

中国市政设计行业 BIM 技术丛书
张吕伟 蒋力俭 总编

BIM

市政隧道管廊工程 BIM 技术

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 刘斐 李宁 主编

中国建筑工业出版社

IM 技术丛书
编

市政隧道管廊工程 BIM 技术

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 刘 斐 李 宁 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

市政隧道管廊工程 BIM 技术/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, 2018. 4

(中国市政设计行业 BIM 技术丛书)

ISBN 978-7-112-21875-2

I. ①市… II. ①上… III. ①市政工程-隧道工程-建筑设计-计算机辅助设计-应用软件②市政工程-管道工程-建筑设计-计算机辅助设计-应用软件 IV. ①U45-39②U172-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 036752 号

本书为《中国市政设计行业 BIM 技术丛书》之一, 由 4 章和 14 个附录组成。其中隧道工程、管廊工程分别形成独立章节, 按下列几方面内容进行撰写: 构筑物形式确定、设计流程、模型系统、信息交换流程、信息交换内容、信息交换模板、应用案例。设施设备构件为独立章节, 对模型中构件进行归类, 确定每个构件属性, 为市政设计行业构件信息库建立提供基础数据。14 个附录是本书撰写重点, 对各设计阶段交付信息进行归类、命名和详细描述, 按照国家交付标准确定信息深度等级, 可以作为国际 IFC 标准、IFD 标准、中国《建筑信息模型分类和编码》标准针对市政设计行业的补充内容。

本书适用对象主要是 BIM 专业技术人员, 也可供设计人员作为 BIM 技术应用参考资料。

责任编辑: 于 莉

责任设计: 李志立

责任校对: 姜小莲

中国市政设计行业 BIM 技术丛书

张吕伟 蒋力俭 总编

市政隧道管廊工程 BIM 技术

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 刘 斐 李 宁 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

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 12 $\frac{3}{4}$ 字数: 314 千字

2018 年 4 月第一版 2018 年 4 月第一次印刷

定价: 55.00 元

ISBN 978-7-112-21875-2

(31793)

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 于得强 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

《市政隧道管廊工程 BIM 技术》编制组

主 编：张吕伟 刘 斐 李 宁

主要编写人员：范益群 郑 岐 由广明 张嘉诚 陈立楠
韩宝良 朱伟南 张为民 王胜华 杨海涛
陆敏博 景 骞 黄鸿达 赵 航 罗 浩

参 编 人 员：梁荣欣 王佳斌 冯励凡 王 睿 何则干
李 伟 吴文高 王 健 朱其玮 杜永帮
杨 晓 何振华

主 审 人 员：罗建晖 李明华 倪 丹 王 曦 郭志清

《市政隧道管廊工程 BIM 技术》参编单位

指导单位：中国勘察设计协会

总编单位：上海市市政工程设计研究总院（集团）有限公司

主编单位：上海市市政工程设计研究总院（集团）有限公司
北京市市政工程设计研究总院有限公司

参编单位：广州市市政工程设计研究总院
济南市市政工程设计研究院（集团）有限责任公司
（以下排名不分先后）
上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司
悉地（苏州）勘察设计顾问有限公司
同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司
深圳市市政设计研究院有限公司
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

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技术应用与新技术》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技术二次开发》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。

《中国市政设计行业BIM技术丛书》编委会

前 言

城市是人类社会发展的产物，城市的状况和面临的问题都是国家和社会现实情况的反映。随着城市的发展、人口的增长和生活需求的增长、人类土地资源的逐渐枯竭和日益恶化的自然环境，人类迫切需要开拓新的生存空间。特别是当代，城市人口剧增，导致了一系列的城市问题，为了保持城市功能及交通所需的空间，人们开始向地下空间方面考虑。

本书编写组根据长期地下空间市政隧道管廊工程 BIM 技术的研究与积累，在分析现有传统设计的基础上，精选了代表性市政工程 BIM 项目，针对 BIM 正向设计过程中信息交换内容进行剖析，同时对国内外 BIM 标准进行解读和研讨，力求做到与国内外 BIM 技术接轨，以期满足市政设计行业 BIM 技术应用信息交付需求，对提高 BIM 正向设计效率、降低 BIM 技术应用成本提供技术支持，为中国市政设计行业 BIM 标准建设奠定基础。

目前市政隧道道路工程设计基本都是传统二维设计，主要依靠设计人员的空间想象能力，抽象而模糊，即使通过一般方案模型，也仅能展示其外观效果。在市政隧道道路总体系统设计要求很高的情况下，频繁更改线路布置会产生大量的修改与协调工作，使设计人员缺乏充分的时间完成优质的设计。从而导致设计工作虽不断增加，但设计品质却在不断下降的问题。究其原因，传统的设计技术与方法的固有缺陷是设计品质不高的根源。

BIM 协同设计能够有效地改善甚至消除设计品质下降的问题。基于 BIM 技术的协同设计，各专业设计人员将能够在所有的设计阶段同步参与项目设计。即使是在方案设计阶段，设计人员也不必再独自判断各构筑物不同功能区的面积划分与布置形式。设计人员仅在最初由总体专业按需求提出项目的大致体量与框架，而原本处于下游的建筑、结构、电气等专业根据自身需求即可开展评估与设计。各专业的同步参与，可大幅度提高市政隧道管廊工程的设计质量和效率。

设计阶段是 BIM 技术应用最重要的环节，但目前市政设计行业 BIM 在设计阶段应用的并不多，大多还处在徘徊状态。存在的问题主要有：一是要求设计人员的设计理念从二维到三维的转型和从相对独立的设计到不同工种之间的协同设计的转变；二是设计企业为适应 BIM 技术需要改变传统的管理模式，并需要投入时间和资金制定新的工作流程和企业管理机制，为设计人员学习 BIM 理念和技术提供时间和资金，以及购买 BIM 相关软件的资金投入等；三是我国普遍存在项目设计任务周期短、任务重的现象，在 BIM 技术应用初期，可能因为不可避免的一些技术问题而影响到任务的如期完成。出现以上这些 BIM 技术应用瓶颈问题，主要原因在于市政设计行业数据标准比较薄弱、模型信息内容和深度不统一、交付内容不明确。

BIM 技术作为现代信息技术发展的产物，具有信息技术自身的特点。而 BIM 技术要想在工程建设中发挥作用，前提和基础就是数据的标准化，因此建立信息交换标准就显得尤为重要。其中的关键技术是如何正确、完整地收集项目数据，最终目的在于随时、快速、准确获取支撑 BIM 应用所需的数据。一个支持项目所有阶段、所有成员、所有软件

产品之间自动进行信息交换的数据标准，必须是一个公开标准；又因为需要支持信息自动交换，所以必须是一个结构化的标准。IFC（Industry Foundation Classes）就是这样一个公开的、结构化的、基于对象的信息交换标准。

在实际应用中，IFC 标准并未定义不同的项目阶段、不同的项目角色和软件之间特定的信息需求，软件系统无法保证交互数据的完整性与协调性。针对这个问题的一个解决方案，就是制定一套标准，将实际的工作流程和所需交互的信息定义清晰，而这个标准就是 IDM 标准（Information Delivery Manual，信息交付手册）。IDM 标准的制定，将使 IFC 标准真正得到落实，并使得信息交换能够真正实现并创造价值。

《市政隧道管廊工程 BIM 技术》由 4 章和 14 个附录组成。其中隧道工程、管廊工程分别形成独立章节，按下列几方面内容进行撰写：构筑物形式确定、设计流程、模型系统、信息交换流程、信息交换内容、信息交换模板、应用案例；设施设备构件为独立章节，对模型中的构件进行归类，确定每个构件的属性，为市政设计行业构件信息库建立提供基础数据。14 个附录是本书的撰写重点，对各设计阶段交付信息进行归类、命名和详细描述，按照国家交付标准确定信息深度等级，可以作为国际 IFC 标准、IFD 标准、中国《建筑信息模型分类和编码》标准针对市政设计行业的补充内容。

在丛书编委会领导下，在总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，上海市市政工程设计研究总院（集团）有限公司负责本书第 1 章、第 2 章、第 4 章主要内容的编写以及附录整体框架的搭建和全书统稿；北京市市政工程设计研究总院有限公司负责本书第 3 章内容的统筹编写以及第 4 章部分内容和附录 B、附录 C 内容的编写；其他参编单位共同参与了其中章节及附录部分内容的编写。

在此，编写组对所有参与本书编写工作的成员及给予我们支持和帮助的专家表示衷心的感谢。

鉴于 BIM 技术应用刚起步、典型案例较少、应用效果总结不够系统，加之编写组成员的水平与时间有限，部分观点及内容不一定成熟准确，不足之处，衷心希望得到更多专家的批评指正，也希望在再版时逐步完善。

本书中引用了国内外大量参考文献资料，所引用的文献统一在参考文献中申明出处，但难免存在疏漏，引用与理解不当之处敬请谅解，如有遗漏，希望读者及时提出，便于编写组更补，在此感谢这些文献的原作者。

本书适用对象主要是 BIM 技术人员，也可供设计人员作为 BIM 技术应用参考资料。本书如果能够对我国市政隧道管廊工程 BIM 技术的发展起到推动作用，编写组将甚感欣慰。

《市政隧道管廊工程 BIM 技术》编写组

2017 年 12 月 30 日

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 工程概论	1
1.2 工程特点	1
1.3 设计特点	2
1.4 BIM 技术应用价值	3
第 2 章 隧道工程	5
2.1 概述	5
2.2 设计流程	6
2.3 交付等级	10
2.4 模型系统	13
2.5 可行性研究阶段交换信息	16
2.6 初步设计阶段交换信息	27
2.7 施工图阶段交换信息	41
2.8 隧道工程 BIM 应用信息交换模板	58
2.9 隧道工程 BIM 应用案例	60
第 3 章 管廊工程	65
3.1 概述	65
3.2 设计流程	67
3.3 交付等级	71
3.4 模型系统	73
3.5 可行性研究阶段交换信息	77
3.6 初步设计阶段交换信息	85
3.7 施工图阶段交换信息	97
3.8 综合管廊工程 BIM 应用信息交换模板	110
3.9 综合管廊工程 BIM 应用案例	112
第 4 章 隧道管廊构件	117
4.1 概述	117
4.2 道路专业构件信息	117
4.3 建筑专业构件信息	118
4.4 结构专业构件信息	120

4.5 机电专业构件信息	124
附录	127
附录 A 项目信息深度等级	127
附录 B 现状信息深度等级	129
附录 C 规划信息深度等级	136
附录 D 道路专业信息深度等级	141
附录 E 建筑专业信息深度等级	146
附录 F 结构专业信息深度等级	150
附录 G 通风专业信息深度等级	164
附录 H 给水排水专业信息深度等级	166
附录 I 供配电及照明专业信息深度等级	169
附录 J 监控专业信息深度等级	172
附录 K 综合管廊工艺专业信息深度等级	176
附录 L 综合管廊入廊市政管线信息深度等级	178
附录 M 常用构件级模型单元几何表达精度	180
附录 N 常用构件非几何参数信息	190
参考文献	191

第 1 章 绪 论

1.1 工程概论

随着我国经济的持续发展及城市化进程的加快,人口和产业的集聚效应挤压了人类生存活动的空间。城市交通的拥堵、土地资源的稀缺以及环境污染的加剧等一系列问题引起了方方面面的重视。在这一形势下,城市地下空间开发利用逐渐成为当今城市建设中的热点,地下空间的合理开发利用已经成为人类实现可持续发展的重要途径。

地下空间的作用和价值被人们重新发现后,它们被认为是一种人类仅有的少数尚未被充分开发的自然资源。地下空间资源的开发,从理论上说几乎是无限的,因为地壳(岩石圈)的平均厚度为 33km,但目前的岩石开挖施工技术所能达到的深度仅为 1000m 左右,而城市地下空间的开发,则一般尚未超过 300m。

地下空间形式多种多样,不仅包括地铁、隧道、地下广场、地下道路等形式,还包括地下街、地下综合管廊(共同沟)、大型地下储气设施、地下雨水储存设施、地下垃圾站房、地下车库、地下变电站以及大型绿地、居住区和世博园区的地下空间等形式。

本书主要讲述地下空间中城市道路隧道工程及地下综合管廊工程的 BIM 技术。

1.2 工程特点

市政地下空间工程不同于工业、民用建筑工程,具有其自身的特点。以地下隧道及地下综合管廊为例,首先地下隧道及地下综合管廊呈带状分布,长度从几百米到几十千米,这与工业、民用建筑位于一个集中的区域截然不同;其次隧道位于地下,与地质关系密切,往往地质勘察的准确度决定了地下隧道及地下综合管廊的设计质量;再者由于与工业、民用建筑工程的内容和属性截然不同,导致建筑编码分类不能涵盖地下隧道及地下综合管廊工程,从而导致建筑 BIM 标准不能应用于地下隧道及地下综合管廊工程。因此不能直接照搬工业、民用建筑的 BIM 技术路线。

近年来,为缓解日益拥堵的城市交通状况及反复开挖地面的“马路拉链”问题,市政地下空间工程尤其是地下隧道及地下综合管廊工程得到了蓬勃的发展。市政地下空间工程通常埋深较浅,多采用明挖法施工,其上通常有重要的建筑物、管线等,对地表沉降有严格要求,地面交通复杂,多下穿地面道路。

地下隧道及地下综合管廊工程的主要工程特点有:

- (1) 承受爆炸荷载和地震荷载的能力比地面结构强。
- (2) 地下建筑物内部的气温和湿度比较稳定,节能。
- (3) 造价昂贵,只有在论证它有充分的技术和经济效益时才宜兴建。

(4) 施工期限长,施工作业面较窄,可容纳的劳动力和机械都受限制。但由于工业化施工和机械性能的提高,这种情况正在改善。

(5) 穿越地层的地质条件复杂多变,遇到的意外情况比较多,工程的定位、设计和施工方法都必须随时作相应的调整,要求规划、勘测、设计、施工和管理部门密切配合。

现阶段,我国提倡可持续发展,而城市地下空间的利用正是一种有效解决问题的途径,加强对地下空间的开发和利用,可以增加地上绿地面积,提高土地利用率,疏解交通,减少污染,改善环境,实现城市的可持续发展。

1.3 设计特点

1.3.1 隧道设计特点

道路隧道的主体建筑一般由洞身、衬砌和洞口组成,在洞口地段常建明洞或敞开段。隧道的附属构筑物有防水和排水设施、通风和照明设施、交通信号设施及事故应急设施等。长隧道火灾的监控、警报、消防、救火、排烟、避难、疏散等设施予以周密考虑。道路隧道设计通常先进行方案设计,然后进行隧道的平面和纵断面、净空和衬砌等的具体设计。

整个工程埋设于地下,因此工程地质和水文地质条件对隧道施工的成败起着重要的、甚至是决定性的作用。因此,不仅要在勘测阶段做好详细的地质调查和勘探,尽可能准确地掌握隧道工程范围内的工程地质和水文地质资料,并根据这些原始材料,初步选定合适的施工方法,确定相应的施工措施和配套的施工机具。而且由于地质条件的复杂性和勘探手段的局限性,在施工中出现前所未料的情况仍不可避免。因此,在长大隧道的施工中,还应采取试验导坑(如日本青函隧道)、水平超前钻孔、声波探测、导坑领先等技术措施,进一步查清掘进前方的地质条件,及时掌握变化的情况。以便尽快地修改施工方法和技术措施。

隧道可用明挖法、盾构法、矿山法和沉管法修建,隧道横断面的最小尺寸需满足设计限界的要求,其横断面的轮廓主要决定于施工方法。根据经验,用顶管法和盾构法开挖时,断面一般为圆形或椭圆形;用明挖法时,断面为矩形;用矿山法时,断面为拱形。用盾构法开挖时,装配式衬砌多采用钢筋混凝土,特殊情况也可采用金属管片。在有侵蚀性水的情况下,衬砌结构需采取一定的防腐措施,以保证隧道的使用功能。用明挖法和矿山法时,常采用整体式衬砌。用沉管法时,则采用预制管段。

1.3.2 综合管廊设计特点

地下综合管廊(日本称“共同沟”、中国台湾地区称“共同管道”),就是地下城市管道综合走廊。即在城市地下建造一个隧道空间,将电力、通信、燃气、供热、给水排水等各种工程管线集于一体,设有专门的检修口、吊装口和监测系统,实施统一规划、统一设计、统一建设和管理,避免了由于敷设或维修地下管线而反复挖掘道路,减少了对道路交通和居民出行造成的影响和干扰;提高了市政管线的耐久性和安全性;便于对各种管线的敷设、增设、维修和管理;有效利用了地下空间,节约了城市用地;减少了道路的杆柱和架空线等,保证了城市的整体景观,提升了城市品位,是保障城市运行的重要基础设施和

“生命线”。

综合管廊宜分为干线综合管廊、支线综合管廊及缆线管廊。

(1) 干线综合管廊：用于容纳城市主干工程管线，采用独立分舱方式建设的综合管廊。

(2) 支线综合管廊：用于容纳城市配给工程管线，采用单舱或双舱方式建设的综合管廊。

(3) 缆线管廊：采用浅埋沟道方式建设，设有可开启盖板，但其内部空间不能满足人员正常通行要求，用于容纳电力电缆和通信线缆的管廊。

综合管廊类项目具有综合性、长效性、可维护性、高科技性、防震防灾性、环保性、低成本性、投资多元性及营运可靠性等特点。

根据上述综合管廊类项目的工程特点可知，综合管廊类项目具有入廊管线众多，前期管位协调困难、节点布线复杂，二维图纸较难表达、管廊本身涉及专业多，各专业间设备较易发生碰撞冲突、管廊本身与工程周边环境关系复杂等设计难点，利用传统二维设计手段会遇到较多困难。

1.4 BIM 技术应用价值

BIM，即 Building Information Modeling（建筑信息模型），是以建筑工程项目的各项相关信息数据为基础，建立建筑模型，通过数字信息仿真模拟建筑物所具有的真实信息。BIM 技术是一种数据化工具，通过建筑模型整合项目的各类相关信息，在项目策划、设计、建造、运行和维护的全生命周期中进行信息的共享和传递，在提高生产效率、节约成本和缩短工期方面发挥重要作用。

BIM 技术相对于传统 CAD 软件的应用，更能够表现出较为理想的直观性和便捷性，能够有效解决以往因为设计手段落后而带来的一些缺陷和偏差。BIM 技术在实际应用过程中主要表现出以下几个方面的基本特点：

(1) 数据互用性

BIM 之所以区别于 CAD，在技术层面表现为 BIM 对应用系统或软件之间的数据互用能力要求明显高于 CAD。CAD 软件的操作者、数据使用者均为工程设计人员，而且多数 CAD 软件可以在单个专业内完成数据输入、加工处理、数据输出的全过程，并在设计阶段完成其使命。相比之下，BIM 数据将在项目整个生命周期内不断积累和完善，其使用者包括设计方、咨询方、施工方、业主，BIM 数据使用的目的包括辅助决策、辅助设计、辅助施工和辅助设施管理，在这样宽广的领域中应用，要求 BIM 数据具备支持多种应用软件和系统的能力，显然，一对一的文件传输方式仅能支持两种软件之间的数据交换，当有更多软件需要加入数据交换行列中时，由于软件可能由不同开发商提供、应用于不同的领域、具有不同的数据输入与输出要求等因素，软件之间的私有接口协议在多种软件之间很难达成。支持 BIM 数据互用的理想方式是 BIM 数据具有公开、公认的内容和交换格式，由国际 Building SMART 组织开发并维护的工业基础类 IFC 就是一种开放式的 BIM 数据交换格式。

(2) 可视化设计方法

传统设计方式，一张图纸承载了设计中所有的信息，错综复杂的线段、满眼的符号，

让非专业人员尤其是业主很难理解，造成了沟通障碍。通过 BIM 技术可以将这些信息以真实的场景展现在项目参与各方面前。

BIM 技术下的建模设计过程是以三维状态为基础，不同于 CAD 基于二维状态下的设计。在常规 CAD 状态下绘制的构件没有属性，只有由点、线、面构成的封闭图形。而在 BIM 技术下绘制的构件本身具有各自的属性，每一个构件在空间中都通过 X、Y、Z 坐标呈现各自的独立属性。设计过程中设计师的构想能够在电脑屏幕上虚拟呈现三维立体图形，达到三维可视化下的设计。同时构建的模型具有各自的属性，如柱子的位置、尺寸、高度、混凝土强度等，这些属性通过软件将数据保存为信息模型，也可以由其他专业导入数据，提供了协同设计的基础。

BIM 技术的应用中可视化是比较重要的一个基本表现，这种可视化的体现还能够具备三维立体化效果，进而也就能够促使相应工程建设项目的整体效果得到更好的体现，有效规避了因为以往呈现方式过于滞后而带来的较大隐患和偏差问题。

(3) 专业间协同设计

在传统条件下各个专业间的设计数据不能相互导出和导入，使各个专业间缺乏相互协作。在 BIM 技术下的设计，各个专业通过相关的三维设计软件协同工作，能够最大程度提高设计速度。并且建立各个专业间共享的数据平台，实现各个专业的有机合作，提高设计质量。

可视化联动的效果可以大大提高各专业之间的协同效率，降低因为专业之间的差异性对项目理解而造成的错误，让各专业能够协同作业，提高工作效率。并且，在联动的效果下，模型可以一处修改，相关各处同时变动，解决了长期以来图纸之间的错、漏、缺问题。节省了人力、物力、财力以及时间，提高了工作效率。

传统设计环节，基本都是各自为战很少沟通，工作时逐层传递，这样做极不利于相互之间的沟通与交流，很容易出现碰撞点。现在可以通过 BIM 技术所建立的模型将各个专业所需要的数据信息纳入其中，使设计人员在统一的环境下协同工作。

第2章 隧道工程

2.1 概述

2.1.1 道路隧道工程的概念

道路隧道是指位于地表以下、以机动车通行为主，并可兼顾行人或非机动车通行的通道。具有穿越障碍、缩短线路，并具有减少地面空间资源占用，同时可兼作防空等优点。

道路隧道按所处位置，可分为公路隧道和城市隧道。

在山区公路选线中，采用隧道可为选线提供更优方案。隧道能克服高程障碍，缩短线路长度，减小坡度和曲率，从而提高线路技术标准。在城市区域，修筑隧道以代替桥梁，对城市景观以及通航影响小；当穿越核心区时，采用道路隧道，位于地下，对减少地面交通，缓解交通拥堵，提高核心区域的环境品质等具有重要意义。

2.1.2 工程特点

道路隧道工程与一般的道路工程、桥梁工程相比，具有其自身特点，建设管理较为复杂，难度更大。其主要特点是：

(1) 不可预见因素多。道路隧道属于地下工程，围岩地质的变化对施工影响极大。地质的不可预见性是隧道施工的主要特点。施工前往往不可能对地质情况准确掌握，对围岩的变化、地下水、溶洞、泥石流、涌沙及瓦斯地层等不良地质无法预见。

(2) 工程风险性大。由于隧道地质的变化无法事先准确预报，所以施工过程中塌方事故发生的概率较大，施工过程中的安全隐患较多，工程风险性大。因此，国际隧道协会(ITA)曾经有文件规定：地质风险由业主承担，施工风险由承包商承担。

(3) 隐蔽工程多。隧道属于地下工程，由于隧道结构的特点和工程的时效性，绝大部分的后一道工序都是在前一道工序的基础上立即进行，隐蔽部分较多。如果内在质量出现问题，事后很难发现，并且也很难采取措施补救。

(4) 施工时效性强。由于隧道施工中围岩多变，地质水文条件复杂，并且大多不可预见。所以一旦出现意外情况，必须当机立断及时变更，进行现场处治，施工时效性较强。

(5) 施工空间狭小。隧道施工是在一个狭小的空间中进行，开挖、支护、防排水、衬砌、附属设施预埋件、路面等施工工序多，时效性强。施工过程中的水、风、电、气管线复杂，相互干扰大，施工管理难度较大。

(6) 施工环境恶劣。由于隧道施工是在一个半封闭的空间内进行，开挖和施工过程的

污染很大，加之施工危险性大，所以施工环境比较恶劣。

2.1.3 设计特点

城市道路隧道工程从设计角度出发，主要有以下几个方面特点：

(1) 道路隧道设计可能采用较高的线形指标。若受地形或地质条件限制而必须设置曲线时，应根据道路等级宜设置大半径的平曲线。隧道如用盾构法施工，也宜做成直线或大半径曲线。

(2) 隧道内的纵坡不宜采用大纵坡，是为了避免汽车因上陡坡而产生过量的有害气体和烟雾，并为重车下坡时能安全制动；最小纵坡应满足排水需要。

(3) 较长的山岭隧道一般采用双向人字坡，短隧道可用单向坡。水底隧道通常为凹形的纵断面，最低处宜设集水井用泵排水。

(4) 隧道的横断面视其埋深和施工方法而定。埋深较大的隧道常用矿山法或盾构法施工，矿山法采用顶拱直墙或曲墙断面，盾构法施工常采用圆形断面；浅埋的城市隧道用明挖法施工时可用矩形断面。如用沉管法施工，大多为矩形断面。河岸段视其埋深大小，可用明挖法、地下连续墙法或连续沉井法施工，而常采用矩形断面。

(5) 隧道衬砌的净空限界应随道路等级和车道数目而定。为了方便隧道检修，可在隧道一侧或两侧设置检修道。短隧道内通常可不设人行道而只设路缘石，并视需要情况设置壁龛式避车洞。为了通风需要，应在隧道内分隔出通风道，必要时可将横断面扩大。

(6) 在隧道中，车辆排放一氧化碳、氮氧化物、烟尘等有害物质，行车过程中因轮胎、制动及道路摩擦还会产生颗粒物和烟尘，这些对人体健康影响很大，同时影响隧道行车视距安全。因此，需要设置隧道通风系统，将隧道废气、烟尘的浓度控制在一定的安全限度内。

(7) 道路隧道对照明的要求也比较特殊。隧道照明设施应为驾驶员提供充分的视觉诱导信息，减少暗环境带来的不舒适感。同时需要在隧道的出入口设置加强过渡照明，在峒外背景较亮时能够减少视觉“黑洞效应”。照明灯具应带有调光功能，以达到节能效果。

2.2 设计流程

通过传统 CAD 设计流程，发现设计过程中各设计阶段各专业之间的信息交换点，这些信息交换点，目前采用二维图纸、文档进行信息交换，在传统 CAD 设计流程的基础上，总结出符合 BIM 协同设计、信息交换特点的设计流程。

2.2.1 CAD 设计流程

1. CAD 设计流程的特点

传统 CAD 设计，各种设计行为以分类的图纸为基础，各个设计阶段的设计内容分布在不同的图纸上，常常导致信息交流不畅。以图纸为信息传递的载体，各个专业之间、各个阶段之间信息是孤立的、无法共享的。

2. CAD 设计流程

传统 CAD 设计流程,各专业之间设计界面清楚、顺序性强,下游专业必须要等到上游专业完成后才能开始设计,如结构专业要在线路专业和建筑专业完成之后才可以进行设计。但协同性差,下游专业修改后,上游专业没修改,或上游专业修改后,下游专业没更新,此类情况时有发生,造成设计质量不佳。

隧道工程 CAD 设计流程如图 2-1 所示,工可阶段首先是线路专业进行工可设计,然后提资给其他各专业,建筑专业根据线路工可设计图纸进行设计,然后将建筑工可设计图纸提交给结构专业和机电专业,结构专业和机电专业再根据建筑和线路专业工可设计图纸完成工可设计。初步设计阶段和施工图阶段,各专业设计根据上一阶段图纸和本阶段的设计资料,完成本阶段相应的设计。

2.2.2 BIM 设计流程

BIM 设计流程,由于是在协同工作环境中进行协同设计,设计成果实时共享,各专业设计界面比较模糊,各自专业可以实时看到上、下游专业最新设计成果,协同性高,能将各专业之间的冲突降到最低,整体设计质量高。

隧道工程 BIM 设计总体流程如图 2-2 所示,工可阶段首先是线路专业进行工可设计,线路专业在协同工作环境中进行线路工可设计,线路工可 BIM 模型实时更新,建筑专业根据线路工可 BIM 模型在协同平台上实时进行设计,然后结构专业和机电专业再根据建筑和线路工可 BIM 共享模型完成本专业工可设计,线路、建筑专业可以同时看到结构及机电专业的共享模型,进行本专业的更新,最终完成工可设计。初步设计阶段和施工图阶段,各专业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。

2.2.3 隧道工程信息交换模型 ID 编码规则

为了保持 BIM 设计总体流程与各阶段 BIM 设计详细流程信息交换内容的统一性和一致性,在各阶段设计过程中,建筑、结构、给水排水、暖通、电气等专业信息交换需求用模型和信息表示(包括设计资料),因此需要通过一定的命名规则进行编码,ID 编码用“ $x.n.m$ ”表示。

隧道工程信息交换模型 ID 编码规则如下:

(1)“ x ”表示阶段,“1”表示工可阶段,“2”表示初步设计阶段,“3”表示施工图阶段。

(2)“ n ”表示专业,“1”表示设计资料,“2”表示线路专业,“3”表示建筑专业,“4”表示结构专业,“5”表示通风专业,“6”表示给水排水专业,“7”表示供电与照明专业,“8”表示监控专业。

(3)“ m ”表示专业子内容,在设计过程中确定编码。

隧道工程信息交换模型 ID 编码规则见表 2-1。