

驼峰自动化丛书

自动化驼峰调速系统

汤百华 编著

中国铁道出版社

1993年·北京

前 言

近30年来，我国铁路编组站调车技术有了长足的发展。从1958年推广重力驼峰调车开始，经历了简易驼峰、非机械化驼峰、机械化驼峰、半自动化驼峰、自动化驼峰到综合自动化驼峰的各个发展阶段，取得了50多项有关驼峰的科研成果，其中大多数获得了广泛的应用。目前我国不但能够制造自动化驼峰的各种测量控制设备，设计并建设了各类驼峰的调速系统，而且在研究的深度和广度上，不亚于发达国家的水平。我国成功地创造了高解编效率、高控制精度相结合的点连式调速制式，建成了一批半自动化、自动化、综合自动化的编组站，取得了明显的技术、经济效益，为在2000年前，全面实现编组站调车作业现代化，准备了雄厚的技术、物质基础。我国的驼峰调车技术正在走向世界。

在已经取得的成就里，凝聚着一大批领导干部、技术专家、广大科技人员和工人师傅辛勤劳动的汗水。为了总结他们的创新，推广既有成果，把编组站现代化建设搞好，本人在给研究生讲课的基础上，整理成“自动化驼峰调速系统”一书。本书介绍了自动化驼峰调速系统的理论基础，各种自动化驼峰的测量控制设备，以及适合我国国情、融高效和安全于一体的多种调速制式。本书最后一章，结合自动化驼峰的实践，论述了提高可靠性的一些问题，希望这些能有助于读者在今后实际工作中，进一步利用可靠性理论与方法，设计、制造出高度可靠的设备和系统。

由于本人水平有限，不妥之处，敬请读者批评指正。

作 者

1991年11月

(京)新登字063号

内 容 简 介

本书从设计角度出发,全面介绍了自动化驼峰调速系统(即货车溜放速度控制)的理论基础,各种测量、控制设备的原理,多种调速制式的原理、组成和设计要点。全书例举了大量实例,详细地介绍了各种计算方法、选择制式和处理问题的方法、设计方法,以及提高系统可靠性的各种有效措施。该书理论与实践并重,是作者对我国30多年来从事自动化驼峰研究与实践的总结。

本书的读者对象为从事自动化驼峰研究、设计的人员和维修、管理人员,以及有关专业的教师、研究生、大学生。

驼峰自动化丛书

自动化驼峰调速系统

汤百华 编著

*

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条14号)

责任编辑 魏京燕 封面设计 王毓平

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092毫米 1/32印张: 20.125 插页: 4 字数: 429千

1993年3月 第1版 第1次印刷

1—3470册(平)

印数: 1—530册(精)

(平) ISBN 7-113-01280-9/TP·127 定价: 11.70元

(精) ISBN 7-113-01532-8/TP·151 定价: 14.00元

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 编组站驼峰调车在铁路运输中的地位和作用	1
第二节 驼峰调车需要解决的三大主要问题	2
第三节 现代化驼峰及其技术经济效益	9
第四节 我国编组站调车现代化的目的及运营条件	12
第五节 国内外自动化驼峰发展概况	14
第二章 自动化驼峰调速系统的理论基础	22
第一节 能高	22
第二节 车组溜放阻力	25
第三节 阻力的测量与前测后用的换算	32
第四节 减速器打靶控制系统误差分析	42
第五节 打靶系统连挂效果的概率计算方法	51
第六节 站场布局和平、纵断面设计概要	57
第七节 系统仿真模拟现场实验的方法与实例	75
第三章 自动化驼峰的调速设备	94
第一节 驼峰调速设备分类及简介	94
第二节 浮轨重力式减速器的工作原理	113
第三节 减速器的性能及其评定	122
第四节 T·JY/T·JK系列减速器的结构与安装	126
第五节 减速器的液压传动系统	132

第六节	减速器的气压传动系统	162
第七节	减速顶的原理、性能及受力分析	176
第八节	绳索牵引推送小车的原理、性能及传动 系统	189
第四章	自动化驼峰的测量设备——测速雷达	204
第一节	系统对测速设备的基本要求和测速 原理	204
第二节	测速雷达的微波系统	209
第三节	多普勒信号特征和处理方法	226
第四节	测速设备	244
第五章	自动化驼峰的测量设备——测长、测重、车轮 传感器	252
第一节	系统对测长设备的基本要求和测长 原理	252
第二节	长度信息的处理	263
第三节	测长设备	271
第四节	系统对测重设备的基本要求和测重 原理	278
第五节	重量信息的处理	292
第六节	测重设备	299
第七节	车轮传感器	300
第六章	调速制式的选择	312
第一节	评价调速制式和调速系统设计的基本 指标	312
第二节	各种调速制式的系统构成及工作原理	317
第三节	各种调速制式优缺点及其适应性的 述评	331
第七章	自动化驼峰的初级阶段——半自动调速	

系统	344
第一节 半自动调速系统组成及其工作原理	344
第二节 减速器闭环自动控制方法	347
第三节 减速器控制的几个问题及其处理方法	360
第四节 半自动化驼峰控制设备	368
第五节 半自动化驼峰作业方法简介	385
第八章 采用减速器打靶调速方案的调速系统	391
第一节 自动化驼峰溜放控制系统的构成及各模 块的任务	392
第二节 自动化驼峰计算机系统硬件结构	399
第三节 打靶控制数学模型	418
第四节 自动化驼峰计算机控制系统软件功能	442
第五节 自动化驼峰计算机控制软件设计概要	461
第九章 采用减速器-减速顶点连式调速方案的调速 系统	501
第一节 系统构成及系统设计	501
第二节 减速顶连挂区坡段及布顶设计	508
第三节 减速器-减速顶点连式调速系统打靶控 制算法	518
第十章 采用减速器-推送小车点连式调速方案的调速 系统	526
第一节 系统原理、构成及系统设计	526
第二节 允留天窗打靶算法	531
第三节 绳索牵引推送小车的控制	542
第十一章 提高自动化驼峰调速系统可靠性的技术 措施	560
第一节 系统可靠性指标、模型和元器件失效 规律	561

第二节	可靠性设计和可靠性验证概要	577
第三节	噪声干扰及其防护	586
第四节	全过程全面质量管理及其实施	611
第五节	自动化驼峰调速系统的故障监测与 诊断	618
第六节	自动化驼峰动态故障-安全概念及处理 方法	626

第一章 绪 论

第一节 编组站驼峰调车在铁路运输中的地位和作用

编组站是铁路货物运输的重要环节。货物在货运站或专用线装车以后，由调机拉到编组站，按其去向编成列车，向目的站方向发车。同一列车中的货车，到站不尽相同，在其运输过程中，往往要经过多次改编。货物列车到达其最终目的地后，要解散，分别拉到货运站或专用线卸车，结束铁路运输过程。货车的编组、改编和解散通常在编组站上进行，因此，从一定意义上讲，编组站是“货物列车的制造工厂”。

铁路运输是一部由车、机、工、电、辆许许多多部门组成的联动机，任何一个环节出问题，就会打乱运行图，出现堵塞，为了恢复运输秩序，就要把一时不能在区间运行的货物列车储存起来，编组站众多的股道，兼有“货物列车容器”的作用，调节着整个路网的运输。

我国五万多公里铁路线上，分布着46处编组站，众多的区段站上，还有约200座调车驼峰，它们地处多条铁路线的交会点，或大宗货物的集散地，是铁路枢纽的主要组成部分。目前我国有路网性编组站13处，区域性编组站16处，地方性编组站17处，承担着货物列车的主要改编任务。最主要的编组站有：郑州北、徐州北、丰台西、沈阳西、株洲北等，它们占地面积数千亩，站线总延长一百多公里，建设投资十数亿元，铁路员工数千人，日解、编货车万辆以上，是

铁路运输的关键所在。

我国铁路运输十分紧张，繁忙干线只能满足50%的运量要求，严重制约着国民经济的发展。在路网中，点线能力不协调，编组站改编能力不足，又是制约我国铁路运能提高的主要因素。据统计，铁路重大、大事故中，有一半以上发生在调车作业过程中。车辆周转时间的50%发生在编组站上，压缩中转时间，对提高车辆利用率，加速企业流动资金周转，有着重大意义，鉴于上述原因，国家对编组站的建设和技术改造，历来十分重视，在合理布局、合理分工的基础上，除大量投资，新建和扩建一批重要编组站外，大力开展调车新技术、新设备的研究试验工作，获得一大批行之有效的科研成果，并得到了全面推广。特别是以驼峰半自动化、自动化为主要内容的编组站技术改造工作正在加速进行，取得了明显的技术经济效益。

编组站的调车以重力驼峰为主。所谓驼峰，指的是铁路线的一个突起区段，如图1—1所示。调机将车列推至峰顶，人工摘开车钩，车组利用重力加速而脱离车列，自由溜向指定股道。驼峰调车推送速度不高，通常为3~7 km/h，但解体作业是连续的、平稳的，因此效率很高，成为当代铁路调车的主要方式。

第二节 驼峰调车需要解决的

三大主要问题

驼峰调车作业过程如图1—2所示。该作业过程从驼峰调机开始推峰起，至车组在调车线内安全连挂为止，在这个过程中需要解决的主要问题是：溜放车组的速度控制，溜放车组的进路控制，以及推峰机车的速度控制。

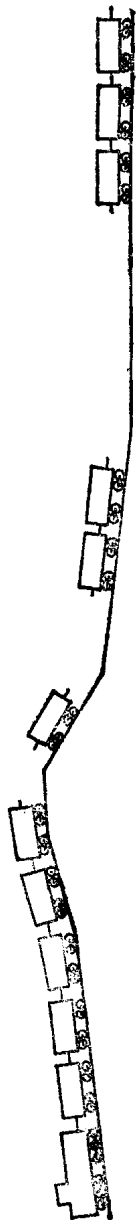


图 1-1 调车场驼峰纵断面示意图

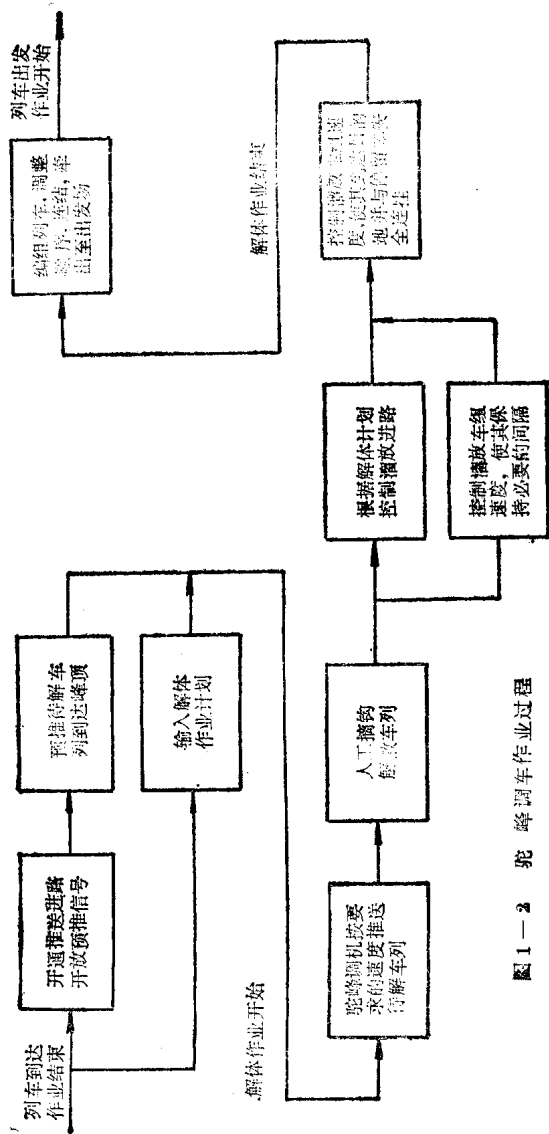


图 1-2 驼峰调车作业过程

一、溜放车组的速度控制

车组脱离车列后失去了机车的控制，怎样保证它到达目的地时能与停留车安全连挂，最早的办法是手闸制动，如图1—3所示。制动员在车组脱钩前爬上行进中的车辆，随车下峰，利用车上的制动设备，使车组在接近停留车时停住。手闸制动不需增加任何设备，但很危险，稍有疏忽，就可能从行进中的车组上摔下来，造成人身伤亡事故。制动员劳动强度极大，效率甚低，随着驼峰调车的推广，手闸制动被铁鞋制动所代替。

铁鞋是一种钢制的楔形工具，可以跨在钢轨上滑行，如



图1—3 制动员利用手闸对车组进行制动

图 1—4 所示。车辆需要减速或停下时，人工将铁鞋放在钢轨上，车轮压上铁鞋后，其踏面与铁鞋弧面接触，迫使车轮停止转动，带着铁鞋向前滑行，巨大的摩擦力使车辆减速直至停下。铁鞋的问世，解放了手闸制动员繁重而危险的劳动，大幅度提高了劳动生产率和驼峰解体能力，因而得到了广泛的使用。但是，大量使用铁鞋后又出现许多新问题：1. 铁鞋滑行距离不易掌握，经常出现天窗和超速冲撞；2. 为保证调车作业安全，使用铁鞋制动时不允许连挂，要求保留 2～5 m 天窗，这就降低了调车线的客车能力，机车必须经常下峰整场，影响驼峰解体能力；3. 铁鞋限速 18 km/h，超速上鞋，车轮的冲撞有可能使铁鞋飞出来，造成人身伤亡或车组失控；4. 车列编组时，必须把全部铁鞋取下来，影响编组效率。如果漏撤铁鞋，牵出过岔时将引起脱线或车列颠覆；5. 铁鞋对钢轨和车轮的磨耗，对轴箱的损伤是很严重的。上鞋侧铁鞋与轨面摩擦，频繁使用铁鞋的路段，钢轨使用寿命只有 1～2 年。另一侧车轮的踏面与轨面摩擦，导致车轮踏面严重擦伤，18 km/h 左右上鞋，车组停下来后，车轮踏面上将出现直径约为 40 mm 的磨损面，周围钢材因高温而退火，呈蓝色，如图 1—5 所示。据估计，车轮的损伤相当于行车数万公里。铁鞋制动是单侧进行的，车轴两侧受力不等，可能导致轴瓦移位，增加了燃轴的危险。铁鞋摩擦钢轨，轨头出现肥边，需经常人工切除，否则一旦卡住铁鞋，车轮有可能从铁鞋上跳过去，造成脱线事故；6. 铁鞋制动员的劳动强度仍然很大，劳动条件也很恶劣，人身安全仍没有足够的保障。为克服大量使用铁鞋而出现的上述种种弊病，出现了车辆减速器及其它多种调速工具。

车辆减速器是 1924 年问世的。我国 20 世纪 50 年代末试制成功了 DK-59 型减速器，在丰台西站获得了应用，从而使我

国驼峰调车技术进入机械化时代。目前减速器已经系列化、标准化，在编组站上大量使用，取代铁鞋，成为驼峰主要调速工具。减速器是一种非常灵活、有效的调速设备，它可以用来保证溜放车组间必要的间隔，也可以打靶控制，实现目的调速，使车组与停留车安全连挂。为实现目的调速，需在每条调车线的入口处，甚至调车线中部适当位置上安装减速器。众多的减速器靠人工操作已不能适应繁忙的编组站作业要求；由于观速困难，人工操作减速器，在技术上也难做到准确、适时，因而出现了用电子仪器测量溜放车组速度、重量、阻力、打靶目标距离等参数，并对减速器实行自动控制的半自动化/自动化调速系统。我国1978年建成丰西、南翔等半自动化驼峰，标志着我国驼峰调车技术进入了自动化的时代。目前半自动调速系统已经在全路40多座调车驼峰上推广使用。南翔下行驼峰利用国产DJS-131型小型计算机，于1984年实现了自动控制。作为国家“七五”攻关项目，郑州北上行场于1989年建成综合自动化，并在石家庄下行场获得推广。

为简化控制，提高安全连挂率，20世纪70年代以来，世界各国分别研制成功了各种连续式调速设备，诸如：减速顶及其派生设备，绳索牵引推送小车，直线电机加减速小车等，它们能在调车线中规定的区段内，对溜放车组实行连续调速，使减速器打靶的点式开环控制，发展为减速器加连续式调速设备的点连式闭环控制。点连式把点式解体效率高和连续式控制精度高的优点有机地结合在一起，成为我国驼峰调速的优选制式。

二、溜放车组的进路控制

驼峰加速坡以后，用一系列道岔把推送线和众多的编组



图 1—4 铁鞋外观



图 1—5 铁鞋制动后车轮擦伤的情况

线连接起来，控制这些道岔的方向，就可以确定溜放车组的进路。早期驼峰，溜放进路上诸道岔的控制是人工进行的，每付道岔处有一名扳道员，按规定的作业计划扳动道岔，把

溜放进路开向目的股道。人工控制溜放进路需要大量的扳道员，效率很低，容易出错。20世纪60年代初研制成功了驼峰道岔自动集中设备，获得了广泛的应用。使用道岔自动集中的驼峰调车场，其道岔由快速电动转辙机或电空转辙机扳动。作业员在解体作业开始前，把目的股道号码按钩序存入继电存储电路。溜放作业开始后，进路控制命令随着车组运动，不断地向前方道岔传递，并自动扳动道岔，使进路通向所需要的方向，不再需要人工介入。道岔自动集中的采用，极大地提高了劳动生产率和驼峰解体效率，减少了错溜的概率，提高了调车作业的安全系数。随着电子计算技术的发展和普及，道岔自动集中又从继电设备发展为电子设备。计算机化的道岔自动集中设备，可以自动地接收编组站信息处理系统或场调计划员编制的解体作业计划；可以储存足够数量的解体作业计划，并按需要人工启动其中之一，开始列车的解体；在解体过程中还具有监测、检错及报警功能，解决了跟踪及钓鱼的自动处理问题，并能预报尾追、侧撞的发生，采取导向安全的应急措施。由于电子计算机的应用，极大地加强了整个驼峰调车系统的逻辑功能，把溜放速度控制和溜放进路控制两个子系统结合在一起，形成了一个完整的驼峰溜放控制系统，这不但可以节省大量硬设备，而且信息共享，对提高控制质量具有明显的好处。

三、驼峰调机的推峰速度控制

驼峰调机根据驼峰信号的指示进行调车作业，驼峰信号采用四灯七显示，与溜放进路无联锁关系。为便于司机瞭望，通常在到达场设置驼峰信号的复示信号机。由于驼峰线路复杂，弯道多，瞭望条件差，特别是在恶劣的气候条件下，有些编组站需靠调车员用手信号向司机转达驼峰信号的

显示内容，明显地降低了驼峰解体效率，因而研制了驼峰机车信号。我国驼峰机车信号有两种：驼峰无线机车信号和驼峰移频机车信号。为防止操作失误，引起挤岔、侧撞，甚至颠覆事故的发生，驼峰机车信号应与推峰进路发生联锁关系。司机根据信号显示操纵机车，要不停地注视信号显示，及时作出反应。在实际作业中，往往由于配合不好，操作不及时而延长驼峰解体作业时间，于是进一步开发了根据机车信号，自动操纵机车推峰作业的机车遥控系统。利用电子计算机，根据车组大小，前后车组间隔，相邻两车组最后分歧道岔的位置等，自动确定推峰速度，自动发出控制机车的命令，于是机车遥控发展为机车自控。有了机车遥控或自控设备，就可以实现合理的变速推峰，明显地提高了驼峰解体能力。

从上面简单介绍可见，自动化驼峰是一个多任务实时控制系统，它的规模大，技术复杂，可变因素多，可靠性要求高，难度较大。限于篇幅，本书着重介绍作为自动化驼峰核心的溜放车组的速度控制问题。

第三节 现代化驼峰及其技术经济效益

一、现代化驼峰分类

如果把拥有机械化调车设备以上的驼峰定义为现代化驼峰，则从技术装备和作业特点来分，大体上有以下 4 个等级：机械化驼峰、半自动化驼峰、自动化驼峰和综合自动化驼峰。

机械化驼峰 调车线线束型平面布置，溜放进路控制采用继电道岔自动集中，安装间隔制动用车辆减速器 1 至 2 个制动位，目的调速用铁鞋，推峰速度 $4 \sim 5 \text{ km/h}$ ，大型机

械化驼峰解体能力典型值为3400辆/日。

半自动化驼峰 在机械化驼峰的基础上，增加调车线内1至2个目的制动位减速器，人工选择定速，用雷达测量溜放车速，用测长设备测量编组线空闲长度，用半自动控制机对减速器实行闭环自动控制，有些编组站还安装了减速顶、推送小车等连续式调速设备，部分或基本取消铁鞋制动。半自动化驼峰推峰速度 $5 \sim 6 \text{ km/h}$ ， 5 km/h 以下安全连挂率 $70\% \sim 80\%$ ，安装减速顶或推送小车等连续式调速设备后，可提高到 $85\% \sim 98\%$ ，大型半自动化驼峰解体能力典型值为4000辆/日，比机械化驼峰提高 $10\% \sim 15\%$ 。

自动化驼峰 在半自动化驼峰的基础上，增加工业控制计算机系统和部分基础设备（测重，车轮传感器，光挡，气象站等），由计算机确定出口速度设定值，控制溜放进路。除调车线始端减速器外，在调车线内适当位置安装车辆减速器，减速顶，推送小车等调速设备，取消铁鞋制动，溜放进路、间隔调速、目的调速全部实现自动控制。推峰速度 $6 \sim 7 \text{ km/h}$ ， 5 km/h 以下安全连挂率 $85\% \sim 98\%$ ，大型自动化驼峰解体能力典型值为4500辆/日，高峰解体能力8辆/分，解体能力比机械化驼峰提高 $20\% \sim 30\%$ 。

综合自动化驼峰 在自动化驼峰的基础上，增加推峰机车遥控或自控，编组站信息处理系统，实现驼峰实时控制系统与编组站信息处理系统联机。综合自动化编组站的内涵：

1. 编组场合理的平面和纵断面布置；2. 推峰机车遥控或自控；3. 溜放进路自动控制；4. 溜放速度自动控制；5. 编组站信息处理系统（接、发车预、确报，自动编制解、编作业钩计划，现车管理，编组站作业统计等）；6. 峰尾调车进路继电集中或计算机集中控制；7. 到达场、出发场进路自动控制；8. 站内无线通信；9. 其它作业自动化（包括列检、