

文章编号:1671-6833(2007)04-0113-04

液压驱动车辆下坡刹车性能的探讨

沈建军¹, 刘本学², 张志峰¹

(1. 长安大学 道路施工技术与装备教育部重点实验室, 陕西 西安 710064; 2. 郑州大学 机械工程学院, 河南 郑州 450001)

摘 要: 根据液压驱动车辆反拖制动的运动特点, 分析了液压泵排量对液压驱动车辆下坡制动性能的影响, 提出了合理地发挥液压系统和发动机下坡反拖制动能力的原则, 并进行了试验验证. 结果表明: 液压泵排量的大小直接影响着液压系统的制动性能和容积效率, 也决定了发动机反拖制动能力的大小以及在液压系统和发动机之间的制动能量分配关系, 并影响马达转速的变化.

关键词: 车辆; 反拖制动; 下坡刹车

中图分类号: TP 393.07 **文献标识码:** A

0 引言

由于液压驱动良好的动力性能和控制性能, 众多的工程机械均采用全液压驱动. 沿坡道下行时, 其运动惯性通过传动系统使发动机不断加速. 通常, 液压驱动车辆主要通过增加液压泵的负载来降低发动机的转速, 起到制动作用. 而惯性则通过液压系统转化为热能, 使油温升高, 油温的迅速上升会严重影响液压元件的工作性能, 降低车辆的安全性. 单纯的发动机反拖制动提供的制动力是有限的, 而液压驱动车辆可以通过液压系统和发动机来提供持续制动力. 因此, 探索发动机和液压系统的联合制动就很有必要.

1 液压驱动车辆反拖制动原理

行走车辆的闭式液压驱动系统在回路的进、出口两端都可以输出功率. 在制动工况下, 能量通过车轮或履带经马达、泵传到发动机. 制动模式出现在行走车辆迅速减速或下坡滑行时, 这种工况通常称动刹车或下坡刹车. 动刹车能量反向传输是闭式液压系统的固有特性, 在动刹车过程中, 发动机怠速, 马达全排量, 泵和马达的功能发生了相反的变化, 变量马达在反拖力作用下转动, 把车辆动能转化为液压能, 起了泵的作用(见图1a和图1b). 当泵的斜盘开度比较小的时候, 马达在反拖力矩作用下快速转动流量增加, 泵由于发动机摩擦力矩制约转速缓慢增加流量变化滞后, 就可以

在管路中形成密封油液, 使主油道中原来的低压腔变成了高压腔, 高压腔变成了低压腔, 反向的压差就形成制动力^[1]. 液压驱动车辆的制动过程可分为两种方式: 其一, 泵斜盘角度不为零时, 排量不为零, 液压传动装置反向传递动力, 发动机通过摩擦扭矩进行制动, 称之为发动机制动, 这一方式的制动性能与泵和马达的排量以及两者的排量比有关; 其二, 泵排量为零, 仅马达工作, 依靠液压管路中的密封油液来制动, 称之为马达制动^[2].

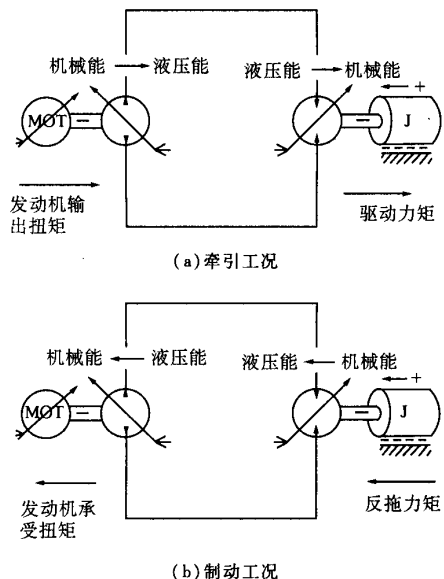


图1 二种工况下作用关系

Fig.1 Relations role of traction and brake conditions

收稿日期:2007-06-28; 修订日期:2007-08-15

作者简介:沈建军(1974-),男,陕西宝鸡人,长安大学博士研究生,主要从事工程机械液压控制方面的研究.

万方数据 E-mail:lang7406@126.com

处于怠速状态,发动机高压油泵喷入气缸内的燃料量正好维持它自身的正常运转,并且稳定在一个很低的转速上.柴油机怠速稳定性比较差,一般要依靠调速器来实现它的稳定.如果保持怠速供油量而提高发动机转速,由于摩擦阻力增加,进、排气气流速度的增加将使得沿程和局部阻力增加,而配气系统惯性力的增加也导致驱动力的增加,发动机发出的能量无法抵消上述阻力增加部分,必须利用外界能量拖动提高发动机转速.此时,发动机成为耗能部件,利用这个过程就可以实现车辆的制动^[3].

2 影响因素分析及试验方案的确定

2.1 影响因素分析

液压驱动车辆的反拖制动力矩的大小受很多因素的影响,如发动机的额定功率,发动机的状态,液压泵和液压马达的状态等,而各个因素的影响程度要通过试验来研究.

2.2 制动力的构成^[4]

制动力是由以下几个部分组成

$$F_t = kam + F_e + F_f + F_l \quad (1)$$

式中: F_t 为反拖力,kN; k 为质量系数; a 为车辆加速度, m/s^2 ; m 为车辆质量,kg; F_f 为阻力,变化较小,可以认为是常值,kN; F_f 液压系统制动力,kN; F_e 发动机制动力,kN.

可见,制动力基本上是由液压系统制动力 F_f 和发动机制动力 F_e 构成的.发动机的制动力和被拖动的转速有关,转速越高发动机制动力越大.

2.3 液压系统的制动能力

制动过程中,马达和泵的容积效率分别为

$$\eta_{vm} = \frac{1}{1 + C_s \cdot \Delta p / n_m \mu} \quad (2)$$

$$\eta_{vp} = 1 - C_s (60 \Delta p / \mu n_p) (1/\beta) \quad (3)$$

式中: η_{vm} 、 η_{vp} 分别为马达和泵的容积效率,%;

C_s 为层流泄漏系数; μ 为油液动力黏度, $Pa \cdot s$; n_m 、 n_p 分别为马达和泵的转速, $r \cdot \min^{-1}$; β 为泵排量比, V/V_{max} ; Δp 为进出口压差,Pa.

液压系统反拖制动时,马达全排量,由式(2)、式(3)可知,在泵小排量时,泵的效率比较低,过大的反拖力矩会使油温迅速升高,引起润滑变差、磨损加剧;变量泵在过小排量下工作时,性能也不稳定,因此,泵小排量下制动得不偿失.

$$M_{mr} = \Delta P_f V_m / 2\pi\eta \quad (4)$$

式中: M_{mr} 为马达制动扭矩, $N \cdot m$; ΔP_f 为马达进出口压差,Pa; V_m 为马达的排量,L; η 为马达的效率,%.

$$\text{系统的制动压力为 } \Delta P_f = 2\pi M_f / V_b \eta_b \quad (5)$$

式中: M_f 为发动机摩擦制动扭矩, $N \cdot m$; V_b 为变量泵的排量,L; η_b 为泵的效率,%.

通过式(4)和(5)可知,系统可以提供的制动扭矩是由制动压力决定的,而制动压力取决于发动机摩擦制动扭矩和变量泵排量.泵排量减小,液压系统制动压力增大,马达的制动扭矩也增大.泵排量大小影响系统的制动压力和马达的制动扭矩,同时也影响液压系统的制动效率.因此,可以通过寻找泵合适的排量大小来优化制动性能.

2.4 实验方案的确定

试验在长安大学道路施工技术装备教育部重点实验室液压底盘性能试验台上进行,工程机械柴油机型号 D6114ZG,额定功率 110 kW,实际输出功率 101 kW,比例变量液压泵型号 HPV75-02,比例变量马达型号 HVM105-02.加载系统采用二次恒压加载,试验方案如图 1 所示.试验过程中,发动机直接带动变量泵转动,变量泵与变量马达形成闭式回路,发动机处于怠速运行状态,驱动系统马达全排量,二次恒压加载装置的加载马达直接对拖动马达加载,泵排量比分别取 25%、50%、80%、100% (下图中所标明与此类同).

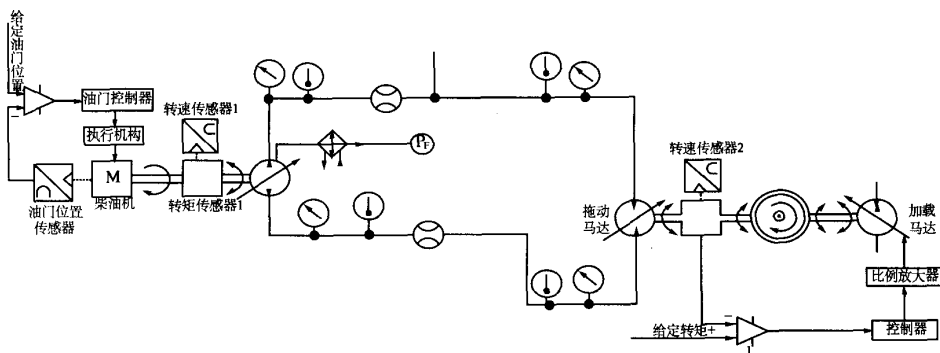


图2 系统工作原理图

Fig. 2 Operating principle of hydraulic system

3 实验结果分析

图3~图6为不同泵排量比时,泵进出口压力差、马达转速、发动机扭矩和转速随外加负载的变化曲线,图7为液压系统效率随排量的变化曲线。

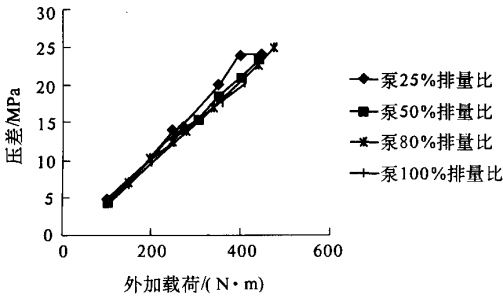


图3 泵进出口压差曲线

Fig. 3 The curve of pump import and export pressure difference

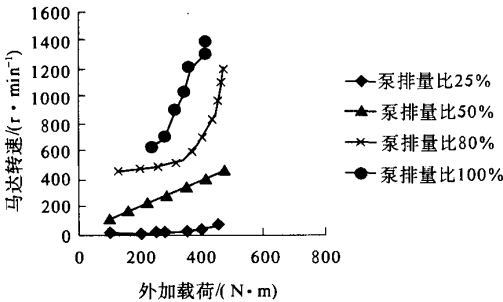


图4 马达转速曲线

Fig. 4 The curve of motor rotating speed

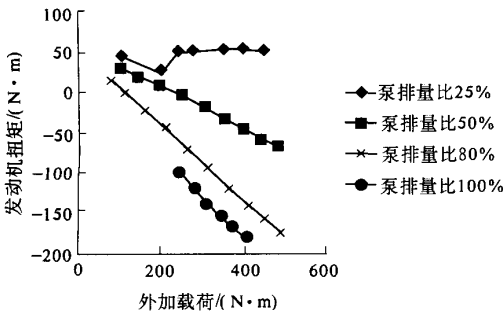


图5 发动机扭矩曲线

Fig. 5 The curve of engine torque

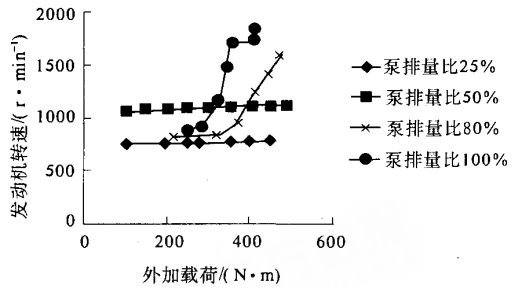


图6 发动机转速曲线

Fig. 6 The curve of engine rotating speed

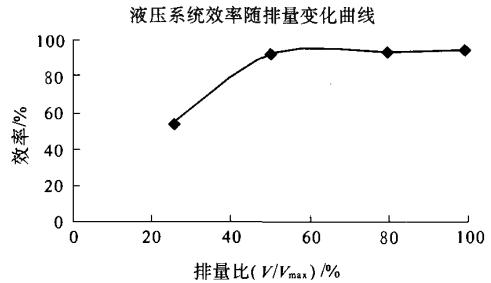
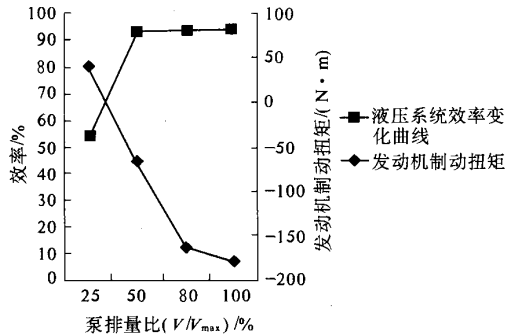


图7 最大负载点液压系统效率曲线

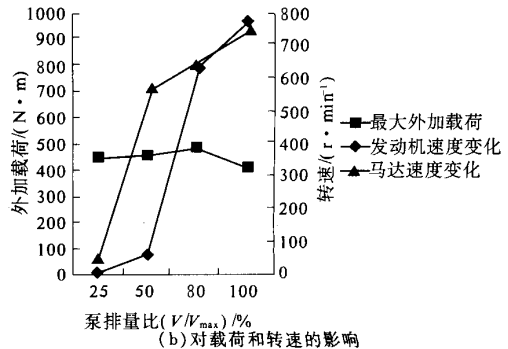
Fig. 7 The curve of hydraulic system efficiency at the Maximum load point

由以上各图可知:

(1)在外加负载逐渐加大过程中,液压泵进出口压差也随之增大,压差的变化只与反拖力矩大小有关,而与泵排量的大小无关。



(a)对效率和制动扭矩的影响



(b)对载荷和转速的影响

图8 泵排量对各指标影响

Fig. 8 Effect of pump output on each index

(2) 泵排量是影响液压系统制动能力大小的主要因素。随着泵排量的增大,发动机的制动性能也逐渐增强。在泵排量较小时,发动机的极限制动能力较小,主要是液压系统起制动作用。说明在泵中小排量时,不能发挥发动机的制动效果。

(3) 在泵大排量区间内,随着外加负载的增大,发动机的制动力矩也随着增大,发动机和马达转速也随之增加且增加幅度较大。当发动机反拖转速达到 $1\ 600\ \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 以上时,出现振动和噪声异常增大的现象。

(4) 在泵排量较小时,液压系统效率较低;当泵排量比大于 50% 时,液压系统效率较高。

(5) 从图 8 中可以看出,在泵小排量时,发动机无制动力矩,全部是液压系统制动,马达转速低,发动机处于怠速运行状态,液压系统效率低,承受的最大外加载荷也较低;当泵排量比在 50% ~ 80% 之间时,发动机反拖制动力矩增长较快,液压系统效率较高,承受外载的能力也增加较快;在 80% 排量比时,能承受最大外负载;当泵排量比为 100% 时,发动机制动力矩达到最大值,但是能承受的最大外负载有所下降,马达和发动机转速变化幅度较大。

4 结论

(1) 在反拖制动的过程中,液压驱动车辆可通过发动机和液压系统的制动实现可控制的缓行下坡,从而降低制动片磨损,提高车辆安全性。

(2) 在泵小排量(排量比小于 25%) 范围内,仅有液压系统起制动作用,马达和发动机保持较低的恒定转速。此时,液压系统效率低,当反拖力矩比较大时,液压系统油温升高较快,造成润滑不良和磨损加剧。

(3) 在大排量(接近全排量) 范围内,发动机反拖制动性能占主导地位,而液压系统的制动能力有所下降,联合制动能力也有所降低。当反拖载荷较大时,发动机和马达速度变化很大,发动机反拖速度较高时,出现喘振。

(4) 泵排量比在 50% ~ 80% 的范围内,发动机和液压系统联合制动能力效果最好,能承受最大外加载荷,液压系统的制动能力得到充分发挥,发动机制动力矩也很可观,液压系统效率较高,发动机和马达转速受外加载荷的影响较小,转速比较平稳。

参考文献:

- [1] 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: 132 - 135.
- [2] 姚怀新. 工程机械底盘液压驱动装置性能分析[J]. 筑路机械与施工机械化, 2005, 22(1): 62 - 64.
- [3] 余强. 客车发动机制动性能研究[J]. 西安公路交通大学学报, 1999, 19(4): 90 - 92.
- [4] 慕慧, 杨少伟. 山区公路分离式断面最大坡长限制分析. 郑州大学学报: 工学版, 2005, 26(4): 72 - 76.

Discussion on Brake Performance of Hydraulic Driving Vehicle at Downhill

SHEN Jian - jun, LIU Ben - xue, ZHANG Zhi - feng

(1. Key Laboratory for Highway Construction Technology and Equipment of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, China; 2. School of Mechanical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: According to the characteristics of the hydraulic driving vehicle in anti-dragged brake course, this paper analyzes the influence of pump range on anti-drag brake performance. The proper use of the anti-dragged brake power of the hydraulic system and engine is recommended on the basis of experimental validation. The results indicate that the pump range affects not only the brake stopping power and volumetric efficiency of hydraulic system, but also the anti-dragged brake power of the engine. The pump ranges determine allocation of brake energy between hydraulic system and engine and also influence the motor speed.

Key words: vehicle; anti-drag brake; braking at downhill