



国家骨干高等职业院校建设成果
中央财政支持重点建设专业教材

高速铁路路基施工与维护

主 编/安 宁



人民交通出版社
China Communications Press



国家骨干高等职业院校建设成果
中央财政支持重点建设专业教材

高速铁路路基施工与维护

主 编 / 安 宁



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书是国家骨干高等职业院校建设成果、中央财政支持重点建设专业教材之一,就我国高速铁路路基施工与维修所采用的新技术、新工艺、新设备和新材料进行了系统介绍。全书共分五个单元,内容包括:高速铁路线路要览、路基主体施工、路基附属工程施工、路基监测、路基维护。本书构思新颖、重点突出,十分注重基本理论与工程实践的结合,以适应当前铁路施工企业、铁路局工务部门的岗位需求变化,满足职业岗位群对高端技能型人才在知识、能力及素质结构等方面的需求。

本教材适于高职高专高速铁道、铁道工程、城市轨道交通工程等专业学生选作教材使用,也可供相关工程技术人员培训或作为参考书使用。

图书在版编目(CIP)数据

高速铁路路基施工与维护 / 安宁主编. —北京 :
人民交通出版社, 2014. 8
ISBN 978-7-114-11093-1

I. ①高… II. ①安… III. ①高速铁路-铁路路基-
工程施工-高等职业教育-教材②高速铁路-铁路路基-
维修-高等职业教育-教材 IV. ①U213.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第306550号

书 名: 高速铁路路基施工与维护

著 者: 安 宁

责任编辑: 杜 琛 卢 珊

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 25

字 数: 620千

版 次: 2014年8月 第1版

印 次: 2014年8月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-11093-1

定 价: 55.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

本书编写组针对高速铁路路基施工及维护的特点,借鉴国内外高职教育的卓有成效理论和经验,基于工作过程的教学理念,按照情境组织教材内容,力求任务驱动理实一体。本书吸取了国内高速铁路路基建设过程中应用的新工艺、新方法,内容涉及施工管理、质量监测和维护等几方面,严格依据最新规范进行编写。本书内容的选取力争做到全面性、系统性、实用性和先进性,从普速铁路的相关内容入手,逐渐引入重点高速铁路的相关概念和施工方法。

全书共五个单元,单元一介绍普速铁路、高速铁路线路的技术特点及路基设计基本要素;单元二介绍一般条件下和特殊条件下的主体施工,包括机械及土石方调配等;单元三主要介绍防排水、防护加固工程及相关工程的施工;单元四介绍高速铁路路基沉降监测;单元五介绍高速铁路路基病害与维护。建议课时为 90 ~ 120。

本书是由陕西铁路工程职业技术学院为主体,联合中铁一局等企业合作开发,集学院骨干教师与企业资深专家近十余年教学及施工经验,合力精心打造的精品教材。本书编写组由陕西铁路工程职业技术学院安宁教授、邹建风讲师、郎儒林讲师、李英杰讲师,中铁一局集团有限公司副总工程师、资深项目经理李新江高级工程师、赵三益高级工程师组成。

本书单元一由安宁编写,单元二由安宁、郎儒林编写,其中任务一、二由郎儒林编写,任务三~七由安宁编写,案例与实训由李新江编写;单元三由安宁、赵三益编写,其中任务一、任务二由安宁编写,任务三、四及案例与实训由赵三益编写;单元四由安宁、李英杰编写,其中任务一由安宁编写,任务二、三由李英杰编写;单元五由邹建风编写;技能训练及参考答案由安宁编写整理。全书由安宁主编、统稿。

本书在编写过程中,陕西铁路工程职业技术学院高速铁路技术专业 2011 级梁杰、梁蒙、李世凯、朱志坤、樊羽、张荣博等同学也做了很多文字整理工作,此外还有很多同事、朋友提供了宝贵意见,在此一并表示衷心的感谢!由于编写组水平有限,难免有所疏漏甚至错误,烦请广大读者在使用过程中给予指正,不胜感激!

主编 安 宁

2014 年 5 月

目

录

单元一 高速铁路线路要览 1

任务一 高速铁路概要 2

任务二 路基设计概要 34

单元二 路基主体施工 63

任务一 路基施工 64

任务二 特殊地质条件下的路基
施工 107

任务三 地基处理 134

任务四 基床以下路堤施工 195

任务五 过渡段施工 221

任务六 路堑施工 227

任务七 基床施工 245

单元三 路基附属工程施工 267

任务一 路基排水 268

任务二 路基边坡防护 283

任务三 路基加固 299

任务四 路基相关工程及附属
设施施工 308

单元四 路基监测 321

任务一 路基沉降监测技术 322

任务二 路基检测 335

任务三 路基评估技术 341

单元五 路基维护 343

任务一 路基常见病害 344

任务二 病害的预防与整治 350

任务三 铁路路基事故案例及
分析 358

任务四 高速铁路路基维修
案例 364

技能训练及参考答案 373

高速铁路线路要览

知识目标

1. 铁路的等级及主要技术标准、高速铁路的技术特征。
2. 普速铁路和高速铁路在区间、站坪及线桥隧的平纵断面设计要素:圆曲线、夹直线、缓和曲线、坡度、坡度长度、最大坡度折减。
3. 普速铁路和高速铁路在区间、站坪及线桥隧平纵断面图。
4. 高速铁路的路基特点。
5. 高速铁路路基基床结构:基床表层、基床底层。
6. 高速铁路路基的地基条件。
7. 高速铁路路基过渡段。

能力目标

1. 掌握铁路的等级及主要技术标准。
2. 能理解普速铁路和高速铁路在区间、站坪及线桥隧的平纵断面设计要素。
3. 能读懂相关的平纵断面图,认知相关的设施、设备。
4. 能理解普速铁路和高速铁路路基、过渡段的构造,各个组成部分的功能和作用。

技能训练1 普速铁路的平纵断面图及路基模型

1. 材料(设备)准备:普速铁路平纵断面图电子版、打印版,专业模型、橡皮泥及辅助用品,如大头针、牙签、小刀、直尺、三角尺、缝衣线等。以下技能训练对橡皮泥及附属用品的要求相同。
2. 步骤:识读普速铁路平纵断面图,分别制作平纵断面图所表达的3D模型。
3. 成果:小组完成3D模型一组。

技能训练2 高速铁路的平纵断面图及路基模型

1. 材料(设备)准备:高速铁路平纵断面图电子版、打印版,专业模型、橡皮泥。
2. 步骤:识读高速铁路平纵断面图,分别制作平纵断面图所表达的3D模型。
3. 成果:小组完成3D模型一组。

任务一 高速铁路概要



中国发展高速铁路、高速铁路发展中国

高速铁路代表了世界铁路现代化发展的大趋势,高速铁路是 20 世纪交通运输的重大成果,是人类共同财富。作为铁路大国,我国必须大力发展高速铁路。

1. 经济及社会发展的需要

2020 年前中国将全面建设小康社会,这一时期经济仍将快速发展,运输需求必将高速增长。人口的增长,城市化进程的加快,人民物质文化生活水平的提高,人际间的频繁交流,这些都预示着客运需求的潜力增大,而且旅客运输需求的增长将高于货物运输。随着社会节奏的加快,时间价值观念越来越强,旅客运输的高速化,是我国经济及社会发展的必然结果。

对我国而言,土地、能源、环境方面的压力远大于其他国家。国土面积略小于我国、3 亿人口的美国拥有 600 多万千米的公路,其中 8 万多千米为高速公路,公路承担了 80% 以上的旅客周转量,但仅高速公路就占地 4800km^2 。我国人均耕地面积仅 0.0008km^2 (约 1.2 亩),耕地严重短缺,加之以煤为主的能源结构,使我国不能选择美国目前客运主要依靠公路的交通运输模式。日本人口密度大,土地匮乏,国土面积小,虽短途客流多,但仍选择了节约土地及能源、运输效益高的高速铁路作为公共旅客运输的骨干,以满足经济及社会发展的需求,并取得了极好的社会和经济效益。在我国,高速铁路可以充分发挥其技术经济优势。发展高速铁路是我国经济和社会发展的需要,也是我国国情的需要。

2. 客流特点适宜发展高速铁路

我国未来的铁路客流具有以下四大特点。

(1) 量大。这是我国人口众多决定的。今后 10 ~ 15 年,即使每人每年坐一次往返的火车,铁路旅客发送量将达 26 亿人次以上。据预测,京沪高速铁路客流密度远期将达到 9000 万人以上,繁忙区段接近 11000 万人。即使作为一个长 1300km 以上的运输通道,这样大的运量在世界上也是少有的。

(2) 集中。这是人口分布和工业布局主要集中在东部沿海的必然结果。我国客流主要集中在京沪、京广、京沈、哈大、陇海、浙赣等主要干线上。由于我国的城市群也主要分布在这些铁路干线沿线,客流集中的趋势还将加剧。

(3) 行程长。这是广阔的疆域、人们的活动范围较大所形成的。2002 年铁路旅客平均行程达到了 472km。根据以往的统计,铁路旅客行程在 100 ~ 1000km 者,其周转量占总周转量的 51.4%;1000km 以上行程的旅客约 70% 乘火车,只有 30% 左右乘飞机。

量大、集中、行程长正是高速铁路的优势所在,据报道,2013 年铁路春运再破纪录:2.4 亿人次,刷新春运铁路运输记录,日均 601 万人,同比增长 12.1%。其中高速铁路共发送旅客 6727.8 万人,占旅客发送总量的 29.1%,同比增长 37.5%。高速铁路成网的第一年,其旅客增量占全路旅客增量的 70%,成为带动春运客流大幅度增长的主力,这是公路和航空都难以达到的。

(4) 安全性高。铁路运输具有无可比拟的安全性,特别是在我国,2000 年至 2010 年间我国铁路系统累计运送旅客 130 亿人次,每亿人次重大事故死亡人数 2 人;同期,日本铁路每亿人次重大事故死亡人数 9 人;印度每亿人次重大事故死亡人数 920 人。将上述数据平均到每

年,铁路重大事故死亡仅 26 人;相比之下,公路事故 2011 年死亡 6 万人,近十年公路运输死亡超过 60 万人,所以,对于大众来说,铁路是最安全的出行方式。

3. 客货分线为发展高速铁路创造了条件

客流集中的线路也正是货运繁忙的线路,这是我国铁路运输的基本特点。这些线路目前已是双线自动闭塞。由于今后客货运量的增长仍将集中在这些线路上,进一步的扩展只能是修建第二双线,实行客货分线运输。由于货运系统(专用线、货场等)已定型,难以挪动,一般既有线将主要承担货运任务;新建第二双线以客运为主。这样就为发展高速铁路创造了条件。

4. 发展高速铁路是贯彻可持续发展战略的体现

高速铁路的社会成本远远低于公路和航空,因此,发展高速铁路是在交通运输领域贯彻可持续发展战略、调整交通运输结构的重要手段。基本国情及客流特点决定了我国主要应发展大容量、低能耗、少占地、适应性强的公共交通体系。高速铁路就是这样的公共交通体系中的佼佼者,它既能适应我国客流的特点,也能较好地解决人们有限的支付能力与日益增长的旅行需求之间的矛盾,以及日益增长的客流与有限的运输能力之间的矛盾。同时由于高速铁路具有能耗低、占地少、污染轻的特点,在我国发展高速铁路同样是在交通运输领域贯彻可持续发展战略、优化交通运输结构的重要手段。

因此,在我国发展高速铁路是从国情出发的最现实的选择;是发展交通运输,优化和提升交通运输结构的重大战略决策;是我国铁路高层次、大幅度扩大旅客运输能力的新途径;是交通运输领域贯彻可持续发展战略的具体体现。

各国高速铁路运营里程见表 1-1。

各国高速铁路运营里程

表 1-1

序号	国家	运营里程(km)	序号	国家	运营里程(km)
1	中国大陆	9356*	7	比利时	212
2	日本	2779	8	法国/英国	52
3	法国	1914	9	韩国	426
4	德国	1020	10	中国台湾	345
5	西班牙	1518	11	英国	109
6	意大利	1014	12	比利时/荷兰	120

注:*截至 2012 年 12 月 26 日京广高速铁路全线开通运营。

预计到“十二五”末,以“四纵四横”高速铁路为骨架的快速铁路网基本建成,高速铁路里程将达 1.8 万公里左右,包括时速 200~250km 的高速铁路 1.13 万公里,时速 300~350km 的高速铁路 0.67 万公里,基本覆盖我国 50 万以上人口的城市。

我国高速铁路的里程碑——京沪高速铁路线路从北京站引出,经天津、济南、徐州、蚌埠、南京到上海,全长 1300 多公里。除京沪两市外,经大城市时既考虑了设新站直接通过,又考虑了接入既有客站。运输组织模式采用本线旅客列车和跨线旅客列车共线运行的客运专线模式。设计最高运行速度 350km/h,初期运行速度 300km/h。本线旅客列车采用运行速度 300km/h 及以上的动车组,跨线旅客列车采用运行速度 200km/h 及以上的动车组。主要技术标准如下。

- (1) 正线数目:双线;
- (2) 正线线间距:5.0m;

- (3) 最小曲线半径:7000m;
- (4) 最大坡度:12‰,困难条件下不大于 20‰;
- (5) 到发线有效长度:650m;
- (6) 牵引种类:电力;
- (7) 列车运行控制方式:自动控制;
- (8) 调度指挥方式:综合集中调度。

高速铁路主要技术特征

高速铁路在激烈的客运市场竞争中以其突出的优势,不但在其发祥地日、法、德等国家已占据了城际干线地面交通的主导地位,并且在世界诸多经济发达的国家和地区也迅速扩展。高速铁路在不长的时期内之所以能取得如此的发展势头,根本原因是基于轮轨系的高速技术充分发挥了既先进又实用的特点,特别是在中长距离的交通中的独特优势。实践表明,高速铁路已是当代科学技术进步与经济发达的象征。高速铁路虽然源于传统铁路,但借助于多项高新技术已全面突破了普速铁路的概念,形成了一种能与既有路网兼容的新型交通系统。高速铁路在运营过程中更新换代,其技术还在不断发展与完善。

1. 高速铁路是当代高新技术的集成

在世界上,高速铁路的诞生是继航天行业之后,最庞大复杂的现代化系统工程。它所涉及的学科之多、专业之广已充分反映了系统的综合性。20 世纪后期科学技术蓬勃发展,迅速转化为生产力的三大技术有:计算机及其应用,微电子技术、电力电子器件的实用化与遥控自控技术的成熟,新材料、复合材料的推广。高速铁路绝非依靠单一先进技术所能成功,它正是建立在这些相关领域高新技术基础之上,综合协调,集成创新的成果。因此,高速铁路实现了由高质量及高稳定的铁路基础设施、性能优越的高速列车、先进可靠的列车运行控制系统、高效的运输组织运营管理体系等综合集成,如图 1-1 所示。系统协调的科学性,则是根据铁路行业总的要求,各子系统均围绕整体统一的经营管理目标,彼此相容,完整结合,达到整个系统的合理与优化。



图 1-1 综合集成的高速铁路总示意图

2. 高速度是高速铁路高新技术的核心

高速铁路的速度目标值作为高速行车技术的核心指标,是高速铁路总体设计的决定性参数。列车运行速度属于第一层次的系统目标,只有将速度目标值确定之后才能选定线路的设

计参数、列车总体技术条件、列车运行控制及通信信号系统。当然,运量规模、行车密度、运输组织、成本效益等均属第一层次系统目标,但是在各种交通运输方式中,速度始终是技术发展的核心,它是技术进步的具体体现,所以速度目标应是第一位的。自20世纪后半叶以来,铁路旅客列车速度连续跃上三大台阶:20世纪60年代第一代高速列车速度为230km/h,20世纪80年代初第二代高速列车速度达到270km/h,20世纪90年代第三代高速列车速度已达到并超过了300km/h。21世纪初,350km/h的高速列车问世。2012年12月3日,中国自主研发的“和谐号”CRH380高速动车组列车在京沪高铁枣庄至蚌埠段试验运行最高时速达486.1km。这是中国铁路创造的世界纪录,更是世界铁路发展史上值得书写的重要篇章,因为,高速铁路是人类文明与智慧的宝贵结晶,是人类社会走向现代化的重要标志和有力支撑。

3. 系统间相互作用发生了质变

高速铁路由于行车速度至少提高1倍以上,引发铁路行业各系统及其相互关系的质变。过去用于普速铁路行之有效的规范标准不能照搬于高速铁路。高速铁路从可行性研究、规划、设计、施工、制造到运营管理,都需要系统地进行研究才能付诸实施。随着速度的提高,各子系统原有的规律和相互间关系将转化为强作用而需重新认定。系统中某项参数或标准选择不当都将引发连锁反应。例如,线路参数、路基密实度或桥梁刚度选择不合理,不仅是线路质量问题,还将影响列车运行的平稳性及可靠性,也增加维修工作量,干扰运输组织、行车指挥。反之,确定列车主要参数及性能时也必须考虑线路参数与控制系统方案,否则最终都要制约整个系统效能的发挥。高速铁路系统之间的关系远比普速铁路复杂。

4. 系统动力学问题更加突出

高速铁路系统动力学问题包括以下几方面的内容。

1) 高速列车的振动与冲击问题

高速列车在线路上行驶,速度越高,发生的振动与冲击越强,致振的敏感因素越多。高速铁路的基础设施及运载装备不但应具备优良的固有特性,还必须在界面上彼此都要保有均匀、平顺、光滑的特征。这是建立高速铁路各子系统都必须遵守的共性准则。系统振动与冲击力学分析,最主要的目的是协调各子系统组成部分的特性参数,保证系统功能优化。对于高速铁路来说,最重要的是确保列车持续、安全、平稳运行。因此,必须预见在各种速度工况下系统的动力响应,突出的问题有:轮轨间接触力的变化,将影响列车牵引与制动的实现、轮轨的磨损与疲劳、运行的安全指标;车—线—桥系统的动力反应,将影响结构功能与列车平稳运行;弓网系统的振动,将影响受电效能及安全等。所以动力响应是涉及高速行车技术深层次的基本问题,必须认真处理。

2) 高速列车运行中的惯性问题

高速列车运行中的惯性问题直接影响旅客的安全与舒适。例如,对于舒适度,人体承受振动的能力与振动频率密切相关,根据试验结果,人体对频率在10Hz以下的低频振动更为敏感,此时,振动加速度达到0.1g人就感到不舒服。列车运行加速或减速时,旅客均要承受纵向惯性力的作用,通常也以加速度衡量。加速时由于受到牵引功率的限制,一般准静态(平均)加速度值都不超过0.05g,所以加速时在正常操纵下,不会给旅客带来不适感。但制动时为确保列车安全,减速距离较短,如列车速度为300km/h时,紧急制动距离小于3700m,其准静态(平均)制动加速度低于0.1g,考虑车辆制动时动作不一致将有冲动现象发生,瞬时制动加速度将接近0.3g,这时旅客将感到不适,所以紧急制动只能在非常情况下使用。在一般常用制动情

况下,当制动参数取 0.8 或 0.5 并操纵得当时,其制动加速度分别为 $0.075g$ 及 $0.05g$ 。所以,为保证列车行驶时旅客的舒适度必须重视运动中的惯性问题。这应从线路基本参数、列车性能及操纵技术上予以保证。

3) 高速列车空气动力学问题

(1) 列车空气阻力问题

地面交通系统都有一个难以避免的共性问题,这就是空气动力学问题。在地表大气层中,交通载体所受到的空气阻力、竖向力、横向力和压力波等都与速度平方成正比,随着速度的提高而急剧增加,从而成为提高地面高速交通速度主要的制约因素。高速列车时速超过 200km 就必须认真研究这一问题。为减缓空气动力的影响,通过大比例风洞模型试验及三维有限元空气动力学理论分析,筛选设计方案,可做出技术经济合理抉择。在一定速度下,高速列车空气阻力及其他空气动力作用取决于列车的外形、列车的截面及外表面的光滑平顺度。所以,在列车的总体设计及车体设计中都必须周密处置,使整列车具有良好的气动性能。

(2) 列车内部空气密封问题

高速运行的列车,由于各种气动效应影响使列车内外压差增大。若列车密封性差,则必将引起车内气压的变化超过一定范围,导致人体各种不适感。所以,对车窗、车门、车辆间的连接风挡都要求具有良好的密封性。

(3) 线间距问题

两列相对行驶的高速列车在线路上会车时,各种空气动力作用比单列车行驶时强烈,并将影响列车运行的平稳性与车内人员的舒适度。这种影响在其他条件一定的情况下,与高速铁路的线间距成反比。高速铁路的线间距应根据车速、车宽、列车头形系数、车体密封程度、车窗玻璃承压能力等因素来考虑。如果在线路上有各种不同类型列车运行,应顾及性能较差列车的承受能力。

(4) 隧道断面选择问题

对于有限界面的隧道而言,高速铁路的空气动力学作用将比在明线环境条件强烈,在一定速度下,其幅值主要与隧道断面的堵塞比密切相关。所以,列车速度越高,隧道断面应越大,对长隧道来说还必须考虑隧道内空气有较通畅的导流途径以缓解其动力效应。

5. 对高速铁路主要子系统的基本要求

(1) 高速铁路的基础设施

高速铁路的基础设施是确保高速行车的基础。高速铁路与普速铁路相比最大的区别在于线路高平顺度特性方面。高平顺性最终体现在轨道上,无论轨道是在路基上或在桥梁上,也无无论何种类型的轨道,都要求它不仅在空间上要具有平缓的线形,而且在时间上还必须具备稳固的高保持性。由此决定了高速铁路基础设施各主要组成部分——路基、桥梁、隧道等的主要技术参数与技术规定,必须互相协调,使之整体上满足高速行车在运动学、动力学、空气动力学及运输质量方面的各项技术指标。所有基础设施在运营管理方面还必须具备高可靠度与可维修、少维修的条件,以利于降低成本及提高效率。

(2) 高速列车

高速列车是高速铁路的运输载体,是实现高速铁路功能的关键。为确保高速行车主要功能指标的落实,高速列车在车型、牵引、制动、减振、列控、检测、供电等一系列专业技术上都要取得重大突破。建立在轮轨系基础上的各型高速列车吸取了当代相关高新技术,已做出为世人瞩目的成就。但为满足更高的目标需求,仍在不断更新换代,其技术发展永无止境。

(3) 高速铁路的运行控制、行车指挥及运营管理

高速铁路的运行控制、行车指挥及运营管理各系统是确保高速铁路列车运行安全有序、发挥效率与效益的核心体系。虽然高速铁路与普通铁路相似,其主要软硬技术都由区间轨道电路、自动闭塞、车站计算机联锁等所构成的调度系统支持,但由于运行速度大幅度的提高,列车密度增加,行车组织节奏明显增快,高速铁路的运行控制及调度系统应更加完备,运输组织与经营管理体系应更加严密。高速铁路调度指挥系统是以行车调度为核心,集动车底调度、电力调度、综合维修调度、客运服务调度、防灾安全监控为一体的综合自动化系统,该系统应能确保高速高密行车的安全与效能。高速铁路的经营管理从模式、体制到运作方法都必须结合国情与路情做出切合实际的选择,以促进高速铁路效能发挥。



铁路等级与主要技术标准

1. 铁路等级

铁路等级是根据铁路线路意义和在铁路网中的作用,并结合国家要求的远期年输送能力来决定的。它是铁路的基本标准,也是确定铁路技术标准和设备类型的依据。设计铁路时需先确定铁路等级,然后选定其他主要技术标准和各种运输装备的类型。

《铁路线路设计规范》(GB 50090—2006)(以下简称《线规》)和《高速铁路设计规范(试行)》(TB 10621—2009)规定新建和改建铁路(或区段)的等级,应根据其在铁路网中的作用、性质和远期客货运量确定,并应符合下列规定:

I级铁路,铁路网中起骨干作用的铁路,远期年客货运量大于或等于2000万t者。

II级铁路,铁路网中起骨干作用的铁路,远期年客货运量小于2000万t者;或铁路网中起联络、辅助作用的铁路,远期年客货运量大于或等于1000万t者。

III级铁路,某一区域服务具有地区运输性质的铁路,远期年客货运量小于1000万t者且大于或等于500万t者。

IV级铁路,某一区域服务具有地区运输性质的铁路,远期年客货运量小于500万t者。

铁路的等级可以全线一致,也可以按区段确定。如线路较长,经行地区的自然、经济条件及运量差别很大时,宜按区段确定等级。但应避免同一条线上等级过多或同一等级的区段长度过短,使线路技术标准频繁变更。

2. 铁路主要技术标准

铁路主要技术标准是指对铁路输送能力、工程造价、运营质量以及选定其他有关技术条件有显著影响的基本标准和设备类型。《线规》中明确规定下列内容为各级铁路的主要技术标准:正线数目、限制坡度、最小曲线半径、车站分布、到发线有效长度、牵引种类、机车类型、机车交路、闭塞类型。这些标准是确定铁路能力大小的决定因素,一条铁路的能力设计,实质上是选定主要技术标准。同时这些标准对设计线的工程造价和运营质量有重大影响,并且是确定设计线一系列工程标准和设备类型的依据。其中前五项属工程标准(固定设备标准),建成后很难改变;后四项则属技术装备类型,可随着运量的增长逐步进行更新改造。由于铁路主要技术标准是铁路建筑物和设备的类型、能力和规模的基本标准,对铁路能力、运营安全、运输效率、投资规模、经济效益和社会效益有重要影响,而且主要技术标准之间联系密切,相互影响。因此,主要技术标准应根据国家要求的年输送能力和确定的铁路等级在设计中综合考虑,经技术经济比选确定,以保证技术上先进、经济上合理、标准间协调。

铁路输送能力由货物列车牵引吨数和通过能力决定,并受列车运行速度的影响。主要技术标准对三者都有不同程度的影响。

1) 影响牵引吨数的主要技术标准

(1) 牵引种类

牵引种类是指机车牵引动力的类别。我国铁路目前的牵引种类有电力、内燃两种,不同的牵引种类具有不同的特点,对铁路运输能力、行车速度、运营条件及工程与运输经济具有重要的影响。蒸汽机车已停产多年。今后牵引动力的发展方向为大功率电力和内燃机车。

①电力牵引。电力机车热效率高,火力发电为 14% ~ 18%,水力发电可达 60%,整备一次走行路线长,不需燃料供应和中途给水,机车利用率高。解除功率大、速度高、牵引力大,可显著增大铁路能力。除噪声外,不污染环境,且乘务员工作条件好。与内燃机厂相比,机车造价低,但需用接触网供电,机车独立性差,且投资大。我国电力机车已构成不同轴数和轴式的韶山型机车系列,可根据不同运营条件选用。

②内燃牵引。内燃机车热效率高达 22% ~ 28%。机车不需供电设备,独立性好。缺点是需要消耗贵重的液体燃料,且机车构造复杂、造价较高。高温、高海拔地区牵引功率降低,使用效率低。中国内燃机车已构成不同轴数和轴式的东风型机车系列,可根据不同运营条件选用。

牵引种类应根据路网与牵引动力规划、线路特征和沿线自然条件以及动力资源分布情况,结合机车类型合理选定。运量大的主要干线、大坡度、长隧道或隧道毗连的线路上应优先采用电力牵引。

(2) 机车类型

机车类型系指同一牵引种类中机车的不同型号。它对铁路运输能力、行车速度、运营条件及工程与运输经济具有重要的影响。机车类型应根据牵引种类、运输需求以及与线路平、纵断面技术标准相协调的原则,结合车站分布和临线的牵引质量,经技术比选确定。

(3) 限制坡度

一定类型的机车,牵引(单机牵引)一定质量的列车,在持续相当长的最大上坡道上行驶,仍能保持以计算速度作等速运行,这个最大坡度称为限制坡度。

限制坡度大小,对线路工程造价和运输条件有重大影响。一条铁路若使用大的限制坡度,则线路短,工程数量小,造价低,运营费高,安全条件差;若使用小的限制坡度,则线路将增长,工程数量大,造价高,运营费低,安全条件好。因此,铁路线路的限制坡度必须根据铁路等级、地形条件、牵引种类和运输要求来比选确定,并应考虑与邻接铁路的牵引定数相协调。限制坡度的数值,以千分率“‰”符号表示,即每 1000m 水平距离的高差数值。对于线路上坡、下坡和平坡,常用(+)、(-)、(0)来表示。如 +2‰,表示每 1000m 的水平距离线路上升 2m,读作正千分之二,即千分之二的上坡。-3‰,表示每 1000m 的水平线路下降 3m,读作负千分之三,即千分之三的下坡。

限制坡度的数值,《线规》规定,各级铁路的限制坡度,不得超过表 1-2 规定的数值。

限制坡度最大值(‰)

表 1-2

铁路等级		I			II		
地形类别		平原	丘陵	山区	平原	丘陵	山区
牵引种类	电力	6.0	12.0	15.0	6.0	15.0	20.0
	内燃	6.0	9.0	12.0	6.0	9.0	15.0

(4) 到发线有效长

车站内除正线外,其他指定作为列车到达和出发的股道,称之为到发线。

到发线有效长度,是指列车在到发线上停留时,不妨碍邻线列车通过的股道最大长度。它对货物列车长度(即牵引吨数)起限制作用,从而影响列车对数、运输能力和运行指标,对工程投资、运输成本等经济指标也有一定的影响。

《线规》规定:I、II级铁路分为1050m、850m、750m及650m四种标准;III级铁路分为850m、750m、650m及550m四种标准。

到发线有效长度主要受货物列车长度控制,而货物列车长度又受牵引定数控制。在现阶段,货物列车载质量未提高前,牵引定数大、货物列车就长,到发线有效长度相应也长;反之就短。

我国高速铁路采用的客运专线的形式,客货分离,所以其到发线长度规定为650m。

改建既有线和增建第二线的货物列车到发线有效长度采用上述系列值引起较大工程时,可根据实际需要计算确定。

近期货物列车长度一般较远期为短,若初、近期到发线有效长度按远期铺设,则不但增加初期投资,而且增大初、近期调车作业行程,增加运营支出,故近期有效长度应按实际需要铺设。

2) 影响通过能力的主要技术标准

(1) 正线数目

正线数目是指连接并贯穿车站线路的数目。按正线数目可把铁路分为单线铁路、双线铁路和多线铁路。单线铁路是区间只有一条正线的铁路,在同一区间或同一闭塞分区内,同一时间只允许一列车运行,对向列车的交会和同向列车的越行只能在车站上进行。双线铁路是区间有两条正线的铁路,分为上行线和下行线,在正常情况下,上下行列车分别在上下行线上行驶,但在同一区间或同一闭塞分区的一条正线上,同时只允许一列车运行。多线铁路是区间有多于两条正线的铁路。

单线和双线铁路的通过能力悬殊很大。单线半自动闭塞铁路的通过能力为42~48对/d;双线自动闭塞则为144~180对/d。双线的通过能力远远超过两条单线的通过能力,而双线的投资比两条平行的单线少约30%,双线旅行速度比单线高约30%,运输费用低约20%。可见,运量大的线路修建双线是经济的。

我国高速铁路都是双线。

(2) 车站分布

车站分布距离大小决定列车在区间的往返走行时分,从而影响通过能力。车站分布距离因影响车站数量,故对工程投资有较大影响;因影响列车起停次数和旅行速度,故对运营支出有直接影响。

新建单线铁路站间距离不宜小于8km,新建双线铁路不宜小于15km,枢纽内站间距不得小于5km。

(3) 闭塞方式

铁路为了保证行车安全、通过运输效率,利用信号设备等来管理列车在区间运行的方法,称为闭塞方式。闭塞方式决定车站作业间隔时分,从而影响通过能力。我国的基本闭塞方式有半自动闭塞和自动闭塞,在次要支线和地方铁路有的还采用电气路签闭塞。

①半自动闭塞。半自动闭塞是闭塞机与信号机发生连锁作用的一种闭塞装置。列车进入

区间的凭证是出站信号机显示绿灯,但出站信号机受闭塞机的控制,只有在区间空闲、双方车站办理好闭塞手续之后,出站信号机方能再次显示绿灯。

采用半自动闭塞时,因列车进入区间的凭证是信号机的显示,省去了向司机递交路签的时间,从而缩短了列车在车站接发车作业时分,提高了通过能力。

②自动闭塞。自动闭塞时,区间被分为若干闭塞分区(图 1-2),进一步缩短了同向列车的行车间隔距离。列车运行完全根据色灯信号机的显示,红色灯光表示前方的闭塞分区被占用,列车需要停车;黄色灯光表示前方只有一个闭塞分区空闲,要求列车减速;绿色灯光表示前方至少有两个闭塞分区空闲,列车可以按规定速度运行。由于信号的显示完全由列车所在位置通过轨道电路来控制,所以称为自动闭塞。



图 1-2 自动闭塞分区

单线上使用自动闭塞,可以提高通过能力,但效果不甚显著。双线采用自动闭塞可使两同向列车的追踪间隔时分缩短到 8~10min,通过能力达 100 对/d 以上。

单线线路远期应采用半自动闭塞,双线线路应采用自动闭塞。一个区段内应采用同一闭塞类型。

我国高速铁路上的列车运行控制方式规定为自动闭塞。

3) 运行行车速度的主要技术标准

(1) 最小曲线半径

最小曲线半径是设计线采用的曲线半径最小值。最小曲线半径不仅影响行车安全、旅客舒适等行车质量指标,而且影响行车速度、运行时间等运营技术指标和工程投资、运营支出、经济效益等经济指标。详见 P15 页圆曲线部分。

(2) 机车交路

铁路上运转的机车都在一定的区段内往返行驶。机车往返行驶的区段称为机车交路,其长度称为机车交路距离。机车交路两端的车站称为区段站。区段站一般都设置一定的机务设备。机车交路距离影响列车的旅途时间和直达速度。

四 线路平纵面设计

线路中心线是用路基横断面上 O 点纵向的连线表示的(图 1-3)。 O 点为距外轨半个轨距的铅垂线 AB 与路肩水平线 CD 的交点。线路的空间位置是由它的平面和纵断面决定的。线路平面是线路中心线在水平面上的投影,表示线路平面状况。线路纵断面是沿线路中心线所作的铅垂剖面展直后线路中心线的立面图,表示线路起伏情况,其高程为路肩高程。

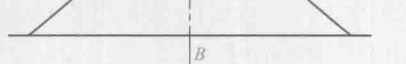
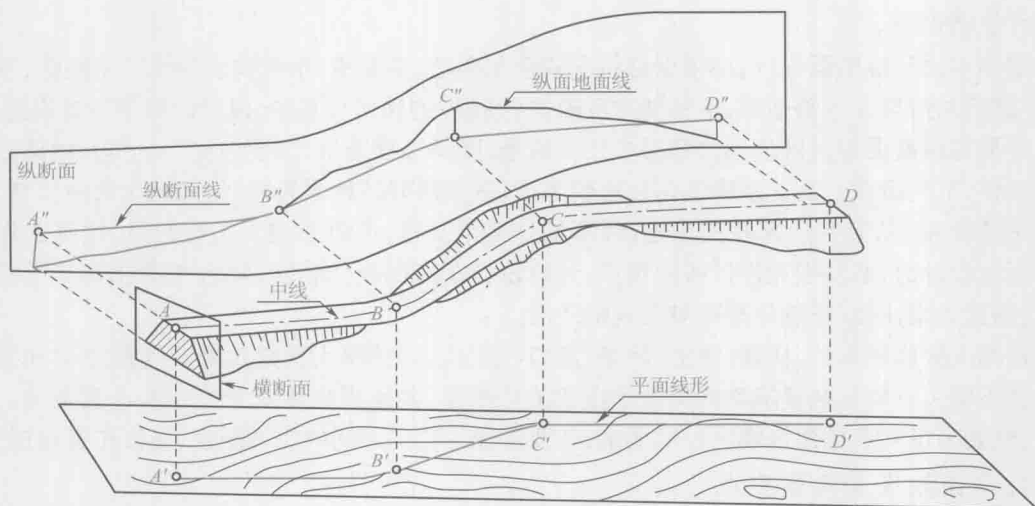
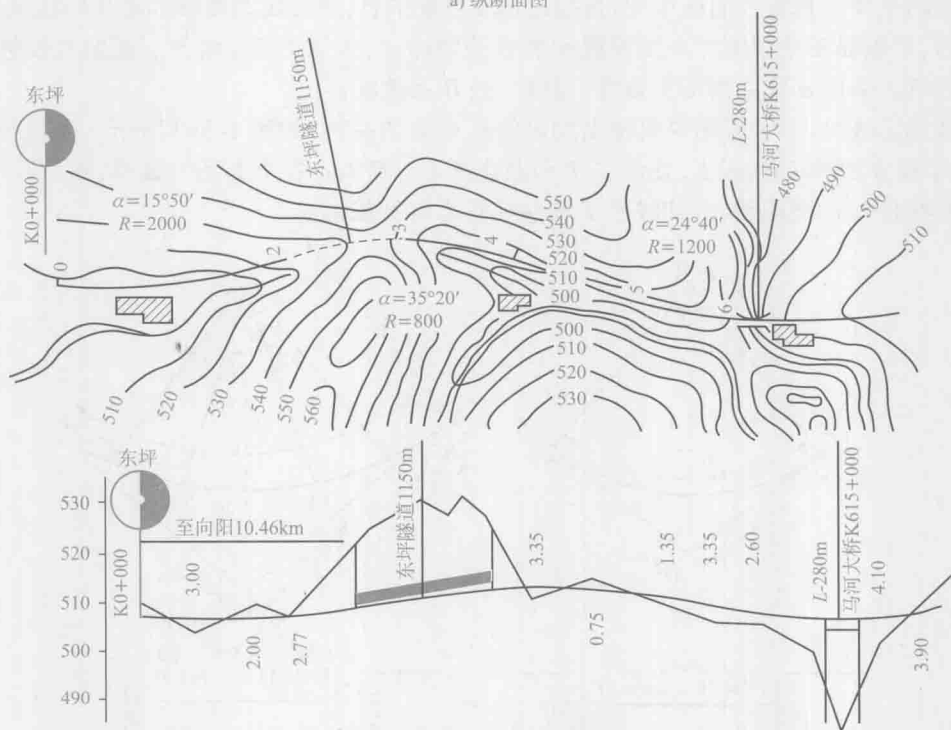


图 1-3 路基横断面

各设计阶段编制的线路平面图和纵断面图是线路设计的基本文件。各设计阶段的定线要求不同,平面图和纵断面图的详细程度也各有区别。图 1-4 为新建铁路概略的平



a) 纵断面图



b) 平面图

工程地质概况	砂黏土	黏土	砂黏土	砂岩
路肩设计高程	507.0	510.0	514.4	508.4
设计坡度	0 1:150	3.5 2:100	0 500	4 750
里程	K1	K2	K3	K4
线路平面	$\alpha = 15^\circ 50'$ $R = 2000$		$\alpha = 35^\circ 20'$ $R = 800$	$\alpha = 24^\circ 40'$ $R = 1200$

图 1-4 新建铁路线路图

面图和纵断面图。

线路平面和纵断面设计,必须保证行车安全和平顺,主要指:不脱钩、不断钩、不脱轨、不途停、不缓运与旅客乘车舒适等,这些要求反映在《线规》的技术标准中,设计时要遵守其规定。

平面与纵断面设计既应当力争减少工程数量、降低工程造价,又要为施工、运营、维修提供有利条件,节约运营开支。从降低工程造价考虑,线路最好顺地面爬行,但因起伏弯曲太甚,给运营造成困难;从节约运营开支考虑,线路最好又平又直,但势必增大工程数量,提高工程造价。因此设计时,必须根据设计线的特点,分析设计路段的具体情况,综合考虑工程和运营的要求,通过方案比较,正确处理两者之间的矛盾。

铁路上要修建车站、桥涵、隧道、路基、道口和支挡、防护等大量建筑物。线路平面和纵断面设计不但关系到这些建筑物的类型选择和工程数量,并且影响其安全稳定和运营条件。设计时,既要考虑到各类建筑物的技术要求,还要考虑到它们之间的协调配合、总体布置合理。

1. 平面组成和曲线要求

线路平面由直线和曲线组成,直线应该尽可能的长,曲线由圆曲线和缓和曲线构成。概略定线时,平纵面图中仅绘出未加设缓和曲线的圆曲线,如图 1-5a) 所示。圆曲线要素为:偏角 α , 半径 R 。偏角 α 在平面图上量得,曲线半径 R 系选配得出。

详细定线时,平纵面图中要绘出加设缓和曲线的曲线,如图 1-5b) 所示。曲线要素为:偏角 α 、半径 R 、缓和曲线长 l_0 、切线长 T 和曲线长 L 。偏角 α 在平面图上量得,圆曲线半径 R 和缓和曲线长 l_0 由选配得出,切线长 T 和曲线长 L 可计算得出。

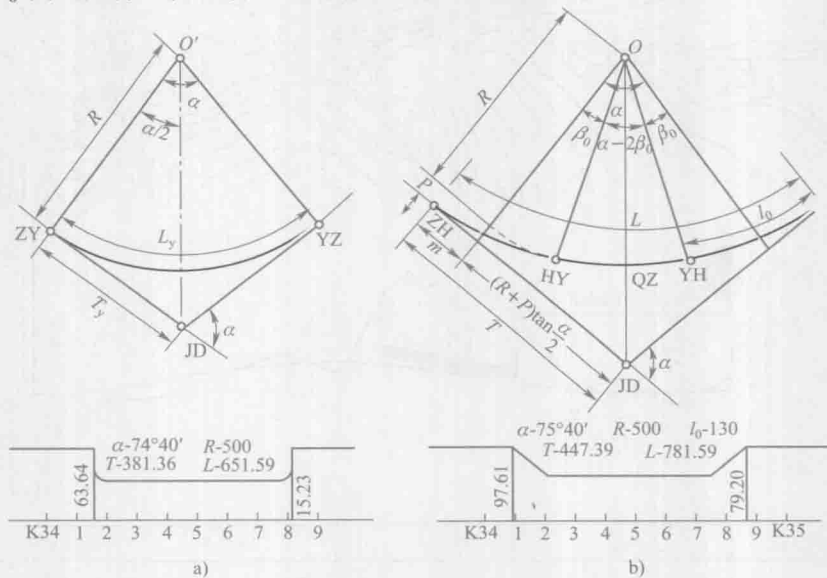


图 1-5 铁路曲线示意图

纸上定线时,在相邻两直线之间需用一定半径的圆曲线连接,并使圆弧与两侧直线相切。

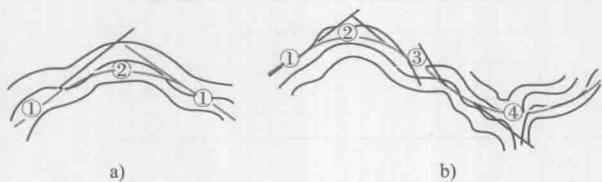


图 1-6 相连曲线半径选用

曲线半径的选配,可使用与地形图比例尺相同的曲线板,根据地形、地质与地物条件,由大到小选用合适的曲线板,决定合理的半径。若地势开阔,可先绘出两相邻的直线段,然后选配中间的曲线半径,如图 1-6a) 所示;若曲线毗连,则先在需要转