

列车牵引计算规程 实用教程

孙中央 编著



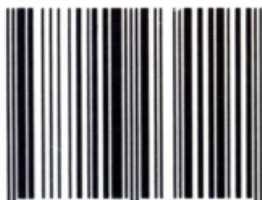
中国铁道出版社



LIECHE QIANYIN JISUAN GUICHENG SHIYONG JIAOCHENG

封面设计 马利
责任编辑 冯慧

ISBN 7-113-03419-5



9 787113 034191 >

ISBN7-113-03419-5/U · 944

定 价： 16.00 元

列车牵引计算规程 实用教程

孙中央 编著

孙增友 主审

中国铁道出版社

1999年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书系统地阐述了电力、内燃机车的牵引特性,列车阻力和列车制动力的计算,列车运动方程式及其应用,列车牵引重量、运行速度和时间、机车能量消耗以及列车制动问题的解算。书中介绍了列车牵引电算和常用的列车运营试验并论述了关于列车牵引与制动的若干应用问题。本书贯彻了新《牵规》(TB/T 1407—1998)的精神,理论结合实际,对有关人员运用列车牵引计算知识解决运输生产中的实际技术问题有指导作用。

本书可作为中专、技校、司机学校和机车运用干部、司机培训班教材,也可供有关技术人员和大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

列车牵引计算规程实用教程/孙中央编著. —北京:中国铁道出版社,1999.10

ISBN 7-113-03419-5

I. 列… II. 孙… III. 列车-牵引-计算-教材 IV. U260.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 49259 号

书 名:列车牵引计算规程实用教程

作 者:孙中央

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑:冯 慧

特邀编辑:黄问盈

封面设计:马 利

印 刷:北京兴顺印刷厂

开 本:850×1168 1/32 印张:7.375 字数:188 千

版 本:1999年11月第1版 1999年11月第1次印刷

印 数:1—10000册

书 号:ISBN 7-113-03419-5/U·944

定 价:16.00元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

序

列车牵引计算是铁路设计、运营部门必不可少的一门应用科学,是广大机车运用人员特别是工程技术人员必须掌握的一门知识。为配合铁道部新颁《列车牵引计算规程》(TB/T 1407—1998)的宣贯学习工作,铁道部运输局装备部委托郑州铁路局教授级高工孙中央同志编写了本书。

孙中央同志多年从事列车牵引理论研究和实践,曾参与《列车牵引计算规程》的审编工作,具有丰富的理论知识和现场经验,本书是作者对列车牵引计算潜心研究和多年知识积累的成果。作者在书中系统地阐述了电力、内燃机车的牵引特性,列车阻力和列车制动力的计算,列车运动方程式及其应用,列车牵引重量、运行速度和时间、机车能量消耗以及列车制动问题的解算。书中还对列车运行监控装置制动模式曲线设计、列车牵引电算、运营列车试验以及有关列车牵引与制动的若干应用问题作了论述。作者在理论上的一些独到见解有一定的学术价值。在本书编写过程中,因其部分章节涉及到《铁路技术管理规程》的有关内容,作者就该规程有关列车制动计算方面的内容向铁道部提交了较有价值的书面意见,多数得到肯定和采纳。因而不仅作者的理论见解在新版《技规》中得到了一定体现,而且由于信息的及时沟通,也使本书中与《技规》条文有关的数据内容与新版《技规》保持一致。

总之,本书理论联系实际,内容精炼,实用性强,对有关人员学习和应用列车牵引计算理论知识具有很强的指导性,是一本不可多得的好书,特向广大读者推荐。

陈国芳

一九九九年八月六日

(陈国芳同志系铁道部运输局装备部部长)

前 言

● 列车牵引计算的研究内容

列车牵引计算是一门铁路应用科学。它以力学为基础,研究作用在列车上的与列车运行方向相平行的外力(包括机车牵引力、列车阻力、列车制动力),以及这些力和列车运动的关系,进而研究与列车运动有关的一系列实际问题的计算方法,它们是:

1. 列车运行速度和时间的计算;
2. 牵引重量的计算;
3. 机车能耗量的计算;
4. 列车制动问题的解算;
5. 机车车辆牵引与制动参数的试验、牵引动力牵引参数的选择以及合理操纵等。

上述这些问题直接关系到铁路的运输能力、运量、成本、效率和安全,与铁路许多部门都有密切的关系。在铁路改革发展的新形势下,广泛普及应用列车牵引计算知识显得更为重要。

● 列车牵引计算的特点

列车牵引计算的最大特点是理论与实际紧密结合,它的许多计算依据是依靠大量试验得出的试验数据(以试验公式或图表的形式表示)。没有大量的试验作为基础,就没有牵引计算学的发展。同时,应用列车牵引计算

的基本理论指导实践并及时总结实践经验也很重要。

● 《列车牵引计算规程》

《列车牵引计算规程》是铁路重要的基础技术规范，它规定了牵引计算的基本原则、方法、计算公式并提供了大量相关的数据资料，是铁路各部门进行牵引计算工作的依据。

1957年，我国还没有电力、内燃机车，根据大量试验结果，参考前苏联的经验，颁布了《蒸汽机车牵引计算规程》。到了20世纪80年代初，我国电力、内燃机车有了相当的发展，根据新的试验研究成果颁布了《列车牵引计算规程》(TB 1407—82)，并作为铁道部行业标准颁布实施。90年代，我国铁路动力改革步伐加快，电力、内燃牵引有了更大发展，车辆构成有了重大变化，制动技术和电算技术也有了长足进步，列车提速、重载运输对牵引计算提出了新的要求，根据新的试验研究成果，颁布了新的《列车牵引计算规程》(TB/T 1407—1998，以下简称新《牵规》或《牵规》)。它必将在新的历史条件下对我国铁路设计、科研和运营工作起到重要的指导作用。

随着我国铁路装备的快速发展，《牵规》也要根据新的试验研究成果和运用经验不断补充、完善。

● 关于本书的话题

本书贯彻了新《牵规》精神，但不是《牵规》解释。编写本书的目的，是为了普及列车牵引计算知识，便于有关技术人员运用这些知识解决运输生产中的实际技术问题。

本书力求精炼、实用,以便使读者能用较短的时间学会列车牵引计算的基本理论和应用技能。主要从两方面体现:一是对诸如牵引力、阻力、制动力等的理论分析不作详细叙述,因为在一般牵引计算中,它们并不是根据理论公式计算的,而是采用通过专门试验得到的试验公式或者试验数据,略去这些部分并不影响读者对知识的使用。二是加强了实际应用方面的内容,这不但对提高运输能力、保证行车安全、改善机车操纵技术有参考价值,而且可以引导读者开阔视野,灵活地运用所学知识,更多、更好地解决实际问题。

鉴于蒸汽机车不久将在全国淘汰,为减少篇幅,没有写入蒸汽机车的内容,部分非主型的电力、内燃机车的曲线图和数据表也没有纳入,读者需要时可参考新《牵规》或其他书籍。

随着计算机技术的发展,牵引计算中原来靠手工完成的大量工作将由计算机代替。本书采取手算与电算并重的原则。手算是牵引计算的基本功,仍然保留,但作了必要的精简。在有关章节结合了电算,增加了牵引电算一章,但对电算只作概略介绍。使用具体电算软件时,可参阅其《使用手册》。

为方便读者阅读和理解,每章前面有“本章导读”,前八章每章后面有复习题和练习题。

此外,为了照顾现场读者的阅读习惯,对于新《牵规》中“机车质量”、“牵引质量”等名称,本书中仍分别称为“机车重量”、“牵引重量”等。

本书得以面世,受惠于本书的许多热情支持者。对本书的编写和出版给予支持和指导的领导同志有:铁道

部运输局陈国芳、张克堃、孙增友、闫永革,铁道部科技司李中浩、冯双洲,郑州铁路局刘新周、郭长庚等。铁道部科学研究院黄问盈对本书提出了许多颇有见地的宝贵意见;铁道部科学研究院机辆所孙剑芳、王贞、李海燕、林辉提供了有关资料和热情帮助;郑州铁路局机务处岳建国、韩良怀、邓亚伟等同志校阅了初稿;郑州铁路运输技校的宁继英协助打印了部分书稿;河南思维自动化设备有限公司还为编写此书提供了电脑。在此一并致以诚挚的感谢。

书中缺点、不当之处,欢迎批评、指正。

作者 1999-07-18

附本书作者通讯地址:

车递地址:郑州铁路局机务处运用科

邮局地址:450052(邮政编码)郑州市二七
区北福华街1号院9号楼10号

联系电话:(053)26933(路电)

(0371)8326933(市电)

目 录

第一章 机车牵引特性	1
第一节 概 述.....	1
第二节 机车粘着牵引力.....	2
第三节 电力机车牵引特性.....	5
第四节 内燃机车牵引特性.....	9
第五节 机车牵引力的计算标准和取值规定	14
第二章 列车阻力	42
第一节 概 述	42
第二节 基本阻力	43
第三节 附加阻力	47
第四节 线路纵断面化简	52
第五节 列车阻力计算	55
第三章 列车制动力	59
第一节 概 述	59
第二节 闸瓦摩擦系数	60
第三节 闸瓦压力	62
第四节 用实算法计算列车制动力	65
第五节 用换算法计算列车制动力	66
第六节 列车换算制动率的取值	82
第七节 机车动力制动力	85
第四章 列车运动方程式及其解法	96
第一节 作用在列车上的合力	96
第二节 合力图	97

第三节	列车运动方程式——列车加速度与单位合力的关系·····	104
第四节	列车运行速度、时间、距离与单位合力的关系·····	106
第五章	列车运行速度与时间的计算 ·····	111
第一节	概 述·····	111
第二节	计算列车运行速度与时间的分析法·····	111
第三节	计算列车运行速度与时间图解法的原理·····	113
第四节	用图解法计算列车运行速度和时间之例·····	118
第五节	区间运行时分标准的确定·····	127
第六章	牵引重量的计算 ·····	129
第一节	概 述·····	129
第二节	计算坡道上牵引重量的计算·····	130
第三节	列车在平直道上以最高速度运行仍有加速度 a 时牵引重量的计算·····	131
第四节	动能坡道上牵引重量的计算·····	133
第五节	牵引重量的校验·····	135
第六节	牵引定数的确定·····	141
第七章	机车能耗量的计算 ·····	144
第一节	电力机车耗电量的计算·····	144
第二节	内燃机车燃油消耗量的计算·····	149
第八章	列车制动问题的解算 ·····	158
第一节	概 述·····	158
第二节	空走时间与空走距离·····	159
第三节	有效制动距离的计算·····	162
第四节	列车制动距离计算之例·····	162
第五节	有效制动距离计算方法的简化·····	169
第六节	列车换算制动率的计算·····	174
第七节	列车制动限速的计算·····	175
第八节	机车监控装置制动模式曲线设计·····	180

第九章 列车牵引电算	185
第一节 概 述.....	185
第二节 数据文件.....	186
第三节 计算数学模型及屏幕显示.....	187
第四节 电算结果输出.....	189
第十章 运营列车试验	190
第一节 概 述.....	190
第二节 区间运行时分试验.....	191
第三节 牵引重量试验.....	192
第四节 机车牵引力、动力制动力试验	194
第五节 制动试验.....	197
第十一章 列车牵引与制动的若干应用问题	200
第一节 减少列车冲动和防止断钩的操纵要点.....	200
第二节 关于制动机缓解和充风时间.....	206
第三节 充风不足对列车制动力的影响.....	208
第四节 制动缸活塞行程超长对制动力的影响.....	212
第五节 关于列车紧急制动作用问题.....	215
第六节 货物列车在高坡地段长时间停留时的溜逸与 防溜问题.....	217
第七节 关于因制动发生的列车事故的分析.....	221
附 录	223
参考文献	224

第一章 机车牵引特性

本章导读

本章讲述机车牵引力的几个基本概念,机车粘着牵引力,电力、内燃机车牵引特性,机车牵引力的几个计算标准和取值规定。学习本章要着重理解机车牵引力的限制关系,学会使用机车牵引特性图表,重点掌握有关机车牵引力的几个标准和取值规定。

第一节 概述

一、机车牵引力的定义

机车牵引力是与列车运行方向相同并可由司机根据需要调节的外力。

机车动力装置发出的扭矩,经传动装置传递,在各动轮周上形成切线力,依靠轮轨间的粘着产生由钢轨作用于各动轮周上的反作用力,从而使列车发生平移运动。这种由钢轨作用于动轮周上的切向外力之和,即为机车轮周牵引力,简称机车牵引力。

二、机车牵引力的几个概念

(一)按机械功传递顺序,机车牵引力的分类

按机械功传递顺序,机车牵引力可分为:

1. 指示牵引力 F_i : 假定内燃机车柴油机气缸中燃气(或蒸汽机车汽缸中的蒸汽)所做的指示功毫无损失地传到动轮上所得到的机车牵引力。指示牵引力是个假想的概念,只用于机车设计。

2. 轮周牵引力 F : 实际作用在轮周上的机车牵引力, $F < F_i$ 。
3. 车钩牵引力 F_g : 除去机车阻力消耗, 实际作用在车钩上的牵引力。

在列车作等速运行时, 车钩牵引力与轮周牵引力有如下关系

$$F_g = F - W' \quad (1-1)$$

式中 W' ——机车阻力。

我国《牵规》规定, 机车牵引力以轮周牵引力为计算标准, 即以轮周牵引力来衡量和表示机车牵引力的大小。

由于动轮直径的变化会影响牵引力的大小, 《牵规》规定, 机车牵引力按轮箍半磨耗状态计算。不论是设计还是试验资料, 所提供的轮周牵引力和机车速度数据, 必须换算到轮箍半磨耗状态。

(二) 按能量转换过程, 机车牵引力的分类

任何机车都是把输入的能量转化成牵引力所作外机械功的一种工具。这种能量转换要经过若干互相制约的环节。根据各个环节的制约关系, 机车牵引力又可分为:

1. 电力机车

(1) 牵引电动机牵引力: 受牵引电动机能力限制的轮周牵引力。

(2) 粘着牵引力: 受轮轨间粘着能力限制的轮周牵引力。

2. 内燃机车

(1) 柴油机牵引力: 受柴油机功率限制的轮周牵引力。

(2) 传动装置牵引力: 受传动装置能力限制的轮周牵引力。

(3) 粘着牵引力: 受轮轨间粘着能力限制的轮周牵引力。

在一定条件下, 能够实现的机车牵引力是上述这些牵引力中的最小者。

第二节 机车粘着牵引力

一、粘着牵引力

轮周上的切线力大于轮轨间的粘着力时车轮就要发生空转。

在不发生空转的前提条件下,所能实现的最大轮周牵引力称为粘着牵引力。其值按下式计算

$$F_{\mu} = P_{\mu} \cdot g \cdot \mu_j \quad (1-2)$$

式中 F_{μ} ——计算粘着牵引力, kN;

P_{μ} ——机车计算粘着重量, t;

μ_j ——计算粘着系数;

g ——重力加速度, $g \approx 9.81 \text{ m/s}^2$ 。

二、计算粘着系数

计算粘着系数不同于(小于)理论粘着系数(轮轨间的静摩擦系数),它包含了机车轴重和牵引力分配不均、运行中轴重增减载、牵引力的波动、轮轨间的滑动(纵向的和横向的)等不利因素的影响,并且主要与轮轨表面清洁状况和机车运行速度有关。

计算粘着系数的影响因素复杂,不可能用理论方法计算,只能用专门试验得出的试验公式表达。试验公式表示在正常粘着条件下计算粘着系数和机车运行速度的关系。粘着条件不好时可以用撒砂来改善。改进机车走行部结构可以提高粘着系数,采用防空转装置可以提高粘着系数的利用程度。

新《牵规》规定的计算粘着系数公式如下:

1. 电力机车:

(1) 国产各型电力机车

$$\mu_j = 0.24 + \frac{12}{100 + 8v} \quad (1-3)$$

式中 v ——运行速度, km/h。

(2) 6K 型电力机车

$$\mu_j = 0.189 + \frac{8.86}{44 + v} \quad (1-4)$$

(3) 8G 型电力机车

$$\mu_j = 0.28 + \frac{4}{50 + 6v} - 0.0006v \quad (1-5)$$

机车在曲线上运行时,因运动更不平稳,轮轨间的滑动加剧等原因,粘着系数降低,尤其在小半径曲线上更为明显,在这种情况下需要对计算粘着系数进行修正。三轴转向架电力机车在曲线半径小于 600m 的线路上运行时,曲线上的计算粘着系数 μ_r 按下式计算

$$\mu_r = \mu_j(0.67 + 0.00055R) \quad (1-6)$$

2. 内燃机车:

(1) 国产各型电传动内燃机车

$$\mu_j = 0.248 + \frac{5.9}{75 + 20v} \quad (1-7)$$

(2) ND₅ 型内燃机车

$$\mu_j = 0.242 + \frac{72}{800 + 11v} \quad (1-8)$$

内燃机车在曲线半径小于 550m 的线路上运行时,曲线上的计算粘着系数 μ_r 按下式计算

$$\mu_r = \mu_j(0.805 + 0.000355R) \quad (1-9)$$

现将上述(1-3)、(1-4)、(1-5)、(1-7)和(1-8)式表达的计算粘着系数与速度的关系列入表 1-1。

表 1-1 各种机车不同运行速度下的计算粘着系数

机 型	速 度 (km/h)						
	0	10	20	30	40	50	60
国产各型电力机车	0.360	0.307	0.286	0.275	0.269	0.264	0.261
6K 电力机车	0.390	0.353	0.327	0.309	0.294	0.283	0.274
8G 电力机车	0.360	0.310	0.292	0.279	0.270	0.261	0.254
国产电传动内燃机车	0.327	0.269	0.260	0.257	0.255	0.253	0.253
ND ₅ 内燃机车	0.332	0.321	0.313	0.306	0.300	0.295	0.291