

GB/T 16898—1997

前 言

本标准等同采用国际标准 ISO 7745:1989《液压传动——难燃(FR)液压液——使用导则》。

本标准由中国船舶工业总公司提出。

本标准由中华人民共和国机械工业部自动化研究所归口。

本标准起草单位：中国船舶工业总公司第七研究院七〇四所。

本标准主要起草人：戴罗宁、陆素珍。

ISO 前 言

ISO (国际标准化组织)是各国家标准化机构(ISO 成员团体)的世界性联合组织。国际标准的制定工作由各 ISO 技术委员会进行。每个成员团体对某技术委员会所从事的课题感兴趣,都有权参加这个委员会。与 ISO 有联系的政府性的国际组织也参加该项工作。在所有电工标准化方面,ISO 与国际电工委员会(IEC)紧密合作。

技术委员会通过的国际标准草案,由 ISO 理事会认可之前,先送给各成员团体批准。按照 ISO 章程至少应有 75%的成员团体同意,才能批准通过。

国际标准 ISO7745 是由 ISO/T TC131 流体动力系统委员会起草的。

使用者应注意,所有国际标准都在经常修订,本标准中引用的任何其他国际标准,除另有说明外都是最新版本。

中华人民共和国国家标准

难燃液压液使用导则

GB/T 16898—1997
idt ISO 7745:1989

Guidelines for use of fire-resistant hydraulic fluids

1 范围

本标准对难燃液工作特性、优缺点以及选用难燃液应考虑的因素等提供了详尽的指南。规定了减少在难燃液使用中所引起困难应采取的措施,以及用不同的难燃液置换时必须采取的措施。

本标准还说明了使用难燃液的液压回路设置。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列最新版本的可能性。

GB 3141—82 工业用润滑油粘度分类

GB 7631.2—87 润滑和有关产品(L类)的分类 第二部分:H组(液压系统)

3 定义

本标准采用下列定义。

难燃液压液 fire-resistant (FR) fluid

难以点燃,火焰蔓延趋向很小的液压液。

4 液压系统使用中的主要危险与一般措施

4.1 总论

液压传动系统中流体公称压力可高达 40 MPa。当系统结构完整性受损,系统爆裂或有很小裂缝时,均可导致油液喷射至相当远处。若油液是可燃的,则在许多情况下有造成火灾的危险。

4.2 起火原因

管路、阀件、垫片或管接头的失效,管接头处接管拉脱,软管破裂等是油液逸出系统的主要原因。

有压液体在燃烧源处的逸出是许多液压液起火的原因。这些燃烧源有熔融金属、气体燃烧器、火花、电气设备和炽热金属表面等。摩擦生热也能产生高温足以引起液体自燃。意外或错误拆卸有压液管路及软管也可能引起火灾。向诸如隔热层等吸收表面的缓慢泄漏也会助燃。

4.3 预防措施

4.3.1 主要危险

以下列出导致火灾的主要原因,无论对使用矿物油的系统还是对使用难燃液的系统都是危险的。

- 泄漏(见 4.3.2);
- 油液温度高(见 4.3.3);
- 油液劣化(见 4.3.4);
- 安装与维护不当(见 4.4.5)。

4.3.2 泄漏

下列情况将引起泄漏：

- a) 密封装置失效(见 8.7.3)；
- d) 液压管路——管道、软管、接头等失效；
- c) 装配不当。

4.3.2.1 密封材料

应使用与油液相容的密封材料。并应根据供货厂商的建议正确安装和使用密封件。

4.3.2.2 液压管路

管路应固定以减小振动的影响。应仔细考虑元件位置与管路布置以避免可能的机械损坏。在多数情况下建议采用保护槽或金属管夹。管路应避免其他设备布置,尤其是电源设备。

4.3.2.3 装配

液压设备的装配必须由合格人员承担和监督。

4.3.3 油液温高

液压系统的工作温度一般不应超过 50℃(泵进口温度)。否则应由供货厂商与用户协商解决。并应在协议中规定油液类型、工作温度与环境温度和其他特定条件。

高工作温度将降低流体粘度,由此大大增加了可能的泄漏并降低系统效率。建议在油箱中安装过热保护装置,以防油液温度过高。

4.3.4 油液劣化

油液在使用中,尤其在异常工作温度下,会发生化学变化,污染物的存在加速劣化过程。若设备冷启动时要求油箱加热,应严格控制加热器功率以免过热而引起劣化。

4.3.5 安装与维护不当

液压设备的许多失效是由于安装或维护不当而引起的。

例如在油液的贮存与装卸过程中未能遵守基本规程,使用时未采取有效措施防止污染物的侵入等等。

4.3.6 油液的排放

难燃液必须按国家现行法规排放。

5 难燃液压液的技术要求

5.1 性质要求

为在液压系统中满意地使用,工作液应难燃并具备 5.1.1~5.1.10 规定的性质。

5.1.1 工作液在整个工作温度范围内应有足够的流动性,以便容易地流经系统,并且能适应速度与压力的迅速变化。

5.1.2 工作液在整个工作温度范围内应有足够的粘性,以避免在两边存在压差的工作间隙中产生不必要的泄漏。

5.1.3 工作液在整个工作温度范围内必须具有足够的粘度和适当的油膜强度,以保证在流体动压和边界条件下都能有效润滑工作零件。

5.1.4 工作液应与结构材料相容,并应是非腐蚀性的。

5.1.5 工作液应具有热安定性并能适应在最高允许工作温度下使用。

5.1.6 工作液应具有化学安定性,以具有足够长的工作寿命。

5.1.7 工作液应能较快释放出混入的空气,并且不形成持久的泡沫。

5.1.8 工作液应能与正常使用中进入的污染物较快地分离而不发生化学反应。

5.1.9 工作液的表面张力须足够小,以具备润湿能力,但不应小得造成密封困难。

5.1.10 工作液应具有良好的剪切安定性,即在系统中剪切力作用下,其粘度不应发生过度的永久改变。

5.2 其他要求

系统设计中应考虑工作液在最初使用及使用过程中的下列特性：

- a) 过滤状况；
- b) 与泵吸入高度有关的相对密度；
- c) 泵进口不产生气蚀的蒸汽压；
- d) 难燃性；
- e) 液体及其蒸汽的无毒性。

6 难燃液压液的特性及影响选用的因素

6.1 总论

6.1.1 难燃液是因安全原因在液压系统紧靠明火、熔融材料或其他高温源或将着火或爆炸的危险减小到最低程度的特定危险环境的工作场合中使用的。若允许液体接触热表面或可能已浸透液体的吸收材料,则该液体还必须难以自燃。

6.1.2 难燃液压液的难燃能力通过水,或者化学组成体两种方法之一获得。

水容易获得且不可燃,在早期液压系统中使用过,但水的粘度很低且润滑性能很差。除了明显的温度限制外,使用水还会产生锈蚀问题。

由于这些原因,普通水不能用于那些元件需要液压润滑的系统。

6.1.3 按照 GJ B6731.2,难燃液分为四种类型：

- HFAE
- HFB
- HFC
- HFD

根据 GB 3141,除分成五个粘度等级(见 6.2.1)的 HFAE 以外,其他各类难燃液可分成下列七个粘度等级：

- 10
- 15
- 22
- 32
- 46
- 68
- 100

这些等级值相应于该液 40℃时运动粘度的中心值。

6.1.4 不同类型的难燃液不得混合,除非液体相容性得到确认,否则同类型但不同货源的难燃液也不宜混合。

此外,不同类型液压液替换时需要采取特别措施,这些措施将在第 9 章中规定。

6.2 难燃液类型

6.2.1 水包油乳化液(HFAE 类)

水包油乳化液只具有极微的润滑作用,它用于许多系统中。与普通水相比,它的主要优点是具有防锈能力。

这类液体是非常难燃的,但由于其粘度低,润滑性差,通常不适于在高参数系统中使用,而且由于水占的比例大,它还受温度限制。

水包油乳化液分散在水中的可溶性油的最大含量通常为 10%。

为保证满意的抗腐蚀能力,必须规定乳化液的最低浓度,此类乳化液通常由用户按供液厂商的建议

在现场配制。

HFAE 类分为 10、15、22、32 和 46 等粘度等级。

6.2.2 油包水乳化液(逆乳化液)(HFB 类)

油包水乳化液是在加入特定的乳化剂、稳定剂和抑制剂的矿物油连续相中分布有细微水滴的分散相液体。它们按使用状态供应,一般含水约 40%。含水量不改变会降低安定性和(或)难燃性。

油包水乳化液的粘度与常规矿物油相似,并具有良好的润滑性与抗腐蚀性。粘性是非牛顿的,在系统中随所受的剪切力而变化。由于粘度的这种特性和高蒸汽压,必须小心设计液压泵进口条件,以免产生气蚀。

HFB 类分为 22、32、46、68 和 100 等粘度等级。

注: GB 7631.2 中将 HFA 分为两个子类: HFAE(不包油乳化液)和 HFAS(水的化学溶液)。

水连续蒸发或乳化液的不安定性会降低其难燃性。

6.2.3 聚合物水溶液(HFC 类)

此类液体为乙二醇或其他聚合物水溶液,并且是真溶液而不是象前述如 HFAE 类和 HFB 类为乳化液。

此类液体的含水量约为 45%,具有良好的粘温特性并能在低于油包水乳化液要求的温度下使用,但上限温度相同。

它们是较好的润滑剂,一般具有很好的抗腐蚀性。

HFC 类分为 15、22、32、46、68 和 100 等粘度等级。

只有很少的材料与之不相容,在使用锌、镉、未作阳极化处理的铝及镁合金等时,应在使用前检验是否相容。油箱内壁涂料和密封材料应有选择地使用。

6.2.4 无水合成液(HFD 类)

该类难燃液根据合成物性质分为下列四个子类:

——HFDR:磷酸酯无水合成液

——HFDS:氯化烃无水合成液

——HFDT:磷酸酯氯化烃混合无水合成液

——HFDU:其他成分无水合成液

该类难燃液分为 15、22、32、46、68 和 100 等粘度等级。

该类难燃液具有良好的润滑性和抗磨性,良好的贮存安定性和高温性。在某些场合,允许温度达 150℃,但此温度下,液体可能会迅速劣化,应经常检查。

此类难燃液由于其化学组成而难燃,当适当添加抑制剂时能与大多数金属相容,有良好的防锈和防腐蚀作用,但有一定毒性。一般说来,尽管某些产品含有粘度指数改进剂,但它们的粘温特性较差。

大多数此类液体对水或潮气很敏感,它们能引起腐蚀并影响产品的化学安定性。

系统设备的内表面不应涂漆,外表面应该用完全相容的涂料防护,如环氧酚醛或尼龙基涂料等,有关问题应向供货厂商询问。

密封件、软管、填料和蓄能器胶囊必须用相容的材料,如氟橡胶、聚四氟乙烯和硅橡胶制造。乙丙橡胶和丁基橡胶可适用于某些液体,但应向供货厂商询问。

7 选用难燃液应采取的措施

7.1 水包油乳化液(HFAE 类)

7.1.1 与构件和元件的相容性

7.1.1.1 与弹性体的相容性

与矿物油相容的密封件、软管、填料和蓄能器胶囊一般均适用。软木、石棉、皮制填料则不适用(见 8.7.3)。

7.1.2 处置

7.1.2.1 贮存

由于某些液体中所含的乳化剂对低温敏感,建议在 0℃ 或 0℃ 以上的温度下贮存。

7.1.2.2 混合液的制备

为获得稳定的乳化液,宜用矿物盐含量低的水为佳。当受条件限制而不得不使用硬水时,必须选择与此水相适应的乳化油,最好向供货厂商查询以便得到其具体建议。

一旦选定具体乳化油,除了正确调节油的出流量外,对自动配制来说无需采取附加措施。在人工配制时,应将油缓慢加入水中并搅匀。

不加选择地加入其他成分会对液体产生不利影响。

7.1.2.3 使用

正常使用温度范围为 5~50℃。

由于润滑性能有限,此类液体通常只用于要求边界润滑能力。

注:增加乳化液的含油量,不能在本质上改善液体的润滑能力。

7.1.2.4 在使用过程中,含油量须始终保持在乳化液供应商规定的范围内。

液压系统中偶然排出的液体须及时予以清除而不得积累,否则存在乳化液分离的危险,形成分离油层是可燃物质。

乳化液含油量可用实验室法或在现场用袖珍折射计进行检测。

7.1.2.5 放液后设备的贮存

由于设备放液后产生锈蚀的潜在危险,贮存设备时需采取专门措施。防护方法有多种,如用防锈油或配制含锈剂的专用乳化液。

7.2 油包水乳化液(HFB 类)

7.2.1 与构件和元件的相容性

7.2.1.1 与金属和合金的相容性

大多数 HFB 类液和那些通常与矿物油合用的金属和合金都相容,但锌、镉和镁合金应在使用前检查相容性。

7.2.1.2 与弹性体的相容性

与矿物油相容的密封件、软管、填料和蓄能器胶囊一般均适用。软木、石棉和皮制填料不适用(见 8.7.3)。

7.2.1.3 过滤

HFB 类液中的污染颗粒呈悬浮状,需要有效过滤。进口滤网和高压力过滤器应具有的最大网孔或微孔尺寸分别约为 70 μm 和 10 μm。过滤器(滤网)通流能力应为液压泵额定流量的 2~3 倍;必须考虑液体粘度、工作温度、流量和允许压降。金属过滤器,无论是线隙式还是烧结式,一般都与乳化液相容。但纸质滤芯应由油液和(或)过滤器供货厂商推荐的树脂浸渍型。土质过滤器或毛毡滤芯须避免使用。

7.2.2 处置

7.2.2.1 工作温度

正常使用温度范围为 5~50℃。含乙二醇的低温型液体能在低至 -10℃ 的温度下使用,但对大多数 HFB 类液建议仍在上述温度范围内使用。应避免油箱加热,必须加热时,加热表面发热量不得超过 3 W/cm²,否则会影响乳化液的稳定性。

油包水乳化液不得在低于 0℃ 的温度下贮存。

7.2.2.2 使用时的维护

须经常检查液体含水量,使之保持在规定的范围内,以免降低难燃性和对液体粘度发生不利变化。

对某些长时间不运行的设备,应经常使液体在液压回路中循环,以免主相(即水和油)分层。

7.3 聚合物水溶液(HFC 类)

7.3.1 与构件和元件的相容性

7.3.1.1 与金属的相容性

HFC 类液通常能与矿物油合用的大多数金属相容,但锌、镁、未经阳极化处理的铝和镉在使用前应检查相容性。

7.3.1.2 与弹性体的相容性

与矿物油相容的密封件、软管、填料和蓄能器胶囊一般均适用。软木、石棉和皮制填料不适用(见 8.7.3)。

7.3.2 处置

7.3.2.1 使用

正常使用温度范围为 $-20^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。

7.3.2.2 使用时的维护

须经常检验液体含水量,使之保持在规定的范围内,以免降低难燃性能和对液体粘度发生不利变化。供货厂商须提供有关资料,以便用户可以决定为恢复正常含水量而需向溶液中添加的水量,此时,应使用蒸馏水或去离子水。

7.4 无水合成液(HFD 类)

7.4.1 与构件和元件的相容性

7.4.1.1 与金属的相容性

HFD 类液通常能与矿物油合用的大多数金属相容,若有疑问,应向元件或油液供货厂商查询。

7.4.1.2 与弹性体的相容性

一旦与 HFD 类液接触,许多常规弹性体的性能将迅速劣化,高工作温度会增加这种劣化的速度(见 8.7.3)。

7.4.2 处置

7.4.2.1 使用

正常使用温度范围为 $-20^{\circ}\text{C}\sim +70^{\circ}\text{C}$ 。在一定场合下,最高温度允许达 150°C ,但在此温度下,油液可能会迅速劣化,须经常检查。低温时,可使用适当的加热装置。

在高温回路中,如 100°C 以上,密封件、填料、软管等都必须使用特殊材料。

7.4.2.2 使用时的维护

用于矿物油的同样措施也可用于 HFD 类液。此外,还应考虑其生理学性质。

使用期间,应定期检查液体的粘度、酸度和污染等级。

此类液体不得被水污染。如意外进水时,水会浮在液面上,应予以撇除。尽可能避免矿物油的污染,因为矿物油的加入将削弱难燃性。

8 液压回路设备

8.1 油箱

油箱容积应足够大,并设置合适的通气孔与隔板,回油管应低于允许的最低液位,以免产生泡沫。箱盖应注意密封,以限制 HFA、HFB、HFC 类液中水的蒸发,并能减少污染。

为有助于液体除气,液压泵油口应尽量远离回油管。

8.2 管路

管路设计中,应考虑 HFB、HFC 和 HFD 类液的较高相对密度及 HFD 类液低温时较高粘度。应根据供液厂商提供的参数选择吸油管路液流速度。

设计过程中或选择难燃液具体种类前,应考虑长管路中的液体压力损失。

8.3 过滤器

对于具有较高的相对密度或冷态时必然降低污染物沉降速度的高粘度液体,建议采用尺寸足够大

的滤网和过滤器。由于较高的粘度和相对密度都将导致通过过滤器的流量成比例下降,因此,确定过滤器规格时须考虑这些影响,原则上,过滤面积应比使用矿物油时大2~3倍。

5~10 μm 精细过滤建议在液压回路的压力管路或回流管路中使用。

某些滤芯,如活性土、吸附式过滤器等不得使用。

8.4 回路

为避免水的结冰、沸腾、水的损失和气蚀等危险,应注意确保液体不经受与其使用不相容的温度。

8.5 泵吸油

吸油管路流速不得过大,且应避免泵吸油口出现负压。辅助升压是有益的。

8.6 元件性能

由于难燃液的总体性能被公认为比被完全禁止使用的矿物油稍差,因此为了防止使用寿命过分缩短,有必要降低液压元件的某些额定值或者适当修改回路和(或)元件。

若液压元件难以润滑,建议与元件制造厂商和油液供应厂商一起预先进行研究。

8.7 与设备材料的相容性

8.7.1 与金属的相容性

有必要对液压回路中可能遇到的不同金属作耐腐蚀试验。

须避免使用某些对难燃液敏感的金属,还应避免使用会引起阳极腐蚀的大电解电位差的某些金属对组合。

8.7.2 与涂料的相容性

通常在用矿物油的设备中使用的内壁涂料可能与难燃液,尤其是 HFB、HFC 和 HFD 类难燃液是不相容的。

很难推荐一种能方便地防护油箱内壁的有效处理方法,然而,由于许多难燃液的良好防腐蚀性,可以使用无防护涂层的油箱。

注:某些特殊的树脂基油漆有良好的耐难燃液性能,但在新设备或已运行的设备使用具有此性质的油漆是非常棘手的。为了获得耐久的涂层,在选用这些油漆时,应特别慎重。

如果液压系统贮存时已使用常规防锈产品予以防护,则在投入运行前,必须清除这些防护品。可以用与系统中使用的某些难燃液和弹性材料都相容的油液来处理那些需要防护的表面。

某些难燃液的汽相防蚀性较差,未加防护的低碳钢油箱中液面上方的空气空间可能成为一个污染源。

8.7.3 与密封装置的相容性

密封件、填料、软管和蓄能器胶囊所采用的适用于矿物油的常规材料与某些类型的难燃液是不相容的。

不得使用遇水会溶胀或解体的皮革、纸、石棉和软木的密封装置。

液压液与弹性体的相容性测试可按照有关规定。此外,表1提供了选择弹性体的一般指南。

表 1 难燃液体与弹性体的相容性指南

液体类型	适用弹性体类型
HFAE	NBR(丁腈橡胶)、FPM(氟橡胶)
HFB	NBR、FPM
HFC	NBR、SBR(丁苯橡胶)、EPDM(乙丙橡胶)、IIR(丁基橡胶)、NR(天然橡胶)
HFDR	FPM、EPDM、IIR
HFDS	FPM
HFDT	FPM
HFDU	需做相容性试验
注	
1 有水时,聚氨脂基橡胶(AU 和 EU)会因水解作用而破坏。	
2 橡胶的术语及缩写词表示的名称是类属的,即在一个名称下可能存在有某些共性的一整类不同化合物。因此在规范中除基本材料(如 NBR、FPM、EPDM)以外必须规定所需的质量要求(如硬度、扯断硬度、温度范围、溶胀性等)。	
3 NBR、FPM 及 AU 与矿物基油相容。	

9 液压系统的换液

除在第 9.1~9.4 条中规定的换液规程外,有关液压系统中液压力更换建议见表 2。

9.1 由矿物油改用 HFAE、HFB 及 HFC 类液的换液规程

9.1.1 相容性

回路中的每个元件的设计都应与会路中换入的难燃液特性相容,密封件、填料、软管和涂层也应与所选择的液体相容。

9.1.2 回路的排放与清洗

- a) 排净管道中的液体并用压缩空气吹扫;
- b) 清洗阀与油箱;
- c) 拆卸清洗滤网与过滤器,更换滤芯;
- d) 必要时,拆卸清洗泵、蓄能器和液压缸等;
- e) 必要时,用压缩空气仔细吹净回路最低处的残液;
- f) 不得使用四氯化碳或加氯洗涤剂进行清洗。

注:少量残留矿物油不改变 HFAE、HFB 和 HFC 类难燃液的性能,但这种污染视其残留量会削弱难燃性与稳定性。

9.1.3 回路冲洗

- a) 注入能使回路正常运行的最少数量的工作液体对回路进行冲洗。某些供货厂商推荐专门的冲洗液;
- b) 趁热放空冲洗液。

9.1.4 回路注液

清洗或更换过滤器后,向回路注液。可能时,首先在小负载下起动,然后逐渐增大负载,根据需要排除回路中的空气。

9.1.5 检查步骤

- a) 须在数天内监测过滤器的堵塞情况,尤其是由于 HFC 类液的去垢力会长期作用于原先形成的沉淀层,引起过滤器堵塞;
- b) 与此同时,监测液体状态,撇除浮上液面的矿物油。

表 2 液压系统中液压液更换建议

1) 根据液体的混合配料;

2) 遵守供应者的说明;

3) 采用 FPM 橡胶时, 原液残余量允许增大到 3%(V/V)。

注: 若有疑问, 应向液体、泵和过滤器制造厂查询。

9.2 由矿物油改用 HFD 类液的换液规程

9.2.1 相容性

回路中的每个元件的设计都应与会路中换入的难燃液相容。密封件、填料、软管和涂层也应与所选择的液体相容。

9.2.2 回路排放与清洗

- a) 排净管道中的液体；
- b) 清洗阀与油箱；
- c) 拆卸清洗滤网与过滤器，更换滤芯；
- d) 必要时，拆卸清洗泵、蓄能器、液压缸等；
- e) 排除回路最低处和死区的残液。

注

1 避免使用压缩空气，否则将使潮气进入回路中。

2 一般来说，矿物油与 HFD 类液体至少是部分可混合的。尽管对难燃性有影响，但少量残留的矿物油并不改变 HFD 液体的工作性能。

9.2.3 回路冲洗

- a) 回路中注入能使其正常运行的最小数量的 HFD 液体；
- b) 使回路运行 1~2 h，逐渐增大负载，并且在必要时排除系统中的空气；
- c) 趁热放空冲洗液。

9.2.4 回路注液

在清洗过滤器或更换滤芯后向回路注液。可能时，首先在小负载下起动，然后逐渐增加负载，根据需要排除回路中的空气。

9.2.5 检查步骤

数天内监测过滤器和液体状态，撇除残油以免液体污染。

9.3 由 HFAE、HFB 或 HFC 类液改用 HFD 类液的换液规程

9.3.1 相容性

回路中每个元件的设计都应与会路中换入的难燃液相容。密封件、填料、软管和涂层也应与所选择的液体相容。

9.3.2 回路排放与清洗

- a) 排净管道中的液体；
 - b) 清洗阀与油箱；
 - c) 拆卸清洗滤网和过滤器，更换滤芯；
 - d) 必要时，拆卸清洗泵、蓄能器、液压缸等；
 - e) 仔细排除回路最低处的残液。
- 注：由于存在腐蚀的可能性，使用 HFD 液体前清除所有水迹是很重要的。

9.3.3 回路冲洗

- a) 设备中注入能使回路正常运行的最小数量的难燃液；
- b) 使回路运行足够时间（如 16~24 h，视回路的复杂程度而定），同时观察液体并除去浮上液面的水，首先在小负载下运行，然后逐渐增大负载，根据需要仔细排除回路中的空气；
- c) 趁热放空冲洗液；
- d) 检查排放的液体，观察是否存在水迹，并检查系统，特别是滤网与过滤器是否清洁。

9.3.4 回路注液

向回路注液。可能时在小负载下起动，然后逐渐增大负载。

9.3.5 检查步骤

- a) 数天内监测过滤器的堵塞情况和液体状态;
- b) 除去上液面的水和杂质。

9.4 由 HFD 类液体改用 HFAE、HFB 或 HFD 类液体的换液规程

9.4.1 相容性

回路中每个元件的设计都须与回路中将换入的难燃液相容,密封件、填料、软管与元件内壁涂层也应与所选择液体相容。

9.4.2 回路排放与清洗

- a) 排净管道中的液体,并用压缩空气吹扫;
- b) 清洗阀与油箱的所有可接触表面;
- c) 拆卸清洗滤网和过滤器、更换滤芯;
- d) 必要时,拆卸清洗泵、蓄能器、液压缸等;
- e) 必要时,用压缩空气仔细吹净回路低处残液。

9.4.3 回路冲洗

- a) 向回路注入能使其正常运行的最小数量的矿物油,根据需要仔细排除回路中的空气;
- b) 根据回路的复杂程度,使回路运行足够的时间(如 24~48 h);
- c) 执行 b) 条后,立即趁热排放冲洗液;
- d) 用适当的 HFA、HFB 或 HFC 类液体注入并冲洗回路,并根据回路的复杂程度使回路运行 20 h;
- e) 执行 d) 条后,立即排放第二次冲洗液。

9.4.4 回路注液

必要时,在清洗过滤器或更换滤芯后向回路注液,可能时,首先在小负载下起动,然后逐渐增大负载,根据需要排除回路中的空气。

9.4.5 检查步骤

在数天内监测过滤器及液体状态。
