

拖拉机悬挂系统使用原理

〔苏联〕Г.И.卡利布斯 著

唐宇明 范雅操 陈德兴 译

拖拉机悬挂系统使用原理

[苏联]技术科学副博士 И.Л.卡利布斯 著

唐宇明 范雅操 陈德兴 译

中国工业出版社

本书研究拖拉机液压机构和悬挂系统的结构、原理和使用问题，以及研究液压机构故障确定方法、故障排除、液压机构试验用的试验台、仪器和设备的使用等问题。

本书阅读的对象为广大的机械师、工程技术人员、设计师、高等学校的拖拉机、农机等专业师生。

本书第一、二章由唐宇明译，第三章由范雅操译，第四、五章由陈德兴译。全书由程悦蓀校订。

Г. Л. Кальбус

ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАВЕСНЫХ СИСТЕМ ТРАКТОРОВ

УАСГН Киев 1962

* * *

拖拉机悬挂系统使用原理

唐宇明 范雅操 陈德兴 译

*

农业机械部教育司编辑(北京东华门北河沿54号)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $7\frac{1}{2}$ ·字数160,000

1965年5月北京第一版·1965年5月北京第一次印刷

印数0001—3,100·定价(科六)0.95元

*

统一书号: K 15165·3794(农机-77)

序 言

农业进一步地机械化、采取全盘机械化和利用自动化技术的方法、运用适应于各种地区条件的有高度技术经济指标的农业机械系统是今后苏联提高劳动生产率的基础。

采用悬挂式农具[●]和提高机组的工作速度是解决提高劳动生产率、降低农业机械成本和减少拖拉机机组的技术使用费用等问题的最合理的途径。

悬挂农具相对于牵引农具有着一系列的优点。悬挂农具结构较简单，具有较小的重量和较少的零件。

重量减轻能使金属大量节约，并能降低农业机械的成本。此外，在悬挂农具重量减轻情况下，机组沿地面运行的能量损耗由于在每米幅宽上牵引阻力的减少能够降低。

悬挂式机组具有较好的通过性和机动性。由于悬挂式农业机械的部分重量用作驱动轮加载，所以机组通过性增加；由于机组转向半径的减少和由于当农具提升到运输位置时机组能倒行，所以使机组机动性增加。

由于上述原因，悬挂式机组与牵引式机组相比较，劳动生产率高14~20%，而燃料耗量低5~19%；此外，由于悬挂式农业机械的磨损零件（轮轴、轮子、自动起落装置等）较少，所以它们的使用寿命较长，修理也大大地简化。

一些农用拖拉机装有液压悬挂系统，用以操纵悬挂式、

● 原文为Навесные машины —— 译注。

IV

半悬挂式和牵引式农具。液压悬挂系统的应用使拖拉机手能够直接操纵整个机组，这时农具手能省掉，致使劳动生产率可以提高一倍或更多倍。

在用液压操纵农业机械时，因为操纵只是移动液力机构分配器的手柄，所以耗力不大。

采用悬挂式农具和采用液力式操纵为显著提高拖拉机机组的工作速度、为机组操纵过程的自动化、为控制工作机构和工作部件的工作、为控制悬挂式和其它型式农具的牵引阻力提供了广泛的可能性。

随着悬挂式机组和液压机构的广泛运用，产生了对使用的科学原理和对远景的液压悬挂系统机组的要求进行探讨问题。

本书讨论了拖拉机悬挂系统原理和使用的某些问题，还讨论了液压系统故障确定方法、故障排除方法，以及借助于试验台、仪器和附件试验液力部件的方法。在理论探讨的基础上，得到了悬挂机构的一些单个参数与各种因素间的解析关系(这些因素影响悬挂系统和其单个总成的工作状况)。

本书所阐述的实验和理论研究的结果能帮助机务人员、设计师、科学工作者以及农业方面的专业人员正确地解决拖拉机和农业机械悬挂系统使用和设计中的一些实际问题。

目 录

序 言

第一章 拖拉机液压悬挂系统总概述	1
悬挂式农业机械在苏联的創制过程	1
液力机构的工作原理及其基本特性	12
液力系统的工作液体	20
液力机构的主要部件	22
液力机构的组成元件	22
柱塞泵	23
齿轮泵	26
叶片泵	29
液力马达	31
分配装置	36
液力转向加力器	36
悬挂式农具在拖拉机上的配置	37
拖拉机液力机构和悬挂机构的类型和特性	39
悬挂系统	39
液力机构	40
悬挂机构	43
第二章 拖拉机悬挂系统的单个元件的研究	54
悬挂机构参数的研究	54
悬挂机构的运动学	54
上拉杆固定点对悬挂式农具提升运动学的影响	61
影响悬挂式农具对地面不平适应性的因素	71
影响悬挂式农具工作部件自动入土的因素	76
上拉杆在拖拉机上的固定点沿垂直线移动后对驱动轮加载的影响	82

VI

悬挂式农具瞬时旋轉中心在水平面內的位置对其幅寬稳定性的影响	88
P-40/75 滑閥式分配器的工作研究	90
研究方法	90
研究結果	92
将HШ-60B泵作为液力馬达工作的研究	103
研究的方法	103
研究的結果	114
对拖拉机液力机构液力缸的一些要求	119
第三章 ДТ-54А、《白俄罗斯》和ДТ-20拖拉机悬挂系統	
使用指标的研究	122
研究的任务和方法	122
油泵特性与磨損程度关系的研究	125
ДТ-54А、ГМЗ-5ЛМС和ДТ-20拖拉机悬挂系統的实验室研究	134
研究任务	134
悬挂系統传动比的图解确定	134
悬挂系統传动比的实验确定	138
悬挂系統的能量分析	142
ГМЗ-5ЛМС拖拉机悬挂系統实验室——田間試驗	161
第四章 评价悬挂系統适用性的标准	177
判定拖拉机液压油泵适于繼續使用的标准	177
拖拉机悬挂系統故障的外表征象	189
根据外表征象确定悬挂系統故障的方法	190
用仪器确定液压机构故障的方法	209
第五章 現有液压机构、悬挂装置和悬挂农具的結構分	
析及实际建議	216
悬挂机組不能滿足使用要求的原因	216
拖拉机和农业机械的液压机构和悬挂装置使用上存在的缺点	216
关于悬挂机組的缺点	226
参考文献	233

第一章 拖拉机液压悬挂系統总概述

悬挂式农具在苏联的創制过程

最早的一些悬挂农具在苏联南方灌溉植棉地区于1931年开始采用，这些地区要求拖拉机机組具有小的轉向半径。

中耕机是最早的具有手操纵的悬挂式农具。手操纵机构使用不便，它很快就被装在拖拉机上并由拖拉机的动力輸出軸帶动的机械式提升裝置所代替。在1936年，开始生产悬挂式甜菜起掘机。当时也是用机械式提升裝置操纵这些悬挂式甜菜起掘机。

正象Н.Н.列維金(Н.Н.Левыкин)[參見文献20]所指出：上述悬挂式农具很不完善，因为，它們以单独的部件或零件的形式悬挂在拖拉机上，由于这个緣故使农具的悬挂过程占用很多時間；此外，如不拆除悬挂的农具，拖拉机就不能作其它工作。

这些分开成部件的悬挂式农具保管很不方便。每种农业机械仅能装在規定的拖拉机上。最早的悬挂农具的工作部件由于当机組通过障碍时受到了拖拉机的偏斜影响，致使它对地面不平的适应性不良。由于这些缺点，悬挂农具在战前沒有获得广泛应用。

在拖拉机上为操纵悬挂式农具而采用的液压悬挂系統促进了悬挂式农具技术的发展。

目前广泛应用着液压传动的牵引式、半悬挂式、悬挂式

和自走式农业机械，这些农业机械可以借助于液力机构来操纵。

牵引式农业机械和机具 它們借助于鉸鏈与拖拉机一点相連。农业机械由工作位置变换到运输位置和由运输位置变换到工作位置是用专门机构，即分置液力缸^①、自动起落机构或杠杆机构来实现，这些专用机构是农具本身的一个组成部分。牵引式农业机械具有行走輪，借助于行走輪在工作 and 运输位置时均可移动农业机械。牵引式农业机械有双軸式和单軸式两类。单軸牵引式（播种机、中耕机）通常相对于行走輪的軸綫应平衡，其上的工作部件在靜止状态或运输时被分离。

单軸坐放式拖車是牵引式农业机械的变型，它和专门的牵引車編配。在此情况下，牵引式农具的前部攔在专用的鞍架^②上，并与挂鉤作鉸鏈連接，拖車的一部分重量传给牵引車的驅動輪。

半悬挂式农具 它靠专门的机构与拖拉机在几个点上相連。这些农具具有行走輪，仅部分的农业机械重量由行走輪承受，其余的重量由拖拉机的輪子或履带承受。农具靠用装在拖拉机上的提升机构由工作状态变换到运输状态或由运输状态变换到工作状态。ППН-5-35 型、KB-14.6 双草条割草机和割草粉碎机便属于半悬挂式农具。

当悬挂式农具与拖拉机組成的机組由于稳定性丧失而不能工作时，則宜于采用半悬挂式农业机具。

悬挂式农业机械 它与牵引式或半悬挂式农具的区别在

-
- 原文为 Гидравлический цилиндр，以后书中 Силовой цилиндр 也譯成液力缸——譯注。
 - 原文为 “седло” ——譯注。

于悬挂式农具靠专用的悬挂机构在一点、两点或三点上与拖拉机或与半悬挂联接器鉸鏈式地相連。常見的是三点連接。

悬挂式农具沒有供工作部件出土用的自动起落机构，沒有操纵杠杆。悬挂式农具的提升和下降机构以及操纵工作部件的机构都被安置在拖拉机上。这些农具沒有行走輪。因此，在运输时它們的重量全部由拖拉机的行走系統承受。

增載拖拉机后輪（驅動輪）是悬挂式农具的特点。这种增載是由悬挂式农具的重量和工作时的牵引阻力所造成。

悬挂式和半悬挂式农具具有支承輪，它們用作在高度方向調节工作部件的行程深度。在悬挂式播种机和中耕追肥机上，除去調节深度外，支承輪还供带动篩出裝置用。在运输时，悬挂式和半悬挂式农业机械支承輪均不与土壤接触。

被称为坐放式的农具是悬挂式农具的变型〔參見文献14〕，这样的称法是来源于“坐放”^①这个詞，而不是来源于“鞍”^②。

坐放式农业机械的机架处于工作和运输状态时都是被固定在拖拉机、自走式或半自走式底盘的机架上，工作部件的提升和下降用液力机构来实现。

坐放式农业机械与悬挂式农业机械的差別在于前者作用于拖拉机輪子上的重量不变。

KHX-2.1割草机、所有悬挂式噴粉、噴霧机、与自走式农业机械編組使用的农业机械及全苏农业机械制造研究院（ВИСХОМ）設計的悬挂在半自走式底盘上的农业机械均屬坐放式农业机械（这些半自走式底盘被連在中馬力拖拉机的側面）。

① 原文为動詞“сидеть”——譯注。

② 原文为名詞“седло”——譯注。

通常把由两个或多个组合部件组成的农业机械称为坐放悬挂式农业机械，这些组合的部件其中之一是悬挂式的，其余部件则刚性地固定在拖拉机上。如CPH-4栽植机等就是这类机械的例子。

自走式农业机械 这种农业机械工作部件的驱动和它的前进运动是由装在农业机械本身上的发动机来实现。

国外悬挂式农业机械早在廿年代末开始采用，而牵引式或悬挂式农业机械的液力操纵则是在廿世紀的四十年代之初得到推崇的〔参見文献5〕。

由于现代悬挂式农业机具相对于牵引式农具有着一系列优点，致使悬挂系统广泛地应用在拖拉机上，特别是用在中小馬力拖拉机上〔参見文献14、20、28〕。其中主要的优点有：农业机械的重量大大减少，机组的生产率和机动性提高，劳动力和燃料节约，较好地满足农艺要求和农业机械修理簡易。

只在目前完善的悬挂系统已成为拖拉机組成部分后，成功地运用悬挂式农具才开始变为可能。

在苏联和国外，为了装备农业拖拉机常采用带有各种型式提升机构的悬挂系统〔参見文献13、20、40、41〕。下面让我们来研究其中一些主要的提升机构。

机械式自动提升机构 这类机构曾最先用作提升和放下悬挂式农具。目前在苏联它們沒被采用，但在德意志民主共和国和其它国家这类提升机构却又重以独创的结构形式出现在各种拖拉机上。

电力式提升机构 由于重量大和能量耗損多，它們沒能获得广泛推广。由于新型拖拉机的創制(具有电化学能源的)产生了采用电力式提升机构的可能，尤其是在串激电动机情

况下，采用电力式提升机构更是合乎理想。借助电能，拖拉机及农业机械操纵的一切问题及整个作业和单个过程的自动化操纵和自动化控制能够较易解决。

气力式提升机构 由于工作压力低（在5~6个大气压范围内），限制了起重量，所以它们未获广泛应用。也鉴于工作压力低，为了提升悬挂式农具，需要较大容积的工作缸，而这种工作缸因尺寸所限，不可能安放在拖拉机或农业机械上。

但是，目前在某些外国拖拉机如“汉諾馬格”和“烏尼莫格”上，气力式提升机构被采用。在“烏尼莫格”拖拉机上安装了几个气力缸，这样做可较合理的利用它们的外廓尺寸。

液力式提升机构 目前这类提升机构获得了最广泛的采用。

在拖拉机上采用液力悬挂系统促进了悬挂式农具的广泛运用。

液力式机构被采用在拖拉机的悬挂系统上并非偶然的。液力式机构与机械式、气力式、电力式机构相比较具有一系列重要优点[参见文献8、29]。

在液力式机构上，为了提升、下降悬挂式农具或其工作部件，其所需能量通常由发动机借助于工作液体（通常是油）来传给。此处巴斯加原理（液体流动性和不可压缩性原理）被用到，亦即液体以声速传递这些大的力的性能几乎不相应改变液体的体积。所有现代拖拉机的液力系统均根据被称为液力静力式或称为液力容积式的原理进行工作。它基于用拖拉机发动机驱动的泵从油箱中吸油，并在高压下沿金属管和橡胶软管挤压油至液力缸。液力缸被安在拖拉机后面，

并与悬挂机构或与装在半悬挂式拖車或牵引式农业机械上的分置油缸相連。在液力缸中，被挤压的油推动活塞，从而发出需要的功。拖拉机手在座位上操纵液流，为此，在拖拉机手座位前方安装了分配器，借助于分配器可以改变液体运动方向，可以停止或恢复向液力缸供油。因此，拖拉机手能在仅仅移动不大的杠杆、耗最少的体力劳动情况下操纵农具及其工作部件。

借助于液力机构，在不大的操纵力情况下，能把很大的力远程传向农具上的任何点，并能得到工作部件在要求方向上的运动。在这时不需要任何变速箱、軸和其它传动系元件，仅仅安装橡胶軟管就足够。沿着橡胶軟管液体将輸往液力缸（液力馬达）。这样的传力方式給予执行任务的液力缸相对于能源（油泵）位置有改变的可能，并可使油缸安装于任意距离处和安装于农业机械上任意位置。

无机机械传动，由于沒有相互摩擦零件，故能使摩擦損失减少，并且几乎使磨損完全消除。此外，泵和液力缸的活塞工作在充裕的潤滑油中（因为工作液体是油），这样能大大地降低机构的摩擦損耗和减少它們的磨損，但必須仔細地进行工作液体的滤清和不用不干淨的油。

借助于液力传动，可以不需任何輔助轉換器直接就得到所要求的直綫运动、旋轉运动和摆动等运动，对此，仅需安装适当的执行装置，亦即安装液力缸、液力馬达或其它联动机具总成。

借助于容积式液力机构可保証在驅動元件上力矩不变情况下，自动地增加从动元件的力矩或牵引力，自动地降低农业机械的工作速度，以及将旋轉运动变成直綫运动或将直綫运动变成旋轉运动〔参見文献 8〕。

液力式机构具有重量輕和結構緊湊的特点。

液力式机构的重量通常是同样功率电力式机构重量的10~15%。

液力式的裝置能保證农业机械工作部件运动速度无級調整和机构在超过計算載荷情况下自动分离。当直綫运动或旋轉运动时，这些液力式的裝置能让从动部件正反向运行（即可逆的），如油缸中运动的活塞便是例子。

在多点分置式农业机械組上，当具有一个能源（泵）时，必須能照应两处或三处的需要，亦即要求功率分支。在液力部件比較簡單和外形尺寸不大的情况下，不难实现这种功率分支。

任何天气运用的可能性和工作人員的安全性同样也是液力机构的特点。这些优点也决定了液力机构在拖拉机悬挂系統上的应用。目前液力机构已用在全部苏联生产拖拉机、自动底盘和自走式农业机械上。

液力机构能用以操纵悬挂、半悬挂和牵引式农业机械，用以使拖拉机和自走式农业机械容易操纵，用作操纵汽車、拖車、裝載机和傳送裝置的裝載和卸載，在拖拉机技术保养时，用以改变拖拉机輪距寬度和用以实现各种农业机械工作部件的旋轉运动，例如供作犁的犁鏵、中耕机的鋤鏟、牧草康拜因輪鼓刀片的刃磨之用，供作驅動玉米收获康拜因和割草机工作部件之用。目前帶有液力轉向加力器的拖拉机、液力靜力式无級传动拖拉机、液力起動和液力增重裝置的拖拉机正在創制。

悬挂式农业机械和拖拉机液力悬挂系統的設計、試驗和研究方面的工作已于1946年在全苏农业机械化研究院(ВИМ)技术科学副博士H. H. 列維金领导下和在全苏拖拉机科学研

究院（НАТИ）的技术科学副博士Д.А.丘达科夫（Д.А.Чудаков）领导下为研究人員們所开始。

在1946~1949年間，ВИМ和НАТИ的人員探討了各自的整体式液力提升机构和悬挂在У-2拖拉机上的悬挂式农具的结构。

在1948~1949年間，試驗型“ВИМ-ГА20”液力式自动提升装置被制造了100台，同时并制造了ВИМ設計的試驗型悬挂犁、行間加工的深土鏟和中耕机（按每种100台）。

1949年8月12日乌克兰农业机械化、电气化科学研究院（УНИМЭСХ）曾經同时进行了ВИМ和НАТИ設計的液力提升机构和悬挂式农具机械的第一次农場試驗。

試驗的目的是为揭示悬挂式农具相对于牵引式农具的优点和第一批苏产液力传动的悬挂式机组的质量。

为了对ВИМ和НАТИ設計的提升机构和悬挂式农具作評比，在1949~1950年曾組織了广泛的农場試驗。

“ВИМ-ГА20”液力提升机构及其上悬挂的农业机械曾在原先的基輔区別洛切尔科夫斯克、大波洛維茨克、卡加尔雷克斯克和米拉罗夫斯克机器拖拉机站，在波尔塔瓦斯克区舒利金斯克机器拖拉机站以及在赫尔松区的一些机器拖拉机站进行过試驗。

在1951年，工业已經开始大量生产經過改进的悬挂式农业机械和具有单体总成式液力机构的悬挂系統。

НАТИ的人員們已經研究出了拖拉机悬挂系統的一些結構，ВИСХОМ和“十月革命”厂、“紅阿克賽”厂、梁贊农机厂、利彼茨克厂等的設計处則已經研究出悬挂式农具的結構。

1957年底苏联的工业已掌握了新的分置总成式液力系統

的生产, 这种液力系統目前被装在所有农业拖拉机上。

分置总成式液力系統的泵、分配器和油缸已被标准化, 成为全苏国家标准〔参見文献33、34、35〕。

近几年来在許多科学研究院中和在工厂方面, 从事于悬挂机組設計、研究的专门科室已成立起来。

НАТИ的科学工作者們(Б.А.柳比莫夫, Ю.А.帕勒尔隆, С.А.鮑格达諾夫等^①)正进行拖拉机和农业机械远景的液力机构、新結構的液力加力器、拖拉机用的靜力液力式传动以及为了拖拉机自动操纵专用的液力式裝置的探討和研究。ВИСХОМ的工作者們(Н.П.茲沃林斯基, И.И.庫尔尼科夫等^②)正从事于液力机构和悬挂式农业机械新結構的探討、研究以及牽引式农业机械液力传动問題的探討、研究。

НАТИ 和 ВИСХОМ 的全体人員与其它的科学研究院和研究机关、工厂和設計局共同一起拟訂了并正在不断改进一些新型的悬挂式农业机械和悬挂系統。

中央工艺科学研究院(ГОСНИТИ)的工作人員技术科学副博士 Н.Ф. 安德列叶耶夫(Н.Ф.Андреев)和工程师 Т.С.薩特凱維奇(Т.С.Жоткевич)正在研究拖拉机液力机构的磨損和修理工艺, 探討象农业生产情况一样的供液力机构試驗用的試驗台和仪器的結構。

ВИМ 的科学工作者, 在工程师 И.В. 弗魯姆基斯(И.В.Фрумкис)领导下正在从事于拖拉机液力靜力传动結構的探討及其工作情况的研究, 正在从事由液力传动系統的泵輸出功率的可能性的探討。

● 俄文为 Б. А. Любимов, Ю. Н. Паллон, С. А. Богданов——譯注。

● 俄文为 Н. П. Зволинский, И. И. Курников——譯注。

在 С.М.布琼尼^① (А.И.奥尔諾夫^②, Н.М.約飞^③) 工厂,正在創制着新結構的泵、分配器、液力馬达,同时也在改进大量生产的总成。

哈尔科夫厂的設計組〔领导人И.А.亚基緬科(И.А.Якименко)〕、明斯克厂的設計組〔领导人 П.Я.普里茨克尔(П.Я.Прицкер)〕、利彼茨克厂的設計組〔领导人 Т.П.尼古拉叶娃(Т.П.Николаева)〕和其它一些拖拉机厂的設計組正在探討悬挂机构的結構和液力裝置在拖拉机上配置的原理,油箱、油管和液力系統全套設備的結構。几乎各个拖拉机厂都在研究着自己的轉向液力加力器結構。

哈尔科夫拖拉机装配厂、伏尔加格勒和利彼茨克拖拉机厂正致力于創制靜液力式传动拖拉机的研究。

有很多工作被各个学校进行。例如列宁格勒农学院进行力調整机构的动力学理論和實驗研究,伏龙芝农学院进行拖拉机的整体式提升裝置的研究,而在薩拉托夫 М.И.加里宁农业机械化学学院正在探討分配器的檢驗工艺和調整的一些問題。

烏克蘭农业机械化、电气化科学研究院正在研究悬挂系統和机組运用效率及其合理使用方法問題。

从1956年到現在,УНИИМЭСХ 在对拖拉机和农业机械的各种悬挂系統及液力机构的一些单个总成的工作进行研究,其目的在于改进和有效的利用它們。

在这期間,与悬挂式农具的正确使用、悬挂系統或单个液力机构正确使用相关的各种問題被探討。例如在研究悬挂

① 俄文为 С.М.Буденного——譯注。

② 俄文为 А.И.Орлов——譯注。

③ 俄文为 Н.М.Йоффе——譯注。