

Design and application of high-speed railway feeder network line deicing truck

Hexuan Yang

Beijing First Construction Engineering Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract

The icing of high-speed rail feed network line is a common phenomenon of natural climate disasters in winter, which will lead to the failure of high-speed rail trains to operate normally, and seriously affect the efficiency and safety of railway transportation. In fact, this problem is also common in other electrified railway networks. Therefore, the deicing of high-speed rail feed network line has become an urgent problem to be solved. In view of this problem, this paper innovatively invented a "high-speed rail feed network line deicing car". The equipment and tools, using advanced technology and design concepts, aim to partially solve the problem of high-speed rail feed network line icing. So as to ensure the safety and smooth of railway transportation.

Keywords

high-speed rail feed network line; icing; deicing car

高铁馈电网线除冰车的设计与应用

杨贺轩

北京第一建筑工程有限公司, 中国·北京 100000

摘 要

高铁馈电网线结冰是冬季气候自然灾害的一种常见现象会导致高铁列车无法正常运行, 严重影响了铁路运输的效率和安。事实上, 这一问题在其他电气化铁路网线也普遍存在。因此, 高铁馈电网线除冰成为一个亟待解决的问题。针对这一问题, 本文创新性地发明了一种“高铁馈电网线除冰车”。这种设备及工具, 采用先进的技术和设计理念, 旨在部分解决高铁馈电网线结冰的难题。从而保障铁路运输的安全和顺畅。

关键词

高铁馈电网线; 结冰; 除冰车

1 高铁馈电网线除冰车的综合性能特点

①除冰车具有高等级绝缘性能, 确保作业人员安全作。②其次, 除冰车耐气候性强, 能适应低温, 潮湿气候下稳定地连续工作一个周期(约6个月)。③除冰车可不使用吊车等起重设备, 用人工即可以实现快速安装及拆卸。④除冰车的打击头部, 设有双摄像头, 双照明灯便于观察除冰效果; 在前进方向配置“距离探测雷达”, 可探测前方网线出现的分叉线, 提前采取措施, 减速停车进行越线操作; 前、后面设置有一对托举轮, 两侧面设置有两对具有翻转功能的导向轮。一对托举轮能跟踪网线高度变化并托举起网线, 使网线保持在一个稳定的高度。⑤除冰车支撑机架的各部件均为销轴或螺栓快速联结。杆件均为绝缘材料, 单件重量较轻, 手搬、肩扛较容易。拆装过程均在远离高压线区域。⑥除冰车的刹车系统分为两套刹车系统。即脚踏刹车及手拉刹车系

统。脚踏刹车为电动车刹车盘及夹钳组成。前、后车轴均设刹车盘。紧急情况下脚踏、手拉两种刹车并用。夹轨钳还可设置为前后各一对。⑦除冰车的操控系统及电机: 除冰车的电机为较大型的电动车电机(自行车三轮车), 0.5kW 无刷电机。变频调速器为电动车调速器。操控台设在座椅前面, 操控台上设有各种控制开关。操控台的显示屏监控打冰效果。操控台上还设有打击头运转开关、前进、后退开关, 加、减速手柄、照明灯开关等。

高铁馈电网线除冰车分为两种: 一种是适用于两站间馈电网线的电动除冰车, 另一种是适用于车站内馈电网线的简易手动除冰车(含手动打冰杆)。

两车站之间的馈电网线电动除冰车(以下简称: 电动除冰车)主要技术性能参数:

①除冰方式: 双弓式弹性打击棒。②打击棒头部质量: 0.6kg。③打击频次: 750X2 /min。④打击电机功率: 500W 电压直流 60V。⑤铁轨面至网线高度: 5.5~6.5m。⑥支撑架尺寸: 1.7m×1.7m×3.0m。⑦底盘尺寸: 2.0m×3.5m。⑧

【作者简介】杨贺轩(1944-), 男, 中国河北雄安人, 工程师, 从事电力机械研究。

托举弓支撑杆可升降高度：1.0m。⑨车轮直径：405mm。
⑩行进速度：30km/h。⑪行走电机功率：500W 直流无刷电机 60V。⑫脚踏刹车：电动车前后轴刹车盘系统。⑬手刹车：杠杆式夹轨钳。⑭整机质量：730kg。

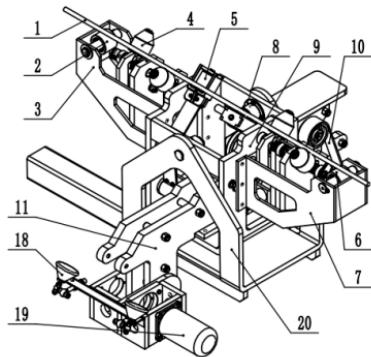
以下按“电动网线除冰车示意图”中给定的零部件序号名称，简介各主要零部件结构性能特点。

1.1 电动网线除冰车示意图中序号2——打冰头

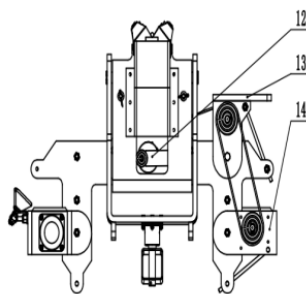
打冰头是关主件。打冰头质量 110kg。下面给出了打冰头图 1.2.3。图 1. 打冰头 3D 示意图，图 2. 打冰头主视图，图 3.

打冰头侧视图。3 张视图，统一编号：件号对应名称如下：
件号 1. 馈电网线。件号 2 和 6. 托举轮。件号 3 和 7. 左、右机架。件号 4. V 型可翻转导向轮。件号 5. 打击弓及打击棒体。件号 8. 轴承座。件号 9. 内机架。件号 10. 齿形驱动带。件号 11. 驱动架，（双偏心轮，驱动带轮支架）。件号 12. 偏心轮及连杆。件号 13. 上摆动架。件号 14. 下摆动架。件号 15. 打击棒连杆。件号 16. 驱动电机。件号 17. 托举弓杆。件号 18. 照明灯，摄像头。件号 19. 电机对称侧配重体。件号 20. 外机架。

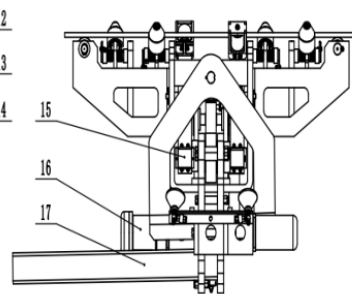
打冰头图1. 3D图



打冰头图3. 侧视图



打冰头图2. 主视图



①托举轮特点：托举轮为一对，前后设置。托举轮由尼龙外套、尼龙轴、轴承及端盖组成。托举轮托举起网线，为打击冰层提供合适的高度位置。托举轮托在网线的冰层上或直接托举网线。网线上结冰层的半径影响托举高度，打击弓与打击棒的弹性变形能够吸收这一高度变化。灵活转动的尼龙托举轮与网线有时是紧贴接触，托举轮的滚动，摩擦系数极小，使网线磨损最小。托举轮磨损直径变小，高度变化由托举弓跟随补偿。

②左、右机架特点：左、右机架成对布置。设置左、右机架是便于加工、装配及维修。每个机架上安装有单件托举轮及 V 形导向轮。机架上设有 V 形轮角度止挡，此止挡能够限制 V 形轮最小角度。左右机架跟随内机架旋转。

③ V 形导向轮特点：V 形导向轮所用材料与托举轮相同。V 形导向轮同样是圆柱轮体，顶端加了一个 V 形帽。

圆柱轮体内，轮轴的安装位置与网线形成一夹角，这一夹角是用来躲开网线吊索的。V 形帽的作用是形成的更大夹角，打冰头接触网线时更容易捕捉夹持网线。V 形轮的最小夹角是通过限制轮轴位置的止挡实现。V 型轮轴具有旋转功能，V 形轮轴的旋转功能是通过扭簧扭动 V 形轮轴实现的。

当网线冰层厚度发生变化时，导向轮夹角自行调整。网线遇到分叉线 V 形导向轮被分叉线挤压翻转到 90 度，即水平位置，网线即脱离导向轮束缚，两者不会发生碰撞损坏。

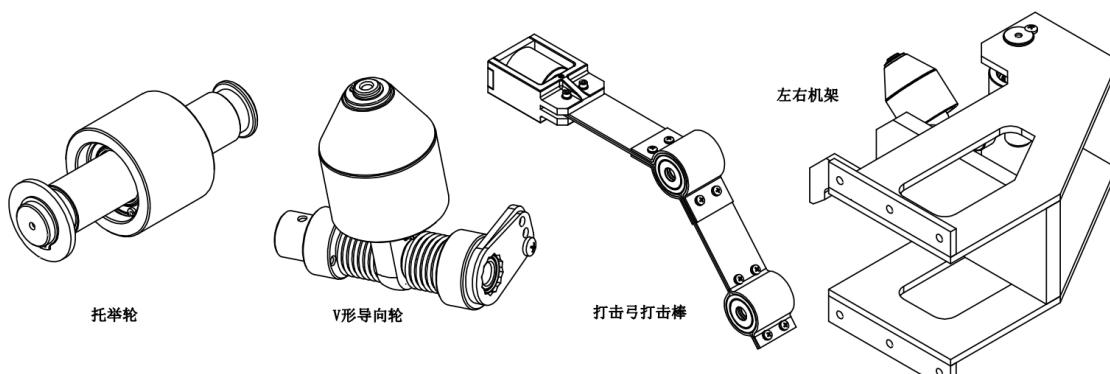
扭簧角度位置可调，扭簧扭矩平衡点可调。V 形轮的旋转固定轴上设有扭簧平衡调节机构。

④打击弓及打击棒体特点：打击弓的材料为热塑玻纤复合增强板。3 厚度双层板组成，此材料绝缘性能好，高弹性，高强度。两层板中间夹持有中心轴承套，一端夹持连杆轴承套。另一端联结打击棒。打冰动作如同“弹簧锤”。

打击棒接触冰层部分为圆柱棒体，为适应震动工况棒体四周用支架维护。尼龙材质的圆柱棒体是为了保护网线免受击伤，棒体能够旋转，棒体接触网线时减少摩擦损耗。打击力度可更换不同重量的打击棒来调整。打击棒可实现双棒同时打击及交错打击，只需要将偏心轮轴的键槽改换不同的位置即可调整。

⑤轴承座：打击头部各转动部位均设置了轴承座以适应气候与结冰。轴承座有三种，为内机架水平旋转为一对双轴承的轴承座。

其余，打击头驱动部分用同一种单轴承的轴承座 6 件。偏心轮轴用一对、上摆动架传动轴用一对、下摆动架轴用一对。另外，垂直托起打击头重量并旋转的轴承座，因为有轴向力，轴承座内设置了一个圆锥滚子轴承。轴承座的外套均为尼龙，内装轴承为普通钢制轴承或尼龙轴承，轴承通过密封端盖用卡环定位。轴承座用螺钉紧固在机架孔上。这种布置，轴承型号、卡环、密封盖互换，为装配维修提供了方便。

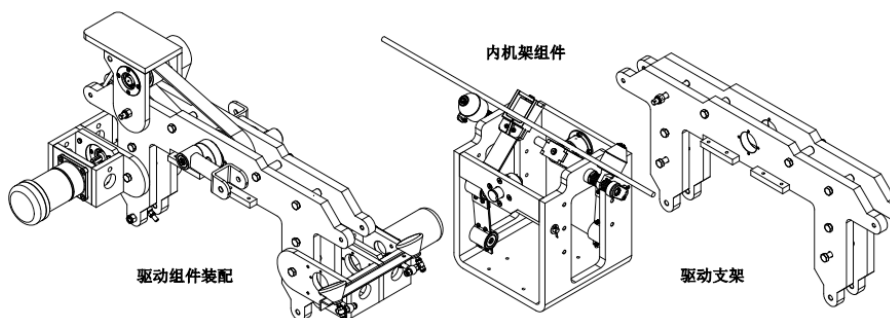


⑥内机架：内机架为可旋转机架。左右机架与内机架安装为一体。通过托举轮跟踪网线水平高度的变化。内机架上安装有驱动机构，打击弓打击棒。驱动机构随内机架旋转，当网线高度出现大幅度变化时托举弓升降进行调整补偿，最大可适应高度变化设计为 1m。当网线高度变化超过 1m 的高度，可通过改变托举弓的初始高度来实现。内机架的可转动角度是在外机架的开孔范围内进行的。

⑦齿形驱动带：打击棒驱动采用 2 条齿形带传动。其

中一条是第一级，把电机与网线的垂直距离拉开，第二条为第二级，拉开电机与网线的水平距离。因为齿形带是绝缘材料。利用齿形带的长度使电机远离高压网线。

⑧驱动架：驱动架为尼龙组件，驱动架由两件倒置 U 型板、垫套、联接螺栓组成。驱动架中部安装偏心轮轴，及一对偏心轮。驱动架的一端安装上下摆动架，上、下摆动架内设有带弹簧的拉杆，弹性拉杆给齿形带提供一个稳定适合的拉力。

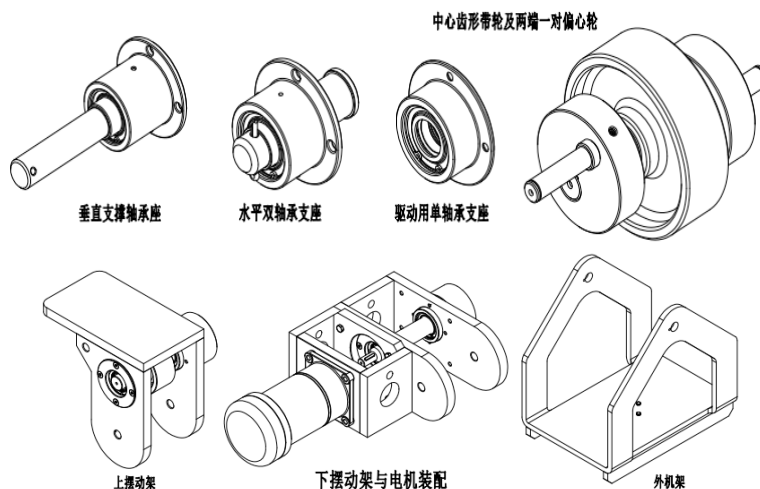


⑨偏心轮及连杆：偏心轮为一对布置，偏心轮通过连杆带动打击弓及打击棒。一对偏心轮的正中心部位，为第二级齿形带驱动轮。第一级齿形带的两个驱动轮安装在驱动架外侧。第二级两个驱动轮在驱动架中心。

⑩上、下摆动架：上摆动架用来张紧二级驱动两齿形带轮，下摆动架张紧一级驱动两齿形带轮，一级与二级动

力传导时改变齿形带轮的直径比，进行变速。本机为 $\phi 150/\phi 100$ ，速比 1.5 减速。上摆动架安装冰雪护罩。一侧的下摆动架安装电机、联轴器，及扭矩限制器。另一侧的下摆动架安装配重体、灯支架、雷达支架等。

⑪连杆：一对连杆为尼龙件。有轴承盒的一端与偏心轮装配，另一端的 U 型联结环用销轴与打击弓联结。



1.2 电动网线除冰车示意图中序号3——托举弓

托举弓质量 78kg。托举弓同为关主件，托举弓犹如一台小型抱杆起重机。以中心轴为支点，托举臂可左右旋转，上下旋转。托举弓下部为弓的支撑杆，支撑杆是个可升降的“抱杆”，支撑杆的升降是通过卷扬机在序号 5 支撑架顶部设置滑轮实现的。钢绳通过滑轮拉动支撑杆“抱杆”上面的卡子，支撑杆即沿支撑架主杆升降，升降距离 1m。这 1m 的距离对拆装的安全性非常重要！

托举臂上、下旋转可实现打冰头跟踪网线高度的变化，跟踪高度 1m；托举臂左、右旋转可实现跟踪网线的左右摆动。

托举弓的弹簧：安装打冰头的方向为两根不锈钢压簧，对面为两根拉簧，拉簧代替配重铁功能。下一步弹簧均改用热塑玻纤材料制作弓形弹簧、拉簧，使托举弓绝缘性能更好。

1.3 电动网线除冰车示意图中序号5——支撑架

支撑架质量 210kg。支撑架为托举弓，打冰头提供稳定的支撑。支撑架上设有托举弓支撑杆升降用的立柱。支撑架为一种快速安装架，各节点均用销轴或螺栓定位。支撑架用塑料及尼龙方管型材制成，方管规格 100X100mm。刚度好，性能非常稳定。支撑架安装时，男工安装可从底盘面板前后支座上安装前后单片架，直接推举单片架旋转竖直，女工安装利用手摇卷扬机将前后单片拉起竖直，再联结横撑及斜撑。从图中能观测到底盘盘面上部的托举弓升降立柱及空间、手摇卷扬机、座椅、操控台。

1.4 电动网线除冰车示意图中序号9——底盘结构

底盘结构由底盘结构架及底盘面板组成。底盘尺寸规格：3.5X2.0m。底盘结构架用塑料方管组成，底盘面板上面配钻好各种零件安装孔。

底盘结构架的底部需要安装，前后车轴车轮、行走电机、刹车支架、刹车夹轨钳支架等。底盘面板为热塑玻纤复合增强板或尼龙板组成。

1.5 电动网线除冰车示意图中序号10——手刹车机构

手刹车机构主要由拉杆、杠杆系统和提闸式夹轨钳组成，刹车蹄为耐磨铸铁件。

1.6 电动网线除冰车示意图中序号11——车轴车轮

车轴车轮为尼龙件。前后各设一套车轮车轴，车轴中心部为尼龙管材，两端头静配合压入实心尼龙轴并加销轴定位。每个车轴在铁轨内侧两端用一对轴承座支撑，每个轴承座中心部位设一销轴，便于快速拆装。每个车轴上安装一个驱动链轮及一套脚踏刹车盘系统。两套车轴车轮中间部位安装一套传动轴，传动轴上设有 3 套 72 齿链轮用一对轴承座支撑。靠轴中心部一套链轮由电动机通过链条驱动，链条节距 12.7，摩托车链条。传动轴上另外两套链轮分别通过链条驱动前后车轴车轮。

2 车站手动简易网线除冰车

车站手动简易网线除冰车由两部分组成：①用手推动沿轨道移动的简易小车。②手持式电动打冰杆。两者装在一起既是手动简易网线除冰车。

手持式电动打冰杆也可单独使用，单独使用时，具有快捷、灵活机动的优点。

手动简易网线除冰车综合技术性能特点：

①手动网线除冰车具有高等级绝缘性能，确保安全工作。②体积小、重量轻能迅速拆装，整机质量 200kg，可压配重质量 100~200kg。③手动简易网线除冰车可用人力快速安装及拆卸。联结点均为扣件联结。④手持式打冰杆顶部为打冰棒，打冰棒上部有托举轮，导向叉，用于跟踪网线高度，及左右方向。⑤轨面至网线高度 5.5~6.5m。⑥手持式电动打冰杆的托起定位是由托举扣件承担的，托举扣件在小车中部上方定位，托举扣件高度距轨面 1.5m。托举扣件支撑点为内外套管结构，扣件上有支撑转轴可使打冰杆具有左右旋转的功能。扣件、套管上部有弹簧，打冰杆可上下运动。扣件上的转轴能使打冰头跟随网线左右摆动时，中心杆可转动。中部扣件支撑点的底部设有长槽板，打冰杆可沿长槽摆动，长槽的长度能够满足打冰杆摆动量的需求。⑦简易小车规格尺寸：宽度 1.57m×长度 2.2m。⑧小车联结杆件材料：底架横向管、纵向管、为热塑玻纤复合增强管 $\phi 50X4$ ，竖向支撑管 $\phi 30X4$ 材质相同。扣件为尼龙扣件，或不锈钢扣件。⑨小车的横向、纵向杆件上钻有销轴孔，轮距由横向扣件上的销轴定位；纵向轴距由车轮架上的销轴定位，可实现快速、准确定位安装。⑩小车车轮直径 $\phi 85$ ，车轮由车轮架支撑，车轮架由扣件卡子在纵向管上定位。

3 高铁馈电网线除冰车的制作工艺要点

高铁网线除冰车选材基本为塑料、尼龙材质。这种材料的加工切割，宜采用激光、电热丝，金属锯床进行切割。孔的机加工宜采用钻、绞孔，加工精度为 H7，箱体为注塑件。轴类加工精度为 h6。刀具的平均使用寿命比加工金属件提高 5-10 倍。

4 高铁馈电网线除冰车的使用、储存及管理

高铁馈电网线除冰车是养兵千日用兵一时的项目。使用时，进行快速拆装，两车站间（60km）宜两辆车同时作业，两小时疏通这一站间网线。车站内用手动简易除冰车，宜 4 辆并进或更多辆并进。死角部位，配合使用手持式网线打冰杆进行除冰。两个小时拿下整个两站间除冰作业。除冰车经过一个季节使用后应立即进行检修，试车验收后入库保存。参与操控使用除冰车的人员需经过严格培训，达到技术精通，召之即来，来之善战。随着高铁馈电网线除冰车的不断更新与完善，高铁馈电网线结冰这一自然灾害，有望被高铁馈电网线除冰车缓解或解除。

参考文献

- [1] 同济大学. 基于图像识别的高速铁路接触网智能除冰系统及方法:CN202410339576.4[P]. 2024-06-04.
- [2] 桂林理工大学. 一种基于交流加热高铁供电线路分段除冰的系统:CN202410573085.6[P]. 2024-08-23.
- [3] 上海爱科锐特控制技术有限公司. 一种高铁动力线路除冰装置:CN202410206173.2[P]. 2024-05-07.