

全国高等农业院校试用教材

农业机器运用学

黑龙江八一农垦大学主编

农业机械化专业用

农业出版社

全国高等农业院校试用教材

农 业 机 器 运 用 学

黑龙江八一农垦大学主编

农业机械化专业用

农 业 出 版 社

主 编 黑龙江八一农垦大学 郭仁华
副主编 北京农业机械化学院 张缔庆
西北农学院 张桐华
编 者 北京农业机械化学院 张缔庆 李兴昌 陈益善 白人朴
西北农学院 张桐华
东北农学院 戴有忠 赵振民
沈阳农学院 张松明
黑龙江八一农垦大学 郭仁华 狄超义 王东新
审 稿 郭仁华 张缔庆 张桐华 戴有忠 张松明

全国高等农业院校试用教材

农 业 机 器 运 用 学

黑龙江八一农垦大学主编

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 14 印张 300 千字
1983 年 5 月第 1 版 1983 年 5 月北京第 1 次印刷
印数 1—7,200 册

统一书号 15144·643 定价 1.50 元

前 言

在农业生产领域内，农业机器的保有量已达到较高的数值，而且将继续增加，所以如何管好用好农业机器，是一个具有重要意义的问题。农业机器运用学是研究合理运用农业机械的课程，主要研究机组和机群合理运用的理论和方法。农业生产条件较复杂，只有根据具体农业生产条件，掌握正确运用农业机械的科学规律，才可能达到良好的技术经济效益。

农业机器运用学是“农业机械化”专业的一门主要专业课程，主要包括：

- 一、机组运用原理 研究机组合理运用的基本理论。
- 二、农业生产过程机械化 研究农业生产过程的机械化及机械化作业的工艺与组织。
- 三、农业机器技术维护 研究农业机器技术状态变化的规律以及保持良好技术状态的制度和措施。
- 四、机群合理运用 研究机群管理的原则和方法。

本课程除课堂讲授的教学环节外，还有习题作业，实验课和生产实习等教学环节。

目 录

第一篇 机组运用原理

第一章 机组动力性能的合理利用	1
第一节 机组运动方程式	1
第二节 发动机的特性及其合理利用	4
第三节 拖拉机的动力性能及其合理利用	7
第四节 农具的牵引阻力	24
第二章 机组运动性能的合理利用	31
第一节 机组在田间作业过程中的运动	31
第二节 机组转弯	32
第三节 地头及其宽度	38
第四节 机组行走方法及其评价	39
第三章 机组运用指标及机组编制	46
第一节 机组生产率指标	46
第二节 机组作业成本指标	52
第三节 机组作业质量指标	56
第四节 机组的编组	59

第二篇 农业生产过程的机械化

第四章 农业生产过程的机械化	66
第一节 农业机械化生产过程	66
第二节 田间机械化作业的发展过程	69
第三节 对农业机械化工艺过程的评价	71
第四节 改进机械化工艺过程的动向	72
第五章 田间机械化工艺与组织	76
第一节 农业技术对田间机械化作业的要求	76
第二节 作业前的机具准备	78
第三节 作业前的田间准备	83
第四节 田间作业及安全技术	88
第五节 田间作业质量检查	96

第三篇 农业机械器的技术维护

第六章 农业机械器的技术维护	99
第一节 制订农业机器计划预防维护制度的依据	99

第二节 农业机器的交接、技术档案和试运转	102
第三节 农业机器的技术保养	108
第四节 拖拉机正确使用要点	115
第五节 农业机械的保管	117
第七章 机器技术状态的诊断	119
第一节 机器技术状态诊断检测的原理和方法	119
第二节 拖拉机故障的分析方法	124
第三节 拖拉机主要系统技术状态的检测	128
第八章 油料的使用和管理	143
第一节 油料的化学组成和主要理化指标	143
第二节 油料的使用性能和选用	147
第三节 油料的净化、添加和计量	157
第四节 油料的运送和贮存	167
第五节 安全用油	168
第六节 节约用油	169

第四篇 机群的合理运用

第九章 农业机械的选型配备	171
第一节 农业机械化区划、农业机器系统和农业机械化规划概述	171
第二节 农业机械的选型	174
第三节 农业机器配备数量的确定	176
第十章 机群的合理运用	186
第一节 机群运用指标	186
第二节 技术定额	193
第三节 机务工作计划	201
第四节 机务区的建设与管理	211
第五节 安全生产管理	215

第一篇 机组运用原理

第一章 机组动力性能的合理利用

第一节 机组运动方程式

一、机 组

机组是进行机械化农业生产的基本运用单位。它由发动机、传动机构和作业机具三个部分组成。

机械化农业生产部门中运用的机组是多种多样的。按照不同的分类方法，机组分类如下：

根据机组在作业过程中是否移动的特点，可分为移动式 and 固定式机组。移动式机组，作业时加工对象不动，而机组相对于加工对象移动；固定式机组，作业时机组不动，而加工对象移向机组完成加工。移动式机组的典型代表——拖拉机机组在农业生产中占有重要地位，所以它们为本课程重点研究对象。

根据机组的三个基本组成部分在机组内的构成方案，拖拉机机组可分为牵引式、悬挂式、半悬挂式和自走式等。牵引式机组的作业机具以铰链方式与拖拉机联结，本身有行走装置，运输状态时，其重量全部由行走装置支承；悬挂式机组的作业机具一般没有独立的行走装置，通过液压悬挂装置挂结在拖拉机上，运输状态时，作业机具的重量全部由拖拉机承担；半悬挂机组的作业机具在运输状态时，其重量一部分由拖拉机承担，另一部分由机具本身的行走装置承担；自走式机组的发动机、传动机构和作业机具结合为一体。近年来，悬挂式和半悬挂式机组得到很大发展。

根据机组一次完成的作业项目多少，可分为单式作业机组、复式作业机组和联合作业机组。

根据机组内动力利用的方式，机组可分为牵引型、驱动型（指动力输出轴驱动机具作业部件）和牵引-驱动型。

根据机具作业部件相对于机组纵向中心线的布置情况，可分为对称式机组和非对称式机组。

根据机组的幅宽大小，可分为宽幅机组和窄幅机组。根据机组的速度范围，可分为低速机组和高速机组。近年来高速宽幅机组有较大的发展。

根据机组内的三个基本组成部分的型式、结构和性能特点,还可分为各式各样的机组。如按发动机的类型,可分为柴油机、汽油机和电动机机组;按传动机构的结构特点,可分为机械传动、液压传动和机械-液压传动机组;按机组的驱动装置结构性能,可分为胎轮式、叶轮式及履带式机组等;按机组内作业机具的种类,可分为耕地机组、耙地机组、播种机组和收获机组等。

由上述情况可以看出,机组类型虽然很多,而且新型机组还在不断出现,但就其本质来说,只不过是机组三个基本组成部分的结构性能演变以及三个基本组成部分的相互不同组合而已。

二、拖拉机机组的运动方程式

从力学关系来说,机组在运动中是一个力的平衡系统。机组运动是由于外力作用的结果。图1—1表示牵引机组在上坡运动中的受力情况。

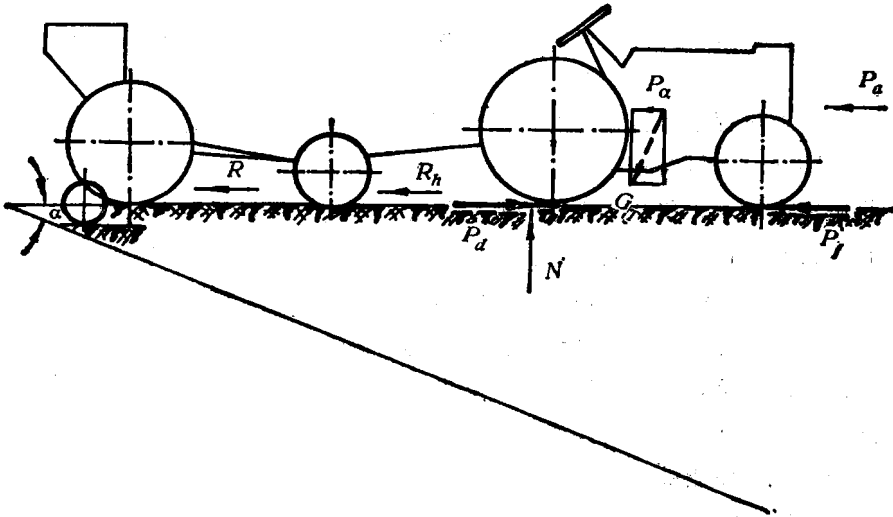


图 1—1 机组的受力图

作用于机组的外力有:

1. 推动力 P_d 沿前进方向, 施加于机组的驱动装置;
2. 机组移动阻力的合力 ΣR 逆前进方向, 施加于机组的驱动装置、行走装置、支承装置及作业部件等, 它包括拖拉机的滚动阻力 P_f 、坡度阻力 P_o 、空气阻力 P_a ; 联结器的牵引阻力 R_h (包括联结器滚动阻力和坡度阻力等); 农机具的牵引阻力 R_M (包括农机具的滚动阻力、坡度阻力及工作阻力等);
3. 机组的重力 G 。包括拖拉机、联结器和农机具的重力, 其平行于坡面的分力为坡度阻力;

4. 土壤的垂直反力 N 作用于机组的驱动装置、行走装置、支承装置及作业部件上。

机组运动方程式是根据动能定律建立的。一个物体或系统的动能增量等于施加在这个物体或系统上的全部外力所作的功。

机组重力垂直于坡面的分力 $G_a \cos \alpha$ 和土壤垂直反力 N 都与运动方向垂直，它们所做的功为零。

作用于机组运动方向的力经过单元路程 dS 所做的功为

$$dA = (P_a - \Sigma R) dS。$$

机组的总动能为

$$E = \frac{1}{2} MV^2, \quad (1-1)$$

式中 V ——机组速度 (米/秒)

M ——机组的换算质量，包括机组移动质量和转动零件的转动惯量 (公斤·秒²/米)

微分式 1—1 即得机组动能增量

$$dE = MV dV$$

根据动能定律， $dE = dA$ ，即

$$MV dV = (P_a - \Sigma R) dS$$

$$\text{而 } V = \frac{dS}{dt}$$

$$\text{所以 } \frac{dV}{dt} = \frac{P_a - \Sigma R}{M} \quad (1-2)$$

式 1—2 即为机组运动方程式的普遍性公式，它适用于所有移动式机组。

$$\text{由于 } \frac{dV}{dt} = \pm j$$

则机组运动方程式可写为

$$P_a = \Sigma R \pm Mj \quad (1-3)$$

式中 j ——机组加速度 (米/秒²)

现在我们分析式 1—3 各项之间的关系。

假定机组工作过程中的任一瞬间总阻力为 ΣR ，若突然有一增量 ΔR ，那么机组速度将随着改变。当 ΔR 为正值时，机组速度将降低；如果 ΔR 为负值时，机组速度将增高。当阻力增量 ΔR 值较小，而且出现的时间很短时，可以认为 ΔR 与 Mj 的代数和趋近于零，这就意味着推动力 R_a 也趋近于某一常数，因此机组发动机的转速和扭矩比较稳定。当阻力增量 ΔR 值较大，出现的时间较长，而且机组的换算质量 M 值不大时，机组加速度 j 值相应增大，发动机转速随之变化，调速器起作用，供油量改变，发动机扭矩改变，机组推动力 P_a 将相应改变。

在机组负荷工作的过程中, 为了获得良好的作业质量, 减少机具磨损和保障劳动条件, 机组接近于等速工作最好, 即机组的加速度 j 值尽可能小些。机组阻力的临时增量 ΔR 值主要取决于运用条件, 我们应尽可能使它降低, 但不可能完全控制它达到理想程度。由式1—3可以看出, 当 ΣR 发生变化, 而要使 j 值变化较小时, 只有增大机组换算质量 M , 或者相应地改变 P_d 值。机组质量大对稳定工作固然有积极作用, 但是机组的质量大小主要取决于结构要求 (拖拉机的质量主要取决于附着重量的要求), 一般不可只是为了降低 j 值而增大 M 值, 主要应随着 ΣR 的变化及时相应地改变 P_d 值, 以降低 j 值。这就要求发动机及时相应地改变扭矩 (改变供油量), 而发动机转速变化应尽可能小些。所以机组发动机的调速不均匀率要求控制在一定范围内。

对拖拉机牵引式机组来说, 拖拉机和农机具的质量在机组总质量中所占的比例依机组不同而有较大的差别。如耕、耙机组, 农具质量所占比例较小, 而运输机组的载重拖车所占的比例就相当大, 所以载重拖车的惯性力很大, 这就要求载重拖车必须具有可靠的制动装置, 以便紧急停车。

机组起步或停车过程中, 惯性力较大, 高速大型机组以及机组需在较短的距离内完成起步或停车时尤甚, 在这种情况下起步时, 发动机负荷可能超过标定值, 所以编组、配套应预先留有较大的牵引力储备, 或设置增扭器; 而为了保证紧急停车, 设置可靠的制动装置更为重要; 一般情况下起步不应当过猛。

由于实际工作中, 除起步和停车外, 机组速度比较稳定, 因此在解决机组力平衡计算问题时, 通常假定惯性力 Mj 等于零, 这样, 由式1—3可得拖拉机机组的牵引平衡方程式如下:

$$P_d = \Sigma R = P_f \pm P_a \pm P_a + R_h + R_M$$

式中 P_f ——拖拉机的滚动阻力

P_a ——拖拉机的坡度阻力

P_a ——拖拉机的空气阻力

P_h ——联结器的牵引阻力

R_M ——农机具的牵引阻力

当机组与风的相对速度小于20公里/小时和机组逆风面积小于10米²时, 空气阻力可忽略不计; 如果机组在平地上运动, 即坡度阻力 P_a 等于零, 则机组的牵引平衡方程式为

$$P_d = P_f + R_h + R_M$$

无联结器时

$$P_d = P_f + R_M$$

第二节 发动机的特性及其合理利用

拖拉机机组的动力是由发动机提供的。因此从运用的观点来研究发动机的特性及其合

理利用十分必要。

发动机的动力性能和经济性能可从发动机调速特性上反映出来。

一、发动机的调速特性

图1—2为拖拉机发动机的调速特性示意图。它表示出发动机各主要参数（功率 N_e 、扭矩 M_e 、小时耗油量 G_T 和单位耗油率 g_e ）与曲轴转速 n 之间的函数关系。

在调速特性上，表明了下列主要参数或指标：

1. 发动机的最大有效功率，称标定功率 N_{en} 以及与其相对应的标定转速 n_n 、标定小时耗油量 G_{Tn} 和标定单位耗油率 g_{en} ；

2. 发动机的最大扭矩 M_{emax} 和与之相对应的转速 $n_{M_{emax}}$ ；

3. 发动机的标定扭矩（与标定功率相对应的扭矩） M_{en} ；

4. 发动机超负荷后的最低转速 n_{min} ；

5. 发动机的最小单位耗油率 g_{emin} 。

同时还可以计算出下列指标：

6. 调速器的不均匀率

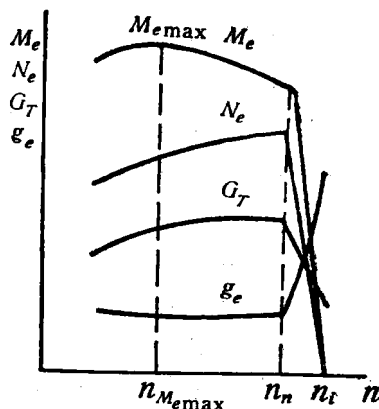


图 1—2 柴油机调速特性示意图

$$\delta = \frac{n_i - n_n}{n_{av}} \cdot 100\%$$

式中 n_i 、 n_n ——发动机空转转速与标定转速（转/分）

n_{av} ——曲轴的平均转速（转/分）

$$n_{av} = \frac{n_i + n_n}{2} \quad (\text{转/分})$$

7. 发动机的适应性系数

$$K = \frac{M_{emax}}{M_{en}}$$

这一指标表明了拖拉机在不换成低一档的条件下，发动机可以克服暂时增长的阻扭矩的能力。从运用要求，K值应大些，最好不小于1.15—1.20。

8. 发动机的转速适应性系数

$$\alpha = \frac{n_{M_{emax}}}{n_n}$$

这一指标说明发动机在扭矩最大时曲轴转速可能降低的程度，它也是表明发动机超负荷性能的一个指标。

二、发动机动力性能和经济性能的合理利用

1. 给予发动机合理的负荷 由调速特性可以看出,当给予发动机某一外加负荷时,发动机即相应有一定的功率、扭矩、转速、小时耗油量和单位耗油率。外加负荷改变时,这些参数也随之相应改变。对合理运用来说,如外负荷恰等于标定扭矩时工作最有利,因为这时发动机有效功率最大,耗油率也低,因此机组生产率高,亩耗油低。我们把外负荷等于发动机标定扭矩的工况称为发动机以满负荷工作。

如果外负荷低于发动机标定扭矩,由于有效功率下降,耗油率上升,则生产率降低,亩耗油增加。

如果外负荷过大,超过了发动机的标定扭矩,则发动机将在超负荷范围内工作,这时扭矩虽稍增大,但由于转速下降很快,因此发动机有效功率迅速下降,致使机组生产率降低,亩耗油增高。此外,发动机在超负荷下工作,由于零件受力增大,润滑条件变坏等原因,引起磨损加快。因此绝不容许发动机长期在超负荷下工作。只有为了克服暂时增长的阻力时,才允许在很短的时间内超负荷。

在机组运用中,机组阻力是波动的,又是经常变化的,所以实际上外负荷不可能恰等于标定扭矩。为使发动机既不要较长时间的超负荷,又不要负荷不足,因此研究发动机的合理负荷程度乃是一个极有实际意义的问题。发动机的负荷程度用负荷系数 ζ_M 评价。发动机负荷系数用下式表示:

$$\zeta_M = \frac{M_{eav}}{M_{en}}$$

式中 M_{eav} ——发动机外负荷的平均扭矩 (公斤·米/秒)

M_{en} ——发动机的标定扭矩 (公斤·米/秒)

发动机的合理负荷系数的数值取决于外负荷的波动特性 (随着作业项目和运用条件不同而改变)。外阻力的波动小, ζ_M 应取大值,反之应取小值。表1—1列出了当机组作业速度为5—7公里/小时某些作业的发动机合理负荷系数的概值。

表 1—1 发动机合理负荷系数

作 业 项 目	ζ_M 值
耕 地	0.78—0.94
播种及中耕	0.85—0.96
谷物收获	0.80—0.95

2. 给予发动机合理的转速规范 从“高效”观点出发,机组工作时,发动机如能以最大转速规范 (大油门) 接近满负荷工作最理想。但在实际工作中,有时由于下述原因而需要改变转速规范 (改变油门位置):

(1) 机组的工作幅宽和行走速度同时都受到一定限制。

(2) 在作业中农机具阻力减小(如下坡时),而机组速度不允许过大。

在这种情况下,由于牵引阻力比较小,速度比较低,致使发动机实际发出的有效功率降低。这时在不改变机组速度和牵引力的条件下可采用两种工作规范满足工作要求:低档大油门,当发动机功率相同时表现为高的转速和小的扭矩;高档小油门,当发动机功率相同时表现为低的转速和大的扭矩。而高档小油门经济性较好。因为和大油门相比,小油门时,发动机转速低,发动机的机械效率较高。

因此,在使用具有全制式调速器发动机的拖拉机进行工作时,遇到外负荷较小,而机组又不宜采用较高行驶速度的情况,就不应当用低档大油门工作,而应该采用高档小油门工作。但是,如果外负荷虽不大,而允许机组以较高的速度工作时,就应当采用高档大油门,这样能更充分发挥拖拉机的效能,达到更高的生产率。

第三节 拖拉机的动力性能及其合理利用

拖拉机的动力性能主要是指在一定运用条件下拖拉机可能发挥出最大的牵引功率,即当拖拉机和农机具组成机组时以最大的生产率工作的性能。

拖拉机的动力性能是用在水平地段上并在一定的土壤条件下测得的牵引指标来表示的。这些指标是:

1. 各档最大牵引功率。
2. 各档在最大牵引功率下的运动速度。
3. 各档在最大牵引功率下的牵引力。
4. 低档下的最大牵引力。
5. 表明拖拉机附着性能的打滑率。
6. 牵引功率包络曲线的特性。

这些指标决定了拖拉机机组工作时可能获得的最大生产率。

下面我们对这些指标分别进行研究,对拖拉机的经济性能也一并予以讨论。

一、拖拉机的推动力与牵引力

拖拉机发动机的扭矩经过传动装置,传到驱动装置,再依靠驱动装置和土壤的附着作用,产生推动力以推动拖拉机及整个机组运动。

1. 切线力 图1—3为刚性平轮缘驱动轮在驱动力矩 M_d 作用下在刚性地面上的受力情况。

驱动轮所受的外力和力矩有:①驱动轮的垂直载荷 Q_d ;②土壤的垂直反力 N ,二者大小相等,方向相反;③加在轮轴 O 上的驱动力矩 M_d ,它可由一对力偶代替,其中一个力作用在轮缘与地面的接触点 O_1 上,另一个力作用在轮轴 O 上,二者大小相等(都是 P_t),方

向相反,都与地面平行;④轮子所受土壤的水平反力 F ;⑤拖拉机机架对驱动轮轮轴的水平反力 S 。

由图可见,如果切线力 P_t 大于或等于反力 S (即拖拉机和农机具运动时所产生的阻力的合力 ΣR),则机组便能向前移动。此时,土壤的水平反力 F 也等于切线力 P_t 。

切线力的大小可用下式计算:

$$P_t = \frac{M_d}{r_d}$$

式中 M_d ——驱动轮上的扭矩(公斤·米)

r_d ——驱动轮作用半径(米)

在实际工作中由于驱动轮与地面均不是刚性的,所以驱动轮作用半径 r_d 不同于驱动轮名义半径 r 。

驱动轮上的扭矩是由发动机传来的,切线力 P_t 与发动机的扭矩和功率有如下关系:

$$\begin{aligned} P_t &= \frac{M_e i_T \eta_t}{r_d} \\ &= 716.2 \frac{N_e i_T \eta_t}{n r_d} \end{aligned} \quad (1-4)$$

式中 M_e 、 N_e ——发动机扭矩(公斤·米)和有效功率(马力)

n ——发动机转速(转/分)

i_T ——在该速档下的拖拉机总传动比

η_t ——拖拉机传动装置的传动效率

我们将与发动机标定功率相对应的切线力称为标定切线力,用 P_{tn} 表示。其计算方法是把式1-4中的发动机扭矩、功率和转速分别用标定扭矩、标定功率及标定转速代替,

即

$$\begin{aligned} P_{tn} &= \frac{M_{en} i_T \eta_t}{r_d} \\ &= 716.2 \frac{N_{en} i_T \eta_t}{n_n r_d} \end{aligned}$$

式中 M_{en} ——发动机的标定扭矩(公斤·米)

N_{en} ——发动机的标定功率(马力)

n_n ——发动机的标定转速(转/分)

2. 最大附着力 最大附着力是指在规定的打滑率 δ 下,土壤受切线力作用时对驱动轮可

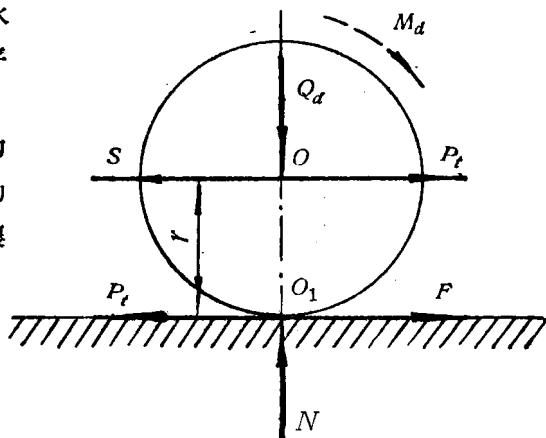


图 1-3 驱动轮受力简图

能产生的最大反力，用 $F_{\max}$ 表示。

影响最大附着力的因素有：驱动装置的结构型式和接地面积；拖拉机的附着重量，即作用在驱动装置上的垂直载荷；土壤类型、土壤水分和地表状态等。

应当特别指出，驱动装置结构、拖拉机附着重量及土壤条件相同时，随着 δ 值的增大， $\mu_{\max}$ 也有所增大。这是因为土壤受力以后会产生应力与应变。应变是驱动装置打滑的原因。应力越大，应变也越大；反之允许的应变越大（即打滑率越大），土壤可能产生的反力（即附着力）也越大。在农业作业中，土壤应变过大会破坏土壤的结构，并使驱动装置加速磨损，同时应变大到一定数值以后，驱动装置将完全滑转而不能前进。所以各种驱动装置的打滑率都有一定限制。一般要求胎轮驱动装置的打滑率小于 15%，水田叶轮的打滑率小于 40%，履带式驱动装置小于 7%。

由于附着力的影响因素很多，情况也很复杂，所以通常采用试验方法来确定最大附着值。根据大量试验结果，对于一定型式的驱动装置，允许打滑率下的土壤反作用力，即最大附着力 $F_{\max}$ 与附着重量 G_{ad} 成正比关系

$$F_{\max} = \mu G_{ad},$$

式中 μ ——附着系数

附着重的数值与机组的工作状态有关。

对于两轮驱动拖拉机，附着重可按式计算：

$$G_{ad} \approx \frac{G_T (\bar{L} - a) + M_d}{L}$$

$$\approx \lambda G_T$$

式中 G ——拖拉机的使用重量，等于拖拉机结构重量与油、水、驾驶员及配重重量之和（公斤）

L ——拖拉机轴距（米）

a ——拖拉机重心到后轴的水平距离（米）

λ ——在某一工作条件下驱动轮承受重量的系数，一般取为 $\frac{2}{3}$

对于履带式拖拉机和四轮驱动拖拉机，附着重可按式近似计算：

$$G_{ad} \approx G_T$$

拖拉机悬挂和牵引农具后附着重的计算参考“拖拉机理论”。

附着系数主要取决于驱动装置结构和土壤条件，以及允许的打滑率。不同拖拉机驱动装置在不同土壤条件下的附着系数列于表 1—2 中。

表 1—2 中的 μ 值是在允许的打滑率下测定的，使用时必须注意。

3. 拖拉机的推动力是指在允许打滑率的条件下，地表对拖拉机产生的推动力。我们综合考虑拖拉机的标定切线力 P_{in} 和土壤的最大附着力 $F_{\max}$ 后，即可得出拖拉机的推动力 P_d 为：当 $F_{\max} > P_{in}$ 时， $P_d = P_{in}$ ，而当 $F_{\max} < P_{in}$ 时， $P_d = F_{\max}$ 。

表 1—2 拖拉机附着系数 μ 值

田地与道路状况	胎轮拖拉机	履带拖拉机
熟荒地、生荒地、干土地	0.6—0.7	1.0—1.2
翻后地	0.6	0.8—1.0
耕后地	0.4—0.6	0.6—0.8
耙后地或中耕后地	0.4—0.6	0.6—0.7
雨后已耕地	0.3	0.4—0.6
深泥泞地	0.1	0.6—0.5
压实的雪道	0.2—0.3	0.6—0.7
水泥路	0.65	
柏油路	0.75	

图 1—4 明显地反映出拖拉机推动力 P_d 与标定切线力 P_{tn} 及土壤最大附着力 F_{max} 三者之间的关系。

我们知道，驱动轮的标定切线力 P_{tn} 由发动机的标定扭矩决定，与土壤条件无关，因此在一定档位下， P_{tn} 为一水平线。土壤越松软，最大附着力越小，土壤越坚实，最大附着力越大，所以 F_{max} 为一倾斜直线。

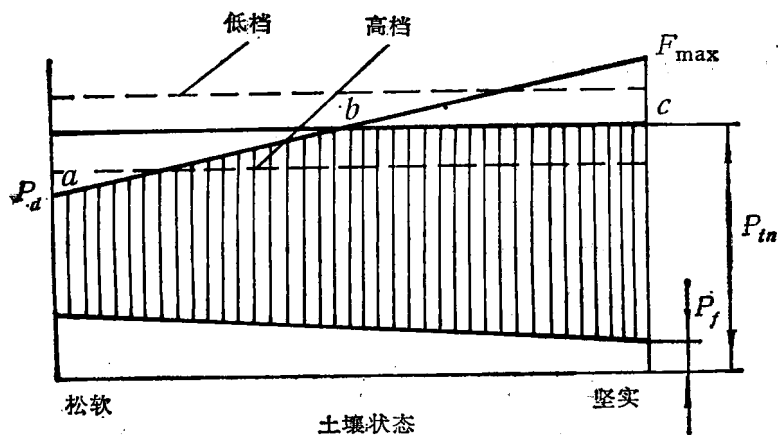


图 1—4 推动力与标定切线力及最大附着力的关系

由图 1—4 可见，拖拉机在松软土壤上工作，推动力受最大附着力限制（线段 $a-b$ 为 P_d ），这时驱动装置不能发挥标定切线力，也就是在允许打滑率的条件下拖拉机的发动机不能充分发挥出它的功率和扭矩。拖拉机在坚实土壤上工作，推动力则受标定切线力限制（线段 $b-c$ 为 P_d ），这时发动机的功率和扭矩可以充分发挥，而最大附着力却有富裕。所以，拖拉机的推动力由两个独立的因素——标定切线力和最大附着力——中较小的一个数值确定。

拖拉机以不同速档工作时，有不同的标定切线力，高档的标定切线力较小，低档的标定切线力较大，所以图 1—4 上可画出数条水平线表示各档的标定切线力（图中除实线外

还画了两条,如虚线所示)。很明显,拖拉机用高档工作时,推动力一般由标定切线力限定;用低档工作时,推动力可能由最大附着力限定。

我们希望在采取增加配重等增重措施后,在正常土地条件和常用工作档位下保证标定切线力有足够的土壤反力这一正常附着条件,即要求 $F_{\max} > P_{tn}$ 。

4. 拖拉机的牵引力 拖拉机机组在平地上等速运动时,拖拉机的推动力克服了自身的滚动阻力以后,剩下的那部分推动力就是拖拉机挂钩上的牵引力,通常把它叫做拖拉机的牵引力,用 P_T 表示。

牵引力的大小,我们可以用前面分析的结果来计算:

$$P_T = P_d - P_f$$

式中 P_d ——拖拉机的推动力

P_f ——拖拉机的滚动阻力

当 $F_{\max} \geq P_{tn}$ 时,拖拉机牵引力可用下式求得,称为拖拉机的标定牵引力,即:

$$\begin{aligned} P_{Tn} &= P_{tn} - P_f \\ &= 716.2 \frac{N_{en} i_T \eta_t}{n_n r_d} - P_f \end{aligned} \quad (1-5)$$

当 $F_{\max} < P_{tn}$ 时,拖拉机的牵引力可用下式计算,称为拖拉机的正常牵引力,即:

$$P_T = F_{\max} - P_f \quad (1-6)$$

二、拖拉机的滚动阻力与坡度阻力

1. 滚动阻力 拖拉机在运动过程中,其行走装置要对土壤进行挤压和剪切,土壤变形产生阻力。轮式拖拉机由于轮胎的变形、轴承的磨擦;履带式拖拉机由于各轮子轴承的磨擦,轮子与链轨以及链轨板与轴销之间的磨擦,都产生阻力。拖拉机自身移动时由行走装置产生的这些阻力总称为滚动阻力。

拖拉机滚动阻力大小与拖拉机重量、行走装置型式以及土壤类型和湿度、地表状态等因素有关;此外还和拖拉机有关部分的调整保养质量有关。

拖拉机滚动阻力一般可按下式计算:

$$P_f = f G_T \text{ (公斤)} \quad (1-7)$$

式中 G_T ——拖拉机使用重量(公斤)

f ——滚动阻力系数

各种行走装置在不同土壤条件下的滚动阻力系数概值列于表 1—3。

由式 1—7 可见,拖拉机的滚动阻力与拖拉机重量及滚动阻力系数成正比。当其它条件相同,即滚动阻力系数一定时,拖拉机越重,滚动阻力越大。

滚动阻力系数受土壤水分的影响很大。因为土壤含水量大时,土壤变得湿软,使拖拉机轮辙较深,不仅破坏了土壤结构,而且增大了滚动阻力系数。试验表明,在土壤湿度为 5—30% 范围内,土壤湿度每增加 1%,各种行走装置的滚动阻力系数大约增加:履带为