



## VANKE PLAZA COFFEE SHOP

# 万科广场悬浮咖啡厅

撰文 钟华颖 南京大学建筑规划设计研究院数字建筑工作室

业主：深圳市万科房地产有限公司

项目地点：深圳市龙岗区万科广场

建筑设计单位：南京大学建筑规划设计研究院有限公司

建筑设计：钟华颖

结构设计单位：CCDI悉地国际深圳区域公司

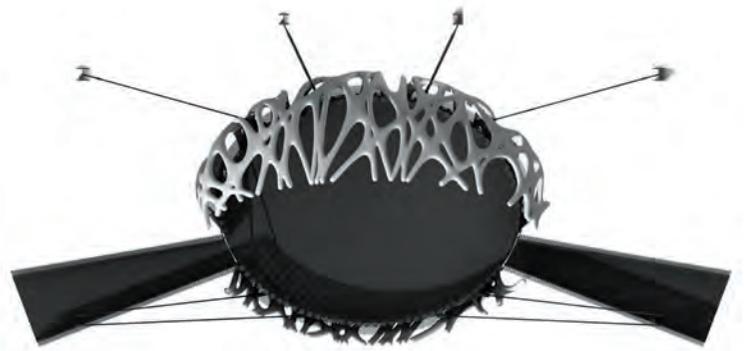
结构设计：周高凌

建筑面积：200m<sup>2</sup>

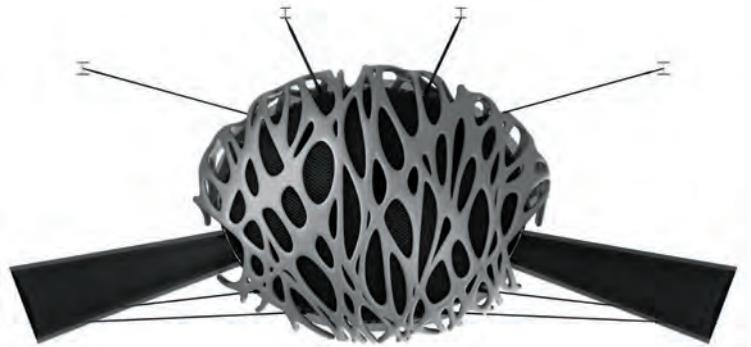
设计时间：2013年

建设时间：2013年

建筑摄影：侯博文



平面图



底平面图



立面图

高精度的复杂曲面形态建筑如何实现，是万科广场悬浮咖啡厅项目面临的巨大挑战。该项目是位于深圳龙岗万科广场中庭空间中一个钢索悬吊的咖啡厅，通过天桥与周边相连。接手项目时，原设计方的方案已经在工厂完成了结构骨架的加工拼接，但由于误差太大无法进行后续安装而终止。实际上，原设计方案也提供了三维模型，加工方与后来实施方案的加工方也是同一家，那么方案为何失败是我们接手项目后首先思考的问题。

经过分析我们发现，复杂三维形体建筑的实现不是单单用一个三维数字模型就可以保证的，而是应当综合考虑尺度、形态、材料、加工、安装等多方面的因素，为此我们在后续设计中采用了一系列的技术措施，最终使项目顺利实施。

### 中等尺度的设计策略

在设计开始，我们首先意识到的困难不是形体的复杂，而是尺度的影响。大尺度条件下，例如国家体育场鸟巢，曲面及复杂节点可以降低对几何精度方面的要求，采用平面或折面进行重构和拟合。细部的误差不会对整体效果产生太大影响。小尺度条件下，例如一个小型装置或雕塑可以通过提高加工精度来获得精密构件实现复杂形体。而咖啡厅椭圆球体长轴16m，这一尺度正巧介于大小两种尺度之间。围



护结构和使用者的距离很近，如果采用大尺度的策略则近距离视觉效果太粗糙；如果采用小尺度的方法，其造价方面可能难以承受。经过分析，我们提出了两者结合的技术策略，即在近人界面采用高精度加工的构件，在不影响体验的结构部分则放松构造精度要求，降低造价。

### 适应材料特性的几何选型

悬浮咖啡厅是一个材料决定形态的设计。玻璃材料因为积灰难以清洁而被放弃，可塑性高并具有防火性能的纤维加强石膏材料（GRG）成为首选。数控加工成型的GRG板材可以通过填缝打磨等工序实现无缝的光滑表面。考虑到打磨工艺要求，选择凸形曲面形体更为合适，而通过增加孔洞降低曲面板块的尺寸有利于掩盖加工的瑕疵。因此，构造具有孔洞的连续凸形曲面成为形态设计的原则。相对于曲面建模常用的NURBS曲面，T-SPLINE这一几何工具更能适应复杂拓扑关系的建模。

### 适应加工的平面化结构构件

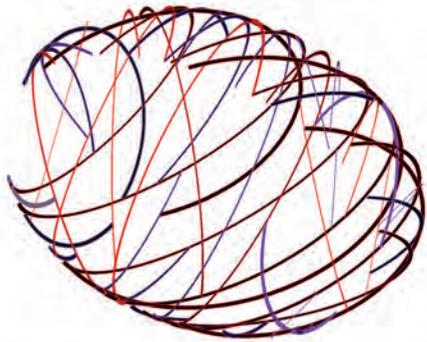
通过几何建模对形体截面尺寸进行推敲，希望结构构件尽可能小，同时咖啡厅顶部单边悬挑的尺寸较大，故选择钢材作为支撑GRG表皮的结构材料。平面数控切割设备在深圳当地的钢结构加工企业中较为普及，二维平面内变化的构件在加工精度和成本方面与加工标准型材没有显著区别。因此，将结构构件的形状变化限制在二维平面内进行结构布置和找形。利用多个方向的平面与椭圆球体相交，形成交织的网格，从而产生结构布置网格。根据这一网格重新生成结构构件，加工便利，成本可控。

### 蜡模铸造的三维GRG表皮

模具费用是加工三维曲面构件的一项重要成本。GRG表皮的自由曲面形态没有重复性，模具无法反复使用。如果采用钢模、木模、塑料模等模具材料，加工成本高昂，浪费太大。GRG生产厂家上海恒豪开发的蜡质模具技术，采用CNC机床雕刻蜡锭制造模具，使用后，将模具融化重新还原为蜡锭，解决了模具重复利用的问题，大大降低了加工成本。经过数控加工翻模后的三维GRG表面精度能够忠实还原三维数字模型的细节，打磨抛光后平整度更高。

### 控制形态的最小断面

材料与加工方式确定之后，开始进行具体的形态设计。采用最小断面作为控制参数，生成表皮的连续曲面。参数设定考虑了形态、构造尺寸和造价三者的平衡，最终确定直径为30cm。在去除12cm的结构厚度、2cm的GRG外壳壁厚之后，剩余的容差数值仅为14cm，再加上误差等因素，实际容许空间更小。最小断面控制增加了加工建造的精度要求，为了实现这一精度，对节点和结构线形设计提出了相应的技术措施。



(a) 平面板组成的结构网格

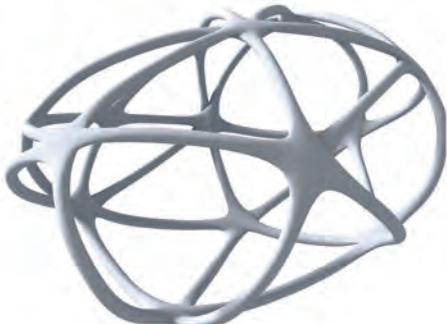


(b) 结构与表皮

平面化的结构构件



(a)  $D=100 P=0.1$

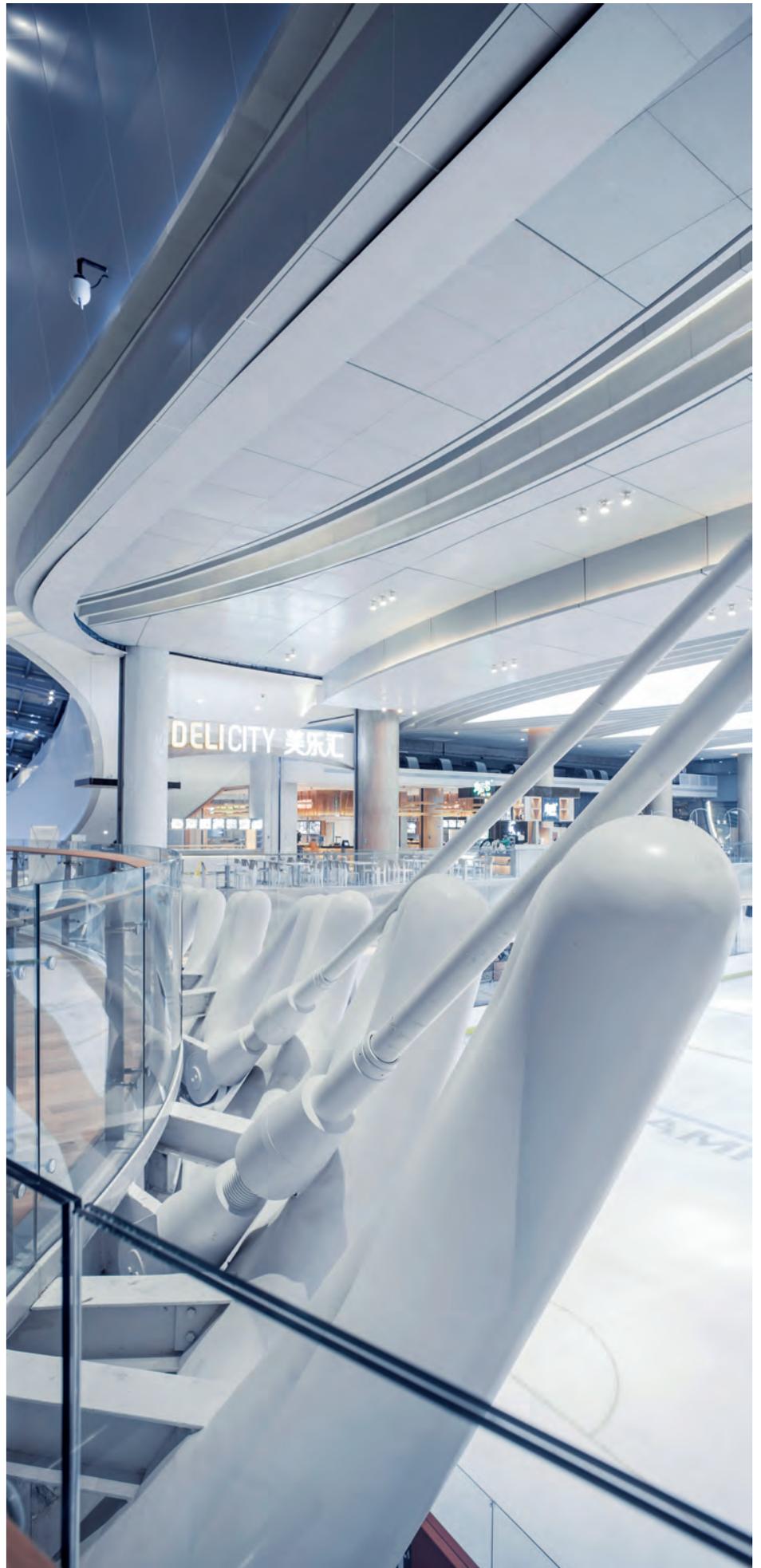


(b)  $D=200 P=0.2$



(c)  $D=200 P=0.5$

最小截面控制

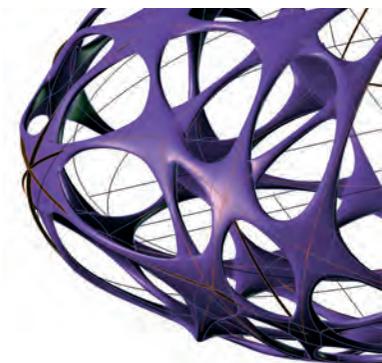




构造节点

### 大容差的构造节点

网格交汇的节点构造是设计的一个重点。在有限的预算下，构造节点难以采用高精度（同时也是高造价）的加工方式实现。在最小断面的控制下，唯有通过扩大节点空间和允许误差的方式进行化解。节点有了更大的外部范围，内部钢结构的交接才可以允许较为粗糙的连接方式。通过大小不同的连接片焊接，只需保证结构强度即可。同时为了便于清洁，咖啡厅围护结构没有玻璃，放大的节点形态对室内空间的限定也更为有力。



曲面变形引起的结构-表皮不匹配问题

### 参数化表皮-结构匹配技术

设计过程中遇到一个几何难题。由于参数曲面相对于控制线存在收缩问题，建模获得的复杂曲面偏离控制网格距离不均匀。该控制网格同时也是生成内部支撑结构的控制线，结构采取了不同于表皮的建模方法。两者之间的间距难以控制，导致结构与表皮不匹配。这一问题困扰了我们很长时间，第一种尝试是对表皮曲面建模的变形进行控制，实验发现变形的偏移度不均匀，很难通过少数控制点的移动来进行修正。



在表皮难以调整的情况下，我们转而调整内部结构。通过搜寻表皮外部边界，重新生成内部控制线，进一步生成结构构件的几何线形。采用这一方法，内部结构线形不再是标准的椭圆曲线，而是蛇形转折的一组曲线。由于曲线形状比较复杂，究竟何种程度的弯曲转折最为合适难以凭直观判断。为此将曲线找形过程编写为参数化程序，通过输入不同参数获得多种结果，将这些结果与各设计加工方沟通讨论，综合钢结构加工工艺、GRG外壳内表面平整度等因素，最终提出了一种满足各方要求的线形。



(a) P=100

(b) P=300

(c) P=500

结构-表皮匹配度的参数控制





### 结语

悬浮咖啡厅加工建造工期约三个月，设计周期则超过半年。整个过程探索了复杂曲面的建模方法、参数化设计方法、数控加工、复杂形体安装等多个方面的设计建造技术。在技术探索之外，更为重要的是咖啡厅项目的顺利实施让业主和建筑师一起体验到了数字技术在建筑行业应用的巨大潜力，同时也发掘和整合了本土化的从设计到加工建造的数字建筑产业链。 **AT**