

# 智慧建造概论

主编 丁 源  
主审 刘新潮



北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

# 智慧建造概论

主 编 丁 源  
副主编 卫武学 王 佩 吴潮玮  
王亚升  
参 编 王占锋 孟 琳 郭 琴  
刘 洋 马卫依  
主 审 刘新潮



## 内 容 提 要

本书系统地介绍了智慧建造相关的概念、理论、发展历程、应用过程、标准和软件以及智慧建造的核心——BIM技术在建设项目各阶段的应用。全书共分为7章,主要包括智慧建造概述、智慧建造的“中枢神经”——BIM技术、BIM工程师的素质要求与职业发展、BIM软件体系、BIM技术在项目各环节的应用以及BIM未来展望等内容。

本书内容新颖、系统性强,可作为高等院校土木工程类相关专业的教材,也可供工程建设行业相关技术管理人员参考使用。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

智慧建造概论/丁源主编.—北京:北京理工大学出版社,2018.2

ISBN 978-7-5682-5318-5

I.①智… II.①丁… III.①智能化建筑—概论 IV.①TU18

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第029287号

---

---

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775(总编室)

(010) 82562903(教材售后服务热线)

(010) 68948351(其他图书服务热线)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京紫瑞利印刷有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/10

彩 插/4

字 数/242千字

版 次/2018年2月第1版 2018年2月第1次印刷

定 价/45.00元

责任编辑/梁铜华

文案编辑/梁铜华

责任校对/杜 枝

责任印制/边心超

---

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

## 编审委员会

顾问：胡兴福 全国住房和城乡建设职业教育教学指导委员会秘书长  
全国高职工程管理类专业指导委员会主任委员  
享受政府特殊津贴专家，教授、高级工程师

主任：杨云峰 陕西交通职业技术学院党委书记，教授、正高级工程师

副主任：薛安顺 刘新潮

委员：

于军琪 吴 涛 官燕玲 刘军生 来弘鹏  
高俊发 石 坚 黄 华 熊二刚 于 均  
赵晓阳 刘瑞牛 郭红兵

编写组：

丁 源 罗碧玉 王淑红 吴潮玮 寸江峰  
孟 琳 丰培洁 翁光远 刘 洋 王占锋  
叶 征 郭 琴 丑 洋 陈军川

# 前 言

智慧建造作为建筑业的一个新生事物，在近十年中，通过不断地推广与实践，人们已取得了一个共识：智慧建造已经并将继续引领建设领域的信息革命。随着智慧建造技术的逐步深入，建筑业的传统架构将被打破，一种以信息技术为主导的新架构将取而代之。智慧建造技术的应用完全突破了技术范畴，将成为主导建筑业进行变革的强大动力。这对于整个建筑业而言，是机遇，更是挑战。

从近年来智慧建造技术的应用实践来看，其应用并不单纯是新软件的应用。智慧建造要取得成功，需要有一整套的体系、计划、方法，并且要有执行团队与之匹配；应用智慧建造技术的建筑业从业人员也需要掌握智慧建造技术的相关知识才能将其应用得比较好，并且通过系统集成更大限度实现智慧建造技术应用的价值。

《智慧建造概论》作为一本面向建设工程生产实践应用的图书，应具有基础性、知识性、理论性和综合性等特点，在向读者介绍智慧建造的实践应用时，需要对读者在智慧建造的知识方面进行总体引导和必要的知识介绍。考虑到本书的上述定位，本书既介绍智慧建造的相关概念、核心技术、发展历程、应用过程、标准和软件，也介绍相关的理论、方法和综合应用案例。

本书由丁源担任主编，由卫武学、王佩、吴潮玮、王亚升担任副主编，王占锋、孟琳、郭琴、刘洋、马卫依参与了本书部分章节的编写工作。全书由丁源统稿，由刘新潮主审。除此之外，张哲、李振博、杨欢在本书编写过程中给予了帮助，在此表示衷心的感谢。

限于编者的水平，书中不当及疏漏之处在所难免，衷心希望各位读者给予批评指正。

编 者



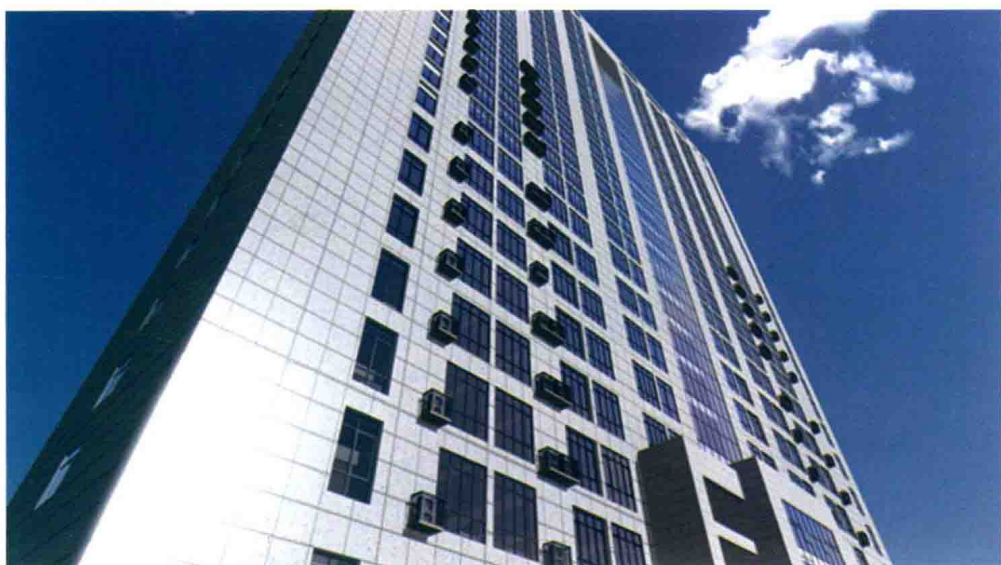


图 2.2 陕西交通职业技术学院综合实训大楼 BIM 模型（由王亚升老师带领学生制作）



图 2.3 陕西交通职业技术学院综合实训大楼入口门厅（由王亚升老师带领学生制作）

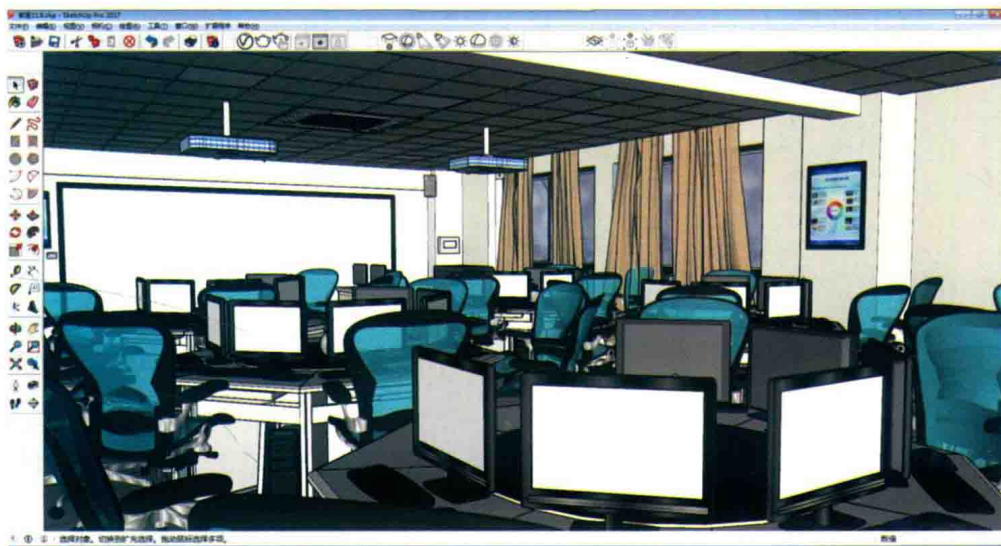


图 4.4 SketchUp Pro 操作界面（模型为陕西交通职业技术学院 BIM 实训中心，由吴潮玮老师带领学生制作）

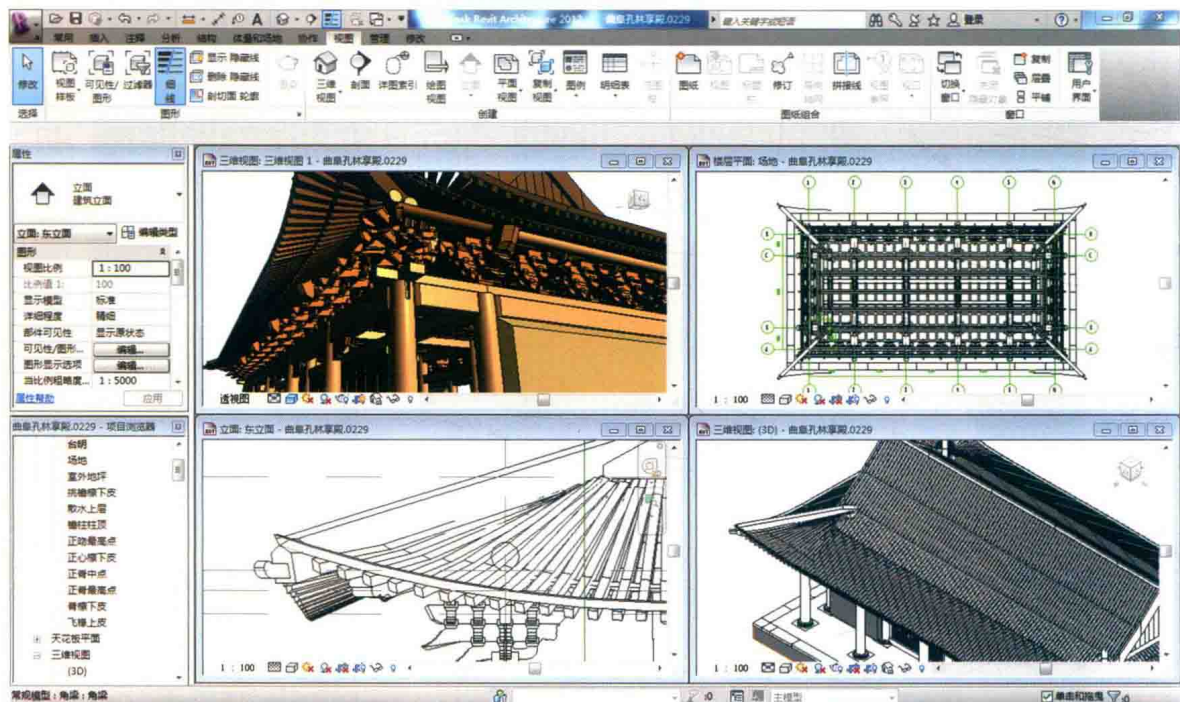


图 4.5 Revit 的操作界面（模型为全仿真榫卯结构古建筑，由丁源老师带领学生制作）



图 5.3 陕西交通职业技术学院装饰专业学生 SketchUp 设计作品（由吴潮玮老师带领学生制作）



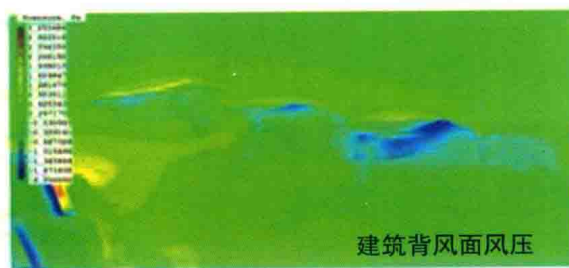
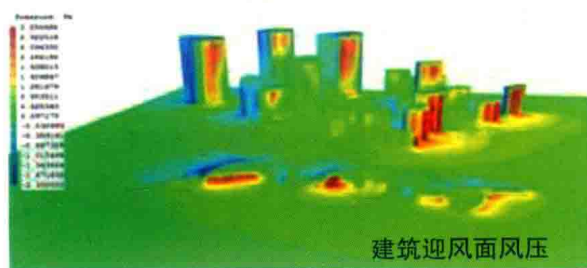


图 5.17 某生态新城低碳体验馆风环境模拟



图 5.42 陕西周原国际考古研究基地全景效果图（由西安掌案建筑设计有限公司制作）





图 5.50 系统展示界面

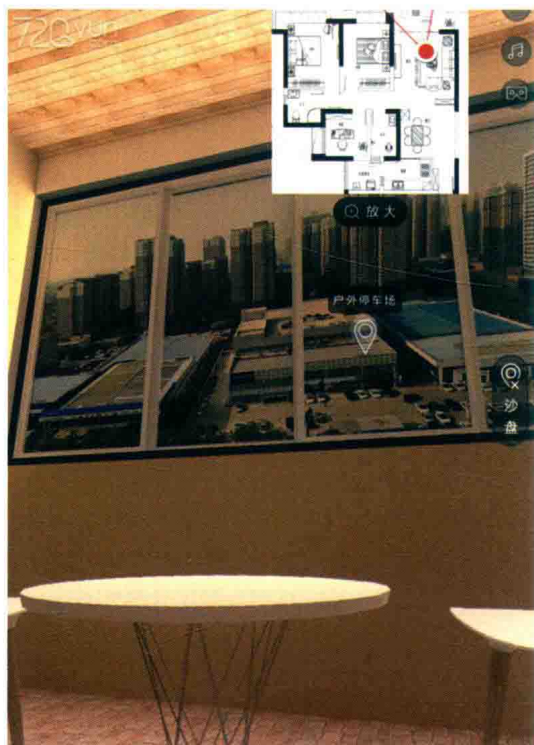


图 5.51 室内快速定位



图 5.52 室内漫游效果

# 目 录

## 第1章 智慧建造概述 ..... 1

### 1.1 智慧建造的特点 ..... 1

#### 1.1.1 智慧建造理念的特点 ..... 1

#### 1.1.2 BIM技术在智慧建造中的意义 ..... 1

### 1.2 智慧建造的体系和组织形式 ..... 2

#### 1.2.1 智慧建造的体系 ..... 2

#### 1.2.2 智慧建造的组织形式 ..... 2

### 1.3 智慧建造对施工管理的优化控制 ..... 5

#### 1.3.1 施工准备阶段优化控制管理 ..... 5

#### 1.3.2 施工过程中进度、资源、 成本动态管理 ..... 7

## 第2章 智慧建造的“中枢神经” ——BIM技术 ..... 14

### 2.1 BIM概述 ..... 14

#### 2.1.1 BIM概念 ..... 14

#### 2.1.2 BIM专业术语 ..... 15

### 2.2 BIM简史 ..... 19

#### 2.2.1 BIM产生的背景 ..... 19

#### 2.2.2 BIM概念提出 ..... 20

#### 2.2.3 BIM的发展历程 ..... 21

### 2.3 BIM的特点 ..... 23

#### 2.3.1 可视化 ..... 23

#### 2.3.2 一体化 ..... 24

#### 2.3.3 参数化 ..... 25

#### 2.3.4 模拟性 ..... 27

#### 2.3.5 协调性 ..... 30

#### 2.3.6 优化性 ..... 32

#### 2.3.7 可出图性 ..... 32

#### 2.3.8 信息完备性 ..... 32

## 第3章 BIM工程师的素质要求与职业 发展 ..... 33

### 3.1 BIM工程师的定义 ..... 33

#### 3.1.1 BIM工程师的职业定义 ..... 33

#### 3.1.2 BIM工程师岗位分类 ..... 33

### 3.2 BIM工程师职业素质与能力要求 ..... 39

#### 3.2.1 BIM工程师基本素质与能力 要求 ..... 39

#### 3.2.2 不同应用领域的BIM工程师职业 素质与能力要求 ..... 43

#### 3.2.3 不同应用程度的BIM工程师职业 素质与能力要求 ..... 44

### 3.3 BIM工程师职业发展 ..... 45

#### 3.3.1 BIM工程师行业的职业发展 态势 ..... 45

#### 3.3.2 项目全生命周期各阶段中的 BIM技术 ..... 46

## 第4章 BIM软件体系 ..... 48

### 4.1 BIM应用软件框架 ..... 48

#### 4.1.1 BIM应用软件的发展与形成 ..... 48

#### 4.1.2 BIM应用软件的分类 ..... 50

#### 4.1.3 现行BIM应用软件分类框架 ..... 51

### 4.2 BIM基础建模软件 ..... 52

#### 4.2.1 BIM基础建模软件介绍 ..... 52

#### 4.2.2 BIM模型创建软件分类 ..... 53



# 第 1 章 智慧建造概述

智慧建造是一种先进的建造理念，它可以实现产业的和谐发展、与大自然的和谐可持续发展，还可以在先进的信息化技术系统支撑下，使得经营环境公开透明，企业项目管理高效精细。

## 1.1 智慧建造的特点

### 1.1.1 智慧建造理念的特点

智慧建造理念的特点主要包括以下 3 个方面。

- (1) 提高信息创建质量和信息利用率。
- (2) 采用精细化管理，提高资源利用率，实现低碳节能目标。
- (3) 以 BIM 技术为核心。

BIM 技术可以满足工程项目建设可持续发展的要求。在传统建造过程中，由于工程项目参与方较多，各参与方都希望实现自身利益最大化，故而在工程项目实施过程中项目管理混乱，加大了项目信息共享与协同工作的难度，工程建设只能朝着粗放型发展，无法做好管理和控制。BIM 技术介入工程建设之中，可以从根本上加强项目各参与方的协作，使得各方在同一个平台下创建、使用项目信息成为可能。

智慧建造作为新的工程项目管理理念，其实现需要技术的发展与进步。BIM 技术将为智慧建造理念提供强有力的技术支撑；反之，智慧建造又为 BIM 技术在实际工程中的应用提供理论依据。

### 1.1.2 BIM 技术在智慧建造中的意义

智慧建造理念的出现为建筑工程领域带来了新的机遇，它能保证各个参与方的利益。

(1) 对建设方或业主来说，智慧建造理念能降低成本、提高工程质量、减少资源浪费，从而保证更多利益。

(2) 对承包方来说，智慧建造理念能在过程中实现资源合理分配、工期实时动态调整、合理安排人员，减少窝工现象，使承包商从中获取更高的收益。

相对于传统建造方式，智慧建造在项目实施过程中有很大优势。

(1) 缩短工程项目周期。通过合理安排工程项目进度及人员，可以合理缩短项目周期。

(2) 提高企业竞争力。智慧建造理念将倒逼企业内部运营机制与组织架构的改革，提高信息化水平，增强企业的竞争能力。

(3) 提升项目参与人员的协作能力。智慧建造理念需要建立信息统一的共享平台，各方依据项目的开展来增减项目信息，使得工程信息获取更加便捷、有效，增强了各参与方的协同



作业能力。同时，信息共享还能有效减少建造过程中的各类型冲突。通过合理布置现场，信息共享能减少施工机具碰撞，降低施工现场风险，实现有效的质量管理。信息共享还可以根据现场情况合理调整现场管理规定，实时监控施工现场情况，更有效地提高工程质量。

## 1.2 智慧建造的体系和组织形式

### 1.2.1 智慧建造的体系

根据智慧建造的框架体系，同时结合智慧建造子系统功能实现的横向关系，构建 BIM 技术和智慧建造的相互关系，如图 1.1 所示。该建造体系基于 BIM 系统平台设计，主要分为数据层、模型层和应用层。通过 IFC 数据转换工具，施工企业将从设计企业获取的 BIM 信息模型作为系统平台运行的基础。同时，利用 BIM 信息模型与施工进度进行链接，生成四维建筑信息模型。四维建筑信息模型可以实现施工优化控制、动态施工模拟与动态施工管理，满足施工阶段的进度目标、成本目标、安全目标、质量目标。同时，项目各方也通过系统平台，设定不同的访问权限，让工程洽商与协调更为便捷和安全。

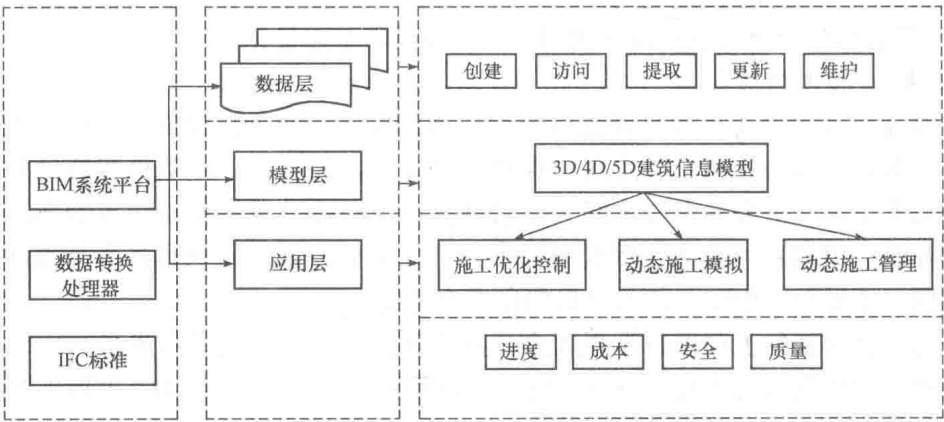


图 1.1 BIM 技术和智慧建造的相互关系

### 1.2.2 智慧建造的组织形式

智慧建造改变了传统的建造方式，这种基于 BIM 技术的新理念改变了“甩图板”的设计模式，在新型的建造过程中也将改变现有的建造组织形式。组织是实现目标的决定性因素，因此，建立适应智慧建造的组织形式至关重要。本节主要介绍业务组织形式和系统组织结构模式。

(1)业务组织形式。组织结构模式可以用组织结构图来描述，传统建造模式下的施工组织结构如图 1.2 所示。

图 1.2 所示的施工组织结构为常见的线性结构，信息传达与交换的方式比较单一，通常采用二维图纸与纸质文档，各部门协调时间较长，效率低下。在 BIM 技术条件下，各部门的管理任务分工将发生重大变化，如表 1.1 所示。

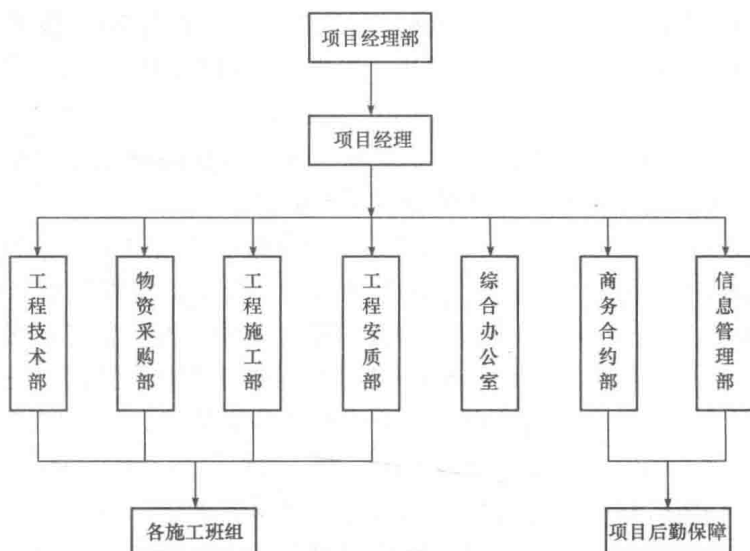


图 1.2 传统施工组织结构

表 1.1 基于 BIM 技术的施工管理任务分工

| 部门名称  | 传统施工管理任务分工                                            | 基于 BIM 技术的施工管理任务分工                                       |
|-------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 工程技术部 | 审查施工方案、进度计划，负责主材的检查验收，处理施工技术问题，提出变更建议；监控施工工艺流程，提高施工质量 | 利用 4D 施工模拟，检验施工方案的可行性，消除施工现场冲突，模拟建立标准化施工工艺流程，提高施工质量      |
| 物资采购部 | 按进度调配材料设备，检查材料设备的品种、规格、数量、质量是否符合相应规定的要求               | 根据 3D 建筑信息模型及数据库统计的工程量，合理安排物资供应，并依据数据库访问各构件的材料设备信息       |
| 工程施工部 | 执行各分部分项施工任务，保证施工质量、进度、安全符合要求                          | 在施工动态检查方面，进行 4D 施工进度模拟，动态调整施工进度，根据 BIM 技术建立的标准化施工工艺流程施工  |
| 工程安质部 | 负责工程质量、安全的检查监督工作，深入工地巡检，及时发现质量或安全隐患，并及时纠正             | BIM 与物联网技术结合，进行现场跟踪与检验，保证施工质量、安全、进度要求                    |
| 综合办公室 | 负责办理各项报批手续，制订工程建设安全管理意见和文明施工管理办法，并狠抓落实。整理各项施工资料       | 利用 3D/4D/5D 建筑信息模型及数据库，做好竣工工程施工资料的收集和整理工作                |
| 商务合约部 | 做好各项合同的签订工作与档案管理，负责施工直接成本管理，参与业主供料咨询合约谈判等             | 利用 4D 建筑信息模型，进行成本控制，建立 5D 建筑模型；及时更新 4D/5D 建筑信息模型的材料设备信息库 |
| 信息管理部 | 工程项目各信息的建设、维护、共享与保密                                   | 利用 BIM 系统平台，在同一建筑信息模型上管理、维护、更新各方项目信息，做好各方访问权限划分与设定       |

从表 1.1 可以看出,在传统施工组织结构的基础上,建立与 BIM 技术特点相适应的管理任务分工,更有利于发挥 BIM 技术的优势。为更好地利用 BIM 技术,完成各自的任务分工,团队需要组建一个项目施工 BIM 工作小组。该 BIM 工作小组协调各部门完成 4D 进度模拟、虚拟建造、动态碰撞等技术任务,实现施工建造过程的优化管理及进度、安全、质量、成本的高效控制,同时,BIM 人才配备也至关重要。

(2)系统组织结构模式。系统组织结构模式主要分析该体系的信息组织形式和硬件拓扑形式。信息组织形式主要研究组织结构模式、组织分工及工作流程组织。硬件拓扑形式主要描述施工建造阶段整个 BIM 信息管理平台在构建过程中,各信息终端交互设备和数据库核心区的具体要求以及连接状态。设计单位完成的建筑信息模型包含的是基础信息,主要包括三维建筑模型几何信息、材料信息、相应建筑结构规范信息等。施工单位需要在施工阶段进一步完善所需要的内容,主要包括工程变更、材料设备采购、施工进度、人员调度、构件装配、成本等信息。从模型集成信息的内容量和形式来看,施工单位所承担的任务最重。因此,施工单位要依据实际所需完善的 BIM 信息情况来配置计算机硬件,同时,也要考虑 BIM 工作小组的人员规模。图 1.3 所示为 BIM 信息管理平台工作模式。它表明了一般建筑信息模型所需的硬件及其连接形式。

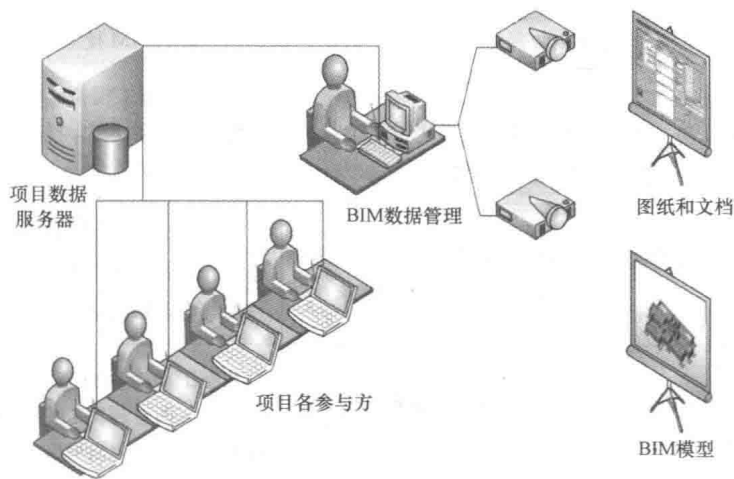


图 1.3 BIM 信息管理平台工作模式

BIM 数据库核心区设备是指运行 BIM 信息管理平台创建、访问、查询、提取、更新等操作的服务器。其主要功能包括施工建造过程中进度成本信息的创建、物资采购部门对材料设备信息的查询、各工程量的统计与提取,以及工程变更所对应信息的更新等。但超大型工程项目包含的 BIM 模型数据信息量非常庞大,仅由末端输入、输出设备来承担,会对设备造成极大负担,甚至影响系统稳定性,无法发挥 BIM 技术的最大优势。因此,由数据库核心区设备主机服务器甚至是利用云计算来充当该角色,不仅能提高信息创建、访问、查询、提取、更新的速度,而且对信息的维护、管理也有一定的安全保障。

信息终端交互设备是指各种输入、输出设备。其包括图形工作站、笔记本电脑、平板电脑、智能手机、激光打印机或手持智能设备等。PC 作为必备的输入、输出设备,为了应对高信息存储,其配置势必需要一定的提高。例如,欧特克官网提供了 Revit 软件入门级、合理级、推荐级配置需求,按照需求配置设备能节约成本。为便于随时随地读取项目信息、

获取资料,可以采用 Graphisoft SE 公司制作的一款在智能手机上查看三维建筑信息模型 的软件 BIMx,如图 1.4 所示。

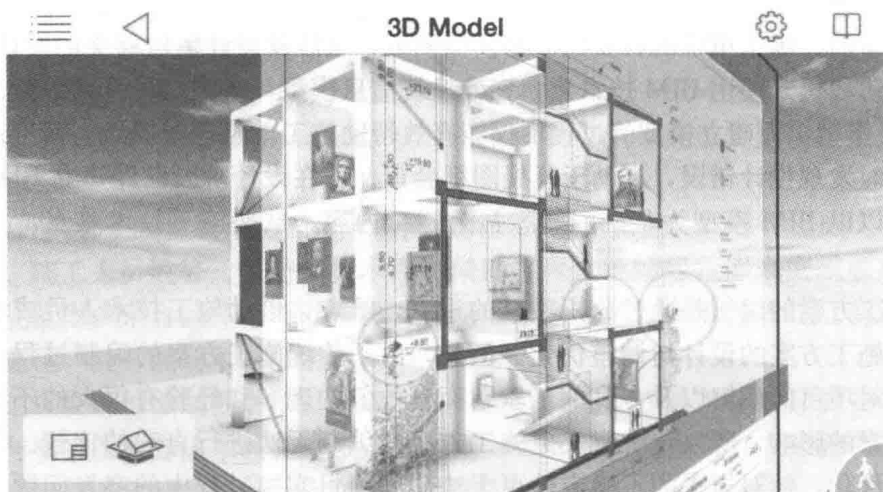


图 1.4 BIMx 软件使用截图

## 1.3 智慧建造对施工管理的优化控制

### 1.3.1 施工准备阶段优化控制管理

施工准备阶段的主要工作包括施工文件准备、施工条件准备、施工开工准备、安全文明施工准备。在施工准备阶段的工作会影响后续工作的展开,包括安全、质量、进度、成本等。

BIM 技术可以在这个阶段完成项目的碰撞检查、4D 模拟、虚拟建造等具体应用,以有效地控制施工过程中的潜在风险,减少不必要的损失,保证工程顺利进行。

(1)碰撞检查协助图纸会审。图纸会审是指工程各参建单位(建设单位、监理单位、施工单位、各种设备厂家)收到设计院施工图设计文件后,对图纸进行全面细致的熟悉,审查出施工图中存在的问题及不合理情况并提交设计院处理的一项重要活动。图纸会审由建设单位负责组织并记录(也可请监理单位代为组织)。图纸会审可以使各参建单位(特别是施工单位)熟悉设计图纸、领会设计意图、掌握工程特点及难点,找出需要解决的技术难题并拟订解决方案,将因设计缺陷而导致的问题消灭在施工之前。监理人员要对施工图进行详细的校对,对图纸进行全面的复查;还应站在更高的层次上,从设计项目管理的角度对设计图纸提出问题,对设计图纸加以优化和完善,以提高设计图纸的设计质量。

图纸会审主要是由设计人员向项目团队或施工单位介绍设计意图及施工注意事项,并解答由施工单位或监理单位提出的有关设计的问题。该阶段是对设计图纸的透彻分析与施工可行与否的论证阶段,是设计单位与施工单位、监理单位,甚至业主进行沟通协同的平台。可以利用 BIM 技术创建该平台。三维模型让各方直观地了解了建筑实体,甚至其中所包含的各项技术规范。因此,若设计中存在错误,就会在该阶段被发现并修正,从而避免



因此而产生的设计变更。实践证明，对规模较大或管线设计比较复杂的项目进行碰撞检验，往往可得到上千个碰撞检验问题。如果仅依靠人力排查构件冲突，将是一项非常艰巨的工作。

图纸会审前，施工单位的首要任务是读懂图纸，这涉及设计单位移交的设计载体形式。如果在设计阶段仍未使用 BIM 技术建立三维建筑信息模型，则施工单位可以就二维设计图纸建立 BIM 模型，而建立模型的过程不仅能有效帮助施工单位理解图纸，而且还能进行碰撞检查，及时发现设计错误，有助于开展图纸会审。若在设计阶段已经建立 BIM 模型，则施工单位可以以 BIM 模型为基础，熟悉整个施工内容，掌握施工技术难点，并验证施工方案。

传统施工方案的编制是通过分析项目的重点、难点，借助施工技术人员或专家的经验分析，完成施工方案的设计与调整优化。但是，由于传统施工方案的编制过程仅依靠技术人员或专家对项目的理解以及自身的经验，而且他们的理解和经验有很大的不确定性，受很多主观因素的影响，所以传统意义上施工方案的编制无法进行直观的比较、有效的验算和有依据的优化，针对未来的不确定性更无法预料项目实施过程中的突发问题，对结构异常复杂或重大工程项目，完全依靠经验式的施工方案根本无法对项目产生指导价值，这就需要借助计算机虚拟建造技术对施工方案中的各种不确定性以及合理性进行提前预演，以对项目进行有效控制，在各类方案中进行比对与优化。图 1.5 所示为基于 BIM 的虚拟建造技术优化施工方案的应用流程。

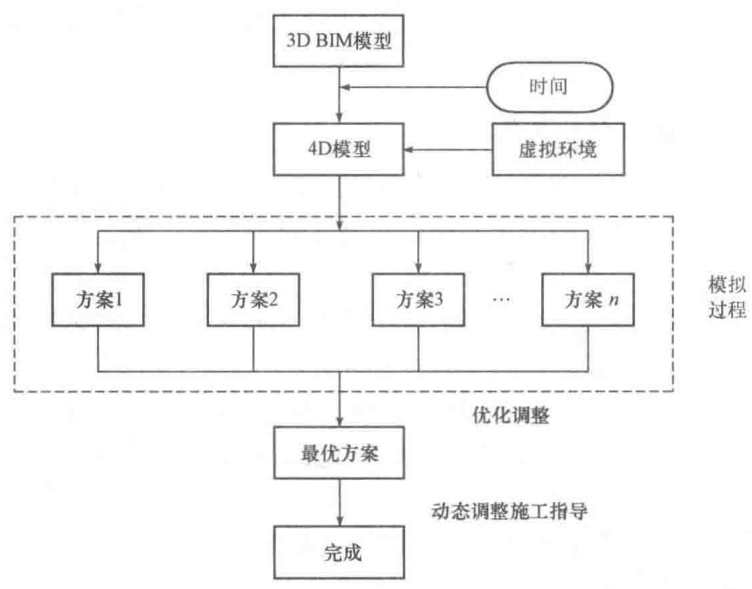


图 1.5 基于 BIM 的虚拟建造技术优化施工方案的应用流程

- 基于 BIM 的虚拟建造技术优化施工方案应满足以下 3 个功能。
- ①动态建模功能。施工方案利用虚拟建造技术编制的内容包括方案动态建模、方案比较与分析、方案优选、方案优化以及结果评价等。其中，方案动态建模包括建筑环境、拟订方案的建立、边界条件处理、荷载条件处理等内容。方案分析包括方案的可行性、合理性和安全性分析。
  - ②可视化功能。利用 BIM 技术将建立的 3D 模型放置在虚拟环境中，可以动态观察各