

项目 1

城市轨道交通车辆基础知识

学习目标

- (1) 掌握城轨交通的类型,了解我国城轨交通的发展概况。
- (2) 掌握城市轨道交通车辆的分类、组成和技术特点。
- (3) 掌握城市轨道交通车辆的重要性能指标。

任务 1.1 城轨交通的类型与发展

城市轨道交通系统(urban rail transit mass system 或 transit system)简称城轨交通,包括地铁、城市轻轨交通、城市独轨交通、城市磁悬浮交通、新交通系统等。城轨交通可定义为:建设在城市内,在固定轨道上运行并主要用于城市客运的交通系统。

城轨交通具有线路固定、编组运行、运量大、速度快、电力牵引、环保、隔离路权等特点。广义的城轨交通是指以轨道运输方式为主要技术特征,在城市公共客运交通系统中具有中等以上运量的轨道交通系统,它是主要在城市内进行公共客运服务的一种现代化立体交通系统。城轨交通是近代高科技的产物,其采用性能优良的电动车组,无污染,低噪声,享有“绿色交通”的美称。

1.1.1 城轨交通的主要类型

1. 地铁

“地铁”是“地下铁道交通”的简称,它以电力作为牵引,是单向高峰小时客运量在 30 000~70 000 人次的大容量轨道交通系统。其线路通常设在地下隧道内,在城市中心以外地区也可从地下转到地面或高架桥上。广义的地铁车辆不仅指在地下隧道内运行的车辆,还包括在地面封



闭线路或高架桥上运行的规格类似的电动车辆。

地铁车辆的主要特点如下:

(1)大部分线路建于地面以下。在市中心区,车站和区间线路均设于地下;当线路延伸到近郊时,常采用高架或路堤形式,以节约线路建设的投资。

(2)建设费用高,耗时周期长,成本回收慢。新建地铁线路投资一般在 3.5 亿元/km 以上;建造一条新地铁线路需 5~10 年,成本回收需 20~30 年。

(3)地铁列车编组一般为 2~8 辆,站台长度一般为 100~200 m,站间距一般为 0.5~1.5 km。地铁列车编组按地铁车辆有无动力可分为动车与拖车,通常采用动车与拖车混合的方式编组。

(4)地铁列车的受电制式有直流 750 V 第三轨受电或直流 1 500 V 架空线受电弓受电。现代化的地铁列车一般采用直流 1 500 V 架空线受电弓受电,以减少线路电压降和电能损失,提高列车再生制动的电能回收率。

(5)行车密度大、速度快。地铁线路全隔离、全封闭,可以实现行车调度、信号控制的自动化,行车间隔最短为 1.5~2 min,车辆最高时速超过 90 km,旅行速度可达 40 km/h。

(6)客运量大。单向运能可达每小时 6 万~8 万人次。

(7)地铁车辆对消声、减振和防火有严格的要求,对节能也有一定的要求。

2. 城市轻轨交通

城市轻轨交通是在信号自动控制和集中调度的配合下,快速而安全地完成中等运量的客运任务,客运量介于地铁和公共汽车之间的轨道交通形式。城市轻轨交通是在有轨电车的基础上发展起来的,较有轨电车采用了线路隔离、自动化信号、调度指挥系统和高新技术车辆等措施。城市轻轨交通的轨道和车辆都是轻型的,运输系统相对简单,适用于中等运量的城市客运交通。城市轻轨交通在市中心可以采用高架或地下线路的方法建设。

由于城市轻轨交通具有投资省、建设周期短、运能高、灵活等优点,能满足运量大、速度快、安全、准点的要求,所以近年来世界各地轻轨交通得到迅速发展。

城市轻轨交通具有以下特点:

(1)通过转向架承载,轴重为 10~12 t,可以通过直流电动机或交流电动机提供牵引动力。

(2)建设费用低,通常轻轨交通每千米造价仅为地铁的 1/5~1/2。

(3)单向运能可达每小时 20 000~40 000 人次,介于地铁和公共汽车之间,属于中等运能的公共交通。

(4)轻轨线路可以分为地面、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。在交叉路口处,采用立体交叉形式,保证车辆以较高速度运行。

(5)轻轨交通车辆有单节 4 轴车、双节单铰 6 轴车、3 节双铰 8 轴车等,每组车既可以单节运行,也可以连挂编组成列。

(6)轻轨交通车辆能够通过小半径曲线($R=50\text{ m}$)和大坡度(60‰~70‰)地段。

(7)对车辆和线路的消音与减振有较高要求。车辆一般采用弹性车轮、空气弹簧、自导向径向转向架和迫导向径向转向架等,可降低车辆运行和通过曲线时的噪声。线路一般采用无缝长钢轨线路、弹性钢轨扣件和路基弹性层,可降低噪声和实现振动传递。



(8)轻轨交通供电的电压制式以直流 750 V、架空线或第三轨供电为主,部分采用直流 1 500 V 或直流 600 V 供电。

(9)轻轨车站分为地面、高架和地下 3 种形式,与地面道路可以部分混行,也可以完全隔离。

3. 城市独轨交通

城市独轨交通是在特制轨道梁上运行的中等运量的轨道运输系统,是车辆与其专用轨道组成一体的交通工具。轨道梁不仅用来承受车辆的质量,还是车辆导向轨。城市独轨交通有跨座式和悬挂式两种类型。

(1)城市独轨交通的优点。

①能够实现大坡度(60‰)和小曲线半径(50 m)安全运行,这就使得在独轨铁路选线时可绕过城市的建筑物。

②占地面积小。独轨交通轨道结构较窄,可架设在道路上方,在市区,可设在道路中间绿化带上方,通过支柱铺设轨道梁,线路支柱占地宽度仅为 1.0~1.5 m,可减少建设线路所必需的拆迁。因此,独轨交通适宜在大城市的繁华中心区建设,对城市景观影响较小。

③建设工期短、施工简便、造价低。由于独轨线路构造较简单,标准轨道梁可采用工厂预制、现场拼装的方法,因而独轨交通建设工期短,施工简便。独轨交通建设费用较低,仅为地铁的 1/3 左右。

④独轨车辆编组一般为 4 辆,最高行驶速度为 80 km/h,旅行速度为 35 km/h(悬挂式的为 25 km/h)。单向运能可达每小时 10 000~30 000 人,属于低、中运量,介于轻轨交通和公共汽车之间。

⑤运行噪声低。独轨车辆的走行装置采用空气弹簧和橡胶轮结构,采用电力驱动,故噪声低,无废气,乘坐舒适。

⑥独轨架于空中,视野宽广,可以起到交通和旅游观光的双重作用。

⑦运输安全,无脱轨事故。由于车辆与轨道的特殊结构,在轨道梁两侧均有起稳定作用的导向轮,能保证车辆安全运行,无脱轨危险。

(2)城市独轨交通的缺点。

①走行装置采用橡胶轮,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增加 40%,且有轻度的橡胶粉尘污染。

②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。

③列车运行至区间时若发生事故,疏散和救援工作困难。

④独轨线路不能与地铁、轻轨等接轨。

4. 城市磁悬浮交通

磁悬浮列车是一种靠磁悬浮力(磁的吸力或排斥力)来推动的列车。它依靠轨道的磁力悬浮在空中,行走时不需接触地面,因此运行时只受来自空气的阻力。磁悬浮列车的最高速度可达每小时 500 km 以上,比轮轨高速列车要快得多。磁悬浮技术的研究源于德国。德国工程师赫尔曼·肯佩尔于 1922 年提出了电磁悬浮原理,并于 1934 年申请了磁悬浮列车专利。

磁悬浮交通一般分为高速超导型(最高速度为 550 km/h)、中速超导型(最高速度为 250 km/h)和低速超导型(最高速度为 100~120 km/h)。磁悬浮交通的特点是运行中完全脱离传统的轮轨



关系,噪声极低,仅有空气摩擦声和电气产生的噪声;无黏着限制,可实现最大的启动加速度和制动减速度;可在大坡度线路上运行;机械振动小;舒适性和平稳性高;维修费用低。城市磁悬浮交通系统采用电力驱动,牵引、制动采用交流直线电机,进行调频调压控制。磁悬浮交通采用电磁铁调压控制,依靠磁力自导向,列车编组与地铁相近。其最大的缺点是列车发生事故后救援困难。

5. 新交通系统

新交通系统是指车辆采用橡胶轮承载、电气牵引,在有特殊导向的专用轨道梁上运行的系统。新交通系统中的车辆在线路上可无人驾驶自动运行,车站无人管理,完全由中央控制室的计算机集中控制。新交通系统与独轨交通系统有许多相同之处,如采用高架线路,列车编组2~6辆,单向运能每小时10 000人次左右。新交通系统与独轨交通最大的区别在于除有走行轨外,还设有导向轨,自动化程度高。新交通系统的导向系统可分为中央导向方式和侧面导向方式。

凡是能够满足地区多样化的交通运输需求,使线路和车辆提供最高的运输效率与良好的服务质量的公共运输系统及设备,都可认为是新交通系统。这种轨道运输系统多数设置在道路及公共建筑物的上部空间,具有中等运量,从系统运行特征上分析,也可以称为导轨式交通系统。

1.1.2 我国城轨交通的发展

我国的城轨交通工作自20世纪50年代开始筹划。1965年7月,北京市开始兴建中国第一条地铁。我国城轨交通经历了70年的发展,总结其发展过程,大致经历以下几个阶段:

1. 起步阶段

20世纪50年代,我国开始筹备地铁建设,规划了北京地铁网络。我国在1965—1976年建设了北京地铁一期工程,随后建设了天津地铁,上海市自20世纪60年代开始进行地铁的研究和试验,并建成一段试验段,后来被迫终止。这一时期修建地铁的主要目的是用于备战,费用完全靠政府补贴。

2. 开始建设阶段

20世纪80年代末至20世纪90年代初,由于城市规模限制及道路等基础设施比较薄弱,北京、上海、广州等特大城市的交通问题非常突出。以上海轨道交通1号线、北京地铁1号线东段和地铁一期工程改造、广州地铁1号线等建设项目为标志,我国内地真正以城市交通为目的的地铁项目开始建设。

3. 建设高潮开始阶段

进入20世纪90年代,随着上海、广州地铁项目的建设,一批城市(包括沈阳、南京、重庆、武汉、深圳、成都、青岛等)开始计划建设轨道交通项目,并完成了大量的前期工作。

4. 调整阶段

由于各大城市要求建设地铁的项目较多,且建设地铁项目的工程造价较高,1995年12月,国务院发文暂停了地铁项目的审批,并要求做好发展规划和国产化工作;同时,国家计划委员会(现更名为国家发展和改革委员会)开始研究制定城轨交通设备国产化政策,1997年年底提出将



深圳地铁 1 号线、上海轨道交通 3 号线和广州地铁 2 号线作为国产化依托项目,并于 1998 年批复了上述三个项目的立项,从此城轨交通建设项目重新开始启动。

5. 建设高潮阶段

随着积极的财政政策的实施以及进一步扩大内需,国家于 1999 年开始陆续批准一批城市轨道交通项目开工建设。1999 年以后,国家先后审批了深圳、上海、广州、重庆、武汉等 10 个城市的轨道交通项目开工建设,并投入 40 亿元国债资金予以支持。据《城市轨道交通 2019 年度统计和分析报告》统计,截至 2019 年年底,中国大陆地区共有 40 个城市开通城市轨道交通运营线路 208 条,运营线路总长度 6 736.2 km。



典型案例

由于本书的核心内容是城市轨道交通车辆技术的基础知识与技能,下面将就城市轨道交通车辆的发展和车辆检修的基础知识进行学习。

1. 城市轨道交通车辆的发展概述

(1)车体。城市轨道交通车辆的车体结构从最初的木制车体到 20 世纪初采用钢制车体;1952 年,伦敦地铁开始采用铝合金车体;1958 年开始采用不锈钢车体;目前,车体已经发展为铝合金大型挤压型材或不锈钢整体承载车体轻型结构。

(2)车辆牵引。牵引方式从 1863 年的蒸汽机车牵引,到 1890 年的电力机车牵引,到 1896 年由安装在转向架上的直流电动机实现牵引,再到 20 世纪 60 年代出现的斩波调压车辆,1977 年柏林地铁开始采用交流电动机传动并发展了变压变频(variable voltage and variable frequency, VVVF)技术。

(3)制动。制动最早采用车长手制动方式,1875 年开始采用真空制动机,1890 年开始使用威斯汀豪斯自动制动机,之后逐步发展为电气和空气的联合制动,电气制动继而实现了再生制动,近年来空气制动进一步发展了计算机控制模拟制动机。

(4)车辆走行部。车辆走行部最早采用二轴或四轴轮对,1904 年开始采用转向架,1950 年开始采用螺旋弹簧和液压减振器的联合减振装置,20 世纪 50 年代末出现了由压型钢板焊接成的轻型转向架构架。目前,构架发展为焊接结构、二系悬挂采用空气弹簧、无摇枕转向架。

(5)车辆控制及驾驶。随着计算机技术的发展和应用,实现了对列车及车辆各个系统的计算机网络自动化控制和故障自我诊断。特别是自动驾驶技术的发展,使列车实现了自动驾驶。

2. 城市轨道交通车辆的修程

城市轨道交通车辆检修制度是车辆安全、可靠运行的基本而重要的保障,也是确定城市轨道交通车辆检修体制,保证车辆检修工作顺利进行的基础。城市轨道交通车辆检修制度对车辆修程的类型和等级、实施修程的车辆走行公里或时间、完成修程的车辆停运时间做出具体规定。

目前,我国城市轨道交通车辆多采用定期预防性维修,其修程及检修周期的依据是车辆及其设备、零部件产生磨损和发生故障的规律。而车辆产生磨损和发生故障的规律又与车辆的技术水平、运行条件、检修技术密切相关。车辆设计和生产的模块化、集成化程度的逐步提高,使得车辆的设备、部件和零件具有良好的互换性,这就使车辆在运行可靠性得到提高的同时大大减少了



车辆的检修量,并为采用部件互换性方式提供了有利条件,可以大大缩短车辆检修的停运时间。与此同时,车辆部件朝着少维修、免维修方向发展,也延长了它们的维修周期。车辆采用微机控制和故障诊断技术,以及对车辆一些部件进行在线自动测试技术的应用,又使对车辆一些部件的检修逐步朝着状态修的目标迈进。

各运营单位都对车辆零件的磨损、车辆设备和部件的故障进行记录、统计、分析,在总结车辆运行、检修实践经验的基础上,对车辆的修程、检修周期、检修停运时间不断进行优化;对检修制度进行改革,制定新的修程;并逐步向均衡计划维修方式过渡。

以天津地铁为例,天津地铁1号线主要有日检、月修和定修三种修程。天津地铁在充分掌握车辆零部件最小检修周期和使用期限的基础上,对车辆的设备、设施及车辆检修的组织和管理方式不断进行完善和革新,并对各种检修内容进行调整。

在制定出城市轨道交通车辆的修程以后,就要根据车辆主要零部件的检修等级、检修范围和检修周期,以及一般零部件的检修,制定每个修程的检修规程。检修规程规定了零部件的检修范围及相应的技术要求。技术要求包括磨耗件的使用限度、零件的几何间隙允差、电气设备的整定值、重要紧固件的紧固扭矩等。为保证检修后达到技术要求,检修规程还对检修所必须使用的工器具和检修的方法做出了具体规定。

3. 维修基地

城市轨道交通车辆采用计划预防维修和按技术状态事后临时维修相结合的制度,设有日常维修和定期维修两部分。城市轨道交通运营单位根据修程对城市轨道交通车辆进行的各级检修工作必须在专门的车辆检修基地进行。列车退出运营后也要进入检修基地进行洗刷、清扫、测试等工作。因此,维修基地是地铁车辆停放、检查、维修、保养和检修的专门场所,是保证城市轨道交通车辆保持良好的技术状态和城市轨道交通正常运营的重要基础。

维修基地以车辆运用、检修为主,但考虑到地铁系统管理的需要,方便组织地铁各专业的维修工作,可以将工务、通信、信号、电力等专业的维修与车辆检修基地一并考虑,这样有利于协调各专业接口,对各专业维修工作进行有效的协调管理,可以合理规划、统一使用场地和设备,节约土地和投资,同时也有利于实现计算机网络的现代化管理。

维修基地根据功能及规模的大小可划分为停车场和车辆段。

(1)停车场。停车场是车辆停放的场所,承担的任务有车辆的停放、清扫以及车辆列检等工作,停车场所在正线运营列车的故障处理和救援工作,遇到车辆重大临修的情况可采用部件互换的修理方式。停车场应根据需要配备车辆运用、整备和日常检查维修及配套设施,主要有停车列检库、不落轮镟轮库、调车机库、试车线等各种辅助线路,调车机、不落轮镟床、洗车机和车辆救援设备,以及为车辆重大临修服务的架车机、起重机等。

(2)车辆段。车辆段除具有停车场的功能外,还是对轨道交通车辆进行较大修程的场所。车辆段具有以下功能:承担所属线路的车辆停放、清洁、列检工作;承担所在线路车辆的定修(年检)、检查维修和临修工作;承担所属线路和多条联络线互相沟通的线路的车辆架修、大修工作;承担车辆部件的检测、修理工作,满足车辆各修程对互换部件的需求。其维修能力的设置也可使其成为地铁网络的车辆部件维修点,为其他车辆段服务。车辆段在停车场的基础上增加了车辆架修、大修的设施设备,车辆主要检修方式采用部件互换修。



4. 车辆的计划维修

城市轨道交通车辆的计划维修是按照车辆的运营里程数或运营时间,对车辆进行不同等级的周期性维修。一个科学的计划维修模型的建立及检修项目和技术标准的制定,是城市轨道交通车辆安全、准点运营的重要保障,同时也将最大限度地降低城市轨道交通车辆段的维修成本。城市轨道交通车辆的计划维修从日检到大修,一般分为日检、双周检、月修、定修、架修、大修六级修程。各级修程内容的制定应遵循高一级修程包含低一级修程内容的原则,并且在各类磨损件和消耗件限度标准的制订上,必须保留足够的使用余量至下一个修程。

例如,天津地铁 1 号线在运营初期采用了日检、月修、定修的修程体系,经过几年的实践,各级修程在电动车辆的使用率、降低车辆库停率和提高检修质量方面都取得了良好的效果。

(1)日检。日检是对当天参与运营回库的电动列车所进行的检修维护,是最初级的检查。其主要目的是对主电路中的受电弓、牵引电动机,走行部分的转向架构架、轮对、齿轮箱及联轴节、车载设备的控制单元及各类信号、指示灯等进行检查,其中除控制单元的检查外,其余多以目测检查为主,以保证列车走行部分的安全和电气控制性能的良好。

(2)月修。月修是对运营时间或运营里程分别达到一个月或 15 000 km 的电动列车所进行的检修维护。月修的主要目的是对主电路中的受流器、牵引电动机及其他箱体,走行部分的转向架构架、轮对、齿轮箱及联轴节、车载设备的控制单元及各类信号、指示灯等进行检查,以保证电动列车走行部分的安全和电气控制性能的良好及易损耗件具有足够的工作尺寸。

(3)定修。定修是电动列车运营里程每达到 150 000 km 或者运营时间达一年时所进行的检修。在定修中要求对车顶、车顶部件和车下部件(如受流器、电器箱、转向架及牵引电动机等)进行外表清洁,应做好电器箱的防水密封工作并选用合适的清洗剂,以防止对车厢外表及橡胶件产生腐蚀。

任务 1.2 城市轨道交通车辆的分类、组成和技术特点

1.2.1 城市轨道交通车辆的分类

1. 按车辆上的安装设备分类

为方便管理和维护,城市轨道交通车辆可以按照车辆上的安装设备进行分类。例如,上海地铁 1 号线、2 号线的车辆分为 A、B、C 三类车。其中,A 车,即拖车,车的一端设有司机室;B 车,即动车,车顶上装有受电弓;C 车,即动车,车下装有一套空气压缩机组。

2. 按车体宽度和驱动方式分类

城市轨道交通车辆按车体宽度和驱动方式可以分为两类、六种车型。

(1)黏着牵引系统。

①A、B 型车,车体宽度为 3.0 m、2.8 m 的四轴系列车型。

②C、D 型车,车体宽度为 2.6 m,车地板不同高度的铰接车系列车型。



③单轨胶轮车,车体宽度为 3.0 m 的跨座式单轨胶轮系列车型。

(2)非黏着牵引系统。L 型直线电机车辆系列。

3. 按车辆的牵引控制系统分类

城市轨道交通车辆按车辆的牵引控制系统可以分为交流变压车和变频车。

4. 按车体材料分类

城市轨道交通车辆按车体材料可以分为不锈钢车、铝合金车和耐候钢车。

5. 按受电方式分类

城市轨道交通车辆按受电方式可以分为受电弓车、受流器车、受电弓加受流器车。

6. 按电压等级分类

城市轨道交通车辆按电压等级可以分为直流 1 500 V 和直流 750 V。

1.2.2 城市轨道交通车辆的组成

典型的城市轨道交通车辆的外形如图 1-1 所示。



图 1-1 典型的城市轨道交通车辆的外形

城市轨道交通车辆主要由以下几部分组成:

1. 车体

车体是城市轨道交通车辆的基础框架和主体,其主要作用是运载乘客,为司机提供驾驶空间,承受车辆各种载荷,安装传动机构、电气设备和服务设施。城市轨道交通车辆的车体一般采用整体承载的钢结构或铝合金、不锈钢等轻金属结构,以便在满足强度、刚度要求的前提下最大限度地减轻自重。

车体由车顶、底架、端墙、侧墙、车窗、车门等组成。城市轨道交通车辆的车体服务于市内公共交通,因此车内座位少,提供站立的空间相对大一些。

2. 转向架

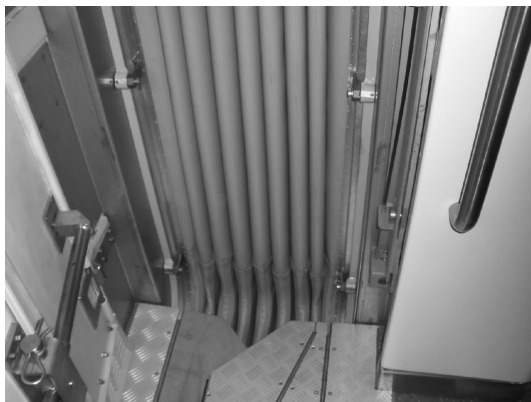
转向架是城市轨道交通车辆的走行装置,安装在车体与轨道之间,用来牵引和引导车辆沿轨



道行驶,承受、传递车体与轨道之间的各种载荷并缓和其动力作用,是保证车辆运行品质的关键部件。转向架一般由构架、轮对轴箱装置、弹簧悬挂装置、制动装置等组成。城市轨道交通车辆转向架有动力转向架和非动力(拖车)转向架之分,动力转向架装置包括牵引电动机和传动装置。

3. 牵引缓冲连接装置

城市轨道交通车辆的编组必须依靠车钩和贯通道。其中,车钩是用来连接车辆,传递纵向力的装置。车钩上安装有缓冲器,可缓和纵向冲击力。通过车钩还可将车辆之间的电路和空气管路进行连接。贯通道位于车辆两车厢连接处,有防雨、防风、防尘、隔音、隔热等功能,能方便乘客在各车厢之间穿行。城市轨道交通车辆一般采用密接式车钩和宽体式贯通道(图 1-2)。



图片

贯通道

图 1-2 宽体式贯通道

4. 制动装置

制动装置是保证列车安全运行必不可少的装置。不管是动车还是拖车都设有制动装置,它可以保证运行中的列车根据需要减速或在规定的距离内停车。城市轨道交通车辆的制动装置除采用常规的空气制动装置外,还可采用再生制动、电阻制动和磁轨制动等先进的装置。

5. 车辆设备

车辆设备包括服务于乘客的设备和服务于车辆运行的设备。服务于乘客的设备主要有车内照明、广播、通风、取暖、空调、座椅、吊环、扶手等设备。服务于车辆运行的设备一般不占车内空间,吊挂于车底架上的设备有蓄电池箱、斩波器、逆变器、继电器箱、主控制箱、接触器箱、空气压缩机组、储风缸等,安装于车顶上的设备有空调单元、受电弓等。

6. 车辆电气系统

车辆电气系统包括车辆上的各种电气设备及其控制电路。车辆电气系统按其作用和功能可分为主电路系统、辅助电路系统和电子与控制电路系统。

1.2.3 城市轨道交通车辆的技术特点

城市轨道交通车辆的技术特点如下:

(1)城市轨道交通系统属于绿色环保的新型轨道交通系统,对车辆运行时的噪声、振动、防火



等均有严格要求。

(2)城市轨道交通系统的线路都是全封闭线路,双向单线运行,行车密度大,因此对车辆运行的可靠性提出了很高的要求,一些重要的系统部件(如低压直流控制电源、空气压缩机组、蓄电池、列车控制单元)都必须是冗余设置的。

(3)城市轨道交通车辆如果在运营过程中发生了不能启动的故障,也要能凭借自身的动力启动离开而进入最近的存车线,以及时疏通线路。如果列车确实无法启动,一般会安排就近的另一趟列车前往救援。地铁车辆必须保证断电情况下的事故照明、广播和通风,车辆上必须安装乘客紧急疏散通道。

(4)城市轨道交通车辆的车体向着轻量化的方向发展,一般采用大断面铝合金型材或不锈钢材料焊接车体的整体承载结构,在满足安全和强度的前提下,最大限度地减少车辆自重。

(5)车辆电气系统的设备开关除了一些必须安装在司机室和客室的电气设备柜内,其他设备均分散安装在车底;空调机组安装在车顶,不占用客室空间。

(6)车厢间采用封闭式全贯通通道,便于乘客走动及分布均匀;车辆采用密接式车钩进行机械、电气和气路的贯通连接。

(7)为了保证列车站停时大量的上下车客流交换在尽可能短的时间内完成,设置了较多的车门,每节车厢的单侧门数量为3~5个。

(8)车辆采用调频调压交流传动,制动采用电制动和空气制动的混合制动,节省能耗。

(9)列车控制及主要子系统的运行控制实现计算机化和网络化,信息传播实现多样化、实时化和分层集中化。

(10)车辆系统部件的设计、材料的选用都以车辆运行和乘客安全为首要原则,当设备的正常功能失效时,其响应都将以安全为导向目标。

(11)实现了信号控制和行车控制自动化,设有自动列车监控系统、自动列车驾驶和自动列车保护等自动控制设备,车辆上也配备了相应的车载设备,也有个别车辆实现了无人驾驶。



典型案例

1. 地铁车辆的编组和主要特点

图1-3为某地铁车辆的编组形式,由图可知该地铁车辆采用6辆B型车,3动3拖,两端头车为带司机室的拖车(T_c),编组在中间的拖车(T)不带司机室,动车分为带受电弓的动车(M_p)和不带受电弓的动车(M)。



图1-3 某地铁车辆的编组形式

该地铁车辆采用VVVF交流牵引系统,DC 1 500 V供电;车体采用高强度不锈钢材料,模块化设计,结构轻。该地铁车辆的客室车厢内设有空气调节系统、乘客信息系统等先进服务设施。地铁车辆的客室内装如图1-4所示。



图 1-4 地铁车辆的客室内装

2. 地铁车辆的组成

(1)车体结构。图 1-5 为地铁车辆不锈钢车体钢结构,由图可知其侧方有 4 扇车门、5 扇车窗。车体采用不锈钢材料制造,板与梁柱、部件与部件之间采用点焊连接。客室车门采用双扇电控电动内藏门。

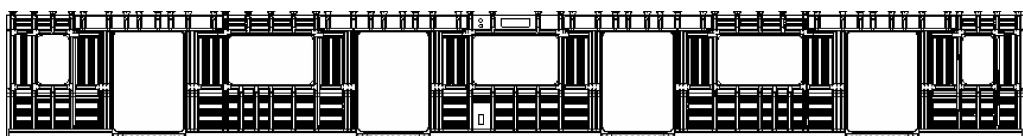
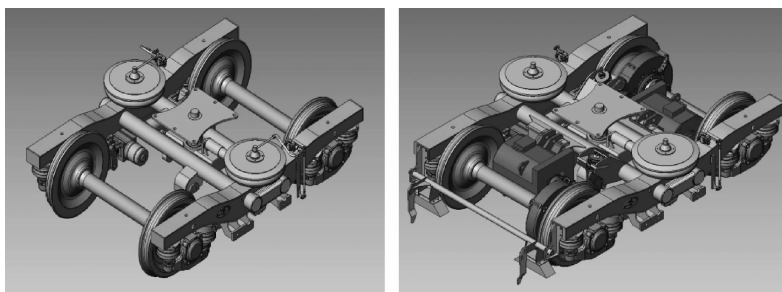


图 1-5 地铁车辆不锈钢车体钢结构

(2)转向架系统。图 1-6 为地铁车辆的动车转向架和拖车转向架。



(a) 动车转向架

(b) 拖车转向架

图 1-6 地铁车辆的动车转向架和拖车转向架

(3)车钩。图 1-7 为地铁车辆的车钩。

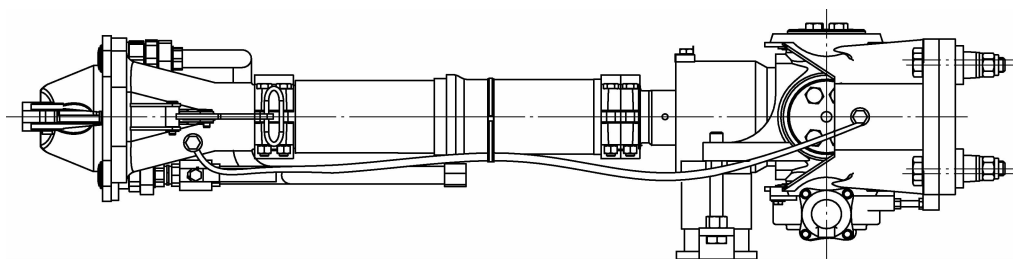


图 1-7 地铁车辆的车钩



任务 1.3 城市轨道交通车辆的重要性能指标

1.3.1 车辆技术参数

车辆技术参数是概括地介绍车辆技术规格的某些指标,从总体上表征车辆性能及结构的一些参数,一般可分为性能参数与主要尺寸两大类。

1. 车辆的性能参数

(1)自重、载重及容积。

①自重。自重指车辆整备(空车)状态下的本身结构及设备组成的全部质量,以 t 为单位。

②载重。载重指正常情况下车辆允许的最大装载质量,以 t 为单位。

③容积。容积指车辆内部的有效立体空间,以 m^3 为单位。

(2)速度。车辆的速度参数包括最高试验速度、最高运行速度、起动平均加速度和制动平均减速度。

①最高试验速度。最高试验速度指车辆设计时,按照安全及结构强度等条件所允许的车辆最高行驶速度,以 km/h 为单位。

②最高运行速度。最高运行速度指车辆设计时,除满足安全及结构强度等条件外,还必须满足连续以该速度运行时车辆有足够良好的运行性能,以 km/h 为单位。

③起动平均加速度。起动平均加速度指在平直线路上,列车载荷为额定定员,自牵引电动机取得电流开始,至起动过程结束,该速度值被全过程经历的时间所除的商,以 m/s^2 为单位。

④制动平均减速度。制动平均减速度指在平直线路上,列车载荷为额定定员,自制动指令发出至列车完全停止的全过程,相应的制动初始速度被全过程经历的时间所除得的商,以 m/s^2 为单位。

(3)轴重。轴重指按车轴形式及在某个运行速度范围内,车轴允许负担(包括轮对自身的重量)的最大质量,以 t 为单位。轴重的选择与线路、桥梁及车辆走行部的设计有关。

(4)轴配置或轴列式。用数字或字母表示车辆走行部结构特点的方式,称为轴配置或轴列式。例如 4 轴动车,两台动力转向架,则轴配置记为 B-B;6 轴单铰轻轨车辆的两端为动力转向架,中间为非动力铰接转向架,其轴配置记为 B-2-B。

(5)每延米轨道载重。每延米轨道载重是车辆总质量与车辆全长之比。该指标是车辆设计中与桥梁、线路强度密切相关的一个指标,同时又是能否充分利用站线长度、提高运输通过能力的一个指标。

(6)通过最小曲线半径。通过最小曲线半径指配用某种形式转向架的车辆在站场或厂、段内调车时所能安全通过的最小曲线半径。当车辆在此曲线区段上行驶时不得出现脱轨、倾覆等危及行车安全的事故,也不允许转向架与车体底架或车下其他悬挂物相碰撞。

(7)制动形式。制动形式指车辆获得制动力的方式,有摩擦制动、再生制动、电阻制动及磁轨制动等多种形式。

(8)座席数及每平方米地板面积站立人数。地铁车辆由于其短途高流动性的运载特点,座席



数较少,一般为 55~56 座,站立数一般为 250 人,超载时乘客总数按 7~9 人/m² 计算。

(9)冲击率。冲击率指由于工况改变引起的列车中各车辆所受到的纵向冲击。在城市轨道交通车辆中,冲击率主要用于说明车辆本身电气及制动控制系统所应达到的冲动限制。冲击率用加速度变化率来衡量,以 m/s³ 为单位。例如,地铁车辆正常运行(包括起动加速和电制动,紧急制动情况除外)时的纵向冲击率不得超过 1 m/s³。

(10)列车平稳性指标。列车平稳性是评定乘客舒适程度的主要依据,反映了车辆振动对人体感受的影响。因此,评定平稳性的方法主要以人的感觉疲劳程度为依据,通常以平稳性指标表示。

(11)列车牵引功率。列车牵引功率是城市轨道交通车辆在运行过程中需要的正常牵引功率。

2. 车辆的主要尺寸

(1)车辆长度。车辆长度指车辆处于自由状态,车钩呈锁闭状态时,两端车钩连接面之间的距离。区别于车体长度的概念,车体长度指不包含牵引缓冲装置或折棚的车体结构的长度。

(2)车辆最大宽度。车辆最大宽度指车体横断面上最宽部分的尺寸。

(3)最大高度。最大高度指车辆顶部最高点与钢轨顶面之间的距离。通常须说明与最高点相关的结构,如有无空调、受电弓的状态等。

(4)车辆定距。车辆定距指同一车辆的两转向架回转中心之间的距离。

(5)固定轴距。固定轴距指同一转向架的两车轴中心线之间的距离。

(6)车钩中心线距离钢轨面高度。车钩中心线距离钢轨面高度简称车钩高,是指车钩连接面中点(对铁路车钩来说,是指钩舌外侧面的中心线)至轨面的高度。车钩高取新造或修竣后空车的数值。列车中各车辆的车钩高基本一致,是保证车辆正确连挂、列车运行中正常传递牵引力及不会发生脱钩事故所必需的。广州、上海地铁车辆的车钩高为 720 mm,天津滨海轻轨车辆和北京地铁车辆的车钩高为 660 mm。

(7)地板面高度。地板面高度指车辆地板面与钢轨顶面之间的距离。地板面高度与车钩高一样,指新造或修竣后空车的数值。它将受到两方面的制约:一是车辆本身某些结构高度的限制,如车钩高及转向架下心盘面的高度;二是与站台高度的标准有关,规定车辆地板面应与站台高度相协调。例如,上海地铁车辆的地板面高度为 1.13 m,北京地铁车辆的地板面高度为 1.053 m。

1.3.2 车辆编组

城市轨道交通车辆采用动力分散的编组形式,动车(M)和拖车(T)通过车钩连接而成的一个相对固定的编组称为一个(动力)单元,一列车可以由一个或几个(动力)单元编组而成。

目前,我国城市轨道交通车辆编组比较普遍采用的形式是 6 辆编组或 4 辆编组,还有一些城市的大运量地铁车辆采用 8 辆编组的形式。6 辆编组采用的主要形式有“3 动 3 拖”和“4 动 2 拖”,4 辆编组采用的主要形式是“2 动 2 拖”。下面举例说明城市轨道交通车辆的编组情况。

1. 西安地铁 1、2 号线车辆

西安地铁 1、2 号线车辆均采用“3 动 3 拖”的编组形式,编组表达式为:

$$=T_c \times M_p \times M \times T \times M_p \times T_c =$$



视频

车辆编组



而西安地铁 3、4 号线车辆为增加动力,采用“4 动 2 拖”的编组形式,编组表达式为:

$$=T_c * M_p * M * M * M_p * T_c =$$

式中,“=”表示半自动车钩;“*”表示半永久车钩。

2. 广州地铁 1 号线车辆

广州地铁 1 号线车辆采用“4 动 2 拖”的编组形式,编组表达式为:

$$-A * B * C = C * B * A -$$

式中,“-”表示全自动车钩;A 为拖车,一端设有司机室,车顶上装有受电弓,车下装有一套空气压缩机组;B、C 均为动车,两者结构基本相同。

广州地铁 2 号线车辆与 1 号线车辆基本一样,只是受电弓装于 B 车车顶,而空气压缩机组装于 C 车车底。

3. 上海地铁 1、2 号线车辆

上海地铁 1、2 号线在开通初期为 6 辆编组,采用“4 动 2 拖”的编组形式,编组表达式为:

$$-A = B * C = B * C = A -$$

而远期为 8 辆编组,采用“6 动 2 拖”的编组形式,编组表达式为:

$$-A = B * C = B * C = B * C = A -$$

式中,A 为拖车,一端设有司机室;B 为动车,车顶上装有受电弓;C 为动车,车下装有一套空气压缩机组。

4. 天津滨海轻轨车辆

天津滨海轻轨车辆在开通初期为 4 辆编组,采用“2 动 2 拖”的编组形式,编组表达式为:

$$=M_{cp} * T = T * M_{cp} =$$

而远期为 6 辆编组,采用“3 动 3 拖”的编组形式,编组表达式为:

$$=M_{cp} * T = T * M = T * M_{cp} =$$

式中, M_{cp} 为带司机室、受电弓的动车。

1.3.3 车辆端部标识与车侧标识

下面参考德国工业标准 DIN 25006 的标识方法,以广州地铁 2 号线车辆为例对车端、车侧标识进行说明。

1. 车辆端部标识

如图 1-8 所示,每辆车的 1 位端定义如下:A 车 1 位端是带有全自动车钩的一端,B 车 1 位端是与 A 车连接的一端,C 车 1 位端是连接半永久性牵引杆的一端,另一端就是 2 位端。

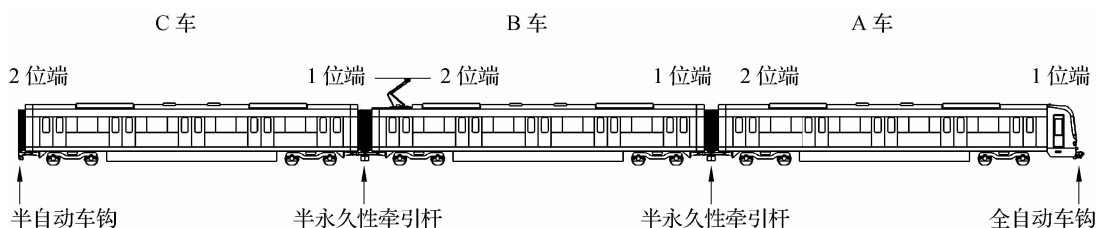


图 1-8 车辆端部标识



2. 车侧标识

当车辆检修人员位于车辆的 2 位端,面向 1 位端时,其右侧就称为该车辆的右侧,左侧称为该车辆的左侧。

1.3.4 列车车侧

列车车侧的定义与车辆车侧的定义是不同的。它是以司机为主体,司机坐于列车驾驶端座位上,司机的右侧为列车的右侧,司机的左侧为列车的左侧,如图 1-9 所示。换句话说,是按列车的行驶方向来定义的,这与公路上汽车按行驶方向定义左右侧是相同的。

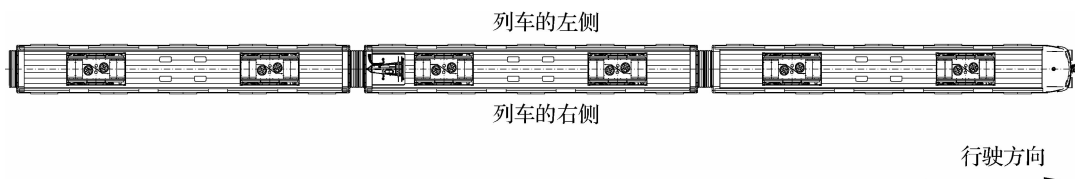


图 1-9 列车车侧的定义

1.3.5 车辆编号

1. 车型编号

例如,上海地铁 1 号线西门子直流电动客车的车型编号为 DC01 型,1 号线西门子交流电动客车的车型编号为 AC01 型,2 号线西门子交流电动客车的车型编号为 AC02 型,3 号线阿尔斯通交流电动客车的车型编号为 AC03 型,1 号线旁巴迪交流电动客车的车型编号为 AC04 型,4 号线西门子交流电动客车的车型编号为 AC05 型,1 号线的新 8 辆编组的阿尔斯通交流电动客车的车型编号为 AC06 型。

由于上海地铁 5 号线属于现代轨道,所以没有类似编号。

2. 车厢编号

车厢的号码有两种:一种是车厢号(位于车厢内部贯通道上方两端),另一种是车厢编号(位于车厢外侧,具体位置随车型的不同而不同)。城市轨道交通车辆的每一节车厢均有固定的编号,编号在使用期间不会发生任何改变,直至此车报废。城市轨道交通车辆的制造商、运营商不同,车厢编号方式也有一定的差别,但大同小异。

下面以上海地铁车辆的车厢编号为例进行介绍。上海地铁车辆的车厢按线路对车辆进行车型编号,2004 年前后的编号方式有一定的区别。

2004 年是上海地铁车辆编号的时间节点,2004 年以前,上海地铁 1、2、3 号线的 DC01/AC01/AC02/AC03 与 5 号线电客列车车厢编号均为 5 位数,采用 YYCCT 形式。YY 为车辆出厂的年份。CC 为出厂这一年的同类型车辆的生产顺序号。T 为车辆类型代号(1/2/3),“1”代表 A 车,即带司机室的拖车(T_c);“2”代表 B 车,即带受电弓的动车(M_p);“3”代表 C 车,即不带受电弓的动车(M)。如图 1-10 所示,“00342”表示这节车厢是 2000 年出厂的第 34 节车厢,是带受电弓的动车。



例如,上海地铁1号线车辆车厢编号“92082”中的“92”表示1992年出厂的车,“08”表示第8节车厢,“2”表示B车,即带受电弓的动车。

2004年以后,上海地铁所有车辆的车厢编号均改为6位数。前两位表示车辆所属线路;中间三位数表示该车厢在该线路上的车厢总编数;最后一位只能是1、2或3,“1”表示车辆是带司机室的拖车(T_c),“2”表示车辆是带受电弓的动车(M_p),“3”表示车辆是不带受电弓的动车(M)。如图1-11所示的“040011”,其中“04”表示该车厢属于4号线,“001”表示该车厢是4号线的第一节车厢,最后一位“1”表示该车为带司机室的拖车。



视频
车厢编号



图 1-10 2004 年以前上海地铁
车辆的车厢编号

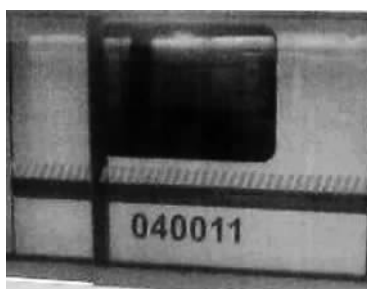


图 1-11 2004 年以后上海地铁
车辆的车厢编号

3. 应急车厢号

为方便乘客在紧急情况下能快速找到逃生通道,上海地铁车辆的每节车厢端墙的上部都印有应急车厢号。这个编号可以让乘客准确了解自己所在车厢的位置。应急车厢号由4位数组成。其中,对于1~9号线,第1位表示所属线路情况(10号线往后的线路情况用前两位数字表示);第2、3位表示该车为该线路的第几列车;最后一位(1~6)表示车辆的编组数,从列车的1位端往2位端编,以后如果编组加长,也会出现1~8或1~10。如图1-12所示,应急车厢号“4186”的具体含义如下:“4”表示4号线,“18”表示第18列车,“6”表示第18列车中的第6节车厢。



图 1-12 上海地铁车辆应急车厢号



典型案例

1. 某地铁2号线车辆的主要技术参数

(1) 性能参数。

①速度。最高运行速度为80 km/h。



②列车平稳性指标。开始运行时,列车平稳性指标不大于 2.50;运行 150 000 km 后,列车平稳性指标为 2.50~2.75。

③列车牵引功率。 $2 \times 6 \times 180 = 2\,160\text{ kW}$ 。

④轴重。轴重不大于 14 t。

(2)主要尺寸。某地铁 2 号线车辆的主要尺寸见表 1-1。

表 1-1 某地铁 2 号线车辆的主要尺寸

单位:mm

项 目	尺 寸	项 目	尺 寸
T _c 车长度	19 500	车钩高	660 ⁺¹⁰ ₀
M _p 车、M 车、T 车长度	19 000	新轮直径	840
车辆最大宽度	2 800	半磨耗轮直径	805
最大高度	3 800	最大磨耗轮直径	770
客室内净高	2 120	客室车门开度	1 300
转向架中心距	12 600	司机室侧门净开度	725
转向架固定轴距	2 200		

2. 某地铁 2 号线车辆编组

图 1-13 为某地铁 2 号线车辆的编组情况,该车辆采用 6 辆编组形式,即

$$=T_c * M_p * M * T * M_p * T_c =$$

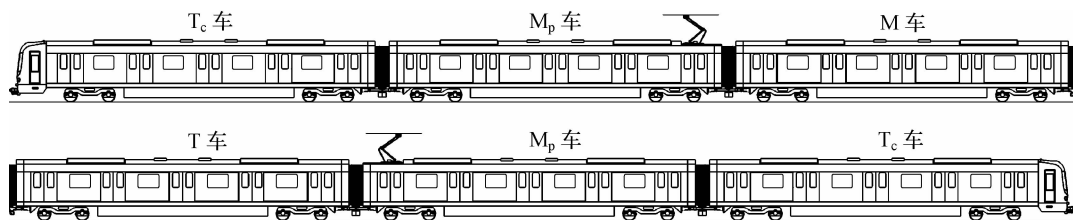


图 1-13 某地铁 2 号线车辆的编组情况

3. 某地铁 2 号线车辆编号

某地铁 2 号线车辆编号为 5 位数。第 1、2 位表示线号(如 01 表示 1 号线,02 表示 2 号线,03 表示 3 号线,以此类推);第 3、4 位表示车列号(如 01 表示第一列车,02 表示第二列车,以此类推);第 5 位表示车辆号,用数字 1、2、3、4、5、6 分别表示车辆 1~6 位的编组,分别表示 T_c、M_p、M、T、M_p、T_c 车。

4. 某地铁 2 号线车辆方位

某地铁 2 号线车辆以两端 T_c 车为基准,前三节车为一组,后三节为一组;在每组中,靠近司机室的一端为 1 位端,远离司机室的一端为 2 位端。



(1)举例说明城市轨道交通车辆的基本类型及主要特点。

(2)简述城市轨道交通车辆的基本组成和各部分的主要特点。



- (3)举例说明城市轨道交通车辆的编组方式。
- (4)简要说明城市轨道交通车辆编号的主要意义,并举例说明编号方法。
- (5)简要说明城市轨道交通车辆的速度、轴重等参数的意义。
- (6)举例说明车辆长度、车钩高等尺寸的具体数值和意义。