

铁路车辆自动防溜器装车试验研究

唐永康

(朔黄铁路发展有限责任公司, 河北 肃宁 062350)

摘要:为了克服长期困扰铁路行业的车辆防溜作业强度大、效率低、安全可靠性差等问题,研制了铁路车辆自动防溜器。介绍了防溜器的工作原理,计算表明 C70、C80 型货车在空载和重载状况下铁路车辆自动防溜器的制动力能够得到保证。样品安装在 58 组 116 辆 C70A 型货车上,开展了试验列车的性能测试、空重车坡道防溜和运行考核试验,证明研制的铁路车辆自动防溜器单车防溜制动力强,能保证车辆在坡度不大于 12‰ 任何线路上实现自动防溜、安全停放。较之传统的人工作业防溜措施在经济、社会效益方面具有明显的优势。

关键词:铁路车辆;自动防溜器;制动力;下滑力;坡道试验

DOI:10.13219/j.gigyat.2018.03.003

中图分类号:U260.37 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-3953(2018)03-0009-05

1 国内铁路运输行业防溜现状

铁路运输在我国交通运输体系中起着骨干作用,承担矿石、煤炭、原材料等大宗货物和大型设备以及中长距离的旅客运输任务,21 世纪的铁路正走向高速化、重载化和智能化。在建设能力和养护维修能力得到快速提升的同时,运营安全仍然是铁路行业的第一要务,如何防止车辆溜逸,是铁路运营企业重点关注和严格防范的重要安全问题。

我国铁路部门在铁路机车车辆防溜问题上做了大量的研究工作,经历了几代人的不断付出和尝试,提出了多种防溜的技术方法,研制了对应的防溜设备。

1.1 防溜铁鞋

防溜铁鞋具有结构单一、使用简单的优点,但存在的缺点也很明显:一是笨重不便携带;二是整列或大组车列防溜作业时,要付出大量人力和体力,且防溜作业人员背着沉重的铁鞋穿梭在股道边、线路旁,存在危及人身安全的隐患;三是发车时需要撤除防溜铁鞋,如因检查不细有遗漏,必定会造成行车事故。

1.2 人力制动机(手闸)

制动停车后的列车或车辆,进行防溜作业时由作业人员直接拧紧手闸,而发车时,再由作业人员松开手闸,这种方式可靠性较强,但程序复杂、工人的工作强度大,尤其是在电气化作业区段,若登高作业,人身安全难以保障。

1.3 专业防溜器

国内科研院所研发的防溜器(停车器、停车顶)是主要针对编组站尾部进行车辆防溜的装置,是通过气动或液压传动作为装置主驱动力,由制动轨对车轮施加内撑力或夹紧力,使车轮及轨道间产生动摩擦,依靠摩擦达到停车防溜目的。此装置需要控制系统与铁路站场信号系统联锁,借助外部信号来控制,不适用于区间线路的防溜。

朔黄铁路是我国西煤东运的第 2 条通道,开行的万 t、两万 t 重载列车主力车型为 C70 型、C80 型货车,由于能够停放两万 t 列车的车站数量有限,随着列车开行密度的增大,将来在天窗施工期间区间停放两万 t 重载成为必然的选择,因此进行新型铁路车辆自动防溜器研发成为必然。

2 铁路车辆自动防溜器基本工作原理

目前铁路货车大量采用 120 型空气制动机,列车制动管减压时为制动,增压时为缓解,在列车分离或拉动紧急制动阀时,列车能自动制动停车。列车和车辆制动力的产生是在 120 型空气制动机列车制动主管减压后,通过空气控制阀、副风缸、制动缸等部件的共同作用,基础制动装置驱使闸瓦压紧车轮踏面,列车和车辆制动直至停车。制动停车的列车和车辆停放后,由于制动缸及其管系自然漏泄而压力逐渐减小,使制动缸活塞杆回缩,制动梁、闸瓦托等构件在自重力的作用下恢复到原位,闸瓦逐渐离开车轮而失去制动力。为了列车和车辆停放安全,车辆安装人力制动机。

收稿日期:2018-04-26

作者简介:唐永康(1965—),男,高级工程师,主要从事科研管理工作。

2.1 防溜器基本工作原理

所研制的新型铁路车辆自动防溜器是从传统的地面人工作业被动模式,转变为列车和车辆自动防溜主动模式,在不改变原有车辆空气制动机的前提下,参照人力制动机防溜原理,利用车辆原有基础制动装置,增加一套防溜装置来实现列车和车辆的自动防溜。即在保持原有车辆制动系统基本结构的前提下,增加一套简单装置,制动、防溜关系如图1所示,现场安装照片如图2所示。安装了该铁路车辆自动防溜器的列车在正常运行、使用常用制动和缓解时,防溜器处于缓解状态;列车制动停车后,主风管风压排空时,车辆自动防溜器进入制动工作状态,实现车辆的自动防溜,使列车在区间和站内停留期间无须采取人工防溜措施,解决铁路车辆自动防溜问题。

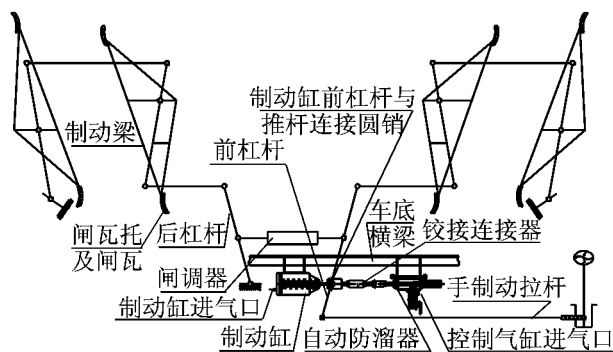


图1 车辆自动防溜器与基础制动关系示意图



图2 防溜器现场安装

安装车辆自动防溜器的车辆,制动后处于停车状态时,当制动缸因泄漏而引起制动力下降、鞣鞣杆回缩时,被自动防溜器前杠杆锁住,不让其回缩,使基础制动装置始终对闸瓦施加适当的压力,并将持续保持,实现自动防溜,直至需撤除防溜作用时。车辆自动防溜器的正常缓解是在连挂牵引机车后自动完成;当需要人工解除防溜时,可采用手动方式使其缓解;列车正常运行时车辆自动防溜器处于非作用状态,对列车制动系统无影响。

2.2 防溜能力需求分析

以C70车辆为例进行防溜能力需求分析:C70

车型货车由2辆组成的车辆单元安装1组车辆自动防溜器,当车辆制动缸活塞杆回缩过程中,车辆自动防溜器锁止其回缩,车辆自动防溜器作用后闸瓦产生的制动力只要不小于2个车辆因自身重量产生的下滑力,就能保证车辆不发生溜逸。C70车辆技术参数:载重70t;自重22.7t;全车制动倍率11.2;制动缸直径0.305m;常用全制动制动缸压力(500kPa工况),空车140kPa,重车360kPa;高摩合成闸瓦静摩擦系数 ≥ 0.38 (TB/T 2403—2010)。

12‰坡道单个车辆及车辆单元(由2辆车组成)下滑力计算^[1-3]:空车, $f_k = Q_k \cdot 0.012 = 2.67 \text{ kN}$, $f_{k2} = 2 \times f_k = 5.34 \text{ kN}$;重车, $f_z = Q_z \cdot 0.012 = 10.91 \text{ kN}$, $f_{z2} = 2 \times f_z = 21.82 \text{ kN}$ 。式中: f_k 为空车12‰坡道单个车辆下滑力; f_{k2} 为空车12‰坡道车辆单元(2辆)下滑力; f_z 为重车12‰坡道单个车辆下滑力; f_{z2} 为重车12‰坡道车辆单元下滑力; Q_k 为空车单个车辆自重; Q_z 为重车单个车辆总重量。

C70车辆制动力计算(定压500kPa工况,常用全制动):空车, $F_k = S \cdot P \cdot N \cdot \eta \cdot \mu = 0.073 \text{ m}^2 \times 140 \text{ kPa} \times 11.2 \times 0.35 \times 0.38 = 15.2 \text{ kN}$;重车, $F_z = S \cdot P \cdot N \cdot \eta \cdot \mu = 0.073 \text{ m}^2 \times 360 \text{ kPa} \times 11.2 \times 0.5 \times 0.38 = 55.9 \text{ kN}$ 。式中: F_k 为空车静态制动力; F_z 为重车静态制动力; S 为制动缸活塞面积; P 为制动缸压力; N 为全车制动倍率; η 为实测静态制动效率; μ 为高摩合成闸瓦静摩擦系数。

根据以上计算结果,C70车型货车单元中只要安装了车辆自动防溜器的那辆货车处在防溜制动状态,在空载状态,其空车静态制动力 $F_k = 15.2 \text{ kN}$,考虑到防溜系统的效率,换算得出的空车平均防溜制动力为6.03kN,大于车辆单元在12‰坡道所产生的下滑力 $f_{k2} = 5.34 \text{ kN}$,最小安全系数为1.14,所以空载车辆单元在12‰坡道不会发生溜逸。在重载状态,其重车静态制动力 $F_z = 55.9 \text{ kN}$,考虑到防溜系统的效率,换算得出的重车平均防溜制动力为47.77kN,大于车辆单元在12‰坡道所产生的下滑力 $f_{z2} = 21.82 \text{ kN}$,最小安全系数为2.19,所以重载车辆单元在12‰坡道也不会发生溜逸。

C80车型货车每辆车安装1组车辆自动防溜器,按照上述方法进行防溜能力需求分析,具体计算结果见表1。根据以上计算结果,C80车型货车在空载状态和在重载状态,其制动力均大于下滑力,C80车型货车在12‰坡道不会发生溜逸。

表 1 车辆防溜能力评估分析一览表

车辆类型	定压/ kPa	坡度/ ‰	万 t 编组车 辆数/辆	单个车辆下滑力/kN		车辆单元下滑力/kN		实测闸瓦力平均值/kN	
				空车	重车	空车	重车	空车	重车
C70	600	12	116	2.67	10.91	5.34	21.82	7.05	55.89
C80	600	12	116	2.40	11.80	4.80	23.60	—	—

车辆类型	估算闸瓦力平均值/kN		单个车辆防溜能力安全系数		车辆单元防溜能力安全系数	
	空车	重车	空车	重车	空车	重车
C70	—	—	2.64	5.12	1.32	2.56
C80	4.96	35.16	2.06	2.97	1.03	1.49

注:①C70 实测平均闸瓦力取值依据列车管定压 600 kPa、常用全制动工况,车辆制动缸空气压力为 420 kPa;列车管定压 500 kPa、常用全制动工况,车辆制动缸空气压力为 360 kPa,在制动传动效率、闸瓦静摩擦系数相同时,两种工况车辆制动力比值为 1.17。②C80 平均闸瓦力取值依据车辆自动防溜器实际防溜能力水平,空车工况 42.9%、重车工况 81.0%测算。

由表 1 可以看出,货车 C70 型空车状况下单个车辆与车辆单元的防溜能力安全系数分别为 2.64、1.32,货车 C80 型空车状况下单个车辆与车辆单元的防溜能力安全系数分别为 2.06、1.03,显然货车 C80 型空车状况下,车辆单元防溜能力基本没有安

全余量。装车试验中 C70 型货车以车辆单元为单位装设车辆自动防溜器,C80 型货车以单个车辆为单位装设车辆自动防溜器。按万 t 编组 116 辆 C70 (58 组车辆单元)在 12‰坡度坡道停放测算,进行车列防溜能力安全系统评估,计算结果见表 2。

表 2 车列防溜能力评估分析一览表

车辆类型	万 t 编组车 辆数/辆	车辆自动防溜 器安装数量/套	车列下滑力/kN		车列防溜制动力/kN		车列防溜能力安全系数	
			空车	重车	空车	重车	空车	重车
C70	116	58	309.98	1 265.87	380.98	3 018.11	1.23	2.38
C80	116	116	273.10	1 365.60	541.50	3 832.70	1.98	2.81

综上所述,以 C70 型货车以车辆单元为单位装设车辆自动防溜器、C80 型货车以单个车辆为单位装设车辆自动防溜器的方案,经计算可以得出:与人力制动机(手闸)的防溜能力安全系数 1.11~1.25 比较表明,万 t 列车不论空重工况,在小于等于 12‰坡度上停放时,车辆自动防溜器的防溜能力都比人力制动机(手闸)的防溜能力强,车辆防溜逸的安全性是可以得到保证的。

3 铁路车辆自动防溜器装车试验

进行综合试验是验证车辆自动防溜器在不影响列车正常运行的前提下,其功能和性能是否达到设计技术要求的重要环节,是对铁路车辆自动防溜器的综合性能、耐久性和可靠性的全面考核。综合试验分为:

(1)单车静态试验。验证车辆自动防溜器在安装前后对车辆制动功能及性能有无影响,同时验证车辆自动防溜器功能是否满足设计要求。

(2)列车试验。验证列车正常运行过程中车辆自动防溜器的综合性能,包括:在列车进行常用制动时对列车制动性能有无影响,在列车进行紧急制动

时对列车制动性能有无影响,车列长时间坡道停留状态下防溜作用的持久性。

(3)列车坡道试验。验证列车在坡道停车防溜器的可靠性,这是整个综合试验中最为关键的一步。

(4)列车运行考核试验。根据神华运[2016] 81 号《关于开展车辆自动防溜器运行考核试验的通知》要求,在神华铁路朔黄铁路和神朔铁路管内,对安装车辆自动防溜器列车进行为期不少于半年的运用考核,以检验车辆自动防溜器的可靠性。

3.1 静态试验

铁路车辆自动防溜器静态试验数据曲线见图 3。列车管空气压力高于 500 kPa 时,车辆自动防溜器作用部气室空气压力与列车管空气压力相等;列车管空气压力从 500 kPa 下降至 50 kPa 前,作用部气室空气压力均保持 500 kPa,车辆自动防溜器永远处于防溜解除状态;列车管空气压力在小于 50 kPa 时,车辆自动防溜器处于预备防溜作用状态;列车管压力充风至 490 ± 20 kPa 时,车辆自动防溜器作用部气室的空气压力开始上升并与列车管压力相等,车辆自动防溜器处于防溜解除状态。测试表明:车辆自动防溜器防溜、解除动作正常,符合装车要求。

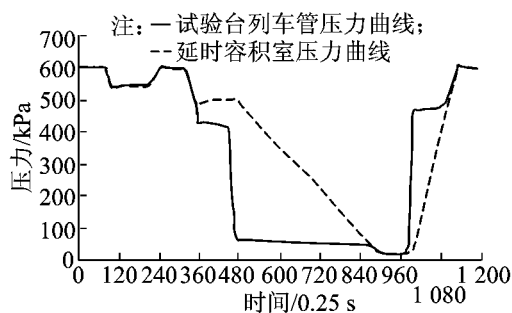


图3 600 kPa 工况下防溜器性能参数测试记录

3.2 坡道防溜试验

试验地点选在朔黄铁路小觉至古月 K206+617~K208+367 区间进行,时间选择在施工天窗早上 5:00~9:00,试验列车编组为:SS4B 型机车+29 组(58 辆)C70A 货车+SS4B 型机车,线路坡道 11.5‰,试验区段供电接触网不停电。天窗开始,前部一台(朝黄骅港车站方向)SS4B 型机车作为本务机牵引试验列车从小觉车站(K200+667)进入试验区段,当尾部的一台(朝神池南车站方向)SS4B 型机车越过 K206+617 公里标后试验列车实施常用制动,使得试验列车停在 K206+617~K208+367 区间,这时每辆车都处在制动状态,可以开始列车坡道防溜试验。

首先将两台机车制动机(小闸)实施最大制动力(缸压 420 kPa 左右),接着本务机车将列车制动机(大闸)放置非常位,使得试验列车的列车管风压排空,观察车辆自动防溜器进入预备位后,然后人工依次将车辆工作风缸缓慢排零(模拟制动缸漏泄过程),确认车辆自动防溜器依次进入防溜位;由于每一组车(2 辆)只有 1 辆车安装车辆自动防溜器,试验列车中还有一半车处于制动状态;根据上面对 C70 型货车编组列车防溜能力的评估可以看出,无论空载还是重载,试验列车只要有一半的车辆处于防溜状态,在坡度不大于 12‰坡道上列车都可以安全防溜,再加上两台机车制动机(小闸)实施最大制动力,可以将试验列车中另一半仍处于制动状态的 29 辆未安装自动防溜器车辆人工依次拉动手动缓解阀,使试验列车全部车辆制动机处于缓解状态,能保证试验列车不溜逸。接着将两台机车小闸缓解,并确认机车闸瓦离开车轮,整列空载试验列车完全进入自动防溜工作状态,检验试验列车防溜能力是否有一定的裕量,观察并确认并保持 15 min 车辆不发生溜逸。

在上述过程中,为了防止试验列车意外溜动,要

求首尾两台机车乘务员,如发现列车出现溜动,立即缓解机车制动机(小闸),并施加向神池南车站方向(即向上坡)的牵引力,以保证列车不溜逸。

试验列车坡道防溜测试保持 15 min 后,原来尾部(朝神池南车站方向)的一台 SS4B 型机车作为本务机车,另一台(朝黄骅港车站方向)SS4B 型机车作为辅机,两台机车开始充风,在风压上升的过程中两台机车制动机(小闸)施加制动力逐步增大,当制动管风压上升接近 490 kPa 时车辆自动防溜器开始缓解,两台机车乘务员随时观察列车,当列车出现溜动,立即缓解机车制动机(小闸),并施加向神池南车站方向(即向上坡)的牵引力,同时列车制动管风压上升至定压 600 kPa 后,机车牵引试验列车返回小觉车站,列车坡道防溜试验完成。

3.2.1 空载列车防溜试验过程

2016 年 9 月 8 日进行空载列车坡道防溜试验。试验列车编组为:SS4B 型机车+29 组(58 辆)C70A 货车(空载)+SS4B 型机车;线路坡道 11.5‰。

试验情况:9 月 8 日 5 点 50 分,试验列车停放在试验地点,SS4B 0043B 号机车排空列车管风压;5 点 55 分,试验人员从 SS4B 0043B 号机车后第 1 位 C70A 型 0032126 号车开始到列车后部 C70A 型 0031338 号车依次模拟制动缸泄漏(拉手动缓解阀),经检查确认安装自动防溜器的车辆全部进入防溜工作状态;由于每一组车(2 辆)只有 1 辆车安装车辆自动防溜器,所以试验列车中有一半车处于制动状态;6 点 37 分,参试人员从列车后部 C70A 型 0031339 号车开始至列车前部 C70A 型 0032127 号车,依次拉动所有 29 辆未安装车辆自动防溜器的车辆手动缓解阀,至此试验列车全部车辆制动机处于缓解状态;7 点 10 分,两台机车小闸缓解,并确认机车闸瓦离开车轮,空载试验列车进入自动防溜工作状态,在坡道上纹丝不动,防溜保持试验从 7 点 15 分至 8 点 15 分,保持时间长达 1 h。8 点 15 分,机车充风缓解,确认尾部风压为 500 kPa 时,试验人员从列车后部开始逐辆检查确认车辆自动防溜器退出防溜状态全部处于解除状态,至 8 点 40 分整个空车坡道防溜试验取得成功,车辆自动防溜器能够保证列车空车在 11.5‰坡道上安全防溜。

3.2.2 重载列车坡道防溜试验过程

2016 年 9 月 29 日进行重载列车坡道防溜试验。试验列车编组:SS4B 型机车+29 组(58 辆)C70A 货

车(重载)+SS4B型机车;线路坡道11.5‰。

试验情况:9月29日6点25分试验列车停放在试验地点,SS4B 0043B号机车排空列车管风压;6点30分试验人员SS4B 0043B号机车后第1位C70A型0032126号车开始到列车后部C70A型0031338号车依次模拟制动缸泄漏(拉手动缓解阀),全部确认车辆自动防溜器进入防溜作用状态;7点10分试验人员从列车后部C70A型0031339号开始至列车前部C70A型0032127号车,依次拉动所有29辆未安装车辆自动防溜器的车辆手动缓解阀;7点50分两台机车小闸缓解,并确认机车闸瓦离开车轮,重载试验列车进入自动防溜工作状态,重载试验列车防溜保持试验从7点55分至8点25分,保持时间长达30 min。8点25分机车充风缓解,确认尾部风压为500 kPa时,试验人员从列车后部开始逐辆检查确认车辆自动防溜器全部处于缓解位,至8点40分整个重车坡道防溜试验取得成功。

3.3 运用考核试验

截至目前,试验列车共进行了半年时间的运用考核,总运行里程超过20万km,车辆自动防溜器性能一直保持良好状态,没有影响列车的正常操纵及列车制动性能,并通过了包括冷热温度、风沙雨雪等各种环境条件的考验。

3.4 试验中的安全防护

为了保证试验安全,运行中遇车辆自动防溜器故障,经确认防溜器处于非作用状态后,关闭防溜器截断塞门;在空车坡道缓解中,本务机车进行单机最

大制动,辅助机车做好单机制动准备,列车缓解,观察列车有无溜逸,若列车溜逸,通知辅助机车进行单机最大制动,监测记录设备记录列车管压力,在列车启动后,列车驶离试验区段。在重车坡道缓解中,机车与车列连挂;本务机车进行单机最大制动,辅助机车做好单机制动准备,列车缓解,观察列车有无溜逸,若列车溜逸,通知辅助机车进行单机最大制动,在列车充至定压后,列车驶离试验区段。试验列车运行期间,安排救援列车处于待命状态,做好随时出动的准备工作,救援队做好事故救援准备工作,发生事故能立即出动,确保试验列车的安全。

4 结束语

试验和分析结果表明,安装了铁路车辆自动防溜器(C70A型、C80A型货车)列车和车辆在不大于12‰坡度的线路条件下,能够在车站和区间实现全天候列车和车辆的自动防溜,无须进行人工防溜作业,有望解决长期困扰铁路行业列车和车辆防溜作业强度大、效率低、安全可靠差等问题,可以极大提高铁路运输效率,并有效避免列车和车辆溜逸事故的发生,保证铁路运输生产安全,具有巨大的经济效益和良好的社会效益。

参考文献

- [1]张旺狮.车辆制动装置[M].北京:中国铁道出版社,2007
- [2]陈大名.铁道车辆制动[M].北京:中国铁道出版社,2005
- [3]夏寅荪,吴培元.120型空气制动[M].北京:中国铁道出版社,1995

An Experimental Study of the Automatic Anti-Running Devices Being Installed to Railway Vehicles

TANG Yongkang

(The Shuo-Huang Railway Development Co. Ltd., Suning 062350, China)

Abstract: In order to overcome the anti-running problems of railway vehicles troubling the railway trade for a long time in great operational intensity, low efficiency and poor security and reliability, the automatic anti-running device for railway vehicles is developed. The working principles of the device is introduced. The result of our calculations shows that the braking power of the anti-running device for railway vehicles can be ensured either when Type-C70 and Type-C80 wagons are empty or fully loaded. With the sample products installed to 58 groups of or 116 Type-C70A wagons, the performance of the test trains is tested, and the anti-running slope tests of either empty or fully-loaded wagons and the operation-examination tests are performed. The results of all the tests show that the braking power of the developed automatic anti-running device for railway vehicles is strong enough for a single wagon, and sufficiently powerful to ensure the automatic anti-running and safe stay of railway vehicles on any railway track with a slope of no larger than 12‰. Compared with the traditional manual anti-running operation measures, the anti-running device has obvious advantages in both economical and social benefits.

Key words: railway vehicle; automatic anti-running device; braking power; down-sliding force; slope test