

第一章 城市轨道交通供电系统概述

【教学目标】

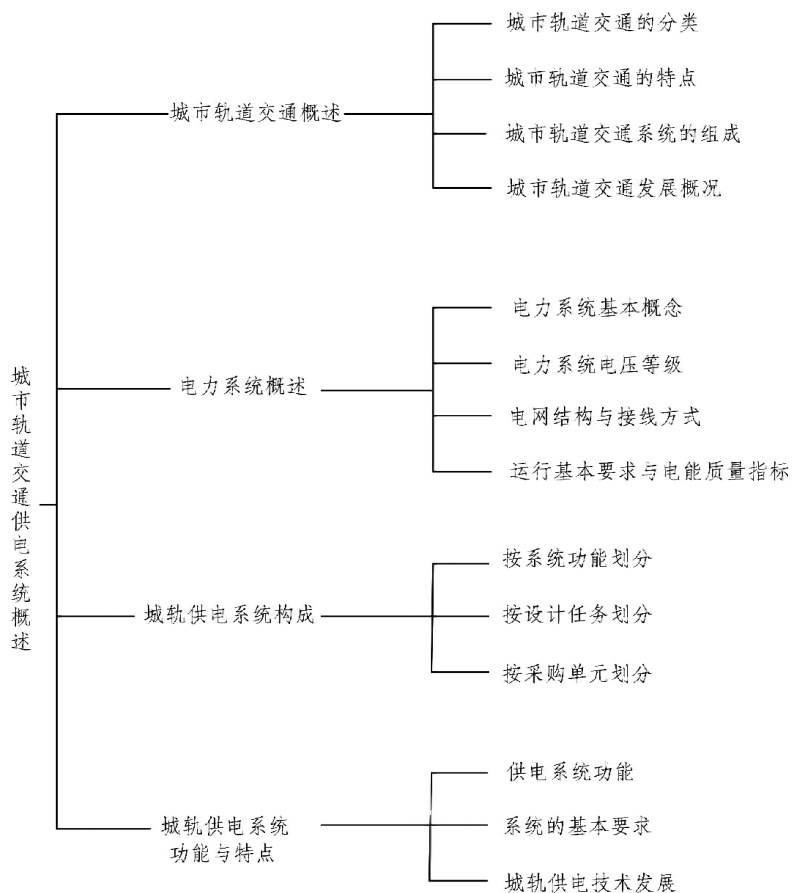
通过本章的学习，主要了解与掌握以下知识：

1. 了解城市轨道交通的分类与特点。
2. 了解城市轨道交通发展的历史与我国城市轨道交通发展的现状。
3. 熟悉电力系统的基本概念、电压等级、电网结构与接线方式。
4. 掌握电力网与电能质量要求等供电基础知识。
5. 掌握城市轨道交通供电系统的功能与构成等。

主要具备以下能力：

1. 会区分城市轨道交通的类型，会分析其不同的特点。
2. 会分析城市轨道交通供电系统的不同负荷及与电力系统的关系等。

【知识结构】



第一节 城市轨道交通概述

本节导读

城市轨道交通有多种类型，各具特点，可供不同条件与不同特点的城市选择；它是由线路、车辆等众多设备组成的一个庞大的综合系统，构成“城市交通的主动脉”，实现

《城市公共交通常用名词术语》(GB/T 5655—1985)将城市轨道交通定义为“通常以电能为动力，采取轮轨运转方式的快速大运量公共交通之总称”。目前，城市轨道交通已成为城市公

公共交通系统的一个重要组成部分，号称“城市交通的主动脉”。

【城市轨道交通】 一种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。城市轨道交通属于城市公共交通范畴。

一、城市轨道交通的分类

根据建设部行业标准《城市公共交通分类标准》(CJJ/T 114—2007)，我国城市轨道交通(以下简称“城轨交通”)包括：地铁、轻轨、单轨、有轨电车、磁悬浮系统、自动导向轨道系统、市域快速轨道系统等。其中地铁与轻轨是我国城市轨道交通的主流方式。

1. 地铁

地铁是地下铁道交通的简称，它是一种在城市中修建的快速、大运量的轨道交通，采用电力牵引和钢轮钢轨体系，标准轨距为1435 mm，主要在城市地下空间修筑的隧道中运行，当条件允许时，也可在地上或高架桥上运行。按照选用车型的不同，地铁可分



图 1.1 地铁车辆段

为常规地铁和小断面地铁；根据线路客运规模的不同，又可为高运量地铁和大运量地铁。如图 1.1 所示为地铁地面车辆段。

目前世界上一些著名的特大城市，如纽约、伦敦、巴黎、莫斯科、东京等以及我国的北京、上海、广州等城市，均已形成较大规模的城市轨道交通网络，且以地铁为主干，延伸到

城市的各个方向。

地铁有以下特征：

- (1) 全部或大部分线路建于地面以下。
- (2) 建设费用高，周期长，成本回收慢。
- (3) 行车密度大，速度高。
- (4) 客运量大，能适应远期单向高峰每小时客流量为 4.0 万人次以上。
- (5) 地铁列车的编组数决定于客运量和站台的长度，一般为 2~8 辆。
- (6) 地铁车辆的消音减振和防火均有严格要求，既安全，又舒适。
- (7) 地铁的电压制式以直流 1 500 V 供电为主，部分采用直流 750 V 供电。

2. 轻轨

轻轨是一种中等运量的轨道运输系统，一般采用钢轮钢轨体系，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，遇繁华街区，也可进入地下或与地铁衔接。轻轨系统的车辆轴重较轻，施加在轨道上的荷载相对于地铁的荷载来说更轻，



图 1.2 城市轻轨交通

因而被称为轻轨。轻轨与地铁的不同之处主要在于其运量相对较小，采用较小型的车辆，线路曲线半径较小，线路的最大坡度较大，而其所采用的钢轨与地铁相同，所采用的信号设备、通信设备、机电设备以及运营管理则与地铁系统没有明显区别。如图 1.2 所示为城市轻轨线路。

轻轨有以下特征：

(1) 它是以钢轮和钢轨为车辆提供走行的一种交通方式，车辆由电力提供牵引动力，可以采用直流、交流或线性电机驱动。

(2) 轻轨的建设费用比地铁低，每千米线路造价仅为地铁的 $1/5 \sim 1/2$ 。

(3) 轻轨交通的每小时单向运输能力一般为 $1.5 \sim 3.0$ 万人次，介于地铁和公共汽车之间，属于中等运能的一种公共交通形式。

(4) 轻轨线路可以为地面、地下和高架混合型，一般与地面道路完全隔离，采用半封闭或全封闭专用车道。

(5) 轻轨车辆一般采用 C 型车辆或 Lc 型车辆（直线电机），宽度均为 2 600 mm。

(6) 轻轨交通对车辆和线路的消音和减振有较高要求。

(7) 轻轨的电压制式以直流 750 V 和 1 500 V 供电为主。

(8) 轻轨车站分为地面、高架和地下三种形式。

3. 独轨

独轨交通的设想早在 19 世纪末就已经形成。1901 年德国鲁尔地区的三个工业城市之间，在险峻的乌珀河谷上空建成了一条快速交通线，车辆吊在架空的导轨下面，沿着导轨行驶。

后来三市合并成为乌珀塔尔市，这个独轨交通系统成为该市的一个标志。

独轨交通用作城市公共交通，开始进展比较缓慢。日本从德国引进专利后，近 30 年开发了多种独轨铁路，在世界城市轨道交通中独树一帜。我国重庆市从日本引进的独轨交通系统现已经开始运营，如图 1.3 所示。



图 1.3 城市独轨交通

独轨交通采用高架轨道结构，按结构型式分为跨座式和悬挂式两种类型。前者车辆的走行装置（转向架）跨骑在走行轨道上，其车体重心处于走行轨道的上方。后者车体悬挂于可在轨道梁上行走的走行装置的下面，其重心处于走行轨道梁的下方。

独轨交通的优点是：

(1) 独轨交通线路占地小，可充分利用城市空间，适宜在大城市的繁华中心区建线，对城市景观及日照影响小。

(2) 独轨交通构造较简单，建设费用低，为地铁的 $1/3$ 左右。

(3) 能实现大坡度和小曲线半径运行，可绕行城市的建筑物。

(4) 一般采用轻型车辆，列车编组为 4~6 辆。

(5) 走行装置采用空气弹簧和橡胶轮结构，并采用电力驱动，故运行噪声低，无废气，乘坐舒适。

(6) 独轨交通架于空中，具有交通和旅游观光的双重作用。

(7) 跨座式轨道梁采用预应力混凝土梁制成，悬挂式轨道梁一般为箱形断面的钢结构。

独轨交通的缺点是：

(1) 能耗大。由于其走行装置采用橡胶轮，它与混凝土轨面的滚动摩擦阻力比钢轮钢轨大，故其能耗比一般轨道交通约大 40%，且有轻度的橡胶粉尘污染。

(2) 运能较小。一般每小时单向最大客运量为 1~2 万人次。

(3) 独轨交通不能与常规的地铁、轻轨系统等接轨。

(4) 道岔结构复杂、笨重、转换时间较长，从而延长了列车折返时间。

(5) 列车运行至区间时若发生事故，疏散和救援工作的开展会很困难。

二、城市轨道交通的特点

城市轨道交通与城市道路交通相比，有以下特点：

1. 安全

城市轨道交通运量大，客流集中，对安全性要求特别高。因此，在设计、建设、管理以及资金的投入等方面都特别注重保证系统的安全性。运行实践证明，城市轨道交通具有很好的安全性。

2. 快捷

城市轨道交通不受地面环境影响，可以高效快捷运输。

3. 准时

城市轨道交通在其专用的轨道上行驶，在可靠技术支持下，按照运营计划行驶，一般都会正常准时运营，具有很高的运行准点率。

4. 舒适

城市轨道交通的乘车环境好。

5. 运量大

城市轨道交通的车厢空间大，一列地铁可载 2 000 人以上。

6. 无污染（或少污染）

城市轨道交通的动力是电能，没有废气排放等污染。

7. 对地面景观影响较小

城市轨道交通的线路主要在地下，占用城市地面面积少，较少破坏地面的城市景观。

8. 投资大，技术复杂，建设周期长

城市轨道交通是一个庞大的系统工程，它涉及土建（装修）、机械、电子、供电、通信、信号等多项技术；涉及的设备类型多、数量大，点多面广，技术复杂，系统性、严密性与联动性均要求高；土建工程量大，施工难度大，建设周期长，资金投入大，一般每千米造价为 4~6 亿元。一般大城市建成一个 200 km 的地铁网，要投资上千亿元的资金，且时间要 10~12 年以上。