

公司名称
北京市建筑设计研究院

项目地址
中国，北京CBD核心区Z6地块

应用软件
Autodesk® Revit®
Autodesk® Forge
Autodesk® Simulation CFD

北京CBD核心区远洋集团及 汇丰银行总部大厦(Z6 TOWER) 项目中的BIM应用

随着科学技术的发展，全数字信息模型在建筑设计及工程建设领域有了越来越广阔和深入的应用。对于建筑师来说，正是BIM辅助设计令曾经的纸上谈兵变为真实可行的实际工程，极大地扩展了建筑工程的丰富性。在诸多超大型、超复杂三维空间体系的建筑工程中，BIM设计正在承担着越来越不可或缺的位置。在本项目中，我们充分利用BIM体系的各项优势，表皮设计与平面设计并行，各专业信息均整合于同一个模型中，不仅实时解决设计问题，而且在数字模型中进行二次深化设计。可以说，本项目在实施之前，每一处细节已经完整地在虚拟空间中建造了一遍。如此高完成度的BIM精细化设计，可以极大地为业主节省施工造价和各方配合时间，同时也是建造高完成度设计精品的有力保障。

— 解立婕
设计总监
BIAD4高层与城市综合体设计中心



图1 项目图

北京市建筑设计研究院

北京市建筑设计研究院（英文名称：BEIJING INSTITUTE OF ARCHITECTURAL DESIGN。以下简称BIAD）成立于1949年10月，是与共和国同龄的大型民用建筑设计机构，在民用建筑设计行业中处于领先地位。

BIAD 始终将设计精品工程和保持技术领先作为自己的责任，从1977 年以来至2016 年05 月，设计获国家奖65 项，获建设部奖354 项，获北京市奖799 项。科研获国家科技进步奖28 项，获部科技进步奖104 项，获北京市科技进步奖155 项。获詹天佑土木工程奖21 项。

在多年的工作过程中，BIAD 逐步形成了一个优秀的设计团队，并集中了一大批优秀的建筑师和各个专业的工程师，其中工程院院士1 名，国家设计大师11 名，突出贡献专家12 名。

BIAD 具有以下资质：

Enterprise Qualification
 工程设计建筑行业甲级（A111017357）
 Certified Grade A of Engineering Design
 城乡规划设计甲级（[建]城规编第111238）
 Certified Grade A of Urban Planning and Design
 工程咨询甲级（工咨甲10120070006）
 Certified Grade A of Engineering Consulting
 工程造价咨询甲级（甲120111000283）
 Certified Grade A of Engineering cost consulting
 旅游规划设计甲级（旅规甲03-2011）
 Certified Grade A of Tourism Planning and Design
 风景园林工程设计甲级
 Certified Grade A of Landscape Engineering Design
 环境工程（物理污染防治工程）甲级资质
 Certified Grade A of Environmental Engineering
 (Physics Pollution Control Engineering)
 对外承包工程资格证书
 Certificate of Qualification for Foreign Contracted Projects
 对外贸易经营者备案登记
 Registration and Registration of Foreign Trade Dealers

自21世纪以来，BIAD保持北京和北京周边地区的传统优势的同时，各分支机构及区域设计中心逐步形成地区优势。BIAD在全国范围内完成了一大批城市标志性建筑。如昆明长水国际机场航站楼、银川火车站、南京南站、广州南站、太原煤炭交易中心、深圳湾体育中心、西安唐大明宫国家遗址公园、济南大剧院、海南博鳌亚洲论坛、浙江中国美术学院、三亚喜来登酒店等项目。经过多年发展，现有分支机构13处，国内合作办学4家。

此外，BIAD重视在国家支持新兴地区的发展投入，承接了大量项目。这些项目设计工作的实施，标志着公司在重要项目、复杂项目的设计、管理方面具有一流的技术能力和组织能力。

BIAD BIM研究所为公司直属部门，除公司丰富的技术资源外，目前有员工42人，其中高级顾问2人，博士后2人，硕士3人，高级工程师3人。所有员工均具有建筑相关专业高等教育背景，设计或施工单位工作3-25年经验。

BIAD BIM研究所在十年持续不断的实践中，参与和完成了不同类型项目的BIM实施工作，建筑类型涵盖大型公共建筑、综合性商业地产以及高端住宅的各种类型；工作内容覆盖了从BIM辅助标准化设计、建筑表皮和钢结构的数字几何规格控制，到机电管线综合、楼层净高优化、园区场地覆土分析、施工阶段配合、BIM智慧建筑及园区运维系统建设、以及基于BIM平台的全过程项目管理交付的咨询顾问、基于BIM设计的标准化研发等各项工作。并承担多项北京市科委、国资委重大课题。

一、项目概况

北京CBD核心区远洋集团及汇丰银行总部大厦（简称Z6 TOWER）是位于北京朝阳区CBD东扩区的西南，东临金和路与中央公园相望，南至景辉南街。项目占地面积11007m²，是集办公、高档酒店、商业、地下车库为一体的大型综合建筑。



图2 总平面示意图

Z6塔楼在CBD核心区总体规划中就有非常独特的地位。作为该区域第二高的塔楼，它坐落于靠近长安街于三环路交口的位置；且为了优化看向塔楼及从塔楼向外的视野，它也是CBD核心区唯一一个楼体被旋转的项目。

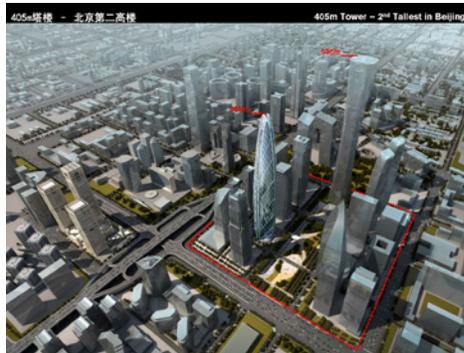


图3 东南侧鸟瞰图

Z6 TOWER总高度达405m，总建筑面积为23.88万m²，其中地上建筑面积19万m²，地下建筑面积4.88万m²。地上68层，地下5层。塔楼包含约14万的国际甲级写字楼和一个超五星级酒店，同时在地下及裙房配备少量高端配套商业。位于塔楼上部的豪华酒店拥有一个随造型逐层收分的高大中庭，中庭顶部设置弧形反光板令中庭也可享受柔和的自然采光。整体塔楼按照中国绿色三星及美国LEED金级标准设计。

本项目由Foster+Parnter进行方案设计，北京市建筑设计研究院全程顾问并完成项目BIM设计及施工图设计工作。

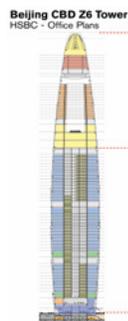


图4 塔楼功能分区示意



图5 酒店中庭示意图

建筑的造型基础来源于椭圆形的几何图形，其幕墙在顶部圆润收分，并从最宽的楼板处平缓的向底部收窄。建筑的角部由4对巨柱构成，巨柱从底部缓缓的沿曲线向上延续，并在接近塔楼顶部的位置交汇。顶部“泉眼”的曲线特征造型非常独特，可以从远处清晰辨认。巨柱之间的主立面由完全一体式的斜交网格构成。柔和弯曲的巨撑件是立面的主要特征，它戏剧般的沿各立面向上延伸形成了一个对称的图

案，勾勒出犹如“正在绽放的花朵”般有机的景象。

建筑主体采用了双层幕墙体系，其外层幕墙为全单元化单层夹胶玻璃，内层幕墙为单元式双层中空玻璃。外层幕墙板块由其所处位置有内倾、垂直、外倾等多种角度变化，呈鳞片状相互交叠；内层幕墙板块为垂直的单元式矩形板块。

在本项目中，建筑造型、内部空间、幕墙细部均高度复杂，传统二维图纸已不能表达建筑设计理念，项目团队必须借助BIM体系才能高精度高完成度的完成整体设计。

二、BIM在项目中的应用

1. 项目难点

本项目设计难点：

1. 建筑三维造型的精确定位；
2. 复杂三维表皮设计及建筑表皮与结构一体化设计；
3. 创新性结构体系在高烈度设防地区的重大挑战。

2. BIM在造型设计及幕墙设计中的应用

1. 面对的复杂性

超高层建筑外围护结构本身工程量大，工程造价高，这就需要更严格的设计精度。Z6整体几何来源于环状基本形的片段，是在一个标准圆弧面上跟据理性且系统的设计逻辑进行逐层倾斜的网格划分，这造成了造型中幕墙每个网格单元基本都是双曲面玻璃板块。项目团队通过BIM工作将表皮进行了平板化处理，并创新性形成鳞片状叠合逻辑；通过调整算法使各板块得以用最小的错缝拟合出双曲造型，并形成丰富独特的表皮肌理效果，仅此一项为业主节约了30%幕墙造价。

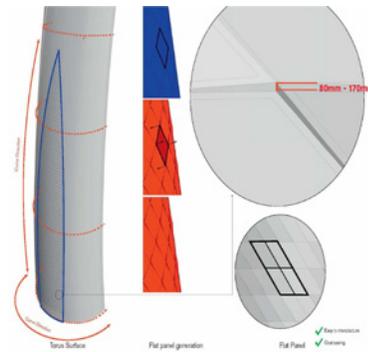


图6 幕墙生成逻辑及平板化策略

考虑到建造实际，双曲的几何单元带来玻璃单元板块、幕墙框，倾斜交叉的结构体系及其外包铝板等都需考虑平板化，而鳞片拟合曲面

带来错缝对位等一系列问题，这些都需在综合考虑视觉效果与工程建造之间做大量的优化工作。同时，尚需通过计算控制板块分类，减少板块种类及异形板块数量；并通过计算控制垂直分割的内幕墙板块与外墙的合理间距。

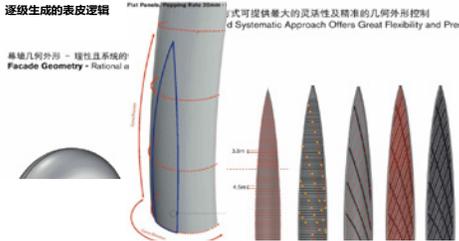


图7 表皮生成逻辑

2. 模型构建方式

为了应对复杂、精确的几何定位系统，这些几何定位系统能够澄清建筑各个元素之间的定位关系，尺寸大小。这些几何体系并不代表任何的实体构件，而是为了定义整个幕墙体系的“骨架”，后面所有的幕墙深化都在这个骨架体系上展开深化。

项目团队为这些所有的几何体系都编写了简洁明确的数学几何生成规则，从某种意义上说这些几何规则是设计的DNA，而这些简洁明确的规则天然的适合计算机参数化生成，项目团队把这些几何规则“翻译”为程序代码，最终在建模软件平台上编写了上万行的代码精确描述了整个建筑幕墙系统，整个幕墙模型全部是由代码脚本生成。

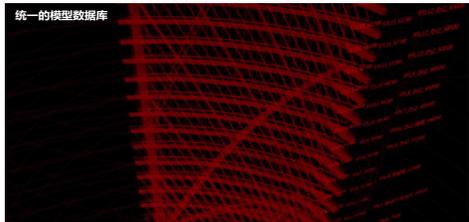


图8 数据化模型

3. BIM在复杂空间设计中的应用

Z6塔楼上部的酒店包含一个逐层收分的中庭空间，塔楼核心筒根据结构验算由钢筋混凝土结构转为钢网格结构；同时客房区所有机电竖

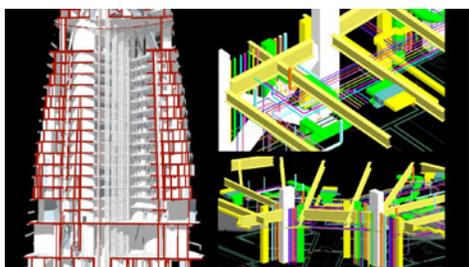


图9 三维中庭空间机电解决方案

井均层层错位。机房设备的放置和管线排布必须通过BIM平台在三维空间内解决。

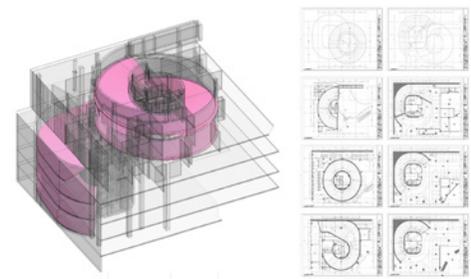


图10 复杂坡道研究

本项目中各种复杂空间均通过BIM进行了详细的分析及检查工作。如在方案深化阶段，垂直位移的环形坡道及穿插在内部的疏散楼梯、首层大堂空间、顶部会所等特殊空间通过Autodesk Revit数字建模进行分析评估方案可行性；在初步设计阶段，利用Autodesk Revit、Autodesk Simulation CFD等解决复杂屋面的机电设计、三组相互穿插的楼梯空间、三维曲线柱与宴会厅的空间关系、酒店中庭的采光、烟气模拟分析等技术问题。随着设计进程的推进，模型信息逐步增加。随着全专业信息模型的建立，项目团队可以精确控制各专业整合后的建筑空间形象，并对幕墙顾问公司的成果在模型中做出反馈。可以说，本项目所包含的各种空间在工程的不同阶段均在BIM平台中进行了详尽的推敲及精细设计。

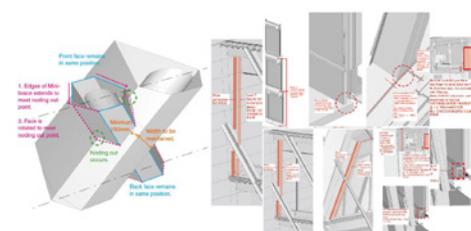


图11 幕墙施工节点推敲

4. BIM在专业设计及研究中的应用

1. 结构设计

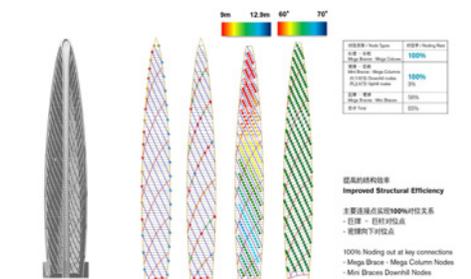


图12 结构节点优化

Z6项目结构设计最大的挑战就是不规则网格体系的钢结构节点设计。其外框筒由四片相同的

结构组成，呈花瓣形。每片包含一对钢管混凝土巨柱，一个方向弯曲伸展的六根巨撑和反方向布置较密，间距均匀的密撑。巨撑、密撑及楼面梁等相互斜交形成了各类复杂节点。项目团队通过弹性有限元逐个分析钢结构节点，有针对性的对其进行加强设计。

在结构设计过程中，由于巨撑、密撑及楼面梁等相互斜交形成了各类复杂节点，对结构专业而言，整体外框筒结构不论从其复杂的受力系统还是复杂的节点设计都具有相当的挑战。正是由于BIM系统的应用，解决了设计过程中的一系列问题。项目团队利用结构计算软件对接几何模型对主结构模型进行了大量调整计算工作；通过调整结构中心线，优化结构交点位置，减少了异形玻璃板块并满足结构最佳受力原则和钢结构节点的可实施性。采用ANSYS模型对性能控制参数复核并进行高端弹性稳定分析，基于准终态模型，采用插件完成结构中心线的提取，导入通用有限元分析软件，施加各工况荷载及边界条件，形成结构计算分析模型。

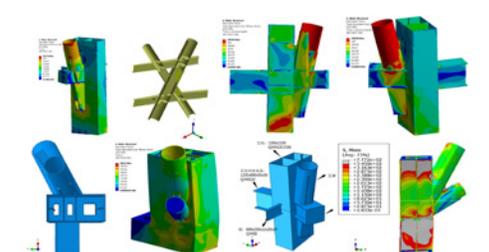


图13 节点应力分析

2. 双层幕墙研究

由于本项目采用内部垂直幕墙与外部鱼鳞状幕墙共同组成宽腔双层幕墙系统，因此针对幕墙空腔通风及遮阳参数进行CFD模拟并指导构造细节的选择。复杂的空间组合关系更是需要借助BIM平台完成细部设计。

同时设计中，项目团队通过使用计算机技术对建筑光环境、风环境、热工性能、火灾危险性等物理环境进行分析模拟，及人流分析和建立风洞实验模型，指导方案设计及构造细节的选择，使设计更加节能、合理。

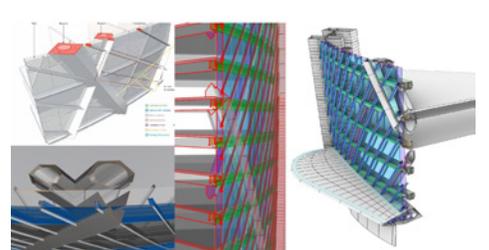


图14 结构与幕墙一体的数字信息模型

5. BIM在多专业协同方面的应用

Z6项目具备较高的复杂性，基本各层平面均不相同，各专业之间相互关系更加紧密。项目团队在项目即建立BIM设计平台，随着设计节点不断输入和更新建筑、结构、设备全专业BIM模型，同各专项系统，幕墙系统一起进行三维校核。在专项系统设计中，如楼梯系统、电梯系统、卫生间系统，项目团队发挥Autodesk Revit平台的优势，集中处理大量信息。

1. 信息的传递

Z6项目参与方多，设计周期长，怎样共享、传递、整合各方的设计信息，提供一个统一、便捷、精确的模型平台是项目团队面临的一个巨大的挑战。

应对这一挑战，项目团队从最基本描述几何体型的坐标点、弧线、标准面，到结构中心线、玻璃单元，外包构件等，都设计了一个完整清晰的命名体系来组织。连同文字示意图、数据表、公式坐标点共同形成一个几何说明文本，这样表达设计意图的整个定义体系的几何元素信息都能被保存、检索、传递。不同设计团队之间、顾问方、施工方在各自软件平台上都能制作出完整、唯一的几何模型。对于Z6这样一个复杂异形体型来说，这种方式使得设计得以准确高效的进行。例如，幕墙深化过程中，施工方在考虑到具体技术容差、沉降要求等预留后，依据几何说明展开节点设计。节点设计完成后再回到整个几何模型里面，检查协调各种设计关系。最终得到一个完整的项目信息模型，这样的“数据库”也为直接对接后期的自动化加工制造、安装定位打下基础。

有了这样一个完整的数据库，面对不同工程参与方的需要，不光传递模型，而且能方便高效的提供完整的数据表格、相关的设计条件、生成逻辑，这样比单纯的模型传递更能完整的传递设计信息。一个单纯的模型仅能承载部分的尺寸信息，而这些尺寸信息在使用提取时往往困难。

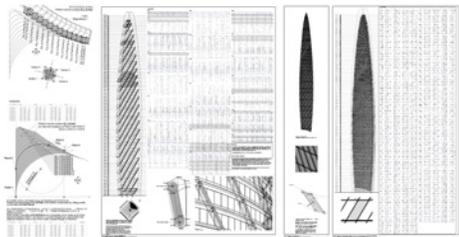


图15 模型数据传递

2. 模型的深度

模型的深度没有对具体构建详细程度作为标

准。而是随着设计的进行逐渐深化，标准就是满足各阶段的设计需要，能够完整描述各阶段的设计成果。在设计初期，基准的定义弧线也都保存。在施工图设计阶段，为了二维图纸的表达，项目团队做了许多快速出图的脚本和模型。

6. BIM体系设置及信息管理

在当前技术条件下，单一的BIM工具完全无法实现如此复杂项目的设计目标。项目团队在策划阶段，就确定了多平台协同工作，以适用性为导向的BIM技术框架。如建筑外围护体系使用三维建模软件作为设计的核心平台处理曲面；大平面系统则使用传统的AutoCAD平台，保证设计的时效性；对于楼电梯、核心筒、卫生间、机房这样的独立标准组件，项目团队使用Autodesk Revit平台，利用建筑信息化的优势，确保这些复杂组件的三维准确性。通过成熟的协同设计平台，将这三个大的体系整合在大平面中，实时更新，协同工作。

基于Autodesk Revit工作平台，项目各专业的构件信息可方便的被提取进行分析统计，几何规则通过数据在不同软件平台中流动，适应不同参与方的模型数据沟通。借由交互式平台可更加直观的展示数据信息，方便施工现场监控。

三、BIM应用创新点

正向设计

项目团队利用BIM系统进行多专业混合的智能模块化设计，可以同时辅助多专业并同时出图。正向设计可以极大地提高设计精度，提高BIM模型的使用率。用BIM模型设计的好处是：多专业模型混合、以及在一个模型环境里进行设计沟通，尽可能地保证了设计的一致性及降低了沟通成本。

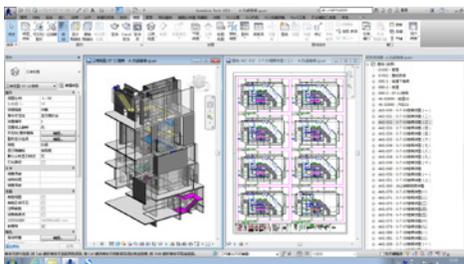


图16 基于Autodesk Revit平台的多专业混合设计

开发基于 Autodesk Revit 平台的相关智能处理软件

项目团队根据本项目进行了二次程序开发，可以智能完成自动归档、图纸目录编号等工作，

基于Autodesk的forge云服务，开发了平台化的图纸校验系统，可以进行平面及三维模型校审。在平台中不仅可以很方便地进行图纸的版本、专业对比，更先进的是平面图与BIM模型的对比。在审核过程中可以对问题点进行批注、测量，并将审核的结果一次性地导出纸质报告。

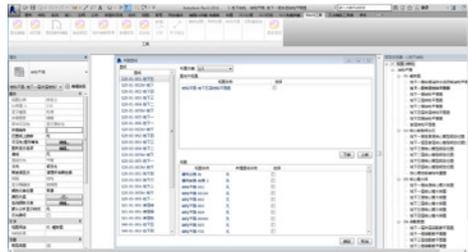


图17 自主开发的图纸校验系统

四、总结

在Z6项目中项目团队对BIM技术的应用，可以归纳出以下几个特别贡献点：

1. 复杂建筑形体、空间的精确定位与信息传递；
2. 双层三维幕墙系统优化设计分析与造价控制；
3. 全新高层结构体系的建立及一体化表皮设计；
4. 建筑空间的风、光、热环境分析与节能策略；
5. 依托BIM模型进行多专业的整合及验证工作；
6. 开发基于 Autodesk Revit 平台的相关软件并智能处理。

Z6超高层项目具备较高的复杂性，包含了复杂幕墙、复杂空间、钢结构系统、混合结构、管线综合等各方面。使用了包括AutoCAD、Autodesk Revit等多个软件。基于Autodesk Revit软件的通用性以及便捷性，确保了在各个设计阶段良好的实用性，同时保持与各专业之间紧密的联系及反馈机制。项目团队希望能够在建筑设计的生命周期里运用BIM系统为各专业提供精准的可视化模型，在同一个平台下，构建综合信息模型，而模型中的信息库将在未来继续用于施工与运营之中。