

浅谈高层建筑结构分析与设计 PDF转换可能丢失图片或格式
，建议阅读原文

https://www.100test.com/kao_ti2020/284/2021_2022__E6_B5_85_E8_B0_88_E9_AB_98_E5_c58_284698.htm

1、引言 自1885年美国兴建第一幢高层建筑芝加哥保险公司大楼（10层，55m）以来，高层建筑的发展很快，从20世纪初至1979年，全世界建成200m以上的高层建筑有50幢以上，其中大部分建筑在美国。其中著名的有1972年建造的纽约世界贸易中心大厦（110层，417m，415m），1974年建造的美国芝加哥西尔斯大厦（Sears Tower，110层，443m）。在我国，目前高度在104m以上的高层建筑超过100幢，分布在上海、广州、北京、深圳等20个大城市，其中以上海为最多。1998年建成的金茂大厦（88层，420.5m），是世界第三高楼。

2、高层建筑结构设计特点

（1）水平荷载成为决定因素。一方面，因为楼房自重和楼面使用荷载在竖构件中所引起的轴力和弯矩的数值，仅与楼房高度的一次方成正比；而水平荷载对结构产生的倾覆力矩，以及由此在竖构件中引起的轴力，是与楼房高度的两次方成正比；另一方面，对某一定高度楼房来说，竖向荷载大体上是定值，而作为水平荷载的风荷载和地震作用，其数值是随结构动力特性的不同而有较大幅度的变化。

（2）轴向变形不容忽视。高层建筑中，竖向荷载数值很大，能够在柱中引起较大的轴向变形，从而会对连续梁弯矩产生影响，造成连续梁中间支座处的负弯矩值减小，跨中正弯矩之和端支座负弯矩值增大；还会对预制构件的下料长度产生影响，要求根据轴向变形计算值，对下料长度进行调整；另外对构件剪力和侧移产生影响，与考虑构件竖向变形比较，会得出

偏于不安全的结果。（3）侧移成为控制指标。与较低楼房不同，结构侧移已成为高楼结构设计中的关键因素。随着楼房高度的增加，水平荷载下结构的侧移变形迅速增大，因而结构在水平荷载作用下的侧移应被控制在某一限度之内。

（4）结构延性是重要设计指标。相对于较低楼房而言，高楼结构更柔一些，在地震作用下的变形更大一些。为了使结构在进入塑性变形阶段后仍具有较强的变形能力，避免倒塌，特别需要在构造上采取恰当的措施，来保证结构具有足够的延性。

3、高层建筑的结构体系（1）框架 - 剪力墙体系。当框架体系的强度和刚度不能满足要求时，往往需要在建筑平面的适当位置设置较大的剪力墙来代替部分框架，便形成了框架 - 剪力墙体系。在承受水平力时，框架和剪力墙通过有足够刚度的楼板和连梁组成协同工作的结构体系。在体系中框架体系主要承受垂直荷载，剪力墙主要承受水平剪力。框架 - 剪力墙体系的位移曲线呈弯剪型。剪力墙的设置，增大了结构的侧向刚度，使建筑物的水平位移减小，同时框架承受的水平剪力显著降低且内力沿竖向的分布趋于均匀，所以框架 - 剪力墙体系的能建高度要大于框架体系。（2）剪力墙体系。当受力主体结构全部由平面剪力墙构件组成时，即形成剪力墙体系。在剪力墙体系中，单片剪力墙承受了全部的垂直荷载和水平力。剪力墙体系属刚性结构，其位移曲线呈弯曲型。剪力墙体系的强度和刚度都比较高，有一定的延性，传力直接均匀，整体性好，抗倒塌能力强，是一种良好的结构体系，能建高度大于框架或框架 - 剪力墙体系。（3）筒体体系。凡采用筒体为抗侧力构件的结构体系统称为筒体体系，包括单筒体、筒体 - 框架、筒中筒、多束筒等多种

型式。筒体是一种空间受力构件，分实腹筒和空腹筒两种类型。实腹筒是由平面或曲面墙围成的三维竖向结构单体，空腹筒是由密排柱和窗裙梁或开孔钢筋混凝土外墙构成的空间受力构件。筒体体系具有很大的刚度和强度，各构件受力比较合理，抗风、抗震能力很强，往往应用于大跨度、大空间或超高层建筑。

4、高层建筑结构分析

4.1 高层建筑结构分析的基本假定

高层建筑结构是由竖向抗侧力构件（框架、剪力墙、筒体等）通过水平楼板连接构成的大型空间结构体系。要完全精确地按照三维空间结构进行分析是十分困难的。各种实用的分析方法都需要对计算模型引入不同程度的简化。下面是常见的一些基本假定：

（1）弹性假定。目前工程上实用的高层建筑结构分析方法均采用弹性的计算方法。在垂直荷载或一般风力作用下，结构通常处于弹性工作阶段，这一假定基本符合结构的实际工作状况。但是在遭受地震或强台风作用时，高层建筑结构往往会产生较大的位移，出现裂缝，进入到弹塑性工作阶段。此时仍按弹性方法计算内力和位移时不能反映结构的真实工作状态的，应按弹塑性动力分析方法进行设计。

（2）小变形假定。小变形假定也是各种方法普遍采用的基本假定。但有不少人对几何非线性问题（P - 效应）进行了一些研究。一般认为，当顶点水平位移与建筑物高度H的比值 $\Delta/H > 1/500$ 时，P - 效应的影响就不能忽视了。

（3）刚性楼板假定。许多高层建筑结构的分析方法均假定楼板在自身平面内的刚度无限大，而平面外的刚度则忽略不计。这一假定大大减少了结构位移的自由度，简化了计算方法。并为采用空间薄壁杆件理论计算筒体结构提供了条件。一般来说，对框架体系和剪力墙体系采用这一假

定是完全可以的。但是，对于竖向刚度有突变的结构，楼板刚度较小，主要抗侧力构件间距过大或是层数较少等情况，楼板变形的影响较大。特别是对结构底部和顶部各层内力和位移的影响更为明显。可将这些楼层的剪力作适当调整来考虑这种影响。

(4) 计算图形的假定。高层建筑结构体系整体分析采用的计算图形有三种：

(1) 一维协同分析。按一维协同分析时，只考虑各抗侧力构件在一个位移自由度方向上的变形协调。在水平力作用下，将结构体系简化为由平行水平力方向上的各榀抗侧力构件组成的平面结构。根据刚性楼板假定，同一楼面标高处各榀抗侧力构件的侧移相等，由此即可建立一维协同的基本方程。在扭矩作用下，则根据同层楼板上各抗侧力构件转角相等的条件建立基本方程。一维协同分析是各种手算方法采用最多的计算图形。

(2) 二维协同分析。二维协同分析虽然仍将单榀抗侧力构件视为平面结构，但考虑了同层楼板上各榀抗侧力构件在楼面内的变形协调。纵横两方向的抗侧力构件共同工作，同时计算；扭矩与水平力同时计算。在引入刚性楼板假定后，每层楼板有三个自由度 u, v ，（当考虑楼板翘曲是有四个自由度），楼面内各抗侧力构件的位移均由这三个自由度确定。剪力楼板位移与其对应外力作用的平衡方程，用矩阵位移法求解。二维协同分析主要为中小微型计算机上的杆系结构分析程序所采用。

(3) 三维空间分析。二维协同分析并没有考虑抗侧力构件的公共节点在楼面外的位移协调（竖向位移和转角的协调），而且，忽略抗侧力构件平面外的刚度和扭转刚度对具有明显空间工作性能的筒体结构也是不妥当的。三维空间分析的普通杆单元每一节点有6个自由度，按符拉索夫薄壁杆理论分

析的杆端节点还应考虑截面翘曲，有7个自由度。

4.2 高层建筑结构静力分析方法

(1) 框架 - 剪力墙结构

框架 - 剪力墙结构内力与位移计算的方法很多，大都采用连梁连续化假定。由剪力墙与框架水平位移或转角相等的位移协调条件，可以建立位移与外荷载之间关系的微分方程来求解。由于采用的未知量和考虑因素的不同，各种方法解答的具体形式亦不相同。框架 - 剪力墙的机算方法，通常是将结构转化为等效壁式框架，采用杆系结构矩阵位移法求解。

(2) 剪力墙结构

剪力墙的受力特性与变形状态主要取决于剪力墙的开洞情况。单片剪力墙按受力特性的不同可分为单肢墙、小开口整体墙、联肢墙、特殊开洞墙、框支墙等各种类型。不同类型的剪力墙，其截面应力分布也不同，计算内力与位移时需采用相应的计算方法。剪力墙结构的机算方法是平面有限单元法。此法较为精确，而且对各类剪力墙都能适用。但因其自由度较多，机时耗费较大，目前一般只用于特殊开洞墙、框支墙的过渡层等应力分布复杂的情况。

(3) 筒体结构

筒体结构的分析方法按照对计算模型处理手法的不同可分为三类：等效连续化方法、等效离散化方法和三维空间分析。等效连续化方法是将结构中的离散杆件作等效连续化处理。一种是只作几何分布上的连续化，以便用连续函数描述其内力；另一种是作几何和物理上的连续处理，将离散杆件代换为等效的正交异性弹性薄板，以便应用分析弹性薄板的各种有效方法。具体应用有连续化微分方程解法、框筒近似解法、拟壳法、能量法、有限单元法、有限条法等。等效离散化方法是将连续的墙体离散为等效的杆件，以便应用适合杆系结构的方法来分析。这一类方法包括核心筒的框架分析法和平面

框架子结构法等。具体应用包括等代角柱法、展开平面框架法、核心筒的框架分析法、平面框架子结构法。比等效连续化和等效离散化更为精确的计算模型是完全按三维空间结构来分析筒体结构体系，其中应用最广的是空间杆 - 薄壁杆系矩阵位移法。这种方法将高层结构体系视为由空间梁元、空间柱元和薄壁柱元组合而成的空间杆系结构。空间梁柱每端节点有6个自由度。核心筒或剪力墙的墙肢采用符拉索夫薄壁杆件理论分析，每端节点有7个自由度，比空间杆增加一个翘曲自由度，对应的内力是双弯矩。三维空间分析精度较高，但它的未知量较多，计算量较大，在不引入其它假定时，每一楼层的总自由度数 $为6N_c + 7N_w$ （ N_c 、 N_w 为柱及墙肢数目）。通常均引入刚性楼板假定，并假定同一楼面上各薄壁柱的翘曲角相等，这样每一楼层总自由度数降为 $3(N_c + N_w) + 4$ ，这是目前工程上采用最多的计算模型。

5、结论 随着高层建筑进一步的发展，满足高层建筑的形式，材料，力学分析模型都将日趋复杂多元，为了革新高层建筑，体现其魅力，追求新的结构形式和更加合理的力学模型将是土木工程师们的目标和方向。参考文献 [1] 梅洪元,付本臣.中国高层建筑创作理论发展研究,高层建筑与智能建筑国际学术研讨会,2002. [2]覃力,高层建筑设计的一种倾向--大规模高层建筑的集群化和城市化,高层建筑与智能建筑国际学术研讨会,2002.

100Test
下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问
www.100test.com