

第 1 章

BIM 基础

► 章 引

BIM 技术作为现代建筑行业发展的关键工具，已在全球范围内得到了广泛应用，并取得显著成果。本章旨在介绍 BIM 技术的概念、特点及其在建筑、电力、交通和高等教育等领域的应用现状与发展趋势。通过详细的案例分析和数据展示，读者将了解 BIM 技术如何提升项目设计效率、优化施工流程、降低成本及风险。本章将引领读者深入探索 BIMBase 国产自研平台在促进 BIM 技术国产化方面的作用，以及 BIM 技术与大数据、人工智能和云计算等先进技术的融合应用。希望通过本章的内容，读者能够全面了解 BIM 技术的实际应用成果和发展前景，提升在相关领域的专业水平和创新能力。

1.1 BIM 技术概述

1.1.1 BIM 技术概念

BIM 技术是一种多维（三维空间、四维时间、五维成本、N 维更多应用）模型信息集成技术，可以使建设项目的所有参与方（包括政府主管部门、业主、设计、施工、监理、造价、运营管理、项目用户等）在项目从概念产生到完成的整个生命周期内能够在模型中操作信息和在信息中操作模型，从而在根本上改变从业人员依靠图纸进行项目建设和运营管理的工作方式，在建设项目全生命周期内提高工作效率和质量，减少错误和风险。

BIM 的含义总结为以下三点：

（1）BIM 是以三维数字技术为基础，集成了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，能够连接建筑项目生命期不同阶段的数据、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，可被建设项目各参与方普遍使用。

（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，支持建设项目生命期中动态的工程信息创建、管理和共享，是项目实时的共享数据平台。

1.1.2 BIM 技术常用术语

1. BIM

前期定义为“building information model, BIM”，之后将 BIM 中的“model”替换为“modeling”，即“building information modeling”。前者指的是静态的“模型”，后者指的是动态的“过程”，可以直译为“建筑信息建模”“建筑信息模型方法”或“建筑信息模型过程”，但目前国内业界仍然使用“建筑信息模型”。在近些年发展过程中，“modeling”一词又被附加“management”“manufacture”等概念，成为建筑信息模型（building information modeling）、建筑信息化管理（building information management）、建筑信息制造（building information manufacture）三位一体的 BIM 发展新模式。

2. PAS 1192

PAS 1192 即使用建筑信息模型设置信息管理运营阶段的规范。该规范规定了图形信息、非图形内容，例如具体的数据、模型的定义和模型信息交换。PAS 1192-2 提出 BIM 实施计划（BEP）是为了管理项目的交付过程，有效地将 BIM 引入项目交付流程，对项目团队在项目早期发展 BIM 实施计划很重要。

3. IFC

IFC 即工业基础类标准（industry foundation class）。IFC 是包含建设项目设计、施工、运营各个阶段所需要的全部信息的一种基于对象的、公开的标准文件交换格式。

4. level

level 表示 BIM 等级从不同阶段到完全合作被认可的里程碑阶段的过程，是企业或项目在 BIM 领域技术成熟度的划分。这个过程被分为 0~3 共 4 个阶段，目前对于每个阶段的定义还有争论，最广为认可的定义如下：

level 0：没有合作，只有二维的 CAD 图纸，通过纸张和电子文本输出结果。

level 1：含有一点三维 CAD 的概念设计工作，法定批准文件和生产信息都是二维图输出。不同学科之间没有合作，每个参与者只拥有自己的数据。

level 2：合作性工作，所有参与方都使用自己的三维模型，设计信息共享是通过普通文件格式。各个组织都能将共享数据与自己的数据结合，从而发现矛盾。因此各方使用的软件必须能够以普通文件格式输出。

level 3：所有学科整合性合作，使用一个在环境中共享性的项目模型。各参与方都可以访问和修改同一个模型，解决了最后一层信息冲突的风险，这就是所谓的“open BIM”，即一种在建筑的合作性设计、施工和运营中基于公共标准与公共工作流程的开放资源的工作方式。

5. LOD

LOD (level of detail) 指 BIM 模型的发展程度或细致程度。LOD 描述了一个 BIM 模型构件单元从最低级的近似概念化的程度发展到最高级的演示级精度的步骤。LOD 的定义主要运用于确定模型阶段输出结果及分配建模任务这两个方面。在现阶段 BIM 技术应用的相关工程中，均用 LOD 的数值作为评判模型精细程度与价值的依据。

1.2 BIM 技术特点

BIM 技术作为现代建筑行业的一项革新性工具，其特点鲜明地体现在三维层级与数据层级两个方面。

1.2.1 三维层级特点

BIM 技术的三维层级特点，为其在建筑领域的应用提供了直观、高效的手段。这一特点具体表现在以下几个方面。

(1) 可视化设计

传统的建筑设计往往依赖于二维图纸，设计师需要通过想象来构建三维空间。而 BIM 技术则直接在三维空间中进行设计，使得设计师能够更加直观地观察和理解建筑形态。这种可视化的设计方式不仅提高了设计效率，还有助于发现潜在的设计问题，从而及时进行优化。

(2) 碰撞检测

在建筑设计阶段，各专业之间的构件可能会发生空间上的冲突，这种冲突在传统的二维设计中很难发现。而利用 BIM 技术的三维模型，可以轻松进行碰撞检测，提前预警可能存在的空间冲突，避免了施工阶段的返工和浪费。

(3) 施工进度模拟

BIM 模型不仅可以展示建筑的静态形态，还可以结合时间维度进行施工进度模拟。通

过在模型中加入时间因素,可以模拟出施工过程中的各个阶段,帮助项目管理人员更加合理地安排施工计划,优化资源配置。

(4) 三维协同设计

BIM 技术支持多人、多专业的协同设计。在 BIM 模型中,不同专业的设计人员可以同时进行工作,实时共享和更新设计信息。这种协同设计方式大幅提高了设计效率和质量,减少了因信息沟通不畅而导致的错误和冲突。

BIM 技术的三维层级特点还体现在其对复杂建筑形态的精确描述上。无论是曲线形的建筑外观,还是内部复杂的空间结构,BIM 技术都能够通过三维模型进行精确的表达和呈现。

1.2.2 数据层级特点

BIM 技术的数据层级特点是其强大功能得以实现的基础。这一特点主要表现在以下几个方面。

(1) 信息集成

BIM 模型不仅包含了建筑的几何信息,还集成了物理信息、功能信息等多种数据。这些信息以数字化的形式存储在模型中,可以随时进行查询、提取和更新。这种信息集成的方式为建筑的全生命周期管理提供了便利。

(2) 关联性

在 BIM 模型中,各种数据之间是相互关联的。这种关联性体现在两个方面:一是同一元素的不同属性之间的关联,如一个墙体的几何尺寸与其热工性能之间的关联;二是不同元素之间的关联,如门窗与墙体之间的关联。当模型中的某个元素发生变化时,与之相关联的数据也会自动更新,从而保证了模型数据的一致性和准确性。

(3) 参数化设计

BIM 技术支持参数化设计,即通过参数来控制模型的形状、尺寸等属性。设计师可以通过修改参数来调整模型,而无需重新建模。这种设计方式不仅提高了设计效率,也使得设计方案更加灵活多变。同时,参数化设计还有助于实现设计的标准化和规范化。

(4) 数据共享与协同

BIM 模型的数据可以在不同的软件平台之间进行共享和交换。这种数据共享与协同的能力,使得各专业之间的信息沟通更加顺畅,有助于提高项目管理的整体效率。同时,数据共享还有助于打破信息孤岛,实现信息的整合和优化利用。

1.3 BIM 技术国内外发展

1.3.1 BIM 技术在国外的发展现状

BIM 技术在全球建筑业的应用与发展呈现出显著的多样性。

美国作为最早启动建筑业信息化研究的国家之一,自 2003 年由美国总务管理局(GSA)推出全国 3D-4D-BIM 计划以来,在 BIM 技术的研究与应用方面一直走在世界前列。GSA 在 2007 年起要求所有大型项目应用 BIM,并积极推动在项目生命周期中应用 BIM 技术,如空间规划验证、4D 模拟和能耗模拟等。与此同时,Building SMART 联盟通过制定和推广美

国国家 BIM 标准 (NBIMS-US), 大力推动了 BIM 技术在美国的普及与标准化。

英国政府则通过强制政策大力推动 BIM 技术的应用。2011 年, 英国发布《政府建设战略》, 要求在 2016 年前实现全面协同的 3D-BIM。英国建筑业 BIM 标准委员会发布了一系列标准, 如“AEC (UK) BIM Standard”, 为 AEC 企业从 CAD 向 BIM 过渡提供了详细的指导和支持。这些标准的制定不仅促进了 BIM 技术在英国的应用, 也为全球范围内的 BIM 标准化提供了借鉴。

新加坡在 BIM 技术推广方面也取得了显著成效。早在 2000 年, 新加坡通过 CORENET 项目推动电子规划自动审批系统的应用。2011 年, 新加坡建筑局 (BCA) 发布 BIM 发展路线图, 要求在 2015 年前所有新建项目广泛使用 BIM 技术。政府通过强制提交 BIM 模型、与大学合作开设 BIM 课程和提供专业培训, 积极推动 BIM 技术的普及。

北欧国家 (如挪威、丹麦、瑞典和芬兰) 是全球最早采用基于模型设计的地区之一。尽管政府并未强制要求全部使用 BIM, 但通过 Senate Properties 等机构发布的 BIM 要求, 以及企业的自觉应用, 北欧国家在 BIM 技术的发展上取得了显著进展。例如, Senate Properties 自 2007 年起在建筑设计部分强制使用 BIM, 促进了项目的规范化管理。

日本自 2009 年起开始广泛应用 BIM 技术。日本国土交通省在 2010 年启动政府建设项目中的 BIM 试点, 探索其在设计可视化和信息整合方面的价值。2012 年, 日本建筑学会发布 BIM 指南, 为设计院和施工企业提供了详细的指导, 推动了 BIM 技术在日本的广泛应用。

韩国政府积极制定 BIM 标准, 并推动在大型工程项目中应用 BIM 技术。2010 年, 公共采购服务中心 (PPS) 提出在大型项目中逐步应用 BIM 技术的计划, 并发布了《设施管理 BIM 应用指南》。韩国国土交通部发布了《建筑领域 BIM 应用指南》, 为开发商、建筑师和工程师在公共项目中应用 BIM 技术提供了详细指导, 推动了 BIM 技术在韩国的标准化和系统化应用。

全球教育机构和学术界也高度重视 BIM 技术的教学与研究。多个国家的大学和专业学院将 BIM 技术纳入课程, 培养学生的实际应用能力。研究人员探索 BIM 技术的创新和应用, 通过数据标准化和数字建造技术的研究, 推动 BIM 技术的发展。国际上已经有多个 BIM 标准, 如 IFC、COBie 和 BCF, 这些标准促进了 BIM 数据的标准化和操作性, 为建筑行业的数字化转型提供了重要支持。

1.3.2 BIM 技术在国内的应用与发展现状

BIM 技术在中国的应用和发展已经取得了显著成效, 展现出巨大的潜力和广泛的前景。中国香港地区的 BIM 发展主要依靠行业自身推动, 早在 2009 年便成立了香港 BIM 学会。香港房屋署自 2006 年起率先试用 BIM 技术, 并在 2009 年发布了 BIM 应用标准, 计划在 2014—2015 年覆盖所有项目。这些措施包括自行订立 BIM 标准、用户指南和资料库, 为模型建立、管理档案及用户之间的沟通创造了良好环境。

在中国台湾地区, BIM 技术的应用同样取得了显著进展。台湾大学与欧特克公司签订了产学研合作协议, 以推动 BIM 技术的研究与应用。台湾大学土木工程系、高雄应用科技大学土木系等纷纷成立 BIM 研究中心, 推动 BIM 相关技术与应用的经验交流、成果分享、人才培养与产学研合作。台湾在推动 BIM 应用方面采取了两种模式: 建筑产业界自愿引进 BIM 应用, 以及在新建公共和公有建筑中强制应用 BIM 技术。

中国大陆的 BIM 技术应用呈现出迅猛增长的态势。政府在 BIM 技术推广中发挥了核心作用，通过住房和城乡建设部等机构制定相关政策和标准，促进 BIM 技术在公共项目中的广泛应用。这些政策为 BIM 技术实施提供了明确指导，激发了私营部门的积极参与。众多建筑公司和设计院已将 BIM 技术纳入其标准工作流程，利用 BIM 技术提高设计和施工阶段的效率，并在项目管理、成本控制及后期维护等方面发挥优势。BIM 技术的精确性和高效性减少了返工与浪费，提升了项目的整体质量和性能。

在复杂工程项目中，如地铁、高速铁路和大型工业设施，BIM 技术发挥着至关重要的作用。它协助多个专业团队协同工作，提高工程质量，并有效控制项目成本和进度。通过详细的项目信息和模拟，BIM 技术使项目管理者能够更好地规划和监控工程进度，降低施工风险。BIM 技术与互联网、大数据和人工智能等前沿技术的融合正在加速。大数据分析优化了设计方案，提高了建筑性能；人工智能的结合提升了 BIM 模型的自动化程度，使设计和分析更加高效；云计算的应用则促进了 BIM 模型的共享和协作，增强了团队间的交流效率。

教育与培训方面，中国的高等教育机构已将 BIM 纳入建筑和工程相关课程，注重技术操作的教学和跨专业协作及项目管理能力的培养，为行业的未来发展奠定了基础。多所大学和专业机构在研究 BIM 技术的应用与发展，如使用分布式键值存储系统 Redis 提高大容量 IFC 数据的动态解析效率，为 BIM 模型的 Web 端快速恢复提供条件。研究人员还探索了数字化建造技术在建筑领域的应用及其发展前景，提出了数字化建造的概念、特点和发展趋势，并探讨了 BIM 技术在高速公路建设中的应用模式和方法。

第2章

BIM 应用软件

▶ 章 引

本章重点介绍 BIMBase 软件在建筑、电力、交通等领域的应用基础与发展现状。作为中国建筑科学研究院推出的国内完全自主知识产权的 BIM 建模软件，BIMBase 通过其先进的几何引擎、显示渲染引擎和数据引擎，为我国建筑行业提供了坚实的数字化基础平台。本章内容将带领读者深入了解 BIMBase 在各行业的广泛应用，从核心技术的突破到实际项目的成功实施，全面展示其在提升设计效率、优化施工管理和推动行业数字化转型方面的显著成效。通过翔实的案例分析与图文展示，读者将深入了解 BIM 技术在不同专业领域的应用，进一步理解 BIMBase 如何助力我国工程建设的高质量发展。希望本章内容能够为广大工程技术人员提供有价值的参考，促进 BIM 技术的推广与应用。

2.1 BIMBase 介绍

中国建筑科学研究院下属的北京构力科技有限公司于 2021 年推出了国内完全自主知识产权的 BIMBase 建模软件。BIMBase 为我国建筑行业提供了数字化基础平台，通过开放的二次开发接口，支持软件开发企业研发各种行业软件，逐步丰富 BIM 国产软件开发生态，为行业数字化转型和国家重大工程的数据安全提供有力保障。

凭借几何引擎、显示渲染引擎和数据引擎，BIMBase 对于面向工程建设领域大体量造型及复杂边界的几何运算效率及稳定性优势显著，并且可实现二维及三维大规模场景的高效绘制与渲染、全专业百万级 BIM 模型的流畅编辑与渲染显示。BIMBase 大尺度模型加载效果如图 2-1 所示。另外，BIMBase 提供自有数据格式，支持业务数据和标准的扩展，还提供了高效的数据读写存储格式，支持 BIM 模型的快速加载和卸载。目前，BIMBase 在建筑、电力和交通等细分领域已率先实现 BIM 核心软件国产化替代和升级。

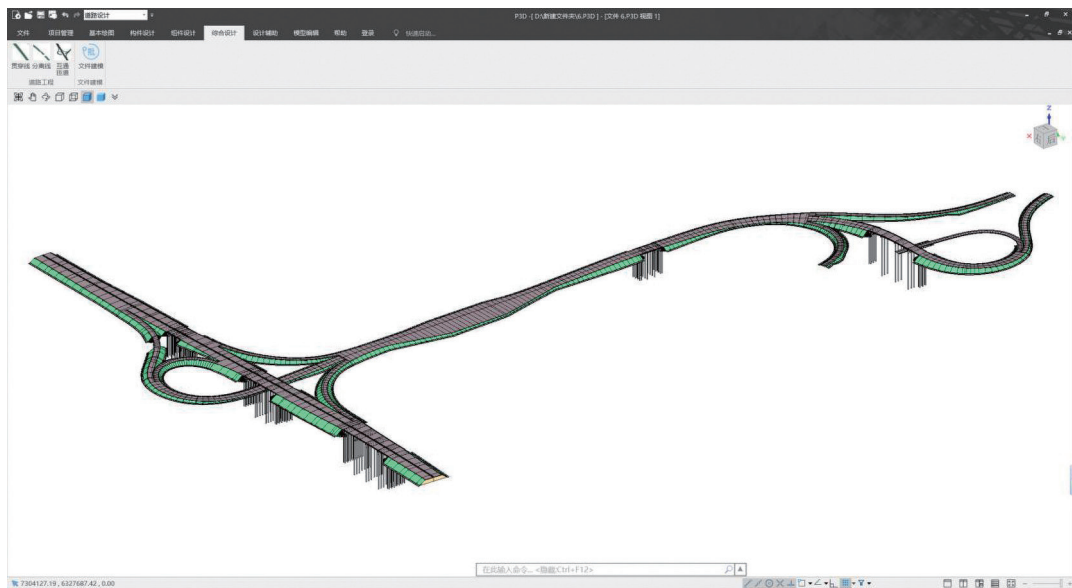


图 2-1 BIMBase 大尺度模型加载效果

在软件功能层面，BIMBase 提供通用建模、参数化建模、协同设计、数据转换、数据挂载、模型碰撞检查、二维制图、模型轻量化、二次开发等九大功能模块。部分功能介绍如下：

（1）参数化建模

BIMBase 具备基本几何与参数化建模能力，用户不仅可以通过组件和通用建模等手段快速搭建 BIM 模型，还可以使用 Python 语言，通过参数驱动实现高效建模，满足特定的设计要求。

（2）数据挂载

BIMBase 在国内首创数据挂载机制，可以将相关业务属性数据与建筑元素关联，实现数据的一体化管理，以满足全生命周期 BIM 模型的应用。另外，BIMBase 还支持通过自定义模板配置企业数据标准。

(3) 模型碰撞检查

BIMBase 支持模型碰撞检查，能快速定位模型中的碰撞问题，并使用便捷的模型编辑工具对碰撞点进行快速修改优化，达到模型交付标准。BIMBase 在集成多专业模型碰撞检查时，与主流碰撞检查软件效率基本持平。

(4) 数据转换

BIMBase 提供强大的数据转换功能，可以与其他平台软件或格式进行数据交换和共享，目前已经支持 RVT、SKP、DGN 以及 IFC 等国内外各种主流文件格式。BIMBase 还提供常见 BIM 软件数据转换接口，并深度支持各类专业插件的开发。

(5) 二维制图

BIMBase 支持二维制图功能，能够自动生成平面图、剖面图、立面图等，该功能包含二维绘图常用命令，如图层管理、标注样式、文字样式等，兼容 SHX 文件，为专业图纸绘制提供基础的 CAD 功能，并且与三维模型实现实时关联，确保“图-模”的准确性和一致性。

2.2 BIMBase 应用与发展现状

中国建筑科学研究院基于 30 多年自主图形技术的积累，于 2021 年推出国内自主知识产权的 BIM 平台——BIMBase。BIMBase 已通过中国信息通信研究院旗下的泰尔实验室的 BIM 自主化评估并且被认定为 S 级（五星级别），核心源代码自有率达 100%，实现了 BIM 核心技术自主可控。2021 年，BIMBase 入选国务院国有资产监督管理委员会“国企科技创新十大成果”，并于 2020 年和 2022 年两次列入《中央企业科技创新成果推荐目录》，整体技术达到国际先进水平，部分技术达到国际领先水平。

在建筑工程领域，BIMBase 已率先实现了 BIM 核心产品国产化替代。基于 BIMBase 的建筑全专业协同设计系统 PKPM-BIM、装配式建筑设计软件 PKPM-PC、钢结构设计软件 PKPM-PS、CAE 通用结构仿真分析系统、绿色低碳分析设计系统、铝模板智能设计系统等 20 余款商品化国产 BIM 软件，可适应国内常规建筑工程项目 BIM 应用，完成的单体工程规模可达 10 万 m² 以上。BIMBase 软件提供了超过 1500 个 API 接口，能够支持用户完成 BIM 建模、设计、交付等全流程开发（图 2-2）。之后陆续发布了完全国产自主可控的装配式钢结构设计软件、绿色建筑节能系列软件、铝模板设计软件、爬架设计软件、市政管廊设计软件、电力隧道设计软件、总图设计软件等 BIM 软件产品（图 2-3）。



图 2-2 BIMBase 建模软件应用流程

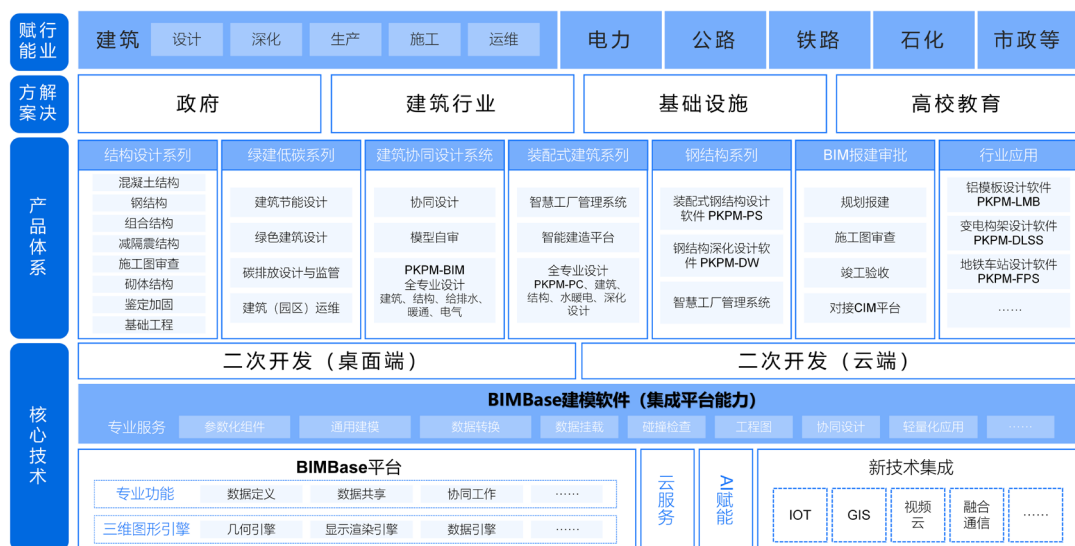


图 2-3 BIMBase 基础平台与工程软件行业应用

基于 BIMBase 的装配式设计软件 PKPM-PC 按照装配式建筑全产业链集成应用模式研发，主要应用于装配式住宅、公建项目设计深化阶段，为设计人员大幅降低了设计门槛，有效提高了设计效率及质量；同时设计数据可对接审查平台，满足装配式审查要求；对接装配式预制构件生产系统，满足加工厂制造要求。目前该软件已服务全国设计单位、构件厂等 1000 多家企业，并在大量实际工程项目中应用，与基于 CAD 软件传统的设计方式相比，该软件可提高装配式设计效率 20% 以上，降低 80% 的拼装检测人工量，减少了大量“错、漏、碰、缺”现象的发生，设计精度大大提高，全面助力国内建筑工业化发展。在装配式建筑领域，BIMBase 系列软件已处于领先地位（图 2-4）。



图 2-4 BIMBase 建模软件与建筑产业应用

基于 BIMBase 研发完成的涵盖建筑、结构、机电、绿色建筑和装配式全专业的 PKPM-BIM 数字化协同设计系统，针对建筑工程体量大、专业多的特点，将 BIM 技术与专业技术