

# 静液压-机械驱动系统在地下装载机的应用

谢 军<sup>1</sup>, 刘 威<sup>2</sup>, 赵金元<sup>3</sup>

(1. 湖南财经工业职业技术学院, 湖南 衡阳 421002; 2. 长沙矿山研究院有限责任公司, 湖南 长沙 410012;  
3. 中钢集团衡阳机械公司技术中心, 湖南 衡阳 421002)

[摘 要] 地下装载机在地下矿山生产中起着重要的作用, 已成为地下矿山机械化生产必不可少的设备。本文简要地介绍了地下装载机静液压-机械传动技术的组成、原理、结构、特点、维护保养、常见故障及处理, 供相关使用、维修人员参考。

[关键词] 地下装载机; 静液压-机械传动

[中图分类号] TD421.7; TH137

[文献标志码] B

[文章编号] 1003-8884(2021)01-0056-06

DOI:10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2021.01.013

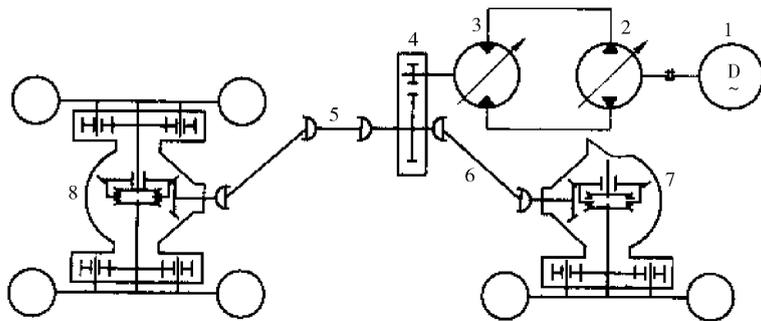
## 0 前言

随着地下无轨采矿设备发展, 地下装载机已成为地下矿山机械化生产的主要设备。由于地下装载机在铲装作业时, 需要频繁地前进、后退, 不断地加速、减速。在卸载时, 为了尽量地靠近运矿车或溜井时, 需要微动操作。在铲取时, 需要低速大驱动力。在道路上行驶时, 要求能够高速行驶。因此, 它所需驱动力和速度的变化范围都很广, 为达到这个目的,

在设计地下装载机行驶系统时, 采用静液压-机械驱动。

## 1 静液压-机械传动系统的组成

小型地下矿山使用的地下装载机, 大多使用小斗容、小功率的地下装载机, 斗容一般在  $1 \text{ m}^3$  以下, 这种地下装载机一般都采用静液压-机械驱动方式, 这种驱动系统的组成如图 1 所示。



1. 电动机 2. 主油泵 3. 油马达 4. 传动箱 5、6. 前、后传动轴 7、8. 前、后驱动桥

图 1 静液压-机械传动地下装载机驱动系统

该驱动系统的传动原理是: 电动机(或柴油机)带动油泵工作, 压力油再驱动油马达, 马达带动传动箱驱动前、后桥直至轮边, 使地下装载机前进或后行走。

## 2 静液压传动系统的原理

静液压传动系统是靠改变液压泵或液压马达的工作容积(排量), 是一个闭式容积调速液压回路。主要有变量泵-定量马达、定量泵-变量马达、变量泵-变量马达三种。

对变量泵-变量马达, 理论上讲, 该配置可提供扭矩和速度对功率之比达无限大的值。当马达在最

[收稿日期] 2020-06-02

[作者简介] 谢军(1976-), 男, 湖南衡阳人, 高级工程师, 大学本科, 主要从事机械设计与制造科研与教学工作。

大排量,同时扭矩保持不变时,油泵输出变化与速度和功率输出变化成正比。在油泵满排量时,马达排量减少使马达速度达到最大,扭矩变化与速度成反比,而功率仍保持不变,如图2所示。在图中有两个可调节的范围,范围1首先把马达排量固定在最大值,然后将泵的流量从0增加到最大,达到调速目的,此过程,扭矩保持不变。因泵排量增加,功率和速度是增加的。其工作特性相同于变量泵-定量马达回路的性能。范围2是当泵排量调到最大时,再把马达排量减少,进一步达到调速目的,其工作特性相同于定量泵-变量马达回路的性能。虽然此范围扭矩随速度增加而减少,但功率仍保持不变。理论上,马达转速可以无限增加,但是,从实际情况来看它是受动力限制的。由于该回路是变量泵-定量马达、定量泵-变量马达两种回路的组合,其工作特性适应地下装载机工作负载要求,即在低速时要求有较大的扭矩;而在高速时,扭矩可以相应减小,因此,这种调速回路在小型地下装载机用得很普遍,大中型地下装载机也在逐渐推广。图3是CY-0.75型地下装载机静液压传动液压原理图。

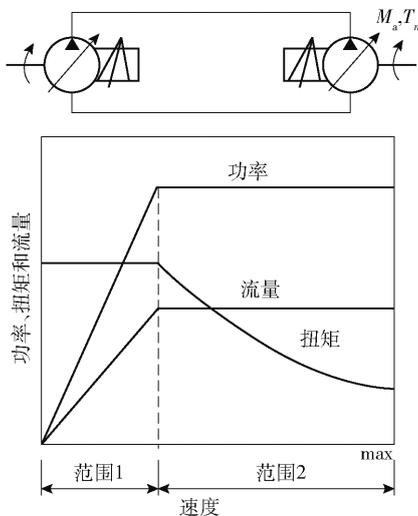
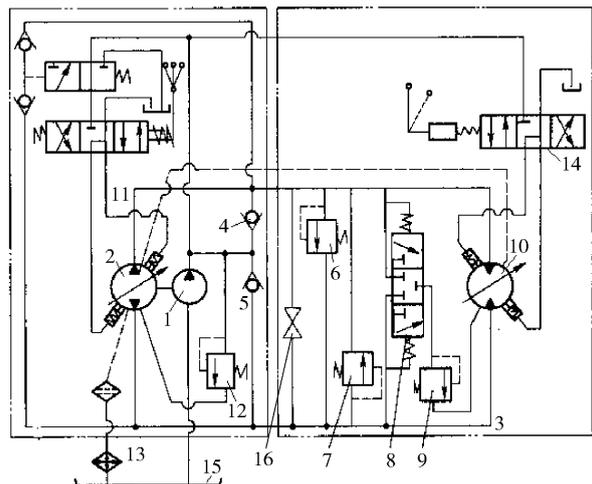


图2 变量泵-变量马达调速特性示意图

该液压系统由柱塞变量油泵、变量油马达、液压油箱、滤油器、散热器、液压胶管和其它附件组成。电动机(或柴油机)通过弹性联轴器连接油泵并驱动油泵工作,油马达与减速箱连接以输出扭矩,油泵和油马达之间通过液压胶管连接。这是一个闭式负载反馈系统,当行驶阻力增大负载变化,油马达负荷也发生变化,通过压力变化反馈给变量油泵的伺服

调节机构,改变变量泵斜盘的角度,以改变变量泵的排量,从而改变变量油马达的速度,整个过程是一个自动调节的过程。



1. 补油泵 2. 油泵 3. 下管路 4. 单向阀 5. 单向阀 6. 安全阀 7. 安全阀 8. 液动滑阀 9. 低压溢流阀 10. 油马达 11. 上管路 12. 溢流阀 13. 散热器 14. 排量控制阀(手动) 15. 油箱 16. 截止阀

图3 CY-0.75型地下装载机静液压传动液压原理图

### 3 静液压传动系统中各回路及液压元件简介

#### 3.1 摆线补油泵回路

补油泵为齿轮泵,安装于油泵(双联变量泵)后端盖上(如图3所示),并和主轴以相同转速转动。吸油口从液压油箱吸油,补油泵的作用是:

- (1) 以一定压力的供压油经伺服机构来推动伺服油缸,并以此来改变油泵斜盘倾角,从而调节油泵的排量;
- (2) 提供闭式液压系统补充内部泄漏的油;
- (3) 通过溢流阀溢出的油对油泵和油马达零件起冷却作用;
- (4) 为油泵和油马达提供一定的背压;
- (5) 通过主油泵壳体的外接口,提供其他执行机构的液压能源,比如:驻车制动器释放、马达变量等;
- (6) 维持固定的回路冲洗流量。

#### 3.2 变量泵和变量油马达系统

辅助补油泵输出的液压油给变量泵后端盖内的补油阀(单向阀):一个单向阀开启,进入油路中的低压油;另一个单向阀在高压油的作用下关闭,这种过程交叉往返连续不断的循环。

变量泵和变量油马达组成的闭式系统,变量油马达后盖上组装一个集成阀,为保证闭式传动油路系统的正常工作,集成阀是由两个安全阀、一个低压溢流阀所组成。两个安全阀分别并联在两个主油路上,当任何一个油路引起突然超载时,安全阀迅速自动打开卸载,确保油泵和油马达油路系统安全。

### 3.3 冷却回路

从集成阀中低压溢流阀溢出来的过量冷却油先进入马达壳体内,然后经马达壳体的油管到油泵壳体内。在这种方式下,油泵的补油泵出口的油经溢流阀溢流后依次流经每一个液压元件,有助于液压元件的冷却。然后,冷却油从油泵壳体出来,经过散热器到油箱,完成冷却油的循环。

(1) 散热器维持液压系统油液在合理的温度范

围内;

(2) 散热器的计算需要基于最恶劣的情况;

(3) 对于大多数应用,散热能力大约等于  $1/3$  的发动机功率;

(4) 强烈推荐在启动调试的时候进行系统温度测试;

(5) 推荐使用旁通阀,限制冷启动时的背压。

### 3.4 手动排量控制阀的构造与功能

手动排量控制阀的构造是,通过连杆机构手柄操纵杆左右两个方向摆动,控制排量控制阀的阀芯开口度来控制两个伺服控制油缸流量大小,保证了平稳可靠地改变变量主油泵(变量油马达)的排量,从而控制地下装载机的行驶速度和方向,如图 4 所示。

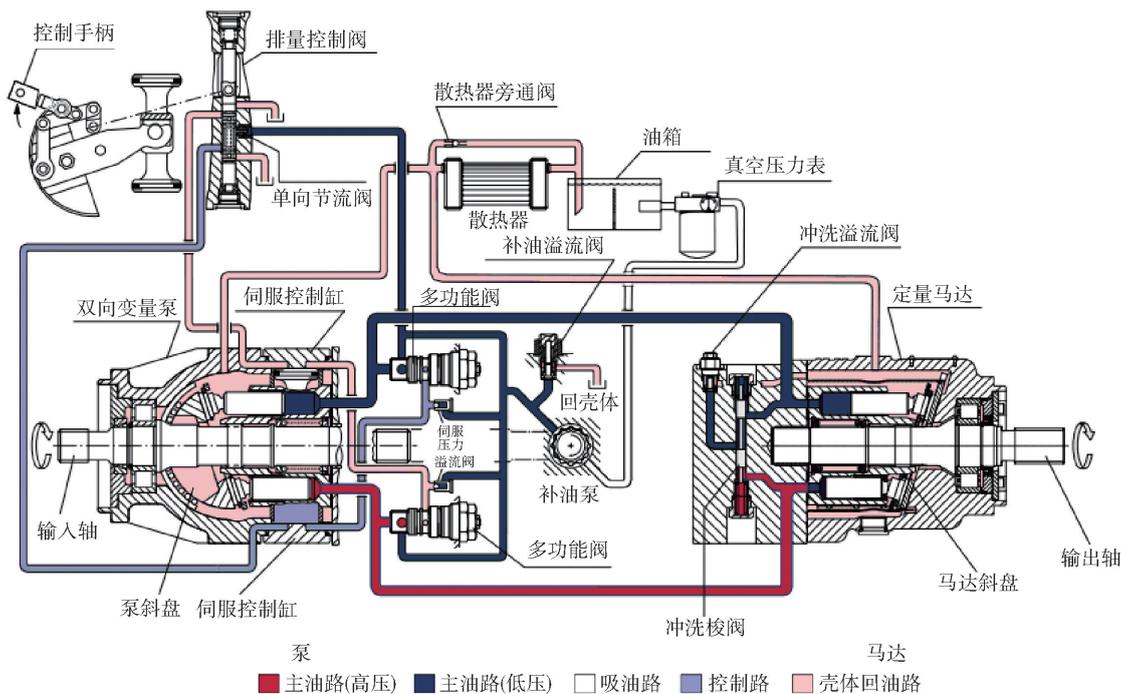


图 4 静液压传动结构简图

控制油缸的进油孔装有阻尼,能限制加速作用。阀的操纵杆装有弹簧将阀芯保持在中间位置,把两个伺服控制油缸的进油口都封闭。伺服控制油缸回位弹簧的作用是使斜盘自动回到中立位置上,达到自动停车的目的(如图 4 所示)。

### 3.5 截止阀

在静液压传动系统原理图上,截止阀与集成阀一起使用。当它处于关闭位置时,对系统没有影响。而处于开启位置时,使油流绕过马达,这样能消除因

油泵中立位置误差引起的油液得到循环,但不能用其来控制马达的速度,否则会产生过热。

## 4 静液压-机械传动系统驱动地下装载机工作过程

在地下装载机静液压-机械传动系统中,变量油泵安装在电动机(或柴油机)上,变量油马达安装在减速箱上,减速箱输出用传动轴与前后驱动桥相连带动旋转。当司机踩下踏板,通过机械连杆控制

变量泵上伺服阀操纵手柄左方向摆动,回转斜盘向左侧偏转,压力油推动马达旋转,装载机就向前行驶。反之,装载机就向后行驶。操纵手柄处于中间位置,机器处于空挡停车位置,装载机的速度快慢。处决于斜盘偏转角度大小。

## 5 静液压传动闭式回路系统的优点

- (1) 转速高可实现全车速范围内无级变速,传动综合效率比液力机械传动高;
- (2) 没有控制阀;
- (3) 没有制动阀,具有制动效果,能防止在坡道上下滑,便于堆料场上作业;
- (4) 油箱小;
- (5) 冷却器小;
- (6) 驱动可逆可通过微动踏板,改变变量泵斜盘倾角,使车速平稳连续变化;
- (7) 通过使用电子技术可使控制更灵敏、精确。

## 6 地下装载机静液压传动装置的安装、调试与维护保养

地下装载机由于在井下采掘面进行作业,其工作环境非常恶劣。为提高设备运行的可靠性,不至于早期损坏,延长其使用寿命,必须保证定期进行维护保养,主要保养内容有:

### 6.1 液压泵和液压马达的安装、调试与维护保养

液压泵和液压马达的安装过程中不可使用蛮力(用锤砸),也不可产生顶轴现象。首次启动液压泵时,要向泵的壳体中灌满干净的液压油,不会产生磨损。泵启动后从电机后风扇位置正对泵轴,检查泵的旋向是否正确。如泵的旋向不对,立即停车更换。

### 6.2 管路的选择

液压系统中使用的油管主要有钢管、紫铜管、橡胶金属管等,须其安装的位置、工作条件和工作压力来正确选用,油管的规格尺寸指内径和壁厚,可依据下面公式算出后,查有关的标准选定。

$$d = 1.13 \sqrt{\frac{q}{6v \times 10^4}}$$

$$\delta = \frac{pdn}{2\sigma_b}$$

式中  $d$ —内径, m;  
 $q$ —管内流量, L/min;  
 $v$ —管中油液的流速, 吸油管取: 0.5 ~ 1.5 m/s;

回油管取: 1.5 ~ 2.5 m/s; 短管及局部收缩取: 5 ~ 7 m/s; 压力油管取: 2.5 ~ 5 m/s; (压力高的取大值, 低的取小值);

$\delta$ —油管壁厚, m;

$P$ —管内工作压力, MPa;

$n$ —安全系数, 对钢管来说,  $P < 7$  MPa 时取  $n = 8$ ,  $7$  MPa  $< P < 17.5$  MPa 时取  $n = 6$ ,  $P > 17.5$  MPa 时取  $n = 4$ ;

$\sigma_b$ —管道材料的抗拉强度, MPa。

### 6.3 液压油的选择

由于地下装载机工作环境恶劣, 通风条件差, 油温高, 散热慢, 对油液的粘温特性和最佳使用粘度范围满足一定的要求, 采用上稠 L-HM68 液压油, 其性能参数应符合表 1。

表 1 液压油性能参数

运动粘度/st	50℃	37 ~ 43
	100℃	10 ~ 13
凝点/℃	不高于	-38
水分	不大于	痕迹
闪点(开口)/℃	不低于	170
机械杂质/%	不大于	0.01
水溶性酸及碱式盐		无
腐蚀(铜片 100℃ 3 h)		合格
抗泡沫试验/mL	75°F 和 200°F 不大于 15/痕迹	

## 7 静液压传动地下转载机的常见故障及处理方法

静液压传动地下装载机在使用中, 会出现各种异常状况和故障现象, 如不及时加以诊断逐步找出问题所在并解决问题, 必将影响装载机的正常工作。下面将介绍一般故障的排除方法, 如表 2 所示。

## 8 结束语

地下装载机行走驱动系统采用静液压—机械传动, 其机构简化、成本低, 可实现全车速范围内无级变速, 传动综合效率比液力机械传动高, 安全可靠。在小型地下装载机和其他无轨采矿车辆中得到普遍应用, 也将在大中型地下装载机中得到逐渐推广。

表 2 一般故障的排除方法

故障	可能原因	排除方法
铲运机前进后退均无动作	系统油位低	检查油箱油位,必要时补充合适的油
	漏油	确定漏油位置,并加以消除
	控制杆通往油泵处有故障	检查全部连接杠杆,从控制杆到油泵操纵手柄确信连接良好,并且动作灵活,不要扳动油泵操纵手柄来迎合杠杆
	液压系统中补油泵、柱塞变量泵和变量马达内泄漏严重,造成补油泵压力在 1.2 MPa 以下,无法驱动	检查变量泵、变量马达和补油泵
铲运机只有一个方向能动作	联轴节脱开	检查由电动机到油泵的联轴节,以及马达与分动箱的联轴套筒应无打滑和断裂
	控制杠杆有故障	检查整个杠杆机构
行驶液压系统压力低或波动	高压安全阀有故障	检查高压安全阀
	系统内有空气	排气并拧紧漏气部位
	配流盘、衬板等关键另件密封严重磨损,外泄漏大	更换或修复密封面的几个关键另件
	系统压力阀失灵	更换修复压力阀
补油泵压力低或等于零	油泵驱动轴剪断	更换油泵
	油面低或吸油口堵塞	添加新油或清洗吸油口
	补油泵压力阀或马达集成阀损坏及阀芯卡死	拆开有关元件进行清洗,必要时更换
加速或减速缓慢	配流盘、衬板等关键另件密封严重磨损,外泄漏大	更换或修复密封面的几个关键零件
	补油泵驱动轴剪断	更换油泵
	系统中有空气	排气,堵漏气部位
	密封面有脏物卡住,外漏增加	清洗排除
液压系统升温较快	配流盘、衬板等关键另件密封严重磨损,外泄漏增加	修复或更换相应零件,过滤油液,清除损坏元件
	液压系统严重外泄漏	检查泄漏部位,堵漏。
	油位低	加油
系统噪声或振动	过滤器或吸入管路堵塞	更换过滤器,清理或更换吸入管路
	泵或马达严重磨损补油多,冷却油少	修复磨损
	变量马达上的低压溢流阀调定值高	将马达上的低压溢流阀压力调定到比补油泵压力低 0.2 MPa
	油散热器堵塞或者散热片表面粉尘多	查找堵塞原因,排除,清扫表面粉尘
系统噪声或振动	油箱中油液不足将导致吸空	加液压油至合适位置
	气泡将导致吸空	检查油箱中是否存在泡沫,吸油路是否存在泄漏点,如发生问题及时处理。维修后让油箱中油液静止一段时间以便泡沫消散。反复在低转速下运行系统,以便主回路中油液交换回油箱
	高吸油真空将引起噪声过高。污染的过滤器将增加吸油口真空度	检查过滤器,必要时更换。检查吸油管路通径是否合适
	松动的联轴器将导致异常噪声	更换松动的联轴器,或更换泵,马达
	轴与联轴器偏心将导致异常噪声	将轴对中安装

[参考文献]

[1] 高梦熊. 地下装载机丛书[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2011.

[2] 章宏甲. 液压与气压传动[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.

[3] 王先会. 新编润滑油品选用手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.

[4] 赵金元. 国外地下装载机的发展近况与启示[J]. 矿山机械, 2008(5): 30 - 39.

## Hydrostatic-Mechanical Drive System Used in Underground LHD

XIE Jun, LIU Wei, ZHAO Jin-yuan

**Abstract:** The underground LHDs play an important role in underground mining and are essential equipment for the mechanized production of underground mines. This paper briefly introduces the composition, principle, structure, characteristics, maintenance, troubleshoot of the hydrostatic- mechanical drive system used in underground LHD, it hopes to be an useful reference for related users and maintenance personnel.

**Key words:** Underground LHD; Hydrostatic-Mechanical drive system



(上接第 55 页)

[3] 叶珍. 基于 AHP 的模糊综合评价方法研究及应用[D]. 广州: 华南理工大学, 2010: 7 - 12.

[4] 李远远. 基于粗糙集的指标体系构建及综合评价方法研

究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2009: 17 - 25.

[5] 韩利, 梅强, 陆玉梅, 等. AHP-模糊综合评价方法的分析与研究[J]. 中国安全科学学报, 2004, 14(7): 86 - 89.

## Application of Analytic Hierarchy Process in the Quantitative Evaluation of “Zero-waste City”

GAO Shu-jie

**Abstract:** “Zero-waste City” is an urban management concept that following green development and solid waste. recycling. There are “11 + 5” construction pilot that covering New Area level, Development Area level, Cooperation Area level and Country level development route. In this paper, AHP is used to analyze the weight value of indicator index, which is of great significance for the scientific evaluation of the construction quality of “zero-waste city”.

**Key words:** “Zero-waste city” construction; indicator index; analytic hierarchy process

