

信息技术与系统

一种基于铁路调车防护系统的列车运行监控装置 自动开车对标的方法

翁建辉¹, 耿联兵¹, 陈欣², 董潭洲²

(1. 中国铁路南昌局集团有限公司, 江西 南昌 330002; 2. 湖南中车时代通信信号有限公司, 湖南 长沙 410005)

摘要: 在 CTCS-0 区段始发站发车时, 司机通过列车运行监控装置 (简称“LKJ”) 设定参数后, 若提前或滞后操作开车对标, 会导致 LKJ 显示距离与实际距离存在误差, 使列车存在信号冒进、运行超速等风险, 严重影响列车运行的安全。为此, 文章提出一种基于铁路调车防护系统的自动连锁对标方法, 其利用预先存储的站场图数据并结合站场实时联锁状态和机车位置信息来实现 LKJ 自动开车对标。仿真和现场试验结果表明, 采用该方法后, 对标误差控制在 $\pm 2\%$ 以内, 不仅可有效消除手动对标带来的安全风险, 同时还降低了司机的劳动强度。

关键词: LKJ 装置; 联锁信息; 开车对标; 站场图数据; 信号冒进; 超速

中图分类号: TP311.52 文献标识码: A 文章编号: 2096-5427(2021)02-0076-04
doi:10.13889/j.issn.2096-5427.2021.02.013

A Method of LKJ Automatic Initial Positioning Based on Locomotive Shutting Protection System

WENG Jianhui¹, GENG Lianbing¹, CHEN Xin², DONG Tanzhou²

(1. China Railway Nanchang Bureau Group Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi 330002, China;

2. Hunan CRRC Times Signal & Communication Co., Ltd., Changsha, Hunan 410005, China)

Abstract: At the departure station of CTCS-0 section, after a driver sets parameters through train operation monitoring device (referred to as “LKJ”), if initial positioning is operated ahead of time or behind time, it will lead to an error between LKJ displayed distance and actual distance. The train has the risk of signal overrunning and running overspeed, which seriously affects the safety of train operation. Therefore, this paper proposes an automatic interlocking initial positioning method based on the locomotive shutting protection system, which uses prestored station map data, combined with real-time interlocking status and locomotive position information to realize LKJ automatic initial positioning. Simulation and field test results show that by the proposed method, initial positioning error is controlled within $\pm 2\%$, which not only can effectively eliminate the safety risk brought by manual initial positioning, but also can reduce the labor intensity of driver.

Keywords: LKJ device; interlocking information; initial positioning; station map data; overrunning of signal; overspeed

0 引言

列车运行监控装置 (简称“LKJ”) 是中国铁

路列车运行控制系统 (Chinese train control system, CTCS) 的组成部分, 是用于防止列车冒进信号、运行超速和辅助司机提高操纵能力的重要行车设备。CTCS 根据功能要求和设备配置情况将应用等级分为 0~4 级, 其中 CTCS-0 级由“通用机车信号+LKJ 装置”组成, 适应于列车最高速度为 160 km/h 的运行

收稿日期: 2019-12-05

作者简介: 翁建辉 (1972—), 男, 高级工程师, 主要从事铁路通信信号控制与应用方向研究。

区段。在CTCS-0区段进行始发站发车时，司机通过LKJ装置设定参数后，需要在规定地点进行开车对标操作；开车对标后，LKJ装置监控列车运行，以防止列车出现信号冒进、运行超速等现象。

开车对标手工操作时，需要司机在列车车头越过规定地点的瞬间进行按键操作，对司机操作的精准度要求高。如果司机按键操作滞后，开车对标后LKJ制动曲线的终点则滞后，LKJ装置若按照制动曲线控车，就会存在冒进信号的风险，严重时可能造成列车冲突、脱轨等重大事故。如果司机按键操作提前，开车对标后LKJ制动曲线的终点则超前，将导致LKJ装置计算出的限速值偏低，影响机车运行效率；若该误差值被带入至下一车站的出站信号机中，将会导致机车无法停靠在预期位置。为解决上述问题，本文提出一种利用铁路调车防护系统实现LKJ自动开车对标的方法，其不仅可有效避免因司机提前或滞后操作开车对标带来的安全风险，同时还能降低司机的劳动强度。

1 铁路调车防护系统简介

为加强调车作业管理、减少相关事故发生，提高铁路调车作业效率和技术管理水平，中国铁路南昌局集团有限公司电务部根据铁路调车作业安全管理需求并结合既有技术规范文件要求，提出一种铁路调车防护系统，其综合考虑LKJ及STP信号等现有资源并具备调车作业防护功能。该系统由3部分构成，

即地面控制子系统、车载子系统、地面监测和分析子系统，具体如图1所示。

地面控制子系统由无线信号控制系统、接口服务器和数传电台天线组成。其通过与联锁系统接口，接收车站联锁信息；并通过公网或数传电台，将所接收的信息发送至车载设备。

车载子系统负责接车机车的状态信息的采集和地面控制信息的接收，并根据北斗系统进行机车位置定位，从而实现调车作业和区间作业的安全防护，同时将防护信息在显示器进行显示。

地面监测和分析子系统由监测通信服务器、监测应用服务器和监测数据服务器组成。其通过接收车载子系统发送的数据，实现对地面实时监测、运行数据远程下载、作业过程回放和生成管理报表的功能。

2 利用车站联锁信息实现自动开车对标的方法

本文所提出的自动连锁对标方法，其利用铁路调车防护系统中预先存储的站场图数据并结合站场实时联锁状态和机车位置信息来实现LKJ自动开车对标。预先存储的站场图数据主要涉及与信号机、道岔、轨道区段、限速（股道限速、电控脱轨器等）、停车点（固定脱轨器、一度停车点、禁停区、接触网终点、车挡、站界等）和每个股道的开车对标点位置相关的信息。LKJ自动开车对标功能流程如图2所示。下面

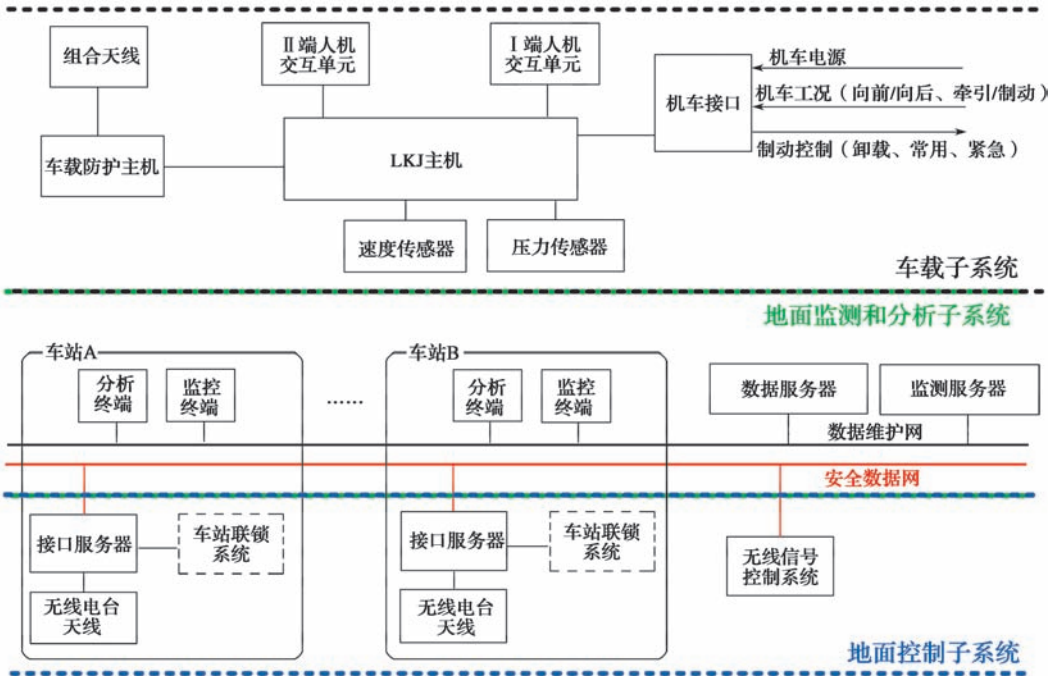


图1 铁路调车防护系统组成
Fig.1 Composition of the locomotive shutting protection system

将介绍该方法的具体实现及异常情况处理。

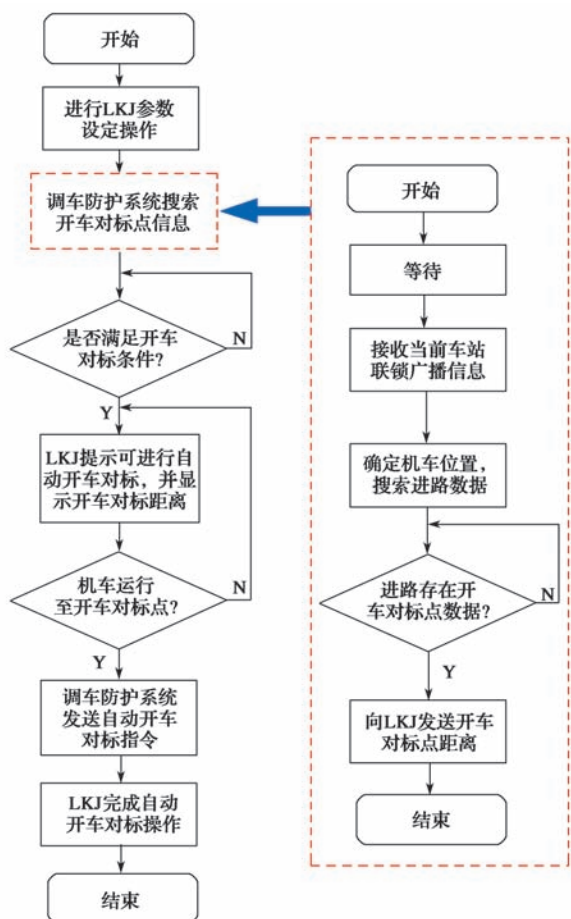


图2 自动开车对标功能流程

Fig. 2 Flow chart of the automatic initial positioning function

2.1 自动连锁对标方法

车载子系统内的车载防护主机,其调防插件与电台插件通过RS232串行接口通信,以实时获取站场联锁广播内容。调防插件获得站场联锁信息后,首先根据站场图数据中的映射规则来获取站场图数据中每个控件对应的状态信息,如信号机的灯显、轨道区段的占用锁闭、道岔的定反位等;然后再根据站场图数据中的控件状态以及控件之间的关联关系并结合通过北斗系统而确定的当前机车位置信息,迅速搜索获得前方列车进路信息,为LKJ自动开车对标功能的实现提供保证。

根据联锁广播信息,可以确定每个道岔的定反状态。站场图数据中保存有各联锁设备的关联关系,当前控件和方向确定后,其下一个控件具有唯一性。调防系统以机车当前位置为起始点,沿机车运行方向,依次搜索每个控件的关联控件,直至搜索到关闭信号(含土挡、站界等固定按关闭信号处理的控件)为止;并将搜索结果依次排列,即可得到机车运行进路数据。

当车站计算机联锁系统办理列车发车进路时,调防系统通过电台接收计算机系统广播的站场联锁信息,根据站场联锁信息中各设备的状态信息和站场图中各数据元素之间的关联关系,搜索到当前发车进路的开车对标点距离,并将包括开车对标点距离信息在内的进路数据发送给LKJ主机;LKJ在设定完成参数设定进入开车对标界面后,LKJ屏幕显示器给出可自动开车对标的相应提示,并实时显示距离开车对标点的距离。列车运行至开车对标点时,调防系统向LKJ装置发送自动开车对标指令,LKJ装置判断当前符合开车对标条件时,自动完成开车对标动作。

若同时满足以下要求,LKJ则判断列车具备开车对标的条件:

- (1) 机车接收到开放的列车信号,或车站办理了路票行车、绿色许可证等特殊揭示;
- (2) 通过LKJ显示器输入正确的交路号、车站号及车次等参数设定信息,显示器界面“开车”灯点亮;
- (3) 列车未处于线路数据终止站。

2.2 系统异常情况处理

利用车站联锁信息实现LKJ自动开车对标时,可能存在获取联锁广播信息失败和保存的站场图数据错误等异常情况。

调车防护系统若获取联锁广播信息失败(站场图数据中电台频点错误、地面联锁设备故障等),调防系统则无法站场联锁状态,无法搜索到自动开车对标点信息。此时,机车虽无法进行自动开车对标,但仍然可以通过手动操作进行正常的开车对标。

调车防护系统中保存的站场图数据若出现错误(出站信号机与侧线股道号映射关系错误、联锁信号设备与实际不匹配等),会导致该系统获取的开车对标点信息错误,但系统却无法判断开车对标点是否错误,因此对于该异常情况,在站场图数据准备阶段即需进行防护。每个站场图数据投入使用前均需与路局的标准站场数据进行比对,同时对每条进路进行模拟行车,使站场图数据中的控件测试覆盖率达到100%,以保证站场图数据的正确性。

3 试验验证

为验证本文所提方法的有效性,根据现场作业场景进行了地面仿真实验以及实车试验。

3.1 地面仿真实验

地面仿真实验时,采用进路模拟软件办理武夷山站X1-S的列车进路。图3示出模拟进路软件界面截图。

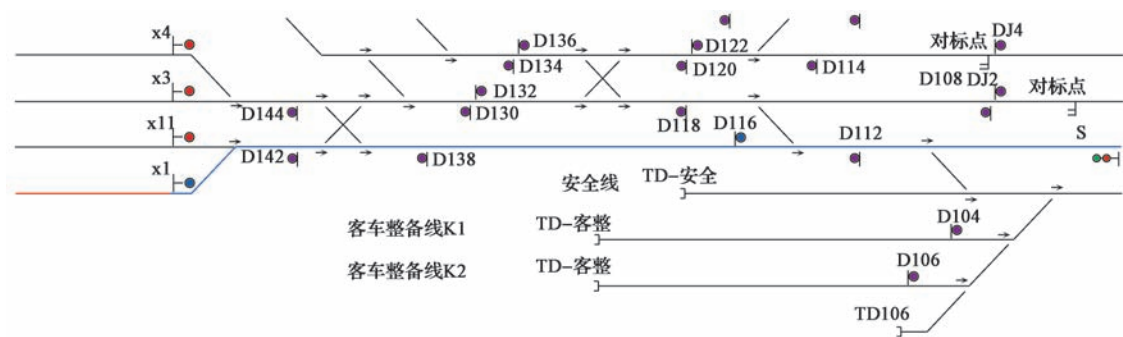


图3 模拟进路软件界面截图

Fig.3 Screen shot of the simulation route software interface

仿真时，首先保持调车状态并在LKJ2000显示器上输入发车参数，即“交路号：5”“车站号：438（武夷山）”“车次：52015”；然后开放出站列车信号（机车信号为UU），LKJ则提示自动开车对标信息（图4）。机车以正常速度运行，当越过开车对标点后，自动对标开车，系统进入监控工作状态。

车辆周转周期、提高机车运用效率和乘务员的劳动生产率、降低运营和维修成本，通常采用长交路、轮乘制，因此规避人为操作带来的安全风险同时减轻司机劳动强度显得十分必要。本文提出一种利用铁路调车防护系统实现LKJ自动开车对标的方法，其能有效避免因司机提前或滞后操作开车对标带来的信号冒进、运行超速等安全风险，同时降低司机的劳动强度。仿真和现场应用结果验证了该方法的有效性和实用性。下一步可考虑将惯性导航和超宽带等定位技术作为现有定位技术的补充以提高定位精度。



图4 LKJ提示自动开车对标

Fig.4 LKJ prompt automatic initial positioning

铁路标准TB 2765.1-2015《列车运行监控装置第1部分：技术条件》中要求“测距最大允许误差为±1.5%”。由于分区距离一般均大于1 000 m，若按照分区距离为1 000 m计算，则对标测距误差在±15 m内者均符合要求。在实验室进行了500多次地面仿真测试，结果显示均能成功实现自动开车对标，且对标误差均在±2‰以内（即小于2 m），完全符合测距误差要求。

3.2 装车试验结果

铁路调车防护系统自2018年6月25日至2019年12月10日在中国铁路南昌局集团有限公司4台机车/轨道车上进行试用考核运行，累计自动开车对标400余次，对标误差均小于2 m，试验效果良好。

4 结语

随着铁路运输的发展，为了加快货物送达和机车

参考文献：

[1] 冯振兴. 本务机车调车作业安全辅助防护系统方案研究[J]. 中国铁路, 2019(5): 73-81.

[2] 陈文汉. 便携式本务机车调车作业监控装置研究[J]. 科技创新与应用, 2018(7): 138-139.

[3] 牛小飞, 王文英, 李恩源. 北斗卫星导航在无线调车机车信号和监控系统中的应用[J]. 科技创新与应用, 2018(7):138-139.

[4] 中国铁路总公司运输局. 中国铁路总公司关于印发《列车运行监控装置(LKJ)控制模式设定规范》的通知: 铁总运〔2015〕102号[S]. 北京: 中国铁路总公司, 2015.

[5] 中国铁路总公司运输局. 无线调车机车信号和监控系统暂行技术规范: 铁总运〔2014〕182号[S]. 北京: 中国铁路总公司, 2015.

[6] 刘琳. 北斗/GPS双模差分定位技术的研究及实现[D]. 北京: 北京交通大学, 2013.

[7] 于天泽. 北斗卫星导航定位技术在我国铁路应用探究[J]. 中国铁路, 2013(4):4-7.

[8] 蔡伯根, 上官伟, 王剑, 等. 基于北斗卫星导航系统的列车安全定位保障方法[J]. 中国铁路, 2013(4): 12-17.

[9] 赵阳. 基于STP系统的车站运输能力查定方法研究[J]. 铁道运输与经济, 2018, 40(5): 36-40, 45.

[10] 刘瑞强, 刘明霞, 罗荣华, 等. 无线调车机车信号和监控系统在专用线上的应用[J]. 甘肃科技, 2011, 27(21): 59-62.

[11] HAAHR J T, LUSBY R M, WAGENAAR J C. Optimization methods for the Train Unit Shunting Problem[J]. European Journal of Operational Research, 2017, 262(3): 981-995.