

超高层建筑结构方案比选研究

——以某总部研发基地项目为例

陈琳琳

中南建筑设计院股份有限公司 湖北武汉 430071

摘要：随着城市化进程的加速，超高层建筑因其高效利用土地资源和城市地标性特征而受到广泛关注。本文以某总部研发基地项目为例，详细探讨了超高层建筑的结构方案比选过程。通过对塔楼结构体系、连接体结构体系、抗侧刚度增强措施以及整体结构方案的系统分析，结合技术、经济、施工和绿色建筑等多维度指标，提出了优化的结构设计方案。研究表明，合理的结构方案比选能够有效提升超高层建筑的抗震性能、经济性和施工效率，同时满足绿色建筑的要求。

关键词：超高层建筑；结构方案比选；抗震性能；经济性；绿色建筑

引言

超高层建筑作为城市现代化的象征，不仅在建筑技术和结构设计方面提出了更高要求，还在施工、经济和环境可持续性等方面面临诸多挑战。某总部研发基地项目作为典型的超高层建筑，其结构设计需要综合考虑多种因素，以确保建筑的安全性、经济性和实用性。本文通过对该项目的结构方案比选研究，旨在为类似超高层建筑的设计提供参考。

一、项目概况

某总部研发基地项目位于某市滨江商务区，地理位置优越，交通便利。建筑由地下4层、地上主楼54层、裙房1~5层（坡形布置）以及附楼6层（含架空层）组成，结构总高度为233.6米。主楼采用“门”形超高层连体结构，分为北塔、南塔和连接体三部分，每栋塔楼54层，连接体8层，跨度为63米。

项目周边环境复杂，北侧为某热电厂和现状办公楼，南侧为冷却水循环车间和住宅区。项目地理位置优越，交通便利，周边环境复杂，结构设计需考虑多种因素。

二、结构体系选择

（一）塔楼结构体系

超高层建筑的塔楼结构体系是确保建筑整体稳定性和抗侧刚度的关键。某总部研发基地项目的南塔和北塔均采用了“框架—核心筒”结构体系，该体系具有结构刚度大、空间利用率高、施工便捷的优点。

（二）连接体结构体系

连接体作为超高层连体建筑的重要组成部分，其结

构体系的选择直接影响到建筑的整体性能。某总部研发基地项目的连接体选用了钢桁架结构，主要考虑到钢桁架结构具有抗侧刚度、工方便、视觉效果好等优势。

三、塔楼抗侧刚度增强措施比选

由于塔楼的X向整体高宽比为7.6，核心筒的X向高宽比为20.7，均超出规范限值，导致结构整体X向刚度偏弱。因此，需要采取措施增强塔楼的抗侧刚度。本文对比分析了以下七种抗侧刚度增强措施：

（一）增加X向墙厚

通过增加核心筒X向墙体厚度，能够提高结构的抗侧刚度。然而，分析结果显示，将X向最大墙厚从800毫米增加到1200毫米时，X向刚重比仅从1.26提高到1.40，而混凝土增加量却达到了26400吨。增加墙厚对增大结构X向刚度的效果不明显。

（二）增大框架柱截面

增大框架柱截面能够提高结构的整体承载能力，但对增强抗侧刚度的效果有限。分析结果显示，将框架柱直径从1300毫米增加到1700毫米时，X向刚重比反而从1.26下降到1.19，基本周期从8.0335秒增加到8.3168秒，层间位移角也略有下降。这表明，增大框架柱截面并不能有效提高结构的抗侧刚度，反而增加了结构自重和材料用量。

（三）增大框架梁截面

增大框架梁截面能够有效提高结构的抗侧刚度。分析结果显示，将框架梁高度从650毫米增加到850毫米时，X向刚重比从1.26提高到1.47，基本周期从8.0335秒下降到7.4622秒，层间位移角从1/532提高到1/623。这表明，增大框架梁截面是一种有效的增强措施，同时对

结构自重的影响较小。

(四) 增大端框架梁截面

仅增大端部框架梁截面也能够有效提高结构的抗侧刚度。分析结果显示,将端框架梁截面从H650×300增加到B900×600时,X向刚重比从1.26提高到1.57,基本周期从8.0335秒下降到7.2365秒,层间位移角从1/532提高到1/669。这表明,增大端框架梁截面是一种经济有效的增强措施,能够在不显著增加结构自重的情况下提高抗侧刚度。

(五) 加密端框架柱

加密端框架柱能够有效提高结构的抗侧刚度。分析结果显示,将端框架柱间距从9.8米加密到4.9米时,X向刚重比从1.26提高到1.43,基本周期从8.0335秒下降到7.5579秒,层间位移角从1/532提高到1/604。进一步加密端框架柱并增大端框架梁截面时,X向刚重比提高到1.82,基本周期下降到6.7489秒,层间位移角提高到1/776。这表明,加密端框架柱是一种有效的增强措施,尤其当结合增大端框架梁截面时,效果更为显著。

(六) 增设加强层

增设加强层能够显著提高结构的抗侧刚度。分析结果显示,设置两层加强层(27F、37F)时,X向刚重比从1.26提高到1.60,基本周期从8.0335秒下降到7.1223秒,层间位移角从1/532提高到1/713。设置三层加强层(17F、27F、37F)时,X向刚重比进一步提高到1.78,基本周期下降到6.8061秒,层间位移角提高到1/780。这表明,加强层设置在结构的中上部较为有效,能够显著提高结构的抗侧刚度。

(七) 增设跨层斜撑

在端部框架立面上增设跨层斜撑是一种有效的增强措施。分析结果显示,增设跨层斜撑后,X向刚重比从1.26提高到1.85,基本周期从8.0335秒下降到6.6504秒,层间位移角从1/532提高到1/797。同时,跨层斜撑的钢材用量仅为500吨,是一种经济高效的增强措施。

(八) 比选结论

综合对比分析结果,增加X向墙厚和增大框架柱截面对增大结构抗侧刚度的效果不明显,而增大框架梁截面、增大端框架梁截面、加密端框架柱、增设加强层和增设跨层斜撑均能有效提高结构的抗侧刚度。其中,增设跨层斜撑的效果最为显著,且材料用量最少。因此,建议在结构方案中采用以下措施:

1. 混凝土结构方案

增大端框架梁截面、加密端框架柱。

2. 混合结构方案

增大端框架梁截面、加密端框架柱+跨层斜撑或加强层。

四、连体钢结构方案比选

(一) 连体跨层桁架方案比选

针对连体跨层桁架的布置,本文对比分析了两种方案。方案1采用较小的网格尺寸,杆件较小,受力合理,但对视觉有一定影响;方案2采用较大的网格尺寸,杆件较大,受力合理,对视觉影响较小。分析结果显示,方案1和方案2的刚重比均为1.60,基本周期分别为7.1910秒和7.1892秒,层间位移角分别为1/678和1/678。因此,方案1和方案2均可采用,但需要根据建筑美观要求进行选择。

(二) 连体跨层桁架层数优化

通过增加连体跨层桁架的层数,能够提高结构的抗侧刚度。分析结果显示,当连体跨层桁架层数从一层增加到四层时,结构的X向刚重比从1.02提高到1.26,基本周期从8.5991秒下降到8.0335秒,层间位移角从1/475提高到1/532。然而,当跨层桁架层数超过四层时,结构抗侧刚度的提高不明显。因此,建议连体跨层桁架层数取四层。

(三) 连体跨层桁架视觉效果分析

连体跨层桁架的视觉效果对建筑的美观性有重要影响。分析结果显示,大区格的斜腹杆对视线的遮挡率约为1/8,基本不会对视觉产生影响;小区格的遮挡率约为1/6~1/7,对视觉有一定影响。因此,在设计中需要根据建筑的功能和美观要求,合理选择桁架的网格尺寸和布置方式。

五、整体结构方案比选

(一) 方案概述

本文对比分析了四种整体结构方案,分别为:

方案1a: 混凝土结构,采用钢筋混凝土核心筒+圆钢管混凝土柱+钢筋混凝土梁。

方案1b: 混凝土结构,采用钢筋混凝土核心筒+钢管混凝土柱+钢筋混凝土梁。

方案2a: 混合结构,采用钢筋混凝土核心筒+圆钢管混凝土柱+钢梁+跨层斜撑。

方案2b: 混合结构,采用钢筋混凝土核心筒+圆钢管混凝土柱+钢梁+加强层。

(二) 技术指标比选

从技术指标来看,方案2a和方案2b的抗震性能较好,X向和Y向的刚重比、剪重比和最大层间位移角均满足规范要求。方案1a和方案1b的抗震性能相对较弱,但也能满足基本要求。

表 1

方案编号	上部建筑自重 (吨)	钢材用量 (吨)	混凝土用量 (立方米)	上部结构造价 (万元)	桩基造价 (万元)	总造价 (万元)	单方造价 (元/平方米)	工期 (工日)	建设期利息 (万元)	考虑工期总造价 (万元)	考虑工期单方造价 (元/平方米)
方案 1a	348459	16633	54332	29857	3688	33545	1398	350	1328	34873	1453
方案 1b	386005	16905	68397	31721	4079	35800	1492	385	1560	37360	1557
方案 2a	313123	28139	36661	32799	3307	36106	1504	266	1087	37193	1550
方案 2b	315063	29385	36921	34181	3336	37517	1563	273	1159	38676	1611

表 2

方案编号	技术指标	经济指标	施工指标	绿色建筑指标	综合评价
方案 1a	超 A 级高度 54.4%，抗震性能较好	造价最低，单方造价 1453 元/平方米	施工复杂程度一般，工期 350 天	绿色建筑评价得分 B	性价比较高，但抗震性能和绿色建筑得分较低
方案 1b	超 A 级高度 54.4%，抗震性能一般	造价较高，单方造价 1557 元/平方米	施工复杂程度较高，工期 385 天	绿色建筑评价得分 B	抗震性能一般，但绿色建筑得分较低
方案 2a	超混合结构高度限值 5.3%，抗震性能最好	造价适中，单方造价 1550 元/平方米	施工复杂程度较低，工期 266 天	绿色建筑评价得分 B+1	综合性能最优，抗震性能和绿色建筑得分较高
方案 2b	超混合结构高度限值 5.3%，抗震性能很好	造价最高，单方造价 1611 元/平方米	施工复杂程度较低，工期 273 天	绿色建筑评价得分 B+1	抗震性能和绿色建筑得分较高，但造价较高

(三) 经济指标比选

从经济指标来看，方案 1a 的造价最低，方案 2b 的造价最高。具体指标如表 1 所示：

(四) 综合比选

综合考虑技术、经济、施工和绿色建筑等多维度指标，各方案的优缺点如表 2 所示：

(五) 方案评判与选择

1. 优先考虑造价

推荐选择方案 1a，其造价最低，性价比最高。

2. 优先考虑工期

推荐选择方案 2a，其工期最短，相比方案 1a 可减少约 3 个月。

3. 优先考虑抗震性能

推荐选择方案 2a，其抗震性能最好，能够有效提高建筑的安全性。

4. 优先考虑绿色建筑评分

推荐选择方案 2a，其绿色建筑评价得分比方案 1a 高 1 分，更符合可持续发展的要求。

综上所述，方案 2a 在抗震性能、绿色建筑评分和施工工期方面表现最优，虽然造价略高于方案 1a，但综合性能更为突出。因此，建议在该项目中优先采用方案 2a。

结束语

本文通过对某总部研发基地项目的结构方案比选研究，详细分析了塔楼结构体系、连接体结构体系、抗侧

刚度增强措施以及整体结构方案。研究结果表明：

1. 塔楼结构体系

采用“框架—核心筒”结构体系能够有效提高建筑的抗侧刚度和空间利用率。

2. 连接体结构体系

钢桁架结构是大跨度连接体的首选方案，能够提供足够的抗侧刚度，同时满足建筑美观要求。

3. 抗侧刚度增强措施

增设跨层斜撑是一种经济高效的增强措施，能够显著提高结构的抗侧刚度。

4. 整体结构方案

方案 2a（混合结构，采用圆钢管混凝土柱+钢梁+跨层斜撑）在抗震性能、绿色建筑评分和施工工期方面表现最优，建议优先采用。

通过合理的结构方案比选，能够有效提升超高层建筑的安全性、经济性和施工效率，同时满足绿色建筑的要求。本文的研究成果可为类似超高层建筑的设计提供参考。

参考文献

- [1]GB/T 50378-2014.绿色建筑评价标准[S].北京：中国建筑工业出版社，2014.
- [2]《国内外超高层建筑结构设计案例集》[M].北京：中国建筑工业出版社，2016.
- [3]GB 50011-2016.建筑抗震设计规范[S].北京：中国建筑工业出版社，2016.