

中国市政设计行业 BIM 技术丛书

张吕伟 蒋力俭 总编

BIM

市政工程 BIM 应用与 二次开发

上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司 组织编写

张吕伟 主编



中国建筑工业出版社

中国市政设计行业 BIM 技术丛书

张吕伟 蒋力俭 总编

市政工程 BIM 应用与二次开发

上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司 组织编写

张吕伟 主编



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

市政工程 BIM 应用与二次开发 / 上海市政工程设计研究总院 (集团) 有限公司组织编写. —北京: 中国建筑工业出版社, 2019.5

(中国市政设计行业 BIM 技术丛书)

ISBN 978-7-112-23453-0

I. ①市… II. ①上… III. ①市政工程-计算机辅助设计-应用软件 IV. ①TU99-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 045884 号

本书为《中国市政设计行业 BIM 技术丛书》之一, 是 BIM 软件二次开发入门书籍, 对 BIM 正向设计产生背景、技术原理及在工程中的应用进行详细描述, 为广大具有编程能力设计人员提供开发思路和方法, 对二次开发必要性和应用产生效果进行总结, 共分为 10 章。

本书适用对象主要是 BIM 技术应用人员、具有编程能力设计人员, 也可供设计人员作为 BIM 技术应用参考资料。

责任编辑: 于 莉

责任校对: 芦欣甜

中国市政设计行业 BIM 技术丛书

张吕伟 蒋力俭 总编

市政工程 BIM 应用与二次开发

上海市政工程设计研究总院 (集团) 有限公司 组织编写

张吕伟 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京京华铭诚工贸有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 12 1/4 字数: 314 千字

2019 年 5 月第一版 2019 年 5 月第一次印刷

定价: 45.00 元

ISBN 978-7-112-23453-0

(33761)

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)

《中国市政设计行业 BIM 技术丛书》编委会

总 编：张吕伟 蒋力俭
编 委：王子牛 龚建峰 于德强 田 军 杨书平
李自忠 吴凡松 刘士丰 蔡 明 熊正元
彭 侠 曾明根
技术委员：周质炎 罗建晖 李国洪 史春海 侯 铁
苏 杰 李明华 杨 红 宁平华 王胜华
张哲元 朱荣军 许大鹏 吴军伟 魏 来
何关培 刘玉身

《市政工程 BIM 应用与二次开发》编制组

主 编：张吕伟

参编人员：(按姓名首字母排序)

陈姜天 邓 迅 方 毅 符永安 耿媛婧
谷德性 黄俊炫 胡 震 姜 莹 刘百韬
欧阳君涛 潘艳艳 舒 兴 沈辰楠 吴宝荣
吴 迪 王 毅 徐晓宇 薛治纲 许 松
尹 迟 杨 冰 袁自鸣 朱小羽 张辛平
张 磊 张 亮 张琪峰 朱伟南 赵光辉
庄轶啸

主审人员：蒋力俭 袁胜强

《市政工程 BIM 应用与二次开发》参编单位

指导单位：中国勘察设计协会

总编单位：上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

主编单位：上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

参编单位：法国达索系统公司（Dassault Systèmes）
奔特力工程软件有限公司（Bentley）
欧特克软件（中国）有限公司（Autodesk）
北京鸿业同行科技有限公司
北京超图软件股份有限公司

案例编写：上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司
中国市政工程华北设计研究总院有限公司
中国市政工程中南设计研究总院有限公司
北京市市政工程设计研究总院有限公司
深圳市市政设计研究院有限公司
悉地（苏州）勘察设计顾问有限公司

丛书前言

在新一轮科技创新和产业变革中，信息化与建筑业的融合发展已成为建筑业发展的方向，对建筑业发展带来战略性和全局性的深远影响。BIM（建筑信息模型）技术是一种应用于工程设计、建造和管理的数字化工具，能实现建筑全生命周期各参与方和环节的关键数据共享及协同，为项目全过程方案优化、虚拟建造和协同管理提供技术支撑。BIM技术是推动建筑业转型升级、提高市政行业信息化水平和推进智慧城市建设的基础性技术。

2017年2月，国务院办公厅印发《关于促进建筑业持续健康发展的意见》（国办发〔2017〕19号），明确要求加快推进BIM技术在规划、勘察、设计、施工和运营维护全过程的集成应用，实现工程建设项目全生命周期数据共享和信息化管理，为项目方案优化和科学决策提供依据，促进建筑业提质增效。《“十三五”工程勘察设计行业信息化工作指导意见》（中设协字〔2016〕83号），要求重点开展基于BIM的通用、编码、存储和交付标准的研究编制工作，为行业信息化建设打好基础。当前，BIM技术应用已逐渐步入注重应用价值的深度应用阶段，并呈现出BIM技术与项目管理、云计算、大数据等先进信息技术集成应用的“BIM+”特点，BIM技术应用正向普及化、集成化、协同化、多阶段、多角度应用五大方向发展。

BIM技术是实现工程建设全生命周期信息共享的信息交换技术，信息处理是BIM技术的核心。如何组织数据并使用数据一直是BIM技术应用的关键，在实际操作中存在诸多问题，如BIM数据冗余化、数据录入唯一性、数据应用提取多样化等。要解决以上问题，需重点研究BIM技术中的信息交换数据内容，这正是《中国市政设计行业BIM技术丛书》编制的指导思想。

在中国勘察设计协会的指导下，由上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司作为总编单位，组织全国15家主要市政设计院和国内外6家著名软件公司，撰写《中国市政设计行业BIM技术丛书》。丛书共由5个分册组成，各分册确定两个主编单位负责具体撰写工作。《市政给水排水工程BIM技术》《市政道路桥梁工程BIM技术》《市政隧道管廊工程BIM技术》针对市政设计行业BIM应用设计流程开展研究，重点在BIM数据交换内容，按照国际IDM信息交付标准思路进行撰写；《市政工程BIM应用与新技术》反映了市政设计行业近几年“BIM+”应用成果，详细描述工程现场数据和信息的实时采集、高效分析、即时发布和随时获取等应用模式；《市政工程BIM应用与二次开发》针对市政设计行业各专业差异性、国外主流BIM软件中国本地化不足和局限性，介绍主流BIM应用软件二次开发方法，提升BIM应用软件使用价值。

丛书的编撰工作得到了全国诸多BIM专家的支持与帮助，在此一并致以诚挚的谢意。衷心期望丛书能进一步推动BIM技术在市政设计行业中的深化应用。鉴于BIM技术应用仍处于快速发展阶段，尚有诸多疑难点需要解决，丛书的不足之处敬请谅解和指正。

前 言

近年来，随着国家建筑业信息化“十三五”规划的出炉，以及住房和城乡建设部连年将 BIM 作为重点工作抓手，BIM 在工程建设领域的理论研究与实践应用逐渐深入，部分率先应用 BIM 的设计企业，已逐渐体会 BIM 应用的价值，但有些企业还没有实质推进，更多的企业还处于观望中。

2015 年 6 月，住房和城乡建设部发布了《建筑信息模型应用指导意见》（建质函[2015] 159 号）。《意见》中指出，目前，BIM 在建筑领域的推广应用还存在着政策法规和标准不完善、发展不平衡、本土应用软件不成熟、技术人才不足等问题，有必要采取切实可行的措施，推进 BIM 在建筑领域的应用。

如果把三十年前使用 CAD 进行计算机辅助设计作为第一次工程设计技术革命，那么现在的 BIM 正向设计就相当于第二次工程设计技术革命。2017 年是 BIM 正向设计的里程碑之年，先后已经有多个项目完成了正向设计的实践。正向设计通俗来说，就是设计从草图开始，建模之前没有图纸，过程中也不会导出图纸，在三维环境下应用 BIM 模型完成设计、分析、工程量统计等工作，最后从 BIM 正向设计软件导出整套交付成果，如模型、图纸、视频、表格等。

目前国内 BIM 正向设计主流软件平台均为欧美公司开发，涉及设计规范、工作方式不适应，如制图方式、菜单功能、数据接口等。出于各种原因，国内曾经做过对比分析，直接应用软件进行 BIM 正向设计，比传统二维设计效率降低 50%。因此，需要对引进软件进行功能改动、调整和扩充，以适应实际的需要，即所谓对引进软件的二次开发，解决最后一公里问题。

在现有客观条件下，设计人员将长期面临二维与三维共存的设计方式，想要让已经从事多年二维设计的设计人员接受三维设计模式，必将是一个长期复杂的过程。那么如何将现有的二维设计思想转换到三维设计中，同时又尽可能地保留二维设计积累下来的经验和习惯，是现阶段 BIM 应用必须要考虑的问题。因此，利用现有引进 BIM 软件，针对某一构筑物进行定向二次开发，既能保留传统二维设计的优点，又能兼顾三维设计的优势，成为二维设计向三维设计平稳过渡的可行方案。

BIM 软件二次开发有两种模式，一种是设计院成立 BIM 开发部门进行工具的自主研发；另一种是技术外包，即与专业的软件开发公司签订开发协议，设计院提出开发需求，由软件公司来配合实现功能。这两种开发模式各有其优缺点：自主开发方式能节约成本，开发针对性强，定制化程度高，但在设计院既懂专业技术又会开发的人才稀缺；技术外包方式节省设计院时间，开发效率高，但无法形成自身的 BIM 核心能力，技术发展受制于软件公司，而且开发周期长，费用昂贵，定制化需求也经常得不到及时满足。因此，对于具备一定软件开发能力的设计院，采用自主开发的方式来定制 BIM 是更优的选择。

BIM 软件二次开发应遵循由点到面、由浅入深的原则。首先要让开发出来的功能满足

大部分设计人的基本需求，能比较顺畅地使用，然后再进行扩展开发，如开发各个专业的建模工具，以满足目前快速建模的需求；之后开发与三维设计相关的工具，逐渐让设计人员脱离二维设计，最终开发逐渐介入到其他软件和平台，形成全专业的 BIM 大协同。

面向工程 BIM 软件二次开发，首先需了解工程各专业的设计思路，梳理专业需求，标准化设计流程；其次对 BIM 软件二次开发的特点、原理、方法、应用进行逐步分析，要有一个完整的认识，这样才能提高二次开发应用成功率。

BIM 软件二次开发基本方法和应用是本书主要撰写内容。对二次开发方法进行全方位的剖析，对主流 BIM 软件具有的开发功能进行深入描写，目的是为具有一定编程基础和软件使用能力的设计人员提供开发思路；本书是二次开发引导书，对开发过程只做简单描写，提供简单案例，让设计人员掌握 BIM 软件二次开发基本技能，需要深入开发可以参考相关专业书籍。

本书撰写不同于纯编写程序技巧的书籍，而是站在设计人员的角度，针对他们渴望快速了解国内主流 BIM 软件开发功能需求。本书在入门级层次，对主流 BIM 软件具有开发功能进行撰写，安排了 5 家软件公司产品（欧特克、奔特力、达索、超图、鸿业），这些软件产品涉及国内 80% 的市政工程设计企业，覆盖 BIM 应用和正向设计内容。

本书是 BIM 软件二次开发入门书籍，对 BIM 正向设计产生背景、技术原理及在工程中应用进行详细描述，为广大具有编程能力的设计人员提供开发思路和方法，对二次开发必要性和应用效果进行总结，共分为 10 章。

第 1 章概述，对设计技术变革和 BIM 正向设计产生背景进行综合论述；第 2 章开发环境，对软件开发方法和原理、软件二次开发资源进行系统性论述；第 3~7 章，针对 5 家软件公司产品按独立章节进行撰写，每章节按软件功能、二次开发功能、二次开发过程进行系统性论述；第 8~10 章，按道路桥梁、水处理、地下工程独立成章，对近年来国内市政设计行业成功二次开发的案例进行汇总，对市政工程中各种类型正向设计解决方案进行详细描述。

本书在主编单位上海市市政工程设计研究总院（集团）有限公司组织下，国内 5 家软件公司、5 家市政设计院及相关单位共同参与撰写工作。

本书内容力求全面、系统、简单，表现形式通俗性与专业性相结合，为具有编程能力的设计人员提供二次开发入门级指导，让他们能够在工程设计中开发一些简单实用的小程序，提高 BIM 正向设计效率。

鉴于国内 BIM 正向设计刚起步，典型案例较少，开发思路和方法还处于探索阶段，还有许多不足之处，有些内容期待将来逐步完善。

本书适用对象主要是 BIM 技术应用人员、具有编程能力的设计人员，也可供设计人员作为 BIM 技术应用参考资料。

《市政工程 BIM 应用与二次开发》编写组

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 计算机辅助设计	1
1.2 BIM 正向设计	4
1.3 BIM 应用软件二次开发	9
第 2 章 开发环境	11
2.1 编程语言	11
2.2 面向对象程序设计	12
2.3 二次开发资源	14
2.4 VS 集成开发简介	16
第 3 章 欧特克 (Autodesk) 平台	26
3.1 Autodesk 软件平台二次开发概述	26
3.2 Revit 软件二次开发功能	31
3.3 Navisworks 软件二次开发功能	39
第 4 章 奔特力 (Bentley) 平台	46
4.1 Bentley 软件平台二次开发概述	46
4.2 MicroStation 软件二次开发功能	47
4.3 开发案例——枢纽互通分合流口标线绘制软件	56
第 5 章 达索 (Dassault) 平台	60
5.1 CATIA 软件二次开发概述	60
5.2 CATIA VBA 二次开发	63
5.3 CATIA 知识工程	69
第 6 章 超图 (SuperMap) 平台	74
6.1 SuperMap GIS 软件平台二次开发概述	74
6.2 浏览器端 GIS 开发平台 iClient 开发环境	78
6.3 云 GIS 网络客户端开发平台	79
6.4 云 GIS 网络客户端 WebGL 技术	83
6.5 SuperMap GIS 二次开发项目案例	87
第 7 章 鸿业鸿城 BIM 数据集成管理平台	89
7.1 鸿城 BIM 数据集成管理平台二次开发概述	89
7.2 软件二次开发功能	92
第 8 章 道路桥梁工程 BIM 应用二次开发成果	100
8.1 道路设计软件 (SMEDI-RDBIM)	100
8.2 桥梁设计软件 (SMEDI-Para3D)	108

8.3	钢箱梁自动建模软件	118
8.4	市政桥梁、隧道参数化建模软件	125
8.5	复杂结构批量生成建模软件	132
第 9 章	水处理工程 BIM 应用二次开发成果	138
9.1	基于 Revit 的水处理构筑物参数化设计软件	138
9.2	基于 ArchiCAD 的水处理构筑物参数化设计软件	144
9.3	基于 Revit 的清水池参数化建模软件	150
第 10 章	地下工程 BIM 应用二次开发成果	157
10.1	综合管廊设计软件 (SMEDI-UTBIM)	157
10.2	综合管廊设计建模软件	163
10.3	地下综合管廊设计软件	168
10.4	明挖隧道参数化建模软件	180
10.5	地下管线与地质资料三维信息管理系统	184
	参考文献	192

第 1 章 概 述

1.1 计算机辅助设计

2015 年 6 月由住房和城乡建设部印发的《关于推进建筑信息模型应用的指导意见》(建质函 [2015] 159 号) 明确指出 BIM 是在计算机辅助设计 (CAD) 等技术基础上发展起来的多维模型信息集成技术, 是对建筑工程物理特征和功能特性信息的数字化承载和可视化表达。

BIM 技术是传统的二维设计建造方式 (2D CAD) 向三维数字化设计建造方式 (3D CAD) 转变的革命性技术, 是促进绿色建筑发展、提高建筑产业信息化水平、推进智慧城市建设和实现建筑业转型升级的基础性技术。

1.1.1 CAD 技术发展

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD) 是用计算机系统协助产生、修改、分析和优化设计的技术。CAD 技术起步于 20 世纪 50 年代后期, 伴随着 CAD 技术的诞生, CAD 产业也开始萌芽发展。从 20 世纪 60 年代至今, CAD 产业经历了 4 个不同的时期:

(1) 20 世纪 60 年代—70 年代开创时期

三维 CAD 系统还只是极为简单的线框造型系统。这种初期的线框造型系统只能表达基本的几何信息, 不能有效地表达几何元素间的拓扑关系。

(2) 20 世纪 70 年代末—80 年代中第一次发展时期

由于工业界强烈的应用需求, 曲面造型和实体造型技术获得了快速的发展, 出现了一批用于工业的 CAD/CAM 软件系统, CAD 产业开始了第一次发展时期。

(3) 20 世纪 80 年代末—90 年代初第二次发展时期

单用户计算机系统的普及、参数化技术和特征造型技术的发展, 使得 CAD 产业格局又面临新一轮的变革。

(4) 20 世纪 90 年代中至今第三次发展时期

计算机软件技术得到了不断的创新和发展, 计算能力的提高对 CAD 技术和 CAD 产业产生了巨大的冲击和影响, 尤其是微机三维系统的快速崛起, 带来了 CAD 产业的第三次发展时期。

CAD 软件市场的几次革命性变化: 第一次是绘图过程数字化, 也就是甩图版; 第二次是网络化, CAD 软件开始工作在一个网络环境下; 第三次是三维, 这使得设计的结果越来越接近现实世界, 我们可以查看三维的设计结果, 从而大大提高了工作效率。

1.1.2 参数化设计

参数化设计 (Parametric Design) 是一种数字化设计方法。该方法的核心思想是把设

计的全部要素都变成某个函数的变量，通过改变函数，或者说改变算法，人们能够获得不同的设计方案。

在参数化设计系统中，设计人员根据工程关系和几何关系来指定设计要求。要满足这些设计要求，不仅需要考虑到尺寸或工程参数的初值，而且在每次改变这些设计参数时，需要维护各种几何和设计参数之间的关系。设计参数分为两类：其一为各种尺寸值，称为可变参数；其二为几何元素间的各种连续几何信息（约束信息），称为不变参数。参数化设计的本质是在可变参数的作用下，系统能够自动维护所有的不变参数。因此，参数化模型中建立的各种约束关系，体现了设计人员的设计意图。

在 CAD 中要实现参数化设计，参数化模型的建立是关键。参数化模型表示了实体图形的几何约束和工程约束。几何约束包括结构约束和尺寸约束。结构约束是指几何元素间的拓扑约束关系，如平行、垂直、相切、对称等；尺寸约束则是通过尺寸标注表示的约束，如距离尺寸、角度尺寸、半径尺寸等。工程约束是指尺寸之间的约束关系，通过定义尺寸变量及它们之间在数值上和逻辑上的关系来表示。

目前，参数化设计中的参数化建模方法主要有变量几何法和基于结构生成历程的方法，前者主要用于平面模型的建立，而后者更适合于三维实体或曲面模型的建立。

1.1.3 BIM 与参数化设计

参数化设计是 BIM 的一个重要思想，主要用于规划、设计阶段，它分为两个部分：参数化图元和参数化修改引擎。BIM 中的图元都是以构件的形式出现，这些构件之间的不同，是通过参数的调整反映出来的，参数保存了图元作为数字化构件的所有信息；参数化修改引擎提供的参数更改技术，使用户对工程设计或文档部分作的任何改动，都可以自动地在其他相关联的部分反映出来，采用智能构件、视图和注释符号，使每一个构件都通过一个变更传播引擎互相关联。构件的移动、删除和尺寸的改动所引起的参数变化，会引起相关构件的参数产生关联的变化，任一视图下所发生的变更都能参数化地、双向地传播到所有视图，以保证所有图纸的一致性，毋须逐一对所有视图进行修改。从而提高了设计效率和质量。

1.1.4 三维数字化设计

三维设计是新一代数字化、虚拟化、智能化设计平台的基础。它是建立在平面和二维设计的基础上，以三维设计思维，让设计目标更立体化、更形象化的一种新兴设计方法。

有别于传统的二维 CAD 设计，三维数字化设计是以三维设计为核心，并结合设计过程的具体需求（如道路等级、桥梁形式、地下空间净高、综合管廊防火等级等）所形成的一套解决方案。

三维数字化设计解决方案主要具有以下特点：

(1) 方案设计

快速构建设计模型，包括三维外形和主要结构，用于多方案决策。在三维外形和主要结构的基础上，进行设备、空间管线等占位设计。

(2) 详细设计

在二维 CAD 中，设计人员对于一些复杂的空间特征，需要凭借空间想象力甚至拍脑袋来决定设计，而通过三维数字化设计来表达设计的详细结构，所见即所得，更清晰直

观。在设计过程中引入知识工程，加入设计规则等判断、防错机制等，在提高设计效率的同时，使得年轻设计人员也具备了资深设计人员的能力和 design 经验。

(3) 设计验证

对于三维虚拟产品（三维模型），在设计阶段就可以进行建造、运行、养护等虚拟模拟，验证其可建造性和可维护性，把这些问题拿到设计阶段去考虑和解决，这样有效控制了大量返工和工程变更，缩短了整个工程建设周期。

1.1.5 三维数字化设计实现

在三维软件平台基础上，建立设计规范、数据自检、高效工具、重用知识、智能设计等知识库，确保三维数字化设计的目标真正落地。

(1) 建立统一的结合 CAD 软件使用的规范

通用建模规范、二维出图规范、标准构件建立及应用指南。

(2) 建立数据标准与自动检查工具

自动检查内容包括：属性类，如参数名、参数值、物料号、单位等；建模规范类，如特征循环参照、不完全装配等；可建造性类，如有效干涉、孔到边距离等。

(3) 建立统一和高效的标注工具

当前主流三维软件带有原生态二维标注功能，在符合国标要求及标注效率方面都不理想，需要在工具软件标准功能基础上，二次开发出既符合我国标准要求又高效的二维标注工具，从而全面提升三维转二维出图的效率及规范性，真正实现二维工程图与三维模型一致并相关。

(4) 建立设计模板库

针对构筑物结构的相似性，为了避免重复工作，将构筑物按照模块化划分和分类，并将每一类模块设计为模板，模板包含可参数化驱动的模型和关联的二维工程图；以后在进行类似构筑物设计时，从模板库中找到相应的模板，参数化驱动调整模板主体参数，快速生成该构筑物的大部分特征三维模型和对应的工程图，大大提高设计效率。

(5) 建立构筑物参数化智能设计库

在三维软件平台基础上二次开发，实现在专有的界面中选择类型及输入参数的方式，快速得到构筑物三维模型、二维工程图以及工程量清单，整体提高三维设计效率。

1.1.6 BIM 与三维数字化设计

BIM 的理念是实现信息共享。BIM 正向设计是将 BIM 技术和三维数字化设计技术有效结合，并应用于工程设计各阶段，实现协同设计，以提高企业核心竞争力，是设计院必然的发展方向。BIM 模型包含了工程项目所有的几何尺寸、空间关系、结构功能和性能等信息。项目不同参与方共同维护该模型，并基于相关信息进行协同工作。

BIM 技术的应用并非单一软件平台的运用，而是多软件的协作，并要求 BIM 模型能在各软件之间无损交换、无缝链接，因此所选软件应该能够相互配合，以实现 BIM 技术的集成应用。

信息是 BIM 模型的灵魂，脱离了信息的三维模型不能称之为 BIM 模型，附加的信息主要包括几何设计信息和非几何属性（设计参数）。利用三维模型中的信息（设计参数），实现 BIM 技术应用，如工程量的自动统计与输出等。

在推行 BIM 正向设计时，必须同时形成具有法律效应的二维设计文件。因此，二维工程图与三维模型的联动与输出不仅能满足现阶段出图需要，还可极大程度地提高设计单位的工作效率与精度，为 BIM 正向设计技术的推广提供保障。

减少“二维”的工作量，给设计师“减负”，让设计师去主动“建模型”，而不是“画图纸”，这样设计院有可能从根本上普及 BIM 正向设计，逐步放弃用 BIM 做二维设计的思维。

1.2 BIM 正向设计

1.2.1 正向设计和逆向设计

在 CAD 早期时代，制造业在进行产品的造型设计时，所采用的方法主要是正向设计法 (Forward Engineering, FE)；这是一个从概念设计起步到 CAD 建模、数控编程、数控加工的过程，产品造型设计的正向设计流程为：概念设计→CAD/CAM 系统→制造系统→新产品。

但对于复杂的产品，正向设计方法也显示出了它的不足，例如设计过程难度系数大、周期较长、成本高、不利于产品的研制开发，因为设计师无法完全预估产品在设计过程中会出现什么样的状况，如果每一次都因为一些局部的问题而导致整个产品推倒重来，不管从时间上还是从成本上都是不可接受的。正是在这样的背景下，自然发展并形成了逆向设计的方法。

逆向设计 (Reverse Engineering, RE) 通常是根据正向设计概念所产生的产品原始模型或者已有产品来进行改良，通过对产生问题的模型进行直接的修改、试验和分析得到相对理想的结果，然后再根据修正后的模型或样件，通过扫描和造型等一系列方法得到最终的三维模型。

采用逆向设计方法所得到的产品模型，因为有实际的模型参与各种试验，因此得到的结果相对于概念化推算和电脑虚拟模拟更接近真实，从而能迅速找到并确定产品的正确形态、缩短产品开发周期，产品造型设计的逆向设计流程为：产品样件→数据采集→数据处理→CAD/CAE/CAM 系统→模型重构→制造系统→新产品。

1.2.2 土木行业正向设计

正向设计与逆向设计的本质区别在于对“设计从哪里开始”这一问题的回答。在土木工程行业，正向设计是从为了实现某一功能的概念开始的，首先要对工程项目进行功能分析，在满足功能要求的前提下，选择合适的结构组合，再根据各种分析结果（结构分析、抗震分析等）来修正结构形式或者尺寸，直到满足功能要求为止，其难点在于对所设计项目的使用要求（功能）要了如指掌，并能找到合理的分析过程和结构形式。

1.2.3 BIM 正向设计必要性

近年来，无论是国家行业政策还是技术需求方面，都非常重视信息化建设以及 BIM 技术的发展。由于设计在工程全产业链中处于龙头地位，是工程最主要的信息来源，同样 BIM 正向设计也是 BIM 应用的信息源头。因此，在设计中应用 BIM 技术，对于工程全生命周期的 BIM 应用至关重要。

如果把二三十年前使用 CAD 进行计算机辅助设计作为第一次工程设计技术革命的话，

那么现在的 BIM 正向设计就相当于第二次工程设计技术革命。BIM 正向设计的一般做法是建立一个协同工作平台,通过不断积累知识库,并结合现有软件平台进行二次开发,完成模块化、参数化的快速建模,然后转换成计算分析模型进行整体分析或局部分析,确定是否满足设计要求,一旦满足设计要求后,将形成最终的 BIM 设计模型,进行虚拟展示、二维出图、工程量统计等,最后交付信息化设计模型。

应用 BIM 进行正向设计的目标是能够直接在三维理念和环境下进行设计,即模块化参数化设计、方案优化、自动出图、图纸与模型相互关联,甚至可以与计算模型结合,同步优化,这个过程才是我们所理解的 BIM 正向设计。

BIM 正向设计经历了 3 个阶段:

(1) “先建模,后出图”的 BIM 正向设计

因为使用“先建模,后出图”的 BIM 正向设计方式,保证了图纸和模型的一致性,减少了施工图的错漏碰缺,设计质量有很大的提高。

(2) 全专业的 BIM 正向设计

实现了各专业之间设计过程的高度协调,提高了专业间设计会签效率,更加高效地把控项目设计的进度和质量。

(3) 全三维的 BIM 正向设计

提高了设计完成度和精细度,减少了设计盲区,让模型服务后期施工成为可能,这也是 BIM 正向设计的最终目的。

1.2.4 BIM 正向设计内容

(1) 工程方案阶段

在项目投资决策阶段,BIM 正向设计对确定合理的项目方案至关重要。BIM 模型能通过 3D 方式展现,根据项目方案特点,能快速形成不同方案的模型,能自动计算不同方案的工程量、造价等指标数据,直观方便地进行方案比选,有利于建设单位更好地作出正确选择。

(2) 工程设计阶段

BIM 可对现有构筑物进行信息化处理,在此基础上能进行多人、多专业协同设计。BIM 技术能对现有构筑物进行可视化显示,对设计管线与现状地下管线进行碰撞检查,对新构筑物与现状管线、现状构筑物进行碰撞检测,以及对相邻构筑物的距离进行判断,在布置与调整位置的同时能获取道路、管线以及工程量等相关信息,以便随时查看、比较设计成果。

(3) 工程招标阶段

建设单位或造价咨询单位可根据设计单位提供的 BIM 模型快速提取本项目的工程量清单,有效避免漏项和错算等情况,最大限度地减少设计阶段因工程量问题而产生纠纷。同时投标单位也可根据 BIM 模型快速获取工程量,并与招标文件工程量清单比较,制定出最佳的投标方案。

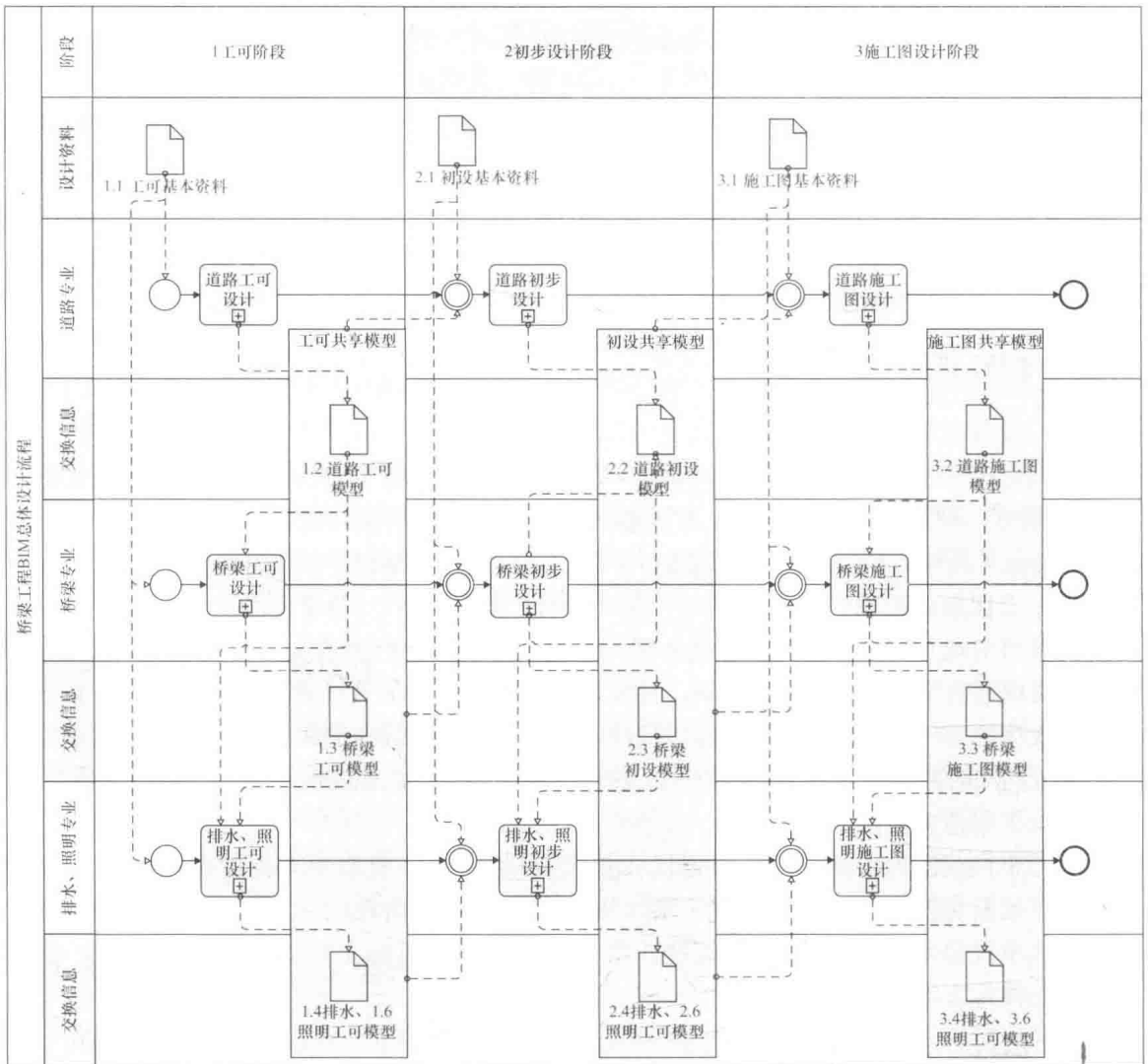
1.2.5 BIM 正向设计流程

基于 BIM 的正向设计流程与传统的 CAD 设计流程相比,在工作流程和信息交换方面会有显著的变化。BIM 设计包括同专业个体间的 BIM 协同、专业间的 BIM 协同以及不同设计阶段的 BIM 协同。BIM 协同要求各专业团队都具备三维设计能力,设计过程中各专

业采用统一的项目模型、统一的构件数据，可以从不同的专业角度提取或操作数据。BIM 协同还要求各阶段设计人员尽可能将现阶段的数据传递到下一阶段，并确保数据模型版本的唯一性和准确性。

1. 建立 BIM 总体设计流程

以桥梁工程 BIM 设计为例。在工可阶段，根据协同平台上的道路专业工可模型，结合该阶段设计基本资料，在协同平台上进行桥梁工可设计，然后排水和照明专业根据道路和桥梁工可 BIM 模型，完成本专业工可设计，桥梁专业可以同时看到道路、排水和照明的共享模型，根据协同平台上实时更新的道路、排水、照明 BIM 模型，进行桥梁专业的更新，并最终完成桥梁工可设计。初步设计阶段和施工图设计阶段，根据上一阶段的共享模型和本阶段的设计资料，完成本阶段相应的设计。桥梁工程 BIM 总体设计流程如图 1-1 所示。



图例：

- (带方框) → 任务流程
- (带圆头) → 信息流向
- (带虚线) □ 实时协同 (共享) 模型

图 1-1 桥梁工程 BIM 总体设计流程

2. 建立 BIM 正向设计详细流程

以桥梁工程 BIM 设计为例。按照《市政公用工程设计文件编制深度规定（2013 年版）》确定的桥梁工程工可阶段设计原则，对桥梁工程 BIM 总体设计流程中工可阶段设计流程，展开为工可阶段 BIM 设计流程，如图 1-2 所示。

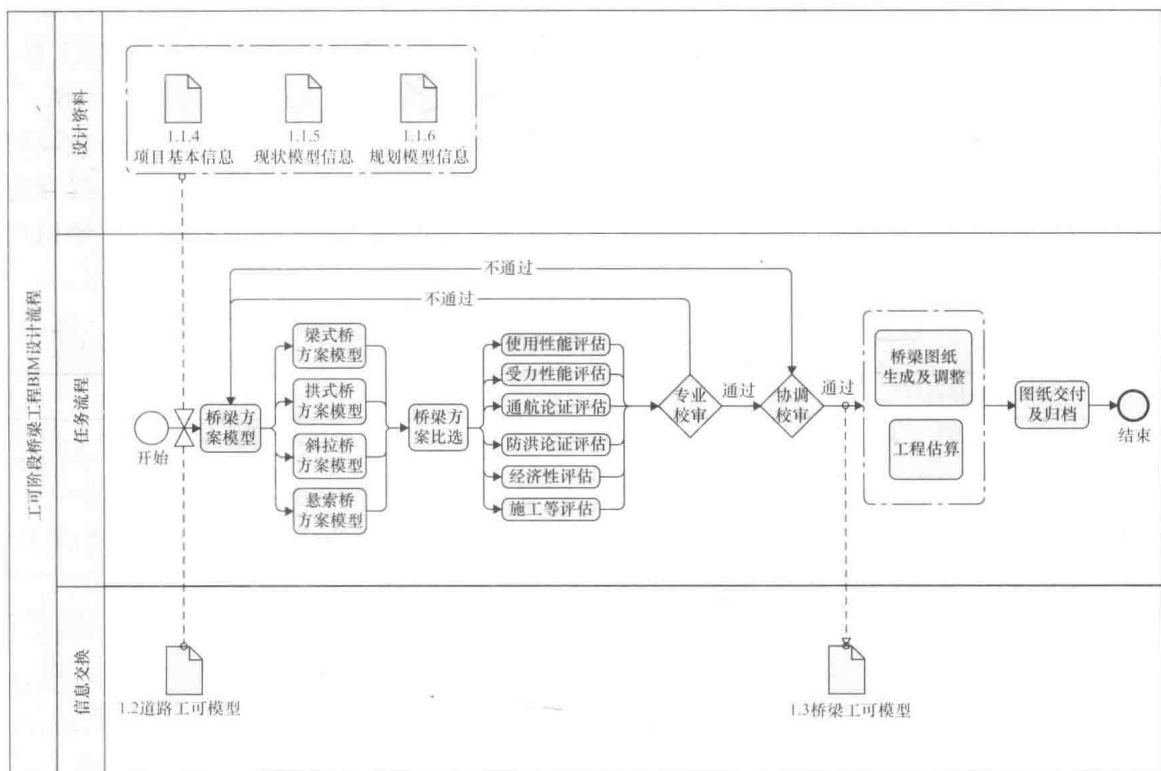


图 1-2 工可阶段桥梁工程 BIM 设计流程

1.2.6 BIM 正向设计实现困难

目前，限于 BIM 技术发展的现状和设计人员掌握 BIM 技术的程度，还很难做到完全意义上的 BIM 正向设计。大部分设计人员采用的 BIM 正向设计应用是翻模，而翻模只是 BIM 发展的一个过渡，但也有其积极的作用。例如可以集成信息，进行碰撞检查、方案优化、可视化交底等，但是 BIM 翻模的核心和主体还是依靠 CAD，而 BIM 只是附属部分，这不仅对设计人员造成了负担，而且也不符合 BIM 技术的初衷。

国内 BIM 的主流是先完成施工图，然后根据施工图建立三维模型，也就是我们现在说的翻模，完全违背了 BIM 的初衷。BIM 的初衷就是，直接在三维环境下进行设计，利用三维模型和其中的信息，自动生成所需要的图档，这个过程也就是我们现在提到的 BIM 正向设计。

现在设计院基本都在原生的国外平台进行 BIM 设计，完全跟不上国内的设计节奏，设计平台本土化差、非数字化交付成果；国外 BIM 软件自动生成的图档，不符合国内的出图要求，设计人员修改这些图档的难度不亚于自己在 CAD 上重新画一遍，自动出图效率较差。