

# 以运营为导向的基于 BIM 技术的城市轨道交通 建设项目集成化管理模式研究\*

田耕耘<sup>1</sup> 李 鹏<sup>1</sup> 陈 曦<sup>1</sup> 张佳丽<sup>1</sup> 汪晓宇<sup>2</sup> 田 蓉<sup>3</sup>

(1. 太原市轨道交通发展有限公司, 030002, 太原; 2. 同济大学经济管理学院, 200092, 上海;  
3. 太原城市职业技术学院, 030027, 太原//第一作者, 工程师)

**摘 要** 传统的城市轨道交通项目管理模式中存在信息传递不畅、流程割裂, 建设成本、进度、质量管理缺乏总控集成, 以及交付信息不匹配等问题。以运营为导向的集成化管理模式为上述问题提供了可行的解决路径。提出以运营为导向的轨道交通建设项目集成化管理模式, 从目标集成、组织集成、信息集成、参与方集成等 4 方面进行内涵解释, 并以太原轨道交通 2 号线一期工程作为案例对此管理模式的实际应用进行说明。

**关键词** 城市轨道交通; 集成化管理模式; 建筑信息模型

**中图分类号** U231.3; F530.7

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2021.10.046

## Operation-oriented Urban Rail Transit Construction Project Integrated Management Based on BIM Technology

TIAN Gengyun, LI Peng, CHEN Xi, ZHANG Jiali, WANG Xiaoyu, TIAN Rong

**Abstract** Many problems exist in traditional rail transit project management modes, such as poor information transmission, process fragmentation, overall control and integration missing in construction cost, schedule and quality management, as well as mismatching of information delivery. In this paper, an operation-oriented integrated management mode is proposed to provide a feasible solution path for these problems in rail transit construction projects, which explains the connotation of the mode from four aspects: goal integration, organization integration, information integration and participant integration. The Phase 1 project of Taiyuan rail transit Line 2 is taken as a practical application case to illustrate this management mode.

**Key words** urban rail transit; integrated management mode; building information model (BIM)

**First-author's address** Taiyuan Railway Transit Develop-

ment Co., Ltd., 030002, Taiyuan, China

城市轨道交通建设项目作为“道路联通”的重要手段, 既涉及项目总体规划、可行性研究、投融资、建设施工、竣工验收和试运行等众多环节, 还涉及基础建设、装备制造、电气安装、环境保护等众多行业。传统的城市轨道交通工程建设项目的管理模式中存在诸多弊病, 如业主对项目的管理和控制力度比较薄弱<sup>[1]</sup>, 在纵向管理范围、横向管理范围、全方位管理主体间均存在割裂、脱节<sup>[2]</sup>, 以及决策手段落后、管理目标失控、风险管控低效等问题<sup>[3]</sup>。这些问题在很大程度上制约了城市轨道交通项目的管理水平和建设效率。

现阶段, BIM(建筑信息模型)技术在城市轨道交通项目中的应用趋势表现为由设计和施工阶段应用为主逐渐过渡至运营阶段的应用, 并由设计和施工企业应用为主转变为业主方主导的全生命周期应用。本文基于已有的研究基础和发展趋势, 从目标集成、组织集成、信息集成、参与方集成等 4 个角度具体阐述了基于 BIM 技术的以运营为导向的城市轨道交通建设项目集成化管理模式, 最后以太原城市轨道交通实践案例对此管理模式进行实例说明。

## 1 以运营为导向的城市轨道交通建设项目集成化管理的必要性

城市轨道交通建设项目全生命周期包括决策阶段、建设阶段和运营阶段。在传统管理模式, 各个阶段相互独立, 缺乏对建设项目从全生命周期角度, 尤其是缺乏从运营需求角度进行总体把控, 造成建设目标和运营目标的相互脱节。城市轨道交通项目中, 运营方通常在建设项目竣工后乃至试

\* 太原市 2018 年第三批科学技术项目资金支持可持续发展议程创新示范区建设重大项目

运营前才介入到项目中,造成实际运营中出现大量的二次改造,无法实现目标优化。

作为工程项目管理需求的提出者、协调人和组织者,运营方采用集成化的管理模式,从运营方有效组织和协调的目标出发,充分考虑城市轨道交通项目建设规模大、投资数额大、建设周期长、分布范围广、参与人员多等特点,通过对项目各阶段的信息进行交流和分析,了解各方信息相互影响的程度,发现项目实施过程的重点,从而指导资源的合理分配,并为高效率地实施项目提供依据<sup>[4]</sup>。

以运营为导向的集成化管理模式是一种基于信息技术手段,采用系统工程原理,由城市轨道交通运营方全面考虑工程项目从发起到完成的全生命周期过程中各阶段的要求和衔接关系,以及项目执行过程中各参与方之间动态辐射的高效率工程

项目管理模式。通过集成化的数据采集、整合与处理,运营方能够在项目的发起阶段对项目全生命周期的系统化管理进行深入考虑,实现高效率 and 科学管理项目的目标。

## 2 以运营为导向的城市轨道交通建设项目集成化管理模式介绍

### 2.1 总体框架

以运营为导向的全生命周期集成化管理模式(见图 1),是以运营导向为核心,将运营需求前置,在项目全生命周期中运用公共、统一的管理语言规则和集成化管理平台,将传统管理模式中相对独立的设计阶段、施工阶段、运营阶段集成进行统筹规划和组织管理。

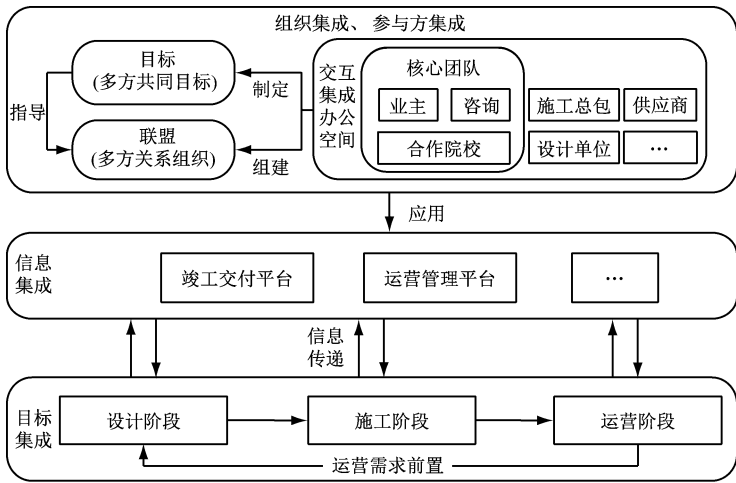


图 1 以运营为导向的项目管理模式框架

Fig. 1 Framework of operation-oriented project management

以运营为导向的城市轨道交通项目集成化管理模式,就是在项目全生命周期内,通过转变管理理念,变更管理流程,依托新技术应用来实现目标、组织、信息、参与方等管理要素的集成。以运营为导向就是在项目管理理念中以运营需求为出发点和落脚点,实现目标集成;通过组织架构为各参与方建立集合协同机制,实现组织集成;制定标准,搭建沟通协作虚拟平台,基于统一的信息交互语言使各阶段信息资源交互流通,实现信息集成;创建协同办公空间,使各参与方以灵活和高效的方式在同一交互空间内进行项目管理,实现参与方集成。

### 2.2 目标集成

目标集成,即以运营为导向,使各参与方明确

为运营服务的理念,将运营需求落实于各参与方的最终工作目标中。在项目建设前期,理清运营需求,明确设计期、施工期和运营期的交付目标,确保运营需求贯穿于项目全过程<sup>[5]</sup>。在设计阶段,将运营方的专业知识和经验集成在设计方案中,对未来运管盲区进行修正,保证项目建成后各项功能满足运营需求;在建设施工阶段,运营方提前介入,定期提炼梳理运营需求,采用新技术、新工艺,运用新设备、新材料和现代技术加强质量管控,为后续运营提供高品质产品<sup>[6]</sup>;在设备采购阶段,将运营需求落实于招标文件及设备安装中,包括但不限于制定详细技术定位和标准,提出对保修时间、维修费用、备品备件、服务培训等一系列售后服务的要求<sup>[7]</sup>。

### 2.3 组织集成

以运营为导向的组织集成突出运营导向的目标需求,需要建立集成化的管理组织结构,由项目各参与方联合组成利益共同体。在决策层面上由业主方主导整个城市轨道交通项目的 BIM 实施。由项目各参与方组建的具有共同目标的 BIM 管理团队,引导各阶段各参与单位根据运营需求对项目整体的 BIM 应用进行策划。各个成员以各自的专业知识为项目提供必要服务,共担项目风险,共享项目收益,实现整体优化,以较好地实现项目全生命周期目标<sup>[8]</sup>。执行层面以业主方的运营部门为核心,牵头各方执行配合、协同作业。城市轨道交通项目各参与方具有一定的复杂性,且在同一组织体系内交互存在,在进行多方关系架构时宜结合满足各方利益的功能定位和价值需求,对角色扮演、工作界面划分等权利义务内容进行明确。

### 2.4 信息集成

以运营为导向的信息集成是通过在建设项目全周期过程中进行信息的收集、储存、传输、加工、更新和维护,使组织内各层次的信息需求者可及时、准确、完整地获取信息,从而辅助业务开展和科学决策。信息集成的方式如下:首先,通过标准体系制定通用的语言来实现各专业之间信息的流通;其次,建立数据库,对项目建设实施过程中的各类信息进行完整收集和存储;再次,开发信息平台,实现数据的传递、连接、交互和共享。搭建运营管理平台,借助直观可视化效果和参数化动态模拟功能快速掌握各系统的运行情况、历史维护情况等运营期所需信息,实现空间定位、信息查询、三维监控、巡检维修、应急事件处置等功能<sup>[9]</sup>,以辅助运营及养护管理人员进行科学决策。

### 2.5 参与方集成

以运营为导向的各参与方集成,是为项目各参与方构建线下交互集成办公空间,提供合作创新的工作环境。将不同单位的资源优势迅速集成在一个交互办公空间中,在不同阶段的同一空间中快速、高效地实现各成员信息、技术、管理和人才的集成;在协同工作的过程中,有利于打破沟通壁垒、建立信任、提高沟通效率,有利于集成资源优势、优化资源配置,有利于多项资源的及时交换和完整获取,以更好地实现服务整体和最终目标的愿景<sup>[10]</sup>。

## 3 实例应用分析

以太原轨道交通 2 号线一期工程“以运营为导

向的全生命周期 BIM 技术应用”项目为例,对以运营为导向的城市轨道交通项目集成化管理模式实施应用进行详细阐述。

### 3.1 太原轨道交通以运营为导向的 BIM 项目建设概况

太原市轨道交通线网共规划 8 条线路,总长 266.3 km。目前正在建设的 2 号线一期工程总长 23.647 km,已于 2020 年开通运营。

太原轨道交通 2 号线一期工程作为太原市首条城市轨道交通线路,也是国内第一条在全线路全生命期完整应用 BIM 技术的城市轨道交通线路。该项目采用以运营为导向的集成化管理模式,实现了各参与单位的协同合作,提高了工程建设效率,降低了运营成本,提升了太原轨道交通新技术应用能力和集成化管理水平。

### 3.2 目标集成

目标集成方面,在规划阶段,将“服务于高质量的运营管理”定位为最终目标;在设计阶段,组织设计院针对设计方案和图纸中的 BIM 需求进行对接,落实设计意图;在设备采购阶段,将 BIM 需求明确写入《机电设备用户需求书》,确保机电设备供应商在提供实体设备的同时提供机电设备模型及其接口、附属信息;在施工阶段,组织各参与单位开展太原轨道交通 BIM 企业标准的宣贯、答疑及执行情况的核查;在验收阶段,将 BIM 落实情况作为竣工验收的项目之一。这就有效保证了各阶段 BIM 需求目标集成的落实。

### 3.3 组织集成

太原市轨道交通发展有限公司联合 BIM 总体咨询单位、当地开设 BIM 专业的高校共同成立了 BIM 技术创新应用中心,并将其作为项目实施机构,统筹整个 BIM 项目的组织实施,创新性地形成了业主主导, BIM 技术创新应用中心咨询,各参与方协同实施的组织集成模式。如图 2 所示,太原市轨道交通发展有限公司作为建设单位,总体领导项目的开展; BIM 技术创新应用中心具体负责项目组织和实施,进行 BIM 应用的总体规划和管理。不同于常规模式,项目接收方运营单位自太原轨道交通 2 号线规划设计阶段、施工阶段直至交付运营阶段全过程地介入项目管理,“以终为始”将运营需求前置,用目标导向校验全生命周期过程中的各类任务及信息的合规性,确保相关数据和信息能有效传递至运维阶段,为实现城市轨道交通项目全生命周期

过程的 BIM 应用提供基础。

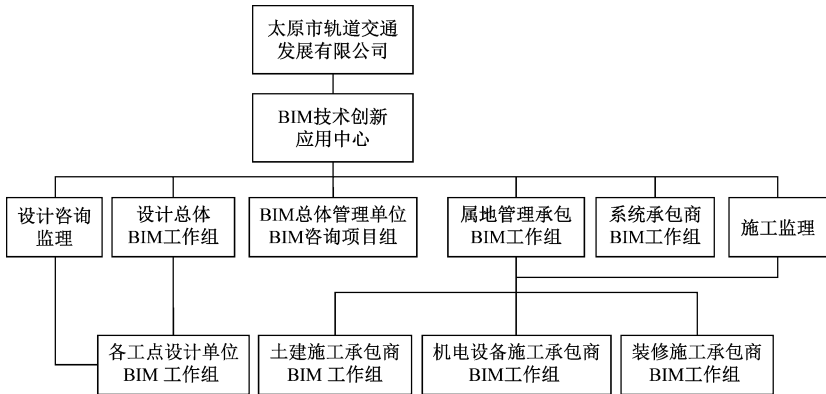


图 2 太原轨道交通 2 号线 BIM 技术应用组织框架  
Fig. 2 Framework of BIM application in Taiyuan metro line 2

### 3.4 信息集成

“以运营为导向的全生命周期 BIM 技术应用”项目,通过制定标准、搭建数字化交付平台和运营管理平台以实现信息集成管理。

1) 系列标准编制。为建立项目执行各方规范统一的信息语言,BIM 技术创新应用中心统筹编制了 4 部以运营为导向的城市轨道交通 BIM 应用系列企业标准,系统性地指导项目实施。各标准之间的关系如图 3 所示。DBJ04/T 412—2020《城市轨道交通建筑信息模型建模标准》对太原轨道交通 2 号线全生命周期的 BIM 技术应用进行了系统构架,明确了应用目标;《太原市轨道交通设施设备分类与编码标准》规范了城市轨道交通中常见的设施设备的分类原则与数字编码准则,为太原轨道交通 2 号线全线设施设备提供了全生命周期内统一的身份识别;《太原市轨道交通建筑信息模型(BIM)建模标准》引进了几何表达精度和属性信息深度的概念,规范了各专业数字模型的创建要求;《太原市轨道交通建筑信息模型(BIM)交付标准》规范了数字化交付流程及其应包含的所有附属信息,为太原轨道交通 2 号线运营期提供了完备、准确的基础资料。

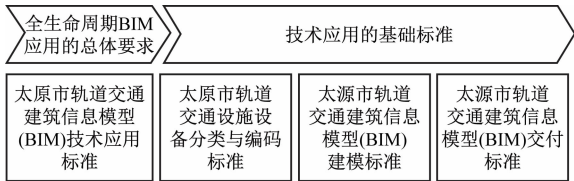


图 3 以运营为导向的城市轨道交通 BIM 应用系列标准  
Fig. 3 Operation-oriented BIM application series standards for urban rail transit

2) 数字化交付管理平台建设。数字化交付管

理平台是太原轨道交通 2 号线开展基于 BIM 的数字化竣工交付时使用的协同平台。该平台打通了其基于 BIM 的运营管理平台的数据通道,实现了静态竣工资料向运维管理平台的传递,为业主、BIM 技术创新应用中心及所有项目参与方提供了 PC (个人电脑)端、WEB(网页)端、移动端全平台覆盖的线上协同交付空间。有别于传统 BIM 模型,数字化交付管理平台中的交付物,特指城市轨道交通工程的虚拟数字化工程。该平台不仅包括模型文件,还包括设计、施工至运营全过程中产生的虚拟设施设备及其相关的参数数据、现场影像资料、竣工档案资料等。其交付物种类齐全、内容丰富,且包含传统 BIM 交付无法收集的隐蔽工程影像资料。交付范围超出了狭义 BIM 的范畴,实现了模型管理、属性管理、文档管理、移动端采集、数字化信息查询、验收与交付等相关功能。

3) 运营管理平台研发。作为辅助运营实现高效管理的重要载体和提高一线员工工作效率的有效途径,太原轨道交通 2 号线根据运营管理的业务场景研发了基于 BIM 的运营管理平台。该平台从数字化竣工交付管理平台获取太原轨道交通 2 号线建设期历史静态数据,与故障预测与健康管理技术(PHM)紧密结合实现运营动态数据的实时获取和展示,实现了设施设备数字资产管理、精细化设备检修、线路集成综合管控、应急事件管理及培训管理等主要功能;其优秀的数据集成能力、直观的可视化效果和参数化的动态模拟功能为信息查询、运营监控、巡检维修与事件处置带来了极大的效率提升,从本质上改变了运营维护的技术手段,是符合政策导向且与运营管理有效结合的新一代先进

技术。

### 3.5 参与方集成

太原轨道交通2号线一期工程BIM项目在地方高校太原城市职业技术学院内开创性地建立了IROOM(交互集成办公室),实现了项目各参与方的集成,业主单位、BIM总体咨询单位、“产学研用”合作高校、设计单位、土建单位、机电单位、安装单位、设备制造单位等可在IROOM集中协同办公。IROOM充分发挥问题导向功能,定期与不定期地组织工作对接和讨论,加深了项目参与方之间的互相信任和尊重,保证了项目中阶段性产生的数据在建设周期内的及时交换和完整获取,提高了信息共享的深度和效率。

## 4 结语

以运营为导向的城市轨道交通集成化管理模式从运营需求出发,“以终为始”统筹项目全生命周期的管理,有效地解决了传统管理模式下建设目标与运营目标脱节的弊端。太原轨道交通2号线以运营为导向的全生命周期BIM项目集成管理模式,通过改变传统的组织模式和合作方式,实现了目标、组织、信息和参与方多维度的集成,创建了城市轨道交通项目管理的“太原模式”。这对进一步提升城市轨道交通建设运营整体效益、提高服务品质和确保安全运营具有重要意义。

## 参考文献

- [1] 贾广社,王广斌.大型建设工程项目总控模式的研究[J].土木工程学报,2003(3):7.  
JIA Guangshe, WANG Guangbin. Study on project controlling model for the large AEC project in China[J]. China Civil Engineering Journal, 2003(3): 7.
- [2] 万冬君.基于全寿命期的建设工程项目集成化管理模式研究[J].土木工程学报,2012(增刊2):267.  
WAN Dongjun. Research on construction project integrated management model based on life-cycle management[J]. China Civil Engineering Journal, 2012(S2): 267.
- [3] 钟炜,乜凤亚,杜泽超. BIM 情境下公建项目多利益方协同要素分析[J]. 科技管理研究, 2016(22): 190.  
ZHONG Wei, NIE Fengya, DU Zechao. Factors analysis on public project stakeholders collaborative: A perspective of building information modeling[J]. Science and Technology Management Research, 2016(22): 190.
- [4] 刘尔烈,蔡耿谦. 工程项目集成化管理[J]. 港工技术, 2001(4): 19.  
LIU Erle, CAI Gengqian. Engineering project integrated management system[J]. Port Engineering Technology, 2001(4): 19.
- [5] 吴念祖. 以运营为导向的浦东国际机场建设管理[M]. 上海:上海科学技术出版社, 2008.  
WU Nianzu. Operation-oriented construction management of Pudong International Airport [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2008.
- [6] 俞光耀. 以运营为导向的城市轨道交通规划建设实践与思考[J]. 城市轨道交通, 2017(6): 6.  
YU Guangyao. Practice and thinking of operation-oriented urban rail transit planning and construction[J]. China Metros, 2017(6): 6.
- [7] 王斌. 以运营为导向的浦东机场扩建工程建设的哲学思考[J]. 建筑经济, 2010(12): 47.  
Wang Bin. Philosophical thinking of the operation-oriented Pudong airport expansion project[J]. Construction Economics, 2010(12): 47.
- [8] 何清华,陈发标. 建设项目全寿命周期集成化管理模式的研究[J]. 重庆建筑大学学报, 2001(4): 75.  
HE Qinghua, CHEN Fabiao. A research of life-cycle integrated management pattern of construction project [J]. Journal of Chongqing Jianzhu University, 2001(4): 75.
- [9] 胡振中,彭阳,田佩龙. 基于 BIM 的运维管理研究与应用综述[J]. 图学学报, 2015(5): 802.  
HU Zhenzhong, PENG Yang, TIAN Peilong. A review for researches and application of BIM-based operation and maintenance management[J]. Journal of Graphics, 2015(5): 802.
- [10] 刘慧,王孟钧,MIROSLAW J,等. BIM 在建设工程项目中的创新价值初探[J]. 科技管理研究, 2016(8): 194.  
LIU Hui, WANG Mengjun, Miroslaw J, et al. Innovation value proposition of BIM in construction projects [J]. Science and Technology Management Research, 2016(8): 194.

(收稿日期:2021-05-31)

欢迎订阅《城市轨道交通研究》

服务热线 021—51030704