

# 铁路大型养路机械制动系统的防冻保暖方案

王 福

(国能集团铁路装备公司准格尔工务机械段, 内蒙古 鄂尔多斯 010300)

**摘 要** 为了促进铁路大型养路机械制动系统在低温条件下顺畅运行, 保证机械设备的制动性能, 需制定冬季制动系统维护与保养方案, 本文从制动机、空气过滤器、电气系统、加热器与制动管路、液压系统等层面进行分析, 提出防冻保暖措施, 在关键部件安装加热器, 采用电加热防冻保暖方案, 使用耐寒性强的电缆材料, 对主风管、列车管、制动管等关键部位进行防冻保暖方案设计, 选择黏度较小的机油。结果可见, 防冻保暖方案有效防止了水分结冰, 保证电气系统稳定运行, 制动管路在极端低温环境下正常运行。

**关键词** 铁路维护; 机械制动系统; 防冻保暖; 制动阀

**中图分类号**: U216

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)10-0106-03

在现代化铁路运输系统中, 高速与重载成为衡量铁路运行效能的重要标准。为了满足新的发展要求, 大型机械在铁路线路养护中起到了重要作用。传统的春秋两季为主的维修方式已经难以满足铁路全年的养护需求, 在低温环境下易因水分结冰而受阻, 进而影响制动效果, 增加启机整车预热时间。因此, 在铁路大型养路机械制动系统设计中, 采取适当的加热与保暖措施, 可有效防止制动系统中的水分结冰, 保障气体流通顺畅, 从而提升制动效果, 促进大型养路机械在冬季能够正常进行养护作业, 保障铁路运输的安全与稳定。

## 1 铁路大型养路机械制动系统的使用工况

在低温严寒条件下, 铁路大型养路机械制动系统操作时, 由于极低的温度, 燃料变得黏稠, 导致雾化蒸发不完全, 混合气浓度不均, 进而影响到混合气的顺利燃烧。柴油机在如此低温下运行, 缸内温度低, 机油的流动性变差, 甚至可凝结, 使得润滑效果大打折扣, 摩擦阻力增加, 启动阻力矩也相应增大, 加大了启动的困难。蓄电池在极寒条件下也面临严峻挑战, 最佳工作温度区间为 20 ~ 40 °C, 但在低温下, 蓄电池内部的电解液黏度会上升, 电阻率增大, 导致电池的容量、电流输出以及放电功率都大幅减少, 难以满足启动设备所需的电流<sup>[1]</sup>。

低温环境对电子元器件的工作性能产生不利影响, 部分元器件可因温度过低而无法正常工作, 性能下降, 甚至失效。导线与电缆在低温条件下变得僵硬, 失去原有的柔韧性, 给安装与布线工作带来不便。液压系统中液压油的黏度随温度降低而显著增大, 甚至结蜡, 影响液压系统的顺畅运行。液压元件之间的配合间隙因温度变化而发生改变, 进一步影响系统的性能。在

长时间低温环境下工作的设备, 大负荷结构件可能因材料的低温脆性而出现裂纹、断裂现象, 焊缝也可与母材发生分离。因此, 在设计铁路大型养路机械制动系统时, 考虑在低温环境下的工作条件, 保证系统能够在低温条件下正常运行, 保障车辆自身安全与操作人员的安全, 提高系统工作效率<sup>[2]</sup>。

## 2 铁路大型养路机械制动系统防冻的设计思路

为了确保 YZ-1 型制动机等铁路大型养路机械制动系统在冬季能够稳定、高效地运行, 将养路机械制动系统安装在避风、避雪、且避免阳光直射的室内环境中, 有效减少风雪侵袭、低温冻结等外部环境对制动系统造成的直接影响, 避免阳光直射导致的高温, 保持制动系统在一个相对稳定的温度范围内。为进一步提高制动系统的保温性能, 使用优质保温棉、高强度保温布等高质量的保温材料。保温材料具有优良的保温效果、耐用性能与抗老化性能, 可长期有效地保护制动系统免受低温的侵害。基于低温环境可能对制动系统内部的润滑油与气压系统等关键部件产生不良影响, 在制动系统安装电热丝、智能温控加热器智能加热设备, 根据环境温度自动调节加热功率, 使得制动系统内部温度始终保持在合适的范围内, 保障制动系统正常运行。定期对制动系统进行全面维护, 对制动系统各部件进行清洁、紧固、润滑等工作, 强化对关键部件的性能测试, 保证制动系统正常运行, 延长使用寿命。在极端低温天气, 制定完善的应急预案, 准备备用加热设备、备用保温材料等应急物资, 制定详细的应急操作流程, 在实践过程中不断完善应急预案, 确保在紧急情况下能够迅速采取措施, 保障制动系统的正常运行, 促进铁路大型养路机械的安全运行, 提高 YZ-1

型制动机在低温环境下的防冻保暖性能<sup>[3]</sup>。

### 3 铁路大型养路机械制动系统的防冻保暖方案

#### 3.1 制动机防冻保暖设计

为了保证 YZ-1 养路机械车制动系统运行中的高效性,使其在冬季寒冷环境下性能稳定,应优化制动机防冻保暖设计。YZ-1 制动机配备了分配阀、紧急阀、中继阀、遮断阀等部件。为了使得制动机在冬季施工中正常运行,采用在关键部件表面安装加热器的方式进行加热保温。加热器型号包括 KHT-50-120-150×70 A、KHT-65-110-160×85 B 和 KHT-70-130-180×90 C。

制动机加热器功率设定如下, KHT-50-120-150×70 A: 35±5 W; KHT-65-110-160×85 B: 30±5 W; KHT-70-130-180×90 C: 50±5 W。制动机加热器安装中,加热器采用支架固定式,紧密贴合加热器与制动机部件。温控器通过螺丝固定在易于调节且不影响操作的位置。制动机加热器电学性能分析中,进行以下测试。设计耐压试验,将加热器加热元件电缆的正负线短接,施加 AC450 V 的耐压测试,持续 1 分钟<sup>[4]</sup>。

#### 3.2 空气过滤器防冻保暖设计

空气过滤器能够清除压缩空气中的尘埃、水分与油雾等杂质,保证制动系统获得清洁、干燥的空气供应,从而提高制动效能和系统的可靠性。为了应对寒冷天气下空气过滤器可能出现的冻结问题,可采用电加热防冻保暖方案。在过滤器外壳或内部安装电加热器,有效防止水分结冰,促进空气流通畅通。空气过滤器加热器选型时,提供多种加热器型号供选择,大型过滤器使用功率较大的加热器,通过足够的加热效果,型号包括 KHT-80-60-R120L150 与 KHT-100-80-R150L200 等<sup>[5]</sup>。

根据过滤器的尺寸与所需加热面积,提供不同功率的加热器, KHT-80-60-R120L150 的功率为 80±10 W,而 KHT-100-80-R150L200 的功率则为 100±10 W。加热器均具备高效、稳定的加热性能,能够满足不同环境下的防冻需求。安装加热器时,将加热器固定在过滤器外壳与内部支架上。悬挂式加热器通过专用的挂钩与螺杆,悬挂在适当位置。焊接式加热器使用焊接块固定在金属支撑架上。安装过程中,保证加热器与过滤器外壳与内部支架紧密贴合,实现良好的热传导效果。在运行过程中,结合实际情况,合理调整加热器的接线与温控器的安装位置。(见表 1)

表 1 空气过滤器加热器电学性能

型号	启动电流	稳定时间	工作电压	稳定电流
KHT-80-60-R120L150	≤ 12 A	≤ 60 S	DC24 V	≤ 1.8 A
KHT-100-80-R150L200	≤ 10 A	≤ 60 S	DC24 V	≤ 1.6 A

当前铁路大型养路机械的空气过滤器在寒冷冬季面临结冰的风险,手动排水阀需依赖操作人员的定期维护。为了提高设备的防冻性能,降低操作复杂性,要对空气过滤器进行优化。安装自动排水系统,自动去除过滤器中的水分和杂质,无需人工干预,使得过滤器在低温环境下不结冰,提高设备运行的可靠性。选择 E321K10-2995-481865C2 等类似适应低温环境的型号,在系统运行中,保证设备与现有系统兼容,采用 24 V 直流电压。过滤器自动排水阀每次排水时间持续 2 秒,在保证过滤器干燥的同时,减少不必要的能源浪费。为了进一步提高设备的可靠性,为自动排水系统配备监控与报警功能。当排水系统出现故障、过滤器内积水过多时,系统自动发出警报,提醒操作人员及时干预<sup>[6]</sup>。

#### 3.3 电气系统防冻保暖设计

为保证铁路大型养路机械在严寒环境下制动系统的正常运作,选用能在低温环境下稳定工作的电子元器件,优先使用耐寒性强的电缆材料。电缆安装时,充分考虑伸缩性与抗寒性,避免在极端温度下因热胀冷缩导致损坏。保证电气系统的密封性能,严格密封所有电气接口、接头和接线端子,防止水分、湿气侵入,从而导致短路或设备故障。优化绝缘材料的选用,保证绝缘材料在低温环境下保持良好的绝缘性能,采取措施防止冷热交替引起的绝缘材料老化。为了规避极寒环境中静电与雷电风险,电气系统设计时应充分考虑接地与防护措施,合理设置防雷接地系统,安装必要的防雷设备,降低雷电对设备和人员的威胁。采取相应措施降低静电积累的风险,促进电气系统安全稳定运行。

#### 3.4 加热器与制动管路防冻保暖设计

加热器主要由 LED 灯珠、反射器、透镜、外壳和电源模块组成。工作电压 DC12 V±10%。光源亮度 3 000 流明(LM)。耐电压测试中,在 LED 灯珠与外壳之间施加 AC1 000 V: 1min 的耐电压,不应出现击穿、闪络现象。LED 灯珠寿命大于 50 000 小时。外壳采用抗冲击、耐腐蚀材料制成,满足户外使用要求。电源模块具备过载和短路保护功能,可自动调整输出电流与电压以适应不同的电池状态。防水等级 IP67,在恶劣天气条件下可正常工作。照明系统为铁路大型养路机械设计,提供稳定、高效的照明效果,保证夜间与低光环境下的工作安全。

为了使得制动管路在寒冷环境下能够正常运行,对主风管、列车管、制动管等关键部位进行防冻保暖方案设计。发动机间的管道由于特殊的散热需求,不采取包裹措施。选择 THERMALWRAP-600 反射型绝缘材料,

内层由特殊的铝箔构成,能反射大部分热量,外层由耐用且防火的聚酯纤维制成。THERMALWRAP-600具有优良的保温性能、轻便易安装、抗撕裂等特点,能够保证制动管路在极端低温环境下正常运行<sup>[7]</sup>。

### 3.5 优化液压系统的设计

选择发动机用油与机油黏度等级时,结合发动机油底壳中润滑油能触及的最低温度。结合低温环境下的最低温度,选择黏度较小的机油。当环境温度高于-35℃时,SAE5W/20-CD合成多级润滑油是理想选择,因低温流动性佳,有助于发动机在寒冷条件下的顺畅启动。若环境温度降至-35℃以下,则考虑SAE0W/30-CD合成多级润滑油等更低黏度的机油,此类机油专为极端低温环境设计,即使在极低温度下也能保证发动机得到充分的润滑。选用钻机用柴油时,保证柴油的凝固点低于环境温度约5℃,防止柴油在低温下凝固,促进钻机正常作业。DF4L级柴油具有宽广的适用温度范围,从-50℃至常温,均能满足钻机的运行需求。

在液压油选型过程中,在考虑凝点和倾点的同时,优化粘度指数的选取。粘度指数越高,表示温度对运动粘度的影响越小,有助于保证液压系统在不同温度下的稳定性。优力威HVI 26号液压油随温度的变化黏度变化相对较小,能够满足低温启动的要求。适当预热液压系统进行,使得达到相应的温度与黏度。按照柱塞泵的要求,液压油黏度12~80 mm<sup>2</sup>/s,不宜超过1 600 mm<sup>2</sup>/s,因此液压系统设计中选择合适的液压油。低温液压油的流动性主要通过油液的凝点和倾点判断。凝点越低,液压油在低温环境下则越不易凝固;倾点越低,油液在低温下具有更佳的流动性。根据ISO3683和ISO3862标准生产的液压胶管能够适应极地工况的要求,在-50~+70℃的环境温度下正常使用。夹布胶管采用按EN853-2SN/SAE100R2-AT制造的多用途低温管,工作油温范围为-50~+100℃,满足不同工况下的需求。

### 3.6 优化结构件的设计

在结构件的制造过程中,大型冷裂纹的形成始于微小的裂缝,逐渐发展。母材与焊缝中的氢含量是冷裂纹产生的重要因素。氢原子在固态金属中的渗透和聚集,显著降低钢材的韧性,形成高压气体,从而诱发裂纹的扩展。焊接过程中产生的残余应力,若超过材料的临界值,也会直接导致裂纹的产生。钻架、动力头与行走装置等水平定向钻机的核心承重结构,可以使用Q460级别的高强度低合金钢材。在焊接时,选择不锈钢焊条芯、奥氏体镍基合金焊条芯与焊丝。此类材料因优异的塑性和韧性,能够有效缓解马氏体转

变过程中产生的应力,阻碍氢的扩散和聚集。

为了保证焊接质量,焊接前彻底清除待焊区域的油渍、锈蚀、氧化皮与氢杂质。对母材进行适当的预热,减少焊接应力的积累,提高材料的塑性,加速焊缝中氢的逸出。保持焊接材料的干燥,使用高质量的保护气体,控制适当的焊接速度,以此预防冷裂纹产生。完成焊接后,及时热处理,对焊件进行350~400℃加热和保温处理,进一步释放残余应力,促进氢的扩散,防止冷裂纹的产生,以此保证水平定向钻机的结构强度。

## 4 结束语

在铁路大型养路机械制动系统的防冻保暖方案制定过程中,YZ-1型制动机配备分配阀、紧急阀、中继阀、遮断阀等部件,保证符合低温环境下的运行要求,空气过滤器型号包括KHT-80-60-R120L150与KHT-100-80-R150L200等,优化电气系统防冻保暖设计,对主管风、列车管、制动管等关键部位进行防冻设计,选择THERMALWRAP-600反射型绝缘材料,保证制动管路在低温环境下的运行性能。经历为期半年的实际应用评估,结果显示防冻保暖效果良好。在实践过程中,不断优化设计策略,下一步可探索将机械制动系统防冻保暖策略运用于多种型号的大型养路机械上。从大型养路机械制动系统的各个部件入手,制定低温环境下的保养方案,促进各个部件在低温环境下的正常运行,有效规避低温不良环境的影响。

## 参考文献:

- [1] 王新锐,苗晓雨,张俊,等.铁路锂电池冷藏集装箱关键技术研究[J].铁道机车车辆,2023,43(06):90-96.
- [2] 刘冠.寒冷地区铁路隧道冬季施工保温辅助技术[J].工程机械与维修,2023(03):246-248.
- [3] 李奕超,史永革,赵志勇,等.泡沫铝-铝箔复合结构用于内燃机车保温性能研究[J].高速铁路新材料,2023,02(01):45-48.
- [4] 陶加法,汪洋,肖艳,等.铁路保温车聚脲弹性体材料的研究及应用[J].轨道交通材料,2023,02(01):28-32.
- [5] 田长亮,刘胜田,肖利民.铁路货车B+级铸钢摇枕侧架高效热处理工艺研究[J].轨道交通材料,2023,02(01):50-53.
- [6] 景传峰,金晓平,罗桂琼,等.中国铁路隔热保温运输装备发展与探索[J].铁道机车车辆,2021,41(01):100-103.
- [7] 魏立,周希涛.高寒地区铁路隧道高地应力地段仰拱病害分析与处治措施:以兰渝铁路木寨岭隧道工程为例[J].隧道建设:中英文,2020,40(S2):249-255.