

关于机组的动力性能

The background is a solid blue color with a gradient. A thin, light blue curved line starts from the left edge and curves downwards towards the bottom center. A larger, semi-transparent blue triangular shape is positioned in the lower right quadrant, pointing towards the bottom right corner.

一 标定功率

发动机作为动力机械，通过传动机构来带动作业机械，并克服负荷对外做功，其克服负荷而作功的能力即为**发动机动力性能**。发动机动力性能的最基本指标是发动机**有效扭矩** M_e (N.m)、**有效功率** N_e (kW)和**转速** n_e , (r / min), 其关系为:

$$N_e = M_e n_e / 9550 \quad (\text{kW})$$

第一节 发动机的动力性能

农用柴油机和拖拉机用柴油机，由于其使用特点，要求柴油机能在班时间内连续运转，并有一定功率储备以适应短时间超载。按照规定，一般给出的标定功率是12小时功率，有的还标出1小时功率。如S195柴油机铭牌上标出：

12小时功率： 8. 8kW(12马力) / 2000r / min

1小时功率： 9. 7kW(13.2马力) / 2000 r / min

1小时功率是一种储备功率，即保证连续田间作业时发挥80—90%的功率，在短时间内，可发挥100%的功率。

有的拖拉机发动机，则通过调速器扭矩校正来保证一定的扭矩储备。以克服短时间超负荷(按照要求，扭矩储备率：单缸机 > 12%，多缸机 > 15%)。

第一节 发动机的动力性能

二、使用条件下的有效功率：

$$N_e = N_{eN} \lambda_t \lambda_d \lambda_v$$

N_e ：有效功率；

N_{eN} ：标定功率；

λ_t ：时间系数；

λ_d ：动态系数；

λ_v ：概率系数；

所以： $N_e < N_{eN}$ ，降低程度与阻力矩性质、发动机技术状态、发动机调速性能、以及机组惯性质量等有关。

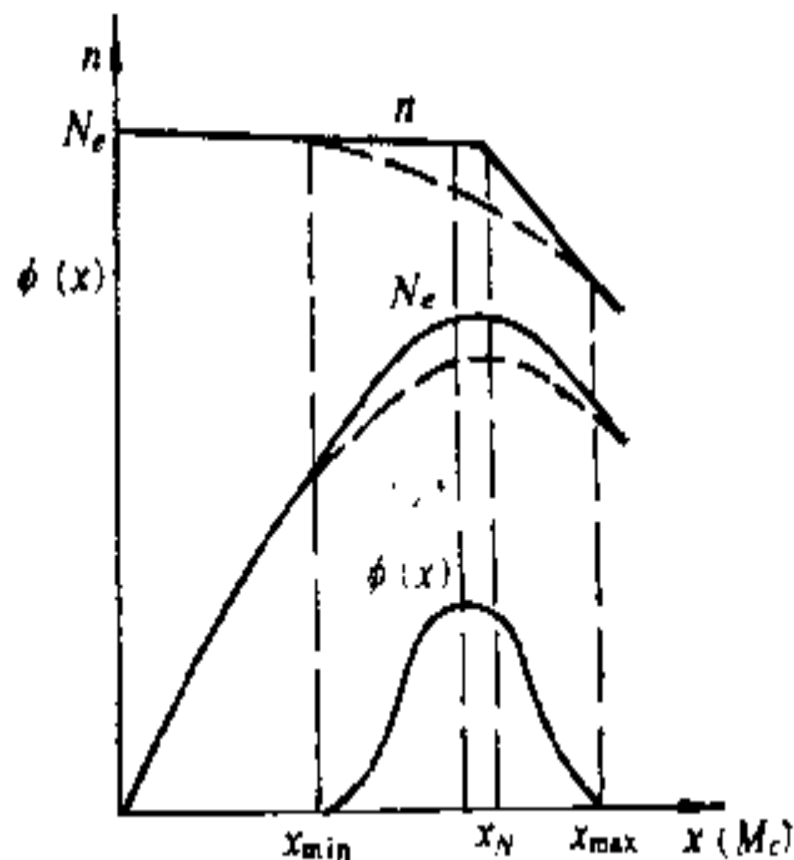


图 2-1 在随机负荷特性条件下的发动机特性曲线

实线：台架试验；虚线：使用条件

三、大气状况对有效功率的影响

发动机在高原工作时，由于大气压力降低，空气密度减小，使充进气缸的空气量减少，而残余废气量增加，导致发动机有效功率下降，燃油消耗率增加。例如，S195柴油机，海拔高度每增高1000m，有效功率平均下降11%，燃油消耗率增加5%。

在高原地区，为了充分发挥发动机有效功率，最有效的办法是在柴油机上安装增压器。柴油机装增压器后，增加了充气量，相应提高了压缩终了的气体压力和温度，从而改善了发动机的动力性能和经济性能。

第一节 发动机的动力性能

大气温度也影响充气密度，高温对发动机工作有显著影响。试验表明，进气温度在 29.4°C 以上，每增加 5.5°C ，非增压柴油机的功率要下降2%。

所以，**使用中发动机的有效功率总是低于其标定值**。因此，在机组编制的计算中，必须考虑到三个系数对发动机指标的修正。

我国地域辽阔，海拔高度有很大差异。因此，各地应根据国家标准所规定的办法，对发动机标定功率进行修正，以便在现场对发动机测功时，获得非标准环境状况下发动机技术状态的参考标准值。

第二节 拖拉机的驱动力和牵引力

一 机组运动方程式

作用于机组的外力，在行驶方向上有：

1. 机组驱动力 P_q 。(土壤反作用力的分力)，是由拖拉机驱动装置与土壤相互作用而形成的。

2. 阻力：机组内作业机械牵引阻力 R ，是由作业机械完成工艺

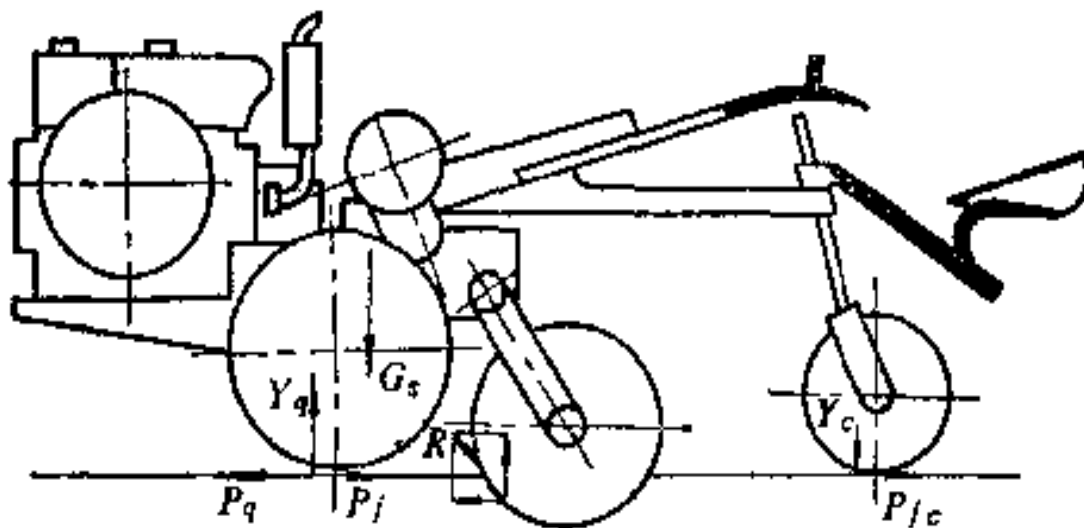


图 2-2 手扶拖拉机旋耕机组在平地上作业时的受力图

过程和移动而产生的；拖拉机行驶阻力 P_f ，是由行驶装置使土壤变形、摩擦损失等产生的；拖拉机的上坡阻力 $P_\alpha = \pm G_s \sin \alpha$ (G_s 为拖拉机使用重量)；此外，尚有拖拉机的空气阻力，由于农业机组行驶速度不高，通常略而不计。因此，机组总的阻力为：

$$P_\Sigma = R + P_f + P_\alpha$$

在垂直于行驶平面上有：

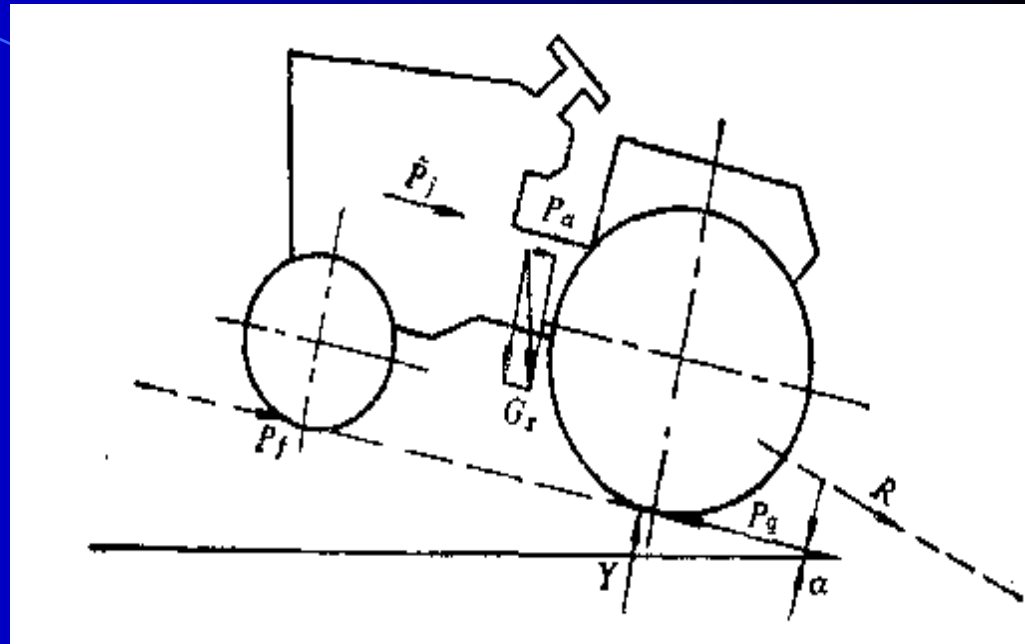
1. 机组重力分力 $G_s \cos \alpha$
2. 土壤对拖拉机的驱动

装置和行驶装置以及作业机械的支承装置和工作部件的垂直反力 Y 。

当机组运动和做功时

，运动速度 v 、机组等效质量 m 和作用在机组运动方向上的力之间有一定的关系。

这一关系用运动方程式来确定。惯性力



拖拉机犁耕机组在坡地作业受力图

$$P_j = dv/dt = (P_q - P_\Sigma) / m$$

各变量具有随机特性。

第二节 拖拉机的驱动力和牵引力

二 拖拉机的牵引平衡

$$P_q = R + P_f \pm P_a \pm P_j$$

该式为拖拉机**牵引平衡方程式**。

在实际计算中，取加速度为零。这样，牵引平衡方程式为：

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

在稳定运动条件下，拖拉机牵引力 $P_T = R$ ，而驱动力 $P_q = P_\Sigma = R + P_f + P_a$

拖拉机的驱动力和牵引力是表明**拖拉机动力性能**的指标，这些指标数值不完全取决于所克服的阻力值，还取决于拖拉机及其发动机的性能。

第二节 拖拉机的驱动力和牵引力

三 机组驱动力

由拖拉机发动机通过传动系传到拖拉机驱动轮上的扭矩称为拖拉机的驱动扭矩 M_q ，在驱动扭矩作用下，驱动轮与土壤相互作用形成驱动力 P_q 。对拖拉机来说，这是一个外力，是土壤反作用力平行于地面的分力。作用在驱动轮上的主动力，向轮心简化得力 F 和扭矩 M_q ：

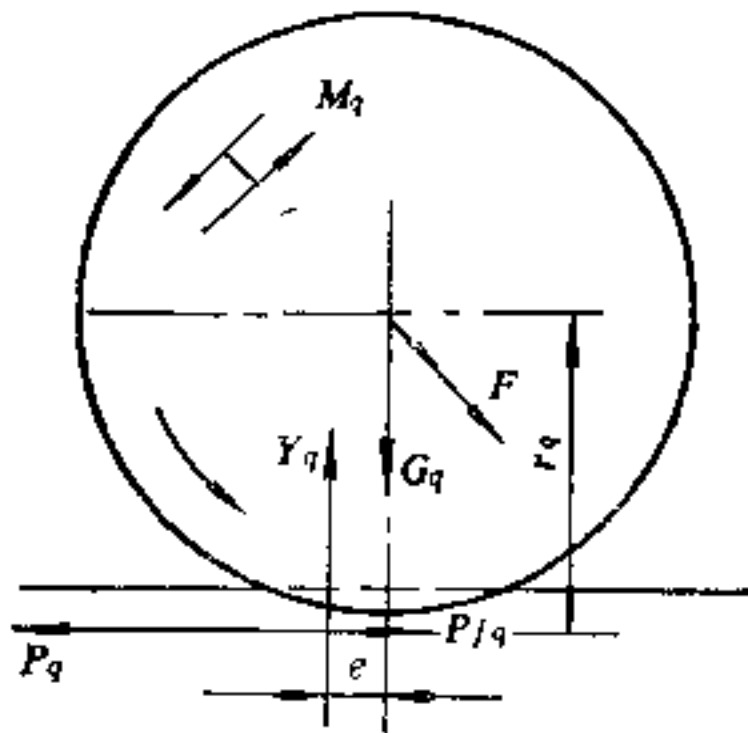


图 2-4 驱动轮受力图

$$M_q = M_e \eta_c i_\Sigma$$

M_e ：发动机扭矩；

η_c ：传动系效率；

i_Σ ：总传动比。

驱动轮上外力还有： P_q 、 Y_q 、 P_{f1}

第二节 拖拉机的驱动力和牵引力

在等速直线运动条件下，列出力矩平衡方程式得

$$M_q = M_e \eta_c i_\Sigma = (Y_q e - P_{fq} r_q) + P_q r_q = M_{cq} + P_q r_q$$

$$P_q = \frac{M_e \eta_c i_\Sigma}{r_q} - \frac{Y_q e - P_{fq} r_q}{r_q}$$

从发动机经传动系传给驱动轮的主动扭矩，用来克服两个力矩：第一个是克服驱动轮转动的阻力矩 M_{cq} ；第二个形成驱动力 P_q 。上式表明，驱动轮的滚动阻力是在驱动力形成之前被克服了的，它与从动轮滚动阻力不同，从动轮的滚动阻力是用驱动力来克服的。

第二节 拖拉机的驱动力和牵引力

驱动力是由驱动轮轮缘和轮齿作用于土壤的剪切反力，以及轮缘与土壤间的摩擦力构成的，可以用下式表示：

$$P_q = \sum \int_0^h \int_0^b dhdb \tau_x + \sum P_m$$

$dhdb$ ：垂直于行驶方向的轮齿与土壤接触的面积

τ_x ：土壤应力平行于地面的投影

P_m ：相应的摩擦力

由此可以算出所给土壤能够形成的驱动力极限值。可是因为驱动轮对土壤的作用点和土壤应力的极限值很难确定，所以上式只能用作驱动力构成的定性分析，还不能用于实际计算。

第二节 拖拉机的驱动力和牵引力

通常，都是用附着系数 μ 来计算驱动力 P_q 。附着系数是驱动力与拖拉机附着重量之比，用试验方法确定： $\mu = P_q / G_\mu$

履带式、手扶式和四轮驱动拖拉机： $G_\mu = G_s$

而单轴驱动的四轮拖拉机：

$$G_\mu = \frac{G_s(L - a) \cos \alpha + M_q}{L} \approx \frac{2}{3} G_s$$

L：拖拉机的轴距；

a：拖拉机重心的纵向坐标。

第二节 拖拉机的驱动力和牵引力

形成驱动力的同时，必然伴随着驱动轮的滑转。从滑转率曲线可见，在一定范围内，驱动力与滑转率近似正比例增长。当驱动力增长到某一值后，土壤遭到严重的剪切破坏，此时滑转率迅速增长，而驱动力不能增长很多。在农业生产中，对驱动轮的滑转有一定限制，因为驱动轮过大的滑转会使得土壤结构遭到破坏和引起轮胎迅速磨损；此外，滑转率达

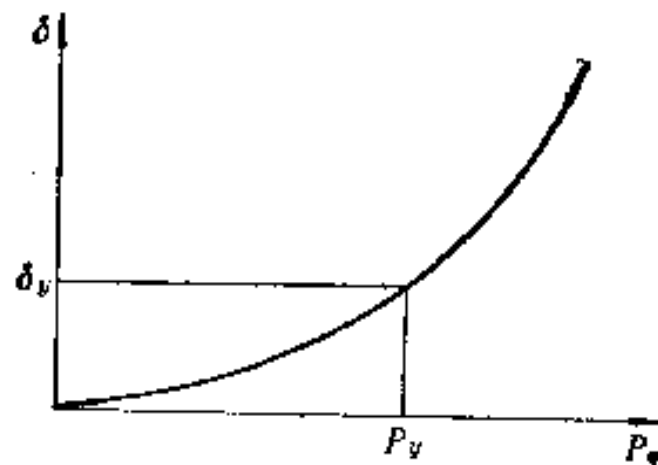


图 2-5 滑转率曲线

到某一值后，滑转（速度）损失的功率将超过增加驱动力所得的功率。因此，规定出一个最大允许滑转率值 δ_y ：轮式拖拉机：旱田茬地 20%，水田茬地 25%；履带式拖拉机，旱田茬地 7%；手扶式拖拉机，旱田茬地、水田茬地 25%；水田叶轮：水田茬地 40%。

第二节 拖拉机的驱动力和牵引力

在最大允许滑转条件下，通过试验得到附着系数 μ_δ ，由此计算出来的驱动力称为附着力： $P_\mu = \mu_\delta G_\mu$ 用拖拉机完全滑转($\delta = 100\%$) 瞬时所能达到的最大附着系数 μ_{\max} 计算出来的驱动力，称为最大附着力： $P_{\mu\max} = \mu_{\max} G_\mu$ 各种拖拉机在不同土壤上的附着力是不一样的。在松土上附着力要小些，而在硬土上要大些。右图表示驱动力与土壤坚实度的关系。

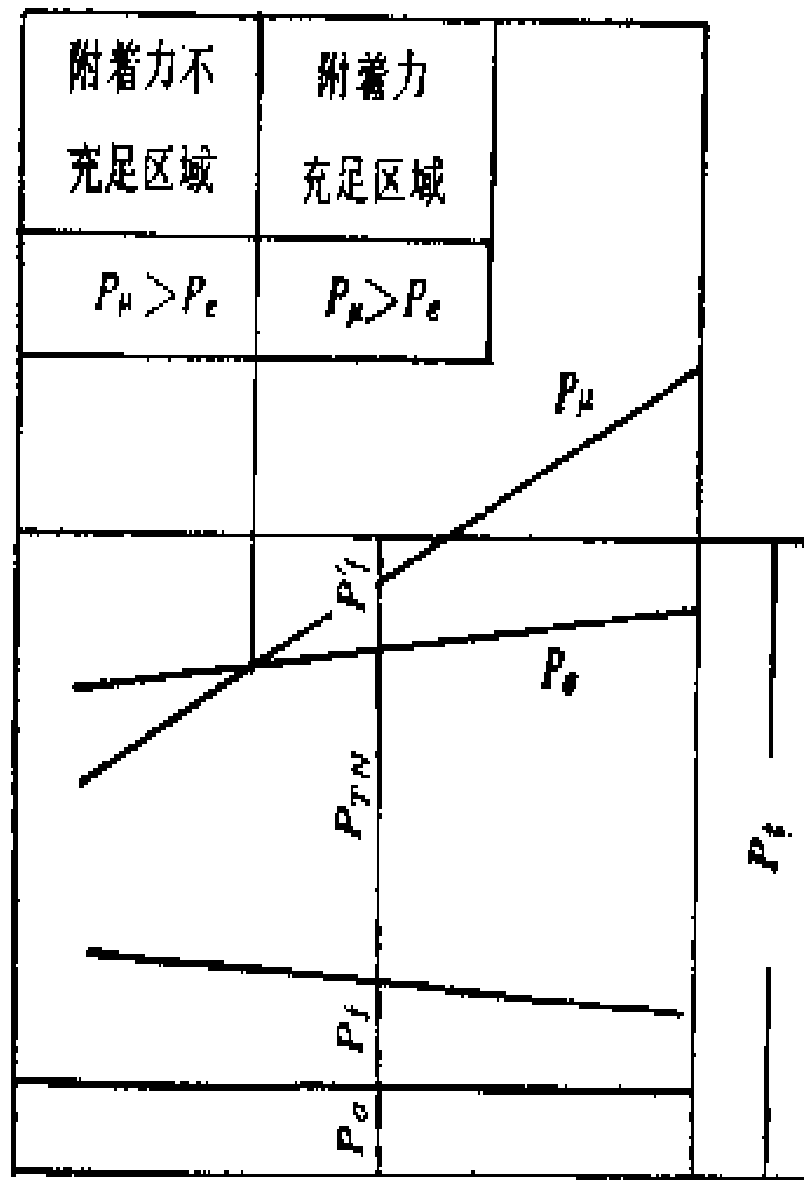


图 2-6 驱动力与牵引力图

第二节 拖拉机的驱动力和牵引力

因为驱动力是由发动机的扭矩经传动系传到驱动轮上形成的，所以，驱动力值也受到发动机扭矩的制约，与 M_{eN} 相对应的驱动力称为由发动机能力决定的额定驱动力 P_{eN} ：

$$P_{eN} = \frac{M_{eN}}{r_q} \eta_c i_\Sigma - \frac{M_{cqN}}{r_q}$$

$$\frac{M_{eN}}{r_q} \eta_c i_\Sigma = \frac{M_q}{r_q} = P_{tN}$$

拖拉机驱动切线力；

$$\frac{M_{eqN}}{r_q} = P'_{fN}$$

额定负荷时驱动轮滚动阻力

第二节 拖拉机的驱动力和牵引力

四、拖拉机牵引力

在等速运动条件下，平地上： $P_{TN} = P_{qN} - P_f$

上下坡时： $P_{TN} = P_{qN} - P_f \pm P_\alpha$

结论：1. 拖拉机的驱动力和牵引力，在**坚硬**的土壤上，这些数值受**发动机工作能力**的限制；而在**疏松土壤**上，受**驱动轮与土壤附着能力**的限制，这时，发动机功率得不到充分的利用，为此需要采用提高拖拉机附着性能的措施，如增加配重、增设轮爪、更换叶轮等，使拖拉机驱动力达到由发动机能力所决定的驱动力值；或者提高速档，使发动机功率得到充分利用。当拖拉机在附着力充足的坚硬土壤上工作时，上述附加装置应该拆除，以免加大拖拉机的滚动损失。

第二节 拖拉机的驱动力和牵引力

2. 拖拉机的滚动阻力包括两个组成部分：驱动轮的滚动阻力是在形成驱动力之前以扭矩形式被克服；从动轮的滚动阻力是在形成牵引力之前以力的形式为驱动力所克服。由于分别试验确定驱动轮和从动轮的滚动阻力有困难，所以把它们一并考虑，并为了简化计算，设一个总的滚动阻力系数 f ： $f = P_f / G_s$ ；用试验方法得到。

表 2-1 拖拉机的 μ_s 和 f 值一般范围

| 型 式 | 柏 油 路 | | 旱 田 茬 地 | | | 水 田 茬 地 | |
|-------|-----------|------------|-----------|------------|----------|---------|------------|
| | f | μ_{15} | f | μ_{20} | μ_7 | f | μ_{20} |
| 轮 式 | 0.02—0.03 | 0.7—0.8 | 0.05—0.1 | 0.5—0.65 | — | 0.2—0.3 | 0.6—0.8 |
| 履 带 式 | — | — | 0.08—0.12 | — | 0.7—0.85 | — | — |

第二节 拖拉机的驱动力和牵引力

当 $P_{\mu} > P_{eN}$ 时，拖拉机的牵引力为：
只用于牵引作业

$$P_{TN} = P_{qN} - P_f = \frac{M_{eN}}{r_q} \eta_c i_{\Sigma} - fG_s$$

用于牵引同时兼有动力输出作业

$$P_{TN} = 9550 \frac{N_{eN} - \frac{N_d}{\eta_d}}{n_{eN} r_q} \eta_c i_{\Sigma} - fG_s$$

当 $P_{\mu} < P_{eN}$ 时， $P_T = P_{\mu} - P_f = \mu_{\delta} G_{\mu} - fG_s$

第三节 拖拉机的功率指标

一 拖拉机的功率平衡

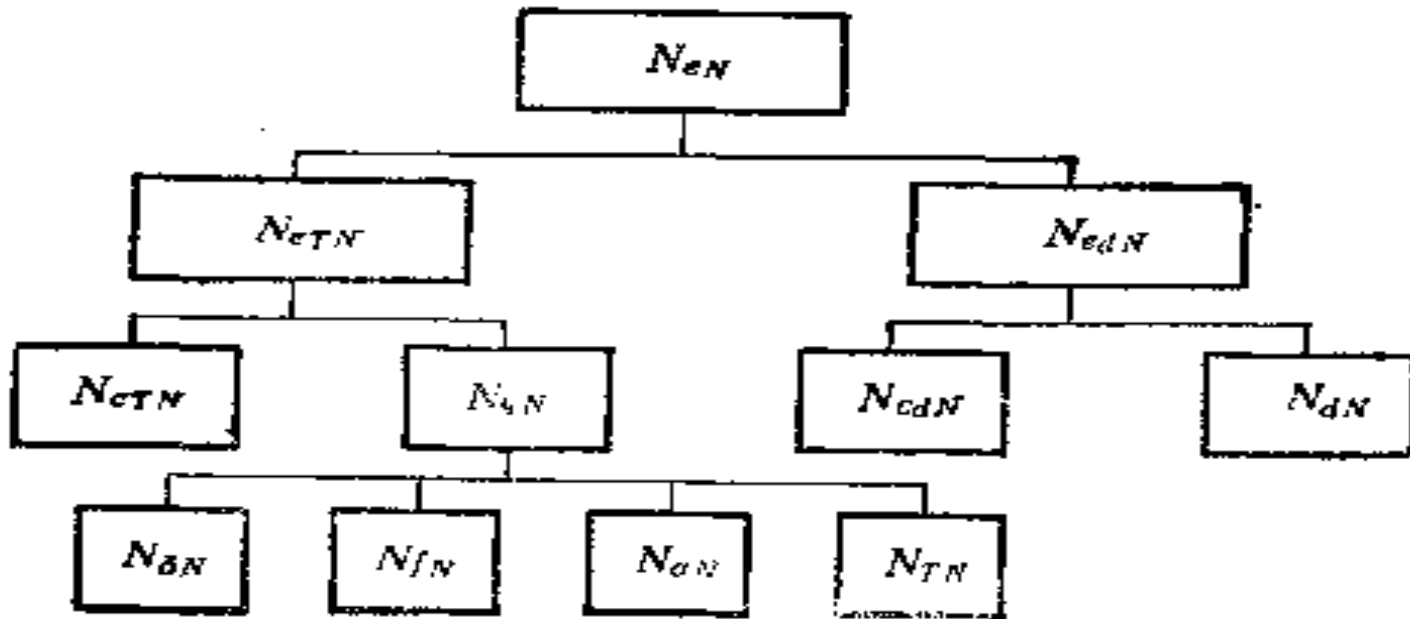


图 2-7 拖拉机功率平衡

牵引，并兼有动力输出： $N'_{TN} = N_{eN} - N_{dN} - N_{cN}$

牵引： $N_{TN} = N_{eN} - N_{cN}$ （具有的作功能力）

实际功率消耗和利用： $N_e = N_T + N_d + N_c$

第三节 拖拉机的功率指标

二 拖拉机的功率损失

(一)传动系的功率损失 发动机功率经传动系传往牵引拉杆和动力输出轴时有一定的功率损失，分别为 N_{c_T} 和 N_{cd} 。这一功率损失表现为机械损失和液力损失，即由齿轮啮合的摩擦阻力、轴承间的摩擦阻力、油封与轴间的摩擦阻力、以及齿轮的搅油阻力等造成的。机械损失占整个传动系损失的90—95%。其中，齿轮啮合占70%，轴承占20%，油封占10%。传动系的功率损失的大小，取决于传动副的种类和对数，零件的加工和安装调整精度，零件的磨损程度以及润滑油的粘度、油面和齿轮的线速度等。

第三节 拖拉机的功率指标

传动系功率损失的大小用传动效率 η_c 和动力输出轴效率 η_d 表示：

$$\eta_c = N_q / N_{eT} ; \quad \eta_d = N_d / N_{ed}$$

轮式拖拉机 $\eta_c = 0.91—0.92$ ；履带式拖拉机 $\eta_c = 0.86—0.88$ ；手扶拖拉机： $\eta_c = 0.75$

传动系功率损失为： $N_{cT} = N_{eT} (1 - \eta_c)$ ；

$$N_{cd} = N_{ed} (1 - \eta_d)$$

为了减少传动功率损失，除设计和制造因素之外，在使用和维修中，应注意及时更换超过磨损极限的传动零部件，正确装配和调整各个传动副，保证传动系各部位的润滑等。

第三节 拖拉机的功率指标

(二)驱动轮滑转的功率损失 用滑转效率 η_δ 来衡量滑转功率损失 N_δ ，它等于实际推动拖拉机机架的功率 $P_q v_z$ 与假定无滑转时推动机架的功率 $P_q v_1$ 之比，即

$$\eta_\delta = P_q v_z / P_q v_1 = v_z / v_1 = 1 - \delta$$

滑转功率损失为：

$$N_\delta = N_q \delta = N_q (1 - \eta_\delta)$$

可见，驱动轮滑转的功率损失是速度的损失，滑转损失完全取决于滑转率。因此，轮式拖拉机在疏松土壤上作业，需要采取提高附着力的措施，以减少滑转损失。

第三节 拖拉机的功率指标

(三)拖拉机滚动的功率损失 拖拉机在行驶过程中，由于土壤被行走装置压实而形成轮辙，土壤与轮胎胎面的摩擦阻力、轮胎变形、行走装置轴承的摩擦阻力、履带板与销子间的摩擦阻力等构成了拖拉机滚动的功率损失 N_f 。这一损失表现为力的损失。滚动功率损失用滚动效率 η_f 来衡量，它等于拖拉机的牵引功率 N_T 与推动机架的功率 $P_q v_z$ 之比， $\eta_f = P_T v_z / P_q v_z = P_T / P_q = 1 - P_f / P_q$ ；滚动功率损失 $N_f = P_f v_z / 3600$ 提高驱动力和减小滚动阻力都能减少滚动损失。应正确检查、调整和润滑行走装置，由于拖拉机使用重量与滚动阻力成正比，因而应该根据土壤条件正确选择机型和采用增重措施。

第三节 拖拉机的功率指标

(四)拖拉机上坡的功率损失 拖拉机克服上坡阻力的功率损失 N_{α} 为:

$$N_{\alpha} = P_{\alpha} v_z / 3600 = G_s \sin \alpha v_z / 3600$$

三 拖拉机的牵引功率 N_T

$$N_T = P_T v_z / 3600$$

拖拉机的牵引功率利用率

$$\xi_{NT} = N_T / N_{TN}$$

第四节 拖拉机的牵引附着性能

一 拖拉机的牵引特性

拖拉机的动力性能，指的是拖拉机在允许滑转率条件下所能发挥的牵引能力，主要用以下指标来衡量：各档所能发挥的牵引力、行驶速度、牵引功率和牵引效率。因为拖拉机牵引能力的发挥受限于它的附着性能，所以，拖拉机的动力性能也常称为牵引附着性能。

为了表明拖拉机的动力性能，在研究拖拉机机组及其运用问题时，广泛利用拖拉机的牵引特性。拖拉机的牵引特性，是拖拉机的主要动力性能指标和经济性能指标，在各速档下随牵引力变化的曲线图。

第四节 拖拉机的牵引附着性能

拖拉机的牵引特性曲线，是在一定土壤条件下，拖拉机牵引负荷在水平地段上稳定工作时，测定和计算出下列参数：牵引力 P_T 、行驶速度 v 、滑转率 δ 、牵引功率 N_T 、燃油消耗量 G_T 和燃油消耗率 g_T ，然后以牵引力 P_T 为横坐标，其它参数为纵坐标绘制而成。从图上可以查明在该种土壤条件下，拖拉机动力性能的指标值及其变化规律，以便合理地发挥拖拉机功率和获得良好的经济效果。

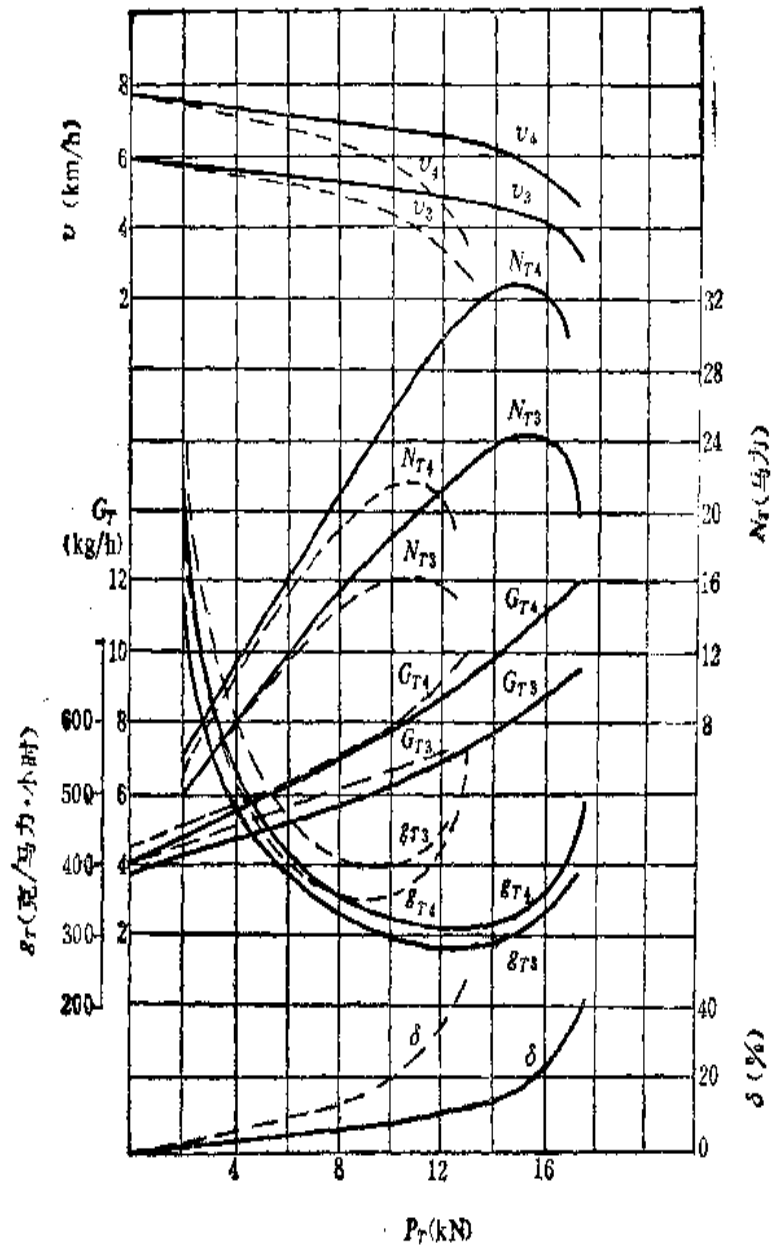


图 2-9 东风-50S型四轮驱动拖拉机在稻茬旱田的牵引特性
 ----- 两轮驱动 ———— 四轮驱动

返回

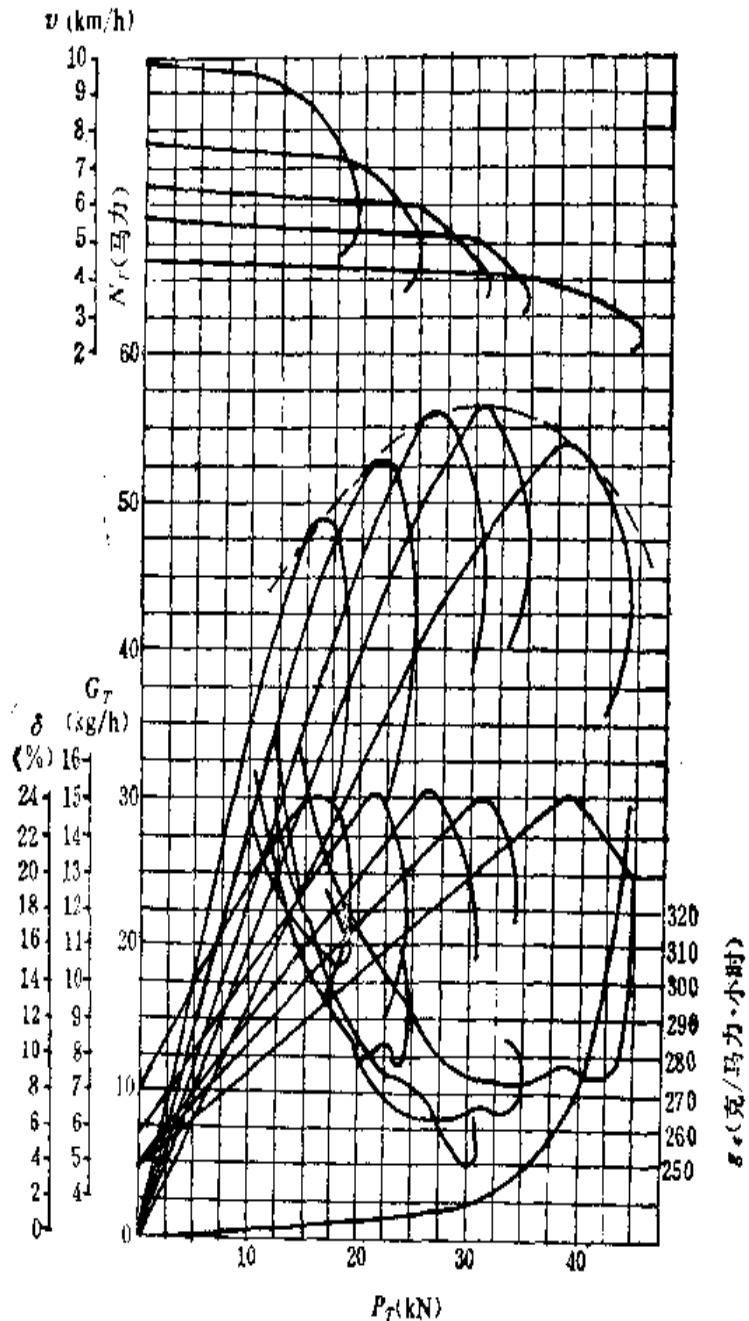
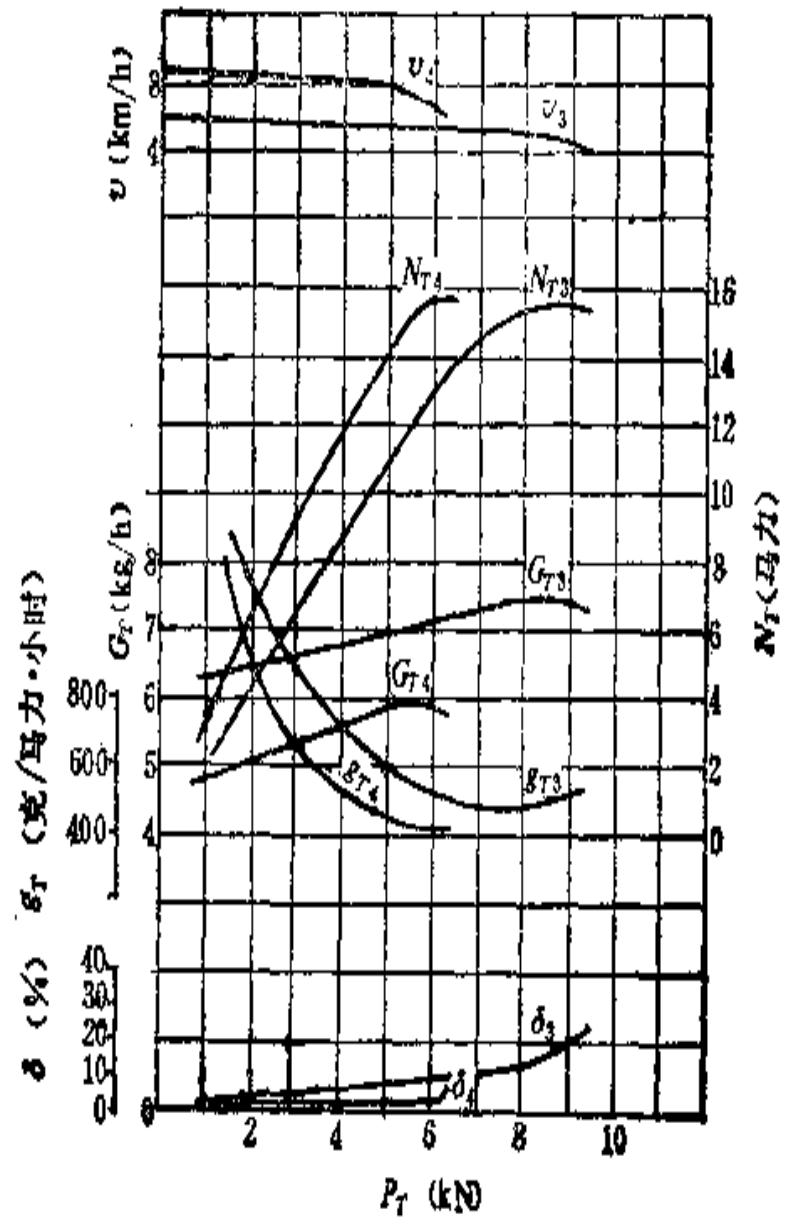
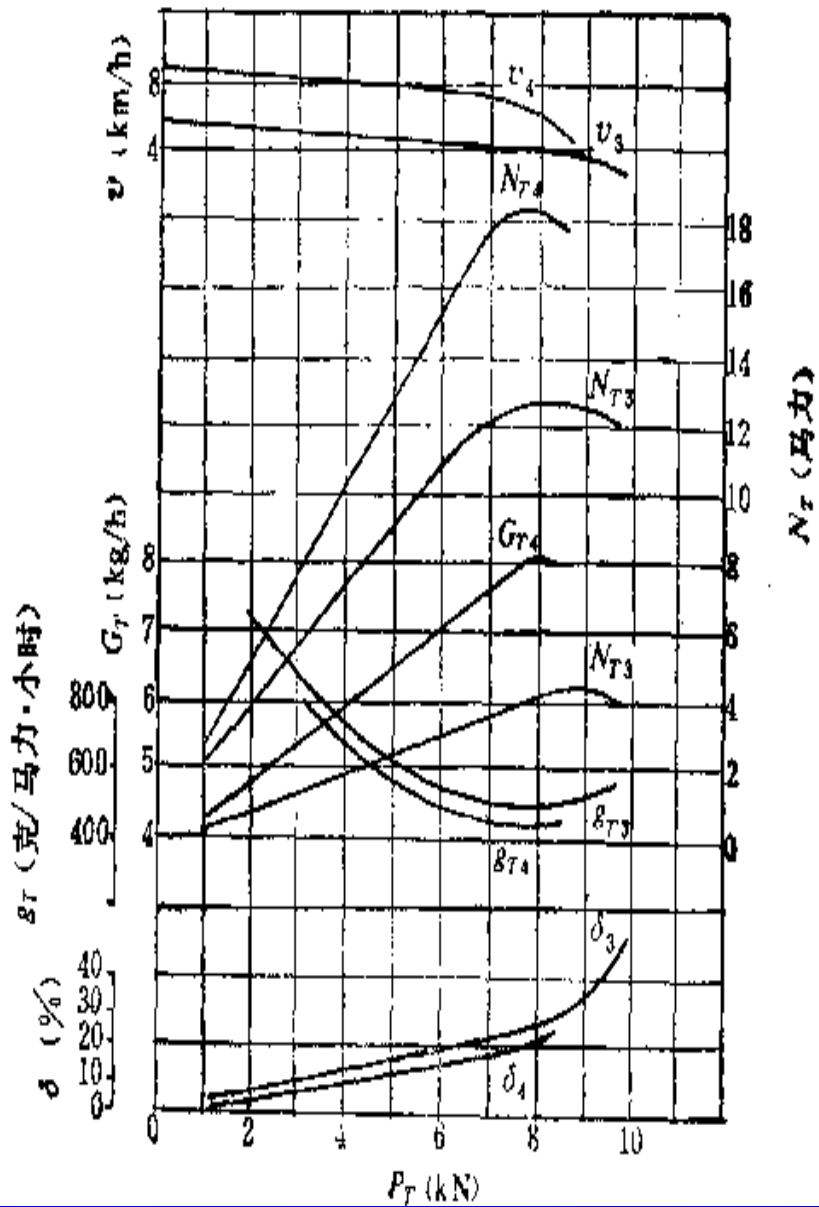


图 2-8 东方红-75履带式拖拉机在干地上的牵引特性

g (克/马力·小时)



丰收35牵引特性 在留茬田/在绿肥田（灌水）

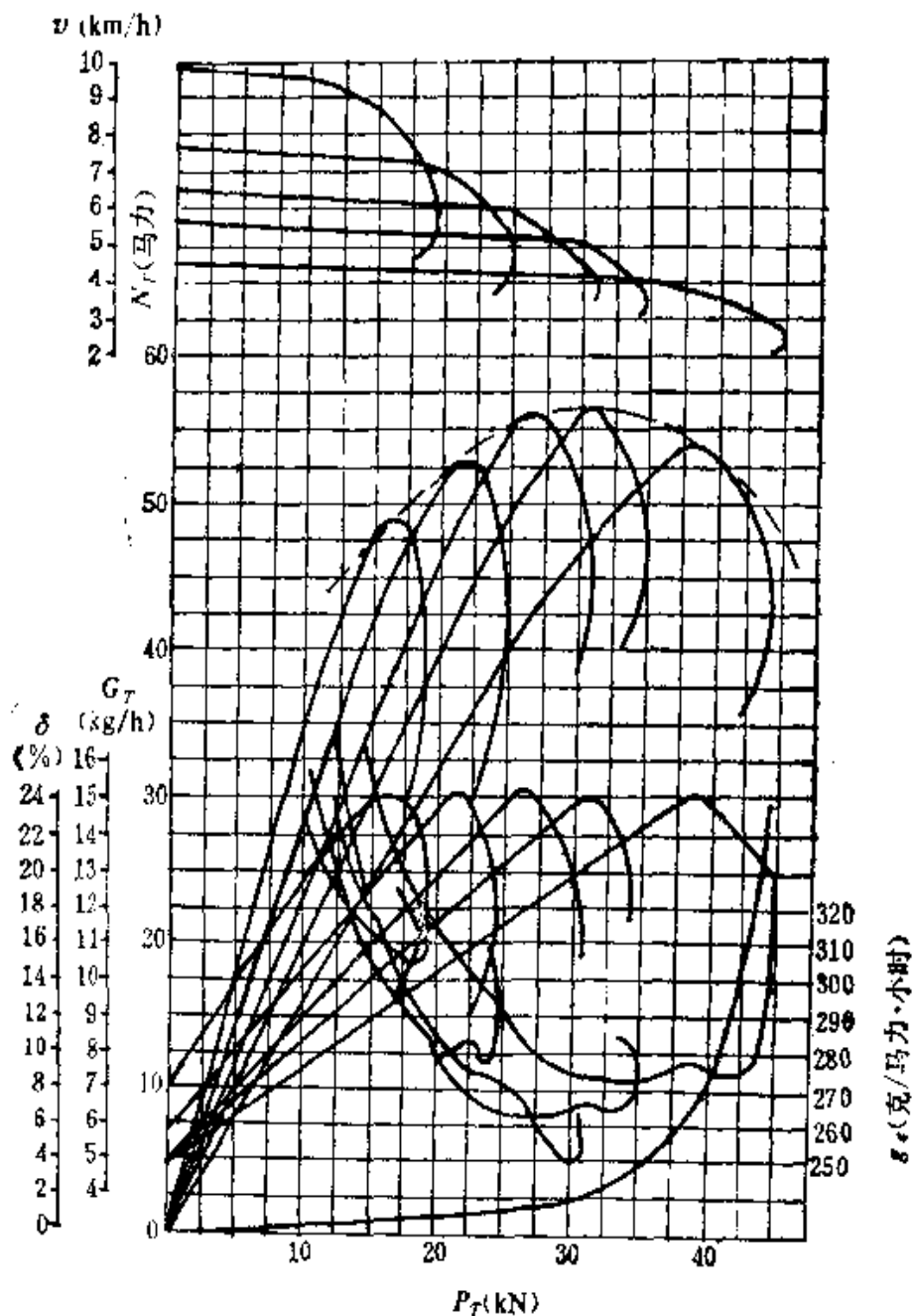


图 2-8 东方红-75履带式拖拉机在差地上的牵引特性

第四节 拖拉机的牵引附着性能

1. 拖拉机各速档的功率损失是不一样的，低速档时，由于大的牵引力而引起大的滑转损失；高速档时，则由于高速而引起大的滚动损失。所以，任何一台拖拉机在某种土壤条件下，各个速档最大牵引功率值不是相等的。

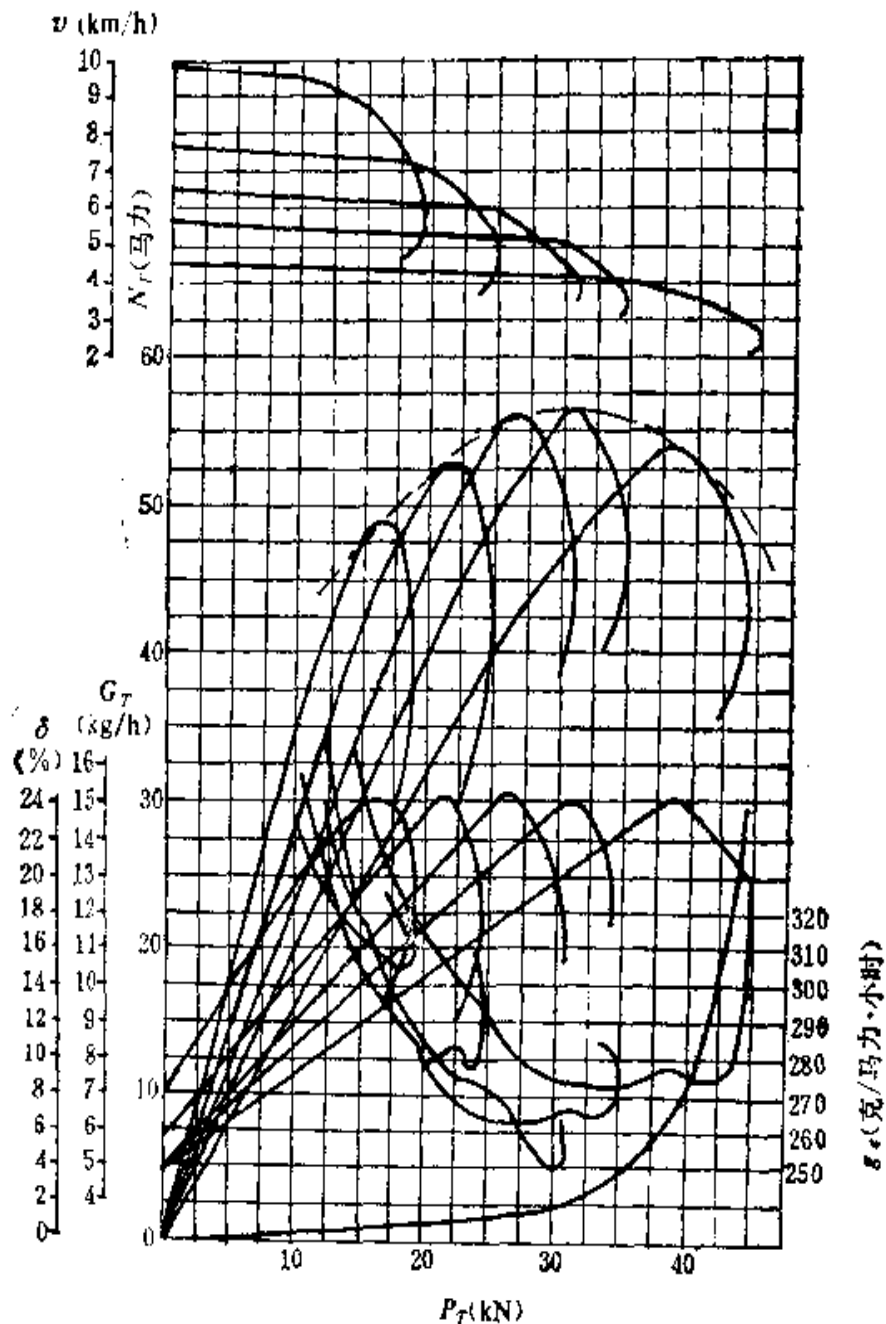


图 2-8 东方红-75履带式拖拉机在壤地上的牵引特性

第四节 拖拉机的牵引附着性能

低速档额定牵引功率
减高速档额定牵引功
率，差值为（1低2高）：

$$\Delta N_{TN} = \frac{P_f(v_2 - v_1)}{3600} - N_{eTN} \eta_c (\delta_1 - \delta_2)$$

2 把所有速档的牵引功率的
峰值连线，该连线称为牵
引功率的包络曲线。它就
是以某一比例尺表示的拖
拉机牵引效率曲线。

$$N_{TN} = \eta_T N_{eN}$$

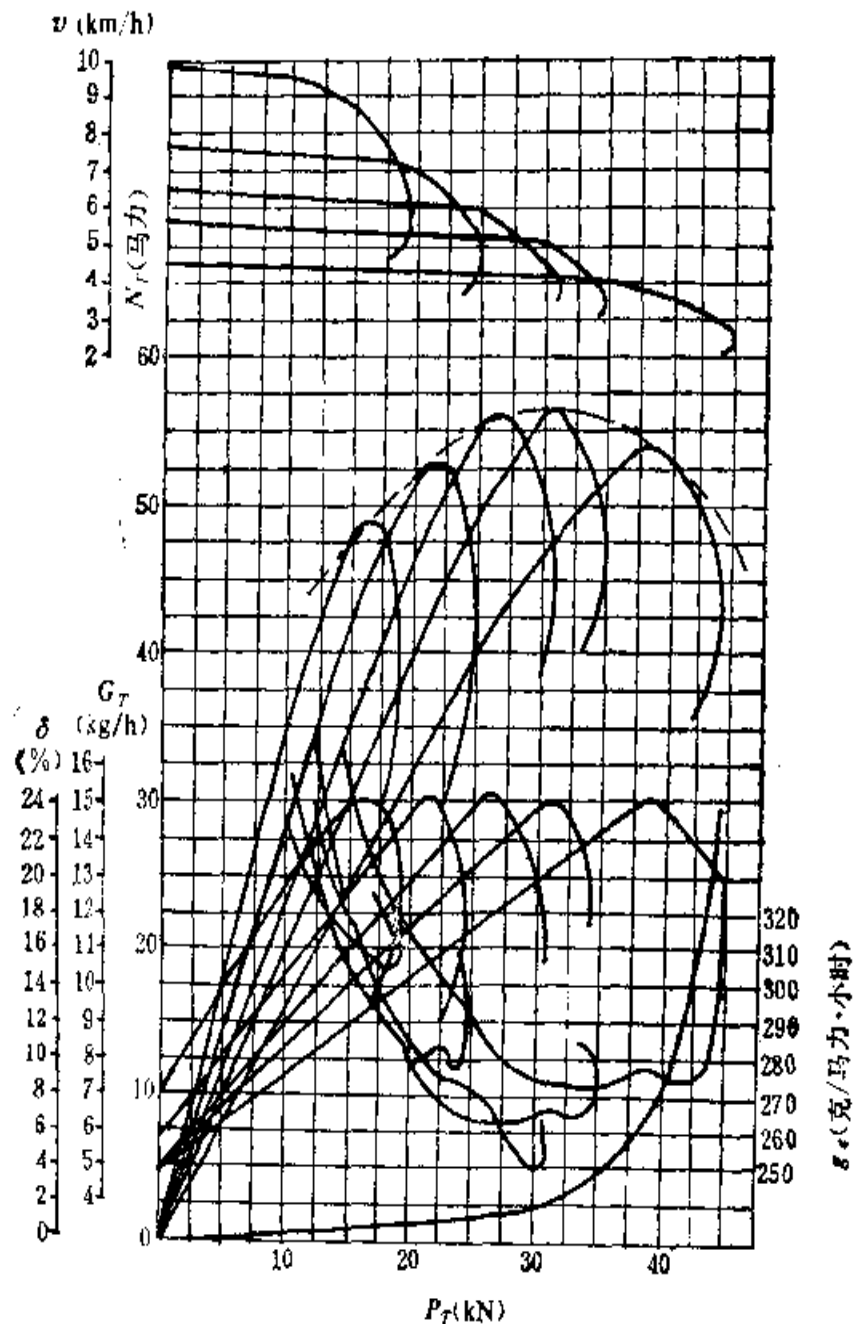


图 2-8 东方红-75履带式拖拉机在硬地上的牵引特性

δ (克/马力·小时)

第四节 拖拉机的牵引附着性能

3. 履带式拖拉机的低速档能获得较高的牵引效率，而轮式拖拉机低速档的牵引效率比较低。这是因为不同的驱动装置型式，附着性能不同。因此，履带式拖拉机适于使用较低速档作业，而轮式拖拉机则适于使用较高速档作业。

4. 滑转率曲线只有一条因为拖拉机的滑转只受牵引力的影响，而不受速度的影响。这一结论是拖拉机在旱地上试验而获得的。

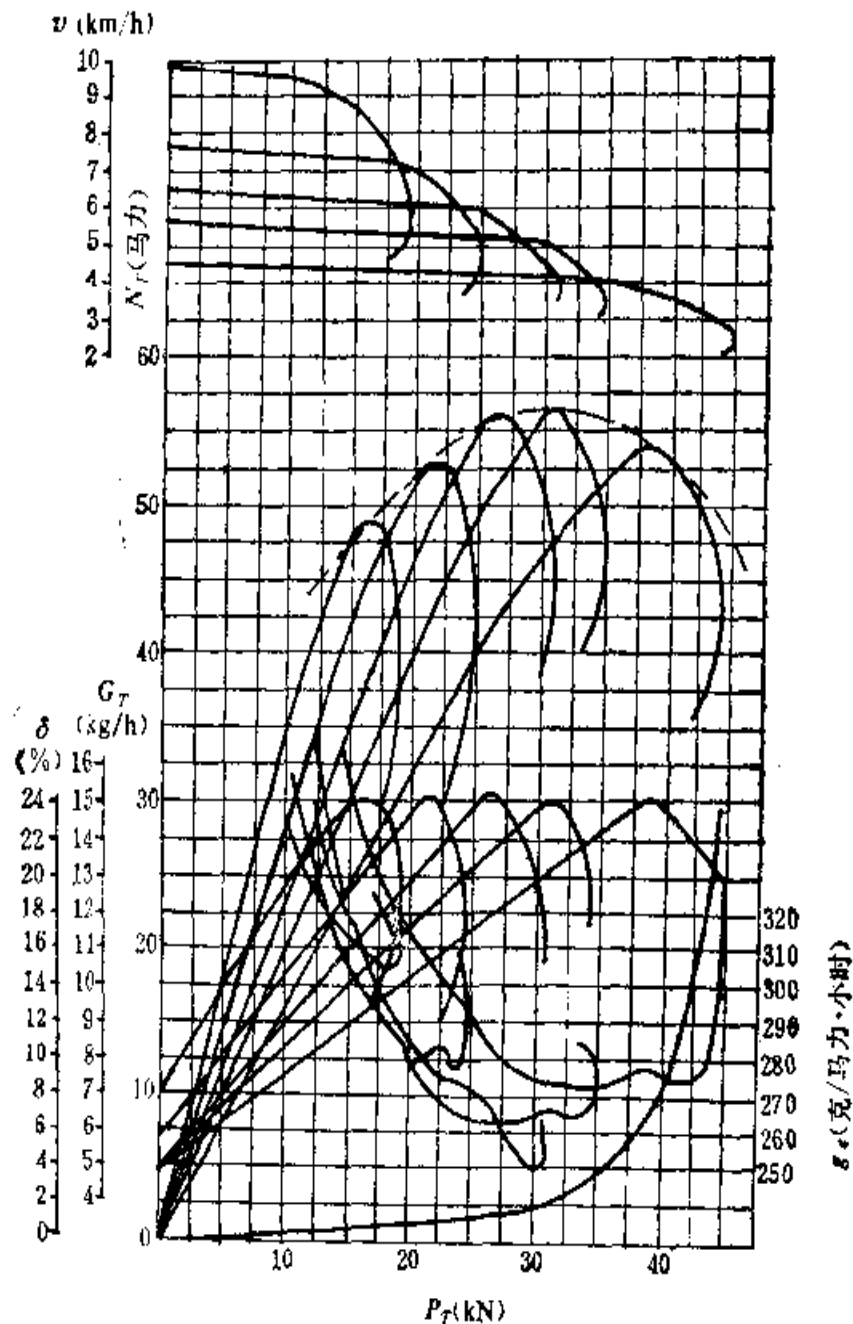
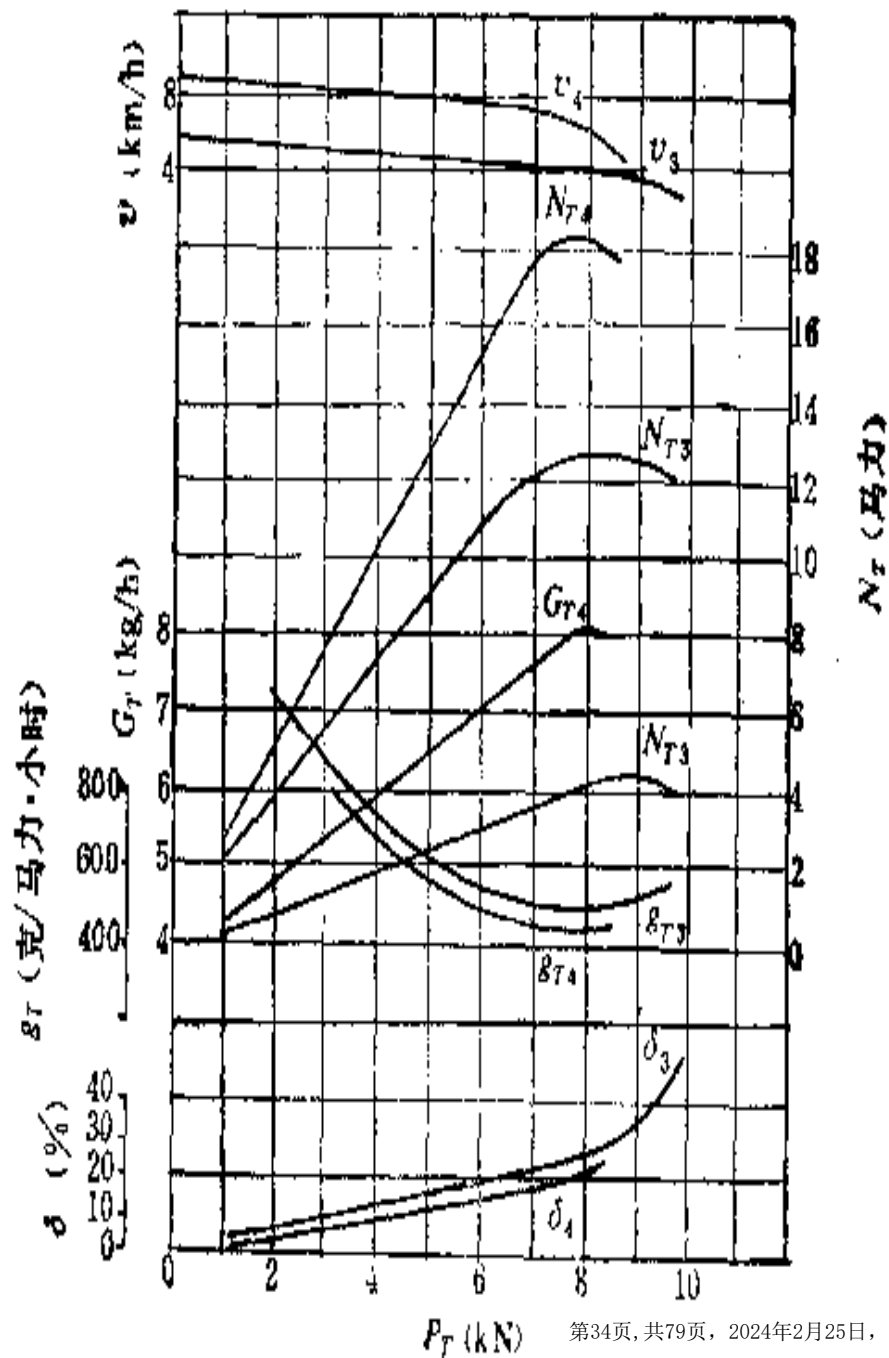


图 2-8 东方红-75 履带式拖拉机在旱地上的牵引特性

第四节 拖拉机的牵引附着性能

当拖拉机在水田作业时，不同的作业速度驱动轮的滑转率是不相同的。在相同牵引力条件下，速度快些，滑转率要小些。这是因为驱动轮转速越快，作用在单位面积土壤上的时间越短，土壤变形就越小。



第四节 拖拉机的牵引附着性能

5. 各速档最大燃油消耗量相同。这是因为在最大油门位置时，不管任何速档，发动机的小时耗油量都相等。而各速档的最低耗油率却是不相同的，一般相应于最大牵引功率的速档，可以获得最低的耗油率。此外，轮式拖拉机在疏松土壤上以低速档作业时，最低的耗油率可能不是相应于发动机满负荷。6. 各速档下的耗油率在轻负荷时都上升。

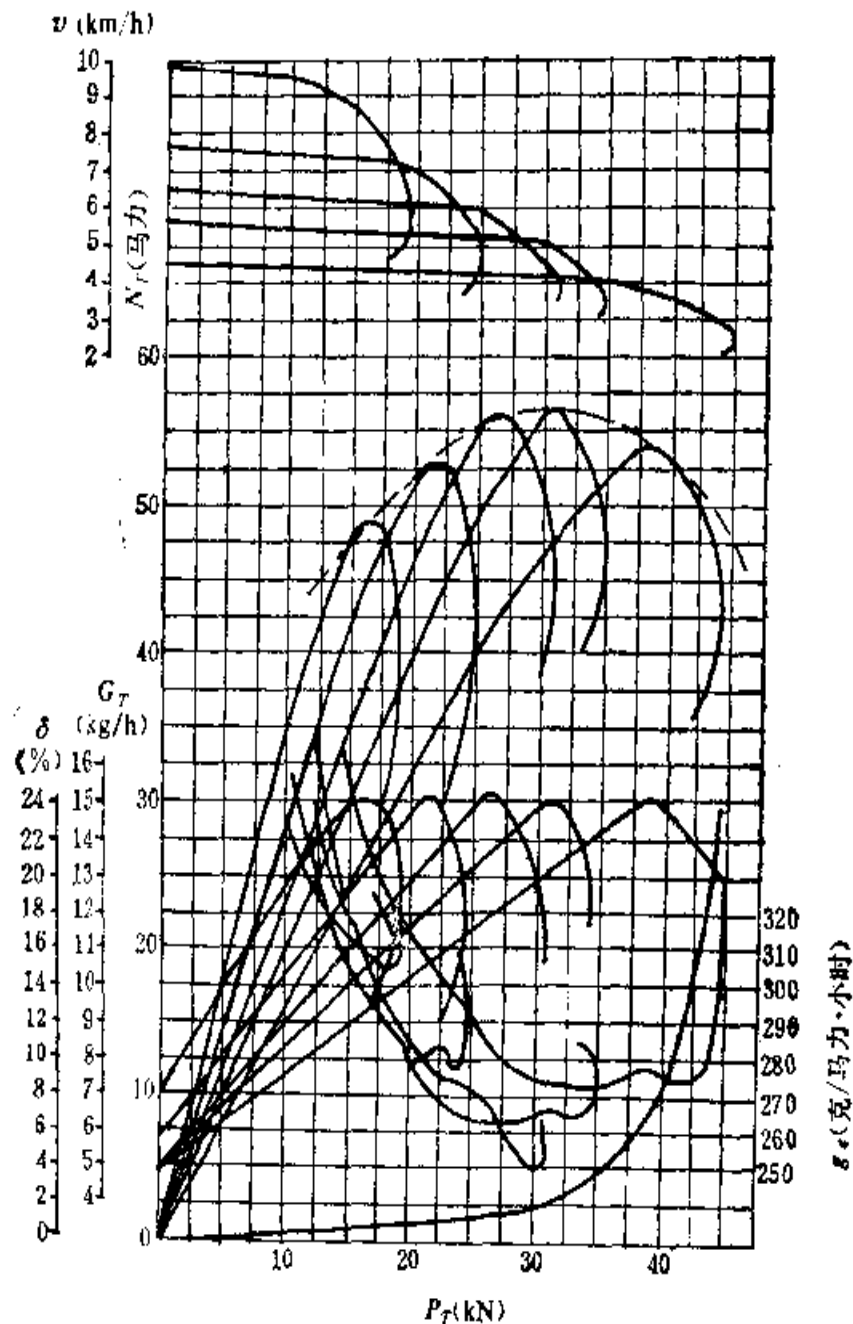


图 2-8 东方红-75履带式拖拉机在干地土上的牵引特性

第四节 拖拉机的牵引附着性能

综上所述，对于附着性能较好的履带式拖拉机，以较低的速档满负荷作业，而附着性能较差的轮式拖拉机以较高的速档满负荷作业较为有利，这能获得较高的机组生产率和好的经济性。标准型两轮驱动拖拉机主要由于轮胎接地面积较小，接地压力较大，所以它的牵引附着性能较差，而四轮驱动拖拉机牵引附着性能有了显著的改善。首先，四轮驱动拖拉机自身重量可以全部用来发挥牵引力，而两轮驱动拖拉机，自重利用系数仅达0.8，如果前轴重量分配过小，拖拉机操纵性变差。

第四节 拖拉机的牵引附着性能

东风—50S型四轮驱动拖拉机，在土壤含水量为24—30%的稻茬田里，当 $\delta=15\%$ 时，两轮驱动的牵引力 $P_T=9\text{kN}$ ，四轮驱动的 $P_T=13.5\text{kN}$ ，四轮驱动比两轮驱动的牵引力提高53.5%，其次，四轮驱动拖拉机前、后轴上的重量分配比较均匀和滑转率较小，故减轻了对土壤的压实和对土壤结构的破坏程度，第三，四轮驱动拖拉机具有较高的田间和道路通过性，特别是在潮湿泥泞的田地或雪地上作业。日本和意大利等国家，均在有硬底层的水稻田里使用四轮驱动拖拉机，其牵引效率可达30%。

四轮驱动代替履带式拖拉机。

第四节 拖拉机的牵引附着性能

二 使用条件对拖拉机牵引附着性能的影响

实际使用情况和试验表明，在平地上作业时，对拖拉机牵引附着性能影响最大的是土壤条件，特别是土壤含水量和地表状态，而土壤的机械组成对其影响较小。

(一)土壤含水量对拖拉机牵引附着性能的影响 土壤水分是土壤的一个组成部分，它对土壤的物理机械性质有很大影响。土壤含水量不同，土壤的内聚力和内摩擦角不同，因而土壤的承压能力和抗剪能力也发生变化。这就引起了拖拉机滚动阻力及附着条件和滑转率的变化。

第四节 拖拉机的牵引附着性能

根据对中型轮式拖拉机在不同土壤含水量条件下进行的对比试验表明，当土壤含水量小于13-20%时，拖拉机的附着性能最好，且滚动阻力也较小。随着含水量的增加，土壤的承重能力和抗剪能力均下降，土壤与轮胎间的摩擦力下降而粘附性增大。因此，拖拉机的牵引附着性能下降，同时，严重破坏地表平整性和土壤结构。当土壤含水量超出30%时，由于不能保证农艺要求，机组使用指标将降低，不宜进行机械化作业。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/348011140020006062>