

杭州奥体博览城主体育场设计——参数化设计方法在体育建筑中的应用

Utilization of Parametric Design in the Main Stadium of Hangzhou Olympic and International EXPO Centre

撰文 籍成科 郑倬华 CCDI中建国际设计

摘要 以杭州奥体博览中心主体育场为例，介绍参数化设计方法与BIM协同设计在体育建筑设计中的应用。

关键词 参数化 BIM协同设计 体育建筑

参数化设计工具与方法的日趋成熟为建筑师提供了一种可能性：既可以在设计上充分发挥想象力，同时又不必担心与各领域工程师的信息交换及图纸的精确表达。由于形体与结构的复杂性，体育建筑设计成为参数化设计应用的一个典型领域。随着设计手段、施工技术、材料技术的不断进步，近年来国内体育建筑的形体与幕墙设计更加自由、结构构成更加复杂，杭州奥体博览城主体育场就是参数化设计应用方面的典型案例。

杭州奥体博览城主体育场是CCDI与NBBJ合作完成的一座大型体育场馆，位于杭州奥体博览城的中心位置，隔钱塘江与杭州新的市民中心相望（图1、2）。体育场建筑面积22万m²，建筑高度60m，设有8万个座席。体育场以“荷”为设计概念，有别于江对岸大剧院与会议中心构成的“日月同辉”的稳重，体育场追寻的是一种轻盈的律动感；通过编织的概念，将原本生硬的结构骨架转化为呼应场地曲线的柔美形态，再以一种秩序将这些体态轻盈的结构系统编织起来，最终形成了体育场的主体造型，使人群行走在其中时，能够享受到一种既震撼又轻盈的空间体验。

2008年该方案从数家国内外知名设计单位的竞标中脱颖而出，被确定为实施方案，欣喜之余也给设计团队带来前所未有的压力与挑战：罩棚形体与结构构成复杂、功能复杂、设计周期紧张。为能高效、高质量地完成设计工作，设计团队尝试采用了参数化设计方法，并将其应用到从概念设计到施工图设计的全过程（图3）。



图1 区域总图



图2 鸟瞰图

项目概况:

业 主: 杭州市奥体博览中心建设有限公司

设计单位: CCDI中建国际设计顾问有限公司

合作单位: 美国NBBJ建筑设计事务所

用地面积: 42万m²

建筑面积: 22万m²

座席数量: 80 000个

建筑高度: 60m

项目总负责: 胡晓明 (CCDI), Robert Mankin (NBBJ)

项目经理: 刘慧 (CCDI)

建筑设计: 胡志亮, 籍成科, 秦迪, 朱丹, 刘诗扬 (CCDI)

Beom-Seok Suh, Nathan Miller (NBBJ),

结构、机电设计: CCDI中建国际设计顾问有限公司

设计/建成时间: 2009/2013 (预计时间)



图3 效果图



图4 GRASSHOPPER脚本—NBBJ

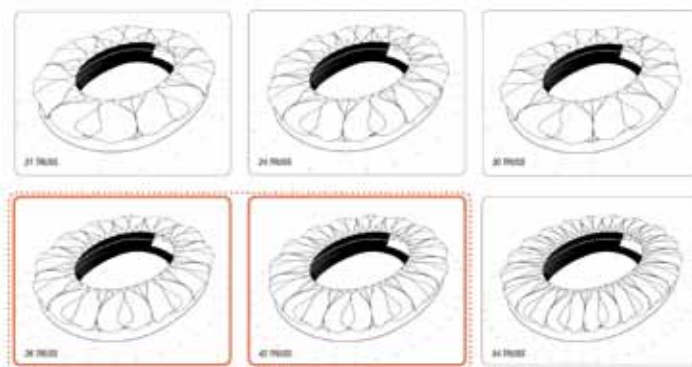


图5 利用参数化方法快速形成多方案比较

1 罩棚及钢结构设计

1.1 形体生成

整个罩棚的形体和结构使用Grasshopper编写的脚本来生成(图4)。在方案初期,设计师通过参数调节单元形体及整个罩棚的单元数量,快速、准确地生成一系列比选方案,使建筑师可以做出更准确的决定(图5)。

在初步设计和施工图阶段,设计师通过对脚本的进一步优化,来减少单元种类、优化曲面曲率。利用参数化工具,经过不断地参数化研究,将罩棚体量从自由曲面优化为一系列基本曲面单元的组合,最终确定体育场罩棚由14组“花瓣”单元构成(图6),每个单元包括3个三维曲面。其中外侧的两个曲面为镜像关系(图7),既实现了柔美轻盈的设计概念,又满足了工业生产对标准化的要求。

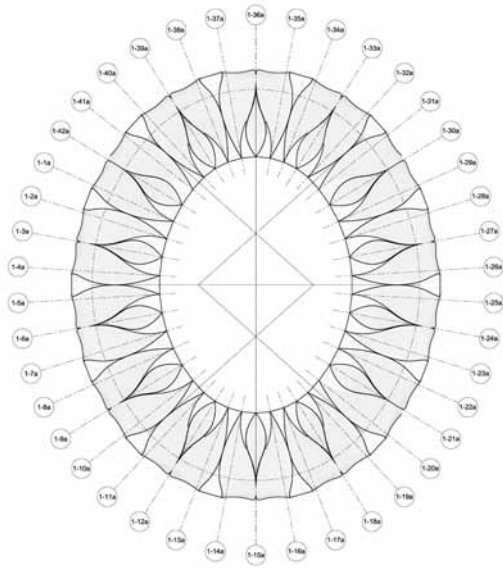


图6 罩棚平面图



图7 罩棚单元构成

1.2 结构设计

体育场馆的结构设计在很多情况下都不单纯是由结构专业的需求决定的，因为大多数场馆的结构会直接暴露在观众席上方，这些暴露的结构本身就已经成为建筑物整体效果的重要组成部分。同时，由于工具软件使用的限制，对于杭州奥体博览中心主体育场这样形体复杂的建筑来说，结构工程师往往也需要建筑师的帮助才能准确无误地建立起结构的计算模型。在参数化设计方法介入以前，建筑师与结构工程师的配合是单向的、不可逆的，即建筑师建立模型提供给结构工程师，由结构工程师在专业的结构计算软件中进行计算验证，然后将计算结果和要求反馈给建筑师，再由建筑师按照新的要求重新建立模型（图8）。这种方式带来一个局限性就是模型的修改性比较差，建筑师建立的模型基本上都是“一次性”的，如果结构工程师通过计算认为模型受力不合理，或需要对跨度、杆件间距、杆件数量进行调整，模型往往需要重新建立。这种工作方法周期长，效率很低，而且无法避免人工建模过程中出现的误差。

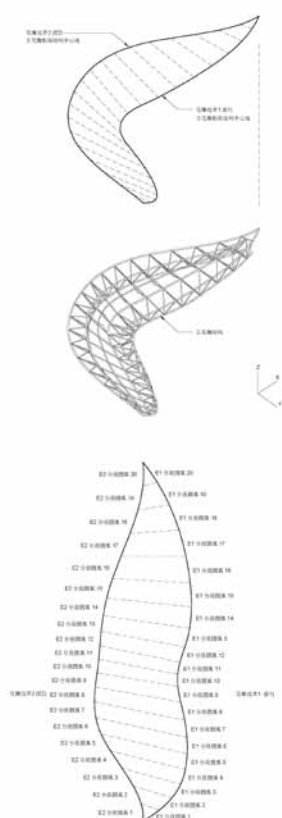
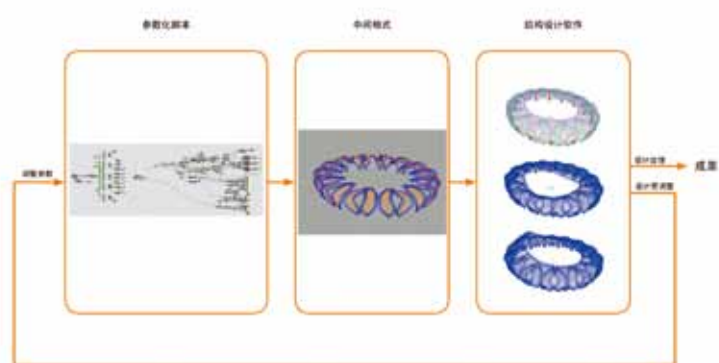
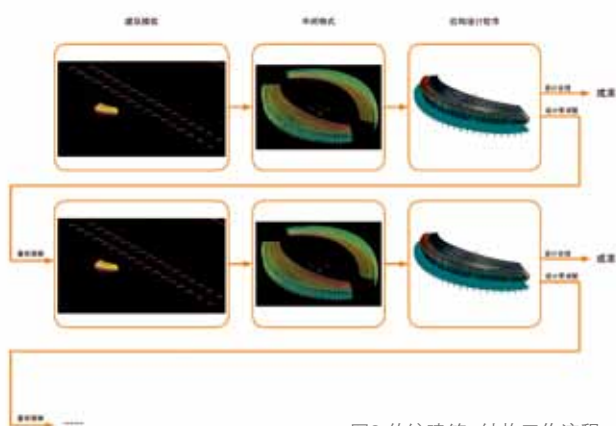
参数化设计出现后，建筑师建立的是一个脚本，而不再是以往在计算机里面的虚拟模型。在与结构工程师的互动过程中，建筑师只要根据各方面的反馈信息在脚本中调整一些参数，就可以由计算机自动重新生成符合新条件的模型，使得单一、纯人工模型的生成过程变为互动、可逆的过程，其效率和准确性比传统方式有了飞跃式的提高（图9）。

1.3 文档编制

参数化模型的另一大好处就是可以随时提取所需的构件信息，以图纸或表格的形式体现在建筑设计的输出成果中。以本项目为例，建筑师将每个曲面的边界定位点利用参数化软件生成表格（图10），作为幕墙设计的依据，而传统的建模方法面对复杂曲面时往往力不从心，更不用说随时随地提取各项构件信息了。

2 看台设计

作为体育建筑设计的核心工作之一，看台设计体现着体育建筑的使用品质（图11）。看台的视线计算繁复、精细，往往通过多个评价指标加以控制，才能确保看台的视线品质良好，观众分布合理；此外，在看台设计中，观众出入口的分布既要满足疏散安全的要求，还要使场内效果均匀。在参数化设计方法介入之前，这个过程需要大量的时间手动设计并反复校核，还要有大量的经验才能使看台设计达到较好的品质。杭州奥体博览

[illegible]

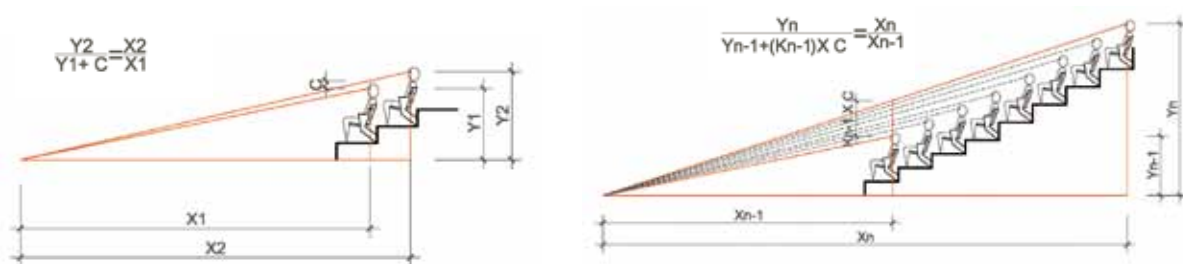


图12 视线设计原理图



图13 看台设计参数

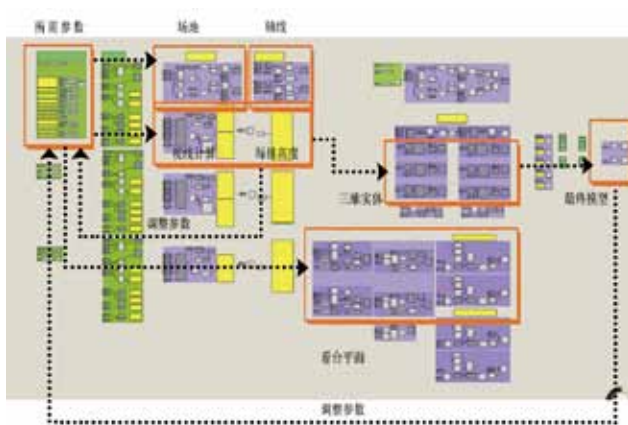


图14 看台参数化Grasshopper文件

中心主体育场采用参数化设计方法，按照《体育建筑设计规范》要求，并部分参照《Guide to Safety at Sports Grounds(fifth edition)》进行看台设计，将视线计算的过程利用参数化设计软件程序化，使得看台设计调整的过程直观可见、方便可控。

看台视线计算一般采用折线法： $Y_n=[(Y_{n-1})+(K_n-1) \times C] \times X_n/(X_n-1)$ 。

其中X为人眼距视点的水平距离，Y为人眼距视点的高度，K为计算段内的排数，C为视线升起值，即视线穿越前一排观众时距前排观众眼睛的距离。其基本原理为相似三角形原理，由首排开始，可以根据公式推断出其后续某排的高度，再以此为已知量继续向后循环计算。

影响看台设计的参数主要包括中心场地轮廓、视点选择、出入口数量、看台层数、每层看台起始位置、排数、排距、C值等（图12~14）。

在Grasshopper中设置好以上参数后，使之按照上图所示流程运算，可以得到看台平面、剖面及三维模型（图15，16）。然后再综合整个体育场的空间造型及剖面关系，来判断之前的哪些参数需要调整以使看台设计达到最佳效果。由于减少了绘图及视线计算等中间过程中的大量重复性工作，“电脑”代替了“人脑”，使设计更加高效、直观。

3 BIM协同设计

杭州奥体博览中心主体育场形体复杂，在二维图纸上很难完全理解其空间关系。因此在施工图后期，借助BIM设计软件，对二维管线综合的结果进行三维校核，避免了出现影响空间效果的管线布置，同时在设计阶段减少了管线冲突的几率，降低了施工阶段修改设计的数量，节约了工程造价（图17，18）。而参数化设计的理念和技术特点非常好地与BIM在方案深化阶段对接，使得建筑师的设计意图在工具和平台上能够完美地得到各专业的支持和配合，大大释放了建筑师的想象空间，也为业主提供了更多的选择方案。

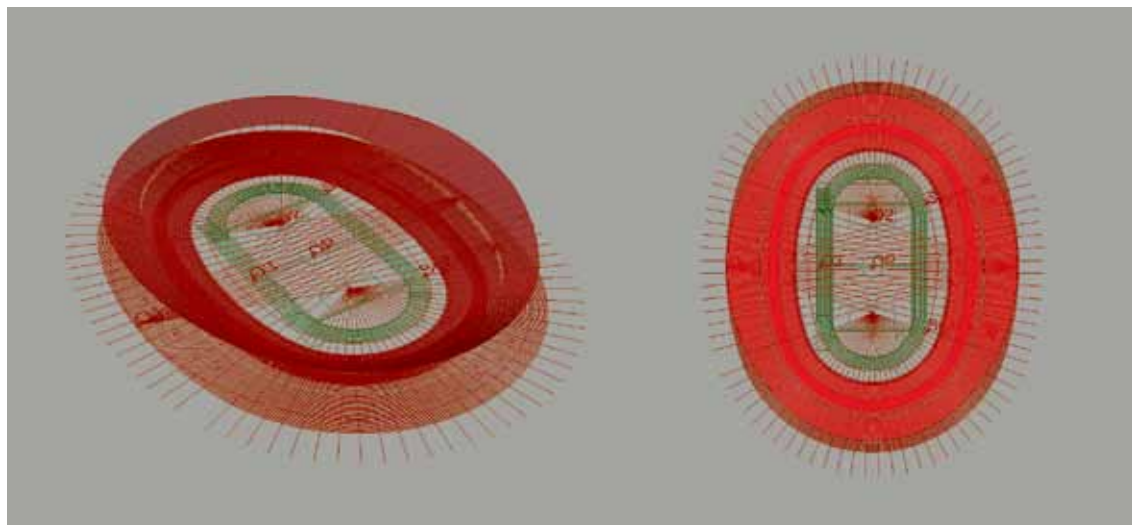


图15 看台三维模型

图16 看台平面轮廓

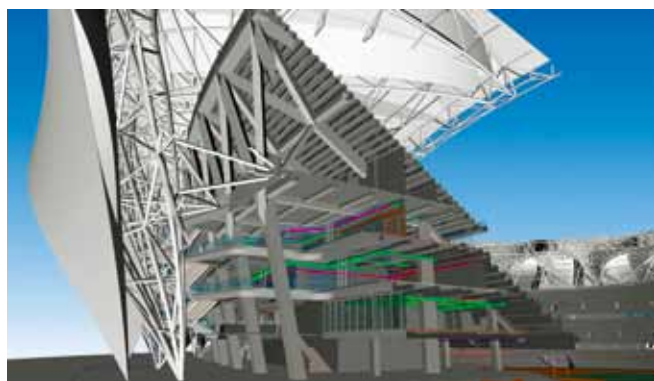


图17 BIM模型

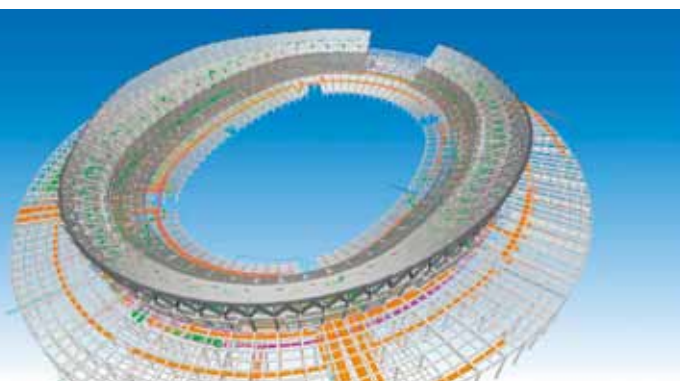


图18 BIM管线综合模型

4 后记

在CCDI体育事业部设计过的诸多体育场馆中，杭州奥体博览城主体育场可以算作一个转折点：由于参数化设计手段的介入，使得设计思路更为自由，工作效率得到极大提高，设计表达更加精确，目前这一方法已经被应用到更多的场馆设计中。随着参数化和BIM的应用，建筑师不仅对于复杂形体和空间的控制力进一步提高，而且可以提前发现设计中的错漏碰缺，使设计的准确性得到大幅度提升。对于CCDI来说，参数化与BIM的应用依然在起步阶段，但随着越来越多的建筑师参与其中，借助各种资源平台的帮助，相信很快会在这一领域取得更大的成绩。



作者简介

籍成科，CCDI北京区域体育建筑事业部建筑师，毕业于天津大学。主要参与的项目有国家游泳中心、国宾酒店、杭州奥体博览中心主体育场、济南体育中心、山西体育中心、呼和浩特市体育场、老挝国家体育公园、天津西青区体育中心等。

郑倬华，CCDI体育事业部建筑师，毕业于天津大学。主要参与的项目有马鞍山体育中心体育馆和会展中心、杭州奥体博览中心、山西省体育中心游泳馆、江苏泗阳体育场、南昌国际体育中心、济南奥林匹克体育中心游泳馆、国家网球中心等。