

中等专业学校教材

铁 路 设 计

(修订版)

潘可权 主编

中国铁道出版社出版、发行

各地新华书店经营

北京燕华营印刷厂印

开本: 787×1092 毫米 $1/16$ 印张: 16 字数: 373 千

1980年4月第1版

1989年5月第2版第6次印刷

印数: 23001—28000 册 定价: 2.90 元

目 录

第一章 铁路设计概述.....	1
第一节 我国铁路发展的概况.....	1
第二节 铁路勘测设计的任务.....	3
第三节 铁路勘测设计的基本原则.....	4
第四节 铁路勘测设计阶段的划分.....	4
第五节 铁路等级及主要技术标准.....	6
第二章 铁路能力及牵引计算.....	8
第一节 铁路通过能力与输送能力.....	8
第二节 牵引计算.....	14
第三章 线路的平面和纵断面设计.....	59
第一节 概述.....	59
第二节 区间线路平面.....	60
第三节 区间线路纵断面.....	70
第四节 线路平面、纵断面设计的基本技术要求.....	79
第五节 线路平面、纵断面设计对运营、经济和工程的要求.....	90
第六节 铁路定线.....	91
第七节 方案比选概念.....	108
第八节 线路平面图和纵断面图.....	116
第四章 车站分布与中间站设计.....	121
第一节 车站的作业、分类和分布.....	121
第二节 站坪的平面和纵断面.....	129
第三节 车站设备.....	133
第四节 车站线路的连接.....	139
第五节 车站线间距及线路长度.....	142
第六节 中间站的平面计算.....	157
第七节 中间站站场路基与排水.....	164
第八节 专用线接轨和避难线.....	166
第五章 既有线改建和增建第二线平面设计.....	171
第一节 概述.....	171
第二节 平面改建设计.....	173
第三节 纵断面改建设计.....	198
第四节 横断面改建设计及纵断面、平面、横断面的综合设计.....	203
第五节 增建第二线平面设计.....	207
附录 站场平面图常用图例.....	247

第一章 铁路设计概述

内 容 提 要

学习本章的目的，主要是使学生对我国铁路建设的沿革及发展有一个认识，对铁路勘测设计工作有一个基本概念。

本章对铁路勘测设计的任务和原则作了简要的说明，对勘测设计阶段的划分和各阶段要解决的问题进行了阐述，重点是铁路等级的划分和主要技术标准的确定，其中一些技术标准的确定，在以后的第二、三、四章里，将要详细讨论，这里只要求学生建立一个初步概念。

必须注意，本章及以后各章所研究的问题，要紧密地结合铁道部颁布的各种规程和规范，它包括：《铁路技术管理规程》、《铁路线路设计规范》、《铁路车站及枢纽设计规范》、《列车牵引计算规程》以及《铁路工务规则》等。

第一节 我国铁路发展的概况

铁路是一种现代化的交通运输工具，是拥有多种运输设备的一个物质生产部门。它是随着社会生产发展的需要而产生、发展和完善起来的。铁路运输的特点是安全好、速度高、成本低、运输能力大、环境污染小和受气候条件的影响也较小。现在，它已经成为很多国家的一种主要运输方式。

我国的铁路迄今已将绝大多数省区联系起来，保证了我们幅员辽阔的祖国，在政治、经济、国防、文化等方面，连接成一个不可分割的整体。在促进国民经济发展、巩固国防、保证国家统一和民族团结、提高人民生活水平方面，起着十分重要的作用。

旧中国铁路的产生和发展，正是殖民主义、帝国主义对中国进行侵略和掠夺的一种标志。1876年，英国商人在上海建筑了长约14.5km的淞沪铁路，这是殖民主义者在旧中国建筑的第一条营业铁路。此后，英、法、俄、德、日、美等帝国主义国家纷纷在中国建筑铁路，以便掠夺中国资源，剥削和奴役中国人民，把中国变为他们的殖民地和半殖民地。

在帝国主义和国内反动派控制下的旧中国铁路，从1876年到1949年中华人民共和国成立，经过了七十三年时间，总共只建成了22000km。由于国民党反动派的破坏，1949年解放时，全国能够维持通车的仅有11000km。不仅数量少、技术装备落后，而且分布很不均衡，大部分是从沿海港口伸向内地，使旧中国铁路集中在我国东北和东南沿海地区，以适应各帝国主义国家倾销剩余商品和掠夺我国资源的需要。

这一时期，只有少数铁路是中国自己建筑的，这里特别要指出的是京张铁路（1905～1909年），是在我国第一个卓越的、爱国的铁路工程师詹天佑的领导下，依靠中国工人阶级自己的力量建成的。

京张铁路地形复杂，工程艰巨。詹天佑仅带助手数人，进行勘测设计，后又组织施工。他创造性地采用了重型机车和33.3%的加力牵引坡度，采用了自动车钩，凿通了长达1091m

的八达岭隧道，在地势险峻的青龙桥车站，充分利用地形，设计了人字形展线，大大降低了工程费用，缩短了工期。由于他精密规划，刻苦经营，终于提前两年，建成了京张铁路。

詹天佑在铁路设计和管理上，都有其贡献。他坚持采用1435mm轨距，并建议作为全国统一的标准轨距。他编定了京张铁路标准图和行车、养路、机车、电报等规则共33章，可以说是我国最早的管理规程和设计规范。

1949年，中国人民在中国共产党和毛主席的英明领导下，推翻了三座大山，从帝国主义及国民党反动派手里接收了铁路。从此，铁路成为中国人民进行社会主义革命和社会主义建设的重要工具。为了适应运量不断增长的需要，在对旧有铁路进行技术改造的同时，大规模地进行了新线铁路的勘测设计和施工，至1966年初，新建的铁路有华北的丰（台）沙（城）、集（宁）二（连）；西北的包（头）兰（州）、天（水）兰（州）、兰（州）新（乌鲁木齐）；中南的黎（塘）湛（江）、来宾至友谊关；华东的鹰（潭）厦（门）、外（洋）福（州）；西南的成（都）渝（重庆）、黔桂（金城江至贵阳段）、贵（阳）昆（明）、川（重庆）黔（贵阳）；以及沟通西北、西南的宝（鸡）成（都）和东北地区的一些森林铁路。1970~1982年，又先后修通了成（都）昆（明）、湘黔（金竹山至贵阳段）、焦（作）柳（州）、襄（樊）渝（重庆）、青藏（西宁至格尔木段）、南疆（吐鲁番至库尔勒）、京（北京）通（辽）、太（原）焦（作）、邯（郸）长（治）、阜（阳）淮（南）和皖赣（芜湖至贵溪）等线。三十三年来，我们修建交付使用了四千多座隧道，总延长1900km。在京广线衡阳至广州双线工程中，正在修建的我国最长的双线电化隧道——大瑶山隧道，全长14.3km，采用机械化程度高的全断面挖进机施工。修建交付使用了一万四千多座桥梁，总延长近1000km。解放前，黄河上只有两座铁路桥，现在增加到十七座。长江上已经架起了武汉、南京、重庆和枝城四座特大桥，其中南京长江大桥通车于1968年底，桥长6772m，梁跨160m，采用大型管柱重型混凝土沉井基础，具有国际水平；第五座长江大桥正在九江修建中。1980年建成湘桂线红水河铁路斜拉桥，主跨为96m的预应力混凝土箱形梁，是一项新的技术成就。1982年底，在襄渝线安康附近的专用线上，一座世界同类型铁路桥中最长的、跨度为176m斜腿刚构桥已经建成通车。宝成线在1961年完成宝鸡段94km的电气化，1975年全线669km已经全部电气化，接触网使用国产钢铝线代替铜导线，节省了大量有色金属。此后又有阳平关——安康、安康——襄樊、宝鸡——天水 and 石家庄——阳泉等线段，实现了电气化，电气化里程总计超过1600km。

在修建新线的同时，还先后修建了京（北京）哈（尔滨）、哈（尔滨）佳（木斯）、沈（阳）大（连）、石（家庄）太（原）、丰（台）沙（城）、沙（城）大（同）、京广（北京至衡阳段）、陇海（商丘至宝鸡段）、津（天津）沪（上海）等铁路双线，使双线里程由解放前的866km增加到8000km，对提高运输能力起了很大作用。

在技术上，通过丰沙、宝成、鹰厦、贵昆、成昆及襄渝等几条铁路的修建，取得了地形困难、地质复杂的山区铁路设计和施工的经验，通过兰新、包兰及进西藏铁路某些段落的设计与施工，摸索到一些在沙漠、高原和多年冻土地区的设计经验；一些技术性较强的建筑物如高架桥、大跨度拱桥、管柱基础、抗滑锚固桩、长隧道、高路堤和海堤等也获得成功；宝成、阳安等线电气化铁路的建成，为铁路电气化积累了设计、施工和运营管理方面的经验；其他如航测、电探、物探、光电测距等，也正在大力推广使用。

建国以来，国家对铁路建设的投资，居于国民经济各部门投资的前列。三十三年来，铁路事业有了很大的发展，通车里程已达52000km，线路总延长88000km。在全国现代化运输

方式所完成的总周转量中，铁路承担客运的百分之六十以上，货运的百分之七十以上。有力地促进了国民经济的发展，为我国社会主义建设事业，做出了一定的贡献。

包括铁路在内的交通运输业是实现我国经济发展目标的三个战略重点之一。在近期内将要完成以下工程：为加强晋煤外运，大同——沙城——丰台、太原——石家庄、太焦线的长治——月山建成电气化；北京——秦皇岛、石家庄——德州、济南——兰村、商邱——徐州建成双线；徐州——连云港技术改造；新建兖州——石臼所和新乡——菏泽两线。为增强云南、贵州煤和磷矿石的外运，贵昆、成渝、襄渝线部分建成电气化；湘桂线柳州——黎塘建成双线；黎塘——湛江技术改造。为缓和东南沿海地区的运输紧张状况，衡阳——广州修建双线；改建鹰厦线；改造沪杭、浙赣等线。

高速度发展铁路事业，根本出路在于用最新技术装备铁路，实现铁路现代化。铁路现代化的基本要求，是改革牵引动力、提高牵引吨数、加快行车速度、增加列车密度，实现铁路各环节、各方面的机械化与自动化。

随着铁路现代化的发展，要逐步实现牵引动力的电气化、内燃化，货车大型化；采用60kg/m以上的重型钢轨，发展无缝线路，分批修建立交道口和自动道口；大力采用自动闭塞、机车自动信号、自动化驼峰、电气集中、调度集中、地下同轴电缆等先进装备和建立电子计算机网络；主要干线分批实现行车指挥、车站作业和运营管理自动化；发展集装箱运输和铁路、公路与水路的集装箱联运；大力提高养路、装卸、施工和修车的机械化程度；要把主要干线改造好，提高运输能力；在改造旧线的同时，加快修建新线。在这个基础上继续努力，掀起一个更大规模的铁路建设高潮，到本世纪末，建成四通八达、布局合理、技术先进的铁路运输网。

第二节 铁路勘测设计的任务

铁路的勘测设计是一项涉及面很广的整体工作。

勘测是指对设计线综合地进行经济调查和技术调查，搜集设计线所需要的一切资料。其中包括经济资料，如设计线在路网中的地位与作用、客货运量、车站的装卸量等；技术资料，如地形、地质、水文、给水水源和建筑材料产地等。

设计包括综合性的铁路设计、建筑物和设备的单项设计、施工组织设计，以及总概算等。

综合性的铁路设计是以国家规定的设计线的作用和经济调查的客货运量为依据，选定设计线的主要技术标准（机车类型、限制坡度等），并决定设计线路的平面位置与标高，以及沿线建筑物和设备的分布，为所有建筑物和设备提供经济合理的设计前提。

建筑物和设备的单项设计是在综合性铁路设计的基础上，具体设计建筑物和设备的位置、大小、结构类型、构件尺寸。单项设计包括路基、轨道、桥涵、隧道、站场、机务设备、车辆设备、给水排水、通信、信号、电力和房屋建筑。

施工组织设计是编制切合实际、经济合理的施工组织方案，以指导全线施工。

总概算或修正总概算是编制设计线投资计划及实行承发包合同制，控制总投资以及国家财政拨款的依据。

第三节 铁路勘测设计的基本原则

铁路的勘测设计工作，必须遵守下列基本原则：

1. 铁路布局要从国家的全局出发，全面规划，统筹兼顾，要正确处理铁路建设与工业和农业的关系，近期与远期的关系；要注意与水利、公路、航运、管道运输等以及城乡建设的配合；并结合资源分布、地形、地质、水文等条件，全面研究，选定铁路线路的走向和主要技术标准。
2. 在铁路建设中应重视农田水利的需要。要节约用地，尽量不占良田，少占农田，有利灌溉，方便交通。
3. 广泛开展技术改造和技术革新活动。鼓励发明创造，开展科学实验。在设计中，反对因循守旧、袭用陈旧落后的技术装备；提倡努力创新，采用先进技术，用新技术、新工艺、新材料、新设备和新结构装备新线、改造旧线。要从我国的实际情况出发，逐步实现铁路现代化。
4. “精心设计，精心施工”，不断提高工程质量。设计时要切实做好经济调查和地形、地质、水文的勘察工作，搞好方案比选。
5. 坚持勤俭节约、因地制宜、就地取材的原则。少花钱多办事，努力降低工程造价；要有利于提高劳动生产率、提高铁路经济效益。
6. 要保证重点，全面安排，综合平衡。在勘测设计和施工过程中，要加强计划管理工作，严格按照基本建设程序办事。
7. 要制定技术安全措施，确保安全生产。废气、废水、废渣的治理和节约能源等，要按国家规定执行。

铁路设计要遵守《铁路技术管理规程》（简称《技规》）、《列车牵引计算规程》（简称《牵规》）、《铁路线路设计规范》（简称《线规》）、《铁路车站及枢纽设计规范》（简称《站规》）等的规定。设计文件的编制要符合《铁路基本建设工程设计文件编制规定》、《铁路基本建设工程施工组织设计编制办法》、《铁路基本建设工程设计概算编制办法》的要求。

必须指出，《技规》是铁路技术管理的基本法规。铁路各部门制定的其他规程、规范、规则、细则和办法等，都必须符合《技规》的规定。同时《技规》又是广大铁路职工长期生产实践的总结，它亦将随着运输生产和科学技术的不断发展，逐步充实和完善。但在铁道部没有明令修改之前，任何部门和个人，都不得违反《技规》的规定。

第四节 铁路勘测设计阶段的划分

铁路设计由于工作量大，涉及面广，所需时间较长，为了保证设计的效率和质量，就必

注：1. 《铁路技术管理规程》（82）铁安监字1144号文公布，1983年10月1日起实行。

2. 《列车牵引计算规程》铁道部1982年7月12日发布，1983年1月1日起实施。

3. 《铁路基本建设工程设计文件编制规定》、《铁路基本建设工程施工组织设计编制办法》、《铁路基本建设工程设计概算编制办法》铁道部（82）铁基字1394号文公布，1982年起实行。

4. 《线规》和《站规》尚未审批，本书引用的资料是“送审稿”。

须划分明确的设计阶段，逐步深入地解决问题。铁路勘测设计工作，一般要经过方案研究（资料文献研究，现场踏勘，提出方案研究报告），初测、初步设计，定测、施工图，在施工中修改设计等过程。必须完成好各过程要求的工作内容。

设计阶段应根据建设项目的性质、任务繁简情况、施工期限缓急与已有资料的多少划分为三阶段设计、两阶段设计 and 一阶段设计三种。

（一）三阶段设计：即初步设计、技术设计和施工图。新建铁路、改建铁路与增建第二线以及新建与改建铁路独立枢纽等建设项目，一般采用三阶段设计。

（二）两阶段设计：即扩大初步设计和施工图。对工程简单，技术不复杂，有条件的可按两阶段设计。

（三）一阶段设计：即施工图设计。对工程简单，且原则已经明确，有条件的可按一阶段设计。

方案研究报告是铁道部编制建设项目设计（计划）任务书的基础资料，设计部门要根据铁道部下达的任务书进行调查研究、搜集资料和必要的测绘、勘探工作后编制，报部审查。建设项目的阶段设计，即在设计任务书中规定。

铁道部下达的设计任务书是设计部门组织勘测设计工作的依据。在新建铁路的设计任务书中，一般的规定了线路意义、轨距、起迄点、基本方向、运输性质、建设年限、投资估算、运营经济效益分析、评价和环境影响预评价；并对设计线的下列项目，如铁路等级、正线数目、牵引种类和要求的年输送能力作明确规定。

在新建铁路三阶段设计中，初步设计阶段要组织初测。初测是在选定的线路基本方向的基础上，进行带状地形测量与勘察，取得地形、地质、水文资料，并调查客货运量等经济资料。根据批准的设计任务书和初测资料编制初步设计文件。初步设计要解决下列问题：

1. 确定线路方案、建设规模、主要技术标准、设计原则、主要设备类型和概数。
2. 提出主要工程数量、主要材料概数、用地及拆迁概数。
3. 提出施工组织设计方案意见及总概算。

技术设计应根据批准的初步设计和定测资料编制。定测是将初步设计选定的线路用桩钉设于地面，进行必要的测量、地质钻探和水文勘测，并作施工调查。技术设计应解决各项设计方案和技术问题、工程数量、主要设备数量、主要材料数量、用地范围及数量、拆迁数量、并编制施工组织设计及修正总概算。

施工图应根据批准的技术设计编制。一阶段的施工图设计则根据批准的设计任务书和定测资料一次完成。施工图应能提供施工需要的图表和必要的设计说明。

要严格按基建程序办事，没有批准设计任务书的不得进行三阶段的初步设计、两阶段的扩大初步设计或一阶段的施工图设计；前一阶段的设计未经批准，不开展下一阶段的设计。两阶段的扩大初步设计和三阶段的技术设计，按规定经过批准后，才能列入国家年度基本建设计划，编制施工图。

凡大中型建设项目的初步设计和总概算由铁道部审查，并上报国家审批；技术设计和修正总概算由铁道部审批；施工图一般不再审批。小型建设项目，按铁道部规定审批。

三阶段的技术设计及其修正总概算，两阶段的扩大初步设计及其总概算，一阶段的施工图设计及其总概算，经审查批准后，作为国家控制基本建设项目的总规模和总投资的依据以及满足主要设备和主要材料订货的要求。

第五节 铁路等级及主要技术标准

每条铁路在国家整个运输系统中所起的作用及其所担负的运输任务是各不相同的。铁路及其建筑物和设备的类型、能力和规模应按铁路的意义、运输性质与运量进行设计。《线规》要求,设计铁路时,对下列四个项目,按设计任务书的规定办理:1. 铁路等级;2. 正线数目;3. 牵引种类;4. 要求的年输送能力。并要求对新建或改建铁路的下列七项主要技术标准,在初步设计中选定:1. 限制坡度;2. 最小曲线半径;3. 机车类型;4. 机车交路;5. 车站分布;6. 到发线有效长度;7. 闭塞类型。

正确地选择这些标准,涉及很多因素,它们决定着设计铁路的能力,下面作一概略的介绍,其中有些标准还将在以后各章里详细讲述。

(一) 铁路等级

在铁路各项标准中,铁路等级居主导地位,其他各项标准的确定,都与铁路等级有关。所以设计铁路时,首先要决定铁路等级。

《线规》根据设计线在路网中的性质和远期运量,将铁路等级划分为三级:

I级铁路 铁路网中起骨干作用的铁路,远期年货运量大于10Mt(兆吨)者;

II级铁路 铁路网中起联络辅助作用的铁路,远期年货运量大于5Mt者,或铁路网中起骨干作用的铁路,远期年货运量小于10Mt者;

III级铁路 为某一区域服务、具有地方运输性质的铁路,远期年货运量小于5Mt者。

铁路等级的划分,体现了国家对每条铁路的不同要求,这对合理运用国家资金,提高经济效益,有着重大意义。

《线规》根据我国目前铁路技术水平,并考虑了近期的发展,对新建和改建铁路旅客列车预期能达到的最高行车速度按铁路等级拟定为:

I级铁路 120km/h;

II级铁路 100km/h;

III级铁路 80 km/h。

行车速度高于120km/h的铁路,应在设计任务书中提出要求,其设计标准另行规定。

(二) 正线数目

新建铁路一般按单线设计,如需按双线或预留双线设计,应在设计任务书中提出要求;改建铁路是否增建第二线,则在初步设计中加以比选确定。

(三) 牵引种类和机车类型

我国铁路现在采用蒸汽、内燃和电力三种机车牵引,今后牵引动力的发展方向为大功率的电力机车和内燃机车。

常用的蒸汽机车机型有前进、建设、解放、人民、胜利和FD型。电力机车有韶山1型。内燃机车有东风、东风₃、东风₄型;东方红和北京型。

(四) 年输送能力

我国铁路一般以货运为主,以货运量作为衡量铁路输送能力的指标。因此,年输送能力就是设计铁路每年所能运送的货运量。

铁路设计年度分近、远两期,近期为交付运营后第五年,远期为交付运营后第十年。近、远期均采用调查运量。而设计任务书里规定的国家要求的年输送能力则是指十年以上的。

(五) 限制坡度、最小曲线半径

限制坡度是设计线单机牵引时限制牵引重量的最大上坡道的坡度值。最小曲线半径是设计线采用的曲线半径最小值。

(六) 机车交路、车站分布

铁路上运转的机车都在一定路段内往返行驶。机车往返行驶的路段称为机车交路，其长度称为机车交路距离。

在设计线路的同时要分布车站，根据机车交路先分布区段站，再分布中间站。车站分布必须满足设计任务书所规定年输送能力和客车对数的要求，结合地形、地质、水文和城市规划等因素进行。

(七) 到发线有效长度

到发线有效长度是车站到发线能停放货物列车的最大长度，主要根据远期货物列车长度决定，并应考虑地形条件以及相邻铁路的到发线有效长度相配合等因素。

(八) 闭塞类型

为了保证安全，提高行车效率，采用不同的闭塞设备来监督列车在区间的运行。闭塞设备的类型分为自动、半自动和路签（牌）闭塞三种。在新建和改建铁路上，应采用自动或半自动闭塞。路签（牌）闭塞暂准在旧线上保留，逐步改造。

铁路的运量随着国民经济的发展必将逐年增加，铁路的能力也应适应运量的增长而不断提高。但铁路能力的提高除了尽量发挥现有设备的潜力外，还需对原有建筑物和设备进行扩建或改建。如铁路建筑物和设备在其扩建及加强时，需要耗费大量资金，造成原有建筑物的大量废弃工程或对运营有很大干扰的，应在建筑初期即根据铁路等级，按规范规定标准一次建成。对于根据运量增长要求，无需很大改造即可扩充的建筑物和设备，可按近期要求确定。

为了保证铁路运输的不间断性，当铁路运输的正常秩序受到破坏时能及时恢复，保证线路进行大修时不致影响正常运输，铁路必须有一定的储备能力。储备能力按照客货运量计算需要的通过能力，预留一定的百分数，单线铁路预留20%，双线铁路预留15%，并考虑货运量的波动性。

采用电力或内燃机车牵引的技术标准设计的铁路，如设计任务书明确需用其他牵引种类过渡时，可设计过渡性建筑物和设备。

铁路建筑物和设备，均应符合现行标准轨距铁路限界的规定。

习 题

1—1 解释下列名词：

①铁路等级②正线数目③牵引种类④限制坡度⑤最小曲线半径⑥机车类型⑦机车交路⑧车站分布⑨到发线有效长度⑩闭塞类型

1—2 列举解放后新建的主要干线。列举我国现有的主要双线。我国已有哪几条铁路实现了电气化？

1—3 铁路勘测设计时，要遵守哪些基本原则？

1—4 铁路勘测设计为什么要划分阶段？怎样划分？每个阶段重点要解决哪些设计问题？

1—5 铁路等级如何划分？你局管内主要线路属何等级？

1—6 简述正线数目和闭塞类型对通过能力的影响。简述机车类型、限制坡度和到发线有效长对货物列车牵引重量的影响。

第二章 铁路能力及牵引计算

内 容 提 要

铁路能力是指铁路的输送能力和通过能力。学习这部分内容后,要求学生了解铁路运能与运量的协调关系,掌握输送能力和通过能力的计算方法,重点是理解区间通过能力,同时它又为以后学习车站分布和旧线改建等内容打下基础。

牵引计算是一门研究铁路牵引的实用学科,内容比较多。本章以电力牵引为主,如果掌握了电力牵引计算,蒸汽和内燃牵引计算就易于理解了。

学习这一部分时,应当首先领会本章第二节中的概述。整个牵引计算就是按概述中提出的这一条线索来叙述的。这部分的难点是机车牵引力。在这里要求学生学会运用电力机车牵引特性曲线,熟悉内燃和蒸汽机车的牵引特性曲线。因为它们是牵引计算的基本资料。

这部分的重点是电力牵引的牵引重量、行车速度和时分、电能消耗等的计算。这些运营指标能评价线路平、纵断面设计的质量,并用它们来确定区间通过能力的大小和检查机车交路布置的合理性。

学习这部分内容后,通过课程作业,要求学生能基本上掌握电力牵引计算的方法。

第一节 铁路通过能力与输送能力

一、概 述

新建或改建铁路,都是为了满足运输的需要。所以在铁路设计之前,必须对近、远期的运输量进行调查。将调查结果分析归纳,得出很多指标,其中与铁路选线设计及各单项设计有关的资料有下列几项:

(一) 货运量 (10kt)

货运量通常是指铁路一年内需要运输的货物吨数,应按上下行分别计算。货运量包括直通运量和地方运量,前者为通过设计线的运量,后者在设计线范围内有装卸作业,包括运出、运入及区段运量。

(二) 货物周转量 (10kt·km)

货物周转量表示铁路运输在一年时间内所完成的工作量,用单方向一年内各种货运量乘以相应的运输距离的乘积来计算。

(三) 货运密度 (10kt·km/km)

货运密度是把货物周转量分到每公里设计线上的平均货运量。

以上三项指标亦可按区段计算。

(四) 货流比

铁路上下行方向的货运量往往不均衡。因此分为轻车方向(货运量较小的方向)和重车方向(货运量较大的方向)。货流比是轻车方向的货运量与重车方向的货运量的比值,很显

然，它的数值小于1。

(五) 货运波动系数

一年之内，铁路运输不可能每月相等。由于生产的发展，生产的季节性以及其他原因，使货运量发生波动。一年内最大月运量与平均月运量的比值称为货运波动系数，以 β 表示。铁路的运输能力必须完成运量最大月的任务，即铁路的运输设备必须按最大月份的条件来设计。

(六) 零摘列车对数

零摘列车是为运送地方运量而组织的列车，一般运行于一个区段内，在区段内中间站进行摘挂作业和装卸零担货物；如只办理沿途零担货物装卸的为零担列车，不附挂沿零车辆只作整车货物摘挂作业的为摘挂列车。

客运量、客运周转量和客运密度等指标，其意义和计算方法与上述货运相应指标相同，不过单位分别是人、人公里和人公里/公里。值得注意的是：由于节、假日等原因，旅行人数急剧增加，所以客运波动系数比货运波动系数大。客运指标通常以旅客列车对数表示。

铁路能力指通过能力和输送能力。通过能力是铁路每昼夜所能通过的列车对数。输送能力是铁路每年单方向所能运送的货物总吨数。我国铁路一般以货运为主，所以通常以折算的直通货物列车对数作为衡量铁路通过能力的指标，以货运量作为衡量铁路输送能力的指标。

铁路能力有需要的和可能的两种。铁路按实际采用的技术装备和行车组织所能实现的能力称为可能通过能力和可能输送能力。国家要求铁路一年内完成的货运总吨数，称为需要输送能力。为完成需要的货运总吨数而一昼夜需要开行的列车对数，称为需要通过能力。显然，铁路的可能能力必须大于或等于需要能力。

二、需要通过能力和输送能力

(一) 需要输送能力

需要输送能力又分为由铁路勘测设计院通过经济调查后确定的远近期调查运量和设计线计划任务书规定的年输送能力两种。

(二) 需要通过能力

需要通过能力，应包括铁路上需要通过的客车、直通货物列车、零担列车和摘挂列车等。同时还应考虑留有一定的储备能力，所以需要通过能力 N_x 为：

$$N_x = (1 + \alpha)(N_{xk} + \varepsilon_k N_k + \varepsilon_l N_l + \varepsilon_z N_z) \quad (\text{对/日}) \quad (2-1)$$

式中 α ——通过能力储备系数，根据《线规》规定，单线采用20%，双线采用15%；

N_{xk}, N_k, N_l, N_z ——分别为需要的直通货物列车、旅客、零担和摘挂列车的对数；

$\varepsilon_k, \varepsilon_l, \varepsilon_z$ ——分别为旅客、零担和摘挂列车的换算系数。

由于旅客、零担和摘挂列车停站时间较多，旅行速度一般比直通货物列车低，占用区间时间较长。所以开行一对旅客、零担或摘挂列车所占用区间的时间，若换算为开行直通货物列车，则可开行一对以上。所以要乘以大于1的换算系数。换算系数的数值见表2-1。

公式(2-1)中的旅客、零担和摘挂列车数，是通过经济调查资料得到的。

直通货物列车对数，根据需要输送能力来计算。当需要输送能力 S_x （万吨/年）已知时，则平均每天单方向需要输送的货物吨数为

各种列车的换算系数

表 2—1

区间正线	闭塞方式	旅客列车	零担列车	摘挂列车	区间正线	闭塞方式	旅客列车	零担列车	摘挂列车
单 线	自 动	1.0	1.5~2.0	1.3~1.5	双 线	自 动	2.0~2.3	3.0~4.0	2.0~3.0
	非自动	1.1~1.3	1.5~2.0	1.3~1.5		非自动	1.3~1.5	2.0~3.0	1.5~2.0

$$S_z \times 10^4 / 365 \text{ (吨/日)}。$$

由于一年内的货运量是不平衡的,需要通过能力必须按运量最大月份的每天单方向输送的货物吨数来计算。因此,平均每天单方向需要输送的货物吨数还须乘以货运波动系数 β , 即:

$$\frac{S_z \times 10^4 \cdot \beta}{365} = N_{zh} \cdot G_i + N_i \mu_i G_i + N_z \mu_z G_i$$

$$\text{所以} \quad N_{zh} = \frac{S_z \times 10^4 \cdot \beta}{365 G_i} - (N_i \mu_i + N_z \mu_z) \text{ (对/日)} \quad (2-2)$$

式中 β ——货运波动系数,经过调查统计,一般考虑为1.2;

G_i ——货物列车净重(t);

μ_i 、 μ_z ——分别为零担列车、摘挂列车的满轴系数。因零担、摘挂列车实际编成的列车重量要比规定的牵引重量为少,两者的比值,以满轴系数来表示,一般 μ_i 为0.5, μ_z 为0.75。

将公式(2-2)代入公式(2-1),得需要通过能力的计算公式为:

$$N = (1 + \alpha) \left[\frac{S_z \times 10^4 \cdot \beta}{365 G_i} + e_h N_h + (e_i - \mu_i) N_i + (e_z - \mu_z) N_z \right] \text{ (对/日)} \quad (2-3)$$

三、可能通过能力和输送能力

(一) 可能通过能力

全线或区段的可能通过能力受铁路上各种技术装备如控制区间、车站的配线、机务设备、供电设备和给水能力等的限制。设计时,受区间限制的通过能力是决定因素,其他技术装备应保证达到区间通过能力的要求。

区间可能通过能力的大小,与采用的列车运行图有关,因此,必须了解列车运行图的基本知识。

1. 列车运行图

列车运行图是以图形表示的列车运行计划。按不同的行车组织方式可分许多种,但在设计铁路时,计算通过能力是以平行成对运行图为基础的。这种运行图,如图2-1,图2-2所示。

在列车运行图中,横坐标表示时间,每隔10分钟画一竖线。纵坐标表示距离,每一车站中心画一横线。图中斜线是列车运行线,表示某次列车由一站到另一站的发车和到站时间,以及列车走行和停站时分。

平行运行图的特点,是同一区间同一方向的列车运行线都是平行的,即认为铁路上运行的都是直通货物列车,其运行速度都相同,同时认为,这些列车都是对开的。这种运行图在

实际运营中并不采用，因为各种列车的行车速度不相同，运行线是不平行的，所以在实际运营中主要采用的是非平行运行图。设计时采用平行运行图来计算通过能力，主要是为了计算方便，同时在计算时已考虑了与实际运营情况有差别的一些因素，所以它的计算结果仍属可靠。

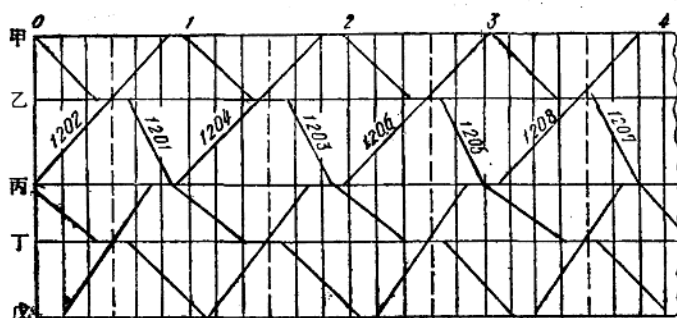


图 2-1 单线平行成对运行图

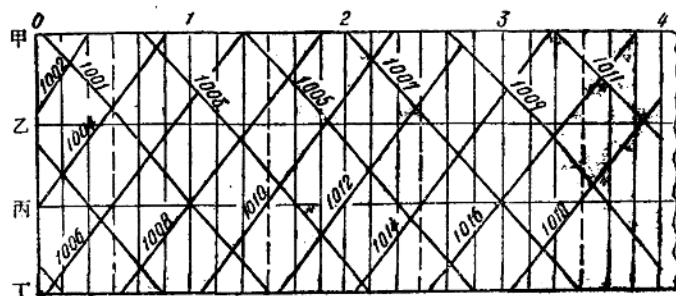


图 2-2 双线平行运行图

采用平行成对运行图计算区间可能通过能力，是按一个方向的列车在站通过，反方向列车在站停车的情况下，开行一对直通列车所占用区间的总时分来确定的，这个总时分称为运行图周期 T ，如图 2-3 所示，其值为：

$$T = t_w + t_f + t_b + t_k \quad (\text{min}) \quad (2-4)$$

式中 t_w 、 t_f ——直通货物列车在区间内往返走行时分 (min)，通过牵引计算确定；

t_b ——列车不同时到达车站的间隔时分 (min)，它是指某一方向的列车到达车站后，为了保证行车安全，需要间隔办理接车进路等一定的时间，才让相对方向列车通过或到达该站。

t_k ——列车在车站上会车的间隔时分 (min)，它是指某一方向列车通过或到达车站后，为了保证行车安全，需要间隔办理发车通路等一定的时间，才让该站向相对方向发车。

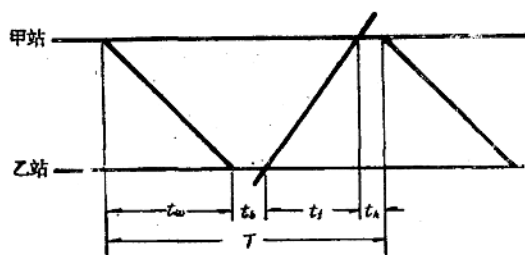


图 2-3 单线平行成对运行图周期

t_b 、 t_k 的大小，在一定的列车交会方式下，主要取决于采用的行车闭塞方式，各种闭塞方式的车站间隔时分见表2—2。

车站间隔时分表

表2—2

闭塞方式	$t_w(\text{min})$	$t_k(\text{min})$	闭塞方式	$t_b(\text{min})$	$t_k(\text{min})$
电气路签(牌)	5~6	3~4	自动闭塞	4~5	1~2
半自动闭塞	4~5	2~3	自动闭塞 (配合调度集中)	3~4	0.5~1

2. 区间可能通过能力

如前所述，采用平行成对运行图计算区间通过能力，是按一对直通货物列车在控制区间的运行图周期 T 来确定的，故当 T 由公式(2—4)算出之后，区间可能通过能力 N_n 即可按下式计算：

单线：

$$N_n = \frac{1440}{t_w + t_f + t_b + t_k} \quad (\text{对/日}) \quad (2-5)$$

双线：

(1) 采用半自动闭塞时(图2—4 a)

$$N_n = \frac{1440}{t + \tau_l} \quad (\text{列/日}) \quad (2-6)$$

式中 t —— 区间列车走行时分(min)；

τ_l —— 同向列车连发间隔时分(min)。

其大小视后行列车在后方站通过或停车而定。

(2) 采用自动闭塞时(图2—4 b)

$$N_n = \frac{1440}{I} \quad (\text{列/日}) \quad (2-7)$$

式中 I —— 同向列车追踪间隔时分，目前按10分钟计算。

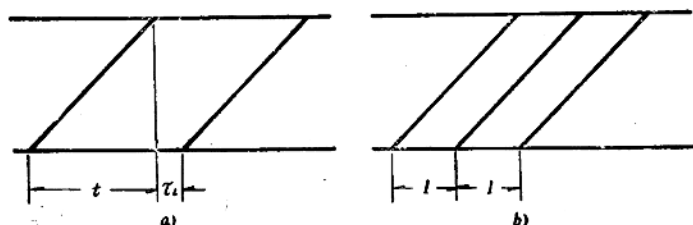


图2—4 双线平行运行图时间

(二) 可能输送能力

可能输送能力，是指一年内铁路单方向所能输送的货运量。为了计算可能输送能力，首先要得到直通货物列车及其他列车(旅客、零担、摘挂列车)的对数。区间可能通过的直通货物列车数，应根据通过能力考虑一定的储备量，再扣除其他列车所换算的直通货物列车数，计算公式如下：

$$N_{zk} = \frac{N_n}{1+\alpha} - (\varepsilon_k N_k + \varepsilon_l N_l + \varepsilon_z N_z) \quad (\text{对/日}) \quad (2-8)$$

式中 各符号的意义同前。

其他列车数由调查得出。

在单方向每天可能通过的直通货物列车数求得以后，可能输送能力 S_n 即可按下式计算：

$$S_n = \frac{365(N_{zk}G_l + N_l\mu_l G_l + N_z\mu_z G_l)}{\beta \cdot 10^4} \quad (\text{万吨/年}) \quad (2-9)$$

将公式(2-8)代入公式(2-9)得：

$$S_n = \frac{365G_l}{\beta \cdot 10^4} \left\{ \frac{N_n}{1+\alpha} - [\varepsilon_k N_k + (\varepsilon_l - \mu_l) N_l + (\varepsilon_z - \mu_z) N_z] \right\} \quad (\text{万吨/年}) \quad (2-10)$$

式中 各符号意义同前。

按上述公式计算可能通过能力时，计算结果不足0.5对者舍去，0.5对以上不足1对者，按0.5对计算。当计算需要通过能力时，不足0.5对者，按0.5对计算，0.5对以上不足1对者，按1对计算。

【例一1】某设计线为单线铁路，年需要输送能力为1500万吨/年，其中包括零担列车2对/日；摘挂列车1对/日；旅客列车4对/日。机车类型为韶山1型电力机车，牵引重量为3600t，闭塞方式采用半自动闭塞。该线控制区间的直通货物列车往返走行时分之之和为32min。求算设计线需要的和可能的通过能力，以及可能的输送能力，以检验该设计线能否满足运输任务的要求。

1. 需要通过能力

已知资料： $S_n=1500$ 万吨/年， $N_k=4$ 对/日， $N_l=2$ 对/日， $N_z=1$ 对/日， $G_l=3600 \times 0.723=2603$ t，0.723为货物列车净载重系数。

从前述内容中查得： $\mu_l=0.5$ ， $\mu_z=0.75$ ， $\varepsilon_k=1.3$ ， $\varepsilon_l=2.0$ ， $\varepsilon_z=1.5$ ， $\beta=1.2$ ， $\alpha=0.20$ 。

按公式(2-3)，需要通过能力为：

$$\begin{aligned} N_n &= (1+\alpha) \left[\frac{S_n \cdot 10^4 \cdot \beta}{365G_l} + \varepsilon_k N_k + (\varepsilon_l - \mu_l) N_l + (\varepsilon_z - \mu_z) N_z \right] \\ &= (1+0.20) \left[\frac{1500 \times 10^4 \times 1.2}{365 \times 2603} + 1.3 \times 4 + (2.0 - 0.5) \times 2 \right. \\ &\quad \left. + (1.5 - 0.75) \times 1 \right] \\ &= 1.2 \left[\frac{1800 \times 10^4}{950095} + 5.2 + 3 + 0.75 \right] = 33.48 \text{对/日} \end{aligned}$$

取用33.5对/日。

2. 可能通过能力

已知资料： $t_n + t_f = 32$ min

从前述内容中查得： $t_k = 4$ min，

$t_h = 3$ min，

按公式(2-5)，通过能力为：

$$N_n = \frac{1440}{t_n + t_f + t_k + t_h} = \frac{1440}{32 + 4 + 3} = 36.9 \text{对/日}$$

取用36.5对/日

3. 可能输送能力为:

$$S_n = \frac{365G_i}{\beta \cdot 10^4} \left\{ \frac{N_n}{1+\alpha} - [\varepsilon_k N_k + (\varepsilon_l - \mu_l) N_l + (\varepsilon_z - \mu_z) N_z] \right\}$$

$$= \frac{365 \times 2603}{1.2 \times 10^4} \left\{ \frac{36.5}{1+0.2} - [1.3 \times 4 + (2.0 - 0.5) \times 2 + (1.5 - 0.75) \times 1] \right\}$$

$$\approx 1700 \text{ 万吨/年}$$

4. 通过上述计算结果: $N_n > N_z$, $S_n > S_z$ 所以设计线能完成运输任务。

第二节 牵引计算

一、概 述

(一) 牵引计算的任务

牵引计算属于一门应用力学, 它研究列车在各种外力作用下沿轨道运动时的各种实际问题。

牵引计算是根据动力学原理, 结合科学试验资料, 在运营实践的基础上得出的, 所以很多算式及参数采用经验公式及试验数据。为了便于对列车在运动中的各种问题分析, 需要根据理论与实践作出一些假定。如通常假定列车是一个质点, 集中在列车的中心。

牵引计算的任务应包括:

1. 研究作用在列车上的各种力;
2. 研究在这些力的相互作用下列车的运行情况;
3. 研究解决一些实际问题, 包括:
 - (1) 牵引重量;
 - (2) 列车运行速度;
 - (3) 列车运行时间;
 - (4) 制动问题;
 - (5) 机车用电、油、煤、水等的消耗量。

上面这些指标在新线设计与旧线改建中, 是计算铁路的通过能力、输送能力、车站分布和运营支出等的基本资料, 也是评选各种设计方案优劣的重要依据。

牵引计算是一门与铁路很多部门有着密切关系的学科。为了使各部门在进行牵引计算时有所依据, 铁道部颁布了《牵规》, 其中规定了牵引计算的方法, 提供了有关的主要技术数据和标准。

(二) 作用在列车上的力

作用在列车上的力包括:

1. 机车牵引力——这种力由机车产生, 可以由司机控制, 用以牵引列车前进, 力的方向与列车运动方向相同。用 F (kgf) 表示机车全部牵引力; 用 f (kgf/t) 表示平均到每吨列车重量的机车单位牵引力。
2. 列车运行阻力——这种力是列车运行中由线路状态等外界条件产生的, 司机不能控制。力的方向与列车运行方向相反, 阻止列车前进。用 W (kgf) 表示全列车的运行阻力; 用

$w(\text{kgf/t})$ 表示单位运行阻力。

3. 列车制动力——这种力是由列车制动装置产生的人为阻力，司机可以控制，用来降低行车速度或使列车停止，其方向与列车运行方向相反。用 $B(\text{kgf})$ 表示全列车总制动力，用 $b(\text{kgf/t})$ 表示单位制动力。

二、机车牵引力

(一) 机车牵引力概述

1. 机车牵引力的形成

机车是一种能量转换装置。无论是电力机车的电能，还是热力机车（内燃、蒸汽）的燃料化学能，最后总是转变为机械能，并传送到机车的动轮上，使机车动轮产生一个转矩 M 。转矩 M 对机车来说是个内力，它只能使动轮旋转而不能使机车前进。

实际上，机车是在钢轨上运行的。如图2—5所示，动轮的轴荷重 P 作用在钢轨 A 点处，产生正压力。当动轮旋转时，轮轨间出现相对运动的趋势，引起轮轨间的“静摩擦”，产生动轮对钢轨的作用力 F' 和钢轨对动轮的反作用力 F ，两者大小相等，方向相反($F' = F = \frac{M}{R}$ ，其中 R 为机车动轮半径)。对机车来说，这个力 F 是外力，它阻止动轮在 A 点的滑动，使动轮以 A 点为瞬时转动中心向前滚动，机车得以前进。这个力称为轮周牵引力。在牵引计算中，通常采用轮周牵引力，以后如无特别说明，牵引力都是指轮周牵引力。

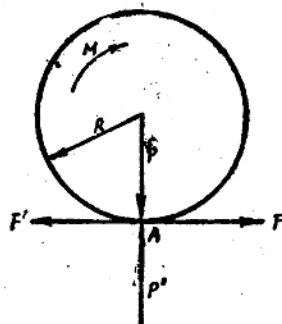


图2—5 机车牵引力形成示意图

2. 粘着牵引力的限制

由上述可知，机车牵引力是钢轨给机车动轮的反力，这种由轮轨之间的摩擦而产生轮周牵引力的现象，称为“粘着”。

粘着现象是摩擦现象表现于轮轨之间的一种特殊形式。普通的摩擦现象从《物理》中可知：最大摩擦力 F_{μ} 与正压力 P 和摩擦系数 ϕ_0 有关，即： $F_{\mu} = P \cdot \phi_0$ ，如果 $F' > F_{\mu}$ ，即 $F' > P \cdot \phi_0$ 时，静摩擦被破坏，物体发生滑动。轮轨之间的粘着力和摩擦力一样，也有一定的限度，当转矩 M 形成的内力 F' 过大时，粘着即告破坏，动轮将发生空转，牵引力下降，并造成轮轨之间的硬性磨损，因此，在操纵机车牵引列车时，不能使粘着破坏，要想发挥最大的牵引力，必须使内力 F' 小于或等于最大可能的外力，即 $F' \leq F_{\mu}$ 。

这里 F_{μ} 称为粘着牵引力，是由粘着条件决定的、在轮轨间无滑动情况时所能实现的最大牵引力。

$$F_{\mu} = 1000 P_{\mu} \cdot \mu_1 \quad (\text{kgf}) \quad (2-11)$$

式中 P_{μ} ——机车粘着重量 (tf)；

μ_1 ——计算粘着系数。

机车粘着重量是所有动轮压在钢轨上的总重力。电力及内燃机车的全部轮对都是动轮，因而粘着重量就是机车总重量。蒸汽机车除动轮外，还有导轮和从轮，所以粘着重量都小于机车总重量。

计算粘着系数的大小，受许多因素影响，主要与轮轨表面状态、线路状态、以及机车运