

工程中液压系统的污染控制

编译/兰州理工大学舞台设备研究所 魏发孔

【摘要】 液压传动是最可靠的并具有可重复性的动力及运动控制形式之一，为实现上述目的就要求对系统进行精妙的设计和有效的污染控制。实践证明，液压系统运行中出现的问题80%是与污染控制不充分有关。了解本文的内容将在很大程度上有助于设计和维护工程师获得稳定的系统清洁度，而这正是液压传动可靠运行的基础。

【关键词】 污染 磨损 过滤 清洁度 系统

【Abstract】 Fluid Power is one of the most reliable and repeatable forms of power and motion control. All that is required is comprehensive state-of-the-art system design and modern systemic contamination control. When problems are encountered, 80% of the time they are related to inadequate contamination control practices. Understanding this handbook will greatly assist the design or maintenance engineer in achieving the balanced system cleanliness that is the cornerstone of fluid power reliability.

【Key Words】 contamination abrasion filtration cleanliness level system.

编者按：

美国VICKERS公司曾几十年致力于液压系统及元件的设计研究，还结合生产实践并借助设备精良的实验室，对液压系统的污染控制进行了专题研究。这篇文稿是该项研究的原始资料，也是液压系统的污染控制专业指导书，研究首先指出了原版国际标准《ISO 4406》的不足。新版国际标准《ISO 4406-1999》及新版我国《机械设计手册》均采用了其中的部分研究成果，正说明它在专业上的权威性，比较有参考价值。本文根据这份资料编译而成，拟分为三期刊发，供中小企业及设计、维护中小剧场液压系统的专业人员参考。

前言

对于液压或油润滑机械来讲，确定一个清洁度水平，且要达到计划目标，如同选择泵、阀、调节器或轴承等一样，是系统设计的一部分。不幸的是当一些系统设计者选择一个过滤器时，他们只是看到了过滤器供应商的产品目录，却很少关注这种特殊系统的整体要求。为了达到预期的清洁度，就需要选择和配置适当的污染控制设备，以期消除（根除）高达80%的液压系统的故障。

另外，用户的液压系统有效成本接近于污染控制所允许的过滤器和元件的价格，通过改进服务性能使其很快地恢复、增加元件寿命，增加油液寿命，延长运行时间和减少维修。

为了重点强调元件设计、系统设计、过滤器性能和过滤器布置之间的相互影响，这里推荐了指定的过滤器并指出了系统污染控制的途径。

本文专门定义质量、有效成本内系统污染控制的理论和实践。

1 污染控制的系统途径

为了达到有效性和经济性相一致，必须首先确定目标，系统污染控制的目标总是一致的：清洁油液使其达到在系统的有效使用期内，污染不再是任何元件失效的一个因素。实现这个目标的第一步是建立考虑系统特殊需要的清洁度指标。

一旦目标已经建立，下一步是选择过滤器和设置其在系统中的合理位置，使其能够在有效成本内达到这个

目标。这就需要懂得过滤器的性能、循环动力学和过滤器布置。这三个因素都是重要的,但最后两个因素——循环动力学和过滤器布置,往往没有得到足够的重视。

我们现在能看到一些最初保持液压油或润滑油清洁的高效过滤器的资料。大多数系统都存在污染问题,其产生原因有:缺乏对流体动力学的了解而忽视了对过滤器的布置;系统中的过滤器在整个服务寿命期间没有能力维护其性能指标。本文提出了需要处理过滤器布置和系统动力学的指导方针。

机器运转之后,最终及正在进行的步骤是确定维持中的目标清洁度。最经常完成的是送一些油液样品到颗粒计数实验室给出已确定标准的清洁度(或污染度)代码数。如果目标正在满足,系统只是需要维护过滤器并且周期性地重

测油液。如果清洁度目标不能达到,就需要采取纠正措施。有时需要改变维护习惯,而有时可能需要提高过滤器等级或附加过滤器。污染控制的明智之举是在设计阶段就考虑好如何避免短期和长期问题的最佳措施,保证使液压或润滑油机械获得长期可靠的运行。

2 量化油液清洁度

建立目标清洁度的第一步是了解“清洁”不是一个一般的术语而是一个专门的定量值。液压油或润滑油清洁度的当前国际标准由 ISO4406 (注:ISO 4406-1999 液压传动油液固体颗粒污染等级代号法) 定义。使用被认可的实验室颗粒计数程序,即确定在 1 ml 油液里固体颗粒的数量及大小(见图 1)。

表 1 为用自动粒子计数器计算出液压油样本中的典型数据。

一旦获得结果,这些点被绘在清洁度图表上(见图 2)。这个图表有给出定量的范围代码(最左边), 0~25 与颗粒的详细数量相符合。取得范围代码为大于等于 5 μm 的颗粒的数量和代码范围为大于等于 15 μm 的颗粒的数量并且用斜杠连在一起所表示 ISO 油液清洁度代码。对于样品中的颗粒计数,大于等于 5 μm 的颗粒数是 89 个,其代码为 14,而大于等于 15 μm 的颗粒数是 22 个其代码为 12, ISO 4406 在 1999 前的版本中描述该油液清洁度为 14/12。由于它不提供内部形成的小于 5 μm 的残渣微小颗粒的数量而掩盖了重要的情况。为了弥补这一部分,ISO 4406-1999 已经采纳了扩大代码到相互关联的三个范围,即 2 μm , 5 μm 和 15 μm 。举例来说,清洁度代码变成了 20/14/12。整个这份文件我们将用带有三个范围的代码表达清洁度。

表 1 用自动粒子计数器计算出的液压油样本数据

以微米计的颗粒大小“X”	在一毫升试验油液中大于“X”的颗粒的数量
2 μm	5120
5 μm	89
10 μm	43
15 μm	22
25 μm	3
50 μm	4

注:颗粒计算通常试验 10 ml~100 ml 的油液,然后折算成一毫升。这将使结果更具有代表性。

图 1 自动颗粒计数装置

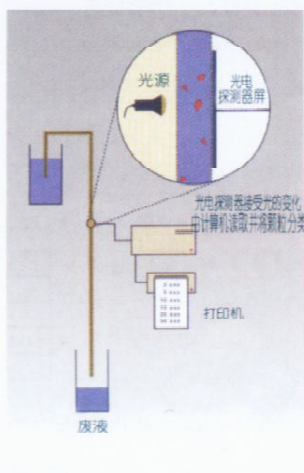


图 3 污染的新油

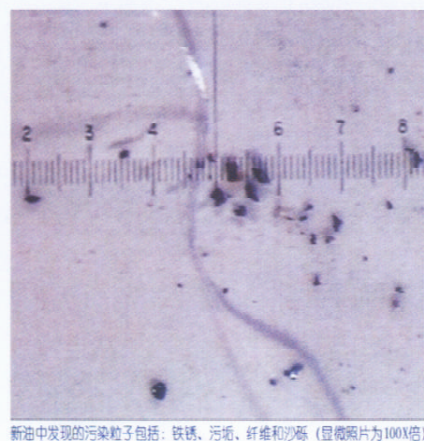
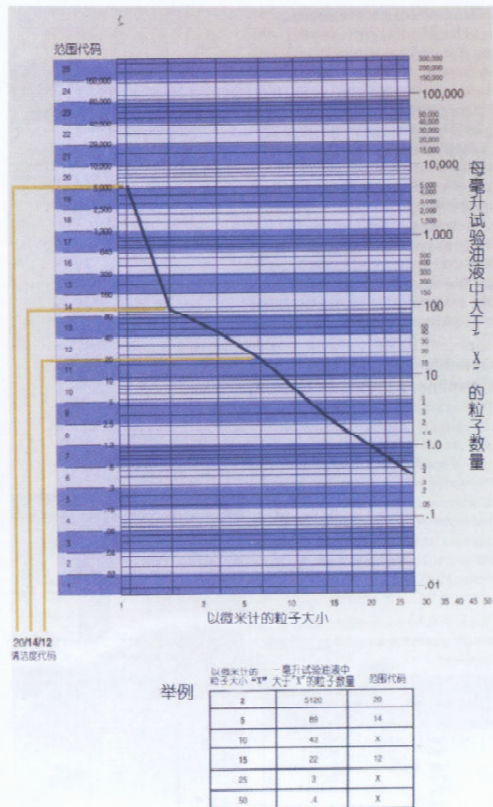


图 2 清洁度代码图表



3 污染源

进入油液的固体污染源有四种基本的渠道。它们是：新添加油的污染，内置的污染，入口污染和内部产生的污染。其中每种污染在重点考虑布置过滤器的时候都需要了解。

3.1 新添加油的污染

虽然液压油和润滑油是在可靠的清洁条件下精炼的，但是油液运输到用户常用的储藏油桶或油罐时要通过许多管路。由于运转过程中时常卷入金属和橡胶颗粒以及油桶内剥落的金属和碎片，油液不再清洁。储藏罐是一个确实存在的问题，因为水分浓缩在里面产生锈蚀颗粒，来自大气的污染也可以找到进入油罐的途径，除非安装了良好的换气装置。

如果油液在合理的条件下储藏，传输到机器里的主要污染将是金属、硅土和纤维（见图3）。来自著名供应商提供的样品已经表明典型的清洁度为17/16/14 或更差。使用一个方便移动的装有高效过滤器的滤油车，在污染进入并损害系统元件之前将污染物去除，将是一种有效可取的措施。

3.2 内置的污染

新的机器总是含有一定量的内置污染。在系统中仔细装配并冲洗新的元件可以减少污染，但不可能根除。典型的内置污染是磨石、碎片、电镀层、污垢、灰尘、纤维、沙砾、湿气、管子密封胶、焊疤、油漆及洗涤液等等。

系统冲洗期间去除污染的量不仅取决于所使用过滤器的效力，而且取决于冲洗油液的温度、粘度、速度和“振荡”的程度。除非达到高速度和高频率的振荡，否则直到系统运行时多数污染物也不可能被清除，因而会导致惨重的元件故障。不管机械施工人员执行冲洗的标准如何，任何新油、再生油或润滑油系统在空载运行期间的情况都应该得到重视。

3.3 入口污染

直接来自环境的污染有可能进入液压力或润滑系统，但这种情况比较容易监控，如同在钢厂或汽车制造厂内的大型装配，虽然其变化相当大，但相对地容易了解环境条件。例如焦炭炉运行条件大大地不同于冷压加工的类型系统。对于可移动的设备，其应用的环境条件、场地甚至气候条件（即高气流）都有很大的变化。

关键是严格地限制环境污染系统的通路。灰尘进入系统有四种主要的途径：油箱通气口、泵站系统盖板、维修期间元件打开时以及油缸的密封处等（见图4）。

3.4 入口污染源

（1）油箱通风口。允许空气进出油箱进行交换，以补偿主要由油缸往复和油液热胀冷缩引起的油液变化。所有交换空气的通风口都需要安装屏障式空气滤清器。其他可接受的选择是使用球胆或柔性橡胶屏障，预防交换空气接触系统油液的表面或防止油箱真空引起的负压。

（2）油箱口盖板。在一些设备上，油箱口盖板通常是不可或缺的设计。污染控制好的系统要求油箱的设计在运行期间保持密封，而在维护保养时要很容易地打开，在这方面的污染控制需要对维护保养及维修人员进行适当的培训。

（3）维护期间的侵入。无论何时一个系统正在打开维护的时候，就有可能使环境污染进入系统。要采取措施尽可能地保证打开的部件被隔离或保护，重新制作或装配的零部件一定要在防止额外的空气灰尘及污染的环境中进行。

应该用棉纱或吸油的抹布将装配后的部件擦拭干净，并将周围清理干净。

（4）油缸密封口侵入。活塞杆滑动密封处在除去薄薄的油膜和来自杆部的轻微污染方面几乎不能设计得100%有效。沾在伸出部分的环境灰尘在缩回时被带入缸内冲刷到系统油液中。在设计过程中要重点对伸出部分认真考虑。当此处的污染不可避免时，应考虑设置容量足够的过滤器。

3.5 系统污染的产生

对于系统来说最危险的污染是由系统自身产生的。那些“硬化的”颗粒的硬度要比产生颗粒的本体表面更硬，并且进一步地对系统引起更严重的损害。虽然所有的部件（尤其是泵）在日常运行期间会产生少量的颗粒，但系统运行在有适当清洁度油液下时产生的颗粒极少。在不能很快除去颗粒的系统里，污染级别的提高将会引起额外产生颗粒的数量迅速增加。防止系统内部产生污染的最好方法是以一个清洁（充分冲洗）的系统为起点，并在运行中持续保持系统的油液干净。（未完待续）

注：本文编译自《VICKERS：THE SYSTEMIC APPROACH TO CONTAMINATION CONTROL A Complete Guide for Maximum System Performance》。本文在编译过程中删减了涉及商业广告的部分内容，只将技术内容纳入，以供专业人员参考。

（责任编辑 张 森）

图4 污染源

