



孙礼军

广东省建筑设计研究院总工程师，国家一级注册建筑师，教授级高级建筑师，中国建筑学会建筑师分会理事，广东省注册建筑师协会副会长，广东省注册建筑师学会副会长。代表作品：广州琶洲国际采购中心，广东移动通讯大楼，广州汽车工业大厦，中国散裂中子源基地，深圳中广核大厦等。

伍瑶熙

广东省建筑设计研究院深圳分院广州部BIM技术组长，BIM工程师。

杨远丰

广东省建筑设计研究院BIM中心主任，高级建筑师。

廖雄

广东省建筑设计研究院佛山分院总建筑师，原设计院科技部副总建筑师。

APPLICATION OF BIM IN THE CHINA SPALLATION NEUTRON SOURCE PROJECT

BIM 技术在中国散裂中子源 项目中的应用

撰文 孙礼军 伍瑶熙 杨远丰 廖雄 广东省建筑设计研究院

摘要 中国散裂中子源（CSNS）项目是复杂的大型科学装置，在功能、空间、工艺设备等多方面均有特殊性，对设计、施工以及维护管理提出了巨大的挑战。BIM技术在项目设计、专业协作、辅助施工、信息化运维等方面发挥了重要作用。

关键词 中子源 BIM技术 协同设计

1 项目概况

中国散裂中子源（CSNS）项目是国家“十一五”期间重点建设的中子科学综合试验装置，落户于广东省东莞市松山湖科技园区。项目由主装置区与办公后勤区组成，其中主装置区为项目核心区，由直线楼、隧道、RCS、靶站及配套设备楼组合而成。项目建成后将与英国、美国、日本的散裂中子源相并列，成为世界四大主要脉冲散裂中子源科学中心之一，并将成为国内最大单一科学装置（图1）。

项目因其功能、空间、设备等多方面的特殊性，对设计、施工、维护管理均提出了巨大的挑战。为了使项目顺利推进，业主与设计方一起决定使用BIM技术来辅助项目的设计、施工及维护管理等全生命周期，将建筑信息集成于三维模型中，提高各参与方的协作效率，以确保设计和建造的质量。

2 项目挑战

本项目作为大科学装置，与普通民用建筑有很大区别，其空间与结构很复杂，涉及的专业也非常多，各种工艺与设备的要求对建筑设计提出极大的挑战。

本项目大部分空间布置在地下，大量采用大体积混凝土和重混凝土，特殊的工艺设备与高精密的实验要求对结构预留定位准确性要求非常高，其中有各种埋管、套管、管道迷宫、密闭空间、管沟、防辐射空间、通视空间等特殊空间，需考虑防辐射设计、质子加速通道、实验空间、大型设备运载、工艺设备操作、吊车运作、准直点要求等各种特殊要求。设备与管线类型也特别多，除常规设备管线外，还有通用工艺设备管线、涉放（涉及放射的简称）工艺设备管线等，累计管线类型有近四十种。中子源主装置区BIM模型见图2、3。



图1 中子源项目效果图及主装置区示意

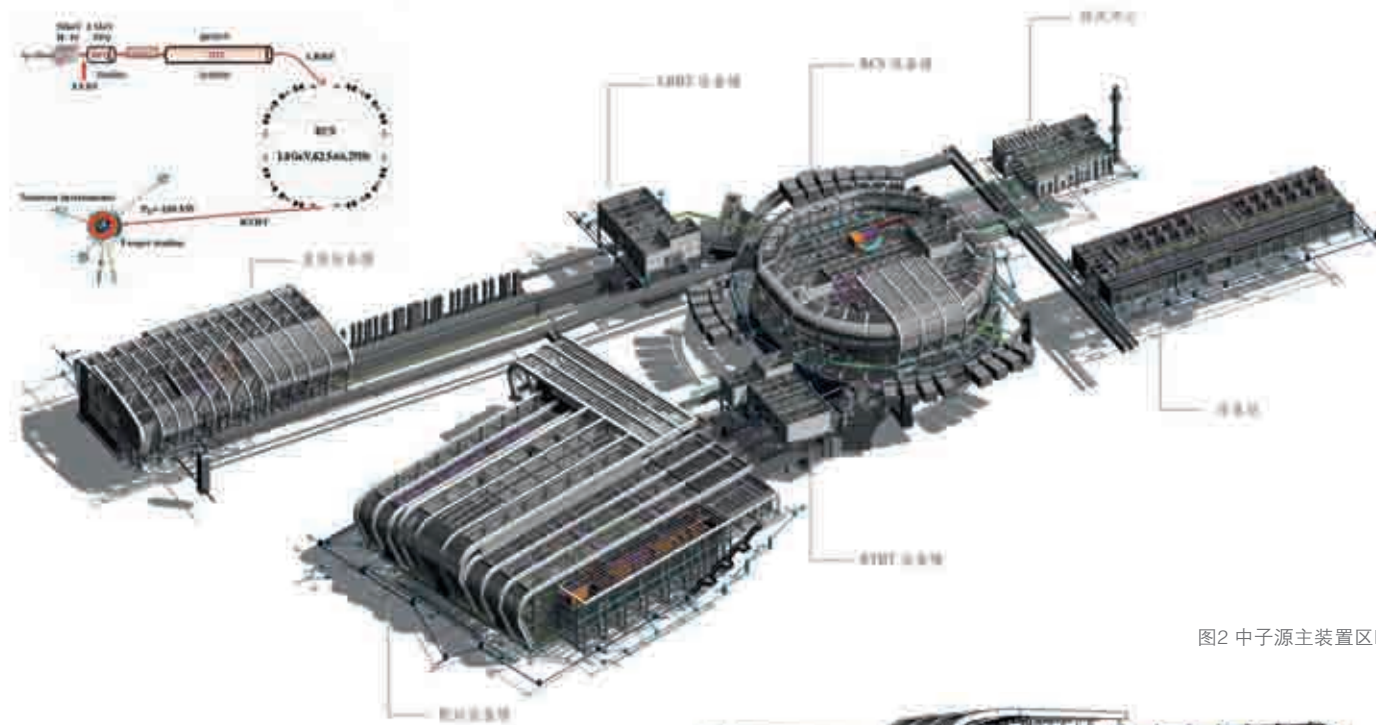


图2 中子源主装置区BIM模型

建筑设计单位：广东省建筑设计研究院
 项目总负责：孙礼军
 BIM专业负责人：杨远丰
 建筑专业负责人：廖雄
 BIM建模、协调：伍瑶熙
 BIM建模：廖捷、许志坚、陈国冠、肖旺



图3 BIM模型剖视图

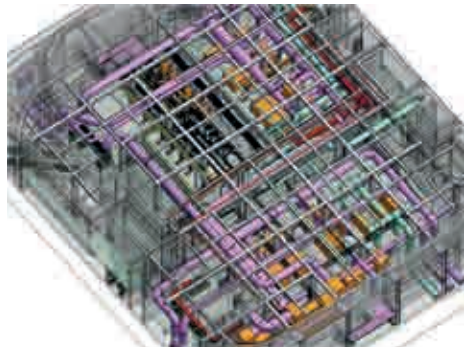
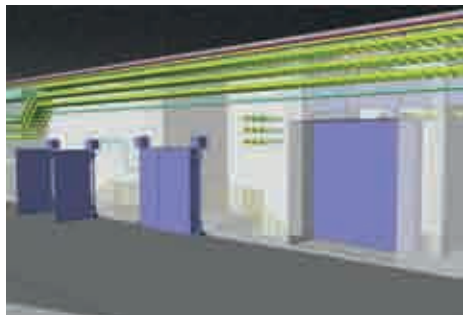
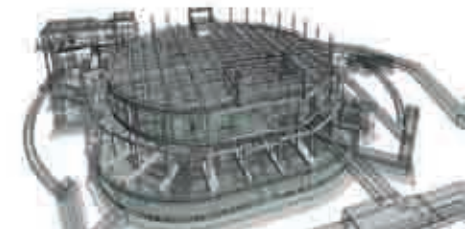
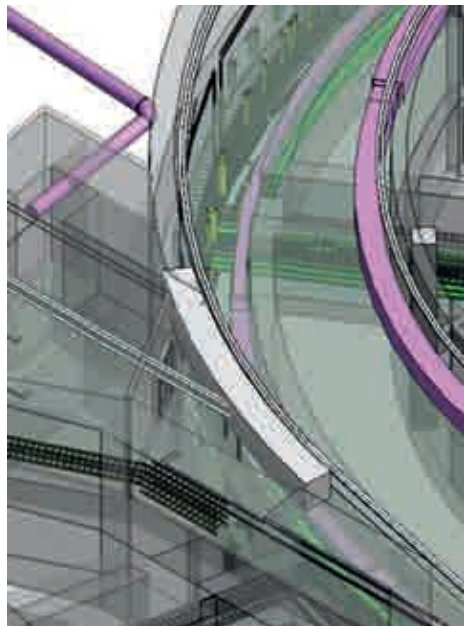
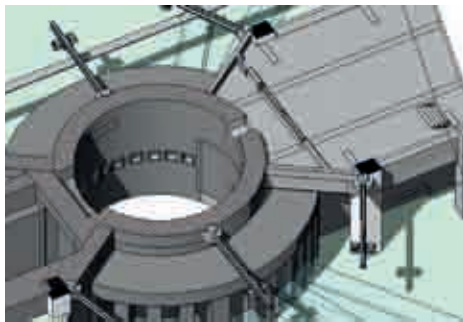
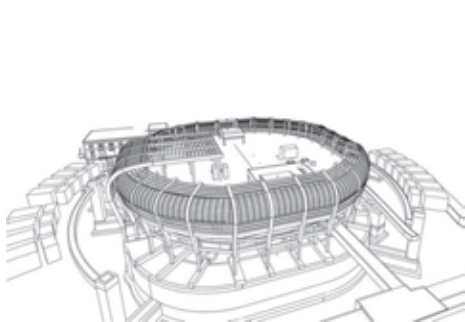


图4 RCS各专业模型组合

图5 工艺相关模型：靶站、吊车梁与屏蔽门

图6 RCS局部

由于项目专业分工多，专业配合时难以快速准确表达复杂的空间关系。每一个建筑空间都需要打开多个专业的十几张图纸，进行多个平面、立面、剖面相互对照才能较好地理解其内容和构造，但这样效率较低，难以全面、精确地理解所有图纸信息，因此采用传统二维设计工作难度很大，且不易发现冲突问题。

3 BIM 技术应用

为解决上述问题，项目采用BIM技术，以Autodesk Revit为主要的工具平台，将各专业的建筑信息集成在一个三维模型中，以三维可视化的方式，为项目各参与方提供了一个协作与沟通的平台。

3.1 全专业建模对设计真实还原

全专业的BIM建模，除常规的建筑、结构、机电设备专业外，还包括工艺设备、各专业预制件、防辐射预埋管道等特

殊专业构件，如图4所示为RCS的各专业模型组合示意，图5则为部分特殊工艺要求的非常规模型，这些特殊设备和构件没有现成的图库，需通过自建族完成。

完整的BIM模型直观反映复杂的建筑形体、构件、空间及设备管线，是进行多专业协同设计的基础。BIM模型汇集大量的设计信息，还原最准确、真实的设计情况，为设计过程的协同和沟通保驾护航。如RCS局部地下室与隧道交接处（图6）布置有大量通过辐射房间和特殊空间的设备管道，与各种特殊房间交错穿插，形成大量管道迷宫和预埋预留孔洞。BIM模型将所有专业的管线及其预埋管全部集中反映出来，作为进一步协调布置的基础。

3.2 BIM 三维校审及设计协同

BIM模型的三维可视化表达便于多专业协调设计，有助于复杂部位的相互避

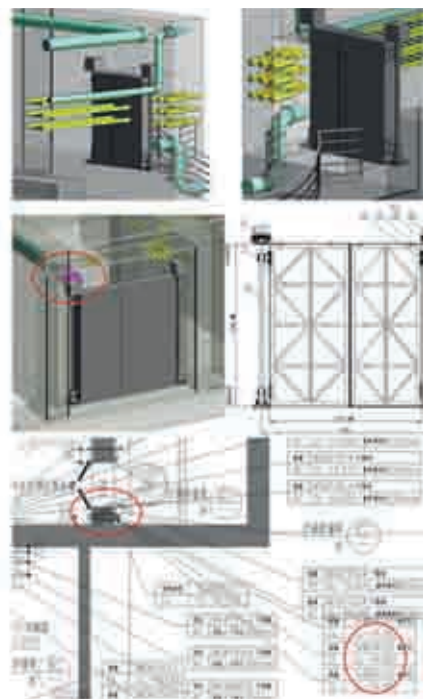


图7 特殊防护屏蔽门与其他构件的冲突

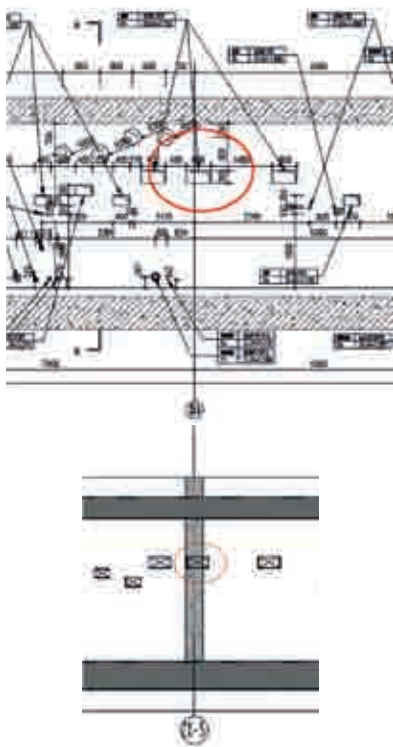


图8 隧道侧壁暗柱与预留洞口的冲突

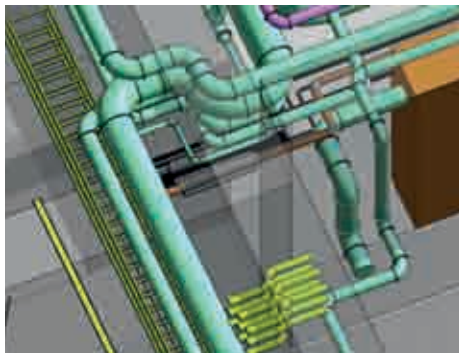


图9 防辐射预埋管与管道迷宫

名称	位置	颜色	备注
1-101 通风管 (1)			
1-102 通风管 (1)			
1-103 通风管 (1)			
1-104 通风管 (1)			
1-105 通风管 (1)			
1-106 通风管 (1)			
1-107 通风管 (1)			
1-108 通风管 (1)			
1-109 通风管 (1)			
1-110 通风管 (1)			
1-111 通风管 (1)			
1-112 通风管 (1)			
1-113 通风管 (1)			
1-114 通风管 (1)			
1-115 通风管 (1)			
1-116 通风管 (1)			
1-117 通风管 (1)			
1-118 通风管 (1)			
1-119 通风管 (1)			
1-120 通风管 (1)			
1-121 通风管 (1)			
1-122 通风管 (1)			
1-123 通风管 (1)			
1-124 通风管 (1)			
1-125 通风管 (1)			
1-126 通风管 (1)			
1-127 通风管 (1)			
1-128 通风管 (1)			
1-129 通风管 (1)			
1-130 通风管 (1)			
1-131 通风管 (1)			
1-132 通风管 (1)			
1-133 通风管 (1)			
1-134 通风管 (1)			
1-135 通风管 (1)			
1-136 通风管 (1)			
1-137 通风管 (1)			
1-138 通风管 (1)			
1-139 通风管 (1)			
1-140 通风管 (1)			
1-141 通风管 (1)			
1-142 通风管 (1)			
1-143 通风管 (1)			
1-144 通风管 (1)			
1-145 通风管 (1)			
1-146 通风管 (1)			
1-147 通风管 (1)			
1-148 通风管 (1)			
1-149 通风管 (1)			
1-150 通风管 (1)			
1-151 通风管 (1)			
1-152 通风管 (1)			
1-153 通风管 (1)			
1-154 通风管 (1)			
1-155 通风管 (1)			
1-156 通风管 (1)			
1-157 通风管 (1)			
1-158 通风管 (1)			
1-159 通风管 (1)			
1-160 通风管 (1)			
1-161 通风管 (1)			
1-162 通风管 (1)			
1-163 通风管 (1)			
1-164 通风管 (1)			
1-165 通风管 (1)			
1-166 通风管 (1)			
1-167 通风管 (1)			
1-168 通风管 (1)			
1-169 通风管 (1)			
1-170 通风管 (1)			
1-171 通风管 (1)			
1-172 通风管 (1)			
1-173 通风管 (1)			
1-174 通风管 (1)			
1-175 通风管 (1)			
1-176 通风管 (1)			
1-177 通风管 (1)			
1-178 通风管 (1)			
1-179 通风管 (1)			
1-180 通风管 (1)			
1-181 通风管 (1)			
1-182 通风管 (1)			
1-183 通风管 (1)			
1-184 通风管 (1)			
1-185 通风管 (1)			
1-186 通风管 (1)			
1-187 通风管 (1)			
1-188 通风管 (1)			
1-189 通风管 (1)			
1-190 通风管 (1)			
1-191 通风管 (1)			
1-192 通风管 (1)			
1-193 通风管 (1)			
1-194 通风管 (1)			
1-195 通风管 (1)			
1-196 通风管 (1)			
1-197 通风管 (1)			
1-198 通风管 (1)			
1-199 通风管 (1)			
1-200 通风管 (1)			

图11 设备管线类型



图10 BIM模型发现专业冲突

让。本项目涉及特殊的工艺设备，单纯的管道避让不能解决其碰撞问题，需要多方面考虑与多专业协同解决，从模型发现问题，协调各专业后再修改图纸。

如图7，在一般建筑平面图中，只表达屏蔽门的长宽尺寸，但特殊防护屏蔽门具有屏蔽空间、专用门轴、门轴电机、预埋支撑等，其占用空间远比门洞尺寸要大，BIM模型能真实反映实际，提前预知碰撞，减少错误，降低工程风险。

如图8，在狭长复杂的中能质子隧道侧壁布置有多个混凝土暗柱，同时有大量的设备预留洞口，通过BIM模型可看出预留洞口与结构暗柱有冲突。

中子源项目因防辐射的要求，需在混凝土结构中大量预留孔洞或预埋管线，BIM模型复核并集成了各专业的预留孔洞条件，检查出多个涉放空间、屏蔽空间及设备管沟等

部位中存在多专业安装工程中的预留、预埋冲突情况，提前规避了返工风险（图9）。

传统设计与施工流程中，二维平面图纸较难发现不同系统、不同专业的碰撞问题，尤其是大量的预留、预埋工程，一旦施工后基本不能修改，由此引发返工，造成成本浪费与工期延误。利用BIM模型可以轻松快捷地检查在三维空间环境下各专业的碰撞情况，因此是行之有效的解决方案。图10示意了项目过程中发现的多处冲突碰撞，在BIM模型的辅助下得以及时解决。在本项目的BIM服务过程中，持续对所发现的专业冲突进行跟踪，整理和记录BIM报告，使各专业的配合质量得到显著提高。

3.3 BIM 三维管线综合

精细化的BIM三维管线综合设计对于本项目作用巨大，除了管线类别多达三十多种、内部空间极其复杂外，还有涉及放

射的管线、吊车轨道、准直点透视要求、工艺要求等各种特殊限制，BIM技术的运用化解了这些难点，将设备管线有序地进行排布与避让，并确定每一根管线的标高，直接指导施工（图11，12）。

3.4 BIM 模型辅助施工

传统的施工方式往往需要很多设计人员驻现场指导，人力物力投入很大但效率却不高，如何有效地配合和指导土建施工、预制件装配、管线安装次序及大型疑难设备的安装，一直得不到很好的解决。

而BIM模型可以为现场人员迅速理解局部与全局关系，了解各种空间形态、施工顺序、装配流程等，提供很好的辅助参考价值。现场人员还可以将模型导入平板电脑，预设各区域视点，快速进行室内漫游，体验极佳，非常适宜工地现场辅助施工。复杂部位的施工，在BIM模型的指导

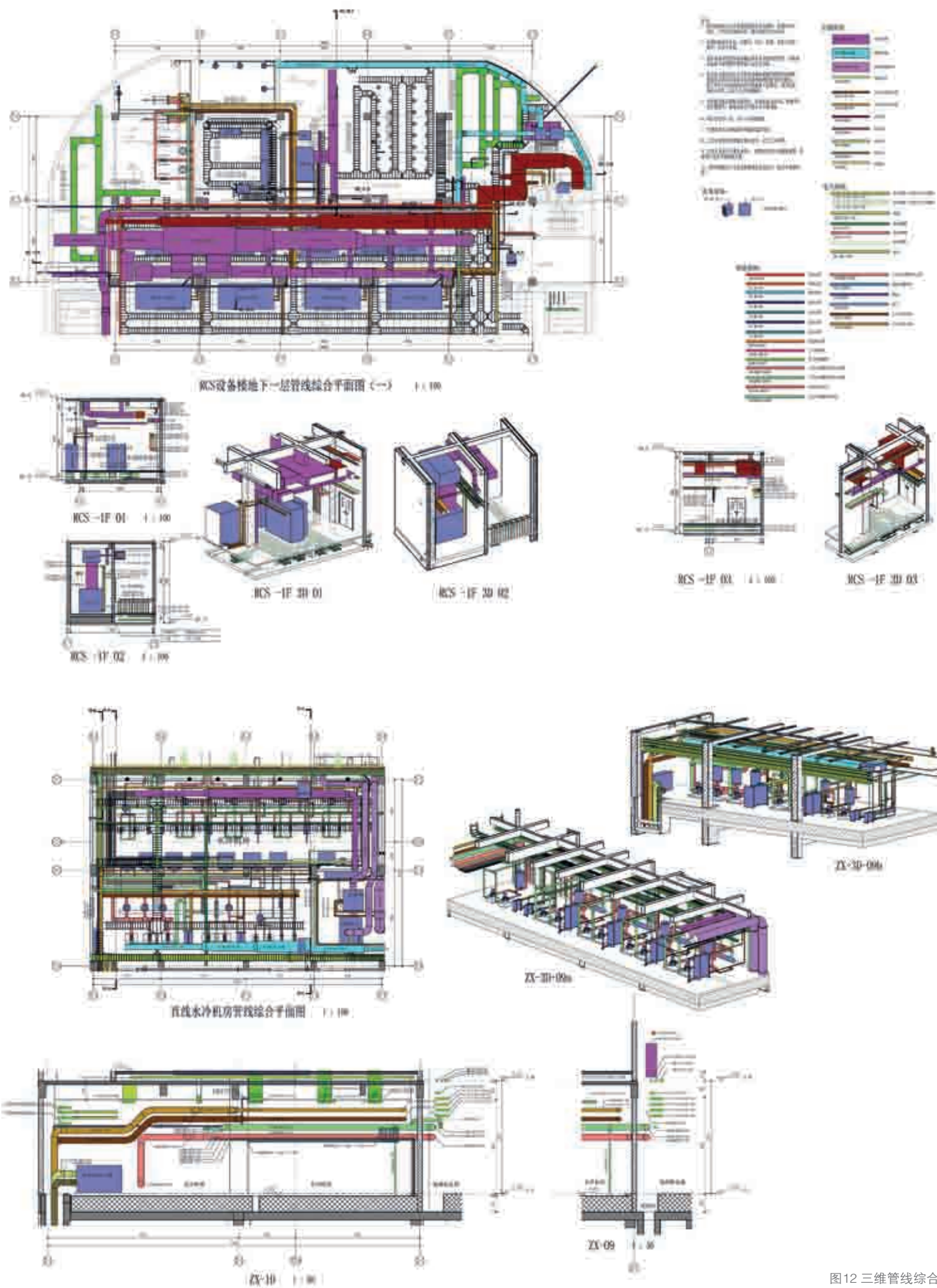




图13 将BIM模型导入平板电脑



图14 复杂部位的BIM模型指导施工

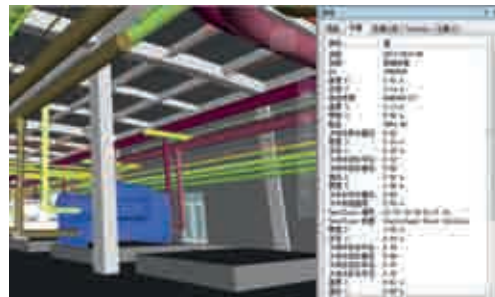


图15 构件信息的记录

标识数据	
设备类型	
注释	B-2-TJ-10
阶段化	
创建的阶段	新构造
拆除的阶段	无
其他	
图纸出处	B-QJ-P03/...

图16 桥架编号与图纸出处信息



图17 Revit导出Navisworks管线无颜色



图18 插件处理后管线按Revit颜色赋予材质



图19 精确控制3D视图上下边界



图20 3D剖视图

下将更有条不紊（图13，14）。

3.5 BIM 模型可持续的信息录入及后期运维应用

BIM的核心是信息的可持续流动及应用。在项目施工过程中，BIM模型根据变更文件进行持续的维护、更新，为项目各方提供及时、准确的工程数据，帮助各专业快速准确了解项目信息，对决策和修改提供有力的支持。随着项目进程的推进，BIM模型将各种设备及管线的信息记录下来，可在建成后的维护管理阶段使用，对于隐蔽工程、放射性空间的维护尤其有利。

在本项目中，电缆桥架特别重要而且复杂，非常难以理顺，因此特别将电缆桥

架的编号、图纸出处都记录在构件的属性参数上，以便后期维护查对。大部分模型构件都预留有可编辑参数，以方便业主日后管理与维护（图15，16）。

4 技术开发

本项目采用Autodesk Revit作为主要建模平台，辅以Navisworks Manager等软件进行模型浏览。在项目进行过程中，为了提高效率，我们对Revit进行了二次开发，根据需要编写了多个插件，这里介绍其中两种较为特别的。

4.1 管线按颜色导出 Navisworks

Revit使用过滤器区分不同类别的管线颜色，但导入Navisworks后无法保留颜色，虽然可通过设置强制替换颜色，但无法在渲染模式下显示。我们编写插件将颜色信息赋予设备管线的材质，再导入Navisworks或Lumion等软件时，可保留颜色信息，方便与Revit源文件对照（图17，18）。

4.2 设置 3D 视图顶面、底面标高

Revit的3D视图通过六个面分别控制边界，手动调整，很难精确控制。中子源项目空间复杂，经常需要对3D视图的顶面进

行精确的定位以观察各部位，因此我们编写了“设置3D顶底面”插件，可对3D视图顶底面的标高作出精确的定位（图19）。

以此为基础，通过多个3D视图的拼接，组成整体剖视图，可清晰反映空间组合关系。Revit本身只能手动拉动定位3D视图边界，但在插件的帮助下，可轻松实现此效果（图20）。

5 总结

中子源项目是需要上千张图纸才能表达的复杂形态的建筑体，多专业的协同设计是较难解决的传统问题，应用BIM技术手段能很好地做好设计协调工作。从设计到施工、从施工到交付、从落成到运营，BIM模型持续提供着长远的信息服务价值。

在本项目BIM技术的应用过程中，项目各方都感受到BIM带来的无形价值，感受到可视化模型快速表达复杂空间、可视平台支持协同设计的便利，并感受到建筑信息的汇总和持续更新。目前项目正在施工阶段，随着施工进程的不断推进，BIM技术将继续拓展其应用范围，并延续到运营维护阶段。AT