

BIM技术在土木工程领域的发展与未来

1.1 引言

建筑信息模型(building information modeling, BIM)技术目前已经在全球范围内得到业界的广泛认可,帮助实现建筑信息的集成,从建筑的设计、施工、运行直至建筑全生命周期,各种信息始终整合于一个三维模型信息数据库中。设计团队、施工单位、设施运营部门和业主等各方人员可以基于 BIM 进行协同工作,有效提高工作效率、节约资源、降低成本,以实现可持续发展。

BIM 技术的核心是通过建立虚拟的建筑工程三维模型,利用数字化技术,为这个模型提供完整的、与实际情况一致的建筑工程信息库。该信息库不仅包含描述建筑物构件的几何信息、专业属性的状态信息,还包含非构件对象(如空间、运动行为)的状态信息。借助这个包含建筑工程信息的三维模型,大大提高了建筑工程的信息集成化程度,从而为建筑工程项目的相关利益方提供了一个工程信息交换和共享的平台。

随着全球建筑工程设计行业信息化技术的发展,BIM 技术在发达国家逐步得到普及与发展。在中国,建筑信息模型被列为建设部国家“十一五”计划的重点科研课题。

近几年,BIM 技术获得了国内建筑领域及业界的广泛关注和支持,整个行业对掌握 BIM 技术人才的需求越来越大。如何将高校教育体系与行业需求相结合,培养并为社会提供掌握 BIM 技术并能学以致用的人才,成为建筑和土木工程领域教学所面临的挑战。

BIM 不仅是强大的设计平台,更是创新应用一体化设计与协同工作方式的结合,将对传统设计管理流程和设计院工程师的结构性关系产生变革性的影响。高专业水平技术人员将从繁重的制图工作中解脱出来而专注于专业技术本身,而较低人力成本、较高软件操作水平的制图员、建模师、初级设计助理将担当起大量的制图建模工作,这为社会

提供了一个庞大的就业机会。同时为大专院校的毕业生就业展现了新的前景。

1.2 BIM 技术的概念和特点

1.2.1 BIM 技术的概念

BIM 技术是指基于最先进的三维数字设计和工程软件构建“可视化”的数字建筑模型。该数字建筑模型为设计师、建筑师、水电暖通工程师、开发商以及用户等各环节人员提供“模拟和分析”的科学协作平台,帮助他们利用三维数字模型对项目进行设计、建造和运营管理。对于设计师、建筑师和工程师而言,应用 BIM 技术是实现设计工具从二维到三维的转变。BIM 技术最终的目的是使工程项目在设计、施工和用户使用等各个阶段都能够有效地实现节能、降低成本、减少污染和提高效率。

Autodesk 公司对 BIM 技术的定义是建筑信息模型,指建筑物在设计和建造过程中,创建和使用的“可计算数字信息”。而这些数字信息能够被程序系统自动管理,使得经过这些数字信息所计算出来的各种文件,自动地具有彼此吻合、一致的特性。国际标准化组织设施信息委员会(Facilities Information Council)关于 BIM 的定义为:在开放的工业标准下对设施的物理和功能特性及其相关的项目生命周期信息的可计算或可运算的形式表现,从而为决策提供支持,以便更好地实现项目的价值。

借助 BIM 技术,设计人员可在整个过程中使用协调一致的信息设计出新项目,可以更准确地查看并模拟项目在现实世界中的外观、性能和成本,还可以创建出更准确的施工图纸。

由于建筑信息模型需要支持建筑工程全生命周期的集成管理环境,因此建筑信息模型的结构是一个包含数据模型和行为模型的复合结构。其中,数据模型包括几何图形和数据,行为模型包括管理相关行为,二者通过关联数据相结合,可以模拟真实项目的行为,例如模拟建筑结构的应力状况、围护结构的传热状况。当然,模型的模拟与信息的质量是密切相关的。

1.2.2 BIM 技术的优越性

在美国、欧洲、日本和新加坡等发达国家和地区,BIM 技术广泛应用于设计阶段、施工阶段、建成后的维护和管理阶段。在国内 BIM 技术也有初步的应用,例如:奥运村空间规划和物资管理信息系统、南水北调工程和香港地铁项目等。BIM 不仅应用于设计阶段,还可应用于建设工程项目的全寿命周期中(用 BIM 进行设计属于数字化设计,BIM 的数据库是动态变化的,在应用过程中会不断更新、丰富和充实),为项目参与各方提供了协同工作的平台。我国第一部 BIM 标准为《建筑工程信息模型应用统一标准》(GB/T 51212—2016),该标准于 2018 年 1 月 1 日开始实施,基于国内外 BIM 标准,BIM 技术的特点可归纳为以下几个方面。

1. 模型信息的完备性

BIM 技术不仅对工程对象进行 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。

2. 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。

3. 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,同一信息无需重复输入,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,而无需重新创建,避免了信息不一致的错误。

4. 解决建筑领域信息化的瓶颈问题

BIM 技术能够建立单一工程数据源,推动现代 CAD 技术的应用,进而促进建筑生命周期管理,实现建筑生命周期各阶段的工程性能、质量、安全、进度和成本的集成化管理,对建设项目生命周期总成本、能源消耗、环境影响等进行分析、预测和控制。

5. 用于工程设计

BIM 技术能够实现三维设计和不同专业设计之间的信息共享,同时能够实现虚拟设计和智能设计,进而实现设计碰撞检测、能耗分析和成本预测等。

6. 用于施工及管理

BIM 技术能够实现动态、集成和可视化的 4D 施工管理功能,并将建筑物及施工现场 3D 模型与施工进度相链接,以及与施工资源和场地布置信息集成为一体,建立 4D 施工信息模型。实现建设项目施工阶段工程进度、人力、材料、设备、成本和场地布置的动态集成管理及施工过程的可视化模拟。

BIM 技术能够实现项目各参与方协同工作和信息共享。基于网络实现文档、图档和视档的提交、审核、审批及利用。项目各参与方通过网络协同工作,进行工程洽商、协调,实现施工质量、安全、成本以及进度的管理和监控。

1.2.3 BIM 技术现阶段发展的缺陷

国内相关企业虽然大力推动 BIM 技术的研究、应用和推广,但仍有一些问题需要解决。

1. BIM 是一个综合项目管理平台

BIM 不是一个单一的软件,而是一个集成各专业、各平台和各软件功能的高层次平台。

负责各专业、各平台的人员在同一个平台上操作,实现数据信息的流转和交换,各专业、各部门之间的协同作业成为该系统运转的核心。同时,也需要一定时间来制定并完善相关的标准和规范,开发相关的软件,培养相关专业人才。

2. BIM 的多重应用

对建筑企业而言,BIM 技术不仅应用于项目投标和项目管理,其更大的作用是在企业管理中的应用。将企业的所有项目和资源都集中在一个平台,可提高企业的资源调配能力,大幅减少企业管理的层级,且各项审批、审核都可以变得直观、透明、简单,从而提高企业的生产效率。要真正实现这个目标,最难解决的问题不是技术和培训,而是要使目前企业的各级管理人员切实转变观念,能够真正主动去接受和学习 BIM 技术并愿意主动投放资源,将 BIM 技术应用到项目管理和企业管理中去。

3. 软件工具尚未完善,硬件要求过高

BIM 工具专业设计功能中的绘图元素与当地使用对象未必相符、本地化不足,目前版本更新频繁、软件价格过高、人员学习无法同步以及 BIM 技术服务商的技术支持能力参差不齐等。

4. 使用 BIM 的动力与压力不够

市场需求仍未明确,业界仍持观望态度,且尚未发展出标准作业流程,操作界面单一化,设计端仍使用 CAD,建模压力需由施工端承担。

5. 企业转变发展需负担高成本与风险

软硬件更新费用过高,培训师资不足,新技术尚未成熟,与现有设计成果进行转化、衔接困难,存在变革无用的风险等,且将改变传统分工模式以及公司内部运作方式。

1.3 BIM 技术在土木工程领域的应用

1.3.1 BIM 技术在建筑设计中的具体应用

BIM 技术在建筑设计中得到了广泛的应用,例如黔江展览馆、上海世博会中国馆、上海世博文化中心、上海案例馆、上海世博会芬兰馆等,如图 1-1~图 1-5 所示。

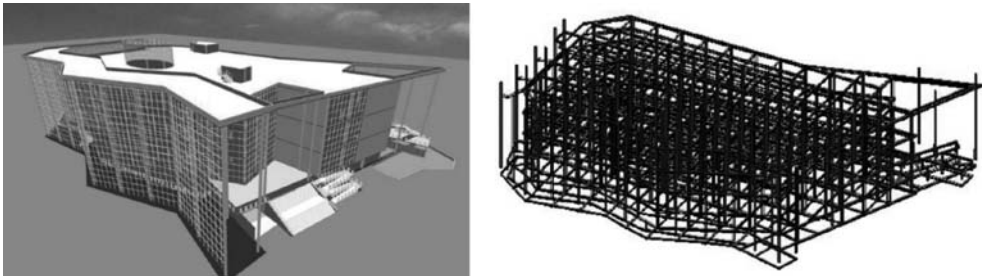


图 1-1 黔江展览馆



图 1-2 上海世博会中国馆

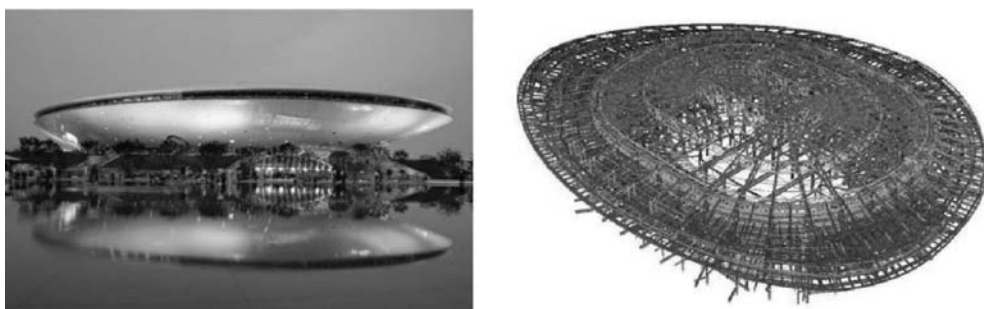


图 1-3 上海世博文化中心



图 1-4 上海案例馆

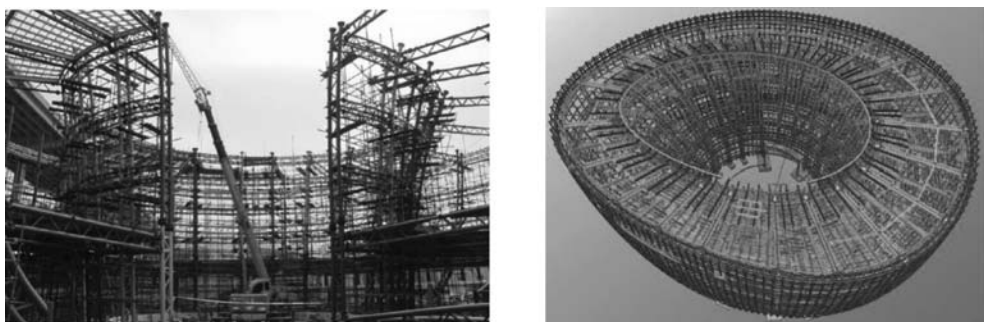


图 1-5 上海世博会芬兰馆

BIM 技术在建筑设计方面的应用主要集中在以下几点。

1. 方案辅助设计

在方案辅助设计方面,BIM 技术能够较好地提高建筑设计的效率,通过信息化图纸的管理和整理技术有效地把建筑设计图纸快速传至客户处,方便设计师直观地从模型中较快地获取有关建筑的多角度视图,便于其对图中模型进行修改和优化设计;运用 BIM 技术,还可在系统中实现建筑模型自动生成图纸、文档,进而实现建筑设计自动生成立体化的模型。设计师根据自动生成的建筑设计模型提出有利的修改意见,或者进行数据的更改,有助于提高建筑设计和施工的效率。

2. 在场地分析和建筑结构中的应用

在建筑工程施工中,一定要确定建筑结构设计的合理性。通常,在建筑工程施工中,建筑环境和相关的水文地质状况对于建筑结构存在一定的影响,特别是在一些施工较为复杂的地形中,场地以及空间规划非常重要,因此将 BIM 技术和地理信息相结合,对于建筑工程相应的施工场地能够实现模拟。在这种环境中实施建筑模型的建造,就能够对建筑施工场地进行全面的分析和了解,同时采用相关的模型来对规划实现可视化的分析,包括对室内视野实现分析和对其周边道路实现可视化等;同时,可在此基础上选取科学合理的建筑地点,使得建筑结构和所选的场地之间具有一定的适应性,以此保证建筑结构设计的科学合理。

3. 构建部分结构模型

BIM 模型中有建造信息、力学性能、成本、材料和几何等多种属性。目前的 IFC^① 模型能够满足大部分模型构件的属性。以下以墙体为例定义关联关系,在 IFC 模型中定义构件的多层材料。墙体主要由内墙面砖、结构层、隔热层和外墙面砖四部分组成:①要对材料属性进行定义;②利用材料层集合将实体、材料层集合实体和材料分层实体等进行材料模型的定义;③利用材料关联实体进行墙体材料与墙体的关联。

4. 构建整体结构模型

对于建筑工程项目的具体设计工作而言,相应的整体结构设计是比较核心的部分,其同样也直接关系到后续建筑物的构建和应用效果的可靠性。在这种建筑物整体结构的设计构建中,恰当运用 BIM 技术能够表现出较为理想的应用价值,其能够针对各个方面的基本需求进行综合考虑,进而也就能够保障整体结构的设计较为科学合理,避免出现任何一个方面的偏差问题。例如对于梁结构、柱结构以及楼梯等构件,都可以借助 BIM 技术进行合理设计,促使其能够在整个体系中形成理想的效果。此外,BIM 技术还可以在力学荷载计算方面表现出较为理想的效果,其能够较好地分析整体作用力是否合理可靠,进而能够维系系统的平衡性效果,最终确保相应建筑设计工作能够得到最佳呈现。当然,对于建筑工程项目的抗震性等基本指标,也可以通过 BIM 技术在建筑信息模型中进行充分思考和处理,确保其整体稳定性。

^① 建筑对象的工业基础类(industry foundation classes,IFC)数据模型标准是由国际协同联盟在 1995 年提出的标准。该标准是为了促成建筑业中不同专业,以及同一专业中的不同软件可以共享同一数据源,从而达到数据的共享及交互。

1.3.2 BIM技术在结构设计中的具体应用

近几年BIM技术在国内发展迅速,在结构设计中应用越来越多,特别是利用BIM技术辅助结构设计,实现从建模到施工图到数字化交付的全过程应用。

1. BIM在结构设计应用中的难点

1) 缺乏标准体系

BIM技术目前处于探索发展的阶段,国内还未出台相应的结构设计规范和标准。由于BIM技术中包含信息的传递,因此迫切需要解决BIM相关的规范、标准与软件的协调性问题。

2) 应用和交付问题

在设计的不同阶段,BIM技术设计的程度不同,设计标准也不一样,参与设计的各个部门的分工和工作内容也有所差异。

3) BIM技术的应用对设备要求较高

BIM技术正处于前期的推广应用阶段,目前的发展存在以下几方面的问题:应用的软件主要是国外制作的软件,模型复杂,因此对硬件设备要求较高;除此之外,各软件模块之间衔接不完善,数据共享、数据传递程度较低,导致BIM技术的数据传递需要进一步提高。

4) 使用成本过高

BIM技术对于人员技术和硬件设备要求较高,因此需要一定资金购买设备、培训人员,同时还需要不断对软件和硬件设备进行更新。

5) BIM技术存档问题

BIM技术对于存档的硬件配置要求较高,因此为满足存档要求,成本不断增加。

应用BIM技术进行结构设计的优势如下:在对结构进行初步设计的过程中,BIM技术信息的载体模型,它包含了结构设计过程中的全部信息,不仅能够展示结构的外表,而且还能有效地体现结构的细节,因此BIM技术在结构设计的过程中,可以最大限度地实现结构的可视化效果。在深化设计方面,传统的设计技术尚未能完全展示结构工程师的想法和结构整体,并不利于工程师一一核查。BIM技术采用碰撞检查,使得结构设计的检查核准过程有很大的优势。应用BIM技术的协作系统,相关的专业人员能够在同一个平台上同时进行有效的工作,实现了各部门之间的信息共享,设计人员可以对同一位置进行修改,并实现同步,使其他设计人员迅速得知修改的信息,减少信息传递的时间,提高了设计的工作效率。目前的结构设计一般采用二维图纸呈现结构,而BIM介入后,把结构做成一个完整的虚拟整体,从而使设计的结构更加完整、直观。

2. BIM在结构设计中的应用

BIM技术的引入,对于提高结构的设计质量帮助显著。对于结构设计人员来说,最重要的是有效保证结构设计的质量。但传统的设计流程具有很大的局限性,设计师没有时间和精力对结构设计的质量和细节一一审核,因此对结构设计没有完全把握,导致在施工过程中会遇到一些突发的问题,施工完成后也与预想的有些差别,从而导致结构不能充分地表达设计师的想法,施工结果也不能满足客户的要求。通过BIM技术的介入,可以提高结构的表达精度,每个构件都有相应的属性和参数,三维立体的图纸使结构的信息表达更加完整、

全面,对于提高设计质量效果明显。

1) 模型建立

BIM 技术可以将结构的三维实体模型用真实的构件表示出来,与传统的设计技术相比,突破了 CAD 技术只能绘制二维平面施工图的弊端。BIM 技术可以利用三维模型图直观地表示各构件与整体结构之间的关系。在进行实际的构件设计过程中,使用 BIM 技术可以实现结构模型的可视化,根据建筑结构的动态变化,对结构的构件进行合理有效的设计,从而制定高效合理的结构设计方案。在使用 BIM 技术进行结构设计时,可以迅速发现的问题,及时调整设计方案,从而提高设计质量。

2) 参数化设计

在 BIM 系统中,数据库整合了整个结构的所有信息,这些信息是共享的,参与设计的人员都可以随时调取相关资料。方案设计和初步设计是施工图设计的基础,奠定好基础是施工图设计成功的关键。BIM 的参数化设计正好可以实现这一目的。BIM 技术结合了参数化的三维实体模型设计结构单元,将点、线、面等平面元素替换为基础、梁、柱等构件,而且将大量使用的构件定义为族,族中包含几何信息、材料信息、逻辑信息等。

3) 设计过程优化

BIM 技术在传统的设计流程上做了优化。BIM 技术的结构设计流程为:在 BIM 数据库中导出建筑几何信息—结构设计师制定结构设计方案—对结构方案进行优化,初步确定结构选型和布置—建立初步分析模型—通过软件对设计结构进行分析和优化,完成截面设计—专业人员分析评估结构模型并输入 BIM 数据库,做碰撞检查等复核。如有问题继续重复上述步骤,没问题即可绘制施工图。

3. BIM 在结构设计中尚需完善之处

(1) 完整的项目样板设计都是基于项目样板开展的,应用 BIM 技术,形成良好的样板,有利于顺利开展设计过程,减少设计过程中的重复工作。尽快建立一套适合国情的项目样板,有利于 BIM 在设计中被更好地运用,同时也能满足国内不同客户对于设计的要求。

(2) 在进行钢筋混凝土施工图绘制过程中,传统设计采用平面方法表示,BIM 技术的应用使平面表示法的内容更加完整,因为 BIM 模型能够更加便捷地提取数据和关键信息,从而满足各种施工要求。

(3) BIM 中应用最广的两个软件是 Revit 和 PKPM,Revit 主要用于 BIM 模型的建立,PKPM 主要用于分析结构的受力和建筑设计,这两种软件不能无缝地配合使用,还要通过第三方软件进行有效转换,从而将数据转换为通用格式。

1.3.3 BIM 技术在桥梁设计中的具体应用

BIM 技术在桥梁工程设计中的应用具有传统设计技术无法比拟的巨大优势。首先,有助于提升设计质量。应用 BIM 技术,可以实现工程项目设计方案的可视化设计,便于在设计方案交流环节开展工程项目设计方案交流工作,便于优化与调整设计方案。其次,有助于开展可视化设计交底工作,且可以模拟施工。应用 BIM 技术,可以构建桥梁工程项目的三维 BIM 模型。借助该模型,可以直观地观察设计方案中的重点、难点,更加便捷地开展技术难度较高的施工模拟工作,进而确保顺利开展桥梁工程建设,且更好地降低施工成本。最

后,有助于为桥梁工程项目进行全生命周期管理提供必要依据。在桥梁工程设计环节,通过灵活应用 BIM 技术,为桥梁工程施工提供了更为可靠的依据。

BIM 技术的价值体现在工程建设全生命周期实现各方面信息交流,提高设计、施工和运维管理的效率与质量。其优势表现为:在协同设计平台上进行高效协同设计,在设计中积累库族,提高设计效率;BIM 模型导入分析软件计算,形成设计闭环,在设计平台上进行二次开发设计,在设计阶段绘制三维模型,在施工项目中应用基于 BIM 技术的管理系统,该系统也可应用于桥梁健康监测,日常巡检和维护,如图 1-6 所示。

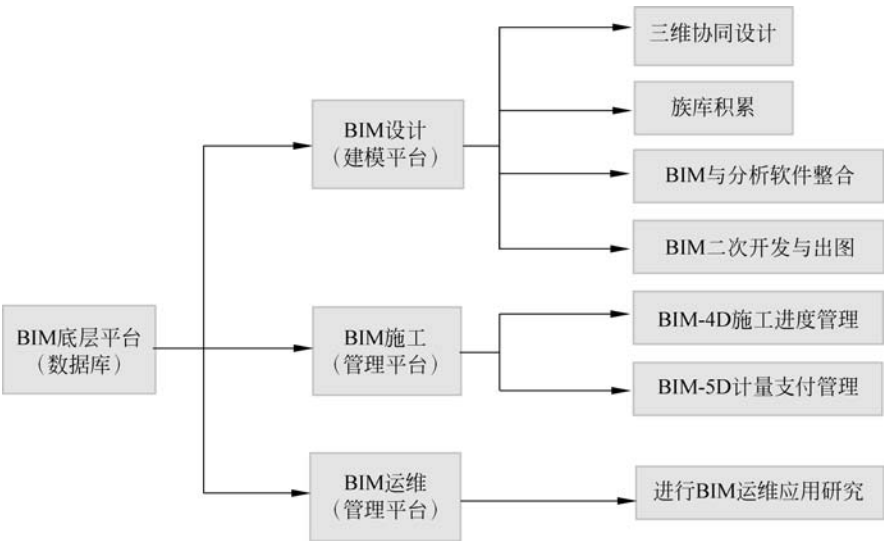


图 1-6 BIM 底层平台构成

通过 BIM 技术协同设计系统,将设计人员按专业分工,统一纳入系统进行协同设计,可以提高设计信息流转效率,如图 1-7 所示。协同设计系统管理整个设计流程,并可与企业其他信息管理系统集成,形成设计企业信息化的构架,如图 1-7 和图 1-8 所示。

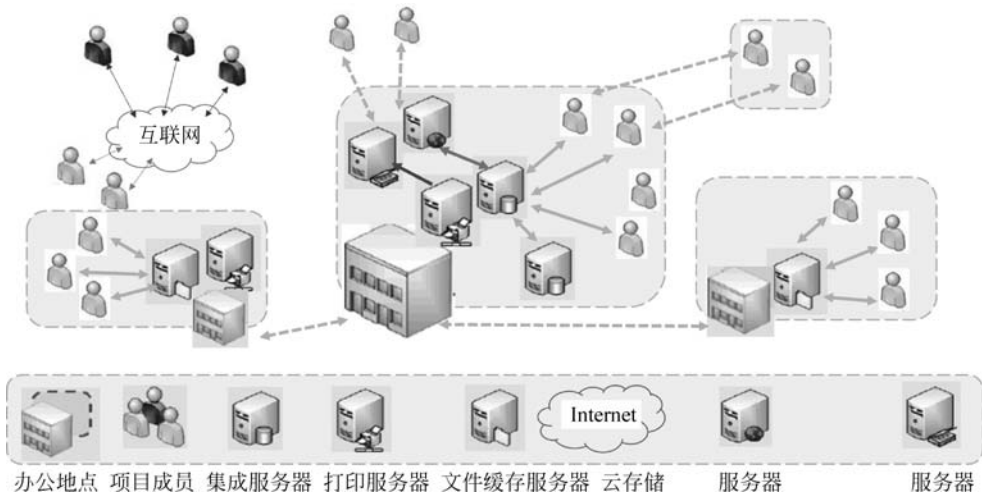


图 1-7 BIM 技术协同设计系统

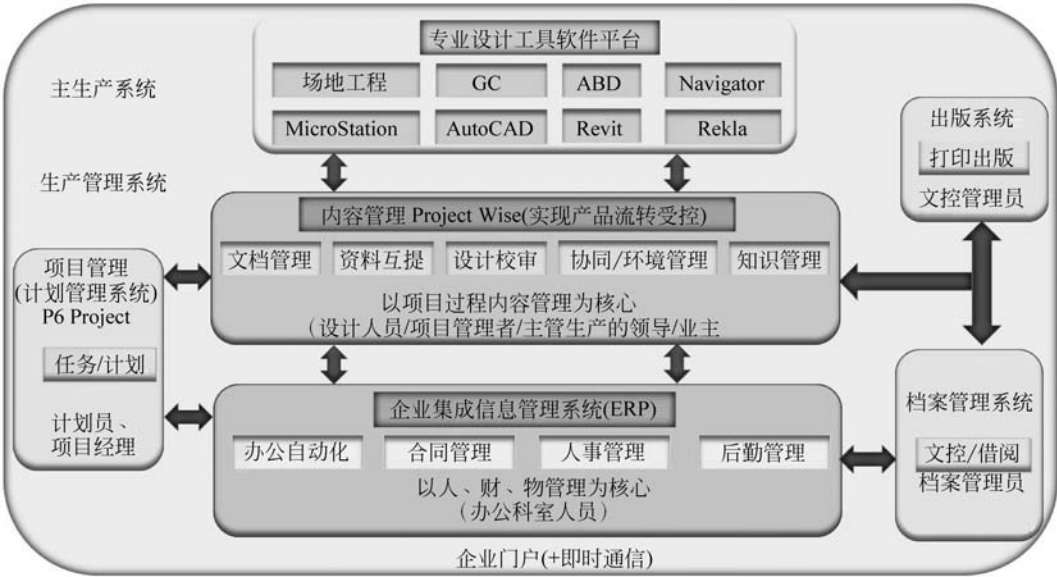


图 1-8 协同设计系统管理平台

BIM 技术在桥梁设计中实现的技术路线和工艺流程如图 1-9 所示。

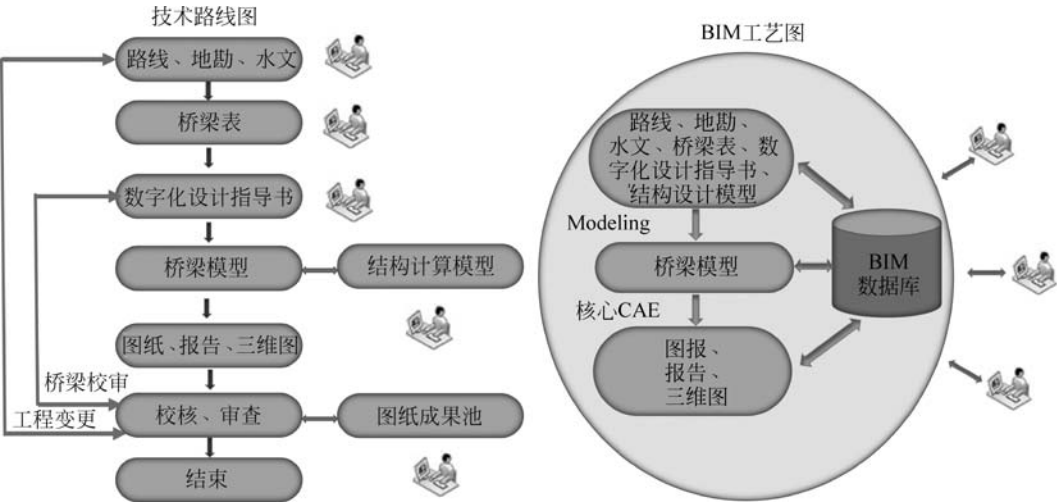


图 1-9 BIM 工艺图以及技术路线图

1.4 BIM 技术在土木工程领域的应用前景

BIM 技术作为实现建设工程项目生命周期管理的核心技术,正引发建筑行业一次史无前例的变革。BIM 技术利用数字模型将贯穿于建筑全生命周期的各种建筑信息组织成一个整体,对项目的设计、建造和运营进行管理,将改变建筑业的传统思维模式及作业方式,建立设计、建造和运营过程的新组织方式和行业规则,从根本上解决工程项目规划、设计、施工