

大功率机车静态称重系统的设计与实现

国家轨道衡计量站西安分站 张玉东 伏滨

济南金钟电子衡器股份有限公司 高绍和 杨纪富

【摘要】 为解决新制造、使用中、修理后的大功率机车轮重、轴重偏载问题，设计开发了大功率机车静态称重系统，该系统通过检测机车的轮重、轴重、转向架重及整车重量，经过计算机处理计算出车辆轮重差、轴重差以及单边侧轮重差，确定出机车的平面重心，并能依据检测结果计算形成指导机车轮重偏差的调整方案，依据调整方案进行调簧加垫，从而实现机车轮重、轴重均载平衡。

【关键词】 大功率机车；静态称重；调簧；轮重轴重均载

一、引言

长期以来，我国铁路呈现出“大运量、高密度”的运输形式，发展大功率机车牵引、重载铁路运输对于解决铁路运能与运量的突出矛盾，提升铁路运输安全水平具有重要意义。目前，我国 30t 轴重和谐 2F 型大功率交流传动电力机车在山西中南铁路通道已完成大部分试验项目，正在该通道（山西长治段）进行动力学试验，全部试验项目即将完成。大轴重、大功率交流传动电力机车的成功研制，刷新了我国大功率电力机车轴重的新纪录，标志着我国重载电力机车研制跨入世界先进水平。随着铁路行业的迅猛发展，铁路运营的安全性也越来越成为人们普遍关注的问题，大功率机车作为铁路车辆运行中牵引动力的提供者，在铁路安全运营中起着至关重要的作用。大功率机车轮重、轴重的偏载是制约铁路机车运行安全的关键因素之一，因此研制大功率机车静态称重系统，为大功率机车提供轮、轴重量检测数据，并以此数据指导调簧作业，实现轮、轴重均载具有重要的实际意义。

2012 年初由济南金钟电子衡器股份有限公司主持设计开发的大功率机车静态称重系统已在天津和谐型大功率机车检修基地投入使用，设备运行良好。2015 年 2 月该系统正在西安铁路局和谐型大功率机车检修段安装调试。大功率机车静态称重系统正在为我国铁路高速化、安全性发展提供可靠的技术保障。

二、系统原理及设计

系统由称重单元、称重仪表、调整平板、过渡系统、电气部分、称重管理软件等部分组成，考虑到系统检定的方便，为标准砝码设计有专用检定支架。系统采用每个称重单元配备一台称重仪表

的方式，通过称重仪表进行称重信号的滤波、放大、A/D 转换以及秤体的校验工作，每台秤相对独立工作，单组的称重单元可进行车辆的轮重计量；两组称重单元可进行车辆的轴重计量；多组称重单元组合起来可进行车辆的转向架计量或整车计量。计算机通过采集板将称重数据进行运算、打印。通过专用的称重管理软件计算，可实现轮重、轴重、转向架重、整车重及显示车辆重心位置，同时通过软件计算确定弹簧加垫量，最终实现车辆的轮重、轴重均载平衡。称重单元之间相互独立工作，互换性、稳定性较好，数据显示直观，可以直接从仪表显示上观察称重数据以及秤体是否完好。系统组成见图 1 和图 2。

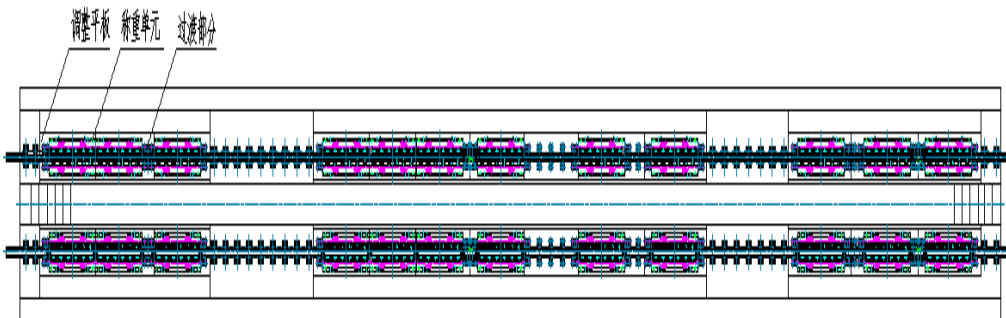


图 1 称重系统总装图



图 2 称重系统现场应用效果图

1. 称重单元

称重单元采用整体、模块化结构，结构紧凑，安装、调整方便（见图 3 和图 4）。称重单元具有足够的强度、刚度和长期的稳定性，具备良好的防冲击性能和抗侧向力的能力，钢轨安装在沉槽内，保证钢轨良好的横向定位，确保轨距准确。同时实现与线路轨枕良好衔接，提高机车运行的平顺性，保证车辆以 7km/h 的速度通过时不会造成影响该设备测量精度的任何变形或损坏。称重单元成对排列，兼顾应用，保证不同轴距、定距的机车上衡后都能停在不同的称重单元上，实现同时计量。

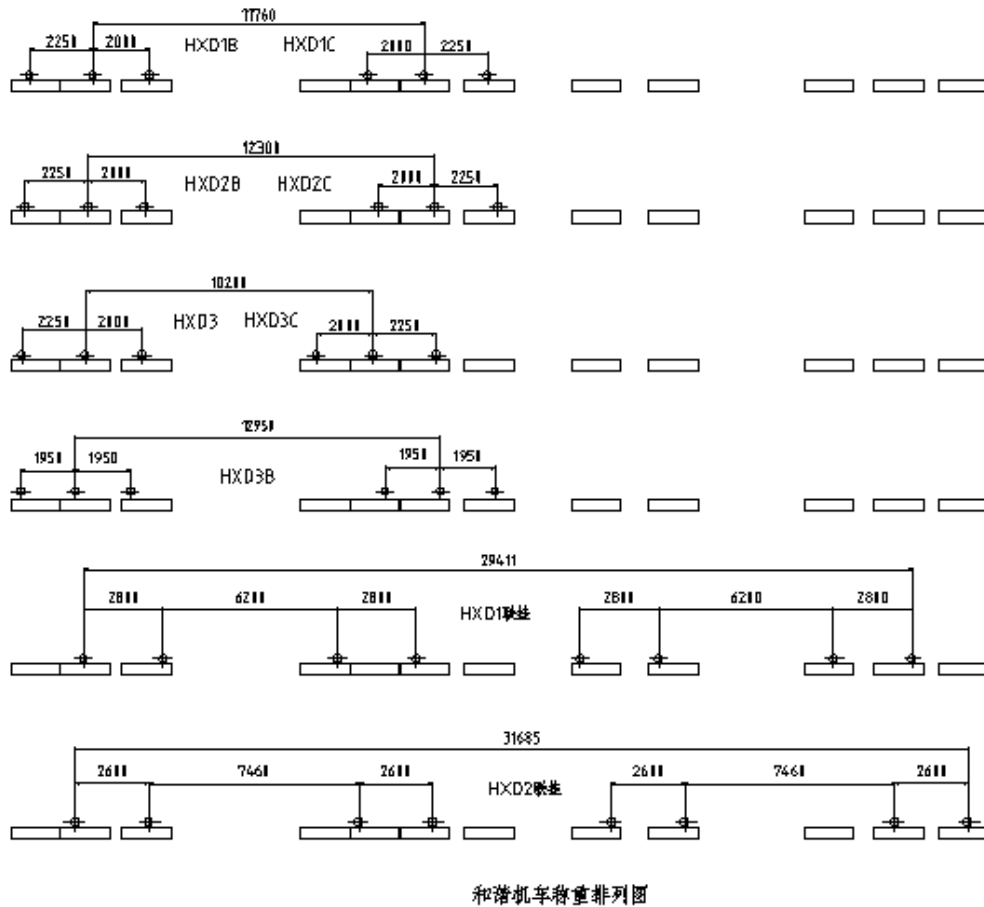


图 3 和谐机车称重单元排列图

(1) 称重单元主要技术参数

- 1) 称重单元最大秤量：20t，安全载荷：25t；
- 2) 称重单元准确度等级：OIML Ⅲ；
- 3) 称重单元检定分度值 $e=10\text{kg}$ ，实际分度值 $d=10\text{kg}$ ；
- 4) 允许误差：满足 JJG（铁道）117-1994《静态机车车辆称重台检定规程》要求。

(2) 称重传感器



图 4 机车上衡效果图

作为称重单元乃至整个称重系统核心的称重传感器选用高精度悬臂梁式不锈钢称重传感器，悬臂梁称重传感器以其悬臂特性，实现传感器安装位置与传感器受力点相分开，同时每个称重单元配 4 只称重传感器，保证称重单元台面不翻转、不倾覆。称重传感器进行零点及灵敏度温度补偿，保证其温度性能的一致性，实现称重传感器在 $-30^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$ 温度范围内的高准确度和良好的互换性。

称重传感器密封采用不锈钢金属膜片密封，防护等级 IP68，可适应于潮湿恶劣的工作环境。称重传感器使用过程中采用上、下压头承载，钢球传力，可实现自动复位，受力后能进行自动调心，具有较好的抗侧向力和抗冲击性能，安装容易，使用方便。

2. 称重指示器

称重指示器作为称重数据显示终端，负责称重信号的采集及滤波、放大、A/D 转换等工作。同时具有去皮、累加、数字校验功能，可实现参数编程、衡器校准和器具管理。称重指示器具有良好的人机对话界面，功能齐全、性能可靠、稳定性强、操作简便，符合 GB7724-2008《电子称重仪表》标准要求。称重指示器采用镶嵌式结构的 XK3105 称重指示器，镶嵌在电气屏柜上，直观显示，便于数据查看。

3. 调整平板

为保证系统整体几何误差及设备整体安装精度，在整个基础称重范围内预埋调整平板作为称重单元的直接安装平面。调整平板采用 Q235 碳素结构钢为原材料，六面精密加工，钻孔、攻丝。安装时采用调平螺母配合调整斜铁进行调节，标高调整完成后采用整体灌浆，保证称重单元安装底平面的整体平面度和称重区域基础的整体一致性。

4. 过渡系统

大功率机车静态称重系统为断轨式结构，各称重单元之间存在间隔，为实现系统的整体一致性

及便于车辆行驶，各称重单元之间采用钢轨进行过渡连接。同时为减少车辆上衡时对称重单元的冲击，充分保证计量的准确度，称重单元与过渡钢轨之间采用桥式过渡器进行过渡，保证车辆上衡的平稳性。

5. 电气部件

为便于现场电气组件的安装和放置，电气部分总集成为电气控制柜。柜体集成电路保护器件可实现过压、过流、过热保护。电气控制柜采用双开门结构，外形美观，操作方便，便于电气件维护。电气控制柜主要用于称重仪表的集中放置和显示操作，仪表采用镶嵌式结构安装在控制柜外侧。另外控制柜中放置电源防雷箱、稳压电源、不间断电源等电器防护组件，同时也可将计算机、打印机与控制柜集成。

6. 称重管理软件

称重管理软件设置管理员和操作员的权限，并在登陆计算机系统时，自动提示输入用户名及密码，非管理员权限不得对计算机系统做数据库和设置修改，但可以进行数据查询。称重管理软件包括的界面：车型选择界面、称重操作及结果显示界面、数据管理界面。

➤ 车型选择界面中选择已有车型和在输入准备测量的机车车辆的车号后，进入称重操作界面，如图 5 所示：

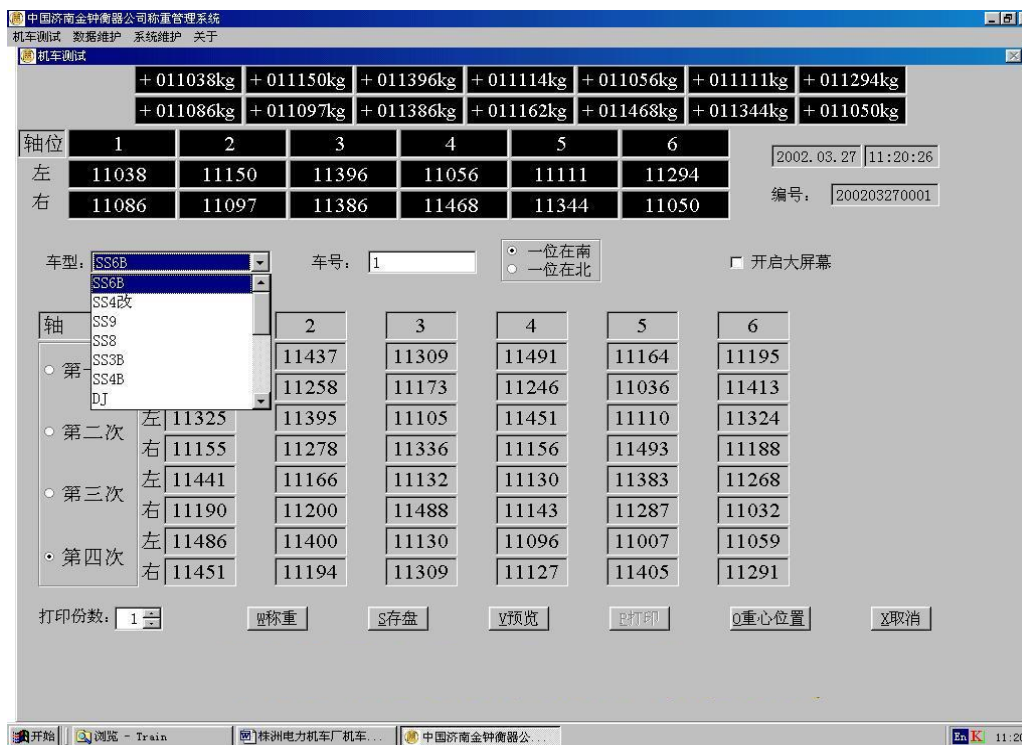


图 5 机车测试界面

➤ 称重操作及结果显示界面能够实时显示当前的称量数据。称重记录表单数据分为两类，一类为计算机自动添加项，包括：当前操作日期时间、机车车辆车型、机车车辆车号、轮重、轴重、

轮重偏差、轴重偏差、前架总重量、后架总重量、机车车辆总重量、称重结果能够自动判断结果是否符合要求，不合格项应用醒目颜色区分显示，并在称重结果一栏显示“合格”或“不合格”字样。另一类为在确认合格并打印后，手动填写的项目，包括：机车车辆整备状态、操作员、监督员、检查员等填写栏。从结果显示界面返回，可以选择进入重心位置显示界面，如图 6 和图 7 所示。

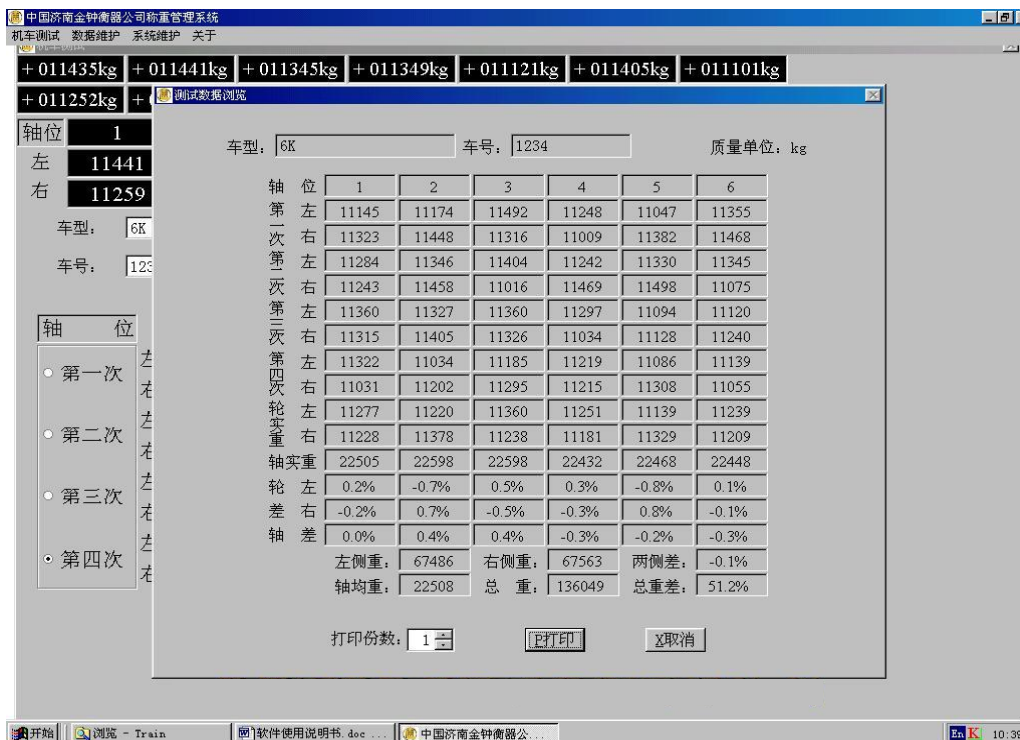


图 6 称重结果显示界面

➤ 数据管理界面中只能由管理员权限完成对车型参数和参数标准的修改、增加及删除，新增车型时需设定的参数包括：机车车辆车型号、机车车辆总重量、需使用轴数的编号、轴间距、轮差上限、轮差下限、轴差上限、轴差下限、总重差上限、总重差下限、整备重量等。在进行下一次称重试验前，所有称量数据必须保留。见图 8 所示。

➤ 称重管理软件可以设定将数据保存在本机或网络的计算机上，并能自动完成数据备份。未安装设备管理软件的其它计算机可以通过网络联接实现称重数据库的数据查询和打印，但测量数据不能进行修改。称重管理软件功能齐备，能够依据检测结果计算形成指导性的的机车轮重偏差超限调整方案，依据调整方案进行调簧加垫，实现机车轮重、轴重均载平衡。

三、系统的检定

大功率机车静态称重系统检定执行 JJG（铁道）117-1994《静态机车车辆称重台检定规程》。系统检定包括几何误差检定和称重误差检定两部分。



图 7 称重结果显示界面



图 8 车型数据维护界面

几何误差检测时首先需机车上衡对称重台往返碾压三次，采用符合 JJG425-2003《水准仪检定规程》的水准仪，或同等精度的其它光学仪器对计量轨道的几何误差进行检测。

称重误差检测时采用符合 JJG99-2006《砝码》检定规程的 M_{12} 等级砝码，若砝码量不足，可用替代法。但标准砝码数量不得少于 1/3 的最大称量，一般配置 10t（每个砝码 1t）长条形标准砝码。称重误差检测时为保证砝码堆放的安全和方便，设计特制的检定支架，检定支架既可以跨在单个称重单元的钢轨上，实现单个称重单元的计量检定，又可以搭在两侧称重单元上实现模拟轴重加载。如图 9 所示，通过吊车将砝码放置在检定支架上实现加载，检定。



图 9 检定现场砝码加载

四、系统功能特点

- 实现对大功率机车的轮重、轴重、转向架重及整车重量的测量

大功率机车静态称重系统主要应用于检测新制造、使用中、修理后的大功率机车的轮重、轴重、转向架重及整车重量，并通过计算机处理计算出车辆轮重差、轴重差以及单边侧轮重差，还可计算机车平面重心并能依据检测结果计算形成指导性的机车轮重偏差超限调整方案，依据调整方案进行调簧加垫，实现机车轮重、轴重均载平衡。

- 实现对所有的 4 轴（6 轴）机车的 8 轮（12 轮）的同时测量

大功率机车静态称重系统为整体一致性结构，能保证被检测机车在设备的任何位置安全、自由地来回行驶或停车，同时系统由多组称重单元组成，通过不同数量的称重单元的合理组合、布局可

实现所有的 4 轴（6 轴）机车的 8 轮（12 轮）的同时测量。

➤ 轨距与线路轨枕良好衔接，具有防干扰设计

大功率机车静态称重系统秤台具有足够的强度、刚度和长期的稳定性，具备良好的防冲击性能和防侧向力的能力，钢轨安装面采用沉槽结构，保证钢轨良好的横向定位，确保轨距准确。同时实现与线路轨枕良好衔接，提高车列运行的平顺性，机车以 7km/h 的速度通过时不会造成影响该设备的任何变形或损坏。

大功率机车静态称重系统属于精密测量设备，为防止外界电、磁干扰，除配置电源防雷箱、稳压电源等辅助设备外，在基础中建设专用电子衡器接地网，保证接地电阻小于 4Ω，实现可靠的系统接地。

➤ 设计符合有关标准与检定规程

大功率机车静态称重系统执行 TB/T2782-1997《铁道机车车辆称重台技术条件》，TB/T1740-1997《铁道机车车辆重量测定方法》，JJG117（铁道）-1994《静态机车车辆称重台检定规程》等标准、规程。

五、结语

大功率机车静态称重系统的设计与应用为铁路大功率机车轮重、轴重的均载平衡调整提供了数据支持和调整方案指导，保证机车轮重、轴重均载平衡，并能提供出厂前大功率机车轮重、轴重、转向架重、整车重及机车轮重差、轴重差以及单边侧轮重差等检测数据，丰富了机车履历数据，进一步提高了铁路运输的安全性，为我国铁路运输业向高速化、重载型发展提供了有力的技术支撑。

参考文献

1. TB/T 2782-1997, 《铁道机车车辆称重台技术条件》【S】，中国铁道出版社，1998.01
2. JJG 117（铁道）-1994, 《静态机车车辆称重台检定规程》【S】.

作者简介

张玉东，男，河南省民权县人，国家一级注册计量师执业资格，硕士学位，主要从事衡器检定与计量科研工作。

邮箱：zyd82323744@163.com

电话：13700222822