

上海科学技术文献出版社



# 设计和计算

# 前 言

设计结构紧凑、布置合理的拖拉机对保证拖拉机具有良好的使用性能和结构工艺性有着重要的意义。在机械工业出版社组织的《机械工程手册》“拖拉机篇”编写期间，我们邀请了编写组的同志们编写了内容详细、适宜于科技人员设计拖拉机时参考的《拖拉机设计和计算》。内容有总体设计以及离合器、变速箱、中央传动、差速器和最终传动、制动器、转向系、行走系、液压悬挂装置、动力输出轴等方面的设计和计算。各篇在《拖拉机》杂志上陆续刊载后，受到同志们的欢迎。现应广大读者的要求，我们把全部内容重新整理、修改审定后汇编成本书。本书的特点是内容丰富、详细，附有大量的图和表，不仅介绍了我国各种拖拉机的设计资料，而且介绍了国外一些有代表性的拖拉机的结构和参数。为方便读者查找，还附有拖拉机技术标准。供拖拉机行业从事设计、研究、教学及有关技术人员参考。

参加本书编写工作的单位有：农机部洛阳拖拉机研究所、吉林工业大学、镇江农机学院、洛阳农机学院、洛阳第一拖拉机厂、上海丰收拖拉机厂等，在此谨致谢意。

一九七九年十二月

**拖拉机设计和计算**

《拖拉机》编辑部主编

\*

上海科学技术文献出版社出版

(上海高安路六弄一号)

新华书店上海发行所发行

上海商务印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 1/16 印张: 24 字数: 595,000

1980年6月第1版 1980年6月第1次印刷

印数: 1—6,000

书号: 15192·73 定价: 3.65元

《科技新书目》152-97

# 目 录

## 前言

第一章 总体设计 .....	(1)
§ 1. 拖拉机型式的确定 .....	(1)
§ 2. 拖拉机整机参数的确定 .....	(4)
§ 3. 拖拉机基本性能计算 .....	(21)
§ 4. 拖拉机的总体布置 .....	(28)
第二章 离合器设计 .....	(54)
§ 1. 离合器的典型结构 .....	(55)
§ 2. 离合器接合过程中的滑磨功和热负荷 .....	(57)
§ 3. 离合器主要参数的确定 .....	(58)
§ 4. 离合器实际压紧力的影响因素 .....	(61)
§ 5. 离合器主要零件的结构与设计 .....	(62)
§ 6. 杠杆压紧式离合器(非经常接合式离合器) .....	(69)
第三章 变速箱设计 .....	(71)
§ 1. 概述 .....	(71)
§ 2. 变速箱主要参数的确定 .....	(73)
§ 3. 倒档和减速器的布置方案 .....	(78)
§ 4. 变速箱主要零件的设计 .....	(79)
§ 5. 变速箱的结构设计 .....	(89)
§ 6. 负载换档变速箱 .....	(91)
第四章 中央传动设计 .....	(93)
§ 1. 概述 .....	(93)
§ 2. 中央传动弧齿锥齿轮几何参数的计算 .....	(96)
§ 3. 中央传动圆锥齿轮的强度计算 .....	(111)
第五章 差速器和最终传动设计 .....	(124)
§ 1. 差速器 .....	(124)
§ 2. 最终传动 .....	(131)
第六章 制动器设计 .....	(137)
§ 1. 概述 .....	(137)
§ 2. 制动力矩的确定 .....	(142)
§ 3. 制动器基本参数的确定与计算 .....	(143)
§ 4. 制动器操纵机构 .....	(150)
第七章 转向系设计 .....	(153)

§ 1. 轮式拖拉机的转向系 .....	(153)
§ 2. 履带拖拉机的转向系 .....	(213)
<b>第八章 行走系设计 .....</b>	<b>(239)</b>
§ 1. 轮式拖拉机行走系 .....	(239)
§ 2. 履带拖拉机行走系 .....	(267)
§ 3. 密封 .....	(296)
<b>第九章 液压悬挂装置设计 .....</b>	<b>(299)</b>
§ 1. 液压系统 .....	(299)
§ 2. 悬挂机构 .....	(325)
<b>第十章 动力输出轴、皮带轮和牵引装置的设计 .....</b>	<b>(332)</b>
§ 1. 动力输出轴 .....	(332)
§ 2. 皮带轮 .....	(335)
§ 3. 牵引装置 .....	(336)
<b>主要参考文献 .....</b>	<b>(339)</b>
<b>附录: 拖拉机技术标准 .....</b>	<b>(340)</b>
1. 农业拖拉机鉴定试验规则(NJ111-75) .....	(340)
2. 拖拉机基本技术条件(NJ80-77) .....	(354)
3. 手扶拖拉机基本技术条件(部标准草案) .....	(359)
4. 农业拖拉机悬挂装置(NJ75-66) .....	(363)
5. 农业拖拉机动力输出轴(NJ76-66) .....	(365)
6. 农业拖拉机驱动皮带轮(NJ77-66) .....	(366)
7. 农业拖拉机牵引装置(NJ78-66) .....	(367)
8. 农业拖拉机动力输出轴安全防护罩(NJ79-66) .....	(368)
9. 手扶拖拉机工作装置(部标准草案) .....	(369)
10. 拖拉机车轮安装尺寸(NJ159-77) .....	(371)
11. 手扶拖拉机车轮安装尺寸(部标准草案) .....	(372)
12. 拖拉机轮辋(NJ110-75) .....	(373)
<b>常用符号表 .....</b>	<b>(378)</b>

# 第一章 总体设计

拖拉机总体设计是指对拖拉机性能、结构的通盘考虑与安排,其主要任务是:

1. 根据使用地区的农业自然特点及使用要求,分析各种拖拉机在该地区的使用性能,合理确定整机的结构形式。
2. 确定整机的主要技术参数,拟定整机和部件的结构方案。
3. 估算拖拉机的性能指标。
4. 进行整机总体布置。
5. 绘制整机尺寸链图、剖面图和外形图。

总体设计对整机拖拉机的性能起着决定性影响。因此,要按总的设计要求,根据所设计拖拉机的用途、制造及使用条件,从全局出发,与各部件设计密切配合,从而保证该拖拉机具有良好的使用性能和结构工艺性。

## § 1. 拖拉机型式的确定

确定型式时,必须认真贯彻和体现党的有关农业机械化的各项方针政策,为农业全面发展、实现稳产高产作出贡献。

### 一、选型的主要依据

1. 使用地区的农业自然特点。主要是地形及地貌特征、土壤种类及其物理机械性能、田块大小及形状、道路和桥涵状况以及气候特点等。
2. 使用地区的农业生产特点。包括农业生产规模及拖拉机的管理体制、耕作制度、作物组成及其作物生长特点、作业项目及其特点和要求、各种作业所占的时间比例等。
3. 现有各种拖拉机在该地区的使用情况及适应性,驾驶员及使用者的评价。
4. 国内制造和使用拖拉机的技术水平、农业机械化发展趋势及国外拖拉机技术状况和发展动向。

虽然每个地区有其最适合的机型,但每种拖拉机都可适用于自然条件相近的不同地区。因此,选型时还应充分注意拖拉机产品的系列化、通用化和标准化方面的要求,尽可能减少机型品种。

### 二、各种类型拖拉机的主要特点

#### 1. 手扶拖拉机

外形小巧、机动灵活,适用于小块地、梯田、菜地及果园。操纵简便、维修容易、综合利用

性好、价格低,适于生产队使用。结构简单、制造容易、耗材少,适宜地方工业生产。因此,目前保有量最大。但仅适于做轻负荷作业,生产率低,劳动强度大。

手扶拖拉机一般分为驱动型、兼用型和牵引型三类。前者以进行旋耕作业为主,功率多为8~12PS;后者只能进行牵引作业,功率一般在5PS以下;而兼用型两种作业均能进行,综合利用好,功率多在5~12PS,在我国得到广泛采用。

近来还发展了一些结构简单、轻便灵巧、性能较好的各种专用或多用途的单轴动力机具。

## 2. 轮式拖拉机

轮式拖拉机包括两轮驱动拖拉机(简称4×2轮式)和四轮驱动拖拉机(简称4×4轮式)。

两轮驱动拖拉机是指两轮驱动的四轮拖拉机,是生产和使用很多的一种拖拉机。其突出优点是,作业质量好、适应性好、综合利用程度高、操纵轻便、劳动条件好。它是平原、浅丘地区的主要机型,需要量大。但其牵引附着性能较差,在坡地、粘重、潮湿地及沙土地的使用受到一定的限制。本章内谈到的“轮式拖拉机”凡未特殊指明者都是指两轮驱动拖拉机。

四轮驱动拖拉机除具有4×2轮式拖拉机的优点外,还具有较好的牵引附着性能和越野性能,在坡地、粘重、潮湿地和沙土地作业及农田基本建设方面比4×2轮式具有较好的适应性。但其结构较复杂、制造成本较高。故用量有限。

四轮驱动拖拉机按其结构型式可分为独立型和变型两种。前者是专门设计的,前后轮一样大;后者是在一般4×2轮式基础上变型,一般是前轮小后轮大。独立型比变型具有更好的牵引附着性能和使用性能,但其结构较复杂、制造成本较高。变型4×4轮式同其基型的零部件通用程度高,便于制造。

## 3. 履带拖拉机

突出优点是牵引附着性能好,单位机宽牵引力大、接地比压低、越野能力强、稳定性好。在潮湿、粘重土地上履带拖拉机具有更好的使用性能。除用于田间作业外,在工业及农田水利建设上还用于推土、铲运等作业。在山区、梯田、坡地用小型履带拖拉机具有较好的适应性。但履带拖拉机不适于运输作业、结构较复杂、耗材较多、制造和使用成本较高。

## 4. 机耕船

其主要特点是船体支承了整机大部分重量,而由驱动轮驱动行进。它适于水田耕作,特别是泥脚较深的水田。在水田行驶阻力较小,牵引效率高,转向灵活,田间转移较方便,能在小块水田里耕作,单位马力生产率高,亩油耗低。目前创制的各种机耕船的结构较简单,功率较小,制造成本低,使用简便,适于地方工业生产、生产队使用。但现有型号的结构、性能还不够完善,尚需进一步改进、提高。

# 三、拖拉机的使用性能

## 1. 对农业自然条件和农艺要求的适应性

适应性如何由贫下中农和驾驶员来评价,并通过下列几方面的分析来评定。

1) 牵引附着性能 是指拖拉机在使用地区滑转率不超过规定值时所能发挥的牵引工作能力。用各档工作时拖拉机所能发出的牵引力、牵引功率和牵引效率表示,计算方法见§3.1。

2) 操纵(机动)性 是指拖拉机按希望的路线行驶的性能。用在不操纵情况下直线行驶一定距离后拖拉机偏离原定方向的偏移量及最小转向半径、最外行迹回转圆半径表示。

3) 通过性 是指拖拉机在各种田间和道路条件下的通行能力。在无路情况下的通行能力亦称越野性。

在潮湿地面上的通过性是由牵引附着性能决定的。当拖拉机的附着力小于牵引负载与滚动阻力之和时,拖拉机机组将不能通行;当附着力小于滚动阻力时,空车也无法通过。拖拉机的通过性还与其接地比压有关,比压小,通过性好。

作物行间的通过性主要用拖拉机的农艺地隙和行间行驶时的保护带宽度来评价。在田间转移时的通过性用最小离地间隙、水平通过半径、纵向通过半径、接近角、离去角、最大越障高度及外廓尺寸等表示。

4) 对土壤结构的破坏程度 对水田拖拉机主要是指其行走机构对水田土壤硬底层有无破坏、引起泥脚加深情况;对旱地拖拉机,主要是指行走机构对土壤压实的程度。

## 2. 经济性

是拖拉机在使用中经济效果的总评价。它通过以下几方面反映出来。

1) 可靠性与耐用性 拖拉机的可靠性以在一定使用时间内,机件出现的故障和损坏的大小、项次及其重要程度来考核。耐用性用主要零部件需更换或修理前的使用时间来评价。

2) 生产率 机组的生产率分为实际生产率和纯生产率。前者是指机组实际工作时间内的生产率,后者是指机组纯工作时间(不包括地头转弯和技术停车时间)内的生产率。用亩/h或 $t \cdot km/h$ 表示。

3) 油耗 包括燃油和润滑油消耗。燃油消耗分实际油耗和纯油耗,用 $kgf/h$ 、 $kgf/t \cdot km$ 、 $kg/亩$ 表示。润滑油消耗用其占燃油消耗量的百分比表示。

4) 综合利用性能 用拖拉机所能进行的作业项目多少进行比较。

5) 维护保养方便性 用技术保养及零部件拆装、维修的方便程度和所需工时进行比较。

## 3. 劳动保护性能

是指驾驶员工作的安全性和身体健康不受损害的性能。目前由驾驶员的感受来评定,也可测量下列数据作比较:

驾驶座处的振动参数(振幅、频率、加速度)、噪声分贝值、温度、视野及各操纵机构的操纵力。

拖拉机工作的安全性是通过稳定性计算、行驶平顺性、制动性能试验及驾驶室的撞击、静压、翻车等试验进行比较。

对拖拉机的制动性能有如下要求:

轮式拖拉机单机高速行驶于公路水平区段时,其制动距离应符合下列要求:最高速度小于 $20 km/h$ 时制动距离不大于 $5m$ , $20 \sim 25 km/h$ 时不大于 $7m$ , $25 \sim 30 km/h$ 时不大于 $10m$ 。如最高车速超过 $30 km/h$ 时的拖拉机则以 $30 km/h$ 为制动初速度进行测定。手扶拖拉机带拖车测定。

农用拖拉机在坡度达 $20^\circ$ (工业用 $30^\circ$ 、集材用 $25^\circ$ ,工业与集材用拖拉机在前进与倒退时应同样要求)的干硬土路上上坡或下坡时,制动后应保证拖拉机可靠停车。



## § 2. 拖拉机整机参数的确定

拖拉机类型确定后, 定出主要的整机参数。部分国产拖拉机的整机参数见表 1-13~1-15。

### 一、额定牵引力

额定牵引力  $P_{TN}$  的定义: 对旱地农用拖拉机, 是指在水平地段具有适耕湿度的壤土茬地上; 对水田用拖拉机, 是指换装水田行走装置后在中等深度硬底层的灌水稻茬田上, 拖拉机以基本犁耕速度、驱动轮或履带滑转率在规定值或发动机于标定工况工作时, 所能发出的最大牵引力(取两者中的较小值为  $P_{TN}$ )。

为保持拖拉机在较高牵引效率范围内使用、延长行走机构寿命、减少对土壤结构的破坏, 通常规定拖拉机正常工作时的滑转率不应超过一定值: 旱地——轮式 20%, 履带式 7%, 手扶式 25%; 水田——轮式、手扶式均为 25%。

确定新拖拉机的额定牵引力, 是由该拖拉机配带主要的配套机具在常遇工作条件下正常工作时的平均牵引阻力  $P_T$  来确定, 并考虑工作条件和农具性能变化所引起的阻力变化因素, 应留有 10~20% 的储备, 即  $P_{TN} = (1.1 \sim 1.2) P_T$ 。此外, 还应考虑牵引力系列化的因素。

对农业拖拉机, 犁耕是最基本而又繁重的作业, 牵引力的确定, 首先应满足犁耕使用要求。犁耕作业所需的拖拉机牵引力为:

$$P_T = Z \cdot b_l \cdot h_k \cdot k \quad (\text{kgf}) \quad (1-1)$$

式中  $Z$ ——犁铧个数;  
 $b_l$ ——单体犁铧宽度(cm);  
 $h_k$ ——耕深(cm);  
 $k$ ——土壤比阻(kgf/cm<sup>2</sup>)。

在一定使用条件下, 每种拖拉机所配带的犁都有其合理的  $Z$  与  $b_l$  配合, 使机组生产率高、经济性好, 即都有一个最佳机组参数。目前国内这方面的资料较少, 因此, 新拖拉机配带什么样的犁合适, 主要从现有拖拉机在该地区的使用情况来确定。表 1-1 列出我国北方旱地和南方水田系列铧式犁参数。

表 1-1 铧式犁系列参数表

系列代号	适应地区	单铧幅宽(cm)	铧数系列	设计耕深(cm)	适应耕深(cm)	犁的结构重量(kgf)					
						2铧	3铧	4铧	5铧	6铧	7铧
ILS	水田	20	3、4、5、6	16	15~18	—	112	146	189	230	—
		25	4、5、6、7	20	18~22	—	—	180	227	285	315
IL	旱地	25	3、4、5	22	18~22	—	180	—	278	—	—
		30	2、3、4、5、6	25	22~25	154	262	318	—	—	—
		35	3、4、5	27	25~28	—	—	—	—	—	—

土壤比阻因土质、含水率、地面植被状况、耕作速度及犁的参数等多种因素的不同,在较大范围内变化。因此,设计前应深入使用地区进行测试调查。表 1-2 列出在一般适耕情况下未耕地的土壤比阻一般值范围。

表 1-2 未耕地土壤比阻 (kgf/cm<sup>2</sup>)

场 地	土 壤 类 型	比 阻 值
旱 地	砂 土	0.2~0.4
	砂 壤 土	0.3~0.5
	壤 土	0.4~0.6
	粘 壤 土	0.6~0.8
	粘 土	0.8~1.0
	重 粘 土	>1.0
水 田	水 耕	0.2~0.5
	旱 耕	0.6~1.1
	沷田、湖田	<0.3

## 二、各档理论速度的确定

拖拉机的工作速度应根据其用途、结构特点及使用地区的农业自然特点,从机组作业质量、生产率和劳动强度等多方面因素综合分析后确定。

拖拉机的作业项目及其配套机具日益增多,综合利用程度不断提高,要求拖拉机的速度范围扩大、工作档次增多。综合我国拖拉机的使用经验及发展要求,农业轮式拖拉机主要作业适宜的理论工作速度列于表 1-3。其主要档数一般应具有:耕耙 3~4 个、旋耕 1~2 个,运输 2 个、倒驶 2 个。前进速度各档间一般接近等比级数排列,公比为 1.2~1.5,常用耕作档之间间隔较小,运输档和旋耕档间隔较大;高低倒档速度相差 2.5~4 倍。

手扶拖拉机犁耕作业速度 3~4 km/h,旋耕速度为 1.5~2.5 km/h,运输速度不大于 16 km/h。机耕船旋耕作业速度为 3~4 km/h,犁耕作业为 3~8 km/h,运输速度不超过 16 km/h。农业履带拖拉机的田间作业速度比轮式拖拉机低 1~2 km/h。工业履带拖拉机的推土、铲运速度为 2~8 km/h,倒车速度较高,档次较多。履带拖拉机的运输速度一般为 8~12 km/h。工业与集材用四轮驱动拖拉机的基本工作速度为 5~12 km/h,运输速度为 25~45 km/h。

表 1-3 农业轮式拖拉机主要作业适宜的理论工作速度 (km/h)

作业项目	犁 耕		旋 耕		耙地灭茬镇压	播种	移栽开沟	中耕植保	谷 物 收 获		推土铲运	运 输	倒 驶
	水 田	旱 地	水田	旱地					联合收割	割晒			
速度范围	5~7.5	5.5~9	3~4	2~3	6~10	5~9	0.5~2.5	4~8	3~4.5	5~8	2~4	15~30	2~12

根据拖拉机所完成的作业性质不同,一般将其行进速度分为三类,即缓行速度(包括爬行速度,主要用于进行一些低速作业及通过难行地区用)、田间基本工作速度和运输速度。目前,各种拖拉机的上列速度(理论值)范围列于表 1-4。

为满足上述使用要求,手扶拖拉机的档数应不少于 4 个前进档,轮式拖拉机应不少于 6

表 1-4 拖拉机的速度范围

(km/h)

机 型 速度分类	手扶拖拉机	轮 式 拖 拉 机		履 带 拖 拉 机	
		农 业 用	工 业 用	农 业 用	工 业 用
缓 行 速 度	1~2.5	0.5~4.5	2~4	1.5~3.5	2~3.5
田 间 基 本 工 作 速 度	3~7	5~9	5~12	4~8	4~9
运 输 速 度	10~16	15~30	25~45	9~11	10~14
倒 驶 速 度	1~4.5	2~12	3~15	2~5	2~12

个前进档,履带拖拉机应不少于5个前进档。农业拖拉机应有二个倒档,工业用拖拉机应有更多的倒档。

为提高生产率,降低作业成本,随着农具性能的提高及农业机械化的发展,国外有提高拖拉机速度、增加档次的趋势。目前,有的拖拉机耕地速度已提高到8~10 km/h;大多数轮式拖拉机的最高运输速度已从20~25 km/h提高到26~30 km/h;轮式拖拉机具有8个以上前进档的已占大多数,还发展了无级变速拖拉机(如静液压传动拖拉机)。

根据对新设计拖拉机的性能要求、作业项目、使用地区农业自然特点及现有拖拉机使用情况,并注意到今后发展方向,提出对新拖拉机的各种速度要求,再由传动系设计来确定出最后的速度系列。

### 三、发动机功率及对发动机性能的要求

农业拖拉机发动机的功率由在基本耕作档下发挥出额定牵引力来确定,按下式计算:

$$N_e = \frac{P_{TN} v_j}{270 \cdot \eta_T} \quad (\text{PS}) \quad (1-2)$$

式中  $v_j$ ——基本耕作档发挥出额定牵引力时的实际速度(km/h);

$\eta_T$ ——牵引效率。

此外,当拖拉机有供操纵助力、液压输出等用途的油泵、气泵等装置时,或在拖拉机发挥出额定牵引力的同时还需由动力输出轴驱动其它工作装置时,按式(1-2)计算出  $N_e$  后还应加上驱动这些装置所需的发动机功率。

表 1-5 列出了各种拖拉机按式(1-2)计算发动机功率时一般采用的数值。

表 1-5

机 型 参 数	手 扶 式	轮 式		四 轮 驱 动 (旱 地)	履 带 式
		旱 地	水 田		
$v_j$ (km/h)	3~4	6~7	5~6	6~7	4~5
$\eta_T$	0.3~0.4	0.5~0.6	0.35~0.45	0.6~0.7	0.65~0.75

对还需进行旋耕作业的拖拉机,可按下式进行校核计算:

$$N_e = \frac{N'_p \cdot B_0}{\eta_c} + \frac{(G_s + Q_s) \cdot f \cdot v_{is}}{270 \cdot \eta_{cs}} \quad (\text{PS}) \quad (1-3)$$

式中  $N'_p$ ——旋耕机单位幅宽驱动功率(PS/m);

- $B_0$ ——旋耕机耕幅(m);  
 $\eta'_c$ ——由发动机到动力输出轴的传动效率;  
 $G_s$ ——拖拉机的使用重量(kgf);  
 $Q_s$ ——旋耕机的使用重量(kgf);  
 $v_{is}$ ——拖拉机旋耕作业档理论速度(km/h);  
 $\eta_{cs}$ ——旋耕档时传动系总效率。

我国系列设计的几种三点悬挂侧边齿轮传动(型号代号为“IG”)或中间齿轮传动(IGN)的旋耕机主要参数列于表 1-6。旋耕作业时所需功率  $N'_p$  由实测知。据电测结果\*: 在轻粘土的麦茬地上, 旋耕机刀轴转速为 200 r/min, 耕深 14~16 cm, 行驶速度为 3 km/h 时, 每米耕幅所耗功率  $N'_p$  为 19.1~23.5 PS, 对几种型号的旋耕机折算为 15 cm 耕深时所耗功率示于表 1-6。

表 1-6 旋耕机性能参数

参 数 \ 型 号	IG-100	IG-125	IG-150	IGN-175	IGN-200
耕 幅(cm)	100	125	150	175	200
重 量(kgf)	196	310	335	358	394
每米耕幅功耗(PS/m)	14.8	16.1	18.9		
耕 深(cm)	旱耕 12~16		水耕 14~18		
刀 轴 转 速(r/min)	低档 190~210		高档 240~280		
工 作 速 度(km/h)	2~5				

根据拖拉机的使用特点, 所选配的发动机一般应满足下列要求:

- 1) 12 小时标定功率  $N_{en}$  应不小于上述计算的功率  $N_e$ 。
- 2) 扭矩储备系数  $\mu$ , 一般应不小于 15%。

$$\mu = \frac{M_{emax} - M_{en}}{M_{en}} (\%) \quad (1-4)$$

式中  $M_{emax}$ ——发动机的最大扭矩(kgf·m);  
 $M_{en}$ ——发动机的标定扭矩(kgf·m)

$$M_{en} = 716.2 \frac{N_{en}}{n_{en}}; \quad (1-5)$$

$n_{en}$ ——发动机的标定转速(r/min)。

- 3) 相应于  $M_{emax}$  时的转速一般约为  $n_{en}$  的 75%。
- 4) 标定功率时的燃油消耗率  $g_{en}$  应不大于 190 gf/PS·h。燃油消耗率曲线  $g_e-N_e$  在  $N_{en}$  的 60% 以上部分负荷工况下变化要平缓。
- 5) 40~50 PS 以上的发动机, 一般应装备气泵。

国外拖拉机发动机功率有逐渐增大的趋势, 见表 1-7。原因是: ① 为提高生产率, 降低成本, 农场规模扩大, 要求效能更高的机具; ② 采用宽幅机具、复式作业, 农具性能的改进使作业速度提高, 要求加大功率; ③ 动力输出作业项目增多, 效能提高, 也要求加大功率。柴油

\* 摘自“旋耕机电测试验报告”江苏省农机所 1974. 9

表 1-7 国外拖拉机发动机功率增长情况

国 别	分 项	1950 年	1960 年	1970 年
平 均 功 率 变 化				
美 国	PS	36	54	72.4
苏 联	PS		49	66
各种功率范围发动机所占比例 (%)				
法 国	≤24 PS		41	1.6
	24~50 PS		58	48.2
	≥50 PS		1	50.2
西 德	≤24 PS	67.8	34.3	9.7
	24~35 PS	22.2	40.5	10.0
	≥35 PS	10.0	25.2	80.3

机的转速也向高速发展,五十年代一般为 1000~1600 r/min,而七十年代初期即达 2000~2200 r/min。

#### 四、重量参数

拖拉机的重量分下列三种:结构重量  $G_j$ ——是不加油和水、无驾驶员、无随车工具和配重时的重量;最小使用重量  $G_{smin}$ ——是加满油和水,并有驾驶员和随车工具后的重量;最大使用重量  $G_{smax}$ ——是保证拖拉机发挥出额定牵引力所需的重量。

拖拉机的重量参数对其制造成本、使用性能影响很大,每种拖拉机都有其适宜的下列重量参数:  $G_{smax}$ 、 $G_{smin}$ 、 $G_j$  和重心位置。

##### 1. 最大使用重量 $G_{smax}$

拖拉机的  $G_{smax}$  应使其在旱地上工作时,滑转率不超过规定值情况下发挥出额定牵引力。可由下式算出:

$$G_{smax} = \frac{P_{TN}}{\phi_{\delta} \lambda_{qN} - f} \quad (\text{kgf}) \quad (1-6)$$

式中  $\phi_{\delta}$ ——滑转率为规定值  $\delta$  时的附着系数;

$\lambda_{qN}$ ——牵引力为  $P_{TN}$  时的动态重量分配系数,即拖拉机的牵引负荷为  $P_{TN}$  时后轮承载与整机重量之比。对履带式、手扶式及  $4 \times 4$  轮式拖拉机  $\lambda_{qN} = 1$ ,对  $4 \times 2$  轮式取  $\lambda_{qN} = 0.8$ ;

$f$ ——拖拉机的滚动阻力系数。

轮式和履带式拖拉机的  $\phi_{\delta}$  及  $f$  值一般范围见表 1-15。

通常,  $G_{smax}$  可近似按下式估算:

手扶拖拉机  $G_{smax} = 2.7 P_{TN}$

轮式拖拉机  $G_{smax} = 2.5 P_{TN}$

四轮驱动拖拉机  $G_{smax} = 2 P_{TN}$

履带拖拉机  $G_{smax} = 1.5 P_{TN}$

各种拖拉机的最大使用重量,还受所行经的道路、桥梁的限制,一般应不大于 20 t。

## 2. 结构重量 $G_s$

目前国内外生产的轮式和四轮驱动拖拉机的结构比重量  $g_s (g_s = G_s / N_{eN})$ , 随其发动机功率  $N_{eN}$  的变化情况如图 1-1 和图 1-2 所示。图中的“O”为国产拖拉机重量。

随着设计与制造工艺水平的提高,  $g_s$  趋于降低, 我国自行设计生产的轮式拖拉机的  $g_s$  比仿制的轮式拖拉机减少了近 40%。国外轮式拖拉机的  $g_s$  有的已达 31.8 kg/PS。新设计时可参考下列范围选取  $g_s$  (kgf/PS):

机耕船	40~55
手扶拖拉机	35~45
轮式拖拉机	35~50
四轮驱动拖拉机	40~55
履带拖拉机	70~100

确定新拖拉机的  $g_s$  要求时, 应在保证该拖拉机具有足够的使用可靠性并易于制造的前提下, 尽量降低结构重量。对旱地用拖拉机要求不严, 而水田用拖拉机则应力求尽量轻。一些特种用途拖拉机的  $g_s$  可参考下面所列统计资料比较确定: 中耕拖拉机比同功率的一般用途拖拉机重 4~13%, 宽履带拖拉机和高地隙中耕履带拖拉机比同功率的一般用途拖拉机分别重 12~16% 和 10% 左右; 变型 4×4 轮式比基型 4×2 轮式重 8~12%。

## 3. 最小使用重量 $G_{smin}$ 及配重重量 $G_p$

拖拉机的最小使用重量由结构重量、燃油重量、润滑油重量、冷却水重量、随车工具重量及驾驶员重量组成。

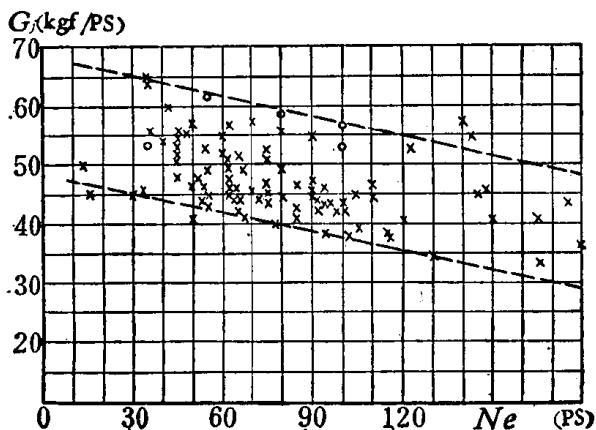


图 1-2 独立型四轮驱动拖拉机的结构比重量

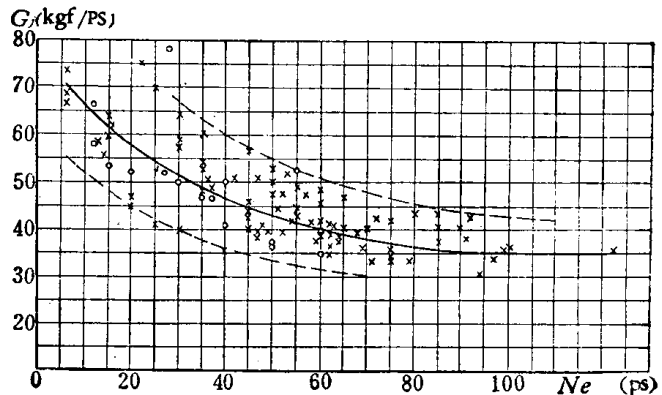


图 1-1 轮式拖拉机的结构比重量

燃油重量应满足拖拉机 10 小时工作的需要(发动机平均负荷系数取 0.6)。润滑油重量一般为 0.9~1.4 kgf/PS(履带拖拉机为 1.4~1.9 kgf/PS)。冷却水重量强制水冷发动机为 0.2~0.6 kgf/PS, 蒸发冷却发动机为 1.3~1.6 kgf/PS, 随车工具重量取 5 kgf。驾驶员体重取 60 kgf。一般冷却水和润滑油的重量为结构重量的 3~5%。通常  $G_{smin}$  比  $G_s$  大 6~11%。

拖拉机为发挥出额定牵引力应带的配重重量为:

$$G_p = G_{smax} - G_{smin} - G_N \quad (\text{kgf}) \quad (1-7)$$

式中  $G_N$ ——为悬挂犁对拖拉机的增重。计算时可近似取为犁的重量。悬挂机构无力调节或无驱动轮加载机构时  $G_N = 0$ 。

水田拖拉机应尽量减轻其使用重量, 一般说,  $G_{smin}$  就是其正常使用重量。为获得良好

的使用性能,水田轮式拖拉机的每马力使用重量应不大于 45~55 kgf。

#### 4. 重心位置

拖拉机的重心位置( $a$ 、 $e$ 、 $h$ )直接影响其稳定性、操纵性和牵引附着性能。

拖拉机的重心偏离其纵向对称平面的偏移量  $e$  一般不大(因拖拉机的主要部件是按拖拉机纵向对称平面对称布置),可不考虑。当结构需要出现非对称布置时,应采取措施,使  $e$  尽可能小,以提高拖拉机的横向稳定性。对以犁耕作业为主的轮式及手扶式拖拉机,出现重心横向偏移时,以向左侧偏移比向右侧偏移好,可提高耕地时的横向稳定性。

重心离地高度  $h$  应在满足拖拉机离地间隙要求的前提下尽量降低,以提高其稳定性。

各种拖拉机重心距驱动轮轴(在其前方)的水平距离  $a$  的选取原则分述如下:

1) 轮式拖拉机 在牵引负荷作用下(见图 1-10),其重心位置为:

$$a = \lambda_c L + q h_T + \lambda_c f r_{d0} + (1 - \lambda_c) f r_{dq} \text{ (mm)} \quad (1-8)$$

式中  $\lambda_c$ ——工作状态下拖拉机前轮承载占其总重的百分比;

$L$ ——拖拉机轴距(mm);

$q$ ——牵引力系数,  $q = P_T / G_s$ ,  $P_T$  为牵引负荷(kgf);  $G_s$  为拖拉机使用重量(kgf);

$h_T$ ——牵引点离地高度(mm);

$r_{d0}$ ——前轮动力半径(mm);

$r_{dq}$ ——后轮动力半径(mm)。

对以牵引作业为主的两轮驱动拖拉机,其重心合理位置应使拖拉机在额定牵引负荷作用下不失去操纵性而后驱动轮具有最大的附着重量(但不超过其承载能力)。在旱田茬地上可取  $\lambda_c = 0.2$ ,  $q = 0.4$ ,  $f = 0.05$ , 则工作状态下重心位置为:

$$a = 0.2L + 0.4h_T + 0.01r_{d0} + 0.04r_{dq} \text{ (mm)}$$

实践表明,一般旱地用拖拉机的前轮静态承载占其总重的 35~40%,水田用拖拉机占 40~45% 即可正常工作。

2) 四轮驱动拖拉机 四轮驱动拖拉机应使其在额定牵引负荷作用下,前后轮胎均达到其承载能力,以充分发挥出轮胎的牵引能力。

对前后轮胎一样大的四轮驱动拖拉机,在额定牵引负荷工作时,可取  $\lambda_c = 0.5$ ,  $f = 0.05$ ,  $q = 0.5$ , 则工作状态下重心纵向位置是:

$$a = \frac{1}{2}(L + h_T + 0.1r_{dq}) \text{ (mm)}$$

实践表明,前后轮胎一样大的四轮驱动拖拉机的前轮静态承载一般占其总重的 60~65%,前轮小后轮大的变型四轮驱动拖拉机的前轮静态承载占 45~55%,即可正常工作。

3) 履带拖拉机 履带拖拉机重心的纵向位置,直接影响着履带支承面上的压力分布,对其通过性、稳定性和牵引附着性能都有很大影响。对不同用途的履带拖拉机,虽有不同的心要求,但都应使其在经常遇到的使用条件下,履带支承面上的压力均匀分布,即地面支承反力的合力尽量接近履带接地长度( $L_0$ )的中点。显然,纯粹作牵引作业的履带拖拉机,静态时重心应在履带接地中点前面;以推土、正面装载为主的工业拖拉机,重心应在接地中点后方。农业或工农兼用的履带拖拉机,重心一般取在接地中点前  $(0.03 \sim 0.05)L_0$  处。

4) 手扶拖拉机 应使作业时扶手把上的操纵力尽可能小、机组行进稳定。因此,重心位置随配带的机具不同而有不同要求。

带牵引犁进行犁耕作业时,重心在驱动轴前方为宜,但不能太偏前,否则犁的入土性能变坏,不易保持耕深稳定,且使操纵费力。对8~12PS的手扶拖拉机,水耕作业时偏前30~45mm、旱耕作业时偏前15~30mm较合适。

带旋耕机作业时,由于旋耕锄的驱动作用,机组会发生“上跳”和“前滑”现象,影响正常工作。为避免这些现象发生,重心应布置在驱动轴的后方,这样亦保证旋耕机的自动入土和耕深稳定。但又不能太靠后,否则起犁费力,劳动强度大。试验使用表明,对8~12PS的手扶拖拉机取偏后10~30mm为宜。

有乘座的兼用型手扶拖拉机,重心应取在驱动轴后方。

5) 机耕船 应使其在经常遇到的使用条件下,船体支承反力合力作用点在船体与土壤接触长度的中间位置,使接地压力均匀,以提高稳定性、减少行进阻力。因此,静态时重心偏前,一般在接地长度中点前(0.05~0.15) $L_0$ 处。

一些拖拉机的重心坐标列于表1-8、1-9、1-10。

表1-8 轮式拖拉机重心参数表

型 式	型 号	重 心 坐 标 (mm)			前轴承载 占总重的 (%)	使用重量 大 小	
		$a$	$e^*$	$h$			
两 轮 驱 动	东方红-20	685	0	606	45.7	最小	
	东方红-30	627	0	664	35.8	最大	
	东方红-40	710	4.5	717	38.4	最小	
	东 风-50	790	9.6	743	40.6	最小	
	铁 牛-60	806	-8	850	36.2	最大	
	江 淮-50	782	-2	724	40.8	最小	
	上 海-50	750	0.7	690	39.3	最小	
	丰 收-35	795	4	717	41	最小	
	丰 收-37	645	2.7	783	35.1	最小	
	东方红-28	697		788	34.2	最大	
	红十月-40	659	7	836	32.8	最小	
	铁 牛-55	820	-6.5	939	33.3	最小	
四 轮 驱 动	前后 轮胎 一样 大	集 材-80	1584	-91		57.3	最大
		泰 山-100	897	-6	866	61.0	最小
		County Super-4(英)	948	2.3	792	52.7	最小
		Matbro Mastiff(英)	1591	3.4	862	65.3	最小
	前 轮 小 后 轮 大	泰 山-50S	886	6.7		43.2	最大
		John Deere4240H(美国)	993	-5.8	1016	36.5	最小
		M. A. N. B45A(西德)	706	5.5	896	33.0	最小
		Volvo T-814(瑞典)	1238	-10	940	43.6	最大

\* 数字前有“-”号表示重心偏于前进方向拖拉机纵向对称平面的右边,无“-”号者偏左边,以下两表同。



表 1-9 履带拖拉机和机耕船重心参数表

型式	型 号	重 心 坐 标 (mm)			$\Delta a$ (mm)	$K'$ (%)
		$a$	$e$	$h$		
履带 拖 拉 机	昔 阳-10	538	-4	378	65	6.88
	东方红-20L	534	0	476	-34	-2.99
	泰 山-25L	648	-31.5	479	10	0.78
	集 材-50*	1850	-1	702	280	12.95
	东方红-75	1205	15	660	-39	-2.18
	红 旗-100	1179	38	764	-6	-0.25
	红 旗-160	1179	14	875	-81	-3.21
	芝浦 K-20G(日)	622	1.7	480	-46	-3.44
UTB SM-445(罗)	665	7.1	503	10	0.76	
机 耕 船	荣 县-2	148	16.5	640	88	4.83
	中 山-10	320	-29.5	492	218	14.4
	湖 北-12	298	-18	607	248	16.2
	广 西-12	316	-2.9	380	246	16.1
	工 农-12	580		450		

注: 1.  $\Delta a$  为重心至履带(或船底)接地长度中点的水平距离, 数字前的“-”号表示重心在接地中点之后, 无“-”号者表示在中点之前

2.  $K'$  为重心偏移系数,  $K' = \Delta a / L_0$ ,  $L_0$  为履带(或船底)接地长度

\* 无搭载机构

表 1-10 手扶拖拉机重心参数表

(mm)

型 号	犁 耕 机 组 重 心 坐 标			旋 耕 机 组 重 心 坐 标			备 注
	$a^*$	$e$	$h$	$a^*$	$e$	$h$	
工农-3	35.9	-1	415				无 配 重
辽农-4	112	34.6	414				无犁无配重
工农-5	2.9	-3.7	526	-4.6	3	569	
工农-10-I	45	10	530	-20~-30	10	530	带 双 铧 犁
工农-11	-281	2.3	609	-284	1.7	550	带 乘 座 双 铧 犁
工农-12				-27	-5.1	568	
东风-12	33.6	13.1	553				
红卫-12	0	9.3		—	—	—	带 双 铧 犁
三菱 CT-95(日)	3.3			-13.1			
井关 KF-850(日)	49.6			-40.2			
久保田 KA-650R(日)	48.7			-74.4			

\* 数字前的“-”号表示重心在驱动轮轴之后

## 五、行走装置

各种类型拖拉机与总体布置有关的行走装置的基本参数, 主要有以下各项。

### 1. 轮式拖拉机的轮胎

主要从下列几方面来综合考虑选择。

1) 承载能力要足够 一定结构、一定层数、一定胎压下的每种轮胎均有其适宜的承载能力, 超载将降低其使用寿命, 影响拖拉机正常工作。因此, 在拖拉机最常使用情况下, 轮胎