

Research on Safety Design and Application of Electric Side Windows in Electric Locomotive Driver's Cabin

Jinsheng Zhang

Guoneng Baoshen Railway Machinery Branch, Shenmu, Shaanxi, 719300, China

Abstract

The safety of the electric side window of the cab of electric locomotive is an important factor related to the personal health of drivers and passengers and the safety of running. Most of the movable side Windows of the cab of electric locomotive are mechanical up and down. In order to facilitate the driver's operation, a lock is generally set on the top of the active window frame composition to lock the active window, and an eccentric slider is set on both sides of the bottom of the active window frame composition, so that the active window frame composition and the fixed frame sealing surface move up and down at an Angle of $0.3^{\circ} \sim 0.5^{\circ}$. When the active window frame composition moves to the closed area, the bottom can compress the seal strip to achieve the sealing effect. Based on the design scheme of the electric side window of the driver's cab of National Energy Baosen electric locomotive, this paper analyzes the hidden trouble and safety risks that affect the driver and passenger. The safety design of the electric side window is carried out from the aspects of system composition, mechanical structure, material properties, electrical control and safety function configuration. The practice proves that the safety design meets the application requirements of electric locomotive.

Keywords

electric locomotive; electric side window; mechanical structure; safety function; control system

电力机车司机室电动侧窗安全性设计与应用研究

张进胜

国能包神铁路机务分公司, 中国·陕西 神木 719300

摘要

电力机车司机室电动侧窗的安全性, 是关系着司乘人员人身健康和行车安全的重要因素, 机车司机室活动侧窗大部分是机械上下升降式。为方便司机操作, 一般会在活动窗框组成顶部设置一把锁锁紧活动窗, 在活动窗框组成底部两边设置偏心滑块, 让活动窗框组成与固定框密封面成 $0.3^{\circ} \sim 0.5^{\circ}$ 夹角上下运动, 当活动窗框组成运动到关闭区域时, 底部能够压缩密封条达到密封效果。论文基于国能包神电力机车司机室电动侧窗的设计方案, 对影响司乘人员的故障隐患、安全风险进行了分析, 从系统组成、机械结构、材料性能、电气控制、安全功能配置等方面对电动侧窗进行了安全性设计, 实践证明该安全设计符合电力机车的应用要求。

关键词

电力机车; 电动侧窗; 机械结构; 安全功能; 控制系统

1 概述

随着中国轨道交通大力的发展, 电力机车对行驶速度和工作环境的要求日益严苛, 在维持电动侧窗大小与质量不变的情况下, 应用新型结构和控制方式来提高电动侧窗的安全性成为行驶安全的新趋势。在电力机车上使用新型结构的电动侧窗, 可以解决原机械侧窗在开窗关窗时活动窗作用力不平衡、导轨偏磨, 导致开启关闭卡死、卡滞或不易开启关闭故障现象; 解决异物进入侧窗导致卡死、不易开启关闭现

象; 解决极端气候条件(大雪、严寒)活动窗结冰无法开窗现象; 解决侧窗操作繁琐、开窗关窗启闭力大、侧窗锁闭器故障频繁, 加大乘务员劳动强度的现象; 解决侧窗密封不良, 导致漏水、噪声、粉尘污染等现象; 解决原机械侧窗活动窗与固定窗缝隙很大, 异物及杂物容易进入侧窗, 导致侧窗排水管堵塞, 造成司机室地面积水, 电线电缆短路, 致使机车运行出现故障。论文在分析电动侧窗安全性影响因素的基础上, 以国能包神铁路交流机车司机室电动侧窗的设计方案为例, 介绍电动侧窗的安全性设计与应用。

2 设计准则

电动侧窗窗框采用优质铝合金材料, 加工中心制作; 活动侧窗玻璃采用国家标准要求安全玻璃, 玻璃具有良好的

【作者简介】张进胜(1982-), 男, 中国宁夏固原人, 本科, 助理工程师, 从事电气工程及其自动化(电力机车)研究。

隔音、隔热功能；侧窗活动框与玻璃同平面结构设计，活动框上顶边直角设计具有防异物侵入功能；电动侧窗使用安全防护功能具有光电、光幕和压敏三层防夹保护；操作能实现点动、一键升窗并具有手动、电动切换形式；侧窗防水及密封结构采用四点平面技术，在侧窗关闭时能很好地保证侧窗密封及防水功能，并为司机室气密性符合 TB/T 3266—2011 提供良好的保证；电动侧窗控制单元电源模块、控制模块、伺服步进电机实现集成一体化设计，具有体积小、性能稳定、可靠性高、安装维护方便等特点；电动侧窗在使用上实现开启、关闭、耐久 120000 次以上，保证侧窗具有良好的使用寿命。

3 结构设计

3.1 侧窗机械结构

电动侧窗本体框架为 6061-T4 铝合金材质，由 CNC 机床加工制造。活动侧窗玻璃采用国家标准要求安全玻璃，玻璃具有良好的隔音、隔热功能；活动框举升机构采用内置双轴芯滑轨，保证静音运行的同时，具有防止卡滞的作用；侧窗采用举升机构和固定窗滑轨相结合，在闭窗时活动窗由纵向直线运动转为横向运动，活动窗与固定窗压紧贴合，实现四点平面密封，密封安全可靠。传动采用高低温柔性同步带，动力源采用伺服步进电机，保证活动框开窗闭窗运行力矩，反应灵敏，性能稳定。电动侧窗本体结构如图 1 所示。

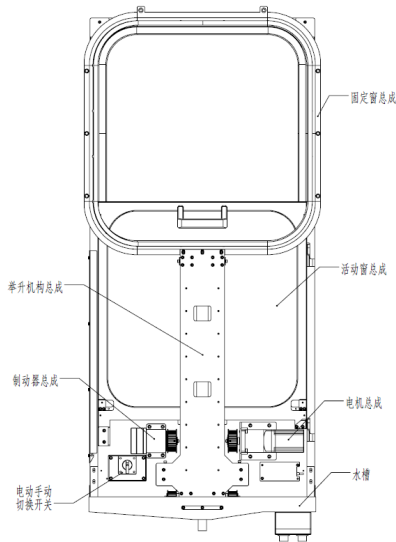


图 1 电动侧窗本体结构图

3.2 侧窗机械结构

司机室电动侧窗安装在司机室的侧墙上。其目的在于当机车停放在站台时便于司机接受允许动车的信号和调车时给予司机更好的视觉效果，外形尺寸满足机车侧窗接口要求；电动侧窗关闭时需密封保证无漏水现象，侧窗采用上下开启结构，关闭时保证良好的气密性，同时活动窗能够保持在任何打开位置；电动侧窗玻璃采用安全玻璃来制造^[1]，且满足 GB 18045《铁道车辆用安全玻璃》的相关要求；电动

侧窗具有防异物侵入功能；窗户外边缘等部位不能有锐边。锁闭的窗户得电情况下不能自动打开。

电动侧窗操作功能如下：

①活动窗上升：

得电情况：按压按钮开关上升位置，实现活动窗点动上升，长按上升开关 3s，实现一键升窗。

失电情况：手动上提活动窗，启闭力：120N ± 5N（仅限紧急情况 and 故障时使用）。

②活动窗下降：

得电情况：按压按钮开关下降位置，实现活动窗点动下降，长按下降开关 3s，实现一键降窗。

失电情况：手动下拉活动窗，启闭力：90N ± 5N（仅限紧急情况 and 故障时使用）。

③防夹功能：活动窗上升时，在开启的空间中如有侵入物感应或触碰到光电开关、光幕或压敏开关时，电动侧窗紧急停止，并立即下降至下止点。

④侧窗玻璃、密封条能够在车上更换，不需要拆卸内装和整体侧窗。

⑤电动侧窗具有电动手动切换开关，在侧窗维护时保证作业人员的安全。

电动侧窗本体防异物侵入功能设计：

①电动侧窗玻璃平面高度与活动窗框一致，与固定窗侧面间隙 1mm，防止异物进入。

②活动窗框顶角位置采用直角设计，防止异物进入，如图 2 所示。

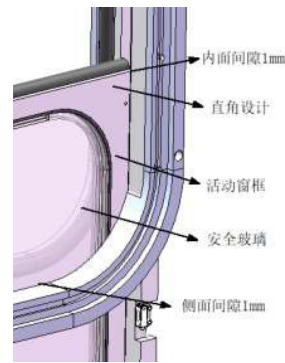


图 2 防异物结构图

3.3 侧窗密封功能

侧窗采用举升机构和固定窗滑轨相结合^[2]，在闭窗时活动窗由纵向直线运动转为横向运动，活动窗与固定窗压紧贴合，实现四点平面密封，密封安全可靠，不透风，不渗水。结构如图 3 所示。

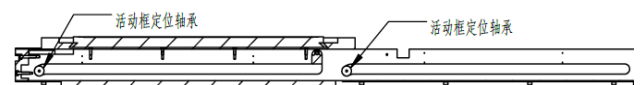
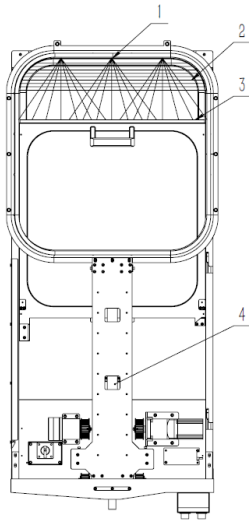


图 3 电动侧窗本体四点平面密封结构图

3.4 安全功能

侧窗采用光电、光幕、压敏感应防夹^[1]和同步柔性传动技术卸载作用力,保证乘务员人身安全。图4为电动侧窗本体四级安全防护示意图。



注: 1—光电传感器; 2—矩形光幕; 3—压敏传感器; 4—柔性同步带。

图4 电动侧窗本体四级安全防护示意图

3.5 技术参数

技术参数如表1所示。

表1 技术参数

项目	参数
机械尺寸(L×W×Hmm)	1411±5×623±1×88±1
重量	43±5kg
侧窗打开净空尺寸	≥505mm×440mm
活动窗上升运行速度	80~160mm/s, 运行时间6~8s(可调)
活动窗下降运行速度	160~240mm/s, 运行时间3~5s(可调)
手动功能(断电条件下)	上提活动窗: 120N±10N; 下拉活动窗: 90N±10N
使用寿命	固定窗使用寿命12年, 活动窗升降静态耐久试验120000次无故障
水密性能	在淋水量3L/(m ² ·min)情况下, 渗漏压力差值ΔP≥350Pa

3.6 材料性能

侧窗窗框横竖梁材料为铝合金6061-T4,窗框的最大容许偏差采用图中规定的偏差;材料主要力学性能参数如表2所示。

表2 材料主要力学性能参数

项目	名称	参数
1	极限抗拉强度	≥205MPa
2	受压屈服强度	55.2MPa
3	弹性系数	68.9GPa
4	弯曲极限强度	228MPa
5	弯曲屈服强度	103MPa

根侧窗活动框玻璃为安全夹层中空玻璃,符合GB 18045—2000《铁路车辆用安全玻璃》,侧窗玻璃要求说明:

- ①可见光透射比≥42%;
- ②检测标准: GB/T 18405 或 GB/T 5137.2;
- ③太阳能总透射比≤50%;
- ④玻璃的耐紫外线要求≥99%;
- ⑤检测标准: GB/T 2680 或 ISO 9050;
- ⑥玻璃颜色按双方签字确认的样品执行;
- ⑦隔热性: 传热系数K≤3.5W/(m²·K);
- ⑧隔音性: ≥36dB。

所采用的密封件、同步带等要求抗老化、防火、低温性能好,阻燃性符合TB/T 3138—2018的规定,氧指数不小于28,45°角燃烧达到难燃级;机械性能满足HG/T 3088—1999。

电动侧窗用电缆采用低烟无卤阻燃轨道车辆型电缆,执行标准: GB 12528.11—2003, TB/T 1484.1—2001。

4 控制系统

4.1 系统结构

每间司机室配置1套电动侧窗控制系统,1套控制系统控制主驾和副驾两个电动侧窗。每台车配置2套控制系统(机车A、B节各1套)。一节车的控制系统各部件接线如图5所示。

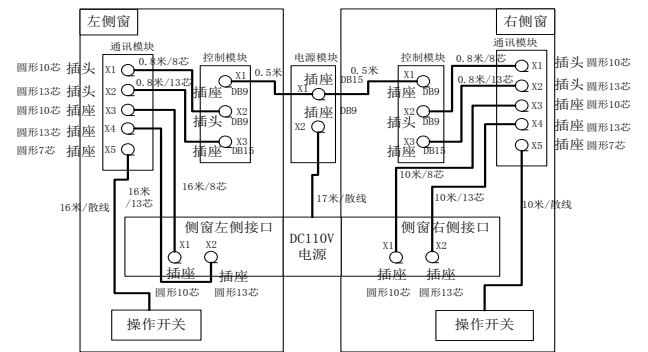


图5 控制系统各部件接线图

4.2 控制策略

侧窗上升、下降功能:控制模块接收上升/下降按钮信号,并根据接收到的信号控制电机实现车窗玻璃的升起或者落下,并通过接收限位开关实现车窗是否到位的判断,此功能实现功能如下:

- ①侧窗控制模块接收到上升/下降信号时,控制制动器松开制动,驱动电机进行上升/下降驱动。
- ②侧窗控制模块在活动窗上升过程中接收到上限位信号后,持续驱动电机继续上升0.5s后驱动制动器锁止车窗,锁止后停止电机驱动。0.5s的堵转过程中的最大电流不大于等于5A。
- ③侧窗控制模块在活动窗上升过程中接收到障碍物检测传感器信号时立即停止车窗的上升且立即控制车窗下降到下限位置。
- ④车

窗下降过程中接收到下限位信号后,驱动制动器锁止车窗并停止驱动电机。⑤侧窗在全关闭状态下,没有按车窗下降开关的情况下,上限位开关信号失效时,认为是车窗由于车辆震动导致车窗玻璃下降,控制模块能够自动执行车窗上升操作。⑥上升/下降开关信号识别分为短按($\leq 3\text{S}$)和长按($> 3\text{S}$),短按时车窗为响应式运行,按钮松开后(松开按钮后信号消失),车窗停止运行,长按时根据按钮信号实现车窗一键升/降。⑦侧窗锁止功能:采用电磁制动器作为车窗锁止机构,控制模块直接驱动电磁制动器,结合升降开关实现车窗的控制。⑧侧窗上升/下降前需要先驱动电机,驱动电流限制在正常驱动电流大小,待电机驱动 $\geq 0.2\text{S}$ 后驱动制动器松开,驱动电机开始带动车窗运行,车窗由静止变成运动状态。⑨车窗停止运动前(上升/下降指令失效后),先制动器锁止 $\geq 0.2\text{s}$ (TBD)后再断电机,车窗由运动变成静止状态。⑩车窗升降速度调节功能:车窗升降速度可通过调节控制器上的软件连续调节,出厂设置闭窗时间为6~8s,开窗时间为3~5s。⑪车窗通电停止功能:车窗在通电后没接到任何按钮指令前不能有任何动作。

窗户停止状态情况下,接收到上升按键指令时,驱动电机按照设置的速度V1(上位机可设置)上行,通过绝对控制单元实时获得窗户位置信息,当窗户运行到离上止点距离为S1时(上位机可设置),速度降低为V2(上位机可设置)继续上行,当窗户运行到离上止点距离为S2时(上位机可设置),速度降低为V3(上位机可设置)继续上行,当检测到上止点信号时,继续保持V3的速度运行Tb(上位机设置时间)后停止上行,完成窗户上升动作。

控制模块预留一定数量的接口,以利于后续升级。

4.3 控制原理

电动侧窗控制由控制模块执行,控制模块采用嵌入式处理器,它集I/O控制、12位A/D转换、通讯以及数据存储于一体,该处理器为精简指令系统、运算速度快、低功耗、工作可靠等优点;

控制器模块包含1个处理器及其扩展输出口,以及电源系统和1个步进电机驱动模块。控制原理结构如图6所示。

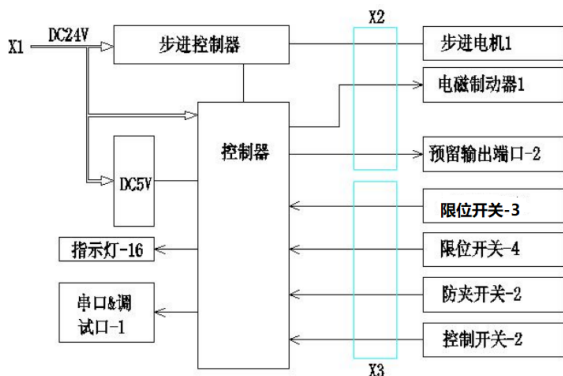


图6 控制原理结构图

4.4 控制功能

①电机缺相保护功能:系统对电机几相电流实时检测,当检测到某一相电流丢失时,系统故障保护。

②电机过流保护功能:系统对电机几相电流实时检测,当检测到某一相电流超过阈值后,系统过流保护。

③防夹保护功能:车窗安装多个不同类型的传感器,检测车窗整个范围内是否有防夹物,如果检测到异物车窗启动退到底,起到防夹保护。

④过温保护功能:控制系统检测到温度超过一定温度值,为了防止过热损坏车窗系统,系统自动保护3分钟。

⑤故障隔离功能:控制系统失效,可以通过隔离开关隔离控制系统,实现手动开关车窗。

⑥传感器自检功能:上电后,系统对各个传感器进行自检,如果检测传感器故障后,会实现其他冗余方案控制,提高提供的可靠性。

⑦车窗调速功能:控制系统可以通过上位机调节上升车窗和下降车窗时间以及其他相关参数的设置。

⑧数据存储功能:系统发生任何故障,能够记录当前的故障信息和历史故障信息,下载后供地面分析故障。

4.5 安全保护

①电动车窗控制系统的电源模块、通信模块、控制模块的外壳通过PE线与机车车体接地,防止悬浮电压漏电。

②系统采用阻燃高温线,提高系统的抗高温安全性。

③如控制系统失效,可以自动隔离控制系统,不影响机车其他设备。

④110V电源系统防有ESD器件,可以吸收3000V的瞬态过电压,保护系统电源抗干扰,另外电源系统还有防反、防过压、欠压保护电路,提高系统的安全性。

⑤控制系统可滚动记录最近1000条发生的故障信息,用于分析系统故障原因,以便故障的快速定位,提供系统的快速维护与检修数据。

⑥电动侧窗电源模块、控制模块和通信模块电磁兼容符合GB/T 24338.4—2009轨道交通电磁兼容。

5 结语

论文针对国能包神铁路交流电力机车电动侧窗的特点,从机械结构和控制系统两个方面来阐述新型电动侧窗的安全性设计,此种结构和控制方式,有助于提升司机室电动侧窗的安全性,满足交流电力机车在行驶过程中复杂环境的应用。

参考文献

[1] 杨小荣,闵阳春.电力机车司机室侧窗玻璃隔声性能的仿真研究[J].机电传动,2013(3):19-21+25.
 [2] 夏为林.提高电力机车司机室密封性能的途径[J].电力机车技术,1991(2):8-12.
 [3] 窦俞雯.电动车窗控制器的防夹测控算法[J].山东工业技术,2015(11):248.