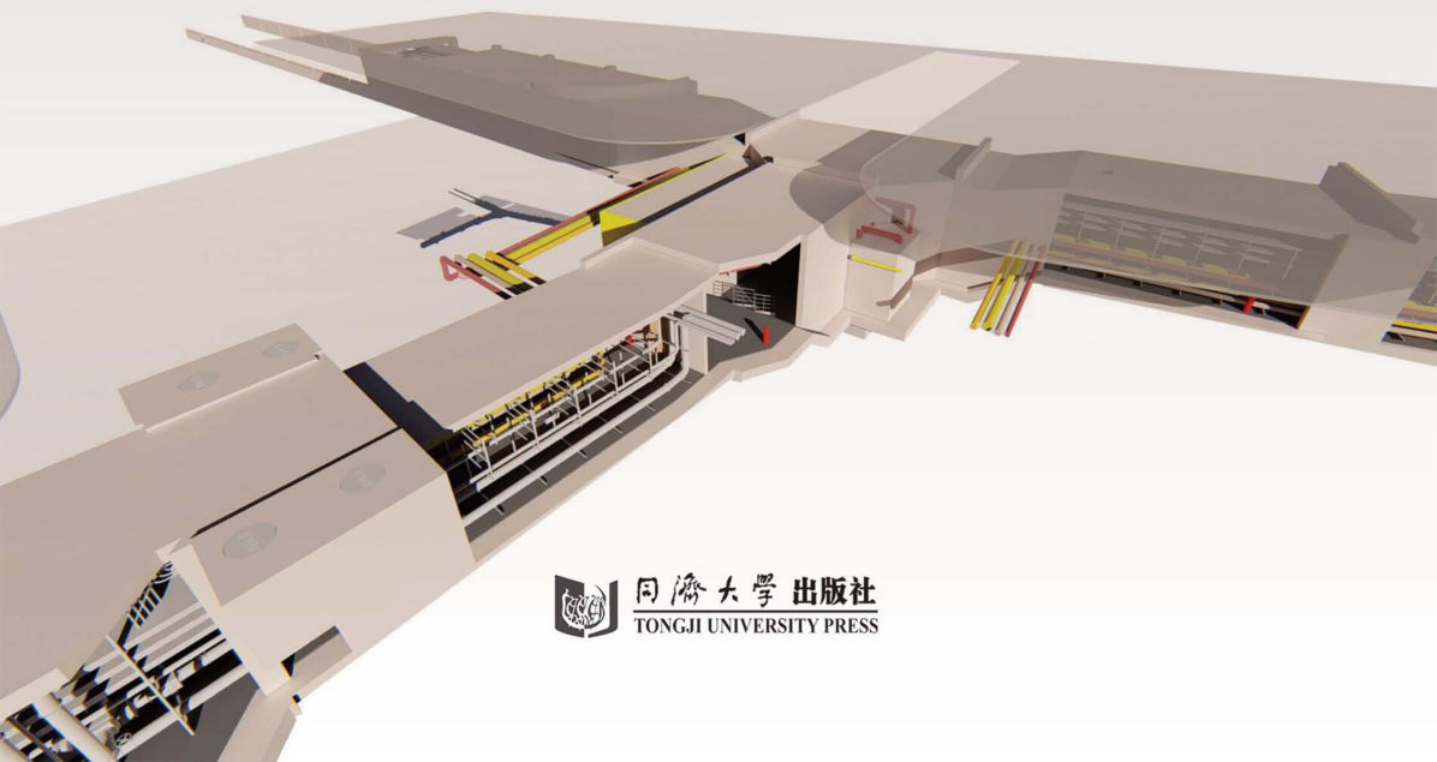


公建项目建设管理书系

# 城市地下综合管廊工程建设 与 **BIM** 技术应用

蒋凤昌 编著



同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS

公建项目建设管理书系

# 城市地下综合管廊工程建设与 BIM 技术应用

蒋凤昌 编著

 同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS

## 内 容 提 要

本书顺应城市发展品质提升的需求,研究城市地下综合管廊规划、设计、施工和运维各阶段的相关建设技术,并且将建筑信息模型(BIM)技术应用于管廊建设全过程,实现管廊工程全生命周期的信息集成,达到提高质量、提升效率、节约成本和降低风险的目的。本书共分七章,依次为绪论、国外地下综合管廊建设现状、我国地下综合管廊建设现状、综合管廊规划与BIM技术应用、综合管廊设计与BIM技术应用、综合管廊施工与BIM技术应用、综合管廊运维与BIM技术应用。

本书面向读者对象为建筑与土木工程专业技术人员、建筑信息化与BIM从业人员、高等院校建筑与土木工程专业研究生、本科生及专科生。

图书在版编目(CIP)数据

城市地下综合管廊工程建设与BIM技术应用 / 蒋凤昌  
编著. -- 上海: 同济大学出版社, 2019.12

ISBN 978-7-5608-8758-6

I. ①城… II. ①蒋… III. ①市政工程—地下管道—  
建筑设计—计算机辅助设计—应用软件 IV. ①TU990.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第207780号

---

---

## 城市地下综合管廊工程建设与BIM技术应用

蒋凤昌 编著

责任编辑 李小敏 责任校对 徐春莲 装帧设计 潘向葵

---

出版发行 同济大学出版社 [www.tongjipress.com.cn](http://www.tongjipress.com.cn)  
(地址: 上海市四平路1239号 邮编: 200092 电话: 021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 江苏凤凰数码印务有限公司

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 10.75

字 数 265 000

版 次 2019年12月第1版 2019年12月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-8758-6

定 价 59.00 元

---

本书若有印装质量问题, 请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

## 编 委 会

编 著 者 蒋凤昌

编 写 组 蒋凤昌 周 平 邹厚存 董 杰 李永奎  
刘如兵 李 俊 周桂香 孟向惠 唐金来  
奚友方 朱水勇 姜荣斌 柯存龙 熊新华  
王 威 梅 俊 何纪宏 王 浩 王 进  
朱冬梅 唐忠涛 吉盛凯 叶邦日 林网朋

编写单位 泰州职业技术学院

同济大学复杂工程管理研究院

泰州市城市建设项目管理中心

江苏扬建集团有限公司

上海科瑞漫拓信息技术有限公司

上海科瑞真诚建设项目管理有限公司

正威科技集团有限公司

锦宸集团有限公司

江苏永泰建设工程有限公司

江苏星月星建筑安装工程有限公司

江苏苏兴建设工程有限公司

江苏省第一建筑安装集团建设工程有限公司

## 前 言

城市地下综合管廊具有投资很大、改善环境、保障供应、可持续发展等特点，是住房和城乡建设部重点推广应用的基础设施。建筑信息模型（BIM）技术具有可视化、参数化、信息集成共享等特点，是目前土木工程界推广应用的热点技术。将BIM技术应用于地下综合管廊的建设，贯穿工程建设各阶段，从而促进城市地下综合管廊的投资、质量、安全和运维更具可控性，为合理规划、设计、建造和管理城市基础设施提供技术支撑。

本书研究了城市地下综合管廊建设全过程相关技术，并且基于工程实践阐述了BIM技术在综合管廊规划、设计、施工和运维各阶段的应用。对BIM技术在综合管廊工程建设过程中的每个应用点，重点阐述了应用目的、应用流程、注意要点和工程实践，可为读者提供借鉴和参考，发挥抛砖引玉的作用，旨在促进BIM技术在综合管廊中的深度应用。

本书的研究内容来源于住房和城乡建设部2016年科技计划项目“基于BIM技术的城市地下综合管廊项目建设研究与实践（项目编号：2016-K4-023）”，本书还获得江苏省高校“青蓝工程”优秀教学团队项目（项目编号：JSQLGC2017-TD60）、江苏省力学学会教育教学课题（项目编号：2017jslxjy001）、同济大学复杂工程管理研究院科研项目（项目编号：TJCEM-2018-03）、泰州职业技术学院创新团队项目（项目编号：TZYTD-16-3和TZYTD-16-5）等的资助。

本书研究课题的主要承担单位是泰州市城市建设项目管理中心、泰州职业技术学院、江苏扬建集团有限公司和上海科瑞漫拓信息技术有限公司，参与完成课题的单位包括同济大学复杂工程管理研究院、上海科瑞真诚建设项目管理有限公司、锦宸集团有限公司、正威科技集团有限公司、江苏永泰建设工程有限公司、江苏星月

星建筑安装工程有限公司、江苏苏兴建设工程有限公司、江苏省第一建筑安装集团建设工程有限公司。各参与单位、课题组和编写组对本书的出版提供了诸多帮助，在此一并表示感谢。

由于综合管廊建设技术和 BIM 技术皆处于快速发展阶段，同时限于作者水平，书中难免存在一些缺陷甚至错误，恳请专家和读者批评指正。

蒋凤昌

2019年8月

# 目 录

## 前 言

### 1 绪 论 001

#### 1.1 综合管廊建设的深远意义 001

1.1.1 综合管廊建设是城市可持续发展的必然要求 001

1.1.2 综合管廊是城市实现节能降耗的必然选择 002

1.1.3 综合管廊是城市安全运营的优选设施 003

1.1.4 综合管廊是具有良好综合经济效益的市政工程 005

#### 1.2 BIM 技术在综合管廊建设中的应用价值 006

1.2.1 应用 BIM 技术有助于控制规划设计质量及工程造价 006

1.2.2 应用 BIM 技术有助于控制施工质量和安全 006

1.2.3 应用 BIM 技术有助于保障城市生命线工程正常运营 007

1.2.4 应用 BIM 技术有助于在全生命期内集成共享地下空间的开发信息 007

### 2 国外地下综合管廊建设现状 008

#### 2.1 欧洲综合管廊建设 008

2.1.1 法国 008

2.1.2 英国 010

2.1.3 德国 011

2.1.4 西班牙 013

2.1.5 瑞典、芬兰和挪威 014

2.1.6 俄罗斯 015

#### 2.2 北美综合管廊建设 016

2.2.1	美国	016
2.2.2	加拿大	017
2.3	亚洲综合管廊建设	017
2.3.1	日本	017
2.3.2	新加坡	024
3	我国地下综合管廊建设现状	027
3.1	我国综合管廊建设概况	027
3.2	我国主要城市综合管廊建设现状	027
3.2.1	北京市	027
3.2.2	上海市	029
3.2.3	广州市	033
3.2.4	深圳市	036
3.2.5	我国台湾地区主要城市	037
3.2.6	昆明市	039
3.2.7	南京市	040
3.2.8	苏州市	041
3.2.9	厦门市	042
3.2.10	青岛市	043
3.2.11	珠海市	045
3.2.12	济南市	046
3.2.13	成都市	048
3.2.14	白银市	049
3.2.15	武汉市	050
4	综合管廊规划与BIM技术应用	052
4.1	综合管廊的规划内容	052
4.1.1	泰州市金融服务区项目概况	053
4.1.2	管廊建设区位分析	054
4.1.3	管线入廊分析	056

4.1.4	综合管廊系统布局分析	058
4.2	BIM 技术应用于综合管廊的规划	060
4.2.1	规划 BIM 的构建	060
4.2.2	规划 BIM 的多方案比选	061
5	综合管廊设计与 BIM 技术应用	065
5.1	综合管廊总体设计的内容	065
5.2	综合管廊主体工程设计的内容	067
5.2.1	空间设计	067
5.2.2	断面设计	069
5.2.3	节点设计	072
5.2.4	管线设计	074
5.3	综合管廊附属设施设计的内容	075
5.3.1	消防系统	075
5.3.2	通风系统	077
5.3.3	供电系统	078
5.3.4	排水系统	079
5.3.5	监控与报警系统	080
5.4	BIM 技术应用于综合管廊的设计过程	081
5.4.1	中国药城（泰州）综合管廊项目概况	081
5.4.2	构建综合管廊主体工程 BIM 三维模型	083
5.4.3	构建综合管廊附属工程 BIM 三维模型	089
5.4.4	管廊碰撞检测及三维管线综合	100
5.4.5	虚拟仿真漫游	104
5.4.6	管廊竖向净空分析	106
6	综合管廊施工与 BIM 技术应用	110
6.1	综合管廊的施工方法	110
6.1.1	明挖法	110
6.1.2	预制拼装法	112

6.1.3	暗挖法	114
6.1.4	盾构法	115
6.2	BIM 技术应用于综合管廊施工全过程	117
6.2.1	基于 BIM 的施工场地规划	117
6.2.2	基于 BIM 的廊体预制加工	118
6.2.3	基于 BIM 的施工方案模拟	121
6.2.4	基于 BIM 的进度控制	123
6.2.5	基于 BIM 的工程量统计	126
6.2.6	基于 BIM 的质量控制	128
6.2.7	基于 BIM 的安全控制	129
7	综合管廊运维与 BIM 技术应用	131
7.1	综合管廊运维管理的内容	131
7.1.1	综合管廊土建结构管理	131
7.1.2	综合管廊附属设施管理	135
7.1.3	入廊管线管理	139
7.2	综合管廊运维管理中的 BIM 技术应用	143
7.2.1	基于 BIM 的综合管廊运维平台开发研究	144
7.2.2	基于 BIM 的空间管理	146
7.2.3	基于 BIM 的设备监控	148
7.2.4	基于 BIM 的环境监控	149
7.2.5	基于 BIM 的能耗监控	151
7.2.6	基于 BIM 的维护管理	153
7.2.7	基于 BIM 的资产管理	155
	参考文献	157

# 1 绪 论

城市地下综合管廊，在欧美称为“Common Service Tunnel”，在日本称为“共同沟”，在我国台湾称为“共同管道”。它是指在城市道路的地下空间建造一个集约化隧道，用于容纳两类及以上城市工程管线的构筑物及其附属设施。它可将电力、给水、排水、中水、热力、天然气、通信等城市赖以正常运行的生命线工程集于一体，实行“统一规划、统一建设、统一管理”。

自从 1833 年法国巴黎建设第一条城市地下综合管廊后，城市地下综合管廊已有近 200 年的发展历程。其规划、设计、施工和运维各阶段的实施技术亦有显著提升。尤其在当今互联网、物联网、大数据技术广泛应用的背景下，建筑信息模型（Building Information Modeling, BIM）技术已应用于城市地下综合管廊建设的全生命周期。

## 1.1 综合管廊建设的深远意义

### 1.1.1 综合管廊建设是城市可持续发展的必然要求

城市道路作为交通网络，既要承担繁重的地面车辆交通负荷，也为城市提供了市政、绿化和紧急避难空间。随着城市对水、暖、电、信号等需求的迅速扩大，地下生命线工程铺设更加频繁，管径、种类、管线数量迅速增大。在有限的道路红线宽度内，往往要同时敷设电力缆线、自来水管、雨水管道、污水管道、中水管道、信息电缆、燃气管道、热力管道等众多的市政公用管线（图 1-1），有时还要考虑地铁隧道敷设经济。一些管线权属企业和单位盲目铺设管线，抢占管位，管线空间使用率低下，造成相邻地下管线增设、扩容困难，严重阻碍城市基础设施建设步伐，制约城市经济的高速发展。同时，随着城市信息业迅猛发展，许多信息企业建立专用信息传输网络，这些新的信息传输网络大多利用现有的供电线杆架空布线

(图 1-2)，安全性和可靠性无法得到保证，并严重影响市容环境。而且城市地下空间资源是城市可持续发展的重要自然资源，各类管线如能集约化收纳到地下综合管廊中，可保证地下空间的有效利用，促进人与自然的和谐发展。

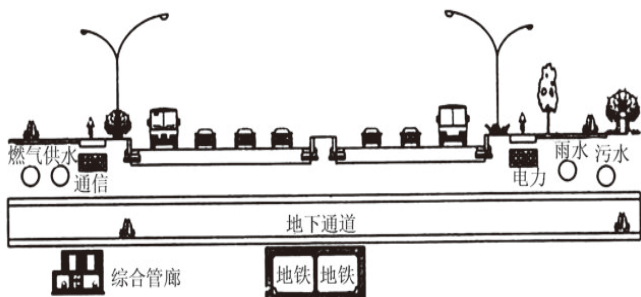


图 1-1 地下管线占位示意图 (王恒栋, 2013)



图 1-2 架空布线 (王恒栋, 2013)

因而，城市地下综合管廊建设显得尤为重要。其优势主要体现在：

- (1) 有利于集约化应用城市土地；
- (2) 有利于保障城市安全状况；
- (3) 有利于改善城市交通；
- (4) 有利于美化城市环境；
- (5) 有利于开发城市地下空间；
- (6) 有利于满足城市可持续发展的其他特殊需求。

### 1.1.2 综合管廊是城市实现节能降耗的必然选择

从综合管廊的规划、设计、施工与运维全生命周期来看，对地下综合管廊进行节约化建造，既可有效利用地下空间，使管线敷设更加科学、合理、有序，还可大大方便管线扩容和维修。避免道路的反复开挖而造成资源浪费，增加道路的使用寿命，避免“马路拉链”现象，保障城市的交通顺畅和城市景观不受破坏。在专门的管廊空间内敷设管线，可以提高管线使用的安全性，延长各类管线的使用寿命，在节能、节材、节地等方面具有突显的优越性。因此，地下综合管廊的建设能带来以下显著成效：

- (1) 科学合理整合地下各类管线；
- (2) 易于维修及管理各类管线；
- (3) 减少和避免反复开挖道路；

- (4) 避免意外挖掘损坏管线;
- (5) 提升管线服务质量与水平;
- (6) 延长道路寿命, 降低其维修费用;
- (7) 提升道路服务质量, 减少受损道路影响交通;
- (8) 利于交通管理, 降低交通事故发生率;
- (9) 改善市容景观, 获得良好的环境效益。

综合管廊建设的一次性投资常常高于管线独立铺设的成本。但综合节省出的道路地下空间、每次的开挖成本、对道路通行效率的影响以及对环境的破坏, 综合管廊的成本效益比显然不能只看建设初期的投入成本。我国台湾曾以信义线 6.5 千米的综合管廊为例进行过测算, 建设综合管廊比不建综合管廊只需多投资 1.11 亿元, 但 75 年后产生的综合效益却有 519.56 亿元。由此可见, 综合管廊项目的实施是城市实现节能降耗的优选途径。

### 1.1.3 综合管廊是城市安全运营的优选设施

据调查研究, 自 1894 年上海埋设第 1 条煤气管道开始, 经过 120 多年的都市建设积累, 尤其是改革开放 40 年以来的快速发展, 上海地下管线的总长度超过 3 万千米, 同时 1/3 左右管线的管龄已超过 50 年。由于管龄过长, 外界的影响, 诸如市政工程或建筑工程的改扩建项目施工, 极易造成管道开裂(图 1-3), 形成漏水、漏气现象, 甚至造成地面下沉、开裂而引发事故等后果(图 1-4), 严重影响城市安全运营。

另外, 从一系列“城市看海”(图 1-5)、“油气爆炸”(图 1-6)的灾害事件来看,



图 1-3 自来水管爆破(王恒栋, 2013)



图 1-4 地面下沉开裂



图 1-5 深圳特大暴雨 (雷升祥, 2015)



图 1-6 青岛输油管爆炸 (雷升祥, 2015)

城市管理暴露出的问题非常突出,对城市排水、燃油、燃气等管道工程建设不能仅限于设计与施工阶段,更应该重视运营使用阶段,建立起项目建设全生命周期的管理概念,有必要选择排水暗洞、综合管廊,以加强能力建设,提升维护水平,保障城市安全运营。

城市地下管线是保障城市运行的重要基础设施和“生命线”。全国仅媒体报道的地下管线事故平均每天高达 5.6 起,每年由于路面开挖造成的直接经济损失高达 2 000 亿元。在这种情形下,建设城市地下管廊、保证城市安全运营的价值凸显。综合管廊容纳管线的方式与传统管线的直埋式相比,安全可靠,抗震防灾能力更强。

(1) 安全性。城市地下综合管廊通常采用钢筋混凝土结构,可有效防止外力荷载对管线的破坏。同时,管廊内的管线不与地下水和土壤直接接触,利于对管线的成品保护,并可对燃气管线分舱敷设,各类管线的安全性更高。

(2) 可靠性。根据国家相关规范要求,确定管廊内各专业管线间的布局与安全距离,并根据防火、防爆等方面的要求对管线进行分隔区段;采用可视化安全监测系统进行管线的运营全方位管理和维护保养,及时发现安全隐患,并及时维护处理,避免重大事故的发生,保证管廊内管线的可靠性更高。

(3) 抗灾性。主要由钢筋混凝土结构建成的综合管廊,结构坚固,具有抵御一定程度的冲击荷载的作用,在防灾、抗灾、备战方面具有较好的保障能力,能保证水、电、气、通信等城市重要命脉的安全,可抵御地震、台风、冰冻、侵蚀等多种自然灾害及次生灾害。

(4) 可维护性。城市地下综合管廊为封闭安定的地下环境,留有足够的检查和维护空间,可以在不受外界因素干扰的情况下进行检查与维修各类管线。

#### 1.1.4 综合管廊是具有良好综合经济效益的市政工程

基于城市地下综合管廊全生命周期分析研究,尤其考虑综合管廊漫长的运营阶段,修建综合管廊所带来的经济效益及社会效益,将远远大于一次性的建设费用。经分析研究,综合管廊可获得良好经济效益。

(1) 综合管廊的年均建设费用并不高。我国规定的设计寿命为 100 年,虽然管廊的一次性投资较大,但是分摊到 100 年周期,则每一年的建设成本并不高。而且采用管廊进行管线布设时,避免了传统直埋方式下各专业管线交叉处理的技术措施和费用,简化了施工工艺,节省了专业管线布设的施工成本。

(2) 延长管道寿命的经济效益。由于综合管廊内的管线不直接与土、地下水、道路结构层的酸碱物质接触,可减少水土对各类外管线的腐蚀,延长管线使用寿命,从而节省管道长期维护与修建的费用,并且减少了由于管道维护而影响生产的经济损失。

(3) 减少管道事故的经济损失。由于综合管廊所处的环境安全,并且配置了优良的监测设备设施,管网不易发生事故,而直埋管网存在高事故率与高漏损率的情况,因事故减少而带来的经济效益十分可观。根据研究分析,中国自来水的漏损率平均为 16%,北方城市经常都是 30% 以上,直接经济损失巨大。就直埋管线施工造成的事故而言,根据中国工程院钱七虎院士的研究,国内城市中每年因施工产生的地下管线事故所造成的直接经济损失约 50 亿元,间接经济损失约 400 亿元,并由此产生极为严重的扰民现象,显而易见,综合管廊在节约城市资源方面具有非常突出的综合效益。

(4) 减少路面开挖与修复的费用。地下综合管廊建成后,所有管线的入廊施工与管理的工作都在廊内进行,不再需要地面开挖施工,路面的返修费用和工程管线维修费用大大降低,而且增加了路面的完整性和工程管线的耐久性。根据国内外城市建设的数据统计,在 20 世纪 90 年代,由于地下管线多为直埋式施工,平均每年挖掘的道路面积占道路总面积的  $1/35 \sim 1/25$ ,这不仅浪费资金,还为城市生活带来不便,影响城市居民的生活质量。

## 1.2 BIM 技术在综合管廊建设中的应用价值

BIM 最早起源于美国。以三维数字成像技术作为基础,通过一个共同的标准 (Industry Foundation Class, IFC), BIM 集成了多种建模工具,用数字信息仿真模拟建筑物所具有的真实信息,从而获得建设工程项目各种工程信息的相关数据,成为包含大量建筑实体信息的三维建模系统,同时又是一个贯穿项目全生命周期的信息集合。BIM 技术的研究对象是建筑物实体,从本质上讲,它是信息化发展的产物,是工程项目管理中使用的—种信息化管理技术。在城市地下综合管廊中应用 BIM 技术,可以充分应用 BIM 技术的可视化、参数化、可模拟性、集成化、共享性等特性,促进综合管廊建设技术与 BIM 技术的深度融合,产生优良的工程价值。

### 1.2.1 应用 BIM 技术有助于控制规划设计质量及工程造价

2015 年 7 月 31 日的国务院会议上确定,中央财政将支持地下综合管廊试点工作,计划 3 年内建设地下综合管廊 389 千米,总投资为 351 亿元。然而,不同的设计方案对地下综合管廊的投资影响很大。例如:上海浦东张扬路管廊(1994 年)为 2.697 万元/米;深圳光明新城管廊(2008 年)为 3.150 万元/米;珠海横琴新区综合管廊(2010 年)为 6.587 万元/米;石家庄正定新区综合管廊(2012 年)为 14.365 万元/米。如果在前期规划设计阶段,采用 BIM 技术进行三维建模,充分应用 BIM 技术的可视化和参数化的特性,进行多方案分析比较,能够方便快捷地精确计算各种方案的工程量和投资情况,并且提高规划与设计质量,从而辅助选择合适的设计方案与施工方案,将会有效控制投资,产生良好的效益。

### 1.2.2 应用 BIM 技术有助于控制施工质量和安全

由于地下管线错综复杂,施工条件千变万化,地下综合管廊的施工工法较多,一般有明挖现浇法、明挖预制拼装法、盾构法、顶管法等。传统的设计与施工方法存在诸多缺陷,尤其存在地下综合管线与地下人行通道发生交错,地下管道、管廊与人行通道三者间的互相避让问题,仅靠阅读二维设计图纸,已经不能满足现代化地下综合管廊建设的要求。在施工实施阶段应用 BIM 技术,基于可视化技术,能

够便捷地展示地下构筑物、管线和不同土层之间的三维关系，便于正确执行施工工艺，保障施工质量；通过 BIM-4D 模拟，能够精确地控制工程施工进度，还可以通过虚拟施工提前发现施工危险源；将 BIM 模型导入三维结构软件进行分析计算，可以及时掌握施工过程中的结构受力情况，保障施工措施可靠；将 BIM 三维模型引入安全监控系统，还能实时控制现场的施工安全。应用 BIM 技术进行城市地下综合管廊的施工过程管理，可以便捷地控制施工质量与安全，对于大型地下空间的建設具有深远的意义。

### 1.2.3 应用 BIM 技术有助于保障城市生命线工程正常运营

地下综合管廊是城市生命线走廊，收容的管线种类多样，采用现代信息技术对地下综合管廊进行管理与监控是不可或缺的手段。应用 BIM 技术，开发三维集成管控平台，将施工阶段的重要信息传承至运营阶段，对地下综合管廊进行监控。BIM 平台系统可具有较多管控功能，包括对运行中的管线安全状况监测；对地下综合管廊内部环境的检测，避免内部环境因素对设备管线的影响及对工作人员的伤害；可利用 BIM 平台系统集成全寿命信息的优势，提供及时维护和预警信息，进行综合管廊的运维管理。基于 BIM 技术的实时监控、提示维护和及时预警，有效地保障水、暖、电等城市生命线工程的正常供应。

### 1.2.4 应用 BIM 技术有助于在全生命期内集成共享地下空间的开发信息

由于 BIM 综合管控平台的开发应用，充分应用 BIM 技术的集成化和共享性，将会减少乃至消除地下空间建设的“信息断层”和“信息孤岛”现象，在规划、设计、施工、运营城市地下综合管廊的全生命周期中，可以集成共享地下空间的开发信息，有利于充分发挥地下综合管廊的优点，产生良好的经济效益和社会效益。