

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2019.03.009

矿用双向驾驶静液压驱动车辆 制动系统的分析与设计*

陈永峰¹, 郭培燕²

(1. 陕西铁路工程职业技术学院 机电工程系, 陕西 渭南 714000; 2. 中国煤炭科工集团太原研究院有限公司 防爆车辆分院, 山西 太原 030006)

摘要:针对中小煤矿井下顺槽巷道运输困难的问题,对其巷道的自然条件、运输现状以及目前矿用车辆的适用范围进行了分析,从整车的驱动形式、驾驶方式、外形尺寸等方面进行了研究,提出了一种采用双向驾驶和静液压-机械驱动相结合的矿用车辆。分析了静液压-机械驱动的矿用车辆在制动过程中,全液压制动与静液压反馈制动相互之间以及前后驾驶室两套制动操纵系统之间的相互影响,设计了专用双回路液压制动阀以及前后驾驶室操纵切换装置,实现了全液压制动与静液压反馈制动的联动,以及前后驾驶室两套操纵系统之间的切换。研究表明:该车辆能够在宽度大于 1.8 m 的顺槽巷道中使用,降低了工人的劳动强度;同时在前后驾驶操纵时表现出几乎等同的制动性能,未出现过紧急制动状态下发动机熄火等现象,制动系统性能可靠。

关键词:矿用车辆;静液压驱动;双向驾驶;制动系统;双回路液压制动阀

中图分类号:TH137.9;TD525

文献标志码:B

文章编号:1001-4551(2019)03-0275-04

Analysis and design of the braking system of the hydraulic driving vehicle with bidirectional operation in coal mine

CHEN Yong-feng¹, GUO Pei-yan²

(1. Department of Mechanical and Electrical Engineering, Shaanxi Railway Institute, Weinan 714000, China;
2. Branch of Explosion-proof Vehicle, CCTEG Taiyuan Research Institute, Taiyuan 030006, China)

Abstract: Aiming at the problem of underground transportation in small and medium-sized coal mines, the natural conditions of the roadway, the current transportation situation and the scope of application of the current mining vehicles were analyzed. The driving form, driving style and dimensions of the vehicles were studied and then a kind of mining vehicle that combines two-way driving and hydrostatic-mechanical driving was proposed. The influence of the hydrostatic-mechanical driving vehicle on the mutual hydraulic brake and the hydrostatic feedback brake, and the two sets of braking system, double loop hydraulic brake valve control systems in the front and rear cabs during the braking process were analyzed. The special double loop hydraulic brake valve and the front and rear cab control switching device were designed. The linkage of full hydraulic brake and hydrostatic feedback brake and two sets of front and rear cabs were realized. The results indicate that the vehicle can be used in the all-way tunnel with a width of more than 1.8 m, which reduces the labor intensity of the workers, it shows almost the same braking performance in front and back driving operation, and there is no engine flameout in emergency braking state. The braking system performance is reliable.

Key words: mining vehicle; hydraulic driving; two-way driving; braking system; double loop hydraulic brake valve

收稿日期:2018-11-11

基金项目:陕西省教育厅专项科研计划资助项目(17JK0169);陕西铁路工程职业技术学院中青年科技创新人才资助项目(KJRC201804);中煤科工集团青年基金资助项目(2018QN031)

作者简介:陈永峰(1981-),男,陕西榆林人,硕士,副教授,主要从事工程车辆动力制动系统与转向系统方面的研究。E-mail:cyf1002@sina.com

0 引言

我国中小型煤矿点多面广,地质条件千差万别,井下巷道狭窄,并且许多煤矿巷道未设车辆调头硐室,存在急转弯弯道,目前多数该类煤矿受上述巷道条件局限仍在采用无极绳、小绞车、小蓄电池机车等多段分散落后的传统辅助运输方式,不仅存在运输环节多、系统复杂、占用大量设备和劳动力、生产效率低、安全状况差等问题,同时也使得工人把大量的体力和时间消耗在路途中,这种损失是无形和不可估量的,随着井型和开拓范围的不断扩大,运输距离越来越长,这个问题将更加突出^[1-5]。国外主要的采煤国家如美国、澳大利亚、南非等在中小煤矿顺槽巷道中主要采取了单轨吊的辅助运输形式,虽然具有污染小、爬坡度大、运营成本低的优点,但其运载能力受到顶板条件的限制,且灵活性差,它的推广受到了一定的制约。

目前,国外公司研制的矿用辅助运输车辆主要是在多种不同吨位的通用底盘基础上配置不同的工作装置,形成多种车型,如澳大利亚的 SMV 公司、德国 DBT 公司、瑞典 SANDVIK 公司采用液力机械传动、四轮驱动的刚性通用底盘,更换工作平台可改装为运人车、运料车、管道运输车等车型,实现了零部件的通用化、标准化,但这些运输车辆普遍存在整车尺寸较大的问题,无法满足国内中小型煤矿顺槽巷道的运输需求。国内研制生产单位如昆山晋桦豹胶轮车制造有限公司、江苏金池车辆有限公司等生产的 WC5E、WC8E 等矿用车辆也普遍存在外形尺寸大的问题,而且采用的是单向驾驶形式,因其功能的局限性无法在中小型煤矿顺槽巷道推广使用。因此,有必要研制适合中小型煤矿顺槽巷道条件、窄型双向驾驶的矿用车辆,解决顺槽巷道中锚杆、水管、掘进支护设备以及人员的运输任务,减轻工人的劳动强度,提高煤矿生产效率。而制动系统作为整车的关键系统,其性能的优劣直接关系到行车的安全性和可靠性。

因此,本文将设计一种采用双向驾驶和静液压机驱动相结合的矿用车辆。

1 矿用双向驾驶静液压驱动车辆的结构特点

矿用双向驾驶静液压驱动车辆采用铰接折腰转向、前后双向正向驾驶方式,在巷道内不需要调头,尤其适合于窄型巷道的长距离运输,主要由发动机装置、传动系统、液压系统、气动系统、电气系统、前

驾驶室、后驾驶室、前车架、后车架等组成,其外形如图 1 所示。

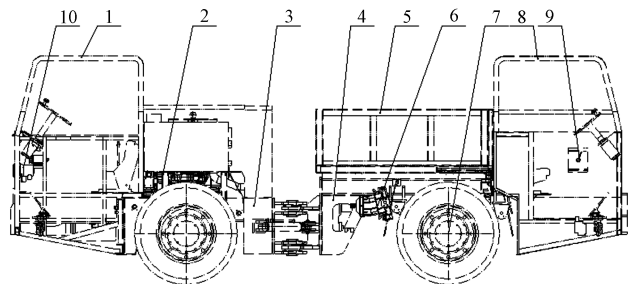


图 1 铰接式双向驾驶胶轮车外形图

1 - 前驾驶室;2 - 发动机装置;3 - 前车架;4 - 后车架;
5 - 货箱;6 - 液压系统;7 - 传动系统;8 - 后驾驶室;9 - 气动系统;10 - 电气系统

2 行走系统的类型及关键元部件结构

2.1 行走系统的类型及原理

矿用双向驾驶静液压驱动车辆的行走系统采用静液压 + 机械传动方式,传动路线为发动机通过联轴器驱动双向变量液压泵,带动双向变量液压马达,液压马达通过分动变速箱将动力传递给传动轴,最后传动轴将动力传递给前后驱动桥带动车轮实现整车的前进与后退,具体方案如图 2 所示。

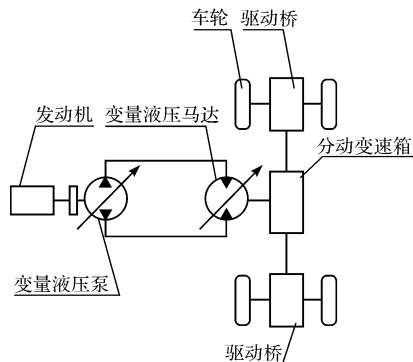


图 2 铰接式双向驾驶胶轮车行走系统方案图

2.2 窄型湿式驱动桥的结构

为了解决中小煤矿顺槽巷道中物料、设备以及人员的运输,本研究与某驱动桥厂家联合开发了窄型湿式驱动桥,与常规矿用车辆所使用的驱动桥不同的是它的宽度仅为 1.5 m,在结构上不仅集成了行车湿式制动器,更是将停车湿式制动器也集成于一体,使得其功能更加齐全,可靠性更高。该驱动桥主要由轮毂、轮毂连接件、半轴、行车湿式制动器、桥壳总成、主减速器总成、传动轴安装法兰、钢板弹簧安装板、停车湿式制动器、轮边减速器总成等组成,其外形及结构组成如图 3 所示。

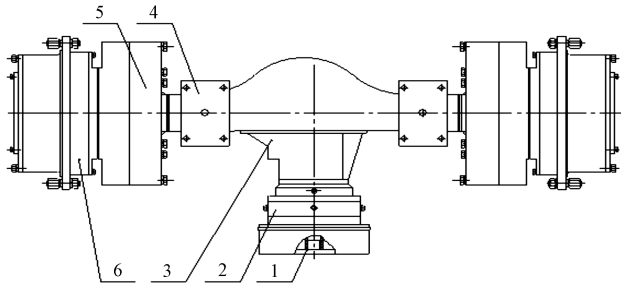


图3 窄型湿式驱动桥外形及结构组成

1-传动轴安装法兰;2-停车湿式制动器;3-主减速器总成;
4-钢板弹簧安装板;5-行车湿式制动器;6-轮边减速器总成

3 整车制动系统的设计

针对静液压驱动车辆,传统的制动方式是在每个行走液压马达或每个车轮上配置有制动机构用以维持或降低车速,该类车辆的制动系统主要是由两部分组成:一部分是由双回路或单回路液压制动阀组成的全液压制动系统,它往往是依靠湿式制动器产生的制动力对整车实施制动的;另一部分是静液压驱动车辆闭式系统自身所具备的制动功能,即静液压反馈制动功能^[6-9]。这两套制动系统之间是相互独立的,在制动过程中往往会出现制动器磨损严重和发动机的熄火现象,主要原因就是两套制动系统不能合理的发挥自己的制动效能。

3.1 双回路液压制动阀的结构

为了使全液压制动系统和静液压反馈制动能够合理的发挥自己的制动效能,使得两套制动系统在制动过程中能够实现联动效果,设计了针对静液压驱动车辆的新型双回路液压制动阀,在结构上主要由上阀体、下阀体、控制阀体、制动踏板、安装板、连杆、上阀芯、下阀芯、控制阀芯、回位弹簧I、回位弹簧II、矩形弹簧、调压弹簧、控制弹簧等组成^[10-13],其具体结构如图4所示。

3.2 双回路液压制动阀的工作原理

与传统双回路液压制动阀不同的是,该制动系统与静液压反馈制动实现了联动,具体原理如图5所示。

在正常行驶状态下,控制油口 P_3 、进油口 P_1 、 P_2 分别与回油口 T_3 、工作油口 A_1 、 A_2 处于断开状态,工作油口 A_1 、 A_2 分别与回油口 T_1 、 T_2 处于相通状态,此时在前后驱动桥上集成的4个行车湿式制动器均处于松开状态;在行车过程中需要缓慢减速时,踩下制动踏板(行程较小)使控制阀芯下移,此时控制油口 P_3 与回油口 T_3 相通,通过节流孔的作用使控制油口 P_3 的压力减小,进而使变量液压泵的控制压力减小,从而使变量液压泵的排量减小,此时变量液压泵输出的流量小于变量液压马达的需求,马达出口阻力增大,在其轴上建立起反向扭矩阻止车辆行驶,产生静液压反馈制动

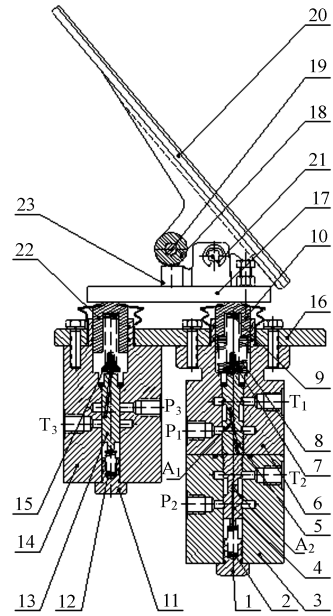


图4 双回路液压制动阀结构图

1-阀芯堵盖I;2-回位弹簧I;3-下阀体;4-下阀芯;5-上阀芯;6-上阀体;7-弹簧座组件;8-矩形弹簧;9-调压弹簧;10-阀芯套筒I;11-阀芯堵盖II;12-回位弹簧II;13-控制阀芯;14-控制阀体;15-控制弹簧;16-安装板;17-连杆;18-滚轮;19-滚轮转动轴;20-制动踏板;21-踏板转动轴;22-阀芯套筒II;23-压缩杆

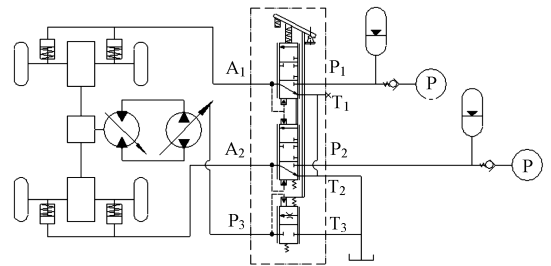


图5 双回路液压制动阀工作原理图

效果;当需要停车或紧急制动时,继续踩下制动踏板(行程较大),使得上阀芯、下阀芯下移,分别使工作油口 A_1 、 A_2 与回油口 T_1 、 T_2 之间的油路关闭,同时使进油口 P_1 、 P_2 分别与工作油口 A_1 、 A_2 处于相通状态,此时两个蓄能器中的压力油分别进入前后桥行车湿式制动器,实现了全液压制动。在整个制动过程中,控制阀芯的动作优先于上下阀芯的动作,即静液压反馈制动先于全液压制动起作用,不仅充分利用了静液压反馈制动功能,同时最大限度地减少了行车湿式制动器摩擦片的磨损,保证了车辆运行的安全、可靠。

4 双向驾驶制动控制系统的设计

双向驾驶制动控制系统主要由蓄能器、前行车双回路液压制动阀、后行车双回路液压制动阀、前停车制动阀、后停车制动阀、梭阀、停车制动切换阀组、行车制动切换阀组等组成^[14-16],其具体工作原理如图6所示。

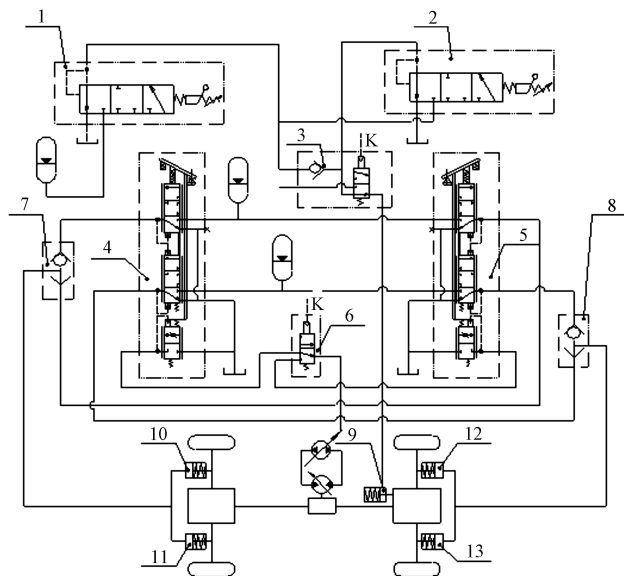


图 6 双向驾驶制动控制系统工作原理图

1-前停车制动阀;2-后停车制动阀;3-停车制动切换阀组;4-前行车双回路液压制动阀;5-后行车双回路液压制动阀;6-行车制动切换阀组;7、8-梭阀;9-停车湿式制动器;10、11、12、13-行车湿式制动器

在前驾驶室驾驶时,停车制动阀组和行车制动阀组均处于图示状态,将前停车制动阀和后停车制动阀解除制动,此时停车湿式制动器处于松开状态,在行车过程中,前行车双回路液压制动阀通过梭阀和行车制动阀组实现对变量液压泵和行车湿式制动器的控制;在后驾驶室驾驶时,停车制动阀组和行车制动阀组中的两位三通换向阀切换工作在上位,在行车过程中,后行车双回路液压制动阀通过梭阀和行车制动阀组实现对变量液压泵和行车湿式制动器的控制。

根据矿用防爆柴油机无轨胶轮车相关要求,在制动系统的设计过程中,前停车制动阀和后停车制动阀还起到了紧急制动的功能,停车制动切换阀组采用了串并联结构,即解除制动时采用串联结构,紧急制动时采用并联结构,其主要目的是使前后驾驶操作几乎具有相同的紧急制动特性。

5 结束语

本研究通过开发窄型湿式驱动桥将行车湿式制动器和停车湿式制动器集成于一体,同时采用静液压-机械驱动、前后双向驾驶方式而设计的矿用车辆,解决了中小煤矿顺槽巷道中物料以及小型设备运输困难的问

题,减轻了工人劳动强度,提高了生产效率。

通过设计专用双回路液压制动阀使得整车在制动过程中静液压反馈制动先于全液压制动起作用,不仅减少了行车湿式制动器摩擦片的磨损,同时也使得整车在制动过程中瞬时制动功率小于发动机瞬时输出功率,避免了紧急制动时发动机熄火的问题。通过在前后驾驶室两套制动操纵系统之间采用行车制动切换阀组和停车制动切换阀组,使得前后驾驶时几乎具有等同的制动性能。实践表明:该系统制动性能可靠,满足使用要求。

参考文献 (References):

- [1] 张彦禄,高英,樊运平等.煤矿井下辅助运输的现状与展望[J].矿山机械,2011,39(10):6-9.
- [2] 倪兴华.安全高效矿井辅助运输关键技术研究与应用[J].煤炭学报,2010,35(11):1909-1915.
- [3] 李昕.无轨辅助运输在传统煤矿的应用[J].煤矿机械,2011,32(7):208-210.
- [4] 卢如意,郭帅.矿井辅助运输系统现代化改造[J].煤矿机械,2013,34(10):174-176.
- [5] 赵海兴.煤矿井下铰接式防爆柴油机无轨胶轮车设计特点和发展趋势[J].矿山机械,2013,41(8):13-17.
- [6] 何刘宇,李运华.闭式泵控马达系统反拖工况缓速制动系统设计[J].液压与气动,2015(6):35-40.
- [7] 雷煌.矿用静液压传动特种车辆防爆智能电控系统研究[J].煤炭科学技术,2015,43(6):91-96.
- [8] 姚怀新.车辆液压驱动系统的控制原理及参数匹配[J].中国公路学报,2002(3):117-120.
- [9] 沈建军,吴梁,冯忠绪.液压驱动车辆的反拖制动性能研究[J].筑路机械与施工机械化,2006(8):31-33.
- [10] 陈永峰,南黄河,毛华东,等.一种用于静液压传动车辆的双回路液压制动阀[P].中国:ZL2017206108714.2018-03-23.
- [11] 刘杰.胶轮车全液压双回路制动阀静态特性分析[J].液压与气动,2014(2):56-60.
- [12] 刘杰.胶轮车全液压制动系统制动压力动态特性研究[J].煤炭工程,2014,46(3):93-96.
- [13] 张锦.全动力液压制动系统动态响应特性研究[D].太原:太原科技大学机械工程学院,2008.
- [14] 陈永峰,郭培燕.煤矿井下双向驾驶车辆制动系统设计研究[J].煤炭工程,2017,49(4):139-141.
- [15] 沈亮,刘刚,叶柳军.液动力平板车自动驾驶系统的研究[J].液压气动与密封,2017(10):70-72.
- [16] 南黄河.双向驾驶滑移胶轮车行走液压系统分析[J].液压与气动,2015(09):98-100,105.

[编辑:张豪]

本文引用格式:

陈永峰,郭培燕.矿用双向驾驶静液压驱动车辆制动系统的分析与设计[J].机电工程,2019,36(3):275-278.

CHEN Yong-feng, GUO Pei-yan. Analysis and design of the braking system of the hydraulic driving vehicle with bidirectional operation in coal mine[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2019,36(3):275-278.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>