文章编号：2097-5899(2025)03-0060-05　　**中图分类号：**U298.3　　**文献标识码：**A
DOI：10.16669/j.cnki.issn.2097-5899.202408200001
引用格式：刘雪斐. 铁路集装箱F-TR锁卸车作业未脱锁防护技术研究与应用[J]. 铁路物流，2025，43(3)：60-64.
LIU Xuefei. Research and Application of Non-Release Protection Technology for Railway Container F-TR Lock Unloading Operations[J]. Railway Logistics，2025，43(3)：60-64.

铁路集装箱F-TR锁卸车作业未脱锁防护技术研究与应用

刘雪斐

(中国铁路北京局集团有限公司 95306货运物流服务中心，北京　100860)

摘　要：为解决集装箱卸车作业F-TR锁与集装箱勾连问题，分析铁路集装箱F-TR锁卸车作业挂锁因素及防勾连措施，采用激光测距、图像识别、称重传感器、PLC控制、视频监控等技术手段，研究设计小车自动定位控制、铁路货车智能识别、起升定位控制、车辆勾连状态判断、卸平车作业慢速点动起吊、集装箱未脱锁检测等关键技术，提出铁路集装箱F-TR锁卸平车作业未脱锁防护技术方案，形成集装箱F-TR锁卸平车作业未脱锁防护系统，并在北京局集团公司铁路货场推广应用。应用结果表明，该系统规范安全高效，可有效保障集装箱卸平车作业安全。

关键词：铁路；集装箱运输；装卸作业；F-TR锁；未脱锁防护技术

0　引言

F-TR锁是集装箱平车用于锁固集装箱的关键部件，采用鹰头结构，有效保障了集装箱运输途中安全。用于锁固集装箱的F-TR锁，固定在集装箱平车两端，其鹰头方向在集装箱平车上为同端同向、两端反向布置。在集装箱装载或卸车时，在F-TR锁导向斜面的约束下，依靠集装箱的垂直运动和水平旋转实现集装箱落箱和起箱功能。F-TR锁应用实践表明，装卸过程中集装箱角件进出F-TR锁顺畅性不足，存在集装箱落锁不到位、起吊勾连F-TR锁现象，甚至造成车辆损坏或脱轨。据中国国家铁路集团有限公司货运部安全月度通报，每月至少发生1起集装箱勾连F-TR锁引起的车辆脱轨事故，扰乱运输秩序，造成较大经济损失。因此，在集装箱装卸作业过程中通过技术手段避免勾连F-TR锁、造成车辆损坏或脱轨，是铁路货运安全管理亟需解决的难题[1]。

为解决集装箱卸车作业F-TR锁与集装箱勾连问题，现场人员和研究人员采用了各种措施，如设计应用F-TR锁辅助卸车工具[2]、角度传感器控制[3]、重量传感器控制[4-5]等措施，均未能从根本上解决集装箱与F-TR锁勾连问题。为此，有必要研究铁路集装箱F-TR锁卸车作业未脱锁防护技术，以解决集装箱与F-TR锁勾连的技术难题。

1　铁路集装箱F-TR锁卸车作业防勾连措施分析

铁路采用集装箱门吊或正面吊装卸集装箱，集装箱偏载、集装箱角件严重变形、集装箱吊具防摇功能不佳等客观因素和司机注意力不集中、野蛮起吊、集装箱起吊过快等主观因素，都会影响到F-TR锁装卸顺畅性[6-8]。为了防止集装箱与F-TR锁勾连，按照《铁路货物装卸安全技术规则》(TG/HY 108—2015)[9]，要求集装箱装卸辅助作业人员不少于2名，集装箱装车时，司机以低速档将集装箱平稳下落至F-TR锁上方120 mm左右悬停，辅助作业人员确认角件孔与车辆锁

收稿日期：2024-08-20
基金项目：中国铁路北京局集团有限公司科技研究开发计划课题(2024CH02)

头对正后方可继续下落，防止发生剧烈碰撞；集装箱卸车时，司机以低速档点动起升100 mm左右，辅助作业人员检查是否脱锁，防止臆测起吊引起集装箱与F-TR锁勾连，造成车辆脱轨。这种装卸辅助人员作业方法一定程度上能起到预防集装箱勾连F-TR锁的作用，但该方法会破坏集装箱作业的连续性，劳动强度大，易引起心理疲劳，且未杜绝集装箱与F-TR锁勾连事故发生。

为了防止F-TR锁勾连集装箱，中国铁路北京局集团有限公司(以下简称“北京局集团公司”)提出了门吊多次点动起升的标准作业流程：第一次点动起升30 mm，人工确认F-TR锁是否勾连；再点动起升到50～60 mm，观察勾连情况；最后点动起升至100 mm，观察脱锁情况。一旦发生F-TR锁与集装箱勾连情况，立即停止点动起升。根据F-TR锁结构原理，北京局集团公司设定的3次点动及其对应的起升高度，是合理、高效的点动规程，有效避免了F-TR锁勾连集装箱引起的安全事故。但在实际作业中，司机在操作和判断微动起升高度时会出现困难，也易产生操作疲劳和人为误差，导致F-TR锁勾连集装箱引起安全事故发生。

采用技术手段进行集装箱未脱锁自动化防护是技术发展趋势，有效的集装箱未脱锁防护技术可以替代2名F-TR锁防勾连辅助检查作业人员，既能减员增效，又能全面实现集装箱机械化作业，提高集装箱装卸作业效率。汲取F-TR锁卸箱脱锁经验，基于限位开关、激光测距、图像识别、称重传感器、PLC控制、视频监控等技术，研究提出了铁路集装箱F-TR锁卸车作业未脱锁防护技术方案，开发了铁路集装箱F-TR锁卸平车作业未脱锁防护系统。

2　铁路集装箱F-TR锁卸平车作业未脱锁防护技术方案

2.1　技术方案设计

通过对小车自动定位控制技术、铁路货车智能识别和卸车作业检测技术、基于激光测距的起升定位控制技术、卸平车作业慢速点动起吊技术、基于称重传感器的车辆勾连状态判断技术和卸平车作业集装箱未脱锁检测技术进行集成设计与实现，提出铁路集装箱F-TR锁卸车作业未脱锁防护技术方案，形成了集装箱卸平车作业未脱锁防护系统。铁路集装箱F-TR锁卸平车作业未脱锁防护技术方案如图1所示。

2.2　吊具精确定位自动对中

采用磁开关和限位开关，控制集装箱吊具中心线和所卸集装箱纵向中心线重合，实现集装箱吊具精确自动对中。当起重小车通过磁开关时，起重小车开始减速，而限位开关用于确定小车停车位置。确定了起重机小车的运行位置，就实现了吊具中心与所吊集装箱中心在纵向的高度重合，也即实现了吊具的智能对中。此时只要控制大车运行对中，再下放吊具，就可以正确地抓取集装箱。限位开关和磁开关均安装在起重机主梁上。

2.3　铁路货车智能识别和卸车作业检测

在集装箱吊具上安装高清工业摄像机，通过抓拍平车、敞车、堆场等图像，采用深度学习模型算法智能识别平车、敞车等铁路货车类型及堆场作业环境，判断是否装卸平车作业。为了提高识别准确性，通过安装在集装箱吊具上的高清工业摄像机获取作业区域图像数据，使用LabelImg工具进行标注，形成作业区

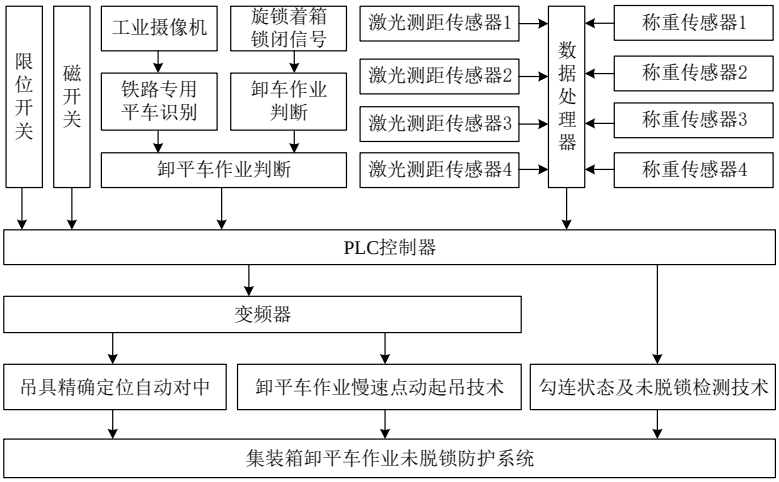


图1　铁路集装箱F-TR锁卸平车作业未脱锁防护技术方案

Fig.1　A technical solution for preventing non unlocking of railway container F-TR lock unloading operations

域图像数据集，基于作业区域图像数据集对深度学习模型进行训练，以提高深度学习模型对铁路平车、敞车等铁路货车类型及堆场作业环境的识别准确性。

卸车作业和装车作业可通过吊具旋锁着箱锁闭信号检测，依靠门吊PLC控制器自动判别卸车作业或装车作业。当检测同时满足轨道装卸线作业、平车作业及卸车作业时，自动开启铁路集装箱F-TR锁卸平车作业未脱锁防护系统；当检测为敞车及堆场作业时，自动关闭铁路集装箱F-TR锁卸平车作业未脱锁防护系统。

2.4　基于激光测距的起升定位控制技术

采用激光测距传感器测量吊具起升量。激光测距传感器是由激光二极管对准目标发射激光脉冲，经目标反射后部分散射光返回到传感器接收器，记录并处理从光脉冲发出到返回被接收所经历的时间，即可测定目标距离。实际应用时，在吊具4个旋锁位置安装可伸缩的激光测距传感器，当铁路集装箱F-TR锁卸平车作业未脱锁防护系统自动开启后，激光测距传感器伸出，用来检测集装箱顶面、铁路平车地板面与吊具之间的距离。通过激光测距传感器，将实时采集得到的距离信号传输给数据处理器，通过逻辑运算进行平均值、偏差的计算，所得结果返回给PLC控制器，以控制起重机起升机构运行，实现吊具的定量起升。

铁路集装箱平车采用悬挂弹簧减震，当铁路重箱装上铁路集装箱平车后，铁路集装箱平车的弹簧压缩量可达60 mm。当起吊集装箱时，车辆弹簧压缩量开始释放，铁路集装箱平车地板面也随着抬高。因此，卸箱作业时，利用激光测距传感器测量吊具与平车地板面之间的距离实现吊具的定量起升。激光测距可消除钢丝绳伸长量和车辆弹簧释放量的影响，是起升机构定量微升的可靠方法。

2.5　卸平车作业慢速点动起吊技术

当卸集装箱平车集装箱时，根据称重传感器数值启动卸车作业慢速点动起升流程。当系统接收到吊具着箱信号并锁闭后，起升机构开始起升，起升钢丝绳还处于松弛状态，称重传感器受力为0；当起升机构继续上升，起升钢丝绳逐步绷紧，称重传感器开始受力；当起升机构上升达到指定高度或称重传感器受力达到设定值0.8 t时，此时认为起升钢丝绳处于绷紧状态，起升机构自动停止起升动作，并开始执行卸车作业慢速点动起升流程。

卸车作业慢速点动起升流程依次执行4次点动起升，此时不论司机将操作手柄置于任何上升挡位均不起控制作用。安装在吊具四角的4个激光测距传感器检测集装箱起升量，通过数据处理器处理后自动生成控制指令，并与PLC控制器进行通讯，PLC控制器发出精准点动指令，通过变频器执行点动起升作业流程，可避免司机误操作产生的集装箱与F-TR锁勾连事故。4次慢速点动每次起升量为30 mm，集装箱下表面距离车地板表面的起升量≥100 mm时，集装箱角件脱离F-TR锁，集装箱脱锁成功。点动起升次数达到设定值时系统自动关闭慢速点动起升功能，门吊吊具可正常起升下降。

由于铁路重箱装上铁路集装箱平车后，其弹簧压缩量可达80 mm。为了释放车辆弹簧压缩量对车辆地板面高度的影响，集装箱卸平车起升过程中，利用激光测距传感器测量吊具与车辆地板面之间的距离，当吊具与车辆地板面之间的距离增大时，集装箱开始脱离车辆地板面，此时车辆弹簧压缩量已释放完毕，最后通过反馈控制方式实现吊具的定量点动起升。

2.6　基于称重的车辆勾连状态判断技术

采用称重传感器测量集装箱重量和偏重值，称重传感器为轮辐式压力传感器，每个轮辐式压力传感器的量程为30 t。轮辐式压力传感器是一种典型的剪切型传感器，由轮轴、轮条和轮缘3部分组成。当测量集装箱重量时，待测量的集装箱重量通过压头或螺杆作用到中间的轮轴上，集装箱重量由轮轴经过径向对称排列的8根辐条传到轮缘上，再经轮缘传到固定端。当集装箱重量通过辐条时，在辐条上产生剪切应变，在辐条上的电阻应变计将应变转变为电阻变化，测量电阻变化就可以测量出集装箱重量。

4个轮辐式压力传感器安装在集装箱吊具的转锁上，当集装箱被吊起时，4个轮辐式压力传感器承载了集装箱的重量。此时，轮辐式压力传感器将重力产生的应变信号转换为电阻信号，测量电阻变化就可以测量出重量值，从而计算出集装箱总重和偏载值，最后通过吊具上的中继器采用无线传输方式将称重结果传输到PLC控制器和司机室的接收终端上，并在司机室设置打印机，可打印出集装箱总重和偏载值。

根据称重传感器实时检测的集装箱重量，实时与集装箱总重比较，当集装箱重量变化量超过所设置的重量阈值时，即可确定集装箱与铁路平车F-TR锁勾连。在集装箱装车作业时，可实时检测集装箱超偏载数据，用于控制集装箱均衡装载，满足《铁路货物装载加固规则》技术要求[10]；集装箱卸平车作业时，用于检测F-TR锁是否挂锁。当集装箱与F-TR锁勾连时，起升机构不能起升只能下降。

2.7　卸车作业集装箱未脱锁检测技术

采用称重传感器和光电传感器，通过称重和测距自动判断平车作业F-TR锁是否勾连。当勾连发生时，系统进行声光报警，集装箱吊具停止起升，待人工确认解除报警后，按司机室“报警解除”按钮，报警停止，系统自动转入正常工作模式，从而确保集装箱卸车作业安全。另外，在起重小车上安装有8个摄像头，用于监控平车卸箱作业慢速点动起升过程F-TR锁脱锁情况，实现F-TR锁脱锁过程可视化，其中4个摄像头用于监控20 ft集装箱卸车作业F-TR锁脱锁过程，另外4个摄像头用于监控40 ft集装箱卸车作业F-TR锁脱锁过程。司机室设有显示屏，当系统发出声光报警时，司机可以通过视频实时观察F-TR锁挂锁情况。

3　应用效果

自2023年3月以来，铁路集装箱F-TR锁卸平车作业未脱锁防护系统在北京局集团公司铁路货场及铁路专用线的集装箱门吊上安装应用，实现了集装箱门吊装卸作业未脱锁防护全覆盖，集装箱卸车作业安全实现从人防向技防转变，取得了良好的应用效果。

（1）提高作业效率。应用吊具精确定位自动对中功能，减少了吊具的对位时间；应用深度学习算法智能识别铁路平车、敞车和堆场等作业类型，自动开启或关闭铁路集装箱F-TR锁卸平车作业未脱锁防护系统，提高了卸车作业效率。

（2）消除作业环境影响，减轻司机工作强度。实现了自动对中和精确控制点动起升，司机不受自然天气对人的视觉干扰，消除了雨雾天等环境影响，降低了司机装卸作业强度。

（3）提升作业安全性能。所提出的卸车作业慢速点动起吊技术，规范了集装箱卸平车作业流程，确保了集装箱卸车作业安全。

（4）提升集装箱装卸安全作业技术水平。铁路集装箱站场实现F-TR锁智能未脱锁防护作业，可显著提升铁路集装箱装卸安全作业水平，满足智能作业发展的需要。

4　结束语

铁路集装箱卸车作业过程中，F-TR锁与集装箱勾连造成车辆脱轨或损坏，是铁路货运安全管理亟需解决的难题。随着智能、传感、控制等先进技术发展，集装箱装卸作业安全实现从人防向技防转变是必然的发展趋势。通过研发应用铁路集装箱F-TR锁卸平车作业未脱锁防护系统，为集装箱门吊卸车作业过程中集装箱勾连F-TR锁问题提供了解决途径，并提高了作业效率，提升了作业安全，减轻了工作强度，实现了减员增效。该技术已在北京局集团公司铁路货场集装箱门吊上全面应用，保障了集装箱装卸作业安全，应用效果良好，值得推广应用。

参考文献：

[1] 张铁钢. 铁路货运安全风险管理体系优化探讨[J]. 铁道货运，2021，39(3)：1-5.
ZHANG Tiegang. Discussion on Optimization of Risk Management System for Railway Freight Safety[J]. Railway Freight Transport，2021，39(3)：1-5.

[2] 张金超，郭雁翔，毛建伟.F-TR型锁集装箱平车装卸作业安全对策分析[J]. 铁道货运，2020，38(11)：12-16.
ZHANG Jinchao，GUO Yanxiang，MAO Jianwei. An Analysis of Safety Strategies for Loading and Unloading Operation of F-TR Lock Container Flat Car[J].Railway Freight Transport，2020，38(11)：12-16.

[3] 邵玉华，左　宁，薛　毅，等. 铁路集装箱F-TR锁脱钩安全监控系统设计[J]. 铁道货运，2017，35(8)：54-58.
SHAO Yuhua，ZUO Ning，XUE Yi，et al. Design of Safety Monitoring System for Railway Container F-TR Lock Discarding[J]. Railway Freight Transport，2017，35(8)：54-58.

[4] 王帮琪. 铁路货运F-TR锁装卸事故技防方案研究[J]. 铁道货运，2022，40(8)：30-38.
WANG Bangqi. Research on Technical Prevention Scheme of F-TR Lock Loading and Unloading Accidents for Railway Freight Transport[J].Railway Freight Transport，2022，40(8)：30-38.

[5] 蒲少华. 铁路集装箱F-TR锁装卸安全问题分析[J]. 铁道货运，2017，35(2)：33-37.
PU Shaohua. Analysis on Railway Container F-TR Lock Loading and Unloading Safety Issues[J]. Railway Freight Transport，2017，35(2)：33-37.

[6] 李思佳，孔德顺，姜会增. 基于正面吊计量检测的集装箱装卸作业信息化研究与应用[J]. 铁道运输与经济，2023，45(3)：103-110.
LI Sijia，KONG Deshun，JIANG Huizeng. Research and Application of Container Handling Informatization Based on Measurement and Detection of Reach Stacker[J]. Railway Transport and Economy，2023，45(3)：103-110.

[7] 李　鑫，丁文赢，杨广全. S1Z型双层集装箱连接锁的研究设计[J]. 铁道运输与经济，2018，40(11)：116-121.
LI Xin，DING Wenying，YANG Guangquan. A Design of the Connecting Lock for S1Z Double-Stack Container[J]. Railway Transport and Economy，2018，40(11)：116-121.

[8] 杨广全，车德慧，李祝锋. 铁路集装箱装卸机械的发展及启示[J]. 铁道货运，2016，34(5)：49-54.
YANG Guangquan，CHE Dehui，LI Zhufeng. Development and

Revelation of Railway Container Loading & Unloading Machines[J]. Railway Freight Transport，2016，34(5)：49-54.

[9] 中国铁路总公司铁路货物装卸安全技术规则：TG/HY 108—2015[S].北京：中国铁道出版社，2015：83-84.

[10] 杨广全，马玉坤，刘　飞.基于遗传算法的集装箱装车配载方案的优化[J].中国铁道科学，2014，35(6)：124-130.
YANG Guangquan，MA Yukun，LIU Fei. GA-Based Matching Scheme Optimization for Container Loading Onto Railway Vehicle[J]. China Railway Science，2014，35(6)：124-130.

（责任编辑：刘宁馨）

Research and Application of Non-Release Protection Technology for Railway Container F-TR Lock Unloading Operations

LIU Xuefei

(95306 Freight Logistics Service Center，China Railway Beijing Group Co.，Ltd.，Beijing 100860，China)

Abstract: To solve the hook connection of F-TR lock and container in container unloading operations, the factors of a padlock in railway container F-TR lock unloading operations and anti-hook connection measures were analyzed. Laser ranging, image recognition, weighing sensor, PLC control, video monitoring, and other technical means were used to study and design key technologies such as automatic positioning control of small cars, intelligent recognition of railway freight cars, lifting positioning control, vehicle hook connection status judgment, slow point motion lifting of flat car unloading operations, and non-release detection of containers. A non-release protection technology for railway container F-TR lock unloading operations of flat cars was proposed, forming a non-release protection system for container F-TR lock unloading operations of flat cars, which was promoted and applied in the railway freight yard of Beijing Group Company. The application results indicate that the system is standardized, safe, and efficient, ensuring the safety of container unloading operations of flat cars.

Keywords: Railway; Container Freight Transport; Loading and Unloading Operation; F-TR Lock; Non-Release Protection Technology