


现代城市轨道交通系列规划教材

 苏州大学出版社
Soochow University Press

城市轨道交通车辆构造

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG CHELIANG GOUZAO

主编 眭小利 王乾



图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通车辆构造 / 眭小利,王乾主编. —苏州:苏州大学出版社,2020.3
现代城市轨道交通系列规划教材
ISBN 978-7-5672-3120-7

I. ①城… II. ①眭… ②王… III. ①城市铁路-铁路车辆-车体结构-高等职业教育-教材 IV. ①U270.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2020)第 026115 号

城市轨道交通车辆构造

眭小利 王 乾 主编
责任编辑 肖 荣

苏州大学出版社出版发行

(地址:苏州市十梓街1号 邮编:215006)

宜兴市盛世文化印刷有限公司印装

(地址:宜兴市万石镇南漕河滨路58号 邮编:214217)

开本 787 mm × 1 092 mm 1/16 印张 14 字数 315 千

2020年3月第1版 2020年3月第1次印刷

ISBN 978-7-5672-3120-7 定价:42.00 元

若有印装错误,本社负责调换

苏州大学出版社营销部 电话:0512-67481020

苏州大学出版社网址 <http://www.sudapress.com>

苏州大学出版社邮箱 sdcbcs@suda.edu.cn

前言

QIANYAN

国家“十三五”规划纲要指出，要实行公共交通优先，加快发展城市轨道交通、快速公交等大容量公共交通，鼓励绿色出行。中国城市轨道交通协会原会长在《“十三五”城轨交通发展形势报告》中也谈到了：城轨交通在“十三五”期间将出现更大规模的发展态势。一是建设城市和运营城市翻番。预计“十三五”期间，城轨在建城市可能达到80个以上，运营城市将超过50个，比“十二五”期间翻一番。二是在建线路和新建里程增加一半左右。预计“十三五”期间在建线路6 000千米左右，新建里程3 000千米左右。城市轨道交通将继续快速发展。

城市轨道交通车辆是城市轨道交通系统中的关键设备，也是输送旅客的运输载体。车辆是融合多学科的综合性的产品，涉及机械、电气、控制、材料等多个领域，各个相对独立的构成部分有机地组成在一起，共同实现安全、可靠和高品质运行。因此，城市轨道交通车辆构造是城轨相关专业的学生必须掌握的。

高职教育是直接为地方或行业经济发展服务的教育类型。常州市轨道交通发展有限公司是常州工业职业技术学院校企合作方，学院教学环节中设有学生进入常州地铁进行岗位实践培训。本书每个“单元导入”下面都设计了一个关于常州地铁1号线车辆的查询问题，单元的每个课题中设有“地方链接”，介绍常州地铁1号线车辆的相应情况，练习题中也设计了一些相关的查询题。学习内容的载体是学生熟悉的车辆，将有助于学生掌握专业知识，更有利于为地方轨道交通培养应用型技术人才。

本书由常州工业职业技术学院眭小利、王乾、顾亚桃、赵丽娟编写，眭小利、王乾为主编，顾亚桃、赵丽娟为副主编，常州工业职业技术学院轨道交通学院院长吴志强主审。本书包括八个单元，其中，单元一（车辆总体）、单元四（转向架）、单元七（空调系统）和单元八（电气系统）由眭小利、王乾编写，单元二（车体）、单元三（车门）由顾亚桃编写，单元五（连接装置）、单元六（制动系统）



由赵丽娟编写。

本书在编写过程中得到了城市轨道交通专家们的大力支持，并参考了大量专业书籍、期刊论文和学位论文等，在此对专家们和相关作者表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在错误及疏漏之处，敬请读者批评指正。

编者

目 录

MULU

单元一 车辆总体	1
课题一 城市轨道交通车辆概况	2
课题二 车辆分类、编组、标识	7
课题三 车辆总体及主要技术参数	12
课题四 车辆设备布置	20
课题五 车辆总体认知实训	23
单元二 车体	24
课题一 车体	25
课题二 客室	34
课题三 司机室	37
课题四 车体认知实训	46
单元三 车门	47
课题一 车门分类	48
课题二 客室车门	50
课题三 列车上的其他门	63
课题四 车门认知实训	69
单元四 转向架	70
课题一 概述	71
课题二 构架	76
课题三 轮对轴箱装置	78
课题四 弹簧减振装置	88
课题五 牵引传动装置	97
课题六 转向架认知实训	105



单元五 连接装置	106
课题一 概述	107
课题二 车钩缓冲装置	108
课题三 贯通道装置	123
课题四 连接装置认知实训	129
单元六 制动系统	131
课题一 概述	132
课题二 制动系统的组成	135
课题三 制动方式	148
课题四 制动模式	151
课题五 制动系统认知实训	156
单元七 空调系统	157
课题一 概述	158
课题二 空调系统的制冷原理和组成	162
课题三 空调控制系统	174
课题四 空调系统认知实训	179
单元八 电气系统	180
课题一 概述	181
课题二 网络控制系统	182
课题三 乘客信息系统	191
课题四 牵引系统	196
课题五 辅助供电系统	210
课题六 电气系统认知实训	215
参考文献	216

单元一

车辆总体



单元导入

城市轨道交通（可简称“城轨”）交通车辆是城市轨道交通系统中的关键设备，也是输送旅客的运输载体。车辆是融合多学科的综合性的产品，涉及机械、电气、控制、材料等多个领域，各个相对独立的构成部分有机地组合在一起，共同实现安全、可靠和高品质的运行。了解车辆的发展概况，熟悉车辆的总体布置，便于对其各构成部分进行学习。



查一查

常州地铁1号线于2019年9月21日开通，其外观如图1-1所示，它有一个十分萌的昵称，叫“红小梦”，请查询“红小梦”的外观设计特色。



图 1-1 常州地铁 1 号线电客车



课题一 城市轨道交通车辆概况



课题目标

- (1) 了解城市轨道交通车辆的发展过程。
- (2) 熟悉城市轨道交通的系统。
- (3) 掌握城市轨道交通车辆的特点。

一、城市轨道交通车辆的发展

世界上第一条地下铁道(图1-2)于1863年1月10日在伦敦建成。一开始是采用蒸汽机车牵引,历经27年,在1890年改为电力牵引。第二次世界大战后,伴随着各国城市的快速发展,地铁发展极为迅速。至1969年,又有17个城市新建了地铁,特别是1970年以后,地铁发展更快。根据2005年的统计数据,全世界有142个城市拥有城市轨道交通系统,其中112个城市共有8 227 km的地铁线路,90%以上的线路均在20世纪90年代以前建成。按运营公里统计,排名前10位的城市依次是巴黎、纽约、伦敦、首尔、莫斯科、东京、芝加哥、柏林、波士顿、旧金山。

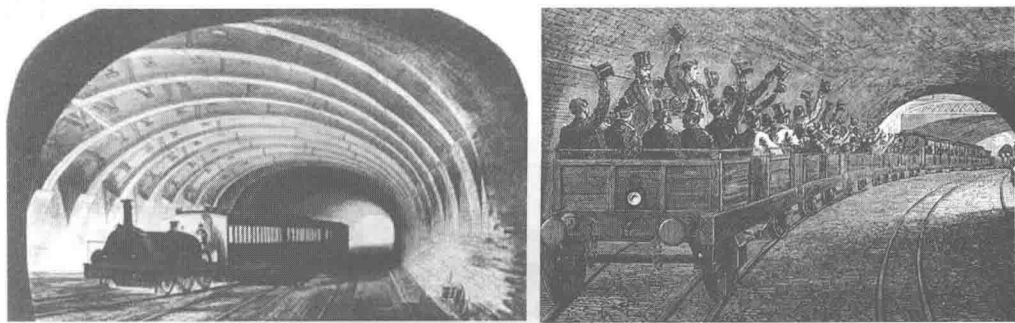


图 1-2 世界上第一条地下铁道线路

20世纪初是有轨电车发展的黄金时代。1881年德国柏林工业博览会期间,一辆只能乘坐6人的有轨电车在400 m长的轨道上展示。1888年,世界上第一个将有轨电车系统投入商业运营的城市是美国弗吉尼亚州的里磁门德市。

20世纪初,有轨电车系统发展很快。在20世纪20年代,美国的有轨电车线路总长达25 000 km。到了20世纪30年代,欧洲、日本、印度和我国的有轨电车有了很大的发展。1908年中国第一条有轨电车在上海建成通车。1909年大连市也建设了有轨电车。在随后的时间里,北京、天津、沈阳、哈尔滨、长春等城市都相继修建了有轨电车,在当时的城市公共交通中发挥了骨干作用。

旧式有轨电车因行驶在道路中间,与其他车辆混合运行,又受路口红绿灯的控

制,所以运行速度很慢,正点率低,而且噪声大,加减速性能较差。随着汽车工业的迅速发展,西方国家私人小汽车数量急剧增长,大量的汽车涌上街头,城市道路面积明显不够用。从20世纪50年代开始,世界各国大城市都纷纷拆除有轨电车线路,这阵风也波及中国。至50年代末,我国各大城市的有轨电车线也基本拆完,只剩下大连、长春的个别线路,并一直保留至今,继续承担着正常的公共客运任务。

20世纪六七十年代在地下铁道建设高峰时期,由于地下铁道造价昂贵,建设进度受财政和其他因素制约,西方大城市在建设地下铁道的同时,又重新把注意力转移到地面轨道上来。利用现代高科技开发了新一代噪声低、速度快,走行部转弯灵活,乘客上下方便,甚至照顾到老人和残疾人的低地板新型有轨电车。在线路结构上,也采用了降噪技术措施。在速度要求较高的线路上,采用专用车道,与繁忙道路交叉处,进入半地下或高架,互不影响。对速度要求不高的线路,可与道路平齐,与汽车混合运行。

1978年3月国际公共交通联合会(EITP)在比利时首都布鲁塞尔举行的会议上,确定了新型有轨电车交通的统一名称,英文名为Light Rail Transit(LRT),中文名简称为轻轨交通。20世纪八九十年代,环保问题、能源结构问题突出,在可持续发展战略方针的指导下,全世界又掀起了新一轮的轻轨交通系统的建设高潮。我国长春、大连、天津等地也相继建成了新型轻轨线路。长春轻轨所使用的车辆,可载员300人,低地板部分离地面只有350mm,极大地方便了乘客上下车。

回顾20世纪城市交通的发展历程,首先是有轨电车从大发展到大拆除;然后是汽车登上历史舞台,逐渐成了城市交通的主角;到20世纪末,以地铁和轻轨为代表的城市轨道交通又恢复了主导地位,这是一个螺旋式上升的过程。

二、城市轨道交通的系统

城市轨道交通经过100多年的发展,已成为一个大系统。我国国家标准《城市轨道交通技术规范》(GB 50490)将城市轨道交通定义为“采用专用轨道导向运行的城市公共客运交通系统,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”。

1. 地铁系统

地铁系统是一种大运量的轨道运输系统,采用钢轮钢轨体系,标准轨距为1435mm,主要在大城市地下空间修筑的隧道中运行,当条件允许时,也可以穿出地面,在地上或高架桥上运行。

2. 轻轨系统

按照国际标准,城市轨道交通列车可分为A、B、C三种型号,分别对应3m、2.8m、2.6m的列车宽度。选用A型或B型列车的轨道交通线路称为地铁,采用5~8节编组列车;选用C型列车的轨道交通线路称为轻轨,采用2~4节编组列车。

B型车和C型车的造价与技术含量要小于A型车。随着我国城市的发展,一些大中型城市已开通或正在建设地铁和轻轨。关于两者的区别,有人认为城市轨道交通



通中，在地面以下行驶的叫地铁，在地面或高架上行驶的就是轻轨；还有人认为轻轨的钢轨重量比地铁轻，这两种认识都是错误的。地铁和轻轨都可以建在地下、地面或高架上。为了增强轨道的稳定性，减少养护和维修的工作量，增大回流断面和减少杂散电流，地铁和轻轨都选用轨距为 1 435 mm 的国际标准双轨作为列车轨道，与国铁列车选用的轨道规格相同，并没有所谓的钢轨重量轻重之分。

3. 单轨系统

单轨系统的特点是使用的轨道只有一条，而非传统铁路的两条平衡路轨。单轨系统通常都是采用高架的方式，而列车多数都是采用橡胶轮胎。单轨系统主要应用在城市人口密集的地方。也有在游乐场内建设的单轨系统，专门运载游人。按照走行模式和结构，单轨系统主要分成两类：悬挂式单轨和跨座式单轨。悬挂式单轨系统（也称空中轨道列车）的列车悬挂在轨道之下（图 1-3）。另一种较为常见的是跨座式单轨系统（图 1-4），列车跨坐在路轨之上，两旁盖过路轨。



图 1-3 日本千叶悬挂式单轨车



图 1-4 重庆跨座式单轨车

4. 有轨电车

有轨电车（图 1-5）是采用电力驱动并在轨道上行驶的轻型轨道交通车辆，亦称路面电车，简称电车。通常全部在街道上行走，列车一般只有单节，最多不超过三节。另外，某些在市区的轨道上运行的缆车亦可算作路面电车的一种。由于电车以电力驱动，车辆不会排放废气，因而是一种无污染的环保交通工具。



图 1-5 有轨电车

5. 磁浮系统

磁浮系统是利用电磁力抵消地球引力，通过自动控制手段使车体与轨道之间保持一定的间隙（悬浮间隙约为 1 cm），使列车悬浮在轨道上运行。

高速磁浮系统的最高速度可以达到 500 km/h 以上，中低速磁浮系统的最高速度与地铁相当。城市轨道交通系统中的磁浮系统是中低速磁浮，时速在 120 km/h 以下。磁浮是一种中量运输系统，在高峰时段每小时的单向运输量在 1.5 万~3 万人次。

磁浮系统虽属于轨道交通，但具备与传统轮轨轨道交通不同的特点和优势。它具有速度快、爬坡能力强、能耗低和低噪声无碳等众多优点，是未来城市交通发展的重要方向之一。

上海有中德合作开发的世界第一条磁浮商运线。2016年5月6日，中国首条拥有完全自主知识产权的中低速磁浮铁路——长沙磁浮快线（图1-6）正式通车。其开通标志着长沙成为中国第二个开通磁浮线路的城市。

6. 自动导向轨道系统

自动导向轨道系统（图1-7）是一种中小运量的输送系统。列车沿着特制的导向装置行驶，车辆运行和车站可以采用计算机进行控制，能够实现全自动化和无人驾驶。自动导向轨道系统适用于城市机场线和城市客流量相对集中的点对点运输线路，在必要时可以采取中间少停靠站的方式运营。在欧美国家，常采用1~2节编组，每小时单向运输能力为5000~10000人次。

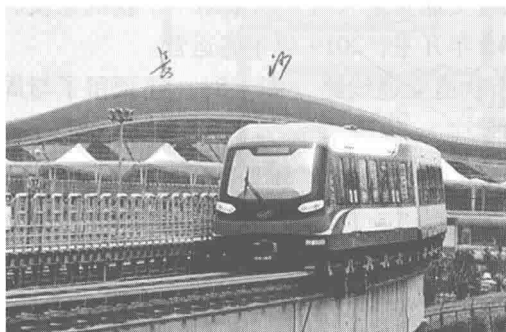


图1-6 长沙磁浮快线



图1-7 自动导向轨道

7. 市域快速轨道系统

市域快速轨道交通系统是一种大运量的轨道运输系统，每小时单向客运量可以达到20万~50万人次。它适用于城市区域内重大经济区之间中长距离的运输，由于线路长，站间距离较大，平均站距比一般市内地铁要长得多，一般在2~5 km，而一般市内地铁仅为1 km左右。一般采用120 km/h以上的快速列车。我国首列市域快速轨道车辆在2014年诞生于中国北车长客股份有限公司，最高运行时速可达160 km/h，介于地铁车辆和城际动车组之间，它可以实现与地铁线路共轨运行或者“零距离”换乘。

三、城市轨道交通车辆的特点

车辆是城市轨道交通系统中完成乘客运输任务的直接工具，它具有以下特点：

- (1) 载客能力强。地铁A型车额定乘客数为310人/辆，超载乘客为432人/辆。
- (2) 动力性能好。速度快，加速能力强，制动效果好。
- (3) 安全可靠性强。设备先进，故障率低，稳定性好，可靠性强，突发情况下适应性强。
- (4) 车内布置独特。座位少，车门多且宽大，内部设备少等。



(5) 灵活的牵引特征。根据不同的线路特征,可采用不同的牵引方式,即动力集中牵引和动力分散牵引。

(6) 节能环保。车辆牵引动力常用电力。

(7) 防火性能要求高。特别是在地下隧道运行时,对防火性能的要求更高。

不同城市、不同类型的城市轨道交通车辆虽然各不相同,但车辆的总体技术都是向着轻量化、节能化、少维修、低噪声、舒适型、高可靠性及低寿命周期成本的方向发展。



地方链接

2012年5月11日,国家发展改革委发文批准江苏省常州市城市轨道交通近期建设规划(2011—2018年),常州市成为全国第29个、江苏省第4个获批建设城市轨道交通的城市,也是2011年全国城市轨道交通安全大检查以来第一个获批建设的城市。常州轨道交通1号线一期工程于2013年开工,2019年年底运营。

常州市轨道交通共规划设置了6条城市轨道交通线路(图1-8),还预留了与周边城市、外围组团(片区)相衔接的市郊线。



练习题

一、填空题

- 世界上第一条地下铁道于1863年1月10日在_____建成。
- 1908年中国第一条有轨电车在_____建成通车。
- 新型有轨电车交通的统一名称,英文名为Light Rail Transit(LRT),中文名简称为_____。
- 地铁系统是一种大运量的轨道运输系统,采用_____体系,标准轨距为1435mm,主要在大城市地下空间修筑的隧道中运行。
- 单轨系统的特点是使用的轨道只有一条,通常采用高架的方式,多数采用_____轮胎。

二、简答题

简述城市轨道交通车辆的特点。

三、查一查

简要介绍我国的第一条地铁。



图 1-8 常州市轨道交通线网规划

课题二 车辆分类、编组、标识



课题目标

- (1) 掌握车辆的分类方法。
- (2) 掌握列车编组的形式。
- (3) 掌握列车标识的含义。
- (4) 能判断并写出列车的编组形式。
- (5) 能正确说出列车上有编号设备的编号。



一、车辆分类

城市轨道交通车辆品种多样, 为方便车辆制造、运营、维修, 须制定统一的分类标准。

1. 按车辆规格分类

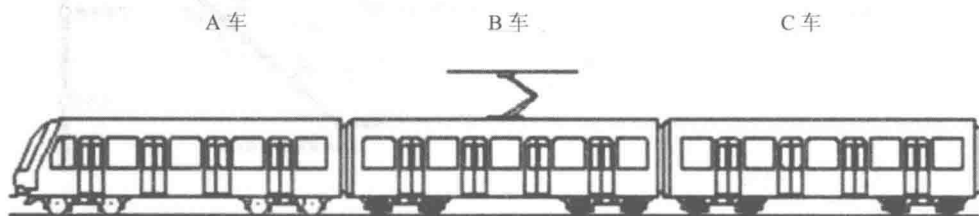
城市轨道交通车辆按车体宽度可分为 A (3 m)、B (2.8 m)、C (2.6 m) 三类。车辆的选型主要依据线路远期高峰每小时的运量大小来确定。通常, 高运量 (单向运能 5 万~7 万人次/h) 选择 A 型车; 大运量 (单向运能 3 万~5 万人次/h) 选择 B 型或 A 型车; 中运量 (单向运能 1 万~3 万人次/h) 选择 C 型或 B 型车。

2. 按牵引动力配置分类

按照城市轨道交通车辆牵引动力配置来分类, 有电机与传动装置的车辆称为动车 (Motor), 无电机与传动装置的车辆称为拖车 (Trailer)。其中, 动车以 M 表示, 拖车以 T 表示, 带司机室的拖车以 Tc 表示。

3. 按车辆安装设备的不同分类

有些城市轨道交通车辆按照欧系车辆的习惯, 依据在一列车组中车辆所装载的设备不同分为 A 车、B 车、C 车三种类型, 如图 1-9 所示。



A 车: 带有驾驶室的拖车。本身无动力, 依靠有动力的车辆拖动。

B 车: 无驾驶室的动车, 其转向架上带有牵引电动机, 车顶安装有受电弓或车底装有受流器。

C 车: 无驾驶室的动车, 其转向架上带有牵引电动机, 车底装有空气压缩机。

图 1-9 城市轨道交通车辆 A、B、C 车

4. 按供电制式和受电方式不同分类

根据供电制式不同, 城市轨道交通分为架空接触网供电和接触轨供电两种形式, 对应的列车按受电方式分为带受电弓车辆 (图 1-10) 和带受流器 (也称受电靴) 车辆 (图 1-11)。



图 1-10 带受电弓车辆

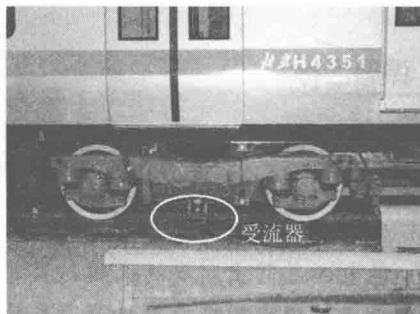


图 1-11 带受流器车辆

二、车辆编组

城市轨道交通系统中，车钩把动车和拖车连接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单元编组构成。车辆编组主要包括列车中动车与拖车的分布形式，以及车辆之间的连接方式。车辆编组需考虑的因素有线路坡度、运营密度、站间长度、安全可靠、工程投资、舒适度、客流量大小等。

在编组方式中，“M”表示动车，“T”表示拖车，“c”表示带有司机室，“p”表示带有受电弓，“+”代表全自动车钩，“-”代表半永久牵引杆，“=”代表半自动车钩。

一列车的车辆编组一般为4~8辆，通常6辆最为常见。6辆车编组的列车按以下形式配置（图1-12）： $+A-B-C=C-B-A+$ ，构成列车的基本单元为： $+A-B-C=$ 。

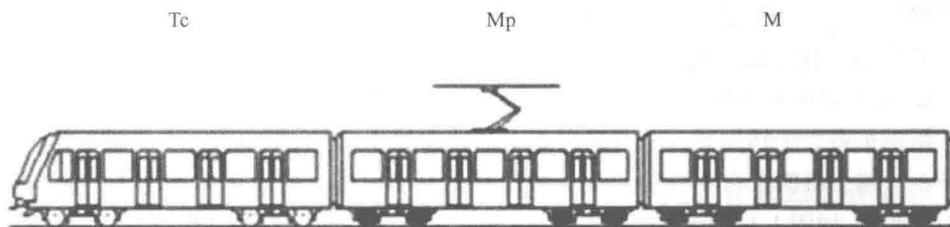


图 1-12 列车基本单元编组

目前我国各个城市的地铁编组方法没有统一的规定，但是均采用动拖混编的方式。一般动拖混编采用“4动2拖”或“3动3拖”的连接方式。

列车并不一定是偶数编组，编组数量主要取决于城市及其线路的近远期客流量的大小。比如，苏州地铁1、2号线，无锡地铁1号线均采用5辆编组，编组方式为： $+Tc-Mp-M-Mp-Tc+$ 。

随着城市的发展，当既有线路不能满足客运能力的需要时，亦存在扩编问题。

三、车辆标识

通常每辆车都有专属的固定编号，但目前由于我国城市轨道交通车辆所在城市和线路的不同，各种编组、编号、标记定义也不尽相同，没有统一的车辆标识规定，但方法比较类似。车辆编号有的由数字和字母组成，也有的全用数字，主要标明了车辆所属线路、车辆类型和车辆序号。

四、车辆的车端、车侧、车门、座位等标识

1. 车辆的车端、车侧的定义

每辆车都有1位端和2位端。A车的1位端是自动化程度高的车钩一端；B车的1位端是与A车连接的端；C车的1位端是与B车连接的一端，车辆的另一端就是2位端，如图1-13所示。

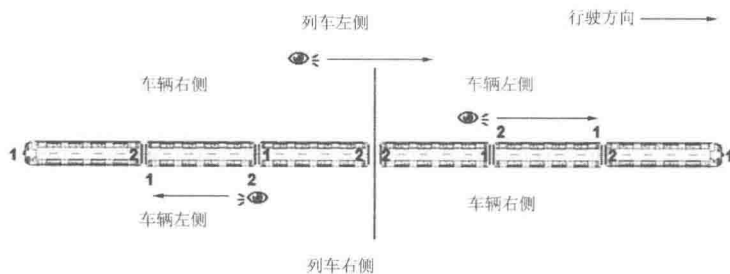


图 1-13 车辆端部及列车车侧的标识

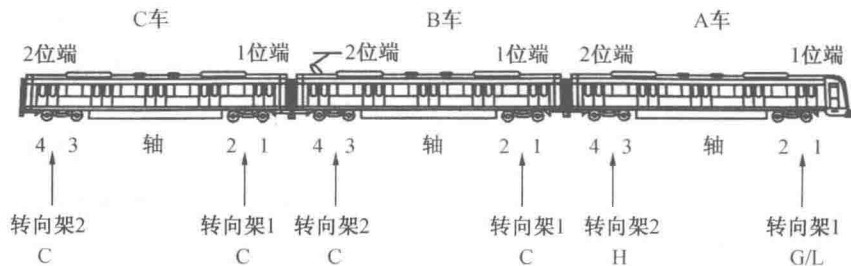
车辆的车侧是指：人位于 2 位端，面向 1 位端，人的右侧就是该车辆的右侧，人的左侧就是该车辆的左侧。

2. 列车的车侧

列车的车侧与车辆的车侧定义是不同的。列车的车侧是以司机为主体，司机坐在驾驶位上，沿行驶方向，其左侧就是列车的左侧，右侧就是列车的右侧。也就是说，列车的行驶方向不同，列车的左右侧也会有所不同。

3. 转向架和轴的编号

每辆车有 2 个转向架，分为转向架 1 和转向架 2，转向架 1 位于 1 位端，转向架 2 位于 2 位端。每辆车有 4 根轴，从 1 位端开始至 2 位端，依次连续编号为轴 1、轴 2、轴 3、轴 4，如图 1-14 所示。



C—动车转向架；H—拖车转向架，不带 ATC 装置和轮缘润滑；G—拖车转向架，带 ATC 装置；L—拖车转向架，带 ATC 装置和轮缘润滑。

图 1-14 转向架和轴的编号

4. 车门和座椅的编号

(1) 门页是从 1 位端开始至 2 位端，车辆的左侧是从小到大的连续奇数，即 1、3、5、7……右侧是从小到大的连续偶数，即 2、4、6、8……

(2) 车门编号是由左右两个门页号码组合而成，如 1/3、2/4 号门。

(3) 座椅是从 1 位端到 2 位端编号，左侧为奇数，右侧为偶数。

5. 空调单元的编号

每辆车的车顶有 2 个空调单元，位于 1 位端的空调单元称为空调单元 1，位于 2 位端的空调单元称为空调单元 2。

