

安全提效下的轨道衡技术新要求

中国铁道科学研究院标准计量研究所 冯化中 高长律 高春兰 伍新鹏

【摘要】 多拉快跑，是铁路运输的恒久课题。快速准确，是轨道计量的核心所在。在铁路运输安全提效的方针下，轨道衡的技术也需要适应新形势、跟踪新技术，不断发展和前进。轨道衡技术以安全为基础，以提效为前提，需不断适应铁路运输的发展和需求。安全提效体现在我国重载铁路的发展和货运速度的提高。在安全提效的形式下，轨道衡称重技术应具有前瞻性的技术贮备，本文愿与同仁共同探讨此事。

【关键词】 轨道衡；重载铁路；高速

一、概述

安全提效，是中国铁路发展的本质追求，也是中国铁路运输历史性变革的品质追求。发展中国的重载铁路运输和提高货运列车速度，是安全提效的具体战略。

2014年4月23日；在京包正线的古营盘站至苏集站区间，对铁道货车超偏载检测装置在60km/h以上速度段进行了第二次适应性检测。列车最高牵引速度达到100km/h。



图 1、2 铁道货车超偏载检测装置在 100km/h 速度段适应性检测照片（京包正线）
2014年6月14日；27t 轴重 80t 级通用载重货车专列，在大秦铁路线上顺利运行。



图 3、4 神朔线重载列车中部的牵引机车和 80t 敞车照片

2014 年 7 月；在新建的山西中南部铁路通道，长子南至平顺站之间，成功地完成了 30t 轴重重载铁路的综合试验。2014 年底，已完成试验里程为 100,000km。

2014 年全国铁路“7.1”调图后；铁路货运提高了技术作业标准和和货运列车运行速度。铁路打造重载货运新品牌的步伐进一步加快。

我国铁路在上世纪 50 年代初；轴重为 21t，货车载重为 60t。到本世纪初，轴重分别为 23t 和 25t，货车载重为 70t 和 80t。车列的货车编组为 60 辆左右。

我国铁路目前推出了轴重 27t，货车载重为 80t 级重载运输。值得指出的是：这里所说的 80t 级，是指 80t 通用铁路货车，它涵盖了敞车、棚车、平车、罐车和漏斗车 5 大系列 9 个型号的车辆。在现有线路上，将通用货车轴重提高到 27t，不但可以满足我国铁路货物运输发展的需要，而且还是我国铁路安全提效的实际需求。

铁路重载运输诞生于上世纪 50 年代。目前；美国重载列车编组通常为 108 辆货车，牵引重量为 13600t（轴重约为 31.48t）。加拿大典型单元重载列车编组为 124 辆货车，牵引重量为 16000t（轴重约为 32.25t）。澳大利亚纽曼山重载列车编组通常为 240 辆货车，牵引重量为 38400 t（轴重约为 47t）。开行重载列车，效益显着。

30t 轴重重载铁路，涉及 30t 轴重机车、30t 轴重货车、30t 轴重轨道结构钢轨与道岔及线、桥、隧等成套技术。涵盖机车车辆、工务工程、通信信号、牵引供电、重载运输、振动噪声等多个系统，20 余个专业方向。

工欲善其事，必先利其器。铁路重载的运行涉及了线（路）、桥（梁）、涵（洞）和车（辆）、机（务）、工（务）、电（务）等诸多体系和部门。而铁路重载源头的“重”就出自“轨道计量”。轨道计量的主要设备就是轨道衡。

轨道衡有自动轨道衡、数字指示轨道衡。有整车计量轨道衡、转向架计量轨道衡、轴计量轨道衡。作为铁路部门行车监控的衡器是：“铁道货车超偏载检测装置”。

目前轨道衡集计量称重、车辆信息采集、车辆图像采集、数据处理、数据传输、远程通讯和防雷等功能于一身，形成了“轨道衡系统”。

我国铁路重载的规划、实施，将对轨道衡计量提出更新、更高的要求。

二、相关术语

轴重：一根轴传递给轨道的重量或者说是每根车轴负载的重量。

按车轴型式及在某个运行速度范围内该轴允许负担的包括轮对自身的最大总质量。轴重的选择与线路、桥梁及车辆走行部的设计标准有关。

转向架重：一转向架传递给轨道的重量。

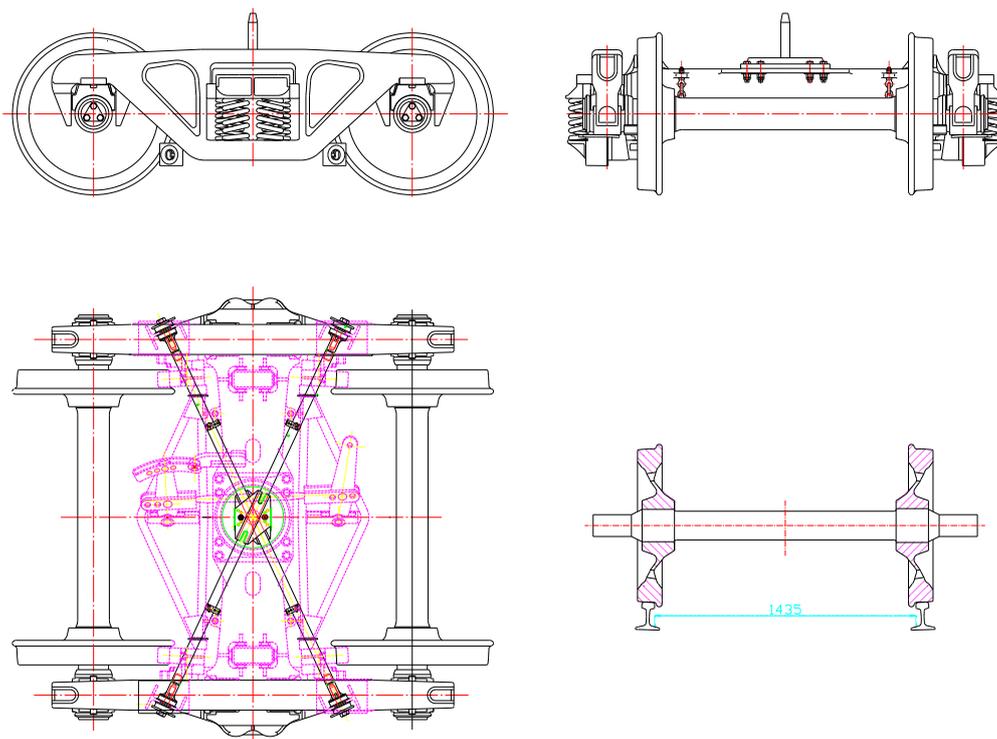


图5 铁道货车转向架和轴的示意图

铁道货车载重：对于一般货车，取标记载重（打印在车体上的额定载重）为车辆的载重；对于敞车，考虑雨雪增载作用，取标记载重的 1.15 倍作为敞车的载重。

轨道衡的最大秤量（Max）：轨道衡的最大称量能力。

轨道衡承载器秤梁刚度：在额定载荷下，承载器秤梁抵抗变形的能力。

轨道衡称重计量单元长度：称重信号从开始采集到结束采集的距离。

轨道衡称重计量区单元的数量：为适应快速称重测量而设置多个称重计量区单元。

称重传感器称量范围：测量结果的误差不超过最大允许误差的被测质量值的范围。

轨道衡的剪力传感器：测量弹性体的剪力信号来获取外力数值的传感器，而轨道用剪力传感器则把钢轨作为弹性体的扩大部分，直接测量轮载引起的钢轨剪力变化的传感器。

轨道衡的板式传感器：直接计量轨道荷载的专用传感器，直接安装在钢轨和轨下基础之间，根

根据需要，可设计成不同的承轨形式。



图 6 轨道衡使用的剪力传感器



图 7 轨道衡使用的板式传感器

三、安全提效下的轨道衡技术要求

目前：轨道衡计量的货车通常是轴重 21t、总重 84t。JJG234《自动轨道衡》中表述“轨道衡的最小秤量为 18t，最大秤量为 100t”。JJG781《数字指示轨道衡》中表述“轨道衡最小秤量为 18t，大于 100t 的轨道衡按 100t 轨道衡进行检定”。作为质量量值传递环节的轨道衡检衡车，其测量范围也是 18t 至 100t。

在安全提效下的两个技术指标：1、货车轴重为 30t；2、货车运行速度为 60km/h 以上。根据以上指标，轨道衡的技术参数应在秤量范围和计量速度两个方面进行调整。

1、轨道衡的秤量范围：最小秤量为 18t，最大秤量为 150t

(1) 依据轨道衡最大秤量，校核轨道衡承载器和秤体基础设计。

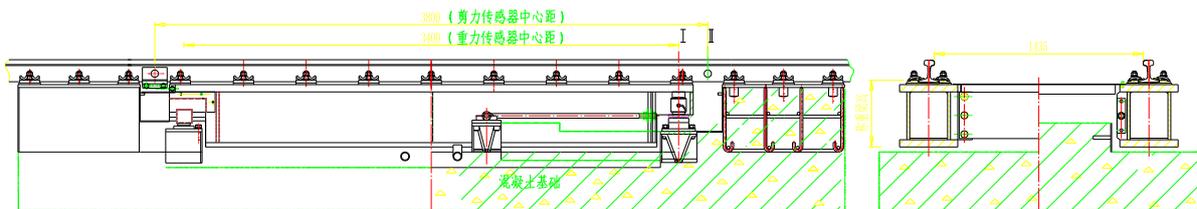


图 8 轨道衡承载器和秤体基础图

轨道衡的承载器和秤体基础涉及到基础地耐力、整体道床的形式、基础配筋、混凝土轨枕的选型、施工混凝土标号和施工方法。

(2) 依据轨道衡最大秤量，校核轨道衡承载机构主要零部件的设计，完善加工制造和安装调试工艺。

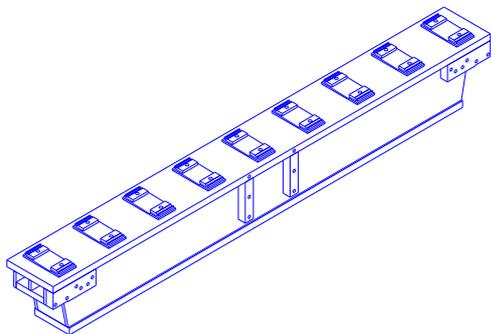


图 9 需校核刚度的承载器秤梁图

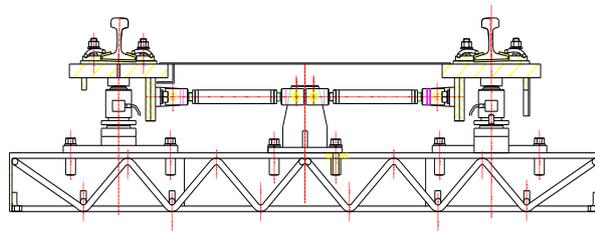


图 10 需要对可靠性校核的限位系统图

(3) 依据轨道衡最大称量，校核轨道衡称重传感器的选配和安装。

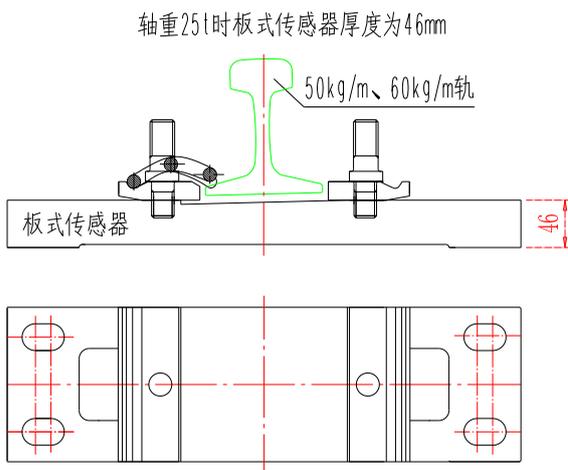


图 11 25t 轴重时板式传感器厚为 46mm

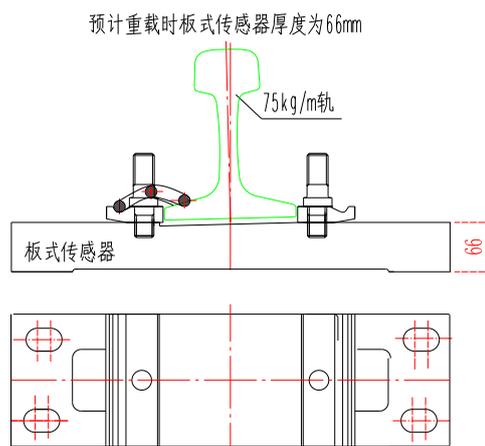


图 12 预计重载时板式传感器厚为 66mm

轨道衡所使用的柱式传感器同样需要校核。校核量程的同时还应关注等级（分度数）。

(4) 采用与重载铁路相关的技术标准，选取铁标零、部件作为轨道衡的设计、制造、安装和施工的基础。

随着重载列车试验的完成，一系列相关标准将制订和实施，相应的零部件也会同步地应用到轨道衡的设计、制造和安装过程中。

(5) 依据轨道衡最大称量，完善质量量值传递体系。

2、轨道衡的计量速率范围有所增加

提高货车运行速度，是安全提效的另一方面，同时也是对轨道衡计量的新要求。

采样定理：要保证从信号采样后，离散信号无失真地恢复原始时间的连续信号。即保证信号的采样不会导致任何信号丢失，必须满足：①信号必须是“频带受限”的。即其频谱所含频率成分受限

于某一个有限值最高频率。②采样频率 W_s 必须是信号最高频率的两倍，即 $W_s \geq 2W_c$ 。一般实际应用中，保证采样频率为信号最高频率的 5~10 倍。

测量单元结构示意图

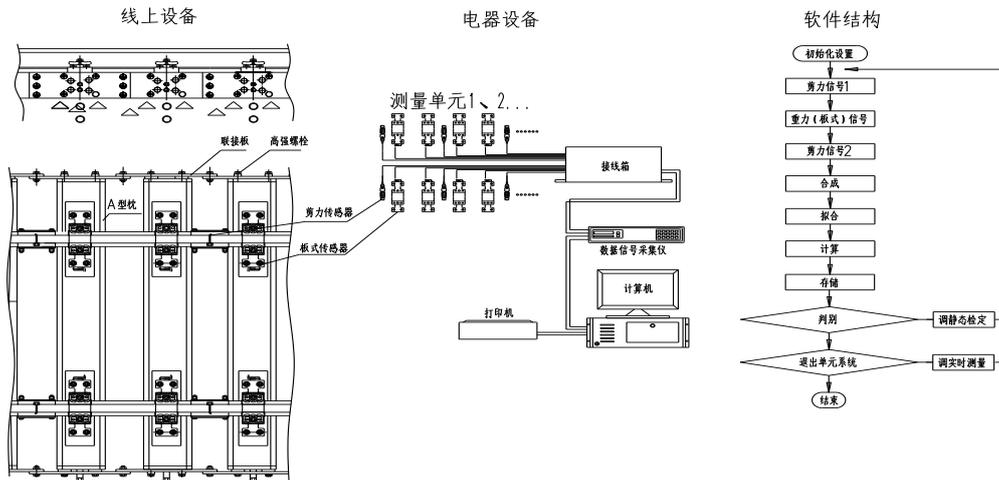


图 13 称重计量（测量）单元结构示意图

多测量单元轨道衡结构设计示意图

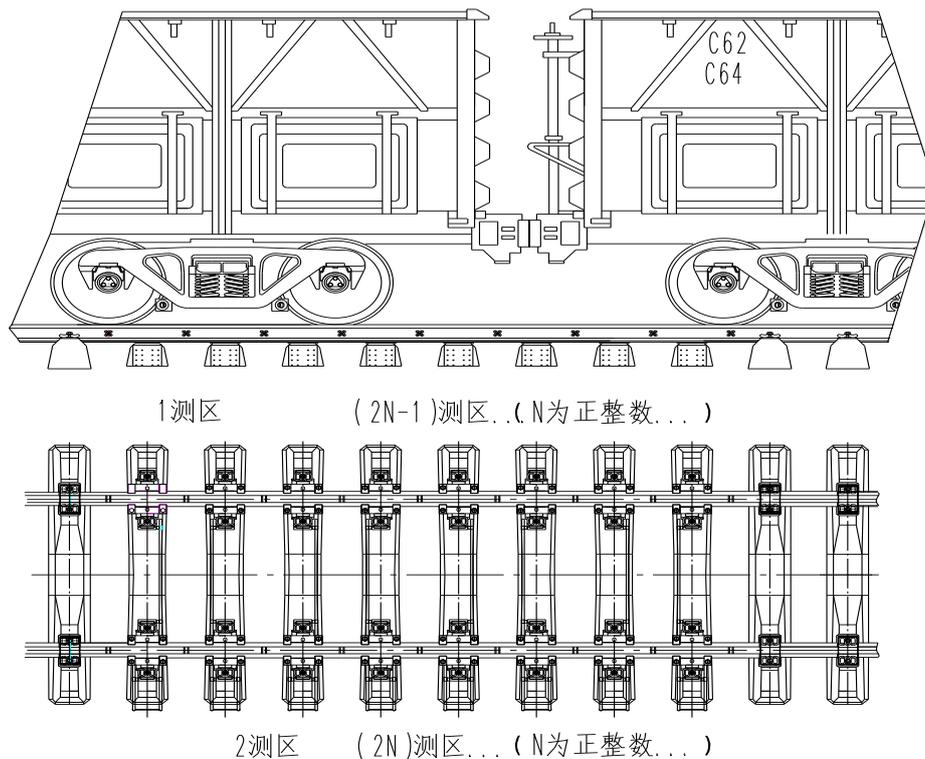


图 14 多称重计量（测量）单元组合结构示意图

受货运提速影响最大的轨道称重计量设备是：设置在铁路正线上的铁道货车超偏载检测装置。

目前的铁道货车超偏载检测装置为3个称重计量区，即3个称重计量单元，每个称重计量单元的长度在1200mm（轨枕间距为：600mm）到1520mm（轨枕间距为：760mm）。为了满足称重计量的需求，适当增加称重计量单元。多称重计量单元组合结构如图14所示。

设置在铁路货场和专用线上的轨道衡，若提高称重计量速度，可采取增加承载器数量（称重计量单元的数量）和结构排布方式加以解决。

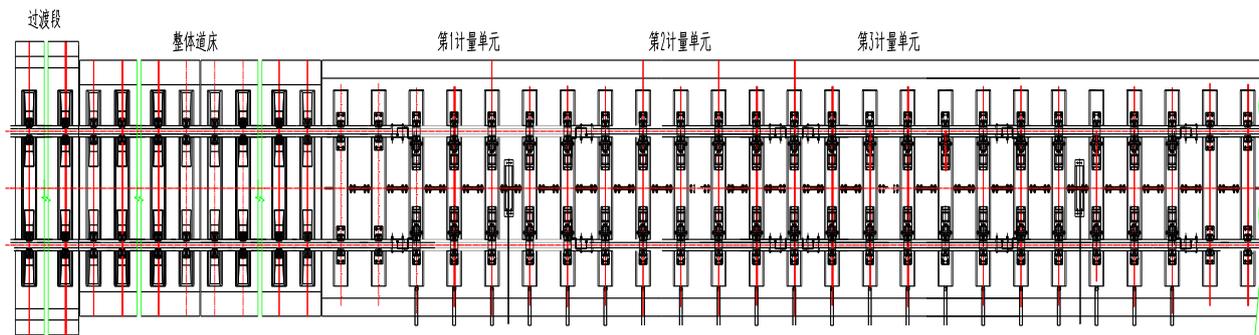


图 15 快速计量情况下的铁路货场和专用线上的轨道衡设计示意图

四、结束语

目前：铁路建设是国家重点的发展战略。重载铁路将是继高铁之后铁路的又一发展项目。重载铁路对轨道计量称重技术提出了挑战，同时也为衡器行业发展提供了机遇。

技术进步是永恒的和无止境的，虽然现在的重载列车还只是在几条专线上运行，但其发展的速度和产生的经济效益，已经初步显现。轨道计量称重技术应有所储备，以适应铁路的建设和发展。

作者联系方式

作者通讯地址：北京市海淀区大柳树路2号 中国铁道科学研究院标准计量研究所
邮政编码：100081 联系电话：010-51874529