

# 高速铁路货车超偏载检测装置的设计与实现

铁道部标准计量研究所 周用贵 冯化中

**【摘要】** 通过铁道技术的改造，在客运大提速之后，铁道货车大面积提速已经提到日程。为了适应高速计量的需要，高速铁路货车超偏载检测装置的研制已是当务之急。本文介绍了高速铁路货车超偏载检测装置的研制。

**【关键词】** 高速；计量；称重技术；铁道货车超偏载检测装置（简称：超偏载检测装置）

## 一、概述

铁道货车超偏载检测装置是在轨道衡称重技术基础上发展起来的货车称重新技术。它将传统称重技术要求的固定刚性支承与传感器应变技术融合为一体，采用板式压力传感器和剪力传感器组合的方式，通过数据采集控制系统将列车通过测量区间时传感器的输出波形实时传递到计算机进行分析处理，计算出行进中货物列车的重量、速度及超偏载信息。通过铁路货车车号自动识别系统，将通过货车的车型、车号传输到超偏载检测装置。目前，在全路推广应用的货车超偏载检测装置，其允许列车通过的计量速度一般均较低。随着全国铁路运行速度的大提高，需要设计适应高速铁路列车测量的新型超偏载检测装置。

## 二、装置结构

铁道货车超偏载检测装置采用组合框架式混凝土承重结构，轨枕间运用高强度螺栓连接，使整个测量段成为平稳过渡的刚性区域，保证了列车通过测量区时，列车的重量能如实地传递给传感器。为了使列车高速通过测量区间时，有较多的有效测量时间，以提高整个系统测量的准确度，将原超偏载检测装置的测量区间从三个扩展到现在的五个。为实时采集列车高速通过测量区间时传感器的输出波形，将系统数据采集的速度，与原超偏载检测装置相比，有了很大提高。整个检测装置原理图及传感器分布原理分别如图 1、图 2 所示。

传感器系统是：完成被检测车辆通过时重量数据的测量，并把重量值转化为相应的电压信号。现场数据采集处理部分是：把传感器传过来的电压信号进行模数转换，并计算出通过车辆的重量、超载、偏载等信息。数据通讯系统是：将测量结果由现场处理计算机传输到远端的管理计算机，实现实时远程监控管理，以至全路联网。

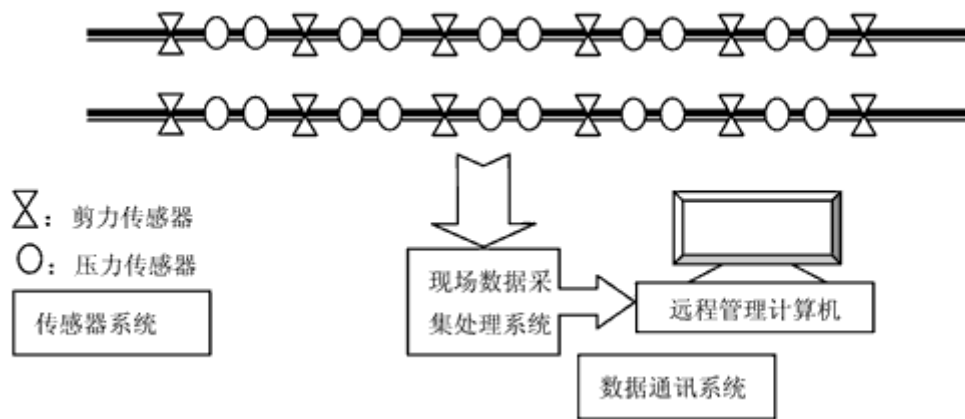


图 1 高速铁道货车超偏检测装置原理图

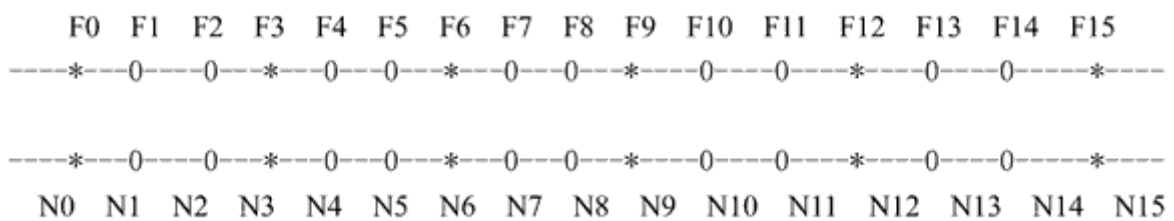


图 2 高速铁道货车超偏载检测装置传感器分布原理图

由图 2 可知，该检测装置共使用了 20 只压力传感器和 12 只剪力传感器，按测量区间的两侧钢轨进行均匀分布。F0, F3, F6, F9, F12, F15 为远端钢轨上的剪力传感器，F1, F2, F4, F5, F7, F8, F10, F11, F13, F14 为远端钢轨上的压力传感器，N0, N3, N6, N9, N12, N15 为近端钢轨上的剪力传感器，N1, N2, N4, N5, N7, N8, N10, N11, N13, N14 为近端钢轨上的压力传感器，同一侧钢轨上任意两只剪力传感器间的距离为 1.2 米，高速铁道货车超偏载检测装置如图 3 所示。

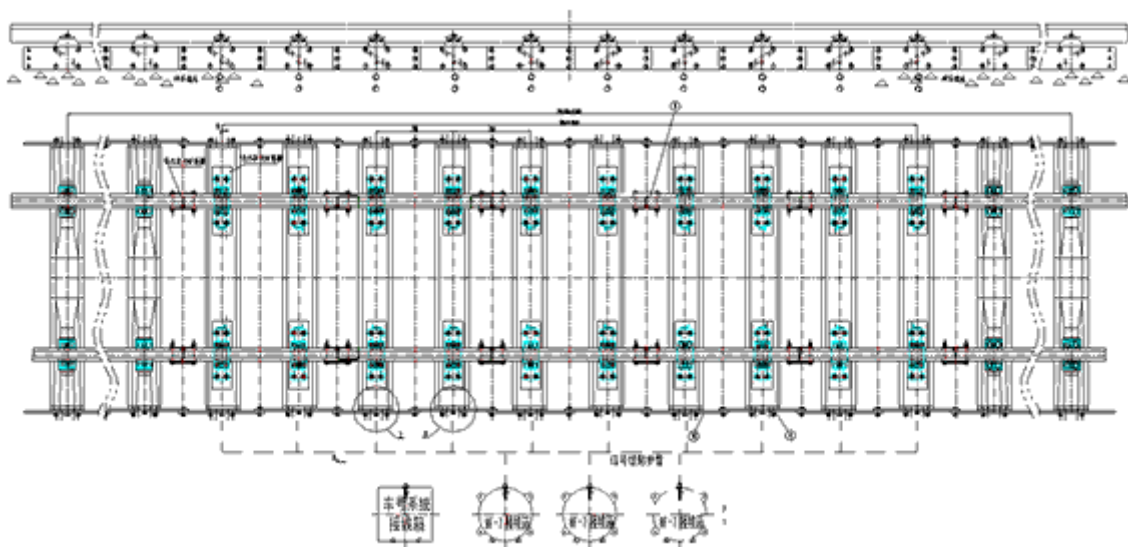


图 3 高速铁道货车超偏载检测装置的设计与实现

### 三、电器组成

将每一只剪力传感器输出分别接入 1 路 A/D 转换，为减少系统 A/D 转换所需的数量，将同一侧任意两只剪力传感器间的两只压力传感器并联到一起，接入 1 路 A/D 转换，共需 A/D 转换的数量为 22 路，CF0, CF1, CF2, CF3, CF4, CF5 分别表示远端钢轨上 6 只剪力传感器所对应的 A/D 转换，PF0, PF1, PF2, PF3, PF4 分别表示远端钢轨上 10 只压力传感器所对应的 A/D 转换。CN0, CN1, CN2, CN3, CN4, CN5 分别表示近端钢轨上 6 只剪力传感器所对应的 A/D 转换，PN0, PN1, PN2, PN3, PN4 分别表示近端钢轨上 10 只压力传感器所对应的 A/D 转换。

测量系统传感器与 A/D 转换的对应关系如下表所示：

传感器	A/D 转换	传感器	A/D 转换	传感器	A/D 转换	传感器	A/D 转换
F0	CF0	F1, F2	PF0	N3	CN1	N4, N5	PN1
F3	CF1	F4, F5	PF1	N6	CN2	N7, N8	PN2
F6	CF2	F7, F8	PF2	N9	CN3	N10, N11	PN3
F9	CF3	F10, F11	PF3	N12	CN4	N13, N14	PN4
F12	CF4	F13, F14	PF4	N15	CN5		
F15	CF5	N0	CN0	N1, N2	PN0		

为完成对铁路货车轮重及其它超偏载信息的准确测量，将上述传感器进行了适当的分组，共形成 5 个测量区间。每一个测量区间与传感器的对应关系以及与 A/D 转换的对应关系如下。

测量区间与传感器及 A/D 转换的对应关系如下表所示：

序号	测量区间	传 感 器	A/D 转换
1	1	F0, F1, F2, F3, N0, N1, N2, N3	CF0, PF0, CF1, CN0, PN0, CN1
2	2	F3, F4, F5, F6, N3, N4, N5, N6	CF1, PF1, CF2, CN1, PN1, CN2
3	3	F6, F7, F8, F9, N6, N7, N8, N9	CF2, PF2, CF3, CN2, PN2, CN3
4	4	F9, F10, F11, F12, N9, N10, N11, N12	CF3, PF3, CF4, CN3, PN3, CN4
5	5	F12, F13, F14, F15, N12, N13, N14, N15	CF4, PF4, CF5, CN4, PN4, CN5

当列车从左侧通过测量区间时，远端钢轨剪力传感器的输出 CF0, CF1, CF2, CF3, CF4, CF5 波形轮廓一样，但依次滞后一段时间，近端钢轨剪力传感器的输出 CN0, CN1, CN2, CN3, CN4, CN5 的输出波形轮廓一样，也依次滞后一段时间。同理，远端钢轨压力传感器的输出 PF0, PF1, PF2, PF3, PF4 波形轮廓一样，但依次滞后一段时间，近端钢轨压力传感器的输出 PN0, PN1, PN2, PN3, PN4 波形轮廓一样，也依次滞后一段时间。

### 四、测量波形

以下为一节普通 4 轴货车从左直右通过测量区间时传感器输出的实际波形。图 4 为剪力传感器的输出波形，图 5 为剪力传感器的输出波形经反向处理后得到的 CF0\$, CF1\$, CF2\$, CF3\$, CF4\$, CF5\$, CN0\$, CN1\$, CN2\$, CN3\$, CN4\$, CN5\$ 波形，图 6 为压力传感器的输出波形。



图 4 CF0, CF1, CF2, CF3, CF4, CF5, CN0, CN1, CN2, CN3, CN4, CN5 波形

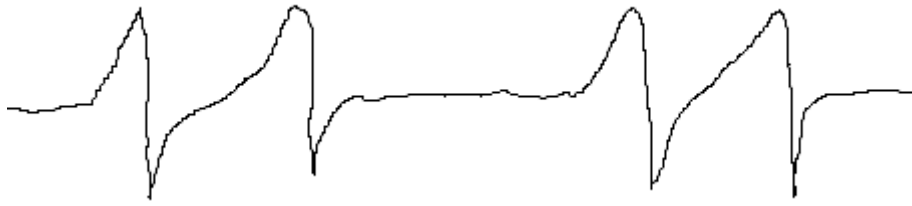


图 5 CF0\$, CF1\$, CF2\$, CF3\$, CF4\$, CF5\$, CN0\$, CN1\$, CN2\$, CN3\$, CN4\$, CN5\$ 波形



图 6 PF0, PF1, PF2, PF3, PF4, PNO, PN1, PN2, PN3, PN4 输出波形

通过上述分析，可以得出远端钢轨和近端钢轨 5 个测量区间与传感器输出组合的对应关系如下表所示：

序号	远端测量区间	传感器输出组合	近端测量区间	传感器输出组合
1	1	CF0, PF0, CF1\$	1	CN0, PNO, CN1\$
2	2	CF1, PF1, CF2\$	2	CN1, PN1, CN2\$
3	3	CF2, PF2, CF3\$	3	CN2, PN2, CN3\$
4	4	CF3, PF3, CF4\$	4	CN3, PN3, CN4\$
5	5	CF4, PF4, CF5\$	5	CN4, PN4, CN5\$

当一节普通 4 轴货车从左直右通过测量区间时，远端钢轨侧与近端钢轨侧每一个测量子区间合成后的波形如图 7，图 8 所示。



图 7 远端钢轨侧每一个测量子区间合成后的波形。图中,  $i=1, 2, 3, 4, 5$  表示测量子区间序号



图 8 近端钢轨侧每一个测量子区间合成后的波形。图中,  $i=1, 2, 3, 4, 5$  表示测量子区间序号

### 五、计算公式

4 轴货车通过第  $i$  ( $i=1, 2, 3, 4, 5$ ) 测量子区间时, 远端钢轨侧车辆的四个轮重与近端钢轨侧车辆的四个轮重分别为:

$$WF1Pi=k*HF1Pi, WF2Pi=k*HF2Pi, WF3Pi=k*HF3Pi, WF4Pi=k*HF4Pi,$$

$$WN1Pi=k*HN1Pi, WN2Pi=k*HN2Pi, WN3Pi=k*HN3Pi, WN4Pi=k*HN4Pi,$$

式中:  $k$  为轮重修正系数

$WF1Pi, WF2Pi, WF3Pi, WF4Pi$  为远端钢轨侧车辆的四个轮重

$HF1Pi, HF2Pi, HF3Pi, HF4Pi$  为远端钢轨侧车辆的四个轮重对应波形的有效值

$WN1Pi, WN2Pi, WN3Pi, WN4Pi$  为近端钢轨侧车辆的四个轮重

$HN1Pi, HN2Pi, HN3Pi, HN4Pi$  为近端钢轨侧车辆的四个轮重对应波形的有效值

因此, 一节 4 轴货车依次通过 5 个测量子区间后, 远端钢轨侧车辆的四个轮重 ( $WF1, WF2, WF3, WF4$ ) 与近端钢轨侧车辆的四个轮重 ( $WN1, WN2, WN3, WN4$ ) 分别为:

远端钢轨侧车辆的四个轮重	近端钢轨侧车辆的四个轮重
$WF1= k* (HF1P1+ HF1P2+ HF1P3+ HF1P4+ HF1P5) /5$	$WN1= k* (HN1P1+ HN1P2+ HN1P3+ HN1P4+ HN1P5) /5$
$WF2= k* (HF2P1+ HF2P2+ HF2P3+ HF2P4+ HF2P5) /5$	$WN2= k* (HN2P1+ HN2P2+ HN2P3+ HN2P4+ HN2P5) /5$
$WF3= k* (HF3P1+ HF3P2+ HF3P3+ HF3P4+ HF3P5) /5$	$WN3= k* (HN3P1+ HN3P2+ HN3P3+ HN3P4+ HN3P5) /5$
$WF4= k* (HF4P1+ HF4P2+ HF4P3+ HF4P4+ HF4P5) /5$	$WN4= k* (HN4P1+ HN4P2+ HN4P3+ HN4P4+ HN4P5) /5$

货车的总重为:

$$W= WF1+ WF2+ WF3+ WF4+ WN1+ WN2+ WN3+ WN4$$

货车前后转向架的重量差:

$$W= WF1+ WF2+ WN1+ WN2- WF3- WF4- WN3- WN4$$

货车前转向架的偏载率:

$$RF= (WF1+ WF2- WN1- WN2) / (WF1+ WF2+ WN1+ WN2)$$

货车后转向架的偏载率:

$$RB = (WF3 + WF4 - WN3 - WN4) / (WF3 + WF4 + WN3 + WN4)$$

货车整车的偏载率:

$$RT = (WF1 + WF2 + WF3 + WF4 - WN1 - WN2 - WN3 - WN4) / (WF1 + WF2 + WF3 + WF4 + WN1 + WN2 + WN3 + WN4)$$

货车的运行速度:

$$V = k1/t$$

式中:  $k1$  为速度修正系数;

$t$  为车辆任意轴通过相邻两个剪力传感器所需的时间 (通过图 7 或图 8 可以得出)。

## 六、结束语

当列车通过超偏载检测装置时,由于机车和车辆结构的差异,导致传感器输出合成波形不一样,通过计算出相邻合成波形的时间间隔,就可计算出相应机车(或车辆)的轴距,由此可以实现对机车、车辆的自动识别。

整个系统现场实际测试表明,当通过超偏载检测装置的货物列车其时速不超过 120k/h 时,系统运行稳定,达到了设计要求。



图 8 高速铁路货车超偏载检测装置的设计与实现

## 参考文献

1. GB/T11885-1999 《自动轨道衡》, 国家质量技术监督局发布。
2. JJG (铁道) 129-2004, 《铁道货车超偏载检测装置》, 中华人民共和国铁道部发布。
3. TB/T3096-2004, 《铁道货车超偏载检测装置》, 中华人民共和国铁道部发布。
4. 《信号处理原理》, 郑方, 徐明星编着, 清华大学出版社, 2000 年 9 月版。
5. 《数据结构》, 殷人昆编着, 清华大学出版社, 2001 年 3 月版。

## 作者简介

周用贵 铁道部标准计量研究所, 副研究员, 从事轨道计量工作多年, 发表多篇论文。

联系电话: 010-51874694, 13910857196

冯化中 铁道部标准计量研究所, 高级工程师, 从事轨道计量工作多年, 发表多篇论文。

联系电话: 010-51874529, 13901169974

联系地址: 北京市海淀区大柳树路 2 号铁道部标准计量研究所 邮政编码: 100081