

高等学校教材

铁路信号运营基础

北方交通大学 高继祥 主编
上海铁道大学 姜季生 主审

中国铁道出版社

1998年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书以介绍铁路信号运营的基本知识为主要内容。全书包括铁路和铁路信号的作用,铁路线路,列车运行及分界点,列车牵引运动学基础,区间闭塞,机车信号、调度集中及行车指挥自动化,列车运行图和区间通过能力,车站与信号机,车站联锁,驼峰信号基础,车站通过能力和改编能力等 11 章。

本书可作为铁路信号专业大学本科、专科、成人教育用书,也可供从事铁路信号工作的人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

铁路信号运营基础/高继祥主编.-北京:中国铁道出版社,1997.10

高等学校教材

ISBN 7-113-02836-5

.铁... .高... .铁路信号-高等学校-教材 .U284

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 25863 号

高等学校教材

铁路信号运营基础

北方交通大学 高继祥主编

中国铁道出版社出版发行

(100054,北京市宣武区右安门西街 8 号)

责任编辑 倪嘉寒 封面设计 薛小卉

北京市彩桥印刷厂印 各地新华书店经售

1998 年 2 月 第 1 版 第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:11 字数:272 千字

印数:1—5000 册

ISBN 7-113-02836-5/U·773 定价:13.50 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

前 言

1987年6月由铁道部教育局教材处主持在北京召开了由北方交通大学、上海铁道大学和兰州铁道学院参加的铁路高校通信信号专业教学指导委员会会议,会上三院校一致认为必须统编一本适合信号专业特点运输方面的综合性基础知识,书名暂定为《铁道信号基础》。会议责成由北方交通大学主编,由上海铁道大学担任主审。并尽快编写第一稿,以应各校教学之急需。

1987年12月底由高继祥、王毓瑾完成该书手稿并由北方交通大学印刷厂油印出版,1988春为信号86级开课。此后,本科和函授皆使用该教材。1994年在兰州铁道学院召开的铁道通信信号专业教学指导委员会年会上,委员一致认为通过几年的教学实践证明该教材的基本内容是合适的,但有些内容则需修改,删节和补充。定于1995年春将修改稿交付上海铁道大学电信系姜季生老师审阅,年召开了审稿会。会议决定书名改为《铁路信号运营基础》,整书不再分篇,按章节编目并做了以下修改和补充:在第四章牵引计算中,把有关蒸汽机车部分删除,重点放在电气和内燃机车三条合力曲线的物理概念、计算、绘制方法及具体使用方面;增加了第五、六章有关机车信号、自动停车以及行车指挥自动化方面知识;把车站通过能力和改编能力专设第十一章单独介绍,这样更重点突出、便于讲述。本书适合于50学时的教学时数,各章后面都附有习题供学生学习参考用。

全书共分十一章;其中第一至七章由王毓瑾执笔;第八至十一章由高继祥执笔并负责统稿。

全书由上海铁道大学姜季生老师主审,兰州铁道学院王钟霖教授提出了许多宝贵意见,在此一并致谢,由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬希批评指正,不胜感谢之至。

编 者

1997年8月

目 录

第一章 铁路和铁路信号的作用.....	1
第一节 铁路的作用和组成.....	1
第二节 铁路信号的作用.....	2
习 题.....	5
第二章 铁 路 线 路.....	6
第一节 铁路线路的组成.....	6
第二节 铁路的平面和纵断面.....	7
第三节 限 界	13
习 题	15
第三章 列车运行及分界点	16
第一节 列车的一般概念	16
第二节 分界点的作用和分类	17
习 题	18
第四章 列车牵引运动学基础	19
第一节 作用于列车上的各种力	19
第二节 列车制动力	28
第三节 合力曲线图的绘制及应用	35
第四节 列车运动方程式计算	40
第五节 列车制动距离及其计算	42
第六节 列车速度、时分曲线的绘制(图解法).....	44
习 题	53
第五章 区间闭塞	54
第一节 闭塞的基本概念	54
第二节 自动闭塞	57
习 题	64
第六章 机车信号、调度集中与行车指挥自动化.....	65
第一节 机车信号与自动停车	65
第二节 调度集中与行车指挥自动化	67
习 题	69
第七章 列车运行图和区间通过能力	70
第一节 列车运行图	70

第二节	列车运行图的要素及其计算	74
第三节	车站间隔时间	75
第四节	追踪列车间隔时间	78
第五节	区间通过能力与信号设备的关系	80
习 题	.....	84
第八章	车站与信号机	85
第一节	车站分类	85
第二节	各种类型的车场	86
第三节	接发车作业和列车信号机的布置	92
第四节	调车作业和调车信号机的布置原则	93
第五节	各种用途的信号机	97
第六节	信号机的显示及其设置位置	99
习 题	.....	107
第九章	车 站 联 锁.....	109
第一节	联锁的概念.....	109
第二节	集中道岔的选择及其定位的确定.....	112
第三节	信号楼位置和数量的选定.....	114
第四节	站内轨道电路.....	115
第五节	轨道电路的极性交叉.....	119
第六节	进路的种类及划分.....	126
第七节	联锁的基本内容.....	128
第八节	联锁表的编制.....	132
习 题	.....	139
第十章	驼峰信号基础.....	140
第一节	编组站概述.....	140
第二节	调车驼峰.....	142
第三节	车辆溜放动力学基础.....	149
第四节	驼峰调车作业.....	153
习 题	.....	154
第十一章	车站通过能力和改编能力.....	155
第一节	区段站通过能力.....	155
第二节	车站改编能力.....	166
习 题	.....	169
参考文献	.....	169

第一章 铁路和铁路信号的作用

第一节 铁路的作用和组成

一、铁路的作用和组成

现代化的运输方式有铁路、公路、水运、航空和管道五种。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。铁路承担全国客货总周转量的 60% ~ 70%, 这种状况在今后相当长的时期内不会有太大的变化, 铁路仍将是我国交通系统中的骨干力量。铁路客货运量的特征和优势决定了铁路运输在国民经济中的重要地位。

铁路的作用: 一是国民经济的大动脉。我国是大陆国家, 疆域辽阔、人口众多、资源分布、产业配置、经济发展的不平衡, 长距离、大运量的客货运输形成了我国铁路运输的主要特征, 成为现代化工农业生产、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。二是全国沟通联系的纽带, 铁路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。三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。一旦铁路运输能力的增长落后于国民经济发展的需要, 将要制约着经济的发展和社会的进步。

铁路运输设备是完成铁路运输任务的物质基础。它主要有下列几类技术设备组成:

(一) 铁路线路和沿线的各种车站: 铁路线路是列车运行的基础, 而铁路沿线的各种车站则是办理客货运输的生产基地。

(二) 铁路机车车辆以及机车车辆的修理与整备设备: 机车是铁路运输的牵引动力, 而车辆则是装载旅客和货物的工具, 修理与整备设备又是为保持机车车辆的完好和正常运用的必要条件。

(三) 铁路的通信、信号设备: 是铁路运输的耳目, 是保证行车安全和提高运输效率的有力工具。一旦通信设备及信号设备故障, 特别是信号设备故障, 铁路运输将陷于瘫痪, 整个国民经济将遭受严重损失, 因此, 人们将通信信号比喻为铁路的神经系统。

我国铁路企业的管理组织, 目前其基本形式为铁道部、铁路局、分局、站段, 实现统一指挥, 分级管理。在铁路企业内, 设有运输、机务、车辆、电务、工务、材料供应、工厂、基本建设等各方面业务部门, 专门从事各项具体的业务活动, 并且各业务部门之间紧密联系协调地进行生产活动。

二、铁路电务部门的管理体制

铁路电务部门按照其职能可分为运营、科研、设计、工程、工业等部门。

(一) 铁路电务运营部门的组织机构及职能作用

铁路电务运营部门负责保证铁路通信信号设备的正常运用及维护工作, 提供电报电话服务。铁路通信、信号维护工作实行铁路局、分局、电务段(或通信段)三级管理。

铁道部电务局直接领导局内各业务处(通信处、信号处、技术处等),对各铁路局电务处和部直属通信处进行业务领导。电务局各业务处对各铁路局电务处及其下设各业务科(通信科、信号科、技术科等)进行业务指导。各铁路局电务处除直接领导处内各业务科外,对各分局电务科和各电务段(通信段)进行业务领导。电务处各业务科及各分局电务科对电务段及下设业务室(通信技术室、信号技术室等)进行业务指导。电务段长直接领导段内各业务室、各领工区、所、队、工区。电务段各业务室对各领工区、所、队、工区进行业务指导。

铁道部电务局受铁道部长直接领导,各铁路局电务处受铁路局长直接领导,电务科及电务段受铁路分局局长直接领导。各局、处、科、室分别是局长、处长、段长的参谋机构。因此,对下属单位只能进行业务指导。但在局长、处长、段长授权委托下,也可对某一单项业务管理活动进行具体的组织和领导,如制定各种规章制度以及进行考核、检查、验收、评比、开展路网活动等。

铁路运营部门的基层单位是电务段(通信段),它负责通信信号设备的日常维修及中修。电务段的管辖范围,一般应少于联锁道岔 300 组或闭塞设备 200km。通信段则设在铁路局、分局所在地。

为满足设备大修的需要,各铁路局应设电务大修队(段),隶属铁路局电务处领导。

(二) 铁路电务科研部门的组织机构及职能作用

铁路电务科研部门包括铁道部科学研究院通信信号研究所、中国铁路通信信号总公司研究设计院、各铁路局科研所以及铁路高等院校,它们从事开发和研究通信信号的新产品、新系统、新制式。

(三) 铁路电务设计部门的组织机构及职能作用

铁路电务设计部门主要包括中国铁路通信信号总公司研究设计院、铁道部第一、二、三、四勘测设计院、电气化工程局设计院、各铁路局勘测设计院(所),它们负责铁路新线建设或旧线改造的通信信号工程设计。

(四) 铁路电务工程部门的组织及职能作用

铁路电务工程部门主要包括中国铁路通信信号总公司的各工程处、电气化工程局的各工程处、各铁路工程局电务工程处、各铁路局电务工程段等。它们负责铁路新线建设或旧线改造的通信信号设备的施工。

(五) 铁路电务工业部门的组织机构及职能作用

铁路电务工业部门包括中国铁路通信信号总公司所属的各通信工厂、信号工厂、电缆厂,以及各铁路局的电务修配厂等。它们负责生产通信信号器材。

第二节 铁路信号的作用

一、铁路运输安全与铁路信号

铁路运输的基本任务是运送旅客,运送国民经济建设和工农业生产中所需要的货物。因为要切实保证旅客和货物平安完整地运送到目的地,因此运输的安全是运输业中永恒的主题。另外,在运输中,如何能使铁路运输效率最高,达到高密度、重载和高速,这也是运输业中追求的目标。下面我们先分析一下影响铁路运输的安全因素。

影响铁路运输安全的因素可分为铁路外部因素和铁路内部因素。铁路外部因素,又可分为人为和自然灾害两部分。人为因素:旅客携带危险物品,不法分子破坏线路和列车,道口机动车

不按道口信号通行,汽车司机抢道行驶,偷盗铁路运营设备等。自然灾害有洪水冲垮线路、地震、塌方落石等。路内的因素主要表现为各种铁路设备的不良和违章作业两大方面。影响铁路运输安全的因素非常复杂,而且发生的地点和时间又是随机的。因此,从铁路一开始出现,人们就采用信号指挥列车运行,从原始的烛光信号到各种类型的现代化铁路信号系统和设备。并把铁路信号中的故障-安全技术作为一个专题进行研究,经过长期的实践、积累经验、不断改进,一直发展成以故障-安全为中心的铁路信号技术设备。但是根据当前的科学技术和经济条件,还不能全面地防止运输事故的发生,所以,仍需要加强安全管理,来消灭或减少运输事故。尽管如此,安全技术毕竟是防止运输事故,特别是防止行车事故的有效手段,必须给以足够的重视和大力发展。把确保行车安全为第一使命的铁路信号,视为铁路运输安全体系中的重要组成部分。也可以这样说,没有铁路信号,也就没有铁路运输的安全。

在运输的实践中,即使铁路线路、桥梁、机车和车辆等设备在良好的情况下,也会发生列车冲突和颠覆事故。发生列车冲突的原因是两列或多列列车同时占用一个空间造成的,或是由于道岔位置不正确而导致列车驶入导线而造成侧面冲撞。另外,列车速度超过了限制速度也会引起颠覆事故。为保证安全,把铁路线路划分成若干段,每一段为一个空间,在一个空间内只允许一列列车按规定速度运行。怎么能保证一个空间只允许一列列车运行?就要在划定的空间入口处设置信号机以指挥列车能否可以驶入该空间。信号机的开放,必须检查线路空闲和线路状态良好,防止错误操作等安全技术与信号控制技术相结合,就构成了铁路信号安全系统,简称铁路信号(也是我们常说的信号、联锁、闭塞设备的总称)。

既然以信号机的显示作为列车安全运行的凭证,即显示进行信号,允许列车驶入防护的空间;显示禁止信号,则不准列车驶入防护空间,当安全技术设备和信号机的控制设备发生故障时,应立即关闭信号,给出禁止信号,禁止列车驶入信号机防护的空间,这就是铁路信号系统中的故障-安全原则。

铁路信号另一种意义是对行车人员和与行车有关人员发出的指示列车运行和调车工作的命令,行车人员必须按照信号的指示办事。目前采用视觉信号,这种信号显示只指明安全运行条件,而列车运行的安全在很大程度上操在司机手中。当铁路运输发展到高速、高密和重载的情况时,增大了识别信号和驾驶列车的难度,甚至发生冒进信号的事故。因此,仅靠视觉信号显示,来保证行车安全就不能满足实际需要了,而需要将视觉信号变换成电信号,作为列车速度控制系统的一个参量,即使在人工驾驶失控时,至少可防止列车冒进信号。于是就出现了自动停车、超速防护和速度自动调整等安全速度控制系统。这些安全速度控制系统也必须是故障安全的,即系统发生故障时,必须使列车速度不得超过规定速度、或降速乃至可停车。

总之,铁路信号系统是为保证运输安全而诞生和发展的。系统的第一使命是保证行车安全,所以系统本身是故障-安全的。并且是一种实时控制系统,它必须十分可靠才能实现它的功能。

二、铁路信号在铁路运输中的地位和作用

铁路运输系统是由机务、车务、工务、电务及车辆五大子系统,在运营人员的管理下,共同完成着运输生产任务,实现旅客和货物的位移,形成人·公里、吨·公里。这就是铁路运输所形成的产品,它蕴含着五大子系统所创造的价值。铁路信号担负着指挥列车运行,保证行车安全,从而保证列车安全、畅通的运送旅客和货物。铁路信号是铁路运输生产的一个生产部门。它在铁路运输和国民经济中占有极其重要的地位。

铁路信号的作用有以下几个方面。

(一) 保证行车安全

上面我们已详细叙述了铁路运输安全和铁路信号的关系。铁路信号确保运输安全的使命可以概括为减少事故件数、降低事故等级、缩小事故损失和承担事故转移,有关铁路信号保证安全的事例很多,这里仅举两例。

1. 某区段由自动闭塞和电气集中开通前后三年安全情况对比,重大、大事故由 56 件降至 24 件,险性事故由 147 件降至 114 件,一般事故由 2656 件降至 1881 件

2. 装设机车信号后,机务部门险性事故逐年下降。1979 年至 1986 年,重大事故由 58 件降至 7 件,险性事故由 311 件降至 116 件

上述统计数据说明了铁路信号是确保铁路高效与安全运输的基础设备。

(二) 铁路信号设备具有投资少、见效快、效益高、贡献大的显著特点

铁路信号设备简单地分为:车站信号、编组站调车自动化、区间信号(半自动闭塞、自动闭塞、机车信号、自动停车装置)和铁路信号远程控制(调度集中)。

在铁路建设中,用于通信信号的投资不到总投资的 5%,但发挥了很大的经济效益,据电务局统计和有关文献的测算,通信信号的效益占全路运输总效益的 25% 以上。铁路信号在提高运输效率方面表现为加大行车密度,减少列车车辆停留及作业时间,指挥列车安全地按列车运行图运行。据有关资料统计,双线自动闭塞可提高通过能力 1~2 倍。单线自动闭塞在运输组织解决追踪车流条件下,可提高通过能力 25%~30%,并且可延缓双线的投资。采用调度集中(单线),区间为半自动闭塞调度集中比非调度集中提高 19%~24%,区间为自动闭塞调度集中比非调度集中提高 15%~18%。郑商段的 200km,运营 13 年内,在不增加车站到发线的情况下,提高通过能力为 12%~24%。

有关铁路信号的投资少效益大的例子不胜枚举,在现代铁路运输中,若铁路信号停用,全路运输立即处于瘫痪状态,损失将是无法估计。

(三) 铁路信号在铁路现代化中的作用

在铁路现代化建设中,由于仍无能力投用大量资金建设大量新线,于是把重点放在既有运输设备的扩能改造上,首先从繁忙的京沪、京广、京哈三条干线,逐步进行强化改造,其方针是依靠科技进步——主要是信息技术和牵引动力,来促进铁路现代化的步伐。

例如郑州北编组站综合自动化系统,它是现代化信息技术在铁路中应用的一个典范。它将计算机应用于铁路信号系统中,实现了作业过程控制系统、信息处理系统和支持系统,完成了编组站驼峰作业全部自动化的功能,提高了解编能力,保证了解编作业安全、改善了运输人员的劳动条件。该项目投资仅 2400 万元,但年效益在 1 亿元以上。又如为保障客、货列车运行的安全,防止列车冒进信号,在“八五”期间,研制了实现超速防护的技术设备。

开发高速铁路是展示铁路现代化的又一显著标志。将研究时速在 160km/h、200km/h 以上的线路、机车车辆及各项信息技术的现代化水平。信息技术方面包括三个重要的子系统:

(1) 列车运行自动控制子系统(ATC);

(2) 列车调度信息管理子系统(CTC);

(3) 综合数字通信网子系统(IDN)。

这三个子系统中(1)、(2)项都与铁路信号有关。所以从上述实例足以说明铁路信号在铁路现代化中的重要作用。

总之,铁路信号是铁路运输生产的一个生产部门。它的作用是保证行车安全,提高运输效

率,提高劳动生产率,改善运输人员的劳动条件,是直接指挥行车的工具,在铁路现代化建设中,将越来越显示其重要的作用。

习 题

1. 简述影响铁路运输安全的因素有哪些。
2. 简述铁路信号在铁路运输中的地位和作用。

第二章 铁 路 线 路

第一节 铁路线路的组成

机车车辆走行的通路叫线路。它是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、道岔和联结零件、防爬设备等组成,如图 2—1—1(a)所示。

道床是铺设在路基面上的道碴(碎石或砂子)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 20~30mm。

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

图 2—1—1 轨道和下部建筑

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 2.5m,道岔用的岔枕和桥梁上用的桥枕,其长度有 2.6~4.85m 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。

钢轨是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,它的断面很象工字梁,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 70kg/m、60kg/m、50kg/m、43kg/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,今后将广泛使用重型钢轨。

钢轨长度,目前我国钢轨的标准长度有 12.5m 和 25m 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,可节省联结零件,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。

钢轨接缝处的联结零件包括鱼尾板(又称夹板)、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电气绝缘,叫做钢轨绝缘;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 50kg/m 钢轨用的钢轨绝缘,60kg/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。

关于道岔的内容将在车站信号的章节中作详细介绍。

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,如图 2—1—1(b)。在实际管理中,除路基之外,不属于“线路”范围。

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,所以要求信号人员要对线路有一定的认识。

第二节 线路的平面和纵断面

一、铁路勘测设计的概念

铁路设计是一项涉及面广、技术比较复杂,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测、初测、定测和补充定测等阶段。

铁路基本设计的前期工作要进行可行性研究(方案研究)。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。

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、原则明确时采用一段设计,即施工图设计,相应的勘测阶段为一次定测。

经铁道部批准的设计任务书是进行勘测设计工作的依据。设计任务中规定线路的起迄点、线路走向、线路意义和铁路等级、主要技术标准和交付运营期限等。

铁路等级是铁路的主要技术标准之一。我国《铁路线路设计规范》(简称《规范》)中规定:新建和改造铁路(或区段)的等级,应根据它们在铁路网中的作用、性质和远期的客货运量确定。其等级划分为三个等级,即 级、 级、 级。具体的条件见表 2—2—1。

表 2—2—1 铁路等级

等级	铁路在路网中的意义	远期年客货运量
级	在铁路网中起骨干作用的铁路	15Mt
级	1. 在铁路网中起骨干作用的铁路 2. 在铁路网中起联络、辅助作用的铁路	< 15Mt 7.5Mt
级	为某一区域服务,具有地区运输性质的铁路	< 7.5Mt

注:远期是指交付运营后第十年;

年货运量为重车方向,每对旅客列车上下行各按 0.7Mt 年货运量折算。

铁路等级不同,在线路平、纵断面设计中所采用的标准和装备的类型也不一样,所以在设计时,首先要确定铁路的等级。

二、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 AB 与路肩水平线 CD 的交点 O 在纵向的连线来表示的,如图 2—1—1(a)。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,就是铁路线的平面;它(其曲线部分展直后)在垂直断面上的投影,叫做铁路线的纵断面图。图 2—2—1 中可见,平面图能反映出线路的直线线段和曲线线段,纵断面图能反映出线路的平道线段和坡道线段。

在平面图上注明有圆曲线切线长度 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—2—2 所示。

线路坡道的坡度用千分率表示。图 2—2—3 中的坡道的坡度为:

$$i(\text{‰}) = \frac{h}{L} = \tan$$

假设 L 为 1000m, h 为 6m, 即 $i = 6\text{‰}$ 。在纵断面图中,既要注明坡道坡度,又要注明坡道长度。

设坡道上的车辆总重为(P+G)吨,其重心在 a 点,重力垂直指向水平地面(即 ab AC),根据力学中力的合成与分解,可以把重力(P+G)分解为两个互相垂直的分力:一个分力为 N;另一个分力为 W_i 与列车运行方向相反,形成坡道附加阻力。

从 ABC 和 abc 可得

图 2—2—1 线路平面及纵断面图简单表示法

图 2—2—2 圆曲线要素

$$\frac{W_i}{(P + G)g} = \frac{BC}{AB}$$

$$W_i = (P + G)g \frac{BC}{AB}$$

车辆总重力 $(P + G) \cdot g$ 的单位用 kN 表示, 坡道附加阻力 W_i 的单位是 N, 因此

$$W_i = 1000(P + G) \cdot g \frac{BC}{AB} \quad (\text{N})$$

图 2—2—3 坡道与坡道阻力

单位坡道附加阻力则为

$$W_i = \frac{W_i}{(P + G) \cdot g} = 1000 \frac{BC}{AB} = i \quad (\text{N/kN})$$

从上式表明: 列车单位坡道阻力, 在数值上等于坡道坡度的千分数 i 。

三、线路曲线对列车运行的影响与铁路信号的关系

(一) 限制行车速度

列车在曲线上运行时, 产生向外的离心力, 这离心力使曲线外轨承受较大压力, 外轨磨耗加重, 同时也使旅客不舒服, 严重时, 车轮脱轨, 造成列车倾覆。为了平衡这离心力, 把曲线处的外轨抬高(超高), 使车辆内倾, 借用车辆重力向内的分力来抵销或减轻离心力影响, 保持作用于外轨、内轨上的总垂直压力大致相等。外轨超高度可按下式计算:

$$h = 11.8 \frac{V^2}{R}$$

式中 h ——曲线外轨超高(mm);

V ——通过曲线时各类列车的平均速度(km/h);

R ——曲线半径(m)。

外轨超高是有一定限度的, 最大超高 h 不得大于 150mm, 在上下行行车速度相差悬殊时, h 不得超过 125mm。

由于超高是按各类列车的平均速度来求得的,实际上,列车速度的不同,当高速或低速列车通过曲线时,超高就显得不足或太大,当超高与列车速度不适应时,就会产生向心力或离心力,因此,要根据曲线半径的大小决定最大允许行车速度,如表 2—2—2 所示。

表 2—2—2 采用最大超高各种曲线半径的最大允许速度

曲线半径(m)	250	300	350	400	500	600	700	800	1000	1200	1500
最大允许速度(km/h)	68	74	80	86	96	105	114	122	136	149	166

(二) 增加附加阻力

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 w_r 的经验公式如下:

$$w_r = \frac{700}{R} \quad (\text{N/kN})$$

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段运行,另一部分处于直线段运行的情况,则列车实际上所受的单位曲线阻力(平均值)要小于计算值。

表 2—2—3 各级铁路区间线路最小曲线半径

铁路等级	最小曲线半径(m)	
	一般地段	困难地段
	1000	400
	800	350
	600	300

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。在设计时必须根据铁路所允许的旅客列车的最高运行速度,由大到小合理地选择曲线半径。我国铁路采用的曲线半径有 4000、3000、2500、2000、

1500、1000、1200、1000、800、700、600、550、500、450、400、350 和 300m。各级铁路区间线路的最小半径规定如表 2—2—3 所示。

在铁路线上,直线和圆曲线不是直接相连的,它们之间需要插入一段缓和曲线,如图 2—2—4 所示。缓和曲线的半径是变化的,它与直接衔接一端的半径是无穷大,逐渐变化到等于它所衔接的圆曲线半径(R)。这样,能保证列车平稳地从直线段进入圆曲线(或从圆曲线进入直线段),使离心力逐渐增加(或消失),可避免轮轨间的突然冲击,提高列车运行速度并提高旅客的舒适度。

图 2—2—4 缓和曲线和圆曲线

(三) 铁路曲线与轨距的关系

1. 直线轨距。我国铁路直线轨距在钢轨头部内侧轨面下 16mm 处测量为 1435mm,称为标准轨距,如图 2—2—5(a) 所示。图 2—2—5(b) 表示出轮对与钢轨之间的相互位置。图中 S_0 为轨距, q 为轮对宽度,为轮缘与钢轨之间的活动量,保证轮缘能在两根钢轨之间自由滚动而不被卡住。

2. 曲线轨距。当机车车辆在曲线上运行时,上述情况就发生了变化。四轴车的走行部分,

都是将两个轮对组装在一个转向架上。每个车的两个转向架之间可作相对的转动,而每一转向

图 2—2—5 轨距、轮对和钢轨的相互位置

架中的两个轮对只能保持互相平行的位置,不能作相对的转动。这种组装在同一转向架上始终保持平行的两根车轴之间的距离,叫做固定轴距。在通常情况下如图 2—2—6 所示,转向架通过曲线时两个轮对同两钢轨之间的相互位置是:前一轮对的外轮轮缘和后一轮对的内轮轮缘紧靠着钢轨。这时所要求的轨距应该是:

$$S = q_{\text{最大}} + f$$

从图中可见,当曲线半径越小时, f 的值也就越大。当 $f >$ 时,轨距就必须加宽,否则轮对将在轨道中被卡住。这就是在曲线处轨距要加宽的原因。但当曲线半径越大, f 时,轨距就不需要加宽了。在《铁路技术管理规程》(简称《技规》)中规定:(1)新建、改建或成段更换钢筋混凝土轨枕的线路大修地段,按表 2—2—4 执行。(2)其他线路也按表 2—2—4 规定的标准逐步改建。但在未改建前可以维持过去的标准,如表 2—2—5 中所示。

图 2—2—6 转向架通过曲线时的情况

表 2—2—4 曲线轨距加宽(一)

曲线半径(m)	轨距加宽(mm)
351 及其以上	0
350 ~ 301	5
300 及其以下	15

表 2—2—5 曲线轨距加宽(二)

曲线半径(m)	轨距加宽(mm)
651 及其以上	0
650 ~ 451	5
450 ~ 351	10
350 及其以下	15

四、线路平面与铁路信号的关系

为便于司机 望,信号机最好设在线路的直线线段上,因为曲线会影响信号机的显示距离。如图 2—2—7 所示。尽管信号光束的散角为上下 2° ;但在曲线处仍不能保证司机能连续地看到信号显示。为此,当信号机的设置位置避不开小半径的曲线时,有必要在信号机机构内增设一块偏光玻璃,以扩大信号光束的散角。

在两条平行线路的曲线处,若一前一后设置信号机时,最容易被司机误认。如图 2—2—8

所示,在夜间,由 A 方向开来的列车,容易把信号机 b 的信号显示误认为是给自己的,因为从远处看信号机 b 的信号显示在左侧,而信号机 a 的信号显示反而在右侧。为此,在曲线处不准一前一后设置信号机,必须并排设置,如图中信号机 a 和信号机 b 那样。

信号机设在线路旁离开线路中心要有一定距离,要符合建筑接近限界要求。因为曲线处的轨距有时加宽,这时信号机距曲线线路中心的距离也应该相应地加大。

图 2—2—7 线路曲线与信号机光束

五、线路坡道对列车运行的影响

用千分率表示坡道的坡度数用 i 表示之,列车总重力用 $(P + G)g$ 表示,对整个列车的坡道附加阻力用 $w_i(N)$ 表示之,则单位坡道的附加阻力 w_i 为:

$$w_i = \frac{W_i}{(P + G)g} = i \quad (N/kN)$$

上式说明列车单位坡道阻力在数值上等于坡道坡度的千分数 i 。例如,列车运行在 6‰上坡道上,单位坡道阻力 $w_i = 6N/kN$,如在 6‰下坡道上运行时, $w_i = -6N/kN$ 。

图 2—2—8 在曲线处并排设置信号机

表 2—2—6 铁路最大限制坡度

由上可见,坡道的坡度越大,则坡道的附加阻力也越大。在某一铁路区段,当牵引类型定下来以后,确定货物列车最大重量的坡道坡度,称为限制坡度 (i_k ‰)(包括坡道上的曲线附加阻力),简称限坡。减少限坡可增加列车重量,提高运输能力,但线路落坡会大大提高工程造价,往往受工程条件的限制。因此,限坡的大小,是铁路线的又一项重要指标,根据《线规》规定,各级铁路的限制坡度不得超过如表 2—2—6 所示的数值。

铁路等级	最大限制坡度(‰)	
	一般地段	困难地段
	6	12
	12	15
	15	20

六、线路纵断面与铁路信号的关系

在设置信号机时,信号机应避免设在比起动坡度还大的坡道上。道理很明显,列车停在起坡度的坡道上刚刚能够起动,如果停在比起动坡度还大的坡道上,则就不能再起动了。如果避不开这种坡道,必须在信号机上加装容许信号,对指定的货物列车,准许其在该信号机显示停车信号时不停车,用低速继续前进,但要求它随时都要作好停车准备,即遇到前方有障碍时及时停车。

禁止把信号机设在凹形有害坡度的坡道上,因为在此种地点停车后再起动时容易引起断钩事故。列车在下坡道上运行时,如果不制动就会超过线路最大容许速度,则该坡道的坡度叫做有害坡度,如图 2—2—9 所示。列车停在凹形有害坡度的坡道上时,车钩在受压状态,起动时将突然受到强大拉力,容易产生断钩事故。