

И. А. 邱达柯夫著

农业机械部农业机械科学技术研究院译

农业机械的 悬挂机组理论基础

中国工业出版社

农业机械的 悬挂机组理论基础

Л. А. 邱达柯夫著

农业机械部农业机械科学技术研究院译

中国工业出版社

本书阐述了农业悬挂机组理论的基本问题：轮式和履带式拖拉机悬挂机组的运动学和总体动力学，机具在拖拉机上的悬挂理论及其操纵方法，拖拉机带着各种悬挂新式机具工作的试验研究结果。提出了机具悬挂到拖拉机上时所需提出的主要要求，并指出了计算悬挂装置的运动学和动力学的方法。列举了选择操纵悬挂式农业机具用的液压机构的布置简图和参数所必需的数据及公式。

本书系供农业机械研究所和机器试验站的科学工作者、拖拉机和农业机械的设计师、从事农业工作的工程技术人员，以及农业机械、拖拉机制造学院的大学生、农业机械制造者和机械师们参考。

Д. А. Чудаков
ОСНОВЫ ТЕОРИИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
НАВЕСНЫХ АГРЕГАТОВ
(Машгиз, Москва 1954)

* * *

农业机械的悬挂机组理论基础

农业机械部农业机械科学技术研究院译

*

中国农业机械化科学研究院编辑 (北京德外北沙滩)

中国工业出版社出版 (北京住棚胡同10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $6 \frac{5}{16}$ · 字数 129,000

1962年11月北京第一版·1963年7月北京第二次印刷

印数 0,792—2,164 · 定价(10-6)0.83元

*

统一书号: 15165·1875(农机-35)

目 录

本书所用的主要符号	7
原序	11
第一章 悬挂机组的分类与基本型式	17
第二章 悬挂机组的运动学	27
1 概述	27
2 拖拉机偏离直线行驶方向时机具工作部件的侧 向位移	28
方程式	28
后悬挂机具的偏移数值与方向	32
最小侧向移动时机具的位置	34
3 在行间中耕的条件下, 中耕机工作部件的操纵 性能	35
避免鏟苗的工作部件方向和速度	35
后悬挂式的中耕机对保护带大小的影响	37
中耕机前悬挂时工作部件的配置	40
4 悬挂机组在地头的迴轉	42
5 在履带式拖拉机上悬挂中耕机具的某些特点	46
結論	47
第三章 悬挂机具对拖拉机作用力的試驗研究	48
1 概述	48
2 研究方法	49
用另一拖拉机牵引試驗悬挂机组的方法	49
直接測量悬挂装置拉杆上所受力的方法	54
3 用以研究机具对拖拉机的作用力的試驗装置和 专用设备	58
4 試驗数据和所得結果的分析	63

試驗条件的特征和試驗进行的程序	63
抽选的典型試驗結果	65
試驗資料的分析	65
工作部件出土时作用于机具上的力的确定	74

結 論	75
-----	----

第四章 輪式悬挂机組的总体动力学	76
------------------	----

1 装有悬挂机具的輪式拖拉机的纵向稳定性	76
----------------------	----

概述	76
----	----

关于拖拉机纵向稳定性储备利用系数的概念	77
---------------------	----

拖拉机纵向稳定性储备利用系数对机組临界上升坡度角 大小的影响	79
-----------------------------------	----

拖拉机纵向稳定性储备利用系数的最大允許值	81
----------------------	----

拖拉机纵向稳定性储备利用系数大小对机組操作性影响 的試驗檢查	83
-----------------------------------	----

2 提高輪式悬挂机組纵向稳定性的方法	85
--------------------	----

概述	85
----	----

拖拉机重心位置的变化	87
------------	----

拖拉机压力中心位置的变化	90
--------------	----

分組式悬挂机具的采用	93
------------	----

3 机組工作时, 土壤对拖拉机輪子上的垂直反作 用力的变化	94
----------------------------------	----

当所带机具沒有支持輪时垂直反作用力的变化	94
----------------------	----

当所带机具具有支持輪时垂直反作用力的变化	95
----------------------	----

悬挂机具和牵引机具工作的比較	97
----------------	----

結 論	101
-----	-----

第五章 履带式悬挂机組的总体动力学	102
-------------------	-----

1 拖拉机带悬挂机具时压力中心的位移	102
--------------------	-----

压力中心位移系数的概念	102
-------------	-----

关于最大的压力中心位移系数	103
---------------	-----

分組悬挂时的压力中心位移系数	107
----------------	-----

机具半悬挂时的压力中心位移系数.....	108
2 悬挂机组工作时, 拖拉机压力中心的位移	110
牵引式和不带支持轮的悬挂式机具的比较	110
牵引式和带有支持轮的悬挂式机具的比较	113
悬挂装置为具有摆动油缸的曲柄-连杆型时压力中心 的位移	114
3 当偏悬挂时履带式拖拉机直线行驶的稳定性	117
关于偏悬挂的概念	117
偏悬挂时偏转力矩值的测定	119
关于偏转力矩的允许值	124
結 論	125
第六章 机具悬挂在拖拉机上的理论和悬挂装置的 計算	126
1 对悬挂装置的基本要求	126
2 在垂直平面内, 悬挂机具瞬时迴转中心位置的 选择	127
概述	127
工作部件入土性能的方程式	129
瞬时中心位置的修正	130
3 在水平面内悬挂点位置的选择	133
概述	133
机具中心悬挂时悬挂点的位置	134
机具偏悬挂时悬挂点的位置	135
4 悬挂犁的性能	136
概述	136
創造标准化悬挂犁的可能性	137
犁体数可变更的悬挂犁的工作	139
中耕拖拉机带悬挂犁的工作	140
5 悬挂装置的計算	142
运动学的計算	142
力的計算	148

結 論	158
第七章 操纵悬挂机具的液压机构原理图的分析	
及其参数的选择	160
1 液压机构的分类及其主要原理图	160
液压机构的分类	160
液压提升机构的原理图	160
具有位置控制的液压机构原理图	164
液压机构力调节器的原理图	166
万能型的液压机构原理图	168
2 土壤耕深的调节方法及其在这些液压机构上利	
用的可能性	170
所采用各种方法的分类	170
位置调节的最简单原理图	170
力调节法, 液压机构力调节器的应用范围	172
高度调节法	176
联合调节法	177
3 液压机构基本参数的确定	181
液压机构需要功率的计算	181
油泵生产率及油缸尺寸的决定	184
4 液压机构试验的特性曲线	185
5 液压机构操纵部分各元件的计算	188
调节系统的调整曲线图, 各种调整曲线图的特性分析	188
力调节器弹簧参数的选择	193
結 論	196
附录 1 苏联拖拉机 (1953年产品) 悬挂系统的	
技术特性	198
附录 2 拖拉机悬挂装置及悬挂式农业机具连接	
元件的尺寸	200
参考文献	201

本书所用的主要符号

R_{pes} ——在垂直平面内作用于机具上的外力的合力。

R_x —— R_{pes} 的水平分力。

R_y ——土壤作用在机具上的垂直反作用力的合力。

P_K ——拖拉机的切线牵引力。

P_{kp} ——拖拉机挂钩上的牵引阻力。

P_f ——拖拉机的滚动阻力。

P_H ——作用在液压机构中油缸活塞上的力。

P_{pes} ——作用在液压机构调力弹簧上的力。

P_{np} ——中耕机压紧弹簧的力。

P_θ ——安装在拖拉机悬挂装置内的拉力计读数。

F ——在垂直平面内作用在悬挂装置上拉杆上的力。

Q ——在垂直平面内作用于机具悬挂轴上的合力。

N ——作用在悬挂装置斜拉杆上的力。

S ——在水平面内用以平衡机具的土壤侧向反作用力。

G ——拖拉机重量。

G_0 ——加在机具悬挂轴上的荷重。

G_H ——悬挂机具的重量。

G_c ——悬挂机具分组的重量。

Y_1 ——土壤在拖拉机导向轮上的垂直反作用力。

Y_2 ——土壤在拖拉机主动轮上的垂直反作用力。

Y_K ——土壤在悬挂机具支持轮上的垂直反作用力。

q ——液压机构油缸中油的压力。

N_e ——在调速器作用下拖拉机发动机的最大功率。

N_z ——液压机构的计算功率。

B ——拖拉机主动轮轴距。

B_T ——拖拉机的最大宽度（按行走部分的最外边缘）。

B_N ——悬挂机具的幅寬。

B_n ——犁的耕幅寬度。

E ——迴轉地帶的寬度。

L ——輪式拖拉机的軸距。

L_s ——履帶式拖拉机履帶支持面的長度。

S_0 ——机具悬挂軸的行程。

S_{saz} ——机具工作部件入土時的行程。

S_u ——液壓机构油缸的活塞行程。

S_N ——當悬挂机具由一個極端位置到另一個極端位置時其重心的行程。

H_{max} ——在運輸位置時机具悬挂軸至地面的距離。

H_{min} ——在最低位置時机具悬挂軸至地面的距離。

h ——拖拉机重心的垂直座標。

h_N ——在運輸位置時悬挂机具重心的垂直座標。

h_{kp} ——拖拉机挂鉤牽引點的名義高度。

h_0 ——工作部件支承平面至机具悬挂軸的距離。

h_z ——土壤的耕作深度。

v ——拖拉机直線行駛的速度。

v_0 ——机具悬挂軸的上升速度。

v_N ——悬挂机具重心的上升速度。

v_u ——主油缸活塞的移動速度。

k_{np} ——悬挂机具工作部件在運輸時的離地間隙。

K ——調力彈簧的剛性系數。

Q_N ——液壓机构油泵的生產率。

t ——机具由最低位置上升到運輸位置的時間。

t' ——机具由運輸位置放下到最低位置的時間。

a ——拖拉机重心的縱向座標。

a_N ——在運輸位置時悬挂机具的重心至拖拉机主動輪軸的縱向距離。

a_θ ——在挂鉤牽引阻力的作用下，履帶式拖拉机壓力中心至其

重心水平投影点的纵向位移。

$a_{\theta, n}$ ——当运输位置时在悬挂机具重量的作用下，履带式拖拉机压力中心至其重心水平投影点的纵向位移。

$a'_{\theta, n}$ ——机具上无支持轮时，在悬挂机具工作时所受力的作用下，履带式拖拉机压力中心至其重心水平投影点的纵向位移。

$a_{\theta, n}$ ——机具有支持轮时，在悬挂机具工件时所受力的作用下，履带式拖拉机压力中心至其重心水平投影点的纵向位移。

α_K ——拖拉机带牵引机具行驶时的临界上升坡度角。

$\alpha_{K, n}$ ——拖拉机带悬挂机具行驶时的临界上升坡度角。

α_{lim} ——拖拉机不带机具可以停住而不倒翻的极限上升坡度角。

α_p ——液压机构操纵手柄相对于它在机具提升位置时所转动的角度。

α_{nA} ——在水平面内犁的悬挂轴的转动角度。

β ——拖拉机导向轮轴的转角。

γ ——工作部件的入土角。

γ_T ——悬挂机具处于运输位置时工作部件支持平面对水平面的倾斜角度。

γ_{kp} ——加在拖拉机牵引挂钩上的牵引阻力对水平线的倾斜角。

ε ——悬挂机组的后通过角。

θ —— R_{pes} 力对水平线的倾斜角。

θ_p ——土壤作用在机具工作部件上的反作用力的合力对水平线的倾斜角。

φ ——在垂直平面内悬挂机具的瞬时旋转中心的极角。

φ_n ——当偏离直线行驶时拖拉机的转动角。

ψ ——在平行连杆情况下悬挂装置拉杆对水平线的倾斜角。

ψ_f ——悬挂装置的上拉杆对水平线的倾斜角。

M_{lim} ——能引起拖拉机前轮离开地面的倒翻力矩。

M_n ——在运输位置时由于机具重量所造成的倒翻力矩。

M_c ——拖拉机的迴轉阻力矩。

M_o ——在加于悬挂机具上的力的作用下拖拉机上所引起的倒翻力矩。

χ_n ——运输位置时在悬挂机具重量作用下輪式拖拉机的纵向稳定性储备利用系数。

χ_n ——运输位置时在悬挂机具重量作用下履带式拖拉机的压力中心位移系数。

η_o ——液压机构的容积效率。

$\eta_{o,n}$ ——液压机构油泵的容积效率。

η_m ——拖拉机的悬挂装置和液压机构油缸的机械效率。

f ——拖拉机的滚动阻力系数。

f_o ——悬挂机具支持輪的滚动阻力系数。

μ ——履带式拖拉机的迴轉阻力系数。

φ ——拖拉机行走部分和土壤的附着系数。

φ_{kp} ——拖拉机的可用附着系数。

δ_c ——当利用液压机构力调节机构来调节悬挂机具工作部件的耕深时其牵引阻力的不均匀系数。

原 序

苏联社会主义农业是世界上最先进的和机械化程度最高的。

第四个和第五个五年计划期间在农业机械化的领域中又获得了新的巨大的成就。

现在已创制了许多各种不同用途的悬挂式农业机器和农具的结构，在带有简单的耕耘农具的同时具有比较复杂的传动和工作机构的悬挂式机器也获得了广泛的采用，为了简短起见，今后对所有的悬挂式农业装备，不论其在实际上是机器或简单的农具，统称为「悬挂机具」。

在苏联农业中出现的第一个悬挂机具大概是在1925年之后，然而在开始时它们的推广受到了限制，悬挂机具主要用于水田，在这种田地内机花组的高度机动性有决定性的意义。在当时悬挂机具的方法和悬挂机具的操纵机构的简陋阻碍了它更广泛的运用。

悬挂机具用个别的部件和零件安装在拖拉机上，悬挂它时需要很长时间和花费大量的熟练劳动力，最大的缺点是在拆散状态下机具的保管问题，当用个别部件悬挂机具时便失去了通用性而只能在某几种拖拉机上采用，这些机具是专门为这些拖拉机制造的。

在当时为了操纵悬挂机具所采用的机械式提升装置只能完成有限的作用——将机具从一个极限位置升起或放下到另一个极限位置。这种情况阻碍了悬挂机具结构的进一步改善，并丧失了在工作中运用自动调节元件的可能性。

最近几年来在拖拉机悬挂式机组的设计范围内所达到的成就，使得在很大程度上消除了以上的一些缺点。

在现代，有效地使用经常安置在拖拉机上的专用机构来悬挂机具。这种机构和拖拉机的牵引装置相似可以称作悬挂装置，用它可使拖拉机和拖拉机以迅速连接。用这种悬挂方法在向拖拉机上安装机具时可以不拆卸，并保证迅速安装。只要拖拉机的连接元件的尺寸标准化了，装备有上述悬挂装置的拖拉机就可和具有相适应的三个连接点的任何悬挂机具连接。由于这种措施的结果使拖拉机和悬挂机具的连接成为既方便又迅速。

悬挂机具用液压机构来操纵，在现代液压驱动技术的发展水平上，液压机构可以根据操纵的机械化和自动化来完成各种不同的功用。采用它可使全部机组的操纵集中在拖拉机手上，并在大多数情况下不需要有操纵机具的附加工人——即农具手。而操纵也归结为主要是移动和液压机构分配装置相连的手柄，而不需拖拉机手消耗很大的体力。

上述改善了的新型悬挂机组的创制成果得到了广泛的推广，并在苏联所有中小型功率的拖拉机上采用。

运用悬挂机组有巨大的国民经济意义，因为它比牵引机组轻，生产率高，能降低农业工作每单位耕作面积的劳动量和燃料消耗。

为了说明悬挂机组的优点现引证下列数据：悬挂农业机具的金属耗量为牵引机具的 $1/2 \sim 2/3$ ，减轻重量主要是靠取消制造中最费工的和使用中易磨损的一些零件（轴、轮子、自动机构、操纵机构、牵引装置）。悬挂机组的生产率较类似的牵引机组高 $5 \sim 10\%$ ，相应于生产率的提高，燃料消耗量也降低了。使用指标的改善主要由于悬挂机组机动性能好，因

之縮短了机組轉弯时所消耗的时间，也使田块耕作后余留下的合墾間的漏耕地容易补耕，以及在工作時間內易于清除工作部件上的粘土等等。由于悬挂机具的比阻一般稍小于牵引机具的比阻，燃料也就較节省。

苏联党和政府对創制悬挂式农业机具十分重视，关于这些已在苏共19次党代表大会关于1951~1955年的苏联经济发展的第五个五年計劃中有所指示。完成所提出的任务，需要进行大量的科学研究方面的探索，因为直到此时悬挂机組結構問題的理論几乎还没有人研究过，同样也没有足够的可以作为創造相应理論的基础的試驗数据，国外文献中关于这方面的問題只有敘述性的或广告性的文章，并没有任何科学价值。

和采用悬挂式农业机具有关的一些科学研究問題は苏联科学研究工作者所創始的，并将在今后几年中在这些領域内进行一系列的工作。

直到目前为止拖拉机理論和农业机械理論是作为两个独立的学科发展的，在采用悬挂机組时，农业机具和拖拉机之間的相互关系成为如此密切以致不可能將它們分开来研究。在現在的工作中是将悬挂机組作为整体的，即拖拉机、悬挂机具及用以悬挂和操纵机具的机构一齐来进行研究的。当研究悬挂机組的工作时要注意到对耕地质量所提出的农业技术要求，各种机具的結構特点及完成作业时的动力特性。根据所采用拖拉机的型式可以分为輪式和履帶式机組。

在本书中将研究下列問題：悬挂机組的运动学和动力学，机具悬挂在拖拉机上的理論及悬挂裝置的計算方法，用来操纵悬挂机具的液压机构原理图的分析及主要参数的选择。本书中有一章将敘述研究各种不同的悬挂式耕耘机具的牵引試

驗工作及其作用在拖拉机上的力的測定試驗工作。这些研究結果是創造理論的實驗基础。

由分析悬挂机組运动学可确定，当拖拉机偶然的或强迫的偏离預定路綫时，悬挂机具工作部件所发生的位移和机具在拖拉机上悬挂的位置有关。在中耕拖拉机上它們决定了机組工作的主要农业技术指标：当播种时为行間的直綫性和当行間中耕时为作物保护地帶的必要寬度。机具在拖拉机上的配置位置也关系到地头迴轉地帶的寬度。在研究悬挂机組运动学中，所得到的关系，可用作選擇播种和中耕作物田間管理机具在拖拉机上的合理布置的基础。

在叙述悬挂机組动力学的一章中，研究了带有悬挂机具的輪式拖拉机的纵向稳定性和操纵性，履带式拖拉机当以不同方案悬挂机具时的压力中心位移以及当机具偏悬挂时拖拉机直綫行駛稳定性的問題。由于所进行的研究提出用以表征带有悬挂机具的輪式拖拉机和履带式拖拉机总体动力学的系数，来确定用以評價机具在拖拉机上悬挂可能性的临界值，根据改善悬挂机組动力性能的推荐数据并对机具在拖拉机上的正确悬挂作出有价值的結論。

正确悬挂机具对悬挂机組的工作具有重大的意义，它关系到：无外力强制作用时工作部件的入土可能性，及其入土的迅速性，机具升起运输时的机組通过性，机具获得正常幅寬的可能性，拖拉机直綫行駛的稳定性，拖拉机液压机构或相应的机具支持輪的負荷程度。在分析了所有上述因素的基础上可探討出农业机具悬挂在拖拉机上的理論，其中包括悬挂裝置的結構和計算的原理及方法的指示。

在后一章中叙述了对悬挂式农业机具的操纵机构所提出的要求，研究了利用液压机构来进行耕深調節的可能性并探

討了其重要参数的确定方法。

在1946年作者即在拖拉机科学研究所(НАТИ)开始了悬挂式农业机组的设计、试验和研究,并且是在许多科学研究机构及生产机构,如全苏农业机械制造科学研究院(ВИСХОМ)、拖拉机制造厂、农业机械的专业设计局、国家机器试验站等密切联系下进行的。上述这些单位和许多同志在工作上对作者给了各方面和各种不同形式的帮助,作者对他们表示深切的谢意。

目前的工作是首先尝试创立农业悬挂机组的理论,因而它有許多未消除的缺点并有待今后发展,凡读者对于本书关怀的建议希望修正改变和补充的所有意见作者均致以感谢的敬礼。

