

兰州国芳大酒店筒中筒超限高层结构设计岩土工程师考试

PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

https://www.100test.com/kao_ti2020/644/2021_2022__E5_85_B0_E5_B7_9E_E5_9B_BD_E8_c63_644552.htm

1 工程概况兰州国芳大酒店位于兰州市东方红广场，是兰州国际博览中心二期工程，为一五星级酒店兼商务写字楼及商场的大型超高层公共建筑。总建筑面积约 9 万 m^2 ，分主楼和裙楼两部分。其中裙楼为酒店附属用房，地下两层，地面以上九层，总高 43.4 米。主楼地下三层，为车库和六级人防兼设备用房，地面以上 39 层，由办公、客房及公共用房组成，1-9 层层高为 4.8 米，标准层层高为 3.1 米和 3.15 米，39 层为带夹层的旋转餐厅，层高 10 米，建筑主体高 144 米。另出屋面设有三层塔楼，建筑总高为 161.9 米，是兰州市中心繁华区内最高的一座建筑（见图 1）。该工程抗震设防烈度为 8 度，属高度超出现行规范规定较多的超限高层建筑。按建设部 59 号令的要求，先后通过了全国和省超限高层建筑抗震设防审查委员会对初设和施工图的抗震设防专项审查。该工程主楼和裙楼间采用了抗震缝，限于篇幅，本文仅介绍主楼部份的结构设计。

2 地基与基础

2.1 基础持力层的选择

本场地地层结构简单、稳定，建筑场地类别为 Ⅲ 类。各地层分布自上而下依次为：

- 1、杂填土：厚度 0.9~2.5m，以粉土为主。
- 2、卵石层：顶面埋深约 0.9~2.5m，厚度 4.7~9.7m。
- 3、砂岩层：顶面埋深 7.1~12.5m，未穿透，表层 9m 左右强风化，地基承载力标准值 $f_k = 500kPa$ ， $E_0 = 45MPa$ ，层面由西向东有一定坡度，下部为微风化， $E_0 = 85Mpa$ 。主楼地下三层，强分化砂岩层将成为基础持力层。这类砂岩有一个很大的特点就是在不受扰动的情况

下有很高的承载力和变形模量，而在空气中暴露遇水后承载力和变形模量有很大降低。兰州地区高度在 100m 之内的建筑以该类强分化砂岩层为持力层已是很普遍和成功的做法，但是作为高度 144m、基底压力设计值达 800kPa 的建筑物持力在天然地基上是否可行，成为地基选择中最关心的一个问题。通过以下的一些措施和分析计算，并经多次专家论证后，认为采用天然地基方案是可行的。

- 1、加大基础埋深，将基底标高置于 -15m 左右，一方面可提高上部超高结构的抗倾覆能力，另一方面可将强分化砂岩层表面 2~3m 性能最不好的风化层剔除，且避免由于强分化砂岩层顶面有坡度而使主楼基底一半置于砂岩层表面，而另一半已处于砂岩层下一定深度。尽量使基础坐落在均匀、性能较好的强分化砂岩上。
- 2、由于基础有较大埋深，经过深宽修正后的地基承载力设计值能够满足基底压力的要求。而对地基变形验算也表明，最终沉降量很小，约 55mm。另由于基底下 2m 范围内因砂岩风化程度不同所引起的差异沉降更小，不存在整体倾斜问题，故地基承载力及变形均能满足要求。
- 3、基坑开挖后进行的原位载荷试验证明设计所用地基承载力标准值是可靠的。在 5 个试验点的数据中除 2 个点位由于试验条件不好，载面板下砂岩浸水软化导致承载力极低外，其余 3 个点位承载力很高，加载到 1900kPa 时尚可继续加载， $p\sim s$ 曲线上未出现比例界限。

2.2 基础选型

根据上部荷载和地下使用功能，选用刚度较大的箱形基础（地下第三层）。内外筒间在柱网位置处设置 800mm 厚墙体，基础底板厚 1200mm。为增大基础底面积，减小基底压力，使外筒柱轴力在基底扩散更加均匀，箱基底板和墙体在外筒柱位置向外挑出 3 米。来源：考试大 基础内力

分析受到地基模型、基础模型、上部结构刚度以及各种参数条件的影响，经常使不同计算方法的结果之间有或多或少的差异。本工程通过简化手算和专业软件 BOX 的弹性地基梁方法相互配合进行多种模型下的基础内力计算，综合分析后确定设计内力。主楼和裙房间在地上部分设抗震缝隔开，地下连为整体，并设后浇带解决二者不均匀沉降问题。

3 上部结构

3.1 结构选型及布置

3.1.1 结构选型

本工程主体高 144 米，平面布置规则，接近正方形，经技术经济分析采用现浇钢筋混凝土筒中筒结构。内筒为剪力墙（平面长宽分别为 21m 和 12.6m），外筒由密柱高裙梁组成（平面长宽分别为 45m 和 36.6m）。另结合建筑功能在外筒体四角处布置部分剪力墙，以增强结构抗扭刚度和外筒的整体抗弯能力。标准层结构平面布置见图 2.3.1.2

3.1.2 体型参数

为保证本工程筒中筒结构的空间受力性能和承载力，设计中各项参数在满足建筑功能的前提下，尽量控制在合理范围内。其中：结构平面长宽比 1.23，结构高宽比短向为 3.9、长向为 3.2，内筒高宽比长向为 12.5、短向为 7.5，内筒面积占楼层面积的 16%。外筒柱距 4.2m，外筒标准层立面开洞率为 39%，洞口高宽比 0.64 和层高与柱距之比 0.74 基本接近。

3.1.3 主要结构构件

外筒柱在底层为适应建筑入口的要求采用 1100x1100mm 方柱，二层至顶层则由 1400x800mm 变至 1400x600 扁柱。内筒外墙在底部 500mm 厚，顶部变为 400mm。内隔墙上下均 300mm。为提高墙体的极限承载力和延性，对不小于 400mm 厚的剪力墙在每层楼面处均设置高为 700mm 暗梁。外框筒梁在底部层高 4.8m 楼层截面大多为 500x1600mm，层高 3.1m 标准层截面大多为 500x1300mm。内筒连梁在底部截面大多为墙

厚 $x1600\text{mm}$, 标准层截面大多为墙厚 $x1000\text{mm}$.在南侧底层入口及地下车库入口处都需要形成大柱距空间, 因此在该部位底层抽去一根柱, 在二层设置高度为一层的转换梁。在出屋面塔楼和中部层高较大的设备层调整梁高度, 以减小层刚度的突变。混凝土强度等级从底部的 C60 逐渐过度到 38 层的 C35 , 旋转餐厅以上为 C40 . 3.2 楼盖选型该工程内外筒轴线跨度 12m , 楼盖的选型对使用功能、结构合理性、经济性影响较大, 为此做了多种方案的比较: 1、内外筒间加柱, 减小楼盖跨度, 采用普通钢筋混凝土梁板体系。该方案工艺简单, 自重轻, 经济指标好, 设计、施工方便, 但建筑使用功能较差, 目前国内的筒中筒和框筒结构中较少采用。2、内外筒间在柱轴线上采用间距 4.2m 的预应力梁, 梁间楼板由于跨度小, 可用普通钢筋混凝土板。该方案楼盖自重轻, 经济指标较好, 但梁高对楼层净空有影响, 要求较大层高。3、内外筒间不设梁, 采用“环形”预应力混凝土平板。该方案结构高度最小, 净空大, 在建筑总高不变的情况下, 楼层数和建筑面积最多, 板底平整美观, 利于管道通行, 模板体系也简单, 但楼盖自重大, 内力复杂, 楼盖经济指标不理想。

来源: 考试大 由于业主要求在建筑总高限定的情况下有尽可能多的层数, 经过多方案比较, 在 1 层、10~39 层办公和客房部分的楼盖采用预应力混凝土平板结构(上述第三种方案), 板厚 270mm ; 在 2~9 层公共用房部分因为要和一期工程连通, 层高较大, 采用预应力梁、普通钢筋混凝土板结构(上述第二种方案), 梁截面为 $400x650\text{mm}$. 3.3 结构计算与分析

3.3.1 结构计算

1、采用 PKPM 系列软件中的 SATWE 和 TAT 进行了对比分析计算, 由于结构较规则, 两者的总体计算结

果接近。但 SATWE 和 TAT 的剪力墙计算模型不同，墙体的局部内力和配筋有些差异，施工图设计中，采用了更符合实际情况的 SATWE 墙元模型的计算结果。以下是考虑平扭藕连作用的主要分析结果。1) 空间振型的周期： $T_1=2.41$ (Y 方向平动系数 1.0)； $T_2=2.10$ (X 向平动系数 1.0)； $T_3=1.04$ (扭转系数 1.0)。2) X 方向地震作用时：最大层间位移角 $1/2328$ ；底层剪重比 2.85%。3) Y 方向地震作用时：最大层间位移角 $1/1760$ ；底层剪重比 2.74%。4) 楼层最大层间位移与楼层平均层间位移的比值均在 1.05 之内。2、进行了多遇地震作用下的弹性时程分析补充计算，选用甘肃省地震局提供的二组实测波和一组场地模拟波，地震加速度时程曲线的最大值为 70cm/s^2 。计算结果显示时程分析所得的各项结果的平均值，均小于考虑藕连影响的 CQC 法的计算结果。来源：www.examda.com

3.3.2 计算结果分析

1、由以上计算结果可看出，结构的周期和位移均在合理范围内，但结构底层剪重比较小，这主要是结构本身的长周期动力特性和振型分解反应谱法的特点所决定，对地震作用的估计可能偏低。如果仍通过加大构件尺寸来增大刚度，提高地震作用，从经济性的角度来看是不太合理的。所以本工程对地震作用乘以放大系数 1.25，使结构底层剪重比不小于 3.2%。放大地震作用后的结构位移等参数均能满足规范要求，并且放大后的结构地震作用效应基本不小于弹性时程分析的结果，说明按振型分解反应谱法的结果进行结构设计是可靠的。

2、第一扭转振型的周期小于第一、二平动振型周期的 0.5 倍，结构平扭藕连效应小。另外楼层最大层间位移与楼层平均层间位移的比值均在 1.05 之内，这均说明结构平面布置规则、对称、抗

扭刚度大。3、设计中由于外筒有刚度较大的裙梁，角部设有部分剪力墙，使外筒整体抗弯能力大大加强，作为立体构件的工作特点明显，剪力滞后较小。在水平力作用下，由外筒柱、墙轴力形成的整体弯矩承担了底部总倾覆力矩的65%左右，角部墙体应力和翼缘框架中柱应力的比值在2以内，内筒墙体和外筒角部墙体均匀承担了总剪力的90%左右，各构件基本无超筋超限的情况。4、在水平力作用下，竖向刚度均匀的筒中筒结构的楼层位移曲线一般呈反S形，出现最大层间位移角的反弯点一般在房屋高度的中上部。本工程在旋转餐厅以下符合此规律，但在旋转餐厅以上又出现了另一个有着较大层间位移角的反弯点，说明外框筒在39层的中断对结构刚度削弱较大，形成一个薄弱部位。www.

Examda.CoM考试就到百考试题 3.4 主要抗震措施前已述及，本工程筒中筒高度144m，已超过规范规定的最大适用高度的20%，存在高度超规范较多的高度超限问题。另外由于建筑功能要求，竖向存在有刚度突变而引起的薄弱层问题。对于这两个较突出问题，本工程设计中注重结构概念设计，采取了一些综合性抗震加强措施，抗震计算结果分析也表明，这些措施的采取是必要的，也是有效的。1、满足建筑功能要求的前提下，将主楼与裙楼设缝分开。即避免了主裙楼连为一体而引起的结构竖向刚度的突变，也避免了超高主楼对九层裙楼产生的较大偏心和连为一体后结构受力的复杂性。从而使主楼筒中筒结构的平面布置和竖向布置可尽量满足规则性的要求。2、在房屋四角结合建筑布置，设置部分墙体，增大结构刚度，使其在水平力作用下承担相应比例的内力，减轻内筒和外柱的最大内力。其效果已在本文3.3.2中作了分

析。3、选择可靠的持力层，加大基础埋深，由此保证超高建筑的抗倾覆能力。4、进行专门的场地安全性评价，确保场地地震动参数的可靠性。5、在弹性阶段的抗震验算中，采用两种不同的计算模型进行对比分析，同时选用了两组实测波和一组场地人工波进行弹性动力时程分析的补充计算。6、增大地震作用下的底层剪重比，提高结构可靠度，使纵横向剪重比均不小于3.2%。7、采用比规范更严格的抗震措施进行设计，进一步提高结构的变形能力和耗能性能。8、对主要的薄弱部位重点进行了加强：1）、底层局部抽柱形成大柱距空间后，采取了严格控制底层墙柱轴压比、提高墙柱配筋和配箍率以及外筒柱均采用了芯柱的措施，同时对框支大梁这一重要构件又按深梁模型补充进行了计算分析，并提高框支梁的配筋和配箍率，加强构造措施，确保其有足够的安全度。www.Examda.CoM考试就到百考试题2）、顶部旋转餐厅薄弱层的加强措施，在本文4.2中有详细介绍。9、与兰州铁道学院合作，目前正在进行本工程弹塑性时程分析，以验算罕遇地震下的位移值，并进一步确定薄弱部位，总结筒中筒结构在罕遇地震作用下的受力特点。

4 几个问题的讨论和处理

4.1 内外筒间楼盖对结构刚度的影响

本工程为使楼盖的结构高度最小，内外筒间采用12m平板结构，未设梁，这样内外筒间设梁和不设梁对结构刚度的影响便成为设计中关心的一个问题。为此在确定方案时进行了多次测算，结果显示在楼盖结构自重不变的前提下，设梁和不设梁对结构刚度的影响很小，约2%~5%，这主要是因为筒中筒结构中，内外筒是主要抗侧力构件，刚度较大，梁对内筒和外筒的约束作用相对就显得很小。而对于框架-筒体结构，外围疏柱仅

能构成四片框架，刚度较小，此时连接内筒和外框架的梁对内筒和外框架的约束作用显的相对要大，通过对几个典型平面框架 - 筒体的分析结果显示，设梁和不设梁对结构侧移的影响能达到 20~30% . 4.2 预应力楼盖的计算分析标准层楼板由于内外筒间无梁，形成一了个“环形”板，并非简单的单向板，内力分析较复杂，本工程先后采用简化处理的单向杆（即等代框架）模型和平面有限元（板元）模型两种方法对楼盖进行对比分析。其中等代框架可直接使用 PREC 专业预应力混凝土结构设计软件。为使内力计算不受次要因素的干扰，对设计过程有较清晰的控制，在竖向荷载和预应力荷载作用下，采用分层法进行分析，在水平风荷载和地震作用下采用空间分析方法计算，然后进行组合。预应力筋束形采用四段抛物线，角区斜向布置，平衡荷载约为恒载的 80% . 通过楼板有限元分析，对于不设梁的筒中筒楼盖，不论在竖向荷载还是在水平荷载下，楼板在和柱连接的部分都会出现应力峰值，因此在设计中除预应力钢筋均匀排放外，对普通钢筋在柱轴线上集中布置，并形成暗梁。采用这种布置方法有以下几个优点，1）便于端部预应力筋的单根锚固张拉，减小张拉端穴模对柱节点区的不利影响；2）可用普通钢筋有效的控制应力高峰处的裂缝；3）水平地震作用下的弯矩可主要由延形较好的普通钢筋承担。

4.3 顶部旋转餐厅的设计特点

主楼 39 层为一带夹层，层高达 10m 的环形悬挑式旋转餐厅（见图 3）。由于建筑功能要求，该层结构设计存在有一定难度，也具有一定特点。1、为在餐厅形成开阔视野，外围框筒在 39 层楼面处全部中断，仅在四角伸出 8 根柱支撑屋面，对于整体结构，由于外围框筒中断，使该层承载力和刚度大大

降低，楼层变形加大，形成一薄弱层。本文 3.3.2 中已进行了分析。为此在设计中采取以下加强措施来提高该层极限承载力和变形能力：1) 提高该层混凝土强度等级，由下层的 C35 提高为 C40；2) 增加内筒墙体分布筋和暗柱暗梁配筋，大约较下层提高 70%。3) 外围 8 根柱采用型钢混凝土柱。

来源：考试大的美女编辑们

2、旋转餐厅采用悬挑式结构，楼面梁从外筒挑出长度最大 8m，跨内又托有一圈圆柱，支撑着上部 5 层楼面，存在楼面转换问题，受力较大，因而设计中：1) 在 39 层一圈圆柱底增设环梁，加强对各圆柱底的嵌固和整体性；2) 楼面梁采用 650x1400mm 型钢混凝土梁，并考虑了竖向地震作用，梁中型钢和内筒按铰接处理，以便于构造，但配置足够数量的普通钢筋抵抗内筒支座处的负弯矩。3) 楼板厚度增加为 150mm，采取双层双向配筋。

3、旋转餐厅屋面采用自重轻、跨距大的板式环形网架，内边支撑在圆柱牛腿上，外边支撑在外围 8 根型钢混凝土柱上。由于外边支座较少，有较大的自由边界，使网架受力复杂化，在四个角区杆件内力较大，具体设计时对该部位进行了加强。同时对板式环形网架的计算考虑了竖向地震作用的影响。

相关推荐：某电厂桩基础施工组织设计（三）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