

农用拖拉机的差动型 液压传动装置

(译文集)

SA12

上海科学技术情报研究所



农用拖拉机的差动型液压传动装置

(译文集)

上海科学技术情报研究所编

上海科学技术情报研究所出版

新华书店上海发行所发行

上海商务印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 1.5 字数: 40,000

1974年4月第1版 1974年4月第1次印刷

印数: 1—4,800

代号: 161634·167 定价: 0.30 元

(只限国内发行)

前 言

遵照毛主席“农业的根本出路在于机械化”的教导，为配合我国农业机械化发展的需要，我们选编了“农用拖拉机的差动型液压传动装置”译文集。文集中除介绍差动型液压传动装置外，还介绍了新型农用拖拉机的集成液压系统，供在实际设计工作中参考。此外，还介绍了国外有关液压农业机械的发展情况。由于我们的水平有限，在编译工作中一定存在不少错误和缺点，希广大读者批评指正。

编 者 1974, 1.

目 录

1. 农用拖拉机的差动型液压传动装置 (1)
2. 新型农用拖拉机的集成液压系统 (14)
3. 发展中的液压化农业机械 (18)

农用拖拉机的差动型液压传动装置

前 言

目前液压驱动车辆的发展非常快,在土建车辆上已普遍采用,农用拖拉机也逐渐向液压驱动方向发展。

液压驱动不是什么新的东西,它早在船舶上得到采用。如果液压驱动获得容许全效率,则车辆几乎可具备理想的性能特性。但液压驱动至今在农业机械车辆上利用得还不多,因为液压元件的容许效率尚不能达到车辆设计人员所要求的容积重量范围,近来在这一点上已得到改进,并确立了液压传动装置。

液压传动装置的种类

动液压传动装置

这种液压传动装置是利用流体在高速流动时的功能,基本形式是离心泵排出高速低压流体,通过流体与透平叶片相碰撞的能量变换而得到循环,具有代表性的有液压变扭器,它已使用在轿车上。

静压传动装置

这种传动装置是利用高压低速的流体,基本上是能量通过流体本身在闭合回路中循环。虽然流体在连接的管路中移动,但可认为是在静压的基础上进行的。相对地说,非压缩性流体所起的作用与泵和马达之间所采用的刚性连接所起的作用相同。这时,传递能量的移动流体的动能几乎没有变化。农用的拖拉机采用了这种静压传动装置。

上述这种在闭合回路中使用的液压传动装置,一般是由可变可逆容量型的柱塞泵和可变容量型或定容量型的马达所组成。

液压传动装置的特点

适合于农用拖拉机采用的液压传动装置应具备下列几项特点:1)容易实现无级变速;2)在负荷变动时,能保持一定的输出转速;3)在负荷扭矩急剧变化以及在冲击时,可以吸收和缓和原动机轴和输出轴之间的冲击;4)采用一根操作杆通过可变可逆泵,使油的流向正逆转换,以使前进或后退;5)具有直接制动作用;6)在低速、中速时,可获得比液压变扭器较高的效率;7)重量轻,体积小;8)可变容量型泵,可变或者定容量型马达可自由配置,即在使用时可连成一体,也可分离独立。

具体地说,如把标准的泵和马达作为农用拖拉机的液压传动装置,则结构比较大,成本也成为问题。如将泵和马达的外壳去掉,把泵和马达中的油缸体装入拖拉机的壳体内,也就是说,这种液压传动装置的部件仅由油缸体、支承轴部件、泵轴以及马达轴等所组成。供应泵和高压溢流阀以及滑阀等也置于其中。此外,这种装置里一般较多地采用重量轻、体积小、部件少的斜板型的泵和马达(和斜轴型比较)。关于结构问题以后再叙述。

农业用拖拉机的负荷变动较大,要求较好的耐久性,在犁耕与牵引拖车时比轮转耕耘在负荷方面的要求更为苛刻,而液压传动装置较能适应上述作业条件,而且在理论和试验上都得到了证实。目前已确立了农用拖拉机的全液压驱动方式,并进行了实际试验。

液压传动装置的基本回路

液压传动装置的基本回路有下列几种形式:

- 1) 可变容量型泵与可变容量型马达;
- 2) 可变容量型泵与定容量型马达;
- 3) 定容量型泵与定容量型马达;
- 4) 定容量型泵与可变容量型马达。

可变容量型泵与可变容量型马达

图1为这种形式的基本回路,其特点是在中间速度范围内可获得最高效率,而在更宽的速度范围内也获得高效率。输出轴的旋转速度通过泵的排出量与马达的吸收量的其一或两者进行控制,泵的容量以马达容量的1/2为适当。这种回路具备最广泛的输出旋转,因此适于在大型、快速的拖拉机上采用。

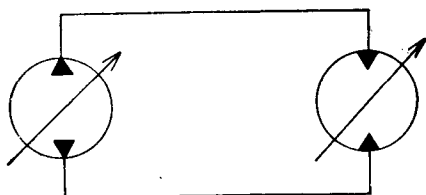


图1 可变容量型泵与可变容量型马达

图2表示其特性。点A表示可变容量型泵的最小排油量(零点),因此油的流量为零,也即无法向输出轴传送动力,可变容量型马达则处在最高吸收量状态,因而马达的输出轴处于传递最高起动扭矩状态。

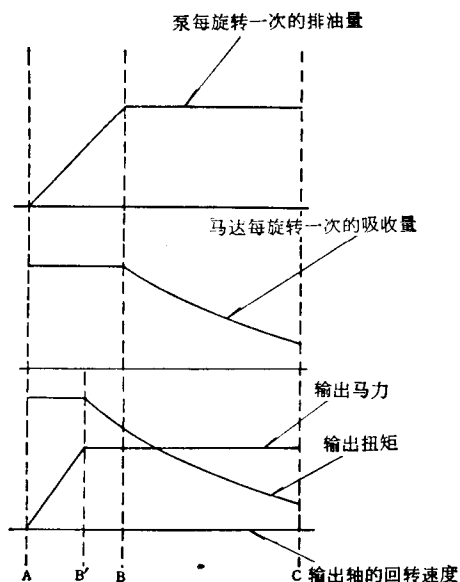


图2 液压特性

点B'是输入马力的最高点,泵的斜板倾角最大,也就表示了变化至最大排出量之前能够得到最大的马力。B'表示压力最大,在B'~B之间则下降,而在B~C间则不变。B'~C间在一定作用压力下液压传动装置就成为一定量马力的传动装置。

点B表示泵的最高排出量。吸收量到B点为最高点。马力是流量与压力的函数,因此,对于某一个给定的压力,泵的排出量在一定时是不可能增加马力的。马达的吸收量从最大量开始减少,其输出扭矩也相应减少。最高输出旋转速度中的输出马力在C点和B'点是相同的。至于输出旋转速度变化的液压传动装置上,如果使用可变容量型马达,则回路内的流量比使用定容量型马达的流量要少。因此也可以使用更小型的泵。可变容量型泵和一定容量型马达组合成的最高速度区域的效率还不如中速范围的效率来得高。

可变容量型泵与定容量型马达

图3表示的是这种形式的基本线路,其特点是在近于最高输入旋转速度时能获得最高效率。输出旋转速度通过泵的排出量来控制,泵容量应与马达容量相等。这种是进行无级变速控制的最简单的一种结构,是普通拖拉机的最简单的基本线路。图4表示其特性。图4中A点表示泵的排出量的最小点(零点),传动装置无动力传递。如果泵的活塞开始动作,就可利用最高的起动扭矩,这时马达处于最高吸收量的状态。至于B'点,扭矩保持不变,马力在一定作用压力下从最低增到最高。

点B表示泵的排出量的最高点,因为马

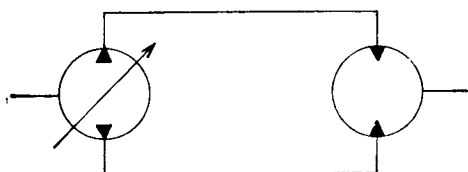


图3 可变容量型泵与定容量型马达

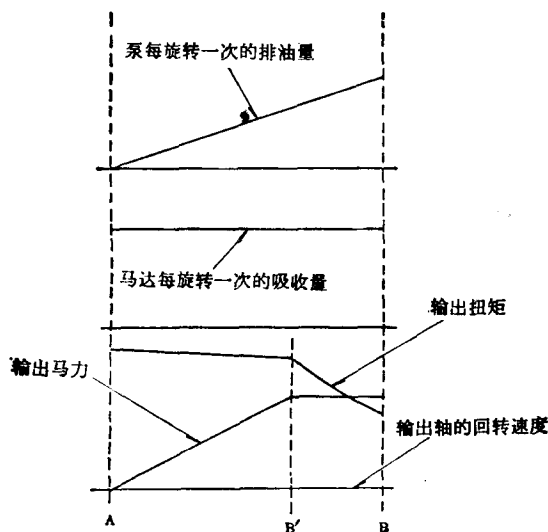


图4 液压特性

这是定容量型,且吸收量是一定的,故马达在泵的最高排出量时,在该点可获得最高输出转速。在 $B' \sim B$ 之间马力是一定的,因而扭矩在这段之间是逐渐减小的。除此以外,通过使用一个可变容量型泵和二个定容量型马达可形成差动线路。图5表示其基本线路,图6表示一泵四马达的基本线路,图7表示二泵二马达的基本线路,适用于大型拖拉机。

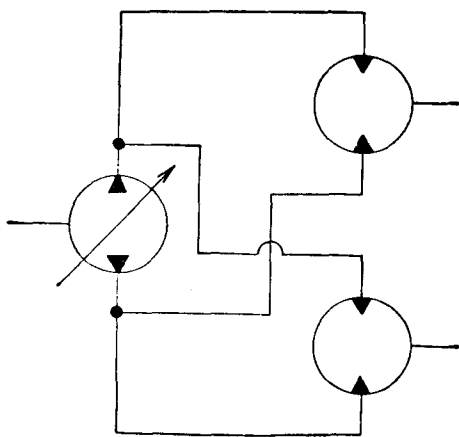


图5 一泵二马达

定容量型泵与可变容量型马达

其基本线路如图8所示,该线路的特点是泵在一定速度下运转时,这种线路在一定马力可变速度下具有可变扭矩的特性。泵是定容量的,因而这种结构没有中央位置。

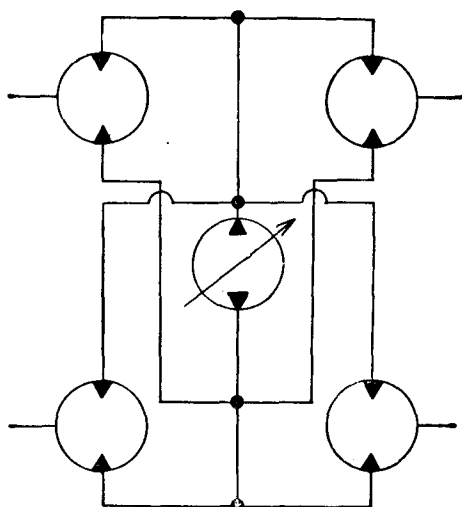


图6 一泵四马达

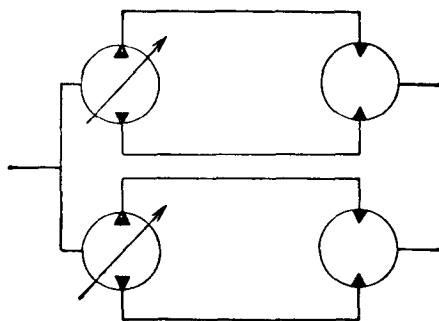


图7 二泵二马达

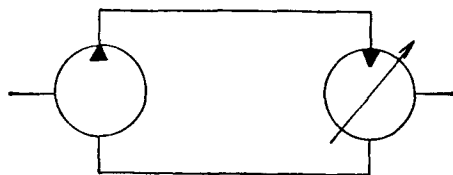


图8 定容量型泵与可变容量型马达

定容量型泵与定容量型马达

图9表示其基本线路。该线路的特点是具有与机械轴或者齿轮驱动相同的性能,特别适用于园艺用的拖拉机。

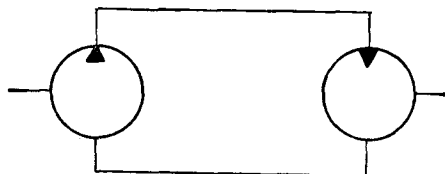


图9 定容量型泵与定容量型马达

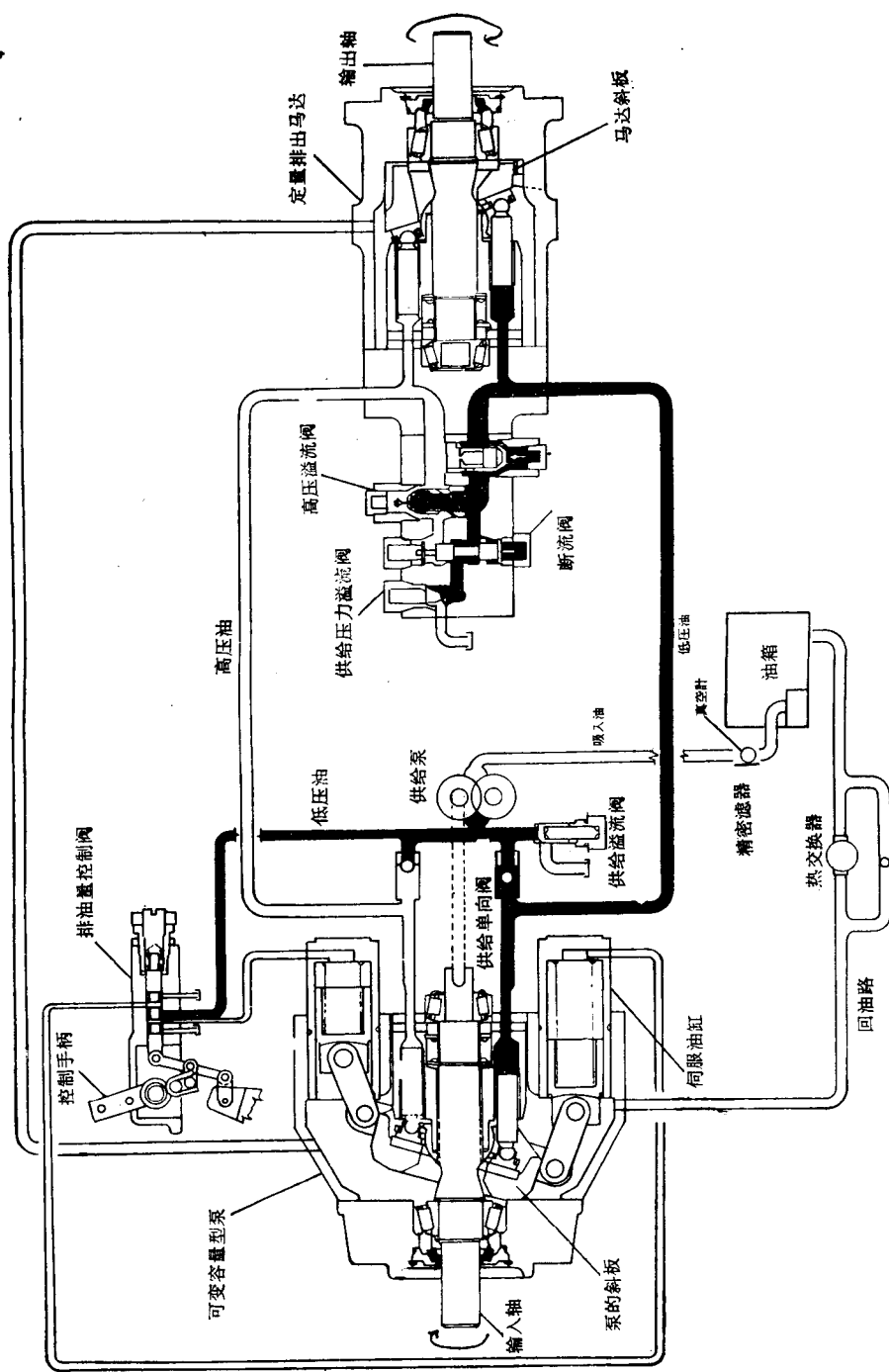


图 10 可变量型泵和定量型马达的结构线路

闭合线路液压传动装置的结构线路与系列

基本线路(可变量型泵和定容量型马达)

图 10 表示其基本线路,柱塞泵装有供给泵、伺服阀和伺服油缸。图 11 表示可变量型泵,通过驱动轴传动的油缸体中有滑块型的柱塞(9 块滑块),具有使柱塞进行往复运

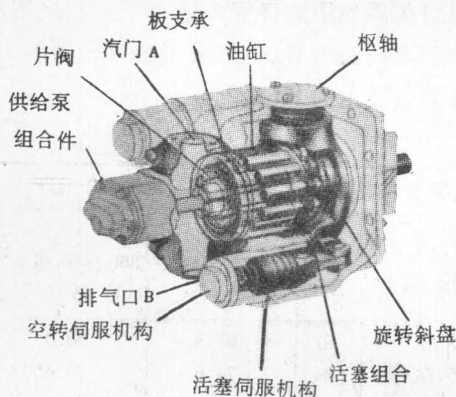


图 11 可变量型泵的结构

动的枢轴所支持的斜板,能够一方面吸收低压油,另一方面排出高压油。

图 12 表示定容量型马达。在定容量型马达上具有固定的斜板和油缸体,另外装有岐管组合件,内有高压溢流阀和滑阀。适用于重负载用的液压传动装置。此外,也有 2~15 匹马力的轻负载的传动装置。图 13 为马达和泵的外观图,此外也有轻负荷用的分离型。

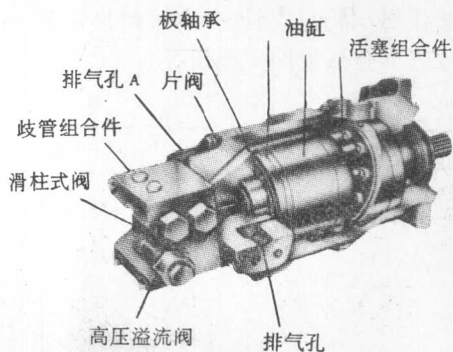


图 12 定容量型马达的结构

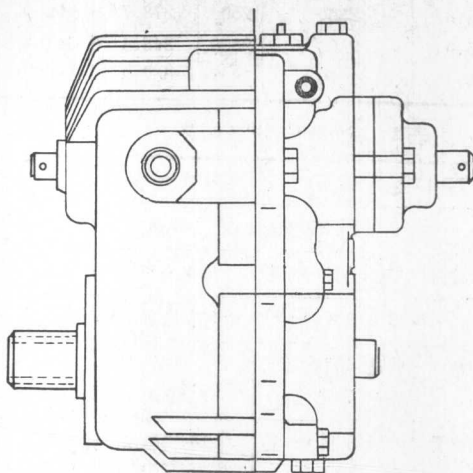
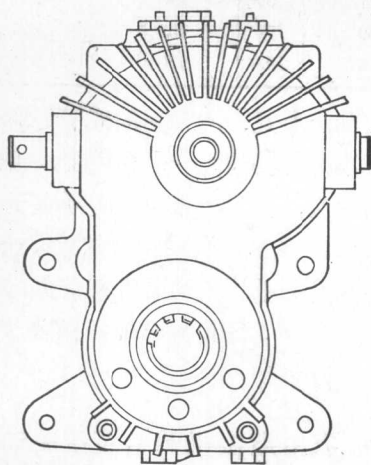


图 13 15-15 型外观图

基本线路的作用

① 供给泵线路

动作是依靠供给泵通过油箱滤器被吸收,供给泵装在主动泵上,并依靠主动泵驱动。供给泵的作用是补充线路中油量的不足,并保持主泵与马达之间的线路中的低压,

另外也保持伺服阀油缸的控制压力,并进行传动装置的冷却和主线路作用油的转换。

② 主泵和马达线路

从供给泵排出的油通过两个单向阀中的一个,注入低线路的低压方,另外一个单向阀依靠主线路的高压油来闭合。作用油连续不

断地流入主线路。

油的流量根据泵的转速和每一次旋转的排出量来确定，流动方向由斜板对应于中央位置的倾斜角度来确定，前进后退都是 18°。

高压溢流阀用以防止因急剧提高速度或者刹车时，负载在高低压管中所产生的异常的冲击压力。供给压力溢流阀一方面保持主线路的供给压力，另一方面分离多余的冷却油量。滑阀的作用是连接主线路的低压和供给压力溢流阀的压力，该阀在中间位置时起堵塞的作用，因此，高压与低压相互转换时，高压油就不会从线路中排出。

在冷却线路方面，过剩的油从岐管中的供给压力溢流阀流入马达的油箱，并通过油箱的排油管流到泵的油箱里去。从供给泵排出的油通过液压传动装置循环起到冷却作用，然后从泵体排出而进入冷却器再回到油箱。回流阀用以隔离回到冷却器的反压力。

泵马达性能表

表 1 为重负荷系列用的性能表，表 2 为轻负荷系列用的性能，适合于拖拉机用的是两个系列的组合，也可采用轻负载用的 15 型与重负载用的 20 型的组合。

表 1 重负荷系列用性能表

型 式	每转一次 的排出量 (厘米 ³ /转) (18°C)	最 高 转 数		可变容量型泵		定容量型马达		最高转数时泵轴马力 (HP)		角 马 力
		350 公斤/厘米 ³	无 负 荷	最高转数 时的排出 量 升/分 (18°C)	重量 (公斤)	扭矩(公斤-米) 70 公斤/厘米 ²	重量 (公斤)	210 公斤/厘米 ²	350 公斤/厘米 ²	
20	33.3	3590	3800	119.6	36	3.73	27	55.8	93.0	83
21	51.6	3100	3300	160.0	53	5.78	34	74.6	124.4	111
22	69.8	2810	3000	196.1	60	7.83	40	91.5	152.6	136
23	89.0	2590	2700	230.5	75	9.95	40	107.5	179.4	160
24	118.6	2350	2500	278.7	102	13.27	59	130.0	216.8	194
25	165.9	2100	2300	348.4	141	18.59	79	162.6	271.0	242
27	333.7	1670	1800	557.3	285	37.33	153	260.0	433.4	388

表 2 轻负荷系列用性能表

型式 15-15 型(一体形)		型式 15-15 型(分离型)
最高转数	3000 转	3000 转
连续使用压力	245 公斤/厘米 ²	245 公斤/厘米 ²
耐过压力	315 公斤/厘米 ²	315 公斤/厘米 ²
斜板旋转角	前进 15° 后退 7.5°	前进 15° 后退 15°
每转的排出量	14.8 厘米 ³ /转	14.8 厘米 ³ /转
245 公斤/厘米 ² 时，最高转数为 3800，斜板 15°		同左
可变容量泵排出量	56.24 升/分	同左
定容量马达扭矩 5.775 公斤-米 (70 公斤/厘米 ² 时为 1.65 公斤-米)		同左
泵轴马力(理论值)为	30.6 马力	同左
泵、马达一体型重量	16 公斤	泵 重 15 公斤， 马达重 8 公斤

如上所述，所采用的液压传动装置可以由标准泵与马达组合，也可由成组的泵和马达所组合，但用于拖拉机的则宜于采用后一种形式。从液压传动装置的效率来看，泵与马达组合的液压传动装置在重负荷时，最高效率为 82%，轻负荷时最高效率为 70% 左右。

农用拖拉机的全液压驱动的
实用线路

可变容量型泵与定容量型马达

图 14 为液压线路。这是轻负荷用的 15-15 一体型的液压传动装置，它装于国际收获公司的 12 匹马力的园艺用的拖拉机上，图 15 为该拖拉机的外形。图 16 为该拖拉机结构示意图。

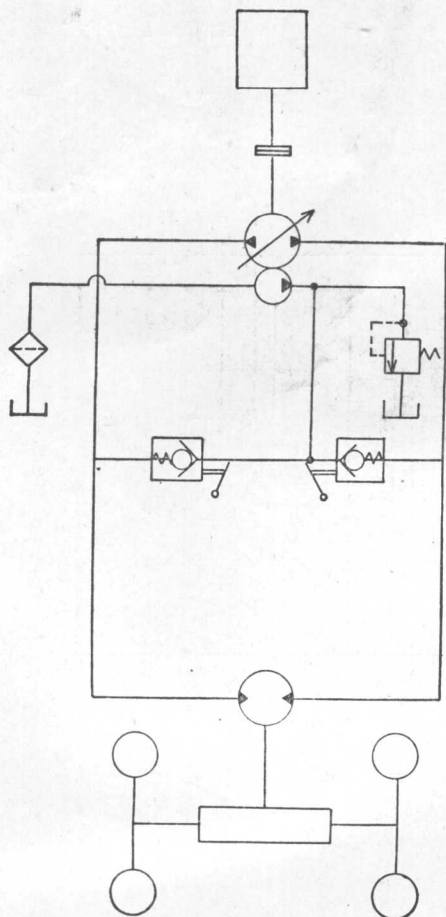


图 14 拖拉机液压线路

用控制杆控制速度，该杆通过斜板与连杆连接，当踏上刹车板盘形刹车时就机械地进行动作，同时凸轮连杆使控制杆回到中立位置。齿轮箱和油箱两用，通过叶片进行通风冷却。通过推进短路杆就形成短路回路，即使是从泵排出油，马达也不会转动。

图 17 为带有旋转的拖拉机的油压线路，这种线路的特点是从供给溢流阀和供给压力溢流阀所冒出的油集中到冷却器，并在回路中安有微动阀。在农用拖拉机上有必要装置挖沟作业用的微速控制。通过控制泵和马达

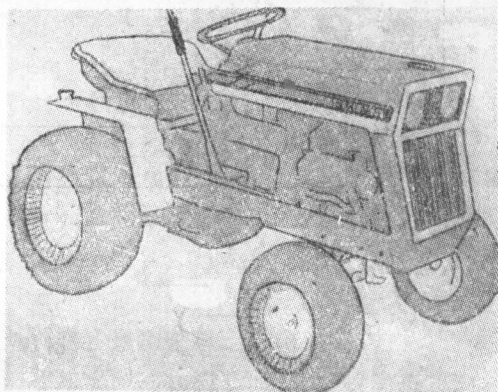


图 15 园艺拖拉机

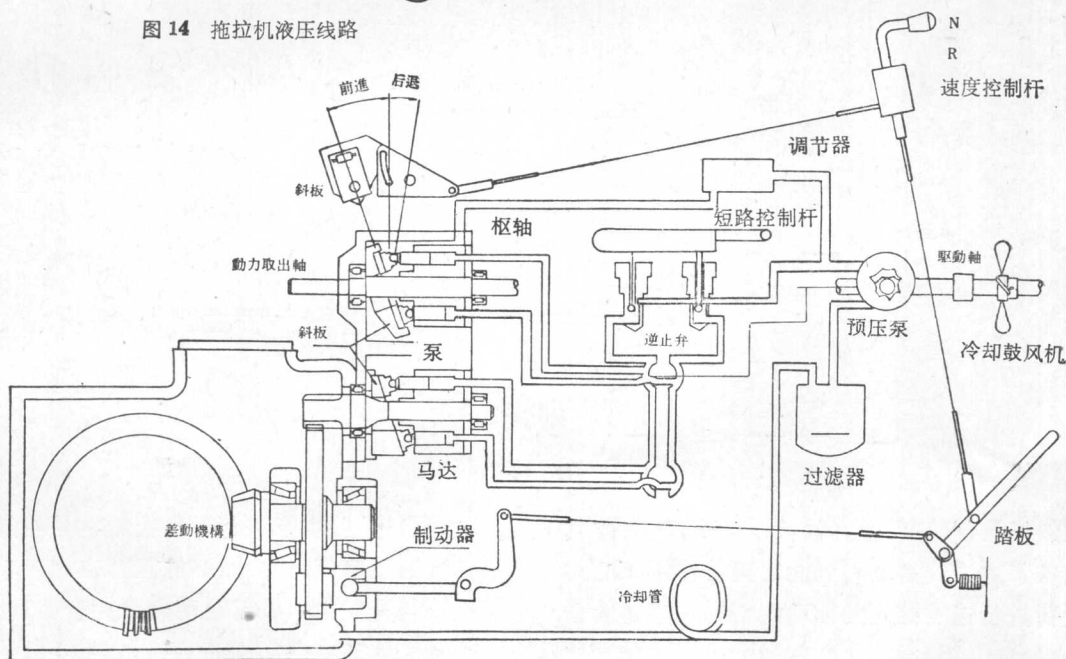


图 16 园艺拖拉机结构线路

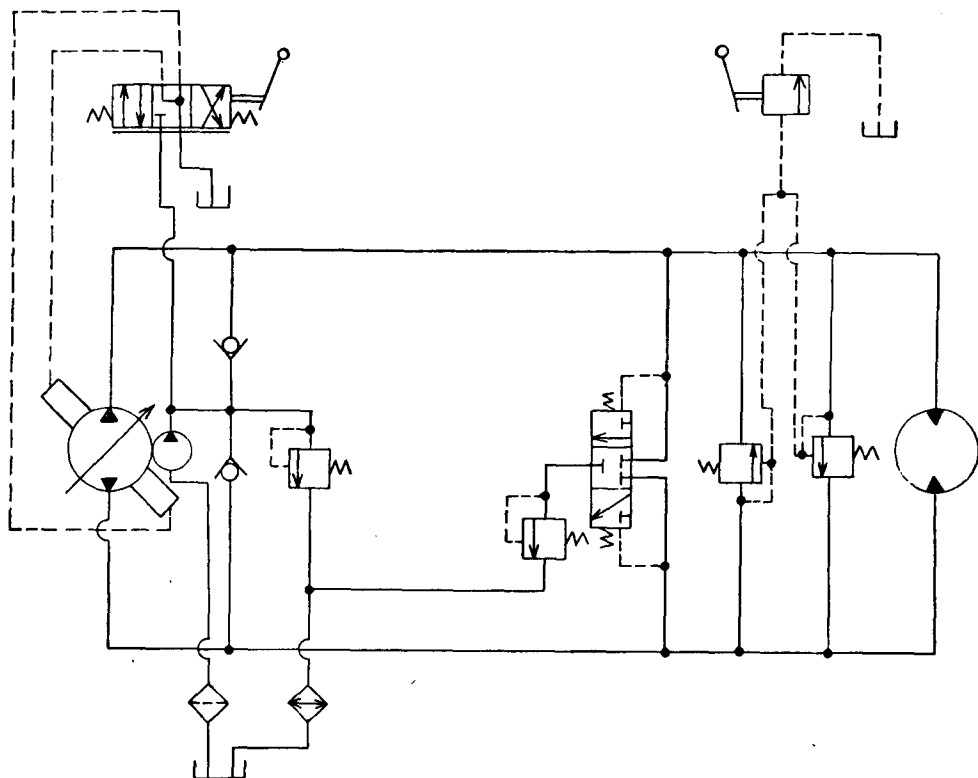


图 17 拖拉机液压线路

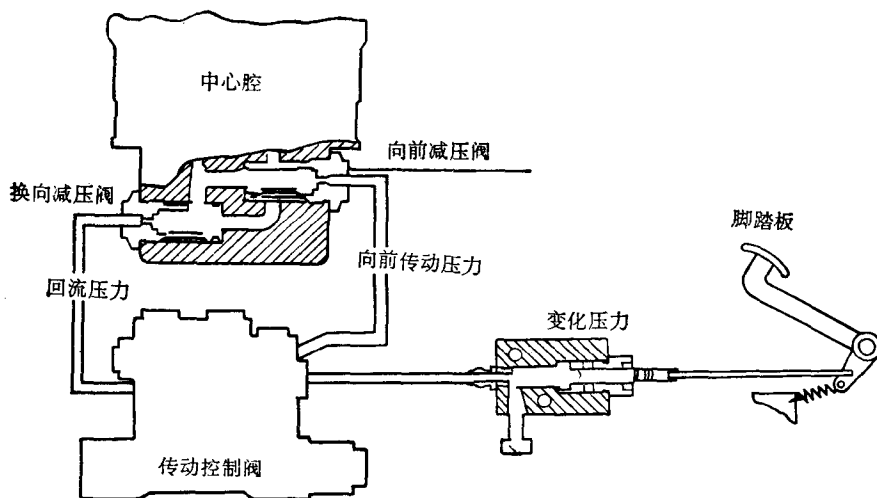


图 18 微动阀

的斜板控制速度,但在需要微速时,其操作就困难了,为此需要装置能起离合作用又能对负荷进行速度控制的微动阀。通过本体的平衡柱塞式溢流阀导向轴的弹簧设定值的变化来改变回路压力,以适应负荷的变动而能够

自由控制速度,也能进行微速控制。另外,如果弹簧的设定值为零,回路的压力也等于零,那么泵与马达之间就无驱动力,离合器就处于断开的状态。微动阀的实例如图 18 所示。图 19 和图 20 为由可变容量型泵和定容量型

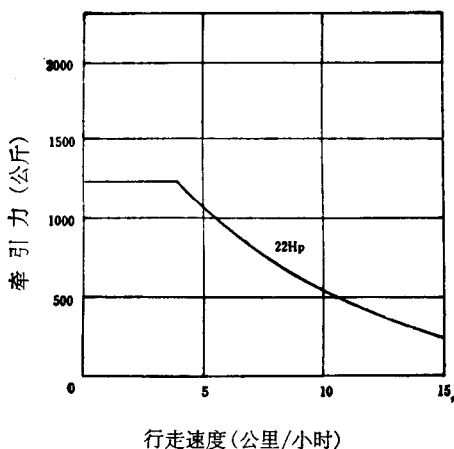


图 19 牵引特性 (22 HP)

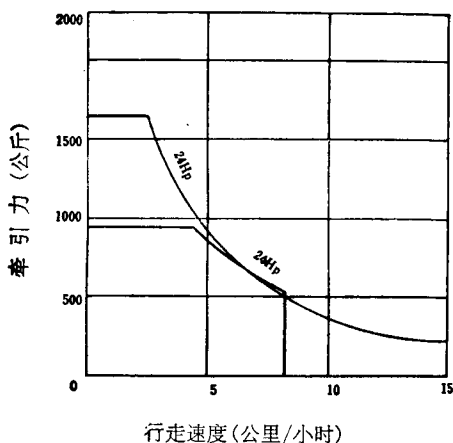


图 20 牵引特性 (24 HP)

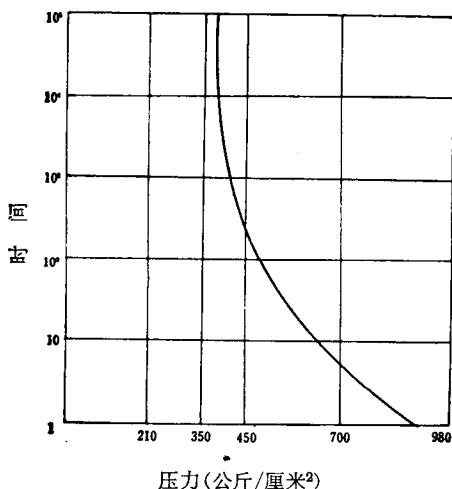


图 21 液压传动装置寿命特性

马达所组成的液压传动装置的牵引力特性曲线。此外, 耐久性也是重要的, 图 21 为耐久特性曲线。拖拉机的液压传动装置在连续的常用压力为 350 公斤/厘米²下具有足够的疲劳强度, 其寿命特性如图 21 所示。从图可看出, 在 350 公斤/厘米²压力下, 有最佳的耐久性。进行了如下的实际的耐久试验:

① 在额定转速下, 用 350 公斤/厘米²的压力对马达的正反转进行连续试验 (惯性轮试验);

② 高压连续试验, 即压力为 450 公斤/厘米²和 700 公斤/厘米²的试验;

③ 低压高速试验。

可变容量型泵和可变容量型马达

国际收获公司的 656 型拖拉机是一种成组结构的形式, 在传动装置里直接装有缸体, 斜板的控制如图 22 所示, 通过油缸来控制马达和泵的斜板, 这种形式的液压传动装置适用于大型拖拉机。

定容量型泵与定容量型马达

基本回路如图 23 所示。这种形式的回路适用于小型园艺用的拖拉机, 因这种拖拉机效率不高, 故不普遍使用。其液压系统如图 24 所示。

如上所述, 液压传动装置虽有各种形式, 但作为农用拖拉机, 在日本一般多采用由可变容量型泵和定容量型马达所组成的形式, 而在轴向柱塞液压中斜板型较为适用。

斜板力矩和斜板控制

标准的可变容量型泵和可变容量型马达的控制是通过伺服阀控制从供给泵流到伺服油缸内的油来实现的。此时, 斜板控制的作用力为 1 公斤左右。

关于农用拖拉机的成本问题, 特别重要的是为了缩小液压传动装置占整个成本的比例, 有必要尽量地减少液压传动装置的附件。为此, 采用平衡缸放入高压管路的方法来减轻斜板的操作强度, 以代替上述的伺服油缸

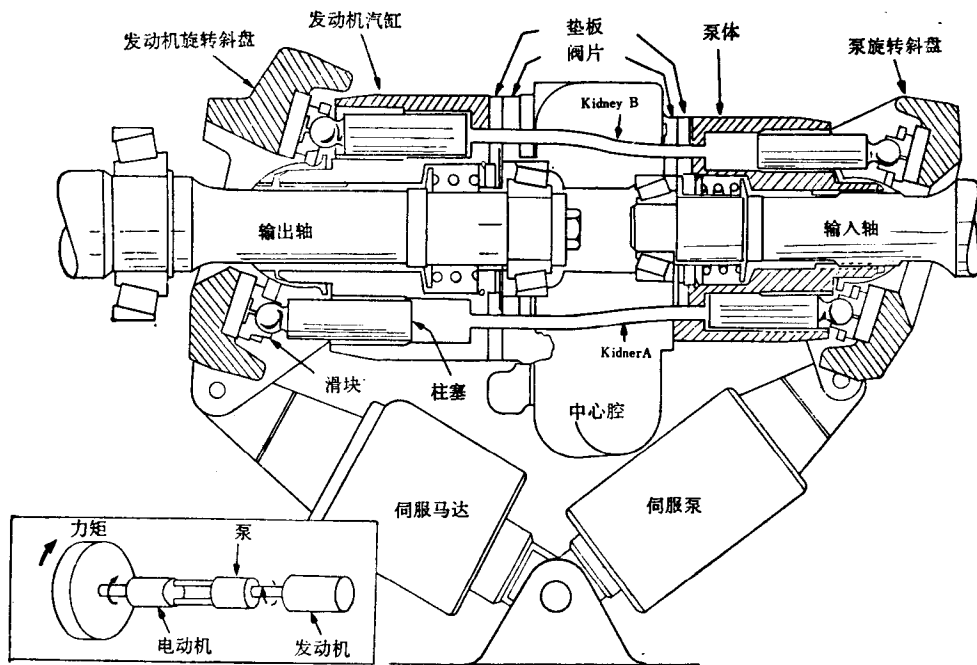


图 22 656 型拖拉机

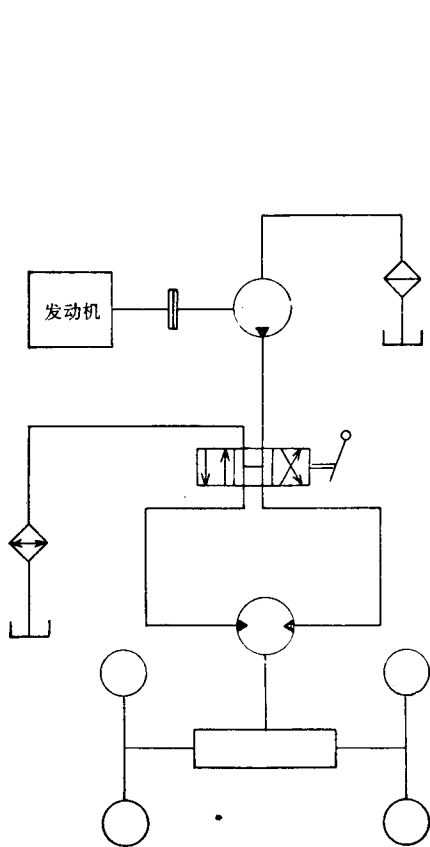


图 23 园艺拖拉机液压系统

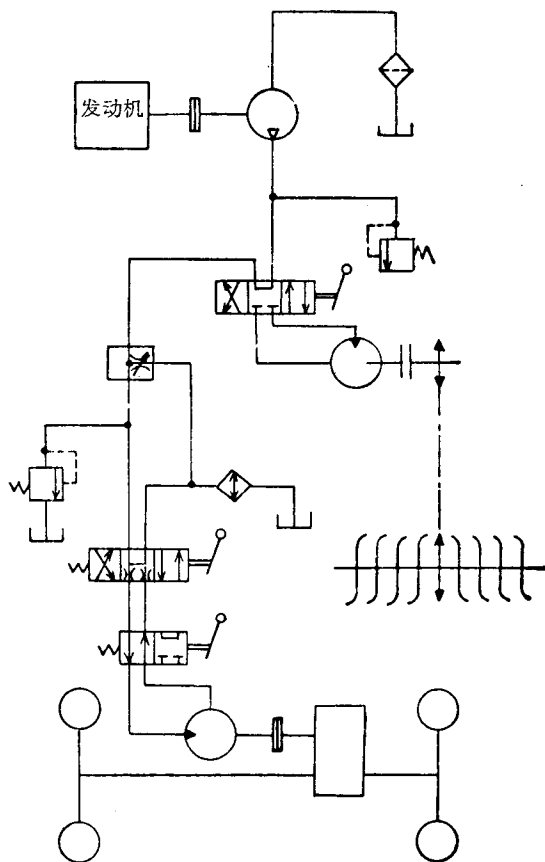


图 24 拖拉机油压系统

来控制斜板的方法。在说明斜板力矩减轻装置之前,先叙述斜板力矩。斜板力矩分为惯性力矩和压力力矩。

惯性力矩

惯性力矩是由柱塞的往复运动所产生的,这种惯性力矩使泵马达的冲程增加,另外,如果转速一定,冲程就随斜板角度的增大而增大。惯性力矩可通过拉伸弹簧或压缩弹簧予以完全消除。

压力力矩

有各种压力力矩,现列举下列几种:

- ① 逆转力矩;
- ② 容积模数力矩;
- ③ 吸收力矩;
- ④ 指数力矩。

逆转力矩是在油缸旋转时由于柱塞的能量不平衡而产生,这种力矩是一瞬间的。它以 1:18 的旋转比例增大或减少冲程而作往复运转。此外,平均逆转力矩为零。

容积模数力矩是当活塞穿过歧管分离时,由于压力变化的推迟而发生的。在泵中这种力矩使冲程减少,而对马达来说,这种力矩却使冲程增加。

吸收力矩是为了在调阀时在阀中保持压力所产生的力矩,这种力矩在泵中使冲程减少,在马达中使冲程增加。

指数力矩是关系到枢轴中央管路,由于柱塞压力模式换位而产生的一种力矩。如果泵阀板向油缸旋转方向反向换位就减小力矩。这种压力力矩的最终结果是使斜板处于中央位置,其方向与惯性力矩相反,泵或者马达的转速由于压力而相应增大。如图 25 所示,平衡缸由于是从主回路取得压力的,故面积小,体积也较小。

如上所述,如果把惯性力矩作为 M_1 ,压力力矩作为 M_P ,整体的斜板力矩作为 M_T ,起泵作用的泵马达的斜板力矩 $M_T = M_1 - M_P$,起马达作用的泵,其马达的斜板力矩 $M_T = M_1 + M_P$ 。一般用弹簧和平衡缸来使斜板

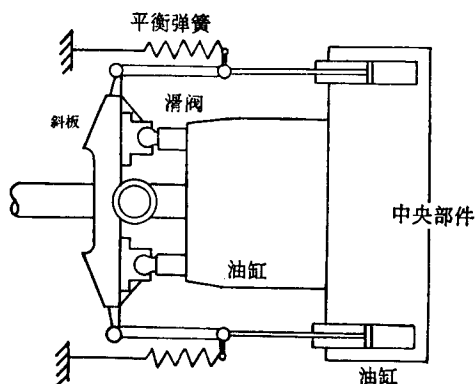


图 25 平衡缸

力矩减小。这样,农用拖拉机中除了大功率的拖拉机外,都装置了这种平衡缸。

泵马达的运转界限

速度界限

最高速度在上述的泵马达性能表中已经列出,这种速度界限在负荷时与无负荷时有差异。无负荷时的速度比负荷时大 5~10%,主要是根据主机的调整器和液压传动装置的容积效率而定。

压力界限

闭合线路的最高压力可用高压溢流阀调整在 350 公斤/厘米²,而主回路的供给压力在通过低压回路后的供给压力比全开设定压力几乎高 10.5 公斤/厘米²。此外,低压回路的压力应小于 9 公斤/厘米²。供给压力溢流阀的压力不能低于 11.1 公斤/厘米²,主体压力不应超过 2.8 公斤/厘米²。油箱的排油系统的所有配管的阻力在设计时不应超过 2.8 公斤/厘米²。供应泵的吸收阻力在通常运转状态下考虑不超过 254 毫米汞柱。

温度界限

连续运转时的最高温度不应超过 80°C,如果短时间运转可以达到 105°C。

关于农用拖拉机的液压装置

作业机升降装置

拖拉机通过挂钩装设作业机,特别是翻

转机 and 犁, 如图 26 所示, 通过齿轮泵和液压油缸以油压的形式使作业机升降, 并以这种形式使作业机保持在所需要的位置。日本已开始采用比这种形式, 并且有更为精密的自动控制, 这种控制有位置控制和牵引控制, 一般都是两者兼备。位置控制用以调节控制杆的位置进行耕作深度的选择, 牵引控制通过阻力变化自动使作业机上下移动。图 27 表

示“福特 5000 型”的液压装置。

液压转向装置

图 28 表示大型拖拉机上采用的 液压转向结构。

液压离合器和液压制动器

图 29 和图 30 是液压离合器和液压制动器的结构, 均适用大型拖拉机。

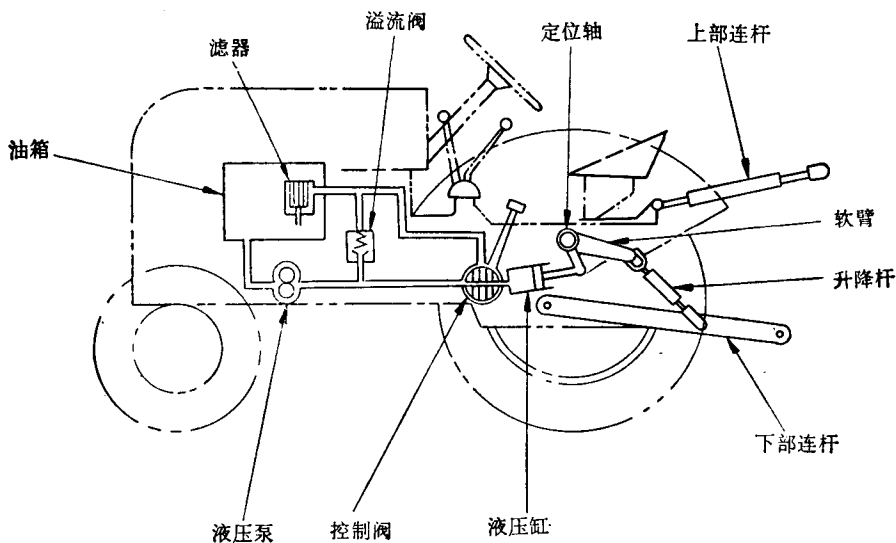


图 26 作业机升降装置

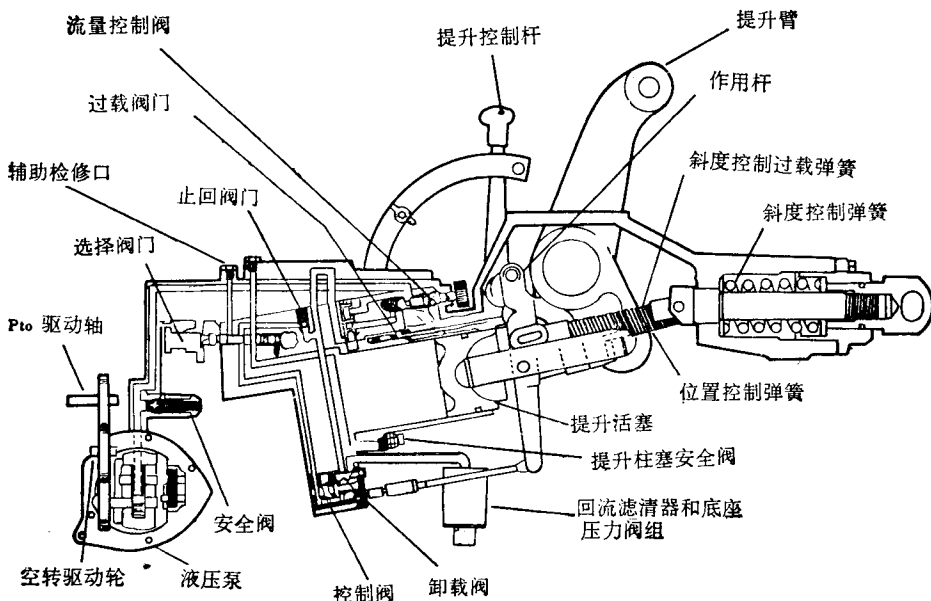


图 27 “福特”拖拉机的液压装置

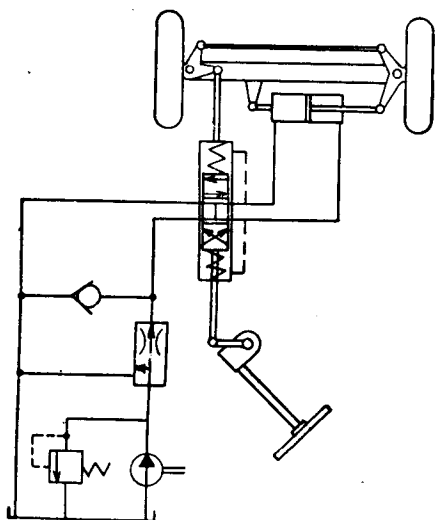


图 28 液压传动转向装置

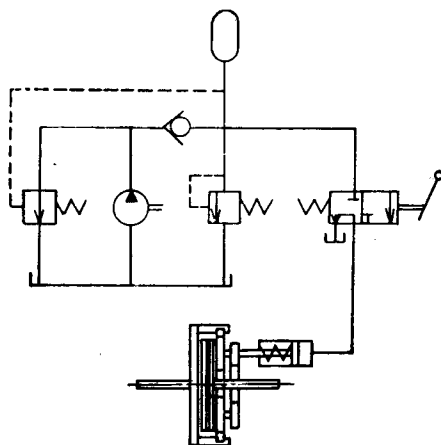


图 29 液压离合器

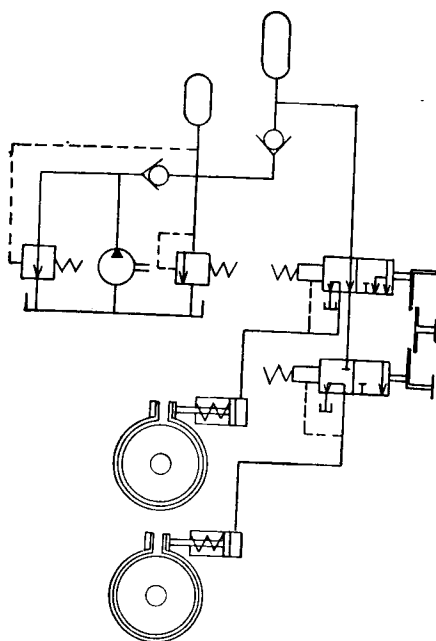


图 30 液压制动器

译自《油压技术》Vol. 9, No. 9, 1970