

高速动车组齿轮油换油周期的研究

唐山轨道客车有限责任公司

成果主要创造人：高军 李来顺

成果参与创造人：贺石中 张晓军 冯伟 赵海板 高继德 卢建华

摘要：齿轮箱是高速列车动力传动的关键设备，是高速动车组的十大配套技术之一，也是动车组传动系统中最重要的传动环节之一，我国的 CRH 动车组齿轮箱主要由德国福伊特供应，自 2012 年 6 月 27 日以来，运行在武广、京沪、哈大等高速客运专线的 CRH380B\BL\CL 动车组齿轮箱油多次发生黑油现象，为分析、查找齿轮箱润滑油的变黑及失效原因，延长齿轮箱的使用寿命，本文提出了齿轮箱润滑油在线监测的理念，并制定了新润滑油和在线监测润滑油的检测项目，通过京沪专线动车组在线检测数据的统计分析，提出 CRH 动车组齿轮箱润滑油的换油周期，本研究结果可以为我国 CRH 动车组齿轮箱检修和安全运行提供技术参考。

关键词：齿轮箱；CRH 动车组；润滑油；在线监测；换油周期

1 研究背景

CRH 动车组在京沪、吴广等线路上运行时曾多次发生齿轮箱润滑油变黑的现象，北车集团为了保证动车组运行的安全，要求各主机厂对配属 CRH3C/CRH380B(L) 型动车组的所有福伊特齿轮箱润滑油进行取样检测，通过对 500 多个齿轮箱润滑油样的检测及统计分析，推测其可能是源于齿轮、轴承在运行中产生的微小金属磨粒，或者齿轮箱密封问题导致的外部其它成份等，但缺乏科学的判断和分析。而润滑油变黑后，其润滑性能会发生多大变化、能否继续使用是动车组运行中需要首先解决的问题。故此对同一齿轮箱、不同运行里程的润滑油进行摩擦、磨损和理化性能等指标的测试，并与新油的性能进行对比分析，拟对润滑油更换周期提供技术指导。

2 检测方案

京沪线 CRH380B(L) 6444 动车使用福伊特齿轮箱，其中所用润滑油是德国科宁公司生产的 COGNIS EMGARD RW-A 75W-90。在线跟踪监测的齿轮箱信息如表 1 所示。

表 1 跟踪监测的齿轮箱信息

齿轮箱编号	车号	轴号
30001870	1	2
30002178	8	2
30001985	9	3
30002017	14	2
30002152	14	3
30001860	16	3

要有以下几个方面：

(1) 粘度变化大。粘度过小会降低油膜强度，导致齿轮油承载能力降低，而粘度过高又会影响散热，导致油温升高，一方面会破坏油膜，另一方面还会加速油品氧化。

(2) 粘温性能差。粘度随温度变化较大，低温时齿轮油流动性变差，润滑油不易随着齿轮的转动而均匀分布在

齿面和轴承上；高温时粘度下降太多，会影响油膜的厚度与油膜强度，易导致齿面异常磨损。

(3) 油品氧化。动车齿轮箱温度处于高速重载的工况下，极易产生摩擦高温，使润滑油氧化，油泥增多，酸值增高，一方面油质劣化影响润滑效果，另一方面生成的酸性物质易对齿轮造成腐蚀，加速齿面磨损。

(4) 油中进水。由于各种原因，润滑油中渗进了水分，加速了油品乳化变质、部分添加剂水解与油泥的形成，使润滑油变质，此时添加剂的极压抗磨性能减弱，油膜强度下降。

(5) 抗磨剂消耗。由于齿轮多处于混合润滑和边界润滑状态，主要是油性剂的油膜和极压抗磨剂的反应膜起抗磨作用，极压抗磨剂的消耗会导致油品的极压性能降低，在高负荷条件下会造成齿面擦伤和烧结。

根据 GB 13895-1992 重负荷车辆齿轮油的产品标准，依据润滑与磨损原理及经验，综合评价齿轮箱的润滑磨损状态，制订了新齿轮油和在用齿轮油的检测项目，如表 2、表 3 所示。

表 2 新齿轮油检测项目

序号	检测项目	检测标准	序号	检测项目	检测标准
1	运动粘度 40℃	GB/T 265	10	铜片腐蚀	GB/T 5096
2	运动粘度 100℃	GB/T 265	11	液相锈蚀	GB/T 11143
3	粘度指数	GB/T 1995	12	最大无卡咬负荷	GB/T 12583
4	密度 20℃	GB/T 1884	13	烧结负荷	GB/T 12583
5	总酸值	ASTM D664a	14	硫含量	GB/T 17040
6	水分	ASTM D6304	15	泡沫特性	GB/T 12579
7	开口闪点	GB/T 3536	16	红外光谱	GB/T 6040
8	倾点	GB/T 3535	17	光谱元素	ASTM D5185
9	不溶物	GB/T 8926			

表 3 在用齿轮油检测项目

序号	检测项目	检测标准	序号	检测项目	检测标准
1	外观	目测	7	最大无卡咬负荷	GB/T 3142
2	运动粘度 40℃	GB/T 11137	8	烧结负荷	GB/T 3142
3	运动粘度 100℃	GB/T 11137	9	硫含量	GB/T 17040
4	粘度指数	GB/T 1995	10	红外光谱	GB/T 6040
5	总酸值	ASTM D664a	11	光谱元素	ASTM D5185
6	水分	GB/T 260			

3 检测结果的分析

通过对新润滑油和在用润滑油的检测，我们将检测结果按项目进行统计、分类，分别绘制了粘度指数、水分、酸值、最大无卡咬负荷、烧结负荷、硫元素等技术指标的变化趋势图，对其分析如下。

3.1 粘度

齿轮箱在用油在监测期间 100℃和 40℃粘度的变化趋势见图 1。

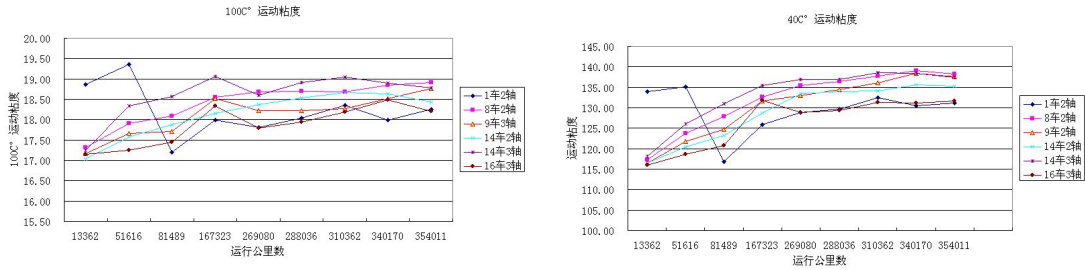


图 1 在用油 100°C 运动粘度和 40°C 粘度趋势图

从图 1 可以看出 6 个齿轮箱中在用油在监测期间 100°C 粘度总变化量较小，最高者为 14 车 3 轴齿轮箱油，粘度比新油上升了 9.95%。除 1 车 2 轴外，其他 5 个齿轮箱在用油的 40°C 及 100°C 粘度均呈上升趋势，而 1 车 2 轴在第三次监测时进行了换油处理，

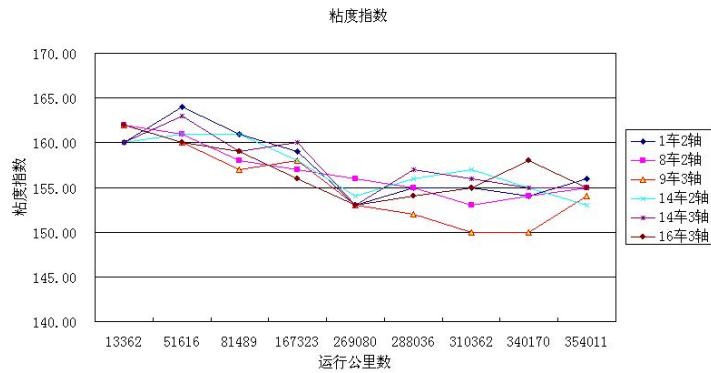


图 2 在用油粘度指数的变化趋势

粘度指数是评价润滑油粘温性能的指标，粘度指数越大，油品的粘温性能越好，粘度随着温度的变化越小。CRH 动车在南北运行，温差相对较大，就要求有高的粘度指数。在用油粘度指数变化通常与油品质量变化和污染情况有关，正常情况下，粘度指数会随着油品的使用时间缓慢降低，当粘度指数突变时，表明油品可达到失效的程度。从图 2 中可以看出，6 个齿轮箱在用油的粘度指数在监测期间变化总量不大，但是总体上均呈现下降趋势。

3.3 总酸值

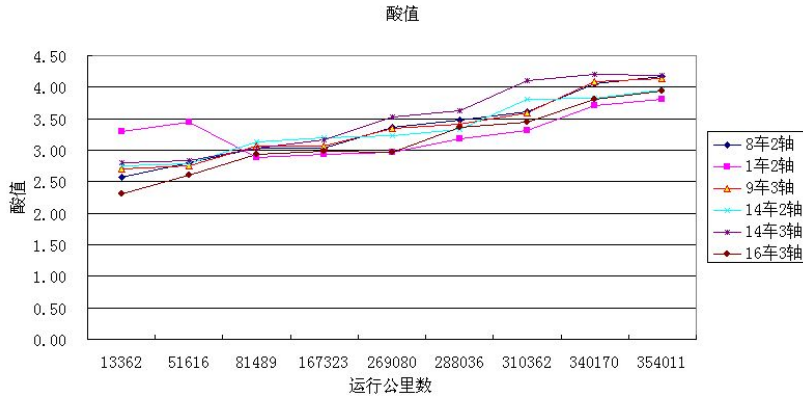


图 3 在用油总酸值变化趋势

总酸值测试润滑油中酸性组分含量的一个指标。一方面可以评价油品的酸性添加剂含量，另一方面也间接反映了油品的氧化程度。正常情况，润滑油在使用时，其酸值在初期会因酸性添加剂的消耗会先下降，后期因由于油品氧化

生成酸性物质而上升。当油品的酸值开始明显上升时，就意味着油中有酸性物质生成。这些酸性物质会对机械部件造成腐蚀，影响设备的使用寿命。从图 3 中可以看出，6 个齿轮箱在用油在监测期间酸值都呈现上升趋势，与新油相比，在监测结束时，均上升了 50%以上，其中上升幅度最大的为 14 车 3 轴齿轮箱，上升了约 73%。表明齿轮箱很有可能长期高温运行，这也加速了油品的氧化及油中的酸性物质的生成。

3.4 水分

水分是指油品中水含量的多少。齿轮油中水分主要来源于潮湿空气、冷却水（带水冷系统）和冷凝水。油中过多的水分将严重影响齿轮箱摩擦部件的润滑效果，必须将油中的水分控制在尽可能低的程度。水分会促使油品乳化，降低油品粘度，使润滑效果变差；水分的存在会使油品氧化变质，增加油泥，恶化油质，甚至加速有机酸对金属的腐蚀；水分还会使油中的添加剂发生水解反应而失效，产生沉淀堵塞油路（对循环系统），在低温与高温时，水分的存在还会降低油品的流动性或产生气阻，影响润滑效果。对于齿轮油而言，水分不仅会影响油膜强度，破坏的油膜的连续性，还会在摩擦高温时蒸发导致油膜破裂，严重影响油品的抗磨性能。对动车车轴齿轮箱而言，建议将水分控制在 1000mg/kg 以下，当水分

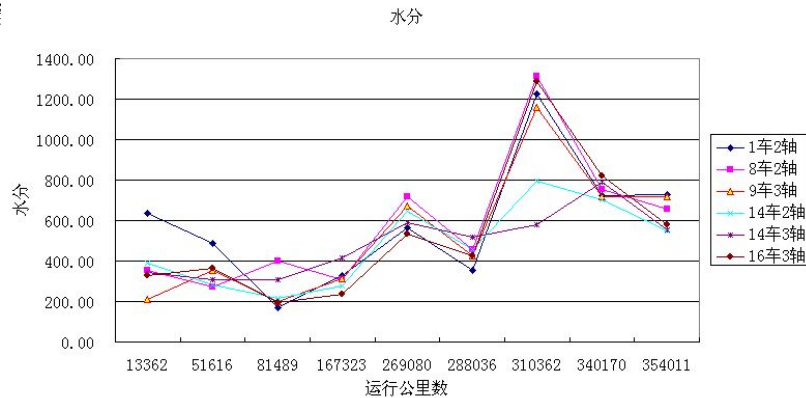


图 4 在用油中水分的变化趋势

从图 4 中可以看出，6 个齿轮箱在行驶里程低于 20 万公里时，油中的水分均保持在 500mg/kg 以下，但当行驶里程高于 20W 公里时，水分普遍高于 500mg/kg；除 14 车 2 轴、14 车 3 轴齿轮箱外，其他 4 个齿轮箱的在用油在 2014 年 5 月 18 日取样监测时均高出 1000mg/kg。从检测的结果上看，检测期间齿轮箱水分的主要来源可能有两点：

(1) 由空气带入到齿轮箱中，特别年春夏期间，空气湿度大，水蒸气随着空气进入到齿轮箱中，与机件接触凝结成水，污染了齿轮油；

(2) 取样时由于空气湿度大，使样品不可避免地受到潮湿空气中水分的污染；

(3) 润滑油中极压添加剂作用时发生化学反应，生成了水分。

3.5 最大无卡咬负荷

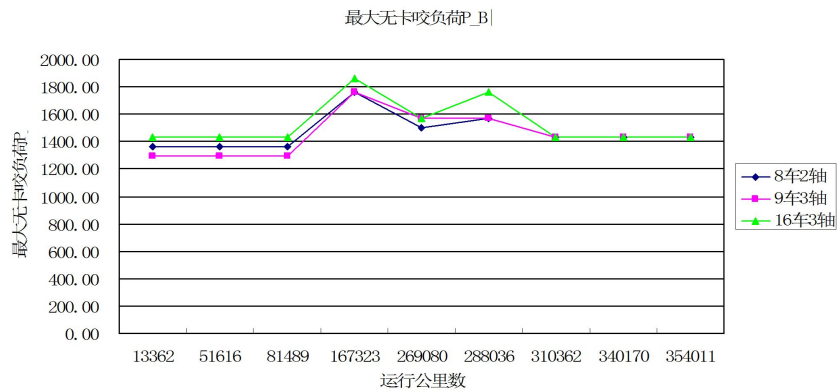


图 5 最大无卡咬负荷变化趋势

最大无卡咬负荷表征着油膜强度，是评价油品抗磨性能的指标。油品的抗磨性能不仅与抗磨添加剂含量有关，还与油品粘度、抗磨添加剂含量及污染情况有关。齿轮油最大无卡咬负荷低，表明油品的油膜强度低，摩擦副在相对运动时油膜易破裂，两摩擦表面就会直接接触产生干摩擦，轻者导致表面擦伤，出现刮痕，重者可能会使两表面胶合，导致部件卡死。

从图 5 中可以看出，这三台齿轮箱的最大无卡咬负荷均在 1200N 以上，但在 2014 年 2 月 27 日取样检测时，最大无卡咬负荷有显著增加，结合粘度的检测结果，在该次检测时，三台机组的粘度也有较大幅度的增加，这也间接说明粘度会影响到油膜强度。

3.6 烧结负荷

烧结负荷是评价油品的极压性能的一个指标，烧结负荷越大，表明油品的极压性能及承载能力越好。CRH 动车齿轮油对极压性能有较高的要求，摩擦副表面间难以形成连续的抗磨润滑油膜，此时就需要金属表面上的化学反应膜来起抗磨作用，通常是由油中的极压添加剂与表面金属或金属氧化物反应生成。若极压性能不好，则在高负荷、冲击负荷的作用下，润滑油很难起到良好的抗磨作用，就会加剧摩擦副的异常磨损，严重时会导致两摩擦表面烧结，即发生咬死现象。

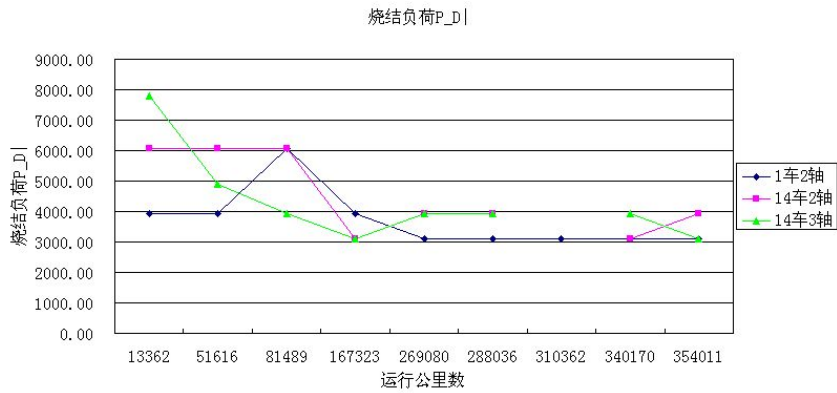


图 6 烧结负荷变化趋势

从图 6 中可以看出，烧结负荷在齿轮油使用初始阶段变化较大，后期则比较稳定，这是因为在初始阶段，在油中的极压添加剂与齿面金属生成极压反应膜明显，消耗了极压抗磨剂的原因。油中极压抗磨剂减少，在用油极压性能就会降低，烧结负荷下降。

3.7 硫含量

齿轮油中的硫含量主要来源于含硫的极压添加剂，其测试结果也反映了润滑油中剩余的硫型极压添加剂的含量。硫型极压添加剂中的硫元素在摩擦产生的高温下会与金属发生化学反应，生成含硫的无机膜或形成 0.15 μm 以上的 Fe₂O₃-FeS 极压化学反应膜，起到抗擦伤和抗烧结的作用。

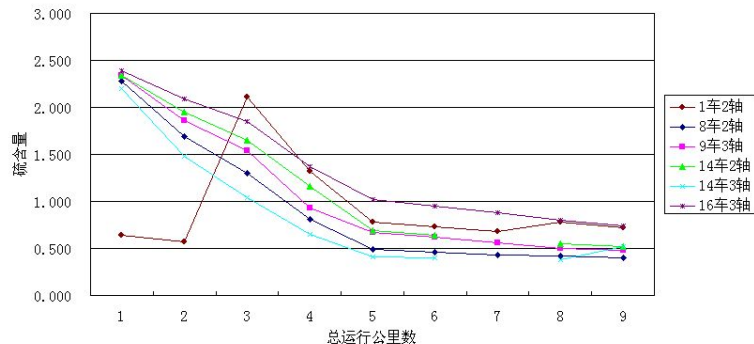


图 7 硫含量变化趋势

图 7 可以看出，在润滑油使用初期，硫含量下降较为迅速，在 10 万公里前几乎下降了一半，但后期下降较为平稳，这是正常的现象，极压添加剂在初始阶段会迅速消耗，当下降至一定水平后，其消耗速率会趋缓，这也是烧结负荷因此后期的油品的极压性能变化较平稳。

当动车运行 35 万公里左右时，6 个齿轮箱在用油的硫含量均下降了 70% 以上，其中 8 车 2 轴齿轮箱在用油下降得最多，下降了近 85%。

3.8 红外光谱

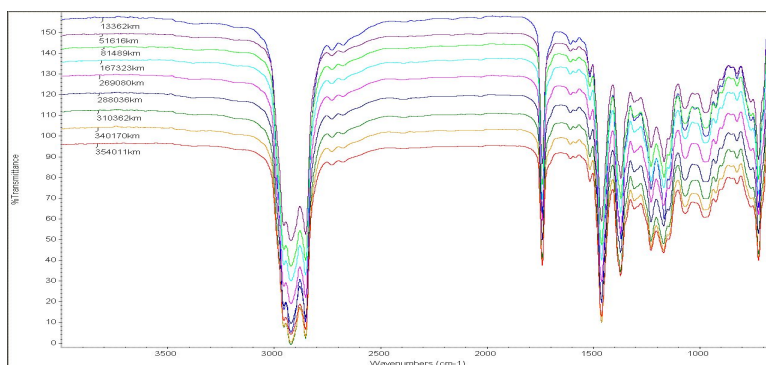


图 8 8 车 2 轴齿轮箱在用油红外叠加图

红外光谱主要用于监测在用油的劣化情况。由于不同官能团在红外光谱图中的特征吸收峰位置不同，吸收峰强度也不同。因此，通过比较过滤前后样品的红外光谱图，可定性地检测润滑油中基础油和添加剂组分的含量变化。对于 COGNIS EMGARD RW-A 75W-90 齿轮油，从图 8 的红外谱图上可以看出，油中主要有以下官能团：

- (1) 2920cm-1, 2850cm-1, 1460cm-1, 1370cm-1 左右处为烷烃的吸收峰；
- (2) 1740cm-1, 1230cm-1 左右为酯类吸收峰；
- (3) 1605cm-1 左右为粘度指数改进剂的吸收峰；
- (4) 1515 cm-1 左右为抗氧化剂吸收峰
- (4) 1170cm-1 左右为硫化物的吸收峰；
- (5) 974cm-1 左右为磷酸盐抗磨添加剂的吸收峰

在监测期间，各齿轮箱的红外图差异不大，以 8 车 2 轴齿轮箱为例，各次红外监测的叠加图见图 8 所示，从图中可以看出，各样品的红外谱图基本一致，说明在监测期间油品未受到较大的污染，油质也没发生大的变化。但是由于是定性分析，没有对添加剂含量的进行定量测量，因此仅从图上并不能看出添加剂含量的变化趋势。

3.9 磨损元素分析

对于齿轮箱，主要的磨损元素有铁 (Fe)、铜 (Cu)，其中铁 (Fe) 元素主要来自齿轮、轴承等部件；铜 (Cu) 元素通常来源于铜质的轴保持架。

从检测数据上看，送检的六台齿轮箱的主要磨损金属元素是 Fe，6 个齿轮箱的 Fe 元素含量在监测期间最高都在 60mg/kg 以下，但都会随着行驶里程的增加有较为明显的上升趋势，这表明在监测期间齿轮箱各部件的磨损情况较为正常。大部分齿轮箱的磨损 Fe 元素含量在行驶 28 万公里前，增长速度较快，在 28 万公里后趋于平稳。

值得注意的是 1 车 2 轴和 9 车 3 轴齿轮箱在行驶到 28 万公里左右时都出现过元素含量急剧增加的情况，表明该期间这两台车的齿轮箱的磨损量较大。

3.10 污染情况分析

对于齿轮箱，主要的污染元素是硅 (Si)，来源于外界的粉尘污染。CRH 动车在运行过程中不可避免地会受到外界粉尘的污染，从 6 个齿轮箱的在用油检测结果中看出 Si 含量较低，均不超过 5mg/kg，表明监测期间，齿轮箱污染

控制得很好。

3.11 添加剂元素分析

对于 CRH 动车齿轮箱润滑油，主要的添加剂元素有硼（B）、锌（Zn）、磷（P），其中硼（B）通常用作极压抗磨剂或摩擦改进剂，锌（Zn）主要来源于抗氧化剂，磷（P）主要来源于极压抗磨剂。从 COGNIS EMGARD RW-A 75W-90 的新、旧油检测结果上看，该油中主要的添加剂元素是磷（P）和硼（B）。

(1) 磷（P）元素

磷元素主要来源于含磷的极压添加剂，其抗磨机理是添加剂中的活性元素（磷）在一定温度范围内与金属表面反应生成磷化铁来阻隔两金属表面直接接触，从而提高摩擦副表面抗擦伤的能力。从作用机理上看，磷系添加剂和硫系添加剂一样，其含量应该会随着使用时间下降，但由于磷系添加剂的活性低于硫系添加剂，加之含磷添加剂种类较多，不同种类的含磷添加剂其性能各异，实际监测时油中的磷元素含量的变化趋势可能与硫含量有差异。从检测结果看 6 个齿轮箱的磷元素在监测期间变化不大。

(2) 硼（B）元素

硼（B）也来源于极压抗磨剂，其作用机理与硫、磷型抗磨剂有差异。硫磷型抗磨剂是通过添加剂中的活性元素与金属表面发生反应生成一层极压膜，而硼酸盐极压添加剂并不与金属表面发生反应，不会生成化学极压膜发挥其抗磨作用，而是沉积在摩擦副表面，形成弹性的半固体沉积膜。因此从硼系添加剂的作用原理上分析，在实际使用时，B 元素依然存在油中，其含量不会有太大变化。

从检测结果看 6 个齿轮箱在用油的硼含量在监测期间变化不大。

4 换油周期评估方法

4.1 理化指标的衰变评估法

在用油检测结果分析可知，齿轮油的粘度、总酸值、和烧结负荷都有较为明显的变化。理化指标中，粘度、总酸值变化趋势较为明显，以 8 车 2 轴齿轮箱为例，对其 100℃粘度和总酸值随里程的变化趋势做出线性拟合曲线，该曲线的拟合方程分别为

$$y = 17.564 + 4 \times 10^{-6} x \quad (1)$$

$$y = 2.3706 + 0.1957x \quad (2)$$

其中方程（1）为 100℃运动粘度的拟合方程，y 表示粘度，x 表示行驶里程，其相关系数 R=0.9605；方程（2）为总酸值的变化趋势拟合方程，y 表示总酸值，x 表示行驶里程，其相关系数 R=0.9866，表明拟合的线性曲线与试验数据具有很好的相关性。

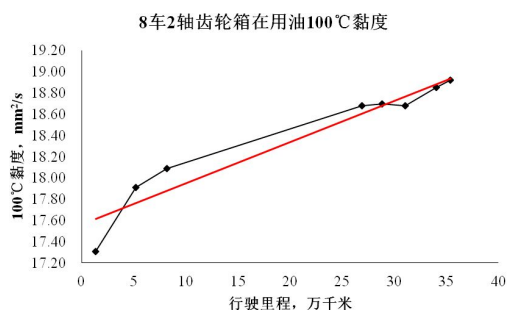


图 9.1 100℃运动粘度变化拟合曲线

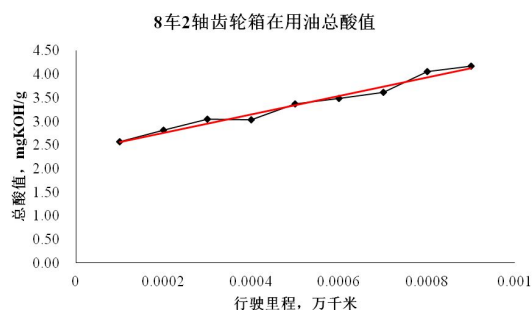


图 9.2 总酸值变化拟合曲线

用同样的方法可以求出其他几台齿轮箱的 100℃运动粘度及总酸值的拟合方程，见表 4 所示。

表 4 齿轮箱的 100℃运动粘度及总酸值的拟合方程

车轴号	100℃粘度		总酸值	
	拟合方程	相关系数 R	拟合方程	相关系数 R
1 车 2 轴	$y = 17.043 + 4 \times 10^{-6}x$	0.9537	$y = 2.5536 + 4 \times 10^{-6}x$	0.9511
8 车 2 轴	$y = 17.564 + 4 \times 10^{-6}x$	0.9605	$y = 2.4701 + 4 \times 10^{-6}x$	0.9494
9 车 3 轴	$y = 17.311 + 4 \times 10^{-6}x$	0.9596	$y = 2.5629 + 3 \times 10^{-6}x$	0.9362
14 车 2 轴	$y = 17.286 + 4 \times 10^{-6}x$	0.9554	$y = 2.6981 + 3 \times 10^{-6}x$	0.9160
14 车 3 轴	$y = 17.242 + 4 \times 10^{-6}x$	0.9618	$y = 2.7309 + 3 \times 10^{-6}x$	0.9907
16 车 3 轴	$y = 17.117 + 3 \times 10^{-6}x$	0.9790	$y = 2.3859 + 4 \times 10^{-6}x$	0.9651

根据表 4 中的方程式，可以求出对应的行驶里程，如表 5、6 所示。

表 5 齿轮箱的 100℃运动粘度到换油值时的预估行驶里程

车轴号	预估里程, km
1 车 2 轴	789250
8 车 2 轴	659000
9 车 3 轴	722250
14 车 2 轴	728500
14 车 3 轴	739500
16 车 3 轴	1027600

表 6 齿轮箱的在用油总酸值到换油值时的预估行驶里程

车轴号	预估里程, km
1 车 2 轴	261600
8 车 2 轴	282500
9 车 3 轴	345700
14 车 2 轴	300633
14 车 3 轴	289700
16 车 3 轴	303525

从中可以看出，理化指标中粘度的预估行驶里程远高于总酸值，因此采用理化指标衰变评估法应主要考虑总酸值的变化。

由于烧结负荷变化出现明显的分段，在前期会迅速下降，然后保持在一个稳定的水平上，其变化趋势具有非线性，通常不能以常规的线性曲线来表示。

4.2 油品污染变化评估换油周期法

动车轴齿轮箱的主要污染有三个来源，一是水分；二是粉尘颗粒；三是油品的氧化和系统磨损产物。

从监测结果上看，6 个齿轮箱的在用油，污染元素硅含量维持在较低水平，偶尔有水分偏高并伴有沉积物的情况，这很可能和空气湿度有关。可见齿轮箱的水分与元素硅含量变化主要与外界环境有关，并不会随着行驶里程的增加进行有规律的变化。

4.3 添加剂消耗评估换油周期法

从 COGNIS EMGARD RW-A 75W-90 的新旧油检测结果上看，该油中主要含有硫、磷、硼型极压抗磨剂。每种添加剂的作用机理与作用条件也有区别，因此损耗速度也会有差异。

从前面的分析可以看出，硫系添加剂的衰变有着较明显的规律，在初期迅速下降，而到了后期就下降速度明显变

缓，所有车在行走 26 万公里左右有一个有较为明显的拐点；而添加剂元素硼、磷含量的整体变化不大，因此添加剂的消耗主要评估硫含量的变化。硫含量的变化趋势的拟合方程见表 7 所示，按拟合方程计算出的换油里程见表 8 所示。

表 7 添加剂含量变化趋势的拟合方程

车轴号	拟合方程	相关系数 R
1 车 2 轴	$y = 2.0639 - 5 \times 10^{-6}x$	0.9424
8 车 2 轴	$y = 1.9459 - 5 \times 10^{-6}x$	0.9451
9 车 3 轴	$y = 2.1 - 5 \times 10^{-6}x$	0.9636
14 车 2 轴	$y = 2.1935 - 5 \times 10^{-6}x$	0.9791
14 车 3 轴	$y = 1.7747 - 5 \times 10^{-6}x$	0.9031
16 车 3 轴	$y = 2.3052 - 5 \times 10^{-6}x$	0.9892

表 8 添加剂含量到换油值的预估行驶里程

车轴号	预估行驶里程, km
1 车 2 轴	308780
8 车 2 轴	285180
9 车 3 轴	316000
14 车 2 轴	334700
14 车 3 轴	250940
16 车 3 轴	357040

其他添加剂如硼、磷在检测期间变化不大，因此添加剂消耗评估主要考虑硫含量的变化。

4.4 齿轮箱磨损状态评估换油周期计算方法

CRH380B(L)型动车轴齿轮箱，主要的磨损元素是铁(Fe)，建议将该型齿轮箱的在用油中铁元素控制在 120mg/kg 以内，当铁元素超出此范围时，进行换油处理。根据检测结果，6 个监测的齿轮箱铁元素都在正常范围内，按照磨损状态评估的换油里程比实际监测里程要长。每台车的齿轮箱铁含量变化趋势的拟合方程见表 9 所示，按拟合方程计算出的换油里程见表 10 所示。

表 9 齿轮箱的 Fe 含量变化趋势的拟合方程

车轴号	拟合方程	相关系数 R
1 车 2 轴	$y = 4.2671 + 0.0001x$	0.9046
8 车 2 轴	$y = 8.6169 + 6 \times 10^{-5}x$	0.9647
9 车 3 轴	$y = 12.044 + 7 \times 10^{-5}x$	0.9624
14 车 2 轴	$y = 12.345 + 0.0001x$	0.9606
14 车 3 轴	$y = 11.313 + 0.0001x$	0.9814
16 车 3 轴	$y = 12.953 + 0.0001x$	0.9662

表 10 Fe 含量到换油值的预估行驶里程

车轴号	预估行驶里程, km
1 车 2 轴	1157000
8 车 2 轴	1856300
9 车 3 轴	1542200
14 车 2 轴	1076550
14 车 3 轴	1086870
16 车 3 轴	1070470

4.5 齿轮箱换油周期综合评估

根据上述评估方法及评估结果，对六个齿轮箱的综合评估换油周期里程如下表 11。

表 11 6 个齿轮箱的预估换油里程

车轴号 \ 评估方法	1 车 2 轴	8 车 2 轴	9 车 3 轴	14 车 2 轴	14 车 3 轴	16 车 3 轴
油品理化指标评估里程/km	261600	282500	345700	300633	289700	303525
油品污染评估里程/km	--	--	--	--	--	--
添加剂消耗评估里程/km	308780	285180	316000	334700	250940	357040
磨损状态评估里程/km	1157000	1856300	1542200	1076550	1086870	1070470

从表 11 中可以看出，影响换油里程的主要是油品理化性能的衰变及添加剂的损耗，对 6 个齿轮箱的预估里程见表 12。其中，1 车 2 轴的预估换油里程考虑换油影响，14 车 3 轴的预估换油里程考虑含硫添加剂数据分散点对拟合数据影响。

表 12 综合评估换油里程表

车轴号	预估换油里程, km
1 车 2 轴	300000
8 车 2 轴	280000
9 车 3 轴	350000
14 车 2 轴	350000
14 车 3 轴	280000
16 车 3 轴	350000

综合 6 个齿轮箱的预估换油里程，并结合监测换油参考值、实际的监测数据情况，建议齿轮箱的换油周期里程不超过 35 万公里为宜。

5 结论

CRH6444 车 6 个齿轮箱在用油通过油品理化指标评估方法、油品氧化污染评估方法、油品添加剂消耗评估方法及磨损状态评估方法的综合评估，齿轮箱在用润滑油平均换油周期里程应不超过 35 万公里。

6 建议

CRH 动车齿轮箱润滑油的失效与动车的运行环境、线路工况及齿轮箱的型号有关，对不同品牌的润滑油在不同线路上运行后进行跟踪检测，是非常重要的，也为 CRH 动车的检修提供更符合实际的技术参考。

CRH 动车在一个换油周期里程内中，若齿轮箱中油质有明显变化，如乳化、颜色变深、有沉积物等现象，应立即取样检测或更换新油；若遇到夏季炎热、空气湿度大等恶劣环境，应注意日常动车齿轮箱在用油的检查与定期监测。