

组合建筑物整体平移技术及安全监测控制

刘建超

中国水电建设集团十五工程局有限公司 陕西 咸阳 712042

【摘要】：组合建筑物整体平移主要是针对两种不同层高、结构、功能的建筑物组合体，将不在同一标高的地圈梁联合为整体作为上托盘，通过建立托换结构体系，将建筑物与原地基切断形成一个可移动体，并整体托换到新建轨道及滚轴上，然后用牵引设备将其移动到新基础上并进行加固连接，实现平面位置移动。平移施工较拆除重建相比，在减少资源浪费、控制建设成本的同时，即提高了施工效率，又更为经济合理，特别适用于道路拓宽、城市改造中建筑物的保护或具有重要历史文化意义等建筑物的保留应用。针对建筑物平移施工，总结出一套即能保证施工质量，又能满足工期要求的施工技术和方法进行分析研究，重点阐述各项措施做法等内容，为类似工程施工提供经验。

【关键词】：组合建筑物；托换结构体系；轨道；平移；就位连接

DOI:10.12417/2705-0998.25.19.010

1 工程概况及主要施工方案

某机关大门为左右对称独立门柱并与值班室形成框架组合结构，中间设行车通道，单侧建筑为1层（局部2层）框架结构长14米，宽4.8米，建筑高度8米，基础为独立承台埋深-1m、-1.5m。因行车通道已无法满足通行需要，大门宽度需由原8m宽度拓宽至15m。因此采用建筑物整体平移方式，对门柱及值班室组合建筑进行整体平移。

具体实施主要通过以下步骤：一是施工前对移位工程进行结构检测和可靠性鉴定；二是移位工程设计包括下轨道基础、托换结构、移位动力及控制系统、连接及必要的加固并进行倾覆验算；三是将原建筑物室内外地面反开挖至地梁底，并设置单梁式托换结构将建筑物临时支撑，采用绳锯切割实现上部结构与地基基础的分离；四是在新址位置完成新建基础结构及下轨道梁的施工，新基础独立柱位置预留插筋；五是平移轨道基础铺设砂浆及钢板找平，均匀布置实心钢棒做为滚轴，牵引动力采用液压千斤顶单侧顶推；六是平移就位后采用帮条焊将结构柱与基础预留插筋固定连接并进行基础结构恢复及加固，从而实现整体平移的目的。

2 施工工艺流程及操作要点

2.1 施工工艺流程

室内地坪及地面安装设施拆除→电气、给排水设施管线拆除→土方开挖→平移下轨道及新基础浇筑（新位置基础浇筑）→墙、柱托换梁（即平移上轨道）施工→安装平移系统→安装动态监测系统→切断原有框架柱→建筑试平移→建筑整体平移实施→平移就位连接→恢复工程。

2.2 操作要点

2.2.1 荷载取值

迁移工程的荷载工况分为两个阶段，一是平移过程工况，二是就位使用工况，不同工况验算阶段选用不同的荷载水平。平移过程荷载包括恒载、活载、风荷载、迁移动力荷载、摩擦反力等，其中上部结构恒载按照实际建筑状况取值，分项系数取1.1；楼面活载按照实际楼面调查结果取值，一般按照0.5kPa取值，不计地震作用，但考虑平移过程中的迁移动力荷载以及摩擦反力，根据室内试验以及过去工程实践实测结果核算。平移到位后使用工况，新基础与墙柱对接构造按照新建建筑物所遵循的国家规范。

2.2.2 新基础

新基础需根据新的地勘报告进行设计，根据原建筑的建造年代，与国家现行规范结合。一般新基础位置的地质情况与原基础位置基本一致，新基础可采取原基础相同的基础方式，也可根据地勘报告重新设计，如新基础地勘与原基础不相符，则必须根据地勘重新设计新基础。本次平移按照设计复核将原独基改为条形基础，条基宽度与原独基宽度厚度一致。

2.2.3 下轨道（新旧地基基础）

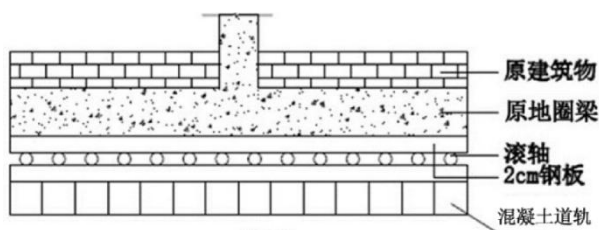
主楼平移下轨道分别向左右平移共2个主轴线，整体分别向两侧分别平移3.5m，滚动行走。室内行走下轨道采用单滑道以框架柱和墙体下定位放线为下轨道梁，下轨道梁顶标高为-1.1m。室内下轨道结合原基础设置。室外过渡段下轨道根据地勘报告情况，采取自然地基架设整体道轨跑道进行平移。

2.2.4 上托盘梁（加固钢梁）

上托架梁采用单梁的托换方式，托盘梁系统就是在平移过程中托换房屋整个上部结构部分，在平移时使托盘与房屋上部结构成为一个整体，主要有上滑道梁、抱柱梁、卸荷梁连系梁组成，上滑道通过滚轴直接支撑于下滑道上，用来承受房屋柱和墙体等传来的部分荷载，分别与下滑道相对应。施工时应注意有墙体部位及框架柱四侧必须凿毛处理，凿毛完随时清理表面浮渣及浮尘，单梁抱柱位置处要有侧向植筋锚固至梁内，模板制作要做到横平竖直，位置正确垂直轴线加固可靠，钢筋绑扎时要搭接长度满足相关规范要求，混凝土浇筑前用水冲洗模内垃圾，振捣要有序从上往下振捣。

2.2.5 滚动系统制作安装

轨道安装前找平厚度 2 厘米以下用 1: 2 水泥砂浆找平，超出 2 厘米用 C30 细石混凝土找平，梁宽找平正负差应控制在 0.3 毫米之间，轨道顺向找平应该控制在轴线间距沉降规范允许范围内（按 2‰ 控制），且总体平整度控制不超过 3mm，下轨道放线必须对应滚动系统中轴线确保上轨与下轨道不扁位。行走轨道找平施工完成，顺平移路线铺设钢板。钢板尺寸长 1.5 米，宽 0.25 米。直线顺平移方向钢板满铺，钢板与钢板连接处留 3-5 毫米间隙。钢板铺设长度应是每个行走轨道架设点实际长度的两倍尺寸，钢板长度尺寸不超过 1.5m，以方便二次捣用搬运方便。本次轨道下滑钢板使用 Q235B 钢板，厚度 10mm，滚动材料使用直径 40mm45# 实心圆钢，上滑轨面使用 10# 槽钢并列两根，内扣两根小一号槽钢 U 形朝下，临时固定使用硬质木板木塞。固定结束托梁与上滑轨之间用 20 钢筋做竖向支撑焊接，水平绑扎拉结钢筋，浇筑混凝土使用 C30。轨道安装步骤：下轨道梁找平→行走轨道定位放线→铺设钢板摆放滚轴→架设上滑轨→临时加固→填塞混凝土。



滚动系统示意图

2.2.6 切割分离

本次基础分离框架柱采用静力切割，首刀切割线标高上托梁上托梁下皮负 50mm，第二刀切割线上托梁下皮负 300mm，墙体部分人工分段破碎或取芯切割。断柱破碎时应根据各轴力大小从大到小分段分批进行，并做好监控切割时的墙柱沉降记录。

2.2.7 动力系统安装

动态平移采用反力顶推，平移需要 2 条轨道，共安装 4 台

100t 千斤顶，临时安装配套式前反力专业工具。滚动摩擦系数按 10% 计算，预估启动推力为 400t，正常平移推力为 200t。

2.2.8 动态平移

本次平移动力系统采用的超高压液压系统作为顶推动力，为实现平移过程的稳定、同步、安全与有序目标分以下 4 个步骤实施：

启动方式：为了避免启动和卸载时振动加速度过大和移动扭转过大，在千斤顶与建筑物接触位安装橡胶软垫，第一次启动时，千斤顶系统的总动力不超过计算启动力的 60%，临时增设 50 吨千斤顶从后面顶助推；

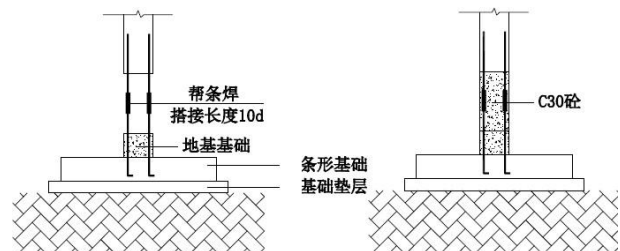
分级加载：根据各横向轴线上轴力的合力估算推力，第一级加荷 30%，以后每级递增 10%，过 70% 估算荷载后，以 5% 的设计荷载递增，直到房屋移动；

调配调试：在正式牵引前，分别测试每轴顶堆产生微小位移时的推力，以实际测定各轴加荷比例。然后反复调整油泵的油压力，直到房屋能够均匀的向前移动。

实时监测：为了及时了解各种作用的大小和对整个建筑物（包括承重结构和装修）的影响，并进行有效的控制，需要对平移施工中的各个关键环节进行系统科学的实时监测，从而保证平移工程的顺利进行。

2.2.9 就位连接

就位连接包括结构柱连接。本次房子就位柱对接采用增大截面的方法施工。结合平移设计新基础柱截面加大部分钢筋可提前预留，建筑物平移至新址先做临时对接，用 C35 干性混凝土原结构柱下方位置捣注密实，待混凝土达到砼条件强度等级后将行走轨道拆除，再做截面加大施工，施工时应注意分批分点对接，分批分点卸荷。



柱体连接构造布置图

3 安全监测

3.1 监测目的

为了确保主体结构平移的安全和混凝土结构施工的顺利进行，掌握主体结构平移在切割、平移、新旧结构连接前后的受力与变形状况，获得在各种施工工况及荷载的作用下平移过程中主体结构发生的实际变形数据，保证主体结构平移施工质量和安全，需要对主体结构平移过程实时监控。

3.2 监测项目

监测内容包括平移工程中的静动态实时监测包括两部分：

(1) 平移前期的关键参数的测试试验项目包括：所有房屋的结构构件和非结构构件完好情况勘察；地基处理静载试验；上部结构和基础切断时托换结构的沉降差测试；轨道平整度监测；平移加载参数的现场测定。

(2) 房屋移动过程中的实时监测内容包括静态实时监测和动态实时监测。静态监测包括：①轨道沉降的监测；②上部结构沉降差的监测；③关键部位的裂缝调查。动态监测包括：①轨道沉降的监测；②移动速度和行程监测；③移动速度和行程监测；④移动动力大小监控；⑤房屋倾角监测；

3.3 监测点设置

实时监测点布置于房屋四周以及中间首层托换梁顶部以上 0.5m，埋入钢筋测点标志。其他监测点分别设置在平移轨道、新基础、墙角等位置根据监测项目分别设置。

要求观测点设置经过专业监测技术人员确认并做好记录，在施工过程中要对观测点进行保护。

3.4 监测频率

平移监测按照静态和动态，分别进行不同频率的监测。静态监测不少于一天一次，主要观测建筑物的沉降。动态监测主要是针对平移过程的控制，在平移过程中每平移一个行程监测一次。

3.5 监测说明

班组安排专人每日进行安全检查，项目部专职安全员进行每日巡查以及安全周检查。日常检查重点部位：

- (1) 是否有不均匀沉降，垂直度偏差；
- (2) 施工过程中是否有超载现象；
- (3) 安全防护措施是否符合规范要求；

(4) 主体结构梁、板、柱是否有裂缝、变形现象；

(5) 二次结构、砌体填充墙等是否有裂缝、变形现象；

(6) 安排专人做好监测记录，对监测工作负直接责任，如发现监测点出现异常，检查原因同时进行上报，情况紧急可直接责令暂停施工。

3.6 仪器设备配置

监测仪器包含位移计（百分表）、电子全站仪、水准仪、经纬仪等。为了及时了解各种作用的大小和对整个建筑物(包括承重结构和装修)的影响，并进行有效的控制，需要对平移施工中的各个环节进行系统科学的实时监测，从而保证平移工程的顺利进行。

3.7 允许偏差及预警值要求

允许偏差及预警值表

项目	允许偏差mm	预警值mm	备注
沉降	≤10mm	5mm	
水平位移	≤20	15mm	
地基基础	≤10mm	10mm	
柱、墙倾斜	≤高度 1/100	高度 1/100	

4 总结

本工程采用整体平移的方式实现了组合建筑物的移位，为用地整体规划提供了有力条件。同时，最大限度的保留了原有建筑物的使用功能，减少拆除重建对在用建筑物使用周期造成的影响。平移施工在保留建筑物原貌的条件下，对地基基础进行新建，根据实际情况对地基基础条件进行改善加固，确保建筑物整体使用寿命。通过科学合理的施工组织及过程监测控制，实现了施工安全有序的进行。在施工过程中总结的各项流程、关键技术、施工方法等，可为类似工程施工提供参考经验。

参考文献：

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建(构)筑物移位工程技术规程 JGJ/T 239-2011.