

# 项目一 城市轨道交通车辆的基本知识

## 项目导读

2017年3月25日,中国城市轨道交通协会发布了《城市轨道交通2016年度统计和分析报告》(以下简称《报告》)。《报告》指出,截至2016年底,中国大陆地区有30个城市开通并运营城市轨道交通,共计133条线路,运营线路总长度达4152.8公里。其中,地铁长度为3168.7公里,占76.3%;其他制式城轨交通运营线路长度为984.1公里,占23.7%。年度新增运营线路长度创历史新高,达534.8公里,首次超过500公里,同比增长20.2%。全年累计完成客运量160.9亿人次,同比增长16.6%。拥有2条及以上城轨交通运营线路的城市已增加到21个。城市轨道交通运营线路增多、客流量持续增长、系统制式多元化、运营线路网络化的发展趋势更加明显。

## 任务一 城市轨道交通的类型

### 任务描述

以城市轨道交通车辆为模型,以多媒体教学课件为载体,结合城市轨道交通发展宣传片,掌握城市轨道交通的类型以及我国城市轨道交通的发展现状,建立一种职业认同感与荣誉感。

### 任务目标

1. 了解城市轨道交通的类型;
2. 了解我国城市轨道交通的发展现状。

### 知识准备

2016年,中国大陆地区城市轨道交通完成投资3847亿元,在建线路总长5636.5公里,均创历史新高,可研批复投资累计34995.4亿元。截至2016年底,共有58个城市的城轨线网规划获批(含地方政府批复的14个城市),规划线路总长达7305.3公里。城市轨道交通在建、规划线路规模进一步扩大,投资额持续增长,建设速度稳步提升。

下一步,提高城市轨道交通运营管理水平,积极适应网络化发展,做好人才培养和储备,

强化运营能力是企业发展的关键所在。

一般来讲,城市轨道交通是指城市中车辆在固定导轨上运行,且主要用于城市客运的交通系统。目前,我国城市轨道交通系统主要包括地下铁道交通、城市轻轨交通、城市单轨铁路交通、新交通系统以及城市磁悬浮交通等。

### 一、地下铁道交通

地下铁道交通,又称地铁系统,简称“地铁”,其原始含义是修建在地下隧道中的铁路。随着地下铁道的发展,其线路布置不仅局限在地下隧道中,根据需要,也可以布置在地面或采用高架的方式修建,但城区内的线路还是以地下为主。地下铁道交通是地下、高架、地面线路三者结合的大容量快速轨道交通。

地下铁道交通单向客流量 3 万人次/h 左右,最高可达 6~8 万人次/h,最高速度为 120 km/h,旅行速度可达 40 km/h 以上,可以 4~10 辆列车编组,车辆运行最小间隔可低于 1.5 min。一般情况下,地下线路实行全封闭,可实现信号控制的自动化,适用于运量需求大的城市。北京地铁 1 号线,如图 1-1 所示。

### 二、城市轻轨交通

轻轨是城市轨道交通的一种重要形式,也是当今世界上发展最为迅猛的轨道交通形式。轻轨的机车质量和载客量要比一般列车小,其所使用的铁轨质量轻,只有 50 kg/m,因此叫作“轻轨”。城市轻轨具有运量大、速度快、污染小、能耗少,准点运行,安全性高的优点。武汉轻轨 1 号线,如图 1-2 所示。



图 1-1 北京地铁 1 号线



图 1-2 武汉轻轨 1 号线

城市轻轨交通是一种介于现代有轨电车和快运交通系统,用于城市旅客运输的轨道交通系统,是运量或车辆轴重稍小于地铁的快速轨道交通。在我国《城市轨道交通工程建设标准(试行本)》中,把(0.6~3)万人次/h 的轨道交通定义为中运量轨道交通。轻轨一般采用地面和高架相结合的方法建设,路线可以从市区通往近郊。列车编组采用 3~6 辆,最高速度可达 80 km/h。

### 三、城市单轨铁路交通



单轨也称“独轨”，是指通过单一轨道梁支撑车厢并提供导引作用而运行的轨道交通系统。单轨的最大特点是车体比承载轨道要宽。根据支撑方式不同，单轨通常可分为跨座式和悬挂式两种。跨座式是指车辆跨坐在轨道梁上行驶；悬挂式是指车辆悬挂在轨道梁下方行驶。重庆轨道交通单轨，如图 1-3 所示。

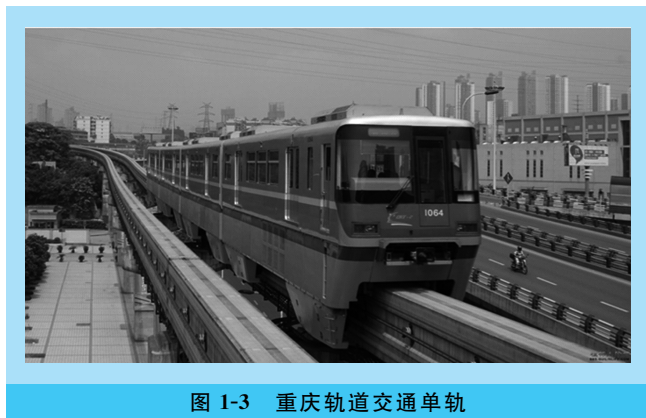


图 1-3 重庆轨道交通单轨

单轨的车辆采用橡胶轮，由电气牵引，最高速度可达 80 km/h，旅行速度为 30~35 km/h，列车可 4~6 辆编组，单向运送能力为(1~2.5)万人次/小时。

与轻轨相比，单轨有很多突出的优点。由于单轨客车的走行轮采用特制的橡胶车轮，所以振动和噪声大为减少；其两侧装有导向轮和稳定轮控制列车转弯，运行稳定可靠。高架单轨因轨道梁仅为 85 cm 宽，不需要很大空间，可适应复杂地形的要求，同时对日照和城市景观影响小。单轨交通占地少，造价低，建设工期短，其工程建筑费用仅为地铁的 1/3。

#### 思考探究

重庆轨道交通选择单轨的理由是什么？

### 四、新交通系统

新交通系统是指车辆采用橡胶轮，由电气牵引，在有特殊导向的专用轨道梁上运行的交通系统。

该系统中，车辆可在线路上采用无人驾驶，无人管理，完全由中央控制室的计算机集中控制，自动运行。新交通系统与单轨交通有许多相同之处：都采用高架线路，列车以 2~6 辆编组，单向客运量在 1 万人次/h 左右，采用电力驱动，橡胶轮走行。新交通系统与单轨交通系统最大的区别在于，除有走行轨外，新交通系统还设有导向轨；另外，新交通系统的自动化程度也比较高。新交通系统的导向系统有中央导向方式和侧面导向方式两种。

### 新交通系统类型

#### 1. 城市轨道交通车辆——全自动旅客捷运系统

全自动旅客捷运系统,其英文全称为 Automated People Mover Systems,简称 APM。其最大的特点是无人驾驶,采用电力动力和橡胶轮胎,由导向轨道引导在水泥路面上行驶。车辆的最高速度能够达到 80 km/h,平均运营速度为 30~45 km/h,与地铁、轻轨等城市轨道交通速度相当。APM 车辆长度一般为 11~13 m,采用 2~6 节编组,单向运量为(1~3)万人次/h。

中国大陆首条 APM 系统是北京首都国际机场旅客捷运系统,该系统主要服务于 3 号航站楼国际及港、澳、台进出港旅客,如图 1-4 所示。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 14:00 正式开通并试运行,该线路主要定位于观光,如图 1-5 所示。



图 1-4 北京首都国际机场 APM 系统



图 1-5 广州珠江新城 APM 线

#### 2. 城市轨道交通车辆——直线电机轮轨交通系统

直线电机轮轨交通系统是一种新型的介于磁悬浮铁路交通与传统轮轨铁路交通之间的轨道交通形式。该种轨道交通利用车轮起支承、导向作用,这与传统轮轨系统相似。但在牵引方面却采用了短定子列车驱动直线感应电机驱动,当初级线圈被通以三相交流电时,由于感应而产生电磁力,直接驱动车辆前进,改变磁场移动方向,车辆运动的方向也随之改变。车辆平稳运行时,定子与感应轨之间的间隙一般保持在 10 mm 左右。

广州地铁 4 号线是中国首条使用直线电机技术的轨道交通线路。车辆的车型为 L 型,采用 4 节编组,长约 71 m,宽 2.8 m,车体截面为鼓形结构,最高运行速度为 90 km/h。广州地铁 4 号线具有全自动驾驶功能,如图 1-6 所示。



图 1-6 广州地铁 4 号线列车

## 五、城市磁悬浮交通

磁悬浮交通利用电磁铁将车辆悬浮在轨道上,在运动中没有轮轨的接触关系。磁悬浮交通一般可分为:高速超导型,最高速度为 550 km/h;中速常导型,最高速度为 250 km/h;低速常导型,最高速度为 100~120 km/h。城市磁悬浮交通通常采用低速常导型。磁悬浮交通系统是一种中等运量的轨道运输系统,适用于单向客流量为(1.5~3)万人次/h 的交通走廊。磁悬浮系统列车主要在高架桥上运行,特殊地段也可在地面或地下隧道中运行。

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——长沙磁浮快线正式通车。这条线路全长 18.5 km,总投资 46 亿元,最高时速可达 100 km/h,如图 1-7 所示。



图 1-7 长沙磁浮快线

不同城市轨道交通制式开通千米数占比(数据截至 2016 年底),如图 1-8 所示。

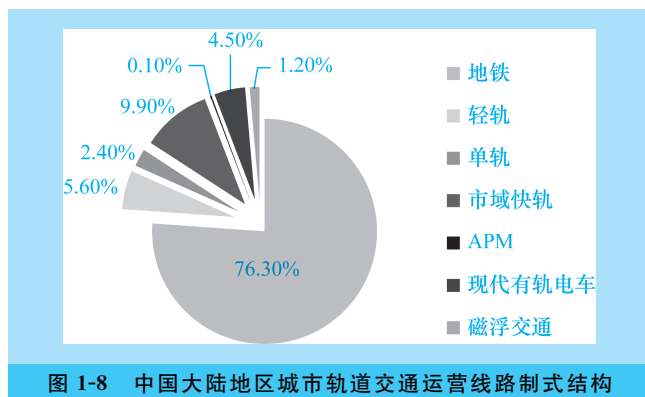


图 1-8 中国大陆地区城市轨道交通运营线路制式结构



### 交流讨论

你所在城市轨道交通的类型有哪些? 其选型的依据是什么?

## 任务实施

工作单	城市轨道交通的类型
交流讨论	1. 城市轨道交通的类型； 2. 我国城市轨道交通的发展现状； 3. 你所在城市轨道交通的类型
能力训练	1. 与他人共享学习资源，具有较好的合作能力和团队协作精神； 2. 与小组成员和教师就学习中的问题进行交流和讨论； 3. 综合运用城市轨道交通车辆专业知识，通过城市轨道交通车辆专业书籍、课件和图片资料获得信息
实训小结	

## 任务评价

评价内容	城市轨道交通的类型		
班级		姓名	
学习小组		工作时间	

职业素养(包括表达能力 15%，沟通能力 15%，团队合作能力 15%，实际操作能力 25%，知识掌握能力 30%)

评价项目	表达能力	沟通能力	团队合作能力	实际操作能力	知识掌握能力
评价结果					

指导教师评语：

任务完成人签字：

日期： 年 月 日

指导教师签字：

日期： 年 月 日

## 任务二 城市轨道交通车辆的类型及组成

### 任务描述

电动列车是车辆驾驶与检修工作人员的工作平台,只有在充分了解其结构、特性、原理的基础上,工作人员才能游刃有余地完成检修、驾驶等作业。

在城市轨道交通车辆总体实训场内,了解城市轨道交通车辆的总体结构,可以更好地完成后续任务的学习和训练。

### 任务目标

1. 掌握城市轨道交通车辆的类型;
2. 掌握城市轨道交通车辆的组成;
3. 熟悉城市轨道交通车辆的发展特点。

### 知识准备

#### 一、城市轨道交通车辆的类型

##### 1. 按照车体的宽度进行分类

我国城市轨道交通车辆种类较多,各城市由于运营要求和地质条件不同,对城市轨道交通车辆的要求也不一样。建设部 1999 年颁布的《城市快速轨道交通工程项目建设标准(试行本)》提出了 A 型车、B 型车、C 型车的概念,它主要是按车体宽度不同来进行分类的。其主要技术规格,如表 1-1 所示。

表 1-1 各类车型的主要技术规格

序号	项目名称		A 型车	B 型车	C 型车		
			四轴车	四轴车	四轴车	六轴车	八轴车
1	车辆基本长度(m)		22	19	18.9	22.3	29.5
2	车辆基本宽度(m)		3	2.8	2.6		
3	车辆高度(m)	受流器车(m)(有空调/无空调)	3.8/3.6	3.8/3.6	3.7/3.25		
		受电弓(m)(落弓位高度)	3.8	3.8	3.7		
		受电弓工作高度(m)	3.9~5.6				
4	车内净高(m)		2.10~2.15				
5	地板面高(m)		1.1		0.95		

续表

序号	项目名称		A 型车	B 型车	C 型车		
			四轴车	四轴车	四轴车	六轴车	八轴车
6	车辆定距(m)		15.7	12.6	11	7.2	
7	固定轴距(m)		2.2~2.5	2.1~2.2	1.8~1.9		
8	车轮直径(mm)		$\varphi 840$		$\varphi 760$		
9	车门数(每侧)(个)		5	4	4	4	5
10	车门宽度(m)		$\geq 1.3$				
11	车门高度(m)		$\geq 1.8$				
12	定员人数(人)	有司机室	295	230	200	240	315
		无司机室	310	245	210	250	325
13	车辆轴重(t)		$\leq 16$	$\leq 14$	$\leq 11$		
14	站立人员标准	定员(人/m <sup>2</sup> )	6				
		超员(人/m <sup>2</sup> )	9				
15	最高运行速度(km/h)		$\geq 80$		$\geq 70$		
16	启动平均加速度(m/s <sup>2</sup> )		$\geq 0.9$		$\geq 0.85$		
17	常用制动减速度(m/s <sup>2</sup> )		1		1.1		
18	紧急制动减速度(m/s <sup>2</sup> )		1.2		1.3		

注:车辆详细技术条件,可参照《地铁车辆通用技术条件》(GB/T 7928—2003)和《城市轻轨交通铰接车辆通用技术条件》(GB/T 23431—2009)。



## 视野拓展

阅读《地铁车辆通用技术条件》(GB/T 7928—2003)、《城市轻轨交通铰接车辆通用技术条件》(GB/T 23431—2009)。

在进行城市轨道交通车辆选型时,主要是根据线路远期高峰小时的运量要求来进行的:高运量——单向运能(5~7)万人次/h,选 A 型车;大运量——单向运能(3~5)万人次/h,选 B 型或 A 型车;中运量——单向运能(1~3)万人次/h,选择 C 型或 B 型车。

### 2. 按照车辆安装设备的不同进行分类

按照车辆安装设备的不同,城市轨道交通车辆可分为 A 车、B 车、C 车三种类型。

A 车:为带有驾驶室的拖车。本身无动力,要依靠有动力的车辆拖动。

B 车:为无驾驶室的动车。其转向架上带有牵引电机,车顶安装有受电弓或车下装有受电靴。

C 车:为无驾驶室的动车。其转向架上带有牵引电机,车底装有空气压缩机。也有部分地铁车辆空气压缩机安装在头车上。



**温馨提示**

要区分 A 型车与 A 车。

**3. 按照城市轨道交通车辆制式进行分类**

按走行部与行驶轨道之间的匹配关系来分,车辆的制式主要有钢轮钢轨制式车辆(包括直线电机车辆)、胶轮制式车辆、独轨制式车辆、磁浮车辆等。通常,城市轨道交通车辆多指钢轮钢轨制式车辆,主要用于地铁或轻轨系统之中。

**4. 按照牵引动力配置进行分类**

按照牵引动力配置不同来分类,城市轨道交通车辆可分为动车(Motor)和拖车(Trailer)两大类。其中,动车以“M”表示,拖车以“T”表示。拖车(T),即本身无动力牵引装置的车辆,仅有载客功能,可设置司机室,也可带受电弓。动车(M),即本身装有动力牵引装置的车辆;动车又分带有受电弓的动车和不带受电弓的动车。由于动车本身带有动力牵引装置,因而它兼有牵引和载客两大功能。城市轨道交通车辆在运营时,一般采用动拖结合、固定编组的方式而形成电动列车组。

**二、城市轨道交通车辆的组成**

城市轨道交通车辆是按功能分类的多个子系统组成的紧密联系的综合系统,一般包括车体、客室门窗、转向架、车钩及缓冲装置、制动系统、空调系统、主电路系统、辅助供电系统、牵引制动控制系统、列车通信控制系统、乘客信息系统、照明系统等。

**1. 车体**

车体是车辆的主体结构,是容纳乘客的地方,又是安装与连接其他设备和部件的基础。国内地铁车辆的车体采用了整体承载的模块化铝合金或不锈钢结构,一般均设有底架、侧墙(车窗、车门)、端墙、车顶棚等。车窗采用全封闭式中空玻璃,车内还安装有座椅、扶手、乘客信息系统等各种乘客服务设施,以及紧急开门装置,紧急对讲装置和灭火器等安全设施,如图 1-9 所示。

**2. 客室门窗**

客室侧门是供乘客上下车的通道,是车辆动作最频繁的设备之一。A 型车每辆车有 10 个客室车门与车窗;B 型车有 8 个客室车门与车窗,为左右侧对称布置,具有自动开关门功能,如图 1-10 所示。

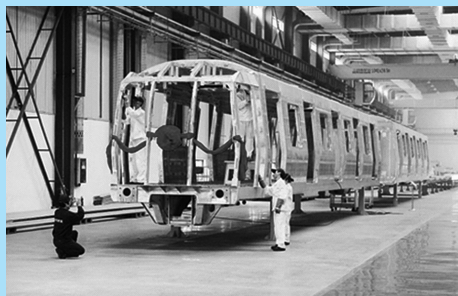


图 1-9 车体



图 1-10 客室车门与车窗

客室车门：

(1)一般采用电控电动外塞拉门。

(2)车门净开度不小于 1 400 mm,高度不小于 1 860 mm。电控电动装置采用微处理器控制的电动机驱动装置,并具有自诊断功能和故障记录功能。

(3)传动装置采用皮带方式;导向装置、驱动装置和锁闭装置集中为一个紧凑的功能单元,便于安装和维修。

客室车窗：

(1)为连续窗带结构；

(2)车窗玻璃通过优质结构胶直接黏结在车体钢结构上；

(3)车窗安装后,玻璃外表面与车体外表面平齐；

(4)车窗玻璃为钢化安全玻璃；

(5)车窗玻璃有一半带紧急通风功能,在客室呈“W”形分布。

### 3. 转向架

转向架是车辆的走行部,是支承车体载荷并使车辆沿着轨道行驶的装置,如图 1-11 所示。转向架的主要作用是:承担车体及载客的质量;传递列车牵引力,保证列车顺利通过小半径曲线。转向架为无摇枕结构,采用传统的“H”形构架。每个转向架的两个空气弹簧支承着车体的质量,可降低振动和冲击,使旅客乘坐时更加舒适;通过空气弹簧的充排风可根据负载情况对地板高度进行自动调整。在车体和转向架之间,采用单牵引拉杆传递牵引力和制动力。为了降低轮轨间产生的磨损噪声,在车轮轮辋上还装有降噪阻尼环。

转向架分动力转向架和非动力转向架两种。动力转向架的每根车轴都有一台交流牵引电动机。牵引电动机通过联轴节与减速齿轮箱连接,牵引电动机输出的转矩通过联轴节传递给齿轮箱,经齿轮箱减速后再传递轮对,实现列车的牵引。

为了实现列车的停车或制动,在每个转向架上都配有制动单元,包括两个常用制动,两个停放制动。停放制动可通过钢丝绳缓解。

### 4. 车钩及缓冲装置

车钩及缓冲装置安装在底架牵引梁上,是车辆的一个安全部件,如图 1-12 所示。车钩及缓冲装置是连接车辆以及车辆之间的机械路、电路和气路,并传递列车运行的牵引力、制动力以及缓解车辆之间冲击力的装置。车钩及缓冲装置主要由车钩、缓冲器、解钩风缸及其他附属配件组成。城市轨道交通车辆采用了密接式车钩,包括全动车钩、半动车钩和半永久牵引杆三种。缓冲器一般有橡胶缓冲器、弹性胶泥缓冲器、液压缓冲器三种。

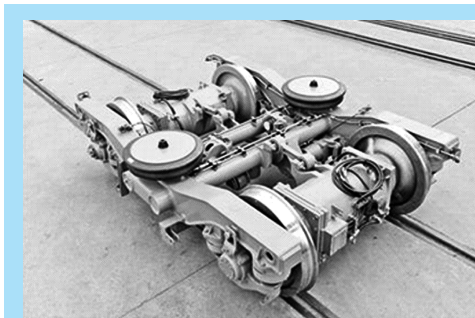


图 1-11 转向架



图 1-12 车钩及缓冲装置

### 5. 制动系统

车辆制动系统的主要作用是用以产生制动力,保证运行中的列车按需要减速或在规定的距离内安全停车以及防止静止的车辆溜走,以保证行车安全。城市轨道交通车辆制动系统拖车上只安装空气制动装置,动车除安装有空气制动装置外,还有再生制动、电阻制动装置;此外,有的车辆还装有磁轨制动装置、液压制动装置等。空气制动系统一般由电子制动控制单元、空气制动控制单元和基础制动单元(盘形制动或踏面制动)三部分组成。风源系统一般由空气压缩机组(空气压缩机、空气干燥器、油过滤器)、各类空气阀件、空气管路和储风缸等组成。

### 6. 空调系统

空调系统的作用是为客室和司机室的室内环境提供温度调节、空气除湿和通风。空调系统包括空调机组及控制单元、送风道/回风道、送风口/回风口、废气排口、温度传感器、紧急通风电源、司机室送风机、废气排风机等。空调机组一般安装在车顶。

(1)每车都设有两台顶置单元式空调机组。

(2)空调机组自带新风口,两端出风,两端回风。

(3)空调机组设于车顶 1/4 和 3/4 处。

(4)空调系统采用微机控制,可实现预冷、制冷、通风及紧急通风等多种功能。

(5)司机室设送风单元,将客室空调机组处理后的空气送入司机室中;送风单元内设调速风机,可根据需要调整司机室风量和冷量。

### 7. 主电路系统

主电路系统是列车牵引动力和电制动力得以实现的有效载体,同时,列车其他系统的电源也均来自主电路系统。列车有牵引工况和制动工况,其中,制动工况又分为电阻制动和再生制动。

牵引工况下,主电路系统通过安装在  $M_p$  车(带受电弓的动车)车顶的受电弓将接触网的 DC 1 500 V 电压引入  $M_p$  车底架下部的 PH 箱(整合高压器的牵引箱)中,在 PH 箱中受高速断路器控制后,经牵引逆变器逆变送入牵引电机,并最终通过接地电刷,经由车体、转向架轴端接地装置与轨道形成电流回路。

电阻制动工况下,牵引电机将列车的动能转化为热能,并经牵引逆变器、制动电阻以热量的形式散发掉;再生制动是指牵引电机将列车的动能转化为电能,并经牵引逆变器、高速断路器、受电弓等将电能反馈给电网。再生制动优先施加。

### 8. 辅助供电系统

辅助供电系统直接通过受电弓从接触网获得 1 500 V 高压电并通过内部转化处理向列车提供 380 V 交流电和 110 V 低压直流电的供电系统。车辆上的辅助设施,如空调、电气设备通风、空气压缩机等交流辅助负载,以及列车控制系统、客室车门控制和驱动系统、列车照明系统、乘客信息系统等直流辅助负载,都是由辅助供电系统供给电源的。

每个辅助供电系统都有一个线路电抗器,用于抑制辅助变流器产生的干扰电流。在每个辅助变流器的输出上都有一个三相辅助滤波器,包含一个三相电抗器和一个三相电容器。

三相滤波器提供带有较低谐波失真的基本凹陷的三相辅助母线。三相滤波器之后是一个三相变压器。三相变压器将三相逆变器的三相输出电压转化为适当的电压等级,并提供高压系统和三相辅助母线之间的电流隔离。变压器为  $\Delta$ -Y 连接,为单相辅机负载提供零点。

当辅助供电系统受电弓馈电时,受一个 400 A 的熔断器保护。此外,辅助供电系统一直由一个 ACM 熔断器保护;电池充电系统由一个 20 A 的电池充电器熔断器保护。

### 9. 牵引制动控制系统

列车牵引制动控制系统是指为实现列车牵引和制动控制相关功能而设计的有节点逻辑的控制电路系统。该系统采用的主要部件包括继电器、行程开关、按钮开关、旋钮开关以及连接用的导线等。在该系统中,继电器是实现各项逻辑功能的主要部件,通过确定继电器的线圈得电吸合的条件以及其触头开关所关联的功能电路,可以实现一定逻辑的电路逻辑功能,以达到列车整体性牵引、制动控制的条件,并将该信息输入列车通信控制系统,通过其内部的控制程序运算,最终实现对列车的有效控制。

### 10. 列车通信控制系统

列车通信控制系统(TCMS)负责处理和分配列车运行中的各种内外数据,并时刻监视车载设备,进行车辆诊断和数据网络管理。

列车控制的职责是监视/控制高压系统,牵引、辅助设备和制动系统及司机台的操作等。TCMS 作为整车控制系统,通过信号采集模块,采集司机的操作指令、列车各个工况下的状态等信号,经过运算及逻辑处理,给出操作列车各部件的控制指令,通过 MVB(多功能车辆总线)实现与牵引控制系统、空气制动控制系统、辅助供电系统、车门系统、广播和视频监控系统等部件的数据交换。

列车通过 MVB 和以太网线实现双通道的信息传输,贯通 6 节车辆,连接两个单元车的列车车辆控制单元(VCU)。VCU 对车辆运行中非关键性的各种子系统进行监视和控制。

### 11. 乘客信息系统

乘客信息系统的作用是向乘客提供列车运行信息、安全信息和其他公共信息。该系统由乘客广播(PA)子系统和 LCD 动态地图显示子系统两个部分组成。乘客广播子系统为客户提供语音广播、内部通信功能。LCD 动态地图显示子系统,通过安装在客室的 LCD 显示单元为乘客提供列车动态运行信息。

### 12. 照明系统

由于地铁车辆主要在隧道内运行,所以车辆的照明非常重要,这不仅是列车安全运行的需要,也是乘客乘坐地铁的需要。列车照明系统分为车辆外部照明和车辆内部照明。车辆外部照明包括(远、近)前照灯、尾灯和运行灯;车辆内部照明包括司机室照明和客室照明。

## 思考探究

我国城市轨道交通车辆的哪些核心组成系统能够国产化?

### 三、城市轨道交通车辆的发展特点

城市轨道交通车辆是用来运送乘客的运输工具。不同类型的城市轨道交通车辆有其自身的特点,但车辆总体上是朝轻量化,节能、舒适,少维修,高可靠性、高安全性的方向发展。现代城市轨道交通车辆具有以下特点。

(1)列车动力分散布置,车载设备设计紧凑。现代城市轨道交通车辆能根据需要,由各种非动力车和动力车组合成相对固定的编组,两头设置驾驶台;为考虑隧道限界的限制,车辆和各种车载设备的设计要求相当紧凑。

(2)列车运行快速、准时,安全、舒适。城市轨道交通车辆在专用的轨道上行驶,不受其他交通工具的干扰和影响,不产生线路堵塞现象,其特定的路权方式使系统安全可靠,能实现高密度运转;列车运行间隔时间和候车时间短,同时能为乘客提供适当的空间、安静舒适的环境和空调享受。与公交系统和小汽车形成较强的竞争力。

(3)列车车体轻量化。现代城市轨道交通车辆采用大截面中空挤压铝型材结构和整体承载结构,在满足安全和强度的前提下,能最大限度地减少车体自重。

(4)列车车辆连接采用封闭式全贯通通道。为便于乘客走动及分布均匀,相邻车辆采用密接式车钩进行机械、电气和气路的全自动连接,连接处采用封闭式全贯通通道。

(5)列车车门数量多。为使列车停站时能保证大量乘客上、下车,在较短时间内尽可能完成客流交换,车门数量设置较多,每辆车车门数为6~10个。

(6)列车采用调频调压交流制动。为降低能耗,列车制动时采用电气(再生制动、电阻制动)和空气混合制动方式。

(7)列车具有先进的微机控制技术及故障自诊断功能。列车采用自动列车控制(ATC)、自动列车驾驶(ATO)和自动列车保护(ATP)等自动控制设备,并配备相应车载设备,实现了信号控制和行车控制自动化。有些地铁企业运营的城市轨道交通车辆甚至实现了无人驾驶。

(8)车辆系统的部件设计和材料选用都以列车运行和乘客的安全为首要原则。设备正常功能失效时,其响应部件都将以安全为导向目标。

#### 任务实施

工作单	城市轨道交通车辆的类型及组成
交流讨论	1. 城市轨道交通车辆的类型; 2. 城市轨道交通车辆的组成; 3. 城市轨道交通车辆的发展特点
能力训练	1. 与他人共享学习资源,具有较好的合作能力和团队协作精神; 2. 与小组成员和教师就学习中的问题进行交流和讨论; 3. 综合运用城市轨道交通车辆专业知识,通过城市轨道交通车辆专业书籍、课件和图片资料获得帮助信息

续表

工作单	城市轨道交通车辆的类型及组成		
-----	----------------	--	--

操作运用:在城市轨道交通车辆实训场地,查找车辆设备,并描述它的作用和安装位置

序号	系统名称	作用	位置
1	车体		<input type="checkbox"/> 车内 <input type="checkbox"/> 车顶 <input type="checkbox"/> 车底
2	客室门窗		<input type="checkbox"/> 车内 <input type="checkbox"/> 车顶 <input type="checkbox"/> 车底
3	转向架		<input type="checkbox"/> 车内 <input type="checkbox"/> 车顶 <input type="checkbox"/> 车底
4	车钩及缓冲装置		<input type="checkbox"/> 车内 <input type="checkbox"/> 车顶 <input type="checkbox"/> 车底
5	制动系统		<input type="checkbox"/> 车内 <input type="checkbox"/> 车顶 <input type="checkbox"/> 车底
6	空调系统		<input type="checkbox"/> 车内 <input type="checkbox"/> 车顶 <input type="checkbox"/> 车底
7	主电路系统		<input type="checkbox"/> 车内 <input type="checkbox"/> 车顶 <input type="checkbox"/> 车底
8	辅助供电系统		<input type="checkbox"/> 车内 <input type="checkbox"/> 车顶 <input type="checkbox"/> 车底
9	牵引制动控制系统		<input type="checkbox"/> 车内 <input type="checkbox"/> 车顶 <input type="checkbox"/> 车底
10	列车通信控制系统		<input type="checkbox"/> 车内 <input type="checkbox"/> 车顶 <input type="checkbox"/> 车底
11	乘客信息系统		<input type="checkbox"/> 车内 <input type="checkbox"/> 车顶 <input type="checkbox"/> 车底
12	照明系统		<input type="checkbox"/> 车内 <input type="checkbox"/> 车顶 <input type="checkbox"/> 车底

实训小结	
------	--

## 任务评价

评价内容	城市轨道交通车辆的类型及组成		
班级		姓名	
学习小组		工作时间	

职业素养(包括表达能力 15%,沟通能力 15%,团队合作能力 15%,实际操作能力 25%,知识掌握能力 30%)

评价项目	表达能力	沟通能力	团队合作能力	实际操作能力	知识掌握能力
评价结果					

指导教师评语:

任务完成人签字:

日期: 年 月 日

指导教师签字:

日期: 年 月 日

### 任务三 城市轨道交通车辆的编组、标识及主要参数

#### 任务描述

在城市轨道交通车辆总体实训场地,分组进行车辆编组、标识的识别训练;正确分辨动车与拖车,弄清车辆的编组情况;利用专业的测量工具,测量车辆的主要尺寸参数,加深对知识的理解。

#### 任务目标

1. 掌握城市轨道交通车辆的编组形式;
2. 熟悉城市轨道交通车辆的标识;
3. 熟悉城市轨道交通车辆的主要参数。

#### 知识准备

城市轨道交通车辆在实际运营中,都是以几辆车通过车钩连接而形成动车组的形式来运行的。标识是指对车辆及其设备进行标记或编号。为了方便车辆在运营、检修等情况下进行管理和识别,必须对车辆进行标识。目前,我国对城市轨道交通车辆没有统一的车辆标识规定,各城市轨道交通车辆的标识也不尽相同。

#### 一、城市轨道交通的车辆编组

城市轨道交通车辆中,动车和拖车通过车钩连接而成的一个相对固定的编组称为一个单元,一列车可以由一个或几个单元编组而成。

车辆编组需考虑的因素有:线路坡度、运营密度、站间距离、舒适度、安全可靠、工程投资、客流大小等。

我国地铁列车编组形式为:6辆编组,主要是“4动2拖”形式,个别为“3动3拖”形式。4辆编组主要是“2动2拖”形式,少数采用全动车的编组形式。随着客流量的增加,越来越多的城市采用8辆编组列车,主要有“6动2拖”。

天津滨海轻轨车辆主要采用“2动2拖”形式,其编组为“ $=M_{CP} * T = T * M_{CP} =$ ”;部分采用6辆编组中的“3动3拖”形式,编组为“ $=M_{CP} * T = T * M = T * M_{CP} =$ ”。其中, $M_{CP}$ 表示带驾驶室、受电弓的动车, $T$ 表示拖车, $M$ 表示动车。

重庆QKZ2型单轨客车采用4节编组,4节全为动车。其编组方式为“ $M_C + M + M + M_C$ ”。其中, $M$ 表示动车, $M_C$ 表示带驾驶室的动车。

深圳地铁7号线列车由两个单元共6辆车组成,每个单元由1辆拖车(A车)加2辆动车(B车和C车)组成。其编组方式为“ $A * B * C = C * B * A (-T_{C1} * M_{P1} * M1 = M2 * M_{P2} * T_{C2} -)$ ”。

### 交流讨论

在“2动4拖”编组形式中，头尾车采用拖车的优点是什么？

上海地铁2号线采用8节编组中的“6动2拖”形式，即

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

- 式中
- A——带司机室拖车；
  - B——带受电弓动车；
  - C——不带受电弓动车；
  - 全动车钩；
  - =——半动车钩；
  - \*——半永久牵引杆。

### 思考探究

全动车钩、半动车钩及半永久牵引杆有什么区别？

## 二、城市轨道交通的车辆标识

### 1. 车辆编号

一般每节车辆都有属于自己的固定编号，但各城市轨道交通车辆制造商或运营商的编号方式却不尽相同。

广州地铁1,2,3号线车辆采用了一样的编号形式，其车辆编码信息主要由车辆所属线路、车辆的类型和生产顺序号组成。广州地铁1号线车辆编号，如图1-13所示。其中，车辆所属线路用1位或2位数字表示；车辆类型主要包括A车、B车或C车；生产序列号用两位数字表示，同类型车辆连续编号，不同的车辆类型以新的顺序开始编号。

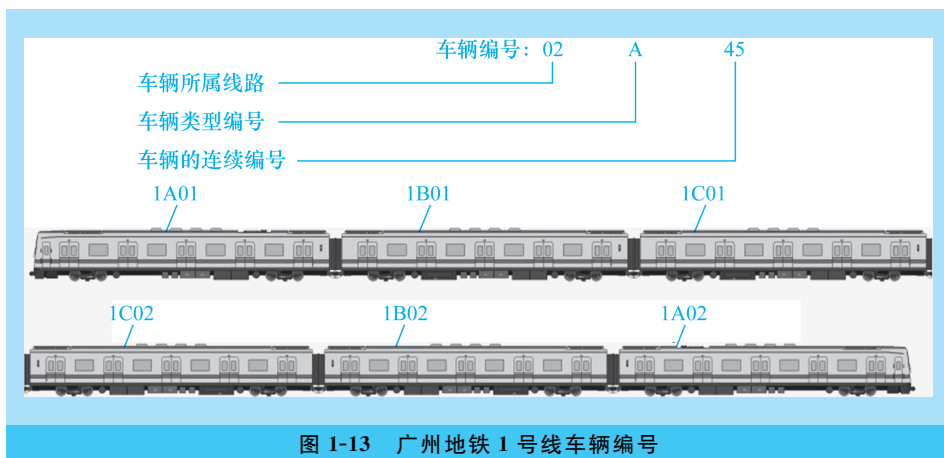


图 1-13 广州地铁 1 号线车辆编号



深圳地铁7号线车辆采用4位数字编号,车辆编号包含线路序号、车组号、车辆在车组中的位置三种,车辆编号定义,如表1-2所示。

表 1-2 深圳地铁车辆编号定义

定义	数字	适用于7号线车辆的编号
线路序号	(1~9)	[7]
车组号	(01~99)	[01~41]
车辆在车组中的位置	(1~9)	[1~6]

车辆编号举例,如表1-3所示。

表 1-3 车辆编号举例

车型	第一列车	第二列车	第三列车
A(T <sub>C</sub> 1)	7011	7021	7031
B(M <sub>P</sub> 1)	7012	7022	7032
C(M1)	7013	7023	7033
C(M2)	7014	7024	7034
B(M <sub>P</sub> 2)	7015	7025	7035
A(T <sub>C</sub> 2)	7016	7026	7036

## 2. 车辆端部、车辆侧部和列车侧部定义

### (1) 车辆端部。

每辆车的“1位端”按如下定义(另一端就被定义为“2位端”):

A车:1位端是带有全自动车钩的一端,如图1-14所示。

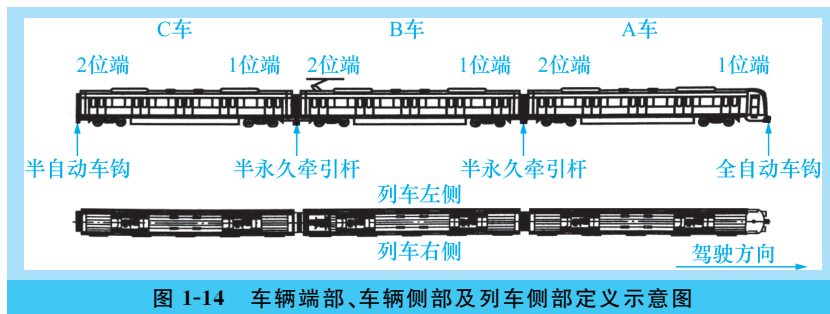


图 1-14 车辆端部、车辆侧部及列车侧部定义示意图

B车:1位端是与A车连接的一端。

C车:1位端是连接半永久牵引杆的一端。

### (2) 车辆侧部。

当观察者面对车辆的1位端时,观察者右侧的一侧即车辆的“右侧”或“1位侧”。另一端就定义为“左侧”或“2位侧”。

### (3) 列车侧部。

面朝着驾驶方向,观察者的右侧即为车辆的右侧。

注意:以上给出“左”和“右”的标识方法,其中,车辆的左、右侧的定义与列车左、右侧的定义是不同的。

### 3. 客室车门左右侧定义及其编号

(1) 左侧门和右侧门的定义。

当从车辆的 2 位端向 1 位端看去时,位于观察者左侧的门定义为车辆的左侧门;另一侧门则定义为右侧门。

(2) 客室车门编号。

客室侧门沿着每节车的左右侧对称均匀分布。沿着每辆车的左侧,门页采用 1~9 之间的奇数进行连续编号。沿着每辆车的右侧,门页采用 2~10 之间的偶数进行连续编号。左侧编号为 1 的门和右侧编号为 2 的门,是距离车辆 1 位端最近的门;左侧编号为 9 的门和右侧编号为 10 的门,距离车辆 2 位端最近。

(3) 车门座椅编号。

车门座椅是从 1 位端到 2 位端编号,左侧为奇数,右侧为偶数,如图 1-15 所示。

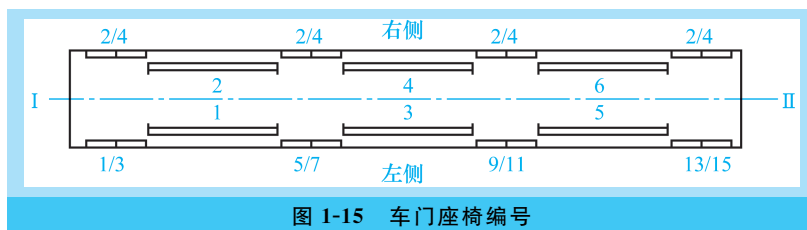


图 1-15 车门座椅编号

## 思考探究

座椅的大小与布置情况有何规律?

### 4. 转向架、车轴及车轮位置

(1) 每辆车的转向架按其位置不同,可分为 1 位端转向架和 2 位端转向架。1 位端转向架位于地铁车辆 1 位端,2 位端转向架位于地铁车辆 2 位端,如图 1-16 所示。

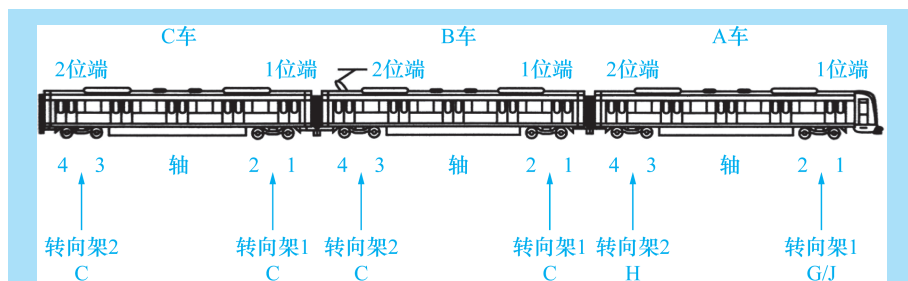


图 1-16 转向架和轴的编号

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);  
J—拖车转向架[带 ATC 装置和轮缘润滑(前两辆车)]

(2)每辆车的4个轴编号从1位端开始至2位端,分别叫1轴、2轴、3轴、4轴。

(3)车轮编号以一个转向架为单位,1轴(或3轴)右边车轮为1号轮,2轴(或4轴)右边车轮为2号轮,2轴(或4轴)左边车轮为3号轮,1轴(或3轴)左边车轮为4号轮。

### 三、城市轨道交通车辆的主要技术参数

城市轨道交通车辆的主要技术参数是概括车辆技术规格的相关指标,可以在总体上表征车辆性能及结构。车辆的技术参数主要由性能参数与几何参数两部分组成。

#### 1. 车辆的性能参数

(1)车辆自重:是指车辆在整备状态下的本身结构及设备组成的全部质量。比如,广州地铁1号线A车自重34 t,B车、C车自重38 t。

(2)车辆载重:是指在正常情况下,车辆允许的最大装载质量。

(3)最高运行速度:是指车辆设计时,由安全及结构强度等条件决定的车辆最高行驶速度,要求连续以该速度运行时,车辆具有足够的、良好的运行性能。地铁车辆的设计速度大多数为90 km/h左右。

(4)轴重:是指按车轴形式及在某个运行速度范围内,车轴允许负担的最大质量。地铁车辆轴重一般不超过16 t。

(5)通过最小曲线半径:是指配备某种类型转向架的车辆在站场或车辆段调车时,所能安全通过的最小曲线半径。当车辆在此曲线段上行驶时,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与车下其他悬挂物相碰。

(6)轴配置或轴列式:是用数字或字母表示车辆转向架结构特点的方式。比如,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,其轴配置为B-2-B。

(7)每延米轨道载重:是车辆设计与桥梁、线路强度密切相关的一个指标,同时它又是判断轨道能否充分利用站线长度提高运输能力的一个指标,其数值是车辆总质量与车辆全长之比。

(8)列车平稳性指标:是反映车辆振动对人体感受造成影响的主要指标。其值越大,说明车辆的稳定性越差。一般要求城市轨道交通车辆的平稳性指标值应小于2.7。

(9)冲击率:是指由于工况改变引起的列车中各车辆所受到的纵向冲击,一般以加速度变化率来衡量( $m/s^3$ )。通常要求城市轨道交通车辆的冲击率不得超过 $1 m/s^3$ 。

(10)制动形式:制动形式一般有摩擦制动、再生制动、电阻制动、磁轨制动、液压制动等形式。

(11)转向架安全性指标:是反映转向架运行平稳性的指标,包括脱轨系数、倾覆系数、轮重减载率等。

(12)座席数及每平方米地板面站立人数:座席数一般为55~65人,站立数一般为250人。超载时,乘客总数按 $9 \text{人}/\text{m}^2$ 计算。

## 2. 车辆的尺寸参数

(1) 车辆全长: 车辆前、后两车钩舌内侧面之间的距离称为车辆全长。

(2) 车体长度和底架长度: 车体长度是车体两外端墙板(非压筋处)外表面间的水平距离。底架长度为底架两端梁的外表面间的水平距离。

(3) 车辆宽度与最大宽度: 车辆宽度是指车辆两侧的最外凸出部位之间的水平距离。车辆最大宽度是指车辆侧面的最外凸出部位与车体纵向中心线间的水平距离的两倍。

(4) 车辆高度与最大高度: 空车时, 车体上部外表面到轨面的垂直距离为车辆高度。车辆最大高度是指空车时, 车辆上部最高部位至轨面的垂直距离。

(5) 车体内部主要尺寸: 车体内长是指车体两端墙板内表面间的水平距离; 车体内宽是指车体两侧墙板内表面间的水平距离; 车体内侧面高是指地板上平面至侧墙上侧梁的上平面间的垂直距离; 车体内中心高是指地板上平面至车顶中央部内表面间的垂直距离。

(6) 地板面高度: 是指空车时, 底架地板上表面至轨面的垂直距离。一般取新造或修竣后空车的数值。比如, 上海地铁车辆地板面高为 1 130 mm, 北京地铁车辆地板面高为 1 053 mm。

(7) 车钩中心线高度: 是指空车时, 车钩中心线至轨面的垂直距离。通常取新造或修竣后空车的数值。列车中各车辆的钩高应基本一致, 以保证车辆连挂和运行平稳。比如, 广州、上海地铁车辆车钩高为 770 mm, 北京地铁车辆车钩高为 660 mm。

(8) 车辆定距: 车辆定距是指一辆车两转向架中心之间的距离。车辆定距是车辆计算中不可缺少的技术参数。一般在制造车辆时, 取车体长度与车辆定距之比为 1.4 : 1。比例过大时, 易引起牵引梁下垂; 但也不可过小, 否则通过曲线线路时, 车体中部偏移量会过大。

(9) 固定轴距: 是指一个转向架最前位车轴和最后位车轴中心线间的水平距离。城市轨道交通车辆转向架的固定轴距一般为 A 型车: 2 200~2 500 mm, B 型车: 2 000~2 300 mm。



### 视野拓展

#### 广州地铁 1 号线车辆主要技术参数

##### 1. 车辆性能参数

车辆总体设计寿命	30 年
每辆车的平均轴重	$\leq 16$ t
最高运行速度	80 km/h
设计结构速度	90 km/h
牵引电机额定功率	190 kW

列车载客容量,如表 1-4 所示;车辆在不同载荷下的质量,如表 1-5 所示。

表 1-4 地铁车辆的载荷容量

载荷状态	定义	每车乘客数(人)	列车乘客数(人)
AW <sub>0</sub>	空载	0	0
AW <sub>1</sub>	座客载荷	56	336
AW <sub>2</sub>	定员载荷	310	1 860
AW <sub>3</sub>	超员载荷	432	2 592

表 1-5 地铁车辆在不同载荷下的质量

载荷状态	定义	每节车的乘客载荷(t)	车辆质量(t)			列车质量
			A	B	C	
AW <sub>0</sub>	空载	0	34	38	38	220
AW <sub>1</sub>	座客载荷	3.36	37.36	41.36	41.36	240.16
AW <sub>2</sub>	定员载荷	18.6	52.60	56.60	56.60	331.60
AW <sub>3</sub>	超员载荷	25.92	59.92	63.92	63.92	375.52

## 2. 车辆主要尺寸

车辆长度(车钩连接面之间的长度)

A 车	24 400 mm
B 车、C 车	22 800 mm
列车长度	140 000 mm
包括门槛在内的车辆宽度	3 000 mm
车辆最宽部分宽度	3 000 <sup>+0</sup> / <sub>8</sub> mm
车体内部宽度	
在两内墙之间的地板面处测量	2 720 <sup>+4</sup> / <sub>-11</sub> mm
在客室两边门之间高于地板面 10 mm 处测量	2 800 mm
车体长度	
A 车	23 690 <sup>+15</sup> / <sub>-11</sub> mm
B 车、C 车	22 100 <sup>+15</sup> / <sub>-10</sub> mm
车辆高度(轨面到车顶高度)	3 800 mm
受电弓在落弓时的高度	3 810 mm
受电弓工作范围	175~1 600 mm
受电弓最大升起高度	1 700 mm
车体内中心高度(客室内净空高度)	
地板面到天花板中心最小高度	2 100 mm

室内乘客站立区最小高度	1 900 mm
轨面到地板面高度	1 130 $^{+15}$ mm
新轮直径	840 mm
半磨耗轮	805 mm
磨耗轮	770 mm

### 深圳地铁 7 号线车辆主要技术参数

#### 1. 车辆性能参数

列车速度从 0 达到 80 km/h 的平均加速度	0.6 m/s <sup>2</sup>
最高运行速度	80 km/h
设计构造速度	90 km/h
列车速度从 80 km/h 到 0 的平均减速度	1.0 m/s <sup>2</sup>
AW <sub>0</sub> ~AW <sub>2</sub> 载荷条件制动距离(制动初速度为 80 km/h)	190 m
AW <sub>3</sub> 载荷条件制动距离(制动初速度为 80 km/h)	215 m
供电方式:架空接触网	
供电电压(额定)	DC 1 500 V
在受电弓上测量的电压变化范围	DC 1 000~1 800 V
列车载客容量,如表 1-6 所示。	

表 1-6 载客容量

缩写	定义	每车乘客数	列车乘客数
AW <sub>0</sub>	无乘客(空载)	0	0
AW <sub>1</sub>	座客载荷	39(A 车)、42(B 车、C 车)	246
AW <sub>2</sub>	定员载荷(6 人/m <sup>2</sup> )	310	1 860
AW <sub>3</sub>	超员载荷(9 人/m <sup>2</sup> )	417	2 502

#### 2. 车辆主要尺寸

车辆长度(车钩连接面之间长度)	
A 车	24 390 mm
B 车、C 车	22 800 mm
列车长度	139 980 mm
包括门槛在内的车辆宽度	3 000 mm
车辆最大宽度	3 091 mm
车体内部宽度(在地板上测量内侧墙间的距离)	≥2 720 mm
车体内部宽度(在地板正上方 10 mm 处,测量客室门间距离)	≥2 800 mm

车体长度	
A 车	23 580 mm
B 车、C 车	21 880 mm
车辆高度(轨面到车顶高度)	
不含排气口	$\leq 3\ 800\text{ mm}$
含排气口	$\leq 3\ 855\text{ mm}$
B 车受电弓落弓时高度	$\leq 3\ 810\text{ mm}$
受电弓工作范围(以落弓时滑板面为基点)	175~1 950 mm
车体内中心高度(客室内净空高度)	
地板面到天花板中心最小高度	2 100 mm
客室内乘客站立区最小高度	1 900 mm
转向架中心距	15 700 mm
转向架固定轴距	2 500 mm
车钩中心线距轨面高度	$720^{+8}_0\text{ mm}$
新轮直径	840 mm
半磨耗轮	805 mm
磨耗轮	770 mm
轮对内侧距(在空载情况下)	$1\ 353^{+2}_2\text{ mm}$

## 任务实施

工作单	城市轨道交通车辆的编组、标识及主要参数
交流讨论	<ol style="list-style-type: none"> <li>城市轨道交通车辆的编组形式；</li> <li>城市轨道交通车辆的标识；</li> <li>城市轨道交通车辆的主要参数</li> </ol>
能力训练	<ol style="list-style-type: none"> <li>与他人共享学习资源,具有较好的合作能力和团队协作精神；</li> <li>与小组成员和教师就学习中的问题进行交流和讨论；</li> <li>综合运用城市轨道交通车辆专业知识,通过城市轨道交通车辆专业书籍、课件和图片资料获得帮助信息</li> </ol>

续表

工作单		城市轨道交通车辆的编组、标识及主要参数			
操作运用:测量实训场地城市轨道交通车辆的主要技术参数,学会正确使用测量工具					
序号	项目名称	技术参数	序号	项目名称	技术参数
1	列车长度		5	车轮直径	
2	车辆宽度		6	转向架中心距	
3	车辆高度		7	车辆中心高度	
4	轴距		8	车钩距轨面高度	
实训小结					

### 任务评价

评价内容		城市轨道交通车辆的编组、标识及主要参数	
班级		姓名	
学习小组		工作时间	

职业素养(包括表达能力 15%,沟通能力 15%,团队合作能力 15%,实际操作能力 25%,知识掌握能力 30%)

评价项目	表达能力	沟通能力	团队合作能力	实际操作能力	知识掌握能力
评价结果					

指导教师评语:

任务完成人签字:

日期: 年 月 日

指导教师签字:

日期: 年 月 日

