

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

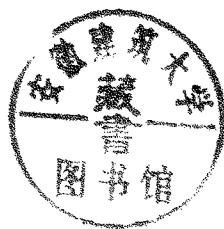
丁士昭 主 编
马继伟 陈建国 副主编

中国建筑工业出版社

建设工程信息化——BLM 理论与实践丛书

建设工程信息化导论

主 编 丁士昭
副主编 马继伟
陈建国



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建设工程信息化导论/丁士昭主编. —北京:中国建筑工业出版社, 2005

(建设工程信息化——BLM理论与实践丛书)

ISBN 7-112-07774-5

I. 建… II. 丁… III. 信息技术—应用—建筑工程 IV. TU-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第111719号

建设工程信息化——BLM理论与实践丛书

建设工程信息化导论

主 编 丁士昭

副主编 马继伟 陈建国

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×960毫米 1/16 印张: 11¹/₄ 字数: 230千字

2005年10月第一版 2006年3月第二次印刷

印数: 3001—4200册 定价: 24.00元

ISBN 7-112-07774-5

(13728)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书为建设工程信息化——BIM 理论与实践丛书的第一本书，旨在引导读者，帮助读者了解 BIM 及 BIM 的概念，并阐述在实践过程中这两者对建设工程所起的作用，提倡加快建设工程信息化建设，加速提升建筑业的效率提升。全书共五章，分别介绍了建设工程管理、建设工程信息化、项目信息门户、建设工程生命周期管理——BIM、BIM 在建设工程中的应用等。

本书可供建设工程相关专业师生教学使用，也可供工程技术人员参考。

* * *

责任编辑：张礼庆

责任设计：赵 力

责任校对：关 健 刘 梅

建设工程信息化——BLM 理论与实践丛书编委会

主 编：丁士昭

副 主 编（按姓氏笔画排序）：

王要武 张建平 赵红红

委 员（按姓氏笔画排序）：

丁士昭 马继伟 马智亮 王 朔

王要武 任爱珠 孙立新 李建成

李晓东 张建平 陈建国 赵红红

黄 铎 Martin Fischer

特别顾问：高群耀

本书编委会

主 编：丁士昭

副 主 编：马继伟 陈建国

编 委（按姓氏笔画排序）：

丁士昭 马继伟 王广斌 乐 云

陈建国 何清华

序 言 1

写给 Autodesk 大学合作项目(“长城”合作项目)BLM 丛书

致力于帮助客户的梦想变为现实的 Autodesk 公司,非常高兴为中国“长城”项目提供赞助支持。作为具有 23 年历史的全球设计类专业软件业的技术领先者, Autodesk 公司一直关注教育事业,重视培养新一代设计专业人才。对中国, Autodesk 公司也有着同样的承诺与投入。中国每年的工科毕业生已经超过 45 万。中国的经济在快速增长与进步,人力资源的受教育程度在提高,中国在工程技术方面人才济济,设计和工程软件的应用市场在不断扩大。

中国的建筑业增长迅速并正迈向现代化,这为中国带来了巨大的机遇和挑战。在过去的 40 多年里,全球建筑业的生产效率普遍下降,这与其他一些行业的生产效率在不断提高形成了鲜明对比。正因为中国建筑业仍然处在发展期,才使得中国有机会应用建设工程生命周期管理(Building Lifecycle Management—BLM)技术来促进建筑业生产效率的提高。

Autodesk 公司倡导实施中国 Autodesk 大学合作项目(又称“长城”合作项目),旨在帮助中国建筑业的信息化发展。在这个项目中, Autodesk 公司通过赠送专业软件和提供相应技术的方式,在中国若干著名的重点大学内,支持建立跨学科的 BLM 联合实验室并开设 BLM 课程。“长城”合作项目的的主要目标是:

- 将 BLM 技术介绍给中国建筑业新一代的专业人员;
- 帮助中国学术机构研究面向中国建筑业的 BLM 本地化实践,并大力推动其进程;
- 了解中国对 BLM 软件解决方案的应用需求,以便 Autodesk 公司加速 BLM 产品技术的中国化。

“长城”合作项目的的一个关键组成部分是“长城”BLM 丛书。这套丛书是 Autodesk 公司和中国著名大学教师共同努力的结晶,它是介绍 BLM 理论及其中国化实践的标准教程。我们荣幸地邀请到美国斯坦福大学(Stanford university)设施集成工程中心(CIFE)的马丁·菲希尔(Martin Fischer)博士加盟丛书编委会,并为丛书编写工作提出建议。菲希尔博士和斯坦福大学的 CIFE 在建设工程生命周期管理的研究上处于世界前沿,他为丛书的编写带来了全面而严谨的学术视角。

Autodesk 公司和学术机构在“长城”BLM 丛书中的合作使我们非常兴奋。为了说明为何这一机遇如此令人振奋,我想在此对 Autodesk 公司作简要介绍。

关于 Autodesk 公司

全世界的设计和工程专业人士可能都知道, Autodesk 公司是一家在 23 年前就研究开发出 AutoCAD 软件的公司。AutoCAD 为用户提供计算机辅助设计的工具, 它方便易用且具有大众化价位, 因此在许多专业设计领域得到迅速推广, 今天它已经成为建筑业计算机辅助设计与绘图领域中事实上的工业标准。除了在设计 and 工程领域广泛使用的 AutoCAD 软件之外, Autodesk 公司还在不断发展深度“垂直”的产品, 以满足不同专业领域的需要, 如建筑设计、结构工程、建筑设备系统工程、土木工程、土地规划、地理信息系统(GIS)、机械工程以及媒体娱乐业。这样, Autodesk 公司在广度和深度上都可提供相关行业所需的软件解决方案。

能够成为一家帮助客户将伟大构想变为卓越现实的专业技术软件业的领导者, 我们的成功源于三个重要因素:

- **大众化技术:** Autodesk 公司的核心技术能力, 是使软件技术能为最大规模的用户便于掌握, 同时其成本易于负担。我们可以为不同类型和规模的企业提供可靠、创新、价廉、易学、好用的软件产品。我们的软件开发基于开放平台, 从而可以保证软件应用的可扩展性和集成性; 我们缩短产品开发和上市周期, 从而使得我们的解决方案能够及时问世。
- **全球化运作体系:** 23 年来, Autodesk 公司在帮助 170 多个国家与地区的客户实现他们构想的同时, 建立并维护着一个全球化运作体系来支持其软件解决方案的应用。这个体系的整体性作用远远大于其各组成部分之和。它为我们奠定了全球大规模市场发展的基础, 为我们的全球客户及其合作伙伴提供了独有的价值。Autodesk 公司全球化运作体系包括:

近 700 万注册客户

1700 多家经销合作伙伴

2500 多家第三方注册开发商

1100 多家授权培训中心

我们还拥有为数众多的教育界用户, 包括教师和学生, 有大学层次的, 也有大学以下层次的; 此外有许多作者编写了 Autodesk 软件解决方案的使用指南。

- **规模化市场领导者:** 在我们的产品技术服务所专注的领域里, Autodesk 公司的能力居于世界领先地位。我们设计的软件品种多样、用途广泛, 我们的最新技术可以将复杂的数据转化为有用的信息, 并被行业内各个部门加以管理与共享。Autodesk 公司在建筑业、制造业、基础设施业、媒体娱乐业乃至无线数据服务业均拥有全球市场。《财富》500 强中的 98% 和《财富》100 强中的 100% 的企业都是我们的客户, 同时我们还有不计其数的中小企业客户。我们在数字化设计信息的创建、管理和共享领域的核心技术, 使

Autodesk客户多年来形成和积累并不断使用着全球最大规模的数字化设计数据。

Autodesk 公司的优势在于生产、销售软件解决方案并提供服务支持，软件解决方案可以将设计和工程专业领域的各种构想转化为现实。此外，我们提供大众化的技术接口可以让很多很多的用户用到我们的解决方案。这使得我们的技术普及而深入，在众多其他技术中脱颖而出，成为建筑行业的标准工具。

Autodesk 和中国

Autodesk 公司在大众化技术、全球化运作体系、规模化市场领导者的能力正适合我们帮助中国来实施建设工程生命周期管理。

- Autodesk 公司拥有的大众化技术能力，意味着我们开发和推出的 BLM 解决方案，可以为中国建设领域众多的专业人员使用和接受，而不是仅限于少数专家使用。
- Autodesk 公司拥有的全球性运作体系，可以保证 Autodesk 的 BLM 解决方案能够获得各种资源的支持——分销商、教育工作者、培训中心以及第三方开发商。由于我们的运作体系是全球化的，Autodesk 的 BLM 解决方案也可支持全球的建设工程项目。在这些项目上，来自不同国家的参与者共同工作，完成工程项目的建设。
- Autodesk 公司拥有的规模化市场领导者的能力，意味着许多客户已经了解 Autodesk 公司，熟悉我们的产品。此外，我们在与建筑业相关的领域内包括建筑学、建筑工程、基础设施和制造等行业的领导能力，意味着我们的解决方案能涵盖建筑产业的任务、活动和过程的全部范围。

Autodesk 公司已经对中国市场做出了重大贡献。我们的软件销售在中国已达 10 年，最近我们又扩大了在中国的销售和技术支持队伍。Autodesk 公司在中国投资建立了中国应用研发中心，为中国本地市场和全球市场研发“中国制造”软件。

中国“长城”合作项目是我们为中国做贡献的另一个例子。我们强烈地感受到，通过实施建设工程生命周期管理，中国一定会在建筑业生产能力上超过许多西方国家。我们承诺在中国著名大学投资，帮助实现这个目标。

“长城”合作项目 BLM 丛书

“长城”合作项目 BLM 丛书既为在中国实施 BLM 指明了路径，又为培养中国下一代的建筑专业人员提供了教学工具。

“长城”合作项目 BLM 丛书是由一套系列教材构成，既可将整套书用于多学科综合课程的教学，也可分开单独用于授课。这套丛书由以下部分所组成：

- 《建设工程信息化导论》。主要阐述：什么是 BLM？BLM 如何帮助中国建筑业受益？
- 《工程项目信息化管理——Autodesk Buzzsaw》。主要阐述：如何使用数字化工具来管理一个建设工程项目？数字化工具的好处与实施步骤？将用 Autodesk Buzzsaw 和 DWF composer 来说明建设工程项目管理。
- 《信息化建筑设计——Autodesk Revit》。主要阐述：如何创建一个集成的信息化建筑模型？BIM 的作用和好处？将用 Autodesk Revit 来说明 BIM 是如何实现的。
- 《信息化土木工程设计——Autodesk Civil 3D》。主要阐述：如何创建一个集成的土木工程模型？土木工程模型的作用、好处以及实施的步骤？将用 Autodesk Civil 3D 来说明土木工程模型的实现。

“长城”合作项目 BLM 丛书是由中国的教授们，与 Autodesk 公司和斯坦福大学(Stanford university)马丁·菲希尔(Martin Fisher)博士合作，共同完成的。我们相信，它代表了建设工程生命周期管理的最先进思想和技术发展的水平，是为中国建筑业量身定做的。

结语

中国建筑业的成长，Autodesk 公司投资中国的承诺，以及来自 Autodesk 公司的功能强大的建设工程生命周期管理解决方案的有效性和先进性，共同创造了一个重要的机遇。Autodesk 公司非常乐意支持“长城”项目和 BLM 丛书。我们期待与中国学术机构和建筑产业紧密的长期合作，在建设工程生命周期管理的实践中实现共赢。

卡尔·巴斯(Carl Bass)
Autodesk 公司首席运营官

序 言 2

20 多年来, Autodesk 与一些著名的世界先进技术巨子“殊途同向”, 始终不渝地在全球推动一个有强大数字化技术装备的智力阶层的成功发展, 这也是一个能产生较高经济附加值的新一代知识产业, 其创新出的各种数字化工作成果, 会借助于发达的现代网络通信设施而使全球经济迅速获益和充分获益。今天, 这样一个预期规模将会是史无前例的智力阶层及其引发的全球知识产业新布局, 正在中印两个世界顶级人力资源大国的“竞合”之中加速展开。

正在持续拉动世界工业材料与设备供应市场的中国城市化发展, 同时也在逐步缓解中国的头号问题——“三农”问题。同世界发达国家的城市化水平相比, 中国的城市化建设还有极大规模的发展远景, 但目前却面临着双重挑战, 不仅有世界建筑业普遍存在的产业效率危机, 而且还有要向节能型(绿色)建筑生命周期模式迅速转变的紧迫而巨大的压力。

为帮助中国和技术对策上跨越上述双重挑战, 降低风险与成本, 有必要及时充分地借鉴和采取已在国外建筑业被成功应用的先进解决方案, 其中包括一系列用于重构建筑设计模型和着眼于建设工程生命周期管理等非常有效的数字化先进技术。毫无疑问, 即便已有国外著名成功范例的先进技术解决方案, 能否在中国建筑业获得圆满成功, 也一定有赖于相关各界对其不断深入的中国化探索与合作创新。特别是其间培养成长起来的一大批掌握相关数字化应用技术的中国才俊, 会变为应对中国城市化可持续发展这项世纪挑战的宝贵力量。

Autodesk 大学合作项目(又称长城合作项目)在中国学界的启动, 再一次证明中国已经告别只能追随国外先进技术的昨天, 而跃变为与世界先进技术应用同步甚至成为其先驱和领先发展的国度。这是中国将要并正在重返历史辉煌的佳音。

愿朝气蓬勃的中国学子, 珍惜百年不遇的盛时伟运, 博采世界精华, 锤炼中国成功之术。

真诚地感谢以丁士昭教授为代表的致力于 BLM 中国化研究探索的各位学界先驱。这些为培养中国青年才俊创造 21 世纪全球经济新奇迹的奠基性贡献, 一定会留芳于中国崛起的辉煌历史画卷中。

高群耀博士

Autodesk 公司全球副总裁
兼亚洲最大发展中地区总裁

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发展中国家里,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。

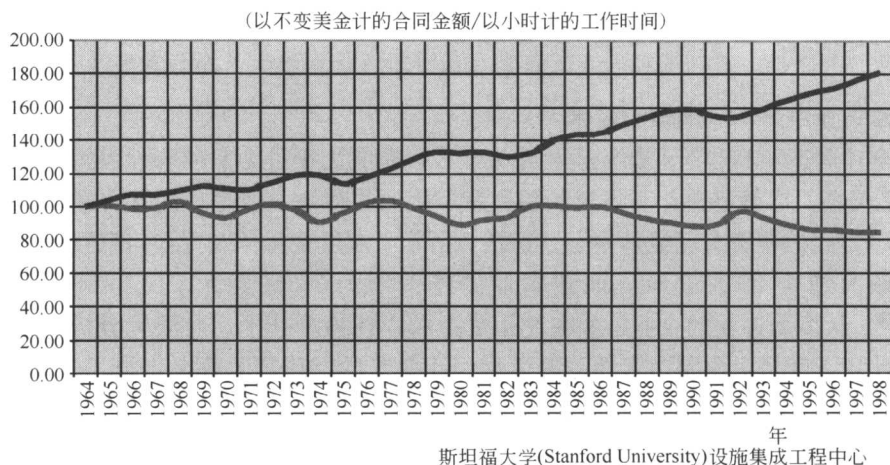


图 1 - 从 1964 至 1998 建筑、工程 and 施工行业生产效率下降的趋势

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。

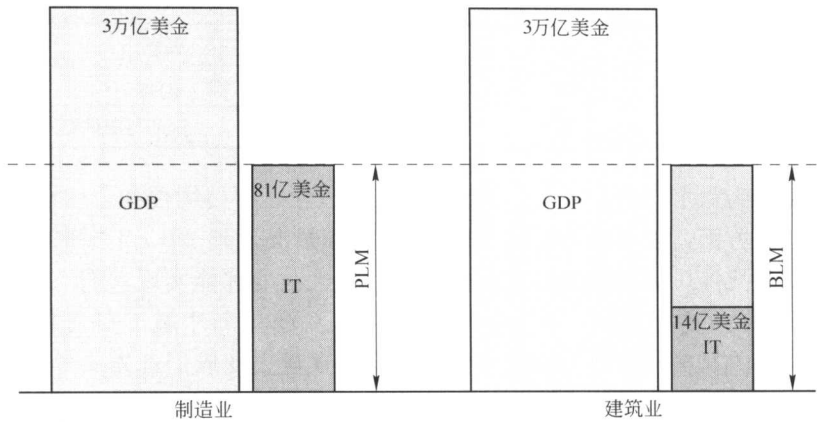


图2 制造业和建筑业在信息技术方面投资之比较

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素。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 and 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。通过两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：

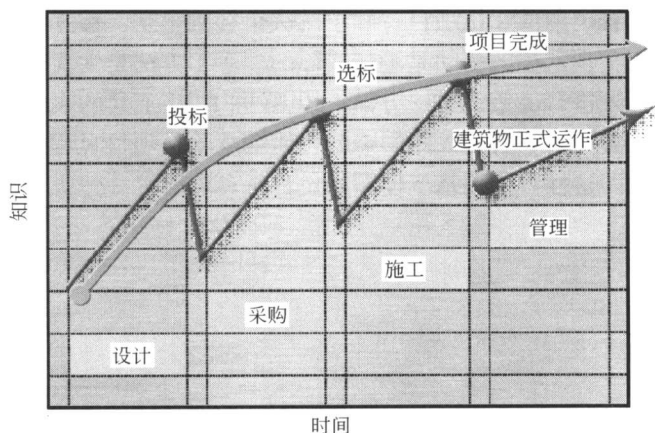


图 3 因纸介质传递导致的项目生命周期中信息的流失

- 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。

建筑业用户讨论：

AEC（建筑、工程和施工）的生产率

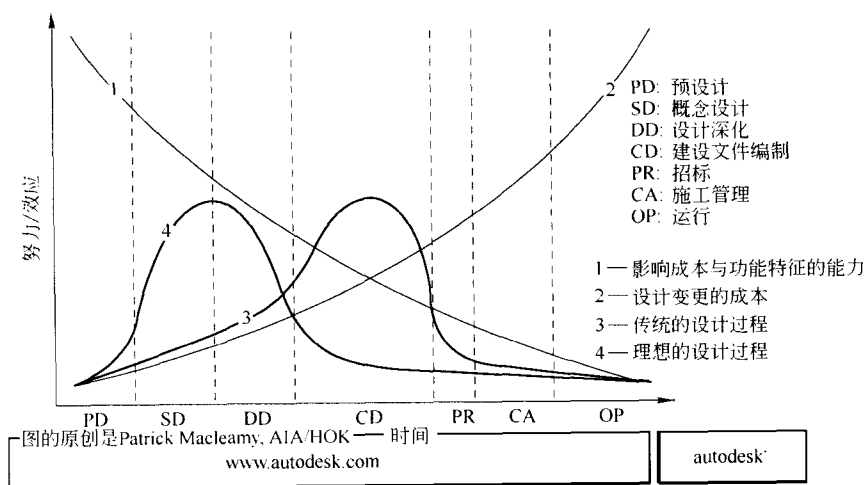


图4 在项目发展的各阶段决策的影响

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。