

注册建造师继续教育必修课教材



建筑工程

(适用于一、二级)

JIANZHUGONGCHENG

◆ 注册建造师继续教育必修课教材编写委员会 编写

中国建筑工业出版社

注册建造师继续教育必修课教材

建 筑 工 程

(适用于一、二级)

注册建造师继续教育必修课教材编写委员会 编写

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑工程/注册建造师继续教育必修课教材编写委员会编写. —北京: 中国建筑工业出版社, 2012. 1
(注册建造师继续教育必修课教材)
ISBN 978-7-112-13851-7

I. ①建… II. ①注… III. ①建筑师-继续教育-教材②建筑工程-继续教育-教材 IV. ①TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 253712 号

本书为《注册建造师继续教育必修课教材》中的一本, 是建筑工程专业一、二级注册建造师参加继续教育学习的参考教材。全书共分 5 章内容, 包括: 建筑工程项目管理; 建筑工程技术; 建筑工程质量与安全生产管理; 建造师法律责任与职业道德; 新近颁布的建筑工程法律法规与标准规范。本书可供建筑工程专业一、二级注册建造师作为继续教育学习教材, 也可供建筑工程技术人员和管理人员参考使用。

责任编辑: 刘 江 岳建光

责任设计: 叶延春

责任校对: 刘梦然 赵 颖

注册建造师继续教育必修课教材

建 筑 工 程

(适用于一、二级)

注册建造师继续教育必修课教材编写委员会 编写

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京凌奇印刷有限责任公司印刷

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 20 1/4 字数: 512 千字

2012年1月第一版 2012年1月第一次印刷

定价: 50.00 元

ISBN 978-7-112-13851-7

(21903)

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

版权所有 翻印必究

请读者识别、监督:

本书环衬用含有中国建筑工业出版社专用的水印防伪纸印制, 封底贴有中国建筑工业出版社专用的防伪标、网上增值服务标; 否则为盗版书, 欢迎举报监督! 举报电话: (010)58337026; 传真: (010)58337026

注册建造师继续教育必修课教材

审 定 委 员 会

主 任：陈 重 吴慧娟

副 主 任：刘晓艳

委 员：(按姓氏笔画排序)

尤 完 孙永红 孙杰民 严盛虎

杨存成 沈美丽 陈建平 赵东晓

赵春山 高 天 郭青松 商丽萍

编 写 委 员 会

主 编：商丽萍

副 主 编：丁士昭 张鲁风 任 宏

委 员：(按姓氏笔画排序)

习成英 杜昌熹 李积平 李慧民

何孝贵 沈元勤 张跃群 周 钢

贺永年 高金华 唐 涛 焦永达

詹书林

办公室主任：商丽萍 (兼)

办公室成员：张跃群 李 强 张祥彤

序

为进一步提高注册建造师职业素质,提高建设工程项目管理水平,保证工程质量安全,促进建设行业发展,根据《注册建造师管理规定》(建设部令第153号),住房和城乡建设部制定了《注册建造师继续教育管理暂行办法》(建市[2010]192号),按规定参加继续教育,是注册建造师应履行的义务,也是申请延续注册的必要条件。注册建造师应通过继续教育,掌握工程建设有关法律法规、标准规范,增强职业道德和诚信守法意识,熟悉工程建设项目管理新方法、新技术,总结工作中的经验教训,不断提高综合素质和执业能力。

按照《注册建造师继续教育管理暂行办法》的规定,本编委会组织全国具有较高理论水平和丰富实践经验的专家、学者,制定了《一级注册建造师继续教育必修课教学大纲》,并坚持“以提高综合素质和执业能力为基础,以工程实例内容为主导”的编写原则,编写了《注册建造师继续教育必修课教材》(以下简称《教材》),共11册,分别为《综合科目》、《建筑工程》、《公路工程》、《铁路工程》、《民航机场工程》、《港口与航道工程》、《水利水电工程》、《矿业工程》、《机电工程》、《市政公用工程》、《通信与广电工程》,本套教材作为全国一级注册建造师继续教育学习用书,以注册建造师的工作需求为出发点和立足点,结合工程实际情况,收录了大量工程实例。其中《综合科目》、《建筑工程》、《公路工程》、《水利水电工程》、《矿业工程》、《机电工程》、《市政公用工程》也同时适用于二级建造师继续教育,在培训中各省级住房和城乡建设主管部门可根据地方实际情况适当调整部分内容。

《教材》编撰者为大专院校、行政管理、行业协会和施工企业等方面管理专家和学者。在此,谨向他们表示衷心感谢。

在《教材》编写过程中,虽经反复推敲核证,仍难免有不妥甚至疏漏之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

注册建造师继续教育必修课教材编写委员会

2011年12月

《建筑工程》

编 写 小 组

组 长：任 宏 商丽萍

编写人员：（按姓氏笔画排序）

尤 完 竹隰生 李 洪 张 巍

姜 华 傅 晏 蔡伟光

前 言

根据《注册建造师管理规定》(建设部令第153号,2007年),住房和城乡建设部又于2010年11月15日颁布了《注册建造师继续教育管理暂行办法》,对我国建造师继续教育做了明确的规定。本教材按照上述规定的要求编著,是我国建筑工程专业一、二级注册建造师继续教育的统编必修教材。

在编著的指导思想上,本教材尝试探究建造师继续教育用书最简明内容和最有效的学习方式。基于这个观点,本教材力求把握建筑工程管理、技术、法规和职业道德教育的整体发展趋势,以先进、适用的理论、方法和技能为主线,尝试用简单通俗的语言和案例来说明复杂的理论和实践问题,着眼于建造师继续教育先进理论体系的建立,侧重于提高建造师的实际分析和应用能力,使其成为一本可持续地提高建造师综合素质和能力的教材。当然局限于我们的水平,要完美的达到上述目标还需要不断地努力,但希望这种尝试是成功的。

根据目前住房和城乡建设部对继续教育知识体系的要求,本教材包括如下内容:建筑工程项目管理;建筑工程技术;建筑工程质量与安全生产管理;建筑法律责任与职业道德;新近颁布的建筑工程法律法规与标准规范。通过上述知识的学习,建造师可以更新和补充建筑领域的新知识。

对于本教材在使用中的不足和存在的问题,殷切希望广大培训教师和建造师提出宝贵意见。

目 录

1 建筑工程项目管理	1
1.1 建筑工程项目管理的新发展	1
1.2 建筑工程项目的设计管理	14
1.3 建筑工程项目的施工总承包管理	35
1.4 建筑工程项目承包模式	63
1.5 国际工程承包市场与承包商	69
参考文献	84
2 建筑工程技术	86
2.1 建筑技术发展趋势	86
2.2 深基础施工技术	93
2.3 高层/超高层建筑施工技术	109
2.4 大跨空间建筑施工技术	132
2.5 减震控制建筑技术	143
2.6 建筑工程新材料	151
2.7 建筑施工新工艺	163
2.8 绿色建筑和绿色施工	167
参考文献	174
3 建筑工程质量与安全生产管理	178
3.1 建筑工程质量管理	178
3.2 建筑工程安全生产管理	196
4 建造师法律责任与职业道德	216
4.1 建造师法律责任	216
4.2 建造师职业道德	232
参考文献	244
5 新近颁布的建筑工程法律法规与标准规范	246
5.1 新近颁布的建筑工程法律法规与部门规章	246
5.2 新近颁布的建筑工程标准与规范	265
5.3 建设工程施工合同	307
参考文献	320

1 建筑工程项目管理

建造师是以专业技术为依托、以工程项目管理为主业的执业注册专业技术人员，按照住房和城乡建设部的规划，近期执业以施工管理为主。这意味着，建造师必须掌握施工管理和组织的理论知识，并应具备相应的技术和技能。同时，作为普遍发展趋势，建造师的知识和技能必须具有全面性，应具备对建筑工程项目实施全过程组织和管理的能力，以及工程总承包的管理能力，这要求建造师应成为懂管理、懂技术、懂经济、懂法规，具有较高综合素质的复合型人才。为此，建造师在掌握扎实的理论和专业知识的基础上，应不断地学习，提高工程管理素养，增强工程管理能力。

1.1 建筑工程项目管理的新发展

建筑工程项目管理在建筑领域的理论和实践中，已经奠定了自己重要的地位。在过去的 20 年内，建筑工程项目管理在我国的经济建设和城市化进程中，得到了广泛的运用和巨大的发展。近年来，社会、管理、技术学科领域的一些新发展也在影响着建筑工程项目管理的理论和实践。作为影响的结果，建筑工程项目管理不断地在实践中积极地进行探索和发展，对于这些发展，建造师应将其看作职业发展中的机遇，努力地去把握发展趋势，掌握管理新理念。

1.1.1 管理新理念

建筑工程项目管理的发展，最深刻的莫过于管理理念的变化，可持续发展观、以人为本、新的价值观等新理念开始影响着建筑工程项目管理的发展，它们不仅充实、发展着建筑工程项目管理的理论基础，也促进着其方法和手段的进步。本书从管理理念、管理方法和信息技术应用三个方面，大致勾画出建筑工程项目管理领域的发展趋势（如图 1.1-1 所示），这些趋势集中体现了服务社会、以人为本、提高效率的管理理念，它们是：

1. 管理理念

建筑工程项目管理发展，首先表现在建筑工程项目管理理念的变化。近年来建筑工程项目管理理念最显著的变化有三个方面：

（1）可持续发展观：工程师们要建设具有更低生命周期成本、节约资源、有利于环境保护的建筑。建筑业要用新的、环保、清洁的技术，以及更高效的管理来取代或革新传统的生产方式。

（2）以人为本：从产品角度而言，注重为使用者提供更舒适、更健康、更安全、更绿色生产和生活的场所；从管理角度而言，人越来越成为工程管理中最基本的要素。

（3）新的价值观：将安全、健康、公平和廉洁的理念运用到建筑工程项目管理的实践中。

1) 可持续发展观

2003 年《圣保罗宣言》中提出的“新的发展观”，认为环境问题与经济社会发展问题同等重要，主张把生态、经济和社会结合起来实现“可持续的发展”。作为一个发展目

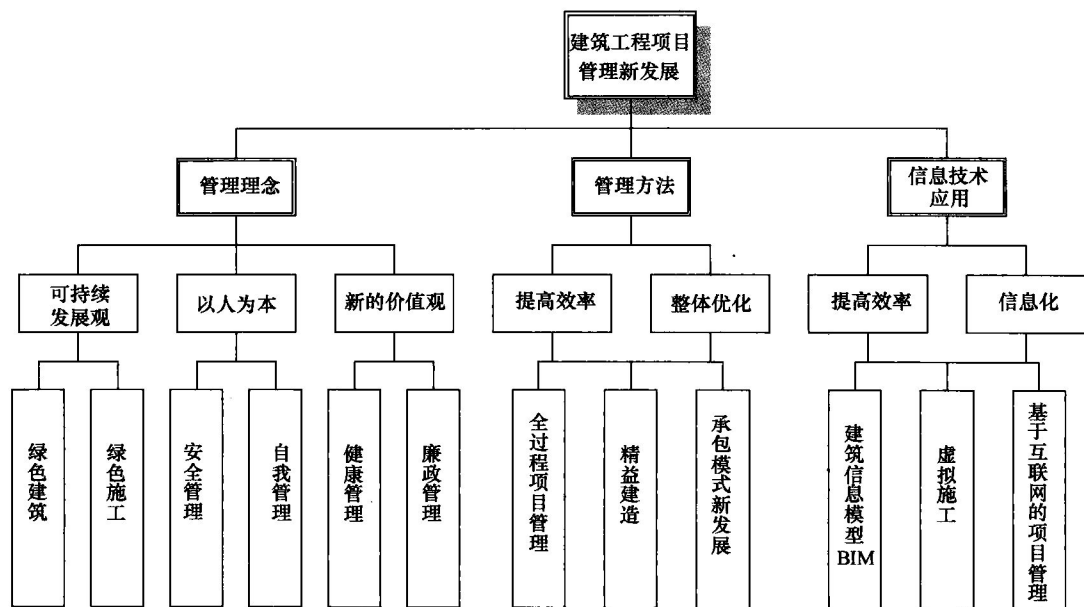


图 1.1-1 建筑工程项目管理新发展

标，它意味着要减少对不可再生材料和能源的大量使用；它意味着创造新材料、发明新技术，以便更有效地使用可再生和不可再生资源；它意味着存储和保护我们的不可再生资源 and 生态承载能力，使得它们以满足后代及日益增长的人口需求；它意味着生产活动要关注社会、公众、健康和公平，同时为人们提供更可持续的产品。因此，“可持续的发展”寻求三种关系的平衡：经济发展、环境保护及社会公平。

对于建造师而言，可持续发展之路也迎来了一整套全新的机遇与挑战，经济学家米尔顿·弗里德曼的古老公理，“商道之道乃商道也”不再完全正确，市场的力量和公众的期望不断要求建造师承担更广泛意义上的社会责任。最重要的是，可持续发展开启了新的市场，创造了新产品和服务的新方法。

为达到可持续发展的目标，工程师们必须寻找新的途径和管理方法，更多地利用可再生资源来满足社会的资源和能源需求。在可持续发展观指引下，世界范围内的建筑企业和建造师已经开始行动。

①公司管理：可持续发展观开始成为公司的发展战略。这一变化开始于卓有远见的承包商，他们未将新的发展观当做威胁，而是当做差异化的机遇和创新的催化剂。例如，国际一流的承包商从可持续发展趋势中看到了商业和道德价值，他们从公司管理层、项目层、职员层都对可持续发展作出了承诺。通过生产模式或服务模式的改变，不遗余力地致力于传统生产力向绿色生产力的转变，改变建筑行业传统的竞争基础。

②设计管理：绿色建筑作为一种建筑产品应运而生。设计者和开发者正在建造绿色建筑，设计者尽可能地在降低这些建筑的成本；同时，为用户提供舒适、健康、安全的场所，更重要的是，绿色建筑是环境友好型的。设计过程中，工程管理者开始尝试用诸如，全寿命周期成本等方法对设计进行评价和管理，保证这种产品名副其实。作为产品的检验，许多发达国家的技术和管理专家还制定出绿色建筑评价标准，评估建筑的绿色“成

分”。

③材料管理：基于绿色建材的使用评价方法。项目管理者在项目之初或建造过程中，不断强调采用清洁生产技术、少用自然资源和能源、大量使用工业或城市固体废物，生产出无毒害、无污染、无放射性、有利于环境保护、节约能源和人体健康的绿色建筑材料，并按照严格的标准和规范化的管理方法将绿色建筑材料应用到建筑上。

④施工管理：绿色施工方兴未艾。建造师在组织施工时，在保证质量、安全等基本要求的前提下，已经开始考虑如何通过科学管理和技术进步，最大限度地节约资源并减少对环境负面影响的施工活动，实现节能、节地、节水、节材和环境保护。

2) 以人为本

以人为本的理念已经深入到社会生活的方方面面，它对建筑业的影响主要反映在两个方面：一是生产的产品，要考虑为使用者创造舒适、健康、安全的场所；二是在建筑工程项目管理中要认识到，人是管理中最基本的要素。从这两个方面，建筑工程项目管理又有了些新的发展。

绿色建筑产品将为人们提供更舒适、更健康、更安全和更节能的居住环境为己任，追求促进社会可持续发展的崇高理想。为此，这种建筑充分利用天然条件和人工手段创造室内的合理布局，尽量减少使用合成材料，充分利用资源，为居住者创造一种接近自然的环境；另一方面，绿色建筑在建筑的全寿命周期内，尽可能地控制和减少对自然环境的使用和破坏，最大限度地节约资源（节能、节地、节水、节材），其目的就是要成为与自然和谐共生的建筑。图 1.1-2 是一个绿色建筑。作为一种发展，建筑师关注的重点已经不仅仅是单个的绿色建筑，他们认为“一枝独秀不是春，满园春色才是春”。因此，绿色城市、生态城市开始应运而生。

建筑工程项目管理中，精益建造借鉴精益生产的思想，结合建设项目的特点，对建设过程进行改造，形成以使用者为中心的管理理念。与传统的建筑管理理论和方法相比，精益建造把完全满足使用者需求作为终极目标，使使用者的价值得到更好的认定、创造和传递。精益建造通过建筑工程项目实现价值的转移，使得建筑工程项目使用者的目标更明确，完成的产品更符合使用者的需求。

以人为本管理的基本思想就是人是管理中最基本的要素，人是能动的，与环境是一种交互作用，创造良好的环境可以促进人的发展和企业的发展。以人为本的管理实践包括在建筑工程项目组织中建立自我管理机制，围绕着激发和调动人的主动性、积极性、创造性展开管理活动。精益建造也强调管理中人的因素，认为让施工人员自身保证产品质量的可靠是可行的，避免事后检查。通过临时会议实行全面质量管理，每个工作人员都可以各抒己见，及时解决施工过程中遇到的所有问题。

3) 新的价值观

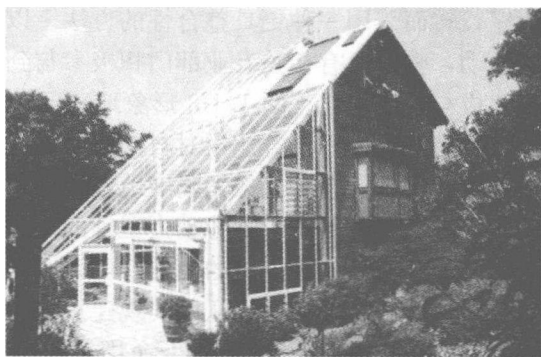


图 1.1-2 绿色建筑——更舒适、更健康、
更安全和更节能

（资料来源：绿色建筑科技网）

新的价值观使得安全、健康、公平和廉洁问题在世界范围里受到空前关注。建筑工程师们已经开始尝试从建筑工程项目管理角度,对建设过程、施工场所的安全、健康、公平和廉洁进行管理,并将它们有机集成到工程项目管理流程中,它们正在成为一个热点。建筑工程建造过程中面对的腐败问题,可以说,是一个世界性的话题。建造师如何正确对待腐败问题关系到自身的职业生涯,一个公开、公平、公正的管理制度不但符合社会公众的利益,还可有效地遏制工程建设中的腐败问题,也符合建造师自身的长远利益。因此,工程职业道德建设越来越受到政府、研究者和工程管理者的高度重视。

①安全管理:本质安全的理念、安全保证体系、健康文明施工措施、健康制度正在被越来越多的企业接受。有关安全、健康的法律、法规正在建立和健全。建立强有力的安全管理体系已成为业内人士的共识。

②廉政管理:建立廉政管理的制度,形成廉政监督的法律、法规体系是建筑业廉政管理的趋势。2001年,国际咨询工程师联合会(FIDIC)出版了工程咨询业的廉洁管理指南,提出了廉洁管理的原则和工程咨询公司的廉洁管理框架,包括道德规范、政策宣示、检查表格等可操作性的管理工具。

2. 管理方法

生产效率的提高始终是建筑工程项目管理关注的焦点,提高生产效率对于建筑企业而言,可以提供更有价格优势的产品,生产的产品更好地满足市场要求。事实上,这些年来,通过新的管理方法和模式的应用,建筑工程项目的劳动生产率已有所提高,这与建筑工程项目管理专家和实践者的努力分不开。

(1) 全过程项目管理:工程项目管理模式正在逐步地由单一的专业性管理,向整合各个阶段管理的全过程项目管理模式发展。全过程项目管理抛弃原有概念、设计、施工的建设程序,转而采用一种更具整合性的方法。以平行模式,而非序列模式来实施建设工程项目的活动,整合所有相关专业部门积极参与到项目的概念、设计和施工的整个过程,强调系统集成与整体优化。图 1.1-3 形象地显示了全过程项目管理。

(2) 精益建造:精益建设对自动化装配企业产生了革命性的影响,现在精益建造也开始在建筑业应用,它可以最大限度地满足顾客需求;改进工程质量,减少浪费;保证项目完成预定的目标并实现所有劳动力工程的持续改进。精益建造对提高生产效率是显而易见的,它为避免大量库存造成的浪费,可以按所需及时供料。它强调施工中的持续改进和零缺陷,不断提高施工效率,从而实现建筑企业利润最大化的系统性的生产管理模式。精益建造更强调面向建筑产品的全生命周期进行动态的控制,更好地保证项目完成预定的目标。

(3) 承包模式:传统的建筑工程承包模式是设计-招标-施工,它是我国建筑工程最主要的承包模式。然而,变化也在慢慢开始,越来越多的业主把合作经营看做是设计、建造和项目融资的一种手段,很多承包商开始靠提供有吸引力的融资条件,而不是更为先进的技术来赢得合同。承包商将触角伸向建筑工程的前期,并向后期延伸,目的是体现自己的技术能力和管理水平,更重要的是,这样做不仅能提高建筑工程承包的利润,还可以更有效地提高效率。例如,工程总承包模式和施工总承包模式已成为大型建筑工程项目中广为采用的模式。对于工程项目的实践者,设计-建造模式(Design and Building,以下简称 D&B)和设计采购施工模式(Engineering Procurement and Construction,以下简称

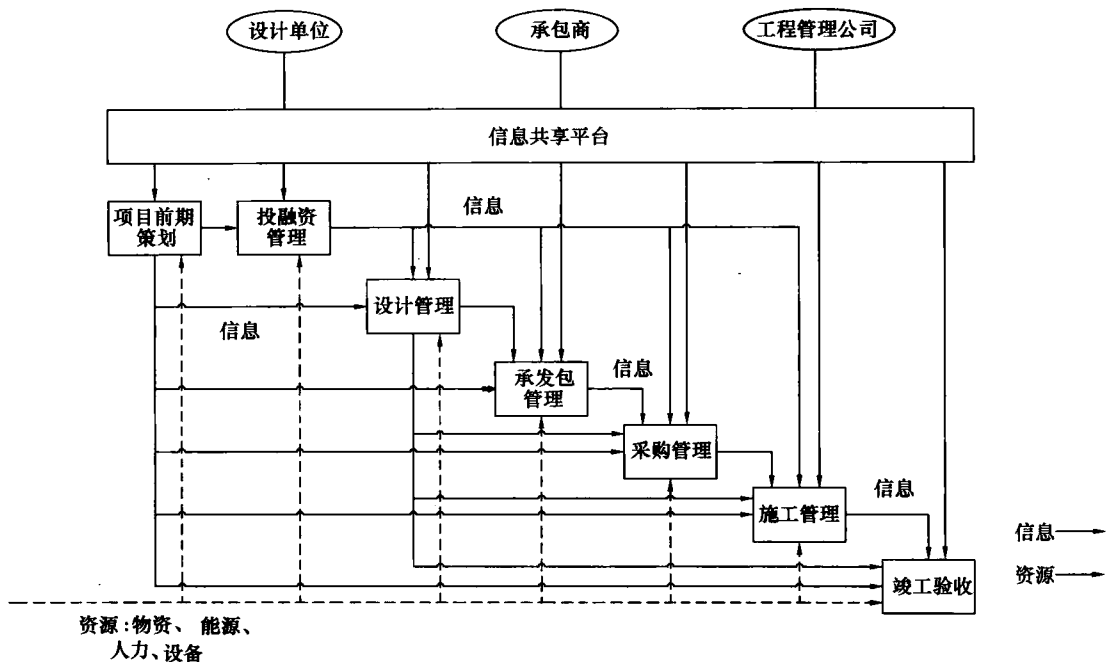


图 1.1-3 全过程项目管理过程

（资料来源：林鸣，陈建华，马士华，基于“3TIMS”平台的工程项目动态联盟集成化管理模式；《基建优化》2005年8月，有改动）

EPC) 已经不是什么新鲜事物，在国外它们都经历了很长的发展历程，在大型工程中使用得比较成熟。然而，值得注意的是，这些承包模式的两种发展趋势：①这些通常应用于大型建筑工程项目的承包模式，开始应用于一般的建筑工程项目中；②承包模式不断地根据项目管理的发展，繁衍出新的模式。这些发展趋势说明了我国建筑工程项目管理逐渐走向成熟。

3. 信息技术应用

信息技术应用于建筑工程项目管理，其目的是提高工程建设活动的效率。随着计算机技术的成熟发展及普及，计算机的技术成果越来越多地被用于各行各业。建筑业也不例外，作为一种发展趋势信息化是一种最直接的成果，而且其方法随着软件的不断更新换代，信息处理的成效越来越高。许多新技术对于建筑工程项目管理的影响，由于人们不能敏锐地把握机会，或者对新技术不了解，而难以尽快体现或应用到建筑工程项目管理活动中。尽管如此，那些还没有适应技术变革的建造师将会在未来竞争的潮流中处于劣势。

信息化在建筑业带来的最直接的成效是：便于信息交流；减少成本（特别是人工成本）。建筑工程项目的成本通常会与材料价格和劳动力工资水平保持同步，这些年来随着我国经济发展水平的提高，建筑材料价格和劳动力工资水平都在不断增长，特别是劳动力工资水平的增长，现在不可避免的结论就是：“中国廉价劳动力的时代结束了”。人工成本在建筑成本中占的比例不断上升，已越来越成为建筑成本中不可忽视的一个部分。这使得业主和项目经理更加关心施工现场的生产率和人工成本增加。

(1) 建筑信息模型：建筑信息模型 (Building Information Modeling, 简称 BIM) 正在

引发建筑行业一次革命性的变革。该模型利用三维数字技术为基础,集成了建筑工程项目各种相关信息的工程数据模型,并以此对建筑项目进行设计、建造和运营管理。BIM 能有效地促进建筑项目周期各个阶段的知识共享,开展更密切的合作,将设计、施工和运营过程融为一体,建筑企业之间多年存在的隔阂正在被逐渐打破,如图 1.1-4 所示。这改善了易建性、预算的控制和整个建筑生命周期的管理,并提高了所有参与人员的生产效率。许多大型行业通过采用建模技术以整合设计、生产和运营活动,大大提高了生产效率。BIM 最重要的优势主要与下列三个基本理念相关:

- 1) 数据库替代绘图;
- 2) 分布式模型;
- 3) 工具+流程=BIM 价值^[1]。

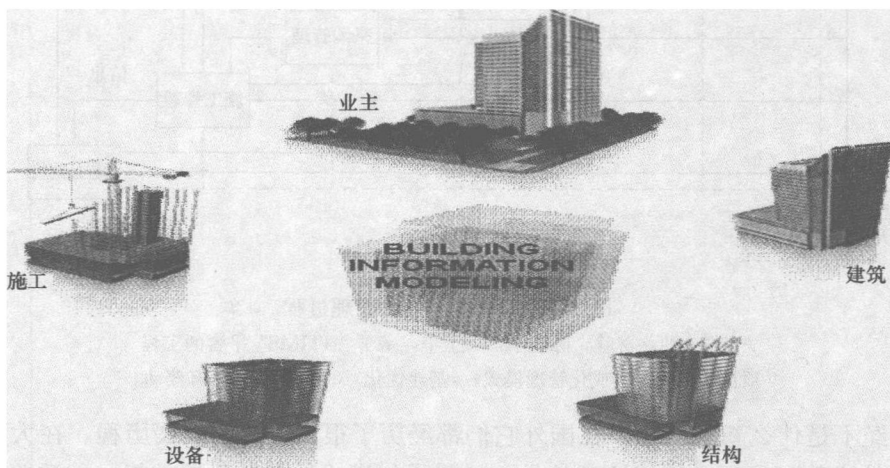


图 1.1-4 BIM 应用到建筑项目周期各个阶段

(2) 虚拟施工: 虚拟施工是 BIM 技术在施工阶段的运用,它是一种在虚拟环境中建模、模拟、分析建筑设计与施工过程的数字化、可视化技术。利用这种技术施工现场输出的同步画面可向各方展示工程进度,其结果使参与工程各方的沟通、协调更加富有成效。当然,计算机也可以将实际施工过程虚拟实现,它采用虚拟现实和结构仿真等技术,在高性能计算机等设备的支持下,对施工活动中的人、财、物、信息流动过程进行数字化和可视化模拟。虚拟施工可以优化建筑项目设计、优化施工过程、优化施工管理活动,提前发现设计和施工中存在的问题,并通过模拟找到解决问题的方法,进而获得最佳的设计和施工方案,用于指导真实的施工。虚拟施工的应用将大大降低返工成本和管理成本。

(3) 基于网络的项目管理: 建筑项目管理中最为让人赏心悦目的技术是计算机、互联网和企业内部网络的应用。互联网作为一种手段,已广泛使用在同一工程上专家之间的协作、沟通与联系,不同工程项目之间的合作、协调、资源调配,以及采购必需品和服务等各个方面上。基于网络的项目管理系统通过采用网络信息技术建立中心数据库,提供建筑工程的信息服务,促进建筑工程各参与方的交流与合作,并不断更新数据库中的数据,使得业主、设计师、监理工程师和承包商及时地掌握工程近况,并做出分析与决策。基于网

络的项目管理为建筑企业提供了更广阔、完整的一套工具,使得建筑企业可以尝试更多的涉及不同地域的工程项目。基于网络的项目管理将会对一个项目组织的技术、工作环境、人际关系、开发过程带来相当大的冲击。图 1.1-5 表示的是某种形式的基于网络的项目管理。

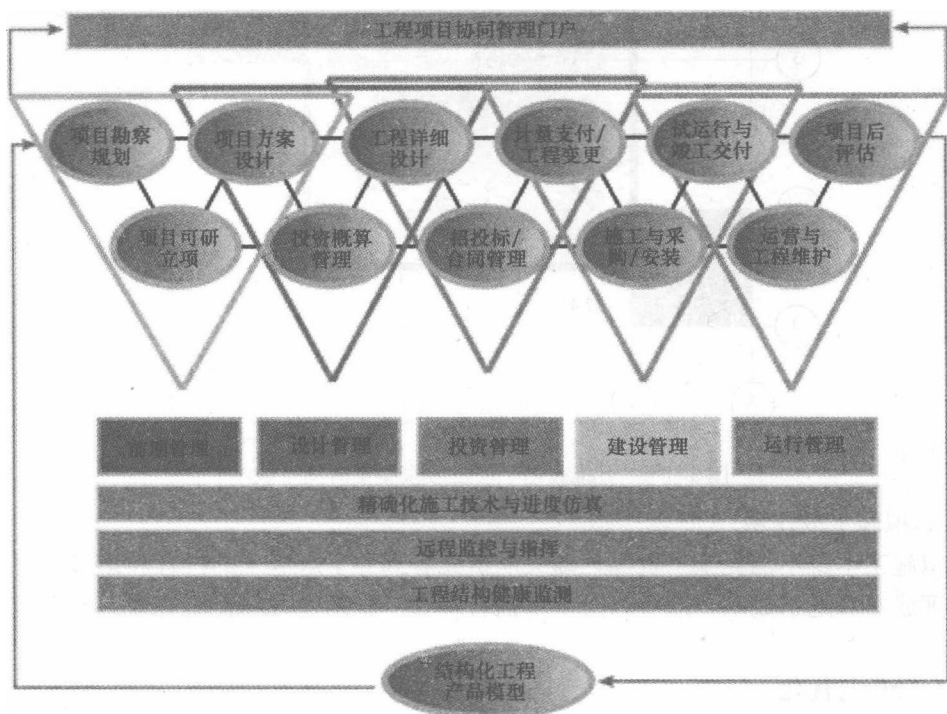


图 1.1-5 某种形式的基于网络的项目管理

(图片资料来源: <http://www.wangdee.com/solution/gcgjlc.html>)

1.1.2 管理新方法

近年来出现在建筑领域新的施工和管理方法中,虚拟施工是最具代表性的一个,随着这种技术方法的成熟,它有可能革命性的变革建筑工程项目管理的方式,以及项目实施组织的模式。

1. 虚拟施工

简单地讲,虚拟施工就是“先试后建”,在工程开始施工前,对建筑项目的设计方案进行检测分析,对项目施工方案进行模拟、分析与优化,从而发现施工中可能出现的问题,在施工前就采取预防措施,直至获得最佳的施工方案,从而指导真实的施工。虚拟施工是施工领域的新方法,它将三维模型用于模拟建造一个建筑工程项目,不仅考虑时间维,还考虑其他维数,如材料、机械、人力、空间、安全等,可以扩展到“N维”。

当前,建筑领域的可视化研究与应用有:三维(3D)建模技术或BIM技术,BIM技术主要集成了建筑项目本身的相关信息,属于静态信息,主要用于项目设计分析;四维技术是基于三维模型,引入时间因素,进行施工进度可视化展示;五维技术是基于三维模

型引入时间因素和资源（如成本、人员、材料）因素。图 1.1-6 显示的是五维技术，即三维模型+时间+成本。

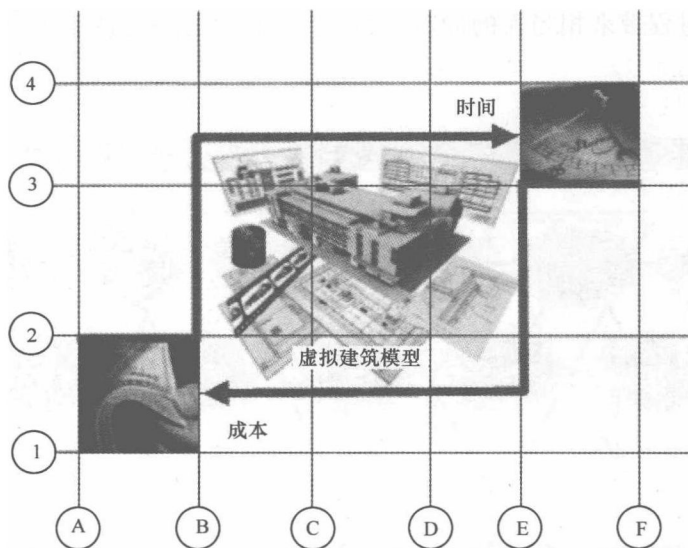


图 1.1-6 五维技术——三维模型+时间+成本

2. 虚拟施工的作用

虚拟施工本身不消耗施工资源，却又能事先看到并了解施工的过程和结果，可以大大降低管理成本和返工成本，减少风险，增强管理者对施工过程的控制能力。虚拟施工的作用主要是：

（1）分析与优化

虚拟施工技术可以在建筑工程的设计阶段，对建筑设计进行分析与优化，确保设计的可施工性。完善的设计方案是建筑项目顺利实施的前提和保证，建筑项目设计由建筑设计、结构设计、建筑设备设计等组成。通常，这三方面设计由各专业设计师完成。在施工过程中，这些设计将转变为集成在一起的建筑构件，结果是碰撞或冲突时常出现，如建筑设备与结构之间的冲突。这不仅会增加设计、施工返工成本，浪费资源，还会影响施工的进度。这也是建筑工程经常出现工期延迟的主要原因之一。

设计的不可施工性是项目设计的另一个主要问题。特别是对于复杂的建筑项目，经常出现设计的可施工性不强或不可行等问题，这将增加返工量，影响施工进度。造成不可施工性的主要原因，就是缺乏一个有效的协同工作及检测平台，即设计方、施工方在设计阶段不能有效地沟通与协作，同时在现有图纸上不能对设计方案进行有效的检测与分析。虚拟施工技术为此提供了一个有效的平台，可以用于设计冲突、可施工性的检测，以及多方沟通、分析。

采用虚拟施工技术也可以优化设计。首先，要建立相关建筑项目的 3D 设计模型，包括建筑、结构及建筑设备等；其次，基于建立的 3D 设计模型，可进行设计检测、协同修改。设计检测可根据需要设定相关参数，确定检测范围，从而检测设计冲突问题、可施工性问题。基于上述 3D 设计模型进行检测时，如果发现问题，例如设计冲突，即设备管线之间的碰撞，相关人员可以基于虚拟平台和 3D 设计模型及时进行分析与沟通，从而及

时、有效地解决问题。设计检测可以在设计之初就开始,它是一个“设计-检测-设计”的循环过程,直至在施工前解决所有设计问题,进而消除设计错误和设计忽略,减少施工中的返工成本。现有技术下,基本可以实现检测、修改过程自动化操作,这样可以减少设计检测的时间。通过虚拟技术,设计检测已经成为设计优化、提高设计质量的一个重要手段,它能确保设计的可施工性,使施工过程顺利进行。

(2) 先试后建

施工过程的顺利实施是在有效的施工方案指导下进行的。当前,施工方案的编制主要基于项目经理及项目组的经验。然而,面对越来越庞大且复杂的建筑工程项目,仅凭项目经理的经验来编制施工方案已显得力不从心。施工方案的可行性一直受到业界的关注,同时由于建筑项目的单一性和不可重复性,施工方案同样具有不可重复性,即不可能如制造业那样,同一生产方案可用于某产品的批量生产。通常是,当某个工程即将结束时,一套完善的施工方案才展现于面前,结果为时已晚。施工进度拖延、安全问题频频出现、返工率高、建造成本超支等已成为现有建筑工程项目的通病。因此,在施工开始前,制定完善的施工方案是十分必要的、重要的。在虚拟施工技术出现前,这些问题几乎找不到有效的解决方案。虚拟施工技术不仅可以测试和比较不同的施工方案,还可以优化施工方案。

简单而言,基于上述建立的3D设计模型,采用虚拟施工技术可模拟和分析相关施工方案。例如,可以对一个柱体安装方案进行模拟,整个模拟过程包括了施工程序、设备调用、资源(包括建筑材料及人员等)配置等。通过模拟,可发现不合理的施工程序、设备调用程度与冲突、资源的不合理利用、安全隐患(如碰撞)、作业空间不充足等问题,也可以及时更新施工方案,以解决相关问题。

同样的,也可以进行施工方案的优化,施工方案优化是一个重复的过程,即“初步施工方案-模拟-发现问题-更新方案”,直到在真实施工之前找到一个最佳的施工方法,尽最大可能实现“零碰撞、零冲突、零返工”。从而大大降低返工成本,减少资源浪费与冲突及安全问题。不仅如此,虚拟施工技术也为总承包商、分承建商、设计单位及业主提供了一个沟通与协作平台,帮助各方及时、快捷地解决各种问题,从而大大提高工作效率,节省大量的时间。

(3) 优化施工管理

为了解决施工过程中的相关问题,特别是复杂的项目工程,需要配备大量的管理人员,这大大增加了管理成本。通过上述施工过程再现,除了在施工开始之前可以建立一个完善的施工方案外,虚拟施工技术还可以清晰地展示整个施工过程。此模拟过程利用计算机硬件、软件以及各种传感器创造出一个融合视觉、听觉、触觉甚至嗅觉,让人身临其境的虚拟环境。操作者沉浸其中并与之交互作用,通过多种媒体对感官的刺激,获得对所需解决问题的清晰和直观的认识,虚拟建造提供了一个栩栩如生的“施工操作说明书”,可为分包商或工人进行开工前的培训,或为工人实际操作提供参考,从而减少实际操作失误。由于减少了实际施工中的问题,管理活动也得到简化,项目对管理人员的需求自然减少,或合并相关职位,或减少相关职位,进而管理成本将大大降低。

3. 虚拟施工的实践

从虚拟施工技术发展看,虚拟施工的广泛应用将有可能从根本上改变现行的施工管理