

列车操纵

LIECHE CAOZONG YU ZHIDONG

与制动

南宁铁路局 编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

列车操纵与制动

南宁铁路局 编

中国铁道出版社

2015年·北京

内 容 简 介

本书分为列车操纵理论及实际运用、列车制动理论及实际运用两部分。主要对列车启动、线路运行操纵、制动调速、停车对标四个环节中的功率调节、速度控制及制动机操作技术运用进行了较为详细的叙述。对列车实际运行中的操纵理论与技术运用等若干应用问题进行了深入细致的研究与解释,有很强的现场实际操作指导作用,对机车乘务人员了解和掌握列车牵引和制动的实际技术问题可起到较好的效果。

本书可作为机车运用干部、机车司机培训班教材及各类机车专业学校参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

列车操纵与制动/南宁铁路局编. —北京:中国铁道出版社,2015.5

ISBN 978-7-113-20089-3

I. ①列… II. ①南… III. ①列车—操纵②列车—制动装置 IV. ①U292.9②U260.35

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 050872 号

书 名:列车操纵与制动
作 者:南宁铁路局 编

责任编辑:王明容 侯跃文 编辑部电话:(010)51873421 电子信箱:tdpress@126.com
编辑助理:王佳琦
封面设计:郑春鹏
责任校对:胡明锋
责任印制:陆 宁

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)
网 址:<http://www.tdpress.com>
印 刷:三河市兴达印务有限公司
版 次:2015年5月第1版 2015年5月第1次印刷
开 本:880mm×1230mm 1/32 印张:3.25 字数:89千
书 号:ISBN 978-7-113-20089-3
定 价:14.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。

电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

编 委 会

主 编 黄爱民

副主编 胡建晖 雷应标 向书元

编 写 梁维万 陈 谋 刘高金

钟世富 农瑞祥

主 审 谷叶民

审 核 李建军 刘青生 吴丽萍

前 言

列车运行以“安全、正点、平稳、节约”为宗旨。目前铁路运输蓬勃发展、日新月异,进入了高速增长期,高速、普速列车并存,在牵引动力方面也实现了快速更新,在学习新机型、新技术的同时,解决列车操纵问题就显得尤为重要。

列车操纵技术是一项综合运用能力较强、专业化程度较高的动态运行操作技术,它存在于列车启动、线路运行操纵、制动调速、停车对标四个环节中。在长期以来的实际运用工作中,机车乘务员的列车操纵技术绝大多数都沿袭了传统的操纵方法,就列车运行安全操纵技术教学而言,在《铁路机车操作规则》的框架下,没有形成统一的列车操纵技术规范模式,实际操作教学仍以现场实习的传统经验操纵教学方式为主,且现场操纵教学的方式及效果也因人而异。

要想在实践中熟练运用理论、具有创新性的思维,对于列车操纵而言,并不是文化水平高,就意味着技术掌握和运用就出色,而是要在实践中不断摸索、积累经验。

本书结合现场实际,对列车运行中的各个环节进行较为详细的论述,特别是对列车制动操作、制动距离预测、站外调速制动、站内对标停车及制动过程中各种因素对列车制动距离的影响进行了深入的探讨与分析。作者通过三十多年的行车经验,积累了大量的现场数据;并以实际操作经验为主,提出了许多新的见解。本书通俗易懂,有很强的现场实际技术操作特点,对机车乘务人员了解和掌握列车牵引和制动的实际技术问题有很

好的指导作用。

本书主要适用于客运列车操纵,部分内容也可供货运列车操纵参考使用。由于编写时间较仓促,书中难免有缺点和不当之处,欢迎批评指正。

本书得到了南宁铁路局机务处、柳州机务段等单位的大力支持,在此一并表示衷心的感谢!

南宁铁路局
2014年12月

目 录

第一章 列车操纵理论及实际运用	1
第一节 运行中机车功率的运用.....	2
第二节 区间运行时分的确定	20
第三节 加速度运用	21
第四节 测速的技巧	31
第二章 列车制动理论及实际运用	37
第一节 列车制动分析	37
第二节 列车制动运行曲线运动轨迹与制动心理分析	40
第三节 列车制动调速与制动停车	45
第四节 线路坡度与列车制动距离	68
第五节 列车充风与制动距离控制	71
第六节 关于牵引辅助制动的运用	80
第七节 列车站内对标停车分析总结与提高	86
第八节 列车制动距离综合控制计算	88
参考文献	96

第一章 列车操纵理论及实际运用

列车操纵是一门相当复杂的专业技术,它包含了大量机车乘务专业的内容,如一次出乘标准化作业、列车操纵、制动机操作、平稳运行、停车对标、能源节约等。这就要求机车乘务人员在操作过程中有较高的技术水平,既要了解机车、列车性能,充分利用列车、线路运行环境,发挥最佳运行效果;还要达到安全、正点、平稳、节能的目的,责任重大且艰辛,但也正是因为其巨大的挑战性,让机车乘务员在风雨中得到了锤炼,学习、掌握了丰富的综合运用知识和经验,并运用于日常工作当中。目前列车操纵技术基本采取的都是现场传、帮、带式的学习方式,一般采用货运→普速客运→高速客运列车循序渐进的操纵模式,系统的教学资料极为有限。操纵技术水平的教学也因传授者的文化素质、经验技术及传授方式的不同而产生较大差异,且基本忽略了列车运行分段操纵、分段记点、列车测速、线路坡度换算及列车制动相关的一些基础技术。作为一名优秀的机车司机,除了要掌握好列车操纵知识外,还应掌握所牵引区段的机车车辆、运行线路、站场环境、信号设备及实际运用知识,制定严谨的操纵预案和安全预案,才能确保在日常运用中做到万无一失。本章主要对与列车操纵技术相关的一些知识进行论述。

列车运行操纵是指根据掌握的操纵知识,解决机车功率运用与速度、线路的调节与配合,使列车平稳运行。平稳运行主要是解决好列车节能与平稳的关系。根据线路的变化,确保运行中全列车始终处于伸张状态,达到平稳运行的目的,并根据线路运行环境及列车合力的变化,巧妙运用机车功率,从而达到节能的目的。

第一节 运行中机车功率的运用

一、机车功率与速度、线路的调节与配合

1. 启动加速及线路动能加速

列车由站内启动加速以及通过线路慢行限速地段后的加速阶段,是机车运用功率最大、机车加速效率发挥最高阶段,也是在单位时间内机车能源消耗最大的阶段。在此阶段,为保证列车区间运行正点,机车必须以大功率加速运行,争取尽快将列车速度提高至区间平均速度以上后,恢复区间正常运用功率和正常运行速度运行。

列车加速分为启动强迫加速和坡道动能加速,其目的都是为了提高运行速度、缩短坡道上的运行时间、确保正点运行。合理的运用线路纵断面坡度进行加速,不仅可以完善列车合力与线路阻力的合理搭配,还可以充分发挥列车速度优势,实现机车功率与列车速度及线路的配合,从而提高机车功率运用效率,达到节能的目的。

(1) 列车启动强迫加速。在一般线路上,列车启动后的强迫加速,其速率的高低,对区间运行时起着至关重要的作用,其加速性能的优劣与牵引机车有很大关系,正确运用机车在各速度范围的最佳加速性能与线路纵断面坡度的配合,是实现机车能源节约的关键。所谓强迫加速,就是在非下坡道条件下,为了确保列车正点运行、提高列车运行速度所采取的一种强迫手段,这在一般情况下是不可取的,简单的说,这是一种盲目操纵的表现。即使是采取强迫加速,也应根据线路条件来确定加速时机和加速距离(长大上坡道除外)。接近区间平均速度时,应及时适当降低功率运行;即使在分段坡道上造成运缓,也可利用分段平道或下坡道恢复正点。对于牵引客运列车,由于重量较轻,除列车赶点或处于下坡道且符合加速条件外,基本不考虑采用启动强迫加速的操纵方式进行操纵,避免造成无谓的浪费。

在一个区间内的运行线路至下一区间内的线路坡道,基本上不可能都是同一形式的线路(连续上坡或下坡区间除外),只要由两个及其以上的起伏坡道组成,且坡度值大于 $\pm 2\%$ 就可以采取分段、分速的方法进行

操纵。

①避开出站区间坡度地段大功率加速(平均坡度大于2%且长度大于列车长度两倍及其以上时,不具有加速价值),采取匀加速的方法维持速度运行(否则列车运缓过多无法恢复区间正点);利用区间平均坡度小于-1%的地段线路,以机车最大功率,在尽可能短的时间内,获得尽可能大的列车加速度,使列车速度尽可能地接近线路限速值,以弥补列车在坡道上运行时损失的时间与速度;正常运行后,采取下坡大功率、上坡小功率、平道匀功率的方法进行操纵,以确保各分段点平均速度围绕列车区间平均速度区域内运行。

②相邻区间为两个及其以上的起伏坡道时,在不影响列车运行秩序的前提下,以合并为一个区间的方式分段进行操纵,但必须确保各分段点平均速度围绕列车合并区间平均速度区域内运行。

列车通过线路慢行地段后的加速,应以尽快恢复区间平均运行速度为原则,其加速操纵方式与启动后的加速方式基本相同。线路处于小于-2%的下坡道时,以最大功率迅速恢复正常运行;但若处于起伏坡道的换算上坡道,也应采用匀功率维持运行,待转入下坡时,再以最大功率抢速迅速恢复正常速度运行;具体加速时机及功率运用应根据区间分段线路坡度情况确定。

以下是实际牵引启动试验数据。列车编组:辆数19辆、总重1072t、计长45.3,线路长度5700m,平均线路坡度小于0.5%,平均换算坡度小于1%。

对DF4BK型客运机车进行牵引启动试验,列车以2100kW的功率加速时,20~45km/h时加速度为 0.1508 m/s^2 ;速度由45km/h上升至64km/h,加速度为 0.1401 m/s^2 ;速度由64km/h上升至76km/h,加速度为 0.0996 m/s^2 ;速度由76km/h上升至85km/h,加速度为 0.0746 m/s^2 ;速度由85km/h上升至90km/h,加速度为 0.0762 m/s^2 ;速度由90km/h上升至96km/h,加速度为 0.0670 m/s^2 ;速度由97km/h上升至105km/h,加速度为 0.0343 m/s^2 ;速度由106km/h上升至115km/h,加速度为 0.0125 m/s^2 。

对DF4DK型客运机车进行牵引启动试验:列车启动后功率均匀提

升,20~45 km/h 时加速度为 0.1548 m/s^2 ;当列车以 2 500 kW 的功率加速时;速度由 46 km/h 上升至 60 km/h,加速度为 0.1504 m/s^2 ;速度由 61 km/h 上升至 75 km/h,加速度为 0.1244 m/s^2 ;速度由 76 km/h 上升至 90 km/h,加速度为 0.0816 m/s^2 ;速度由 90 km/h 上升至 105 km/h,加速度为 0.0612 m/s^2 ;速度由 106 km/h 上升至 118 km/h,加速度为 0.0112 m/s^2 ;速度由 119 km/h 上升至 128 km/h,加速度为 0.0092 m/s^2 。

对 SS7C 型客运机车进行牵引启动试验:列车启动后功率均匀提升,30~45 km/h 时加速度为 0.1656 m/s^2 ;速度由 45 km/h 上升至 60 km/h,加速度为 0.1640 m/s^2 ;速度由 61 km/h 上升至 75 km/h,加速度为 0.1634 m/s^2 ;速度由 75 km/h 上升至 90 km/h,加速度为 0.1612 m/s^2 ;速度由 80 km/h 上升至 95 km/h,加速度为 0.1482 m/s^2 ;速度由 95 km/h 上升至 108 km/h,加速度为 0.1121 m/s^2 ;速度由 109 km/h 上升至 118 km/h,加速度为 0.0801 m/s^2 。

对 HXD_{1D} 型客运机车进行牵引启动试验:列车启动后功率均匀提升,20~45 km/h 加速度为 0.1265 m/s^2 ,速度由 45 km/h 上升至 60 km/h 加速度为 0.1261 m/s^2 ;速度由 61 km/h 上升至 75 km/h,加速度为 0.1255 m/s^2 ;速度由 75 km/h 上升至 90 km/h,加速度为 0.1252 m/s^2 ;速度由 95 km/h 上升至 108 km/h,加速度为 0.1201 m/s^2 ;速度由 109 km/h 上升至 118 km/h,加速度为 0.1189 m/s^2 ;速度由 119 km/h 上升至 130 km/h,加速度为 0.1181 m/s^2 。

对 HXD3C 型客运机车进行牵引启动试验:列车启动后功率均匀提升,20~45 km/h 时加速度为 0.1871 m/s^2 ;速度由 45 km/h 上升至 60 km/h,加速度为 0.1840 m/s^2 ;速度由 61 km/h 上升至 75 km/h,加速度为 0.1744 m/s^2 ;速度由 75 km/h 上升至 90 km/h,加速度为 0.1616 m/s^2 ;速度由 80 km/h 上升至 95 km/h,加速度为 0.1512 m/s^2 ;速度由 95 km/h 上升至 108 km/h,加速度为 0.1201 m/s^2 ;速度由 109 km/h 上升至 118 km/h,加速度为 0.1001 m/s^2 。

通过对 DF4BK 型、DF4DK 型、HXD1D、SS7C 型客运机车进行牵引启动试验数据对此中可以看出:DF4BK 型客运机车在 85~90 km/h 范围内加

速较为强劲,加速至 95 km/h 以上运行时,加速度明显减弱,当加速至 105 km/h 以上运行时,已很难获得理想的加速度值,为维持列车运行速度而被迫加速,机车功率曲线受到限压区的限制,性价比很低,已接近于浪费,目前该机型已处于淘汰边缘。DF4DK 型客运机车在 110 km/h 以下速度运行时,加速较均匀且牵引力基本能满足列车运行速度的需求,当列车速度上升至 110 km/h 以上时,牵引力不足的问题也显现出来,当运行速度达到 118 km/h 以上时,牵引力就很难满足列车运行速度的需求。

SS7C 型客运机车在 108 km/h 以下速度运行时,均能保持较为强劲的加速性能,进行 110 km/h 以后,由于受到牵引力的限制,加速度也开始逐渐减弱,也很难满足列车高速运行要求。

HXD3C 型与 HXD1D 型客运机车各有特点,均具备了强大的牵引力。前者在各速度区域均保持了强劲的加速性能,但当速度达到 118 km/h 后,加速度才逐渐减小;而后者在 20~180 km/h 的范围内,都保持均匀且强劲的加速性能,非常适合高速列车牵引。内燃机车加速过程中,在机车功率保持不变的情况下,在各加速阶段范围内,随着列车运行速度的提高,加速度值逐渐减小,阻力也随之增大,特别是 DF4BK 型客运机车,当速度达到 96 km/h 以后,速率降低,而增速距离延长,如仍在此大功率下进行加速,机车牵引效率降低,列车加速的价值也随之降低,燃油消耗将不可避免的增加。对于 DF4DK 型客运机车,当列车速度超过 110 km/h 以后,由于空气阻力逐渐增大,加速度已小于 0.01 m/s^2 ,且逐渐趋向于 0,当运行在 1% 以上的坡道时,列车速度下降较快,且加速度已接近为负值,在正常情况下根本不具备加速的条件和价值,此时应根据线路情况适当进行调节,降低机车功率维持运行。

电力客运型机车则不同,由于机车牵引力较大,在各速度范围内加速都较强劲,都保持了较高的加速度效率。特别是和谐型电力机车,进入高速区域仍保持较高的加速能力,大大强于韶山型客运电力机车的加速能力。但和谐型电力客运型机车存在的问题也不少,突出的问题是机车黏着力不足。目前运用中的几种最新客运机型 HXD3C、HXD3D、HXD1D,都存在机车黏着力不足的问题,通过运用证明,无论是机车黏着力或是加速性能,HXD3C 综合性能都要好于 HXD3D 和 HXD1D。在正常气候下,

HXD3C 型机车表现出良好的稳定性能,但 HXD3D、HXD1D 型机车则表现一般,大功率加速很容易产生空转,即使是晴天,在高速牵引运行时,线路阻力增加的瞬间,机车轮对空转伴随而来。这是因为在高速区域,轮轨间滑动相对增加,机车振动也相对增加,黏着系数下降,遇阴雨天气时,在操纵上更要小心。因此,在列车加速时,手柄级位与速度保持在 3~5 级,防止空转(虽然和谐型电力机车对空转能自动调节,但会影响到列车正点和平稳)。

对于电力机车启动时的强迫加速,稍不注意就会造成较大的浪费,特别是牵引客运列车。这是因为在启动加速阶段,由于电力机车功率较大,加速较快,对一般坡道基本没有阻力的感觉,没有意识到当前的线路并不适合列车强迫加速,但操作者总是希望尽快将列车速度提至理想的运行速度后,再将手柄调至常速运行的功率或惰力运行,基本不考虑机车节能的问题,更没考虑到当前的速度是如何获得的,尤其是功率较大的和谐型机车(动车除外),只要速度较低且不分线路,都是以大功率将速度拉起来,却不知在此过程中造成了电能的极大浪费。

因此,无论使用何种机型,都必须充分利用列车经济加速时段并了解线路纵断面坡度分布情况,合理调节和运用机车功率,既要保证列车正点运行、充分发挥机车功率,又要善于利用机车功率与列车速度及线路纵断面的配合,在不影响列车运行秩序的情况下,达到节能的目的。

(2) 货物列车的启动。货物列车的启动主要是指在有坡道的站内停车或区间大坡道上被迫停车后的启动。一般情况下的坡停都是由于操纵不当造成的,这对列车运行秩序会造成很大的干扰,危害极大。若是在有心理准备的坡道上停车,尤其在启动困难的坡道上,应在停车前为起车做好一系列准备工作。

①选择线路。如果有条件,尽可能的将机车或列车前部停在坡度稍小的平缓地段并尽可能地避免将机车或列车前部停在曲线内,这样能够减小启动时机车前部阻力。

②压缩车钩。停车制动时,以最小减压量制动,并保持机车制动力,在列车接近停车前,减压量追加至停车保压的压力以上,使全列车钩充分压缩,这关系到能否成功起车。充分压缩车钩的目的主要是将部分列车

动能储存为车钩弹簧的弹性势能,也使列车应力分散,在启动时可利用车钩弹簧被压缩后向列车运行方向释放弹力。这也是坡道理论上无法启动列车,而实际上能够启动的原因。

③预先撒砂。停车前 15~20 m 充分撒砂,增加机车轮对范围内的黏着力和黏着牵引力,起车时才能有效防止空转,确保机车牵引力的充分发挥。

货物列车大坡道启动技术实际上是比较复杂的,即使在停车前为起车做好一系列准备工作,但操作不当仍然会出问题。比如起车时机过早,中、后部车辆未缓解而导致起车失败。若要掌握最佳时机,就必须了解车辆缓解充风(车辆充风问题在列车制动部分进行论述);一般情况下,以牵引 50 辆为例,除非常制动外,充风时间 6~8 s 即可启动列车。

货物列车坡道正常启动方法如下。

方法一:停车前做好起车准备时,按上述三点做好启动前的准备工作。列车缓解即可启动,动车后,逐步加大功率的同时注意撒砂,并注意各电机电流波动的变化,直至达到坡道所需功率。

方法二:停车前未做好起车准备时,以最大减压量制动,单缓机车制动,在缓解列车的同时立即压钩,在 4 s 内往后压钩约 1.5 m 时(后部车辆缓解约 2/3),立即换向启动;动车后,在逐步加大功率的同时注意撒砂,并注意各电机电流波动的变化,直至达到坡道所需功率;若无法启动时,立即大减压并使机车制动,再改用非正常启动方法启动。

货物列车坡道非正常启动方法如下。

列车保持 100 kPa 左右的制动力,单缓机车制动,向后强行压钩约 1.5~2 m 时(在列车保持 100 kPa 左右的制动力的制动状态下,可以压缩 10~15 辆车钩),机车单阀全制位稳定;换向后,先行加载基本功率,在开始加大功率的同时,自、单阀同时缓解;动车后,逐步加大功率的同时注意撒砂,并注意各电机电流波动的变化,直至达到坡道所需功率。

若操作者认为压钩比较充分,时机控制较好,机车牵引力运用良好且未空转但仍不能启动时,只能是坡道太大或列车太重,已非机车力所能及,应尽快请求救援或按有关规定退行至适当地点,再行启动(自动闭塞区间禁止退行),尽量减少列车占用区间时分。

(3)线路动能加速。线路动能加速主要是指坡道动能加速。牵引客运列车的机车,其功率绝对大于列车重量所需要的牵引力,所以列车除站停启动以外,只要区间运行时分允许,在没有运用大功率加速价值的坡道线路,原则上不采取以动能闯坡的操纵方式进行操纵,在没有外力作用下,主动变速操纵比平均速度浪费能源。所谓动能闯坡,就是列车在进入长大上坡道之前,利用线路缓冲地形,充分发挥机车最大牵引效能,提高列车动能闯坡的坡底速度,缩短坡道上的运行时间,从而达到提高列车坡顶速度的目的,避免或缩短机车在持续及其以下速度运行的时间,其结果就是达到了延长机车寿命与节能的目的。但线路坡道有长距离与短距离之分,也有坡度大小的区别,若不是列车运行上的需要,一般情况下,线路坡度小于 -2% 、线路长度小于列车长度两倍及其以上的线路坡道,是没有加速价值的。对于线路坡度大于 5% 的长大上坡道,货运列车在进入坡道前,应利用线路条件,尽可能将列车速度提至监控线路限速最大允许值闯坡,尽可能缩短列车爬坡运行距离和时间。对于线路坡度大于 3% 的长大上坡道,列车在进入坡道前,也应将列车速度提至监控线路限速最大允许值闯坡,当列车速度逐渐降低并接近区间平均速度时,应及时将机车功率降至区间平均功率以下维持运行,分时、分速度达到区间分段要求即可,在本分段内,其坡顶速度与坡底速度应为等差级数(若平均速度为 50 km/h ,坡底速度为 70 km/h ,则坡顶速度控制在 30 km/h ;坡底速度若为 60 km/h ,则坡顶速度应控制在 40 km/h 左右)。

对于坡顶的机车持续速度,动能闯坡在客运列车的运行当中没有多大的实际意义,只有在机车恒功率下的列车加速阶段所获得的加速度值小于或等于列车降速阶段的减速度值时(在平均起伏坡道,平均功率下的加速度与减速度是一个等值),才有采取动能加速的必要;客运列车在坡道前获得的速度只能是动能速度,其加速的过程也只能是动能加速(在加速度一节中介绍),列车在均匀的起伏坡道上运行时,在机车功率保持不变,经过下坡增速与上坡减速的过程,其加速度与减速度是一个等值,即平均加速度,列车速度变化的结果仍是平均速度,机车运用的功率也为平均功率;但在上述坡道上运行时,如果功率运用得当,依然是平均速度,但利用加速度的变化却可以节省机车功率,从而达到节能的目的。

其关键就在于线路变坡点的坡底,即在列车加速度由最大值逐渐趋向减小的提前瞬间,提高机车功率将延缓列车加速度的降低,延长列车加速过程,同时兼顾到列车加速度从最小直至过渡到减速度的变化过程中列车运行的平稳;仅短时间的加速,就可以创造列车在上坡道运行的过程中,以小功率维持运行的机会,其节能效果明显好于平均值,而且列车平稳运行的效果基本是一样的。因此,在上述坡道上运行时,将列车速度提至监控线路限速最大允许值进入坡道,是非常重要的,让闯坡时列车动能增加所获得的速度逐渐消耗,当列车速度低于区间平均速度时,根据分段速度情况,以稍低于区间平均功率的功率维持运行,避免区间运行早点。

2. 区段线路分段操纵

所谓区段线路分段操纵,就是根据区段或区间线路坡道分布情况,在确保列车正点运行的前提下,将区段或区间线路按坡度性质划分为两段,线路较长、坡道较多且较为复杂时,也可分为3~5段进行分速、分时、分坡度操纵,其目的就是既要保证列车正点运行,又要达到机车节能的目的,这对于货运列车尤其重要。

区段或区间线路分段操纵在八十年代是非常普遍的,它需要列车操纵者对区段线路情况有很高的熟悉程度,对区段线路内每一个大于 $\pm 1\%$ 的坡度和长度都了如指掌、对每一个站线和区间曲线半径如数家珍。当时,进站停车要根据站线情况选择停车地点,为起车做好准备,机车制动机操作多为站外一次调速、站内一次减压停车过标;站外二次调速及站内两段制动停车均被认为是极大的浪费。

(1)分坡度。根据区段或区间线路坡道分布情况,按坡度值进行划分。即对线路进行基本换算后,分为上坡道、平道、下坡道。区间较短、较复杂或有必要时,对3~5个区间进行划分,采取下坡大功率、上坡小功率、平道匀功率的方法进行操纵,只要确保区间运行正点即可(惰力运行除外)。

(2)分速度。就是将各分段点的列车运行速度根据线路坡道分布情况进行合理分配。各分段速度等于区段或区间平均速度即可。

(3)分时间。根据各分段点的列车运行速度所用时间进行合理分配。各分段用时等于区段或区间用时总和即可。

区段或区间线路分段操纵在高速、普速客运列车运用中也是很重要的。竞赛时,普速客运列车按半分制统计,而高速客运列车是以秒进行统计的,在制定操纵方案时,要进行综合考虑。当列车运行至第一个分段点时,应对分段用时情况进行分析,即可清楚地掌握速度控制情况,从而决定下个分段点的速度控制;确保各分段点平均速度围绕列车区间平均速度区域内运行,在进站前最后一个分段点,再次对分段用时情况进行分析,从而决定进站速度控制,即可确保区间运行的相对正点率。

二、线路纵断面变坡点功率的运用

1. 列车的链状弹性体特性

机车车辆间的连接是由车钩来实现的,实际上列车平稳操纵技术的运用就是综合力学的运用,也就是车钩力学的运用,所要达到的目的就是在运行中自始至终保持车钩在伸张状态,而车钩缓冲装置的受力情况决定了列车的平稳性能,熟悉和了解车钩,对平稳操纵列车是很有帮助的。

由于在线路曲线上造成的左右折曲及线路坡度的变换造成的上下位移,车辆车钩间必须要有一定的径向间隙,若采取刚性连接,车钩的钩舌无法承受运行中列车所形成的冲击,势必会造成车钩的断裂,所以在车钩的钩体后面设置了车钩缓冲装置,使车钩受到的冲击力大部分传至缓冲器的缓冲弹簧上,使车钩缓冲器缓冲弹簧发生弹性变形,构成了一个复杂的、多自由度的机械振动系统,列车就象一个链状的弹性体一样进行纵向拉伸或压缩。这种特性为列车启动创造了良好的条件,但也给列车平稳运行带来了困难。运动中的列车既是机械振动体,又是一个弹性连接体。线路纵断面的不断变化及列车制动时车钩间的相对位移所产生的碰撞,随着列车长度的增加,车钩间隙扩大,位移量增加,能量也不断增大,车钩缓冲器弹簧在压缩至极限并消耗一部分能量后,所传递的全部是车辆的动量冲击(mv 与 s 的能量关系)。

货物列车使用的是三号车钩和三号缓冲器,缓冲器最大行程 58~60 mm;普通客车使用一号车钩和一号缓冲器,车钩与车钩间的自由间隙为 15~20 mm,缓冲器最大压缩行程为 58~60 mm;快速客车使用 15 号车