



铁路重载运输 与安全管理

孟学雷 王宏伟 贾利民 编著

第1版



科学出版社

铁路重载运输与安全管理

孟学雷 王宏伟 贾利民 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书全面介绍有关铁路重载运输的理论知识,包括铁路重载运输组织与安全管理两大核心内容,共四篇:重载铁路运输设备、重载运输货运工作组织、重载铁路行车工作组织和重载铁路运输安全管理。重载铁路运输设备是实现重载运输的基础条件,包括线路、车站、机车车辆、通信信号和供电设备、调度指挥系统以及装卸、输送机械等其他设备;重载运输货运工作组织主要介绍如何实现重载货流组织、运量分析、基本作业以及日常的工作组织,是重载运输组织的目的;重载铁路行车工作组织在技术层面阐述重载铁路的车站工作组织、车流组织、运行图与行车调度指挥、通过能力以及应急条件下重载运输方案的编制,是实现重载运输的手段;重载铁路运输安全管理是实现重载铁路高效、经济运行的保障。本书将上述内容有机结合,希望为读者提供一部全面介绍铁路重载运输的图书。

本书可作为交通运输类专业本科生教材,也可供从事交通运输规划与管理工作的工程技术人员和研究工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

铁路重载运输与安全管理/孟学雷,王宏伟,贾利民编著. —北京:科学出版社, 2018.6

ISBN 978-7-03-057861-7

I. ①铁… II. ①孟… ②王… ③贾… III. ①重载铁路-铁路运输-安全管理 IV. ①U239.4 ②U298.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018) 第 125655 号

责任编辑:李 萍 / 责任校对:郭瑞芝
责任印制:张 伟 / 封面设计:迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京中石油彩色印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 6 月第 一 版 开本:720×1000 B5

2018 年 6 月第一次印刷 印张:17 1/2

字数:350 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

客运高速和货运重载是铁路运输业发展的方向,其目的始终是安全、迅速、可靠、准确和经济地运送旅客与货物。铁路重载运输是铁路现代化的重要标志。铁路重载运输组织是实现重载铁路系统高效和经济运转的重要环节,而重载运输的安全管理为重载铁路系统的安全运行提供保障。

本书在全面、系统介绍重载铁路运输设备的基础上,阐述了重载运输的货运组织、行车组织和安全管理,是一部综合性论述铁路重载运输的著作,是铁路运输组织理论的有机补充。内容包括四篇:第一篇全面介绍重载铁路运输设备,主要介绍重载铁路运输线路、车站、机车车辆、通信信号和供电设备、调度指挥系统以及装卸、输送机械等其他设备。第二篇为重载运输货运工作组织,主要阐述铁路重载运输货运工作组织的原则与策略、货流组织、货运基本作业以及货运日常工作组织。第三篇为重载铁路行车工作组织,包括货运站工作组织、中间站的工作组织、技术站的工作组织、车流组织、运行图和调度指挥工作、重载铁路的通过能力以及应急条件下重载运输方案的编制。第四篇为重载铁路运输安全管理,主要介绍重载运输安全管理体系、重载铁路应急预案以及重载列车应急救援作业组织办法。

本书的编写分工如下:兰州交通大学王宏伟老师完成第一篇和第二篇,兰州交通大学孟学雷教授完成第三篇,北京交通大学贾利民教授完成第四篇,全书由孟学雷统筹策划,并审阅统稿。

本书由国家重点研发计划课题“重载铁路运营与安全综合保障系统集成与应用示范验证”(课题编号:2016YFB1200105)[所属项目“基于空天车地信息协同的轨道交通运营与安全综合保障技术”(项目编号:2016YFB1200100)]和“兰州交通大学百名青年优秀人才培养计划”项目资助出版,在此表示感谢。本书的出版也得到了兰州交通大学交通运输学院、北京交通大学轨道交通控制与安全国家重点实验室和交通运输学院的大力支持,谨在此一并致谢。

在本书编写过程中,作者参考了大量的文献资料,在此向这些文献资料的作者和出版单位表示由衷的感谢。同时,感谢研究生汤霖等做了大量的文字整理工作。

由于作者知识水平和研究的深度与广度有限,书中难免有不足之处,敬请读者指正。

作 者

2018年1月

目 录

前言

第一篇 重载铁路运输设备

第一章 重载铁路线路	3
第一节 重载铁路线路的技术标准	3
第二节 重载铁路线路平面设计	9
第三节 重载铁路线路纵断面设计	13
第二章 重载运输车站	16
第一节 重载铁路车站设置	16
第二节 车站平纵断面	17
第三节 站线	19
第四节 装卸线	21
第三章 重载运输机车车辆	23
第一节 重载运输机车	23
第二节 重载运输专用车辆	29
第四章 重载运输通信信号及供电设备	34
第一节 重载运输通信信号	34
第二节 重载运输供电设备	37
第五章 重载铁路调度指挥系统	43
第一节 铁路列车调度指挥系统	43
第二节 分散自律调度集中系统	44
第六章 其他设备	50
第一节 装卸设备	50
第二节 连续输送机械	53
第三节 铁路货车超偏载检测装置	55

第二篇 重载运输货运工作组织

第七章 重载运输货运工作组织原则与策略	59
第一节 重载运输货运工作组织原则	59
第二节 重载运输货运集中化策略	62

第八章 重载运输货流吸引范围与流量分析	68
第一节 重载运输货流吸引范围	68
第二节 重载运输流量分析	71
第九章 重载铁路货物运输的基本作业	73
第一节 货物发送作业	73
第二节 货物的途中作业	78
第三节 货物的到达作业	81
第四节 散堆装货物质量的确定	83
第十章 货运日常工作组织办法	87
第一节 装车工作组织	87
第二节 卸车工作组织	92
第三节 单元式重载列车装卸作业	97
第四节 货运调度和货运日常工作分析与考核	101
第三篇 重载铁路行车工作组织	
第十一章 重载运输中间站工作组织	107
第一节 概述	107
第二节 接发列车作业	107
第三节 摘挂补机站作业	109
第四节 越行站作业组织	110
第十二章 重载运输技术站工作组织	112
第一节 概述	112
第二节 技术站组合列车的技术作业	113
第三节 技术站列车技术作业计划编制	123
第四节 车站作业调度指挥	127
第十三章 重载铁路车流组织	129
第一节 重载运输的线路模式	129
第二节 重载铁路运输车流组织基本方法	130
第三节 重载铁路列车开行方案	134
第十四章 重载铁路运行图与行车调度指挥	139
第一节 重载铁路列车运行图要素	139
第二节 重载铁路运行图编制	154
第三节 重载铁路行车调度指挥工作	164

第十五章 重载铁路的通过能力	172
第一节 概述	172
第二节 重载货运专线区间通过能力计算	175
第三节 重载铁路技术站的能力计算	185
第四节 重载运输的速度、密度与质量	193
第十六章 应急条件下铁路重载运输组织方案编制	202
第一节 应急条件下重载铁路运输组织模型	202
第二节 应急条件下重载铁路列车运行组织原则与策略	204
第三节 突发事件条件下重载列车运行组织方案设计流程	207
第四篇 重载铁路运输安全管理	
第十七章 重载铁路运输安全管理体系	211
第一节 重载铁路运输安全预防体系	211
第二节 重载铁路运输安全保障体系	215
第三节 重载铁路运输安全事故处理及救援管理体系	229
第十八章 重载铁路应急预案	240
第一节 应急预案与重载铁路应急预案基本概念	240
第二节 重载铁路应急预案体系构成	244
第三节 重载铁路应急预案管理	245
第四节 重载铁路应急预案体系构成与编制原则	248
第五节 重载铁路应急预案的编制	251
第六节 重载铁路专项预案的编制	257
第七节 现场处置方案编制	260
第十九章 重载列车安全分析及故障处理	262
第一节 重载列车运行安全问题分析	262
第二节 解决重载列车安全问题的对策	263
第三节 重载列车故障处理办法	266
参考文献	271

第一篇 重载铁路运输设备

铁路运输设备是发展重载运输的物质技术基础条件。在发展重载运输过程中，世界各国都积极研究开发铁路重载运输技术设备，包括研究采用新型大功率内燃和电力机车，研制安装机车同步牵引遥控和通信联络操纵系统及大型专用货车，修建新线或对既有线进行改造，应用高可靠性的牵引供电设备和先进的通信信号设备等。在运营工作中，需实现货物装卸机械化和行车调度指挥、运营管理自动化等，所有这些都极大地推动了铁路重载运输设备水平的不断提高。本篇参考相关文献主要介绍重载铁路运输线路、车站 (杨浩等, 2010; 马彩雯等, 2015)、机车车辆 (马彩雯等, 2015; 闻清良, 2009a; 王春山等, 2010)、通信信号和供电设备、调度指挥系统 (马彩雯等, 2015; 杨浩, 2015) 以及装卸、运输机械等其他设备 (盖宇仙, 2010)。

第一章 重载铁路线路

第一节 重载铁路线路的技术标准

一、重载铁路等级划分

1. 重载铁路等级划分的依据

铁路等级是铁路线路重要的技术标准之一,是确定各级铁路的运输能力和制定相应的技术标准与装备类型的依据。铁路等级越高,输送能力越大,运营质量也越好,但造价也越高。由于重载铁路运输能力强,且线路年通过总质量大,合理地划分重载铁路等级关系到铁路投资、运输能力和运营指标以及铁路的经济效益。

铁路等级划分的依据和方法世界各国略有不同,但基本上都以年客货运量、列车最高行车速度、线路意义、在路网中的作用和机车车辆的轴重等因素作为划分的依据,其划分标准因各国的经济发展水平、年客货运量的大小和铁路运输状况等条件的不同而有所差异。

按客货运量划分铁路等级是世界各国广泛采用的分级方法。例如,英国铁路等级按年客货运量(指年通过总质量)和设计最高速度划分为若干等级;美国铁路等级按年货运量、每昼夜客车对数和年车辆发送量将铁路划分为四级;日本窄轨铁路根据运量、行车速度和轴重将铁路等级划分为四级。我国划分铁路等级的依据为客货运量、线路意义和最高行车速度等。

我国《铁路线路设计规范》(中华人民共和国建设部,2006)中规定,新建铁路和改建铁路(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。我国铁路建设标准共划分为三个等级,即Ⅰ级、Ⅱ级和Ⅲ级。

(1) Ⅰ级铁路:在铁路网中起骨干作用的铁路,远期年客货运量 ≥ 2000 万 t。

(2) Ⅱ级铁路:在铁路网中起骨干作用的铁路,远期年客货运量 < 2000 万 t;在路网中起联络、辅助作用的铁路,远期年客货运量 ≥ 1000 万 t。

(3) Ⅲ级铁路:为某一区域服务,具有地区运输性质的铁路,远期年客货运量 < 1000 万 t。

2. 我国重载铁路等级的划分

具有去向集中、强大而稳定的货源货流或中转车流是重载运输的首要前提。因此,我国的重载铁路运输以通过线路的货运总密度作为划分依据,并以每年单方向

通过总质量作为划分重载铁路的标准。

- (1) I 级重载铁路每年每千米通过总质量大于 8000 万 t。
- (2) II 级重载铁路每年每千米通过总质量为 6000 万~8000 万 t。
- (3) III 级重载铁路每年每千米通过总质量为 4000 万~5000 万 t。

相应轨重配套为：I 级，轨重 75~80kg/m；II 级，轨重 70~75kg/m；III 级，轨重 60~70kg/m。

二、重载铁路主要技术标准

开行重载列车必须有与之相适应的线路，主要是指线路的承载能力、几何尺寸、站线长度和线路坡度等，它们必须符合重载列车在运行中静动荷载对线路所产生的各种力的要求。重载铁路的主要技术标准决定了其线路的运输能力、工程投资和长远的运营条件等。国外重载运输情况见表 1-1。

表 1-1 国外重载运输情况

国家	主要重载线路	主要轴重/t	牵引质量/t	线路类型及装备	运量/(t/年)
美国	BNFS、UP、CSX、NS、KCS、IC	29.8~35.71	12000~30000	标准轨 66kg/m，内燃	2 亿
加拿大	DP、CN	29.8~35.71	12000~30000	标准轨 66kg/m，内燃	2 亿
澳大利亚	BHP、FMG	30~40	38000	标准轨 68kg/m，内燃	1 亿~2 亿
	QR(昆士兰)	21~25	8000	窄轨 54kg/m，内燃	(重载占 80%)
南非	Qrex	28~30	20000	标准轨 60g/m，内燃	单线 3500 万
	Rechard	26	20000	窄轨 57kg/m，内燃	双线 8000 万
巴西	CVRD 卡拉其	29.8、32	30000	标准轨 68kg/m，内燃	双线 8000 万
	维多利亚	29.8	15000	窄轨 60kg/m，内燃	
瑞典	LKAB	30	8500	标准轨 50kg/m，内燃	单线 3000 万

(一) 轨距

轨距是铁路轨道两条钢轨之间的距离 (以钢轨的内距为准)。国际铁路协会在 1937 年制定 1435mm 为标准轨，又称标准轨距或国际轨距。比标准轨宽的轨距称为宽轨 (1676mm、1600mm 和 1520mm)，比标准轨窄的轨距称为窄轨 (1067mm、1000mm、762mm 和 600mm)。双轨距铁路或多轨距铁路铺有三条或四条钢轨，让使用不同轨距的列车都可以行驶。

我国铁路主要采用标准轨，只有台湾采用 1067mm 窄轨，昆明至越南河内采用 1000mm 窄轨。印度、巴基斯坦、阿根廷、智利等国主要采用 1676mm 宽轨；俄罗斯采用 1520mm 宽轨；日本一般铁路采用 1067mm 的窄轨，东海道、山阳等新干线则采用 1435mm 的标准轨；美国、加拿大和欧洲大部分国家采用 1435mm 标准轨；非洲加纳、刚果、坦桑尼亚、赞比亚等国采用 1067mm 窄轨，几内亚、喀麦隆

等国采用 1000mm 窄轨。

根据对世界重载铁路轨距资料的分析,除了北美、西欧等发达国家大多采用标准轨外,巴西、南非、澳大利亚等国在窄轨铁路上开行重载列车也取得了很好的运营经济效益。例如,巴西维多利亚至米纳斯线,窄轨 1000 mm,列车牵引质量 14400t,年通过能力 1 亿 t;南非锡申至萨尔达尼亚湾线,窄轨 1067mm,列车牵引质量 21860t,年通过能力 2000 万 t;澳大利亚昆士兰煤运重载铁路,窄轨 1067mm,列车牵引质量 10520t,年通过能力 2900 万 t。

我国干线路网全部为标准轨。重载运输在选择轨距时曾经有过标准轨和窄轨之争。一些专家学者曾对窄轨铁路的投资、能力做过投入产出的经济效益分析研究,指出 1000mm 轨距窄轨铁路的投资为标准轨的 $3/5 \sim 2/3$, 762mm 轨距窄轨铁路的投资约为标准轨的 $1/3 \sim 2/5$, 而其运输能力则为标准轨的 $1/5 \sim 1/3$, 因此提出在我国某些特定地区,如云南、广西、四川、贵州、西藏、青海等某些特殊地区,修建一定的窄轨铁路在经济上还是合算的,且它们的建设周期不到标准轨铁路的 $1/2$ 。但是鉴于窄轨铁路必须配备配套的机车车辆和相应的行车设备,存在和路网干线衔接换装站的大量换装作业等,多数专家认为重载铁路的轨距应当选择标准轨。但部分专家仍认为在一些地形条件困难、与路网不连通、单独成体系的货运专线上,修建窄轨重载铁路,配备先进的技术装备,开行重载单元或超长重载列车,不仅在技术上可行,在经济上也合理。但必须慎重,要全面衡量各种有利和不利因素,经过仔细的技术经济比选而定。

(二) 正线数目

正线数目取决于线路等级和运输能力,主要取决于近远期运量大小和增长速度。正线数目关系到铁路工程建设的投资和铁路能力,特别是对铁路能力影响巨大。双线铁路的建设投资比两条平行单线约减少 30%,但通过能力较两条平行单线要大得多。

国内外修建铁路在正线数目的决策上,除非运量潜力特别大,一般都是先建单线。当远期运量较大且增长速度较快时,可按双线设计,近期设计单线加设临时会让站,逐步由部分双线过渡到全部复线。当远期运量增加不快时,可按单线预留双线设计。一次性修建双线是不经济的,应重视尽量在单线采取各种技术改造措施,装置先进的技术设备,千方百计提高单线铁路运输能力。

一般地,当年运量小于 4000 万 t 且增长速度较慢时,以修建单线铁路为宜;当年运量在 4000 万~6000 万 t 时,可考虑双插过渡;当年运量在 6000 万 t 以上时,就应建成双线。

(三) 限制坡度

限制坡度又称最大持续坡度,是指单机牵引普通货物列车在持续上坡道上、最终以机车计算速度等速运行的坡度。它是限制坡度区段的最大坡度,是货物列车牵引质量的计算依据,也是铁路线路的主要技术标准之一,与铁路能力有直接关系,故应根据铁路等级、地形、牵引动力条件、运量和邻接铁路的牵引定数等因素,在初步设计中分析比较,慎重选定。

限制坡度对线路的长度、走向、输送能力、工程造价、运营费用和指标等都有直接影响,同时又制约和依赖于牵引种类和机车类型的选择。最合理的限制坡度应体现在保证运输需求的基础上,达到最佳经济效益。

限制坡度的选定受以下几个因素的影响:

(1) 线路等级。线路等级越高,其意义、作用和客货运量越大,更需要良好的运营条件和较低的运输成本,宜采用较小的限制坡度。

(2) 输送能力。该因素主要取决于通过能力和牵引质量,其中牵引质量主要由限制坡度和机车类型决定。限制坡度的选择应根据铁路运输任务,结合机车类型一并选择,相互协调。

(3) 地形条件。限制坡度的选择与地形有密切关系,它直接影响铁路工程质量,一般稍大于地面平均自然纵坡,为 $1\% \sim 2\%$,则可不至于因高程障碍而展长线路。

(4) 邻线的牵引质量。一条铁路是路网的一部分,在完成运送任务的同时与邻线密切相关,应考虑与邻线的牵引质量相协调,减少编组站的解编作业时间,节省机车车辆周转时间,缩短列车在途时间,极大地提高铁路的运输效率。

在实际选择限制坡度时,应慎重考虑较长时期的运量发展和固定资产在运输成本中所分摊的折扣率。从铁路运输潜力来看,较小的限制坡度比较大的限制坡度潜力大。在重载运输铁路设计方面,要求运量调查推算十分精确是比较困难的。因此,对限制坡度的选择也应考虑这个因素,适当留有余地。否则,如果运量大幅上升,超过原推算的运量而必须对线路进行改造或必须修建双线时,则需要增加大量投资。

此外,对于限制坡度在重载铁路设计中的使用,包括地段和长度,有两种选择方法:一种是尽可能使用一种限制坡度,以便减少土建工程量和基建投资;另一种是仅在不可避免的地方,有限地采用限制坡度,同时衡量运量增大后对运输能力、运营费用、列车牵引质量、速度和轨道设备使用寿命等的影响。后一种方法同时对运用机车小时、乘务员小时、材料消耗、轨道和机车车辆维修费用以及增加机车车辆数量等投资费用进行全面综合分析,对运输能力、经济效益和运输成本进行比较,来选定使用限制坡度的关键区段或接近关键区段,可能是最合理的使用限制坡

度的做法。

从美国、澳大利亚、巴西、南非等国的重载铁路来看，线路限制坡度的确定一方面要满足重载运输要求，另一方面要考虑结合地形条件进行选择。国外一些重载运输铁路线路的限制坡度见表 1-2 所示。

表 1-2 国外几条重载铁路线路的限制坡度

序号	国家	限制坡度/%		序号	国家	限制坡度/%	
		重车方向	空车方向			重车方向	空车方向
1	美国	5	5	5	瑞典	10	10
2	南非	4	10	6	挪威	10	10
3	加拿大	10	22	7	巴西	3	10
4	澳大利亚	4 ~ 10	15 ~ 20	—	—	—	—

我国开行重载列车的地段，按地形条件一般分为以下两类：

(1) 平原丘陵地区。具有大宗直达货运量并具备开行重载列车条件的南北、东西干线，其限制坡度值一般采用 4%~ 6%或采用多机牵引坡度值。

(2) 山区。目前我国新建重载铁路是单方向的重载运输铁路，一般以运输矿产为主，线路起于矿山，终于海港或电厂、钢铁厂，货流方向空重分明。线路起点位于矿区，高程高，终点高程低，因此可选定分方向限制坡度系统，能最大限度地适应地形，降低工程造价。根据国内外资料和理论分析以及电力、内燃机车下坡制动条件验算结果，一般空车方向最大坡度可设计为重车方向最大坡度值的 3 倍，即重车方向的限制坡度为 4%~ 6%时，其空车方向的限制坡度可达 12%~ 20%。例如，大秦线重车方向的限制坡度为 4%，空车方向的限制坡度为 12%。

综上所述，重载铁路线路的限制坡度，应根据线路等级、地形条件、运输能力、牵引类型和其他相关因素等，经过技术经济比选，一般按重车方向和空车方向分别确定。其限制坡度值建议如下：重车方向为 4%~ 10%，空车方向为 12%~ 30%。

(四) 线路平面曲线半径

曲线半径不仅与行车安全有关，而且影响行车速度、运行时间等技术指标和工程费、运营费等经济指标。曲线半径的选用应考虑轮轨磨耗，减少线路养护维修工作量，为运营创造较好的条件。

1. 影响曲线半径选取的因素

1) 线路的运输性质

重载铁路轴重大、年通过总质量大，钢轨磨耗较常规铁路严重，特别是小半径曲线地段钢轨磨耗更加明显。曲线半径的选择应充分考虑重载铁路钢轨磨耗与养护维修的关系。

2) 行车安全

为保证机车车辆在曲线上的运行安全, 保证轮轨间的正常接触, 车辆上所受的力应保持在安全范围内。最小曲线半径应保证车辆通过曲线时的安全性和稳定性。

3) 地形条件

在保证运营安全的前提下, 曲线半径应与沿线的地形条件相适应。

4) 经济因素

小曲线半径可更大程度地适应地形, 从而减少工程数量, 节省建设投资, 还可避免破坏山体和影响环境。在一定的地形条件和运输功能需求下, 选用经济合理的最小曲线半径是必要的。

2. 最大曲线半径

当曲线半径较大时, 虽然有利于提高行车速度和改善运行状况, 但过大也存在不利因素。一是曲线半径过大, 曲线过长, 不利于养护维修。当 $R=10000\text{m}$ 时, 偏角 20° 的切线和曲线长度分别达到 1763m 和 3491m ; 20m 弦中点正矢为 5mm , 10m 弦中点正矢为 1.25mm 。二是曲线过大也不便于测设。当 $R=10000\text{m}$ 时, 20m 弦长的偏角仅为 $3'26''$; 20m 长的切线支距仅为 0.02m 。

此外, 曲线半径上限的确定也要考虑利用反向曲线加宽线间距的需要。设缓和曲线时, 满足圆曲线长度不小于 20m 的要求; 不设缓和曲线时, 满足圆曲线长度不小于规定的圆曲线长度的要求。

根据上述分析, 建议重载铁路最大曲线半径上限采用 10000m 较为合适。

3. 最小曲线半径

最小曲线半径是指铁路全线或某一路段内规定的圆曲线半径的最小值, 最小曲线半径对运营条件影响较大, 且影响程度随运量和行车速度的增大而增大。若半径过小, 则不仅会限制速度, 加剧轮轨磨耗, 增加维修工作量, 增大运营支出, 甚至危及行车安全。从工程方面看, 若选用的曲线半径偏大、不适应地形, 则会增加桥、隧和路基工程数量, 增大工程费; 过小的曲线半径对工程也会产生不利影响, 如增加线路长度, 需要加强轨道, 增加接触导线的支柱数量 (对于电力牵引线路), 会导致黏着系数降低及在紧坡地段因曲线阻力和黏着系数降低导致坡度折减增大而延长线路等情况。

重载铁路通过总质量大, 列车平均轴重较大, 最小曲线半径对钢轨磨耗和养护维修的影响大于一般铁路, 因此选择最小曲线半径应充分重视重载铁路的特点, 结合地形、行车速度、养护维修和运行安全等条件, 通过技术经济比选确定, 尽可能采用较大的最小曲线半径。必要时可通过牵引计算来确定最小曲线半径。

在运输能力达到饱和的区段线路上, 曲线半径与列车速度关系密切, 列车速度与每天通过的列车数量成正比; 在同一限制坡度和相同牵引能力条件下, 列车速度又与列车总质量成反比。因此, 曲线半径对线路每天通过的列车数量和列车质量有

相当影响。

国外的重载铁路最小曲线半径一般为 400 ~ 1200m, 困难地段可取 300m。我国铁路按式 (1-1) ~ 式 (1-3) 计算得到初步结果, 结合工程与运营经验, 各级重载铁路的最小曲线半径建议值见表 1-3。我国大秦铁路最小曲线半径一般地段为 800m, 困难地段取 400m。

表 1-3 最小曲线半径建议值

地形条件	不同铁路等级最小曲线半径建议值		
	I 级	II 级	III 级
一般地段/m	800	600	500
困难地段/m	400	350	300

货运专线:

$$R_{\min} = \frac{11.8v_H^2}{h_{\max}} \tag{1-1}$$

客货共线铁路:

$$R_{\min} = \frac{11.8v_H^2}{h_{\max} + h_Q} \tag{1-2}$$

$$R_{\min} = \frac{11.8(v_{\max}^2 - v_H^2)}{h_Q + h_G} \tag{1-3}$$

式中, $R_{\min}$ 为最小曲线半径, m; v_H 为重载货物列车行驶最高速度, km/h; $v_{\max}$ 为旅客列车行驶最高速度, km/h; $h_{\max}$ 为最大允许超高, 取为 125 ~ 150mm; h_Q 为允许欠超高, 取为 50 ~ 80mm; h_G 为允许过超高, 取为 30 ~ 50mm。

式 (1-2) 和式 (1-3) 取计算值的较大者, 并进整为 50m 的倍数。

在特殊困难地形条件下经技术经济比选可采用小于表 1-3 中数值, I、II、III 级铁路分别为 350m、300m 和 250m。改建或增建第二线时, 若按上述标准引起巨大工程量时, 则个别小曲线半径可保留。

第二节 重载铁路线路平面设计

重载铁路线路平纵断面设计的基本原则是在保护线路平顺和行车安全的前提下, 力争节省工程投资, 与良好的运营条件达到高度协调, 并使线路尽可能的短直。

根据对列车动力作用和线路参数之间关系的理论分析及列车运行实际情况的调查, 重载铁路对线路平纵断面设计没有过高的要求, 一般遵循: 设置曲线应由大到小选择半径; 由于行车速度已不是限制条件, 夹直线及缓和曲线按普通 I、II 级铁路线路标准设置; 坡段尽可能长些, 一般不小于半个列车长度; 由于设置一定半径的竖曲线, 坡度连接代数差不受限制, 不影响线路平顺和行车安全。

一、线路设计原则

- (1) 应满足一次铺设区间无缝线路或跨区间无缝线路要求。
- (2) 应重视轮轨磨耗, 减少线路养护维修工作量, 为运营创造较好的条件。

二、设计要点

1. 曲线外轨超高

曲线地段的外股钢轨按平衡离心加速度设置超高, 并在缓和曲线范围内顺接过渡。超高值按式 (1-4) 计算:

$$h = \frac{7.6v_{\max}^2}{R} \quad (1-4)$$

式中, h 为外轨超高, mm; R 为曲线半径, m; $v_{\max}$ 为设计最高行驶速度, km/h。

2. 重载列车在紧坡地段位于曲线上的最大坡度折减

紧坡地段是指沿线路方向的地面平均自然坡度大于或等于设计线路采用的最大坡度的地段。紧坡地段线路设计主要受高程障碍控制, 但同时也必须考虑平面障碍影响。如果在坡道上又有曲线, 那么这一坡道的坡度阻力值和曲线阻力值之和不能大于该区段规定的限制坡度的阻力, 因此在坡度设计时必须考虑曲线阻力进行最大坡度折减。

重载列车由于列车长度超长, 在复杂地形地段经常会跨越几条曲线, 使列车呈扭曲状, 产生的扭曲力会逐节传递。线路夹直线与缓和曲线皆最短, 且超高顺坡最陡及圆曲线半径最小的地段列车扭曲最严重。经验算, 其附加阻力可按 $700/R$ 计算, 不会产生坡停运缓事故。

三、线路平面设计标准

对于客货混跑或兼跑一般货车的重载铁路, 可根据一般货车所需的到发线有效长度, 按现行《铁路车站及枢纽设计规范》(中华人民共和国铁道部, 2006) 设计站坪长度及其剖面。重载列车需停车的车站, 应增加重载列车会让线。会让线长度根据重载列车长度计算确定, 其超出有效长范围的剖面标准与区间标准相同, 道岔咽喉区应设在直线上。

对于铁路网中机车车辆轴重新建铁路大于等于 30t、改建铁路大于等于 25t、列车牵引质量 1 万 t 及以上、最高行车速度小于等于 100km/h 的标准轨距重载铁路线路设计, 其设计标准如下:

- (1) 新建线路平面的圆曲线半径应结合工程条件、减少维修等因素, 因地制宜, 合理选用。最小曲线半径一般采用 1200m, 困难条件下不应小于 800m, 进出站线路特别困难条件下不小于 600m。
- (2) 双线铁路两线线间距不变的并行地段的平面曲线, 宜设计为同心圆。双线同心圆的曲线半径可为零数。