

普通高等教育城市轨道交通“十三五”规划教材

冀雯宇 赵景波 杨启超 主编

城市轨道交通系统

运用工程

Application of Urban Rail
Transit System



国防工业出版社
National Defense Industry Press

普通高等教育城市轨道交通“十三五”规划教材

城市轨道交通系统 运用工程

主 编 冀雯宇 赵景波 杨启超

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是借鉴城市轨道交通系统运用工程新技术及教学模式编写的教材,将城市轨道交通系统运用与维护等方面积累的丰富理论和实践经验容纳于教学过程,包含城市轨道交通系统构造、运用、管理与维护完整的知识体系,全书共有5篇,内含22章内容以及相配套的29个实训指导。第1篇介绍城市轨道交通机械系统运用与维护;第2篇介绍城市轨道交通供电系统运用与维护;第3篇介绍城市轨道交通运营管理系统运用与维护;第4篇介绍城市轨道交通车站机电设备系统运用与维护;第5篇介绍城轨自动售检票系统运用与维护。

本书面向车辆工程、交通运输等城市轨道交通工程类专业城市轨道交通系统运用与维护方向课程,或城市轨道交通系统运用与维护职业资格培训学员,也适合其他读者学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通系统运用工程/冀雯宇,赵景波,
杨启超主编.—北京:国防工业出版社,2017.1
ISBN 978-7-118-10994-8

I. ①城… II. ①冀… ②赵… ③杨… III. ①
城市铁路—轨道交通—交通系统—教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第295008号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

三河市众誉天成印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 21½ 字数 405 千字

2017年1月第1版第1次印刷 印数 1—3000册 定价 44.80元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

为适应城市轨道交通系统发展现状及其运用与维护的新要求,《城市轨道交通系统运用工程》教材借鉴城市轨道交通系统运用工程新技术及教学模式,面向车辆工程(城市轨道交通)、交通运输(城市轨道交通)专业“多元复合型”人才培养特色,依托江苏省机械动力类卓越工程师联盟、中央财政支持地方高校发展专项“城市轨道交通实训实践基地”和科技部火炬计划项目“轨道交通零部件缺陷分析与评价服务平台”立项建设及研究成果,既适用于培养城市轨道交通工程专业学生在城市轨道交通系统运用与维护领域的应用型“现场工程师”核心能力,也立足于城市轨道交通系统领域职业资格培训使用。

与国内外出版的同类书相比,本书有如下特点:

(1)构建组合式、开放型的专业课程模块化组织方式。借鉴卓越工程师人才培养模式,以城市轨道交通系统为对象,构建以城市轨道交通机械系统运用与维护、城市轨道交通供电系统运用与维护、城市轨道交通运营管理系统运用与维护 and 城市轨道交通车站机电设备系统运用与维护为核心的模块化体系,增强知识连贯性及系统性。

(2)提升学生学习的自主性、创新性及深度学习能力。体现应用型本科“构造—运用—管理—维护”四位一体的工程项目特色,与学生主动的、实践的实训有机联系;有效整合现代信息技术与传统教学手段的融合,提升学生学习的自主性、创新性及深度学习能力。

(3)体现应用型本科“现场工程师”人才培养特色。构建“构造—运用—管理—维护”四位一体的“注重专业能力、注重工程能力、注重创新能力培养”的梯度模块化课程体系,基础理论和专业技术相融合,彰显“现场工程师”人才培养特色。

(4)彰显“主动实践”的高等工程教育理念,提出“校企融合”的专业实践模式。依托江苏省机械动力类卓越工程师联盟、中央财政支持地方高校发展专项“城市轨道交通实训实践基地”和科技部火炬计划项目“轨道交通零部件缺陷分析与评价服务平台”立项建设及研究成果,融合作者及其研究团队在科学研究和实际生产中的研究成果和宝贵经验,充分反映国内外城市轨道交通系统运用与维护的最新成果。

IV

本书由江苏理工学院汽车与交通工程学院院长赵景波、实践教学第一线的教师冀雯宇联合湖南高铁时代数字化科技有限公司杨启超主编。

由于水平有限,时间仓促,疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第1篇 城市轨道交通机械系统运用与维护	1
第1章 车辆的基本组成及重要技术参数	1
1.1 城市轨道交通车辆概述	1
1.2 城市轨道交通车辆基本组成	5
1.3 城市轨道交通车辆主要技术参数	12
实训1 城市轨道交通车辆的构造	14
第2章 车体与车门	15
2.1 车体	15
2.2 车门	24
实训2 城市轨道交通的地铁车辆	30
实训3 城市轨道交通的地铁屏蔽门的使用	31
第3章 转向架	32
3.1 转向架的作用与构成	32
3.2 构架	33
3.3 轮对与轴箱	34
3.4 弹性悬挂装置	38
3.5 抗侧滚扭杆	41
3.6 减振器	41
3.7 牵引连接装置	42
3.8 牵引传动装置	43
实训4 地铁车辆转向架的基本构成	44
实训5 转向架试验台的操作	46

第4章 制动系统	50
4.1 概述	50
4.2 制动方式的分类	51
4.3 我国常用的空气制动机	58
4.4 我国城市轨道交通车辆制动技术的现状	61
实训6 城市轨道交通车辆空气制动控制	63
第2篇 城市轨道交通供电系统运用与维护	67
第5章 供电系统的组成及要求	67
5.1 供电系统的组成	67
5.2 供电系统的基本要求	67
第6章 变配电系统	69
6.1 受电与供电方式	69
6.2 主变电站	69
6.3 牵引变电站	73
6.4 中心降压站	79
6.5 降压变电站	82
实训7 认识城市轨道交通牵引变电所	84
实训8 学习轨道交通牵引供电虚拟仿真实训系统	86
第7章 城市轨道交通电力监控系统	89
7.1 电力监控系统的基本任务	90
7.2 电力监控系统的特点	90
7.3 主站监控系统的功能及其设备	90
7.4 数据通信系统的主要设备及其功能	91
7.5 子站系统功能和主要设备	91
7.6 电力调度	92
第8章 接触网	96
8.1 基本要求	97

8.2 结构形式及悬挂类型	97
8.3 接触网供电方式与分断	103
8.4 杂流及其防护	106
第3篇 城市轨道交通运营管理系统运用与维护	109
第9章 城市轨道交通信号系统	109
9.1 城市轨道交通信号系统概述	109
9.2 城市轨道交通列车运行 ATC 自动控制系统	110
9.3 轨旁设备	121
实训9 信号道岔实训	129
第10章 城市轨道交通通信系统	133
10.1 传输系统	133
10.2 无线系统	136
10.3 公务电话系统	143
10.4 专用通信系统	144
10.5 电视监控系统	146
10.6 广播系统	148
实训10 城市轨道交通列车调度实训	149
第11章 城市轨道交通列车运行管理	154
11.1 城市轨道交通列车运行控制过程	155
11.2 城市轨道交通列车运行调整问题概述	158
11.3 城市轨道交通列车运行图分析	162
实训11 城市轨道交通列车运行实训(一)	163
实训12 城市轨道交通列车运行实训(二)	166
第12章 城市轨道交通客运管理	170
12.1 车站客流组织基本流程与车站空间布局	170
12.2 城市轨道交通车站客运服务质量	174
实训13 城市轨道交通车站客运组织实训	180
实训14 城市轨道交通列车运行图编制实训	182

实训 15 城市轨道交通列车运行控制实训	185
实训 16 城市轨道交通列车 PIS 实训	188
第 13 章 城市轨道交通安全管理体系	190
13.1 轨道交通运输方式的特点	190
13.2 城市轨道交通安全管理体系	191
实训 17 列车运营信息、临时通告和紧急通告等内容的发布实训	194
第 4 篇 城市轨道交通车站机电设备系统运用与维护	196
第 14 章 车站低压配电系统	196
14.1 地铁供电系统	196
14.2 地铁照明光环境	200
第 15 章 车站给排水系统	205
15.1 地铁供水系统	206
15.2 地铁排水系统	209
第 16 章 消防报警系统	212
16.1 地铁火灾特点分析	212
16.2 消防报警系统组成	214
16.3 火灾自动报警系统	216
实训 18 FAS 环境模拟集中监控系统	217
第 17 章 环境监控系统	222
17.1 地铁环境特点及环控面临的挑战	222
17.2 地铁环控系统设备	223
17.3 影响冷负荷的因素	224
17.4 综合后备控制盘 (IBP)	225
实训 19 地铁环境系统实训 (一)	227
实训 20 地铁环境系统实训 (二)	230
实训 21 车站综合控制室各系统的紧急后备盘操作实训	231

第 18 章 电梯与自动扶梯	236
18.1 垂直电梯	236
18.2 自动扶梯	241
第 19 章 自动监控系统	247
19.1 地铁 BAS 基本结构	247
19.2 地铁 BAS 功能分析	248
实训 22 地铁环境监控系统实训(一)	252
实训 23 地铁环境监控系统实训(二)	258
第 5 篇 城轨自动售检票系统运用与维护	263
第 20 章 自动售检票系统组成	263
20.1 AFC 系统总体框架及功能划分	263
20.2 城轨 AFC 系统的总体结构	265
实训 24 熟悉自动售检票软硬件设备功能	268
第 21 章 车站终端设备	272
21.1 城轨自动售票机	272
21.2 城轨自动检票机	275
21.3 城轨闸机设备	279
实训 25 自动售票系统功能	282
实训 26 自动检票系统功能	294
实训 27 人工售票系统功能	297
第 22 章 车站终端设备	307
22.1 国内主要城市清分系统概况	307
22.2 ACC 系统架构设计	308
22.3 ACC 业务架构设计	310
22.4 数据架构设计	311
22.5 应用架构设计	312
实训 28 AFC 半自动售票软件使用实训	317
实训 29 ACC 清分软件使用实训	326
参考文献	331

第1篇 城市轨道交通机械 系统运用与维护

第1章 车辆的基本组成及重要技术参数

1.1 城市轨道交通车辆概述

1.1.1 车辆的特点

车辆是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) 客运能力强。大型地铁车辆额定载客可达310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。设备先进,故障率低,稳定性好,可靠性高,突发情况下适应性强。
- (4) 环境条件好。在照明、空调、座椅和扶手等。
- (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,如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牵引。

1.1.2 车辆的分类

1. 按车辆牵引动力配置分类

(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):车辆不装备动力牵引装置,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(车体宽度)分类

为有利于我国城市轨道交通车辆制造、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一十分有必要。建设部颁布的《城市快速轨道交通工程建设标准》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》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。

按车体宽度与驱动方式,可分为 A(3m)、B(2.8m)、C(2.6m)、D、L 以及单轨 6 种车型。A、B、C 为不同车体宽度的钢轮钢轨系列车型;D 为低地板车型;单轨型为胶轮系列车型。以上 3 种均为粘着牵引系统车型。L 型为直线电机系列,是非粘着牵引系统车型。

为了便于车辆的管理和维护,车辆提供商及运营公司对其车辆又进行了分类。比如:上海地铁 1、2 号线的车辆分为 3 类,即:A、B、C 类车(与上述按车体宽度分类 A、B、C 型车不同)。A 为带驾驶室的拖车;B 为装有受电弓的动车;C 为无司机室和受电弓的动车。广州地铁 1、2 号线也采用此种分类方法。

3. 按车体制作材料分类

- (1) 耐候钢车。
- (2) 不锈钢车。
- (3) 铝合金车。

4. 按受电方式分类

按受电方式不同,可分为受电弓车和受流器(受电靴)车。

5. 按电压等级分类

按电压等级可分为直流 750V 和直流 1500V 两种。

6. 按牵引控制系统分类

- (1) 直流变阻车,如北京地铁老车型 DK11 型地铁客车。
- (2) 直流斩波调压车,如北京地铁老车型 DK16 型地铁客车。
- (3) 变流变压变频车,如北京 1 号线新型列车。
- (4) 直线电机变压变频车,如广州地铁 4 号线。

1.1.3 车辆选型的基本原则

(1) 车辆选型应以工程的主要技术条件(线路条件、供电电压等)为依据,其技术指标应满足客运量及行车组织(行车密度)的要求。

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

(3) 车辆的主要部件和设备,应采用先进、成熟、安全、经济、可靠且检修方便的产品。

(4) 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。

(5) 车辆的引进和生产要严格坚持车辆国产化的原则和有关政策。

1.1.4 列车的编组与标识

1. 列车编组

车辆在运营时一般采用动拖结合,固定编组,形成电动列车组(动车组)。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(动力)单元,一列车可以由一个或几个单元编组而成。具体编组形式可采用全动车形式或动拖车有机结合的固定编组形式。无论采用何种编组形式,每列车的首车和尾车必须带有司机室。

列车编组主要考虑车辆形式(按大、中、小,分为A、B、C 3种形式)、编组辆数(从2~10这9个整数中均有)、编组车辆动车与拖车比例,简称车型、辆数、动拖比3个要素。城市轨道交通的规模取决于高峰时刻小时客运量,而小时客运量取决于编组列车的载客量及行车间隔。目前,城市轨道交通系统大多采用加大行车间隔来调节运量,而较少采用分解列车编组有大变小的方法。

随着车辆技术的不断发展,牵引电机单位体积的功率愈来愈大,车体宽度及车长也在加大。相对来说,列车编组的最大辆数也相对减少。采用全动车编组,理论上的好处是编组方便、编组灵活(如北京地铁一期),但现在城轨列车大多采用动拖结合的混编方式。我国地铁列车编组形式为:6辆编组主要有“三动三拖”和“四动二拖”,4辆编组主要有“二动二拖”。例如:

(1) 成都地铁1号线列车采用由2个动力单元($T_c * M_p * M$)组成6辆编组,编组方式如下:

$$=T_c * M_p * M_1 * M_2 * M_p * T_c =$$

式中:“=”为半自动车钩;“*”为半永久牵引杆;对应于车辆编组“ $=T_c * M_p * M_1 * M_2 * M_p * T_c =$ ”的车辆编号顺序为1、2、3、4、5、6。

(2) 广州地铁1号线列车由6节车辆组成,编组如下:

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

式中,“-”为全自动车钩;A车为拖车,一端设有驾驶室,车顶上装有受电弓,车下装有一套空气压缩机组;B车和C车均为动车,结构基本相同。广州地铁2号线与1号线基本一样,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号线近期每一列车6辆组成,编组为

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

上海地铁1、2号线远期每一列车8辆组成,编组为

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

2. 车辆编号

一般每节城轨车辆都有属于自己的固定编号,但各车辆制造商或运营商的编号方式不一样。

上海地铁1、2号线车辆编号由5位数组成,采用YYCCT形式,其中YY为车辆出厂的年份;CC为出厂时这一年同类型车辆的生产顺序号;T为车辆类型代号,其中1为A车,2为B车,3为C车。例如92082为1992年出厂的第8辆车,其车辆类型为B车。目前上海地铁列车的编组是固定的,编号后的车辆在列车中的编组位置相应没有变化。

广州地铁1、2、3号线车辆采用了一样的编号形式,其车辆编码包含信息有:车辆的所属线路(一个字母或数字的位置)、车辆的类型(A、B或C车)、生产顺序号(同类型车辆的连续编号,两位数字),不同的车辆类型以新的顺序开始编号。

3. 车端、车侧、车门、座位等的标识定义

1) 车辆的车端、车侧的定义

(1) 车端:每辆车的1位端按以下规定确定,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位端是连接半永久牵引杆的一端。另一端就是2位端。

(2) 车侧:当观察者面对车辆的1位端时,观察者右侧的一侧就称为该车的右侧,另一端就是该车辆的左侧。

2) 列车车侧的定义

列车的车侧定义与车辆的车侧定义是不同的。它是以司机为主体,司机坐于列车驾驶端座位上,司机的右侧即为列车的右侧,左侧为列车的左侧。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。

3) 转向架和轴的编号

每辆车的转向架都分为转向架1和转向架2。转向架1在车辆的1位端,转向架2在车辆的2位端。

每辆车的4根轴从1位端开始至2位端,依次连续编号轴1~轴4。

4) 车门和门页的编号

门页的编号自1位端到2位端,沿着每辆车的左侧为由小到大连续奇数编号,即1、3、5、7、9、11、…、17、19;右侧由小到大连续偶数编号,即2、4、6、8、10、12、…、18、20。

车门编号由车门两个门页号码合并而成,自1位端到2位端,左侧车门编号为1/3、5/7、9/11、…、17/19,而右侧车门的编号2/4、6/8、10/12、…、18/20。

5) 座椅编号

每辆车有8个座椅纵向排列在车辆内部的两侧。自1位端到2位端,这些座

椅的编号是1~8,左侧是奇数,右侧是偶数。

6) 空调单元编号

每辆车的车顶安装有两个空调单元。位于1位端的空调单元称为空调单元Ⅰ,位于2位端的空调单元称为空调单元Ⅱ。

7) 其他编号与标记

车窗、扶手、立柱、吊环、照明灯、指示灯和扬声器等设备也采用同样的编号方法。而车辆的重量、顶车位置、应急设备位置等必须采用相关符号或文字在规定位置做出明确的标记。

1.2 城市轨道交通车辆基本组成

城市轨道交通车辆尽管形式不同,但均可由车体、转向架、制动装置、风源系统、电气传动控制、辅助电源、通风、采暖及空调、内装及设备、车辆连接装置、受流装置、照明、自控和监控系统等组成。

1.2.1 车体

车体是城市轨道交通车辆最重要的组成部件之一,坐落在转向架上。它除了载客之外,几乎所有的机械、电气、电子设备都安装在车体的上部、内部及下部,驾驶室也设置在车体中。车体一般由底架、侧墙、车顶、前端和后端等组成。车体最初由普通碳素钢制造,为了减少腐蚀,提高使用寿命,耐候钢制造的车体得到广泛应用。为了实现车体的轻量化,现代城市轨道交通车辆多由不锈钢、铝合金制造。车体的个别部位(如前端等)也采用有机合成材料制造。车体主要有隔音、减振、隔热、防火以及在事故状态下尽可能保证乘客安全的逃生门等设施。

1.2.2 转向架

转向架是城市轨道交通车辆最重要的组成部件之一;是支撑车体并担负车辆沿轨道走行的支撑走行装置。转向架一般由构架、轮对、悬挂系统、减振装置、基础制动装置和传动装置等组成。动车的牵引电机、变速机构等装在转向架上。转向架的结构及各部分参数是否合理,直接影响车辆的运行品质,动力性能和行车安全。图1-1为安装在车底的转向架。

1.2.3 制动系统

城市轨道交通车辆必须安装制动系统。制动系统的作用就是根据需要使车辆按规定减速、停车。制动系统由制动控制系统和制动执行系统组成。制动执行系统分为摩擦制动、电气制动和磁轨制动等形式。

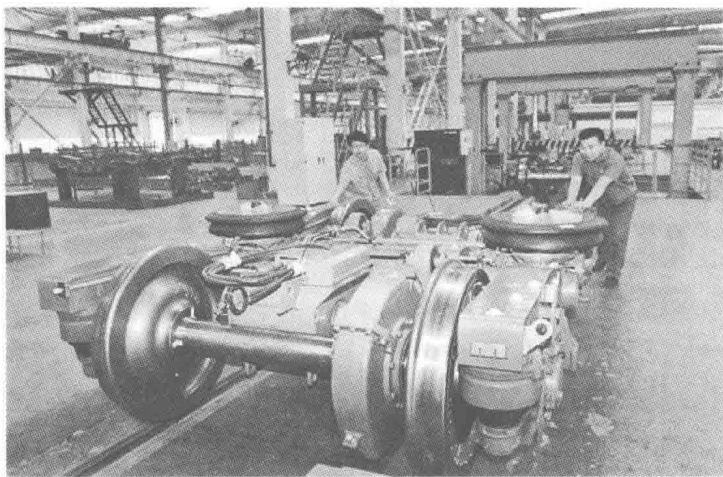


图 1-1 转向架

摩擦制动又称机械制动,分为闸瓦制动和盘型制动。闸瓦制动又称为踏面制动,它是由闸瓦压紧车轮踏面产生阻力实现制动。盘型制动就是在车轴上或在车轮辐板侧面(分别称之为轴盘制动和轮盘制动)装设制动盘,用制动钳将合成材料制成的两个闸片紧压在制动盘侧面,通过摩擦产生制动力,把列车动能变成热能,耗散于大气之中,实现制动功能。图 1-2 为闸瓦制动,图 1-3 为轴盘制动。

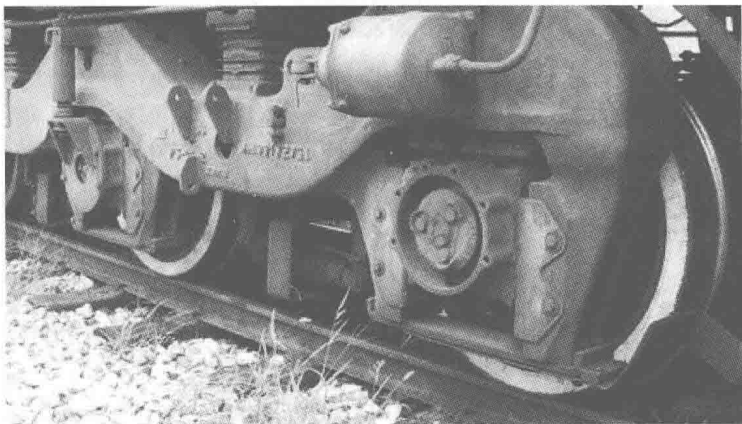


图 1-2 闸瓦制动(踏面制动)

电气制动分为能耗制动和再生制动。能耗制动也称电阻制动,它是将列车的动能经牵引电机及控制转换为电能消耗在电阻上。再生制动就是将列车的动能经牵引电机及控制转换为电能反馈到供电线路上。电气制动必须与机械制动相配合。

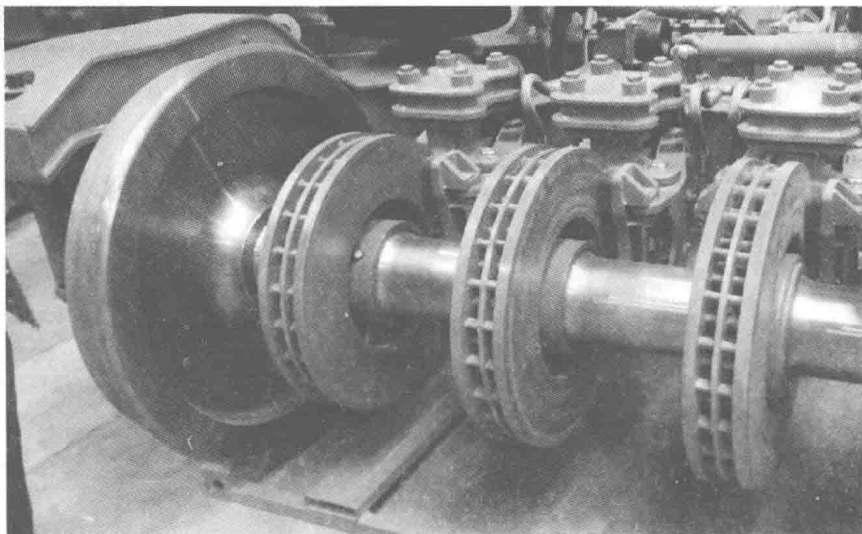


图 1-3 轴盘制动(盘型制动)

1.2.4 风源系统

城市轨道交通车辆转向架上的空气弹簧、机械制动以及车辆上车门的开闭等都需要压缩空气,所以必须有风源系统。风源系统一般由电动空气压缩机,除油、除湿装置,散热装置,压力控制装置和管路等组成。图 1-4 所示为风源系统的一部分。

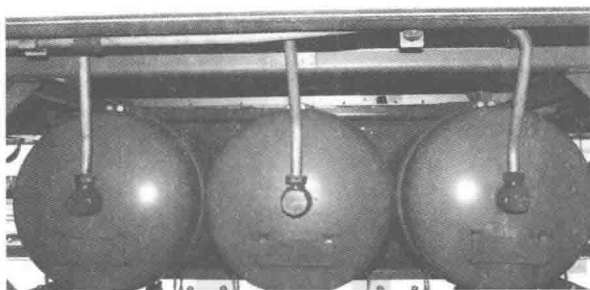


图 1-4 风缸模块

1.2.5 电气传动控制系统

电气传动控制系统由电气制动控制系统及电气执行系统组成。电气传动控制由控制信号发生装置,控制信号传输的电子器件及控制电器组成。电气控制执行系统由牵引电动机组成。