

Autodesk® 推荐 BLM 丛书

建设工程信息化
— BLM 理论与实践丛书

建设工程信息化导论

丁士昭 主 编
马继伟 陈建国 副主编

中国建筑工业出版社

序 言 3

背景介绍

建筑业从事所建造环境(built environment)的设计、建设和运行工作。它负责创造世上的固定物质财富——房屋、工厂和基础设施。在大多数发达和发展中国家里，建筑业对经济都做出了巨大的贡献。在大多数发达国家中，建筑业独自占国内生产总值的10%或更多；而在经济快速发展的中国家里，例如中国，其所占的百分比更要大许多。建筑业要使用大量的人力并且要消耗很大部分的资源。此外，建筑业的“产品”极大地制约和影响商业的行为和生活的质量。目前，建筑物大约消费世界能源和原材料的40%^①。建筑业已取得举世瞩目的成就，例如中国三峡大坝(Three Gorges Dam)、美国纽约自由之塔(Freedom Tower)、马来西亚吉隆坡国油双峰塔(Petronas Towers)、日本明石海峡大桥(Akashi Kaiko Bridge)、美国洛杉矶沃尔特迪斯尼音乐厅(Walt Disney Concert Hall)的建成。然而，尽管有这些成就，与其他行业相比，它的效率是十分低下的。在过去40多年中，其他行业的生产效率在大幅度提高的同时，建筑业的生产效率事实上反而下降了。

造成建筑业低效率的原因很多，包括割裂的行业结构、参与方之间的对立关系、和信息管理水平差等^②。在其他行业，信息技术已经推动了生产效率的改进，而在建筑业，信息技术的使用尚处在初级阶段，而且大部分仅限于实现手工过程自动化这方面。虽然信息技术已经用于改进单项任务的生产效率，尤其是在所建造环境的设计方面，但是它几乎还没有用于解决贯穿于整个过程的集成与沟通这个更为基本的问题。

信息技术的使用可以极大地提高建筑业的生产效率，这样可使得建筑业与其他行业例如制造业同步^③。可以利用下面这两种相互关联的信息技术来提高建筑业的生产力：

■ 建设工程生命周期管理(Building Lifecycle Management——BLM)：贯穿于建设全过程即从概念设计到拆除或拆除后再利用，通过数字化的方法来创

① 美国能源部(Department of Energy)能源效率和再生能源网络(Energy Efficiency and Renewable Energy Network)可持续发展卓越研究中心(Center of Excellence for Sustainable Development)，2003

② 英国1998年出版的“伊根(Egan)报告”确定了许多这样的因素。见<http://www.dit.gov.uk/construction/rethink/report/>

③ 再造建筑，斯蒂芬·基兰(Stephen Kieran)和詹姆斯·汀布莱克(James Timberlake)著，美国麦格罗·希尔(McGraw-Hill)国际出版公司出版，2004，列举了许多建筑业可从制造业学的经验

建、管理和共享所建造资本资产的信息。

■ 建筑信息模型(Building Information Modeling——BIM): 在设计和施工过程中, 创建和使用互相协调的且内部一致的建设项目信息。

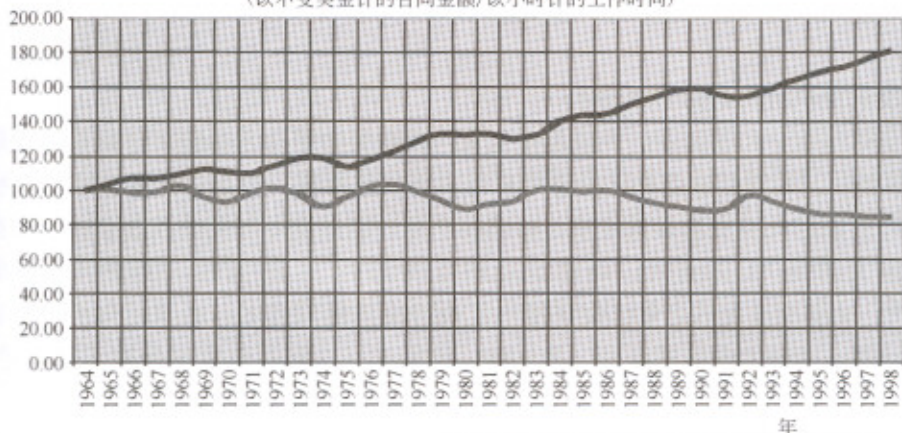
这两种技术可以共同发挥作用, 以确保在建设过程中信息为所有参与方共享, 这样可以减少信息传递的含糊不清、信息的流失和误解。BLM 和 BIM 的应用超越了单项任务的自动化, 达到了对设计和施工全过程的集成。因此, 它要求对传统的流程作出很大的改变。然而, BIM 和 BLM 的应用可以极大地提高建筑业的生产效率, 进而使其成为更具竞争性又持续对经济贡献价值的行业。

在以下的篇幅中, 我们将描述建筑业低效率的有关情况, 深入分析造成低效率的原因, 提出解决低效率问题的方案, 并且建议效率改进的目标。我们也将概要地给出应用 BLM 和 BIM 的途径。我们相信在建筑业应用 BLM 和 BIM 技术将导致生产效率的提高, 就像人们在制造业乐于看到的那样。

建筑业的低效率

在过去的 40 年中, 美国大多数行业已经极大地改进了它们的效率, 生产力几乎翻了一番。图 1^① 中的上曲线显示了非农业行业(包括建筑业)生产效率的增长, 下曲线表示建筑业生产效率的变化。下曲线表明建筑业生产效率在 34 年里实际下降了大约 10%, 而其他非农业行业的生产效率同期增长了 80%。建筑业的生产效率不仅没有增长, 反而实际上在下降。

(以不变美金计的合同金额/以小时计的工作时间)



斯坦福大学(Stanford University)设施集成工程中心

图 1 从 1964 至 1998 建筑、工程和施工行业生产效率下降的趋势

① 资料来源: 美国劳工统计局 (US Bureau of Statistics), 美国商务部 (US Department of Commerce), 保罗·泰丘兹 (Paul Teicholz) 编写, 美国斯坦福大学 (Stanford University) 终身教授、CIFE 前主任

我们来看一下在 40 年里汽车的生产。与 20 年前相比，现在的汽车在性能、功能、燃料利用率、可靠性和耐用性方面都有了极大的提高。同时汽车的产量提高了，汽车的生产过程也得到了改进。开发一款新车型所需的时间已从 40 个月缩短为 15 个月^①，高质量的工艺减少了返工，及时供应链(just-in-time)计划降低了库存，在生产中使用的工艺更为有效和可靠。显然，建筑业和制造业未能同步，尽管建筑业中的许多问题、工艺和方法与制造业相似。

建筑业生产效率下滑不仅仅出现在美国，它是一个全球范围的问题。英国的研究^②表明大约 30%~40% 建设成本的浪费是低效率造成的。在 2005 年初，美国国家标准与技术研究所(National Institute of Standards and Technology——NIST)发布了一个报告，详细地说明了仅由于数据互通性的要求而产生的成本使得效率降低 6% 左右^③。像这样的低效率目前在大多数建筑业发达的国家都有报导。直观的证据表明这种低效率实质上是全球范围内的问题。此外，人们已越来越意识到大多数的建筑物运行效率低——尤其是在它们的能源使用方面。这就导致了在这些建筑物的整个生命周期中能源和资源的不必要浪费。与制造业在上世纪 70 年代和 80 年代遇到的情况非常相似，建筑业在其产品(房屋和基础设施)和过程(设计和施工)两方面都存在很大的改进余地。

事实上，人们很容易想到建筑业具有制造业的许多特征。目前虽然大量的施工建设是在现场完成的，但是建筑物中制造的部分在增加。建筑业也许正从设计—施工模式转成设计—制造—装配模式。当这种情况发生时，制造业所累积的经验和使用的技术就可很好地用到建设中。

建筑业中所用到的信息技术

全球制造业和建筑业的规模相差无几，以购买力平价为基础来计算每年大约 3 万亿美金。尽管制造业和建筑业具有许多相似的特征，但是它们各自在信息技术(IT)方面的花费有着显著差别。如图 2 所示，制造业每年花费在信息技术方面的金额大约是 81 亿美元，而建筑业的花费约为 14 亿美元，仅为制造业的 17%^④。从事制造业的企业已经在使用复杂的立体模型技术、有限元分析、材料资源计划、产品生命周期管理、最优化、计划安排、和其他数字化技术来创建、

① 伊根(Egan)报告

② 拉萨姆(Latham)报告，团队建设，迈克尔·拉萨姆(Michael Latham)爵士，英国皇家出版局(HMSO)，环境署(Department of the Environment)，英国，1994

③ 美国大型设施建设行业互通性不足的成本分析，美国国家标准与技术研究所(National Institute of Standards and Technology)，美国商务部

④ 全球纵向市场信息技术(IT)支出：2002 年二季度预测和分析，2001~2006，国际数据公司(IDC)研究报告，安妮·卢(Anne Lu)，2002 年 10 月

管理和共享设计信息，然而在建筑业这些信息技术相对来说极少使用。

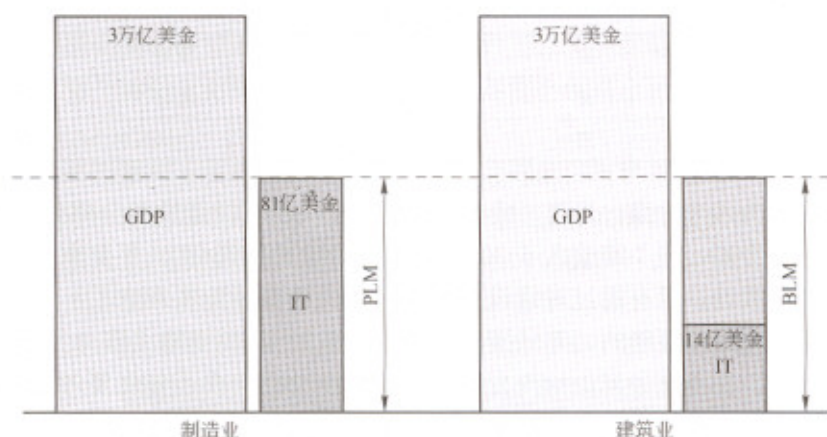


图2 制造业和建筑业在信息技术方面投资之比较

建筑业的低生产效率与它在信息技术使用方面的落后状况呈明显的强相关性。建筑业割裂的行业结构造成它的效率低下，因为项目参与方之间的信息交流方式仍是基于有几千年历史的纸介质技术。大部分信息是以数字化形式产生的，但是却在通过纸张来交流，由此造成信息的流失。提高建筑业生产效率所面临的挑战在于需加大对于信息技术的投资，以便使用更多基于模型的技术，同时，有利于建设过程参与各方创建信息，并且管理和共享信息。

改进的目标

为了促进建筑业生产效率的提高，美国斯坦福大学(Stanford university)设施集成工程中心(Center for Integrated Facility Engineering—CIFE)已设定如表1所示的一系列目标作为建筑业参与方所面临的挑战。表中对这些目标做出了解释。这些目标特地被设计得极具挑战性，仅仅通过渐变的方式是不能够实现的，它们要求巨大的改变和全力以赴。

CIFE 设定的建筑业实际情况及发展目标

表 1

	实际：2005	目标：2015
进 度	1~6 年设计 约 1.5 年建造 不确定性 5%~100%	1 年设计 <0.5 年建造 不确定性 1%~5%
成 本	不确定性 5%~30%	不确定性 1%~5%
功 能	不确定性大 好? 生产效率?	不确定性很小 非常好 ++生产效率

续表

	实际：2005	目标：2015
安全性	好	更好
可持续性	差	较好
全球化	部分	≥50%的供应与销售

目标分为六个方面：进度、成本、功能、安全、可持续性和全球化。对于其中的任何一方面，表1都给出了2005年的实际情况及到2015年要取得的目标。目标极富挑战性，只有通过建设过程进行巨大改变才能实现它们。CIFE认为这些方面的改进是可能的，并且指出美国在过去的30年中施工安全方面已取得很大的改进。在美国和其他的西方国家，安全在过去变成了首先要考虑的因素。通过在安全性能和过程改进方面采取严格措施，目前安全方面已经变得相当好，这样在施工中就减少了经济和人力成本。可通过设置那些像以表1中所示的极具挑战性目标的方式来进行改进，施工安全的改进就是其中一例。

我们相信BLM和BIM信息技术的应用是达到这些目标必需的要害。正像在许多其他行业所看到的一样，在信息技术方面的投资可显著地改进生产效率。为了理解这些技术的价值，我们将描述一下导致低效率的原因。

造成低效率的根本原因

是什么原因造成建筑业的低效率呢？我们认为有下面四个主要的原因：

- 割裂的行业结构。建筑业有许多规模小、专业化的、互相关联的参与者参与。与大多数制造业不一样，建筑业几乎没有纵向集成。这种情况使得建筑业变成一个能响应项目和需求改变的具灵活性的行业。然而，这同样造成在建筑业中虽然信息交流的机制和规范已建立起来，但因已过时而阻碍着生产效率的改进。
- 信息流失。多年以前，从一个参与方到另一个参与方之间基于纸介质转换信息的机制是一种适合建筑业的技术。可是，随着数字化技术的出现，在设计和施工过程中，会产生更为丰富的信息。不幸的是，通过纸介质来交流信息仍是常规的做法。尽管信息通常是借助于数字化方式产生的，可它仍然是通过纸张来传送的。当信息转换为纸介质方式时，许多数字化的信息就流失了。
- 信息意思不明确。目前普遍使用的创建设计信息的工具和技术导致项目信息不明确，而且该不明确是固有的、与生俱来的。通过二维图纸抽象出的建筑项目是可以从多方面进行解释的。这样在解释时，就很容易产生误解和错误。

■ 注重成本而不是价值。今天建筑业中的许多人关注的是最初的建设成本而不是创造出的价值。由于一个建设或基础设施项目的寿命可长达几十年，因此仅关注最初的建设成本通常是十分短视的行为，因为在初期多投入一些可能会导致整个建设生命周期的成本降低，也可能会创造出远远超出最初成本的效益。

以上这些因素相互关联，造成系统和建设过程的固有的低效率。甚至对生产效率进行逐渐改进通常也是困难的。生产效率的快速提高需要在系统层面做出改变。然而，引入这些改变是困难的，因为行业结构是割裂的。这些改变要由主要的行业参与方、学术界、政府、和技术提供方来主导。

图3描述了使用传统的纸介质技术在项目生命周期中造成的信息流失：

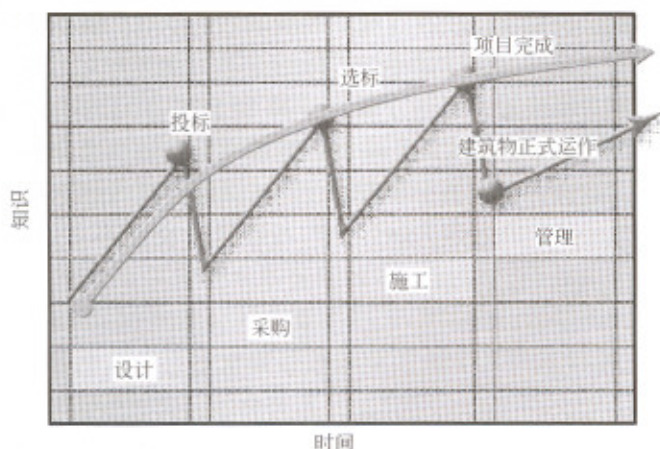


图3 因纸介质传递导致的项目生命周期中信息的流失

■ 在设计阶段，建筑师和工程师创建出大量的有关项目的信息，包括几何信息、使用的产品信息、关于结构和环境性能的分析信息等。这些数据中的大部分是以数字化数据形式获取的。然而，当把项目送给投标者来确定建设成本时，这些数字化的信息是通过纸张形式打印出来的，这样对投标竞争这个项目的公司来说，项目信息出现流失。

■ 在招标阶段，投标者要推想一些已流失的信息。特别是，他们通过对纸张形式的图纸进行计量来确定工程量，实际上这些有关工程量的信息在设计阶段用数字化形式表现时就已经知道。虽然在招标阶段结束时，项目被重新构建了出来，但是需要重申的是许多数字化的信息已经流失了。

■ 在施工阶段，根据基于纸张的信息来建造项目。对施工阶段新产生的信息几乎不收集或根本不收集，并且信息一般不是用数字化的形式来收集，也没有在项目竣工时转交给业主。

■ 在项目运行期，积累到新的信息，但这些新的信息或者用纸张的形式保存，

或者储存在项目维修保养人员的头脑里。这里，在设计阶段曾经已知并以数字化形式储存的信息在项目生命周期里被又一次重新创建。

图中所示的信息创建和流失重复的循环变化是建筑业生产效率低下的主要原因。许多再造信息的工作是不必要的重复，因为它在建设过程的较早阶段已经知道了。虽然信息的创建是采用数字化技术，但是它的传送和储存回复到纸张形式，这样就造成了有价值信息的丢失。

图4描绘了提高建筑业生产效率的另外一种驱动力。曲线1描绘了影响项目成本和功能特征的能力。该影响力在项目的初期是非常高的，但随项目的进程而降低，同时决策变为仅是“浇筑混凝土”。曲线2描绘了设计变更成本在项目早期非常低，在项目晚期非常高。曲线3描绘了目前典型的设计过程；曲线4描绘了理想的设计过程。曲线4把项目过程中的决策移到早期。假如使用基于纸张的方法来设计，要实现这样的移动是不切实际的。手工方法是太无效率和太不准确了，影响了在早期进行决策。另一方面，BLM和BIM工具的表达能力和分析能力极其强大，在设计决策有较大的影响时，能够承受在项目过程的早期进行设计决策这样的方案。这样，使用基于模型的设计工具能够提高建筑业的生产效率。

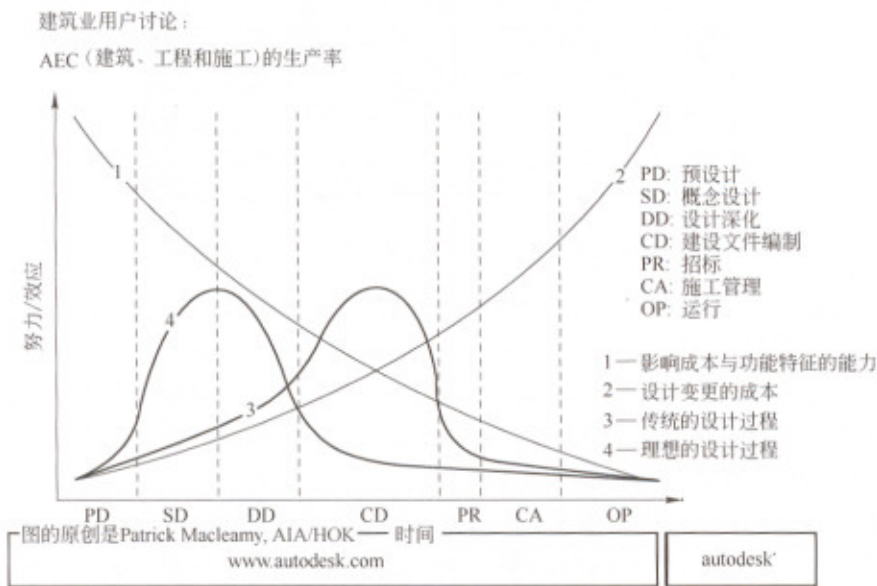


图4 在项目发展的各阶段决策的影响

这样，很明显，造成建筑业效率低下的大部分原因是在错误的时间把错误的信息送给错误的人们。解决这些低效率的问题需要创建更好的信息、管理这些信息使得我们知道它在哪儿并与什么相关、以及及时地与需要这些信息的参与方共享信息。

对低效率的“治疗”方案

“治疗”建筑业低效率的主要方案是把设计-施工-管理过程集成在一起。美国斯坦福大学(Stanford university)设施集成工程中心(Center for Integrated Facility Engineering—CIFE)把此定义为实现多专业的“POP”模型,它包括:

- 产品(Product)—建筑物或结构
- 组织(Organization)—设计、施工、和管理队伍
- 过程(Process)—用于建造设施的工作过程

POP模型涉及到建筑业生产效率关键的三个方面。通过对每个方面建立模型并且把这些模型关联起来,来了解阻碍生产效率发展的因素。建筑信息模型(Building Information Models—BIM)类似于CIFE提出的产品模型。一个建筑信息模型包含对“产品”完整的描述——即建筑物及设施。它是创建一个能用来把组织和过程信息关联起来的模型。其中的一个例子是包含第4维时间的“4D模型构建”。在4D模型的构建中,把项目计划与产品模型关联起来。它使得参与方在项目过程中能分析和评估建设顺序及方案。

类似地,建设工程生命周期管理(Building Lifecycle Management—BLM)系统可帮助对组织(通过角色和进入系统的权利)与过程(通过 workflow 机制)构建模型。这样,BIM和BLM的结合可支持在POP方法中所设想到的项目所有方面。

POP方法建议应用信息技术集成建筑业的多个方面能够解决建筑业生产效率低的问题。建筑业能够使用信息技术:

- 创建更好的信息——保证在设计和施工过程中所创建的信息更为有用与丰富
- 管理整个生命周期的信息——保证信息的组织和跟踪贯穿整个生命周期,而且从一个阶段到另一阶段转换时没有信息的丢失
- 在参与方之间共享信息——保证在建设过程中所有参与方可按与之相适合的形式获得信息

开发建设工程生命周期管理(BLM)和建筑信息模型(BIM)工具,虽然不是“治疗”建筑业生产效率低下的惟一方法,但假定能同时关注信息技术的投资、人力资源的发展及过程的改进,它能很有效地解决建筑业的生产效率问题。

创建更好的信息在设计阶段所创建的有关建筑物的大部分信息实际上是以图形形式存在的。它用图来描述建筑物的组成及它们之间的几何关系,通常是二维图形形式。由于用二维图形来表示复杂的三维设施时存在困难,图纸通常是对所建设施的非常抽象的表示。虽然这些抽象的表达有时通过图例来定义,但是对它们的解释是非常不严格的,并且在信息的交流过程中出现很大的异议。此外,通过这些图形的抽象表达通常是不可用于计算的。虽然图形是用计算机绘出,但是没有给出与图形相关的数据结构,用来表示组成单元内部的特征和关系。例如,

用图形 CAD 系统表示的门不可能标出材料、外立面、声音传输的特性、热传输的特性、连接五金件、防火等级、两个不同空间之间的连接情况等。而所有这些性质和特性都是对我们透彻了解门所必需的，并且必须在计算机里表示出来，以便计算机按照数据进行分析。

改善过程
信息化建筑信息模型

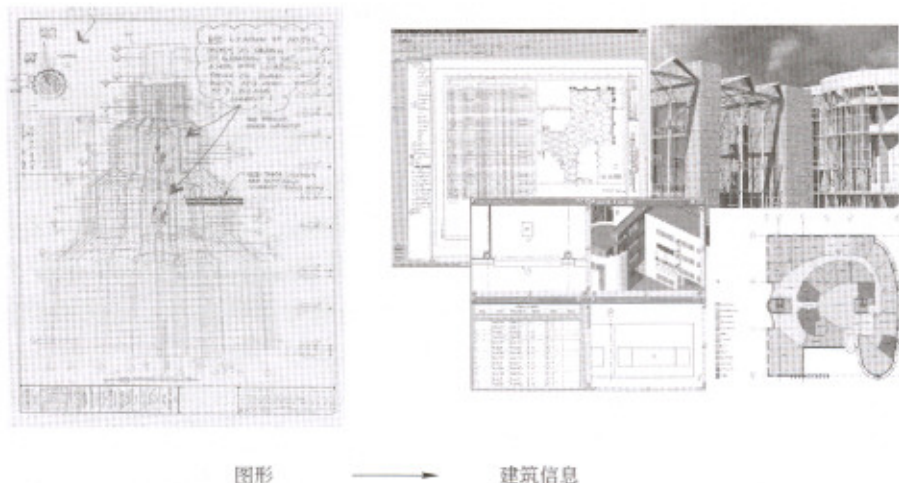


图 5 建筑信息模型的目标

创建更好的信息要求从基于图形的过程移到基于模型的过程。在基于模型的过程中，计算机包含所建设施的信息化模型。建立该信息化模型有两个目的，一是通过提供一个更为完整和丰富的描述来减少对设施的异议，二是提供可用来在施工前进行分析和更为严格评估的可用于计算的数据库。

Autodesk Revit™是建筑信息模型工具中的一种。Revit 的基础是围绕带参数的建筑模型的概念建立起来的。虽然它使用图纸作为输出报告，但是 Revit 的数据库是一个建筑模型。这样，Revit 保证了与建筑有关的信息是一致的并且互相之间配合的。它同样提供了一个完整的建筑物几何及功能方面的可用于计算的表达方法。

管理整个生命周期的信息管理一项全生命周期设施的信息要求：

- 要以数字化的形式创建和保存信息。
- 建立机制来储存和跟踪数字化的信息。
- 把数字化信息的多个方面相互关联起来。
- 为参与方提供数据入口。

这些功能是通过把项目信息门户 (Project Information Portal—PIP) 例如 Buzzsaw 和数字化数据格式例如 DWF 结合在一起完成的。项目信息门户允许项

目所有参与方创建和使用项目有关的信息，并且组织信息。数字化数据格式允许以一种安全和精确的方式管理和共享信息。

项目信息门户允许信息在项目所有参与方之间共享，但更重要的是，它为项目信息创造了一个组织机制及随时间储存信息的方法。

建设工程生命周期管理

- 更好地观察项目的状态
- 更有效地管理项目信息
- 更快地传递关键文件和表格
- 增强团队的透明性、所有权和责任感
- 加强过程控制、降低风险



图6 建设工程生命周期管理(BLM)的作用

在参与方之间共享信息。一旦信息用丰富的数字化形式表示并且组织到管理计划中去，它必须在参与方之间共享。虽然有一些参与方可能有能力使用复杂的计算机应用系统来获取数据，但是他们中的大多数没有这方面的操作经验或不愿

建筑信息模型的组成是...

- 模型定义数据库
- 模型的3维矢量表示 (即：图形模型询问)
- 模型的2维矢量投影或视图 (即：图形模型询问)
- 合成表或图 (即：图形模型报告)
- 从模型推导出的XML元数据： (即：表格模型询问/报告)
 - 项目计划
 - 材料清单
 - 等等

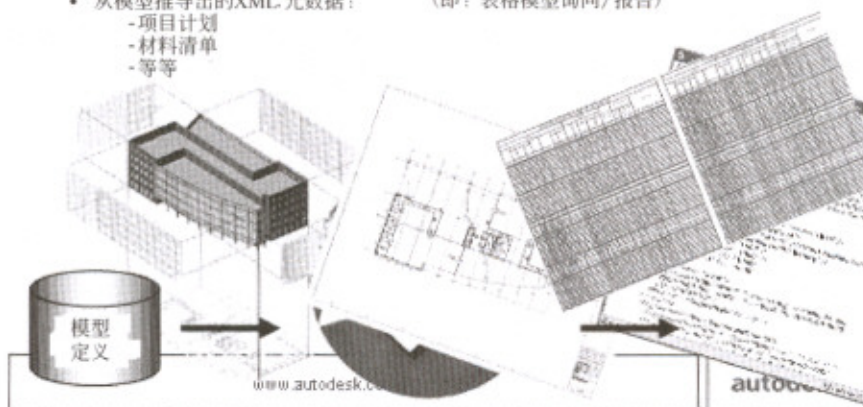


图7 建筑信息模型(BIM)的表示

意这么做。建筑业所需要的是用一种简单的方法来发布数字化形式的有关数据，并且让参与方阅读和给出简单的评语及对信息进行更正。这既需要数据发布机制例如 DWF 又需要阅读及标注工具例如 DWF Composer。

到此，我们已经对三个方面进行了描述，创建丰富的数字化信息、管理整个生命周期的数据、及在参与方之间共享信息是提高建设过程生产效率的基础。

改善过程
建设工程生命周期管理

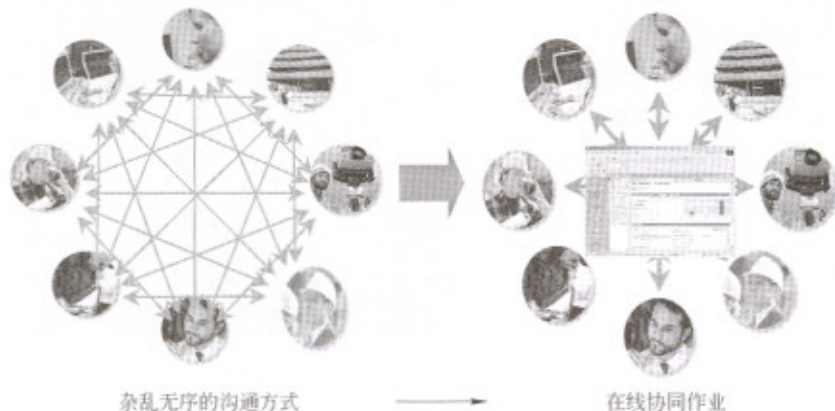


图 8 目标—建筑业信息的集成和协作

最后，沟通和协调的巨大改进可导致生产效率的提高。虽然这些是组织与管理的问题，但是信息技术能支持和推动所需的改变，以使建筑业的生产效率获得与其同比行业的提高。

BIM 和 BLM 解决方案

作为建筑业主要软件供应商的 Autodesk 公司为实现 BIM 与 BLM 开发了一系列综合的产品。Autodesk 建筑业产品家族如图 9 所示。

Autodesk Revit™ 是一个带参数的建模工具，用来创建全方位集成的建筑信息模型；Civil 3D 是为土地和土木结构服务的模拟建模工具。Buzzsaw 是管理设计和施工过程的项目信息门户。DWF Composer 允许项目的参与方共享信息。

这些工具一起使用，构成一个综合的 BIM 和 BLM 解决方案。当然，它们也可独立使用。然而，真正的价值和生产效率的提高来自于实施综合的解决方案。由于建筑业变得更像制造业，用于制造业的工具和技术都可以用到建筑业中。对于建筑业和制造业，Autodesk 公司运用知识、特长和技术来协助集成这两个行业，它作为工具的主要供应商占有不可替代的地位。这样，Autodesk 公司拥有资源和机会来延伸 BIM 和 BLM，使它们不仅包括现场的建设而且包括工厂生产的构件。

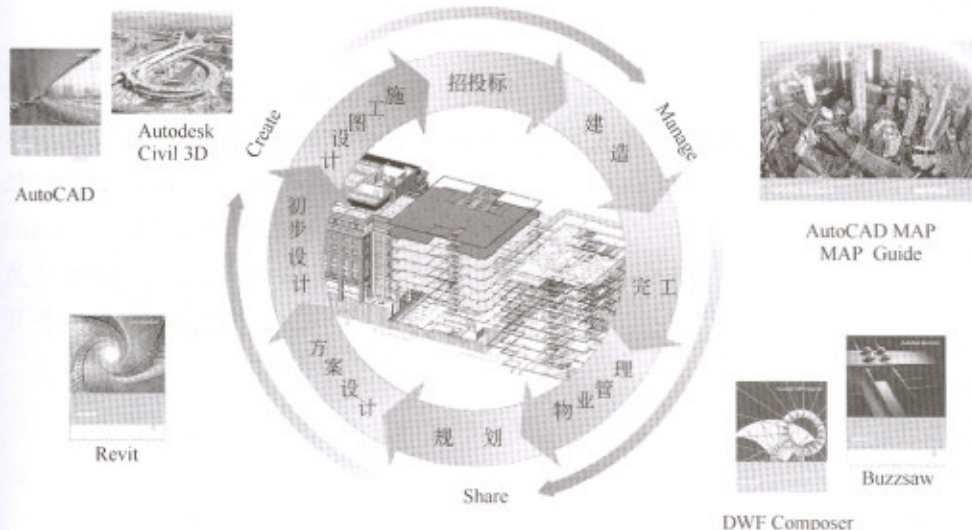


图9 Autodesk 建筑业产品家族

结论

我们认为要改进建筑业的生产效率, 实施 BIM 和 BLM 是关键的因素。实现 BIM 技术允许用户创建建筑信息模型可以导致协调更好的信息和可计算信息的产生。在设计阶段早期, 该信息可用于形成更好的决策, 这时这些决策既不费代价又具有很强的影响力。此外, 严格的建筑信息模型可以减少异议和错误发生的可能性, 这样可减少对设计意图的误解。建筑信息模型的可计算性形成了分析的基础, 来帮助进行设计决策。

协助参与方在项目生命周期使用 BLM 技术管理和共享信息同样可以减少信息的流失并且改善参与方之间的沟通。BLM 技术不仅关注单个的任务, 而且把整个过程集成在一起。在整个项目生命周期里, 它协助把许多参与方的工作最优化。

尽管仅靠技术是不足以提高建筑业的生产效率的, 但是我们认为它是必备的条件。没有合适的信息创建和管理工具, 建筑业的专业人士永远不可能克服由信息管理和协调不好而造成的低效率问题。

建筑业本质上是一个正准备改变的行业。它在生产效率方面已落后于其他可比的行业。建筑业生产效率的落后原因部分可解释为在信息技术上的低投入。建设工程生命周期管理(BLM)和建筑信息模型(BIM)技术目前是发展的主流, 并且可以极大地提高生产效率。目前已经到了利用这两个技术来推动改变, 以达到提

高建筑业生产效率目的的时候了，同时提高行业参与公司的利润率，使之达到其可比行业的水平。

马丁·菲希尔(Martin A. Fischer)博士
美国斯坦福大学(Stanford University)设施集成工程中心
(Center for Integrated Facility Engineering)主任

乔恩·皮特曼(Jon H. Pittman)
Autodesk 公司战略研究(Strategic Research)高级总监
美国建筑学会会员