生产实践

拦焦车导焦栅后退保护技术

于庆泉，崔金林，孙浩，温健，初晓旭
（鞍钢股份有限公司鲅鱼圈钢铁分公司，辽宁 营口 115007）

摘要：炼焦生产中，推焦过程是由推焦车、拦焦车、熄焦车配合完成的，如果拦焦车提前将导焦栅退回，就会造成红焦落地事故，影响炼焦生产，威胁操作人员安全。为了解决这一问题，对已有的焦炉机车无线通信网络技术进行了研究与应用，在该技术的基础上研发了拦焦车导焦栅后退保护技术。该技术实施后，可确保拦焦车在推焦车推焦结束且推焦杆退出导焦栅后才能使导焦栅后退，确保炼焦生产安全有序进行。

关键词：拦焦车；导焦栅；红焦落地
中图分类号：TF3 **文献标志码：**A **文章编号：**1006-4613(2026)05-0048-05
DOI：10.3969/j.issn.1006-4613. 2026. 05. 008

Retraction Protection Technology for Coke-guiding Grid of Coke-guide Car

YU Qingquan, CUI Jinlin, SUN Hao, WEN Jian, CHU Xiaoxu
(Bayuquan Branch of Angang Steel Co., Ltd., Yingkou 115007, Liaoning, China)

Abstract: In coking production, the coke-pushing process was completed by the coordination of coke-pusher car, coke-guide car and the quenching car. Premature retraction of the coke-guiding grid by the coke-guide car may lead to red-hot coke falling accidents, which disrupted coking production and threatened the safety of operators. In order to solve this problem, the existing wireless communication network technology for coke oven locomotives was investigated and applied. On this basis, the retraction protection technology for the coke-guiding grid of the coke-guide car was developed. After the implementation of this technology, the coke-guiding grid could only retract after the coke-pusher car finished coke pushing and the coke-pushing rod withdrew from the coke-guiding grid, ensuring safe and orderly coking production.

Key words: coke-guide car; coke-guiding grid; red-hot coke falling

焦炉生产的推焦过程需拦焦车、推焦车、熄焦车相互配合完成[1]。推焦车的推焦杆从焦炉机侧将焦炭推出，焦炭经过位于焦侧的拦焦车导焦栅落入熄焦车中。推焦末期，推焦杆会伸入导焦栅，直至焦炭全部从导焦栅内被推出。随后推焦杆开始后退，退出导焦栅，直至全部后退到位。

然而在生产过程中经常出现拦焦车导焦栅提前后退造成红焦落地事故。红焦落地事故轻则造成焦炉停产，重则烧毁拦焦车，甚至造成人员伤亡。拦焦车导焦栅在推焦过程中提前后退一直是威胁炼焦生产安全平稳运行的难题。为解决这一问题，对已有焦炉机车无线通信技术进行了深入研究，并在吸收已有技术的基础上发明了拦焦车导焦栅后退保护技术。该技术可确保推焦车推焦结束并且推焦杆已经退出导焦栅后才允许拦焦车导焦栅后退，从操作流程上

于庆泉，硕士，正高级工程师，2013年毕业于大连理工大学控制工程专业。E-mail: 14235515@qq.com
通讯作者：崔金林，高级工程师，主要研究工业电气自动化。E-mail: 515942325@qq.com

避免了因导焦栅提前后退造成的红焦落地事故发生，为炼焦生产安全有序进行提供技术保障，对炼焦安全生产具有重要意义。

1 焦炉机车无线通信技术

1.1 通信网络的硬件组态

焦炉机车通信网络[2]融合了无线通信技术[3]和光纤通信技术，采用星形网络结构，以核心交换机为物理中心、以中控PLC为数据交换中心[4]。焦炉机车无线通信系统如图1所示，由图1可知，核心交换机通过超六类屏蔽双绞线连接到中控PLC和中控工控机，同时通过光纤向外扩展到8个地面基站[5]，以地面基站为网络节点通过无线连接向外扩展到13台焦炉机车的车载无线网桥[6]，车载无线网桥通过超六类屏蔽双绞线连接到焦炉机车车载交换机上，进一步将网络扩展到13台焦炉机车的13套主PLC和26台车载工控机，最终形成了涵盖所有焦炉机车及车载网络设备的以太网网络[7]。

车载无线网桥可漫游到任意地面基站，并

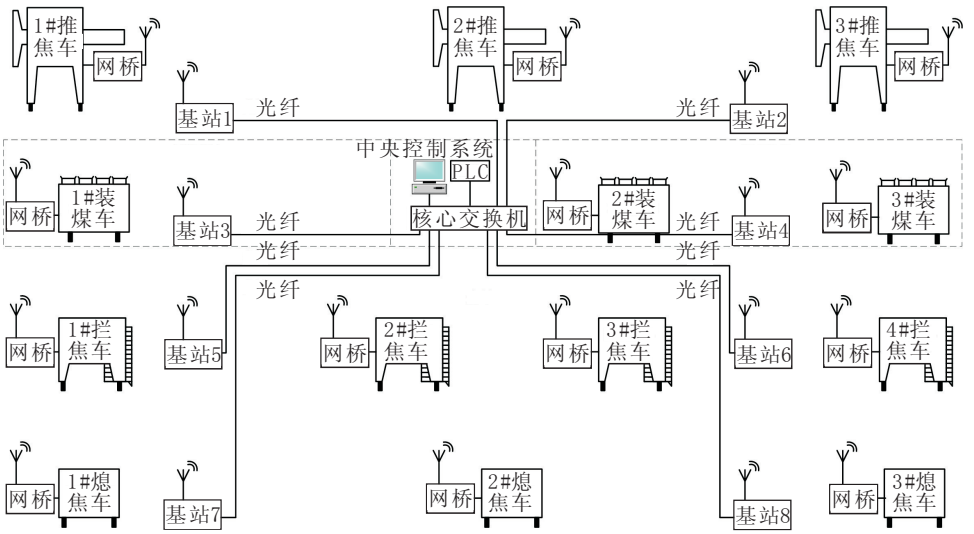


图1 焦炉机车无线通信系统

Fig. 1 Wireless Communication System for Coke Oven Locomotives

可自动选择信号最强的地面基站作为工作连接，因此能够大幅提升网络的稳定性和可靠性。此外，该网络还可以通过核心交换机的RJ45接口或光纤接口接入上一级管控网络，通过核心交换机、车载交换机以光纤或双绞线的方式向下扩展网络设备，通过地面基站的无线网络向下扩展网络设备。

1.2 网络的参数配置

焦炉机车通信网络采用TCP/IP通信协议，IP地址配置为192. 168. 0. 网段，子网掩码配置为255. 255. 255. 0。每台网络设备都配置了唯一的网络名称和IP地址，网络名称及IP地址配置如表1所示（表中只列出了部分设备的网络配置）。其中SW代表交换机，AB代表炉组，COOR代表中控系统，PC代表推焦车，CC代表装煤车，TC代表拦焦车，LC代表熄焦车，AP代表无线基站，BR代表无线网桥，阿拉伯数字代表车号。

1.3 数据交换模型

中控PLC是系统进行数据交换的核心，通过西门子网络组态软件与每台焦炉机车PLC建立通信连接。所有焦炉机车将所有数据打包上传给中控PLC，中控PLC将数据解包，抽取相关数据进行逻辑运算后再将需要下传的数据打包传送给各台焦炉机车。

2 导焦栅后退保护技术原理

2.1 系统数据交换流程

导焦栅后退保护技术数据交换流程如图2所示。

表1 网络名称及IP地址配置

Table 1 Network Name and IP Address Configuration

序号	设备名称	设备类型	网络名称	IP地址
1	交换机	Switch	SW101	192.168.0.101
2	地面协调PLC	PLC	ABCOOR	192.168.0.110
3	1#工控机	PC	PC111	192.168.0.111
4	1#装煤车	PLC	ABCC1	192.168.0.221
5	1#推焦车	PLC	ABPC1	192.168.0.231
6	1#拦焦车	PLC	ABTC1	192.168.0.241
7	1#熄焦车	PLC	ABLC1	192.168.0.251
8	装煤车地面基站-1	AP	AP201	192.168.0.201
9	1#装煤车无线网桥	Bridge	BR165	192.168.0.165

“①”为各车传送给中央协调控制器PLC的信息流,“②”为中央协调控制器发送给拦焦车的允许导焦栅后退指令信息流。推焦车检测推焦杆前进后退信号、推焦杆行程编码器测量值,依据上述信号判断出推焦杆已经完成推焦并且退出导焦栅的结果[8]。再将这个结果连同推焦车当前位置信息[9]、拦焦车将当前位置信息一并传送给中央协调控制器PLC。中央协调控制器PLC对这些数据进行逻辑运算后得出是否允许导焦栅后退的结果,并将这一信息传送给拦焦车。

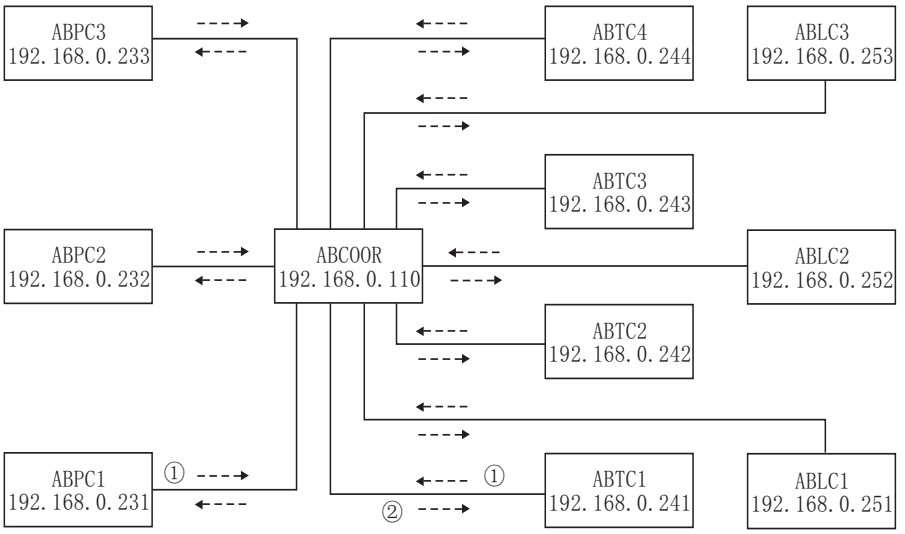


图2 导焦栅后退保护技术数据交换流程

Fig. 2 Data Exchange Process of Retraction Protection Technology for Coke-guiding Grid of Coke-guide Car

2.2 系统控制流程

以1#拦焦车为例,导焦栅后退保护技术数据控制流程如图3所示。在联锁模式下,系统首先判断正在与1#拦焦车配合生产的推焦车编号[10]。由于在实际生产中只有1#、2#推焦车可能与1#拦焦车构成位置对等关系,因此分为两个判断支路。以1#推焦车与1#拦焦车位置对等为例,系统接下来判断1#推焦车是否已完成推焦(推焦杆到达前限位置后退),在已完成推焦的基础上再判断1#推焦车推焦杆是否已退出导焦栅(推焦杆编码器数值小于设定值20 000 mm)。上述条件均满足后,系统允许1#拦焦车导焦栅后退,否则禁止后退。解锁模式用于系统出现故障的工况,例如推焦车或拦焦

车阅读头损坏，无法读取炉号地址，此时推焦车与拦焦车无法构成对应关系，也就无法满足允许导焦栅后退的条件，需解锁操作。解锁模式下系统始终允许导焦栅后退。

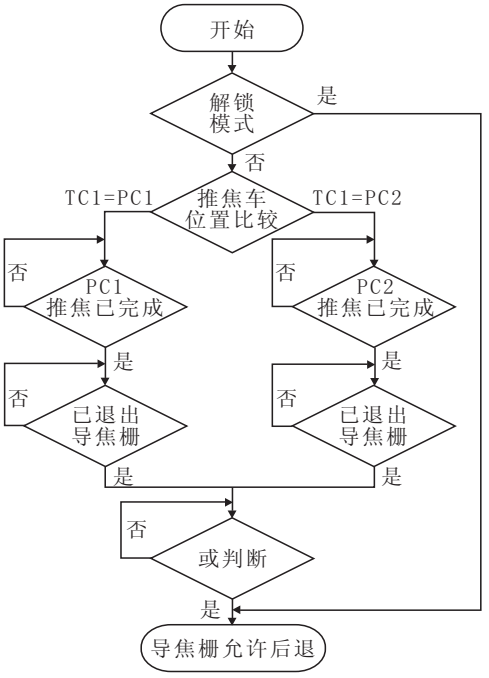


图3 导焦栅后退保护技术数据控制流程

Fig. 3 Data Control Flow for Retraction Protection Technology of Coke-guiding Grid

2.3 联锁保护程序解析

编码器检测值与推焦杆位置对应关系如表2所示。推焦过程中，推焦杆动作范围如图4所示。

表2 编码器检测值与推焦杆位置对应关系

Table 2 Correspondence between Encoder Detection Values and Coke-pushing Rod Position

推焦杆位置	标志位	测量值下限/mm	测量值上限/mm
后限位	M301.0	0	500
炉前区		500	6 000
炉前暂停位置	M301.1	6 000	7 000
炉膛内		7 000	22 000
导焦栅内	M301.2	22 000	29 000
前限位	M301.3	29 000	29 800

2.3.1 推焦杆位置判断程序

推焦杆位置判断程序如图5所示。程序中“M301.3推焦杆在前限位信号”和“M301.6推焦杆后退输出”同时满足时，将“M303.7开始后退”标志为位置位，在此基础上推焦杆编码器数值小于联锁点22 000 mm时，系统判定推焦杆已退出导焦栅。系统将自动判断“OUT OF GUIDE DB142.DBX8.5”的结果传送给中控协调PLC。

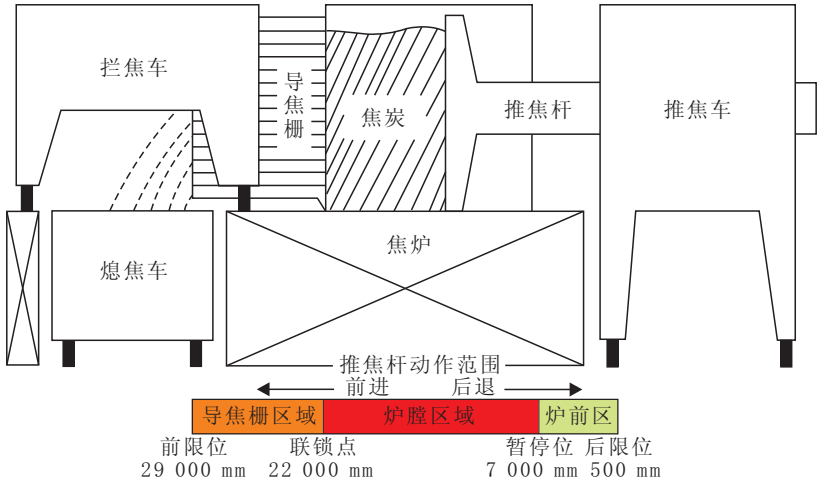


图4 推焦杆动作范围

Fig. 4 Operating Range of Coke-pushing Rod

2.3.2 允许导焦栅后退判断程序

允许导焦栅后退判断程序如图6所示。系统首先判断推焦车与拦焦车的对应关系，如“PC1=TC1”，进一步调用1#推焦车的推焦杆位置判断结果，当推焦杆行程小于设定值22 000 mm，即推焦杆已退出导焦栅时，允许导焦栅后退条件满足，系统

将判断“OUT-CG DB301. DBX32. 5”的结果传送给拦焦车。

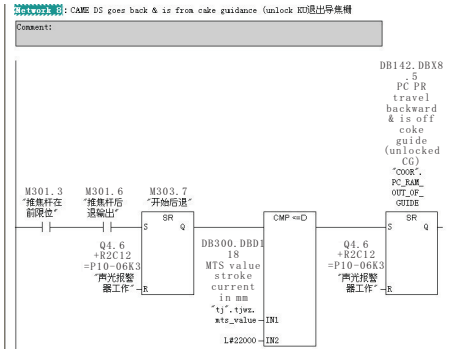


图5 推焦杆位置判断程序

Fig. 5 Position Judgement Program of Coke-pushing Rod

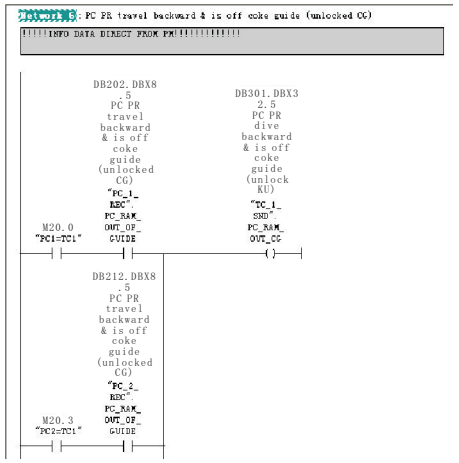


图6 允许导焦栅后退联锁判断程序

Fig. 6 Interlock Judgement Program for Allowing Retraction of Coke-guiding Grid

2.3.3 允许导焦栅后退联锁程序

允许导焦栅后退联锁程序如图7所示。

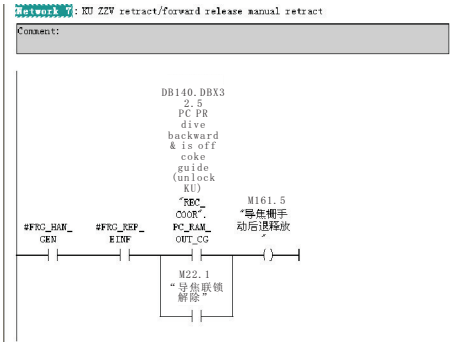


图7 允许导焦栅后退联锁程序

Fig. 7 Interlock Program for Allowing Retraction of Coke-guiding Grid

由图7可知,在拦焦车原有的导焦栅后退释放程序中串入导焦栅后退保护联锁点“OUT-CG DB140. DBX32. 5”,拦焦车接到允许导焦栅后退的指令后,再将导焦栅允许后退程序释放,此时操作人员才能操作导焦栅后退。

导焦栅后退安全联锁条件不满足时,操作人员无法操作导焦栅后退。“导焦联锁解除M22. 1”为解锁信号,仅限系统出现故障时使用。解锁模式下系统始终允许导焦栅后退。为了减少解锁操作,同步设计了以走行信号复位解锁信号的程序,即当拦焦车启动走行开往下一炉号时,操作模式自动切换回联锁模式。同时制作了完善的操作记录系统以规范操作行为。

3 应用效果及经济效益

该技术投入使用以后,彻底消除了在推焦结束后推焦杆未完全退出导焦栅情况下因拦焦车提前操作使导焦栅后退的可能性,同时也彻底规避了岗位人员误操作造成导焦栅提前后退的风险因素。

该技术的应用,在提升炼焦生产安全的同时,也取得了一定的经济效益。炼焦生产中,每炉装煤40. 0 t,出焦27. 5 t。全焦成本1 304. 34元/t,分公司>40 mm焦炭销售本部价格为1 592. 54元/t,焦炭利润为1 592. 54-1 304. 34=288. 20元/t,吨焦产蒸汽量1. 58 GJ,蒸汽价格为49. 31元/GJ,每炉焦炭利润:27. 50×288. 20÷10 000=0. 79万元;蒸汽利润:27. 50×1. 58×49. 31÷10 000≈0. 21万元;综上,每炉焦炭生产利润合计约为0. 79+0. 21=1. 00万元。

按技术实施前每年发生一次拦焦车红焦落地事故,焦炉停产6 h,焦炭产量36炉估算,经济效益约36. 00万元;拦焦车红焦落地至少烧毁2台减速机、2台电机、2个油缸、2支位移传感器、1套尾焦斗,备件费用:3. 50×2+1. 50×2+0. 50×2+0. 50×2+2. 50×1=14. 50万元;抢修人工费用为0. 03×10×2=0. 60万元;吊车费用0. 30×2=0. 60万元;上述费用合计为51. 70万元。技术实施后可避免拦焦车红焦落地事故,实现年创效约为51. 70万元。

此外,该项目实施后避免了拦焦车红焦落地事故引发的次生安全事故的发生,此项经济效益不可估计。

(下转第72页)

改造后的23 mg/L，降低了碳酸钙的结晶率，起到了一定的阻垢效果。同时对富集的微生物黏泥垢也有明显的去除效果，循环水系统中细菌总数降低80%以上，并且重金属含量无明显变化。

参考文献

[1] 黄泽民，王亚翰，周兆年. 钢厂循环水系统清洗预膜技术的应用[J]. 冶金动力，2024(5)：53-56.
[2] 张炜华，郁雷，梁鹏飞，等. 电化学水处理技术在烧结余热发电循环水系统的应用[J]. 冶金动力，2024(5)：44-47.
[3] RAHMANI K，JADIDAN R，HAGHTALAB S. Evaluation of inhibitors and biocides on the corrosion，scaling and biofouling control of carbon steel and copper-nickel alloys in a power plant cooling water system[J]. Desalination，2016，393：174-185.
[4] 江裕，梅刚，唐世宝，等. 低磷阻垢剂对电厂循环水电解除垢性能的影响[J]. 北京化工大学学报(自然科学版)，2023，50(6)：14-21.
[5] 马昂，王南. 基于纳米涂层技术的锅炉水冷壁防腐蚀方法研究[J]. 自动化应用，2025，66(11)：246-248.
[6] 张思源，张鑫，王彦军，等. FeCr纳米合金粉的制备及性能[J]. 有色金属工程，2023，13(8)：23-27.
[7] 冀成，臧克培，任彦峰. 空压机冷却器结垢原因分析及清洗[J]. 山西焦煤科技，2014(9)：44-46.
[8] 陈世通. 循环水系统结垢的原因分析及处理措施[J]. 氮肥技术，2015，36(3)：28-31.
[9] 史恒亮，魏振山，吴宏，等. 扫频磁电除垢仪用于空压机换热器防垢的研究[J]. 纯碱工业，2025(4)：18-19.
[10] 徐浩，延卫. 阴极电流密度对电化学除垢技术生成水垢的影响[J]. 西安交通大学学报，2013，47(7)：47-51.
[11] 姜德宁，Sintayehu Zewdu，曹继华，等. 交变磁场对换热器阻垢效果的研究[J]. 中国给水排水，2008，24(7)：57-59.
[12] 余丰人，罗维瑛. 电磁水处理的防垢和除垢机理探讨[J]. 仲恺农业工程学院学报，2009，22(1)：44-48.

（编辑 白璐）
修回日期：2026-01-12

（上接第52页）

4 结语

拦焦车导焦栅后退保护技术是在焦炉机车无线通信网络技术的基础上，结合炼焦生产实际，通过逻辑判断，对推焦联锁进行优化，弥补了焦炉机车控制程序的缺陷，解决了拦焦车在推焦结束但推焦杆未完全退出导焦栅时可以操作导焦栅后退的问题，避免了导焦栅提前后退造成红焦落地，进而造成拦焦车烧毁、焦炉长时间停产甚至人员伤亡的事故，确保了炼焦生产安全有序进行。技术实施后，可实现年创效约为51.70万元。

参考文献

[1] 于庆泉，崔金林，孙强. 推焦联锁系统功能优化[J]. 鞍钢技术，2019(2)：13-16.
[2] 于庆泉，周鹏，马富刚，等. 焦炉机车信息化管控系统研究与实践[C]//第十二届中国钢铁年会论文集. 北京：中国金属学会，2019：95-103.
[3] 韩超，曹详同. 无线通讯技术在冶金行业冷轧处理线中的应用[J]. 科技创新导报，2018，15(22)：95-96.
[4] 左殿杰，王艳勇. 焦炉车辆自动化控制与管理系统的应用[J]. 燃料与化工，2009，35(4)：5-10.
[5] 李公法，孔建益，蒋国璋. 焦炉生产的智能控制与管理系统研究[J]. 化工自动化及仪表，2008，35(1)：53-58.
[6] 王栋. 基于超宽带无线通信技术的焦炉机车连锁保护系统研究[D]. 西安：西安理工大学，2023.
[7] 陶文英，周荣富，吴鹏松. 焦炉四大车定位及通信连锁控制[J]. 现代工业经济和信息化，2016，6(18)：35-39.
[8] 闫忠浩，田广涛，张建发. 焦炉四大车全自动操作系统与设备管理[J]. 燃料与化工，2011，42(6)：30-32.
[9] 吴小丘，唐永利，张栋梁. 推焦连锁系统的优化[J]. 燃料与化工，2011，42(6)：37-40.
[10] 吉明鹏，龙伟国，丁海泉. 焦炉四车对位系统的应用[J]. 冶金自动化，2010，34(2)：24-28.

（编辑 许营）
修回日期：2026-09-22