

目录

CONTENTS



第一章 建筑信息化与BIM技术概述	1
第一节 建筑信息化的基本理论	1
第二节 BIM技术及建筑全生命周期	10
第二章 绿色建筑与节能评估体系研究	40
第一节 绿色建筑概述	40
第二节 绿色建筑节能评估体系	48
第三章 建筑工程施工BIM技术应用管理	69
第一节 设计与施工阶段技术管理	69
第二节 施工阶段安全与进度管理	74
第三节 施工阶段预制加工管理	79
第四章 绿色建筑施工中BIM技术的应用	81
第一节 绿色建筑施工中BIM技术的价值	81
第二节 绿色施工的背景	96
第三节 预制装配式住宅设计中BIM技术的应用	99
第五章 绿色建筑施工BIM技术应用策略解析	109
第一节 BIM技术优势及建筑应用框架	109
第二节 绿色建筑设计及BIM应用策略解析	115

第六章 绿色建筑施工BIM技术发展问题应对	136
第一节 BIM技术应用发展的问题	136
第二节 BIM技术发展问题的应对方案	145
参考文献	156

建筑信息化与 BIM 技术概述

第一节 建筑信息化的基本理论

一、数字建筑技术

数字建筑技术是指应用于建筑全生命周期的一系列信息化数字技术，如计算机辅助设计（CAD）技术、BIM技术、虚拟现实技术、数控加工技术等。随着时代的进步与社会需求的发展，数字建筑技术也在不断推陈出新，更好地服务于建筑行业。

（一）图形技术与建筑设计

1962年，美国麻省理工学院的Ivan E.Sutherland在他的博士论文中首次使用了“计算机图形学”这个术语，并提出了一个名为“Sketchpad”的人机交互式图形系统，该系统被公认为对交互图形生成技术的发展奠定了基础。而所谓的计算机图形技术，就是指用计算机生成、显示、绘制图形的技术，用计算机将数据转换为图形。后来，由于计算机图形系统的硬件、软件性能日益提高，而价格却逐步降低，计算机图形技术的应用日益广泛。

计算机辅助设计（CAD）和计算机辅助制造（CAM）是计算机图形技术最广泛、最活跃的应用领域，国际上已利用计算机图形技术的基本原理和方法开发出CAD / CAM集成的商品化软件系统，广泛地应用于建筑设计。在建筑工程的整体设计过程中，图样设计是一项比较繁冗的工作流程，工作过程中需要多种工作手段进行比较、修改以及跟进，之后选择效益比较高的建筑方案。建筑工程绘图量较大，因而对计算精度有较高的要求，手工绘图不是合理的设计方式，选择CAD软件能快速和便捷地完成整个建筑工程的设计任务。首先，使用计算机图形软件可以更快速地进行图样设计，使设计效率得到较大的提升，其主要表现在这类图形软件内镶嵌有多种绘图工具，增强了设计绘图过程中的可选性。同时，

绘制过程中多种线型的选择让绘图更具有完整性和系统性。其次，设计人员的绘图在计算机上能够进行随意的更改，有效节约了各种资源。比如在开展设计的时候，如果有类似的设计图，设计人员就不需要对设计图进行重新设计，只需对原有的设计图进行简单的改动就能达到其想要的效果。建筑图改动后可以变为水暖图和电气设备图，这样和传统的手工绘图相比较，减少了建筑设计人员的精力耗费，能够最大限度地节约人力、物力和财力。

计算机图形软件也有一定的缺陷。在进行建筑设计过程中，设计师需要将自己的设计理念与想法通过软件直观地展现出来，在不断地立意、表达、修改的环节中，尽可能地使抽象思维更加明确、具体。但是，人大脑中所构思的具体对象通常具有相对性，而大部分通过计算机图形软件所呈现的图形是由平面图一点点制作成三维模型，这种方式具有随机性和不明确性，设计出的模型并不一定完全符合设计师的要求和设计原则，并且在实际应用中难以展现出设计师的创意和设计意图。

但是，随着建筑业与计算机技术的联系更加密切，计算机图形技术越来越显露出其优越性，它使建筑设计更加具有表现力和创造力，为建筑师提供了更加广泛、更加充分、更加自如的表现，日益成为建筑师的构思和完善建筑设计的助手。同时，这两者相结合得到的建筑产物不但设计质量得到有效的提升，设计周期也逐渐缩短，从而使社会效益得到提升。

（二）产品制造与工程建造

谈到产品制造，人们总会想到工厂车间内各种机械设备及工人作用下不停歇的流水线生产。随着国家对制造业的高度重视及部分技术和人才的引进，我国在产品制造方面有了飞速的发展，已成为世界制造大国。但是，在产品制造过程中也存在一些问题，如自主创新能力不强，核心技术对外依存度较高，产品质量问题突出，资源利用效率低等，所以，我国还不是一个制造强国。

针对我国产品制造业“大而不强”的现状，国务院发布了《中国制造2025》这一实现制造强国的战略文件，其目的在于抓住新一轮科技革命引发产业变革的重大历史机遇，依托较强的信息产业实力，通过工业化与信息化的深度融合，让产品制造由大变强。在这一历史的跨越过程中，要加快推动新一代信息技术与制造技术融合发展，把智能制造作为主攻方向，着力发展智能产品和智能装备，推进生产过程数字化、网络化、智能化，培育新型生产方式和产业模式，全面提升企业研发、生产、管理和服务的智能化水平。同时，要加大对先进节能环保技术、工艺和装备进行研发和推广的力度，加快制造业绿色改造升级，积极推行低碳化、循环化和集约化，提高制造业资源利用效率，强化产品全生命周期

绿色管理，努力构建高效、清洁、低碳、循环的绿色制造体系，最终实现由资源消耗大、污染物排放多的粗放制造向资源节约型、环境友好型的绿色制造转变。

建筑行业作为一种特殊的制造业，在“德国工业4.0”与“中国制造2025”新一轮科技革命和产业变革背景下，也正在发生着新的变革，各种新概念和新模式不断涌现，诸如产业链有机集成、并行装配工程、低能耗预制、绿色化装配、机器人敏捷建造、网络化建造和虚拟选购装配等。在建造方式上，由于装配式建筑相比传统的现浇建筑具有提升建筑质量、提高施工效率、节约材料、节能减排环保、节省劳动力并改善劳动条件、缩短建造工期、方便冬季施工等优点，所以装配式建筑正得到大力发展。而且，今后世界装配建筑业必将实现全产业链信息化的管理与应用，通过LAE、CAE、BIM等信息化技术搭建装配式建筑工业化的咨询、规划、设计、建造和管理各个环节中的信息交换平台，得到全产业链信息平台的支持。此外，当前发达国家正在重视发展以复合轻钢结构、钢/塑结构、生物质/木结构等为主的新型绿色化装配构件体系，其目标是使装配式住宅与建筑从设计、预制、运输、装配到报废处理的整个住宅生命周期中，对环境的影响最小，资源效率最高，使住宅与建筑的构件体系朝着安全、环保、节能和可持续发展方向发展。同时，日本、德国和美国的建筑界正在致力于发展智能化装配模式，以大量减少施工现场的劳动力资源配置，其出路是不断发明推广机器人、自动装置和智能装配线等，同时创新采用附加值高的装配式构件与部品，使施工现场不再需要更多大量、笨重的体力劳动，这种智能化装配模式比以往建造模式大大节约了人力资源，同时可以缩短工期，提高施工效率。总之，未来建筑业必将迈上绿色化、工业化、信息化的发展道路。

（三）数字制造与数控建造

随着数字化时代的到来，数字建筑也逐渐开始发展起来，而数字建筑需要数字建构。数字建构具有明确的两层含义：使用数字技术在计算机中设计出建筑形体，以及借助于数控设备进行建筑构件的生产及建筑的建造。也就是说，数字建筑的形成需要数字设计与数控建造。

建筑设计是一个复杂的过程，包含的内容众多，将数字化技术应用到建筑设计领域，能够推动建筑设计理念和方法的转变，提升建筑设计的有效性。首先，概念设计是设计的核心，对于建筑设计效果的影响不容忽视。数字化技术，可以为设计人员开展概念设计提供一个智能化辅助设计工具，例如，设计人员可以运用SketchUp建模技术构筑建筑三维空间模型，完成造型、质感和色彩等的构思，并将其与现实建筑环境结合起来，开展综合研究。其次，在方案设计环节，设计人员可以先对设计方案进行初步确定，然后运用计

算机数据处理和分析能力,配合专业软件,针对方案设计中可以采集和量化的指标、属性、功能等进行分析预测,做好设计方案的修改工作。此外,运用CAD与BIM技术,设计人员还能够完成建筑环境、建筑功能等设计技术指标的定性与定量分析,提升建筑设计的合理性。在制图方面,伴随着计算机绘图技术的飞速发展,设计人员在进行建筑设计时,既能够运用专业软件提供的建筑标准库、建筑配件库和建筑构造图库实现建筑构造设计,也能够运用各类图形生成和图形编辑功能开展制图设计,对细部大样中的图形进行移动、旋转、缩放和拼接等操作,更可以根据不同工种与建筑设计内容,在不同的图层存储制图设计信息,结合按需分配的原则,对制图设计进行改进优化。数字化技术设计系统具备统一的制图设计数据管理功能,可以对不同建筑设计工种和设计内容进行协调,为统一管理和纠错提供便利。

数字设计属于数字技术的非物质性使用,而数控建造则是数字技术的物质性使用,是把虚拟的设计转化为实物。相比于传统的机械制造,数控建造提升了建筑建造的精度,具体表现在机械运动数据的数字化。一般建筑建造的误差控制在10 mm左右,虽然这在大部分场合是可以接受的,但依然存在建造效率低下和小误差积累成更大误差的情况,这在现代社会对生产效率和产品质量日益提高的要求下已不再适用。数字化控制的机械可以按照预先设定的要求进行工作,其精度可以根据不同的场合采用不同等级的加工工具进行控制,甚至近年来数字加工工具本身可以在实时监测自身运动的同时进行微调,避免了实际操作过程中多种误差因素的影响,实现了合理的精度控制。此外,数控建造特别擅长传统工艺难以胜任的非标准加工。随着生活水平的提高,人们对建筑的要求已不仅仅局限于高质量与舒适度等方面,对建筑的审美也有了一定的需求,这就需要对建筑进行参数化设计。参数化设计追求动态性、可适应性、复杂关联及非线性关系等,往往呈现复杂的曲面形态,或者难以标准化的大量单元的聚集。越来越发达的数控建造技术成功解决了参数化设计在建造上的难题。总之,数字设计与数控建造将一起推动数字建筑的发展。

(四) 数字建筑技术的软硬件支持工具

数字建筑的发展离不开诸多软硬件工具的支持。其中,在设计、加工与建造方面的技术支持尤为重要。在设计方面,主要是诸如CAD一类的设计软件为建筑设计提供极大的方便;在加工与建造方面,数控技术与数控装备发挥了很大的作用。

CAD一类的设计软件利用计算机及其图形设备帮助设计人员进行设计工作,提高了设计效率。其中,计算机辅助建筑设计(Computer-Aided Architectural Design, CAAD)是CAD的重要分支,它是将计算机技术应用于城市、景观、建筑和室内等设计过程的方法,

也是一门涉及计算机科学、建筑科学、人工智能、图形学等多个学科综合应用的新技术。它是随着计算机技术的不断发展而发展的，同时也推动着信息技术各个分支在建筑设计中的应用。CAAD目前的应用可以概括为绘制二维平、立、剖面图，三维模型的建立、渲染、影像处理，动画、多媒体设计演示虚拟现实技术等。而在图形设计方面涉及的软件包括AutoCAD、3D StudioMax、Photoshop及Light Scape等。

数控技术，又称计算机数控技术（Computerized Numerical Control，CNC），是采用计算机程序控制机器的方法按工作人员事先编好的程序对机械零件进行加工的过程。它是解决零件品种多变、批量小、形状复杂、精度高等问题和实现高效化和自动化加工的有效途径。当前，激光切割机、计算机数控机床、三维快速成型机等已经成为建筑模型制作和探索数控建造途径的重要工具。

激光切割机是将从激光器发射出的激光经光路系统聚焦成高功率密度的激光束，激光束照射到工件表面，使工件达到熔点或沸点，同时与光束同轴的高压气体将熔化或气化金属吹走。激光切割机采用数控编程，切割速度快、精度高，可根据任意平面图进行加工，还可以切割幅面很大的整板，无须开模具，经济省时。计算机数控机床以计算机程序集合指令，并以指令的方式规定加工过程的各种操作和运动参数，可以对金属、木材、工程塑料等天然或人工合成材料进行切割、打磨、铣削等加工，并最终完成各种形体的建筑构件；数控机床是一种去除成型的加工设备，即从毛坯中除掉多余的部分，留下需要的造型。与此相反，另一种数控加工技术“快速原型技术”以添加成型的方式工作，即通过逐步连接原材料颗粒或层板等，或通过流体在指定位置凝固定型，逐层生成造型的断面切片，叠合而成所需要的形体，如熔融沉积制模法、立体印刷成型法、选域激光烧结法、三维打印法等。这些数控技术由于通过计算机软件操控加工设备，可将同样通过软件进行的设计与加工连成一体，在不同的条件下处理不同的问题、满足不同的需要，从而可以生产非标准的个性产品，使得复杂不规则建筑形体的制造成为可能。

二、建筑信息化技术的应用分析及存在的问题

（一）建筑信息化技术的应用分析

1. 建筑设计阶段

在建筑设计阶段，信息化技术发挥了很大的作用。它的主要优势包括协同设计、信息关联、参数化调整，很好地解决了传统设计手段无法适应新型建造模式的方法难题。

(1) 信息化技术可以进行选址的规划和场地分析。传统的方法没有足够的定量分析,也不能对大量的数据进行科学处理等,但是在信息化技术的帮助下,通过与地理信息系统相结合,根据拟建建筑物的空间信息、大气环境和场地条件,对其进行数据分析,可以更科学合理地进行场地分析和规划选址,为决策提供依据。

(2) 可以利用信息化技术建立模型和绘图。与传统的二维图相比,以信息化技术手段绘图的最大特点就是图中的每一个信息都具备工程属性,如构件的外观尺寸,材料的属性、进度属性、资源特征等,并且形成模型参数的关联性和共享性,任何一个参数信息发生变化,实体构件也会发生相应变化,做到一处修改,处处同步修改,极大地提高了协同设计的工作效率。

(3) 信息化技术可以解决设计的冲突问题。传统的方法都是根据二维图通过想象来对建筑物的立体图进行还原,这样的方法不够直观,往往与设计者的经验、能力有很大关系,极易造成设计错误。利用信息化技术可自动识别冲突问题并进行三维调整,能够提高设计效率,保证设计质量。

2. 建筑构件生产制作阶段

在建筑的构件生产制作阶段,把信息化技术和RFID(无线射频识别)技术相结合,工厂化生产时将含有构件的材料种类、几何尺寸、安装位置等信息的RFID芯片预埋到各类预制构件中,根据RFID标签编码唯一性原则,提供构件的生产、存储、运输、吊装等过程中信息传输的解决方案,也能保证信息的准确性。另外,还可以把预制构件的存储、质量监测、生产等信息反馈到中央数据库,进行统一的信息分析和处理,为将来工艺改进、生产提效、品质监控提供原始数据支撑。

3. 建筑施工阶段

在建筑施工阶段,信息化技术的主要应用有以下方面。

(1) 能够针对预制构件的库存和现场管理进行改善。在实际的施工现场,找不到构件或者找错构件等情况时有发生,所以通过信息化技术的管理可以规避此类事件的再次发生,利用信息化技术和RFID技术的有效结合,就可以对这些构件进行实时追踪控制,获取信息准确且传递速度快,能够减少人工引起的误差。

(2) 利用5D施工模拟对施工、成本计划进行优化,对工程质量的进度进行控制。基于3D信息化模型,又引入了时间和资源维度形成5D信息化模型,以此来对建筑的各种资源投入情况和整个施工过程进行模拟,形成一个动态的施工规划。另外,在模拟的过程中,可以对原有的施工规划存在的问题进行优化,避免工期延长和成本增加。

4. 建筑运营维护阶段

在建筑的运营维护阶段，信息化技术的主要作用就是提供建筑物的使用情况、各构件运行情况以及财务等方面的数据和信息。

(1) 在物业管理方面信息化技术发挥了很大的作用，通过和相关设备进行连接，信息化软件可以提供建筑物的各项参数来判断其运行情况，这样，物业管理人员可以及时做出科学的管理决策。另外，信息化技术和RFID技术结合在设施管理和门禁系统方面还有很多的应用，各个构件安装上电子标签后，工作人员在进行维修的时候就可以通过阅读器很快找到相关设备的位置，在维修过后把相应的数据再次记录到电子标签内，把这些信息数据再存储到信息化的物业管理系统中，使工作人员可以更加直观地了解建筑物设备的运营情况。

(2) 建设项目在进行扩建或拆除的时候，运用信息化技术针对建筑结构的各项指标进行分析检测，可以避免结构的损伤。

信息化技术的融入弥补了建设项目中信息难以收集、处理、协同等缺点，把信息化技术应用在建设项目的全生命周期管理中将使建筑业有更好的发展前景。

(二) 建筑信息化技术应用中存在的问题

信息化技术由于在工程项目中的应用时间较短，所以在现阶段难免存在一些问题，主要表现在以下几个方面。

1. 模型应用面窄

应用信息化技术建成的模型仅在前期的方案阶段运行中进行效果展示、方案调整，但在后期基本闲置未充分应用，或局限于由施工单位进行管线碰撞检查，模型应用面窄，造成资金、人力上的浪费。

2. 模型衔接不畅

大部分应用信息技术的项目会采用设计阶段由设计单位建模、施工阶段由总包及分包进行后续模型深化的模式。如果前期未制定模型验收标准，有可能会产生建模各方模型不兼容，导致设计、施工之间模型移交困难，双方重复建模，影响现场使用等情况。

3. 技术应用滞后

在施工阶段，施工单位实施的模型深化、施工方案模拟、进度模拟等工作缓慢，模型搭建进度控制不力，分阶段交付时间提前量不够，或只能勉强跟上现场进度，甚至滞后于施工进度，无法起到指导施工的作用。

4. 协同平台不力

对协同平台缺乏认识，对模型共享、数据同步重视不够，导致平台比选工作迟迟不能启动，各参建方在施工过程中无法共享模型，数据维护、修改不能在各参建方之间同步共享，协同办公。

5. 应用与施工脱节

各参建方的组织机构不合理，信息技术管理人员与现场管理人员分离（不协同），施工单位的相关信息技术实施方案与专项施工方案分开编制，实施过程中的技术运用专题会议与工地例会分别召开，模型搭建与现场施工脱节。

6. 五维应用受限

模型结合进度控制、工程量统计的五维应用，因为建筑造型的特殊性、模型深度不够、配套软件局限性等，基本还停留在部分主要材料的工程量统计上，以施工单位内部成本控制应用为主，未从项目整体角度，在质量、进度、投资、安全管理上创造合理的应用价值。

除了以上几个方面之外，专业技术人才尤其是一线工程技术人员缺乏，与信息化技术应用模式相对应的政策管理规则和流程较少等问题也制约着建筑信息化技术应用的发展，这些都需要建筑业各方主体给予足够的重视。

三、数字技术在建筑设计中的应用及对建筑设计的影响

（一）数字技术在建筑设计中的应用

从计算机出现至今的几十年的时间里，数字技术已经逐渐渗透到人类社会生活的几乎每一个方面，带领整个人类进入一个崭新的数字文明时代。就建筑行业而言，在设计单位里，传统的绘图桌、晒图机已被计算机与绘图仪所取代；资料档案已实现数字化存储。数字建筑技术不但大大提高了建筑师的作业效率，还缓慢但稳定地改变着建筑师的思维方式和工作方式。

如今，数字建筑技术的发展也是很显著的，一方面，发展方向从发展绘图质量与效率转变成为提高工程总效益和创新形象；另一方面，其发挥的作用也从原始的辅助制图变为如今的设计多方位全过程的辅助。数字建筑技术在建筑师不断思考和表达并逐渐生成建筑设计方案的过程中起着十分关键的作用。

在进行重大工程项目的研究和可行性分析的过程中使用数字技术，能够利用计算机拥有的超强的数据处理能力使过程决策的科学性和效率得到提高。对于规划设计，在进

行历史遗产的保护、旧城改造及控制规划等方面，可以利用GIS（地理信息系统）技术；在建筑单位和群体的概念设计中进行体量的研究和分析，可以利用3DS Max、SketchUp等软件。当前的计算机辅助工程制图与方案设计主要是通过3DS Max、AutoCAD等软件及一些二次开发软件等进行体量设计、造型审视、专项分析，并进行施工制图、文档编制、经济概算。此外，现在建筑设计行业也使用数字建筑技术来表现作为最后结果的建筑结构与外观，以展示尚未真正最终定稿的方案设计，这些技术包括静态建模渲染（如AutoCAD+3DS Max+Photoshop）、动画影像剪辑（如3DS Max+Premiere等）、实时漫游观察（如AutoCAD+Multigen Creator / Vega、VRML）等。

（二）数字技术对建筑设计的影响

从唯物主义哲学观的角度来说，建筑设计模式的物质基础决定了建筑设计的思维模式。建筑设计的物质基础发生了变化，建筑设计的思维模式也随之发生变化。依照这个理论，决定和影响设计思维的因素是用以承载各种专业图示信息的手段与工具。不同的技术发展水平带来了不同的设计工具，最终导致了不同的设计思维模式。在此之外，不同设计媒介所运用的具体技术手段同样影响和制约着建筑设计的思维模式。因此，从纸笔为主要工具的二维图示向数字技术辅助下的设计媒介的转变将会影响建筑设计的思维模式进行相应转变。

在传统的建筑设计方式中，人们借助于图示方法（包括草图勾画、设计图的生成与修改、模型制作搭建等）来表达和设计建筑空间。图示方法不仅对建筑方案的专业表达产生了重要的影响，而且对其构思分析和形成过程也起到了不可替代的作用。

首先，建筑设计过程中计算机辅助数字技术的应用和推广，不可避免地对空间图示的方式与方法产生影响，促进设计的思维方式从图示思维转变到更专业的“数字化思维”。这里的数字化思维是指利用以计算机辅助技术为主的数字专业技术，将建筑设计转化成虚拟的三维数字化世界的构建；而传统的图示思维模式则是通过手绘草图的方式将思维活动表达出来，然后通过对设计图进行反复的基于二维视觉思维的验证，从而达到刺激方案的发展和生产的效果。在数字技术发展的初级阶段，数字技术主要是用来对一些发展完备的定义进行明确的归档、提炼及描绘。现在，数字技术不仅给我们提供了一个反馈迅速的回路，而且在实时连接的信息模型和更加直观、灵活的交互界面两方面取得了实质性的进步。此外，数字媒介具有很多深受建筑设计师欢迎的优点，如智能化、集成化、高效性及精确性等。传统的空间图示方法在引入数字技术以后，不仅能以更为接近现实和直观的方式表现建筑师的抽象思维，而且可以打破因为局限的表现方法带来的习惯性设计戒律。这

是数字技术介入的重要潜质。数字技术为建筑师寻找诗意的造型追求提供了可能,使得建筑空间拥有雕塑般的随意和自由的构思。

其次,在网络协作、通用集成的模型与数字建模等技术的帮助下,数字技术给建筑师提供了新的信息媒介,并极大地改进了建筑设计模式。只有数字技术才能使设计上升到整体性的信息模型和三维空间中。同样地,数字技术只有达到了这种程度,才能真正地摆脱辅助表现而成为一种辅助设计。在建筑设计中数字技术的发展经历了时间虽短但剧烈的变化过程,它的这种变化就如同计算机技术迅速而大量地改变着人们的生活和工作。

在建筑设计中数字技术的应用有一个发展的过程,比如早期的施工图的绘制及方案设计,接着是影像处理和三维建模,然后是虚拟现实和动画,最后是建立了建筑信息模型。数字技术的目的是让建筑师从大量烦琐的重复性工作中突围,集中精力于真正具有创新性的创造活动。

以网络通信系统为基础的数字技术,不仅提供了大量可以共享的信息资源,而且在排除空间距离的同时增进了建筑师之间的交流。因为建立了网络这样的巨大的共享资源库,建筑设计师在创作过程中还可以得到大量的与专业相关的信息。此外,网络通信技术和多媒体技术可以让建筑的使用者、建筑业主参与到设计过程中,还可以实现异地的建筑师协同工作。

最后,数字技术影响了建筑的设计与建造。长期以来,建筑施工和建筑设计的关系在建筑设计过程中并未得到应有的重视,在很长一段时间里,建筑设计的生产质量和效率之所以难以得到提高,主要是因为专业信息交流的混乱、施工单位和设计单位的割裂、各自为政的行业板块等。造成以上问题的一个关键因素是设计信息的交流和生成,这主要是传统设计媒介的局限性产生的后果。然而,现在要想使建造和设计之间存在的问题得到解决,可以通过和依托数字技术,特别是计算机辅助下的信息集成系统来完成。

第二节 BIM技术及建筑全生命周期

一、BIM技术理论与应用概述

在建筑行业内一直存在着产业结构分散、信息交流手段落后、建设项目管理缺乏综合性的控制等问题,解决这些问题的一个思路就是研究新的信息模型理论和建模方法、基于

3D几何模型建立面向建设项目生命周期的工程信息模型。2002年国外专家提出了BIM的概念，它是继CAD技术之后行业信息化最重要的新技术。美国斯坦福大学CIFE中心的调查结论显示，与传统的项目管理模式相比，应用BIM技术可以使投资预算外变更降低40%，造价耗费时间缩短80%，造价误差控制在3%以内，工程成本降低10%，项目工期缩短7%，这些都极大地推动了建筑业的发展。

（一）BIM技术基本理论

BIM是伴随着计算机技术蓬勃发展应运而生的建筑业新生事物。BIM技术可以通过三个方面理解：①计算机三维建筑信息模型，即将二维的CAD图转化为三维的建筑信息模型，使建筑、结构、水电等不同专业图的信息集中到一个三维的建筑信息模型中，便于建筑信息的整体查看；②建筑信息模型的应用，即实现参数化的模型应用，利用三维建筑信息模型实现设计优化、管线综合、虚拟建造、工程量计算等应用，不断挖掘模型的价值，解决实际工程中新的技术难题；③建筑信息模型平台管理，即以三维信息模型为基础，搭建数字化项目管理平台，将设计管理、成本管理、质量和安全管理等方面协同到项目管理平台上，实现以模型为基础的平台化、无纸化办公、精细化管理，从而提高工程管理效率。BIM技术主要有以下8个特点。

1. BIM技术具有可视化的特点

在BIM技术中，整个过程都是可视化的，不仅可以用来进行效果图的展示及报表的生成，更重要的是，项目设计、建造、运营过程中的沟通、讨论、决策都在可视化的状态下进行。

2. BIM技术具有模拟性的特点

BIM技术可以模拟不能够在真实世界中进行操作的事物。在设计阶段，BIM可以对设计上需要进行模拟的一些东西进行模拟试验；在招投标和施工阶段，BIM可以进行4D模拟，从而确定合理的施工方案来指导施工，同时还可以进行5D模拟，从而实现成本控制；在后期运营阶段，BIM技术可以对日常紧急情况的处理方式进行模拟，如地震时人员逃生模拟及消防人员对人群疏散模拟等。

3. BIM技术具有协调性的特点

BIM技术可在建筑物建造前期对各专业的碰撞问题进行协调，生成协调数据，如电梯井布置与其他设计布置及净空要求的协调、防火分区与其他设计布置的协调、地下排水布置与其他设计布置的协调等。

4. BIM技术具有可优化的特点

现代建筑物的复杂程度大多超过参与人员本身的能力极限，BIM技术提供了建筑物的实际存在的信息，包括几何信息、物理信息、规则信息，还提供了建筑物变化以后实际存在的信息。与其配套的各种优化工具提供了对复杂项目进行优化的可能。

5. BIM技术具有可出图的特点

BIM技术通过对建筑物进行可视化展示、协调、模拟、优化，可以帮助业主绘出综合管线图（经过碰撞检查 and 设计修改，消除了相应错误）、综合结构留洞图（预埋套管图）、碰撞检查侦错报告和建议改进方案等。

6. BIM技术具有一体化的特点

基于BIM技术可进行从设计到施工再到运营贯穿了工程项目的全生命周期的一体化管理。BIM技术的技术核心是一个由计算机三维模型所形成的数据库，不仅包含了建筑的设计信息，而且可以容纳从设计到建成使用，甚至是使用周期终结的全过程信息。

7. BIM技术具有参数化的特点

参数化建模指的是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技术中图元以构件的形式出现，这些构件之间的不同是通过参数的调整反映出来的，参数保存了图元作为数字化建筑构件的所有信息。

8. BIM技术具有信息完备性的特点

信息完备性体现在BIM技术可对工程对象进行3D几何信息和拓扑关系的描述，以及完整的工程信息描述。

BIM技术是在项目生命周期内生产和管理建筑数据的过程。BIM技术的宗旨是用数字信息为项目各个参与者提供各环节的“模拟和分析”。BIM技术的目标是实现进度、成本和质量的效率最大化，是为业主提供设计、施工、销售、运营等的专业化服务。BIM技术不是狭义模型或建模技术，而是一种新的理念及相关的方法、技术、平台、软件等。

（二）BIM技术的软件工具与应用

随着BIM技术在国内如火如荼的发展，各种BIM软件也不断推陈出新。从BIM技术理念角度来看，由过去CAD / CAC / CAM软件改造而成的，具有一定BIM能力且符合BIM项目全生命周期及信息共享的理念的软件均为BIM软件，如天正CAD软件、PKPM的结构CAD软件、赢建科结构CAD软件、鸿业的水电暖一体化软件、广联达造价软件和鲁班造

价软件、清华大学开发的4D项目管理系统。从建模角度来看,创建BIM的软件,包括BIM核心建模软件(如Revit Architecture / Structure / MEP, Bentley Architecture / Strautural / Mechanical, ArchiCAD, Digital Project)、BIM方案设计软件(Onuma, Affinity)和BIM接口的几何造型软件(Rhino, SketchUp, FormZ)。从项目生命周期角度来看,从方案设计、初步设计、施工图设计、施工及运营维护各不同阶段,根据在不同阶段的应用来区分不同的BIM软件,如设计BIM软件、施工BIM软件、运维BIM软件。本书主要对设计、施工、运营维护三个阶段所涉及的BIM软件进行分析,提出各阶段所对应软件的特点以及优势,对比部分同类型软件的差异性,供BIM应用者在使用BIM软件开展工作时对BIM软件有个清晰而又系统的了解,同时可作为BIM软件比选的依据。

项目设计阶段需要进行参数化设计、日照能耗分析、交通线规划、管线优化、结构分析、风向分析、环境分析等,所涉及的软件主要包括基于CAD平台的天正系列、中国建筑科学研究院出品的PKPM、Autodesk公司的核心建模软件Revit等(表1-1)。

表 1-1 设计阶段的 BIM 软件

软件名称	特性描述
AutoCAD	二维平面图样绘制常用工具
天正、TH-Arch、理正建筑	基于AutoCAD平台,完全遵循中国标准规范和设计师习惯,几乎成为施工图设计的标准,同时具备三维自定义实体功能,也可应用在比较规则建筑的三维建模方面
PKPM	中国建筑科学研究院出品,主要是结构设计,目前占据结构设计市场的95%以上
广厦结构、探索者结构(AutoCAD平台)	完全遵循中国标准规范和设计师习惯,用于结构分析的后处理,出结构施工图
SketchUp	面向方案和创作阶段的,在建筑、园林景观等行业很多人用它来完成初步的设计,然后交由专业人员进行表现等其余方面的工作
Allplan	通过所有项目的阶段,一边制作建筑、结构的模型,可同时计算关于量和成本的信息
Revit	是优秀的三维建筑设计软件,集3D建模展示、方案和施工图于一体,使用简单,但复杂建模能力有限,且由于对我国标准规范的支持问题,结构、专业计算和施工图方面还难以深入应用起来
Midas	是针对土木结构,特别是分析预应力箱形桥梁、悬索桥、斜拉桥等特殊的桥梁结构形式,同时可以做非线性边界分析、水化热分析、材料非线性分析、静力弹塑性分析、动力弹塑性分析
STAAD	具有强大的三维建模系统及丰富的结构模板,用户可方便、快捷地直接建立各种复杂的三维模型。用户亦可通过导入其他软件(如AutoCAD)生成的标准DXF文件在STAAD中生成模型。对各种异形空间曲线、二次曲面,用户可借助Excel电子表格生成模型数据后直接导入STAAD中建模
Ansys	主要用于结构有限元分析、应力分析、热分析、流体分析等的有限元分析软件

续表

软件名称	特性描述
SAP2000	适合多模型计算，拓展性和开放性更强，设置更灵活，趋向于“通用”的有限元分析，但需要熟悉规范
Xsteel	可使用BIM核心建模软件提交的数据对钢结构进行面向加工、安装的详细设计，即生成钢结构施工图
ETABS	结构受力分析软件，适用于超高层建筑结构的抗震、抗风等数值分析
Caitia	起源于飞机设计的最强大的三维CAD软件，具有独一无二的曲面建模能力，应用于最复杂、最异形的三维建筑设计
FormZ	是一个备受赞赏、具有很多广泛而独特的2D/3D形状处理和雕塑功能的多用途实体和平面建模软件
犀牛Rhino	广泛应用于工业造型设计，简单快速，是不受约束地自由造型3D和高阶曲面建模工具，在建筑曲面建模方面可大显身手
ArchiCAD	欧洲应用较广的三维建筑设计软件，集3D建模展示、方案和施工图于一体，但鉴于对我国标准规范的支持问题，结构、专业计算和施工图方面还难以应用起来
Architecture系列三维建筑设计软件	功能强大，集3D建模展示、方案和施工图于一体，但使用复杂，且鉴于对我国标准规范的支持问题，结构、专业计算和施工图方面还难以深入应用起来
Navisworks	Revit中的各专业三维建模工作完成以后，利用全工程总装模型或部分专业总装模型进行漫游、动画模拟、碰撞检查等分析
3DS Max	效果图和动画软件，功能强大，集3D建模、效果图和动画展示于一体，但非真正的设计软件，只用于方案展示
理正给排水、天正给排水、浩辰给排水、鸿业暖通、天正暖通、浩辰暖通、博超电气、天正电气、浩辰电气	基于Auto CAD平台，完全遵循我国标准规范和设计师习惯，集施工图设计和自动生成计算书为一体，广泛应用
PKPM节能、斯维尔节能、天正节能、天正日照、众智日照、斯维尔日照	均按照各地气象数据和标准规范分别验证，可直接生成符合审查要求的分析报告书及审查表，属于规范验算类软件
IES<Virtual Environment>	用于对建筑中的热环境、光环境、设备、日照、流体、造价，以及人员疏散等方面的因素进行精确的模拟和分析，功能强大

施工建设阶段主要包含施工模拟、方案优化、施工安全、进度控制、实时反馈、工程自动化、供应链管理、场地布局规划、建筑垃圾处理等工序。所涉及的BIM软件主要包括用于碰撞检查、制作漫游、施工模拟的Navisworks，微软开发的用于协助项目经理发展计划、为任务分配资源、跟踪进度、管理预算和分析工作量的项目管理软件程序Microsoft Project，广联达自主研发的算量、计价、协同管理系列软件等（表1-2）。