

“BIM 技术与应用”系列

城市轨道交通建设期的 BIM 应用研究
探索基于 BIM 的工程建设和交付的新模式

Building
Information
Modeling

基于BIM的 数字城市轨道交通 建设与总体管理

丁树奎 金 淮 / 编著

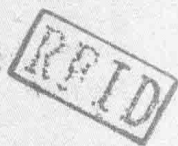
清华大学出版社



“BIM技术与应用”系列

基于BIM的 数字城市轨道交通 建设与总体管理

丁树奎 金 淮 / 编著



清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书紧紧围绕实际工程的需要,详尽地介绍了城市轨道交通 BIM 总体管理的实施思路和工作内容,并融入了北京、兰州等城市的轨道交通 BIM 应用案例。

本书共分 9 章,分别介绍了城市轨道交通 BIM 应用的概述、基于 BIM 的数字城市轨道交通建设体系、基于 BIM 的数字城市轨道交通建设总体管理、BIM 总体组织与管理、BIM 模型的创建及交付、BIM 数据集成与管理平台建设、BIM 应用管理、数字化交付管理、总体管理的发展趋势等内容。

本书内容系统、全面,是一本深入、丰富、贴近实践的基于 BIM 的数字城市轨道交通建设总体管理书籍,可为城市轨道交通 BIM 研究和实践提供指导,供国内城市轨道交通建设管理人员及技术人员参考使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

基于 BIM 的数字城市轨道交通建设与总体管理 / 丁树奎, 金准编著. — 北京: 清华大学出版社, 2019
(“BIM 技术与应用”系列)

ISBN 978-7-302-53383-2

I. ①基… II. ①丁… ②金… III. ①城市铁路—铁路工程—工程管理—应用软件 IV. ①U239.5-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 159070 号

责任编辑: 贾小红
封面设计: 闰江文化
版式设计: 雷鹏飞
责任校对: 何士如
责任印制: 刘海龙

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者: 三河市国英印务有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×230mm 印 张: 13.75 字 数: 262 千字

版 次: 2019 年 8 月第 1 版 印 次: 2019 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 69.80 元

产品编号: 079849-01

编写委员会

主 编 丁树奎 金 淮

编写人员 张 波 罗 平 路宗存 曹伍富 刘占英
 张志伟 高银鹰 苑露莎 于海霞 马 磊
 王 辉 桑学文 周明科 张健铭 刘立军
 李晨明 杨晓强 麻永华 张振义

前 言

BIM（建筑信息模型）是在计算机辅助设计（CAD）等技术的基础上发展起来的多维模型信息集成技术，是对建筑工程物理特征和功能特性信息的数字化承载和可视化表达。信息化是建筑产业现代化的主要特征之一，BIM 应用作为建筑业信息化的重要组成部分，必将极大地促进建筑领域生产方式的变革。

近年来，国家在政策层面对 BIM 技术的推广给予了大力支持。《2011—2015 年建筑业信息化发展纲要》将“加快建筑信息模型（BIM）等新技术在工程中的应用”列入“十二五”建筑业信息化发展的总体目标和重要任务之一。2015 年《关于推进建筑信息模型应用的指导意见》明确了我国建筑业到 2020 年的 BIM 发展目标。《2016—2020 年建筑业信息化发展纲要》关于重点工程的信息化方面，要求加快 BIM 技术在城市轨道交通工程设计、施工中的应用，推动各参建方共享多维建筑信息模型进行工程管理。在“一带一路”重点工程中应用 BIM 进行建设，探索云计算、大数据、GIS 等技术的应用。

在国家政策支持下，各大城市纷纷开展了城市轨道交通工程建设期的 BIM 应用研究，探索基于 BIM 的工程建设和交付的新模式，城市轨道交通领域内 BIM 应用呈现百花齐放的景象。然而，由于认知差异、发包模式限制、技术条件约束、标准体系缺乏等因素，各地轨道交通的 BIM 应用均在摸索前进，缺乏系统性的长远规划和有效组织，BIM 应用的效果参差不齐，在一定程度上造成了资源浪费。城市轨道交通工程各建设单位期望在总体规划、组织模式、职责划分、应用内容、技术体系、交付要求等方面获得系统性指导。

为合理规范、科学引导城市轨道交通工程领域的 BIM 应用工作，住房和城乡建设部在 2016 年、2017 年连续两年组织专题研究，组织全国城市轨道交通工程领域的技术资源分别开展“BIM 技术在城市轨道交通工程设计、施工应用研究”和“BIM 技术在城市轨道交通工程应用实践研究”，并组织制定了《城市轨道交通工程 BIM 应用指南》，基本确定了建设方统筹、BIM 总体管理、各参建方实施的 BIM 应用模式，以更好地保障城市轨道交通建设、运营全过程的信息传递和应用，最大限度地发挥 BIM 的价值。

本书的大部分参编人员均参与了住建部 2016 年、2017 年 BIM 课题研究和 2018 年《城

市轨道交通工程 BIM 应用指南》的编写工作，并组织或参与了所在城市的轨道交通工程 BIM 应用和研究工作，具有丰富的轨道交通工程 BIM 应用经验。在综合各地 BIM 实施经验后编写本书，以期对数字城市轨道交通建设与总体管理进行系统性的指导。

本书共分 9 章，第 1 章为城市轨道交通 BIM 应用的概述；第 2 章介绍了基于 BIM 的数字城市轨道交通建设体系的构成；第 3 章为基于 BIM 的数字城市轨道交通建设总体管理方法和原则；第 4 章具体介绍了 BIM 总体组织与管理的方法；第 5 章详细介绍了 BIM 模型的创建要求和各阶段模型细度；第 6 章介绍了满足不同管理目标的 BIM 数据集成与管理平台的开发案例；第 7 章介绍了各阶段的 BIM 应用目标、应用内容和方法；第 8 章对工程竣工后的数字化交付管理内容进行了详细介绍；第 9 章对 BIM 总体管理的发展趋势进行了展望。

城市轨道交通建设作为城市公共基础设施建设极其重要的组成部分，是一项庞大复杂的系统性工程，参建单位众多、运维周期长。建设单位应积极开展数字城市轨道交通建设，结合实际制定 BIM 发展规划，建立全生命周期技术标准与管理体系，开展示范应用，逐步普及推广。通过 BIM 总体管理来推动各参建方共享多维 BIM 信息、实施工程管理和运营维护，提高管理水平和效率，对智慧城市、数字中国的建设意义重大。

编 者

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 BIM 概述	1
1.2 数字城市轨道交通特点与 BIM 实施	2
1.2.1 数字城市轨道交通的建设特点	2
1.2.2 城市轨道交通工程 BIM 实施特殊性	3
1.3 城市轨道交通信息化的发展现状	4
1.3.1 中国工程管理信息化现状	4
1.3.2 轨道交通工程管理信息化现状	5
1.3.3 国内主要轨道交通工程管理信息系统	5
1.3.4 城市轨道交通行业技术软件	6
1.4 城市轨道交通的 BIM 应用现状分析	6
1.4.1 政策背景	6
1.4.2 应用现状	8
1.4.3 我国城市轨道交通 BIM 实施的问题与挑战	8
第 2 章 基于 BIM 的数字城市轨道交通建设体系	10
2.1 体系构成要素	10
2.2 目标体系	10
2.2.1 各阶段应用价值目标	11
2.2.2 各参与方价值目标	11
2.3 组织体系	13
2.3.1 建设方工作	13
2.3.2 勘察方工作	14
2.3.3 设计方工作	14
2.3.4 施工方工作	15
2.3.5 监理方工作	15

2.3.6	其他参与方工作	15
2.4	模型创建、应用与管理	16
2.4.1	模型创建体系	16
2.4.2	模型应用体系	17
2.4.3	模型管理体系	18
2.5	软件工具与平台体系	19
2.5.1	模型创建及使用软件	19
2.5.2	BIM 数据集成与管理平台软件	23
2.6	资源保障体系	25
2.6.1	人员条件	25
2.6.2	硬件网络	26
2.6.3	管理环境	26
第 3 章	基于 BIM 的数字城市轨道交通建设总体管理	27
3.1	总体管理概述	27
3.1.1	总体管理模式的概念	27
3.1.2	总体管理模式的由来	28
3.1.3	总体管理模式的特点	30
3.2	总体管理的工作目标	30
3.3	总体管理的工作原则	31
3.4	总体管理单位的工作内容	31
第 4 章	BIM 总体组织与管理	33
4.1	概述	33
4.2	组织机构	33
4.2.1	合同管理组	33
4.2.2	计划与进度管理组	34
4.2.3	BIM 数据管理组	35
4.2.4	接口协调组	35
4.2.5	后勤保障组	35
4.3	BIM 合同管理	36

4.3.1	各参建方 BIM 合同内容	36
4.3.2	合同制定与执行	42
4.3.3	合同注意事项	42
4.4	进度和质量管理	42
4.4.1	进度管理	42
4.4.2	质量管理	43
4.4.3	文件管理	44
4.4.4	例会制度	44
4.4.5	工作流程	44
4.5	BIM 数据专项管理	46
4.5.1	基本规定	46
4.5.2	BIM 数据分类	47
4.5.3	BIM 数据命名	48
4.5.4	BIM 数据格式	50
4.5.5	标准管理流程	51
4.5.6	BIM 应用数据管理流程	54
4.5.7	版本管理与存档	54
第 5 章	BIM 模型的创建及交付	55
5.1	BIM 模型创建的基本要求	55
5.1.1	基本原则	55
5.1.2	坐标系和度量单位	56
5.1.3	模型元素信息	56
5.1.4	模型拆分原则	57
5.1.5	命名原则	57
5.1.6	模型配色	59
5.1.7	模型元素信息录入	60
5.1.8	模型自检	60
5.1.9	模型轻量化	61
5.2	可行性研究阶段	61
5.2.1	创建范围和细度要求	61

5.2.2	交付模型	61
5.3	初步设计阶段	64
5.3.1	创建范围和细度要求	64
5.3.2	交付模型	66
5.4	施工图设计阶段	69
5.4.1	创建范围和细度要求	69
5.4.2	交付模型	71
5.5	施工阶段	93
5.5.1	创建范围和细度要求	93
5.5.2	深化设计交付模型	93
5.5.3	施工过程中交付模型	94
第 6 章	BIM 数据集成与管理平台建设	106
6.1	概述	106
6.2	BIM 协同工作平台	106
6.2.1	建设目的	106
6.2.2	平台主要功能	107
6.2.3	使用案例	109
6.3	BIM 数据集成平台	116
6.3.1	建设目的	116
6.3.2	平台主要功能	116
6.3.3	使用案例	128
6.4	BIM 数据集成与设计管理平台	135
6.4.1	建设目标	135
6.4.2	平台功能	135
6.4.3	案例	137
6.5	BIM 数据集成与施工管理平台	141
6.5.1	建设目标	141
6.5.2	平台主要功能	141
6.5.3	使用案例	144

第7章 BIM应用管理	151
7.1 可行性研究阶段	152
7.1.1 BIM应用管理目标	152
7.1.2 BIM应用内容和方法	153
7.1.3 BIM应用案例展示	154
7.2 初步设计阶段	155
7.2.1 BIM应用管理目标	155
7.2.2 BIM应用内容和方法	155
7.3 施工图设计阶段	163
7.3.1 BIM应用管理目标	163
7.3.2 BIM应用内容和方法	163
7.4 施工准备阶段	169
7.4.1 BIM应用管理目标	169
7.4.2 BIM应用管理内容	169
7.5 施工阶段	176
7.5.1 BIM应用管理目标	176
7.5.2 BIM应用管理内容	176
第8章 数字化交付管理	178
8.1 交付目标	178
8.2 交付内容及结构关系	178
8.2.1 基建文件	179
8.2.2 监理资料	180
8.2.3 施工资料	180
8.2.4 竣工图	181
8.2.5 构件模型	181
8.2.6 竣工验收模型	181
8.2.7 各项交付内容的结构关系	181
8.3 构件交付标准	184
8.3.1 构件分类与编码规则	185
8.3.2 构件模型的深度	186

8.3.3	构件模型的命名规则	190
8.3.4	构件模型的创建流程	191
8.3.5	构件校验	199
8.3.6	构件模型交付	200
8.4	工作分配	201
第 9 章	总体管理的发展趋势	203
9.1	全过程工程咨询服务	203
9.2	信息系统集成服务	204
9.3	大数据分析与服务	205
参考文献	206

第 1 章 概 述

1.1 BIM 概述

类似 BIM 技术与理论的研究与命名最早可以追溯到 20 世纪 60 年代初，但直到 1975 年，才由查克·伊斯特曼（Chuck Eastman）系统而又明确地提出了当代 BIM 技术的基本特征：交互的创建建筑元素；从同一个建筑元素（原始含义应该包括项目、构件与组件等）中获得剖面、平面、轴测图或透视图；设计方案中做任意改动后，所有视图自动更新；所有从相同设计方案中生成的图纸能够自动保持统一；可以与各种算量分析软件直接对接，生成造价和材料用量；提供了一个完整的、统一的数据库。

美国国家 BIM 标准中对 BIM 的定义是：“BIM 是一个设施（建设项目）物理和功能特性的数字表达，为该设施从概念到拆除的全生命周期中的所有决策者提供可靠依据的过程；在项目的不同阶段，不同利益相关方通过在 BIM 中插入、提取、更新和修改信息，以支持和反映其各自职责的协同作业。”

我国《建筑信息模型应用统一标准》自 2017 年 7 月 1 日起实施，标准中对 BIM 进行了定义：“在建设工程及设施全生命期内，对其物理和功能特性进行数字化表达，并依此设计、施工、运营的过程和结果的总称，简称模型。”2015 年以来，“互联网+”概念的提出为建筑业带来了新机遇，BIM 技术也进入了注重应用价值的深度挖掘阶段，并呈现出“BIM+”的特点。

总之，BIM 的核心就是利用 3D 建模技术建立起建筑工程项目的三维模型，同时为它添加完整的、实际的工程信息，使之成为一个包含设计意图、施工信息、管理数据及材料信息等方面信息的信息化三维实体。以这个信息化的三维模型为基础，通过对项目信息的收集、交换、管理、存储和更新，为建设项目生命周期中的不同阶段和不同参与方提供及时、准确和完善的信息，用以支持不同阶段、不同项目参与方及不同应用软件之间的信息交流和共享，最终实现项目设计、施工、运营、维护效率和质量的提高。随着“数字中国”概念的提出，BIM 为构建数字城市提供了良好的工具。

1.2 数字城市轨道交通特点与 BIM 实施

1.2.1 数字城市轨道交通的建设特点

城市轨道交通工程的建设具有以下 6 个特点。

1. 建设规模大、周期长

一条普通的城市轨道交通线路，从项目论证、项目立项、规划选线、初步设计到建设实施少则 2~3 年，多则十余年甚至更长；建设周期 4~5 年，而在建设过程中，人员变动频繁，市场变化波动不断，增加了数据采集的难度。

2. 建设成本高

以北京地铁 4 号线为例，每千米建设成本约 53 708 万元，运营成本总额随着客运量的增加逐年增大，预计 2035 年将达到 65 514 万元。高额的建设成本，为数字轨道交通的建设提供了有利的资金条件，但同时也提出了较高的成本控制应用目标。

3. 周边环境复杂

城市轨道交通的建设工程庞大，建设期间会涉及拆迁、挖掘、运输等工作，会对沿线居民生活、城市景观、交通运行及城市绿化等产生较大影响；而且建设区域内普遍存在地质条件复杂、建（构）筑物种类繁多、地下管线和隐蔽结构形式复杂等问题，增加了数据的采集难度。

4. 涉及专业众多

城市轨道交通工程建设过程中除了建筑、结构、风、水、电之外，还涉及线路、限界、轨道、通信、信号、牵引供电、AFC（自动售/检票系统）、综合监控、PIS（乘客信息系统）、屏蔽门等 10 多个专业的 20 多个设备系统。在漫长的建设过程中，由于外部条件的变化，会出现很多工程变更，而大多数的简单变更，都要涉及多个专业与部门。城市轨道交通项目的规划、设计、建设和运营等各个阶段，涉及交通学、工程项目管理、社会学、经济学、管理学和环境学等多门综合学科的知识，对数字城市轨道交通工程实施者的专业广度提出了挑战。

5. 项目参与单位众多、协作复杂

城市轨道交通的建设是一项庞大复杂的系统性工程，参建单位众多。建设项目的

及工程的管理工作极为复杂，需要城市轨道交通实施团队内部各个专业间的密切配合，频繁地进行设计信息的沟通，并且与业主、施工单位、监理等多个建设参与方进行多种形式的交互协作来完成。因此，城市轨道交通的建设更加强调多专业、多行业、多企业的协同。

6. 资产管理难度大

城市轨道交通资产管理是一个系统工程。首先，涉及的单位众多，有负责审批验收的政府部门，有参与建设的设计、施工、供货、安装及监理单位；从设计专业看，轨道交通技术专业涉及土建、供电、车辆、通信、信号、轨道等，其资产特性各异，资产管理方式也应随之变化，不能采用统一的方式。其次，管理内容多，资产管理涉及投融资策划、合同管理、风险控制等方面内容。再次，管理环节多，牵涉的设施设备数量庞大，各个环节需要有规范的管理流程，以便减少资产流失，实现资产高效利用。城市轨道交通资产管理的难度对城市轨道交通数字化交付与管理提出了强烈需求。

1.2.2 城市轨道交通工程 BIM 实施特殊性

1. 阶段应用与整体应用相结合

基于数字城市轨道交通建设规模大、周期长等特点，BIM 在实现工程数字化交付的基础上，既可在工程可行性研究、初步设计、施工图设计和施工等建设全过程应用，也可在设计或建设过程中部分阶段应用。

2. 实效应用与长远规划相结合

基于数字城市轨道交通建设成本高的特点，BIM 在实施过程中，既要通过深化设计和工程筹划，提前发现施工问题，减少返工、有效降低成本，又要进行长期的 BIM 实施规划，不断进行数字化建设的投资。

3. BIM 与其他多种形式的数据采集方式相结合

基于数字城市轨道交通工程周边环境复杂、涉及专业众多等特点，仅依靠 BIM 无法实现全面、准确的数据采集，需要结合 GIS、物联网、移动通信等多种技术。

4. 模型协同与文件协同相结合

基于数字城市轨道交通工程参与单位多、协作复杂等特点，仅依靠 BIM 进行全方位协同工作的难度极大，需要将 BIM 模型建设的协同工作与传统的文件协同工作相结合，方能形成可行的协同管理模式。

5. BIM 实施与数字城市轨道交通建设相结合

基于城市轨道交通资产管理难度大的特点，结合数字轨道交通的发展方向，城市轨道交通 BIM 实施应与数字城市轨道交通建设进行充分结合，基于 BIM 建设城市轨道交通数字资产，实现建设和运营的衔接。

1.3 城市轨道交通信息化的发展现状

数字城市轨道交通建设和管理过程中，数据的采集、管理和应用均涉及信息化的建设，需同城市轨道交通传统的工程信息化相融合。

1.3.1 中国工程管理信息化现状

当前我国工程信息化水平相当低下，信息化投入还不到欧美建筑业的 1/10，约占建筑业产值的 0.027%，且集中于网络与硬件设备。虽然政府主管部门一直在大力推动工程建筑管理信息化，一度强制要求把信息化作为特级资质审核的刚性门槛；但由于建筑企业普遍以关系为核心竞争力的大环境和缺少适合于中国建筑业的软件产品，以资质审核为主引擎的工程信息化高潮最终流于形式，未能产生理想效果。主要原因在于建筑企业总部以收取管理费为主要利润来源的赢利模式难以建立信息化运行的基础环境，而盗版与仿冒产品的冲击导致国内软件企业难以形成资本积累，产品研发投入不足又导致产品质量低下，难以满足用户需求。

近年来，我国政府主管部门以 BIM 技术和电子政务为主引擎再次推动工程管理信息化，一系列政策法规正在陆续出台，推动国内建筑产业信息化的发展。中国建筑业持续近三十年高增长的结束也造成了严重的产能过剩，强迫建筑企业提高管理水平，信息化是当前建筑企业管理升级的三大主要出路之一。这为 ERP（企业资源计划）、工程项目管理软件、专项管理软件、技术分析软件，以及一些如造价等专业工具软件提供了新的发展动能，也对软件产品性能提出了更高的要求。以 BIM 为代表的新一代信息化技术应运而生，有望与传统工程技术相结合，创造出一种新的建筑业态，从根本上改变建筑业的工作模式。

1.3.2 轨道交通工程管理信息化现状

由于中国的城市大多是初步完成城市化后建设轨道交通，中国城市轨道建设与当前城市运营产生强烈互动，需要处理大量的与各方机构和群体的协调问题，因而形成了极为特别的中国轨道交通建设管理模式。由于地铁建设的高外部性与整个社会对施工和监理企业的信任度不够，中国地铁建设方对施工单位、监理单位及供应商进行强制干预管理，而且中国政府早在 2010 年就已经发文确定业主为工程建设质量与安全第一责任人。这种特殊管理模式带来了一种特殊的联盟体级工程管理信息化需求，对于尚未真正完成企业级工程管理软件的供应商来说，是一种极大的挑战。

除建设期安全风险监控系统以外，目前各地铁建设方广泛使用的管理信息化工具基本都是办公自动化软件或包装为合同管理、进度管理等的专业办公自动化软件，其主要功能都是文件流转与审批，难以满足地铁建设管理的要求。

1.3.3 国内主要轨道交通工程管理信息系统

由于城市轨道交通工程是一种大型的业务活动，由多个法人主体共同完成产品生产过程，兼具产品生产与项目管理的特点，因而城市轨道交通行业的管理信息系统极为繁多，大多数建设单位、特级施工企业与甲级设计院都采购十余个供应商的数十种管理系统，下面介绍几种主要的系统。

(1) 项目管理信息系统：负责进度、成本、安全、质量风险等的管理。由于建设产品生产的复杂性，一个项目管理要素或一项建筑业务的项目管理也可能发展成为大型（指单个项目的软件售价在百万元以上）商业信息系统出售，如安全风险管理系统、成本管理信息系统、监测管理信息系统、视频监控信息系统等。

(2) 企业管理信息系统：负责企业的生产、人力资源、行政、财务等的综合管理，一般以项目管理系统为其生产子系统的骨干。国内的此类系统一般来源于通用企业协同办公系统，是其建筑业分部的城市轨道交通分支，对城市轨道交通企业的适用性较弱，大多没有完全发挥价值，实践中往往只发挥了 OA（办公自动化）功能。比较突出的问题是设计企业管理系统缺少对城市轨道交通设计项目管理的针对性，而施工企业管理系统缺少现场技术信息来源，最终沦为文件级管理的广义协同办公系统。国内还有很多从建筑项目管理软件升级改造而来的企业级管理信息系统，这类系统在建筑专业较强，却在企业资源管理、