

PARAMETRIC TECHNOLOGY APPLICATION IN CHANGCHUN CITY PLANNING EXHIBITION HALL AND MUSEUM

参数化技术在长春市规划展览馆及博物馆工程中的应用

撰文 吴锡嘉 李静威 王更生 中国建筑设计研究院建筑专业设计研究院



项目概况

长春市规划展览馆及博物馆工程是在建的长春市标志性工程，位于长春市南关区市府南路，紧邻友谊公园，与长春市政府办公楼隔湖相望。项目总建筑面积约5.7万 m^2 ，地上总建筑面积约4.5万 m^2 ，地下总建筑面积约1.2万 m^2 。

项目的主体由长春市规划展览馆、长春市综合博物馆、信息服务中心三部分组成。方案的设计理念是“绽放的城市之花”，采用呈倒锥形的花朵造型，平面轴线由非同心圆弧组成，外墙倾斜度在建筑周围不断变化；外围结构是立面呈菱形网格的钢结构柱；外幕墙是金属与玻璃交替，且在曲面外形的基础上又向外凸出，其平面呈锯齿形、立面形同倾斜的折扇。可以说该建筑的形体非常优美、创意新颖大胆，但深化设计和施工实现的难度也很大。

参数化模型技术在项目中的应用

得益于参数化模型技术，项目的设计、施工过程虽然困难重重，但都被一一克服，目前主体结构基本完成，幕墙正在安装。本项目中使用

参数化模型技术的主要有形体优化与轴网定位、结构建模、表皮深化设计、施工方深化与施工配合等方面，这些都是通过“人脑+草图+计算+Rhino+Grasshopper”实现的，以下的介绍注重设计的思路，略去计算机的操作。

形体优化与轴网定位

初设阶段的第一个问题，就是如何将自由的非线性形体解析成科学、可描述的工程语言，从而给结构和立面进行基本定位。这对于节约设计和施工时间，降低项目难度、造价和风险都起到至关重要的作用。

在初设阶段，建筑表皮的方案还在多方案比选中，没有完全确定。为了使设计进度不受表皮方案的影响，我们将问题理解为：不确定的表皮=确定的基本曲面+不确定的附加物，即“变量(V)=常量(C)+变量(V)”这样一个原理，我们将其称之为“VCV定律”。根据基本曲面，我们就可以进行结构定位建模、确定轴线、绘制平面等工作。

建筑的形体优化从基本曲面开始。根据方案的造型规律，我们选定了圆柱面和圆锥面作为基

吴锡嘉

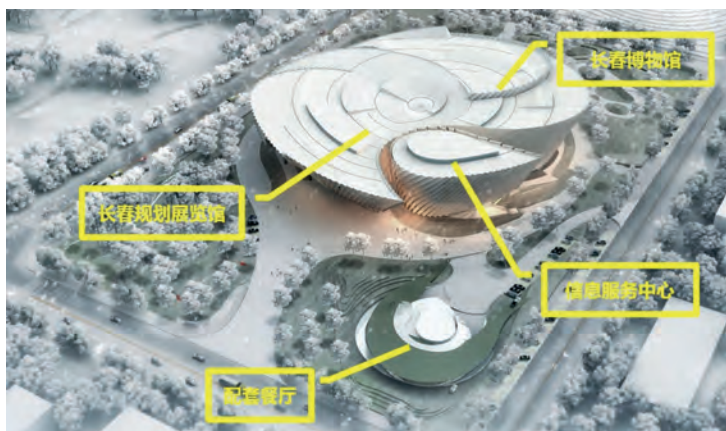
中国建筑设计研究院建筑专业设计研究院第六建筑设计研究室建筑师。清华大学建筑学学士，清华大学建筑技术硕士，研究方向为建筑构造。参与项目：北京复地·湾流汇别墅区、鄂尔多斯体育场、长春规划展览馆及博物馆等。

李静威

中国建筑设计研究院建筑专业设计研究院第六建筑设计研究室主任。哈尔滨工程大学建筑学学士。参与项目：重庆国泰艺术中心、鄂尔多斯体育中心、北京威克多制作中心改造等。

王更生

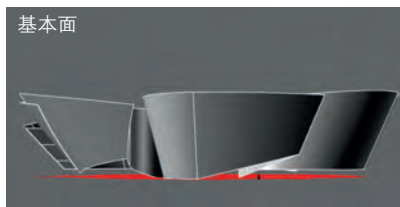
中国建筑设计研究院建筑专业设计研究院第六建筑设计研究室副主任。天津大学建筑学学士，天津大学建筑学硕士。参与项目：鄂尔多斯体育中心、长春规划展览馆及博物馆、广州珠江新城高尚住宅等。



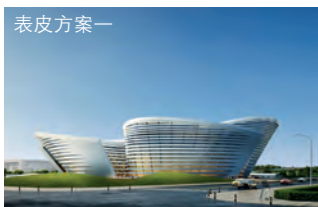
项目鸟瞰及主要组成部分



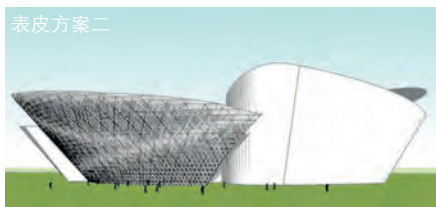
建筑效果图



基本面



表皮方案一

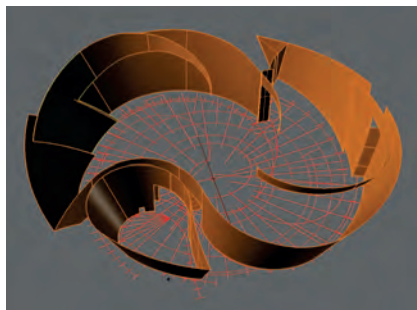


表皮方案二

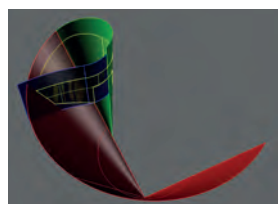
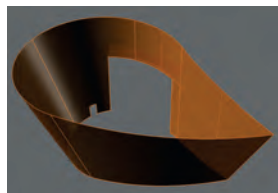


表皮方案三

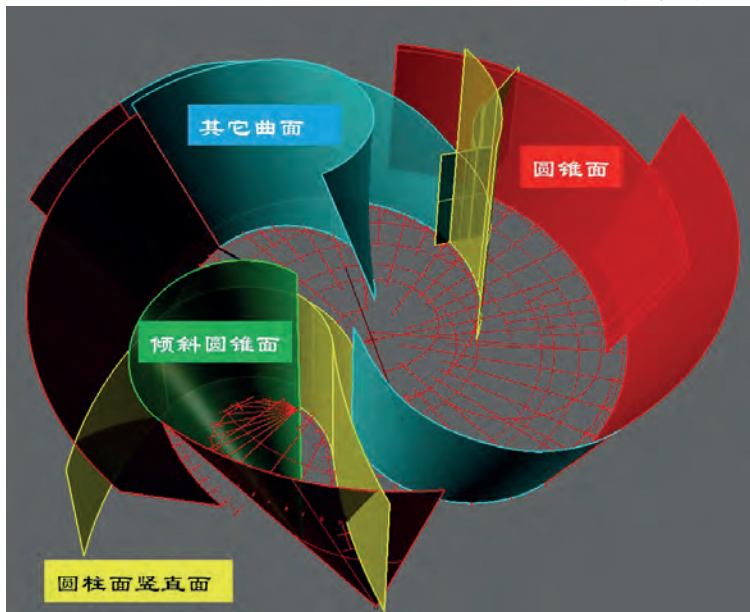
初设时期的几个表皮方案



独立于表皮的基本曲面



圆锥面的旋转复制性 信息服务中心的基本曲面优化



整体建筑的基本曲面优化结果

本曲面单元，因为这两种曲面都具有旋转对称性，有利于下一步幕墙单元的标准化。

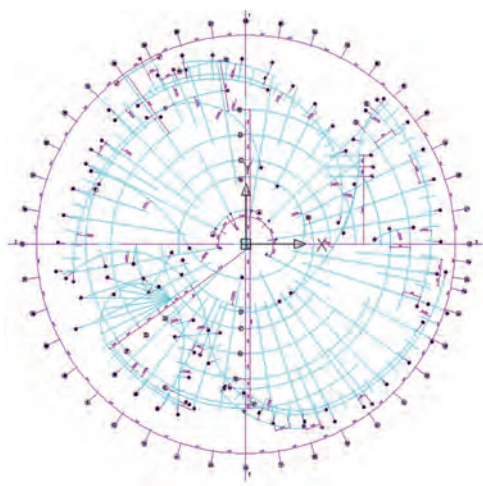
以信息服务中心为例，说明一下幕墙优化的原则和基本做法。信息中心的原设计意图是一个有外倾趋势的“花瓣”，基本曲面在靠近主体建筑的一侧为垂直，西南侧曲面向外倾斜，在垂直与倾斜之间采用渐变过渡。按照方案设计的感觉得，平面还要形成一个太极鱼形。首先依据“VCV定律”，将这个倾斜度渐变的曲面分成一段垂直曲面（C）+一段固定倾角的倾斜曲面（C）+一段变角度的倾斜曲面（V），并尽量增大

规律面（C）的比例，减少变角度面（V）的比例。垂直曲面用圆锥面拼成，固定倾角的曲面用倒立的圆锥面，在二者之间的过渡段使用了一个倾斜的圆锥面，其顶角等于倒立圆锥面的一半，这样就能无缝地将圆柱面和倒立圆锥面衔接起来。

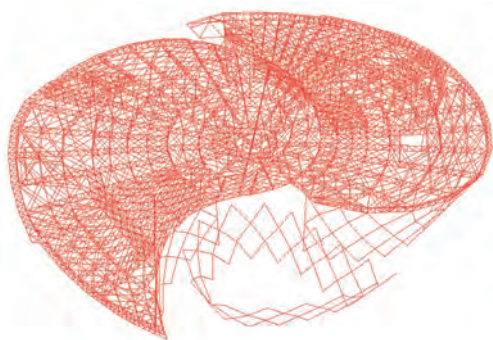
继续这个思路，最终将整个建筑都解析成有几何规律的形体，但是因为时间有限，其中一些变角度部分还是没有找到和办公楼类似的倾斜圆锥面，最终采用母线与地面夹角渐变的方式进行过渡，留下了一些遗憾。屋顶的形体优化思路更加简

单，是一个放射同心圆，将放射线的坡度进行渐变，这里通过一圈外围点的标高进行坡度控制。

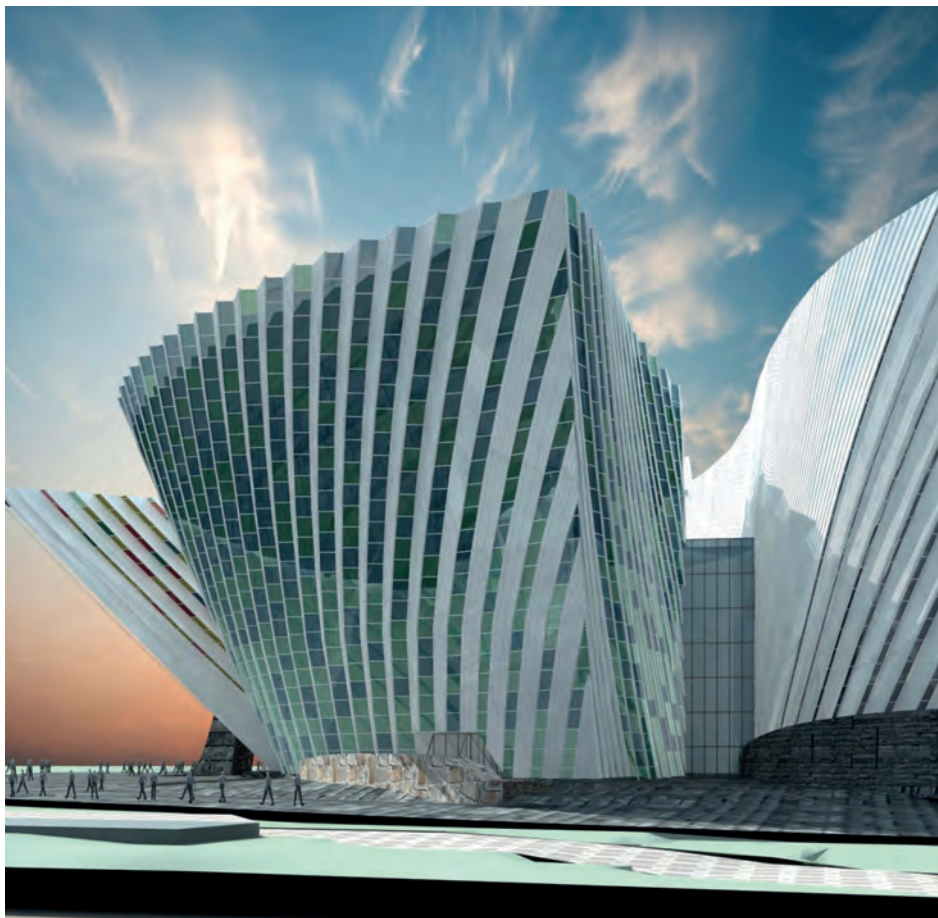
根据形体解析得出的原则和半径取整等操作，重新划定表皮轴网。在同心圆轴网体系之外，另设了非同心的曲轴和垂直于曲轴的径轴，并使得同心圆轴线和曲轴的分段尽量对应。在信息服务中心的变角度段，根据斜圆锥的几何特点，使用了不是圆弧的曲轴和不垂直于曲轴的径轴，最终形成了同心圆和非同心圆两个体系的轴线。完成了以上的优化，就可以比较准确地绘制建筑



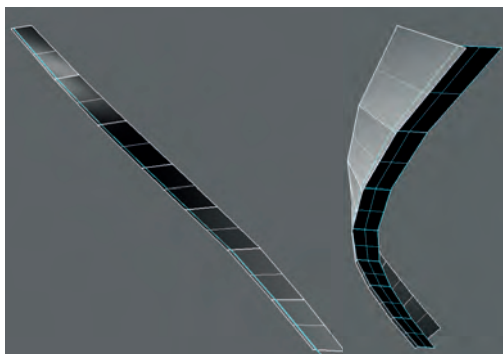
项目的轴线体系



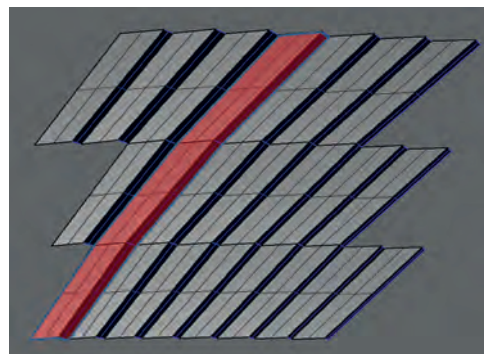
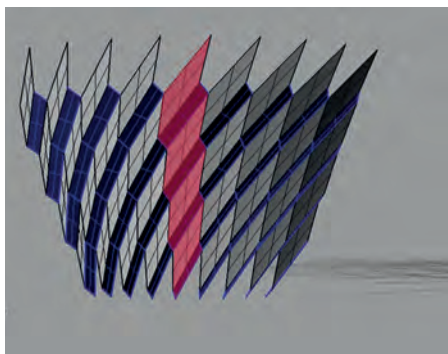
结构模型（屋架已经过结构工程师深化）



折板幕墙效果图



优化后的折板单元-玻璃是平面



横竖分格方式的比较

平面，并成为结构定位的基础。

结构建模

由于本项目的结构和表皮关系紧密，且对于结构体系造型的要求较高，因此该项目由建筑师建立初期结构模型，对可见部分的结构（主要是立面柱）进行严格控制，并由结构工程师进行模型深化和结构设计。

以外圈网格柱子建模为例，在与幕墙咨询公司初步沟通后，根据空间距离换算成平面距离，在建筑表皮轴线的基础上向内偏移出结构轴线，并以此轴线建立结构控制曲面，将这个结构曲面按照层高和柱跨间距的

母线进行规律等分，再在层间进行交错连接，就生成了标准化的菱形结构网格。为降低难度和造价，结构构件是直的，因此与曲面不会严格吻合，可通过调整分格密度，将这种差别尽量缩小。由于檐口高度变化，因此菱形网格在顶部规律被打破，此处进行了手动调节。

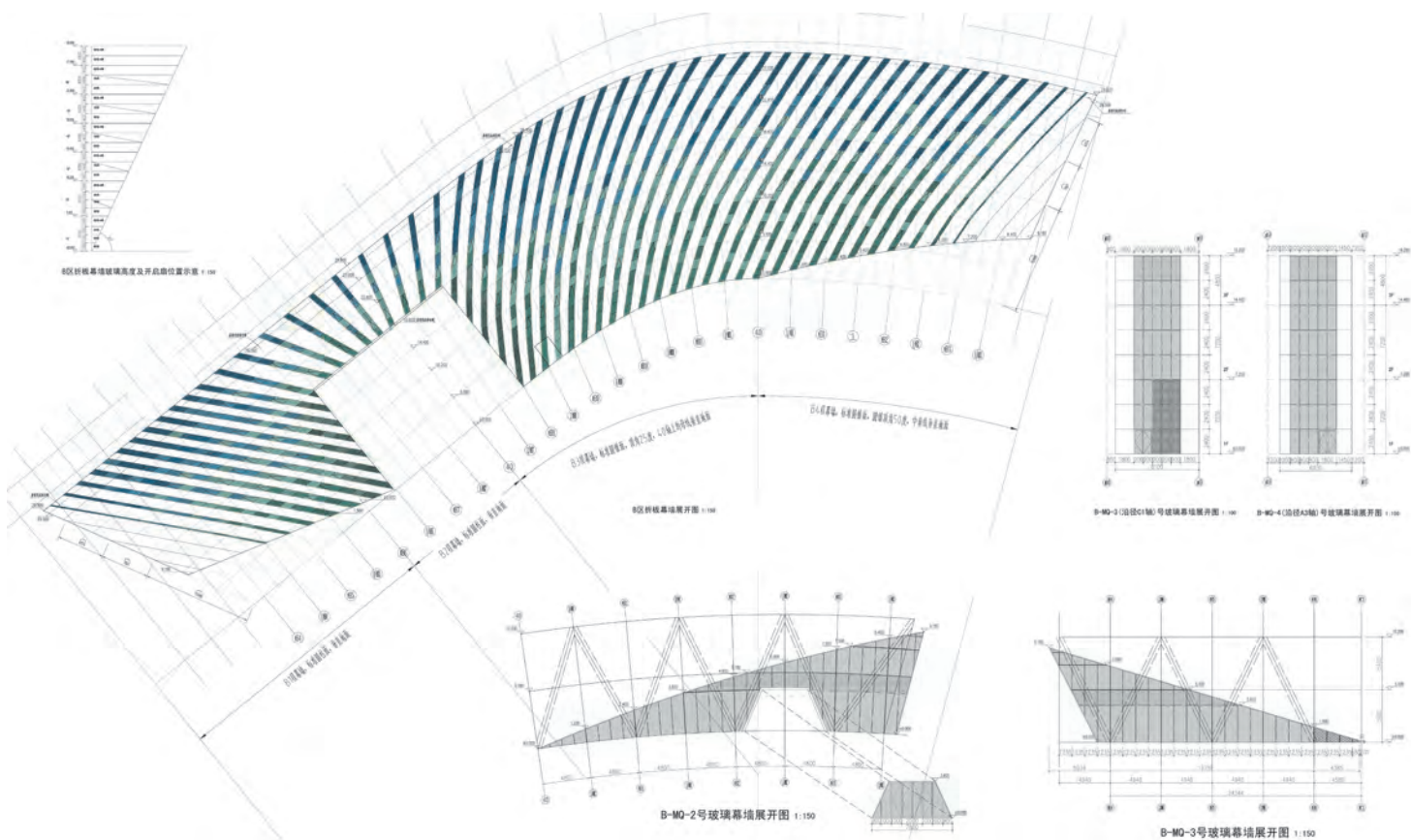
在形体优化的基础上，通过和屋面厂商沟通，从设计完成高度降低构造厚度，建立上弦桁架的控制面；再通过结构试算，定出各区的桁架控制高度，建立下弦控制面，结构深化就在这两个控制面之间进行；之后规

定放射桁架的轴线，将其投影至上下弦控制面上，形成上下弦的控制线。如此完成了对结构定位的总体控制，就可以交付给结构工程师进行深化建模和设计计算，同时可以确定结构轴线，用于前期的基础施工。

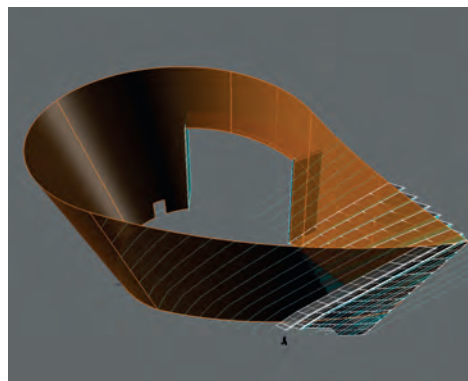
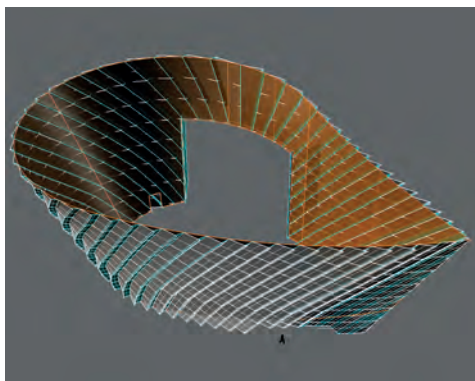
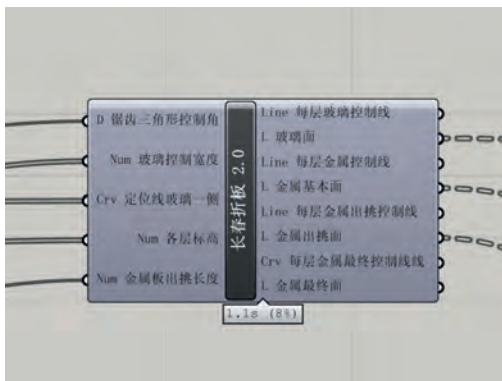
表皮深化设计

经过一段时间的讨论，项目最后确定了折扇形的表皮形式，玻璃和铝板幕墙交替布置，在原有曲面上形成第二个层次的曲面，这给设计带来了新的挑战。

由于没有找到能对本项目的曲面进行优化的幕墙咨询公司和幕墙厂家，所以幕墙曲



最终绘制的幕墙展开图



利用Grasshopper在基本上实现折板

面优化和标准化的工作也由建筑师完成。因折扇在曲面上也是倾斜的，沿着菱形结构的走向，就必然会得到所有的折扇面都是三维曲面（圆柱面是二维曲面、圆球面是三维曲面）。

曲面玻璃是很难实现的。目前用玻璃实现曲面的做法有几种：使用预制的热弯弧玻璃（如北京天文馆）、平面玻璃层层错动（如凤凰卫视）、玻璃切割成三角形（常见）。第一种办法造价太高，第二、三种办法很难达到让建筑师满意的效果，于是我们最终确定了将玻璃优化成平面的目标。经过几何分析，同样适用“VCV定律”，即曲面（V）= 平面（C）+ 曲面（V），实现了玻

璃面由平面四边形组成，曲面由铝板弯弧拟合而成。

在实现了玻璃平面化以后，铝板就必须是曲面了。拟合曲面最好的方法是将曲面切割成三角形的平面，如此造价低、难度小，但分缝多。考虑到最终效果，我们采用了双曲面铝板。由于单块玻璃和铝板的尺寸受到原料和运输的限制，不可能很大，分缝就不可避免。幕墙分缝形式也是幕墙构图的重要组成部分，常见的分缝有正交分格、错动分格等。针对本项目的形体特点，最初我们提出竖缝分格构图，因为是沿着圆锥母线分格，与曲面拟合度较好，但玻璃的形状不佳，且和楼层环梁等横向构件难以取得对应

关系。于是改用水平缝分格，水平缝分格与曲面的拟合度稍差，但玻璃的形状较好（平行四边形一条边平行于地面），也易与楼板等取得对应关系。

根据曲面的优化原理就可以在Grasshopper里编写模型程序，设置各控制参数：玻璃与基准面夹角、玻璃宽度、飞翼长度，对幕墙的细节尺寸进行推敲，最终权衡外观、造价、开窗难易度，从而确定幕墙细部尺寸。完成了以上深化，就可以将幕墙模型交给幕墙咨询公司进行构造详图设计，并绘制招标图纸。

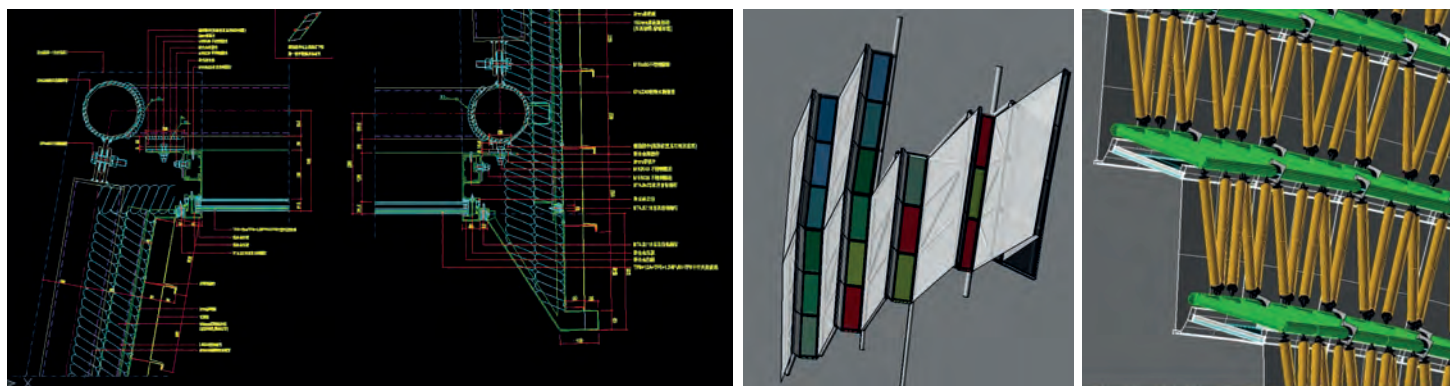
配合施工方的深化设计与施工

由于项目造型自由度较高，虽然经过前



钢结构深化过程（左起依次是建筑模型、结构厂家模型、现场照片）

施工现场照片



幕墙厂家的深化图纸及模型



幕墙样板及施工现场照片

期的不断优化，但还有很多不标准的部分，如前面提到的立面有变倾斜度的不规则曲面；檐口部分因为是变标高的，所以在这些位置的结构、幕墙都是不标准的。这些不可预料、不可描述的情况在前期总体模型和图纸中难以得到详尽的表达，这也给后期配合带来极大的工作量。自2012年底出具施工图后，我们配合深化和施工工作至今已近一年半，这一年半异常的艰苦和忙碌，长春的工地现场也去过数十次，很多问题非常棘手。

后期配合过程中有一半的工作是在Rhino模型上配合Grasshopper完成的。例如为土建施工方验证钢结构下方的净高、校核顶层机房的空间，为钢结构厂商进行补充

建模定位、节点设计，为屋面厂家进行定位和补充结构设计，为各个标段的幕墙厂家进行补充深化设计、个别位置的修改建模，校核钢结构深化模型与屋面、幕墙的碰撞，为室内设计、景观设计和BIM模型提供导入的钢结构和幕墙模型等。得益于Rhino强大广泛的导出格式和细致的导出设置，才最终能够实现与厂商的无缝配合。

结语

参数化模型具有科学、精确、稳定、易改、快速的特点，是非常适合设计师的工具。建筑师要补习数学和编程知识，才能更好地使用参数化工具。需要强调的是，工具是不能代

替思考的。从这个案例可以看出，没有这些思路，任何工具也是不能奏效的。一些对项目起到关键作用的决策，往往是通过设计师在脑中、草图、纸面计算的结果上做出的。在参数化模型的时代，建筑师和工程师的思维作用被加强而不是削弱了。思考原理、制定原则、评判成果成为设计者的主要任务。

随着参数化模型技术的普及，建筑模型必然会进入全面参数化的时代。建筑设计将更加科学和专业，建筑师更能赢得业主的尊重和信任。建筑师和工程师的思想被拓展和解放，借助参数化工具，将会有更多杰出的建筑作品涌现。AT