

高等院校城市轨道交通规划教材

城市轨道交通 车辆电器与装备

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG
CHELIANG DIANQI YU ZHUANGBEI

杨建伟 李 熙 姚德臣 / 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等学校城市轨道交通规划教材

城市轨道交通车辆电器与装备

杨建伟 李 熙 姚德臣 编著

中国铁道出版社

2018年·北京

内 容 简 介

本书主要介绍了城市轨道交通车辆电器基础知识、牵引系统电器与装备、辅助逆变器系统电器与装备、制动系统电器与装备、列车通信网络系统电器与装备、车门系统电器与装备、乘客信息系统电器与装备以及空调、电暖、通风、照明、司机控制器等其他电器与装备。

本书为高等学校城市轨道交通规划教材之一,既可作为大专院校相关工科专业的教学用书,又可作为从事城市轨道交通车辆行业人员的学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通车辆电器与装备/杨建伟,李熙,姚德臣
编著. —北京:中国铁道出版社,2018.7

高等学校城市轨道交通规划教材

ISBN 978-7-113-24535-1

I. ①城… II. ①杨… ②李… ③姚… III. ①城市铁路-
铁路车辆-电气设备-高等学校-教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 107236 号

书 名: 高等学校城市轨道交通规划教材
城市轨道交通车辆电器与装备
作 者: 杨建伟 李 熙 姚德臣 编著

责任编辑:黄 璐 李润华 编辑部电话:010-51873138 电子信箱:tdpress@126.com

封面设计:崔 欣

责任校对:苗 丹

责任印制:高春晓

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:三河市燕山印刷有限公司

版 次:2018年7月第1版 2018年7月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:10.25 字数:206千

书 号:ISBN 978-7-113-24535-1

定 价:42.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

前 言

《城市轨道交通车辆电器与装备》是一门技术基础课。全书共九章,主要介绍了城市轨道交通车辆电器基础知识以及牵引系统、辅助逆变系统、制动系统、列车通信网络系统、车门系统和乘客信息系统等电器与装备的相关知识。

本书注重理论联系实际,紧跟城市轨道交通的发展趋势,努力拓宽专业口径,以增强培养人才的适应性;本书突出以注重工程实践应用为目的,做到重点突出、条理清晰、分析透彻,便于教与学;本书适用面广,既可作为大专院校相关工科专业的教学用书,也可作为从事城市轨道交通车辆机械、电气类技术人员的学习参考书。

参与本书编写的有:北京建筑大学杨建伟(第一章、第九章),北京建筑大学姚德臣(第二章、第七章),北京市地铁运营有限公司地铁运营技术研发中心李熙(第三章、第六章),北京市地铁运营有限公司地铁运营技术研发中心张骄(第四章),北京市地铁运营有限公司地铁运营技术研发中心胡晓菲(第五章),北京建筑大学白堂博(第八章),北京建筑大学研究生吕中和、沈超、廉朋、邱星慧、孙冉参与文字处理和绘图工作。全书由杨建伟统稿。

由于编者水平有限,难免有疏漏与不足之处,欢迎广大读者提出宝贵建议。

编者

2018年2月

目 录

第一章 城市轨道交通系统和车辆电器总体概述	1
第一节 城市轨道交通车辆的类型和选择	1
第二节 城市轨道交通车辆电器	11
第二章 城市轨道交通车辆电器基础知识	18
第一节 电器安全	18
第二节 电器的发热及冷却	21
第三节 电器的执行机构	25
第四节 电弧的形成与熄灭	30
第五节 电器的电磁机构	36
第三章 牵引系统电器与装备	40
第一节 城市轨道交通中的供电制式	40
第二节 城市轨道交通中的车辆牵引工况	41
第三节 城市轨道交通电力牵引系统主要类型及特点	42
第四节 牵引控制单元	44
第五节 直流电力牵引系统	45
第六节 交流电力牵引系统	47
第四章 辅助逆变系统电器与装备	55
第一节 辅助逆变系统功能及特点	55
第二节 辅助逆变系统	57
第三节 地铁辅助逆变系统电路拓扑发展及特点	64
第四节 蓄电池箱及蓄电池控制箱	67
第五节 地铁列车辅助逆变系统供电方式的发展	69
第六节 地铁辅助逆变系统方案综合评述与选择	69
第五章 制动系统电器与装备	71
第一节 制动系统概述	71

第二节	动力制动和电磁制动	75
第三节	防滑控制系统	80
第四节	制动控制系统	82
第六章	列车通信网络系统电器与装备	88
第一节	城市轨道交通列车通信网络系统概述	88
第二节	通信网络结构及组成	91
第三节	城市轨道交通列车控制系统	96
第七章	车门系统电器与装备	104
第一节	城轨车辆车门特点及工作原理	104
第二节	城轨车辆车门结构	106
第三节	客室车门功能	112
第四节	车门控制单元(EDCU)	116
第五节	客室门电气说明	119
第八章	乘客信息系统电器与装备	121
第一节	PIS 乘客信息系统	121
第二节	闭路电视监视系统(CCTV)	128
第三节	列车广播系统	133
第九章	其他电器与装备	138
第一节	空调系统	138
第二节	电暖	146
第三节	通风系统	149
第四节	照明系统	150
第五节	司机控制器	154

第一章 城市轨道交通系统和车辆 电器总体概述

第一节 城市轨道交通车辆的类型和选择

为解决大城市的公共交通问题,除传统地面道路交通外,许多工业发达国家都大力发展较为完善的城市轨道交通系统,形成一个由地面、地下和空中(高架轻轨和独轨铁路等)组合而成的立体的城市快速、便捷的公共交通网。

城市轨道交通发展至今,由于地区的不同、国家的不同、城市的不同、服务对象的不同等已发展成为多种类型。

一、城市轨道交通系统分类

1. 按运输容量(能力)来分

按运输容量可分为高容量、大容量、中容量和小容量。

所谓容量,是指运送能力,也就是指每小时单方向断面的乘客通过量(或输送量)。高容量系统是指容量在 5 万人次/h 以上的交通系统(A 型车地铁交通);大容量系统是指容量在 3 万人次/h~5 万人次/h 之间的交通系统,如地铁交通;中容量系统是指容量在 1 万人次/h~3 万人次/h 之间的交通系统,如轻轨、单轨和自动导轨运输系统(AGT, Automated Guideway Transit);小容量系统是指容量在 1 万人次/h 以下的交通系统,如有轨电车交通。

2. 按敷设方式来分

按敷设方式可分为隧道(地下或水下)、地面和高架。

高容量和大容量系统均采用高架和隧道;中容量系统通常兼有地面、隧道和高架;小容量系统一般采用地面直接铺设。

3. 按路权来分

按路权可分为独有路权、半独立路权和共有路权三种系统。

独有路权:完全隔离,不受平交道、人车的干扰,以地铁(高运量、大运量)为代表。

半独立路权:有专用隧道或高架,在地面采用路堑、路堤、隔离栅等方式,但在交叉口仍与横向道路的人车、平交混行,受信号灯控制(中运量),如轻轨。

共有路权:没有专用道路,不隔离,在街道路面行驶,具有运行可靠、舒适、节能、环保等特点,以有轨电车为代表。

4. 按车辆和轮轨形式类型来分

按车辆和轮轨形式可分为钢轮钢轨、橡胶轮独轨和磁浮系统三种类型。

钢轮钢轨:地铁、轻轨、有轨电车。

橡胶轮独轨:橡胶轮地铁、独轨、无人驾驶的自动导向系统。

磁浮系统:线形电机车辆。

5. 按导向方式来分

按导向方式可分为轮轨导向和导向轮导向。

一般钢轮钢轨系统(如地铁、轻轨和有轨电车)是轮轨导向,单轨和 AGT 等胶轮车辆是导向轮导向。

6. 按技术特征来分

按技术特征可分为有轨电车、地铁、轻轨、单轨、线形电机系统、AGT 和市郊铁路等。

二、城市轨道交通车辆的特点

城市轨道交通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。结合城市轨道交通需求,与其他交通车辆相比,它具有以下特点。

(1)种类多。满足不同类型城市轨道交通。

(2)载客能力强。大型地铁车辆额定可达 310 人/辆。

(3)动力性能好。速度快、加速能力强、制动效果好。

(4)安全可靠性强。设备先进,故障率低,稳定性和可靠性强,突发情况下适应性强。

(5)外观和环境条件好。车辆的外观造型和色彩、照明、空调、座椅、扶手等都具有协调统一的设计、美化方案。

(6)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。

(7)节能环保。车辆牵引动力常用电力牵引,也称绿色交通车辆。

三、城市轨道交通车辆分类

1. 按车辆牵引动力配置分

(1)动车(Motor,用“M”表示):车辆自身具有动力装置(动轴上装有牵引电机),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(M_p)和不带受电弓的动车(M)。

(2)拖车(Train,用“T”表示):车辆不装备动力装置,需动车牵引拖带的车辆,仅有载客功能。拖车可设置司机室(首位车辆,用“T_c”表示),也可带受电弓(用“T_p”表示)。

2. 按车辆规格分

为有利于我国城轨车辆制造、运营、维修的良性发展,车辆类型的规范化及主要技术规格的统一是十分必要的。《城市轨道交通工程项目建设标准》建标 104—2008

号根据我国各城市对城轨车辆选型的不同要求和城轨车辆的发展现状提出了 A、B、C 型车的概念,它主要是按车体宽度的不同进行分类。《地铁车辆通用技术条件》(GB/T 7928—2003)中对用于地铁运营车辆的技术规格也做出了相应的具体规定。主要技术规格见表 1-1。

表 1-1 各类车型主要技术规格

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(加空调/无空调)	3.8/3.6	3.8/3.6	3.7/3.25		
		受电弓车(落弓高度)	3.8	3.8	3.7		
		受电弓工作高度	3.9~5.6				
4	车内净高度(m)		2.10~2.15				
5	地板高度(m)		1.1		0.95		
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)		φ 840		φ 760		
9	车门数(每侧)(个)		5	4	4	4	5
10	车门宽度(m)		≥1.3				
11	车门高度(m)		≥1.8				
12	定员人数 (人)	带司机室车	295	230	200	240	315
		不带司机室车	310	245	210	250	325
13	车辆轴重(t)		≤16	≤14	≤11		
14	站立人员 标准	定员(人/m ²)	6				
		超员(人/m ²)	9				
15	最高运行速度(km/h)		≥80		≥70		
16	启动平均加速度(m/s ²)		≥0.9		≥0.85		
17	常用制动减速度(m/s ²)		1.0		1.1		
18	紧急制动减速度(m/s ²)		1.2		1.3		
19	噪声 [dB(A)]	司机室内	≤80		≤70		
		客室内	≤83		≤75		
		车外	80~85(站台)		≤82		

3. 按车辆的牵引方式分

按车辆的牵引方式可分为直流旋转电机牵引车、交流旋转电机牵引车和直线电机牵引车三种。直流旋转电机牵引车和交流旋转电机牵引车是黏着牵引系统车型,直线电机牵引车是非黏着牵引系统车型。

4. 按车体宽度与驱动方式分

按车体宽度与驱动方式可分为 A 型(3 m)、B 型(2.8 m)、C 型(2.6 m)、D 型、L 型以及单轨型六种车型。A 型、B 型、C 型为不同车体宽度的钢轮钢轨系列车型,D 型为低地板车型,单轨型为胶轮系列车型,以上三类均为黏着牵引系统车型;L 型为直线电机系列,是非黏着牵引系统车型。

5. 按车体制作材料分

按车体制作材料可分为耐候钢车、不锈钢车和铝合金车三种。

6. 按受电方式分

按受电方式可分为受电弓车和受流器(受电靴)车。

7. 按电压等级分

按电压等级可分为直流 750 V 和直流 1 500 V 两种。

四、目前主要城轨交通及其车辆

传统的城轨交通主要有地铁、轻轨铁路、独轨铁路三种形式,但是随着科学与技术的发展,城市轨道交通的发展呈现着新的趋势,逐渐出现了新的交通系统,包括线性电机车辆和磁悬浮车辆等新的车型。

1. 地下铁道与地铁车辆

“地铁”是“地下铁道”交通的简称,它是一种在城市中修建的快速、大运量的轨道交通,通常以电力牵引,其单向高峰小时客运能力可达 60 000 人次左右;它的线路通常设在地下隧道内,也有的在城市中心以外地区从地下转到地面或高架桥上。地铁车辆的概念不仅是指在地面隧道内运行的车辆,在地面封闭线路或高架桥上运行的规格类似的电动车辆,都可称为地铁车辆,但地铁的行走模式始终是传统的钢轮双轨系统。

高运量地铁车辆的基本车型为 A 型车、B 型车或直线电机 B 型车。车辆有带司机室和不带司机室、动车和拖车、动车带受电器和不带受电器的各种车型。列车编组通常由 4~8 辆组成,最高运行速度大于 80 km/h,旅行速度可达 35.45 km/h,最小运行间隔仅 1.5 min。地铁车辆的驱动方式有旋转式直流电机、交流电机方式,还有直线电动机等其他几种方式。各种车型对线路技术条件的要求以及适用的单向小时最大断面客流量都有所不同。目前在上海、深圳、广州、南京地铁运营中使用了 A 型车,在北京、天津、武汉、杭州、成都、西安地铁运营中使用了 B 型车。

地铁系统车辆主要标准及特征见表 1-2。

表 1-2 地铁系统车辆主要标准及特征

项 目		标 准 及 特 征		
车辆	车 型	A 型车	B 型车	直线电机 B 型车
	车辆基本宽度(mm)	3 000	2 800	2 800
	车辆长度(mm)	24 400/22 800	19 520	17 200/16 840
	车辆定员(人)	310	230/245	215/240
	车辆最大轴重(t)	≤16	≤14	≤13
	列车编组(辆)	4~8	4~8	4~8
	列车长度(m)	100~186	80~160	70~136
线路	类型、形式	地下、高架及地面,全封闭式		
	最小平面曲线半径(m)	300	250	100
	最大限坡	35‰		60‰
运量规模		高运量	大运量	
高峰小时单向运能(万人次/h)		4.0~7.5	3~5	2.5~4.0
供电电压及方式		DC 1 500 V	DC 1 500/750 V	DC 1 500/750 V
		接触网	接触网或第三轨	接触网或第三轨
旅行速度(km/h)		≥35		

2. 轻轨交通与轻轨车辆

轻轨交通 LRT(Light Rail Transit)一般采用地面和高架相结合的方法建设。线路可从市区通往近郊。其采用车辆称为轻轨车辆 LRV(Light Rail Vehicle),轻轨车辆的基本车型为 C 型车和直线电机 C 型车,轻轨 C 型车车体宽度为 2 600 mm,直线电机 C 型车车体宽度可为 2 500 mm。C 型车又可分为 C-I 型、C-II 型、C-III 型三种类型,具体分类见表 1-3。C 型有轨电车为适应不同运量的需要有 4 轴、6 轴单铰及 8 轴双铰车等基本类型。车辆多采用低地板形式,便于车站设计。

表 1-3 C 型车分类

类 型	车 辆	低地板车型	高地板车型
C-I 型	单节 4 轴轻轨	C-I(D)	C-I(G)
C-II 型	单铰双节 6 轴轻轨车	C-II(D)	C-II(G)
C-III 型	双铰三节 8 轴轻轨车	C-III(D)	C-III(G)

列车编组采用 1~6 辆(C 型车通常由 1~3 辆组成,直线电机 C 型车可由 4~6 辆组成),电气牵引,铰接式车体。最高速度可达 70 km/h,旅行速度 30~35 km/h,单向运能 2 万人次/h~4 万人次/h。轻轨交通与一般的铁路相比,其轨道为轻型轨,车辆轴重较小,其运输系统相对也比较简单,比较适宜于中等运量的城市客运交通。由于

轻轨交通具有投资少、建设周期短、运能高、灵活等优点,近年来世界各地轻轨交通得到迅速发展。轻轨交通系统主要标准及特征见表 1-4。

地铁、轻轨与有轨电车有较大区别,我国轻轨交通系统的道床、轨道结构、运行车辆和运行管理系统与地铁基本相同,而且也有独立的路权;与地铁的不同之处在于,由于客运量比地铁小,列车编组车辆少、运营线路短、运行速度慢、行车间隔略长,其运行管理模式有所不同。因此,地铁与轻轨的主要区别也是最基本的区别就是运量的不同。在我国的规定中,每小时客运量 3 万人次~8 万人次的轨道交通系统,称为地铁;每小时客运量 1 万人次~3 万人次的轨道交通系统,称为轻轨,而且轻轨的走行形式可以是钢轮钢轨的双轨也可以是胶轮独轨。

表 1-4 轻轨交通系统主要标准及特征

项 目		标 准 及 特 征				
车 辆	车 型	C-Ⅰ 型	C-Ⅱ 型	C-Ⅲ 型	直线电机 C 型车	有轨电车
	车辆基本宽度(mm)	2 600	2 600	2 600	2 500	2 600
	车辆长度(mm)	18 900	2 320	30 400	16 500	12 500/28 000
	车辆定员(人)	200	240	315	150	110/260
	列车编组(辆)	1~3	1~3	1~3	4~6	单车/铰接车
	列车长度(m)	20~60	25~70	31~92	66~100	12.5/28
线 路	类型、形式	地下、高架及地面,封闭或专用车道			封闭	地面道路混行
	最小平面曲线半径(m)	受电弓 $R \geq 50$, 受电器 $R \geq 80$				≥ 60
	最大限坡	60‰				
运量规模		中运量			中运量	小运量
高峰小时单向运能(万人次/h)		1~3			1~3	0.6~1.0
旅行速度(km/h)		25~35				15~25

3. 独轨铁路及其车辆

独轨铁路是一种特制轨道梁上运行的中运量轨道运输系统,车辆与其专用轨道组合成一体的交通工具,轨道梁不仅是车辆的承重结构,同时也是车辆运行的导向轨道。独轨铁路按其形式可分为跨座式和悬挂式两类。前者车辆的走行装置跨骑在走行轨道上行走,其车体重心处于走行轨道的上方。后者车辆悬挂于可在轨道梁上行走的走行装置的下面,其重心处于轨道梁的下方。另外,独轨交通与有轨电车相比差别在于,独轨交通有独立的路权,而有轨电车不享有独立的路权。即有轨电车钢轮面与地面持平,与地面其他车辆共同使用同样的道路、与横向道路也是平面交叉。

独轨交通系统的列车,通常为 4~6 节车编组,车辆供电制式为 DC 750 V 或 DC 1 500 V。

独轨交通的优点是占地少、结构简单、投资费用低、噪声低,适应城市环境、地形

复杂的要求,因而便于穿行在高楼大厦之间,能在大坡度(60%)和小曲线半径(50 m)安全运行。独轨铁路一般较适宜于公园、博览会、游乐场等作为游览、观光及兼顾短途城市交通之用。

独轨交通也存在能耗大,道岔结构复杂,车辆走行装置复杂,不能与常规的地铁、轻轨接轨,出现事故救援困难等缺点。

重庆市由于城市道路高差大、线路地形条件差,采用了跨座式单轨车辆,重庆市跨座式单轨交通车辆的主要技术数据见表 1-5。

表 1-5 重庆跨座式单轨交通车辆主要技术数据

规 格		Mc(带司机室动车)	M(不带司机室动车)
列车编组辆数		Mc+M+M+Mc	
轨道尺寸(mm)		8 500(长)、1 500(宽)	
受流方式		轨道两侧刚性接触网	
供电电压		DC 1 500 V	
尺寸	长(mm)	15 500	14 600
	宽(mm)	29 800	29 800
	高(mm)	5 300	5 300
轴重(t)		9.5	7.5
自重(t)		28.6	27.6
轴距(mm)		走行轮 1 500,稳定轮 2 500	
性能	构造速度(km/h)	80	
	启动加速度(m/s ²)	0.833	
	制动减速度(m/s ²)	1.1	

4. AGT 系统(新交通系统)及自动导向车辆

AGT 系统(Automated Guideway Transit)是一种车辆采用橡胶轮胎在专用轨道上运行的中小运量轨道运输系统,其列车装有特定的导向装置,车辆运行和车站管理采用计算机控制,可实现全自动化和无人驾驶技术。AGT 系统也称为“新交通系统”。新交通系统与独轨铁路有许多相同之处,如均采用高架专用通道,适用于大坡道和小曲线半径线路,大都采用橡胶车轮,噪声低、安全性好、建设费用比地铁低等。不同之处是新交通系统比独轨铁路导向机构简单、道岔动作时间短、维修简单方便。新交通系统比地铁和轻轨车辆小,车长大部分在 5~12 m,列车编组较少,一般列车编组 2~6 辆,运能较低,一般运能单向 0.5 万人次/h~1 万人次/h。

自动导轨系统主要标准及特征见表 1-6。单轨系统与新交通系统对比见表1-7。

表 1-6 自动导轨系统主要标准及特征

项 目		标 准 及 特 征
车辆	车 型	胶轮导向车
	车辆宽度(mm)	2 500
	车辆长度(mm)	8 400
	车辆定员(人)	75
	车辆最大轴重(t)	9
	列车编组(辆)	2~6
	列车长度(m)	16. 80~50. 4
线路	类型、形式	架空或地下,全封闭型
	最小平面曲线半径	30 m
	最大限坡	60‰
高峰小时单向运量(万人次/h)		0. 6~1. 5
供电电压		DC 750 V
旅行速度(km/h)		≥25

表 1-7 单轨系统与新交通系统对比

系 统	分 类	车辆和线路条件	客运能力 N (人次/h) 运营速度 v (km/h)	备 注
单轨系统	车辆跨座式 单轨 CJ231	车长:15 m,车宽:3 m	N :1.0 万~3.0 万 v :≥35	中运量,主要适用于高架
		定员:150~170 人		
		线路半径:≥60 m		
		线路坡度:≤60‰		
	悬挂式单轨 车辆	车长:14 m,车宽:2. 6 m	N :0. 8 万~1. 5 万 v :≥20	中运量,主要适用于高架
		定员:80~100 人		
		线路半径:≥60 m		
		线路坡度:≤60‰		
自动导 向系统	胶轮导向车辆	车长:8. 4 m,车宽:≤2. 4 m	N :0. 6 万~1. 5 万 v :≥25	低运量,主要适用于高架
		定员:75 人		
		线路半径:≥30 m		
		线路坡度:≤60‰		

5. 线性电机车辆

近代新发展的直线电动机将传统电动机旋转运动方式改为直线运动方式,突破

了轨道车辆长期以来依靠轮轨黏着作用传递牵引力的传统技术。线性电机车辆采用交流变频变压控制,取消了传统的旋转电机从旋转运动转换成直线运动所必不可少的一系列机械减速传动机构,既减轻了重量又使结构变简单,特别是转向架变为简单的小轮径向转向架。另外线性电机车辆还有加减速可靠、磨耗少、爬坡能力强等优点。

但是线性电机最大的缺点是效率低,约为旋转电机效率的 70%,这是由于线圈与感应轨间的工作气隙较大,导致磁损耗大,线性电机比同样功率电机的耗电量大。另外需铺设一条与线路等长的感应轨,工艺要求又高,所以工程投资大、控制技术复杂、车辆的制造成本高。

地铁车辆中直线电机车辆根据其载客量分为直线电机 A 型车辆、直线电机 B 型车辆两类,直线电机 C 型车辆属于轻轨交通车辆。

广州地铁 4、5 号线采用直线电机 B 型车辆。车辆在正线运行采用 1 500 V 三轨受电,车辆进入检修基地时采用接触网受电。

6. 磁悬浮列车

磁悬浮列车适用于城市人口超过 200 万人的特大城市之间或区域城市群之间的客运交通。磁悬浮列车采用直线电机作为列车的推进装置,车辆运行时悬浮于轨道,与轨道保持一定间隙,工作原理如图 1-1 所示。磁悬浮列车无刚体直接摩擦阻力,可获得比一般高速铁路更高的速度,目前试验速度已达 600 km/h 以上,其无机械振动与噪声、无环境污染,可获得高舒适度和平稳性。同时,由于没有钢轨、车轮、机械传动和接触导电轨等摩擦部件,维修费用大为降低。磁悬浮列车运行中所需功率主要用来克服空气动力学阻力,其每公里能耗为一般高速列车的 21.4%~64.3%,另外,磁悬浮列车还具有爬坡、越障能力强,更有利于实现全自动化控制等优点。

城市磁悬浮列车编组与地下铁道相近,车辆采用电力驱动,牵引、制动采用交流直线电机,进行调频调压控制。它包括悬浮系统、推进系统和导向系统三大部分,利用电磁系统产生的吸引或排斥力将车辆托起,使之悬浮于线路上,利用电磁力导向,使用直线电机将电磁力直接转化成推动力,推动列车前进。相对的,城市磁悬浮交通存在着在列车发生事故后救援困难的缺点。

磁悬浮车辆按驱动方式,即“定子”和“转子”的长短可分为两种模式;磁浮车辆根据其磁浮方式和工作原理的不同,可分为常导磁吸式(简称 EMS 型)和超导磁斥式

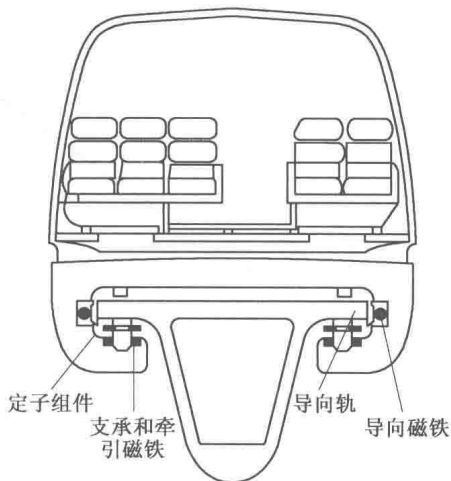
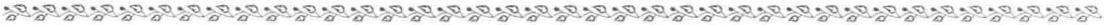


图 1-1 磁浮车辆工作原理



(简称 EDS 型)。德国的 TR 型和日本的 HSST 型磁悬浮列车都采用常导磁吸式形式。日本 MLU 型磁浮列车采用超导磁斥型形式。上海高速磁悬浮运营示范线已正式投入运营,采用的是 TR 型磁浮列车,最高速度可达 500 km/h,目前运行的最高速度为 430 km/h。

磁悬浮交通系统主要标准及特征见表 1-8。

表 1-8 磁悬浮交通系统主要标准及特征

项 目		标 准 及 特 征	
车 辆	车 型	低速磁悬浮系统	高速磁悬浮系统
	车辆基本宽度 (mm)	2 800	3 700
	车辆长度 (mm)	15 500	27 210/24 770
	车辆定员 (人)	135/153	80/107
	列车编组 (辆)	4~8	4~8
	列车长度 (m)	165~125	105~205
	类型、形式	高架、地面或地下	高架及地面,全封闭型
	最小平面曲线半径 (m)	70	300
	最大限坡	70	100
类型、形式		中运量	中运量
高峰小时单向运能 (万人次/h)		1.5~3.0	1.0~2.5
供电电压		DC 1 500 V	DC 1 500 V
最大运行速度 (km/h)		100	430

五、车辆类型选用因素

1. 客流特点

城市轨道交通运送的主要对象是市内常住人口的上下班客流、车站和机场的集中到达客流、节假日及大型活动的集中客流、流动人口集中进出城市的客流等。建设城市轨道交通的最终目的是缓解城市公共交通、改善人们的出行条件、促进城市的经济发展。

2. 客流量

根据单向高峰小时最大断面客流量,通常单向高峰小时最大断面客流量在 0.6 万人次/h~1 万人次/h,宜采用地面公共交通及相应车辆;1 万人次/h~3 万人次/h 可采用轻轨交通及相应车辆;3 万人次/h~7 万人次/h 应选择地铁交通及相应车辆。

3. 旅行速度

市区采用地面公共交通,旅行速度为 10~25 km/h;市区交通采用轻轨、地铁交通,旅行速度可为 30~40 km/h;城郊间采用快速轨道交通,旅行速度为 50~60 km/h;

城际区域间则要采用更高旅行速度的轨道交通。

4. 线路条件

若城市地形受限,线路小半径、大坡度特别多,则需考虑采用单轨车辆、直线电机车辆或低速磁浮车辆。

5. 环境条件

车辆选型和技术条件应能适应当地的环境和气候。以地面和高架为主的线路,应考虑车辆的降噪措施。

6. 运用检修

为了节约运营成本,车辆选型时,车辆应采用先进、成熟、安全、经济、可靠且检修方便的主要部件和设备,对于引进的车辆类型,严格坚持引进和生产要国产化的原则和有关政策。

7. 城市景观

车辆的选型应考虑与城市景观的协调,在外形与色彩方面应力求与城市环境统一和谐。

第二节 城市轨道交通车辆电器

电器是在对电能的运用中产生的器具,凡是根据外界特定信号,自动或手动接通或断开电路,对电路或非电对象起开关、控制、保护与检测作用的电工设备,统称为电器。城市轨道交通车辆一般是由接触网或第三轨供电,由牵引电动机将电能转变为机械能从而驱动车辆运行,采用的牵引电动机有直流和交流两种。电气部件的工作贯穿于车辆的整个操纵过程,车辆要在既安全又简便的操纵下获得良好运行性能,就需要一系列不同性能、不同作用、不同型号的电器设备可靠地工作。例如,对电路实行通、断控制,对电动机实行启动、制动、正转和反转控制,对用电设备进行过载、短路、过压等故障的保护,在电路中传递、转换、放大电或非电的信号,自动检测电气设备的电压和电流值,以及控制车门开、关等,都需要用不同的电器来完成。

一、车辆电器的基本结构

车辆电器的种类较多,由于它们的作用和应用条件不同,其外形、尺寸、质量以及结构都有较大的差异,但基本结构主要包括以下三部分:

1. 感应机构(电磁机构)

其主要任务是接收输入信号,包括电压、电流、功率等电信号,也包括压力、速度、温度等非电信号。

2. 执行机构(触头系统)

其主要任务是接收感应机构传来的信号而动作,以实现变换、控制、保护、检测电路等职能。