

# The Perfect Combination of Architecture and Structure

## 成就建筑之美——深圳大运中心体育场、证券交易所大楼等案例



**刘琼祥**

深圳市建筑设计研究总院有限公司总经理、总工程师，教授级高级工程师。  
结构设计代表作品：深圳市大运中心体育场（国家钢结构金奖、国家空间结构金奖等）、合肥政务文化新区政务综合楼项目（国家银质奖、全国优秀设计一等奖）、深港西部通道口岸旅检大楼项目（广东省科学技术特等奖等）等的结构设计。



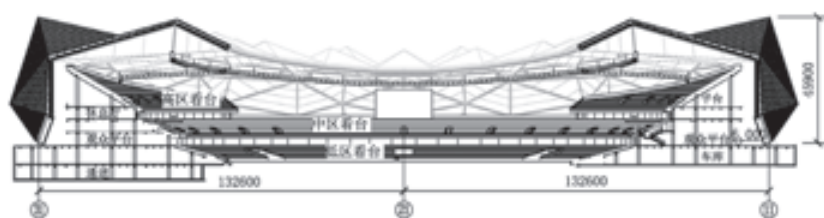
大运中心体育场

建筑是一个城市的名片，代表一个城市的发展水平，超高、大跨度、造型新颖美丽的建筑尤其吸引人们的眼球，更是城市建筑的代表，而这些建筑通常都是建筑与结构完美结合的产物，需要建筑师和结构师鼎力配合。以下结合我们做过的一些项目进行阐述。

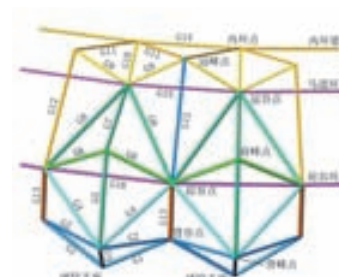
## 1 深圳大运中心体育场

深圳大运动中心体育场位于深圳龙岗区，是2011年世界大学生运动会的主要体育赛事场地。体育场造型犹如一颗水晶石，与深圳的自然环境浑然一体，形成特有的山、水、石文化。体育场建筑平面尺寸 $274\text{m} \times 289\text{m}$ ，总建筑面积 $13.6\text{万 m}^2$ ，可容纳6万名观众。

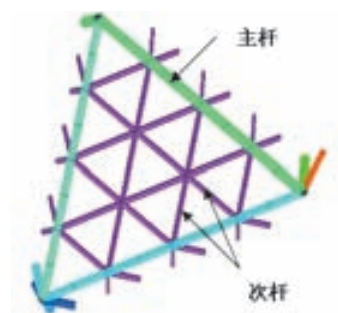
为了实现建筑通透、轻盈，采用了单层折面空间网格结构，取消了内部支撑，这也是单层折面空间网格结构首次应用到大跨度悬挑结构中。20个形状相似的结构单元通过连通的马道、肩谷环梁等联系在一起，每



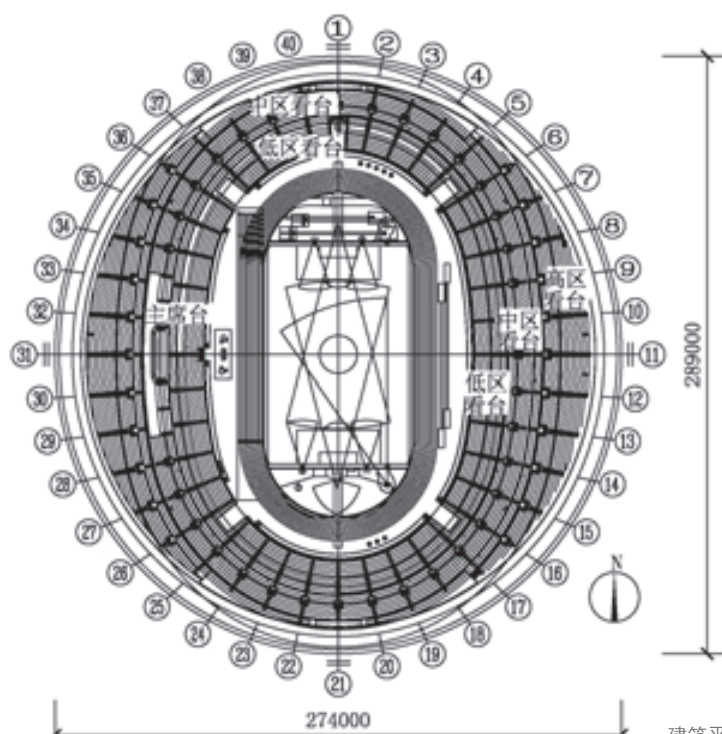
建筑剖面图



单元主杆件分组编号



主次杆件布置图



建筑平面图



球铰支座



马道环、肩谷环与建筑的完美结合

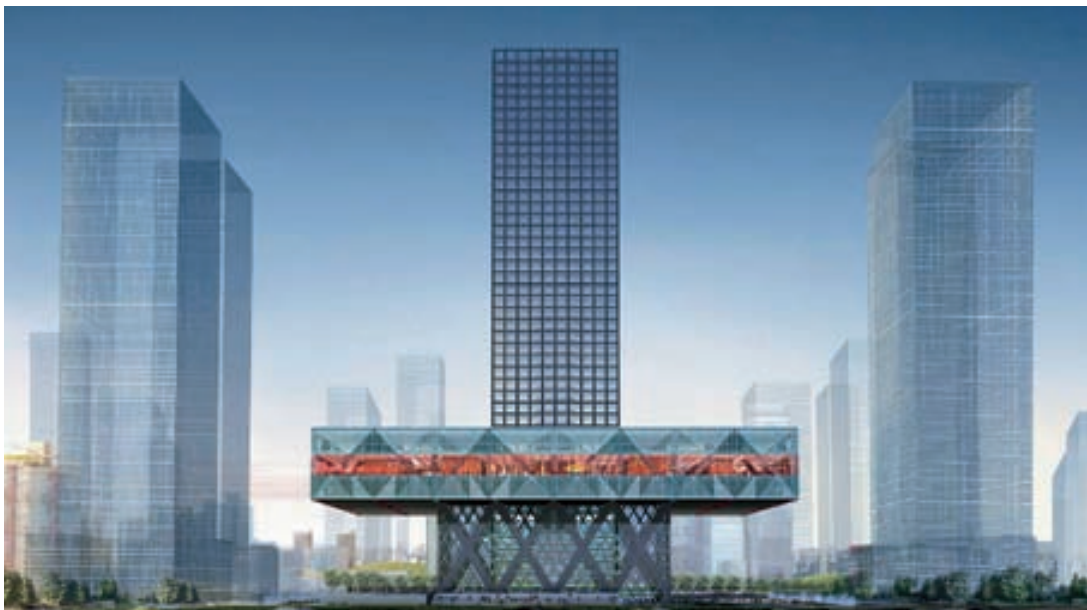
个单元由 13 个三角形面、24 根杆件、8 个节点组成。13 个三角形面以折面形式排布，构成结构面外刚度。造型的凸点、凹点等构成整个结构形状的控制点。

整个结构呈双轴对称。看台的周边及屋面围护为整体钢结构，屋盖中间开洞尺寸  $180\text{m} \times 130\text{m}$ ，屋盖悬挑长度在不同区域分别为  $51.9 \sim 68.4\text{m}$ 。屋盖形状为马鞍形，内环高差  $8.57\text{m}$ ，外环高差  $12\text{m}$ 。整个钢屋盖与混凝土看台完全脱开，仅由 20 个铸钢球铰支座支承，实现了建筑无遮挡。球铰支座支承在标高  $6\text{m}$  的钢筋混凝土平台上。屋面外表面的围护材料采用  $8 \sim 12\text{mm}$  厚的实心聚碳酸酯板，外立面采用  $16\text{mm}$  厚夹胶玻璃。钢屋盖的内表面均镀 PTFE 涂层玻璃纤维膜。

三角形面面交线是结构主杆件，断面形式为圆管，直径  $700 \sim 1200\text{mm}$  不等，局部  $1400\text{mm}$ 。根据几何位置和受力特点的相似性，将主杆件分为 16 组。每组直径相同，不同结构单元壁厚不同，根据每根主杆件受力特点，采用变壁厚设计。



结构节点完美地实现大运中心体育场“简洁”的要求



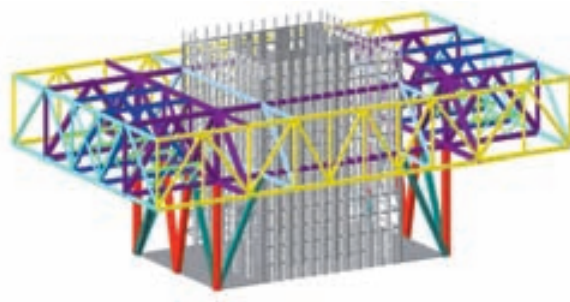
深圳市证券交易所大楼全景图

## 2 深圳市证券交易所大楼

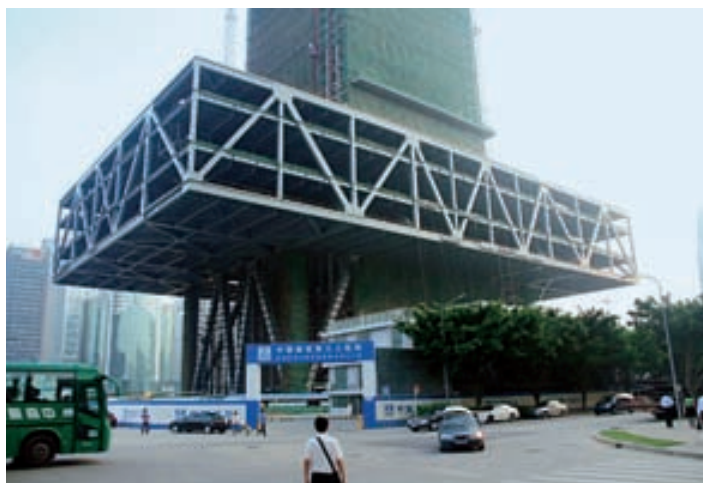
深圳市证券交易所大楼位于深圳中心区，总建筑面积 26 万  $\text{m}^2$ ，建筑高度 260m，预计 2012 年底投入使用。

为创造超大型使用空间，抬升裙楼采用超长悬挑结构这一新颖的结构形式，具有强烈的视觉冲击力。抬升裙楼平面尺寸为  $162\text{m} \times 98\text{m}$ ；结构高度 25.5m，距地 36m，东西向悬挑 36m，南北向悬挑 22m。包含 3 个主楼层、1 层夹层及可上人的屋顶花园。抬升裙楼主悬挑构件利用抬升裙楼自身高度，采用巨型悬挑钢桁架，与塔楼相互连接，其结构空间体系包括多榀平面巨型悬挑钢桁架和楼层次桁架。抬升裙楼的悬挑根部设置 4 根矩形截面钢管混凝土柱，东西侧设 V 字形钢支撑，南北侧设中心支撑，与塔楼的外框架组成桁架筒，用于支承抬升裙楼。同时，桁架筒也作为抗侧力体系的组成部分。桁架筒高度 36m，平面尺寸  $90\text{m} \times 54\text{m}$ ，构件最大截面约  $1.9\text{m} \times 2.5\text{m}$ 。

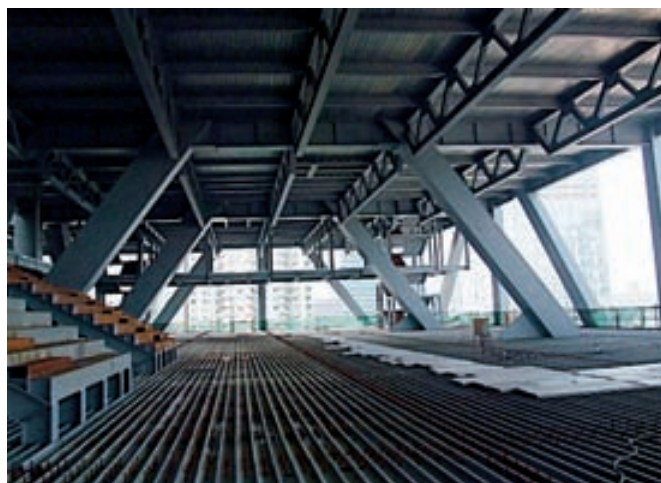
塔楼为混合结构，外框架使用 SRC 柱，柱距 4.5m；外框架梁为钢梁；钢筋混凝土核心筒为  $28\text{m} \times 30\text{m}$ ；楼盖为钢-混凝土压型钢板组合楼盖。楼层梁与外框架、核心筒均为铰接，梁端截面高度变小，形成槽口，用于设备管道的穿越，从而增加建筑使用高度。塔楼东西面外框架柱在四层柱距由下部的 9.0m 转换为上部的 4.5m，采用钢桁架转换。



实现超大空间（ $162\text{m} \times 98\text{m}$ ）



悬挑部分气派霸道



上市大厅



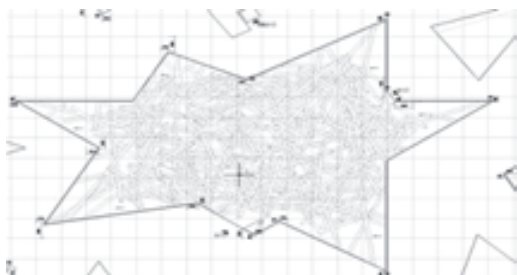
合肥“鸟巢”

### 3 合肥创新馆

项目位于合肥市滨湖新区，建筑面积 1.4 万  $\text{m}^2$ 。地上造型，地下功能。建筑设计理念来自于儿童积木游戏棒，由长短不一的金属杆件无序空间交叉组成棚罩，被称作“合肥鸟巢”。

展馆钢结构平面近似形成一个不规则六角形，高约 28m，由 346 根钢管架设而成。杆件无序交叉，最多 8 根杆件交汇。

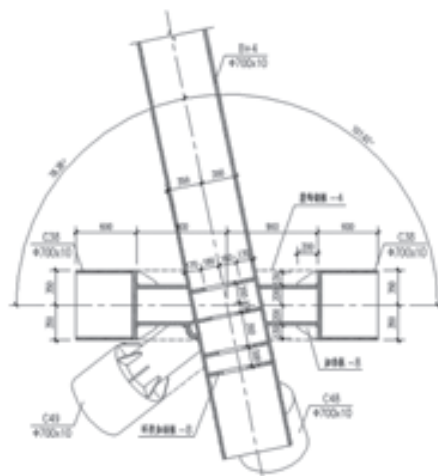
建筑效果确定棚罩杆件五级布置。一、二、三级杆件 221 根，不规则分布，相贯搭建棚罩“无序空间网管结构”形成围护折面；四、五级杆件 125 根，丰富建筑形体所设装饰杆件，与一、二、三级杆件相切搭接。所有杆件一律采用  $\phi 700\text{mm}$  钢管，全部节点采用焊接，避免倒角，满足建筑师要求的纯净游戏棒视觉效果，也大大节省投资，加快了工期。



造型平面



次节点



次节点



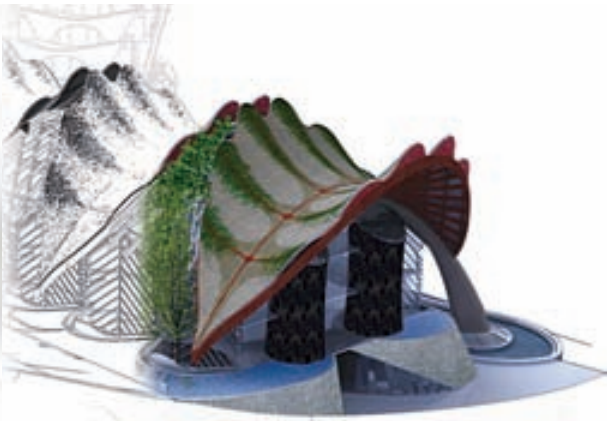
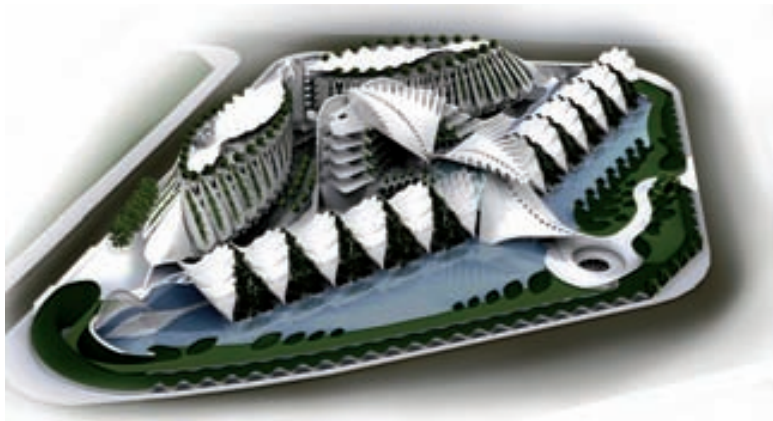
缩径转换焊接节点



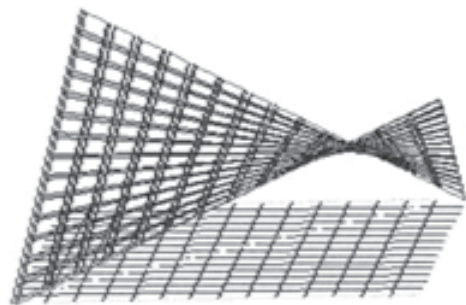
由结构师建议的外露三角形梁格与斜方柱被建筑师采纳



夜景



玛斯菲尔总部全景



西班牙建筑师高迪的风格

#### 4 玛斯菲尔总部

建筑师将总部大楼设计成为一只振翅欲飞的大鸟，建筑设计方案由新西兰 AVB 建筑师事务所完成。

工程总用地面积为 4.9 万  $\text{m}^2$ ，设计总建筑面积为 11.13 万  $\text{m}^2$ 。酒店及办公一共为 6 层，总高度为 31.7m，跨度为 20m。

该工程中所有优美的叶面全部设计为直母线组成的直线双曲面。所有叶面均为混凝土结构下贴 60 厚红砖。

设计采用整体栅格模板上铺红砖当底模的逆作法，下“贴”红砖变成了下“挂”红砖。施工较为简便，结构安全可靠，红砖贴面效果一步到位。

#### 5 结语

建筑师与结构师就像车之两轮、鸟之两翼，建筑师的每一个构思都需要结构师来实现，而结构师要完成好项目，也必须充分理解建筑师的想法。可以说每一位成功的建筑师后面，都有一位创新的结构师；而每一位成功的结构师后面，也都有一位创新的建筑师。双方都只有不断学习和进步，并相互了解、默契合作，才能推动建筑形式和结构形式更好的发展。■