

高等学校教材

DIANQIHUA TIEDAO GAILUN

DIANQIHUA TIEDAO GAILUN

DIANQIHUA TIEDAO GAILUN

DIANQIHUA TIEDAO GAILUN

DIANQIHUA TIEDAO GAILUN

DIANQIHUA TIEDAO GAILUN

DIANQIHUA TIEDAO GAILUN

DIANQIHUA TIEDAO GAILUN

DIANQIHUA TIEDAO GAILUN

DIANQIHUA TIEDAO GAILUN

DIANQIHUA TIEDAO GAILUN
DIANQIHUA TIEDAO GAILUN

DIANC AO GAILUN
DIA GAILUN

DI... ST...
DE... ILUN

N

100

100



□

□

CH

1000

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等学校教材

电气化铁道概论

王 勋 主 编

倪 勇 吴文辉 程宏波 副主编

中国铁道出版社

2009年·北 京

内 容 简 介

全书共分十章,内容包括:铁路基本知识;电气化轨道交通;电力系统基本知识;牵引供电系统;牵引变电所;牵引变电所的继电保护;接触网基础;电力牵引供电远动及综合监控系统;电力机车与动车组;电气化铁路的运营管理等。全书概括了电气化铁道的概况,内容全面,实用性强,每章有复习思考题,便于复习提高。

本书可作为高等学校电气工程及机车、车辆专业及其他电气化铁道相关专业学生用书。也可作为从事电气化铁道的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电气化铁道概论/王勋主编. —北京:中国铁道出版社,
2009.2

高等学校教材

ISBN 978-7-113-09646-5

I. 电… II. 王… III. 电气化铁道—高等学校—教材
IV. U22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 017009 号

书 名: 电气化铁道概论

作 者: 王 勋 主编

责任编辑: 阙济存 电话: 010-51873133 电子信箱: td51873133@163.com

封面设计: 崔丽芳

责任校对: 孙 玫

责任印制: 陆 宁

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 北京海淀五色花印刷厂印刷

版 次: 2009年2月第1版 2009年2月第1次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 16.5 字数: 415 千

印 数: 1~3 000 册

书 号: ISBN 978-7-113-09646-5/U·2445

定 价: 32.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话: 市电(010) 51873170, 路电(021) 73170(发行部)

打击盗版举报电话: 市电(010) 63549504, 路电(021) 73187

前 言

我国第一条电气化铁路宝(鸡)—成(都)线宝(鸡)—凤(洲)段 1961 年 8 月 15 日通车,标志着我国电气化铁路的开始。改革开放以来,随着国民经济的高速发展和人民生活水平的不断提高,我国电气化铁路蓬勃发展,实现了包括(北)京—广(州)、(北)京—沪(上海)、(北)京—哈(尔滨)主要干线铁路的电气化;地铁和轻轨的城市轨道交通在北京、上海、广州等大城市中迅速发展;通车的广(州)—深(圳)准高速铁路、秦(皇岛)—沈(阳)客运专线、(北)京—(天)津城际高速铁路,正在建设的京—沪高速铁路,标志着我国电气化铁路发展进入了新时期。

电气化铁路是以电力作为牵引动力。电力牵引包括电力牵引供电系统和电力机车/动车组。电力牵引具有高效节能、运输成本低、运输能力强、运输速度高等特点。电气化铁路直接产生重大国民经济效益和社会效益。

我国铁路事业的高速发展,需要大量的相关高级专业技术人才。本书为高等学校电气工程(铁道电气化、城市轨道交通、电力牵引、电力系统及其自动化)专业和车辆工程(铁道与城市轨道交通)专业教材,也可作为从事电气化铁道的工程技术人员参考书。希望本书的出版能为培养我国电气化铁道高级人才发挥一些作用。

在教材的编写过程中,力求做到通俗易懂,便于学生阅读和自学。在精选内容方面,力求适合电气化铁路的需要,着重介绍本领域的基础知识,并对近年来电气化铁路的新发展,如动车组等方面的内容都有介绍,每章的复习思考题利于启发读者思考和帮助读者总结。

本书由华东交通大学王勋教授主编,华东交通大学倪勇、吴文辉、程宏波副主编;华东交通大学程宏波、彭春华、罗杰、邸荣光、屈志坚;西南石油大学姜志玲以及湖南铁路科技职业技术学院王向东参加编写;全书由吴文辉、倪勇统稿西南交通大学李群湛教授审查了本书写作计划并提出了宝贵意见,在此表示诚挚的谢意。

本书列入华东交通大学本科生规划教材并受到资助,同时得到中国铁道出版社的大力支持,在此一并表示感谢!

限于编者的水平和经验,书中难免有不当或错漏之处,诚恳地希望读者批评指正,并请您发送邮件至 x.wang@ecjtu.jx.cn 或 wwh7@ecjtu.jx.cn。

编 者

2008 年 11 月

目 录

第一章 铁路基本知识.....	1
第一节 线 路.....	1
第二节 车 辆.....	4
第三节 机 车.....	7
第四节 车 站.....	8
第五节 信号与通信设备.....	8
复习思考题.....	9
第二章 电气化轨道交通	10
第一节 电气化轨道交通的起源	10
第二节 地铁与轻轨	10
第三节 电气化铁路	20
第四节 磁浮交通	22
复习思考题	27
第三章 电力系统基本知识	28
第一节 电力系统的构成、特点及其表征参数.....	28
第二节 高压电气设备	30
第三节 发电厂的分类及生产流程	36
第四节 变 电 所	40
第五节 电力输电线路	45
第六节 电力系统继电保护	51
第七节 电力系统自动化	57
复习思考题	66
第四章 牵引供电系统	68
第一节 概 述	68
第二节 电力系统、牵引变电所、牵引网的供电方式	70
第三节 牵引供电系统中的特殊问题	76
复习思考题	83
第五章 牵引变电所	84
第一节 概 述	84

第二节 交流牵引变电所	85
第三节 直流牵引变电所	100
复习思考题	109
第六章 牵引变电所的继电保护	110
第一节 交流牵引变电所的继电保护	110
第二节 直流牵引变电所的继电保护	118
复习思考题	132
第七章 接触网基础	133
第一节 接触网的特点及要求	133
第二节 接触网的基本组成	134
第三节 接触网的供电分段和设备	169
第四节 城市轨道交通接触网	174
复习思考题	179
第八章 电力牵引供电远动及综合监控系统	180
第一节 牵引供电远动及监控系统的功能	180
第二节 调度端系统	190
第三节 变电站(所)综合自动化及安全监控系统	195
第四节 远动通信系统	207
复习思考题	213
第九章 电力机车与动车组	214
第一节 概 述	214
第二节 电力机车	215
第三节 动车组	231
第四节 电力机车的机械部分及总体布置	237
复习思考题	241
第十章 电气化铁路的运营管理	242
第一节 概 述	242
第二节 供 电 段	243
第三节 电力机车机务段	251
复习思考题	257
参考文献	258

第一章 铁路基本知识

铁路由蒸汽牵引方式开始,发展到内燃牵引方式和电力牵引方式,构成铁路系统的主要组成部分有:线路、车辆、机车、车站和信号与通信设备。

第一节 线 路

铁路线路是机车车辆和列车运行的基础。它直接承受机车车辆轮对传来的压力,为了保证列车能按规定的最高速度安全、平稳和不间断地运行,使铁路运输部门能够质量良好地完成客货运输任务,铁路线路必须经常保持完好状态。

铁路线路是由路基、桥隧建筑物和轨道组成的一个整体工程结构。

一、路 基

铁路路基是为了满足轨道铺设和运营条件而修建的土木构筑物。路基必须保证轨顶设计标高,并与桥梁隧道连接组成完整贯通的铁路线路。

在铁路线路工程中,路基常见的两种基本形式是路堤和路堑。

当铺设轨道的路基面高于天然地面时,路基以填筑方式构成,这种路基称为路堤,如图 1-1(a)所示。

当铺设轨道的路基面低于天然地面时,路基以开挖方式构成,这种路基称为路堑,如图 1-1(b)所示。

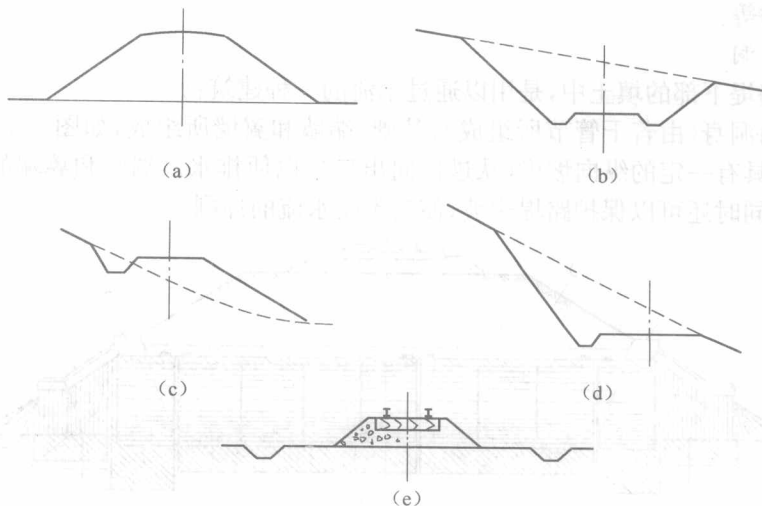


图 1-1 路基的形式

(a)路堤;(b)路堑;(c)半路堤;(d)半路堑;(e)不填不挖路基

此外,还有半路堤、半路堑或不填不挖路基,如图 1-1(c)、(d)、(e)所示。

二、桥隧建筑物

当铁路线路要通过江河、溪沟、谷地以及山岭等天然障碍,或要跨越公路、铁路时,就需要修建桥隧建筑物,以便铁路线路得以继续向前延伸。桥隧建筑物包括桥梁、涵洞、明渠、隧道等。

(一) 桥 梁

桥梁主要由桥面、桥跨结构、墩台及基础三部分组成,如图 1-2 所示。

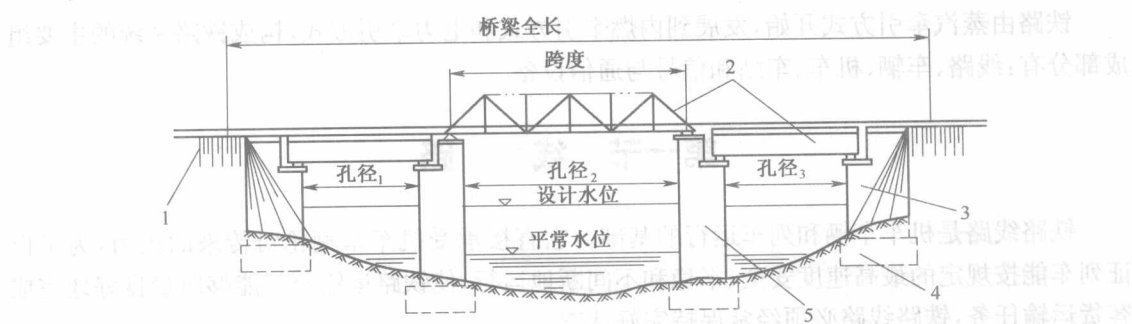


图 1-2 桥梁的组成

1—路基；2—桥跨；3—墩台；4—基础；5—桥墩

桥面是桥梁上铺设的轨道部分；桥墩结构是桥梁承受荷载、跨越障碍的部分；墩台是支承桥墩结构的部分，包括桥墩和桥台，设于桥梁中部的支座称为桥墩，设于桥梁两端的支座叫做桥台。桥墩与桥台的底部为墩台的基础。

两个相邻墩台之间的空间叫桥孔。每个桥孔在设计水位处的距离叫做孔径。从桥墩结构底部到设计水位的高度以及相邻两墩台之间的限界空间，叫做桥下净空。桥梁的孔径和桥下净空应能满足排泄洪水、泥石流、流水或船舶通航的要求。每一桥跨两端支座间的距离，叫做跨度。整个桥梁包括墩台在内的总长度，是桥梁的全长。

桥梁按建筑材料分为钢桥、钢筋混凝土桥、石桥等；按桥梁长度(L)分为小桥($L < 20\text{ m}$)、中桥($20\text{ m} \leq L < 100\text{ m}$)、大桥($100\text{ m} \leq L < 500\text{ m}$)、特大桥($L \geq 500\text{ m}$)等；按桥梁外形分为梁桥、拱桥、斜拉桥等。

(二) 涵 洞

涵洞设在路堤下部的填土中，是用以通过水流的一种建筑物。

涵洞主要由洞身(由若干管节所组成)、基础、端墙和翼墙所组成,如图 1-3 所示。管节埋在路基之中,它具有一定的纵向坡度(从进口向出口),以便排水。端墙和翼端的作用,是便于水流进出涵洞,同时还可以保护路堤边坡,使它不受水流的冲刷。

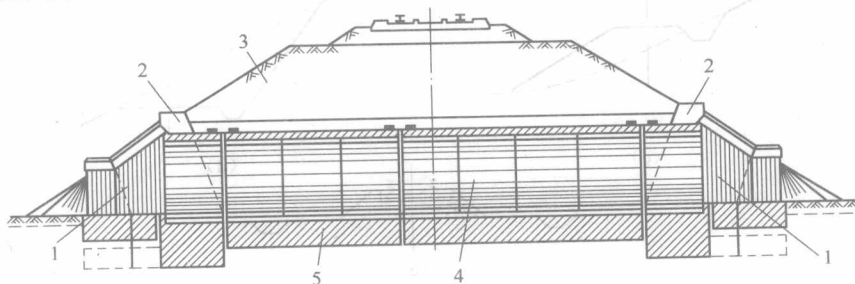


图 1-3 涵洞

1—翼墙；2—端墙；3—路堤；4—洞身；5—基础

按照建筑材料的不同,涵洞有石涵、混凝土涵、钢筋混凝土涵、铁涵等多种。涵洞的截面有矩形、圆形、拱形等不同形式。

(三) 隧道

铁路隧道大多建筑在山中,用以避免开挖很深的路堑,或修建很长的迂回线。此外,还有建筑在河床、海底或湖底以下的水底隧道和建筑在大城市地下的地下铁道。

在隧道口应修筑洞门,以便保持洞口上方的仰坡和两侧边坡的稳定;洞顶要修建筑截水沟,用以拦截从山坡下来的流水以保护洞口。在隧道内,除了通过特别坚硬的石层以外,一般还要用砖、石、混凝土或钢筋混凝土等材料作内部衬砌,以便防止四周岩石层塌落,变形和渗水。

三、轨道

在路基、桥隧建筑物修建成之后,就可以在上面铺设轨道。轨道由钢轨、轨枕、连接零件、道床、防爬设备和道岔等主要部件组成,如图 1-4 所示。它起着机车车辆运行的导向作用,直接承受由车轮传来的巨大压力,并将其传递给路基或桥隧建筑物。

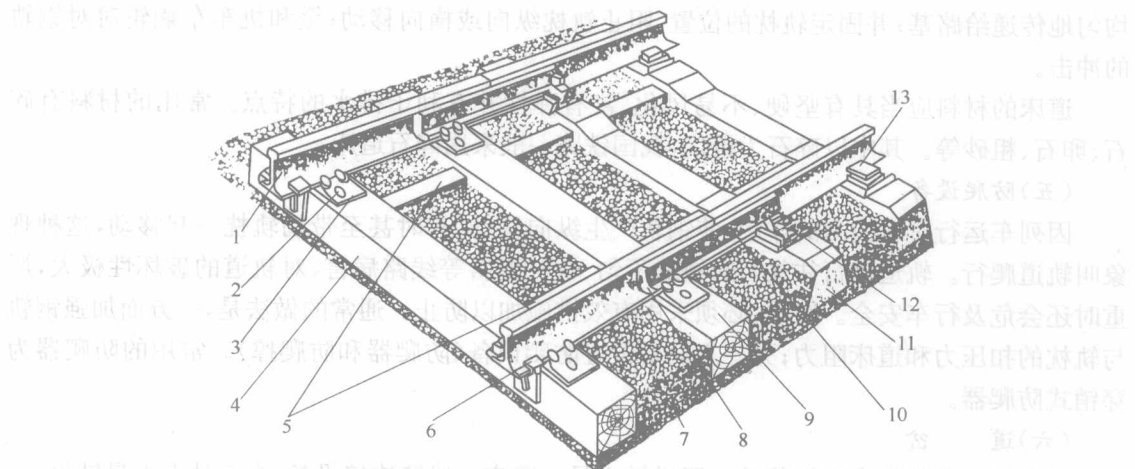


图 1-4 轨道的基本组成

1—钢轨;2—普通道钉;3—垫板;4,9—木枕;5—防爬撑;6—防爬器;7—道床;

8—双头夹板;10—螺栓;11—钢筋混凝土轨枕;12—扣板式中间连接零件;13—弹片式中间连接零件

(一) 钢 轨

钢轨的作用是直接承受车轮的巨大压力并引导车轮的运行方向,因此它应当具有足够的强度、稳定性和耐磨性。

为了使钢轨具有最佳的抗弯性能,钢轨的断面形状采用“工”字形,如图 1-5 所示,由轨头、轨腰和轨底组成。

在我国,钢轨的类型或强度以每米长度的大致质量(千克数)表示,现行的标准钢轨类型有:75 kg/m、60 kg/m、50 kg/m。

钢轨的长度长一些好,这样可以减少接头的数量,列车运行平稳并可节省接头零件和线路的维修费用,但是由于加工条件和运输条件的限制,一根钢轨的轧制长度是有

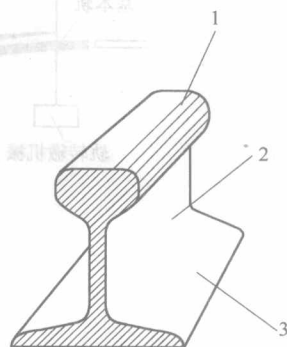


图 1-5 钢轨断面形式

1—轨头;2—轨腰;3—轨底

限的。

(二) 轨 枕

轨枕的作用是支承钢轨,并将钢轨传来的压力传递给道床,同时可保持钢轨的位置和距离。

轨枕按照制作材料分,主要有钢筋混凝土枕和木枕两种。

(三) 连接零件

连接零件包括接头连接零件和中间连接零件两类。

接头连接零件是用来连接钢轨与钢轨间的接头的,它包括双头夹板、螺栓、螺帽和弹性垫圈等。钢轨接头处必须保持一定的缝隙,这一缝隙叫做轨缝。当气温发生变化时,轨缝可满足钢轨的自由伸缩。

中间连接零件(又称扣件)的作用是将钢轨紧固在轨枕上。

(四) 道 床

道床是铺设在路基面上的石砟(道砟)垫层。主要作用是支承轨枕,把从轨枕上部的压力均匀地传递给路基;并固定轨枕的位置,阻止轨枕纵向或横向移动;缓和机车车辆轮对对钢轨的冲击。

道床的材料应当具有坚硬、不易风化、富有弹性并有利于排水的特点。常用的材料有碎石、卵石、粗砂等。其中以碎石为最优,我国铁路一般采用碎石道床。

(五) 防爬设备

因列车运行时纵向力的作用,使钢轨产生纵向移动,有时甚至带动轨枕一起移动,这种现象叫轨道爬行。轨道爬行往往引起轨缝不匀、轨枕歪斜等线路病害,对轨道的破坏性极大,严重时还会危及行车安全。因此,必须采用有效措施加以防止。通常的做法是,一方面加强钢轨与轨枕的扣压力和道床阻力;另一方面是设置防爬设备(防爬器和防爬撑)。常用的防爬器为穿销式防爬器。

(六) 道 岔

道岔是一种使机车车辆能从一股道转入另一股道的线路连接设备,在车站上大量铺设。

图 1-6 为最常用的普通单开道岔,它由转辙器、辙叉及护轨、连接部分组成。

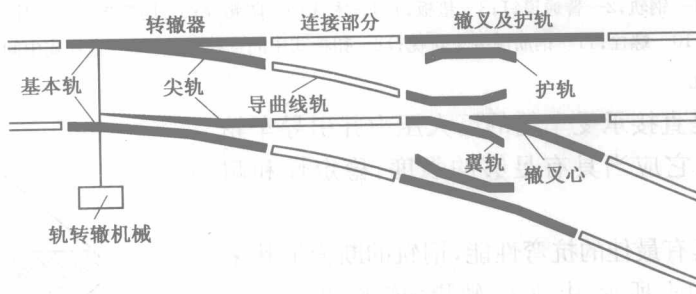


图 1-6 普通单开道岔

第二节 车 辆

铁路车辆是运送旅客和货物的工具。它一般没有动力装置,必须把车辆连挂成列,由机车牵引才能沿线路运行。

铁路车辆按用途可分为客车和货车两大类。常见的客车有硬座车、软座车、硬卧车、软卧车、餐车、行李车、邮政车等数种。为了运送各种不同的货物,货车有平车、敞车、棚车、保温车、罐车等不同的类型。

按轴数分,车辆有四轴车、六轴车和多轴车。四轴车的四根轴分别组成两个相同的转向架,能相对于车底架作自由转动,因此,缩短了车辆的固定轴距,使之能顺利通过曲线。我国铁路上的大部分车辆均采用这种形式。对于载重量较大的车辆,为使每一车辆加在线路上的重量不超过线路强度所规定的吨数(称为轴重),可以做成六轴车或多轴车。

按载重量分,货车有 50 t、60 t、75 t、90 t 等多种。

铁路车辆一般由车体、车底架、走行部、车钩缓冲装置和制动装置五个基本部分组成。

一、车 体

车体是旅客乘坐或装载货物的部分,车体一般和车底架构成一个整体,其结构与车辆的用途有关。图 1-7 中示出了敞车、棚车的图片。



图 1-7 车体照片

二、车 底 架

车底架是车体的基础。它承受车体和所装货物的重量,并通过上、下心盘将重量传给走行部。在列车运行时,它还承受机车牵引力和列车运行中所引起的各种冲击力,所以必须具有足够的强度和刚度。

货车车底架由中梁、侧梁、枕梁、横梁及端梁等组成,如图 1-8 所示。

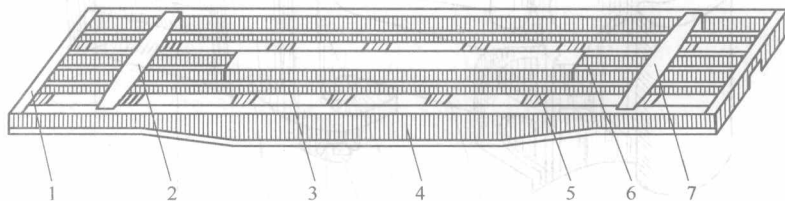


图 1-8 货车车底架

1—端梁;2,7—枕梁;3—纵梁;4—侧梁;5—横梁;6—中梁

中梁位于车底架的中央,为车底架的骨干,两端是安装车钩缓冲装置的地方,是主要承受

垂直载荷和纵向作用力的杆件。

枕梁是车底架和转向架摇枕衔接的地方。在枕梁下部安装的上旁承和上心盘,分别于转向架摇枕上的下旁承和下心盘相对并将重量传给走行部。

客车车底架构造和货车车底架相似。客车两端必须设置通过台,所以它的两端各有一个通过台架。

三、走行部

走行部可以引导车辆沿轨道运行,并把车辆的重量和货物载重传给钢轨,它应保证车辆以最小的阻力在轨道上运行,并顺利地通过曲线。

在四轴货车上,四组轮对分成相同的两个部分,组成转向架,如图 1-9 所示。转向架是由两组轮对和轴箱油润装置、侧架、摇枕、弹簧减振装置等组成的一个整体。

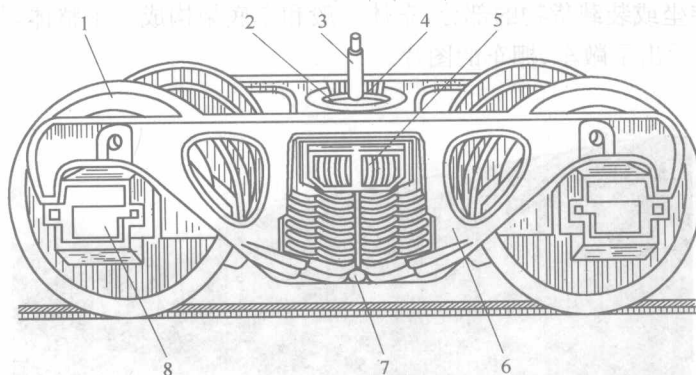


图 1-9 铸钢侧架式转向架

1—轮对;2—下心盘;3—中心销;4—旁承;5—摇枕;6—侧架;7—摇枕弹簧;8—轴箱

四、车钩缓冲装置

车钩缓冲装置的作用是使机车和车辆或车辆之间连挂在一起,并且传递牵引力和制动力,缓和列车运行或调度作业时产生的冲击力。

车钩缓冲装置包括车钩、缓冲器两部分,安装在车底架中梁的两端。图 1-10 为货车车钩缓冲装置。

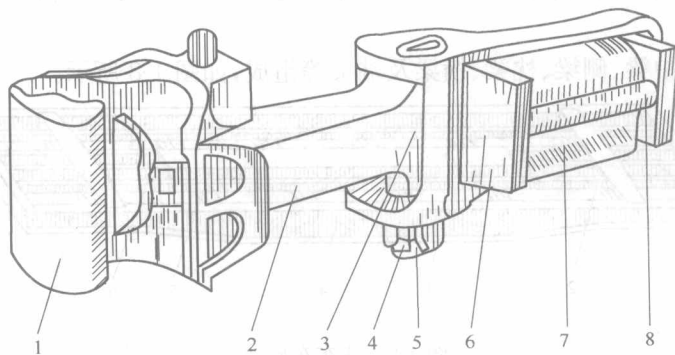


图 1-10 车钩缓冲装置

1—钩舌;2—钩身;3—钩尾;4—钩尾销;5—钩尾框;6、8—从板;7—缓冲器

五、制动装置

制动装置是用外力迫使运行中的机车车辆减速或停车的一种设备。它不仅是列车安全、正点运行的重要保证,而且也是提高列车重量和运行速度的前提条件。因此,制动装置的性能好坏,对铁路的运输能力和行车安全都有重要作用。

我国机车车辆上安装的制动机主要有空气制动机和手制动机。空气制动机又叫自动制动机,是利用压缩空气产生制动力的,一般用作列车制动。手制动机是用人力进行制动,一般只在调车时对个别车辆或车组实行制动用。

第三节 机 车

机车是铁路运输的牵引动力。由于铁路车辆大都不具备动力装置,需要把客车或货车连挂成车列,由机车牵引沿着钢轨运行。

铁路采用的机车类型很多。从运用上分,有客运机车、货运机车和调度机车。客运机车要求速度高,货运机车需要牵引力大,调度机车要有机动灵活的特点。

按牵引动力分,可分为蒸汽机车、内燃机车和电力机车。

一、蒸汽机车

蒸汽机车是通过蒸汽机,把燃料的热能转换成机械能,用来牵引列车的一种机车。它主要由锅炉、汽机、走行部、车架、煤水车、车钩缓冲装置以及制动装置等部分组成。锅炉是供给机车动力的能源,装在两侧的两套汽机则是把蒸汽的热能转换成机械能,以驱动机车运行。铁路是从蒸汽机车的发明开始的,但蒸汽机车的总效率一般只有5%~9%,煤水消耗量大,在现代铁路运输中已被其他新型机车所取代。

二、内燃机车

内燃机车是以内燃机作为原动力的一种机车。内燃机车的热效率可达30%,是各类机车中效率较高的一种。机车整备时间短,持续工作的时间长,适用于长交道路;用水量少,适用于缺水地区;初期投资比电力机车少,而且机车乘务员劳动条件好,便于多机牵引。但内燃机车最大的缺点是对大气和环境有污染。

内燃机车按传动方式的不同可分为电力传动内燃机车和液力传动内燃机车两种类型。

电力传动内燃机车的能量传输过程是由柴油机驱动主发电机发电,然后向牵引电动机供电使其旋转,并通过牵引齿轮传动驱动机车轮对旋转。根据电机型式不同,可分为直-直流电力传动、交-直流电力传动、交-直-交电力传动和交-交流电力传动等类型内燃机车。

液力传动内燃机车的原动力仍是柴油机,在柴油机和机车动轮之间,装有一套液力传动装置,利用工作油改变柴油机的外特性,以适合列车运行的要求。液力传动内燃机车与电力传动内燃机车相比,除传动装置不同外,其余部分都是相似的。

三、电力机车

电力机车的牵引动力是电能,但机车本身没有原动力,而是依靠外部供电系统供应电力,并通过机车上的牵引电动机驱动机车前进。

电力机车具有功率大、热效率高、速度快、过载能力强和运行可靠的特点。因此,电力机车必将成为铁路的主要牵引动力。

电力机车主要由车体、车底架、走行部、车钩缓冲装置和一套电气设备等组成。有关电力机车的内容将在第九章叙述。

第四节 车 站

车站既是铁路办理客、货运输的基地,又是铁路系统的一个基层生产单位。在车站上,除办理旅客和货物运输的各项作业以外,还办理和列车运行有关的工作。为了完成上述作业,车站上设有客货运输设备及与列车运行有关的技术设备,还配置了客运、货运、行车、装卸等方面的工作人员。

目前,我国铁路上有大小车站几千个。根据它们所担负的任务量和国家政治上、经济上的地位,共分为六个等级,即:特等站、一、二、三、四、五等站。车站按技术作业的不同可分为中间站、区段站和编组站。编组站和区段站总称为技术站。按业务性质又分为货运站、客运站和客货运站等。

中间站是为沿线城乡人民及工农业生产服务,提高铁路区段通过能力,保证行车安全而设的车站。它主要办理列车的到发、会让和越行,以及客货运业务。中间站设备规模小,但数量很多,它遍布全国铁路沿线中、小城镇和农村,在发展地方工农业生产,沟通城乡物资交流中起着很重要的作用。

区段站多设在中等城市和铁路网上牵引区段的起点和终点。区段站的主要任务是为邻接的铁路区段供应及整备机车,为无改编中转货物列车办理规定的技术作业,并办理一定数量的列车解编作业和客货运业务。

编组站是铁路网上办理大量货物列车解体和编组作业,并设有比较完善调车设备的车站。

铁路枢纽是铁路网的一个组成部分。在铁路网交汇点或终端地区,由各种铁路线路、专业车站以及其他为运输服务的有关设备组成的总体,称为铁路枢纽。铁路枢纽是客货流从一条铁路转运到各接轨铁路的中转地区,也是所在城市客货到发及联运的地区。除枢纽内各种车站办理的有关作业外,在货物运转方面,有各铁路方向之间的无改编列车和改编列车的转线以及担当枢纽地区车流交换的小运转列车的作业。在旅客运转方面有直通、管内和市郊旅客的作业。在货运业务方面,办理各种货物的承运、装卸、发送、保管等作业;此外,还要供应运输动力、进行机车车辆的检修等作业。铁路枢纽对于工农业生产的发展,城市和国防建设以及各种交通运输工具之间的分工与协作,都有密切的关系。

第五节 信号与通信设备

铁路信号设备是铁路信号、联锁、闭塞等设备的总称。它的主要作用是保证列车运行、利于调车工作的安全和提高铁路通过能力。同时对增加铁路运输经济效益、改善铁路职工劳动条件也起着重要作用。

铁路信号是向有关行车和调车人员发出的指示和命令。铁路信号按感官可分为视觉信号和听觉信号两大类。视觉信号是以物体或灯光的颜色、形状、位置、数目或数码显示等特征表示的信号,例如用信号机、机车信号、信号旗、信号牌、火炬等表示;听觉信号是以不同声响设备

发出音响的强度、频率、音响长短和数目等特征表示的信号,如号角、口笛、响墩发出的音响及机车、轨道车鸣笛等发出信号。我国规定三种基本颜色表示铁路信号,即红色表示停车,黄色表示注意或减速行驶,绿色表示按规定速度行驶。

联锁设备,用于保证站内行车和调车工作的安全和提高车站的通过能力。列车的进、出站和站内的调车工作通常是根据防护每一进路信号机的显示状况进行的,而被防护的进路又是靠操纵道岔来排列,因此,有关信号机和道岔之间,以及信号机与信号机之间应建立起一种相互制约的关系,才能保证车站的安全,我们把这种制约关系叫做联锁。为完成这种联锁关系而安装的技术设备叫联锁设备。

闭塞设备,用于保证列车在区间内运行的安全和提高区间的通过能力。在单线铁路上,为防止一个区间同时进入两列对向运行的列车而发生正面冲突,以及避免两列同向运行的列车(包括复线区段)发生追尾事故,铁路上规定区间两端车站值班员在向区间发车前必须办理的行车联络手续,叫做行车闭塞(简称闭塞)手续。用于办理行车闭塞的设备叫闭塞设备。闭塞设备必须保证一个区间内,在同一时间里只能允许一个列车占用这一基本原则的实现。闭塞方式有半自动闭塞和全自动闭塞两种。半自动闭塞需要人工办理闭塞手续,列车凭出站信号机的进行显示发车,但列车出发后,出站信号机能自动关闭;自动闭塞是通过列车运行及闭塞分区的情况,通过信号机可以自动变换显示,列车凭信号机的显示行车,这种闭塞方法完全是自动进行的。

铁路信号技术向着微机化、综合化、集成化和智能化方向发展。

复习思考题

1. 铁路线路是由哪几部分构成的?各组成部分的作用是什么?
2. 铁路车辆一般由哪些基本部分构成?各基本组成部分的作用是什么?
3. 简述铁路机车的作用和类型。
4. 我国铁路的车站按技术作业可分为哪几类车站?各有什么特点?
5. 简述铁路信号的主要作用和类型。

第二章 电气化轨道交通

第一节 电气化轨道交通的起源

电气化轨道交通是利用电能作为牵引原动力的轨道运输的总称。世界上第一条真正意义的电气化轨道诞生于 1879 年。当年 5 月 31 日,西门子公司和哈尔斯克公司在德国柏林举办的世贸会上联合推出了一条轨距 1 m、全长 300 m 的椭圆形“电气化轨道”,电力机车采用 2.2 kW 串励式二级直流电机驱动,总重 945 kg;由 150 V 外部直流电源经铺设在两轨道中间的第三轨供电,走行轨作为电流回路;“列车”由 3 节敞开式“客车车厢”组成,每节“车厢”可乘坐 6 人;最高运行时速 13 km。

这条现在看起来非常小的“电气化铁路”,在 4 个月的展览期间实现了平均每天运送乘客 700 多人次,共运送乘客 8 万多人的骄人业绩,它是现代电气化轨道交通的先驱。

经过 130 多年的发展,从最原始的电气化轨道交通现已发展成地铁、轻轨、磁浮等多种形式。

第二节 地铁与轻轨

一、地铁的发展

地下铁道是大城市中主要在地下修建隧道,铺设轨道,以电动列车运送乘客的城市轨道交通系统,简称地铁。它单向输送能力在每小时 3 万人次以上、轴重相对较重。世界上第一条地铁于 1863 年诞生在英国首都伦敦。19 世纪末,相继有芝加哥、布达佩斯、格拉斯哥、维也纳和巴黎 5 座城市修建地铁。20 世纪上半叶,柏林、纽约、东京、莫斯科等 12 座城市也先后修建地铁。20 世纪 80 年代中期,全世界地铁运营里程总计超过 3 000 km。中国于 1965 年开始修建北京地下铁道。天津和上海也分别于 20 世纪 70 年代初和 80 年代末开始修建地铁。

早期的地铁为蒸汽机车牵引,线路采用随挖随填的办法施工,为了把烟雾排出,车站设有顶棚,虽然当时的地铁设施简陋,而且污染严重,但却受到了广大市民的普遍欢迎。1890 年第一条电气化地下铁道开通,地铁进入发展时期,显示出强大的生命力。尤其是 20 世纪 60 年代以来,人们开始认识到地下铁道不仅是大城市重要的交通工具,而且它的发展会对城市的结构和布局产生极大的影响,地铁逐步走上科学化、正规化的发展道路。

严格地讲,地下铁道是一个历史名词,如今其内涵与外延均已有了相当大的扩展,并不局限于运行线在地下隧道中这一种形式,而是泛指高峰小时单向运输能力在 30 000~70 000 人的大容量轨道交通系统。其运行线路呈现多样化,地下、地面、高架三者有机结合。纽约、旧金山以及香港也称其为“大容量铁路交通”(Mass Transit Rail)或“快速交通系统”(Rapid Transit System)。这种轨道交通系统通常的建造规律是在市中心为隧道线,市区以外为地面线或架空线,如首尔在 1978~1984 年建造的地铁 2、3、4 号线总长 105.8 km,其中地下线路 83.5 km,高架部分长 22.3 km,占全长的 21%。

二、地铁系统的构成

地下铁道由于大部分线路在地下或高架通行,因此技术水平要求较高,可靠性和安全性要求也高。地铁系统与国家铁路干线一样,主要由线网、轨道、车站、供电、通信信号、车辆等设备构成,要求各部分能够有机结合,协同动作,最大限度地完成输送任务。

(一)地铁线网

城市化初期,大都市的地铁线路一般只有1~2条,尚没有形成网络,随着城市范围的扩展,城市人口急剧增加,城市既有交通设施已远远不能满足居民出行的需求,要求建设地铁的呼声越来越高。世界性的大都市开始加快建设地铁的步伐,地铁线路由原先的少数几条相互不甚关联的线路发展成纵横交错、错落有致的地铁网络,由整个网络共同承担繁重的城市客运任务。譬如莫斯科地铁从1933年开始修建,迄今为止已有9条地铁线路,8条是放射线,一条是环线,环线把所有地铁线连成一个整体,在城市公共交通中发挥着巨大的作用,据1988年统计,地铁年客运量达26.02亿人次,占莫斯科公共交通总客运量的40.19%,而且由于地铁线网与城市总体布局有机结合,莫斯科地铁的运营效率与世界各大城市相比是最高的。

城市地铁线网的基本类型有很多种,其主要包括:中心放射型、一点集中型、中心地区集中型、中心地区环线型、Petersen型、Cauer型、Schimpff型、Turner型、五角星形、菱形等。在Petersen型、Cauer型、Schimpff型、Turner型的形式中还有若干种变形的形式。

(二)轨道与线路

考虑到乘客出行方便、土地充分利用、节约建设费用等因素,地铁线路的走向一般选择易于施工和客流相对比较集中的地区。地铁线路按其在运营中的地位 and 作用划分为正线、辅助线和车场线。正线是车辆载客运营线路,行车速度高、密度大,要保证行车安全和乘坐舒适,线路标准要求高;辅助线是为了保证正线运营而配置的线路,速度要求低,标准也低;车场线是车辆检修作业用的线路,行车速度较低,线路标准只要满足场区作业即可。有时地铁线路间也设置联络线,用以满足车辆调配和转线运行的需要。

地铁轨道与地面铁路轨道基本相似,我国采用标准轨距1435 mm,以便与铁路相互配合,更好利用我国铁路的技术、设备。地铁钢轨采用重型钢轨,道床为碎石道床或混凝土道床。碎石道床绝缘性和抗震性好,但养护和维修工作量大。混凝土道床维修方便,但需用弹性扣件和橡胶垫板等来改善轨道的弹性。例如,华盛顿地铁在铁轨下垫放厚38 mm的橡胶垫板,并在混凝土道床和隧道结构底板间加铺弹性毡,以减少地铁振动对地面建筑物的影响。为了提高轨道弹性,有少数国家的地铁采用钢筋混凝土纵向连续轨枕。

(三)车站

车站是旅客乘降的场所,也是地铁面向公众开放的窗口,车站的规模大小、设施先进程度、服务水平,从某种程度上也反映了城市的综合实力、科技发展水平以及精神文明程度。因此,世界各国大都市都比较重视地铁车站的建设,例如莫斯科地铁车站富丽堂皇,艺术价值和观赏性相当强;蒙特利尔地铁车站与周围环境有机融为一体,环境优美,令人流连忘返;华盛顿地铁车站朴实大方,极具实用性;东京地铁车站则多设于都市繁华闹市区,既吸引客流,也进一步促进商务中心的繁荣。

地铁车站按运营性质可分为中间站、尽头站、换乘站和折返站;按结构形式可分为地下车站、地面车站和高架车站;按机能分为郊外站、市内站、联络站和待避站;按车站与轨道的相对