

三维管线综合设计实践与技术探讨

The Practical and Technical Discussion about 3D Design of Colligated Pipelines

撰文 杨远丰 蔡晓宝 广东省建筑设计研究院

摘 要 结合具体工程项目的实践，介绍了使用Revit系列软件进行三维管线综合设计的方法与技术，对其在专业协调、建筑净高控制，以及如何高效建立三维管线模型等方面进行探讨。

关键词 BIM Revit 三维管线综合

1 传统二维管线综合的缺陷

在大型复杂的建筑工程项目设计中，设备管线的布置由于系统繁多、布局复杂，常常出现管线之间或管线与结构构件之间发生碰撞的情况，给施工带来麻烦，影响建筑室内净高，造成返工或浪费，甚至存在安全隐患。为了避免上述情况的发生，传统的设计流程中通过二维管线综合设计来协调各专业的管线布置，但它只是将各专业的平面管线布置图进行简单的叠加，按照一定的原则确定各种系统管线的相对位置，进而确定各管线的原则性标高，再针对关键部位绘制局部的剖面图。总的来说存在以下缺陷：

（1）管线交叉的地方靠人眼观察，难以进行全面的分析，碰撞无法完全暴露及避免。特别是对于大型的、结构体系复杂的建筑，在梁高变化较大的地方，常常解决了管线之间的碰撞，却忽略了管线与梁之间的碰撞。



图1 项目效果图

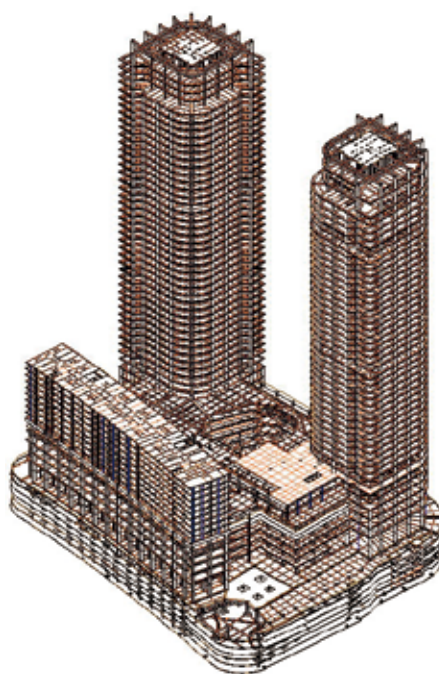


图2 结构模型

(2) 管线交叉的处理均为局部调整,很难将管线的连贯性考虑进去,可能会顾此失彼,解决了一处碰撞,又带来别处的碰撞。

(3) 管线标高多为原则性确定相对位置,仅局部绘制剖面的位置有精确定位,大量管线没有全面精确地确定标高。

(4) 多专业叠合的二维平面图纸图面复杂繁乱,不够直观。仅通过“平面+局部剖面”的方式,对于多管交叉的复杂部位表达不够充分。

(5) 虽然以各专业的工艺布置要求为指导原则进行布置,但由于空间、结构体系的复杂性,有时无法完全满足设计原则,尤其在净空要求非常高的情况下,需要因地制宜地变通布置方式,这时二维的管线综合设计方式的局限性就显露出来。

由于传统的二维管线综合设计存在以上不足,采用BIM技术进行三维管线综合设计方式就成为针对大型复杂建筑管线布置问题的优选解决方案。

2 将BIM技术应用于三维管线综合设计

BIM技术的发展使三维管线综合的设计方式得以实现,目前已有多种软件可供选择,但管线综合的设计有其特殊的需求,我们经过对比考察,将Autodesk公司开发的Revit系列软件作为主要设计软件,原因有以下几方面:1) Revit系列软件包含Revit Architecture、Revit Structure、Revit MEP三个软件,分别对应建筑、结构、设备专业,三者既各有所长又互相融合,正好满足管线综合设计的需要;2) Revit系列软件可定制性程度较高,可通过“构件族”的制作满足个性化图库的需求,通过累积形成公司图库与标准;3) Revit软件的扩展接口友好,可通过编程实现功能的扩展,比如一些批量的操作,从而提高效率。

近年来,我们将三维管线综合设计作为BIM技术的主要应用方向之一,已在多个大型、复杂项目中进行设计实践,取得了一定的经验与技术积累。

3 三维管线综合设计应用实例

3.1 项目简介

项目为广州珠江新城F-24地块项目,位于广州市珠江新城新中轴线西侧,总建筑面积约39万m²,包括4层地下室(其中两层有夹层),6层商业裙楼,3栋塔楼,其中西塔为9层公寓,南、北塔均高达200m,40多层,南塔主要为酒店,北塔主要为办公楼,是一个典型的超高层商业办公建筑综合体(图1)。

业主对商业空间的净高要求非常严格,尤其对于地下室及裙楼的商业空间,要求结构与设备管线占用的高度不超过1 350mm。在建筑功能各不相同、结构体系形式多变、管线布置错综复杂的情况下,如何合理布置设备管线以达到业主提出的建筑净高要求,对于各专业的的设计来说都是一个挑战。

3.2 三维管线综合设计流程

本项目的业主对室内净空有严格要求,因此采用三维管线综合的设计方式尤为必要。我们的设计流程是先建立土建模型,然后进行各专业设备管线的建模,再根据各专业要求及净高要求,对管线进行合理细致的调整、避让,最后汇成文档出图。下面对各个阶段进行详细的技术说明。

3.2.1 土建模型的建立

土建模型包括建筑专业的模型与结构专业的模型,建筑专业主要是墙体、门窗、幕墙、楼电梯及扶梯等,使用Revit Architecture进行建模;结构专业则主要是柱、梁、板,使用Revit Structure进行建模。由于

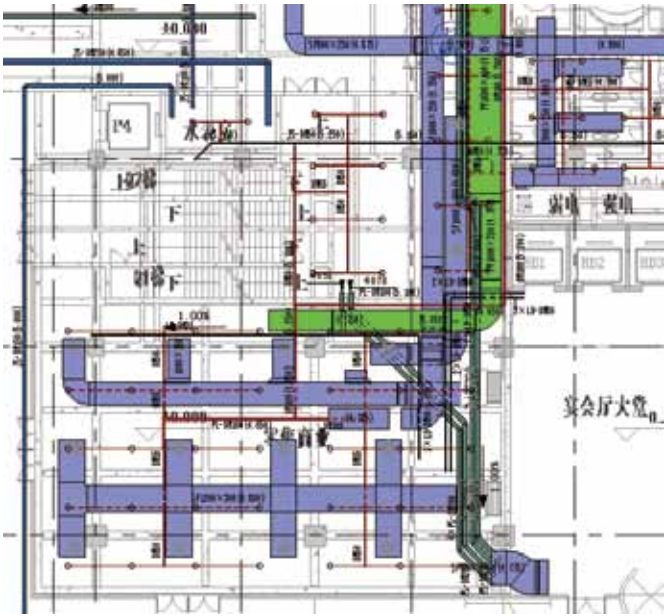


图3 管线综合平面（按系统设颜色）

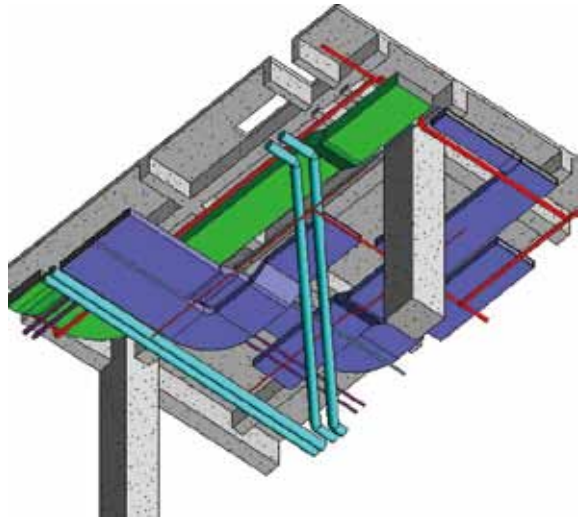


图4 管线调整避让

我们的目的是进行管线综合设计，因此这些内容也有所侧重，其中最重要的就是结构梁，因为建筑层高一旦确定，梁高就直接影响管线的标高。此外，还需注意常见的结构降板。

项目的结构模型如图2所示。在项目中，结构专业还在许多地方应用了特殊的结构形式，比如在地下室大量应用了无梁楼盖，板厚比较厚，结构柱有柱帽，这些都对管线布置影响颇大，因此需仔细按照结构施工图进行建模。Revit的自定义族为柱帽等特殊的结构形式提供了便利。

3.2.2 设备管线建模

设备管线的建模与调整、避让其实是无法截然分开的过程，常常是一边建模一边调整避让，这里分为两个步骤是为了方便说明两者不同的技术要点。

设备管线使用Revit MEP进行建模。按照各设备专业的施工图分系统进行，如送风管、排风管、给水管、排水管、喷淋水管、动力桥架、照明桥架等，各系统设置不同颜色以便区分，如图3所示。建模的顺序大致按从上到下、从大管到小管的顺序进行，以减小后期调整避让的难度。如果有横向的重力排水管则需特别注意，应在风管及其他水管之前建模，这是由于重力管有坡度，而且不能上弯，一般需要其他管线去避让它，因此先行建模有利于后期调整避让。

3.2.3 管线调整避让

为了避免管线碰撞、控制净高，管线间的避让是不可避免的。在建模的过程中即需观察管线间的空间关系并予以调整，在局部区域完成建模后，要及时使用Revit MEP软件的碰撞检测功能，发现并消除碰撞，不要等到整层所有管线都建好模再进行检测，因为整层检测速度很慢，并且调整起来更难控制。三维的BIM模型使得精确地调整管线高度成为可能。如图4所示，为满足业主的净高要求，在多管交汇的地方进行了非常精细的避让，这样的局部三维视图对于施工现场帮助极大。

3.2.4 汇成文档并出图

由于采用了三维的方式进行设计，最后提交设计成果的方式就跟以往的管线综合设计不太一样。我们在实践中形成了三个层次的结果提交：

（1）传统的表达方式，即管线综合平面图、局部剖面大样等；此外，对于管线关系较复杂的局部，辅以三维轴测图以便直观地表达，如图5即为其中一个塔楼楼层的图纸示例。

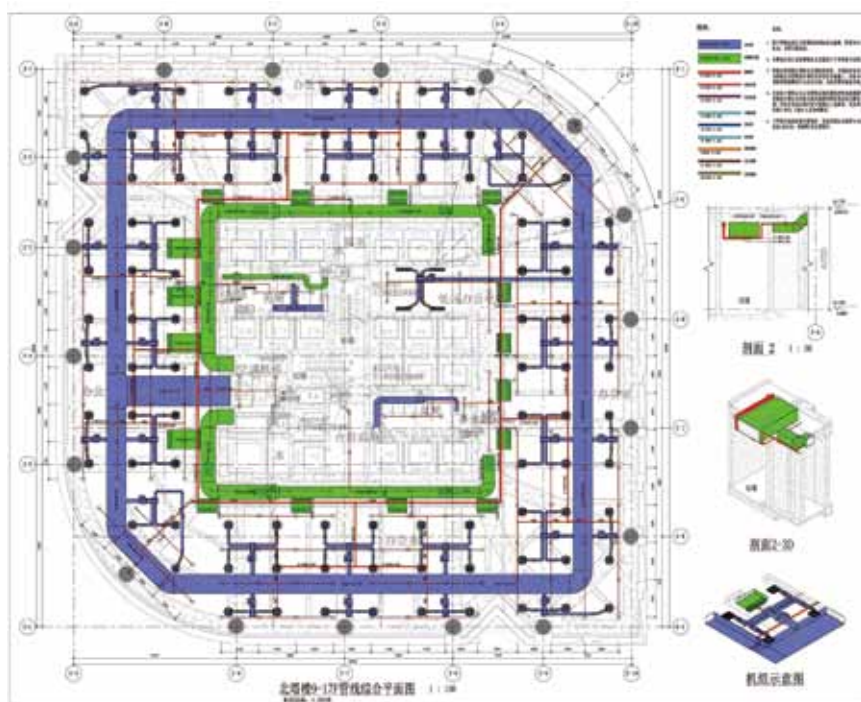


图5 管线综合施工图纸示例

(2) 管线标高层次示意图，即按颜色深浅及色调变化来直观表达管线标高的彩色平面图。这是 Revit MEP 一个很重要的功能，它非常直观地表达了所有管线的高度变化，并可直接看出整个楼层各区域的净高，最重要的是对于影响净高的局部管线一目了然，从而可以有针对性地进行调整甚至要求具体专业变更设计，其效果如图6、7所示。目前业主及设计人员都非常欢迎这种表达方式。

(3) 对于最终完成的整个BIM模型，一般导出为三维DWF格式提交给业主，以便进行观察或施工配合。

4 三维管线设计的优势分析

对于大型复杂的工程项目，采用BIM技术进行三维管线综合设计有着明显的优势及意义。BIM模型是对整个建筑设计的一次“预演”，建模的过程同时也是一次全面的“三维校审”过程。在此过程中可发现大量隐藏在设计中的问题，这些问题往往不涉及规范，但跟专业配合紧密相关，或者属于空间高度上的冲突，在传统的单专业校审过程中很难被发现。与传统2D管线综合对比，三维管线综合设计的优势具体体现在：

(1) BIM模型将所有专业放在同一模型中，对专业协调的结果进行全面检验，专业之间的冲突、高度方向上的碰撞是考量的重点。模型均按真实尺度建模，传统表达予以省略的部分（如管道保温层等）均得以展现，从而将一些看上去没问题，而实际上却存在的深层次问题暴露出来。

(2) 土建及设备全专业建模并协调优化，全方位的三维模型可在任意位置剖切大样及轴测图大样，观察并调整该处管线的标高关系。

(3) BIM软件可全面检测管线之间、管线与土建之间的所有碰撞问题，并反提给各专业设计人员进行调整，理论上可消除所有管线碰撞问题。

(4) 对管线标高进行全面精确的定位，同时以技术手段直观反映楼层净高的分布状态，轻松发现影响净高的瓶颈位置，从而优化设计，精确控制净高及吊顶高度。

(5) 除了传统的图纸表现，再辅以局部剖面及局部轴测图，管线关系一目了然。三维的BIM模型还可浏览、漫游，以多种手段进行直观的表现。

(6) 由于BIM模型已集成了各种设备管线的信息数据，因此还可以对设备管线进行精确的列表统计，部分替代设备算量的工作。

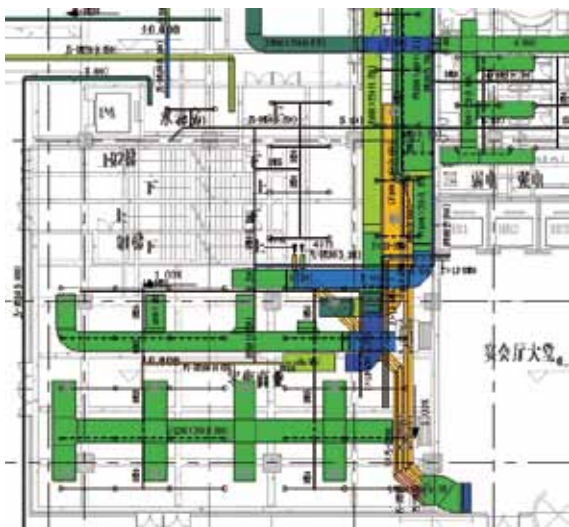


图6 管线标高层次示意图（按标高设色）

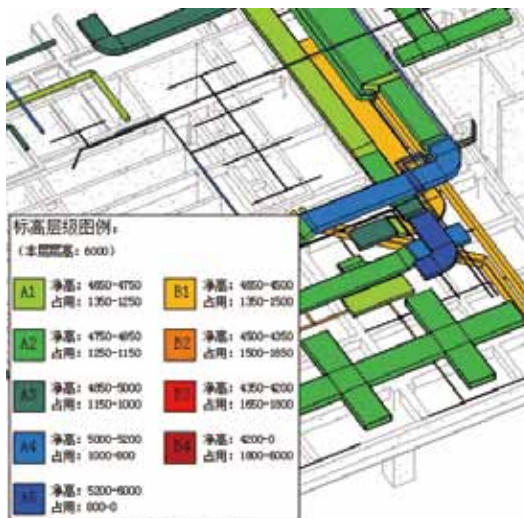


图7 三维管线标高层次示意图

5 三维管线设计的技术探讨

三维管线综合设计是BIM技术的一个应用方向，目前BIM技术已经得到长足的发展，各种软件也不断在功能及易用性、本地化等方面进行加强，技术上的可行性日趋明朗。但对于三维管线综合的设计来说，要想优质、高效地完成不同项目的设计，还需注意一些技术要点，同时也需要不断探索各种可能性。下面分别介绍我们在工程实践中总结出的经验以及一些技术上的探讨，供大家参考。

5.1 工程经验

（1）Revit系列软件对硬件要求较高，如果项目比较大，如高层建筑，除了需要配备高配置的硬件，还需对项目进行合理的划分。常见的划分方式有按楼层划分、按土建与设备划分，甚至两者相结合，通过链接的方式合成整体。

（2）为了高效完成设计并形成公司标准，需由技术主管进行一系列的基础设置，包括各设备管线系统的设置、系统颜色、线宽、各种视图样板、标记样式等等，做好项目样板文件，供不同的项目直接调用。

（3）如果采用团队配合的方式（在Revit中称为“工作集”）进行设计，那么最容易想到的就是按专业划分工作集，但这样划分不利于管线之间的调整与避让，也不利于整体把握楼层净高。因此，建议采用按楼层划分的方式，即同一个人负责同层的所有管线，这样就便于管线调整及净高控制。

5.2 技术探讨

由于需要对各个专业进行全面建模，因此工作量很大。如何提高建模的效率与精确度，是必须面对的一个问题。如前所述，我们选择Revit系列软件作为管线综合的设计工具，其中一个考量是它的扩展接口比较友好，可进行编程开发，实现个性化的需求。在项目进行的过程中我们就针对建模与调整的具体过程编写了多个插件来提高效率，下面是其中的几个插件介绍。

（1）在管线建模的过程中，喷淋管的建模是工作量最大而又最枯燥的一个过程，我们编写了“拾取中线生管道”的插件，如图8所示，可以将导入Revit的二维线条及管径标注批量地转化为三维的管线模型，并自动添加接头连成系统，同时加入喷头，并完成标注，一次性完成一整套“动作”，将繁琐的工作化为瞬间的自动运算，极大地提高了效率，减轻了设计人员的负担。

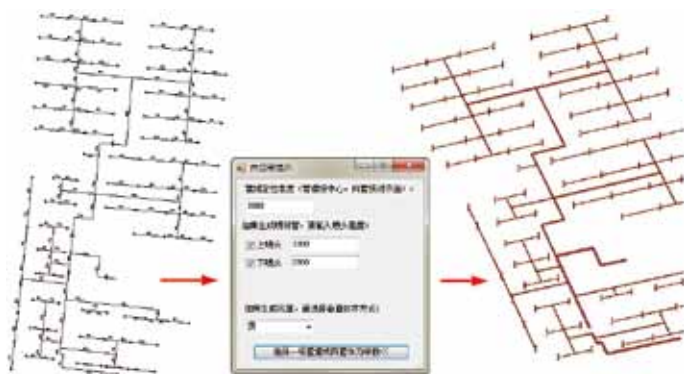


图8 拾取中线生管道插件



图9 管线变高插件

(2) 管线的避让是调整过程中非常频繁的一个操作，但在软件中，管线的上弯或下弯则需要经历许多个步骤，我们编写了“管线变高”插件，如图9，将这个过程简化为一步到位，非常方便。

(3) 前述的管线标高层示意图是利用Revit MEP的一个“颜色方案”功能制作的，但这个功能有些缺陷——无法应用于管件及末端，也无法应用于三维视图，并且修改高度设置不方便。我们编写了“管线标高层级”的插件，将这些缺陷一一弥补，使其发挥更大的功效，效果见图7。

此外，还编写了许多提高操作效率的小插件，如快速生成局部三维视图、拾取构件生成剖面等，限于篇幅文中不再细述。这些插件都是建筑师编写的，并不需要专业的程序员，可见Revit的API接口的开放性的确令人称道。

6 三维管线设计的技术展望

作为BIM技术应用于实际工程的一个基本方向，三维管线综合设计有着双重的意义，一方面它的优势明显，有着立竿见影的效果；另一方面，虽然BIM理念渐入人心，但由于人们对于“轻车熟路”的依恋或传统的惯性思维使然，大量项目仍采用传统的二维施工图设计流程进行设计，在这种情况下，采用三维管线综合设计来进行BIM技术的推广，吸引更多的设计者采用BIM设计流程，不失为一个行之有效的方法。我们期待越来越多的大型、复杂项目采用BIM技术进行三维的管线综合设计，使设计人员摆脱传统二维设计方式的羁绊，提高设计效率，减少设计出错率及施工返工、浪费财力物力等现象，使工程设计技术更上一层楼。



作者简介

杨远丰，广东省建筑设计研究院科技管理部BIM技术小组组长，毕业于华南理工大学建筑学系。对BIM两大软件Revit与ArchiCAD均有深入研究，对两者进行了二次开发及本地化图库的制作，大幅提高效率。2006年开始将BIM技术应用于建筑施工图的绘制，至今已完成多个项目的BIM施工图，并已全部建成。2009年组建BIM技术小组后，将BIM的应用范围从建筑专业扩展到项目整体，其中“中山古镇灯都商厦”在2010年“创新杯”BIM设计大赛中获最佳BIM建筑设计三等奖。同时担任探索·发现BIM论坛（www.xincad.com）的ArchiCAD版、Revit版版主。

蔡晓宝，广东省建筑设计研究院科技管理部部长，一级注册建筑师。硕士毕业于华南理工大学建筑学系。一直从事建筑设计、建筑节能、标准与规范的编制、技术管理、质量管理与行政管理等工作。