

# 基于激光雷达的动态汽车衡车辆轴型识别方法研究

□陕西四维衡器科技有限公司 李子龙 薛林军 韩莉洁

**【摘要】**车辆轴型是高速公路入口超限治理的重要信息。本文介绍了一种基于激光雷达的车辆轴型识别方法，探讨了激光雷达的数据转换方式和轴型识别算法。

**【关键词】**动态汽车衡；激光雷达；轴型识别；超限治理

## 引言

在高速公路入口超限治理中，动态汽车衡可以在不停车、无人工干预的情况下获取车辆的轴荷及总质量<sup>[1]</sup>。同时，根据交通运输部《超限运输车辆行驶公路管理规定》<sup>[2]</sup>，车辆的轴数及轴型是判定货运车辆轴重及总重是否超限的重要依据。GB/T 21296.1-2020《动态公路车辆自动衡器 第1部分：通用技术规范》<sup>[3]</sup>和GB 1589-2016《汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值》<sup>[4]</sup>对车辆的轴型及相应的超限标准做了规定。因此，动态汽车衡需要配置车辆轴型识别装置来检测车辆轴型信息。

传统的接触式轮轴识别装置主要采用胶条、触点阵列、压电开关阵列等方式实现单双胎的识别。这些方式因为需要车辆轮胎碾压感应机构产生信号，所以普遍存在识别率低、寿命短、易磨损、维

修成本高等问题，而基于激光雷达的车辆轴型识别装置，可以很好地解决这些问题。

激光雷达基于激光脉冲TOF(Time Of Fly, 飞行时间)测距原理，通过计算激光束从发出到被物体反射回来的时间差计算出物体的距离。作为一种无接触测量装置，激光雷达已广泛应用于遥感测量、自动驾驶<sup>[5]</sup>、AGV导航<sup>[6]</sup>等领域，而在超限治理领域中也已用于车辆分离、外廓检测、轮轴识别<sup>[7]</sup>等方面。基于激光雷达的车辆轴型识别装置具有检测灵敏、寿命长、工作稳定、结构简单等特点，一般采用安全岛侧装方式，安装维护时无需破坏路面。采用一类人眼安全激光源，对环境 and 人员无影响。

## 1 技术介绍

### 1.1 识别原理

如图1所示，激光雷达位于安全岛上，激光束扫描面和车辆行驶方向及车道平面垂直。激光雷达在约90°扇形区域内以60帧每秒的频率高速扫描，实时测量扇形区域内各反射点的距离，从而获得驶过车辆车体及轮胎的侧面轮廓数据。为获得尽可能详细的轮胎特征，激光雷达的安装高度、位置、扫描角度等应综合考虑，以使扫描面合理覆盖各类车辆的轮胎行驶范围。

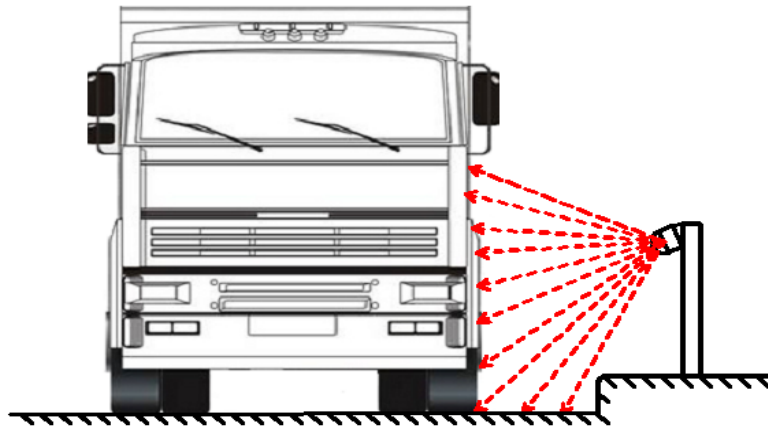


图1 激光雷达扫描车辆轮胎

装置处理器实时接收激光雷达扫描的车辆侧面轮廓数据。当车辆通行时，雷达扫描数据勾勒出车体侧面及轮胎外形轮廓，处理器根据轮廓数据点的远近和疏密程度等分布特征，识别出车辆进入、车辆离开、轮胎进入、轮胎离开、单胎及双胎等信息，进而分析通过车辆的轮胎数量和轴型排列情况得出车辆轴型信息。根据不同的系统性能需求，装置处理器可选用工控机、嵌入式处理芯片或高性能

单片机。

在调试轴型识别算法的过程中，需要调整各种处理方法和参数。通过PCL 或OpenGL 将获取的一系列扫描侧面轮廓二维点数据，重建为通行车辆的三维点云模型，可以为算法设计提供直观的参考，有利于精准识别特征和确定参数。图2 和图3 分别是小汽车和大货车的单胎及双胎的轮廓点数据经过重建得到的三维点云模型。

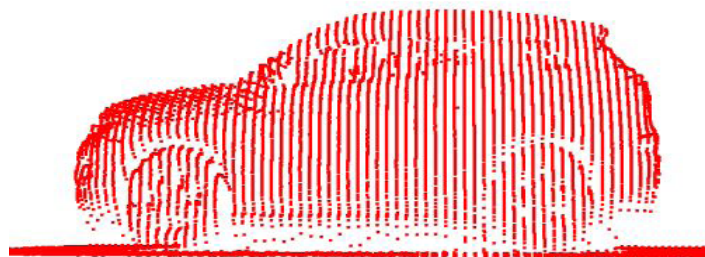


图 2小汽车的重建三维点云模型

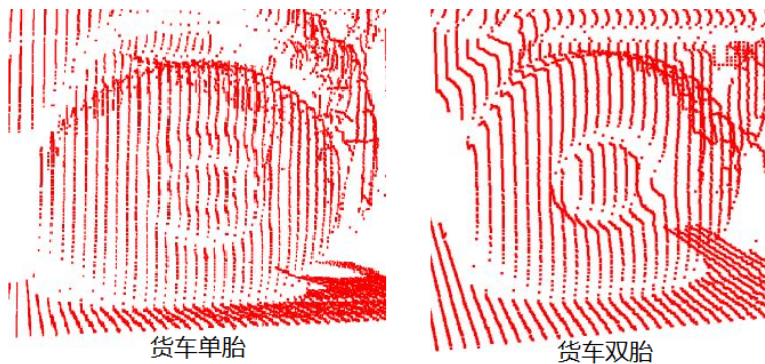


图3 货车的单胎及双胎的重建三维点云模型

## 1.2 激光器数据及转换

如图4所示，激光雷达以固定间隔角度逐点对在扫描范围内的物体进行距离测量，得到一组距离值序列。每个距离值即是一个物体反射点到激光雷达的距离，该距离值和激光器逐点发射的数据序列一一对应。车体侧面及轮胎外形轮廓特征在直角坐标系中更方便描述和计算，比如轮胎高度、远近等。因此，为实现后续的一系列算法，需先将激光雷达的测量数据转换为直角坐标系中的一系列坐标点。

将激光器的第 $n$ 个数据记为 $D_n$ ，激光器的角分辨率记为 $\alpha$ ，则第 $n$ 个反射点的位置角度为 $(n-1) \times \alpha$ ，所以在激光雷达坐标系中的极坐标为 $(D_n, (n-1) \times \alpha)$ 。以激光器发射中心为原点 $O$ ，以铅垂线为 $y$ 轴方向，以水平方向为 $x$ 轴方向建立直角坐标系 $xOy$ 。记激光器的第一个扫描线相对于铅垂线的夹角为 $\beta$ ，则可以算出第 $n$ 个反射点在 $xOy$ 坐标系中的位置为 $(X_n, Y_n)$ ，其中： $X_n = D_n \times \sin[\beta + (n-1) \times \alpha]$ ， $Y_n = D_n \times \cos[\beta + (n-1) \times \alpha]$ 。

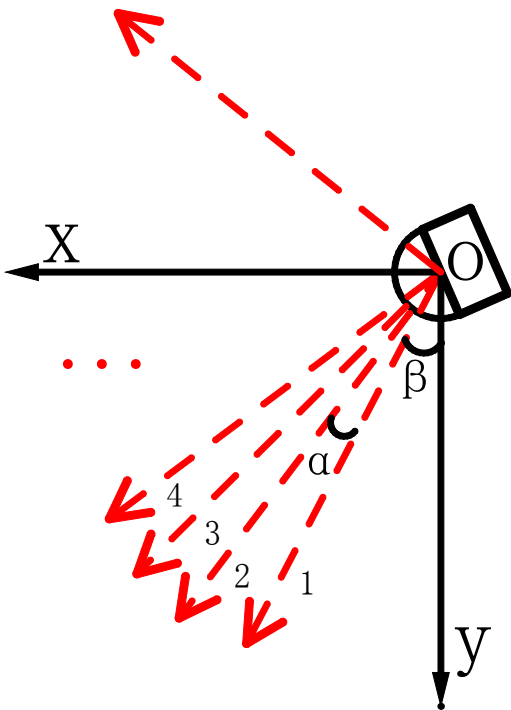


图4 扫描序列及坐标转换

## 1.3 识别算法

轴型识别算法流程如图5所示。

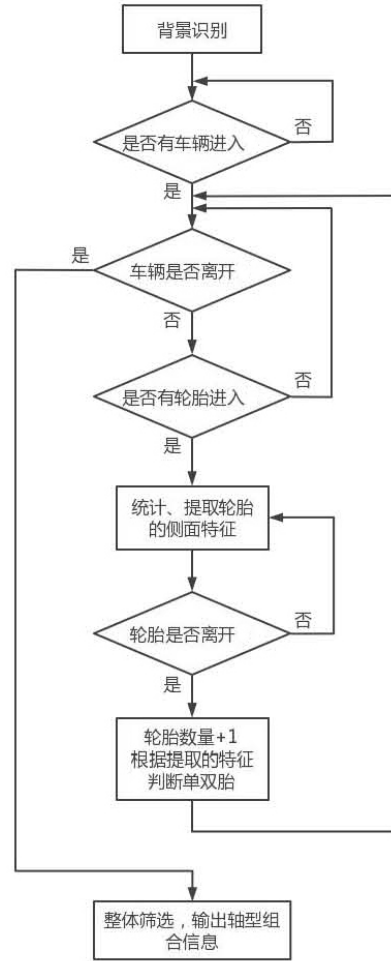


图5 轴型识别算法流程图

(1) 背景识别。为分辨安全岛道沿、路面等背景数据，处理器首先在没有车辆通过时采集背景扫描数据，根据背景数据和车道情况选定一个检测区。

(2) 车辆检测。车辆进入时，处理器根据检测区内的车辆侧面特征判断出有车辆驶入，同时开始寻找轮胎。

(3) 寻找轮胎。在车辆离开之前，处理器在扫描数据中根据轮胎的位置和形态，判断是否有轮胎进入检测区。轮胎进入检测区后，逐帧提取扫描数据中的轮胎特征，并在轮胎行驶过程中，统计所有扫描帧中该特征的变化。

(4) 判断单双胎。轮胎离开检测区时进行单双胎判断。一般情况下，如图3所示，单胎和双胎的侧面中心处的结构不同，可通过中心结构的形状差异来

判断是单胎还是双胎。

(5) 整体轴型判断。车辆离开后，综合所统计的轮胎数量和对应的单双胎结果，去除挡泥板、踏板装饰物、尘土等的影响，按照车型分类，得出最终的轴型组合数据。

在整体轴型判断环节，需要注意对非轮胎对象

的排除，比如挡泥板、装饰物等。如图6所示为车辆脚踏板上安装的踏板装饰物，因为其侧面形态和单胎相近，往往会被识别为一个单胎。在这种情况下，可以通过识别装饰物的宽度及边缘特征相对于轮胎的差异来进行区分。

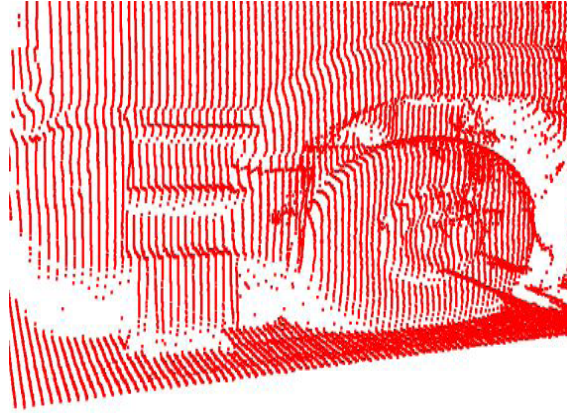


图6 踏板装饰物的扫描形态

如图7所示为GB/T 21296.1-2020《动态公路车辆自动衡器 第1部分：通用技术规范》中列出的常见车型及其代码对照表的一部分。剔除了明显的非轮胎对象后，还可以根据常见车型，将识别出的轮胎序

列和车型对照，确定最符合实际的轴型组合。最终的识别结果，可以通过一定的协议由串口或网口向外输出。

宽度为6字节 ASCII 码	代表车型	
11		
12		
112		
122		
15		

图7 常见车型代码对照表（部分）

## 2 实际应用

本方法在实际应用中还需要考虑其他因素。根据国家标准<sup>[8]</sup>可知，公路车辆的轮胎直径最大可达1290mm。综合考虑激光雷达的扫描范围、车道的宽度、安全岛高度等，在实际应用中一般使激光雷达离地高度在1000mm左右，距离安全岛边缘500mm左右。激光雷达的安装外壳还要考虑防水和雷达镜头

除尘等措施。

实际应用中，还可以增加分车和轴脉冲的开关量输出功能的软硬件系统。此功能可以输出分车信号和轴脉冲信号，为动态汽车衡的称重仪表提供车辆运行信息，提高称量计算的准确性。如图8所示为串口输出的轴型识别结果。其中分隔符号“EE”前面是轴数和轴型序列，后面是轴脉冲数。



图8 串口输出的轴型识别结果

经过实际使用验证，本方法对收费站入口车辆的轴型识别准确率可达95%以上。由于单激光雷达扫描信息有限，对通过过程中速度变化很大的车辆识别准确率较低，还需要从系统结构方面改进解决。

## 3 结束语

本文提出了一种基于激光雷达的车辆轴型识别方法。该方法通过激光雷达扫描轮胎侧面特征实现单双胎的识别，为高速收费站入口超限治理提供了重要依据。试验结果表明，该方法能快速准确地识别出车辆轴型，而且长时间工作稳定可靠。对于不能准确识别的情况，可以通过改进系统结构等方式进一步研究解决。

## 参考文献

[1] 陈增典, 赵新琴, 等. 模组动态称重助力精准治超[J]. 中国公路, 2022, (06):62-64.  
[2] 超限运输车辆行驶公路管理规定(中华人民共和国交通运输部令2016年第62号)[EB\OL].

[https://xxgk.mot.gov.cn/2020/jigou/fgs/202006/t20200623\\_3307801.html](https://xxgk.mot.gov.cn/2020/jigou/fgs/202006/t20200623_3307801.html).

[3] GB/T 21296.1-2020, 动态公路车辆自动衡器第1部分:通用技术规范[S].  
[4] GB 1589-2016 汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值[S].  
[5] 张名芳, 付锐, 等. 基于激光雷达的远距离运动车辆位姿估计[J]. 公路交通科技, 2017, 34(12):131-139.  
[6] 谢德胜, 徐友春, 等. 基于三维激光雷达的无人车障碍物检测与跟踪[J]. 汽车工程, 2018, 40(8):952-959.  
[7] 张刚, 马广林. 激光轮轴识别器在高速计重收费系统的应用[J]. 科技创新导报, 2017, 14(25):94-95.  
[8] GB 9744-2015 载重汽车轮胎[S].

作者简介: 李子龙, 男, 1989年9月, 陕西四维衡器科技有限公司开发工程师, 主要从事嵌入式系统开发。