

# 既有建筑空间改造与结构技术

## Structure Technology of Existing Building Space Renovation

撰文 陈明中 上海维固工程实业有限公司

**摘 要** 既有建筑空间改造往往涉及到建筑结构整体体系的改造，对结构安全有很大影响。结合工程实例简要介绍多种建筑空间改造形式及其带来的结构技术挑战，帮助建筑师开拓思路，以便更好地把控改造设计的全局。

**关键词** 既有建筑 空间改造 结构技术

### 1 建筑形体空间的改造形式

改造的内涵可以按三个域进行划分，形体空间的改造是其中之一，如图1<sup>[1]</sup>。以既有建筑本体作为参考坐标，形体空间的改造首先可以划分为内部空间改造和外部空间改造。外部空间改造形式主要有：建筑物向上增层和建筑物向外周边扩展；内部空间改造形式主要有：建筑内部插层，建筑内部新开中庭或边庭，建筑物地下空间开发等。

既有建筑往往占据城市核心地段的土地资源，而增层、插层和向外周边扩展等空间改造都增加了建筑面积，对于节约土地资源有重要的意义；而建筑物通过新开中庭、边庭等空间改造，可以大大优化建筑内部的空间布局，改善建筑物内部环境，从而提升建筑整体的品质，此种改造形式通常用在大型商业建筑中；另外随着城市轨道交通越来越密集，一些既有建筑需要增设地下空间以满足与地铁站的连接，并且地下车库的增设要求也日益增长，这些都在推动既有建筑地下空间开发的蓬勃发展。

上述改造都是建筑形体空间的大幅度改造，经常涉及到结构整体体系的改变，如果处理不当，将会严重影响结构的安全。作为建筑师，在把握整体改造设计方案时，也要考虑到结构技术的可行性。以下就几个典型的建筑空间改造形式，对相关的结构改造技术要点进行介绍。

### 2 建筑物加层——杭州天工艺苑5层+7层改造

加层的主要形式有两种：外框架加层和直接增层。外框架加层由于需要向建筑外侧扩展，对周围环境的影响较大，仅适合小体量的房

屋增层，并且增加的层数也很有限，因此，目前加层的形式主要是直接加层。

#### 2.1 改造概况

以杭州天工艺苑为例，该建筑曾经作为华东最大的艺术品商场和工艺品销售中心（图2），跻身“杭州十大商场”三甲。其位于杭州核心的解放路商业区，距离西湖也只有1.5km。原建筑为地上5层，带1层地下室，总建筑面积约2.2万m<sup>2</sup>。为充分挖掘该楼的品牌价值和地处核心地段的商业价值，业主拟将原单一功能的商场改造为集工艺品销售、拍卖、餐饮、旅游、会展为一体的生活艺术商场（图3）。为满足建筑新的功能布局，需要大幅度增加建筑面积，结合现场条件，仅可能进行原位加层——从原5层增至12层，增加2万m<sup>2</sup>左右的面积。改造后一至五层仍保留商场的使用功能；而新增的六至十一层为餐厅、展示拍卖中心、酒店和私人会所。

该建筑原结构为抗侧体系较为薄弱的混凝土板柱体系，并且新增层数比原层数还多，因此从建筑结构专业来说，存在加层结构体系如何选取、整体结构体系如何构建、地基基础和下部结构如何加固等技术难题。

#### 2.2 改造的结构技术要点

##### （1）加层结构体系与整体结构体系

首先需要确定的是，加层结构采用混凝土结构还是钢结构。从结构体系而言，采用混凝土结构加层与原结构的体系统一，不存在上下体系混合，但这样加层重量重，大大增加了下部结构和基础的负担，

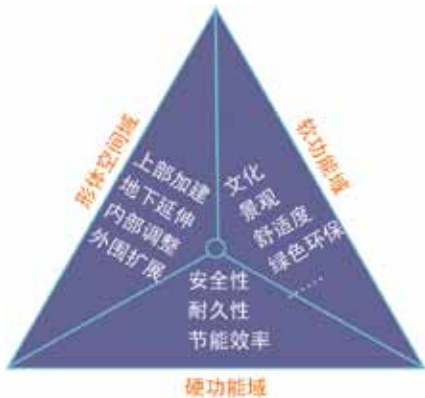


图1 建筑改造的主要形式



图2 改造前建筑外观



图3 改造后建筑外观（效果图）

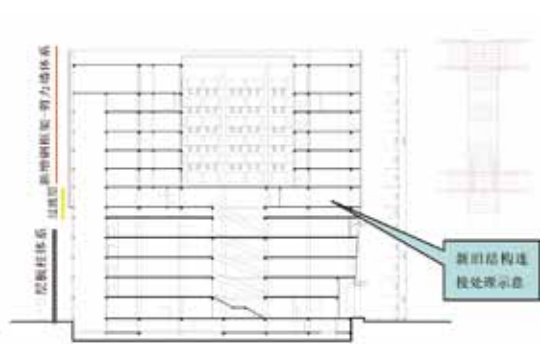


图4 加层后结构体系剖面图

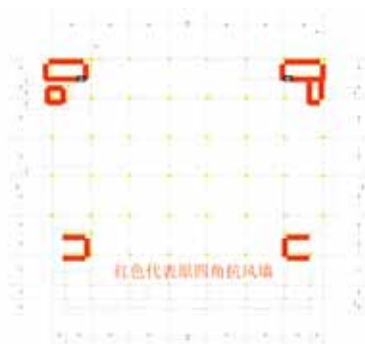


图5 原一层结构平面图

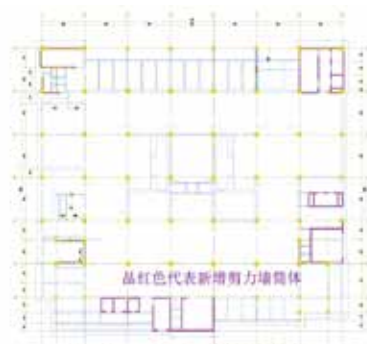


图6 改造后一层结构平面图

在下部结构和基础比较薄弱，而加层数又多的情况下未必适用。采用钢结构则可以减轻下部结构和基础的负担，但又存在上下体系混合的问题。

经过综合比选，加层体系采用了以钢框架为主的体系，同时将原结构楼梯、电梯部位的剪力墙筒体向上延伸到加层部位（图4）。因此，加层结构体系为钢框架-剪力墙体系，原结构通过对剪力墙进行加固，由板柱体系（图5）改造为板柱-剪力墙体系。由于剪力墙（图6）提供了结构主要的抗侧刚度，保证了结构在加层上下刚度比较一致，上下体系混合带来的问题得以解决。由于采用了钢结构，虽然建筑面积接近翻倍，但结构总重仅增加了50%左右；同时，钢框架所占空间较小，有利于增加营业面积。

#### （2）增层结构与既有结构的连接

加层最关键的问题之一就是加层部分能够在原结构上很好地“生根”。一些加层改造，新增柱、墙可以直接在原屋顶层上进行锚固，但是对本项目而言，加层层数多，上下体系又混合，因此需要设置过渡层，如图4。该过渡层为原结构顶层拆除后，将新增钢柱在该层锚固，同时将下部结构混凝土延伸到该层，从而形成型钢混凝土柱的过渡层。

#### （3）基础加固

对于年代比较久的结构（如达到20年），可以考虑适当提高原地基承载力。如果加层层数较少时，对基础影响不大，可以避免基础加固。但本项目加层层数较多，加之地基为软土地质，原结构采用的是短桩基础，因此基础必须进行加固，常规加固方法为采用锚杆静压桩进行补桩。对于既有建筑，补桩施工需要在室内进行，常规的大型桩机是无法施工的，而采用锚杆静压桩加固，地下室净高在3m左右就可以操作了，对现场环境影响也小。

#### （4）构件加固

加层改造带来的不仅是结构体系的改变，有些结构构件的受力

情况也发生了改变，需要对构件进行加固，主要加固方式有加大截面、碳纤维加固、包钢加固等。加固方法的选择一是要看构件承载力相差的幅度，相差幅度大的构件需要考虑加大截面加固；反之优先采用包钢/粘钢加固或碳纤维加固，这样对构件尺寸影响比较小。

### 3 建筑物插层——世博E地块厂房插层改造为办公

#### 3.1 改造概况

世博E地块位于世博国际村内，是在原港口机械制造厂金加工车间原址进行改建，改建后主要使用功能为商业、餐饮、会议用房。原结构为单层排架结构（图7），改建后为3层综合楼（图8）。通过这样的改造，避免了原厂房的拆除，保留了工业遗址的风貌，同时也增加了使用面积，充分体现了“绿色世博”的理念（图9，10）。

对原厂房内部进行插层改造需要重点考虑两个问题：1）插层结构与原结构的关系处理；2）在保持原厂房风貌的情况下，如何提升原厂房结构的安全度。

#### 3.2 改造的结构技术要点

插层结构与原结构的连接关系处理有两种思路。

思路一：两者脱开为两个独立结构（图11）。新增插层结构通常采用独立的框架结构，与原厂房排架不连接。这样的方式有助于保持原厂房的风貌，避免较为复杂的连接构造，但也带来边跨布置不灵活（边跨一般需要悬挑，导致跨度受限，空间布置不灵活）、分隔缝不便处理等困难，原厂房排架结构整体性较弱的问题也没有得到改善。

思路二：新增插层结构与原结构连接成整体（图12）。新增插层结构仍一般采用框架结构，其边跨与排架柱相接。这样的方式有助于提升整体结构的整体性，边跨布置也相对灵活，避免了分隔缝处理困难，但也会使结构连接构造较为复杂，对厂房风貌也有一定的影响。



图7 改造前厂房内部



图8 厂房建筑剖面图



图9 改造后建筑外立面



图10 改造后建筑内部（中庭部分，两侧为插层）



图11 插层与原结构不相连



图12 插层与原结构相连

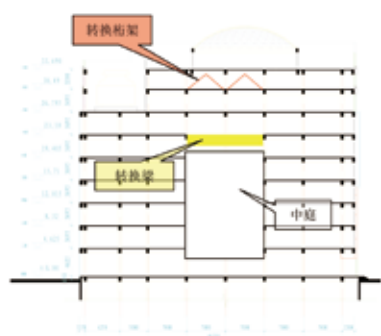


图13 中庭位置建筑剖面图

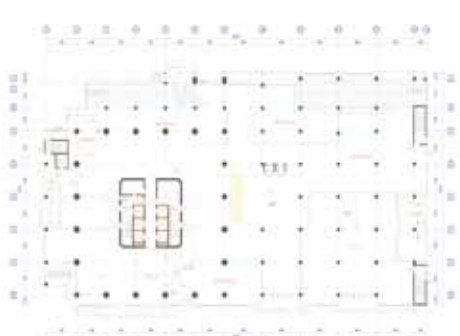


图14 改造后一层建筑平面图



图15 改造后效果

该项目综合权衡各种因素后采用了第二种连接策略，并重点对原钢桁架屋面进行了处理。首先将原混凝土槽型屋面板替换为轻质屋面，减轻了荷重，另外对原屋架重新进行了防腐处理，对受损严重的构件进行了更换，对受损节点进行了加固。这样既保证了屋架的安全和后续长期使用，也基本保持了原有厂房的风貌。

#### 4 建筑物新开中庭——金鹰国际上海店

金鹰国际上海店属于新开中庭的典型案列。该大型商场总面积约4万 $m^2$ ，共9层。其中在建筑中部拟新开2 $\times$ 2跨的中庭，中庭位于一至六层，七至九层保留原状（图13~15）。

新开中庭需要对改造后整体结构重新进行可靠性鉴定和抗震安全性鉴定，对安全性不足的构件进行加固处理。但最大的难点还是在于托梁抽柱的设计和施工。托梁抽柱主要有两种策略：一种是先抽柱（需做临时支撑），后进行托换；另一种是先做托换（无需

临时支撑），再进行抽柱。第一种策略危险性较大，但托换较为简单；第二种施工安全性较好，但托换的构造复杂。因为本工程在托换施工过程中还要正常营业，因此考虑采用第二种策略。而托换的做法采用钢桁架转换和钢-混凝土组合梁转换相结合的方案，解决了构造连接复杂的问题。另外，在施工过程中进行了监控，保证了抽柱施工过程的可控性。

#### 5 结语

既有建筑的形体空间改造往往涉及到结构体系的改变，需要建筑和结构专业通力配合、紧密协作。该过程中需要建筑师对结构改造方案和技术要点有概念性的理解，从而有助于开拓思路，更好地把控改造设计的全局。AT

#### 参考文献

[1] 许溶烈，陈明中，黄坤耀. 既有建筑综合改造的社会需求与发展前景[M]. 建筑结构. 2008, 38 (5).

#### 作者简介

**陈明中**，博士后，中国绿色建筑与节能专业委员会委员，上海市工程改造与维护专业委员会常务副主任，上海维固工程实业有限公司总经理。本科至博士就读于浙江大学，博士后期间于同济大学从事研究，曾任教于上海交通大学。主要参与的改造项目有：上海东方饭店、上海明悦饭店、上海广场、世博场馆、天工艺苑、苏州第一百货、南京新百等。