

# 液压系统污染控制展望(续)

〔美〕 R.K.Tessmann, L.E.Bensch

滤芯旁通漏油的影响已被试验结果及数学处理很好地证实[11,12]。不过,由于这种漏油可能使本来很出色的滤油器完全失色,所以它可望成为设计与验收指标的一个重要部分。

业已证明,在多次通过试验中采用在线颗粒计数可以更准确地评定过滤性能[12]。不过,由于目前能得到的颗粒计数仪器的局限性,这不是一个简单的提议。必须尽量减小振动,必须控制通过传感器的流量,必须注意计数器的污垢饱和极限。然而可以预言,程序上的突破及仪器的发展将会使在线颗粒尺寸分布评定成为一种更实用的方法。

## 污垢侵入

液压系统污染控制领域里有句格言说,不让污垢进入系统就没有问题了。虽然这种说法过于简单化了,但它也含有几分真理。污垢经过系统与环境的几乎每个边界进入系统油液。油箱通气器、缸杆密封、泵轴油封、阀芯密封,所有这些环境污垢侵入系统的潜在通路。此外,液压元件工作时的磨损也是个污垢源。

在液压系统中清除侵入的污染的滤油器其实是个比例元件。就是说,它把呈现在它面前的污垢的一定的百分比清除掉。因而,侵入速度越高,则受到过滤的污垢数量越大,被清除的污垢也越多。不幸的是,污染同样也与污垢进入系统油液的速度成正比。

作过估计现场系统侵入速度的尝试[13]。为了完成它,采用了稳态过滤关系式。这项工作表明,系统滤油器的额定过滤比并非作出准确估计所需要的唯一情报。由于动态或周期性流量及旁通漏油二者都对滤油器在工作系统中所表现出来的过滤比有不良影响,这些因素必

须是任何侵入计算的一部分。

虽然液压系统中的污染等级与侵入速度成正比,但是周期性流量和旁通漏油也使污染等级升高。由于开展了确定动态流量和滤油器旁通漏油的影响的工作,可望系统设计师将会更注意这些因素。

此外,今后必须努力确定现场系统的实际侵入情况。将制订试验步骤以评定油箱通气器排斥污染的效率,各种密封装置的侵入特性将被详细研究。

## 污垢敏感度和磨损

液压系统中的颗粒性污染加速磨损,堵塞小孔、卡紧阀芯,总之要加速元件的报废。污染控制中涉及这些后果的方面被恰当地称做元件的污垢敏感度和磨损。

由于液压系统是封闭的,发生磨损时不可能用肉眼观察磨损过程。因而,从事元件污垢敏感度方面工作的研究员把可从外部测量的性能参数的变化用作磨损的标志。这种方法在某些方面(如泵与马达的污垢敏感度等)造成了显著的进展[14、15],主要是因为确定随磨损而变化的性能参数是比较容易的。不过,对某些元件(如阀和缸)来说,选择这样一个参数就比较困难了。

用于几乎每一种主要的液压元件的污垢敏感度试验步骤都已在美国陆军行走装备研制司令部的资助下制订出来了。不过,有关定量泵和马达方面的工作得到行业的广泛注意。定量泵污垢敏感度试验步骤已被美国流体动力协会采纳[16],而马达的步骤处在表决阶段。

也是由美国陆军行走装备研制司令部出资的一项计划中,压力补偿式泵的污垢敏感度已

被研究[17]。为了达到一定的性能,这种泵中有两个子系统必须抵御泵所受到的污垢侵袭:抽送系统和补偿系统。在一项较早的研究[18]中,进行两种试验来评定压力补偿泵的污垢敏感度。一种试验仅暴露抽送环境,同时却把补偿机构封闭起来。第二种试验使两个机构都承受污染的油液。

在最新的研究中,只进行一项试验。把在67%的维持压力下测得的流量下降值用作抽送系统污垢磨损的标志。通过测定维持压力的变化来评定受控制的污垢环境对补偿器的影响。通过这种方式,用一项试验就评定了压力补偿泵的两个子系统。

这项工作所制订的试验步骤将提交有关标准团体考虑。由于液压系统正在向更高的压力和闭中位结构发展,据信压力补偿式柱塞泵的污垢敏感度今后将是一个重要方面。

泵污垢敏感度试验的结果可以表达为在规定的污染等级之下泵的污垢使用寿命。文献[14]中详述了这些计算的原理。去年进行了一项计划来验证这种污垢寿命预测法的精度。该工作的初步结果见文献[19]。

为了用污垢敏感度试验的数据预测泵的现场寿命,计算了污垢磨损系数。这些系数与每种颗粒尺寸增量的每个颗粒引起的流量下降值有关[14]。在试验中,按多次通过方式把各种颗粒尺寸范围暴露给泵。就是说,把污垢注入系统并把它保持到观察不出新的流量下降为止。

现已得知,在这种试验中经过一段时间之后污垢就变得不起作用了,而这一事实已在寿命预测计算中加以考虑。不过,有人争论说,在现场工作中污垢连续侵入并被滤油器不断清除,所以在试验中所观察到的污垢毁坏现象在现场中将不存在。验证试验的初步结果将表明情况并非如此。

这些验证试验所用的试验系统中带有一个相对来说不太有效的滤油器,以致于用少量的污垢注入即能达到很高的污染等级。这就是说,暴露于泵的污垢中大部分并不是新加入的

污垢而是逃脱了滤油器的捕捉的颗粒。因而,在系统中循环着的污垢颗粒有很大的百分比曾多次暴露于泵。这与试验中产生颗粒毁坏是同一种作用。

目前进行着揭示污垢颗粒几次通过泵之后就变得不起作用这一事实的真正原因的工作。一种传统的理论是,它们破碎成尺寸较小的颗粒,因而变得对泵不那么有害了。

另一种较新的概念是,形状不规则的污垢颗粒的尖锐棱角在磨损过程中被磨圆了,这些颗粒被卷入以后的磨损过程时就不那么有害了。这项评定颗粒毁坏过程的工作的结果将被包括在污染寿命预测理论中。这样一项突破将使概念更准确并有更广泛的适用范围。

即便有了污垢敏感度和污垢磨损方面的全部活动,研究员仍然不能直接地研究磨损过程。采用泵的流量下降值之类的外部性能参数发展了非常有用的数据与概念。然而,针对每种元件都找出这样一个参数是困难的,而且仅能给出很少一点关于磨损过程本身的情报。

已经出现了一个新的技术领域,它很有希望得出极其需要的污垢磨损参数,并能洞察所卷入的实际磨损过程。这门叫做铁粉记录图的新技术是1973年首次发表的[20]。

运动件之间的表面恶化是机器运转的一种正常的特征。液压元件中任何给定时间里的实际磨损方式与磨损速度取决于所卷入的材料、工作循环、工作环境及所采取的减磨措施。在正常工作过程中,数以十亿计的磨损颗粒可能进入系统油液。这些颗粒的尺寸范围从几毫微米到10微米以上。

通常,液压元件中至少有一个重要的磨损零件是钢质的;因此,从这种零件脱落下来的磨损屑受磁场的影响很大。然而,似乎有点不可思议,通常未受过磁力影响的磨损颗粒却带有磁性。铁粉记录图系统正是利用磨损屑的这种属性。

能够把磨损产物(磨损屑)与侵入液压系统油液的其他污垢分离开,使得这种方法很适

用于评定和研究污垢磨损。例如,在污垢敏感度试验中,元件被暴露于由标准试验污垢组成的受控制环境。磨损屑的特性提供关于污垢磨损过程的极其重要的情报。过去这种情报是无法得到的,因为引入的污染占优势。目前采用铁粉记录图分析法所进行的研究工作不仅表明可以把磨损屑与其他污垢很好地分离开,而且表明这些碎屑的浓度与特性是磨损速度与磨损方式的灵敏度很高的度量。

液压系统磨损过程的铁粉记录图分析被看成一项重大突破。虽说该方法目前还刚刚用于液压系统分析,但这项工作的结果及已见报道的其他领域的活动表明它很有前途。如果发现未来的污垢磨损分析及系统诊断都围绕铁粉记录图评定来考虑,那是不足为奇的。

### 结 论

在液压系统污染控制方面已经做了大量工作。但这既不意味着所有的问题都已解决,也不意味着所建立的概念都十分准确。例如,空气和水的存在就使利用自动颗粒计数器进行的污垢分析复杂化。此外,极小颗粒浓度过高会使颗粒尺寸分布评定不准确。污染分析方面以往的工作表明,把油样稀释到较低的浓度可能是一种解决办法,但稀释方法本身又带来其他问题。

为确定污染分析方面的问题而成立的委员会由来自液压用户、颗粒计数器制造商及液压研究团体的专家组成。可以指望,在这个委员会的鼓励与指导下制订的行动步骤不仅将导致更加成熟的颗粒分析方法,而且将在进一步研制用于这种工作的仪器方面产生突破。

在污染控制的过滤方面,周期性流量试验步骤及在线颗粒尺寸分析正在迅速地变成现实。静电荷对滤油器分离性能的影响是流体动力中的一项较新的发现。由于评定这种滤油器的性能的主要方法是多次通过试验法,必须调查在这种评定方法的结果中反映出来的那些因素。目前进行着静电效应方面的工作,这项研究的完成一定是将来的一件大事。

侵入液压系统油液的污垢的数量仍是一个主要的争论焦点。已经做过估计这一因素的尝试,但周期性流量及滤芯旁通漏油使这项工作大大复杂化。然而,污垢侵入是用于现场系统的污染控制中的一个重要参数,准确确定其大小是一项必不可少的工作。据信,随着液压行业进一步意识到这种必要性,将会取得数据以满足需要。

定量泵与马达污垢敏感度试验步骤的行业标准化作为不久的将来的一项成就而隐隐出现。此外,目前进行的关于压力补偿泵污垢敏感度的工作将导致新的试验步骤。不过,所有污垢敏感度工作的真正目标是向系统设计师提供可据以选出最敏感元件的情报。运用污垢寿命预测理论这一工具可以满足液压系统的寿命与可靠性要求。

瞄准污垢寿命概念的验证试验的结果提供了可以用来完善理论的数量可观的情报。由于计划了更多的试验,所以理论与试验结果之间的实际关系将等待完整的情况。不过,一种全面的经过充分验证的污垢寿命预测方法看来将是未来的一项成就。

通过元件性能下降来进行的污垢分析的缺点之一在于,对实际磨损过程所知甚少。铁粉记录图的登场带来克服这个缺点的巨大希望。随着在液压元件与液压系统的评定与诊断中采用铁粉记录图技术,将会出现清晰得多的污垢影响图形。目前正在进行的这方面的工作将在未来提供该图形。

过去十年里液压系统污染控制的整个技术领域取得了巨大的进展。用户、制造商及科学家的努力已经使这个领域从幼年期进入青春期并迅速成熟起来。前途是光明的。虽然还有许多工作要做,但是看到整个液压行业对充分探索和利用污染控制技术的兴趣是让人高兴的。

### 参考文献 (略)

(郭爱克译自Hydraulics & Pneumatics, March 1977)