨柳 王敏权 苏志奇 杨雅玲 杨玉成	267
2-6	京津唐多层砖住宅震害概率预测	杨柳	杨玉成 杨雅玲 高云学	269
2-7	我国震害预测研究的进展概况	杨玉成		273
2-8	航空部兰州多层砖房的震害预测	杨柳	高云学 杨玉成 杨雅玲	275
2-9	现有建筑物的抗震决策分析	杨玉成		278
2-10	现有建筑物的震害预测和抗震决策分析	杨玉成		283
2-11	关于建筑体型和立面处理的若干抗震问题	杨玉成	杨柳 高云学 陆锡蕾	287
2-12	震害预测研究	杨玉成		290
2-13	多层砌体房屋震害预测	杨玉成		302
2-14	房屋震害预测	杨玉成		309
2-15	建筑震害预测方法研究(概要)	王开顺	杨玉成	314
2-16	Prediction of Earthquake Damage to Existing Buildings in Anyang, Henan Province	Yang Yucheng et al.		316
2-17	Prediction of Earthquake Damage to Existing Brick Buildings in China	Yang Yucheng	Yang Liu Gao Yunxue Yang Yaling	324
2-18	Prediction of Damage to Brick Buildings in Cities in China	Yang Yucheng	Yang Liu	330
2-19	Effect of Configuration of Buildings on Earthquake Resistance and Its Management	Yang Yucheng	Yang Liu Gao Yunxue Lu Xilei	337
2-20	Progress of Research and Application on Prediction of Damage to Existing Buildings(Scheme)	Liu Huixian	Research Team Yang Yucheng	344

2-21	Prediction of Damage to Multistory Brick Buildings (Abstract)	Yang Yucheng	346
2-22	Aseismic Decision Analysis of Existing Buildings (Scheme)	Yang Yucheng	347

第三篇章 专家系统

学中创新,预测房屋震害专家系统

3-0	开篇言 多层砌体房屋震害预测智能化的历程		351
3-1	多层砌体房屋震害评估系统雏形及其在美国的应用	杨玉成	353
3-2	多层砌体房屋震害预测专家系统 杨玉成 杨丽萍 杜瑞明 李大华 杨雅玲 高云学 董伟民 Howard Thurston		357
3-3	投入使用的多层砌体房屋震害预测专家系统 PDSMSMB-1 杨玉成 李大华 杨雅玲 王治山 杨 柳		360
3-4	PDSMSMB-1 多层砌体房屋震害预测专家系统的应用(概要) 杨玉成 李大华 杨雅玲 王治山 杨 柳		365
3-5	太原市居住建筑的单体震害预测	杨玉成 赵 琨	366
3-6	多层砌体房屋震害预测专家系统的研究和应用	杨玉成	370
3-7	震害预测专家系统(概要)..... 杨玉成 杨雅玲 王治山 李大华 杨 柳		376
3-8	砖房的震害经验及其应用	蓝贵禄 杨玉成	377
3-9	An Expert System for Predicting Earthquake Damage to Urban Existing Buildings Yang Yucheng et al.		382
3-10	An Expert Evaluation System for Earthquake Damage Yang Yucheng Wang Z. Yang Yaling Yang L.		388

第四篇章 智能辅助决策系统

践行“小一中一大”城市

4-0	开篇言 城镇房屋震害预测智能辅助系统的功能		395
4-1	城市震害预测中的房屋数据库	杨雅玲 杨玉成	398
4-2	用人-机系统方法预测三门峡市现有房屋震害、人员伤亡和直接经济损失 杨玉成 杨雅玲 王治山 吕秉志		402
4-3	湛江市现有房屋震害预测及其人员伤亡和直接经济损失估计(概要) 杨玉成 杨雅玲 王治山 杨 柳		409
4-4	厦门市现有房屋震害预测和潜势分布(概要) ... 杨玉成 杨雅玲 王治山 杨 柳 高云学 等		410
4-5	太原市现有房屋建筑的总体震害预测和损失估计(概要) 杨玉成 杨雅玲 王治山 林学东 郑 鹤 赵 琨		411
4-6	城市震害预测高危害房屋类型和高危害小区的搜索技术	王治山 杨玉成 杨雅玲	416
4-7	城市现有房屋震害预测智能辅助决策系统	杨玉成 王治山 杨雅玲 李大华 杨 柳	420
4-8	房屋建筑群体震害预测方法	杨玉成 王治山 杨雅玲 李大华 杨 柳	426
4-9	对震害预测指标体系的建议	杨玉成	430
4-10	城市现有建筑物震害预测与防御对策专家系统——知识工程的建造和系统的应用 杨玉成 杨雅玲 王治山 李大华 杨 柳		434
4-11	城市现有建筑物震害预测与防御对策系统的研究与应用	杨玉成	438
4-12	专家系统在国际地震工程中的应用	杨玉成 赵宗瑜 杨 柳	441

4-13	房屋震害预测图形智能系统的结构模块设计和在鞍山市示范小区中的实现	王治山	杨雅玲	杨玉成	445						
4-14	图形信息智能系统在沈阳铁西小区房屋震害预测中的应用(概要)	王治山	杨玉成	杨雅玲	李国华	万木青	陈沈来	程洁	贺富春	杨栋	447
4-15	群体震害的快速预测法	陈有库	谢礼立	杨玉成	448						
4-16	设防城市的房屋预测震害矩阵与其应用	杨雅玲	杨玉成	452							
4-17	Knowledge-Based System for Evaluating Earthquake Damage to Buildings	Yang Yucheng	Yang Yaling	Wang Zhishan	Li Dahua	Yang Liu	456				
4-18	Research and Practice of Knowledge-Based System for Predicting Earthquake Damage to Urban Buildings and Its Fortifying Countermeasures	Yang Yucheng	464								
4-19	Man-Computer System for Prediction of Earthquake Damage to Existing Buildings in a City	Yang Yucheng	Wang Zhishan	Yang Yaling	468						

第五篇章 衍生应用

不忘震害预测初心,安居设防

5-0	开篇言 智能辅助震害预测的衍生应用推进抗震防灾救灾现代化	477								
5-1	安阳市城市抗震防灾规划通过评审	杨玉成	480							
5-2	三门峡市抗震防灾基础工作研究及在城市建设中的作用(含专家评审意见)	杨玉成	吕秉志	481						
5-3	克拉玛依石油城防御地震灾害的工程对策	王玉田	(杨玉成协助起草)	485						
5-4	城市抗震减灾对策	杨玉成	489							
5-5	鞍山市城市综合防灾研究实施方案和系统框图	杨玉成	杨雅玲	王治山	张志远	苏志奇	陈金华	505		
5-6	城市与工程防灾减灾的冗余理论以及鞍山市防灾投入的重点	杨玉成	杨雅玲	武力军	509					
5-7	城市综合防灾的结合点和在鞍山市的示范研究(摘要)	杨玉成	王治山	杨雅玲	张志远	苏志奇	陈金华	512		
5-8	鞍山市城市综合防灾系统的示范研究知识工程总体设计(摘要)	杨玉成	王治山	杨雅玲	杨柳	张志远	戴盛斌	苏志奇	陈金华	513
5-9	鞍山市城市火灾减灾信息研究(概要).....	杨雅玲	杨玉成	王治山	张志远	514				
5-10	鞍山市区岩溶分布基本规律及其潜在灾害防治的初步探讨和小结(概要)	戴盛斌	杨玉成	张志远	515					
5-11	设防城市的房屋震害统计和预测震害矩阵与其在鞍山市的应用	杨玉成	杨雅玲	516						
5-12	论多层砖砌体住宅楼的抗倒设计——汶川地震映秀镇漩口中学宿舍楼震害探究	杨玉成	孙柏涛	520						
5-13	乡镇中小学校舍抗震抗倒安居安学设防目标——汶川地震北川擂鼓镇中小学校舍震害 原因探究	孙柏涛	周强	杨玉成	531					
5-14	用新标准实施房屋建筑的抗震鉴定	杨玉成	陈新君	李亦斌	杨雅玲	陈友库	林学东	杨柳	赵宗瑜	538
5-15	加层房屋的抗震安全鉴定	黄巍	常新安	杨雅玲	朱广萍	陈新君	杨玉成	543		
5-16	新疆石油管理局乌鲁木齐明园地区房屋建筑的抗震鉴定和震害预测	杨玉成	杨雅玲	陈友库	林学冬	周四骏	赵宗瑜	王燕	545	
5-17	三座 18 墙宿舍不同加固措施的抗震效益和经济比较	陆锡蕾	杨玉成	杨柳	549					

5-18	独山子石化总厂炼油厂炼化生产装置抗震鉴定、震害预测与灾害防御研究(概要)	杨玉成 罗奇峰 曹炳政 杨树龙 周四骏 孙景江	552
5-19	石化设备抗震抗风动力性能分析和安全性鉴定	杨树龙 曹炳政 罗奇峰 杨玉成 孙景江	553
5-20	石化设备系统的动力相互影响分析	曹炳政 罗奇峰 杨玉成	558
5-21	在极端环境中砌体结构的抗裂研究	杨玉成 杨雅玲 陈有库 赵宗瑜 王治山	562
5-22	地震现场建筑物安全性鉴定[摘录:丽江地震考察记录(1996)]	杨玉成	566
5-23	1996年2月3日云南丽江7.0级地震丽江县城震害统计和损失评估	杨玉成 袁一凡 郭恩栋 柳春光 杨雅玲	571
5-24	Statistics of Damage and Evaluation of Losses for Lijiang County Town in the Earthquake of February 03, 1996(Conclusion)	Yang Yucheng Yuan Yifan Guo Endong Liu Chunguang Yang Yaling	578
5-25	Existing Building Classification System (Schema)	Yang Liu	579
	结语		581

附 录

附录 1	敬重文献		587
	从地震(大的试验)中学习(译文摘录)	G.W. Housner	587
	砖结构模型试验和试验现场指导	刘恢先	590
	砖结构模型试验(大纲)	刘恢先	591
附录 2	刘恢先研究课题组研究报告集(1984—1988)		592
	《地震危险性分析与现有房屋震害预测》前言、论文目录		592
附录 3	杨玉成研究团队新疆十八年(1992—2009)完成 22 项任务清单目录		597

第一篇章 基础研究

地震震害调查和抗震性能试验

1-0	开篇言 建立大数据知识库的底蕴	3
1-1	唐山地震多层砖房震害总结和工程抗震分析	8
1-2	唐山地震多层砖房震害与强度的关系	43
1-3	多层砖房抗裂抗倒设计地震荷载系数的统计分析	53
1-4	在阳江地震中多层砖房的震害及其地震荷载系数的反算(概要)	61
1-5	多层砖房的震害统计	71
1-6	多层砖房的震害现象和震害特征	80
1-7	多层砖房的震害概率	139
1-8	寒冷地区砖结构房屋地震破坏特征和减轻震害的措施	143
1-9	冻土层对多层砖房动力特性的影响(概要)	145
1-10	农村建筑抗震综述	146
1-11	土窑洞在中强地震中的抗震性能(附:山区民居抗震范例)	149
1-12	足尺砖房模型抗震性能的试验研究	153
1-13	砖墙体抗剪强度试验结果的统计分析(概要)	158
1-14	设有隔震砂层的砖房模型振动台试验	159
1-15	振动台地震模拟试验输入波的选择和结论的真伪	162
1-16	七层钢筋混凝土异型柱支撑框架结构模型振动台试验研究	166
1-17	无腹杆钢筋混凝土拱型屋架单层厂房振动台模型试验研究	171
1-18	砖住宅楼系列模型地震模拟试验设计——多层砖房抗震性能三向振动台试验研究之一	178
1-19	抗震设防的六层砖房模型振动台破坏试验	184
1-20	西藏高烈度区农牧民安居工程中的试验数据知识和抗震模糊集	191
1-21	构造柱圈梁抗震体系砌体平房振动台试验研究	197

1 - 22	The Analysis of Damage to Multistory Brick Buildings During the Tangshan Earthquake	199
1 - 23	Behaviour of Brick Masonry Buildings During Destructive Earthquakes	203
1 - 24	Empirical Relationship Between Damage to Multistory Brick Buildings and Strength of Walls During the Tangshan Earthquake	211
1 - 25	Experimental Research on Model Brick Building by Shaking Table	217
1 - 26	Earthquake Damage and Aseismic Measure of the Earth Buildings in the Contemporary China (Introduction)	223
1 - 27	The Conceptual Analysis of Vulnerable Structures to Survive Severe Earthquakes	224
1 - 28	Earthquake Damage to Brick Buildings and Its Mitigation in Cold Region (Abstract)	233
1 - 29	Earthquake Damage to and Aseismic Measures for Earth-Sheltered Buildings in China	234

— 1-0 开篇言 —

建立大数据知识库的底蕴

抗裂抗倒统计分析,重现震害现象,探索破坏机理和减灾措施。

1. 震害调查学习地震知识

20世纪六七十年代是我国的地震高发期,十年间发生破坏性地震7级七次、6级四次、5级多次(《多层砖房的地震破坏和抗裂抗倒设计》,地震出版社,1981年,1-43)。

(1) 1965年乌鲁木齐6.7级地震。乌鲁木齐是中华人民共和国成立以来第一个遭受破坏性地震的大城市。在国家科委的组织下,中国科学院土木建筑研究所去当地调查震害两次(邢台地震前后),该市房屋在1949年10月前主要是土木平房,20世纪50年代初始建多层砖房,震害统计有千余幢。后参与调研的骨干相继离所,将所有原始调查资料(逐幢填写的表格、照片底片、设计图和总报告)交给我组保存使用。总报告未刊印,因刘恢先所长两问未解:一是多层砖房新建的为何比旧的破坏严重;二是邢台砖房比土房震害轻而乌鲁木齐却相反。我们在80年代做新疆石油局乌鲁木齐房屋震害预测和振动台模型试验时才得解:一是从新疆石油局档案资料中找到1950年俄文设计图,旧多层砖房是按苏联规范7度地震烈度设防的,其后新建的都未设防;二是两地土质不同,更主要的是新疆戈壁土上的地震记录频谱分析卓越段在多层砖房频段。这两点是预测震害极为有用的知识。

(2) 1966年2月东川6.5级地震。东川是1958年新建的抗震设防工矿城市,但民用建筑未设防,多层砖房70%被破坏。东川地震调查资料也交给我组保存使用。

(3) 1966年3月邢台6.8级和7.2级地震。其是中华人民共和国成立以来首个大震,数以百万计的土平房(表砖里坯和土坯墙)在震中地震烈度9、10度区几近全倒毁,7、8度区破坏严重,近半数倒塌。县城中的砖平房和数量很少的多层砖房震害轻得多。震害调查原始资料失传。1968年会同北京房管局考察震区

抗震加固措施。

(4) 1969年阳江6.4级地震。震后由国家地震局和建委抗震办公室组队调查震害,历时两个月。次年夏秋,由建委抗办陈寿梁带队再做深入调研和指导重建家园。在震中乡镇深受欢迎,老乡贴标语横幅感谢中央政府关怀派人前来。两次亲历酷暑做调查,我们所调查民用建筑和建研院工业建筑,分编两份报告集。研究报告《在阳江地震中多层砖房的震害及其地震荷载系数的反算》首次建立起震害和砖墙体强度的关系(见本书1-4文)。

(5) 1970年通海7.7级地震。首次采用胡先生提出的震害指数评定小区烈度和房屋破坏程度。震区广用穿斗木构架房,其抗震性能知识由刘锡荟、高云学做了分析总结。多层砖房场地影响明显,地震烈度10度区有不倒砖房,9度区建于护城河局部填土上有倒塌砖房。

(6) 1973年炉霍7.9级地震。震区多见两层藏房,底层立木柱易失稳倾斜倒,上层呈木壳不易震坏。

(7) 1974年4月溧阳5.2级地震。该地震发生在经济富裕、人口稠密的苏南地区,是此期间5级震害影响最大的,多层砖房上层多用空斗墙,震害较重,裂后墙体易松散,接连拉裂,外闪倾斜。由于这次地震,国家对那个年代我国广为使用的空斗墙房做出了限制和加强措施。

(8) 1974年5月昭通7.1级地震。这次震害考察很艰辛,在昆明,当地派军用直升机送我们到震区,从抗震救灾大本营出发,每人发一只小背包、一个军用水壶和几块干粮,便挥手送行。我们翻山越岭,用竹竿当作拐杖,过崩塌陡坡常匍匐爬行。到前方宿营地时有股怪气味,早几日赶到的云南地震局同仁说是今早才埋的遇难者发出的。该地震振动频率高,竖向振动强烈。震中山区大滑坡、崩岩,摧毁村庄,房屋所存无几。回到昭通,我体力不支病倒,经请示批准,由大师兄陈达生陪同返京。

(9) 1975年海城7.3级地震。震前有预报,有效

减免了人员伤亡,但房屋建筑仍未幸免。震后就重视研究破坏机理,意图重现震害,减免灾损。震后还接受编写房屋抗震科教片剧本的任务,并陪同峨眉电影制片厂到海城现场拍摄。难得有富余时间,逆向思维考察震害,找未震坏的房子,探究不坏原因和抗震措施。

(10) 1976年4月5日和林格尔6.3级地震。震中烈度8度,震后第四天我们才赶到现场,就扎进土窑洞和简易木架子房查看震损,这一不经意的专业举动,起到了安定灾民情绪的良好作用。军区司令员得知后,对我们大加赞扬,说北京来的同志就是好!因他刚刚才批评过来救灾的人不下汽车、不敢进窑洞是因为怕死!他还邀我们做总结,说要到自治区首府去,给我们吃好睡好补补身子。

土窑洞的抗震安全,国内很关注,国际也很关注,这项工作是我们的责任。震害调查总结着重当地的土窑洞(《土窑洞在中强地震中的抗震性能》见本书1-11文)。后因1985年国际生土建筑学术会议在北京召开,撰写《当代中国生土建筑的地震破坏与抗震措施》,并编入英文集(见本书1-26文)。会后《隧道和地下空间技术》来约稿,1987年在英国发表刊登(见本书1-29文)。为保安居,现今我国对生土房屋的抗震减灾仍甚为关注,从2018年的论文可见,如王飞剑等《窑洞外形特征对结构抗震性能影响研究》、周铁纲等《土坯墙体抗震加固的试验研究》、周强等《江西省既有生土结构房屋抗震性能及加固方法》。

(11) 1976年5月29日云南龙陵地震。连发7.3级和7.4级大震后又发生了五次6级余震。潞西、龙陵两县城房屋的累积震害现象明显。

(12) 1976年7月28日唐山7.8级地震。次年,我们组接受调研唐山大地震中多层砖房震害的任务,总结宏观震害经验知识。同河北省建委合作,《多层砖房的震害统计》和《多层砖房的震害现象和震害特征》(见本书1-5、1-6文)两文编入《唐山大地震震害》巨著。进而,我们着力研究“唐山地震多层砖房震害总结和工程抗震分析”(见本书1-1文)。

(13) 边境民俗地震考察记。1966年,云南绿春地震考察,半个世纪难以忘怀。邢台地震后,云南发生多次5级地震,那年5月,工力所派出两个调查小组,我在边境小组,组长是王承春和丁兆奎。苏师傅开车,抗美援朝的汽车兵,从昆明出发,一路南下,经元江上下高差400多米,就餐夜宿彝族客房。到绿春中越老挝边境城,县长早知我们要到来,介绍民族风俗,派翻

译陪同,让带两匹马和马伙,两支长枪各10发子弹,说震区当地土司不久前才出逃去国外,还可能会遇上毒蛇野兽,要我们注意安全,要理解尊重哈尼族民俗。从县城到震区才百公里路,正在修公路,车行人走两天才到达,一路梯田,刀耕火种,民居简陋,竹木房架,屋中央火盆常燃,烤食煮水,架空阁楼放粮食。我们就住在阁楼上。翻译和马伙夜宿山林。调查走山路又累又干热。有位老伯煮竹筒生鲜茶水给我们,真似甘露,中午也吃竹筒饭。有次来到一家门口见挂剪纸小人,停住脚步问啥意,说这家生小孩,要我们一定要进去,说当地风俗,有客从远方来是好运,大吉大利的。调查回到村公所,必要热水泡脚解乏,晚饭又干又硬有蔬菜,村领导是位彝族中年妇女,有个十来岁男孩,常为我们当翻译,汉族只有两位中专毕业分配来的,一位卫生所女护士,一位生产指导兼会计,都喜欢打篮球。去绿春一个多月回到昆明,再到北京工作站,正好赶上周总理接见中科院,我们也有幸进了中南海见到周总理。

2. 统计分析创新抗裂抗倒双重设防准则,多层砖房抗震研究获奖

将从唐山大地震现场学习到的知识,建立起多层砖房震害数据库,进而着力计算房屋墙段的抗震强度系数,分析与震害的统计关系。当将计算值在图上标出了多层砖房不同烈度区墙段抗震强度系数与开裂的一一对应关系,以及高烈度区楼层墙体平均抗震强度系数与倒塌的对应关系,看到裂与不裂、倒与不倒的两条分界线,研究人员兴奋地得到了抗裂临界值 K_0 和抗倒临界值 K_{i0} ,还可算其可靠度,从而提出了多层砖房抗震设计抗裂抗倒双重设防准则,并探讨了多层砖房抗震设计地震荷载和地震动强度的关系。据此编写了《唐山地震多层砖房震害总结和工程抗震分析》(中国科学院工程力学研究所研究报告,1978年5月,见本书1-1文)。该报告为本书的首篇,以示其重要,也是《多层砖房的地震破坏和抗裂抗倒设计》专著成书的主要内容。该报告的核心内容为“唐山地震多层砖房震害和强度的关系”,1981年发表在《地震工程与工程振动》第1卷第1期(见本书1-2文)。还将乌鲁木齐、东川、阳江、通海、海城等地震中多层砖房震害与砖墙体的抗震强度系数,同唐山大地震的墙体抗震强度系数与震害关系统计在一起,共415幢1053楼层70015墙段,汇总为《多层砖房抗裂抗倒设计地震荷载系数的统计分析》,论文发表在土木工程学报1982年

3月刊(见本书1-3文)。

多层砖房抗震研究成果在工程中得到广泛应用。专著《多层砖房的地震破坏和抗裂抗倒设计》售完12000册,地震出版社又再版。《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023—1995)在初审时,“多层砌体房屋”一章被评为国内领先、国际先进,要求别章也按此章修改,采用二级鉴定。该国标获建设部科技进步三等奖(杨玉成位列第二)。

在学术上,借以多层砖房抗震研究成果, $\lg \Delta - \lg k_0$, 呈现线性,地震各烈度区的 K_0 和 K_{10} 有区间和期望值,佐证着刘恢先所长在“砖结构模型试验”中提出的两个学术观点:①证明破坏程度与地面运动峰值的对数成正比;②证明破坏程度有无阶梯性的阈值。

“多层砖房抗震研究”项目具有中国特色,水平先进,在国内外颇受好评。1983年获国家地震局(省部级)科技进步二等奖(杨玉成、杨柳、高云学、朱玉莲、杨雅玲、石兆吉)。

3. 国际地震工程界关注中国砖房抗震知识

1978年,美国地震工程访华团来工程力学所进行学术交流。会上我做了“唐山地震多层砖房震害总结和工程抗震分析”的报告,胡先生中译英还做解释。美国代表团将其列为最感兴趣、有价值的研究之一,团长国际地震工程权威 G.W. Housner 在五年之后的1983年7月29日东京召开的国际地震工学会上的报告“Learning from Earthquake—Great Experiment”中还称赞这是一个很好的例子,大段引述我们的研究成果。陈达生译为《从地震(大的实验)中学习》(《国外地震工程》,1984年第5期,见本书附录1敬重文献摘录)。

1978年11月,在罗马尼亚召开的东南欧工程师协会地震区建筑物的抗震保护会邀请刘恢先所长,他委派大组长陈懋恭去做报告《The Analysis of Damage to Multistory Brick Building During the Tangshan Earthquake》(见本书1-22文)。我请老陈署上名,答不用。

1980年6月,在南斯拉夫召开的地震工程国际研讨会,命题《Behaviour of Brick Masonry Buildings During Destructive Earthquakes》(见本书1-23文)。该会邀请刘恢先所长,他委派副所长章在墉赴会,英文稿是刘所长亲自所写,中文题名《破坏性地震中砖砌体房屋性状》中的“性状”一词为刘所长考虑再三才定下的。

1980年9月,在土耳其召开的第七届世界地震工程会议上,我们投稿《Empirical Relationship Between Damage to Multistory Brick Buildings and Strength of Walls During the Tangshan Earthquake》(见本书1-24文)。会务组邀杨玉成为专业组人员。

我们课题组的报告得到美国代表团的好评,还出版成书,又在国际学术会议上连发三篇论文。我们组的同志挺有成就感的,所里省里还给了我们组先进集体荣誉,我们深怀敬意,由衷感谢。是刘所长督导正确立论,胡先生进行学术指导,开启国际交流,地震局和建委的领导给予信任和扶持,所内外合作同志共同努力付出和协助。抗震强度是室主任朱继澄发动全室帮我们算的,还教我们分篇发表,宋雅桐指明大数据的重要应写出数值,微机计算是李玉宝帮我们编程的。英文论文是请门福禄先生、卢荣俭先生和王新颖女士中译英的。我们还要感激花精力挑我们毛病的同仁,促进我们再提高、要谨慎。

4. 探索机理静动试验重现震害现象

1) 静力试验

自海城地震开始,针对砖房的震害现象,科研、教学、设计等多个单位投入破坏机理的探索试验,初期的静力试验却都难以实现。直到1976年,我主持设计建造了一组4个足尺模型二层小楼,终于实现了震害重现:斜裂缝,主拉应力剪切破坏。其后我去唐山调研多层砖房震害,陈懋恭大组长带领20多人用近两年完成这组试验,夏敬谦做了深入分析。“砖房抗震性能的足尺模型试验研究”(见本书1-12文)于1986年获国家地震局科技进步三等奖(杨玉成位列第三)。

砖房的抗震能力很大程度取决于砖墙体的抗震强度,1983年《工业与民用建筑抗震设计规范》修订组搜集了国内有关单位的试验资料,我方会同辽宁省建筑科研院所和北京市建筑设计院,选取试验条件类同的9个单位100个试件为样本做了统计分析,发现尺寸影响不容忽视,(向胡先生请教得到肯定后)得出修正的经验公式。1984年在第一届全国地震工程会议上汇报了《砖墙体抗剪强度试验结果的统计分析》研究成果(见本书1-13文)。

2) 动力试验

砖房振动台试验研究是在刘所长亲自指导、指令下进行的。元旦过后一上班,刘所长打电话叫我去,进他办公室就叫我坐下,从公文包中拿出一页纸给我,说这是元旦晚上写的,看看有啥问题再找