

内燃机车运用综合 操作技术技能

陈纯北 编著



NEIRAN JICHU
YUNYONG ZONGHE
CAOZUO
JISHU JINEN

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

要 點 容 內

内燃机车运用综合操作技术技能

陈纯北 编著

中国铁道出版社

2014年·北京

内 容 提 要

本书主要讲述内燃机车运用综合操作技术技能,并就国内生产的现代主型内燃机车性能、牵引特性的基础知识与综合操纵技术技能进行全面阐述。同时充分结合作者所在单位的干线内燃机车运用操作中发生在技术技能方面的故障进行全面分析。本书为内燃机车司乘、地勤、质检、验收、机车调度等人员的专业参考用书,并可作为内燃机车相关专业的司乘人员培训班或大专院校的辅助教材。

图书在版编目(CIP)数据

内燃机车运用综合操作技术技能 / 陈纯北编著. —北京:
中国铁道出版社, 2014. 11
ISBN 978-7-113-19400-0

I. ①内… II. ①陈… III. ①内燃机车—操作—基本
知识 IV. ①U262

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 237164 号

书 名: 内燃机车运用综合操作技术技能
作 者: 陈纯北

责任编辑: 侯跃文 编辑部电话: 010-51873421 电子信箱: tdpres@126.com
编辑助理: 王佳琦
封面设计: 郑春鹏
责任校对: 龚长江
责任印制: 陆 宁 高春晓

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.tdpres.com>

印 刷: 三河市兴达印务有限公司

版 次: 2014 年 11 月第 1 版 2014 年 11 月第 1 次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 23.75 字数: 587 千

书 号: ISBN 978-7-113-19400-0

定 价: 60.00 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

前言

Preface

随着科学技术的进步,生产工具得到改善的同时,生产力与生产方式也相应发生着变化。如现代内燃机车是集机—电、电子设备、计算机系统控制于一体的大型电气机械自动化铁路牵引动力移动设备,而且这类移动设备在不断更新与改进;而在这一切发生变化的同时,相应机车运用技术却未发生应有的变化。

自1958年我国生产第一台内燃机车以来,50多年来,我国生产运用的内燃机车已有200多个类型,前后生产几代内燃机车,国内生产与运用过的内燃机车近2万台,而现在国内生产内燃机车保有量近1万台。现在我国干线运用的内燃机车主要为东风(DF)系列内燃机车,与后续生产的和谐系列内燃机车。其中DF4系列,主要为DF4B、DF4C、DF4D型内燃机车,该系列内燃机车共生产了8000台左右。DF8型内燃机车自1989年投入批量生产以来,在此基础上研制生产了DF8B型内燃机车,此后又研制生产了DF8D型、DF8J型、DF8CJ型等机车(后者均未形成批量生产,仅属试验性)。DF8系列内燃机车生产1000台左右。DF11系列客运机车是应全国铁路大提速形势要求而生产的机车,该类型机车总共生产了近700台(其中包括DF11G、DF11Z型机车)。自进入21世纪以来,经与国外公司进行技术合作,国内生产了具有6000马力的大功率内燃机车,命名“和谐”系列(HXN3、HXN5型)内燃机车,均属具有世界先进水平的货运机车,并装配大功率IGBT变流器,机车控制采用模块化设计,两种类型的机车轴重均为25t。该类型机车具有卓越的防空转、防滑行功能,并具有轮周效率高,黏着利用率高,起动加速快,动力学性能和制动性能良好的特性,该类机车投入运用已超过1000台。

目前现场运输运量逐年增大,且新的牵引动力也改进更换频繁,同时也加大了职工培训教育的难度,职工培训不到位是悬在广大运输一线员工头顶的“运输安全之剑”。铁路运输安全与职工技能素质的提高是相辅相成的,它们是不可分离的一点两个面。无论多么先进的设备,总有不可预测的问题存在,必须拥有掌握较高水平专业知识的职工队伍,铁路运输安全才能有牢固的基础。无论是机车运用故障出现或行车事故发生时,在机车运用技术技能水平较高的运用人员控制下就能妥善地处理或有效避免。同样的问题,在技术技能水平较低人员的操作下可能就会发生危险。因此,作为机车乘务员其机车运用操作技术技能水平需要得到相应提高。

就铁路运输专业机车牵引操作要求而言,《铁路机车操作规程》总则第一条明

确指出:机车乘务员是铁路运输的主要技术工种,并且要求采用先进的科学技术手段,加强日常培训,规范和提高机车乘务员操作水平。无论是过去运用蒸汽机车的时代,还是现代对内燃与电力机车的运用,对机车操作模式(操作思维方式)基本是不变的,只是在机车性能、牵引特性与牵引力大小等条件下,机车操作方法有所变化而已。圆有大小之分,规无形状之束,善其工者,必利其器。如果想对机车操作到位或平稳操纵好列车,就必须掌握操作机车的必备知识,但在实际运用中没有固定的操作模式可循,对机车的具体操作根据现场情况而定,即通过机车性能、牵引特性、牵引定数、列车编组与线路纵断面,并以线路信号显示与机车运行安全控制要求来决定机车操作。因此应注重提高机车运用操作的技术技能,并要精细化,如在对机车制动机“五步闸”检查时,突出在三个字,即“降、升、漏”;在对机车操作中应注重机车“三力”具体配合运用,即机车牵引力、机车制动力与机车电阻制动力的运用;在对列车操纵中应注重“三要素”,即机车性能、列车编组与线路纵断面。因此充分发挥和掌握好机车“三力”的实施与运用,在保证列车安全运行的同时,提高机车的运用效率与经济效益。本书内着重叙述了机车效率方面的机车运用操作技术技能,并以机车性能、牵引特性、牵引计算、机车五项设备与机车车辆制动机为基准,以对机车操作与列车操纵实际运用为主导,并辅以机车运用故障案例与个例为对比,充分展示了机车操作与列车操纵技术技能掌握的重要性。

本书在撰写中得到了乌鲁木齐铁路局哈密机务段各级领导和教育科的大力支持和协助,并得到了库尔勒机务段相关领导与教育科相关同志的支持的协助,以及作者所在单位的机车运用车间及相关部门与机车运用司乘人员提供的帮助,同时也得到哈密电务段、乌鲁木齐通信段驻哈密机务段检修工区师傅们的帮助,及哈密机务段教育科给予的大力协助,在此表示衷心感谢!

由于时间仓促,水平所限,谬误在所难免,请读者提出批评和指正!

陈纯北

2014年8月于新疆哈密

目 录

Contents

第一章 概 述	1
第二章 国产内燃机车性能	7
第一节 DF4 系列内燃机车	7
第二节 DF8B 型内燃机车	21
第三节 DF11 型内燃机车	34
第四节 HXN3 型内燃机车	46
第五节 HXN5 型内燃机车	57
第三章 牵引计算知识	73
第一节 内燃机车牵引力与牵引特性	73
第二节 列车运行阻力	85
第三节 列车制动力	93
第四节 机车动力制动与制动特性	107
第四章 机车五项设备	114
第一节 机车运行监控装置	114
第二节 机车信号装置	122
第三节 列车无线调度通信	132
第四节 列尾装置	142
第五节 轴温监测装置	153
第五章 机车监控装置运用	170
第一节 LKJ 基本操作方法	170
第二节 列车运行中监控模式操作	180
第三节 非正常行车监控模式操作	187
第四节 运行揭示的输入、查询、解锁及文件转储	197
第六章 机车车辆制动机	204
第一节 JZ-7 型空气制动机	204
第二节 CCBⅡ 型电-空制动机	213
第三节 车辆制动机	229

第四节 机车车辆制动机及辅助装置综合运用.....	239
第七章 列车综合操纵技能.....	264
第一节 列车起动操纵.....	264
第二节 列车运行平稳操纵.....	271
第三节 列车平稳操纵中应解决的几点问题.....	280
第四节 列车正确操纵与旅客列车平稳操纵.....	289
第五节 机车牵引设备故障处置.....	299
第六节 特殊情况下列车操纵.....	307
第七节 机车轮对空转引起的运行障碍.....	324
第八章 机车操作障碍分析与特殊个例.....	335
第一节 机车轮对空转/滑行成因分析与个例	335
第二节 列车运行中车辆抱闸成因分析与个例.....	346
第三节 列车运行中机车车辆起紧急制动成因分析及个例.....	357
第四节 高坡地段列车分离个例.....	367
参考文献.....	374

第一章 概 述

我国生产运用的内燃机车已有 200 多个型号,自 1958 年生产第一台内燃机车开始,50 多年来,我国已经先后生产几代内燃机车,国内生产与运用的内燃机车近 2 万台,而现时国内生产机车占干线运用量近 1 万台。其中有干线机车(包括客、货运)、调车机车、货运支线机车、工矿运用机车以及标轨、宽轨与窄轨运用的多种类交、直流电传动与液压传动内燃机车。本书分 8 章,主要阐述了现代运用的国产干线内燃机车的运用性能、牵引特性、电阻制动特性等基础知识,以及机车安全装置的运用,本章在此基础上概括性地分四个方面介绍全书叙述的国产干线内燃机车的运用综合操作技术技能知识。

一、内燃机车性能与牵引计算知识

DF4 系列内燃机车主要指运用于干线的客、货运机车,它们主要为 DF4B、DF4C、DF4D 型内燃机车,除此之外,还有该系列的其他变异产品有 10 多型号。其中 DF4 型内燃机车大约生产 821 台(后期经改造,此类型均为 DF4B 型内燃机车),DF4B 型内燃机车生产有 4 089 台,DF4B 型客运内燃机车生产有 630 台;DF4C 型内燃机车总生产量约为 842 台左右;DF4D 型客运内燃机车(多型号)约生产近 1 000 台;DF4D 型货运内燃机车约生产 260 台左右。目前,除在干线上投入运用的该类型机车外,该系列的内燃机车已停止生产。在第二章有关章节内主要介绍了 DF4B 型内燃机车的性能、牵引与电阻制动特性,以及 DF4D 型内燃机车性能、牵引与电阻制动特性。

DF8 系列中货运内燃机车的主要型号为 DF8B 型内燃机车。该型机车是在 DF8 型内燃机车的基础上逐步改型发展起来的,属于国产重载牵引货物列车机车。DF8 型内燃机车自 1989 年投入批量生产以来,共生产了 141 台,在此基础上结合 DF9 型与 DF11 型内燃机车的优点研制生产了 DF8B 型内燃机车,此后又研制生产了 DF8D 型、DF8J 型、DF8CJ 型等内燃机车(但均未形成批量生产,仅属试验性质)。成批量生产的机车仅有 DF8B 型货运内燃机车,该型号机车的生产是根据 1993 年铁道部颁布的《铁路主要技术政策》规定:繁忙干线上旅客列车的最高时速 140 km,货物列车最高时速 90 km、货运电力、内燃机车的最大轴重增加到 25 t 的要求而设计制造。在第二章有关章节主要介绍 DF8B 型内燃机车的性能、结构和技术参数。DF8B 型内燃机车属国产大功率交-直流电传动 25 t 轴重的干线重载货运机车,装用 16V280ZJ 型柴油机、JF204 型同步主发电机和 ZD109C 型牵引电动机,柴油机装车功率 3 680 kW,并采用计算机控制系统,具有全功率自负荷功能的电阻制动装置等技术。DF8B 型内燃机车大约生产了 811 台,运用于全国各主要干线或部分厂矿企业的专用线上。

DF11 系列客运内燃机车,是在 DF9 型内燃机车的基础上的改进而来,是应全国铁路大提速形势的要求而生产的机车。该类型机车共生产 577 台,此系列产品 DF11G 型内燃机车总生产了 124 台(另生产 DF11Z 型内燃机车 24 台)。在第二章有关章节中重点介绍 DF11 型机车

的总体布置、机车性能与牵引特性。

自进入 21 世纪以来,经与国外公司进行技术合作,国内开始生产大功率内燃机车命名“和谐”号。该类型内燃机车有两种型号,即 HXN3 型、HXN5 型内燃机车。HXN3 型是由美国 EMD 公司转让其先进技术与大连机车车辆有限公司联合设计制造的一款具有世界先进水平的货运机车。这种新型内燃机车装用先进的 EMD 大功率、低排放、电喷柴油机,采用交流传动系统、车载计算机网络控制系统以及集成化气路的空气制动系统等 11 项国际新技术,并具备三机重联功能,机车功率为 4 660 kW,在第二章有关章节中对该机车性能与牵引特性均有叙述。HXN5 型内燃机车由戚墅堰机车有限公司与美国通用电气(GE)公司合作研发生产。HXN5 型机车装用大功率 IGBT 变流器,额定功率达到 4 660 kW,机车采用模块化设计、外走廊、底架承载结构,机车轴重为 25 t。机车具有卓越的防空转、防滑行功能,具有轮周效率高、黏着利用率高、起动加速快、动力学性能和制动性能良好的特性,这方面的内容在第二章有关章节内有所叙述。

牵引计算对于铁路运输的组织、牵引列车编组与列车通过率等运输效率而言,是一项重要而复杂的知识。对机车运用技术而言,也属于应当掌握的重要知识,熟悉机车牵引计算便于对机车性能与牵引特性进行更深入的了解,更好地运用机车,充分发挥好机车性能与牵引特性。第三章主要介绍与牵引计算知识有关的机车牵引力、列车运行阻力及影响因素和计算方法,及列车制动力、电阻制动等问题。

二、机车五项设备

安全运用问题一直伴随着机车运行,相对机车运用中的安全屏障“机车三大件”(也称“机车三项设备”)一直伴随着铁路提速、设备更新、重载牵引不断地完善改进着。近年来在机车三项设备的基础上又增设了两项设备,统称为“机车五项设备”,即列车运行监控装置(LKJ)、机车信号、列车无线调度通信电话、列车尾部安全防护装置和机车轴温检测装置。此类内容将在第四章分五节对机车五项设备运用进行相应叙述。内燃机车所装配的列车运行监控装置,主要作用是保证列车运行的安全,规范并监督司机对列车(机车)的正确操作,避免行车事故的发生。列车运行监控装置是集报警、安全保护、制动、控制、记录于一身,因此对该装置有规范正确操作的要求。机车监控装置自 20 世纪 80 年代初期装车以来,经不断适应性改进,对机车安全牵引起到积极的预防与保护作用。

机车信号是设于机车驾驶室內的反映设备自动运行条件、指示司机运行的信号显示装置,亦称机车自动信号。机车信号设备是具有保证行车安全、提高运输效率及改善司机劳动条件等作用的重要技术设备。机车信号又是一种单方向的控制设备,只能从地面向机车传递控制命令,而不能反向地传递命令。地面发送设备(如轨道电路或地面感应器)根据地面信号的显示情况,通过与机车接收线圈或机车感应器的气隙构成通信道,将控制命令传递给机车上的接收设备,以此来控制机车信号和制动系统。因此不论何种机车信号,其主要技术问题是怎样将地面信号显示的信息准确无误地传递到行驶时机车上。传递信息的方式有电气接触式、光电式、红外线式、无线式和电磁感应式等。我国铁路普速线路目前基本上采用电磁感应式。

列车无线调度通信电话(简称无线列调)属移动通信范畴。移动通信是指用无线通信技术来完成移动终端与移动终端之间或移动终端与固定终端之间的信息传送。我国铁路因其运输生产的特点,使得列车运行时对移动通信的需求十分迫切。铁路各运营部门都需要使用移动

通信手段提高运输效率,保障运输安全。铁路是我国较早发展无线通信系统的部门,随着铁路现代化和信息化发展,对数据业务的需求也越来越迫切。铁路无线通信新技术包括了无线局域网、Ad Hoc 网络无线接入网、数字集群、卫星通信、无线列调、调度命令无线传送、TDCS 无线车次(号)校核、GSM-R 系统等。

列车尾部安全防护装置(简称列尾装置)。列尾装置是现代货物无守列车运行中一项重要安全设备装置,即为“机车五项设备”的一项,通过司机的操纵能随时检测到列车尾部的风压。同时,当列车主管风压因非正常泄漏低于规定限值时,该设备能自动报警;当车列中出现非正常情况时,可对列车尾部进行遥控辅助制动,以防止列车“放飏”事故的发生。该设备还可兼作列车昼夜尾部标识;采用双向数传技术,即机车与列尾主机之间的双向通信全部使用数字编码,缩短了占用无线通信时间,减少了与无线列调之间的相互影响,有利于双线区段列尾装置的运用。也相应地节约了运输成本,有效地保证了行车安全。该项设备主要由机车控制装置(司机控制盒)与列尾控制装置(主机)两大部分组成。

内燃机车安装的轴温监测装置因生产厂家不同,其型号也有多种,但其结构性能基本相同。如由株洲电力机车研究所研发的单总线式温度监测报警装置,北京铁路局和北京唐智科技发展有限公司合作开发 JZJ-2000 机车轴承温度监测装置(简称 JZJ-2000 温测)和 JK00430 型机车走行部车载监测装置(简称 JK00430 型车监)。通过监测机车走行部轴承轴位故障前期急剧的温升,及时报警以提醒司机。重点监测部位为机车走行部分、主传动轮轴的轴箱、电机大小端轴承、抱轴、主发电机轴承、通风机轴承等,并还具有扩容空间。

三、机车、车辆制动机

制动力与牵引力在列车运行中是相辅相成的,机车牵引力的大小是解决列车牵引质量的大小与运行速度快慢的问题(运输效率与经济效益),制动力解决列车运行安全的问题(在规定的距离内停得住)。因此机车司机对列车制动机性能的掌握(机车制动机)与熟悉(车辆制动机)在列车运行的操纵中是至关重要的。一般而言,机车司机对制动机了解与掌握的重要性应排在运行操作的第一位。第六章分四节对现代内燃机车运用的两种机车制动机(JZ-7 型与 CCB II 型),与国内客/货车辆中通用的几种车辆制动机进行了叙述,并介绍了相应内燃机车与车辆辅助装置和机车制动机的综合作用,对该系统有一全面综合的叙述。

内燃机车中 DF4 系列机车自 1974 年首次在 DF4 型 2005 号机车上采用 JZ-7 型空气制动机,该制动机现已运用于我国各类型内燃机车和电力机车上。在此章内主要介绍该型空气制动机的特点、架构、综合运用、常见故障检查与五步闸检查。

CCB II 型电空制动机是基于微处理器和 LON 网的电控制动控制系统,除了紧急制动作用由机械阀触发外,其余所有逻辑控制指令均由微机处理器发出。集成化程度高,即模块化、智能化、自我诊断与故障显示及处理方法提示功能,控制准确性高、反应迅速。制动控制阀设有制动区,且能自动保压,基础制动装置采用轮盘制动。CCB II 型电空制动机是一种基于网络的电子设备(模块)控制空气实施制动的电空制动机,其设计符合美国 AAR 标准。该制动机利于现场对控制单元替换,其设计成一种分布式结构,每个单元模块包含自诊断功能且均可替换。制动机具备多项冗余功能,具有识别、重新组合和发生故障时备份关键部件的功能。CCB II 型电空制动机设计利用网络技术互联每个可替换单元,这些单元互相实时通信,实现各种制动功能的控制。

我国客/货车车辆曾装配过多种车辆制动机,主要以 K、L、P 型制动机为主,现在的 K 型货车制动机,除 GK 型车辆制动机保留运用外,其他 K 型制动机基本已被淘汰。而客车车辆 P、L 型制动机在不断改进中继续运用。现在我国铁路运用的客/货车车辆主要装配 120 型控制阀、GK 型制动机、104(103)型制动与 P 型和 GL3 型制动机,其中 104 型与 P 型和 GL3 型制动机为客车车辆所用。

机车车辆制动机结构性缺陷往往给列车操纵带来运用性问题。虽然该类设备装置在不断改进完善,但总有各种因素引起的失效问题。因此为了保证行车运输上的安全,在尽可能完善机车制动机系统的同时,对其还加装了外附性装置(也称辅助装置),如放风阀、动力制动联锁装置等。第六章有关内容对此类装置的结构与用途进行了相应叙述,除此之外,也叙述了新型 CCB II 制动机在运用中的故障判断及处理方法,以及相应的故障代码诊断识别与故障信息术语表,以便于对此类制动机的运用与电子类控制系统故障进行识别。同时也介绍了现在运用的车辆制动机的特点、列车管减压特性与列车管的制动波速和缓解波速。

四、列车综合操纵技能与特殊个例分析

列车操纵(也称机车操作)是一项综合性技术技能,司机应熟悉所操作机车的类型、性能、列车编组、本区段的牵引定数,并根据所运行的区段线路纵断面与当时所处的天气情况,充分运用好机车牵引特性,克服线路的不利因素,按列车运行图的要求,安全、正点、避免机车途停的将列车牵引至目标站。在机车运用中有较复杂的因素影响列车的运行,如何处理各类不利因素,并将不利因素消除,发挥好主观能动性,是每位司机对机车操作技能的具体体现。机车及列车操纵水平的高低,直接影响到机车质量的维护和列车运行的安全正点。机车乘务员是机车和列车的直接操作人员,应严格执行《铁路机车操作规则》(以下简称《操规》)的要求,规范化操作,杜绝野蛮操作,盲目、盲从操作,违章操作,以维护确保机车运用质量,延长机车使用寿命,消灭人为造成的机车操作故障,良好地完成列车牵引任务。本书在第七章内着重阐述了机车操作技能,即对列车起动操纵、列车运行平稳操纵、列车平稳操纵中应解决的几点问题,列车正确操纵与旅客列车平稳操纵,机车牵引设备故障处置,特殊情况下的列车操纵,机车轮对空转与滑行成因分析等方面的列车操纵技能知识内容进行了叙述。第七章所叙述知识属内燃机车综合操作下技能的掌握,包括对机车安全设备的合理运用与正确操作,该类列车操纵技术技能体现在以下的叙述知识与要求中。

客/货列车起动有根本性的区别,客运列车要求平稳起动,同时客运列车牵引定数一定,牵引质量小,只要根据客车车辆的结构性能使全列车在刚性一体下达至全列车起动后,再行加速即可。货物列车有空、重与空重列车混编三种状况之分,一般而言货物列车牵引定数多,要求能起动,因此也就不太注重平稳起动。同时客/货列车大多情况下属站内平直道起动,客/货列车应根据牵引列车起动与每区段确定机车类型的牵引力,列车编组(牵引定数)与牵引区段线路纵断面有关。机车牵引力下的牵引定数的起动阻力简捷计算,车辆车钩压缩量的依据,机车起车与加速牵引要点是司机操纵列车及对机车操作应掌握的基本技术技能。

现在中常速客/货运列车在运行中并非刚性连接,机车车辆是通过车钩装置机械连接而成的具有缓冲作用的组合体。机车牵引列车运行时,机车车辆的振动与冲动来自多方面,有机车牵引中加载与减载时带来的纵向冲力,有机车与车辆间和车辆与车辆间因自身(或装载)质量的不同,带来惰(惯)性冲挤(拱)力,引起的纵向冲力;有轮对在钢轨面的滚动带来某种冲击振

动(因线路钢轨大量的改换无缝轨,因此钢轨接头对轮对的冲击相对减小,这样在这方面带来的轮轨间的冲击振动也相应减小),以及由此产生的车辆自激振动(如沉浮、横摆、伸缩、摇头、点头、侧滚等)。内燃机车平稳操作主要是指如何解决列车运行中纵向冲击力问题,内燃、电力或被淘汰的蒸汽机车实施对列车平稳操纵的基本要求是相同的,所不同仅是各类型机车牵引力的大小发生了变化,机车的加速与减速起了变化,因此带来机车操作方式方法发生变化。如何运用不同类型内燃机车的特性,并根据线路纵断面的变化,合理给定牵引力,或变换运用好机车牵引力,使列车在机车牵引操纵下始终成为理想的刚体,也就达到了列车平稳操纵的目的。同时,如何正确调整机车牵引力与制动机制动力和机车电阻制动力(简称为“机车三力操作”),是机车运用安全平稳操作的重要内容之一。列车运行中平稳操纵、列车进站平稳操纵、线路坡道与列车能量转化及车钩伸缩变化关系、列车通过变坡点时平稳操纵、合理调速与平稳操纵等方面均与“机车三力操作”有着息息相关的关联。

列车平稳操纵是指运行中机车车辆间无冲击性振动发生,始终在均衡匀速中运行,并杜绝机车轮对空转产生的列车局部冲动性冲击,防止机车车辆轮对在钢轨面上滑行而擦伤轮对及轮对敲击钢轨引起的机车车辆振动。防止断钩分离,列车操纵中应保持机车车辆间连接车钩始终处于伸张或压缩状态,避免其车钩时而伸张、时而压缩,防止车钩被拉伸分离列车。轮对空转仅发生在机车轮对上,车辆轮对是不会发生空转的,当机车牵引力大于轮轨间的黏着系数时,轮对将发生空转。因车辆是被动铁路线路的移动设备,车辆自身无动力,也就不存在轮对空转问题,但列车运行中的滑行在机车车辆中不同程度与不同情况下均会发生。因此列车运行中避免机车轮对空转与发生滑行,平稳操纵防止断钩分离,属货物列车平稳操纵中应重点解决的问题。

列车正确操纵是在列车平稳操纵的基础进行的,列车正确操纵的基础是了解所运用内燃机车类型的结构性能,线路纵断面,列车编组即三要素。使重载货物列车达到起得动,加速快,匀速安全正点运行;客运列车达到起车稳,停车准,加速快,无冲动,匀速安全正点运行,以保证旅客列车运行的平稳性。并运用好相应类型机车的性能,解决好线路纵断面变化形成的正、负列车附加阻力和机车车辆运行阻力与机车牵引力间的关系,达到列车运行速度、运行时间与列车平稳运行的平衡,以求列车安全正点运行。

机车牵引设备故障处置,是指列车运行中机车发生在牵引设备上的故障,其中牵引设备包括机车走行部设备、电器控制设备、柴油机动力与其辅助机械设备及其与行车有关的安全控制设备。司机在列车运行中遇到此类设备给机车操作带来问题如何处置,属于有碍机车操作、列车运行安全的因素,是机车运用人员(特别是机车司机)在列车操纵中亟待解决的问题。该类故障中绝大多数情况下是可通过提升司乘人员与铁路运输有关人员的相关技术技能将其避免并克服。因此作者在相关机车运用案例的帮助下将其解析出来列述于第七章内的有关小节,供机车司乘与运用人员参考,希望能正确认识机车牵引设备所发生的故障因素,并进行积极处置,在列车操纵中防止此类故障给列车运行带危害,以保证列车运行的安全。

特殊情况下的列车操纵是指非正常情况下发生的一些列车操纵问题。司机在对列车操纵运行中遇到由诸多不确定因素存在带来的特殊情况下的列车操纵问题。在这类不确定因素中有机车车辆的结构缺陷引起列车运行障碍,有线路障碍引起行车障碍,有信号装置故障引起的行车障碍,有车辆损坏或装载货物不牢固超限引起行车终止,有机车车辆车钩结构缺陷引起的连接失效发生列车分离,有车辆制动机结构缺陷与人为操作失误综合因素引起的诱发车辆紧



急制动,有车辆车轴温升超限引起列车运行终止等。在铁路运输的列车行进中所发生的一切,有在铁路运输中机车车辆、线路、信号等物理性设备结构缺陷,有司机人为操作机车不当的因素,该类均属于有碍列车安全运输的因素。纠正不良的操作习惯,回到正确的机车操作方法上,在列车操纵中防止此类故障发生或发生后能给予正常解决。

机车轮对空转与滑行是机车操作中特殊线路条件(包括气候环境的影响)与机车轮对结构缺陷所形成的运行综合障碍引起机车运用性故障。机车轮对空转与滑行是机车运行中一项综合操作障碍,属轮轨间的黏着系数发生变化和机车轴重转移导致黏着牵引力被破坏而引起,前者属机车牵引操纵中发生的运行障碍,后者属机车实施制动操作中所发生的运行障碍。机车操作故障特殊个例是在列车运行中特殊情况与条件下形成的,司机对机车操作中应认真对待处置,否则将会酿成机车车辆设备损坏或行车事故。对待特殊情况下的列车操纵要发挥好司机的综合操作技能。

车辆抱闸一般是在司机无实施自阀减压指令下个别车辆位所发生的单独制动现象,称之为车辆自然制动,即闸瓦贴轮。此类列车运行中的故障所产生车辆制动力较弱,并不能将车辆车轮“抱死”,而是将车轮“抱热”,严重时,易引起列车火灾事故。此类故障时有发生,属列车运行中铁路运输移动技术装备惯性故障之一。发生该类故障的原因是综合性的,既有车辆制动机结构缺陷,也有车辆在车列中编挂位置带来列车管排风波速降低的影响,还有司机实施列车制动中减压量施用失当的原因。其后果是耗费机车动能,列车区间运行迟缓,严重时,车辆轮对被擦轮(滚动擦伤),或将引起列车火灾事故及运行于小半径区段线路脱轨颠覆列车等类危害(车站进出站道岔处也属小半径线路)。个位车辆抱闸发生时一般情况下司机无法知晓,均是在间接情况下得知,如车站通过地面监测设备得知转告司机,或列车夜间行车对后部瞭望时,发现列车中车辆底部的摩擦火光等间接性手段。

机车牵引运行中,列车突然发生紧急制动作用,通常由三类故障情况构成。一是属机车制动机故障,即自动制动阀与分配阀故障(包括监控装置 LKJ 起保护作用——自动停车装置起紧急制动作用,或 HXN₃、HXN₅ 型内燃机车因司机操作不慎引起惩罚性制动)而引起;二是车辆制动机故障或制动主管(或称列车管)破裂与列车分离导致制动软管断开;三是实施机车制动机操作过程中所发生的。属于上述机车车辆制动机障碍,一般而言,通过司机精细化操纵和正确合适的处理,均可将此类故障克服或将运输损失相应减至到最小或最小化。

第二章 国产内燃机车性能

内燃机车性能是一项综合指标,主要体现在机车牵引力、机车牵引特性与机车制动力上。内燃机车牵引力按级差分柴油机牵引力、传动装置牵引力和黏着牵引力;而内燃机车牵引特性,主要指机车轮周牵引力与速度间的关系,其牵引特性因机车类型不同也有所区别;内燃机车制动力主要指空气制动与电阻制动。仅就目前国内批量生产后常用的干线内燃机车叙述,即 DF4 系列、DF8 系列、DF11 系列、和谐系列等类型内燃机车性能叙述,本章将分 5 节分别叙述此四个系列的干线客/货运机车相应的牵引力与牵引特性。

第一节 DF4 系列内燃机车

DF4 系列内燃机车主要指运用于干线的客、货运机车,它们主要为 DF4B、DF4C、DF4D 型内燃机车,除此之外,还有该系列的其他延伸产品有 10 多种。其中 DF4 型内燃机车大约生产有 821 台(后期经改造,此类型均为 DF4B 型内燃机车),DF4B 型内燃机车生产有 4 089 台,DF4B 型客运机车生产有 630 台;DF4D 型内燃机车(多型号)约生产 1 000 台,DF4D 型货运内燃机车约生产 262 台;DF4C 型内燃机车仅总生产量约为 842 台左右,该型机车输出功率比 DF4B 型内燃机车稍大,其最大特点是在Ⅱ端司机室与冷却室间增设了辅助室,使机车预热锅炉系统独立。同时减低了Ⅱ端司机室的噪声,其他如机车性能与牵引特性及机车操作方式基本不变。目前,除在干线上投入运用的该类型机车外,该系列的机车已停止生产。本节主要介绍该系列中的 DF4B、DF4D 型内燃机车性能与牵引和电阻制动特性。

一、DF4B 型内燃机车性能

内燃机车在运行中牵引电动机在给定的同步主发电机恒功率曲线上运行时,要尽量扩大机车速度范围,这是电传动内燃机车速度自动调节的主要任务。DF4B 型内燃机车整流装置输出的额定电压为 770 V,若按这一电压计算,牵引电动机的最高转速约为 1 100 r/min,经过换算,货运机车的速度约为 48.4 km/h。若机车速度要继续增加,反映到同步主发电机经牵引整流柜上的输出外特性将离开恒功率曲线而进入限压区,此时柴油机功率得不到充分发挥,因而机车速度无法提高。为保证柴油机在恒功率的条件下使机车有一个较宽广的速度范围,而同步主发电机的输出电压又不进入限压区,在电传动内燃机车上普遍采用的措施是对牵引电动机进行磁场削弱。

1. 牵引电动机调速方法

牵引电动机的电枢轴是经主、从动牵引齿轮与机车轮对相连的。因此,对牵引电动机的转速进行调节,实际上也就是对机车运行速度进行调节。

直流牵引电动机的转速特性可用式(2-1)表示:

$$n_D = U_D - I_D \cdot \Sigma R / C_e \Phi_D \quad (2-1)$$

式中 U_D ——牵引电动机的端电压(V);

I_D ——牵引电动机的负载电流(A);

ΣR ——牵引电动机的内电阻(Ω);

C_e ——电机的电势常数, $C_e = PN/60a$;

a 为电机并联支路数; p 为电机极对数; N 为电枢导体数;

Φ_D ——牵引电动机的励磁磁通(Wb)。

从式(2-1)可看出,由于牵引电动机是串励的,当负载电流 I_D 不变时,励磁磁通 Φ_D 也保持不变。此时,牵引电动机的转速 n_D 与端电压 U_D 近似成正比。

牵引电动机的转速 n_D 与 U_D 、 Φ_D 、 I_D 三个因素有关。其中电动机负载电流 I_D 是随负载力矩而变化的,即决定于运行阻力的大小。因此改变 n_D 只有通过改变 U_D 和 Φ_D 来实现。

(1) 改变牵引电动机端电压 U_D

对于串励牵引电动机,当负载电流 I_D 不变时,励磁磁通 Φ_D 也保持不变。此时,牵引电动机的转速 n_D 与端电压 U_D 成正比。DF4 系列内燃机车的六台牵引电动机是并联连接的,同步主发电机经整流柜的输出电压,就是加于牵引电动机的端电压。DF4 系列内燃机车同时采用改变同步主发电机的转速和励磁电流使它的输出电压发生变化,从而改变了加于牵引电动机上的端电压。同步主发电机转速的改变是由司机控制手柄使柴油机转速发生变化来实现的。而在柴油机转速一定时,励磁电流的变化是通过恒功率调整系统来实现的。

由于依靠改变 U_D 来提高机车速度受到了同步主发电机最高电压的限制,因此机车速度的进一步提高还需要采用磁场削弱的方法。

(2) 改变牵引电动机的励磁磁通 Φ_D

端电压 U_D 于某值不变时,转速 n_D 与励磁磁通 Φ_D 成反比关系。减少牵引电动机的励磁磁通 Φ_D 来增加转速,这种调速方法称为牵引电动机的磁场削弱。牵引电动机的励磁磁通 Φ_D 取决于它的励磁磁势(IW),其关系(图 2-1)。励磁磁势 IW 的大小是励磁绕组的匝数与所通过电流的乘积。因此改变励磁绕组的安匝数,就能改变其励磁磁通。因为不易改变励磁绕组的匝数 W ,所以在内燃机车上,通常是励磁绕组两端并联电阻,使原来的励磁绕组电流减小,来实现磁场削弱,被并联的电阻称为磁场削弱电阻。

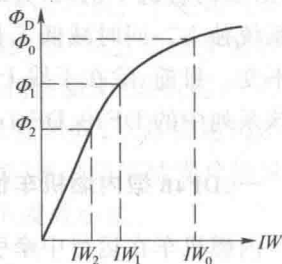


图 2-1 励磁磁势与磁通的关系

牵引电动机磁场削弱的原理(图 2-2)。图 2-2 中仅为出一台牵引电动机, XC_1 和 XC_2 是磁场削弱接触器, RX_1 和 RX_2 是磁场削弱电阻。图 2-2(a) 是磁场削弱之前的状态, 由于 XC_1 和 XC_2 没有闭合。因此 RX_1 和 RX_2 均不起作用, 流过牵引电动机电枢绕组电流全部流入励磁绕组, 这种工作状态称为“全磁场”工况。图 2-2(b) 是 XC_1 已经闭合, 但 XC_2 尚未闭合, 因此只有 RX_1 对励磁绕组起分流作用, 使流过励磁绕组的电流总是小于电枢电流, 这种工作状态称为“一级磁场削弱”工况。图 2-2(c) 是 XC_1 和 XC_2 闭合, 于是 RX_1 和 RX_2 均起分流作用, 使流过励磁绕组的电流进一步减弱, 这种工作状态称为“二级磁场削弱”工况。牵引电动机在由全磁场向一级磁场削弱向二级磁场削弱的转换状态, 称为“一级正向过渡”和“二级正向过渡”。在由二级磁场削弱向一级磁场削弱和由一级磁场削弱向全磁场的转换状态, 称为“二级反向过

渡”。由于机车的速度与同步主发电机的输出电压有一个固定的比例关系,所以 DF4 系列内燃机车采用按机车速度信号进行磁场削弱工况的过渡。

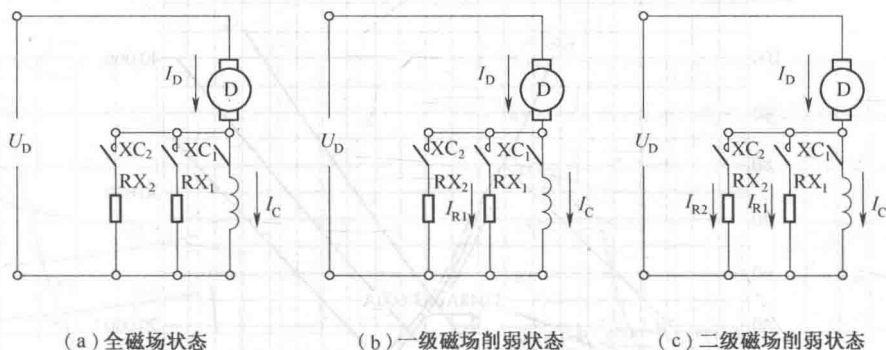


图 2-2 牵引电动机磁场削弱原理图

2. 励磁率

磁场削弱的程度,用励磁率 β 表示,它的含义是:

$$\beta = I_c / I_D \quad (2-2)$$

式中 I_c ——牵引电动机的电枢电流;

I_D ——牵引电动机的励磁绕组电流。

DF4B 型内燃机车一级励磁率 $\beta = 60\%$,表示有 60% 的电枢电流流过励磁绕组,而其余的 40% 则流过了磁场削弱电阻。二级励磁率 $\beta = 43\%$ 表示仅有 43% 的电枢电流流过励磁绕组,全磁场时,牵引电动机的电枢电流全部流经励磁绕组,即 $\beta = 1$ 。

3. DF4B 型内燃机车磁场削弱

牵引电动机的磁场削弱是克服同步主发电机电压限制的有效措施。下面主要讨论 DF4B 型内燃机车在额定装车功率情况下,是怎样解决同步主发电机对机车牵引力和速度的限制的。

图 2-3 为 DF4B 型货运内燃机车六台牵引电动机电气机械特性。列车起动至同步主发电机经牵引整流柜的输出外特性进入双曲线区,即机车从 A 点开始可充分利用柴油机的最大功率。由于牵引电动机负载电流只决定于列车运行阻力,所以随着列车运行阻力的减小,机车速度增加。当机车速度增高到 40 km/h 时(B 点),牵引整流柜电流相应减少到 3 122 A,电压相应增加到 679 V 左右,此值接近于同步主发电机达到 720 V 的电压限制。这时如果不进行电动机磁场削弱,机车速度继续增高,电压限制很快就会开始,在这样低的速度下出现电压限制这是不允许的。

此时,将牵引电动机一级磁场削弱接触器 XC_1 闭合,牵引电动机就从全磁场过渡到一级磁场削弱工况($\beta = 100\% \rightarrow \beta_1 = 60\%$)。在过渡的瞬间,由于机车的惯性来不及变化,但励磁电流的减少导致牵引电动机励磁磁通的减弱,使牵引电动机反电势($E = C_e n \Phi_{D弱}$)随之下降,电动机的电流 $I_D = (U_D - C_e n \cdot \Phi_{D弱}) / \sum R$ 则增大,因而牵引整流柜电流也增大。图 2-3 内一级磁场削弱后牵引整流柜电流由 3 132 A 变为 3 654 A(C 点),通过励磁调节系统对同步主发电机的作用,使牵引整流柜的输出电压降低。这时牵引整流柜的工作点沿双曲线外特性下降,躲过了电压限制。由于磁场削弱前后同步主发电机均在恒功率曲线上工作,所以牵引电动机磁场削弱前后的功率和转矩都是不变的。因此,如果此时机车阻力不变,机车速度仍可继

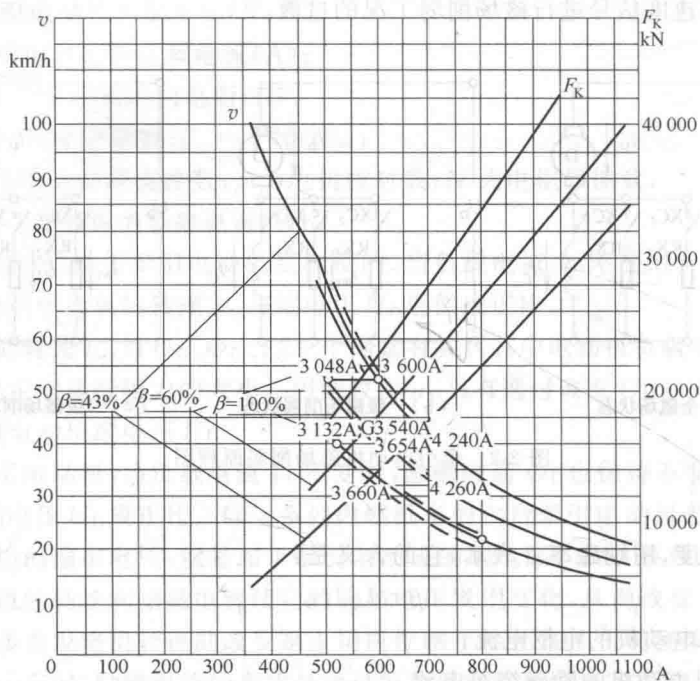


图 2-3 牵引电动机电气机械特性

续提高。随着机车速度的提高,牵引整流柜电流将再度沿恒功率曲线减小。电压也随之升高,功率保持不变,即重复运用了一次牵引整流柜恒功率特性。当机车速度提高到 52 km/h 时,牵引整流柜电流减小到 3 048 A,电压上升到 697 V 左右,又接近 720 V 的限制。为了进一步扩大机车速度范围,推迟和克服同步主发电机的电压限制,此时闭合二级磁场削弱接触器 XC₂,牵引电动机由一级磁场削弱过渡到二级磁场削弱($\beta_1 = 60\% \rightarrow \beta_2 = 43\%$),牵引整流柜电流由 3 048 A(D 点)突增至 3 600 A(E 点),电压又重新下降,使牵引整流柜的工作点再次沿恒功率牵引特性曲线下降,再次躲开了电压的限制,机车速度仍然可继续提高。由此可见,对牵引电动机进行磁场削弱,不但可提高机车速度,而且加宽了充分利用柴油机最大功率的速度范围。但磁场削弱不能太深,否则电枢反应严重,电机换向恶化。与上述相反,当机车阻力增加时,牵引电动机的转矩和电流增大。即牵引整流柜的电流增大,电压随之降低。

当列车速度降到 42 km/h 时,由二级磁场削弱反过渡到一级磁场削弱($\beta_2 = 43\% \rightarrow \beta_1 = 60\%$),此时牵引整流柜电流由 4 140 A 过渡到 3 540 A,当列车速度降低到 34 km/h 时,又由一级磁场反过渡到全磁场($\beta_1 = 60\% \rightarrow \beta = 100\%$),牵引整流柜由 4 260 A 过渡到 3 660 A,然后电流仍可按恒功率曲线变化逐渐增加,列车速度逐渐降低。

二、DF4B 型内燃机车牵引特性

DF4B 型内燃机车由于恒功率调节系统和牵引电动机的磁场削弱的配合,才使机车有了一个较宽广的速度范围。机车牵引特性是根据柴油机最大运用功率、牵引整流柜输出功率、牵引电动机原始参数及其速率特性和《列车牵引计算规程》(以下简称《牵规》)等资料计算和绘制