

# 标准超偏载检测装置称重单元的设计

段小军<sup>1</sup> 崔宝祥<sup>2</sup> 周用贵<sup>2</sup> 李世林<sup>1</sup>

(1. 中铁检验认证中心 2. 中国铁道科学研究院标准计量研究所)

**【摘要】** 标准超偏载检测装置用于解决超偏载装置计量车偏重差、转向架重心偏离量、整车重心偏离量等计量参数的量值溯源，使得量值达到准确和统一的要求。装置的机械结构是核心部件，本文详细介绍了装置机械结构的设计，并给出了有限元分析。

**【关键词】** 铁路超偏载 有限元分析 超偏载检测装置

## 1. 引言

随着铁路运输事业的发展，确保运输安全成为全路当前工作的重点。铁道货车超偏载检测装置，是检测运输中铁路货车装载状况的重要设备，是保证运输安全必不可少的重要手段。铁道货车超偏载检测装置通过对运行货车的轮重（车轮质量及载重）进行测量，计算出车辆的超偏载参数进而判定货车是否超载和偏载，目前全国各铁路局集团公司已经安装 400 台以上。

JG（铁道）129-2004《铁道货车超偏载检测装置》采用的是将超偏载装置计量车假设为一均匀装载砝码的理想刚体，通过将超偏载装置计量车少量砝码（2t ~ 4t）改变装载位置后，经过力学理论计算给出超偏载装置计量车每个车轮的理论轮重，再计算出车辆的理论超偏载参数作为参考值与待测试的超偏载装置实际检测值进行比较，来判定铁道货车超偏载检测装置是否合格。

设计一种对超偏载装置计量车进行实际轮重检测的标准超偏载检测装置，从而计算出超偏载装置计量车实际超偏载参数，该装置通过建标考核后作为铁道货车超偏载检测装置的上级计量标准，可以更好地对在用的铁道货车超偏载检测装置进行量值传递。

## 2. 设计目标

### 2.1 设计需求

#### 2.1.1 满足检定超偏载装置计量车的检定

目前使用的超偏载装置计量车车型有  $T_{6DK}$ （见图 1）和  $T_{8D}$ （见图 2），设计 8 个称量台面能分别称量超偏载装置计量车的 8 个轮重，并能满足所有超偏载装置计量车的车体尺寸（见表 1）要求，每个称量台面能分别进行称量校准。从表 1 超偏载装置计量车的参数，综合考虑机械结构，并满足轨距、高差、错牙、防爬、限位符合铁路的技术要求。

超偏载装置计量车属于铁路特种货车的一种型式，主要由车体、转向架、车钩缓冲装置、轮对与滚动轴承、手制动装置、风制动装置、车号自动识别标签、砝码、车顶等组成。

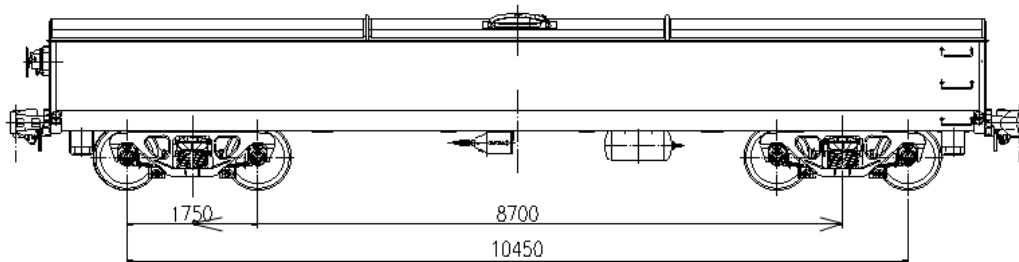


图 1 T6DK 型超偏载装置计量车示意图

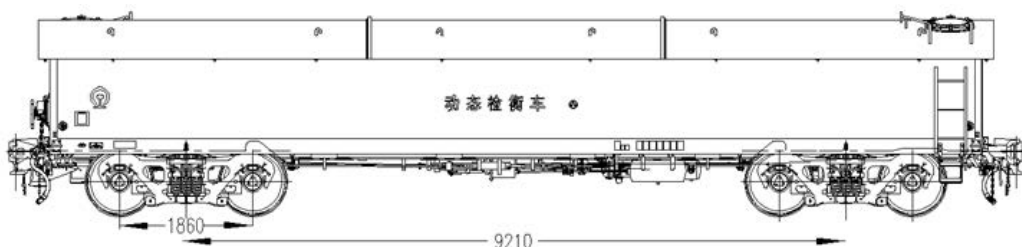


图 2 T8D 型超偏载装置计量车示意图

表 1 超偏载装置计量车参数

车型	轴距	芯盘距	全轴距	轨距
T <sub>6DK</sub>	1750mm	8700mm	10450mm	1435mm
T <sub>8D</sub>	1860mm	9210mm	11070mm	1435mm

### 2.1.2 满足量值传递的需求

每个称重单元以及组合台面需要进行量值传递工作，为满足使用专用砝码小车承载砝码对标准超偏载检测装置进行检定的需要，每个称重单元设计增加两根检定钢轨（见图 3），轨距满足 M12 等级专用砝码小车和砝码检定的需求。按照 JJG（铁道）209-2017《标准超偏载检测装置》的要求，转向架单侧 2 个称重单元组合测量范围为（5 ~ 25）t，整车单侧 4 个称重单元组合测量范围为（10 ~ 50）t，转向架 4 个称重单元组合测量范围为（10 ~ 50）t。因此每一个称量台面承重范围是（2.5 ~ 12.5）t，为了保障超偏载装置计量车及机车从承重台面上安全通过，每个称重单元额定承重设计为 15t，允许载重系数为 1.2，破坏载重系数为 2.0。

### 2.2 设计原则

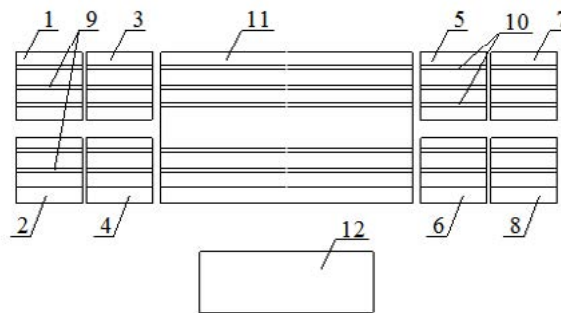
安全可靠，能够保障超偏载装置计量车、机车行车安全和检定时专用砝码小车行车安全。模块化设计，8 个称重单元的尺寸和结构一致，便于生产加工、运输、安装和调试。

### 3. 机械机构及结构尺寸、相对位置

#### 3.1 机械结构

标准超偏载检测装置（见图 3）每个称重单元设计了三根钢轨结构，中间钢轨是称量轨，用于检测超偏载装置计量车的轮重；两侧对称分布的钢轨是检定轨，用于检定该称量台面时使用。

每个称量台面（见图 4）由承载梁、称量轨、检定轨、高度调整器、盖板和限位器等组成。承载梁下安装四只桥式传感器，等距布置称量传感器支撑点靠近台面边缘，保证超偏载装置计量车车轮与台面接触位置在传感器支撑点内侧，防止超偏载装置计量车通过称量台面时台面出现上翘现象。



1~8 分别为 1~8 号称重单元

9—称量轨 10—检定轨 11—过渡区 12—秤房

图 3 标准超偏载检测装置示意图

每个称量台面尺寸为 1580mm × 1440 mm，检定轨轨距对应专用砝码小车轨距为 830mm。

#### 3.2 结构尺寸、相对位置选择

每个称量台面的长度及安装相对位置的选择应适应  $T_{6DK}$ 、 $T_{8D}$  型超偏载装置计量车（见图 5）轮对轴距（ $A$ ），芯盘距（ $A+B$ ）几何位置的要求，宽度的选择应适应砝码及砝码小车的尺寸。超偏载装置计量车的尺寸见表 1

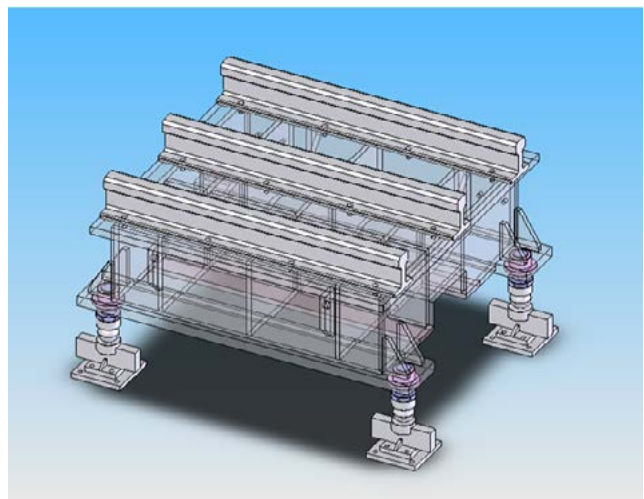


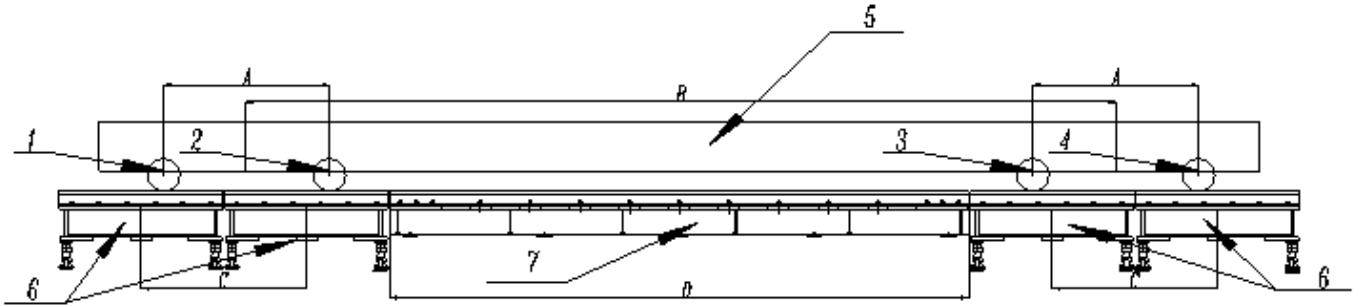
图 4 称量台面三维机械结构图

表 1 超偏载装置计量车的尺寸

车型	轴距 ( $A$ )	芯盘距 ( $B$ )	全轴距 ( $A+B$ )
$T_{6DK}$	1750mm	8700mm	10450mm
$T_{8D}$	1860mm	9210mm	11070mm

### 3.2.1 纵向尺寸及相对位置

超偏载装置计量车及标准超偏载检测装置的相对关系简图见图 5，安装时，称量台面与称量台面，称量台面与过渡区的间隙为 20mm。



- 1、2、3、4—车轮称量轨，5—车体，6—称重单元，7—过渡区，  
A—轴距，B—芯盘距，C—称量台面中心距离，D—过渡区长度

图 5 标准超偏载检测装置前视简图

全轴距不得超过称重台面与过渡区的范围内，满足公式（1）的约束关系。

$$A + B \leq 4C + D \quad (1)$$

转向架的轮对在称量台面上，即需满足

$$\frac{1}{2}A \leq C \leq A \quad (2)$$

车体内侧两轮应落在称量台面上，因此满足

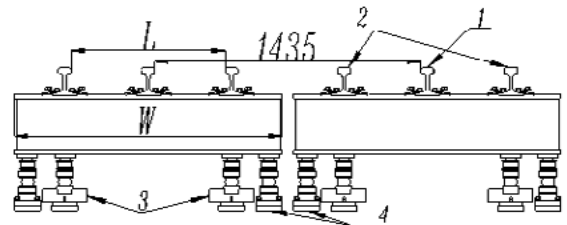
$$B - A \geq D \quad (3)$$

综合表 1 和公式（1）~（3），计算得出 C 和 D 的取值范围。

C 的取值范围为 (875 ~ 1750) mm，D 的取值范围 (4070~7350)mm。取 C=1600mm，D=5590mm，称量台面与称量台面之间的缝隙为 20mm，称量台面长度即为 1580mm，能够满足超偏载装置计量车纵向检定的要求。

### 3.2.2 横向尺寸及相对位置

称量台面宽度的选择应考虑称量轨两侧对称分布检定轨（见图 6），称量轨轨距是标准轨距 1435mm，钢轨踏面 70mm，因此宽度不得超过 1505mm，为了便于安装调试的需要，两个台面间不设置过渡区，直接相邻，横向间隙为 65mm，宽度设计为 1440mm，检定轨轨距为 830mm。

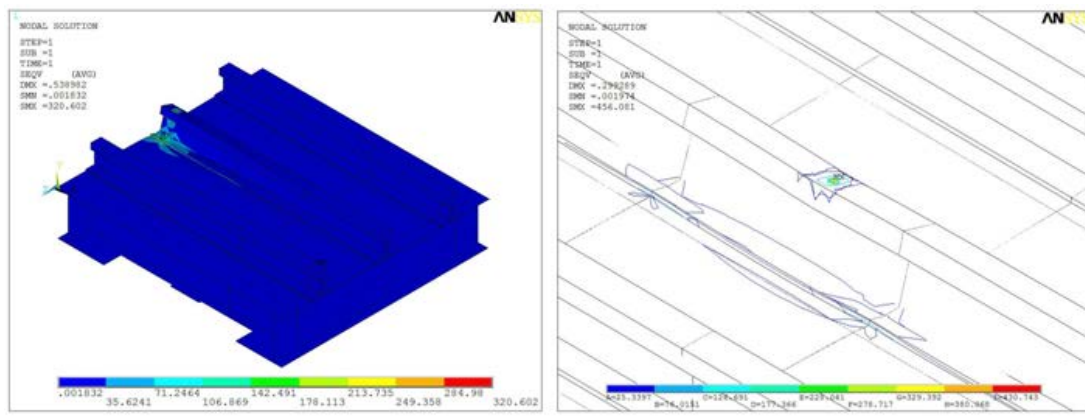


1—称量轨 2—检定轨 3—传感器 4—高度调整器  
图 6 标准超偏载检测装置侧视简图

## 4. 有限元结构分析

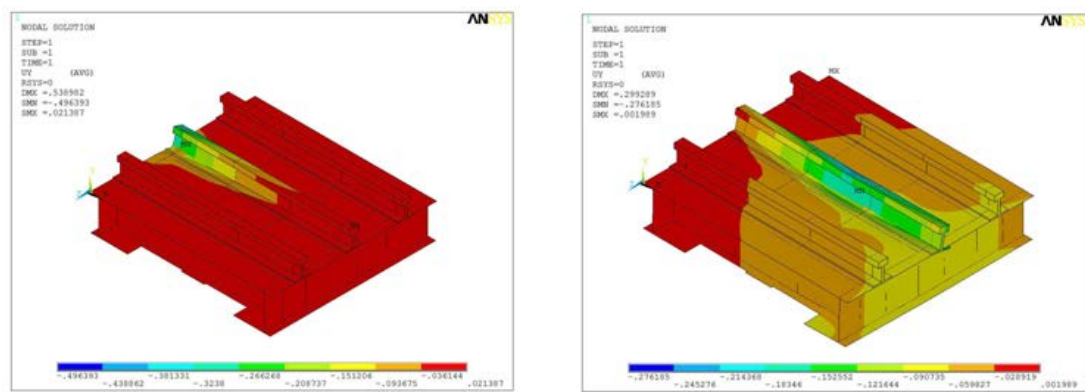
每个称重单元的称量范围是 1.5t ~ 12.5t，有限元分析模拟两种工况。工况一为标准超偏载检测装置检定检测装置计量车；工况二为专用砝码小车承载砝码检定标准超偏载装置。两种工况的加载位置选取为台面两端与跨中两个位置。标准超偏载检测装置设计承载载荷为单台面最大承载 15t，故选择 15t 为加载载荷。对于工况一，超偏载装置计量车与称量台面称量轨实际接触，仿真时按照集中载荷进行处理；对于工况二，将载荷按照实际情况进行均布处理，分别加载在专用砝码小车与称量台面检定轨接触位置。

运用 ANSYS 分析结果如下。工况一标准超偏载检定超偏载装置计量车，应力最大值出现在跨中该检定位置，为 456MPa。垂直方向最大变形量出现在极限位置为 0.5mm。该检定为静态称量，超偏载装置计量车静止停放在台面的称量位置，最大应力出现位置与实际工况相符，满足强度条件。最大变形量出现在台面两端极限位置，超偏载装置计量车低速上下称量台面时台面出现最大变形，最大变形满足刚度条件，不会对称量结果造成影响。工况一有限元仿真结果如图 5 ~ 图 7 所示。



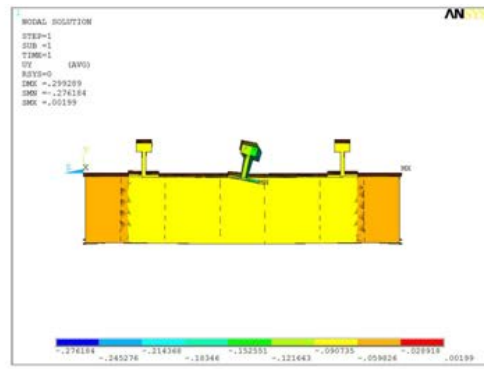
(a) 极限位置 (b) 跨中位置

图 5 工况一载荷应力云图



a) 极限位置 (b) 跨中位置

图 6 工况一 y 向变形图



(a) 极限位置 (b) 跨中位置  
图 7 工况一 y 向变形侧视图

对于工况二，由于 15t 载荷被均布在专用砝码小车与台面检定轨的 4 个接触位置，其最大应力值与最大变形相对于工况一出现大幅度的减小，应力最大值为 97MPa，最大位移为 0.17mm，满足结构设计要求，保证检定标准超偏载检测装置结果稳定、准确。工况二有限元分析结果如图 8 ~ 图 10 所示。

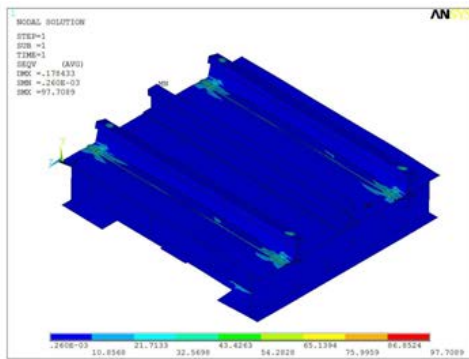


图 8 工况二应力云图

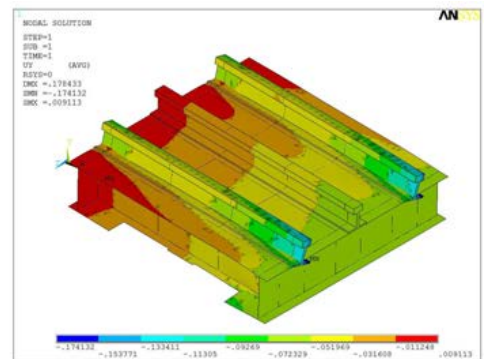


图 9 工况二称量台面 y 向变形图

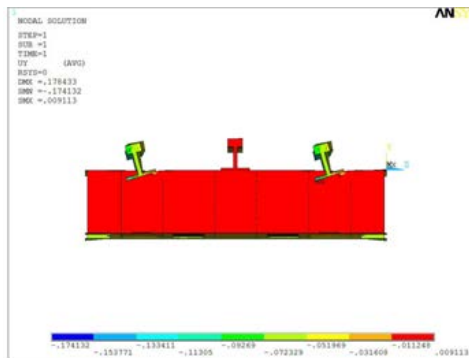


图 10 工况二称量台面 y 向变形侧视图

有限元分析标准超偏载检测装置称量台面两种工况计算结果见表 2。

表 2 有限元分析结果汇总

工况 参数	工况一		工况二
	极限位置	跨中位置	实际接触位置
最大应力值	320MPa	456MPa	97MPa
最大位移值	0.50mm	0.28mm	0.17mm

## 5. 称重单元组装

标准超偏载检定装置有 8 个 1580mm × 1440 mm 独立称重单元组成，中间有过渡区，两端有引轨区，安装完成后的实物图形见图 11，满足  $T_{6DK}$  和  $T_{8D}$  型超偏载装置计量车的检测要求。



图 11 标准超偏载检定装置实物图

每一个独立称重单元对应每一个称重系统，8 个独立称重系统通过 PLC 可编程控制器组合成可完成多种称重功能，例如车轴称重功能、转向架称重功能、转向架单侧称重功能、整车单侧称重功能和整车称重功能。

## 6. 小结

标准超偏载检定装置称量台面通过模块化设计和有限元分析，保障了超偏载装置计量车行车安全和检定时专用砝码小车行车安全，满足了量值传递的需要。通过后期生产加工、安装调试和实际应用，证实了能够满足最初的设计需求和目标，确保了我国铁道货车超偏载检测装置量值的准确和统一。

### 【参考文献】

- [1] JJG(铁道)129-2004 铁路货车超偏载检测装置检定规程 [S]. 北京：中国铁道出版社，2004.
- [2] JJG(铁道)209-2017 标准超偏载检测装置检定规程 [S]. 北京：中国铁道出版社，2018.
- [3] 严隽堯. 车辆工程 [M]. 北京：中国铁道出版社，2008.

作者简介：段小军，1983 年，汉族，籍贯（安徽省宿松县人），高级工程师，硕士，从事轨道衡、天平、砝码等力学计量工作。联系电话：18810838799。