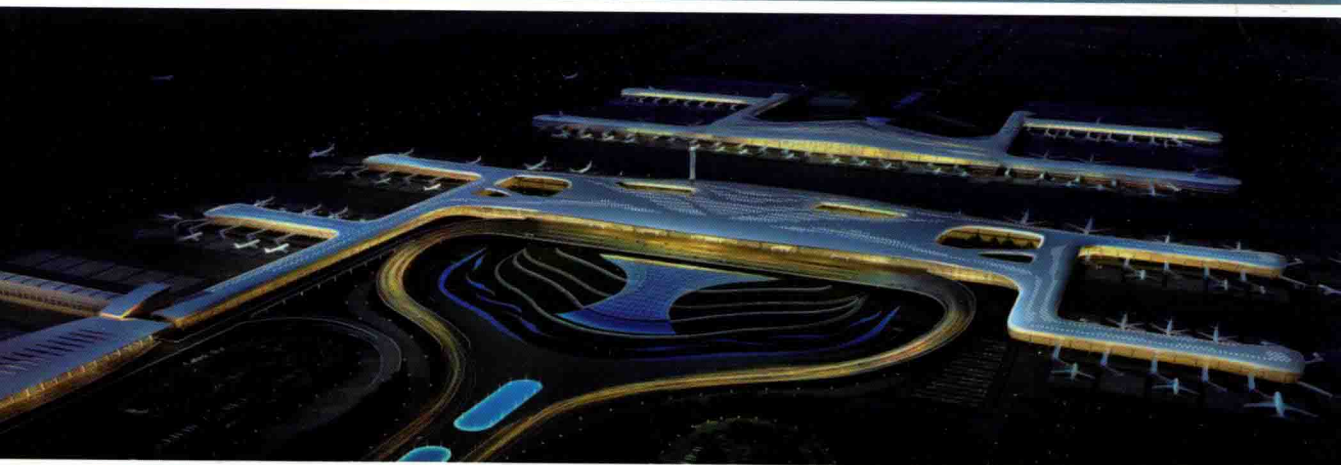


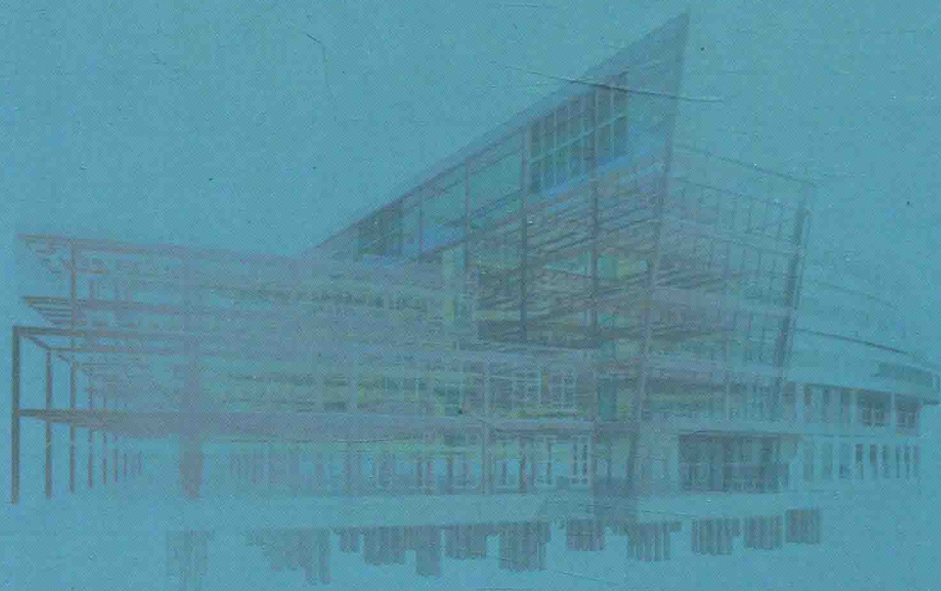


高等学校土建类专业**BIM技术应用**“十三五”规划教材



基于BIM技术的施工组织设计

陈 蓓 陆永涛 李 玲 编著



武汉理工大学出版社
Wuhan University of Technology Press

高等学校土建类专业 BIM 技术应用“十三五”规划教材

基于 BIM 技术的施工组织设计

陈 蓓 陆永涛 李 玲 编著

武汉理工大学出版社

内 容 简 介

本书以 BIM 技术在工程施工组织中的应用为主线,结合常用 BIM 软件和典型案例,以专业的理论、简明的语言,介绍了 BIM 技术与施工组织设计的融合。

全书共分为 7 章。第 1 章对施工组织设计、BIM 技术相关概念和发展情况进行了介绍,并对 BIM 技术在全寿命周期中的应用进行了总体概述;第 2~6 章围绕施工组织设计的核心内容探讨 BIM 技术的应用,包括软件建模、基于 BIM 的设计深化、进度计划编制、施工平面布置和施工方案的模拟与优化;第 7 章介绍了 BIM 技术在施工管理中的应用,包括基于 BIM 的工程进度管理、质量管理、成本管理、安全管理、绿色施工管理等。

本书可作为高等院校土木工程、工程管理、工程造价专业等土建类专业学生教材或教学参考书,也可供一线工程管理人员或其他项目管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

基于 BIM 技术的施工组织设计/陈蓓,陆永涛,李玲编著. —武汉:武汉理工大学出版社,2018.2
ISBN 978-7-5629-5693-8

I. ①基… II. ①陈… ②陆… ③李… III. ①建筑工程-施工组织-应用软件 IV. ①TU71-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 320242 号

项目负责人:王利永(027-87106428)

责任编辑:王思

责任校对:刘凯

封面设计:许伶俐

出版发行:武汉理工大学出版社

地址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮编:430070

网址:<http://www.wutp.com.cn>

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:湖北恒泰印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:9.75

字 数:256 千字

版 次:2018 年 2 月第 1 版

印 次:2018 年 2 月第 1 次印刷

定 价:39.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87391631 87664138 87785758 87165708(传真)

• 版权所有,盗版必究 •

F 前言 Foreword

施工组织设计是用以指导工程项目各项施工活动的技术、经济、组织、协调和控制的综合性文件,实际工程中施工组织设计“形式化”较为严重,很多施工单位仅将其作为一项用于审批的资料,因此“套模板”成为施工组织设计编制的主要手段,使得施工组织设计失去了应有的功能。随着 BIM 技术的应用和发展,将“平面的”“静态的”施工组织设计变为“立体的”和“动态的”成为可能和趋势。利用 BIM 技术,可以将施工组织设计与施工管理密切结合,发挥其指导施工、优化施工管理的主要功能。

为此,本教材在借鉴现有 BIM 技术应用的有关著作、研究成果、教材的基础上,结合 BIM 技术应用培训和教学的经验,围绕施工组织设计的核心内容,将 BIM 技术的具体应用进行了初步总结,形成了如下内容框架:

第 1 章首先介绍了施工组织设计的概念、分类、内容以及编制与审批;其次介绍了 BIM 的概念、BIM 的发展历史和 BIM 在中国的发展情况;简要地介绍了 BIM 技术在项目全生命周期中的应用。第 2 章主要内容为 BIM 建模策划。在建模之前,需要根据模型的特点和应用需求,进行详细周密的策划,约定 BIM 模型的标准、模型的精细度、建模规范、模型划分和基本建模要求等,合理选用 BIM 建模软件,以便于模型的建立与应用。第 3 章主要内容为 BIM 深化设计。项目深化设计可基于综合的 BIM 模型,对各个专业深化设计初步成果进行校核、集成、协调、修正及优化,并形成综合平面图、综合剖面图。基于 BIM 的深化设计在日益大型化、复杂化的工程中显露出相对于传统深化设计无可比拟的优越性。第 4 章着重介绍了 BIM 软件在进度计划中的应用。相对于传统的进度计划,BIM 技术搭建了一个信息平台,实现了进度计划的可视化和精细化,能够大幅提高施工进度管理效率。第 5 章主要介绍了 BIM 三维场地布置的特点与常用软件,以及 BIM 三维场地布置的具体应用。第 6 章主要介绍了 BIM 技术在施工方案中的应用点,如复杂节点技术交底、虚拟施工等。在施工方案中使用 BIM 技术,可以实现施工过程三维模拟,以验证施工方案的可行性。第 7 章概述了 BIM 技术在施工进度管理、质量管理、安全管理、成本管理和绿色施工管理中的应用过程和最主要应用点。基于 BIM 技术的施工管理以 BIM 模型为基础,结合进度、算量、造价、安全管理等专业软件,实现 4D、5D 信息的集成,通过协同工作,达到施工管理的各项目标。

本书由陈蓓(南京理工大学泰州科技学院)负责统筹,李玲(上海中侨职业技术学院)、陆永涛(南京理工大学泰州科技学院)进行内容策划和统稿。参与编写的人员有:陈蓓、李玲、陆永涛、胡桂祥(南京理工大学泰州科技学院)、王宏军(南京理工大学泰州科技学院)、黄圣玉(上海中侨职业技术学院)、张龙(南京理工大学泰州科技学院)、张耀东(南京理工大学泰

州科技学院)。

同济大学应惠清教授、上海中侨职业技术学院潘立本教授对本书的出版提出了诸多宝贵的意见和建议,在此表示诚挚的谢意。

感谢从事 BIM 技术应用研究与教学的人员,其研究成果为本书编写提供了有力的支撑,但由于编写过程中难免有遗漏,部分章节文献可能没有充分标注,在此一并感谢和致歉;同时由于编者水平有限,书中难免存在错误,敬请广大读者谅解并提出宝贵意见。

编 者

2017 年 10 月

1 概述	(1)
学习要求	(1)
重点难点	(1)
1.1 建筑施工组织概述	(1)
1.1.1 施工组织设计的分类	(1)
1.1.2 施工组织设计的内容	(2)
1.1.3 施工组织设计的编制、审批	(3)
1.2 BIM 概述	(4)
1.2.1 BIM 的概念	(4)
1.2.2 BIM 的发展历史	(5)
1.2.3 BIM 软件的发展	(5)
1.2.4 BIM 在中国的发展	(7)
1.3 BIM 技术在项目全寿命周期中的应用	(8)
1.3.1 BIM 在前期策划中的应用	(9)
1.3.2 BIM 在设计阶段的应用	(10)
1.3.3 BIM 在施工阶段的应用	(10)
1.3.4 BIM 在竣工验收阶段的应用	(11)
1.3.5 BIM 在运营维护阶段的应用	(11)
本章小结	(12)
思考题	(12)
2 BIM 模型策划	(13)
学习要求	(13)
重点难点	(13)
2.1 概述	(13)
2.2 BIM 模型标准	(13)
2.3 BIM 模型精细度	(14)
2.4 BIM 建模规范	(15)

2.5 模型划分和基本建模要求	(16)
2.6 BIM 建模软件	(17)
2.6.1 Autodesk	(17)
2.6.2 Bentley	(18)
2.6.3 Dassault Systemes	(20)
2.6.4 Nemetschek	(21)
本章小结	(23)
思考题	(23)
3 基于 BIM 的深化设计与数字化加工	(24)
学习要求	(24)
重点难点	(24)
3.1 概述	(24)
3.1.1 基于 BIM 的深化设计	(24)
3.1.2 基于 BIM 的数字化加工	(26)
3.2 BIM 在机电设备工程深化设计及数字化加工中的应用	(26)
3.2.1 碰撞检测	(27)
3.2.2 净高检查	(29)
3.2.3 综合支吊架设计	(30)
3.2.4 确定管道洞口	(30)
3.3 BIM 在钢结构工程深化设计及数字化加工中的应用	(31)
3.3.1 概述	(31)
3.3.2 BIM 和钢结构深化设计的融合	(31)
3.3.3 BIM 与数字化加工实施的整合	(34)
3.4 BIM 在玻璃幕墙工程深化设计及数字化加工中的应用	(38)
3.4.1 在玻璃幕墙工程中应用 BIM 技术的准备	(38)
3.4.2 基于 BIM 模型的工作界面	(39)
3.4.3 基于 BIM 模型的幕墙深化设计	(40)
3.4.4 基于 BIM 的幕墙数字化加工	(42)
3.5 BIM 在混凝土预制构件加工和生产中的应用	(44)
3.5.1 预制构件的深化设计	(44)
3.5.2 预制构件信息模型建立	(46)
3.5.3 预制构件模具的数字化设计	(46)
3.5.4 预制构件的数字化加工	(49)
3.5.5 预制构件的模拟运输	(50)

本章小结	(51)
思考题	(51)
4 基于 BIM 的进度计划编制	(52)
学习要求	(52)
重点难点	(52)
4.1 进度计划编制概述	(52)
4.1.1 进度计划定义	(52)
4.1.2 进度计划的作用和依据	(52)
4.1.3 进度计划种类	(53)
4.1.4 进度计划编制原则	(53)
4.1.5 施工进度计划的编制程序	(53)
4.1.6 流水施工介绍	(54)
4.2 施工进度计划编制方法	(55)
4.2.1 横道图进度计划的编制方法	(55)
4.2.2 网络图进度计划的编制方法	(56)
4.3 进度计划编制软件	(59)
4.3.1 运用 P6 软件进行项目进度计划的编制	(59)
4.3.2 使用 Microsoft Project 编制项目进度计划	(59)
4.3.3 使用 Excel 编制项目进度计划	(65)
4.3.4 基于 BIM 的进度计划编制	(65)
4.4 BIM 进度计划编制案例	(70)
本章小结	(72)
思考题	(72)
5 基于 BIM 的施工场地布置	(73)
学习要求	(73)
重点难点	(73)
5.1 施工场地布置概述	(73)
5.1.1 单位工程施工平面图	(73)
5.1.2 施工总平面图	(79)
5.2 BIM 三维场地布置	(84)
5.2.1 BIM 三维场地布置的特点	(84)
5.2.2 BIM 三维场地布置的应用	(88)
本章小结	(102)
思考题	(102)

6 基于 BIM 的施工方案	(103)
学习要求	(103)
重点难点	(103)
6.1 概述	(103)
6.2 基于 BIM 的复杂部位技术交底	(104)
6.2.1 应用流程	(104)
6.2.2 应用软件	(104)
6.2.3 应用案例	(105)
6.3 虚拟施工	(108)
6.3.1 虚拟施工的特点	(109)
6.3.2 应用流程	(110)
6.3.3 应用软件	(110)
6.3.4 应用案例	(111)
本章小结	(123)
思考题	(123)
7 基于 BIM 的施工管理	(124)
学习要求	(124)
重点难点	(124)
7.1 概述	(124)
7.2 基于 BIM 的进度管理	(126)
7.2.1 BIM 进度管理流程	(126)
7.2.2 BIM 进度管理应用	(127)
7.3 基于 BIM 的质量管理	(131)
7.4 基于 BIM 的安全管理	(135)
7.5 基于 BIM 的成本管理	(138)
7.6 基于 BIM 的绿色施工管理	(144)
本章小结	(146)
练习题	(146)
参考文献	(147)

1 概 述



学习要求

- (1) 掌握施工组织设计的分类和内容；
- (2) 熟悉施工组织设计的编制和审批；
- (3) 了解 BIM 的概念、发展历史、BIM 软件的发展以及 BIM 在中国的发展；
- (4) 理解 BIM 技术在项目全寿命周期中的应用。



重点难点

- (1) 施工组织设计的分类和内容；
- (2) 施工组织设计的编制和审批；
- (3) BIM 技术在项目全寿命周期中的应用。

1.1 建筑施工组织概述

施工组织设计是以施工项目为对象编制的,用以指导其建设全过程各项施工活动的技术、经济、组织、协调和控制的综合性文件。施工组织设计的基本任务是根据国家对建设项目的要求,确定经济合理的规划方案,对拟建工程在人力和物力、时间和空间、技术和经济、计划和组织等各方面作出全面合理的安排,以保证按照预定目标,优质、快速、节约、安全、环保地完成施工任务。

1.1.1 施工组织设计的分类

1.1.1.1 按施工项目的规模划分

按照施工项目规模不同,施工组织设计可以分为:施工组织总设计、单位(子单位)工程施工组织设计、施工方案。

(1) 施工组织总设计

施工组织总设计是以一个建设项目或群体工程为对象编制的,用以指导其建设全过程各项全局性施工活动的综合性文件。它是整个施工项目的战略部署,其编制范围广,内容比较概括性。在项目初步设计或扩大初步设计批准、明确承包范围后,由施工项目总承包单位的总工程师主持,会同建设单位、设计单位和分包单位的负责工程师共同编制。它是编制单项(单位)工程施工组织设计或年度施工规划的依据。

(2) 单位(子单位)工程施工组织设计

单位(子单位)工程施工组织设计是以一个建筑物、构筑物或其中一个单位工程为对象进

行编制,用以指导其施工全过程各项施工活动的综合性文件。它是建设项目施工组织总设计或年度施工规划的具体化,其编制内容更详细。它是在项目施工图纸完成后,在项目经理组织下,由项目工程师负责编制,作为编制施工方案的依据。

(3) 施工方案

施工方案是以一个分部(分项)工程或冬雨期施工项目为对象进行编制,用以指导其各项作业的综合性文件。它是单位(子单位)工程施工组织设计和承包单位季(月)度施工计划的具体化,其编制内容更具体。它是在编制单位(子单位)工程施工组织设计的同时,由项目主管技术人员负责编制,作为指导该项目具体专业工程施工的依据。

1.1.1.2 按编制的目的与阶段划分

根据编制的目的和阶段不同,施工组织设计可划分为两类:一类是投标阶段的施工组织设计,即施工组织纲要(或称标前设计);另一类是中标并签订工程承包合同后的施工组织设计,又称为实施性施工组织设计(或称标后设计)。

施工组织纲要是指在工程招投标阶段,投标单位根据招标文件、设计文件及工程特点编制的有关施工组织的纲要性文件,即投标文件中的技术标,适用于工程的施工招投标阶段。施工组织纲要一般由项目经营管理层编制,其规划性强、操作性弱,目的是工程投标。技术标和商务标(或经济标)组成工程投标文件,并且在企业中标后作为合同文件的一部分。

实施性施工组织设计是指在建筑企业中标并签订合同后,在项目开工前应由项目部技术人员在技术标的基础上修改和完善而成,须经监理工程师审核后形成最终实施性的施工组织设计。实施性施工组织设计的作用是指导施工准备工作和施工全过程的各项工作。

施工组织纲要和实施性施工组织设计的区别见表 1.1。

表 1.1 施工组织纲要和实施性施工组织设计的区别

名称	编制时间	编制目的	编制者	主要特性
施工组织纲要	投标前	投标和签约	经营管理层	战略性、规划性
实施性施工组织设计	中标后	指导工程实施	项目管理层	实施性、指导性

1.1.2 施工组织设计的内容

施工组织设计的内容主要包括:工程概况,施工部署,施工方案,施工进度计划,施工准备及资源配置计划,施工平面布置,主要施工管理计划和措施。

(1) 工程概况是概括性地说明工程的情况,主要说明工程性质和作用,建筑和结构的特征,建造地点的特征,工程施工特征。

(2) 施工部署是对整个施工项目进行总体的布置和安排,主要确定项目组织机构,全面部署施工任务,确定施工管理的目标,合理安排施工顺序,确定主要工程的施工方法。

(3) 施工方案的确定是整个施工组织设计的核心,主要是确定施工方法和施工机械。施工方案应结合工程实际情况,选择技术可行、经济合理、安全可靠的方案。

(4) 施工进度计划是施工项目在时间上的计划和安排,施工进度计划在实施过程中经常会根据工程的实际进度进行调整和优化。

(5) 施工准备及资源配置计划包括施工准备工作计划和主要资源配置计划。施工准备工作计划应根据已拟订的工程开展程序和主要项目的施工方案予以编制,充分的施工准备工作是顺利完成施工任务的重要保证。主要资源配置计划的编制必须依据已确定的施工部署和施工进度计划,重点确定劳动力、材料、构配件、加工品和施工机具等主要资源的需要量和时间,以便组织供应,从而保证施工进度计划的实现,同时也为场地布置及临时设施的规划准备提供依据。

(6) 施工平面布置是施工项目在空间上的计划和安排,主要明确以下布置:拟建和已建建(构)筑物的位置,垂直运输机械、道路、生产临时设施、生活临时设施、水电网路等布置。

(7) 主要施工管理计划和措施包括质量、进度、安全、环境保护和成本管理计划和保证措施。

1.1.3 施工组织设计的编制、审批

1.1.3.1 施工组织设计的编制

(1) 施工组织设计的编制原则

① 贯彻国家工程建设的法律、法规、方针和政策,严格执行基本建设程序和施工程序,认真履行承包合同,科学地安排施工顺序,保证按期或提前交付业主使用。

② 根据实际情况,拟定技术先进、经济合理的施工方案和施工工艺,认真编制各项实施计划和技术组织措施,严格控制工程质量、进度、成本,确保安全生产和文明施工,做好职业安全健康、环境保护工作。

③ 采用流水施工方法和网络计划技术,采用有效的劳动组织和施工机械,组织连续、均衡、有节奏的施工。

④ 科学安排冬雨期及夏季高温、台风等特殊环境条件下的施工项目,落实季节性施工措施,保证全年施工的均衡性、连续性。

⑤ 贯彻多层技术结构的技术政策,因时、因地制宜促进技术进步和建筑工业化的发展,不断提高施工机械化、预制装配化,改善劳动条件,提高劳动生产率。

⑥ 尽量利用现有设施和永久性设施,努力减少临时工程;合理确定物资采购及存储方式,减少现场库存量和物资损耗;科学地规划施工总平面。

(2) 施工组织设计的编制方法

① 拟建工程中标后,施工单位必须编制实施性施工组织设计。工程实行总包和分包的,由总包单位负责编制施工组织设计,分包单位在总包单位的总体安排下负责编制分包工程的施工组织设计。

② 对于构造复杂、施工难度大以及采用新工艺和新技术的工程项目,要进行专业性的研究,组织有经验的技术人员或专家召开会议进行讨论。

③ 在施工组织设计编制过程中,要充分发挥各职能部门的作用,由不同部门的技术和管理人员共同参与编制过程,合理地进行交叉配合设计。

④ 当形成较完整的施工组织设计方案之后,应组织参编人员及相关单位讨论研究,修改完善后形成正式的施工组织设计文件,送交主管部门审批。

1.1.3.2 施工组织设计的审批

施工组织设计编制后,应履行审核和审批程序;施工组织总设计应由总承包单位的技术负

责人审批,经总监理工程师审查后实施;单位工程施工组织设计应由承包单位技术负责人审批,经总监理工程师审查后实施;分部、分项或专项工程施工方案应由项目技术负责人审批,经监理工程师审查后实施。

对于危险性较大的分部分项工程,在施工前应编制专项方案。危险性较大的分部分项工程范围如下:基坑支护、降水工程;土方开挖工程;模板工程及支撑体系;起重吊装及安装拆卸工程;脚手架工程;拆除、爆破工程;其他(建筑幕墙安装工程,钢结构、网架和索膜结构安装工程,人工挖孔桩工程,地下暗挖、顶管及水下作业工程,预应力工程,采用新技术、新工艺、新材料、新设备及尚无相关技术标准的危险性较大的分部分项工程)。建筑工程实行施工总承包的,专项方案应当由施工总承包单位组织编制。其中,起重机械安装拆卸工程、深基坑工程、附着式升降脚手架等专业工程实行分包的,其专项方案可由专业承包单位组织编制。危险性较大的专项方案应当由施工单位的专业技术人员进行审核,由施工单位技术负责人和总监理工程师签字后实施。

对于超过一定规模的危险性较大的分部分项工程,施工单位应当组织专家对专项方案进行审查论证。专家组成员应当由符合相关专业要求的专家组成。例如:开挖深度超过5 m的深基坑开挖、支护、降水工程;高大模板工程(搭设高度8 m及以上,或搭设跨度18 m及以上,或施工总荷载 15 kN/m^2 及以上,或集中线荷载 20 kN/m 及以上);搭设高度50 m及以上落地式钢管脚手架工程,或架体高度20 m及以上悬挑式脚手架工程;施工高度50 m及以上的建筑幕墙安装工程;开挖深度超过16 m的人工挖孔桩工程。

1.2 BIM 概述

2015年6月中华人民共和国住房和城乡建设部印发了《关于推进建筑信息模型应用的指导意见的通知》,通知中提到:“到2020年末,建筑行业甲级勘察、设计单位以及特级、一级房屋建筑工程施工企业应掌握并实现BIM与企业管理系统和其他信息技术的一体化集成应用。”BIM技术已经成为支撑我国工程行业发展的重要技术,BIM的出现是迄今为止工程建设行业正在发生的一次最重要的产业革命。在许多应用BIM的建设项目中,都不同程度地出现了工程质量和劳动生产效率的提高,工程返工和资源浪费现象减少,建设成本降低,工程进度加快,并且建设企业的综合经济效益得到了改善等。

那么,这么强大的“BIM”到底是什么呢?

1.2.1 BIM 的概念

BIM是以三维数字技术为基础,集成了各种相关信息的工程数据模型,可以为设计、施工和运营提供相协调且内部保持一致的项目全生命周期信息化过程管理。

美国麦格劳-希尔建筑信息公司对建筑信息模型的定义为:创建并利用数字模型对项目进行设计、建造及运营管理的过程,即利用计算机三维软件工具,创建建筑工程项目的完整数字模型,该模型中包含详细工程信息,且能够将这些模型和信息应用于建筑工程的设计过程、施工管理、物业和运营管理等全建筑生命周期管理(Building Lifecycle Management, BLM)过程中。

这是目前较全面、完善的关于BIM的定义。其实,BIM的出现和发展离不开我们熟悉的CAD技术,BIM是CAD技术的一部分,是二维到三维形式发展的必然过程。

1.2.2 BIM 的发展历史

在计算机和 CAD 技术普及之前,工程设计行业在设计时均采用图板、丁字尺的方式手工完成各专业图纸的绘图工作,这项工作被形象地称为“趴图板”。手工绘图时代绘图工作量大,图纸修改和变更困难,图纸可重复利用率低。随着个人计算机的普及以及 CAD 软件的普及,手工绘图的工作方式已逐渐被 CAD 绘图方式所取代。

“甩图板”是我国工程建设行业 20 世纪 90 年代最重要的一次信息化过程。“甩图板”实现了工程建设行业由绘图板、丁字尺、针管笔等手工绘图方式提升为现代化的、高效率的、高精度的 CAD 制图方式。以 AutoCAD 为代表的 CAD 类工具的普及应用,以及以 PKPM、Ansys 等为代表的 CAE(Computer Added Engineering,计算机辅助分析)工具的普及,极大地提高了工程行业制图、修改、管理的效率,提升了工程建设行业的发展水平。

现代建设工程项目的规模、形态和功能越来越复杂。高度复杂化的工程建设项目,再次向以 AutoCAD 为主体、以工程图纸为核心的设计和工程管理模式提出了挑战。随着计算机软硬件水平的发展,以工程数字模型为核心的全新的设计和管理模式逐步走入人们的视野,于是以 BIM 为核心的软件和方法开始逐渐走进工程领域。

1975 年,美国佐治亚理工大学教授查克·伊斯特曼(Chuck Eastman)在 AIA(美国建筑师协会)发表的论文提出了一种名为 Building Description System(BDS,建筑描述系统)的工作模式,该模式包含了参数化设计,由三维模型生成二维图纸,可视化交互式数据分析等功能。各国学者围绕 BDS 概念进行研究,后来美国将该系统称为 Building Product Models(BPM,建筑产品模型),其在欧洲被称为 Product Information Models(PIM,产品信息模型)。经过多年的研究与发展,学术界整合 BPM 与 PIM 的研究成果,提出 Building Information Model(建筑信息模型)的概念。1986 年由现属于 Autodesk(欧特克)研究院的 Robert Aish 最终将其定义为 Building Modeling(建筑模型),并沿用至今。

2002 年,时任 Autodesk 公司副总裁的菲利普·伯恩斯坦(Philip G Bernstein)首次将 BIM 概念商业化,随 Autodesk Revit 产品一并推广。与 CAD 技术相比,基于 BIM 技术的软件已将设计提升至所见即所得的模式。

利用 Revit 软件进行设计,可由三维建筑模型自动产生所需要的平面图纸、立面图纸等所有设计信息,且所有的信息均通过 Revit 自动进行关联,大大增强了设计修改和变更的效率。因此,人们认为 BIM 技术是继建筑 CAD 之后下一代的建筑设计技术。在 CAD 时代,设计师需要分别绘制出不同的视图,当其中一个元素改变时,其他与之相关的元素都要逐个修改。比如,当需要改变其中一扇门的类型时,CAD 需要逐个修改平面、立面、剖面等相关图纸。而 BIM 中的不同视图是从同一个模型中得到的,改变其中一扇门的类型时,只需要在 BIM 模型中修改相应的构件就行了,BIM 实现的就是高度统一,可自动调整每个单项,不再需要设计师逐个修改,只需修改唯一的模型。

1.2.3 BIM 软件的发展

BIM 发展历史的背后是计算机图形学的发展历史,随着计算机软件、硬件水平的发展而不断进步,直到今天。

1962年,美国发明家道格拉斯·恩格尔巴特(Douglas C Englebart,鼠标发明人)在《扩张人类智慧》一书中写道:“建筑师在电脑上输入一系列规范和数据,如6英寸厚的平面楼板,12英寸厚的混凝土墙等,这些场景就出现在电脑屏幕上了,并且经过对数据的检查、调整,形成了更详细的、内部关联的结构”。道格拉斯提出了基于对象的设计、参数化操作和关系数据库,这个设想在不久后变成了现实。

1975年,BIM之父——佐治亚理工大学的查克·伊斯特曼教授在其研究的课题——数据库技术建立建筑描述系统(Building Description System,BDS)中提出“a computer-based description of a building”(基于建筑描述的计算机程序),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,自此产生了BIM理念,并提出了一系列基于计算机图形学的建筑三维实体建模的方法。同时,这些方法融合了材料、参数共享等基本BIM系统的功能,为BIM技术的发展奠定了基础。

1982年,物理学家Gábor Bojár在匈牙利布达佩斯创立了GraphiSoft公司,专注于3D建筑设计软件的研发。随后基于苹果Lisa操作系统发布了第一款ArchiCAD软件,使得ArchiCAD成为第一个运行在PC上的BIM软件。但在那个年代还没有多少人知道“BIM”这个词儿。到目前为止,ArchiCAD已经发布了超过20个更新的版本。

随着计算机图形学的进一步发展,1985年美国参数技术公司(Parametric Technology Corporation,PTC)成立,并于1988年发布了第一版Pro/E三维参数化软件,成为市场上第一个参数化、基于关联特征的实体建模软件。Pro/E完全基于参数化算法控制三维模型,极大地促进了计算机参数化图形的发展与应用。直到今天,Pro/E仍然是制造行业中非常重要的三维参数化设计软件。

1997年,参与研发Pro/E的Irwin Jungreis和Leonid Raiz从PTC辞职,前往剑桥创立了自己的软件公司Charles River Software,希望基于三维参数化技术开发一款功能超过ArchiCAD的建筑软件,去处理更为复杂的项目。直到2000年,新一代建筑设计软件Revit诞生了。Revit采用了参数化数据建模技术,用于实现建筑各构件数据的关联显示,并能够与建筑师进行智能互动。事实上,这时人们更多关注的仍然是三维设计软件,虽然距离“BIM之父”提出BIM这个词已经过了20多年,仍然没有太多人知道BIM是什么。

2002年,美国欧特克公司收购了Charles River Software,将Revit软件作为Autodesk产品线的一部分进行推广。与此同时,Autodesk为了区别Revit与AutoCAD,开始大力推广BIM的概念,将Revit视作“全新的”BIM软件,而AutoCAD则为传统的CAD软件。BIM变革的大潮在全球范围席卷开来。至此,BIM这个术语正式随着Revit软件的推广被无数工程行业的人知晓。

随着Revit软件技术的发展,除可以利用Revit完成三维建筑设计模型外,还可利用可视化编程环境下的构件参数为构件添加时间属性,使模型具有可随时间演进模拟施工过程的“四维”模型,施工企业也能够在此BIM模型上完成施工建造过程的模拟,至此BIM技术彻底改变了世界。

2007年美国工程软件公司Bentley(奔特力,Microstation软件的开发商,一直在与Autodesk竞争)研发了一款名为GC(Generative Components,生长构件)的软件。它利用编程的方式,在Microstation平台上自由生成呈任意规律变化的三维几何图形。这种利用数学

参数化编程驱动生成几何图形的方式灵活性更高,很容易根据建筑师的要求生成更加灵活且极为复杂美观的图形。今天我们所看到的 Rhino(犀牛)平台上的 Grasshoper 以及 Revit 平台上的 Dynamo,均是采用这种理念的高级参数化软件。

可以看到,上述不同时期 BIM 发展的重要时刻,均随着计算机三维图形学技术的发展历史不断发展演化,也正是计算机技术的发展促进了 BIM 技术的发展和普及。

1.2.4 BIM 在中国的发展

自 2004 年 Autodesk Revit 进入中国市场以来,BIM 概念亦开始进入中国。经过十余年的发展,BIM 在中国的应用也逐步深入,推广的速度越来越快。

(1) 引入初期阶段

Autodesk 收购 Revit 后,于 2004 年在中国发布 Autodesk Revit 5.1 版,BIM 概念随之被引入中国。事实上,最初引入中国的 BIM 的全称为“Building Information Model”,即利用三维建筑设计工具,创建包含完整建筑工程信息的三维数字模型,并利用该数字模型由软件自动生成设计所需要的工程视图,并添加尺寸标注等,使得设计师可以在设计过程中,在直观的三维空间中观察设计的各个细节。特别对于形态复杂的建筑设计来说,无论是直观的表达还是高效、准确的图档,其效率的提升不言而喻。用 Revit 的三维设计方法取代 AutoCAD 完成施工所需要的平面、立面、剖面、详图大样等施工图纸的设计,创建带有建筑信息的三维模型。后来,随着对 BIM 理解的加深,Autodesk 将国内的 BIM 概念开始演变为“Building Information Modeling”,即将“BIM”作为一种工程方法在工程领域中应用。除强调三维参数化的功能外,人们越来越多地发现,BIM 可以应用在工程的设计、施工、运维等各个阶段,成为名副其实的革命性工程管理办法。

2004 年,Autodesk 公司推出“长城计划”合作项目,与在国内建筑业有重要地位的清华大学、华南理工大学和哈尔滨工业大学合作组建了“BLM-BIM 联合实验室”,共同合作在大学课程中推广 BIM 软件技术。同时,Autodesk 开始在各大设计院中推广以 Revit 为代表的 BIM 软件,助力设计院解决从 CAD 二维设计到三维协同设计的难题。由二维到三维,设计手段的进步带来无可比拟的技术优势。但在这一阶段,采用这一技术的设计企业并不多见,且仅在有限的项目中以尝试的方式应用在项目的建筑专业中。在这一阶段,受限于 BIM 软件的功能和普及度,BIM 技术的应用主要在特定项目、特定人群、特定专业中进行尝试性应用。BIM 这个词对于绝大多数工程行业的人来说还是比较陌生的。

在 2010 年上海世博会期间,大量的特、异形建筑设计的出现,直接推动了 BIM 技术在工程设计领域的深入应用。

2010 年,中建五局机电设备安装公司承接了香港恒隆地产在无锡投资的恒隆广场项目,恒隆集团要求在施工过程中应用 BIM 技术。经过研究与消化,该公司成功地将以 Autodesk Revit 为代表的 BIM 技术应用于施工过程中,开拓了包括机电深化、机电出图、预留预埋检查等多项以工程应用为代表的 BIM 应用手段。该项目的 BIM 应用,成为国内首批将 BIM 技术应用于施工过程的示范项目之一,也是将 BIM 技术从设计领域延伸到施工领域的重要标志,也让人们认识到在施工领域应用 BIM 技术所能带来的经济效益远远大于在设计阶段带来的经济效益。从此,中国的 BIM 应用步入飞速发展的快车道。

(2) 政策引导阶段

2011年,住房和城乡建设部印发《2011—2015年建筑业信息化发展纲要》,在该纲要中,明确提出“加快建筑信息模型(BIM)等新技术在工程中的应用;推动基于BIM技术的协同设计系统建设与应用”,这是BIM作为建筑行业新技术第一次出现在住房和城乡建设部的官方文件中。

2014年,住房和城乡建设部印发《关于推进建筑业发展和改革的若干意见》,在该意见中,再次提及“推进建筑信息模型(BIM)等信息技术在工程设计、施工和运行维护全过程的应用,提高综合效益”。第一次明确了BIM技术可以应用在设计、施工和运行维护的建筑全寿命周期中。这是国内BIM领域发展和应用的一次重要的推进,也由此引发了国内BIM推广和发展的热潮。上海、广东、深圳、北京、陕西等多地相关政府部门推出BIM的发展相关意见,极大地促进了BIM的应用。因此,有人将2014年称为“中国BIM元年”。

2015年,住房和城乡建设部印发了《关于推进建筑信息模型应用的指导意见》,指导意见明确提出BIM推广目标:“到2020年末,建筑行业甲级勘察、设计单位以及特级、一级房屋建筑工程施工企业应掌握并实现BIM与企业管理系统和其他信息技术的一体化集成应用。到2020年末,以下新立项项目勘察设计、施工、运营维护中,集成应用BIM的项目比率达到90%:以国有资金投资为主的大中型建筑;申报绿色建筑的公共建筑和绿色生态示范小区。”该文件除明确了2020年末BIM应达到的应用范围外,同时还进一步明确了BIM属于“与企业管理系统”的“集成应用”,明确了BIM的过程管理特征。笔者认为,该指导意见是对Building Information Modeling全面而准确的解读。

而在近年一些装配式建筑的技术指导意见中,也纷纷将“积极应用建筑信息模型技术”作为装配式建筑的应用要求。例如,在2016年9月27日由国务院办公厅印发的《关于大力发展装配式建筑的指导意见》指出:“统筹建筑结构、机电设备、部品部件、装配施工、装饰装修,推行装配式一体化集成设计。积极应用建筑信息模型技术,提高建筑领域各专业协同设计能力”,将BIM与装配式建筑紧密联系在一起。在该政策的带动下,各地政府在装配式建筑相关的文件中,也积极要求BIM技术的推广。例如2017年北京市人民政府在《关于加快发展装配式建筑的实施意见》中提出:“统筹建筑结构、机电设备、部品部件、装配施工、装饰装修,推行装配式建筑一体化集成设计。推广通用化、模数化、标准化设计方式,积极应用建筑信息模型技术,提高建筑领域各专业协同设计能力,加强对装配式建筑建设全过程的指导和服务。政府投资的装配式建筑项目应全过程采用建筑信息模型技术进行管理。鼓励设计单位与科研院所、高等院校等联合开发装配式建筑设计技术和通用设计软件。”

这些政策的出台,从政策层面为我国BIM的发展指明了道路,使BIM推广和应用成为行业中的“必须”之路。

1.3 BIM 技术在项目全生命周期中的应用

如图1.1所示,BIM技术在全生命周期项目管理中的应用,主要涵盖前期策划阶段、设计阶段、施工阶段以及运营维护阶段。此外,还包括BIM在竣工验收阶段的应用。