

农 牧 业 机 械

液 压 传 动

潘石峰 王智敏

农业出版社

农牧业机械液压传动

潘石峰 王智敏

农业出版社

2087/26

前 言

随着科学技术的发展, 液压技术日益广泛地应用在农牧业机械上。为了帮助从事农牧业机械工作的同志系统地了解 and 掌握液压传动的基本原理及其在农牧业机械上的应用, 做到合理使用、正确维护、延长农牧业机械液压系统使用寿命、以先进的液压技术对农牧业机械进行改造、提高机械化自动化程度, 我们编写了这本书。

本书在叙述清楚液压传动基础知识的基础上, 紧密结合农牧业机械的特点, 比较系统地介绍了: 常用液压元件的基本工作原理、结构以及它们在农牧业机械中的应用; 液压系统的基本回路; 一些国产机型及部分引进机型的液压系统的原理、结构特点和调整使用方法; 随动系统在农牧业机械中的应用; 液压系统的改装设计; 典型元件的测试及其试验台的设计方法; 农牧业机械液压系统的使用、维护、常见故障分析及其排除方法, 以及不拆卸检查等内容。本书主要供从事农牧机机务、修理工作的技术员、拖拉机、联合收获机驾驶员以及农牧机修理部门的修理工人阅读, 也可作农机中专和有关院系师生教学的参考。

本书主要内容曾在农垦部及一些省区举办的农机液压技术培训班进行宣讲, 得到广大学员的热情支持和鼓励, 并提出了一些宝贵意见。在编写过程中, 还得到有关院校、工厂、研究院等单位的大力支持, 在此一并致谢。

由于我们的水平有限, 在编写中难免有错误、缺点和不足之处, 诚恳希望读者批评指正。

编 者

1981 年

目 录

第一章 农牧业机械液压传动的基础知识	1
第一节 农牧业机械液压传动的工作原理和组成.....	1
一、概述.....	1
二、液压传动系统的组成.....	8
三、农牧业机械液压系统图及图形符号.....	3
第二节 液压传动的优缺点.....	5
一、优点.....	5
二、缺点.....	5
第三节 液压技术在农牧业机械中的应用.....	5
一、液压悬挂系统.....	6
二、液压升举、翻转和折叠机构.....	6
三、液压转向和换挡变速.....	6
四、液压驱动.....	6
五、液压加压装置.....	7
第四节 液压传动的几个基本概念.....	7
一、液压传动的工作介质——油液的性质和选用.....	7
二、液压传动的基本参数——压力和流量.....	13
三、液体流动中的压力损失.....	22
四、液体流经小孔和缝隙的流量和压力损失计算.....	25
五、液压冲击和气蚀.....	28
第二章 油泵和油马达	30
第一节 概述.....	30
一、油泵和油马达的功用和分类.....	30
二、油泵和油马达的基本参数及其计算.....	31
第二节 齿轮油泵和齿轮油马达.....	33
一、外啮合齿轮油泵.....	34
二、内啮合齿轮油泵.....	43
三、齿轮油马达.....	45
四、摆线转子泵和摆线转子油马达.....	46
第三节 柱塞油泵和柱塞油马达.....	47
一、径向柱塞油泵和油马达.....	47
二、轴向柱塞油泵和油马达.....	53
三、轴向柱塞油泵的使用与维修.....	58
第四节 球塞油泵和球塞油马达.....	60
一、径向球塞油泵.....	60
二、轴向球塞油马达.....	60
第五节 叶片油泵.....	63
一、单作用式叶片油泵的工作原理.....	63

二、双作用式叶片油泵的工作原理.....	64
第三章 油缸	65
第一节 农牧业机械常用油缸的分类、特点和应用	65
一、单作用油缸.....	65
二、双作用油缸.....	65
三、复合油缸.....	66
四、回转油缸和摆动油缸.....	67
第二节 油缸的传动机构	67
一、改变运动方向、扩大行程、力或力矩的传动机构.....	67
二、变直线运动为转动或摆动的传动机构.....	69
第三节 油缸的结构及其设计.....	69
一、农用油缸结构实例.....	69
二、油缸结构设计要点.....	73
第四节 油缸的计算	77
一、确定油缸内径.....	77
二、确定活塞杆直径.....	78
三、最小导向长度的确定.....	80
四、缸筒外径的确定.....	81
第五节 油缸的材料和技术条件.....	82
一、材料.....	82
二、技术条件.....	82
第六节 油缸的使用与维护	83
一、油缸拆装注意事项.....	83
二、常见故障及其排除方法.....	83
第四章 农牧业机械常用液压控制元件	85
第一节 控制元件的作用和分类.....	85
第二节 压力控制阀	86
一、溢流阀.....	86
二、减压阀.....	89
三、顺序阀.....	91
第三节 方向控制阀	93
一、单向阀.....	93
二、转阀.....	94
三、滑阀式换向阀.....	99
第四节 流量控制阀	103
一、简单节流阀.....	103
二、调速阀的工作原理及特点.....	105
三、分流阀.....	106
第五节 组合阀.....	108
一、分配器.....	108
二、多路换向阀.....	112
三、限速阀.....	118
第五章 辅助装置	120
第一节 油管 and 管接头	120
一、油管.....	120

二、管接头.....	123
第二节 滤油器.....	128
一、滤油器的种类和选择.....	128
二 滤油器的典型结构和安装部位.....	129
第三节 油箱.....	132
一、油箱的容量.....	132
二、油箱的结构.....	132
第四节 密封装置	134
一、密封件的种类和应用.....	134
二、密封装置的摩擦阻力计算公式.....	137
三、压制密封圈的模具.....	137
第五节 蓄能器.....	138
一、蓄能器的种类和工作原理.....	139
二、蓄能器的应用.....	140
第六节 冷却器和加热器	141
一、冷却器.....	141
二、加热器.....	141
第六章 液压系统基本回路分析	142
第一节 压力控制回路	142
一、调压回路.....	142
二、卸荷回路.....	143
三、减压回路.....	143
四、增压回路.....	144
五、缓冲补油(过载补油)回路.....	145
六、保压回路.....	145
七、平衡回路.....	146
第二节 速度控制回路	147
一、调速回路.....	147
二、速度换接回路.....	150
三、制动回路.....	151
四、同步回路.....	152
第三节 方向控制回路	154
一、顺序回路.....	154
二、锁紧回路.....	155
三、串并联回路.....	156
第七章 农机液压随动系统.....	158
第一节 液压随动系统的基本工作原理	158
一、液压随动系统的基本工作原理.....	158
二、液压随动系统的特点.....	159
三、液压随动系统的组成.....	160
第二节 随动阀的基本类型.....	161
一、滑阀式随动阀.....	161
二、喷管式随动阀.....	161
三、喷嘴挡板式随动阀.....	162
四、转阀式随动阀.....	162

第三节 滑阀式液压随动系统应用实例	163
一、转向加力器	163
二、收获机喂入量自动调节机构	167
第四节 转阀式液压随动系统应用实例	169
一、全液压转向系统的组成	169
二、全液压转向系统基本工作原理	169
三、全液压方向机的构造	172
四、配流阀与转子泵的配油原理	180
五、全液压方向机的工作过程	181
六、全液压方向机的使用与维护	184
七、全液压方向机常见故障及排除方法	185
第八章 农牧业机械液压系统	188
第一节 拖拉机液压系统实例	188
一、概述	188
二、耕深(或悬挂高度)调节方法	189
三、分置式液压系统	193
四、半分置式液压系统	195
五、整体式液压系统	216
第二节 谷物联合收获机液压系统实例	224
一、概述	224
二、东风型自走式谷物联合收获机液压系统	225
三、丰收—3.0型自走式谷物联合收获机液压系统	225
四、E—512自走式谷物联合收获机液压系统	227
五、E—516自走式谷物联合收获机液压系统	228
六、4LQ—2.5型牵引式谷物联合收获机液压系统	231
七、北京 4LZ—2.5 自走式谷物联合收获机液压系统	231
八、ZMAJ—141谷物联合收获机液压系统	232
第三节 其他农牧业机械的液压系统	233
一、农用挖掘机液压系统	233
二、红旗—100液压推土机液压系统	233
三、410型和510型大圆捆草机液压系统	235
第九章 农牧业机械液压系统改装设计	237
第一节 液压系统改装设计的方法和步骤	237
一、了解原有机型的液压传动系统	237
二、明确改装设计的要求和任务	237
三、拟定改装后的液压系统原理图	240
四、进行初步计算, 选择或设计液压元件, 绘制正式的液压系统图和装配图	240
第二节 改装设计举例之一——7DY—3.6型草垛运输车液压系统设计与计算	242
一、设计目的和任务	242
二、确定改装方案, 拟定改装后的液压系统图	242
三、计算和选择元件	243
第三节 改装设计举例之二——液压铆钉机液压系统设计与计算	245
一、设计目的和任务	245
二、确定液压系统方案, 绘制液压系统图	245
三、初步计算	246

四、选择液压元件·····	248
第十章 液压元件的测试 ·····	249
第一节 概述·····	249
第二节 液压试验台的设计·····	249
一、液压试验台液压系统的确定·····	249
二、试验台的加载方法和调速方法·····	252
三、测量仪表·····	253
四、试验台液压元件的选用及设计中的几个问题·····	256
第三节 几种液压试验台的液压系统参考油路·····	257
一、拖拉机分置式液压系统液压元件综合试验台参考油路(图10-9)·····	257
二、TYS型通用液压试验台液压系统(图10-10)·····	257
三、简易综合试验台参考油路(图10-11)·····	258
第四节 测试举例·····	258
一、CB—46型齿轮油泵主要技术性能测试·····	258
二、FP ₁ —75A型分配器主要技术性能测试·····	259
三、油缸性能测试·····	259
第十一章 农牧业机械液压系统的使用与维护 ·····	261
第一节 农牧业机械液压系统的正确使用·····	261
一、验收、试运转·····	261
二、正确使用·····	262
第二节 农牧业机械液压系统常见故障分析及排除·····	264
一、农具提升的很慢或者根本不能提升·····	264
二、液压系统油箱内产生大量气泡并从加油口冒出·····	264
三、液压系统油温过高·····	265
四、高压软管破裂·····	265
第三节 液压系统不拆卸检查·····	265
一、概述·····	265
二、东方红—75拖拉机液压系统不拆卸检查·····	265
三、丰收—35拖拉机液压系统不拆卸检查·····	269
附表 常用液压系统图图形符号对照 ·····	270

第一章 农牧业机械液压传动的基础知识

第一节 农牧业机械液压传动的工作原理和组成

一、概述

机械传动是人们经常遇到的传动方式之一。它是通过轴（或曲轴）、胶带、齿轮齿条、蜗轮蜗杆、链轮链条、弹簧杠杆等各种机械零件（简称传动件）把发动机或电动机等各种原动机的动力传递给执行机构（如行走轮、工作台、农具等）使其运动的一种传动方式。这种方式传动准确可靠、操作简单，是发展最早而到目前仍普遍采用的一种传动方式。

液压传动则是和机械传动有原则区别的一种传动方式。它的特点是：以处于密闭容器中的油液作介质（相当于机械传动中的传动件）来传递动力或能量。图1-1所示液压榨油机是一种最简单的液压传动装置。它由油缸、活塞、小油泵柱塞（高压柱塞）、大油泵柱塞（低压柱塞）、单向阀、放油阀、过滤器、油箱等零部件组成。工作时，向上提拉手把，大、小油泵柱塞同时升起，油液即经过滤器、吸油单向阀进入油泵壳体内；向下按压手把，大、小油泵柱塞同时下压，油液即经出油单向阀进入油缸下腔，推动活塞上升。在这一过程中，由于大、小油泵柱塞一起运动，每次泵油较多，因此活塞上升较快，当活塞上升到使油饼开始受到挤压时，摘除大、小油泵柱塞间的联系，再继续拉、压手把，此时，仅小油泵柱塞起泵油作用，油压升高，但泵油量较小，活塞上升较慢，这正是对油饼增加压力，实现榨油的过程。工作完毕后，逆时针方向旋转放油阀手轮，油缸内的油液即经放油阀回到油箱，活塞即下降。

由这个过程可以看出：手加于杠杆上的力（原动力）是通过密闭容器中的油液传递给活塞（执行机构），从而使油饼受到挤压的。

图1-2是牵引式平地机液压传动原理图。平地铲刀由两个油缸来提升或压降（在老式平地上，铲刀的升降是靠手轮、螺旋机构来调节的，操作费力，调节速度又慢），可以大大减轻劳动强度，提高平地质量。在这个系统中，从油泵的出口到油缸的工作腔是一个密闭的

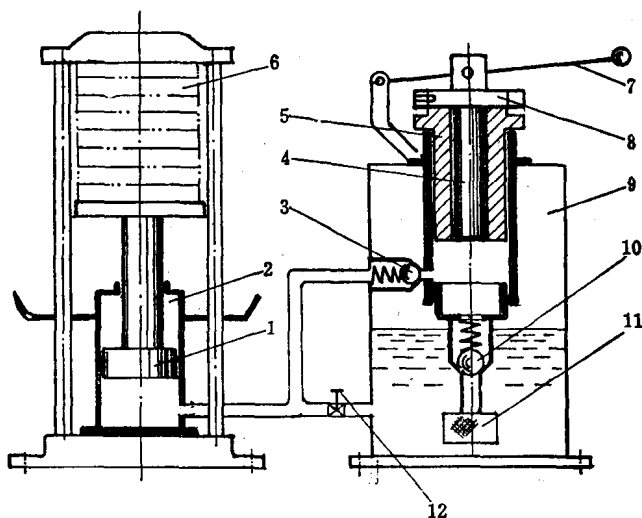


图1-1 液压榨油机结构原理

1.活塞 2.油缸 3.出油单向阀 4.小油泵柱塞(高压柱塞) 5.大油泵柱塞(低压柱塞) 6.油饼 7.手把 8.转换总体 9.油箱 10.吸油单向阀 11.过滤器 12.放油阀

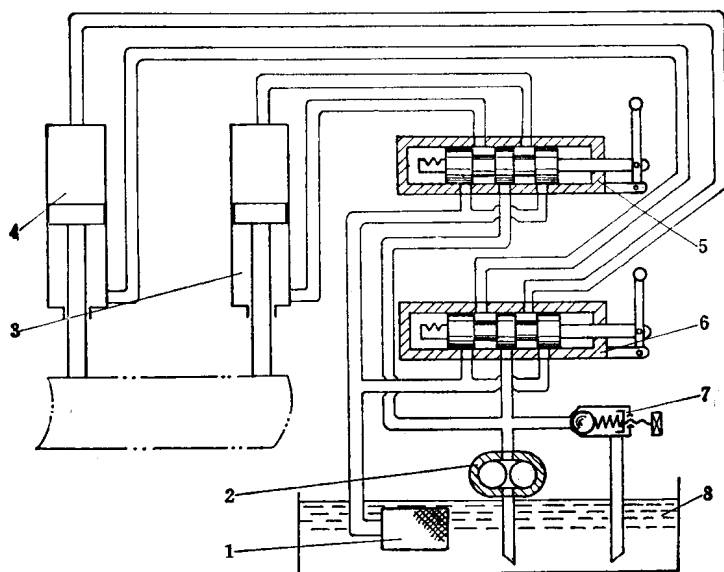


图1-2 牵引式平地机液压传动原理

1.过滤器 2.油泵 3、4.油缸 5、6.换向阀 7.安全阀 8.油箱

容器。当油泵由发动机带动作旋转运动时，通过油泵把油从油箱中吸上来输送给油缸3和4，油缸的升、降则分别由手动换向阀5和6控制。农具手可根据地形情况随时操作手把，使两油缸的活塞杆同时提升、压降或一升一降，以推动铲刀上、下运动，达到平整土地的目的。安全阀用来保护整个系统的安全。由这个装置也可看出：发动机的动力不是通过齿轮等机械零件传递，而是通过密闭容器中的油液来传递给执行机构的。

综上所述，所谓液压传动，就是用原动机（油泵）先把机械能转换成压力能，并利用处于密闭容器中的液体来传递这个压力能，最后再通过执行机构把压力能转换成机械能而作功的传动方式。因为在这种传动中采用的是容积式液压泵和容积式液动机，且是利用密闭容器中的液体作介质来传递动力的，故又称为容积式液压传动或静液压传动。

在工程技术中还有一种以液体为工作介质来传递能量的传动，即液力传动。液力传动是利用高速液流的动能来传递动力的，如液力变矩器、液力耦合器等。

图1-3是液力传动的原理图。由图可知，液力传动实际上是一组离心泵—涡轮机系统。发动机带动离心泵旋转，离心泵从油槽吸入液体并带动液体旋转，最后将高速液体排入导

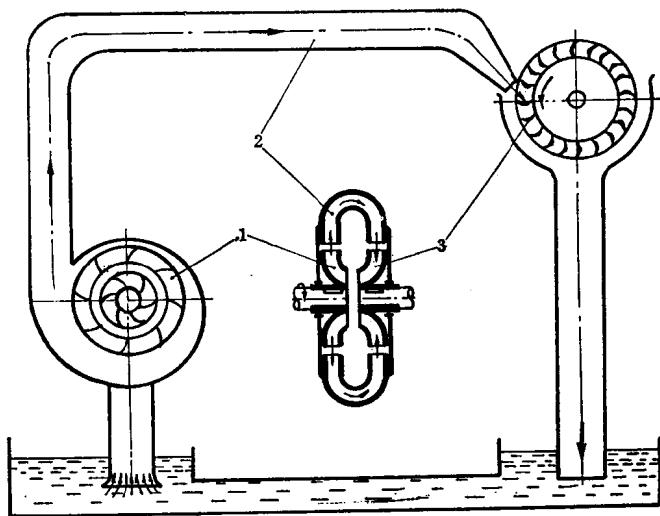


图1-3 液力传动原理

1.离心泵 2.导管 3.涡轮机

管,这样离心泵便把发动机的机械能变成了液体的动能。当高速液体喷到涡轮机叶片上时,涡轮转动,从而变成涡轮轴的机械能输出。液力传动由于具有许多独特的优点而获得了广泛的应用,发展也很快。目前在装载机、铲运机、平地机等工程机械上已开始应用液力传动和液力机械传动。但在农牧业作业机械上目前几乎没有应用,所以本书不作介绍。

二、液压传动系统的组成

1. 液压泵(以下简称油泵) 它的作用是将机械能(发动机的扭矩 M 和转速 n)转换成液体的压力能(油液的压力 p 和流量 Q)。它是液压系统的动力元件。

2. 执行元件 它的作用是将液体的压力能转换为机械能。执行元件是指油缸和油马达。前者带动负荷作往复运动;后者带动负荷作旋转运动。

3. 控制调节装置(包括各种控制阀类元件) 它们的作用是控制和调节系统各部分液体的压力、流量和方向,以满足机械的工作要求,完成一定的工作循环。如图1-2中的安全阀、手动换向阀等均是控制调节装置。

4. 辅助装置 包括油箱、过滤器、油管及管接头、密封件、蓄能器、冷却器和加热器等。

三、农牧业机械液压系统图及图形符号

为了说明一个液压系统的工作原理,工程上均采用液压系统图。系统中各元件的图形符号各国的规定不同,有的采用结构示意图,有的采用原理性的示意符号图或称职能式符号图。我国1976年修改制定的液压及气动图形符号国家标准(GB786—76)是采用职能式符号,我国农牧业机械的液压系统图目前也基本上是采用职能式符号,只是在一些尚未作职能符号规定的元件(如某些组合阀)或需要强调某一局部装置的结构原理时(如某些拖拉机的液压悬挂装置),才使用结构示意图。下面通过具体实例来分析结构式和职能式符号的区别和各自的优缺点。

图1-4是一个三位四通电磁换向阀的结构式符号和职能式符号。由图可见,结构式符号近似实物的剖面图,比较容易理解,在出现故障时,检查分析方便,但它反映不出元件的职能作用,而且绘图烦难。职能式符号则只表达元件的职能作用,而不反映元件的结构。这种表示方法简单、清晰、绘制方便省时。初学者开始时可能不很习惯,理解也较困难些,但一旦掌握了它,应用是很方便的。

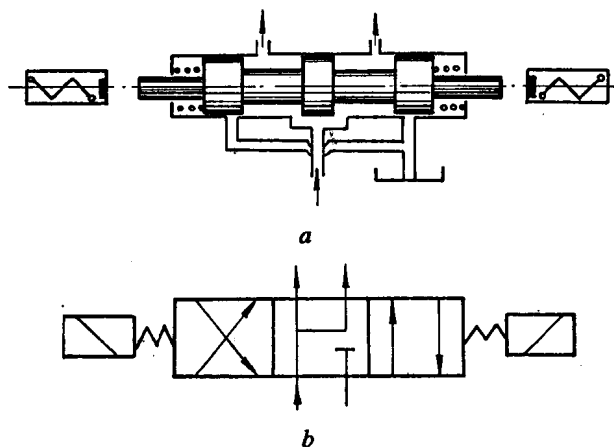


图1-4 三位四通电磁换向阀
a.结构式符号 b.职能式符号

图1-5所示为平地机液压系统职能式符号图,图1-2是它的结构式符号图。从这个系统的两种表示方法中便可清楚地看到,结构式系统图繁琐难画,而职能符号系统图却很简单、清晰、易画。

为了帮助读者熟悉职能式符号,下面将常用的职能式符号的画法要点作一介绍(图

1-6)。

1. 油泵和油马达 皆以圆圈表示, 其中黑三角形表示液流方向。如三角形尖端指向圆外, 说明液流向外出, 这表示油泵(图1-6a); 若三角形尖端指向圆心, 则说明液流向内流, 这表示油马达(图1-6b); 若圆内有两个对称的三角形, 则表示双向油泵(图1-6c)或油马达; 在圆周上加一斜向箭头, 表示该油泵和油马达的排量是可调的(图1-6d)。

2. 方向阀

(1) 滑阀式方向阀用方框表示。

阀的每一个工作位置用一个方框; 方框外的每一条直线表示一条通路(图1-6e), 因此方框数即阀的工位数, 方框外的直线数即阀的通路数, 如图1-6f所示为三位四通换向阀。转阀式方向阀用扇形框表示(图1-6h)。

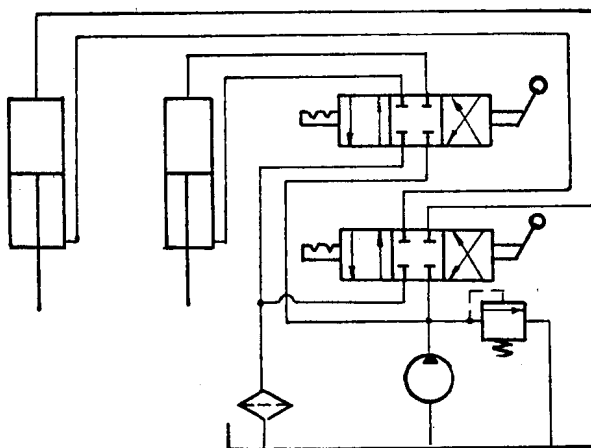


图1-5 平地机液压系统职能式符号图

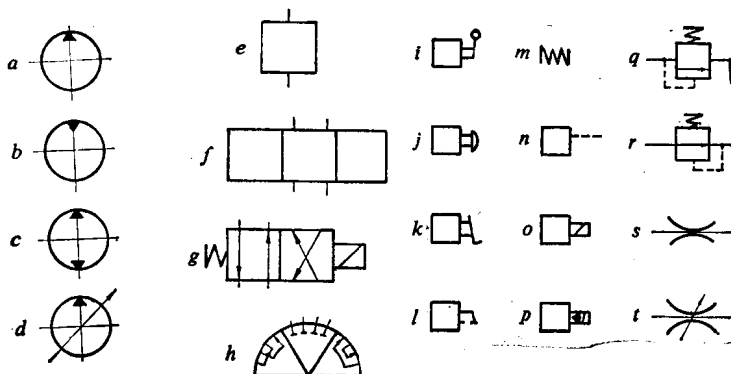


图1-6 液压元件职能式符号示例

(2) 方框内的符号表示该位置时液流的连通或截止情况, 其中箭头符号“↑”表示连通, 符号“⊥”表示截止(图1-6g)。

(3) 方框两端的符号表示控制方式, 各种控制方式的符号如下:

图1-6i 为手动控制; 图1-6j 为按钮控制; 图1-6k 为脚踏控制; 图1-6l 为机械控制; 图1-6m 为弹簧控制; 图1-6n 为液压油控制; 图1-6o 为电磁控制; 图1-6p 为电液控制。

3. 压力阀类 压力阀类元件也是用方框表示, 如图1-6q、r, 其中“ΛΛ”表示弹簧, “---”表示控制油液, 框内箭头“↑”表示阀芯位置及液流在阀中的流动方向。

4. 流量阀类 流量阀的符号一般如图1-6s、t所示, 其中带斜向箭头者表示流量可调。

第二节 液压传动的优缺点

一、优点

液压传动之所以能在农牧业机械上如此迅速地推广采用，是因为它与其他传动方式比较有着许多独特的优点。

1. 易于获得较大的力和力矩，可以在负载情况下随时起动，动作反应灵敏。例如在拖拉机液压悬挂装置中，若油泵用 CB—46 型齿轮泵（额定工作压力为 100 公斤/厘米²），油缸内径为 110 毫米时，则在油缸活塞杆上可产生约 10 吨的推力（在有负载作用情况下）。

2. 能在工作过程中较方便地实现无级调速，且调速范围较大。油缸的运动速度或油马达的转速都取决于单位时间内进入该液动机的流量。而在液压系统中，流量的调节可以很方便地进行，且可在执行机构不停止运动的情况下，在较大范围内无级调节。例如自走式谷物联合收获机在作业时需要根据谷物的生长情况随时调节其行走速度，这只要采用油马达驱动方式就很容易实现。

3. 容易获得较复杂的动作，而装置的结构却又比较简单，且易于布局，易于实现集中操作或较远距离操作，操纵省力。

农牧业机械多是在野外作业的行走机械，往往在一台机器上有多个作直线往复运动或回转运动的机构（如联合收获机割台升降机构、拨禾轮的旋转运动及其高低位置调节机构等），这些机构的运动如果用机械传动方式来实现，将是既繁杂，操作起来又费力的，而用液压传动方式则很方便。这就有利于提高农牧业机械自动化程度，有利于减轻农业工人的劳动强度，提高生产率等。

4. 能容量大 传动机构的能容量是指机构输出的能量与该机构自身重量的比值。能容量大，意味着机构的尺寸和重量较小时，输出的功率却较大。如飞机上使用的油泵，每千瓦功率的重量只有 0.209 公斤；而电机的每千瓦功率重量却达 1.5—2 公斤。随着高压元件的发展，能容量将进一步增大。这一优点正适合于在野外作业的农牧业机械的要求。

此外液压传动还具有：运动平稳、易于防止过载、零件能自行润滑、寿命长、易于实现标准化、系列化等很多优点。

二、缺点

1. 液压元件的加工精度（包括表面光洁度、几何尺寸精度等）要求较高。这对农牧业机械来说，在目前条件下，不利于推广、使用和维修。

2. 分析和排除故障都需要一定的技能和经验。

3. 对油的粘度和性能要求较严，否则会使液压系统不能正常工作。同时油的粘度还会随温度的变化而变化，影响系统正常工作。矿物油还有易燃的危险。

4. 对装置的密封性要求较严，否则油液的泄漏（内漏和外漏）和空气的渗入都会降低液压传动的效率，产生噪音，引起振动，甚至破坏系统的正常工作。

第三节 液压技术在农牧业机械中的应用

液压技术是一项比较年轻的技术。由于液压装置具有上面所说的许多优点，所以它不仅

在工业部门获得了广泛应用，而且在现代化的农牧业机械中，也获得了越来越广泛的应用。目前，在农牧业机械中，液压传动装置的比例越来越大，液压操纵已经不是简单地代替原有的丝杠—螺母、蜗轮蜗杆等传动机构，而是引入了一系列崭新的设计原理和结构，成为创制某些新型农牧业机械的不可分割的有机组成部分。

从国内外现有的拖拉机、农牧业机械来看，液压技术的应用主要表现在以下几个方面：

一、液压悬挂系统

拖拉机上的悬挂机构采用液压传动方式早在三十年代就开始了，到目前，液压悬挂系统已发展得较完善。它可以控制农具的升降，根据土壤阻力的大小，自动调节耕深（力调节），也可以根据拖拉机与农具相对位置的高低，自动调节农具的相应位置（位调节），因此，现代大中型轮式拖拉机和部分履带拖拉机上都设置了液压悬挂装置。同时相应地配备了各种悬挂农具，如悬挂犁、耙、播种机等。

二、液压升举、翻转和折叠机构

用液压传动装置来推动农具完成各种简单或复杂的动作已是越来越普遍采用的方法。例如联合收获机上割台、拨禾轮的高度调节；许多利用支地轮限深的农机具上支地轮与农具的工作部件相互位置高度的调节；推土机上推土铲的提升和压降；牧草堆垛机上草捆的升举与堆放；大圆捆草机上后门的启闭；农用装载机上铲斗的倾斜等等无一不是利用油缸来推动的。在双向犁上利用油缸和阀门的配合，可轻易地将笨重的犁体翻转180°；在圆盘耙上利用油缸可调整耙片的角度；在挖掘机上利用多油缸的协调动作可使铲斗完成挖土、升降、卸土等各种复杂的工序。在许多宽幅的农业机具上利用油缸进行一次折叠或二次折叠，以便运输等等。实践已充分证明，在农牧业机械上普遍使用液压传动装置的明显好处是：可以大大简化传动机构；实现较远距离的集中控制；操作、调节方便省力，可大大提高劳动生产率；可在作业中随时调节或自动调节。

三、液压转向和换档变速

1. 液压转向 在一些大功率的拖拉机、农田基本建设机具和自走式谷物联合收获机上，普遍采用全液压转向方向机或转向加力器来实现转向，可以大大减轻驾驶员的劳动强度。这也是液压随动系统在农业机械上的具体应用。

2. 液压操纵换档 目前国外有些拖拉机上采用了一些负载换档机构，如可作高低两档变换的变扭器，可作三、四档变换的局部负载换档机构及全程负载换档机构等。这些换档机构都是采用液压操纵，驾驶员只需操纵一个控制阀的小手柄，便可轻巧地在不踩离合器的情况下变换档位。这样做由于不切断动力进行换档，所以可提高拖拉机的生产率和经济性，减轻驾驶员的劳动强度。

四、液压驱动

所谓液压驱动就是利用高压液体驱动油马达直接带动行走轮或其他旋转工作部件作旋转运动。目前，液压驱动主要用在各种谷物和青饲料的自走式联合收获机以及农田基本建设机械（如挖掘机）上。有的收获机不仅行走装置，而且其他旋转部件如拨禾轮、搅龙等也都采用了液压驱动，其优点是：可有效地适应被收获作物的不同长势进行无级调速；传输动力只需两条油管（软管或金属管道），可省掉许多复杂的传动机构，且装置容易布局；操纵换向变速方便。

此外，在污水泵、吸泥泵等设备上也开始采用液压驱动。例如瑞典某公司生产的 MD11

型污水泵是用柴油机作动力驱动油泵，压出高压油通过管道供给装在水泵轴上的球形活塞马达，马达再驱动离心水泵将污水抽出，扬程可达30米。其优点是：整个装置体积小，重量轻，容易安装在空间位置受限制的一些工作部件上，只要用管道就可以比较方便地把液压力传递到相当远或位置经常变化的地方。另外，油马达本身是密封的，在泥水中工作不易锈蚀。因此，液压驱动在水田作业、水产捕捞机具、机械化养畜场等方面应用是有着广泛前途的。

五、液压加压装置

利用液压传动能出大力的特点可制作各种液压加压装置。例如在粮油加工机械中的液压榨油机；在农机修理部门利用增压缸制作的液压铆枪和各种拆装台架等。

第四节 液压传动的几个基本概念

一、液压传动的工作介质——油液的性质和选用

目前液压传动中采用的液体有石油基、水基及合成液体三大类。石油基液体（矿物油）润滑性能好，腐蚀性小，粘度较大，化学稳定性好，故液压系统大多采用矿物油作工作介质来传递能量。

（一）液压油的物理性质

1. 液体的质量和重量、密度和重度

（1）质量：质量是指一定物体内所具有的物质数量，一般用 m 表示。它的大小不随地点的改变而变化。质量的单位在国际单位制中是用克和千克（公斤）表示；在工程单位制中是用 $\frac{\text{公斤} \cdot \text{秒}^2}{\text{米}}$ 表示。

（2）重量：重量是地球对物体的吸引力，一般用 G 表示。由于在地球的不同地方，地心吸力不同，所以同一个物体在地球的不同地方，其重量也有差异。重量的单位在国际单位制中用牛顿表示；在工程单位制中用公斤表示。1公斤 = 9.8牛。

在用上述单位作计算时，必须注意只能用一种统一的单位制。例如利用牛顿第二定律计算时，如果用工程单位制，则力是用公斤，质量是用 $\text{公斤} \cdot \text{秒}^2 / \text{米}$ ，重力加速度是用 $\text{米} / \text{秒}^2$ 。

（3）密度：单位容积中液体的质量称为该液体的密度。常用 ρ 表示，即

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{克} / \text{厘米}^3) \quad (1-1)$$

式中 m ——液体的质量（克）

V ——液体的容积（厘米³）

（4）重度：单位容积中液体的重量称为该液体的重度。常用 γ 表示，即

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (\text{公斤} / \text{米}^3 \text{或} \text{公斤} / \text{厘米}^3) \quad (1-2)$$

式中 G ——液体的重量（公斤）

V ——液体的容积（米³或厘米³）

因为 $G = mg$ ，所以密度和重度有如下关系

$$\gamma = \rho g \quad (1-3)$$

式中 g ——重力加速度 (≈ 981 厘米/秒²)

液体的密度和重度是随温度和压力的变化而变化的。但在通常使用的温度和压力范围内这种变化很小，所以在一般计算中，可以近似地把它们看作是常数。对于农牧业机械常用的矿物油， $\rho = 90—93$ 公斤·秒²/米³(工程制)，或 $\rho = 0.89—0.91$ 克/厘米³(国际单位制)；重度 $\gamma = 890—910$ 公斤/米³(工程制)。

2. 油液的粘度 生产中，常用号数表示不同类型的机械油，如 20 号、30 号、40 号机油等。这个号数就反映了粘性的大小，号数越大，粘性也越大。从物理意义上来说，粘性是指：液体受外力作用而流动时，液体内部产生摩擦力或切应力的性质。液体流动时才表现出粘性，静止不动的液体不呈现粘性。粘性所起的作用是阻止液体内部各液层间的相互滑动。粘性的大小可用粘度表示，粘度是液体最重要的特性之一，是流动液体最基本的物理性质，是选择液压油的重要依据。因为粘度大小会直接影响系统的正常工作、效率和灵敏性。

粘度一般可用下面几种不同的单位表示：

(1) 动力粘度 (又称绝对粘度)：根据牛顿液体内摩擦定律，液体流动时，液层之间的切应力 τ 与剪切率 R 成正比，即

$$\tau = \mu R \quad (1-4)$$

式中比例常数 μ 就是动力粘度系数或简称动力粘度。当两平行平板作相对滑动时(图 1-7)液层间的切应力 τ 也可表示为 F/A ，其中 F 为作用力， A 是面积；剪切率 R 也可表示为 v/d (又称速度梯度)，其中 v 是滑动速度， d 是两液层间的距离。这样式(1-4)也可表示为

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \left(\frac{v}{d} \right) \quad (1-5)$$

$$\text{或 } \mu = \frac{Fd}{Av} \quad (\text{达因} \cdot \text{秒}/\text{厘米}^2) \quad (1-6)$$

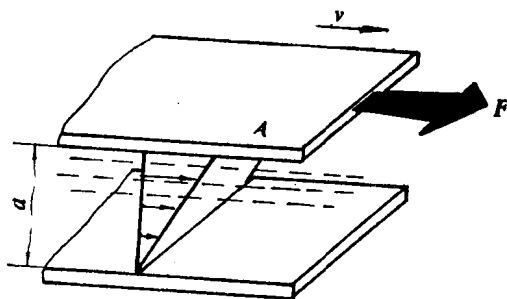


图1-7 两块作相对滑动的平行板间液体速度分布图

因此，动力粘度系数的物理意义是：在面积各为 1 厘米²，相距 1 厘米远的两个油层间，当其中一个油层对另一个油层，以每秒 1 厘米的速度作相对运动时所产生的阻力。如果这个阻力刚好等于 1 达因 (1/980 克)，则叫做泊 (达因·秒/厘米²)。因为泊的单位太大，实用上用泊的 1/100，即为厘泊。

(2) 运动粘度：液体的动力粘度和它的密度的比值称为运动粘度，用 ν 表示，即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{厘米}^2/\text{秒}) \quad (1-7)$$

式中 μ ——液体的动力粘度 (达因·秒/厘米²)

ρ ——液体的密度 (克/厘米³或达因·秒²/厘米⁴)

在国际单位制中，运动粘度的单位 (厘米²/秒) 又称为沱。沱的 1/100 是厘沱。在工程单位制中，运动粘度单位为米²/秒，其换算关系为

$$1 \text{米}^2/\text{秒} = 10^4 \text{沱} = 10^6 \text{厘沱}$$

动力粘度和运动粘度在理论分析和推导中经常要使用到，但它们较难于测量，因此，工

程上常采用另一种粘度表示法，即相对粘度。

(3) 相对粘度：相对粘度是以液体的粘度相对于水的粘度的大小程度来表示该液体的粘度。由于各国测量粘度的方法不同，因此相对粘度又有恩氏粘度、赛氏粘度和雷氏粘度①等几种。我国采用恩氏粘度。

恩氏粘度是用恩氏粘度计来测定的，其方法是将200厘米³被试液体在某温度下从恩氏粘度计的小孔（孔径为2.8毫米）流完的时间 t_1 ，与200厘米³蒸馏水在 20°C 时从同一小孔流完所需时间 t_2 的比值叫该液体的恩氏粘度。常用符号 °E 表示

$$^{\circ}\text{E} = \frac{t_1}{t_2} \quad (1-8)$$

如果被试液体是在 $t^{\circ}\text{C}$ 时测量的，则所测得的该液体的恩氏粘度就用 °E_t 表示。例如在一般液压传动中都以 50°C 作测量温度，所以就用 °E₅₀ 表示。

为了将恩氏粘度换算成运动粘度，可应用经验公式

$$\nu (\text{厘沲}) = 7.31^{\circ}\text{E} - \frac{6.31}{^{\circ}\text{E}} \quad (1-9)$$

或者查表 1-1。

(4) 粘度与温度的关系：油的粘度会随温度的升高（降低）而降低（升高），这种粘度随温度变化的性能，一般就称为粘度—温度特性或简称粘—温性。如果油的粘度随温度的升降而变化较小，就说这种油的粘—温性好。由于粘度的变化会直接影响液压系统的工作性能和泄漏量，所以希望粘度随温度的变化越小越好，也即希望用粘—温性好一些的液压油。

不同种类的油，其粘—温性也不一样。对于常用的矿物油，当运动粘度不超过 76 厘沲，温度在 30—50°C 范围内时，可用下述公式近似计算其温度为 $t^{\circ}\text{C}$ 时的运动粘度

$$\nu_t = \nu_{50} \left(\frac{50}{t} \right)^n \quad (1-10)$$

式中 ν_t ——温度为 $t^{\circ}\text{C}$ 时油的运动粘度（厘沲）

ν_{50} ——温度为 50°C 时油的运动粘度（厘沲）

t ——计算温度

n ——指数

①雷氏粘度——将 50 毫升试油，在规定温度下流经雷氏粘度计的时间，称为雷氏粘度。单位用雷氏秒表示。

赛氏粘度——将 60 毫升试油，在规定温度下流经赛氏粘度计的时间，称为赛氏粘度。单位用赛氏秒表示。

表 1-1 粘度换算表

运动粘度 (厘沲)	恩氏粘度 (°E)
1600	200
1400	180
1200	160
1000	140
900	130
800	120
700	110
600	100
500	90
400	80
300	70
200	60
150	50
100	40
80	30
60	20
40	10
30	8
20	6
10	4
5	3
2	2
1	1