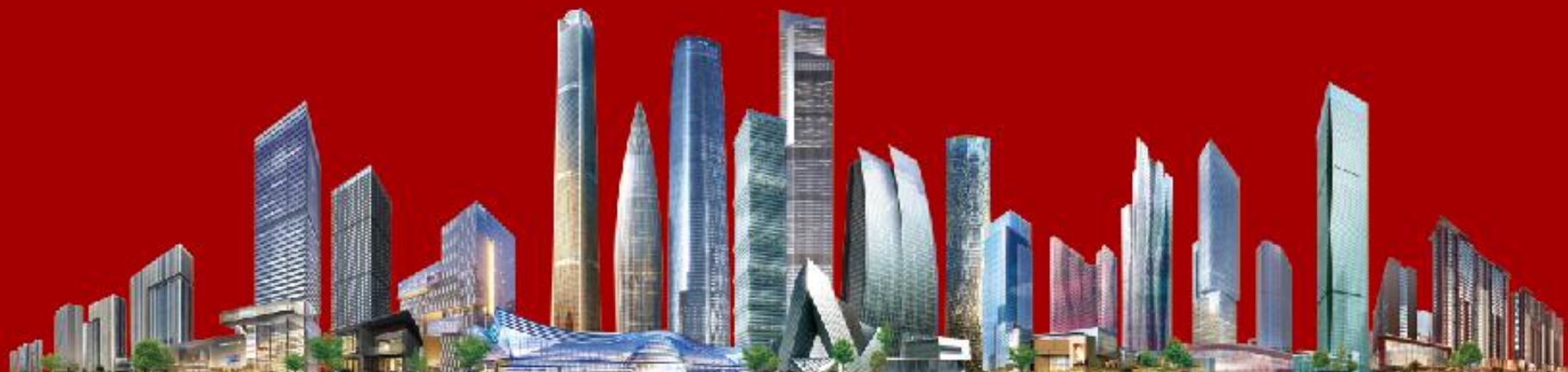


RBS 300米以上超高层结构设计与控制



报告人：李盛勇

2014年2月28日



广州容柏生建筑设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates



概要

- 结构体系的选择
- 几个影响经济性的重要结构概念
- 专业间的密切配合形成高品质、高附加值的产品
- 结构材料的选择
- 进度的控制
- 经济性控制在于每一设计环节上
- 超高层建筑设计条件及政府审查程序
- 超高层项目案例
- 优化案例分析
- 关于超高层建筑的用筋量
- 关于RBS在超高层设计中的优势与设计理念

RBS 超过300m以上的超高层设计、顾问项目案例（21栋）

广州珠江新城J2-2 (371.7m)

南宁龙光世纪大厦 (368.2m)

长沙远大摩天城 (350m)

银川阅海湾CBD 项目 (350m)

天津现代城 (339m)

天津津塔 (336m)

成都门里东方荟 (333m)

成都保利(328m)

珠海十字门标志塔(324m)

青岛华润中心(320m)

深圳汉国大厦 (311.9m)

珠海横琴IFC (300m)

天津富力广东大厦 (480m)

广州西塔 (432m)

深圳京基中心 (439m)

南宁华润大厦(420m)

华润总部深圳湾项目 (400m)

天津117大厦(597m)

沈阳宝能大厦 (560m)

广州东塔 (532m)

天誉南宁地标项目(528m)



RBS超过400m以上的超高层设计、顾问项目案例（9栋）



天津117大厦
(530m)



沈阳宝能大厦
(560m)



广州东塔 (532m)



天誉南宁地标项目
(528m)



天津富力广东大厦
(480m)



深圳京基中心
(439m)



广州西塔 (432m)



南宁华润大厦
(420m)



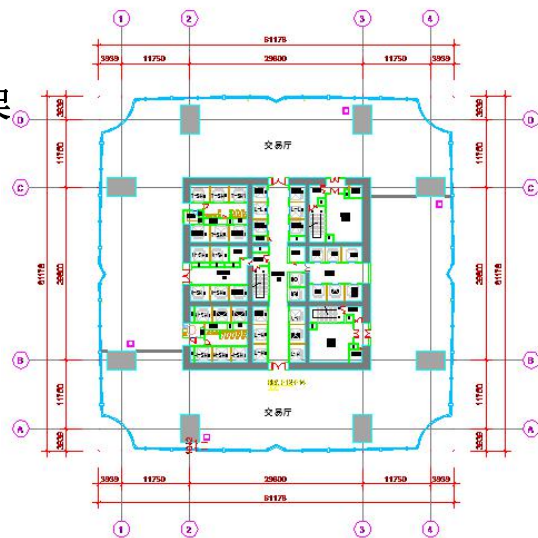
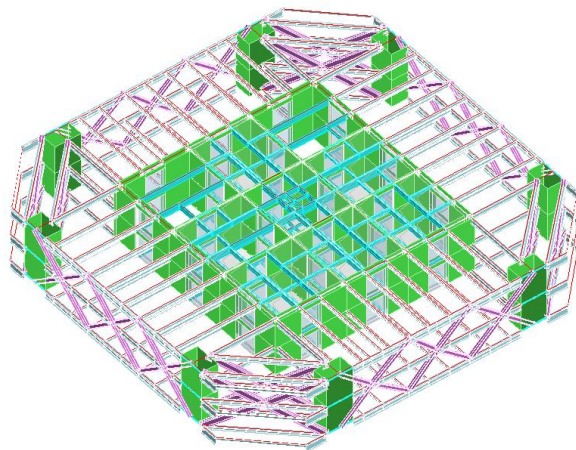
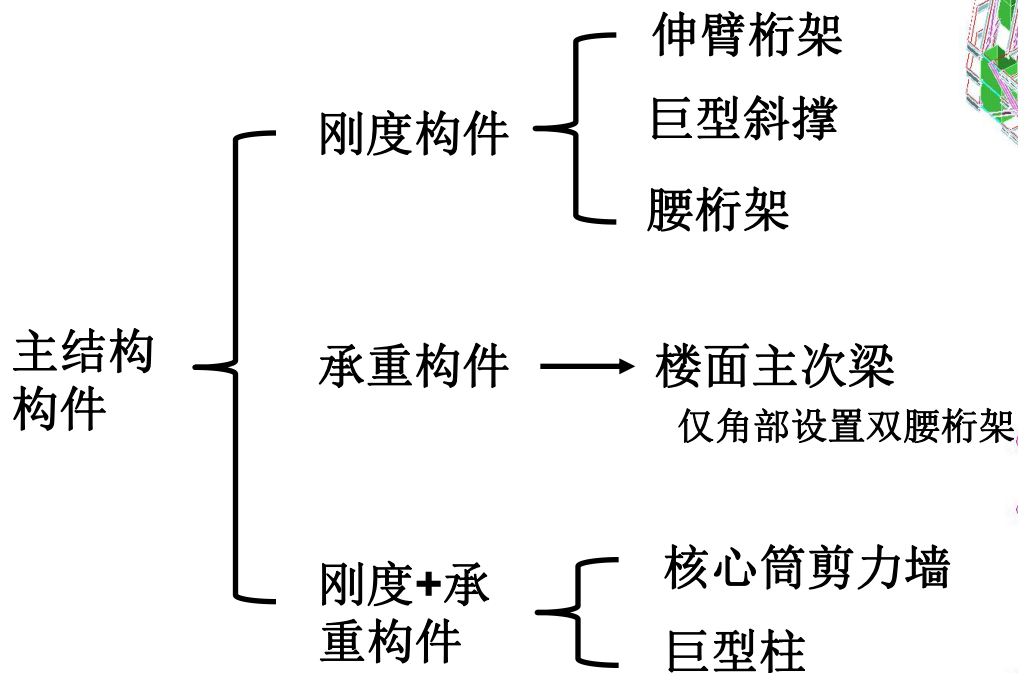
华润总部深圳湾项(400m)

一. 结构体系的选择

项目名称	高度	结构体系
十字门标志塔、天津现代城、 青岛华润中心、广州珠江新城J2-2 华润深圳湾总部	300-400m	框架-核心筒 + 伸臂 + 腰桁架 筒中筒
京基、南宁华润大厦、 天津富力广东大厦、 广州西塔	400-500m	框架-核心筒 + 伸臂 + 腰桁架 巨型框架-核心筒 + 腰桁架 + 大斜撑 + 伸臂 菱形交叉支撑+核心筒
天津117、深圳平安、 沈阳宝能、广州东塔	500-600m	巨型框架-核心筒 + 腰桁架 + 大斜撑 + 伸臂
远大小天空城	350m以上	束筒+支撑



巨型框架-核心筒结构的构成



二. 几个影响经济性的重要结构概念

建筑

1) 高宽比 H/B (合理值7-9)、中心筒高宽比 H/b (合理值14-17)

项目名称	京基	宝能	天津117	广州西塔	广州东塔	上海环球
H/B	9.5	9.9	9.1	7.2	9.1	8.5
H/b	19.1	19	16.1	13.1	16.1	13.9

2) 合理的抗震、抗风体型：平面方正、对称，立面均匀收进

结构

3) 周期，300~600m高结构第一自振周期合理值为6~9秒

4) 剪重比，多遇地震作用下结构地震剪力与结构重力荷载代表值之比

5) 内外筒剪力分担比，多遇地震作用下结构外框承担地震剪力与内筒承担地震剪力之比

6) 轴压比，地震下轴力与构件抗压能力的比值,影响结构底部竖向构件尺寸

7) 舒适度（楼盖、顶部楼层），包括楼盖在人行荷载作用下的竖向振动舒适度，顶部楼层在风荷载作用下的水平振动舒适度

8) 结构抗震性能设计，以结构抗震性能目标为基准的结构抗震设计



三. 结构材料的选择

➤ 钢结构

➤ 钢柱+钢梁+钢支撑

➤ 钢-钢筋混凝土混合结构

➤ 钢框架+钢筋砼核心筒+钢（伸臂、桁架、大斜撑），楼盖为钢-砼组合梁

➤ 型钢（钢管）砼框架+钢筋砼核心筒+钢（伸臂、桁架、支撑），楼盖为钢筋砼

➤ 在选择钢管砼柱或钢骨砼柱时，应注意与楼盖梁材料的匹配，方便节点的施工

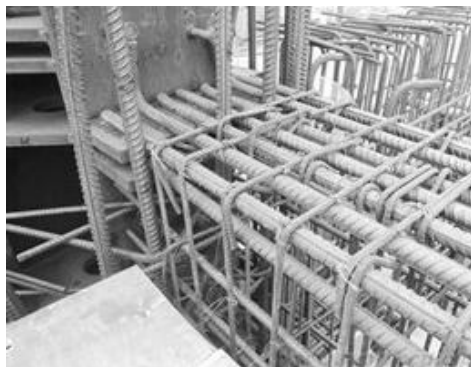
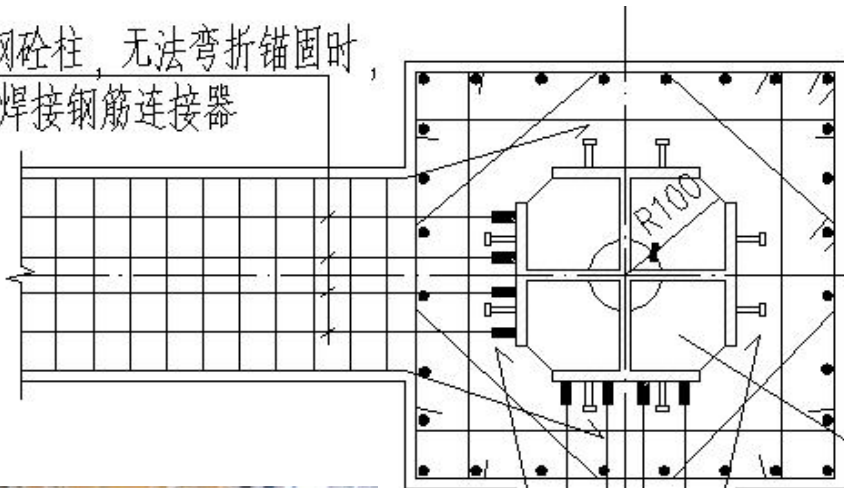




型钢柱节点

- 埋设型钢后还将导致**造价高**、**梁柱节点构造复杂**、**施工困难**、**影响施工进度**等问题。

梁纵筋与型钢砼柱，无法弯折锚固时，
设置焊接钢筋连接器



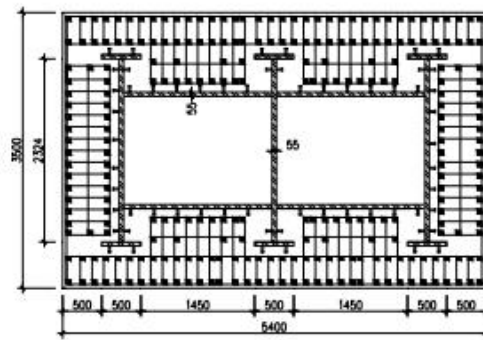
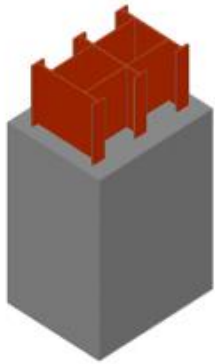
在钢筋连接器处设置15mm厚加劲肋板
板上开孔直径 $\phi 200$



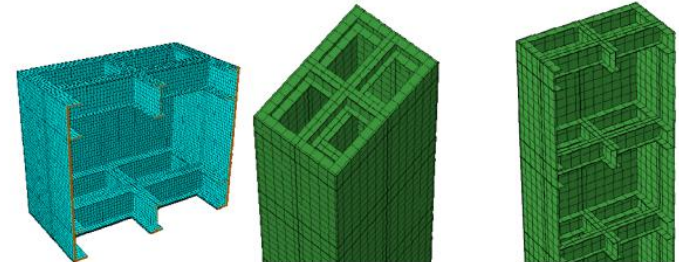
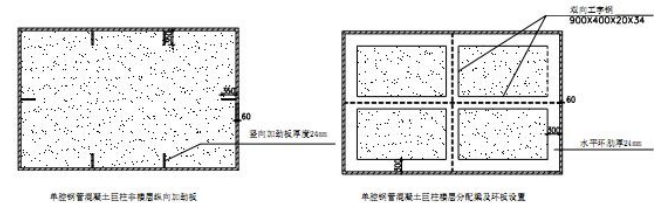
梁纵筋与型钢砼柱，无法弯折锚固时，
设置焊接钢筋连接器



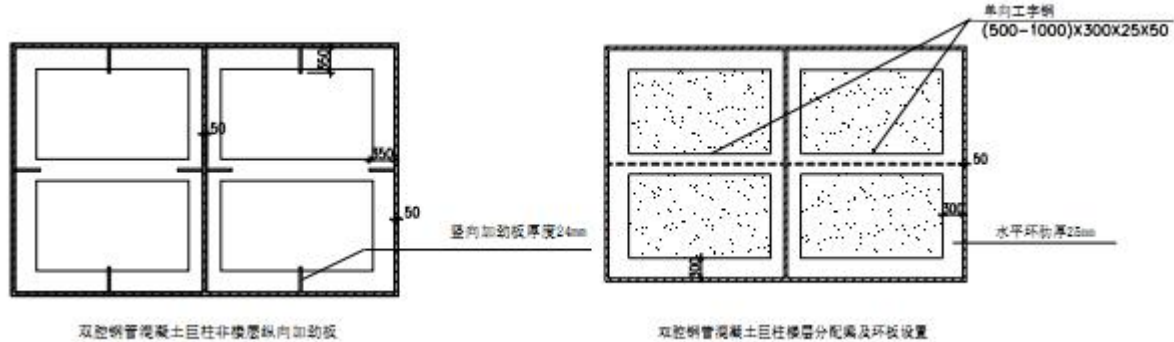
巨柱形式的选型



型钢混凝土巨柱

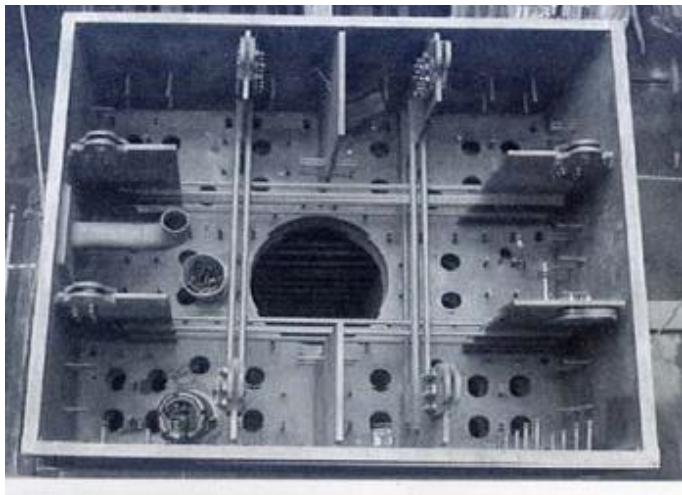


钢管混凝土柱（单腔）

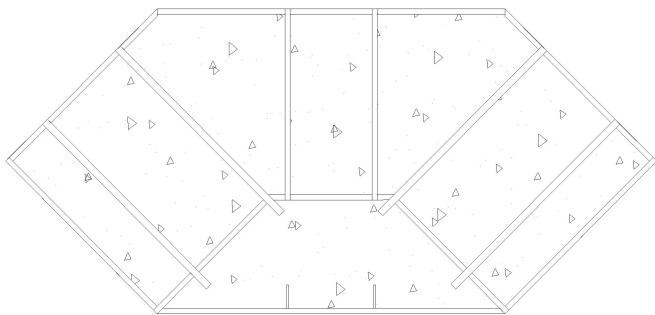


钢管混凝土柱（多腔）

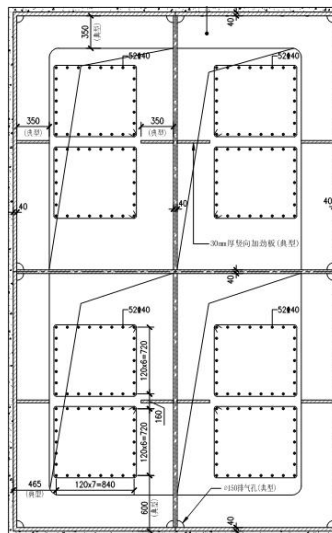
巨柱形式的选型



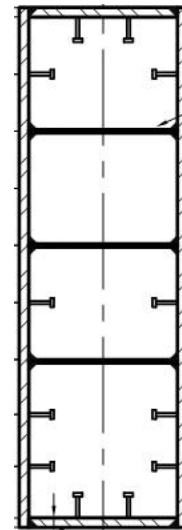
台北101



天津117



广州东塔

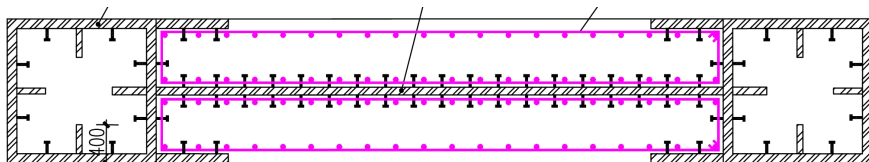


深圳汉京中心

钢板混凝土组合剪力墙

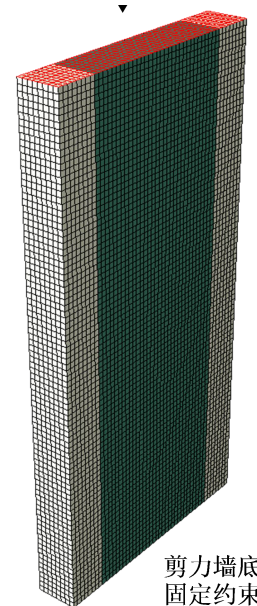
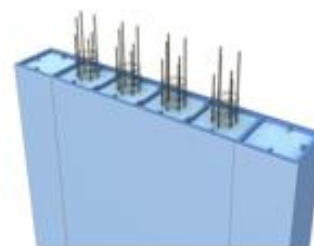
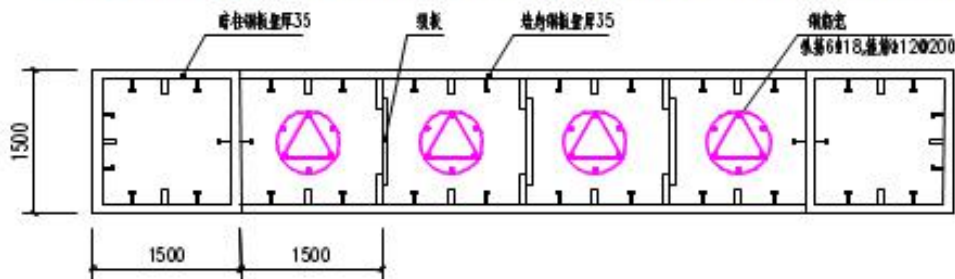
1.

(外包端柱内嵌钢板混凝土组合剪力墙)



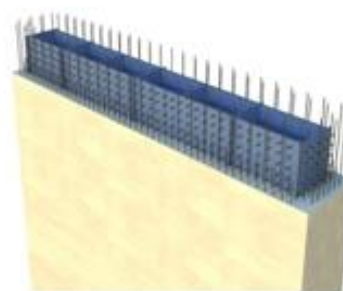
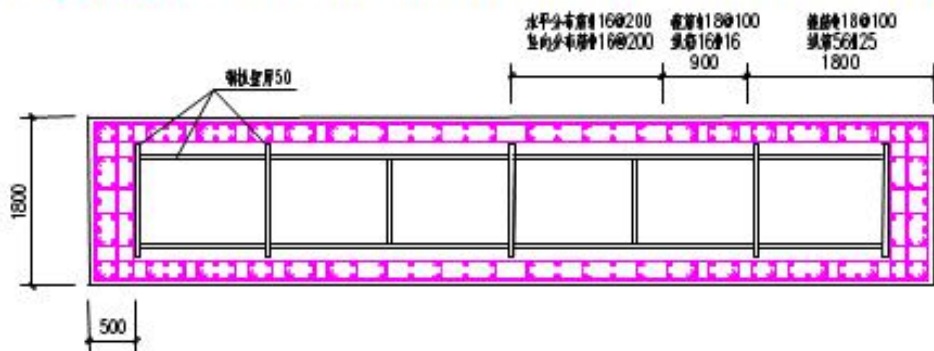
2.

(外包多腔钢板混凝土组合剪力墙)



3.

(传统内嵌钢板混凝土组合剪力墙)



广州容柏生建筑设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates



广州容联建筑科技有限公司
RBS Partners S&T Co., Ltd.



四. 经济性控制在于每一设计环节上

- 1) 宏观控制：**结构体系的合理选择、合理结构构成、合理截面尺度；**
 - 2) 微观控制：**结构敏感性分析、重要参数的设置（风、地震）、结构的合理性把握、重要环节、关键节点的研究分析、创新思维推动新技术的进步；**
 - 3) 符合业主的需求、建筑功能要求、机电配合要求之上的商业价值的提升。
- 通过分析，找出影响结构成本的最重要控制因素：
- 风荷载
 - 地震作用
 - **剪重比/内外筒剪力分担比**
 - **舒适度**



结构剪重比

- 在如何提高结构剪重比这一问题上，充分体现了合理利用外部因素所能产生的经济效益。

针对此类工程的特殊规定与限制：
剪重比不能小于规范限值的**85%**



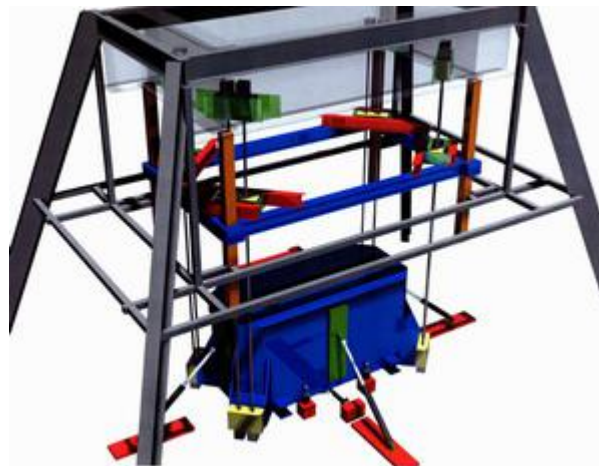
调整
方法

增大结构刚度

调整外部参数

调整方法	调整效果	经济代价
增大结构刚度	剪重比提高4%	用钢量增加1.8万吨（沈阳宝能项目）
提高场地特征周期和反应谱	剪重比提高5%	无

舒适度控制，在顶部预留TMD或AMD阻尼器，其造价在1~2千万，并通过健康观测来决定是否启用TMD。





结构设计原则

- 对结构设计的边界条件的充分理解和应用
- 找出结构的关键控制因素
- 高效结构
- 抗震性能设计
- 合理刚度
- 合理构成
- 符合建筑创意
- 符合业主的需求（经济性、进度、功能、灵活性、商业价值。。。）



五. 超高层建筑结构设计条件及政府审查程序

1) 结构设计条件：

地质资料、安评报告、风洞试验、振动台试验（补充）.....

2) 超限审查（通常需要两次才能通过）：

1) $\geq 350\text{m}$ 需到北京全国超限委员会进行审查

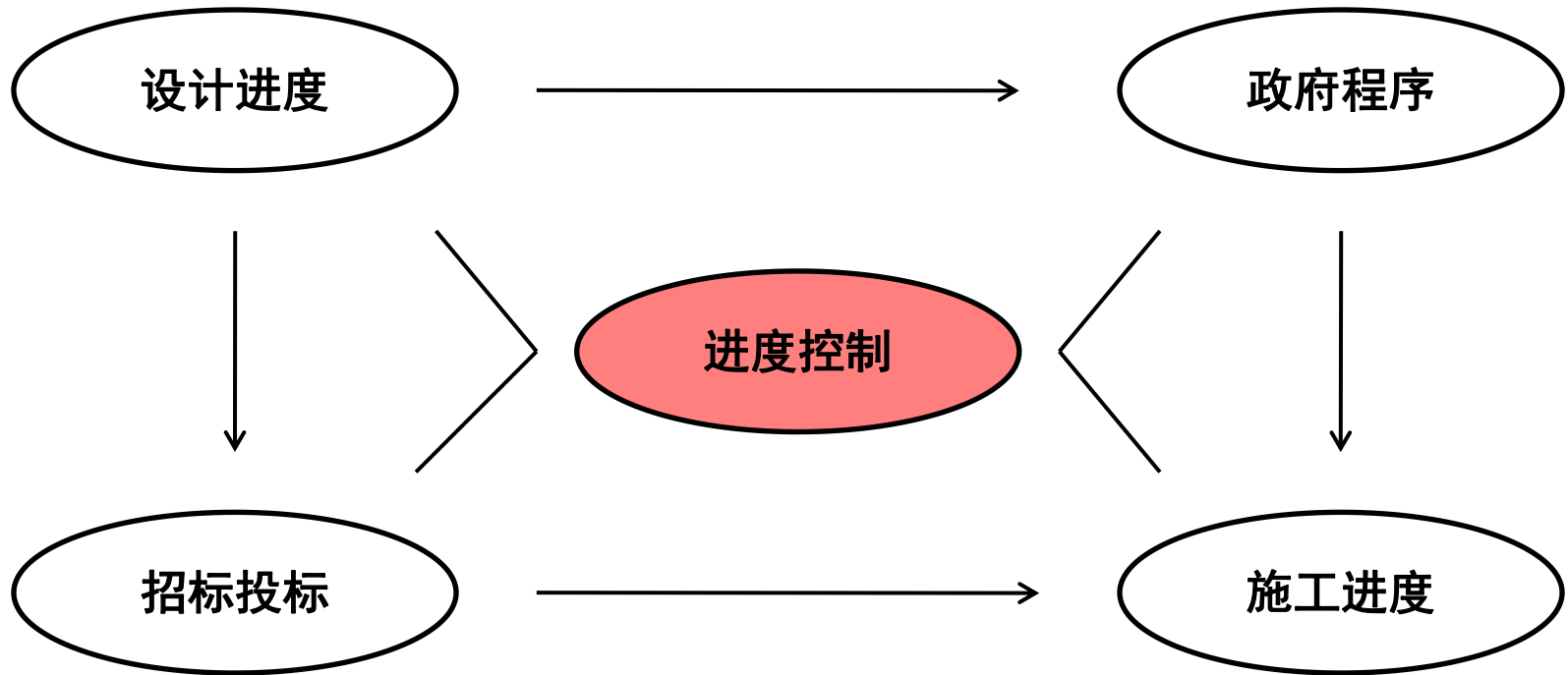
2) $\geq 300\text{m}$ 需第三方动力弹塑性复核

3) 初步设计审查

4) 施工图审查



六. 进度的控制



项目进度与效益相关联，特别是财务成本的控制



七. 专业间的密切配合形成高品质、高附加值的设计产品

- 1) 结构设计尽可能满足建筑的创意要求
- 2) 合理的净高控制（标准层、避难层、地下室）
- 3) 核心筒合理布置, 优化竖向交通设计, 提高平面使用率
- 4) 外框柱跨度合理, 截面适中, 满足最优的景观要求
- 5) 符合建筑功能、灵活性、提升商业价值



八.RBS超过300m以上的超高层设计、顾问项目案例分析

广州珠江新城J2-2 (371.7m)

南宁龙光世纪大厦 (368.2m)

长沙远大小天城 (350m)

天津现代城 (339m)

天津津塔 (336m)

成都门里东方荟 (333m)

成都保利(328m)

珠海十字门标志塔(324m)

青岛华润中心(320m)

深圳汉国大厦 (311.9m)

天津富力广东大厦 (480m)

广州西塔 (432m)

深圳京基中心 (439m)

南宁华润大厦(420m)

华润总部深圳湾项目 (400m)

天津117大厦(597m)

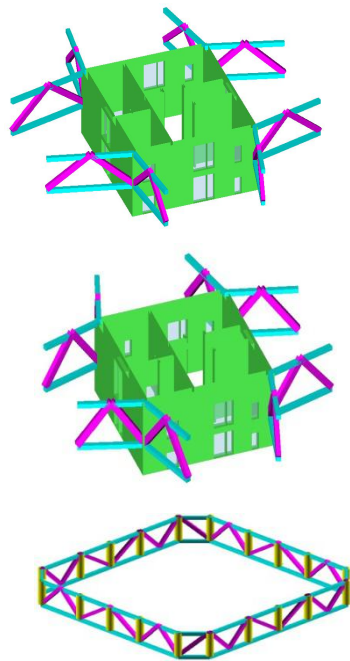
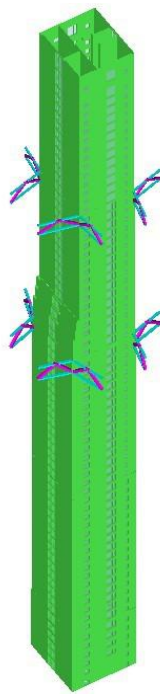
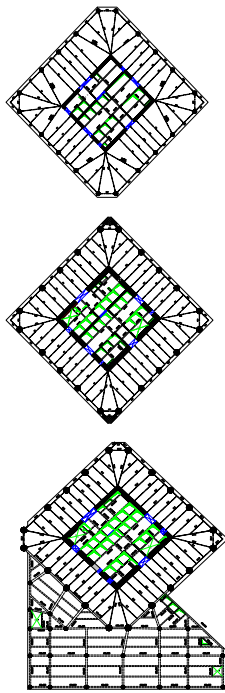
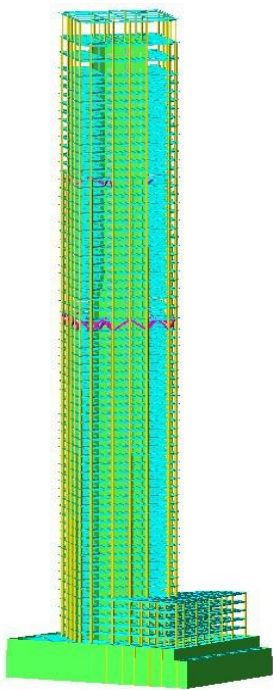
沈阳宝能大厦 (560m)

广州东塔 (532m)





广州珠江新城J2-2（371.7m）



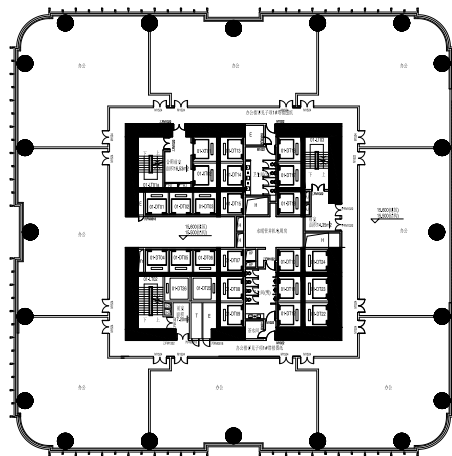
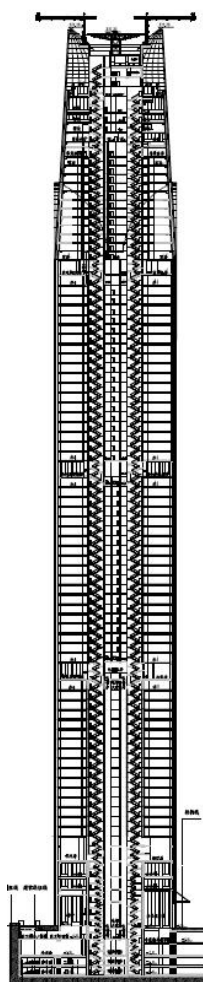
结构高度	308m	高宽比	7
设防烈度	7度	基本风压 (100年)	0.6
结构体系	钢管砼柱型钢梁框架-钢筋混凝土核心筒		



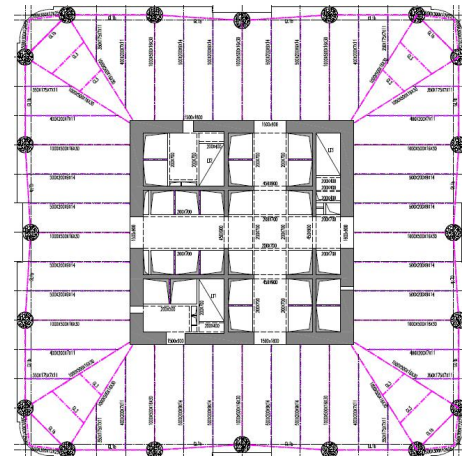
广州容柏生建筑设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

服务类型：结构顾问
合作设计：**SOM+深圳奥意**

南宁龙光世纪大厦 (368.2m)



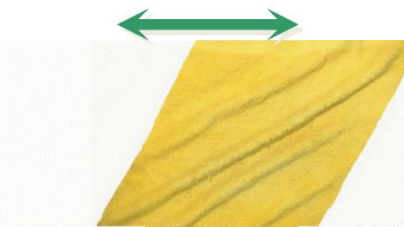
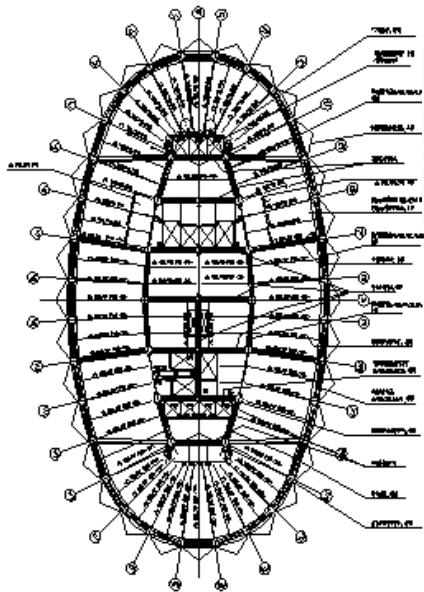
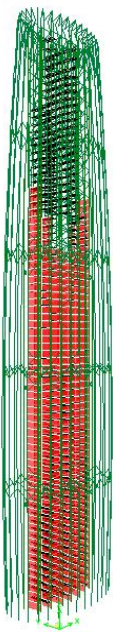
建筑平面



结构平面

结构高度	368m	高宽比	7.36
设防烈度	6度	基本风压 (50年)	0.35
结构体系	钢管混凝土柱框架+混凝土核心筒+外伸刚臂		

天津津塔 (336m)



A

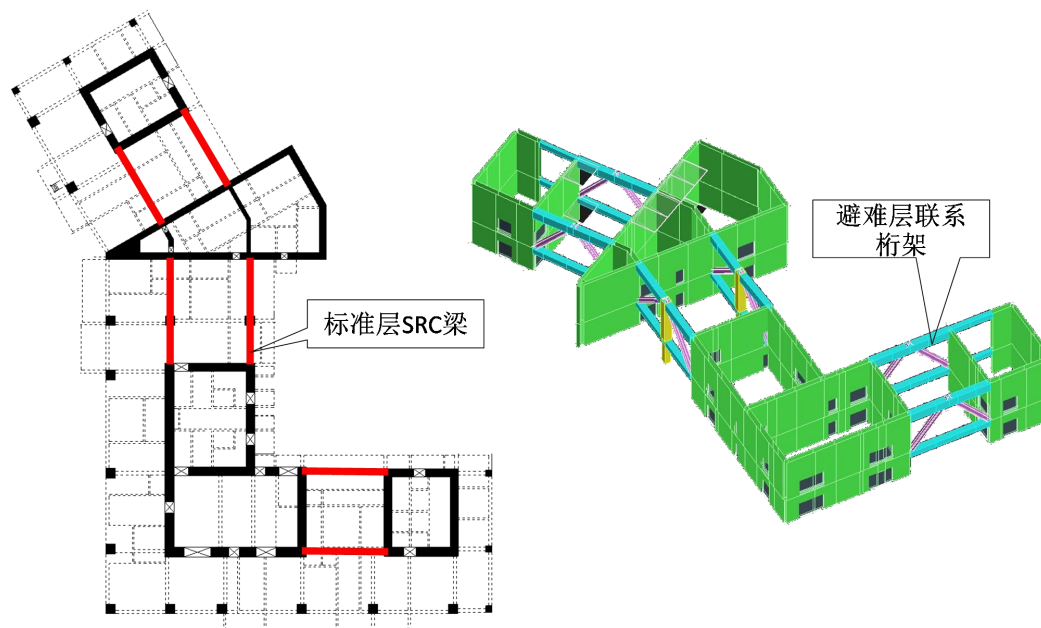
A



结构高度	330m	高宽比	7.88
设防烈度	7度	基本风压 (100年)	0.60
结构体系	钢管混凝土柱框架+核心钢板剪力墙体系+ 外伸刚臂		



成都门里东方荟 (333m)



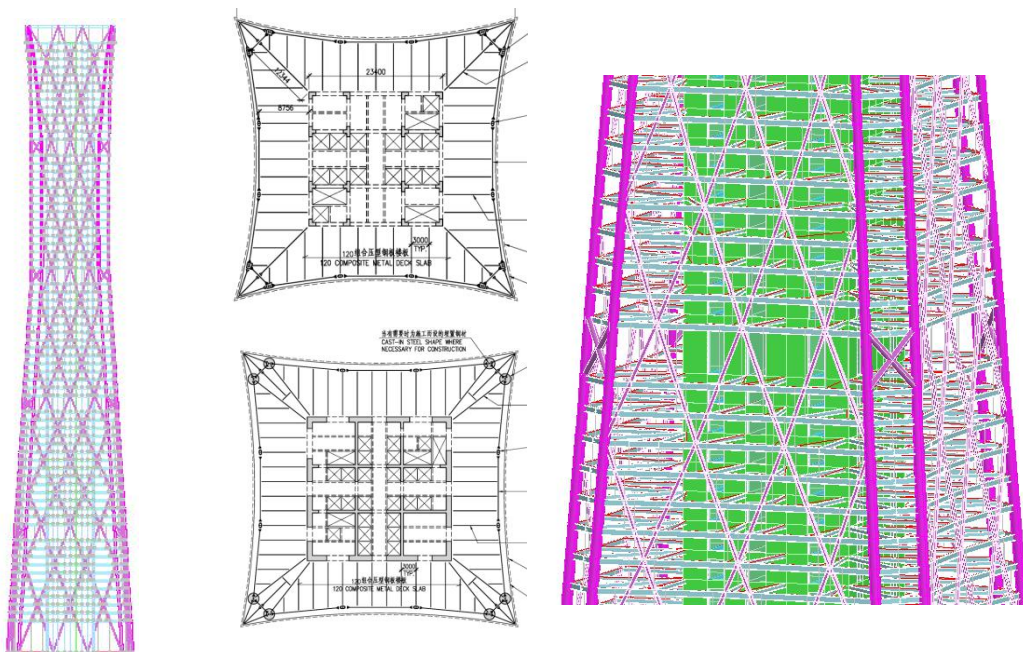
结构高度	303m	高宽比	8.7
设防烈度	7度	基本风压 (100年)	0.35
结构体系	带联系桁架的多筒+SRC框架		



广州容柏生建筑设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

服务类型：结构顾问
合作设计：**SOM+西南院**

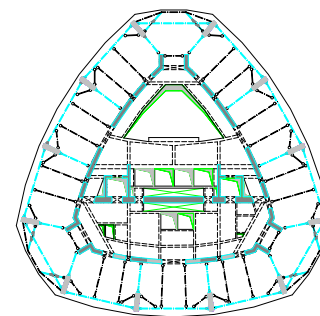
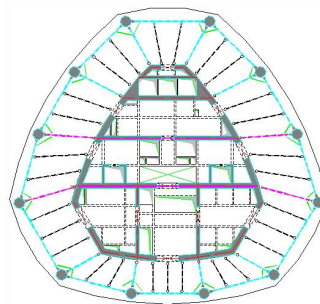
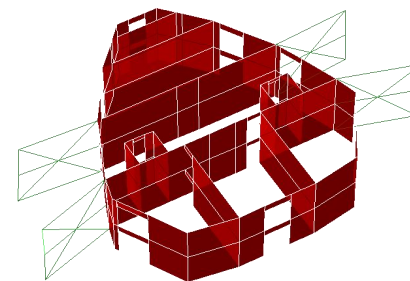
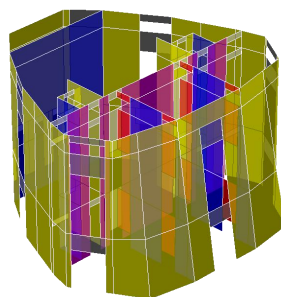
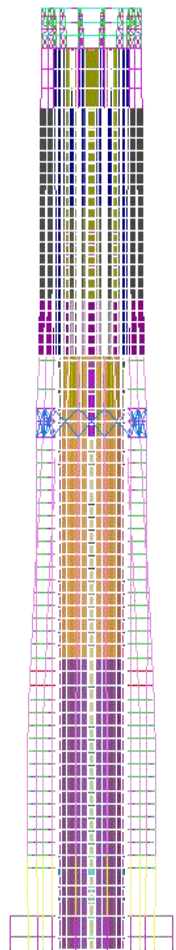
成都保利 (328m)



结构高度	328m	高宽比	5.5
设防烈度	7度	基本风压 (100年)	0.35
结构体系	核心筒+钢管砼柱+钢斜撑网络		



珠海十字门标志塔 (324m)



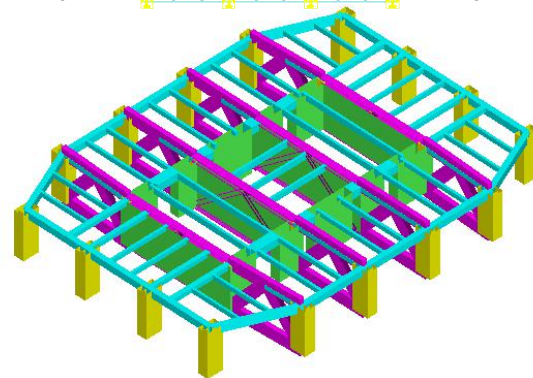
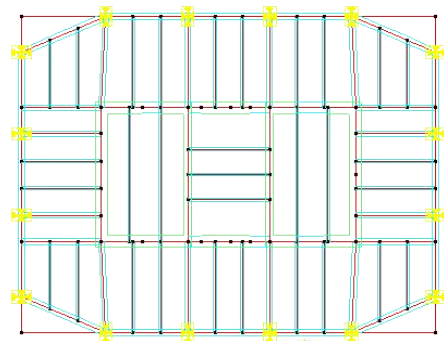
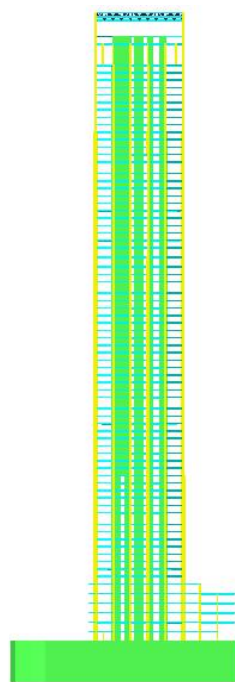
结构高度	323m	高宽比	6.5
设防烈度	7度	基本风压 (100年)	0.90
结构体系	带腰桁架+伸臂桁架的型钢砼框架-钢筋混凝土核心筒结构		



广州容柏生建筑设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

服务类型：结构顾问
合作设计：**SOM+深圳方佳**

深圳汉国大厦 (311.9m)



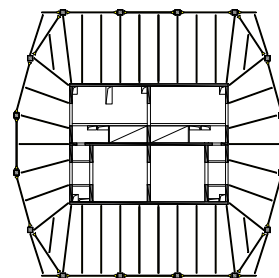
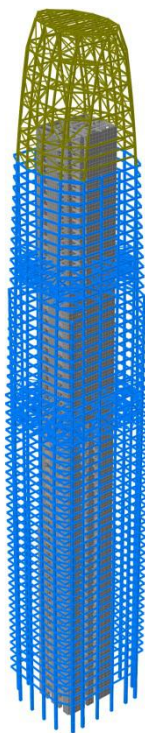
结构高度	300m	高宽比	8.79
设防烈度	7度	基本风压 (100年)	0.90
结构体系	核心筒+伸臂+SRC柱+混凝土梁		



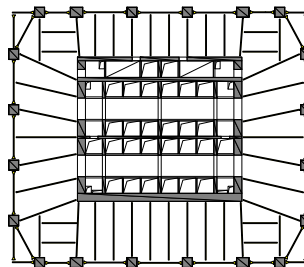
广州容柏生建筑设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

服务类型：结构顾问
合作设计：**SOM+华东院**

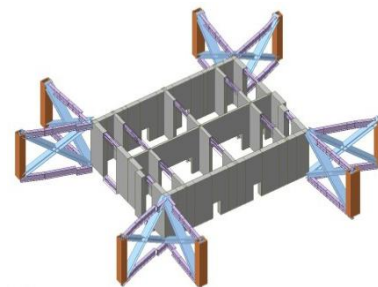
天津现代城 (339m)



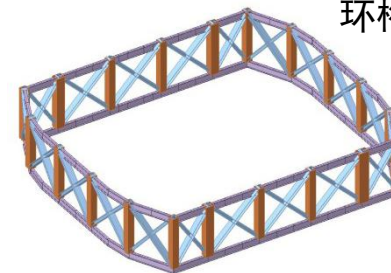
低区办公平面



高区办公平面



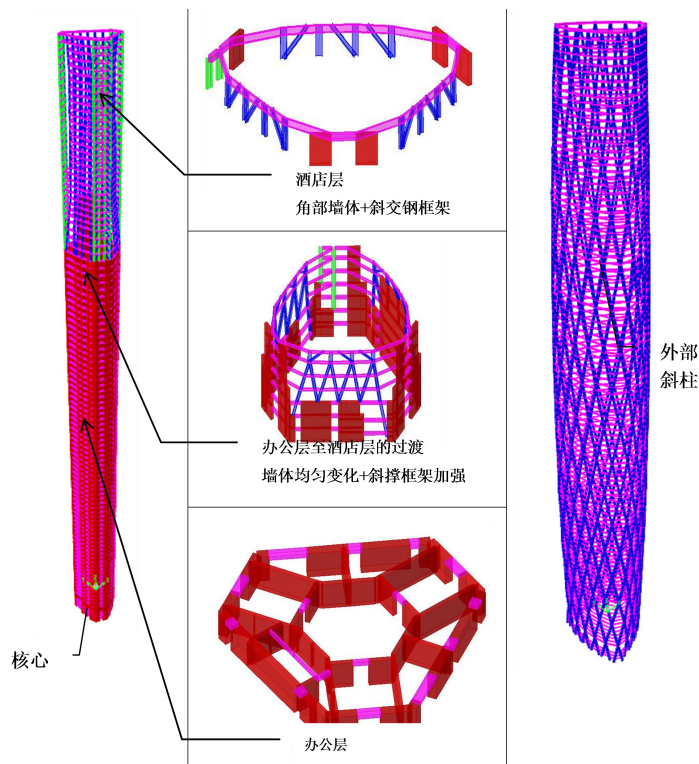
环桁架



伸臂桁架

结构高度	300m	高宽比	10.2
设防烈度	7度	基本风压 (100年)	0.55
结构体系	钢管混凝土框架+伸臂桁架+钢筋混凝土核芯筒		

广州西塔 (432m)



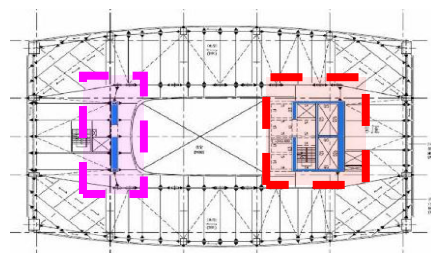
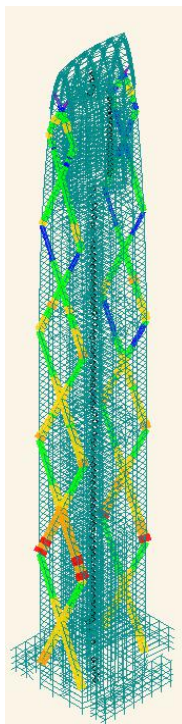
结构高度	432m	高宽比	7.2
设防烈度	7度	基本风压 (100年)	0.60
结构体系	筒中筒（斜交网格外筒+钢筋砼核心筒）		



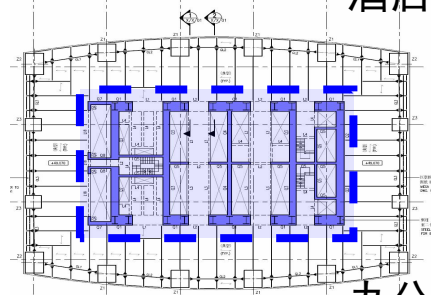
广州容柏生建筑结构设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

服务类型：结构顾问
合作设计：**ARUP+深圳华森**

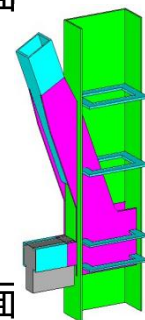
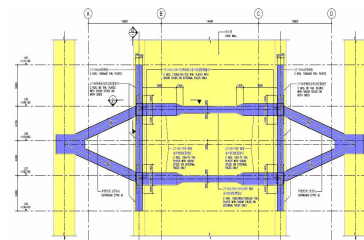
深圳京基中心（439m）



酒店层平面



办公层平面



巨型斜撑节点

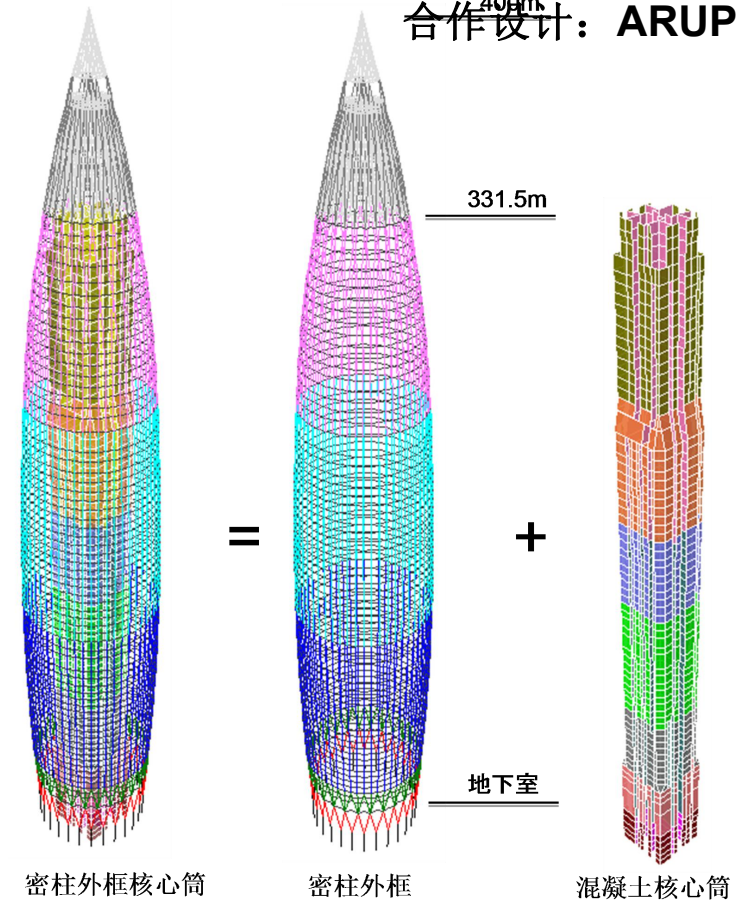
结构高度	439m	高宽比	10.2
设防烈度	7度	基本风压 (100年)	0.75
结构体系	核心筒+钢管砼柱+钢斜撑网格		



广州容柏生建筑设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

服务类型：结构顾问
合作设计：ARUP+CCDI

华润总部深圳湾项目(400m)



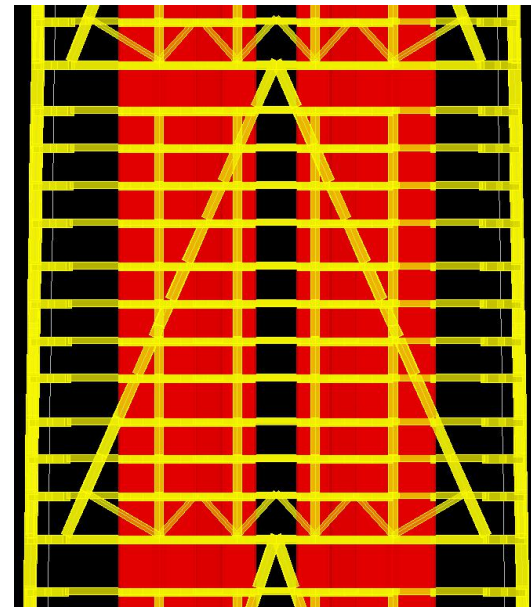
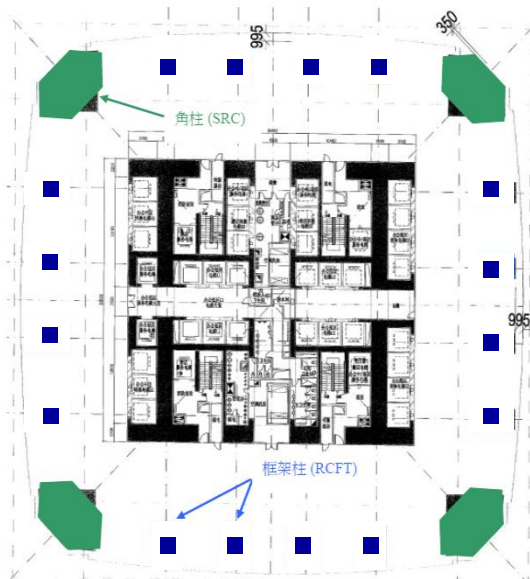
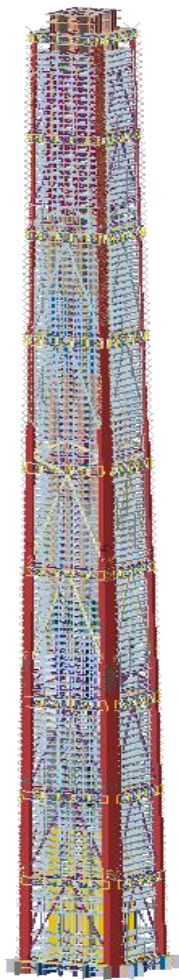
结构高度	400m	高宽比	7.7
设防烈度	7度	基本风压 (50年)	0.75
结构体系	密柱外框-核心筒		



广州容柏生建筑设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

服务类型：结构顾问
合作设计：ARUP+华东院

天津117大厦 (597m)



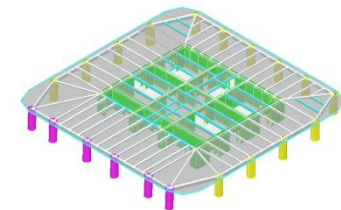
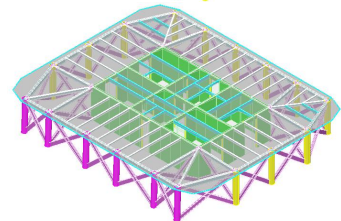
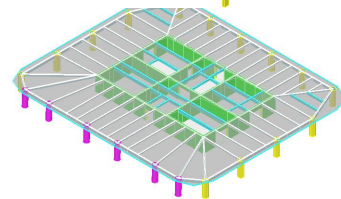
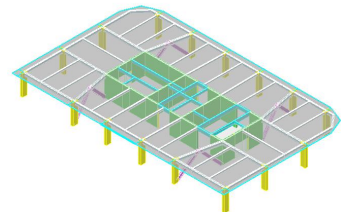
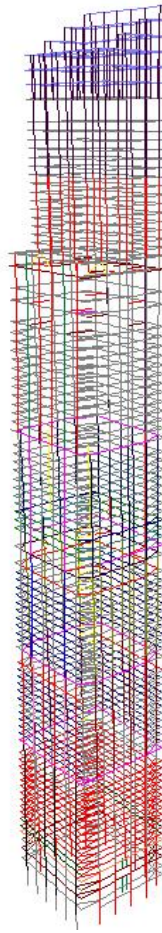
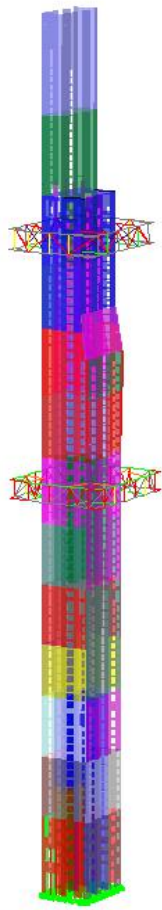
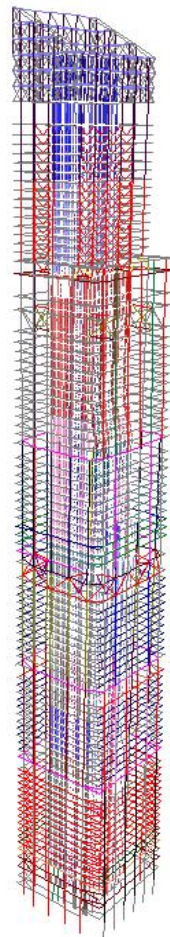
结构高度	597m	高宽比	9.2
设防烈度	7.5度	基本风压 (100年)	0.60
结构体系	巨型结构体系：核心筒+巨型柱+外伸臂+腰桁架+外框巨型斜撑等		



广州容柏生建筑设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

南宁华润大厦 (420m)

服务类型：结构设计



结构高度	420m	高宽比	7.09
设防烈度	6度	基本风压 (100年)	0.4
结构体系	框架-核心筒+伸臂桁架+环桁架		

结构选型：层间位移角敏感性分析

层号	伸臂桁架					腰桁架					酒店斜撑	Y 向自振周期		Y 向风荷载层间位移角		Y 向剪重比	
	19	31	43	56	69	19	31	43	56	69		(S)	敏感度		敏感度		敏感度
无加强												8.74	1.000	1/367	1.000	0.5588%	1.000
仅布置酒店斜撑												8.55	1.022	1/495	1.349	0.5616%	1.005
一道伸臂桁架												8.05	1.086	1/543	1.480	0.5646%	1.010
不布置酒店斜撑												7.29	1.200	1/430	1.172	0.5704%	1.021

位移角基本满足设计要求

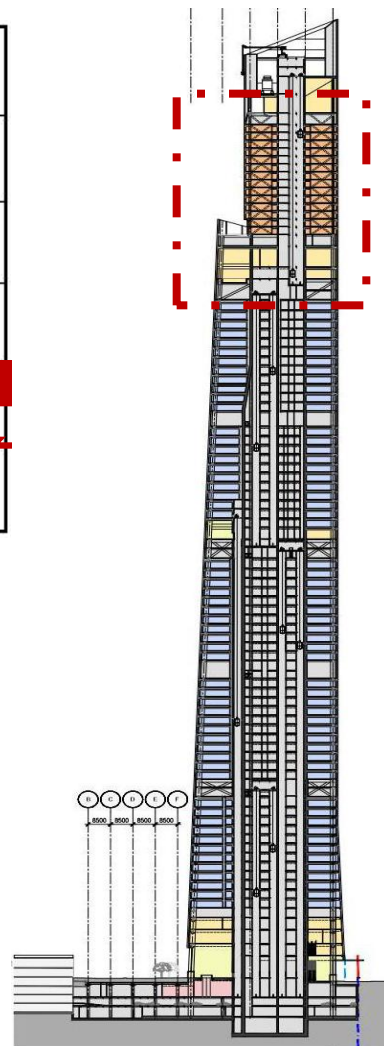
刚重比 $1.422 > 1.4$

剪重比为限值的0.832倍

位移角满足设计要求

剪重比为限值的0.836倍

位移角不满足设计要求

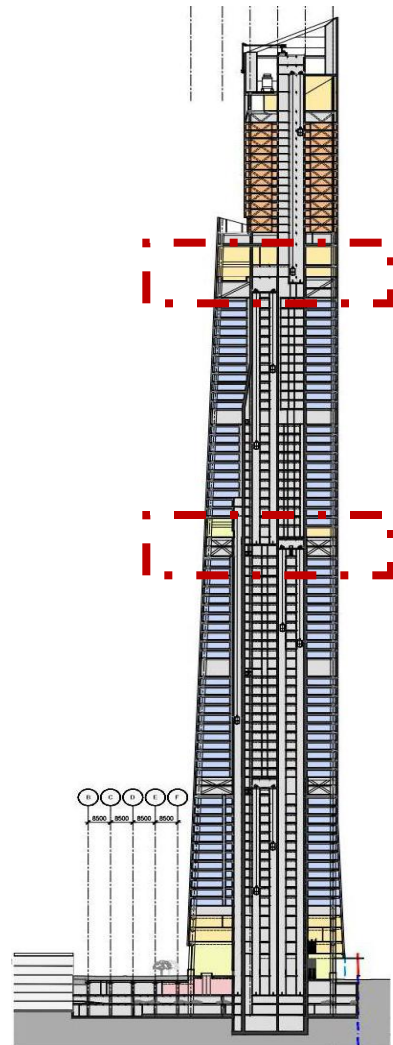


结构选型：剪重比敏感性分析

层号	伸臂桁架					腰桁架					酒店斜撑	Y向自振周期		Y向风荷载层间位移角		Y向剪重比	
	19	31	43	56	69	19	31	43	56	69		(S)	敏感度	(1/)	敏感度		敏感度
一道伸臂桁架												8.05	1.000	543	1.000	0.5646%	1.000
两道伸臂桁架												7.81	1.031	543	1.000	0.5651%	1.001
三道伸臂桁架 B												7.59	1.060	541	0.996	0.5652%	1.001
四道伸臂桁架												7.44	1.082	542	0.998	0.5672%	1.005
五道伸臂桁架												7.37	1.093	542	0.998	0.5728%	1.014
一道腰桁架												7.31	1.101	543	1.000	0.5746%	1.018
两道腰桁架												7.28	1.106	547	1.007	0.5759%	1.020
三道腰桁架												7.27	1.107	551	1.015	0.5774%	1.023
四道腰桁架												7.23	1.113	553	1.018	0.5781%	1.024
五道腰桁架												7.22	1.116	553	1.018	0.5796%	1.027
不布置酒店斜撑												7.29	1.105	430	0.792	0.5704%	1.010

●Y向层间位移：由Y向V型撑起控制作用

●伸臂桁架和腰桁架数量：对变形影响不大，剪重比更是仅相差
0.015%

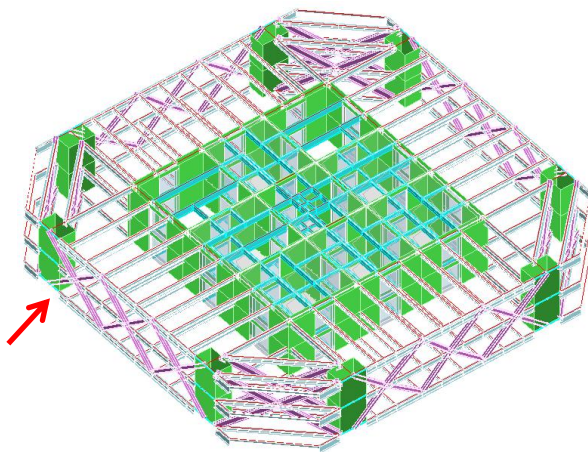




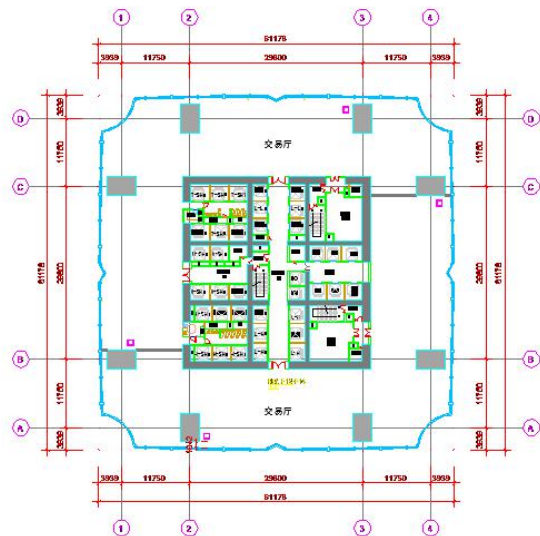
广州容柏生建筑设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

服务类型：结构顾问
合作设计：深大院

沈阳宝能大厦 (560m)



仅角部设置双腰桁架



结构高度	565m	高宽比	9.9
设防烈度	7度	基本风压 (100年)	0.60
结构体系	巨型结构体系：核心筒+巨型柱+外伸臂+腰桁架+外框巨型斜撑等		

1)抗侧力体系 — 巨型斜撑框架-核心筒-外伸臂

主要抗侧力体系由

巨型斜撑框架-核心筒-外伸臂组成，

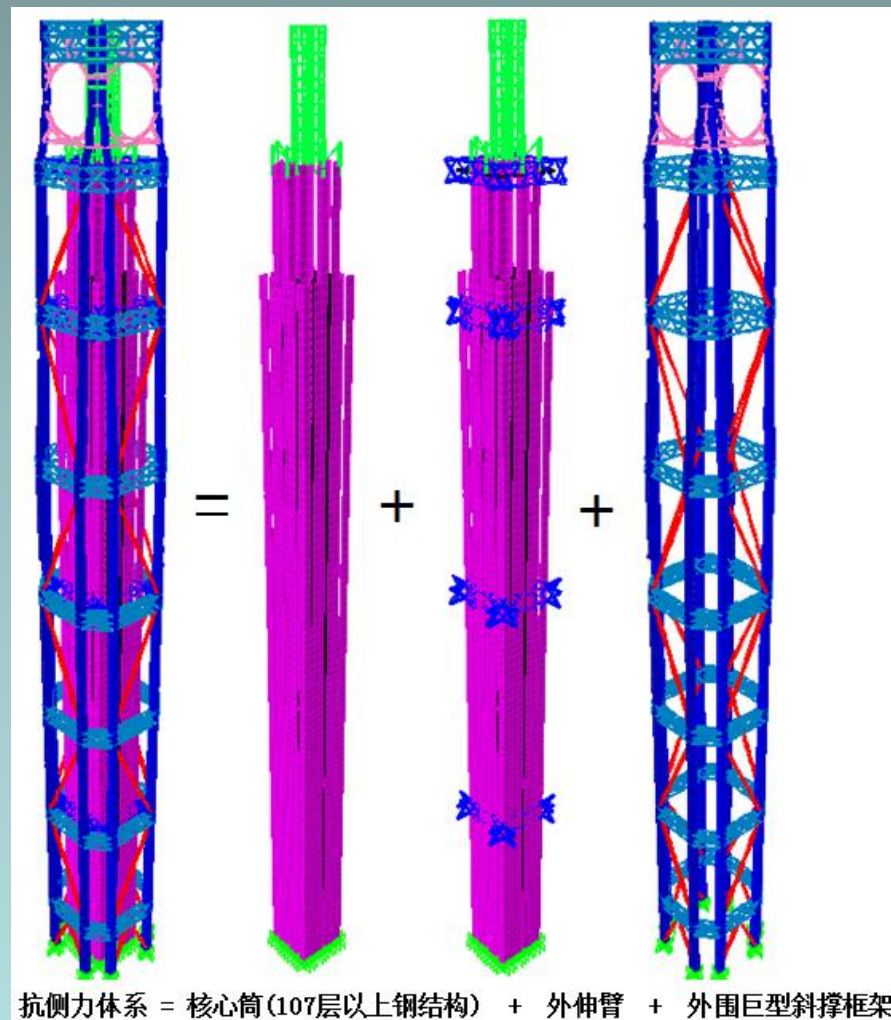
抵抗风荷载和地震作用：

—巨型斜撑框架

（ 巨柱+ 斜撑 +周边带状桁架 ）

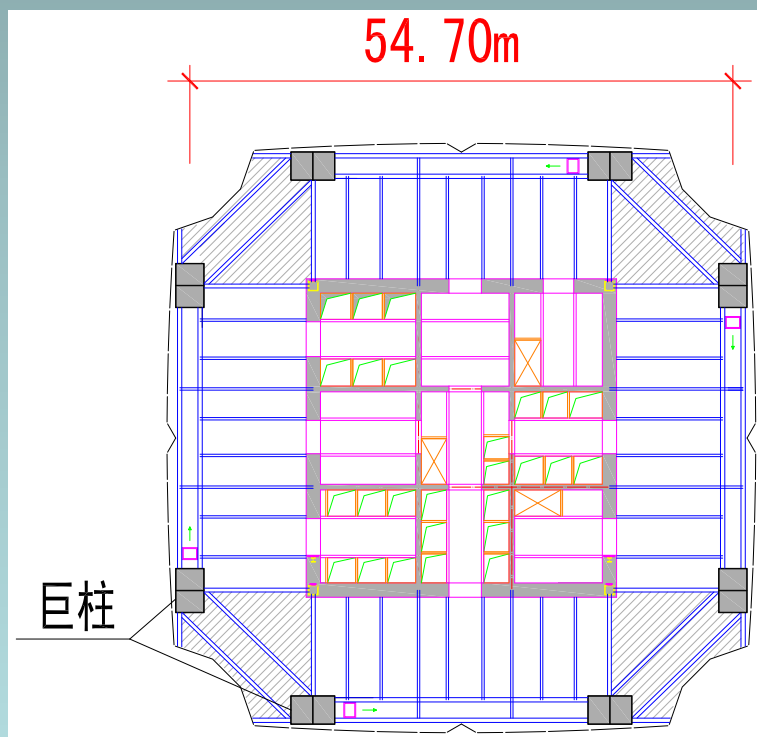
—4道伸臂钢桁架

—劲性钢筋混凝土核心筒



2)巨柱

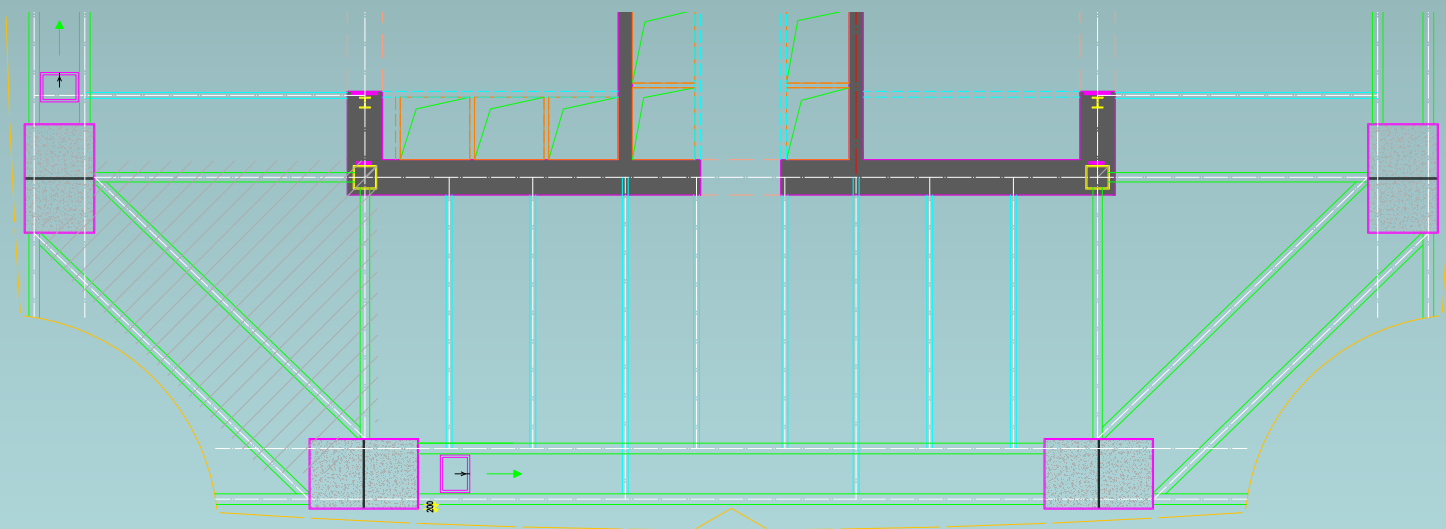
共8根巨柱，长方形，长宽比约1.5，柱长边基本平行建筑外轮廓
底部的尺寸约为 $5.4 \times 3.5\text{m}$ ，在顶部逐渐减小至 $2.0 \times 2.0\text{m}$ 。



层数	长x宽
1~10	5400x3500
11~32	4950x3300
33~63	4650x3000
64~82	4200x2650
83~101	3600x2400
102~108	3000x2000
109~112	2000x2000

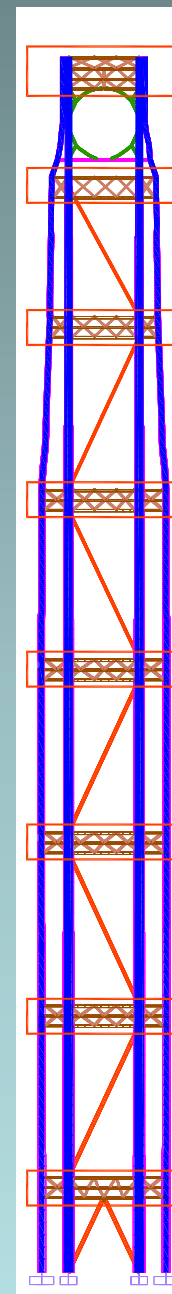
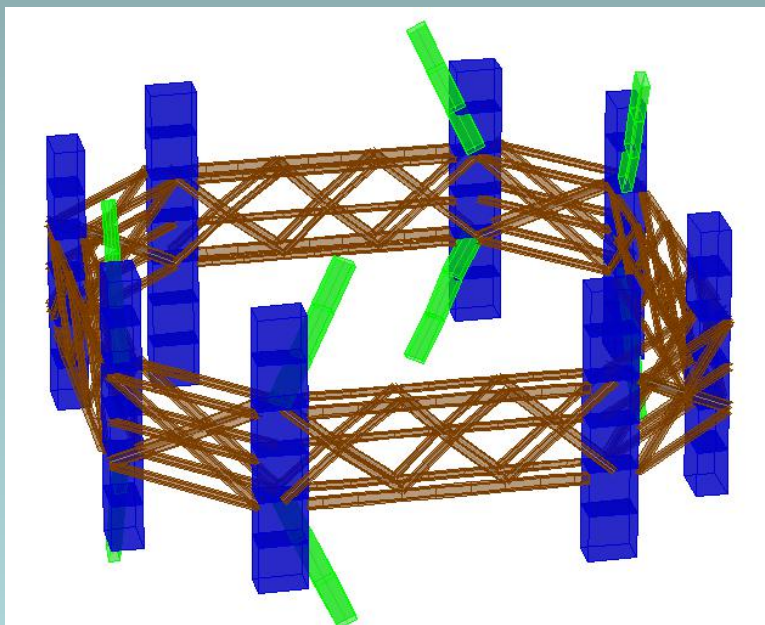
3)双框梁

- (1) 可进一步提高和改善外框的刚度及其受力性能；
- (2) 双梁以柱中心对称布置，改善柱受力



4) 周边带状桁架

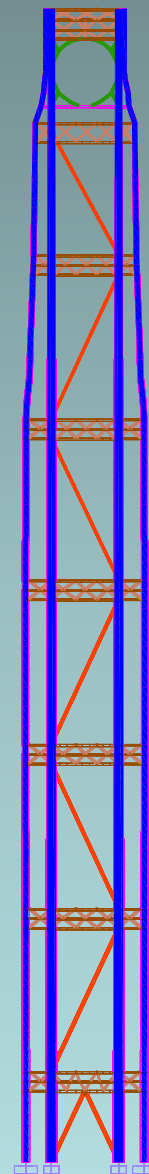
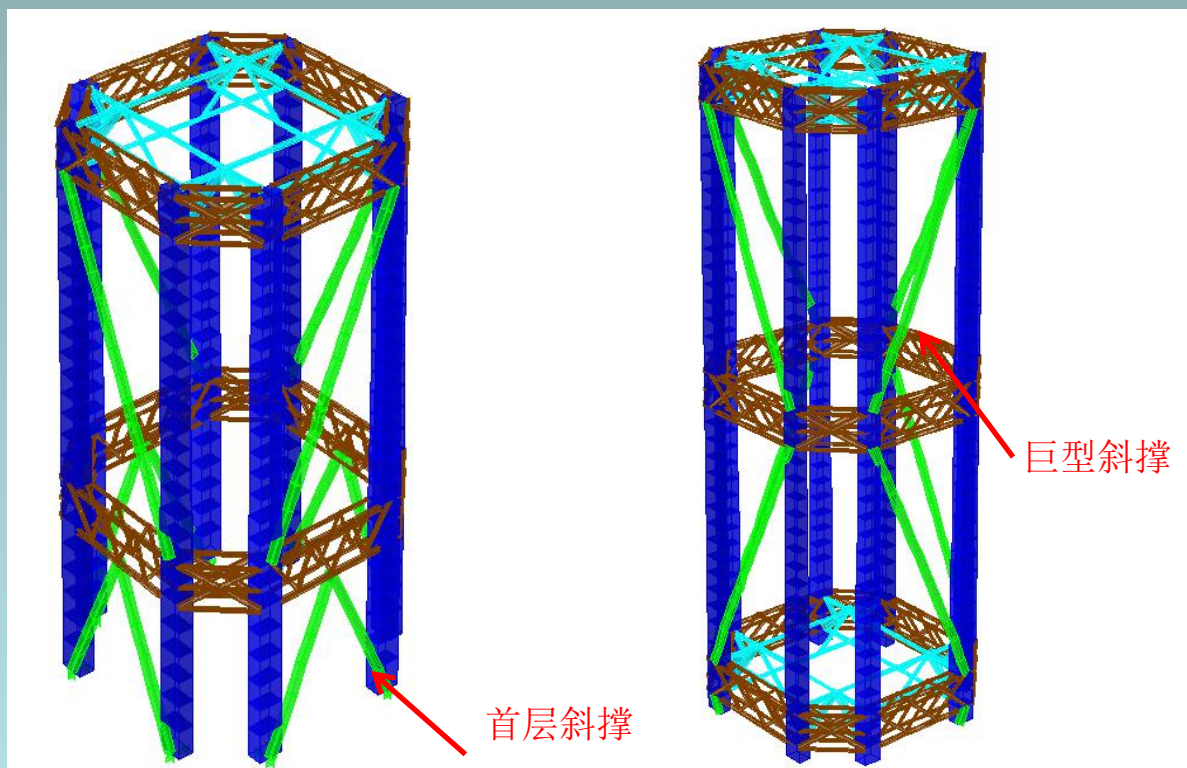
结合各区的避难/机电层、及顶部楼层共设置8道带状桁架，在塔楼高度方向布置均匀，带状桁架连接巨柱、斜撑，在塔楼的外围形成巨型框架。



5)巨型斜撑

在每两个相邻的周边桁架间布置一道巨型斜撑。该斜撑连接相邻两根巨柱，有效的提高了结构的框剪比及结构抗侧力的安全冗余度。

上部楼层设单向斜撑，下部楼层结合入口大堂的建筑使用要求设人字撑。

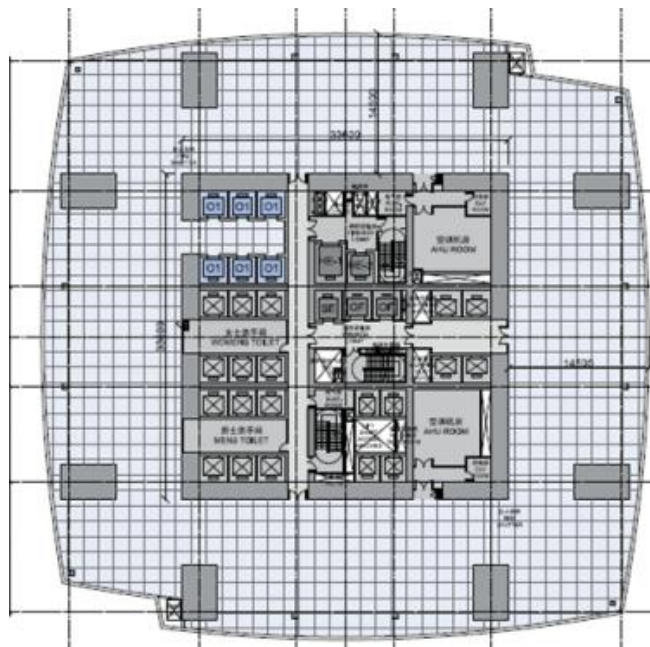
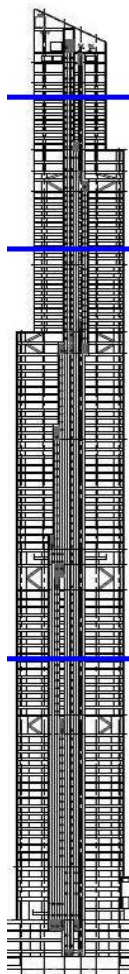




广州容柏生建筑设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

服务类型：结构顾问
合作设计：ARUP+广州市院

广州东塔 (532m)

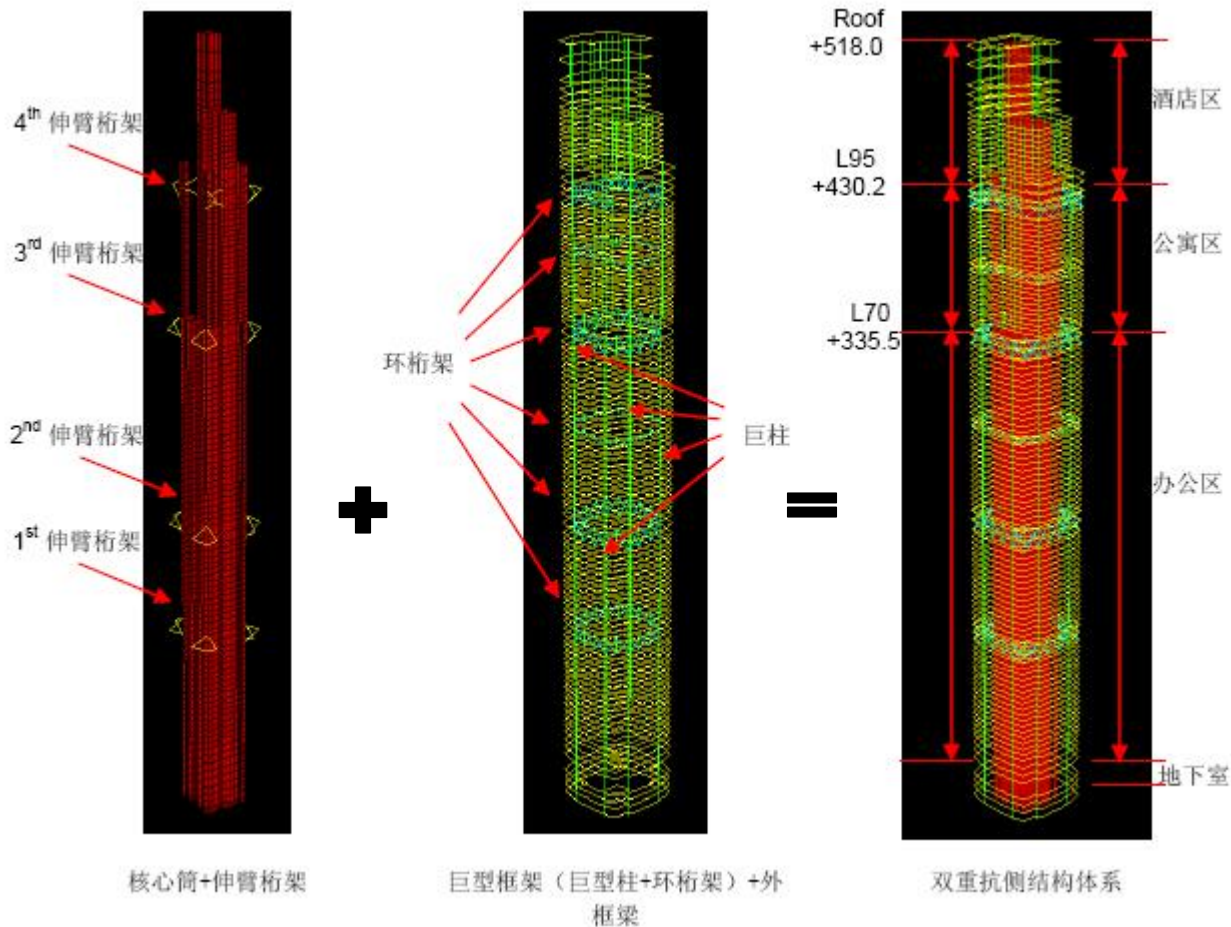


结构高度	532m	高宽比	9.1
设防烈度	7度	基本风压 (100年)	0.60
结构体系	巨型结构体系：核心筒+巨型柱+外伸臂+腰桁架		



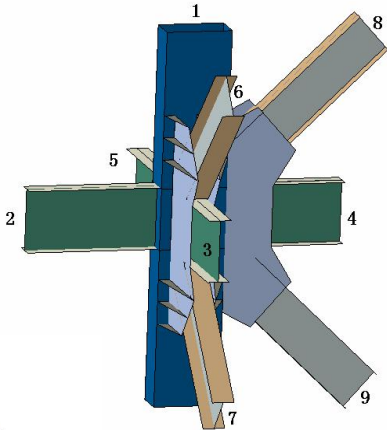
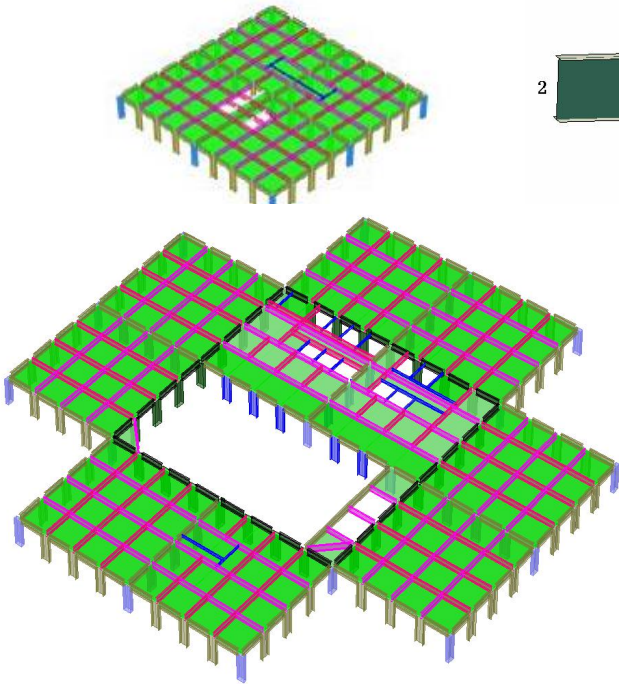
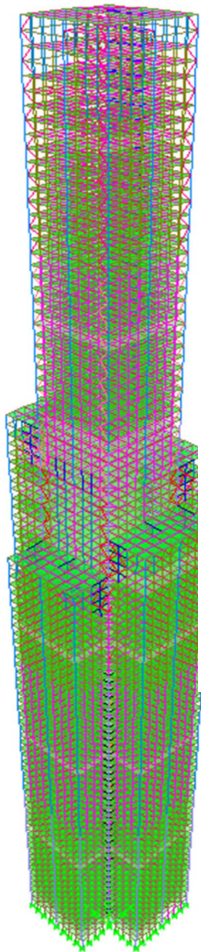
广州容柏生建筑设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

广州东塔 (532m)



采用巨型框架-核心筒+伸臂桁架结构体系

长沙远大小天城项目 (350m)



结构高度	350m	高宽比	6.0
设防烈度	6度	基本风压 (100年)	0.40
结构体系	纯钢结构，束筒+斜撑		



广州容柏生建筑设计事务所

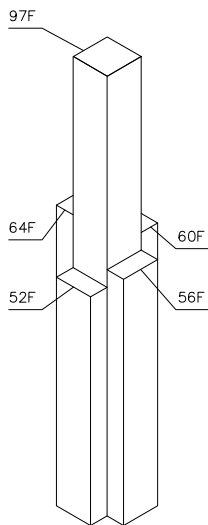
RBS Architectural Engineering Design Associates

地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室

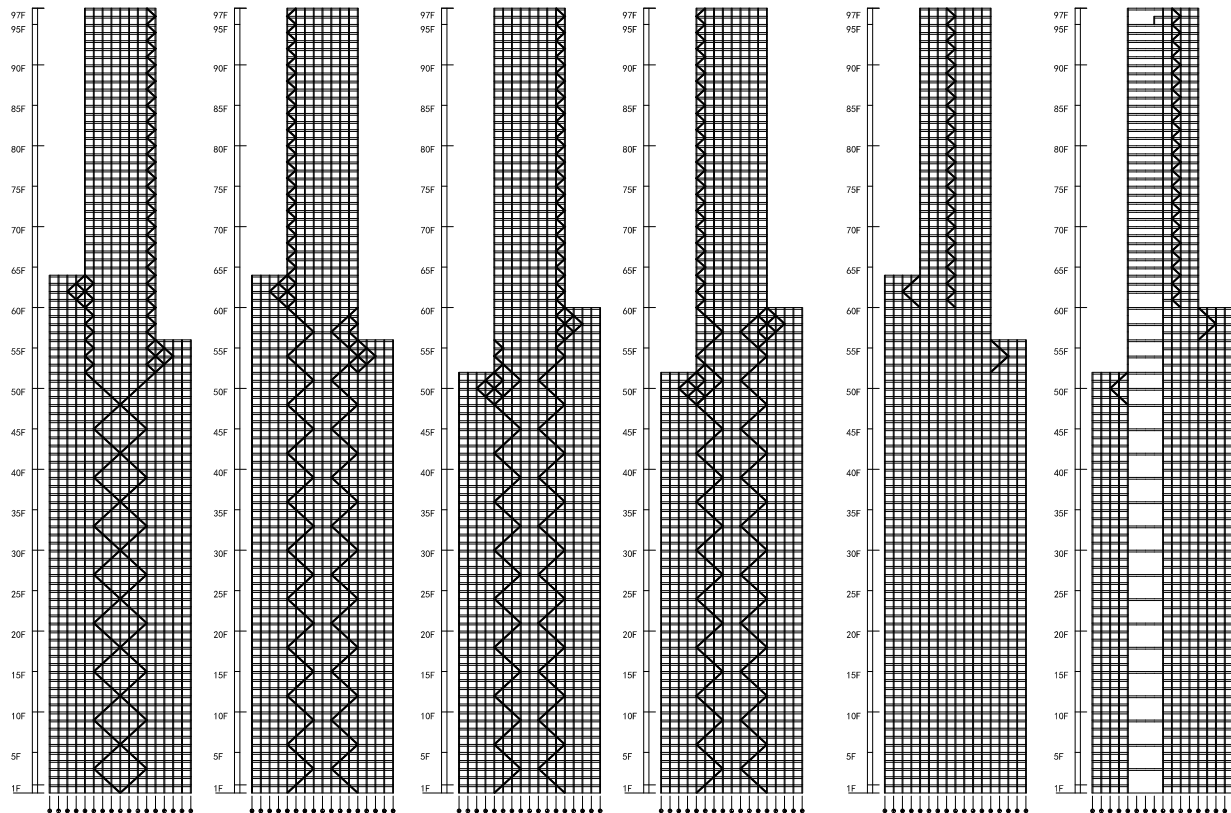
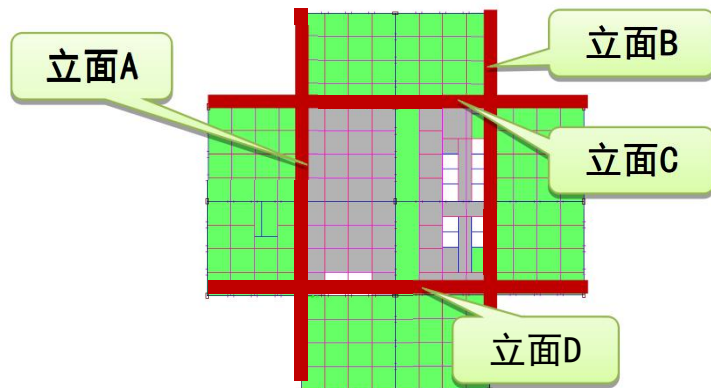
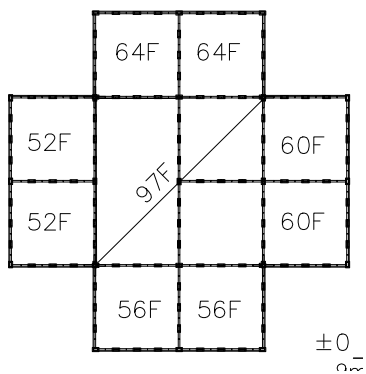
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China

Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

长沙远大小天城项目 (350m)



轴测图

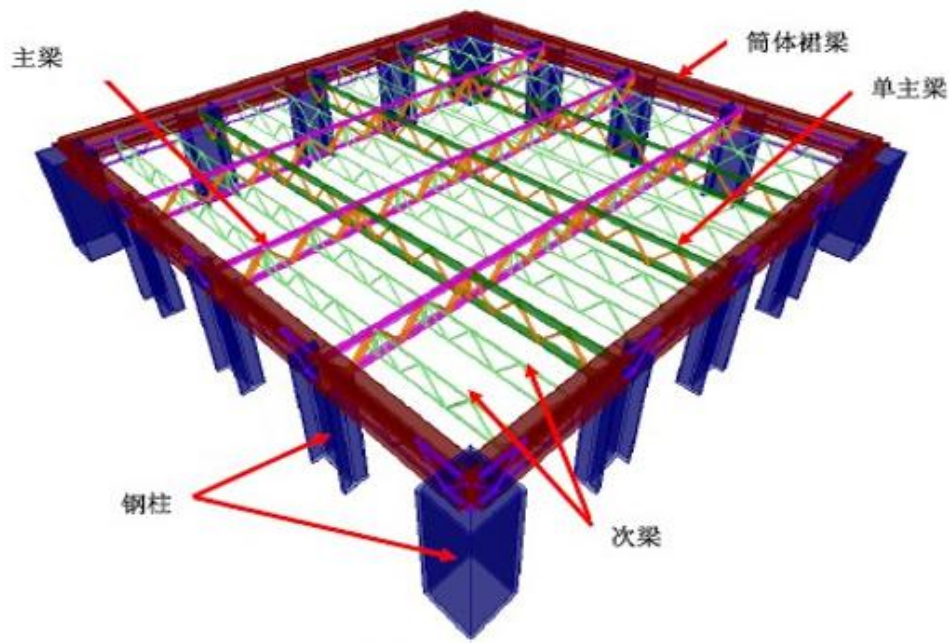
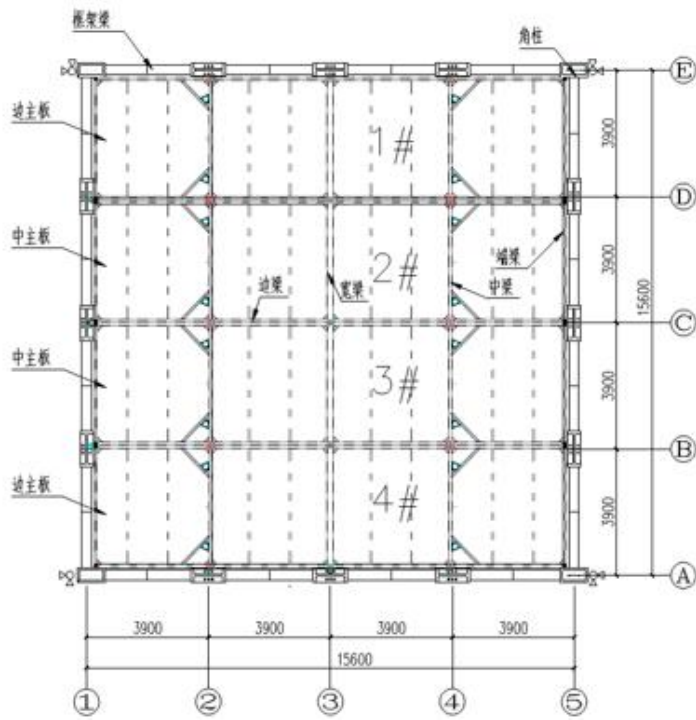
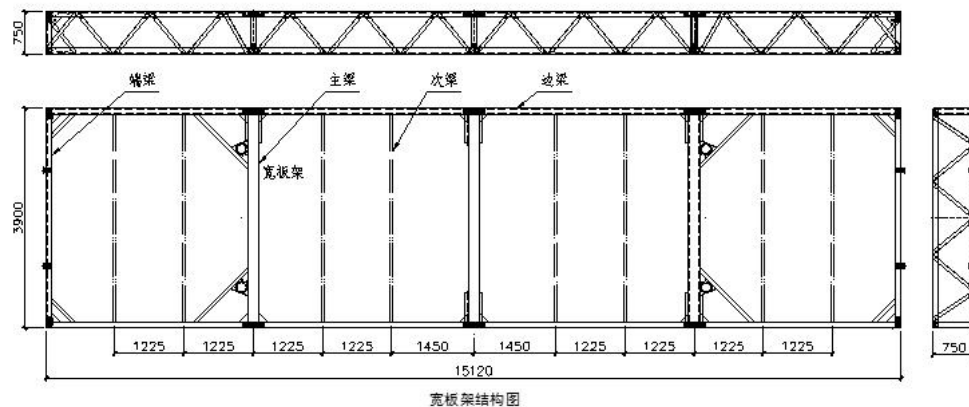
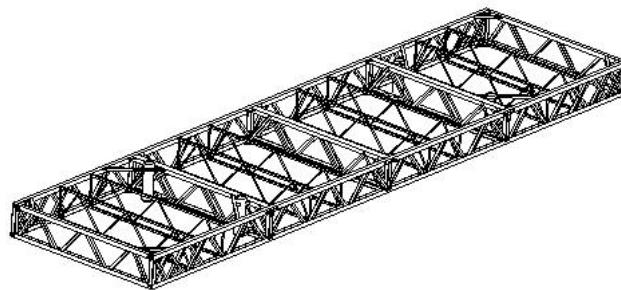




广州容柏生建筑设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

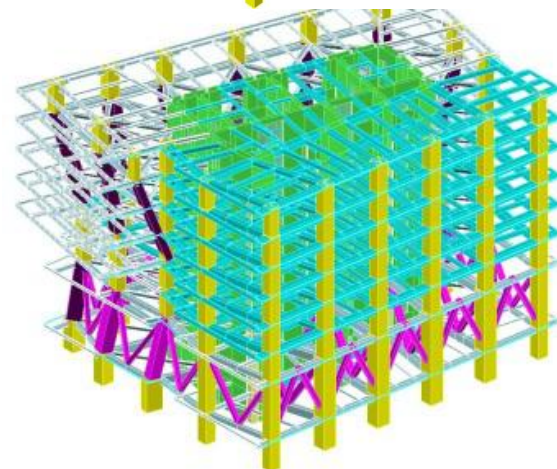
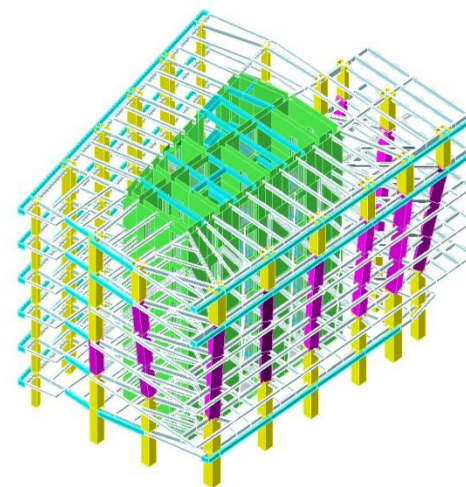
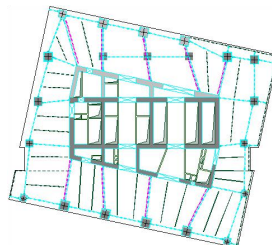
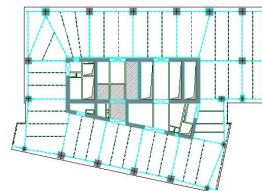
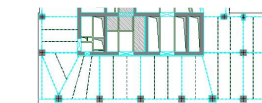
平面布置

• 新型楼面体系



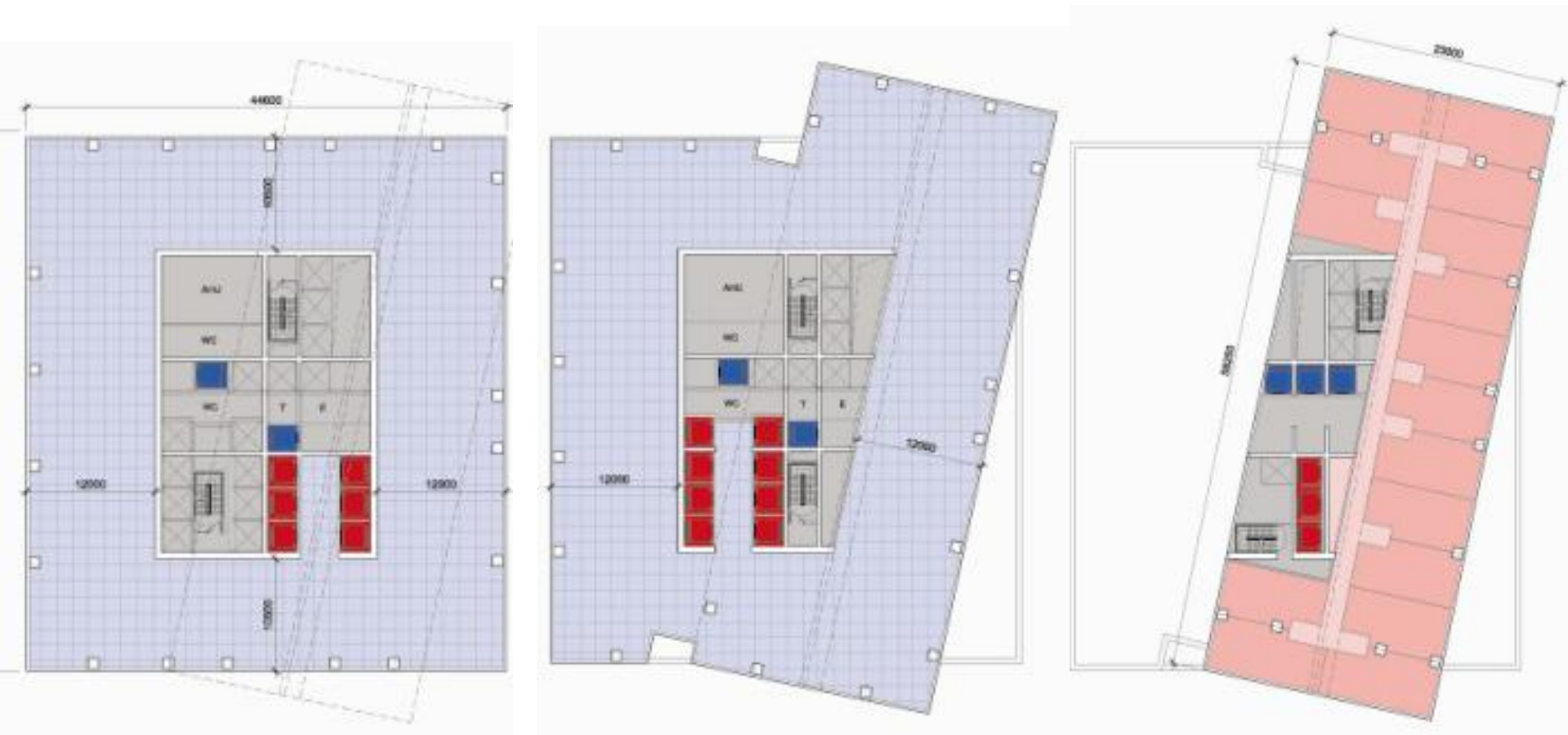


青岛华润中心 (320m)



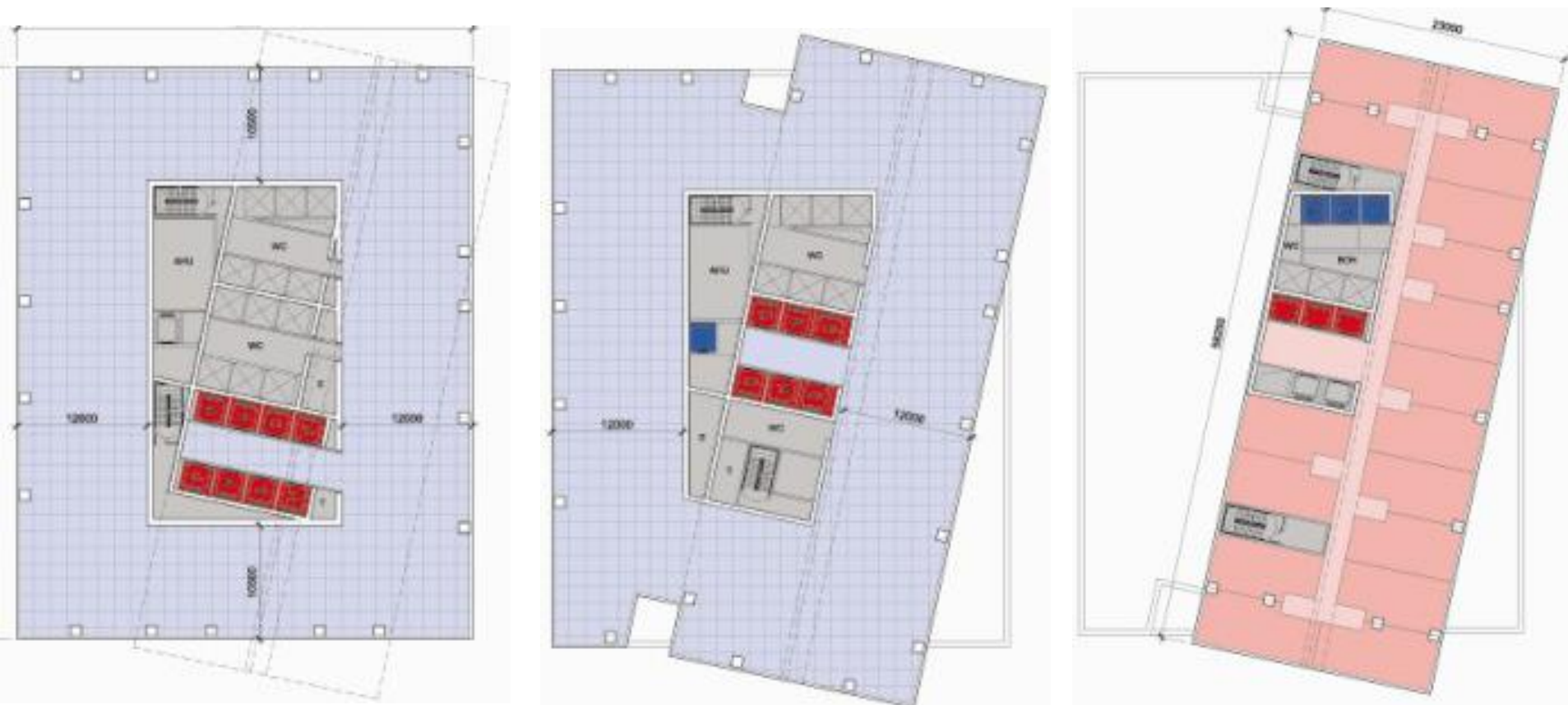
结构高度	279m	高宽比	6.45
设防烈度	6度	基本风压 (100年)	0.7
结构体系	框架核心筒 (下部为砼框架, 上部为钢框架)		

结构构成与发展（1核心筒—早期方案）



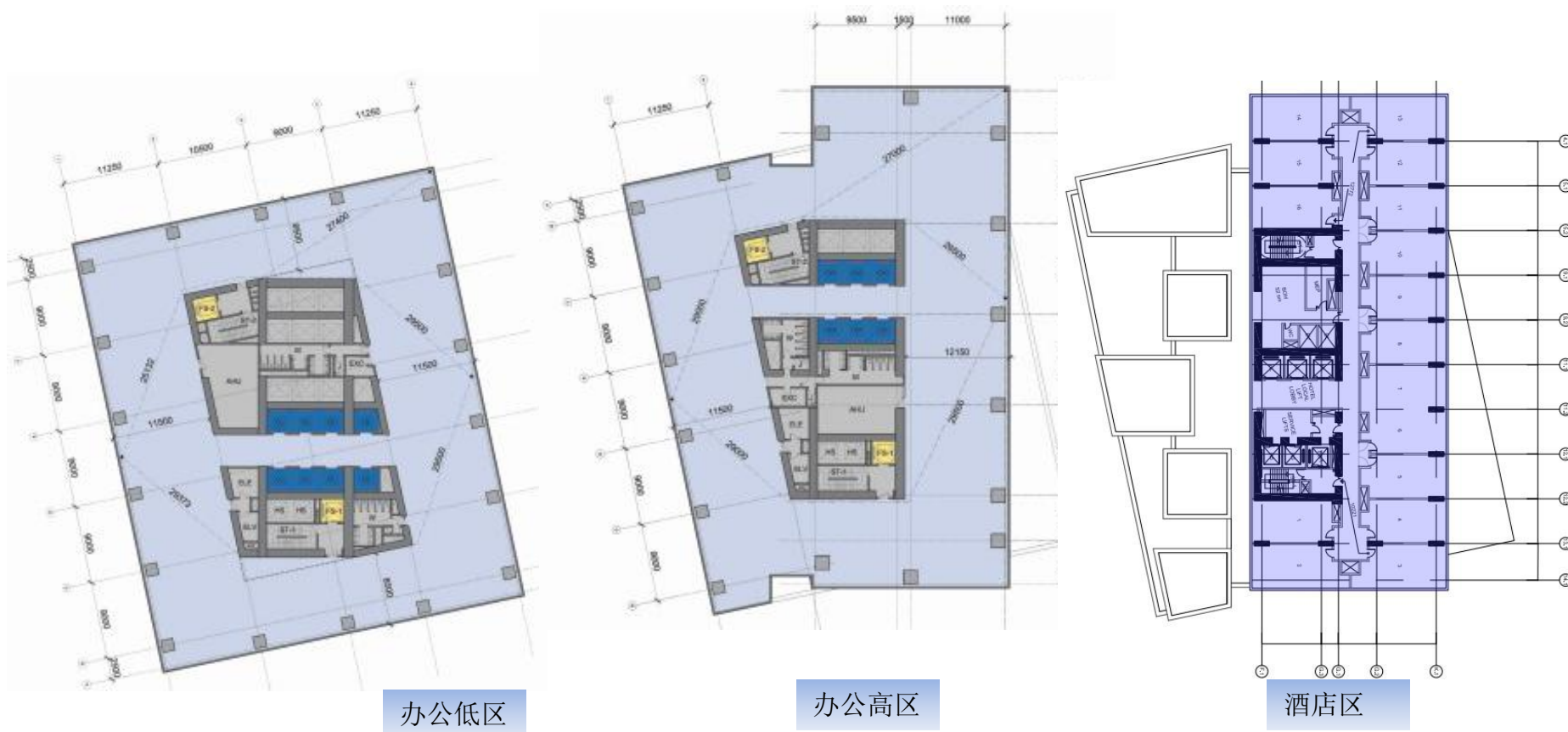
核心筒主受力墙体沿底部正交布置，与顶部酒店主受力方向呈一定角度

结构构成与发展（2核心筒—中期方案）



核心筒外围主受力墙体沿底部正交布置，内部墙体基本与顶部酒店主受力方向正交

结构构成与发展（3核心筒—最终方案）

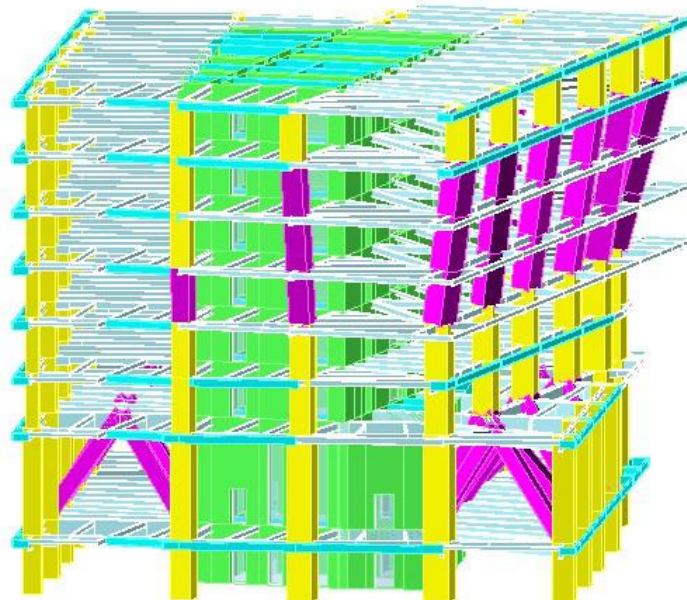


核心筒底部左右两侧墙体正交布置，中部右侧受力墙体与办公高区正交



广州容柏生建筑设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

结构构成（外框架）

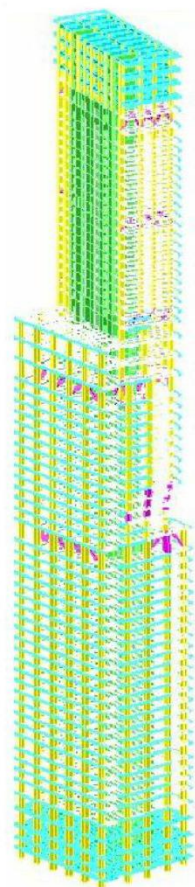


上部2/3的框架柱需在底部115米高空旋转转换
最大柱脚设计值达68800kN，通过水平构件进行
转换很困难。故上下柱位的对应协调十分重要，
可有效减少转换柱的数量，使竖向力传递十分简单直接

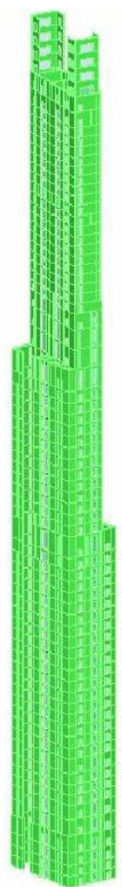


广州容柏生建筑设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

结构体系

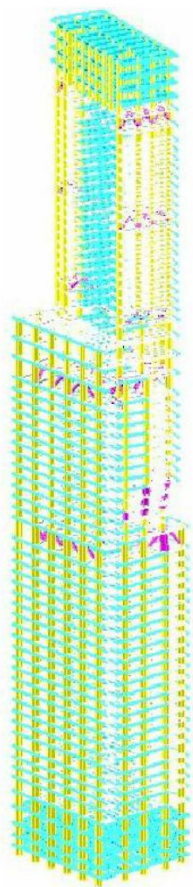


=



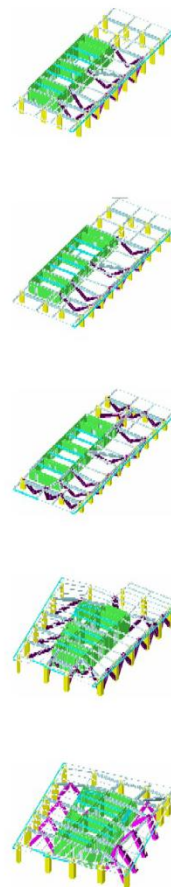
钢筋混凝土核心筒

+



钢外框架

+



L62加强层

L52加强层

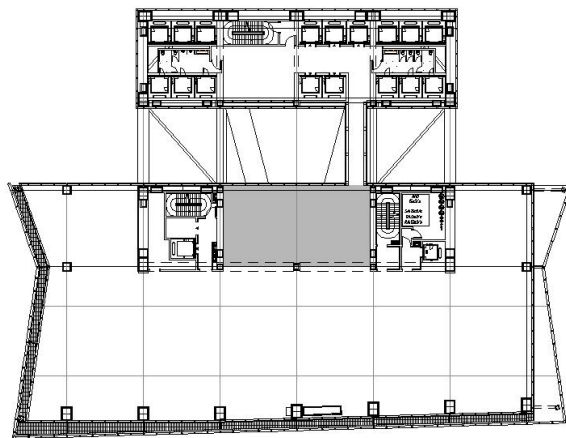
L42转换、加强层

L38转换、加强层

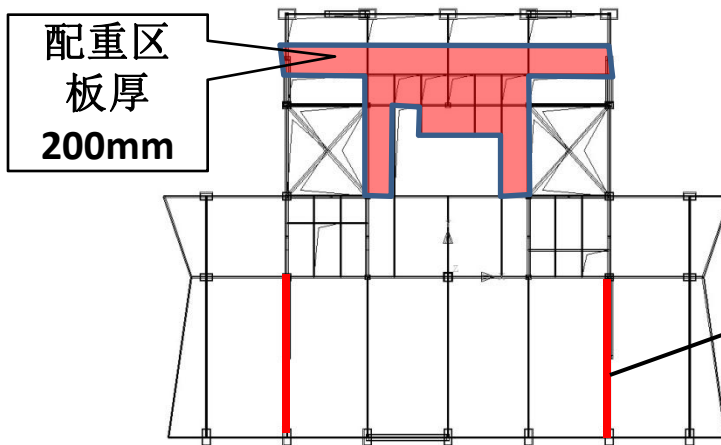
L24转换、加强层

转换桁架、伸臂桁架和腰桁架

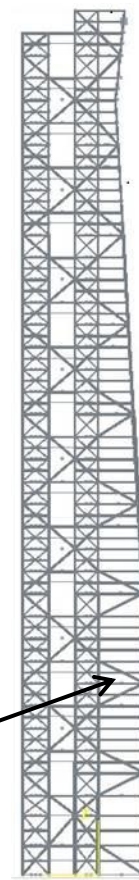
深圳汉京中心 (350m)



建筑平面图



结构平面图



剖面图



广州容柏生建筑结构设计事务所

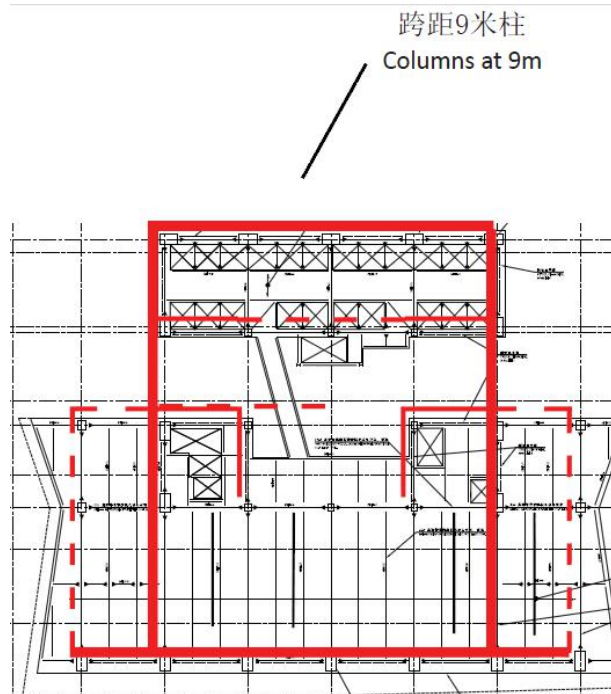
RBS Architectural Engineering Design Associates

地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室

ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China

Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

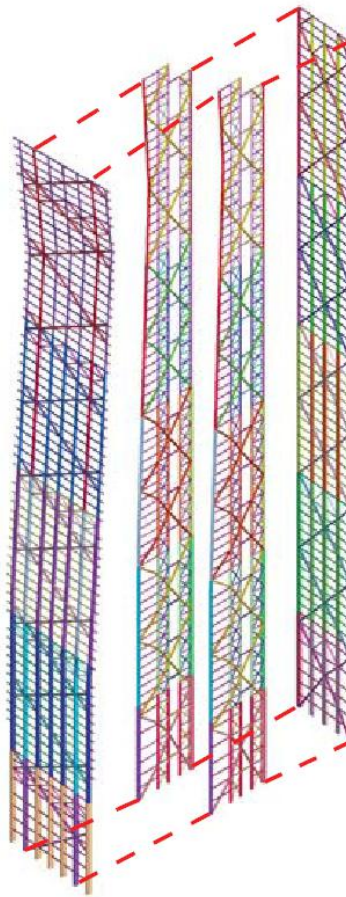
结构体系——初步方案：钢框架+巨型支斜撑筒



原方案每平方米用钢量约
270kg，且存在重力前
倾、舒适度超限、楼面
配重、焊接难等问题。

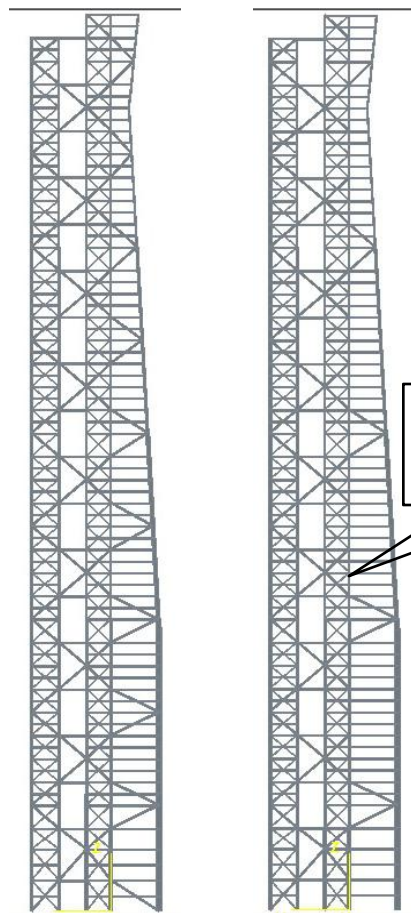


塔楼侧向支撑
Tower Lateral System



巨型支撑筒
Mega-Braced Tube

改进方案一：**钢管混凝土柱**+钢支撑结构体系（部分删除办公区斜撑），部分删除方案在加强层以上两层仍保留办公区斜撑，形成18m高的伸臂。



原方案 部分删除方案

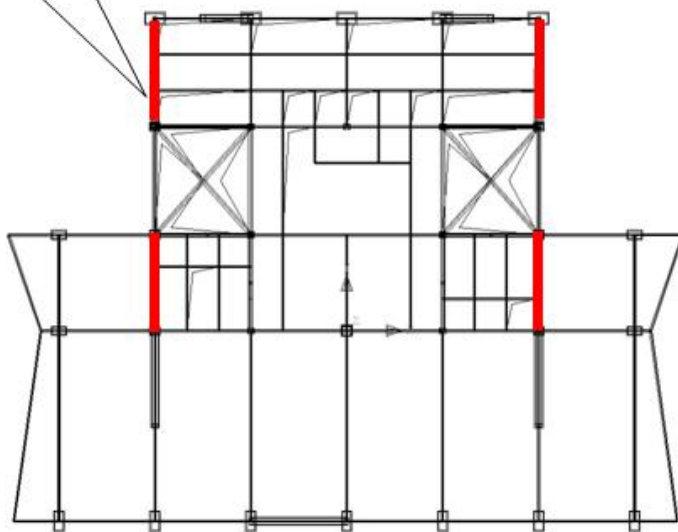
	Y向最大位移角
原钢结构方案	1/324 (基准)
钢管内灌入混凝土，部分删除办公区斜撑	1/332

加强层以上保留两层斜撑

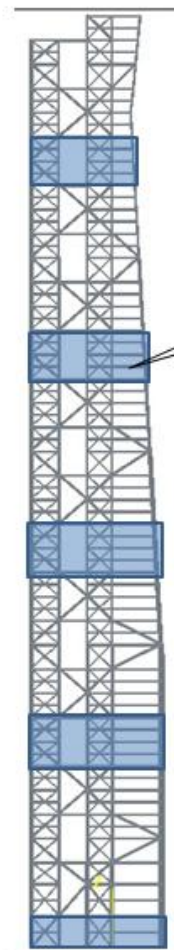
从删除办公区斜撑后的位移角来看，删除办公区斜撑对结构刚度有很大影响，基本抵消了钢管混凝土所增加的刚度。部分删除办公区斜撑后，刚度便**已没有富余**。且层间位移角突出最大的楼层，也就是删除伸臂的楼层。

改进步骤1：图5个蓝色区域的电梯筒斜撑截面加大600x600x50。

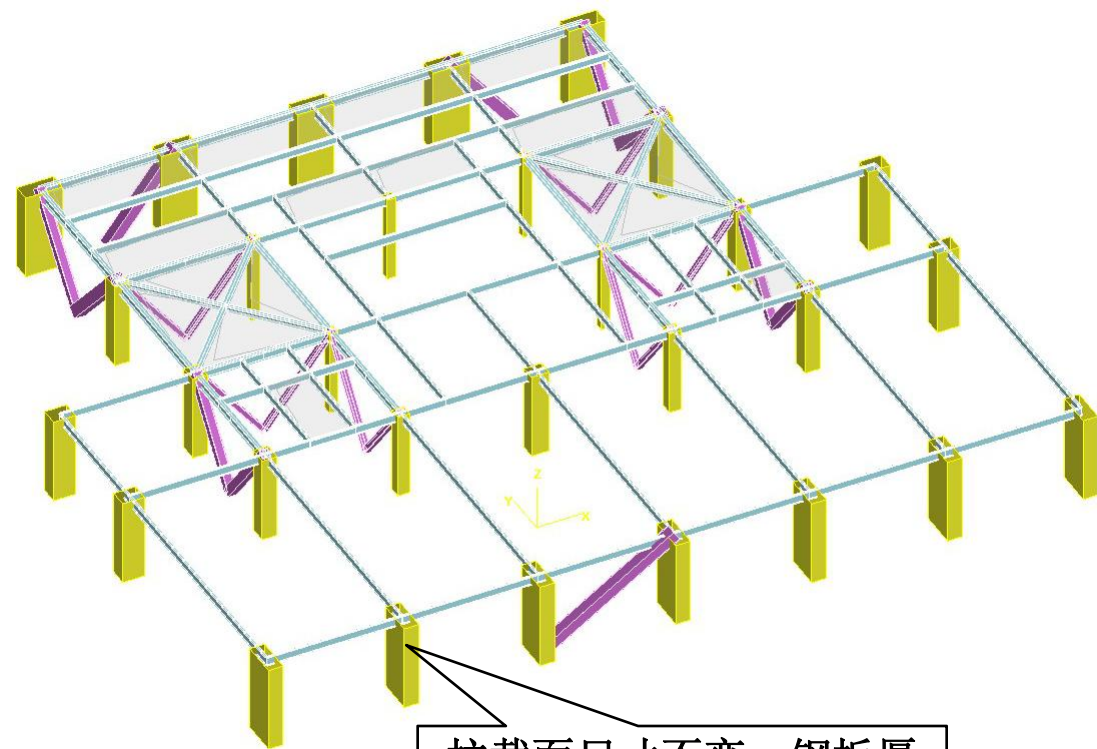
9轴、13轴部分斜撑截面加大



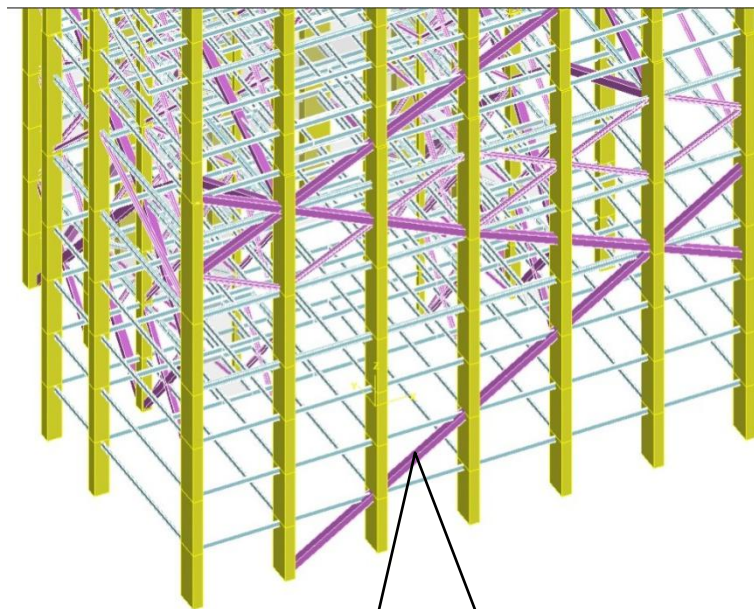
斜撑截面改为
600x600x50



改进步骤2：钢管柱钢板厚度减小约1/3，南北两个立面上的X向斜撑钢板厚度减小至50mm，Y向斜撑钢板厚度不变。



柱截面尺寸不变，钢板厚度减小约1/3，最大钢板厚度由140mm降至80mm



南北立面X向斜撑钢板厚度减小至50mm



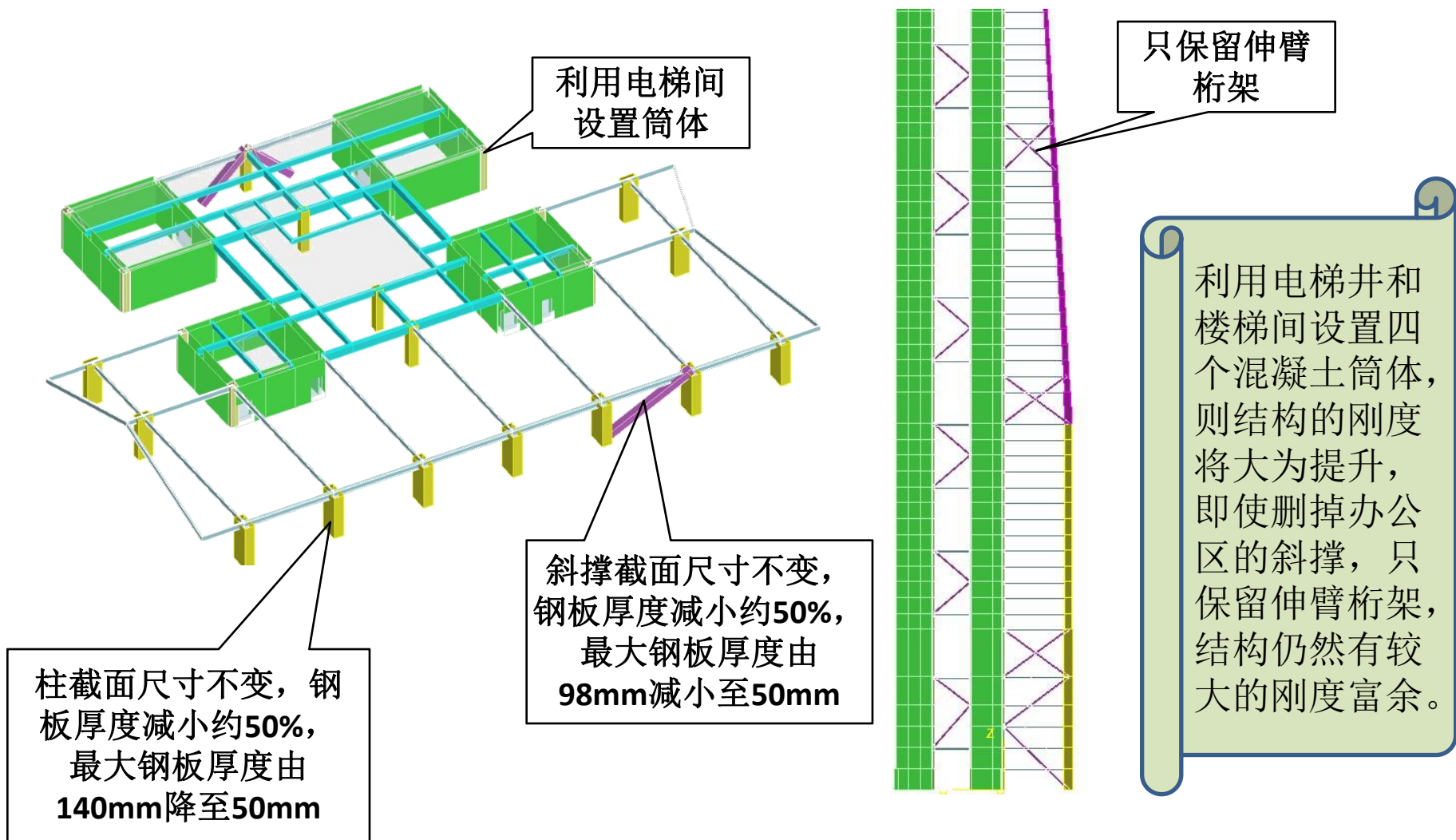
优化后，**部分删除办公区斜撑方案可节省用钢量0.58万吨**，各项指标中仅剪重比略有减小。

	地上部分总重量	结构周期	最大位移角	剪重比
优化前	141640吨	6.19,5.31,2.64	1/324	1.0%,1.12%
优化后	153922吨	6.34,5.69,3.14	1/321	0.98%,1.06%

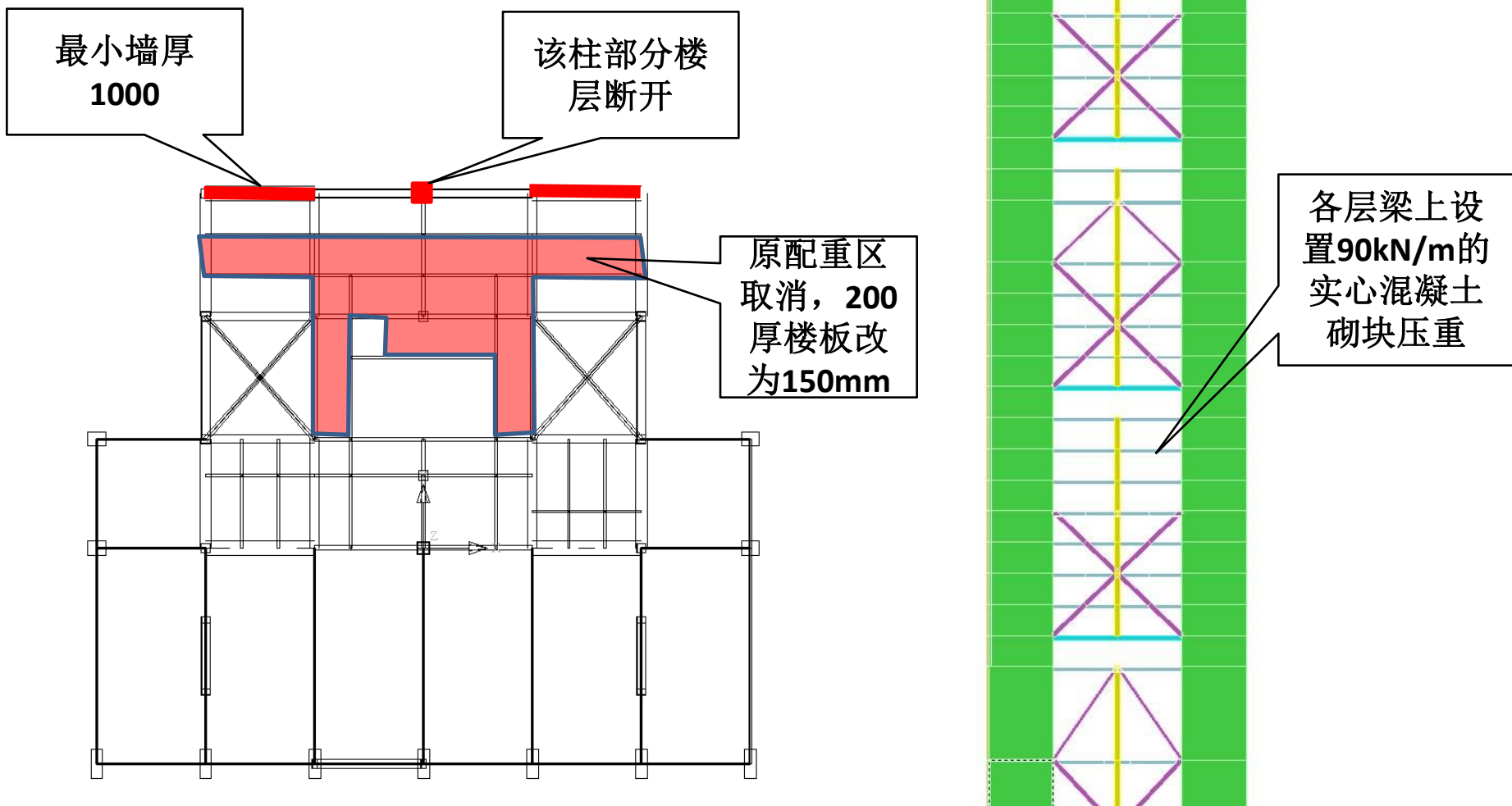
	地上部分总用钢量（不含次梁）
初步方案	3.44万吨
改进方案一	2.86万吨



改进方案二：混凝土筒体+钢管混凝土柱+钢支撑结构体系（删除办公区斜撑）



为了加大北立面两片混凝土墙的压重，将其厚度从上至下均设为1m。同时将北立面的中柱在部分楼层断开，强迫其上的砌体配重转移到两侧的剪力墙上。





改进方案二的优缺点及结论

优点	缺点
减少总用钢量 1.8万吨 ，每平方米用钢量仅为 142KG	
影响办公区的斜撑可删除，只保留伸臂桁架	对现有结构体系的改动较大，结构体系变为了“筒体+带支撑框架”
钢板最大厚度减小至 50mm ，焊接完全有保证	结构重量增加了 55% ，基础需重新复核
刚度大幅提高，重力前倾问题已可忽略，电梯和装修材料也不再需要考虑位移要求	钢管柱与混凝土剪力墙的连接节点需专门设计
除北立面外，已基本没有交叉斜撑	
阻尼比提高至 3.5% ，舒适度基本满足要求	
剪力墙同时发挥刚度和配重作用，不再设置楼面配重区，仅在北立面设置配重墙	

改进方案二用钢量可优化**1.8万吨**，不再影响办公空间，原有问题都可解决，但结构的改动量较大。



结论

◆ 改进方案一

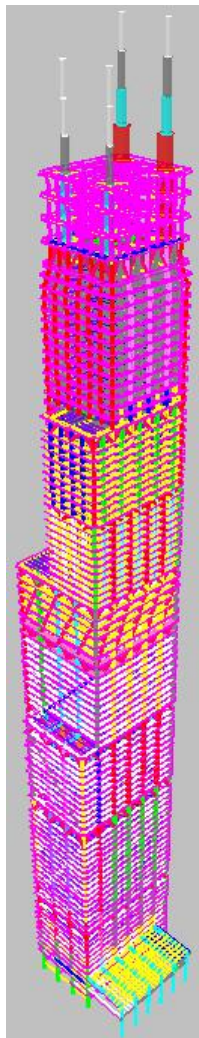
不仅大幅改进了办公区使用空间，还同时节省了超过5000吨的用钢量，无论是受力合理性、整体刚度还是用钢量都比初步方案更优；

◆ 改进方案二

用钢量可优化1.8万吨，不再影响办公空间，原有问题都可解决，但结构的改动量较大；



天津广东大厦（480m）



天津某大厦为一座480米高（结构高度388米）的综合功能用途超高层塔楼。

结构体系为“框架—核心筒结合加强层和巨型斜撑”的钢—混凝土混合结构，塔楼下半部采用稀柱，上半部采用密柱，中部采用桁架进行过渡，顶部为空间钢结构的屋顶造型。

结构高度	388m	高宽比	8.1
设防烈度	7.5	基本风压 (100年)	0.60
结构体系	下部稀柱+上部密柱+核心筒+侧立面钢斜撑		



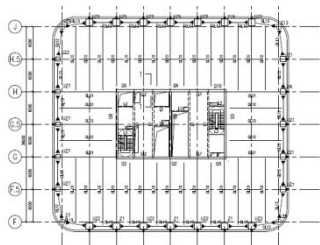
广州容柏生建筑结构设计事务所

RBS Architectural Engineering Design Associates

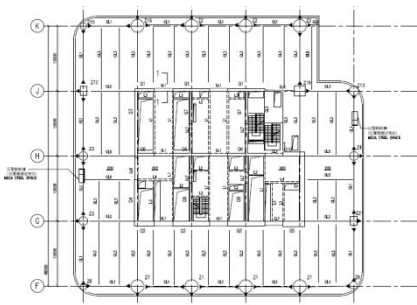
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室

ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China

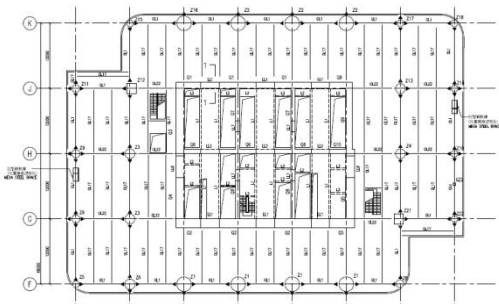
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com



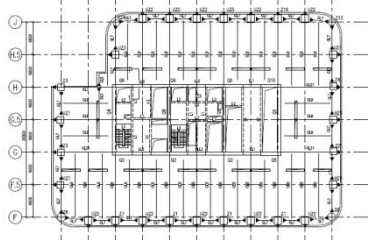
豪华公寓层结构布置图 (80层)



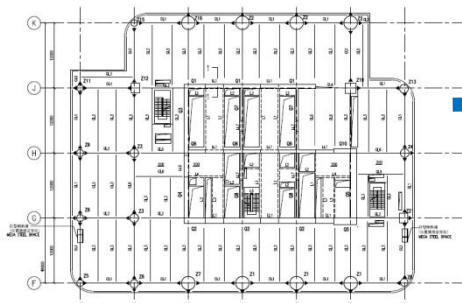
办公高区结构布置图 (42层)



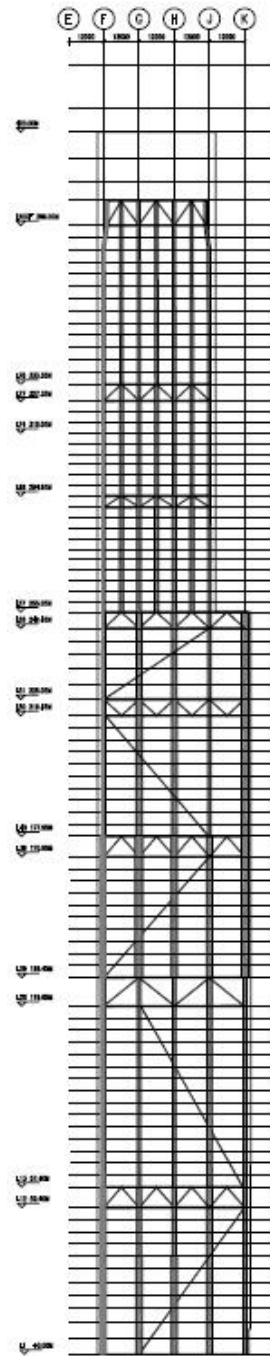
办公低区结构布置图 (7层)



酒店层结构布置图 (60层)



办公中区结构布置图 (31层)

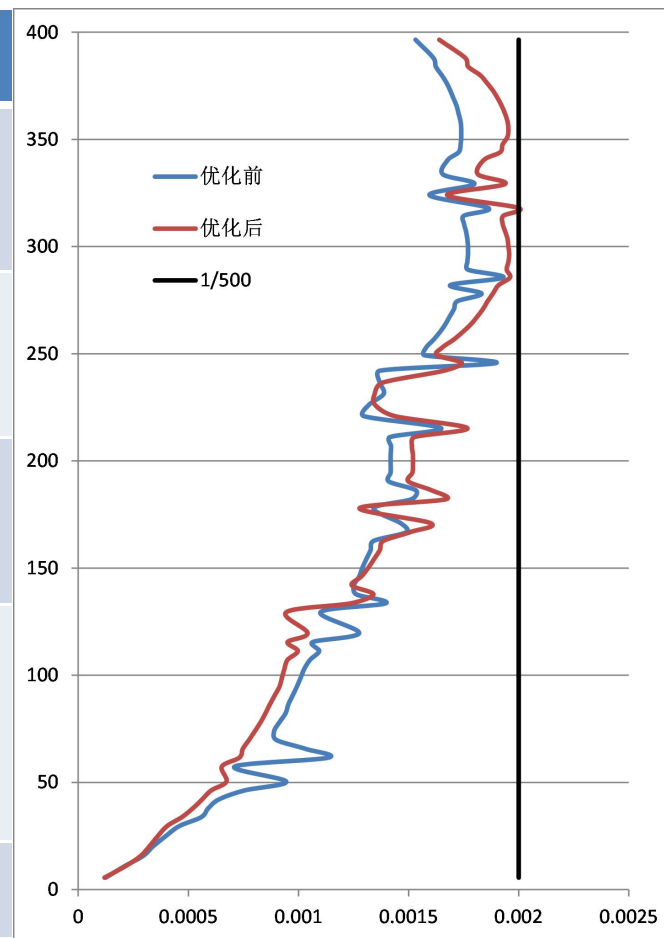


结构立面布置图

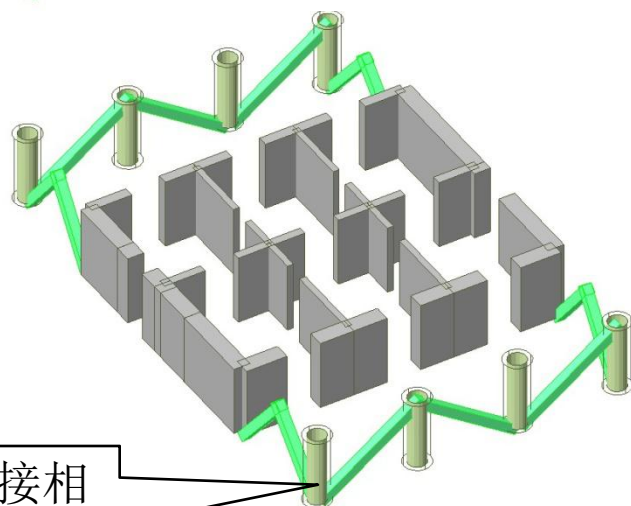
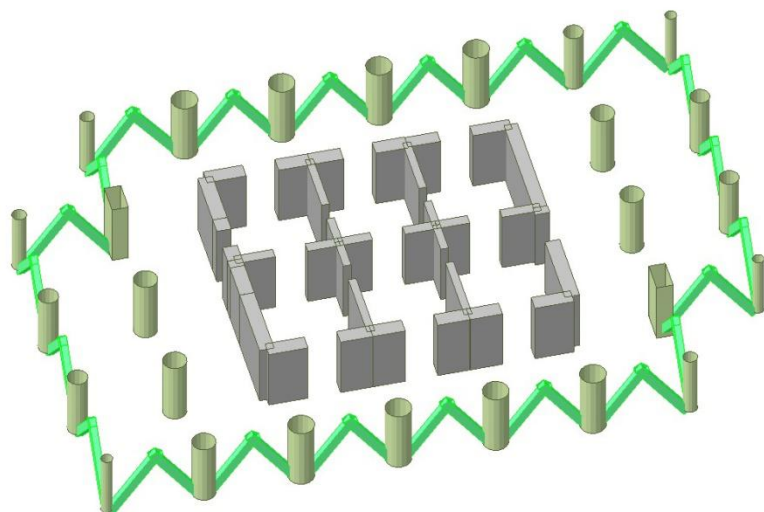
1. 剪力墙厚度优化

结构地震下位移基本不变，剪重比及风荷载下位移有所减小但仍满足要求，结构总重量减少了11%，对结构抗震是有利的。

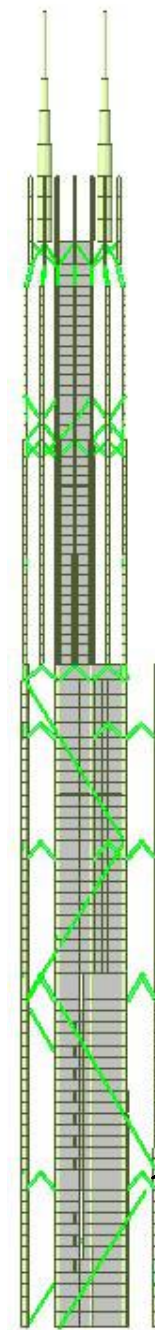
	调整前	调整后
前三周期	7.14, 7.04, 3.43	7.35, 7.05, 3.58
地震下位移角	X: 1/649 Y: 1/537	X: 1/541 Y: 1/512
剪重比	X: 1.81% Y: 1.89%	X: 1.77% Y: 1.75%
首层外框分担剪力	X: 21% Y: 12%	X: 14.1% Y: 6.5%
总重量	447471吨	389433吨



2.钢斜撑的优化，高效率的结构抗侧力机制



与伸臂直接相
连的柱地震力
增加了25%



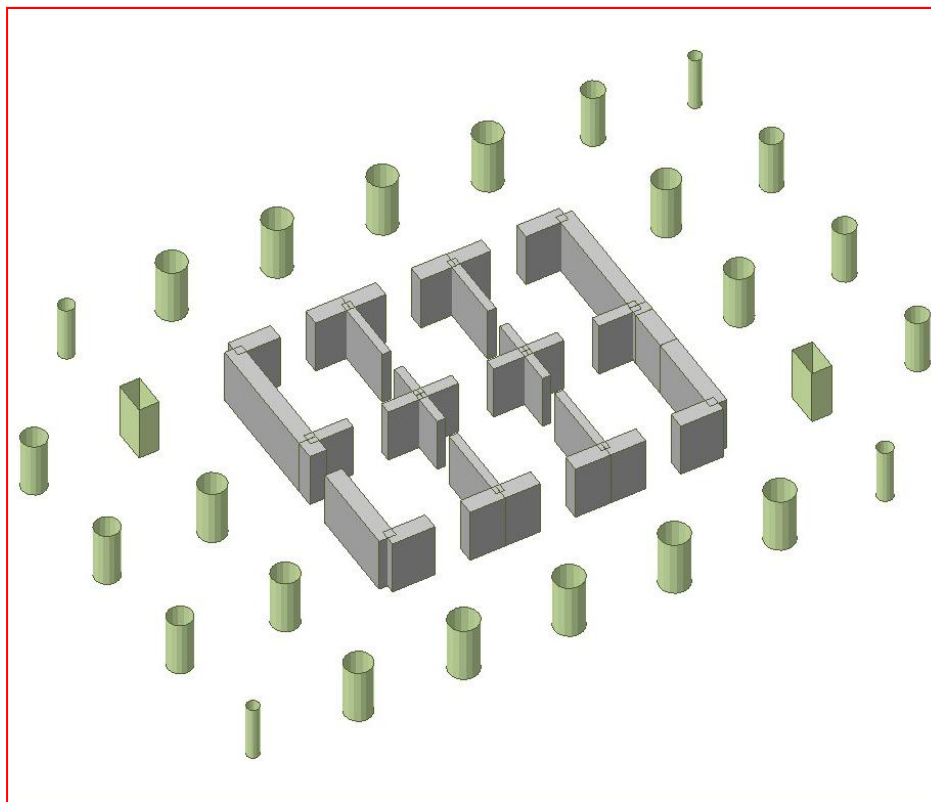
加强层
高10m

加强层
高7m

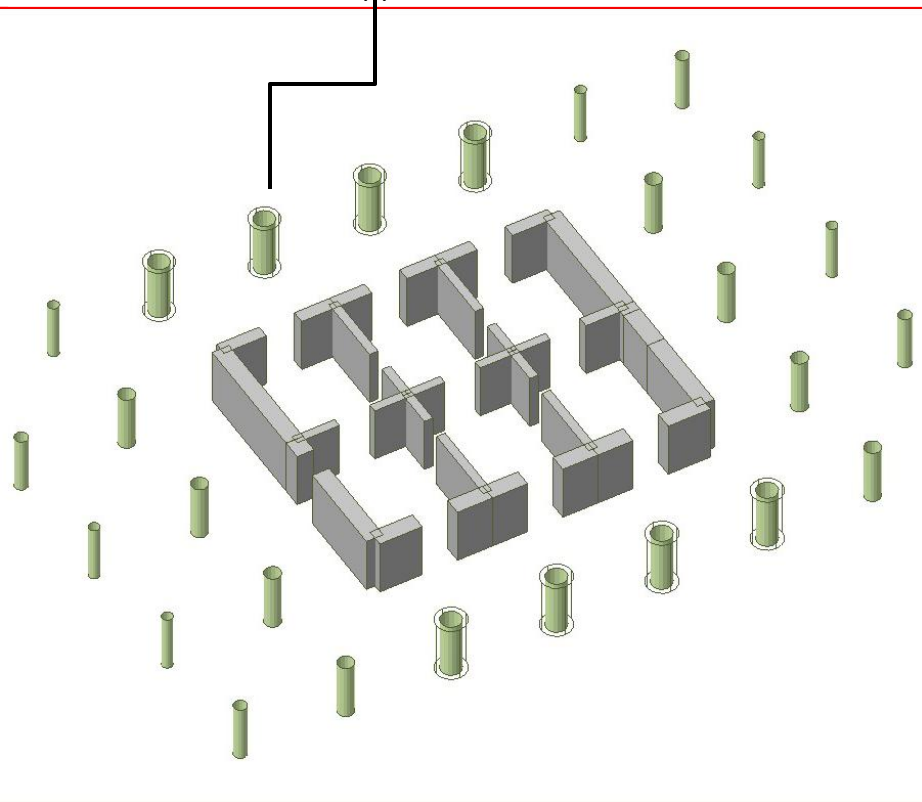




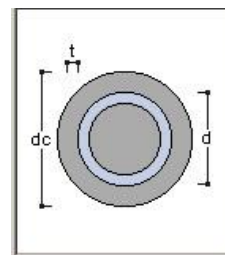
3. 柱子的优化



调整前首层柱截面



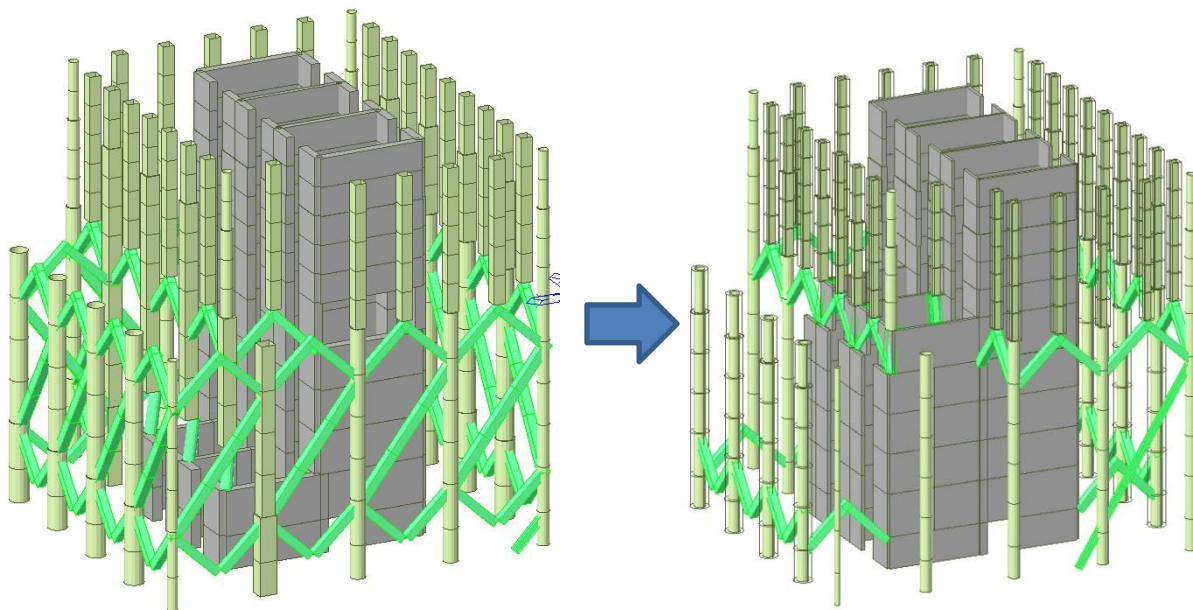
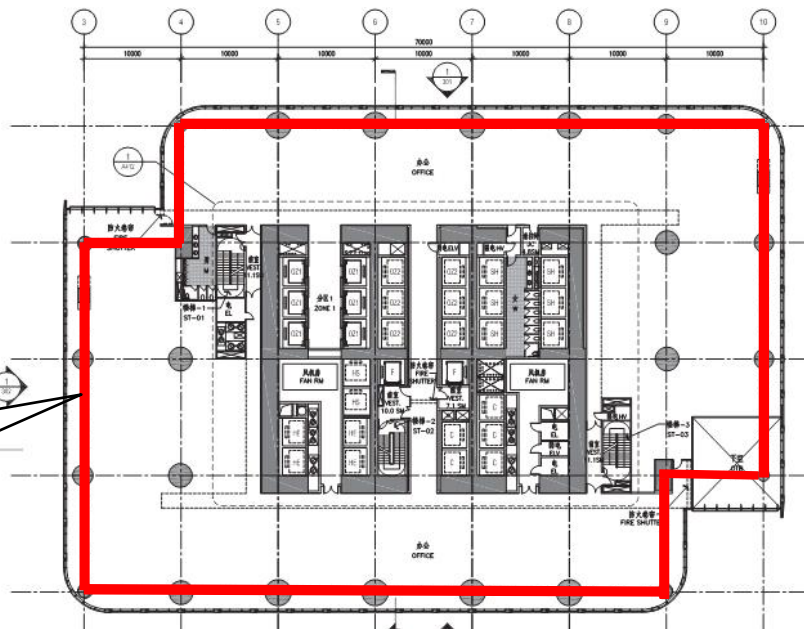
调整后首层柱截面



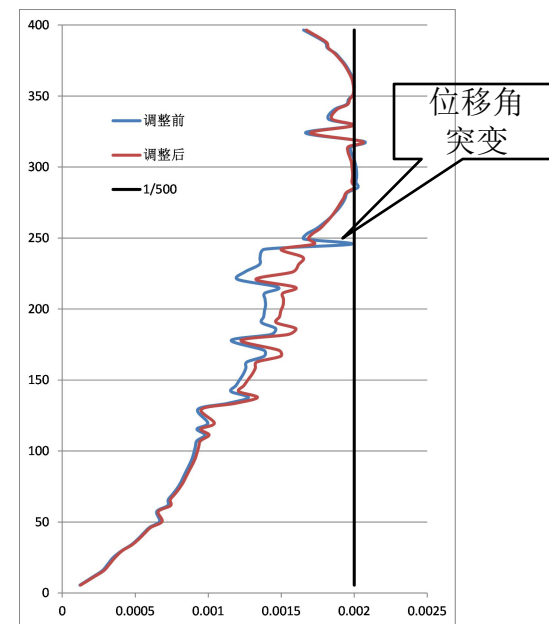
这一调整方案带来的不仅是用钢量的节省，同时也能明显提升办公区的建筑使用空间。

4. 钢梁的优化

钢梁截面可由
 H950x500x30x55变
 为H950x500x20x25



5. 50~53层的核心筒不再收进, 避免刚度突变



十. 关于超高层建筑的用钢量

RBS近年部分超高层项目用钢量统计

	主塔楼 面积 (万m ²)	塔楼 高度 (m)	结构体系	型钢用 钢量 (万吨)	单位型钢 用钢量 (kg/m ²)	钢筋用 量 (万吨)	单位钢筋 用量 (kg/m ²)	砼用量 (m ³)	单位砼 用量 (m ³ /m ²)
广州J2-2项目	18.51	306.7	钢框架+砼核心筒+伸 臂桁架	1.7	91.8	1.12	60.5	67497	0.37
珠海十字门标志 塔	11.88	330	钢框架+砼核心筒+伸 臂桁架	1.1	92.6	0.66	55.9	61804	0.52
天津现代城	12.4	314.4	钢框架+砼核心筒+伸 臂桁架	1.8	145.2	0.68	54.8	51500	0.42
深圳汉国	10	320	砼框架核心筒体系 (型钢砼柱)	0.4	40	1.0	100	50000	0.5
杭州华润	14.9	215	钢框架+砼核心筒	0.87	58.4	0.45	30.2	46800	0.32
成都保利	15.2	328	钢筋砼内筒+斜撑网 格外筒	1.3	85.5	0.5	32.9	48000	0.32

注：1、上述统计数据为模型计算理论值，进供参考；

2、目前许多业主提出结构限额设计，缺乏一定科学依据。任何超高层项目都是个性化的创造，有其地域性和特殊性，其结构造价指标没有统一标准。但创新、精心、优化的结构设计时降低超高层建筑结构造价的必然途径。

国内近年部分超高层项目用钢量统计

	主塔楼面积 (万m ²)	塔楼高度 (m)	型钢用钢量 (万吨)	型钢用钢量 (kg/m ²)	型钢单位造价 (元/m ²)
天津117	40	597	11	275	4125
上海中心	40	632	11	275	4125
广州东塔	37	540	8	216	3243
环球金融中心	25.2	492	7	278	4167
广州西塔	26	440	4	154	2308
武汉中心	26	438	3.6	138	2077
天津津塔	20	330	5	250	3750
CCTV	30	234	11	367	5500

由上表可以得到以下几点结论：

- 超过600m以上高楼，目前数据可以看出，用钢量基本上都达到了275 kg/m²；800m以上超高层在国内尚无案例，型钢用量建议按照275~325kg/m²预估；
- 高度接近，但结构体系不同，用钢量差异很大，如广州东塔和广州西塔，高度相差100米，总用钢量差异一倍；
- 建造位置不同，用钢量差异很大，如武汉中心和广州西塔；
- 合理的建筑外形，如上海中心采用流体外形能大幅减少风荷载影响，相对环球金融中心高度增加较多，单位面积用钢量基本相同；



十一. RBS在超高层设计中的优势

- 1) 在超高层、商业综合体及复杂结构领域有丰富的实践经验；**
- 2) 对大型建筑工程全过程控制有丰富的经验，实现项目综合效益的最大化；**
- 3) 与境内外著名发展商及知名设计团队多次成功合作；**
- 4) 团队协同工作模式，资源共享，优势互补；**
- 5) 在超高层和减震消能等前沿领域享有自主知识产权的技术创新；**
- 6) 多位超限高层结构设计专家的内部支持资源。**



广州容柏生建筑结构设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

写字楼、酒店



每个项目的结构发展都有它的故事，它将铭记在RBS的成长过程中；



广州容柏生建筑设计事务所

RBS Architectural Engineering Design Associates

地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

公寓、住宅



RBS参与设计的公寓、住宅作品均成为当地顶级品牌展示楼盘；



广州容柏生建筑设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

大型商业综合体建筑

华润万象城系列



华润置地成都二十四城项目



华润杭州万象城



华润南宁万象城



华润沈阳万象城



华润青岛万象城



华润合肥万象城



华润郑州万象城



华润上海万象城



华润哈尔滨欢乐颂



华润重庆万象城



华润深圳万象汇

商业建筑让RBS与更多高端的发展商、建筑师、机电工程师等实现价值和共赢；



广州容柏生建筑设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

大型商业综合体建筑

华润地产



华润杭州悦府二期



华润青岛悦府一期



华润郑州悦府一期



华润惠州小径湾酒店



华润深圳幸福里



华润南宁幸福里



华润淄博五彩城



华润深圳湾项目



华润海南石梅湾

与华润的全面合作，设计理念一致，追求卓越、专业专注，为社会提供优质产品。

大型商业综合体建筑

合景地产



苏州木渎商业项目



成都誉峰



成都环球汇



与发展商形成长远的合作伙伴，共同进退，实现双赢。

大型商业综合体建筑

华发地产



华发新城6期



华发珠海十字门



百信地产

敏捷地产

万科地产



百信广场



番禺敏捷广场



长安万科中心

与不同发展商的合作，让我结构设计的精髓在RBS沉淀，也让我们有价值的经验和理念在发展商间传递。

复杂、特殊结构



- 结构的复杂与挑战是RBS能力的另一种宣示；
- 每个项目经过RBS之手都会带给业主、建筑师、机电工程师及各专业等合作者不同的专业感受及价值；



广州容柏生建筑设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

1. RBS超高层结构设计的专家支持资源

1) RBS内部资源：超限专家团队



李盛勇 硕 士
副总工程师
教授级高级工程师
一级注册结构工程师
广东省超限高层建
筑工程抗震设防审查专
家委员会委员



容柏生
中国工程院院士
中国工程设计大师
教授级高级工程师
一级注册结构工程师
全国超限高层建
筑工程抗震设防审查专家
委员会资深委员
广东省超限高层建
筑工程抗震设防审查专
家委员会主任委员



周定
副总工程师
教授级高级工程师
一级注册结构工程师
广东省超限高层建
筑工程抗震设防审查专
家委员会副主任委员



刘付钧 博 士
副总工程师
教授级高级工程师
一级注册结构工程师
广东省超限高层建
筑工程抗震设防审查专
家委员会委员



团队协同工作模式，资源共享，优势互补！



广州容柏生建筑设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

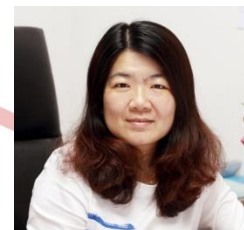
2) RBS内部资源：专家团队



张文华 硕士
副总工/总监
高级工程师
一级注册结构工程师
国家注册监理工程师



张元坤 硕士
总工程师
教授级高级工程师
一级注册结构工程师
中国建筑学会抗震防
灾分会高层建筑抗震
专业委员会委员
香港工程师学会会员
广东省土木建筑学会
建筑结构学术委员会
副主任委员兼秘书长
广州市建设科学技术
委员会结构与抗震专
业委员会委员



陈晓航
副总工/总监
高级工程师
一级注册结构工程师



廖耘 硕士
副总工/总监
高级工程师
一级注册结构工程师



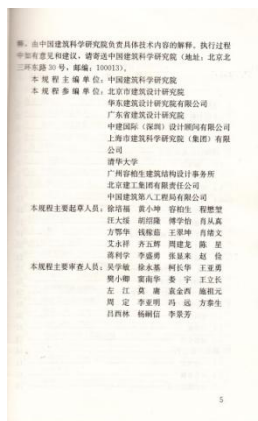
孙海东
副总工/总监
高级工程师
一级注册结构工程师



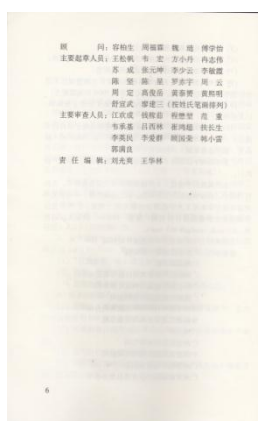
团队协同工作模式，资源共享，优势互补！

2. 规范的理解与实践

1) 全国《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010编委：容柏生、李盛勇。



2) 广东省《高层建筑混凝土结构技术规程》J12299-2013编委：容柏生、张元坤、周定
 参加编写。



3. 与境外建筑师、机电工程师合作积累丰富的经验。

与境外建筑师、工程师合作：

KPF

SOM

goettschpartners

RTKL

RMJM

ARUP

h+k

Benoy

nbbj

DP ARCHITECTS

CALLISON

TFP | FARRELLS

Pelli Clarke Pelli Architects

ThorntonTomasetti

ATKINS

Aedas

Foster + Partners

K2LD

BeltCollins

PTA



4.设计过程中的成本控制机制

●动态设计，让业主更清楚了解结构部分的成本构成。

在结构发展的不同阶段（方案设计、初步设计、施工图），对结构的钢材（型钢、钢筋）、砼的用量动态地反映在设计文件中，如需要在结构建模后，对结构进展的过程材料用量及时可以提供给业主。

●更广义的成本控制原则

- 1) 保证建筑创意功能及灵活性的情况下节约成本。
- 2) 从基础到上部结构造型，体系的多方案论证保证结构的合理性，与经济性。
- 3) 以实现建筑商业价值为目标，配合建筑功能灵活性的同时，把握好结构成本与后期使用价值之间的平衡

●高效结构设计原则

- 1) 结构的效率的提高是结构设计的中心点，也是专业配合的重要环节。
- 2) 高效率的结构，构件截面更优，成本更经济，与建筑、机电的配合更流畅，更容易。





广州容柏生建筑设计事务所

RBS Architectural Engineering Design Associates

地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室

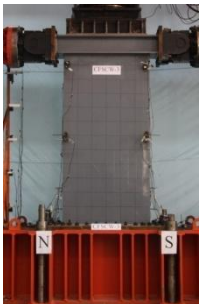
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China

Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

5. 容联科技—研发支持平台

独立知识产权—创新技术

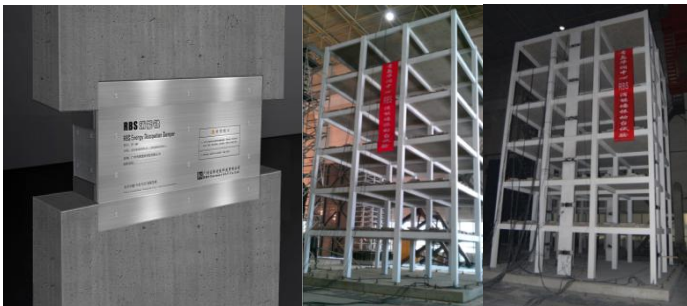
外包多腔钢板混凝土组合剪力墙和
外包端柱内嵌钢板混凝土组合剪力墙



BauGrid® 焊接箍筋网



RBS消能墙、RBS消能键



RBS消能墙

大比例模型振动台对比试验

RBS高约束焊接箍筋多重配筋混凝土柱研究





广州容柏生建筑设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

6. 建研数力—软件支持平台

广州建研数力建筑科技有限公司 Guangzhou CABR & SC Co. Ltd

广州建研数力建筑科技有限公司是由建研科技股份有限公司和广州数力工程顾问有限公司强强联合、优势互补，共同投资组建的高科技软件开发公司。

公司聘请国家千人计划特聘专家李志山担任技术总监，依托建研科技与广州容柏生建筑设计事务所(RBS)在大型复杂结构建筑的弹塑性分析领域的丰富经验和技術，定位于高端非线性分析软件PKPM-SAUSAGE的研发与推广，并承接复杂工程分析咨询业务。

轻松完成大震分析，深入理解结构特性！ PKPM-SAUSAGE软件

国家千人计划专家李志山博士的创新项目，
新一代GPU与CPU并行计算的大规模、高性能精细化动力弹塑性分析软件。
创新的GPU数据访存策略及其有限元并行技术，
解决了大规模数据分析的速度瓶颈，极大的提高了分析精度。
具有自主知识产权的大自由度显隐求解器，居行内卓越地位。
基于中国建筑科学研究院和广州容柏生建筑设计事务所(RBS)专家经验与技术鼎力支持。



7.强有力的设计团队—全国最大的结构设计专业事务所（80多人）





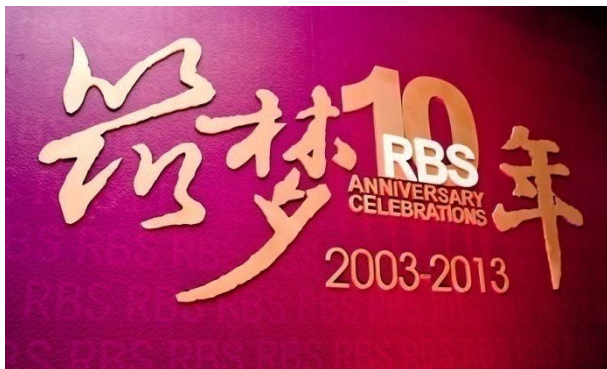
广州容柏生建筑结构设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

8.RBS十年

- 我们有结构人的梦想，顺应结构发展潮流，踏上时代发展的节拍，追求专业，创新发展；
- 筑源、筑本、筑魂、筑梦，追求卓越、创造精品是我们的目标；
- 专业、专注、主动、共享是我们的企业理念；
- 激情、开放、负责、承担是我们每个员工的态度。
- 我们是学习型、开放型的组织，我们还在路上。



RBS成立十周年音乐酒会





广州容柏生建筑设计事务所

RBS Architectural Engineering Design Associates

地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室

ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China

Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

RBS十年，随心筑梦



伦敦·奥雅纳全球公司
RMJM公司

成都·成都市基准方中建筑设计事务所

昆明·昆明官房建筑设计有限公司

宁波·宁波市建筑设计院

珠海·珠海华发建筑设计咨询有限公司
珠海市建筑设计院

海南·中国电子工程设计院海南分院
海南巨方规划设计有限公司

哈尔滨·哈工大设计院

北京·汉森国际设计顾问

天津·现代置地(天津)投资有限公司

青岛·腾远设计事务所有限公司

上海·天华建筑设计有限公司 华东建筑设计研究院

杭州·浙江绿城东方建筑设计有限公司

广州·广州市设计院 华南理工大学 广州城市规划勘测设计研究院 广州市景观建筑工程设计事务所 广州市中天盈房地产开发有限公司 广东省建筑设计研究院 广东省建科建筑设计院
中信华南(集团)建筑设计院 广州市住宅建筑设计院有限公司 广州市天启正业建筑设计事务所 广州瀚华建筑设计有限公司 华南设计院 启正业建筑设计事务所 广东名都设计有限公司

深圳·华森建筑与工程设计顾问公司 深圳方佳建筑设计有限公司 中建国际设计顾问有限公司 汤桦建筑师事务所 天手机电工程设计事务所
哲思(广州)建筑设计咨询有限公司 中深建筑设计有限公司 都市实践设计公司 艺恒建筑设计有限公司 阿特金斯顾问(深圳)有限公司

香港·Rocco许李严 巴马丹拿国际公司 吕元祥建筑师事务所(香港)有限公司 TFP建筑设计事务所 Arup工程顾问
刘荣广伍振民建筑师事务所 深圳奥意建筑工程设计有限公司 BENOV公司

新加坡·DP建筑师事务所私人有限公司

芝加哥·SOM建筑设计事务所
GP建筑设计有限公司

纽约·KPF建筑设计所
凯里森建筑事务所
RAD建筑事务所

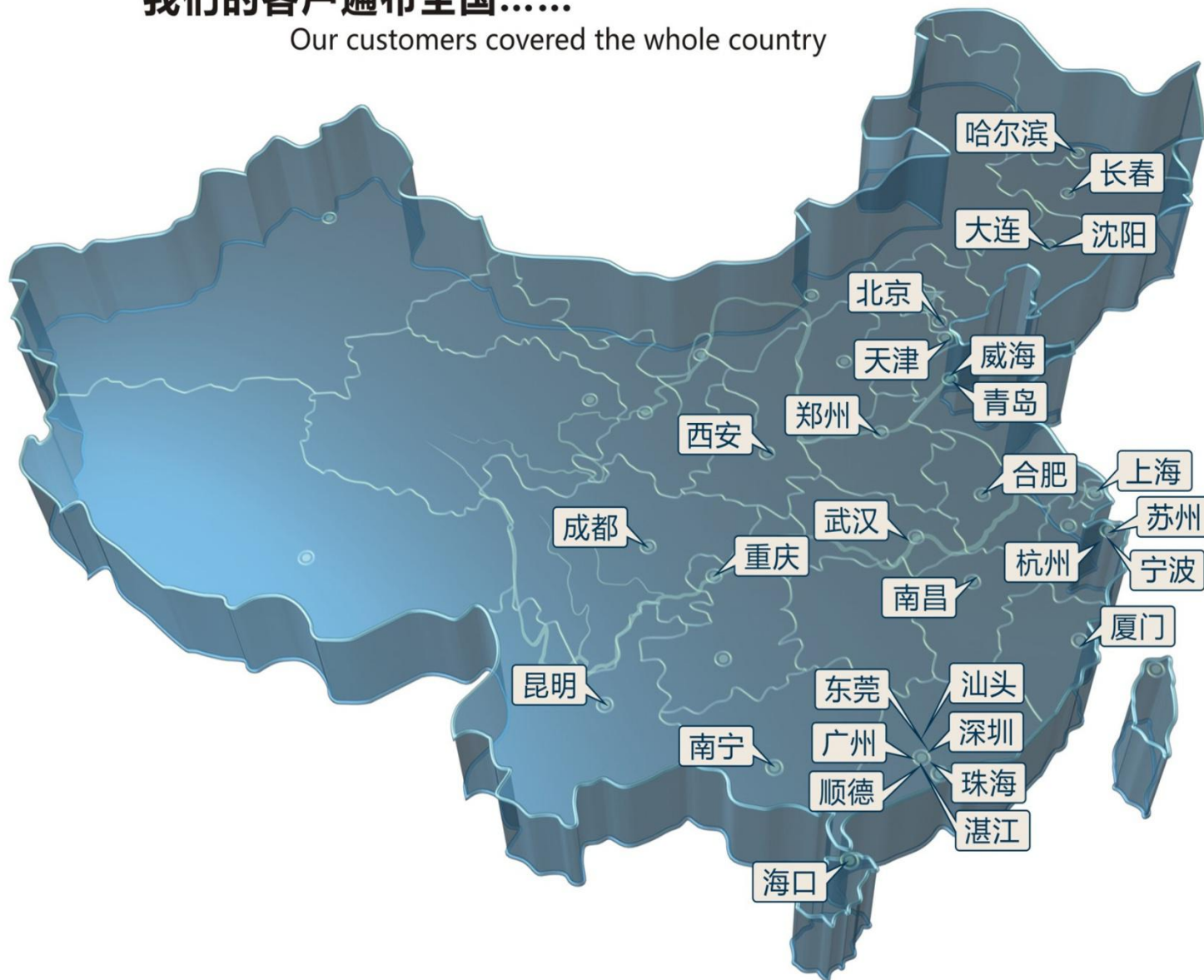
华盛顿·RTKL国际建筑事务所

我们的合作伙伴遍布全球.....

Our partners covered the whole world

我们的客户遍布全国.....

Our customers covered the whole country



十年来

他们与RBS一起前行





广州容柏生建筑结构设计事务所
RBS Architectural Engineering Design Associates
地址：广州市东风西路140号东方金融大厦507室
ADD: Room 507, Oriental Financial Building, No.140, West Dongfeng Road, Guangzhou, China
Tel: 020-81087233 Fax: 020-81087592 Web: www.gzrbs.com

谢谢聆听
Thanks

