

铁路信号

运营基础

兰州交通大学 王瑞峰 主 编
北京交通大学 高继祥 主 审

中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

责任编辑 崔忠文 魏京燕
封面设计 冯龙彬



中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

地址：北京市宣武区右安门西街8号

邮编：100054

网址：<http://www.tdpress.com>

ISBN 978-7-113-08943-6



9 787113 089436 >

ISBN 978-7-113-08943-6/U · 2221

定 价：23.50 元

铁路信号运营基础

兰州交通大学 王瑞峰 主 编
北京交通大学 高继祥 主 审

中 国 铁 道 出 版 社

2008年·北 京

内 容 简 介

本书介绍了铁路信号运营基础知识,包括铁路信号概述、铁路线路、区间闭塞、列车运行控制、列车运行图和区间通过能力、车站信号、行车调度指挥、驼峰信号等八章。

本书内容全面、实用性强,适合作为铁路相关专业本科、专科的教材,也可供铁路相关专业技术人员学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

铁路信号运营基础/王瑞峰主编. —北京:中国铁道出版社, 2008. 5

ISBN 978 - 7 - 113 - 08943 - 6

I. 铁… II. 王… III. 铁路信号 IV. U284

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 071056 号

书 名: 铁路信号运营基础

作 者: 兰州交通大学 王瑞峰 主编

责任编辑: 崔忠文 魏京燕

电话: (路)021-73146 (市)010-51873146 电子信箱: dianwu@vip.sina.com

封面设计: 冯龙彬

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社

地 址: 北京市宣武区右安门西街 8 号 邮政编码: 100054

网 址: www.tdpress.com

电子信箱: 发行部 ywk@tdpress.com

印 刷: 北京市彩桥印刷有限责任公司

总编办 zbb@tdress.com

版 次: 2008 年 5 月第 1 版 2008 年 5 月第 1 次印刷

开 本: 787 mm × 1092 mm 1/16 印张: 9.5 字数: 230 千

书 号: ISBN 978 - 7 - 113 - 08943 - 6/U · 2221

定 价: 23.50 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

随着我国铁路建设的快速发展，在进入信息时代的今天，铁路信号技术已与通信技术、计算机技术走向一体化。铁路信号的传统理念正在改变，信号的功能逐步扩大，许多新知识、新技术应用于铁路信号领域中，但目前全面、系统地介绍铁路信号运营基础知识的书籍很少，因此，编写出版适合于铁路信号专业本、专科生使用的《铁路信号运营基础》课程教材，不仅是一件紧迫而又具有重要意义的任务，也是从事铁路信号专业教师义不容辞的责任。为了适应新时期铁路建设的需求，在长期从事铁路信号等相关课程教学、铁路信号专业工作及相关科学研究的基础上，借鉴北京交通大学高继祥教授主编的《铁路信号运营基础》（中国铁道出版社于1998年2月出版），我们精心编写了这本教材。

本书除了介绍传统的铁路信号运营基础知识，如铁路线路、区间闭塞、车站信号外，还介绍了无砟轨道、列车运行控制、列车运行图编制、行车调度指挥、编组站综合自动化等新技术的基础知识，以适应铁路现代化技术发展的需要。本书每章后面都附有复习思考题，供读者练习，以加深对知识点的理解和掌握。

本书内容全面、实用性强，适合作为铁路相关专业本科、专科的教材，也可供铁路相关专业技术人员学习参考。

全书共分八章，其中第一、第六章由王瑞峰编写；第二、第五、第七章由贾晓宇编写；第三、第四、第八章由王蓓编写，全书由王瑞峰负责统稿，北京交通大学高继祥教授主审。

本书在编写过程中，北京交通大学赵志熙教授提出许多宝贵意见，硕士研究生陆源和岳丽丽两位同学在书稿的录入过程中做了大量工作，教研室的老师们也提出了许多宝贵的意见和建议，本书的出版还得到了兰州交通大学教材出版资助，在此一并表示感谢。

由于编者学识和能力的限制，书中疏漏和不妥之处，恳请读者和同行不吝赐教，以期不断改进提高。

编 者

2008年4月

目 录

第一章 铁路信号概述	1
第一节 铁路运输	1
第二节 铁路信号的作用	2
第三节 铁路信号的安全性与可靠性	2
一、信号显示应能反映所防护线路的空闲状态	3
二、信号显示应能反映危及行车安全的因素是否发生	3
三、信号显示应能指示安全运行速度	3
复习思考题	4
第二章 铁路线路	5
第一节 铁路线路的组成	5
一、有砟轨道线路	5
二、无砟轨道线路	6
第二节 线路的平面和纵断面	7
一、铁路勘测设计的概念	7
二、铁路等级	7
三、平面图和纵断面图的简单表示法	8
四、铁路线路与铁路信号的关系	9
第三节 限 界	11
一、铁路限界	11
二、铁路线间距离	14
复习思考题	16
第三章 区间闭塞	17
第一节 闭塞的基本概念	17
一、实行区间闭塞的基本方法	18
二、实现区间闭塞的制式	18
第二节 自动闭塞	22
一、同向运行列车的间隔时间	22
二、区间通过色灯信号机的布置	24
复习思考题	27

第四章 列车运行控制	29
第一节 机车信号	29
一、机车信号的作用	29
二、机车信号的分类	29
三、机车信号系统的构成	30
第二节 列车运行控制系统	31
一、列控系统的速度控制模式	31
二、中国列车运行控制系统(CTCS)	33
三、国外典型的列控系统	36
复习思考题	38
第五章 列车运行图和区间通过能力	39
第一节 列车运行图	39
一、列车运行图的意义	39
二、列车运行图的图解表示	39
三、列车运行图的分类	40
第二节 列车运行图的要素	40
一、概 述	40
二、车站间隔时间	41
三、追踪列车间隔时间	44
第三节 区间通过能力	45
一、铁路运输能力概述	45
二、扣除系数法	46
三、高速铁路通过能力的计算	51
第四节 列车运行图的编制	52
一、概 述	52
二、旅客列车运行图的编制方法	54
三、货物列车运行图的编制方法	54
四、分号列车运行图的编制方法	56
五、电力牵引区段列车运行图的编制方法	58
六、高速客运专线列车运行图的编制方法	59
七、列车运行图指标和实行新图前的准备工作	60
复习思考题	62
第六章 车站信号	63
第一节 车站分类及各种类型的车场	63
一、车站的分类	63
二、各种类型的车场	63
三、安全线和避难线	66

四、列车车次的编号	66
第二节 在铁路上使用的各种信号	67
一、分类	67
二、各种用途的信号机	67
三、信号表示器与信号机的区别	69
第三节 信号机的布置原则与方法	69
一、列车信号机的设置及命名	69
二、调车信号机的设置及命名	71
第四节 道岔	72
一、道岔的组成	72
二、集中道岔的选择	74
三、确定道岔定位位置	75
四、道岔的编号	77
第五节 站内轨道电路	77
一、站内轨道电路的构成及特征	77
二、轨道电路区段的划分及命名	78
三、道岔轨道电路	81
四、站内电码化时道岔绝缘的设置	82
第六节 轨道电路的极性交叉	83
一、轨道电路的极性交叉	83
二、站内轨道电路极性交叉合理配置的方法和步骤	83
第七节 进路的种类及划分	85
一、进路的种类	85
二、进路的划分	85
第八节 联锁的基本内容	87
一、道岔与进路之间的联锁	88
二、道岔与信号机之间的联锁	89
三、进路与进路之间的联锁	89
四、进路与信号机之间的联锁	90
五、信号机与信号机之间的联锁	91
第九节 联锁表的编制	91
一、联锁表的编制内容	91
二、信号机开放的联锁条件	100
三、道岔和进路的锁闭与解锁	100
复习思考题	101
第七章 行车调度指挥	103
第一节 列车调度指挥系统(TDCS)	103
一、TDCS 构成及网络体系结构	103
二、TDCS 网络构成	104

三、TDCS 主要功能.....	106
第二节 分散自律调度集中(CTC).....	110
一、分散自律调度集中系统控制模式.....	111
二、FZk-CTC 分散自律调度集中系统功能.....	111
复习思考题.....	114
第八章 驼峰信号.....	115
第一节 编组站概述.....	115
一、编组站调车作业.....	115
二、编组站设备.....	116
三、编组站分类及车场配置.....	117
第二节 调车驼峰.....	118
一、调车驼峰简介.....	118
二、驼峰的平、纵断面结构.....	118
第三节 车辆溜放动力学基础.....	124
一、车辆溜放时受力分析.....	124
二、车辆溜放时作用于车辆上的各种力.....	125
三、难行车和易行车、难行线和易行线.....	125
四、能高线原理.....	125
第四节 驼峰调车作业.....	127
一、调车场调车作业的分类.....	127
二、解体作业过程.....	127
第五节 驼峰自动化.....	128
一、驼峰自动化的发展.....	128
二、自动化驼峰进路控制.....	130
三、驼峰推峰机车速度控制系统.....	133
四、驼峰溜放速度自动控制.....	138
第六节 编组站综合自动化.....	140
复习思考题.....	142
参考文献.....	143

第一章 铁路信号概述

铁路信号是铁路的重要技术设备,是扩充运输能力,提高运输效率,确保运输安全,实现铁路运输统一指挥的重要技术手段。

第一节 铁路运输

现代化的运输方式有铁路、公路、水运、航空和管道等五种。与其他运输方式相比,铁路运输具有运量大、成本低、速度快、安全可靠、能全天候运输等众多优势。因此,在今后相当长的时期内,铁路运输仍将是我国交通运输中的骨干力量。铁路运输是以机车车辆等移动设备和铁路线路、桥梁、隧道、站场等固定设备为基本设备,以车站为运输生产基地的实现旅客和货物运输的庞大系统。在这个系统中,除了有基本设备的管理和维护系统外,还必须有一个行车组织系统,按旅客和货物流动的需要制定行车计划和组织行车;必须有一套通信联络系统,以保证各个部门能协调工作;还必须有一套行车指挥系统,以指挥列车按运行计划安全有效地运行。

我国幅员辽阔,人口众多,资源分布不均衡,决定了铁路在综合交通运输体系中的主导地位,是国民经济的大动脉。它是现代化工农业生产,巩固国防和人民日常生活所不可缺少的组成部分,是发展国民经济的基础设施。铁路的建设与发展促进了全国的政治联系、文化交流和民族团结,对国家的繁荣昌盛发挥着重要的作用。青藏铁路的建成与开通,充分说明了铁路是全国沟通联系的纽带。铁路也是国民经济建设的先行产业,与工农业生产建设相比,铁路建设应当超前,一旦铁路运输的增长落后于国民经济发展的需要,必将制约经济的发展和社会的进步。

铁路作为交通运输的骨干,承担着全国大部分客货周转量,为国民经济发展和社会进步做出了巨大贡献。我国改革开放以来,国民经济快速发展,各种运输方式之间的竞争日益激烈,而铁路在运输市场的份额相对在下降。为了在激烈竞争的运输市场中发挥铁路运输的优势,保持和提高市场地位,争取更多的市场份额,铁路在扩大运输能力的同时,更加重视提高旅客运输和货物运输的服务质量,将速度问题放在首位,实施了客车提速、货车重载的战略,并积极提高行车密度。

新时期铁路在我国经济社会发展中占有重要地位,为加快铁路发展,铁路部门坚持以科学发展观统领各项工作,全面落实构建社会主义和谐社会的战略任务,深入推进以“运能充足、装备先进、安全可靠、管理科学、节能环保、服务优质、内部和谐”为主要内容的和谐铁路建设,在铁路建设、技术装备现代化、运输经营和铁路改革等方面,都取得了历史性进步。发达完善铁路网建设全面展开,铁路部门紧紧抓住发展战略机遇期,加快《中长期铁路网规划》的实施,展开了前所未有的大规模铁路建设。“十一五”期间,快速客运网络将初步建成,大能力货运通道网络将基本形成,铁路网区域布局将发生重大变化,一个发达完善的铁路网将初具规模。

第二节 铁路信号的作用

铁路信号设备是铁路运输的重要基础设施,也是保证行车安全、提高运输效率和改善劳动条件的重要技术设备。铁路信号向列车或车列发出指令和信息,以控制列车或车列的运行方向、运行进路、运行间隔和运行速度,并显示列车移动、线路以及信号设备的状态,从而有效地保证调度指挥和控制列车运行,组织列车解编和调车作业,提高运输管理水平。20世纪80年代以来,铁路信号成功地应用了微电子、现代通信、自动控制 and 计算机等先进技术,把过程控制、数据采集和处理等联成一体,促进了铁路运输生产和铁路运营管理现代化的发展。

铁路信号工作的基本任务是保证运输安全畅通,提高运输能力,改善运输条件和质量。铁路信号技术在进入信息时代的今天,逐步与通信、计算机技术走向一体化。随着信息技术和网络技术的发展,铁路信号的传统理念正在改变,信号的功能逐步扩大,铁路信号不但具有投资少、见效快、效益高、技术密集、更新换代快等特点,而且作为一种重要的信息与控制技术,还具有高安全高可靠的特点,在铁路运输更大的范围内得到更广泛的运用,发挥了越来越重要的作用。铁路信号作为铁路运输信息化运营管理的一种不可缺少的手段,其发展水平已成为铁路现代化的重要标志之一。

发展高速铁路是展示铁路现代化的显著标志之一,也是为了适应国家经济社会发展和运输市场的需求。当列车速度大于200 km/h时,司机已无法看清和确认地面信号,因此,发达国家已改变了传统的按闭塞分区分界点设置地面信号机构的自动闭塞系统,取而代之的是信号和列车运行控制为一体的列车运行控制系统,司机所要注意的主要是列车允许速度和距停车位置的距离。由此可见,随着铁路技术的持续快速发展,铁路信号在铁路中的作用愈来愈重要。

第三节 铁路信号的安全性及可靠性

如前所述,铁路信号系统的首要功能是保证行车安全。实际上影响行车安全的因素是很多的,概括而论,可分为路外因素与路内因素。铁路外部因素既有洪水、塌方和地震等自然灾害因素,也有平交道口处公路上的车辆失控与列车相撞以及铁路设备遭到破坏等人为祸害因素。铁路内部危及行车安全的因素也是很多的,例如钢轨断裂、车轴断裂和设备失效等,还有工作人员违章作业以及应变能力不适应行车变化等。统计表明,违章作业造成的行车事故远大于设备不良造成的事故。影响行车安全的因素是如此复杂而多样,根据当前的科学技术水平和经济条件,还不可能以技术手段全面防止行车事故的发生,而必须采用安全技术措施和安全管理措施相结合的方法,贯彻以安全管理措施为主导和积极发展安全技术的方针以保证行车安全。

铁路信号自有铁路以来,就需要用信号向驾驶列车的司机传递信息。毫无疑问,传递安全信息是铁路信号的最基本任务。铁路信号还有其他任务,例如有效地指挥列车运行。但是,有关铁路信号的基本原理总是围绕着安全这个中心而开拓和发展的。

严酷的事实告诉人们,即便在铁路线路、车站、机车车辆等设备状况正常和外部环境良好的条件下,也会发生列车冲撞和颠覆事故。列车冲突表现为两列或多列列车同时误入同一空间,或者由于道岔位置失控导致列车驶入异线而造成列车侧面冲突。为了防止这种事故的发生,采取的基本措施是把铁路线路划分为若干空间,这样的空间在区间称做闭塞区间或分区,

在车站称做进路。在一个空间内只允许有一列列车在其中运行就不会导致发生列车冲突事故了。为了保证在一个空间内仅有一列列车运行,首先必须在空间的入口处向司机提供是否可以驶入空间的信息。提供信息的有效方法就是在空间的入口处设置信号机,以信号机的显示作为列车是否可以驶入空间的凭证。最基本的显示是:

停车——禁止列车驶入信号机所防护的空间;

注意——列车应注意在前方信号机(显示停车信号)前停下;

进行——列车按正常允许速度进行。

信号机每给出一种显示,仅对一次列车有效。

信号机本身仅是传递信息的工具,它提供的信息安全程度取决于下列要求是否得到了技术手段上的保证。

一、信号显示应能反映所防护线路的空闲状态

只有当线路在空闲状态时,信号开放才是安全的。自1872年发明了检测铁路线路上是否有车辆存在的技术——轨道电路,在这之后,信号控制与轨道电路相结合,才使信号显示能真实反映线路空闲状态,可以说在这种情况下按信号显示行车能够防止行车冲突事故。

二、信号显示应能反映危及行车安全的因素是否发生

前面提到,危及行车安全的因素是多方面的,限于科技水平和经济条件,目前还不能用技术手段把所有危及行车的因素——检测并和信号控制相结合。但应积极地逐步以技术手段来识别、消除或减弱这些因素,尽可能一旦发现危险因素时立即使信号处于关闭状态,通知司机不要驶入危险线路区段。

三、信号显示应能指示安全运行速度

实际上,列车的运行速度受到若干因素的限制。例如受线路状态(结构、曲线和坡度)、道岔曲线以及机车车辆的构造所限制,如果实际运行速度超过了限制速度,则会引起列车颠覆或设备遭受破坏的危险。特别是,列车的制动距离是速度的增函数,若列车速度超过了预定的速度,就不能在指定地点停下来,将会发生冒进信号甚至撞车事故。因此信号显示应能指示列车以什么速度驶入信号所防护的线路才是安全的。但是,现有的信号受到显示方式以及其他技术条件的限制,还不能完全适应铁路向重载、高速和高密度方向发展的需要,有待进一步改进。列车运行系统是一个有司机参与操作的人机系统。目前,铁路信号系统主要是向司机提供视觉信号,司机根据信号显示驾驶列车。换句话说,信号显示仅仅指明安全运行条件,而列车的安危在很大程度上操纵在司机手中,当铁路在载重、速度和密度方面发展到一定程度时,增大了司机的劳动强度,增加了辨认信号和驾驶的难度。结果,冒进信号的事故屡有发生,列车的安全受到威胁。在这种情况下,仅靠地面固定信号机提供安全信息就不能满足安全要求了。于是发明了机车信号,将地面的视觉信号通过技术手段引入司机室内,改善了瞭望条件。进而把视觉信号转换成电信号,作为列车控制系统的一个输入量,构成了自动停车装置,当前方为红灯而司机不按压警惕手柄时,自动停车装置强制列车紧急制动。实践证明,机车信号和自动停车装置为行车安全起了很好的作用。但在长期使用中,由于司机已形成一种习惯按压警惕手柄的动作,在不清醒的情况下通过习惯按压警惕手柄的动作使自动停车装置不起作用,而又不实施人工制动,则仍能发生冒进信号的事故。尽管这种事故概率很小,但仍然是行车安全的

一大隐患。因此进一步研究开发了列车速度监控技术,这包括超速防护和速度自动控制等系统。这是铁路信号发展的一个重要方面。总的来说,铁路信号是围绕着保证行车安全这个中心而发展起来的。它是铁路运输安全体系中极其重要的组成部分。可以这样说,没有铁路信号也就没有铁路运输的安全。

应当明确,这里所说的铁路信号系统是保证行车安全,是指系统具有安全性功能。只要系统不发生故障就能实现预期的安全功能。那么当系统发生了故障时,是否仍能导向行车安全呢?早在铁路信号发展的初期就遇到了这个问题。在1841年,英国人格雷戈里发明了易于被司机识别的臂板信号机,它模仿人们举起手臂的动作以阻止列车运行,即以臂板扬起代表禁止信号。后来曾发生过牵动臂板的导线故障,导致臂板不能上扬,从而不能及时使列车停下,而危及行车安全。于是人们意识到,信号设备发生故障时应自动显示停车信号才是安全的。改进后的臂板信号即达到了这一要求。从此,故障导向安全(简称故障—安全)的概念逐渐明确起来,并成为铁路信号安全系统必须贯彻的原则。由此看来,铁路信号系统的安全性表现在两个方面:一是功能安全,即系统在无故障地正常工作中有保证行车安全的性能;二是技术安全,即系统发生故障后其后果仍能导向行车安全。

实际上,在铁路信号领域中,故障—安全的性能不仅是针对系统而言的。对于构成系统的元器件、部件、电路、数据、代码等也要考虑其故障—安全性。假设统称上述的元器件、部件乃至代码等为实体,而且每一实体有两个状态(或两个逻辑值),则实体总是处于两种状态之一。当实体在故障或干扰的作用下总是处于某一状态的概率极大,而处于另一状态的概率极小时,则称该实体具有故障不对称性。若以概率极大的状态代表安全侧,以概率极小的状态代表危险侧,则该实体就具有故障—安全性能。以后将会看到,人们总是以具有故障不对称性的实体,或者设法使实体具有故障不对称性来构成铁路信号安全系统,以保证系统在故障情况下其输出是导向安全的。

在有些场合下,是从行车事故的角度推论系统的安全性的。认为造成行车事故的原因,首先是系统发生了故障,而且是发生了危险侧故障。反之如果系统不发生故障,或者虽然发生了故障但不是危险侧故障,那么就不会发生行车事故了。根据这一推论,认为要保证行车安全(不出事故),系统应少发生故障,即具有高可靠性;系统应不发生危险侧故障,即具有故障—安全性。

实际上,系统的可靠性定义为在规定的时间内和规定的条件(环境)下它完成规定功能的能力。一个系统的功能可能不很完善但其可靠性可能很高;一个系统的功能可能比较完善,而其可靠性不一定很高。功能与可靠是有区别的。对于铁路信号领域中的安全系统来说,既要求它具有高安全功能和故障—安全性能,又要具有很高的可靠性。

复习思考题

1. 什么是铁路运输系统?
2. 铁路在铁路运输中的作用是什么?
3. 铁路信号的作用是什么?
4. 铁路信号系统的安全性表现在哪几个方面?
5. 铁路信号系统的可靠性是什么?
6. 故障—安全的含义是什么?

第二章 铁路线路

为了保证列车运行的安全,必须根据线路状态向司机发出信号显示以指挥行车,而发出信号显示的信号机安装在线路旁,信号的设置位置又与线路状态有直接关系,所以要求信号人员对铁路线路有一定的认识。

第一节 铁路线路的组成

机车车辆走行的通路称为线路。铁路线路是机车车辆和列车运行的基础,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速度安全、平稳和不间断地运行,使铁路运输部门能够优质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、有砟轨道线路

有砟轨道线路如图 2-1 所示,由轨道和下部建筑两部分组成。

(一) 轨道

轨道(也称上部建筑)由钢轨、轨枕、道床、道岔和连接零件、防爬设备等组成。

道床是铺设在路基面上的道砟(碎石或沙子)层,其作用是将轨枕传下来的压力均匀地传给路基,排除轨道中的雨水,阻止轨枕移动钢轨和缓和车轮对钢轨的冲击,使轨道具有足够的弹性。由于我国多数情况是用钢轨传输信号电流构成轨道电路,道床的状态对轨道电路影响很大,所以对道床材料有一定要求。为了提高线路阻力,保持轨道稳定,对于不同线路条件有不同的道床断面尺寸。在自动闭塞区段为了避免传失轨道电流,道床顶面应比轨枕顶面低 20~30 mm。

轨枕是钢轨的支座,并用它保持钢轨的位置、方向及轨距。轨枕按制造材料分有木枕和钢筋混凝土枕两种,不论采用哪一种轨枕,对轨道电路来说,都要求它对钢轨有较好的电气绝缘。在曲线处除用轨枕保持轨距外,还加装有轨距杆,使调整好的轨距不变,设有轨道电路时,轨距杆要实行电气绝缘。我国普通轨枕的长度为 2.5 m,道岔用的岔枕和桥梁上用的桥枕,其长度有 2.6~4.85 m 等多种。每公里线路上铺设轨枕的数量,一般在 1440~1840 根之间,应结合运量和行车速度等运营条件而确定。

钢轨承受列车车轮传来的力,并把此力传给轨枕,引导列车按一定方向运行。因而它应具备足够的强度、稳定性和耐磨性。我国和多数国家一样,采用稳定性良好的宽底式钢轨,它的断面很像工字梁,包括轨头、轨腰、轨底三个部分。

钢轨类型是以每米钢轨重量来表示,如 75 kg/m、60 kg/m、50 kg/m、43 kg/m 等。钢轨越重越能承受较大的冲击力。在车辆的载重不断加大,列车速度不断提高的情况下,今后将广泛使

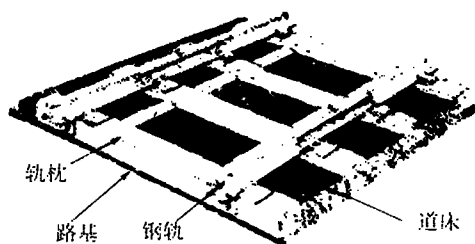


图 2-1 有砟轨道线路构成示意图

用重型钢轨。

钢轨长度,目前我国钢轨的标准长度有 12.5 m 和 25 m 两种。在铺设时,为了消除车轮通过轨缝处所引起的冲击力,可把钢轨焊接成几百米或几千米一段,即所谓长钢轨。钢轨越长,接缝越少,可节省连接零件,也可减少行车阻力和节省线路及机车车辆的维修费用。长钢轨对轨道电路也有利,因为可以节省在钢轨接缝处用的导接线,可以使钢轨阻抗更加稳定。

钢轨接缝处的连接零件包括鱼尾板(又称接头夹板)、螺栓、螺帽和弹性垫圈等部分。钢轨接缝处必须保持的缝隙叫做轨缝。当温度变化使钢轨产生伸缩时,它可以起调节作用。在装有轨道电路的区段,轨道电路的两端要在钢轨接缝处装上钢轨绝缘;在轨道电路中间的钢轨接缝处,要用导接线把接缝两边的钢轨连接起来,以便使钢轨阻抗稳定不变,更好地导通信号电流。由此可见,钢轨接缝越少,对轨道电路越有利。在轨缝处安装的钢轨绝缘与钢轨类型有关,例如有 50 kg/m 钢轨用的钢轨绝缘,60 kg/m 钢轨用的钢轨绝缘等。

列车运行时,常常产生作用在钢轨上的纵向力,使钢轨作纵向移动,有时甚至带动轨枕一起移动,叫做爬行。线路爬行往往引起轨缝不均,轨枕歪斜,甚至涨轨跑道,威胁行车安全。钢轨爬行也会使道岔不能转换。为此,在容易产生爬行的线段,例如在列车经常实行制动的线段或单向运行的线段,都需要安装防爬设备,如安装防爬器和防爬撑等。

(二)下部建筑

下部建筑由路基(路堑及路堤)、桥梁、隧道、涵洞等设备组成,在实际管理中,除路基之外,其他不属于“线路”范围。

二、无砟轨道线路

铁路线长年暴露在大自然中,风沙尘土、垃圾污物、货车上散落下来的煤粉、矿粉等,都会侵入道砟。再加上因列车的动力作用和线路捣固时的冲击而引起的本身机械磨耗,随着时间的推移和运量的增加,它的块状间的空隙就逐渐被脏物所堵塞而变得板结。道砟的排水性能、承载能力降低,失去了应有的弹性,加剧了机车车辆的振动和冲击,因此必须定期地对道床进行清筛,剔除污土,补充新砟。

为了防止道砟污秽,延长其清筛周期,国内外曾试验在道砟顶面铺设一层石棉道砟,形成一个保护层,使下面的道砟不被污物侵入,收到了良好的效果。人们还在多雨和黏土地区进行了聚氯乙烯软板封闭层的试验。用一种厚约 1~5 mm,质地柔软、弹性好、耐磨蚀的化纤软板,铺设在有翻浆冒泥病害的路基面上,再在软板上铺设道砟,由于软板的封闭和隔离作用,从路基冒出来的泥浆无法翻上来,保证了道砟的洁净。

随着生产的发展和技术的进步,新型的轨下基础崭露头角。其中之一就是无砟轨道(也称整体道床),其线路构成如图 2-2 所示。近年来轨枕板也得到广泛应用。轨枕板与普通轨枕一样长,宽度却大一倍。密铺时,相邻板块之间的缝隙只有约 18 mm,几乎把道床顶面全部覆盖住。使用轨枕板可以防脏,是一种“少维修”的线路结构。整体道床则完全取消了道砟,它直接在路基底上浇筑混凝土,可以保证线路稳定平顺,维修工作量很小。因此,高速铁路应积极推广采用无砟轨道,首先在隧道内应全部采用。在桥梁上,特别是大量的以桥代路桥梁上,有砟轨道养护维修作业困难,也宜积极推广无砟轨道。

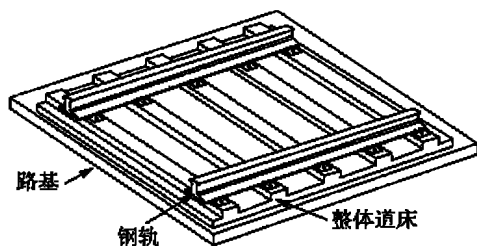


图 2-2 无砟轨道线路构成示意图

第二节 线路的平面和纵断面

一、铁路勘测设计的概念

在建筑一条铁路之前,必须进行调查研究和勘探工作,并从若干个可供比较的方案中选出一个最优方案来进行设计。铁路建设的三个阶段:前期工作阶段、基本建设阶段和投资效果反馈阶段。前期工作阶段主要进行方案研究、初测和初步设计工作。在方案研究阶段,一般要作现场踏勘工作,目的是找出线路走向的一切可能方案,并从经济、自然条件和技术方面加以论证,从若干个方案中通过分析、比较提出推荐方案。基本建设阶段主要进行定测、技术设计和施工图设计,最后进行工程施工、验交投产。投资效果反馈阶段是指铁路运营若干年后,由建设单位会同有关部门,对工程质量、技术指标和经济效益等考察验证,以评价设计和施工质量。

二、铁路等级

铁路等级是铁路的基本标准。设计铁路时,首先要确定铁路等级。铁路技术标准和装备类型都要根据铁路等级去选定。我国《铁路线路设计规范》规定铁路等级应根据其在铁路网中的作用、性质、旅客列车设计行车速度和客货运量确定。铁路的设计年度应为近期和远期,近期为交付运营后第十年,远期为交付后第二十年,近远期运量均采用预测运量。我国铁路共分为四个等级,如表 2-1 所示。

表 2-1 铁路等级

等级	铁路在路网中的意义	远期年客货量
I 级铁路	在路网中起骨干作用的铁路	$\geq 20 \text{ Mt}$
II 级铁路	在路网中起联络、辅助作用的铁路	$< 20 \text{ Mt}$
		$\geq 10 \text{ Mt}$
III 级铁路	为某一区域服务,具有区域运输性质的铁路	$< 10 \text{ Mt}$
IV 级铁路	为某一区域服务,具有区域运输性质的铁路	$< 5 \text{ Mt}$

注: Mt——百万吨。

选定铁路主要技术标准是设计铁路的基本决策,应根据国家要求的年输送能力和确定的铁路等级,考虑沿线资源分布和国家科技发展规划,并结合设计线路地形、地质、气象等自然条件,经过论证比选确定。铁路主要技术标准有正线数目、限制坡度、最小曲线半径、牵引种类、机车类型、车站分布、闭塞类型、到发线有效长度等。这些标准是确定铁路能力大小的决定因素。选用不同的标准对设计线路的工程造价和运营质量有重大影响。铁路设计是一项涉及面广、技术比较复杂的工作,必须按照规定的程序进行勘测,提供设计所需要的资料。铁路设计所需要的资料包括经济资料和技术资料两个方面,分别通过经济勘测和技术勘测获得。

经济勘测主要调查设计线路在路网中的地位与作用,客货运量、车站装卸量等经济方面的资料。技术勘测包括线路勘测、水文勘测和工程地质勘测等。铁路勘测与设计是一项综合性的整体工作。

根据设计的不同阶段,相应的勘测工作一般有踏勘、初测、定测和补充定测等阶段。

初测是在初步设计阶段进行,对可行性研究(方案研究)报告中提出的线路基本走向的可

能方案和各种建筑物方案,进行测绘和调查,进行线路及建筑物的方案比选,从而提出最合理的方案,为编制初步设计提供全面的资料。

定测是为编制技术设计提供全套资料,根据选定的线路方案和技术标准,在现场定线,确定线路和建筑物的具体位置。

补充定测是指技术设计鉴定后需要变更或补充项目时要进行补充定测,为编制施工图设计提供补充资料。

设计阶段根据建设项目的性质、工程繁简程度、施工期限缓急以及已有资料的多少划分为三阶段设计、二阶段设计和一阶段设计三种。

三阶段设计是指设计过程分初步设计、技术设计和施工图设计三个阶段。二阶段设计是指设计过程分扩大初步设计和施工图设计两个阶段。当工程简单、原则明确时采用一阶段设计,即施工图设计,相应的勘测阶段为一次定测。

三、平面图和纵断面图的简单表示法

一条铁路线是以横断面上距外轨半个轨距的垂直线与路肩水平线的交点在纵向的连线来表示的,这条纵向的连线就是铁路的中心线,称为中线。线路在空间的位置,是用它的线路中心线表示的。这条中心线在水平面上的投影,就是铁路线路的平面图,平面图能反映出线路的直线线段和曲线线段;中线(其曲线部分展直后)在垂直断面上的投影,叫做铁路线路的纵断面图,纵断面图能反映出线路的平道线段和坡道线段。

在平面图上注明圆曲线切线长度 T 、曲线长度 L 、圆曲线半径 R 和线路转向角 α ,有时也注有缓和曲线长度 l ,构成圆曲线的几项要素之间的关系,如图 2-3 所示。列车在曲线线路上运行,即使外轨超高,但外侧车轮的轮缘仍紧压外轨,摩擦增大;同时由于内侧车轮和外侧车轮的滚动长度不同,车轮的滑行也加大了摩擦,单位曲线阻力 ω ,的经验公式如下:

$$\omega_r = \frac{600}{R} (\text{N/kN}) \quad (2-1)$$

这一公式适用于曲线长度大于或等于列车长度的情况。如果曲线长度小于列车长度时,出现列车的一部分处于曲线运行,另一部分处于直线运行的情况,则列车实际所受的单位曲线阻力要小于计算值。

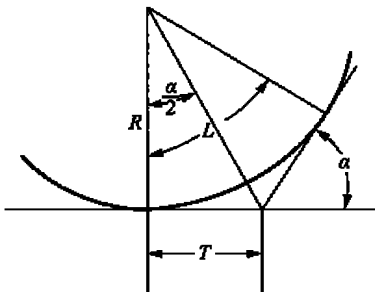


图 2-3 圆曲线要素

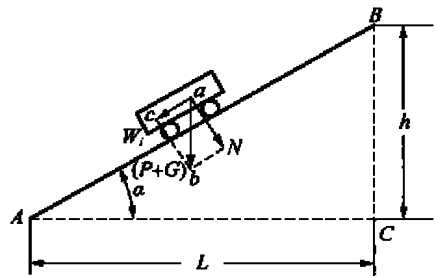


图 2-4 坡道与坡道阻力

从公式中可见,曲线半径 R 越小,曲线阻力越大,对列车运行的影响越大,即运营条件就越差。在设计时必须根据路段所允许的旅客列车的最高运行速度、工程条件、运输性质和运输需求合理地比选确定曲线半径,但不得小于表 2-2 规定的数值。