

典型工况下装载机液压系统载荷时间历程的制取方法

徐礼超^{1,2}, 葛如海¹, 常绿²

(1. 江苏大学汽车与交通工程学院, 镇江 212013; 2. 淮阴工学院交通工程学院, 淮安 223003)

摘要: 针对目前装载机发动机与液力变矩器功率匹配存在的缺陷, 该文构建了装载机液压测试系统, 确定了传感器压力信号与转矩间的定量关系。在分析确定装载机典型试验工况为铲装工况、采样频率为 1 000 Hz 与样本长度为 60 个作业循环的基础上, 按照规范对装载机进行了实机试验, 应用 Vib'SYS 和 nSoft 软件对试验数据进行了分段与合并处理、滤波与去异值处理以及数据平稳性检验, 研究了装载机典型工况液压系统载荷时间历程的制取方法, 并给出了铲掘原生土时液压系统消耗发动机转矩的单个典型循环时间为 87.304 s 的载荷时间历程, 该研究为装载机优化匹配设计提供依据。

关键词: 装载机, 液压系统, 载荷, 时间历程, 典型工况, 制取方法

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.06.010

中图分类号: U415.51⁺4; S222.5⁺5

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-06-0057-06

徐礼超, 葛如海, 常绿. 典型工况下装载机液压系统载荷时间历程的制取方法[J]. 农业工程学报, 2012, 28(6): 57-62.
Xu Lichao, Ge Ruhai, Chang Lü. Acquisition method of load time course of loader hydraulic system under typical operating conditions[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(6): 57-62. (in Chinese with English abstract)

0 引言

牵引特性、经济性是装载机性能的主要考量指标, 装载机动力传动系统匹配是否合理对其影响较大。目前, 对装载机动力传动系统匹配的研究主要集中在发动机与液力变矩器功率匹配上, 常用的匹配方案有“全功率匹配”和“部分功率匹配”2种^[1-2]。由于发动机实际工作点受液压系统功率分流影响, 在不同工况时发动机发出的功率有所不同, 因此, 无论是采用“全功率匹配”还是“部分功率匹配”, 都难以同时兼顾运输工况和铲掘工况的作业要求, 从而无法真正实现装载机动力传动系统的优化匹配设计。针对这种情况, 本文研究装载机液压系统在典型工况下载荷时间历程(即液压系统消耗的发动机转矩随时间变化的历程)的制取方法, 进而为装载机优化匹配设计提供依据。

1 装载机液压测试系统的构建

装载机液压系统通常配有工作泵、转向泵与变速泵, 为准确测取各泵工作载荷, 试验时将测点选在各泵出液口处^[3-4]。根据试验用装载机液压泵类型及系统液压情况^[5], 选用成都小松生产的 F6206-AB-T6 传感器组, 它能同时测量系统压力、流量、温度等参数。数据采集仪采用武汉航天星科技公司 6220 数采仪, 车载测试系统可对 16 个通道的模拟量信号进行采集, 经信号调理后接入数采

仪, 数采仪通过 USB 接口与计算机相连。

为获取各液压泵工作时所消耗的发动机转矩, 测试前, 需要确定液压泵测点传感器信号与其消耗发动机转矩之间的定量关系。这里以工作泵为例说明, 工作泵出口液压与其消耗发动机转矩的关系式^[6]为

$$T = \frac{p \cdot q \cdot i}{2\pi\eta_m} \quad (1)$$

式中, T 为消耗的发动机转矩, N·m; p 为液压泵测点液压, MPa; q 为液压泵排量, mL/r; i 为液压泵与发动机转速比; η_m 为液压泵机械效率。

由于 $i=1$, $q=80$ mL/r, 取 $\eta_m=0.9$, 则

$$T=14.154p \quad (2)$$

2 装载机实机试验

2.1 典型试验工况的确定

装载机典型试验工况应是影响整机使用性能的主要作业工况, 装载机作业工况主要有铲装、挖掘、平整、堆料和牵引, 在铲装作业过程中, 装载机承受的载荷大且变化频繁, 是影响装载机使用性能的主要工况。

装载机的载荷性质取决于作业对象与作业方式, 有关调查和统计资料表明, 装载机作业对象主要是原生土、大石方、松散土、小石方和半湿土, 各物料作业比例为 0.4: 0.25: 0.17: 0.1: 0.08^[7], 这些资料为装载机实机试验提供了实践依据。针对装载机单次铲装具有分段作业、各作业段载荷均值差别较大的情况, 在试验时决定采用 V 型作业方式^[5]。

2.2 采样频率与样本长度的分析确定

测试用装载机转速范围为 800~2 500 r/min, 液压系统中各液压泵的齿数均为 8, 泵与发动机的转速比为 1, 由于压力传感器组串接在各泵出液口处, 因此工作时泵

收稿日期: 2011-06-21 修订日期: 2011-12-06

基金项目: 江苏省高校研究生科研创新计划项目(CXZZ11-0553); 江苏省自然科学基金项目(BK2009168); 江苏省“六大人才高峰”项目(2010-JXQC-023)

作者简介: 徐礼超(1972-), 男, 江苏涟水人, 副教授, 博士, 主要从事车辆性能虚拟试验与优化技术研究, 淮安 淮阴工学院交通工程学院, 223003. Email: hygxyxc@126.com

出口的油液脉冲为 $800 \times 8/60 \sim 2500 \times 8/60$ Hz, 即 $107 \sim 334$ Hz, 为使采样信号能真实地反映原信号, 工程实际中采样频率通常至少大于信号中最高频率成分的 $3 \sim 5$ 倍^[8-9], 故本文将实机测试时的采样频率确定为 $1\ 000$ Hz.

样本长度的确定原则是保证以样本数据代替总体参数的统计误差控制在一定限度内^[10]. 由文献[11]可知, 当采样数在 55 个作业循环以上即可达到规定误差要求, 故本文测试时共取 60 个作业循环, 分别由 2 名驾驶员按照设定的操作规范进行半数作业.

2.3 试验数据采集

装载机铲装一斗物料, 经历空载前进接近物料堆、铲掘、重载后退、重载前进及卸料、空载后退等 5 个作业段, 试验时尽量控制试验区间每段路况基本一致, 试验车速稳定, 重复试验时车辙保持基本一致. 装载机铲装原生土时的测试波形如图 1 所示. 从图 1 中可以看出, 装载机作业时, 液压泵消耗的发动机转矩呈现明显的随机性变化, 不具备平稳性特征, 这就使得装载机动态性能测试需要足够多的原始载荷时间历程记录来满足数据处理的要求.

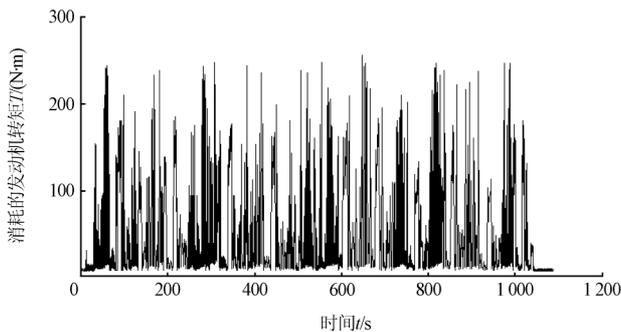


图 1 装载机铲装原生土时的测试波形

Fig.1 Test waveform when loader shovelling soil in situ

3 装载机典型工况液压系统载荷时间历程的制取

3.1 试验数据分段与合并处理

只有载荷时间历程是平稳的各态历过程, 测试样本的统计特征才具有代表性^[12]. 由于装载机作业工况复杂, 各工作段之间载荷差异较大, 因此在对数据进行平稳性检验时, 需根据作业工段特点及装载机载荷信号变化特征, 采用“铲-续-铲”方式对测取的各循环数据进行分段处理.

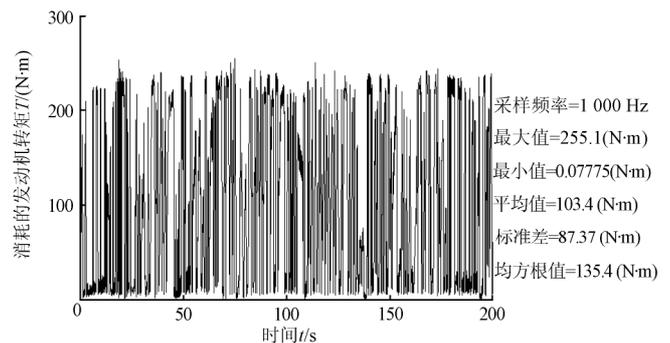
测试系统各通道信号可由 Vib'SYS 软件列阵显示, 以记录各工作段起止时刻. 试验数据分段在 nsoft 软件中实现方法是: 从“nsoft Menu”中选择“Manipulation\Multi-file Cut + Paste”, 再选择“Extract Section\Multiple file”, 在弹出窗口中输入 Test name channels、Start and End time 等参数后, 即可对测试的原始数据实现按段分割. 将每通道 60 个工作循环的载荷信号按段分割后, 可形成 60×5 个独立的数据文件. 为检验各循环同名作业段的信号平稳性, 需将 60 个工作循环的同名段载荷信号按时间顺序进行合并, 合并方法是: 从

“nsoft Menu”中选择“Manipulation\Multi-file Cut + Paste”, 再选择“Concatenate Files”, 在弹出界面的“Entry Method”中选择“Separate filenames”, 在随后的对话框“Input filename”中选择要合并的若干文件后即可完成数据的合并处理.

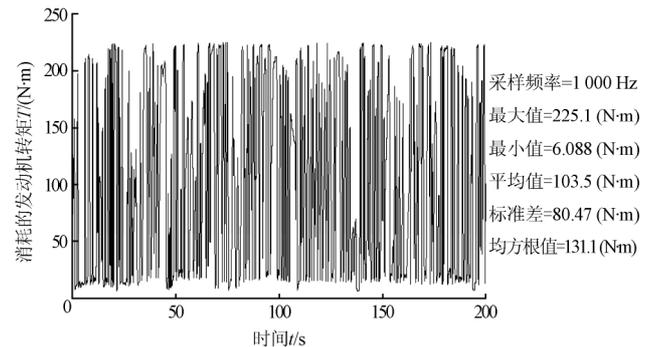
3.2 信号滤波与去异值处理

受试验干扰因素影响, 实际测试信号中通常会存在一些干扰信号, 有时干扰信号甚至会淹没正常的有用信号^[13-14], 因此有必要采用滤波技术将有用信号充分提取出来.

由于巴特沃斯滤波器在指定通频带的频响曲线最平滑, 截止频率单调下降, 并且也是唯一的无论阶数、振幅对角频率曲线均保持同样形状的滤波器^[15], 结合装载机各液压泵的工作情况, 本文选用巴特沃斯 8 阶带通滤波器, 带通频率为 $110 \sim 350$ Hz 铲掘原生土时工作泵铲掘段的原始信号经巴特沃斯滤波器滤波前后的对照图如图 2 所示. 从图 2 中可以看出, 滤波前后的波形和信号的平均值、标准差、均方根值没有明显区别, 这验证了工作泵出口油液脉冲频率在 $110 \sim 350$ Hz 范围内, 而在此范围外的干扰信号则较小.



a. 滤波前信号



b. 滤波后信号

图 2 工作泵铲掘段信号滤波前后对照图

Fig.2 Signal contrast diagram of work pump shovel section before and after filtering

在信号采集过程中, 由于测试系统存在的偶然较大外部干扰会导致信号中存在一些异值点, 因此在信号处理时, 需要对这些异值点进行识别并加以剔除. 目前识别信号异值点的方法有幅值门限检测法、梯度门限检测法和标准方差检测法 3 种^[12,14], 在实际应用过程中, 为确保异值去除的同时能尽可能多地保留有用信号, 通常将

这 3 种方法交互使用。利用 nsoft 软件处理异值方法为：从 “nsoft Menu” 中选择 “Manipulation\Spike Identification+Removal”，再选择 “Pre-analysis” 进行异值识别和 “Grahical view\smooth” 实现异值的去除处理。

3.3 数据平稳性检验

将数据进行归类处理是基于数据是分段平稳的，因此必须对各工作段数据进行平稳性检验。目前工程上常用轮次法对随机信号进行平稳性检验^[16-18]，根据轮次法检验原理，将 60 个作业循环样本记录分成 12 个等间隔子样，每个子样包括 5 个作业循环，可以认为每个子样数据是独立的，通过计算每个子样的均方值并与总体均方值均值进行比较来计算轮次数，这里以铲掘原生土时工作泵消耗发动机的转矩信号为例来检验其平稳性，运行 nSoft 软件得到的各作业段统计结果如表 1 所列。在 12

个子样序列中，子样 1 至子样 6 由驾驶员 1 完成，其余由驾驶员 2 完成。由表 1 可知各作业段轮次数分别为：空载前进段 $r_1=6$ ，铲掘段 $r_2=7$ ，重载后退段 $r_3=5$ ，重载前进及卸料段 $r_4=6$ ，空载后退段 $r_5=7$ 。

在子样组数 $N=12$ ，显著水平 $\alpha=0.05$ 条件下，查轮次分布表知轮次数应在 (4, 9) 区间。由于表 1 统计的工作泵 5 个作业段轮次数均落在该轮次区间内，因此可接受平稳性假设，即铲掘原生土时工作泵各作业段消耗发动机的转矩信号是平稳的。按照同样方法可对原生土各作业段变速泵、转向泵消耗发动机的转矩信号进行平稳性检验，还可对大石方、松散土、小石方和半湿土各作业段液压系统消耗发动机转矩信号的平稳性进行检验。

表 1 工作泵各作业段消耗发动机转矩均方值及轮次统计表

Table 1 Mean square value of consuming engine torque and round statistical table for each section of work pump

子样序列	作业段									
	空载前进		铲掘		重载后退		重载前进及卸料		空载后退	
	转矩均方值	轮次统计								
1	441.036	-	10432.5	+	2677.56	+	3554.54	-	579.953	-
2	567.347	+	9965.16	-	2404.84	+	4317.80	-	618.984	+
3	542.170	-	9843.97	-	1658.77	-	4699.10	+	560.745	-
4	578.418	+	9227.73	-	2302.51	+	4865.06	+	607.214	-
5	546.381	+	10542.6	+	3238.53	+	3921.26	-	603.918	-
6	608.449	+	9184.55	-	2286.36	+	4740.32	+	758.111	+
7	554.495	+	9390.96	-	2168.75	-	4759.62	+	601.838	-
8	585.059	+	10617.9	+	1889.12	-	4028.44	-	613.890	+
9	493.521	-	9905.48	-	1755.03	-	3404.72	-	615.027	+
10	580.236	+	11268.6	+	1957.86	-	5601.03	+	630.605	+
11	567.123	+	9733.29	-	2185.82	+	4823.30	+	553.286	-
12	471.752	-	10004.1	-	1536.75	-	4057.69	-	617.026	+
$E(x^2)_0 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N E(x^2)_k$	544.665		10009.7		2171.83		4397.74		613.383	

注：x 为子样均方根值，N 为子样数， $E(x^2)_0$ 为相应工作段子样总体均方值均值，各子样均方值大于该值记“+”，小于该值记“-”。从“+”到“-”或从“-”到“+”，每变化一次记为一轮次。

对于一个平稳随机过程，若其任一单个样本函数的时间平均统计特征等于该过程的集平均统计特征，则该过程称为各态历经过程，此时可采用有限长度的样本记录来推断、估计被测对象的整个随机过程，以其时间平均来估算其集平均^[15,19]。目前工程应用中对各态历经的检验主要采取物理判断这种近似的假设检验方法，即若该随机过程的各个样本本身是平稳的，且获得各个样本的基本物理参数大体相同，则认为由这些样本所代表的随机过程总体是各态历经的^[20]。由上述平稳性检验结果可知，装载机工作泵的载荷信号按作业段处理后，其各作业段载荷信号符合各态历经的假设，因此，装载机工作泵出口液压载荷的单一样本函数随时间变化的历程可包括该信号所有样本函数的取值经历。

3.4 装载机典型工况液压系统载荷时间历程的制取

在实机试验时，虽然对操作步骤与方法作了严格的规定，但受人员操作与装载机本身运行性能的影响，不同循

环的相同作业段之间仍将会存在一定的差异，为准确制取典型工况液压系统的工作载荷，还需对滤波、去异值及平稳性检验后的测试数据作进一步处理。由于数据的均方根值这一参数综合考虑了数据的均值和标准差，因此本文以测试数据的均方根值作为数据分析处理参数，采用加权处理方法分别对 5 种作业段各自的 12 个子样数据以及每段典型子样（由相应作业段的 12 个子样加权处理得到）包含的 5 个作业循环数据进行处理，其中 12 个子样的数据加权处理按式 (3) 进行，5 个作业循环的数据加权处理按式 (4) 进行。本文以铲掘原生土时测得的工作泵 12 个子样数据处理方法为例加以说明，应用 nSoft 软件处理的数据结果如表 2 所列。从表 2 中可以看出，工作泵在铲掘段消耗的发动机转矩最大，其次是在重载前进及卸料作业段，而在空载前进和空载后退两个作业段消耗的发动机转矩则较小，这与工作泵的实际工作情况比较吻合。从表 2 中还可以看出，工作泵在同一作业段的 12 个子样数据处

理结果比较一致, 这表明试验操作比较规范, 数据采集系统工作比较可靠, 采集的数据可信度较高。

表 2 工作泵消耗发动机转矩的测试数据处理统计表
Table 2 Statistical table of test data processing of work pump consuming engine torque

子样序列	作业段									
	空载前进		铲掘		重载后退		重载前进及卸料		空载后退	
	转矩均方根值(Nm)	权重/%	转矩均方根值(Nm)	权重/%	转矩均方根值(Nm)	权重/%	转矩均方根值(Nm)	权重/%	转矩均方根值(Nm)	权重/%
1	21.00	7.51	102.14	8.51	51.75	9.30	59.62	7.51	24.08	8.11
2	23.82	8.51	99.83	8.31	49.04	8.81	65.71	8.28	24.88	8.38
3	23.28	8.32	99.22	8.26	40.73	7.32	68.55	8.63	23.68	7.97
4	24.05	8.60	96.06	8.01	47.98	8.62	69.75	8.79	24.64	8.31
5	23.37	8.35	102.68	8.55	56.91	10.23	62.62	7.89	24.57	8.27
6	24.67	8.82	95.84	7.98	47.82	8.61	68.85	8.67	27.53	9.27
7	23.55	8.42	96.91	8.07	46.57	8.37	68.99	8.69	24.53	8.26
8	24.19	8.65	103.04	8.58	43.46	7.81	63.47	7.99	24.78	8.34
9	22.22	7.94	99.53	8.29	41.89	7.53	58.35	7.35	24.80	8.35
10	24.09	8.61	106.15	8.84	44.25	7.95	74.84	9.43	25.11	8.46
11	23.81	8.51	98.66	8.22	46.75	8.40	69.45	8.75	23.52	7.92
12	21.72	7.76	100.62	8.38	39.20	7.05	63.7	8.02	24.84	8.36

$$X_i = \sum_{j=1}^{12} \left(\frac{R_{ij}}{\sum_{j=2}^{12} R_{ij}} x_{ij} \right) \quad (i=1, \dots, 5; j=1, \dots, 12) \quad (3)$$

式中, i 为作业段序号 (按作业过程顺序排, 下同); j 为子样序号; R_{ij} 为 i 段 j 子样数据均方根值, N·m; x_{ij} 为 i 段 j 子样时域波形数据, N·m, 它是根据液压传感器测得的压力信号, 应用公式 (2) 由 nSoft 软件计算得到; X_i 为 i 段典型子样时域波形数据, N·m。

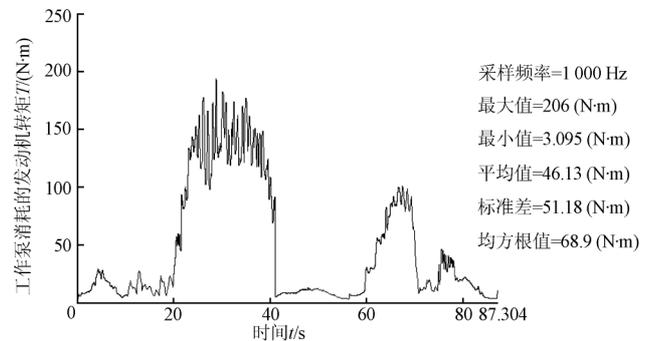
$$y_i = \sum_{k=1}^5 \left(\frac{R_{ik}}{\sum_{k=1}^5 R_{ik}} x_{ik} \right) \quad (x_{ik} \in X_i) \quad (i, k=1, \dots, 5) \quad (4)$$

式中, k 为作业循环序号; R_{ik} 为 i 段典型子样 k 循环数据均方根值, N·m; x_{ik} 为 i 段典型子样 k 循环时域波形数据, N·m; y_i 为 i 段典型子样各循环加权处理后的时域波形数据, N·m。

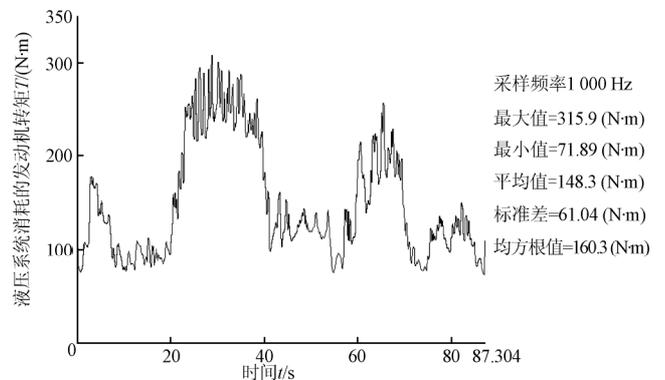
应用 nSoft 软件 Arithmetic Manipulation 下的 Multiply by a constant 运算功能对装载机试验时测得的每种作业段的 12 个子样波形数据乘以相应权重, 再应用 Multi-file Manipulation 的 Addition 功能进行累加, 可得到各作业段的一个典型子样的波形数据, 将每个典型子样中包含的 5 个作业循环按上述同样方法进行加权处理后, 即可得到铲掘原生土时各作业段的典型波形数据, 利用 nSoft 中的 “Multi-file Cut+Paste” 功能下的 “Concatenate files” 将各作业段典型波形数据按作业时间顺序进行合并, 便可获得铲掘原生土时工作泵消耗发动机转矩的单个典型工作循环载荷时间历程, 如图 3a 所示, 按同样的处理方法可得到该工况下变速泵、转向泵消耗发动机转矩的载荷时间历程, 将以上 3 种泵的载荷时间历程叠加后, 即可制取出装载机液压系统消耗发动机转矩的单个典型工作循环的载荷时间历程, 如图 3b 所示。从图 3 可以看出, 工作泵和液压系统分段作业的特征比较明显, 在铲掘作业

段铲斗所载荷较大, 工作泵和液压系统消耗的发动机转矩均很大, 在重载前进及卸料段, 由于动臂举升至高位并卸料, 工作泵和液压系统消耗的发动机转矩也较大, 其余作业段消耗的发动机转矩则相对较低。

处理其他作业对象时液压系统消耗的发动机转矩方法与此相类似。



a. 工作泵



b. 液压系统

图 3 液压系统和工作泵消耗发动机转矩的典型单次循环载荷时间历程

Fig.3 Typical single cycle load time course of hydraulic system and work pump consuming engine torque

4 结 论

1) 由液压传感器组、数据采集仪和计算机构建的装载机液压测试系统, 能够实时定量地测得装载机液压泵消耗发动机转矩的时域波形数据。

2) 应用 Vib'SYS 和 nSoft 数据处理软件易于对测得的数据进行分段合并、滤波、去异值等预处理, 应用轮次法检验工作泵消耗发动机转矩信号的结果表明, 各作业段的轮次数均落在规定区间内, 转矩信号符合平稳的和各态历经的假设要求。

3) 采用数据加权处理方法, 对预处理后的各子样以及典型子样中的各作业循环进行处理, 可以方便地制取出装载机液压系统消耗发动机转矩的典型单次循环时间(本机为 87.304 s)的载荷时间历程。

[参 考 文 献]

- [1] 常绿, 王国强, 唐新星, 等. 装载机发动机与液力变矩器功率匹配优化[J]. 农业机械学报, 2006, 37(11): 28—31. Chang Lü, Wang Guoqiang, Tang Xinxing, et al. Optimization of power matching on torque-converter with diesel engine for wheel loader[J]. Transactions of the CSAM, 2006, 37(11): 28—31. (in Chinese with English abstract)
- [2] 陈淑清. ZL80 装载机发动机与液力变矩器的匹配优化设计[D]. 长春: 吉林大学机械科学与工程学院, 2008: 12—14. Chen Shuqing. Optimization Design of Matching on ZL80 Loader Engine and Hydrodynamic Torque Converter[D]. Changchun: Jilin University Mechanical Science and Engineering College, 2008: 12—14. (in Chinese with English abstract)
- [3] 曹青, 孙涌, 周莉. 装载机液压系统故障特征量提取的研究[J]. 计算机工程与应用, 2006, (1): 183—186. Cao Qing, Sun Yong, Zhou Li. Research on fault feature extraction of loading machine hydraulic system[J]. Computer Engineering and Applications, 2006, (1): 183—186. (in Chinese with English abstract)
- [4] 刘汉光, 董拴牢, 陆永能, 等. 装载机压力测试数据采集系统[J]. 建筑机械, 2006, (3): 73—74. Liu Hanguang, Dong Shuanlao, Lu Yongneng, et al. Data collecting system of pressure testing for loading[J]. Construction Machinery, 2006, (3): 73—74. (in Chinese with English abstract)
- [5] 常绿, 徐礼超, 刘永臣. 工程车辆载荷谱试验方法及应用[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2011: 10—60.
- [6] 常绿, 刘永臣. 基于用户使用工况的 ZL50 装载机传动比设计[J]. 农业工程学报, 2011, 27(2): 141—145. Chang Lü, Liu Yongchen. Transmission ratio design of ZL50 Loader based on working condition[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(2): 141—145. (in Chinese with English abstract)
- [7] 陈长征, 胡立新, 周勃, 等. 设备振动分析与故障诊断技术[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 31—52.
- [8] 吴伟, 周福强, 赵化平, 等. 应变法载荷测量中理想采样频率的确定[J]. 农业机械学报, 2005, 36(2): 96—99. Wu Wei, Zhou Fuqiang, Zhao Huaping, et al. Determination of ideal sampling frequency of aeroplane[J]. Transactions of the CSAM, 2005, 36(2): 96—99. (in Chinese with English abstract)
- [9] 何春华, 周宏, 项娇. 汽车道路行驶试验载荷谱样本长度确定方法的研究[J]. 汽车技术, 2003, (11): 14—17. He Chunhua, Zhou Hong, Xiang Jiao. Study on the method of load spectrum sample size determination in vehicle road testing[J]. Automobile Technology, 2003, (11): 14—17. (in Chinese with English abstract)
- [10] 钱政, 王中宇, 刘桂礼. 测试误差分析与数据处理[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008: 67—84.
- [11] 刘少辉. 某型装载机液压系统载荷谱的编制[D]. 厦门: 集美大学, 2009: 18—27. Liu Shaohui. Plait of Loading Spectrum for A Certain Type of Loader Hydraulic System[D]. Xiamen: Jimei University, 2009: 18—27. (in Chinese with English abstract)
- [12] 侯晓婷. 轮式装载机半轴载荷谱测试及疲劳寿命预测研究[D]. 长春: 吉林大学机械科学与工程学院, 2009: 15—17. Hou Xiaoting. Study on the Load Spectrum test and Fatigue Life Estimation of Wheel Loader Axle Shaft[D]. Changchun: Jilin University Mechanical Science and Engineering College, 2009: 15—17. (in Chinese with English abstract)
- [13] Bengtsson A, Rychliki. Uncertainty in fatigue life prediction of structures subject to Gaussian loads[J]. Probabilistic Engineering Mechanics, 2009, 24(2): 224—235.
- [14] 王国军, 胡仁喜, 陈欣. nSoft 疲劳分析理论与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007: 23—56.
- [15] Sonsino C M. Fatigue testing under variable amplitude loading[J]. International Journal of Fatigue, 2007, 29(6): 1080—1089.
- [16] 贾海波. 轮式装载机传动系载荷谱测试与编制方法研究[D]. 长春: 吉林大学机械科学与工程学院, 2009: 39—42. Jia Haibo. Study on the Test and Generation Methods about Load Spectrum of Wheel Loader Driveline[D]. Changchun: Jilin University Mechanical Science and Engineering College, 2009: 39—42. (in Chinese with English abstract)
- [17] 段修生, 程远增, 朱新华. 离散数据信号随机性检验的方法与实现[J]. 仪器仪表学报, 2003, (4): 291—293. Duan Xiusheng, Cheng Yuanzeng, Zhu Xinhua. The test method and realization of discrete digital signal randomness[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2003, (4): 291—293. (in Chinese with English abstract)
- [18] Johannesson P, Svensson T, Mare J D. Fatigue life prediction based on variable amplitude tests: Methodology[J]. International Journal of Fatigue, 2005, 27(8): 954—965.
- [19] 祝常红. 数据采集与处理技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008: 123—147.
- [20] Heuler P, Klatschke H. Generation and use of standardised load spectra and load time histories[J]. International Journal of Fatigue, 2005, 27(8): 974—990.

Acquisition method of load time course of loader hydraulic system under typical operating conditions

Xu Lichao^{1,2}, Ge Ruhai¹, Chang Lü²

(1. School of Automobile and Traffic Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China;

2. Faculty of Transportation Engineering, HuaiYin Institute of Technology, Huai'an 223003, China)

Abstract: In order to resolve the deficiency in power match of loader engine and torque converter at present, a hydraulic test system of loader was built in the paper, and a quantitative relationship between the sensor pressure signal and torque was defined. Under the typical operating condition that shoveling was working condition, the sampling frequency was 1 000 Hz and sampling length was 60 operation cycles, an actual loader test was made. Test data were proposed by a series of procedures, including segmentation, merge, filtration, elimination of abnormal value, stationary test with the software of Vib'SYS and nSoft, and then preparation method of load time course of hydraulic system at loader typical operating conditions was studied. It was concluded that a load time course of single typical cycle time for hydraulic system consuming engine torque was 87.304 s when loader shoveled soil in situ. This study provides a basis for loader optimal design.

Key words: loaders, hydraulics, loading, typical operating condition, time course, preparation method