

一种关联用户使用的试车场道路选取方法

骆宏明，上官文泷，陈林，邢红岩，秦凯，张红星
东风商用车有限公司技术中心

【摘要】本文主要基于疲劳累积损伤理论建立用户目标与试车场循环的损伤关联模型，以商用车某 6×4 复合悬架牵引车型为例，通过对用户细分市场公共路面和试车场强化路面载荷谱的统计值对比分析，选取合适车速的试车场路面工况与用户目标载荷谱进行关联匹配，该选取原则可为建立与用户细分市场工况对应的强化路面考核方法提供依据。

【关键词】关联用户，试车场道路选取

A Road Selection Method for Testing Ground Used by Associated Users

Luo Hongming, Shangguan Wenlong, Chen Lin, Xing Hongyan, Qin Kai, Zhang Hongxing
Dongfeng Commercial Vehicle Co., Ltd. Technical Center

Abstract: The main focus of this article is to establish a damage correlation model between user target and testing ground cycles based on the theory of fatigue cumulative damage, using a commercial 6×4 vehicle with composite suspension as an example, by comparing and analyzing the statistical values of the load spectra of public road surfaces and reinforced road surfaces in the user segmented market, the appropriate speed of the road conditions in the testing ground is selected for correlation and matching with the user target load spectrum. This selection principle can provide a basis for establishing a strengthened road surface assessment method corresponding to the user segmented market conditions.

Key words: associated users, road selection for testing ground

引言

基于试验场强化路面的可靠性试验能够缩短试验周期，降低试验成本及开发费用，是各汽车厂商的通行做法，试验场与用户使用条件关联的基本原则是损伤等效，对于同一车辆，结构不变、零部件SN曲线不变的情况下，假如要使结构10年（160万km）的损伤在3个月内体现，要确保试验里程缩短而损伤不变，则试验场大载荷路面的占比应相对较高，但是较大的损伤虽然会起到加速试验的效果，也会造成二者失效形式的不一致，导

致试验结果失真。

为确保试验里程缩短而损伤不变，失效模式也保持一致，试车场极值载荷不能超出用户极值载荷过多，应尽量保持一致。

1 基于用户匹配关联技术应用

1.1 用户路面载荷提取

以商用车某 6×4 牵引车型为例，道路载荷谱采集路面及工况见表1。

表1 道路载荷谱采集路面及参考车速情况

项目	采样路线	采样工况	采样次数
用户典型路面数据采集	襄阳-宜昌-利川	高速公路铺装路面、按高速公路正常车速行驶	1
	利川-重庆-成都	高速公路铺装路面、按高速公路正常车速行驶	1
	成都-雅安-凉山	高速公路铺装路面、按高速公路正常车速行驶	1
	凉山-攀枝花-昆明	高速公路铺装路面、按高速公路正常车速行驶	1
	昆明-曲靖-贵阳	高速公路铺装路面、按高速公路正常车速行驶	1
	贵阳-桂林-道县	高速公路铺装路面、按高速公路正常车速行驶	1
	道县-郴州-长沙	高速公路铺装路面、按高速公路正常车速行驶	1
	长沙-武汉-襄阳	高速公路铺装路面、按高速公路正常车速行驶	1

(续)

项目	采样路线	采样工况	采样次数
试车场工况采集	综合路	卵石路、扭曲路、搓板路等强化路面	3
	石块路	石块路匀速行驶	3
	二环路	试车场环道行驶工况	3
	爬坡工况	坡底爬坡 (10%)-坡道起步 (10%)	3
	原地起步冲击工况	起步冲击工况	3
	倒车冲击工况	倒车冲击工况	3

不同的用户，其车辆使用的结构载荷谱不同，存在着离散性。图 1 所示为多个用户在同一道路、相同里程的载荷谱，其纵坐标为动态载荷的变化范围，横坐标为各级载荷出现的累计频次（与总里程对应），可以发现每个用户在同一运行里程下载荷谱呈离散分布。

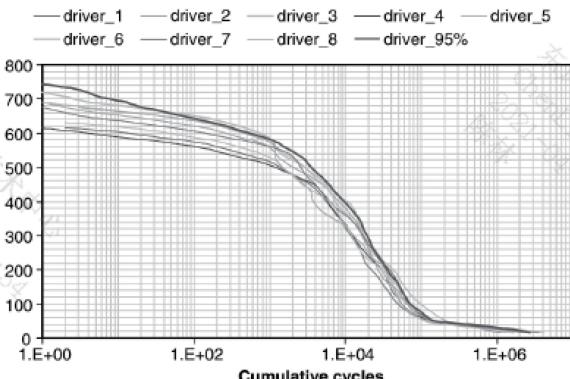


图 1 不同用户同一运行里程下的载荷谱

如果将各用户不同路面下的动态载荷极值提取出来，会发现这些极值服从某一概率分布，常用的分布特征通常为正态、对数正态或威布尔分布，本次试验中该车型采集了 130 组公共路面数据，为多个用户在同一道路、相同里程的载荷谱，根据前板簧测点采样数据统计出的公共路面采样动态载荷极值见表 2。

表 2 公共路面采样动态载荷极值统计

公共路面采样路谱编号	前板簧采样测点提取 Range 值			
	SG_Spr_FLF	SG_Spr_FLR	SG_Spr_FRF	SG_Spr_FRR
1	2131	2466	2027	2208
2	1801	1938	1886	1809
3	1795	2104	1898	2129
4	1547	1674	1470	1584
5	1524	1671	1531	1544
6	1523	1721	1592	1592
7	2830	3444	2446	2575
8	1412	1531	1623	1615
9	2730	3032	2997	3141
10	1898	2055	1848	1955
11	1558	1766	1537	1490

公共路面采样路谱编号	前板簧采样测点提取 Range 值			
	SG_Spr_FLF	SG_Spr_FLR	SG_Spr_FRF	SG_Spr_FRR
12	1797	2108	2226	2219
13	2496	2532	2835	2839
14	2078	2352	2376	2701
15	1958	2174	1864	2016
16	1990	2180	2586	2746
17	2607	2716	2740	2633
18	2299	2555	2312	2326
19	1430	1526	1705	1633
20	1877	2214	2060	2409
21	2079	2512	2660	2718
22	1551	1704	1989	1981
23	2249	2603	2486	2657
24	1811	2036	1884	1982
25	2170	2425	2674	2644
26	1678	1908	1979	1923
27	2082	2562	2144	2727
28	1504	1531	1732	1686
29	1203	1476	1187	1145
30	1344	1454	1223	1187
31	1403	1457	1510	1486
32	1561	1632	1707	1587
33	1386	1504	1263	1311
34	3302	3543	3344	3702
35	1789	2065	1983	1798
36	1630	1680	1554	1564
37	1628	1720	1579	1620
38	1534	1587	1733	1679
39	1430	1504	1709	1592
40	1588	1799	1808	1739
41	1464	1759	1785	1928
42	2254	2302	2546	2611
43	2135	2145	2250	2115

(续)

(续)

公共路面采样路谱编号	前板簧采样测点提取 Range 值			
	SG_Spr_FLF	SG_Spr_FLR	SG_Spr_FRF	SG_Spr_FRR
44	1716	1883	1877	1936
45	1808	2184	1428	1592
46	1735	1739	1920	1875
47	1627	1661	1855	1958
48	1956	2115	2329	2350
49	1988	1946	2536	2434
50	1497	1473	1619	1596
51	2203	2496	2173	2207
52	1078	1190	1238	1246
53	1817	1948	2189	2335
54	2732	2977	2660	2656
55	1320	1388	1520	1430
56	1284	1468	1648	1586
57	1147	1268	1117	1128
58	2328	2587	2362	2450
59	1655	1781	1912	1748
60	2482	2706	2436	2392
61	839	902	758	749
62	1484	1583	947	1022
63	1667	1842	1202	1226
64	1025	1015	1129	1045
65	1641	1720	1714	1699
66	2138	2352	2330	2247
67	2492	2609	2302	2281
68	1688	1954	1839	1872
69	1899	1973	1943	1938
70	2049	1985	2301	2285
71	1885	1990	2274	2125
72	1499	1670	1875	1941
73	1591	1638	1622	1682
74	2502	2751	2499	2491
75	2513	2766	2823	2906
76	2063	2211	2648	2564
77	2191	2171	2493	2388
78	1960	2375	2115	2379
79	1812	1866	1715	1605
80	1971	2046	2233	2195
81	1579	2021	1774	2145
82	1090	1385	854	1502
83	1416	1485	1491	1479

公共路面采样路谱编号	前板簧采样测点提取 Range 值			
	SG_Spr_FLF	SG_Spr_FLR	SG_Spr_FRF	SG_Spr_FRR
84	1104	1109	1107	1262
85	1475	1638	1513	1455
86	1873	2112	1924	2056
87	997	1042	1057	998
88	1715	2237	1549	1612
89	1604	1642	1599	1647
90	658	833	579	685
91	2003	2363	2116	2371
92	1885	2413	1388	1713
93	2028	2191	1932	1847
94	2012	2038	2271	2313
95	1562	1492	2301	2334
96	1470	1536	1516	1500
97	2318	2238	2173	2470
98	2011	2044	1615	1773
99	1236	1297	1520	1741
100	2450	2449	2851	3075
101	2230	2373	2070	2293
102	1768	1878	1911	2064
103	1856	2858	2175	2939
104	1700	1743	1351	1419
105	1425	1364	1399	1524
106	1978	1859	1586	1601
107	2002	1817	1598	1613
108	2086	2104	2130	2185
109	2576	2601	2291	2475
110	1897	2787	1600	2528
111	1618	1675	1435	1453
112	1597	1538	1681	1815
113	1784	1830	1939	2069
114	1954	2014	1850	2023
115	2396	2477	1912	2057
116	1984	2151	1974	2097
117	1592	1775	2333	2247
118	1599	1647	1402	1551
119	1800	1877	1675	1770
120	2837	2928	2869	3164
121	2629	2538	2705	3009
122	1526	1710	1463	1624
123	1813	2072	1460	1712
124	1539	1730	1646	1752

(续)

公共路面采样路谱编号	前板簧采样测点提取 Range 值			
	SG_Spr_FLF	SG_Spr_FLR	SG_Spr_FRF	SG_Spr_FRR
125	1290	1421	1677	1749
126	1551	1793	1006	1055
127	2014	2293	1904	2089
128	2185	2195	2528	2495
129	1030	1206	846	919
130	1652	1691	1674	1722

尝试寻找用户不同路面下的动态载荷极值概率分布，常用的分布特征通常为正态、对数正态或威布尔分布，各分布概率图如图 2~图 4 所示。

根据动态载荷极值对数正态分布概率图（见图 2），前板簧测点数据概率图中有两个变量的 P 值小于 0.05（对数正态-95% 置信区间），表明公共路面采样数据的极值不符合对数正态分布。

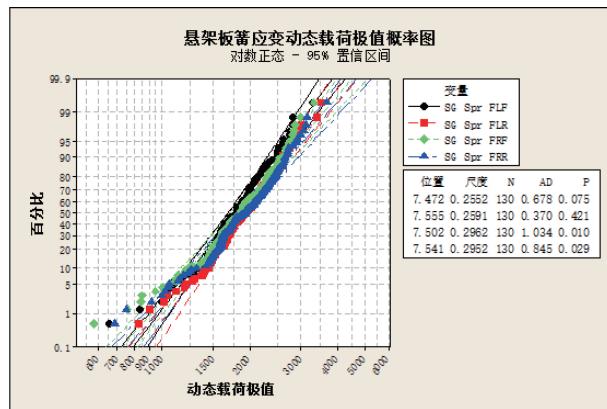


图 2 动态载荷极值对数正态分布概率图

根据动态载荷极值威布尔分布概率图（见图 3），前板簧测点数据概率图中有三个变量的 P 值小于 0.05（威布尔-95% 置信区间），表明公共路面采样数据的极值不符合威布尔分布。

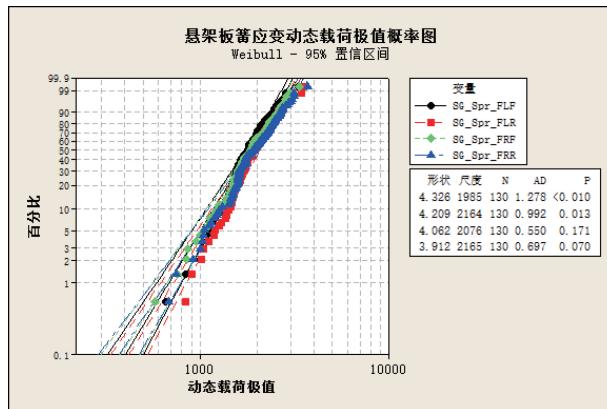


图 3 动态载荷极值威布尔分布概率图

根据动态载荷极值正态分布概率图（见图 4），前板簧测点数据概率图中四个变量的 P 值均大于 0.05（正态-95%

置信区间），表明公共路面采样数据的极值符合正态分布。

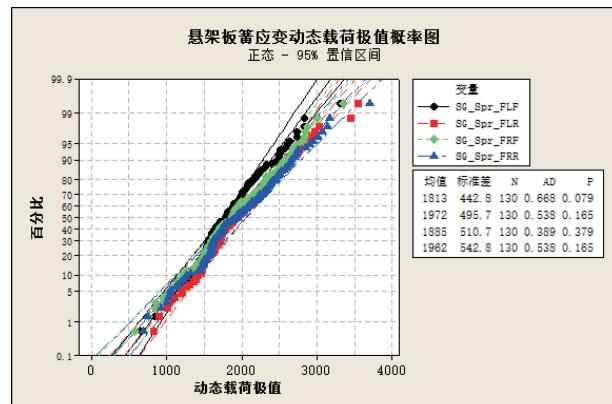


图 4 动态载荷极值正态分布概率图

确定用户路谱数据符合正态分布后，须提取能代表用户工况的特征数据，如果直接采用采样数据中的最大值，将涵盖特殊极限情况造成开发过程中的浪费，本文选取 95% 或 99% 极值数据来代表用户工况。在正态分布图上提取 95% 和 99% 分位值数据，如图 5 所示。

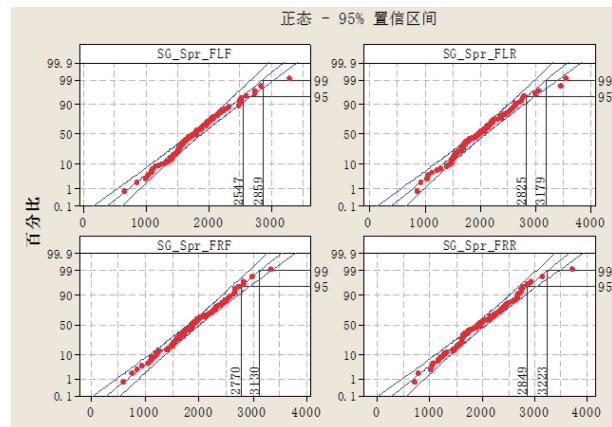


图 5 正态分布概率图上提取 95% 和 99% 分位值数据

在图 5 中提取的 95% 和 99% 分位值，代表着使用该极值数据的载荷谱能涵盖 95% 和 99% 用户群。

1.2 试车场与用户路面载荷对比

该车型在试车场采集的强化路面工况为综合路、石块路、二环路、绕 8 字、爬坡、起步冲击等，每种强化路面采集不同车速下的悬架系统板簧载荷谱数据，获得不同的匹配方案，根据前板簧测点的采样数据统计出的强化路面的 Range 值与公共路面提取的极值进行对比。对比两种方案如图 6 和图 7 所示。

方案一中公共路面极值的 95% 与 99% 百分位数据落在试车场极值范围的顶部位置，这表明该试车场路面符合要求，方案二中公共路面极值的 95% 与 99% 百分位数据落在试车场极值范围的中间位置，意味着试车场的损伤范围比公共路面大，较大的损伤虽然会起到加速试验的效果，但是过大的损伤会造成二者失效形式的不一致，导致试验结果失真。

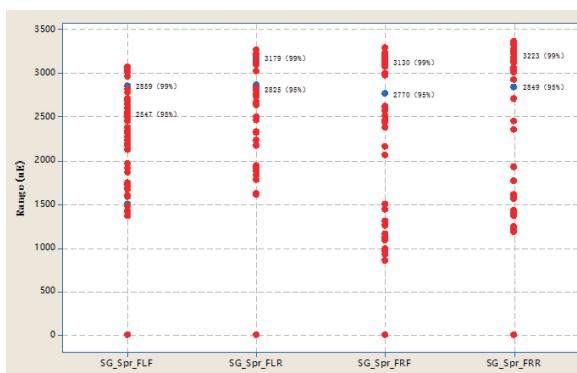


图 6 方案一（涵盖 95% 和 99% 用户群的极值数据与试车场采样数据对比）

2 结论

本文一方面对用户工况离散的载荷谱进行归纳，提取各用户、各采样路面下的动态载荷极值，分析服从正态分布规律；另一方面，从损伤等效及匹配关联技术角度出

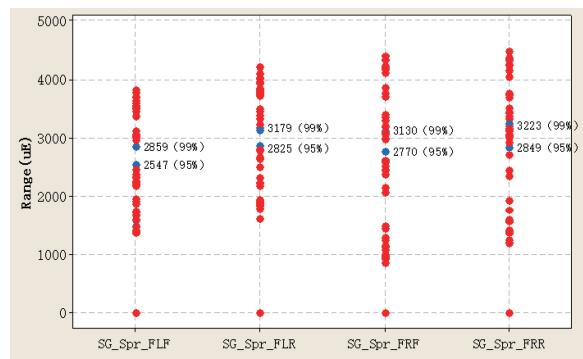


图 7 方案二（涵盖 95% 和 99% 用户群的极值数据与试车场采样数据对比）

发，通过分析公共路面底盘承载件测点的 Range 值的 95% 和 99% 百分位数据与试车场路面做对比，选取合适车速的试车场路面工况与用户目标载荷谱进行关联匹配，该选取原则可为建立与用户细分市场工况对应的强化路面考核方法提供依据。

参 考 文 献

- [1] 林晓彬. 关联用户用途的试车技术 [J]. 中国机械工程, 1998 (11): 24-26.
- [2] 武振, 郭瑞玲. 用户关联技术在整车可靠性试验中的应用 [J]. 北京汽车, 2020 (5): 16-20.