

公司名称

北京市建筑设计研究院有限公司

项目地址

中国，北京

应用软件

Autodesk® Revit® Architecture

Autodesk® Revit® Structure

Autodesk® Revit® MEP

Autodesk® Navisworks®

AutoCAD® Civil 3D®

Autodesk® InfraWorks®

Autodesk® Simulation CFD

# 智慧医疗 绿色施工

## 首都医科大学附属北京天坛医院迁建工程中BIM的应用

“

首都医科大学附属北京天坛医院迁建工程设计周期仅仅1年时间，共计约36万平米的三级甲等医院，设计内容涵盖建筑、结构、设备、电气、室内设计、景观设计，在如此短的设计周期内，对BIM系统的充分利用，才能尽可能避免设计中的错误与冲突，BIM在本项目的充分应用对大型、超大型医疗建筑起着举足轻重的作用，流线复杂，管线设备众多以及更新换代频繁，只有通过BIM系统协调才能有效保证医疗建筑产品最终的质量，同时保证建设过程中的BIM系统有效的与施工方进行对接，不仅提高生产效率，还为医院使用方后期运营提供保障。

—张军徽

BIM经理

北京市建筑设计研究院有限公司”



图1-1 天坛医院西南鸟瞰效果图

北京市建筑设计研究院有限公司（BIAD）成立于1949年10月，是与中华人民共和国同龄的大型国有民用建筑设计机构。BIAD自成立以来，在建筑设计及科研领域取得了突出的成绩，曾被北京市政府授予“首都建筑设计突出贡献设计研究单位称号”。

BIAD今共获得荣誉：詹天佑土木工程大奖 14项，国家级设计奖 61项，建设部设计奖 281



图1-2 天坛医院东南鸟瞰效果图

项，北京市设计奖 551项，国家科技进步奖 28项，部级科技进步奖 84项，北京科技进步奖 147项。

BIAD被北京市人民政府国有资产监督管理委员会定为北京市首批转企改制单位，2012年6月6日，北京市建筑设计研究院正式更名为“北京市建筑设计研究院有限公司”。

北京市建筑设计研究院有限公司（BIAD）业务范围主要有：民用建筑设计、室内装饰设计、园林景观设计、城乡规划设计、建筑智能化系统工程设计、人防工程设计、工程总承包、概预算编制、造价咨询、工程管理/ 监理、投资咨询等领域。

### 一、项目概况

北京天坛医院是建于1956年8月23日，是一所所以神经外科为先导，神经科学为特色的“国内一流、国际知名”的大型三级甲等综合性教学



图2 天坛医院现状

医院。是世界三大神经外科研究中心之一，是亚洲重要的神经外科临床、科研、教学基地。

现有天坛医院年门急诊量140万余人次，年出院病人3万人次，年手术量近3万例，对于处于二环内、建于上世纪50年代的医院而言，一直处于满负荷甚至超负荷运转。新建的首都医科大学附属北京天坛医院建筑面积35.2万平方米，是原有院区面积的4倍；总床位规模将达到1650张，比现有床位净增加500张。同时是应市政府疏解卫生资源的倡导，第一家从城区内整体搬迁，成为北京市丰台区未来唯一的、实力最为雄厚的大型三级甲等医院，承担未来丰台区区域医疗中心的重任。搬迁后的新院区，通过现代化的医疗流程给病患提供更加便捷、舒适的就医环境提供保证。

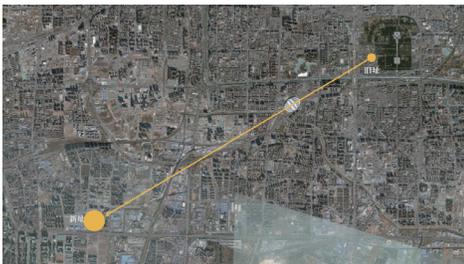


图3 天坛医院迁建位置

随着医疗事业的蓬勃发展，在经历了第一代教会医院、第二代大开间医院、第三代分学科布局医院、第四代空间集中的高层医院后，医院的建筑布局已革命性的进入第五代，一改第四代医院的向“天上”发展而是让医院“躺下来”，进入了更加以人为本的新的医院建设时代。常规医院更多的依赖垂直交通，而医院的垂直交通不同于其他建筑，患者较多，病床、轮椅较多，垂直交通大大影响通勤时间，大大增加病患等候时间，所以新的医院在用地允许的情况下，水平向展开对病患的使用非常有利、加快病患就医速度、是以病人为中心的流程上的进步。



图4-1第一代教会医院



图4-2第二代大开间医院



图4-3第三代以学科分开医院



图4-4第四代空间集中的高层建筑



图5 医院进化以及天坛医院总体布局

## 二、BIM应用部分

北京天坛医院迁建工程BIM应用覆盖了包含建筑、结构、机电、精装、市政全部专业。BIM

模型后期应用到施工配合，施工方亦采用BIM系统进行现场组织施工以及排产。

### 1.前期环境分析

针对本项目的超大体量医疗建筑，设计组对全区整体进行日照进行模拟分析。以保证满足病房、诊室等医疗房间最大可能获得较好的自然采光及通风。



图6 前期日照分析及演示

### 2.复杂三维形体中BIM的应用

北京天坛医院整体布局形似超级航母，承载着全国神经外科领域的研究与发展。整体造型动势极强，如欲乘风破浪、扬帆远航。

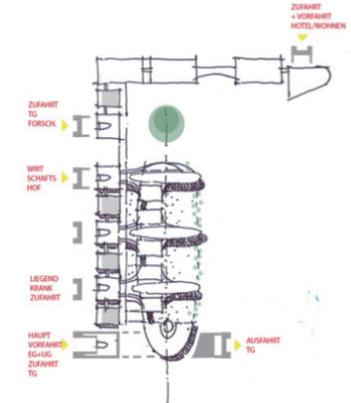


图7 方案阶段概念草图

具有传统优势的专科门诊楼又居于整个项目的最南端，领航着整个建筑群。专科门诊楼外皮构思取材于医院特色专科神经外科的核心——脑神经元抽象的符号作为建筑母题，彰显出建筑的现代感和别具一格的建筑特色。



图8 神经元参考



图9 专科门诊楼西南角效果图

设计组在设计过程中通过Autodesk Revit Architecture构思多种方案，最终采用无规律形体，初期在Autodesk AutoCAD平面中进行推敲，后期采用Autodesk Revit Architecture深化设计。

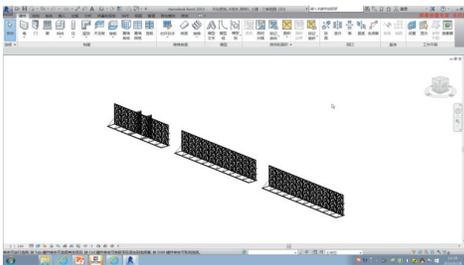


图10 神经网络架过程模型截图

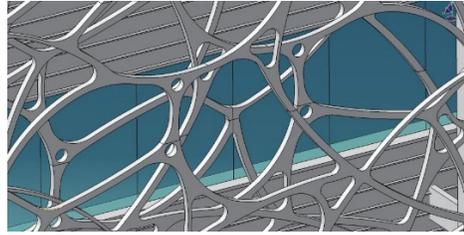


图11 神经网络架模型

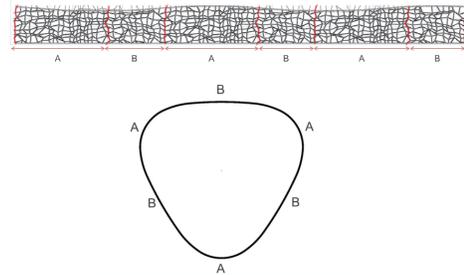


图12 网架切分过程

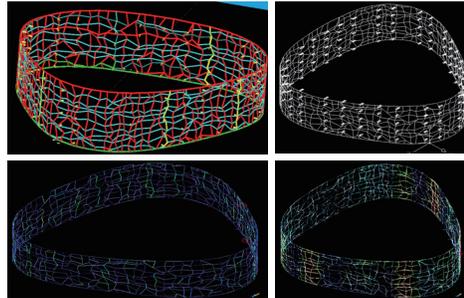


图13 网架深化模型

考虑到在效果能够满足同时尽量节省投资，把神经元表皮拆分成6各部分，分别采用两种单元模块。

后期施工方依据模型导入钢结构软件中进行计算并生成加工图纸。工厂可直接将此1:1图纸导入数控机床加工，加工完成后根据构件图尺寸拼装。在工厂加工时，可在节点中心控制点上设置标记，以便现场安装时根据坐标点定位。因钢板为数控加工，定位精度可以保证在毫米级。通过此种BIM应用，模型的交互，可以有效减小钢结构施工的误差以及精度差的问题。

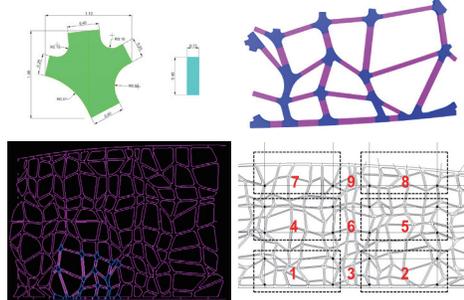


图14 网架制作及安装图纸

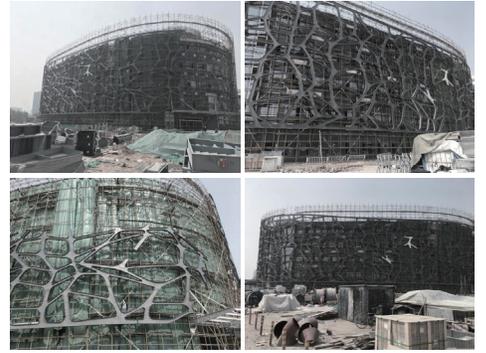


图15 网架现场照片

### 3.超大体量医疗建筑结构部分BIM的应用

天坛医院迁建工程医疗区因病房楼（地上11层）与医技楼（地上4层）为一个结构单元，结构平面呈T字型，由于手术室的防菌要求，结构不能设结构缝分开，这样做的结果使该建筑变为复杂超限结构，只能做钢结构框架支撑体系才能满足抗震要求。

因工程总投资有限，改为钢结构体系会大大增加工程投资。

设计组通过三维模型推敲，在Autodesk Revit模型中进行设计，通过整合结构、机电设计后，将二者用插入的方法在建筑保持一体，但在结构上各成体系，既满足了建筑的无菌要求，又使结构不超限，同时减少建筑投资。

将二者用插入的方法在建筑上不分开，但在结构方面实际上是分开了，即满足了建筑的无菌要求，又使结构不超限，大大提高了结构的抗震性能，病房楼及医技楼均由原只能做钢结构改为了钢筋混凝土结构，使结构体系更为合理。

通过BIM系统，把医技楼结构体系与病房楼结构体系拆分开，病房楼插入至医技楼内，可以直观看到两个结构体系穿插后使用空间的利用情况，在满足净化要求的前提下，穿插区空间仍旧满足使用要求。

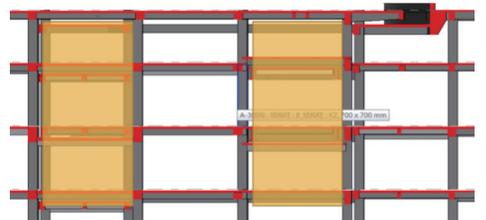


图16-1 Autodesk Revit Architecture剖面截图

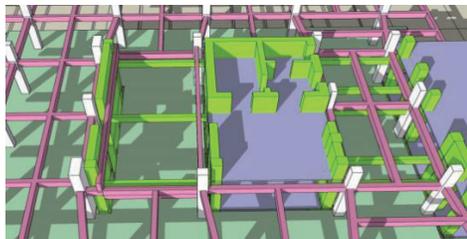


图16-2 Autodesk Revit Architecture 三维截图

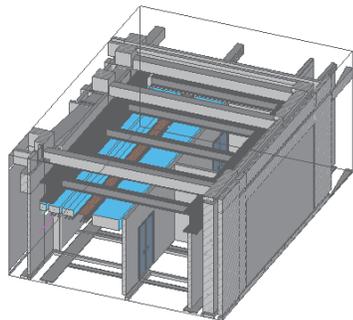


图16-3 Autodesk Revit Architecture 三维截图

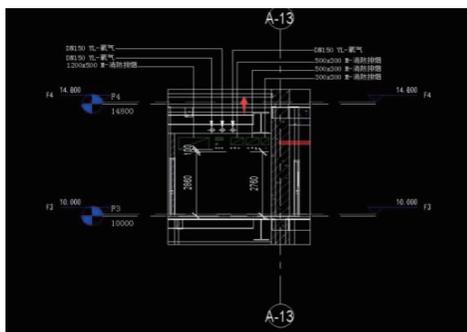


图16-4 Autodesk Revit Architecture 剖面输出

神经外科专科楼，建筑体形独特，采用内外双筒加连桥的平面布局，属于非常规做法。外筒环向长220m，属超长结构，采用整体钢结构，节约了施工工期。通过BIM系统的应用，可以让室内设计师直观看到结构的效果，尤其是内筒与外筒的连接处，BIM系统为直观推敲三条连廊构成的形式，最终到达完美的效果提供了有力的支持。



图17 专科门诊楼结构现场照片

尤其是内筒与外筒的链接，通过BIM系统，可以直观的调整三条连廊的形式，以便达到完美的效果。

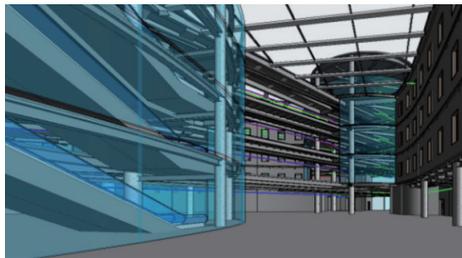


图18-1 专科门诊楼内部Autodesk Revit Architecture 三维截图

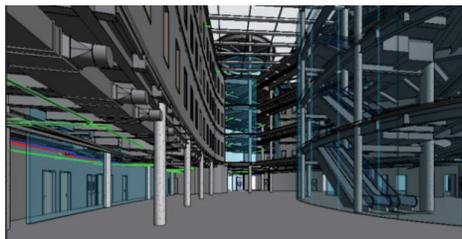


图18-2 专科门诊楼内部Autodesk Revit Architecture 三维截图



图18-3 专科门诊楼内部效果图

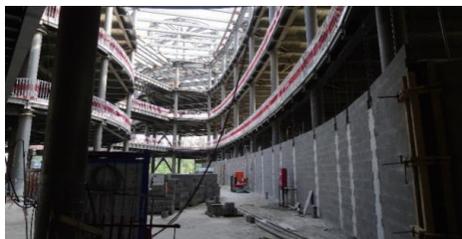


图18-4 专科门诊楼内部现场照片

#### 4. 超大体量医疗建筑的数据分析应用

天坛医院迁建工程全区机电模型采用Autodesk Revit搭建，通过优化，结合医院特点的市政中水的使用：非洁净区采用市政中水冲厕、冲洗车库及灌溉；洁净区采用消毒后的自来水冲厕避免二次感染。

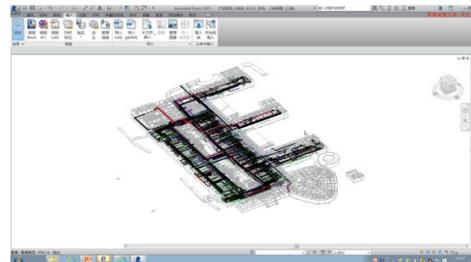


图19-1 医疗区Revit模型截图

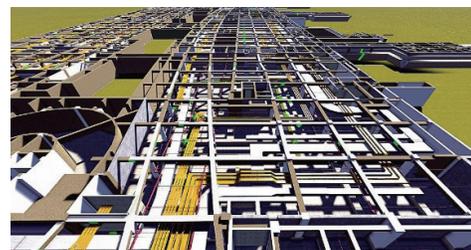


图19-2 医疗区Revit模型三维示意

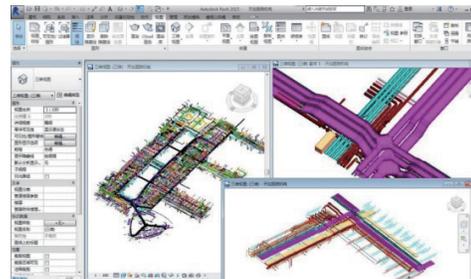


图19-3 医疗区Revit模型截图

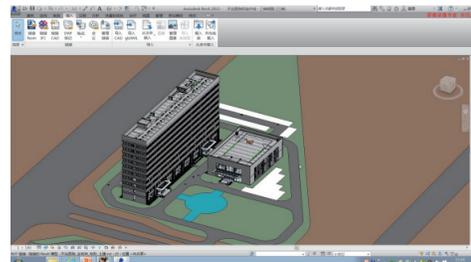


图19-4 教学区Revit模型截图

#### 5. BIM在医疗建筑中的多专业协同应用

天坛医院病房楼限高50米，在床位数的严格要求下，建筑层高高度非常有限。设计方严格限制病房楼内剪力墙的数量并严格限制梁高，病房楼内梁高不超过600mm，因层高有限，医疗机电设备原设计管线复杂，通过Autodesk Revit Architecture、Autodesk Revit Structure、Autodesk Revit MEP进行管线综合后采用Autodesk Navisworks验证碰撞，在2.6米的走廊宽度、3.9米的层高控制下，排布20根包括风管、空调水管、桥架、物流小车、气动物流、医疗气体等各种管线，吊顶高度达到2.5米。

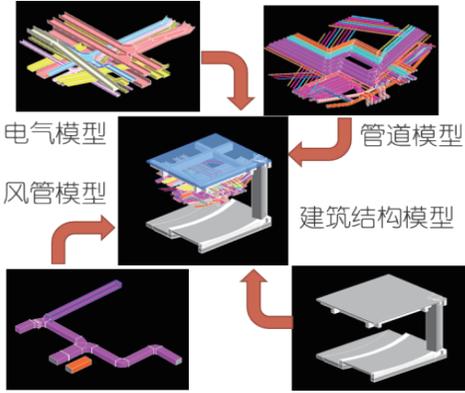


图20-1 病房楼走廊机电碰撞检查-协同措施

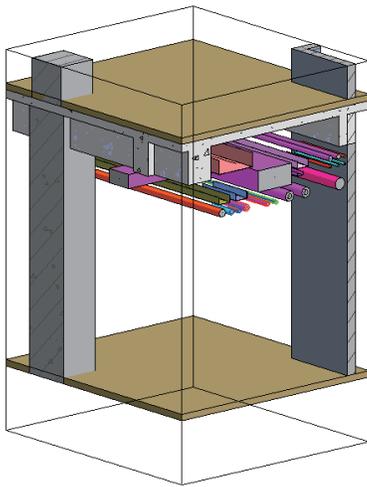


图20-2 病房楼走廊机电碰撞检查-整合后三维剖面

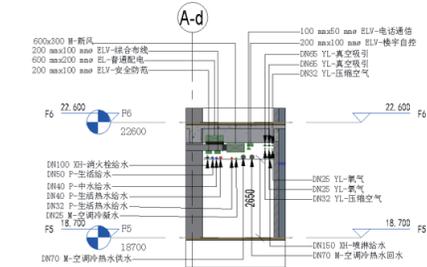


图20-3 病房楼走廊机电碰撞检查-整合后剖面图纸

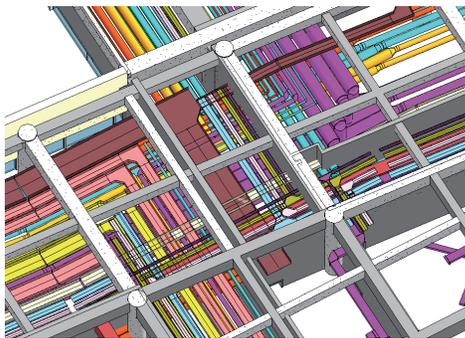


图21-1 地下一层通廊处机电碰撞检查-整合后三维局部剖面

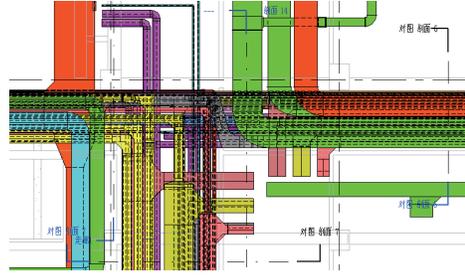


图21-2 地下一层通廊处机电碰撞检查-整合后顶视图

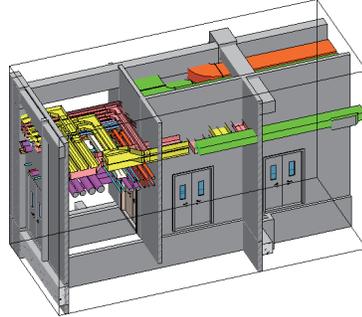


图21-3 地下一层通廊处机电碰撞检查-整合后三维局部剖面



图21-4 地下一层通廊处机电碰撞检查-整合后三维局部剖面

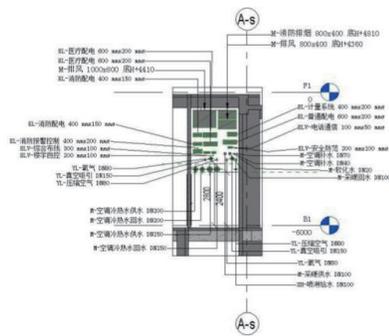


图21-5 地下一层通廊处机电碰撞检查-整合后剖面图纸

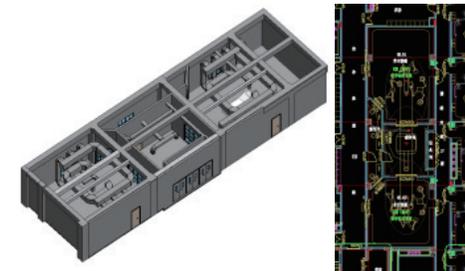


图22-1 CFD应用-术中核磁模型

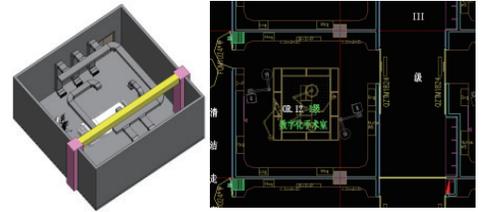


图22-2 CFD应用-百级手术室模型

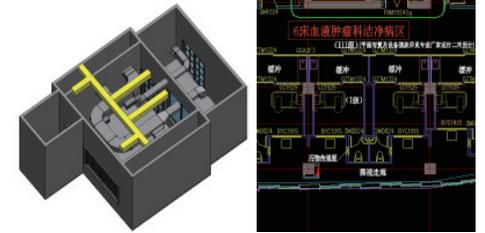


图22-3 CFD应用-层流病房模型

同样，医技楼地下一层机房集中，集中整个医疗区的供热、空调、冷却水等主管线26根之多，在8米宽的走廊、6米层高、0.8米高梁的控制下，通过BIM进行管线综合后反复优化，吊顶高度达到3米。

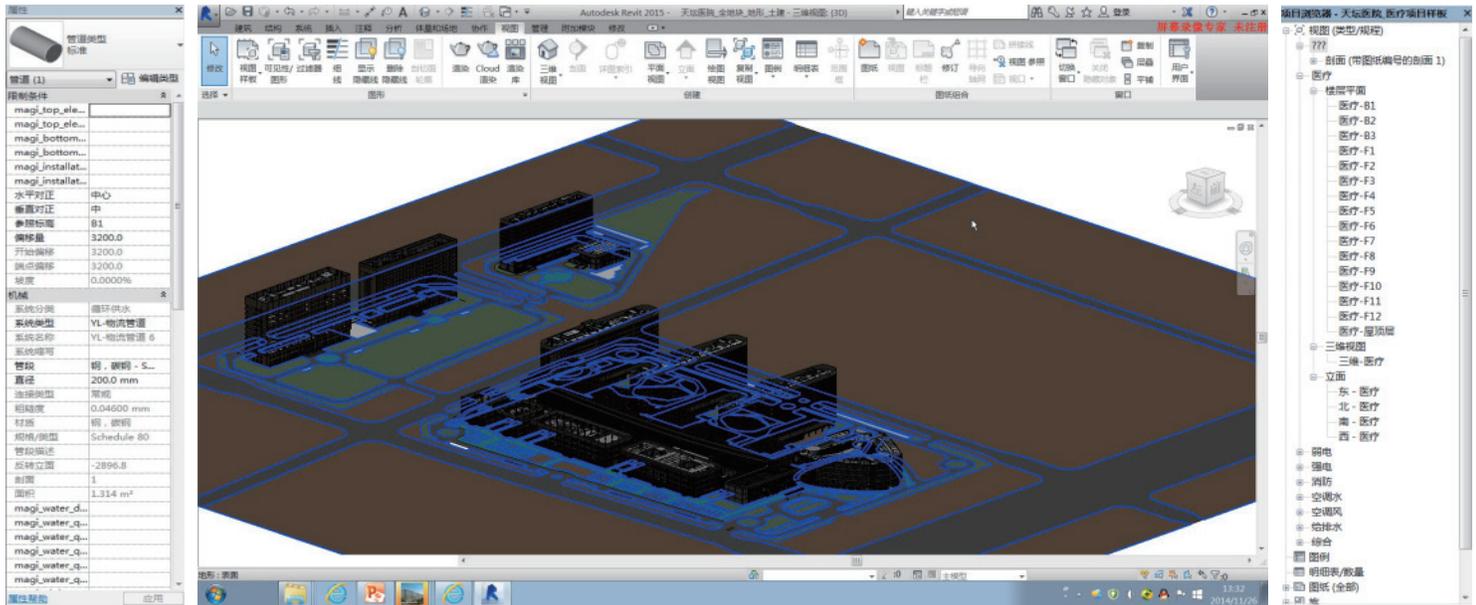
### 6. BIM在医疗建筑新技术的应用

因医院本身对净化要求较高，脑外科为专科的天坛医院对净化级别的要求尤其明显，设计在医技楼三层净化区房间内进行了Autodesk Simulation CFD流体分析。通过Autodesk Simulation CFD软件进行流体模拟得到净化区房间内最恰当的家具、人员、房间以及净化设备送排风口的布置，使运行后的天坛医院净化房间内空气净化效果达到最佳。



图23 后增加气动物流与物流小车

设计组通过三维模型推敲，在Autodesk Revit模型中进行设计，通过整合结构、机电设计后，将二者用插入的方法在建筑保持一体，但在结构上各成体系，既满足了建筑的无菌要求，又使结构不超限，同时减少建筑投资。



项目模型

医疗项目浏览器

图24 专项医疗项目样板

医疗建筑，因其复杂程度造成往往建设周期较长，而医疗设备以及技术的更新较快，经常遇到在建设过程中需要增加新的设备与技术的情况发生，在这种情况下，BIM的协同能力变发挥了非常有效的作用。天坛医院在建设过程中设计增加气动物流站点共计142个，涉及A、B两个地块的各病房区域、门急诊及医技区域。天坛医院迁建工程在建设过程中设计增加物流小车传输站点56个，涉及A地块首层北侧配液中心、ICU、三栋病房楼、B地块干保楼等。在原有复杂的管线中给新增加系统，通过Autodesk Revit Architecture、Autodesk

Revit Structure、Autodesk Revit MEP整合后在三维中直观的寻找路径，碰撞检查，可以对原有设计的影响降到最低。

**7.BIM在医疗建筑中的模块化应用**  
绝大部分诊室、病房均采用模块化设计，通过BIM系统的支持，模块化可以有效提高设计标准化率，并同时达到节约投资、便于施工、缩短工期的目的，并为以后实际使用预留更多灵活可变空间，以适应未来医院发展的需求。

### 三、总结

首都医科大学附属北京天坛医院迁建工程设计周期仅仅1年时间，共计约36万平方米的三级甲等医院，BIM应用内容涵盖建筑、结构、设备、电气、室内设计、景观设计，在如此短的设计周期内，只有充分利用BIM系统，才能尽可能避免设计中的错误与冲突，同时在建设过程中的BIM系统也可以有效的与施工方进行对接，提高生产效率，保证设计任务高效优质的完成。

“在BIM技术的应用中，此项目主要突出体现了BIM技术对项目前期异形结构布局的论证及参数分析、设计阶段的深化图纸、施工阶段的辅助施工；通过BIM的应用，将甲方要求、设计意图、施工技巧、医疗专业各项注意事项等诸多信息展示到模型中，以传统设计与BIM技术应用相结合为基础，实现项目从设计到施工的顺利进行；缩短施工工期，降低人工及材料成本。

—张军徽  
BIM经理  
北京市建筑设计研究院有限公司

特别鸣谢：邵韦平 杨晓亮 李翎 叶云昭 张军徽 王佳 张圆 徐芬 罗继军 安浩

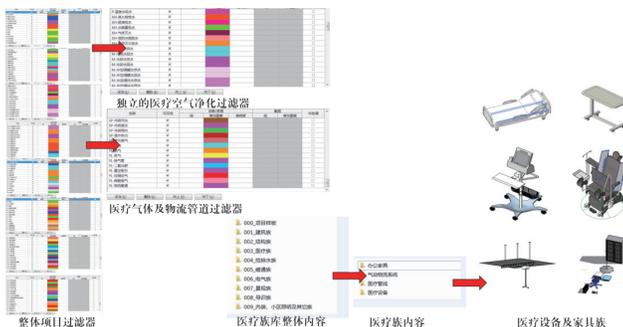


图25 项目样板过滤器