

文章编号:1671-8879(2009)05-0122-05

# 双钢轮压路机行走液压系统参数的匹配

沈建军,冯忠绪,侯劲汝,张志峰

(长安大学 道路施工技术与管理教育部重点实验室,陕西 西安 710064)

**摘要:**针对双钢轮压路机行走液压系统频繁冲击特性,分析了双钢轮压路机工作特性需求,根据行走液压系统参数匹配的原则,通过测试找出了双钢轮压路机行走液压系统参数匹配中存在的问题,在分析原因的基础上提出了解决方案,并进行了试验验证。结果表明:对机器的加速、减速和循环运行过程的参数进行控制,可以改善双钢轮压路机起步停车特性,使行走液压系统的压力处于高效区,可保证冲击压力小于系统设定的最高压力。

**关键词:**机械工程;双钢轮压路机;行走液压系统;参数匹配;试验

**中图分类号:**U451.521 **文献标志码:**A

## Parameters matching of hydraulic driving system of tandem vibratory roller

SHEN Jian-jun, FENG Zhong-xu, HOU Jin-ru, ZHANG Zhi-feng

(Key Laboratory for Highway Construction Technology and Equipment of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

**Abstract:** The impacting pressure exists in hydraulic driving system of tandem vibratory roller. This paper analyzes the requirement of the hydraulic driving system of tandem vibratory roller based on its working condition. After the performance testing based on the matching principle of the hydraulic driving system, the problems are found, and related scheme is put forward, a validated test is carried out according to the scheme. The results confirm that the tandem vibratory roller's performance of start-up and parking can be altered by controlling the acceleration, deceleration and circle of the kinetic mass of the hydraulic system, this can also make hydraulic system of tandem vibratory roller own a high efficiency during compacting condition, and the impacting pressure is less than the rating pressure. 14 figs, 10 refs.

**Key words:** mechanical engineering; tandem vibratory roller; hydraulic driving system; parameters matching; test

## 0 引言

双钢轮振动压路机是压实面层的主导机型<sup>[1]</sup>,其工作动力均由液压系统来提供,包括行走液压系统、转向液压系统和振动液压系统,是典型的全液压

的工程机械<sup>[2]</sup>。虽然,中国产双钢轮振动压路机均采用国际知名大公司进口的液压件和传动部件,但是整机匹配和具体液压系统匹配上缺少深入的研究,导致中国产双钢轮压路机在性能上与国外压路机相比还有一定的差距<sup>[3]</sup>,例如,人们关注的液压系

统参数匹配不合理引起的可靠性<sup>[4-6]</sup>等问题。为此,本文就双钢轮压路机行走液压系统参数的匹配进行分析和探讨。

## 1 双钢轮压路机液压系统存在的问题

### 1.1 双钢轮压路机的工况

高等级路面施工标准规定,高等级沥青路面的压实必须使用双钢轮振动压路机。根据《公路沥青路面施工技术规范》<sup>[7]</sup>,压路机碾压段的总长度应尽量缩短,通常不超过 60~80 m。因此,压路机往复循环地工作:起步→前进压实→停车→后退起步→后退压实→停车<sup>[8]</sup>,整个工作过程中起步和停车的时间要占整个循环过程的 20%<sup>[9]</sup>。

因此,双钢轮压路机行走液压系统参数的匹配必须满足 3 点<sup>[10]</sup>:①使工作时间占 80%的压实过程的压力处于系统的高效区间;②峰值压力小于系统最高工作压力;③液压元件的转速处在高效区。

### 1.2 液压系统存在的问题

双钢轮压路机行走液压系统通常是一个单泵双液压马达系统,双液压马达并联。由于整机质量较大,尽管在压实过程中负荷平稳,行驶阻力不大,但是在起步加速和停车减速过程中,由惯性力引起的附加载荷很大,冲击载荷非常严重,冲击载荷最大时的压力可达正常工作的 3 倍。这就使得上述液压系统匹配的 3 个条件无法同时满足,导致中国产双钢轮压路机液压系统故障率比较高,可靠性较差。为了更好地了解双钢轮压路机行走液压系统存在问题,笔者对中国产 13 t 级双钢轮压路机的行走液压系统进行了测试。该压路机行走系统为泵控双液压马达系统,液压马达 3 挡变量;压力测试点接在液压马达进出油口预留测压点,忽略管路对压力数值的影响;高压溢流阀设定压力为 42 MPa,补油压力设定为 2 MPa;压力传感器采用进口压力传感器,量程为 0~60 MPa,精度为 0.25%;加速度传感器采用电容式加速度传感器,分辨率为 2 mg。测得的起步加速过程中动态特性曲线如图 1~图 4 所示。

从测试结果可以看出:起步加速过程中压力冲击非常严重,峰值压力已超过系统设定的最大压力;回油腔压力在启动瞬间明显降低;发动机转速在启动过程中也有明显降低;起步加速为一变速过程,最大加速度达 6.35 m/s<sup>2</sup>。

测得的停车减速过程中动态特性曲线如图 5~图 8(见下页)所示。

从停车减速过程可以看出:停车减速过程中回

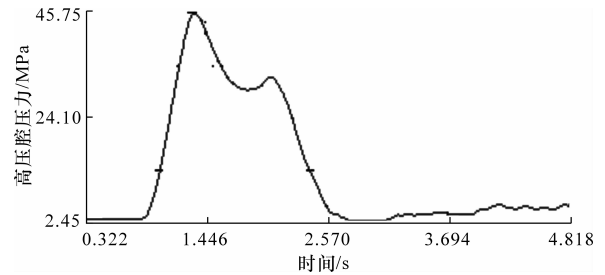


图 1 行走液压系统进油腔压力的变化

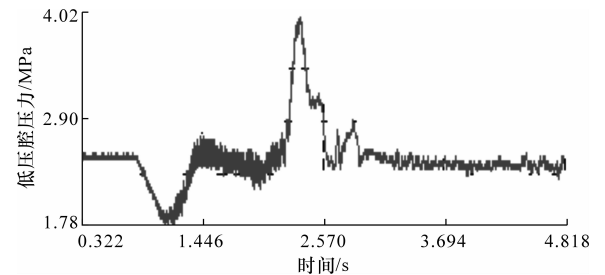


图 2 行走液压系统回油腔压力的变化

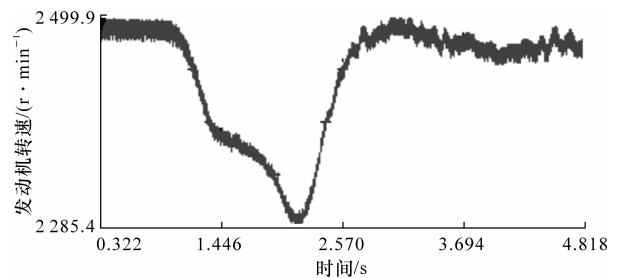


图 3 发动机转速的变化

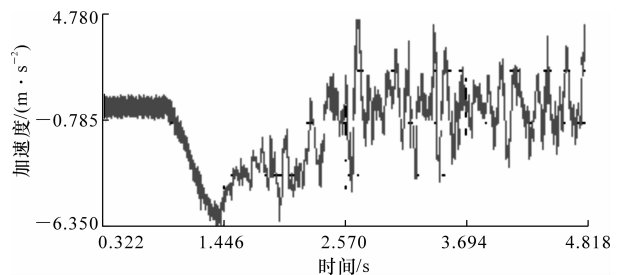


图 4 加速度的变化

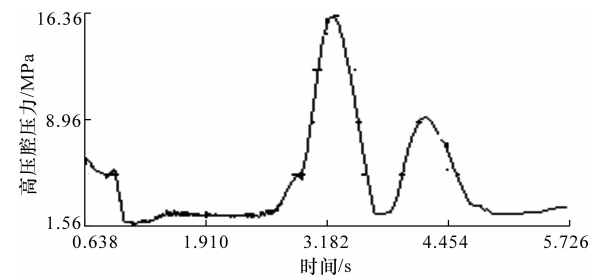


图 5 行走液压系统进油腔压力的变化

油腔压力有突变,超过溢流阀设定值 42 MPa;进油腔和回油腔压力有震荡;最大加速度接近 9 m/s<sup>2</sup>,这对应着回油腔最大冲击压力;发动机转速被反拖增加到 2 765 r/min。

从测试结果可以看出,双钢轮压路机行走液压

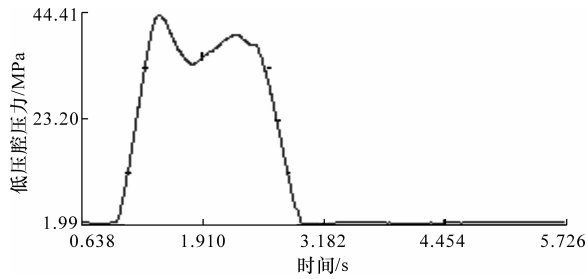


图6 行走液压系统回油腔压力的变化

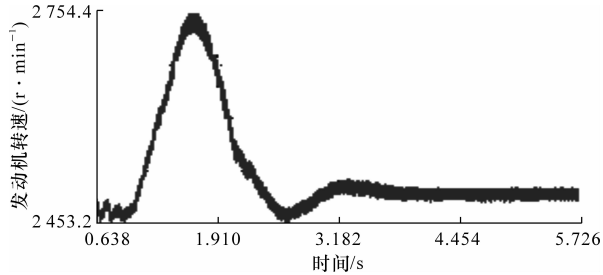


图7 发动机转速的变化

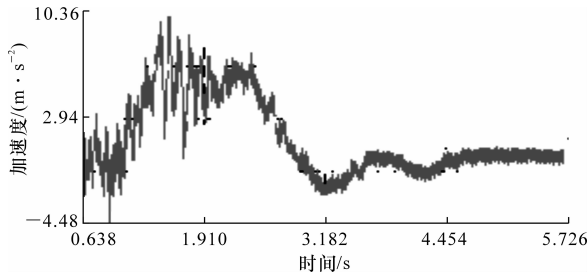


图8 加速度的变化

系统存在如下问题:由附加惯性力引起的冲击载荷较大,不能使“最大压力小于元件设定的最高压力”和“压实工况平稳压力处于高效区”这两点同时满足;起步加速和停车减速过程中回油腔压力有突降,参数匹配不当可能产生空穴现象;起步加速时发动机转速明显降低,而停车减速时由于机器的惯性要反拖发动机,转速瞬时升高;起步和停车为变速过程,在最大加速度时形成了最大冲击压力点。

## 2 问题分析及匹配方案

### 2.1 问题分析

双钢轮压路机在压实过程中,行走液压系统只需克服压路机匀速前进过程的行驶阻力,载荷平稳,负荷也较小。起步停车阶段不但要克服运动过程中的行驶阻力,还要克服由附加惯性力引起的冲击载荷。这种附加惯性力引起的冲击载荷对双钢轮压路机液压系统的性能影响较大,必须加以分析和解决。

#### 2.1.1 附加惯性力

双钢轮压路机通常都是大吨位机器,由于循环作业方式的需求,频繁的起步加速和停车减速,速度

的改变不可避免的产生附加惯性力。质量越大,加速度越大,附加的惯性力也越大,造成液压系统的附加冲击压力越大。由于压实需要,压路机质量不能减少,因此只能选择加速度来调整惯性负载。

#### 2.1.2 加速度

双钢轮压路机是压实沥青混合料面层的压实机械,对施工质量要求较高,特别是高等级公路对面层质量要求更高。通常只有将行驶速度和振动频率适度结合,才能形成符合要求的压实振动打击间隔,而起步加速和停车减速时,往往不易使行驶速度和振动频率保持恒定的压实打击间隔。从这个角度来看,希望停车减速和起步加速阶段越短越好,加速度越大越好。然而,从减小冲击负荷的角度来看,希望加速度越小越好,最理想的加速过程应该为一匀加速过程。以匀加速过程为例,加速过程中,加速度与加速距离之间的关系如图9所示,其中 $v$ 为运行速度。从图9可以看出,从运动距离的角度考虑,加速度选的过大,对于减少加速距离意义并不大。实际应用中,这一距离一般总是选的太短,使得加速度成倍增加。

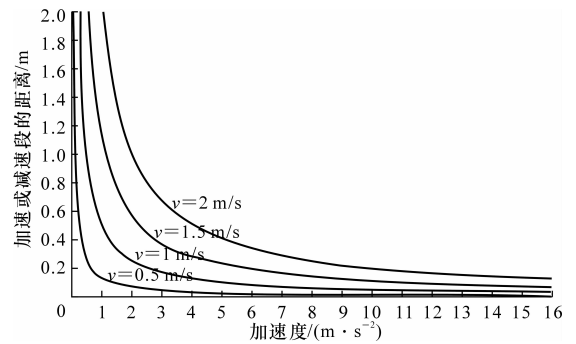


图9 加速距离与加速度的关系

### 2.2 匹配方案

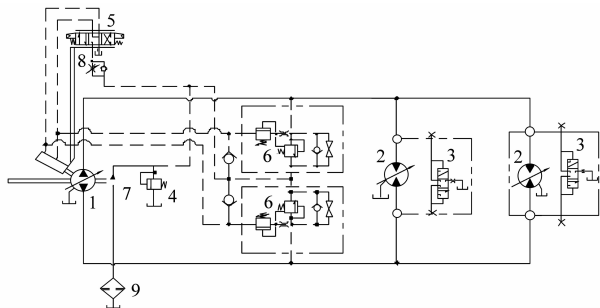
附加惯性力是压路机工作特性决定的,可以控制,但不能完全消除。同时,考虑到起步停车工况对压实质量的影响,在满足机器可靠性要求的情况下,起步和停车距离要尽量短。最大加速度对应了最大冲击载荷,所以要严格控制最大加速度的数值。在起步停车过程中,加速度是由发动机转速和变量泵排量共同作用的结果。因为恒定的振动频率的需要,压路机振动系统需要发动机尽量保持在额定转速附近工作。同时,发动机转速的调整也会相应的影响其他系统的匹配。因此,加速度的选择不能靠改变发动机转速来实现,必须通过改变起步和停车过程中泵排量的变化特性来加以调整。在试验方案中,通过节流控制进入斜盘伺服油缸的液压油的流

量变化来调整排量的变化特性。

基于以上分析,提出双钢轮压路机行走液压系统的匹配原则:压实工况压力匹配在元件额定压力的 1/3 附近,这样既保持了液压元件较高的传动效率,同时也给克服惯性负载留有一定的储备;调节和控制起步停车过程中的加速度,使得最大加速度对应的冲击压力大于 2/3 的元件额定压力,但是小于元件额定压力,这样既可以减少压力冲击,提高元件使用寿命,又可以使起步停车过程的距离尽可能缩短;适当加大补油泵排量,以防止闭式回路中因加速过程引起的低压腔压力降低而产生空穴现象;对大吨位的双钢轮压路机,在液压系统中要采用抑制反拖的措施。

### 2.3 试验验证

根据匹配原则对测试样机进行改进。双钢轮压路机行走液压系统是通过变量泵排量的变化来控制机器加速的,因此,通过调控变量泵排量的变化过程就可以调整车辆起步停车的加速度,实现方案如图 10 所示。在控制排量的电磁阀进油管路接上一个节流装置,调节伺服油缸压力和流量,从而改变排量变化率,以便控制机器的加速度。



1-变量泵;2-液压(变量)马达;3-冲洗阀;4-补油溢流阀;5-电磁换向阀;6-高压溢流阀组;7-补油泵;8-控制节流阀;9-滤油器

图 10 系统工作原理

采取新方案后,试验结果如图 11~图 13 所示。由图 11~图 13 可以得出如下结果。

(1)最大冲击压力总是和最大加速度保持一致

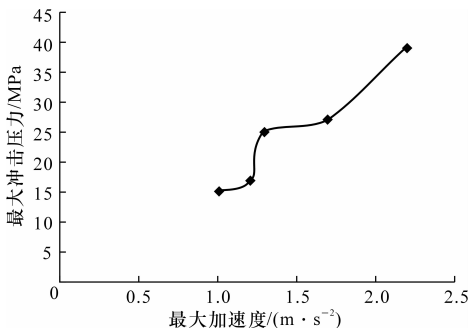


图 11 最大冲击压力与最大加速度的关系

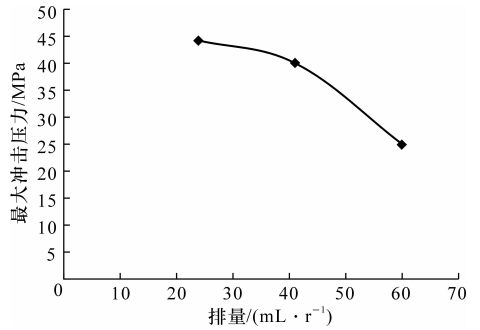


图 12 最大冲击压力与液压马达排量的关系

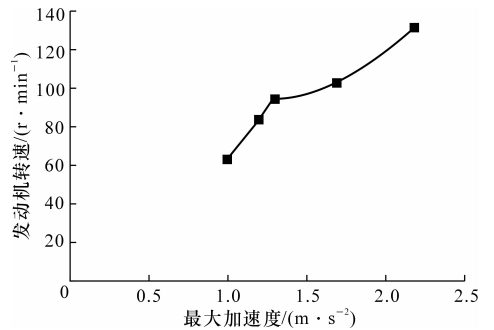


图 13 发动机转速波动幅度与最大加速度的关系

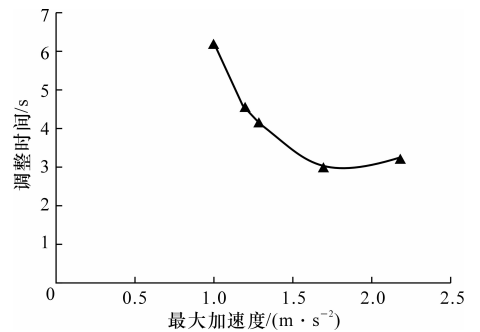


图 14 最大加速度与系统调整时间的关系

的,最大加速度越大,最大冲击压力就越大。对于测试的 13 t 的双钢轮样机来说,最大加速度应不超过 2.4 m/s<sup>2</sup>。这样既可以保证最快启动速度,也可以使压力冲击在合适范围内。同时,由于最大加速度不能代表平均加速度,因此通过抑制最大加速度,提高平均加速度的值,可以改善启动特性,同时也可以限制冲击载荷。

(2)最大冲击压力和液压马达排量的变化趋势是相反的,液压马达排量越大,冲击压力越小。因此,大吨位或超大吨位的压路机启动时,应以液压马达全排量启动,逐步过度到小排量来达到要求的速度。这样可以明显减小压力冲击。

(3)最大加速度越大,发动机转速波动幅度越大,但发动机转速最大波动值和最大加速度值并不是同步出现的。

(4)系统的调整时间和最大加速度的增大并无

直接的关系。从图 14 可以看出,最大加速度较低时,随着最大加速度增大,调整时间缩短。当最大加速度增大到一定程度时,随着最大加速度增大,调整时间反而增加。这是由于当最大加速度对应的最大冲击压力超过限压保护阀设置时,控制斜盘的伺服油缸就会被反向推回,反而增加了启动调整时间。

### 3 结 语

(1)经过分析与试验验证,可以通过调节变量泵斜盘的运动特性来调节起步和停车过程中的加速度,可以明显降低冲击压力;控制最大加速度数值可以抑制最大冲击负荷的出现。

(2)双钢轮压路机起步和停车调整时间直接影响压实性能,通过试验可以看出,调整时间和最大加速度无直接关系;平均加速度大时,调整时间小;因此可以通过抑制最大加速度数值,同时提高平均加速度数值来改善调整时间;不同吨位和上下车质量比的压路机具有不同的当量惯性质量,因此设计过程中应不同对待。

(3)双钢轮压路机行走液压系统的匹配应使行驶工况压力匹配在元件额定压力的 1/3 附近,同时调节起步过程加速度,可以使压路机绝大部分工作时间处于高效区,冲击负荷不超过额定压力,兼顾了工作性能、可靠性和延长寿命的要求。

#### 参考文献:

#### References:

- [1] 张志峰. 振动压实对环境的影响[D]. 西安:长安大学,2004.
- [2] 秦四成,陈树清,李 忠. 双钢轮振动压路机液压系统动态性能试验分析[J]. 筑路机械与施工机械化,2003,20(3):19-20.  
QIN Si-cheng, CHEN Shu-qing, LI Zhong. Analysis on dynamic performance of tandem vibratory roller's hydraulic system[J]. Road Machinery & Construction Mechanization,2003,20(3):19-20.
- [3] 钟春彬,冯忠绪,张志峰,等. 振动压路机的振动噪声测试与综合性能评价[J]. 长安大学学报:自然科学版,2007,27(3):103-106.  
ZHONG Chun-bin, FENG Zhong-xu, ZHANG Zhi-

- feng, et al. Vibrating noise test and comprehensive performance evaluation for vibratory roller[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition 2007,27(3):103-106.
- [4] 巴新华,聂福全,杨文莉,等. 当前国内压路机市场竞争特点[J]. 工程机械,2008,39(7):4-6.  
BA Xin-hua, NIE Fu-quan, YANG Wen-li, et al. Competition characteristics of road roller in domestic market [J]. Construction Machinery and Equipment, 2008,39(7):4-6.
- [5] 邓习树,陈乐尧,易全旺,等. 双钢轮振动压路机柏振现象分析与研究[J]. 筑路机械与施工机械化,2008,25(9):38-40.  
DENG Xi-shu, CHEN Le-yao, YI Quan-wang, et al. Analysis and research of clap-vibration phenomenon of tandem vibratory roller [J]. Road Machinery & Construction Mechanization, 2008,25(9):38-40.
- [6] 刘 伟,朱伟敏,申宝成. 全液压摊铺机行驶驱动系统分析[J]. 筑路机械与施工机械化,2007,24(9):20-22.  
LIU Wei, ZHU Wei-min, SHEN Bao-cheng. Analysis of driving system for full hydrostatic paver[J]. Road Machinery & Construction Mechanization, 2007, 24(9):20-22.
- [7] JTG F40—2004,公路沥青路面施工技术规范[S].
- [8] 张志峰,冯忠绪,郝 飞. 振动压路机诱发的地面振动及防治[J]. 机械科学与技术,2007,26(1):77-80.  
ZHANG Zhi-feng, FENG Zhong-xu, HAO Fei. Attenuation law of ground vibration induced by vibratory road rollers and its control[J]. Mechanical Science and Technology, 2007,26(1):77-80.
- [9] 孙祖望,卫雪莉,王 鹊. 振荡压实的动力学过程及其响应特性的研究[J]. 中国公路学报,1998,11(2):117-126.  
SUN Zu-wang, WEI Xue-li, WANG Que. The dynamic process of oscillatory compaction and its response characteristic [J]. China Journal of Highway and Transport,1998,11(2):117-126.
- [10] Watton J. Closed-loop design of an electrohydraulic motor drive using open-loop-steady state characteristics[J]. Journal of Fluid Control,1989,20(1):7-30.