

国外农机专题资料

# 液压系统基础知识

科学技术文献出版社重庆分社

# 编 者 的 话

目前在农业机械中,愈来愈广泛地应用液压系统。为了更好地了解、学习国外先进的液压技术,我们编辑出版了本专辑,供从事液压技术的有关人员参考。

本专辑在编辑过程中,得到中国农机院边耀刚同志、云南省农机所向景云同志的大力支持和帮助,在此表示感谢。

本专辑译自国外有关专业期刊,在选材上可能有一定片面性,错误和不妥之处一定不少,望读者批评指正。

《国外农机》编辑部

## 液 压 系 统 基 础 知 识

(国外农机专题资料)

---

中国科学技术情报研究所重庆分所 编 辑  
科学技术文献出版社重庆分社 出 版

重庆市市中区胜利路91号

四川省新华书店重庆发行所 发 行  
科学技术文献出版社重庆分社印刷厂 印 刷

---

开本: 787×1092毫米 1/32      印张: 4.00

字数: 9万      印数: 34100

1979年9月第一版      1979年9月第一次印刷

---

书号: 15176·371

定价: 0.45

# 目 录

## 讲座一

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| 1. 液压系统·····             | ( 1 )  |
| 2. 液压泵·····              | ( 6 )  |
| 3. 液压执行机构——液压缸和液压马达····· | ( 16 ) |
| 4. 特种液压马达·····           | ( 25 ) |
| 5. 阀·····                | ( 32 ) |
| 6. 液压管路·····             | ( 43 ) |
| 7. 液压工作油·····            | ( 50 ) |
| 8. 液体调节器·····            | ( 55 ) |
| 9. 开环液压系统·····           | ( 62 ) |
| 10. 闭环液压系统·····          | ( 67 ) |
| 11. 液压系统故障分析测试设备·····    | ( 72 ) |
| 12. 液压系统故障分析及排除·····     | ( 77 ) |
| 13. 一般维修与安装程序·····       | ( 82 ) |
| 14. 液压系统图的图形符号·····      | ( 86 ) |

## 讲座二

|                      |         |
|----------------------|---------|
| 1. 负荷形式对管路性能的影响····· | ( 96 )  |
| 2. 液压系统形式的基本区别·····  | ( 101 ) |
| 3. 主管路的分部装配·····     | ( 105 ) |
| 4. 能量输出装置·····       | ( 107 ) |
| 5. 能量输入装置·····       | ( 112 ) |
| 6. 能量调节装置·····       | ( 116 ) |
| 7. 液压试验装置·····       | ( 120 ) |

## 讲座一

### 1. 液 压 系 统

农业机械采用液压系统是自内燃机代替畜力牵引以来最重要的改进。

液压系统有一系列优点：操纵省力、不用轴和皮带、比较安全。它的使用为进一步完善控制技术、改善性能、简化操作和降低成本开辟了途径。

在农机上使用液压操纵并不是一件新事情，若干年以前它就用于控制拖拉机的三点悬挂装置。目前在应用上已有了发展。预计不久的将来，它将完成越来越多的工作。因而，了解它的优缺点是十分重要的。

本文是连载的第一篇，讨论有关液压系统的优缺点，并指出在农机上的多方面的应用。

### 什么是液压系统

液压系统是一种在需要的地方以需要的形式控制、调节和输送动力的方法。它能像齿轮传动或电动机传动一样做功。它接受输出功率、控制它并将其传递到需要的地方。电力传动、机械传动和液压传动各有其优缺点，一般可根据不同用途加以选用。

## 系统的组成

基本液压系统由泵、阀和执行机构组成。

**泵**从能源接受能量，并将其转换成压力液体的流动。

**阀**有许多类型，用于控制液体的流动。阀能控制液体的压力、流动方向和流量。

**执行机构**由受控制的液流所驱动，并利用这种能量做有用的功。典型的执行机构是**油缸**，它把液体流动转变成直线位移；**马达**，将液体流动转变成受控的旋转运动。

与齿轮、皮带、链条或轴组成的机械动力传动系统相比，在许多情况下，液压系统的效率较低，费用较高。

但液压传动有许多重要的优点。最突出的是液压动力可以通过曲折的管路，很方便地输送到不易接近的部位。

例如，机械传动一定要有轴或皮带直接连接到要使用能量的部位，而液压传动仅需一根简单的管路就能将动力从一处曲折地引向其它地方。在那些不易接近的部位，安装一个小的液压马达或油缸，就可以为其最终传动提供动力。而且，液压传动没有皮带和轴，也就不需要防护设备。

液压阀的种类很多，使液压传动的控制简单方便，这是机械传动系统无法办到的。例如，在液压马达里阀能控制输出速度、扭矩、制动扭矩、转动方向及机组的开关次序等，而机械传动系统要控制所有这些项目是很困难的。

电力传动具有与液压传动相同的许多优点。例如，不易接近的地方可以安装电机，由复杂的电路供应动力。可是电力系统的功率远低于液压系统，也就是说同样的输出功率，电机的体积远远大于液压马达。例如，10马力的液压马达只

有两个拳头大。

电机很像液压马达，容易控制。但是，液压马达具有自动防止过载的能力，而电机过载就会烧坏。液压马达过载时停止不动，等待操作人员去减载，减载后仍可继续工作。还有，直线运动的电动执行机构是很复杂的，而液压油缸却是一个很简单机构，能提供很大的直线运动动力，控制也容易。

电力驱动的安全问题是又一大问题。倘若一个20马力的液压系统管路破裂了，只会有一些油流出来，操作人员有时可能会被油烫伤，但不会很严重。但是，假如20马力的电机电力触及到操作人员，就会发生触电事故。这一点，在农业上特别重要。因为农民可能在多雨天潮湿的田地上工作，在带有高压设备的情况下操作就很危险。

下面介绍液压系统在农业上的应用。

## 控制农机具

液压传动在农业上的基本应用是控制农机具的悬挂。拖拉机发动机输出功率的一部分，通过液压系统传递，用以对拖拉机悬挂系统上的农机具进行升、降和耕作深度的控制。由发动机驱动的油泵把油输送到液压油缸，油缸产生的直线运动通过曲柄传给轴，使轴作约 $75^\circ$ 角的转动。操纵手杆控制油的流向可以使农机具提升或下降。有许多液压系统在悬挂装置上还装有传感机构，它随着拉杆负荷的变化把重量从拖拉机的前轮转移到后轮上。

## 牵引农具

液压传动在农业上的另一普遍应用是向牵引在拖拉机后面的农具提供动力。液压泵亦被拖拉机发动机驱动，但液压油则通过软管从液压系统吸取并输送到拖拉机后面的农具上。通常的应用是，在农具上安装遥控液压油缸，使农具升降操纵方便，并根据土壤条件或收割情况的变化来调节工作位置。

因为液压系统是把许多元件装在一个小空间里，因此相当小的液压油缸就可以满足所需的动力。因为尺寸小，装在机具上很方便，当采用标准安装联接器时，液压油缸在农具间还可互换通用。

传递动力所用的软管，能适应拖拉机和农具之间的相对运动。当农具要脱、挂时，用适当的快换接头使液压管路能方便地与拖拉机接上或脱开；若采用标准联结装置，则许多不同的农具可由同一台拖拉机提供动力，不需改动拖拉机本身的结构。

## 旋转式液压马达

液压传动亦可用旋转式液压马达的形式应用于拖拉机或农具上。这种马达能提供相当大的旋转功率，它可装在很紧凑的壳体里，如果需要，也可装在不易接触到的部位上。这种马达不象直线运动油缸那样简单，然而很有发展前途，并不断有新的应用。

液压马达非常轻，搬动方便。由于液压系统的固有特

性，它的过载防护是自动的，速度控制也很容易，不需要摩擦式离合器或其它防护设备。

## 静液压传动装置

由液压泵、阀和旋转式马达组成的装置叫做静液压传动装置，可用作车辆的传动动力。

目前，静液压传动装置已用于小型园艺拖拉机和某些田间作业拖拉机上，较大的拖拉机上将来亦可能采用。静液压传动的最大优点是：它与发动机转速无关，可无级变速。一根操纵杆就能进行车辆的向前、向后和制动控制。杆在中间位置时制动；杆由中间位置向前移动时，拖拉机前进速度按比例增加；往后移向中间位置时，拖拉机前进速度逐渐减慢；杆由中间位置向后移动时，拖拉机倒车。拖拉机不会发生空转、滑行等操纵失灵情况。

静液压传动装置同样取消了各种机械传动部件，没有一般传动装置的缺点。

静液压传动装置的一个特殊应用是把液压马达用在拖拉机的两个或四个轮子上。此时，拖拉机发动机仅驱动一个大的液压泵。阀控制从泵出来的液压油，并将液压油分流到各轮子的马达上。静液压传动装置的优点是，无级变速、制动可靠、控制简单。

## 制动动力系统

农业上液压传动的另一个重要应用是产生各种振动动力，作用于与土壤接触的农具的工作部件上。

振动动力能降低犁地时所需的牵引功率。例如，应用于前端装载机铲刀时，振动的铲刀对物料是起锯切作用而不是一般固定铲刀的硬切作用。

振动动力可用特殊的阀产生，用液压马达驱动偏心重，或用分流泵驱动双动油缸均可。用双动油缸时，活塞泵输出的液油分别经过两条不同的管路，每条管路接到双动油缸的一侧。泵的每一次往复循环使油缸完成一次冲程。当油缸活塞快速前后冲击时，就产生每分二千次冲击频率和 13600 公斤以上的振动动力。

## 自动控制系统

随着农机生产率的不断提高，人力控制就有困难，必须进行自动控制。自动控制的最早应用是使用牵引力传感机构来控制耕作深度和重量转移。未来的发展是使用液压伺服机构，它与飞机上使用的控制系统相类似。这种自动控制系统能进行铲刀校平、反铲遥控和在恶劣环境下对拖拉机的远距离操作。

另一种特殊控制是用于程序重复操作的控制，它靠程序液压系统来完成。

农业机械还未使用液压伺服系统。这并非技术上的原因，而是成本太高。目前液压伺服系统在筑路机械上已得到应用。

周玉明译      谢庭光校

## 2. 液 压 泵

液压泵是液压系统的核心。象人的心脏一样，液压泵担

负着将油液输送到系统里各构件的任务。泵把由它的输入轴所传递的机械能转换成液压能，然后通过液压油将其传递到各执行机构，使之再变成机械能而作有用功。

泵仅传递液流，并不传递压力。压力是泵的流量受阻而引起的。因此，在某种意义上讲，压力是液流的付产物，或者是液流做功多少的指示。

为传递液流，泵在其进油口一边建立了一个低压区，亦称部分真空区。油箱或进油管路里的油液，靠油箱内油液上的大气压力的作用被压入低压区，然后通过泵被输送到输出油管路。因此，油液并不是被“吸入”泵的，而是靠大气压力压进泵内（也有用增压的压力油箱）。把泵的进油边认为是“吸”油边，在技术上是错误的，因为实际上不存在吸油问题。这样的区别听起来象挑剔，但是很重要。泵的许多问题在开始时都出现在泵的进油边，由于进油条件极坏所引起。

用于拖拉机液压系统的泵全部都是容积泵。这种泵阻滞小、油液容积不变、由泵输送并在泵的出口边喷出。容积泵与非容积泵差别很大，如汽车水泵，只是在某一方向上推动液体。容积泵的主要特点是，在传递流量时能承受高压，而流量特性没有严重地变化。因此，这种泵可用于驱动前置装载机上的油缸，而非容积泵就不适合做这种形式的工作。

## 泵的额定参数

评定泵有许多方法。泵的大小通常用“输出流量”这一简要方法来表示，以加仑/分计量。例如，农业上应用的小型泵的输出流量为10加仑/分（公制单位为38升/分），而大型泵的输出流量为50加仑/分（190升/分）。

另一评定参数是压力。液压装置中使用的每一种泵都有两种压力评定值，一种用于连续压力，另一种用于间断压力。连续压力是在泵连续运转数小时而没有损坏的情况下所能承受的压力值——这在农业机械上很少采用。相反，间断压力是短时间里泵所能承受的压力峰值或极限值。间断压力通常比连续压力高。因为大多数液压机具所持续的工作时间都相当短，如前置装载机必须很快地举起重载，所以间断压力在农业机械上使用更为重要。

## 泵的 效 率

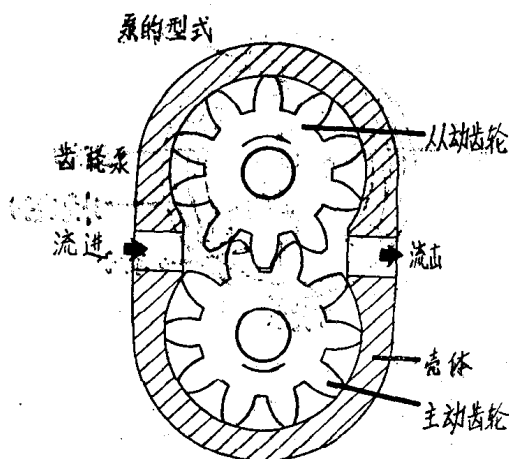
理想的液压泵的输出功率应该与它的输入功率一样多，应该不漏油、不发热。但是，所有的液压泵都有不同程度的损失，因而采用不同的方法来评定各种泵的效率。

**容积效率** 是泵在高压下的输油量与其理想输油量的比值。考虑到泵里有少量的漏油，容积效率的典型值为70~90%。这种内漏（或称滑动量）在每种泵里都存在。这在一定程度上是必要的，因为它为泵提供了内部润滑。这种内漏会降低整个液压系统的效率，但不会引起系统中油量的实际损失，因为油液仅仅从泵的高压腔漏到低压腔而已。

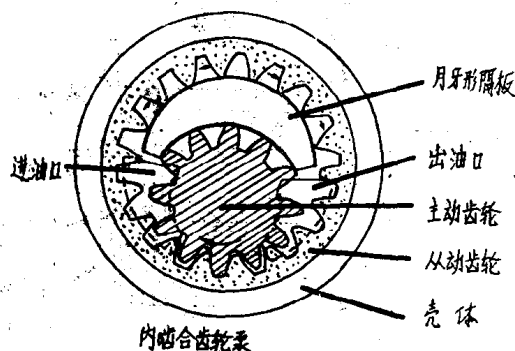
**机械效率** 是泵效率的又一计量法，反映了泵元件、轴、齿轮和轴承摩擦所引起的机械损失。这些损失在普通泵里很小。机械效率依泵的类型而定，其变化范围为80%~98%。

**总效率** 是机械效率与容积效率的乘积。假设泵的容积效率为90%，机械效率为90%，则其总效率为81%。总效率才是真正重要的数据，因为就一定的功率输入而言，它指出了有用的输出功率是多少。因此，若泵的总效率为80%，泵

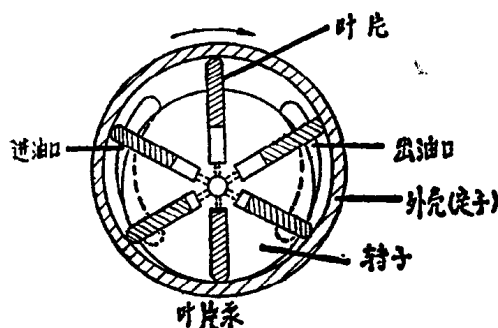
用50马力带动，则输出功率是 $50 \times 80\%$ ，则为40马力。



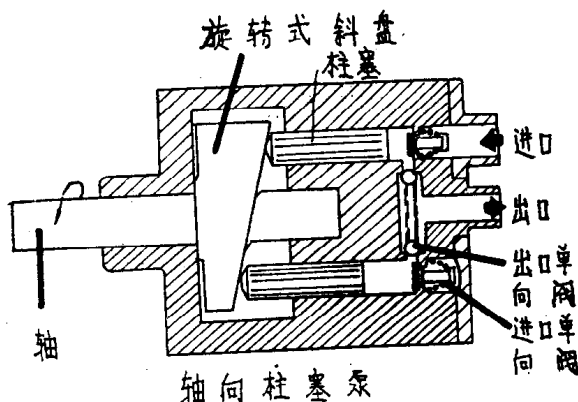
**图1 外啮合齿轮泵** 由两个在壳体里旋转的正齿轮组成。油液在齿轮齿之间从进口被压向出口。



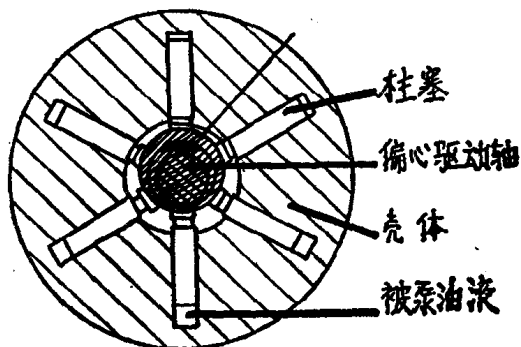
**图2 内啮合齿轮泵** 小齿轮在大齿轮里旋转而泵油。月牙形隔板象外啮合齿轮泵的壳体一样起着同样的密封作用。有些齿轮泵的内外齿轮仅差一个齿，不需要月牙形隔板。



**图3 叶片泵** 一个偏心转子上有五片或更多的槽式叶片。转子转动时，叶片刮动油液起泵油作用。叶片靠液体压力和离心力紧紧地压向具有两个泵油区的外壳，因而泵每边的高压区能够平衡作用在轴承上的力。



**图4 轴向柱塞泵** 通过几个柱塞的轴向往复运动推动油液。这里，旋转斜盘推动柱塞，而单向阀控制油液的流动方向。在其它型式的轴向柱塞泵里，壳体可以绕固定斜盘转动。



径向柱塞泵

**图5 径向柱塞泵** 用几个往复运动的径向柱塞泵油。在这种泵中，一根偏心驱动轴带动柱塞运动。油液流过进口和出口单向阀。还有一种普通的径向柱塞泵，有一个带有固定阀门的旋转活塞块。

## 定量泵和变量泵

每一种泵运转时，都输送一定容量的油液，其容量与泵的内部结构有关。定量泵的内部结构是不能变化的，因此，改变泵的输出量的唯一方法是改变驱动速度。

而变量泵的设计允许其内部结构随需要而变化。因此，输出的流量在不同的运转情况下可以变化。变量泵的优点很有意义，因为它在完成许多工作上比定量泵方便。它还可以用较小的功率工作，使整个系统以较高的总效率运转。

但是，变量泵机组比定量泵机组复杂，对油液的污染更为敏感，所需费用通常也较高。然而，所增加的费用可以用

减少控制阀的费用弥补。因此在某些场合，变量泵机组比定量泵机组的耗费低。

## 进 油 特 性

泵在工作时，必须靠油箱里的油液不断把泵的内腔充满。这一充油工作对泵的运转是关键性的。充油（或进油）中的任何故障都会降低循环工作的有效性，甚至可使泵损坏。许多内行坚持，泵的很多故障均由充油不足所引起。

液压系统都有良好的进油口设计，油泵可以从油箱完全得到充满。但是，若更换油箱、进油管路或油泵位置，它们之间的严密关系就可能被破坏。例如，油泵若超速运转，就需要供应更多的油液，原有的进油管路可能不合适；如若移动油箱，进油管路被加长，就不可能给泵输送足够的油液；如果更换的进油管路太细，弯曲过度或者因某种原因被压扁了，都可能引起泵出故障。假如在油箱里使用进油管路滤清器或滤网，过滤流向泵去的油液，则可能会由于污物或碎渣堵塞了部分油路，引起滤清器或滤网过载。

**气蚀** 若不能给泵提供充足的油液，便可能产生气蚀。气蚀是一种冲击状态，会减少泵的输出量，严重地缩短泵的寿命，甚至在很短的时间里使泵毁坏。气蚀使泵发出蜂鸣般的嘎嘎声，象一把石子在泵里滚过。当出现气蚀时，应立即停止泵工作，并消除导致气蚀的原因。

## 齿 轮 泵

在齿轮泵里，油液在两个（或更多）旋转齿轮的牙齿之

间，由泵的进口输送到出口。在牙齿啮合处，密封良好，因而可防止油液的渗漏。几乎各种啮合齿轮都有泵油的作用，但是，通常只有两种型式：外啮合齿轮泵和内啮合齿轮泵。外啮合齿轮泵由两个正齿轮组成；内啮合齿轮泵中的大的内齿轮被它里边的小的外齿轮驱动。最早，齿轮泵被认为是在非关键场合使用的低压、低成本泵。但是，近年来设计上的改进已使齿轮泵具有相当高的性能。目前，齿轮泵能建立起高达4000磅/吋<sup>2</sup> (27.6兆牛顿力/米<sup>2</sup>) 的压力，连续压力额定值超过3000磅/吋<sup>2</sup> (20.7兆牛顿力/米<sup>2</sup>)。内啮合齿轮泵的额定压力一般稍低于外啮合齿轮泵。齿轮泵的效率一般约为85%，少数泵在新的时候要高些。当齿轮泵磨损时，啮合的牙齿之间和牙齿与壳体之间的密封作用逐渐恶化，所以，接着使用效率便下降。新的齿轮油泵若使用污染的油液，一般能具有良好的进油特性。因此，油箱位置和进口管路的形状，对齿轮泵不象对某些其它型式的油泵那样重要。此外，如果出现气蚀，虽然让其继续运转会有损害，但是很快损坏的情况很少。

齿轮泵是所有泵中成本最低的，使用寿命也很短。所以当它磨损到不能使用时，与其修理还不如更换新的。

## 叶 片 泵

在叶片泵里，装有可收缩叶片的转子起着象齿轮泵里的牙齿一样的作用。叶片把油从进口推到出口，并起着防止漏油的密封作用。正常情况下，在定量叶片泵里，转子装在椭圆形的外壳里，在椭圆的每一尖端有一组进出油孔。这种结构在泵的相对边提供了两个压力区，因此，这就能使泵维持平

衡，使轴承上的负载减到最小，延长了使用寿命。在变量叶片泵里，外壳是园形而不是椭圆，叶片转子对于外壳稍有偏心。泵的排量与外壳转子的偏心量成正比。当转子完全偏置时，排量最大；当转子在外壳的中心时，排量为零。

叶片泵就其性能来说，一般认为比齿轮泵稍好些，所能承受的压力和输送效率稍高些，成本也贵一点。新叶片泵具有良好的抗污染能力，因为污染了的油液从进油口流到出油口时，很容易被刮净，并且叶片端部的磨损，可因为能进一步伸出而得到补偿。

但是，当叶片伸出到它的全长时，如再继续磨损，若叶片从转子中滑出，就会使泵产生严重故障。因此，叶片泵的故障在某种程度上与齿轮泵完全不同。假若齿轮泵发生故障，它所能承受的最大压力和效率渐渐下降，但泵仍继续工作。而叶片泵正常工作时，始终保持着相当高的最大输出压力和效率，这就可能损坏泵的构件。

叶片泵磨损后可以修复。只要未遭到完全磨损，就可用更新叶片的方法修复。有些泵可用装有新叶片和转子构成的可换“芯子”修复。多数泵的叶片是靠运转时的离心力使其伸出，因此，为使叶片端部与外壳接触良好，最小转速一般要求为600转/分。低于此转速时漏油多，效率低。叶片泵偏心的优点是，起动时所需要的起动转矩很低。

## 柱 塞 泵

柱塞泵有几种类型，依据柱塞工作的方式和柱塞布置的方向分类。在径向柱塞泵里，柱塞沿轴的径向布置，很象老式的星形航空发动机那样。柱塞由轴直接或间接驱动，从而