文章编号：2097-5899(2026)02-0057-08　　**中图分类号**：U294.1　　**文献标识码**：A
DOI：10.16669/j.cnki.issn.2097-5899.202506160001
引用格式：余君领. 铁路超限货物自动检测技术应用综述[J]. 铁路物流，2026，44(2)：57-64.
YU Junling. Review of Application of Automatic Detection Technology in Railway Out-of-Gauge Cargo[J]. Railway Logistics，2026，44(2)：57-64.

铁路超限货物自动检测技术应用综述

余君领

(中铁第四勘察设计院集团有限公司 线路站场设计研究院，湖北 武汉 430063)

摘　要：铁路超限货物运输难度大，对铁路工作人员的专业素质以及相关的基础设备都提出了较高的要求。基于铁路超限货物等级划分标准，梳理铁路超限货物尺寸测量方法、超限等级判定方式，重点分析计算机双目立体视觉、红外-高速摄像、Faster R-CNN深度学习等自动检测技术应用现状及成效。然而，当前铁路超限检测领域仍存在自动化普及率偏低、现有辅助检测技术在定位稳定性、复杂环境适应性等方面不足的挑战，相关技术亟待进一步深化研究。为此，提出基于AI的铁路超限货物自动检测技术路径，以实现超限货物的实时识别，为铁路货运安全稳定运行提供技术保障。

关键词：铁路超限货物；超限判别；自动检测；安全监测；辅助决策

0　引言

铁路超限货物是货物装车后，车辆停留在水平直线上，货物的任何部位超出机车车辆限界基本轮廓或车辆行经半径为300 m的曲线时，货物的计算宽度超出机车车辆限界基本轮廓的货物[1]。超限货物一般为经济价值显著、战略地位突出的国家基础建设设施和重点工程的关键设备，具有尺寸大、外形复杂和价值高等特点，这些货物在运输途中，车辆运动导致所装货物端部、突出端发生较小的偏移，都可能产生较大的垂直惯性力，货物稳定性受到严重影响。针对超限货物这类特殊品类，需实施更为严苛的运输管理标准：一方面要严格执行《铁路货物装载加固规则》的技术规范，另一方面需通过科学的车辆选型(如优先选用凹底平车或落下孔车等专用车型)来优化载荷分布。这种双重保障机制能有效防控运输风险，既避免安全事故的发生，又减少货损导致的经济损失。

随着信息化技术的发展，智能化算法以及先进设备的出现，也使得铁路超限运输的理论和方法不断创新，这大大减低了超限货物运输工作及人员的工作难度和强度，提高了超限货物运输的安全性、可靠性。在对货物外形及超限等级分析的基础上，结合超限货物运输安全影响因素，分别从铁路超限货物尺寸测量方法、超限等级判定方法、铁路超限货物自动检测及决策支持等方面进行梳理总结。

收稿日期：2025-06-16
基金项目：中铁第四勘察设计院集团有限公司研究项目(KY2025006S)

1　铁路超限货物的等级划分

铁路运输中，超限货物在运输过程中面临多重制约：一方面，列车运行速度和运行径路受到严格限制；另一方面，托运超限货物还应提供货物外形的三视图、标明货物的有关尺寸等信息。因此，准确测量超限货物的外形尺寸尤为重要，是保障铁路运输线路设施安全、避免货物与机车车辆或沿线设备碰撞、确保运输作业高效有序开展的关键前提。

1.1　超限等级的判定标准

根据货物的超限程度，超限货物等级分为一级超限、二级超限和超级超限。

(1) 一级超限。货物装车后，一级超限货物满

足[1-2]：自轨面起高度在1 250 mm以上超限但未超出一级超限限界者。

（2）二级超限。货物装车后，二级超限货物满足[1-2]：超出一级超限限界而未超出二级超限限界者，以及自轨面起高度在150 mm至未满230 mm间超限但未超出二级超限限界者。

（3）超级超限。货物装车后，超级超限货物满足[1-2]：超出二级超限限界者，以及自轨面起高度在230 mm至1 250 mm间超限者。

1.2　超限货物的测量要求

铁路货物超限判定需进行双重工况验证：既要检测装车后在平直线路上的静态轮廓，还需模拟车辆通过300 m半径曲线时的动态包络线。曲线通过时产生的横向偏移量与检定断面位置呈函数关系，这使得超限等级判定具有技术复杂性。具体实施需分3步：首先选定特征断面作为检定基准，继而推导各计算点的理论宽度值，最终结合该点与轨面的垂直距离进行超限分级判定[2-3]。

依据《铁路超限超重货物运输规则》(TG/HY 106—2016)，超限判定需执行标准化测量流程：首先采集货物关键几何参数(包括外形轮廓尺寸、货物重心高及横向半宽值)，继而通过特征断面分析法确定各控制点的理论投影宽度，最终依据分级标准完成超限部位定位与等级划分。针对非规则外形货物，现行技术规范提供了2种简化建模方法：①极值包络法(以最大长宽高构建虚拟长方体)；②特征截面法(通过中心高、侧高等关键尺寸建立梯形几何模型)[1]。为提升判定精度与效率，目前已有多款专业化的装载加固辅助计算系统。

货物超限等级判别无论是采用繁琐的人工计算或是相对方便的计算机模拟，都需要工作人员实际测量货物的相关参数，作业效率较低，实测偏差和不确定因素较多，不利于超限货物运输的安全。

对于非规则外形的阔大货物，其超限等级判定可采用近似几何建模方法：在确保装载加固装置不突破货物最大包络尺寸的前提下，通过空间几何学原理对货物轮廓进行特征提取与参数化建模。这种基于关键尺寸的简化建模技术(如采用B样条曲面拟合或特征截面离散化)既能有效逼近实际外形，又可精准定位检定断面与计算点。结合铁路限界标准中既定的分级判定规则，该技术路线可充分发挥计算机辅助系统的优势[4]。

对测量的基本要求如下。①当货物各横断面形态不同时，应分别测出各不同断面的轮廓和该断面在货物长度方向的位置。②在货物检测过程中，各测量点需同步采集2项关键参数：一是从支重面至被测点的垂直高度；二是该测量点至重心纵向垂直平面的距离。③超限货物加固材料所涉尺寸，应纳入测量范围之内。所有测得数据，其计量单位统一采用mm。

1.3　超限货物的测量范围

在铁路超限货物运输作业中，涉及货物尺寸测量的工作主要包括测量编制装载加固方案相关货物尺寸、测量编制铁路超限超重货物运输申请电报相关货物尺寸和测量货物装后尺寸等方面[5]。

（1）装车前需要测量的尺寸。①长度。在测量货物时，需要确定货物的总长度和支重面长度，以及货物重心到货物两端的距离。此外，若货物的断面形状发生变化，存在横向的突出部位时，则还需要测定该位置到重心横向垂直平面的距离。②高度。货物自支重面起的中心高度、侧高度以及重心高度。③宽度。不同侧高度处和中心高度处的宽度。

（2）装车后需要测量的尺寸。装车后，按实际的装载加固状态测量(含加固材料)。①长度。跨装时，需同步获取支距尺寸及两支点外侧延伸长度；突出装载时，需测定货物超出车辆端梁的悬伸量；当货物两端突出量存在差异时，应分别测量。②高度。货物从轨面开始的中心高度和侧高度。③宽度。从车辆纵中心线所在的垂直平面起始，分别测量中心高度和不同侧高度处在其左侧和右侧的宽度。

2　铁路超限货物的判别方法

在实际运输生产作业中，货物超限等级判别方法可分为人工计算法和计算机辅助判别法。

2.1　人工计算法

目前，经验丰富的工人使用铅垂线、水平仪和测量尺等专业工具，手动测量和检查货车的尺寸及结构完整性。为实现简化计算、提高判定准确性，关于人工计算法研究的主要内容集中在超限货物尺寸测量和计算宽度确定上面。对尺寸测量的研究包括测量方法改进[4-5]和数据表格整理简化[6]。如韩梅等[7]研究了超限货车在各种工况和线路条件下停留时占用的空间，并取其最大值作为计算超限货物限界的依据。王花兰等[8]提出建立三维坐标系并对车辆划分出虚拟断面的方法。在人工计算法研究中，计算宽度作为超限等级判定的核心参数，其研究深度显著超越基础尺寸测量。

人工计算法不仅繁琐耗时，还存在一定的安全隐患，并导致货物运输时间增加。因此，准确识别和检

测铁路货车的装载尺寸，对于确保超限货物运输的安全至关重要。

2.2　计算机辅助判别法

计算机辅助判别法成果较为丰富，但尚未大规模运用到现场。从各种方法的理论来看，多利用投射几何、空间几何理论及计算机仿真等，将立体货物转换为平面轮廓，再进行尺寸测量和超限判定，计算机辅助超限货物判别研究如表1所示。

目前，超限货物运输现场判断方法仍以人工核算为主，虽然计算机辅助的方法成果丰富，但尚未真正大规模运用。计算机辅助法均基于货物轮廓或尺寸已知，且需要人工输入，亟需深入探讨货物数据间的互读性与自动提取机制的设计问题，与判定算法的整合亦需关注。

3　超限货物自动检测系统

长期以来，超限货物运输的自动检测主要依靠检测门和货检员或外勤值班员人工检查完成，自动化、智能化水平偏低[16]。超限货物运输的安全监测技术正处于传统人工检测向智能系统升级的转型期，近年来呈现多样化发展趋势。传感器技术、自动测量手段以及云技术的进步，推动了该领域的研究进程。目前国内外采用了一些新技术，如双目立体视觉技术、红外线检测技术、激光雷达技术以及激光测量技术、CCD图像分析处理技术、基于Faster R-CNN深度学习技术等[2]。部分超限货物安全状态监测方法比较如表2所示[16]。

3.1　双目立体视觉技术

在双目立体视觉系统中，关键问题在于二维平面图像上的点与空间三维物体上的点的对应关系，描述三维点到双摄像机成像平面投影的几何模型，称为双目立体视觉成像模型。一般双目立体视觉透视投影成像模型通过两摄像机的位姿可任意配置，其光轴相交于空间一点，双目视觉成像模型如图1所示[17]。

表1　计算机辅助超限货物判别研究

Tab.1　Research on computer-aided identification of out-of-gauge cargo

作者	基本理论	模拟软件	效率及精度	复杂程度	使用限制
雷定猷等[9]	空间几何	自行开发	高	高	未开发成熟软件
陈柯添等[10]	计算机仿真	SolidWorks	较高	高	需使用特定软件建立三维模型和数据库
谭政民等[11]	空间几何	自行开发	高	高	未开发成熟软件
邱谦谦等[12]	投射几何	自行开发	高	高	未开发成熟软件
Qiao等[13]	投射几何	MATLAB	较高	中	需使用特定软件
陈　皓等[14]	投射几何	Simpack	较高	中	需使用特定软件构建车辆-道路模型
郭元臻等[15]	投射几何	MATLAB	较高	中	需使用特定软件

表2　超限货物安全状态监测方法比较

Tab.2　Comparison of safety state monitoring methods for out-of-gauge cargo

设备类型		分辨率	误报率	适应速度/(km/h)	成本	可靠性	维护工作量	环境适应性	监测区域
检测门	激光	高	中	65	中	中	中	中	车站
	光电	高	低	65	低	中	中	中	车站
	超声波	低	低	10	中	中	中	中	车站
	激光雷达	低	低	10	高	高	小	好	车站
	CCD	中	中	65	高	中	大	中	车站
	红外-高速摄像	中	中	70	低	中	中	中	车站
手持设备		低	高	0	低	高	小	好	车站
传感器		高	低	不限	中	中	小	好	全程
随车摄像		中	无此功能	不限	中	中	小	中	全程

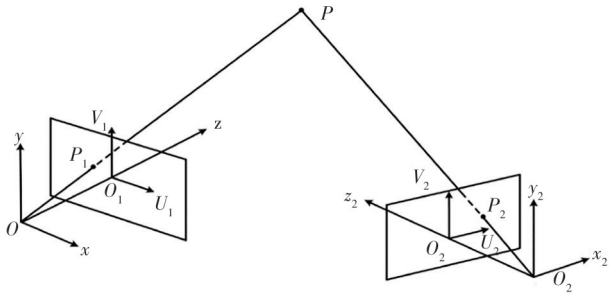


图1　双目视觉成像模型

Fig. 1　Imaging model of binocular stereo vision

3.2　基于Faster R-CNN的自动检测系统

（1）系统硬件。系统总体结构采用SICK手持式激光扫描雷达进行列车货物图像采集。该设备具备体积小、重量轻、非接触式检测等特点，适用于恶劣环境下的高精度测量。采集的图像通过无线传输装置发送至处理器，最终在显示器上呈现检测结果。在硬件结构中，采用A/D板转换传感器信号[18]。

（2）自动检测系统软件设计。基于倾角传感器和SICK手持式扫描仪采集的铁路货物图像数据，首先进行预处理以提升检测精度。随后采用Faster R-CNN框架实现自动化超限检测[18]。①特征提取。预处理图像输入卷积神经网络生成特征图。②候选区域生成。通过RPN网络从特征图中提取多尺度候选框。③区域优化。ROI层统一候选框尺寸，完成分类与边界框回归。

基于Faster R-CNN的铁路超限货物自动检测系统，通过深度学习算法实现了高精度检测，在实际应用中表现出较强的稳定性和可靠性。

3.3　红外与高速摄像相结合的技术

（1）技术路线。该系统采用红外传感与高速摄像融合技术，通过多边形布置的红外传感器阵列构建超限监测网络。当货车超限部位阻断红外信号时，触发高速摄像机捕捉图像，结合以下模块实现自动化检测[19]。①功能模块。集成超限测量、报警、数据传输、处理控制、数据分析及决策模块。②数据流程。高速摄像采集超限图像并存储，通过固定端口和检测系统的交互作用，车号识别系统可以实现车号与超限数据之间的精准匹配。③判定机制。基于图像分析定位超限位置并分级。红外-高速摄像铁路超限检测系统架构如图2所示。

（2）超限检测系统设置。①龙门架布设方案[19]。单线线路，依据现场线路条件直接设置；双线线路，基于单线方案扩展线间距，构建双轨道架构；电气化区段，在接触网密集区域，架设高度需预留接触网线安全距离。②分层布置红外传感器，形成三级检测框[19]。一级红外框，基于动态修正后的机车车辆限界设置；二级红外框，在一级超限限界基础上扩展形成；超级红外框，依据二级超限限界构建，标记超级超限轮廓。③摄像机与红外传感器联动。当红外传感器触发时，自动启动绑定的高速摄像机采集图像。④铁路超限检测系统通过红外-高速摄像联动技术，实现列车动态运行中的实时超限检测。

3.4　激光扫描技术

基于激光扫描的超限检测系统采用二维激光扫描获取车辆全断面轮廓尺寸，检测货物超限状态。激光扫描仪是一种典型的三维数据采集设备，采用计算机实时监视技术，实现列车到达时自动触发硬盘录像，通过收集点云数据、处理点云并进行三维重建来进行检测，能够快速准确地重建被测物体的三维结构。

（1）系统构成。系统采用模块化设计，基于激光传感的系统构成如图3所示，主要分为龙门架设备和控制室设备2部分[20]。①龙门架设备。感知层包含2只激光雷达(轮廓扫描)、3个磁钢传感器(车轮定位)；信号

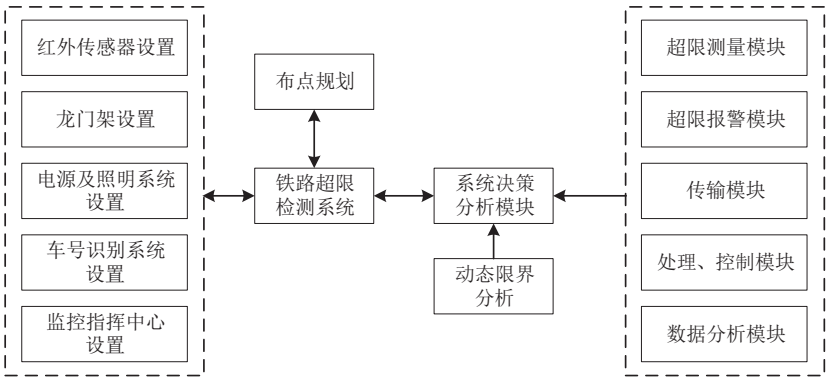


图2　红外-高速摄像铁路超限检测系统架构

Fig. 2　Architecture of infrared and high speed camera-based railway out-of-gauge detection

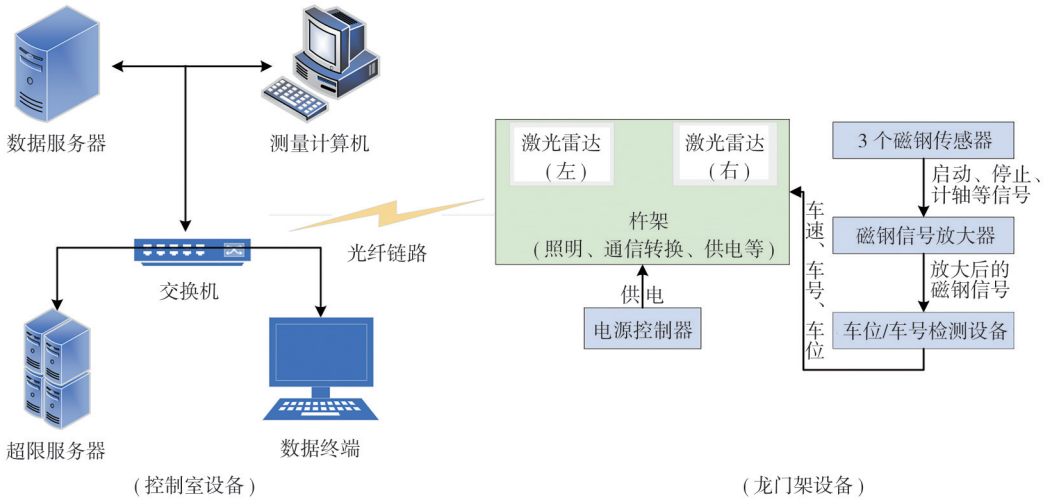


图3　基于激光传感的系统构成

Fig. 3　Composition of system based on laser sensing

处理设施包含磁钢信号放大器、车位/车号检测设备；支撑单元包括电源控制器、桁架结构、光纤链路(数据传输)等。②控制室设备。核心计算设备包括测量计算机(实时分析)、超限服务器(报警判定)；数据管理包含数据服务器(存储)、数据终端(交互界面)；通信枢纽主要有交换机(网络互联)等。

(2) 系统应用。该检测系统可实现多系统联动，联入超偏载检测系统，融合车号及“运统一”数据；实现了全流程闭环，覆盖超限数据采集→运算→识别的完整监测链，输出货车装载状态全景视图等一系列功能。通过现场实验，证明该系统的动态检测精度较高，工作温度范围较大，能够适应震动大、粉尘多、有电磁干扰、温度变化大等恶劣环境，可以全天24 h连续工作[20-21]。目前，在武汉北、嘉峪关、西宁及兴隆场等编组站，通过激光雷达与线阵相机组成“雷视融合”方案，辅助车站货检作业。

3.5　图像处理技术

近年来，随着计算机视觉技术的不断发展，图像处理技术也成为了研究的热点。Liu等[22]提出一种自动分割铁路货车图像的算法。谢飞等[23]利用立体视觉测量技术实现了超限货车检测。陈凌宇[24]通过三帧差分法和Canny算子处理视频，提取列车图像，并最终通过最小矩形法提取车辆轮廓信息。同样，Han等[25]开发了一种基于Canny的边缘检测算法，用于提取和测量铁路货车的端部轮廓。Zhang等[26]使用大基线距离立体系统测量铁路货车。为了测量大型物体，需要使用大规模的测量设备，Wang等[27]开发了一种具有可变基线距离的移动立体视觉系统，以支持大视场内的三维坐标测量。

4　基于AI自动检测技术的设计构思

相较于传统人工检测、单一设备检测等技术方案，基于AI的铁路超限货物自动检测技术通过融合多源感知、智能算法与数字化管理，构建“感知－分析－决策－反馈”全闭环检测体系，可实现超限货物的实时识别、精准量测与智能预警，可为铁路货运安全提供技术保障。

4.1　研究思路

铁路超限货物AI自动检测技术可围绕数据采集、图像/点云处理、目标识别与测量、模型训练与评估等环节构建研究体系，兼顾精度、实时性与环境适应性，AI自动检测技术的核心任务及关键技术如表3所示。

其中，多源融合感知结合线阵相机与无人机单目视觉，可获取车顶与侧部数据，必要时补充激光雷达点云，提升测量准确性。分层视觉处理过程中可先进行传统图像增强，再用深度学习检测目标，最后基于3D重建生成点云切片与标准限界比对。高精度测量模型可采用Faster R-CNN或YOLOv5定位超限部位，Deeplab-v3＋分割细节，利用残差网络ResNet增强特征提取。多场景泛化训练采集晴天、雨天、夜间及不同光照条件下的图像，增强模型对复杂环境的适应性。

4.2　研究框架概念设计

该系统可通过多源数据采集、目标检测与单目3D重建技术的结合，实现铁路货物超限的自动检测。

(1) 多源数据采集模块。采用千兆级彩色线阵相机、无人机单目相机、激光雷达等同步采集货物的原

表3　AI自动检测技术的核心任务及关键技术

Tab.3　Core tasks and key technologies of AI-based automatic detection

环节	核心任务	关键技术/方法
数据采集	获取货物多视角、多模态数据	千兆级彩色线阵相机、无人机单目相机、激光雷达；全天候照明与同步触发
数据处理	增强、去噪、校正、解帧	图像去噪、增强、复原；点云滤波、平面提取
目标识别与测量	定位货物边界并测量尺寸	Faster R-CNN、YOLOv5、Deeplab-v3+；单目3D重建
模型训练与评估	提高精度与泛化能力	迁移学习、多尺度融合、数据增强

始数据，实现对货物的全方位感知，为后续处理提供高质量输入。将不同传感器采集的数据进行融合，如将激光雷达的点云数据与摄像头的图像数据融合，以获取更全面的货物信息，提高检测的准确性。

（2）数据预处理模块。对采集的原始数据采取图像去噪算法、透视变换、直方图均衡化、图像拼接等技术进行处理，以提高数据质量，为后续的目标检测和3D重建奠定基础。

（3）目标检测与识别。利用YOLO、Faster R-CNN算法、迁移学习、特征金字塔网络、非极大值抑制等机器学习、深度学习技术进行目标检测和识别，提取货物的特征信息。对于激光雷达的点云数据，进行点云配准、分割等处理，获取货物的三维轮廓信息。

（4）单目3D重建。基于单目视觉原理，利用目标检测得到的特征点信息及单目深度估计、特征点匹配、点云处理、三维模型拟合等技术，重建货物的三维模型并计算实际尺寸。将重建的货物三维尺寸与铁路限界标准进行比对，判断货物是否超限并确定超限部位。

（5）模型训练与评估。将实际检测中出现的漏检、误检案例(如被遮挡的货物、特殊形状的超限件)标注后加入训练集，通过增量训练持续优化目标检测与识别模型以及3D重建算法参数，提升系统在复杂场景下的泛化能力。

5　结束语

研究基于铁路超限货物等级，梳理总结了铁路超限货物尺寸测量方法、超限等级判定方法，以及计算机双目立体视觉技术、红外-高速摄像技术、Faster R-CNN深度学习技术等铁路超限货物自动检测技术。目前铁路超限货物测量仍以人工计算方法为主，计算机辅助的自动检测技术有待在定位稳定性、环境适应性等方面进一步深化研究。

参考文献：

[1] 中国铁路总公司.铁路超限超重货物运输规则：TG/HY 106—2016[M].北京：中国铁道出版社，2016.

[2] 陈春燕，刘　斌，郝　毅.铁路超限货物非接触式快速测量装置方案设计[J].物流技术，2023，42(3)：114-119.
CHEN Chunyan，LIU Bin，HAO Yi. Scheme Design of Non-Contact Rapid Measuring Device for Railway Out-of-Gauge Goods[J]. Logistics Technology，2023，42(3)：114-119.

[3] 刘　松，刘伟斌，侯云娇，等.铁路超限超重货物运输管理应用功能设计与研发关键技术[J].铁道货运，2024，42(1)：44-49.
LIU Song，LIU Weibin，HOU Yunjiao，et al. Function Design and Key Technology of Railway Over-Limit and Overweight Cargo Transportation Management Application[J]. Railway Freight Transport，2024，42(1)：44-49.

[4] 刘期柏.基于现场作业的超限货物运输管理研究[D].北京：中国铁道科学研究院，2016.

[5] 旷　绚.铁路超限货物运输货物尺寸测量方法研究[J].铁道货运，2019，37(1)：37-42.
KUANG Xuan. A Study on the Measurement Method of Railway Out-of-Gauge Cargoes[J]. Railway Freight Transport，2019，37(1)：37-42.

[6] 旷　绚，王宏杰，王铁军.关于铁路超限货物运输尺寸测量的探讨[J].铁道货运，2018，36(2)：46-50，56.
KUANG Xuan，WANG Hongjie，WANG Tiejun. Tentative Study on the Measurement of Out-of-Gauge Goods for Railway Transportation[J]. Railway Freight Transport，2018，36(2)：46-50，56.

[7] 韩　梅，韩伯领，李红艳，等.铁路超限货物限界距离计算方法[J].中国铁道科学，2011，32(1)：122-126.
HAN Mei，HAN Boling，LI Hongyan，et al. Calculation Method of the Distance between Railway Out-of-Gauge Goods and Structure Gauge[J]. China Railway Science，2011，32(1)：122-126.

[8] 王花兰，张端阳.基于虚拟三维限界表的货物超限等级判定方法研究[J].兰州交通大学学报，2011，30(6)：123-126.
WANG Hualan，ZHANG Duanyang. Research on Method of Determining Goods' Off-Gauge Grade Based on 3D Virtual Confine-Table[J]. Journal of Lanzhou Jiaotong University，2011，30(6)：123-126.

[9] 雷定猷，王　娟，汤　波，等.面向对象的铁路超限货物轮廓计算方法[J].计算机工程与应用，2012，48(28)：20-25，122.

LEI Dingyou，WANG Juan，TANG Bo，et al. Study on Object Oriented Method for Calculating Out-of-Gauge Goods Outline in Railway[J]. Computer Engineering and Applications，2012，48(28)：20-25，122.

[10] 陈柯添, 冯向南, 凌炎鑫, 等. 仿真技术在铁路超限货物运输中的应用[J]. 铁道货运，2010，28(8)：45-48.
CHEN Ketian，FENG Xiangnan，LING Yanxin, et al. Application of Simulation Technology in Railway Out-of-Gauge Freight Transportation[J]. Railway Freight Transport，2010，28(8)：45-48.

[11] 谭政民，彭其渊，陈　思，等. 基于空间几何理论的货物超限等级计算机判定算法[J]. 西南交通大学学报，2014，49(1)：141-146.
TAN Zhengmin，PENG Qiyuan，CHEN Si，et al. Computer-Assisted Determination of Out-of-Gauge Grade of Goods Based on Space Geometry[J]. Journal of Southwest Jiaotong University，2014，49(1)：141-146.

[12] 邱谦谦，王若成. 阔大货物装载方案中超限自动识别方法[J]. 计算机系统应用，2014，23(10)：212-216.
QIU Qianqian，WANG Ruocheng. Automatically Out-of-Gauge Identification of Rail Freight Loading and Transportation Scheme[J]. Computer Systems & Applications，2014，23(10)：212-216.

[13] QIAO M，HAN M，CHEN C. Study Based on MATLAB Edge Detection Operator in Extracting Out-of-Gauge Goods Contour[J]. Applied Mechanics and Materials，2015，775：404-408.

[14] 陈　皓，李雪芹，王海明. 基于Simpack仿真的铁路超限货物动态运输安全研究[J]. 铁路计算机应用，2017，26(12)：5-9.
CHEN Hao，LI Xueqin，WANG Haiming. Safety of Railway Out-of-Gauge Goods Dynamic Transportation Based on Simpack Simulation[J]. Railway Computer Application，2017，26(12)：5-9.

[15] 郭元臻，旷　绚，李亚学，等. 长大货车限界距离快速核算方法的研究[J]. 铁道货运，2022，40(5)：39-45.
GUO Yuanzhen，KUANG Xuan，LI Yaxue，et al. Fast Calculation Method for Gauge Distance of Oversize Freight Car[J]. Railway Freight Transport，2022，40(5)：39-45.

[16] 陈　皓. 铁路超限货物运输可靠度评价理论与方法研究[D]. 成都：西南交通大学，2017.

[17] 邵宝峰. 基于点激光和双目视觉的货物尺寸测量的研究[D]. 大连：大连理工大学，2016.

[18] 庞婷婷，郝菊香. 基于Faster R-CNN的铁路超限货物自动检测系统[J]. 自动化与仪器仪表，2021(8)：72-76.
PANG Tingting，HAO Juxiang. Automatic Detection System of Railway out of Gauge Goods Based on Faster R-CNN[J]. Automation & Instrumentation，2021(8)：72-76.

[19] 张光远，丁小东，鲁工圆，等. 基于红外与高速摄像技术相结合的铁路超限检测系统实验分析[J]. 综合运输，2017，39(7)：54-59.
ZHANG Guangyuan，DING Xiaodong，LU Gongyuan，et al. Railway Out-of-Gauge Detection System Establishment and Experiment Research Based on Combination of Infrared and High Speed Video Camera Technology[J]. China Transportation Review，2017，39(7)：54-59.

[20] 郭建华. 铁路超限货物运输安全检测监控技术及应用研究[J]. 铁道货运，2013，31(4)：1-8.
GUO Jianhua. Study on Safety Inspection and Supervision Technology of Railway Out-of-Gauge Goods Transportation and Its Application[J]. Railway Freight Transport，2013，31(4)：1-8.

[21] 王敬祯. 铁路超限货物检测系统的设计与实现[J]. 铁道货运，2014，32(3)：48-52.
WANG Jingzhen. Design and Implementation of Railway Out-of-Gauge Goods Detection System[J]. Railway Freight Transport，2014，32(3)：48-52.

[22] LIU L，ZHOU F Q，HE Y Z. Automated Status Inspection of Fastening Bolts on Freight Trains Using a Machine Vision Approach[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers，Part F：Journal of Rail and Rapid Transit，2016，230(7)：1629-1641.

[23] 谢　飞，张旭苹，张益昕，等. 基于机器视觉的货物列车超限检测中基准面获取方法[J]. 铁道学报，2012，34(10)：72-78.
XIE Fei，ZHANG Xuping，ZHANG Yixin，et al. Exterior Orientation Calibration Method for Freight Train Gauge-Exceeding Detection Based on Computer Vision[J]. Journal of the China Railway Society，2012，34(10)：72-78.

[24] 陈凌宇. 基于机器视觉的车辆外轮廓超限检测系统的研究与设计[D]. 长沙：长沙理工大学，2015.

[25] HAN Y，QIAO M，WAN X，et al. Application of Image Analysis Based on Canny Operator Edge Detection Algorithm in Measuring Railway Out-of-Gauge Goods[J]. Advanced Materials Research，2014，912-914：1172-1176.

[26] ZHANG Y X，WANG S，ZHANG X P，et al. Freight Train Gauge-Exceeding Detection Based on Three-Dimensional Stereo Vision Measurement[J]. Machine Vision and Applications，2013，24(3)：461-475.

[27] WANG Y，WANG X J. A Mobile Stereo Vision System with Variable Baseline Distance for Three-Dimensional Coordinate Measurement in Large FOV[J]. Measurement，2021，175：109086.

（责任编辑：吴文娟）

Review of Application of Automatic Detection Technology in Railway Out-of-Gauge Cargo

YU Junling

(Line Station Design and Research Institute，China Railway Siyuan Survey and Design Group Co. Ltd.，Wuhan 430063，Hubei，China)

Abstract: Railway out-of-gauge cargo transportation features great difficulty and imposes strict requirements on the professional competence of railway staff and the relevant infrastructure. Based on railway out-of-gauge cargo classification standards, this paper sorted out dimension measurement methods and out-of-gauge level judgment modes and focused on analyzing the application status and effects of automatic detection technologies, namely binocular stereo vision, infrared and high-speed camera imaging, and Faster R-CNN deep learning. However, the railway out-of-gauge detection field still faces prominent challenges: low automation popularization rate, as well as insufficient positioning stability and complex environment adaptability of existing auxiliary detection technologies. Therefore, relevant technologies require in-depth research. As a result, an AI-based automatic detection technical path was proposed to achieve real-time out-of-gauge cargo identification, providing technical support for the safe and stable operation of railway freight transportation.
Keywords: Railway Out-of-Gauge Cargo; Out-of-Gauge Identification; Automatic Detection; Safety Monitoring; Auxiliary Decision

（上接第50页）

Research and Application of Integrated Intelligent Operation and Maintenance Platform for Heavy-Haul Railway Infrastructure

DU Tianjun[1], ZHANG Zhichun[2], WEI Xilian[3], TANG Chao[3]

(1. Production Technology Department, Shaanxi Railway and Logistics Industry Group Co., Ltd, Yulin 719000, Shaanxi, China;
2. Production Technology Department, Shaanxi Railway and Logistics Industry Group Co., Ltd, Xi'an 710000, Shaanxi, China;
3. Institute of Transportation Command and Information Technology, Beijing National Railway Research & Design Institute of Signal & Communication Co., Ltd., Beijing 100070, China)

Abstract: In order to discuss the problem of integrated operation and maintenance of heavy-haul railway infrastructure, this paper analyzed the current situation of heavy-haul railway infrastructure operation and maintenance management and the demand of heavy-haul railway development for integrated operation and maintenance. Combined with new technologies such as big data, artificial intelligence, internet of things, and data mining, this paper focused on the overall architecture, system architecture, technical architecture, functional structure, key technologies, and future application prospects of the integrated intelligent operation and maintenance platform for heavy-haul railway infrastructure, which improved the multi-disciplinary integrated management of heavy-haul railway infrastructure. The research innovatively put forward a new idea of integrated operation and maintenance of heavy-haul railway infrastructure, which provides an important reference for realizing integrated management of comprehensive maintenance and production of railway infrastructure.
Keywords: Heavy-Haul Railway; Infrastructure; Integration; Intelligent Operation and Maintenance; Key Technology