

DOI: 10.3969/j.issn.0254-0150.2015.003.025

## 钢铁企业全优润滑管理的初步探索

高志平 刘 雨

(首钢京唐钢铁联合有限责任公司设备部 河北唐山 063200)

**摘要:** 阐述首钢京唐公司开展全优润滑管理的主要内容,从合理选油、在用油品状态监测、污染控制等几个方面说明开展全优润滑管理的重要性。

**关键词:** 全优润滑管理;在用油状态监测;污染控制

**中图分类号:** TH117.2 **文献标志码:** B **文章编号:** 0254-0150 (2015) 3-119-6

## Preliminary Exploration of Total Excellent Lubrication Management in Steel Enterprise

Gao Zhiping Liu Yu

(Shougang Jingtang Iron & Steel United Co., Ltd., Equipment Department, Tangshan Hebei 063200, China)

**Abstract:** The main content of Total Excellent Lubrication Management in Shougang Jingtang Ltd. was expounded. The importance of Total Excellent Lubrication Management was explained from oil choice, lubricant survey, contaminants control, and so on.

**Keywords:** total excellent lubrication management; lubricant survey; contaminants control

全优润滑管理是利用科学的手段,对设备润滑实行全过程优化管理的一种方法,其内容涵盖合理选油、在用油状态监测与按质换油、在用油品污染控制、新油管理、油品存储管理等范畴<sup>[1-5]</sup>。现代冶金设备正向大型化、智能化、短流程的方向发展。机电液集成系统大面积应用,在带来生产效率巨大提升的同时,对于润滑油品的需求也越来越高,单机装用量也越来越大。本文作者介绍了首钢京唐公司开展全优润滑管理的主要内容,从合理选油、在用油品状态监测、污染控制等几个方面介绍了开展全优润滑管理的重要性。

### 1 全优润滑管理的实施

#### 1.1 合理选油

首钢京唐公司是国家“十一五”期间规划的重点钢铁项目,公司装备了 5 500 m<sup>3</sup> 高炉、300 t 顶底复吹转炉,2250 热轧带钢生产线及 2230 冷轧生产线、镀锌生产线、连退生产线等,并大量引进进口设备。随之而来的,这些进口设备对于油品应用要求非常高,另外由于工程安装、调试等原因,各类设备应用的油品缺乏统一性。据统计,2008 年投产之初,

公司润滑油品种共计达 246 种,进口油品种类数占油品总种类数的 83%,进口品牌油品油耗量占油品总消耗量的 91%。

为提高油品统一性和经济性,首钢京唐公司坚持推行油品国产化工作,截止 2014 年年初,公司在用油品已降至 158 种,比投产初期降低 35.8%,进口品牌油品消耗量也降至 51%。在设备润滑油品选择方面,坚持科学性、统一性、经济性的原则,油品品种替代严格遵循满足设备技术要求,不能以降低油品品质为代价。为最大程度降低油品替代的成本,对于大宗油品,替代一般选择混兑方式进行,替代油品与被替代油品要通过严格的混兑试验及试验考察。据统计,首钢京唐公司油品常备库存量已由 2008 年的 2 200 多万元降低到目前的 300 多万元。

#### 1.2 在用油品运行状态监测

##### 1.2.1 在用油品指标监测

随着设备管理水平的提升,在用油品运行状态监测已经成为现代机械设备故障诊断技术的一个重要组成部分。

在用油品运行状态监测主要是通过对在用油品进行理化分析、清洁度分析以及频谱分析,获取相应的油品劣化信息,从而判断机械部件摩擦副的磨损情况。其检验项目主要涉及油品酸值、黏度、水分、抗乳化值、抗泡性、氧化安定性、水解安定性、机械安

收稿日期: 2014-04-23

作者简介: 高志平 (1960—), 工学硕士, 正高级工程师, 从事设备信息化管理, 设备全优润滑管理。E-mail: liuyu8341@163.com.

定性、铁谱分析、原子发射光谱分析、红外吸收光谱分析等。

首钢京唐公司的油品运行状态监测体系实行常规理化检验、清洁度检验与频谱分析相结合的方法。即根据油品种类的不同，定期对在用油品进行理化检验及清洁度检验，以获取油品劣化趋势信息，为按质换

油提供基础数据。同时，对于大型、关键性设备定期进行油品铁谱分析，为状态维修提供参考，从而构成状态维修体系的一部分。

目前首钢京唐公司对油品常规理化进行检测的项目见表 1。

表 1 油品常规理化项目及检验周期  
Table 1 Lubricant oil conventional chemical projects and inspection periods

| 油品<br>种类 | 周期   | 清洁度<br>(NAS 1638) * | 酸值 | 黏度 | 水分 | 机杂 | 破乳化<br>时间 | 腐蚀性 | 闪点 | 倾点<br>(室外) | 抗泡性 |
|----------|------|---------------------|----|----|----|----|-----------|-----|----|------------|-----|
| 液压油      | 1 个月 | √*                  |    |    |    |    |           |     |    |            |     |
|          | 6 个月 | √                   | √  | √  | √  |    | √         | √   |    | √          | √   |
| 齿轮油      | 6 个月 |                     | √  | √  | √  | √  |           | √   | √  | √          | √   |
| 汽轮机油     | 6 个月 | √                   | √  | √  | √  |    | √         | √   |    |            | √   |
| 压缩机油     | 6 个月 |                     | √  | √  | √  |    | √         |     |    |            |     |
| 空压机油     | 6 个月 |                     | √  | √  | √  |    | √         |     |    |            |     |

注：电厂用汽轮机油的取样及检验按照 GB/T 7597-2007 和 GB/T 7596-2000 执行；电厂用变压器油的检验按照 GB/T7595-2008 执行。

1.2.2 按质换油

机械设备在运转过程中，润滑油由于摩擦副的剪切、进水和进气等原因，会对润滑油产生较为强烈的氧化作用，同时，油品在使用过程中，由于添加剂的消耗，其理化性能也呈下降趋势（工况的差异性对添加剂的消耗影响很大）。常见的表现方式就是油品总酸值升高、颜色变深、黏度变化等，这时油品就发生了失效（一个指标或多个指标超标）。各类油品由于自身性质及工况不同，失效的方式及指标也不同。

传统的油品更换方式是按期换油，这种换油方式

不能准确反应油品劣化情况，存在浪费或者过度使用的情况，容易对设备运行造成隐患。按质换油是定期对油品进行理化指标检验，根据检验结果决定是否换油，既保证了设备运行安全，又能使油品物尽其用，实时把控设备的运行动态。这就需要对油品换油指标作出一个统一的标准。

目前，国标还没有对各类油品的报废标准作出统一的要求和规定。以液压油为例，首钢京唐公司根据自身情况，确定的油品更换指标如表 2 所示。

表 2 抗磨液压油换油标准  
Table 2 Standard of replacement for anti-wear hydraulic oil

| 项 目                                          | L-HL       | L-HM       | 试验方法     |
|----------------------------------------------|------------|------------|----------|
| 外观                                           | 不透明或浑浊     | 不透明或浑浊     | 目测       |
| 40 ℃运动黏度变化率 $\Delta\nu/\%$                   | 超过-10      | 超过+15 或-10 | GB/T265  |
| 色值变化（对比新油）/号                                 | $\geq 3$   | $>2$       | GB/T6540 |
| 酸值增加值 $c/(\text{mgKOH} \cdot \text{g}^{-1})$ | $>0.4$     |            | GB/T264  |
| 水分（质量分数） $w/\%$                              | $>0.1$     | $>0.1$     | GB/T260  |
| 机械杂质（质量分数） $w/\%$                            | $\geq 0.1$ |            | GB/T511  |
| 铜片腐蚀（100 ℃，3 h）                              | 超过 2       | 超过 2a      | GB/T5096 |
| 正戊烷（石油醚）不溶物 $w/\%$                           | $>0.1$     |            |          |

2.2.3 在用油运行监测实例

首钢京唐公司 4 台连铸机主液压系统均使用聚酯

型（HFDU）难燃液压油，该类型液压油具有闪点高、耐低温、可降解等特点，是新一代的难燃液压

油。该型液压油的基础油属于脂肪酸类多元醇酯。在使用过程中出现的问题主要是总酸值增加过快，给设备运行成本造成一定压力。为此，对该型油品的酸

值变化进行了研究。  
采集某连铸机组 2 个结晶器振动液压站 1 年来总酸值变化数据如表 3 所示。

表 3 2 个结晶器振动液压站液压油酸值数据  
Table 3 The acid number of the hydraulic oil of two mold oscillation hydraulic stations

| 月  | 温度 $t/^\circ\text{C}$ |                  | 水质量分数 $w/10^{-6}$ |                  | 总酸值增加值 $c/(\text{mgKOH} \cdot \text{g}^{-1})$ |                  | 总酸值 $c_t/(\text{mgKOH} \cdot \text{g}^{-1})$ |                  |
|----|-----------------------|------------------|-------------------|------------------|-----------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------|------------------|
|    | 1 <sup>#</sup> 站      | 2 <sup>#</sup> 站 | 1 <sup>#</sup> 站  | 2 <sup>#</sup> 站 | 1 <sup>#</sup> 站                              | 2 <sup>#</sup> 站 | 1 <sup>#</sup> 站                             | 2 <sup>#</sup> 站 |
| 1  | 41                    | 38               | 912               | 921              | 0.11                                          | 0.1              | 0.51                                         | 0.51             |
| 2  | 38                    | 41               | 1 095             | 1 087            | 0.12                                          | 0.13             | 0.63                                         | 0.64             |
| 3  | 42                    | 40               | 1 214             | 1 294            | 0.18                                          | 0.16             | 0.81                                         | 0.8              |
| 4  | 40                    | 39               | 1 384             | 1 401            | 0.24                                          | 0.22             | 1.05                                         | 1.02             |
| 5  | 38                    | 38               | 1 511             | 1 536            | 0.31                                          | 0.24             | 1.36                                         | 1.26             |
| 6  | 39                    | 42               | 1 879             | 1 874            | 0.32                                          | 0.29             | 1.68                                         | 1.55             |
| 7  | 40                    | 40               | 2 159             | 2 039            | 0.41                                          | 0.38             | 2.09                                         | 1.93             |
| 8  | 41                    | 39               | 2 398             | 2 415            | 0.51                                          | 0.47             | 2.6                                          | 2.4              |
| 9  | 42                    | 40               | 2 745             | 2 809            | 0.59                                          | 0.58             | 3.19                                         | 2.98             |
| 10 | 39                    | 41               | 2 962             | 3 021            | 0.61                                          | 0.62             | 3.8                                          | 3.6              |
| 11 | 41                    | 40               | 3 214             | 3 240            | 0.66                                          | 0.64             | 4.46                                         | 4.24             |
| 12 | 40                    | 42               | 3 466             | 3 398            | 0.69                                          | 0.7              | 5.15                                         | 4.94             |

对其进行多元回归分析，结果如下：

| 自变量              | 系数          | 系数标准误差      | T     | P     |
|------------------|-------------|-------------|-------|-------|
| 常量               | -1.325      | 1.762       | -0.75 | 0.461 |
| 月                | -0.148 9    | 0.134 0     | -1.11 | 0.280 |
| 温度(℃)            | -0.008 73   | 0.045 67    | -0.19 | 0.850 |
| 含水量( $10^{-6}$ ) | 0.002 333 4 | 0.000 556 6 | 4.19  | 0.000 |

回归拟合方程如下：  
 $c = -1.33 - 0.149T - 0.0087t + 0.00233s$   
式中： $c$  为油品总酸值， $\text{mgKOH/g}$ ； $T$  为时间，月； $t$  为温度， $^\circ\text{C}$ ； $s$  为含水量， $10^{-6}$ 。

多元回归分析结果显示，在上述试验条件下，在 95%置信度水平下，只有含水量为显著性因素 ( $p < 0.05$ )，回归系数为 96.7%，对其进行残差正态性分析， $p$  值为 0.919，模型有效。  
以上分析表明，聚酯型难燃液压油中含有微量水对油品酸值的影响比较大。该型液压油的基础油由不饱和和脂肪酸与多元醇反应生成的酯类物质，在液压系统高压作用下，水作为氧化剂很容易与油分子反应生成有机酸类，由于微量水颗粒非常小（颗粒度越小，比表面积越大），在油品中基本呈均匀分布，这更加剧了氧化反应的进行<sup>[6]</sup>。

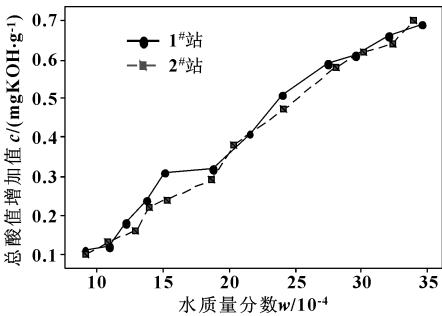


图 1 油品总酸值增加值与含水量关系  
Fig 1 The relation between total acid numbers and water contents

另外，从监测数据来看，含水量一直呈上升状态，伴随着油品酸值增加速度也一直呈增加状态，如图 3 所示，这主要是由于水分在油品中的“浓度”不断增大，氧化反应程度也越来越剧烈，氧化速度越来越快。与化学反应类似，反应物浓度增加，在外界条件不变的情况下，化学方应速率一般呈上升趋势。在采集到的所有 24 个样品中，未观测到自由水，这说明，水在油品中的分布状态还是以溶解水或悬浮水的状态存在的。有研究表明，油品中的悬浮水及自由水对油品老化速度的影响较大。  
聚酯类难燃液压油在氧化过程中生成的酸为有机酸。当油品中有机酸含量少，在无水分和温度低时，

对金属不会有腐蚀作用。但当含量多及存在水分时就能腐蚀金属。有机酸的分子量越小，它的腐蚀能力越大。当存在水分时，即使是微量的低分子酸也有强烈的腐蚀作用。特别是对铅和锌，腐蚀的结果是生成金属皂类，从而造成系统污染，更加剧油品的劣化。

所以控制聚酯型难燃液压油中水分的含量是十分有必要的。值得提出的是，普通蒸馏法能检测到的油品中水分最低值约为质量分数 0.3%，不能充分满足设备日常运行的需要。低于质量分数 0.3% 的微量水可以采用“卡尔费休试验法”、“库伦法”等进行测定。连铸机液压站除水可采用真空式净油机等设备，经过处理后的油品含水量可达到 0.01%（质量分数）以下。

1.3 在用油品污染控制

1.3.1 在用油品污染控制主要范畴

在用油品的污染控制，主要涉及液压油、汽轮机油。油品在使用过程中，在高压状态下，由于本身的氧化以及水分和金属颗粒物的侵入，会使油品污染度增加，酸值增加，产生凝胶、固态沉淀物等，这些物质会加剧系统的污染，导致阀体卡死，密封件破坏等故障，引起系统大面积泄漏<sup>[7-8]</sup>。

在用油品的污染控制主要包括新油污染控制、油品运行污染控制、油品检修污染控制等内容。新油污染控制主要是油品的存储，新油应存放在干燥通风、无灰尘、无水的地方，用后应及时盖紧桶盖。油品运

行污染控制是油品污染控制的重点环节，灰尘、金属颗粒物、污染物可通过液压执行元件、轴承密封、油箱呼吸器等部位进入系统。对于液压油污染控制，应建立专门管理制度。

实践表明，同等条件下，固体污染物的种类、粒度分布、数量多少都对油品老化速度有较为明显的影响。对液压执行元件加装防护套、定期对油品进行在线过滤和脱水可有效保持系统清洁度。对于大型液压站应根据工况定期进行清洁度检验。对于精度和可靠性要求较高的系统，有必要配备清洁度在线监测装置，以保证实时监控系统的污染情况。

1.3.2 在用油品污染控制实例

为了探寻颗粒粒度、分布、温度对油品老化速度的影响，对 4 台相同液压马达液压站进行了跟踪（液压站基本参数见表 4），每半个月对油样进行一次清洁度检验，同时测量油温。结果如表 5 和图 2、3 所示。

| 表 4 液压站基本参数                                       |                             |        |         |
|---------------------------------------------------|-----------------------------|--------|---------|
| Table 4 The basic parameters of hydraulic station |                             |        |         |
| 油品牌号                                              | L-HM46#抗磨液压油                | 油品采样点  | 回油管路测压点 |
| 油品装用量                                             | 4 000 L                     | 油品工作温度 | 42~45 ℃ |
| 系统压力                                              | 15 MPa                      | 主泵型号   | SP500   |
| 系统过滤器精度                                           | 10 μm(β <sub>10</sub> = 20) |        |         |

| 表 5 清洁度、温度跟踪情况                                         |    |               |          |          |           |           |                                     |                                       |        |
|--------------------------------------------------------|----|---------------|----------|----------|-----------|-----------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------|
| Table 5 The cleanliness and temperature of oil samples |    |               |          |          |           |           |                                     |                                       |        |
| 编号                                                     | 序号 | 清洁度 (NAS1638) |          |          |           |           | 酸值 c/<br>(mgKOH · g <sup>-1</sup> ) | 酸值增加 c/<br>(mgKOH · g <sup>-1</sup> ) | 温度 t/℃ |
|                                                        |    | 5~15 μm       | 15~25 μm | 25~50 μm | 50~100 μm | 100 μm 以上 |                                     |                                       |        |
| 1                                                      | 1  | 17 558        | 1 208    | 147      | 7         | 0         | 0.2                                 | —                                     | 45.8   |
| 1                                                      | 2  | 18 996        | 1 877    | 269      | 11        | 0         | 0.218                               | 0.018                                 | 42.7   |
| 1                                                      | 3  | 27 451        | 2 781    | 106      | 23        | 0         | 0.229                               | 0.011                                 | 44.9   |
| 1                                                      | 4  | 33 587        | 3 122    | 364      | 18        | 0         | 0.234                               | 0.005                                 | 47.0   |
| 1                                                      | 5  | 38 784        | 3 621    | 523      | 25        | 1         | 0.247                               | 0.013                                 | 42.4   |
| 1                                                      | 6  | 42 017        | 3 858    | 361      | 38        | 0         | 0.259                               | 0.012                                 | 45.4   |
| 1                                                      | 7  | 46 521        | 4 023    | 589      | 41        | 2         | 0.271                               | 0.012                                 | 44.1   |
| 1                                                      | 8  | 51 237        | 4 191    | 458      | 35        | 0         | 0.283                               | 0.012                                 | 44.5   |
| 1                                                      | 9  | 53 654        | 5 143    | 891      | 36        | 0         | 0.291                               | 0.008                                 | 47.3   |
| 1                                                      | 10 | 51 589        | 8 545    | 1250     | 100       | 1         | 0.307                               | 0.016                                 | 42.4   |
| 1                                                      | 11 | 59 854        | 8 843    | 954      | 85        | 0         | 0.326                               | 0.019                                 | 43.5   |
| 1                                                      | 12 | 59 872        | 9 028    | 663      | 96        | 1         | 0.347                               | 0.021                                 | 47.1   |
| 2                                                      | 1  | 16 554        | 1 025    | 119      | 19        | 0         | 0.2                                 | —                                     | 43.4   |
| 2                                                      | 2  | 36 528        | 1 785    | 253      | 32        | 0         | 0.216                               | 0.016                                 | 44.4   |
| 2                                                      | 3  | 48 756        | 1 987    | 187      | 58        | 1         | 0.249                               | 0.033                                 | 45.4   |
| 2                                                      | 4  | 56 956        | 2 039    | 338      | 29        | 2         | 0.273                               | 0.024                                 | 46.0   |

续表 5

| 编号 | 序号 | 清洁度 (NAS1638)      |                     |                     |                      |                      | 酸值 $c/$<br>( $\text{mgKOH} \cdot \text{g}^{-1}$ ) | 酸值增加 $c/$<br>( $\text{mgKOH} \cdot \text{g}^{-1}$ ) | 温度 $t/^\circ\text{C}$ |
|----|----|--------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------|
|    |    | 5~15 $\mu\text{m}$ | 15~25 $\mu\text{m}$ | 25~50 $\mu\text{m}$ | 50~100 $\mu\text{m}$ | 100 $\mu\text{m}$ 以上 |                                                   |                                                     |                       |
| 2  | 5  | 59 684             | 2 456               | 138                 | 87                   | 1                    | 0.314                                             | 0.041                                               | 40.6                  |
| 2  | 6  | 63 548             | 2 658               | 295                 | 93                   | 0                    | 0.337                                             | 0.023                                               | 43.6                  |
| 2  | 7  | 85 957             | 3 028               | 176                 | 65                   | 0                    | 0.393                                             | 0.056                                               | 41.9                  |
| 2  | 8  | 88 129             | 3 325               | 196                 | 71                   | 2                    | 0.419                                             | 0.026                                               | 45.9                  |
| 2  | 9  | 96 360             | 3 789               | 420                 | 76                   | 1                    | 0.438                                             | 0.019                                               | 46.4                  |
| 2  | 10 | 102 579            | 4 180               | 479                 | 69                   | 1                    | 0.451                                             | 0.013                                               | 45.7                  |
| 2  | 11 | 101 498            | 4 025               | 554                 | 120                  | 0                    | 0.467                                             | 0.016                                               | 47.7                  |
| 2  | 12 | 102 697            | 4 139               | 362                 | 59                   | 1                    | 0.483                                             | 0.016                                               | 45.0                  |
| 3  | 1  | 17 954             | 987                 | 127                 | 13                   | 0                    | 0.2                                               | —                                                   | 43.1                  |
| 3  | 2  | 22 149             | 1 369               | 295                 | 26                   | 0                    | 0.212                                             | 0.012                                               | 43.0                  |
| 3  | 3  | 26 987             | 1 789               | 216                 | 34                   | 0                    | 0.221                                             | 0.009                                               | 43.7                  |
| 3  | 4  | 25 484             | 1 930               | 203                 | 59                   | 0                    | 0.224                                             | 0.003                                               | 43.9                  |
| 3  | 5  | 27 891             | 2 123               | 84                  | 35                   | 2                    | 0.259                                             | 0.035                                               | 43.0                  |
| 3  | 6  | 31 254             | 2 489               | 301                 | 71                   | 0                    | 0.276                                             | 0.017                                               | 44.9                  |
| 3  | 7  | 32 189             | 2 685               | 138                 | 106                  | 1                    | 0.281                                             | 0.005                                               | 41.7                  |
| 3  | 8  | 35 891             | 2 758               | 398                 | 62                   | 0                    | 0.293                                             | 0.012                                               | 41.4                  |
| 3  | 9  | 41 256             | 3 027               | 285                 | 128                  | 2                    | 0.31                                              | 0.017                                               | 45.6                  |
| 3  | 10 | 40 256             | 3 143               | 119                 | 171                  | 1                    | 0.317                                             | 0.007                                               | 48.3                  |
| 3  | 11 | 38 459             | 3 120               | 201                 | 61                   | 1                    | 0.32                                              | 0.003                                               | 43.7                  |
| 3  | 12 | 41 253             | 3 087               | 381                 | 93                   | 1                    | 0.322                                             | 0.002                                               | 44.2                  |
| 4  | 1  | 17 693             | 1 123               | 32                  | 16                   | 1                    | 0.2                                               | —                                                   | 43.1                  |
| 4  | 2  | 18 953             | 1 289               | 162                 | 19                   | 0                    | 0.208                                             | 0.008                                               | 44.8                  |
| 4  | 3  | 20 126             | 1 471               | 84                  | 31                   | 0                    | 0.211                                             | 0.003                                               | 43.6                  |
| 4  | 4  | 21 223             | 1 068               | 79                  | 49                   | 0                    | 0.216                                             | 0.005                                               | 43.6                  |
| 4  | 5  | 21 289             | 1 326               | 138                 | 33                   | 0                    | 0.216                                             | 0                                                   | 45.2                  |
| 4  | 6  | 23 697             | 951                 | 329                 | 47                   | 1                    | 0.22                                              | 0.004                                               | 39.3                  |
| 4  | 7  | 26 254             | 1 325               | 495                 | 39                   | 0                    | 0.225                                             | 0.005                                               | 43.4                  |
| 4  | 8  | 27 631             | 1 548               | 238                 | 58                   | 0                    | 0.227                                             | 0.002                                               | 42.9                  |
| 4  | 9  | 28 456             | 2 185               | 114                 | 40                   | 1                    | 0.231                                             | 0.004                                               | 41.8                  |
| 4  | 10 | 28 964             | 2 339               | 152                 | 38                   | 0                    | 0.236                                             | 0.005                                               | 43.6                  |
| 4  | 11 | 28 910             | 1 841               | 132                 | 49                   | 0                    | 0.239                                             | 0.003                                               | 43.5                  |
| 4  | 12 | 28 695             | 2 583               | 146                 | 34                   | 0                    | 0.241                                             | 0.002                                               | 42.6                  |

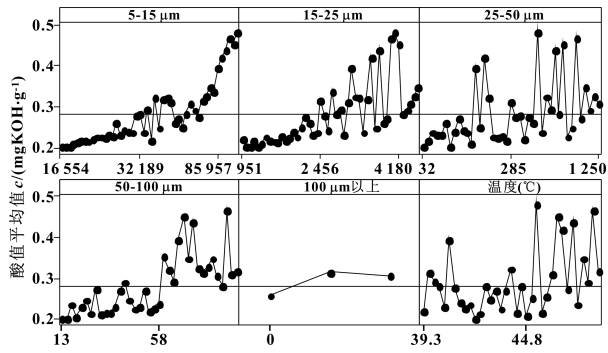


图 2 油品平均酸值与清洁度及温度关系的主效应图

Fig 2 The relation of the average acid number and the cleanliness and temperature

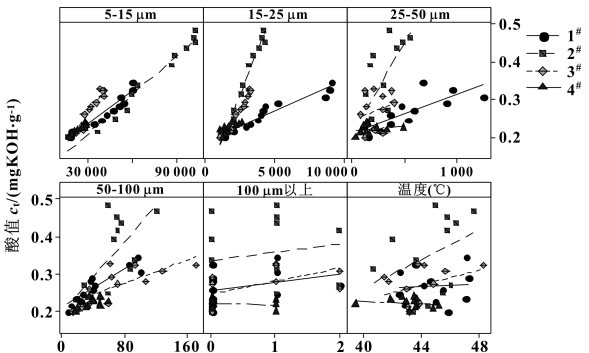


图 3 油品总酸值与清洁度及温度关系的散点图

Fig 3 The relation of the total acid number and the cleanliness and temperature



对以上数据进行主效应（见图 2）图及散点图（见图 3）分析显示，随着油品清洁度变差，4 个液压站的油品酸值都是呈升高状态，以 2<sup>#</sup> 液压站酸值升高速度最快，以下依次是 1<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>。温度对酸值升高的影响不大。5~15  $\mu\text{m}$  的小颗粒对油品酸值的增加速度的影响最为明显，其次是 25~50  $\mu\text{m}$  颗粒，颗粒度越小，数量越多，对酸值影响越明显，同时，在 40~42  $^{\circ}\text{C}$  区间，温度对于酸值增加的影响不明显。

这主要是由于，颗粒度越小，颗粒的比表面积越大。以球形颗粒物为例，直径 10  $\mu\text{m}$  的颗粒物的比表面积是直径 50  $\mu\text{m}$  颗粒物的 5 倍。油品酸值的增加是一个化学反应过程，在这其中，金属颗粒物在这一过程中充当催化剂作用，固液两相的化学反应一般在固体表面进行，比表面积越大，化学反应速率越快，反应越充分，反应“活性”越高。

对照 NAS1638 标准，4 个液压站的油品清洁度均降低，这是由于小颗粒过多造成的。例如对于 1<sup>#</sup> 液压站第一个油样来说，按照 15~25  $\mu\text{m}$  的颗粒数量，其对应的清洁度为 NAS 4 级，然而，根据其 5~15  $\mu\text{m}$  的颗粒物数量其对应的清洁度为 NAS 7 级，这也反应了 NAS1638 在清洁度评价方面存在的一些不足，即单纯看清洁度等级，不能发现油液中颗粒度的分布情况。ISO4406 在一定程度上弥补了这一缺陷，该评价方法由两部分构成，分别描述小于 15  $\mu\text{m}$  与大于 15  $\mu\text{m}$  的颗粒数量，但 ISO4406 描述的颗粒粒度区间没有 NAS1638 广泛。

## 2 结束语

首钢京唐公司自 2009 年开始推行“全优润滑管理”，目前已形成了以“油品状态监测”、“油品定期定点配送”、“在用油品污染控制”为主要内容的润滑管理体系，从而保证了设备的安全稳定运行。

### 参考文献

[1] 胡邦喜.设备润滑基础[M].北京:冶金工业出版社,2006.

[2] 贺石中,冯伟,钟龙凤.工业企业“润滑审计”模式的建立及实践[J].润滑与密封,2013,38(8):104-108.

He Shizhong, Feng Wei, Zhong Longfeng. Establishment and practice of industrial enterprise “Lubrication Audit” mode[J]. Lubrication Engineering, 2013, 38(8): 104-108.

[3] 梁卓颖,李桂青.烟厂全优润滑管理体系的建立[J].润滑与密封,2012,37(3):111-115.

Liang Zhuoying, Li Guiqing. Establishment of excellent lubrication management system in cigarette factory[J]. Lubrication Engineering, 2012, 37(3): 111-115.

[4] 路世忠,王太勇,李瑞欣,等.流程企业设备润滑管理平台的构筑及实现[J].制造业自动化,2004(3):25-27.

Lu Shizhong, Wang Taiyong, Li Ruixin, et al. Construction and realization of management platform based on device lubrication for process industry[J]. Manufacturing Automation, 2004(3): 25-27.

[5] 尚丽影,仲光霞.油液监测技术在炼钢设备润滑管理上的应用[J].润滑与密封,2011,36(4):119-124.

Shang Liying, Zhong Guangxia. Application of oil monitoring in lubrication management of steel work equipment[J]. Lubrication Engineering, 2011, 36(4): 119-124.

[6] 苏欣平,魏晓光,郭仲,等.液压系统水污染的分析与防治[J].机床与液压,2011,39(4):128-129.

Su Xinping, Wei Xiaoguang, Guo Zhong, et al. Analysis and preventive treatment for water pollution in the hydraulic system[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2011, 39(4): 128-129.

[7] 邓经纬,匡华云.大型机械液压油污染分析及在线监测技术[J].液压与气动,2006(12):80-87.

Deng Jingwei, Kuang Huayun. Analysis to largescale machinery hydraulic oil contamination and online monitoring technology[J]. Hydraulic and Pneumatic Technology, 2006(12): 80-87.

[8] 马丽英,曹源文,归少雄.液压油污染度自动监测技术研究[J].重庆交通大学学报,2007,26(4):67-68.

Ma Liying, Cao Yuanwen, Gui Shaoxiong. Research on auto-monitor technology for hydraulic oil contamination[J]. Journal of Chongqing Jiaotong University: Natural Science, 2007, 26(4): 67-68.

(上接第 118 页)

Zhang Yingtang, Ren Guoquan. The present condition and development of oil monitoring technique[J]. Lubrication Engineering, 2000, 25(2): 65-66.

[3] 朱兆聚,李方义,贾秀杰,等.基于油液监测技术的推土机变速箱故障诊断[J].润滑与密封,2014,39(7):83-87.

Zhu Zhaoju, Li Fangyi, Jia Xiujie, et al. Fault diagnosis of bulldozer gearbox based on oil monitoring technology[J]. Lubrication Engineering, 2014, 39(7): 83-87.

[4] 孙志伟.基于油液分析技术的设备监测与故障诊断方法研究[D].太原:太原理工大学化学化工学报,2012.

[5] 钟龙凤,康克家,冯伟.合成气压缩机视情诊断[J].润滑与密封,2013,38(1):104-107.

Zhong Longfeng, Kang Kejia, Feng Wei. Condition-based diagnosis of synthesis gas compressor[J]. Lubrication Engineering, 2013, 38(1): 104-107.

[6] 刘淑真,付洪瑞.油液监测技术及其方法[J].机械工程师,2009(5):137-138.

Liu Shuzhen, Fu Hongrui. Oil monitoring technique and methods[J]. Mechanical Engineer, 2009(5): 137-138.

[7] 郎需进,周亚斌,范立新.油液监测技术在确定车辆磨合周期中的应用[J].润滑与密封,2012,37(11):108-110.

Lang Xujin, Zhou Yabin, Fan Lixin. Application of oil monitoring technology in determining the running-in period of vehicles[J]. Lubrication Engineering, 2012, 37(11): 108-110.