

减速顶及其调速系统

徐建兴 主 编

中 国 铁 道 出 版 社

1991 年 · 北京

的独特优点，在中小型驼峰编组站的技术改造中，更能显示其独特的优越性。因此，减速顶在今后若干年中仍具有广泛的应用前景。

为普及减速顶及其调速系统的基础理论知识，我们参考了近 10 年来国内外有关减速顶及其调速系统方面的专业资料和文献，结合近十几年来在减速顶设计、应用及调速技术研究方面的实践经验，编写了这本读物，对减速顶设备的发展概况、结构原理和应用等方面作了较系统的介绍，并详细阐述了各种减速顶调速制式的适应范围和设计原则、设计方法，以便广大铁路应用部门和科研设计单位对减速顶调速设备及其调速技术有一个较系统的了解。

本书第一章至第五章，由上海铁路局站场调速技术发展中心徐建兴、陆建华、李关相共同编写；第六章、第七章，由铁道科学研究院运输研究所张觉印编写；由徐建兴主编，并负责对全书进行统写。

在编写过程中，承蒙铁道科学研究院吴岳南研究员、张汝熊研究员、韩宝润副研究员、西南交通大学严隽耄教授、北方交通大学崔立言副教授及上海铁路局陈令高级工程师校阅了部分手稿，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有很多缺点，甚至错误，诚恳地希望读者批评指正。

编者

1991 年 4 月

内 容 简 介

本书对国内外减速顶调速设备和调速技术发展概况, 减速顶设备的结构和工作原理, 减速顶设备的使用和养护维修及减速顶的应用安全性等方面作了较系统的介绍。对近年来国内外研制的新型减速顶也作了简要的介绍, 并阐述了各种减速顶调速系统的构成、特点和适用范围, 详细介绍了点连式调速系统和驼峰全减速顶调速系统的设计原则和设计方法。

本书可作为编组站调速系统研究设计人员、铁路运输设备管理人员和铁路院校运输专业师生的参考书籍, 同时可作为站场减速顶管理、维修工作人员的工具书。

减速顶及其调速系统

徐建兴 主 编

中国铁道出版社出版
(北京市东单三条14号)
中国铁道出版社上海发行分部发行
责任编辑 黄 燕
商务印书馆上海印刷厂

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 6.375 字数: 142 千
1991年7月第1版 第1次印刷
印数: 1—5000 册

ISBN7-113-01145-4/U·348 定价: 3.50 元

發展站場調速技術
為鐵路現代化服務

劉建章
一九八二年
十月廿一日

原铁道部部长刘建章同志为本书题词

前 言

驼峰连续式调速设备——减速顶,是一种无需外部能源、无需外部控制、能简而易行地对驼峰溜放车辆速度自动控制的液压单元。这种新型调速设备于 60 年代中期由英国道蒂公司首先研制成功,在各国编组站安装使用已有 26 年的历史;在我国,自 1974 年第一代国产减速顶研制成功至今,也有 17 年的历史。17 年来,减速顶及其调速技术以其投资少、见效快、安全可靠、无需外部能源和外部控制设备、自动化程度高和维护简便等优点,得到了迅速发展和广泛应用。目前,我国已有 70 多个编组站应用各类减速顶 25 万多台,成为世界上应用减速顶数量最多的国家。我国的减速顶及其调速技术无论在基础理论和应用研究方面,还是在产品品种和方案设计方面,都已达到或超过 80 年代国际先进水平,为我国铁路编组站现代化的迅速发展作出了积极的贡献。

迄今为止,我国几十个大中型编组站基本上已普及减速顶调速技术,编解能力得到了提高。随着牵引动力的更新和电气化铁路的修建,铁路运输的区间通过能力将有所提高,而我国近两百处小型编组站、区段站目前仍处在使用手闸、铁鞋制动的落后状态,作业效率低,运输安全和人身安全都得不到保证,势必成为整个运输能力的卡脖子场所。故加速中小型驼峰编组站的技术改造已刻不容缓。减速顶设备自身

目 录

前言

第一章	减速顶调速设备的应用与发展	(1)
第一节	驼峰溜放调速技术与减速顶应用特点概述	(1)
第二节	国外减速顶调速设备的研究与发展概况	(5)
第三节	我国减速顶设备的应用与发展	(13)
第二章	减速顶的结构原理和特性	(23)
第一节	液压技术基础知识	(23)
第二节	减速顶的结构与工作原理	(32)
第三节	减速顶的技术参数及主要结构特性	(40)
第四节	减速顶的性能测试方法	(50)
第三章	减速顶安装使用与养护维修	(57)
第一节	减速顶的安装使用条件	(57)
第二节	减速顶的安装施工	(60)
第三节	安装在线路上的减速顶养护	(61)
第四节	减速顶的检修	(63)
第五节	减速顶的解体与组装	(66)
第四章	国内外新型减速顶的结构与原理简介	(75)
第一节	可锁闭式加减速顶	(75)
第二节	单向外侧减速顶	(80)
第三节	可控减速顶	(83)
第四节	活塞式减速顶	(86)
第五节	自能源车辆减速器(重力式减速顶)	(91)
第五章	安装减速顶的线路上车辆脱轨的动态分析	(96)

第一节	车辆脱轨的评定指标·····	(97)
第二节	动态计算模型的建立·····	(105)
第三节	计算原理及方法·····	(113)
第四节	计算方案及结果·····	(118)
第五节	结论·····	(124)
第六章	减速顶调速系统概述·····	(127)
第一节	减速顶调速系统在我国铁路的迅速发展·····	(127)
第二节	各种减速顶调速系统简介·····	(134)
第七章	点连式及全减速顶驼峰调速系统的设计原则 和设计方法·····	(146)
第一节	点连式驼峰调速系统设计的原则和方法·····	(146)
第二节	全减速顶连续调速系统驼峰设计的原则和方法·····	(162)
附录	车辆运动微分方程·····	(185)

第一章 减速顶调速设备的应用与发展

第一节 驼峰溜放调速技术与 减速顶应用特点概述

编组站是铁路运输主要的基本生产单位。大量的货物列车和卸空回送的空车，在这里汇集后，都需要进行解体并编成新的列车开往目的地。它的作业状态直接影响着整个铁路运输是否能畅通无阻、安全正点。

我国铁路统计资料表明，在货物车辆一次全周转时间中，车辆在站作业和停留的时间，约占 65% 左右。其中在技术站（主要是在编组站的）作业与停留时间，占 30% 以上。长期以来，驼峰编组站是铁路运输中的薄弱环节；往往由于编组站的改编能力不够，经常出现大批车辆集结、线路堵塞的被动局面。所以运能和运量的矛盾，在这里也尤为突出。因此，加速车辆在编组站的作业，并减少停留时间，对加速货物运送，缩短车辆周转时间，降低运输成本，提高铁路劳动生产率，全面完成铁路的运输任务有着十分重大的作用和意义。

鉴于上述原因，铁路编组站自动化改造问题，几十年来一直引起国内外学术界的重视。50 年代初，美国建成了世界上第一座自动化驼峰，至 70 年代各主要国家已经相继建成一百多座自动化、半自动化驼峰编组站。我国运营条件尽管比

较复杂，实现自动化的难度较大，但在广大科技人员和铁路职工的努力下，驼峰自动化的研究试验工作已取得了可喜的进展。1982年，我国第一个用计算机控制的驼峰溜放自动化系统在上海铁路局南翔编组站投入运营；1983年，以西安东为代表的“驼峰减速器——减速顶点连式调速系统”通过铁道部技术鉴定，向我国编组站现代化迈进了一大步。

编组站的技术改造大体上可分为两个主要阶段，即机械化和自动化。机械化驼峰是利用设在溜放部分咽喉区的车辆减速器及车场内的制动铁鞋，对溜放钩车实现间隔制动和目的制动；道岔控制采用驼峰自动集中。在机械化驼峰上，调车机车把车辆推到峰顶后，车辆开始自由溜放。在溜放部分，驼峰作业靠人工控制车辆减速器实现间隔调速，以保证前后钩车间必要的间隔，防止顺钩。当车辆进入调车线后，利用铁鞋实行“目的制动”，使钩车在预定地点停下，或与停留车低速连挂。自动化驼峰是实现驼峰作业过程控制自动化和车站信息处理自动化。过程控制的内容为驼峰车辆溜放速度控制（包括与之相配套的合理纵断面结构）、驼峰车辆溜放进路控制（包括编组场尾部进路的控制）、驼峰机车推送速度控制；车站信息处理自动化，包括驼峰调车作业计划的编制和传达、现车掌握、列车到发信息传递、列车编组顺序单编制和传送、车辆停留和作业记录清单资料的编制管理等编组站运营管理信息处理。

在自动化的基础上，如进一步实现自动抄录车号及核对现车、列检作业自动化、列车到发进路自动控制、计算机编制车站日班计划与监督执行等内容，可进一步扩展形成编组站综合自动化系统。

在机械化驼峰调车作业中，铁鞋作为一种制动工具曾被广泛使用。铁鞋制动虽然较手闸制动优越；但是随着运输生产的发展，大量使用铁鞋后，又出现了一系列严重的问题，归结起来有以下几点：

1. 用铁鞋调速很难准确控制车辆速度，往往造成“天窗”，使推峰机车经常需要下峰整理，从而影响驼峰解体效率；编组列车时，需将压在车辆下的铁鞋一个一个地取出，既麻烦又费时间，影响编组效率。

2. 用铁鞋调速不够安全。因为上鞋速度过高，车轮撞击铁鞋，易使铁鞋飞出(射鞋)，造成设备和人身事故；上鞋时机掌握不好，容易发生撞车事故；在车辆牵出时，如果铁鞋没有完全取出，将会卡在尾部道岔的岔心上，引起车辆脱轨颠覆等等。

3. 铁鞋制动员的劳动强度尽管比手闸制动员要轻得多，但毕竟仍比较繁重，劳动生产率低。

4. 大量使用铁鞋，造成钢轨的磨耗和轮缘的擦伤十分严重，大大缩短了钢轨和车轮的使用寿命。此外，铁鞋本身消耗也很快，有些编组站一年制造铁鞋所消耗的钢材达 50 t 以上。

因此，随着科学技术的不断发展，铁鞋已经成为技术革命的对象。为了解决铁鞋制动所带来的上述问题，世界各国均在研究解决取代铁鞋制动的有效途径。60 年代，欧洲各国认为在车辆阻力离散度大、连挂速度低的运营条件下，要想解决溜放车辆目的制动的安全与效率，必须探索连续调速方案和研制相应的新型调速工具。随之，减速顶、加减速顶、绳索牵引小车、自动小车和螺旋滚筒式减速器等先后在英国、

德国、法国、瑞典等国诞生。从此各种新的连续式调速方案获得了迅速的发展，用车辆减速器、减速顶或其它调速工具取代铁鞋，进行目的调速，已成为当前驼峰编组站技术改造的重要手段。为了取代铁鞋，我国研究了各种目的制动调速设备，并组成了相应的目的制动调速系统。但就整个驼峰溜放速度控制而言，减速顶设备作为连续式调速系统的主要组成部分，已被国内外大量的现代化驼峰广泛采用。我国独创的“减速器——减速顶点连式调速系统”成功地把减速器点式控制的灵活性与减速顶群体连续控制的可靠性结合起来，满足了我国驼峰调车场在复杂运营条件下各种特定的作业要求，有效地实现了车辆溜放速度半自动、自动控制，适合我国路情，是一种理想的调速系统。它深受广大铁路员工的欢迎，并得到国外同行的关注与重视。

近几十年来，国内外各编组站的运营实践充分证明减速顶作为驼峰连续式调速设备，具有以下4个方面的优点：

1. 如果驼峰调车场的坡度设计得当，采用减速顶就可以使溜放车辆基本上达到钩钩连挂，从而减少调机下峰整理时间，充分利用调车线有效长，缩短编组作业时间，提高驼峰解体能力、调车场线路存车能力和调车场尾部编组能力。

2. 如果减速顶布置合理，就可以使车辆溜放速度保持均衡，避免高速冲撞，从而使车辆和货物的损坏率减少到最低限度。

3. 由于减速顶不需要外部能源和控制装置就可以自动控制车辆溜放速度，因而不可能出现控制装置失灵导致中断作业的情况。即使少数减速顶发生了故障，整个系统还是稳定可靠的，仍可不间断地进行作业。

4. 减速顶造价较低, 安装简便。调车线所装减速顶的室内检修周期为 3~4 年, 而且组件比较轻小, 维修更换比较方便。

减速顶这种新型调速工具, 是英国道蒂液压设备有限公司 (Dowty Hydraulic Units Limited) 于 60 年代中期首先研制成功并于 1965 年在廷斯雷 (Tinsley) 编组站投入使用的。此后的 25 年中, 德国、中国等国家相继进行了减速顶的研制与生产。至今, 减速顶已在世界近 20 个国家和地区, 实际应用 50 多万台, 成为各种驼峰溜放连续式调速设备中受普遍欢迎的新型调速工具。

第二节 国外减速顶调速设备的研究与发展概况

50 年代末, 英国铁路编组站的钳式减速器控制系统由于不能全面适应车辆走行阻力的动态变化, 常常因减速器控制不当而造成车辆冲撞事故。据英国铁路的试验资料记载, 只有 30% 的车辆在速度为 $0 \sim 2.13 \text{ m/s}$ 范围内安全连挂, 其它则有 20% 的车辆途停, 50% 的车辆超速冲撞。1960 年, 英国铁路车辆因超速冲撞而受的损失就达 100 万英镑, 货物的损失则更大。

针对这个情况, 英国道蒂液压设备有限公司 (以下简称道蒂公司) 1958 年秋开始研究减速顶, 经过 6 个月的研究以及在阿什彻奇 (Ashchurch) 一条专用试验线的试验, 于 1959 年 5 月研制出第一代无外部能源的液压减速顶 (见图 1-1) 和有外部能源的液压加减速顶。第一代液压减速顶由液压缸、导向套和活塞组合件 3 部分组成。液压缸被固定在导向套下

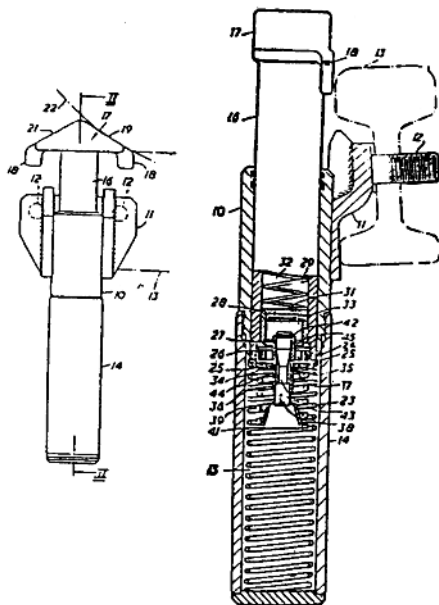


图 1-1 道蒂第一代原型减速顶

10—导向套；11—托架；12—螺栓；13—钢轨；14—
 液压缸；15—液压缸腔；16—活塞组件；17—帽头
 18—吊耳 19、21—帽头斜面；22—凸缘；23、39—
 弹簧；24—簧环；25—阀座；26—压力阀；27—阀圈
 28—隔离活塞；29—回程弹簧；31—隔离活塞中心孔
 32—活塞杆内腔；33—阀蝶；34—止回阀外孔；35—
 止回阀内孔；36—阀柱；37—阀板；38—安全阀活塞
 41—弹簧座；42—止冲块；43—阀杆；44—止回阀
 下端；45—止回阀上端。

端,缸内注有油液。导向套由托架螺栓垂直固定在钢轨内侧。活塞组合件顶部由三角形帽头封闭,帽头的特点是前后两侧的斜面在与不同轮径的车轮初始接触时均可相切,使活塞组合件下滑的初始速度与轮径无关,帽头靠钢轨一侧还有两个吊耳可防止活塞组合件转轴。活塞组合件沿导向套在液压缸内上下滑动,其底部由弹簧支承。活塞组合件内的主要结构是速度感应装置。

在铁路部门的支持下,该项首先在赫尔(Hull)编组站的两条调车线上与钳式减速器配合,进行了一个冬天的扩大试验;试验结束后继续运用了9个月,作业效果非常理想。但是,道蒂公司总结运用经验时发现,投入实际运用的减速顶和加减速顶很难达到原设计的技术指标,对减速顶和加减速顶性能所做的理论计算分析与实际运用情况有出入,定为同一临界速度的减速顶和加减速顶在实际运用中常有临界速度偏高或偏低的现象。为了进一步探索出现这些问题的原因,道蒂公司与铁路部门继续合作,把古德迈(Coodmay)编组站作为提高减速顶和加减速顶性能和质量的研究试验基地,全调车场设计并采用全顶调速系统进行扩大试验,取得了许多有价值的数据,为解决产品性能指标的理论计算与实际运用之间的差距问题打开了思路。在对第一代减速顶和加减速顶进行相应改进后,于1965年在英国的廷斯雷(Tinsley)编组站的83条调车线上安装应用了10630台减速顶和4600台加减速顶;使廷斯雷编组站成为世界上第一个采用道蒂公司减速顶和加减速顶进行连续式调速的编组站。

道蒂公司在对第一代液压减速顶应用研究的基础上,于1969年研制出第二代新型标准减速顶(见图1-2)。这种新型

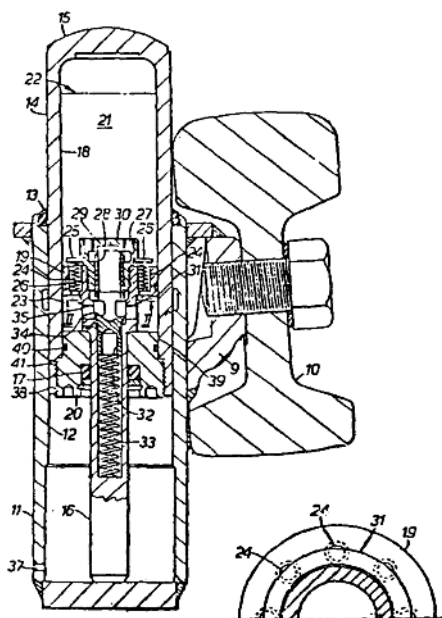


图 1-2 道蒂第二代新型标准减速顶

10—钢轨；11—壳体；12—壳体内壁；13—防尘圈；
 14—滑动油缸；15—滑动油缸头部；16—活塞杆；17、
 40—密封圈；18—滑动油缸内壁；19—活塞；20—密
 封盖；21—滑动油缸上腔；22—油面；23—滑动油缸
 下腔；24—速度阀弹簧孔；25—速度阀；26、33—弹
 簧；27—过流孔；28—阀套；29—压力阀座；30—止
 动座；31—回程阀板；32—压力阀；34—压力阀过流
 孔；35—活塞过流孔；37—排气孔；38—密封盖螺
 纹。
 39—密封盖头部；41—充氮口。

标准减速顶与第一代液压减速顶相比，有以下特点：

1. 新型标准减速顶由壳体和滑动油缸两部分组成。壳体内部无衬套但仍有存油槽。滑动油缸上端为封闭腔，头部为球面型，滑动油缸下端由密封盖密封，滑动油缸内装有活塞组合件并充填一定量的油液和一定压力的氮气。

2. 滑动油缸内的压缩氮气代替了复位弹簧，油氮混合就不再需要隔离活塞。

3. 滑动油缸需要维修时，可以不动壳体而把滑动油缸拔出进行维修。

这种新型标准减速顶，1972年首先在英国东区斯肯索普(Scunthorpe)编组站19条调车线安装应用4800台；1973年进入国际市场，在西澳大利亚国营铁路福雷斯特菲尔德(Forrestfield)编组站31条调车线安装应用7700台。

70年代初，道蒂公司在继续进行减速顶调速系统试验的基础上，对第二代新型标准减速顶作了一些重要的改进，于1974年研究成功了第三代高性能减速顶(见图1-3)。

高性能减速顶与新型标准减速顶相比，有以下重要改进：

1. 滑动油缸头部由球面型改为蘑菇头型，从而加大了径向尺寸和头部半径，满足了曲线区段的运用需要，也有利于减速顶制动功随安装高度的提高而提高。

2. 压力阀由内流式锥阀改为差动外流式锥阀，增加了油氮体积，从而提高了制动功和车辆允许通过速度等技术指标。

3. 速度阀由固定式改为可调式，扩大了临界速度范围，减少了临界速度误差。

4. 速度阀结构由8孔增为18孔，从而加大了油液过流面积，降低了无荷功。

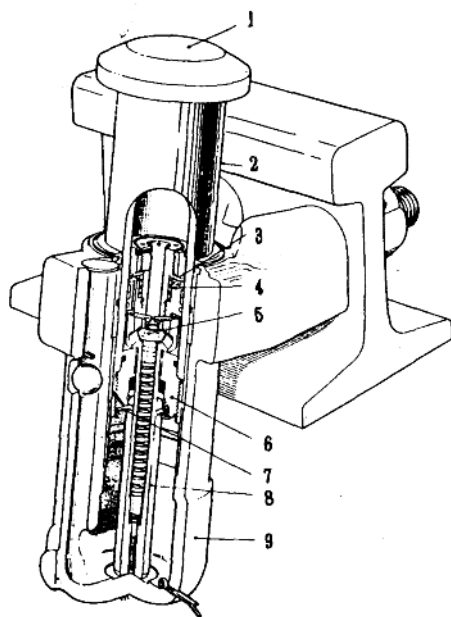


图 1-3 道蒂第三代高性能减速顶

1—蘑菇头；2—滑动油缸；3—速度阀板；4—
速度阀弹簧；5—压力阀；6—密封盖；7—彩色
标记；8—活塞杆；9—壳体。

这种高性能减速顶 1977 年首先在瑞士联邦铁路的苏黎世—利马塔尔 (Zunich-Limmattal) 编组站的 64 条调车线上安装应用 7700 台。

道蒂公司通过 30 多年的努力，在英国、奥地利、德国等 15 个国家的编组站安装了近 25 万台减速顶（道蒂减速顶在世界各国的主要分布情况见表 1-1）。