

QIAOLIANG GONGCHENG YU SHIGONG JISHU YANJIU

桥梁工程与施工技术研究

■ 主编 田建德 刘保权 马美琴 黄 震



黄河水利出版社

桥梁工程与施工技术研究

主编 田建德 刘保权 马美琴 黄 震

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书是一本有关桥梁工程与施工技术研究的专著。全书共分为8章,包括BIM基础理论及其应用情况、EPC建设模式在桥梁维修加固工程中的应用、多点柔性墩顶推施工桥梁技术、桥梁减震支座的设计技术、清水混凝土施工技术在桥梁工程中的应用、复杂水文地质条件下的桥梁水上基础施工技术、桥梁工程施工风险安全技术、桥梁施工风险管理方法等内容。

本书层次分明、条理清晰、逻辑性较强,深入浅出地介绍了桥梁施工技术及应用,可读性强,便于读者理解,可作为桥梁施工人员的参考用书,也可供与桥梁相关专业的人士阅读、研究。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程与施工技术研究/田建德等主编. —郑州:
黄河水利出版社,2016.10

ISBN 978-7-5509-1100-0

I. ①桥… II. ①田… III. ①桥梁施工-研究
IV. ①U445.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第246483号

组稿编辑:贾会珍 电话:0371-66028027 E-mail:110885539@qq.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:郑州龙洋印务有限公司

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:13.25

字数:322千字

印数:1—1 000

版次:2016年10月第1版

印次:2016年10月第1次印刷

定价:32.00元

《桥梁工程与施工技术研究》

编者名单

主 编:田建德(衡水橡胶科技股份有限公司)

刘保权(衡水橡胶科技股份有限公司)

马美琴(衡水橡胶科技股份有限公司)

黄 震(中南大学土木工程学院)

副主编:王广业(衡水橡胶科技股份有限公司)

刘新良(衡水橡胶科技股份有限公司)

孙旭阳(保定交通建设监理咨询有限公司)

张金辉(唐山学院)

李军丽(平顶山市凯达工程监理处)

叶春波(平顶山市凯达工程监理处)

李宏岩(平顶山市农村公路管理处)

刘志献(南阳交通建设投资有限公司)

前言

桥梁工程与施工技术研究在工程领域发展中广为实践,并取得了显著的成效。不同桥梁类型所采用的施工技术和方法也不尽相同,因此针对桥梁工程与施工技术研究具有重要意义。

针对桥梁工程与施工技术研究,特别是桥梁施工技术与减震材料等方面的研究,衡水橡胶科技股份有限公司的研究小组与中南大学、唐山学院和各企业单位相关研究人员持续开展了交流与合作,在相关领域也取得了一定的成绩。经过多方联合工作组历时近2年开展的针对桥梁工程及施工技术相关理论与应用方法的梳理,形成了面向桥梁施工与管理的一套具有较强操作指导意义的理论与方法,并以《桥梁工程与施工技术研究》为题的书稿形式向业内及相关领域研究和从业人员出版发行。在这部书稿的成果基础上,联合工作组还进一步扩展,以某些桥梁工程为主要工程背景,系统地提出了在桥梁施工过程中可能产生的风险和应该采取的风险管理方法,最终结成本书。

本书基于BIM技术的4D施工进度管理的优势及流程,创新性地提出了对桥梁工程的施工进行精细化的进度模拟,就EPC建设模式在桥梁维修加固工程中的应用进行研究;特别是对顶推法施工技术在桥梁工程中的应用进行了分析,并应用于工程实际中;减震是桥梁工程施工中的重点和难点,对于减震材料的选择和减震方法提出了极高的要求,桥梁结构在 seismic 波激励下的强迫振动是随机振动,求解结构地震反应是相当复杂的。因此,桥梁的抗震计算早期采用简化的静力法,20世纪50年代后期发展了动力法的反应谱理论,近20年来对重要的地震反应中复杂的结构物采用了动力法的动态时程分析法;清水混凝土是桥梁施工中常见的材料,特别是随着大家对建筑审美观的升华和环保要求的提高,清水混凝土材料应运而生,在桥梁工程中的应用也越来越多;复杂水文地质条件下的桥梁水上施工技术已经成为大型桥梁施工中的关键技术,不可预见的因素也多,因此需要对桥梁施工过程中可能产生的风险进行研究,提出安全控制技术及管理方法。在施工过程中,不同梁段混凝土的龄期、结构荷载、几何特性及边界条件等都在不停地改变,人员、施工机械和管理因素也在不断地变化,因此风险事态发生的概率和损失也随之变化。为了增强对桥梁施工风险的直观性,我们从桥梁施工的三大目标,即进度、质量、费用方面对风险进行分类和识别;根据不同的影响因素,选用不同的方法进行风险估计;运用层次分析法对项目的单一风险因素进行排序,结合AHP与模糊综合评判的优点对项目总体风险做以评价;对于风险应对提出了一些原则性的方法和思路。

本书始终以理论与实践紧密结合为指导思想,在桥梁工程施工理论方法的阐述中适当引用其他工程实例来实证理论与方法的可行性、有效性和实用性。

全书由田建德、刘保权、马美琴总体策划,由田建德、刘保权、马美琴和黄震组织落实,并且联合了王广业、刘新良、孙旭阳、张金辉、李军丽、叶春波、李宏岩、刘志献等成员分工合作完成了各章节的撰写。参与研究并撰写本书各章节的人员具体分工如下:

第1章:田建德、刘保权、马美琴、黄震、张金辉、孙旭阳;

第2章:刘保权、田建德、黄震、张金辉、王广业、刘新良;

第3章:马美琴、田建德、刘保权、孙旭阳、李军丽、叶春波;

第4章:田建德、刘保权、马美琴、王广业、刘新良;

第5章:刘保权、田建德、马美琴、李军丽、叶春波、刘志献、李宏岩;

第6章:田建德、刘保权、黄震、李宏岩、刘志献、李军丽、叶春波;

第7章:马美琴、黄震、刘保权、孙旭阳、刘志献、李宏岩、王广业;

第8章:黄震、马美琴、田建德、张金辉、刘新良。

本书的各项研究工作是各方多年来合作研究的成果,更是衡水橡胶科技股份有限公司相关研究人员工作成果的汇总。在本书的相关内容研究和撰写过程中得到了来自中南大学黄震博士的参与和指导,也得到了唐山学院张金辉老师的参与和帮助,还有平顶山市凯达工程监理处李军丽和叶春波高级工程师、南阳交通建设投资有限公司刘志献总工程师、平顶山市农村公路管理处李宏岩工程师、保定交通建设监理咨询有限公司孙旭阳高级工程师的参与和帮助,在此向他们致以深深的谢意!同时,本书研究和成稿过程历时较长,参与人员的家人也给予理解与支持,一并表示感谢!最后,还要特别感谢黄河水利出版社的诸位编辑!是他们的热心和耐心促成了本书的顺利出版。

本书的撰写力求理论与实践相结合,一方面能从理论上比较系统地梳理提出一套桥梁工程施工技术的方法,另一方面能从我国桥梁工程施工的实践中来予以辅证,但从撰写组织到编辑出版过程时间上仍略显仓促,加之团队成员学识水平有限且参与人员较多,仍有表述繁简不一、理论欠缺实践等现象存在。而且,随着工程建设中一些新技术的应用,桥梁工程施工技术的理论与方法也仍需要持续研究和发展,也还需要实践作为支撑。本书内容可能会存在一些谬误和不足之处,敬请读者批评指正!

田建德

2016年9月

目 录

第1章 BIM 基础理论及其应用情况	(1)
第1节 BIM 概述	(1)
第2节 BIM 的应用现状及问题分析	(3)
第3节 桥梁工程可视化施工技术	(6)
第4节 变截面桥体 BIM 模型的建立与施工应用	(11)
第5节 变截面桥体 4D 施工进度精细化模拟	(20)
第2章 EPC 建设模式在桥梁维修加固工程中的应用	(24)
第1节 EPC 总承包工程项目管理模式的内涵、特征、优势	(24)
第2节 EPC 总承包工程项目管理模式面临的现实问题	(25)
第3节 完善 EPC 总承包工程项目管理模式	(26)
第4节 各运行阶段项目管理内容	(27)
第5节 项目组织机构和岗位责任制的建立	(28)
第6节 项目实施过程目标管理	(29)
第7节 EPC 管理模式的相关问题	(31)
第3章 多点柔性墩顶推施工桥梁技术	(33)
第1节 顶推的概况及技术应用和设计情况	(33)
第2节 顶推施工	(40)
第4章 桥梁减震支座的设计技术	(47)
第1节 桥梁减震概述	(47)
第2节 桥梁减震支座	(53)
第3节 桥梁抗震设计方法	(58)
第4节 桥梁减震设计	(60)
第5节 功能分离式减震支座	(63)
第6节 铅芯橡胶支座(LRB)的工作机制	(65)
第7节 小 结	(65)
第5章 清水混凝土施工技术在桥梁工程中的应用	(67)
第1节 概 述	(67)
第2节 郑州市嵩山南路与南四环新建工程质量控制实例	(72)
第3节 清水混凝土施工工艺	(76)
第4节 清水混凝土原材料的选用及配合比设计与试验	(86)
第5节 清水混凝土外观质量验收标准	(95)
第6节 清水混凝土在施工过程中所遇到的问题及解决对策	(97)
第6章 复杂水文地质条件下的桥梁水上基础施工技术	(100)
第1节 桥梁水上基础施工概论	(100)

第2节 不同水文地质条件下的桥梁基础施工工艺比选 (105)

第3节 潮汐水域条件下的沉井基础施工技术 (109)

第4节 复杂水文地质条件下的钻孔灌注桩基础施工技术 (115)

第5节 水上承台施工技术 (130)

第6节 小 结 (157)

第7章 桥梁工程施工风险安全技术 (159)

第1节 桥梁工程施工风险评估理论 (159)

第2节 施工过程风险安全控制体系 (167)

第3节 施工风险决策和管理体系 (171)

第8章 桥梁施工风险管理方法 (177)

第1节 简 介 (177)

第2节 风险管理概述 (179)

第3节 工程项目风险识别 (182)

第4节 工程项目风险估计 (185)

第5节 工程项目风险评价 (188)

第6节 工程项目风险应对 (193)

第7节 桥梁施工风险管理 (196)

参考文献 (203)

第 1 章 BIM 基础理论及其应用情况

第 1 节 BIM 概述

1 BIM 的概念及其作用

1.1 BIM 的概念

BIM 的英文全称为“Building Information Modeling”,中文意思为“建筑信息模型”。从字面意思上看,不能把 BIM 简单地理解成一种软件或一种模型,而是一种技术、一种理念、一种全新的生产作业方式。BIM 是指在计算机中建立参数化、数字化的信息模型来模拟建筑物或构筑物所具有的全部真实信息,是对工程项目各种相关信息的详细表达。直观地讲,BIM 就是利用三维仿真技术,在计算机虚拟世界中建立真实建筑物的三维模型,这个三维模型包含了大量的建筑物信息。这个虚拟的三维模型就称为 BIM 模型,该模型可以理解成是一个具有建筑物各种工程信息的三维数据库。工程技术人员能够利用 BIM 模型,通过从中提取各种需要的信息,对建设项目的规划、设计、施工及运行维护等阶段进行管理,实现 BIM 在工程建设全周期的应用。

当然,BIM 模型不是工程信息简单地堆积,而是信息参数化地集成。这些信息不仅包括 CAD 图形中具有常规几何尺寸、标高等基本信息,还包含大量的非几何信息,例如材料的耐火等级、构件的弯矩设计值、混凝土构件的配筋信息、施工进度信息、采购成本信息等。BIM 模型中所集成的信息都可以通过参数化的手段进行关联,从而一旦模型中某个参数发生改变,模型实体能自动地进行更改,与之相关的参数也能自动更新。BIM 模型的维度是多维的,最简单的就是三维模型,也就是我们常说的 3D 几何空间模型。若在 3D 几何空间模型中加入时间信息,此时的 BIM 模型就多了一个维度,变成 4D 模型了。当然,倘若再赋予成本信息,那就得到了能表达工程成本信息的 5D 模型。依此类推,我们甚至可以将 BIM 模型扩展到 6D、7D 乃至 nD ,就目前 BIM 的研究应用情况而言,BIM 模型最多只能达到 5D。基于 BIM 模型的多维性,其模型包含的信息也是以多种形式存在,除了表达空间几何构造的常规静态信息,BIM 模型中更重要的数据信息则是以动态的形式存在,例如建立施工管理子模型来模拟复杂结构的施工过程、赋予时间轴模拟整个工程施工进度等。

1.2 BIM 的作用

基于 BIM 的三维信息数据模型,BIM 具有可视化、协调性、模拟性、优化性、信息输出性五大特点(详见表 1.1)。

表 1.1 BIM 的特点分析

BIM 的特性	具体说明
可视化	(1)三维模型的立体实物图形可视,所见即所得; (2)项目规划、设计、施工、运行维护等全生命周期可视化; (3)协助项目成员沟通、讨论与决策
协调性	(1)协调多专业,减少相互之间的“不兼容”; (2)协调各阶段,减少不合理的设计变更及施工方案变更
模拟性	(1)3D 模拟,如以三维动画模拟施工; (2)4D 模拟,增加时间维度,如 4D 进度模拟; (3)5D 模拟,增加成本维度,如 5D 成本管理
优化性	充分利用模型中大量的信息来对设计方案、施工方案等进行优化
信息输出性	精细化的 BIM 模型能输出施工图纸及工程量报表等信息

BIM 的这些特点决定了其在工程领域的作用。根据欧特克公司在我国的一项调查显示,BIM 在工程上的应用价值主要体现在以下五个方面,即成本控制、减少设计变更、提高项目品质、协助理解设计意图、碰撞检查与设计校核等。其中,BIM 用于碰撞检查和设计校核所占比例最大,达到 68%;BIM 用于成本控制的比例最低,仅为 36%,究其具体原因在于目前我国的工程量定额与清单体系规则的特殊性。

2 BIM 实施原理及软件

2.1 BIM 的实施原理

BIM 在计算机中以虚拟三维模型来模拟真实的建筑物,那么 BIM 模型就成为技术的核心。BIM 在建筑工程领域的工作流程大体如下:在设计阶段,建筑、结构、水暖电、总图等专业各自建立 BIM 模型,然后通过模型整合软件对各专业的 BIM 模型进行汇总形成项目的 BIM 综合模型;随着工程建设阶段的推移,BIM 综合模型也向后流转,同时后期与施工、运维等相关信息也被添加到 BIM 综合模型中。在工程建设各阶段,BIM 综合模型包含了该项目大量的信息,工程人员可以从模型中提取自己所需的信息,通过对模型进行相关的分析、操作即可实现一系列 BIM 应用,如可视化展示、二维图纸输出、进度模拟等,从而实现对该工程各个建设阶段的高效管理。

2.2 BIM 常用软件

BIM 是一种先进的技术理念,那么如何来实现 BIM 则需要相关的硬件和软件支撑,硬件主要指高性能计算机及相关的移动设备。而当前软件技术的快速发展为 BIM 技术的实现提供了一个强大的平台,各大软件厂商都在开发自己的 BIM 软件。目前在我国使用比较广泛的 BIM 软件及其基本信息如表 1.2 所示。

当然,BIM 软件的种类远不止表 1.2 中所列。用于 BIM 的常用软件大体上分为两类,一类是模型创建软件,主要用于各类 BIM 实体模型的建立,如 Revit;另一类是模型整合、分析软件,主要用于各专业、各类型 BIM 模型与模型的整合分析处理,如 Navisworks。按照适

用领域来分,BIM 软件又可分为结构设计分析软件(如 Revit、PKPM)、能耗分析软件(如 Ecotect)、施工阶段软件(如 Luban)、工程管理软件(如鲁班管理驾驶舱 MC)等。

表 1.2 BIM 软件分类

产地	软件公司	软件名称	适用范围	国内客户
美国	Autodesk	Revit Civil 3D Navisworks	民用建筑、桥梁 道路、铁路 全体	使用最广泛、市场份额最大
	Bentley	MicroStation	工厂和基础设施	上海宝钢设计院
	Trimble	Sketchup	全体	建筑、规划、园林、景观等设计公司
芬兰	Progman	MagiCAD	机电专项	中铁建设集团有限公司、信息产业部电子十一院
	Tekla	Xsteel	钢结构	鸟巢项目
匈牙利	Graphisoft	ArchiCAD	建筑专项	中国建筑设计院、联创国际
中国	鲁班	Luban BIM 软件	工民建(建造阶段)	中建二局(沪)、中铁三局等施工企业
	广联达	GICD	工民建(施工图设计、造价阶段)	天津建院、天大总院等

第 2 节 BIM 的应用现状及问题分析

1 BIM 在国内的发展历程及政策环境

1.1 国内 BIM 技术的发展历程

由图板手工设计到 CAD 辅助设计,是工程行业的第一次变革;目前,二维向三维的过渡和升级也将成为工程行业的第二次变革,BIM 在工程建设行业的应用势不可挡。2010 年以前,BIM 在国内还被称为 BLM(工程项目生命周期管理)。2010 年被称作我国的“BIM 元年”,从那时起国内很多大型建筑企业已开始尝试使用 BIM 技术,将其应用到复杂、特殊项目上。但那时的 BIM 还只是在设计领域鲜有发展,尤其是在建筑设计领域。

中华人民共和国住房和城乡建设部(以下简称住建部)于 2011 年 5 月在《2011—2015 年建筑业信息化发展纲要》一文中明确指出要推进 BIM 技术从设计阶段向施工阶段的应用拓展,降低信息传递过程中的流失,研究基于 BIM 的建筑工程可视化施工技术,该纲要的颁布正式开启了 BIM 在我国工程施工行业中应用的大门。自此,BIM 对工程建设者而言已不再陌生。如今,国内各大设计院、大型施工单位均在不同程度地使用 BIM 技术,相关的 BIM 咨询单位也相继出现,可以说 BIM 技术在我国正发展得如火如荼。

1.2 BIM 技术的政策环境

当前,国家出台了一系列文件支持 BIM 技术的发展,有些地方甚至强制要求某些政府投资项目必须使用 BIM 技术。自从 2011 年住建部发布《2011—2015 年建筑业信息化发展纲要》后,2013 年 4 月,《关于推进 BIM 技术在建筑领域内应用的指导意见》课题编写工作启动。之后住建部又发布了《关于征求关于推荐 BIM 技术在建筑领域应用的指导意见(征求意见稿)的函》,函中也明确指出政府投资的大型项目的设计、施工中要采用 BIM 技术;2014 年 7 月,住建部发布的《关于推进建筑业发展和改革的若干意见》中指出,推进 BIM 等信息技术在工程各建设阶段的应用。

随着 2014 年住建部对 BIM 技术的大力推广,各地方政府对 BIM 的关注度也持续升温,其中以上海市在 2014 年 10 月颁布的《关于在本市推进 BIM 技术应用的指导意见》对 BIM 的推广力度最大,该意见提出从 2017 年起,上海市政府投资的 1 亿元以上的项目要在设计、施工等阶段应用 BIM 技术。其他地方政府及省厅也颁布了与 BIM 相关的政策法规,具体如表 1.3 所示。

表 1.3 各地 BIM 政策举要

时间 (年·月)	发布单位	发布意见	主要内容
2014.7	山东省 人民政府	《关于进一步提升 建筑质量的意见》	明确提出推广 BIM 技术
2014.9	广东省 住建厅	《关于开展建筑信 息模型 BIM 技术推 广应用工作的通知》	建立省级 BIM 标准体系;2016 年底,相关的大型项 目普遍应用 BIM 技术等
2014.10	上海市 人民政府	《关于在本市推进 BIM 技术应用的指 导意见》	逐步推广 BIM 技术的试点应用,至 2016 年底,本市 主要工程建筑企业普遍具备应用 BIM 技术的能力
2014.10	陕西省 住建厅	《陕西省级财政助 推建筑产业化》	提出推广应用 BIM 技术进行施工组织信息化管理

综上所述,国家推广 BIM 技术的力度正越来越大,因此探索研究 BIM 技术在各类工程设计、施工、运营管理中的应用迫在眉睫,也意义巨大。

2 BIM 在工程中各阶段的应用概况

BIM 技术发展至今,已从最初的设计阶段的应用拓展到投标阶段、施工阶段以及运营管理阶段,相关的 BIM 应用也由简单的、初级的应用逐渐过渡到高级的应用。起初,BIM 主要用于设计阶段,且仅仅用在建筑设计领域,主要用来表现异形的建筑方案;随后 BIM 开始被用于结构设计领域,国内已有大型设计院开始尝试三维设计,并设计出施工图。目前,国家对绿色施工的要求越来越高,BIM 在投标阶段和施工阶段的应用也开始深入,BIM 开始发挥其在施工阶段的作用。

BIM 的应用从设计阶段拓展到施工阶段表明 BIM 技术开始落地,只有充分发掘 BIM 在

工程施工中的价值(见表 1.4),才可能有效地解决当前施工活动中粗放式管理的问题,从而实现精细化施工管理,真正为工程项目的建设提供便利,实现绿色施工与科技施工。

表 1.4 BIM 在工程各阶段的应用价值

建设阶段	应用情况	意义
投标阶段	(1)在商务标方面,利用 BIM 进行成本预测与控制; (2)在技术标方面,采用 BIM 技术可视化的展示工程建设内容,并模拟施工过程,提高技术标分数	BIM 可以作为投标阶段的一大亮点,很多招标人明确要求投标人应用 BIM 技术
设计阶段	(1)改变传统的二维设计模式,进行单专业三维设计、导出三维施工图纸; (2)多专业协同设计、提前发现多专业间的不衔接	BIM 技术引领设计行业的第二次变革
施工阶段	(1)施工准备阶段:利用 BIM 进行施工场地布置模拟、专项施工方案模拟、高大支模区查找、图纸会审等; (2)施工阶段:利用 BIM 模型进行施工前交底、3D 文档指导施工、复杂施工节点模型可视化、4D 施工进度控制、材料限额领料、工程量数据导出等	BIM 的重点使用阶段在施工准备阶段及施工阶段,所以 BIM 的价值还有待深入挖掘
运维阶段	(1)工程设计、施工信息存储,发挥 BIM 模型的延续性; (2)三维实时检修	

3 BIM 在设计和施工应用中存在的问题

在我国,传统的设计、施工流程是甲方委托设计方对项目进行设计,设计方将设计图纸交付给施工方,施工方按图纸施工。在引入 BIM 后,设计方和施工方的生产模式都发生了变化,设计方的设计成果不仅仅只是二维图纸,更多的则是 BIM 模型。今后,设计方将设计 BIM 模型交付给施工方后,施工方可将此 BIM 模型作为施工的依据。而在施工中引入 BIM 后,施工方关注的是如何利用 BIM 提高施工效率、节省成本、缩短工期。而我国 EPC 模式的发展比较滞后,受资质的限制,设计和施工都是不同的主体,此时设计方的 BIM 模型中缺少施工时所需的相关信息,因此设计方的 BIM 模型对施工方来说往往只是一个施工依据,不能被再次使用,对施工管理起不到实质性作用。有关设计阶段 BIM 模型与施工阶段 BIM 模型的区别如表 1.5 所示。

表 1.5 设计阶段、施工阶段 BIM 模型的差异

区别	设计阶段 BIM 模型	施工阶段 BIM 模型
模型实体	模型侧重于项目本身,例如设计模型中主要包含梁、板、柱、门窗等	模型除了项目本身,还必须有一系列施工阶段涉及的其他设施,如脚手架、模板、支护结构等
其他关联信息	侧重图纸信息表达	侧重项目施工过程的表达
目标	提高设计效率,成果作为施工的依据	有效指导施工,减少返工、节省成本、缩短工期、提高质量

由表 1.5 可知,BIM 在设计和施工上应用存在的一个问题就是 BIM 模型的不衔接。其原因在于设计阶段和施工阶段的工作模式及工作内容几乎完全不同,设计阶段主要侧重于利用 BIM 技术进行三维设计以及图纸输出,而施工阶段则侧重于应用 BIM 技术的高度可视化特性进行施工指导,提高施工效率。因此,BIM 在设计阶段与施工阶段的模型存在较大差异,且设计阶段的模型转到施工阶段后,模型信息的利用率低,这导致 BIM 在设计阶段和施工阶段的应用不衔接。目前在我国,设计师还难以适应基于 BIM 的三维设计模式,因此很多项目在设计之初并未引进 BIM 技术。为发挥 BIM 在施工中的价值,很多施工单位只能依靠设计院提供的二维施工图建立 BIM 模型(俗称“翻模”)以指导施工,并以此来校对设计方案,找出设计中的错误,减少返工。综合来看,BIM 在施工阶段的应用才更具实施意义,它在施工阶段的应用还有待研究和发展。

本节阐述了 BIM 的基本概念及其实施原理,介绍了常用的 BIM 软件,总结了 BIM 在国内的发展历程和 BIM 在我国的政策环境,从中可知,目前我国政府正大力推广 BIM 技术,BIM 面临的发展机遇重大。BIM 技术的使用由最初的设计阶段拓展到施工阶段,其在施工阶段的价值也开始凸显,本节总结对比了 BIM 在工程各建设阶段的应用情况,并分析了 BIM 在设计和施工应用中存在的问题,指出 BIM 模型在设计和施工中不衔接的地方,而 BIM 的实施最终要落实到施工阶段,由此得出 BIM 在施工阶段的应用还有待研究和发展。

第 3 节 桥梁工程可视化施工技术

1 桥梁施工面临的挑战

随着我国基建投资力度的加大,建设的桥梁数量越来越多。桥梁作为人们出行必不可少的一种构筑物,其发展也在慢慢突破传统,同时也给桥梁的施工带来越来越多的困难。目前桥梁工程正朝以下几个方向发展:

(1)长度更长、跨度更大、宽度更宽。

随着经济和交通的发展,为了提高桥梁的通行能力,桥梁的跨度越来越大,长度越来越长,宽度也越来越宽。桥梁设计的技术日益精湛,高强轻质新材料的使用也越来越广泛,但这势必会给桥梁施工带来巨大的挑战,因此桥梁施工所用的机械设备、施工技术也必须不断更新,跟随设计的脚步。

(2) 异形程度高。

现代桥梁不仅要满足交通功能,还要与周边环境保持协调,且要注重美学与空间造型,因此现代桥梁的异形化程度越来越高,导致桥梁的结构形式也越发复杂(例如变宽度截面、变厚度截面等),这也给施工带来了很大的困难。

(3) 城市桥梁多。

如今城市交通量日益增长,为满足城市的功能,各类高架桥、跨线桥、跨海桥大量建设。而城市桥梁的施工会给城市的交通和自然环境造成很大的影响,这就需要寻求更好的施工方法与合理的施工管理体系,以缩短工期、减少对城市的影响,实现绿色施工。

以上三个因素给桥梁工程的施工带来了巨大的挑战,桥梁施工领域亟须先进的施工技术与管理手段。

2 可视化施工技术概述

2.1 可视化技术概述

(1) 可视化的概念。

可视化可理解为“所见即所得”,它是利用计算机显示技术和图像处理技术,将数据信息以图像、图形或模型的方式显示在电子屏幕上,并进行交互处理的理论、方法和技术。随着计算机技术的发展,可视化发展的程度越来越高。传统的可视化主要以二维平面图形表示,逐渐发展到以图像表示,如今可视化能以三维模型来表示。随着可视化实现的程度越来越高,可视化技术在工程领域、制造领域、计算机领域得到了广泛的应用和发展。

(2) 可视化技术的内涵。

可视化技术即三维表现技术,它是在计算机中再现三维世界中的物体,用三维形体来表达真实的物体。可视化技术以计算机软硬件为基础,为用户提供一个虚拟的三维环境,在此三维环境中用户与计算机能进行良好的交互,这种交互方式将人与机器的沟通变得更加简单,它将大大提高用户的工作效率,甚至改变了传统的生产作业方式。例如建筑工程师可以从二维平面图中得以解放直接进入到三维虚拟模型中,打破传统二维设计的方式,利用可视化技术进行三维设计。

2.2 可视化施工

(1) BIM 与可视化。

广义地讲,在工程领域,CAD 二维图、照片、电脑效果图、BIM 模型、电脑动画都属于可视化的范畴。CAD 技术是可视化程度比较低的一种工具,而 BIM 则是可视化程度比较高的工具,可视化是 BIM 技术的一种体现。BIM 模型中包含项目的几何、物理和功能等完整信息都是可视化的信息。

(2) 可视化施工。

可视化程度一直是衡量施工效率的一项重要指标。随着 BIM 技术的发展,BIM 在施工中的应用也越来越多,施工可视化的程度越来越高,可视化施工的价值也逐渐被认可。可视化施工为新时期的项目管理提供了新的思路,打破了传统的施工作业模式,促进了施工过程中信息的共享与传递;可视化施工技术能解决施工过程中面临的很多难题,如大型复杂工程的施工,空间异形工程的施工定位难题等,基于 BIM 的可视化施工改变了建筑业粗放的管理方式,在未来必将发挥它的潜在价值。

3 BIM 在桥梁工程可视化施工中的应用

桥梁工程与建筑工程都属土木工程的范畴,探索基于 BIM 的桥梁工程可视化施工技术可以先从建筑工程 BIM 施工技术着手。目前,在建筑工程施工中成功运用 BIM 技术的案例不少,近年来的工程有上海中心大厦、徐州奥体中心体育场、中国博览会会展综合体项目、凤凰国际传媒中心等项目。在施工企业中,属中国建筑第八工程局有限公司对 BIM 的重视程度最高,其 80% 的施工项目都在使用 BIM 技术,并且组建了各级 BIM 技术机构,可见 BIM 技术的应用正日趋成熟。

经过归纳总结 BIM 施工应用案例,本文将 BIM 技术在建筑工程中的应用分为两个层面:一是技术层面,即基于 BIM 的施工关键技术;二是在管理层面,即基于 BIM 的 4D 施工进度管理、基于 BIM 的施工场地布置优化、基于 BIM 的施工资源动态管理等,现将 BIM 在建筑工程施工中的应用点汇总在表 1.6 中。

表 1.6 BIM 在施工技术层面的应用

应用类型	具体应用点	应用简述	目标
施工关键技术	管线综合、碰撞检查	搭建各专业的 BIM 模型,然后整合到一个综合模型中,进行碰撞检查或直接在三维模型中查找各专业之间的冲突	施工前发现各专业间的错漏碰缺,减少设计变更,提高施工效率、缩短工期、节省成本
	施工方案模拟	对重要的施工环节或采用新施工工艺的关键部位的施工进行预演,提高复杂施工过程的可建性(例如施工模板、复杂梁柱搭接、锚固等)	直观地了解整个施工过程中的时间节点和关键工序,把握施工难点和要点,对原有施工方案进行优化
	数字化建造	搭建预制构件的 BIM 模型,交予厂家,厂家按照 BIM 模型中提供的精确信息进行生产	提高预制构件的生产精度和生产效率,缩短生产时间,预制进度易于控制
	施工现场交底	BIM 模型成为工程人员沟通的平台,在 BIM 模型的三维环境下进行现场交底,以 3D 文档取代烦琐的平、立、剖二维图纸	提高交底效率,减少工程人员协同的时间,加深对施工工作的理解,提高施工效率
	净高、净宽检查	检查相关位置的净高、净宽是否满足要求	动态化地控制施工
	洞口预留	以可视化的 BIM 模型为依据,对施工中的洞口提前预留	做到事前控制

从表 1.7 可知,BIM 技术在建筑工程中的应用点众多,若将这些应用点成功地拓展到桥梁工程施工中,势必会给桥梁工程施工带来客观的效益。基于上文对桥梁工程施工难点及 BIM 可视化技术的介绍,现展开对 BIM 技术在桥梁工程施工中应用的探索与展望。

表 1.7 BIM 在施工管理层面的应用

应用类型	具体应用点	应用简述	目标
4D 施工进度控制	施工进度模拟	将 BIM 模型与进度计划结合,将空间信息与时间信息整合在一个 4D 模型中,模拟整个施工进度,协助制订合理施工计划	获得投标优势,动态地管理施工进度,对关键工序进行施工模拟,实时监控整个施工过程,缩短工期
施工场地布置	场地空间管理	施工前模拟施工场地布置,优化材料堆场,规划合理的机械进出路线,合理地使用有限的场地空间	合理地供应进场材料,减少窝工;降低材料的二次搬运率,节省成本
施工资源管理	人、村、机资源配置	施工材料、机械、劳动力的供应与分配以及资金供应等内容	做到限额领料,机械、劳动力资源合理配置

3.1 基于 BIM 的施工关键技术

3.1.1 3D 文档模拟施工

基于 BIM 施工模型,采用图片加文字的形式,打印制作 3D 文档,模拟复杂施工过程或采用特殊工艺的施工方案等。3D 文档可直接拿到工地现场作为施工指导依据,工人接受度高,易于理解,方便携带。3D 文档比施工动画更加具备操作性,真正地将 BIM 技术搬进工地。

3.1.2 可视化施工交底

在现场施工交底时,打破常规的书面交底方式,直接采用 BIM 三维模型,多角度地展示施工内容和施工工序,施工人员可按照自己易于接受的角度理解施工内容(见图 1.1)。可利用 BIM 模型进行二维出图,指导复杂结点的施工,指导工人准确定位钢筋、模板,避免了图纸的误读、不理解造成返工。



图 1.1 施工现场 BIM 模型可视化交底

3.1.3 预应力钢筋排布模拟方案

施工前,模拟钢筋、波纹管及预应力筋的排布,并对钢筋和预应力筋进行碰撞检查,发现