



普通高等教育规划教材

GONGCHENG JIXIE YEYA XITONG FENXI  
JI GUZHANG ZHENDUAN

# 工程机械液压系统分析及故障诊断 (第二版)

张奕◎编著



人民交通出版社股份有限公司  
China Communications Press Co., Ltd.

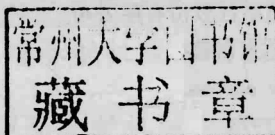


普通高等教育规划教材

# 工程机械液压系统分析 及故障诊断

(第二版)

张奕 编 著



人民交通出版社股份有限公司  
China Communications Press Co., Ltd.

## 内 容 提 要

本书共分七章。分别阐述了液压传动技术、液压系统故障诊断技术、液压系统污染控制技术的基本概念和基本原理;介绍了液压系统的性能评价及分析的方法;详尽分析了包括道路施工机械、道路养护机械、土方机械、起重运输机械等在内的二十余种典型工程机械液压系统的工作原理,并对每种机型液压系统的特点进行了归纳和总结;给出了液压元件的常见故障诊断与排除的方法,列举了工程机械液压系统故障分析的工程实例;介绍了液压系统污染控制的基本内容以及污染控制与液压系统故障诊断之间的关系。

本书可作为高等学校相关专业的教材,也可作为广大的工程机械生产、售后服务、使用、维修和管理人员的实用参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

工程机械液压系统分析及故障诊断/张奕编著. —  
2版. —北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.6  
ISBN 978-7-114-13754-9

I. ①工… II. ①张… III. ①工程机械—液压系统—  
系统分析②工程机械—液压系统—故障诊断 IV.  
①TU607

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第074395号

书 名: 工程机械液压系统分析及故障诊断(第二版)  
著 者: 张 奕  
责任编辑: 曹 静 李 良  
出版发行: 人民交通出版社股份有限公司  
地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号  
网 址: <http://www.ccpres.com.cn>  
销售电话: (010)59757973  
总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部  
经 销: 各地新华书店  
印 刷: 北京市密东印刷有限公司  
开 本: 787×1092 1/16  
印 张: 14.25  
字 数: 329千  
版 次: 2008年1月 第1版  
2017年6月 第2版  
印 次: 2017年6月 第2版 第1次印刷 累计第7次印刷  
书 号: ISBN 978-7-114-13754-9  
定 价: 32.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

工程机械液压系统分析与故障诊断技术是在了解和掌握工程机械液压系统工作原理的基础上,根据系统运行过程中的状态,确定其全体或局部是否正常,以便及时发现故障、查明原因,并预报故障发展趋势的技术。

故障症状的多样性、产生的突发性、机理和成因的复杂性以及危害的严重性,使得液压系统的故障诊断比较困难,需要具备专门的专业知识和方法。

本书的第一版编写于2007年,在长安大学工程机械学院开设多年的“工程机械液压系统分析及故障诊断”课程所用讲义的基础上,结合编著者多年来从事工程机械液压技术的教学、科研工作的实践编写而成。2008年1月由人民交通出版社出版发行,出版近十年来,承蒙读者厚爱,在阅读和使用过程中提出了许多宝贵的意见和建议。同时,工程机械液压系统的技术水平近十年来也取得了很大进步和发展,迫切需要将这些新技术充实到本教材中。

在本书第二版的编写过程中对重点章节进行了较大幅度地调整,重新规划了第三章的结构,删减了一些过时的机型,并根据当前工程机械液压系统的技术发展增加了新的内容。为使本书篇幅更加紧凑,删去了原书的第八章,将其中部分内容整合到其他相关的章节中。

本书第二版共分七章。分别阐述了液压传动技术、液压系统故障诊断技术、液压系统污染控制技术的基本概念和基本原理;介绍了液压系统的性能评价及分析的方法;详尽分析了包括道路施工机械,道路养护机械、土方机械、起重运输机械等在内的二十余种典型工程机械液压系统的工作原理,并对每种机型液压系统的特点进行了归纳和总结;给出了液压元件常见故障诊断与排除的方法,列举了工程机械液压系统故障分析的实例;介绍了液压系统污染控制的基本内容以及污染控制与液压系统故障诊断之间的关系。

编著者在编写过程中力求使本书从工程实际出发,注重本书的实用性,做到内容完整、分析详尽,便于读者自学。书中有不少内容来自编著者实际工作经验

的总结和提炼。

长安大学工程机械学院曹学鹏和张宏兵两位年轻教师在本书第二版的编写过程中提供了大量有用的素材,在此深表谢意。

由于时间仓促,加之编著者水平有限,谬误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编著者  
2017年3月

《工程机械液压系统分析及故障诊断》是在了解和掌握工程机械液压系统工作原理的基础上,根据系统运行过程中的技术状态,确定其全体或局部是否正常,以便及时发现故障、查明原因,并预报故障发展趋势的技术。

故障症状的多样性、产生的突发性、机理和成因的复杂性以及危害的严重性使得液压系统的故障诊断比较困难,需要具备专门的专业知识和方法。

20世纪90年代中期,为了满足公路交通行业对工程机械制造、使用和维修人才的迫切需求,长安大学(原西安公路学院)在工程机械专业的本科、专科以及各类相关的技术培训班上开设了《工程机械液压系统分析及故障诊断》这门专业课。为满足授课的需要,由本书的编著者统稿,组织任课教师编写了《工程机械液压系统分析及故障诊断》讲义。十年来,该讲义深受使用者的欢迎;《工程机械液压系统分析及故障诊断》也成为长安大学的一门特色课程。

本书是在参考国内外文献和《工程机械液压系统分析及故障诊断》讲义的基础上,结合编著者多年来从事工程机械液压技术的教学、科研工作的实践经验编写而成。本书力求从工程实际出发,注重实用性。书中有不少内容来自编著者实际工作经验的总结和提炼。

本书的第1、2、4、5章以及第3章的3.1、3.2、3.3部分是在《工程机械液压系统分析及故障诊断》讲义的基础上改编而成,对原有内容删繁就简,并根据当前工程机械液压系统的技术发展增加了新的内容。第3章的3.4~3.8部分以及第6、7、8章则为新编著的内容。

本书共分8章,分别阐述了液压传动技术、液压系统故障诊断技术、液压系统污染控制技术的基本概念和基本原理;介绍了液压系统的性能评价及分析方法;详尽分析了包括路面筑养护机械、土方机械、起重运输机械在内的20余种典型工程机械液压系统的工作原理,并对每种机型液压系统的特点进行了归纳和总结;给出了液压元件常见故障诊断与排除的方法以及工程机械液压系统故障分析的

实例;概括了工程机械液压系统故障诊断与维修技术的发展趋势等。

本书密切结合工程实际,内容完整、分析详尽,便于自学。本书既可作为高等院校、大中专学校相关专业的教材,又可作为广大的工程机械生产、售后服务、使用、维修和管理人员的实用参考书。

本书由中国工程机械学会副理事长、液压技术分会理事长龙水根教授和西安建筑科技大学博士生导师谷立臣教授共同主审。赵铁栓、宋建安为本书的大部分插图绘制了初稿;苏浩为本书全部插图的最终完成做了大量的工作;在此深表谢意。

由于时间仓促,加之编者的水平有限,谬误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编著者  
2017年5月

# CONTENTS 目 录

第一章 绪论 .....	1
1.1 液压传动的概念 .....	1
1.2 液压传动系统的图形符号 .....	4
1.3 液压传动的优缺点 .....	4
第二章 液压系统的分析方法 .....	6
2.1 液压系统的分类及其性能特点 .....	6
2.2 液压系统的评价指标 .....	14
2.3 液压系统的分析方法 .....	17
第三章 典型工程机械液压系统分析 .....	29
3.1 轮式装载机液压系统 .....	29
3.2 单斗挖掘机液压系统 .....	48
3.3 自行式起重机液压系统 .....	68
3.4 沥青摊铺机液压系统分析 .....	90
3.5 滑模式水泥混凝土摊铺机 .....	105
3.6 道路施工机械液压系统 .....	120
3.7 道路养护机械液压系统分析 .....	131
第四章 工程机械液压系统故障诊断技术 .....	139
4.1 概述 .....	139
4.2 工程机械液压系统故障诊断的策略与步骤 .....	143
4.3 工程机械液压系统故障的诊断方法 .....	146
4.4 工程机械液压系统故障诊断技术发展综述 .....	153
第五章 液压元件常见故障的诊断与排除 .....	162
5.1 液压泵的故障分析 .....	162
5.2 液压控制阀的故障分析 .....	165
5.3 液压缸与液压马达的故障分析 .....	176
5.4 液压辅助元件的故障分析 .....	180
第六章 液压系统故障分析实例 .....	185
6.1 单斗挖掘机液压系统故障分析实例 .....	185



6.2	汽车起重机液压系统故障分析实例 .....	189
6.3	ZL50 装载机液压系统故障分析实例 .....	191
6.4	道路施工机械液压系统故障分析实例 .....	192
6.5	全液压转向系统常见故障分析 .....	198
<b>第七章</b>	<b>工程机械液压系统的污染控制 .....</b>	<b>203</b>
7.1	液压系统污染概述 .....	203
7.2	液压系统污染物的来源 .....	204
7.3	液压系统的污染控制 .....	205
7.4	液压油目标清洁度的设定 .....	210
7.5	液压油污染监测与故障诊断 .....	211
7.6	液压系统的泄漏控制 .....	213
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>217</b>

# 第一章 绪 论

## 1.1 液压传动的概念

### 1.1.1 传动的概念及类型

在工程机械上,传动是指能量或动力由发动机向工作机构的传递。通过各种不同的传动方式,可将发动机的转动变为工作机构各种不同的运动,例如车轮的转动、转台的回转、挖掘机动臂的升降等。因此,传动装置就是设于发动机和工作机构之间,起传递动力和进行控制作用的装置。传动的类型有多种,按照传动所采用的机件或工作介质的不同可分为机械传动、电力传动、气压传动和液体传动等。

**机械传动:**通过齿轮、齿条、皮带、链条等机件传递动力和进行控制的一种传动方式。它是发展最早、应用最为普遍的传动类型。

**电力传动:**利用电力设备,通过调节电参数来传递动力和进行控制的一种传动方式。

**气压传动:**以压缩空气为工作介质进行能量传递和控制的一种传动方式。

**液体传动:**以液体为工作介质进行能量传递和控制的一种传动方式。按其工作原理的不同又可分为液力传动和液压传动。液力传动的工作原理是基于流体力学的动量矩原理,主要是以液体动能来传递动力,故又称为动力式液体传动;液压传动是基于流体力学的帕斯卡原理,主要利用液体静压能来传递动力,故也称容积式液体传动或静液传动。

### 1.1.2 液压传动的工作原理

图 1-1 为液压传动原理图。假设在面积为  $A_1$  的单柱塞泵的活塞 1 上作用一个大小为  $F_1$  的力,则柱塞泵输出的油液压力为:

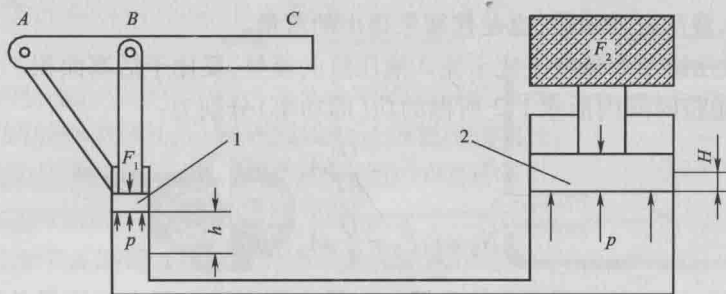


图 1-1 液压传动原理图

1、2-活塞;A、B-铰接点;C-施力点

$$p = \frac{F_1}{A_1} \quad (1-1)$$

根据帕斯卡原理,此压力将以同样大小传给作用面积为  $A_2$  的液压缸的活塞 2 上,因而,液压缸可以产生的推力

$$F_2 = pA_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1} \quad (1-2)$$

由式(1-2)力传递基本方程式可以看出:如果  $A_2$  很大,  $A_1$  很小,则只需很小的  $F_1$  力便能获得很大的推力  $F_2$ 。可见,这是一个力的放大机构,即液压传动具有增力效应,其增大倍率为  $A_2/A_1$ ,这是液压传动的一个重要特征。

力  $F_1$  之所以能够从活塞 1 传递到活塞 2,是通过处于两个活塞之间的密封容器内的受液体进行的。处于密封容器内的受压液体可以像齿轮、齿条等固体传动机件一样传递动力。

由式(1-2)还可看出: $F_2$  越大,即外负载越大,液压缸油腔中的压力  $p$  也就越大,这说明系统中的压力大小是由外负载决定的。

假如活塞 1 在  $F_1$  的作用下,在  $t$  时间内向下移动一段距离  $h$ ,则柱塞泵排出油液的体积为  $hA_1$ ;而活塞 2 一定要向上移动一段距离  $H$ ,在活塞与缸(泵)体滑动面间完全密封及液体不可压缩情况下,有:

$$A_1 h = A_2 H \quad (1-3)$$

此式两端除以时间  $t$ ,整理后得:

$$v_2 = v_1 \frac{A_1}{A_2} \quad (1-4)$$

式中: $v_1$ 、 $v_2$ ——活塞 1、2 的运动速度。

由于  $A_1/A_2 < 1$ ,则  $v_1 > v_2$ ,由此可见,这又是一个速度变换机构,其速度的变换和传递是靠液体容积变化相等的原则进行的。

由式(1-4)得:

$$v_1 A_1 = v_2 A_2 = Q \quad (1-5)$$

$$v_1 = \frac{Q}{A_1} \quad (1-6)$$

或

$$v_2 = \frac{Q}{A_2}$$

式中: $Q$ ——流入液压缸的流量,也是柱塞泵排出的流量。

式(1-6)表明,液压缸活塞速度正比于流入液压缸的流量,反比于活塞面积。

显而易见,单位时间内活塞 1、2 所做的功(即功率)分别为:

$$N_1 = v_1 F_1 = \frac{Q}{A_1} p A_1 = pQ$$

和

$$N_2 = v_2 F_2 = \frac{Q}{A_2} p A_2 = pQ$$

由此看出: $N_1 = N_2$ ,其表明液压传动符合能量守恒定律。压力与流量的乘积就是功率,这个概念以后要经常用到。

综上所述,可归纳出液压传动的基本特征是:以液体为传动介质,靠处于密闭容器内的

液体静压力来传递动力,其静压力的大小取决于外负载;负载速度的传递是按液体容积变化相等的原则进行的,其速度大小取决于流量。

### 1.1.3 液压传动系统及其组成

液压传动系统是根据机械生产工艺循环和生产能力的要求,用管路将有关的液压元件合理、有机地连接起来,形成一个整体,用以完成规定的传动职能。

图 1-2 是推土机的液压系统。推土机的液压系统由液压泵 1、液压缸 2、换向阀 3、安全阀 4、滤油器 5 及油箱 6 等组成。发动机带动液压泵从油箱中吸油,并以较高的压力输出,即液压泵把发动机的机械能变为液体的压力能。液压缸活塞杆的伸缩使推土机铲刀升降,即把液压油的压力能变为铲刀的机械能。换向阀的作用是控制液流的方向,它共有 P、A、B、O 四个油口分别与液压泵、液压缸上下腔及油箱相通,阀杆有四个操作位置对应于推土机的四种工作状态,阀杆处于中立位置 I 时,在换向阀内部 P 口与 O 口相通,A 口、B 口被封闭,此时液压泵输出的油液不通过液压缸而直接回油箱,液压泵卸荷,液压缸活塞保持在一定位置;阀杆在位置 II 时,换向阀内部 P 口与 B 口相通,A 口与 O 口相通,液压泵输出的油液经换向阀进入液压缸下腔,液压缸活塞杆缩回,提升铲刀,液压缸上腔的油经换向阀回油箱;阀杆在位置 III 时,液压泵输出的油液进入液压缸上腔,使铲刀下降,液压缸下腔的油经换向阀回油箱;阀杆在位置 IV 时,换向阀内部四个口全通,此时铲刀处于浮动状态。在阀杆处于位置 II 或 III 时,如果液压缸活塞杆上升或下降到极限位置,液压缸内的压力便急剧上升,可能造成油管破裂等事故,为此设置了安全阀 4,以限制系统内的最高压力。当系统压力高于某一限定值时,安全阀开启,液压泵出口的油液通过安全阀直接回油箱。油箱的作用主要是储存液压油并散热。滤油器的作用是滤去工作油液中的杂质以减少对液压元件的磨损。

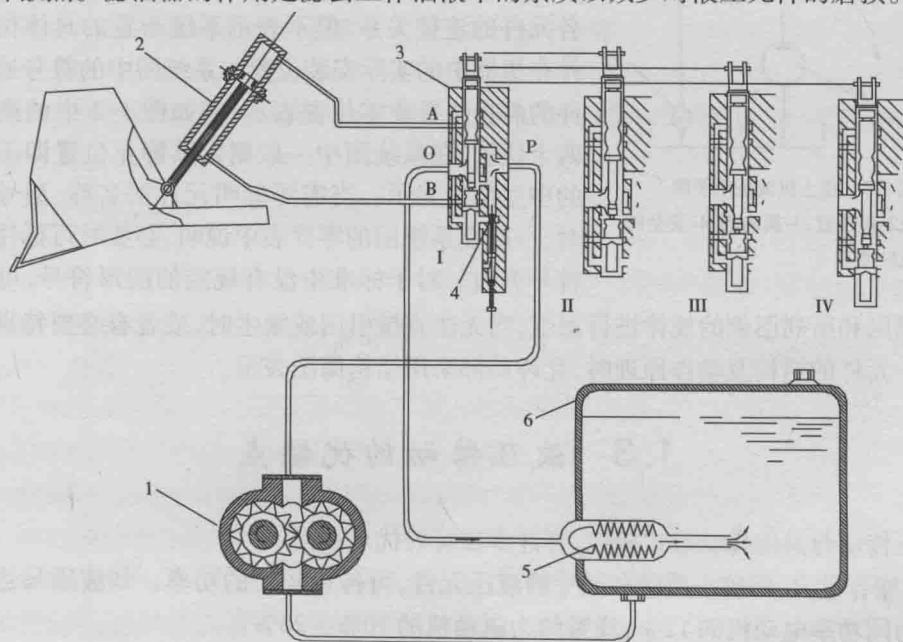


图 1-2 推土机的液压系统结构简图

1-液压泵;2-液压缸;3-换向阀;4-安全阀;5-滤油器;6-油箱

由上面的例子可以看出,液压传动系统由以下几部分组成:

(1) 动力元件——各种液压泵,用来将原动机的机械能转换成工作液体的压力能。

(2) 执行元件——各类液压缸和液压马达,它们的作用是把工作液体的压力能转变为机械能,推动负载运动。液压缸完成直线运动,液压马达完成旋转运动。

(3) 控制元件——各类压力、流量、方向控制阀等。通过它们控制和调节液压系统中液压油的压力、流量和流向,以保证执行元件所要求的输出力、运动速度和方向。

(4) 辅助元件——包括液压油箱、管路、滤油器、蓄能器、冷却器、加热器、压力表、温度计等。它们对保证液压系统正常、可靠、稳定地工作是不可缺少的。

(5) 工作介质——也称工作液体,是传递能量的媒介。它的性质对液压系统的正常工作有直接的重要影响。

## 1.2 液压传动系统的图形符号

液压系统由许多元件组成,如果用各元件的结构图来表达整个液压系统,则绘制起来非常复杂,而且往往难于将其原理表达清楚,因而工程实践中常以各种符号表示元件的职能,

将各元件的符号用管路连接起来组成液压系统图以表示液压传动及控制系统的原理。图1-3 是用图形符号表示图 1-2 所示推土机的液压系统图。

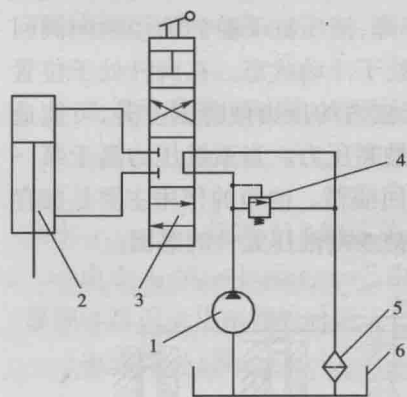


图 1-3 推土机液压系统图

1- 液压泵; 2- 液压缸; 3- 换向阀; 4- 安全阀;  
5- 滤油器; 6- 油箱

现行的液压系统图形符号只表示元件的职能和连接通路,不表示元件的具体结构和参数,也不表示从一个工作状态转到另一个工作状态的过渡过程。系统图只表示各元件的连接关系,但不表示系统布置的具体位置或元件在机器中的实际安装位置。系统图中的符号通常以元件的静止位置或零位置表示,例如图 1-2 中的换向阀有四个位置,在系统图中一般则以其静止位置即不操作时的中立位置表示。当需要标明元件的名称、型号和参数时,一般在系统图的零件表中说明,必要时可标注在元件符号旁边。对于标准中没有规定的图形符号,可以根据

标准的原则和所列图例的规律进行派生,当无法直接引用或派生时,或者有必要特别说明系统中某一元件的结构及动作原理时,允许局部采用结构简图表示。

## 1.3 液压传动的优缺点

液压传动与其他传动形式相比,有许多独特的优点:

(1) 能容量大,即较小质量和尺寸的液压元件,可传递较大的功率。如液压马达的外形尺寸约为同功率电动机的 12%,质量约为电动机的 10%~20%。

(2) 惯性小,启动、制动迅速,运动平稳,冲击小,换向迅速。

(3) 能在运行过程中进行无级调速,调速方便,调速范围较大,可达 100:1 至 2000:1。

(4) 简化整机结构,减少零件数目,减轻整机质量。如斗容量为  $1\text{m}^3$  的机械式挖掘机,零件总数为 1500 多件,机重 41t,而相同斗容量的全液压挖掘机,零件总数为 700 多件,机重 23t。

(5) 易于实现低速大转矩;易于实现直线往复运动以便直接驱动工作装置;各液压元件间用管道连接,因而安装位置自由度大,易于总体布置。正是由于这个原因,目前工程机械上几乎全部采用液压传动。

(6) 操纵方便,省力,控制、调节简单,易于实现自动化。与电气元件相配合,易于实现复杂的控制操作。

(7) 由于系统充满油液,对各液压元件有自润滑作用;又由于液压系统容易实现过载保护,因而有利于延长元件的使用寿命。

(8) 易于实现标准化、系列化和通用化,便于设计,制造和维修。

液压传动与其他传动形式相比,也存在着下面一些缺点:

(1) 由于存在泄漏及油的可压缩性,因而不能用于高精度的定比传动。

(2) 油的黏度随温度升降而变化,从而影响传动系统的工作性能,因而不宜在高温及低温下工作。

(3) 能量损失较大,因而效率较低。

(4) 对油液的污染比较敏感,要求有良好的防护和过滤设施。

(5) 液压元件制造精度要求高,造价高。

(6) 故障诊断及排除比较困难,要求操作维修人员有较高的专业水平。

## 第二章 液压系统的分析方法

### 2.1 液压系统的分类及其性能特点

液压传动系统由液压泵、执行元件、各类液压阀及辅助元件组成。按照油液的循环方式,系统中液压泵的数目、类型以及向执行元件的供油方式的不同,可将液压系统进行分类。

#### 2.1.1 开式系统与闭式系统

在液压传动系统中,根据油液循环的方式不同,可分为开式循环系统和闭式循环系统两大类。

##### 1) 开式循环系统(简称开式系统)

如图 2-1 所示,液压泵自油箱吸油,经换向阀供给液压缸或液压马达对外做功,液压缸或液压马达的回油流回油箱。在该系统中,油箱是工作介质的吞、吐及储存场所,这种系统称之为开式循环系统。

在开式系统中,油箱除作为油液循环的起点和终点外,还具有散热、冷却及沉淀杂质的作用,因此需要有较大容积的油箱才能满足要求。又由于油箱中的油与空气的接触面较大,会使溶于油中的空气量增多,导致工作机构运动的不平稳以及其他不良后果。为了保证工作机构运动的平稳性,在系统的回路上将设置背压阀,从而引起附加的能量损失,使油温升高。

开式系统的液压泵一般采用定量泵或单向变量泵,为避免产生吸空现象,对自吸能力差的液压泵,通常将其工作转速限制在额定转速的 75% 以内,或增设一个辅助泵。

开式系统通过操纵换向阀使执行元件换向,故换向时(如图 2-1 中的换向阀由左位经中位到右位的过程中)容易产生压力冲击。

开式系统如果带有较大惯性负载时,在惯性负载的带动下,液压马达将呈液压泵工况运行,如果此时换向阀在中位,则原来的回油管中将产生很高的压力,使液压马达急剧制动,为了限制其产生过大的制动力,需在液压马达进出油管之间设双向溢流阀。

由上述可见,开式系统在换向及制动过程中惯性运动的能量消耗在节流发热中(能耗制动)。特别是起重机在重物下放时,液压马达作液压泵工况运转,为防止超速下降,必须在回

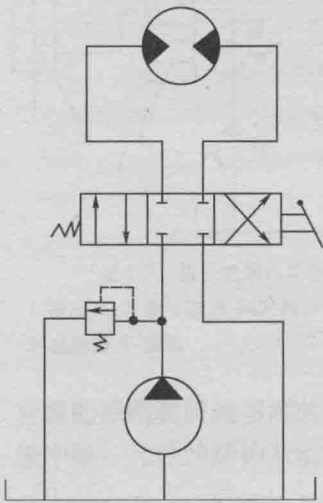


图 2-1 开式循环系统

油管设节流阀,进行能耗限速。这将造成大量的能量损失并使油液发热。但由于开式系统结构简单,因此仍为大多数工程机械所采用。

## 2) 闭式循环系统(简称闭式系统)

如图 2-2 所示,液压泵 A 和液压马达 B 的进出油管首尾相接,形成一个闭合回路。当操纵液压泵 A 的变量机构时,便可调节液压马达 B 的速度或使液压马达 B 换向,这就是闭式系统。为防止液压系统过载,设置由 4 个止回阀和 1 个过载阀组成的双向安全阀,系统压力由过载阀 3 调定。为了补充油液的泄漏,还必须设置补油泵 C,其供油压力由溢流阀 6 调定(应比液压马达所需背压略高),补油泵 C 的供油量应略高于系统的泄漏量。

由上述可见,闭式系统比开式系统的结构复杂。一般需采用双向变量泵,成本较高。由于油液仅在闭合回路内循环,因而温升较高。但它也具有如下一些优点。

(1) 闭式系统中油液基本在闭合回路内循环,与油箱交换的流量仅为系统的泄漏量,因而补油系统的油箱容积较小,结构紧凑。

(2) 闭式系统回油有背压,因而空气不易渗入系统。又由于油箱容积小,油液与空气接触面小,从而使油中空气含量较小。因此,闭式系统运转平稳。

(3) 闭式系统中液压马达的回油直接流到液压泵的入口,液压泵在回油压力下吸油,因而对液压泵的自吸能力要求低。而开式系统对液压泵的自吸能力要求较高。

(4) 闭式系统是通过改变液压泵的变量机构来实现换向和调速的,因而调速和制动比较平缓,且调速与制动中能量消耗小。

闭式系统中的执行元件一般为液压马达。例如大型液压挖掘机、液压起重机中的回转系统、振动压路机的行走系统、全液压稳定土拌和机的行走系统与转子系统中的执行元件均为液压马达,一般可采用闭式系统。

在发热量较大的闭式系统中,为了降低油液温升改善散热状况,需将部分低压油排回油箱加以冷却,并需增大补油量,这就形成了所谓“半闭式循环”系统,如图 2-3a) 所示。两个溢流阀组成双向安全阀,两个止回阀组成补油阀,两个液控止回阀组成低压选择阀(也可用图 2-3b) 所示液控换向阀组成)。辅助液压泵经补油阀向系统低压管补充冷油。高压管的控制油(图中虚线所示)顶开液控止回阀,则低压管路的热油经液控止回阀、背压阀到冷却器冷却后流回油箱。为了冷却液压泵壳体,将低压溢流阀的溢流冷油引入泵壳,再经冷却器流回油箱。辅助液压泵的补油压力由溢流阀调定(一般为 0.6 ~ 1MPa, 当用低速大转矩液压马达时取大值)。背压阀的设定压力比低压溢流阀略低 0.1 ~ 0.2MPa, 辅助液压泵的流量一般可按主泵的流量的 20% ~ 30% 来选择。

现在许多生产厂家将闭式系统中的各个阀集成到液压泵和液压马达当中,使用时只需要将闭式液压泵和液压马达用两根软管对接,再接好吸油管和泄油管就可以了,使用非常方便。但是,这种闭式系统看不出其他内部连接管道,判断故障时一定要根据原理图逐项排除。

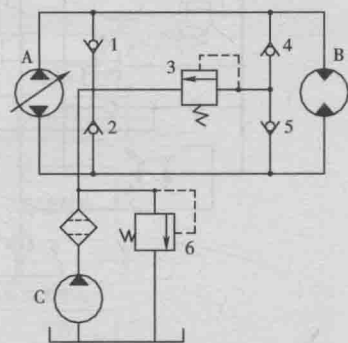


图 2-2 闭式系统

1、2、4、5-止回阀;3-过载阀;6-溢流阀;A-双向变量液压泵;B-液压马达;C-补油泵



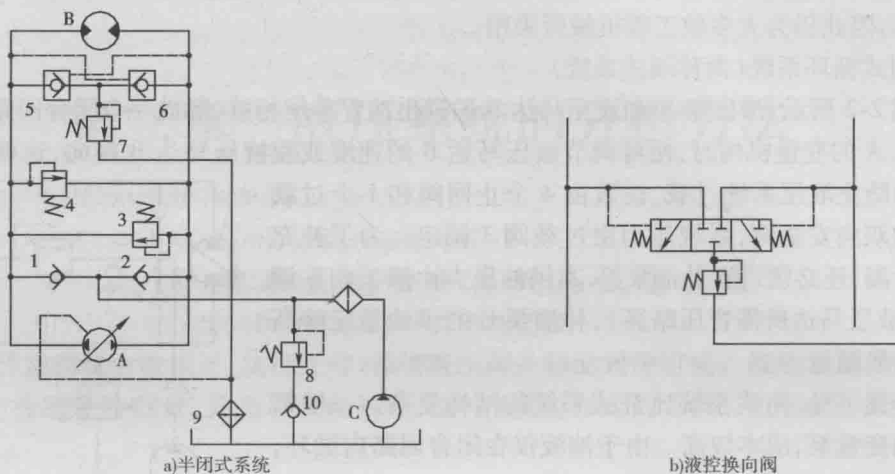


图 2-3 半闭式系统

1、2、10-止回阀;3、4-溢流阀;5、6-液控止回阀;7-背压阀;8-低压溢流阀;9-冷却器;A-主泵;B-双向液压马达;C-辅助液压泵

### 2.1.2 单泵系统和多泵系统

#### 1) 单泵系统

由一台液压泵向一个或多个执行元件供油的液压系统,称为单泵系统。单泵系统适用于下列场合。

(1)不需要进行多种复合动作的工程机械,如推土机、铲运机等铲土运动机械的液压系统。

(2)功率较小且工作变动不太频繁的工程机械,如起重质量较小的汽车起重机、斗容在  $0.4\text{m}^3$  以下的小型挖掘机、高空作业车、叉车等多执行机构的液压系统。

图 2-4 所示小型轮式挖掘机液压系统就是一个单泵系统。其发动机功率为  $29.4\text{kW}$  (40 马力),斗容量为  $0.2 \sim 0.3\text{m}^3$ ,其行走部分为机械传动。

#### 2) 多泵系统

对有些工程机械,如液压挖掘机、汽车起重机等,在工作中既需要两个执行元件实现复合动作,又要能够对这两个执行元件进行单独调节。采用单泵系统显然不能满足要求。为了更有效地利用发动机功率和提高工作性能,就必须采用双泵或多泵系统。图 2-5 是采用双泵的挖掘机液压系统简图。图中液压泵 A 向动臂液压缸、斗杆液压缸、回转液压马达及左行走液压马达供油,组成一个回路;液压泵 B 向铲斗液压缸、动臂液压缸、斗杆液压缸及右行走液压马达供油,组成另一个回路,故称双泵双回路系统。这两个回路互不干扰,可以各自独立地进行工作,保证进行复合动作,提高了生产率和发动机功率的利用率。在挖掘机工作的一个周期中,由于动臂和斗杆存在着单独动作的可能,为提高生产率,采用了双泵合流的方式,即两个动臂换向阀 2、3 的阀芯串联,两个斗杆换向阀 4、5 的阀芯串联,可实现动臂和斗杆的快速运动,从而进一步提高了生产率和发动机功率的利用率。这种双泵液压系统在中小型液压挖掘机和起重机中已被广泛应用。