

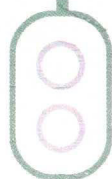


城市轨道交通信号专业精品教材

城市轨道交通 车载信号系统

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG
CHEZAI XINHAO XITONG

主编 任远 田建兆
主审 林瑜筠



北京交通大学出版社
<http://www.bjtu.com.cn>

城市轨道交通信号专业精品教材

城市轨道交通车载信号系统

主编 任 远 田建兆

主审 林瑜筠

北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书的主要内容包括：城市轨道交通车辆简介，城市轨道交通车载信号设备综述，基于轨道电路的 ATC 系统的车载设备，CBTC 系统的车载设备。

本书是城市轨道交通信号专业精品教材之一，是高等院校及中职学校城市轨道交通信号专业的教材，亦可作为从事城市轨道交通信号工作的工程技术人员和技术工人的学习资料，也可作城市轨道交通技术培训用书。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

城市轨道交通车载信号系统 / 任远, 田建兆主编. —北京: 北京交通大学出版社, 2019.4
ISBN 978-7-5121-3777-6

I. ① 城… II. ① 任… ② 田… III. ① 城市铁路-交通信号-信号系统-教材
IV. ① U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 257647 号

城市轨道交通车载信号系统

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG CHEZAI XINHAO XITONG

策划编辑：张 亮 龙媛媛 责任编辑：龙媛媛

出版发行：北京交通大学出版社 电话：010-51686414 <http://www.bjtup.com.cn>

地 址：北京市海淀区高粱桥斜街 44 号 邮编：100044

印 刷 者：三河市华骏印务包装有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：185 mm×260 mm 印张：8 字数：200 千字

版 次：2019 年 4 月第 1 版 2019 年 4 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 978-7-5121-3777-6/U·352

印 数：1~2 000 册 定价：29.00 元

本书如有质量问题，请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评，我们表示欢迎和感谢。
投诉电话：010-51686043, 51686008；传真：010-62225406；E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前 言

城市轨道交通（包括地下铁道和轻轨交通等）具有运量大、速度快、安全可靠、污染轻、受其他交通方式干扰小等特点，对改变城市交通拥挤、乘车困难、行车速度下降、空气污染是行之有效的。因此，城市轨道交通是现代化都市所必需的。20 世纪 90 年代以来，我国城市轨道交通加快了建设步伐，尤其是进入 21 世纪，迎来了城市轨道交通建设的高潮。目前，除北京、上海、天津、重庆、广州、深圳、武汉、南京、杭州、宁波、厦门、青岛、沈阳、大连、长春、哈尔滨、成都、西安、苏州、无锡、福州、南昌、长沙、昆明、郑州、合肥、南宁、石家庄、佛山、东莞、贵阳、济南等城市已建成规模和档次不同的地铁和轻轨并进行扩展和延伸外，还有常州、徐州、南通、绍兴、洛阳、兰州、乌鲁木齐、芜湖、太原、呼和浩特等已在建设。此外，香港、台北、高雄、桃园、新北也在运营城市轨道交通。我国城市轨道交通总里程已超过 5 000 km，居世界第一位，而且许多线路正在建设中，呈现着十分广阔的发展前景。

在城市轨道交通的各系统中，信号系统是非常重要和关键的，具有不可替代的作用。城市轨道交通的安全、速度、输送能力和效率与信号系统密切相关，采用 ATC 系统已成为城市轨道交通的共同选择。信号系统不仅是城市轨道交通安全运行的保证，而且实际上已成为城市轨道交通调度指挥和运营管理的中枢神经。选择合适的信号系统可以产生巨大的经济效益和社会效益。

本书是城市轨道交通信号专业精品教材之一，是学习《城市轨道交通信号概论》的后续课程教材。本书主要介绍车载信号设备。第一章是城市轨道交通车辆简介，介绍城市轨道交通车辆的基本情况。第二章是城市轨道交通车载信号设备综述，介绍车载信号设备的组成、功能及基本原理。第三章是基于轨道电路的 ATC 系统的车载设备，介绍还在使用的各主要制式的 ATC 系统的车载设备。第四章是 CBTC 系统的车载设备，介绍各种制式的 CBTC 系统的车载设备。

本书与《城市轨道交通信号概论》合理分工，既互相呼应，互相补充，又不重复。对于 ATP/ATO 系统，本书不介绍其基本组成和基本原理，只介绍具体的车载 ATP/ATO 设备。对于基于轨道电路的 ATC 系统，只介绍还在使用的各主要制式的车载 ATP/ATO 设备。而对于 CBTC 系统，则尽量介绍各种制式的车载 ATP/ATO 设备。本书还简要介绍了车辆的简况，主要是车辆的控制、制动和车门的控制，以便于理解与车载 ATP/ATO 设备的接口。

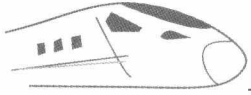
本书由南京铁道职业技术学院任远、田建兆担任主编，林瑜筠担任主审。任远编写了第一章和第四章，田建兆编写了第二章和第三章。

由于我国城市轨道交通设备，制式纷杂，资料难以搜集齐全，再加上编者水平所限，时间仓促，教材中不免有错误、疏漏、不妥之处，恳望读者批评指正，以不断提高本教材水平，为我国城市轨道交通事业的发展尽绵薄之力。

编 者
2019 年 3 月

目 录

第一章 城市轨道交通车辆简介	1
第一节 城市轨道交通车辆概述	1
第二节 车辆机械	3
第三节 车辆电气	16
复习思考题	24
第二章 城市轨道交通车载信号设备综述	25
第一节 车载信号设备的组成	25
第二节 车载信号设备的功能	26
第三节 测速与测距	29
第四节 车地通信	34
第五节 车内通信	42
第六节 接口	43
第七节 人机界面	45
第八节 全自动无人驾驶	56
复习思考题	58
第三章 基于轨道电路的 ATC 系统的车载设备	60
第一节 西门子 ATC 系统的车载设备	60
第二节 US&S ATC 系统的车载设备	66
第三节 ALSTON ATC 系统的车载设备	74
第四节 国产化试验型准移动闭塞 ATP 系统的车载设备	76
复习思考题	80
第四章 CBTC 系统的车载设备	82
第一节 iCMTC 型 CBTC 系统的车载设备	82
第二节 LCF-300 型 CBTC 系统的车载设备	89
第三节 MTC-I 型 CBTC 系统的车载设备	94
第四节 西门子 CBTC 系统的车载设备	97
第五节 SelTrac S40 型 CBTC 系统的车载设备	99
第六节 Urbalis TM 型 CBTC 系统的车载设备	104
第七节 USSI CBTC 系统的车载设备	107
第八节 CITYFLO 650 型 CBTC 系统的车载设备	110
第九节 SPARCS 型 CBTC 系统的车载设备	113
复习思考题	115
附录 A 缩略语	116
参考文献	119



第一章

城市轨道交通车辆简介

车辆是城市轨道交通的运载工具，也是城市轨道交通最重要的设备。实际上，城市轨道交通的车辆就是动车组，只是不这么称呼。

第一节 城市轨道交通车辆概述

一、城市轨道交通对车辆的要求

城市轨道交通车辆的数量、品种、质量和技术水平直接影响城市轨道交通发展和运营。因此，要求车辆具有相当的先进性、可靠性和实用性，要求其不仅要保证车辆运行的安全、快速、准点、平稳，而且还要为乘客提供良好的服务条件。车辆的容量要大，使乘客乘车舒适、方便，而且还要考虑节能、外观美观、低噪声等对城市的景观和环境的影响。

城市轨道交通车辆作为城市公共交通工具，主要在地下隧道、高架和地面轨道上运行，线路曲线半径小，坡度大；站距短，起动和停车频繁，车辆起动加速度和制动减速度都比较大；客流量大而集中，高峰时严重超载。

车辆的设计应遵循减少能耗、减少发热设备的原则，以控制隧道内温度升高，为此要尽量减轻自重，选择效率高的传动系统。

由于运行密度较高，为确保安全行车，城市轨道交通的信号和通信系统比较复杂，所以车载信号和通信设备及车辆的控制系统，应有良好的适应能力。

车辆及其设备禁止使用易燃材料，应采用高阻燃性、低发烟浓度、低毒性的环保材料。

二、城市轨道交通车辆分类

1. 按牵引动力配置分为动车和拖车

城市轨道交通列车均为电动车组，由动车和拖车组成。

动车自身具有动力装置（装有牵引电动机），具有牵引与载客双重功能，动车又可分为带有受电弓的动车和不带受电弓的动车。

拖车不装备动力装置，需具有动力牵引功能的车辆牵引拖带，仅有载客功能。可设置司机室，也可带受电弓。



2. 按驱动方式分为旋转电动机驱动和直线电动机驱动

旋转电动机驱动包括直流电动机驱动和交流电动机驱动，都是依靠轮轨黏着作用传递牵引力的。直线电动机驱动，将传统电动机从旋转运动方式改为直线运动方式，由于取消了传统的旋转电动机从旋转运动转换成直线运动的机械变速传动机构，使转向架结构简单、质量小。

3. 按车体制作材料分为钢骨车和新型材料车

钢骨车的车底架、车体骨架等受力部分采用钢材制作，其他用木材或合成材料制作；新型材料车采用轻质合金材料，如铝合金、钛合金等，以降低车辆自重，提高承载能力和运输效率。

4. 按连接方式分为贯通式或非贯通式

贯通式的全列车载客部分贯通，以使乘客沿全列车走动，可以有效调节各个车辆的载客拥挤度，在全列车中均匀分布，也有利于在列车发生意外事故时疏散乘客。非贯通式车辆之间无通道贯通。

三、城市轨道交通车辆组成

城市轨道交通车辆不管是动车还是拖车，主要由车体、转向架、车钩缓冲装置、制动装置、受流装置、电气牵引系统、内部设备等部分组成。

1. 车体

车体是容纳乘客的地方，是司机驾驶的处所，又是安装与连接其他设备和部件的基础。车体分为有司机室和无司机室两种。

2. 转向架

转向架位于车体与轨道之间，用来支撑车体，牵引和引导车辆沿着轨道行驶，承受与传递来自车体及线路的各种载荷并缓和其冲击作用。转向架分为动力转向架和非动力转向架，动力转向架安装在动车上，非动力转向架安装在拖车上。

3. 车钩缓冲装置

车辆借助于车钩编组成列车。为了改善列车的纵向平稳性，在车钩的后部装设缓冲装置，以缓和列车的冲击。另外还必须要有连接车辆之间的电气和空气的管路。

4. 制动装置

制动装置是使车辆减速、停车，保证列车安全运行必不可少的装置。不仅在动车上，而且在拖车上也要设置制动装置，才能使运行中的车辆按需要减速或在规定的距离内停车。

5. 空调通风系统

为改善车厢的空气质量必须要有通风装置，随着城市轨道交通车辆服务质量的提高，目前均采用空调通风系统。

6. 受流装置

受流装置从接触导线或导电轨将牵引电流引入动车。接触网受流采用受电弓。第三轨受流采用轨道受流器。

7. 电气牵引系统

电气牵引系统指车辆上的各种电气设备、牵引设备及其控制电路。车辆电气牵引系统有直流电气牵引系统和交流电气牵引系统两种。随着电力电子技术和微电子技术的发展，目前



几乎所有车辆都采用交流牵引电动机和交流调频调压控制的交流电气牵引系统。

8. 内部设备

车辆内部设备包括：照明、通风、取暖、空调、座椅、扶手等服务于乘客的固定附属装置，以及蓄电池箱、主控制箱、电动空气压缩机组、总风缸、电源变压器、各种电气开关和接触器箱等服务于车辆运行的装置。

9. 列车控制和诊断系统

微机控制系统有自我监控和诊断功能，能对列车主要设备的运行状态和故障自动进行信息采集、记录和显示。

10. 乘客向导系统

城市轨道交通车辆乘客向导系统向乘客提供列车运行信息、安全信息和其他公共信息；在列车发生故障或事故时，向乘客提供回避危险的指挥、指导信息等。

四、城市轨道交通车辆的特点

1. 载客能力较强

由于城市轨道交通车辆服务于城市居民的市内交通，车内的平面布置上有其特征，座位少，车门多且开度大，内部设备十分简单等。大型车辆可载客 350 人/辆。

2. 动力性能良好

为了适应城市轨道交通线路曲线半径小、坡度大、停站多的运营条件，城市轨道交通车辆的加速能力强，制动效果好。

3. 安全可靠较高

城市轨道交通车辆设备先进，可靠性稳定性强，故障率低，在突发情况下适应性强（防火、紧急出口等）。

4. 环境条件优越

城市轨道交通车辆设计有完善的照明和空调，并且提供适量的座椅和众多的扶手。

五、城市轨道交通列车编组

城市轨道交通车辆均采用电动车组，固定编组，辆数为 4~8 节，依据客流量而定。一般采用 6 节编组，其中包含两辆带司机室的拖车（A 或 Tc）、两辆无司机室带受电弓的动车（B 或 Mp）、两辆不带受电弓的动车（C 或 M）。

第二节 车辆机械

城市轨道交通车辆的机械部分包括车体、车门、转向架、车钩缓冲装置、制动装置、空调通风系统等。

一、车体

车体是城市轨道交通车辆的主体结构。它坐落在转向架上，是车辆的上部结构，构成车辆的主体，用以载客。车体底架下部及车顶上安装有车钩缓装置、制动设备、空调装置、



电气设备和内装设施等。它要承受和传递各种动静载荷及震动，还要隔音、减震、隔热、防火，在事故状态下尽可能保证乘客的安全。

1. 车体结构

城市轨道交通车辆车体分为带司机室车体和无司机室车体两种。车体按结构功能分为车体（壳体）、车门、车窗、贯通道和内装饰。

车体由底架、车顶、侧墙、端墙等部件组成，为封闭筒形整体承载结构。

2. 车体材料

按使用的主要材料，车体分为碳素钢、不锈钢、铝合金三大类。

车体原来采用普通碳素钢制造，由普通碳素钢型材构成骨架、外侧包薄钢板，构成一个闭口的整体承载的筒形薄壳结构。由普通碳素钢制成的车体，自重大，在使用中腐蚀十分严重，增加了维修的工作量和开支。因此对车体的板材、型钢要进行预处理，清除表面锈垢或氧化皮，预涂底漆；车体组焊后要及时修补预涂底漆；车体完工后再喷涂防锈底漆。为了提高车体的耐腐蚀性，延长车体的使用寿命，采用了含铜或含镍铬等合金元素的耐腐蚀的低合金钢（耐候钢）制造，可使车体结构自重减轻。

采用半不锈钢（包板为不锈钢，骨架为普通碳素钢）或全不锈钢车体，免除了车体内壁涂覆防腐涂料和表面油漆，在保证强度、刚度的前提下，板厚可减小，简化了工艺，减轻了自重，同时也提高了使用寿命。

铝合金车体，由挤压铝型材拼焊而成，与钢制车体相比，焊缝数量和焊接工作量大大减少，焊接变形易于控制，质量大为减小，工艺更为简单、标准、规范，可保证车体承载结构在使用寿命期内（30年）无须结构性维修和加固。

无论何种车体，车体内表面均应喷涂2~4 mm厚的防震隔音阻尼涂层。

3. 车体的轻量化

车体的轻量化不仅节约制造材料，减轻车辆走行部分和线路的磨耗，延长使用寿命，而且在相同客流的条件下可降低牵引动力的消耗，带来巨大的经济效益，具有重要的现实意义。

车体轻量化的措施包括采用轻型材料，改进构件结构。车体承载结构一般采用大型中空截面铝合金挤压型材、高强度复合材料或不锈钢。车体其他辅助设施尽量采用轻型高科技新材料。另外，对车体其他辅助设施也尽量采用轻型化材料。

二、车门

车门包括客室车门、紧急疏散安全门、司机室门和司机室通道门。

1. 客室车门

客室车门简称车门，用于乘客上、下车。

(1) 对车门的基本要求

根据城市轨道交通的特点，车门应有足够的有效宽度；要均匀分布，以方便乘客上、下车；数量足够，使乘客上、下车时间满足运行密度的要求；车门附近要有足够的空间，方便乘客上、下车时周转；要确保乘客的安全；具有较高的可靠性。

(2) 车门的驱动方式

按照驱动系统的动力来源，分为电动式车门（电动门）和气动式车门（气动门）。电动



式车门的动力来源是直流电动机或交流电动机。气动式车门以压缩空气为动力，动力来源是驱动气缸。

(3) 车门开启方式

按照车门的运动轨迹及与车体的安装方式有内藏嵌入式移门、外挂式移门、塞拉门、外摆式车门四种形式。

内藏嵌入式移门简称内藏门。在车门开/关时，门叶在车辆侧墙的外墙板与内饰板之间的夹层内移动。传动系统设于车厢内侧车门的顶部，装有导轮的门叶可在导轨上移动，传动机构的钢丝绳、皮带或丝杠与门叶相连接，气缸或电动机驱动传动机构，从而实现车门的往复开/关动作。

外挂式移门简称外挂门。它的门叶和悬挂机构始终位于侧墙的外侧，其传动机构的工作原理与内藏嵌入式移门完全相同。

塞拉门的门叶借助车门上方安装的悬挂机构和导轨导向作用，由电动机驱动机械传动机构使门叶沿着导轨滑移。车门在开启状态时门叶贴靠在侧墙的外侧，车门在关闭状态时门叶外表面与车体外墙成一平面。这不仅使车辆外观美观，而且也有利于在高速行驶时减小空气阻力，车门不会因空气涡流产生噪声，也便于自动洗车装置对车体进行清洗。

外摆式车门简称外摆门。开门时通过转轴和摆杆使门叶向外摆出并贴靠在车体的外墙上，门关闭后门叶外表面与车体外墙成一平面。这种车门在开启的过程中，门叶需要较大的摆动空间。

(4) 车门的机械结构

① 气动门的机械结构。

每扇气动门由驱动气缸、门控电磁阀、机械传动系统、行程开关和门叶等组成。气动门由压缩空气驱动气缸，作用于驱动气缸活塞，再由活塞杆带动机械传动系统使两扇门叶同步反向移动，完成车门的开、关动作。

驱动气缸是执行开、关门动作的执行元件，为双重活塞、双作用式结构，由压缩空气推动其活塞运动，再通过机械传动系统将推力传递至门叶。整个气缸处于浮动状态，不会因车体变形使活塞在气缸内产生卡死现象。驱动气缸的性能直接影响车门的开、关动作是否可靠。

门控电磁阀有三个两位三通电磁阀，分别为开门、关门和解锁电磁阀；四个节流阀，其功能分别为调节开门速度、关门速度、开门缓冲和关门缓冲；两个快速排气阀的集成阀，相当于一个双向选择阀，将主气缸两端排气管排向大气。

机械传动系统由钢丝绳、绳轮、防跳轮、滚轮和上下导轨等组成，将驱动气缸活塞杆的运动传递至两扇门叶，使车门动作。

门叶内、外表面为铝合金板，内部为铝箔构成的蜂窝结构，以提高门叶的抗弯刚度和减小质量，面板与蜂窝结构采用胶黏剂加热加压黏结成一体。门叶上部装有由钢化玻璃及氯丁橡胶密封条组成的玻璃窗。门叶的前后边装有橡胶密封条，保证门叶关闭时有良好的密封效果。门叶前边的橡胶条又称为护指橡胶，在车门关闭瞬间起保护乘客免于被夹伤的作用。

行程开关是反映车门开、关动作的限位开关。在开、关车门时，行程开关把车门的机械动作变成电信号反映到车门的监控回路，使司机随时了解车门的开、关状态。四个行程开关分别对门钩位置、关门行程、门控切除及紧急手柄位置进行监控和显示。

② 电动门的机械结构。



电动门由门叶、门叶悬挂机构、驱动电动机、传动装置（由齿式皮带和丝杆/球螺母等组成）、控制器、闭锁装置和紧急开门装置组成。每组车门由直流电动机驱动，通过丝杠螺母传动机构传动，采用先进的电子门控单元（EDCU）控制。

（5）车门的电气控制系统

气动门的电气控制系统完成车门控制、车门动作监视和列车控制电路联锁等，以保证车门动作的可靠和行车安全。车门的电气控制系统具有车门开关控制、客室车门监控回路和列车再开门功能。车门电气控制系统采用电子控制技术，可根据需要编制程序，修改操作过程。

① 车门开、关的操作模式。

车门的开、关是由司机按动司机室左、右侧墙上的开关门按钮来完成的，按钮上带有指示灯，显示车门的状况。车门的电气控制系统有两种操作模式：在 ATP 系统开通的状态下进行操作，在 ATP 系统关闭的状态下进行操作。

ATP 系统开通时的开、关门控制：司机按下开门按钮时，按钮内的指示灯点亮，这是开门的必要条件（前提条件是站位对准、车速为零、钥匙启动）；向解锁气缸充气，打开门钩，气缸内的活塞杆推动门叶滑动，做好开门准备；具备了开门的必要条件且做好了开门的准备后，即可打开车门；门钩复位，关闭车门。为了提醒乘客不要被车门夹住，在关门时设置关门报警。报警时蜂鸣器鸣叫 4~5 s，蜂鸣器停止鸣叫后车门关闭。

ATP 系统关闭时的开、关门控制：当 ATC 系统出现故障时，列车关闭 ATP 系统，实行人工驾驶模式，这时司机转动司机室后墙的开关处于关闭状态，此后的程序与上述 ATP 系统开通时的开、关门动作相同。

② 车门的监控。

为了保证安全运营，必须有一套有效的车门监控装置来监控列车全部车门开、关状态。该装置全方位监控车门，具有自动故障报警和记录的功能。司机首先通过关门按钮上的按钮灯亮或暗来判断全列车的车门是否关闭及锁定，然后根据司机台的显示屏显示内容或车外侧墙灯、车门灯来进一步确认。当某扇车门由于故障而不能正常开、关时，可使用方孔钥匙通过应急拉手旁的行程开关将该扇门的控制电路切除，使该门处于关闭状态而不能开启。

③ 列车再开门。

为了防止在开关门时夹伤乘客，车门还设有防夹装置。当车门在关闭过程中，如果乘客或随身携带的物品被夹持在待关闭的车门门叶之间，则司机实施再开门功能，即再按一下开门按钮，此时仅有未关闭的车门再次开启，并隔 4~5 s 后自动关闭。

2. 紧急疏散安全门

紧急疏散安全门设在 A 车司机室中间的前端墙上。在紧急情况下，向前放到路基上，成为踏板，乘客可通过此踏板疏散。在司机室内或室外都可开启紧急疏散安全门。

3. 司机室门

司机室门设在司机室两侧，供司机上、下车。

4. 司机室通道门

司机室通道门设在司机室后端墙中间，通向客室，在客室一侧设开门把手，在正常情况下不允许乘客开启，当发现危险情况时，可启用该门上方的一红色紧急拉手，开启通道门。



三、转向架

转向架是支承车体及其荷载并使车辆沿着轨道走行的装置，每辆车装有两台转向架。转向架是保证车辆运行质量、动力性能和运行安全的关键部件。

1. 转向架的作用

转向架具有以下作用：

① 转向架利用车轮的轮缘与钢轨引导车辆沿着轨道行驶，一般利用转向架轮对踏面与钢轨的黏着力传递牵引力和制动力，通过转向架的轴承装置使车轮沿着钢轨的滚动转化为车辆沿线路运动的平动。

② 转向架相对车体可自由回转，使车辆能灵活地通过曲线，减少运行阻力与噪声，提高运行速度。

③ 支承车体，承受并传递从车体至轮轨的各种载荷及作用力，使各轴的质量均匀分配。

④ 采用转向架可增加车辆的载重、长度和容积，提高列车运行速度。

⑤ 在转向架上安装弹簧减震装置，缓和车辆和线路之间的相互作用，减小震动和冲击，减小动应力，提高车辆运行的平稳性，保证车辆具有良好的动力性能。

⑥ 在转向架上安装制动装置，传递制动力，满足运行要求。

⑦ 在动车转向架上安装牵引电动机及变速传动装置，驱动轮对（或车轮）使车辆运行。

2. 转向架的组成

转向架一般由构架、轮对、轴箱装置、弹簧减震装置和（基础）制动装置、中央牵引装置等组成。动车转向架还装设有牵引电动机及变速传动装置。

构架是转向架的基础，将车体与走行部件连成一体，它把转向架的各个零部件组成一个整体。构架用于支撑车体，实现列车的平移，传递列车的牵引力和制动力。它是车体减震与悬挂件的基础，满足各零部件组装的要求。

轮对直接向钢轨传递车辆质量，通过轮对间的黏着产生牵引力或制动力，并通过轮对的回转实现车辆在钢轨上的运行。

轴箱装置是联系构架和轮对的活动关节，使轮对的滚动转化为车体沿轨道的平动。

弹簧减震装置在轮对与构架或构架与车体之间，可减少线路不平顺和轮对运动对车体的各种动态影响（如垂向震动、横向震动和通过曲线等）。

（基础）制动装置的作用是传递制动闸缸产生的制动力或单元制动机产生的制动力，使转向架内摩擦力转换为轮轨之间的外摩擦力（制动力），产生制动效果，使运行中的车辆在规定的距离范围内停车。

中央牵引装置是车体与转向架的连接部分，其结构应能满足安全可靠地架承车体，并传递各种载荷和作用力，车体与转向架之间能绕不变的旋转中心相对转动，以使车辆顺利通过曲线。

动车的转向架上还装有牵引电动机和变速传动装置（包括联轴器、齿轮箱、齿轮箱悬挂装置等），使牵引电动机的扭矩转化为轮对上的转矩，提供牵引力，利用轮轨之间的黏着作用，驱动车辆运行，也提供制动力（电制动力）。

3. 轮对

轮对的作用是沿着钢轨滚动，将轮对的滚动转化为车体的平移；除了传递车辆质量外，



还传递轮轨之间的各种作用力,包括牵引力和制动力。轮对是由一根车轴和两个相同的车轮采用过盈配合使之牢固地结合在一起。轮对是组成转向架的重要部件之一。

(1) 车轴

车轴绝大多数为圆截面实心轴,采用优质碳素钢加热锻压成型,再经热处理和机械加工制成。车轴为转向架的簧下部分,减小其质量对改善车辆运行性能和减少对轮轨动力作用有很大影响。由于车轴主要承受横向弯矩作用,截面中心部分应力很小,制成空心结构后,对车轴的强度影响很小,可减小 20%~40%的质量。

(2) 车轮

车轮按结构分为整体车轮和带箍车轮两种。整体车轮按其材质可分为辗钢轮和铸钢轮。带箍车轮又可分为铸钢辐板轮心、辗钢辐板轮心及铸钢辐条轮心的车轮。我国目前车辆上大部分采用整体辗钢车轮。整体辗钢车轮由踏面、轮缘、辐板和轮毂组成。

车轮与钢轨的接触面称为踏面。踏面一侧沿着圆周突起的圆弧部分称为轮缘,其作用是保持车辆沿轨道运行,防止脱轨。踏面沿径向的厚度部分称为轮辋。轮毂是轮与轴互相配合的部分。轮辋与轮毂连接的部分称辐板。

车轮踏面一般做成一定的斜度,称为锥形踏面。

锥形踏面的作用是:在直线上运行时使轮对能自动调中;在曲线上运行时,由于离心力,轮对偏向外轨,锥形踏面可使外轨上滚动的车轮以较大的滚动圆滚动,在内轨上以较小的滚动圆滚动,减少了车轮在钢轨上滑动,使轮对顺利通过曲线;车轮踏面有斜度,运行时车轮与钢轨接触的滚动直径在不断变化,使轮轨的接触点也在不停变换位置,踏面磨耗更为均匀。

城市轨道交通车辆上常采用弹性车轮。这种车轮在轮心轮毂与轮箍之间装有橡胶弹性元件,使车轮在空间三维方向上具有一定的弹性。弹性车轮减小了簧下质量,减小轮轨之间的作用力,缓和冲击,减小轮轨磨耗,降低噪声,改善了车轮与车轴的运用条件,提高了列车运行平稳性。

4. 轴箱装置

轴箱是轮对与一系悬挂的连接纽带。它的作用是支撑构架,将轮对和构架(或侧架)联系在一起,使轮对沿钢轨的滚动转化为车体沿线路的平动,并把车体的质量及牵引力、制动力传递给轮对,保证良好的润滑性能,减少磨耗,减低运行阻力,防止燃轴。

轴箱装置分为滚动轴承轴箱和滑动轴承轴箱装置。采用滚动轴承,可显著地降低车辆的起动阻力和运行阻力,改善车辆走行部分的工作条件,减少燃轴的惯性事故,减轻维护和检修工作,降低运用成本。我国轨道交通已实现滚动轴承化。

5. 弹簧减震装置

车辆在轨道上运行时,由于线路的不平顺、轨隙、道岔、轨面的缺陷和磨耗及车轮踏面的斜度、擦伤和轮轴的偏心等,必将产生复杂的震动和冲击。为了提高车辆运行的平稳性,保证乘客的舒适度,必须设有弹簧减震装置。弹簧与减振器一起构成弹簧减震装置。弹簧主要起缓冲作用,缓和来自轨道的冲击和震动,减振器的作用是减小振动。

弹簧减震装置按其作用的不同可分为三类:中央弹簧和轴箱弹簧,主要起缓和冲动的作用;垂向、横向减振器,主要起衰减振动作用;轴箱定位装置,摇枕与构架之间的纵、横向缓冲装置,主要起弹性约束作用。



6. 中央牵引装置

中央牵引装置由中心销、中心销座、复合弹簧、下心盘座、牵引拉杆、橡胶套、横向缓冲装置等组成。

中心销架支承车体，并传递各种载荷和作用力；同时完成车体与转向架之间绕旋转中心相对转动，以使车辆顺利通过曲线；架车时悬吊转向架。

牵引拉杆传递列车运行时的牵引力和制动力。

横向缓冲装置主要是指横向止挡和横向止挡座。

7. 驱动系统

驱动系统是动车转向架所特有的，主要由牵引电动机、联轴器、齿轮箱、齿轮箱悬挂装置及动力轮对等组成。

联轴器的作用是传递扭矩，产生牵引力和制动力，同时还具有调整电动机与齿轮轴的同轴度的作用。常用的联轴器是机械联轴器，但也有采用橡胶联轴器的。

齿轮箱是电动机与轮对间的减速装置，并传递牵引力和制动力。齿轮箱及悬挂包括齿轮箱体、大齿轮、小齿轮、轴承、密封件、紧固件等，有的还有中齿轮。

齿轮箱吊杆有多种类型如可调式吊杆、固定式吊杆、C形支座等。虽然结构有多种，但基本上都是由橡胶件（橡胶结点或橡胶堆）和结构件（吊杆或支座）组成的。

四、车钩缓冲装置

车钩用来保证各车辆的连接，并且传递牵引力、制动力和其他纵向冲击力。缓冲装置缓解车辆之间的互相冲击，并且使车辆间保持一定的距离。还要连接车辆间的电路和气路。如果这些作用由同一装置来承担，则该装置称为车钩缓冲装置。因此，车钩缓冲装置包括车钩、缓冲器、电路连接器和气路连接器。车钩缓冲装置是车辆最重要的部件之一。

车钩缓冲装置固定在车体底架上，车辆运行牵引、制动时发生的纵向拉力、压缩力经车钩、缓冲器，最后传递给车体底架的牵引梁。

五、制动装置

制动装置是使车辆减速、停车，保证列车安全运行所必不可少的装置。在车辆上都设置有制动装置，使运行中的列车按需要减速或在规定的距离内停车。制动装置除机械制动装置外，还要求具有电制动功能，并且应充分发挥电制动能力。

由于城市轨道交通列车是电力牵引的，这就为采用电制动提供了基本条件。当列车速度降低到某一速度时，电制动力也随之降低，这时制动力已达不到要求值，必须及时补上机械制动继续制动以达到要求值。在整个速度范围内，要充分发挥各种制动方式的作用，适应城市轨道交通列车的自动控制，并且还需要协调配合以获得最佳的制动性能。

1. 制动

人为地使列车减速或阻止其加速称为制动。为使运行着的列车迅速地减速或停车，为防止电动车组列车在下坡道上运行时重力作用导致加速，为避免停放的车辆因重力作用或风力吹动而溜逸，都需要对它施行制动。忽视车辆必要的制动能力，将会发生危险，甚至造成乘客生命财产的损失。制动的实质就是将电动车组所具有的动能从它上面转移出去。制动系统转移动能的能力称为制动功率。此外，电动车组的最高运行速度不仅与其牵引功率有关，也



受其制动能力的限制。

列车的制动能力是它的制动系统能使其在规定的制动距离内安全停车的能力。要求列车的紧急制动距离（在非常情况下的制动距离）不超过规定值，一般为 180 m。这个距离要比起动加速距离短得多，所以，列车的制动功率要比驱动功率大 5~10 倍。

2. 制动方式

制动方式按制动时列车动能转移方式、制动力获取方式或制动源动力的不同进行分类。

(1) 机械制动和电制动

按列车动能转移方式可分成机械制动和电制动两类。

① 机械制动。

机械制动，又称为摩擦制动，即动能通过摩擦副的摩擦变为热能，然后消散于大气中。摩擦制动除了常见的闸瓦制动外，还有盘形制动、涨闸制动等。机械制动主要以压缩空气为动力，压缩空气由车辆的供气系统供给。供气系统由空气压缩机、干燥过滤器、压力控制装置和管路组成，还向空气弹簧等设施供气。机械制动的动力也有利用弹簧力的。

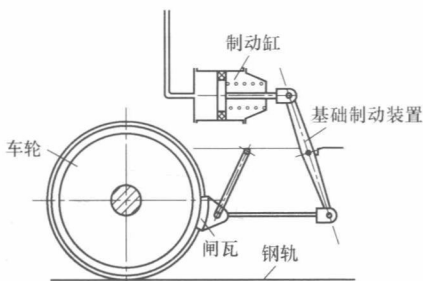


图 1-1 闸瓦制动

a. 闸瓦制动。

闸瓦制动又称为踏面制动，是最常用的一种制动方式。如图 1-1 所示。

制动时制动控制装置根据制动指令使制动缸内产生相应的制动缸压力，该压力通过制动缸使制动缸活塞杆产生推力，经一系列杆件的传递、分配，使每块闸瓦都贴靠车轮踏面，并产生闸瓦压力。车轮与闸瓦之间相对滑动，产生摩擦力，最后转化为轮轨之间的制动力。

缓解时，制动控制装置将制动缸压力空气排出，制动缸活塞在制动缸缓解弹簧的作用下退回，通过各杆件带动闸瓦离开车轮踏面。

在动车底架下面须安装电力牵引等设备，因而安装上述基础制动装置有较大的困难，所以常常使用单元制动装置。它是由制动缸、闸瓦间隙调整器等组合成的一个紧凑部件。闸瓦间隙调整器简称闸调器，它可使缓解时闸瓦与车轮踏面之间的间隙不因二者制动时的磨耗而增加，自动调整在规定范围之内。制动时，向单元制动装置的制动缸内充入压缩空气，由活塞转变为活塞杆的推力。该力经止推片推动杠杆上的凸头。通过杠杆使力扩大数倍后传递给闸调器外壳，进一步通过离合器传至主轴，然后传给闸瓦。缓解时，制动缸内的压缩空气被排出，制动缸缓解弹簧和扭簧使单元制动装置恢复至缓解状态。单元制动装置结构紧凑，省却了传统基础制动装置中的一系列传动部件，制动效率高，作用灵敏，容易做到少维修或无维修。同时由于其带有闸调器，能使闸瓦间隙始终保持在规定范围内，不需要进行人工调整。

在闸瓦与车轮这一对摩擦副中，车轮的材料不能随意改变，要改善闸瓦制动的性能，只能改变闸瓦的材料。为了改善摩擦性能和增加耐磨性，目前大多采用合成闸瓦，但其导热性较差。因此也采用导热性能良好、且具有较好的摩擦性能和耐磨性的粉末冶金闸瓦。

闸瓦制动方式，动能转化为热能的能力大，但散热能力相对较小。当制动功率较大时，可能来不及散热，而在闸瓦与车轮踏面积聚，使它们的温度升高，严重时甚至会导致闸瓦熔化或使车轮踏面过热剥离或热裂等。因此，在采用闸瓦制动时，对制动功率要有限制。



b. 盘形制动。

盘形制动装置由单元制动缸、夹钳装置、闸片和制动盘组成。单元制动缸中包括闸调器。夹钳装置由吊杆、闸片托、杠杆和支点拉板组成。夹钳的悬挂方式为制动缸浮动三点悬挂，即两闸片托的吊杆为两悬挂点，另一悬挂点是支点拉板。

盘形制动装置按制动盘安装形式的不同，可分为轴盘式和轮盘式两大类，如图 1-2 所示。轴盘式是把制动盘安装在轮轴上，通过某种形式与轮轴固定，使制动盘与轮对同时转动。轮盘式的制动盘安装在车轮上。在空间位置允许的情况下，一般采用轴盘式，当轮对中间由于牵引电动机等设备使制动盘安装发生困难时，可采用轮盘式。盘形制动能双向选择摩擦副，可以得到比闸瓦制动大得多的制动功率。当需要较大的制动功率时，可采用盘形制动装置。

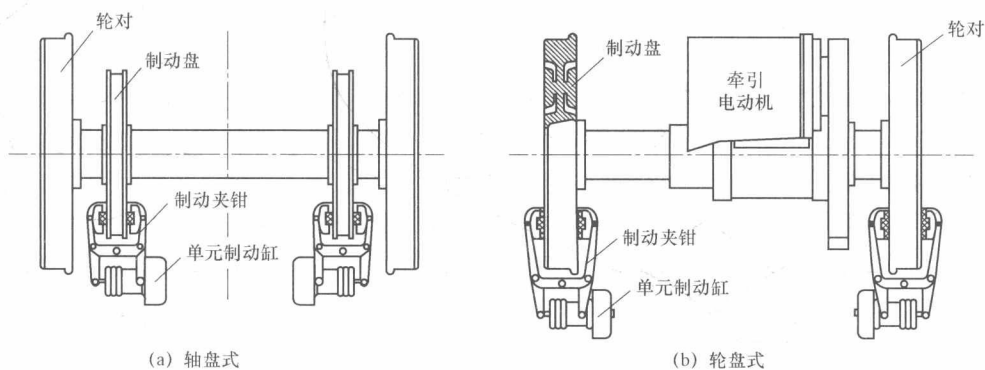


图 1-2 盘形制动

制动时，制动缸活塞杆推出，制动缸缸体和活塞杆带动两根杠杆，通过杠杆和支点拉板组成的夹钳，使装在闸片托上的闸片同时夹紧制动盘的两个摩擦面，使闸片与制动盘间产生摩擦，进而产生制动作用，把车组的动能转变为热能，热能散于大气之中。

制动盘的材料有铸铁、铸钢和锻钢等多种。闸片的材料也有合成材料、粉末冶金材料等多种，对合成闸片材料，除满足制动摩擦性能的要求外，必须考虑其对环境污染的影响，符合有关环保要求。城市轨道交通由于车速较低，一般采用铸铁盘和合成闸片。

盘形制动装置的特点：不存在对车轮的热影响，同时也减少了车轮的磨耗，延长了车轮的使用寿命和改善了运行性能；散热性能比较好，摩擦系数稳定，能得到较恒定的制动力，允许有较高的制动功率；可自由地选择制动盘和闸片的材料，获得较高的摩擦系数，可减小闸瓦压力，缩小制动缸及杠杆的尺寸，减小制动装置的质量；运用经济。

② 电制动。

电制动，又叫动力制动，是在车辆制动时将牵引电动机变成发电机将列车动能变为电能，然后将电能转移出去。电制动有电阻制动和再生制动两种。电制动有许多优点：能回收能源、无机械磨损、无空气污染等，这些对于空气制动是无法实现的。

电阻制动是将发电机发出的电能加于电阻器中，使电阻器发热，将电能转变为热能，再靠风扇强迫通风而散于大气中。电阻制动一般能提供较稳定的制动力，但车辆底架下需要安装体积较大的电阻箱。

再生制动是把发电机转化的电能反馈回电网提供给别的列车使用。这种方式既能节约能源，又减少制动时对环境的污染，并且基本上无磨耗，是一种较为理想的制动方式。



(2) 黏着制动和非黏着制动

按制动力形成方式可分为黏着制动与非黏着制动两类。

① 黏着制动。

制动时，车轮与钢轨之间有三种可能的状态：纯滚动状态、滑行状态和黏着状态。

纯滚动状态，靠滚动着的车轮与钢轨接触点在接触瞬间的静摩擦（不发生相对滑动）阻力作为制动力，车轮沿钢轨边滚动边减速停止。在制动过程中，车轮与钢轨之间是静摩擦；车轮与闸瓦之间是动摩擦。纯滚动状态是一种难以实现的理想状态。

滑行状态，由车轮滑行（车轮在车辆未停止前即被闸瓦抱死，在钢轨上滑行）减速。此时在车轮与闸瓦之间为静摩擦，车轮与钢轨之间为动摩擦，该动摩擦力即为制动力，且远远小于轮轨之间的静摩擦力。这样的摩擦还可能造成车轮的擦伤，是必须杜绝的事故状态。

实际上，列车运行时，因曲线、钢轨接缝及道岔等原因，使制动时车轮在钢轨上处于连滚带滑的状态，即轮轨接触处既非静止，亦非滑动，而是以滚动为主，略带滑动，这种状态称为黏着状态。这主要是车轮和钢轨都是弹性体，因此它们之间的接触不是线接触，而是一个椭圆形的面接触。

依靠黏着滚动的车轮与钢轨黏着力来实现车辆的制动，称为黏着制动。黏着制动时，可实现的最大制动力，不会超过黏着力。在前述制动方式中，闸瓦制动、踏面制动、电阻制动和再生制动均属于黏着制动，它们的制动力的大小都受黏着力的限制。

② 非黏着制动。

制动时，制动力大小不受黏着力限制的制动方式称为非黏着制动。非黏着制动的制动力不从轮轨之间获取，可以得到较大的制动力。轨道电磁制动就属于非黏着制动。

(3) 空气制动和电气制动

按制动源动力可分为空气制动和电气制动两类。

在各种制动方式中，制动的源动力主要有压缩空气和电。以压缩空气为原动力的制动方式称为空气制动方式，如闸瓦制动、盘形制动。以电为原动力的制动方式称为电气制动方式，如电制动、轨道电磁制动。

(4) 程序制动

城市轨道交通车辆制动方式一般有再生制动、电阻制动和空气制动三种，它们分别为第一、第二和第三优先级制动，并且还采取了程序制动措施。

程序制动的含义是：充分利用电制动，尽量减少空气制动，即在制动力未达到其指令的75%（交流传动车为78%）时，同时在黏着力允许的条件下用足电制动，也就是说电制动不仅供动车制动使用而且还要承担拖住拖车的任务，当两节动车的电制动力能满足一组车（二动一拖三辆车）的制动要求时，则这一组车就不再使用空气制动，反之，则要使用空气制动以补足电制动的不足。随着列车的速度下降其电制动力也将不断地减弱，当列车速度降低至一定的速度时，电制动力已不能再满足制动所需的要求，这时电制动力将逐渐被切除，所有的制动力则由空气制动来承担。同时列车还进入了一个停站制动的程序。所谓停站制动程序是，当列车减速进入车站时，在接近停止前略将闸缸内的压力空气放去一些，然后再充气将列车刹停。这样可减小列车的冲动，提高列车停站过程的舒适性。

3. 制动控制方式

制动系统在司机或其他控制装置（如ATP/ATO系统等）的控制下，产生、传递制动信