

Structure

Architecture

『2013 建筑、结构巅峰对话 · 结构成就建筑之美』
2ND DIALOGUE OF ARCHITECTURE AND STRUCTURE

Curves with Straight Lines

以直线做曲线



马歇尔·斯特拉巴拉

J. Marshall Strabala / Partner / 2Define

2Define Architecture 创始合伙人，上海中心设计总监

代表作品：迪拜塔、香港国际会展中心、伦敦金丝雀码头、上海中心、休斯敦芭蕾艺术中心、汉斯大厦、南京绿地紫峰大厦等。



扫描二维码
可进入报告视频



以直线做曲线，意为用简洁的方式创造优美的形式。

2Define Architecture 事务所自成立以来的三年多时间里，设计了一系列超高层建筑和会展中心项目，这些项目听起来都比较炫，但其实我们的每一个设计都切实从功效出发。

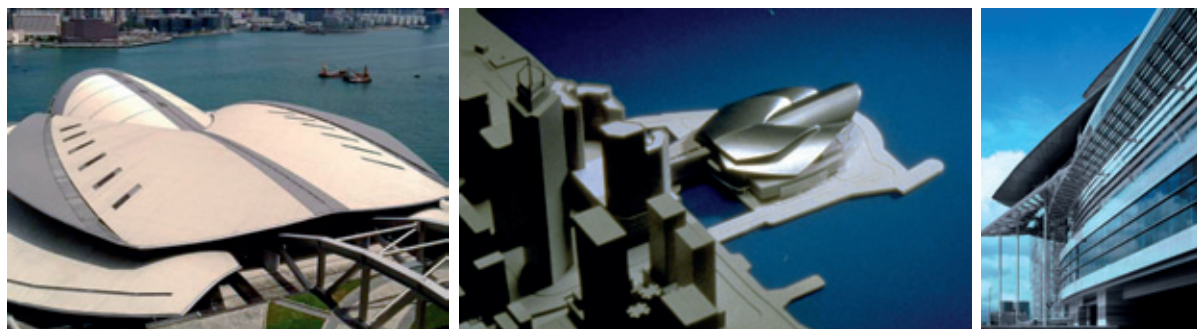
香港国际会展中心的被动创作

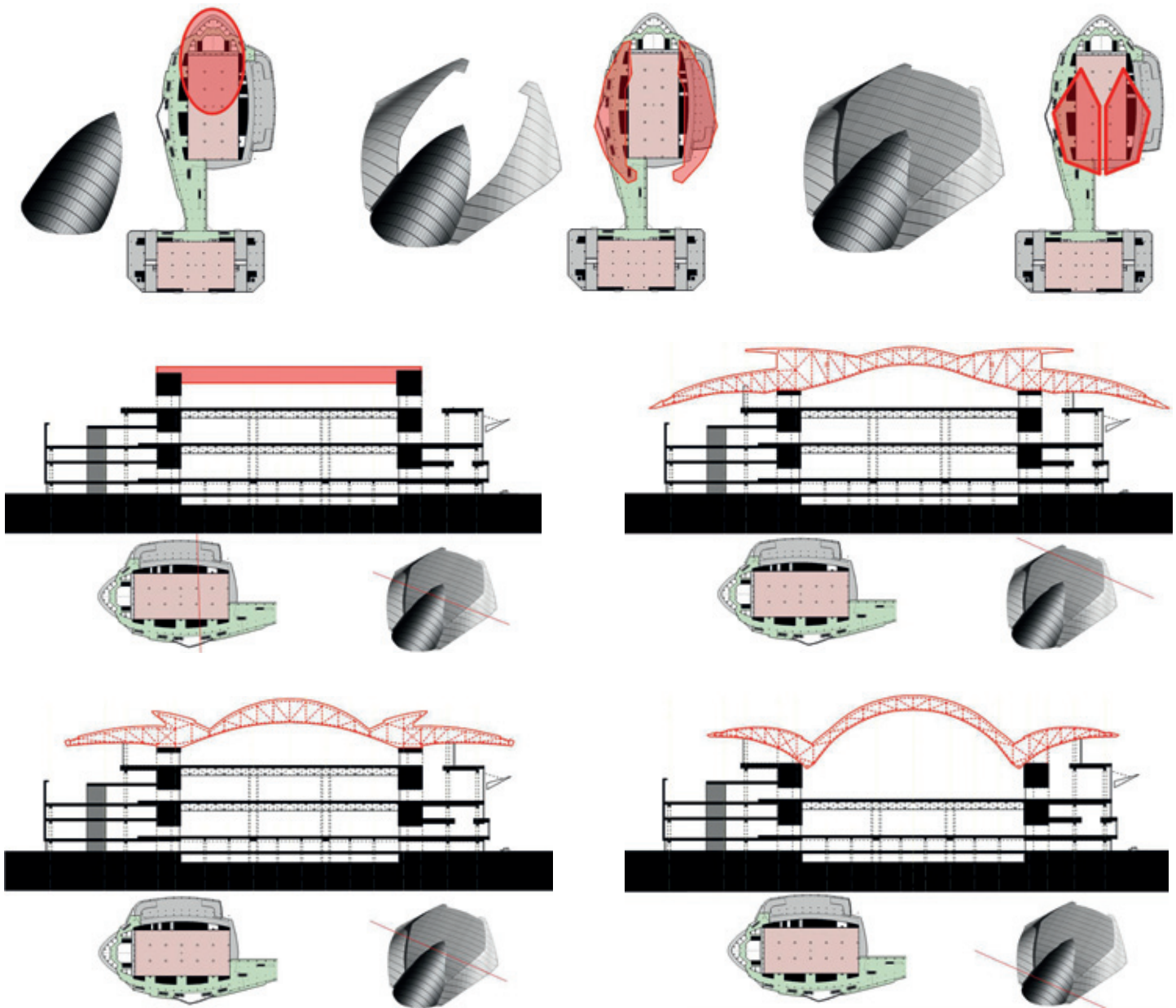
首先从 Marshall 先生在 SOM 事务所 1992~1993 年主持设计的香港国际会展中心新馆的屋盖结构说起。会展中心建在一个人工岛上，但设计的时候人工岛还不存在，我们用六个月的时间做出了基本方案。

就屋盖部分，甲方希望不要像香港随处可见的方盒子建筑形体一样，而是希望采用圆形曲线设计出非常飘逸的轻型结构，像人们在悉尼湾看到的悉尼歌剧院一样。

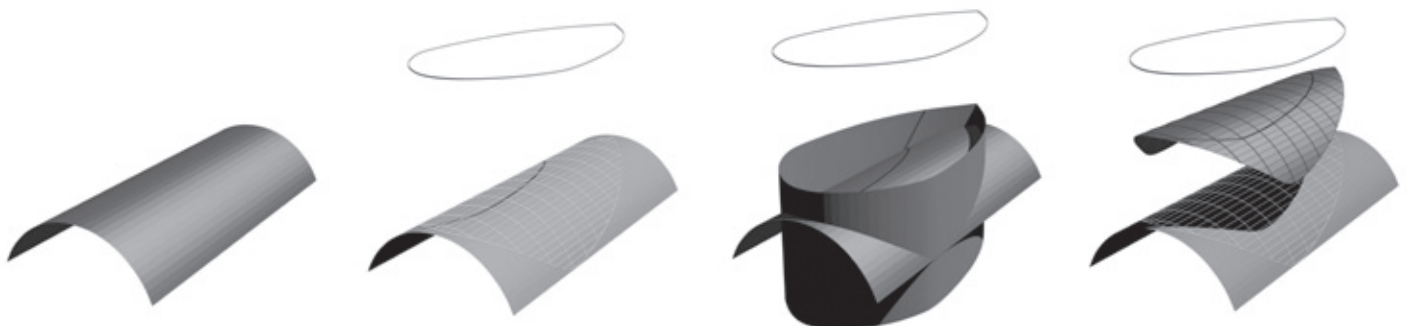
回想二十年以前，我们的绘图软件还非常粗陋，没有 Rhino 或 Grasshopper，除了初级版的 CAD，都是画的墨线图。整个竞赛，我们以一个完全手工做的 10cm 大小的模型取胜，之后的所有设计就从这个小小的模型开始。会展中心巨大的屋盖表面积达 42 000m²，由 5 个不同寻常的形体组成，即类似 5 个花瓣的形状来覆盖 3 层的展厅，像紫荆花花蕾含苞待放。当时甲方就问我们如何实施这个形式，我们的想法是在上面做桁架，且桁架间隔 9m 或 13m；后来经结构师证明这个主体结构非常简单，可以很容易实现。

屋盖主体跨度为 81m×81m，其简单模型是由报纸卷起来后在圆筒上切边粘起来形成，我们以 81m 的桁架作为整体结构和形式变化的原型，因为一个简单的桁架可能是最经济和容易的方法。但是怎样对这个简单的结构进行变化，以达到甲方的要求？我们对屋顶桁架结构的模数进行变化，即每 13.5m 变化一次，因为按照大致的规律对于跨度为 81m 的桁架，局部有 8~11m 的变化是没有问题的，也可以局部加高或者降低一些。当我



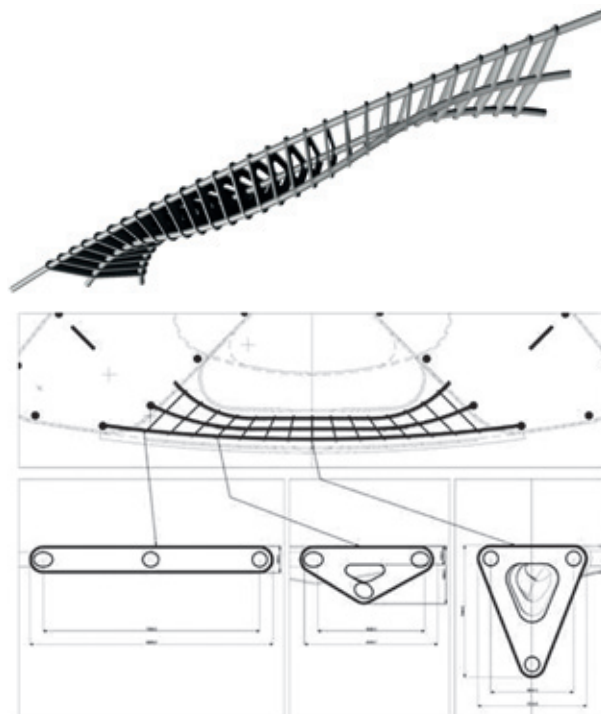


我们将屋盖的桁架结构设计完成后开始招标，承包商以桁架变化多、工程难度大而把屋盖价格翻了一倍。于是我们的结构师就把做模型的过程示意给承包商看，他们一看就明白，其实就是一个拱壳结构，虽然看上去有些没有规律，但其实就是在极端有规律的模数下用切线切出来的，所以造价几乎下降了一半。但这之后又有一个波折出在屋盖的两翼部分，也是拱壳结构的变体，只是形状略有变化，且在空间定位时旋转 32° 和上翘 17° 。虽然其间经历了一些波折，但最终整个工程在六个月之内建造出来。所以我们说整个工程是在建筑师、结构师、承包商之间不断互动下完成的，是一种被动创新的过程。



小插曲

我们曾设计过苏州某区政府办公大楼，希望在南向中庭部分以一个独特的连桥连接，但其形式总是不理想。我们和结构师一直寻找解决连桥的方案，甚至连一起吃饭的时候都在讨论，很巧的是就在某天吃饭时，结构师突发奇想在餐巾纸上画下了理想中的设计草图，实现了既轻盈、美观又省料的做法。在设计中，不存在结构师束缚建筑师的问题，而是双方互相合作，互相促进，共同使设计最优化的过程。

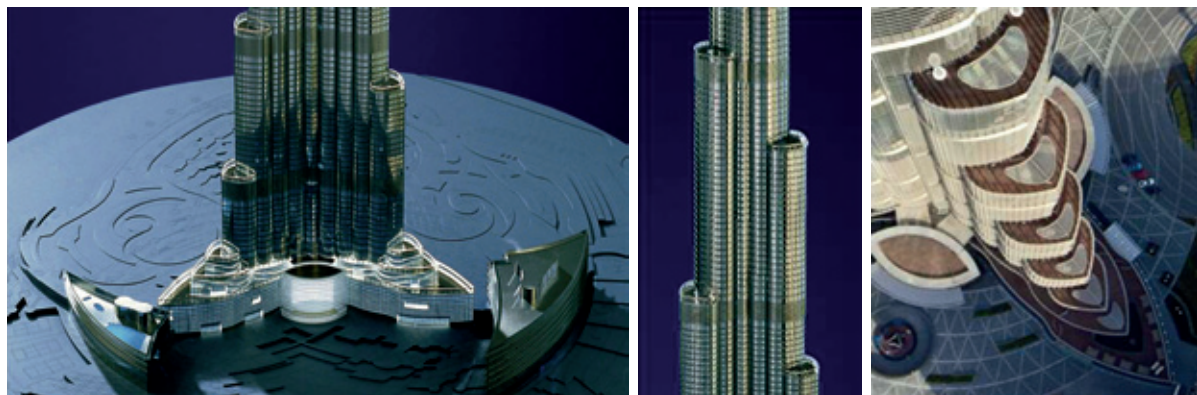


迪拜塔

关于迪拜塔的故事，可以说一本书甚至十本书都讲不完。但我想讲两点，第一是为什么建迪拜塔？第二是决定迪拜塔设计重要的力传导因素是什么？

迪拜塔建在面向海边的一片沙漠荒野上，这里正是迪拜地价最高的地方。业主准备在远离海边的地上创造世界上最高的住宅建筑作为地标，然后通过开发周边地块的商业与住宅平衡，再赚回迪拜塔的投资费用，事实也证明了商业运作是非常成功的。

对于建筑师来说，有机会亲自设计迪拜塔里大到外表皮小到门把手的所有东西，是非常幸运的。对超高层的经验，最早来自于在韩国首尔的 Tower Palace Three 项目，其结构形式由结构工程师 Ahmad k. Abdelrazaq 提出。在迪拜塔设计时，同样是一个上面很细、下面很宽的超高层建筑，其高宽比已经达到 1:7 左右，那么如何减小侧向风力和重力，成为我们攻克的主要难关。在不断进行的风洞试验中，同样是这位结构工程师提出一个类似三角架的结构，中间为钢管结构，三个翼为布置规律且经济的剪力墙结构，并在结构上升过程中有规律地退进，从而形成阳台，使建筑随着高度的上升持续收分。看似不对称，但却极大地减小了侧向风力，同时又不失美观。可以说 3 年多的迪拜塔设计，为之后的超高层设计积累了丰富的经验。

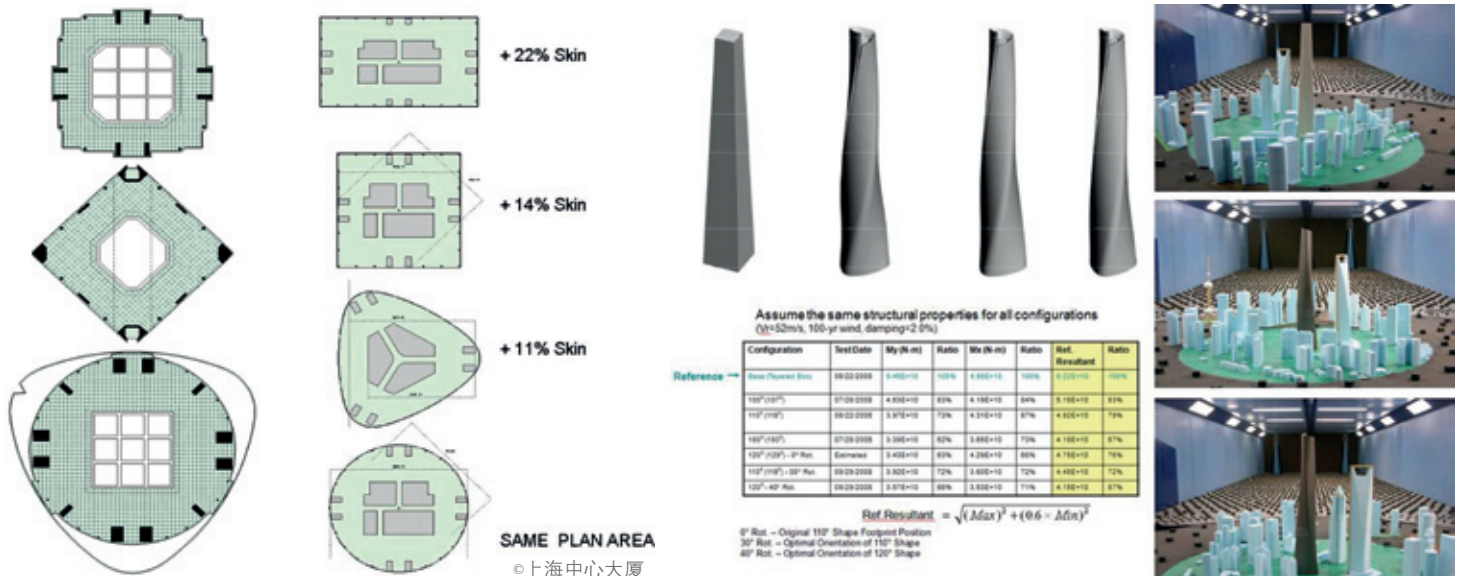


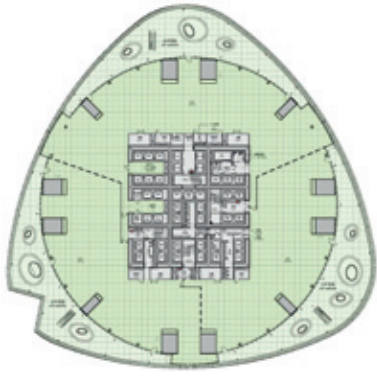


上海中心

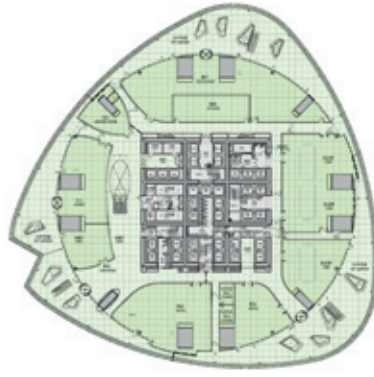
正是有了迪拜塔的工作经验，并直接嫁接在上海中心的设计上，才获得了上海中心的巨大成功。

相比金茂大厦的通体金属质感与环球金融中心的硬朗线条，上海中心是非常圆润的。同样秉持建筑设计从功效出发的原则，我们希望上海中心的设计在高效和完美之间找到一个平衡。首先，方形的核心筒和圆形的标准层平面使建筑的使用和施工都非常高效，同时圆形比正方形可减小 20% 的风阻。并且其核心筒的大小和金茂大厦一样，达到了最优化设计。更重要的是有了高效的结构，外幕墙把建筑师从结构中解放出来，使建筑师可以通过改变建筑的形式减小侧向风力。在设计迪拜塔的过程中，我们发现这样一个规律，对于旋转的受风，不规则、不对称的形状会极大地减小风阻。变化规律是每次大致旋转 0.7°，每次收分 0.995 8，接近三角形，随着不断地收分，面积越来越小。

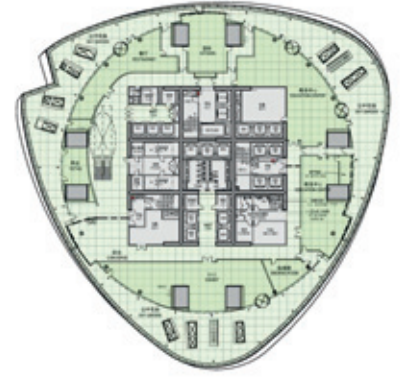




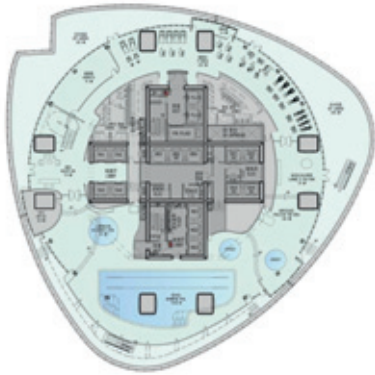
二区平面图



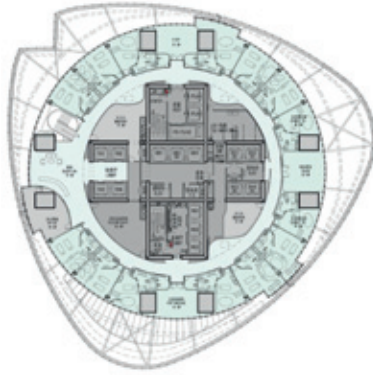
三区平面图



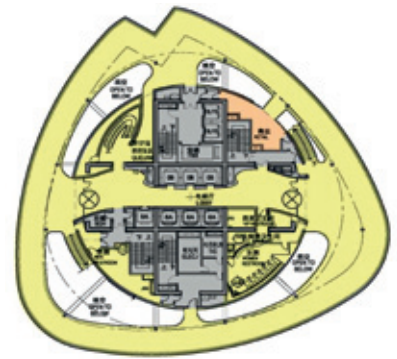
六区平面图



七区83层平面图



八区84层平面图

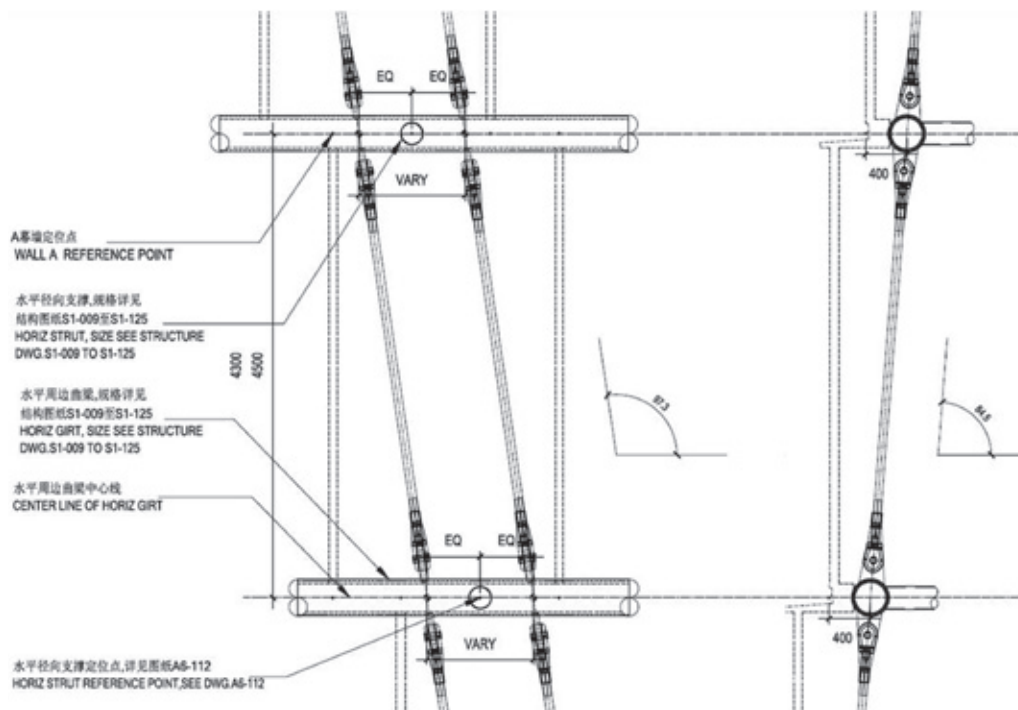


八区122层平面图

©上海中心大厦

其次，整个旋转的幕墙系统是被巨大的横梁所支撑，一片片玻璃像帘幕一样吊挂在横梁上，这就需要一个解决抗拉的吊杆结构。我们特别设计了两组吊杆，虽然比一个普通的构件还要小，但其中一条吊杆已完全可以承载玻璃重量，所以即使一条吊杆失效也能够保证它的支撑力不变。

另外一个非常值得一提的难点是整个幕墙系统吊挂起来以后，由于温度变形和风力的效应，每层的变形累积以后会使底部出现巨大的位移，且伸缩量可达到 120mm。为了保证这个伸缩量具有可控性，当一片片幕墙



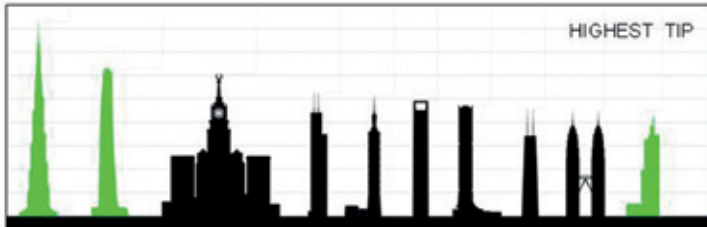
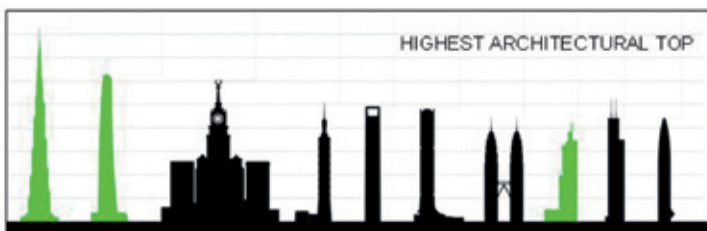
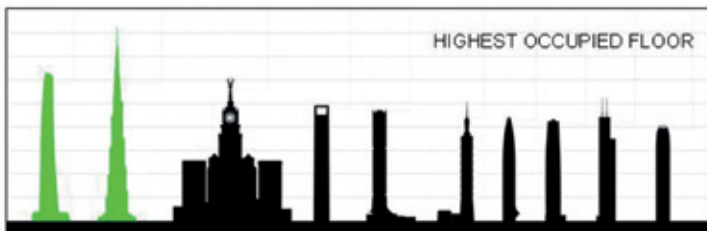
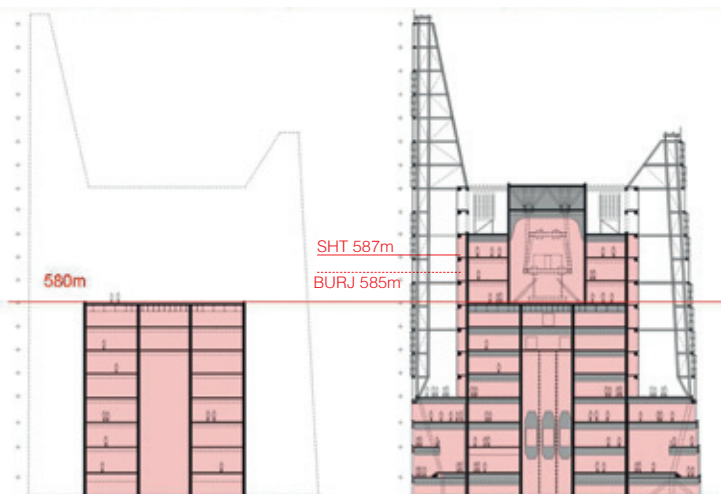
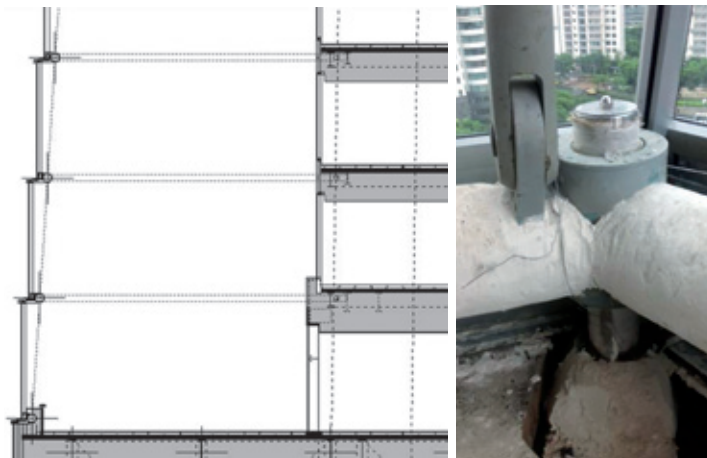
©上海中心大厦

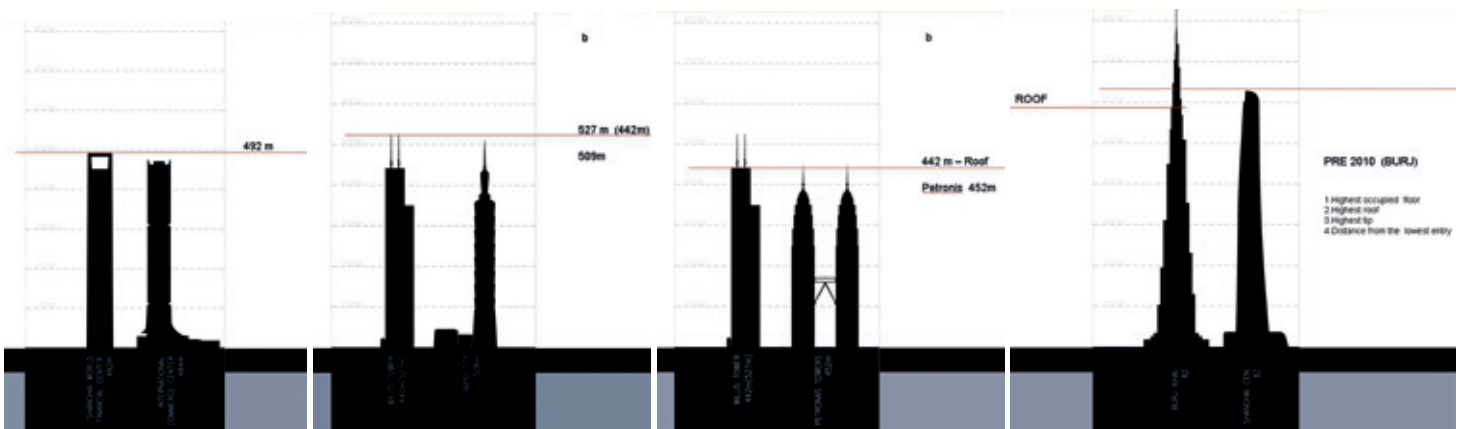
自上而下吊挂下来时需要设置一个上下可动而左右不能动的自由端——套筒结构。在这个重要的节点上，同济大学建筑设计研究院的丁洁民院长指导的结构设计花费8个月的时间设计出了一个“滑移支座”，最终解决了幕墙底部的伸缩问题，成为整个工程最精彩的部分。尽管这个节点在工程完成后不会被很多人看到，但不得不说这是一个奇迹，而且只能在中国实现，这里要非常感谢丁洁民院长和他的团队为此付出的巨大努力。

2013年8月3日，工程的混凝土结构封顶，因为上面的结构更加复杂，所以上海中心的整个工程又进入了另一个比较关键的节点。

究竟谁最高

“谁是最高楼”是大家一直喜欢谈论的，但这个游戏规则却总在改变。某天我们突然发现如果以公众可到达的最高高度来看，上海中心是587m，迪拜塔是585m，因此上海中心略高过迪拜塔一点。我还特地打电话问结构师，迪拜塔和上海中心，究竟哪个更高？





再看看当今世界上的一系列高层建筑，台北 101 大厦、希尔斯大厦、吉隆坡双子塔……希尔斯大厦更高还是上海环球金融中心更高？如果从人为计算的规则来看，天线是不能计入高度的，但是超高层建筑的塔尖却又是计算在高度以内的，所以这个争论也变得有些搞笑。

结语

我们想说的是一—规则永远可以被打破，但是帮助建筑师打破规则的人永远是背后的结构工程师，这是不变的真理。再次感谢这么多年与我们合作过的每一位优秀的结构工程师，是你们给了我们最大的创作自由！**AT**