

影响自动轨道衡称量准确度的多种因素

沈立人 山东金钟科技集团股份有限公司

【摘要】自动轨道衡是一种动态称量的计量器具，在使用中由于受到牵引机车速度变化、环境地理条件、被称量车辆状况、设备设计制造质量、设备性能高低影响，其称量准确度也会随之变化。本文就是根据三十多年设计、制造、安装、调试自动轨道衡的经历，将一些影响因素汇总分析，与同行讨论。

【关键词】自动轨道衡 称量准确度 影响因素

一、引言

铁路运输的大宗散装货物大部分需要经轨道衡计量，轨道衡的应用普及煤炭、冶金、电力、石化、机械、建材、铁路、港口等各个行业。铁路是国民经济的大动脉，铁路货运量占全国总货运量的比重很大，大约占 50% 左右。在每年铁路货运量中，需用轨道衡计量的散装货物占大部分，所以轨道衡计量准确度与否，对于企业的经济效益、社会影响都很大。

我国的自动轨道衡从二十世纪七十年代末开始发展起来，到目前为止，已经出现了多种类型的产品。一开始的机械杠杆传力机构自动轨道衡，后来采用称重传感器的电子自动轨道衡，到现在的不断轨电子自动轨道衡；从称量形式又分为：轴称量式、转向架称量式、整车称量式；从结构形式又分为：断轨式、不断轨式；称量范围从几吨的矿用轻轨衡，到铁路上使用的 100 吨的常规轨道衡，以及工业企业使用的专用、大型轨道衡。本文总结了三十多年设计制造各种轨道衡的经验教训，对影响自动轨道衡准确度性能的因素，进行汇总分析。

二、对影响因素的分析

1. 制造质量的影响

对于自动轨道衡制造质量影响的因素可以分为四方面：

①承载器结构问题

当承载器主梁由于设计的刚度较低时，主梁变形量大，造成称重传感器产生偏载分力，影响称量准确度，所以在国家标准 GB/T11885-2015《自动轨道衡》中规定承载器的主梁挠度不大于 0.03%。

自动轨道衡承载器的设计应该采用什么形式的结构最好？

是采用整体式铸造结构的，还是采用型钢焊接结构的，还是采用钢板焊接结构的？其实，这些都不是问题！不论是整体重量达到 8、9 吨的，还是整体重量只有 3、4 吨的承载器。关键是承载器的制造质量，是承载器结构的制造工艺问题。因为一般热加工（铸造、焊接）的结构件，由于热加工会在结构中积蓄大量的应力，一定要采用适当的时效工艺，在短时间内使这些应力均化。如果结构内部带有应力，承载器的主梁在随后的使用中，在外力作用下会产生变形，使在产品安装调试时的时间增长，甚至严重影响产品的质量。

② 称重传感器性能问题

由于选用的称重传感器的结构，弹性体材质，应变片质量，制造工艺等质量原因，会造成称重传感器的线性、重复性、滞后、蠕变、灵敏度系数、温度影响量等性能超出允差范围，从而影响车辆称量准确度。

选择什么样结构的称重传感器最合适呢？

在我国刚刚开始研制自动轨道衡产品的时候，由于没有设计、制造方面的经验，主要依靠对国外进口产品进行学习仿制，看到国外产品基本上都是选用“柱式、剪切轮辐式、剪切悬臂式称重传感器”，再加上看到国外一些资料在“振动频率”方面比较关注，而“柱式称重传感器”的固有频率比较高，就认为制造自动轨道衡非“柱式称重传感器”莫属。随着我国在这个领域内实践数量的增加，发现当自动轨道衡称量速度不超过一定范围时，不一定非要选择“柱式称重传感器”作为量值转换元件。不论是我们公司后来制造自动轨道衡选用的桥式称重传感器，还是不断轨轨道衡选用的板式称重传感器，都是双剪切梁结构的产品。

但是，在选择称重传感器最大秤量时一定要注意，不但应该考虑最大秤量 E_{max} ，还应该考虑灵敏度 S （或额定输出 C ）。因为最大秤量为 20t 的、灵敏度为 1mV/V 的称重传感器，在相同载荷下的输出相当于最大秤量为 40t 的、灵敏度为 2mV/V 的称重传感器。

至于选择什么准确度等级的称重传感器？

最早我国引进自动轨道衡中有的称重传感器准确度等级只有 0.07% 级，最多相当于现在的 C2 级。在现在我国能够生产大量的 C3 级称重传感器的情况下，所以选择 C3 级称重传感器是一种很平常的事情。

③ 称重仪表性能问题

选用的称重仪表（或通道）的设计、制造质量，直接会影响车辆动态称量的质量。例如器件噪声，采样速度、抗干扰能力、防湿防尘能力等技术的采用。

④ 计算机软件问题

由于我国是用计算机技术对车辆运行情况采用无开关的计算机软件判别法（信号电压波形法），所以采样距离和判别距离不能很好的兼顾（车辆结构、承载器长度、称重仪表的采样速度、计算机软件的采样速度等），会造成误判、丢车等问题。

转向架称重方式中称重传感器输出的信号电压波形如图 1 所示：

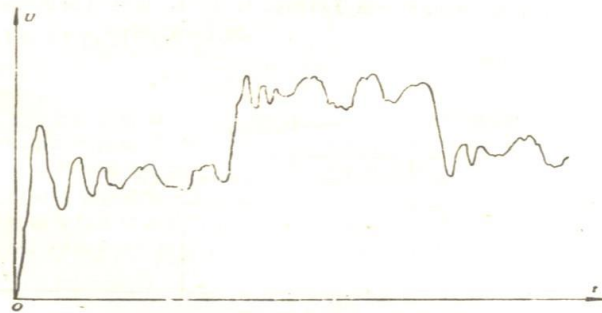


图 1 转向架称量信号波形示意图

2. 线路

(1) 线路条件

① 当承载器安装在一个坡度较大的线路上时，由于车辆或转向架重心位置产生的偏移会造成称量误差。例如对于 C62 型车型的车辆来讲，0.1% 的坡道经估计大约会影响轴重最大相对误差 0.1%，所以要求线路坡度不大于 0.05%。

② 当承载器上钢轨和引线轨的高差大于 1mm 时，经估计会使称量准确度的大约产生高于 $\pm 0.1\%$ 的误差。

③ 在自动轨道衡的使用手册中专门注明两端应各有不小于 50 米的直线段，因为车辆在弯道上行驶时所产生的摆动也会影响称量准确度。

(2) 过渡器

对于断轨式自动轨道衡来讲，钢轨接头处是车辆对轨道冲击的主要部位，是钢轨易磨损，失效的薄弱环节。为了缓和冲击，使轮载逐渐加到称量台面上，安装合理合格的过渡器是一种好方法（见图 2）。过渡器越长，过渡越平缓，产生的冲击就越小，对车辆通过承载器时的振动越小，对称量性能的影响也就越小。

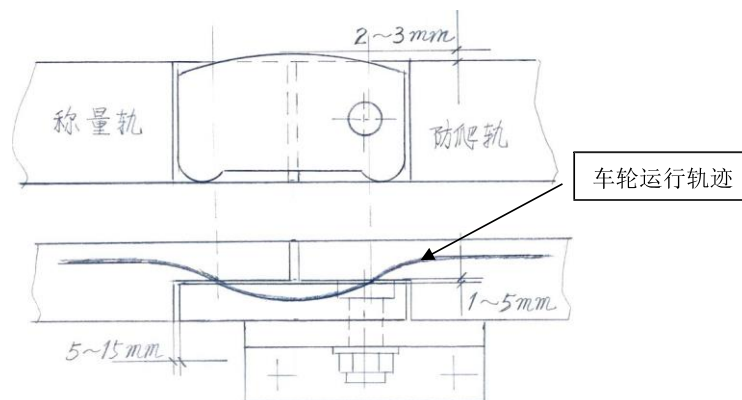


图 2 过渡器工作示意图

(3)限位器

由于车辆运行时产生的各种因素，使承载器除了受到垂直作用力外，还会受到水平力的作用，如果承载器产生水平位移，将会影响到承载器承重部分对垂直分量的传递。为了减少这种位移量，必须用限位器将水平位移限制在一定范围之内，否则就会使称重传感器受侧向力的影响而产生称量误差。这个限位器采用什么结构形式的，应该根据各个制造单位的整体考虑，目前我国大部分是采用钢球或拉杆结构的限位器，而国外有的企业甚至采用聚氨酯垫片作为限位器。

(4)道床

对于自动轨道衡来讲，道床是线路的一部分，必须有足够的承载力。一定要按照建筑设计部门出具的要求进行施工，特别是在回填地区施工的道床，由于道床沉降和断裂等原因影响自动轨道衡准确度的案例，在我们身边发生了不少，所以一定要注意自动轨道衡道床的“工后沉降”指标的大小。

作为自动轨道衡的道床应该从广义角度上理解。自动轨道衡的道床既包括安装轨道衡承载器的部分，也包括其两端的引道部分的防爬轨架。

不断轨自动轨道衡（或铁道货车超偏载检测装置）在研发之初，采用的是普通渣石道床，具有施工简单，便于维修和吸收车辆振动能量好的优点，同时大家也注意到普通渣石道床的状态极易发生变化，是造成此类轨道衡稳定性差的主要原因。所以，钢筋混凝土整体道床应运而生，并且采用了热塑性聚酯弹性体做的垫板，安装在钢轨与轨枕之间，既克服了车辆的高冲击强度，又减小了车辆的振动，从而提高了轨道衡的稳定性和称量准确度。

3. 车辆

(1)被称量车辆的质量

在线路上运行车辆各部分的状况，也是影响自动轨道衡称量准确度因素。如：轮箍的磨损量、连接钩的摩擦力、减震弹簧的变形量等等。当然，车辆的心盘距、转向架距、钩舌距如果悬殊太大也会对称量结果产生很大影响。

(2)车辆牵引力

当车辆装载重量不一样时，车钩高度也不一样（例如 C62 车满载时，车钩位置比空车低 27mm），当编组时前后车辆载荷悬差较大时，牵引力通过车钩会改变车辆在称重台上的称量准确度，推拉状态的不同影响值也不同。虽然在动态检定时，总是将最轻的车辆放在最后，以保证检定时轨道衡的性能指标（虽然这种方法被写入检定规程，但是仍然有作弊的嫌疑，也是无奈之举），但是在实际称量使用中不可避免的有轻型车辆夹在中间的现象，必然会影响其称量的准确度。

(3)车辆变速

由于车辆的重心到轨道上表面有大约 1.5m 左右的距离，当车速改变时，必然产生加速度，车辆的加速度又必然导致产生重力以外的作用力，这个作用力会对车辆产生一个附加力矩，使称量值加大（或减少），对于多次上衡称量的称量方式，车速变化对其称量准确度的影响最大。特别是罐车，因为液体受到车辆变速的影响，车辆重心会产生无规则的前后移动，对称量准确度的影响量是不可控制的。

4. 振动

由于我国是采用计算机技术对车辆通过承载器时的信号进行判别。当车辆在行驶中，由于车辆减震弹簧、承载器机械结构、钢筋混凝土基础、称重传感器都在振动，要提高计算机判别车辆的准确度及提高称量准确度，就必须尽可能降低车速，提高系统动态特性，减小轨缝过渡时的冲击，加长引线轨平直道的长度。

表 1 一个完整周期采样所需的有效采样长度

车速 (kg/h)	5	7	10	12	15	18	20
有效采样长度 (mm)							
最低频率 (Hz)							
2.5	556	778	1111	1333	1667	2000	2222
3	463	648	926	1111	1389	1667	1852
4	347	486	694	833	1041	1250	1389

注：此表的参数与仪表（通道）采样速度有关。

5. 安装

自动轨道衡的安装质量也是影响准确度的一种因素。首先在基础的施工质量合格的情况下，检查基础的排水系统是否合理，接地系统是否有效？在承载器、称重传感器、横竖拉杆限位安装时一定要保证“横平竖直”，称量轨、引轨的轨面高度水平，称量轨、引轨之间间隙、错牙符合标准要求。

6. 性能检测

如前所述，自动轨道衡是一种关系到国民经济贸易中的重要计量器具，也是影响到企业利益的重要计量器具，所以产品的长期稳定性一直是应该慎重对待的问题。国家轨道衡计量站从九十年代初开始，对于申请型式评价试验的轨道衡产品，都是采用长期稳定性试验的方法进行控制，所以目前许多使用中的自动轨道衡都能适应各地严酷环境的考验，保持着较高准确度。

三、结束语

本文所谈到的影响自动轨道衡准确度的因素，主要是针对有承载器的断轨自动轨道衡产品，其它形式的自动轨道衡也是有参考价值的。

实际上日常的维护也是保证轨道衡称量性能的重要工作，不论是开机前的环境检查，还是开机、关机的顺序，以及执行正确的操作程序。

[参考文献]

[1]金柞康等 质量计量丛书 轨道衡 中国计量出版社 1992 年第 1 版

[2]王行方 不断轨动态轨道衡发展现状

[3]GB/T11885-2015 《自动轨道衡》