

机械设计禁忌丛书

液压系统

设计禁忌

邵俊鹏 周德繁 韩桂华 刘家春 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

TH137/145

2008

机械设计禁忌丛书

液压系统设计禁忌

邵俊鹏 周德繁 韩桂华 刘家春 编著

机械工业出版社

本书是机械设计禁忌丛书的一本，全书共分6章，从正面——基本原则及设计要求的角度阐述了液压油、液压元件的选用原则，液压回路、液压系统的基本设计方法；从反面——禁忌的角度阐述了液压油选用、液压元件选用与设计、液压回路设计、液压系统设计中经常出现的错误问题。同时，通过大量的工程设计实例，采用图文并茂的形式进行正误分析，突出了本书内容的实用性。

本书注重基本理论、基本知识和基本技能，突出实用性和工程性；内容简明扼要，深入浅出，图文并茂，可帮助读者在短时间内掌握液压传动系统和液压控制系统的设计方法及工程应用。

本书适于从事流体传动及控制技术的工程技术人员使用，也可供相关专业大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

液压系统设计禁忌/邵俊鹏等编著. —北京:机械工业出版社, 2008.1

(机械设计禁忌丛书)

ISBN 978-7-111-22599-7

I. 液… II. 邵… III. 液压系统—系统设计 IV. TH137

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第163342号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:黄丽梅 责任编辑:刘本明 责任校对:樊钟英

封面设计:马精明 责任印制:杨曦

三河市国英印务有限公司印刷

2008年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·18印张·441千字

0001~4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-22599-7

定价:32.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)68351729

封面无防伪标均为盗版

前 言

液压传动技术是机械设备中发展速度最快的技术之一。特别是近年来与微电子、计算机技术相结合，液压技术的发展进入了新的阶段。随着对液压产品的设计要求越来越高，液压系统的高效优质设计显得更为重要。设计过程中的基础性和一般性问题必须予以充分重视，若不重视小问题往往带来大故障。

作为一名液压工程技术人员，必须全面掌握液压系统的工作原理、元件的选用原则、液压回路的设计方法。有关这方面的书籍很多，但对于基础性的、一般性的“禁忌”问题，有关书籍很少。为此，我们将液压元件设计要求、液压系统设计计算与设计禁忌的内容有机地结合起来，同时结合我们多年来从事液压传动和液压控制教学、科研和实际设计的丰富经验，尤其根据在液压系统设计实践中遇到的各种问题，从禁忌的角度提出设计中应注意的问题，以此为目的编写了此书。

本书从正面——基本原则及设计要求的角度阐述了液压油、液压元件的选用原则以及液压回路、液压系统的基本设计方法；从反面——禁忌的角度阐述了液压油选用、液压元件选用与设计、液压回路设计、液压系统设计中经常出现的问题。同时，通过大量的工程设计实例，采用图文并茂的形式进行正误分析，突出了本书内容的实用性。

本书注重基本理论、基本知识和基本技能，突出实用性和工程性；内容简明扼要，深入浅出，图文并茂，可帮助读者在短时间内掌握液压传动系统和液压控制系统的设计方法及工程应用。对广大从事流体传动及控制技术的工程技术人员的设计工作和广大相关专业大专院校师生的学习具有现实的指导意义。

本书共6章，第1章为液压油，第2章为液压元件设计及选用禁忌，第3章为液压回路设计禁忌，第4章为液压系统设计和计算，第5章为液压伺服系统设计禁忌，第6章为液压传动系统的安装、使用和维护。参加本书编写的人员有：哈尔滨理工大学邵俊鹏(第1章)，周德繁(第4、5章)，韩桂华(第2、3章)，哈尔滨哈飞汽车动力股份有限公司刘家春(第6章)。

由于作者知识和能力有限，书中错漏和不足之处在所难免，敬请读者指正。

目 录

前言

第 1 章 液压油	1
1.1 液压油的分类、要求及使用禁忌	1
1.1.1 液压油分类	1
1.1.2 对液压油的要求	1
1.1.3 液压油使用禁忌	2
1.2 液压油的粘度、性质及选用禁忌	2
1.2.1 液压油的粘度	2
1.2.2 液压油的性质	3
1.2.3 液压油的选用禁忌	4
1.3 液压油的污染与控制措施	5
1.3.1 液压油的污染原因	5
1.3.2 液压油污染的控制	6
第 2 章 液压元件设计及选用禁忌	10
2.1 液压泵选用禁忌	10
2.1.1 液压泵概述	10
2.1.2 液压泵选用禁忌	11
2.1.3 液压泵的运行禁忌	16
2.1.4 安装禁忌	19
2.1.5 齿轮泵选用禁忌	22
2.1.6 三螺杆泵选用与使用禁忌	24
2.1.7 叶片泵选用禁忌	25
2.1.8 斜盘式轴向柱塞泵选 用和使用禁忌	27
2.1.9 斜轴式轴向柱塞泵选 用和使用禁忌	31
2.1.10 径向柱塞泵选用和使用禁忌	33
2.2 液压缸设计禁忌	35
2.2.1 液压缸概述	35
2.2.2 液压缸设计依据、原则和步骤	37
2.2.3 液压缸选型禁忌	39
2.2.4 液压缸的参数计算禁忌	40
2.2.5 液压缸结构设计及禁忌	44
2.2.6 液压缸安装形式及禁忌	54
2.2.7 液压缸密封件选用禁忌	58
2.2.8 工作介质的选用要求	62
2.2.9 液压缸出厂检验技术条件	62
2.3 液压马达设计禁忌	63
2.3.1 液压马达概述	63
2.3.2 液压马达设计与使用禁忌	67
2.3.3 齿轮马达设计与使用禁忌	73
2.3.4 曲轴连杆式液压马达及 其使用禁忌	73
2.3.5 双斜盘轴向柱塞马达及 其使用禁忌	74
2.3.6 内曲线径向柱塞马达选 用及使用禁忌	75
2.3.7 轴向球塞式液压马达选用 及使用禁忌	76
2.3.8 摆线齿轮液压马达选用及 使用须知	77
2.3.9 摆动液压马达选用及使用须知	79
2.4 压力控制阀选用禁忌	80
2.4.1 压力控制阀概述	80
2.4.2 压力控制阀选用禁忌	80
2.4.3 溢流阀选用禁忌	82
2.4.4 减压阀选用禁忌	85
2.4.5 顺序阀选用禁忌	86
2.4.6 压力继电器选用禁忌	88
2.5 方向控制阀选用禁忌	90
2.5.1 方向阀控制选用原则 及注意事项	90
2.5.2 单向阀选用与使用禁忌	92
2.5.3 电磁换向阀选用与使用禁忌	93
2.5.4 电液换向阀选用与使用禁忌	95
2.5.5 手动换向阀选用禁忌	98
2.5.6 机动换向阀选用禁忌	98
2.5.7 电磁球阀使用禁忌	99

2.5.8 其他禁忌	99	4.1.5 液压传动系统的计算	179
2.6 流量控制阀选用禁忌	101	4.1.6 正式的液压传动系统图及 装配图禁忌	183
2.6.1 流量阀概述	101	4.2 液压泵站的设计禁忌	183
2.6.2 节流阀	101	4.2.1 液压泵站组成	183
2.6.3 调速阀	102	4.2.2 液压泵站分类	184
2.6.4 流量控制阀选用原则	103	4.2.3 液压泵站设计禁忌	184
2.6.5 流量控制阀选用禁忌	104	4.2.4 液压泵与油箱安装禁忌	190
第3章 液压回路设计禁忌	107	4.2.5 液压泵站中油箱设计禁忌	191
3.1 方向控制回路设计禁忌	107	4.2.6 液压泵站调压禁忌	194
3.1.1 换向回路设计及设计禁忌	107	4.2.7 液压泵站注油禁忌	195
3.1.2 锁紧回路设计及设计禁忌	110	4.2.8 液压泵站其他禁忌	195
3.1.3 液控回路设计及设计禁忌	115	4.3 液压集成回路的设计	196
3.1.4 多缸控制回路设计及设计禁忌	117	4.3.1 液压集成回路概述	196
3.1.5 方向控制回路中控制阀的 使用禁忌	118	4.3.2 液压集成块设计要点及 设计禁忌	197
3.2 压力控制回路设计禁忌	120	4.3.3 液压集成回路设计禁忌实例	199
3.2.1 调压回路设计及设计禁忌	120	4.4 液压系统设计禁忌实例	202
3.2.2 减压回路设计及设计禁忌	124	4.4.1 禁忌元、辅件选择不当	202
3.2.3 卸荷回路设计及设计禁忌	126	4.4.2 禁忌元、辅件设置不当	209
3.2.4 顺序动作回路设计及设计禁忌	131	4.4.3 禁忌回路构成不合理	211
3.2.5 平衡回路设计及设计禁忌	135	4.4.4 禁忌管路配置不合理	222
3.2.6 其他回路设计及设计禁忌	137	第5章 液压伺服系统设计禁忌	226
3.2.7 压力控制回路中控制阀 的使用禁忌	145	5.1 液压伺服系统设计步骤中的 一些要点	226
3.3 速度控制回路设计禁忌	146	5.1.1 明确伺服系统设计的要求	226
3.3.1 节流调速回路设计与设计禁忌	146	5.1.2 分析伺服系统工况, 确定 控制方案	226
3.3.2 容积调速回路设计与设计禁忌	152	5.1.3 确定伺服系统主要参数, 选择元件	227
3.3.3 快速运动回路设计与设计禁忌	155	5.1.4 画出伺服系统方块图, 求出 传递函数	228
3.3.4 速度换接回路设计与设计禁忌	156	5.1.5 检验伺服系统静、动态特性	229
3.3.5 同步回路设计及设计禁忌	158	5.1.6 校正装置的设计	230
3.3.6 调速回路的使用禁忌	164	5.2 电液位置伺服系统设计要点	234
第4章 液压系统设计和计算	166	5.3 电液速度控制系统设计	240
4.1 液压系统设计和计算禁忌	166	5.3.1 阀控液压缸式速度系统	240
4.1.1 液压传动系统的形式和 设计步骤	166	5.3.2 阀控液压马达式速度系统	243
4.1.2 明确设计依据进行工况分析 并确定液压系统主要参数	167	5.3.3 第一类泵控液马达式	
4.1.3 初步确定液压传动系统图禁忌	170		
4.1.4 液压件的选择或设计禁忌	178		

速度系统	244	设计禁忌	259
5.3.4 第二类泵控液压马达式		5.5.3 液压元、辅件使用禁忌	260
速度系统	246	5.5.4 液压伺服系统液压油选用禁忌	264
5.3.5 第三类泵控液压马达式		5.5.5 液压系统的循环冲洗	267
速度系统	247	5.5.6 控制部分设计禁忌	269
5.4 液压力伺服控制系统设计要点	249	第6章 液压传动系统的安装、	
5.4.1 电液施力系统的工作原理	249	使用和维护	273
5.4.2 施力机构中液压缸的动态		6.1 配管	273
方程式	250	6.2 液压元件的安装	276
5.4.3 电液施力系统的设计	251	6.3 试压	277
5.5 液压伺服系统设计禁忌	253	6.4 液压传动系统的一般使用和维护	277
5.5.1 液压伺服系统禁忌	253	参考文献	279
5.5.2 液压伺服系统液压站的			

第 1 章 液 压 油

1.1 液压油的分类、要求及使用禁忌

1.1.1 液压油分类

液压油分矿物油型、乳化型和合成型。

矿物油型分全损耗系统用油、汽轮机油、通用液压油、液压导轨油和专用液压油。专用液压油有：耐磨液压油、低凝液压油和数控液压油。

乳化型又分油包水乳化液和水包油乳化液。

合成型又分磷酸酯基液压油和水—乙二醇基液压油及其他液压油。

1.1.2 对液压油的要求

1) 不得含有蒸汽、空气及其他容易气化和产生气体的杂质，否则会起气泡，使工作机构发生颤动，影响工作平稳性。水的质量分数不得超过 0.025%，因水会形成水汽，恶化油的使用性能，且影响低温工作。

液压油抗泡沫性能要好，消泡性要强。大气中矿物油通常能溶解 5% ~ 10% 的空气，这是泡沫产生的主要原因。若液压泵吸油管安装不当或管路密封不好，也会产生泡沫，它使液压泵产生噪声和振动，动特性变坏，因此，要求液压油能够迅速而充分地消泡，否则会造成功率损失增大，温度上升，动作不平稳。

2) 不侵蚀机件及破坏密封装置，即不含有水溶性酸及碱类成分。

3) 在工作温度和压力下，具有优良的润滑性、剪切稳定性和一定的油膜强度。

4) 化学稳定性好。在贮存及工作过程中不应氧化生成胶质，能长期使用不变质。当系统内温度、压力及流速有变化时，仍保持其原有性质，在使用过程中不变质，不析出沥青、焦油等胶质沉淀。

5) 尽量减少油中的杂质，不允许有沉淀，以免磨损机件、堵塞管道及液压部件，影响系统正常工作。

6) 适宜的粘度和良好的粘温特性，在工作温度变化范围内，粘度变化为最小。粘度太大，阻力大，磨损增加，灵敏度降低；粘度太低，则泄漏严重，功率损失增加。

液体的粘度随液体的温度和压力的变化而变化。压力增大时，粘度亦增大；温度对液体的粘度有较大的影响，温度升高，油液粘度下降。油液粘度的变化对液压泵和其他元件的性能影响重大，因此，要求液压油的粘度随温度的变化尽可能小些。液体粘度随温度的变化性能叫做粘温特性。粘温特性还沿用粘度指数表示。粘度指数越高，液体的粘温特性越好，即温度变化后，粘度变化小。液压油的粘度指数一般高于 90。

7) 满足防火、安全的要求，油的闪点要高。对于专用液压油（如航空液压油、机床液压

油等), 根据不同油品、不同要求, 尚须加入数种添加剂(如抗氧化、抗磨损、防泡沫、防锈蚀、降凝和提高粘度指数等添加剂), 以改善使用性能。

1.1.3 液压油使用禁忌

为了维护油的质量, 在使用时应注意下述事项:

1) 禁忌油泥、水分、锈、金属屑等, 要保持系统清洁。换油时, 不要忘记彻底清洗系统, 加入新油必须过滤。

2) 油箱内壁禁忌涂刷油漆, 以免溶于油中产生沉淀。

3) 对闭式油箱采取以下措施, 以保证系统密封和防止空气进入:

① 将所有回油管都安在油箱油液面以下, 并使回油管口呈斜断面, 以减少油流的漩涡或搅动作用。

② 尽可能保证液压泵吸油管完全密封, 并具有较小的阻力。

③ 安装液压泵时, 应使吸油高度尽可能小, 最好使液压泵浸在油里面。

④ 为了从系统中排出空气, 可以在系统的最高点安装放气阀。

1.2 液压油的粘度、性质及选用禁忌

1.2.1 液压油的粘度

粘度是选择液压油的主要指标, 在使用上有特别重要的意义。

(1) 粘度定义 液体流动时, 液层之间的内摩擦力称为液体的粘性。表示粘性大小的量称为粘度, 常用动力粘度、运动粘度及条件粘度(相对粘度)表示。我国多采用运动粘度。

动力粘度: 面积为 1cm^2 , 相距 1cm 的两层液体, 相对运动速度为 1cm/s 时所产生的阻力(以 dyn 为单位)称为动力粘度。其单位用 CGS 制表示是 $\text{dyn} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$, 一般称为泊(P), 泊的百分之一称为厘泊(cP)。法定计量单位为 $\text{Pa} \cdot \text{s}$, $1\text{P} = 0.1\text{Pa} \cdot \text{s}$, $1\text{cP} = 10^{-3}\text{Pa} \cdot \text{s}$ 。

运动粘度: 在相同温度下, 液体的动力粘度与它的密度之比称为运动粘度。在 CGS 值中, 其单位为 cm^2/s , 一般称为斯(St), 斯的百分之一称为厘斯(cSt), 即 $1\text{cSt} = 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$ 。

条件粘度(恩氏粘度) $^{\circ}\text{E}$: 试验液体在某温度下从恩氏粘度计流出 200mL 所需时间与同体积蒸馏水在 20°C 时流出所需时间之比。

(2) 粘度与压力和温度的关系

1) 通常粘度随压力增高而增大。压力与粘度关系如下:

$$v = v_0 e^{bp} \text{ 或 } \ln \frac{v}{v_0} = bp$$

式中 v_0 ——在绝对压力为一个大气压时的运动粘度;

v ——在压力 p 时的运动粘度;

b ——压力系数, 因油的种类而异。一般液压传动用油的 b 值为 $0.002 \sim 0.003$ 。

实际应用中, 矿物油的粘度与压力的关系可用下列经验方程式表示:

$$v = v_0 (1 + 0.003p)$$

压力在 5MPa 以下时, 粘度改变可以不计。

2) 油的粘度随温度升高而降低。油在不同温度下的粘度值可根据“粘度—温度换算图”求出。

1.2.2 液压油的性质

1. 普通液压油的性质

(1) 全损耗系统用油 国产全损耗系统用油是一种工业用中质润滑油, 广泛用于纺织工业的纱锭、各种机床及其他各种机械的润滑。在液压传动中, 全损耗系统用油应用很普遍。

注意: 其氧化稳定性差, 常用于条件要求不高的场合。

(2) 汽轮机油(原名透平油) 因加入抗氧化添加剂, 汽轮机油在高温下有高度的抗空气氧化性(酸度值不提高)。它与混入的水分能迅速完全分离, 有高的抗乳化性、低酸性及灰分, 无任何机械杂质、水溶性酸及碱。汽轮机油为浅黄色透明液体, 比全损耗系统用油纯净, 普遍用在要求比较高的液压传动系统中。

(3) 变压器油 经过高度精制, 没有机械杂质和水分, 粘度较低, 凝固点也较低。因加入抗氧化添加剂, 有高度抗氧化性。

(4) 11号汽缸油 是一种重质工业用润滑油, 适用于低速、重负荷及周围环境温度很高的情况下。

(5) 柴油机油 油中加有抗氧化、抗腐蚀和使发动机清洁的添加剂, 润滑性能好, 粘度随温度变化较小。按粘度分为 8、11 和 14 三个牌号, 牌号越高, 粘度越大。一般用在拖拉机、工程机械及起重运输机械的液压传动系统中, 夏季常采用 11 号, 冬季常用 8 号。

注意: 一般普通油中, 由于没有或很少加入专门的添加剂, 传动时易生泡沫, 噪声大, 粘温性能差, 低温时粘度提高快, 不能用于低温。

2. 专用液压油性质

专用液压油由于加入了各种添加剂, 使用性能良好。其性质扼要说明如下:

(1) 稠化液压油 是我国近年新试制的一种专用液压油, 有上海炼油厂的 14 号、40 号和兰州炼油厂的特 1 号三种牌号。它凝固点低, 氧化稳定性好, 防锈、润滑、粘温性能好; 因加入了稠化剂, 粘度指数很高; 耐寒, 可用于低温; 工作时泡沫少, 噪声小。可用于建筑机械、工程机械、超重机械等液压系统中。

(2) 精密机床液压油 是一种深度精制的润滑油, 并加有抗氧化、抗磨损、抗泡沫、防锈蚀及改进粘度指数等添加剂。粘温性能好, 粘度指数较高。适用于精密机床的液压系统及变速器的润滑。

精密机床液压—导轨油: 与上述性能相同, 适用于精密机床液压及导轨的润滑, 具有良好的防爬性。也不适用于低温。

(3) 航空液压油 是一种经过特殊加工的石油基润滑油, 加有改进粘度指数和提高润滑性能等的添加剂。凝固点低, 粘温性能很好, 在 $-50 \sim 70^{\circ}\text{C}$ 具有要求的适当粘度。它无腐蚀, 不损伤密封物, 具有良好的润滑性能, 通常染成红色, 俗称红油。广泛用于航空液压传动系统中。适于低温工作, 在常温下粘度较低, 价格较贵。

(4) 合成锭子油 合成锭子油与全损耗系统用油(旧称专用锭子油)性能基本一致,具有很低的凝点,良好的润滑性及防腐性,是一种高级油,主要用在液压传动上。

(5) 舵机液压油 适用于船舶舵机的液压系统。

(6) 钻机液压油 适用于钻机和船台机械的液压系统。

3. 其他专用液压油性质

(1) 液压设备防锈油 是近年试制成功的新产品,有上海炼油厂、兰州炼油厂的20号、30号两个牌号,寿命可达一年半到两年,性能与机床液压油相近,既可防锈,又可作液压传动。在设备长期停止运转时,装上此油可防锈蚀,如机床试车后发往外地时常用。

(2) 寒区液压油 专门用于低温寒冷地区,凝点在 -60°C 以下。

(3) 防火油 亦称高温不燃性油,专用于高温易燃处。

1.2.3 液压油的选用禁忌

1. 液压油类型选用禁忌

1) 液压装置在火灾危险区使用时,选用抗燃或不燃液压油,如乳化液压油、水—乙二醇液压油、磷酸酯液压油等。

2) 液压系统连续工作或系统在系统内使用加热器时,应选用抗氧化性好的液压油,如汽轮机油等。

3) 当液压设备所用的切削液或水分有侵入系统的危险时,应选用抗乳化性好的液压油,如精密机床液压油。

4) 当液压元件和系统保养不便时,应选用抗磨性好的液压油,如抗磨液压油。

5) 当需要液压油作为机床导轨润滑油时,应选用润滑性和防爬性好的液压油,其油品有液压—导轨油。

6) 建筑机械、工程机械、起重机械等液压系统的用油,应选用低凝液压油或稠化液压油。

7) 加工中心、数控机床的液压伺服系统应选用数控液压油。

2. 液压油粘度选用禁忌

为了满足液压传动的要求,液压传动常采用矿物油。选择油时,除按照泵、阀样本许可采用的油外,一般可作如下考虑:

1) 专用液压油选用禁忌:航空液压油、精密机床液压油、精密机床液压—导轨油、锭子油、舵机液压油、钻机液压油及稠化液压油均是专用的液压油,使用性能良好。但在一般液压传动中,如一般泵、阀在 $10\sim 50^{\circ}\text{C}$ 时,常采用全损耗系统用油、汽轮机油、柴油机油,有时也采用变压器油及11号汽缸油作为液压油,而应用较广的是15号、32号、46号全损耗系统用油、8号柴油机油及22号、30号汽轮机油。

2) 在液压传动中,油的条件粘度大多在 $(11.5\sim 60)\times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$ 之间,更高的粘度较少采用。

3) 周围环境温度高,采用高粘度的矿物油;周围环境温度低,采用低粘度的矿物油。如在机床中,冬季可用15号全损耗系统用油,夏季用46号全损耗系统用油,酷热时用68号全损耗系统用油。

4) 一般压力高时用高粘度的油, 压力低时用较低粘度的油。如压力低于 7MPa 时, 用 50℃ 时 $(20 \sim 38) \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 的油; 压力在 7 ~ 20MPa 时, 用 50℃ 时 $60 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ ($\leq 110 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$) 的液压油。

5) 在低压 ($p = 2 \sim 3 \text{MPa}$) 往复运动中, 以及当动力活塞速度很高时 ($v \geq 8 \text{m}/\text{min}$), 采用低粘度的油, 一般为 15 号、32 号全损耗系统用油。在旋转运动中, 用粘度较高的油, 一般为 32 号全损耗系统用油、22 号汽轮机油、46 号及 68 号全损耗系统用油 (如机床液压驱动)。

6) 当油的相对漏损量很大时, 即在高温、高压及密封处的间隙很大时 (如由于磨损), 而运动速度不高, 即每分钟所需油量很小, 由于漏油而损失的数量比例很大, 宜采用粘度较高的油。

当转速或运动速度很高时, 油流速度也高, 液压损失急剧增加, 若用粘度很高的油, 可能破坏液压泵的吸油作用, 故在高速运动中, 虽漏损较大, 但是为避免卡住零件, 宜采用低粘度的油。

7) 按液压泵类型, 推荐选择油的粘度见表 1-1。

表 1-1 按液压泵类型推荐用油粘度表

液压泵类型		环境温度 14 ~ 38℃	环境温度 38 ~ 80℃
		运动粘度 (50℃) / ($10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$)	运动粘度 (50℃) / ($10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$)
叶片泵	7MPa 以下	18 ~ 27	25 ~ 42
	7MPa 以上	32 ~ 38	36 ~ 53
齿轮泵		18 ~ 38	60 ~ 80
柱塞泵		18 ~ 38	60 ~ 110

1.3 液压油的污染与控制措施

1.3.1 液压油的污染原因

(1) 潜藏在元件和管道内的污染物

1) 液压元件、组合件在组装前零件未去毛刺或未经严格清洗, 组装时将铸造型砂、切屑、灰尘等杂物带入零件内部。

2) 液压元件经过试验后, 未将通油口用堵头塞住或在运输过程中不注意将堵塞碰掉, 因而在库存及运输过程中侵入灰尘和杂物。

3) 安装管道时, 未将管子和接头内部的水锈、焊渣、氧化皮等杂物冲洗干净。

4) 安装螺纹时, 有部分密封剂或密封带碎片, 以及切屑、机械加工的毛刺等杂物未被清理干净。

(2) 工作期间所产生的污染物

1) 油液的加剧搅拌, 使油氧化引起性质变化生成沉淀物和胶质。

2) 油中有一定数量的水分, 在工作过程中会使金属腐蚀形成水锈。

3) 系统在工作过程中因液体流动对金属表面的物理化学作用产生的金属粉末。

- 4) 液压元件在工作过程中运动零件间互相摩擦, 生成金属磨损物。
- 5) 密封件的磨损物或碎片。
- 6) 油箱内壁上的底漆老化, 产生脱落的漆片。

(3) 外界侵入的污染物

1) 由于油箱结构设计不佳, 密封性差, 容易进入灰尘、切屑和杂物; 油箱没有清理箱内污物的窗口, 造成油箱内部清理困难或无法清理; 油箱容积太小, 油液冷却条件差, 加速油液氧化变质, 乳化液或切屑液进入油箱, 使油严重乳化或掺有切屑。

2) 维修过程中不注意清洁, 将环境周围的杂物带入油箱或管道内。例如, 在维修时不注意, 把纤维织品或螺钉等物带入管道内。

3) 忽视油液的过滤, 有些液压系统不按系统和元件对过滤精度的要求合理地选配过滤器, 而是用粗过滤器代替精过滤器, 甚至根本不用过滤器; 对系统使用的过滤器几年不清洗, 滤网不经常检查, 造成堵死或破漏致使污物侵入; 换油或补油时不重视油的过滤, 或把脏的油桶未经严格清洗就拿来使用, 或注油时把杂物注入油箱。

4) 在液压缸的活塞杆表面未设置防尘圈, 这样在密封处能吸入大气中的灰尘等污物。

(4) 管理不善造成油液质量不符合性能指标

- 1) 供应部门对新入库油品的质量未经检查, 油品质量不易保证。
- 2) 供应部门把装废油的桶或不洁净的桶用来装新油, 使油变质。
- 3) 未建立定期对库存油和设备上使用的油进行取样化验的制度。
- 4) 换油时, 未将系统中旧油清除完就加上新油, 造成油液变质。
- 5) 由于管理不严, 造成油品混乱, 或装油工具未建立严格的使用管理制度。
- 6) 需要两种油品混合后代替某种油品时, 如果混合搅拌不匀, 会影响液压系统正常工作。

1.3.2 液压油污染的控制

1. 合理选择过滤精度

油液过滤是为了保持油的清洁, 控制油的污染度, 因此要根据系统和元件的不同要求, 分别在泵的吸油口、压力管路、泵的吸油管路、回油管路、伺服阀或调速阀的进油口等处按照要求的过滤精度设置过滤器, 控制油液中的颗粒污物, 使液压系统达到性能可靠、工作稳定和寿命长之目的。过滤器过滤精度一般按系统中对过滤精度敏感性最强的元件来选择。液压元件对过滤精度的要求见表 1-2, 液压系统对过滤精度的要求见表 1-3。

表 1-2 液压元件对过滤精度的要求

液压元件名称	过滤精度/ μm	液压元件名称	过滤精度/ μm
齿轮泵及马达	30 ~ 50	高压液阀	10 ~ 15
叶片泵及马达	20 ~ 30	调速阀 比例阀	10 ~ 15
柱塞泵及马达	15 ~ 25	伺服阀	5 ~ 10
高压柱塞泵及马达	10 ~ 15	精密伺服阀	3 ~ 5
中低压液阀	15 ~ 25		

表 1-3 液压系统对过滤精度的要求

液压系统与过滤的安装部位	过滤精度/ μm	液压系统与过滤的安装部位	过滤精度/ μm
精密电液伺服系统	2.5 ~ 5	中高压系统的压力管路	15 ~ 25
电液伺服系统	5 ~ 10	中低压系统的压力管路	20 ~ 40
电液比例系统	10 ~ 15	低压系统的压力管路	30 ~ 50
速度控制元件进油口处	10 ~ 15	系统的回油管路	50 ~ 100
高压系统的压力管路	10 ~ 15	液压泵吸油口	80 ~ 120

2. 减少污染的方法

除了采取上述净化的措施外，还应设法避免和减少对液压油的污染。常用的方法有：

(1) 减少潜伏的污染物

1) 严格检验元件的污染程度，外购件在运输和保管过程中，要注意密封，防止污染物潜入。

2) 装配前，无论是新装还是检修后重装，所有零部件必须认真清洗。尤其是泵体内铸件残砂，务必清除，对内腔死角处的铁屑可用磁铁吸出。

3) 加强油液管理。液压油进厂应取样检验，检验合格后还必须再过滤才能注入贮存容器。保管过程中注意密封，防止氧化变质。

(2) 防止侵入污染物 主要从装配和使用两方面加以控制：

1) 防止环境污染。液压泵制造厂在有条件的装配车间最好能充压，使室内压力高于室外，防止大气尘埃污染。用户拆装泵时，注意门窗关闭，防止尘土进入。

2) 采用“湿加工、干装配”法，所有工序都采用润滑或清洗液，装配时为了不使清洗液留在零件表面而影响装配质量，应采用干装配，最好用干燥的压缩空气吹干零件再装配，不要用回丝、布条等纤维物擦拭清洗零件。

3) 液压泵在出厂时，要作好台架试验，要进行加载、高压磨合和清洗。液压泵试验台用油会比主机液压系统用油污染得快，已污染的油液对液压泵将又产生浸入污染，所以在试验台液压系统中，应设有多级过滤，过滤器的油垢容量要大。过滤器要易于拆卸，保证定期清洗。当油液超过使用界限时，应及时换油。

4) 扳手、锤子、吊索等装配用具，加油容器，滤网等均需保持清洁，防止将污染物带入液压泵内或系统中。当系统发生故障、解体排除或检修时，要防止大气污染，不能立即修理装配的零部件要注意保护密封。

5) 油箱设计制作等要合理。因为油箱除用来贮油外，还具有排污垢、分离混合空气和散热的功能，所以油箱上必须设置空气过滤器，油箱进出油管管口位置要适当，油箱下底部要设置放水排污阀。

6) 发现油液污染严重时，应查明原因，及时消除。此外，为保证使用和节约费用，液压油必须做到合理更换。

3. 控制工作油的温度

液压系统油温过高会给系统工作带来以下不利影响：

1) 油液粘度下降，泄漏增加，整个系统效率显著下降。

2) 油液粘度下降，使活动部位油膜被破坏，摩擦阻力增大，引起系统发热，执行元件

(液压缸)爬行。

3) 油液粘度下降, 经过节流器时, 特性发生变化, 使活塞运动速度不稳定。

4) 油温过高, 引起热膨胀, 使不同材料的运动副之间的间隙变化, 造成动作不灵或卡死, 以及工作性能和精度降低。

5) 当油温超过 55℃ 时, 会加速油液氧化变质, 使用寿命缩短。据资料介绍, 当油温超过 55℃ 时, 油温每升高 9℃, 油的使用寿命要缩短一半(见图 1-1)。因此, 对不同用途和不同工作条件的机器, 应有不同的允许工作油温。液压系统允许工作油温见表 1-4。

6) 注意系统中油温不能过高, 对油温过高的应急措施是用风冷却。

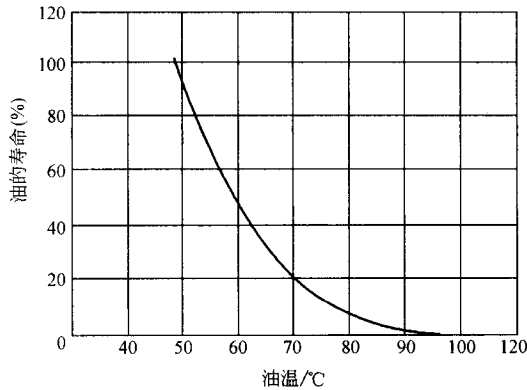


图 1-1 油温与油的寿命

表 1-4 液压系统允许工作油温

液压设备名称	正常工作温度/℃	最高允许温度/℃
金属切削精加工机床	35 ~ 50	55
数控机床电液伺服系统	35 ~ 50	55
金属切削粗加工机床	35 ~ 55	60
液压机、锻压设备等高压系统	35 ~ 55	60
铸造造型的自动线等铸造设备	35 ~ 55	60
普通液压设备	35 ~ 60	65
采煤机	35 ~ 60	70

4. 加强现场管理

加强现场管理是防止外界污物侵入系统和滤除系统污物的有效措施。

(1) 检查油液的污染度 设备管理部在检查设备的清洁度时, 应同时检查液压系统油液、油箱和过滤器的污染度, 并建立液压设备污染度上、中、下三级评分制度。对数控机床、加工中心、精密关键设备的液压系统都要抽查, 若检查发现油液污染度等级超过了同类设备液压系统油液污染等级标准, 应及时过滤或更换油液。

(2) 建立液压系统一级保养制度 建立液压装置的具体保养内容如油箱内部、外部要清洗干净, 滤网清洗或者更换, 油箱清洗或更换, 紧固接头和螺钉, 清除外泄漏, 更换被压扁的管子, 配齐管夹等。

(3) 定期对油液取样化验 应定期定量提取油样，检查单位体积油样中颗粒的大小和数量或称重量。对正在工作的油液应作定性定量分析，以便确定油液是否需要更换。

(4) 定期清洗滤芯、油箱、管路 定期清除在滤网、滤芯、油箱及元件内部的污垢是控制油液污染的有效方法。在拆装元件、管子时也要注意清洁，对所有油口都要加堵头或塑料布密封，防止脏物侵入系统。

5. 加强油料管理

1) 建立新油入库化验制度。油液入库前，首先要进行取样化验，不合格的油品不准入库，严格把好油料进库时的质量关。

2) 建立库存油料的定期取样化验制度。为保证出库油品的质量，必须定期对库存油料进行取样化验。经过化验发现不合格的油品要及时处理，未经有关技术部门同意不得使用。

3) 建立油的保管制度。对进库油料应做到按牌号专桶贮存保管，严禁乱放，同时切勿放在露天日晒雨淋，更不应靠近火源。

4) 建立三过滤制度。油液转桶或注油时，要做到三过滤，即转桶时过滤、领油时过滤、向设备加油时过滤，并注意油桶、注油口、漏斗口等的洁净，严防杂质进入油口。

5) 建立容器清洗制度。装油容器要经常清洗，严格管理，防止混乱，保证容器洁净。

6. 改进油箱结构

目前使用的油箱很大一部分存在问题，容易进入灰尘、切屑、切削液和废油。需要对旧油箱作些改进。

1) 在油箱内部装设滤网式隔板，将吸油管与回油管隔开，使回入油箱的油经过滤网板后再流入油箱的吸油一侧，从而避免回油直接被泵吸入。

2) 油箱盖要封闭严密，不让灰尘、切屑等杂物进入油箱。

第 2 章 液压元件设计及选用禁忌

2.1 液压泵选用禁忌

2.1.1 液压泵概述

液压泵的作用是向液压系统提供具有一定压力和流量的油液。从能量转换观点来看，液压泵是将机械能转换为液压能的能量转换元件。

1. 液压泵分类(表 2-1)

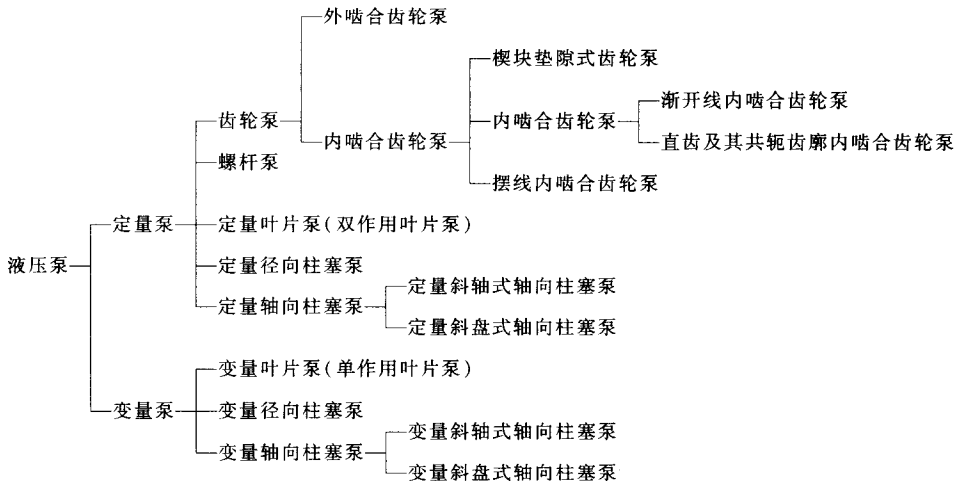
常用的液压泵有齿轮泵、螺杆泵、叶片泵、柱塞泵。

按液压泵的流量特性，可分为定量泵和变量泵两种类型。定量泵是指当液压泵转速不变时，不能调节流量的泵。变量泵是指当液压泵转速不变时，通过变量机构的调节，可使液压泵具有不同的流量的泵。

一般调节流量的方式有手动、电动、液动等形式。齿轮泵一般均为定流量式，叶片泵和柱塞泵有定流量式及变流量式两种。

此外，对变量泵，按输油方向，又可分为单向变量泵和双向变量泵。前者工作时，输油方向不可变；后者工作时，通过调节，可以改变输出油流的方向。

表 2-1 液压泵分类表



2. 液压泵的性能比较

液压泵的种类非常多，其特性也有很大差别。表 2-2 列出了液压系统中常用液压泵的主要性能。