

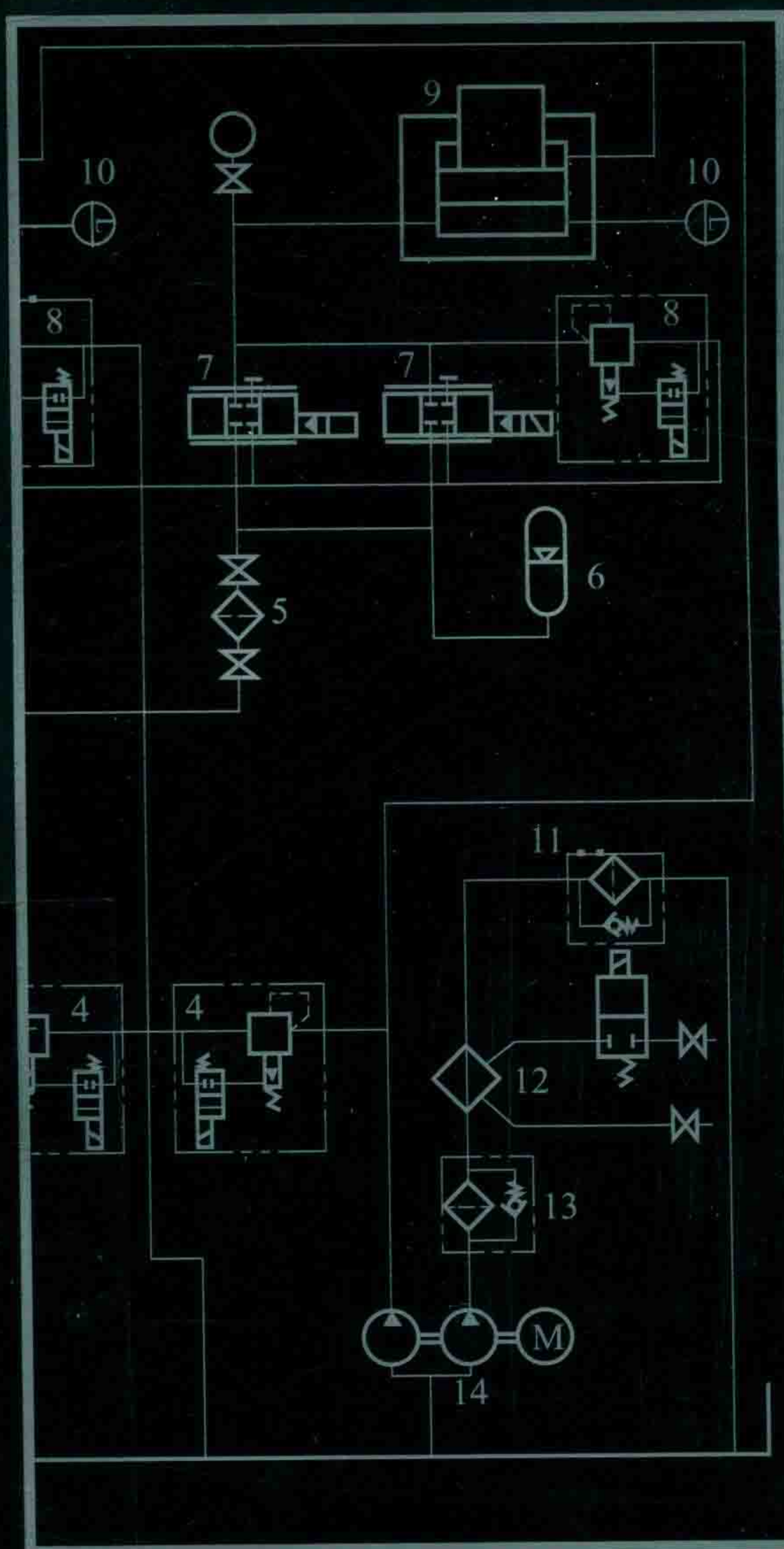
液压系统使用与维修手册

回路和系统卷

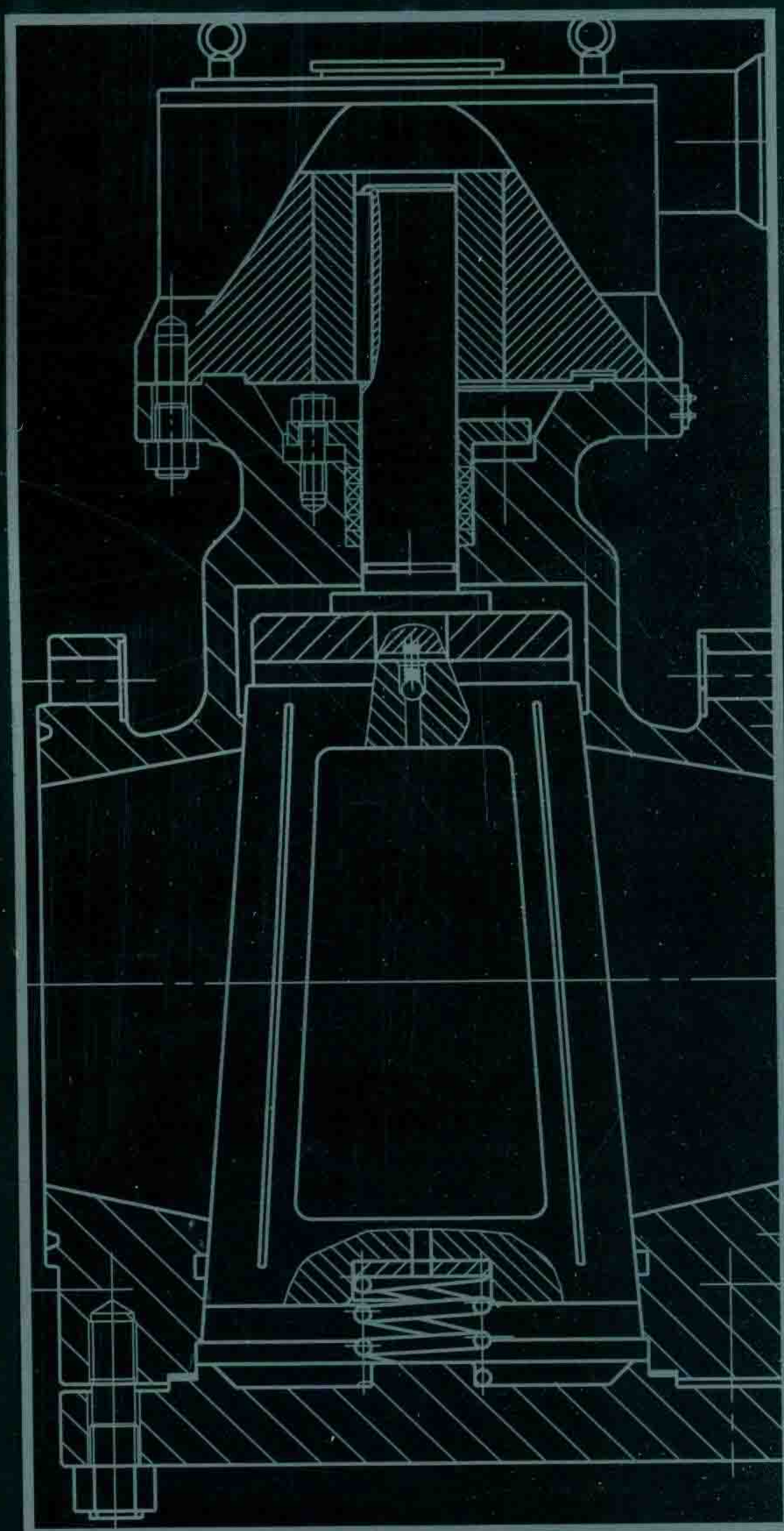
陆望龙 主编

陆桦 江祖专

副主编



YEYA XITONG SHIYONG YU WEIXIU SHOUCE



液压系统使用与维修手册

回路和系统卷

陆望龙 主编

陆桦 江祖专 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

《液压系统使用与维修手册》第二版分为两卷：《基础和元件卷》；《回路和系统卷》。

《基础和元件卷》包括液压维修基础知识，液压动力元件（各种液压泵）、液压执行元件（液压缸与液压马达）、液压控制元件（方向阀、压力阀、流量阀、叠加阀、插装阀、伺服阀、比例阀、数字阀以及其他阀类元件）、液压辅助元件（管路与管件、过滤器、冷却器、蓄能器与油箱）的工作原理、结构、使用、故障分析与排除方法、元件的拆装方法、使用与维修等。《回路和系统卷》包括液压系统工作液体的使用与维护中可能碰到的问题（包括液压油的品种、油品的选用、液压油的使用管理、油品油质的测量方法以及换油的方法），液压回路的故障分析与排除，液压系统维修基础知识（包括液压系统的安装调试、故障诊断方法以及液压系统常见故障的分析与排除方法），以及五十余种设备（包括油压机、机床、水泥、工程机械、汽车、塑料纺织、橡胶轮胎、煤矿、造纸、金属加工、钢铁等行业设备）的液压系统工作原理及故障排除方法等。

本书主编在液压一线工作数十年，积累了大量现场维修实践经验和资料，均收集整理编撰进这部手册，因此内容非常实用。本书可供从事液压技术及设备应用、维修的工程技术人员、技术工人学习、查阅和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

液压系统使用与维修手册. 回路和系统卷/陆望龙主编.
—2版. —北京：化学工业出版社，2017.5
ISBN 978-7-122-29188-2

I. ①液… II. ①陆… III. ①液压系统-维修-技术手册 IV. ①TH137-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 040890 号

责任编辑：张兴辉 曾 越
责任校对：王素芹

装帧设计：王晓宇

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印 装：高教社（天津）印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 27 $\frac{3}{4}$ 字数 759 千字 2017 年 6 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：169.00 元

版权所有 违者必究

前 言

FOREWORD

《液压系统使用与维修手册》第一版自 2008 年出版以来，至今已有八年，蒙读者厚爱，抱着不搞十年一贯制的想法和做法，第二版较之第一版，做了较大修改，删去了已经过时的内容，增加了一些与时俱进的新内容。

这次修改写出的第二版，分两卷。

《基础和元件卷》：第 1 章和第 2 章介绍液压维修基础知识；第 3 章～第 5 章介绍液压动力元件（各种液压泵）、液压执行元件（液压缸与液压马达）、液压控制元件（方向阀、压力阀、流量阀、叠加阀、插装阀、伺服阀、比例阀、数字阀以及其他阀类元件）的工作原理、结构、使用与故障分析与排除方法、元件的拆装方法；第 6 章介绍各种液压辅助元件（管路与管件、过滤器、冷却器、蓄能器与油箱）的使用与维修。

《回路和系统卷》：第 7 章介绍液压系统工作液体的使用与维护中可能碰到的问题，包括液压油的品种、油品的选用、液压油的使用管理、油品油质的测量方法以及换油的方法；第 8 章的内容为液压回路的故障分析与排除，回路是液压系统的组成单元，有些液压设备就是由 1～2 个基本回路所组成，从液压基本回路分析故障，应该曾经是作者率先在这方面作出的探讨；第 9 章介绍了液压系统维修基础知识，包括液压系统的安装调试、故障诊断方法以及液压系统常见故障的分析与排除方法；第 10 章～第 20 章分别介绍了油压机、机床、水泥、工程机械、汽车、塑料纺织、橡胶轮胎、煤矿、造纸、金属加工、钢铁等行业的五十余种设备的液压系统工作原理及故障排除方法。这些设备均是同类企业中正在使用着的设备，希望对同行在维修该类液压设备时能提供实实在在的帮助，转化为生产力。

深入、透彻地了解各种液压元件的工作原理和结构，而不是按照某些教科书简单初浅地、皮毛地了解是非常必要的。每一个元件都有它的细微之处，如果液压元件出了故障却解决不了，说明对该液压元件的工作原理和结构懂得不是很透彻。所以本手册在这方面投入的篇幅比较大，并对怎么拆、怎么装、怎么查找这些元件易出故障的具体部位做了具体介绍，因为只有这样才能进行和做好维修工作。本手册中有许多液压元件的结构图，选自国产和进口设备上使用量最大的品种。

本书主要读者对象为中高级液压维修技工、液压相关专业的技术人员。有钻研精神的初学者也可使用本手册。当然本手册对大专院校相关专业的师生肯定有所帮助和启迪。

本书由陆望龙主编，陆桦、江祖专副主编。参编人员有：王锡章、陈曦明、谭平华、陈旭明、陶云堂、倪棠棣、朱皖英、李刚、陈黎明、刘长青、但莉、马文科、汪贵兰、张汉珍、

朱声正。感谢湖北（金力）液压件厂张和平、葛玉麟、周幼海、孙为伦等专家对本书编写工作的指导，陆泓宇等参与了部分章节的资料整理工作，在此表示诚挚的谢意。

近十年来，主编应邀巡回全国二十多个省市（除西藏、青海、黑龙江、海南省与台湾），讲授过超百次以上的液压维修公开课，也到十几家国内知名的行业龙头企业做过液压维修内部培训，近距离面对面地交流，并现场解决维修中的实际问题。主编在教学过程中，一方面通过与学员和企业的交流，使自己得到提高；另一方面更大程度上了解了生产第一线的工程技术人员与维修技术工人的诉求，对编好此手册的第二版，获益匪浅。主编虽早已进入古稀之年，仍然老骥伏枥，笔耕不止，力图编好本手册，使之能更好地为液压维修服务，希望读者喜欢。然而笔者心有余而力不足，加之精力和时间有限，本手册难免存在疏漏，希望读者原谅，并提出批评与指正。

编著者

第 7 章 液压系统工作液体的使用与维护

- 7.1 简介 /797
 - 7.1.1 对工作液体的性能要求 /797
 - 7.1.2 液压油的分类 /798
 - 7.1.3 液压油的品种、性能和用途 /800
 - 7.1.4 矿物油型液压油的品种与质量性能 /801
- 7.2 液压油的合理选用 /806
 - 7.2.1 油品的选用原则 /807
 - 7.2.2 液压油(液)的选择方法 /807
- 7.3 进口液压设备用油的国产化替代 /809
 - 7.3.1 替代原则 /809
 - 7.3.2 国产油代替进口油的程序及注意事项 /809
- 7.4 液压油与故障 /811
 - 7.4.1 液压油污染产生的故障 /811
 - 7.4.2 液压油性能不好带来的故障 /812
 - 7.4.3 液压油与液压元件、密封等不相容带来的故障 /814
 - 7.4.4 液压油选用不当带来的故障 /815
- 7.5 工作液体的使用与管理 /815
 - 7.5.1 液压油的使用管理 /815
 - 7.5.2 油污染(油质)的测量方法 /819

第 8 章 液压回路的故障分析与排除

- 8.1 液压源(泵源)回路及其故障排除 /825
 - 8.1.1 定量泵供油回路 /826
 - 8.1.2 变量泵泵源回路 /830
 - 8.1.3 压力适应(匹配)回路 /832
 - 8.1.4 流量匹配供油回路 /833
 - 8.1.5 功率匹配供油回路 /836
 - 8.1.6 电液比例变量泵泵源回路 /838
 - 8.1.7 蓄能器供油回路 /839
- 8.2 方向控制回路的故障排除 /839
 - 8.2.1 方向控制回路例 /839
 - 8.2.2 锁紧回路 /843
- 8.3 压力控制回路的故障排除 /845
 - 8.3.1 调压回路 /845
 - 8.3.2 卸荷回路 /847
 - 8.3.3 泄压回路 /849
 - 8.3.4 减压回路 /851
 - 8.3.5 保压回路 /852
 - 8.3.6 增压回路 /854
 - 8.3.7 平衡回路 /856
- 8.4 速度控制回路及其故障分析与排除 /859
 - 8.4.1 节流调速回路 /859
 - 8.4.2 容积调速回路及其故障分析与排除 /862
 - 8.4.3 联合调速液压回路 /865
 - 8.4.4 快速运动回路 /867
 - 8.4.5 减速回路 /871
 - 8.4.6 制动回路 /872
 - 8.4.7 同步回路 /876
- 8.5 位置控制回路及其故障排除 /885
 - 8.5.1 机械挡块式位置控制回路 /885
 - 8.5.2 “行程开关+电磁阀”的位置控制回路 /886
 - 8.5.3 向执行元件定量供油的位置控制回路 /887
 - 8.5.4 采用电液脉冲马达的位置控制回路 /887
 - 8.5.5 采用数字式执行元件的位置控制回路 /887
 - 8.5.6 利用液压平衡的位置控制回路 /888

- 8.5.7 采用转阀式伺服阀的位置控制回路 /888
- 8.5.8 采用电液伺服阀的位置控制回路 /889
- 8.5.9 电液伺服泵的位置控制回路 /889
- 8.5.10 仿形位置控制回路 /890
- 8.6 其他液压回路 /890
 - 8.6.1 顺序动作回路 /890
 - 8.6.2 防冲击回路(缓冲回路) /894

第9章 液压系统维修基础

- 9.1 液压系统概述 /897
 - 9.1.1 液压系统的分类 /897
 - 9.1.2 液压传动系统的分类 /897
- 9.2 液压系统的安装调试 /901
 - 9.2.1 液压系统的安装 /901
 - 9.2.2 液压系统的调试 /902
- 9.3 液压系统的故障诊断 /903
 - 9.3.1 故障诊断概述 /903
 - 9.3.2 对液压故障的基本认识 /904
 - 9.3.3 故障诊断的步骤 /905
- 9.4 查找故障的几种方法 /907
 - 9.4.1 利用液压系统图查找故障 /907
 - 9.4.2 元件替换法查找液压故障 /908
 - 9.4.3 利用动作循环表查找液压故障 /908
 - 9.4.4 利用因果图查找液压故障 /910
 - 9.4.5 通过滤油器查找液压故障 /911
 - 9.4.6 故障的实验法诊断——隔离、比较与综合法 /911
 - 9.4.7 实用感官诊断法 /912
 - 9.4.8 仪器仪表诊断法 /914
 - 9.4.9 区域分析与综合分析查找液压故障 /914
 - 9.4.10 从电气和液压元件的相互对应关系查找液压故障 /915
 - 9.4.11 利用设备自诊断功能查找液压故障 /916
 - 9.4.12 人工智能与液压系统故障诊断 /916
- 9.5 液压系统常见故障的分析与排除 /917
 - 9.5.1 液压系统的泄漏 /917
 - 9.5.2 液压系统的压力失常 /918
 - 9.5.3 执行元件速度慢、欠速 /919
 - 9.5.4 振动和噪声大 /919
 - 9.5.5 爬行 /923
 - 9.5.6 液压系统温升发热厉害 /925
 - 9.5.7 系统进气产生的故障和产生的气穴 /928
 - 9.5.8 水分进入系统产生的故障和内部锈蚀 /931
 - 9.5.9 炮鸣 /932
 - 9.5.10 液压冲击 /934
 - 9.5.11 液压卡紧和其他卡阀现象 /936

第10章 液压机(油压机)类液压系统及故障排除

- 10.1 HD-026型5000kN双动拉延液压机 /938
 - 10.1.1 液压系统的组成与工作原理 /938
 - 10.1.2 故障分析与排除 /940
- 10.2 X81-160型金属打包液压机 /942
 - 10.2.1 液压系统的组成与工作原理 /942
 - 10.2.2 故障分析与排除 /944
- 10.3 YT32-100A四柱液压机 /945
 - 10.3.1 结构、液压系统的组成与工作原理 /945
 - 10.3.2 故障分析与排除 /951
- 10.4 万吨板材成形液压机 /952
 - 10.4.1 液压系统的工作原理 /952
 - 10.4.2 故障分析与排除 /954
- 10.5 Q12Y-20×3200型液压剪板机 /956
 - 10.5.1 液压系统的工作原理 /956
 - 10.5.2 故障分析与排除 /956
- 10.6 Q12Y-16×3200型液压剪板机 /959
 - 10.6.1 液压系统的工作原理 /959
 - 10.6.2 故障及其排除方法 /959
- 10.7 WD67Y-63/2500型液压折弯机 /960
 - 10.7.1 液压系统的工作原理 /960
 - 10.7.2 故障及其排除方法 /961

第11章 机床类液压系统及故障排除

- 11.1 C7120型半自动仿形液压车床 /963
 - 11.1.1 液压系统组成与作用 /963

- 11.1.2 液压系统的工作原理(油路分析)/966
- 11.1.3 故障分析与排除/968
- 11.2 C7220型液压仿形车床液压系统/972
 - 11.2.1 液压系统的工作原理/972
 - 11.2.2 故障分析及排除/972
- 11.3 CH9220型液压半自动车床液压系统/975
 - 11.3.1 液压系统的组成与工作原理/975
 - 11.3.2 故障分析与排除/977
- 11.4 日本MAZAK公司Slant tuvn50型数控车床液压系统/978
 - 11.4.1 液压系统的工作原理/979
 - 11.4.2 故障分析与排除/982
- 11.5 KMC-3000kV型加工中心液压系统/984
 - 11.5.1 液压系统的功用/984
 - 11.5.2 液压系统的工作原理/984
 - 11.5.3 故障分析与排除/989
- 11.6 L6120型卧式拉床液压系统/990
 - 11.6.1 液压系统的工作原理/990
 - 11.6.2 故障分析与排除/992
- 11.7 B690型液压牛头刨床液压系统/993
 - 11.7.1 液压系统的工作原理/993
 - 11.7.2 液压系统的压力调整/996
 - 11.7.3 故障分析与排除/996
 - 11.7.4 B690型液压牛头刨床的改进实例/998
- 11.8 M131W型万能外圆磨床液压系统/999
 - 11.8.1 液压系统的组成/999
 - 11.8.2 液压系统的工作原理/1000
 - 11.8.3 故障分析与排除/1002
- 11.9 M7120A型平面磨床液压系统及故障排除/1006
 - 11.9.1 液压系统的作用与工作原理/1006
 - 11.9.2 故障分析与排除/1008

第12章 水泥液压设备液压系统及故障排除

- 12.1 概述/1010
 - 12.1.1 水泥的生产流程/1010
 - 12.1.2 液压在水泥生产设备中的应用/1011
- 12.2 TBY-12型回转窑挡轮液压系统/1011
 - 12.2.1 液压系统的工作原理/1011
 - 12.2.2 故障分析与排除/1013
- 12.3 堆取料机/1013
 - 12.3.1 液压在堆取料机上的应用/1013
 - 12.3.2 CCQ6QS0/25型桥式堆取料机/1014
 - 12.3.3 SRC109型80m圆形堆料机/1016
 - 12.3.4 故障分析与排除/1017
- 12.4 BL3500-51YO1N型篦式冷却机液压系统/1019
 - 12.4.1 篦冷机的组成及功能/1019
 - 12.4.2 液压系统的工作原理/1020
 - 12.4.3 故障分析与排除/1024
- 12.5 HRM3400型立磨液压系统/1025
 - 12.5.1 立磨工作原理/1025
 - 12.5.2 液压系统的组成与工作原理/1026
 - 12.5.3 故障分析与排除/1028

第13章 工程机械的液压系统与故障排除

- 13.1 PC200-5型液压挖掘机液压系统/1029
 - 13.1.1 液压系统的组成和工作原理/1029
 - 13.1.2 故障分析与排除/1035
- 13.2 CAT966D型轮胎式装载机液压系统/1038
 - 13.2.1 液力传动系统/1038
 - 13.2.2 液压传动系统控制元件/1041
 - 13.2.3 转向控制液压系统/1043
 - 13.2.4 工作装置液压系统/1045
 - 13.2.5 故障分析与排除/1049
- 13.3 CA25型振动压路机液压系统/1052
 - 13.3.1 振动压路机的组成和工作原理/1052
 - 13.3.2 CA25型振动压路机液压系统的工作原理/1054
 - 13.3.3 故障分析与排除/1055
- 13.4 小松D150A-1型推土机液压系统/1057
 - 13.4.1 液压变速系统/1057
 - 13.4.2 转向系统/1058
 - 13.4.3 制动系统/1058
 - 13.4.4 作业(工作)系统/1058
 - 13.4.5 故障分析与排除/1060
- 13.5 混凝土搅拌运输车(日本三菱

- 公司) /1061
- 13.5.1 液压系统的组成和工作原理 /1061
- 13.5.2 故障分析与排除 /1062
- 13.6 国产 QY20B 型汽车起重机液压

- 系统 /1063
- 13.6.1 液压系统的组成与工作原理 /1063
- 13.6.2 故障分析与排除 /1066

第 14 章 汽车液压系统及故障排除

- 14.1 汽车液压转向系统 /1068
 - 14.1.1 转向系统的分类 /1068
 - 14.1.2 转向系统的工作原理 /1069
 - 14.1.3 动力转向系统的各组成部分 /1069
 - 14.1.4 滑阀式转向系统与转阀式转向系统 /1074
 - 14.1.5 转向系统的故障分析与排除 /1076
- 14.2 汽车制动液压系统及故障排除 /1078
 - 14.2.1 简介 /1078
 - 14.2.2 液压制动系统的工作原理及结构 /1079
 - 14.2.3 汽车制动系统的故障分析与排除 /1081
- 14.3 汽车制动防抱死液压系统及故障排除 /1084
 - 14.3.1 简介 /1084
 - 14.3.2 ABS 和 ASR 系统的工作原理 /1084
 - 14.3.3 ABS 和 ASR 系统的故障分析与排除 /1087
- 14.4 汽车自动变速(换挡)液压系统及故障排除 /1088
 - 14.4.1 简介 /1088
 - 14.4.2 汽车自动变速系统的液压工作原理例 /1089
 - 14.4.3 自动变速器液压系统 /1091
 - 14.4.4 故障分析与排除 /1092

第 15 章 塑料、纺织设备液压系统及故障排除

- 15.1 塑料工业设备液压系统及故障排除 /1098
 - 15.1.1 液压在塑料工业中的应用 /1098
 - 15.1.2 注塑机结构及其液压系统的动作步骤 /1098
 - 15.1.3 HD-900 型注塑机液压系统及故障排除 /1099
 - 15.1.4 震德公司注塑机故障分析与排除 /1108
- 15.2 MZD 型纺织整经机液压系统及故障排除 /1111
 - 15.2.1 简介 /1112
 - 15.2.2 液压系统的工作原理 /1112
 - 15.2.3 故障分析与排除 /1114

第 16 章 橡胶轮胎设备液压系统及故障排除

- 16.1 液压在橡胶行业中的应用 /1116
- 16.2 370 上顶栓密炼机液压系统及故障分析与排除 /1117
 - 16.2.1 简介 /1117
 - 16.2.2 液压系统的工作原理 /1117
 - 16.2.3 液压系统的故障分析与排除 /1126
- 16.3 LLY-815×1000×4 型定型硫化机的液压系统与故障排除 /1126
 - 16.3.1 液压系统的组成 /1126
 - 16.3.2 液压系统的工作原理 /1128
 - 16.3.3 故障分析与排除 /1129
 - 16.3.4 维修中液压元件的更换 /1130

第 17 章 煤矿液压设备液压系统及故障排除

- 17.1 ZDY3200S 型煤矿用全液压坑道钻机的使用与维修 /1131
 - 17.1.1 钻机的组成与特点 /1131
 - 17.1.2 钻机液压系统的工作原理 /1132
 - 17.1.3 故障的分析与排除 /1134
- 17.2 EBZ160 型掘进机液压系统及故障排除 /1135
 - 17.2.1 EBZ160 型掘进机的外观与组成 /1135
 - 17.2.2 掘进机各组成部分简介 /1135

- 17.2.3 液压系统的工作原理 /1138
- 17.2.4 故障分析与排除 /1144
- 17.3 MG650/1605-WD 型采煤机液压系统的故障分析与排除 /1146
 - 17.3.1 液压系统的组成 /1146
 - 17.3.2 液压系统的工作原理 /1147
 - 17.3.3 液压系统的故障分析与排除 /1147
- 17.4 ZY2800 型掩护式液压支架的使用与维修 /1148
 - 17.4.1 外观与组成 /1148
 - 17.4.2 液压系统各部件的作用与工作原理 /1148
 - 17.4.3 液压系统的工作原理 /1150
 - 17.4.4 故障分析与排除 /1150
- 17.5 KZG 型高效快开压滤机液压系统及故障排除 /1153
 - 17.5.1 概述 /1153
 - 17.5.2 压滤机的结构组成 /1153
 - 17.5.3 液压系统的工作原理 /1154
 - 17.5.4 故障分析与排除 /1155

第 18 章 造纸设备液压系统及故障排除

- 18.1 博伦多劈纸机的液压系统及故障排除 /1156
 - 18.1.1 简介 /1156
 - 18.1.2 液压系统的工作原理 /1156
 - 18.1.3 故障分析与排除 /1158
- 18.2 博伦多纸卷包装机液压系统及故障排除 /1158
 - 18.2.1 简介 /1158
 - 18.2.2 液压系统的工作原理 /1158
 - 18.2.3 故障分析与排除 /1160

第 19 章 金属加工设备液压系统及故障排除

- 19.1 日本宇部公司产压铸机液压系统及故障排除 /1163
 - 19.1.1 液压系统的组成 /1163
 - 19.1.2 液压系统的工作原理 /1163
 - 19.1.3 故障分析与排除 /1167
- 19.2 国产 J1118 型卧式冷室压铸机及其故障排除 /1169
 - 19.2.1 简介 /1169
 - 19.2.2 液压系统的工作原理 /1169
 - 19.2.3 故障分析与排除 /1172
- 19.3 力劲公司 DCC280 型压铸机液压系统及故障排除 /1173
 - 19.3.1 DCC280 型压铸机的组成 /1173
 - 19.3.2 液压系统的组成与循环动作方块图 /1175
 - 19.3.3 DCC280 型压铸机液压系统的工作原理 /1177
 - 19.3.4 故障分析与排除 /1179
- 19.4 XJ-800 型铜铝材挤压机液压系统及故障排除 /1183
 - 19.4.1 简介 /1183
 - 19.4.2 液压系统的组成和工作原理 /1183
 - 19.4.3 故障分析与排除 /1187
- 19.5 10000kN 铜材挤压机及其故障排除 /1189
 - 19.5.1 简介 /1189
 - 19.5.2 液压系统工作原理 /1189
 - 19.5.3 故障分析与排除 /1193
 - 19.5.4 挤压机的 PLC 程序控制 /1196

第 20 章 钢铁设备液压系统及故障排除

- 20.1 液压在冶炼、钢铁设备上的应用 /1199
 - 20.1.1 冶炼设备 /1199
 - 20.1.2 轧制设备 /1199
 - 20.1.3 连续铸钢设备（钢铁连铸机） /1200
- 20.2 轧机的厚度自动控制系统及故障排除 /1200
 - 20.2.1 简介 /1200
 - 20.2.2 板厚控制的工作原理 /1201
 - 20.2.3 轧机 AGC 控制液压系统工作原理 /1202
 - 20.2.4 故障分析与排除 /1208
- 20.3 轧机 CVC 控制液压系统及故障排除 /1209
 - 20.3.1 简介 /1209

20.3.2 轧机 CVC 控制液压系统的工作
原理 /1210

20.3.3 故障分析与排除 /1212

20.3.4 利用故障树分析故障 /1212

附 录

附录一 常用单位换算表 /1214

附录三 各种板式阀的安装尺寸 /1217

附录二 插装阀典型插件与结构 /1215

参 考 文 献

液压系统工作液体的使用与维护

7.1 简介

液体传动以液体为工作液体（工作介质），利用液体的压力能或动能来传递和转换能量。液体传动分为利用密闭容积内的液体静压力传递和能量转换的液压传动及借助液体的运动能量来实现传递动力的液力传动两类。两者所使用的工作介质分别称为液压油（液）和液力传动油（液），统称工作液体。

7.1.1 对工作液体的性能要求

在液压系统中，工作液体既作为工作介质传递液体动力，又兼润滑液压元件内相对运动部件的作用，并且还具有防止锈蚀、冲洗元件和管路内污染物以及带走热量进行冷却的作用。为此液压油应具备下列基本性能，以满足相关要求。

① 黏度要求 首先工作液体应满足液压系统在工作温度下与启动温度下对液体黏度的要求。黏度表示油液流动时分子间摩擦阻力的大小。黏度大时会增加流体流动阻力，使工作中的能量损失增加而造成温升，液压泵的吸入性能差，可能出现气穴现象；黏度过小，则泄漏增多，容积效率降低，相对运动件之间的润滑油膜有可能被切破，导致润滑性能差而产生磨损加剧导致系统内泄漏增加，甚至因无油润滑产生烧结现象。所以对黏度的要求也包含对润滑性与抗磨性的要求。

② 黏-温特性要求 黏-温特性是指油液黏度大小随温度变化的程度，通常用黏度指数表示。黏度指数越大，液压系统工作中油液黏度随温度随升高下降越小，从而使内泄漏不过大，润滑性能也不会降低多少。黏度指数一般不得低于 90。

合适的黏度和良好的黏-温特性能保证液压元件在工作压力和工作温度发生变化的条件下得到良好润滑、冷却和密封。

③ 抗磨性和润滑性要求 应有良好的抗磨性和润滑性。目的在于降低机械摩擦与磨损。随着液压技术向高压、高速和高性能的方向发展，对减少液压元件各运动部件之间因摩擦出现的磨损情况，提出了更高要求，因而对工作液体的润滑性和抗磨性也提出了越来越高的要求。

④ 抗氧化安定性要求 应有良好的抗氧化安定性。抗氧化安定性是指油温升高时，抵抗与含氧物起化学反应的能力。一般油温每升高 10°C ，其化学反应速度提高约一倍。抗氧化安定性好的液压油长时间使用不易氧化变质。优良的抗氧化安定性、水解安定性和热稳定性可以抵抗空气、水分和高温、高压等因素的影响或作用，使其不易老化变质，延长使用寿命。

⑤ 抗乳化性和抗泡性要求 油与水混合经搅拌后变成白色乳化液。抗乳化性是指能与混入油中的水分迅速分离，以免形成乳化液，引起液压系统的金属材质锈蚀和降低使用性能。

抗泡性是指油液中混入了空气，静置后气泡从油中分离出来的能力。良好的抗泡性和空气释放值可以保证在运转中受到机械剧烈搅拌产生的泡沫能迅速消失，并能将混入油中的空气在较短时间内释放出来，以实现准确、灵敏、平稳地传递静压。防止油中混入空气后因搅拌产生的气泡所导致的润滑条件恶化，降低系统刚度，产生振动和异常噪声的现象。

⑥ 抗剪切安定性要求 抗剪切安定性要好。为改善油液的黏度，油液中往往加入聚甲基丙

烯酯、聚异丁烯等高分子聚合物，其分子链较长，油液流经液压元件的小孔、缝隙时因剪切作用会使分子链遭剪切而导致黏度和黏-温指数发生变化（下降）。

⑦ 具有良好的极压抗磨性 以保证液压泵、液压马达、控制阀和液压缸中的摩擦副在高压、高速苛刻条件下得到正常的润滑，减少磨损。

⑧ 倾点 油品在标准规定的条件下冷却时，能够继续流动的最低温度称为倾点。在寒冷地区选用液压油时通常要考虑液压油的倾点，润滑油的倾点应该比使用环境的最低温度低 5~10℃。

⑨ 闪点 在规定的条件下，加热润滑油，当油温达到某温度时，润滑油的蒸气和周围空气的混合气，一旦与火焰接触，即发生闪火现象。最低的闪火温度称为润滑油的闪点。选用润滑油时应根据使用温度考虑润滑油的闪点高低，一般闪点应比使用温度高 20~30℃，以保证使用安全和减少挥发损失。

⑩ 酸值 酸值是指中和 1g 液压油中的全部酸性物质所需氢氧化钾的毫克数。酸值是衡量液压油氧化程度的重要指标，是液压油使用性能的重要参数之一。使用过程中，酸值变大的油液容易造成机件的腐蚀，还会促进油液变质，增加机械磨损。当酸值超过规定时就需要更换新油。

⑪ 腐蚀 腐蚀是液压油或液压液在规定条件下，对规定金属试件的腐蚀作用。

此外，工作液体还应该有下列要求：在使用压力下不可压缩，这是为了传递能量并保证能量传递品质的需要，如传递压力能要快，并且能使液压系统具有刚性，能吸收压力波动引起的振动；为了散热，所用工作液的比热容与传热系数应大，热膨胀系数宜小；为了防锈，所用工作液应具有良好的抗腐蚀性能、防锈性能，以防止金属表面锈蚀；为了防止水分进入后导致油中水解、产生的水解物造成工作液的变质和腐蚀金属元件，要求工作液有良好的水解安定性和抗乳化能力；与橡胶密封件及涂料的相容性要好；具有很好的可过滤性，以便经过滤油器时能过滤油中杂质，保证油液清洁；不产生臭味及毒性，有利于环保，也能方便废油的再生处理；能满足其他特殊条件下的使用要求，如高温、高寒、海下作业等较恶劣条件下的使用要求。

上述要求均得到完全满足的液压油（液）是没有的，只能根据液压设备的具体情况做出选择。

7.1.2 液压油的分类

液压油的分类方法过去主要有以下几种。

按液压油用途分类：航空液压油、舰船液压油、数控机床液压油，特种液压油等。

按使用温度范围分类：普通、高温、低温液压油，宽温范围液压油。

按液压油的组成分类：无添加剂型、防锈抗氧型、抗磨型、高黏度指数液压油型等。

按使用特性分类：易燃、难燃、环保型等。

按使用压力分类：普通、高压液压油等。

按添加剂类型分类：无灰、有灰，锌型、无锌、低锌、高锌液压油等。

含锌抗磨液压油均含有主剂二烷基二硫代磷酸锌，按油中的含锌量细分为高锌和低锌两种。其标准以油中锌含量 0.03% 为界。含量大于 0.03% 者为高锌抗磨液压油，低者为低锌抗磨液压油。在全部都符合质量标准的情况下，高锌油抗磨性更好，其他性能一般；低锌油则其他性能较好，抗磨性一般。

1982 年国际标准化组织 ISO 发布了液压系统分类标准 ISO 6743.4—1982，1987 年我国等效采用 ISO 标准制定了润滑剂和有关产品（L 类）的分类——第 2 部分 H 组（液压系统）的分类标准 GB 7631.2—1987。1999 年 ISO 出台了新的液压油分类标准 ISO 6743.4—1999，与 1982 年版本相比增加了四种环保型液压液，删除了两种对环境有害的难燃液压油。开发生物降解型液压油，保护环境是顺应社会发展的需要。我国目前的 GB/T 7631.2—2003 等效于 ISO 6743.4—1999，对原标准 GB 7631.2—1987 进行修订，增加环境可接受的液压液 HETG、HEPG、HEES、HEPR 四种，取消对身体有害的难燃液压液 HFDS 和 HFDT 两种。

液压系统常用工作介质应按 GB/T 7631.2 规定的牌号选择。表 7-1 为液压系统常用工作介质的牌号及主要应用（标准 JB/T 10607—2006）。

表 7-1 H 组（液压系统）常用工作介质的牌号及主要应用

工作介质		组成、特性和主要应用介绍
工作介质牌号	黏度等级	
L-HH	15	本产品为无（或含有少量）抗氧剂的精制矿物油 适用于对液压油无特殊要求（如：低温性能、防锈性、抗乳化性和空气释放能力等）的一般循环润滑系统、低压液压系统和有十字头压缩机曲轴箱等的循环润滑系统。也可适用于轻负荷传动机械、滑动轴承和滚动轴承等油浴式非循环润滑系统 无本产品时可选用 L-HL 液压油
	22	
	32	
	46	
	68	
	100	
	150	
L-HL	15	本产品为精制矿物油，并改善其防锈和抗氧性的液压油 常用于低压液压系统，也可适用于要求换油期较长的轻负荷机械的油浴式非循环润滑系统 无本产品时可用 L-HM 液压油或用其他抗氧防锈型液压油
	22	
	32	
	46	
	68	
	100	
L-HM	15	本产品为在 L-HL 液压油基础上改善其抗磨性的液压油 适用于低、中、高压液压系统，也可用于中等负荷机械润滑部位和对液压油有低温性能要求的液压系统 无本产品时，可选用 L-HV 和 L-HS 液压油
	22	
	32	
	46	
	68	
	100	
	150	
L-HV	15	本产品为在 L-HM 液压油基础上改善其黏温性的液压油 适用于环境温度变化较大和工作条件恶劣的低、中、高压液压系统和中等负荷的机械润滑部位，对油有更高的低温性能要求 无本产品时，可选用 L-HS 液压油
	22	
	32	
	46	
	68	
	100	
L-HR	15	本产品为在 L-HL 液压油基础上改善其黏温性的液压油 适用于环境温度变化较大和工作条件恶劣的（野外工程和远洋船舶等）低压液压系统和其他轻负荷机械的润滑部位。对于有银部件的液压元件，在北方可选用 L-HR 油，而在南方可选用对青铜或银部件无腐蚀的无灰型 HM 和 HL 液压油
	32	
	46	
L-HS	10	本产品为无特定难燃性的合成液，它可以比 L-HV 液压油的低温黏度更小 主要应用同 L-HV 油，可用于北方冬季，也可全国四季通用
	15	
	22	
	32	
	46	
L-HG	32	本产品为在 L-HM 液压油基础上改善其黏油性的液压油 适用于液压和导轨润滑系统合用的机床，也可适用于要求有良好黏附性的机械润滑部位
	68	
L-HFAE	7	本产品为水包油型（O/W）乳化液，也是一种乳化型高水基液，通常含水 80% 以上，低温性、黏温性和润滑性差，但难燃性好，价格便宜 适用于煤矿液压支架静压液压系统和不要求回收废液、不要求具有良好润滑性，但要求有良好难燃性的液压系统或机械设备 使用温度为 5~50℃
	10	
	15	
	22	
	32	
L-HFAS	7	本产品为水的化学溶液，是一种含有化学品添加剂的高水基液，通常呈透明状的真溶液。低温性、黏温性和润滑性差，但难燃性好，价格便宜 适用于需要难燃液的低压液压系统和金属加工等机械 使用温度为 5~50℃
	10	
	15	
	22	
	32	

工作介质		组成、特性和主要应用介绍
工作介质牌号	黏度等级	
L-HFB	32	本产品为油包水型(W/O)乳化液,通常含油60%以上,其余为水和添加剂,低温性差,难燃性比L-HFDR液差 适用于冶金、煤矿等行业的中压和高压,高温和易燃场合的液压系统 使用温度为5~50℃
	46	
	68	
	100	
L-HFC	22	本产品通常为含乙二醇或其他聚合物的水溶液,低温性、黏温性和对橡胶的适应性好。它的难燃性较好,但比L-HFDR液差 适用于冶金和煤矿等行业低压和中压液压系统 使用温度为-20~50℃
	32	
	46	
	68	
L-HFDR	15	本产品通常为无水的磷酸酯作基础液加入各种添加剂而制得,难燃性好,但黏温性和低温性较差,对丁腈橡胶和氯丁橡胶的适应性不好 适用于冶金、火力发电、燃气轮机等高温高压下操作的液压系统 使用温度-20~100℃
	22	
	32	
	46	
	68	
	100	

注:工作介质牌号说明,牌号L-HM46,L为润滑剂类、H为液压油液组、M为防锈抗氧和抗磨型、46为黏度等级。

7.1.3 液压油的品种、性能和用途(表7-2)

表7-2 液压油(液)的品种、性能和用途

性能	矿物油							水包油	水的化学溶液	油包水	水乙二醇	磷酸酯
	HH油	HL油	HM油	HR油	HV油	HG油	HS油	HEAE液	HFAS液	HFB液	HFC液	HFDR液
密度/(g/cm ³)	0.85~0.9							~1.0	~1.0	~0.95	~1.1	1.0~1.4
黏度	可选择	可选择	可选择	可选择	可选择	可选择	可选择	低	低	高	可选择	可选择
黏度指数	90~120							很高		130~150	140~200	<100
反应性	中性							碱性	碱性	碱性	碱性	中性
蒸气压	低	低	低	低	低	低	低	高	高	高	高	高
黏温性能	良	良	良	好	好	良	好	差	差	良	优	差~良
低温性能	良	良	良	优	优	良	优	差	差	差	优	良~优
燃点/℃	200~250							无	无	无	无	230~280
流动点/℃	-30~10							—	—	—	-40	-10
低温启动特性/℃	-10							—	—	10	-30	-15
使用温度高限/℃	80	100	100	80	80	100	100	50	50	65	60	130
含水量/%	无(溶解水)							90~95	>95	>40	35~55	≤0.1
润滑和极压抗磨性	良	良	优	良	优	优	优	差	差	良	良	优
热氧化安定性	差	好	好	好	好	好	好	—	—	—	—	优
抗乳化性	好	好	良	好	好	良	好	—	—	—	—	差
水解安定性	好	好	好	好	好	好	好	—	—	—	—	差
抗泡性	差	好	好	好	好	好	好	差	差	差	差	良
空气释放性	良	良	良	良	良	良	良	—	—	—	—	差
防锈性液相	差	好	好	好	好	好	好	好	好	好	好	好
气相	差	良	良	良	良	良	良	差	差	差	良	良
过滤性	好	好	良	良	良	良	良~好	—	—	差	良	好
抗燃性	差	差	差	差	差	差	差	优	好	好	好	
储存稳定性	好	好	好	好	好	好	好	差	差	差	好	好
最高使用压力/MPa	7	7	35	7	35	35	35	7	7	14	14	35
消防上	危险物							非危险物	非危险物	非危险物	非危险物	危险物
难燃性	易燃							抗燃	抗燃	抗燃	难燃	抗燃
经济性(价格)/%	100							15	100	150	250	600

续表

性能	矿物油							水包油	水的化学溶液	油包水	水乙二醇	磷酸酯
	HH油	HL油	HM油	HR油	HV油	HG油	HS油	HFAE液	HFAS液	HFB液	HFC液	HFDR液
寿命/%	100							< 60	< 60	< 60	80~85	90~95
用途	无难燃要求的液压系统							低压有抗燃要求的系统	低压有抗燃要求的系统	中低压有抗燃要求的系统	中高压有抗燃要求的系统	高压有抗燃要求的系统

7.1.4 矿物油型液压油的品种与质量性能

目前液压系统中还是以矿物油型液压油为主。下面将国内矿物油型液压油的品种,以及它们的质量特性的说明如下。

(1) L-HH 液压油

L-HH 液压油是一种无剂的精制矿油,它比全损耗系统用油 L-AN(机械油)质量高,这种油品虽列入国际标准与国标分类中,但液压系统不宜使用,我国不设此类油品,也无产品标准。

(2) L-HL 液压油

L-HL 液压油是由精制深度较高的中性油作为基础油,加入抗氧、防锈和抗泡添加剂制成,适用于机床等设备的低压润滑系统。HL 液压油具有较好的抗氧化性、防锈性、抗乳化性和抗泡性等性能。使用表明,HL 液压油可以减少机床部件的磨损,降低温升,防止锈蚀,延长油品使用寿命,换油期比老的机械油长达一倍以上。我国在液压油系统中曾使用的加有抗氧剂的各种牌号机械油现已废除。目前我国 L-HL 油品种有 15、22、32、46、68、100 共六个黏度等级,只设一等品产品。

(3) L-HM 液压油

HM 液压油是在防锈、抗氧液压油基础上改善了抗磨性能发展而成的抗磨液压油。L-HM 抗磨液压油采用深度精制和脱蜡的中性油为基础油,加入抗氧剂、抗磨剂、防锈剂、金属钝化剂、抗泡沫剂等配制而成,可满足中、高压液压系统液压泵等部件的抗磨性要求,适用于使用性能要求高的进口大型液压设备。从抗磨剂的组成来看,L-HM 液压油分含锌型(以二烷基二硫代磷酸锌为主剂)和无灰型(以硫、磷酸酯类等化合物为主剂)两大类。不含金属盐的无灰型抗磨液压油克服了用于锌盐抗磨剂所引起的如水解安定性、抗乳化性差等问题,目前国内该类产品质量水平与改进的锌型抗磨液压油基本相当。GB/T 7631.2—2003 中设有 15、22、32、46、68、100、150 七个黏度等级。

(4) L-HG 液压油

HG 液压油亦称液压-导轨油,是在 L-HM 液压油基础上添加抗黏滑剂(油性剂或减摩剂)构成的一类液压油,适用于液压及导轨为一个油路系统的精密机床,可使机床在低速下将振动或间断滑动(黏-滑)减为最小。GB/T 7631.2—2003 中规定 HG 液压油设有 32、68 两个黏度等级,只有一等品。

(5) L-HV 液压油

L-HV 液压油是具有良好黏-温特性的抗磨液压油。该油以深度精制的矿物油为基础油并添加高性能的黏度指数改进剂和降凝剂,具有低的倾点、高的黏度指数(> 130)和良好的低温黏度。同时还具备抗磨液压油的特性(如很好的抗磨性、水解安定性、空气释放性等),以及良好的低温特性(低温流动性、低温泵送性、冷启动性)和剪切安定性。该产品适用于寒区 -30°C 以上、作业环境温度变化较大的室外带中、高压液压系统的机械设备。HV 的产品质量等级分别

为优等品和一等品，优等品设有 10、15、22、32、46、68、100 共七个黏度等级，一等品设有 10、15、22、32、46、68、100、150 共八个黏度等级。

(6) L-HS 液压油

HS 液压油是具有更良好低温特性的抗磨液压油。该油以合成烃油、加氢油或半合成烃油为基础油，同样加有高性能黏度指数改进剂和降凝剂，具备更低的倾点、更高的黏度指数（>130）和更优良的低温黏度。同时具有抗磨液压油应具备的一切性能和良好的低温特性及剪切安定性。该产品适用于严寒区 -40℃ 以上、环境温度变化较大的室外作业中、高压液压系统的机械设备。HS 液压油的质量等级分优等品和一等品，均设有 10、15、22、32、46 五个黏度等级。

(7) L-HR 液压油

GB 7631.2—1987 中设有此类油品，是改善黏-温性的 HL 液压油，用于环境变化大的中、低压系统；但在 GB/T 7631.2—2003 中未设此类油品，如果有使用 L-HR 液压油的场合，可选用 L-HV 液压油。

(8) 高压抗磨液压油

高压抗磨液压油质量性能符合 GB 11118.1—2011 中 L-HM 优级品规格，高压抗磨液压油黏度等级增加了 100，取消了 GB 11118.1—1994 中的 15 和 22，普通抗磨液压油取消了 15 黏度等级，同时还增加了 L-HM（高压）双泵试验，取消了 VIO4C 叶片泵试验，使高压抗磨液压油具有更优良的抗磨性能。高压抗磨液压油适用于装配有叶片泵（工作压力 17.5MPa 以上）及柱塞泵（工作压力 32MPa 以上）的不同类型国产或进口高压及超高压液压设备。

(9) 清净液压油

清净液压油完全符合我国 L-HM 抗磨液压油国家标准 GB 11118.1—2011。其质量达到德国 DIN 51524（11）和 ISO-L-HM 规格，该油品特别在清净性方面进行了严格规定。清净液压油可用作冶金、煤炭、电力、建筑行业引进及国产的中高压（8~16MPa）及高压（16~32MPa）液压设备对污染度有严格要求的精密液压元件的工作介质。

(10) 环境可接受液压油

液压油可能通过溢出或泄漏（非燃烧）进入环境，一些国家立法禁止在环境敏感地区，如森林、水源、矿山等使用非生物降解润滑油，尤其在公共土木工程机械的液压设备中要求使用可生物降解液压油。

目前国外许多公司如 ARAL 公司、Mobil 公司、BP 公司相继推出了一系列环境可接受的液压油，占液压油总量 10%。一些资料表明，各类油的生物降解率不同，其中以植物油生物降解性最好，且资源丰富，价格较低；合成酯则各方面性能平衡较好，但成本太高；聚乙二醇易水溶渗入地下，造成地下水污染，且与添加剂混合后会产生水系毒性。因此，在欧洲，以植物油为基础油的生物降解润滑油在市场中占有较大比例。我国是润滑油生产和消费大国，研制环境可接受的液压油是今后的发展趋势。

环境可接受的液压油除了具有可生物降解性、低毒性以外，还应添加抗氧剂、清净分散剂、极压抗磨剂等各种功能的添加剂来满足液压系统苛刻的要求。而这些添加剂也应是可生物降解并且对所选择的基础油的生物降解性影响要小的。

目前国内可生物降解液压油正在研制中，其产品标准尚未制定。随着时代的发展，环保型液压油的品种将会不断涌现，并推广使用。列举几种如下。

① 以植物油为基质的液压油（HETG）它与标准的矿物油相比具有更好的润滑特性与黏-温特性，黏度略高于矿物油，因此必须注意泵要有良好的吸油条件；不适用于低温，抗老化性能不好；对水的亲和性高，应绝对避免水侵入，在有水的情况下，当温度超过 50℃ 时，油液便开始