

在建铁路临时道口的智能防控系统论述

贾运海 殷怀东 廖玉仓
甘肃建投交通建设有限公司
DOI:10.12238/btr.v7i3.4393

[摘要] 铁路在进行铺架作业过程中,当其他工程施工不可避免地需要在已铺轨线路上设置临时道口以满足交叉通行的需求时,铁路临时道口就成为安全管理的重要难点之一。通过对铁路临时道口进行安全影响因素分析,并基于现代成熟的远距离无线遥控、智能编程等自动化系统,旨在建立一种构造简单、操作性强、经济适用、性能稳定的铁路临时道口智能防控系统。结合该系统现场测试模拟,对列车趋近于临近道口的制动距离进行优化,进一步改善列车通过道口的安全容许边界,从而加快列车通过时间,有效降低各个交叉车辆的通行安全隐患,提升各方车辆的通行效率,实现在道口管理期间的降本增效。

[关键词] 道口; 智能系统; 制动距离; 安全

中图分类号: TE833 **文献标识码:** A

Discussion on intelligent prevention and control system of temporary railway crossing under construction

Yunhai Jia Huaidong Yin Yucang Liao

Gansu Construction and Investment Transportation Construction Co., LTD

[Abstract] In the process of railway laying operation, when other engineering construction inevitably needs to set temporary crossings on the laid rail lines to meet the needs of crossing traffic, temporary railway crossings have become one of the important and difficult points in safety management. Based on the analysis of the factors affecting the safety of the temporary railway crossing, and on the basis of the modern and mature remote wireless remote control, intelligent programming and other automation systems, this paper aims to establish a simple structure, strong operability, economic applicability and stable performance of the temporary railway crossing intelligent prevention and control system. Combined with the field test simulation of the system, the braking distance of the train approaching the adjacent crossing is optimized to further improve the safety allowable boundary of the train passing through the crossing, thus speeding up the train passing time, effectively reducing the safety hazards of each crossing vehicle, improving the traffic efficiency of all vehicles, and achieving cost reduction and efficiency increase during the crossing management.

[Key words] crossing; intelligent system; braking distance; safety

引言

柳红铁路专用线为单线铁路,正线铺轨全长131.307km,T梁预制与架设282孔,钢轨铺设及梁体架设(简称“铺架”)作业是铁路工程建设期的一个关键工期线路。当前路基及桥涵等线下结构主体已移交作业面且具备铺架作业,铺架作业将立即开始组织施工,此时线下主体虽然已完成,但仍存在一些其他单位工程穿插于线路两侧的施工,如路基附属工程、电力、通信、信息管道工程、房屋建筑工程等,为确保轨道已铺设的地段各方的施工安全及运输通道通畅,施工期间的铁路道口就应运而生。

由于铺架作业一旦开始就会形成一个内部的连续作业循环,过程中铺设道砟、梁体运输及架设、轨排运输及铺设,有砟道床

捣固及整理、混凝土运输及各类铺架工装运输等均需要通过已铺轨道运输至作业地点。这就导致已铺设轨道段落列车频繁经过,且单次运输数量多且自重大,面对道口过往列车的交通干扰,就必然要建立一系列的安全管控措施,进而确保各个车辆通行安全可控。

一般情况下列车通行应优先于其他车辆,这就要求在道口两侧做好道口安全设施设备^①及预警措施,过往车辆能受到管控并提前注意列车是否通过;当过往车辆由于特殊情况在列车即将到达道口时仍停留在道口以内时,为确保人身安全及减少财产损失,则铁路列车需要在安全制动距离外进行及时制动,避免碰撞造成伤人及列车出轨等情形发生;随着铺架线路变长,

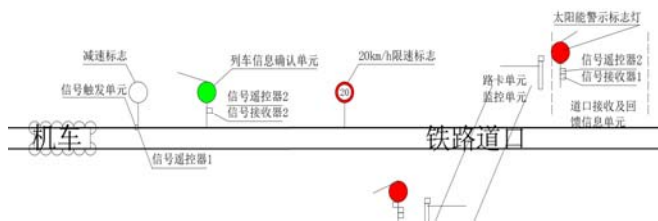
临时道口的增多,必然要增加充分的安全保护手段以及强化监管措施。基于以上安全需求,将对应地进行道口安全防护体系建立。

1 临时道口防控体系分析

1.1 临时道口的两道防线

首先,道口的防护主要采用设置路卡的形式,常规情况下由值守人员进行道口安全确认并对过往车辆放行。此方式受防护人员作息时间制约,且在沙尘及大雨等恶劣天气下对线路的安全确认将受人为的惰性降低确认条件,从而安全风险显著提升。另外正常情况下每个道口需要设置道口看守人员,并需配备值守岗亭,则道口的防护成本提升。综合以上因素,从安全角度出发,应设置自动化代替人为作业,减少安全风险;从成本考虑应该对标采用自动化是否能够降低防护成本。当以上指标均得到提升后,实施智能防控体系就显得必要且必须。

其次,列车通过路口时提前减速慢行是避免与交叉通行的车辆发生相撞的第二道重要保障。不管是人为的道口防护,还是智能的道口防护都有小概率出现问题,因此列车在道口低速行驶就成为避免发生事故的补救措施。但是人为的道口防护从收到指令开始到完成路卡关闭这一过程有较长的耗时,而智能道口防护几乎是瞬发的,这在很大程度上节约了列车穿过道口的时间。同时为更加精确地进行列车速度管控,通过计算分析及模拟试验可确认更加准确的低速区间,加快列车在临时道口通过的速度,间接提升铺架作业的效率。



1.2 模型建立

铁路临时道口的智能防控系统②主要由列车警示及信号触发单元,道口接收及回馈信息单元,路卡单元、监控单元,列车信息确认单元。其工作原理为当列车到达道口前方既定距离时,钢轨受震动影响产生局部的高分贝噪音,将触发工作发射信号;接收及回馈信息单元收到信号指令后,一是向路卡单元发送路卡关闭的指令,此时路卡处为关闭状态禁止车辆通行(可辅以语音播报提示、警示灯红灯提示等),二是向列车信息确认单元发送信息,列车信息确认单元可通过灯光信号向列车反馈道口设备是否正常启动工作,从而确认通行条件,则完成了一个控制回路,列车顺利通过;此外监控单元则辅助对道口行车进行监控记录,避免违法现象的发生。

1.3 制动距离模拟试验分析

以在建柳红铁路专用线为例,施工期间列车常规运行速度最大不超过60km/h,最大坡度12%。为确保道口行车安全,在道口通过前后将进行低速运行,列车采用高摩合成闸瓦制动,技规③当制动距离固定为800m时,列车制动限速受每百吨列车质量

换算闸瓦压力及下坡道限制。

据此可通过匀减速运动计算出制动减速度: $a=V^2/2S=V^2/1600$; 则当闸瓦压力一定时,有效制动距离: $S=V^2/2a$ 。

通过查阅资料文献进行对比,总制动距离关系如下表:

序号	监测速度 v_t	附加因素	初始速度 v_0	减速度 a	制动距离 S_b	空走距离 S_k	总距离 S_t	备注
1	60km/h	/			/	/	234m	制动距离参考文献 ^④
2	40km/h	/			/	/	110.7m	
3	20km/h	/			/	/	32.5m	
4	60km/h	闸瓦压力 $P=200KN$ 坡度 $i=12\%$	95km/h	0.44 m/s^2	319.1m	16.7m	335.8m	常规 ^⑤ : 空走距离 $S_k=v_t t_c/3.6$,其中 t_c 近似取 3.6。
5	40km/h				141.8m	11.1m	152.9m	
6	20km/h				35.5m	5.6m	41.1m	
7	60km/h	闸瓦压力 $P=180KN$ 坡度 $i=8\%$	91km/h	0.40 m/s^2	347.8m	16.7m	364.5m	
8	40km/h				154.6m	11.1m	165.7m	
9	20km/h				38.6m	5.6m	44.2m	
10	60km/h	闸瓦压力 $P=160KN$ 坡度 $i=0\%$	94km/h	0.43 m/s^2	325.9m	16.7m	342.6m	
11	40km/h				144.9m	11.1m	156m	
12	20km/h				36.2m	5.6m	41.8m	

现场进行模拟实测连挂轴重21t列车12节,并负荷最大载重600t,(最大单车自重+载重<95t,平均71t)的情况下,列车在不同工况及闸瓦压力下的制动距离,总体较以上计算距离略短,由此可通过以上制动距离进一步对道口通行速度进行优化,从而节约列车通过道口的时间。

1.4 列车分段降速设置

根据紧急制动拟设置三档速度区间,且采用机车匀速制动。考虑下坡段、顺风等不利影响统一设置安全系数为1.2时,第一档由常规运行速度最大60km/h降低为40km/h,参考闸瓦压力 $P=160KN$,坡度 $i=0\%$ 时 $S=(S_{210}-S_{e11}) * 1.2=237m$,取整降速区间为240m;第二档由40km/h降低为20km/h, $S=(S_{210}-S_{e11}) * 1.2=143.76m$,取整降速区间为150m;第三档由列车20km/h匀速行驶, $S=41.8 * 1.2=50m$ 。则列车通过道口最小总减速距离=440m。

实际上列车为能够充分节约机车制动能力,同时为降低紧急制动对轨道及列车带来的剧烈磨损及损坏,可提前进行无动力行驶,则当列车提前降速至标准速度20km/h,并匀速通过列车的通行区间时得到 $t_{max}=79.2s$ 。

据此当列车触发防护体系单元后,该系统考虑延时90s能完全保障列车通过,并给予道口交叉通行车辆明确的等待提示信息。

2 临时道口的安全风险评价

以在建柳红铁路专用线为例,对比常规的人员防护,通过LECD法进行道口安全风险等级评估:

2.1 事故发生的可能性(L)

常规的人员防护会发生偶然的违规现象,或人员值守时间范围外大概率出现车辆私自通行的情况,单列车通过可能性较小,有可能导致通行列车发生紧急制动的事故,极少可能造成碰撞事故。综合以上原因取 $L=3$ 。

智能防控系统防护各类设备是一个连续的回路,就整体系统而言,在安装前期会进行大量的辅人员的实测,并进行调试

良好,实际发生机械故障的概率很小。且该系统发生故障后容易被列车员发现,可进行整模块单元替代完成快速修复。综合以上原因取 $L=1$ 。

2.2 暴露于危险环境的频繁程度(E)

常规的人员防护值守时间范围外大概率出现车辆私自通行的情况,但此时间段列车通行的概率小;小概率出现恶劣天气等原因造成通行列车视线不佳,防护人员操作违规等情况;以上因素判定导致危险环境暴露的程度为偶然,取 $E=3$ 。

智能防控系统防护可全天候有效进行防护,当系统出现故障,则会导致防护失效;对此应在设备安装初期,有专人对设备的运转情况进行监测统计,确认设备运行良好,后期出现故障的概率极小,判定导致危险环境暴露的程度为极少,取 $E=1$ 。

2.3 发生事故产生的后果(C)

当列车降低速度通过道口时事故产生的后果会迅速降低,根据上述计算当列车采用20km/h的速度跨越道口时,制动距离能控制在50m以内就能及时制动,从而避免出现碰撞事故;极端状态下,当车辆操作不当,未及时制动或刹车故障出现撞击也不会出现重伤或死亡,综合判定发生事故产生的后果,取 $E=7$ 。

2.4 风险等级判定及评价(D)

常规的人员防护值守模式: $D=L \times E \times C=63$;

智能防控系统防护模式: $D=L \times E \times C=7$ 。

两种防护方式经评估均为低风险等级,但对比而言智能防控系统更加安全可靠。

3 临时道口智能系统应用说明

本系统构造简单、操作性强的特性主要体现在组装材料常规、普遍,能够实现市场采购,自主化选择、模块化组装,关键是通过无线遥控^⑥及串联各个装置形成一个自动化的回路即可。其中,警示及信号触发单元重点在于选取一种可靠的触发装置(如声控开关)与无线遥控开关进行并联,通过远距离遥控道口的模块使其开始运行;道口接收及回馈信息单元,重点在于通过遥控接收器连通电源,并进行一定的延时(根据以上计算一般设置90s即可,可根据实际情况增减),使其开始向路卡单元的警示灯、路卡及语音播报等同步供电,则警示灯由无电模式变为红色,路卡接通电源栏杆下放,语音播报接通电源开始播报;同时在警示灯上串联遥控器,当电路连通,该遥控器向信号接收模块发送指令;信号接收模块处设置警示灯,接收指令后电路连通显示绿灯,无信号时电路断开;监控单元可参考行车记录仪,始终与电源连接,长期处于工作状态;当列车经过,且延时开关及时结束

后,系统自动断电,此时栏杆收回,信号灯关闭。

关于系统性能方面则需要自行进行测试,造成系统故障的原因主要有环境天气及井身质量方面的缺陷,从而回路无法实现。因此一是要考虑在安装过程中回路的安装固定牢固,线路连接可靠;二是要在安装后专人进行人为干涉试验,完成对系统故障率测试,确保系统的反复工作性能满足要求;三是做好日常的巡检,尤其在安装前期,应设置专人进行系统运行监督及评估,并做好备品备件准备,一旦出现模块故障方便及时更换。

4 结语

当今社会工业化进程持续快速推进,我们正在经历着智能化、机械化的洗礼,党的二十大报告中总结提炼的“六个坚持”其中之一便是坚持守正创新,在此之前《论述摘编》^⑦中也提到创新是引领发展的第一动力。面对大量单一且重复的工作,单纯的人力劳动创造的经济价值始终有限,而劳动力的短缺正在迫使人工成本的不断增加。作为工程人,应积极主动地进行创新思维,敢于围绕企业的安全、效益、质量进行高效化生产的探索,从工程实际出发谋实效求突破,即便诸如临时道口智能防护系统这种微小的思路,但是只要有利于项目的建设,积少成多,必将为企业的前进增添一份强大的活力!

[参考文献]

[1]铁路专用线道口安全管理技术规范.2021年11号公告,DB-43/T2053-2021.

[2]黄洪辉.铁路道口警示监控系统的应用[J].铁路通信信号工程技术,2011,8(6):66-68,78.

[3]保鲁昆,孙玉明.《铁路技术管理规程》定量分析研究[J].中国铁路,2019,(6):66-70.

[4]陈兴杰,尧辉明,王华.城市轨道交通救援连挂列车的制动距离计算及临界速度研究[J].城市轨道交通研究,2014,17(9):75-78.

[5]中华人民共和国铁道行业标准.列车牵引计算第1部分:机车牵引式列车:TB/T1407.1-2018.北京:中国铁道出版社,2018.

[6]罗宇峰.基于嵌入式系统的通用工业遥控器设计[D].电子科技大学,2018.

[7]习近平关于科技创新论述摘编[D].共产党员网.2022.

作者简介:

贾运海(1987--),男,汉族,河北武强人,本科,研究方向:铁道工程。