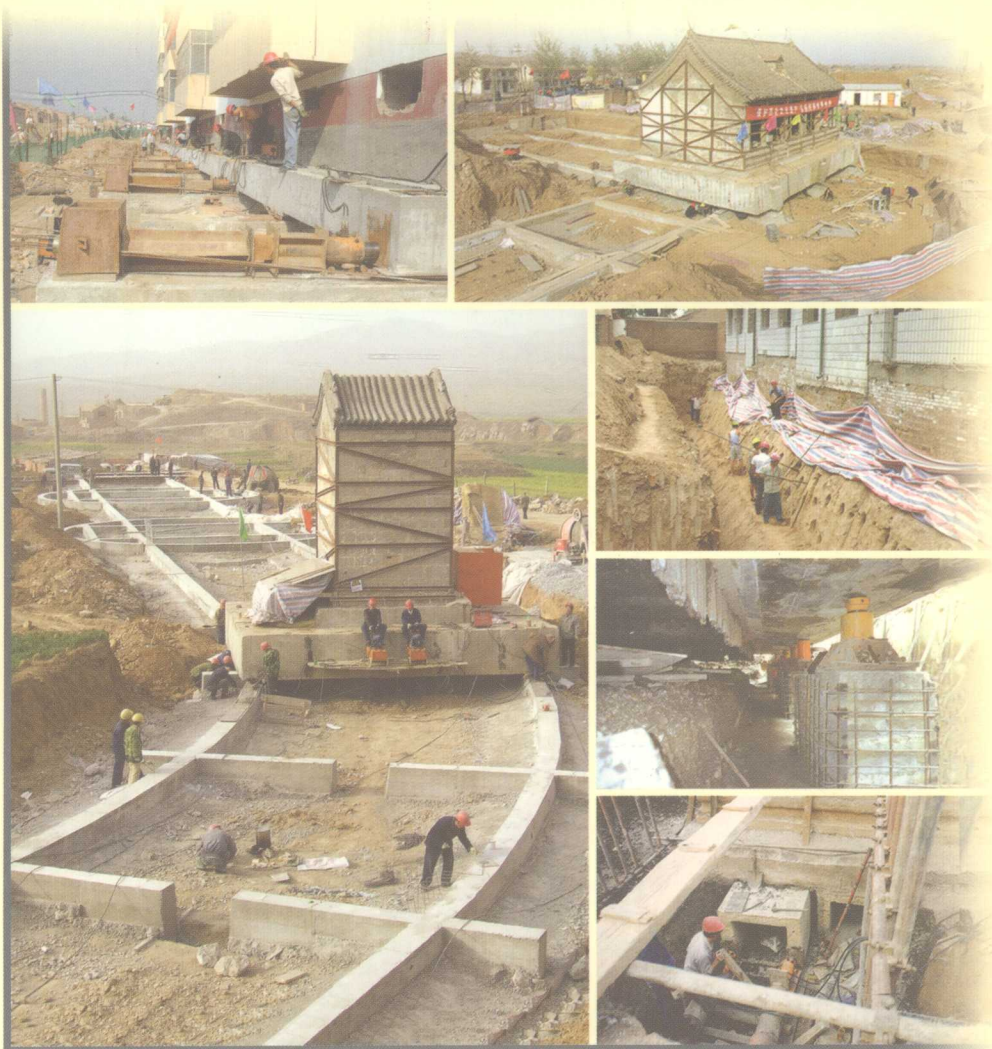


建筑物整体移位 技术与工程实践

JIANZHUWU ZHENGTIYIWEI JISHUYANJIU YU GONGCHENG SHIJIAN

强万明 赵士永 张振拴 边智慧 编著



河北科学技术出版社

建筑物整体移位技术研究与工程实践

强万明 赵士永 张振拴 边智慧 编著

河北科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑物整体移位技术研究与工程实践/强万明等编著. —石家庄:河北科学技术出版社, 2009. 4
ISBN 978-7-5375-3978-4

I. 建… II. 强… III. 建筑物—整体搬迁 IV. TU746.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 046782 号

内容提要

建筑物整体移位技术涉及地基基础、建筑结构、工程检测、工程抗震和建筑机械等不同专业,技术含量高,施工难度大。本书详细论述了建筑物整体移位技术的基础理论知识,结合工程实例系统地介绍了移位工程中建筑物基础托换技术,基础和轨道处理技术,移位控制技术,结构分离和就位连接技术,移位施工及实时监测技术。明确了移位工程中要做好准确的工程检测,精确的结构性能验算,周密的方案设计和施工,严格规范的组织指挥等关键环节。

本书是对建筑物整体移位技术研究成果和工程实践的总结,内容丰富,可供从事同类工程方案设计、施工、工程检测、质量管理的技术人员及高等院校相关专业师生参考。

建筑物整体移位技术研究与工程实践

编著 强万明 赵士永 张振拴 边智慧

出版发行 河北科学技术出版社

地 址 石家庄市友谊北大街 330 号(邮编 050061)

印 刷 河北师范大学印刷厂

开 本 787×1092 1/16

印 张 12.75

字 数 303800

版 次 2009 年 4 月第 1 版

2009 年 4 月第 1 次印刷

印 数 3000

定 价 36.00 元

<http://www.hbstp.com>

序

最近,河北省建筑科学研究院强万明院长送来他和院技术人员共同编著的《建筑物整体移位技术与工程实践》书稿。书中详细论述了建筑物整体移位技术的基础理论知识,介绍了具有不同特点的多项工程实例,内容深入浅出,通俗易懂。该书的出版,对建筑物整体移位技术的推广将起到积极的促进作用。

随着社会经济的快速发展,我国城市规划日益完善,城镇化水平不断提高,旧城改造和道路拓宽工程越来越多,使一些新建或仍具有使用价值的既有建筑物面临被拆除的威胁。

根据城市总体规划的要求和建筑物周围条件,对建筑物实施整体移位,使其易地保留,可以节省投资,减少建筑垃圾,还能有效地保护有价值的历史文物建筑,为解决城市建设中继承传统与发展建设的矛盾提供新的途径。因此,建筑物整体移位技术的推广应用,在各地完善城市总体布局、加速城市化改造进程中可以发挥重要作用,并将产生巨大的社会效益和经济效益。

建筑物整体移位是一项技术含量高的综合性工程技术,把岩土工程与结构工程紧密地结合起来,涉及建筑工程领域地基基础、建筑结构、结构加固、工程检测、工程抗震和建筑机械等不同专业。建筑物整体移位工程实际情况各异,其技术特点也不尽相同,需要掌握多学科的理论基础知识和丰富的工程实践经验,同时还要在实践中不断更新理论、创新技术、完善工艺。

十多年来,河北省建筑科学研究院紧密结合工程建设实际,开发了建(构)筑物整体移位技术,并先后成功完成了 30 余项整体移位工程,院技术人员根据研究成果和工程实践经验编写了此书。

该书内容丰富,系统介绍了建筑物整体移位工程中不同结构形式的建筑物基础托换技术、基础和轨道处理技术、整体移位控制技术、结构分离和就位连接技术,整体移位施工及实时监测技术。在整体移位控制技术中,对滚轴的合理布置技术、平稳移动技术、转向移位技术、弯曲轨道的移动技术、直线轨道快速移动技术、原位 90°转向技术、大空间结构整体移位技术、同步移位技术等做了详细介绍。

该书列举了具有不同特点的 12 个工程实例,并详细介绍了昆明金刚塔顶升

和林州慈源寺古建筑群平移工程。这两项古建筑整体移位工程技术含量高、施工难度大,多项内容创造了国内乃至世界建筑物整体移位史之最,为我国古建筑整体移位工程提供了十分有价值的理论知识和实践经验。

该书可供城镇建设改造中的建筑物移位工程参考借鉴,同时为各地对必须易位的既有建筑选择拆除还是整体移位提供了新的思路。

希望工程技术人员围绕建筑物整体移位技术,进一步研究探索,交流经验和技术,不断总结提高,使这项技术日臻完善,逐步在全国推广应用,在我国城市化建设和改造中发挥更大的作用。同时,希望河北省建筑科学研究院继续发扬拼搏、创新的精神,抓好新技术的开发与推广应用,为城市建设和改造做出新的贡献。

夏亨熹

2009年3月20日

前 言

随着社会经济的发展,我国进入大规模城市规划改造阶段。城区的改造、道路和高速公路的拓宽,使一些既有建筑物有可能要被拆除。其中有的建筑结构良好,且仍有使用价值,拆除既浪费资金又污染环境;而那些具有保存价值的历史文物建筑,一旦拆除就不可能再现,所造成的损失是无法挽回的。

根据城市总体规划要求和建筑物周围条件,对需要拆除且有使用价值的建筑物实施整体移位,使其易地保留,不仅节省建设资金,减少建筑垃圾,保护环境,保护文物,而且使城市规划布局更加灵活,通过建筑物整体移位技术可以实现这些设想。在我国城市建设和既有建筑物改造中,推广这项技术将会产生巨大的经济效益和社会效益。

建(构)筑物整体移位技术涉及地基基础、建筑结构、结构加固、工程检测、工程抗震和建筑机械等领域,其技术难度大,需要有准确的工程质量检测数据,精确的结构性能验算,周密科学的移位方案设计和施工组织设计,精确细致的施工工艺,严格规范的指挥操作。

围绕建(构)筑物整体移位,河北省建筑科学研究院工程技术人员紧密联系工程实际,深入研究探讨,不断总结提高,开发了多项新技术:研究了砌体结构、框架结构等多种结构的托换技术和移位方法;首次将盾构法和高效预应力大底盘技术用于古建筑基础置换和整体移位;采用同一组轨道实现了多个单体建筑物不同方向、不同高度的整体移位;提出了保证建筑物安全、平稳移位的滚轴布置技术;研究了建(构)筑物整体移位平稳启动控制技术,开发了高效顶推反力系统装置;研究实现了建筑物整体转向二次托换技术、运动调向技术和原位转向技术。这些技术成果经专家鉴定认为:总体达到了国际先进水平,在古建筑物移位技术方面达到国际领先水平。

十多年来,河北省建筑科学研究院先后成功完成昆明金刚塔顶升、林州慈源寺古建筑群平移等30余项整体移位工程,积累了丰富的实践经验。作者整理了研究成果和工程实践经验,并参考了东南大学、山东建筑工程学院、福建省建筑科学研究院等单位的相关资料,编写此书。书中系统介绍了:建(构)筑物整

体移位工程不同结构形式的基础托换技术、基础和轨道处理技术、整体移位控制技术,结构分离和就位连接技术,施工和实时监测技术,可供土建专业工程技术人员、大专院校师生在同类工程中参考借鉴。

在本书编写过程中,王平、刘亚庄、李占文、高昊、陈朝阳、付素娟、孙元生、安国旗、王秉文、戴占彪、梁耀哲等提供了大量宝贵的技术资料并参加了工程实践,刘淑华、赵志翠等对书稿进行了认真校核,对他们的辛勤工作表示诚挚的谢意;书中引用了大量参考文献,对其作者表示感谢。

限于作者的水平和经验,书中可能会有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

2009 年 3 月

目 录

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 建(构)筑物整体移位技术背景	(1)
1.2 建(构)筑物整体移位技术发展概况	(1)
1.2.1 国外建(构)筑物整体移位技术与工程应用	(1)
1.2.2 国内建(构)筑物整体移位技术的发展状况	(5)
1.3 建(构)筑物整体移位技术的意义	(14)
第 2 章 建(构)筑物整体移位技术特点及关键技术	(15)
2.1 建(构)筑物整体移位技术特点	(15)
2.1.1 建(构)筑物整体移位技术	(15)
2.1.2 建(构)筑物整体移位工程类别	(15)
2.1.3 建(构)筑物整体移位工程技术特点	(16)
2.2 建(构)筑物整体移位工程关键技术的确定	(17)
2.2.1 建(构)筑物整体移位工程特征	(17)
2.2.2 建设投资方对建(构)筑物整体移位工程的影响	(18)
2.2.3 建(构)筑物整体移位对设计施工的要求	(18)
2.2.4 建(构)筑物整体移位关键技术	(18)
第 3 章 建(构)筑物整体托换技术	(20)
3.1 托换技术与托换方法	(20)
3.1.1 托换技术的概念和分类	(20)
3.1.2 托换技术的发展	(20)
3.1.3 常用托换方法	(21)
3.2 建(构)筑物整体移位工程托换技术	(21)
3.2.1 建(构)筑物整体移位工程中的托换技术特点	(21)
3.2.2 建(构)筑物整体移位工程中的托换技术应用	(21)
3.2.3 移位工程中托换方案的选择	(23)
3.3 砖混结构墙体托换技术	(26)
3.3.1 双夹梁墙体托换设计与施工	(26)
3.3.2 单托梁墙体托换设计与施工	(27)

3.4 框架柱托换技术	(28)
3.4.1 受剪承载力计算公式	(28)
3.4.2 植筋柱托换节点设计内容和步骤	(30)
3.4.3 柱托换中新旧混凝土界面抗剪强度取值	(30)
3.4.4 植筋柱托换节点施工	(31)
3.5 古建筑托换技术	(31)
3.5.1 箱梁的设计	(31)
3.5.2 顶推箱梁施工	(32)
3.5.3 内部浇筑混凝土	(33)
3.6 托换桁架的设计	(35)
第4章 建(构)筑物整体移位基础和轨道处理技术	(37)
4.1 建(构)筑物整体移位地基处理技术	(37)
4.1.1 建(构)筑物整体移位地基处理特点及要求	(37)
4.1.2 建(构)筑物整体移位地基处理方法、特点及适用范围	(38)
4.2 建(构)筑物整体移位工程常用地基处理方法	(38)
4.2.1 换填垫层法	(38)
4.2.2 夯实水泥土桩复合地基	(40)
4.2.3 石灰桩复合地基	(42)
4.3 移位轨道布置技术	(44)
4.3.1 整体移位轨道的组成和形式	(44)
4.3.2 下轨道种类	(45)
4.3.3 移位轨道的设计要求	(46)
4.3.4 移位轨道方案选择	(46)
4.4 移位轨道基础设计	(47)
4.4.1 轨道基础的设计内容	(47)
4.4.2 轨道基础计算简图	(47)
4.4.3 轨道基础的沉降计算	(49)
4.4.4 轨道基础的构造要求	(50)
4.5 移位轨道施工	(50)
4.5.1 轨道基础施工中的问题	(50)
4.5.2 轨道基础梁找平	(51)
4.5.3 轨道基础和原基础连接	(51)
4.5.4 施工阶段原基础承载力验算	(52)
4.6 多座建筑轨道共用技术	(53)
4.7 建筑物整体顶升、纠倾技术	(54)
4.7.1 建筑物倾斜的原因	(54)
4.7.2 顶升纠倾	(54)

第 5 章 建(构)筑物整体移位控制技术	(56)
5.1 移动系统的组成	(56)
5.2 滚轴的合理布置技术	(57)
5.2.1 滚轴类型的选择	(57)
5.2.2 滚轴的设计	(58)
5.2.3 滚轴的合理摆放方式和间距	(59)
5.3 移位动力计算和动力设备选择	(60)
5.3.1 滚动摩擦系数试验和工程实测结果	(60)
5.3.2 动力设备的选择和合理布置	(61)
5.4 新型高效顶推反力系统	(62)
5.4.1 高效可移动反力支座的设计	(62)
5.4.2 垫块的失稳验算	(63)
5.5 建(构)筑物整体移位平稳移动技术	(63)
5.5.1 整体移位中的动力分析	(63)
5.5.2 平稳移动技术	(64)
5.6 建(构)筑物整体移位控制技术	(65)
5.6.1 转向平移技术	(65)
5.6.2 弯曲轨道的移位技术	(69)
5.6.3 直线轨道快速移动技术	(70)
5.6.4 原位 90°转向技术	(71)
5.6.5 大空间结构整体移位技术	(72)
5.6.6 同步顶升技术	(74)
第 6 章 建(构)筑物整体移位结构分离与就位连接技术	(77)
6.1 建(构)筑物整体移位结构分离技术	(77)
6.1.1 常用的结构分离方法	(77)
6.1.2 结构分离前后结构受力变化	(79)
6.2 整体移位工程就位连接技术	(80)
6.2.1 砖混结构就位连接方法	(81)
6.2.2 框架柱扩大基础就位连接方法	(82)
6.2.3 框架柱隔震支座就位连接方法	(83)
第 7 章 建(构)筑物整体移位施工及实时监测技术	(85)
7.1 建(构)筑物整体移位施工	(85)
7.2 建筑物整体移位施工应注意的问题	(85)
7.2.1 建筑物整体移位施工前应注意的问题	(85)
7.2.2 移位施工过程中应注意的问题	(86)
7.2.3 建筑物移位施工就位后应注意的问题	(86)

7.2.4	整体平移施工中可能出现的意外情况及处理措施	(86)
7.3	建(构)筑物整体移位施工同步移位技术	(87)
7.3.1	同步移位方法及适用范围	(87)
7.3.2	人工同步移位控制方法	(87)
7.3.3	综合同步移位控制方法	(88)
7.3.4	同步移位自动控制系统	(88)
7.4	建(构)筑物整体移位施工及质量和工期管理	(89)
7.4.1	移位工程施工特点	(89)
7.4.2	移位施工中的质量、工期综合管理措施	(90)
7.5	整体移位工程的静、动态实时监测技术	(91)
7.5.1	水平移位工程实时监测	(91)
7.5.2	纠倾工程实时监测	(93)
第8章	建(构)筑物整体移位工程实例	(95)
8.1	栾城鑫都大厦整体平移工程	(95)
8.1.1	工程概况	(95)
8.1.2	鑫都大厦整体平移技术实施	(96)
8.1.3	建筑物整体平移工艺原理	(97)
8.1.4	平移施工流程	(97)
8.2	昆明市妙湛寺金刚塔整体顶升工程	(100)
8.2.1	金刚塔顶升工程概况和主要解决的问题	(100)
8.2.2	工程地质勘察和塔基沉降原因分析	(102)
8.2.3	金刚塔整体顶升方案设计	(104)
8.2.4	顶升工程施工	(111)
8.2.5	施工各环节的观测	(121)
8.2.6	金刚塔整体顶升可靠度分析	(123)
8.2.7	金刚塔整体顶升效果及意义	(123)
8.3	慈源寺整体平移工程	(125)
8.3.1	工程概况	(125)
8.3.2	慈源寺整体平移施工工艺流程、主要施工步骤和上部结构整体加固	(128)
8.3.3	古建筑基础整体托换	(131)
8.3.4	上下轨道梁的布置与施工	(139)
8.3.5	建筑物整体移动	(144)
8.3.6	建筑物 90°角转向移动就位	(151)
8.3.7	古建筑物整体平移设计要点和施工技术关键	(156)
8.4	燕郊中冶地勘工程公司办公楼平移工程	(158)
8.5	怀安县供销社住宅楼整体平移工程	(160)
8.5.1	工程概况	(160)
8.5.2	移位轨道和新址基础施工	(160)

8.5.3 托换梁施工	(161)
8.5.4 整体平移施工	(162)
8.6 河北省女子监狱大门整体平移工程	(165)
8.7 晋州市西环路石津灌渠中桥整体顶推加固工程	(167)
8.7.1 工程概况	(167)
8.7.2 桥梁加固方案	(167)
8.7.3 桥梁顶推控制	(168)
8.8 邯郸钢厂某单层厂房排架柱顶升纠倾工程	(169)
8.8.1 工程概况	(169)
8.8.2 荷载统计	(169)
8.8.3 桩基础设计	(169)
8.8.4 基础强度验算	(172)
8.8.5 垫块设计	(173)
8.8.6 正常使用状态下的验算	(173)
8.8.7 纠倾顶升后基底下空隙的填充设计	(175)
8.8.8 纠倾顶升量与过程控制	(175)
8.9 张家口市气象局雷达楼纠倾工程	(176)
8.9.1 工程概况	(176)
8.9.2 纠倾处理方案及实施	(176)
8.9.3 纠倾效果	(178)
8.10 宁晋晶龙集团别墅整体顶升工程	(179)
8.10.1 工程概况	(179)
8.10.2 结构托换	(179)
8.10.3 布置千斤顶及配套设备	(179)
8.10.4 同步顶升	(180)
8.10.5 实施同步监测	(180)
8.10.6 顶升就位	(181)
8.10.7 整体顶升可靠度分析	(181)
8.11 联邦明珠住宅小区空中连廊整体顶升工程	(181)
8.11.1 工程概况	(181)
8.11.2 整体顶升施工	(183)
8.12 行唐县砖混结构住宅楼纠倾工程	(184)
8.12.1 工程概况	(184)
8.12.2 工程质量检测鉴定	(184)
8.12.3 纠倾试验	(184)
8.12.4 纠倾处理方案	(185)
8.12.5 施工步骤	(186)
参考文献	(188)

第1章 绪论

1.1 建(构)筑物整体移位技术背景

随着我国社会经济的持续快速发展,城市建设正在发生巨大的变化。近年来,城市道路交通状况不断改善,城市规划不断完善,旧城区改造、道路和高速公路的拓宽工程越来越多,相应出现了许多建(构)筑物影响城市改造和道路拓宽的问题,一些新建建筑和一些仍具有很大使用价值、而且具有保存价值的历史文物建筑面临被拆除的威胁,拆除这些建(构)筑物将会造成很大的浪费和经济损失。根据这些建(构)筑物周围环境条件,以及城市总体规划的要求,通过采用一定的技术手段,在允许的范围内对建(构)筑物实施整体移位,使其得以完整保留,不仅可以节省工程造价、缩短工期、减少建筑垃圾、保护环境,而且还可以使城市规划更加灵活、更加有效地保护历史文物建筑,从而取得良好的经济效益和社会效益。

建(构)筑物整体移位,是根据原建(构)筑物的结构形式、整体刚度、工程地质情况、现场施工条件、经济投资对比等多方面因素综合选定方案。其基本原理是对现有建(构)筑物进行必要的结构加固,根据托换理论改变其传力体系,从而使建(构)筑物与基础或地基脱离,使建(构)筑物形成可移动的单元体,然后通过整体顶升、推拉等技术手段,使建(构)筑物移动到新的位置。

建(构)筑物整体移位包括水平移位和竖向移位,水平移位分为直线水平移位和水平旋转,竖向移位分为纠倾和原位顶升。

1.2 建(构)筑物整体移位技术发展概况

1.2.1 国外建(构)筑物整体移位技术发展与应用^[1]

建(构)筑物的整体移位技术在国外,尤其在欧美国家应用较早,应用较多。他们对于有继续使用价值或有文物价值的建筑物都很珍惜,运用整体平移技术将其转移到适当位置予以利用和保护。同时,西方发达国家对环境保护要求较高,如果将建筑物拆除,必将产生粉尘、噪声以及大量不可再生的建筑垃圾。因此,建筑物整体移位技术在发达国家应用比较多,有许多专业化工程公司承担此类专业施工业务。

世界上第一座建筑物整体迁移工程,是位于新西兰新普利茅斯市的一所一层农宅,工程技术人员采用蒸汽机车作为牵引装置,将该房屋移动到新址。当时的施工情景见图 1.1。后来,美国佛蒙特州同样用火车(4476kW 的机车),对一个小型火车站进行了整体平移,见图 1.2。



图 1.1 蒸汽机车牵引农宅平移

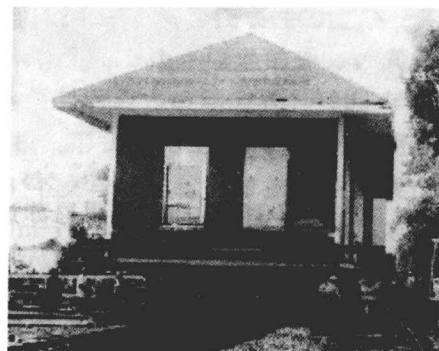


图 1.2 用机车平移小型火车站

现代整体平移技术始于 20 世纪初。1901 年美国依阿华大学科学馆平移工程有较详细的技术记录。由于校园扩建,需将重约 60000kN、3 层楼的科学馆进行整体平移,而且在移动过程中,为了绕过另一栋楼,采用了转向技术,将其旋转了 45° 角,见图 1.3、图 1.4。

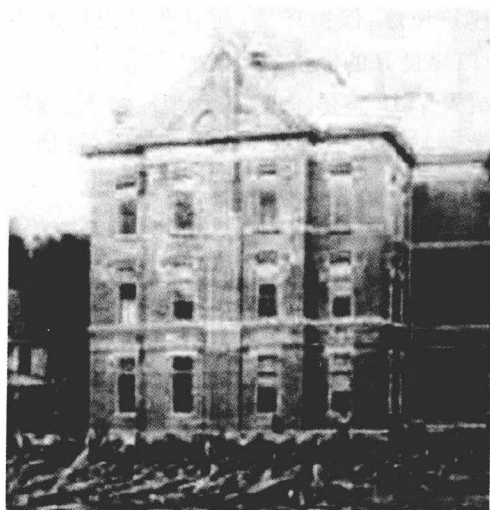


图 1.3 美国依阿华大学科学馆平移

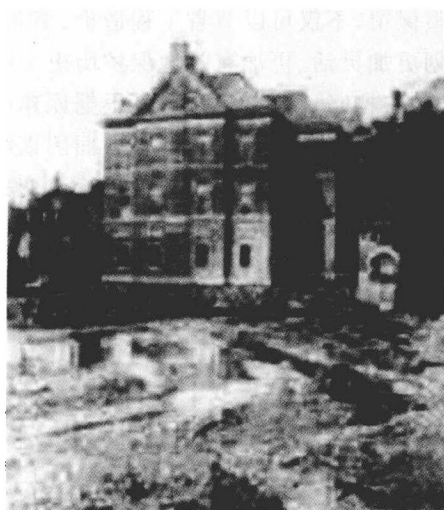


图 1.4 科学馆在平移过程中转向 45° 角

该建筑物平面尺寸为 $26.2\text{m} \times 35.1\text{m}$, 建筑面积约 3000m^2 , 该移位工程采用的是圆木滚轴滚动装置, 共用了 675 个直径 152mm 圆木滚轴。施工时, 首先用 800 个螺旋千斤顶将建筑物顶起, 再用木梁托换, 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相当大的兴趣和广泛的评论。该楼至今仍在用, 经历了百年考验。

在以后 100 多年的时间里, 许多国家都有过建筑物移位的工程实例。其中比较典型的有:

1982 年, 位于英国伯明翰的一所会计事务所, 由于当地的一个超市扩建, 需将会计事务所移走。平移时, 首先在房屋地面下建造 225mm 厚的钢筋混凝土底板, 然后用千斤顶将其顶起, 放入滚动装置进行移动^[3]。

1983年,英国兰开夏郡 Warrington 市对一座历史悠久的学校建筑进行了整体平移^[4]。由于道路拓宽不得不将这座具有历史纪念意义的建筑物纵向平移 15m,在托换顶起建筑物时使用了专用托换装置,并用环氧树脂技术对建筑物进行加固,在建筑物基础下浇筑一个钢筋混凝土水平框架(上轨道梁),在该框架下建造另一个框架(下轨道梁),使其与片筏基础连为整体,并延伸至新位置,两个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。其牵引装置和采用平移方法,同国内目前许多整体平移工程十分相似。平移施工见图 1.5 所示。

1998年,美国一所豪华别墅,建筑面积约 1100m²,从波卡罗顿长途跋涉 100 多英里(160 多千米)到皮斯城,建筑物进行顶升托换时用了 64 个 150kN 的千斤顶。这项移位工程的特殊之处在于该豪华别墅在行进中必须经过一条运河,在这段路程上采用一艘特殊的船体作为运输工具,通过调节船中的水量(约 8730m³)来保证该建筑物从陆地到船上和从船上到陆地的平稳性^[5],如图 1.6 所示。该建筑物基础为混凝土桩基,桩基切断时钢筋留有足够的连接长度,便于移至新位置时的连接。



图 1.5 英国一学校建筑的平移



图 1.6 美国一豪华别墅从陆地移到船上再从船上移到陆地

1999年1月,美国明尼苏达州 Minneapolis(明尼阿波利斯)市对 Shubert(舒伯特)剧院进行了平移^[6]。平移采用的平板拖车自身具有动力装置,在平移现场外部观看不到牵引设备。当时参观者络绎不绝,新闻媒体广泛进行报道,平移工程取得圆满成功。平移前,为了增加其整体性,在墙下浇筑混凝土墙对建筑物进行加固。将剧院内的地面开挖 6.1m 深,然后填砂至地面下 1.52m 处,在此空间内设置主次钢梁托换系统(重 2270kN)。托换时采用了 138 个千斤顶,由 19 个液压泵站控制,分 3 个区共顶起 2.45m,置入移动平板拖车,移至指定位置后,将托换钢梁取出,建筑物落在新基础上。整个工程用了 70 台移动平板拖车,其中 20 台自带动力。该剧院位于市中心,交通压力很大,因此平移前制定了详细的行走路线,如图 1.7 所示。在经过第 6 大街前,先旋转 90°,使建筑物主立面面向 Hennepin(亨尼平)路,还要绕过 Glueck 餐馆,在建筑物转向时,计算出了所有拖车轮子的转动角度,图 1.8 为经过第 6 大街时的现场。

1999年6月,美国卡罗莱纳州为了使 Hatteras(哈特勒斯)角一座海岸灯塔不再遭受海

水侵蚀,决定将其移至 1600 英尺(487.7m)外的地方。这座灯塔高 61m,重 44000kN,见图 1.9。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,用 100 个千斤顶将其顶高 5 英尺(1.52m)。为了保证此高耸结构的稳定性和承载力系统的可靠性,采用扩大钢梁作为底盘,见图 1.10,用钢梁铺成 7 条行走的下轨道,设置 14 根跨越 7 条下轨道的长滚轴,液压千斤顶提供水平牵引力,每分钟行走 0.76m,同时采取了许多措施来避免运输中可能遭受的暴风雪的侵袭和地基的破坏^[7~8]。2001 年,美国又成功地进行了迈阿密的一座控制塔的移动,见图 1.11。

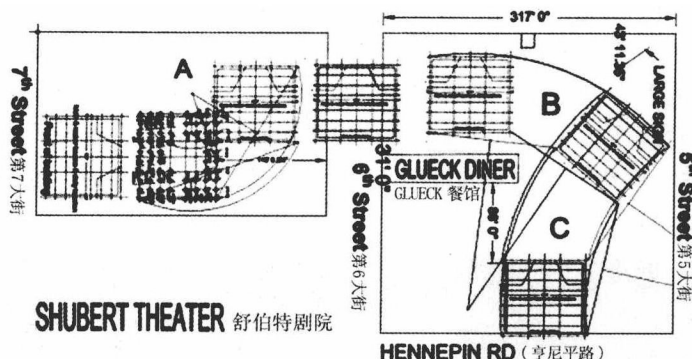


图 1.7 美国 Shubert 剧院平移行走路线

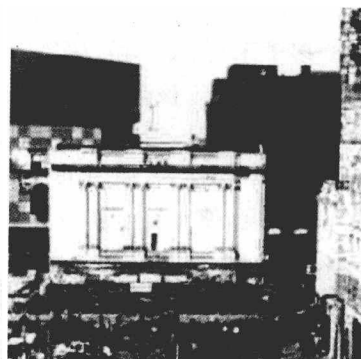


图 1.8 Shubert 剧院平移现场

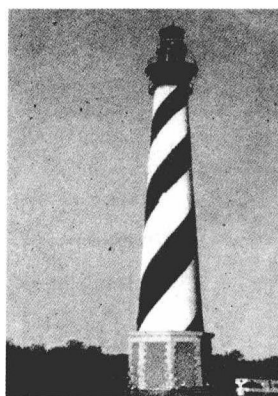


图 1.9 海岸灯塔平移

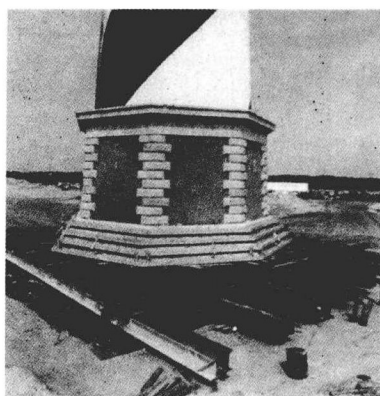


图 1.10 平移中采用扩大钢梁作底盘

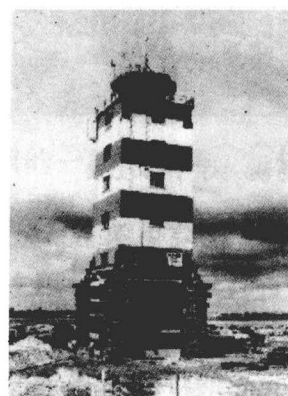


图 1.11 迈阿密控制塔平移

1999 年 9 月,丹麦哥本哈根飞机场由于扩建需要而将候机厅从机场一端移至另一端,经过 4 个月的准备工作,在 4 天之内移动 2500m。该建筑物建于 1939 年,长 110m,宽 34m,主体 2 层、局部 3 层的钢筋混凝土框架结构。移动时,将一层内外墙体全部拆除,在一层中间高度处用水平和斜向钢结构支撑进行加固,并通过这些支撑将建筑物的荷载均匀地落在 60 台自推动多轮平板拖车上,然后用金刚石链条锯将框架柱在地面处切断。为了争取时间,提高移动速度,采用了多种规格的自推动多轮平板拖车,见图 1.12。在车上安装了自动化模块和电脑设备,借此自动调节 X 或 Y 方向的同步移动,以及补偿 Z 方向不同路面之间的沉降差,而且能够自动确定旋转中心。由于平移时不能影响飞机的起降,整个工程在时间

上进行了详细安排,基本上都是在晚上进行的,见图 1.13^[9]。

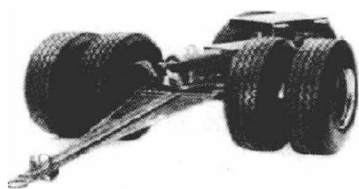


图 1.12 多轮平板拖车

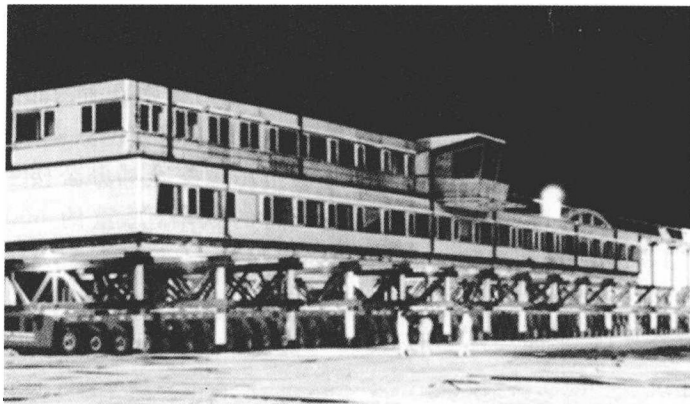


图 1.13 丹麦哥本哈根机场候机厅平移工程

国外在对建筑物平移时,一般将其顶起进行托换,然后置入平移设备。国外早期的平移工程使用千斤顶(螺旋、液压)牵引较多,有的工程也用卷扬机作为牵引设备,在河道和海上使用船只拖运的工程也有若干例。目前使用最多的移动设备是多轮平板拖车,如图 1.12 所示,一般由汽车或挖掘机等进行牵引,最近又出现了一种自身可提供动力的多轮平板拖车,已在多项工程中应用,并获得了理想的效果。

1.2.2 国内建(构)筑物整体移位技术的发展状况

我国的建(构)筑物整体移位技术从 20 世纪 60 年代在东北和武汉市开始应用,至今在全国各地已普遍推广,已有近 200 余座建(构)筑物实施了整体移位,遍及全国十几个省市。

国内最早的整体移位技术出现在煤矿矿井建设中,有关采矿文献中曾介绍过小恒山矿排碴井井塔整体平移。1991 年,出现楼房滑动平移方法,当时平移方法的主要思路是在建筑物基础下部修建新基座,基座下修建滑道,然后顶推到新位置。

1992 年,工程技术人员提出了将上部结构和基础分离的方法。由于该方法适用性广,迅速取代了原滑动平移方法。从此以后,我国各地有了更多建(构)筑物整体移位成功的工程实例。

(1)1992 年 9 月,福建省闽侯县交通局办公楼成功整体平移,并水平旋转 62° 角;同年 12 月又完成了晋江市糖业烟酒公司综合楼整体平移 7.7m。

(2)1993 年 11 月 30 日《浙江日报》报道,上海外滩有一座建于 1907 年,高 52m,重约 4000kN,号称“天文台”的古建筑,被移位到离原地 24.2m 的新址。

(3)1995 年,河南省孟州市政府办公楼整体平移工程集横向移动、纵向移动和旋转于一体;同年,福建省莆田市城厢南门小学教学楼成功整体平移 72m,转向 90° 角;河南省许昌市公路段办公楼平面为不规则六边形,因道路拓宽改造而横向平移 10.4m。

(4)1998 年 12 月,广东省阳春市阳春大酒店楼房,高 7 层、建筑面积为 3665m^2 、总重 50000kN,被整体平移 6m。阳春大酒店地处阳春市中心十字路口,紧邻穿越阳春市的国道。