

项目一 城市轨道交通智能系统基础认知

一、项目描述

随着国家经济高速增长，城市化进程不断加快，交通拥堵等“城市病”日趋凸显，发展城市公共交通是解决交通问题的有效途径，而城市轨道交通作为城市公共交通的中坚力量，扮演着重要角色。城市轨道交通以其快捷、准时、舒适、安全等特点，可以解决城市日益增长的客运需求，为城市可持续性发展提供了良好的基础条件。本项目阐述了城市轨道交通和城市轨道交通智能系统基础知识。

二、教学目标

（一）知识目标

城市轨道交通的概念、特点及分类；我国城市轨道交通智能系统的发展概况；世界城市轨道交通发展的新趋势。

（二）技能目标

熟练分析城市轨道交通智能系统的特点和主体框架；通过了解城市轨道交通智能系统的发展，掌握新型城市轨道交通智能系统在我国的应用前景。

（三）素质目标

掌握城市轨道交通的基本概念及涵盖范围；能够分析城市轨道交通智能系统常见形式的特点。

（四）案例导入

2006年3月15日14时06分，某地铁三山街站上行区间发生列车无法正常牵引的严重晚点事故。14时06分，0506次车运行至三山街站上行站台停车开关门作业后，正常按ATO（列车自动运行）驾驶启动，启动后不久，列车发生冲动，随即自动停车，改用手动SM（监控人工）模式驾驶，列车只能以5 km/h的速度缓慢牵引。14时15分，故障列车到达张府园

站,按规定开关门作业上下客后开出不久,列车产生紧急制动。手动 SM 模式驾驶时速度只能维持在 5 km/h 左右,故障现象仍然存在。14 时 26 分,故障列车到达新街口站,进行清客,该车退出运营。导致事故发生的原因主要是列车制动系统中的制动压力开关状态不稳定,在常用制动已经全部缓解的情况下,司机室得不到制动已缓解的信号,导致列车无法正常牵引。在事故处理过程中,列车在故障状态下仍然载客运行了两个区间,致使影响正线正常运营近 1 小时。这是一例典型的由于人员、设备等各方面综合因素造成的事故。

任务一 城市轨道交通基础知识认知

一、城市轨道交通的定义和制式

1. 定义

城市轨道交通是采用轨道进行承重和导向的车辆运输系统,设置全封闭或部分封闭的专用轨道线路,具有车辆、线路、信号、车站、供电、控制中心和服务等设施,车辆以列车或单车形式,运送相当规模客流量的城市公共交通方式。

城市轨道交通是城市公共交通的骨干,具有节能、省地、运量大、全天候、无污染(或少污染)和安全等特点,属绿色环保交通体系,特别适合于大中城市。

2. 制式

城市轨道交通包括地铁系统、轻轨系统、单轨系统、有轨电车、磁浮系统、自动导向轨道系统、市域快速轨道系统等(见图 1-1-1~图 1-1-4)。



图 1-1-1 国外知名地铁标志



图 1-1-2 地铁、轻轨和单轨



图 1-1-3 有轨电车、磁浮系统和自动导向轨道系统



图 1-1-4 旅客自动捷运系统 (APM) 和市域快速轨道系统

- 课后思考：(1) 轻轨系统和单轨系统有什么区别？
 (2) 自动导向轨道系统和 APM 有什么区别？

二、城市轨道交通的分类

1. 按轨道空间位置划分

城市轨道交通按轨道空间位置可分为三类（见图 1-1-5）。

- (1) 地下铁路：位于地下隧道内的那部分铁路。
- (2) 地面铁路：位于地面的铁路。
- (3) 高架铁路：位于地面之上高架桥上的铁路。



图 1-1-5 地下铁路、地面铁路和高架铁路

2. 按小时单向运能划分

城市轨道交通按小时单向运能可分为三类。

- (1) 大运量城市轨道交通系统：高峰小时单向运输能力达到 3.0 万人以上。属于这种类型的主要有重型地铁、轻型地铁及低速磁悬浮系统等。
- (2) 中运量城市轨道交通系统：高峰小时单向运输能力为 1.5 万 ~ 3.0 万人。属于这种类型的主要有微型地铁、高技术标准的轻轨和独轨铁路。

(3) 低运量城市轨道交通系统：高峰小时单向运输能力为 0.5 万 ~ 1.5 万人。属于这种类型的主要有低技术标准的轻轨、自动导向交通系统和有轨电车。

城市轨道交通运量如图 1-1-6 所示。

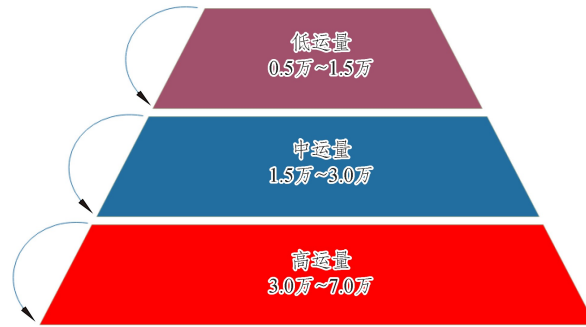


图 1-1-6 城市轨道交通运量

3. 按轨道形式划分

城市轨道交通按轨道形式可分为三类。

(1) 重轨铁路：大重量运行的轨道列车。国家标准的区际铁路（含高速铁路、重载铁路）、城际铁路、市域铁路及城市轨道交通中的地铁等都属于重轨铁路。

(2) 轻轨铁路：轻轨的车辆重量和载客量要比一般地铁小，轴重小于 13 t，因此叫作“轻轨”。

(3) 单轨铁路：由架空的单根轨道构成的铁路。单轨铁路的主要结构是轨道梁，通常由钢或钢筋混凝土制成。单轨铁路车辆在轨道梁上运行，一般由铝合金制成，并由电动机驱动。

4. 按支承导向制划分

城市轨道交通按支承导向制可分为钢轮双轨系统、胶轮单轨系统和胶轮导轨系统。

5. 按路权专用程度划分

城市轨道交通按路权专用程度可分为线路全封闭型、线路半封闭型和线路不封闭型。

6. 按服务区域分类划分

城市轨道交通按服务区域可分为市郊铁路、市内铁路和区域快速铁路。

三、城市轨道交通公司

1. 国内城市轨道交通发展情况

截至 2019 年 12 月 31 日，全国开通轨道交通的城市有 46 个（内地 40 个），内地已开通城市轨道交通线路长度共计 6 730.27 km。其中，地铁 5 187.02 km，轻轨 255.40 km，单轨 98.50 km，市域快轨 715.61 km，现代有轨电车 405.64 km，磁浮交通 57.90 km，旅客自动捷运系统 10.20 km。我国港澳台地区已开通的城市轨道交通共有 6 个，分别是香港地铁、

台北捷运、高雄捷运、桃园捷运、新北捷运和澳门轻轨。

2019年，我国内地新增了温州、济南、常州、兰州、徐州和呼和浩特6个城市轨道交通运营城市。图1-1-7~图1-1-19为我国各城市轨道交通徽标(Logo)。



图 1-1-7 北京地铁、上海地铁、广州地铁和深圳地铁



图 1-1-8 天津地铁、南京地铁和杭州地铁



图 1-1-9 苏州地铁、无锡地铁和郑州地铁



图 1-1-10 西安地铁、沈阳地铁、珠海轨道和成都地铁



图 1-1-11 昆明地铁、长沙地铁和重庆轨道

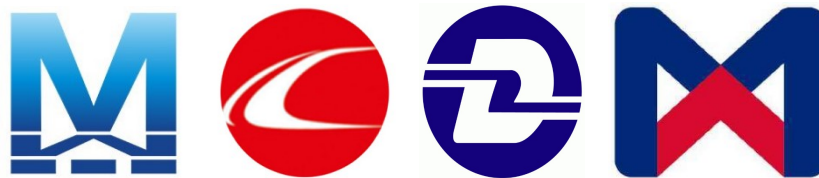


图 1-1-12 武汉地铁、长春轨道、大连轨道和厦门地铁



图 1-1-13 贵阳轨道、温州轨道和济南地铁



图 1-1-14 宁波轨道、常州地铁、徐州地铁和哈尔滨地铁



图 1-1-15 南宁轨道、兰州轨道、石家庄地铁和呼和浩特地铁



图 1-1-16 乌鲁木齐地铁、佛山地铁、南昌地铁和淮安地铁

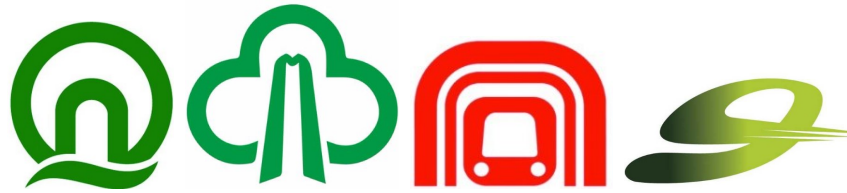


图 1-1-17 青岛地铁、福州地铁、合肥轨道和东莞轨道



图 1-1-18 香港地铁、台北捷运和高雄捷运



图 1-1-19 桃园捷运、新北捷运和澳门轻轨

2. 国外城市轨道交通

1863年，伦敦大都会地铁的运营标志着地铁的诞生，经过长时间的经验累积，国外地铁有着长足的发展，同时也带动了我国城市轨道交通的发展。图 1-1-20 为国外部分城市轨道交通徽标（Logo）。

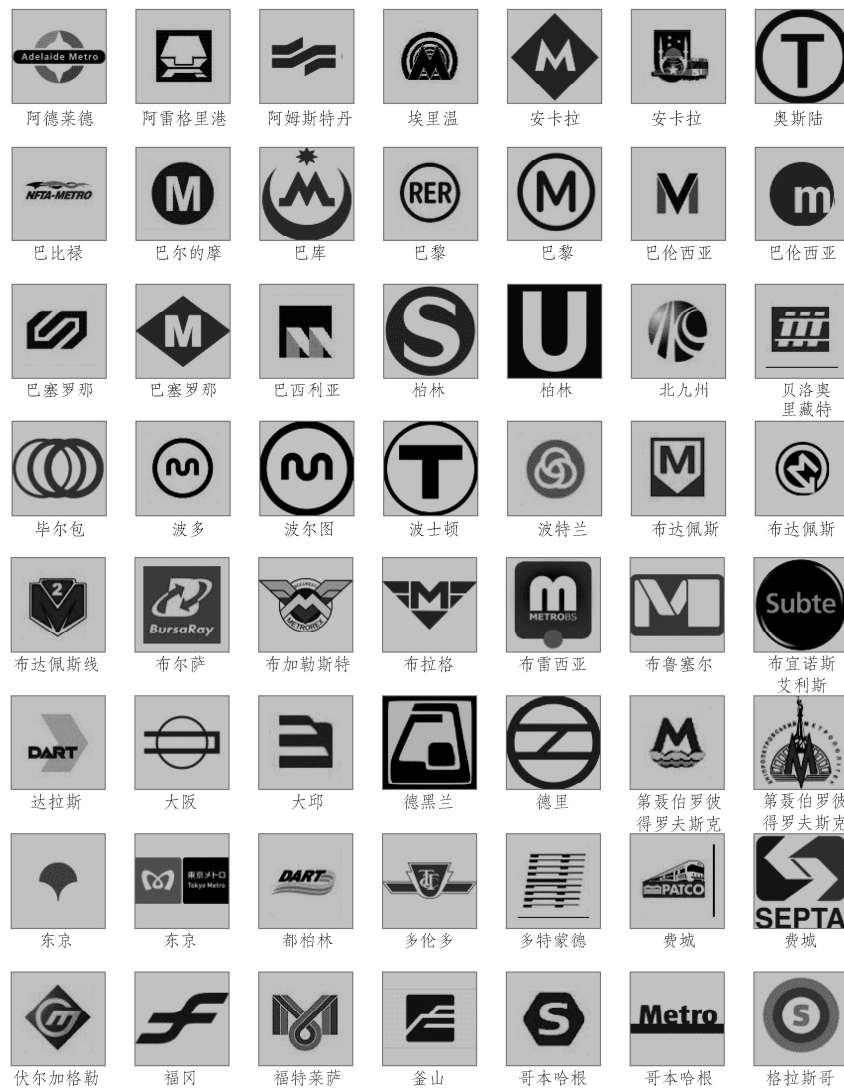


图 1-1-20 国外部分城市轨道交通徽标

四、中国城市轨道交通系统先进技术

1. 中国首条采用有轨电车地面供电系统

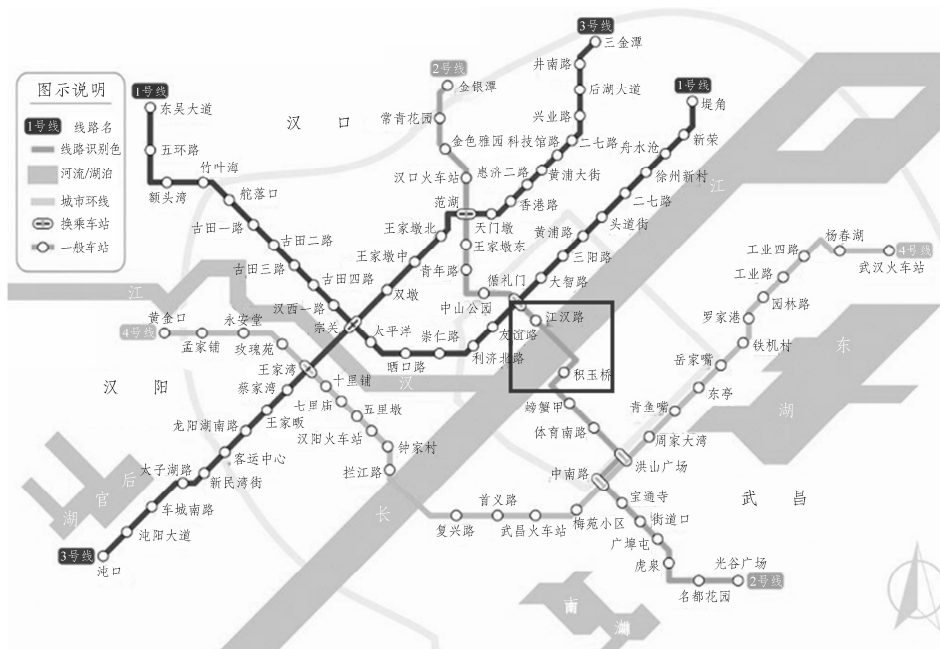
珠海现代有轨电车1号线，运营里程为8.917 km，共设14座车站，均为地面站，它使用的就是地面供电系统，如图1-1-21所示。传统的接触网供电模式虽然供电稳定、造价低廉，但非常影响城市美观，新型的供电方式尤其是地面供电技术很好地解决了此问题，它采用由地面预埋元器件向有轨电车供电的方式。



图 1-1-21 珠海现代有轨电车

2. 中国首条下穿长江的地铁线路

武汉地铁2号线全长60.8 km，共设38座车站，全部是地下车站，列车采用6节编组B型列车。它是下穿长江的地铁线路，在积玉桥站和江汉路站之间直穿长江（见图1-1-22），其中江汉路站是2号线和6号线的换乘站，整体施工难度极高。



3. 中国首条 5G 信号全覆盖地铁线路

北京地铁 16 号线呈南北走向，线路北起海淀区北安河站，南至海淀区西苑站，全长 19.6 km，全部为地下线；共设 10 座车站，全部为地下车站；列车采用 8 节编组 A 型列车。地铁线相较普通的固定场所更特殊，因为它空间小，并且一直在移动，手机在位置不停变换的过程中，信号的强度也会受到影响，而有了 5G 信号后，空间位置对用户的影响很小。

4. 中国首创运行速度 140 km/h 的地铁

成都地铁 18 号线一、二期工程北起武侯区火车南站，途经武侯区、成都高新技术产业开发区、天府新区，东南止于简阳市天府机场 1 号、2 号航站楼站，全长 66.83 km；共设 12 座车站，其中 10 座地下站、2 座地面站；列车采用 8 节编组 A 型列车（见图 1-1-23）。它实行“快慢车套跑”，列车的最高运行速度将达到 140 km/h。快车运行模式下，从火车南站到天府国际机场站中间只停 3 个站，全程用时可以控制在 40 min 左右；慢车运行模式下，12 个站都要停车上下客。



图 1-1-23 成都地铁 18 号线（最高运行速度 140 km/h）

5. 中国国内首条人脸识别地铁

济南轨道交通 1 号线起于工研院站，途经长清区、市中区、槐荫区，止于方特站，大致呈南北走向，全长 26.1 km，其中地下段 9.7 km、过渡段 0.2 km、高架段 16.2 km；共设置 11 座车站，其中地下站 4 座、高架站 7 座；采用 4 节编组 B 型列车。

各车站设有自动售票机，用于乘客自助购买地铁单程票、充值和查询。乘客可以用济南地铁 APP 进行购票，同时支持微信、支付宝支付购票，并支持二维码或人脸识别直接乘车（见图 1-1-24）。车站从出入口到站内设有无障碍电梯与导向标识，方便乘客进站乘车。



图 1-1-24 人脸识别进站

6. 中国首条市域铁路

温州轨道交通 S1 线起于桐岭站，途经瓯海区、鹿城区和龙湾区，贯穿瓯海中心区域、温州大道、龙湾瑶溪片区等，止于双瓯大道站，全长 53.5 km，设置 18 座车站，采用 4 节编组 D 型列车，为市域铁路编组，正常运营状况下单日最高客运量达 3.84 万人次（见图 1-1-25）。



图 1-1-25 温州轨道交通 S1 市域铁路线

7. 世界首条商用氢能源有轨电车

佛山市高明区有轨电车示范线起于中心城区沧江路站，沿中山路、荷富大道止于西江新城智湖站，线路长约 6.5 km，设车站 10 座，平均站间距约 640 m。此条线路采用以氢能源为动力的 100% 低地板、铰接式现代有轨电车，是城市轨道交通发展的重大创新（见图 1-1-26）。



图 1-1-26 佛山市高明区氢能源有轨电车

8. 世界首条互联互通地铁

重庆轨道交通 5 号线呈南北走向，北起渝北区园博中心站，途经鸳鸯、人和、冉家坝等重要人口聚居区，南止于江北区大石坝站，跨越两个行政区，运营里程为 16.42 km，采用地铁系统，共设车站 10 座，均为地下站。

该线路采用中国完全自主知识产权的 CBTC（基于无线通信的移动闭塞列车控制）信号系统，是全球首条实现城市轨道交通互联互通的地铁线路（见图 1-1-27）。该 FZL300 型 CBTC 互联互通信号系统是在成熟的高铁列控技术标准基础上，中国自主研发的基于无线通信的移动闭塞系统。该系统为城市轨道交通信号系统“互联互通”定制研发，可实现列车最小 90 s 追踪间隔。



图 1-1-27 世界首条互联互通地铁

9. 中国首个智慧地铁站

2019 年 12 月 20 日，广州地铁 21 号线天河智慧城站作为“智慧地铁”示范站，正式开通（见图 1-1-28）。车站具有以下功能：智能语音购票；智能客服，客服机器人；智能票亭，刷脸、刷指静脉过闸等服务；在安检方面，设置智能安检闸机，可以实现票务、安检一体通过，做到智能人包对应；用手机扫描车站二维码，通过电子地图进行站内导航；在站台门前等车时，站台门智能信息屏还会显示等车时间、车厢客流密度，乘客可以选择合适的车厢去等待，智能程度极高。



图 1-1-28 广州地铁天河智慧城站

课后思考：请就中国城市轨道交通系统先进技术做探讨。