

适应高寒工况的宽体矿用自卸车配置研究分析

王松¹ 侯霞²

(1 潍柴(扬州)特种车有限公司 江苏 扬州 225003; 2 潍柴动力扬州柴油机有限责任公司 江苏 扬州 225009)

摘要: 作为“三高”极端工况的其中之一,高寒工况十分考验车辆的各项综合性能及可靠性。本文以宽体矿用自卸车为总研究对象,在高寒工况下(以俄罗斯为例),分别考虑驾驶车辆的人员、车辆本身、运输介质等对象从主观舒适性、运行可靠性、维修操作性、安全性等方面进行详细的研究分析,从而得出适应高寒工况的具体配置,对特定地区的宽体矿用自卸车销售配置制定策略进行引导。

关键词: 高寒地区; 可靠性; 安全性; 舒适性; 详细配置

0 引言

宽体矿用自卸车(以下简称宽体矿卡)起源于中国,其在矿山非公路环境下适应性好,效率高,安全性和可靠性均能有效保证。国外刚性矿卡虽然在整体可靠性方面更具优势,但是其高昂的价格也让很多国外的用户望而却步。宽体矿卡因其良好的性能和突出的性价比逐渐热销海外市场。俄罗斯就是具有巨大市场潜力的地区之一,尤其是近两年国际局势风云突变,中国与俄罗斯的经济合作日益加深,给宽体矿卡大举进军俄罗斯市场带来了良好的机遇。由于宽体矿卡的各项配置主要根据中国国内气候和工作环境设计,在地域环境发生重大变化时就需要对矿卡的相关配置做出相应调整,使其适应出口地区的工作环境,出口俄罗斯部分高寒地区时,由于其冬季温度通常会低于 -40°C ,因此需要对整车的耐低温性能做专项优化。下面从各核心零部件优化、重要系统的设计匹配、舒适性和安全性多个角度来对高寒工况下($-55\sim-50^{\circ}\text{C}$ 温度范围)宽体矿卡的配置进行分析和定义。

1 发动机耐低温措施

发动机是整车最核心的零部件,就像心脏之于人体,作为心脏的发动机不能工作对于整车来讲是致命的。低温会对发动机上的各类密封件造成重大影响,使其受冷收缩,造成密封关键尺寸不匹配,或者发生脆裂,轻则造成发动机发生“三漏”问题,重则失去动力造成重大安全事故。发动机上橡胶制品的

种类繁多,有各类密封圈、油封、水管、气管和油管,还有传输动力的橡胶皮带。由于其各自实现的功能和输送介质的差异,原本各类橡胶制品所采用的橡胶材质也不尽相同。表1所列是各类常用橡胶材料的适用温度范围^[1]。

表1 常用橡胶材料试用温度范围

橡胶零件种类	胶种	一般工作温度/ $^{\circ}\text{C}$	耐低温提升后胶种	一般工作温度/ $^{\circ}\text{C}$
常规油管、密封件、油封	丁腈橡胶	$-40\sim 100$	氢化丁腈橡胶	$-55\sim 180$
气管路	硅橡胶	$-55\sim 225$	—	—
水管路及皮带	三元乙丙橡胶	$-55\sim 125$	—	—
有耐高温要求的油管	氟橡胶	$-25\sim 250$	氟硅橡胶	$-55\sim 225$

由表1可见,作为气管路使用的硅橡胶和作为水管路或皮带使用的三元乙丙橡胶均具有较好的耐低温性能,可沿用基础材质;作为常规油管、密封件、油封使用有耐油要求的丁腈橡胶需优化胶种为氢化丁腈橡胶,可满足 -55°C 的低温使用要求,所以发动机部分需对喷油泵法兰、机油泵、机油冷却器、前后油封、机油滤清器、燃油滤清器等重要件的密封圈做耐低温升级;而原本有耐高温要求的油管如增压器润滑油管基础材质为氟橡胶,在冷态时其 -25°C 的最低使用温度不能满足要求,需升级为氟硅橡胶材质,避免其在发动机未运行时发生低温失效。宽体矿卡整车上的密封件和其他橡胶管路可参照发动机的升级方案进行耐低温性能升级。

低温会造成柴油在缸内雾化不良,加上机油受冷流动性变差摩擦阻力增加和冷却液温度过低等因素均会造成柴油喷射量加大导致混合气过浓,进一步造成发动机启动困难^[2]。因此高寒工况下除了需要保证发动机的低温可靠性能,还需确保发动机在冬季室外能够正常启动。高寒工况车型需要标配燃油水加热器,达到预热发动机和驾驶室的目的。其工作原理是电动带动油泵、助燃风扇及雾化器转动。油泵吸入的燃油经输油管送到雾化器,雾化后与助燃风扇吸入的空气在主燃烧室内混合,被电热塞点燃,在燃烧室内充分燃烧后折返,通过水套内壁的散热片将热量传给水套夹层中的冷却液,被加热的介质在水泵的作用下在整个水散热系统中循环,达到预热冷却液,提升发动机冷启动前的整体温度,降低发动机启动难度,也可减少冷启动导致的发动机磨损。采用更耐低温的柴油也有助于发动机顺利启动,目前市场上可采购的常规最低标号的柴油为-50号柴油,能够满足在-44~-29℃的温度条件下使用。如果温度长期在-44℃以下,-50号柴油也会失去流动性,采用更特殊配方的耐低温柴油则会导致用车成本大幅增加,配置带水加热功能的双腔燃油箱是一个解决问题的办法,但高寒地区运行的发动机本身水温就不高,单独使用双腔燃油箱往往起不到很好的效果。可以按图1所示管路的连接方式将双腔燃油箱和燃油水加热器结合起来使用,在加热器加热后的水路另取一支给双腔油箱的主油箱进行循环,给主油箱中的-35号柴油或-50号柴油进行加热,缓解主用柴油的“结蜡”现象,提高用车的经济性。

低温也容易造成发动机电器原件和发动机线束的故障。由于目前广泛使用的非道路三阶段以上的柴油机电控化程度高,任何电器原件故障都可能引起ECU报电控故障,影响宽体矿卡正常使用。如果当地对发动机排放没有具体要求可以考虑采用机械泵柴油机,从而规避发动机电控方面故障的发生。

2 重要系统的设计匹配

2.1 合理匹配整车的散热系统

高寒地区的气温容易造成柴油机水温低,使燃烧恶化,发动机工作易粗暴,润滑不良,加剧曲轴轴承、活塞环等发动机重要零部件的磨损,降低功率和经济性,缩短发动机的使用寿命^[3]。匹配散热器时应合理选择合适的结构形式,应优先选择中冷器在前

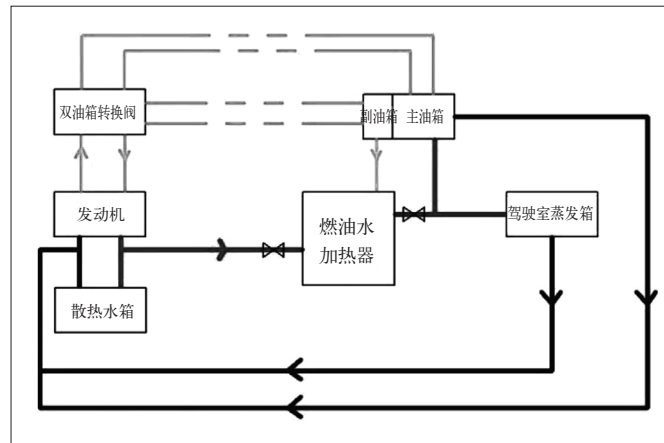


图1 双腔油箱 + 燃油水加热器原理图

散热器在后的结构,用较厚的芯体厚度来减弱散热器的散热效率。如果采用中冷器在上水散热器在下的结构,其芯体厚度薄,散热效率高,在高寒地区工作时,发动机水温只能达到40~50℃,可在散热器前端设计可方便拆卸的橡胶挡板结构(图2),在-5℃试验条件下,未加装挡板的空车运行30min水温为65℃,加装挡板的车在相同条件下水温可以提高到80℃,水温升高15℃。冬季工作时利用挡板阻断空气流通使水温升高,夏季时拆除挡板防止发动机高温,保证散热器在高寒地区具有更高的适应性,改善了发动机工作条件的同时也提高了暖风空调的使用效果。

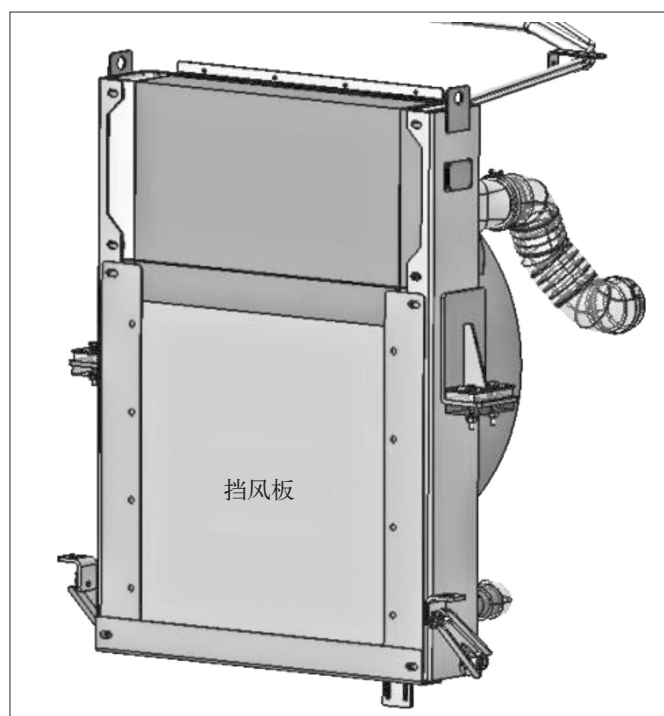


图2 散热器挡风板

2.2 合理设计货箱，保障正常卸料的措施

2.2.1 改进货箱排气管加热

在低温工况下运输易冻结物料时，物料会在货箱底板及各边角处发生滞留，滞留物料的量会随着运输次数的增加而上涨，严重影响运输效率。普通的低温工况下利用宽体矿车常用的发动机排气换向装置可实现货箱加热，而在高寒工况下，环境温度会给裸露在外的排气管带来降温影响，尾气温度降低后大幅减弱货箱加热的效果，因此需要在排气管处加装保温棉或者排气管集成保温层，同时在设计宽体矿车排气系统时要尽量缩短排气管长度，减少尾气热量的散失。

2.2.2 专用的货箱配置

常规配置的有尾门货箱其后门启闭时是利用链条和锁钩在后门重力作用下实现，这种结构货箱后门开启角度小，在高寒工况下遇到冻结的大块物料时会造成后门卡滞，物料无法排出也无法将后门再次关闭。针对高寒工况建议匹配专用的无后尾门货箱，如果对运输效率有较高要求仍然需要保留后门则可以匹配专用的高开启尾门货箱（图3）。通过在车辆中桥前侧车架的左右两边布置两处可靠的链条固定装置，利用货箱举升角度的变化大幅度地拉开尾门，最大开启角度可达到 60° ，极大地提高卸货效率。



图3 高开启尾门货箱

3 抵御寒冷的驾驶室专用配置

矿区路面本就复杂，环境恶劣，提高宽体矿卡整体舒适性一定程度上能让矿卡司机保持更高的专

注力，保证车辆安全运行并提高运输效率。高寒地区的宽体矿卡驾驶室在配置上可以采用双层玻璃提高保温效果并在侧面玻璃上及后视镜上增加电热丝加热功能，让车辆在初始运行或行驶过程中始终能拥有良好视野。与驾驶室员接触时间最长接触面积最广的驾驶室座椅最好能匹配座椅加热，提高舒适性的同时还能缓解驾驶疲劳。除了以上这些乘用车上常见的加热保温措施，还可以在驾驶室内增加燃油风暖加热器，其原理是从主燃油箱或独立加装的燃油箱上取油，燃油通过在加热器燃烧室内燃烧释放热量并将尾气排至驾驶室外，其加热能力一般最大可达4kW，能极快地加热空气且能耗低，每小时燃油消耗量不足0.5L，而且能够在车辆静止时运行，是长时间加热的理想选择，加热器供应商可选择埃贝赫和伟博思通，两者在国际上均有较高的知名度，适合出口的宽体矿车使用。

4 提高矿车正常运行及维护保养安全性的措施

矿区工作环境恶劣，加上高寒低温的影响，极易发生各种安全事故，就需要在整车的安全性能上做更多的优化。其中人（驾驶员）和车是两个核心要素，需在照明系统升级、维护保养区域安全升级、车辆轴荷合理分配、车辆安全防护这几个方面做特殊的配置升级。

高寒地区通常位于高纬度区域，冬季时黑夜时间极长，部分地区甚至会出现极夜现象。需对宽体矿车的照明系统进行全方位升级，选用亮度更高的底盘灯具产品，同时考虑低温造成的蓄电池衰减，设计整车时还需加大蓄电池容量保证宽体矿车灯光能够满负荷长时间使用。

对于宽体矿车的维护保养区域（通常是驾驶室反侧的平台区域），考虑寒冷结冰的因素，需对人员可能站立区域的地板做防滑功能加强。选用组合型花纹深度更深的防滑花纹钢板（图4），并在平台边缘区域增加高度更高更密集的围栏，在平台以外的维护保养区域增设安全把手，通过以上措施防止人员从高处跌落受伤^[4]。

高寒地区运行的宽体矿车在初始设计时要更加注重前轴、中轴和后轴的轴荷合理分配，尤其是前轴的满载轴荷。如果轴荷过小，在重载上坡工况下作业时会因为道路结冰摩擦系数低产生前轮打滑影响车辆安全转向的风险。在设计时可通过调整货箱货

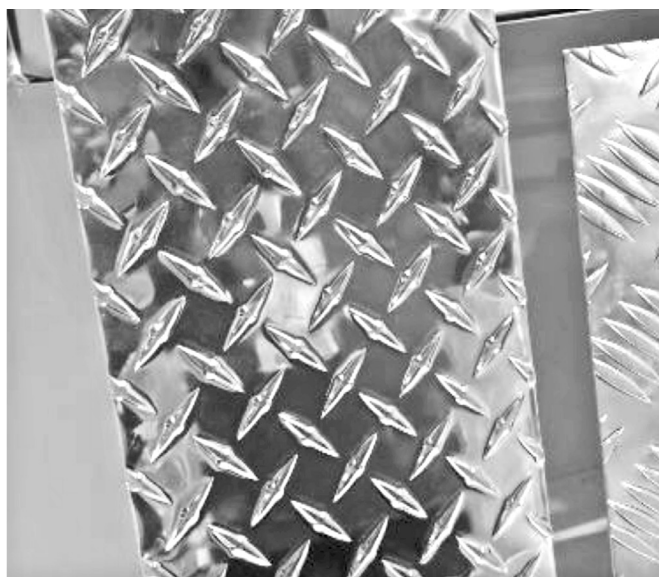


图4 复合型深花纹防滑钢板

物重心或者在驾驶室平台上增设配重来改善，一般保证车辆空载前轴轴荷占比在30%左右，满载时在20%左右。

如果宽体矿车出现因制动力不足产生的车辆打滑或者驻坡时发生溜坡现象，由于车辆前部驾驶室与货箱比相对脆弱，需在驾驶室前部加装前防护栏，以减轻撞击时对驾驶室造成的损坏，降低维修成本。

5 结语

根据上文的研究和分析，得出适应俄罗斯高寒地区（-55 ~ -50℃）工况的推荐配置如表2所示。

营销人员可参考以上配置向客户推荐产品，结合客户的实际情况进行配置增减，前提是需保证宽体矿车的安全运行和整体可靠性。提升车辆寒区性能的措施不局限于以上所讨论内容，只有更深入研究产品本身和详细工况才能研发出适应性更好的宽体

表2 高寒地区专用配置

前防护	前保护栏系统	●
	寒区版柴油机	●
发动机	常规柴油机	—
	前中冷后水散	●
散热器	上中冷下水散（带挡风板）	○
	单腔燃油箱	○
油箱	双腔燃油箱带水加热功能	●
	排气加热	●
货箱	无后尾门货箱	●
	货箱后门高开启结构	○
	双层玻璃	●
驾驶室	燃油水加热器	●
	燃油风暖加热器	●
	后视镜及挡风玻璃加热	●
	座椅加热	●
	站立部位组合花纹防滑板	●
	标配● 选装○ 无—	

矿车产品。

参考文献：

- [1] 刘亚东，赵江鸿．高原高寒条件对车辆维修保障的影响[J]．装备维修技术，2020(16)：21-23.
- [2] 李坤，王武辉．高原寒区车辆装备保障存在的问题及对策[J]．汽车运用，2016(12)：22-23.
- [3] 张福洲，唐洪伟，吴炳林．高寒山地对车辆使用性能的影响及改善措施[J]．汽车运用，2008(5)：44.
- [4] 张小虞．汽车工程手册：制造篇[M]．北京：人民交通出版社，2001.

作者简介：王松（1987.06-），男，汉族，江苏高邮人，本科，工程师，研究方向：宽体矿用自卸车总体方案设计。