

中等专业学校试用教材

铁路设计

衡阳铁路工程学校 主编

人民铁道出版社

中等专业学校试用教材

铁 路 设 计

衡阳铁路工程学校 主编

人 民 铁 道 出 版 社

1 9 8 0 年 • 北 京

内 容 提 要

本书是根据1978年铁道部教育局组织制订的《铁路设计》教学大纲编写的。内容包括铁路设计概述、铁路能力、线路的平面和纵断面、中间站设计、既有线改建设计和第二线平面设计等五章。用作铁路中等专业学校铁道工程专业《铁路设计》课程的教材,亦可作为专业培训教材和供从事铁道线路设计与铁路工务工程的技术人员参考用。

参加本书编写单位及人员有:

衡阳铁路工程学校	潘可权	(第一章)
		(第三章第五至第七节)
成都铁路技术学校	陆引民	(第二章)
天津铁路工程学校	马以堃	(第三章第一至第四节)
南京铁路运输学校	潘秉之	(第四章)
齐齐哈尔铁路工程学校	许延龄	(第五章)
全书主编	潘可权	
主审	潘秉之	

中等专业学校试用教材

铁 路 设 计

衡阳铁路工程学校主编

人民铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 12.75 字数: 306 千

1980年2月第1版 1980年2月第1次印刷

印数: 0001—5,000 册 定价: 1.05 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.....	2
第三节 铁路勘测设计的基本原则.....	3
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.....	4
第二章 铁路能力	6
第一节 铁路通过能力与输送能力.....	6
第二节 牵引重量.....	10
第三章 线路的平面和纵断面	30
第一节 概述.....	30
第二节 区间线路平面.....	31
第三节 区间线路纵断面.....	40
第四节 线路平、纵断面设计的基本技术要求.....	49
第五节 铁路定线.....	60
第六节 方案比选概念.....	75
第七节 线路平面图和纵断面图.....	77
第四章 中间站设计	82
第一节 车站的作用、分类及分布.....	82
第二节 车站的平面、纵断面设计.....	88
第三节 车站设备.....	91
第四节 车站线路的连接.....	97
第五节 车站股道间距及股道长度.....	100
第六节 中间站的平面计算.....	110
第七节 中间站路基与排水.....	119
第八节 专用线接轨.....	120
第五章 既有线改建设计和第二线平面设计	124
第一节 概述.....	124
第二节 平面改建设计.....	125
第三节 纵断面改建设计.....	154
第四节 横断面改建设计及纵断面、平面、横断面的综合设计.....	159
第五节 第二线平面设计.....	162

第一章 铁路设计概述

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，是拥有各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、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一种主要的运输方式。

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全长16公里的淞沪铁路，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，总共只建筑了2.2万公里，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1.1万公里。不仅数量少、技术装备落后，而且分布很不平衡，大部分都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。

在这一时期，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1,089米的八达岭隧道，利用青龙桥车站，设计人字形展线，大大降低了工程费用，缩短了建筑时间。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1435毫米轨距，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，从帝国主义及其走狗国民党反动派手里没收了铁路。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沙、集二，西北的包兰、天兰、兰新；中南的黎湛、来宾至友谊关；华东的鹰厦、来福；西南的成渝、黔桂、贵昆、川黔；以及沟通西北、西南的宝成和东北地区的一些森林铁路。1970~1978

年，又修通了成昆、湘黔和焦枝等线。1968年底，南京长江大桥建成通车，它是我国自己设计制造和施工的现代化大型铁路、公路两用桥，铁路桥桥长6,772米，梁跨160米，采用大型管柱重型混凝土沉井基础。宝成线在1960年完成了宝凤段94公里的电气化，1975年全线669公里已经全部电气化，接触网使用国产钢铝线代替铜导线，大量节省了有色金属。1977年6月又有第二条电气化铁路阳(平关)安(康)线建成投入运营。1978年6月，我国横贯东西的又一大动脉襄渝(襄樊至重庆)铁路交付国家使用。青藏铁路第一期工程从西宁至格尔木，1978年底已铺轨660余公里。到1979年4月底止，相继建成通车的还有枝(城)柳(州)、京通(辽)和太(原)焦(作)等铁路。

在修建新线的同时，还先后修建了哈(尔滨)大(连)、石(家庄)太(原)、丰(台)沙(城)、沙(城)大(同)、京广(北京至衡阳段)、西陇海(郑州至宝鸡)、津(天津)沪(上海)等铁路复线，使复线里程由解放前的866公里增加到7709公里，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建筑与设计，摸索到一些沙漠地区、高原地区、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；通过宝成、阳安线电气化铁路的建成，为铁路采用电气化初步积累了一些设计、施工和运营管理的经验；其他如航测、电探、物探、激光测距等，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。经过全党努力，三十年来，铁路事业有了很大的发展。与解放初期比较，通车里程增加了一倍多，线路总延展长度增加了两倍多，客运量增加了六倍多，货运量增加了十五倍多，换算周转量增加了十六倍多，有力地促进了国民经济的发展，为我国社会主义革命和社会主义建设，做出了一定的贡献。

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，客车轻量化、货车大型化，发展高速运行的新型客车和动车组；采用60公斤以上的重型钢轨，加大主要干线的曲线半径，提高桥梁载重等级，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，以及设计概算、施工预算等。

综合性的铁路设计是以国家规定的设计线的作用和运量及经济调查的客货运量为依据，选定设计线的主要技术标准（线路等级，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、车辆业务设备、给水排水、通信信号设备、动力供应及房屋建筑。

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，多快好省地修建铁路。

概算及预算编制是编制设计线投资计划及进行财务拨款的依据。

为了使铁路建设更好地满足政治、经济、国防等各方面的要求，同时要使工程投资省和运营条件好，就必须“精心设计，精心施工”，进行精细的勘测设计工作。

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，大力支援农业，要节约用地，少占农田，有利灌溉，方便交通，并结合工程措施，有利于改地造田。

3. 广泛开展群众性的技术革新和技术革命运动。鼓励发明创造，开展科学实验。在设计中，反对因循守旧和一味袭用陈旧落后的技术装备，而是要努力创新，引进国外先进技术，发展先进技术，用新技术、新工艺、新材料、新设备和新结构武装新线、改造旧线，加速实现铁路现代化。

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。

6. 贯彻“集中力量打开灭战”的方针，全面安排，综合平衡，保证重点。在勘测设计和施工过程中，要加强计划管理工作，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，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《规程》）、《铁路工程技术规范》（简称《规范》）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》的要求。

注：1. 《铁路技术管理规程》系（1972）交铁运字2090号部令公布，1973年2月1日起试行。

2. 《铁路工程技术规范》系（1974）交铁基字2960号部令公布，1975年7月1日起试行。

3. 《铁路基本建设工程设计文件编制规定》（草案）系（72）交基字769号部令公布，1972年7月1日起试行。

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

设计阶段则可根据任务繁简情况,施工期限缓急与现有资料的多少来划分,分两阶段设计和一阶段设计两种。

(一) 两阶段设计:即初步设计和施工图设计阶段。新建干线、支线、既有线的技术改造、设计条件复杂的专用线、枢纽、独立特大桥等,一般采用两阶段设计。

(二) 一阶段设计:即施工图设计。对工程简易,方案明确,主要技术条件已经确定的线路,可用一阶段设计。

每一设计阶段之初,必须进行外业的经济调查和技术勘测,搜集确实可靠的资料,作为设计的依据。为编制初步设计所进行的勘测称为初测,为编制施工图设计所进行的勘测称为定测。

铁路设计是根据铁道部批准的设计任务书进行的。在设计任务书中,一般的规定了铁路意义、轨距、起迄点、基本方向、运输性质及交付运营期限;并对设计线的主要技术标准如铁路等级、正线数目、牵引种类、限制坡度等,提出初步意见。设计任务书是设计部门组织勘测设计工作的依据。

在两阶段设计中,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。然后进行初步设计。初步设计主要解决下列问题:

1. 确定建设项目的线路(枢纽、独立特大桥渡)方案,主要技术标准,站场和设备及主要建筑物的设计方案、原则,主要设备类型、规模等。
2. 提出主要工程数量、材料、设备、劳力数量、用地面积作为施工准备的依据。
3. 提出建设项目工程总概算,经国家批准后,作为国家控制建设项目投资和安排建设计划的依据。
4. 初步设计批准后,作为编制施工图设计的依据。

施工图设计阶段,应根据初步设计的鉴定意见组织定测,定测是将初步设计选定的线路桩定于地面,进行必要的测量、地质钻探和水文勘测,并作施工调查,然后编制施工图设计。编制施工图设计的目的,主要是提供各项建筑物的施工图表、工程数量及必要的说明,交付施工。施工单位在施工前要认真进行施工调查,按照施工图设计图纸,并依据施工组织计划,在总概算控制范围内编制施工预算。施工预算是实行经济核算、编制施工计划、内部财务拨款和考核工程成本的依据。

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负担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及其运输性质与运量进行设计。为了

统一规划与设计的简化起见，将铁路划分为若干等级作为设计铁路的标准。

《规范》总结以往铁路建设的经验，规定标准轨距新建和改建的铁路（或区段），其等级的划分主要根据线路意义和在整个铁路网中的作用，并结合国家要求的年输送能力考虑决定。铁路等级划分为三级：

I 级铁路——保证全国运输联系，具有重要政治、经济、国防意义和在铁路网中起骨干作用的铁路，远期国家要求的年输送能力大于800万吨者；

II 级铁路——具有一定的政治、经济、国防意义，在铁路网中起联络、辅助作用的铁路，远期国家要求的年输送能力为500万吨及以上者；

III 级铁路——为某一地区服务，具有地方意义的铁路，远期国家要求的年输送能力小于500万吨者。

为了适应各级铁路在路网中的作用及其所负担的运输任务，必须有相应的技术标准及技术装备来保证。铁路运输最基本的技术标准表现为行车速度及牵引重量，而技术装备最主要者为牵引动力。根据这些最基本的技术标准，才能确定其他建筑物和设备的设计标准。

设计速度是指列车预期能达到的最高速度，《规范》根据我国目前铁路技术水平并考虑了近期的发展，对新建和改建铁路的最高行车速度按铁路等级拟定为：

I 级铁路 120公里/小时；

II 级铁路 100公里/小时；

III 级铁路 80公里/小时。

如设计线的行车速度高于120公里/小时，应在计划任务书中加以明确，作为特殊设计，另行拟订其技术标准。

铁路的主要技术标准（1.线路等级；2.正线数目；3.限制坡度；4.最小曲线半径；5.牵引种类；6.机车类型；7.到发线有效长度；8.机车交路；9.闭塞类型），应根据政治、经济及在铁路网中的作用，并结合将来的发展和相邻铁路的配合，经过比选，在初步设计中选定。

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予以提高。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者，应在建筑初期即按远期国家要求的年输送能力和运输性质确定并按规定的标准一次建成，如线路平纵断面、路基和桥隧等。轨道的道床厚度和钢轨高度的预留地位、各站段预留地区的范围、旅客站房规模等亦应按远期要求确定。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，如站线的铺轨长度、站房的面积、通信信号设备等。

因此，铁路设计年度分为近期和远期，近期为正式交付运营后五年，远期为正式交付运营后十年以上。近期采用调查运量，远期采用国家要求的年输送能力。

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，一般单线铁路预留20%，双线铁路预留15%。近期按调查运量计算时，还应考虑货运量的波动性，远期按国家要求的年输送能力（已包括货运量的波动性）计算时，仅考虑储备能力。

正线的数目，新建铁路一般按单线设计，如需要修建双线或预留双线位置者，应在设计任务书中提出要求。

第二章 铁路能力

铁路是国民经济的大动脉,是我国最主要的运输工具之一,设计铁路的能力,必须满足国民经济发展所需要的运输任务和国防要求。为此,铁路设计工作者对铁路能力的计算应该有所了解。

第一节 铁路通过能力与输送能力

铁路通过能力,是指铁路在一昼夜内所能通过的列车对数(对/天)。铁路输送能力,是指铁路一年内单方向所能完成的运输量,一般按货物运量计算(万吨/年)。

铁路通过能力和输送能力均有需要的和可能的两种。国家要求铁路一年内完成的货运量,称为需要输送能力。为完成这些货运量而一昼夜需要开行的列车对数,称为需要通过能力。根据铁路实际采用的技术装备和行车组织所能实现的通过能力和输送能力,称为可能通过能力和可能输送能力。

一、需要通过能力和输送能力

(一) 需要输送能力

需要输送能力,又分为近期和远期两种,近期指铁路正式交付运营后五年所需要的能力,远期为正式交付后十年以上所需要的能力。近期的由设计院通过经济调查后提出,远期的则由铁道部根据国家的政治、国防和国民经济发展计划的需要,在设计任务书中下达。

(二) 需要通过能力

需要通过能力,也分为近期和远期两种。

需要的通过能力,应包括铁路上需要通过的客、货列车,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,故需要通过能力 N_x 为:

$$N_x = (1 + \alpha)(N_h + \varepsilon_h N_k + \varepsilon_l N_l + \varepsilon_z N_z) \text{ (对/天)} \quad (2-1)$$

式中 α ——通过能力储备系数,根据《规范》规定,一般单线采用20%,双线采用15%;

N_h, 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;

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

在设计铁路时,通过能力是按直通货物列车计算的,故需将其他各种列车对数换算为直通货物列车对数。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为低,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,若换为开行直通货物列车,则可开行一对以上。换算系数的大小见表2-1。

公式(2-1)中的各种列车数,旅客列车根据国家和地方客运任务来确定,零担和摘挂列车数根据区段内地方车流大小、支农要求和列车编组计划来确定,这些列车数由有关部门提供。

各种列车的换算系数表

表 2—1

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
	非 自 动	1.1~1.3	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	1.3~1.5	2.0~3.0	1.5~2.0

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 $S_x \times 10^4 / 365$ 吨/天。

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 ,

$$\text{即: } \frac{S_x \times 10^4 \beta}{365} = N_k Q_i + N_l \mu_l Q_i + N_z \mu_z Q_i$$

$$\text{故 } N_k = \frac{S_x \times 10^4 \beta}{365 Q_i} - (N_l \mu_l + N_z \mu_z) \quad (\text{对/天}) \quad (2-2)$$

式中 β ——货运波动系数。计算近期需要通过能力时,一般考虑为1.1~1.2。计算远期需要通过能力时,因远期输送能力中已包括货运的波动性故不再考虑,即 $\beta=1$;

Q_i ——货物列车净重(吨);

μ_l, μ_z ——分别为零担、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定数为少,其两者的比值,以满轴系数来表示,一般 μ_l 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:

$$N_x = (1 + \alpha) \left[\frac{S_x \times 10^4 \times \beta}{365 Q_i} + \varepsilon_k N_k + (\varepsilon_l - \mu_l) N_l + (\varepsilon_z - \mu_z) N_z \right] (\text{对/天}) \quad (2-3)$$

二、可能通过能力和输送能力

(一) 可能通过能力

可能通过能力受铁路上各种技术装备的限制,如区间和车站的配线、机务设备、供电设备和给水能力等。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。下面介绍区间通过能力的计算。

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,但在铁路设计时,计算通过能力是以平行成对运行图为基础。这种运行图,如图2—1, 2—2所示。

在该列车运行图中,横坐标表示时间,每隔10分钟划一竖线。纵坐标表示距离,每一车站中心位置处划一横线。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

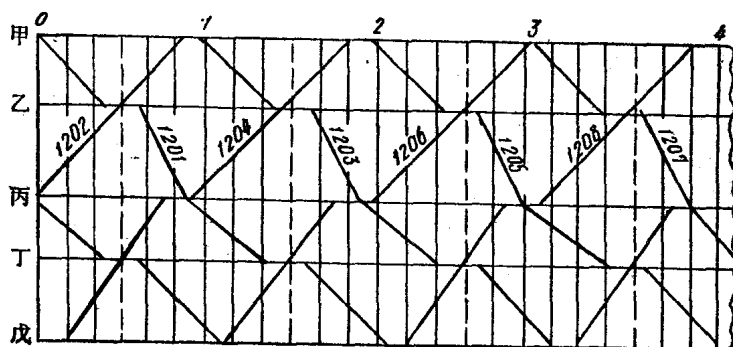


图 2-1 单线平行成对运行图

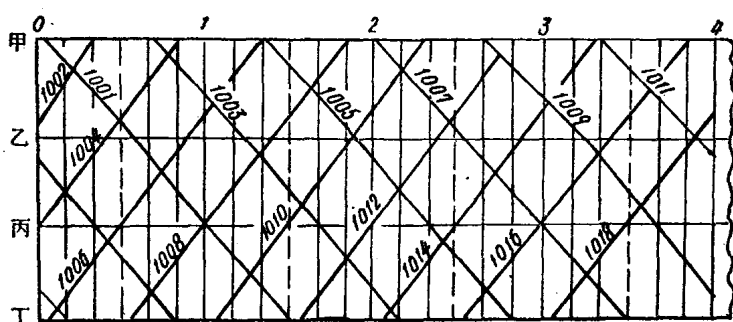


图 2-2 双线平行运行图

的都是直通货物列车，其运行速度都相同，同时认为，这些列车都是一列一列对开的。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并不相同，因此，运行线是不平行的，故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差别的一些因素，故其计算结果仍属可靠。

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，开行一对直通货物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：

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

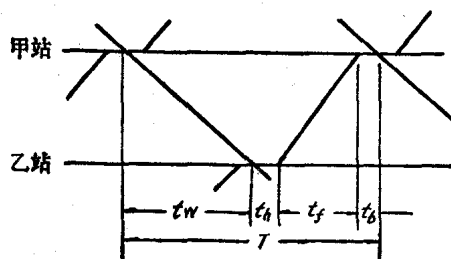


图 2-3

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

t_b ——列车不同时到达车站的间隔时分(分)，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_h ——列车在车站上会车的间隔时分(分)。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。

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, 各种闭塞方式的車站间隔时分见表 2—2。

車站间隔时分表

表 2—2

闭 塞 方 式	t_b (分)	t_k (分)	闭 塞 方 式	t_b (分)	t_k (分)
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的运行周期 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_k 即可按下式计算:

单线:

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

双线:

$$N_k = \frac{1440}{I} \quad (\text{对/天}) \quad (2-6)$$

式中 1440——一昼夜的时分数;

I ——连发列车间隔时分, 目前按10分钟计算。

由上式计算出的列车数, 是指区间可能实现的最大的通过能力; 但设计时, 必须保留一定的储备能力。因此, 区间可能通过能力为 $N_k/1+\alpha$, 其中 α 为通过能力储备系数。

如前所述, 在铁路设计中, 通过能力是按直通货物列车计算的, 而铁路上运行的还有旅客、零担和摘挂列车, 因此, 区间可能通过的直通货物列车数, 必须扣除其他列车所换算的直通货物列车数, 即:

$$N_k = \frac{N_k}{1+\alpha} - (\varepsilon_k N_k + \varepsilon_l N_l + \varepsilon_z N_z) \quad (\text{对/天}) \quad (2-7)$$

式中 各符号的意义同前。

(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。在单方向每天可能通过的各种货物列车数求得以后, 可能输送能力即可按下式计算:

$$S_k = 365(N_k Q_i + N_l \mu_l Q_l + N_z \mu_z Q_z) \quad (\text{吨/年}) \quad (2-8)$$

式中 各符号的意义同前。

由于在一年之内输送货物的吨数不可能天天保持均衡, 因此, 由上式求得的可能输送能力还需除以货物波动系数 β , 即

$$S_k = 365(N_k Q_i + N_l \mu_l Q_l + N_z \mu_z Q_z) / \beta \cdot 10^4 \quad (\text{万吨/年}) \quad (2-9)$$

将公式 (2—7) 代入 (2—9) 得:

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

当计算远期可能输送能力时, 与远期需要输送能力一样, 因其已包括货运波动性在内, 故 $\beta = 1$ 。

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。不言而喻, 设计铁路的可能通过能力和可能输送能力都必须大于或等于需要的通过能力和输送能力。

【例】 某设计线为单线铁路, 远期国家要求的年输送能力为1500万吨/年, 其中包括零担列车2对/天; 摘挂列车1对/天, 旅客列车4对/天。机车类型为韶山1型电力机车, 牵引定数为3600吨, 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之和为33分钟。求算设计线远期需要的和可能的通过能力, 以及可能的输送能力, 以检查该设计线能否满足国家运输任务的要求。

解: 1. 远期需要通过能力

已知资料: $S_x = 1500$ 万吨/年; $N_k = 4$ 对/天; $N_l = 2$ 对/天; $N_z = 1$ 对/天;
 $Q = 3600 \times 0.706 = 2541$ 吨, 0.706为货物列车净载重系数。

从前述内容中查得: $\mu_l = 0.5$, $\mu_z = 0.75$, $\varepsilon_k = 1.3$, $\varepsilon_l = 2.0$, $\varepsilon_z = 1.5$, $\beta = 1$,
 $\alpha = 0.20$

按公式(2-3), 远期需要通过能力为:

$$\begin{aligned} N_x &= (1 + \alpha) \left[\frac{S_x \cdot 10^4 \beta}{365 Q_i} + \varepsilon_k N_k + (\varepsilon_l - \mu_l) N_l + (\varepsilon_z - \mu_z) N_z \right] \\ &= (1 + 0.20) \left[\frac{1500 \times 10^4 \times 1}{365 \times 2541} + 1.3 \times 4 + (2.0 - 0.5) \times 2 + (1.5 - 0.75) \times 1 \right] \\ &= 1.2 \left[\frac{1500 \times 10^4}{927465} + 5.2 + 3 + 0.75 \right] = 30.14 \text{对/天} \quad \text{取} 30.5 \text{对/天} \end{aligned}$$

2. 远期可能通过能力

已知资料: $t_w + t_f = 32$ 分

从前述内容中查得: $t_b = 4$ 分, $t_h = 3$ 分, 按公式(2-5), 远期通过能力为:

$$\begin{aligned} N &= 1440 / (t_w + t_f + t_b + t_h) \\ &= 1440 / (32 + 4 + 3) = 36.9 \text{对/天} \quad \text{取} 36.5 \text{对/天} \end{aligned}$$

3. 远期可能输送能力

按公式(2-10), 远期可能输送能力为:

$$\begin{aligned} S_k &= \frac{365 Q_i}{\beta \cdot 10^4} \left\{ \frac{N_k}{1 + \alpha} - \left[\varepsilon_k N_k + (\varepsilon_l - \mu_l) N_l + (\varepsilon_z - \mu_z) N_z \right] \right\} \\ &= \frac{365 \times 2541}{1 \times 10^4} \left\{ \frac{36.5}{1 + 0.2} - \left[1.3 \times 4 + (2.0 - 0.5) \times 2 + (1.5 - 0.75) \times 1 \right] \right\} \\ &\approx 1990 \text{万吨/年} \end{aligned}$$

4. 通过上述计算结果: $N_k > N_x$, $S_k > S_x$ 故设计线能完成国家的运输任务。

第二节 牵引重量

牵引重量, 是指机车在某一条件下所能牵引的车列重量。在同一条件下, 牵引重量则决定于机车牵引力的大小, 因此, 首先必须对机车牵引力作一介绍。

一、机车牵引力

机车牵引力，因牵引种类和机车类型不同而异。目前我国采用的牵引种类有电力、内燃和蒸汽三种。

电力机车具有很多优点，它功率大，拉得多，跑得快，能在较陡的坡道上以较高的速度顺利运行，效率高（火电为21%~26%，水电达60%~70%），适应性强，操纵方便，乘务人员少，无空气污染。其缺点是机动性差，一次投资较大。

内燃机车的优点是机动性高，效率也可达25%，适用于水源困难地区，乘务人员劳动条件较好。其缺点是构造复杂，制造和保养均较困难，燃料要求也较高。

蒸汽机车目前我国所占比重较大，由于它效率较低（5~7%），沿线须分布较多的机务设备和给水设备，乘务人员劳动条件差等原因，目前有很多国家已停止使用。随着四个现代化的逐步实现，我国铁路牵引动力也将实现电气化和内燃化。在运输繁忙或坡度大，隧道多，地形复杂的地区，采用电力牵引；中等运量或较平坦地区，采用内燃牵引较为有利。下面主要介绍电力牵引和内燃牵引的有关计算。

（一）作用在列车上的各种力

列车的运动是由作用在列车上的力所产生的结果，因此，要了解列车运动的规律性，首先必须了解作用在列车上的各种力和它们对列车运动的影响。

作用在列车上的各种力，可以分为两类：

1. 推动列车前进的力：它的作用方向与机车运行方向相同。这种力，主要是指机车牵引力和列车在下坡道上运行时，列车重量在运行方向的分力。

2. 阻止列车前进的力：它的作用方向与列车运行方向相反。这类力，主要有列车运行阻力和制动力。

在列车运动过程中，若推动列车前进的力大于阻止列车前进的力时，列车作加速运动，反之，列车作减速运动，若两者相等，则列车作等速运动。

在牵引计算中，一般不需要上述各种力的全部数值，只需要作用在每吨列车重量上力的大小，称之为单位力，其数值为：

$$\text{机车单位牵引力: } f = \frac{F_k}{P+Q} \text{ (公斤/吨)}$$

$$\text{列车单位运行阻力: } w = \frac{W}{P+Q} \text{ (公斤/吨)}$$

$$\text{列车单位制动力: } b_m = \frac{B_m}{P+Q} \text{ (公斤/吨)}$$

式中 P —— 机车重量 (吨)；

Q —— 牵引重量 (吨)；

F_k —— 机车全部牵引力 (公斤)；

W —— 列车全部阻力 (公斤)；

B_m —— 列车全部制动力 (公斤)。

（二）电力机车牵引力

1. 轮周牵引力

干线电气化铁路有直流制和交流制两种，交流制中又有低频（ $16\frac{2}{3}$ 赫或25赫）同工频（50赫或60赫）之分。电流制不同，所用的电力机车也不一样。我国采用的是目前较先进的50赫工频交流制，接触网的电压为25000伏。

电力机车通过受电弓与架空导线相接触而获得由发电厂供给的电能，经高压总开关（又名主断路器）到变压器，把电压降低为1500伏，再由硅整流器将交流电变为直流电，供给串励直流牵引电动机，电动机的电枢就产生电磁转矩，这个转矩通过机车的齿轮传动装置传动到机车动轮轴上，使动轮转动时，产生力矩 M ，如图2—4所示。在力矩 M 的作用下，轮以一个向后的力 F' 作用在钢轨上，钢轨则以一个大小相等方向相反的力 F 作用在轮对上，对机车来说，这个力 F 是外力，也就是推动机车前进的牵引力。我们把它叫做轮周牵引力。

在牵引计算中，最常用的是轮周牵引力，以下如无特别说明，牵引力均指轮周牵引力。

2. 粘着牵引力

由上所述，机车牵引力是钢轨给车轮的反力，这是由于轮轨之间的摩擦力而得以产生轮周牵引力的现象，我们把它叫做“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，普通的摩擦现象大家比较熟悉，摩擦力 F 与正压力 P 和摩擦系数 ϕ_0 有关，即：

$F = P \cdot \phi_0$ ，若 $F > P \phi_0$ 时，静摩擦破坏，物体发生滑动。轮轨之间的粘着力和摩擦力

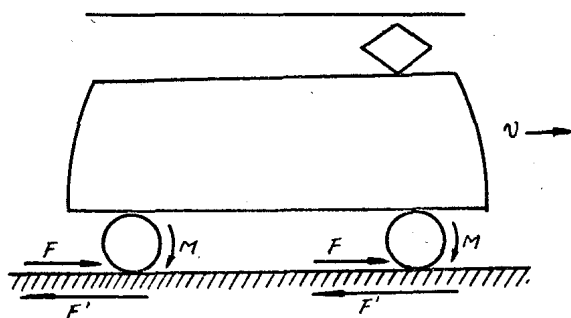


图2—4 电力机车牵引力形成示意图

一样，也有一定的限度，当牵引电动机产生的力矩形成的牵引力过大时，粘着即告破坏，动轮将发生空转，牵引力下降，并造成轮对和钢轨间的硬性磨损，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 $F = P_k \cdot \psi_k$ 。

式中 P_k ——机车的粘着重量（吨）；

ψ_k ——粘着系数。

由粘着条件决定的牵引力，称为粘着牵引力。它是车轮在轨道上无滑动情况时所能实现的最大牵引力。

由此可见，粘着牵引力的大小，取决于机车的粘着重量和粘着系数，粘着重量就是机车的总重，对一定的机车来说，是固定的数值。如我国韶山1型电力机车的总重为138吨，它的粘着重量也就是138吨。 ψ_k 的大小，则受很多因素数的影响，主要的与轮轨的表面状态、线路状态、轮对状态、以及运行速度等有关。对电力机车来说，除上述因素外，牵引电动机特性不同，轴负荷重新分配等因素，也影响 ψ_k 值的大小。

由于影响 ψ_k 的因素很多，而这些因素又都是不断变化的，因此，在实际运用中，要算出 ψ_k 的大小是不可能的，而只能用实验的方法来确定。按《电力机车牵引计算规程试行标准》规定，电力机车的粘着系数按下列公式计算：

$$\psi_k = 0.24 + \frac{3}{25 + 2V} \quad (2-11)$$

式中 V ——行车速度（公里/小时）。

若电力机车在小半径曲线上（ $300 \text{米} \leq R < 600 \text{米}$ ）运行时，计算粘着系数则按下列公式计算：

$$\psi_{kr} = \psi_k (0.67 + 0.00055R) \quad (2-12)$$

式中 R —— 曲线半径 (米)。

根据上述公式, 即可得出不同速度时的 ψ_k 值, 从而可求出机车在不同速度时所能发挥的最大牵引力,

$$F_k = 1000 \psi_k P_k \text{ (公斤)} \quad (2-13)$$

F_k 又叫做电力机车的粘着牵引力。

3. 电力机车的牵引特性

机车的牵引特性, 是指机车的牵引力与运行速度之间的关系, 这一关系主要由机车内部结构决定。在电力机车中, 牵引电动机是最主要的部件, 因此, 电力机车的工作特性也决定于牵引电动机的工作特性。

直流电机的特性包括内容较多, 但对列车牵引来说, 最重要的有两种基本工作特性, 一是电机转速 n 和电枢负载电流 I_m 之间的关系, 叫做电机的转速特性。另一种是电机的电磁转矩 M 和电枢负载电流 I_m 之间的关系, 叫做电机的转矩特性。相应于这两种特性, 电力机车也有以下两种关系:

(1) 电力机车速度与电流的关系

电力机车速度与电流的关系, 可通过电机的转速特性归算而得出下列表达式,

$$V = \frac{U - I_m R}{C \phi} \text{ (公里/小时)} \quad (2-14)$$

式中 U —— 电动机端电压 (伏);

I_m —— 电枢电流 (安);

R —— 电动机的总电阻 (欧);

C —— 电动机结构常数;

ϕ —— 电动机主极的磁通量 (韦伯)。

在式 (2-14) 中, C 和 R 都是常数, 在某一固定电压下, 当电枢负载电流 I_m 一定时, 电动机的磁通量也就一定, 机车速度 V 的大小也就决定了。

(2) 电力机车牵引力与电流的关系

电力机车牵引力与电流的关系, 可通过电机的转矩特性归算而得出下列表达式,

$$F = 0.367 \frac{U I_m}{V} \eta_g \text{ (公斤)} \quad (2-15)$$

式中 U 、 I_m 、 V 的意义同前;

系数 0.367 是由单位换算而得;

η_g —— 传动效率。

公式 (2-15) 计算得的 F 值是一台电机的牵引力, 如果某电力机车装有 m 个牵引电动机, 则机车的牵引力可按下式计算:

$$F_k = m F \text{ (公斤)} \quad (2-16)$$

(3) 电力机车的牵引特性

前已指出, 机车牵引特性是指机车的牵引力与运行速度之间的关系。当电枢负载电流 I_m 一定时, 由公式 (2-14) 可求出机车走行速度 V , 然后再由公式 (2-15)、(2-16) 求出机车牵引力 F_k , 这两个数值可在 $F-V$ 坐标中绘出一个点, 依次给定若干个不同的 I_m 之值, 即可绘出若干个点, 将这些点连结起来, 即为机车的牵引特性曲线 F_k-V 。