第一章　BIM 概念

1.1　BIM 的起源

城市是人类文明发展的产物，在与大自然不断适应和抗争的漫长过程中，人类逐渐意识到只有团结才能取得胜利。历经数千年文明的发展，工业化让城市普遍成为文明的中心，随着城市化进程的日益推进，人们对“城市让生活更美好”的真正渴望也日益突显。人口增长、资源缺口、环境污染以及能源危机都给城市带来了巨大的压力。拥堵不堪的交通、匮乏的水资源、令人窒息的空气，都与人类理想的城市生活格格不入。一边是人类要求更适宜的居住环境，更高生活质量的梦想和渴望；另一边是不堪重负的城市承载力，巨大矛盾是对城市设计能力的考验，更是机会。持续高速的城市发展，催生了对建筑行业设计的能力进一步提高的需求。“工欲善其事，必先利其器”，如同二维 CAD 技术的出现，给工程设计带来的第一次信息化革命一样，建筑信息模型（Building Information Modeling）必将引领工程设计的第二次信息革命。

图 1–1　Chunk Eastman 教授

自 1975 年“BIM 之父”——乔治亚理工大学的 Chunk Eastman 教授（见图 1-1）创建 BIM 理念至今，BIM 技术的研究经历了三大阶段：萌芽阶段、产生阶段和发展阶段。

BIM 的概念起始于 autodesk 的 3D、面向对象（object-oriented）、AEC-specific CAD，之后美国乔治亚理工大学的 C. M. Eastman 教授 20 世纪 70 年代提出建筑物产品模型（building product model），而产品模型就是数据模型（data model）或者信息模型（information model）。Eastman 教授是《建筑物信息仿真手册》（BIM handbook：*a guide to building information modeling for owners，managers，designers，engineers and contractors*，2008）的主要作者。在此之后的近 40 年，他致力于著作及讲授虚拟设计与施工，认为 BIM 是为设计与施工而数位化仿真建筑物，让模型性质与属性成为工程计划的记录信息。之后，J. Laiserin 认为 BIM 在建筑物兴建过程中是按数位格式交换及沟通信息的。根据他的文献，1987 年在 Virtual building concept by Graphisoft’s ArchiCAD 下首次出现名称 BIM。

BIM 理念的启蒙，受到了 1973 年全球石油危机的影响，美国全行业需要考虑提高行业效益的问题。1975 年“BIM 之父”Eastman 教授在其研究的课题“Building Description System”中提出“a computer-based description of a building”，以便于实现建筑工程的可视化和量化分析，提高工程建设效率。我国在 2001— 2002 年 BIM 萌芽，之后一直处于懵懂期，但在近几年有了快速的发展。BIM 技术作为促进我国建筑业发展创新的重要技术手段，其应用与推广将对建筑业的科技进步与转型升级产生无可估量的影响，同时也给施工企业的发展带来巨大效益，将大大提高建筑工程管理的集成化程度和

交付能力，使工程质量和效率显著提高。

>> 1.1.1 BIM 产生的必然性

1．现代建筑业发展的趋势

现代建筑行业的发展成为现代社会经济发展最重要的力量之一。BIM 的应用和发展也不自觉地植根于现代建筑业发展的土壤之中。随着社会经济的发展，现代建筑业发展的主要趋势为以下三个方面：

1）全球化

建筑业全球化的标志在于工程项目从咨询、融资到采购、承包、管理以及培训等各个方面的参与者来自于不止一个国家，投资方、咨询公司和承包公司等在本国以外参与投资和建设。故随着全球化的进展，大型项目为了能达到预定的进度、质量、投资和安全目标，越来越感觉到传统的工程项目管理模式已经满足不了要求。而能适应当今竞争激烈的国际环境的虚拟建设这一工程项目管理新模式，能运用虚拟组织原则，借助现代信息技术和通信技术的强大支持，采用无层级、扁平化的管理方式，且通过基于网络的共享项目信息系统，使项目得以有效沟通，缩短管理链条，提高管理效率，实现工程项目建设成本低、质量好、进度快、协调好，运用消息和知识使建筑产品增值的目的。因此 BIM 必将在全球化的背景下快速发展。

2）城市化

城市化是社会经济变化的过程，其中包括城市人口规模不断扩张、城市用地不断向郊区扩展、城市数量不断增加等。这对于建筑业有很大的影响。随着我国城市化的不断推进，乡镇城区改、扩建项目的上马，以及保障性住房的大面积开工，建筑业将继续保持稳定发展的形势。都市圈、城市群、城市带和中心城市的发展预示了我国城市化进程的高速起飞，这些利用传统的技术很难实现，所以作为一种新的技术及理念的建筑信息模型（BIM）有很大的发展空间。通过 BIM 技术完成规划设计，可更直观地及早做好整体规划。

3）可持续发展

随着经济的发展和人们生活水平的提高，人类的生存环境也面临着越来越严峻的挑战。地球资源锐减，“三废”污染严重加剧，环境不断恶化。维护生态平衡日益受到人们的关注，绿色建筑、生态建筑的概念开始被越来越多的人所接受，并成为建筑的可持续发展趋势。论及“可持续发展建筑”，容易产生的一个误解是将它单纯地理解为某种具体的建筑类型。实际上，“可持续发展建筑涵盖并远远超越了具体建筑实体所具有的时空。它包括宏观与微观两个层面的意义”。可持续发展建筑宏观方面的意义在于，它必须着眼于未来，着眼于社会、经济持续发展的全局。在可持续发展的大前提下，未来一切将建筑的物态构成加入到社会、经济多产业的物质大循环中，使建筑业与其他方面相互融合、渗透，并最终构成有似生态食物链的连接，才有可能为将来的建筑发展寻求到新的能源、材料途径，并为超过使用寿命期的建材提供物尽其用的渠道。可持续发展建筑微观方面的意义在于，在特定时期内有具体的存在形式。我们完全可以立足于当前，在现有条件下通过总结已有的实践经验，发挥现有技术的潜能，将可持续发展的观念最大限度地落实于当前建筑，而这正是摆在我们面前的极为紧迫的任务。可持续发展已成为全球各国的行动纲领，生态世界观成已为人与自然和谐共处的行为准则。可持续建筑的含义是建筑及其环境应能做到：

综合用能，大力发展节能科技，回收室内余热；

多能转换，利用建筑物相应的构件成为多种能量形式的转换器；

建筑多种使用功能，节约用地；

三向发展，即向天空、海洋、地下发展；

自然空调，包括大环境和单体环境等；

立体绿化，有利于维护生态平衡，即做好输入、输出物流的良性循环和能量形式的良性转换；

持续发展，美感、卫生、安全。

因此，在不久的将来人们就可能做到有效地发挥可持续发展建筑正确的物质功能和精神功能的作用。可持续发展建筑应当立足于综合环境效益的提高，给人们提供一个经济、舒适、具有环境感与文化感的场所。可持续发展建筑设计不仅是场所本身的特性，更是对场所以外更大环境的影响，特别是对生态与资源的特性的影响。可持续发展建筑是创造与环境融为一体的有机体建筑，并实现“零能耗”。建筑设计要保证对自然环境的冲击最小，利用可再生能源，低耗能，保证室内环境健康、质量高，并能给予人精神享受。因此，保护环境，实现建筑可持续发展必然离不开“生态建筑”与“绿色建筑”的理念，这也将成为建筑发展的必然和趋势。

引申阅读一：全球十大绿色生态建筑

>> 1.1.2　现代建筑业面临的问题和挑战

近些年来，随着我国建筑行业的飞速发展，建筑业的技术水平和管理能力不断提高，以北京奥运、上海世博会为契机，涌现出了一大批以高、大、精、深为特征的标志建筑，建造技术水平居世界前列，如图 1-2 所示。此外，公路、铁路、港口、机场等大量基础设施的建筑，掀起了我国工程建设的热潮。同时，建筑行业也存在一些问题，特别是当今经济形势多变，建筑行业的不确定因素增多，加剧了原先存在的问题的严重性并产生了一些新的问题。

图 1–2　世博会中国展馆和鸟巢

比如，建筑业效率低下，粗放型的增长方式没有得到根本转变，建筑能耗高、能效低，就是建筑业可持续发展面临的一大问题。同时，建筑业信息化水平也还比较低。虽然近些年来我国建筑业信息水平得到大幅度提高，但整体还处于初级发展水平，与国外信息化程度有较大差异。目前，我国建筑企业的科技投入仅占企业营业收入的 0.25%，施工过程中应用计算机进行项目管理的不到 10%。

我国随着建筑业全球化、城市化进程的发展，以及可持续发展的要求，将不可避免地面临众多挑战。应用 BIM 技术，对建筑全生命周期进行全方位管理，是实现建筑业信息化跨越式发展的必然趋势；同时，也是实现项目精化管理、企业集约化经营的最有效途径。

1．建筑业效率问题

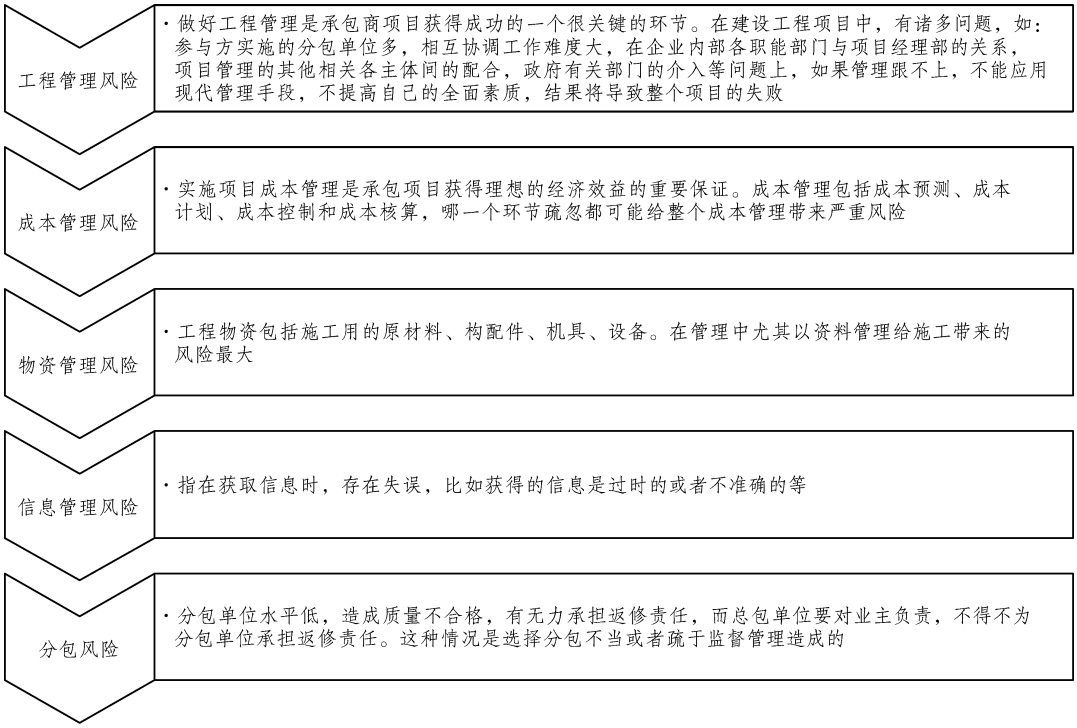
1964—2003 年，美国的大多数行业极大地提升了生产效率，而且生产效率的提高速度较快。而我国建筑业劳动生产率却成下降趋势，并与发达国家和地区的劳动生产率有着较大差距。信息化应用水平落后是造成这一差距的主要原因。信息技术的广泛应用，不仅改变了人们的生产和生活方式，而且成为推动传统产业不断升级和提高社会劳动生产率的新动力。信息技术及其应用已成为建筑产业和企

业竞争力的核心来源。

2．风险控制能力问题

建设工程由于具有投资大、工期长、施工难度大、技术复杂以及工程参与方众多的特点，在建筑过程中不可预见的因素较多。所以工程施工是一个高风险的过程，工程建设参与方均不可避免地面临着各种风险，如不加以防范，很可能会影响工程建设顺利进行，甚至酿成严重后果。

常见的风险如下：



3．缺乏全生命周期理念和手段

建筑物从规划设计、施工建造到竣工交付运营的全生命周期当中建筑运营周期达到几十年甚至更长，是时间最长的阶段；同时，运营阶段的投入也远比建筑投资大。尽管建筑物竣工以后的运营管理不属于传统的建筑业范围，但是建筑运营阶段所发现的问题绝大部分可以从前期——设计阶段和建造阶段找到根源。可以从以下两个方面来说明：

一方面，普遍缺乏全生命周期的理念。在设计建造阶段往往不关注设施的全生命周期费用，不考虑今后运营时的节约和便利，而过多地考虑如何节省一次性投资，如何节省眼前的时间和精力，且设备供货方往往较少考虑系统集成的协调和匹配。

另一方面，目前没有足够的有效手段来应对这种需求。全生命周期的必要前提是信息共享和运用。建设行业中各参与主体间的信息交流主要基于纸质介质，这种方式会形成各专业系统间的信息断层，不仅使信息难以直接再利用，而且其链状的传递难免会造成信息的延误、缺损甚至丢失。在设计阶段，设计者无法利用已有的信息，设计信息的可利用价值大大降低；在施工阶段，由于传统设计信息表达的缺陷，信息传递手段的落后，施工单位在投标时无法完全掌握设计信息，在施工时无法获取必要的信息，在项目交付时无法将信息交给业主，从而造成大量有用信息的丢失；在建筑物使用阶段，积累到新的信息，但这些信息仍然以纸质保存或存在于管理人员的头脑中，没有和前一阶段的信息进行集成。运营阶段的信息和经验很少再应用于新工程的设计和施工中，信息丢失严重，建设工程生命周期中信息的再利用水平极低。

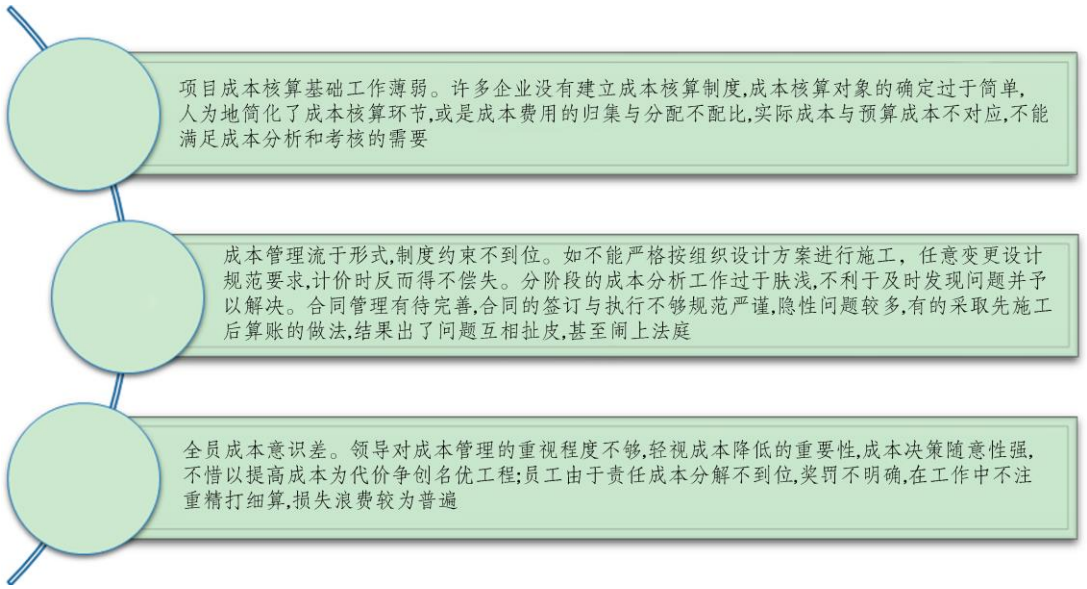
工程项目是一个复杂、综合的经营活动，参与者涉及众多专业和部门，工程建设项目的生命周期包括了建筑物从勘测、设计、施工到使用、管理、维护等阶段，时间跨度长达几十年甚至上百年。如何从根本上解决项目规划、设计、施工以及维护管理等各阶段应用系统之间的信息断层，实现建设项目生命周期各阶段的信息共享和充分利用，在项目建设过程中优化设计、合理制订计划、精确掌握施工进程、合理使用施工资料以及科学地进行场地布置，以缩短工期，降低成本，提高质量，已成为投资者、设计机构和施工承包商共同面临的挑战，也是当前我国建设领域信息化亟待解决的问题。

4．建筑项目本身的挑战

随着科技的飞速发展，建筑项目本身也发生着巨大变化，建筑造型日趋复杂；快节奏的都市生活催生了城市综合体的发展，人们希望能在方便、经济、集多种功能于一体的综合空间里享受高效率的生活和工作，从而对建筑综合性的要求越来越高；对于机场、港口、园区、交通枢纽等一些投资额越来越大的基础设施建设项目，建筑面积越来越大，建设周期也相对较长，这使得建设单位管理的成本相对较高，也易导致投资成本失控。

5．施工生产环节存在的问题

目前，一些企业在施工过程中主要存在以下三方面的问题：



>> 1.1.3　适应时代的 BIM

建筑业面临的上述挑战，BIM 正好拥有一系列相对较好的解决方法。当前，建筑业已步入计算机辅助技术的引入和普及阶段，例如 CAD 的引入解决了计算机辅助绘图的问题。而且这种引入方式良好地适应了建筑市场的需求，设计人员不用再手工绘图（见图 1-3），并解决了手工绘制和修改易出现错误的弊端；同时也不必再将各专业图纸进行重叠式的对图了。这些 CAD 图形（见图 1-4）可以在各专业间相互利用，给人们带来便捷的工作方式，减轻劳动强度。所以计算机辅助绘图一直受到人们的热烈欢迎。2D 图纸是绝大多数建筑设计企业最终交付的设计成果，这是目前的行业惯例。因此，其生产流程的组织与管理均围绕着 2D 图纸的形成来进行。2D 设计通过投影线条、制图规则及技术符号表达设计成果，图纸需要人工阅读才能解释其含义。2D CAD 平台起到的作用是代替手工绘图，即我们

常说的“甩图板”。除了日益复杂的建筑功能要求之外，人类在建筑创作过程中，对于美感的追求实际上永远是放在第一位的。尽管最能激发想象力的复杂曲面被认为是一种“高技术”和“后现代”的设计手法，但实际上甚至远在计算机没有出现，数学也很初级的古代，人类就开始了对于曲面美的探索，并用于一些著名建筑之中。因此，拥有现代技术的设计师们，自然更加渴望驾驭复杂多变、更富美感的自由曲面。

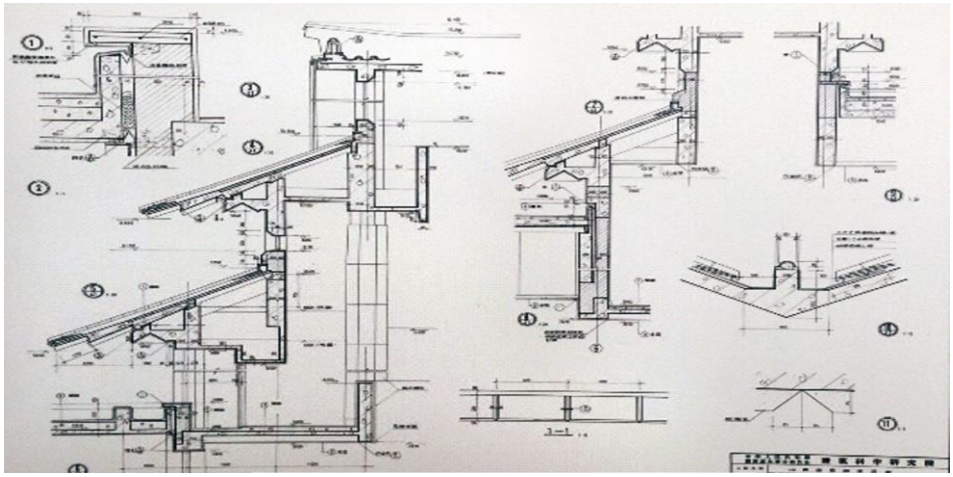


图 1–3　手工绘制的图纸

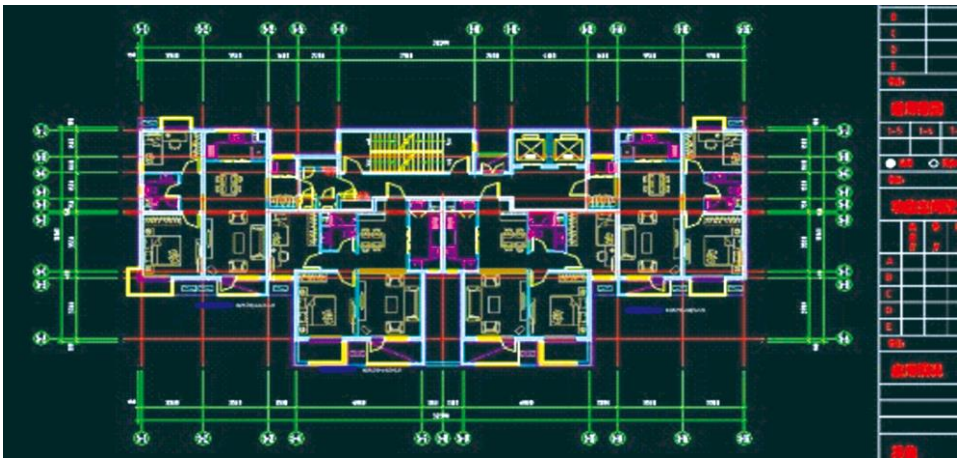


图 1–4　CAD 绘制的平面图

然而，2D 设计技术甚至连建筑最基本的几何形态也无法表达出来。在这种情况下，3D 设计应运而生。3D 设计能够精确表达建筑的几何特征，相对于 2D 绘图，3D 设计不存在几何表达障碍，对任意复杂的建筑造型均能准确表现。在评选出的“北京当代十大建筑”中，首都机场 3 号航站楼、国家大剧院、国家游泳中心等著名建筑名列前茅（见图 1-5），这些建筑的共同特点是无法完全由 2D 图形进行表达，这也预示着 3D 将成为高端设计领域的必由之路。3D 是 BIM 设计的基础，但不是其全部。通过进一步将非几何信息集成到 3D 构件中，如材料特征、物理特征、力学参数、设计属性、价格参数、厂商信息等，使得建筑构件成为智能实体，3D 模型便升级为 BIM 模型。BIM 模型可以通过图形运算并考虑专业出图规则自动获得 2D 图纸，并可以提取出其他的文档，如工程量统计表等；还可以将模型用于建筑能耗分析、日照分析、结构分析、照明分析、声学分析、客流物流分析等诸多方面。纯粹的 3D 设计，其效率要比 2D 设计低得多。地标性建筑可以不计成本，不计效率，但大众化的设计则不可取。为提高设计效率，主流 BIM 设计软件如 Autodesk Revit 系列、Bentley

Building 系列以及 Graphisoft 的 ArchiCAD 均取得了不俗的成绩。这些基于 3D 技术的专业设计软件，用于普通设计的效率达到甚至超过了相同建筑的 2D 设计。目前 BIM 所取得的成就预示着 BIM 软件发展是势在必行的。

首都机场 3 号航站楼

国家大剧院

国家游泳中心

图 1–5　北京当代著名建筑

除此之外，目前所说的协同设计，很大程度上是指基于网络的一种设计沟通交流手段，以及设计流程的组织管理形式。包括：通过 CAD 文件之间的外部参照，使得工种之间的数据得到可视化共享；通过网络消息、视频会议等手段，使设计团队成员之间可以跨越部门、地域甚至国界进行成果交流、开展方案评审或讨论设计变更；通过建立网络资源库，使设计者能够获得统一的设计标准；通过网络管理软件的辅助，使项目组成员以特定角色登录，可以保证成果的实时性及唯一性，并实现正确的设计流程管理；针对设计行业的特殊性，甚至开发出了基于 CAD 平台的协同工作软件，等等。

BIM（建筑信息化模型）的出现，从新的角度带来了设计方法的革命，其变化主要体现在以下几个方面：从二维（以下简称 2D）设计转向三维（以下简称 3D）设计；从线条绘图转向构件布置：从单纯的几何表现转向全信息模型集成；从各工种单独完成项目转向各工种协同完成项目；从离散的分步设计转向基于同一模型的全过程整体设计；从单一设计交付转向建筑全生命周期支持。BIM 带来的是激动人心的技术冲击，而更应值得注意的是，BIM 技术与协同设计技术将成为互相依赖、密不可分的整体。协同是 BIM 的核心概念，指同一构件元素，只需输入一次，各工种就可共享该元素数据，可于不同的专业角度操作该构件元素。从这个意义上说，协同已经不再是简单的文件参照。可以说 BIM 技术将为未来协同设计提供底层支撑，大幅提升协同设计的技术含量。BIM 带来的不仅是技术，也将是新的工作流及新的行业惯例。

因此，未来的协同设计，将不再是普通意义上的设计交流、组织及管理手段，它将与 BIM 融合，成为设计手段本身的一部分。借助于 BIM 的技术优势，协同的范畴也将从单纯的设计阶段扩展到建筑全生命周期，需要设计、施工、运营、维护等各方的集体参与，因此具备更广泛的意义，从而带来综合效率的大幅提升。

总之，如图 1-6 所示，建筑业对技术、管理、协作等方面的需求（无论是主动需求还是被动需求）引发了 BIM 的应用，BIM 应用又不得不依靠 BIM 工具和 BIM 标准，业务人员使用 BIM 工具和标准从而产生了 BIM 模型及信息，BIM 模型和信息又进一步支持着业务需求高效、优质地实现。BIM 的世界就由此得以诞生和不断地发展壮大。

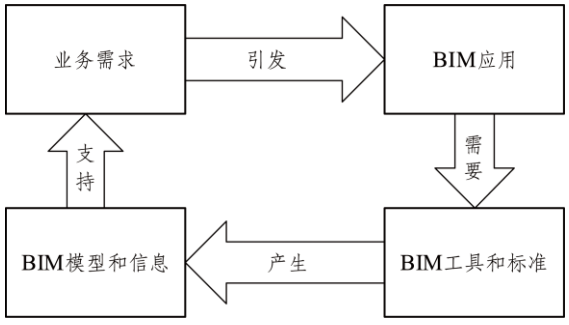


图 1–6　BIM 技术应用流程

1.2 BIM 概念及特点

对 BIM 的定义或解释有多种说法，McGraw. Hill（麦克格劳·希尔）在 2009 年名为“The Business Value of BIM”（BIM 的价值）的市场调研报告中对 BIM 的定义比较简练，认为：BIM 是利用数字模型对项目进行设计、施工和运营的过程。相比较，美国国家 BIM 标准对 BIM 的定义比较完整：BIM 是一个设施（建设项目）物理和功能特性的数字表达；是一个共享知识资源，是一个分享有关设施的信息，为该设施从概念到拆除的全生命周期中的所有决策提供可靠依据的过程；在项目不同阶段，不同利益相关方通过在 BIM 中插入、提取、更新和修改消息，以支持和反映其各自职责的协同作业。但目前，较为人们所接受的解释是：BIM 全名是 Building Information Modeling（建筑信息模型），是以建筑工程项目的各项相关信息数据作为模型的基础，进行建筑模型的建立，通过数字信息仿真模拟建筑物所具有的真实信息。换句话说，BIM 是以三维数字技术为基础，集成了建筑工程项目各阶段工程信息的数字化模型及其功能特性的数字化表达，旨在实现建筑全生命周期各阶段和各参与方之间的信息共享，明显提高工程建设管理的信息化水平和效率。

BIM 是对工程项目设施实体与功能特性的数字化表达。一个完善的信息模型，是对工程对象的完整描述，能够连接建筑项目生命期不同阶段的数据、过程和资源，可被建设项目各参与方普遍使用（见图 1-7）。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。建筑信息模型同时又是一种应用于设计、建造、管理的数字化方法，这种方法支持建筑工程的集成管理环境，可以使建筑工程在其整个进程中显著提高效率和大幅降低风险。

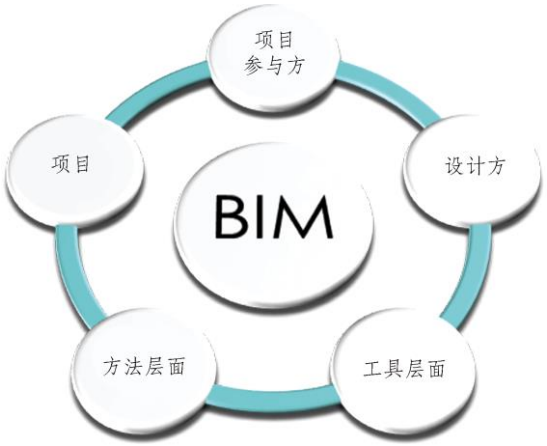


图 1–7　BIM 与各层面的关系

然而在实际应用层面，从不同的角度，对 BIM 又有着不同的解读：

（1）应用到一个项目中，BIM 代表着信息管理，信息被项目所有参与方提供和共享，确保正确的人在正确的时间得到正确的信息。对于建筑施工企业，BIM 可以模拟实际施工，便于能够在早期发现后期施工阶段可能出现的各种问题，以便提前处理，指导后期实际施工；也可作为可行性指导，优化

施工组织设计和方案，合理配置项目生产要素，从而最大限度地实现资源的合理利用，对建造阶段的全过程管理发挥巨大价值。

（2）对于项目参与方，BIM 代表着一种项目交付的协同过程，定义各个团队如何工作，多少团队需要一起工作，如何共同去设计、建造和运营项目。

（3）对于设计方，BIM 代表着集成设计，鼓励创新，优化技术方案，提供更多的反馈，提高团队工作水平。

（4）工具层面，CAD 如 Word，BIM 如 Excel。

（5）方法层面，CAD 是“我根据我想的给你做衣服”，BIM 是“我根据你的身体做衣服”。见图 1-8。

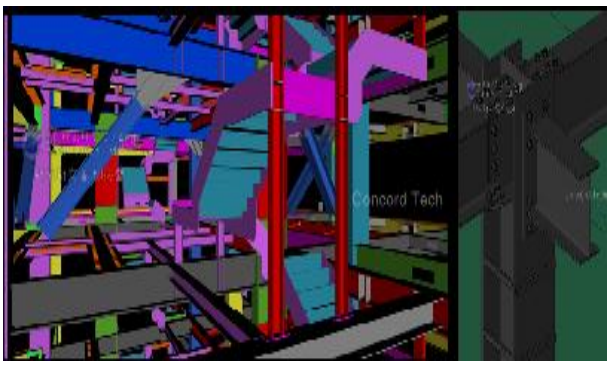


图 1–8

1.3 BIM 运用的重要性

BIM 技术在建筑工程项目的规划设计阶段、施工阶段以及运维阶段等全建筑生命周期管理过程中，都能够通过自身的优势使建筑工程项目达到缩短工期、节约成本的理想目标。下面从各个角度作介绍。

>> 1.3.1 政府及行业部门的强制推广

我国住房和城乡建设部在 2012 年发布的《2011—2015 年建筑业信息化发展纲要》中推广的主要新技术之一就是建筑信息化模型 BIM 技术。

分工细致、劳动力密集型的建筑业对信息的依赖度越来越大，信息已成为企业的一种重要资产，必须加以充分利用和妥善地保护。通常，每项建筑工程包括立项、设计、施工至维修保养等多个不同阶段，每个阶段又需要多个位于不同地点和具有不同性质的公司和机构参与设计及施工的全过程。实施的全过程往往需要经过多年才能完成，参与人数众多，工序繁复，其间涉及大量的文件及图纸往来，急需协调管理。

大型智能建筑工程的现代化管理，需要在内、外部参与者之间相互交换处理的信息量十分庞大，包括设计阶段的各种图纸、进度控制，施工阶段的人员、物料、进度、质量和经济等数据，以及各类政府批文和法律文件等。建设单位繁多、高效的信息交流与共享管理，已成为优质完成现代化建筑工程的关键之一。

此外，建筑工程具有的分散性、移动性和一次性等特点意味着如果没有一个整合的信息系统工程，

相关的信息将不能很好地保存起来，更难于转化成有用的知识以供将来借鉴。通过大量社会调查发现，工程管理人员往往需要花费多达 50% 的工作时间来搜查必要的信息，这将显著地降低了工程管理的效率。但是 BIM 技术的应用完整地解决了这些问题，解除了信息孤岛现象，可以让工程利益所有相关方在同一平台、统一数据库更新、储存、管理、应用这些信息。

BIM 能够在综合数字环境中保持信息不断地更新，并可提供访问使建筑师、工程师、施工人员以及业主可以清楚、全面地了解项目。这些信息在建筑设计、施工和管理的过程中能够加快决策进度、提高决策质量，从而使质量提高、收益增加。近些年，BIM 在设计阶段的应用促进了设计信息化的跨越式发展，建筑师通过可视化功能创建并获得如照片般真实的经过渲染的建筑设计创意和周围环境效果图，实现了 BIM 的社会化，尤其是虚拟现实的应用可以减少人力、缩短工期，有效节约成本。BIM 技术是项目精细化管理最有力的技术支撑手段，因而，近些年来各地方政府部门纷纷出台 BIM 应用的相关鼓励以及强制应用的文件和规定。

目前，BIM 在国内市场的主要应用典例是：BIM 模型维护、场地分析、建筑策划、方案论证、可视化设计、协同设计、性能化分析、工程量统计、管线综合、施工进度模拟、施工组织模拟、数字化建造、物料跟踪、施工现场配合、竣工模型交付、维护计划、资产管理、空间管理、建筑系统分析、灾害应急模拟。从以上 20 种 BIM 典型应用中可以看出，BIM 的应用对于实现建筑全生命期管理，提高建筑行业规划、设计、施工和运营的科学技术水平，促进建筑业全面信息化和现代化，具有巨大的应用价值和广阔的应用前景。

BIM 的应用和推广将在企业的科技进步和转型过程中起到一定的促进作用；也将给行业的发展带来巨大的推动力，支撑工业化建造、绿色施工、优化施工方案；促进工程项目实现精细化管理，提高工程质量，降低成本和工程风险；提升工程项目的效益和效率。BIM 建筑信息模型在建筑工程行业各阶段的推广和应用，是建设工程领域的一次革命，是项目精细化管理最有力的技术支撑手段。BIM 技术可以使企业集约管理、项目精益管理落地，也将改变项目各参与方的协作方式。

>> 1.3.2　BIM 对各方的影响

1．对建筑施工企业

BIM 对建筑施工企业的影响为，实现集成项目交付 IPD（Integrated Project Delivery）管理。具体包括：把项目主要参与方在设计阶段就集合在一起，着眼于项目的全生命期，利用 BIM 技术进行虚拟设计、建造、维护及管理；实现动态、集成和可视化的 4D 施工管理；将建筑物及施工现场 3D 模型与施工进度相链接，并把施工资源和场地布置信息集成一体，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；实现项目各参与方协同工作，项目各参与方信息共享；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、成本和进度的管理与监控；实现虚拟施工；在计算机上执行建造过程，虚拟模型可在实际建造之前对工程项目的功能及可建造性等潜在问题进行预测，包括施工方法实验、施工过程模拟及施工方案优化等。

对于传统 CAD 时代存在于建设项目施工阶段的 2D 图纸可施工性低、施工质量不能保证、工期进度拖延、工作效率低等劣势，BIM 技术体现出了巨大的价值优势：施工前改正设计错误与漏洞；4D 施工模拟、优化施工方案；使精益化施工成为可能。BIM 模型由于可以反映完整的项目设计情况，因此 BIM 模型中的构件模型可以与施工现场中的真实构件一一对应。我们可以通过 BIM 模型发现项目在施工现场中出现的错、漏、碰、缺的设计失误，从而达到提高设计质量，减少施工现场的变更，最终缩短工期、降低项目成本的预期目标。

在项目的施工阶段，施工单位通过对 BIM 建模和进度计划的数据集成，可实现 BIM 在时间维度基础上的 4D 应用。通过 BIM 技术 4D 应用的实施，施工单位既能按天、周、月看到项目的施工进度，又可以根据现场实时状况进行实时调整，在对不同的施工方案进行优劣对比分析后得到最优的施工方案；同时也可以对项目的重难点部分按时、分，甚至精确到秒进行可建性模拟，四维模拟实际施工，在早期的设计阶段发现后期施工阶段会出现的各种问题，便于提前处理，为后期活动打下坚固的基础。并在后期施工时能作为施工的实际指导，也能作为可行性指导，以提供合理的施工方案及人员，合理配置使用的材料，优化施工组织设计和方案，合理配置项目生产要素，从而最大限度地实现资源的合理利用，为建造阶段的全过程管理发挥巨大价值。例如，对土建工程的施工顺序、材料的运输堆放安排、建筑机械的行进路线和操作空间、设备管线的安装顺序等施工安装方案的优化。

随着我国建设工程规模越来越大、建筑高度越来越大、体型越来越复杂、功能越来越智能，工程项目的信息对整个建筑物的工程周期乃至生命周期都会产生重要影响。BIM 为建设工程领域带来二维图纸到三维设计和建造的革命，在上海金融中心、深圳平安金融中心、港珠澳大桥、上海迪士尼等一大批国家重点工程中，BIM 技术的数字化建造都取得了卓有成效的探索和成果，有效推动了项目管理水平的提升，逐渐成为企业转型升级的主要推力。

2．对勘测设计单位

BIM 可以贯穿整个设计地形勘测、初步方案、深化设计、施工图设计以及施工阶段的设计服务内容，同时对预算编制、管线综合等各具体步骤有着非常明显的节约时间、提高效率的作用。

传统 CAD 时代在建设项目设计阶段存在的诸如 2D 图纸冗繁、错误率高、变更频繁、协作沟通困难等缺点都将为 BIM 所解决，BIM 所带来的价值优势是巨大的。

推动现代 CAD 技术的应用，建筑师们不再困惑于如何用传统的二维图纸表达复杂的三维形态这一难题，深刻地对复杂三维形态的可实施性进行了拓展。摒弃传统 CAD 用点、线、符号等简单元素表示某元件的理念，而采用面向对象的数据表达形式来描述项目的每一个组成部分。例如，不再用平行的线段表示电缆，而是在设计工具中创建一个电缆类的实例，每个实例都有其特有的属性，包括位置、尺寸、组成和型号等。这样的模型承载的信息比平面图加电缆清册要丰富得多，全面支持数字化的、采用不同设计方法的工程设计，并尽可能采用自动化设计技术，实现设计的集成化、网络化和智能化。可视化，使得设计师对于自己的设计思想既能够做到“所见即所得”，而且能够让业主捅破技术壁垒的“窗户纸”，随时了解到自己的投资可以收获什么样的结果。

BIM 帮助实现三维设计，能够根据 3D 模型自动生成各种图形和文档，而且始终与模型逻辑相关，当模型发生变化时，与之关联的图形和文档将自动更新；设计过程中所创建的对象存在着内部的逻辑关联关系，当某个对象发生变化时，与之关联的对象随之变化。同时，实现不同专业设计之间的信息共享。各专业 CAD 系统可从信息模型中获取所需的设计参数和相关信息，不需要重复录入数据，避免数据冗余、歧义和错误。还有实现各专业之间的协同设计，某个专业设计的对象被修改，其他专业设计中的该对象会随之更新。总之，BIM 可实现虚拟设计和智能设计，实现设计碰撞检测、能耗分析、成本预测等。

另外，对比传统的竣工图纸，通过竣工模型能更直观、准确、快速地找寻物件的所有相关信息，便于了解现场环境；能省去不必要的找寻翻阅资料、查阅图形和学习认识的时间。对比传统 2D 的竣工图与文档模式，竣工模型在实现共享信息、协同管理、提高运营效率方面有着巨大的优势。这是因为建筑周期从设计到施工完成，中间产生的海量变更信息，都可以事无巨细地存储在模型中，并且实时更新。

引申阅读二：竣工模型的建立

对于一开始就用 BIM 贯彻整个建筑周期的项目，工程竣工时，所更新的模型就是竣工模型，而且用模型更新更改信息保证了各个平面图、直观图、剖面图的一致性，省去了查验比对一致性的一个复杂环节（一般查验过程占整个建筑施工周期的 20%）。而传统的 2D 图只能是

平面图、直观图、剖面图逐张更改，不仅比 BIM 方式的速度慢 2/3 倍，而且每个环节交接查验的速度也慢 2/3 倍。

3．对监理单位、施工监控单位等第三方机构

建立单一工程数据源。工程项目各参与方使用的是单一信息源，确保了信息的准确性和一致性，可实现项目各参与方之间的信息交流和共享，由此可从根本上解决项目各参与方基于纸介质方式进行信息交流产生的“信息断层”和应用系统之间“信息孤岛”问题。

BIM 模型建立后，相关人员可以更加直观、科学地对项目进行管理和监督，以保障项目严格按照设计文件、国家相关规范及规定进行合理化的质量、进度、成本管理，促进建筑生命期管理，实现建筑生命期各阶段的工程性能、质量、安全、进度和成本的集成化管理，对建设项目生命期总成本、能源消耗、环境影响等进行分析、预测和控制，从而保质保量地完成工程项目的建设。

4．对甲方（业主）或后期运营单位

BIM 模型可以始终贯穿项目的全生命周期，业主可以根据项目进度随时比照 BIM 模型，从而宏观掌控项目的实施，随时了解项目的费用、质量，从而科学地对项目进行合理化调整，以达到项目的建设目的；项目建成后也有了一个有力的工具对项目的运营提供直观、有效的管理。

以建筑工程竣工阶段为例，竣工图与竣工模型反映的是真实的建筑工程项目施工结果的图样和模型。它们真实记录了各种地下、地上建筑物、构筑物，是工程施工阶段的最终记录，是工程运营阶段的主要指示。

建筑产品形体大，一般都有隐蔽工程，竣工图如产品说明书一般，建筑的使用、维护管理都离不开它。建筑工程的隐蔽部分比较多，不能随时拆开检查、维修，因此，要解决问题只能靠竣工图和竣工资料。

同时，在设计阶段由于电气和土建专业分别出图，造成了图纸不具备缆线走向信息和不能满足正确敷设的要求，而施工单位在安装作业时的安装信息在交接时由于没有相关记录而流失。运行期间这些线缆由于种种原因不可避免地会发生变动，且大部分没有记录；即使有也很难被找到和具有可信度。

很多工程都不是一两年就能建成的，所以就需要妥善保存建设各阶段中生成的文件资料。当进行下一步施工或遇到问题时，都需要查找已经形成的图纸资料。传统的建筑周期在竣工阶段，收集整理竣工资料是一个烦琐的过程。

图纸的整理与资料的整理不同步，每个人对信息的整理和储存方式不一样，建筑信息在传递交接过程中很容易出现缺失，且查验信息也费时费力。再加上图纸本身的局限性，每个用图纸的人要了解某一建筑构件，必需根据平面图加立面图、剖面图，靠想象力将其组合成一个立体图。然而，随着每个人空间组合能力及工地实际经验不同，组成结果的正确性和在沟通水平也有相当程度的落差。这无形当中也提高了信息缺失的概率和出错率，进而增加了更多的无用信息，并随着工程的展开和参与人数的增多而增加。

在建筑物使用寿命期间，建筑物结构设施（如墙、楼板、屋顶等）和设备设施（如设备、管道等）都需要不断得到维护。一个成功的维护方案可提高建筑物性能，降低能耗和修理费用，进而降低总体维护成本。

BIM 模型结合运营维护管理系统可以充分发挥空间定位和数据记录的优势，合理制订维护计划，分配专人专项维护工作，以降低建筑物在使用过程中出现突发状况的概率。对一些重要设备，还可以跟踪维护工作的历史记录，以便对设备的适用状态提前作出判断。例如以往管道维修，由于是不同组人员，找寻相关图纸、资料需要 2～3 个工作日，现用竣工模型 5 分钟就获得相关区域的所有信息。

便于升级再改造的方案设计：BIM 能将建筑物空间信息和设备参数信息有机地整合起来，从而为业主获取完整的建筑物全局信息提供途径。通过 BIM 与施工过程记录信息的关联，甚至能够实现包括

隐蔽工程资料在内的竣工信息集成，不仅为后续的物业管理带来便利，而且可以在未来进行的翻新、改造、扩建过程中为业主及项目团队提供有效的历史信息。

利用 BIM 及相应灾害分析模拟软件模拟逃生疏散通道，可以在灾害发生前，模拟灾害发生的过程，分析灾害发生的原因，制定避免灾害发生的措施，以及发生灾害后人员疏散、救援支持的应急预案。当灾害发生后，BIM 模型可以提供救援人员紧急状况点的完整信息，这将有效提高突发状况应对措施的准确度。此外，楼宇自动化系统能及时获取建筑物及设备的状态信息，通过 BIM 和楼宇自动化系统的结合，使得 BIM 模型能清晰地呈现出建筑物内部紧急状况的位置，甚至到紧急状况点最合适的路线，救援人员可以由此做出正确的现场处置，提高应急行动的成效。

引申阅读三：就土木工程各专业方向而言 BIM 的优势

>> 1.3.3 就各参与方而言

1．咨询单位

（1）缩短项目工期。利用 BIM 技术，可以通过加强团队合作、改善传统的项目管理模式、实现场外预制、缩短订货至交货之间的空白时间（Lead times）等方式大大缩短工期。

（2）更加可靠与准确的项目预算。基于 BIM 模型的工料计算（Quantity take-off）相比基于 2D 图纸的预算更加准确，且节省大量的时间。

（3）提高生产效率、节约成本。利用 BIM 技术可大大加强各参与方的协作与信息交流的有效性，使决策可以在短时间完成，减少了复工与返工的次数，且便于新型生产方式的兴起，如场外预制、BIM 参数模型作为施工文件等，可显著地提高生产效率，节约成本。

（4）高性能的项目结果。BIM 技术所输出的可视化效果可以为业主校核是否满足要求提供平台，且利用 BIM 技术可实现耗能与可持续发展设计与分析，为提高建筑物、构筑物等的性能提供技术手段。

（5）BIM 技术可以实现对传统项目管理模式的优化，有助于提高项目的创新性与先进性。例如，一体化项目管理模式 IPD（Integrated Project Delivery Mode）下各参与方早期使参与设计，这种群策群力的模式有利于吸取先进技术与经验，实现项目创新性与先进性。

（6）方便设备管理与维护。利用 BIM 竣工模型（As-built model）作为设备管理与维护的数据库，可提高管理与维护工作的效率。

2．造价单位

造价管理的目的就是为项目投资实现增值。工程项目造价管理分为两个阶段，即项目计划阶段和合同管理阶段。在每个阶段，应用 BIM 技术后都能提高造价管理的效率和水平。在项目计划阶段，主要是对工程造价进行预估，应用 BIM 技术可以为造价工程提供各设计阶段准确的工程量、设计参数和工程参数，与技术经济指标结合，可以计算出准确估算、概算，再运用价值工程和限额设计等手段对设计成果进行优化。BIM 技术模型较传统二维图纸的很大区别是能够把建筑、结构、机电等信息完整、有效地保存下来，并能快速准确地统计工程量，提出分析报告。BIM 模型中由于每一个构件都是和现实中的实际物体一一对应的，所含的信息也都是可以直接拿来运用的，因此计算机在 BIM 模型中可以根据构件本身的属性如类型、尺寸、数量等进行快速识别分类；当需要进行工程量统计时，计算机和智能软件可以根据不同的分类迅速自动做出统计。同时，基于 BIM 技术生成的工程量不是简单的长度和面积的统计，专业的 BIM 造价软件可以进行精确的 3D 布尔运算和实体减扣，从而获得更符合实际的工程量数据，并且可以自动形成电子文档进行交换、共享、远程传递和永久存档。其准确率和速度上都较传统统计方法有很大的提高，可有效降低造价工程师的工程强度，提高了工作效率。

3．建设方单位

（1）规划部门。

是否能够帮助业主把握好产品和市场之间的关系，是项目规划阶段至关重要的一点，而 BIM 能够为项目各方在项目策划阶段做出使市场收益最大化的工作。同时在规划阶段，BIM 技术对建设项目在技术和经济上的可行性论证提供了帮助，可提高论证结果的准确性和可靠性。在项目规划阶段，业主需要确定出建设项目方案是否既具有技术与经济上的可行性，又能满足类型、质量、功能等要求。但这需要花费大量的时间、金钱与精力，才能得到可靠性高的论证结果。BIM 技术可以为广大业主提供概要模型，针对建设项目方案进行分析、模拟，从而为整个项目的建设降低成本、缩短工期并提高质量。

（2）运营部门。

BIM 在建筑工程项目的运营阶段也可起到非常重要的作用。建设项目中所有系统的信息对于业主实时掌握建筑物的使用情况，及时有效地对建筑物进行维修、管理起着至关重要的作用。那么是否有能够将建设项目中所有系统的信息提供给业主的平台呢？BIM 的参数模型给出了明确的答案。在 BIM 参数模型中，项目施工阶段做出的修改将全部实时更新并形成最终的 BIM 竣工模型，该竣工模型可作为各种设备管理的数据库为系统的维护提供依据。

建筑物的结构设施（如墙、楼板、屋顶等）和设备设施（如设备、管道等）在建筑物使用寿命期间，都需要不断得到维护。BIM 模型则恰恰可以充分发挥数据记录和空间定位的优势，通过结合运营维护管理系统，制订合理的维护计划，依次分配专人做专项维护工作，从而使建筑物在使用过程中出现突发状况的概率大为降低。

BIM 是引领建筑业信息技术走向更高层次的一种新技术，它的全面应用，将为建筑行业的科技进步产生无可估量的影响，可大大提高建筑工程的集成化程度。随着国内建筑设计领域的发展，BIM 已经初步应用于建筑工程行业并彰显出了其巨大的商业价值。但目前 BIM 的应用还是存在很大的局限性，对于 BIM 引领的建筑工程领域所应创造的经济效益、社会效益只是冰山一角。我们应走出对 BIM 认知的几个误区，打通 BIM 链条上的各个环节，挖掘 BIM 作为建筑信息模型这个偏技术性的字眼背后的巨大商业价值。

4．小　结

BIM 是信息化技术在建筑业的直接应用，服务于建设项目的设计、建造、运营维护等整个生命周期。BIM 为项目各参与方提供交流顺畅、协同工作的平台，其对于避免失误、提高工程质量、节约成本、缩短工期等可作出极大的贡献，其巨大的优势作用让行业对其愈加重视。应用 BIM 技术在各个专业设计进行碰撞检查，不但能彻底消除硬、软碰撞，完善工程设计，进而大大降低在施工阶段可能存在的错误损失和返工的可能性，并且可以做到既优化空间又便于使用和维修。

在 BIM 技术的帮助下，我们不仅可以实现项目设计阶段的协同设计，施工阶段的建造全程一体化和运营阶段对建筑物的智能化维护和设施管理，而且从根本上将业主、施工单位与运营方之间的隔阂和界限打破，从而真正实现 BIM 在建造全生命周期的应用价值。

1.4　BIM 的现状及发展

>> 1.4.1　BIM 在国外的发展现状