

露天矿重型自卸卡车空气滤芯安装装置的设计与优化

栗 刚 周晓敏 刘小伟

神延煤炭有限责任公司西湾露天煤矿 陕西 榆林 719000

【摘 要】：露天矿重型自卸卡车长时间处在粉尘多、工作环境差的环境中，空气滤芯属于保证卡车发动机正常运转的重要部分。现阶段露天矿重型自卸卡车空气滤芯存在安装困难、人力耗费大、高空作业安全风险高、维修效率低等状况。本文以露天矿重型自卸卡车大尺寸过盈配合式空气滤芯为研究对象，利用杠杆力学原理设计出一台专门的空气滤芯安装装置。装置主要是由操作杆、连接组件、压紧组件组成，各个部件使用可伸缩转动结构来适应滤芯吊装环和端面凹槽的安装结构。通过改变构件材质、结构尺寸和连接形式来提高装置的操作方便性及结构的稳定性。从现场应用结果可以看出，该安装装置可以简化滤芯安装过程，减少作业人员投入，降低高空作业安全隐患，缩短维修时间，具有结构简单、制作成本低、适用性好等特点，适合露天矿重型自卸卡车空气滤芯拆装维保作业。

【关键词】：露天矿重型自卸卡车；空气滤芯；安装装置；结构设计；优化改进

DOI:10.12417/2705-0998.26.11.060

引言

露天矿山的重型自卸卡车是运输矿石和渣土的主要设备，工作环境粉尘浓度大、颗粒物物质多，对发动机进气干净度要求非常高。空气滤芯属于进气系统的主要组件之一，它可以把空气中混入的一些灰尘等杂质清除出去，避免气缸以及活塞这类精密零件因为受到杂质磨损而导致动力传输受到影响。目前露天矿主流重型自卸卡车所用空气滤芯体积大、重量重，采用过盈配合安装的方式，滤芯安装工作难度大。传统的人工安装模式耗费人力物力，作业人员还要登高作业，存在安全风险隐患，低温下橡胶密封件硬化又加大了安装的困难，大大降低矿山车辆维修工作的效率。为了解决上述的行业痛点，本文设计出一套适合露天矿重型自卸卡车用的空气滤芯安装装置，依靠简易机械结构来改进作业方式，削减人工操作的负担，改良作业安全状况，为矿山机械设备维保改进给予技术支持。

1 现有安装工况及存在问题分析

1.1 滤芯基础工况参数

本次研究的露天矿重型自卸卡车空气滤芯为圆柱形，长度 600mm，直径 450mm，用过盈配合方式装入到车辆的进气壳体中。滤芯安装位置距地面高约 4.5m，常规维保作业时，工作人员要使用 2.5m 高的梯子才能进行作业，作业空间狭小，操作姿态受到限制。滤芯外面装有吊装环，端面留有定位凹槽，可以作为机械辅助安装的受力点位，给专用安装装置的设计提供结构基础。

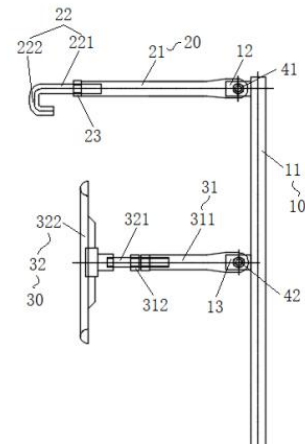


图 1 露天矿重型自卸卡车空气滤芯的安装装置

1.2 传统安装方式存在缺陷

目前矿山大多采用双人手工按压的方式进行滤芯的安装，长时间的使用现场发现此方法有诸多不足。一是人力耗费大，过盈配合结构装配阻力大，常温时需要两名作业人员共同用力才能完成安装，在冬季低温环境下，滤芯橡胶密封件硬度提高，装配阻力增大，安装难度成倍增加。第二为安全风险大，作业人员登高梯作业，身体悬空用力，梯子易晃动，高空坠落、挤伤风险大。三是维保效率低，人工安装操作过程繁杂，装配力不均，单个滤芯安装时间长，车辆停机维保时间变长，造成运输作业的连续性受到干扰。第四点就是安装不稳定，人工用力不能保证受力均匀，容易造成滤芯偏移、密封不严等问题，后期使用过程中会出现进气漏气的情况，加剧发动机的磨损。

1.3 装置设计优化方向

根据传统安装作业的痛点来确定本次安装装置的设计优化方向。利用杠杆力学原理改进施力方式，用机械代替人力进行发力，减少人力的使用；分体式组合结构，设连接和压紧两部分组件，适应滤芯吊装环和端面凹槽的结构特点，保证安装

受力均匀,采用可伸缩调节结构,适应不同的作业空间,避免车辆结构遮挡造成影响;使用耐磨钢材制作构件,简化加工工艺,控制制作成本,提高装置使用寿命。

2 安装装置总体方案设计

2.1 设计原则

根据露天矿的恶劣作业环境及滤芯安装工艺要求,装置设计四原则。实用性原则,适应现场安装工况,简化操作程序,适合高空狭小空间的作业空间,可靠性的选择是用高强度、耐磨的材质,改善了连接结构以抵抗装配荷载时的变形和损坏,调整性的设计是提供伸缩调节装置,可以满足不同安装距离的要求,避免车体遮挡造成的障碍,经济性原则选用常见的管材、板材进行加工制作,加工工艺简便,制作和维护成本低。

2.2 总体结构组成

本次设计的空气滤芯安装装置整体为一体化结构,主要由操作杆、连接组件、压紧组件三大部分组成,并且配套有销轴连接件来实现转动配合。连接件、压紧件都为可伸缩形式,并且对称布置在操作杆同一侧,分别与滤芯吊装环、端面凹槽对接。作业时连接组件固定滤芯的位置,压紧组件提供装配压力,操作杆操纵杠杆的作用力进行滤芯压装。整体结构紧凑、无复杂的传动部件、便携性好,可以现场携带存放。

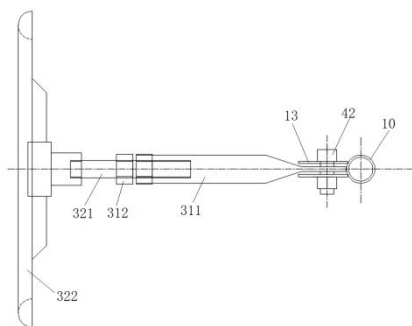


图2 露天矿重型自卸卡车空气滤芯的安装装置部分结构

2.3 工作原理

该装置把杠杆原理当作主要的作业基础,依靠可转动的连接方式来完成力的平滑传递。作业前调节连接组件和压紧组件长度以适配滤芯安装尺寸,将连接组件的弯钩挂接到滤芯外壳吊装环上,压紧组件的压盘压在滤芯端面上的凹槽内,得到双重定位的效果。作业时工作人员握住操作杆的尾部,慢慢下压,连接组件控制滤芯水平移动,压紧组件不断施加轴向力,轻晃滤芯调整其位置,使滤芯完全压入装配腔体。对于车体、梯架被遮挡的空间受限工作情况可以微调组件的伸出长度,不碰到任何障碍物来实现装接,适用于复杂的工作环境。

3 装置详细结构设计

3.1 操作杆结构设计

操作杆是装置的主要受力构件,用直径26mm的无缝钢管制成,材料强度大、抗弯能力强。操作杆主体外侧用第一连接板和第二连接板固定,两块连接板之间间隔为330mm,间隔尺寸与滤芯吊装环及端面凹槽标准间距相匹配,保证受力点位准确。连接板用45mm*26mm*3mm的钢板制成,第一连接板为双板分体结构,板体间距10mm,利于连接件插接安装。连接板中部设直径12mm的装配孔,用销轴做组件转动连接,保证工作时构件可以灵活摆动,满足不同按压角度的要求。

3.2 连接组件结构设计

连接组件主要是由拉杆、拉钩和连接螺母组成,具有伸缩调节的功能。拉杆用直径26mm钢管制作,顶部压扁加工成40mm的连接平面,中部设销轴孔,实现和操作杆的转动连接。拉杆内部留有中空腔体,用以安装拉钩。拉钩为连接杆和弯钩一体式,用直径16mm圆钢制造,结构强度好不会变形。连接杆外壁加工外螺纹,连接螺母内壁加工内螺纹,利用螺纹配合来控制拉钩伸缩的长度。弯钩为圆弧过渡结构,与滤芯吊装弧度吻合,挂接时不容易脱落,保证作业稳定。

3.3 压紧组件结构设计

压紧组件起主要的压紧作用,由压紧杆和压紧结构组成。压紧杆材料和拉杆相同,用26mm钢管加工,顶部压扁开孔,实现转动连接,底部固定压紧螺母。压紧结构由调整杆和压盘组成,调整杆采用16mm圆钢制成,外壁加工螺纹,和压紧螺母内螺纹相配,实现伸缩调节。压盘为直径290mm的法兰盘,表面光滑且尺寸适合滤芯端面凹槽,作业时压紧于凹槽内壁,增大受力接触面积,防止压力集中而造成滤芯壳体变形。螺纹调节机构可以对压紧长度进行准确的控制,满足各种装配行程的要求。

3.4 连接件结构设计

装置配有第一销轴和第二销轴,分别起到连接组件、压紧组件和操作杆的转动作用。销轴直径匹配连接板的装配孔,表面做防锈耐磨处理,减小转动时的摩擦损耗。双销轴独立布置,保证两组组件互不影响,可以独立调整摆动角度,满足复杂安装姿态的需求。所有的连接点用机械刚性连接,没有松动的间隙,压力传递平稳,不会出现装配时滤芯偏移卡顿的情况。

4 装置优化改进措施

4.1 材质优化选型

根据矿山粉尘、潮湿等恶劣工作环境对装置构件材质的要求,对装置构件材质进行优化升级。主体管材采用碳素无缝钢管,抗拉强度高、抗弯承载力大,长期承压不会产生塑性变形,可以承受反复压装作业所引起的交变载荷。销轴、螺纹杆件用

合金圆钢代替一般材质,可以提高其耐磨、防锈性能,减小拆装次数引起的磨损,保证螺纹调节精度长久不变。压盘、连接板采用加厚钢板,表面做除锈喷漆处理,抵御矿山潮湿空气的腐蚀,减慢钢材氧化生锈的速度,提高装置的使用寿命,降低后期的维护更换成本。

4.2 结构尺寸优化

依靠现场反复试验来确定关键尺寸参数,第一连接板和第二连接板间距控制在320mm~340mm之间,最佳值为330mm,可以很好地适应滤芯受力位置,使压装时的受力扭矩保持一致。第一连接板双板体间距为8mm到12mm,最优取值为10mm,既利于装配又利于连接稳定,防止销轴横向窜动。螺纹调节行程留有50mm可调余量,可以适应各种遮挡工况的避让需要,可以灵活避开车体梯架、管路等干涉结构。优化后的尺寸更加适应矿山主流的重型自卸卡车滤芯规格,通用性大大提高,可以方便地对同类型的大型过盈式滤芯进行安装。

4.3 防护细节优化

根据作业过程中防护要求对细节结构进行系统性的优化,以达到提高装置使用安全性和装配质量的目的。压盘边缘打毛处理去除非工件上的尖锐棱角,防止尖锐边角刮坏滤芯的密封橡胶圈,保证密封结构完整。弯钩内侧做光滑处理,降低吊装过程中由于摩擦而造成的阻力,减小吊装环的磨损,提高滤芯外壳的使用寿命。操作杆尾部加装防滑橡胶套增大握持摩擦力,适应露天粉尘环境,保证作业时手部不滑脱。所有螺纹端口做倒角处理,防止螺纹卡顿、咬死,提高调节的流畅性,减少操作卡顿故障。对零件或部件进行一些细微之处的变化可以减小滤芯、装置本身的磨损,改善装配状况以及延长寿命。

5 现场应用效果分析

5.1 作业人力优化

传统的人工安装方式需要两个人配合工作,改进之后的安装装置只需要一个人就能完成滤芯的安装。作业人员一手扶住滤芯位置不动,一手按下操作杆即可完成压装,减少了百分之五十的作业人数,减轻了矿山维保人员的工作负担,节省人力成本。冬季低温环境下,不需要另外使用加热工具,依靠机械压力就可完成硬化密封件的压装工作,适用于极端作业温度。

5.2 作业安全提升

使用该装置以后,作业人员不需要大幅度的身体悬空发力,依靠梯子保持稳定的站姿就可以进行操作,减少身体晃动

造成的坠落风险。装置受力均匀可控,不会因为人工发力不均匀造成滤芯弹开、挤压伤害人。机械压装过程平稳、无剧烈冲击,大大降低设备和人员安全事故发生的概率,改善高空维保作业的安全环境。

5.3 维保效率提升

统计现场作业数据发现,传统的手动安装一只空气滤芯的耗时是25分钟,使用本装置以后,空气滤芯安装用时从25分钟减少到8分钟以内,工作时间提高68%以上。滤芯装配均匀,消除滤芯偏移、密封不良等故障,减少以后返工和调试工作。车辆停机维保时间大大缩减,矿山卡车的运行时间得以保证,提高矿山整个生产运营的效率。

5.4 经济成本分析

该安装装置全部采用常规的钢材加工制作,单套制作成本低、加工工艺简单,矿山机修车间可以自行加工生产。结构结实耐用,正常使用情况下使用寿命大于五年以上,几乎没有后期的维护费用。同时人力减少、维保加快减少了人工成本、车辆停机的损耗,从而提高了矿山经济效益,投入产出比明显。

6 结论

本文根据露天矿重型自卸卡车空气滤芯安装难、风险高、维保效率低的问题,设计出简易高效的专用安装装置。利用杠杆力学原理配合可伸缩转动式的连接组件以及压紧组件,精确对接滤芯吊装环和端面凹槽结构来达到机械辅助压装的目的。经过材质选择、尺寸改善、细节改进,使装置结构更加稳固、通用性更好、耐用。现场应用结果表明,该装置能单人作业,大大减少人力和高空作业的安全隐患,降低滤芯安装的时间,提高维修保养质量。装置制作成本低、结构简单、方便携带,适合于露天矿恶劣的作业环境,具有较好的工程推广应用价值。本设计的安装装置目前还存在一定的改善余地,现阶段的装置需要人工手动按压进行工作,自动化程度较低,长时间连续工作仍然会存在人员疲劳的问题。在装置的基础上加装电动液压驱动机构代替人工按压动作来降低劳动强度,可以改进构件折叠结构以减少收纳体积并提高便携性,根据不同规格的滤芯更换适合的压盘和弯钩,扩大装置的应用范围。将智能化传感技术应用到装置上,在压力的检测方面进行设置,准确地控制装配力矩,防止滤芯被挤坏的情况出现,从而进一步提高装置的智能化、专业化程度,为矿山机械设备维修提供智能化发展支持。

参考文献:

- [1] 贺小龙.空气滤芯自动吹扫器在矿用工程机械的应用[J].煤矿机电,2025,46(03):88-91+95.
- [2] 王苏雯,吕悦,叶庆凡.燃气轮机空气滤芯结霜堵塞预防技术[J].石油工业技术监督,2022,38(09):9-12.
- [3] 朱育群,伍志良,张永伟,等.一种改进型的空气滤芯除尘装置[J].佛山陶瓷,2022,32(09):51-54.
- [4] 张发贵,潘文琨,何照建,等.露天矿山设备空气滤芯清洁设备研究与应用[J].设备管理与维修,2018,(23):86-87.
- [5] 李明诚.空气滤芯污染指示器的使用[J].农业机械,2008,(22):77.