



BIM思维与技术
BIM Thinking and Technology
BIM技术工程应用实践系列

市政桥梁工程(宁波澄浪桥)

全流程 BIM

工程化应用

熊峰 郑荣跃 著



Building Information Modeling

桥梁实体模型搭建/协同设计/设计优化
模型深化/施工模拟/交通方案优化/管理平台搭建
Revit/Navisworks/Vissim 交叉运用

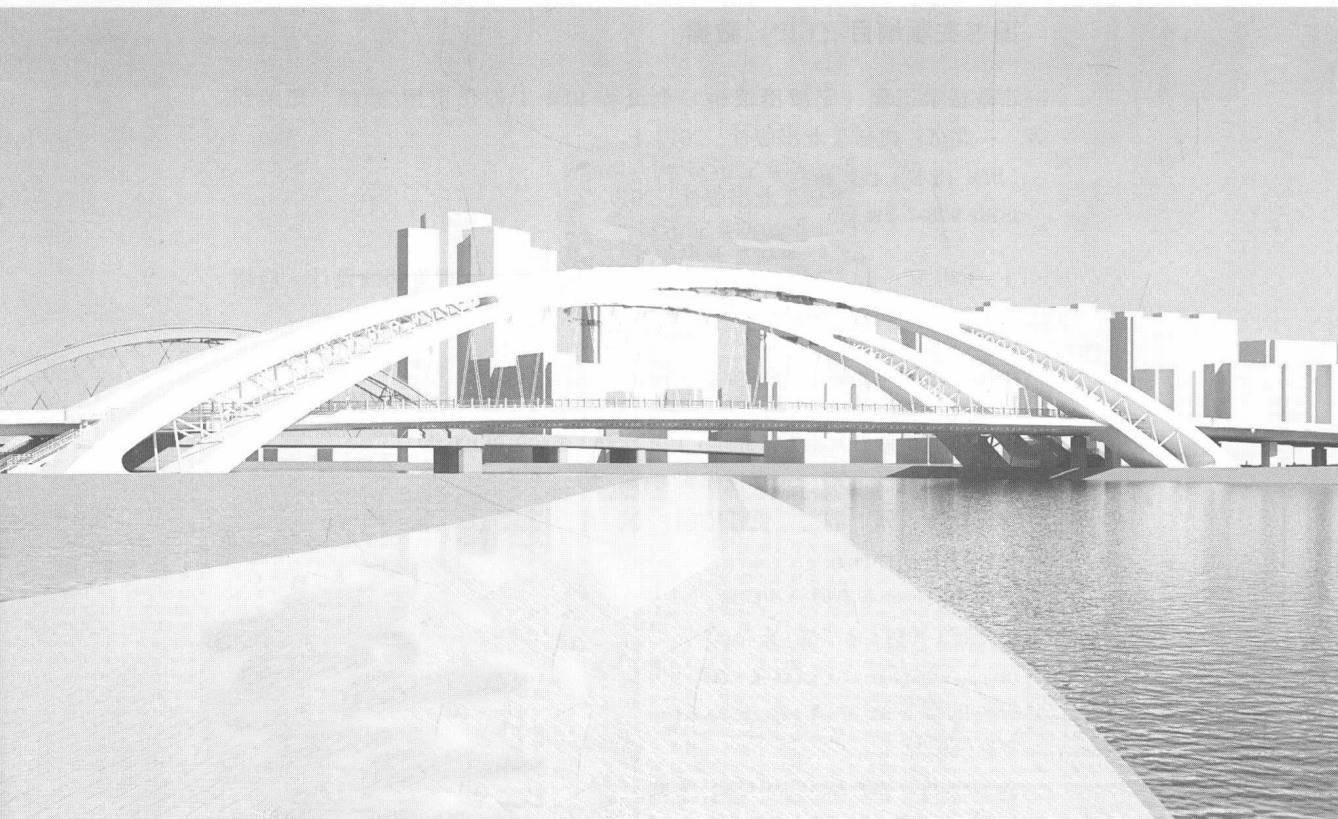


机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

BIM技术工程应用实践系列

市政桥梁工程（宁波澄浪桥） 全流程BIM工程化应用

熊 峰 郑荣跃 著



机械工业出版社

本书是一本详细介绍 BIM 技术在设计阶段、施工阶段和运维阶段等各个阶段应用的总结,其主要内容有:基于 Revit 的澄浪桥 BIM 模型搭建,包括主桥、引桥、管线和机械等各种模型的搭建;设计阶段的 BIM 应用,包括协同设计、设计优化和工程量核算等;施工阶段的 BIM 应用,包括设计模型深化、BIM 施工优化、施工误差分析、施工工艺模拟和交通组织方案优化等。

本书内容结合澄浪桥项目实际案例,通过项目实施过程中的一些具体操作,详细地向读者介绍了 BIM 应用过程的种种细节,不但是工程的实践经验总结,也是一本依托实践的 BIM 建模教程。

图书在版编目(CIP)数据

市政桥梁工程(宁波澄浪桥)全流程 BIM 工程化应用/熊峰,郑荣跃著. —北京:机械工业出版社,2017.1

(BIM 技术工程应用实践系列)

ISBN 978-7-111-55824-8

I. ①市… II. ①熊…②郑… III. ①桥梁工程—计算机辅助设计—应用软件 IV. ①U44-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 322358 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:汤攀 责任编辑:汤攀

封面设计:张静 责任印制:李洋

责任校对:孙成毅

三河市国英印务有限公司印刷

2017 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·20.75 印张·507 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-55824-8

定价:69.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:(010)88361066

读者购书热线:(010)68326294

(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

前言

近年来,国内外建筑工程界掀起了 BIM 应用的热潮。建筑产业的管理者越来越意识到,当前行业整体还存在生产方式效率不高和不具可持续性的现实,我国的建筑行业亟需一次系统的、可操作的产业优化升级,这正是从政府部门到建筑行业单业的共识。BIM 是这个变革中不可或缺的一环,而且是最基础、最重要的一环。

自查克·伊斯曼 (Chuck Eastman) 博士 20 世纪 70 年代中期提出建筑计算机模拟系统 (Building Description System) 以来, BIM 经历过多次从内涵到架构,从数据结构到图形运算,从运用模式到建模工具的提升和跨越。它在国内外一次次的成功运用中,展现出了非凡的生命力和创造力。这些案例揭示这样一个基本规律:摩尔定理的发展,使得建筑项目的信息管理边界不断得以扩充,管理颗粒度不断变细,管理的效率不断提升。

我们乐见 BIM 热潮的同时,也隐约为 BIM 应用的前景感到一丝忧虑。一位设计院的同志曾跟我们抱怨甲方的过分要求,模型深化到令人发指的地步;某单位盲目上一些软硬件,结果培训还没结束,参与培训的人员接二连三的以各种理由推脱告假;在业主单位招标硬性要求下,一些单位不得不外聘 BIM 团队,结果只能应付一些基本需求,模型一到施工阶段,根本无法使用。仿佛任何一个新技术的出现,从来没有遇到 BIM 如此这般的尴尬,其实建筑行业目前的困境与 20 多年前其他行业上 ERP 时的情景如出一辙。

我们不难发现,现阶段 BIM 应用面临着多个层次的挑战:

第一,各国的自然资源、气候条件、政治文化不同,在此背景下,建筑行业的发展水平和业务流程、法律法规差异巨大。由此,各国在开展 BIM 的时候,如何制定与本国国情相适应的 BIM 应用标准和技术体系?并在此基础上,如何对现有的业务流程进行优化和重组?如何在我国这种幅员辽阔且地区发展不均衡的情况下,制定一套切实可行的 BIM 标准体系?这个亟待解决的战略问题是 BIM 应用的第一大挑战。我们非常高兴地看到此类工作,在政府和国内专家学者的努力下正向前推进,相信不久的将来,一套适合我国的技术标准体系会为业界 BIM 应用提供强大的支撑。

第二,建设项目在不同的建设模式下, BIM 应用信息组织方式有很大差异,各类投融资模式下, BIM 技术的应用方式不同导致项目信息的生成、加工、存储、共享将会变得异常复杂,需要在实现建筑项目信息全生命周期表达的同时,又可实现信息基于角色的可控访问。同时我们也可以看到在项目实施的某些业务场景下,信息的共享和传递看似存在一些矛盾的地方。如何妥善地处理这些信息,这是 BIM 应用的第二大挑战。

第三, BIM 技术经过几十年的积累和技术更迭,几大具有代表性的软件厂商提供的软件产品非常丰富且功能强大,但是,我们也不难看到,这些软件还有很多不尽人意的地方:

①技术盲点还很多；②软件的互联互通仍然有许多障碍；③软件体系缺乏共享的接口；④我国自主的核心 BIM 软件仍然匮乏。此是 BIM 应用面临的第三大挑战。

第四，现阶段，建设流程上的各个单位对于 BIM 应用还存在思维惯性的障碍，出于对各自的经济利益的担忧，各功能单位仍然强调引入 BIM 技术后，业务调整不能转向各自不利的方面。这种思维的惯性缺乏一个强有力的推动力，使得许多单位在应用上还有一些犹豫。另一方面，许多单位在应用 BIM 时，仍然非常盲目，由于缺乏真正专业人员的指导，导致大量投资浪费。反过来这又挫伤了 BIM 应用的积极性。这是 BIM 应用的第四大挑战。

第五，由于 BIM 市场异常火热，并且行业目前对 BIM 提供商无资质要求，导致服务提供商如雨后春笋地涌现于市场中，这些提供商大多只能提供一些基本建模服务，较少具有研发能力，从业人员素质参差不齐，导致提供服务的水平差异巨大。这也是行业发展的一大挑战。

本书是对宁波市澄浪桥及接线工程 BIM 工程化应用的总结和回溯。项目团队于 2014 年初至 2016 年 7 月，开展了一系列的工作，相继完成了基于 Revit 的澄浪桥 BIM 模型搭建，包括主桥、引桥、管线和机械等的模型；设计阶段的 BIM 应用，包括设计优化和工程量核算等；施工阶段的 BIM 应用，包括施工模拟优化、误差分析和交通模拟等；在 Revit 和 Navisworks 基础上，开发了基于 Web 的信息集成管理平台，实现了项目各方的过程管理信息、质量信息、监理信息等与 BIM 模型的有效整合。本书包含了在项目实施过程中的一些具体操作，在此之前，团队一直苦于没有一本合适的 Revit 建模教材，希望这一部分的赘述能给其他建模人员提供一些参考。另一方面，本书提供的应用框架体系源自在项目 BIM 实施过程中的思考，由于团队的局限性，难免有些肤浅和偏差，敬请读者谅解。在项目实施过程当中，我们深切地感受到 BIM 技术在不断地深化发展，国际国内都在不断地探索 BIM 在各类项目中应用的模式、方法、体系，我们的 BIM 应用还比较初级，很多方面还需要进一步的探索，导致本书有大量不足之处，敬请各位专家批评指正。

最后感谢在项目的推进过程当中宁波市市政前期办和宏润集团发挥的良好支撑作用，参与本书部分工作的还有赵贤俊、夏伟杰、王丽佳、范剑锋、苏相岗、彭自强、徐萍飞、王欢、吴佳辉、张云、彭健。在此书的编写过程中，还参考了其他的专业资料，在此谨向原著作者表示诚挚的谢意。

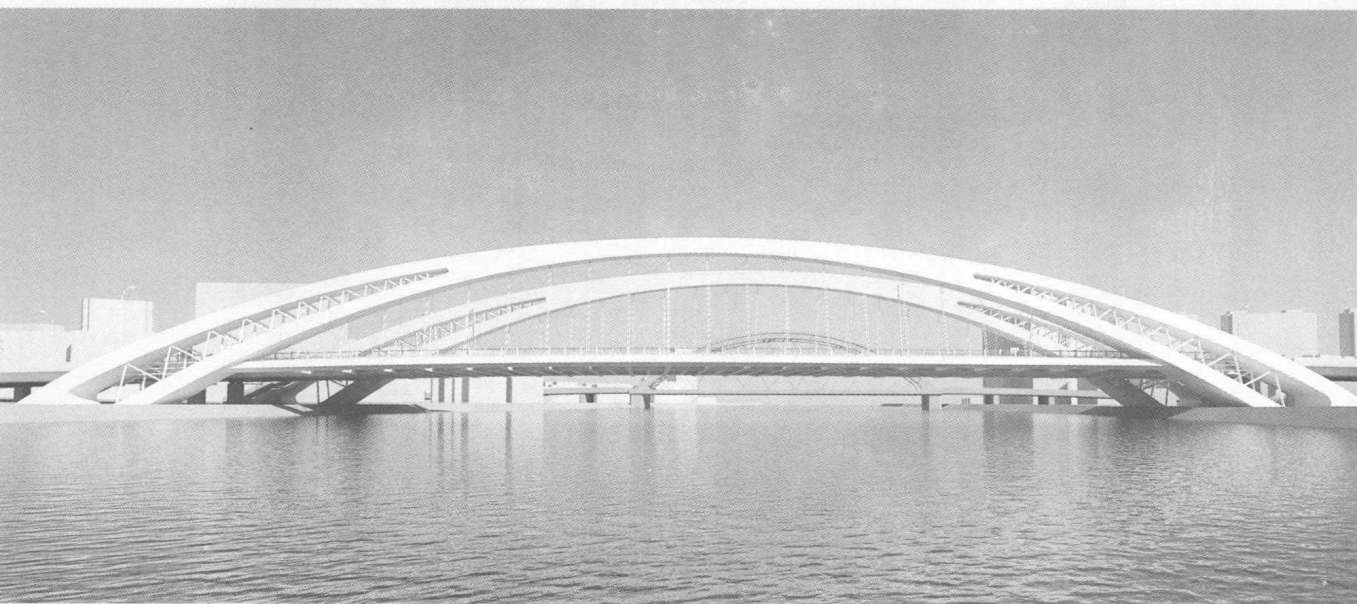
目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 澄浪桥及接线工程简介	2
1.2 澄浪桥 BIM 应用目标及实施体系	3
1.3 澄浪桥及接线工程 BIM 应用总结	5
1.4 国内外典型案例介绍	6
第 2 章 模型搭建	11
2.1 建模标准	13
2.2 主桥模型	18
2.3 引桥模型	68
2.4 管线系统模型	97
2.5 汽车起重机模型	102
2.6 模型链接与信息交换	111
第 3 章 澄浪桥前期及设计阶段 BIM 应用	117
3.1 前期规划	118
3.2 协同设计	129
3.3 设计优化	137
3.4 工程量核算	170
3.5 图纸输出	181
第 4 章 澄浪桥施工阶段 BIM 应用	187
4.1 设计模型深化	188
4.2 BIM 施工优化	205
4.3 施工误差分析	211
4.4 施工工艺模拟	216
4.5 BIM 工程施工管理	233
4.6 交通组织方案优化	265
第 5 章 基于 BIM 的管理平台	291
5.1 基于 BIM 的施工过程管理	292

5.2	平台系统功能	297
5.3	管理平台应用效果	303
第 6 章	总结与展望	307
6.1	澄浪桥 BIM 应用总结	308
6.2	BIM 深化应用	309
6.3	数字化交付	322
参考文献		324

• 第1章 概 述



1.1 澄浪桥及接线工程简介

澄浪桥及接线工程是浙江省宁波市永达路连接线过奉化江段。永达路西起机场路，东至世纪大道，是沟通海曙区、江东区和鄞州区的一条重要城市道路，也是城东与南站交通枢纽、栎社机场之间的重要连接通道。其中，机场路至南站段规划为城市快速路，南站至世纪大道规划为城市次干路。澄浪桥及接线工程，是永达路中段跨越奉化江的重要节点工程。其设计起点位于海曙区澄浪堰路（鄞奉路）与尹江岸路（永达路）平交路口，路线向东跨越奉化江，而后上跨江东南路，落地后终点接江东区香格里拉小区南门，即桃源街（永达路）。

澄浪桥及连接线工程的研究范围为永达路连接线过奉化江段，工程主要包括主桥、引桥、道路工程及相关管理用房。此工程完工后，将会连通东、西段永达路，打通断头路，沟通海曙区、江东区，大大提高火车南站客流的疏散能力，同时方便了火车东站、火车南站、汽车客运中心以及栎社机场的交通转换。澄浪桥规划位置如图 1-1 所示。



图 1-1 澄浪桥规划位置图

澄浪桥及接线工程的建设单位为宁波市市政前期办公室，由天津市市政工程研究院设计，由宏润建设集团股份有限公司施工。该项目以桥梁工程为主，兼顾实施与之配套的道路工程、给水排水工程、照明工程、绿化工程、景观工程、交通设施等附属工程。在项目的设计施工过程中存在较多的技术难点：澄浪桥主桥结构为中承式无风撑钢箱拱肋拱桥，安装工序复杂，风险和难度特别大；澄浪桥跨越的奉化江属通航要道，在施工期间受潮汐、汛期以及通航要求等因素的影响下，仍需保证航道的正常通航；工程地处交通要道，施工现场狭窄，受宁波机场航空限高管制、落地接坡相关技术规范和交通组织等要求，澄浪桥主桥桥下净空只有 5.8m，通航净高受限制，大型浮吊无法通行；项目地处宁波市中心，施工对周边交通影响显著，且施工期间不能影响交通南路的正常通行；工程范围内的综合管线涉及较多相关专业，需对地上架设及地下敷设的管线进行处理，专业系统的安装复杂程度高，各类管线设备需在狭小的作业环境进行安装，协调难度大。上述难点都给澄浪桥项目的施工管理等

造成了较大的困难。澄浪桥及接线工程不仅施工条件复杂,协调工作难度大,此外还涉及了交通管理、航运管理、道路管理部门以及运维管理部门。

宁波市政前期办通过与 BIM 团队合作,结合实际工程应用,利用 BIM 系列软件进行二次开发,将 BIM 技术运用到桥梁的设计、施工、运维全生命周期中,探索业主模式下的 BIM 应用。BIM 团队通过将过去项目各方分阶段管理的模式转变为全生命周期的系统化管理模式,对工程进行全面规划,在保证工程质量、安全的前提下,降低成本,缩短工期,积累了 BIM 技术在桥梁工程全生命周期应用的建设管理经验,研究出了一套适合桥梁工程的 BIM 关键技术,并为以后桥梁工程的 BIM 应用奠定了一定的基础。

1.2 澄浪桥 BIM 应用目标及实施体系

1.2.1 桥梁工程特点

1. 工程特殊性

桥梁工程由于建造的地点不同,施工受地区条件的影响明显,其结构、构造、造型、材料和施工方案等方面均不同,具有较高的地域性。工程施工期间将要承受周边环境及相关因素带来的一定干扰,不可避免地对城市管理及居民生活造成一定的影响。桥梁工程地点的固定性和体形庞大的特征,在施工过程中具有较多露天作业和高空作业的特点。

2. 施工周期长、占用流动资金多

桥梁工程体形庞大,需消耗大量的人力、物力和财力,同时受到施工流程的制约,各专业、工种间必须按照合理的施工顺序进行。而建造地点的固定性,使施工活动的空间具有一定的局限性,导致桥梁施工具有生产周期长、占用流动资金大的特点。

3. 施工生产组织协作的复杂性

桥梁工程施工所涉及的面比较广泛。在施工企业内部,它涉及工程力学、桥梁的结构和构造、工程地质、水文水力学、施工技术和施工组织管理学科的专业知识,需要在不同时期、不同地点、不同产品上组织多专业、多工种的综合作业。在施工企业的外部,涉及不同种类的专业施工队伍,配套参建单位多,常有多家施工单位不同时期进场作业或交叉施工,因而使得桥梁工程施工生产的组织协作关系错综复杂。

4. 桥梁项目管理亟待由粗放型向集约型转变

目前桥梁工程的大部分具体实施任务还处于粗放型的管理模式,项目管理团队需花费大量的时间进行管理,且在工程质量、安全方面存在很多隐患,在工程费用及工期方面也受到一定的影响,故亟待向集约型的现代化管理模式转变。

1.2.2 工程应用目标

因桥梁工程日益显示出大规模、设计复杂、专业交叉深等特点,同时工程项目精细化管理的诉求也越来越高,这给工程项目管理工作带来了更大的挑战。随着信息技术的发展,BIM 技术作为一种全新的理念和技术,为当代高要求的建造技术和管理技术提供了完善的解决方案,受到业界和国内外学者的高度重视。

相对于一般建筑领域而言,桥梁工程建设项目领域的 BIM 应用有其自身的特点。由于桥梁工程点多、线长,与周边环境关系密切,工期不宜过长,这使得 BIM 技术在市政工程中的应用更加能够发挥其前期方案优化的优势,直观地展现和优化施工方案,在前期项目筹

划阶段,能更好地控制工程项目的投资规模和把握实施过程的进度。

桥梁工程 BIM 应用主要实现以下几个目标:

- 1) 提升桥梁的设计质量。
- 2) 提升桥梁项目计划控制的实现水平(工程量、工期、材料、造价)。
- 3) 保证项目管理的质量与安全。
- 4) 保证项目运维管理的经济与安全。

为实现上述目标, BIM 团队将在桥梁工程的方案设计、设计阶段、施工阶段、运维阶段等桥梁建造的全生命工程引入 BIM 技术,通过碰撞检测、虚拟施工等技术,提升建筑工程信息化管理的水平,达到精细化管理,完成既定目标。

1.2.3 项目软件与硬件的选择

BIM 软件包括建模软件、方案设计软件、机电分析软件、结构分析软件、深化设计软件、运维管理软件等。在这些软件中,建模软件是最基础也是最重要的核心软件。

(1) BIM 核心建模软件: BIM 核心建模软件主要有以下四种:

1) Autodesk 公司的 Revit 建筑、结构和机电系列,目前应用比较广泛。在澄浪桥项目中,设计选用了 Revit 进行桥梁的设计。

2) Bentley 建筑、结构和设备系列, Bentley 产品在工厂设计(石油、化工、电力、医药等)和基础设施(道路、桥梁、市政、水利等)领域有无可争辩的优势。

3) ArchiCAD/AllPLAN/VectorWorks 三个产品, ArchiCAD 属于一个面向全球市场的产品,是最早的一个具有市场影响力的 BIM 核心建模软件,但是在中国由于其专业配套的功能(仅限于建筑专业)与多专业一体的设计院体制不匹配,很难实现业务突破。

4) Dassault 公司的 CATIA,是全球最高端的机械设计制造软件,在航空、航天、汽车等领域具有接近垄断的市场地位,应用到工程建设行业,无论是对复杂形体还是超大规模建筑,其建模能力、表现能力和信息管理能力都比传统的建筑类软件强大,而与工程建设行业的项目特点和人员特点的对接问题则是其不足之处。

(2) BIM 方案设计软件:主要有 Onuma Planning System 和 Affinity 等。

(3) 和 BIM 接口的几何造型软件:主要有 Sketchup、Rhino 和 FormZ 等,澄浪桥复杂造型用 Rhino 软件进行深化设计。

(4) BIM 可持续(绿色)分析软件:使用 BIM 模型的信息对项目进行日照、风环境、热工、景观可视度、噪音等方面的分析,主要软件有国外的 Echotect、IES、Green Building Studio 以及国内的 PKPM 等。

(5) 水暖电等设备和电气分析软件:国内有鸿业、博超等软件,国外有 Designmaster、IES Virtual Environment、Trane Trace 等软件

(6) BIM 结构分析软件:ETABS、STAAD、Robot 等国外软件及 PKPM 等国内软件。

(7) BIM 可视化软件:3DS Max、Artlantis、AccuRender 和 Lightscape 等。

(8) BIM 模型检查软件:目前比较有影响的是 Solibri Model Checker。

(9) BIM 深化设计软件: BIM 技术的钢结构深化设计软件 Xsteel。

(10) BIM 模型综合碰撞检查软件:常见的有 Autodesk Navisworks、Bentley Projectwise Navigator 和 Solibri Model Checker。澄浪桥项目利用 Navisworks 软件进行桥梁施工模拟。

(11) BIM 造价管理软件:国外的有 Innovaya 和 Solibri,国内的有鲁班、广联达。

(12) BIM 运营管理软件: ArchiBUS。

(13) BIM 发布审核软件: 包括 Autodesk Design Review、Adobe PDF 和 Adobe 3D PDF。

BIM 硬件除了计算机设备、手持设备、网络架构和相应的存储资源以外, 还包括传感器设备等。计算机设备可完成三维模型和虚拟施工平台的建立, 完成桥梁信息系统的开发。手持设备可实现对复杂构件三维模型和施工要点的技术交底。利用传感器设备可对桥梁线形及应力进行检测, 实时对桥梁进行健康监测, 保证桥梁运维阶段的安全。

通过 BIM 软件和硬件在桥梁工程中的结合使用, 可使设计、施工、管理、运维各阶段的参与人员能从不同的角度体验 BIM 技术给桥梁工程施工带来的优势。

1.3 澄浪桥及接线工程 BIM 应用总结

1.3.1 BIM 管理模式

桥梁的整个生命周期基本分为规划、设计、施工、使用和运维五个阶段。澄浪桥项目基于 BIM 的全生命周期的管理模式进行生产建造以及管理, 基本实现了 BIM 技术在该项目的可行性研究阶段、设计阶段以及施工阶段的应用, 从根本上解决了建筑生命期各阶段和各专业系统间信息断层问题, 从设计、施工技术到管理全面提高了信息化水平和应用效果, 实现了全过程管理。BIM 技术在桥梁工程全生命周期中的应用及推广, 一方面为建设项目的施工和运维提供了有效的支持; 另一方面, 为项目的各个参与方提供了一个有效的协同工作与交流平台。

基于 BIM 的施工模拟平台, 在实际建造前通过对建筑进行性能和运营维护的模拟仿真, 避免后期可能出现的问题。利用施工模拟平台进行复杂工序的施工方案设计, 实现施工进度的编制及工序调整。同时生成施工模拟动画进行复杂工序交底, 将虚拟施工成果直接运用于指导建筑工程施工, 为施工管理工作提供了科学可靠的依据。BIM 技术的应用做到了真正合理有效的施工管理, 提升了施工效率。

1.3.2 BIM 团队的组建

BIM 团队成员的组成结构非常重要, 澄浪桥项目由业主单位牵头, 成立了专门的 BIM 团队。设计、施工、监测等各单位结合实际情况, 在考虑相关人员的工作岗位、专业能力的基础上, 选拔和指定相关人员参与到 BIM 项目团队中来。BIM 模型是 BIM 技术的基础, 由设计人员建立桥梁 BIM 参数化模型, 施工人员参与施工模型的建立及相关应用, 指导工程实际。BIM 团队涵盖了各专业的的设计、施工以及管理, 使 BIM 模型发挥最大的优势。

澄浪桥及接线工程 BIM 团队组建过程, 分为四个阶段。

(1) 第一阶段, 成立 BIM 团队。BIM 团队在组建初期, 以业主为主, 由业主、设计、施工及管理的相关人员组成。

(2) 第二阶段, BIM 团队培训学习。针对不同的专业设置, 对 BIM 团队进行软件及相关理论的培训。通过培训及课后训练, 提高 BIM 团队成员软件操作熟练程度, 提升相关技术人员的 BIM 技能, 逐步形成 BIM 团队生产力, 提高了 BIM 团队协作能力。

(3) 第三阶段, 让 BIM 服务于现场。BIM 模型是 BIM 应用的基础, 而最重要的是 BIM 模型在工程实践中的应用。澄浪桥及接线工程项目中, 施工单位在 BIM 模型的基础上, 结合 Project 软件的施工计划, 并集成资源、场地等信息进行 4D 施工模拟。4D 施工模拟实现

了施工阶段施工进度、人力、材料、设备和场地布置的动态集成管理以及安装的可视化模拟。对大型复杂结构施工过程进行虚拟施工模拟可保证整体施工过程安全,减少施工安全事故,降低施工风险。进一步提升建筑工程领域信息化水平,提高整个建设项目进程中的效率以及降低施工风险。

将优化过的4D虚拟建造工程,借助动画渲染展现。运用BIM 360-glue技术,进行可视化交底,将复杂空间的设计和标准变得更加直观,可以让施工人员直观了解项目的具体情况和整个施工过程,更深层次地理解设计意图和施工方案要求,有效地解决了管理人员与劳务工人因对图纸、规范理解不同而产生的施工错误,大大提高了施工现场的生产效率。

(4) 第四阶段, BIM 人才的培养。通过 BIM 技术在澄浪桥项目中的成功应用,部分骨干力量可通过该项目的锻炼掌握 BIM 技术应用所需知识、技能,并具备了成为项目技术负责人或项目经理的潜能,成为高技能专门人才。此外, BIM 人才靠业主、设计、施工等单位内部培养成本太高,需吸收经过 BIM 培训的毕业生,壮大 BIM 团队,优化团队的结构。

1.4 国内外典型案例介绍

自20世纪90年代开始, BIM 技术已经在欧美国家开始兴起,且主要应用于制造业,更多地使用在汽车、飞机、船舶等的设计中。起初的技术受限于辅助工具的不完善,发展较缓慢。随着3D工程辅助绘图软件的出现, BIM 技术取得了突飞猛进的发展,使工程人员看到了建筑产业再一次升级的曙光。BIM 技术在规划、设计、施工和运营等全生命周期全过程中起到了决定性的作用,加快了建筑业技术和管理水平的进步。近年来 BIM 技术在大中型项目中的应用越来越广泛,成果也比较丰富。

1.4.1 国内桥梁案例

1. 沪通长江大桥

沪通长江大桥,主航道桥为世界上跨度最大的公铁两用斜拉桥,该桥以钢结构为主,主跨1092m,技术含量高,施工难度大。为提升该桥建造和管理水平,研发了BIM管理系统。管理系统主要面向建设、施工和制造单位,结合GIS实现了精细化BIM建模、可视化交底、图纸管理、施工计划编制、三维施工日志、进度分析、工程量统计、施工监控、钢桥制造信息化等功能,并应用在项目管理中,在大跨度桥梁全生命周期的BIM研究与应用上进行了有益探索。

2. 湖北鄂东长江公路大桥

湖北鄂东长江公路大桥,桥长6203.0m,主跨为926m的双塔双索面混合梁斜拉桥,其跨径布置为 $3 \times 67.5\text{m} + 72.5\text{m} + 926.0\text{m} + 72.5\text{m} + 3 \times 67.5\text{m}$,箱梁全宽(含风嘴)38.0m,该跨径仅次于正在建设的香港昂船洲大桥,居世界同类型桥梁第二,为湖北第一桥。该项目主要运用BIM技术进行桥梁结构安全信息管理,结构安全信息指所有包含结构安全状态的各种信息,包括结构响应信息、通过电子化巡检或人工巡检所直接获取的结构损伤信息以及通过对结构响应监测信息进行深入分析所获取的结构安全状态评估结果等。该项目建立了基于的BIM的结构安全信息管理系统,可直观地查询桥梁及各个构件的相关信息,随时掌握桥梁结构的内力状态及损伤情况。该系统在桥梁结构危险萌芽阶段发出预警,保障桥梁安全运营,尽量延长桥梁的运营寿命,降低桥梁总体运营成本。

3. 合肥市新桥国际机场高速公路斜跨拱桥

合肥市新桥国际机场高速公路,为单跨 68m 中承式钢—混组合结构的斜跨拱桥,主要由拱肋和桥面系组成。拱高 24.286m,桥面系长 72m,宽 13.065m。拱肋斜跨过主梁,两者之间的平面夹角为 16° 。主梁通过 9 对吊索均匀地作用在拱肋上,吊索采用空间索面,在顺桥方向上形成一个扭转面,具有很强的空间立体感。梁、拱吊索锚箱的角度控制是该桥深化设计及制作的难点,为提高三维放样出图的准确率及效率,锚箱的深化设计使用了 BIM 技术。该桥建模使用的核心建模软件为 Tekla Structures,此信息模型为后续的制作、安装服务。利用 BIM 技术较好地解决了该桥梁结构的难点,且提高了深化设计的效率、准确率,为工厂加工提供了很大的方便,也提高了工人识图的准确率和速度。

4. 土坎乌江大桥

土坎乌江大桥,属于渝湘高速公路(重庆至长沙)武隆至水江路段,位于重庆市武隆县羊角镇饿岭村。该桥斜跨乌江,斜交角约为 45° ,整体采用连续钢构形式。为有效保证桥梁结构长期安全,土坎乌江大桥健康监测全套系统采用桥梁裂缝仿生监测系统、基于激光投射的漫反射式挠度监测系统、振弦式应变计、LTM8871 温湿度传感器以及电源、电源线、信号线、工控机、防雷设备、防盗设施等相关配套仪器和设备,分别对桥梁结构的裂缝、应变、挠度及温湿度进行远程、实时、在线的全方位监测。建设人员设计和开发了基于插件式的桥梁健康监测三维可视化系统,系统配置了三维动画演示插件、三维动画交互插件、数据预览插件、裂缝数据分析插件和综合报表服务插件,可提供监测数据的直观查询、分析和其他友好的基本服务。

5. 二环线汉口段

二环线汉口段起于江汉二桥,止于二七长江大桥,全长约 11km,形式为“长距离高架+局部重要路段隧道”方案。主线高架共 72 联,路口段上部多采用钢结构,钢结构为 16 联,共长 2241m,全部为预制安装,主线高架标准段预应力钢筋混凝土结构为一箱三室斜腹板连续箱梁,桥面宽 26m,为现场浇筑。墩柱采用花瓶形柱式墩,整体式承台,全线承台共 481 个;主线承台下为桩基础,每个承台下桩为 4~8 根,桩径为 1.0~2.5m,全线共有桩 2288 根,为钻孔灌注桩。针对该工程工期紧、技术要求高、道口多、工程量大等难点,项目部引进 BIM 技术,运用 Revit 软件建立高架桥三维可视化模型,进行工程量自动统计与分析、输出二维图纸现场指导施工。结合 BIM 技术和电子商务技术进行预制构件采购,对施工过程进行 4D 模拟等辅助施工管理。根据 BIM 实践,提出了 BIM 工程管理的实施框架。该桥梁工程成功运用 BIM 技术,缩短了工期,节约了成本。

6. 中心滩黄河大桥

中心滩黄河大桥,位于兰州市城关区,是连接城中心区和盐场区的城市次干路,解决了兰州市“东西拥挤、南北不畅”的交通现状,是完善路网结构的重要组成部分。大桥采用中承式钢箱系杆拱结构,主跨 138m,边跨 46m,全长 230m。主梁是等截面钢筋混凝土结合梁结构,整体式断面,桥宽 24m。在施工准备阶段,根据 BIM 模型创建产品信息库,方便了建筑材料的质量管理;产品信息库简化了部门的沟程序,实现了质量的动态管理;通过将三维激光扫描和 BIM 的结合,实现了大桥拱肋线形控制。在桥梁重点部位、隐蔽部位、结构主要节点进行动态演示、虚拟施工,减少了质量隐患。在桥梁的钢梁施工过程中,监测方将监测数据实时录入 BIM 模型数据库中,项目各参与方可以随时查询监测数据,实现了

共享监测信息的目的。

7. 重庆新白沙沱大桥

重庆新白沙沱大桥,主桥采用 $(81+162+432+162+81)$ m 钢桁梁斜拉桥。钢梁为 N 型桁架,两层桥面布置。主桁横向设置两片,为直桁结构。上层桥面为正交异性板整体桥面,下层桥面为纵横梁结构。利用 BIM 技术,对钢桥进行 3D 建模,可进行设计结构的碰撞冲突分析、构件连接状况分析,使设计图的工艺性审核得以简化,实现制造工艺图的自动转化。钢桥部件的制造车间在关键工序上都配置了数控设备、智能化设备等,基于 BIM 建立了单一数字化数据源,参与加工的数控设备直接使用数字化数据源。单一数据源确保信息的准确性和一致性,从根本上解决了基于纸介质方式进行信息交流形成的“信息断层”和应用系统之间“信息孤岛”问题。通过试拼装,省掉实体试拼装工序,达到节约制造成本,缩短制造周期的目的。该项目建立了基于 BIM 的 ERP 系统,该系统为主要面向制造行业进行物质资源、资金资源和信息资源集成一体化管理的企业信息管理系统,凡是与产品直接相关的数据几乎都可以从 BIM 模型中直接提取,数据接口优势明显。

8. 夜郎河双线特大桥

夜郎河双线特大桥,具有施工周期长、施工工艺复杂、施工条件多样、安全隐患多的特点,其工程管理难度较大。利用 BIM 技术建立 BIM 模型,包括地质地形模型、开挖基础模型、施工辅助设施及施工机具模型。根据对整个施工方案重大影响的施工工艺,基于 BIM 模型对施工工艺进行仿真和预演,实现了对整个桥梁工程的虚拟施工并对复杂结构进行 3D 可视化交底,提前发现了多处施工工序冲突并进行了优化,避免了因施工人员对交底内容理解不清导致施工错误而造成的返工。此外该项目还建立了施工现场管理平台,实现了三维 BIM 信息管理、进度管理及移动客户端应用,提升了桥梁施工现场的管理水平,为科学决策提供了智能化的依据与技术支持。

1.4.2 国外典型案例

1. 卡塔尔多哈大桥项目

卡塔尔多哈大桥项目,该项目建立了桥梁 BIM 细致模型,通过数字化仿真模拟技术,进行了基于 BIM 技术的多哈大桥安装施工、穿筋施工、落位施工及预应力张拉施工仿真模拟。该项目建立了多哈大桥 BIM 数据库及资料库,并基于 VDC 技术,进行了多哈大桥预应力专项施工管理平台的二次开发。该平台可操作性强、高效快捷。实践证明,通过 BIM 技术的应用,大大提高了桥梁结构的施工效率,节约了时间与成本,实现了桥梁工程中的信息化管理。

2. Crusell 大桥

Crusell 大桥,于 2008 年秋季施工,是两跨度不对称的斜张拉桥。桥梁上部结构是纵向预应力混凝土梁,横向结构是由复合钢和混凝土组成。施工阶段,运用 BIM 模型在钢梁及混凝土制造时进行装配组件的供应链的监控和管理,模板及临时支撑结构设计时使用镭射扫描进行质量控制,在施工计划中使用 4D 动画模拟。

3. 布里格里格河谷斜拉桥

布里格里格河谷斜拉桥,位于摩洛哥境内拉巴特绕城高速公路上,主桥为叠合梁斜拉桥,采用空间双曲面的混凝土桥塔,在立面上呈梭形。塔柱在顺桥向和横桥向均分离,各肢柱在下塔柱通过混凝土裙板连在一起,塔柱中部设计预应力混凝土横梁,使塔柱与桥面板在

该部位固结。项目初期建立了全桥和桥址处地形地貌的三维模型，此三维模型不仅可以满足二维出图，而且可以直接应用于混凝土浇筑模板设计，混凝土工程量可以精确统计，主梁斜拉索锚块和锚槽的设计及挖方填方也可以精确计算。在该项目中构件设计轻巧，配筋率高。在钢筋图的设计中，中铁大桥院采用 Inventor 绘制了精确的结构图，并导入 AutoCAD 中进行二维钢筋图绘制。对于某些复杂部位二维已经不能解决问题，中铁大桥院自主开发了生成三维钢筋笼的插件，通过绘制完成的二维钢筋图来生成三维钢筋笼，用于检查钢筋碰撞问题。通过检查及时发现了施工中可能发生的碰撞，调整了钢筋的形式和位置，提高施工效率。此外斜拉索作为斜拉桥的主要受力构件，其锚固点定位的精确性对全桥的受力十分重要。钢结构加工制造时，焊枪的操作空间十分有限。为了保证钢结构加工制造精度，设计方建立了钢锚箱的三维 BIM 模型，利用 BIM 模型直接出图，且工程图中二维图和三维图相结合，使钢结构制造单位能更合理地安排钢结构的安装顺序和焊接顺序，提高了制造加工的效率。

