

I

# 铁道工程BIM应用基础理论



# 第 1 章 铁道工程BIM应用的 必要性及价值

## 1.1 BIM 基本理论

### 1.1.1 BIM 概述

BIM(building information model)即建筑信息模型,是以三维数字技术为基础,集成了各种相关信息的工程数据模型,可以为设计、施工和运维提供协调且内部保持一致的项目全生命周期信息化过程管理。BIM 的出现和发展离不开 CAD 技术,BIM 是 CAD 技术的一部分,是二维到三维形式发展的必然过程,是集成工程项目各种信息、支持项目全生命周期管理的强大工具之一。

BIM 的含义总结为以下三点。

(1) BIM 是以三维数字技术为基础,集成建筑工程项目各种相关信息的工程数据模型,是对工程项目设施实体与功能特性的数字化表达。

(2) BIM 是一个完善的信息模型,能够连接建筑项目全生命周期不同阶段的数据、过程和资源,是对工程对象的完整描述,提供可自动计算、查询、组合、拆分的实时工程数据,建设项目各参与方均可使用。

(3) BIM 具有单一工程数据源,可解决分布式、异构工程数据之间的一致性和全局共享问题,支持建设项目全生命周期中动态的工程信息创建、管理和共享,是项目实施的共享数据平台。

BIM 于 20 世纪 70 年代首次由美国佐治亚理工学院的 Chuck Eastman 提出,他将工程项目的信息纳入一个三维的数字化模型中,这个模型不是静态的,而是随着工程项目全生命周期的不断发展而逐步演进的。前期方案详细设计、施工图设计、建造和运营维护等各个阶段的信息都可不断集成到模型中,因此 BIM 就是真实建筑物在计算机中的数字化记录。

现代大型工程项目一般具有投资规模大、建设周期长、参建单位众多、项目功能要求高及全生命周期信息量大等特点,建设项目设计及工程管理工作极具复杂性,传统的信息沟通

和管理方式已远远不能满足要求。BIM 通过三维的共同工作平台以及三维的信息传递方式,可以为实现设计、施工一体化提供良好的技术平台和解决思路,为建设工程领域目前存在的协调性差、整体性不强等问题提供解决方法。

1.1.2 BIM 软件简介

随着计算机软件、硬件水平的不断发展,BIM 软件及其技术作为当下最热门的项目信息技术,广泛应用于建设项目的各个阶段。BIM 作为工程领域的新技术,几乎涵盖了不同应用方向、专业的任何阶段。

BIM 软件严格来讲应该是软件群,该软件群主要由建模软件、结构分析软件、造价管理软件、碰撞及进度模拟软件、可视化软件等组成。这类软件不仅是简单的设计工具,更是一种协同的、综合的方法,通过整合各种数据和信息,提升了工程项目的协作和效率。作为一种三维数字化新技术,BIM 软件设计模式包含多个板块,如图 1-1 所示。

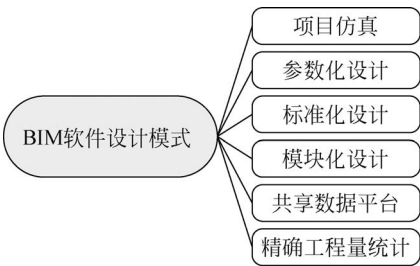


图 1-1 BIM 软件设计模式

BIM 软件是以建模软件为核心,融合其他软件进行施工信息交互,为建设方、施工方、监理方提供一个综合性的管理平台。现阶段市场上应用频率最高的 BIM 核心建模软件有 4 种,它们的具体分类如图 1-2 所示。

| Autodesk           | Bentley                                | Nemetschek<br>Graphisoft | Gery Technology<br>Dassault |
|--------------------|----------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Revit Architecture | Bentley Architecture                   | ArchiCAD                 | Digital Project             |
| Revit Structural   | Bentley Structural                     | ALLPLAN                  | CATIA                       |
| Revit MEP          | Bentley Building<br>Mechanical Systems | Vectorworks              |                             |

图 1-2 BIM 核心建模软件具体分类

其中,Autodesk 公司的 Revit 系列软件主要面向基础设施领域的一体化综合施工设计,Bentley 公司的软件主要面向石油化工、电力医药等工业设计领域,Gery Technology Dassault 公司的 CATIA 系列软件则是高端机械设计制造领域的代表。



BIM 工作必备软件汇总见表 1-1。目前,应用最广泛的是 Autodesk 公司的 Revit 系列软件。以大型铁路车站综合体站房为例,从表 1-1 可知,在 BIM 建模时,对于建筑、结构和机电等模型,通常选择 Autodesk Revit 作为工具软件;对于铁路线路的沿线三维地形,采用 Autodesk Civil 3D 作为工具软件;需要对数据进行整合与查看时,则采用 Autodesk Navisworks 作为相应的工具软件。

表 1-1 BIM 工作必备软件汇总

| 应用类型 | 软件名称                | 数据格式  | 适用项目                                          |
|------|---------------------|-------|-----------------------------------------------|
| 模型创建 | Autodesk Revit      | *.rvt | 用于创建站房等建筑物的建筑、结构、机电等相关专业模型,也用来创建桥梁、隧道、钢筋等土木模型 |
|      | Autodesk Civil 3D   | *.sdf | 用于建立铁路线路的沿线三维地形                               |
|      | Rhino               | *.igs | 用于创建车站异形幕墙、异形钢结构模型等构件                         |
|      | Tekla               | *.DBI | 用于创建钢结构深化加工详图                                 |
| 模型浏览 | Autodesk Navisworks | *.nwd | 用于轻量化整合浏览多种 BIM 成果,生成 4D 施工模拟以及多专业碰撞检查        |
|      | Lumion 3D           | *.dae | 用于实时渲染 BIM 场景,在场景中添加人、树、植被等配景,丰富模型表达          |
|      | 3DS MAX             | *.max | 用于渲染展示 BIM 场景,输出电影级效果的漫游动画                    |

除上述软件以外,BIM 技术还有许多周边软件与其接口,从而实现更加多样和强大的功能,BIM 软件产品如表 1-2 所示。

表 1-2 BIM 软件产品

| 序号 | BIM 软件类型        | 主要软件产品(可以联合工作)                                                                          |
|----|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | BIM 核心建模软件      | Revit Architecture/Structural/MEP, Bentley Architecture/Structural/Mechanical, ArchiCAD |
| 2  | BIM 方案设计软件      | Onuma, Affinity                                                                         |
| 3  | 与 BIM 接口的几何造型软件 | Rhino, SketchUp, FormZ                                                                  |
| 4  | 可持续分析软件         | Ecotect, IES, Green Building Studio, PKPM                                               |
| 5  | 机电分析软件          | Trane Trace, Design Master, IES Virtual Environment                                     |
| 6  | 结构分析软件          | ETABS, STAAD, Robot, PKPM                                                               |
| 7  | 可视化软件           | 3DS MAX, Lightscape, AccuRender, Artlantis                                              |
| 8  | 模型检查软件          | Solibri                                                                                 |
| 9  | 深化设计软件          | Tekla Structures(Xsteel), 探索者                                                           |
| 10 | 模型综合碰撞检查软件      | Navisworks, Projectwise Navigator, Solibri                                              |
| 11 | 造价管理软件          | Innovaya, Solibri, 鲁班                                                                   |
| 12 | 运维管理软件          | ArchiBUS, Navisworks                                                                    |

BIM 软件之间存在紧密的联系,通过开放的标准和互操作性,它们能够实现数据的相互共享和交流。这种联系使得不同阶段和专业领域的设计、施工和管理团队能够协同合作,共享同一模型的数据和信息。通过统一的 BIM 平台,工程项目的各个参与者能够实现更加紧密的集成,从而提高沟通效率、降低误差,并促进项目全生命周期内的信息一致性。这种

相互之间的联系使得 BIM 软件成为推动建筑项目从设计到运维全过程的协同化和高效化的关键工具。部分软件之间的联系如图 1-3 所示。

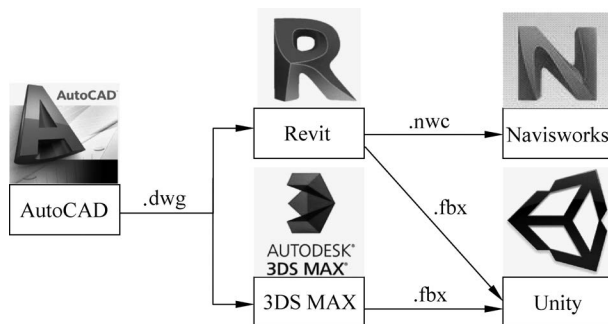


图 1-3 部分软件之间的联系

### 1.1.3 BIM 的主要特征

从基本定义可以看出，BIM 不是 CAD 等设计绘图软件或者出图工具的升级，而是信息技术与工程项目全生命周期的深度融合。BIM 将大大提高工程项目的集成化程度和交付能力。真正的 BIM 具备以下 8 个特征。

#### 1. 可视化

对于传统施工模式，施工人员通常是通过纸质施工图纸完成现场施工任务，对图纸信息的理解完全取决于施工人员的经验和能力，在这样的信息媒介下，很容易造成设计人员与施工人员的理解偏差，给项目施工带来一定的问题。而 BIM 的出现则为项目参与人员提供了一种可视化的解决思路，通过将各个建筑信息模型化、可视化，使单一的图绘线条以包含真实参数信息的三维实体方式呈现在施工人员的眼前，从而更加完整、清晰地实现设计人员与施工人员之间的信息传递，避免施工偏差的产生。

同时，通过对整个施工过程的可视化模拟，各施工环节之间、某一环节的不同施工步骤之间、不同建筑构件和相同建筑构件之间的连接性、互动性和反馈性被打通，使得整体施工过程更加清晰明了，如铁路车站内、外部结构的可视化模型图如图 1-4 所示。

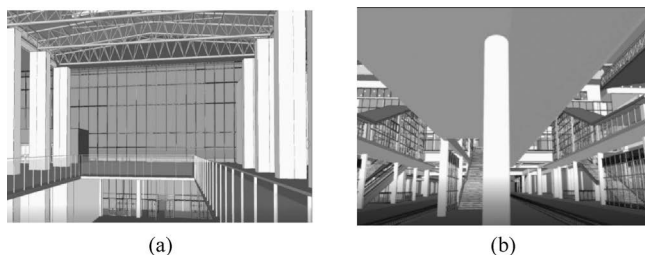


图 1-4 铁路车站可视化模型图

(a) 铁路站台内部结构模型图；(b) 铁路站台外部结构模型图

#### 2. 一体化

基于 BIM 可进行设计、施工、运维，实现贯穿工程项目全生命周期的一体化管理。BIM 的技术核心是一个由计算机三维模型所形成的数据库，该数据库不仅包含了建筑的设计信



息,而且可以存储从设计到建成使用,甚至到使用周期终结的全过程信息,如图 1-5 所示。

(1) 设计阶段。以 BIM 为核心,将整个设计整合到一个共享的 BIM 中,促进设计与施工的一体化。

(2) 施工阶段。BIM 可以同步提供施工过程中的建筑质量、进度和成本等信息。利用 BIM 可以实现整个施工周期的可视化模拟与可视化管理。

(3) 运维管理阶段。提高收益和成本管理水平,为用户提供极大的透明度和便利。

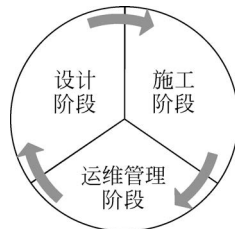


图 1-5 全生命周期管理

### 3. 参数化

参数化建模是指通过参数而不是数字建立和分析模型,简单地改变模型中的参数值就能建立和分析新的模型;BIM 中图元以构件的形式出现,这些构件之间的不同通过参数的调整反映,参数保存了图元作为数字化建筑构件的所有信息。BIM 参数化建模可以概括为“参数化图元”和“参数化修改引擎”两部分。“参数化图元”即 BIM 软件中图元以构件的形式出现,构件之间的差异可以通过参数的调整进行表达,参数保存了图元的所有信息;“参数化修改引擎”即用户对构件参数进行改动后,与构件关联部分的数据会自动同步发生改变,如图 1-6 所示。

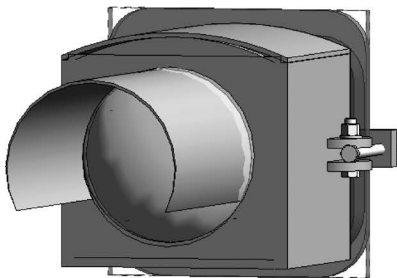


图 1-6 数据自动同步发生改变

### 4. 仿真性

在整个项目全生命周期内,利用 BIM 可以实现对不同阶段、不同需求的仿真模拟,从而更好地对整个项目施工过程进行指导。在设计阶段,利用 BIM 可以对建筑物的采光状态、日照时间、能耗状态和热量传导等情况进行仿真模拟并得出分析结果,从而找出薄弱环节和设计缺陷,做出相应的设计变更。在施工阶段,施工组织的完整过程模拟可以利用 BIM 实现,图 1-7 所示为仿真效果展示图,在对施工组织进行模拟演示的过程中,施工人员可以提前发现施工过程中可能出现的纰漏和安全隐患,然后根据问题对之前设计的施工方案进行

优化,从而大幅提高施工效率。在后期运维过程中,采用新型 BIM 可以实现对一些紧急情况的模拟,比如地震逃生、消防演练等,并对后期安全疏散方案的设计进行技术指导。

(1) 建筑性能分析仿真。在设计阶段,将基于 BIM 的虚拟建筑模型导入相关性能分析软件即可得到相应分析结果。性能分析主要包括能耗分析、光照分析、设备分析和绿色分析等。

(2) 施工仿真。在施工阶段,基于 BIM 可进行施工方案模拟、工程量自动计算和施工组织设计优化等仿真。

(3) 运维仿真。采用 BIM 实现对建筑物设备的搜索、定位和信息查询等功能。

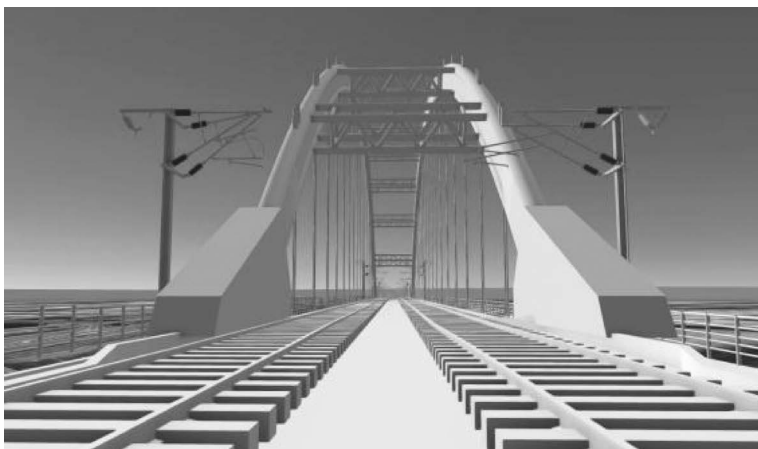


图 1-7 仿真效果展示图

## 5. 优化性

项目的实施实质上是一个不断优化的过程,合理优化的前提是要有准确的信息,利用 BIM 不仅可以准确提供项目实施过程中三维信息模型的几何信息以及施工材料等物理信息,而且能够随着项目的推进和改进,动态地提供模型变化后的实际信息。对于复杂程度较高的工程,采用传统技术手段时,项目参与人员往往能够掌握的信息十分有限。为更好地完成项目的既定指标,必须借助相关的技术手段来协助解决,而 BIM 及其配套的各种优化工具则为复杂的建设项目提供了丰富、有效的优化手段。

BIM 及其配套的各种优化工具为复杂项目的优化提供了可能,各个专业都可以利用 BIM 进行深化设计。BIM 与地理信息系统(geographic information system, GIS)技术结合可以使用户更加直观地了解工程项目的整体情况, BIM 与 VR/AR 技术结合(如图 1-8 所示)可以使用户沉浸式模拟复杂技术工艺, BIM 与物联网(internet of things, IoT)技术结合可以使用户在电子终端实时查看项目实施动态,实现智慧化管理。

## 6. 协调性

项目的完成是一个复杂的系统工程,良好的项目实施往往需要多个部门、多个专业之间的协调与配合。然而,由于专业背景的差异和交流不及时,在整个项目实施过程中可能会出现一定的专业碰撞问题,若前期未能及时发现此类碰撞问题,则往往要等到问题出现之后才能解决,不仅严重影响项目实施进度,而且会造成一定的工程损失,耗时耗力。因此,为解决此类问题,可以利用 BIM 协同平台中的专业软件在施工前期针对各专业之间不同类型的潜

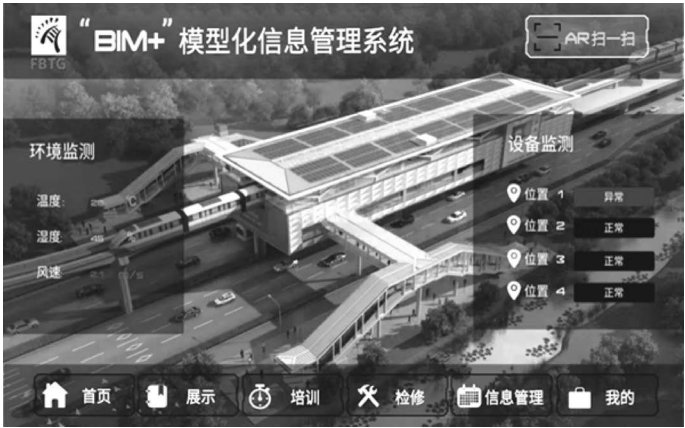


图 1-8 BIM 结合 AR 技术

在碰撞问题进行碰撞检测,并生成碰撞报告,以便及时地发现问题,避免返工和不必要的损失。图 1-9 所示为 BIM 协同平台的构成体系。

7. 可出图性

BIM 的出图与日常多见的建筑设计院所出的建筑设计图纸及一般构件加工的图纸不同。它通过对建筑物进行可视化展示、协调、模拟、优化,不仅能够进行建筑平面图、立面图及三维详图的输出(图 1-10),同时还可以出具碰撞报告、管线空间布局图和构件加工图等,从而更加直观地指导项目建设。

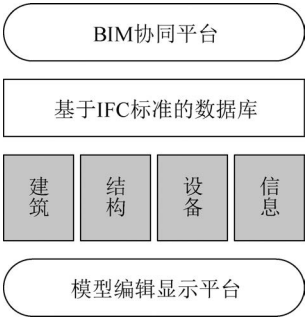


图 1-9 BIM 协同平台的构成体系

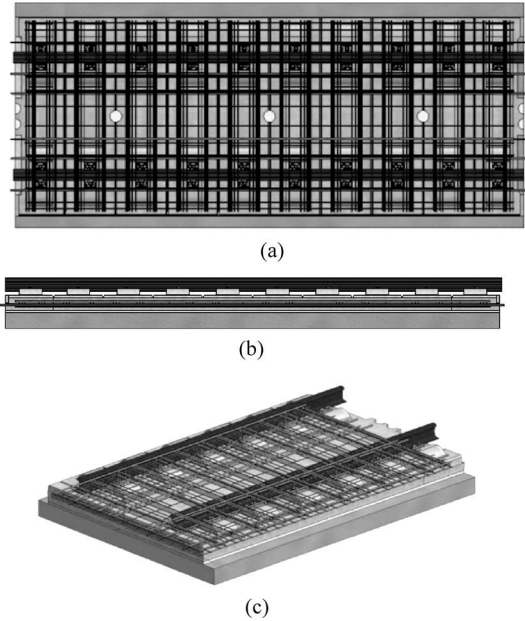


图 1-10 CRTSII 型轨道板 BIM 出图  
(a) 平面图; (b) 立面图; (c) 三维详图

## 8. 信息完备性

利用 BIM 可对工程对象及完整的工程信息进行描述,为项目参与方提供详尽完善的数据平台。除了对工程对象进行 3D 几何信息和拓扑关系的描述外,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。BIM 信息完备性在传感器方面体现在以下几点。

(1) 传感器类型: BIM 中需要明确传感器的类型,例如温度传感器、应变传感器、倾角传感器、裂缝计等,以确保模型中包含了所有必要的传感器信息,传感器和模型的对应图如图 1-11 所示。



图 1-11 传感器和模型的对应图

(2) 传感器位置: BIM 中需要准确地标注传感器的位置,以确保传感器能够正确地监测其所在区域的数据。

(3) 传感器参数: BIM 中需要包含传感器的参数信息,例如灵敏度、精度、测量范围等,以确保传感器能够正确地捕捉到所需的数据。

(4) 传感器连接: BIM 中需要包含传感器与其他设备的连接信息,例如传感器与数据采集器、控制器等的连接方式和接口类型。

(5) 数据采集和处理: BIM 中需要考虑传感器数据的采集和处理方式,例如数据的采集频率、存储方式和处理算法等,以确保传感器数据能够被正确地处理和分析。

### 1.1.4 BIM 的发展趋势

随着城市建设的发展,绿色建筑、智慧城市是工程建设高效节能发展的必然趋势,建筑工业化则是实现这一必然趋势的有效途径之一。随着对 BIM 研究和应用的不断深入,BIM 的发展必将给工程建设领域带来新的革命,工程项目的分工将进一步细化,并能够实现三维环境下的协同设计、管理和运维,有力推动城市智能化的进程。

未来虚拟现实技术的高水平发展,将实现建筑工程全生命周期的可视化管理。随着通信技术和计算机技术的不断发展,建筑业的效率势必不断提高,BIM 预计将有以下四大发展趋势。

(1) 移动终端的应用。随着互联网和移动终端的普及,移动终端的应用正成为关键焦点。BIM 软件逐渐实现了在移动设备上的高效运行,使得项目团队能够随时随地协同工