

全国中等农业学院教材

农业机器运用

南京农业机械化学校 主编

农业机械化专业用

农业出版社

664
1-43

全国中等农业学校教材

农 业 机 器 运 用

南京农业机械化学校 主编

农业机械化专业用

农 业 出 版 社

主 编 吴浩斌 (南京农业机械化学校)
副主编 吴家骊 (北京八一农业机械化学校)
编写人员 王兆安 (山东省农业机械化学校)
主 审 奚会昆 (农业部南京农机化研究所)
审稿人员 赵琦瑜 (吉林市农业机械化学校)
叶九容 (云南省曲靖农业机械化学校)

全国中等农业学校教材

农 业 机 器 运 用

南京农业机械化学校 主编

责任编辑 姚 红

出 版 农业出版社

(北京市朝阳区农展馆北路2号)

发 行 新华书店北京发行所

印 刷 农业出版社印刷厂

* * *

开 本 787mm×1092mm16 开本

印 张 13 字数 278 千字

版、印次 1991年10月第1版

1997年10月北京第4次印刷

印 数 13,201—18,400册 定价12.70元

书 号 ISBN 7-109-01981-0/TH·92

目 录

绪 论	1
第一章 机组的运用原理	4
第一节 拖拉机的动力性能	4
第二节 作业机械的阻力特性	28
第三节 机组动力性和经济性	33
第四节 机组的运动性能	38
第五节 机组生产率及作业消耗	45
第二章 机组的作业工艺与组织	55
第一节 农业生产过程的机械化	55
第二节 谷类作物机械化作业工艺	66
第三节 农业运输	79
第三章 农业机械的技术维护	84
第一节 农业机械技术状态完好的标准和变化规律	84
第二节 农业机械的交接与技术登记	87
第三节 农业机械的试运转	89
第四节 农业机械的技术保养	94
第五节 农业机械的正确使用和保管	103
第四章 农业机械的技术诊断和故障分析	110
第一节 机器技术诊断的方法和内容	110
第二节 机器技术状态检查诊断实例	113
第三节 拖拉机的故障分析	129
第五章 油料的使用与管理	135
第一节 农机用油的种类、性能和选用	135
第二节 油料的净化	145
第三节 油料的运输、添加和计量	149
第四节 油料的贮存保管和防火	151
第五节 节约用油	154
第六章 农业机械的选型与配备	159
第一节 农业机械化区划和规划	159
第二节 农业机械系统	163
第三节 农业机械的选型	165

第四节 农业机器配备数量的确定.....	168
第七章 农机化作业的安全技术.....	175
第一节 安全生产的意义和一般规程.....	175
第二节 作业机组的安全操作.....	176
第三节 拖拉机操作环境的安全性.....	185
附：农机运用安验指导.....	190

绪 论

一、农业是国民经济的基础。党的十三届全国代表大会明确指出：“农业是关系到我国建设和改革全局的极端重要的问题”、“农业的稳定增长和农村产业结构的改革是整个国民经济长期稳定发展的基础”。因此，摆在我们面前的首要任务就是从社会主义初级阶段的实际出发、深化政治、经济体制改革，集中力量发展农业生产，促进农业以及整个农村经济向专业化、商品化、现代化转变，以优质多样的农副产品满足人民生活和国家建设日益增长的需要。为此，深化农业改革，加速农业技术改造，逐步实现农业现代化，从根本上改变我国农业的落后面貌，使广大农村经济繁荣起来，使广大农民富裕起来，才能保证把我国建设成具有中国特色的社会主义现代化强国。

农业现代化的重要标志，就是用先进的生产手段和现代科学技术装备农业，将落后的农业改造成成为具有当代世界先进水平的现代化农业，大幅度提高农业劳动生产率、土地生产率和农业产品的商品率，向社会提供所需农产品。现代农业的三个基本特点是：生产工具机械化、生产技术经济管理科学化、劳动社会化专业化，这三者的相互联系和相互促进，是现代农业生产力迅速发展的重要保证；而采用先进的生产工具来替换落后的劳动工具，以逐步实现农业生产过程机械化又是农业生产能够得到进一步发展的必然规律。农业机械在农业中的广泛应用，还会促进农业经济结构的调整，逐步形成区域化、专业化和社会化的大农业生产，以及农工商结合的经济体系。农村经济的不断发展，又可为农业生产提供更多、更先进的机械装备，从而形成了良性循环。因此，农业机械化是农业现代化的重要组成部分，世界上也常用农业机械化水平来衡量一个国家的农业现代化水平。

建国以来，我国农业机械化事业取得了很大成就。特别是十一届三中全会以来，随着农村经济的发展和体制改革的不断深入，更加促进了农业机械化的发展。1987年末，全国拥有的农业机械总动力达2.47亿千瓦，其中：大中型拖拉机约88万台，小型拖拉机约400万台，农用载重汽车约56万辆，排灌机械约630万台，粮棉油及饲料加工机械约520万台。还有一大批耕作、播种、植保、运输、收割、脱粒等机械，这些农业机械装备在不少地方已经成为生产力的重要组成部分，为广大农民所欢迎，并达到了农业生产离不开，人民生活少不了的程度。

由于我国耕作制度复杂，劳力众多，集体经济力量还比较薄弱，农业机械化必须根据我国的国情、特点和条件，有步骤、有选择地进行。在今后相当长的时期内，必须是机械化、半机械化、手工工具并举，人力、畜力、机电动力并用，工程措施和生物技术措施相结合。这就是较长时期内我国农业机械化的方针。

建国40年来,在发展农业机械化事业的同时,还培养了一大批技术力量。我国农机化管理系统已拥有一支一千多万人的队伍,并搞了很多农机化基础设施、技术培训基地,技术服务网点等等。机械的大量投入和智力的逐步开发,使农业机械化在整个农村经济生活中发挥了越来越明显的作用。实践证明,农业机械化事业的发展已为我国实现农业现代化打下了重要的物质技术基础。

当然,在农业机械化事业发展的同时,也存在一些问题亟待解决。第一,由于农村经济体制改革和农机经营形式的改变,农户私有的农业机械已占主要地位,为农业生产力的发展增长了活力,但是整个农业机械化还没有适应这种变化。放松了宏观控制,农机动力数量增长过快,使动力机械与作业机械配套严重失调。对于有机户为无机户开展作业服务还缺少必要的组织协调和办法,所以田间机械化作业量并未相应增长。第二,现有农机产品的技术经济指标一般比较落后,亟待更新换代。第三,农机技术监督和技术服务工作没有跟上,造成农业机械技术状态普遍比较差,农机作业事故较多等。存在上述问题的原因是多方面的,但是,农机化管理机构和农机技术服务体系不够健全,农机化管理缺乏行之有效的规章制度和办法,农机使用管理水平较低等,这是造成现有农业机器未能充分发挥作用的重要原因之一。因此,今后应重点加强现有农业机械的使用管理,充分发挥其作用,争取得到良好的经济效益和社会效果,为实现农业总产值翻番的目标作出应有的贡献。

二、与工业生产相比,在农业生产中使用农业机器有显然不同的特点。例如加工的主要对象是土壤和农作物;大多数农业机械需在广大面积的土地上,通过自身的移动来完成加工任务;农艺所要求的生产季节性很强;自然条件对农业机械提出的不同要求和影响等等。因此,在农业生产上实行机械化,需要研究这些新的规律。

农业机器运用就是针对农业生产中的上述特点,通过长期实践的积累,用科学的方法加以概括,逐步形成了能够指导农业机械化生产活动的一门学科。

农业机器运用是一门新的学科,在我国起步较晚。建国40年中,随着农机工业的发展和农业机器等技术装备的大量投入,以国营机械化农场的示范作用,推动了农业生产的机械化过程,不断提高我国农业生产的机械化水平,从而也充实了这门学科,使之更加符合我国国情和现阶段使用管理水平。

农业机器运用是一门实践性很强的学科。它来源于实践,又在实践中不断得到完善和发展。

农业机器运用的主要内容是阐述根据农业机械器的使用性能和生产条件,相互间经济而合理的匹配原则;以满足农艺要求为前提的正确使用方法;为保证机器处于良好的技术状态的理论依据和具体措施;为全面达到“高效、优质、低耗、安全”的技术管理等等。

通过学习本课程,要求学生掌握:

1. 正确选择机器设备和正确运用农机机组的基本原理;
2. 合理配备必须的机器装备和制订机组作业工艺,统一组织和调度机组进行作业;

3. 组织机器设备的技术维护和审验工作, 建立机器设备的技术档案和编制机器设备的维护修理计划;

4. 诊断机器设备的技术状态, 确定机器设备的最佳使用年限, 有计划, 有步骤地进行机器设备的维修和更新;

5. 组织油料、物料的计划、供应、保管和节约等工作;

6. 掌握正确操作机器设备的基本技能, 利用各项技术经济指标评定机组运用的效果;

7. 组织安全生产管理。

农业机器运用学是农业机械化专业的主要专业课, 也是以“拖拉机汽车学”和“农业机械学”为基础, 并与“农业基础”、“农机修理”、“农机化经济管理”等课程密切相配合的一门综合性课程。在讲授本门课程时, 一方面要求注意到在内容上与上述课程的合理分工和相互衔接。另一方面, 由于我国幅员广阔, 地区性的自然条件、农作物栽植种类及农艺要求各异, 使用和管理方法也各有特点, 因此应在贯彻本课程教学大纲基本要求的前提下, 结合当地的实际情况和要求, 在列举实例时应分别选定当地的常用机型及成熟的使用经验, 使之学以致用。

本教材主要通过课堂讲授、习题作业、实验实习、教学实习和生产实习等教学环节来配合完成的。

本教材中的有关计量单位, 原则上采用我国统一的法定计量单位以及与国际单位制暂时并用的单位, 个别地方保留了我国的惯用单位。

第一章 机组的运用原理

机组是进行机械化农业生产的基本运用单位。它由动力部分、传动机构、作业机械等三部分组成。实际上，机组是动力机械联结作业机械进行作业的整体。

农业生产机械化过程，运用的机组是多种多样的，但就其本质而言，只是基本组成部分的结构、性能的演变和相互不同的组合而已。其中移动式机组的典型代表即拖拉机机组，在农业生产中占有重要的地位，所以它将是本课程研究的主要对象。

第一节 拖拉机的动力性能

一、拖拉机的牵引力

(一) 拖拉机机组的牵引平衡 机组的运动是由于作用在机组上所有的力相互作用的结果。图1—1为拖拉机牵引机组在上坡运动时的受力情况。从图中可看出，作用于机组上的诸力有：

1. 推动力 (P_d)。推动力是沿机组前进方向，使机组产生运动之力，作用于拖拉机驱动装置（轮胎或链轨）上的土壤反作用力。

2. 拖拉机自身移动的阻力。它包括拖拉机行走装置引起的滚动阻力 (P_f)、上坡阻力 (P_a)、惯性力 (P_i) 等，这些阻力作用在拖拉机上，其方向与机组运动方向相反。

3. 作业机械上的牵引阻力 (R)。它作用于拖拉机挂钩上，与机组运动方向相反。

4. 作用于机组重心上的重力的垂直分力 (P) 及由于重力所引起的土壤支承反力 (N)。这一对力作用于拖拉机的轮缘和作业机械与土壤的接触点上，其大小相等，方向相反，相互抵消平衡，并且它们的方向垂直于机组的前进方向，与机组的运动无关，因此不予以研究。

为了研究方便起见，假设机组作等速直线运动，其惯性力忽略不计。则机组的牵引平衡方程可用下式表示：

$$P_d = P_f \pm P_a + R$$

在平地上时为：

$$P_d = P_f + R$$

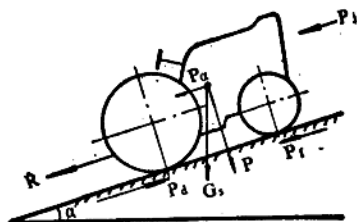


图1—1 牵引机组在坡地上作业的受力图

(二) 拖拉机的切线力 (P_t) 与附着力

1. 切线力 (P_t)。根据拖拉机发动机的扭矩 (M_e)，拖拉机传动装置的总传动比 (i_T) 和传动装置的传动效率 (η_t)，就可以计算出驱动装置上的扭矩 (M_d) 和切线力 (P_t)。

$$M_d = M_e i_T \cdot \eta_t \text{ (牛} \cdot \text{米)}$$

由发动机原理可知：

$$M_e = 9549.3 \frac{N_e}{n_e} \text{ (牛} \cdot \text{米)}$$

式中： N_e ——发动机的有效功率 (千瓦)；

n_e ——发动机的转速 (转/分)。

$$\text{则 } P_t = \frac{M_d}{r_d} = 9549.3 \frac{N_e \cdot i_T \cdot \eta_t}{r_d \cdot n_e} \text{ (牛)}$$

式中： r_d ——驱动轮的作用半径 (米)。

因考虑轮胎受压缩的影响，故作用半径 $r_d = r_0 \lambda$ ，其中 r_0 为轮胎的最大半径， λ 为压缩系数，低压胎 (1.75—5 大气压) 的 $\lambda = 0.9—0.93$ ；高压胎 (5—7 大气压) 的 $\lambda = 0.94—0.95$ 。

由上式可知，对某一台拖拉机，在一定的档位下，其总的传动比、传动效率和驱动轮的作用半径均可视为定值，所以切线力取决于发动机的转速及在该转速下相对应的有效功率。

2. 土壤的附着性能与附着力。拖拉机的驱动装置在切线力存在的条件下，与土壤作用后，能使切线力转化为推动力的程度，称为土壤的附着性能。土壤能使切线力转化为推动力的程度高，这种土壤的附着性能就好，如收获后坚硬的茬地；反之，就说其附着性能差，如松软湿地等。

当拖拉机驱动装置的切线力作用于土壤时，土壤必然给予驱动装置一个反作用力，它是土壤对驱动装置的摩擦力、土壤反抗挤压及剪切变形等反作用的合力，这个合力的水平分力，就是土壤的附着力。

土壤与驱动装置的摩擦力不足和土壤被挤压剪切变形是驱动装置滑转的原因。土壤被挤压剪切的力越大，土壤变形就越大，则驱动装置的滑转也就越严重。此时，土壤所提供的反作用也就越大。当驱动装置在达到完全滑转前的瞬间，土壤所能提供的反作用力 (反作用合力的水平分力之和)，就叫做在该条件下的土壤的最大附着力。

拖拉机驱动装置在完全滑转时，就不能正常工作，而且对土壤的破坏也很严重，这是农业技术所不允许的。因此，从运用的观点出发，最大附着力没有实用意义。我们所研究的附着力，实际上是在农业技术许可的最大允许滑转率条件下，土壤受驱动装置切线力的作用后，对其所产生的反作用力 (即水平分力之和)，称为最大允许附着力。

影响附着力的主要因素有：驱动装置的结构形式和接地面积；作用在拖拉机驱动轮或链轨上的垂直载荷——拖拉机附着重量；土壤类型、水分以及地表状态等。

拖拉机驱动装置结构形式一定时，影响最大允许附着力的主要因素是土壤的物理机械性能与附着重量。因此可以采用下述简化公式来表示最大允许附着力（ P_ϕ ）。

$$P_\phi = 9.8 \phi \cdot G_\phi \text{ (牛)}$$

式中： ϕ ——附着系数；

G_ϕ ——拖拉机附着重量（千克）。

附着系数是指拖拉机在水平地段作等速直线运动时最大允许附着力与拖拉机附着重量的比值。它是根据不同土壤，用试验方法求得的，其概值见表1—1。

表 1—1 土壤附着系数概值

土 壤 状 态	轮 式 拖 拉 机	链 式 拖 拉 机
生 荒 地	0.7—0.9	1.0—1.2
干 土 路	0.6—0.8	0.9—1.1
畜 牧 草 地	0.6—0.8	0.9—1.1
留 茬 地	0.6—0.8	0.8—1.0
耕 后 地 或 耙 后 地	0.4—0.6	0.6—0.7
雨 后 已 耕 地	0.3	0.4—0.6
压 实 的 雪 地	0.2—0.3	0.6—0.7
深 泥 泞 地	0.1	0.4—0.5

注：表中数值是在农业技术许可的最大允许滑转率下的数值，滑转率变化，则表中数值要相应变化。

拖拉机的附着重量，对链式拖拉机、四轮驱动的轮式拖拉机和手扶拖拉机而言，就等于拖拉机的使用重量（ G_s ）。两轮驱动的四轮拖拉机，其值约为拖拉机使用重量的 2/3。一般拖拉机在带有悬挂作业机械工作时，由于作业机械的部分重量加在驱动轮上，所以这时的附着重量要增大。

3. 拖拉机推动力的形成。为了便于说明问题，我们假设有一刚性平缘轮支在刚性地面上，如图1—2所示。

作用于驱动轮轴上的扭矩（ M_d ），可用以驱动轮半径（ r_d ）为力矩的水平力偶 P_t 来代替。力偶中的一个力（ P_t ）作用于轮

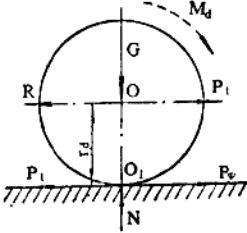


图 1—2 驱动轮在刚性路面上受力简图

轴心，另一个力（ P_t ）作用于轮缘上，这一对力就是驱动轮的切线力，其大小为 $P_t = \frac{M_d}{r_d}$

（牛）。当驱动轮缘与地面接触后，则地面受到驱动轮重量和轮缘切线力的作用，地面必将产生一个垂直反力和与轮缘切线力（ P_t ）的方向相反，大小相等的土壤切向反作用力 P_ϕ 。此力是作用于轮缘上的外力，因此，这两个力都作用于轮缘的同一个点 O_1 上，可以相互平衡抵消。所剩下作用于轮轴心上的切线力，由驱动轮轴传至拖拉机架。当切线力（ P_t ）大

于或等于拖拉机组运动时所产生的阻力之和，则机组就向前运动。这时，作用于轮轴轴心的切线力就转化为拖拉机的推动力。

由上述分析可知，拖拉机的推动力 (P_d) 是切线力 (P_t) 在足够的切向反力存在的条件下转化来的。因此，拖拉机的推动力取决于拖拉机发动机的动力性能与土壤的附着性能。仅有驱动轮轴上的扭矩（或切线力），而没有土壤的附着力，好比驱动轮在悬空着；或仅有土壤的附着力而没有驱动轮上的切线力，好比发动机不转，都不能产生推动力。所以机组能向前（后）运动，是靠着驱动轮轴的扭矩（或切线力）与土壤的附着力而产生的。切线力与附着力互相依存，互为条件。

在不同的土壤状态下，推动力分别受到最大切线力及最大允许附着力的限制，其三者间的关系见图1—3所示。横座标表示各种土壤状态，纵座标分别表示拖拉机某档次下的最大切线力 (P_t)、土壤最大允许附着力 (P_ϕ)、推动力 (P_d) 以及滚动阻力 (P_r)。当拖拉机在平地上以某档工作，而使发动机发出标定功率时，所对应的拖拉机切线力为最大切线力。因为它与土壤状态无直接关系，所以它是与横座标平行的一条直线。最大允许附着力随土壤抗剪应力的增加而增加，因此

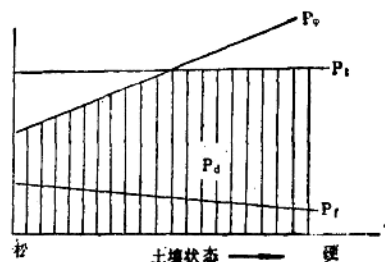


图1—3 推动力、切线力与附着力之间的关系

图中最大允许附着力 (P_ϕ) 随土壤坚实度的提高而增大。由于土壤坚实度越大，土壤越不易被挤压变形，所以在坚实的土壤上拖拉机滚动阻力就小，在松软土壤上滚动阻力就大。

从图1—3中可以看出，拖拉机在松软的土壤上工作时，最大允许附着力 (P_ϕ) 小于最大切线力 (P_t)，所以，拖拉机的最大切线力不能充分发挥。此时，推动力仅能等于最大允许附着力而小于最大切线力。这时三者之间的关系为：

$$P_d = P_\phi < P_t$$

拖拉机在坚实的土壤上工作时，由于土壤附着性能好，所以最大允许附着力 (P_ϕ) 较大，但是某档下的最大切线力是定值，所以推动力 P_d 只能等于最大切线力，而小于最大允许附着力。其三者的关系为：

$$P_d = P_t < P_\phi$$

由此可得如下结论：第一、拖拉机在松软土壤上工作，推动力受最大允许附着力的限制，发动机的功率得不到充分利用。当机组负荷加大到最大允许附着力 (P_ϕ) 值时，驱动轮滑转严重，负荷再继续增加，最终出现驱动轮完全滑转；第二、拖拉机在坚实的土壤上工作，拖拉机推动力受最大切线力的限制。当机组负荷加大到最大切线力值时，发动机开始超负荷工作，机组负荷继续增加，最终出现发动机熄火。所以只有在最大允许附着力大于或等于最大切线力时，发动机的有效功率才能被充分地利用。

(三) 拖拉机的滚动阻力和上坡阻力

1. 拖拉机的滚动阻力。拖拉机移动时，由于行走装置而产生的阻力，称为滚动阻力

(P_f)。拖拉机的滚动阻力由以下因素构成。拖拉机行驶时, 挤压土壤使土壤变形产生的阻力, 见图1—4; 行走装置中, 相对运动表面相互摩擦而产生的阻力以及轮胎变形所产生的阻力等。

拖拉机滚动阻力的大小, 与拖拉机重量、行走装置的形式和构造参数、土壤的类型和含水量、地表状况等因素密切相关。

影响滚动阻力 (P_f) 的参数虽然很多, 但主要是土壤的物理机械性能和载荷, 而载荷与滚动阻力又大致成正比关系, 即载荷越大, 滚动阻力也越大。所以可以采用下列简化公式来表示拖拉机的滚动阻力 (P_f)。即:

$$P_f = 9.8 \cdot f \cdot G_s \quad (\text{牛})$$

式中: f ——拖拉机的滚动阻力系数;

G_s ——拖拉机的使用重量 (千克)。

滚动阻力系数是在各种不同土壤条件下用实验方法测得的, 其概值见表1—2。

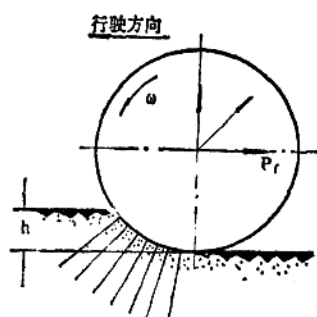


图 1—4 行走装置因下陷产生的阻力

表 1—2 拖拉机滚动阻力系数概值

土 地 种 类	轮 式 拖 拉 机	链 式 拖 拉 机
干 土 路	0.03—0.05	0.05—0.07
生 荒 地	0.05—0.07	0.06—0.07
留 茬 地	0.08—0.10	0.07—0.08
耕 后 地	0.12—0.18	0.08—0.09
耙 后 地	0.16—0.18	0.08—0.10
软砂质土	0.12	0.10
微 砂 土	0.30—0.40	0.10
深泥脚田	0.20—0.30	0.10—0.15

由于滚动阻力的计算公式, 仅考虑了土壤及载荷对滚动阻力的影响, 而没有反映出轮胎气压、轮胎尺寸、链轨紧度以及地表状态等对滚动阻力的影响, 因此所求得的滚动阻力只是概略值。

2. 拖拉机的上坡阻力。拖拉机上坡行驶时, 产生的附加运动阻力, 就是上坡阻力 (P_a)。如图1—5所示, 拖拉机沿地面坡度角上坡行驶时, 其重力可分解为垂直和平行于坡路的两个分力。其中, 平行于坡路的分力与上坡方向相反, 即为上坡时的附加运动阻力——上坡阻力。其值可用下式计算:

$$P_a = 9.8 \cdot G_s \cdot \sin \alpha \quad (\text{牛})$$

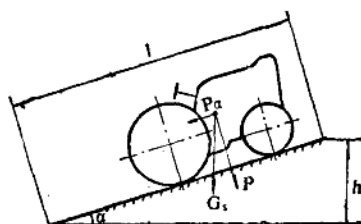


图 1—5 拖拉机在坡地上力的分解

式中: G_s ——拖拉机使用重量 (千克);

α ——坡度角 (度)。

上坡阻力计算举例: 用东方红-75拖拉机, 在 10° 的斜坡上作业, 拖拉机使用重量约为5600 (千克)。则上坡阻力 P_a 为:

$$\begin{aligned}P_a &= 9.8 \cdot 5600 \cdot \sin 10^\circ \\&= 9.54 \text{ (千牛)}\end{aligned}$$

相反, 当拖拉机下坡行驶时, 相应产生附加推动力, 其数值与上坡阻力相等, 但两者方向相反。

为了计算方便, 可用坡高 h 及坡长 l 的比值 i 表示坡度。即 $h/l = \sin \alpha = i$ 。于是上坡阻力便可由下式来表示:

$$P_a = 9.8 G_s \cdot i \text{ (牛)}$$

式中 i 为坡度值, 可近似地按每 1° 坡度为1.74%计算。如坡度角 α 为 5° , 则 $i = 1.74\% \times 5 = 8.7\%$ 。

(四) 牵引力及其计算 拖拉机机组移动时, 拖拉机的推动力克服了自身移动的阻力以后, 剩下的那部分通过拖拉机挂钩, 用来牵引作业机械工作的力, 就是牵引力 P_T 。工作时牵引力的大小是根据作业机械阻力的变动而变化的。

根据牵引平衡可知:

$$\begin{aligned}P_T &= P_d - P_f \pm P_a \text{ (牛)} \\&= P_d - 9.8 G_s \cdot (f \pm i) \text{ (牛)}\end{aligned}$$

如前所述, 在附着性能好的土壤上, 拖拉机推动力受最大切线力的限制, 此时推动力(P_d)等于最大切线力(P_t)而小于最大允许附着力(P_ϕ)。此时拖拉机的牵引力为:

$$\begin{aligned}P_{Tn} &= P_t - P_f \pm P_a \\&= 9549.3 \frac{N_s}{r_d \cdot n_s} \cdot i_T \cdot \eta_t - 9.8 G_s (f \pm i) \text{ (牛)}\end{aligned}$$

式中: P_{Tn} ——拖拉机标定牵引力 (牛)。

当土壤附着性能差, 附着力不足时, 拖拉机推动力受最大允许附着力的限制, 拖拉机最大切线力不能充分发挥。此时推动力(P_d)等于最大允许附着力(P_ϕ)而小于最大切线力(P_t)。此时拖拉机的牵引力为:

$$\begin{aligned}P_T &= P_\phi - P_f \pm P_a \\&= 9.8 [G_\phi \cdot \phi - G_s (f \pm i)] \text{ (牛)}\end{aligned}$$

式中: P_T ——拖拉机正常牵引力 (牛)。

例题: 计算东方红-75拖拉机在割后地, 用II档作业时的牵引力。

已知: 东方红-75拖拉机有关技术资料:

$N_s = 55.13$ (千瓦) $n_s = 1500$ (转/分) $G_s = 5600$ (千克)

$$\eta_t = 0.85 \quad i_T = 31.98 \quad D_d = 0.652 \text{ (米)}$$

有关土壤条件的资料:

$$\phi = 0.9 \quad f = 0.07 \quad i = 3.5\%$$

解:

1. 求拖拉机最大切线力 P_t

$$P_t = 9549.3 \times \frac{55.13 \times 31.98 \times 0.85}{0.326 \times 1500} = 29264.5 \text{ (牛)}$$

2. 求最大允许附着力 P_ϕ

$$P_\phi = 9.8\phi \cdot G_\phi = 9.8 \times 0.9 \times 5600 = 49329 \text{ (牛)}$$

3. 比较最大切线力 P_t 及最大允许附着力 P_ϕ , 结果 $P_\phi > P_t$ 。

4. 取推动力 P_d 等于最大切线力, 即

$$P_d = P_t = 29264.5 \text{ (牛)}$$

5. 求拖拉机滚动阻力 P_f

$$P_f = 9.8f \cdot G_s = 9.8 \times 0.07 \times 5600 = 3841.6 \text{ (牛)}$$

6. 求上坡阻力 P_a

$$P_a = 9.8i \cdot G_s = 9.8 \times 3.5\% \times 5600 = 1920.8 \text{ (牛)}$$

7. 求牵引力 P_T

$$P_T = P_d - P_f \pm P_a$$

上坡时:

$$\begin{aligned} P_T &= 29264.5 - 3841.6 - 1920.8 \\ &= 23502.1 \text{ (牛)} = 23.5 \text{ (千牛)} \end{aligned}$$

下坡时:

$$\begin{aligned} P_T &= 29264.5 - 3841.6 + 1920.8 \\ &= 27343.7 \text{ (牛)} = 27.34 \text{ (千牛)} \end{aligned}$$

若功率单位用 (马力), 力的单位用 (千克力) 则可做如下解:

1. 求拖拉机最大切线力 P_t

$$P_t = 716.2 \times \frac{75 \times 31.98 \times 0.85}{0.326 \times 1500} = 2985.96 \text{ (千克力)}$$

2. 求最大允许附着力 P_ϕ

$$P_\phi = \phi \cdot G_\phi = 0.9 \times 5600 = 5040 \text{ (千克力)}$$

3. 比较最大切线力 P_t 及最大允许附着力 P_ϕ , 结果 $P_\phi > P_t$ 。

4. 取推动力 P_d 等于最大切线力 P_t , 即

$$P_d = P_t = 2985.96 \text{ (千克力)}$$

5. 求拖拉机滚动阻力 P_f

$$P_f = f \cdot G_s = 0.07 \times 5600 = 392 \text{ (千克力)}$$

6. 求上坡阻力 P_a 。

$$P_a = i \cdot G_s = 3.5\% \times 5600 = 196 \text{ (千克力)}$$

7. 求牵引力 P_T

$$P_T = P_k - P_f \pm P_a$$

上坡时:

$$P_T = 2985.96 - 392 - 196 = 2397.96 \text{ (千克力)}$$

下坡时:

$$P_T = 2985.96 - 392 + 196 = 2789.96 \text{ (千克力)}$$

二、拖拉机的速度 拖拉机的速度是拖拉机动力性能的主要参数之一，它决定着整个机组的运动速度，是直接影响机组运用指标的重要因素。

(一) 拖拉机的理论速度 (v_L) 拖拉机的理论速度，是假定拖拉机的行走装置和土壤间没有相对滑转的情况下的行驶速度。所以，数值上它应等于驱动轮轮缘或链轨的线速度。

轮式拖拉机的理论速度可用下式计算：

$$\begin{aligned} v_L &= 2\pi r_d \cdot n_d \frac{60}{1000} \\ &= 0.377 r_d \cdot n_d \\ &= 0.377 \frac{r_d \cdot n_s}{i_T} \text{ (千米/小时)} \end{aligned}$$

式中： r_d ——驱动轮的作用半径（米）；

n_d ——驱动轮的转速（转/分）；

n_s ——发动机曲轴转速（转/分）；

i_T ——拖拉机该档下总传动比。

考虑到轮胎受压缩的影响，故驱动轮的作用半径应用下式计算：

$$r_d = r_0 \cdot \lambda \text{ (米)}$$

式中： r_0 ——驱动轮无负荷时，轮胎的最大半径（米）；

λ ——驱动轮受负荷时，轮胎的压缩系数。

链式拖拉机的理论速度可用下式计算：

$$v_L = t \cdot Z \cdot n_d \cdot \frac{60}{1000} = 0.06 \frac{t \cdot Z \cdot n_s}{i_T} \text{ (千米/小时)}$$

式中： t ——链轨节距（米）；

Z ——绕驱动轮一周的链轨节数，即驱动链轮齿数；

n_0 ——发动机曲轴转速（转/分），

i_T ——拖拉机该档下总传动比。

（二）拖拉机的工作速度

1. 滑转。拖拉机行走时，由于土壤受力后要变形，而使土壤与驱动装置间产生相对滑动，这就是滑转。

由于滑转的存在，使拖拉机实际工作时的速度比理论速度有所下降，一般用滑转率（ δ ）来表示速度下降的程度。

拖拉机滑转率可用简易方法测得。假定拖拉机空行时，其驱动装置没有滑转，则滑转率可按下式计算。

$$\delta = \frac{n_1 - n_0}{n_1} \times 100\%$$

式中： n_1 ——拖拉机有负荷，走完某一段路程驱动轮的平均转数，

n_0 ——拖拉机空行时，走完同一段路程驱动轮的平均转数。

试验结果表明，影响滑转率（ δ ）的主要因素有：拖拉机驱动装置的结构、土壤的种类和状态、附着重量和拖拉机的牵引阻力等。一般关系如下：

（1）轮式驱动装置的滑转率较链式驱动装置的滑转率大；

（2）土壤越松软，滑转率越大；

（3）在一般土壤条件下，附着重量大的拖拉机滑转率小；

（4）拖拉机挂钩上的负荷越大，则滑转率越大，在松软的土壤上尤其明显。

拖拉机在形成推动力的同时，土壤被驱动轮挤压，必然伴随有驱动轮的滑转。图1—6为拖拉机滑转率（ δ ）与推动力（ P_d ）的关系。

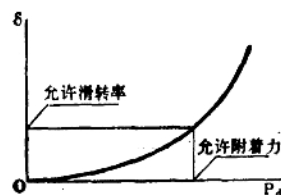


图 1—6 拖拉机滑转率与推动力的关系

由图可见，在一定范围内，滑转率随推动力的增长而较缓慢地增加；但推动力增长到某一值后，土壤遭到严重的剪切破坏。此时，随着推动力的有限增加，滑转率却迅速增长，以致驱动装置完全滑转，拖拉机不能行驶。在农业生产中，为保证机组正常工作，各种驱动装置的滑转率均受一定限制。根据试验资料，我国规定的拖拉机正常工作时的最大允许滑转率值为：

轮式拖拉机 旱田茬地20%，水田茬地25%；

链式拖拉机 旱田茬地7%；

手扶拖拉机 旱田茬地、水田茬地25%；

水田叶轮 水田茬地40%。

2. 拖拉机的工作速度。拖拉机在一定滑转率下的行驶速度为工作速度（ v_z ）。若已知