

文章编号:1671-8879(2009)06-0107-04

双钢轮振动压路机功率的配置

冯忠绪,侯劲汝,沈建军,张志友,张志峰

(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)

摘要:以双钢轮振动压路机为例,结合试验结果探讨了振动压路机功率配置的问题。通过测试分析压路机一个工作循环各部分功率需求及变化规律,结合压路机工作特点,提出了压路机功率配置的方案。结果表明:压路机工作历程分为起步和恒速压实 2 个阶段,恒速压实阶段所需功率较小,只有发动机装机功率的一半,而起步和起振瞬间所需功率较大,峰值功率超出了装机功率;调整行走和起振液压系统中压力峰值出现的时间,可使 2 个峰值错开;也可调整起步和起振时的加速时间和加速度变化规律,削减压力冲击的峰值,来降低瞬间所需的最大功率。

关键词:机械工程;双钢轮振动压路机;发动机;功率;配置

中图分类号:U415.521

文献标志码:A

Power balance of double-drum vibratory roller

FENG Zhong-xu, HOU Jing-ru, SHEN Jian-jun, ZHANG Zhi-you, 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 engine power matching of vibratory tandem rollers is discussed by analyzing the experiment results of tandem vibratory rollers. A type of power matching scheme is proposed by testing the power consumption and variation in one working cycle. The results show that one cycle can be divided into two stages, starting and steady velocity compaction. The power consumption amount is relatively low at the steady velocity compaction stage, which is only a half of the engine rating power. However, the power consumption is large at the starting stage with the instantaneous peak power exceeding the engine rating. The instantaneous large power needs can be lowered by two means, one is by adjusting the peak power time of driving system and vibration system to stagger each other, the other is by resetting the acceleration period and its variation to reduce the pressure impaction in the hydrostatic transmission system. 5 tabs, 3 figs, 12 refs.

Key words: mechanical engineering; tandem vibratory roller; engine; power; matching

0 引言

压路机功率配置,是指发动机功率应该取多大才比较合理,这是目前压路机行业颇具争议的一个

问题。在一些教科书及文献中指出^[1-3],振动压路机的功率消耗包括:爬坡功率、转向功率、直线行驶中克服路面阻力与风阻力等所需的功率、起步功率和起振功率等。因此,压路机所需总功率应是这些功

率的总和,并应有一定的功率储备。显然,这一原则过于笼统,由于各项功率只能估算,实际设计中人们还是无所适从,只能靠经验和类比。为此,本文以双钢轮振动压路机为例,结合试验结果,探讨双钢轮振动压路机功率的配置问题。

1 双钢轮振动压路机的作业特点

双钢轮振动压路机主要用于路面材料的压实,属于循环作业式机械。一般来说,每个循环的单程为 30~50 m,时间约为 30 s,起步和停车的时间均为 3 s 左右,约占单程压实时间的 20%,剩余的有效压实时间只有 80%,振动压路机振动频率随距离的变化过程如图 1 所示。

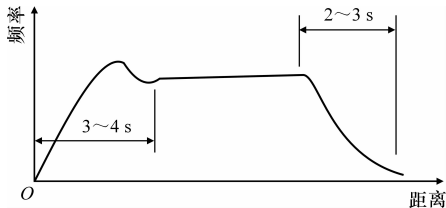


图 1 振动压路机振动频率随距离的变化过程

双钢轮振动压路机工作时坡道阻力和转向阻力都较小;由于作业速度一般在 5 km/h 左右,行驶中的风阻力也很小,均可忽略不计。因此,只需考虑恒速行驶压实过程的功率及起步时的功率,并使两者匹配较为合理。

2 起步时所需功率

压实机械要利用整机质量来压实路面,机器及其钢轮均为大惯量系统,某 12 t 双钢轮振动压路机的质量及其分布见表 1。

表 1 某 12 t 双钢轮振动压路机的质量分布

工作质量	整机质量	分配质量				前轮振动体质量	后轮振动体质量
		前轮工作质量	后轮分配质量	前轮质量	后轮质量		
12.4	11.6	6.35	6.15	5.92	5.70	2.30	2.30

双钢轮振动压路机在有效的压实时间内,要能够保证恒速行驶,但在起步阶段,整车从静止过渡到恒速行驶,需克服双钢轮振动压路机的平动惯性力;钢轮从静止到匀速转动,需克服钢轮的转动惯性力矩;钢轮内的偏心轴从静止到起振,然后高速旋转振动,也需克服它的惯性力矩。因此,不论平动或转动,其过渡过程时间都较短,外负载变化都很大,也较剧烈。一方面,这必然会造成双钢轮振动压路机作用于地面的力、力矩或功率变化大,起步阶段压实度极不均匀,甚至使路面材料产生推移现象^[4-5];另

一方面,也会造成行走驱动和振动液压系统中的压力冲击^[6-7],这不仅会降低液压元件的使用性能和寿命,而且使瞬间所需功率很大。诚然,设置较长的起振时间可使过渡过程变缓,但是,起步过程的过渡时间又不能太长,否则将会降低有效的压实时间。同时,过长的起步时间会使振动轮起振越过共振点时产生共振现象^[8-12],这对双钢轮振动压路机和被压材料都是十分有害的。双钢轮振动压路机停车、换向时,上述类似现象也是存在的。图 2 为前进起步加速过程发动机转速和驱动系统功率曲线;表 2 为起步加速工况行走系统功率消耗试验结果;图 3 为高幅起振过程发动机转速及振动系统功率曲线;下页表 3 为起振过程振动系统功率消耗试验结果。

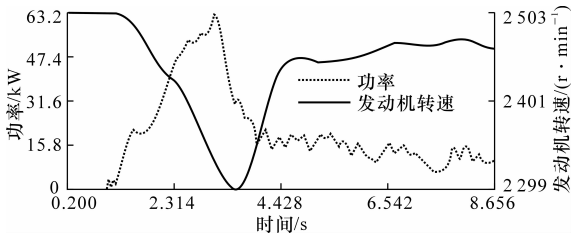


图 2 前进起步加速过程的发动机转速和驱动系统功率曲线

表 2 起步加速工况行走系统功率消耗试验结果

试验项目		测试值			
		第 1 次测试	第 2 次测试	第 3 次测试	平均值
前进	起步加速前发动机转速/(r·min ⁻¹)	2 503	2 503	2 503	2 503
	起步时发动机最低转速/(r·min ⁻¹)	2 230	2 314	2 308	2 284
	起步加速终了发动机转速/(r·min ⁻¹)	2 460	2 474	2 469	2 467
	起步加速终了液压马达转速/(r·min ⁻¹)	2 002	1 998	1 996	1 998
	起步加速时行走系统最高压力/MPa	34.4	34.2	33.6	34.1
	起步加速时行走系统最大功率/kW	63.2	61.1	58.7	61.0
后退	起步加速终了行驶速度/(m·s ⁻¹)	2.90	2.86	2.90	2.89
	起步加速前发动机转速/(r·min ⁻¹)	2 503	2 503	2 502	2 503
	起步时发动机最低转速/(r·min ⁻¹)	2 324	2 323	2 320	2 322
	起步加速终了发动机转速/(r·min ⁻¹)	2 470	2 469	2 465	2 468
	起步加速终了液压马达转速/(r·min ⁻¹)	1 989	1 998	1 989	1 992
	起步加速时行走系统最高压力/MPa	33.7	34.2	34.1	34.0
	起步加速时行走系统最大功率/kW	60.7	59.5	59.9	60.0
	起步加速终了行驶速度/(m·s ⁻¹)	2.91	2.89	2.88	2.89

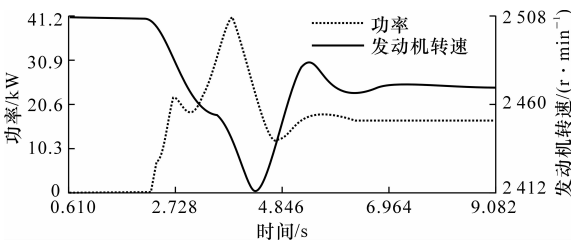


图 3 高幅起振过程发动机转速及振动系统功率曲线

表 3 起振过程振动系统功率消耗试验结果

试验项目		测试值			
		第 1 次测试	第 2 次测试	第 3 次测试	平均值
高幅	起振前发动机转速/(r·min ⁻¹)	2 507.00	2 508.00	2 507.00	2 507.33
	起振时发动机最低转速/(r·min ⁻¹)	2 413.60	2 412.80	2 413.60	2 413.33
	起振终了发动机转速/(r·min ⁻¹)	2 469.00	2 470.00	2 472.00	2 470.33
	起振终了振动频率/Hz	46.30	46.30	46.30	46.30
	起振时振动系统最高压力/MPa	33.40	33.10	33.30	33.27
	最大起振功率/kW	40.89	41.04	40.10	40.68
低幅	起振前发动机转速/(r·min ⁻¹)	2 508.00	2 507.00	2 509.00	2 508.00
	起振时发动机最低转速/(r·min ⁻¹)	2 420.50	2 421.40	2 424.90	2 422.27
	起振终了发动机转速/(r·min ⁻¹)	2 477.00	2 478.00	2 478.00	2 477.67
	起振终了振动频率/Hz	45.50	45.60	45.60	45.57
	起振时振动系统最高压力/MPa	16.70	17.00	16.70	16.80
	最大起振功率/kW	17.10	16.90	16.95	16.98

压路机起步和起振的过渡过程是同时发生的,需要输出的功率为 $61+40.68=101.68(\text{kW})$,而整机的额定功率只有 97 kW ,按 5% 扣除风扇、水泵和发电机等消耗的功率,发动机的有效输出功率则为 $97\times 95\%=92.15(\text{kW})$,显然小于机器起步时所需要的最大功率,不能保证顺利地起步加速。因此,传统的设计方法中,要求压路机的配置功率必须大于起步时行驶和振动所需功率之和。

尽管试验压路机的功率已比国外同类型压路机的功率大,但功率还不够用,若采用传统的设计方法,还需增加发动机功率。为此,笔者通过降低机器起步加速和起振过程的最大功率消耗来解决此问题。一方面,要使起步和起振的过渡过程不同步是不可能的,但是,错开起步加速和起振过程所需功率峰值出现的时间却是可能的;另一方面,在系统配置和参数设置时要考虑起步和停车过程的特性,控制起步、停车时间和加速度在合理的范围内,使起步和停车过程的载荷波动过程变缓。

3 恒速压实时所需功率

表 4 为压实工况行走液压系统功率消耗、压力及驱动液压马达转速的试验结果;表 5 为压实工况振动液压系统功率消耗、压力及振动液压马达转速的试验结果。

由试验结果可知,压实过程中振动液压系统所需功率比较稳定,而行走系统所需功率随压实遍数不同而不断变化,但在给定工况的压实过程中功率也比较稳定。在压实虚铺层的情况下,总功率为 $22.6+25.6=48.2(\text{kW})$,只有发动机额定功率的一半,功率不但够用,且很富余。因此,行走和振

动液

表 4 压实工况行走液压系统功率消耗、压力及驱动液压马达转速的试验结果

试验项目	测试值		
	压实虚铺层	压实 5 遍	压实 11 遍
发动机转速/(r·min ⁻¹)	2 448	2 409	2 419
行走系统稳定压力/MPa	17.6	12.0	10.0
行走系统流量/(L·min ⁻¹)	90.45	97.61	96.42
行走系统功率/kW	22.61	15.29	11.89
驱动液压马达转速/(r·min ⁻¹)	807.6	871.5	860.9
行驶速度/(m·s ⁻¹)	1.19	1.26	1.25

表 5 压实工况振动液压系统功率消耗、压力及振动液压马达转速的试验结果

试验项目	测试值		
	压实 3 遍	压实 5 遍	压实 11 遍
发动机转速/(r·min ⁻¹)	2 407.3	2 409.3	2 419.6
振动系统稳定压力/MPa	17.6	17.8	17.5
振动系统流量/(L·min ⁻¹)	91.46	91.62	92.01
振动系统功率/kW	25.61	25.96	25.61
振动液压马达转速/(r·min ⁻¹)	2 622	2 628	2 622

压系统是否工作在较高的效率区间是应该倍受关注的问题。恒速压实过程要占整个工作过程的 80% ,它是压路机的主要和有效作业工况,机器既要恒速行驶保证压实质量,又要保证工作的经济性。从表 4 和表 5 的试验结果可知,除试验压路机行走驱动系统中液压马达转速较低外,行走和振动液压系统其他参数的匹配基本合理。

4 结 语

(1)双钢轮振动压路机主要用于路面材料的压实,循环往复式作业,因此,应分为起步阶段和正常压实阶段 2 个过程来考虑功率配置问题。

(2)起步阶段,大惯量的压路机由静止变为恒速行驶,行走系统在瞬间需要的功率很大,加之起振也需较大功率,因此,所选发动机功率要能满足起步阶段的需求;但是,若按额定功率不小于起步时行走系统和起振系统所需的功率之和来配置发动机功率,在正常压实阶段则功率利用不足,造成了严重的浪费;应该减小行走和起振系统在起步阶段的瞬间最大功率,这样不仅可使配置的发动机功率较小,而且可以兼顾起步和正常压实的需求。

(3)正常压实阶段机器工作平稳,所需功率较小,这时主要是合理选择压路机工作系统的参数,使行走与起振系统处在合理的转速和压力范围内,使液压系统的抗负载能力较好,提高压路机恒速行驶性能和使用的经济性。

(4)当工作参数设定不合理时,起步阶段所需功率往往会大于发动机的额定功率,这时发动机转速下降,行走和起振液压系统在短时间内形成压力冲击,导致液压元件及发动机的可靠性变差;可调整行走和起振液压系统中压力峰值出现的时间,使这2个峰值错开;也可调整起振和起步时的加速时间和加速度变化规律,使最大加速度值减小,而加速度平均值较大且恒定,在给定的起振时间内减小压力冲击的峰值,从而降低瞬间所需的最大功率;实践证明,采取这些措施后,配置的发动机功率较小,功率利用率较高,可以兼顾起步和正常压实的需求。

参考文献:

References:

- [1] 冯忠绪,姚运仕,冯建生.热沥青混合料碾压过程的离析现象[J].长安大学学报:自然科学版,2006,26(3):96-99.
FENG Zhong-xu, YAO Yun-shi, FENG Jian-sheng. Rolling segregation of hot asphalt mixture [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2006, 26(3): 96-99.
- [2] 王戈,王贵慎,张世英.压实机械[M].北京:中国建筑工业出版社,1992.
- [3] 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 chap-vibration phenomenon of tandem vibratory roller [J]. Road Machinery & Construction Mechanization, 2008, 25(9): 38-40.
- [4] 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.
- [5] 秦四成,程悦荪,李 忠,等.土壤振动压实下动态性能试验研究[J].农业工程学报,2001,17(4):26-29.
QIN Si-cheng, CHENG Yue-sun, LI Zhong, et al. Dynamic study on the soil compaction by vibratory roller [J]. Transactions of the CSAE, 2001, 17(4): 26-29.
- [6] 杨东来.振荡轮与垫沥青混合料相互作用动力学过程的研究[D].西安:长安大学,2005.
- [7] 姚运仕,冯忠绪,董秀辉,等.多频合成振动压实的机理[J].长安大学学报:自然科学版,2006,26(1):90-93.
YAO Yun-shi, FENG Zhong-xu, DONG Xiu-hui, et al. Mechanism of multi-frequencies vibrating compaction [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2006, 26(1): 90-93.
- [8] 张东宝.工程机械控制器与控制技术[J].筑路机械与施工机械化,2008,25(6):72-75.
ZHANG Dong-bao. Controller and control technology of construction machinery [J]. Road Machinery & Construction Mechanization, 2008, 25(6): 72-75.
- [9] 姚运仕,肖 刚,董秀辉,等.双频合成振动压实试验研究[J].中国公路学报,2006,19(1):122-126.
YAO Yun-shi, XIAO Gang, DONG Xiu-hui, et al. Experimental study of double-frequency composed vibrating compaction [J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(1): 122-126.
- [10] 邓丽娜.双频振动压实作业参数优化及动态仿真[D].西安:长安大学,2004.
- [11] 朱伟敏.双频合成振动压实机动力学仿真研究[D].西安:长安大学,2006.
- [12] 姚运仕.双频合成振动压实方法的试验研究[D].西安:长安大学,2006.