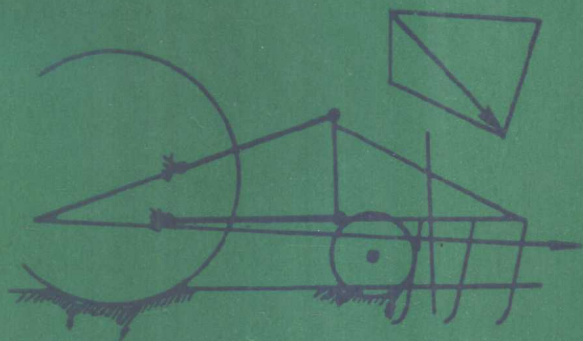


液压悬挂机组

刘永鑫 王兴南 编



中国农业机械出版社

S 213.232

液 压 悬 挂 机 组

刘永鑫 王兴南 编

中国农业机械出版社

83887

前 言

为充分发挥液压悬挂农具的优越性，扩大拖拉机的作业范围，特编写了《液压悬挂机组》一书。

本书在简要介绍了液压传动基本知识之后，着重叙述了我国应用最广的液压系统的构造、工作过程、使用维护等方面的内容，最后以耕作机械为例，介绍了悬挂农具的使用特点与性能要求。正是由于本书将液压传动的原理、液压系统的具体结构和悬挂农具三者有机地结合在一起，从而给农具使用者和改革者提供了必要的基本知识。

本书可作为农机中级技术人员的自学读本和农机院校师生的参考书籍，也可作为液压系统专题培训教材。

本书请李晋善、胡敦俊两同志审校，特在此致谢。

限于我们的水平，书中难免存在缺点、错误，恳请广大读者批评指正。

编者

1987年6月

目 录

第一章 液压传动的基本知识	1
第一节 液压油	1
一、液压油的物理性质	1
二、对液压油的要求和选用	4
第二节 液压传动的基本参数	7
一、压力	7
二、流量	12
三、液压系统的功率计算	18
第三节 油液流动中的压力损失	19
一、沿程压力损失	19
二、局部压力损失	21
三、液压系统的总压力损失	23
第四节 油液流经小孔和缝隙时流量与压力的损失	23
一、油液流经小孔时的流量计算	24
二、油液流经缝隙时的流量损失	26
第五节 液压冲击和气穴现象	28
一、液压冲击	28
二、气穴与气蚀现象	29
第六节 拖拉机液压系统的组成及系统图	30
一、拖拉机液压系统的组成	30
二、液压系统图及图形符号	31
第二章 拖拉机的液压系统	34
第一节 液压悬挂机组的工作原理及其组成	34
一、液压悬挂机组的组成	34

二、液压系统的类型	36
三、悬挂农具的耕深调节方法	37
第二节 分置式液压系统	40
一、油泵	41
二、分配器	52
三、油缸	68
四、自动封闭接头、安全自封接头、油箱及滤清器	71
第三节 压油路卸荷半分置式液压系统	73
一、齿轮泵	74
二、分配器	79
三、油缸	83
四、操纵机构	85
第四节 压油路节流半分置式液压系统	94
一、油泵	94
二、分配器	97
三、油缸	98
四、操纵机构	99
第五节 整体式液压系统	112
一、液压系统	113
二、操纵机构	121
第三章 液压系统的正确使用、维护和故障排除	130
第一节 液压系统的正确操作与维护	130
一、操纵手柄的正确使用	130
二、使用维护中的几个问题	133
第二节 液压系统的拆装注意事项	134
一、一般拆装过程中应注意的事项	135
二、油泵拆装中应注意的事项	135
三、分配器拆装中应注意的问题	139
四、油缸拆装中应注意的问题	144
第三节 液压悬挂系统的检查与调整	145

一、分置式液压悬挂系统的检查与调整	145
二、东风-50型拖拉机液压系统的调整	150
三、东方红-20型、30型及泰山-25型拖拉机液压系 统的调整	153
四、东方红-40型拖拉机液压系统的调整	154
五、上海-50型拖拉机液压系统的调整	158
第四节 液压系统的故障及其排除	161
一、液压系统中主要工作部件容易产生的故障	161
二、各种液压系统常见故障及其排除方法	164
第五节 液压系统的磨合	184
一、磨合前的准备工作	184
二、各种液压系统的磨合与试运转	184
第四章 悬挂机组	187
第一节 机组概述	187
第二节 悬挂机组的分类和三点悬挂机构	189
第三节 三点悬挂机组中农机具相对拖拉机的运动	193
一、农机具相对拖拉机的转动瞬心	193
二、悬挂参数	195
三、在纵垂面内农机具相对拖拉机的运动轨迹	199
第四节 悬挂机组在工作状态时的受力分析	200
一、用力调节时，不带限深轮的悬挂农机具的受力	201
二、用高度调节时带限深轮的悬挂农机具的受力	205
第五节 悬挂机组的入土性能	211
一、入土角	212
二、入土力	215
三、入土性能的调整	216
第六节 悬挂机组的耕深稳定性能	218
第七节 悬挂机组的牵引性能	220
第八节 悬挂机组的耕宽变动和耕宽稳定性分析	221
一、耕宽变动	222

二、耕宽稳定性	228
第九节 悬挂机组直线行驶性能	232
一、机组直线行驶性不良的原因	232
二、改善机组直线行驶性不良的措施	234
第十节 悬挂参数的确定	237
一、水平面内悬挂参数的确定	238
二、纵垂面内悬挂参数的确定	239
三、悬挂参数的校核	240

第一章 液压传动的基本知识

流体力学是研究流体平衡与运动规律的一门科学。这里只就液压传动有关的某些基本知识作简要介绍，以利于正确理解液压传动的原理，为用好现有液压悬挂机组和改进液压机具打下理论基础。

第一节 液 压 油

在液压悬挂机组中，能量的转换以油液为工作介质，通过固体机械与液体的相互作用来完成。这一过程的进行情况与介质油液的许多物理性质有关。

一、液压油的物理性质

目前拖拉机液压悬挂系统中，均采用润滑性能好、腐蚀性小、粘度适当、化学性能稳定的润滑油作为介质来传递能量。有些拖拉机设有单独的液压油箱，如东方红-75、铁牛-55、泰山-12等拖拉机，有的拖拉机利用传动箱兼作液压油箱，两者共用同一油液，如上海-50、东风-50、东方红-40等拖拉机。

(一) 油液的密度与重度

1. 油液的密度 单位容积中油液的质量称为该油液的密度，通常用 ρ 表示。

$$\rho = m/V \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

式中 m ——油液的质量 (g)；

V ——油液的容积 (cm^3)。

2. 油液的重度 单位容积中油液的重力称为该油液的

重度，通常用 γ 表示。

$$\gamma = G/V \text{ (N/cm}^3\text{)}$$

式中 G ——油液的重力 ($G = mg$)；

g ——重力加速度 ($\approx 981 \text{ cm/s}^2$)。

所以油液的密度和重度之间有如下关系：

$$\gamma = \rho g$$

油液的密度和重度随温度、压力的变化而变化，但在通常使用的温度和压力范围内，这种变化很小，故一般计算中可视为常数。拖拉机液压悬挂系统中所用油液，一般 $\rho = 0.89 \sim 0.91 \text{ g/cm}^3$ 。

油液的比重，是指在温度 20°C 时该油液的重度（容重）与 4°C 水重度的比值。

（二）油液的粘度

生产中通常用号数表示不同类型的机械油，如20号、30号、40号机械油。号数大小反映了机械油的不同粘度，号数越大，油的粘性也越大。

就物理意义而言，油液粘性是指油液受外力而流动时，油液内部所产生的摩擦力或切应力的性质。由此可知，油液只有在流动时才能表现出粘性，静止的油液不呈现粘性。所以，粘性的作用在于阻止了油液内部各液层间的相互滑动，其大小用粘度表示。粘性是油液的重要物理特性之一，也是使用中选择各种油液的重要依据，它直接影响液压系统的工作是否正常、传动效率的高低及灵敏性能的好坏。

油液粘度有以下几种表示方法。

1. 动力粘度（又称绝对粘度） 实验如图 1-1 所示。当油液作层状流动时，层与层之间的摩擦力（或称切应力） τ 的大小，与两层间油液的速度梯度成正比。即：

$$\tau = F/A = \mu (v/d)$$

式中 F ——作用力；
 A ——油层面积；
 μ ——动力粘度系数，简称动力粘度；
 v ——两板间的相对滑动速度；
 d ——油层厚度。

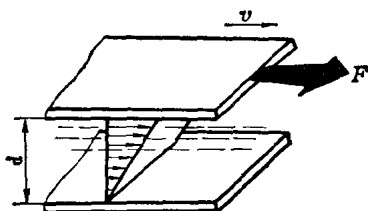


图1-1 两块作相对滑动的平行板间油液速度的分布

动力粘度系数的物理意义是：在面积各为 1 m^2 ，油层厚度为 1 m 的两油层间，当其中一个油层相对另一油层，以每秒 1 m 的速度运动时所产生的阻力。当这个阻力正好等于 1 N 时，称为 1 个粘度单位，叫做 $1\text{ Pa}\cdot\text{s}$ ($\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$)。

2. 运动粘度 油液的动力粘度与其密度的比值，称为运动粘度，用 ν 表示。

$$\nu = \mu / \rho$$

ν 的单位为 m^2/s 。

动力粘度和运动粘度在理论分析和计算推导中经常用到，但由于它难以测定，故工程中多采用相对粘度来表示油液的粘性。

3. 相对粘度 相对粘度是以油液粘度相对于水的粘度大小程度来表示油液粘度的一种方法。由于各国测量粘度方法不同，相对粘度又有恩氏粘度、赛氏粘度和雷氏粘度等几种。我国采用恩氏粘度，以符号 $^{\circ}\text{E}$ 表示。

$$^{\circ}\text{E} = t_1/t_2$$

式中 t_1 —— 200 ml 油液在指定温度情况下自粘度计流出的时间；

t_2 ——200ml 蒸流水在 20℃ 情况下自粘度计流出的时间。

一般液压传动用油，多以 50℃ 作测量温度，用 $^{\circ}E_{50}$ 表示。为了将恩氏粘度换算成运动粘度，可采用下列经验公式

$$\nu = 7.31^{\circ}E - \frac{6.31}{^{\circ}E}$$

4. 油液粘度与温度、压力的关系 油液的粘度随温度的升高而降低的性能，称为油的粘-温性。这一变化越小，说明油的粘温性越好，工作中对液压系统工作性能的影响就越小。我国常用液压油的粘度与温度的关系如图1-2所示。

油的粘度与压力的关系是：压力增加油液粘度加大。拖拉机液压悬挂系统中，压力一般均低于 $150 \times 10^5 \text{Pa}$ ，粘度变化甚微，故忽略不计。

二、对液压油的要求和选用

油液在液压悬挂系统中，除作为介质进行能量传递外，还兼有对液压元件起润滑作用，因而对油液的具体要求是：

1. 有一定粘度，且粘-温性好。因为油液粘度过小，不仅泄漏增加，还因油膜太薄引起元件磨损加剧；粘度过大，油液流动时内摩擦阻力增加，传动效率降低。吸油不畅还会引起空蚀，使液压元件动作反应迟缓甚至失灵。

2. 具有良好的润滑性能，以降低元件磨损。

3. 不含有各种杂质（包括酸、碱化学物质和切屑、沙粒等机械杂质），以免腐蚀机件、管道，或引起机件磨损及滑阀卡滞等机械故障。

4. 油液应具有良好的化学稳定性和抗氧化、抗水解的能力，以免油液变质影响液压系统的正常工作。例如油液氧

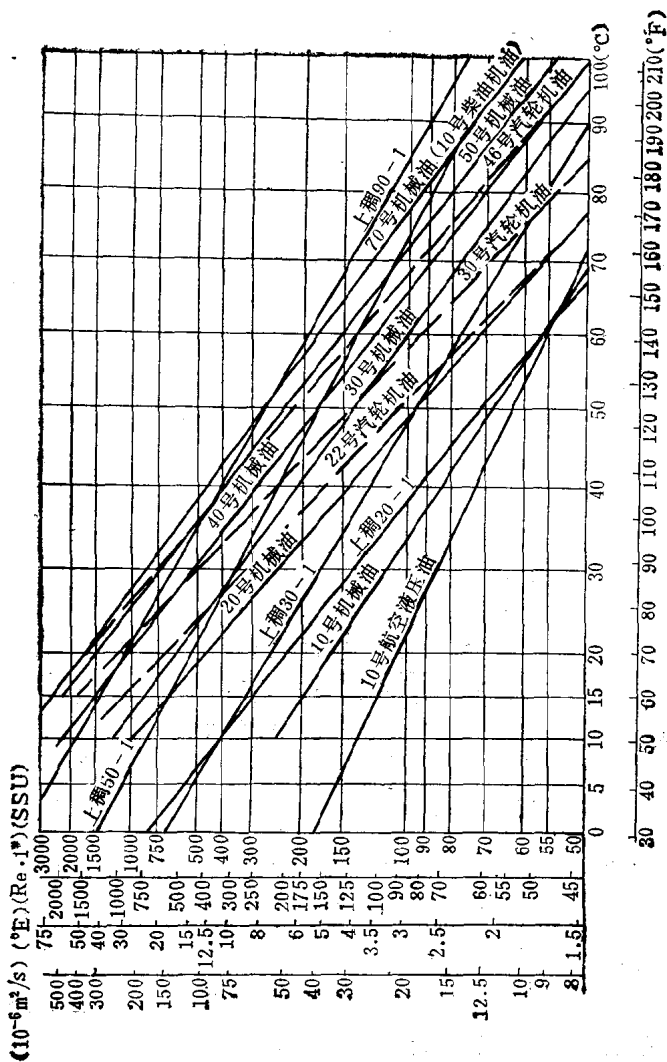


图1-2 国产油粘-温曲线

化后产生的胶质与沥青质会引起管路阻塞；油液的水解不仅会使其润滑性能降低，缩短元件和油液的使用寿命，还会产生泡沫，引起断油和空穴现象，致使系统产生振动与噪声。

拖拉机液压悬挂系统用油，应根据其结构特点和当时、当地的气温条件来选择。一般是分置式液压悬挂系统用油最稀，半分置式液压悬挂系统用油粘度次之，整体式液压悬挂系统用油粘度最大。类型相同的液压系统，则应根据气温不同而有所差异。各种拖拉机液压悬挂系统的用油规格见表1-1。

表1-1 各类型拖拉机液压系统用油规格

液压系统	机 型	冬季 (4℃以下)	夏季 (4℃以上)
分置式	东方红-28	8号柴油机机油	11号柴油机机油
	铁牛-55	8号柴油机机油	11号柴油机机油
	东方红-75	8号柴油机机油	11号柴油机机油
半分置式	东方红-20	10号车用机油	15号车用机油
	东方红-30	10号车用机油	15号车用机油
	东方红-40	11号柴油机机油	14号柴油机机油
	东风-50	10号车用机油	15号车用机油
整体式	丰收-27	85% 20号齿轮油与 15% 8号柴油机机油	20号齿轮油
	丰收-35	20号齿轮油	30号齿轮油
	上海-50	20号齿轮油	30号齿轮油

正确选择液压油，保持油液的清洁，定期检查并更换变质油，是保证液压系统正常工作的必要措施。那种认为是油就能用，液压系统可以使用废机油的作法是极其错误的。目前液压悬挂系统中产生的各种故障，除了产品质量因素外，主要是油液过脏和选用油液规格不当而造成的。

第二节 液压传动的基本参数

一、压力

在油液内部的任意断面上，单位面积上所承受的作用力称为压力或静压力。通常以 p 表示。

(一) 压力的产生与传递

油液的静压力来源于自身重量和作用在液面上的外力。如图1-3所示，圆筒形的容器内充满了油液，液面上有一使油液处于密封状态的活塞，在活塞上施加外力 G ，此时容器底部所产生的压力为：

$$p = \frac{Sh\gamma}{S} + \frac{G}{S} = h\gamma + \frac{G}{S} = h\gamma + p_0$$

式中 S —— 容器底部的面积；

h —— 油液的高度；

γ —— 油液的重度；

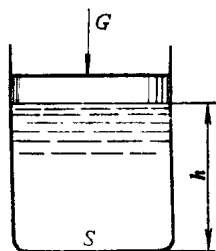


图1-3 静压力计算简图

p_0 —— $p_0 = \frac{G}{S}$ 表示因外力所产生的压力。

上述公式表明：密封容器内任一点的静压力，均等于外力对油液所引起的压力 (p_0) 与从油面至该点油液柱产生的压力 ($h\gamma$) 之和。因此，油液内任一点的压力，只随作用在油面上外力的变化而变化（因为油液高度一定时， $h\gamma$ 为常数）。

在拖拉机液压悬挂系统中，外力所引起的压力，比油液重量所引起的压力大得多，因而后者往往忽略不计。例如：液压油的重度为 $0.9 \times 10^{-2} \text{N/cm}^3$ ，管道配置高度为 1m 时，油液自重所产生的压力，只有 $0.09 \times 10^5 \text{Pa}$ ，液压悬挂系统的压

力，一般在 $(70 \sim 150) \times 10^5 \text{Pa}$ 之间，两者相比前者甚微，因而在传动计算中，只考虑外力所引起的压力是完全可行的。即：

$$p = p_0 = \frac{G}{S}$$

如图1-4a所示，在忽略活塞和油液自重的前提下，由于大小活塞上都没有外力和负载，因而压力表指针没有偏转，这说明油液内部不产生压力。当在大活塞上加以负载 W 和在小活塞上作用以外力 G 时（图1-4b），压力表各指针随即产生相同地偏转。随着负载和外力的增加，压力表指针偏转角度越大。这一现象说明：

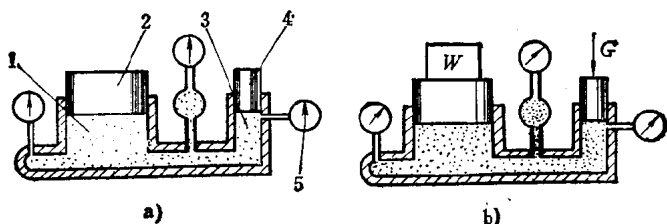


图1-4 压力传递示意图

1—大活塞腔 2—大活塞 3—小活塞腔 4—小活塞 5—压力表

1. 密闭容器是油液产生压力的必要条件，没有密闭容器，压力将无从建立。

2. 只有对密闭容器中的油液施加负载或外力时才会产生压力，所以负载和外力是油液产生压力的充分条件。

3. 在由若干个油腔而又相互连通的密闭容器中，加于静止油液某一处的压力，必等于该系统中任意点上的压力，这就是帕斯卡定律。

根据帕斯卡定律，力在液压系统的传递过程中可得到放

大，因而出现了液压千斤顶、榨油机和提升农具的液压悬挂系统。如图1-5所示，在小活塞上作用一外力 G_1 ，相应的在大活塞上可承受一负载 W ，当两活塞静止不动时，连通容器中的油液便是静止的，根据帕斯卡定律，系统中任一点的压力 p 都相等，其数值大小为：

$$p = G_1/S_1 = \frac{W}{S_2}$$

因此
$$W = G_1 \frac{S_2}{S_1}$$

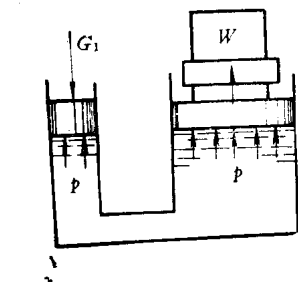


图1-5 力在传递过程中的放大

式中 S_1 ——小活塞的底面积；

S_2 ——大活塞的底面积；

G_1 ——施加在小活塞上的作用力；

W ——大活塞所能承受的负载。

由此可见：当 G_1 不变时，两活塞底面积的比值 $\left(\frac{S_2}{S_1}\right)$

越大，大活塞所能承受的负载就越重。

(二) 压力的表示方法

我国法定计量单位中压力的单位为帕〔斯卡〕，符号为 Pa。帕与非法定计量单位的换算为

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ kgf} \approx 10 \text{ N}$$

$$1 \text{ atm} \approx 1 \times 10^5 \text{ MPa}$$

液压系统中的压力是用压力表来测定的，表上所反映的压力，只是液压系统中高于大气压力的那一部分，而不是压力的绝对值，因此这个压力叫做表压力或相对压力。包括大

气压力在内的实际压力称为绝对压力。当系统的绝对压力小于大气压力时，表压力为负值，这表示系统中出现了真空，真空的大小用真空度表示。表压力、绝对压力、真空度之间有如下关系：

$$\text{绝对压力} = \text{表压力} + \text{大气压力}$$

$$\text{表压力} = \text{绝对压力} - \text{大气压力}$$

$$\text{真空度} = \text{大气压力} - \text{绝对压力}$$

在液压悬挂系统中，大气压力与液体的传动压力相比小得多，而且任何物体所受到的大气压力又是相互平衡的，对外不显示力的效果，因此在液压悬挂系统中，只考虑外力所引起的那部分压力（表压力）。

液压系统中的工作压力，按其大小分为五级，如表 1-2 所示。目前我国拖拉机液压悬挂系统的工作压力在 $(75 \sim 150) \times 10^5 \text{Pa}$ 的范围内，属于中压或中高压的范围。

表1-2 压力分级标准

压力分级	低 压	中 压	中高压	高 压	超高压
压力范围(10^5Pa)	0~25	>25~80	>80~160	>160~320	>320

(三) 油液静压力的性质

1. 油液静压力的方向总是垂直于作用表面，它既不能抵抗拉力，也不能承受剪切力。因为油液受到拉力或剪切力时，势必产生运动，这与静止油液的前提是相矛盾的。

2. 静止油液对其密闭容器作用面上的压力，在各个方向上都是相等的，而且与作用面的形状无关。在图 1-6 所示的油缸中，活塞顶为一平面，根据压力的性质与定义，其表面所受到的作用力 P ，等于单位面积上的压力 p 与活塞平面面积的乘积。即：