

# BIM技术应用于管线综合的方法探索

## Research on BIM Technology Application in Pipeline Synthesis

黄浩 HUANG Hao

**摘要** 为了更好地贯彻上海市规划和国土资源管理局关于《上海建设工程三维审批规划管理试行意见》的精神,探讨了通过运用BIM技术,提高地下管线从探测到设计的精度的方法。在工程设计阶段提早发现问题并及时解决,以更直观的方式展现,为后续工程建设打好基础。同时,将此技术精准化地运用于地下管线的规划管理工作中。基于BIM技术可视化、可追溯、可继承、可模拟等特点,在重大市政工程建设全过程开展BIM应用,建立BIM交付标准和实施标准,搭建基于BIM和GIS的可视化工程信息协同管理平台,实现建设管理的可视化决策、信息的各方共享,可有效提升工程质量、进度和安全管理水平。竣工后交付一个包括设计、施工和设备信息的BIM模型和数据库,亦可为重大工程运营维护的BIM可视化、信息化等提供数据基础。

**Abstract** In order to better implement the Shanghai Construction Project 3D Approval and Approval Management by Shanghai Planning and Land Resources Administration Bureau, this paper discusses how to improve the accuracy of underground pipeline from detection to design with BIM technology. Early detection and timely solution in the project design stage and shown in a more intuitive way can lay the good foundation for the subsequent engineering construction, and can also be used in the planning and management of underground pipeline. Based on the technical features of visualization, traceability, inheritance and imitability, BIM is applied in the whole process of the major municipal engineering construction. The establishment and implementation of BIM delivery and implement standards, the construction of a visual engineering information collaborative management platform based on BIM and GIS, the realization of the visual decision-making of the construction management and information sharing, can contribute to enhance project quality, speed up the process and improve safety management level. When the project is completed, the delivery of BIM model and data base including the information of design, construction and equipment can provide the data basis for maintenance and operation of the major engineering project.

**关键词** BIM | 碰撞检测 | 可视化 | 数据模型

**Keywords** BIM | Collision detection | Visualization | Data model

文章编号 1673-8985 (2017) 04-0128-05 中图分类号 TU981 文献标识码 A

### 作者简介

黄浩  
上海营邑城市规划设计股份有限公司  
工程师

## 0 引言

传统的市政管线综合规划是结合设计院提供的地下管线物探、道路排水设计等资料,综合平衡各管线在道路平面中的位置。随着城市的不断发展,传统的市政管线设计中存在的问题及困难具体包括:(1) 二维图纸空间中,市政管线只有平面x、y坐标,没有竖向z坐标,无法全面清晰地反映地下管线的情况;(2) 在管线密

集交叉、地下通道、轨道交通、立交腹地等复杂的路段或节点,仅仅依靠相关设计与管理人员的经验来推断,实难进行全面的分析判断,部分节点隐藏着的矛盾无法暴露,就难以完全避免疏漏或碰撞的发生;(3) 面对复杂路段(节点)处的碰撞问题,设计人员采取的局部修正及最终解决方案很难在二维平面图纸中得以完整体现;(4) 传统项目建设过程中,项目参建各方有

时需要花费巨大费用来弥补管线碰撞引起的拆装、返工及浪费等；(5) 多模块叠合的二维平面图纸复杂散乱，难以直观、整体地呈现；(6) 现在的规划管理工作中，也仅靠常规的二维方式来管理，其数据、文本和图纸均无法满足地下空间分层管理和竖向管理的要求<sup>[1]</sup>。

在做天山路管线综合设计时，根据地下管线物探、设计图纸、施工工艺及交通组织，在二维空间内平衡各管线在道路平面中的位置。通过召开专家评审会，各大管线单位都同意管线方案，并根据管线综合方案进行施工图设计，报规划局取得了市政工程建设规划许可证。

当施工单位进场时碰到了雨水管DN2400的标高与非开挖信息管60孔的标高冲突，雨水管的标高牵涉到整个排水系统，基本不能调整，非开挖信息管60孔必须搬迁，管线搬迁费用增加了一千多万。上水管DN500、燃气管DN300、电力排管21孔按常规1—1.2 m覆土施工完成后，全线的雨污水支管与上述已建管线标高又产生了冲突，经过现场开挖后，逐个解决排水支管的问题，工程中取消了6个排水口，还有300 m的雨水口通过非常规手段解决了排水问题。天山路、娄山关路路口有很多现状管线，还有轨道交通2号线古北路车站存在，为了满足规划雨水管DN2700的标高要求，地铁车站预留了一个凹槽。上水管DN500、燃气管DN300在路口密密麻麻的现状管线下勉强穿过，规划电力排管21孔与规划信息管60孔由于箱体较宽，施工难度较大，经过现场多次协调，开挖后，无空间敷设电力和信息管线，全线天山路通信和电力排管在这个路口管道不能沟通，只能通过周边路网解决天山路的电力和信息管道沟通问题。最后道路竣工时间比预期晚了4个多月，管线工程造价超出了1 300万。

随着工程项目体量的增加、复杂程度的提高，对设计过程中各专业协调与配合的要求也随之更高，这就使得二维市政管线综合已经很难胜任新形势下的要求，为了尽量减少施工中碰到的各种问题，提前在设计阶段暴露问题，尽早解决，需要将三维技术（BIM）应用在管线综合全生命周期中。

## 1 BIM技术的特点和作用

建筑信息模型（Building Information Modeling）或者建筑信息管理（Building Information Management）是以建筑工程项目的各项相关信息数据作为基础，建立起三维的建筑模型，通过数字信息仿真模拟建筑物所具有的真实信息<sup>[2]</sup>。

### 1.1 BIM技术的特点<sup>[3]</sup>

在地下管线综合规划设计工作中，可提前利用BIM的可视化、全视角的功能进行管线碰撞检测，将碰撞检测信息反馈给设计人员并同步做出调整，可有效降低施工现场的管线碰撞及返工，降低工程成本。由于BIM技术的表达形式更加直观、易读，无论是地下管线建设方、设计方还是施工方都能很快地全面掌握项目信息，从而降低了项目参与各方，尤其是非专业人士对项目信息的理解难度和误读，减少了项目变更，提升不同专业间和不同参与方之间对项目的协同工作能力。

由于三维信息建模（BIM）在项目各个阶段都能带来巨大的优势，因此，国内各大工程软件开发公司加紧开发步伐，推出各自的BIM二次开发软件来争夺BIM高地。然而，在现有的客观条件下，各设计院将长期面临二维与三维共存的设计方式，想要让已经从事了多年二维设计的工程师接受三维设计模式，必将是一个长期复杂的过程。那么如何将设计院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多年积累下来的二维设计经验和习惯，是现阶段设计院在项目中应用BIM必须要考虑的问题。因此，针对某一设计院或某一特定专业领域进行定向研发，提供既保留传统二维设计的优点、又能兼顾三维设计优势的工具，成为二维设计向三维设计平稳过渡的可行方案。目前，BIM技术在建筑行业已得到了较为广泛的应用，但在市政管线综合规划设计中尚未普及。

BIM技术优势在于具有可视化、协调性、模拟性、优化性、可出图性、一体化性、参数化性、信息完备性等8个特点。

### 1.2 BIM技术的作用<sup>[3]</sup>

#### (1) 三维渲染，宣传展示

三维渲染动画，给人以真实感和直接的视觉冲击。建好的BIM模型可以作为二次渲染开发的模型基础，大大提高了三维渲染效果的精度与效率。

#### (2) 快速算量，精确计划

BIM数据库的创建，通过建立5D关联数据库，可以准确快速地计算工程量，提升施工预算的精度与效率。BIM可以让相关管理条线快速准确地获得海量的工程基础数据，为制定精确计划提供有效支撑，有效提升施工管理效率。

#### (3) 多算对比，有效管控

BIM数据库可以实现任一时点上工程基础信息的快速获取，通过合同、计划与实际施工的消耗量、分项单价、分项合价等数据的多算对比，可以有效地了解项目全过程，实现对项目成本风险的有效管控。

#### (4) 虚拟施工，有效协同

三维可视化功能再加上时间维度，可以进行虚拟施工。随时随地直观快速地将施工计划与实际进展进行对比，同时进行有效协同，各方都能对工程项目的各种问题和情况进行了如指掌，大大减少建筑质量问题、安全问题，减少返工和整改。

#### (5) 碰撞检查，减少返工

利用BIM的三维可视化技术，可在工程前期进行碰撞检查，优化工程设计，减少错误损失和返工的可能性，而且可以优化净空，优化管线排布方案。利用碰撞优化后的三维管线方案进行施工交底、施工模拟，可以提高施工质量，也提高了与业主沟通的能力。

#### (6) 冲突调用，决策支持

BIM中的项目基础数据可以在各管理部门进行协同和共享，工程量信息可以根据时空维度、构件类型等进行汇总、拆分、对比分析等，以供决策。

## 2 BIM技术在管线综合中的应用

目前，对于地下管线的规划设计工作，由于在有限的地下空间里各种市政管线交互密布，

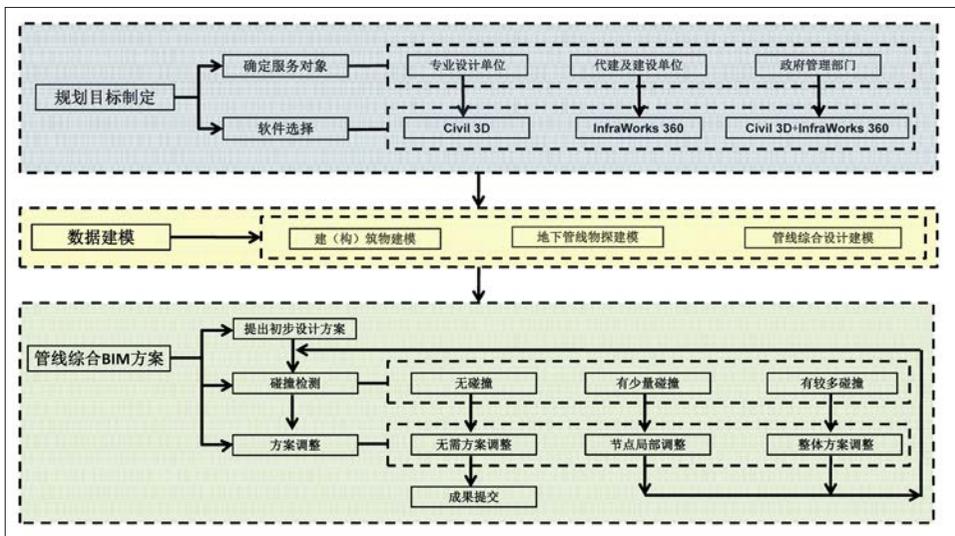


图1 技术流程图  
资料来源:作者自绘。

后期运维过程中新增管线和待检修管线都需要二次开挖,二维管线综合图纸所表现的内容在竖向空间上很容易出现碰撞和矛盾,从而造成在开挖过程中对非目标管道的损坏和影响。如果这些问题在管线综合设计阶段没有被发现并修正,而直到施工阶段才出现或暴露,势必会造成市政道路的二次甚至多次开挖,并对工程质量、项目进度、工程造价等产生影响和制约。

在大型或重大的市政工程项目中,往往会出现管线和管线之间、管线与地下构筑物之间的矛盾冲突,需要进行多专业、各层级、全角度的协调工作。面对此类情况,以往仅仅是由设计人员通过核对标高进行资料对接,单凭经验或想象来解决。这种工作相对繁琐复杂,并且难免出现纰漏。

通过BIM模型的建立,可对重大工程中的复杂节点或路段进行三维化展示,通过BIM自身的可视化功能,可以将地下空间的具体情况如实地准确地三维展现。只要确保原始数据的准确性,利用BIM软件的三维展示对设计方案进行碰撞检测,可以非常简便有效地发现问题。同时,可以对管线碰撞检测所生成的碰撞点进行分析研究,及时与相关设计人员进行沟通展示,提出调整修正的设计方案。

一般情况下,解决管线碰撞的常规方法就

是调整管线的标高,具体的做法有整体调整和局部调整两种方式。整体调整可以确保方案的可实施性,但当有些情况不能满足管线整体调整的时候,可以在BIM软件中根据避让原则对碰撞处的管线进行局部处理调整,调整方案更直观地展现,便于多方参与研讨,提高了工作效率和专业水平。

### 3 借助BIM技术的管线综合技术流程

管线综合技术流程包括规划目标制定,数据建模,管线综合BIM方案(图1)。

#### 3.1 服务对象<sup>[3]</sup>

地下管线BIM软件的应用主要有3类服务对象:专业设计单位、建设及代建单位、政府管理部门。

专业设计单位:借助BIM软件,构建市政管线三维模型,并进行编辑修改,实现设计优化,使设计更合理、更具可实施性。

建设及代建单位:借助BIM模型的三维展示及编辑修改功能,实现对工程建设的总体协调和过程控制。

政府管理部门:借助BIM模型应用于项目审批、审查、跟测、入库等各个环节,提高管理效率,使管理工作更精准有序。

#### 3.2 软件选择

AutoCAD Civil 3D软件是Autodesk面向土木工程行业的建筑信息模型(BIM)解决方案。它的三维动态工程模型有助于快速完成道路工程、场地、雨水/污水排放系统以及场地规划设计。所有曲面、横断面、纵断面、标注等均以动态方式链接,可更快、更轻松地评估多种设计方案,做出更明智的决策并生成最新的图纸。借助Civil 3D软件,所有项目团队成员都使用同一个最新模型进行工作,因此,他们可以在所有项目阶段保持同步。提高三维可视化能力的集成工具可以帮助工程师清楚地沟通设计意图,创建成功的效果图。

InfraWorks 360是Autodesk开发的基于云的建筑信息模型(BIM)的构建软件,具有强大优越的三维展示、查看和修改功能。

BIM软件虽然可以为各类地下管线进行预建模,并提供设计方案,但不能将探测的地下管线物探数据或者二维设计图纸直接转换为相应三维模型,因此需要对BIM软件进行二次开发。

#### 3.3 数据建模

地下管线三维信息模型(BIM)的一般建模方法:

(1) 利用物探技术对地下管线进行探测及测绘,获取地下管线的属性数据,得到所要模拟的管线信息,由探测的地下管线数据直接创建出各专业管道系统的BIM模型。

(2) 在管线综合设计图纸的基础上,通过定制的参数化管道和井体模型来完成各专业管道BIM模型的批量建模,建立的BIM模型可以在三维下直接修改相关的参数。

(3) 利用建(构)筑物的设计资料建立BIM模型,为管线建模提供相应的参考数据。

#### 3.4 碰撞检测

管线及构筑物进行碰撞检测,在三维平台上分析,制定优化方案。若检测后无碰撞,则将成果直接提交给建设或管理单位;若检测后有少量碰撞,对相应节点进行局部调整;若有较多碰撞,需对整个设计方案进行调整,直至无碰撞(图1)。

#### 4 BIM软件的选择分析<sup>[1]</sup>

目前,本市市政设计领域常用的BIM软件大致有:三维GIS平台、Revit、管立得等。

(1) 三维GIS平台:地理信息系统(Geographic Information System或 Geo-Information System, GIS)有时又称为“地学信息系统”。它是一种特定的十分重要的空间信息系统。市测绘院利用其自身的优势,在它自有的“天地图·上海”的基础上,进行二次开发,在他们独有的展示平台上做三维展示。但从严格意义上说,该三维GIS平台并不是BIM模型,数据对接过程比较繁琐,还会产生部分数据丢失,并且该平台不具备设计和施工图出图功能。

(2) Revit软件:Revit是Autodesk公司一套系列软件的名称,是市城建院和地下院BIM中心采用的BIM软件。Revit系列软件是专为建筑信息模型(BIM)构建的,可帮助建筑设计师设计、建造和维护质量更好、能效更高的建筑平台。主要应用于民用建筑设计、MEP工程设计、暖通方面,它有着非常强大的优势。Revit软件应用于市政管线建模时,过程复杂繁琐,不能与其他设计软件灵活对接。

(3) 管立得软件:管立得软件是在鸿业市政管线软件基础上开发的,平面视图管线表现为二维方式,转换视角的管线表现为三维方式,基础文件为CAD文件。软件基本涵盖了市政管线设计的全部内容,具有专业覆盖面广、自动化程度高、符合设计人员思维习惯等特点。管立得软件不能和其他BIM软件兼容。

目前市场上应用的3类BIM软件都在各自领域中有着卓越的表现,但是都在市政地下管线设计与管理领域的应用中存在着或多或少的问题。

不管是Revit软件还是管立得软件,其BIM技术在地理位置精确、空间地理信息分析和构筑物周边环境的整体展示上,都有不完善的地方。而三维GIS可以完成构筑物的地理位置定位和其空间地理分析,更能完善大场景展示,确保信息的完整性,使得浏览信息更全面。

三维GIS对构筑物本身的模型精度不够,无法实现建筑单体内部的碰撞和工程量分析。

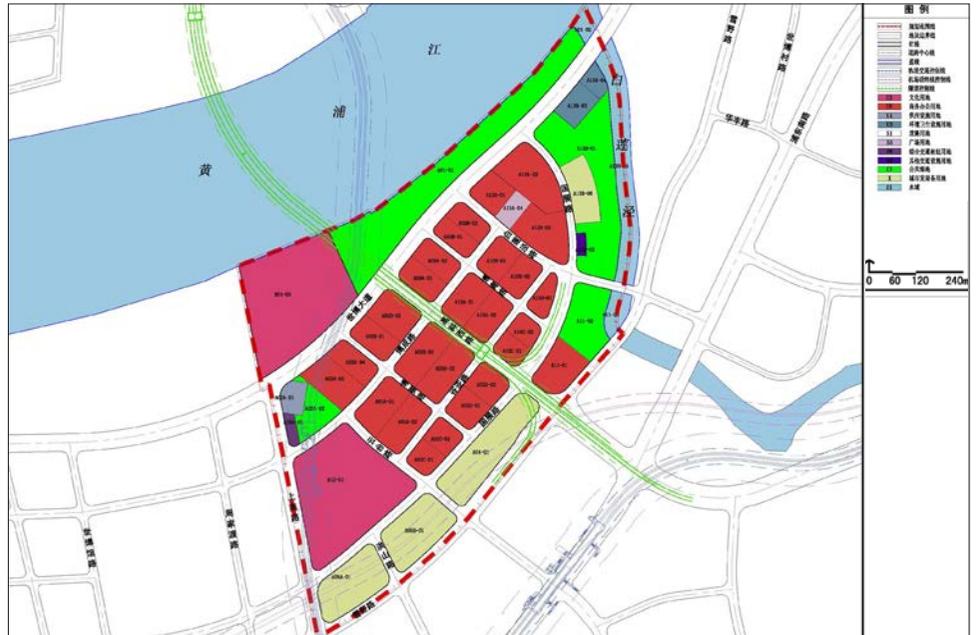


图2 世博会地区A片区土地使用规划图  
资料来源:《世博A片区控制性详细规划》。

而BIM模型是三维空间信息和建筑性能的集成,有助于建设工程规划、设计等全生命周期内的信息传递、信息共享和协同工作等。

综上所述, BIM主要用于管线信息的分析和管管理,对后期运维和资产管理提供基本的模型和信息资料。GIS主要用于管理区域空间,分析空间地理信息数据。BIM与GIS均存在优势与不足,只有将两者进行优势互补、融合开发,才能满足BIM技术在地下管线设计与管理中的应用要求。基于前期对市场上各大设计院BIM软件的调研比选情况,针对市政管线综合规划设计的工作特点,选择在Civil 3D基础上进行二次开发,重点内容涉及二维绘图、三维建模和成果展示等。

二维绘图:更好、更快地创建符合出图标准的管线综合二维成果图,提高工作效率。保留CAD原有的功能和习惯,并增加自动绘图功能,对各专业的管道进行符合设计规范的标注。

三维建模:对市政管线进行三维批量建模,可在三维模式下直接修改,并可与二维图形达到同步。碰撞检测,提前发现错、漏、碰、缺等问题,减少施工中的返工和浪费。能兼容市面上主

流的BIM软件,更好地应用于地下管线管理。

成果展示:在Infraworks中导入涵盖了建筑、河流、道路等地物的数字化城市化模型,通过BIM模型对地下市政管线进行全生命周期的三维展示、查看和修改。

#### 5 应用实例<sup>[4]</sup>

世博A片区规划范围:东至白莲泾,南至雪野路,西至上南路,北至黄浦江,规划面积85.5 hm<sup>2</sup>。世博A片将继承世博理念,延续地区空间格局,营造生态和谐的公共环境,容纳多样性的公共活动,成为国际知名企业总部集聚区和具有国际影响力的世界级工作社区(图2)。

世博A片区的BIM模型建立在一个统一的数据平台上,主要包括以下阶段和内容。

##### 5.1 道路数据建模

以二维CAD图纸(含竖向标高信息)为源数据,导入Civil 3D模型软件中,完成地面标高信息的录入,生成曲面及放坡,根据道路形式创建路面,再将道路路面的基础模型导入Infraworks软件中(图3)。



图3 世博A片项目的道路基础模型  
资料来源:《世博A片区市政管线综合及BIM研究》。

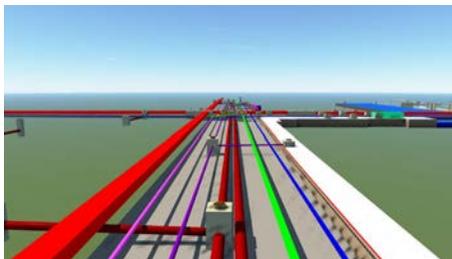


图4 世博A片项目的BIM模型展示一  
资料来源:《世博A片区市政管线综合及BIM研究》。

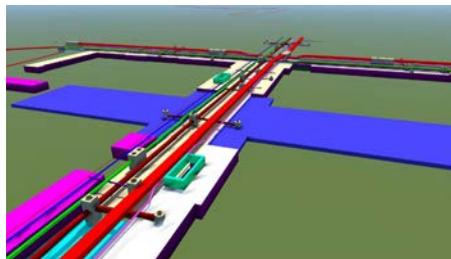


图5 世博A片项目的BIM模型展示二  
资料来源:《世博A片区市政管线综合及BIM研究》。

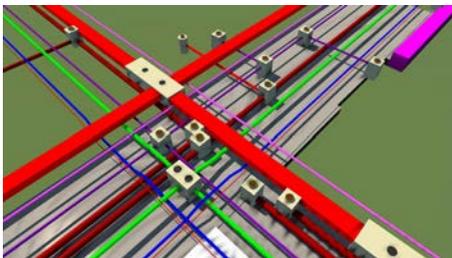


图6 世博A片项目的BIM模型碰撞检测  
资料来源:《世博A片区市政管线综合及BIM研究》。

## 5.2 地下构筑物数据建模

根据世博A片范围内的地下室顶板、地下构筑物等数据,建立地下室顶板数据模型,并在Infraworks中对项目范围内的道路模块的展示进行美化。

## 5.3 市政管线数据建模

以二维CAD图纸(含竖向标高信息)为源数据,将雨污水管道设计资料,以及市政管线规划资料等,导入Civil 3D模型软件中批量建模,并将管线基础模型导入Infraworks软件(图4-图5)。

## 5.4 碰撞检测与方案调整

在常规的管线综合中,管线碰撞等问题一般在施工图阶段或施工阶段才能突现,尽早暴露此类问题,可以为后续施工的顺利进行提供设计依据。

主要存在的碰撞有两类:地下室顶板结构和雨污水支管之间的碰撞,雨污水支管和其他市政管线之间的碰撞。在Infraworks中,对博青路谷亚路及博展路谷亚路等路口有碰

撞的节点进行局部调整,并在适当的地方添加井体。根据《城市工程管线综合规划规范》(GB50289-2016)中对管线之间的最小间距和最小覆土的相关要求,对某些节点处无法通过局部调整或整体调整的碰撞点进行梳理,并对这些节点在三维展示平台上进行研究分析,制定针对性的调整方案(图6)。

目前世博A片区内各地块正在加紧建设,有些地块基本结构封顶,即将开始内部装修。总体来说,各建设项目均能满足世博园区后续开发利用的要求,但建设过程中经常发生地下建筑构筑物与相邻建筑、地下建筑构筑物与市政道路、市政道路与市政管线在标高和节点等方面的矛盾,使世博集团、设计单位、施工单位等忙于应付、被动协调。应世博集团的要求,在世博A片区管线综合中首次利用BIM技术,经过近1年的摸索和实践,已取得了预期效果。

## 6 结语

市政管线综合是一项专业性极强的规划设计工作,它需要统筹考虑城市规划、交通组织、管线设计、施工工艺、工程筹划及经济性等多方面因素,而且特定区域的管线综合在平面上、竖向均增加许多复杂性,因此充分发挥管线综合的统筹协调作用,并在工程的前期筹划、工程施工各个节点的配合直到工程的竣工贯穿始终,这样才能达到减少影响、缩短工期和降低造价的效果。因此,将BIM技术应用于地下管线的设计和管理中,应用价值明显,优势突出,前景广阔,同时将BIM技术与GIS平台进行优势互补、融合开发,才能满足BIM技术在地下管线设计与管理中的应用要求。由于

面对的是地下管线设计和管理全生命周期的应用,下一步需要提出整合各类管线数据资源,建立开放的应用平台以及流程管理机制等具体措施。

## 参考文献 References

- [1] 徐峥,蔡维娜. BIM技术在地下管线设计与管理中的应用试点[R]. 2017.  
XU Zheng, CAI Weina. Application pilot of BIM technology in underground pipeline design and management[R]. 2017.
- [2] 浅析BIM技术在建筑设计中的应用[EB/OL].  
<https://wenku.baidu.com/view/4756adcf1d233d4b14e852458fb770bf68a3b58.html>.  
Analysis on the application of BIM technology in the design of building equipment[EB/OL].  
<https://wenku.baidu.com/view/4756adcf1d233d4b14e852458fb770bf68a3b58.html>.
- [3] BIM的特点和作用[EB/OL]. <https://wenku.baidu.com/view/7141b68255270722192ef7df.html>.  
Characteristics and value of BIM[EB/OL].  
<https://wenku.baidu.com/view/7141b68255270722192ef7df.html>.
- [4] 黄浩,王一超. 世博A片区市政管线综合及BIM研究[R]. 2017.  
HUANG Hao, WANG Yichao. Study on comprehensive and BIM of municipal pipeline in Expo A District[R]. 2017.