

文章编号: 1674—8247(2020)05—0068—05

DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2020.05.013

## 套轨铁路信号设计中若干关键技术问题的探讨

周 赟<sup>1</sup> 杨启武<sup>2</sup> 赵东锋<sup>1</sup> 邢明照<sup>2</sup> 黄 晶<sup>2</sup>

(1. 中铁上海设计院集团有限公司, 上海 200070; 2. 中国港湾工程有限责任公司, 北京 100027)

**摘 要:**为推进我国标准轨铁路与“一带一路”沿线国家铁路的接轨,研究套轨铁路成套技术势在必行。目前,国内尚无完整配套套轨铁路的信号定型设备及相关标准设计资料。本文针对套轨铁路的不同形式(三轨、四轨),对套轨铁路道岔纳入联锁控制、列车轮对的轨道占用检查技术、车地信息传输等问题开展专项研究,探究成果可为相关工程提供借鉴。

**关键词:**套轨铁路;联锁;道岔控制;轨道占用检查;列车运行控制系统

**中图分类号:**U284 **文献标志码:**A

## Discussion on Some Key Technical Problems in Signal Design of Gauntleted-gauge Railway

ZHOU Yun<sup>1</sup> YANG Qiwu<sup>2</sup> ZHAO Dongfeng<sup>1</sup> XING Mingzhao<sup>2</sup> HUANG Jing<sup>2</sup>

(1. China Railway Shanghai Design Institute Group Co., Ltd., Shanghai 200070, China;

2. China Harbour Engineering Company Ltd., Beijing 100027, China)

**Abstract:** In order to promote the integration of China's standard gauge railway with the railways of countries along the "Belt and Road Initiative", it is imperative to study the complete set of technology of the gauntleted-gauge railway. At present, there is no complete signal prototype equipment and relevant standard design data for gauntleted-gauge railways in China. In the paper, according to the different forms (three-track, four-track) of gauntleted-gauge railways, the issues such as interlocking control of turnouts in gauntleted-gauge railways, track occupancy inspection technology of train wheelsets, and train-ground information transmission, etc. are specially researched. The research results can provide references for related projects.

**Key words:** gauntleted-gauge railway; interlocking; turnout control; track occupation inspection; train operation control system

为推进我国标准轨铁路与“一带一路”沿线国家铁路的接轨,研究套轨铁路成套技术势在必行。目前,国内尚无完整配套套轨铁路的信号定型设备及相关标准设计资料。将套轨铁路道岔纳入联锁中控制,首先

要解决道岔的集中控制与检测;其次要考虑列车轮对的轨道占用检查技术;再者,为保证列车的安全运行,还需考虑车地信息传输,即涉及到站内电码化的问题。针对套轨铁路的不同形式(三轨、四轨),信号系统需

收稿日期:2020-08-10

作者简介:周赟(1973-),男,高级工程师。

基金项目:中国铁建股份有限公司科研项目(2018-B20)

引文格式:周赟,杨启武,赵东锋,等.套轨铁路信号设计中若干关键技术问题的探讨[J].高速铁路技术,2020,11(5):68-72.

ZHOU Yun, YANG Qiwu, ZHAO Dongfeng, et al. Discussion on Some Key Technical Problems in Signal Design of Gauntleted-gauge Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(5): 68-72.

要进行专项研究设计。本文根据套轨铁路的特点,对其中若干关键技术进行研究探讨。

## 1 套轨的信号系统

传统的铁路信号系统是由各类信号、轨道电路、道岔转辙装置等主体设备及有关附属设施构成的一个完整的“信号、联锁、闭塞”体系。套轨铁路信号系统国内外现状不一,有采用信号集中联锁控制方式的,也有采用人工扳道、人工指挥列车运行方式的。

郑新铁路新郑至马寨段采用 50 kg/m 钢轨, 1 435 mm 标准轨距和 762 mm 窄轨距 2 种轨距形式, 将 2 种线路相互嵌套, 共用轨枕和路基形成套轨(三轨)线路, 车站采用计算机联锁集中控制全站信号设备, 站间采用计轴站间闭塞。

中俄边境满洲里站站内有部分宽轨与准轨嵌套, 形成四轨和三轨方式套轨线路, 套轨区段不设置信号集中联锁装置, 由扳道员人工扳动道岔, 依靠扳道员、司机人工确认道岔位置, 保证行车安全。

越南河内一老街、河内一同登、河内—Quan Trieu 等线路采用米轨与标准轨混合, 其信号设备由调度监督及信号集中监测, 自动站间闭塞、中国 6502 电气集中联锁集中控制全站信号设备。

## 2 联锁方案选择

虽然套轨铁路在同一线路不同轨距上运行不同类型的列车, 但是在时间上仍然是有间隔的, 即同一时段在同一进路上只能运行一列列车。由此可见, 套轨铁路仍然可以采用与标准轨铁路一致的联锁系统。

为保证列车运行安全, 联锁系统应完成以下主要功能<sup>[1]</sup>:

(1) 凡与进路有关的道岔应与防护该进路的信号机互相联锁。进路上道岔位置不正确, 道岔尖轨与基本轨不密贴时, 防护该进路的信号机不得开放, 信号机开放后, 与该进路有关的道岔被锁闭。

(2) 同一路径范围内的两条进路之间应互相照查。已经建立的进路未解锁或照查条件不符合时, 与之有冲突的信号机不得开放, 防护进路的信号机开放后, 与之有冲突的信号机不得开放。

(3) 联锁设备应保证车站值班人员对列车、调车进路及信号机开放与关闭的控制。进路的解锁必须在信号关闭后进行。锁闭的进路随着列车或车列的正常运行自动解锁或通过人工解锁手续后解锁。已锁闭的进路不应受轨道电路的异常故障错误解锁。

## 3 套轨铁路道岔控制方案

### 3.1 国内外套轨道岔转辙装置现状

经调查, 河南郑新铁路、广西凭祥套轨铁路、越南铁路河内至同登线套轨铁路、孟加拉帕德玛大桥铁路连接线铁路等的套轨道岔转辙设备大多数采用 ZD6 系列直流电动转辙机。郑新铁路道岔转辙装置如图 1 所示。



图1 新郑至马寨套轨铁路道岔转辙装置图

### 3.2 套轨道岔布置形式

本文研究项目拟采用 12 号准轨套米轨三线单开道岔。准轨轨距为 1 435 mm, 米轨轨距为 1 000 mm。该道岔分为左共用轨和右共用轨两种类型。尖轨采用弹性可弯式藏尖式结构, 两点牵引。辙叉为高锰钢固定辙叉, 米轨辙叉为曲线型, 准轨辙叉为直线型, 两固定辙叉相连接, 右共用轨在直内股上相连, 左共用轨在曲外股上相连。右共用轨道岔导曲线中部, 因准轨道岔导曲线外轨与米轨道岔直基本轨相交, 形成类似于可动心轨的活动部分。套轨公用轨侧左开道岔平面如图 2 所示。

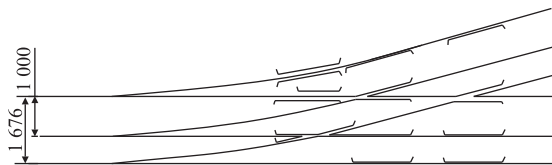


图2 套轨公用轨侧左开道岔平面示意图(mm)

### 3.3 转辙装置选择

根据 12 号道岔的布置形式, 尖轨采用三轨同步联动模式, 转辙装置采用 GA 型道岔杆件, 在其窄轨尖轨位置增设连接装置。尖轨两个牵引点采用国产 ZD6-E/J 型电动转辙机牵引, 可动心轨采用 ZD6-D 型电动转辙机牵引。每个牵引点设 1 台电动转辙机及内锁闭道岔安装装置。利用 ZD6 型电动转辙机提供的锁闭力将道岔锁闭在规定位置。道岔转换与锁闭应满足如下条件<sup>[2]</sup>:

(1)转换设备应保证道岔的正常转换、可靠锁闭和正确表示。

(2)尖轨(心轨)刨切范围内应与基本轨(翼轨)密贴,道岔第一牵引点处,尖轨与基本轨间、心轨与翼轨间有4 mm及以上水平间隙时,道岔不应锁闭及接通道岔表示。

(3)尖轨、心轨密贴段应设置表示杆,并准确表示尖轨或心轨的实际位置,道岔安装装置方正。

(4)套轨铁路接通转辙机电源后,按切断原表示电路-解锁道岔-转换道岔-锁闭道岔-接通新表示电路的顺序自动完成其功能。

越南河内-同登线三轨道岔采用ZD6-D型电动转辙机,尖轨安装总图如图3所示,心轨安装总图如图4所示<sup>[3]</sup>。安装装置采用120 mm×80 mm×

10 mm镀锌不等边角钢、GTM型密贴调整杆、GL型连接杆和GA型尖端杆。

目前,ZD6型转辙机单机牵引电路普遍采用四线制道岔控制电路,即定反位控制(兼作表示)各一线,表示回线、控制回线各一线。双机牵引电路采用六线制道岔控制电路,即在上述四线基础上,增加第二机的定反位动作各一线。道岔控制电路需完成<sup>[4]</sup>按照操作员的意志动作、在锁闭状态不得动作、道岔一经启动必须转换到底、因故不能转换到底应经操纵后转回原位、电机故障不应转换、道岔转换完毕应自动切断动作电路和采用防轻车跳动措施等功能。

## 4 轨道占用检查装置

轨道占用检查可采用轨道电路,也可采用计轴轨道占用检查装置<sup>[1]</sup>。由于轨道电路除能实现钢轨占用检查功能外,还方便实现车地信息的传输,因此,若线路条件满足轨道电路要求<sup>[5]</sup>,应优先考虑轨道占用检查采用轨道电路方式。当既有线路道床电阻低、轨枕和扣件均不能满足绝缘要求时,轨道电路漏泄电流较大,不能采用轨道电路作为轨道占用检查设备,需采用计轴设备作为轨道占用检查装置。

### 4.1 轨道电路方式

套轨线路采用三轨或四轨时,增加了钢轨作为并联传输通道,钢轨电阻降低;同时增加了轨底与道床的接触面积,减小了道床电阻。当采用交流轨道电路时,还需考虑同极性钢轨间分布电容的增加和涡流的形成。因此,采用轨道电路时,应针对具体线路合理进行轨道连接线及钢轨绝缘的设置,并应实测其轨道参数,给出特定的轨道电路调整表。

在轨道和道床满足条件的情况下,套轨采用轨道电路方式,在非电化区段可采用工频交流轨道电路,在电化区段可采用97型25 Hz相敏轨道电路(亦可用于非电化区段)。上述两种设备均为国内成熟的轨道电路产品,25 Hz相敏轨道电路因具有较好的频率选择性和相位选择性,且抗干扰能力较强,在国内普遍应用<sup>[6]</sup>。因此,当套轨铁路区段采用轨道电路时,建议采用97型25 Hz相敏轨道电路制式的设备。

#### (1) 三轨轨道电路

三轨区段共用轨为轨道电路一极性,另外两条轨利用跳线连通为轨道电路另一极性。由于比准轨条件下的轨道电路多增加了一条轨道,轨道电路的漏泄电阻降低,同时钢轨间距离缩小,感抗等影响增加。因此,需要结合现场实际,由轨道电路研制单位对轨道电

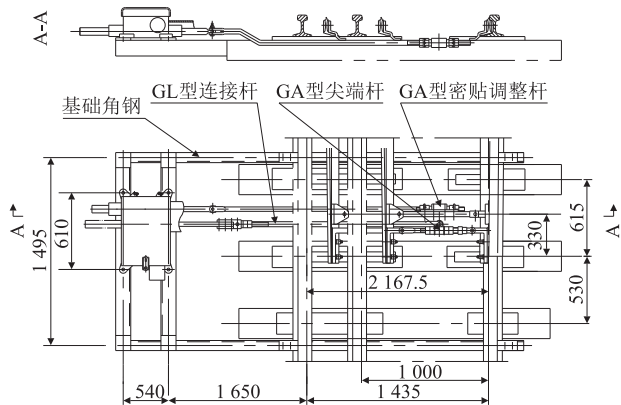


图3 尖轨安装总图(mm)

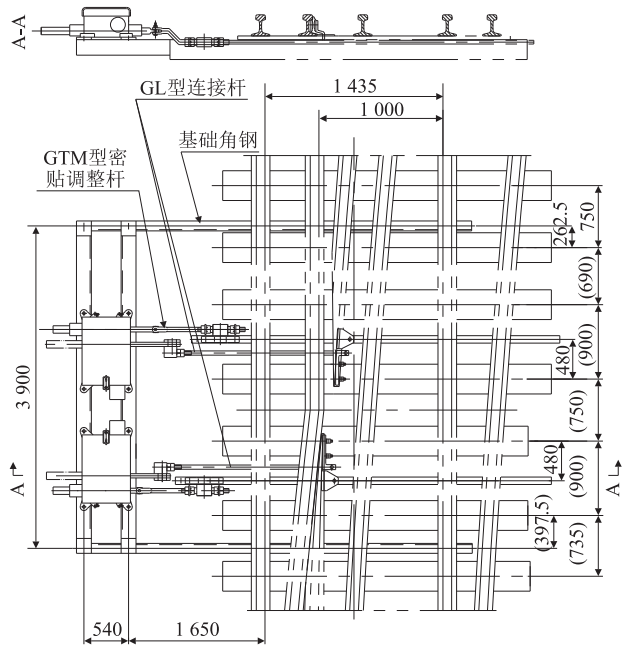


图4 心轨安装总图(mm)

路的各项参数进行相应的调整,并给出特殊调整表,确保轨道电路可靠工作。三轨区段轨道电路示意图5所示。

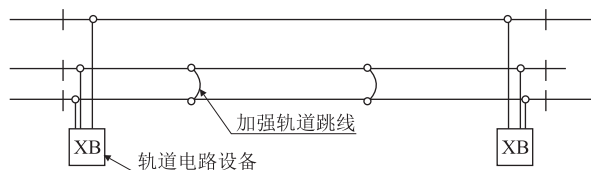


图5 三轨区段轨道电路示意图

## (2) 四轨轨道电路

四轨区段准(宽)轨和米轨同侧轨为轨道电路一端极性,并同侧轨增设加强跳线连通。四轨区段轨道电路示意图6所示。

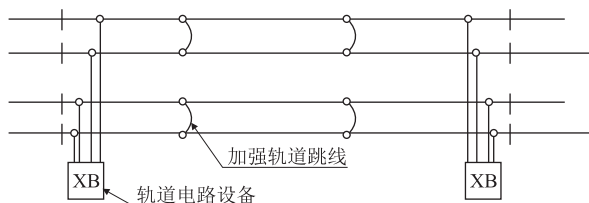


图6 四轨区段轨道电路示意图

套轨线路采用轨道电路制式作为轨道占用检查设备时,与轨道和道岔的处理难点在道岔区段。需要结合道岔的具体结构,对道岔区段的绝缘和跳线进行详细设计,尽量缩短“死区段”的长度,保证轨道电路的可靠工作。

## 4.2 计轴占用检查装置

道床电阻不适宜设置轨道电路的区段可采用计轴设备方案<sup>[7]</sup>。计轴设备安装在轨道上(或轨道边),对轨道电气特性无特殊要求,其缺点是不能向机车传递地面信息。计轴设备应满足符合故障-安全原则、正确计数并识别列车运行方向、能对折返运行进行正确检测和具备自诊断功能等条件。

计轴设备由室内计轴主机、传输电缆、轨旁车轴检测器等设备组成。

### (1) 三轨计轴设备

对于三轨区段,室外计轴设备(车轴检测器)设于轨道区段端口处的共用轨侧,采集轮轴信息并记录列车驶入和驶出所监视区段的轮轴数,通过计轴电缆传送轮轴和鉴别列车走行方向信息至计轴主机,计轴主机输出轨道区段的占用或空闲信息。三轨计轴设备布置示意图7所示。

### (2) 四轨计轴设备

四轨区段室外计轴设备(车轴检测器)分别设于

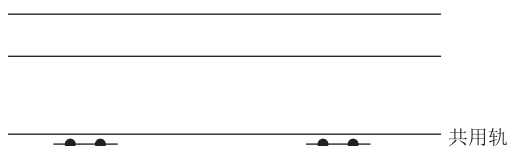


图7 三轨计轴设备布置示意图

宽轨与准轨轨道区段端口处(宽轨与准轨端口设于同一坐标位置),两套计轴设备分别采集轮轴信息并记录列车驶入和驶出所监视区段的轮轴数,通过计轴电缆传送轮轴和鉴别列车走行方向信息至计轴主机,计轴主机通过判定所接收的轮轴信息,输出轨道区段的占用或空闲信息。四轨计轴设备布置示意图8所示。

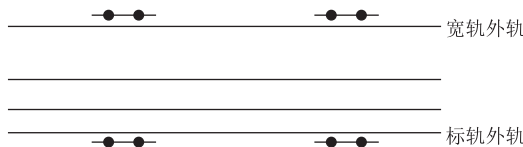


图8 四轨计轴设备布置示意图

## 5 列车运行控制系统

CTCS-0级中国列车运行控制系统机车上设有机车信号接收装置和列车运行监控装置。机车信号接收线圈接收地面的移频信号后,除将信息在司机室复示地面信号机上显示外,还可将该信息传给列车运行监控装置,实现对列车运行的安全监控,保障列车运行安全。对于能够实施轨道电路方案的套轨区段,应考虑叠加移频电码化设备,以适应装有CTCS-0级车载设备的机车在该区段运行。

电码化设备应该在各种载频情况下满足以下要求<sup>[8]</sup>:(1)系统应满足故障-安全原则;(2)不应降低原有轨道电路基本技术性能;(3)提供的机车信号信息正确;(4)具有良好的防干扰措施;(5)入口电流应满足机车信号线圈接收要求。

在计轴区段,机车信号设备无法接收地面移频信号,需考虑其它方式(如无线方式)向机车传送信息。国内在调车作业中采用的无线调车监控装置、驼峰无线机车信号等均采用无线方式,但尚未在列车运行中使用。

欧洲铁路中使用的ETCS列车运行控制系统采用查询应答器或欧洲环线向车载设备发送地面信息,其列车完整性检查可由轨道电路设备或计轴设备完成,灵活性较大。



## 6 结束语

本文针对套轨铁路的不同形式(三轨、四轨),对套轨铁路道岔纳入联锁控制、列车轮对的轨道占用检查技术、车地信息传输等问题开展了专项研究,得出以下主要结论:

(1)套轨铁路可采用与标准轨铁路一致的联锁控制设备。

(2)道岔应根据其布置形式研制相应的转辙设备。

(3)选用轨道电路时,应重点研究钢轨参数变化对轨道电路特性的影响。

(4)对于不能采用轨道电路的线路,还需研究如何向车载设备传递地面信息的方式。

## 参考文献:

- [1] TB 10007-2017 铁路信号设计规范[S].  
TB 10007-2017 Code for Design of Railway Signal [S].
- [2] TB/T 3508-2018 铁路道岔转换设备安装技术条件[S].  
TB/T 3508-2018 Railway Turnout Switching Equipment Installing Technical Specification[S].
- [3] 陈焕祥,孙少军.用于套轨道岔转换的自动控制系统:中国,201210421376.0[P].2016-10-29.  
CHEN Huanxiang, SUN Shaojun. Automatic Control System for Track Switch Conversion: China, 201210421376.0 [P]. 2016-10-29.
- [4] TB 10071-2000 铁路信号站内联锁设计规范[S].  
TB 10071-2000 Code for Design of Railway Signal Interlocking within Stations [S].
- [5] TB/T 2852-2015 轨道电路通用技术条件[S].  
TB/T 2852-2015 Track Circuit General Technical Specification [S].
- [6] TB/T 2853-2018 轨道电路系统 25 Hz 相敏轨道电路[S].  
TB/T 2853-2018 the Track Circuit System-25 Hz Phase Detecting Track Circuit[S].
- [7] TB/T 2296-2019 铁路信号计轴设备[S].  
TB/T 2296-2019 Railway Signal Axle Counter [S].
- [8] TB/T 2465-2010 铁路车站电码化技术条件[S].  
TB/T 2465-2010 Technical Specification on Coding for Railway Station[S].
- [9] 郭金玉,张忠彬,孙庆云.层次分析法的研究与应用[J].中国安全科学学报,2008,18(5):148-153.  
GUO Jinyu, ZHANG Zhongbin, SUN Qingyun. Study and Applications of Analytic Hierarchy Process[J]. China Safety Science Journal, 2008, 18(5): 148-153.
- [10] 温亮,游珍,林裕梅,等.基于层次分析法的土地资源承载力评价:以宁国市为例[J].中国农业资源与区划,2017,38(3):1-6.  
WEN Liang, YOU Zhen, LIN Yumei, et al. Evaluation on Land Carrying Capacity: a Case of Ningguo City[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2017, 38(3): 1-6.
- [11] 杨文昕,余磊,周钹,等.基于AHP-模糊综合评价法的兴泉铁路宁化至泉州段线路方案对比研究[J].铁道标准设计,2019,63(2):49-54.  
YANG Wenxin, YU Lei, ZHOU Tan, et al. Study on Route Alignment of Ninghua-Quanzhou Section of Xingguo-Quanzhou Railway Based on AHP-fuzzy Comprehensive Evaluation Method[J]. Railway Standard Design, 2019, 63(2): 49-54.
- [12] SAATY T L. Decision Making: The Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP)[J]. Journal of Systems Science and Systems Engineering, 2004, 13(1): 1-35.
- [13] KRMAC E, DJORDJEVIĆ B. An Evaluation of Train Control Information Systems for Sustainable Railway Using the Analytic Hierarchy Process (AHP) Model[J]. European Transport Research Review, 2017, 9(3): 1-17.
- [14] 董超,周嘉明.铁路信号楼综合防雷系统方案设计[J].铁道通信信号,2005,41(7):3-5.  
DONG Chao, ZHOU Jiaming. Design of Integrated Lightning Protection System of Railroad Signaling Room[J]. Railway Signalling & Communication, 2005, 41(7): 3-5.
- [15] 贡春欣.轨道交通信号故障安全的安全态[J].城市轨道交通研究,2013,16(7):130-132.  
YUAN Chunxin. Rail Transit Signal Fault-safe Status[J]. Study on Urban Rail Transit, 2013, 16(7): 130-132.
- [16] 喻方元.线性代数及其应用[M].上海:同济大学出版社,2014.  
YU Fangyuan. Linear algebra and its applications [M]. Shanghai: Tongji University Press, 2014.
- [17] 谢宝军.《铁路信号设计规范》(TB 10007-2017)信号机类型应用场景分析[J].铁道标准设计,2018,62(9):167-173.  
XIE Baojun. Analysis of Signal Types Application in Code for Design of Railway Signaling (TB 10007-2017) [J]. Railway Standard Design, 2018, 62(9): 167-173.