

井下运输车湿式制动系统设计

赵天明, 安晓波

(金诚信矿业管理股份有限公司, 北京 101500)

[摘要] 井下运输车进行日常作业环境, 硬化路面较少, 路面崎岖且积水较多。工作环境多粉尘尘泥水, 车辆也经常涉水运行。而泥水杂质等对于常规制动器制动性能影响很大。为保证安全性, 井下车辆多采用全封闭湿式多盘制动器, 其制动组件全封闭结构, 避免了外界杂质的影响。本文重点介绍了湿式制动车桥结构、原理及制动液压系统设计。

[关键词] 井下运输车; 湿式多盘制动器; 液压系统

[中图分类号] TD52 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2022)05-0056-04

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2022.05.013

0 引言

无轨胶轮运输车长时间在井下环境作业, 承担着运输人员、物料及设备等工作。由于巷道环境复杂且狭窄、高低起伏不平, 路面还时常伴有泥沙和积水, 因此要求井下运输车的制动系统具有可靠的制动性能, 以此来保证人员安全及车辆的行驶安全。目前矿用车辆的制动系统多数采用湿式多盘制动器, 具有可靠性高, 制动能力强, 性能稳定等优点, 代表了今后矿用车辆制动系统的发展趋势。

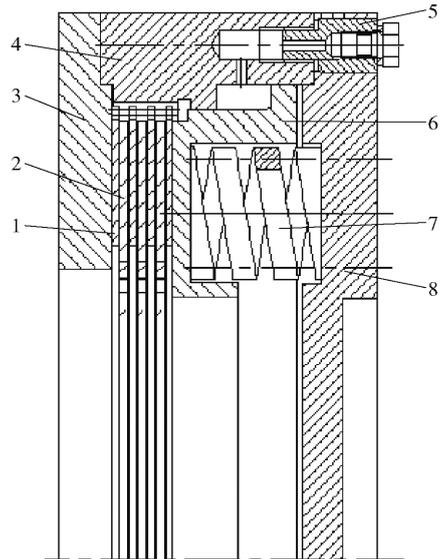
1 湿式制动车桥制动器简介

湿式制动车桥的制动器为多盘制动器, 动静摩擦片处于封闭壳体内, 油液循环冷却, 避免了制动组件与外界杂质的接触。其抗污染能力强, 冷却能力强, 正常使用寿命长; 多盘式制动摩擦片处于密封壳体冷却油液中, 无泥沙等杂质造成的磨料磨损, 摩擦片使用过程中损耗小, 工作性能稳定。

湿式制动车桥的多盘湿式制动器根据制动方式的不同可分为两种: 液压制动弹簧释放制动器和弹

簧制动液压释放制动器^[1]。相比之下, 弹簧制动液压释放制动器从结构原理和实际使用过程中, 安全性更高, 系统更加简单, 可靠性更好。下面以金安拓公司研发的 KATG05 底盘运输车为例, 研究湿式弹簧制动器结构及原理。

弹簧制动液压释放制动器(文中简称为湿式弹簧制动器)结构如图 1 所示, 主要由动摩擦片、静摩擦片、制动器壳体、制动活塞、螺旋弹簧等组成^[2]。活塞装在壳体里, 活塞上均匀开有若干圆柱孔槽, 圆柱孔槽中装有螺旋弹簧; 静摩擦片通过花键槽与制



1. 静摩擦片 2. 动摩擦片 3. 左端盖 4. 制动器壳体 5. 油室
6. 制动活塞 7. 螺旋弹簧 8. 右端盖

图 1 弹簧制动液压释放制动器结构

[收稿日期] 2022-05-19

[作者简介] 赵天明(1995—), 男, 内蒙古赤峰人, 工程师, 大学本科, 主要从事工程机械研发工作。

[引用格式] 赵天明, 安晓波. 井下运输车湿式制动系统设计[J]. 有色设备, 2022, 36(5): 56-59.

动器壳体连接,动摩擦盘通过花键与轮毂连接;油塞座连接制动油管;端盖与制动器壳体通过连接螺栓相连。当制动器处于制动状态时,制动器内液压油通过脚踏阀后回油箱,制动器内制动活塞无压力。此时螺旋弹簧推动制动活塞压紧动静摩擦片,动摩擦片和静摩擦片压紧后无法相对转动,由此实现制动。油管通高压油时,高压油液作用在制动活塞上,当活塞上的液压力大于弹簧力时,活塞移动,静摩擦盘和动摩擦片之间不再压紧,动静摩擦片间可相对转动,此时制动器解除制动,轮毂可自由转动。当液压力达到某数值时,制动活塞克服弹簧力后对动静摩擦片有一固定数值大小的压紧力,动静摩擦片可克服摩擦力相对运动,实现车辆减速。减速能力大小可通过调节输入至制动器的液压系统压力调节。

动静摩擦片的冷却通过液压油的强制循环冲洗完成,冷却效果好。且循环的液压油可以带走摩擦

片在使用过程中产生的磨粒等杂质,保证了制动器内清洁,避免了摩擦片间的异常磨损,延长了摩擦片使用寿命。

从湿式弹簧制动器原理及结构可以得知,湿式弹簧制动器依靠弹簧弹力进行制动,为机械结构,而液压系统仅作为解除制动的手段。相对于其他制动方式,制动安全性更高;最大程度上避免了液压系统的突发故障而引起的事故。因此湿式弹簧制动器安全性更好。

2 制动液压系统设计

矿用运输车湿式弹簧制动器液压原理如图2所示,该液压系统由制动泵、高压过滤器、安全阀、单回路充液阀、驻车制动电磁阀、自动卸荷电磁阀、反向调节制动阀、蓄能器、压力开关、轮边制动器等组成。

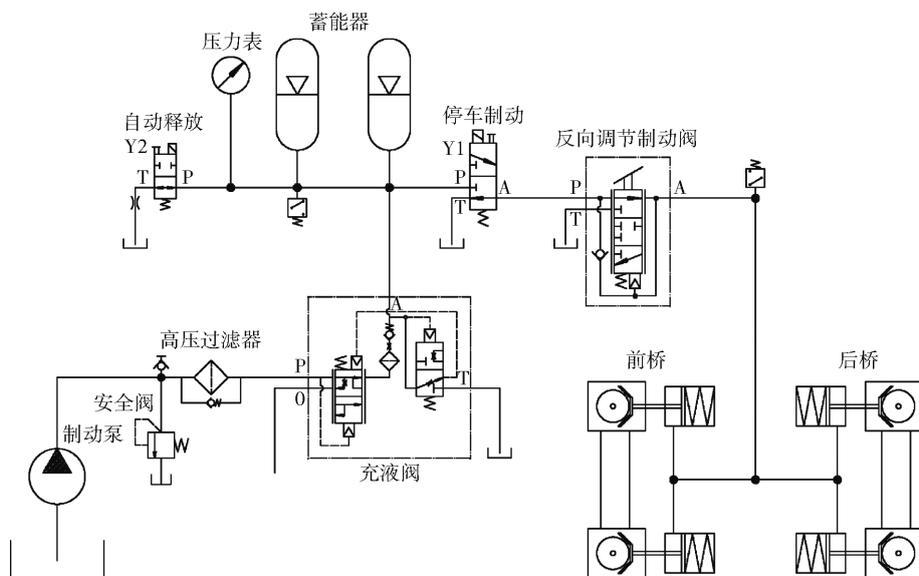


图2 制动液压系统原理图

安全阀作用是保护液压系统避免系统超压,当液压系统发生堵塞或液压元件故障引起系统压力升高时溢流阀进行泄压,保护管路及齿轮泵,一般溢流阀选用响应迅速的直动式溢流阀,且所选型号一般会选择在溢流时产生明显噪音的型号,以便于驾驶员及时发现故障。

高压过滤器作用是来自齿轮泵的液压油进行过滤,将细小杂质富集在滤芯内,避免由于杂质参与液压系统循环造成的液压元件损坏。当滤芯内杂质过多时,高压过滤器前后压差 ≥ 0.35 MPa,压差发讯

器发出信号,仪表台故障报警,提示驾驶员更换滤芯。

充液阀为单回路充液阀,其作用是对蓄能器进行充液,维持蓄能器内的压力在规定范围内,并且在充液完成后低压卸荷,以节约能源,减少系统发热。当蓄能器内压力低于充液阀预设定的压力下限时,齿轮泵泵送液压油通过充液阀向蓄能器内充液。当蓄能器内压力达到充液阀预设定的压力上限时,齿轮泵泵送液压油通过充液阀O口去往下一级液压系统。

蓄能器的作用是与充液阀配合,储存能量并维持系统压力稳定在一定范围内,保证系统的迅速响应。蓄能器另一作用是在发动机或齿轮泵发生故障时作为制动系统应急动力源。

蓄能器压力开关作用是在蓄能器压力低于安全压力时报警,提醒驾驶员检查车辆。因为若系统发生故障,蓄能器内部压力持续低于安全压力,驾驶员在未察觉情况下驾驶车辆,制动器长时间处于半制动状态运行,易造成制动器异常磨损,液压系统高温等故障^[3]。

反向调节制动阀后压力开关作用时根据制动阀输出压力输出开关信号,控制车辆制动灯。

自动释放电磁阀为两位两通电磁阀,车辆启动后得电,断开P口与T口之间油路,车辆停止运行后延时断电,释放制动液压系统中蓄能器压力,下次启动时制动泵将从零压力开始对蓄能器充液,液压系统在车辆启动初期逐渐加载,此设计目的在于减小发动机启动阻力。另一个作用是在车辆长时间停机时,保护密封件,延长液压系统使用寿命。

停车制动电磁阀为两位三通电磁阀,通过控制液压系统油液流向通断实现停车制动及解除制动状态的切换。当驻车时,停车制动电磁阀不得电,P口与A口不通,A口与T口互通,轮边制动器无压力输入,制动器通过螺旋弹簧的弹力压紧动静摩擦片使之无法相对运动,完成驻车制动。当解除制动时,驻车制动电磁阀通电,P与A连通。反向调节制动阀无动作时,蓄能器向轮边制动器输入压力。制动器内施加在制动活塞的液压力大于弹簧力时,活塞不再压紧摩擦片,动静摩擦片间可相对自由运动,此时制动解除。

反向调节制动阀实际上为一个踏板控制的比例减压阀,作用是在车辆行驶过程中对蓄能器输入到制动器的压力进行精准控制,从而实现轮边制动器制动力的控制。反向调节制动阀内有回位弹簧,在踩至不同位置时反馈至踏板的弹簧力不同,驾驶员可以根据踏板反馈力度及踏板踩下角度对制动器进行准确控制。

湿式弹簧制动器采用的单回路制动系统与液压制动器采用的双回路制动系统相比,管路相对更少,装配及维修更加简单。系统元件更少,设计更加简单可靠。湿式弹簧制动器由于行车制动与驻车制动为同一制动器,采用单回路制动,在出现液压阀故障

及液压泵供油故障时,制动器都会进入制动状态。在发生管路破损等故障时,制动器会迅速失压完成制动。

因此车辆采用湿式弹簧制动器可以最大程度防止事故的发生,其安全性可靠性更高。

3 蓄能器计算

制动系统动力源出现故障时,需要整车依旧可以正常完成减速和制动动作。因此蓄能器的正确选择是很重要的。根据《矿用防爆柴油机无轨胶轮车通用技术条件》(MT/T 989—2006)的要求,行车制动动力源应有储备,储备量应使车辆在柴油机熄火的情况下实施5次(含5次)以上的制动^[4]。

根据车辆实际运行工况分析,车辆在正常使用过程中,所进行的多次制动并非连续完成,因此视为等温过程。而在当车辆处于应急状态,车辆连续制动操作,蓄能器工作循环时间 ≤ 1 min,因此应急制动视为绝热过程。

蓄能器内气体压缩和膨胀过程符合玻义耳定律(气体状态多变规律):

$$P_0 \cdot V_0^n = P_1 \cdot V_1^n = P_2 \cdot V_2^n = C \quad (1)$$

由公式(1)推导出,蓄能器容积 V_0 为:

$$V_0 = \frac{\Delta V}{\left(\frac{P_0}{P_1}\right)^{\frac{1}{n}} - \left(\frac{P_0}{P_2}\right)^{\frac{1}{n}}} \quad (2)$$

式中 P_0 —蓄能器预充氮气压力,MPa;

P_1 —最低工作压力,MPa;

P_2 —最高工作压力,MPa;

V_0 —有效气体容量,L;

V_1 —在 P_1 时的气体容量,L;

V_2 —在 P_2 时的气体容量,L;

ΔV —有效油液容量,L;

n —多变指数,等温过程 $n=1$,绝热过程 $n=1.4$ 。

KATG05井下运输车,前后桥四轮驱动,整车共四个制动器,单个制动器排量18 mL,蓄能器预充氮气压力取 $P_0=6.6$ MPa;最低工作压力 $P_1=11$ MPa;最高工作压力 $P_2=15$ MPa;蓄能器内所充注压力油可保证独立完成有效制动5次;则: $\Delta V=360$ mL = 0.36 L。

根据蓄能器容积 V_0 计算公式:

$$V_0 = \frac{\Delta V}{\left(\frac{P_0}{P_1}\right)^{\frac{1}{n}} - \left(\frac{P_0}{P_2}\right)^{\frac{1}{n}}}$$

当正常使用过程中,蓄能器气体压缩处于等温过程($n=1$), V_0 近似计算结果为 2.2 L。当车辆连续进行制动操作时,蓄能器气体压缩处于绝热过程($n=1.4$), V_0 近似计算结果为 2.6 L。

根据计算保证在车辆动力源故障时蓄能器独立完成 5 次有效制动,要求蓄能器总容积在 2.6 L 以上。结合蓄能器相关标准,KATG05 制动系统选用 2 个 1.6 L 蓄能器可满足相关安全要求。

4 结论

湿式弹簧制动器动静摩擦片置于封闭的冷却腔内,与外界杂质隔绝,其使用寿命不受杂质等的影响。摩擦片使用过程中无磨料磨损,且散热能力好,因此使用寿命长且工作稳定;摩擦片由于在完全密

封的油液中工作,摩擦片间的磨损非常小^[5]。且湿式弹簧制动器在系统发生任何失压故障时自动完成制动,且可同时作为行车制动和驻车制动使用,液压系统简单、布置方便。湿式弹簧制动系统安全性高、适应性强,可广泛应用于井下无轨运输车。

[参考文献]

- [1] 柳玉龙. 矿用车辆全液压制动回路分析[J]. 煤矿机电, 2017(2): 66-68.
- [2] 武建设. 基于 Simulink 的农业机械湿式制动器液压系统仿真[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(15): 3772-3775 + 3837.
- [3] 李永安. 矿用校车液压系统典型故障机理分析与处理[J]. 液压气动与密封, 2018, 38(6): 57-59.
- [4] MT/T 989—2006, 矿用防爆柴油机无轨胶轮车通用技术条件[S].
- [5] 姜婷. 轮式装载机全液压湿式制动系统分析[J]. 山西煤炭管理干部学院学报, 2014, 27(3): 169-171.

Design of Wet Brake System for Underground Transport Vehicle

ZHAO Tian-ming, AN Xiao-bo

Abstract: Underground where trackless rubber-tyred haulage cars carry out daily operations, hardened surfaces are rare and the roads are often rugged and waterlogged. The vehicles are often required to wade through water in a dusty, muddy, and watery environment. Mud, water and other impurities impair the performance of conventional brakes. Hence, for safety concerns, underground vehicles mostly adopt fully enclosed wet multi-disc brakes, with components fully enclosed to avoid contact with external impurities. This paper introduces the structure and principle of wet brake axles, and outlines the design of brake hydraulic systems.

Key words: Mining rubber-tyred haulage car; wet multi-disc brake; hydraulic system

