

21

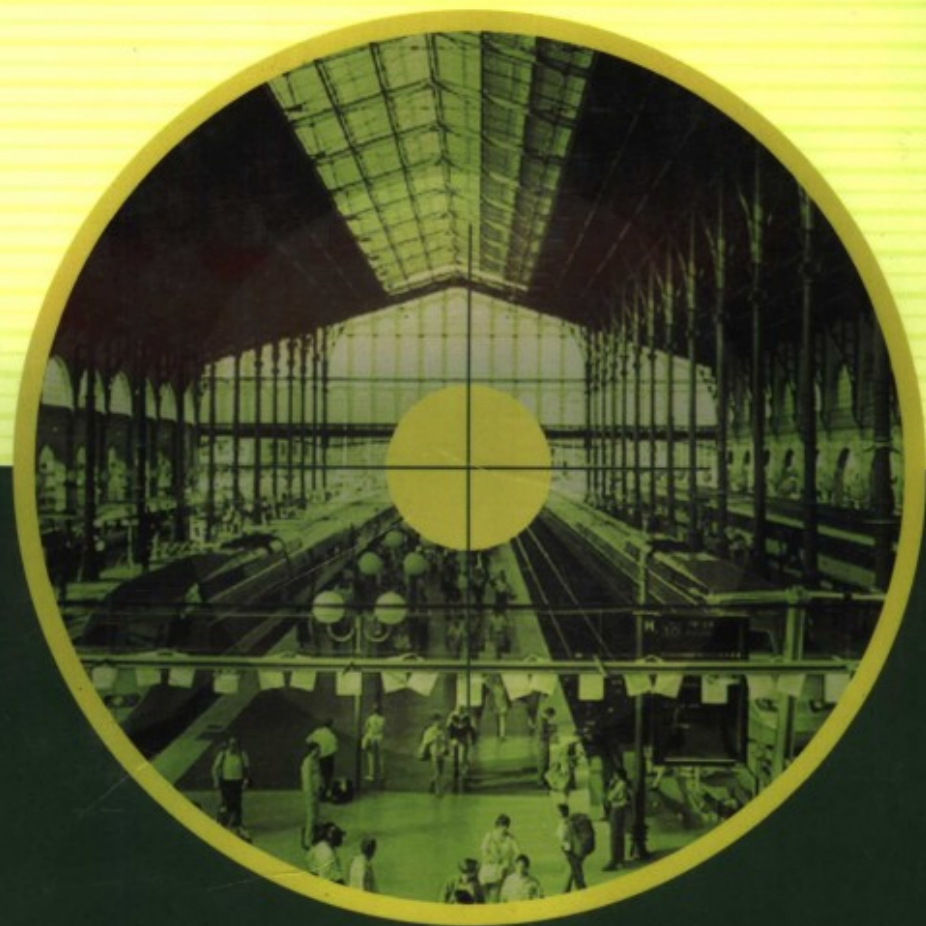
世纪高等职业技术教育规划教材

交通运输类

Tielu Xianlu Yu Zhanchang

铁路线路与站场

主 编 赵水仙
连一平
副主编 张 全



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

策 划 王 旻 刘娉婷
责任编辑 刘娉婷 肖 荣
责任校对 李 梅

21世纪

高等职业技术教育规划教材

- 综合交通运输概论
- 铁路线路与站场
- 铁路行车组织
- 铁路客运组织

Design  本格设计

ISBN 7-81104-301-7



9 787811 043013 >

ISBN 7-81104-301-7

定价: 19.50 元

21 世纪高等职业技术教育规划教材 —— 交通运输类

铁路线路与站场

主 编 赵水仙 连一平

副主编 张 全

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

铁路线路与站场 / 赵水仙, 连一平主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2006.8

21世纪高等职业技术教育规划教材. 交通运输类
ISBN 7-81104-301-7

I. 铁... II. ①赵...②连... III. ①铁路线路—高等学校: 技术学校—教材②铁路车站—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①U21②U291

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 058048 号

21世纪高等职业技术教育规划教材——交通运输类

铁路线路与站场

主编 赵水仙 连一平

*

责任编辑 刘婷婷 肖荣

责任校对 李梅

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段111号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川锦祝印务有限公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 12.875

字数: 322千字 印数: 1—3 000册

2006年8月第1版 2006年8月第1次印刷

ISBN 7-81104-301-7

定价: 19.50元

图书如有印装问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

随着社会经济的发展与社会对职业教育培养人才要求的提高,高等职业教育以超乎寻常的速度向前发展,这种发展对高等职业教育提出了更高的要求。要求高等职业教育培养出的人才达到真正能够适应生产、管理、经营、服务等第一线需要的高等技术应用型专门人才的目标。教材是人才培养过程中的一个重要组成部分,是实现课程教学要求和目标的重要媒介之一。为贯彻中共中央国务院《关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》,落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的“职业教育课程改革和教材规划”,实现高等职业教育的培养目标,突出高等职业教育的特色,满足教学需要,特编写了本教材。

《铁路线路与站场》根据我国目前铁路线路及站场的实际情况和新的《铁路技术管理规程》(简称《技规》)的要求,以及高等职业教育的培养目标,阐述了我国铁路线路的基本知识,详细分析了各种类型的铁路车站布置图,简述了高速和重载铁路站场布置及铁路枢纽的基本知识和基本理论。本教材在编写过程中,力求突出高等职业教育应用型和实用型的特点,注重对学生创新能力和实践能力的开发,全面贯彻素质教育的思想,注意了新技术、新设备的运用。该教材文字简明扼要,通俗易懂,力求做到图文并茂,方便自学。为便于理解,在每章后均有复习思考题。该教材可作为高等职业技术学院或五年制高等职业教育铁路专业教材,也可作为普通高校铁路专业的学生及铁路现场工作人员学习铁路线路及站场基本知识的教材。

本教材由西安铁路职业技术学院赵水仙、连一平任主编,由成都铁路运输学校张全任副主编;参加编写的有西安铁路职业技术学院都丽杰、史小薇;吉林铁路运输职工大学吴荣波;成都铁路运输学校孙璐;齐齐哈尔铁路运输职工大学吴庆杰。各章节编写分工为:赵水仙(绪论、第六章、第七章、第十章第二、三节)、都丽杰(第二章和第三章)、连一平(第八章)、史小薇(第四章)、吴荣波(第一章)、孙璐(第五章)、张全(第九章)、吴庆杰(第十章第一节)。

本教材在编写的过程中,参考了大量的文献和资料,在此向这些文献和资料的作者致以衷心的感谢!

由于作者水平有限,本教材的内容、资料难免有不妥之处,敬请各位同仁和读者给予批评指正。

编 者

2006年2月

目 录

绪 论	1
第一章 线路平面和纵断面	4
第一节 线路平面	4
第二节 线路纵断面	8
第三节 线路平面与纵断面图	12
第四节 线路标志	14
复习思考题	16
第二章 路基及桥隧建筑物	17
第一节 路基	17
第二节 桥隧建筑物	19
第三节 道口	30
复习思考题	35
第三章 轨道	36
第一节 轨道的组成	36
第二节 轨道平顺标准	44
第三节 无缝线路	46
复习思考题	48
第四章 站场设计基础知识	49
第一节 线路种类及编号	49
第二节 限界及线间距	50
第三节 线路连接	58
第四节 线路全长及有效长	65
复习思考题	71
第五章 会让站、越行站和中间站	72
第一节 会让站和越行站	72
第二节 中间站的作业及设备	75
第三节 中间站图型	81

第四节 中间站改建·····	83
复习思考题·····	88
第六章 区段站 ·····	89
第一节 区段站概述·····	89
第二节 区段站主要设备的设置位置·····	92
第三节 区段站布置图·····	97
第四节 区段站运转设备·····	106
第五节 区段站咽喉设计·····	112
复习思考题·····	117
第七章 区段站的通过能力 ·····	118
第一节 区段站通过能力概述·····	118
第二节 车站咽喉通过能力的计算方法·····	119
第三节 到发线通过能力的计算·····	130
第四节 区段站最终通过能力的计算·····	134
复习思考题·····	136
第八章 编组站 ·····	137
第一节 编组站概述·····	137
第二节 编组站布置图·····	139
第三节 编组站的调车设备·····	153
复习思考题·····	161
第九章 高速及重载铁路站场 ·····	162
第一节 高速铁路站场·····	162
第二节 重载铁路站场·····	167
复习思考题·····	170
第十章 铁路枢纽 ·····	171
第一节 铁路枢纽布置图·····	171
第二节 铁路枢纽内主要线路的配置·····	176
第三节 铁路枢纽简介·····	179
复习思考题·····	183
附录 ·····	184
参考文献 ·····	200

绪 论

在各种交通运输中,铁路运输以其运量大、速度快、运输成本低、能耗小、污染轻、受气候条件影响小、安全准时等优点成为现代交通运输的主要运输方式,在我国国民经济的发展中具有举足轻重的作用。据统计,2004年全国铁路完成货物运输总发送量249 017万吨,完成货物运输总周转量19 288.77亿吨公里;全国铁路完成行包运输发送量887万吨;完成行包周转量178.20亿吨公里;全国铁路完成旅客运输发送量111 764万人,完成旅客运输周转量5 712.17亿人公里。2004年国家铁路完成运输收入1 794.4亿元,创历史最高记录。

铁路运输的主要任务是安全、迅速、经济、合理地运送旅客和货物,为国家经济发展、国家建设和提高人民物质、文化生活水平服务。在完成这些任务中,铁路线路与站场起着重要的作用。

一、铁路线路

铁路线路是机车车辆和机车运行的基础,是为了完成铁路客货运输任务和进行行车作业,并保证各项作业安全而设的,它由路基、轨道及桥隧建筑物组成。

路基是轨道的基础,直接承受轨道的重量,以及机车车辆及其载荷的压力。路基的质量直接影响着线路质量和列车运行安全。路基由路基本体、防护加固设施和排水设施组成。

轨道是铺设在路基之上,引导机车车辆和列车运行方向、直接承受机车车辆和列车巨大压力的整体工程结构。它必须具有足够的强度和稳定性,以满足列车按照规定的最高速度安全、平稳和不间断地运行。轨道由钢轨、轨枕、联结零件、道床、防爬设备和道岔等组成。

桥隧建筑物包括桥梁、涵洞及隧道等。桥梁是铁路线路跨越江河、深谷、溪沟、公路、道路或另一条铁路时所修建的建筑物,它由桥面、桥跨结构、墩台及基础组成;涵洞是一种修筑在路堤下部的填土中,主要用于通过少量水流的建筑物,它由洞身、基础、出入口组成;隧道是铁路线路穿越山岭时,为避开开挖深路堑或缩短迂回线的长度而修建的建筑物。另外还有各种水下隧道和大城市的地下铁路。隧道由洞身、衬砌、洞门、避人(车)洞等组成。

我国新建或改建的铁路线路,根据其在铁路网中的作用、性质和远期客货运量分为三级:

I级铁路:在铁路网中起骨干作用,远期年客货运量大于或等于20 Mt的铁路。

II级铁路:在铁路网中起骨干作用,远期年客货运量小于20 Mt的铁路;或在铁路网中起联络、辅助作用,远期年客货运量大于或等于10 Mt的铁路。

III级铁路:为某一区域服务,具有地区运输性质,远期年客货运量小于10 Mt的铁路。

铁路线路按其用途分为正线、站线、段管线、岔线和特别用途线。

截止到2004年底,全国铁路营业里程达到74 408 km。其中,国家铁路61 015 km,合资铁路8 524 km,地方铁路及其他4 869 km。全国铁路复线里程达到24 908 km,复线率达到33.5%;全国铁路电气化里程达到19 303 km,电化率达到25.9%。

二、铁路车站

车站是铁路线上设有配线的分界点，是铁路运输生产的基本生产单位，是办理客、货运输的基地。在车站上，不仅要办理旅客运输和货物运输的各项作业，如旅客的乘降、售票、候车，货物和行包的承运、保管、装卸、交付等，还办理与列车运行有关的各种作业，如列车的到发、通过、会让、越行，车列的解体、集结、编组，机车的换挂、检修、整备，机车和列车乘务组更换，车辆检修等。因此，铁路车站参与了铁路运输的整个环节。与此同时，为了使这些作业安全、有效、迅速地进行，车站还集中了办理这些作业的各项技术设备，如客、货运转设备，机车、车辆检修设备以及信联闭设备等。

由此可见，铁路车站对保证铁路运输工作质量起着决定性的作用。因此，合理设计车站，有效运用车站的各种技术设备，对完成铁路运输任务、加速货物送达、提高劳动生产率、降低运输成本、提高运输效益，以及提高铁路通过能力和减少铁路建设造价、节省工程费用等都具有决定性的作用。

车站又是沟通城乡，联系社会生产和消费的纽带，是加强各省、市及国内外合作的门户，因此合理规划、设计车站，在政治上也具有十分重要的意义。

车站按所办理的技术作业的性质分为中间站（包括会让站和越行站）、区段站和编组站；按所办理业务的性质分为客运站、货运站（包括工业站、港湾站和换装站）和客货运站；按在路网上的作用、地位及所担负的作业量分为特等站、I等站、II等站、III等站、IV等站、V等站。

中间站包括会让站和越行站。会让站是在单线铁路上专门办理列车到发、通过和会让作业的车站。越行站是在双线铁路上办理列车到发、通过、越行及运行调整的车站。中间站除办理会让站、越行站的作业外，还办理少量的客货运及摘挂列车的摘挂作业。中间站（包括会让站和越行站）设在铁路牵引区段内，其目的是提高铁路区间的通过能力，保证行车安全，以及为沿线城乡人民生活和工农业生产服务。

区段站设在铁路网上牵引区段的分界点处，主要办理无改编中转货物列车的作业，区段列车和摘挂列车的解编作业，更换机车和乘务组，进行车辆的检修及客货运业务。其目的是便利、及时地换挂无改编中转货物列车的机车和更换乘务组，使这类列车按运行图规定的时间迅速发车，保证车站具有足够的通过能力，从而提高线路通过能力。

编组站设在路网交叉和汇合地点，是铁路内部办理各种技术作业性质的车站。它主要办理大量的各种货物列车的解体和编组作业，更换机车和乘务组，进行车辆的检修等作业。其目的是为全路合理的车流组织服务。

客运站设在大中城市、旅游胜地、经济开发区和客运专线上，主要办理旅客乘降，行包承运、保管、装卸、交付，旅客列车的到发、通过作业，客车车底的整备、取送和检修等。其目的是为该车站吸引范围内旅客运输服务，满足旅客出行的需要。

货运站设在大中城市，办理各种货物的承运、保管、装卸、交付，以及货物列车的到发和有关的调车作业。其目的是为该车站吸引范围内人民生活和工农业生产所需要的货物运输服务，它包括为工业企业生产服务的工业站，为港口进出货物服务的港湾站及为不同轨距货物换装服务的换装站等。

铁路枢纽是指在几条铁路干、支线的交汇点或终端地区，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，如联络线、环线、迂回线等组成的总体。它除办理枢纽内各种车站的有关作业外，在货运运转方面还办理无改编中转和有改编中转列车的作业及小运转列车的作业，在客运作业方面办理通过、管内和市郊列车的有关作业，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，此外还供应运输动力，进行机车车辆的检修等作业。

重载及高速铁路站场主要介绍了重载铁路车站和高速铁路车站的作业、设备及布置图。

到 2002 年，我国国家铁路车站共 5 752 个（不含合资铁路和地方铁路），其中特等站 51 个、一等站 209 个、二等站 313 个、三等站 826 个，电气集中车站 5 278 个。

第一章 线路平面和纵断面

运行列车和机车车辆的线路称为铁路线路，简称线路。线路是机车车辆和列车运行的基础，它是由路基、桥隧建筑物、轨道组成的一个整体的工程结构。为使列车按规定的最高速度安全、平稳和不间断地运行，铁路线路必须经常保持完好状态。

铁路线路的平面与纵断面不但确定了其在空间的位置，同时也为路基、桥涵、隧道及站场等其他设备的设置提供依据，对铁路通过能力及输送能力都有直接影响。从运营的观点来看，最理想的线路是既平又直，但是天然地面情况复杂多变，有山、水、沙漠、森林、矿区、城镇等障碍物和建筑物，如果把铁路修得过于平直，就会造成工程数量和工程费用的增加，并且将会延长工期。所以，铁路线路平面与纵断面必须按线路等级和《铁路线路设计规范》规定的技术标准，结合具体情况设置。

第一节 线路平面

铁路线路在空间的位置用它的中心线表示。线路中心线在水平面上的投影，叫做铁路线路的平面。

线路平面能够表明线路的直、曲变化状态。在线路平面设计时，为缩短线路长度和改善运营条件，应尽可能设计较长的直线段，但当线路遇到地形、地物等障碍时，为减少工程造价和运营支出，还应适当设置曲线。为使列车由曲线到直线或由直线到曲线运行平稳，还应设置缓和曲线。所以线路平面由直线、圆曲线以及连接直线与圆曲线的缓和曲线组成。

一、圆曲线

铁道线路在转向处所设的曲线为圆曲线，如图 1-1 所示，其基本要素有：曲线半径 R ，曲线转角 α ，曲线长度 L ，切线长度 T 。

在线路设计时，一般是先设计出 α 和 R ，再按下式算出 T 及 L ：

$$T = R \times \tan \frac{\alpha}{2} \quad (\text{m}) \quad (1-1)$$

$$L = \frac{\pi}{180} \cdot R \cdot \alpha \quad (\text{m}) \quad (1-2)$$

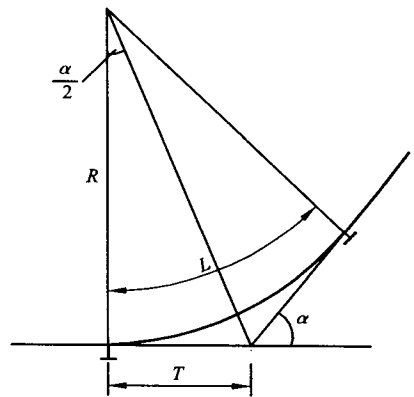


图 1-1 圆曲线要素图

曲线转角 α 的大小由线路走向、绕过障碍物的需要等确定。圆曲线半径的大小,反映了曲线弯曲度的大小。圆曲线半径愈小,弯曲度愈大,行车速度愈低,工程费用愈低。反之,圆曲线半径愈大,弯曲度愈小,行车速度愈高,工程费用愈高。因此,正确地选用曲线半径就显得十分重要。

影响曲线半径的主要因素有列车运行速度、地形条件及牵引机车的种类等,其中行车速度是选定最小曲线半径的主要依据。设计线路时,可根据具体条件尽可能选用较大的半径。为了保证线路的通过能力,并有一个良好的运营条件,我国《铁路技术管理规程》(简称《技规》)规定,区间线路最小曲线半径应不小于表 1-1 所示的数据。

表 1-1 区间线路最小曲线半径

铁路等级	路段设计行车速度 (km/h)	最小曲线半径 (m)	
		一般	困难
I	160	2 000	1 600
	120	1 200	800
	80	500	450
II	120	1 000	800
	80	450	400
III	100	600	550
	80	400	400

在客货混跑的铁路线上,由于旅客列车与货物列车的速度差较大,其最小曲线半径既要保证旅客的安全舒适,又要使货物列车通过曲线时,不至于挤压和磨耗内轨,载运的货物不发生移位。目前世界上已建、在建或正在筹建的高速铁路,运营模式、最高速度、最小曲线半径和普通铁路最小曲线半径见表 1-2 所示。

表 1-2 不同速度铁路最小曲线半径

运营模式	列车最高运行速度 (km/h)	最小曲线半径 (m)
高速客运专线	210	2 500 (日本东海道新干线)
	260	4 000 (日本东北新干线)
	300	6 000 (法国 TGV 大西洋线)
	350	7 000 (德国)
高、中速共线客运专线	高速列车 300, 中速列车 160	7 000
客、货混跑高速专线	旅客列车 250, 货物列车 120	7 000
客、货混跑准高速线	旅客列车 160, 货物列车 80	1 600
客、货混跑普速线	旅客列车 120, 货物列车 70	1 000

我国客运专线铁路,区间线路最小曲线半径为 2 800 m,困难条件下最小曲线半径为 2 200 m,不符合该标准时,须经铁道部批准。

二、缓和曲线

为保证列车运行安全，使线路平顺地由直线过渡到圆曲线或由圆曲线过渡到直线，以避免离心力的突然产生和消除，常需要在直线与圆曲线之间设置一个曲率半径变化的曲线，这个曲线称为缓和曲线。

缓和曲线的作用主要是在缓和曲线范围内，其半径由无限大逐渐变化到等于它所衔接的圆曲线半径，从而使车辆产生的离心力逐渐增加（或减少），列车不会产生强烈的横向摇摆，有利于改善运营条件，保证行车安全和平顺。

缓和曲线的长度对行车的安全性、平顺性有直接影响。缓和曲线太短，显然将不利于行车的安全与平顺，但太长，又将给设置和养护带来困难。因此，缓和曲线的长度应根据曲线半径，结合该地段的行车速度和地形条件合理选用。有条件时，应尽量采用较长的缓和曲线，以便创造更有利的运营条件。

对于高速客运专线，其缓和曲线的设置应满足列车运行平稳、安全和旅客舒适的要求，同时，便于维修养护以及节省工程费用。我国拟建高速铁路缓和曲线长度如表 1-3 所列。

表 1-3 高速铁路缓和曲线长度

曲线半径 (m)	缓和曲线长度 (m)		
	较 长	一 般	困 难
14 000	350	290	210
12 000	410	330	260
11 000	450	370	290
10 000	500	410	330
9 000	560	470	380
8 000	640	540	450
7 000	700	570	460
6 000	700	580	480
5 000	700	600	490

三、夹直线

为保证列车运行的平稳，两条相邻曲线间应设置一定长度的直线。两相邻曲线转向相同时称为同向曲线，如图 1-2 (a) 所示；转向相反时，称为反向曲线，如图 1-2 (b) 所示。图中的 HZ 表示缓和曲线和夹直线的交点，ZH 为夹直线与缓和曲线的交点。车辆运行在同向曲线上，因相邻曲线半径不同，超高高度不同，车体内倾度也不相同；车辆运行在反向曲线上，因两曲线超高方向不同，所以车体时而向左倾斜，时而向右倾斜。这两种情况都会造成车体摇晃震动，夹直线愈短，摇晃震动愈大。

为保证良好的运营条件，夹直线应尽量长些。特别是反向曲线间的夹直线应更长些，因为列车通过反向曲线时，其曲线单位附加阻力比单个曲线增大，影响运行中列车的稳定与安

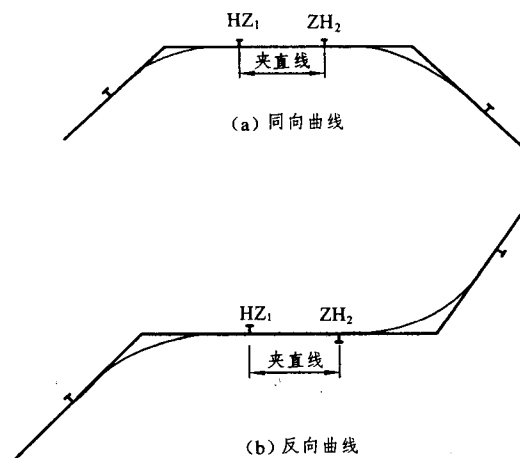


图 1-2 相邻曲线间的夹直线

全。根据运营实践，为保证旅客舒适，夹直线长度应保持 2~3 辆客车长度，困难条件下，也不应短于一辆客车长度。因此《铁路线路设计规范》规定了各级铁路线路两相邻曲线间夹直线最小长度，见表 1-4 所示。

表 1-4 各级铁路线路两相邻曲线间夹直线最小长度 单位：m

铁路等级	一般地段	困难地段
I	80	40
II	60	30
III	50	25

在行车速度较高的线路上，为保证列车运行平稳，夹直线相应要求较长。我国拟建高速铁路两相邻曲线间夹直线最小长度按下式计算确定：

$$\text{一般条件下：} \quad l_{\min} \geq 0.8 v_{\max} \quad (1-3)$$

$$\text{困难条件下：} \quad l_{\min} \geq 0.6 v_{\max} \quad (1-4)$$

式中 v_{\max} ——设计最高速度，km/h。

四、曲线附加阻力

当列车通过曲线时，由于惯性的作用，外侧车轮轮缘紧压外轨头，产生滑动摩擦，车轮在轨面产生的横向滑动加剧。又由于曲线外轨长于内轨，外轮在外轨上的滑行等原因，运行中的列车所受阻力比在直线上所受阻力大，两者之差称为曲线附加阻力。曲线阻力的大小，我国通常用下列的试验公式来计算：

当 $l_1 \geq l_2$ 时：

$$w_t = \frac{A}{R} \quad (\text{N/kN}) \quad (1-5)$$

式中 l_r ——曲线长度, m;
 l_1 ——列车长度, m;
 w_r ——单位曲线阻力, 即列车每一千牛重力所摊到的曲线附加阻力, N/kN;
 R ——曲线半径, m;
 A ——试验得出的常数。在计算时, 我国通常采用 $A=600$ 。
 当 $l_r < l_1$ 时:

$$w_r = \frac{A}{R} \times \frac{l_r}{l_1} \quad (\text{N/kN}) \quad (1-6)$$

从公式可以看出, 曲线半径愈小, 曲线附加阻力愈大, 运营条件就愈差。同时小半径曲线还会限制列车的运行速度, 加剧轮轨之间磨耗, 增加轨枕、轨距杆、轨撑等轨道设备及轨道养护维修费用。但是, 小半径曲线在地形困难时, 容易适应地形, 对工程条件有利。因此, 设计时必须根据该铁路的最高设计速度, 由小到大合理选用曲线半径。

第二节 线路纵断面

线路中心线纵向展直后在铅垂面上的投影, 叫线路的纵断面。为了适应地面的起伏, 线路上除了平道以外, 还修成不同的坡道。线路纵断面只表明线路坡度的变化。因此, 平道、坡道及设于变坡点处的竖曲线就构成了线路纵断面的组成要素。

一、坡道的坡度

铁路线路坡道坡度的大小是用千分率表示的, 即某段坡道两端点的高差 h 与水平距离 L 之比, 用 $i\%$ 表示 (见图 1-3):

$$i\% = 1000 \frac{h}{L} = 1000 \tan \alpha \quad (\%) \quad (1-7)$$

若设 $h=8$ m, $L=4000$ m, 则坡度为 0.002 或 2‰。

铁路线路根据地形的变化, 有上坡、下坡和平道。上、下坡是按列车运行方向来区分的, 通常上坡为正 (+), 下坡为负 (-), 平道为 0。例如, +4‰ 表示坡度为 4‰ 的上坡, 其意为线路每 1000 m 的水平距离升高 4m; -4‰ 则表示坡度为 4‰ 的下坡, 其意为线路每 1000 m 的水平距离降低 4m。

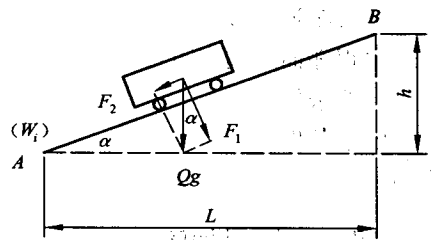


图 1-3 坡道坡度及坡道附加阻力示意图

相邻两坡段的交点叫变坡点, 两变坡点间的距离, 叫坡段长度。从运营角度来看, 纵断面的坡段越长, 变坡点越少, 越有利于列车运行的平稳, 但在地形困难时, 较长的坡段有时会增加工程量。因此, 在具体设计时, 应综合考虑运营条件、地形条件及工程量等因素。一般情况下, 坡段长度不短于远期列车长度的一半, 使一个列车长度范围内不超过两个变坡点, 以减少变坡点附加力的叠加影响所引起列车运行的不平稳。《铁路线路设计规范》规定, 纵断

面坡段长度不宜少于表 1-5 的规定。

表 1-5 坡段长度

远期到发线有效长度 (m)	1 050	850	750	650	550
坡段长度 (m)	500	400	350	300	250

二、坡道附加阻力

列车在坡道运行时,会受到一种由坡道引起的阻力,称为坡道附加阻力。

参见图 1-3 所示,列车在坡道上行驶时其重力 Qg 可以分解为 F_1 和 F_2 两个分力,前一个分力 F_1 由轨道的反作用力抵消了,后一分力 F_2 就成了坡道附加阻力,用 W_i 来表示。则有:

$$W_i = Qg \cdot \sin \alpha \text{ (kN)} = Qg \cdot \sin \alpha \cdot 1\,000 \text{ (N)}$$

因铁路线路坡度的夹角很小(如 $i=30\%$ 时, α 仅为 $1^\circ 44'$),而 α 很小时 $\tan \alpha \approx \sin \alpha$, 因此:

$$W_i = 1\,000 \cdot \tan \alpha \cdot Qg \text{ (N)}$$

又因 $i\% = \tan \alpha$, 则:

$$W_i = i \cdot Qg \text{ (N)} \quad (1-8)$$

坡道附加阻力与列车重力之比,叫做单位附加阻力,用 w_i 来表示。它等于:

$$w_i = \frac{W_i}{Qg} = i \text{ (N/kN)} \quad (1-9)$$

即机车车辆每一千牛重力所受的坡道附加阻力在数值上等于该坡道的坡度千分数 i 。例如,上坡时 $i=6\%$,则单位坡道附加阻力 $w_i=6\text{N/kN}$;若为下坡时 $i=-6\%$,则单位坡道附加阻力 $w_i=-6\text{N/kN}$ 。

由式 1-9 可以看出,坡道坡度越大,列车上坡时的坡道阻力也就越大,同一台机车(在列车速度相同的条件下)所能牵引的列车重量也就越小。

三、换算坡度

列车在坡道上运行时有坡道附加阻力,在曲线上运行时有曲线附加阻力,这两种附加阻力有时单独存在,有时同时存在,为了计算方便,用单位加算附加阻力 w_j 表示因坡道和曲线所产生的单位附加阻力之和,即

$$w_j = w_r + w_i \text{ (N/kN)} \quad (1-10)$$

前已证明,单位坡道附加阻力在数值上等于该坡道的坡度千分数,因此,这些附加阻力也可用一个相当的坡道附加阻力代替,这个相当的坡道称为加算坡道。加算坡道的坡度千分数为:

$$i_j = i + w_r \text{ (‰)} \quad (1-11)$$

由此可知,当坡道上有曲线时,列车上坡运行时坡道就显得更陡;而下坡运行时,坡道则显得缓了。

例: 根据图 1-4 所示的资料,求列车(列车长度为 800m)运行在各坡段的加算坡度。

解: 当列车由 A→D 运行时,根据公式 (1-11) 有:

$$i_j^{AB} = i + w_r = 0 + \frac{600}{1500} \times \frac{500}{800} = 0.25 (\%)$$

$$i_j^{BC} = i + w_r = 3 + \frac{600}{1000} \times \frac{800}{800} = 3.60 (\%)$$

$$i_j^{CD} = i + w_r = -2 + \frac{600}{1200} \times \frac{600}{800} = -1.62 (\%)$$

当列车由 D→A 运行时, 根据公式 (1-11) 有:

$$i_j^{AB} = i + w_r = 0 + \frac{600}{1500} \times \frac{500}{800} = 0.25 (\%)$$

$$i_j^{BC} = i + w_r = -3 + \frac{600}{1000} \times \frac{800}{800} = -2.40 (\%)$$

$$i_j^{CD} = i + w_r = 2 + \frac{600}{1200} \times \frac{600}{800} = 2.38 (\%)$$

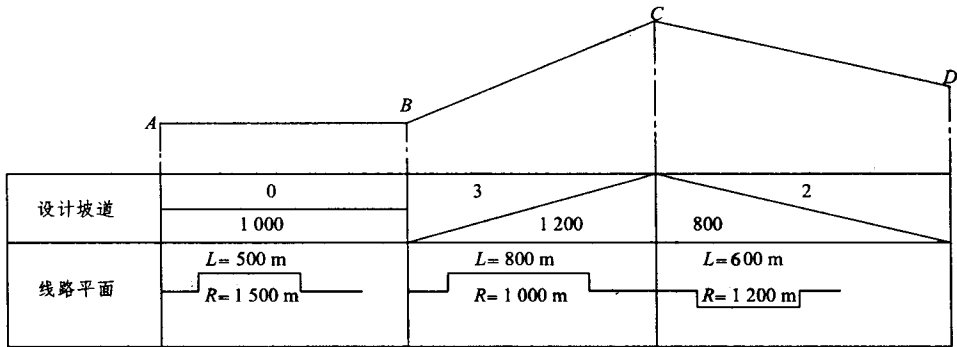


图 1-4 线路平、纵断面图

四、限制坡度

每一铁路区段都是由许多平道和不同坡度的坡道组成。坡道的坡度不同, 它们对列车重量的影响也就不同。

限制坡度是指某个区间或区段内对牵引重量起限制作用的坡道, 即用一台机车牵引规定重量的货物列车, 以规定的计算速度作等速运行时所能爬上的最大坡度。

一条铁路线路的限制坡度愈小, 机车牵引重量愈大, 运营效率亦愈高。但采用过小的限坡, 又可能造成土石方工程量的增加, 提高线路造价。因此, 线路的限制坡度应根据铁路等级、地形类别和牵引种类比选确定, 并应与其衔接铁路的限制坡度、牵引定数相协调。《技规》规定的最大限制坡度数值如表 1-6 所示。

表 1-6 区间最大限制坡度

单位: %

铁路等级		I		II		III	
		一般	困难	一般	困难	一般	困难
牵引种类	电力	6.0	15.0	6.0	20.0	9.0	25.0
	内燃	6.0	12.0	6.0	15.0	8.0	18.0