

●毛俊杰 主编

●刘瑞昌 审

●中国铁道出版社

轨道传感器、计轴器及其应用



轨道传感器、计轴器及其应用

毛俊杰 主编

刘瑞昌 审

中国铁道出版社

1990年·北京

内 容 简 介

本书共分四章，主要介绍了机械式、永磁式和电子式轨道传感器的原理、结构、性能和主要技术参数，还介绍了AzS70、AzL70两种型号的电子计轴器及其故障-安全方法，此外还对轨道传感器和计轴器在铁路区间闭塞、车站电气集中、驼峰编组站、道口防护设备以及热轴探测和列车接近自动报警设备中的应用方法

作了典型介绍。

本书可供铁路信号专业的技术人员、维修工作人员、院校师生阅读，也可供从事自动控制专业的有关人员参考。

轨道传感器、计轴器及其应用

毛俊杰 主编

刘瑞昌 审

中国铁道出版社出版

(北京市东单三条14号)

责任编辑 魏京燕 封面设计 刘景山

中国铁道出版社发行 各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092mm 1/32 印张：6.875 插页：1 字数：137千

1990年11月 第1版 第1次印刷

印数：1—2000册

ISBN7-113-00856-9/TP·84 定价：3.35元

前 言

轨道传感器和计轴器是铁路实现自动检测和自动控制的一项基础设备。随着铁路牵引方式的革新和列车速度的提高，对基础设备的运营和技术要求不断提高，因此，近几十年来，轨道传感器和计轴器出现了物理和结构各别、性能各异的多种制式，其应用领域也不断扩大，如今已发展成为保证铁路行车安全、扩大运输能力、实现自动化和合理化不可缺少的设备之一。

近年来，我国在轨道传感器和计轴器的研制方面取得了许多可喜的成果，已经成功地应用在单线区间半自动闭塞、驼峰自动化和热轴探测等多项设备中。同时还从国外引进并应用了以计轴器为基础的区间闭塞设备。实践证明，计轴器比较适合我国国情和路情，特别是在单线区段，可以作为可靠的区间检查手段，具有广阔的应用前景。但是，轨道传感器和计轴器的研究和应用开发方兴未艾，有待于广大科技人员和电务工作者努力探索和研究。

本书介绍了多种制式的国外铁路轨道传感器，叙述了它们的结构、工作原理和性能；重点介绍了联邦德国铁路的计轴器及其实现故障-安全的方法。在应用方面，以我国引进的计轴闭塞为重点，对轨道传感器和计轴器在车站和驼峰自动化等设备中的应用作了较全面的叙述。

本书第一、二章由毛俊杰、陈佳玲编写，第三章由毛俊杰、陈佳玲、洪智良、凌毓杰编写，第四章由洪智良、凌毓杰和毛俊杰编写。全书由刘瑞昌审校。

由于编者水平有限，不妥之处，敬请读者批评指正。

1989年10月

目 录

第一章 概 述.....	1
第一节 轨道传感器、计轴器的技术发展过程.....	1
第二节 轨道传感器、计轴器的工作特点.....	3
第三节 轨道传感器、计轴器的运营技术条件.....	6
第二章 轨道传感器.....	11
第一节 机械式轨道传感器.....	11
第二节 永磁式轨道传感器.....	18
第三节 电子式轨道传感器.....	37
第四节 轨道传感器各种制式的比较.....	60
第三章 计 轴 器.....	65
第一节 AzS70型电子计轴器	65
第二节 AzL70型电子计轴器	92
第三节 计轴电路的故障-安全方法.....	123
第四章 轨道传感器、计轴器的应用	130
第一节 在区间闭塞信号设备中的应用	130
第二节 在电气集中设备中的应用	171
第三节 在驼峰编组站自动化设备中的应用	182
第四节 在道口防护设备中的应用	200
第五节 在热轴探测设备中的应用	206
第六节 在列车接近自动报警设备中的应用	209
第七节 电化区段钢轨电流对计轴器的干 扰及其防护措施	212
主要参考文献	214

第一章 概 述

第一节 轨道传感器、计轴器的 技术发展过程

轨道传感器和计轴器最早在欧洲铁路获得应用。本世纪初期,瑞士、德国等国家铁路大量铺设了钢枕,因而无法安装应用轨道电路。1913年,瑞士铁路为解决钢枕区段长隧道内无人闭塞所的信号控制问题,研制了计轴器。这种早期的计轴器,采用的轨道传感器是一段650mm长的加绝缘的钢轨,装在铸钢件拼装成的轨槽内,铸钢轨槽与相邻钢轨之间加绝缘节连接。车轮通过时,通过车轴构成由上述绝缘短轨、另一边钢轨和电源组成的闭合电路,产生代表车轴的直流脉冲;计数器是利用电动机原理构成的,计数机构是两个相同的迭装在一起的齿形棘轮,分别由设在计轴区段两端的两个轨道传感器送来的直流脉冲驱动,以相同方向旋转,利用棘轮的相互错位转动又重合对进出计轴区段的车轴计数、比较,检查占用与出清。以后轨道传感器的制式虽然不断得到改进发展,但上述计数原理延用了几十年。五十年代末六十年代初,联邦德国铁路广泛采用的与永磁式轨道传感器配合动作的计数器还是这个基本原理。

本世纪三十、四十年代,随着机电集中联锁在欧洲铁路,特别是在德国和瑞士铁路的推广应用,轨道传感器的应用数量逐渐增多,主要用于检查列车的占用和解锁进路。这时的轨道传感器基本上都是采用机械原理,结构比较复杂笨重,

安装维护比较费事,因此大量推广使用问题较多。轨道传感器、计轴器的真正推广使用是在五十年代,出现了能在列车速度为每小时0至100多公里范围内可靠采集轮轴信号的永磁式(静磁原理)轨道传感器,从那以后,轨道传感器的应用领域深入到自动闭塞、车站电气集中、驼峰编组站、道口等各种信号设备。在此以前的各种轨道传感器的主要问题是制式本身不适于计轴。六十年代欧洲和日本铁路迅速发展电气化铁路,列车速度进一步提高,为了解决高速和电气化带来的问题,联邦德国、瑞士、日本相继研制成功了电磁式轨道传感器,并采用了半导体晶体管或磁心晶体管元件构成的计数处理装置。采用这些技术的计轴器,其计数速度达到150轴/秒,能在0~200km/h的运行速度下可靠地采集车轴信号和计轴。现在国外铁路推广应用的绝大多数是采用变耦合或变衰减原理的电磁式轨道传感器,永磁式轨道传感器正在被淘汰。从各国情况来看,轨道传感器和计轴器应用数量最多、应用范围最广的是联邦德国铁路,据统计,1984年共装有18439套计轴器,还有许多轨道传感器。其产品还大量出口欧洲、非洲和亚洲国家。

由于轨道传感器、计轴器存在许多独特的优点,特别在自动控制设备中表现了强大的生命力,因此越来越受到人们的重视,苏联、日本和我国铁路都在大力开发。应该特别指出的是,近年来计轴器中开始引进微机技术,1987年西门子公司推出了微机计轴器,利用微机的高效率提高计轴器的可靠性,这将进一步扩大计轴器的使用范围。

目前采用现代工艺技术的轨道传感器和计轴器,与轨道电路一样,已成为铁路信号的重要基础设备,普遍采用在车站、区间、道口等信号设备以及自动抄车号、轨道衡测重、热轴探测设备和区间列车接近报警设备中。在自动化驼峰编

组站，轨道传感器几乎遍布全场各个角落，一个编组站安装的轨道传感器数量达到几百个之多。因此可以毫不夸张地说，在自动化编组站，如果没有轨道传感器作耳目，监视场内车辆移动，适时提供信息，计算机控制系统就会象一个瞎子一样毫无作为。

第二节 轨道传感器、计轴器的工作特点

传感器是现代自动控制技术和计算技术中采集原始信息的基本元件。通常的传感器，通过敏感元件采集信息，并转换成为与之有确定对应关系的电信号输出，以实现信息的传输、处理、显示和控制。

轨道传感器与通用传感器不同，它限于采集列车通过轨道某一特定地点的信息。装设在钢轨旁的轨道传感器，与通过该点的车轮发生关系。当机车车辆通过时，不管车辆重量、速度如何，车轮有无轮缘，均应输出有一定形状的脉冲。这里，我们只注意这个脉冲信息的有无，而不关心其幅值大小。

计轴器是利用轨道传感器、计数器来记录和比较驶入和驶出轨道区段的轴数，从而检查轨道区段或道岔区段占用或空闲的安全设备。

有人认为，轨道电路说到底也是一种轨道传感器，不过是加长了的传感器。但是本书介绍的轨道传感器的工作特点，与轨道电路相比是有本质区别的。轨道电路必须以钢轨为电路通道，通过车轴分路，检查车辆的占用与否（不管车轴多少），轨道传感器、计轴器是利用制式依赖的物理原理检测车轮的存在与否，检查通过的轴数，基本不与钢轨发生

关系。

二者相比，轨道传感器、计轴器具有以下优点：

(1) 轨道电路的工作状态受道床电阻影响大，因此必须进行季节性调整，而计轴器不受其影响。

(2) 轨道电路的分路状态因受钢轨表面的洁净状态的影响而不够稳定，如果钢轨表面有油垢或绝缘粉尘，就会造成分路不良；轨道传感器、计轴器则不受影响。

(3) 轨道电路因受传输信号衰耗的限制，长度一般在2km左右；而计轴区段可以长达十几公里至20km；采用连续加感通信电缆芯线，传输距离可达30km。

(4) 轨道电路必须装设轨道绝缘节，轨距杆也必须装设绝缘，而这些部位正是信号设备可靠性最脆弱、产生故障最多的地方。据苏联铁路统计，轨道电路的故障占信号设备故障总数的44.6%~62%，而在轨道电路故障中，由于绝缘节破损或状态不良引起的故障占45%；计轴区段则不需装绝缘，因而也就不存在以上问题。

(5) 轨道电路用钢轨作电路通道，对电化干扰敏感，需要采取较复杂的防干扰措施，而轨道传感器、计轴器受这种干扰则较小。

(6) 计轴区段不需装绝缘节，特别有利于推广使用无缝线路，有利于疏导电力牵引回归电流。

(7) 短轨道电路，例如驼峰轨道电路，如果不采用辅助措施（增设轨道传感器或轨道探测回线），对内轴距大于轨道电路长度的长大车辆无法正确检测，而采用计轴器则不存在此问题。计轴区段可按最短长度设计，从而能缩短驼峰头部长度，提高驼峰效率，降低基建投资。

(8) 轨道传感器体积小，安装方便，特别适于与移动性设备配合应用。

此外，有的轨道传感器能自动鉴别列车运行方向，不能单独自动鉴向的轨道传感器，通过两个轨道传感器前后并置的方法，也能鉴别运行方向，这种性能在道口防护设备、自动闭塞设备中特别有用。

当然轨道传感器、计轴器也存在一定缺点，主要有：

(1) 对行车速度要求有一定限制，原因有两条，一是受轨道传感器制式的影响，如重力式、动磁式轨道传感器，不宜在接近零的低速范围内运用，带接点的永磁式轨道传感器，因为接点有一定的惰性，不适用在高速条件下计轴；二是适用的最高行车速度受最小轮径、最小轴距的限制（必须保证车轴脉冲信号有一定的分辨率），受计轴器、计数器处理速度的限制，目前最先进的轨道传感器和计轴器适用的最高行车速度为200~250km/h。

(2) 用计轴器作轨道区段检查设备时无法检查断轨。

(3) 计数部分本身的计错故障率较高。因为计轴器必须对以各种速度通过轨道传感器的车轮进行逐一探测，并且要把采集的轮轴信号传送给计数部分进行逐一计数比较。在信号的采集、传输、处理过程中只要有一个环节丢掉或多出一个轮轴信号，就会导致计错故障，使计轴器不能正常恢复定位。这种故障一般只会导致占用表示，产生所谓保护性故障，可是降低了设备的可用性。因此在计轴信号设备的操纵台上，每个计轴区段都装有人工复位按钮，在发生上述故障时，经人工确认计轴区段无车后，可用该按钮使计轴器恢复定位。随着工艺技术的发展，目前计轴技术已经达到很高的水平，如联邦德国劳伦茨公司生产的最新型计轴器，每年每个计轴区段的平均计错故障率仅为0.64次。

第三节 轨道传感器、计轴器的 运营技术条件

一、轨道传感器的运营技术条件

随着铁路运输的发展和轨道传感器应用范围的扩大，对轨道传感器的技术要求越来越严格、全面。例如随着列车速度的提高，轨道传感器的适应速度也相应要提高；电气化铁路的发展又要求轨道传感器能具有相当高的抗干扰能力。许多国家根据本国铁路的运营要求和技术水平，制定了轨道传感器的技术条件，虽然各自都有不同的侧重点，但基本要求是一致的。下面是国际铁路联盟1975年规定的轨道传感器技术条件：

(1) 对于车轮最小直径是470mm（限速为100km/h的专用凹底平车轮径是350mm），有正常轮缘的每个轴都要予以检测；

(2) 在最小轴距为900mm、列车速度为0~200km/h（轴距为700mm时，列车最大允许通过速度为100km/h）时，必须保证可靠动作；

(3) 车辆轮轴停在轨道传感器作用范围时，应导致该区间的占用；

(4) 经过钢轨的牵引电流和融冰雪用的加热电流及其谐波均不对轨道传感器的动作产生影响；

(5) 在钢轨上进行的电磁制动不得错误动作轨道传感器；

(6) 可能时，要求把轨道传感器装在两钢轨外侧；

(7) 判定运行方向须采用两个轨道传感器，彼此隔开一定距离，互相没有影响，最好置于同一套盒子里；

(8) 轨道传感器适应温度: $-40 \sim +80^{\circ}\text{C}$;

(9) 轨道传感器应能经受钢轨所能经受的同样振动和环境影响。

苏联铁路对轨道传感器的可靠性和抗干扰性提出了具体要求, 这些要求是:

(1) 列车速度为 $0 \sim 200\text{km/h}$ (在编组站为 40km/h), 轨道传感器的故障率不得高于 10^{-6} 次/轴;

(2) 轨道传感器无故障工作时间不低于 10^4h ;

(3) 动作灵敏度相对误差不大于 0.14 ;

(4) 对外磁场的抗干扰性: 当牵引机车的漏泄磁场强度为 25A/cm 、钢轨牵引电流为 50Hz 、交流 3000A 时, 轨道传感器不得有信号输出;

(5) 当环境温度为 $-60 \sim +60^{\circ}\text{C}$ 、湿度为 100% 、在有酸、油污、导电粉尘的条件下, 轨道传感器应在一个月之内正常工作, 不用调整。

二、计轴器的运营技术条件

计轴器由以下四部分组成:

(1) 计轴点: 包括轨道传感器和电气连接箱。因为它置于室外, 故亦称其为室外设备。其功能主要是用于产生车轴脉冲。

(2) 信息传输部分: 用来传递信息和电能。

(3) 计数部分: 安装在室内, 亦称室内设备。包括计数、比较、监督、表示等装置。其功能是: 对计轴点产生的车轴脉冲进行计数 (必要时检查运行方向); 比较计轴入口点和出口点所记轴数和记录计数结果。

(4) 电源: 提供可靠能源。有的国家 (例如联邦德国) 没有把电源单列一项, 而把它列在轨道传感器和计数器

中，但对电源的技术要求是一致的。

国际铁路联盟于1975年公布了“计轴器的应用规程”，编号为UIC790R。该规程提出了对计轴器的技术要求。1983年，华沙铁路合作组织第七次专业会议也提出了“计轴设备运营技术要求建议（草案）”。两份规程基本内容相似，少数条文有差异。本书以UIC规程为主加以介绍，华沙铁路合作组织规程与UIC规程有差异的条文，用*标记写在括号中。

对计轴点的运营技术要求，已在上节轨道传感器运营技术条件部分叙述，这里不再重复，只介绍对其它三部分的运营技术要求、对计轴器的可靠性要求、安全条件和特殊作业条件。

（一）对信息传输部分的运营技术要求

（1）信息传输应采用通信电缆，仅在特殊情况下采用信号电缆或明线；

（2）传输距离至少6km；

（3）计轴点和计数部分之间须提供四根导线，若采用适当的多路传输手段，导线可减为两根；

（4）传输线路和设备不应对应感应电流敏感，为此，可采用以下措施：电路之间相互对称布置，电路与地之间对称布置；电流隔离；采用滤波器；频率调制。

（二）对计数部分的运营技术要求

（1）应保证列车以0~200km/h速度通过时，能可靠地记录轨道传感器所产生的轮轴脉冲；

（2）只有当驶入车轴脉冲与驶出车轴脉冲相等时，才能给出清信号；

（3）车轴进入计轴点所监视的区段及行驶在该区段的整个期间内，都应表示为占用；

(4) 必要时, 应能辨别车辆的走行方向, 车轴在计轴点前进或后退时, 不应产生任何错误表示;

(5) 监督电路应监视轨道传感器、传输通道、计数部分和电源的正确动作, 一旦发生故障, 应显示区间占用;

(6) 系统中任一部分发生故障, 应立即给出故障表示;

(7) 如计轴点设有短轨道电路(约30m长), 且系统所有元件功能正常(从监督电路中可以看出), 允许区段两端计轴误差为 ± 1 轴, 仍可表示监督的区段空闲;

(8) 一旦计数错误, 计数器应能恢复到零位;

(9) 应能同时处理几个计轴点的信息(*铁组规定为4个, 超过4个计轴点时, 需利用附加设备);

(10) 最好显示计数器记录的轴数;

(11) 为了迅速修复和便于维修, 可提供: 插入式组件、测试塞孔、故障报警表示灯、复位到零的控制按钮、安装连接动态检测组合的分离式插头;

(12) 要满足继电器室和室外继电器箱的环境要求;

(13) 计数器的容量取决于所要求的特定应用场合, 由各国铁路决定(*铁组规定为1024轴)。

(三) 对电源的运营技术要求

电源应连续工作, 一旦电源发生故障, 计数器(或监督电路)应显示区段被占用(*铁组规定使用额定电压为12、24、48、60V的蓄电池组, 或在必要时使用220V直流稳压电源)。

(四) 对计轴器的可靠性要求

正确的计轴平均数最少应为 5×10^5 (*①铁组规定为 1×10^6 轴); ②运量不大的区段(每昼夜通过轮轴数小于5000), 两次计错之间的平均时间不应少于200昼夜)。

（五）安全条件

计轴器应根据信号设备的安全原则构成。设备或单个电路发生任何故障时应立即被检出；或者，能在下一次动作期间继续保持占用或故障表示。

（六）特殊作业条件

计轴器的原理应能满足特定情况的特定作业：

小型车辆通过；

应用复位到零的控制按钮；

持续性周期故障；

区段内维修机械的复轨作业。

关于特定情况的规则由各国铁路自行规定。

第二章 轨道传感器

轨道传感器从变换原理上来看，可以用多种方式构成。但是，实际上，研制适用的轨道传感器需要考虑很多因素，如要考虑机车车辆车轮的不同尺寸，机车车辆的重量和速度、钢轨断面和道床情况的差异等；还要考虑铁路现场的恶劣条件，如电力牵引、铁制部件、外界磁场或电场的干扰、冲击、振动、污秽和气候条件的影响；此外，还要考虑安装、使用和维修的方便。所以，在多种轨道传感器制式方案中，只有少数几种得到实用和推广。

轨道传感器按动作方式，可分为车轮踏面动作式和车轮轮缘动作式；按检测信息方式，可分为以轴数为单位检测和以列车为单位检测；按动作原理分，可分为机械式、永磁式、电子式等，详细分类如图 2—1 所示。本章按不同的动作原理介绍各类轨道传感器。

第一节 机械式轨道传感器

机械式轨道传感器是一种最简单的轨道传感器，国外铁路在四五十年代曾大量采用。这种轨道传感器分为车轮动作式和重力式两种。

一、车轮动作式轨道传感器

联邦德国铁路、瑞士铁路采用过的踏键式轨道传感器简图如图 2—2 所示，车轮踏面压上由板弹簧保持在抬起位置的

压杆时,压杆下移,固定在板弹簧上的顶杆跟随下移,使接点盒内的电气接点闭合,给出轴信号。该轨道传感器的动作用力为1000N。

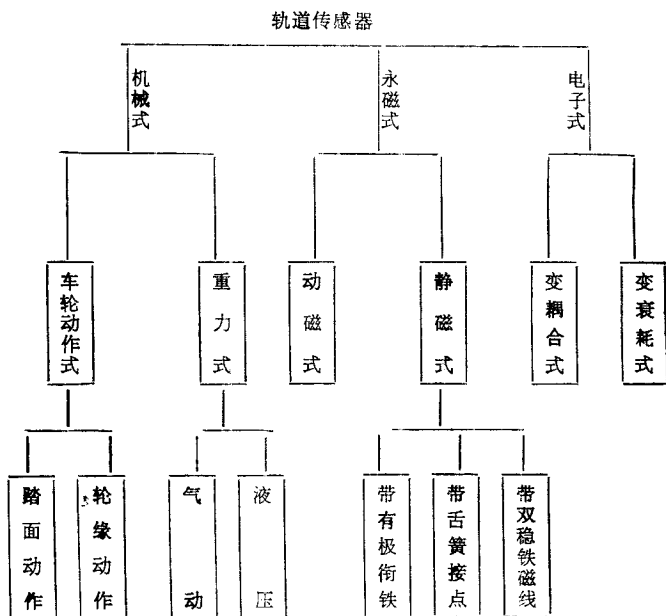


图 2—1 轨道传感器的分类

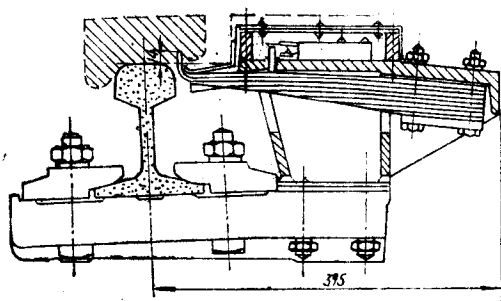


图 2—2 西门子公司的踏键式轨道传感器简图