

1.1 城市轨道交通工程简介及特点

城市轨道交通工程是指在城市中修建的快速、大运量、大众化、电力牵引、线路全封闭的轨道交通工程，是城市公共交通的骨干，具有节能、省地、运量大、全天候、少污染且安全等特点，属绿色环保交通体系，特别适应于大、中城市及特大城市。

1.1.1 城市轨道交通工程简介

城市轨道交通不局限于运行线在地下隧道中的这一种形式，而是泛指采用高规格电客列车，高峰小时单向运输能力在1万~7万人的大容量城市轨道交通系统。城市轨道交通主要有地铁、轻轨、磁悬浮交通、单轨交通、有轨电车等几种形式；运行线路多样化，采用地下、地面、高架三种形式有机结合建造而成。

地铁是在城市中修建的快速、大运量、用电力牵引的轨道交通。列车在全封闭的线路上运行，位于中心城区的线路基本设于地下隧道内，中心城区以外的线路一般可设在高架桥或地面上，涵盖了城市地区各种地下与地上的路权专有、高密度、高运量的城市轨道交通系统。地铁与城市其他交通工具相比除了能避免城市地面拥挤和充分利用空间外，还有节省土地、节约能源、减少污染、高效率准时运行、载客流量大等优点，同时存在建造成本高、前期时间长、部分灾害抵御能力弱等缺点。地铁工程包含建筑、结构、轨道、人防、常规机电、供电、通信、综合监控、信号、车辆、站台门等二十多个专业系统。其隧道建设方式有明挖法、暗挖法，地下车站建设有明挖顺做法、暗挖法、盖挖顺做法和盖挖逆作法，供电方式有架空电缆和轨道供电的方式。

近年来，城市轨道交通工程建设高速发展，每年都有大量新线路投入建设和使用，国家在轨道交通领域的各项设计施工规范也在不断地更新，无论从设计、施工、运营及管理都面临着前所未有的挑战。在保障工期、质量、安全的前提下，合理全面的施工组织、高效的管理手段、标准化的建设过程是业主方和全过程各参与方关注的重点。如成都轨道交通×号线工程在建设方面的BIM技术应用与管理对地铁工程具有明显的代表性，其BIM技术应用的经验将给全国轨道交通地铁工程的建设带来积极的推动作用。

1.1.2 城市轨道交通工程特点

城市轨道交通工程除传统建筑、结构、机电设备系统外，其余系统，尤其是关列车运行安全的系统，如供电、通信、信号、站台门、AFC 等，专业性强、集成度高、各系统之间接口数量众多，导致地铁项目建设具有如下特点：

(1) 工程施工作业点多、线路长、作业面广、规模庞大、总投资高。

(2) 线路运营开通时间较明确，项目建设前期时间长，但设计、施工周期极其紧张，需采用高效、科学、合理的施工技术方案组织施工。

(3) 建设参与单位及人员众多，包括前期科研、勘察、设计、咨询、各专业施工、监测、检测、测量以及供货商、集成商等单位；且专业数量多、系统复杂，因此，工程组织协调难度大。

(4) 地铁工程是集投资、设计、建设、管理、运维于一体，建设、运营风险高，社会责任大。

因此，科学合理的策划组织、强有力的管控和监督才能使整个项目得以顺利实施。而如何在大规模建设的形式下确保工程安全与质量，如何在客流量快速增长的情况下保障服务质量，如何在巨量资产增长中做到有效管理是城市轨道交通工程建设所面临的三大挑战。可见，对于城市轨道交通工程各参与方而言，创新思路、提升管理手段和服务水平，运用先进技术和科学手段来提高轨道交通建设和运营业务的组织策划、科学建设、高效生产、质量保证、风险管控和应急处置能力变得尤为重要。

1.2 BIM 技术发展现状

建筑信息模型 (BIM)，是一个完备的信息模型，能够将工程项目在全生命周期中各个不同阶段的工程信息、过程和资源集成在一个模型中，方便地被工程各参与方使用。自从 2002 年由 Autodesk 公司率先商业化并引入工程建设行业，BIM 技术已有十余年的历程，得到了全球范围的广泛认可，是建筑业变革转向信息化的革命性力量。经过国内外十余年的发展，BIM 已经是一种应用于工程设计、建造管理的数据化工具，支持项目各种信息的连续应用和实时应用，可以大大提高设计、施工乃至整个工程的质量和效率，显著降低成本。BIM 正在成为继 CAD 之后推动建设行业技术进步和管理创新的一项新技术，将是进一步提升企业核心竞争力的重要手段。在发达国家和地区，已经相继推出了各具特色的技术政策和措施。近年来，我国政府和行业协会也高度重视 BIM 技术，为加速 BIM 的普及应用，BIM 技术的相关研究和应用也正在如火如荼地开展，并取得了初步的成效。

目前，国内建设行业大型集团已经将 BIM 技术的应用发展作为重要战略平台，深度开展了一系列技术交流、教育培训、合作开发、推广应用等方面的工作，有力推动了各层面 BIM 技术的发展。设计企业和工程企业结合各自单位实际情况，积极推动以 BIM 技术为主的凝聚核心竞争力的发展理念，投入大量人力、物力将 BIM 技术应用于一些代表性工程，有效地提升了企业的技术能力与影响力，取得了较好的社会效益和经济效益。

但国内 BIM 技术的发展仍然存在许多不足,从行业宏观层面上讲,尚未形成完善的 BIM 标准体系,同时,还缺少具有自主知识产权的 BIM 软件支撑,仅在深化设计和施工应用领域开展了一定程度的应用,还未能投资策划、设计、施工和运维等全生命周期得到较高水平应用;从企业层面上讲,有些企业对 BIM 技术仅停留在一般认识上,尚未进行深入的研究和应用,对于 BIM 技术理解不深、应用能力不足,且缺乏人才培养,使得 BIM 技术的价值难以真正体现。

1.3 BIM 技术与轨道交通建设

针对轨道交通地铁工程的系统复杂性,BIM 技术的应用可以将工程项目进行优化,提升建造效率,节约人力、物力。以全生命周期应用的理念,从工程建设设计、施工和运营三个阶段出发,在设计优化、可视化管理、质量控制、进度协调、量化管理五方面发挥价值,提升管理效率、降低建设成本。

1.3.1 项目重难点分析

目前,工程项目管理在技术革新、管理模式创新和项目流程梳理上都有了质的飞跃,行业内的企业已普遍拥有一套适合自身企业和社会发展的管理体系。尽管如此,理想的项目管理体系执行难度仍非常之大。工程项目数据量大、各岗位间数据流通效率低、团队协作能力差等问题成了制约项目管理发展的主要因素,具体如下:

(1) 各条线获取数据难度大。

城市轨道交通项目建设期内会产生海量的工程数据,这些数据获取的及时性和准确性直接影响到各单位、各班组的协调水平和项目的精细化管理水平。然而,现实中工程管理人员对于工程基础数据的获取能力较差,使得采购计划不准确、限额领料难执行,短周期的核算对比无法实现,过程数据难以管控。

(2) 各条线协同、共享、合作难度大。

项目管理决策者获取工程数据的及时性和准确性都不够,严重制约了各条线管理者对项目管理的统筹能力。在各工种、各条线、各部门协同作业时往往凭借经验进行布局管理,各方的共享与合作难以实现,工程项目的管理成本骤升且浪费严重。

(3) 工程资料保存难度大。

项目的大部分资料保存在纸质媒介上,由于工程项目的资料种类繁多、体量和保存难度过大、应用周期过长等,使得工程项目从开始到竣工后大量的施工依据不易追溯。特别是变更单、签证单、技术核定单、工程联系单等重要资料的遗失,将对工程建设各方责权利的确定与合同的履行造成重要影响。

(4) 设计图纸碰撞检查与施工难点交底难度大。

在线路功能性日益复杂、建筑施工周期逐渐缩短的大趋势下,对建筑施工协调管理和技术交底的要求也逐步提高。由于设计院出具的施工图纸中各专业划分不同,设计人员的

素质不同，导致各专业的相互协调难度大，图纸碰撞问题、设计变更问题时有发生。设计图纸的碰撞问题易导致工期延误、成本增加等，给工程质量安全带来巨大隐患。

1.3.2 BIM 实施重要性

城市轨道交通地铁工程的社会关注度极高，作为城市建设与发展的重要民生工程，建设、设计及施工方担负了更多社会责任与职责，在保障施工进度与质量，保障列车安全平稳运行中起到了关键作用，因此，也应该更加注重建设与运营水平的提升，而 BIM 技术为实现这一目标提供了强有力的支撑。依据地铁工程的特点，项目 BIM 技术的应用策划主要是解决施工图设计问题、辅助工程生产建设及保障运营安全三个方面来开展。以成都地铁×号线工程为例，总结归纳出 BIM 技术在地铁建设周期内的必要性与重要性，主要从以下几个方面阐述：

（1）城市轨道交通地铁项目涉及的专业学科、专业系统领域多，分支系统之间的接口与穿插数量非常大，可视化、信息化的模型能充分表达设计意图，高效传递设计信息。

（2）项目概算明确，建设周期长，过程成本控制难度大，BIM 信息化技术可以提高生产加工效率，对施组方案提前预演、项目成本对比分析，来保障项目的顺利完成。

（3）项目建设过程中各方信息量大，BIM 信息平台对项目建设数据的高度集成，可充分对不同属性的项目信息共享、传递和处理，提高工作效率。

（4）在科技科研方面，应用 BIM 技术对施工现场的管理方面应用，对建筑行业科技创新起到示范与推动作用，提高企业核心竞争力的同时，有助于轨道交通领域信息化技术应用的发展。

综上所述，从建筑全生命周期应用 BIM 技术的角度出发，信息化技术为手段可为项目设计、施工及运营全过程中，有效控制工程信息的采集、加工、存储及共享交流，从而有利于项目决策者对项目进行合理规划、协调和把控。

1.3.3 BIM 技术的价值体现

BIM 技术的意义在于完善了工程建设中从上游到下游的各个管理系统和 workflows 间的纵横项沟通和多维性交流，实现了项目全生命周期的信息化管理。

1. 基于 BIM 的项目设计

基于 BIM 技术的项目设计是以 BIM 软件作支撑，将设计理念以三维的形式表达，以模型的信息数据为载体，实现不同专业之间的设计意图三维表达和设计信息数据化共享，各专业设计人员直接从信息模型中获取所需的设计参数和相关信息，无需重复录入数据，在避免数据冗余、歧义和错误的同时，大幅度提高设计效率。随着 BIM 辅助性软件的深度开发，基于 BIM 技术的正向设计有效减少了设计人员复核计算的工作量，提高设计准确率，有效地避免设计错误发生。

2. 基于 BIM 技术的施工及管理

基于 BIM 技术的施工应用是在虚拟化三维模型的基础上，进行可视化场地规划、施工组织、施工方案模拟、安全教育等规划、模拟、分析和教育的应用，让施工参与人员充分掌握施工方案及要求，精准开展施工生产。基于 BIM 技术的施工管理是利用项目管理平台的动态、集成和可视化的“5D 管理”，在施工模拟的基础上从工程的组织、资源、进度、成本、质量和安全六个方面做对比分析管控，从而在最大范围内实现资源合理运用，提高管理效率。

3. 基于 BIM 技术的运营维护管理

基于现有的地铁运营系统，深度开发 BIM 技术应用，将 BIM 技术与维护管理相连接，实现地铁运营期间设备的实时监控，集成的智能化和可视化管理，提前预警、及时定位和处理问题。同时对地铁运行期间的空间、资产、设备、应急、能耗进行监控、分析与预测，实现智慧交通，保障运营的安全性。

1.4 总体目标及要求

建立轨道交通地铁项目 BIM 模型，在项目实施过程中依托项目信息化管理平台以提高管理效率、缩短建设工期和节省工程投资的目标，并为线路后期运营维护、验收、审计、技术改造等阶段提供数字信息化管理等远期发展目标建立数据库。与此同时，通过建立具有自主知识产权的 BIM 技术应用企业指导标准，指导后续的线路建设，争创 BIM 技术应用典型示范工程，进一步响应住房和城乡建设部《关于推进 BIM 技术在建筑领域应用的指导意见》的要求。

1.4.1 总体目标

以优化工程筹划，控制工程里程碑节点，达到轨道交通地铁工程业主制定的各项时间节点要求为总体目标。基于 BIM 技术协同工作模式，总体实现项目建设期信息集成、模型展示、信息交互、工程管理和技术协调，保障项目高效进行，为后期运维管理提供条件。同时，企业积累自主知识产权的 BIM 族库和技术应用指导标准，争创典型示范工程。

1.4.2 基本要求

轨道交通工程 BIM 技术实施基本条件及要求如下：

(1) 项目需制定轨道交通工程 BIM 技术应用标准和流程，各参与方需要共同遵守的规则及职责，并定期组织开展考核和培训工作。

(2) 项目需要搭建轨道交通 BIM 技术应用平台，配置实现 BIM 技术所需各类软、硬件，平台须具有兼容性，可满足后续线路 BIM 技术应用与管理的融入，满足后续运营维护系统的需要。各工区项目部以 BIM 技术应用平台为基础，配置便携终端等设备，使用者通过该

设备随时随地查看 BIM 模型，进行现场信息采集、成果信息发布等。

(3) 项目 BIM 技术成果及相应二次开发产权、版权归属需明确，信息模型成果需纳入企业资产管理体系中，严禁员工擅自将项目 BIM 模型及相关成果私自输出至外部平台。

1.5 企业级 BIM 技术管理

1.5.1 企业级 BIM 技术实施策略

BIM 技术有助于企业对项目的精细化管理，提升管理变革的手段，真正体现 BIM 技术对轨道交通工程的社会价值，企业级 BIM 实施规划的主要内容包括：

- (1) 确定企业的 BIM 技术应用实施目标和功能定位；
- (2) 规划企业的 BIM 技术应用的范围；
- (3) 评估企业的 BIM 技术应用的成熟度并制定实施策略；
- (4) 制定企业的 BIM 技术应用流程与岗位职责；
- (5) 制定 BIM 技术应用的企业级标准；
- (6) 搭建企业级 BIM 技术应用平台，配置企业级软硬件资源。

1.5.2 企业级 BIM 技术实施的重点

随着科学技术的发展，传统的建筑工程项目管理模式将逐步走向信息化时代，而基于 BIM 项目管理理念，可以使众多参与单位在同一个平台上实现数据共享，从而使得建筑工程项目管理更为便捷、有效，为使 BIM 技术更好地为企业服务与增值，企业在实施 BIM 技术应从以下几方面着手：

- (1) 促进企业全员掌握施工及项目管理方面 BIM 技术，组建企业 BIM 团队。

组织企业技术人员深入学习 BIM 技术在施工行业的实施方法和技术路线，使得 BIM 技术成为企业全员不可或缺的技术能力。企业中高层管理人员加深 BIM 技术施工管理理念，了解实施内容及方式方法；企业基层员工按照不同岗位分工，如：技术岗位人员掌握基本 BIM 建模方法、BIM 技术应用的实施步骤，造价岗位人员了解熟悉 BIM 模型数据信息录入与查看，施工管理岗位人员熟悉 BIM 模型可视化演示操作及模型数据信息查看方法。在施工、造价管理和项目管理方面能进行 BIM 技术的综合应用，从而加快推动施工人员由单一型技术人员向复合型全面人才转变。

同时组建多层次团队，能够应用 BIM 技术为企业、部门或项目提高工作质量和效率，进而建立企业 BIM 技术中心，负责 BIM 知识管理、标准与模板、构件库的开发与维护、技术支持、数据存档管理、项目协调、质量控制等，制定企业内部 BIM 技术标准，规范 BIM 技术应用。

- (2) 利用 BIM 技术提升企业综合技术实力。

基于 BIM 技术的城市轨道交通工程虽然在我国起步晚，但是近几年迅速发展，提高施工方三维可视化技术的能力，辅助企业进行投标，承揽项目提升中标可能性，能进行 BIM

模型的可视化渲染、碰撞检测报告、绘制施工图等，使之成为企业的核心竞争力，为承揽大型复杂项目提供技术保障，拓展企业市场，增强企业的影响力。同时促进新技术与 BIM 相结合，通过企业内部资源与科研机构等联合研发 BIM 施工管理中新的应用点，例如云技术、激光扫描点云技术、GIS 技术、信息化技术等，这成为了企业综合提升技术水平的关键。

(3) 企业级 BIM 族库开发应用，资源共享。

族是 BIM 系列软件中组成项目的单元，同时是参数信息的载体，是一个包含通用属性集和相关图形表示的图元组；族样板建立：在软件原有族样板的基础上结合公司深化的经验与习惯，创建适应公司结构施工及日后维护的族样板作为族库建立的标准样板；族库建立：企业在发展过程中建立收集族文件，逐步完善高度的参数化性质，可以根据不同的工程项目来改变族在项目中的参数，通用性和拓展性强，积累项目建立的族库组合成为企业特有数据资产。

(4) 企业级 BIM 私有云平台、信息资源管理系统管理。

基于企业私有云的理念，以创建的 BIM 模型和全过程造价数据为基础，把原来分散在个人手中的工程信息模型汇总到企业，形成企业级项目基础数据库，企业将数据库及 BIM 应用所需图形工作站、高性能计算资源、高性能存储以及 BIM 软件部署在云端；各系统用户无需安装专业软件，仅需利用普通终端电脑，通过网络连接到云平台进行 BIM 相关工作。

1.6 项目 BIM 管理

项目做好基础工作，为提高项目管理水平，按照 BIM 全过程全寿命辅助工程建设的原则，积极尝试改变原有的工作模式和管理流程，建立以 BIM 为中心的项目管理模式，涵盖项目的投资、规划、设计、施工、运营各个阶段。

1.6.1 项目级 BIM 实施策略

项目实施过程中存在施工实施难度大、参与方众多、协调难度大、施工图反复修改、设备众多、运营维护难度大等难点，作为企业项目生产经营的实践者，越来越多的工程项目组建了 BIM 团队、部门和 BIM 体系标准，具备 BIM 操作能力、技术水平和 BIM 管理经验。目前 BIM 在项目级的实施中主要把控以下策略：

- (1) 积极响应中标文件的 BIM 要求，为企业履约做足准备；
- (2) 借鉴企业标准，执行项目 BIM 标准和实施规划；
- (3) 设立 BIM 部门和团队；
- (4) 注重培训，提升主要操作人员的能力和技术水平；
- (5) 全员参与 BIM，将 BIM 技术落实到项目管理中。

1.6.2 项目级 BIM 实施重点

工程建设中项目级采用 BIM 技术的根本目的是更好地进行管理项目，城市轨道交通地

铁工程的 BIM 项目级实施重点要针对特定项目与特定协议，关注技术的实现与突破、以不影响生产任务为主，基础应用实施的同时以创新性应用为试点，实现技术突破、建立项目标准，为企业 BIM 的实施与发展做充分实践。项目施工阶段应用 BIM 的重点除了传统的设计优化和可视化施工管理外，更多的是服务于项目施工管理过程中项目管理信息系统的应用，在前期模块、进度模块、质量模块、投资控制模块、物资设备模块、后期运行评价模块等方面对工程项目进行管理，以充分发挥基于 BIM 的项目管理理念。

1.7 BIM 应用点分析

在设计、建造、运营和维护的项目全生命周期内，各参与方使用 BIM 技术，充分利用 BIM 优势，优化和控制项目管理为项目增值。各阶段 BIM 技术应用目标应按照国家不同阶段的重难点进行具体分析。

1.7.1 设计阶段

设计阶段采用 BIM 技术，通过对项目进行功能模拟、设计参数校核、可视化检查、设计概算编制、疏散模拟等，对建筑功能进行分析、更正，进而选择最优设计方案；通过对项目的模拟建造，解决土建、机电与设备安装、装饰装修之间的错、漏、碰、缺等问题。其具体应用内容详见表 1-1 所示：

表 1-1 设计阶段 BIM 应用目标表

序号	应用点	应用具体内容	推荐软件
1	施工图设计建模	结合施工图设计进行全专业（建筑、结构、机电）三维建模	Revit 2016、AutoCAD
2	施工图设计模型碰撞检查	将施工图设计全专业（建筑、结构、机电）模型放到统一平台，在三维空间中发现平面设计的错漏碰缺，并处理完成	Revit 2016、Navisworks2016
3	设计模型 3D 漫游	对已有的设计模型进行漫游设置，并导出动画	Revit2016Navisworks2016、Showcase 2016
4	工程数量统计	利用软件明细表功能及扣减规则，添加设备参数，完成工程数量统计	Revit 2016
5	疏散模拟	模拟人员疏散的情况，疏散的时间，以及可能的优化	STEPS、FDS+Evac、Building Pathfinder、Simulex

1.7.2 施工阶段

施工阶段是地铁工程建设最重要的阶段，主要分为施工准备阶段、施工阶段、竣工验收移交三个不同的阶段，不同阶段的 BIM 应用目标详见表 1-2 所示：

(1) 在施工准备阶段搭建施工协同管理平台，提前策划项目质量、进度、安全、资料等方面的管控措施，优化管理流程；搭建智慧工地平台，对项目的视频监控、数据监测、工人实名制等方面进行集成，对项目的施工情况在电脑端、手机端进行时时监控；利用 BIM 技术加 GIS 技术，模拟工程地理位置、地质、水文、周边建筑及管线位置，确定管线迁改、交通导改基本思路；利用 BIM 技术，进行模拟施工，对施工组织提前进行优化。

(2) 施工阶段利用智慧工地平台，对项目的视频监控、数据监测、工人实名制等进行实时监控；利用施工协同管理平台，完成政府单位、业主单位、项目公司、设计单位、施工单位、监理单位等协同工作，完成对项目的资料、质量、安全、进度等方面的管理；利用可视化模型，进行施工优化，包括区段划分，平面布置，机械选型及进出场安排，合理安排工期；利用 BIM 深化设计，深化管线路径，优化施工工艺，确定过程质量重点。

(3) 竣工验收移交阶段提供完整的、与工程实际一致的模型，辅助工程验收，辅助竣工结算，并为基于 BIM 的运维系统提供模型和信息基础。

表 1-2 施工阶段 BIM 应用目标表

序号	应用点	应用具体内容	推荐软件
1	工期进度模拟	施工总工期与施工进度的管理	Revit2016、Navisworks2016
2	施工建模	持续在施工图模型的基础上进行模型深化，并加载施工信息（建筑详图、结构件、安装构件、采购信息、设备铭牌、支吊架、监测信息、施工状态等），完善设计模型，直至形成运营模型	Revit 2016
3	深化模型碰撞检查	辅助深化设计后 3D 协调问题	Revit2016、Navisworks2016
4	工程清单	核实工程量清单，对比实际消耗量与计划工程量，精确核算施工过程成本	广联达 BIM5D
5	施工方案模拟优选	模拟施工方案过程，演示施工重难点，对比分析不同方案的实施可行性、安全性和经济性	Revit2016、Navisworks2016、Delmia

1.7.3 运维阶段

运营维护阶段搭建运维管理系统，在三维可视化模式下进行图档管理、运维管理和应急管理。其 BIM 应用目标详见表 1-3 所示：

表 1-3 运维阶段 BIM 应用目标表

序号	应用点	应用具体内容	推荐软件
1	客流运营模拟 火灾及疏散应 急预案配置	在三维模型系统内,对客流情况等运行模拟,对工作人员岗位进行优化配置;对火灾及其他突发事件进行模拟,拟定应急预案,并对各种与之对应应急预案的实施情况进行模拟分析	legion(2D)、VISSIM (2D&3D)、FDS
2	资产设施管理	通过三维模型与管理系统的结合,对主要设施(售检票设施、照明、广播、消防、风机、空调、水泵、阀门、变电设备、通信、信号设备、广告等)进行登记管理	提供管理软件接口
3	运维计划管理	对车站的运营维护计划进行策划,根据设备运行状况及时安排维护、保养、更换计划,规范设备维护保养步骤和流程	提供管理软件接口

1.8 工作内容及要求

地铁建设中设计及施工对于整个地铁线路的安全运行起到关键作用,本节主要讲述设计及施工阶段的主要工作内容,该阶段项目 BIM 技术应用主要工作内容包括但不限于:建筑结构模型建立及设计协调、机电设备模型建立与设计协调、装修模型建立及设计协调、多系统综合与协调、出具多系统综合协调成果图、机电设备安装及装修施工进度筹划管理、结算审计配合、工程变更的复核、竣工暨运维 BIM 模型的建立与移交、BIM 技术相关培训及成果申报、BIM 技术应用标准与流程制定等工作内容。

1.8.1 方案管理

在企业实施 BIM 项目管理的基础上,依据企业自身的发展、规划以及项目的实际需求,需要编制包括但不限于如下方案:线网级 BIM 应用实施规划方案;控制和复核工程设计内容的 BIM 方案;控制和管理工程建设实施的 BIM 方案;项目整体工作计划方案(不同阶段应用点的交付成果及其要求,包括模型深度和数据内容等);单专业工作计划方案(如:结构、建筑、轨道等);定义工程信息和数据管理方案,以及管理组织中的角色和职责;提供 BIM 建模、应用和协同管理的软件选型,以及相应的软、硬件配置方案;运营阶段的 BIM 应用方案(按照运营管理要求单独编制);各阶段基于 BIM 技术的基本应用需求见表 1-4。

表 1-4 各阶段 BIM 技术基本应用需求表

序号	阶段划分	阶段描述	基本应用
1	方案阶段 (若有)	本阶段是为建筑设计后续若干阶段的工作提供依据及指导性的文件。主要内容是根据设计条件,建立设计目标与设计环境的基本关系,提出空间建构设想、创意表达形式及结构方式的初步解决方法等。	场地分析,周边建筑物情况
			建筑性能模拟分析
			设计方案比选
			效果模型建立
			BIM 方案文件管理
			决策性方案模型对比
2	设计阶段	本阶段是论证项目的技术可行性和经济合理性,是对方案进一步深化。主要包括:拟定设计原则和标准、设计方案和重大技术问题,考虑和研究建筑结构、给排水、暖通、电气、装修、导向等各专业设计方案。协调各专业设计技术矛盾,并确定合理技术经济指标。	建筑、结构专业模型构建
			建筑结构平面、立面、剖面检查
			面积明细统计表
			相配套的经济技术指标统计
			整体族库的规划、标准、建立及移交
			机电、系统各专业模型构建
		主要解决施工中的技术措施、工艺做法、用料等问题,为施工安装、工程预算、设备及构件的安放、制作等提供完整的图纸依据。	冲突检测及三维管线综合
			竖向、横向净空优化
			虚拟仿真漫游
			建筑专业三维施工图
			工程量、造价信息
			细化族库的文件及族库管理
3	施工准备阶段	本阶段是为建筑工程的施工建立必需的技术和物质条件,统筹安排施工力量和施工现场,是工程具备开工和连续施工的基本条件。其具体工作通常包括技术准备、材料准备、劳动力组织准备、施工现场准备以及施工的场外准备等	深化方案性设计
			大型设备运输路径检查方案
			施工方案模拟
			构件预制模型
			工程筹划模拟
			实施工程场地模拟
			灾害应急模拟(施工)
4	施工实施阶段	本阶段是指自现场施工开始至竣工的整个实施过程。其中,项目的成本、进度和质量安全是施工过程的中心任务,其目标是完成合同规定的全部施工任务,以达到验收、交付的要求。	虚拟进度和实际进度比对
			工程量、经济指标统计
			设备与材料管理
			质量与安全管理
			施工变更录入
			竣工模型构建
			施工现场关键生产安全控制分析
			侵界模拟检测

序号	阶段划分	阶段描述	基本应用
5	运营阶段	本阶段是建筑项目管理的最后阶段，承担运营与维护的所有管理任务，其目的是为用户（包括管理人员与使用人员）提供安全、便捷、环保、健康的建筑环境。主要工作内容包括设施设备维护与管理、物业管理以及相关的公共服务等	建筑设备运行管理
			灾害应急模拟（运营）
			空间管理
			资产管理
			运营系统建设
			培训、售后维保的人员信息统计
6	其他	根据工程建设需要所提出的其他应用内容	

1.8.2 模型搭建管理

1. 建筑结构模型建立及设计协调

根据设计单位提交的施工图纸和资料，结合施工单位现场实际施工数据，建立车站、区间隧道等主体建筑结构和车站附属（商业开发、上盖物业如有）和停车场的 BIM 模型。对建模过程中发现由设计或施工导致的违规、不合理等问题提交具有指导意义的建模检查报告，配合建设单位进行整改，并及时同步更新 BIM 模型，过程中建筑、结构模型应包含建筑、结构图纸中所表达的最基本的信息，及时注意处理结构细部变更等位置的细部模型，最终建筑结构 BIM 模型应提交设计信息完整、与现场施工情况一致的 BIM 模型。

2. 机电设备模型建立及设计协调

根据设计单位提供的施工图纸和资料，结合供货商、集成商提供的应用于具体工程各类机电设备系统的（含综合管线及支吊架）设计信息、产品参数，分专业进行机电设备系统 BIM 模型建立，并进行相关设计协调，机电设备模型应至少包含图纸中所表达的所有信息。

3. 装修模型建立及装修设计协调

根据装修设计单位提交的装修设计资料，并结合提供的应用于具体工程各类装修设施、设备产品信息、参数，在建筑结构模型的基础上进行装修（导向）模型建立及设计协调，装修模型应至少包含图纸中所表达的所有构件。

4. 多系统综合与协调

综合建筑结构模型、机电设备模型和装修模型，建立集建筑、结构、机电设备、通信信号、装修、导向等多专业于一体的综合性 BIM 模型，进行综合性检查，开展建筑净空检查、碰撞检查、消防疏散检查、无障碍通道检查、设备通道检查、装修效果模拟、环境漫游等应用，出具相关检查报告并配合设计单位进行优化设计，最后建立无设计缺陷的综合性 BIM 模型。

5. 出具多系统综合协调成果图纸

根据多系统综合协调成果，分别在结构、建筑、机电、装修施工之前，按业主要求出具包括且不限于如下的相关成果图纸，如单专业 BIM 图纸、建筑留洞 BIM 图纸、综合管线 BIM 图纸、装饰装修 BIM 图纸等。

1.8.3 可视化管理

制作施工时序演示动画，出具难点区域二维及三维辅助图纸，配合设计单位进行三维可视化技术交底。利用直观的三维实时漫游功能，满足手持终端移动设备，根据需要简单地运用行走、巡视、旋转、缩放等功能模拟置身于建设项目的任何一个角落实时查看设备、管线安装布置方式的要求，帮助施工人员更深层次地理解设计意图和施工方案要求。

在项目建造施工过程中，一方面利用手持移动设备配合监理单位对现场质量安全进行管理控制。对现场施工质量、安全（包括临边防护、洞口）等问题进行统一可追溯管理。另一方面及时了解工程施工状况，全面掌握施工现场的管理情况、进度情况，可视化对比，直观分析，指导建设单位合理调整工期，并使 BIM 模型与现场实际施工保持同步、一致。

1.8.4 精细化管理

1. 模型与工程量、建立企业定额库

基于各阶段的 BIM 模型，按需实时输出主体结构、附属结构、区间土建工程量，通风与空调系统、给排水系统、强电弱电系统、装修等系统的工程量清单，配合各阶段计量需要，进行动态投资控制。在变更、结算等关键节点中，变更与模型实时同步，监控、跟踪变更的实施与办理，指导相关设计变更或工程结算工作。同时，对整个建设阶段由 BIM 模型经碰撞检查和指导施工等技术性应用所带来的减少变更、避免返工等数据信息逐项进行统计，分析 BIM 技术的应用价值，并提交分析报告。

2. 竣工模型归档

根据各施工单位提供的工程竣工资料，修改完善全线竣工 BIM 模型并进行信息化归档，开展虚拟验收，将 BIM 模型中构件或设备与相关电子文档关联，形成竣工 BIM 模型电子数据库，便于资料存档和后期运维管理。竣工阶段提交含设计荷载、材料属性、用途、技术参数与指标等各类构件、设施、设备和管线等信息的竣工 BIM 模型成果。竣工 BIM 模型应包含设计类信息有审查通过的施工图、变更图纸和变更单，施工类信息有现场核定单，监测信息，钢材、混凝土等材料检验报告，机电、设备、管线等检测报告、各分项的验收报告，其他施工过程控制相关信息。

3. 运维模型建立与移交

以竣工 BIM 模型为基础，结合运营单位的维护管理要求，通过录入资产编码等运维信息与数据，建立 BIM 运维模型并移交业主。移交运营的 BIM 运维模型除可在平台进行相应展示外，必须为后期运维管理预留数据接口，满足后期运维系统开放性的要求，实现后期运维管理信息化、巡检维修精细化与可视化。在运营阶段，业主运用项目信息集成系统，集成各类相关信息，通过属性查询进行设备维护管理，如对压力管线出现故障进行应急处

理，可直接查询重要设备维护记录、资产信息管理、查找故障控制设备等。运维 BIM 模型在竣工 BIM 模型的基础上应至少包含资产编码、产品使用手册、维修计划、设备维修信息记录等运维信息，预留数据接口。

1.8.5 应用标准管理

根据轨道交通工程应用实践，开展课题研究，总结、制定轨道交通 BIM 应用企业指导标准，升级管理流程，在项目实践中不断优化总结，为实现企业在轨道交通工程领域的信息协同化、管理精细化、建设高效化、运维科学化奠定基础。

2.1 BIM 技术实施组织体系

项目全生命周期 BIM 技术应用是一个建立信息模型，将模型应用于指导设计、施工、运维的过程，优化建筑设计、施工方案，是确保各项建设目标顺利实现的过程。在轨道交通工程项目建设过程中，发掘 BIM 技术应用在不同阶段的价值，覆盖项目全生命周期是 BIM 应用实施的最终目的。

2.1.1 总体实施规划

基于项目全生命周期的 BIM 技术的应用框架，可按照项目实施分为方案设计、初步设计、施工图设计、施工准备、施工实施和运行维护六个阶段，其总体安排需要具体分析各阶段 BIM 技术应用的重点和价值体现。

1. 建立基于 BIM 技术的项目全生命周期管理模式

城市轨道交通地铁项目基于 BIM 技术的管理模式其核心是以云计算为基础，以感知技术为基础，以移动互联为手段，融合 GIS、大数据的项目信息综合管理。在设计、建造、运营和维护的项目全生命周期内，各参与方使用 BIM 技术，充分利用 BIM 技术优势，达到高效的项目信息化管理、数据共享的目的，提高工程技术、安全、质量、生产进度、商务经济和运营管理等方面的管理效率和精度。

2. 建立基于 BIM 技术的项目全生命周期应用方案

BIM 技术在城市轨道交通地铁工程的应用达到智能化状态，即在设计、施工及运维过程中更加及时、灵活、准确的获得工程信息，根据城市轨道交通地铁工程的实施特点，具体实施规划见表 2-1。

表 2-1 BIM 实施总体规划目标

序号	实施内容	实施效果	目标设定
1	BIM 正向设计	应用 BIM 软件正向设计建筑、结构、机电、装饰等专业，符合设计参数，计算系统负荷	均衡 BIM 正向设计与传统设计之间的优劣性，缩短设计周期
2	三维可视化设计	应用各专业三维模型，实现可视化的机电系统路由检查、设计意图传递和设计交底等工作	建立包括各站点和区间的全线各专业三维模型
3	性能及力学分析	应用模型及辅助性计算软件，设定设计参数进行性能分析及力学分析	验证设计信息的功能性、安全性和准确性
4	碰撞检查综合排布	通过综合集成各专业三维模型，应用 BIM 软件自动完成各专业间的碰撞检查，实现进行可视化的管线综合调整工作	生成专业间碰撞检查报告，完成各站点全专业的相互协调及各专业内协调
5	方案实施性验证	危险性较大方案、创新型等新技术通过模型提前进行可行性模拟，分析其实施过程中的危险源及关键措施	分析方案实施的可行性，辅助进行专家评审
6	可视化施工模拟	应用 BIM 模型对各专业施工顺序进行动态模拟，并对关键安装工艺进行可视化动态模拟	生成施工顺序模拟动画和安装工艺模拟动画、实现三维交底功能
7	三维可视化漫游	将 BIM 模型导入动态漫游软件，实现三维可视化漫游，动态查看和检测构件位置信息、参数信息	应用可视化漫游检查 BIM 模型并生成漫游动画
8	施工进度管理	将 BIM 模型导入模拟软件，并与 Project 进度计划任务进行关联，完成对施工进度计划的可视化动态模拟	生成施工进度计划的 4D 模拟动画，实现阶段性进度可视化汇报工作
9	质量安全 管理	可视化形式进行质量、安全中的巡查、教育、预警，同时借助管理平台+互联网进行项目过程质量安全问题实时施处理，提高效率	辅助项目进行质量、安全管理，减少重复报表，提高管理效率
10	成本管理	借助成本管理平台，应用模型对各专业构件进行分类统计，获得准确的统计工程量等对比分析过程成本	生成工程量统计清单，辅助工程量计算、材料管理工作、成本计算等
11	数字化加工	应用 BIM 模型生成准确的钢筋、风管、电缆桥架和支架的构件数量和类型，并指导构件高效准确的安装到位	指导钢筋、模板、风管、电缆桥架、支架等构件的工厂化预制加工生产和现场安装

续表

序号	实施内容	实施效果	目标设定
12	装配式建筑技术	装配式设备机房应用 BIM 模型,提前在地面预制加工制冷机房内管道及阀门构件连接,吊装至地下拼装即可;装配式公区装修施工等	机电设备房、装饰施工提前介入缩短工期,场外加工,确保地下空间环境,绿色化施工
13	BIM 技术运维探索	轨道交通地下空间管理、设备资产管理、运行应急及能耗分析管理	开发运维平台,辅助资产、维修、维护、运营等管理

2.1.2 团队组织架构

针对城市轨道交通地铁工程庞大的项目管理体系、漫长的建设周期,项目的 BIM 模型和其包含的信息,应在所有参建单位之间充分交互、即时更新,随着建筑过程的进展,模型深度不断增加,信息量日益丰富,各参建单位各司其职,确保维护 BIM 模型和信息是项目 BIM 技术实施的关键。因此针对不同维度、不同深度及不同参建单位分别规划 BIM 技术团队的组织架构。

1. 项目整体 BIM 技术团队组织架构

城市轨道交通地铁工程建设投资较大,国内的建设模式有 PPP、EPC、BT 等模式,为更好地应用 BIM 技术,充分发挥 BIM 技术优势,统一管理,由业主单位与总承包管理单位依据具体合同要求组建项目公司,项目公司整体决策 BIM 技术的应用各项开展,总体协调设计单位在设计阶段 BIM 技术的应用;总承包管理单位及监理单位对施工单位进行监督、指导,全面落实项目 BIM 工作的开展和 BIM 信息传递;总承包管理单位建立的 BIM 工作管理部门具体管理各施工工区项目部 BIM 工作的开展,项目整体 BIM 技术组织架构图详如图 2-1 所示。

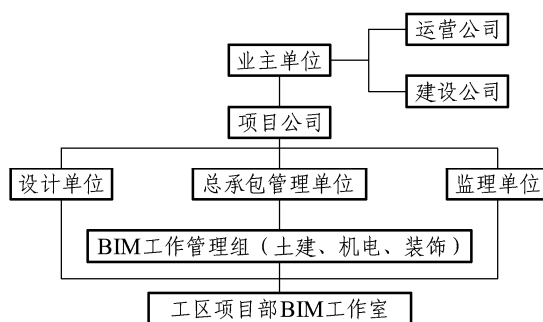


图 2-1 项目整体 BIM 技术组织架构

2. 总承包管理单位 BIM 技术团队组织架构

根据各责任部门的特点及城市轨道交通地铁工程土建与机电工程的专业特点,由总承包管理单位总经理(指挥长)总体负责,总工程师管理机电部、技术部,部门内分别设置

各专业 BIM 工程师组建项目管理 BIM 中心，全面协调管理机电装修工程、土建轨道工程的 BIM 模型建立、BIM 技术应用开展等工作，总承包管理单位（指挥部）的 BIM 技术实施体系组织架构如图 2-2 所示。

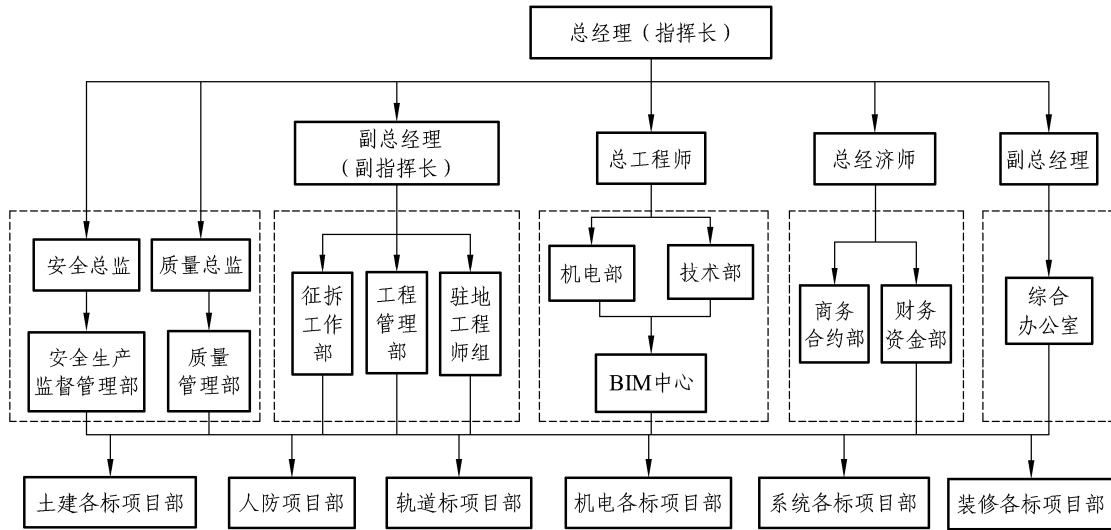


图 2-2 总承包管理单位（指挥部）BIM 技术实施组织架构

3. 项目部 BIM 技术团队组织架构

根据总承包管理单位的 BIM 技术实施总体安排，总承包管理单位 BIM 中心（土建、机电）直接管理各工区项目部的 BIM 技术实施组组长，由各工区项目部 BIM 技术实施组组长整体协调，统筹各工区内具体车站、区间、停车场等区域的全专业 BIM 技术实施，协调工区内部不同专业、不同系统之间的接口问题，总体负责站点 BIM 技术应用，各工区项目部（各施工单位）的 BIM 技术组织架构如图 2-3 所示。

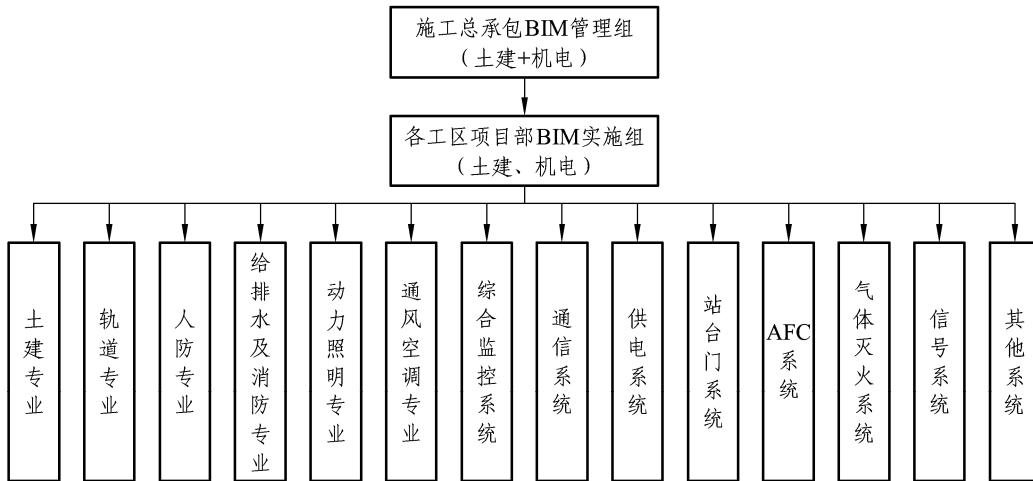


图 2-3 工区项目部（各施工单位）的 BIM 技术组织架构

4. 各参与方职责

根据城市轨道交通地铁工程的管理特点和各单位的管理组织架构，在项目 BIM 技术实施中，各参与方的管理职责详如表 2-2 所示。

表 2-2 各参与方职责表

序号	参与方	职责
1	项目公司	参与设计阶段 BIM 管控，提出设计优化方案等；参与 BIM 工作站项目信息综合管理平台、智慧工地平台的内容控制和平台搭建；协调设计单位、总承包管理单位、监理单位、运营单位的日常维护；对项目实施使用 BIM 平台进行时时监管；收集整理竣工模型；组织搭建施工运维平台，并协调运维管理
2	总承包管理单位（指挥部）	搭建 BIM 平台，确定 BIM 应用目标，制定 BIM 实施大纲，接收 BIM 模型；确定各参与方，监督各工区项目部 BIM 进展情况；借助 BIM 管理平台，进行安全、质量、进度、成本、合同、信息、协调管理
3	运营单位	落实专人负责信息维护，接收 BIM 竣工模型，负责运维平台的搭建；竣工模型上传至运维平台，优化物业管理，为项目运营期的维护维修工作提供数据参考，为项目扩建、改建、拆除提供必要分析数据
4	设计单位	利用 BIM 技术，对设计方案进行论证、设计参数和设计路径进行优化，并进行施工图碰撞检查、深化，把设计模型提交给项目公司；使用 BIM 技术与项目各参与方进行设计交底；设计变更发生后，对设计 BIM 模型进行变更更新修改
5	监理单位	配合总承包管理单位审核施工方 BIM 竣工模型，对有问题的模型提出书面意见和建议；基于项目信息综合管理平台和智慧工地平台对项目进行工程安全、质量及进度监督
6	各工区项目部	制作施工阶段 BIM 模型，模拟建造，解决“错、漏、碰、缺”问题。根据施工模型优化施工工艺，并提交竣工模型。统筹管理本工区项目部的 BIM 模型；基于项目信息综合管理平台和智慧工地平台对项目进行工程安全、质量、进度等进行管理

2.1.3 团队人员配置

1. 项目公司

项目公司的 BIM 管理岗位描述和任职条件如表 2-3 所示。

表 2-3 项目公司 BIM 主要管理人员配置

序号	职务名称	职务描述	任职条件	人数
1	项目公司 BIM 管理员	参与 BIM 工作站项目信息综合管理平台、智慧工地平台的内容控制和平台搭建；协调设计单位、总承包管理单位、监理单位、运营单位的日常维护；对项目使用 BIM 平台进行实时监管；收集整理竣工模型。组织搭建施工运维平台，并协调运维管理	具有两年以上设计经验，两年以上的项目管理经验，具有 BIM 项目管理经验，具备协调 BIM 实施各参与方能力	1 人

2. 总承包管理单位

总承包管理单位 BIM 工作组人员配置及岗位描述和任职条件如表 2-4 所示。

表 2-4 总承包管理单位 BIM 工作站配置

序号	职务名称	职务描述	任职条件	人数
1	BIM 中心 经理	组织 BIM 工作站,组织制定 BIM 实施方案、BIM 实施标准和 BIM 协同标准,组织搭建项目信息综合管理平台和智慧工地平台;协调和监督各工区项目部填报项目信息综合管理平台数据;与其他 BIM 参与方沟通协调	具有三年以上项目管理和一年以上地铁施工经验,具有 BIM 项目管理经验,具备协调 BIM 实施各参与方能力	1 人
2	BIM 工程师	按照 BIM 标准创建 BIM 模型,开展性能分析、模拟、统计、专业综合等专项 BIM 应用;添加相关技术和管控信息	具有地铁建筑、结构、机电、设备安装等专业的设计知识和施工经验,对 BIM 软件具有操作能力	6 人
3	BIM 数据 维护员	收集、管理 BIM 模型及数据;上传、归档 BIM 模型及数据;IT 技术维护	具有一定 IT 及建筑设计、施工从业背景,具有 BIM 数据维护管理经验	1 人

3. 各工区项目部

各工区项目部 BIM 工作室配置及岗位描述和任职条件如表 2-5 所示。

表 2-5 各工区项目部 BIM 工作室配置

序号	职务名称	职务描述	任职条件	人数
1	BIM 经理	组织 BIM 工作室,组织编写本工区 BIM 具体的实施内容,填报 BIM 综合管理平台,与其他 BIM 参与方沟通协调	具有地铁项目施工经验和一年以上 BIM 管理经验,对 BIM 技术具有一定的理解,具备协调 BIM 实施各参与方能力	1 人
2	BIM 工程师	按照 BIM 标准创建 BIM 模型,开展各专业 BIM 建模,并与其他专业综合、协调,添加相关技术和管控信息	具有地铁建筑、结构、机电、装饰装修、轨道铺设等专业相关知识,具有 BIM 专业建模经验	≥6 人
3	BIM 数据 维护员	收集、管理 BIM 模型及数据,上传、归档 BIM 模型及数据,IT 技术维护	具有一定 IT 及建筑设计、施工从业背景,具有 BIM 数据维护管理经验	1 人

2.1.4 实施管理流程

在 BIM 实施全过程的阶段中,每项特定的应用都有针对其特点的工作流程,各责任方的信息交换要求及信息需求也不尽相同,根据不同的阶段和不同责任方的工作特点,制定相应的 BIM 技术工作流程,可明确、促进各参与方在全面应用 BIM 技术中的工作衔接。

1. BIM 技术实施总体流程

在工程策划阶段以全过程 BIM 技术实施为理念的工作流程如图 2-4 所示，确定目标、建立体系和明确各方职责是保障 BIM 技术实施的最为关键的要素。

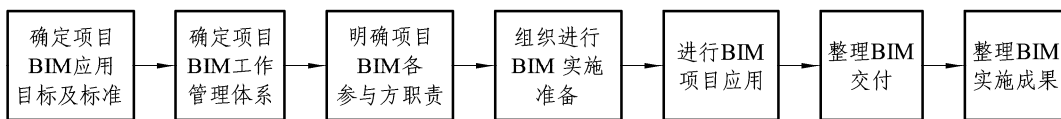


图 2-4 工程策划阶段 BIM 实施总体流程

2. 项目各参与方 BIM 模型应用流程

项目实施过程中，各参与方 BIM 模型应用流程如图 2-5 所示。

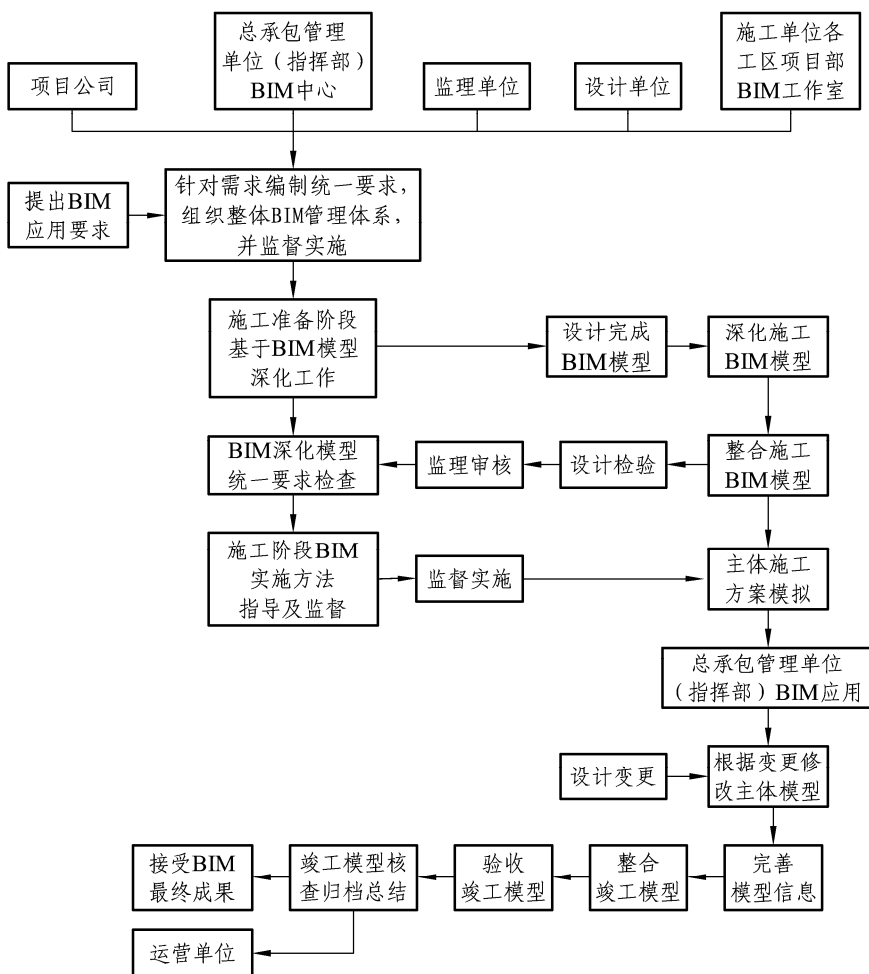


图 2-5 项目实施阶段中各参与方 BIM 应用流程

3. 总承包管理单位 BIM 技术协调流程

总承包管理单位 BIM 技术协调工作流程如图 2-6 所示：

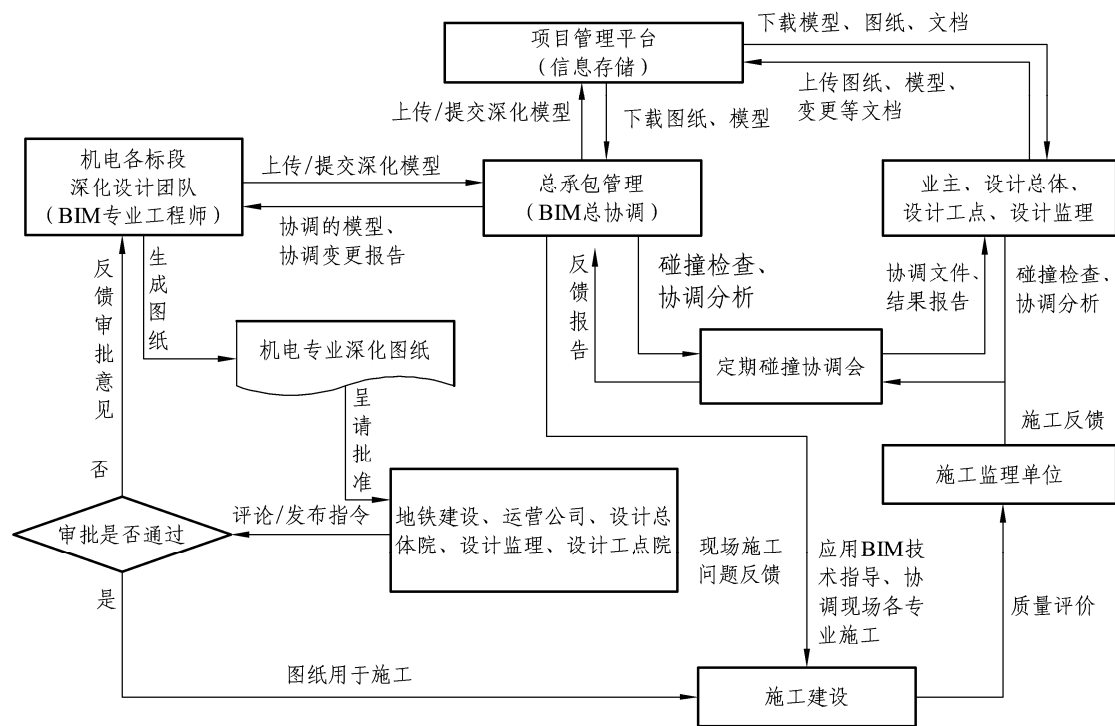


图 2-6 总承包管理单位 BIM 技术协调工作流程

2.1.5 资源配置要求

BIM 技术实施环境是 BIM 技术实施的基本保障，实施环境中又包括各类资源如软件资源、硬件资源、BIM 技术协同实施网络资源及信息化服务平台资源。

1. BIM 软、硬件配置

在 BIM 软件选用中，应综合考虑不同专业应用需求、软件优缺点、软件费用、不同软件间接口标准等因素。城市轨道交通地铁工程选用软件包含核心建模类、动画制作类、精细化管理类。推荐采用国内主流 BIM 软件 Autodesk 公司系列 Revit 作为 BIM 应用主体软件，Navisworks、3Dmax 等软件作为施工动画模拟软件，具体解决方案详见表 2-6。同时，总承包管理单位负责组织相关培训工作，统一项目软件应用的版本和文件转换要求。

表 2-6 项目 BIM 软件配备及用途一览

序号	软件名称	推荐版本	软件类型及功能
1	Autodesk Revit	2018	三维模型建立、工程量统计、图纸输出、模型信息应用
2	Autodesk CAD	2018	二维绘图软件

续表

序号	软件名称	推荐版本	软件类型及功能
----	------	------	---------

3	Autodesk InfraWorks	360	基于 GIS 的三维地形模型建立
4	Autodesk Civil3D	2018	三维绘图软件
5	Navisworks	2018	模型整合平台、模型应用、碰撞检测、动画制作
6	Tekla	19.0	钢结构建模、设计、分析
7	Dynamo	2.0.1	动态模拟
8	Magicad	2018	机电专业模型建模、分析
9	Solidworks	2018	支吊架模拟及受力分析
10	Rhinoceros	6.0	幕墙（出入口、交通枢纽装饰）专业模型建模、设计
11	Lumion	8.0	模型渲染、图片视频输出
12	Fuzor	2018	模型漫游及渲染
13	3Dmax	2018	模型渲染、图片视频输出
14	Project	2016	快速、准确地创建项目进度计划
15	自主开发或采购	—	管理信息云共享、协同化流程管理、知识库储备
16	自主开发或采购	—	项目信息综合管理平台
17	自主开发或采购	—	智慧工地平台
18	自主开发或采购	—	运维平台

BIM 设施硬件需要充分保障 BIM 技术所需软件的正常运行,各工区项目部 BIM 工作室使用的计算机硬件平台推荐为台式图形工作站或更高配置,各参与方计算机硬件平台不低于该配置。为实现在施工现场使用手持设备应用 BIM 的需要,采用 4G 无线网络接入 Internet。硬件设备的详细配备情况详见表 2-7 所示,图形工作站主要硬件配置不低于表 2-8 所示。

表 2-7 BIM 应用硬件配备一览

序号	设备名称	单位	数量
1	台式工作站	台	≥5 台/项目
2	移动工作站	台	≥2 台/项目
3	智能手机	台	每人 1 台

表 2-8 BIM 工作站硬件最低配置一览

序号	配置	台式工作站	移动工作站	智能手机
1	CPU (处理器)	Intel 至强处理器 E5-2643 (4 核, 3.30 GHz) ×2	Intel i7-4910MQ (4 核, 3.8 GHz)	/

续表

序号	配置	Dell T7910	Dell M6800	iPad Air
----	----	------------	------------	----------

2	内存	16 GB DDR3 RDIMM 1 600 MHz , ECC	16 GB DDR3 2×8 GB 1 600 MHz DDR3L	存储容量 32 G
3	硬盘	256 GB SSD+2 TB 机械硬盘	256 GB 2.5 英寸 SATA 固态硬盘	/
4	显卡	NVIDIA Quadro K4000	NVIDIA Quadro K4100M	/
5	显示器	双 LED 显示器	17.3" UltraSharp FHD (1920×1080)	/

2. BIM 网络环境配置

建立局域网，采用工作集协同模式建模，各工作组接入到局域网中，由于同步中心文件时数据瞬时传输量大，需建立千兆级局域网，具体网络拓扑如图 2-7 所示。

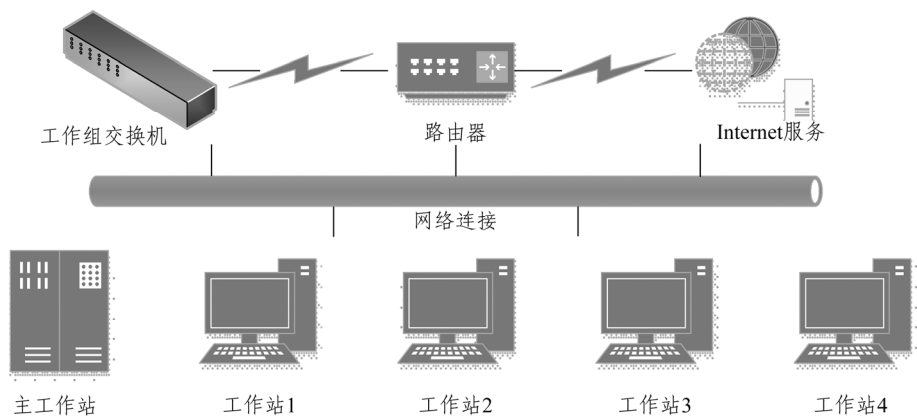


图 2-7 BIM 网络环境拓扑

3. 基于 BIM 技术的项目信息综合管理平台

项目多方协同管理信息化平台是以互联网为通信工具，以现代计算机技术、大型服务器和数据库技术、存储技术为支撑，以协同管理理念为基础，将工程项目实施的多个参与方（投资、建设、管理、施工等各方）、多个阶段（规划、审批、招投标、施工、验收、运营维护等）、多个管理要素（人、财、物、技术、资料等）进行集成管理的网络平台。

如图 2-8 所示，某项目信息化综合管理平台，其中主要功能包括：设计管理、施工组织、进度管理、成本管理、质量管理、安全管理、资料管理等，该平台能协助建设、设计、监理、施工、安装等各参建方进行有效沟通和模型数据传递，并以设计、施工阶段搭建的信息管理平台最终模型数据为基础，搭建运维管理系统，为后期的运营、维护实施提供系统支持。

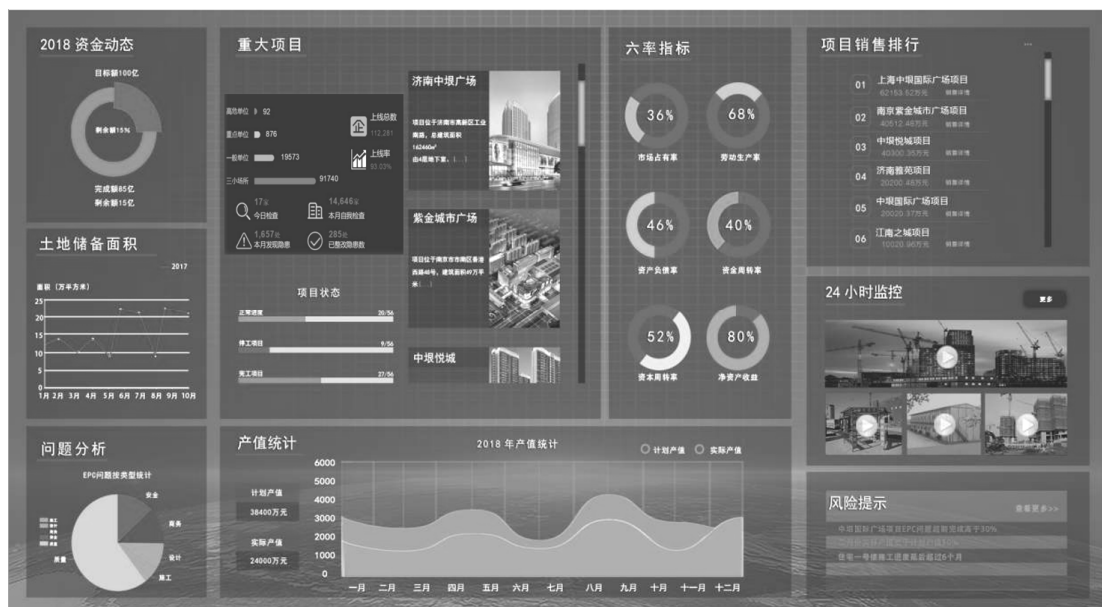


图 2-8 某项目信息综合管理平台应用示例

2.1.6 信息协同要求

不同于传统二维设计采用定期定节点的提资方式，仅通过图纸进行专业间信息交换的设计模式，BIM 协同是通过一定的软件工具和环境，是以 BIM 信息交换为核心的项目协同方式，其目标是让 BIM 数据信息在不同阶段、不同专业间准确传递及共享，从而减少沟通障碍，在此协同模式下，各方基于统一 BIM 模型获取所需数据，以实现并行协同工作。

1. 协同环境

BIM 协同环境对存储和数据管理的要求较高，单纯依靠人工手段难以达到良好的协同工作效果，必须借助信息化技术，在既定的任务分工和标准化流程、标准化数据框架下方能较好实现。在搭建 BIM 协同环境时，应建立统一的 BIM 数据存储与管理平台应用规范，使得各方之间数据能有效共享，保证数据的及时性和一致性。协同过程应建立相应数据安全体系，制定 BIM 应用数据安全规范，如服务器网络安全控制、数据定期备份和恢复、一定的身份验证和数据使用权的控制。同时依据各参与方的工作范围，对不同参与方的人员分配不同的读、写、修改权限，既保证项目各方可及时得到准确的数据，又不会相互干扰。

2. 协同方式

在轨道交通地铁项目中针对各项目的信息化需求不同，设计阶段和施工准备阶段的 BIM 应用深度不同，会有不同的协同要求、协同方法和工具，在具体的项目实施中，设计方、施工方常用的 BIM 协同主要分为链接模型方式、中心文件方式以及平台协同三种方式。

(1) 文件链接模型方式。

以 Revit 软件为例，在 Revit 管理链接命令中，可以进行链接路径类型、参照类型、删除链接、卸载链接、重新载入链接等操作。针对轨道交通站点数量多，位置差异大的模型

特点进行链接，使用“共享坐标”功能将主体文件或某一个链接文件的项目基点坐标作为总的基点发布给所有的链接模型中，更新其基点坐标值，“保存位置”后即可自动记录这些模型间的相对位置关系，即使删除后重新链接也可以自动定位。

(2) 中心文件方式。

中心文件是 Revit 提供的另一种协同方式，也被称为“工作集”方式，可近乎实时将修改体现在中心文件中，该种方式根据各专业的参与人员及专业性质确定权限，划分工作范围，各自独立完成工作，将成果汇总至中心文件，同时在各成员处有一个中心文件的实时镜像，可查看各专业间的工作进度，目前在城市轨道交通设计方、施工方的多专业协同的背景下使用最为广泛。

(3) 平台协同方式。

上述几种协同方式都只能实现各设计院、项目部内部的协同，基于 BIM 协同管理平台在总承包管理单位的层面中，通过互联网将多个“身处异地”的工点设计院、工区项目部的协同环境联系起来，协同管理平台使各参与方基于统一平台工作，将流程和权限集成在平台之中，并分配一定的存储空间及权限，各方仅需凭账号登入平台，完成相应工作，该种方式能很好地确保数据安全及进行过程控制，同时大部分烦琐的处理过程可由平台自动实现，工作效率得到很大提高。

2.2 BIM 实施策划

BIM 实施方案应该涉及设计、施工及运营维护不同阶段，其方案应立足于项目的全生命周期，以设计阶段和施工阶段为管理重点，同时将 BIM 信息技术融合于项目物业运维管理中，旨在为轨道交通地铁项目的建造、运维创造传统管理方式以外的效益，从而提升工程设计和施工管理水平，优化建造工期，保证施工质量，消除安全隐患，实现“绿色建造”“智慧建造”的目的。

2.2.1 目标策划

BIM 目标策划中，各 BIM 应用目标要清晰明确、可量化判定，在项目 BIM 实施规划中需综合考虑应用环境，如企业发展、项目特点等多方面因素，还应包括与项目建设相关的目标以及与企业发展的目标，如表 2-9 所示，列举轨道交通地铁工程常见的 BIM 应用目标。

表 2-9 轨道交通工程 BIM 技术应用目标及内容

序号	类别	BIM 目标	涉及的 BIM 应用
1	与项目 建设相 关目标	减少设计错误	设计建模、碰撞检测、可视化漫游
2		绿色设计	建筑环境分析
3		设计出图	设计建模、正向设计、二维出图
4		提升设计效率	设计审查、3D 协调、设计协同

续表

序号	类别	BIM 目标	涉及的 BIM 应用
5	与项目建设相关目标	优化设计方案	方案比对、碰撞检测、可视化漫游、净空分析、设计协同
6		施工方案优化	施工模拟
7		评估变更带来的成本变化	5D 建模、成本分析
8		施工进度控制	进度模拟、进度控制
9		成本管理	5D 建模、成本分析
10		减少施工冲突	3D 协调、4D 建模
11		支持工厂化加工	深化设计、预制加工
12		支持项目评优	比对评优要求，确定具体应用
13		提高项目管理能力	平台运用、进度管理、成本管理、质量管理、安全管理
14		运维管理	建立运维模型
15	与企业发展相关目标	验证某项 BIM 创新应用	针对验证目标确定，应用总结
16		与企业发展 BIM 标准编制	编制建模标准、应用标准、协同标准、数字化平台标准、交付标准等
17		形成构件库	构件库建立，构件标准化
18		人才培养	BIM 培训

轨道交通项目 BIM 技术目标设立时，应重点关注与项目建设相关的目标，同时依据企业发展特点建立与其相关的目标，企业通过项目建设的实施，逐步积累在轨道交通领域的 BIM 技术应用经验，通过项目 BIM 技术目标支撑企业 BIM 技术的发展。目标策划完成后，各参与方按照职责协调各项资源进行多种 BIM 技术应用的策划，评估筛选后确定针对具体项目特点的 BIM 技术应用目标，按照既定标准执行，确保预设目标的有效实现。

2.2.2 方案策划

方案策划需要涉及轨道交通建设全过程，涉及全专业，为实现 BIM 技术应用的标准化及流程化，总承包管理单位要遵守项目公司的合同约定及国家规范，建立一套健全的 BIM 技术项目流程体系，在项目实施过程中，按照要求严格管理各工点设计、工区项目部的 BIM 技术应用，以实现项目最终目标，并为企业积累 BIM 技术的应用经验，最终为政府、业主交付一系列满意的服务成果，推动城市轨道交通领域 BIM 技术的应用与发展，为打造数字化城市交通奠定基础。

1. 策划依据

方案编制依据主要考虑项目合同要求、项目特点及国内外行业实施情况，国内外 BIM

领先企业报告及标准等，如项目招标文件、项目设计文件、《建筑工程信息模型应用统一标准》GB/T 51212—2016、《城市轨道交通工程 BIM 应用指南》（住房和城乡建设部）、《国家建筑信息模型标准》（美国）、《建筑工程设计与施工 BIM 应用指南》（中建企业指南）、《中国 BIM 应用价值研究报告 2015》（广联达）、《BIM 在建筑全生命周期中的应用》等行业内的规划、标准。

2. 策划原则

BIM 技术实施策划方案编制原则详如表 2-10 所示。

表 2-10 BIM 技术实施策划方案编制原则表

序号	原则	内容
1	规范合理	严格遵守我国现有法律、法规的规定和企业标准，选择性参照国外规范。
2	全生命周期	应用涵盖施工、设计、运营及维修保养阶段，对比传统管理方式有不可比拟的作用。
3	切实可行	BIM 技术应用一定是建立在切实可行的基础上。
4	技术先进	积极推广国内外先进的 BIM 技术。
5	模型精准	模型均是在仔细研究招标及设计文件的基础上建立，建模过程力求精准。
6	绿色施工	BIM 技术对施工环境及施工工艺，对不符合绿色施工要求的工艺进行优化。

3. 策划步骤

为了保障项目 BIM 技术应用的高效实施，通常 BIM 技术实施策划应包括 BIM 技术应用的范围及目标、实施流程、所需信息、应用基础四个步骤，各步详细策划内容详见表 2-11 所示：

表 2-11 BIM 实施策划步骤及内容

序号	步骤	内容
1	确定 BIM 技术应用范围	确定 BIM 技术应用范围是在某阶段，还是全生命期应用，BIM 应用范围的确定应该与项目的需求、团队的实施能力、技术成熟度等条件相匹配，而不应一味追求全面，其中基于全生命期 BIM 技术应用有利于协调各参与方在项目全生命期内协同应用 BIM 技术，充分发挥 BIM 技术的最大效益和价值
2	确定 BIM 技术应用目标	在项目实施过程中可筛选几个作为项目 BIM 技术整体目标，再由不同 BIM 技术应用在项目中的价值进行分析和排序，最后确定具体项目要实施的任务。根据目标确定 BIM 技术应用，BIM 技术目标可能对应某一个 BIM 技术应用，也可能需要若干个 BIM 技术应用共同完成。包括确定 BIM 技术应用的预期目标、确定计划完成的 BIM 技术应用、建立 BIM 技术应用团队及大致分工、确定整体进度安排等

序号	步骤	内容
3	制定各阶段 BIM 技术实施流程	BIM 技术实施流程分为整体流程与详细流程，整体 BIM 技术应用流程确定了不同 BIM 技术应用间的顺序与相互联系，使团队成员都清楚各自工作流程以及与其他项目成员间的关系。详细流程描述一个或几个参与方完成某一个特定任务的流程，主要包含各项应用的输入输出以及信息交换过程
4	明确过程中所需的信息	定义不同参与方之间的信息交换需求，每一个信息创建者与接受者间必须清楚信息交换的内容、标准和要求。其次，进一步核对 BIM 技术应用目标，定义信息交换的内容及格式，确定各项信息提供方与接收方
5	确定 BIM 技术规划所需的软硬件方案	包括交付成果的构成和合同语言、沟程序、技术架构、质量控制程序等以及保证 BIM 模型的质量和技术应用的保障措施。BIM 技术实施计划在各方参与下制订，最终由业主确认，为全过程 BIM 技术应用与管理的主要依据

2.2.3 实施策划

BIM 技术的实施在城市轨道交通工程中涉及的范围很广，如设计阶段的方案对比、多专业协同、设计分析等；施工阶段的预制加工、施工方案模拟、施工管理等；运维阶段的空间管理、设备管理、应急管理等。对于实施的策划应该基于项目建立的 BIM 技术目标之上，对其价值、责任方实施能力、所需资源等综合评估来确定。

1. 设计阶段实施

设计方案初步确定后，可初步建立项目设计模型，包括 GIS 地形、车站站房、轨道区间、车辆基地及附近重要设施等 BIM 三维模型；同时，各专业设计人员进行专业模型包括建筑、结构、轨道、常规机电、供电、通信、装饰装修等 BIM 三维模型的建立，为设计思路及设计方案的确定提供三维可视化依据。

(1) BIM 设计信息传递。

借助 BIM 模型，项目设计团队中不同专业设计人员可充分了解主体设计思路，依据 BIM 信息和可视化表现，消除项目的设计信息孤岛，结合三维模型进行整理、存储和共享，对施工图设计提供依据。

(2) BIM 模型深化设计。

应用 BIM 模型进行可视化的深化设计，准确、直观的表达各专业模型的节点构造、位置关系、安装形式和装饰效果，解决各专业的“错、漏、碰、缺”等问题，为施工生产提供准确的位置信息。

(3) BIM 辅助场地分析。

在建设过程中将会穿越很多复杂地形，传统的场地分析存在诸如定量分析不足、主观因素过重、无法处理大量数据信息等弊端，总承包管理单位 BIM 工作站核心是通过 BIM 技术结合地理信息系统 (GIS)，对场地及拟建的构筑物空间数据进行建模，帮助项目在规划

阶段评估地铁沿线场地的使用条件和特点，从而做出最理想的场地规划、交通流线组织关系、建筑布局等关键决策。

（4）BIM 辅助分析管线改改迁方案。

因地下空间复杂，管线密集，轨道交通地铁车站开挖必然会存在与既有市政管线冲突的风险，通过市政探勘图纸，建立准确的地下管线 BIM 模型，分析管线迁改中的空间变化，对比改迁前后管道形态，直观分析和优化管线改迁方案，可辅助分析管线与主体结构以及周边环境的关系，论证改迁方案可行性。

（5）BIM 辅助施工组织准备。

通过三维模型对施工组织设计方案的模拟，形成细部图片、漫游视频、模拟动画、分析报告等文档，提前发现施工过程中可能存在的危险源、碰撞、冲突和资源调配矛盾等问题，核对施工组织的充分性和合理性，优化施工工序、资源配置等计划。

2. 施工阶段实施

施工阶段是现场实施最重要的阶段，主要体现在基于 BIM 技术的施工现场管理，是基于施工准备阶段所建立的模型，配合选用合适的施工管理软件，对项目管理目标、要素进行有效管理，主要包括技术、进度、质量、安全及成本管理。

（1）重难点方案的预建造模拟。

在项目重难点施工方案、特殊施工工艺实施前，将根据环境风险工程专项设计资料，建立风险源治理措施对应的施工模型，对专项方案进行施工模拟，展示预建造过程，供专家进行论证。同时在施工过程中，运用 BIM 施工模拟给施工操作人员进行可视化交底，保证施工工艺的精确度，降低施工操作难度，确保施工质量与安全。

（2）BIM 辅助施工动态模拟。

应用 BIM 模型对关键施工方案、工序、工艺进行三维可视化动态模拟，将施工过程进行直观、准确的表现，为现场施工管理提供可靠依据。

（3）施工进度动态控制。

初步模型建立后，总承包管理单位通过 BIM 与施工进度计划相链接，将空间信息与时间信息整合在一个可视的 4D 模型中，可直观、精确地反映整个建筑的施工过程，并对全过程施工进度、资源和质量进行统一管理和控制，各工区项目部可从 4D 模型中了解主要施工的控制方法、施工安排是否均衡、是否与总体计划匹配等，从而对各阶段工序及时进行调整，以实现缩短工期、降低成本、提高质量的预期目的。

（4）施工组织模拟。

工程建设过程中，总承包管理单位 BIM 中心将对工程的重点或难点部分进行可建性模拟，按月、日、时进行施工安装方案的分析优化。对于地铁施工一些重要的施工环节，如复杂车站、明挖法、盾构法、矿山法等重要工序及采用新施工工艺的关键部位、施工现场平面布置等施工指导措施进行模拟和分析，以提高计划的可行性，利用 BIM 技术结合施工组织计划进行预演以提高复杂构筑物的可建造性。同时，总承包管理单位 BIM 中心将分阶段分区间建立多个施工阶段现场平面布置图，根据现场安全文明施工方案要求进行修整和布置，通过模拟，可以更加直观准确掌握现场施工平面布置情况，提高施工场地的利用率。