

铁路道口预警与防护系统综述

杨冰梅, 薛 骏, 王 黎, 高晓蓉

(西南交通大学光电工程研究所, 四川 成都 610031)

摘 要: 铁路道口一直都是铁路安全的薄弱环节, 事故频发, 威胁着人们生命财产的安全。铁路道口预警与防护系统的出现为保障道口附近的安全提供了一种方法, 达到了减员增效的目的。文章介绍了 6 种具体的道口预警与防护设备, 简述了相关的检测原理; 同时介绍 1 个系统的 4 个重要组成部分, 各部分涉及的检测方式及其工作原理, 并对各方式进行了优缺点比较。

关键词: 铁路道口; 预警; 防护; 综述

中图分类号: U213.82 文献标识码: C 文章编号: 1006-9178(2007)11-0028-05

Abstract: Railway crossing is always one of the weakest links in railway safety. Frequent crossing accidents directly menace people's lives and properties. The emerging of railway crossing alarming and protection system presents an approach for protecting the railway crossing safety, and achieves the goals of reducing employees and improving efficiency. This paper introduces six types of railway crossing alarming and protection equipments, briefly expounds the work principles of related systems. The paper also introduces four important parts of one system, expounds the detecting method and work principle of each part respectively, and compares the advantage and disadvantage of each detecting method.

Key words: Railway Crossing; Alarming; Protecting; Review

1 前言

在我国, 无论是客运还是货运, 铁路运输均占有举足轻重的地位。目前铁路还无法做到全封闭运行, 必须每隔一段距离设置道口以便供行人或车辆通行, 而在我国 2 万余处的道口中, 80% 还处于无人看守状态^[1], 另一小部分道口虽安排了专人看守, 但不论是有人或无人值守, 都时常会发生行人随意穿越道口或过往车辆抢行穿越道口造成的交通事故, 导致人员伤亡和财产重大损失, 严重影响了正常的铁路运输。因此, 如果在道口设置必要的防护设备, 当检测到列车即将经过道口时及时发出警报, 及早提醒过往车辆和行人注意避让, 同时也提醒道口值班人员注意作好监护工作, 这样就能有效地避免交通事故的发生。

2 我国铁路道口预警与防护现状

由于目前技术的局限性和行人自身因素等现实

问题, 还无法实现铁路道口的完全自动化管理(即不需专门配备人员看守, 仅靠在道口周边地区安装预警防护设备, 实现自动报警)。即使在有人看守的道口, 也常发生事故, 无人看守道口的隐患可想而知。通过实地考察某些道口发现, 所应用的预警防护设备比较简陋, 安全系数不高, 同时目前全国还尚有 91% 的无人看守道口没有实行监护管理^[1]。

3 铁路道口预警与防护系统

3.1 正在应用的系统设备

DX3 型道口信号设备: 该系统为接近点式报警装置。采用继电器控制方式, 利用远端或近端闭路控制器来控制继电器的工作状态, 实现报警和解除报警。所有电子器件和电路都符合故障—安全原则。

3.2 尚处于研究阶段的系统设备

3.2.1 接近点式

该方式一般设立几个采集列车运行状态的定点, 将采集到的各点信息用电缆等送回控制中心, 再经逻辑控制电路构成道口自动预警与防护系统^[2]。

(1) 基于 DSP 和以太网的铁路道口监测系统^[3]

该系统框图见图 1。它以 TI 公司的 TMS320F2406

收稿日期: 2007-09-08

作者简介: 杨冰梅, 硕士研究生; 薛 骏, 硕士研究生; 王 黎, 教授; 高晓蓉, 教授

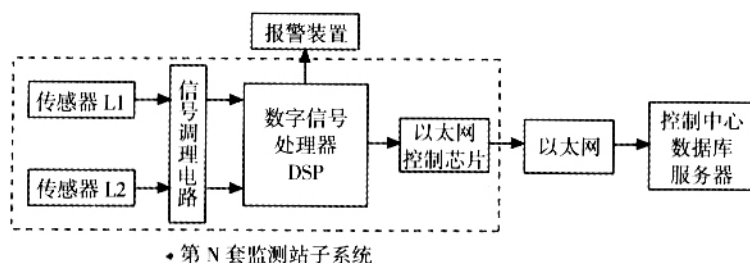


图 1 系统框图(包含一套子系统)

和 10Mbps 以太网控制芯片 RTL8019AS 为核心部件。由监控中心子系统和分布在道口附近的多个监测站子系统构成。一个监测站子系统通过 2 个速度传感器获取列车运行状态的信息，传感器输出的冲击信号经过信号调理电路进行滤波和平滑后输入至 DSP 芯片进行处理以判断列车运行方向、当前列车速度、车厢长度的信息，从而根据情况对报警信号进行控制，同时再通过以太网控制芯片实现网络传输。1 个监测站子系统可完成对 1 条铁道上运行车辆的监控，监控中心子系统通过以太网接收各个监测站子系统的列车状态信息，并可对数据进行管理。系统实现了全面自动化监控，具有数字化及信息化的特点。系统内各子系统间相互独立，互不影响，并可实现“即插即用”，有利于系统各部分的扩充与维修。

还有一些装置与上述设备采用了相似的检测原理，但使用了不同的传感器检测列车信息（如方向传感器、磁钢传感器、磁电传感器等），信号采集器检测传感器发出的信号，经信号处理器处理，进入报警状态，通过报警信号驱动电路向信号机或喇叭等设备发出报警信号，或通过电机控制栏木落下，若在夜间还可打开照明灯。列车驶出道口一定距离时，主机接受止警传感器信号，解除报警状态。

(2) 基于嵌入式系统的铁路道口报警系统^[4]

该道口报警控制设备引入了嵌入式系统，在平交道口铁路的上、下行方向各设置 4 个磁性踏板开关，当列车通过 3 个接近磁性踏板开关时，只有当 2 个或 2 个以上的开关动作时才确定列车到达，此时系统开始统计进入道口的列车轴对数。当列车通过出清磁性踏板时也同样统计列车轴对数，如列车出清计轴停止并与进入道口时统计的轴对数相等时才认为列车出清。列车到达时系统可进行报警以提醒道口周边人员，列车出清后报警停止。同时系统可对各部件故障进行监控，当零部件出现故障时，系统可自动给出故障提示。实验数据表明，该系统的特点是

可靠性高、维护方便、通用性强、易于开发，随着网络技术的普及和应用还可以继续开发此系统以实现远程监测和网络传输。

3.2.2 接近连续式

该方式利用轨道电路作为连续采集定点信息报警，依靠已有的有线传输通道传输采集到的信息，再经逻辑控制电路，实现自动预警^[2]。

基于轮轨激励声检测的列车接近报警系统^[5]，系统框图如图 2 所示。该系统是基于共振解调技术的车探测报警仪。共振解调技术能敏感反映车轮轨缝与钢轨踏面接触引起的冲击信息，如此可以在远端进行检测该有规律的冲击信号。系统由声传感器和振动传感器采集来车信号，通过传感器选择器分离出高频及中频振动信号，再分别经过解调器解调后送至单片机进行处理，从而控制声光报警器报警。

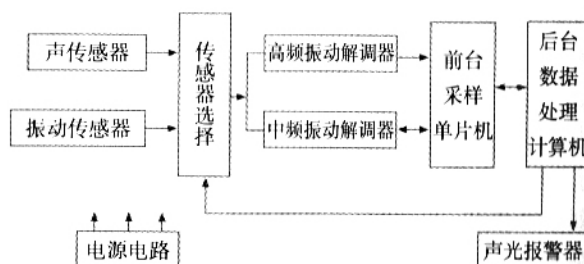


图 2 系统框图

3.2.3 图像监控式

铁路道口图像监控系统^[6]，系统工作原理见图 3，系统框图见图 4。在列车即将到达道口的时间段内启动摄像头，拍摄道口实时情况，并将采集到的视频图像通过 A/D 采样，得到动态序列图像帧，并将这些图像帧送入数据缓存区，随后的图像处理模块对图像帧进行预处理、分析及存储有价值的图像帧，最后

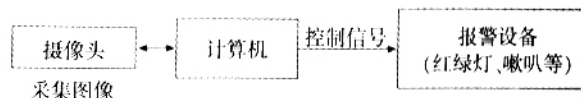


图 3 图像监控式系统工作原理图

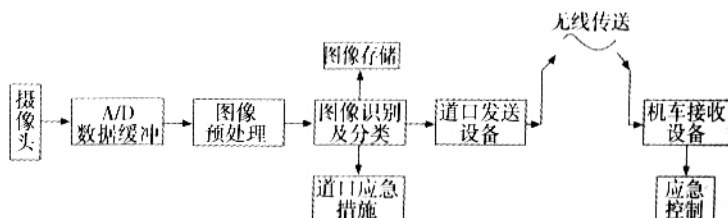


图 4 铁路道口图像监控系统总框图

将图像处理模块的结果用代码的方式通过无线电传给机车的特定接受设备,司机就可以根据接收到的信号代码了解前方道口的情况。该系统可实现自动控制,计算机不仅负责对拍摄到的图像进行分析、识别,同时还管理着整个系统的正常运行。系统具有实时性、精确性和稳定性等特点。

3.2.4 混合式

铁路道口安全微波自动监控系统^[7],见图5、图6。该系统将传感器检测与图像检测相结合。当列车驶进道口前1 500~2 000 m时,通过传感器检测到的列车信号通知道口报警器报警,与此同时开启系统所有设备。这时摄像机信号通过微波图像发射机、功率分配器及定向天线向空间发射微波信号,车载微波图像接收机则接收此图像信号,供司机及时了解道口情况,以便及时采取减速、刹车等措施,这样便提高了系统的安全系数。经过实际测试,该系统设备体积小,功耗低,抗干扰能力好,图像传输效果好,可靠性较高。

3.3 系统各部分检测方式

3.3.1 来车信号检测方式

3.3.1.1 功能

有效检测远处来车情况,并将所检测信号传递给系统后续设备,以便及时采取相应措施提醒行人、车辆避让,避免事故的发生。

3.3.1.2 分类及工作原理

(1) 传感器

声波传感器:测量钢轨中固体声变化来预报运行列车到达与否。

磁传感器:当火车在钢轨上行驶时,车轮在水平方向切割磁力线,引起感应线圈磁通量的变化,感应线圈产生感生电动势,当有一列火车驶过时,则该传感器将感应输出一串电脉冲,以此来确定列车的到达。

光纤传感器等。

(2) 无线电技术:利用同频率的无线电发射器和接收器在其有效的工作半径内可以相互感知的原

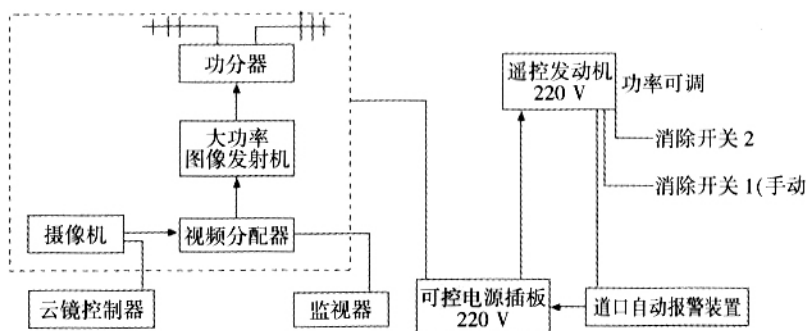


图5 道口房设备结构图

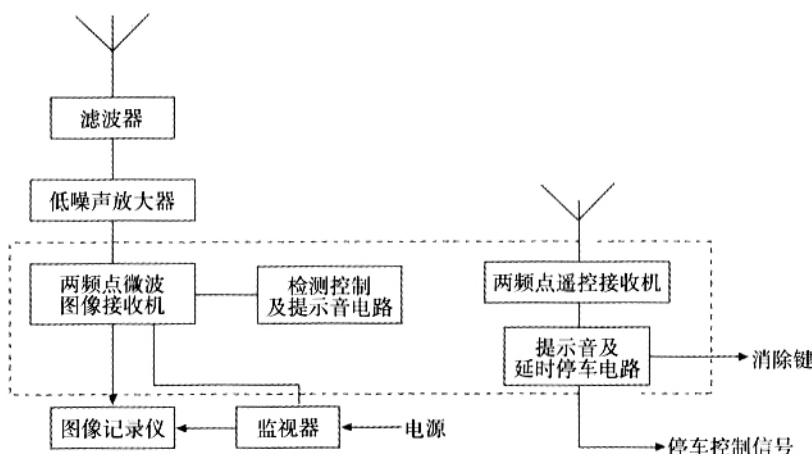


图6 有遥控接收车载设备结构图

理检测来车情况。

(3) 视频技术(摄像头):利用所拍摄的视频图像,自动分析。

3.3.1.3 优缺点对比(见表1)

3.3.2 道口障碍物检测方式^[8]

3.3.2.1 功能

除检测列车情况外,还需检测道口附近区域有无障碍物。当检测到有障碍物时,则使有关信号机和特殊信号发光机动作,同时通知列车司机采取相应措施减速;如无障碍物则可通知列车正常通过。

3.3.2.2 分类及工作原理

(1) 光、电(光、红外线、激光)方式:在道口上布满光束,根据障碍物遮断光束来进行检测。

(2) 环形线圈方式:在道口地面下埋设环形线圈,当汽车等金属物体压在环形线圈上时,环形线圈的电感便发生变化,以此来检测障碍物。

(3) 超声波检测:若反射波返回时与路面门脉冲重合,则表示道口无车辆;若反射波与车辆检测门脉冲重合,则表示道口有车辆;若反射波连续3次以上既未与路面门脉冲重合,也未与车辆检测门脉冲

表 1 来车信号检测方式优缺点对比

检测方式	优点	缺点
声波传感器	灵敏度高、探测距离远,因此可安装于道口附近,便于维修管理;由于靠近道口设备,故采集信号时可用多种传输方式(有线或无线)	需用专用的适合铁轨振动频率的固体传声器,其对传感器精度,抗震器要求较高
磁传感器	对传感器精度要求相对较低;价格相对较低;可采用无线电传输	由于安装位置位于轮轨之下,机车高速多次作用于传感器,可能导致失灵,因此需要定期进行检修;若采用有线传输方式可靠性不高,易被破坏
光纤传感器	对电、磁及其它辐射的抗干扰性好;细、轻,能量损失少,因此在较恶劣的环境下也可正常工作	安装位置一般位于作业区外适当的距离,因此较不便于管理及维修;若采用有线传输采集信号,可靠性不高,易被破坏
无线电技术	发射器及接收器体积可实现小型化,便于工作人员随身携带,有利于维修与管理;同时采用无线电传输方式	应避免周围环境对信号传输的干扰,以免造成不必要的误报警与错报警
视频技术	采用模式识别和图像处理技术,方式先进,备受国内外高科技部门关注;研发成功后稳定性较高,无需更多传感器和外围电路,还可配合养路人员监管铁路,协助铁路其他设施的监管和维护	目前尚在研究阶段,可靠性还无法实现 100%;地处偏远地段的道口不宜使用视频检测模式,否则会造成财力物力的浪费

重合,则按道口内有车辆处理。

葫芦方式;

入/出检查方式。

(4) 图像检测:利用拍摄的视频图像,采用模式识别和图像处理技术,识别图像中的行人或车辆。

3.3.2.3 优缺点对比(见表 2)

3.3.3 报警与保护方式

3.3.3.1 功能

当有列车驶来时,通过放下栏木或打闪光灯等方式,提醒或阻止道口附近的行人或车辆通过道口,一般道口均采取组合方式。

3.3.3.2 分类及原理

(1) 道口栏木

手拉杆:利用力矩平衡的原理,通过道口人员手操作栏杆,使栏杆升起或落下。

液压栏木道口:电源通过电气控制系统传送电流给单向电动机,电动机得电工作,使得油泵运转从油箱抽油,形成压力油,压力油经过滤网过滤进入油路,压力油通过单向阀、电磁阀进入油缸的前腔或后腔,油缸在压力油的作用下进行动作,从而带动屈

表 2 道口障碍物检测方式优缺点对比

检测方式	优点	缺点
光、电方式	检测原理简单,便于安装、维修	下雪、下雾时,有可能使红外线光束的衰减量很大,导致误判;安装位置在钢轨间,故使用除雪机的线路不便使用;需要花较多时间养护
环形线圈方式	可在积雪区使用,信号受汽车影响的变化很小,原理设计简单,便于开发	易受气温和湿度的影响;安装位置一般为地下,需将路面挖开施工,故安装和维修保养的工程费用较高
超声波方式	是一种全天候的障碍物检测方式(曾在日本北海道的多雪地区使用)	由于在道口需安装多个发射与接收器,故容易受到人为破坏;由于采用组件较多,容易发生误判;维修与保养时间和经费较高
图像处理方式	方式先进,备受国内外关注;适合于人流量大的道口精确检测,工作性能稳定,便于维修和及时发现故障;具备第二功能(资料记录,如:事故查询;违章查处,如:与交管部门合作)	目前识别算法及并行处理的高速化问题还尚在研究当中,可靠性尚未证明可达 100%;地处偏远地段的道口不宜使用视频检测模式,否则会造成财力物力的浪费

备注:在寒冷多雪的地区,不宜使用光电式;相比较而言,超声波对障碍物进行检测的方式适用范围较广,图像处理是发展方向。

臂轴,使得道口杆升起或落下(见图 7)。

电动栏木:用直流电动机启动,用减速机减速,利用连杆传动代替液压传动(见图 8)。

(2) 缺口防护板:列车驶过道口时,一块长方形的金属板自动从表层马路中伸出,朝着要进入铁路道口的来车方向与地面呈小于 90°的夹角。列车通过,禁行指示灯灭后,金属板便自动进入表层马路,从而保持路面平整。

(3) 防护闪光灯。

(4) 语音报警。

3.3.3.3 优缺点对比(见表 3)

3.3.4 信息传输方式

3.3.4.1 功能

将检测到的来车信号传至控制室,以便在道口处采取必要的保护、报警措施,同时将道口及系统工作情况回传至列车,使机车司机可实时了解道口情况,从而做出有效及时的操作,确保人身、车辆的安全,可实现整个系统的闭环运行。

3.3.4.2 分类

(1) 铁轨;(2) 电缆、光缆;(3) 无线电。

3.3.4.3 优缺点对比(见表 4)

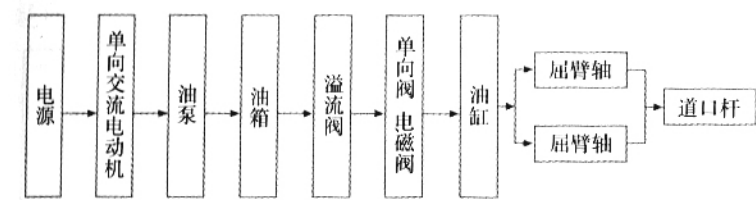


图 7 液压装置栏木传动装置图

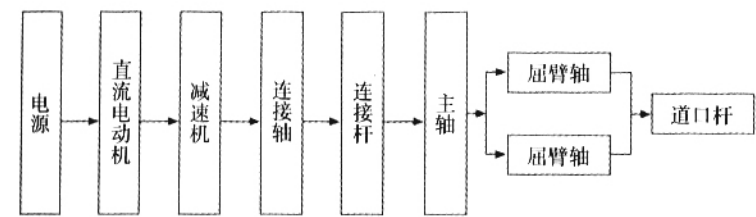


图 8 电动栏木机械传动装置图

表 3 报警与保护方式优缺点对比

检测方式	优点	缺点
道口栏木	绝大多数道口均采用了该方式，可较为有效地阻挡行人、车辆通过；电动栏木所需费用较低，且维修简单	手拉栏木因需人工操作，所以在目前已不常使用；液压栏木存在机械损失，设备中液体可能外泄，装置对油温和载荷的变化较敏感
缺口防护板	该方法设计新颖，能更有效阻止抢行车辆进入道口，也可使困在道口内的车辆及时驶出，莫斯科道口已有使用，目前我国也有所采用	由于防护板需嵌入路面内，故需破坏路面进行施工
防护闪光灯	国内道口使用较多的报警方式，设备安装方便，可昼夜使用	部分器件存在稳定性差、显示效果不理想、功能不完善及维修困难的问题，还需进一步加以改善
语音报警	较为常见的报警方式，能较为有效地提醒过往行人、车辆注意安全	不宜在夜间使用，尤其是在民宅密集度较高的地区，否则会影响道口附近居民的日常生活，建议与其它报警方式（如信号灯）结合使用。

表 4 信息传输方式优缺点对比

检测方式	优点	缺点
铁轨	施工简单，所需费用少	存在传送与接收设备在不同信号区段的接收问题、设备可靠性问题
电缆、光缆	目前 DX3 型铁路道口报警设备采用该方式，可利用铁路沿线已有电缆、光缆	如另需铺设电缆或光缆时，施工工作量较大，费用较高，且设备需人员看守和管理，因此不适宜用在无人看守及地处偏僻地区的道口
无线电	设备无需人员看守，可降低系统建造成本	要求较好的抗干扰性，同时不适合信号的远距离传输，对设备正常工作的温度也有一定要求

4 结语

在铁路道口事故频发的情况下，道口预警与防护系统是以改进道口安全系数、提高列车运行效率为目标的。通过安装这些设备，可较有效地解决某些无人看守道口列车接近时的自动报警，大大提高此类道口的安全性。

我国目前研究的主要方向趋向于传感器检测来车信号，并通过微机对信号进行处理，从而控制相应电路报警的方式；国外如德国、日本，利用视频技术进行道口预警与防护的方式日益受到关注，是一种

主流的研究方向，此类设备的优点在于将采集到的信号全部数字化，采用计算机数字图像处理技术对拍摄图像进行分析处理，识别出来车及道口障碍物信息，自动做出相应控制动作，同时计算机对整个系统进行全面控制，实现智能化。因此，利用视频技术进行道口管理有很好的市场前景，是一种高科技且有效的道口预警、防护方式，但就目前研究程度而言，系统的稳定性及可靠性还有待进一步提高，因此，无论在国外还是在国内，该项技术都尚在改进、完善的实验阶段。

对于系统中各部分究竟采用何种方式完成检测，应根据具体情况具体分析（例如资金多少、道口环境、当地气候条件等），有时可以通过几种方式相结合来增加系统的可靠性，保证道口安全。

参考文献：

[1] 刘秀娟, 严龙春, 赵鹏. 我国无人看守道口分级管理的研究[J]. 北方交通大学学报, 1996, 20(6): 666- 671.

[2] 贾胜峰, 丁滨. 铁路道口智能控制的研究[J]. 中国铁路, 2005, (7): 51- 53.

[3] 马增强, 燕延, 尹士闪. 基于 DSP 和以太网的铁路道口监测系统[J]. 微计算机信息, 2005, 21(7- 2): 140- 141.

[4] 高俊华. 嵌入式系统在铁路道口报警系统中的应用 [J]. 微计算机信息, 2006, 22(2- 2): 64- 66.

[5] 杨清雷. 基于轨枕激励声检测的列车接近报警系统研究. 中国海洋大学, 2005, (7).

[6] 崔琳莉. 铁路道口图像监控系统. 电子科技大学, 2004, (3).

[7] 王峰, 李建华. 铁路道口安全微波自动监控系统的研究[J]. 运输管理自动化, 25(1).

[8] 刘庚权译. 日本铁路道口障碍物检测装置的发展 [J]. RRR, 1991, (8): 9- 14.