

履帶車輛的助力導動

К. А. 塔 路 著

М. К. 克里斯基 校訂



國防工業出版社

本書簡短地敘述了坦克和自行火炮的各种助力導動裝置的構造與計算，研究了各种助力機構和助力導動裝置的工作原理，並對其構造作了評價。本書可作為高等工業學校學生的參考書，同樣，對工廠的工程師和設計師亦有所幫助。

Инж. К. А. Талу
Под Редакцией
лауреата Сталинской премии
М. К. Кристи
СЕРВОПРИВОДЫ
ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН
Государственное Научно-техническое Издательство
Машиностроительной Литературы
Москва 1947
本書系根據蘇聯國家機械製造書籍出版社
一九四七年俄文版譯出

履帶車輛的助力導動

〔蘇〕 К. А. Талу 著
М. К. 莫里斯著 校訂
陳 炎 譯

*

國防工業出版社出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第074號
北京新中印刷廠印刷 新華書店發行

*

850×1168 1/32 • 4印張 • 105,800字

一九五七年七月第一版

一九五七年七月北京第一次印刷

印數：1—3,000冊 定價：(11) 0.86元

統一書號：15034 • 105

緒 言

履帶車輛（坦克、拖拉機）操縱部分的助力導動裝置愈來愈得到廣泛的應用。應該指出，在拖拉機與坦克的助力導動裝置之間，並無原則性的區別：坦克助力導動的許多方案，拖拉機也同樣適用。當助力導動裝置在拖拉機上剛開始應用時，在坦克方面却早已獲得普遍的應用了。因此，本書僅限於研究坦克的助力導動裝置，因為它們最完整地代表了履帶車輛上助力導動裝置的應用。

在偉大衛國戰爭期間，坦克技術的發展大大地前進了一步。坦克的技術完善程度達到了很高的水平。裝甲厚度和武器口徑的不斷增加，使坦克重量隨着也大大增加。在戰爭結束期間，輕型坦克已在戰場上絕迹，並讓位給中型和重型坦克。重30~50噸的坦克起着決定性的作用。絕大多數的自行火炮也有着以上的重量。

現代戰爭的機動性能要求坦克兵團有高度的運動性。因此，在增加裝甲厚度和武器口徑的同時，對坦克機動性——速度、轉向性和通過性——的要求也提高了。高度的機動性和可靠的裝甲防護相結合，使坦克有可能完成戰鬥任務，同時不易被炮火擊傷。

因此，現代坦克應該合理地兼有下述性能：強大威力的武器，可靠的裝甲防護以及戰場上的高度機動性。坦克機動性的提高可由下列二法來實現：

- 1) 加大單位功率（即功率與坦克重量噸數的比值）；
- 2) 改善傳動機構的質量——應用更完善的機構，以便更有效地利利用發動機功率。

當坦克重量不超過10噸時，第一個方法是很有成效的。如在這些坦克上安裝功率為400馬力的航空發動機，那麼甚至在只有三

速变速箱及初級轉向机构（側摩擦离合器）时，也能具有很好的效果。

然而，以后由于装甲防护很快地加厚（特别是在衛国战争年代中），坦克重量增加，于是在很大程度上限制了依靠提高单位功率来保持机动性的可能性。

在衛国战争期間，单位功率不仅沒有提高，甚至在很多种坦克上反而下降了（由于加厚了装甲，而发动机功率沒有改变）。現代坦克所具有的单位功率平均为 10~16 馬力/噸；这个数值的进一步提高遇到了一系列的困难。单位功率的增加不可避免地会引起坦克重量的增加（由于加大了部件和車体的外形尺寸）。即使不談这一点，現在坦克重量增大的一般趋势本来就要求有这种大功率的发动机，而这种大功率的发动机要在工业上能够掌握，就需要一个很长的过程。故有时安装两个发动机来解决这个問題。

衛国战争的經驗也指出了保証坦克高度机动性的另一条道路就是改善傳动机构的質量，和应用在技术上更完善的操縱机构和导动装置。例如，平均速度的提高可用下述方法来达到：增多变速箱档数（达到 8 档），应用常嚙合以及使換档过程容易和加快的同步器，应用行星变速箱、半自动和自动操縱；轉向性能的改善可用下述方法来达到：应用复杂行星轉向机构和差动轉向机构，这些机构可使坦克具有若干个最小回轉半徑；以及应用各种便于操縱轉向机构的机构。

大家知道，創造电傳动坦克的工作也在頑强地进行着，而且不是沒有成績的。

必須估計到进一步提高单位功率的重要性，以及改善現有的、創造新的傳动机构的很大可能性。可以預料到坦克机动性的进一步提高必然会走这样的道路，即：部分地依靠提高单位功率，同时改善傳动机构的質量。

然而經驗証明，如果只是傳动机构本身增加了技术的完善程度，而还缺乏利用它全部优点的现实可能性时，就仍然不能解决提高坦克机动性的任务。

如果傳动机构的操縱要求駕駛員进行复杂的、很費勁的操作，那么可以預言，这种傳动机构，即使它是完善的，在战斗中仍然是不能应用的。

战斗的經驗指出下列各点：

1) 如果換档很困难（这种情况下，常存在着損失速度甚至停車的危險），那么駕駛員在戰場上仅在少有的情况下才进行換档，他宁可用已挂上的档行駛，即使挂上的是低档；

2) 如果在轉向时，必須在操縱杆上施加很大的力量，那么駕駛員会很快地疲勞，他会很少改变坦克运动方向，虽然环境（敌人、地形）要求他改变方向；同时他也不会充分地去利用地面的起伏以作隐蔽的运动，而往往保持直綫行进。

駕駛員也应该不間断地觀察戰場，在情况变化时，能很快地使坦克随机应变。然而如果当他拉动各种操縱杆很費力并且很繁杂时，他就会不得不离开观测仪器而暫時不能进行觀察。駕駛員疲勞以后，就喪失了对迅速变化着的战斗情况的敏感性，这样就大大降低了坦克的战斗效果。

因此，和坦克的机动性直接有关的，不仅有傳动机构的完善性，而且也包括它們的操縱灵活性（即踏板和拉杆操作的輕便簡易性）。所以，整个坦克的战斗价值和它在戰場上的寿命很大程度上与操縱导动装置的完善性有关。

尽管如此，現代中型和重型坦克的某些部分仍然装备着直接作用式的机械导动操縱装置，在使用时必须要花費很大的体力。使用这种导动装置的经济性，只是表面上的，因为实际上它降低了坦克的机动性。

但是直接作用式机械导动装置在中型和重型坦克上已經漸漸减少了。通常，新式傳动机构的絕大部分操縱导动装置都装备着各种省力的机构。这种机构的名称叫做助力机构^①，它們的形式是多种多样的。根据各种不同的构造，它們或多或少地能够使操

① 助力机构——系用来減輕操縱的机构。

縱輕便——从减少踏板或拉杆上的一部分功，直到自动操縱一組部件。

这些简单的以及复杂的助力机构都在应用着；但是現在可以看出一种趋势，就是使用更完善的助力机构，使操縱系統得到根本的改善。在操縱包括自动机构在內的各种导动装置时，不要求駕駛員有高度的水平和很多的实际經驗，这样就可以在战时大大地簡化并加速駕駛人員的培养工作。

我們已提到在苏联的坦克中已广泛使用了各种助力机构，現在我們来研究一下助力导动装置的基本方案及个别的机构。本書实际上只是初步尝试綜合并簡短地分析一下現有的有关助力导动构造的丰富材料，为进一步更深入地研究打下一个基础。

目 录

緒 言	1
第一章 助力导动装置的功用、分类、要求及作用	
原理	1
第二章 机械式助力导动装置	5
§ 1. 利用坦克动能进行工作的助力导动装置	5
§ 2. 直接利用发动机能量的助力导动装置	8
§ 3. 彈簧式助力导动装置	9
第三章 气力式助力导动装置	21
§ 1. 气力助力导动装置原理图	22
§ 2. 各主要部件的用途	22
§ 3. 坦克現有的气力助力导动装置的簡图	26
§ 4. 气力助力机构的构造	29
第四章 液力式助力导动装置	62
§ 1. 液力助力导动装置的原理图	63
§ 2. 坦克現有的液力助力导动装置簡图	67
§ 3. 助力导动装置各部件的构造	85
§ 4. 液体	97
§ 5. 液力助力导动装置計算初步	98
第五章 混合式助力导动装置	113
第六章 各种助力导动装置的比較評价	118
§ 1. 机械式助力导动装置	118
§ 2. 气力式及液力式助力导动装置	119
§ 3. 眞空助力导动装置	120
§ 4. 电力助力导动装置	120
§ 5. 結 論	121
参考文献	122

第一章 助力导动裝置的功用、分类、 要求及作用原理

助力导动裝置的功用

前面已經指出，助力导动裝置的基本功用是保証坦克有高度的机动性。依靠減輕及簡化（直到自动化）傳动机构的操縱，使駕駛員有可能集中注意力去观察外界环境，以求得高度的机动性。

依靠助力导动裝置的帮助来实现对坦克运动的操縱，助力导动裝置执行全部（或接近全部，視构造而定）操縱工作。因此，为实现其基本功用，助力导动裝置应该：

- 1) 完成操縱工作；
- 2) 在操縱一組机构时，自动循序地完成各个过程。

然而并不是經常要求同时滿足这两項条件。在很多情况下，例如导动个别的制动器和离合器时，能減輕工作就已經够了，并不要求自动操縱。

如果助力导动裝置同时操縱一組机构（变速箱、同步器、主离合器及其他），而它們的工作又都是互相关联的，那么整个过程是應該自动化的。这时应保持各項动作的一定次序，这种次序也不是固定的，而是要看由低档換到高档，还是由高档換到低档而变更的。此外，某些中間动作要求作很大的功。根据这些理由，应该使用各种不同复杂程度的助力导动裝置。

分 类

应用于近代坦克上的助力导动裝置，可按下列方法分类：

- 1) 按所利用的作功的能量种类来分：

- a) 預先拉伸或壓縮的彈簧能量;
 - б) 坦克動能;
 - в) 發動機能量。
- 2) 按構造特征來分:
- a) 機械式;
 - б) 氣力式 (壓縮空氣);
 - в) 真空式;
 - г) 液力式;
 - д) 混合式 (真空-液力式, 其他);
 - е) 電力式。

以上所說各種構造,除了電力式以外,都已經在坦克上有所應用;至於電力式,在我們所知道的現代坦克上還沒有應用。其原因如下:第一、構造排列上的困難,雖然已做了很多的實驗,還是沒有得到滿意的解決,第二、也是主要的困難:坦克上電源超負荷很多。因此再去供電給這樣一個大的電消耗部分——電力助力導動裝置——就暫時沒有現實的可能性。

氣力式、真空式、液力式及混合式助力導動裝置在工作時利用一部分發動機功率,而機械式的,絕大部分是利用彈簧能量或坦克動能。用機械方法來利用部分發動機功率只有在一種情況下 (坦克 MK-II 側離合器開始分離時) 是採用的。

要 求

助力導動裝置所應當滿足的基本要求有下列各點 (與其他任何導動裝置相同的一般詳細要求除外):

- 1) 坦克在任何條件下動作的可靠性;
- 2) 經常有準備,能隨時進入動作;
- 3) 具有一種追隨系統,能保證助力機構的工作嚴格地與操縱杆 (踏板) 的行程或相聯的機構的工作相適應;
- 4) 保證有要求的工作特性 (動作速度,動作次序,平穩性,自動性等),和有動作的效果;

5) 使用中的保养簡便。

这里列举了基本的要求，并不等于說，在个别的情况下对助力导动装置不能够提出其他的补充要求，由于某些机构工作的特点，常会提出补充要求来。

作 用 原 理

在操縱过程中，要求助力机构有各种动作速度，以及对被操縱机构产生不同强度的作用力。例如，制动器在某些情况下要求平稳的不完全的結合，而有时候就相反，要求很快的完全的接合。主离合器的接合速度同样也不是恆定的。

因此，助力导动装置应具有这样一些性質，这些性質能保証作用在被操縱机构上的作用力有各种不同的特性。这些性質中的一点，就是助力动力机和拉杆（踏板）二者的行程应保持严格的从屬关系。

助力动力机对操縱杆任何一个位移都能反映出一定的运动，重复这种位移，这种工作原理叫做“追随动作”原理。这个原理是现代坦克所有的助力导动（除了机械式以外）工作的基础。

考虑到“追随动作”在助力导动的工作中具有特別的重要性，我們用一个簡图（图 1）作例子来詳細地研究它。

工質（假定为液体）的运动方向用箭头表示。各零件的最初的位置（在图上用实綫表示）相当于操縱杆在前方。

从簡图中可看出，滑閥 Z 使动力机 S 与有压綫路分开，而使它与放油路相联。

工 作 簡 图

1) 拉杆 1 向左移动（与操縱杆位移相应）。杠杆 3 的轉动被操縱机构在 d 点产生的阻力所阻止，滑閥的位移在 e 点也被阻力所阻止。开始时，滑閥位移阻力和机构阻力相比时为极小。因此杠杆 3 繞 d 点轉动，当轉向 $c'e'$ 的位置时，把滑閥推向右方。助力动力机的活塞与放油路分离，与有压綫路相通。在液体压力作用下活塞发生运动。此压力同时也作用到滑閥上，有把它压向左

方的趋势。

杠杆4被活塞推到位置 $a'b'$ 上,同时它通过拉杆2作用于被操纵机构上,通过拉杆5和杠杆3,滑阀向左移出并使助力动力机和有压油路分离。要使助力动力机继续动作,必须保持滑阀在右面的位置。为此,拉杆1

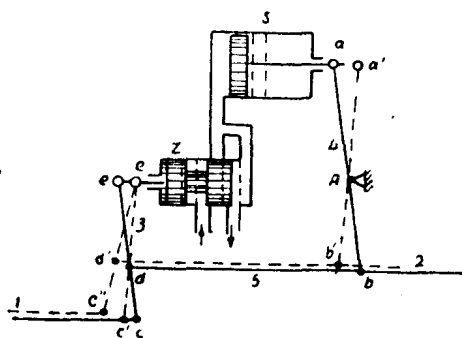


图1 杠杆追随系统原则简图

应一直向左移动,而杠杆3将绕 e' 点转动,处于 e', d', c'' 的位置。

因此,当拉杆1移动时,活塞就会继续运动(在它的行程范围内)。

2) 如果拉杆1达到某个中间位置 c' 后停住了。那么活塞继续运动,使杠杆3绕不动的 c' 点转动。滑阀开始向左移动,使助力动力机和有压线路分离,并使它接上放油路。在活塞上的压力下降,活塞也开始向左移动。这样就引起滑阀和活塞重新向右移动;这样,活塞就会停止在由杠杆1所决定的位置上。因此,相应于任何预先给定的拉杆(和操纵杆)位置,有着完全确定的活塞位置以及对机构的作用力。

3) 把拉杆1回复到最初位置,会引起滑阀左移。助力动力机与放油路相通,活塞向左。

实际上,过程还要复杂,因为当滑阀位移尚未完毕时,活塞已经开始运动了。

在上述简图中,在动力机活塞与滑阀之间有着刚性可逆联系。这种联系依靠杠杆4通过拉杆5和杠杆3来实现(后面我们把这些杆称为“杠杆追随系统”)。通常,这种联系是加速的,和滑阀的全行程相应的,是助力动力机活塞的不大的位移。这样就可以使助力动力机活塞对操纵杆位置变化有高度反应敏感性,同时,这种可逆联系也建立了活塞与滑阀位移之间的严格从属关系。

在导动装置不能工作时，在上述简图（图 1）中可以利用駕駛員的臂力通过拉杆 1、5 和 2 来操縱机构。这时，分配装置只作为此系統的支点。

必須指出上述简图的一个非常重要的特点：因为工質对助力动力机活塞及滑閥上的压力是相同的（不考虑損失），那么杠杆上的作用力和助力动力机所发出的力量之間保持着一定的比例关系，这种情况在操縱轉向机构和制动器时特別需要，因为它使駕駛員保持着“对机器的感觉”。

下面我們叙述应用于現代坦克上的一些基本类型的助力导动装置。

第二章 机械式助力导动裝置

某些机械式助力导动装置在坦克上获得了应用，是由于构造簡單、工作相当可靠。它們被用来使操縱坦克傳动机构时的某些动作省力（如分离离合器，拉紧制动带）。

现有的机械式助力装置的构造是多种多样的。然而，根据利用来工作的能量种类，可把它們分为下列三类：

- 1) 利用坦克动能；
- 2) 直接利用发动机的能量；
- 3) 利用拉伸（或压缩）彈簧的位能。

所有这三种助力装置在坦克上都有应用，其中第二类用得最少。現在我們来研究其中的一些具体例子。

§ 1. 利用坦克动能进行工作的助力导动裝置

在某些制动器中，为了使接合时省力，安装了輔助制动器，該制动器的摩擦力被利用来接合主要制动器。在这种情况下，輔助制动器是主要蹄式或带式制动器的必需的补充。

我們来研究这种类型中一个例子，在图 2 上示出简图。

制动鼓 1 和坦克驅動輪相联。在鼓内安装着主要制动器的蹄

片 2。在点 B 上，蹄片固定于车体。在轴 A 上安装上制动器杠杆 4，在杠杆端部用铰链装上杠杆 5。辅助制动器的制动带 3，它的末端与杠杆 5 连接。拉杆 6 和操纵杆相連。

工 作 簡 圖

制动鼓旋轉。把拉杆 6 拉向左方，杠杆 5 轉动，制动带 3 压向制动鼓。在带与鼓之間发生的摩擦力傳給杠杆 4，4 轉动，并使蹄片 2 压向制动鼓。

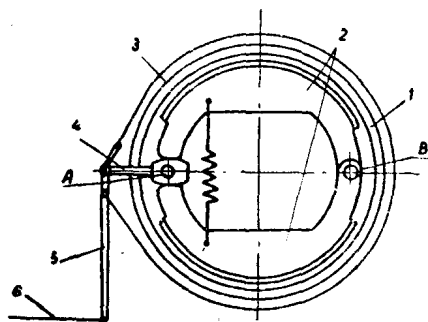


图 2 机械式助力装置簡图

蹄片对鼓的压力和制动带 3 与鼓之間的摩擦力成正比，也和駕駛員作用于操纵杆上的力成正比。

放松操纵杆时，在回复弹簧作用下，所有零件都恢复原有位置。

在这个簡图中，駕駛員只需使出接合輔助制动器的

力量，輔助制动器就把主制动器接合。这样就大大減輕了操纵制动器所需的力。在这个例子中，制动鼓和驱动輪相联。在制动时，坦克的动能在主制动器中被吸收，而其中的一部分（以輔助制动器圓周摩擦力的形式出現）被利用来減輕制动器的操纵。

这种类型的助力装置結構并不复杂，工作时相当可靠。然而由于下列缺点，它并没有在坦克上获得推广：

1) 为了按照类似图 2 所示那样来进行制动，必須利用制动鼓的内腔，而这一点仅在很少有的情况下才有可能；为此目的而安装单独的制动鼓是不合适的，而且常常是不可能的；

2) 調整困难，特别是当制动器必須和其他机构（离合器或其他制动器）协同工作时。

安装在 MK-II 坦克上的“萊克里姆”型側离合器（图 3）。

被动鼓 1 上固定有支持盤 6，1 和側傳动主动齿輪 2 相联。

和变速箱轴相联的主动鼓 3 安装在轴 4 上。压板 5 与被动鼓相联接, 在它上面装着三个滚子 8, 各以 120° 分布。滚子处在制动鼓 7

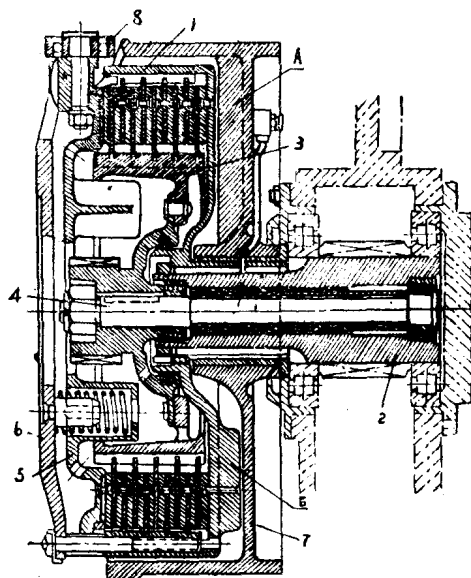


图 3 MK-II 的侧离合器

的凹槽中 (图 4)。制动鼓活动地安装在被动鼓的轮毂上。制动鼓有三个突出肋条 A, 被动鼓有三个突起 B, 限制了它们相对的角度位移。

工 作 情 况

如果放松制动器, 那么整个系统象一个整体一样旋转。拉紧制动器时, 制动鼓的旋转落后于离合器其他零件, 压板滚子就走

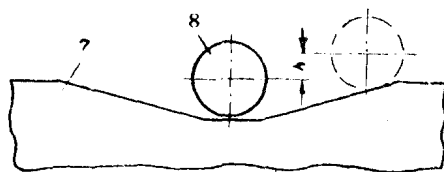


图 4 压板滚子分布在制动鼓凹槽中的简图

上了它的斜面。压板移向左方，离合器分离，并保持分离状态，直到車輛停止或者制动器放松为止；因为此时支撑在盤6上的彈簧，会重新使离合器接合。在这里，駕駛員所花費的功只用于使滾子滾上斜面以及制動車輛；而离合器的分离由車輛运动能量来完成。离合器分离在这里較為急剧，但它不算缺点，因为可使离合器免于发热和磨損，但在高速时，却使坦克操縱困难。

§2. 直接利用发动机能量的助力驱动装置

这种助力装置的动作原理在图5上示出。

軸4被发动机所轉动。在它上面装上滑动套筒2及螺帽3。

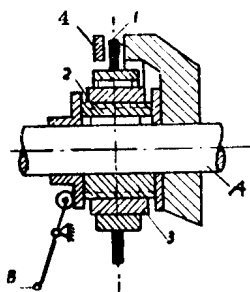


图5 利用发动机能量
的助力装置动作原理

在螺帽3上有一个滑动盤1，該盤处在壳体和蹄片4之間。当压紧蹄片时，盤1被制動，它和螺帽3在一起将停止轉动。因为軸4繼續使套筒2旋轉，所以螺帽3沿着螺紋发生位移，并通过軸承和杠杆使拉杆B产生动作。拉杆B可完成必要的工作（分离离合器，拉紧制动器等等）。由簡图可看出，此机构的动作与軸4的旋轉方向无关。

当取消蹄片4上的力时，由于离合器彈簧或回复彈簧的作用，所有零件都回到原来位置。

这种机构的缺点为工作的不均匀性以及可能发生冲击。軸4的轉速根据发动机曲軸的轉速而变化，因而引起机构动作有不同的速度（在蹄片4上压力相同的条件下）。除此以外，在机构每次接合时，它的某些零件（在此以前只处在旋轉运动中）应获得一个一定速度的前进运动，而在此以前一些处于运动中的零件将停止。所有这些将很自然的伴随着冲击。如果在这里还考虑到这种机构的工作与螺紋之間摩擦力的关系（摩擦力将随着周圍温度、有无潤滑油与潤滑油的类别而变化），及与各零件間摩擦力的关系，那可很明显地看出，在战斗車輛上不太适合利用这种机构。

§ 3. 彈簧式助力導動裝置

彈簧式助力導動裝置在坦克上有着廣泛的應用。它們用在中型和重型坦克、以及在这些坦克基礎上制成的自行火炮的操縱導動裝置上。同時，這種機構的各種型式都是利用拉伸彈簧的能量來工作。壓縮彈簧目前還未利用。

彈簧式离合器的分離，是彈簧助力裝置獲得足夠成效的主要領域。

离合器分離時所消耗的功使它的彈簧作補充壓縮（圖 6）。

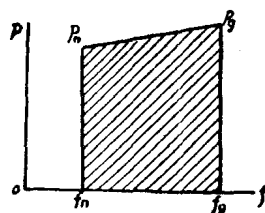


圖 6

分離時所需之功（不計損失）決定於圖上 $P_n P_A f_n f_A$ 面積的大小。

$$L_{\text{分離}} = \frac{P_n + P_A}{2} (f_A - f_n),$$

式中 P_n ——离合器彈簧初壓縮時的應力（公斤）；

P_A ——离合器彈簧加上補充壓縮後的應力（公斤）；

f_n ——初壓縮時，彈簧撓曲量（公分）；

f_A ——補充壓縮後彈簧撓曲量（公分）。

當离合器接合時，它的彈簧放鬆，使它補充壓縮時所作的功重新放出。此時如不計損失則得：

$$L_{\text{分離}} = L_{\text{接合}}$$

一般在操縱導動裝置中，功 $L_{\text{接合}}$ 無論如何也不可能利用，而是無可挽回地損失了。此外，它還使离合器平穩接合困難。

彈簧式助力裝置的動作原理的基礎為：蓄備 $L_{\text{接合}}$ 功，以便以後用來使离合器的分離省力。

利用拉伸彈簧的彈簧助力裝置簡圖，在圖 7 上示出。

离合器 Φ 的操縱導動機構由下列各件組成：杠杆 va ，拉杆 ac 及安裝在軸 C 上的杠杆 cd ，借助於安裝在軸 B 上的雙臂杠杆

b_e ，与导动系相平行地安装上助力弹簧 C_{II} （预先拉伸）。支点 O 使整个系统保持平衡。

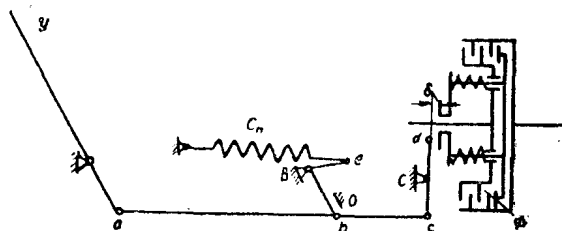


图 7 弹簧助力装置简图

工 作 简 图

为了分离离合器，杠杆被移向右方。最初（选择间隙 δ ）弹簧 C_{II} 对杠杆移动产生阻力。然后，当助力弹簧 C_{II} 轴线与点 B 相重合时，由 C_{II} 产生的反作用力变为零。继之，当助力弹簧轴线越过点 B 时，在双臂杠杆上 C_{II} 所造成的力矩，将使离合器分离省力（即：

此力矩使离合器弹簧压缩）。当放松操纵杠杆时，离合器弹簧使所有零件都回到原始位置，并重新拉伸弹簧 C_{II} 。

这样，在离合器分离时，被拉伸的助力弹簧的位能被利用来使离合器弹簧压缩。当离合器接合时，弹簧放松时的能量被利用于拉伸助力弹簧（即：使它上紧）。

在操纵杆（或踏板）上，总合力 P_p 的理论线图，将如图 8 所绘。

在 PS 图上，依据助力弹簧死点 O' 对于离合器接合点 S_1 的相对位置，可得到下列三种不同工作方法的助力弹簧：

1) $OS_1 = OO'$ ，如果驾驶员不把操纵杆拉过助力弹簧死点（图 8），操纵杆可能停止，而不到达前方位置；

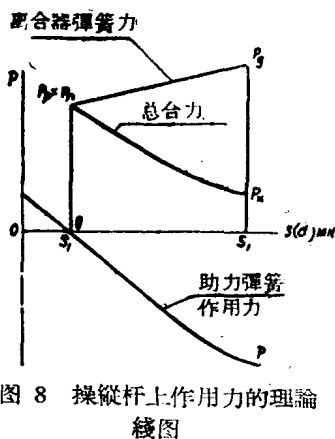


图 8 操纵杆上作用力的理论线图