

# 电液轨枕式内锁闭道岔转换设备的关键技术及应用

戴洋竞 徐建军 颜韵飞

(上海地铁维护保障有限公司通号分公司, 200235, 上海)

**摘 要** [目的] 目前常用的电液轨枕式外锁闭道岔转换设备存在机械结构复杂、对土建工况要求高、故障数量多及运维工作量大等问题。对此, 提出一种适用、简易、稳定、可靠的电液轨枕式内锁闭道岔转换设备。[方法] 由电液轨枕式内锁闭道岔转换设备的整体结构出发, 从轨枕式安装、防尘防水技术、优化电缆路径布局、动作机构和表示机构、机械部件整体绝缘及螺栓紧固件防松技术等方面, 详细阐述了电液轨枕式内锁闭道岔转换设备的关键技术。新设备在上海轨道交通 8 号线东方体育中心站 1# 道岔进行试装测试。[结果及结论] 试装测试所得设备指标符合相关技术标准要求, 转辙机的防尘防水等级达到 IP68 标准。根据测试结果, 试装电液轨枕式内锁闭道岔转换设备后, 液压监测动作压力曲线平滑, 锁闭阶段阻力降低显著, 转换时间缩短, 各螺栓紧固件不松动, 运行稳定可靠, 运维成本大幅降低。

**关键词** 城市轨道交通; 内锁闭; 道岔转换设备; 电液转辙机; 轨枕式安装

**中图分类号** U284.72<sup>+1</sup>

**DOI**:10.16037/j.1007-869x.2024.11.020

## Key Technologies and Application of Electro-hydraulic Sleeper Internal Locking Turnout Switch Machine

DAI Yangjing, XU Jianjun, YAN Yunfei

(Telecom & Signal Branch, Shanghai Metro Maintenance Support Co., Ltd., 200235, Shanghai, China)

**Abstract** [Objective] Current commonly used EhsD (electro-hydraulic sleeper external locking turnout switch device) exhibits problems such as complex mechanical structure, high civil engineering requirements, numerous faults, and substantial maintenance workload. To address these issues, the design of a practical, simple, stable, and reliable EhsD is proposed. [Method] Starting from the EhsD overall structure, its key technologies including sleeper installation, dust and water-proof technology, optimized cable path layout, action and indication mechanisms, comprehensive insulation of mechanical components, and anti-loosening technology for bolts are expounded. Trial installation and testing are conducted on the new device at No. 1 turnout of Oriental Sports Center Station on Shanghai Rail Transit Line 8. [Result & Conclusion] The trial installa-

tion and testing results indicate that the device meets relevant technical standards, with the turnout switch machine achieving a dust and water proof rating of IP68. According to the test results, after installing the trial electro-hydraulic sleeper internal locking turnout switching equipment, the hydraulic monitoring action pressure curve is smooth, with resistance during the locking phase significantly reduced, switching time shortened, and no loosening of bolts and fasteners is observed. The operation of new EhsD is stable and reliable, leading to a substantial reduction in operation-maintenance costs.

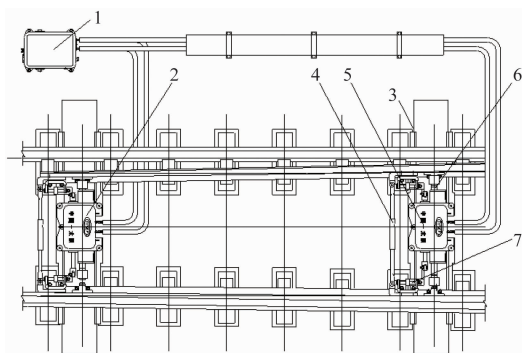
**Key words** urban rail transit; internal locking; turnout switching equipment; electro-hydraulic switch machine; sleeper installation

上海轨道交通为超大规模网络化运营, 其道岔转换设备具有数量大、转换频率高、过车频繁振动大及折返场景多样等特点。目前, 在上海轨道交通中, 正线所用的电液轨枕式外锁闭道岔转换设备有 320 组, 占全部道岔转换设备的 27.1%。电液轨枕式外锁闭道岔转换设备虽然可靠性高, 但缺点较多: 零部件数量多, 结构复杂, 维护、更换保养工作量较大; 外锁闭装置易磨损, 设备故障较多; 对土建要求高; 对检修人员的调整操作能力及应急抢修能力要求极高。文献[1]提出了电液转换设备外锁闭和安装装置的机械机构优化方法, 却依然无法解决设备部件多、拆装繁琐、后期维护成本高等问题。文献[2]仅研究了电液转辙机及油路油泵系统的优化方法, 并未对安装装置的优化进行研究。

结合造价及运维等因素考虑, 城市轨道交通的道岔转换设备更适宜采用内锁闭方式。对此, 本文提出一种电液轨枕式内锁闭道岔转换设备(以下简称“轨枕内锁道岔转换设备”), 在满足运营需求的基础上, 进一步提升道岔转换设备的可靠性及安全性, 降低设备的拆装成本, 提升运维效率。

## 1 轨枕内锁道岔转换设备的总体设计

轨枕内锁道岔转换设备整体结构见图1。轨枕内锁道岔转换设备包括电液转辙机装置和安装装置两部分。电液转辙机装置包括用于第一牵引点的转辙机主机、用于第二牵引点的转辙机副机(即转换锁闭器)、液压站及油管,转辙机的主机与副机结构基本一致,统称为转辙机;安装装置包括基础角钢、动作机构、表示机构、尖端杆和油管防护装置等。



注:1—液压站;2—轨枕转辙机;3—角钢;4—尖端杆;5—转换锁闭器;6—动作机构;7—表示机构。

图1 轨枕内锁道岔转换设备整体结构示意图

Fig.1 Overall structure diagram of sleeper internal locking turnout switching equipment

转辙机均安装于道岔两基本轨中间的牵引点处岔枕空当位置。液压站安装在道岔外侧,通过油管分别和转辙机连接,为转辙机提供液压动力。转辙机和液压站分别提供了与外部道岔控制电路连接的配线接口。安装装置的基础角钢连接在道岔基本轨和转辙机之间,固定和支撑转辙机;动作机构安装在转辙机动作杆和尖轨上,传递转辙机动作。表示机构连接转辙机锁闭表示杆和尖轨,反馈尖轨的位置到转辙机内部。尖端杆安装于两尖轨之间,调整和保持尖轨的斥离开口。

## 2 轨枕内锁道岔转换设备的关键技术

### 2.1 轨枕式安装方式

轨枕内锁道岔转换设备的转辙机仍延用了轨枕式安装方式。这样不仅能节省隧道开挖空间,减少前期建设成本,还能以最小成本将既有线路电液轨枕式外锁闭道岔转换设备更换为轨枕内锁道岔转换设备。

### 2.2 防尘防水设计

上海地区年降雨量较多且洞下线路较潮湿,水

汽会随着杆件的动作进入转辙机内部。此外,由于采用轨枕式安装的转辙机高度低于轨面,一旦排水系统发生故障,转辙机很可能浸水。对此,轨枕内锁转换设备的转辙机须为密封型转辙机,其防尘防水等级达IP68标准,其防尘防水结构示意图如图2所示。密封型转辙机设计了圆柱动作杆及圆柱锁闭(表示)杆,在杆架、圆孔套等端面均增加了密封垫和O形密封圈,螺栓紧固件均涂装了螺纹密封胶。

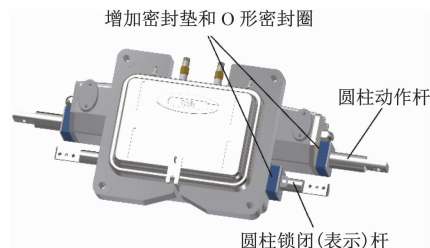


图2 密封型转辙机的防尘防水结构示意图

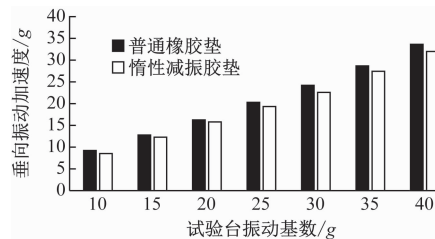
Fig.2 Diagram of dustproof and waterproof structure for sealed switch machine

### 2.3 优化电缆路径布局

在确保室内电路接口不变的前提下,将室外原有的电缆配线方案:第一牵引点主机配线先到液压站再到电缆盒的方式,优化为主机配线和液压站配线分别接到电缆盒的方式,减少配线点位,提高电路可靠性。

### 2.4 惰性阻尼橡胶减振胶垫

将转辙机和基础角钢之间的普通橡胶减振胶垫更换为惰性阻尼橡胶减振胶垫。为确认惰性阻尼橡胶减振胶垫性能符合使用要求,须进行垂向振动测试。在测试台上先后放置测试橡胶垫和角钢垫板,在角钢垫板的固定螺栓上安装振动监测仪,分别对惰性阻尼橡胶减振胶垫与普通橡胶减振胶垫进行垂向振动测试。不同减振胶垫的垂向振动测试结果如图3所示。测试结果表明,同等振动条件下,采用惰性阻尼橡胶减振胶垫能更有效地吸收



注:g为重力加速度。

图3 不同减振胶垫的垂向振动测试结果

Fig.3 Vertical vibration testing results of different damping rubber pads

过车时的振动,保护转辙机。

## 2.5 动作机构和表示机构

动作机构采用分体式设计,由动作板、耐磨板及顶块组成,如图 4 所示。顶块直接安装在道岔尖轨处。当转辙机机内动作杆伸出时,机外动作板通过推动顶块来实现尖轨位置的转换和保持密贴。顶块内部设置有矩形弹簧,可在道岔密贴时持续提供 1 500 N 左右的密贴力,并吸收列车通过道岔时所产生的冲击能量。在动作板两侧设有可拆卸耐磨板,可根据其表面磨损程度进行替换。替换时无须整体拆装动作机构,提高了动作机构的可靠性,减少了现场维护工作量。

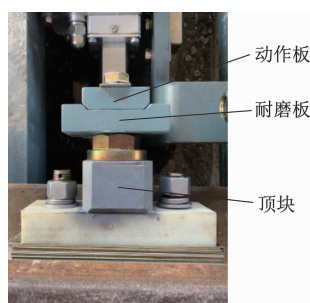


图 4 分体式动作机构

Fig. 4 Split action mechanical structure

表示机构由表示连接铁、销轴、表示连板组成,如图 5 所示。表示连接铁部件中,销轴连接铁结构能够适应尖轨爬行及跳动等道岔工况不良的情况。销轴与表示连接铁贯穿位置采用新型高分子材料与弹性橡胶的组合,以减少过车振动引起的冲击与磨损等情况。表示连板与销轴连接孔处采用关节轴承,以减少尖轨动作转角及摆动所带来的额外作用力,进而准确表示道岔的密贴或斥离状态。

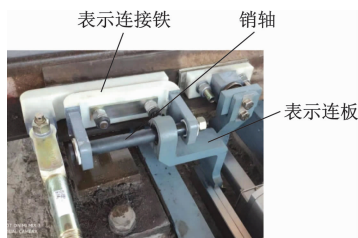


图 5 自适应表示机构

Fig. 5 Adaptive indication mechanical structure

在道岔前机和后机牵引点处增设尖端杆,如图 6 所示。尖端杆的作用长度可无级调节,便于密贴调整和保持道岔牵引点处的尖轨开口。

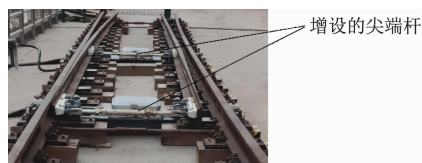


图 6 牵引点处增设作用长度可无级调节的尖端杆

Fig. 6 Pointed rod with stepless adjustable length added at traction points

## 2.6 机械部件整体绝缘

同基本轨及尖轨连接的机械部件均采用整体绝缘加工。经整体绝缘加工的机械部件如图 7 所示。相比传统插装绝缘垫片的安装方式,采用经整体绝缘加工的机械部件不仅可大幅减少零部件数量,提高了拆装效率,而且绝缘材料的绝缘性能更强,还具有一定的减振能力。

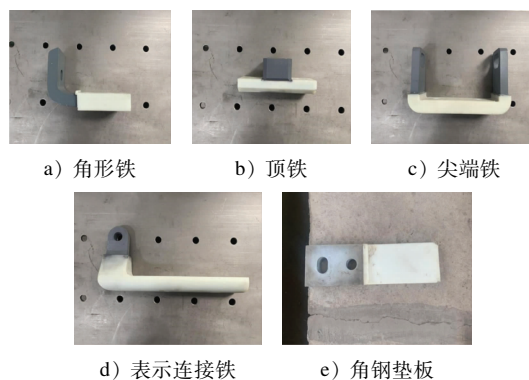


图 7 经整体绝缘加工的机械部件

Fig. 7 Mechanical components with overall insulation processing

## 2.7 螺栓紧固件防松技术

上海轨道交通的岔区环境复杂,列车过岔频繁、振动大,故确保道岔转换设备所有螺栓紧固件有效、可靠、易维护十分关键。关键点位的螺栓紧固件防松技术如下:

1) 安装装置中的角钢安装孔、转辙机安装孔及销轴固定等螺母紧固后不常拆卸的部位可采用施必牢螺母防松技术。该技术关键特点是在螺母螺纹的牙底处有一个 30° 的楔形斜面,当螺栓螺母相互拧紧时,螺栓的牙尖就紧紧顶在施必牢螺母的楔形斜面上,从而产生了很大的锁紧力<sup>[3]</sup>。

2) 尖轨连接铁安装孔、顶块安装孔及尖端杆连接孔等螺母紧固后需维护、调整反复拆卸的部位采用了哈德洛克螺母防松技术。该技术由中凸螺母、中凹螺母组成。中凸螺母与螺杆之间的紧固力、中凸螺母的突起与中凹螺母配合产生的垂直方向紧



固力、水平方向紧固力,这三种紧固力保证了哈德洛克螺母的稳固性<sup>[4]</sup>。并且反复使用不会降低其紧固性能。

3) 动作板的固定螺栓对紧固、防松要求较高,采用钢丝串联防松技术。如图 8 所示,将钢丝穿入多个螺栓头部孔内,依次串联起来,通过钢丝箍紧螺栓起到相互牵制的作用。此防松方式安全可靠。

### 3 数据指标及试装情况

#### 3.1 主要技术指标

1) 转辙机装置的配置和参数如表 1 所示。

表 1 转辙机装置的配置和参数表

Tab.1 Configuration and parameters of switch machine

型号组合配置	电源电压/V	额定转换力/kN	动程/mm	工作电流/A	动作时间/s	单线电阻/ $\Omega$
ZYG7(M)-A+SHG6(M)-A+YJ4(M)	AC 380	2.5+4.2	170+100	$\leq 2.0$	$\leq 5.0$	$\leq 36$
ZYG7(M)-A+SHG6(M)-A+YJ5(M)	AC 380	2.5+4.2	170+100	$\leq 2.0$	$\leq 7.5$	$\leq 54$
ZYG7(M)-A+SHG6(M)-A+Y5(M)	DC 160	2.5+4.2	170+100	$\leq 2.0$	$\leq 13.0$	

2) 转辙机及液压站的防尘防水等级达到 IP68 标准。

3) 转辙机的其他技术指标满足 TB/T 2673—2016《ZY 系列电液转辙机》的相关要求。

4) 道岔转换参数符合 TB/T 3508—2018《铁路道岔转换设备安装技术条件》的相关要求。

5) 道岔密贴检查技术指标:道岔第一牵引点处尖轨与基本轨间有 4 mm 间隙时,道岔不应锁闭;尖轨与基本轨间有 2 mm 间隙时,道岔应锁闭。

#### 3.2 正线试装情况

轨枕内锁道岔转换设备在上海轨道交通 8 号线东方体育中心站 1# 道岔进行试装。轨枕内锁道岔转换设备试装测试实景图如图 9 所示。试装道岔是用于小交路常折返的道岔,采用 60 kg/m 钢轨及 9 号道岔,平均每月动作 3 700 次。和采用电液轨枕式外锁转换设备时的使用情况相比,安装轨枕内锁道岔转换设备后道岔工作状态更佳:设备状态监测数据异常预警数量下降 92%;开程基本无偏差,牵引点密贴、机内缺口状态等核心指标符合技术标准且数据稳定;液压监测锁闭阶段的阻力峰值从 10.8 MPa 降至 7.6 MPa,降低了 3.2 MPa,说明设备在锁闭过程的阻力显著减小;道岔转换用时从 6.04 s 缩短至 5.68 s,节省了 0.36 s,说明地铁的运行效率得以提高。通过微机监测观察试装轨枕内锁道岔转换设备的道岔发现,电功率曲线及液压监测动作压



图 8 钢丝串联防松实景图

Fig. 8 Photo of series connecting wires against loosening of bolts

力曲线均有优化。

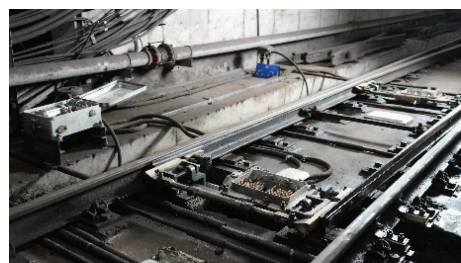


图 9 轨枕内锁道岔转换设备测试实景图

Fig. 9 Photo of sleeper internal locking turnout switching equipment testing

在人工检修维护方面,安装轨枕内锁道岔转换设备后:每次检修作业的人工可节省 1 人,效率提高了 33.3%;设备轮修作业的人工可节省 2 人,效率提高了 66.7%;设备的检修周期延长了一倍。

结合试装测试情况来看,轨枕内锁道岔转换设备优点较多:①零部件较少,造价低,运行稳定可靠;②安装、调整简单,易于维护;③适用于所有型号的道岔,通用性强。

根据《铁路道岔转换设备安装技术条件》<sup>[5]</sup>要求,当列车直向通过道岔速度大于 120 km/h 时,或有其他特殊要求时,应采用外锁闭道岔。绝大部分城市轨道交通的设计速度在 120 km/h 以下,实际运行速度低于 80 km/h。可见,轨枕内锁道岔转换设备足以满足大部分城市轨道交通线路的需求,具有

广泛的适用性。

## 4 结语

本文对轨枕内锁道岔转换设备的工作原理、结构特点、试点应用情况做了详细描述和分析,为新建线路建设和既有线路改造的工程设计和设备选型提供了理论支持和实践指导:

1) 轨枕内锁道岔转换设备采用了密封型转辙机、分体式动作机构、自适应表示机构、惰性减振胶垫、整体绝缘、螺栓紧固件防松等技术,减少了土建工况对道岔转换设备性能的影响,能自动适应道岔环境变化,大幅减少了设备的日常维护工作量。

2) 轨枕内锁道岔转换设备作为一种适用、简易、稳定、可靠的道岔转换设备,能够最大限度降低施工难度和建设成本,具有十分广阔的应用前景。

## 参考文献

- [1] 石瑞军. ZYJ7 电液转换设备外锁闭和安装装置的优化[J]. 科技与创新, 2017(2): 104.
- SHI Ruijun. Optimization of external locking and installation device for ZYJ7 electro-hydraulic turnout switching equipment[J]. Science and Technology & Innovation, 2017(2): 104.

(上接第 86 页)

由表 1 可见:在日常巡检、日常养护、设备中大修、故障应急抢修和维修作业过程管控场景下,基于维修平台提供的功能,可实现更高质量、更高效的维护。

## 4 结语

通号数字化维修体系能实现对维修信息的全面采集、高效处理与智能分析,能优化维修资源配置,是提高维修效率和维修质量的有力保障。

随着大数据和人工智能技术的快速发展,通号数字化维修体系将更加完善,将为城市轨道交通通号维修提供更智能化的辅助工作,以适配更有效的生产模式。

## 参考文献

- [1] 张郁. 上海城市轨道交通超大规模网络化下通信及信号设备的管理与转型[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(11): 1.
- ZHANG Yu. Management and transformation of signaling communication equipment under super-large-scale network of Shanghai

- [2] 周俊伟. 重载铁路道岔电液转换设备优化研究[J]. 铁道通信信号, 2016, 52(6): 16.
- ZHOU Junwei. Research of electro-hydraulic converter technology for heavy haul railway[J]. Railway Signalling & Communication, 2016, 52(6): 16.
- [3] 朱述川, 刘自富. 美国施必牢防松螺母在煤矿井筒装备上的应用[J]. 煤矿机械, 2006, 27(1): 161.
- ZHU Shuchuan, LIU Zifu. Application of spirallock nuts to well equipment in coal mine[J]. Coal Mine Machinery, 2006, 27(1): 161.
- [4] WAKABAYASHI K. Special double hard-lock nuts: JP20150001489A[P]. 2016-07-11.
- [5] 国家铁路局. 铁路道岔转换设备安装技术条件:TB/T 3508—2018[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2018:1.
- National Railway Administration. Railway turnout switching equipment installing technical specification: TB/T 3508—2018[S]. Beijing: China Railway Publishing House, 2018:1.

· 收稿日期:2024-03-18 修回日期:2024-04-24 出版日期:2024-11-10  
Received:2024-03-18 Revised:2024-04-24 Published:2024-11-10  
· 通信作者:戴洋竞,工程师,280752686@qq.com  
· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议  
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

- urban rail transit[J]. Urban Mass Transit, 2021, 24(11): 1.
- [2] 温彤. 上海城市轨道交通智慧维保解决方案[J]. 城市轨道交通, 2022(2): 38.
- WEN Tong. Shanghai urban rail transit smart maintenance and support resolutions[J]. China Metros, 2022(2):38.
- [3] 祖萌蒙. 城市轨道交通信号智能运维系统设计与研究[J]. 信息与电脑, 2023, 35(9):146.
- ZU Mengmeng. Design and research of intelligent operation and maintenance system of urban rail transit signal[J]. Information and Computer, 2023, 35(9):146
- [4] 宁鑫. 轨道交通信号智能运维系统研究[J]. 铁道通信信号, 2023, 59(10): 8.
- NING Xin. Research on signal intelligent operation and maintenance system for rail transit[J]. Railway Signalling & Communication, 2023, 59(10): 8.

· 收稿日期:2024-05-20 修回日期:2024-07-12 出版日期:2024-11-10  
Received:2024-05-20 Revised:2024-07-12 Published:2024-11-10  
· 通信作者:吴敏,高级工程师,1426174226@qq.com  
· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议  
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license