

# 铁路道口障碍物检测方法研究

柳霞

西安铁路信号有限责任公司 陕西省 西安市 710100

**摘要：**目前各城市中有很多公-铁平交道口，当火车驶过时，通过落下道口栏木限制人流和车流，但有时无法避免出现的各种紧急情况。如果行驶中的火车在离道口适当的距离处，能够收到前方道口有障碍物的报警信息，从而采取安全防范措施，则能大大降低道口交通事故发生的几率。因此，在铁路道口增设障碍物检测设备，使其能够对道口障碍物进行实时检测、预警，可提高铁路道口的安全性。

**关键词：**铁路道口、障碍物检测、安全性

## 前言：铁路道口障碍物检测的背景和意义

目前，各城市内存在较多的时速低于250KM的铁路干线，与市政道路有平交道口，当火车驶过时，通过落下道口两侧的栏木限制人流和车流，但有时无法避免出现的各种紧急情况。列车与机动车辆的冲突不但会造成大量人员伤亡，而且可能导致再次与邻线列车发生冲突，道口已成为铁路安全最薄弱的部位。采取有效的预防措施，防止道口事故的发生势在必行，设置铁路道口障碍物检测设备就是其中之一<sup>[1]</sup>。

如果运行中的火车在离道口适当的距离处，就能够收到前方道口有障碍物的报警信息供火车上相关人员判断，则能大大降低道口交通事故发生的几率。

### 1 铁路道口障碍物检测方法

目前较为常用的铁路道口障碍物检测有三种方式，分别为：视频障碍物检测、超声波障碍物检测和激光障碍物检测。下面对以上三种检测系统逐一进行讨论。

#### 1.1 道口视频障碍物检测方法

##### 1.1.1 系统构成

铁路道口“视频障碍物检测”由模拟摄像头、视频采集卡以及控制主机三部分组成。模拟摄像头：采用两组摄像头，分别负责公路两个方向道口现场实时视频拍摄。视频采集卡：实现摄像头模拟视频信号的实时采集、量化和编码。控制主机：主要对视频采集卡传输的数字视频序列通过特定的算法进行分析判断，实现道口现场运动目标的检测。

##### 1.1.2 系统布置方案

道口视频检测系统设备平面布置如图1所示，模拟摄像头安装在和道口栏木水平位置的安装支柱上，道口摄像头的数量根据道口实际的宽度而定，安装高度根据道口视频监测区域面积和所选用摄像头的型号决定。支柱一般建议安装在距离道口机房较近的一侧，控制主机安

装在道口机房内<sup>[2]</sup>。

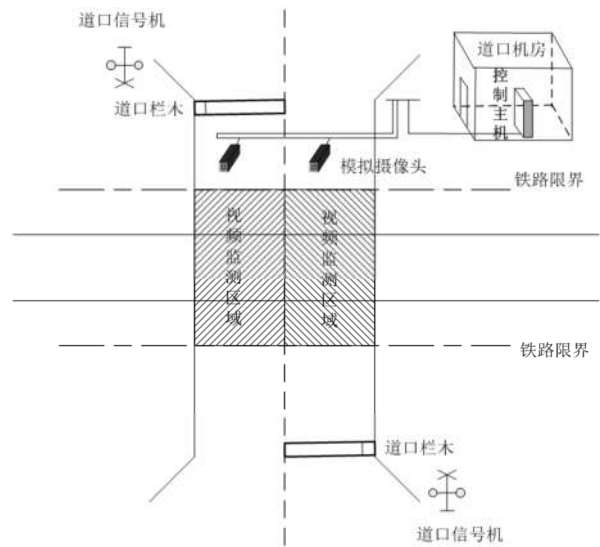


图1 道口视频障碍物检测设备布置图

#### 1.1.3 工作原理

常态：视频实时检测，但不报警。

报警状态：当列车到达接近区段时，联锁控制道口栏木落下，由栏木落下给控制主机一组节点信号，开始判断视频监控区域内前一刻图像与该时刻图像是否一致，判断6s（计算过程如下）。若不一致，说明视频检测区域内存在移动障碍物，则由控制主机给出一组报警信号给联锁系统。

解除报警：当前一刻图像与该时刻图像一致时，解除报警信号。

视频监控区域内，前后时刻图像判断时间（延迟报警时间）计算公式如下<sup>[3]</sup>：

$$T = \frac{l_1 + l_2}{v} \times 3.6$$

式中：

$l_1$  —— 道口信号机到铁路限界的距离，m；

$l_2$ ——两铁路限界间的距离, m;

$v$ ——非机动车辆通过道口的规定最低速度, 以5Km/h计; 机动车辆通过道口的规定最低速度, 以10Km/h计。

注: 当道路方面行驶机动车辆和非机动车辆时, 应按非机动车辆通过道口的最低速度计算。

$$T = \frac{3.3+4.88}{5} \times 3.6 \approx 6s$$

经计算, 延迟报警时间为6s。

#### 1.1.4 视频障碍物检测的方法

在“视频障碍物检测系统”中, 控制主机主要负责对比分析, 是系统主控构件, 其工作原理主要分为“背景图像差分法”和“固定间隔背景更新差分法”。

背景图像差分法: 根据当前图像和预先得到的背景图像的差值区分背景和运动物体, 来判断是否存在障碍物。其算法简单, 多用于固定场景中。

固定间隔背景更新差分法: 如果当前图像与预先设置好的背景图像的差值小于一定的阈值并且与上一背景图像相差 $n$ 帧( $n$ 值可设定), 则更新背景图像为当前图像, 经特定的算法判断是否存在障碍物。其算法复杂但检测精度高, 多用于动态背景,

### 1.2 道口超声波障碍物检测方法

#### 1.2.1 系统构成

铁路道口“超声波障碍物检测”由超声波发送传感器和处理器组成。超声波传感器沿道口路面垂直方向发射超声波, 可得到路面反射波, 如有汽车等障碍物时, 则得到障碍物反射波。设置于道口控制箱内的处理器根据反射波进行有、无障碍物的判断, 处理器能够控制最

多8组的超声波传感器。

#### 1.2.2 工作原理

在列车接近道口, 报警器即开始发出警报, 经过一定时间后, 放下栏杆封闭道口, 探测装置开始障碍物探测工作, 传感器以1s为单位进行连续工作, 各组传感器联合探测获得障碍物的状态, 列车即将进去道口前一段时间(满足系统响应时间)探测装置停止检测工作。

在探测装置工作时段内, 当某一个检测周期检测到障碍物存在时, 则输出一个表示障碍物存在的报警信号, 同时继续下一个检测周期, 重复检测直到某个周期检测不到障碍物时, 停止输出报警信号。

#### 1.2.3 系统布置方案

道口超声波障碍物检测设备布置如图2所示, 在道口机房附近埋设支柱, 并安装悬臂, 悬臂前端安装超声波传感器。障碍物探测装置中使用超声波传感器的数量与应用传感器道口的大小有关, 探测范围以传感器安装高度而确定。在单线线路的标准道口采用4组超声波传感器, 在复线线路的道口, 则采用6组超声波传感器即可覆盖探测区。

而且, 超声波传感器的安装高度在电化区间和非电化区间也有所不同。电化区间由于架设接触网, 需要确保传感器与接触网的绝缘距离, 其安装标准高度为距路面8.0~8.5m; 在非电化区间, 超声波传感器安装标准高度为5.0~6.0m。当安装高度达8.5m时, 由于风力对超声波的扩散带来显著影响, 而降雪会使超声波显著衰减, 难以确保探测性能的稳定性, 则需采用较大功率、特殊结构的超声波传感器。

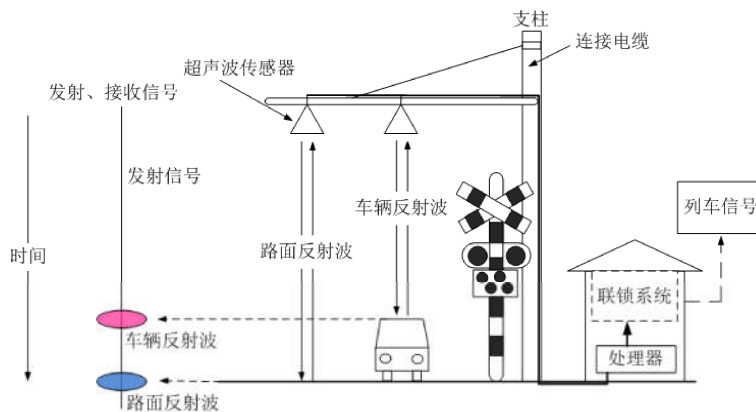


图2 道口超声波障碍物检测设备布置图

#### 1.2.4 超声探测时间间隔

超声波在空气中的传播速度为:

$$C = 331.5 + 0.61T$$

式中:

$C$ ——传播速度, m/s;

$T$ ——气温,  $^{\circ}C$ 。

车辆探测间隔的开始时间, 根据传感器设置高度自动设定, 以便能够探测最大车高为3.8m的车辆。传感器

安装高度为8.5m时，开始时间为23ms。车辆探测间隔信号结束时间在接收到路面反射波的时间（2ms）基础上更新，如换算成检测高度，则：2ms相当于0.32m（室外-20℃）~0.36m（室外+40℃）的高度。

路面探测间隔的开始时间比接收到路面反射波的时间提前1.5ms，与车辆探测间隔信号实施分离的同时，便于在间隔内确实接收到路面反射波。路面探测间隔时间在稳定状态下固定为6ms，以避免处理不必要的反射波。

### 1.3 道口激光障碍物检测方法

#### 1.3.1 系统构成

道口“激光障碍物检测”设备包括激光发射机、激光接收机、控制主机三部分。该系统属于主动式报警检测系统。在警戒区域内安装有激光发射器和接收器，它们收发激光的结果就会在防范区域内形成了一个激光围栏。发射机可向数米至百米远的接收机发射出平行的

不可见激光光束，接收机在接收到激光信号后就与发射机形成了一个完整的光通路，当有入侵物进入防范区域时，就会阻断光通路内的激光接收，由控制主机发出声光报警和控制动作，并通过RS232或RS485方式与联锁系统通讯及终端报警。

#### 1.3.2 系统布置方案

道口激光障碍物检测设备布置如图3所示，对射式激光检测设备放置在公路的两侧，对射光束平行于钢轨，距钢轨中心线2500mm（此距离根据我国铁路建筑物限界为2440mm制定，根据不同国家铁路限界可调整位置），道口铁路两侧各一套激光对射检测设备。

激光对射报警系统检测范围为铁路建筑限界以内，检测到限界内有障碍物时发出报警提示。激光对射检测设备安装距地面700mm，该距离可避开一些体型较小的动物引起设备误报警。

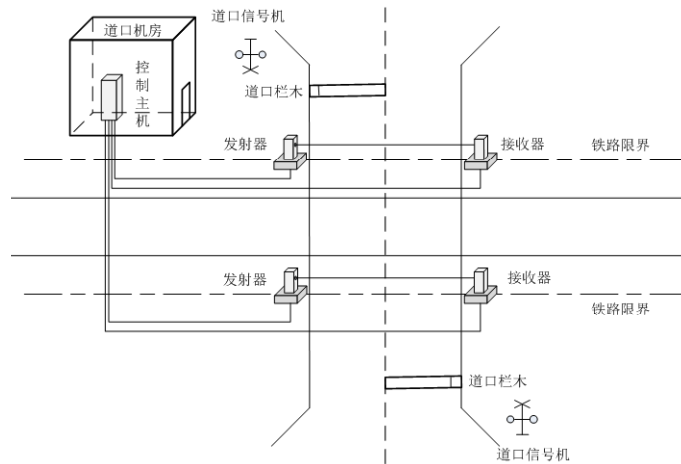


图3 道口激光障碍物检测设备布置图

#### 1.3.3 工作原理

激光对射报警系统以激光传感器为条件，通过控制主机判断给出报警信息。激光对射报警为不间断检测，栏木升起道口开放状态下，有物体遮挡检测光束时控制主机不报警；栏木落下道口关闭时，有障碍物遮挡检测光束一段时间时控制主机给出报警信息，因此控制主机需一组栏木落下接点作为控制主机判断报警的条件，为保障安全需使用，道口两个栏木的并联接点保证任何一个栏木落下障碍物检测系统都能报警<sup>[4]</sup>。

光束遮挡延时时间设定：以我国道口为例，按最大车长、最慢车速计算（我国要求非机动车辆通过道口规定最低速度为5m/s，非机动车最大车长按7m），遮挡光束的最长时间约为6s。因此设定检测光束持续被遮挡6s后控制主机会向联锁系统给出报警信息。光束延时时间可根据不同国家地区要求不同具体计算。

激光对射报警系统检测范围为铁路建筑限界内，在道口关闭状态下有障碍物进入道口限界内时，激光光束被阻挡，接收器接收不到信号，控制器判断后给出报警信息。

## 2 各道口障碍物检测方法的优缺点

### 2.1 道口视频障碍物检测系统

采用视频图像处理检测方式，检测面积大，无需更多传感器和外围电路，稳定性较高，具有可视化、图像化，信号清晰明了，便于判别等特点。缺点是系统成本高，安装难度大，且不易维护。

### 2.2 道口超声波障碍物检测系统

采用超声波传感器检测方式，设备能耗低，维护方便，系统成本低。超声波传感器的可靠性极高，通过加速寿命试验，其寿命相当于17年以上。同时，对超声波传感器及内部电路可实施各种故障诊断，可输出故障信息及时

维修。由于使用特定的算法实时确定车辆和路面反射时间间隔范围,对于安装高度差异或者室外气温变化及积雪等引起路面高度的变化,均能实现自适应探测。

### 2.3 道口激光障碍物检测系统

激光光束发散角小,方向性好,光束集中,功率密度大,光线穿透力强,不受太阳光、灯光、雨、雾、雪、沙尘、电磁、雷电、电波等干扰,环境适应性较强。激光光束相较于传统红外线光束,功率密度远高于后者。因此,作为一种对射的光源,探测监控范围可以无限扩展,无限串接使用,激光具有无比的优越性。并且激光式检测设备简单、维修调整方便,性能稳定。

### 3 结论

通过以上对三种障碍物检测系统的介绍,我们不难发现,视频式障碍物检测系统可适用于人流量大、车辆通行量大的复杂路段,特别是城市区域内,可以尽最大程度的保证行车安全。超声波式障碍物检测系统可适用于人流量较少、车辆通行量一般的路段,如城市郊区、村镇等位置,功耗低,稳定性高,也大大降低维护运营成本。激光式障碍物检测系统,可以用于通行条件单

一,外部影响较小的路段,如场区、场站内等功能区域内的道口位置,可利用激光探测的精准性进行判定。

随着我国经济建设的迅猛发展,人民的物质生活越来越丰富多彩,人员流动、出行旅游、异地出行等等,均致使铁路道口交通量、人流量的迅猛增加,也使得铁路道口的安全问题日益突出,险象环生,时有铁路道口事故见诸报端,对铁路运输和人民群众的生产生活造成很大的影响。根据本文的讨论,根据道口情况增设适当的障碍物检测系统,可以大大降低事故的发生概率,可提高铁路道口的安全性,人民生命及财产安全也得以保障。

### 参考文献

- [1] 杨冰梅,薛骏,王黎,高晓蓉.铁路道口预警与防护系统综述[J].铁道技术监督,2007(11): 28-32.
- [2] 李玲桂.国外平交道口的安全措施[J].世界铁路,2005,(02):22-23.
- [3] GB 10494-2018 铁路区间道口信号设备技术条件[S] 北京:中国标准出版社,2019.
- [4] TB 10070-2000 铁路区间道口信号设计规范[S] 北京:中国标准出版社,2001.