

建筑信息化服务技术人员职业技术辅导教材

BIM城市轨道交通专业 基础知识

北京绿色建筑产业联盟
北京百高建筑科学研究院

组织编写

张波 主编



建筑工业出版社

建筑信息化服务技术人员职业技术辅导教材

BIM 城市轨道交通 专业基础知识

北京绿色建筑产业联盟

北京百高建筑科学研究院

张波 主编



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

BIM 城市轨道交通专业基础知识/张波主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2019. 3

建筑信息化服务技术人员职业技术辅导教材
ISBN 978-7-112-23204-8

I. ①B… II. ①张… III. ①城市铁路-轨道交通-计算机辅助设计-应用软件-岗位培训-教材 IV. ①U239.5-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 011333 号

责任编辑: 封毅 毕凤鸣 张瀛天

责任校对: 王瑞

建筑信息化服务技术人员职业技术辅导教材

BIM 城市轨道交通专业基础知识

北京绿色建筑产业联盟
北京百高建筑科学研究院
组织编写

张波 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

天津翔远印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 13¼ 字数: 324 千字

2019 年 5 月第一版 2019 年 5 月第一次印刷

定价: 45.00 元

ISBN 978-7-112-23204-8
(33275)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

编写委员会

总顾问：金 淮

顾 问：路宗存 杨志团 张继菁 于海霞 童利红 郝志宏

主 编：张 波 北京市轨道交通设计研究院有限公司

副主编：霍 滨 兰州市轨道交通有限公司

聂鑫路 重庆市轨道交通建设办公室

李宏安 北京市轨道交通建设管理有限公司

张登科 北京市基础设施投资有限公司

编写人员：

北京市轨道交通设计研究院有限公司：马 磊 苑露莎 王 辉 桑学文

王浩任 杜新明 周明科 孟 涛

张 鑫 张 蓉

北京市轨道交通建设管理有限公司：高银鹰 张志伟 孙希波

中铁建华北投资发展有限公司：段宪锋 张健铭

北京市基础设施投资有限公司：刘立军 李晨明

天津滨海新区轨道交通投资发展有限公司：和杉剑 马 功

呼和浩特市城市轨道交通建设管理有限责任公司：张振义 金涛滨

北京工业大学：刘占省 刘習美

广州市新誉工程咨询有限公司：李绪泽 危志勇

丛书总序

中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于促进建筑业持续健康发展的意见》（国办发〔2017〕19号），住房城乡建设部印发《2016—2020年建筑业信息化发展纲要》（建质函〔2016〕183号），《关于推进建筑信息模型应用的指导意见》（建质函〔2015〕159号），国务院印发《国家中长期人才发展规划纲要（2010—2020年）》《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》，教育部等六部委联合印发的《关于进一步加强职业教育工作的若干意见》等文件，以及全国各地政府相继出台多项政策措施，为我国建筑信息化 BIM 技术广泛应用和人才培养创造了良好的发展环境。

当前，我国的建筑业面临着转型升级，BIM 技术将会在这场变革中起到关键作用；也必定成为建筑领域实现技术创新、转型升级的突破口。围绕住房城乡建设部印发的《推进建筑信息模型应用指导意见》，在建设工程项目规划设计、施工项目管理、绿色建筑等方面，更是把推动建筑信息化建设作为行业发展总目标之一。国内各省市行业行政主管部门已相继出台关于推进 BIM 技术推广应用的指导意见，标志着我国工程项目建设、绿色节能环保、装配式建筑、3D 打印、建筑工业化生产等要全面进入信息化时代。

如何高效利用网络化、信息化为建筑业服务，是我们面临的重要问题；尽管 BIM 技术进入我国已经有很长时间，所创造的经济效益和社会效益只是星星之火。不少具有前瞻性与战略眼光的企业领导者，开始思考如何应用 BIM 技术来提升项目管理水平与企业核心竞争力，却面临诸如专业技术人才、数据共享、协同管理、战略分析决策等难以解决的问题。

在“政府有要求，市场有需求”的背景下，如何顺应 BIM 技术在我国运用的发展趋势，是建筑人应该积极参与和认真思考的问题。推进建筑信息模型（BIM）等信息技术在工程设计、施工和运行维护全过程的应用，提高综合效益，是当前建筑人的首要工作任务之一，也是促进绿色建筑发展、提高建筑产业信息化水平、推进智慧城市建设和实现建筑业转型升级的基础性技术。普及和掌握 BIM 技术（建筑信息化技术）在建筑工程技术领域应用的专业技术与技能，实现建筑技术利用信息技术转型升级，同样是现代建筑人职业生涯可持续发展的重要节点。

为此，北京绿色建筑产业联盟特邀国际国内 BIM 技术研究、教学、开发、应用等方面的专家，组成 BIM 技术应用型人才培养丛书编写委员会；针对 BIM 技术应用领域，组织编写了这套 BIM 工程师专业技能培训与考试指导用书，为我国建筑业培养和输送优秀的建筑信息化 BIM 技术实用性人才，为各高等院校、企事业单位、职业教育、行业从业人员等机构和个人，提供 BIM 专业技能培训与考试的技术支持。这套丛书阐述了 BIM 技术在建筑全生命周期中相关工作的操作标准、流程、技巧、方法；介绍了相关 BIM 建模软件工具的使用功能和工程项目各阶段、各环节、各系统建模的关键技术。说明了 BIM 技术在项目管理各阶段协同应用关键要素、数据分析、战略决策依据和解决方案。提出了推动 BIM 在设计、施工等阶段应用的关键技术的发展 and 整体应用策略。

我们将努力使本套丛书成为现代建筑人在日常工作中较为系统、深入、贴近实践的工具型丛书，促进建筑业的施工技术和管理人员、BIM 技术中心的实操建模人员、战略规划和项目管理人员，以及参加 BIM 工程师专业技能考评认证的备考人员等理论知识升级和专业技能提升。本丛书还可以作为高等院校的建筑工程、土木工程、工程管理、建筑信息化等专业教学课程用书。

本套丛书包括四本基础分册，分别为《BIM 技术概论》《BIM 应用与项目管理》《BIM 建模应用技术》《BIM 应用案例分析》，为学员培训和考试指导用书。另外，应广大设计院、施工企业的要求，我们还出版了《BIM 设计施工综合技能与实务》《BIM 快速标准化建模》等应用型图书，并且方便学员掌握知识点的《BIM 技术知识点练习题及详解（基础知识篇）》《BIM 技术知识点练习题及详解（操作实务篇）》。后续我们还将陆续推出面向 BIM 造价工程师、BIM 装饰工程师、BIM 电力工程师、BIM 机电工程师、BIM 铁路工程师、BIM 轨道交通工程师、BIM 工程设计工程师、BIM 路桥工程师、BIM 成本管控、装配式 BIM 技术人员等专业方向的培训与考试指导用书，覆盖专业基础和操作实务全知识领域，进一步完善 BIM 专业类岗位能力培训与考试指导用书体系。

为了适应 BIM 技术应用新知识快速更新迭代的要求，充分发挥建筑业新技术的经济价值和社会价值，本套丛书原则上每两年修订一次；根据《教学大纲》和《考评体系》的知识结构，在丛书各章节中的关键知识点、难点、考点后面植入了讲解视频和实例视频等增值服务内容，让读者更加直观易懂，以扫二维码的方式进入观看，从而满足广大读者的学习需求。

感谢各位编委们在极其繁忙的日常工作中抽出时间撰写书稿。感谢清华大学、北京建筑大学、北京工业大学、华北电力大学、云南农业大学、四川建筑职业技术学院、黄河科技学院、湖南交通职业技术学院、中国建筑科学研究院、中国建筑设计研究院、中国智慧科学技术研究院、中国建筑西北设计研究院、中国建筑股份有限公司、中国铁建电气化局集团、北京城建集团、北京建工集团、上海建工集团、北京中外联合建筑装饰工程有限公司、北京市第三建筑工程有限公司、北京百高教育集团、北京中智时代信息技术公司、天津市建筑设计院、上海 BIM 工程中心、鸿业科技公司、广联达软件、橄榄山软件、麦格天宝集团、成都孺子牛工程项目管理有限公司、山东中永信工程咨询有限公司、海航地产集团有限公司、T-Solutions、上海开艺设计集团、江苏国泰新点软件、浙江亚厦装饰股份有限公司、文凯职业教育学校等单位，对本套丛书编写的大力支持和帮助，感谢中国建筑工业出版社为丛书的出版所做出的大量的工作。

北京绿色建筑产业联盟执行主席 陆泽荣

2019 年 1 月

本书序

由于城市轨道交通建设工程具有建设规模大、周期长、建设成本高、周边环境复杂、涉及专业众多、项目参与单位众多协作复杂、资产管理难度大等特点，导致在 BIM 实施过程涉及的模型标准、应用内容、组织模式千差万别，无法充分发挥 BIM 的应用价值，也给 BIM 管理工作带来困难。因此 BIM 与传统建设过程的充分结合显得尤为重要。

首先，城市轨道交通 BIM 开展应体现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，使得 BIM 在实现工程数字化交付的基础上，即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，也在设计或建设过程中部分阶段应用。

其次城市轨道交通 BIM 开展应体现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，使得 BIM 在实施过程中，即要通过深化设计和工程筹划，提前发现施工问题，减少返工、实效降低成本，又要进行长期的 BIM 实施规划，不断进行数字化建设的投资。

再次，BIM 开展应体现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。

住房和城乡建设部办公厅 2018 年发布了《城市轨道交通工程 BIM 应用指南》，为数字城市轨道交通建设绘制“蓝图”，各地结合城市轨道交通规划、建设和运营的情况陆续深入开展 BIM 应用，推进城市轨道交通工程建设的数字化交付，从而提升建筑业数字化建设水平。

“理论研究”加“实践验证”，促成该书出炉。这是一部值得不同专业、不同工种、不同层次的城市轨道交通建设的参与者阅读的书，该书内容不拘泥于 BIM 应用本身，而是从整个城市轨道交通的建设模式、建设阶段和专业构成等多角度阐述 BIM 的实施。

该书尤其侧重与向读者介绍城市轨道交通 BIM 的基础知识，注重对城市轨道交通工程 BIM 实施的建模方法、组织模式、各方工作内容、各阶段 BIM 应用内容制定了详细阐述，对如何推动数字化建设给出了系统指导，为城市轨道交通工程建设的信息集成、精细施工、数字化交付提供了有力支撑。

金 淮

2018 年 12 月

前 言

BIM 是在计算机辅助设计 (CAD) 等技术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的支持。《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。我国《2016—2020 年建筑业信息化发展纲要》提出, “十三五”时期全面提高建筑业信息化水平, 着力增强 BIM、大数据、智能化、移动通信、云计算、物联网等信息技术集成应用能力, 建筑业数字化、网络化、智能化取得突破性进展, 初步建成一体化行业监管和服务平台, 数据资源利用水平和信息服务能力明显提升, 形成一批具有较强信息技术创新能力和信息化应用达到国际先进水平的建筑企业及具有关键自主知识产权的建筑业信息技术企业。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。

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, 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, 住房和城乡建设部曾在 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》(建办质函〔2018〕274 号)(以下简称《指南》), 为数字城市轨道交通建设绘制“蓝图”, 《指南》对城市轨道交通工程 BIM 应用的组织模式、各方工作内容、各阶段 BIM 应用内容制定了详细要求, 明确了城市轨道交通工程全生命期的 BIM 应用目标, 对如何推动数字化建设给出了系统指导, 为城市轨道交通工程建设的安全生产、提质增效、节能环保提供了有力支撑。

本书以《指南》理念为基础, 结合各地的城市轨道交通工程 BIM 应用经验, 以数字城市轨道交通建设与管理为主线, 对城市轨道交通 BIM 实施的基础知识进行阐述, 为城市轨道交通各参建方开展基础的 BIM 工作提供参考。

本书共分 5 章, 第 1 章为城市轨道交通分类特点及城市轨道交通实施 BIM 必要性概述; 第 2 章主要介绍了城市轨道交通建设各个阶段的工作内容及 BIM 工作体系; 第 3 章

介绍了城市轨道交通的构成及其 BIM 表达，并介绍了 BIM 数据集成与管理平台的内容；第 4 章具体介绍了不同阶段 BIM 应用内容和方法；第 5 章以北京市轨道交通 19 号线一期和兰州轨道交通 1 号线典型车站为例，具体讲述 BIM 的实际应用情况。

城市轨道交通作为城市公共基础设施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。各参建单位应积极开展数字城市轨道交通建设，参考本书内容，结合实际应用 BIM，在建设阶段形成数字成果。数字成果也将会在城市轨道交通后期智能运维中继续发挥作用，并成为数字基础设施的重要组成部分，对推动实施国家大数据战略、建设数字中国意义重大。

目 录

第1章 城市轨道交通与 BIM 背景	1
1.1 定义	2
1.2 分类	3
1.2.1 地铁系统	3
1.2.2 轻轨系统	4
1.2.3 单轨系统	4
1.2.4 有轨电车	4
1.2.5 磁浮系统	5
1.2.6 自动导向轨道系统	5
1.2.7 市域快速轨道系统	6
1.2.8 各个城市轨道交通系统比较	6
1.3 特点	7
1.3.1 城市轨道交通的运行特点	7
1.3.2 城市轨道交通的建设特点与挑战	8
1.4 城市轨道交通 BIM 应用背景及必要性	10
1.4.1 城市轨道交通 BIM 应用现状分析	10
1.4.2 我国城市轨道交通 BIM 实施的问题与挑战	11
1.4.3 我国城市轨道交通 BIM 实施的必要性	12
第2章 城市轨道建设组织及 BIM 实施体系	17
2.1 城市轨道交通建设模式简介	18
2.1.1 城市轨道交通投融资模式简介	18
2.1.2 城市轨道交通线网规划模式简介	18
2.1.3 城市轨道交通线路建设工程管理模式简介	19
2.2 城市轨道交通建设阶段划分	20
2.2.1 规划阶段	20
2.2.2 设计阶段	21
2.2.3 施工阶段	38
2.2.4 验收阶段	47
2.3 BIM 实施体系	56
2.3.1 目标体系	56
2.3.2 组织体系	58
2.3.3 模型创建、应用与管理 体系	59
2.3.4 软件及平台工具体系	62
2.3.5 资源保障体系	66

第 3 章 城市轨道交通构成与 BIM 表达	69
3.1 基于 BIM 的城市轨道交通专业构成	70
3.2 各专业构成及 BIM 表达	70
3.2.1 土建	70
3.2.2 线路	71
3.2.3 车辆	72
3.2.4 通风、空调与供暖	73
3.2.5 给排水与消防	74
3.2.6 供电	75
3.2.7 通信	76
3.2.8 信号	78
3.2.9 电梯与自动扶梯	79
3.2.10 自动售检票	80
3.2.11 乘客信息系统	81
3.2.12 火灾自动报警 (FAS)	82
3.2.13 环境与设备监控 (BAS)	83
3.2.14 站台门系统	84
3.2.15 路网中心	85
3.2.16 通用设备	86
3.2.17 测量设备	87
3.2.18 综合监控系统	88
3.2.19 人防科技	89
3.2.20 多种经营设施设备	89
3.2.21 办公及生活类设施设备	90
3.3 城市轨道交通 BIM 数据集成与管理	91
3.3.1 BIM 协同工作平台	92
3.3.2 BIM 数据集成平台	93
第 4 章 各阶段 BIM 应用	107
4.1 规划阶段	108
4.1.1 BIM 应用管理目标	108
4.1.2 BIM 应用内容和方法	108
4.2 初步设计阶段	110
4.2.1 BIM 应用管理目标	110
4.2.2 BIM 应用内容和方法	110
4.3 施工图设计阶段	116
4.3.1 BIM 应用管理目标	116
4.3.2 BIM 应用内容和方法	116
4.4 施工准备阶段	121
4.4.1 BIM 应用管理目标	121

4.4.2 应用管理内容	122
4.5 施工阶段	127
4.5.1 BIM 应用管理目标	127
4.5.2 BIM 应用管理内容	127
第 5 章 案例实践	135
5.1 北京轨道交通 19 号线一期	136
5.1.1 工程概况	136
5.1.2 BIM 应用目标	136
5.1.3 组织模式	137
5.1.4 软硬件环境	139
5.1.5 应用内容	139
5.2 兰州轨道交通 1 号线东方红广场站	173
5.2.1 工程概况	173
5.2.2 BIM 应用目标	173
5.2.3 组织模式	173
5.2.4 软硬件环境	174
5.2.5 应用内容	174
参考文献	186
附件 建筑信息化工程师岗位技术培训与考核项目管理办法	189

第 1 章 城市轨道交通与 BIM 背景

本章导读

城市轨道交通作为城市道路交通不可缺少的一部分，是解决城市交通拥堵问题、空气质量下降等问题的重要交通出行方式。城市轨道交通从 19 世纪发展到现在，已经进入了高速发展阶段，世界各地城市轨道交通建设如火如荼，城市轨道交通发展也更加先进和智能化。

BIM 技术以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，可为建设项目全生命期中的不同阶段和不同参与方提供及时、准确、完善的信息，用以支持不同阶段、不同项目参与方以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。把城市轨道交通与 BIM 技术较好地结合在一起，将会创造巨大的经济效益和社会效益，这也是我国目前正在解决的重大课题。

本章主要介绍了城市轨道交通的类型和特点，以及城市轨道交通实施 BIM 技术的必要性。

1.1 定义

城市轨道交通为采用轨道结构进行承重和导向的车辆运输系统，依据城市交通总体规划的要求，设置全封闭或部分封闭的专用轨道线路，以列车或单车形式，运送相当规模客流量的公共交通方式，如图 1.1-1、图 1.1-2 所示。包括地铁系统、轻轨系统、单轨系统、有轨电车、磁浮系统、自动导向轨道系统和市域快速轨道系统。^[1]



图 1.1-1 全封闭轨道线路



图 1.1-2 半封闭轨道线路

城市轨道交通在全世界的发展大致经历了四个阶段，现汇总如表 1.1-1。

城市轨道交通发展

表 1.1-1

<p>初始发展阶段 (1863~1924 年)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 世界上第一条地铁线路：1863 年 1 月 19 日英国伦敦建成通车，长 6.4km，蒸汽机牵引； 2. 首次采用盾构法施工：1874 年，英国伦敦； 3. 首次采用电力机车牵引：1890 年，英国伦敦； 4. 芝加哥、费城、波士顿、巴黎、柏林、汉堡、纽约、马德里等城市化发展较快
<p>停滞萎缩阶段 (1924~1949 年)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第二次世界大战以后，城市轨道交通的发展产生了停滞和萎缩； 2. 汽车工业的飞速发展影响了城市轨道交通的继续普及； 3. 东京、莫斯科、大阪等部分城市开始发展城市轨道交通
<p>重新发展阶段 (1949~1969 年)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 汽车过度增加造成了道路拥堵，空气、噪声污染，能源危机等问题，城市轨道交通重新得到重视； 2. 许多国家开始修建地铁，城市轨道交通的发展从欧美扩展到亚洲国家
<p>高速发展阶段 (1970 年至今)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 城市化的趋势导致人口高度集中，许多城市出现交通拥堵问题，城市轨道交通凭借其本身大运量、高效率、节约土地资源的优势在世界范围内普及； 2. 以地铁建设里程为例，截至 2017 年末，中国地铁通车里程达 3095km，美国达 1100 多 km，欧洲达是 2000 多 km

另外，城市轨道交通近几年在我国有很大的发展，根据《2018—2023 年中国城市轨道交通行业市场前瞻与投资战略规划分析报告》数据显示，截至 2017 年末，全国轨道交通线路平均运营里程长度为 28km，单轨平均运营里程达到 42.1km，轻轨平均运营里程达 36.6km，地铁平均运营里程在 30.6km 左右；而磁悬浮、有轨电车和 APM（无人驾驶系统制式轨道交通）平均运营历程较短。中国内地城市轨道交通共投入运营开通线路 165

条,运营线路长度达到 5033km。其中,地铁 3884km,占比 77.2%;其他制式城轨交通运营线路长度约 1149 km,占比 22.8%。^[2]截至 2017 年 12 月 31 日我国城市轨道交通运营线路长度排名前十的城市汇总如表 1.1-2。

我国内地前十城市轨道交通运营线路长度

表 1.1-2

序号	城市	截至 2017 年 12 月 31 日运营线路长度 (km)							
		合计	地铁	轻轨	单轨	现代有轨电车	磁浮交通	自动导向轨道	市域快轨
1	上海	731.37	636.37			9.00	30.00		56.00
2	北京	684.40	587.80			9.40	10.20		77.00
3	南京	364.91	177.19			17.10			170.62
4	广州	357.93	346.23			7.70		4.00	
5	深圳	298.22	286.50			11.72			
6	成都	269.34	175.14						94.20
7	重庆	264.57	166.07		98.50				
8	武汉	251.16	200.90	33.40		16.86			
9	大连	181.27	56.27	101.00		24.00			
10	天津	175.30	115.30	52.00		8.00			

1.2 分类

1.2.1 地铁系统

地铁是一种大运量的轨道运输系统,采用钢轮钢轨体系,标准轨距为 1435mm,主要在大城市地下空间修筑的隧道中运行,当条件允许时,也可穿出地面,在地上或高架桥上运行。^[1]地铁系统常用的车型有 A 型、B 型、L_B 型,如图 1.2.1-1、图 1.2.1-2 所示。地铁站间距较密,采用电力驱动,线路全封闭,信号自动化控制,具有准时快速的特征,单向高峰输送能力在 3 万人次/h 以上,列车编组一般是 4~10 节/列。



图 1.2.1-1 我国首辆 A 型地铁



图 1.2.1-2 我国首辆 B 型地铁

1.2.2 轻轨系统

轻轨系统是一种中运量的轨道运输系统，采用钢轮钢轨体系，标准轨距为1435mm，主要在城市地面或高架桥上运行，线路采用地面专用轨道或高架轨道，遇繁华地区，也可进入地下与地铁接轨。^[1]轻轨系统常用的车型是C型、L_c型。轻轨是在有轨电车基础上发展起来的，由电气牵引，轮轨导向，列车或车辆编组运行在专用行车道上的城市轨道交通系统，输送能力介于地铁和有轨列车之间，列车编组一般是2~6节/列。重庆和长春轻轨如图1.2.2-1和图1.2.2-2所示。



图 1.2.2-1 重庆轻轨

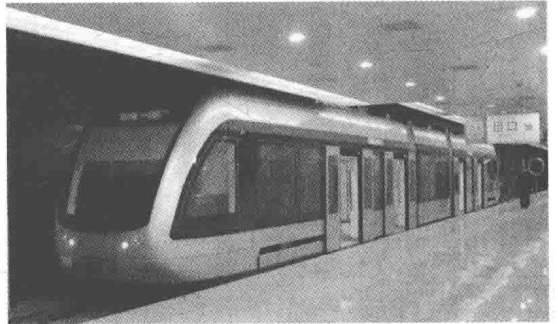


图 1.2.2-2 长春轻轨

1.2.3 单轨系统

单轨系统是一种车辆与特制轨道梁组合成一体运行的中运量轨道运输系统，轨道梁不仅是车辆的承重结构，同时也是车辆运行的导向轨道。^[1]

单轨铁路主要分成两类。一种较为常见的是跨座式单轨铁路，列车跨座在路轨之上，两旁盖过路轨，如图1.2.3-1所示；另一种是悬挂式单轨铁路，悬挂在轨道之下，如图1.2.3-2所示。

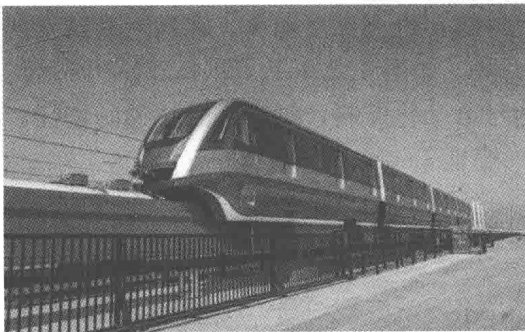


图 1.2.3-1 跨座式单轨

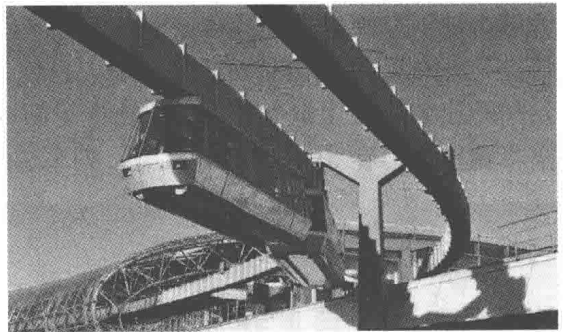


图 1.2.3-2 悬挂式单轨

1.2.4 有轨电车

有轨电车是一种低运量的城市轨道交通，电车轨道主要铺设在城市道路路面上，车辆与其他地面交通混合运行^[1]，如图1.2.4-1和1.2.4-2所示。以电力驱动，采用轨道支撑引导，兼有公共汽车与铁路列车的特性，系统具有较大弹性和可扩展空间，在世界各地发展有多种形式。^[3]

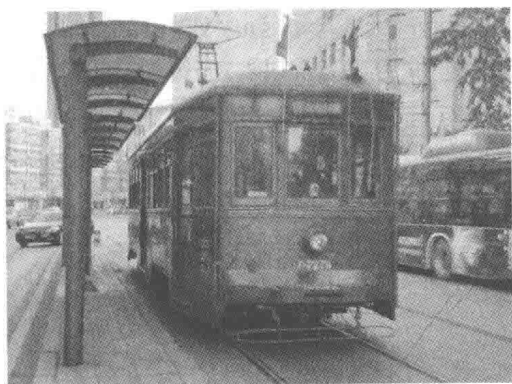


图 1.2.4-1 大连老式有轨电车

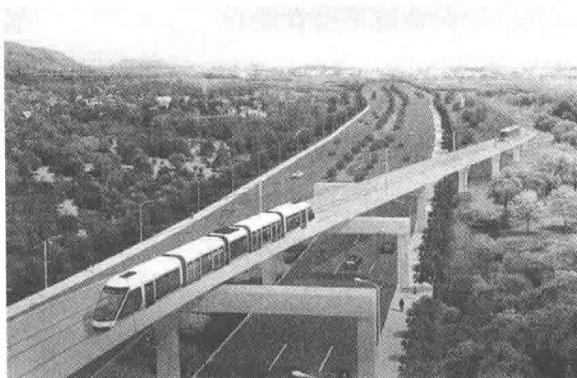


图 1.2.4-2 深圳新式有轨电车

1.2.5 磁浮系统

磁浮列车利用电导磁力悬浮技术使列车上浮，车辆不需要设车轮、车轴、齿轮传动机构和架空输电线网，列车运行方式为悬浮状态，采用直线电机驱动行驶。目前，磁浮系统主要有两种类型：一种是高速磁悬浮列车，其最高行车速度可达 500km/h；另一种是低速磁悬浮列车，其最高行车速度可达 100km/h。^[1]

我国第一辆磁悬浮列车（购自德国）2003 年 1 月开始在上海磁浮线运行。2015 年 10 月中国首条国产磁悬浮线路长沙磁浮线成功试跑。2016 年 5 月 6 日，中国首条具有完全自主知识产权的中低速磁悬浮商业运营示范线——长沙磁浮快线开通试运营，该线路也是世界上最长的中低速磁浮运营线。2018 年 6 月，我国首列商用磁浮 2.0 版列车在中车株洲电力机车有限公司下线，如图 1.2.5-1 和图 1.2.5-2 所示。



图 1.2.5-1 我国第一辆磁悬浮列车



图 1.2.5-2 我国首辆自主研发磁悬浮列车

1.2.6 自动导向轨道系统

自动导向轨道系统（AGT, Automated Guideway Transit），是一种车辆采用橡胶轮胎在专用轨道上运行的中运量旅客运输系统，其列车沿着特制的导向装置行驶，车辆运行和车站管理采用计算机控制，可实现全自动化和无人驾驶技术。^[1]自动导向轨道系统在市区为地下隧道，在郊外采用高架结构，车辆较地铁和轻轨小，编组 2~6 节，适用于单向 1 万人次/h 客运量及以下的情况。