

某酒店结构方案设计

1. 前言

结构设计没有唯一解[1]。对结构设计方案进行分析、比较，以确定最优的结构设计，是每个结构工程师必须面对的问题。本文根据某酒店几个结构设计方案的比较，通过各方案在 PKPM 软件中的结果数据分析，明确设计方案的步骤和思路，对高层结构的方案设计做一下探讨。

2. 工程概况

本工程为一综合型的五星级酒店。建筑面积：102415 平方米；建筑层数：地上 19 层，地下 2 层；建筑高度：85.69 米，建筑剖面图如图 2.1 所示。建筑结构安全等级为二级，设计使用年限为 50 年，抗震设防类别为丙类，拟建场地所处地区的抗震设防烈度为 7 度，设计基本加速度为 0.10g，设计地震分组为第三组，场地类别为 II 类，基本风压值 0.60kN/m² [2]。

本工程采用 PKPM(2010 版)进行建模，用 SATWE 进行结构分析。

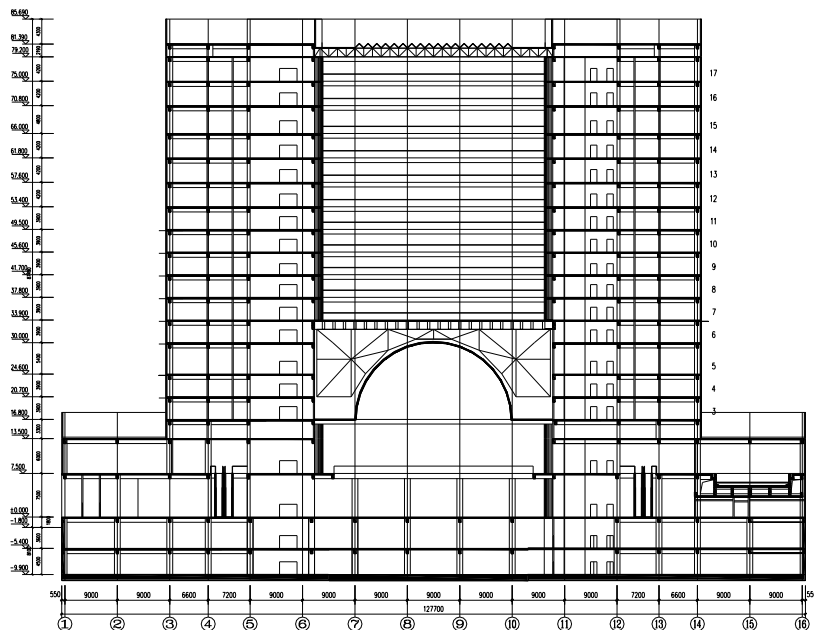


图 2.1 建筑剖面图

3. 结构设计方案

3.1 工程特点

从图 2.1 建筑剖面图可以看出，裙房 2 层，层高较大，分别为 7.50m 和 6.00m；裙房以上，标准层层高为 4.20m 或 3.90m，除设备夹层外，相临层层高相差不大，且竖向构件连续；中庭开洞部位，首层以上，仅在六层顶和屋顶有连接，而屋顶是钢桁架采光屋面，没有混凝土楼板。建筑平面布局如图 3.1，中庭开大洞，楼梯、电梯在洞口两侧，位置偏中间，适合布置结构刚度较大的剪力墙的位置都靠近平面中心，客房在周边，荷载基本都在离建筑平面中心较远的四周。

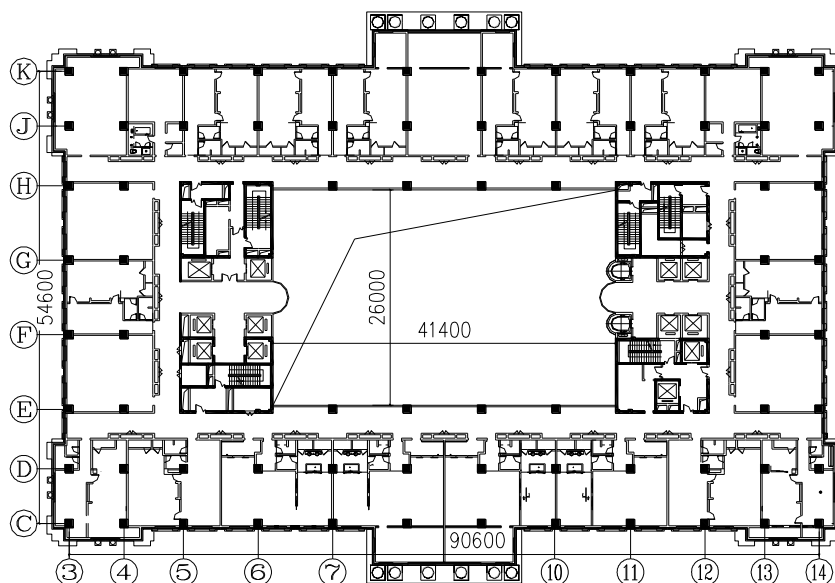


图 3.1 建筑标准层平面图

3.2 结构体系选择

先考虑常规结构体系：建筑高度 85.69m，超过框架结构的 A 级最大适用高度，暂不考虑框架结构；建筑外圈和中庭周边由于建筑功能的需要，不宜布置成片剪力墙或密柱，故筒体结构也不合适；首、二层建筑功能需要很多大跨度房间，如果采用剪力墙结构则很多位置需要转换，暂不考虑；根据建筑条件，可考虑采用框剪结构：楼梯、电梯位置可布置落地剪力墙，建筑提条件预留的柱子截面 1m×1m，适当提高混凝土标号，或采用钢管混凝土柱等方法，柱子可满足受力要求，另外整体参数调试时，除中间楼梯、电梯位置外，可在建筑允许的适当位置加上少量剪力墙，以便满足整体计算的要求。综合上述因素，本工程结构体系首选框剪结构。

3.3 结构方案设计

根据前面第 1 条所述的工程特点，根据经验，笔者认为本工程风荷载不起控制作用，主

要为抗震分析，控制条件为地震作用下的扭转效应。

根据《高规》第 3.4.5 条，对结构的扭转效应控制，主要从两个方面加以限制：(1)限制结构平面布置的不规则性，避免产生过大的偏心而导致结构产生较大的扭转效应。(2)限制结构的扭转刚度不能太弱。

对于平面布置的不规则性，一般用位移比来限制。本工程因为建筑平面较对称，结构布局上两侧交通核剪力墙可对称布置，使得质量和刚度中心基本重合，这样，在规定水平地震力作用下，楼层竖向构件的最大水平位移和层间位移与该楼层平均值的比值会很小，满足规范的要求，故第 1 个限制条件比较容易满足。

对于扭转刚度能否保证，关键是看结构扭转为主的第一自振周期 T_t 与平动为主的第一自振周期 T_1 的比值能否满足要求，因为当两者接近时，由于振动耦联的影响，结构的扭转效应明显增大。针对上述分析，结构方案布置如下。

方案 1：如图 3.1，在交通核部位布置剪力墙，其中交通核外圈布置较厚的剪力墙，墙厚 500mm，围成筒状，考虑到大部分荷载距平面中心较远，筒体在 5、12、E、H 轴上的墙再加厚至 550mm，外筒墙厚到顶部逐步减小到 400mm；筒体内部的剪力墙墙厚为 250mm，到顶部减小到 200mm；其余按建筑图相应位置布置框架柱，主楼范围采用 1000×1000mm，到顶部逐步减小到 600×600mm；裙房范围采用 700×700mm；标准层框架梁主要截面采用 300×650mm 和 300×500mm，次梁 250×500mm。采用 PKPM(2010 版)-PMCAD 进行建模，用有限元分析软件 SATWE 进行结构分析，主要参数计算结果如下表：

表 3.1 方案 1 小震下位移和周期计算结果

	最大层间位移角		最大层间位移比		T1	T2	T3	周期比	周期比
	X 方向	Y 方向	X 方向	Y 方向	X 向平动	Y 向平动	扭转	T_t/T_1	T_t/T_2
方案 1	1/1304	1/1572	1.15	1.22	2.1323	1.9275	1.8415	0.864	0.955

规范规定的框剪结构弹性层间位移角限值为 1/800，方案 1 的计算结果远小于限值，故竖向构件的刚度满足条件；上表最大层间位移比小于 1.4(仅首层，其余各层均小于 1.1)，故结构平面规则性满足规范要求；结构扭转为主的第一自振周期 T_t 与平动为主的第一自振周期 T_1 的比值(以下简称第一扭转周期比)小于 0.90，故结构扭转刚度也满足规范要求。从上表计算结果可知，方案 1 各项主要参数均满足结构规范要求，此方案能够成立。但其第一扭转周期比非常接近规范所规定的限值，第二扭转周期比(Y 向扭转)甚至还超过了 0.90，因此方案 1 结构布置还需要一定程度的改进。

一般在边跨加剪力墙，对限制结构扭转效应效果较好。方案 2：在方案 1 的基础上，分

别在 C 轴、K 轴的 5~7 轴间和 10~12 轴间布置 400 厚剪力墙；方案 3：在方案 1 的基础上，分别在 3 轴、14 轴的 E~H 轴间布置 400 厚剪力墙。两方案的 SATWE 计算结果如下表：

表 3.2 方案 2、方案 3 小震下位移和周期计算结果

	最大层间位移角		最大层间位移比		T1	T2	T3	周期比	周期比
	X 方向	Y 方向	X 方向	Y 方向	X 向平动	Y 向平动	扭转	Tt/T1	Tt/T2
方案 2	1/1571	1/1530	1.13	1.22	1.9612	1.8266	1.6880	0.861	0.924
方案 3	1/1287	1/2031	1.15	1.20	2.1625	1.6191	1.3657	0.632	0.845

从表中可以看出，方案 2 在 X 方向增加剪力墙，加大了 X 向刚度，X 向周期变小，但由于新加剪力墙距刚度中心较近，使得扭转周期比的变化不大，此方案代价较大但效果不明显，故不合适；方案 3 在 Y 方向增加剪力墙，由于新加剪力墙距刚度中心较远，限制扭转的效果较好，单纯从结构主要参数考虑，此方案比较理想。

3.4 结构方案选定

通过上述几个方案的比较，可以确定框剪结构体系完全能够满足结构安全的要求，本工程不需考虑其他结构体系。综合考虑安全、适用、经济等因素，从方案 1 和方案 3 中选择一个作为本工程的结构方案。

表 3.3 方案 1、方案 3 优缺点对比

	优点	缺点
方案 1	基本按建筑条件布置竖向构件，对建筑使用几乎没有影响	地震作用下，Y 向扭转不满足周期比要求
方案 3	各项计算结果都满足规范要求，特别是 Y 向扭转得到了限制	建筑外墙设剪力墙，对建筑立面有影响；新加剪力墙不能落地，需转换，薄弱

对于方案 3，因为本工程为五星级酒店，建筑立面和功能比较重要，外墙加剪力墙对立面效果影响较大，另外，从结构本身的角度出发，Y 向扭转之所以能得到控制，是因为 3 轴和 14 轴新加的剪力墙对限制扭转作用较大，而新加剪力墙占 Y 向剪力墙刚度的比重较大，按 SATWE 剪切刚度算法的结果，加剪力墙前后，Y 方向的刚度分别为 $0.2332E+09$ 和 $0.3230E+09$ ，新加部分刚度所占比重达到 27.8%，但是，由于建筑平面功能布置的需要，如此重要的两片剪力墙在一层顶需要转换，不能落地，其对整体结构影响太大，足够影响到方案的合理性。

方案 1 主要的问题是第二扭转周期比(Y 向扭转)大于 0.90，本工程的特点是刚度较大的剪力墙集中布置在左右两侧，连接两个剪力墙区域的中庭位置开洞，第二扭转周期比较大时，

由于振动耦联的影响，结构的扭转效应进一步放大，洞口边狭长板带较薄弱，在地震中容易相对振动而产生震害。从图 3.1 建筑标准层平面图中可知：①平面开洞率为 20% 小于《高规》规定的限值 30%；②有效楼板宽度大于规范要求的限值 50%；③扣除凹入和开洞后，楼板在任一方向的最小净宽度大于 5 米，且开洞后每一边的楼板净宽度大于 2 米，也满足规范的要求，所以仅第一扭转周期比小于 0.9 可以接受，不需另外要求第二扭转周期比也满足此要求，而且这也满足规范对周期比的相关规定。

本方案计算配筋结果在可控范围，墙柱配筋基本是构造配筋，梁配筋率基本在 0.75~1.5% 范围内，且 1.0% 以下所占比例较大，配筋率不大。另外，从 SATWE 的分析结果知道：方案 1 和方案 3 的结构总质量分别为 176484.5 吨和 179676.5 吨；Y 向地震作用下结构的地震反应力分别为 67720.75kN 和 72245.22kN，方案 3 的总质量比方案 1 大，地震反应力也比方案 1 大 6.68%，而且转换位置抗震等级需要提高一级，框支梁、框支柱与一般梁柱相比，需加强抗震措施等，这些都需要一定的代价，从经济性角度出发，方案 1 也更好。

综合上述两个方案的比较和分析，最后选定方案 1 为最终方案。同时针对方案 1 的特点，采取相应措施保证洞口两端的有效连接：加强中庭洞口左右两侧 6 轴和 11 轴处剪力墙，适当加厚 6 轴~11 轴间狭长板带板厚，使其按弹性板计算时满足各项受力要求等。

4. 结语

方案 3，各项结构计算指标均满足规范要求，但从建筑功能需要、结构本身安全和整体经济性等角度看，存在一些不足；方案 1，Y 向扭转的计算结果看稍显不足，但满足规范要求，通过采取一定的加强措施，结构的安全性完全能够保证，且因为没有转换，都是常规做法，施工也容易保证。方案设计，不能仅从结构专业考虑各个方案的优劣，应综合考虑安全适用、经济合理、建筑功能实现等多方面因素，通过多角度的优劣对比，确定最佳结构方案。