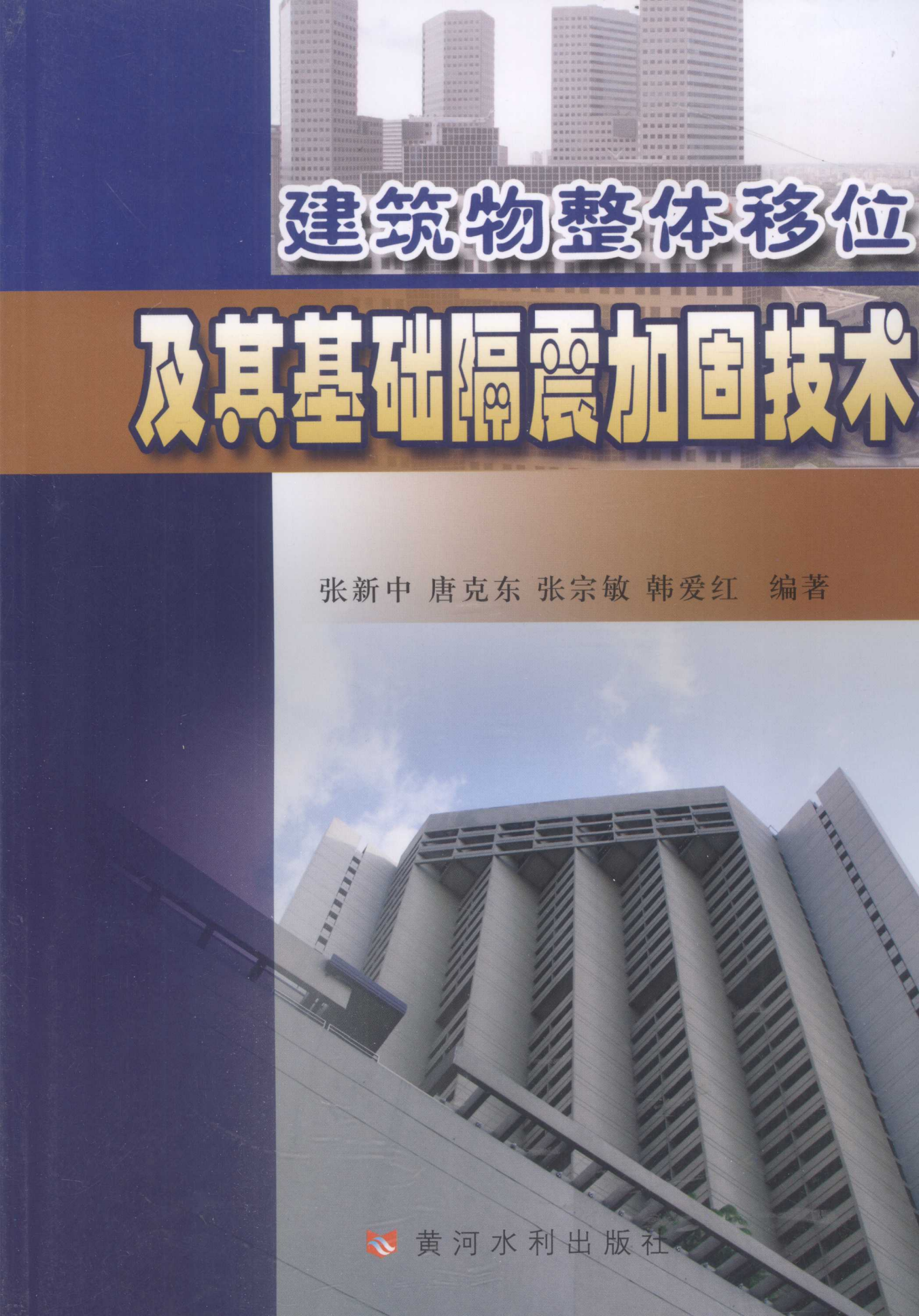




建筑物整体移位

及其基础隔震加固技术

张新中 唐克东 张宗敏 韩爱红 编著



黄河水利出版社

建筑物整体移位及其 基础隔震加固技术

张新中 唐克东 编著
张宗敏 韩爱红

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书在作者主持的多项科研项目研究成果及参与的大量建筑物整体移位实际工程应用实践的基础上,全面系统地总结分析了国内外建筑物整体移位及其隔震加固工程的相关研究资料,对建筑物整体移位工程中的基础和轨道设计、托换技术设计、移动系统设计等关键技术进行了深入的分析研究和总结,对建筑物整体移位及其隔震加固技术的施工技术措施和动力分析方法作了系统的阐述。

本书力求做到浅显易懂,理论分析和工程应用并重。可供土木工程及其相关专业的本科生和研究生学习参考,也可作为从事建筑物整体移位和隔震加固工作的广大工程技术人员及教学科研人员的重要参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑物整体移位及其基础隔震加固技术/张新中等编
著. —郑州:黄河水利出版社,2010.8

ISBN 978 - 7 - 80734 - 877 - 1

I. ①建… II. ①张… III. ①建筑物 - 整体搬迁②建筑物 - 隔震 - 加固 IV. ①TU746

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 157426 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhsclbs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:13.50

字数:328 千字

版次:2010 年 8 月第 1 版

印数:1—2 600

印次:2010 年 8 月第 1 次印刷

定价:35.00 元

前 言

21 世纪是城市的世纪,城市经济已经成为我国国民经济的主体,城市化进程不断加快。目前,在我国 600 多个大中型城市和 2 000 多个小型城市中,多数城市已经完成了城市总体规划的编制任务,城市建设已经步入到正规化、法制化的轨道上来。但是由于历史遗留问题较多,在规划实施过程中,城市区域扩大、道路拓宽、环境改造和城市机能改善等工作与既有建筑物拆迁安置的矛盾日益突出,每年都有数千座仍有一定使用价值的建筑物因和规划冲突而被拆除,不仅造成了数十亿元人民币的经济损失,而且污染了环境,浪费了大量的资源。拆迁引起的社会矛盾也不断加剧,从而影响了资源节约型和环境友好型和谐社会的构建,使得城市规划实施工作难度很大,尤其是一些古建筑,属于保护文物,一旦拆除损失难以估价。有时为了减少损失,不得不修改规划,又给城市建设造成了永久性的缺憾,甚至产生新的问题。另外,随着近年来一系列新的国家标准和规范的颁布实施,大量既有建筑的可靠性已不符合新的规范要求。随着人们环保意识的增强,拆除重建的工程将越来越少,取而代之的将是大量的加固复新工程,特别是在古建筑保护领域,提高既有建筑物结构安全性已成为急需解决的课题。由于建筑物整体移位及加固技术具有以下优点:①巨大的经济效益;②明显的社会效益;③工期短;④减少了因拆除建筑物产生的大量粉尘、噪声和建筑垃圾等污染物;⑤移位施工过程中还可以对既有建筑物进行加固或隔震处理,提高结构的安全性能等,从而为旧城改造和既有建筑物加固提供了一种行之有效的技术手段。

建筑物整体移位技术在我国应用已有 20 多年的时间,但是该技术在我国还仅限于报道移位成功。虽然每年都有一定数量的关于移位成功的报道和文章,但针对建筑物整体移位设计方法和施工技术进行的全面系统的研究成果还很少,特别是针对移位后建筑物的隔震加固方面的研究成果更是很少见到,至今也没有专门的设计规范和施工规程。建筑物移位工程设计计算和施工技术大多依赖于经验,设计理论及施工技术研究严重滞后于工程实践。为规范和促进建筑物整体移位及其隔震加固技术的应用,本书在保证结构的安全性、耐久性、适用性和人文价值不受损害的前提下,对建筑物整体移位技术的设计理论和关键施工技术进行了比较系统的分析研究,促进理论与实践的有机结合,提出科学实用的建筑物整体移位设计理论、施工技术措施和可靠性评价方法,并将基础隔震技术引入建筑物整体移位及其加固工程中,提高既有建筑物的抗震能力,从而满足现行规范的可靠性要求。

本书在作者主持的多项科研项目研究成果及参与的大量建筑物整体移位实际工程应用实践的基础上,全面系统地总结分析了国内外建筑物整体移位及其隔震加固工程的相关研究资料,对贯穿于建筑物整体移位及其隔震加固全过程的各项关键技术进行了深入的分析研究和总结。全书共分为 4 篇 15 章;第一篇介绍了建筑物整体移位及其基础隔震加固技术的目的、意义及国内外的应用现状和发展动向;第二篇系统地论述了基础和轨道设计、托换技术设计、移动系统设计等建筑物整体移位工程关键技术的理论研究;第三篇主要论述既有建筑物的基础隔震加固技术和既有建筑物基础隔震加固施工技术措施;第四篇从理论上介绍了建筑物整体移位及其隔震加固技术的动力分析方法。全书力求做到浅显易懂,理论分

析和工程应用并重。

本书由华北水利水电学院张新中教授、唐克东副教授、张宗敏工程师、韩爱红硕士、武宗良工程师、袁秀霞高级工程师共同编著。李雨阁、崔万杰、张振辉、王磊等在攻读硕士学位期间为本书相关研究项目的顺利完成做出了一定的贡献,在此表示感谢。硕士研究生覃亚民、苗连娟参与了部分插图的绘制和文字校对工作,在此向他们表示谢意。

书中引用了国内外有关专家和同行的部分相关研究成果,在此一并致谢!

鉴于建筑物整体移位及其基础隔震加固技术的复杂性且在我国应用时间较短,许多问题一时还难以研究透彻,加之水平有限、时间仓促,书中疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2010 年 6 月

目 录

第一篇 建筑物整体移位及其基础隔震加固技术概论

第 1 章	绪 论	(3)
第 2 章	建筑物整体移位技术	(15)
第 3 章	基础隔震技术	(20)

第二篇 建筑物整体移位技术

第 4 章	建筑物整体移位工程的施工方法	(27)
第 5 章	基础和轨道设计	(40)
第 6 章	托换结构的设计	(48)
第 7 章	移动系统设计	(74)
第 8 章	建筑物整体顶升与旋转	(83)
第 9 章	移位工程的风险分析和可靠性评定	(90)

第三篇 既有建筑物的基础隔震加固技术及施工方法

第 10 章	既有建筑物的基础隔震加固技术	(101)
第 11 章	既有建筑物基础隔震加固施工方法	(123)

第四篇 建筑物整体移位和基础隔震结构的动力分析

第 12 章	建筑物整体移位的动力分析	(143)
第 13 章	滚轴隔震技术及其动力分析研究	(170)
第 14 章	基础隔震结构地震响应理论分析	(178)
第 15 章	基础隔震结构地震响应的时程分析方法	(189)

第一篇 建筑物整体移位及其 基础隔震加固技术概论

第 1 章 绪 论

1.1 建筑物整体移位及其基础隔震加固技术研究的目的及意义

1.1.1 建筑物整体移位

随着城市建设的飞速发展和不断完善,城市化进程不断加快,城市的更新改造正以空前的速度和规模展开。但是由于我国城市规划管理起步较晚,建设之初缺乏相关的法律法规制约,在一定程度上造成了城市建设的盲目性和无序性,一些中小城市建设甚至没有规划,由此造成城市机能落后和生活环境恶化的后果已经严重影响了城市建设和经济的有序发展。

20 世纪 90 年代,我国第一部《城市规划法》于 1990 年 4 月 1 日起正式实施,结束了我国城市建设规划无法可依的状况。目前全国半数以上城市已经完成了城市总体规划的编制任务,将城市建设纳入到正规化、法制化的轨道上来。但是由于历史遗留问题较多,在规划实施过程中,城市区域扩大、道路拓宽、环境改造和城市机能改善等工作与既有建筑物拆迁安置的矛盾日益突出,这些在规划调整中需要拆除重建的建筑物中包含以下两类难以确定取舍的建筑物。

(1)建成后投入使用不久的建筑物,特别是 20 世纪 80 年代改革开放政策实施之初兴建的大量建筑物,往往结构质量完好,经过装修且正在使用期,但由于最初规划欠妥等原因,没有充分考虑长远发展的要求,与当前实施的规划相冲突,阻碍了现代城市的合理有序发展。

(2)有的建筑物虽然已经使用了很多年,但是仍然具有很好的使用功能或者很高的保留价值,特别是一些古建筑,在保护历史文化遗产和保留城市历史风韵格局方面具有无法取代的地位,但是其所在位置和现代城市的规划发展相矛盾,影响了城市机能和环境的改善。

我国共有 600 多个大中型城市,2 000 多个小型城市,在目前大规模的城市化建设和旧城改造过程中,每年用于城市改造和拆迁的资金达数千亿元,大量仍然具有较大使用价值的建筑物被拆除,由此产生的直接经济损失达数百亿元。建筑物拆除及搬迁安置直接影响到建设单位的正常生产和人民生活,由此产生的社会矛盾也日益增多,在拆迁工作中出现的一些影响社会稳定的极端问题也时有发生,使得城市规划实施工作难度很大。另外,拆除旧有建筑物产生的大量建筑垃圾和噪声严重污染了环境,浪费了宝贵的资源。在一些历史文化名城的改造中,城市历史文化遗产保护与城市机能改善的矛盾也日益突出,尤其是一些古建筑,属保护文物,一旦拆除损失难以估价,有时为了减少损失,不得不修改规划,又给城市建设造成永久性的缺憾,甚至产生新的问题。

建筑物整体移位技术的出现,很好地解决了这个问题。它是一门新兴的工程技术手段,是指在保持建筑物整体性和可用性不变的前提下,通过特殊的托换加固处理,利用行走装置和施力装置,将建筑物从原址分离并移动到新址,包括平移、抬升、旋转、爬坡等方式。

同拆除重建相比,建筑物整体移位技术主要具有以下优点。

(1)巨大的经济效益。根据实际工程资料分析,一栋建筑物的移位工程造价相当于拆除重建同类建筑物费用的 $1/10 \sim 1/3$,视建筑物的规模、移位距离、是否旋转以及装饰的豪华程度等实际情况不同而有所差别。

以南京江南大酒店主楼为例,2001 年大楼所在的新模范马路由原来的 30 m 拓宽至 60 m,酒店主楼在拆迁之列。大楼建于 1995 年,包括装修在内总投资 1 860 多万元,若拆除重建损失巨大。另外,江南大酒店年均营业额 900 多万元,拆除重建期间的营业损失也要超过千万元。2001 年 2 月,经南京市建委和业主协商,决定采用把基础以上部位切断,将上部结构整体向南平移 26 m 的方案。2001 年 5 月施工结束,耗资 400 万元,施工期间大楼二楼以上正常使用,比拆除重建节约资金 2 000 多万元。

(2)明显的社会效益。移位施工期间,一般除建筑物首层暂时无法使用外,二层及二层以上仍可正常使用,根据实际需要,水、暖、电、气等仍可通过临时管线正常供给,移位就位后整栋建筑仍可保持原有的使用功能,大大减少了拆迁造成的生产损失和居民搬迁安置的费用,化解了规划实施与生产及居民生活安置的矛盾,节省了大量社会资源。

(3)工期短。一般建筑物整体移位工程施工工期为 2~5 个月,比拆除新建同类建筑物施工周期缩短 50% 以上。

(4)移位施工过程中还可以对既有建筑物进行加固或基础隔震处理,提高结构的安全性能,这一点对重要文物的保护尤为重要。

(5)减少了因拆除建筑物产生的大量粉尘、噪声和建筑垃圾等污染物,有利于构建资源节约型和环境友好型的和谐社会,实现社会的可持续发展。

(6)为旧城改造中保留城市历史风韵和保护历史文化遗产提供了一种行之有效的技术手段,降低城市改造的成本。

目前,建筑物整体移位技术在我国还仅限于报道移位成功,虽然每年都有一定数量的关于移位成功的报道和文章,但很少有学者对建筑物整体移位设计方法和施工技术进行全面系统的研究,至今尚没有专门的设计规范和施工规程,大多数建筑物移位工程设计计算和施工技术依赖于经验,设计理论及施工技术研究严重滞后于工程实践。由于无法可依,建设主管部门、质检部门及监理单位也无法对建筑物整体移位工程进行有效的监督管理,移位工程施工质量难以保证,建筑物整体移位市场处于比较混乱的局面,个别移位工程也曾出现过质量事故,而许多工程中又出现了很大的材料浪费,使得建筑物整体移位技术的经济效益和社会效益难以充分体现出来。

建筑物整体移位技术在我国应用还不到 20 年的时间,在今后相当长的一段时间内,建筑物整体移位技术将大有市场。为了改变目前我国建筑物整体移位工程设计与施工理论研究严重落后于工程实践的局面,对建筑物整体移位的设计理论和施工成套技术及与之相应的牵引设备、行走系统的研究,以及制定相应的行业规范规程,已成为学术界面临的重要课题。

1.1.2 基础隔震加固技术

我国是个多地震的国家,为了减轻地震灾害,我国的地震工作者长期从事建筑物抗震能力研究,已经形成了一套完整的抗震理论并应用于工程实践。传统的建筑抗震设计是保证结构本身具有足够的强度、刚度和延性,使所设计的建筑做到“小震不坏,中震不坏或轻微破坏,大震不丧失使用功能”,从而减轻地震灾害。实践证明,这种设计代价是很高的。随

随着社会的发展,采用传统的抗震设计方法已不能适应某些工程的实际需要,即不能减少地震后结构物内部设备和装修破坏的问题,因此人们提出了“隔震”的方法,即将隔震装置如橡胶垫层放置于上部建筑物和基础之间,增大建筑物振动的固有周期,从而远离场地的卓越周期,避免共振,同时在上部建筑物和基础之间加设阻尼减震装置,用以吸收地震能量。理论研究和实际地震反应都表明,这种结构可以大大减小地震时上部结构物的加速度和变形,从而可以大大减少建筑物的内部破坏。

随着我国科学技术的不断发展和经济实力的不断提高,对建筑结构安全的可靠性水准要求也相应提高,近年来一系列新国家标准和规范的颁布实施,使得大量既有建筑的可靠性已不符合新的规范要求。随着人们环保意识的增强,拆除重建的工程将越来越少,取而代之的将是大量的加固复新工作,特别是在古建筑保护领域,提高既有建筑物结构安全性已成为急需解决的课题。建筑结构隔震技术自 20 世纪 70 年代应用于工程实际后,世界各国学者对此进行了广泛深入的研究。基础隔震通过在上部结构和基础之间设置柔性隔震层,隔离地面运动,使上部结构在弹性范围内工作,提高了结构的安全性。基础隔震方法不仅适用于新建房屋,而且也为旧房加固及珍贵历史文物建筑的保护开辟了新的途径。基础隔震方法第一次用于旧房加固改造是美国的盐湖城市政大楼,其后世界各地又有相当数量的重要建筑采用基础隔震技术进行了加固改造。但隔震房屋和隔震加固房屋的震害经验相对较少,特别是将基础隔震方法引入既有建筑物整体移位加固的工程实例和经验更少,对其设计方法和技术措施进行系统研究将会对隔震技术在既有建筑物整体移位加固工程中的广泛应用产生积极的促进作用和巨大的社会效益。

一般的建筑物整体移位技术在实施过程中常常会出现以下问题:

(1)在传统的建筑物移位案例中,往往都是把原有建筑物移动到预期位置上以后,通过强有力的连接措施,使原有建筑物和新基础成为一个坚固的整体,但这样的连接很难保证平移后建筑物能恢复到原状。

(2)在建筑物整体移位的过程中,很难对整个上部结构进行全面的保护,这样难免会对上部结构造成一定的结构破坏,使建筑结构的整体安全性降低。

(3)被移位的建筑往往是一些使用 20 ~ 50 年,甚至上百年的建筑,在当时设计这些建筑的抗震或者防震的措施是符合当时的实际情况的。但在建筑技术高速发展的今天,设计规范在不断完善,移位后把原有建筑物和新基础牢固地连接在一起,即使上部结构完全不遭到破坏,也只能保证建筑物原有的抗震防震指标,很难满足现行的设计规范指定的建筑抗震设防要求。

面对以上问题,待被移位的建筑物移动到预期位置上以后,不是采用原来传统的基础加固措施,而是考虑基础隔震技术的应用,比如,在采用滚轴平移的建筑物的整体平移过程中,移位成功后,不是把滚轴抽出,而是通过一定的构造措施来限制滚轴的大幅度移动,利用滚轴的低滚动摩阻来限制地震力对上部结构的作用,从而使既有建筑物形成一个可以减小地震反应的基础隔震体系,这样既可以减少一道施工工序,降低工程造价,又提高了建筑物的抗震等级;或者在建筑物移位到指定位置后,不是把滚轴取出,而是用隔震支座支撑起移位后的建筑物,再采取必要的加固措施,这样也能形成一个完善的隔震建筑;再或者,在建筑物移位到预期位置后,在新建基础和被平移的上部结构之间装入叠层橡胶隔震支座,然后采取必要的加固措施,形成一个全新的建筑隔震体系。

为规范和促进建筑物整体移位技术在我国的应用,本书在保证结构的安全性、耐久性、适用性和人文价值不受损害的前提下,对建筑物整体移位技术的设计理论和关键施工技术进行比较系统的分析研究,促进理论与实践的有机结合。本书提出科学实用的建筑物整体移位设计理论、施工技术措施和可靠性评价方法,并将基础隔震技术引入建筑物移位及其加固工程中,提高既有建筑物的抗震能力,使之在移位的同时能满足现行规范的可靠性要求,以促进建筑物整体移位技术在我国的健康发展,填补国内该领域的空白。

1.2 建筑物整体移位技术的发展与应用概况

1.2.1 国外建筑物整体移位技术的发展与应用概况

世界上最早的建筑物整体移位工程出现在新西兰,工程技术人员采用蒸汽机车作为牵引装置,将新普利茅斯市一座一层民宅移到新址。

现代整体移位技术始于20世纪初,1901年,美国依阿华大学科学馆平移工程就有较详细的技术记录。由于校园扩建,将重约60 000 kN、三层高的科学馆进行了整体平移,而且在移动的过程中旋转了 45° ,此项工程采用圆木滚轴滚动装置,以木梁托换,用30个螺旋千斤顶提供水平牵引力,这一技术在当时的土木工程界引起了轰动。

在以后100多年的时间里,许多国家都有过移位工程的实例,被成功移位的建筑物有豪华别墅、剧院、教学楼、灯塔,甚至还有飞机场的候机厅;移位距离也从数十米到数百千米不等。建筑物移位的托换加固装置和牵引动力装置也有了很快的发展,对一些复杂结构使用了专用的托换装置,并取得多项专利;牵引设备也从早期的液压千斤顶、螺旋千斤顶、卷扬机,甚至汽车、轮船,发展到同步液压系统和自身可提供动力的专用多轮平板拖车系统,使建筑物整体移位无论是设计理论还是施工技术都达到了较高的水平。20世纪末国外影响比较大的建筑物整体移位工程主要有以下几项。

1978年莫斯科高尔基大街上的《劳动报》报社大楼的平移引起了世界轰动。这座重达1万多t的5层楼房仅花3昼夜的时间,就被完整地移动了33 m。移位后对结构进行了加固处理,该大楼沿用至今。

1982年,位于英国伯明翰的一座会计师事务所建筑,由于超市扩建,需将其移位至约8 km以外的地方。施工时,首先在建筑地面下建造225 mm厚的钢筋混凝土板,然后用千斤顶将其顶起,放入滚动装置进行移动,创造了当时建筑物移位距离最远的记录。

1983年,英国Warrington市对一座历史悠久的学校建筑实施了整体移位,移位距离为15 m。该工程首次在建筑物基础下浇筑一个钢筋混凝土水平框架,与片筏基础连为整体,并延伸至新基础。在该框架上建造另一个框架,两框架之间留有间隙,放入滚轴,并涂抹润滑油,用卷扬机和钢丝绳做牵引装置,其采用的装置和移位方法与我国90年代的许多整体移位工程相似。

同年,罗马尼亚首都布加勒斯特搬迁了两栋房屋,一栋为五层高,建筑面积约2 000 m^2 ;另一栋为七层楼房,总面积4 000 m^2 ,重达6 400 t,该平移工程采用了基础分离技术,滚动装置采用滚动轮,在楼底下共铺设了32根铁轨,为了减小移动时的振动,在托换支架和楼底间设置了橡胶垫,平均每小时移动1.19 m。

1998年,美国的一座豪华别墅,建筑面积1 100 m^2 ,长途跋涉迁移了100多英里(1英里=1.609 km)。建筑物在顶升托换时使用了64个承载能力为150 kN的千斤顶,该工程的

最大特点是在移位的过程中要经过一条运河,在这段路程中,用船舶作为运输工具,通过调节船舶中的水量来保证建筑物从船上到陆地的平稳性。

1999 年 1 月,美国 Minneapolis 市对 Shubert 剧院进行了平移,平移采用的平板拖车自身具有动力装置,为了增加建筑物的整体性,在墙下浇筑混凝土墙对建筑物进行加固。在剧院内斜地面开挖 6.1 m 深,然后填砂至地面下 1.52 m,在此空间内设置主次钢梁进行托换,整个工程用的 70 台移动平板拖车中有 20 台自带动力。

1999 年 6 月,美国卡罗莱纳州为了使 Hatteras 海水中的一座灯塔不再遭受海水侵蚀,政府决定将其移位 883.9 m 到安全的地方。这座灯塔高 61 m,重达 4 400 t。为了确定灯塔的自重,采用了当时世界上最先进的液压顶升系统,由 100 个千斤顶将其顶高 1.52 m。为了保证此高耸结构的稳定性和承载力系统的可靠性,采用扩大钢梁作为托换底盘,用钢梁铺成 7 条行走的下轨道,设置了 14 根跨越下轨道的长滚轴,液压千斤顶提供水平牵引力,同时采取了许多措施来避免运输过程中可能遭受的暴风雪的侵袭和地基的破坏。

1999 年 9 月,丹麦哥本哈根机场由于需要扩建而将候机厅从机场的一端移至另一端,经过 4 个月的准备,候机厅在 4 天之内移动了 2 500 m。该建筑建于 1939 年,长 110 m,宽 34 m,局部为三层的混凝土框架结构,移位时采用水平和斜向钢结构支撑进行加固,采用多种规格的自动多轮平板拖车作为动力设备,在车上安装自动化模块和电脑设备,借此调节平移的同步性。

1.2.2 国内建筑物整体移位技术的发展与应用概况

建筑物整体移位技术在我国的应用从 20 世纪 80 年代开始迅速发展,迄今为止我国已经成功进行了超过 200 例建筑物的整体移位。这些工程既包括框架结构,也包括砖混结构、剪力墙结构;移位的建筑物既有住宅、办公楼、酒店、纪念馆、文物建筑,也有塔和桥梁;移动方向既有纵向、横向、斜向,也有水平旋转、抬升和爬坡。从工程实践角度来看,我国的建筑物整体移位技术已经达到了较高的水平,现列举出其中有代表性的工程如下。

1995 年河南省孟州市政府 4 层办公楼实施整体移位。该楼建筑面积 3 585.3 m²,总重 5 974 t,采用混凝土托换加固体系。该工程集横向移位、纵向移动和旋转于一身,在当时创造了建筑物移位总重、旋转角度、移位距离和移位建筑面积四项全国第一。

1997 年 9 月,河南省禹州市电力工业公司办公楼进行了短距离的移位,该建筑物为 4 层框架结构,建筑面积 3 100 m,仅使用 4 年,该工程比建筑物拆除重建节约资金 70%。

2001 年 5 月,南京江南大酒店大楼实施整体移位。该建筑物为主体 6 层、局部 7 层的钢筋混凝土框架结构,建筑面积约为 5 400 m²,重 8 000 多 t,设计向南平移 26 m。该移位工程的特点是首次采用了滑移隔震技术,在结构的基础部位设置了隔震装置,能减少地震力 1/6 ~ 1/4。移位就位与新基础连接后,其抗震能力要比原结构提高 60% ~ 80%。

2002 年 3 月位于上海市静安区的刘长胜故居成功实施了整体移位。该建筑始建于 1916 年,4 层砖木结构,是上海市具有革命历史纪念意义的建筑。根据规划要求,该建筑整体平移 79.5 m,并转向两次,爬坡提升 0.45 m,就位后旋转 5°18'。该项目移动路线复杂,在国内首次采用斜向爬坡滑移法。

2003 年 4 月,国家二级保护建筑上海音乐厅被实施整体移位。该建筑总重约 4 000 t,为主体 3 层、局部 4 层的混合结构,建筑物内部结构相对空旷,整体性刚度较差。该建筑物整体平移了 66.46 m,并先后经过两次顶升,一共升高了 3.38 m,是建筑物整体移位技术在

古建筑保护方面的典型实例。移位就位后在结构底盘安放橡胶及钢制的防震装置,并增建了地下车库,既有效保护了古建筑,又完善了使用功能。移位中的上海音乐厅如图 1-1 所示。

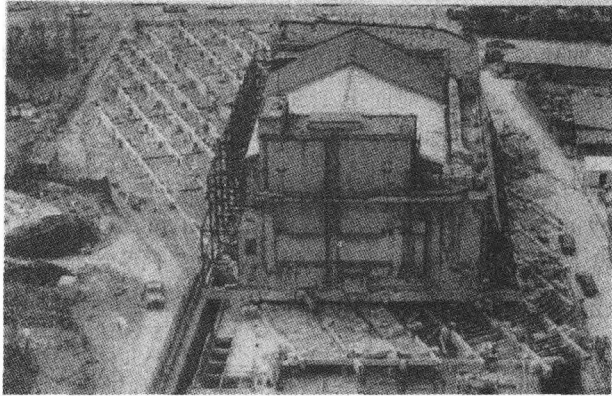


图 1-1 上海音乐厅移位现场

2004 年 5 月,广西梧州市人事局综合楼整体移位成功并创下了同类移位项目的吉尼斯世界纪录。该建筑物高 36.8 m,10 层钢筋混凝土框架结构,总重 13 254 t,大楼在滚轴之上总共平移 30.276 m。仅过几个月,2004 年 11 月广西梧州市福港楼成功平移旋转到位。该建筑共 9 层,高 34 m,建筑面积为 8 330 m²,整体重约 14 800 t,平移了 35 m,平移后还往西北方向旋转了 2.8°。该建筑移位工程的规模之大,当时在世界上尚无先例。移位完成后的建筑如图 1-2 所示。



图 1-2 平移到位后的福港楼

2004 年 7 月,宁夏吴忠市原投资约 2 千万元的吴忠宾馆大楼,13 层框架结构,高 58 m,建筑面积 12 700 m²,重约 2 万 t,向西平移 82.5 m。曾承担过上海音乐厅、北京市英国大使馆旧址等移位工程的上海联圣移楼工程公司以 688.3 万元的价格承接这项工程。为了减少移位产生的振动,大楼平移选用了液压悬浮式滑动的方式,使大楼行走于 5 条钢筋混凝土滑

道之上,移位前后的吴忠宾馆大楼见图 1-3。

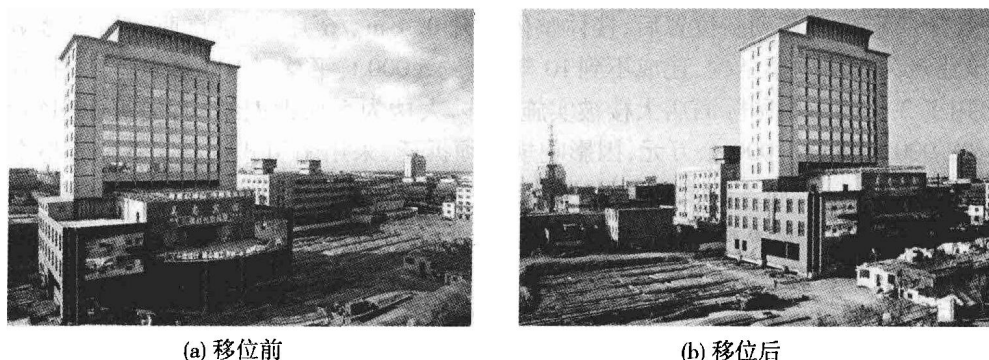


图 1-3 移位前后的宁夏吴忠市吴忠宾馆大楼

2006 年下半年开始,建成使用不到两年的山东莱芜市高新开发区办公楼被实施移位,如图 1-4 所示,该建筑为框架-剪力墙结构,地上 15 层、地下 1 层,高 67.6 m,建筑面积 24 000 m²,总重约 35 000 t,被平移 72.7 m,创下了国内平移建筑物最高最重的新纪录。



图 1-4 移位后的山东莱芜市高新开发区办公楼

2006 年 11 月,启用不到 10 年的厦门市人民检察院侦查技术综合楼被实施移位,该建筑为 6 层框架结构,建筑面积 4 000 多 m²,重 5 000 t,移位方式为旋转 45°后平移 61 m 到预定位置,采用了 6 台千斤顶和近千根滚轴,移位费用控制在 200 万元以下。同年 12 月,兰州亚兰药业公司综合大楼被实施移位,该楼为 7 层框架结构,重约 15 000 t,总造价 1 300 余万元。移位方式为转动 14.35°,然后调整滚轴方向平移 5.1 m。移位施工工期 3 个月,费用不超过 400 万元。

2007 年 6 月,河南漯河职业技术学院 3 号教学楼被实施平移,该建筑为 7 层教学楼,建筑面积约 5 300 m²,重 1 万多 t,向西纵向平移 39 m。因体形较长,该楼被两个伸缩缝分成三个部分,移动时采用了整体推进技术,难度较高。7 月,山东建工集团一座 6 层高的办公楼向南移动了 7.6 m,该建筑重 7 000 t,建筑面积 4 500 m²,此次移位与以前的最大不同就是楼内水、电及暖气的使用没有受到任何影响。9 月,山东冠县某工厂综合办公楼被实施移位,首先自南向北横向平移 316 m,然后自东向西纵向平移 23.4 m,总距离达到 339.4 m,创造了国内移位距离最远的纪录。

2008 年 5 月,济南宏济堂西号(分南楼、北楼两部分)被实施移位,该建筑始建于 1920

年,2层砖木结构,移位时将先向北平移11.6 m,旋转3.8°后,北楼再向东平移15.4 m,南楼向东平移16.25 m,平移到新位置后,楼体整体抬升0.4 m。6月,南京京西宾馆大楼被实施平移,该建筑为6层框架结构,建成不到10年,重约5 000 t,平移了100多m。11月,在武汉建成启用了3年的山曲国际酒店大楼被实施平移,大楼为5层框架结构,建筑面积约5 000 m²,重约8 000 t,造价1 000余万元,因影响规划须拆迁,采用牵引式平移了57 m,整个平移过程费用仅200万元,施工期内楼内人员办公生活均没有受到影响。同月,天津一座重约5 000 t的医院门诊楼被平移124.5 m并旋转7°到了新位置。

2008年12月,西安市一所船形建筑(见图1-5)被实施移位,该建筑长84 m、宽23 m,重1.8万余t,造价5 000余万元,先整体向西平移137 m,再向南平移约8.6 m。



图1-5 移位中的西安市某船形建筑

我国建筑物整体移位的实例较多,限于篇幅,将部分工程归纳如表1-1。

表1-1 部分工程实例概况

序号	工程名称	移位时间	结构形式	移位形式特点
1	河南孟州市政府大楼	1995年	4层砖混结构	平移14.7 m,旋转90°,再移57 m
2	福建莆田南门小学教学楼	1995年	5层框架结构	平移72 m,旋转90°
3	河北省曲周县农业局办公楼	1998年	4层砖混结构	平移8.5 m
4	焦作矿务局王庄煤矿食堂	1998年	6层混合结构	结构复杂,阶梯形轨道,平移27 m
5	北海市原英国领事馆	1999年	4层砖混结构	沿与轴线成50°的方向平移55.8 m
6	临沂市国家安全局技侦楼	1999年	8层框架结构	向西平移96.9 m,再向南移动74.5 m
7	北京市物资局老干部活动中心	2000年	4层混合结构	平移20.5 m,旋转4°
8	广东省阳春市阳春大酒店	2001年	7层框架结构	平移6 m
9	辽宁省商业局大楼	2001年	7层框架结构	平移10 m
10	广州锦纶会馆	2001年	单层砖木结构	平移80 m,顶升1.085 m,再平移22 m
11	辽宁盘锦兴隆台采油厂办公楼	2001年	4层砖混结构	分体,旋转90°,平移65 m
12	江苏泰州市建委综合楼	2001年	10层框架结构	平移46 m
13	江都市供电局生产调度楼	2001年	6层混合结构	向西移动31 m,向南移动11.5 m

续表 1-1

序号	工程名称	移位时间	结构形式	移位形式特点
14	南京江南大酒店	2001 年	7 层框架结构	平移 26 m
15	山东潍坊毛纺厂办公楼	2001 年	4 层砖混结构	平移 6 m
16	上海刘长胜故居	2002 年	4 层砖木结构	平移 79.5 m, 爬升 0.45 m, 旋转 5°18'
17	福州某综合楼	2002 年	9 层框架结构	平移 2 m
18	台湾高雄火车站大楼	2002 年	钢骨混凝土结构	平移
19	重庆市梁平县南门粮站	2002 年	7 层砖混结构	平移 14 m
20	泉州市鲤城区 8 层食品大楼	2003 年	8 层框架结构	平移 10 m
21	中央储备粮平顶山粮库综合楼	2003 年	5 层混合结构	移位 39.88 m, 爬升 0.45 m
22	莆田市八重洲饲料公司商住楼	2003 年	4 层框架结构	平移 36 m, 顶升 0.60 m
23	上海音乐厅	2003 年	混合结构	顶升 1.7 m, 平移 66.46 m, 再顶升 1.68 m
24	安徽省安庆某商住楼	2004 年	7 层混合结构	累计平移 58 m, 整体抬升 0.9 m
25	广西梧州市人事局综合楼	2004 年	10 层框架结构	平移 30.276 m
26	山东省济南市老洋行大楼	2005 年	3 层砖石结构	平移 15.3 m

大量文献表明,建筑物整体移位技术在国外,特别是在欧美发达国家应用较多,这些国家对一些尚有使用价值或有文物保护价值的建筑物都很珍爱,不惜重金运用整体移位技术将其移动到合理的位置予以重新利用或加以保护,同时又可避免因拆除建筑物产生的粉尘、噪声及大量建筑垃圾对环境的污染,节约能源和资源。国外建筑物移位技术虽然起步较早,移位技术也发展到较高水平,但完成的工程实例并不多,有关建筑物整体移位设计方法及施工技术系统研究资料较少,这与其城市规划及城市建筑理念比较先进成熟有关,同时与其文化背景也有关系。我国的建筑物整体移位技术虽然起步较晚,但发展速度迅猛,已累计完成各类建筑物移位工程 100 余项,从完成项目的数量、质量和技术难度上看已经居世界领先水平,这与我国的特殊国情及文化背景有关。但与该项技术工程应用迅猛发展状况不相适应的是,建筑物整体移位设计理论与施工技术标准严重滞后于工程实践,至今尚无相关的规范或技术规程,移位工程设计和施工相当程度上依赖于工程经验,工程质量缺乏科学合理的评价标准。因此,对建筑物整体移位工程相关的设计方法和施工技术进行系统的科学研究,已成为急需解决的技术课题。

国内外建筑物整体移位技术的发展趋势主要表现在以下方面:

- (1) 编制相关的设计与施工技术规程,建立科学的质量及可靠性评价体系。
- (2) 移位工程由多层向高层发展,由小体量向大体量发展。
- (3) 移位建筑物结构形式由简单向复杂发展。
- (4) 移位轨迹由简单的直线移位向折线、旋转、曲线、组合移位发展。
- (5) 移位控制由人工控制向半自动化、全自动化发展。
- (6) 移位轨道及托换体系由一次性使用向可拆卸组装式发展。
- (7) 适用领域由城市建设向矿山、桥梁、文物及古树名木保护等多个领域发展。
- (8) 由单一移位向集加固、隔震于一体的综合目标发展,提高建筑结构的安全性。