

液压系统泄漏原因分析与控制

大连华锐股份有限公司液压装备厂 高存强

摘要 对液压系统的泄漏形式和原因进行了分析,提出了预防液压系统泄漏的基本措施,为减少或消除液压系统的泄漏提供了解决方法。

关键词 液压系统 泄漏 密封

1 前言

正常工作情况下,液压系统循环的工作介质是在规定的容腔内流动,但由于压力、间隙等原因,实际工作中有部分工作介质越过容腔边界而流出,此现象称为泄漏。泄漏按流向可分为内泄漏和外泄漏,按部位和结构状态可分为动泄漏和静泄漏,按泄漏机理可分为界面泄漏和渗透泄漏。通常,液压系统泄漏类型主要指内泄漏和外泄漏。

内泄漏是指在液压系统内部,工作介质从高压部分向低压部分的泄漏。外泄漏是指工作介质从液压系统内部向外部的泄漏。液压系统的泄漏,尤其是外泄漏,不仅会浪费大量的工作介质,造成经济上的损失和环境污染,而且直接影响机械设备的稳定性、可靠性,甚至造成机器运转异常、效率降低、系统发热及控制失灵。因此泄漏已成为液压系统的不可忽视的问题之一。

本文针对液压系统的泄漏进行研究探讨,以采取行之有效的办法或途径来防止和控制液压系统的泄漏。

2 泄漏与密封基本机理

凡是包含有压力的液体所组成的单位,在液压系统中的不同元件连接在一起的分界处都有潜在的泄漏点,而且随着系统压力的升高,泄漏的危险也急剧增加。结合面的直线度和平面度偏差所形成的间隙及表面粗糙度产生的孔隙,是固定结合面处泄漏的主要通道。因为在两结合面不可能完全接触的间隙和孔隙中,其不接触的微观凹凸处,形成了截面形状多样、大小不等、弯弯曲曲的缝隙,若其截面尺寸大于流体介质的分子或分子团,这些缝隙就是泄漏通道。在液压传动中,密封与密封装置就是用来防止工作介质的泄漏以及外界的气体、水和灰尘侵入。

(1)两结合面配研成镜面密合,可以达到表面的实际接触面积与理论接触面积的统一,即实现100%的接触(精车可实现15%左右接触,精磨为30%~50%,精研为90%左右)。若施加一定的压力就能确保两结合面不分离,可以防止泄漏,但是成本太高,在工业生产中是难以做到的。

(2)消除两结合面因间隙和孔隙产生的潜在泄漏点,常用的方法就是加填料(如橡胶、塑料、石棉或金属等软质材料和密封胶类的液压填料)。

(3)保证填料密封的基本条件

- 填料变形滑移,填充结合表面的缺陷;
- 填料与密封表面之间有足够密封压力,保证在液体介质作用下不分离,而足够的密封压力的产生与保持取决于填料的自身弹性和两结合面的外加的紧固件把合力。

3 泄漏的形式

液压系统的泄漏主要有缝隙泄漏、多孔隙泄漏、粘附泄漏和动力泄漏等形式。

3.1 缝隙泄漏

在液压系统中,结合面间存在的缝隙既有静结合面又有动结合面。液压系统缝隙泄漏量的大小与压力差、间隙等因素有关。缝隙流动多属于层流。缝隙中产生的流动有两种:一种为压差流动,是由缝隙两端的压力差造成的;另一种为剪切流动,由构成缝隙的壁面之间的相对运动而产生。剪切流动产生的泄漏称为粘附泄漏。

3.2 多孔隙泄漏

液压元件中的各种盖板,由于表面粗糙度的影响,两表面之间不可能完全接触,在两表面不接触的微观凹陷处,形成许多截面形状多样、大小不等的空隙,空隙的截面尺寸与表面粗糙度有关。多空隙泄漏,液体需流经弯曲的众多空隙,在做密封性能试验时,需经一定的保压时间,泄漏才能显露出来。

3.3 粘附泄漏

粘性液体与固体臂之间有一定的粘附作用,二者接触后,在固体表面上粘附上薄薄的一层液体,若

固体表面上的膜较厚时,油膜会因相互运动而被密封圈刮落产生粘附泄漏。防止粘附泄漏的基本办法是控制液体粘附层的厚度。

3.4 动力泄漏

在旋转轴的密封表面上,若留有螺旋加工的痕迹,当轴转动时,液体在转轴回转力的作用下沿螺旋痕迹的凹槽流动。若螺旋痕迹的方向与轴的转动方向一致时,由于螺旋痕迹的“泵油”作用,就会产生动力泄漏。动力泄漏的特点是轴的转速越高,泄漏量越大。防止动力泄漏,应避免在转轴的密封表面和密封圈的唇边上存在“泵油”作用的加工痕迹。或利用动力泄漏的原理,利用螺旋痕迹的泵油作用,将泄漏油泵回,阻止泄漏。

4 液压系统产生泄漏的主要原因

液压系统产生泄漏的原因多而复杂,其主要原因可归纳为间隙、密封、液压冲击和温升发热等四方面。

4.1 间隙控制方面

在液压系统和液压元件中,不宜采用密封件而利用缝隙进行密封的结合面较多,这种密封称为间隙密封,而间隙控制面泄漏的主要原因如下:

(1)原始间隙不合理

配合零件表面加工粗糙度和几何形状误差不符合要求,或表面粗糙度和几何形状误差标准要求不够,造成加工痕迹和配合间隙过大,使液压元件工作时,工作介质在两端压力差作用下流动,产生泄漏。

(2)装配引起间隙畸变

液压元件和液压系统的装配非常重要,装配不良可引起间隙畸变,出现配合件装配误差和管接头装配误差,也可能造成密封件压缩量不合适或安装方向错误。由此导致间隙不均匀(过小或过大)而引起泄漏。

(3)磨损引起的间隙扩大

当工作介质中有污染颗粒、零件加工毛刺、焊渣及零件材料锈蚀产生表面剥落,这些污染颗粒、毛刺、焊渣和锈蚀物等就成了间隙中的磨料,使配合表面的磨损加剧,配合间隙扩大,引起泄漏。即使没有这些磨料的存在,只要配合表面产生相对运动,就会产生自然磨损,使间隙扩大,出现泄漏。

4.2 密封件方面

随着液压技术的发展,液压设备的工作速度和

工作温度也不断提高,因此要求液压设备根据不同的使用条件,正确地选择密封材料和密封件的类型。如果选择合理,不仅能提高设备的性能和效率,而且可延长密封件的使用寿命,若选用不当,会使密封过早损坏,发生严重的泄漏。

密封件泄漏的原因主要有以下几方面:

(1)密封件质量有问题。密封件材质为劣质,且制造工艺和精度都达不到要求,以及模具和修边均有缺陷等。

(2)密封件选用不合理。选用的密封件不能满足工作压力、工作速度和温度等方面的要求,或者密封件的类型选用不当。

(3)安装与维护。密封件的安装沟槽设计不当;安装间隙与压缩量选择不合理;配偶件的加工精度和表面粗糙度未达到要求;安装时未加保护而损伤唇口或使外界杂物混入;贮存时温度、湿度不当,受氧和臭氧的侵蚀变质等。

(4)系统中的空气。液体中的气泡经过密封唇边时,气泡被压缩为原来尺寸的几分之一。这种气泡到达密封件的非压力侧时,便迅速释放出能量,使密封唇边损坏。另一方面,当含有一定比例的油蒸汽的气泡,因受压达到足够高的温度时,就会自燃,以致烧坏或熔化支承环,甚至会发生密封件的局部烧坏和碳化。

4.3 液压冲击方面

在液压系统中,由于流动液体的惯性,引起液压系统的压力瞬时急剧上升,形成一个压力峰值,这种现象称液压冲击。

液压冲击不仅影响液压系统的性能稳定性和工作可靠性,而且还会使密封件损坏、配合偶件松动、元件损坏,甚至会造成管道破裂。密封件的损坏与配合偶件的松动会造成密封部位与液压系统相应部位的泄漏。

4.4 温升发热方面

液压系统工作时,要控制油液温度,温度过高,会产生以下现象:

(1)油温过高

油液的粘度随温度的上升而下降,油液粘度下降,不仅使润滑油膜变薄,摩擦力加大,磨损加剧,而且使油液流动性能加大,泄漏增加。

(2)油液受热升压

油液温度升高后,体积膨胀,压力升高,而泄漏

随压力的升高而加大,从而使泄漏增加。

(3)油温升高导致密封件受热变质

油温过高,加速密封材料的老化进程,致使密封材料变硬变脆,失去弹性,因而增加泄漏风险。

(4)油温升高使间隙胀缩变化

一般配合零件材质不同,材料热膨胀系数不同,当油温升高时,配合零件因胀缩变化不同,会使配合间隙发生变化,当间隙变大时,造成泄漏增加。

5 防止液压系统泄漏的基本措施

5.1 设计方面

(1)美国汽车行业工程师协会(SAE)推荐以下两种防止油口漏油的解决办法。

- SAE 直螺纹“O”形圈油口:密封靠“O”形圈,连接靠直螺纹;

- SAE4 螺栓法兰 适用于较大油口。

(2)正确的密封槽设计尺寸与公差,密封圈的选择应考虑要有足够的压缩变形量。

(3)密封圈选择应考虑使用环境(如油温、介质等)对寿命的影响。

- 油温过高使密封材料老化速度加快,产生变脆变硬现象。如丁晴橡胶几乎可在 200°F(93.3°C)油中长期工作,实验证明,油温每升高 25°F((13.9°C),其寿命就缩短一半。一般油温在 100°F((55°C)左右是合适的。

- 介质与密封材料的相溶性。若油液或润滑脂与密封材料不相容,可引起密封件的膨胀和收缩,造成密封件工作状态不良,并加速密封件的老化、失效,所以选择时要考虑密封材料和接触物体的相容性。

- 密封硬度与工作压力匹配。工作压力是密封设计的主要依据,故密封装置的型式、结构和材料等均与压力密切相关。高压时,要采用刚性大的密封材料,以减少密封件的永久变形,控制密封件的挤出量,必要时可以增设挡圈,还可增加缓冲密封件,以避免高压直接作用于主密封件上。

(4)密封面的公差与表面粗糙度要合理。为了得到满意的初始密封,密封面要求精加工,如果表面粗糙度过高则难以达到密封的效果,但表面粗糙度过低,达到镜面时密封圈的唇边则会将油膜刮去,使油膜难以形成,密封刃口产生高温,加剧磨损。

(5)在密封部位设均压槽,使密封部位内外侧的压力均衡,在零件上可设回油槽、回油孔或挡油板等,将泄漏的油液引回油池。

(6)装配导向角。导向角的控制主要是为了方便装配过程中密封件的安装,防止密封件受损。

(7)紧固件的强度与明示的把合力(力矩)。紧固件的强度与把合力矩应足够大,以防止相合面表面分离。

5.2 制造方面

(1)严格控制配合零件表面的加工质量,使配合表面几何形状误差、表面粗糙度均符合标准。

(2)严格控制密封件的制造工艺和粗糙度,避免存在加工或修边缺陷。

(3)在零件加工装配过程中,要注意防止零件及密封件表面碰伤、拉毛,严格检验密封沟槽尺寸、配合面的形位公差及表面粗糙度要求。

5.3 装配方面

(1)液压系统装配前,应检验元件的耐压性能,检查元件各结合面有无外渗漏现象,若出现渗漏,则应采取相应措施。只有当所有元件不漏不渗后方可正式装进系统使用。

(2)要做好外购密封件的入库验收和保管工作。保管期限应严格遵守产品要求,贮存环境要避免阳光对密封件的照射,环境温度一般应低于 25°C,要避免贮存在过于潮湿及含臭氧的环境中,同时,密封件存放时不要重叠或加压堆放。

(3)应保持液压元件以及附件、密封件和管道等的清洁,检查密封面和螺纹是否损坏。

(4)液压元件和液压系统在进行装配时,要进行严格清洗,去毛刺、除焊渣,并进行必要的防锈蚀处理,严格按照装配工艺要求进行装配,杜绝因装配引起的间隙畸变和毛刺、焊渣及锈蚀物等形成的间隙磨料。

(5)密封件安装应严格按照装配工艺执行,避免密封件在装配过程中损坏。

(6)避免将管接头拧得过紧和强制对中。

(7)直管连接尽量避免用接头,管道布置应方便维修。

(8)安装软管不应扭曲,要留有足够的膨胀余量和活动空间。

(9)定期检查配偶件的连接情况及密封件的工

(下转第 5 页)

技术难度大。对此,我公司非常重视并专设了研究课题,最终取得了很好的成果,并在实际应用中得到了证实。

起升机构采用紧急制动器时,必须设置一套与之相适应的检测系统。该检测系统必须考虑在各种事故状态下,能将其信号按照程序设定的时间、顺序及时反馈到工作制动器和紧急制动器,并确保在非事故状态下紧急制动器不误动作,在事故状态下能确保紧急制动器工作,保证起升机构吊运的钢水安全,并对起升机构传动链不造成损伤。高速级相连的铸造起重机主起升机构传动链中的减速器有采用行星减速器和非行星减速器两种。由于行星减速器有其自身的特点,这两种机型在紧急制动器的控制上主要考虑的事故工况是不同的,因此其检测系统的程序设置也是不一样的。

5 结论

通过以上分析得知,如果铸造起重机主起升机构的两套机构都采用高速级相连,且无紧急制动器时,当一套驱动机构损坏失效就不能保证整套起升机构安全,因此,通过高速级相连的铸造起重机,其

主起升机构应该加紧急制动器。但高速级相连的小吨位($\leq 80t$)铸造起重机通过保守设计,可以保证整套起升机构安全,因此可以不加紧急制动器。如果铸造起重机主起升机构的两套机构都采用低速级相连,在不加紧急制动器的情况下,即使一套驱动机构失效也可以保证整套起升机构安全。因此,通过低速级相连的铸造起重机主起升机构可以不加紧急制动器。

紧急制动器,即安全制动器要求在多种工况下精确控制,既要在非事故状态下保证安全制动器不误动作,又要在事故状态下保证安全制动器在不损伤起升机构传动链的条件下安全制动,因而其技术难度很大、费用很高。文章全面分析了铸造起重机主起升机构的各种类型的安全可靠程度,并对其是否配备紧急制动器提出了建议。

参考文献

- [1] 起重设备设计规范.欧洲搬运工程协会 F.E.M
- [2] 电动桥式冶金起重机规范.美国钢铁工程师协会 AISE No.6
- [3] 起重机一对机构的要求.国际标准 ISO10972-1
- [4] 李会勤.综述铸造起重机.起重运输机械,2008,1

(上接第8页)

作情况,避免因液压冲击而造成的密封件损坏和配偶件松动;管道不能与易振部位接触,可采取必要的防振措施。

(10)保持装配环境的清洁,防止零部件二次污染,避免污物进入系统。

(11)注意工作介质的过滤,保证工作介质达到产品设计要求。

(12)系统装配后,要严格试车检查,观察系统各部位有无泄漏,并做好记录工作。

6 结束语

液压系统的泄漏是液压系统的常见故障之一,它直接影响液压设备的稳定性和可靠性。泄漏主要

是由间隙设计、元件装配、配合件磨损,以及密封件的质量与选用、系统的安装与维护、液压冲击和油液温升发热等原因造成的。针对泄漏产生的原因及机理,可采取相应措施降低或消除泄漏。这些措施可供液压设备、液压系统及液压元件在设计、制造、装配及使用中参考采纳。

参考文献

- [1] 雷天觉.新编液压工程手册.北京:北京理工大学出版社,1998
- [2] 路甬祥.液压气动技术手册.北京:机械工业出版社,2002
- [3] 成大先.机械设计手册.北京:化学工业出版社,2002
- [4] 嵇光国,吕淑华.液压系统故障诊断与排除.北京:海洋出版社,1992