

NX<sub>17BK</sub>型平板车超偏载监测预警系统研究范友岗<sup>1</sup> 郭子兴<sup>1</sup> 张国强<sup>1</sup> 樊治方<sup>2</sup> 曾海凌<sup>3</sup>

1 大秦铁路股份有限公司工务部 2 大秦铁路股份有限公司太原工务段 3 西南交通大学

DOI:10.12238/etd.v5i4.8570

**[摘要]** NX<sub>17BK</sub>型平板车超偏载监测预警系统由限位外框、称重装置、数据终端组成,称重装置转换力系分布,数据终端动态采集数据并输出计算结果。结果表明:(1)力学简化模型可将杂乱的轨料荷载转换为固定分布的空间力系,并精准计算横向偏心距与转向架超偏量;(2)称重装置满载时的应力、内力、变形指标均满足规范要求;(3)数据终端具备动态采集、实时输出结果、超偏载量预警的功能。本系统对铁路轨料运输具有较高的安全保障意义。

**[关键词]** 平板车; 超偏载; 监测预警

中图分类号: X83 文献标识码: A

Research on monitoring and early warning system for overload and unbalance load of NX<sub>17BK</sub> flat carYougang Fan<sup>1</sup> Zixing Guo<sup>1</sup> Guoqiang Zhang<sup>1</sup> Zhifang Fan<sup>2</sup> Hailing Zeng<sup>3</sup>1 Works Department of Daqin Railway Co., Ltd 2 Taiyuan Works Section of Daqin Railway Company Limited  
3 Southwest Jiaotong University

**[Abstract]** The monitoring and early warning system of NX<sub>17BK</sub> flatbed truck overload and unbalance load is composed of a limit frame, a weighing device and a data terminal. The weighing device converts the force system distribution, and the data terminal dynamically collects data and outputs the calculation results. The results show that: (1) The simplified mechanical model can transform the chaotic rail load into a fixed distributed spatial force system, and accurately calculate the lateral eccentricity and bogie over-deviation; (2) When the weighing device is fully loaded, the stress, internal force and deformation indexes all meet the specification requirements; (3) The data terminal has the functions of dynamic acquisition, real-time output of results and early warning of overload and unbalance. This system has high security significance for railway rail transportation.

**[Key words]** flatbed car; Overload and unbalance load; Monitoring and early warning

## 引言

目前,针对货运车辆的超偏载监测预警技术虽不再局限于传统的轨道衡设备,但仍集中于轨面内的传感器设备[1~10]。轨面内设备只能定点检知,且实测值易受温度与轨道振动等因素的干扰。

综上所述,本文将NX<sub>17BK</sub>型平板车上原承载钢板改装为一种动态称重与超偏载监测预警系统,通过定点压力传感器的实测值,计算货物的横向偏心距与转向架的承载量,从而对平板车的超偏载量进行实时预警。

## 1 超偏载力学模型

NX<sub>17BK</sub>型平板车长×宽=16.338m×3.165m,地板面积45.6m<sup>2</sup>,载重量61t。车体地板上安装2块高12cm的组合钢板,用于承载轨料。

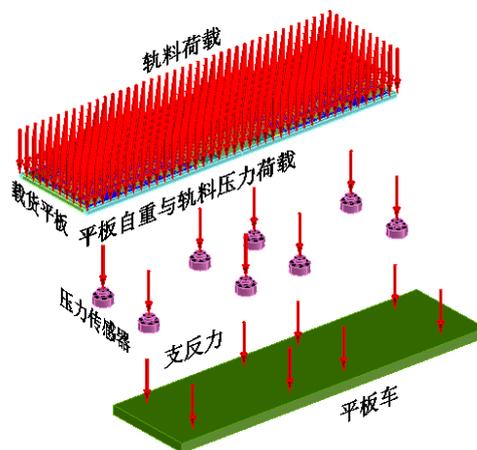


图1 荷载传递路径示意图

平板车装卸轨料的过程中,其受力模式可简化为在简支梁结构上的加载与减载过程,故可根据理论力学将不规则轨料荷载转化为定点作用的空间力系,空间力系的合理作用点即为货物的重心。以平板车地板的纵横向中心线为X、Y坐标轴,可进一步计算货物重心在车体地板平面内的具体坐标值,进而得到货物的横向偏心距。将空间力系作用于车体简化的简支梁结构上,计算得到的支反力即为转向架承载量,进而可分析平板车是否超载,以及前后转向架的偏载量。荷载的传递路径见图1所示。

2 超偏载量理论计算

2.1 荷载分布与货物重心坐标

以平板车地板的中心为坐标原点,建立平面坐标系,设货物重心平面坐标为(x,y),平板纵向长度为L,横向长度为B,压力传感器横向间距为b,纵向间距为 $l_i$ ( $i=2, 3, 4$ ),横向边距为 $b_1$ ,纵向边距为 $l_1$ 、 $l_5$ ,吊机重心距车头与左侧边缘的距离分别为 $S_x$ 、 $S_y$ ,荷载平面分布如图4所示。

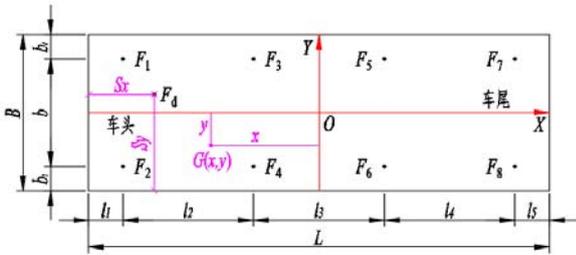


图2 荷载分布与货物重心平面坐标示意图

2.2 横向偏心距计算

以平板车左侧边界为参考线,根据理论力学,货物重心的横向坐标按下式计算:

$$y = \frac{(F_1 + F_3 + F_5 + F_7) \times \frac{B+b}{2} + (F_2 + F_4 + F_6 + F_8) \times \frac{B-b}{2} + F_d S_y}{\sum_{i=1}^8 F_i + F_d} - \frac{B}{2} \quad (1)$$

式中,

y——货物重心横向坐标, m;

$F_i$ ——空间力系, kg;

$F_d$ ——吊机荷载, kg;

b——压力传感器横向间距, m;

$S_y$ ——货物重心距参考线的距离。

当  $y > 0$  时,货物向右侧偏心;当  $y < 0$  时,货物向左侧偏心;当  $y = 0$  时,货物不产生横向偏心。

2.3 转向架承载计算

根据平板车简支梁力学模型,计算得到转向架的支反力分别为:

$$\begin{cases} N_1 = \frac{\sum_{i=7}^8 F_i \times l_5 + \sum_{i=5}^6 F_i \times \sum_{j=4}^5 l_j + \sum_{i=3}^4 F_i \times \sum_{j=3}^5 l_j + \sum_{i=1}^2 F_i \times \sum_{j=2}^5 l_j + F_d(L - S_x)}{L} \\ N_2 = \frac{\sum_{i=7}^8 F_i \times \sum_{j=1}^4 l_j + \sum_{i=5}^6 F_i \times \sum_{j=1}^3 l_j + \sum_{i=3}^4 F_i \times \sum_{j=1}^2 l_j + \sum_{i=1}^2 F_i \times l_1 + F_d S_x}{L} \end{cases} \quad (2)$$

式中,

$N_1$ ——前转向架所受荷载, kg;

$N_2$ ——后转向架所受荷载, kg。

前后转向架所受偏载为:

$$\Delta N = N_1 - N_2$$

当  $\Delta N > 0$  时,前转向架承重大于后转向架;当  $\Delta N < 0$  时前转向架承重小于后转向架;当  $\Delta N = 0$  时,前后转向架承重平衡。

3 超载监测预警系统研究

3.1 超偏载称重装置

称重装置全长10.95m,宽2.7m,边跨段长4m,中跨段长2.95m,底部安装8个轮辐式压力传感器,组合高度为14cm,装置底部净空28mm,如图3所示。

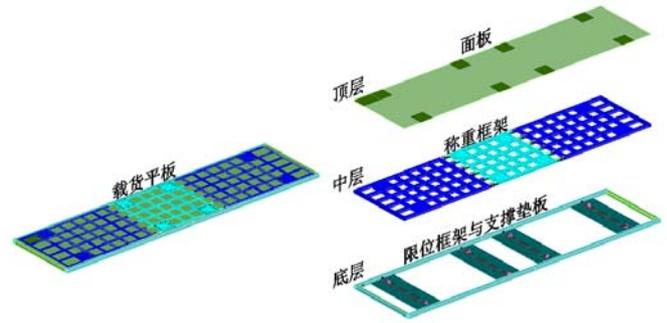
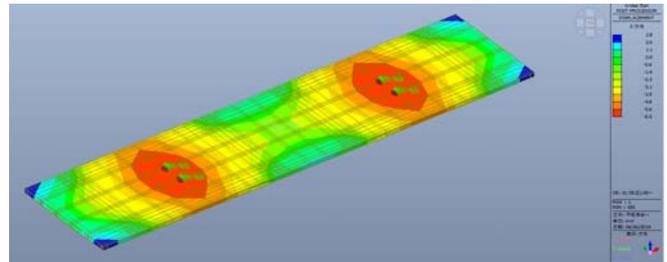
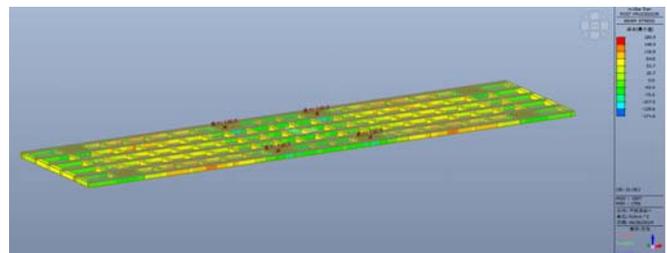


图3 称重装置构造图

经计算,当称重装置未装载时,端部支反力为0.5t,中部支反力为0.52t,总支反力为4.08t,即装置自重为4.08t。当装置上满载轨料时,端部支反力为7.8t,中部支反力为8.22t,总承载量为64.08t,此时,装置的最大挠度为6.5mm,最大拉应力与压应力分别为180.9MPa与171.6MPa,装置的变形、应力分布见图4所示。



(a) 满载时装置变形图



(b) 满载时装置应力分布图

图4 满载时装置的变形与盈利分布图

依据GB50017-17与GB50018-02规范对满载时的称重装置进行结构验算,构件的拉压强度、剪切强度、稳定强度的最大验算

比分别为0.8、0.12、0.5、0.5、0.6,最大变形量为6.5mm,各项指标均满足承载力与正常使用要求。

### 3.2 数据终端

为验证系统计算结果的准确性,在车体上安装一个IMSXY10°双轴高精度倾角传感器。倾角传感器的量程为 $\pm 10^\circ$ ,分辨率 $0.01^\circ$ ,准确性 $\pm 0.1^\circ$ 。

数据终端以便携式平板电脑为载体,内置数据采集模块、超偏载计算模块、偏超载校核模块、偏超载预警模块、参数输入窗口。系统通过参数输入窗口输入平板车尺寸与重量参数,传感器布置参数,称重装置尺寸与重量参数,吊车偏心荷载参数;通过数据采集模块采集压力传感器数据与倾角传感器数据;通过偏超载计算模块计算货物重心的横向坐标y,转向架承载、偏载,将计算结果发送至超载超限预警模块;通过超载超限预警模块对比分析各指标的计算结果与容许值,当两者的比值大于或等于0.8时,发出预警信号;偏载校核模块接收预警信号,输出货物的重心坐标与平衡配重的放置区域,配重装载过程中,作业人员可根据车身的实际倾角对配重动态调整,直至倾角为零或超偏载量小于容许值。数据终端界面采用可视化设计,可直接读取多列平板车的实时转向架承载与货物横向偏心距,并查询装载过程中压力传感器与倾斜传感器的历史数据。

### 3.3 系统调试

为验证超偏载监测预警系统的可行性与准确性,模拟平板车与称重装置结构,在称重装置底部等间距对称安装8个压力传感器,在平板车底部首尾两端各安装一个压力传感器。

在平板上不同位置放置不同重量的重物,监测预警系统可实时输出重物的重量、重心坐标、横向偏心距与超偏载量,系统输出结果与计算结果一致,验证结果如图5所示。

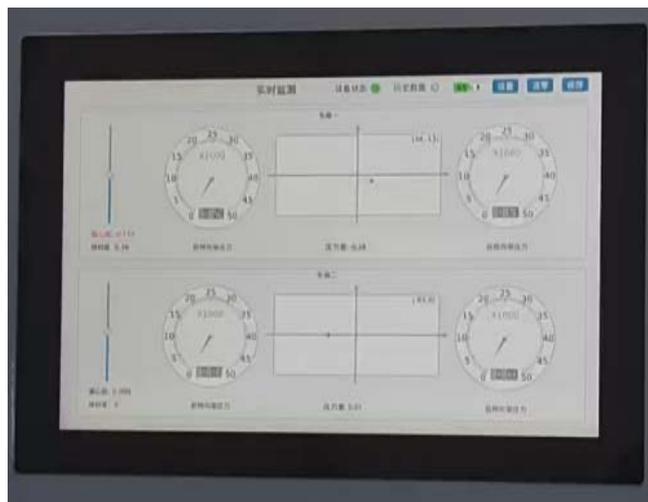


图5 平板车超偏载监测预警系统验证模型与结果

## 4 结论与建议

NX17BK型平板车超偏载监测预警系统由限位外框、称重装置、数据终端组成,通过对系统进行设计研究与实验验证,主要结果如下:

(1) 称重装置符合连续梁结构,可将轨料荷载转换为8个支反力,进而精准计算轨料的横向偏心距与转向架超偏载量。

(2) 称重装置满载时的最大应力为180.9MPa,最大变形量为6.5mm,满足规范承载力与正常使用要求。

(3) 数据终端具备动态采集压力与车体倾斜数据,实时输出轨料横向偏心距与转向架承载量,超偏载量动态预警,输出平衡荷载布置区域的功能。

因车头吊机的悬臂结构对车体存在较大的初始偏心荷载,且不能准确计算该初始偏心荷载的大小与坐标,故建议每次装货前应对空车吊机偏心荷载进行检测,并将实际荷载量与坐标量输入超偏载监测预警系统,从而保证系统计算结果的准确性。

### [参考文献]

[1]李喜.重载货运列车超偏载状态监测系统研究及应用[D].中南大学,2013.

[2]郑传行,陈建.煤矿轨道衡称重监测系统结构及功能设计[J].煤炭工程,2013,45(04):125-127+130.

[3]李剑.翻车机轨道衡称重系统设计[J].衡器,2013,42(02):40-42.

[4]LiljencrantzA,KaroumiR,OlofssonP.Implementingbridge weigh-in-motionforrailwaytraffic[J].computers&structures,2007,85(1-2):80-88.

[5]SekulaK,Kolakowski.Piezo-basedweigh-in-motionsystemfortherailwaytransport[J].StructuralControlandHealthMonitoring,2012,19(2):199-215.

[6]D'AdamoP,MariniL,MeliE,etal.Developmentofadynamical weigh-in-motionsystemforrailwayapplicationsJMecanica,2016,51(10):1-25.

[7]AlcaB,DAdamoR,MainiL,etal.Anexstrategyfordynamicweigh-in-motionofrailwayvehiclesJETransactionsonIntelligentTransportationSystems,2015,16(6):3520-3533.

[8]GajhaJ,SrokaR,SftenceM,etal.DesinandaccuracyassessmentofthemuIti-sensorin-motionsystemcJInstrumentationandMeasurementScienceandTechnology,2015,15(10):1-10.

[9]李屹罡.一种轨道动态轮重检测传感装置的设计与研究[D].中南大学,2014.

[10]曹玉,李子华.基于嵌入式以太网的轮重传感器信号采集系统设计[J].铁道机车车辆,2016,36(06):14-17.