

我国自动轨道衡技术的发展与创新

□中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所中铁科学技术开发有限公司 田德柱

【摘要】自动轨道衡是指按预定程序对行进中的铁路货车进行称量，具有对称量数据进行处理、判断、指示和打印等功能的一种自动衡器。自上世纪70年代我国开始出现自动轨道衡至今，其技术不断创新。本文主要从自动轨道衡型式的演变、承载机构的迭代和计量软件的升级三个方面介绍其发展历程，并对未来发展趋势进行展望。

【关键词】自动轨道衡；计量；承载机构

文献标识码：B 文章编号：1003-1870（2024）03-0036-04

引言

自动轨道衡是指按预定程序对行进中的铁路货车进行称量，具有对称量数据进行处理、判断、指示和打印等功能的一种自动衡器，属于国家强制检定的计量器具。其通常由承载机构、称重传感器、数据采集系统和计算机控制系统等部分组成。自动轨道衡在不影响铁路运输效率的情况下，可以高效检测装载货物的重量，确保铁路运输安全和企业贸易结算的准确性。

上世纪70年代，我国开始出现自动轨道衡，但受当时国产传感器、电子元器件质量制约，自动轨道衡计量性能和稳定性并不理想。80年代，伴随着改革开放，我国引进一些相关元器件和技术，促进了自动轨道衡技术的快速发展，使其达到国际同类产品水平。进入21世纪，计算机技术、数字电子技术突飞猛进，自动轨道衡技术也得到了迅猛发展，型式开始多样化，按照钢轨结构型式分为断轨和不断轨，按照台面型式可分为单台面、双台面和三台

面，现已在全国各铁路局、钢铁、煤炭、化工、港口等企业安装使用近3000台，为保障铁路运输安全和促进物流行业高质量发展发挥了重要作用。

1 技术发展历程

自动轨道衡的计量原理是将车辆及荷载的重力通过承载机构作用在传感器上，传感器产生压形变及剪形变，利用电桥原理输出电压信号，然后通过采集仪表和计算机对电压信号进行模数转换、分析与计算，最终输出重量数据。本文主要从自动轨道衡型式的演变、承载机构的迭代和计量软件的升级3个方面介绍其40余年来发展历程。

1.1 自动轨道衡型式的演变

随着我国科学技术的进步与制造工艺的提升，自动轨道衡经历了从断轨到不断轨，从轴计量到转向架计量、整车计量的演变。根据装载货物或车辆类型计量需求的不同，自动轨道衡又依次出现了单台面、双台面和三台面等多种型式。

(1) 断轨自动轨道衡

上世纪80年代，我国从机械电子轨道衡进入自动轨道衡（动态电子轨道衡）时代，首先投入使用的就是断轨自动轨道衡。断轨就是承载机构处列车走

行轨与两端线路钢轨断开，作用在承载机构的荷载均通过其传递至压力传感器，力学分析如图1所示。（图中承台改为承重台）

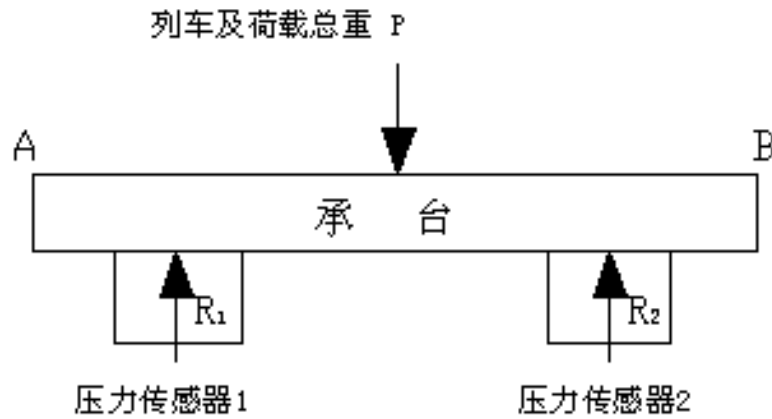


图1 断轨轨道衡力学分析图

相较于静态轨道衡，断轨自动轨道衡的出现明显提升了计量效率，有效减少了设备安装工作量和企业投入成本。但该型式自动轨道衡也具有计量车速低，车辆通过速度受限，稳定性和安全性较差，维护工作量大等缺点和不足。

运输安全监控的需求，1995年，中国铁道科学研究院集团有限公司（原铁道部科学研究院）研制成功我国第一台不断轨自动轨道衡。不断轨自动轨道衡的关键在于，利用安装在承载机构四角外侧钢轨轨腰处的剪力传感器来检测传递到承载机构外部的力，力学分析如图2所示。（图中承台改为承重台）

(2) 不断轨自动轨道衡

随着计量技术的发展，为满足铁路部门对货物

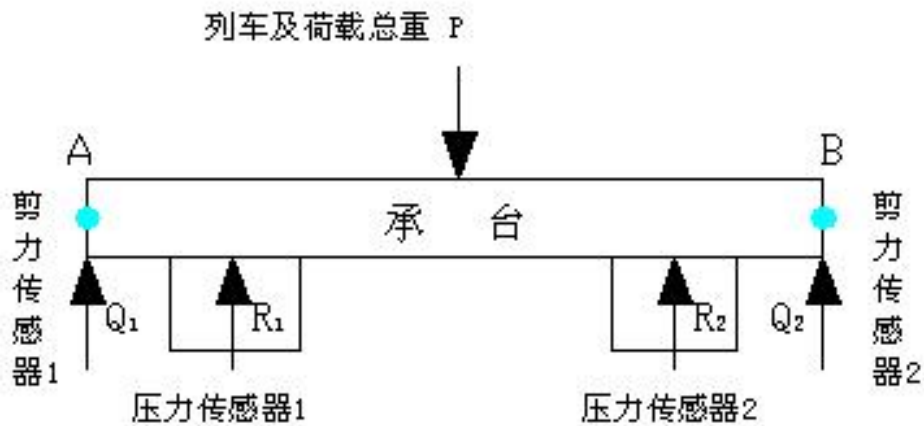


图2 不断轨轨道衡力学分析图

不断轨轨道衡有效解决了断轨轨道衡存在的问题，同时大幅提升了计量车速，可以说是自动轨道衡发展史上的一次里程碑式变革。

（3）单台面自动轨道衡

单台面自动轨道衡只有一处承载机构，采用转向架计量方式，一般用来计量固态装载货物。针对液态装载货物，由于其在运行过程中容易产生晃动，单台面自动轨道衡就难以保证计量的准确度。

（4）双台面自动轨道衡

为保证装载液态货物罐车的计量准确度，在单台面基础上，双台面自动轨道衡研制成功并陆续投入使用。双台面自动轨道衡可以自动根据货车车辆定距长度选择采用转向架计量或者整车计量方式，其中整车计量方式可以有效消除液态货物在运行过程中晃动带来的影响，从而保证了计量准确度。此外，计量固态货物时，两个台面可以实现独立称重，从而进一步提高了固态货物的计量准确度。

（5）三台面自动轨道衡

随着加长型液化气体铁道罐车计量需求的增加，轨道衡制造企业在双台面基础上又研制了三台面自动轨道衡。三台面自动轨道衡可以根据不同车辆定距长度的不同，自动选择不同台面组合，采用转向架或整车计量方式，有效保证了固态货物车辆、液态罐车和加长型液化气体罐车等不同使用工况的计量准确度。

1.2 承载机构的迭代

自动轨道衡用于承受载荷的装置称为承载机构，它是整个系统的主要部件。承载机构由于计量对象不同，计量方式不同，设计思路不同以及研制年代的不同，可以从计量方式、机械部分组装形式、基坑形式等不同角度进行分类。本文主要从基坑形式介绍其迭代发展的过程。

自动轨道衡承载机构可分为深基坑、浅基坑和无基坑等几种。深基坑多为分立组装结构，基坑形式类似于静态机械轨道衡，深度一般超过2m，维修

人员从出入口通过地下通道进入基坑进行维修。随着承载机构的整体化、轻便化，我国从上世纪80年代开始出现浅基坑的自动轨道衡，这种基坑的深度一般不足1m，机械部分的维修及传感器的更换是在基坑上面打开盖板来进行。80年代末，我国研制成功第一台无基坑自动轨道衡，其承载机构为一封闭式框架，并采用一定措施加强机构稳定性。现场实际应用证明，无基坑形式自动轨道衡承载机构区域与两端线路刚度能够保持一致，设备稳定性、施工成本及安装维护便利性均具有明显优势，后来成为自动轨道衡发展方向。

1.3 计量软件的升级

上世纪80年代初，微软公司推出DOS操作系统，该系统的出现极大推动了自动轨道衡技术的创新与发展。基于DOS系统，利用C语言和Foxbase数据库等开发的自动轨道衡计量管理软件成为当时的主流。随着计算机技术的不断发展，DOS操作系统逐渐被其他操作系统所取代。上世纪末期，Windows操作系统开始在我国推广应用，此时，DOS操作系统的单任务操作和复杂的执行命令也成为制约自动轨道衡技术发展的瓶颈。于是，轨道衡制造企业陆续研发推出基于Windows操作系统的计量管理软件。Windows图形化界面操作、多任务功能以及丰富的开发语言和环境给轨道衡技术的发展提供了更大的空间，这也是计量软件的一次重大升级变革。之后，基于Windows版的计量软件又经过不断优化升级，其功能变得日趋完善和齐全，使用也更加便捷和简单。

2 技术发展趋势

40多年来，自动轨道衡从室外到室内，从硬件到软件，从设计到制造都得到了快速发展，实现了质的飞跃。展望未来，随着信息技术的不断变革，自动轨道衡从业人员还应不断研发创新，实现自动轨道衡技术的不断突破和行业的高质量发展。

2.1 系统集成化、智能化

目前，自动轨道衡一般采用模拟传感器，传感器信号线经由轨旁配线箱接入现场控制机房，机房内放置数据采集仪表、工控机和网络设备等。随着5G、边缘计算、人工智能、物联网等新技术的成熟应用，自动轨道衡技术应积极与新技术相融合，实现新的变革。例如，模拟传感器向“数字+无线传输”模式的转变将有效实现轨道衡设备的集成化、小型化，从而提升系统可靠性、减少企业投资成本。此外，轨道衡设备还应进一步智能化，利用大数据实现对设备状态的精细化管理，能够对设备异常进行预报警，为设备状态维修提供技术支撑。

2.2 功能不断丰富、拓展

作为一种衡器，计量车辆总重是自动轨道衡的基本功能。随着现场使用需求的变化或出于为用户考虑，自动轨道衡还可以在功能上进一步丰富、拓展。例如，每路传感器信号单独采集，可以实现车辆偏载（前后转向架偏重和重心左右偏载）的检测。此外，配合高清视频监控系統，集成车辆装载图片，可以为问题车辆提供更为直观的判断依据。

2.3 设备安装简便

为减少对铁路运输组织的影响，轨道衡设备的安装（包括设备自身的安装调试和配套整体道床的施工）应进一步简单、便捷、高效。随着设备的集成化、小型化发展，其安装调试也将实现简便化；。整体道床的施工周期已成为影响设备安装时间的关键因素，随着新技术、新工艺、新材料的发展应用，未来应缩短直至取消整体道床或改变其施工工艺，提高效率、压缩工期。

3 结语

自动轨道衡对保障铁路运输安全、保障国民经济利益、企业间公平贸易结算、量值传递等具有重大意义，其行业发展与社会民生、国民经济息息相关。经过几十年的发展，自动轨道衡虽然已经进入

平稳发展的阶段，但在双碳目标、公转铁、提升技防能力等一系列利好政策支持下，自动轨道衡行业发展前景仍将持续向好，自动轨道衡技术也将不断精进。

参考文献

- [1] GB/T11885-2015《自动轨道衡》国家标准[S]. 北京: 中国标准出版社,2015.
- [2] 周永贵,姜会增,李世林等.《轨道衡计量技术》[M]. 北京: 科学出版社,2017.
- [3] 暴学志. 轨道衡计量技术的发展与应用[J]. 铁道建筑,2008(1):83-85.
- [4] 金祚康,季瑞玉,陈志.《质量计量丛书—轨道衡》[M]. 北京: 中国计量出版社,1990.
- [5] 田德柱,张大庆. 基于Windows 动态轨道衡称重软件的设计[J]. 铁路计算机应用.2010(4):27-29.

作者简介

田德柱，1982年出生，中国铁道科学研究院集团有限公司正高级工程师。长期从事铁路安全检测监测技术创新和产品研发工作，取得多项显著成果。发表学术论文10余篇，授权国家发明专利、实用新型专利近20项。