

• 土木工程学术前沿丛书 •

华东交通大学教材（专著）基金资助项目

ZHUANQITI FANGWU
WAITAO JIEGOU JIACENG GAIZAO JISHU

高剑平 编著



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

砖砌体房屋外套结构加层改造技术

高剑平 编著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

砖砌体房屋外套结构加层改造技术 / 高剑平编著.
—成都: 西南交通大学出版社, 2010.4
(土木工程学术前沿丛书)
ISBN 978-7-5643-0649-6

I. ①砖… II. ①高… III. ①砖结构: 砌体结构: 房屋结构—改造 IV. ①TU746.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 071901 号

砖砌体房屋外套结构加层改造技术

高剑平 编著

责任编辑 张 波

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蜀通印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 170 mm×230 mm 印张: 8.625

字数: 153 千字

2010 年 4 月第 1 版 2010 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0649-6

定价: 25.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

随着我国经济建设的快速发展，城市土地资源越来越紧张，而对建筑物的空间和功能要求却越来越高。近年来，既有房屋加层改造以其独特的技术经济优势在全国各地方兴未艾。既有房屋加层改造对缓解城市建设用地紧张、改善人民居住条件，都具有现实意义，是适合我国国情和经济技术条件的一项利国利民的城市建筑改造方案，也是非常有发展前途的建筑技术。

砖砌体房屋整体式外套加层结构，作为工程实践中经常采用的加层结构形式之一，由于缺乏深入系统的试验研究和理论分析，《砖混结构房屋加层技术规范》（CECS78：96）暂不推荐采用。由于设计上无章可循，不但给建在地震区的此类加层改造工程留下安全隐患，也妨碍了其推广应用。因此，以其抗震性能、计算模型、抗震设计方法等为核心的一系列问题亟待解决。

本书结合作者近年来的研究，介绍砖砌体房屋外套结构加层的最新研究进展、加层房屋的鉴定和设计、分离式和整体式外套加层改造技术，以及技术经济分析方法等。对于研究和工程实践具有一定的参考价值，可作为专业技术人员的参考书，也可作为结构工程专业研究生的参考书。

因作者水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，请读者批评指正。

作 者

2010年4月于华东交通大学

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 既有房屋加层改造的意义	1
1.2 国内外房屋维修改造研究现状和工程实践	2
1.3 既有房屋加层的研究现状	11
第 2 章 既有房屋鉴定设计原则	17
2.1 既有房屋加层分类	17
2.2 既有房屋加层可行性分析	20
2.3 既有砌体房屋加层鉴定和设计原则	21
2.4 地震设防区加层房屋适用的鉴定和设计标准问题探讨	26
2.5 外套结构加层抗震概念设计	29
第 3 章 分离式外套结构加层技术	32
3.1 分离式外套结构加层方案	33
3.2 双肢柱空腹桁架分离式外套结构加层方案对比分析	39
3.3 双肢柱不等节间叠层空腹桁架结构 Pushover 分析	45
第 4 章 砖砌体房屋整体式外套结构加层技术	52
4.1 砖砌体房屋整体式外套结构加层方案	52
4.2 砌体结构整体式外套结构加层计算模型	55
4.3 新旧结构连接构造方式	59
4.4 砖混结构整体式外套框架加层模型振动台试验研究	64
4.5 砖混房屋整体式外套框架加层结构动力特性有限元分析	81
4.6 建议抗震设计方法	89
4.7 加层改造工程实例	102
第 5 章 既有房屋加层技术经济分析方法	108
5.1 加层方案及其评判准则	109
5.2 适用于房屋加层项目方案评价的方法	110
5.3 工程算例	119
5.4 既有房屋改造方案决策	124
参考文献	130

第1章 绪 论

1.1 既有房屋加层改造的意义

城市的老化和衰退是一种自然的经济规律和历史现象，在城市的发展过程中不可避免。随着人口增长和规模扩大，合理的城市环境容量被突破，致使城市超负荷运转，整体机能下降，导致城市功能性衰退；随着时间的推移，建筑物和设施超过其使用年限，变得陈旧、破损、腐朽，致使城市自然老化。在我国经济迅速发展的今天，城市的结构性和功能性衰退将日益成为我国旧城改造的关键。综合改造不是推倒重建，这既不经济也不现实，而是立足于现有条件，新建与改造并重。

现阶段我国处于新建与加固改造并重的阶段。随着经济社会的发展，加之我国人口众多，土地资源十分紧张，主要存在以下几点突出的矛盾：

- (1) 人口数量的增长与耕地日益减少形成尖锐的矛盾；
- (2) 我国城市建设中拆旧建新的浪费现象严重；
- (3) 城市建设给周边生态环境造成严重的污染。

基于上述社会和城市发展过程中面临的诸多问题，无论从保护耕地和生态环境的角度考虑，还是从节约投资、尽快解决公用及民用基础设施紧张的角度出发，在既有建筑上加层，通过旧房加层增加使用面积是缓解我国现阶段面临的诸多矛盾的一条切实可行的途径。对旧房进行加层改造既可以增加建筑的使用面积，又可以改善房屋的使用功能，另外借此机会还可以对存在结构质量隐患的原有结构进行加固。同时，在寸土寸金的城市里，更可以省下一笔数目可观的土地使用费。因此，旧房加层改造具有明显的社会和经济效益。由于历史原因，我国既有民用建筑，尤其是居民住宅中大部分采用砖砌体结构，而需要进行加层改造的大部分也正是这部分房屋。这部分房屋在旧房加层改造中占有相当大的比例，具有极其广阔的市场前景。

加层改造对缓解城市建设用地紧张、改善人民居住条件、加快城区改造都具有现实意义。加层改造的优势是显而易见的：

- (1) 增加单位土地面积住房的容积率，缓解当前住房紧张，充分利用城市空间，有效地保护耕地。

(2) 充分利用现有的城市设施, 节省城市配套设施费; 节省拆迁、建筑垃圾运输和征地费用, 而且审批程序简单快捷, 施工周期较短。

(3) 将过去的简易住房改造成标准房, 改善居住条件; 加层改造的同时对建筑平、立面进行调整和室内外装修, 使旧房焕然一新, 既保持了原建筑的特色和风貌又美化了城市市容。

(4) 我国是一个地震频发的国家, 有 170 多个城市位于抗振烈度 7 度以上的地质构造活动带。上世纪 70 年代以前的房屋大多未考虑抗震设计, 因此可将抗震加固和加层改造结合起来, 既增加了使用面积, 又增强了房屋抗震能力, 延长了建筑物使用年限, 取得一箭双雕的效果。

(5) 充分利用旧房屋在长期荷载作用下地基承载力的增长值, 在地基不需要处理或略微处理的情况下, 实现房屋的直接加层, 其经济效益十分显著。

(6) 对于生产生活急需扩大房屋使用面积的单位, 在不影响正常生产、办公、居住的条件下进行施工, 可很好地解决住户临时安置问题。

此外, 加层改造还有一个独特的优势: 一般旧房屋经过几十年的使用, 即使经过加固处理, 其剩余使用年限与新建房屋的耐用年限也相差悬殊。若采用直接加层方案, 当旧房屋达到使用年限需要拆除时要连同其上部新加部分一同拆掉, 显然经济上不合理, 但采用外套加层方案则可避免这个问题, 当旧房屋达到使用寿命时可先将旧房屋先拆除, 之后在外套结构上建筑新房。

综上所述, 加层改造是适合我国国情和经济技术条件的一项利国利民的技术政策。

1.2 国内外房屋维修改造研究现状和工程实践

从第二次世界大战结束至今 60 多年间, 世界主要工业化国家的城市建设大体经历了 3 个发展阶段: 大规模新建 — 新建与维修改造并重 — 对旧房屋更新改造现代化。许多发达国家在上世纪 70 年代末就已先后进入第三阶段, 而且维修改造工程量仍处于上升趋势。同样我国也将逐步进入第二、三阶段, 从建设部公布的资料看, 当前我国已从过去的新建为主转入新区开发与旧城治理改造相结合的阶段。国家的新建投资在基建总投资中所占的比例, 已从“一五”期间的 96% 下降到“七五”期间的 43% 左右, 这意味着我国正处于从第二发展阶段迈向第三发展阶段的过程中。这个阶段既有建筑物的鉴定与改造任务十分繁重。

既有房屋(Existing building structures)或称在役结构、在用结构(Buildings in service)的维修改造是一个涵盖范围很广的术语。所谓既有房屋, 不单纯指

使用了若干年的旧房屋,也包括刚竣工或正在施工过程中而产权人改变使用意图,希望对结构进行改造的情况,如加层等,工程实践中也经常有这样的例子。“既有建筑”、“既有结构”或“既有房屋”这个概念的内涵和外延比“旧房屋”、“原结构”等术语要广。维修改造具体包括日常例行的维护保养 (Routine maintenance), 因自然原因造成的结构老化 (Aged) 或使用功能退化 (Degraded/Deteriorated/Degenerated) 的修补, 因各种原因造成的局部毁损的加固修补 (Strengthening and repair), 抗震加固 (Seismic retrofitting), 震后修复 (Post-earthquake rehabilitation), 室内外重新装修 (Redecoration/Refurbishing), 各种设施的升级改造 (Renewal/Renovation/Upgrading/Modernization), 以及使用功能的改变对原建筑结构实质性的改型 (Conversion/Remodeling), 其中也包括加层改造。当然, 拆除重建 (Reconstruction/Rebuilding) 不在维修改造之列。这些方面不是孤立而是可能几方面重合在一起 (图 1.1), 譬如加层改造可能要结合对原结构的加固和修补, 甚至对结构局部作大的调整等。

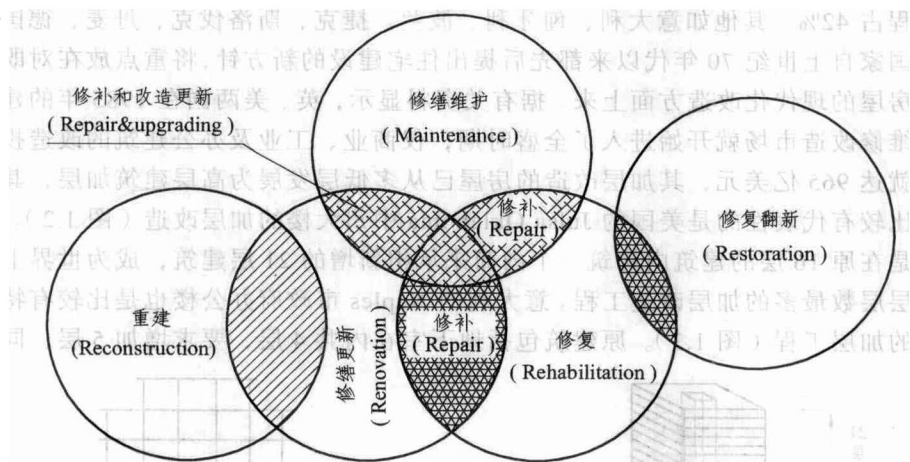


图 1.1 既有建筑结构维修改造术语分类

1.2.1 国外既有房屋维修改造概况

国外在第二次世界大战后的恢复时期,就在大力投资新建房屋的同时,开始了旧房屋维修改造技术的研究和实践。上世纪 70 年代前后,各国在基本解决住房困难问题之后逐渐重视旧建筑的修缮保养和更新改造。至 80 年代,欧洲各国的建筑日常维修资金投入年递增 6%~10%,旧住宅维修改造总额占住宅建设总额的 1/3~1/2。

当前世界上不仅发展中国家,许多发达国家也十分重视既有房屋的改造和利用。加拿大、日本、丹麦等国都制定了一整套系统完备的涵盖了维修改造业方方面面的政策和法规。美国已把改造旧建筑和建造新建筑列于同等重要的位置,着重研究维护旧城区建筑历史风貌,使旧房外部整修如旧而内部设施不断现代化。日本于1977年制定了既有房屋改造的有关政策,致力于简陋公产住宅改造和高层建筑修缮技术。苏联也尽可能地压缩旧房屋的拆除量,对有保留价值的建筑实行定期维修改造,并在莫斯科和圣彼得堡等城市设立专门负责改造设计的建筑设计院,既有房屋的加层改造是其中一项较为重要的研究内容。

英国把旧住宅维修改造作为住宅发展计划的中心,从上世纪70年代改变了大规模拆旧建新的住宅建设模式,转为保护性维修改造和内部设施现代化,1978年改造维修投资是1965年的3.76倍,1980年旧房维修改造工程占建筑工程总量1/3。瑞典的建筑业上世纪80年代就将既有建筑物的改造列为首要任务,1983年用于维修改造的投资占总投资的50%,1988年旧房维修改造工程占42%。其他如意大利、匈牙利、波兰、捷克、斯洛伐克、丹麦、德国等国家自上世纪70年代以来都先后提出住宅建设的新方针,将重点放在对既有房屋的现代化改造方面上来。据有关资料显示,英、美两国在1985年的建筑维修改造市场就开始进入了全盛时期,仅商业、工业及办公建筑的改造投资就达965亿美元,其加层改造的房屋已从多低层发展为高层建筑加层,其中比较有代表性的是美国的Julsa Oklahoma中州大楼的加层改造(图1.2)。它是在原16层的建筑内构筑一个内筒来承担新增的21层建筑,成为世界上加层层数最多的加层改造工程。意大利的Naples市政府办公楼也是比较有特色的加层工程(图1.3)。原建筑包括地下室在内共4层,要求增加5层,同

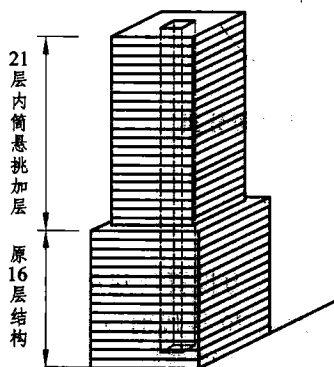


图 1.2 美国 Julsa Oklahoma 中州大楼加层改造

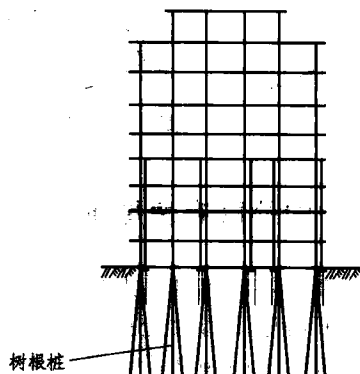


图 1.3 意大利 Naples 市政府办公楼加层改造

时要求施工期间不能停止使用。因此,该工程在靠近原结构基础采用树根桩,树根桩上做基础梁,基础梁上竖起钢柱,钢柱穿越原结构直通屋面。白天办公楼不停止使用,施工在晚间进行。加建的5层钢框架完成后,拆除原3层房屋并重建下面几层,并将有关楼板和整个结构连接起来形成整体。1973建于美国 Minneapolis 的联邦储金银行是 Minneapolis 市的标志性建筑之一(图 1.4)。这座著名的建筑以高塔、悬索和桁架 3 个主要结构元素构成。值得一提的是,这座建筑在最初的设计中就考虑了未来的加层,并提出增建的设计建议,在加层部分采用拱与下部的悬索形成一个“卵形”(图 1.5),构思巧妙,力学与美学完美结合。

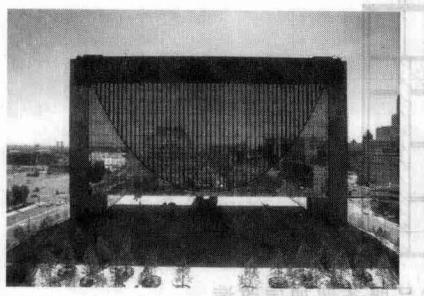


图 1.4 美国 Minneapolis 联邦储金银行

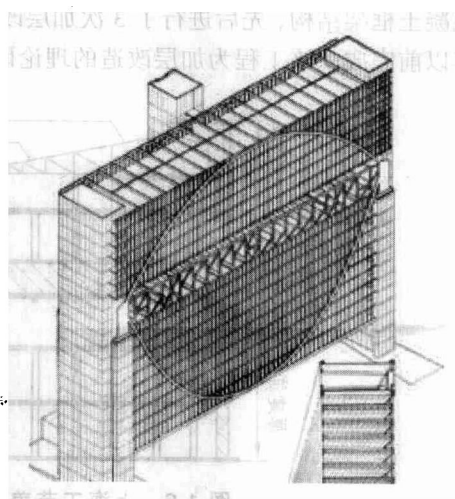


图 1.5 美国 Minneapolis 联邦储金银行增建设想

英国、意大利、希腊等欧洲国家尤其重视对古建筑保护修复技术的研究,认为其意义在于对文化遗产的继承,因为建筑是凝固了的历史的一部分。定期举行国际学术会议,出版学术刊物 *Heritage of Architecture* 等,对建筑结构的修缮、加固、更新等研究很活跃。英国关于建筑结构维修、改造、加固方面的专业刊物 *Concrete Engineering International*、英国混凝土学会会刊 *Concrete*、印度混凝土协会会刊 *Indian Concrete* 以及 *the Structural Engineer* 等,每年也刊载抗震加固和维修改造类的论文。此外,每年举行的各种关于建筑结构方面的学术会议中亦多有关于建筑物维修改造的专题,涵盖了有关旧建筑的维修策略、维修技术等方方面面的内容。

总之,进入上世纪 90 年代以来,在国际建筑业新建市场日趋萎缩的情况

下,以旧住宅为主要对象的建筑维修改造业正发展成为“朝阳产业”,其所占建筑市场的份额在不断扩大,成为传统产业中带动各国经济发展的一个新的经济增长支撑点。

1.2.2 国内既有房屋加层改造概况

国内既有房屋加层改造实践起步较早。比较有代表性的是建于 1915 年的上海工艺美术品服务部的加层改造工程。它是我国最早的既有建筑加层改造工程之一,同时也是加层次数最多的建筑物,如图 1.6 所示。它由最初的两层现浇钢筋混凝土框架结构,先后进行了 3 次加层改造,逐步成为 4、5、6 层结构,均在 1949 年以前完成。该工程为加层改造的理论研究和工程实践提供了宝贵的资料。

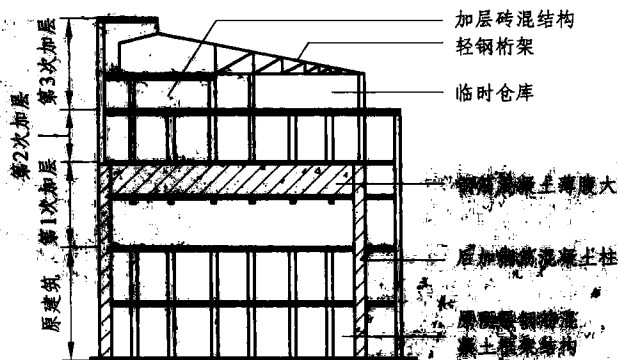


图 1.6 上海工艺美术品服务部加层改造

随后,我国既有房屋加层改造的发展速度较为缓慢。直到 20 世纪 70 年代初,既有建筑物的加层改造工程才迅速发展起来,全国各地纷纷开展对旧房的挖潜、改造、加固、加层工作。上海、广州、武汉、重庆、成都、哈尔滨、昆明、贵阳等地先后将旧房屋改造列入城市发展规划,颁布了有关旧城区现代化改造的文件和规定。据不完全统计,全国已经建成的加层改造工程数千例,遍布 20 余个省会、4 大直辖市和众多的大中城市。尤其是全国的政治、经济和文化中心——北京,加层改造工程成绩蔚为大观。原纺织工业部办公楼(图 1.7)、北京日报社办公楼、中国石油天然气总公司(原石油部)办公楼、西单商场等这些包括国家政府机关在内的办公楼的颇具影响的加层改造工程为今后加层改造工作起到了良好的示范和推动作用。

在全国各地开展的房屋加层工程实践中,出现了一批杰出的、有代表性

的、建筑设计和结构设计独具匠心的工程。原纺织工业部办公楼（图 1.7）由原 3 层增至 5 层，建筑造型和立面装修朴素大方，与长安街的整体环境协调一致。哈尔滨海燕大酒店由原来的学生宿舍加层改造成建筑美观大方、装修考究的星级宾馆酒店。北京城建集团总公司办公楼由原 6 层框架结构增至 12 层，体型宏伟、风格新颖、立面错落有致，具有时代感。天津的劝业场在室内原有的 2 个天井侧面各加建 2 个钢筋混凝土柱，将天井改造为楼层，它是目前国内最大的室内加层工程。



图 1.7 原纺织工业部办公楼加层改造

清华大学主楼工程建于上世纪 60 年代，当时受俄罗斯建筑风格的影响，将工程设计成中央主楼和东、西配楼三部分，并通过过街楼连成一个整体建筑群，从而使主楼在东、西配楼和楼前广场的烘托下显得更加方正雄伟，胸怀博大。翻新的主楼在原有 10 层的基础上又加高了 2 层。外墙采用仿石漆涂料进行仿旧更新，使主楼建筑群保留了原有的凝重色彩，以体现主楼建筑群的恢宏气度。加层后的全景图如图 1.8 所示。



图 1.8 加层翻新后的清华大学主楼

同济大学图书馆，由原来平面为口字形的 2 层旧馆在中间设置南北 2 个钢筋混凝土筒体向四周挑出作为图书馆新馆，新馆共 11 层高，新馆和旧馆完全分开，这是采用内筒式悬挑跃层加层的例子之一，如图 1.9 所示。



图 1.9 同济大学图书馆内筒式悬挑加层

哈尔滨秋林公司（图 1.10）建于 1904 年，1978 年由 2 层接建为 4 层。原建筑是巴洛克风格，虽先后经过几次扩建，始终保持其优雅的造型、精美的穹顶、丰富的建筑装饰，如楼顶的大圆包、大屋檐、女儿墙的花饰和墙面线角等。由于原建筑加高了 1 倍，因此为使原造型协调，比例均匀，这些部位都相应地进行了处理，建筑立面更加精彩。



图 1.10 加层改造后的哈尔滨秋林公司

以上仅是加层工程中的个例，其他很多有特色的加层工程遍布大江南北，不胜枚举。

总的来说，我国既有建筑加层改造出现了一系列新的发展方向：

- (1) 由过去单个房屋加层发展到成片住宅区、数十栋建筑的加层改造。
- (2) 由一般的民用建筑加层发展到大型公共建筑、工业建筑、商业建筑、办公建筑加层。

(3) 由旧房屋加层发展到新建房屋加层, 由使用若干年的房屋加层发展到施工过程中加层。

(4) 由砖混结构加层发展到多种结构形式的加层, 由单层加层发展到多层加层。

(5) 由室外加层发展到室内加层, 由地上加层发展到地下加层。

(6) 结构加层方法趋于多样化, 各种新工艺、新材料逐步应用于房屋加层改造。

(7) 轻钢结构加层技术的研究和工程实践取得了很大进展。

(8) 建筑物加层的建筑设计受到重视, 既注重结构安全, 又满足建筑功能和美学功能的要求。

为适应建筑结构加固、改造、加层工程的迅猛发展, 推动旧建筑物的加层与改造工作, 我国先后成立了中国老教授协会全国房屋加层改造技术研究委员会和中国工程建设标准化协会建筑物鉴定与加固技术标准委员会等学术团体, 使加层改造工程的学术探讨、经验交流日益活跃。近年来我国已经召开了 8 届有关建筑物加层改造的学术研讨会, 并且出现了不少房屋加层的工程实例及相关研究。《建筑技术》和《建筑结构》于 1993 年出版了加层改造专辑, 报道了这方面最新的研究成果。此外, 结合近年来的工程实践及研究成果, 四川省建筑科学研究院主持编制了《砖混结构房屋加层技术规范》(CECS78: 96)(以下简称《加层规范》), 北京交通大学唐业清教授主持编制了国内第一本行业标准《铁路房屋加层和纠倾技术规范》(TB 10114—97)。

总之, 和全世界既有建筑结构的维修改造业的发展趋势类似, 我国既有建筑的维修改造得到了长足的发展。但是, 我们应该看到, 迄今为止, 我国既有建筑结构的维修改造业还未能形成一个独立的行业, 和发达国家相比, 在技术和管理方面还存在较大的差距。而我国既有建筑的维修改造量大面广, 它在建筑行业这个传统工程领域内异军突起, 极具广阔的发展前景, 在这个较新的研究领域内, 还有很多科研课题和实践操作问题亟待解决, 这有赖于广大从业人员的不懈努力, 逐步赶上发达国家的水平并有所创新。

1.2.2.1 国内既有房屋加层的层数、使用年限及结构形式统计

1. 层数统计

据有关资料调查统计, 国内的加层房屋中, 3 层房屋的数量占的比重最大, 达 55%; 其次是 2 层房屋, 为 24%; 再次是 4 层房屋, 为 18%; 5 层以上的最少, 为 1%。既有房屋加层增加的层数为 1~2 层的占总数的 95%左右。分别见图 1.11、图 1.12。

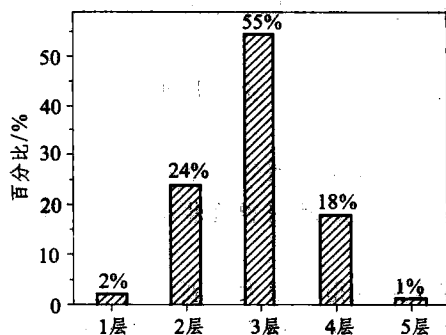


图 1.11 房屋加层前层数统计直方图

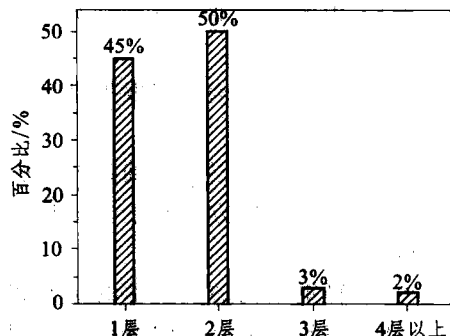


图 1.12 加高的层数统计直方图

分析加层房屋加高后的总高度与原房屋的高度的关系，约有一半房屋的加层改造工程，加层后的高度为原有建筑高度的 1.25 ~ 1.5 倍（图 1.13）。

从现在的发展趋势来看，人们越来越注重对技术可行性的研究，房屋加层的层数越来越多，增加的高度也越来越高。

2. 使用年限统计

国内加层改造房屋加层前的使用年限多为 20 ~ 50 年，占总数的 90% 左右。其中使用年数在 30 ~ 40 年的房屋最多，占总数的 38% 左右（图 1.14）。

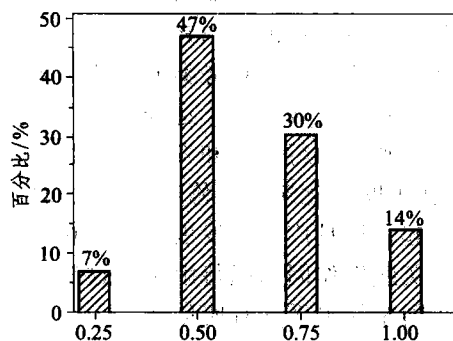


图 1.13 加层后增加高度与原高度之比直方图

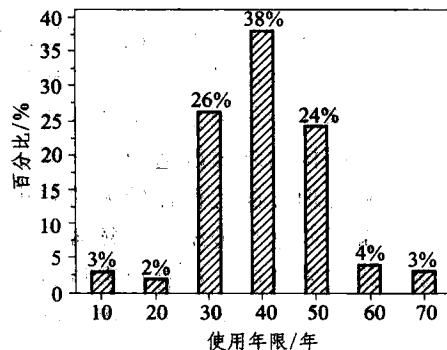


图 1.14 房屋加层前使用年限统计直方图

3. 结构形式统计

我国的既有房屋加层改造主要是针对 50 ~ 70 年代建造的使用了 20 ~ 30 年的房屋，开间和进深一般都不大的 2 ~ 4 层砖混结构房屋（主要是

宿舍、住宅、办公楼等),而在框架、内框架和排架等结构中应用的远不及砖混结构广泛。采用的加层方法主要是直接加层法、外套结构加层法等。

1.2.2.2 国内既有房屋加层改造存在的主要问题

由于实践需要的有力推动,国内对既有建筑物的加层改造进行了一些研究,各地出现了很多新的结构形式。虽然我国既有建筑的加层改造发展很迅速,但开展时间并不长,技术也不很完善,工程实践明显领先于理论研究。虽然我国制定了《砖混结构房屋加层技术规范》(CECS78:96),但适用面较窄,难以适应丰富的工程实践。各地的加层改造工程多根据工程技术人员的经验而定,无统一标准。现有的文献以停留在介绍工程实例和经验的层次上的居多,对于采用的计算模式往往停留在“纸上谈兵”的讨论,缺乏严谨的理论分析和试验基础,计算模式不能令人信服。有关整体式房屋加层改造方面有价值、有深度的研究资料很少,尤其是第一手的试验资料。

在工程实践中,也出现了一些问题。已竣工的一些加层改造工程采用的结构形式,其安全可靠性的还缺乏有效的验证,有些潜伏着发生灾害事故的隐患。加层中存在盲目性、不重视技术质量的倾向,例如加层结构受力不明确,荷载无法得到安全有效的传递,或者对原结构未进行认真的鉴定和加固就盲目地加层等,从而导致了加层质量事故的发生或埋下了隐患,其中最为严重的就是大连重型机器厂计量楼加层事故。因此,在房屋加层改造中亟待规范建筑市场,做到有章可循,杜绝无证设计,确保施工质量,避免1992年埃及地震中由于大量加层房屋的倒塌而造成人员大量伤亡惨剧的发生。上述建筑物加层改造中出现的工程质量事故,固然存在客观因素,但不可否认的是:加层改造中的一些设计理论没有得到很好的解决,致使设计人员设计中无章可循、设计凭经验,也是很重要的原因。

综上所述,围绕外套结构加层为核心的一系列理论和施工操作问题需要解决,譬如新旧结构的连接、外套结构加层计算模型的确定、过渡楼层的处理等,其抗震性能的评估和抗震设计理论也亟待解决。

1.3 既有房屋加层的研究现状

国外关于房屋加层改造的文献资料报道很少。苏联和东欧国家在第二次世界大战结束以后曾进行了大量的房屋加固、改造、加层工程,在评价和确

定既有建筑物的地基承载力方面做了一定的研究，但在结构研究方面，却没有突破性的进展。国内已有的研究基本集中在以下三方面：

- (1) 研究分离式外套结构的合理结构形式；
- (2) 研究减震耗能装置应用于加层结构的效果；
- (3) 介绍具体工程的实践经验。

砖混结构的加层基本可以归结为两大类方式：直接加层法和外套结构加层法。直接加层法适用于原砖混结构的墙体和基础的承载力有一定富余和潜力的前提下，且开间较小，而加层改建也无大开间要求的情况，这时直接加层方案的经济性较好，工期较短，应予以优先考虑。但是，直接加层往往因原结构的承重结构或地基基础难以承受过大的加层荷载，或原有结构抗震措施不力，这对砖混结构的抗震很不利，而大规模的加固原结构不仅费时费力，而且很不经济；此外还有其他一些原因使直接加层法受到很大限制，譬如新增结构的建筑布局受制于原结构，或用户搬迁困难，加层施工时不能停止使用等。而改变既有房屋的结构布置和荷载传递路径通常只能解决局部构件承载力不足的问题，在很大程度上还要借助原房屋的承载力，增加的层数也不宜超过3层，往往不能满足业主增加多层的要求。外套结构加层法是直接加层法不可行情况下唯一的选择。所谓外套结构加层法，就是在原房屋外面增设新的结构形式，将原结构“套”或“包”在里面，所以形象地称之为外套结构或套建结构（Structure-in-structure system）。外套结构的形式很多，但本质上分别属于分离式和整体式两种，其中最常用的是外套框架，其他的外套结构形式都是由外套框架概念衍生而来的。

其中分离式是指新增结构同原结构彻底分开，无任何连接，新旧结构体系之间留有足够宽的抗震缝，新旧结构各自独立地承担竖向荷载和抵抗侧力。加层部分完全按新结构设计，原结构按抗震鉴定标准进行鉴定加固。分离式加层具有传力路径明确、计算简图明晰、对原结构影响较小，而且增加的结构平面布置灵活、不受原结构的限制等优点，因而应用较广。然而，普通的分离式外套框架作为典型的底层柔性结构，在地震区使用存在一系列亟待解决的技术问题：

(1) 最大的缺陷是易形成“高鸡腿”结构，底层框架柱计算长度很大，抗侧刚度低；这类结构“头重脚轻”、“上刚下柔”，当加层的总高 ≥ 8 层后，已经属于高层、高腿柱、底层大跨度结构，且此时地震扭转效应已不容忽视，这对抗震很不利。

(2) 导致外套结构2层以上层间刚度与底层的刚度比过大。整体结构抗侧刚度沿竖向分布很不均匀，柔性底层容易形成抗震薄弱环节，而且由于