

矿用轮式铲运机转向系统的优化改进

刘长龙

中国煤炭科工集团太原研究院有限公司, 中国·山西 太原 030006

摘要: 矿用轮式铲运机的液压系统通常由工作液压系统、转向液压系统、制动系统三大部分组成, 其中转向和制动两大模块是与安全息息相关的, 而在某些紧急情况下或某些特定工况下, 转向系统的安全性会更为重要。另外, 不舒适作业易产生疲劳, 疲劳驾驶也会产生不少安全隐患。因此, 如何保证方向盘操作的舒适顺畅, 至关重要。针对轮式铲运机定量转向系统出现的故障问题进行研究, 通过系统原理分析, 结合匹配计算和试验验证, 对转向系统的优化改进取得了有效的成果。

关键词: 矿用轮式铲运机; 液压系统; 转向系统; 安全舒适

Optimization and Improvement of Steering System for Mining Wheel Scraper

Changlong Liu

China Coal Science and Industry Group Taiyuan Research Institute Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 030006, China

Abstract: The hydraulic system of a mining wheel loader usually consists of three parts: the working hydraulic system, the steering hydraulic system, and the braking system. Among them, the steering and braking modules are closely related to safety, and in some emergency situations or specific working conditions, the safety of the steering system will be more important. In addition, uncomfortable work can easily lead to fatigue, and fatigue driving can also pose many safety hazards. Therefore, it is crucial to ensure comfortable and smooth operation of the steering wheel. Research has been conducted on the malfunction of the quantitative steering system of wheeled loaders. Through system principle analysis, combined with matching calculation and experimental verification, effective results have been achieved in optimizing and improving the steering system.

Keywords: mining wheel loader; hydraulic system; steering system; safe and comfortable

0 前言

矿用铲运机是矿井无轨辅助运输系统的重要组成部分, 具有使用频率高, 动作方便灵活等特点。矿用轮式铲运机的液压系统通常由工作液压系统、转向液压系统、制动系统三大部分组成, 液压转向系统是该型设备最重要的组成部分。其转向液压系统通常有两种形式, 一种是大排量转向器配优先阀, 另一种是小排量转向器配流量放大阀, 而这两种形式都有一个共同的元件, 就是转向器。转向器是转向系统的核心元件, 它通常与方向机柱、方向盘连接, 它不仅关系着机器的行驶操作的安全性, 且对驾驶舒适性存在很大的影响, 在整机行走和作业过程中, 方向盘的使用频次是很高的, 而在某些紧急情况下或某些特定工况下, 转向的舒适顺畅也更为重要。

1 转向液压系统存在的问题和分析

除了一些直上直下的推料工况外, 大多数工况都需要经常使用方向盘, 大排量转向器的通流能力有限, 因此转向易重, 舒适性不如流量放大阀。一种小排量转向器配流量放大阀系统的故障模式如下: 在狭窄的区域内作业, 需要高频率的使用方向盘转向, 当铲满物料后, 同时进行倒车右转, 到某一位置后, 需要快速切换为左转前进, 在切换左右转向

时, 方向盘出现卡顿现象; 这一现象同样出现在山路下坡转向, 由于坡道的路宽有限, 当下坡过弯时, 需要向某一方向转向, 转过弯道后, 需要回转方向盘调整, 此时出现转向卡顿, 在下坡连续过弯时, 此卡顿现象令司机感到恐慌, 没有安全感。造成此现象的原因是转向器吸空, 产生卡顿现象。

2 转向系统的原理及组成

论文针对矿用轮式铲运机定量转向系统出现的故障问题进行研究, 通过系统原理分析, 结合匹配计算和试验验证, 对转向系统的优化改进取得了有效的成果。以某厂家的转向系统为例, 该转向系统由齿轮泵、减压阀、转向器、流量放大阀、转向油缸组成, 其原理图如图 1 所示。

3 转向系统的故障原理分析

方向盘卡顿是由于转向器吸空, 而转向器吸空则是由于转向泵供油不足导致, 通过原理图分析, 在突然启动转向, 或是突然回转时, 由于转向器的阀芯和阀套突然重合, 开口面积突然增大, 转向器需求控制油输入至流量放大阀的左端或右端, 推动主阀芯左移或右移, 主阀芯打开, 转向泵此时需要同时向转向器和转向油缸供油, 极易瞬间供油不足, 尤其泵在中低速时, 泵口油压会突然降至很低, 导致转向器进口欠流量, 出现吸空现象。

从图 2 测试曲线可以看出，在转向突然回转时，泵口的压力会突然降得很低，不到 2bar，持续时间大概在 1 秒，且压力振幅很大，振幅次数较多，这样会使设备在出现卡顿现象的同时，伴随有转向沉重感，且由于转向缓慢，存在较大安全隐患。

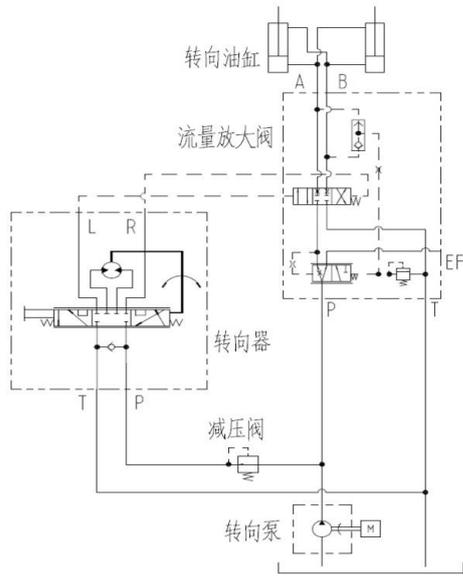


图 1 转向机构原理简图

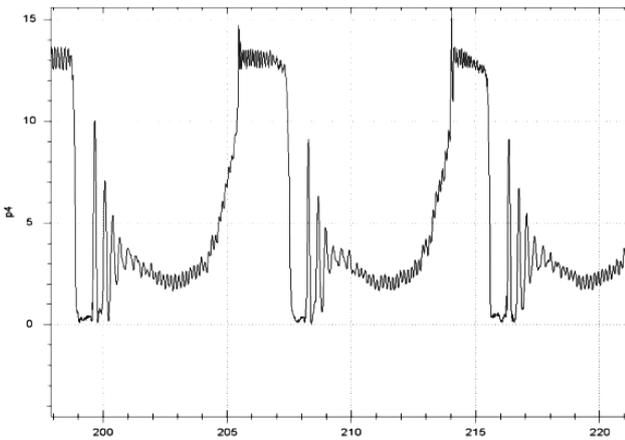


图 2 原测试曲线

4 解决方案及设计计算

如图 3 原理图，在减压阀出口处增加单向阀和蓄能器。

当整机发动后，转向泵会给蓄能器进行充液，则蓄能器可以保持一定的压力油，单向阀可以防止在蓄能器油源回流，则当突然启动转向或突然回转时，尽管泵供油能力不足，但此时蓄能器的压力油可以及时的补充至转向器，有效防止吸空现象。值得注意的是，蓄能器的氮气预充压力大小也很重要，充氮压力太高，相同容积情况下油液压缩空间会相对较小，则可补充的油源会减少，充氮压力太低，则蓄能油压会较小，都会造成补油效果差亦或是补油无效，因此需要合理的匹配充氮压力和蓄能器容积，以达到最佳效果。

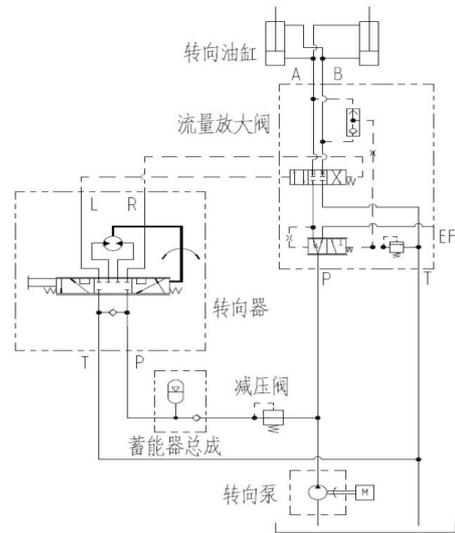


图 3 优化后原理简图

通常，蓄能器用于能量储备，气体空间的变化较缓慢而使氮气和它的环境之间有充分时间进行热交换时，可视为等温变化，则：

$$P_0 \times V_0 = P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

$$P_0 = P_1 \times 0.9$$

$$P_2 \leq P_0 \times 4$$

$$\Delta V = V_1 - V_2$$

式中： P_0 ——预充气体压力；

V_0 ——有效气体容积；

P_1 ——最低工作压力；

V_1 —— P_1 时气体容积；

P_2 ——最高工作压力；

V_2 —— P_2 时气体容积；

ΔV ——油容量。

已知转向系统压力、转向启动和回转时的压力变化，转向器通流量大小、转向器压力流量曲线等参数，通过优化设计后，即可确认蓄能器的参数进行选型。单向阀的选用根据系统压力和泵最大流量进行选取即可。

如图 4 所示，在该转向系统增加了蓄能器和单向阀后，进行测试，测试曲线如下。

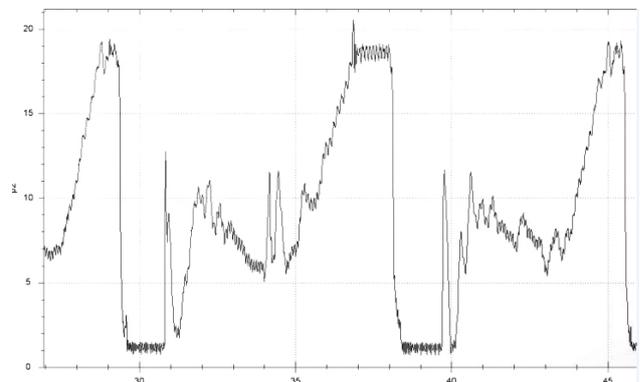


图 4 优化后测试曲线

改进之后,可以进行频繁转向回转操作,泵口最低的压力值也在 8bar 以上,有了充足的油源,转向过程顺畅舒适,同时也使转向器在使用过程中,都保持有油雾润滑,防止了由于吸空现象而造成的零部件寿命缩短。

5 结语

通过对转向问题的失效模式和系统原理进行分析,通过具体的测试及理论计算进行匹配验证后,制定了行之有效的改进措施,解决了转向液压系统使用过程中的安全隐患,提高了转向的可靠性,使矿用铲运机在操作上更安全、舒适。

参考文献:

- [1] 雷天觉.新编液压工程手册[M].北京:机械工业出版社,1998.
- [2] 路甬祥.液压气动技术手册[M].北京:机械工业出版社,2002.
- [3] 姚怀新.行走机械液压传动与控制[M].北京:人民交通出版社,2002.
- [4] 王积伟,章宏甲,黄谊,等.液压与气压传动[M].北京:机械工业出版社,2005.
- [5] 贾铭新,曹诚明,等.液压传动与控制[M].哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,1995.
- [6] 李玉琳.液压元件与系统设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,1991.
- [7] 林广旭.铲运机用负载敏感泵流量响应特性影响因素研究[J].机电工程,2019(5):515-518.
- [8] 潘成杰.煤矿井下窄型铲运机稳定性仿真与分析[J].煤炭工程,2015(6):129-131.
- [9] 马艳卫.煤矿用铲运机桥冷却系统漏油故障分析与试验研究[J].煤矿机械,2014(10):293-294.
- [10] 蔡铮.带压力反馈式流量放大阀流量特性分析[J].建筑机械,2018(8):87-90.
- [11] 蔡铮.装载机负荷传感转向液压系统的几种优先回路[J].工程机械,2018(7):47-51.
- [12] 杜道群.GJZ112型装载机转向沉重故障的排查[J].工程机械与维修,2019(2):37.

作者简介:刘长龙(1983-),男,中国黑龙江鹤岗人,硕士,高级工程师,从事流体传动与控制研究。

基金项目:中国煤炭科工集团重点项目(项目编号:2018-TD-ZD011)。