



程鹏

深圳招商局地产控股股份有限公司产品管理中心资深主任建筑师，工业化研发主任，招商地产门窗幕墙专家。

HUANCHUAN SQUARE CURTAIN WALL DESIGN AND CONSTRUCTION ANALYSIS

卧虎藏龙

——环船广场特色幕墙设计及施工案例分析

撰文 程鹏 招商局地产控股股份有限公司

门窗、幕墙等外围护结构在建筑中对外有效果展示的作用，对内有功能性透光、保温、围护等效能，并且需要巧妙地与建筑外立面、室内精装相结合。基于此，需要对外围护结构的设计、招标、施工三项管理进行系统化组织，达到美观、节能、实用、降低成本的目的。环船广场的亮点是我们称之为特色幕墙的“双鱼”和“金元宝”，其设计灵感取自于招商局早期的双鱼标识。幕墙整体造型形成两条鱼：一条是金属材质的“金属鱼”，一条是玻璃材质的“透明鱼”，以覆盖下面的3层商业建筑，整个建筑非常有现代感和时尚感；“金元宝”为广场上的建筑小品，其200m²的内部空间将作为展览展示使用。“双鱼”和“金元宝”的建造手法中不乏目前技术堪称世界第一的设计及工艺，下面就招标、安装等细节进行分享。

技术亮点

(1) 特色幕墙所有数字模型统一采用Rhino(犀牛)数字化三维设计平台，在此平台下，建筑师可以研究建筑的外形；加工厂能够对铝板、玻璃进行加工，得到精确的双曲制品；幕墙设计单位可以对整体受力系统进行分析及优化；钢结构厂可以直接用来指导钢结构的加工；安装单位可以用来指导现场准确定位放线。

(2) 幕墙的“透明鱼”部分为双曲面玻璃配扭梁的钢结构造型体，这是全国首个双曲玻璃扭网壳项目，建筑造型细腻美观，其效果超过目前国内、国际案例折线式结构的外观效果。

(3) 幕墙的“金属鱼”部分局部使用了目前曲面难度最高的“马鞍形双曲面”，结构方式采用了国家大院所使用的曲面构造，并对防水层进行了优化，从而减少了成本，并巧妙地在曲面结构内部设置窗洞口，使使用功能与结构造型达到了统一。

(4) 环船广场船前的“金元宝”幕墙部分是全球首个双曲人造石外墙项目，其造型为海螺形的管状旋转体，分为玻璃和人造石材质的两种实体，二者有机相连，创造了独特的“外星飞船”式的视觉效果。

(5) 全站仪结合Rhino软件实现异形建筑物的定位放线，实现了40m扭梁实测安装误差不足5mm。

(6) 在幕墙结构实施之前，制作实体样板——“金元宝、透明鱼、金属鱼”样品并进行分析研究，在大量安装时避免误差，确保安装效果。

(7) 采用建筑方案招标、幕墙施工图回标的模式，有效降低了项目成本。

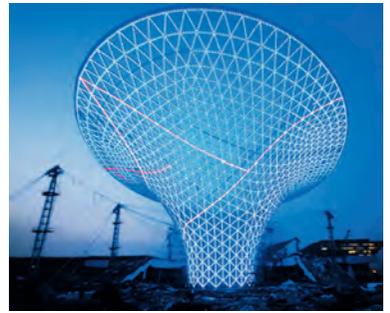




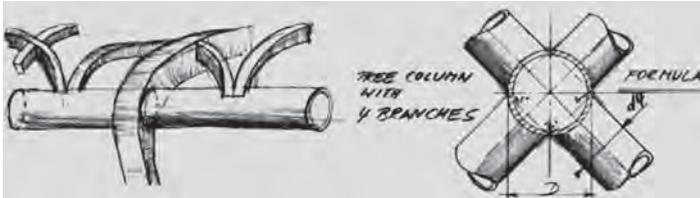
阿联酋阿布扎比的F1赛道酒店



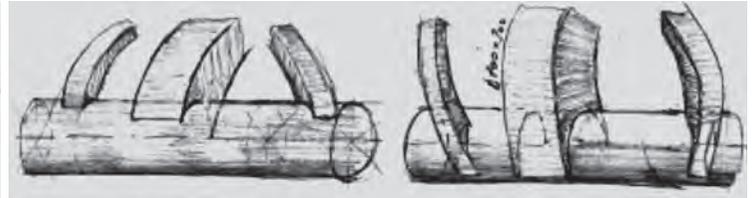
米兰会展中心



上海世博轴阳光谷



“透明鱼”扭梁端部示意图



“透明鱼”支座连接分析



1 安装好工装夹具

2 调整好各个角度位置

5 安装好三个标准连接臂

6 安装好中心筒并粘和



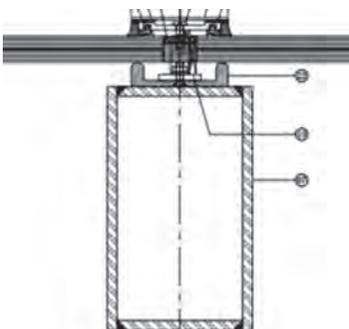
3 安装好第一个标准连接臂

4 安装好三个标准连接臂

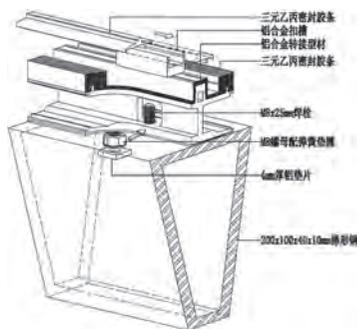
7 同理安装好另外三个标准连接臂

8 整体热拼和

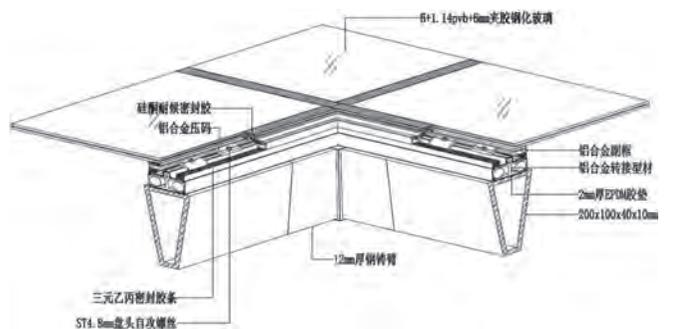
“透明鱼”钢梁链接件制作工艺



“透明鱼”钢梁断面设计



“透明鱼”节点三维示意图



“透明鱼”典型细部三维示意图

“透明鱼”

“透明鱼”幕墙部分为透明面材的钢结构造型体，从技术角度讲是全国首个双曲玻璃扭壳项目，对建筑起主要的造型和装饰作用。针对其“透明、轻薄”的设计理念，目前世界上较为流行的做法为单层钢结构网壳直接外挂透明面板，较为成功的案例有意大利的米兰会展中心、阿联酋阿布扎比的F1赛道酒店、上海世博轴阳光谷等，但经研究之后我们发现以上案例均为折杆网壳，使用

大跨度折线钢结构模拟曲面，但环船“透明鱼”的曲面半径约为上述案例的1/25~1/8，完全无法用折线模拟，因此我们选择了更为先进的扭杆网壳，解决了小半径网壳圆滑过渡的问题。

通过咨询多家著名的顾问公司，我们得知特色幕墙项目的设计难度非常高，无法按照先进行设计后组织招标的思路推进，于是我们经过竞标，选择了带施工方案投标的模式，并列明项目难点，进行设计方案解析，最终选择

了最优方案，以下是方案的选择流程：1) 设定目标，准备项目招标技术要求文件，明确难点；2) 通过竞标明确项目难度及设计要点，并同时寻找能够胜任此项目的投标单位；3) 因项目实施难度高，具备建立Rhino模型的设计单位并不多，因此确定本项目为带实施方案投标；4) 建立分析模型、技术方案量化分析比较及优化；5) 建立优化对比项目：杆件尺寸、双曲面实施方案、壳体杆件连接点设计、Rhino模型分析、网壳分格优化。

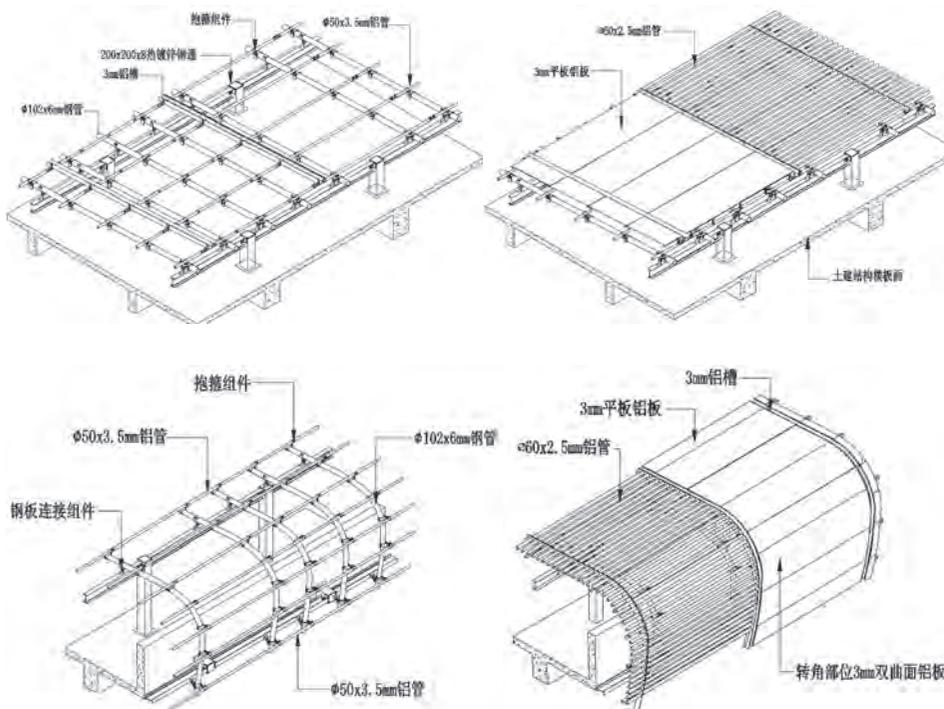


“金属鱼”

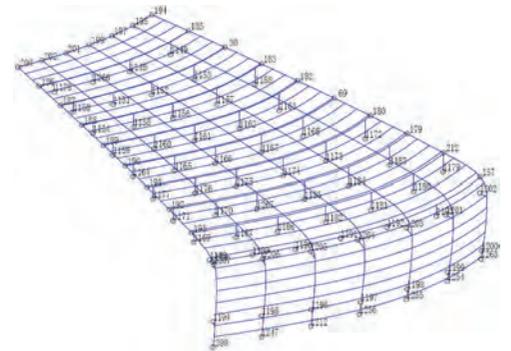
“金属鱼”的设计实施方案很明确，与“透明鱼”不同，“金属鱼”的结构方

式采用了国家大剧院所使用的曲面构造，以优化减少成本，并巧妙地在构造内部设置窗、玻璃洞口，其表面材料经过多次考

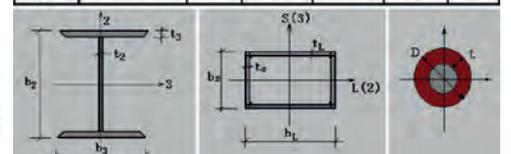
察、兑标、论证、分析，在“GFRC”（玻璃纤维预制混凝土构件）及铝板间进行兑标比较，最终选定了铝板。



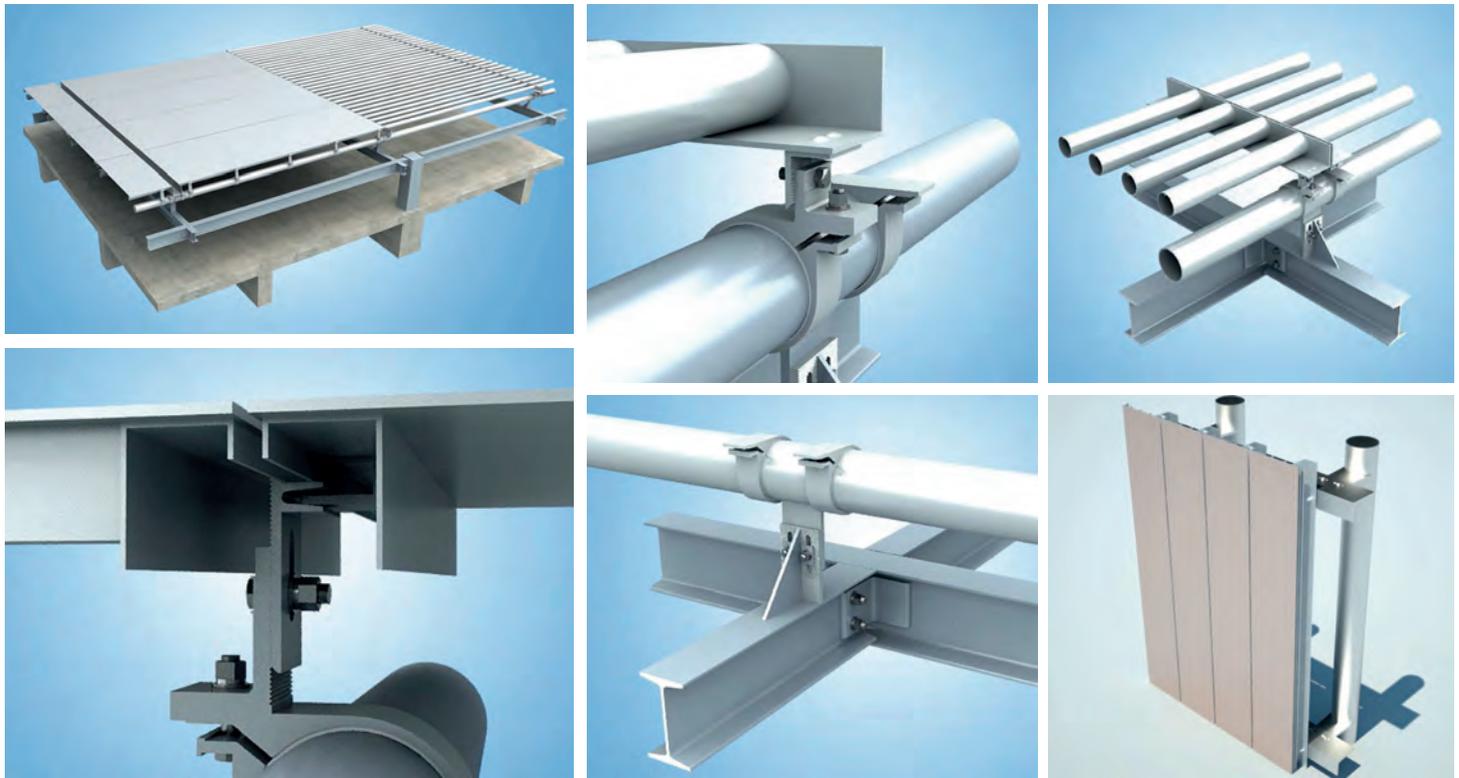
“金属鱼”系统构造设计



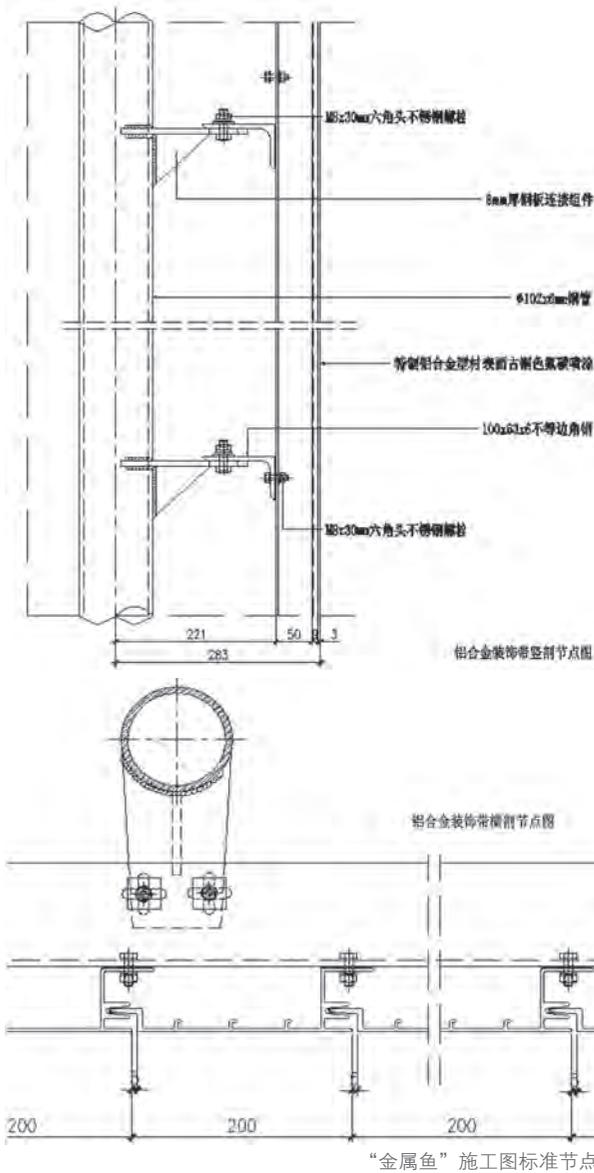
| 杆件名称 | 截面名称 | 面积 (mm ²) | 绕 2 轴 惯性矩 (x10 ⁴ mm ⁴) | 绕 3 轴 惯性矩 (x10 ⁴ mm ⁴) | 小弯点 释放 | 大弯点 释放 |
|------------|---------------|-----------------------|---|---|----------|--------|
| ZZ | 非 200x200x8x8 | 6144 | 3781 | 3781 | --- | --- |
| MEAN BEAM | 轻 L 22 | 3008.04 | 193 | 2512 | --- | --- |
| BEAM | 轻 L 18 | 2293 | 98 | 1265 | Ry Rz | Ry Rz |
| BEAM | 轻 L 27 | 3952 | 319 | 4933 | Ry Rz | Ry Rz |
| STELL PIPE | 热钢管 114x6.0 | 2036 | 298 | 298 | Rx Ry Rz | Ry Rz |



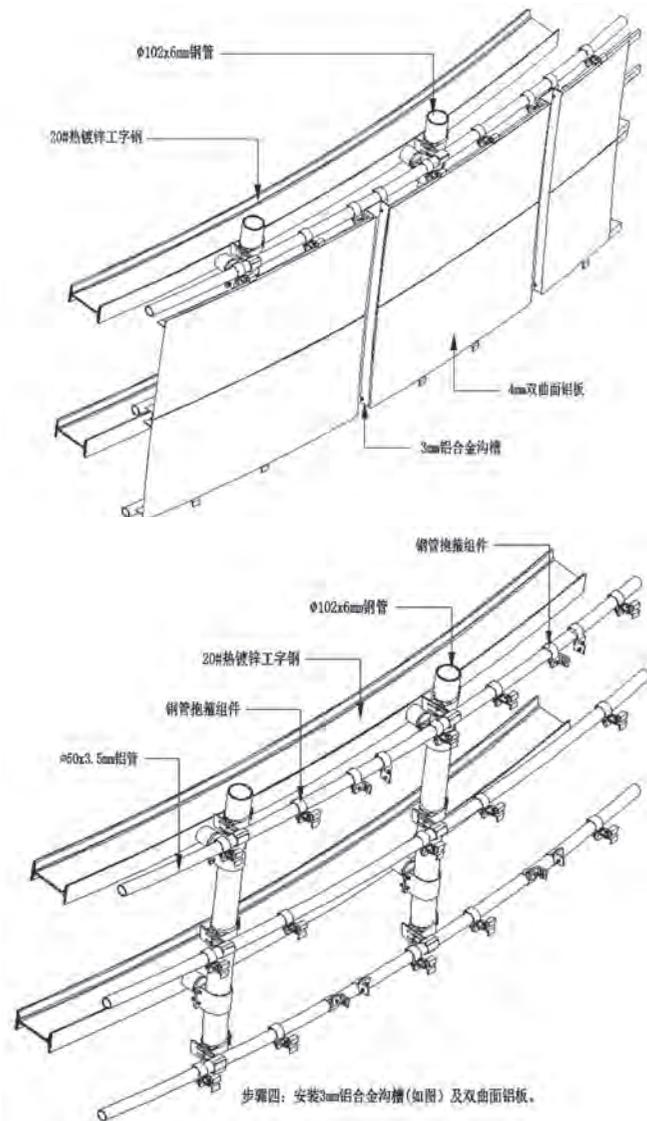
“金属鱼”节点支座受力分析及布置图



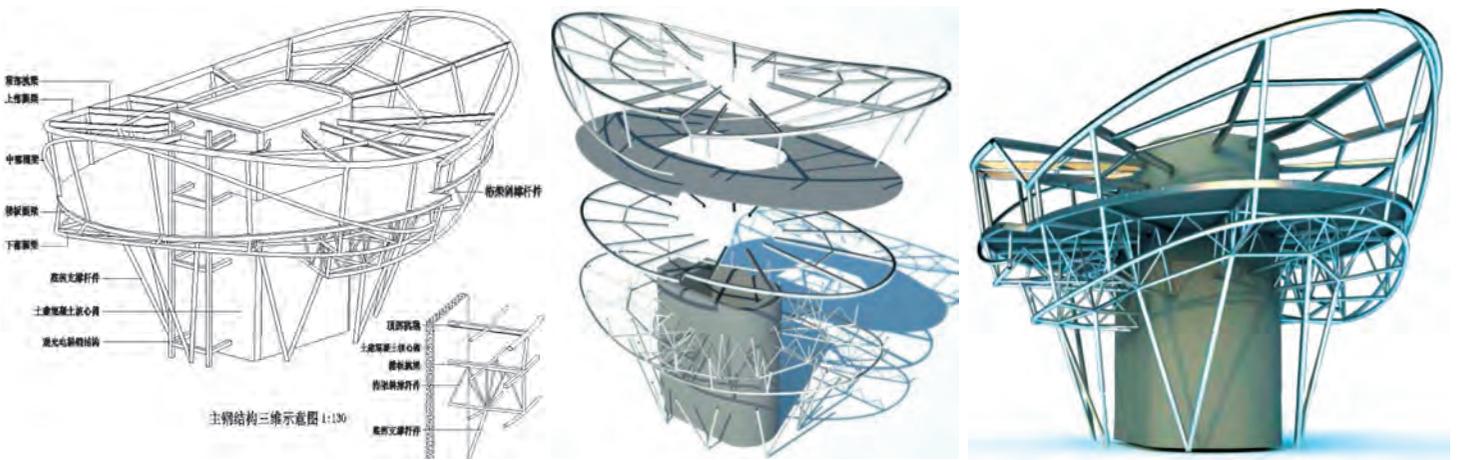
“金属鱼”数字模型制作分析



“金属鱼”施工图标准节点

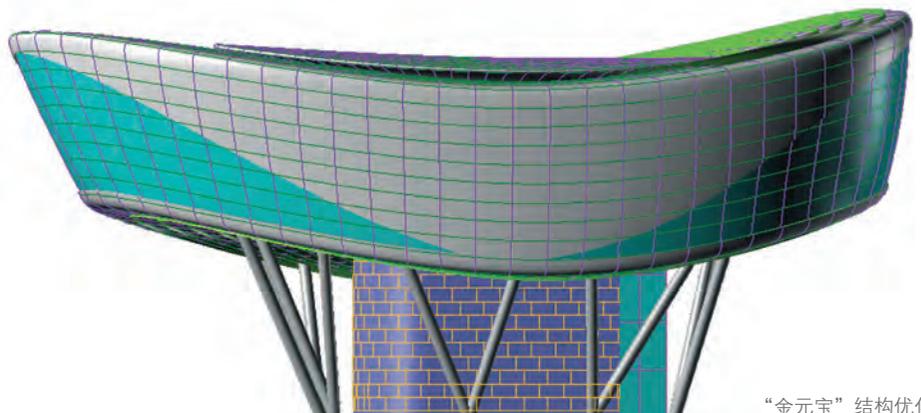


“金属鱼”洞口设计

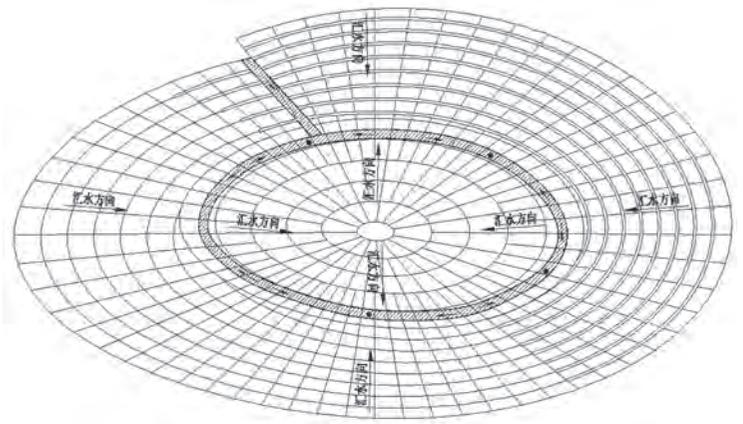
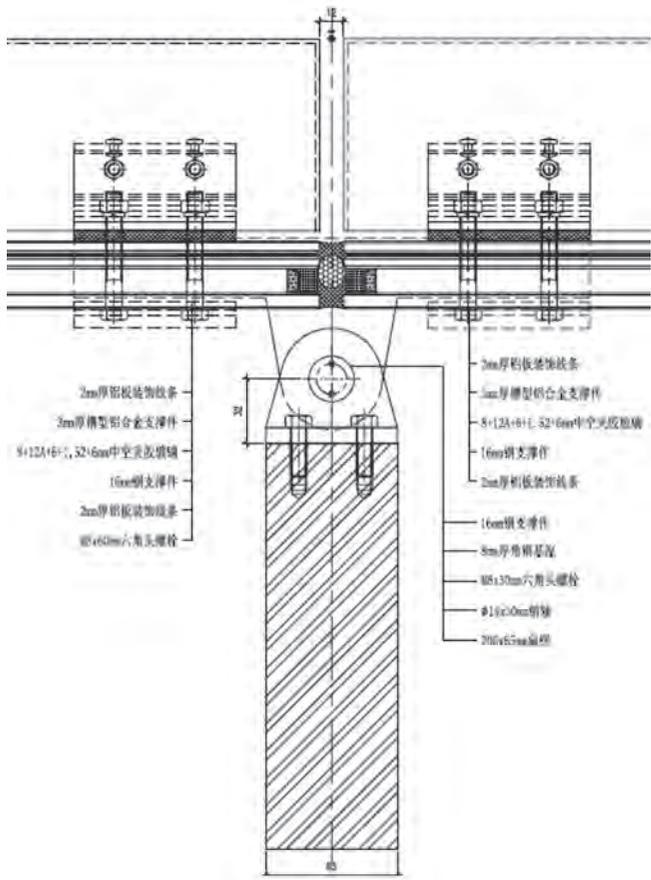


“金元宝”

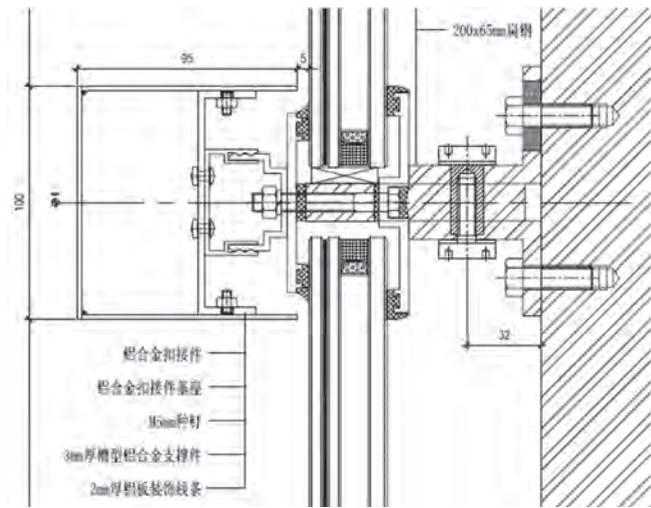
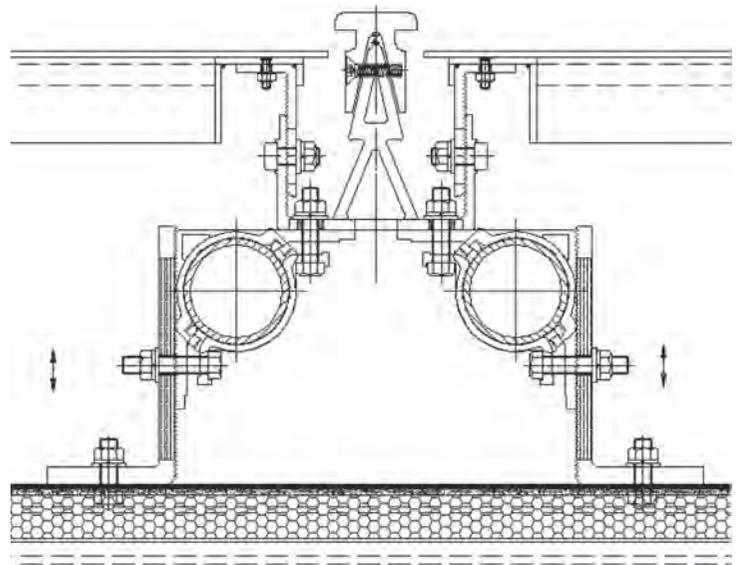
蛇口海上世界环船广场船前“金元宝”造型的建筑小品是全球首个双曲面造石外墙项目，其造型为海螺形的管状旋转体，分为玻璃和人造石材质两种实体，二者有机相连，由于构件尺度小，曲面变化连接紧密，给设计和施工都带来非常大的困难。



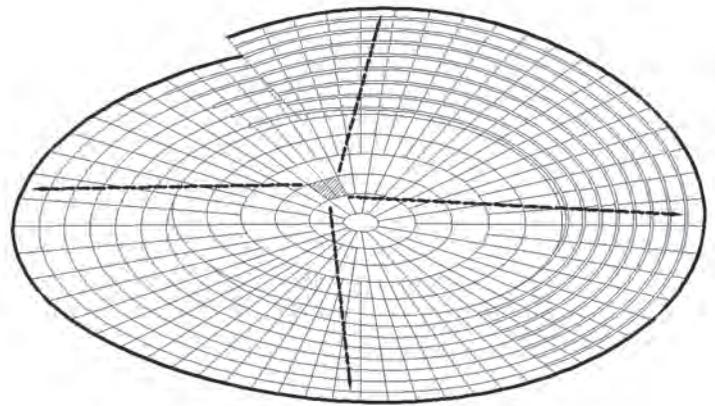
“金元宝”结构优化



“金元宝”屋面排水系统



“金元宝”双曲玻璃构造节点



“金元宝”清洁维护系统



“金元宝”效果图



“金元宝”实物样板



幕墙设计管理总结分析

1 幕墙设计独立于建筑设计

(1) 外墙系统设计概念的提出：外围护结构、半围护结构及开敞式结构的设计，包括雨篷、天窗及门窗，使用石材、玻璃、铝板、陶土挂板、轻质混凝土挂件等外围护材料将受力通过构件方式传递给横梁、龙骨及立柱的结构系统，均可以理解为外墙系统设计。

(2) 国内现状：国内没有独立的外墙系统设计单位，多数由具备幕墙深化设计资质的施工单位进行，但是对于体现建筑要求的效果、理解建筑师的想法甚至于成本估算的需求均未能完全实现，目前国内属于起步状态。

(3) 国际上的解决方案：独立于幕墙施工单位的幕墙顾问，对建筑师提供立面构造技术的支持，并对幕墙施工单位的设计、材料、施工、质量进行管理控制，但是对于非标准玻璃幕墙系统方面，国际上也处于探索阶段。

建筑设计是整个项目的灵魂，幕墙设计必须紧扣设计形式，提供可行的实施方案比

选，最终由建筑师确认构造尺度、材质及效果。幕墙设计是基于建筑设计的延伸和具体实施行为，我们周边不乏建筑大师优秀的作品，但是在实施过程中出现与设计脱节的情况，最终导致遗憾。

2 幕墙设计过程管理

(1) 制定设计意图、纲领、难点、要点；

(2) 设计执行中的进度复核；

(3) 检查设计效果，按概念图、方案图、施工图结合成本控制进行管理；

(4) 阶段过程中往往会出现问题，关键是及时反馈和改进；

3 材料选择的控制

(1) 国内产品效果接近于国外同类产品的，选择国内产品；

(2) 选择公司长期使用的产品，避免使用未合作厂家的产品；

(3) 对新产品进行系统考察论证，除常规考察外需进行以下考核分析：案例、设计能力、生产能力、加工水平、安装团队。

环船广场特色幕墙的考察严格按照上述要求，对于材料、构造、设计方及施工方进行深入调研，从北京到海口共考察了国内七个城市的项目，产品供应单位三家、案例数十个，深入论证了双曲面产品的工艺、适用范围、实施效果等，这些考察有助于建筑师在深化设计时对材料的选择和设计过程中的优化。

系统招标管理

(1) 投标单位选择：1) 分析拟选择单位的设计团队、加工场地及施工团队；2) 考察实际施工案例，包括已经完工和未完工的项目；3) 项目经理、团队的面试考察；4) 根据项目实际情况，设定合适的招标方法和定标原则。

(2) 招标方法：1) 具备前置设计条件的，要达到施工图深度再进行招标；2) 在设计难度高、不具备广泛设计的情况下可以在建筑方案阶段进行招标，但是定标须达到施工图阶段；3) 幕墙工程建议采用图纸内包干，详细梳理工作范围；4) 根据以上因素，





幕墙招标工作需于桩基开挖时展开，出地坪前一个月定标。

(3) 材料样板及工法样板制作：1) 展示定标时的材料选择情况；2) 明确施工工艺，便于施工管理；3) 对特色幕墙多次拆除安装，使安装工人熟悉安装工艺流程。

(4) 施工组织设计及施工管理团队的明确。

(5) 合理低价原则中标，特殊工程设计优选，成本控制原则定标。

加工工厂选择及施工管理

(1) 加工工厂选择及考察：1) 中标单位一般只允许在法定加工内加工、组装，便于控制产品质量；2) 特殊原因需要单独设立加工工厂

的，需要对工厂平面布局、加工设备及加工人员备案留存，便于在后期监控质量时考核；3) 设备必须满足相应产品的加工需要，加工人员必须保证有60%以上为3年以上熟练加工人员。

(2) 项目经理在施工管理环节上起着非常重要的作用，需要对以下内容进行考察：

1) 项目经理能力考察；2) 项目经理业绩考察；3) 施工管理团队考察；4) 施工器械、设备清单留底备查。

结语

以上是环船特色幕墙外围护结构的设计、招标、施工管理环节的经验分享，项目实施需要系统化进行组织，达到美观、节能、实用、低成本等目标。

环船广场的建筑设计方Callison事务所构建了其浪漫的灵魂，而幕墙设计正迎合了其优雅的展现，当环船广场去掉神秘的面纱，“金元宝”露出炫目的光环，“金属鱼”、“透明鱼”在海上世界游弋，我们将迎来海上世界的一个国际性商业圈，展现改革开放三十年招商地产改造蛇口的新面貌。AT

项目信息

业主方：深圳招商房地产有限公司
建筑设计：美国凯里森建筑事务所 (CALLISON LLC.)
幕墙公司：珠海市晶艺玻璃工程有限公司
设计时间：2011.08~2012.08
竣工时间：2013.06