



轨道交通类专业“互联网+”创新型精品教材

城市轨道交通 安全管理

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG
ANQUAN GUANLI



扫描二维码
共享立体资源

主 编 石俊刚 张祥志

城市轨道交通安全管理

主 编
石俊刚
张祥志

北京出版集团公司
北京出版社

北京出版集团公司
北 京 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通安全管理 / 石俊刚, 张祥志主编. —
北京: 北京出版社, 2017.1 (2024 重印)

ISBN 978-7-200-12602-0

I. ①城… II. ①石… ②张… III. ①城市铁路—交
通运输安全—交通运输管理—高等职业教育—教材 IV.
① U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 256448 号

城市轨道交通安全管理

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG ANQUAN GUANLI

主 编: 石俊刚 张祥志

出 版: 北京出版集团公司

北 京 出 版 社

地 址: 北京北三环中路 6 号

邮 编: 100120

网 址: www.bph.com.cn

总发行: 北京出版集团公司

经 销: 新华书店

印 刷: 定州市新华印刷有限公司

版 次: 2017 年 1 月第 1 版 2024 年 3 月修订 2024 年 3 月第 6 次印刷

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张: 18

字 数: 317 千字

书 号: ISBN 978-7-200-12602-0

定 价: 48.00 元

质量监督电话: 010-82685218 010-58572341 010-58572393

目 录

单元一 城市轨道交通安全管理的概述	1
任务 1 城市轨道交通的基本认知	2
任务 2 城市轨道交通安全管理的认知	17
任务 3 城市轨道交通安全管理的现状	31
单元二 城市轨道交通的基本设备与作业	35
任务 1 城市轨道交通的基本设备	36
任务 2 城市轨道交通的运营管理作业	64
单元三 城市轨道交通的安全保障技术	76
任务 1 列车自动运行控制（ATC）系统	77
任务 2 环境与设备监控（BAS）系统	81
任务 3 火灾自动报警（FAS）系统	85
任务 4 电力监控（PSCADA）系统	92
任务 5 乘客信息（PIS）系统	96
任务 6 综合监控（ISCS）系统	101
任务 7 城市轨道交通的控制中心系统	109
单元四 城市轨道交通的安全保障体系	117
任务 1 概述	118
任务 2 城市轨道交通安全的相关法规与标准	124
任务 3 城市轨道交通的安全文化	138
任务 4 城市轨道交通的安全生产责任制	149
单元五 城市轨道交通的日常安全管理	156
任务 1 行车安全的管理	157
任务 2 车站客运安全的管理	168
任务 3 施工安全的管理	173
任务 4 消防与电气安全的管理	176
任务 5 应急安全的管理	182

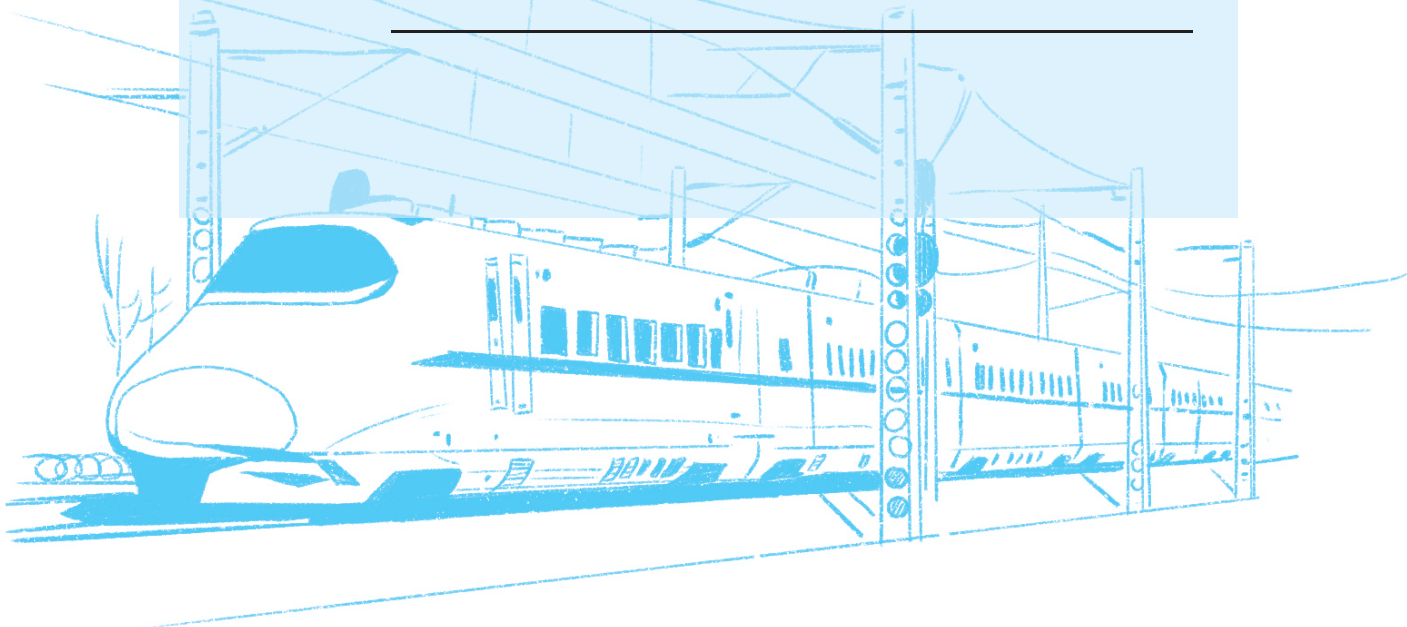
单元六 城市轨道交通事故的防范与处理	201
任务 1 城市轨道交通事故及其分类	202
任务 2 城市轨道交通事故的预防	207
任务 3 城市轨道交通事故的处理	224
单元七 城市轨道交通安全的分析方法	230
任务 1 概述	231
任务 2 安全检查表法	232
任务 3 预先危险性分析法	237
任务 4 事件树分析法	240
任务 5 事故树分析法	245
单元八 城市轨道交通安全评价的方法	262
任务 1 概述	263
任务 2 城市轨道交通安全评价的内涵与体系	268
任务 3 城市轨道交通安全评价的常用方法	273
参考文献	282

单元一 城市轨道交通安全管理的概述

【单元概述】

城市轨道交通是服务于城市内部的交通方式，是城市公共交通的重要组成部分，具有安全、快速、准时、大运量与环保等特点，承担了大量城市客流，对于缓解城市交通拥堵状况发挥了巨大作用。安全是城市轨道交通的根本原则，是保障乘客生命安全、减少财产损失、维持运输稳定的前提条件。因此，如何科学地管理城市轨道交通运营以确保安全是一项重大的任务。

本单元首先介绍城市轨道交通的基本知识，包括城市轨道交通的含义、由来及其发展历程，并在充分讲述轨道交通对于城市交通的重要性，以及对于城市经济发展和社会发展的作用后，引出安全管理对于城市轨道交通乃至城市发展的意义。城市轨道交通安全管理通过科学的方法保障轨道交通的运营安全，是安全科学的一个分支。随着国内外城市轨道交通事故的频繁出现，我国对于城市轨道交通安全管理也越来越重视，开展了大量的工作，并取得了很好的效果。但由于轨道交通系统庞大，安全管理工作仍须不断地完善和加强，本单元末尾讲解了安全管理的现状及存在的问题，并说明了安全管理需要进一步加强的工作内容。



任务 1

城市轨道交通的基本认知

城市轨道交通是城市公共客运交通系统的重要组成部分，是城市大运量的客运交通工具。它包含地铁、轻轨、磁悬浮和有轨电车等多种形式，其中，地铁和轻轨较为常见。城市轨道交通不仅能够改善城市交通环境，而且对于带动城市经济发展，引导城市空间布局具有重要的作用。近年来，在党和政府的大力支持下，城市轨道交通得到快速发展，全国各大、中等城市均在规划和建设轨道交通，在当前和今后的一个时期，轨道交通必定成为全国各城市公共交通发展的重点。

学习目标

1. 了解城市轨道交通系统的基本含义。
2. 熟悉城市轨道交通的分类。
3. 熟悉国内外城市轨道交通的现状和发展趋势。
4. 掌握城市轨道交通的主要特征。

教学环境

课堂教学。

教学设施

多媒体教学、电子教案等。

理论模块

一、城市轨道交通系统的含义

根据轨道交通的特性，从广义上讲，所有运行在轨道上的交通工具都可称为轨道交通运输。但人们常把担当长途运输的铁路称为大铁路，或称干线铁路，以区别于城市轨道交通。



城市轨道交通运营
安全管理特点



通运输。因此，我们这里所说的城市轨道交通不包括大铁路。

在《城市轨道交通词典》中，城市轨道交通系统的释义为：城市轨道交通系统是城市公共交通网络的重要组成部分，一般泛指城市中在不同形式轨道上运行的大、中运量的城市公共交通工具，是当代城市中地铁、轻轨、单轨铁路、自动导向及短途磁悬浮等轨道交通的总称。

在我国国家标准《城市公共交通常用名词术语》中，城市轨道交通定义是：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的总称。

在北京交通大学著名教授胡思继所著的《综合运输工程学》中，将城市轨道交通定义为：城市轨道交通系统是指服务于城市乘客运输，通常以电力为动力、轮轨运行方式为特征的车辆或列车与轨道等各种相关设施的总和。或者说，一般将城市中使用在固定导轨上运行，并主要用于城市客运的交通系统称为城市轨道交通。

虽然对城市轨道交通的定义存在差异，但总体来讲，它包含以下五个通性。

（一）属于公共交通运输系统

城市轨道交通服务于社会大众，属于公共交通运输系统，城市内任何合法个体，均可通过购票乘坐城市轨道交通工具。

（二）定位于城市内部交通

城市轨道交通服务于城市内部，主要来满足城市内部日常上下班、购物、探亲走访等出行需求。城市轨道交通具有大容量、准点等特点，承担了大量城市内部交通任务，特别是日常通勤客流，对于缓解城市交通拥堵具有重大意义。

（三）行驶于轨道之上

城市轨道交通均行驶于轨道之上（图 1-1）。所以，城市轨道交通往往具备较为独立的行驶路权，即该轨道上仅行驶固定的交通工具，使得城市轨道交通的运行不受其他交通方式的影响，因而具有速度快、准点性高等优势。



图 1-1 轨道

（四）采用电力驱动

服务于城市内部，城市轨道交通必须考虑环保要求。因此，城市轨道交通均采用



电力驱动，无任何污染性气体排放，同时列车行驶噪声也相对较小，这就具有了很好的环保特性。

（五）班次密集

城市内部出行需求具有即时性，即乘客随时都有可能选择出行。所以，城市轨道交通必须行车密集，使乘客能随时随地完成出行。

二、城市轨道交通的发展历程

城市轨道交通的发展与人类的科技水平及城市对于交通的需求密切相关。城市轨道交通的发展大致可以分为五个阶段。

（一）正式产生阶段（1775—1863 年）

1775 年，英国人约翰·乌特兰发明的有轨马车是世界上最早的城市轨道交通工具。它是用马匹作动力、牵引车辆在钢轨上滚动行驶的交通运输工具，可搭载双倍于普通马车的乘客和货物重量。由于车辆是在轨道上行驶的，既减少了颠簸，又提高了运行的速度和舒适性，从而倍受市民的青睐（图 1-2）。

1825 年 9 月 27 日，世界上第一条行驶蒸汽机车的永久性公用运输设施——英国多灵顿至斯托克顿的铁路正式通车。它标志着世界轨道交通运输业的诞生和用轨道交通来解决城市内人们出行问题的开始。

1843 年，英国律师查尔斯·皮尔逊针对当时由于伦敦人口日益膨胀而给交通造成的压力，向国会提交了修建地下铁道的建议。其后，经过将近 20 年的酝酿，1860 年，英国开始修建地下铁道，它采用明挖法施工，为单拱砖砌结构。1863 年 1 月 10 日，世界上第一条长 6.5 km、采用蒸汽机车牵引的地铁线路（以下简称“地铁”）在伦敦建成通车（1890 年改为电力牵引）。如图 1-3 所示。



图 1-2 起源于英国的有轨马车



图 1-3 世界第一条地铁线路

（二）初步发展阶段（1864—1924 年）

自第一条地铁线路在伦敦建成以来，地铁作为新型城市公共交通工具得到了初步发展。1874 年，英国在伦敦又首次采用盾构法施工，于 1890 年 12 月 18 日修建成一条长达 5.2 km 的地铁线路，并首次采用电力机车牵引。在 19 世纪的后 10 年，世界上又



有芝加哥(1892年)、布达佩斯(1896年)、格拉斯哥(1896年)、维也纳(1898年)和巴黎(1900年)等5座城市修建了地铁。20世纪初,柏林、纽约、东京和莫斯科等12座城市也修建了地铁。

1888年,美国建成了世界第一个投入运营的电气化的有轨电车系统(图1-4)。当时的有轨电车仅能乘坐6个人,没有受电弓,紧靠两根钢轨传输电能。随后,有轨电车在美国得到30年的长远发展,仅到1920年,美国有轨电车线路总长已达到2.5万km,承担的客运量占城市总客运量的88%。

(三) 停滞发展阶段(1924—1952年)

随着第二次世界大战的爆发,受战争的影响,汽车工业快速发展,使得城市轨道交通受到严重冲击,这期间世界上仅有5座城市新建了地铁,其中部分城市的有轨电车还遭到了战争破坏(图1-5)。此外,随着汽车的迅速发展,尤其是私家小汽车的大量涌现,大大加重了城市道路交通的堵塞。于是,各国城市纷纷拆除有轨电车,为日益增加的汽车让路。如英国许多城市就关闭了有轨电车系统,其中,曼彻斯特于1949年关闭了有轨电车系统,伦敦的最后一辆有轨电车也于1952年结束了运营。到1970年,世界上仅有8座城市还保留着有轨电车。



图 1-4 世界第一条有轨电车线路



图 1-5 “二战”期间受损的有轨电车

(四) 复兴发展阶段(1952—1969年)

随着第二次世界大战的结束,世界再次进入和平发展时期,各国城市汽车工业又得到了迅速发展,同时也造成了城市交通的拥堵和环境污染,为缓解城市拥堵,改善空气质量,轨道交通得到了复兴和生机。

20世纪60年代初,西方一些人口密集的大城市,在考虑修建地铁的同时,又重新把注意力转移到有轨电车上。欧洲一些发达国家,为满足城市公共交通客运量日益增长的需求,着手在旧式有轨电车的基础上,利用现代化技术,改造和发展有轨电车系统,从而开发出新一代噪声低、速度高、走行部件转弯灵活、乘客上下方便的新型有轨电车。新型有轨电车在线路结构上采用了降噪减震技术等措施;同时又采用了专用车道,在与繁忙道路交叉处进入半地下或高架,与其他道路互不影响,使自身在运行速度、技术水平和服务质量上都有了很大的提高。该新型轨道交通即为轻轨交通(Light Rail Transit,简称LRT)。如图1-6所示。





图 1-6 日本大阪轻轨

（五）高速发展阶段（1970 年—至今）

轨道交通具有快速、大运量和环保等突出优势，因而受到世界各国的重视。20 世纪 70—80 年代是世界各国建设轨道交通系统的高峰期。

20 世纪 80 年代，国际上一些大城市已相继建成现代化轻轨交通系统。如美国的萨克拉门托市，1987 年 3 月建成一条穿越市中心的轻轨线路，全长 29.4 km，共设 27 座车站，行车间隔 1.5 min，自建成到 1987 年 9 月，运送乘客达 100 万人次。20 世纪 80—90 年代，由于环境保护和能源结构问题突出，在经济可持续发展战略方针的指导下，全世界掀起了新一轮轻轨交通系统的建设高潮。据粗略统计，已有 50 个国家和地区建有 360 条轻轨线路。1994 年 4 月，在新加坡召开的国际市长会议上提出，要把城市轨道交通作为现代化城市的重要交通工具之一。

21 世纪以来，我国城市轨道交通进入高速发展阶段，截至 2015 年年底，我国共 26 座城市（港澳台除外）开通了城市轨道交通运营，共计 116 条线路，运营线路总长度达 3 618 km。其中，地铁为 2 658 km，占比达 73.4%；其他制式城轨交通规模为 960 km，占比达 26.6%。“十二五”期间，累计新投运线路为 2 019 km，完成投资为 12 289 亿元，客运量达 528 亿人次。城市轨道交通规模快速增长，客运效果不断变好，系统制式和线网层次逐步丰富，网络化格局基本形成，运营服务水平稳步提高，预计“十三五”期间，城市轨道交通仍将继续保持良性发展的势头。

三、城市轨道交通的类型

城市轨道交通具有多种类型，按照不同的标准和方式，城市轨道交通可以有不同的分类，比较常用的分类方式如下所述。

（一）按照技术特征分类

根据轨道交通系统基本技术特征的不同，轨道交通系统主要有地下铁路、轻轨铁路、独轨铁路、有轨电车、市郊铁路、旅客自动捷运系统和磁悬浮轨道交通等类型。

1. 地下铁路

地下铁路（简称“地铁”）是指修建在地下隧道中的铁路（图 1-7）。它又可分为重型地铁、轻型地铁与微型地铁三种类型。重型地铁一般是指传统的普通地铁，轨道基本



采用干线铁路技术标准，线路以地下隧道为主，仅在市郊等部分地段采用地面线路，路权专用，运能最大；轻型地铁是一种在轻轨线路、车辆等技术设备工艺基础上发展起来的地铁类型，路权专用，运能较大，通常采用高站台；微型地铁，又称为断面地铁，隧道断面、车辆轮径和电动机尺寸均小于普通地铁，路权专用，运能中等，但行车自动化程度较高。

地铁已是一个历史名词，如今其内涵与外延均有较大的扩展，它已不局限于运行在地下隧道这一种形式，现在的地铁泛指高峰时段每小时单向运输能力在 3~6 万人次左右，地下、地面、高架运行线路三者结合的一种大容量轨道交通系统。

2. 轻轨铁路

轻轨铁路（简称“轻轨”）是针对车辆对轨道施加的荷载而言的。轻轨车辆与地铁车辆比较相对较轻。早期的轻轨系统一般是直接对旧式有轨电车系统改建而成的。直到 20 世纪 70 年代后期，一些国家才开始修建全新的现代轻轨系统。

现代轻轨系统与旧式有轨电车系统相比，具有自动控制、乘坐舒适、动力大、速度快和噪声低等优点。对世界各国轻轨系统进行分类研究表明，轻轨也存在多种技术标准并存发展的情况。高技术标准的轻轨接近于轻型地铁，而低技术标准的轻轨则接近于有轨电车。因此，轻轨通常指运营在城市中心，包括近郊地区（离市中心约 20 km）的轨道交通系统，其线路采用电气化，运行速度在 40~50 km/h，大多与地面交通立体交叉。轻轨站间距离较小，为 1~1.5 km。我国北京东直门至西直门间的 40.9 km 的 13 号线，就是一条城市轻轨铁路线。在欧洲、日本等轨道运输发达的国家和地区，城市轻轨已被广泛使用了。

目前，轻轨已形成三种主要类型：钢轮钢轨系统、线性电机牵引系统（主要用于机场各场间）以及橡胶轮系统。轻轨的工程造价一般仅为地铁的 1/3，且施工简便，建设工期较短。此外，轻轨的单向高峰小时客运量为 1~3 万人次，对于非特大城市，足以缓解城市交通拥挤的状况，且轻轨交通建设标准也低于地铁，因而易实现国产化的要求。因此，轻轨是适合我国大、中城市，特别是中等城市的一种城市轨道交通方式（图 1-8）。



图 1-7 地铁



图 1-8 长春现代轻轨



3. 独轨铁路

独轨铁路(简称“独轨”)是车辆或列车在单一轨道上运行的城市轨道交通系统,其线路一般采用高架结构,车辆则大多采用橡胶轮胎。它从构造形式上可分为跨骑式独轨与悬挂式独轨两种,跨骑式独轨是列车跨坐在轨道梁上运行的形式,而悬挂式独轨则是列车悬挂在轨道梁下方运行的形式。橡胶轮独轨系统则采用全高架运行,不占用地面道路,具有振动小、噪声低、爬坡能力强、转弯半径小和投资较省等优点。当前的独轨、新交通系统和 VAL 系统均属橡胶轮系统。

独轨运输能力一般为 0.5~2 万人次/时,多采用跨骑、轨道梁的制式,其转辙机、转向架是独轨系统的关键技术。由于采用橡胶轮胎,因而车体结构必须轻量化,轨道梁和支座材料的耐潮湿、耐酸性要求也较高。目前,我国重庆市轨道交通采用的就是这种制式(图 1-9)。

4. 有轨电车

有轨电车通常采用地面线路,有时也有隔离的专用路基和轨道。隧道或高架区间仅在城市中心交通拥挤的地带采用。旧式的有轨电车由于其与公共汽车及行人共用街道路权,且平交道口多,因此,运行时所受的干扰就多,速度也慢。现代有轨电车与轻轨交通已很接近了,只是车辆尺寸稍小些,运营速度一般为 20 km/h(图 1-10)。



图 1-9 重庆独轨



图 1-10 沈阳浑南现代有轨电车

5. 市郊铁路

市郊铁路是连接城市市区与郊区,以及连接城市周围几十千米甚至更大范围的卫星城镇或城市圈的铁路,同时又是连接大中城市干线铁路的一部分,因此,它具有干线铁路的技术特征,如轨道通常是重型的,等等。

与城市轨道交通系统中的地铁等其他类型不同,在市郊铁路上通常是市郊乘客列车、干线乘客列车和货物列车混跑。而市郊铁路的车辆运行速度远远大于其他城市交通工具,平均运行速度达 40 km/h,最高可达到 120 km/h。如上海金山铁路,远郊的乘客只用半小时就可以到达上海南站,如此快捷的运输速度吸引了大量的客流。虽然市郊铁路采用干线铁路的技术标准,但其功能与干线铁路不同,因此,在技术性能上也略有差别。市郊铁路运行速度比干线铁路低,但其启动、制动加速度远高于干线列车,



略低于地铁列车,站间距离为1~3 km。市郊铁路的运营效率、能源消耗、投资费用以及土地利用等指标明显优于其他交通方式,市郊铁路的投资额是地铁的1/10~1/5,每人每千米的能源消耗是汽车的1/7左右,而运送能力单向每小时却高达6万人次,是一种快速、经济、环保且可行的城市轨道交通方式。

6. 旅客自动捷运系统 (APM)

旅客自动捷运系统 (Automated people mover, APM) 也称为自动导轨快捷运输系统 (AGTS), 是一种无人自动驾驶、立体交叉的大众运输方式。旅客自动捷运系统并不是一种独立及特殊的铁路运输技术, 它通常都会应用到多种铁路运输技术。

APM 通常为范围狭小的地区所运行的低载量铁路运输系统, 是机场、城市商业区或主题公园的铁路运输系统。

第一条用于城市轨道交通系统的 APM 线, 是广州珠江新城旅客自动运输系统, 于 2010 年 11 月 8 日下午 2 时正式开通试运行, 该线路的主要功能是定位于观光线。

7. 磁悬浮轨道交通

磁悬浮轨道交通是采用电磁学原理产生的电磁力将列车浮起, 并推动列车前进的高速交通系统。磁悬浮列车运行时悬浮于轨道上, 没有轮轨的摩擦, 突破了轮轨黏着极限速度的限制, 成为现代化高速交通工具。如连接上海地铁 2 号线龙阳路站与浦东机场站之间的磁悬浮轨道交通, 单程运行时间仅需 8 分钟, 比地铁运行时间缩短了 1/4 (图 1-11)。



图 1-11 上海磁悬浮轨道交通

(二) 按单向高峰小时运能分类

根据单向高峰小时运能进行分类, 城市轨道交通系统可分为高运量、中运量和低运量三种类型。

1. 高运量轨道交通

高运量轨道交通是指单向高峰小时运能达到 3 万人次以上。依据之前的技术特征分类, 能达到高运量的轨道交通主要有地铁和市郊铁路等。

2. 中运量轨道交通

中运量轨道交通是指单向高峰小时运能达到 1.5~3 万人次。依据之前的技术特征



分类,能达到中运量的轨道交通主要有轻轨和独轨等。

3. 低运量轨道交通

低运量轨道交通是指单向高峰小时运能达到 0.5~1.5 万人次。依据之前的技术特征分类,低运量的轨道交通主要为有轨电车。

除以上两种分类方法外,还可以有多种不同的分类方法。例如,按轨道空间位置分类,可将城市轨道交通划分为地下铁路、地面铁路和高架铁路等;按支承导向制式分类,可以划分为钢轮双轨系统、胶轮单轨系统和胶轮导轨系统等;按服务区域分类,可以划分为市郊铁路、市内铁路和区域快速铁路等;按路权专用程度划分,可以划分为线路全封闭型、线路半封闭型和线路不封闭型;按照运行控制方式分类,可以划分为自动控制、半自动控制和人工操纵等。

四、国内外各大城市轨道交通的发展现状

目前,正是城市轨道交通发展的高峰期,世界各大城市大多已建成自身的轨道交通系统。城市轨道交通以地铁发展最为迅速,在此,仅介绍国内外部分城市的地铁发展情况。

(一) 国外城市轨道交通的发展现状

1. 伦敦地铁

英国伦敦自 1863 年创建世界上第一条地下铁道以来,历经 150 多年的发展,通过不断提高技术水平,伦敦地铁系统已成为当今世界上的先进技术范例之一,尤其是地铁实现了电气化后,伦敦地铁几乎每年都有新进展。目前,伦敦地铁已有 12 条线路,总里程约 410 km,其中地下隧道约 171 km,共设置车站 275 座,地铁车辆保有量总数约 420 辆,年客运总量已突破 8.5 亿人次(图 1-12)。

2. 纽约地铁

美国纽约于 1867 年建成了第一条地铁。随着纽约城市规模的扩大,城市人口不断增加,到 1900 年,市区人口已有 185 万人,同时地铁建设也在不断地进行。现在纽约已发展成为世界上地铁线路最多、里程最长的一座城市。目前,纽约地铁线路共 31 条,总里程约 443 km,其中地下隧道约 258 km,共设置车站 504 座,居世界首位。地铁车辆保有量总数约 6 560 辆,年客运总量已突破 10 亿人次(图 1-13)。

3. 巴黎地铁

法国巴黎也是世界上较早修建地铁的城市之一,但比英国要晚 37 年。为举办“凡尔赛展览会”而修建的巴黎第一条地铁从巴士底通往马约门,全长约 10 km,它为巴黎地铁网络的不断发展和完善打下了基础。时至今日,巴黎市区地铁已拥有 14 条主线和 2 条支线,其中 2 条为环线。地铁线路总里程约 222 km,地下隧道约 175 km,共设置车站 380 座,车辆保有量总数约 350 辆,年客运量总数也已突破 12 亿人次。巴黎地区的快速地铁(RER)非常发达,运营线路共有 363 km,其中 14 km 与地铁共线,249 km 为城



市快速铁路 (SNCF)。RER 的年客运量约为 4 亿人次 (图 1-14)。



图 1-12 伦敦地铁



图 1-13 纽约地铁

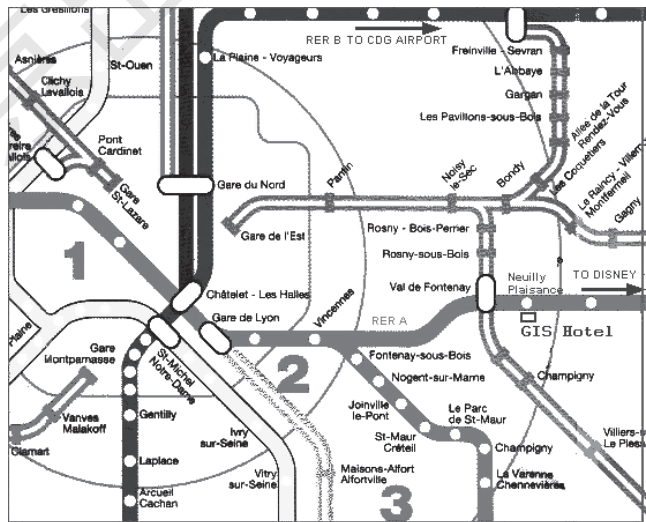


图 1-14 巴黎地铁

4. 东京地铁

日本东京第一条也是亚洲第一条地铁，于 1927 年 12 月通车。目前，东京地铁已拥有 13 条线路，线路总里程约 313 km，共设置车站 230 座，车辆保有量总数约 2 450 辆，年客运总量已突破 25 亿人次，是当今世界上地铁客运量最大的城市之一，发达程度居世界前列 (图 1-15)。

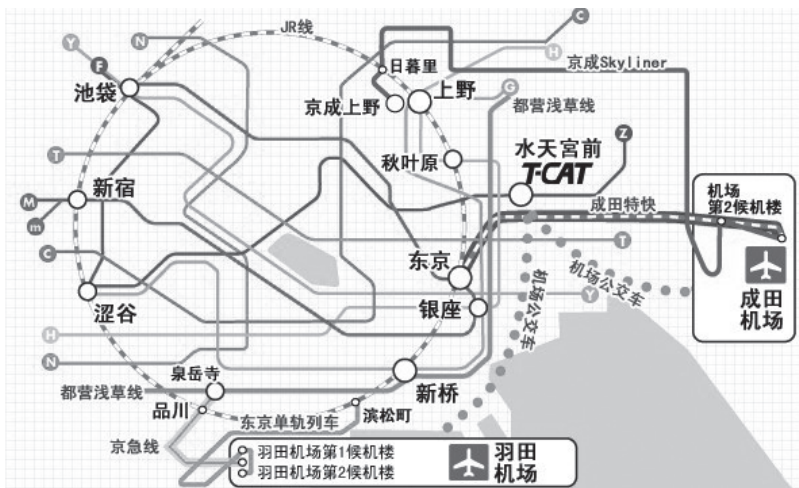


图 1-15 东京地铁

5. 莫斯科地铁

俄罗斯莫斯科的第一条地铁于 1932 年开始动工，线路全长约 12 km，共设置车站 13 座，到 1935 年 5 月建成通车运营。其建设速度之快，在当时是空前的。以后莫斯科的地铁建设就一直没有中断过，即使在第二次世界大战期间也没有停止。发展至今，莫斯科已拥有地铁线路 12 条，线路总里程约 278 km，地铁车站总数约为 170 座。莫斯科地铁一直被公认为是世界上最漂亮的地铁，其地铁站的建筑造型各异、华丽典雅。每个车站都由俄罗斯著名建筑师所设计，各有其独特风格与建筑格局，多用五颜六色的大理石、花岗岩、陶瓷和五彩玻璃来镶嵌各种浮雕、雕刻和壁画装饰，艺术水平较高，照明灯具十分别致，使旅行者有身临富丽堂皇的宫殿之感，享有“地下的艺术殿堂”之美称。而所有地铁终点站都与公共汽车、无轨电车和轻轨系统相衔接，有几座车站还与火车站相连接，为乘客提供了方便的换乘条件。目前，莫斯科地铁系统保有车辆总数约 4 000 辆，年客运量已突破 26 亿人次（图 1-16）。

（二）我国城市轨道交通的发展现状

1. 北京地铁

北京地铁规划始于 1953 年，工程建设始于 1965 年，最早的线路竣工于 1969 年，是我国的第一个地铁系统。

2013 年，北京地铁年客运量突破 36 亿人次，居全球第一，日均客流量过千万已成常态，这意味着北京地铁已成为世界上最繁忙的地铁系统。

为防止客流过于拥挤，北京地铁从 2014 年 12 月 28 日起执行新票价方案。6 km（含）内 3 元；6~12 km（含）4 元；12~22 km（含）5 元；22~32 km（含）6 元；32 km 以上每加 1 元可乘 20 km。

截至 2015 年年底，北京城市轨道交通系统拥有 18 条地铁线路，总里程达 554 km，是世界上里程仅次于上海的城市地铁系统，北京地铁工作日的日均客运量在 1 000 万



人次左右，年客运量达 34 亿人次，为世界客运量最大的城市轨道交通系统（图 1-17）。



图 1-16 莫斯科地铁



图 1-17 北京地铁

2. 上海地铁

上海地铁的第一条线路，上海轨道交通 1 号线于 1995 年 4 月 10 日正式运营，是继北京地铁、天津地铁建成通车后，中国投入运营的第三个城市轨道交通系统（港澳台除外）。上海轨道交通由上海申通地铁集团有限公司负责运营，按照上海市物价主管部门批复的轨道交通网络票价体系计价，有多种票价优惠政策和车票种类。

截至 2014 年年底，上海地铁线路达 14 条，运营总里程为 548 km，车站 367 座（不含上海磁浮示范运营线，3/4 号线共线段 9 座车站的运营路程不重复计算，多线换乘车站的车站数分别计数），日均客运量达到 1028.6 万人次，年总客运量超过 37.5 亿人次，成为全世界运营里程第一、客运量第二的城市轨道交通系统。

3. 总体情况

2015 年年底，我国有 26 个城市（港澳台除外）开通城市轨道交通运营线路，共计 116 条线路，运营线路总里程达 3 618 km（图 1-18）。其中，地铁约 2 658 km，占比达 73.4%；其他制式城市轨道交通规模约 960 km，占比达 26.6%。

其中，2015 年新增轨道交通运营里程约 445 km，地铁约 297 km，占比达 67%，其他制式约 148 km，占比达 33%。新增线路中其他制式占比持续增高，单轨、市域快轨和有轨电车等制式快速发展，中低速磁浮也实现了零的突破。城市轨道交通系统制式上呈现多元化的发展趋势，网络层次更加丰富，网络结构更加完善。

客运量方面，北京、上海、广州三大城市位于全国前列，三市贡献率占全国六成以上（图 1-19）。三市日均客运量达 600 万以上，形成第一梯队，城市轨道交通在城市公共交通中发挥了主要作用。深圳、南京、重庆、武汉四市位列第二梯队，日均客流量也超过百万量级。城市轨道交通在城市公共交通中发挥了骨干作用。

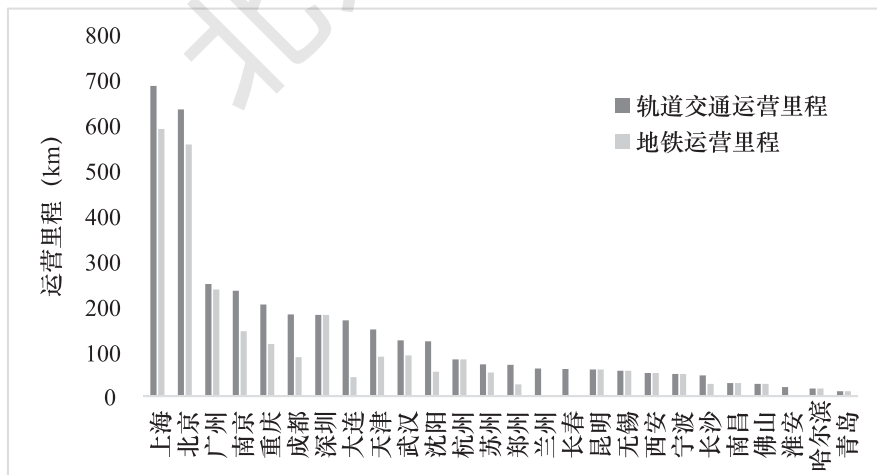


图 1-18 2015 年各城市轨道交通运营里程情况

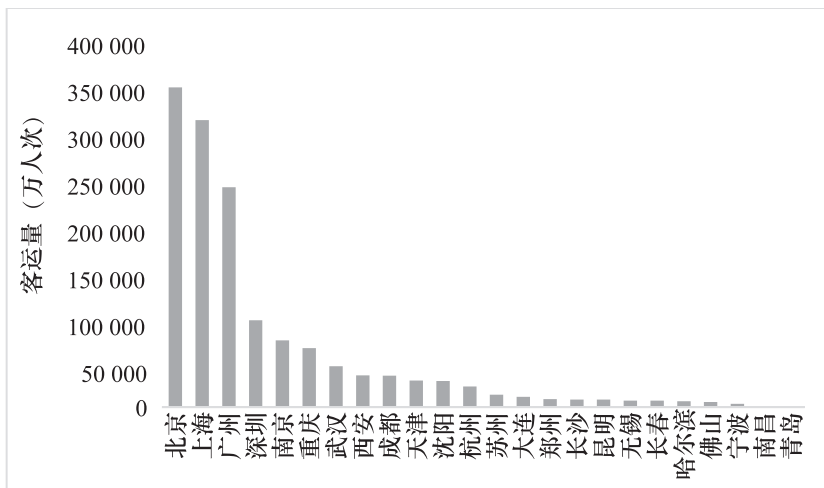


图 1-19 2015 年各城市轨道交通客流量

“十二五”期间，我国共建成投运线路 2 019 km。其中：2011 年 288 km、2012 年 399 km、2013 年 460 km、2014 年 427 km、2015 年 445 km。平均每年增加约 404 km，通车线路里程呈现迅速增长趋势。预计“十三五”期间我国城市轨道交通良好发展势头仍将持续，建成投运线路将超过 3 000 km，至“十三五”期末全国运营线路里程将达到 6 000 km 以上，城市轨道交通在城市发展和城市交通中的作用将进一步显现。一、二线城市的城市轨道交通将成为城市公共交通的主体，支持和引领城市的科学发展。

五、城市轨道交通的主要特征

城市轨道交通近年来得到大力发展，成为缓解城市交通拥堵的重要工具，其原因城市轨道交通具有不同于其他公共交通方式的突出优点。由于城市轨道交通有多种形式，其技术特征因各自的运能、速度、工程造价、营运费用及环境影响的不同而各不相同，从而能满足不同城市和地区对交通运输的不同需求。城市轨道交通共同的特征主要表现在以下八个方面。

(一) 运量大

城市轨道交通列车编组能力大，一般编组数量能达到 8 节。此外，交通行车间隔较短，且运行速度快。由此，城市轨道交通具有单向高峰小时运能大的优点。一般市郊铁路的单向高峰小时运能为 6~8 万人次；地铁单向高峰小时运能为 3~6 万人次；轻轨一般在 1.5~3 万人次；有轨电车达到 1 万人次。城市轨道交通运输能力远远超过公共汽车等其他公共交通方式。

(二) 速度快

城市轨道交通运营于轨道之上，具有相对独立的路权，特别是地铁，具有专用路





权。因此，轨道交通运行不受其他交通工具或者行人的干扰，列车在运行过程中只需根据限速情况，采用相对较高的速度运行。同时由于普遍采用高站台，旅客的乘降与换乘极为便利，大大压缩了站停时间，从而缩短了旅客出行的总时间。

（三）准点率高

城市轨道交通，特别是地铁，具有专用行车通道，相对于公共汽车与小汽车等，不受路面道路堵塞和恶劣天气的影响，行车干扰性小，列车基本能够实现按图行车，保证了较高的准点率。

（四）安全性好

城市轨道交通在专用线路上运行，没有平交道口，不受气候及其他交通工具的干扰，且普遍采用自动化程度高的通信信号控制设备，因此，极少发生交通事故，安全性非常好。

（五）运营成本低

城市公共交通服务于社会大众，其运营费用的高低，直接关系地方政府的财政补贴支出，因此，日常运营成本是政府选择交通运输方式的重要依据。城市轨道交通由于采用先进的电力牵引技术，且轮轨摩擦阻力较小，因此，与其他（如公共汽车等）交通工具相比具有运营成本低的优点。

（六）污染小

城市轨道交通由于采用电力牵引技术，与公共汽车相比，基本不产生废气污染，且有利于减少小汽车和公共汽车的数量，从而减少废气的排放量。由于线路（如地铁）和车辆普遍采用了降噪措施，因此，其噪声对环境的污染也可以得到有效控制。

（七）占地少

大城市人口集中、土地昂贵、地面拥挤，城市轨道交通则通过对地下和地上高架等空间的利用和开发，不占或少占地面街道，能有效缓解汽车等地面交通工具发展造成的道路拥挤和堵塞，有利于城市空间科学合理的利用。同时还可以缓解城市中心城区的拥挤和堵塞状况，提高土地利用价值，增加城市景观。

（八）舒适度高

城市轨道交通由于运行不受其他交通工具的干扰，且车辆运行特性较好，车辆和车站等场所一般都装有空调、通风、电梯、引导以及自动售票等各种服务设施，使旅客的乘车环境和条件比公共汽（电）车要舒适得多。



任务 2

城市轨道交通安全管理的认知

城市轨道交通是城市公共客运交通系统中的重要组织部分，服务于社会大众。城市轨道交通承担了城市内部大量的客运任务，其安全直接关系到人们的生命财产安全、社会的和谐稳定及发展。目前，城市轨道交通系统的公共安全问题已被世界各国纳入国家安全战略研究的范畴。城市轨道交通安全管理就是通过科学的手段和方法，对城市轨道交通系统中的人、设备和环境进行合理的管理，消除轨道交通系统中的不安全隐患，防患于未然将轨道交通事故扼杀在萌芽阶段，这对于提高城市轨道交通的安全性具有重要意义。

学习目标

1. 了解城市轨道交通安全管理的意义。
2. 掌握安全学科的基本理论。
3. 熟悉城市轨道交通安全管理的主要内容。

教学环境

课堂教学。

教学设施

多媒体教学、电子教案等。

理论模块

一、安全管理

(一) 安全管理的含义

城市轨道交通的运营过程，实际上是运输生产的过程，即通过列车运行、客运和乘务等一系列运输组织工作，完成乘客空间位移运输。因此，城市轨道交通安全管理实际上就是城市轨道交通的安全生产管理（图 1-20）。



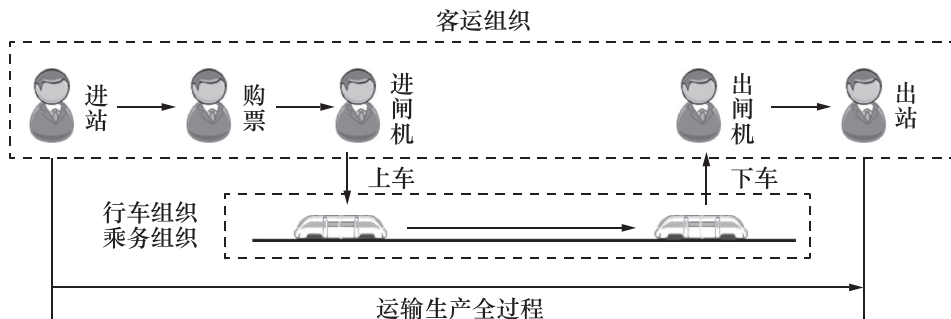


图 1-20 运输生产过程

城市轨道交通的安全生产管理是安全学科的一个分支，它针对城市轨道交通安全生产过程中的安全问题，运用有效的资源管理，发挥人们的智慧，进行有关计划、决策、组织和控制等活动，实现运输生产过程中人、设备与环境的和谐运行，最终达到安全运输的目的。

城市轨道交通安全管理的目标是：减少和控制运输过程中的危害，减少和控制事故的发生，事故发生后尽量避免或减少由于事故造成的人身危害、财产损失、环境污染和行车中断等。

城市轨道交通安全管理的基本对象是运输生产过程中的人、设备和环境。人是指涉及安全生产的所有人员，即车站人员、行车人员、乘务人员、管理人员等；设备是指运输生产过程中所有的设备，包括车站、轨道、车辆、机车等；环境是指运输生产所处的各类环境，包括外部环境和内部环境。

（二）安全管理的必要性

城市轨道交通的快速发展，为缓解城市拥堵起到极大作用。然而随着运营规模的扩大，运营里程的增长，城市轨道交通中的运营事故也越来越多。例如：2009 年 12 月 27 日、28 日长春轻轨连续发生两起运营事故，27 日 11 时 31 分，长春轻轨两列列车发生追尾，造成 46 人受伤，其中两人伤势严重，28 日 16 时 20 分，轻轨三期工程施工现场发生火灾，幸运的是未发生人员伤亡；2009 年 12 月 22 日，上海地铁 1 号线上海火车站发生两列列车侧向冲撞，造成 1 节车厢脱落，幸运的是没有造成人员伤亡；2011 年 9 月 27 日，上海地铁 10 号线发生两列列车追尾事故，造成 40 余人受伤。

城市轨道交通的快速发展，带来了更多的安全隐患，安全必须始终放在运输生产的首要位置，容不得半刻松懈。“安全第一，预防为主”是我国城市轨道交通系统运营的安全生产方针，因此，运营安全管理工作是城市轨道交通管理的重中之重。

1. 城市轨道交通运营安全影响重大

由于城市轨道交通行业的快速发展，其承担的客运量在城市公共交通中所占的比重越来越大，所以城市轨道交通运营过程中一旦发生事故，影响的乘客群体也是庞大的，且目前城市轨道交通为网络化运营模式，在此情况下，所发生的事故将影响到全



线乃至全网络，危害较大的事故必然对整个城市的地面交通造成较大压力，甚至影响到整个社会的和谐稳定。例如，1995 年的日本东京地铁毒气事件，日比谷线、千代田线、丸之内线 3 条线路的 5 节车厢均遭受毒气危害，导致 13 人死亡，约 5 500 人中毒，影响极其恶劣（图 1-21）。



图 1-21 日本东京地铁毒气事件

2. 城市轨道交通运营安全涉及面广

城市轨道交通运营涉及车辆、供电、通信、信号、机电设备、线路、员工、乘客以及周边社区环境等诸多因素，涉及面极广，其中任一环节出现问题，都有可能造成轨道交通运营事故，进而影响运输安全。此外，轨道交通承载的乘客是城市交通客流的重要组成部分，一旦轨道交通出现事故停运，其应承担而不能承担的客流必然对路面交通造成不可估量的影响。

3. 城市轨道交通运营风险较大

城市轨道交通系统站点多且分布广，如北京、上海等，其城市轨道交通几乎分布在城市各个角落。城市轨道交通一天的运营时间一般达到 20 小时，运营时间较其他交通方式更长，加之城市轨道交通行车密度较高、承载负荷较大，因此，城市轨道交通的运营风险更大，其运营安全更应受到重视。

（三）安全管理的意义

城市轨道交通安全管理的意义是多方面的，保障运营安全，既是对运输生产者自身生产质量的要求，也是社会赋予运输生产者的责任和义务。

1. 安全是城市轨道交通运营适应经济和社会发展的先决条件

城市轨道交通作为一种新型公共交通方式，在城市的公共交通系统中起到了重要作用。它更好地解决了城市传统交通方式（如道路交通）所存在的运量不足、污染严重和道路拥堵等一系列问题，为城市居民出行带来了极大的便利。

随着城市的发展，城市的人口聚集能力不断提高，对于城市交通的需求越来越大，同时为了保证城市的可持续发展，必须注重交通的集约性、经济性和环保性等特性。城市轨道交通具有运量大、成本低和污染少等特点，这使其成为城市未来发展必然选



择的工具，可见城市轨道交通是城市未来发展的先决条件。

城市轨道交通的发展对于带动城市经济发展作用显著，轨道交通车站沿线的房地产、商业开发为城市经济发展带来了动力，同时也为城市的空间再布局起到了引导作用。因此，城市轨道交通是城市适应经济发展的先决条件。

2. 安全是城市轨道交通运营服务最重要的质量保证

城市轨道交通运营的根本任务是将乘客安全及时地运送到目的地，其本质为运输生产，所以保证乘客的安全是运输生产的首要任务。运输生产质量包含安全工作质量，两者交互作用，互为因果。安全第一，质量第一，两个第一并不矛盾。安全第一是从保护生产因素的角度提出的，而质量第一则是从关心产品成果的角度而强调的。

3. 安全是城市轨道交通运营各项工作质量的综合反映

城市轨道交通线网复杂，车站数量多，分布密集。城市轨道交通运营系统是由车务、车辆、工务、机务和电务等专业部门组成的，犹如规模庞大的联动机不停地运转，作业环境复杂，项目繁多，情况多变。安全工作贯穿于运营生产全过程，涉及每个作业环节和人员，任何的差错和失误都会影响生产安全。因此，安全是城市轨道交通运营各项工作质量的综合反映。

4. 安全是城市轨道交通事业又好又快发展的重要保证

加快城市轨道交通运营事业又好又快发展，必须要有一个稳定的运营安全局面。安全形势不稳、不断发生事故，势必打乱运营秩序，扰乱总体部署，分散工作精力，社会舆论也会反应强烈，城市轨道交通事业就会处于被动状态，发展就失去了重要前提和基础。例如，在城市轨道交通运行控制技术改进方面，在确保电话闭塞安全的前提下，改进为固定闭塞，在固定闭塞安全运营的前提下，改进为移动闭塞。“7·23 甬温事故”导致高铁降速运行，就影响了技术的进步。因此没有稳定的安全形势，就很难发挥城市轨道交通运营高效快捷的优势，其发展必然受阻。

5. 安全是法律赋予城市轨道交通运营的义务和责任

为保证城市轨道交通运营的良好秩序，我国原建设部于 2005 年 6 月 28 日颁布中华人民共和国建设部令第 140 号《城市轨道交通运营管理办法》，并于 2005 年 8 月 1 日正式实行。该令对城市轨道交通的安全管理提出了严格要求。

《城市轨道交通运营管理办法》专门设置了第三章“安全管理”，对城市轨道交通安全管理的责任和义务做了明文规定，具体条文如下所述。

第十五条 城市轨道交通运营单位应当依法承担城市轨道交通运营安全责任，设置安全生产管理机构，配备专职安全生产管理人员，保证安全生产条件所必需的资金投入。

第十六条 城市轨道交通运营单位应当按照反恐、消防管理、事故救援等有关规定，在城市轨道交通设施内，设置报警、灭火、逃生、防汛、防爆、防护监视、紧急疏散照明、救援等器材和设备，定期检查、维护，按期更新，并保持完好。



第十七条 城市轨道交通运营单位负责城市轨道交通设施的管理和维护，定期对土建工程、车辆和运营设备进行维护、检查，及时维修更新，确保其处于安全状态。检查和维修记录应当保存至土建工程、车辆和运营设备的使用期限到期。

第十八条 城市轨道交通运营单位应当组织对城市轨道交通关键部位和关键设备的长期监测工作，评估城市轨道交通运行对土建工程的影响，定期对城市轨道交通进行安全性评价，并针对薄弱环节制定安全运营对策。

在发生地震、火灾等重大灾害后，城市轨道交通运营单位应当对城市轨道交通进行安全性检查，经检查合格后，方可恢复运营。

第十九条 城市轨道交通运营单位应当采取多种形式向乘客宣传安全乘运的知识和要求。

上述条文，分别从安全管理组织、安全管理技术、安全分析与评价等多个方面对城市轨道交通安全管理进行了规定，赋予了城市轨道交通运营单位相应的安全义务和责任。

二、安全管理的基本知识

(一) 基本概念

1. 安全

《牛津词典》中对于安全的解释是：不存在危险和风险。

第7版《现代汉语词典》对于安全的解释是：没有危险；不受威胁；不出事故。

两者对于安全的解释基本相同，但也存在差异，《现代汉语词典》对于安全的解释着重强调不受威胁，而并未强调绝对无危险。

因此，对于安全的解释可以归纳为两种：绝对安全和相对安全。

绝对安全是指没有危险、不受威胁、不出事故，完全消除能导致人员伤亡、死亡或造成设备财产破坏、损失，以及危害环境的各种因素。绝对安全是人们对于安全的早期认识，这种观点认为发生死亡、工伤、经济损失等的概率为零。而绝对安全在现实生活中是不存在的，是安全的极端理想状态。在实际生产中，每时每刻都存在危险，都可能发生事故，但多数情况下这些危险或事故所造成的危害应在可接受的范围内，由此引申出相对安全的概念。

相对于绝对安全，相对安全是指在生产过程中，能将人或物的损失控制在可接受水平的状态。换言之，安全意味着人或物遭受损失的可能性是可以接受的，若这种可能性超出了可接受的水平，则为不安全。相对安全具体可以理解为以下几点。

- (1) 安全，是指主观对客观实体安危状态的一种评判，具有主观随机性。
- (2) 安全，是相对的，绝对安全是不存在的，相对安全观被普遍接受。
- (3) 安全标准具有相对性。不同的时代，不同的生产领域，可接受的损失水平是不



同的。如改革开放初期的生产，与现在的生产在安全评价时对于环境的损害标准要求存在较大差异。

(4) 安全，依附于生产过程，伴随着生产过程的存在而存在。

(5) 安全，不是指系统瞬间的状态，而是指系统在某一时期、某一阶段的总体状态。

(6) 安全与危险相对，而非安全与事故相对。衡量一个系统是否安全，不能仅仅依靠事故情况。

2. 危险

危险是安全的对立面，它是指在生产活动过程中，因事故造成人、物、环境遭受损失的可能性超出了某一可接受范围的一种状态。安全与危险完全对立，系统越安全，危险程度越低；系统越危险，安全程度越低。具体可以理解为以下几点。

(1) 危险与安全一样，也是伴随生产过程的存在而存在。

(2) 危险与安全一样，也是系统在某一时期，某一阶段的总体状态。

(3) 危险意味着存在尚未为人所认识的，以及虽为人们所认识但尚未为人所控制的各种隐患。

(4) 危险包含在安全与不安全的矛盾过程中，是某些因瞬间突然发生而表现出来的事故及其结果。

3. 安全性

安全性是描述系统安全程度的客观量。安全性一般很难从正面进行描述，由于安全与危险相对，所以一般描述安全性前先描述危险性，则其反面即为安全性。

如果安全性采用符号 S 来描述，危险性采用符号 R 来表示，那么安全性 $S=1-R$ 。

4. 危险性

危险性是描述系统危险程度的客观量，通常也称为风险。描述系统风险一般要考虑两方面因素。

(1) 系统内有害事件或非正常事件出现的可能性，即系统发生事故的概率。

(2) 系统发生一次事故的后果，即事故的危害程度。

风险可用符号表示为：

$$R=f(p, c)$$

式中： R ——风险；

p ——事故发生的概率；

c ——事故发生后造成的损害程度。

可见，风险具有概率和后果两重性。

5. 可靠性

可靠性是指系统或设备在规定条件下一定时间内完成规定功能的能力。可靠性重点强调系统的能力，如某车站正常接发车的能力、列车正常驾驶的能力。



6. 事故

《牛津词典》中对事故的定义为：意外的、特别有害的事件。美国安全工程师海因里希认为，事故是“非计划的、失去控制的事件”。美国科学家伯克霍夫认为事故是人或个体在实现某种意图而进行的活动过程中，突然发生的、违反人的意志的、迫使活动暂时或永久停止的事件。

虽然事故的定义多种多样，但可以总结其通性。

- (1) 事故是违背人们意愿的一种现象。
- (2) 事故是安全的一种外在表现，安全被破坏，最终会引发事故。
- (3) 事故是不确定事件，其发生具有偶然性。
- (4) 事故发生原因：①可能未知；②可能已知但尚未为人所控制；③已经知晓，可以控制但未有效控制。
- (5) 事故一旦发生，往往造成较为严重的人、财产及环境等方面的损失。
- (6) 事故的内涵相当复杂，是在极短时间内相继出现的事件的累积。

7. 故障

故障是指系统或设备在工作过程中，不能完成预定功能的事件或状态。故障是可靠性的一种外在表现，可靠性被破坏，最终会导致故障。

导致系统出现故障的缘由一般为以下三点。

- (1) 设备或零件失去原有精度或性能。如列车行驶过程中的“镗轮”现象。
- (2) 设备或零件丢失。
- (3) 由事故引发的故障。如列车追尾导致的车辆故障。

8. 隐患

隐患指系统（或生产过程）中隐藏的人的不安全行为或物的不安全状态，或二者的组合，即隐藏的、可能导致事故的祸患。如列车的超速行驶、行驶列车超出检修期限等。具体可以理解为：

- (1) 隐患可能导致事故的发生，是事故发生的必要条件，即事故的发生，必然存在隐患。
- (2) 隐患一旦被识别，就要予以消除，或减少其被触发的概率。

9. 危险源

危险源是指可能导致人员伤亡、财物和环境损害等的潜在的不安全因素。危险源处于正常或者被限制的状态下，不会造成任何危害，一旦其处于不安全的状态或发生不安全的行为就会转变为隐患，进而引发事故并造成损失。具体可以理解为：

- (1) 危险源是事故发生的根本原因，是事故发生的激发因素。
- (2) 危险源处于不安全的状态或发生不安全的行为可转变为隐患。如列车为危险源，若超速行驶则可能引发脱轨、冒进信号等事故。

危险源一般分为两类。

(1) 第一类危险源是指产生能量的能量源或拥有能量的能量载体。如列车、火山、洪水、高压电等。

(2) 第二类危险源是指导致约束、限制能量措施失效或被破坏的各种不安全因素，包括人、物、环境三个方面。如列车超速、防护系统、屏蔽门等。

(二) 相互关系

1. 安全与危险

安全与危险是相对的，是一对此消彼长、动态发展变化的矛盾体，是伴随着生产过程共存的连续型过程（图 1-22）。

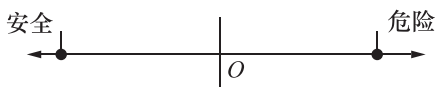


图 1-22 安全与危险的相互关系

安全性与危险性之间存在如下关系：

$$\text{安全性} + \text{危险性} = 1$$

2. 安全与事故

安全性程度越低，越容易引发事故，且造成的危害程度越高。但安全与事故并非相互矛盾，具体理解如下所述。

(1) 事故并不是不安全的全部内容，而只是安全与危险矛盾斗争过程中某些瞬间突变结果的外在表现。

(2) 系统处于不安全状态，不一定发生事故；系统处于安全状态，也不一定不发生事故。只是安全状态下，事故发生的概率低；不安全状态下，事故发生的概率高；事故的发生具有偶然性。

(3) 事故发生，系统不一定处于危险状态；事故不发生，也不能确定系统处于安全状态；事故不能作为判别系统安全与危险的唯一标准。

(4) 构成安全问题的矛盾双方是安全与危险，而非安全与事故。

3. 安全性与可靠性

安全性与可靠性是两个不同但又密切相关的概念。

不同点：安全性强调的是系统所处状态会不会造成严重后果，其特征指标为人员伤亡、经济损失或环境危害程度等。可靠性强调的是系统的稳定性，完成特定工作的能力，其特征指标为完成产品的数量与质量等。

关联性：安全性被破坏，会引发事故。而引发事故后，往往导致故障的发生，使得系统暂时或永久停止工作。反之，可靠性被破坏，系统会引发故障而无法正常运转，有可能进一步引发事故。如道岔发生故障，无法正常办理进路，可能引发列车挤岔或脱轨事故的发生。

总之，安全性与可靠性之间既有区别，又相互关联。

(1) 安全性指向的是系统造成的损害是否可接受，可靠性指向的是系统完成规定



功能。

(2) 安全性与可靠性之间存在正相关性, 安全性越好, 可靠性越高, 反之亦然。如城市轨道交通车站设计一般选用高可靠性材料, 以提高安全性和系统稳定性。

4. 事故、隐患与危险源

事故的发生, 与隐患和危险源之间存在密不可分的关系, 具体理解如下所述。

- (1) 事故是隐患发展的结果, 而隐患是事故发生的必然条件。
- (2) 事故总是伴随隐患的发展而发生在生产过程中。
- (3) 危险源处于不安全状态或发生不安全行为能够转换为隐患。
- (4) 危险源是导致事故发生的主要原因, 防止事故, 就是要消除、控制系统中的危险源。
- (5) 隐患是事故发生的直接原因, 是人们期望进行有效控制, 不能或未能进行有效控制的危险源。

总之, 提高系统的安全性, 减少事故的发生, 就必须消除隐患或减少隐患发生的概率, 消除和减少隐患, 就必须减少或控制危险源(图 1-23)。

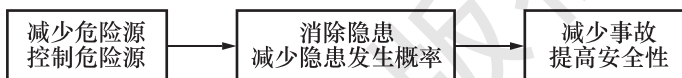


图 1-23 事故、隐患与危险源之间的关系

三、安全管理的主要内容

为保障城市轨道交通系统的安全, 世界上的城市轨道交通设计规范从建筑设计到设备装备方面都对地铁、轻轨的防灾和报警进行了比较严格的规定。然而, 城市轨道交通系统涉及的设备、人员及环境复杂, 仅仅对上述方面进行规定还远远不够, 需要从多方面同时入手, 相互配合。

城市轨道交通安全管理借鉴与安全系统工程的相关知识, 将城市轨道交通系统划分为人、设备、环境三大要素, 安全管理则通过对三大要素进行合理管理, 并相互协作, 进而达到整体安全运作的效果(图 1-24)。

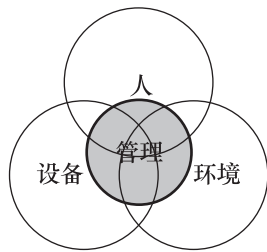


图 1-24 安全管理的内容

(一) 人员方面

人员要素是指城市轨道交通系统运营过程中涉及的所有人员, 包括运营工作人员, 也包括乘客。人具有主观能动性, 是运输系统的使用者和操作者, 其对于系统的安全具有主导作用。

1. 人员因素对系统安全的影响

(1) 人的主导性。人是设备的设计者、使用(控制)者和维护者, 正确地使用才能发挥其功效。



(2) 人的主观能动性。当意外情况发生时,人若是应对得当,仍可化解不安全因素,避免事故发生。例如,在 2010 年莫斯科地铁爆炸事故中,地铁员工、乘客以及有关救援部门表现出来的组织性和纪律性,以及工作的秩序性有效地控制了事故的进一步扩大,起到了积极的作用。相反,2003 年的韩国大邱地铁火灾事故,则是因为乘客缺乏安全防范意识而引发了大型火灾事故,同时地铁运营的管理者和作业人员也缺乏相应的职业道德和工作水平,最终导致惨案的发生。

(3) 人的学习和创造性。在事故发生后,人会进行学习和总结,进而改进方法,提高运输作业的安全性。

2. 对运营工作人员的安全管理

(1) 加强工作人员安全意识及应急处置能力的培养。城市轨道交通运营部门应注重对运营工作人员的安全意识的培养,努力提高其对安全隐患的识别能力和自身应对突发事件的处置能力。以广州地铁为例,广州地铁公司针对火灾事件提出了“5 分钟紧急应对”的思路,要求地铁各岗位员工、公安干警、各种应急部门在火灾事件发生后,做到“明确分工、各尽其责、沉着冷静、有条不紊”,尽可能在 5 分钟内控制或扑灭火灾,将火灾破坏控制在最小范围内。

(2) 加强工作人员的班组管理。良好的团队合作对组织里的每个成员都有激励和约束作用。在城市轨道交通系统中,要求团队发挥整体的工作效能,由此形成了各种作业“班组”的概念。

首先要注重班组人员的合理搭配。主要考虑班组成员之间要性格互补、能力互补、年龄性别互补等,使团队成员之间相互补充,有利于密切协作。

其次要加强班组的管理。安全管理必须让班组所有成员明白保证安全是全体成员的责任,发生事故、差错时承担的责任完全相同,立功受赏人人平等。只有“责任共担”的制度才能消除分歧,保证成员之间既分工又协作。此外,安全管理还须加强班组成员之间的沟通,沟通对于班组无异于血液循环对于生命有机体,对于保证成员之间的信息共享、增进合作具有重要意义。

3. 对乘客的安全管理

乘客是城市轨道交通的服务对象,乘客自身的行为也会影响整个系统的运营安全。乘客的不安全行为很容易导致事故的发生,如携带易燃易爆危险物品乘车、坠落站台、不规范排队等。发生事故后,乘客的安全意识薄弱,可能导致事故进一步蔓延,加重事故的后果,相反,若安全意识强,就会很好地应对任何突发事件,使事故能够尽快得到控制和处理。

2006 年 10 月 18 日,北京地铁 2 号线崇文门站 1 名男乘客跳下站台被撞身亡,导致地铁内环线路中断运营 50 分钟;2006 年 10 月 1 日,北京地铁 13 号线 1 名拾荒者在区间被撞,导致线路延误 40 分钟。

对乘客的安全管理主要从以下两方面进行。



(1) 规范乘客乘车行为。城市轨道交通运营单位应采用各种方法来规范乘客的乘车行为,提高乘车的规范性。如设立警示标志,对不能做的事情做出明确指示,若有违反,车站工作人员应及时制止,并进行安全教育,对违反安全相关规定情节恶劣者要进行处罚。例如,《上海市轨道交通管理条例》规定乘客在乘坐地铁时,若有强行上下车行为发生,最高被处 100 元罚款,乘客进站候车时提醒乘客不得越过候车黄线,等等。

(2) 加强安全宣传与教育。要通过各种方式对乘客进行乘车安全的宣传与教育,包括乘车安全行为,突发事件应急处置行为和乘客的危机主人翁意识教育等。如南昌地铁在站台和列车内,不断播放安全乘车行为的宣传片,以提高乘客乘车行为的规范性;又如全国首部地铁安全教育电视片《地铁安全第一线》,真实地模拟了地铁可能发生的各种紧急情况,用真人演示地铁火灾紧急报警器、屏蔽门手动解锁装置等十余种列车上及车站内常用应急设备的使用方式,以及五种紧急情况下乘客的疏散注意事项。

(二) 设备方面

设备方面指要保证地铁装备功能完善、性能优良、防灾抗灾能力强,车站和区间隧道建筑结构合理等,从而保证系统的运行安全。设备对于系统安全起到基础性保障作用,不仅要考虑结构、形状、大小、材料等方面考虑机器(设备)子系统自身的本质安全与可靠性,还要考虑仪表和控制部件是否“机宜人”等。



城市轨道交通设施设备
运行维护管理办法

城市轨道交通系统涉及的设备范围较广,对设备方面的安全管理主要把握以下几个方面。

1. 需具备完善的控制系统、监控系统、信息传递系统和安全保障系统

(1) 列车运行控制。

城市轨道交通列车在轨道上运行,列车运行速度快、制动距离远,须对列车运行进行安全控制和防护。

目前,列车运行控制有一套完整的安全控制系统,称为列车自动控制系统(ATC),包括列车超速防护、自动驾驶和运行监控三部分,通过科学地控制来保障列车的运行安全。

(2) 环境与设备监控。

城市轨道交通是一个庞大的系统,运营过程中的设备种类广泛,难以把握各项设施的运行状况,所以,有必要对系统的运行环境及各项设备进行监测和控制。如在地铁车站内部和过道外安装摄像头,可以实时察看车站及过道的安全情况;在车厢内安装监控摄像头,在驾驶室内安装监视器,司机可以对车厢内乘客的乘车状况进行实时察看,等等。



目前，城市轨道交通大都具备相应的环境与设备监控系统（BAS），可实时监控运输系统所有环境及设备的状况。

（3）咨询信息传输。

城市轨道交通相对封闭，遇到突发事件，信息较为封闭，难以及时传达，因此，也有必要设置专门的信息传输装置，实时传输应急信息，提高系统内部信息的传达响应速度。

目前，大部分城市轨道交通已具备相应的信息传输系统，如乘客咨询系统（PIS），可实时传输列车到达与车站应急信息等。

（4）其他安全保障。

城市轨道交通应根据需求设置各类安全保障系统。如电力监控系统，实时监控车站、区间、整个线路的电力供应情况；火灾自动报警系统，在车站、列车各位置安装相应的烟雾报警器，设置灭火器、消防栓、自动水喷淋装置，遇到火灾能自动报警和处置；综合监控系统，对系统内的整体情况进行综合监控；城市轨道交通控制与应急处置中心，集中控制和处置系统内的各类突发事件。

2. 需具备违禁物品的监测设备与系统

最近，国内外频频发生地铁和机场等公共场所的爆炸袭击事件，所以，有必要对乘客是否携带违禁物品进行严格监测。目前，很多地铁车站都存在安全程序不严，安检员睁一只眼闭一只眼的情况，一旦乘客携带易燃、易爆物品进站，极易引发爆炸和火灾事故，造成不可估量的损失。城市轨道交通应加强违禁物品监测，如在每个车站候车点安装探头，及时检测出乘客携带的可疑物品。在一些特殊节假日，客流量较大时期，甚至有必要出动防暴犬，在车站、车厢内加强乘客行车的安全检查，加大对各类危险品的查验力度（图 1-25）。



图 1-25 安检设备

3. 提高设备使用的安全管理水平

设备的使用必须规范化，在设备使用时须做好以下管理工作。

（1）实行操作证制度。人员错误操作，可能会导致事故发生，必须经过培训，考试



合格后方能发放相应设备操作证，无证者，一律禁止使用相关设备。

(2) 实行预防性维修制度。预防性维修指在尚未发生故障前对设备进行预防性检查与维修，清除设备或单元模块的缺陷和隐患。

(3) 坚持定期检查制度。组织人员对设备的运行、使用和保养情况进行定期检查，一旦发现异常，及时进行处理。

(4) 创造良好的设备使用环境。设备安装必须稳固稳定，设备所处的环境必须保持卫生清洁。

(5) 加强设备技术改造。对于安全性低、性能老旧的设备应及时更新换代。要严格按照国家相关法律法规要求，对明文规定淘汰的设备坚决不允予使用。

4. 需设置安全化的附属设施

为了给乘客在乘车过程中提供便利，地铁内布置了很多附属设置，如垃圾箱等。而这些设施极有可能成为恐怖分子制造灾难的渠道。

为避免发生危险事件，上海地铁用一次性垃圾袋取代了原来的垃圾桶；由于在西班牙马德里恐怖袭击中，手机成为恐怖分子引爆炸弹的重要工具，英国伦敦宣布，将对该市地铁车站安设手机信号接收天线的计划进行重新评估；为了降低突发事件可能造成的损失，俄罗斯有关部门在车内安装新式车窗玻璃，一旦发生爆炸，这种玻璃不会破碎，而是同窗框一起脱落。

(三) 环境方面

城市轨道交通系统的环境对安全有重要的影响。环境因素主要包括两个方面。

1. 外部环境：指噪声、粉尘、射线、温度、湿度、有害物质等，对人的行为和物的状态施加影响。

2. 内部环境：管理制度、班组结构、人际关系等，对人的行为有着重要的影响。

环境方面的安全管理主要包括以下几点。

(1) 外部环境安全管理。

①加强车站、区间通风控制。城市轨道交通系统运行环境相对封闭，加强车站、区间的通风控制，有利于提高工作人员的工作舒适度，同时也能提高列车、轨道等设备热量的疏散和温度的调节。

②噪声控制。城市轨道交通系统的噪声来源于多个方面，如列车运行、隧道通风和乘客引起的社会噪声等。对噪声进行有效的控制，可以为车站工作人员提供良好的工作环境。

③排烟控制。城市轨道交通车站大都位于地下，发生火灾时造成的人员死亡，大多数是因为烟气中毒、窒息。因此，排烟设计在城市轨道交通中尤为重要。

(2) 内部环境安全管理。

①塑造良好的人文环境。在班组之间多开展人文方面的活动，提高班组内部的人文气息。如苏州地铁车站调度组经常开展班组文艺活动，评选文艺之星，活跃工作



气氛。

②加强安全文化建设。企业文化是指企业全体员工在长期的创业和发展过程中培育形成，并共同遵守的最高目标、价值标准、基本信念和行为规范等。加强安全文化建设，有利于增强员工的企业自豪感，提高工作的积极性。

（四）管理方面

管理层面，安全管理工作的重点在于建立完善的安全保障体系，主要包括相关法律、法规及作业规范，相关管理制度等。

1. 建立完善的城市轨道交通作业规范

城市轨道交通运营管理业务广泛，作业复杂。规范化、标准化作业对于提高作业安全性具有重要意义，不规范的作业极易导致违规操作，进而引发事故。

建立完善的作业规范一般包含两个层面。

（1）制定作业标准文件。如《城市轨道交通运营管理办法》对运营相关业务进行了规范，对于各项违规行为进行了明文禁止。

（2）形成标准作业流程。各企业应根据需要，针对各业务形成标准的作业流程。如上海地铁列车司机，每日出勤前须开班前会检查司机精神状态，要做班前操，每次停站须进行各项检查并打相应手势等。

2. 建立完善的奖惩制度

建立完善的奖惩制度，对于优秀的安全应急处置行为，应给予奖励，激励有关人员再接再厉，为城市轨道交通安全做出新贡献。对于违规行为，引起安全事故的，应进行严厉处罚，以起到警示作用。

以上海地铁乘务员管理为例，上海地铁司机每日驾驶列车运行，若无任何事故发生，则其驾里程为安全驾驶里程；若出现事故，则根据事故等级，对驾驶里程做一定的里程扣除，扣除后的里程为安全驾驶里程。司机的星级评定与安全驾驶里程直接挂钩。

3. 建立完善的应急处置制度

事故一旦出现，及时有效地应急处置，能够对事故进行有效的控制，避免事故进一步扩大。在日常管理中，应根据各项作业的特点，充分考虑作业中可能出现的各类突发事件，包括自然的和人为的、内在的和外在的、可以预见和不可预见的，建立完善的应急处置制度，一旦事故突然而至，就能启动预警机制和处置系统，将事故控制在最小范围内。

4. 建立地铁紧急状况定期演练机制

建立地铁紧急状况定期演练机制，定期进行应急演练，可以提高突发事件下各岗位人员的应急处置能力。

2013年12月19日下午，在北京市交通委运输局的指导下，北京地铁公司在即



将开通的 8 号线南锣鼓巷站，进行了一次区间疏散应急演练。有 100 名普通乘客参与了演练的全过程。这是北京地铁公司首次邀请乘客参与这种区间疏散应急演练，此次演练模拟的场景是：列车车厢冒烟，乘客按下客室报警装置，司机通过监控发现列车第 5 节车厢有大量浓烟，列车无法自力运行，立即报告行调，调度命令故障列车区间疏散，8 号线南锣鼓巷站封站，6 号线南锣鼓巷站配合采取通过措施，8 号线沿线各站加强客运组织工作，利用广播、PIS、微博、网站发布故障信息等。

为了乘客安全和路网运营安全及尽快恢复运营秩序，北京地铁公司在新线开通前，都会按照计划进行有针对性的模拟演练，其中包括车站应急疏散、长时间无车的客流疏导和设备故障快速修复等，以应对可能出现的各种突发事件和故障，目的是使各岗位人员熟悉并掌握突发情况下本岗位的职责和工作程序。

任务 3

城市轨道交通安全管理的现状

城市轨道交通安全管理涉及人、设备和环境等多方面，安全管理工作需要根据实际情况进行不断的完善。目前，我国城市轨道交通对于安全管理已经做了很多工作，然而城市轨道交通运营具有动态变化性，乘客出行特征也在不断变化着，因此安全管理工作也须不断改进和完善。只有把握安全管理的现状，才能与时俱进，确保长期运营的安全。

学习目标

1. 了解各城市轨道交通安全管理的相关工作。
2. 熟悉目前城市轨道交通安全管理存在的问题。
3. 掌握城市轨道交通安全管理的具体对策。

教学环境

课堂教学。

教学设施

多媒体教学、电子教案等。



理论模块

一、城市轨道交通安全管理的相关工作

俄罗斯首都莫斯科发生地铁爆炸后，北京警方全面加大对地铁、轻轨等轨道交通车站的巡逻和安全检查力度，以确保首都公共交通的安全。这种严密的安检措施，将成为城市轨道交通运营企业的日常工作，并长期进行。

在 2010 年世博会前夕，上海对城市轨道交通安检也进一步加大管理力度，地铁安检要求“大包必检，小包抽检”，重点检查外来客行李、上班族大的手袋和快递员包裹等。据上海“百人快调”显示，73% 的市民认为安检措施很有必要。

广州地铁在所有运营线路上投入并使用多重安防系统，如地铁 5 号线就投入了三重安防系统，包括周界报警系统、闭路电视监视系统和广播系统三个子系统，能够全时间、全方位对人或动物在安全控制范围内进行视频和声音报警，有效地保障了地铁运营的安全。

深圳地铁每个站台都实行“包保”制度，即每个巡防员都被安排一定的安保区域，要求每 15 min 巡视一次，对于可疑人员或物品有权要求开包检查。对于爆炸品、危险品和有毒品都有严格的检查预防措施。

成都地铁设置一整套先进的安防系统，包括车辆安防、早期空气采样探测、爆炸物探测仪和排爆工具等。在火灾等紧急情况下，也将为乘客配置保障安全的防护用品。同时在地铁的车载电视以及电视、广播和报纸上，反复介绍乘坐地铁的安全常识与逃生方法，并发放安全手册。地铁车站还配备了安全锤等用具，以保证乘客的安全。

二、城市轨道交通安全管理存在的不足

（一）安全监督工作不到位

在我国的城市轨道交通安全管理工作中，缺少了防患于未然的预防工作，安全监督工作不到位。我国的诸多城市虽已建立了轨道交通，带动了城市交通的发展，但在交通发展的过程中没有按照轨道交通的发展模式进行预防和监督，没有将许多危险因素消灭在萌芽状态，由此给城市居民的生活带来了诸多的不便，甚至是威胁到了城市居民的生命财产安全。

（二）责任机制不完善

城市轨道交通安全管理工作中的责任机制不完善，尤其是在责任监管工作中，许多城市轨道交通安全管理负责人只注重自身的责任，或者是只注重相关领导者的责任，却忽视了相关工作人员的责任落实，没有将责任机制落实到实际工作人员身上，导致责任机制不健全。这样不利于我国城市轨道交通安全管理的进一步发展和完善，也有



碍于城市轨道交通安全的全面化管理。

（三）技术支持不足

技术支持不足在我国的城市轨道交通安全管理工作中是一个重要的影响因素，导致了我国城市轨道交通安全管理工作难以进行。在我国的发展过程中，城市安全监督需要在工程建设和运营的时候有一定的技术支持，目前我国城市轨道交通的建设，虽然已经具备了一定的技术，但是，与世界上其他国家的城市轨道交通建设相比，无论是在工程建设方面，还是在日常运营方面，还是存在着一定的技术差距，这些问题正影响着我国的城市轨道交通安全管理工作的进行。

三、城市轨道交通安全管理有待加强的工作

针对我国城市轨道交通安全管理中存在的一些问题，要在以下几个方面加强管理。

（一）强化安全监管

在城市轨道交通安全管理中，安全监管工作十分重要，需要在不同的方面进行监督和管理，使安全问题成为人人关注、人人重视的问题。

1. 要强化事前的预警和管理。事前的安全预防和监管是促进监管工作进一步完善的基础环节，即在城市轨道交通正常运行时候要将可能发生的风险进行详尽的规划和预案，使预案工作尽可能地完善，这样就能将许多危险因素消灭在萌芽的状态。

2. 强化事中监管。强化事中监管是对城市轨道交通运行过程中的一种监管，即使有完善的技术支持，安全监督也不能够完全避免安全问题的出现，因此，要针对安全问题的发生过程进行监管，当安全问题出现的时候要尽可能地快速处理，使安全问题得到最大限度的解决。

（二）强化责任机制

城市轨道交通安全管理是一个综合性的整体，在管理的过程中需要进行全面的管理和监督，这就需要将责任落实到各个方面，也就是说，强化责任机制是我国城市轨道交通安全管理工作需要做的第一步。如在线路运营管理中要体现出责任机制，在生产作业中要体现出安全责任意识。我国需要在城市轨道交通安全管理过程中进一步强化责任机制，将责任机制落实，展现出安全管理的切实性和可行性。

（三）强化技术支持

强化技术支持是完善城市轨道交通安全管理的又一个方面。

1. 技术支持要体现在运营管理的各个作业中。在运营管理过程中要充分运用先进的技术，这样才能使城市轨道交通顺利、安全地进行运营。

2. 在监督管理上要强化技术支持，即建立相对完善的技术网络体系，将有关城市





轨道交通安全管理的一切工作纳入其中，使之形成一种完善的网络体系，这样就能够在全范围内进行监管，使其得到良好的运用和拓展。

3. 要强化工作人员的技术掌握和操作能力，使进行相关工作的有关人员能够精准地掌握相关的技术，使其技术水平得到迅速的提升。

实训 1

1. 实训任务

以地铁司机日常工作为对象，了解司机日常的基本作业标准，进而掌握安全管理的相关现状。

2. 实训目的

让学生充分掌握安全管理的现状。

3. 实训要求

- (1) 学生 5 人为一组模拟司机班组，老师模拟司机班组长；
- (2) 模拟乘务员日常工作。

4. 实训环境

课堂教学。

5. 实训指导

指导教师讲解司机日常工作，并培训司机用到的基本手势。

6. 实训考评

从动作的准确性及作业的流程和完整性方面进行评价。

思考与练习

1. 城市轨道交通系统的含义是什么？
2. 按技术特征分类，城市轨道交通系统主要有哪些种类？
3. 城市轨道交通的主要特征是什么？
4. 写出安全性与可靠性的含义及区别。
5. 写出隐患与危险源的关系。
6. 城市轨道交通系统安全管理的含义是什么？
7. 城市轨道交通安全管理现状存在哪些不足？