

第1章

BIM基础知识

本章要点

- (1) 土木水利行业信息化背景；
- (2) BIM 概念和发展；
- (3) BIM 相关软件介绍。

学习目标

- (1) 了解土木水利行业信息化的发展背景,包括土木水利行业信息技术发展、信息化发展存在的问题,BIM 与信息化之间的关系；
- (2) 熟悉 BIM 的概念和发展,包括 BIM 定义、BIM 发展“三阶段”和 BIM 特征；
- (3) 熟悉 BIM 相关软件,包括 BIM 软件分类、BIM 建模软件和 BIM 工具软件。

素质目标

本章在教学中结合当前软件行业发展背景,引导学生加强对新一代信息技术中的“智造强国追求”、科技强国号召中的“科学精神养成”、高质量发展背景中的“鲁班精神传承”的认识,将教学与育人两条线融会贯通,将专业知识有效融入价值观的培育和塑造,使立德树人的理念在教育中得以“润物细无声”。

1.1 土木水利行业信息化背景

1.1.1 土木水利行业信息技术发展

近年来,随着人工智能技术、多媒体技术、大数据技术、网络技术等新信息技术的飞速发展及其在工程领域的广泛应用,信息技术已成为土木水利领域持续发展的命脉。工程设计行业中 CAD 等技术的普遍运用,已经彻底把工程设计人员从传统的设计计算和绘图中解放出来,设计人员可以把更多的精力放在方案优化、改进和复核上,大大提高了设计效率 and 设计质量,缩短了设计周期。工程施工企业运用现代信息技术、网络技术、自动控制技术以及信息、网络设备和通信手段,在企业经营、管理、工程施工的各个环节都实现了信息化,提高了施工企业的管理效率、技术水平和竞争力。

在城乡建设、水利工程、海洋工程和基础设施建设等土木水利行业中,利用人工智能和地理信息系统(geographic information system, GIS)技术,提供城市、区域乃至工程项目建设规划的方案制订和决策支持,计算机辅助工程(computer aided engineering, CAE)技术也得到了不同程度的发展和应用。当前,工程领域计算机应用的范围和深度也在不断发展,智能化、集成化和信息化的建筑信息模型(BIM)技术已经在土木水利行业项目全生命周期内广泛应用。

自 2022 年起,住房和城乡建设部印发《关于征集遴选智能建造试点城市的通知》,明确了开展智能建造城市试点的工作目标、重点任务和工作要求等内容。智能建造是指在工程项目建造过程中应用数字化软件、智能化机械和互联网平台等技术,将现在劳动密集、生产率低、同质竞争、行业满意度差的传统建造状况,转变为设计、施工、运维等全过程智能感知、分析、决策和执行的人机协同建造方式,以推动建筑业工业化、数字化、智能化升级,实现工程建设高效益、高质量、低消耗、低排放的目标。

1.1.2 信息化发展存在的问题

信息技术的运用势必会成为传统建筑业向技术密集型与知识密集型方向发展的突破口,并带来行业的振兴和创新,提高建筑企业的综合竞争力。中国在 20 多年前就开始建筑行业的信息化改造,到目前为止,已经有很多建筑企业开发了自己的信息管理系统,其中部分管理先进的企业已经初步实现了企业信息化的建设。然而,与国外发达国家和其他行业相比,中国建筑业信息化发展尚存差距。除了在管理体制、基础设施、资金投入和技术人才等方面的问题,直接影响信息化应用效果和发展水平的主要原因有以下几方面。

1. 工程生命周期不同阶段的信息断层

在设计企业中,虽然已实现了软件设计和计算机出图,但是行业中各主体间(如业主、设计方、施工方、运营维护方)的信息交流仍然基于纸介质,所生成的数据文档在建筑和结构各专业之间以及其后的施工、监理、物业管理中很少甚至未能得到利用。这种方式导致工程生命周期不同阶段的信息断层,造成许多基础工作在各个生产环节中出现重复,降低了生产

效率,使成本提高。

2. 建设过程中信息分布离散

工程项目的参与者涉及多个专业,包括勘测、规划设计、施工、造价、管理等专业,众多参与专业各自独立,而且各专业使用的软件并不完全相同。随着建设规模的日益扩大,技术复杂程度不断增加,工程建设的分工越来越细,一项大型工程可能会涉及几十个专业和工种。这种分散的操作模式和按专业需求进行的松散组合,使工程项目实施过程中产生的信息来自众多参与方,形成了多个工程数据源。目前,建筑领域各专业之间的数据信息交换和共享很不理想,从而不能满足现代建筑信息化的发展,阻碍了行业生产效率的提高。

3. 应用软件中的信息孤岛

工程项目的生命周期很长,一般持续几十年甚至上百年,一项工程从规划开始到最后报废,均属于生命周期范围过程。在这个过程中难免会出现业主更替、软件更新、规范变化等情况,而目前行业应用软件只涉及工程生命周期某个阶段、某个专业的局部应用。在工程项目实施的各个阶段,甚至在一个工程阶段的不同环节,计算机的应用系统都是相互孤立的。这就导致项目初期建立的建筑信息数据随着生命周期的发展难以全面交换和共享,从而产生严重的信息孤岛现象。

4. 交流过程中的信息损失

当前的设计方法主要是使用抽象的二维图形和表格来表达设计方案与设计结果,这种二维图形、表格中包含了许多约定的符号和标记,用于表示特定的设计含义和专业术语。虽然这些符号和标记为专业技术人员所熟知,但仅仅依赖这些二维图表仍然难以全面描述设计对象的工程信息,更难以表述设计对象之间复杂的关系。同时,这些抽象的二维图表所代表的工程意义也难以被计算机语言识别,给计算机自动化处理带来很大困难。在工程项目不同阶段传输和交流时,非常容易导致信息歧义、失真和错误,不可避免地产生信息交流损失,如图 1-1 所示。

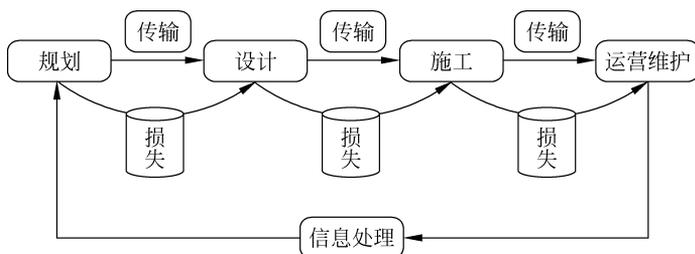


图 1-1 交流过程中的信息损失

5. 缺少统一的信息交换标准,信息集成平台落后

目前,建筑领域的应用软件和系统大多为一些孤立和封闭的系统,开发时并没有遵循统一的数据定义和描述规范,而以其系统自定义的数据格式来描述和保存系统处理结果。虽

然目前也有部分集成化软件能在企业内部不同专业间实现数据的交流和传递,但设计过程中可能出现的各专业间协调问题仍然无法解决。由于缺乏统一的信息交换标准和集成的协同工作平台,信息很难被直接再利用,需要消耗大量的人力和时间来进行数据转换,造成很长的集成周期和较高的集成成本。

此外,中国建筑业在规划、设计阶段广泛应用的是二维 CAD 技术,虽然部分企业应用三维 CAD 技术,但现有应用系统的开发都是基于几何数据模型,主要通过图形信息交换格式进行数据交流。这种几何信息集成即使得以实现,所能传递和共享的也只是工程的几何数据,相关的勘探、结构、材料以及施工等工程信息仍然无法直接交流,也无法实现设计、施工管理等过程的一体化。而且各阶段应用系统基本上还是基于静态的二维图形环境或文本操作平台,设计结果和信息表达主要是二维图形与表格,缺乏集成化的工程信息管理平台。

1.1.3 BIM 与信息化

在过去的 30 多年中,CAD 技术的普及和推广使得建筑师、结构工程师摆脱手工绘图,走向电子绘图,但是 CAD 毕竟只是一种二维的图形格式,并没有从根本上脱离手工绘图的思路。另外,基于二维图形信息格式容易导致交换过程中产生大量非图形信息的丢失,这给提高建筑业的生产效率,减少资源浪费,开展协同工作等带来很大障碍。在相当长的一段时期里,建筑工程软件之间的信息交换是杂乱无章的,一个软件必须输出多种数据格式,也就是建立与多种软件之间的接口,而其中任何一个软件的变动,都需要重新编写接口。这种工作量和效率使得很多软件公司都设想能够通过一种共同的模型,来实现各软件之间的信息交换,如图 1-2 所示。

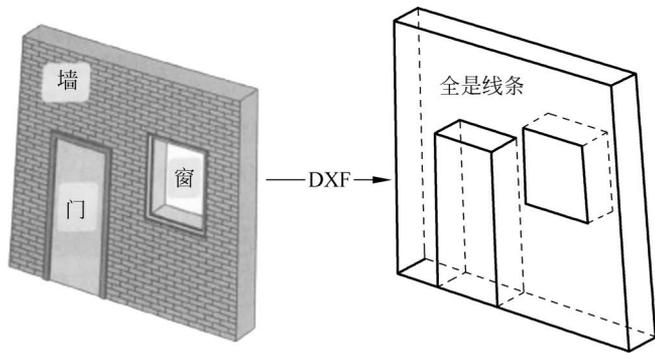


图 1-2 基于二维图形格式交换的缺陷

随着信息技术的不断发展,单纯的二维图像信息已经不能满足人们的需要,人们发现在建筑信息处理过程中,许多非图形信息比单纯的图形信息更为重要。虽然随着 AutoCAD 版本的不断更新,DWG 格式已经开始承载更多的超出传统绘图的功能。但是,这种对 DWG 格式的小范围改进还远远不够。

1995 年 9 月,北美建立了国际协同工作联盟(International Alliance for Interoperability, IAI),其最初目的是研讨实现行业中不同专业应用软件协同工作的可能性。由于 IAI 的名称令人难以理解,2005 年,在挪威举行的 IAI 执行委员会会议上,IAI 被正式更名为 BuildingSMART,并致力于在全球范围内推广和应用 BIM 技术及其相关标准。目前

BuildingSMART 已经从最初局限于北美和欧洲的区域性组织发展到如今遍布全球近百个国家的开放性国际组织。

自 2002 年以来,随着工业基础类数据模型(industry foundation classes, IFC)标准的不断发展和完善,国际建筑业兴起了围绕 BIM 的建筑信息化研究。在工程全生命周期的几个主要阶段,比如规划、设计、施工、运维管理等,BIM 技术在改善数据信息集成方法,加快决策速度,降低项目成本和提高产品质量等方面起到了非常重要的作用。同时,BIM 技术可以促进各种有效信息在工程项目的不同阶段、不同专业间实现数据信息的交换和共享,从而提高建筑业的生产效率,促进整个行业信息化的发展。BuildingSMART 组织的目标是提供一种稳定发展的、贯穿工程全生命周期的数据信息交换和相互协作模型,如图 1-3 所示,箭头方向为从规划阶段到运维管理等阶段的各种数据信息的发展,其最终宗旨是在建筑全生命周期范围内改善信息交流、提高生产力、缩短交付时间、降低成本以及提高产品质量,如图 1-4 所示。

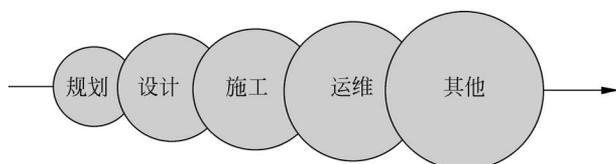


图 1-3 BuildingSMART 的目标

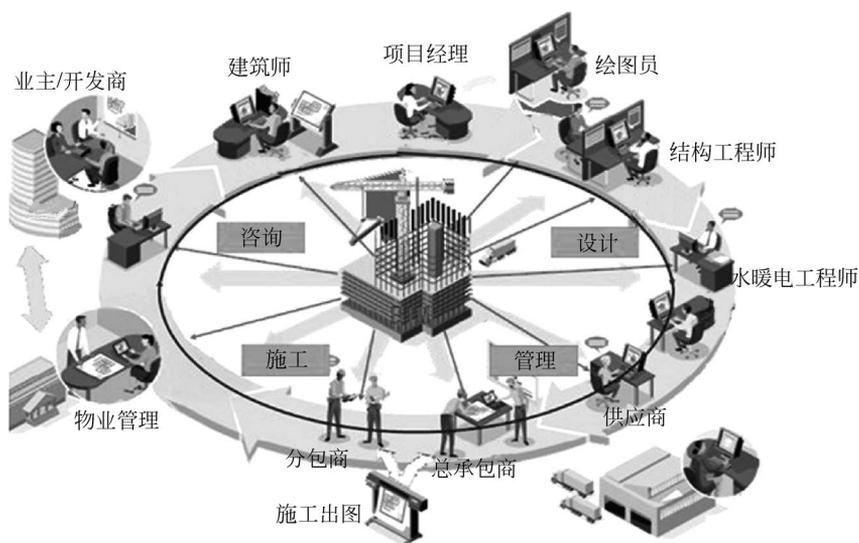


图 1-4 BuildingSMART 数据共享环形图

1.2 BIM 概念和发展

1.2.1 BIM 的定义

前文中,多次出现 BIM 一词,那么 BIM 的含义究竟是什么呢? 我们首先对 BIM 的三

种解释加以区别,如表 1-1 所示。

表 1-1 BIM 的三种解释及说明

BIM 的三种解释	说 明
building information model	是建设工程(如建筑、桥梁、道路)及其设施的物理和功能特性的数字化表达,可以作为该工程项目相关信息的共享知识资源,为项目全生命周期内的各种决策提供可靠的信息支持
building information modeling	是创建和利用工程项目数据在其全生命周期内进行设计、施工和运营的业务过程,允许所有项目相关方通过不同技术平台之间的数据互用在同一时间利用相同的信息
building information management	是使用模型内的信息支持工程项目全生命周期信息共享的业务流程的组织和控制,其效益包括集中和可视化沟通、更早进行多方案比较、可持续性分析、高效设计、多专业集成、施工现场控制、竣工资料记录等

世界各地的学者对 BIM 有多种定义,美国国家 BIM 标准将其描述为“一种对项目自然属性及功能特征的参数化表达”。因为具有如下特性,BIM 被认为是应对传统 AEC 产业(architecture,建筑;engineering,工程;construction,建造)所面临挑战的最有潜力的解决方案。首先,BIM 可以存储实体所附加的全部信息,这是 BIM 工具得以进一步对建筑模型开展分析运算(如结构分析、进度计划分析)的基础;其次,BIM 可以在项目全生命周期内实现不同 BIM 应用软件间的数据交互,方便使用者在不同阶段完成 BIM 信息的插入、提取、更新和修改,这极大增强了不同项目参与者间的交流合作,并大大提高了项目参与者的工作效率。因此,近年来 BIM 在工程建设领域的应用越来越引人注目。

BIM 之父 Eastman 在 2011 年提出 BIM 中应当存储与项目相关的精确几何特征及数据,用来支持项目的设计、采购、制造和施工活动。他认为,BIM 的主要特征是将含有项目全部构件特征的完整模型存储在单一文件里,任何关于单一模型构件的改动都将自动按一定规则改变与该构件有关的数据和图像。BIM 建模过程允许使用者创建并自动更新项目所有相关文件,与项目相关的所有信息都作为参数附加给相关的项目元件。

麦格劳-希尔建筑信息公司(McGraw-Hill Construction,2015 年已更名为 Dodge Data & Analytics)对建筑信息模型的进一步说明为:创建并利用数字模型对项目进行设计、建造及运营管理的过程,即利用计算机三维软件工具,创建建筑工程项目的完整数字模型,并在该模型中包含详细工程信息,将这些模型和信息应用于建筑工程的设计过程、施工管理、物业和运营管理等建筑全生命周期管理(building lifecycle management,BLM)过程中。

我国 BIM 标准的制定是从 2012 年开始的,提出了分专业、分阶段、分项目的概念。目前,已经有 4 部国家级标准:

(1)《建筑信息模型应用统一标准》(GB/T 51212—2016),建立了建设工程全生命周期内建筑信息模型的创建、使用和管理的应用统一标准,包括模型的创建、使用、结构和扩展,数据的交付、交换、编码和储存等信息。

(2)《建筑信息模型施工应用标准》(GB/T 51235—2017),规定了在施工过程中如何使用 BIM 技术,以及如何向他人交付施工模型信息,包括深化设计、施工模拟、预加工、进度管理、成本管理方面。

(3)《建筑信息模型设计交付标准》(GB/T 51301—2018),规定了建筑信息模型设计交付标准,用于建筑工程设计中应用建筑信息模型建立和交付设计信息,以及各参与方之间和参与方内部信息传递的过程,包括交付的基本规定、交付准备、交付物和交付协同。

(4)《建筑工程设计信息模型制图标准》(JGJ/T 448—2018),规范建筑工程设计的信息模型制图表达,提供一个具有可操作性、兼容性强的统一标准,用于指导各专业之间在各阶段数据的建立、传递和解读。

我国国家标准《建筑信息模型应用统一标准》中,对 BIM 的定义:建筑信息模型(BIM)是在建设工程及设施全生命周期内,对其物理和功能特性进行数字化表达,并依此进行设计、施工、运营的过程和结果的总称,简称模型。

现阶段,世界各国对 BIM 的定义仍在不断丰富和发展,BIM 的应用阶段已经扩展到项目整个生命周期的运营管理。此外,BIM 的应用也不仅仅局限于建筑领域,在基础设施领域、水利领域、电力领域和海洋工程领域也可发挥巨大的作用。

1.2.2 BIM 发展“三阶段”

计算机和 CAD 技术普及之前,工程设计行业在设计时均采用图板、丁字尺等工具手工完成各专业图纸的绘图工作,这项工作被形象地称为“趴图板”(图 1-5)。手工绘图时代,工作量大、图纸修改和变更困难、图纸可重复利用率低。随着个人计算机以及 CAD 软件的普及,手工绘图的工作方式已逐渐被 CAD 绘图方式所取代。



图 1-5 手工绘图“趴图板”工作场景

“甩图板”是我国工程建设行业 20 世纪 90 年代最重要的一次信息化过程。通过“甩图板”实现了工程建设行业由绘图板、丁字尺、针管笔等手工绘图方式提升为现代化的、高精度的 CAD 制图方式。以 AutoCAD 为代表的 CAD 类工具的普及应用,以及以 PKPM、ANSYS 和 ABAQUS 等为代表的 CAE 工具的普及,极大地提高了工程行业制图、修改和管理的效率,提升了工程建设行业的发展水平。图 1-6 为在 AutoCAD 软件中完成的建筑设计的一部分。

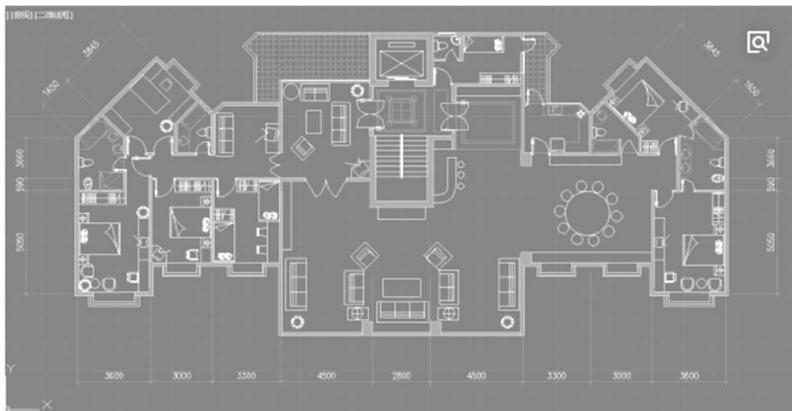


图 1-6 CAD 软件制图

现代建设工程项目的规模、形态和功能越来越复杂。高度复杂化的建设工程项目再次向以 AutoCAD 为主体、以工程图纸为核心的设计和工程管理模式提出挑战。随着计算机软硬件水平的发展,以工程数字模型为核心的全新设计和管理模式逐步走入人们的视野,于是以 BIM 为核心的软件和技术开始逐渐走进工程领域。

1975 年,佐治亚理工学院查克·伊斯特曼(Chuck Eastman)教授在美国建筑师协会(AIA)发表的论文中提出了一种名为建筑描述系统(building description system, BDS)的工作模式,该模式中包含了参数化设计、由三维模型生成二维图纸、可视化交互式数据分析、形成施工组织计划与材料计划等功能。各国学者围绕 BDS 概念进行研究,后来在美国将该系统称为建筑产品模型(building product models, BPM),在欧洲被称为产品信息模型(product information models, PIM)。经过多年的研究与发展,学术界整合 BPM 与 PIM 的研究成果,提出建筑信息模型的概念。1986 年,由欧特克(Autodesk)公司的罗伯特·艾什(Robert Aish)最终将其定义为建筑模型(building modeling),并沿用至今。

2002 年,时任 Autodesk 公司副总裁的菲利普·G. 伯恩斯坦(Philip G. Bernstein)首次将 BIM 概念商业化,随 Autodesk Revit 产品一并推广。图 1-7 为在 Autodesk Revit 软件中进行建筑设计的场景。与 CAD 技术相比,基于 BIM 技术的软件已将设计提升至所见即所得的模式。

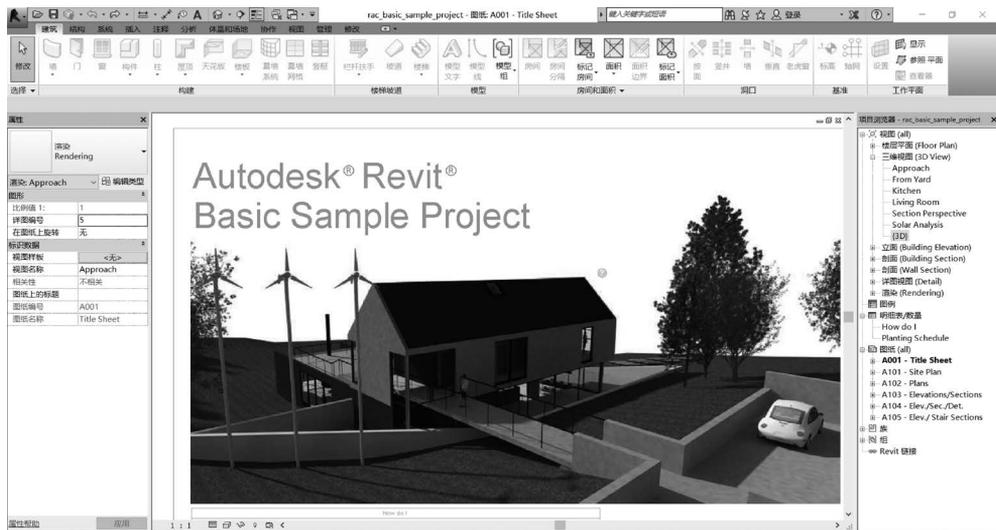


图 1-7 在 Autodesk Revit 软件中进行建筑设计

利用 Revit 软件进行设计,可由三维建筑模型自动产生所需要的平面图纸、立面图纸等所有设计信息,且所有的信息均通过 Revit 自动进行关联,大大增强了设计修改和变更的效率,因此人们认为 BIM 技术是继建筑 CAD 之后下一代的建筑设计技术。在 CAD 时代,设计师需要分别绘制出不同的视图,当其中一个元素改变时,其他与之相关的元素都要逐个修改。比如当我们需要改变其中一扇门的类型时,CAD 需要逐个修改平面、立面、剖面等相关图纸。而 BIM 中的不同视图是从同一个模型中得到的,改变其中一扇门的类型时,只需在建筑信息模型中修改相应的构件即可,BIM 实现的就是高度统一与自动化调整每个单项,不再需要设计师逐个修改,只需修改唯一的模型。用图形来表示 CAD 与 BIM 的关

系,如图 1-8 所示,CAD 做 CAD 的事情,BIM 做 BIM 的事情,中间过渡部分就是 BIM 建立在 CAD 平台上的专业软件应用。图 1-9 所示为理想的 BIM 环境,这时 CAD 能做的事情就是 BIM 能做事情的一个子集。

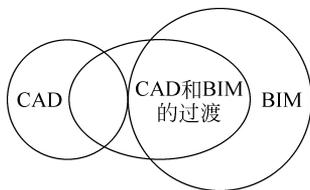


图 1-8 CAD 与 BIM 的关系

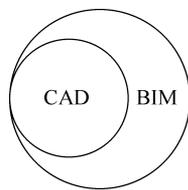


图 1-9 理想的 BIM 环境

1.2.3 BIM 的特征

从狭义 BIM 的理解来看,是类似于 Revit 这样的对于 CAD 系统应用的替代。从广义 BIM 的理解角度出发,BIM 是建筑全生命周期的管理方法,具有数据集成、建筑信息管理的作用。

1. 模型操作的可视化

三维模型是 BIM 技术的基础,因此可视化是 BIM 最显而易见的特征。在 BIM 软件中,所有的操作都是在三维可视化的环境下完成的,所有的建筑图纸、表格也都是基于建筑信息模型生成的。BIM 的可视化区别于传统建筑效果图,传统的建筑效果图一般仅针对建筑的外观或入户大堂等局部进行部分专业的模型表达,而在建筑信息模型中将提供包括建筑、结构、暖通、给水排水等在内的完整的真实的数字模型,使建筑的表达更加真实,建筑可视化更加完善。

BIM 技术采用可视化操作以及可视化表达方式,将原本 2D 的图纸用 3D 可视化的方式展示出设施建设过程及各种互动关系,有利于提高沟通效率,降低成本,提高工程质量。

2. 模型信息的完备性

除了对工程对象进行 3D 几何信息和拓扑关系的描述,还包括完整的工程信息描述,如对象名称、结构类型、建筑材料、工程性能等设计信息,施工工序、进度、成本、质量以及人力、机械、材料资源等施工信息,工程安全性能、材料耐久性能等维护信息,对象之间的工程逻辑关系等。

信息的完备性还体现在创建建筑信息模型的过程中,设施的前期策划、设计、施工、运营维护各阶段都被连接起来,把各阶段产生的信息都存储在建筑信息模型中,使得建筑信息模型的信息不是单一的工程数据源,而是包含设施的所有信息。

信息完备的建筑信息模型可以为优化分析、模拟仿真、决策管理提供有力的基础支撑,如体量分析、空间分析、采光分析、能耗分析、成本分析、碰撞检查、虚拟施工、紧急疏散模拟、进度计划安排、成本管理等。

3. 模型信息的关联性

信息模型中的对象是可识别且相互关联的,系统能够对模型的信息进行统计和分析,并

生成相应的图形和文档。如果模型中的某个对象发生变化,与之关联的所有对象都会随之更新,以保持模型的完整性。

利用 BIM 技术可查看该项目的三维视图、平面图纸、统计表格和剖面图纸,并把所有这些内容都自动关联在一起,存储在同一个项目文件中。在任何视图(平面、立面、剖面)上对模型的任何修改都是对数据库的修改,会同时在其他关联的视图或图表上进行更新并显示出来。

这种关联还体现在构件之间可以实现关联显示。例如,门窗都是开在墙上的,如果把墙进行平移,墙上的门窗也会跟着平移;如果将墙删除,墙上的门窗也会同时被删除,而不会出现门窗悬空的现象。这种关联显示、智能互动表明了 BIM 技术能够对模型信息进行分析、计算,并生成相关的图形及文档。信息的关联性使建筑信息模型中各个构件及视图具有良好的协调性。

4. 模型信息的一致性

在建筑生命周期的不同阶段模型信息是一致的,同一信息无须重复输入,而且信息模型能够自动演化,模型对象在不同阶段可以简单地进行修改和扩展,而无须重新创建,避免了信息不一致的问题。

同时 BIM 支持 IFC 标准数据,可以实现 BIM 技术平台各专业软件间的强大数据互通能力,可以轻松实现多专业三维协同设计。利用 BIM 设备管线功能,基于三维协同设计模式创建水电站房内部机电设计模型。在设计过程中,机电工程师直接导入,由土建工程师使用创建的厂房模型实现三维协同设计,并最终由机电工程师利用软件的视图和图纸功能完成水电站设计所需要的机电施工图纸,从而确保各专业模型的信息一致。

模型信息一致性也为 BIM 技术提供了一个良好的信息共享环境,BIM 技术的应用打破了项目各参与方不同专业之间或不同品牌软件之间信息不一致的窘境,避免了各方信息交流过程中的损耗或者部分信息的丢失,保证信息自始至终的一致性。

5. 模型信息的动态性

信息模型能够自动演化,动态描述生命周期各阶段的过程。BIM 将涉及工程项目的全生命周期管理的各阶段,在工程项目全生命周期管理中,根据不同的需求可划分为建筑信息模型创建、建筑信息模型共享和建筑信息模型管理三个不同的应用层面。

模型信息的动态性也说明了 BIM 技术的管理过程,通过不同阶段的信息动态输入输出,逐步完善建筑信息模型创建、共享、管理的三大过程。

BIM 技术改变了传统建筑行业的生产模式,利用建筑信息模型在项目全生命周期中实现信息共享、可持续应用、动态应用等,为项目决策和管理提供可靠的信息基础,降低项目成本,提高项目质量和生产效率,进而为建筑行业信息化发展提供有力的技术支撑。

6. 模型信息的可扩展性

由于建筑信息模型需要贯穿设计、施工与运营维护(简称运维)的全生命周期,而不同的阶段不同角色的人需要不同的模型深度与信息深度,需要在工程中不断更新模型并加入新的信息。因此,BIM 的模型和信息需要在不同的阶段具有一定深度并具有可扩展和调整