

第1篇

农业机械

农业是利用动植物的生长发育规律,通过人工培育来获得产品的产业。农业有广义和狭义之分,广义农业包括种植业、林业、畜牧业、副业和渔业五种产业形式,狭义农业是指种植业。因此,农业机械也有广义和狭义之分。广义的农业机械指用于种植业、林业、畜牧业、副业和渔业所有机械的总称,狭义的农业机械仅指用于种植业生产过程的各种机械。农业机械主要包括农用动力机械、农田建设机械、土壤耕作机械、种植和施肥机械、植物保护机械、农田排灌机械、作物收获机械、农产品加工机械和农业运输机械等。

第1章

拖 拉 机

1.1 概述

1.1.1 定义与功能

拖拉机(tractor)是指用于牵引、推动、携带和/或驱动配套机具进行作业的自走式动力机械,其最显著的特征是:有动力装置(内燃机或电动机),为自身行走提供动力,为带动或驱动农业机具提供动力;有行走装置,能在道路和田间地面上行走。拖拉机的作用不同于汽车,它仅仅是一种能够自走和提供动力的机动车,没有农业机具(包括拖车),拖拉机不能完成任何作业,只有拖拉机与农业机具组成拖拉机机组后才能完成各种作业。

拖拉机机组完成的作业有田间作业、运输作业和固定作业。

(1) 田间作业有耕、耙、播种、施肥、喷药、中耕、收割、打捆等。

(2) 运输作业有田间短途运输和道路长途运输。

(3) 固定作业是利用动力输出装置带动水泵、碾米机、发电机等机具进行作业。

1.1.2 发展历程与沿革

1. 国内拖拉机的发展概况

拖拉机作为农业装备的核心,其技术发展水平体现着国家农业机械化程度和农业现代

化发展水平。我国引进并使用拖拉机的最早记录是1908年(清光绪三十四年)黑龙江巡抚程德全奏请清政府批准购进两台拖拉机,当时的名称为“火犁”。1915年我国第一台75 Ps(我国拖拉机命名常用马力为公制马力(Ps), $1\text{ kW}=1.36\text{ Ps}$)柴油机被成功研制出来,20世纪20年代末,近代张学良曾推动尝试制造拖拉机,但随着1931年日本发动九一八事变,生产拖拉机的尝试也随即中止。

新中国成立后,1955年在洛阳开工兴建第一拖拉机制造厂(简称一拖),仅用三年就建成并开始生产东方红牌履带式拖拉机,如图1-1所示。中国农业机械化从“东方红”开始,到1966年,我国(除台湾省)基本建成了11个大中型拖拉机厂,8个手扶拖拉机厂,年产2.8万台中型拖拉机和3.5万台手扶拖拉机。



图 1-1 第一台东方红牌履带式拖拉机

20世纪50年代,我国做了外接电源电动拖拉机的探索。哈尔滨松江拖拉机厂与哈尔滨工

业大学及东北农学院一道研制出了电牛-28型和电牛-33型轮式电动拖拉机,其电压为1000V,质量为3200kg。针对水田特殊的作业环境,1958年我国江苏省江都县农民首创了船形履带式沤田拖拉机,如图1-2所示。

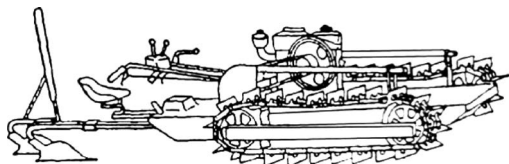


图1-2 船形履带式沤田拖拉机

20世纪六七十年代,我国拖拉机产业处于自主研发阶段,先后研制成功了10~120Ps的农用轮式或履带式拖拉机系列。改革开放后,我国引进国外先进技术,对我国拖拉机行业的技术进步和创新起到了推动作用,为此后产品自行改进设计奠定了基础。1997年一拖推出了自行设计的新型1002型履带式拖拉机,采用双功率控制系统,6进2退变速箱、双向浮动制动器、带液压的机械转向助力系统。21世纪初,一拖推出的新型C系列履带式拖拉机已扩展到40~200Ps,采用无芯铁摩擦驱动橡胶履带行走系统、履带持续液压张紧、扭杆减震悬架、方向盘操纵差速转向机构及电控悬挂系统等多项先进技术。

我国拖拉机经历了从无到有、从小到大的发展,大体分为引进仿制、自行研制、技术引进和自主开发四个发展阶段,现已具有东方红、雷沃、东风、常发、沃得、迪尔、国泰泰山、时风、悍沃等拖拉机知名品牌。《中国统计年鉴2020》显示:2019年我国农机总动力为102758.3万kW,大、中型拖拉机社会保有量443.86万台,小型拖拉机1780.42万台。

随着互联网、北斗导航、传感器、大数据、5G等技术的发展,我国拖拉机汽车在新能源动力技术、动力负载换挡和无级变速传动(continuously variable transmission, CVT)技术、无人驾驶等方面取得了新的进展。

2016年10月26日,在武汉召开的全国农业机械展览会上,中国一拖发布我国首台无人驾驶拖拉机东方红LF954-C,如图1-3所示。

该机型整机配备国Ⅲ发动机、动力换向变速箱、电控悬挂系统,搭载包括自动转向系统、整车控制系统、雷达及视觉测量系统、远程视频传输系统、监测系统以及远程遥控系统等信息和控制系统,应用毫米波雷达测量、双目相机视觉识别等先进技术,结合北斗高精度定位技术,可在无人驾驶条件下,顺利完成耕、整、植保等农田作业。



图1-3 东方红LF954-C无人驾驶拖拉机

2021年2月,国家农机装备创新中心研发的100Ps无人驾驶轮边电机拖拉机ET1004-W(见图1-4)属国内首台大马力轮边驱动电动拖拉机概念样机,是轮边驱动技术在国产农机上的首次应用,融合“分布式控制”“电子差速”“四轮转向”等多项先进技术,并装载5G网联与自动驾驶模块,为下一步集群化作业打下基础。



图1-4 100Ps无人驾驶轮边电机拖拉机ET1004-W

2. 国外拖拉机的发展概况

世界上第一代农业拖拉机是发动机用蒸汽机的农业拖拉机,可以追溯到18世纪,被称为蒸汽牵引机动车(steam traction engine)、蒸汽犁(steam plough)、火犁(power plough)、汽车犁(automobile plough)和自走犁(self-propelled plough)等。但是多数史学家们认为,能在田间实际工作的蒸汽机耕作机械是从19世纪50年

代开始的。1849年,英国兰赛姆斯(Ransomes)公司生产了可能是世界上第一台走向市场的蒸汽机驱动自走农业机动车,如图1-5所示。同年,英国人詹姆士·阿舍尔发明了蒸汽机驱动的旋转蒸汽犁,并在1851年第一届世界博览会上展出,如图1-6所示。



图 1-5 兰赛姆斯蒸汽机动车

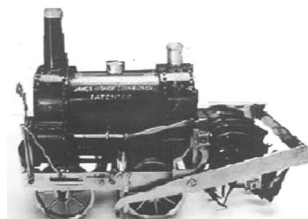


图 1-6 阿舍尔蒸汽牵引犁模型

1853年美国约瑟夫·福克斯在田间演示了他的蒸汽机驱动多铧犁。1868年英国加勒特父子公司(Richard Garrett & Sons)制造的加勒特4CD蒸汽拖拉机(见图1-7)在欧洲最流行,其功率为2.94 kW(4 Ps),质量不超过5 t,一人操纵,被称为有实际意义的第一台蒸汽动力农业拖拉机。



图 1-7 加勒特 4CD 蒸汽拖拉机

在拖拉机发展史上,蒸汽耕作机械时代大约经历了半个多世纪,但是蒸汽动力拖拉机功率大、行驶速度慢、笨重、昂贵,需要多人操作,劳动量大。19世纪后期,随着奥托等人发明并

完善了两冲程和四冲程内燃机,汽(煤)油拖拉机登上了历史的舞台。1892年,德裔美国农民发明家约翰·弗洛里奇在美国成功研制了采用汽油机为动力的农业拖拉机(见图1-8),并在田间连续工作了52天,史学界认为他是美国发明能实用的汽油拖拉机的第一人。

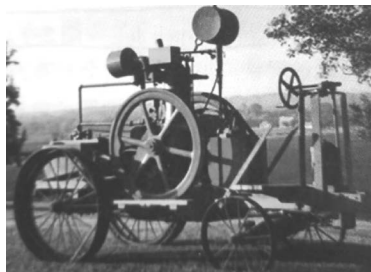


图 1-8 弗洛里奇的汽油拖拉机

1901年,由两个大学机械系毕业生创立的哈特帕尔(Hart-Parr)公司生产的第一台拖拉机,则被史学界以及英国和美国的百科全书认为是世界上第一台商业成功的农业汽油拖拉机(见图1-9),而哈特帕尔公司所在地爱荷华州查尔斯城,被认为是美国拖拉机产业的诞生地。1906年,哈特帕尔公司第一次在拖拉机上标上“tractor”作为名称,渐渐被行业广泛采纳接受。



图 1-9 哈特帕尔 17-30 型拖拉机

1906年美国万国公司销售了它的第一台汽油拖拉机,从此开始生产系列汽油拖拉机。1908年,美国本杰明·霍尔特(Benjamin Holt)制造了首批汽油机动力的履带式拖拉机。1911年凯斯公司正式推出了加大功率的凯斯20-40型汽油拖拉机(见图1-10),采用双缸卧式汽油机,功率为29.4 kW(40 Ps),2个前进挡,质量5 t多。到20世纪20年代,蒸汽拖拉



图 1-10 凯斯 20-40 型汽油拖拉机

机已基本被内燃拖拉机取代。

19 世纪末德国发明家和机械工程师鲁道夫·狄赛尔发明了柴油机,1922 年德国发明家和机械工程师普罗斯珀·劳伦奇首次将柴油机装在农业拖拉机上。劳伦奇研发了预燃室喷射,针状喷嘴、漏斗预燃室和变量燃油喷射泵——这是压燃式发动机进入汽车的里程碑,

并且是当时第一批车辆用柴油机的基础。直至 20 世纪 70 年代,柴油机取代汽油机才取得了决定性优势。

1929 年美国农用拖拉机年产量已超过 20 万台,创历史最高纪录,但是随着全球资本主义世界“大萧条”,农机行业陷入了经济困境,这也加快了拖拉机产业技术升级的步伐。在这个时期,拖拉机在采用柴油机、普及充气橡胶轮胎、推广三点液压悬挂以及独立式动力输出轴等方面都取得了战略性的进展。1931 年,美国卡特彼勒(Caterpillar)公司批量生产了第一批柴油履带式拖拉机(见图 1-11)。1935 年,美国万国(International Harvester)公司批量生产了柴油动力轮式拖拉机。1931 年,美国固特异(Goodrich)公司生产了固特异(Goodyear)农业拖拉机充气轮胎。1933 年福格森拖拉机装了三



图 1-11 卡特彼勒柴油履带式拖拉机

在西方国家经济“大萧条”的同时,新兴的苏联拖拉机产业乘机奋起。1924 年,美国福特公司和苏联列宁格勒普梯洛夫工厂合作生产“福特森-普梯洛夫”拖拉机(见图 1-12),标志着苏联拖拉机产业的开始。苏联的农业集体化方针,大大推动了苏联拖拉机产业的崛起。1937 年苏联推出了“斯特日-纳齐”(СТЗ-НАТИ)履带式拖拉机(见图 1-13),大大缩小了苏联拖拉机产业和西方的差距。到 1940 年,苏联拖拉机年产量已达 53 000 台,排名欧洲第一、世界第二。

在电动拖拉机方面,最早生产电动拖拉机的是德国西门子公司,1912 年该公司生产了功率为 50 Ps 的电动四轮拖拉机,其后方挂载旋

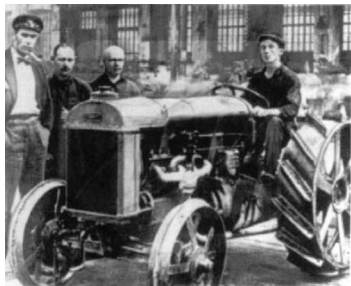


图 1-12 “福特森-普梯洛夫”拖拉机

耕装置,电力由电网提供。1924 年西门子公司推出了 4 Ps 手扶旋耕拖拉机。第二次世界大战时期燃油供应紧张,德国博卡兹公司研发了电动双向手扶拖拉机。1937 年苏联以 60 型履带式拖拉机为基础,制造了苏联第一台由电缆

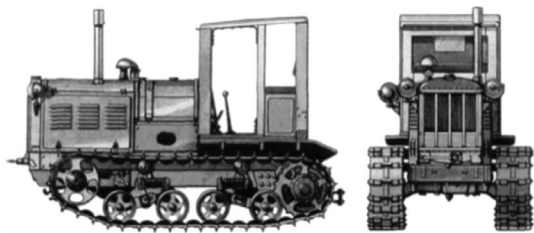


图 1-13 “斯特日-纳齐”(СТЗ-НАТИ)履带式拖拉机

供电的农用电动拖拉机,其功率为 65 Ps,电压为 500 V。由于这种外接电源的电动拖拉机是通过长长的导线从电网获得电源,增加了电力传输损耗,转移地块也不方便,渐渐被自备电源式电动拖拉机取代。

20 世纪五六十年代经济复苏,拖拉机传动系统有了创新性的突破。1954 年美国万国公司推出了增扭器,在世界上首次实现了拖拉机在负载下的不停车换挡。1958 年凯斯公司推出了世界上首台动液力传动轮式拖拉机。1967 年美国万国公司批量生产了法毛 656 型静液压传动拖拉机。

20 世纪七八十年代是四轮驱动拖拉机的黄金时代,迪尔公司 1975 年推出 275 Ps 铰接式拖拉机,1982 年推出 370 Ps 的 8850 型。凯斯公司 1976 年推出 300 Ps 整体机架拖拉机,1984 年推出 400 Ps 的 4994 型,如图 1-14 所示。全球拖拉机行业出现了一场追求大功率的竞赛。美国大巴德拖拉机公司 1977 年推出的 16V-747 型拖拉机(1998 年增至 900 Ps),到 20 世纪末仍是世界上功率最大的农用拖拉机,如图 1-15 所示。



图 1-14 凯斯 4994 型拖拉机

进入 21 世纪,随着高新技术的应用和电子信息技术的渗透,高压共轨系统、计算机控制



图 1-15 大巴德 16V-747 型拖拉机

技术、GPS 卫星定位等许多高新技术的逐步应用,使拖拉机技术水平不断提高。

2016 年在美国农业进步展览会上,凯斯率先推出了全球第一台大功率、无驾驶室的凯斯 Magnum370 无人驾驶概念拖拉机(见图 1-16),在拖拉机设计之路上迈出了革命性的一步。其额定功率 274 kW(367 Ps),动力输出轴功率 227 kW(305 Ps),最大提升功率 312 kW(419 Ps),配合 GPS 自动导航技术和远程信息交互系统,可实现自动转向、避障、远程配置、监测及操作设备等功能。



图 1-16 凯斯 Magnum370 无人驾驶概念拖拉机

1.1.3 国内外发展趋势

农业机械装备是“中国制造 2025”重点发展的十大领域之一,是转变农业发展方式、实现乡村振兴战略的重要支撑。拖拉机作为最主要的农业动力机械,本着创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念,型号规格不断完善,性能和质量不断提高。围绕高效、智能、环保和信息集成四个方面,农业拖拉机在动力、传动、行走、液压、悬挂、驾驶舒适性、物联网及综合服务/管理平台等多个领域都取得了长足

发展。

在动力系统方面,国外柴油机排放法规已全面进入国Ⅳ阶段,单纯依靠机内净化已不能满足日益严格的排放要求,辅以各种机外尾气后处理方案的组合型排放控制系统开始出现在国外各大主流机型上。而国内则正处在国Ⅴ阶段,主要通过机内净化和油品的改善来应对排放要求。2020年12月28日生态环境部正式批准发布《非道路柴油移动机械污染物排放控制技术要求》(HJ 1014—2020),该标准规定:自2022年12月1日起,所有生产、进口和销售的560 kW以下(含560 kW)非道路移动机械及其装用的柴油机应符合该标准的要求。国家对柴油机排放法规的要求必将越来越严格,各种机内净化、机外尾气处理技术及其组合方案会在拖拉机上得到更广泛的应用,以最大限度地降低整机排放。此外,以高比能量动力蓄电池、生物甲烷等新型替代能源为动力的新能源技术将与传统动力并行发展,以求在新的能源领域获得技术突破,实现机组作业时的零排放、无污染、低噪声和高效率,从根本上解决农业机械化过程中面临的节能减排问题。

电动农机作为一种节能、无污染的零排放农业机械,已成为解决能源紧缺和环境污染问题的重要途径之一。国内电动拖拉机以理论研究为主,在考虑不同作业和环境工况下,研究人员对电动拖拉机的环境适应性、动力系统关键部件的参数匹配及优化等问题进行了研究,提出了并联式混合动力拖拉机传动系统及驱动控制理论和策略。

传动系统方面的进步主要体现在动力负载换挡和CVT无级变速传动技术的进一步普及上,尤其是无级变速传动技术,不仅是农业拖拉机变速传动系统发展的必经阶段,更是实现拖拉机整机电液化的关键核心技术,在提高拖拉机自动化水平、整机动力性、经济性和舒适性、简化驾驶操纵程序和减轻劳动强度等多方面具有重要意义。

行走转向系统主要围绕轮胎胎压控制、橡胶履带/半履带式行走机构展开研究,以进一步减小接地比压及滑转损失,提高牵引效率和

整机通过性。

在液压动力输出方面,多点高精度输出、负载传感压力补偿等技术大大提高了液压辅助系统的安全性、操控性、适用性和经济性;而对于液压悬挂系统,电控提升悬挂已基本成为国内外大中功率拖拉机的标准配置,且大多同时配有前液压输出、前悬挂和前动力输出,大大方便了农机具的挂接和日益增加的各类农机具的配套应用。

在驾驶舒适性方面,人机工程设计理念体现得越来越充分,除采用主、被动悬架以减少振动外,悬浮驾驶室、悬浮座椅、360°驾驶室增视系统、人机交互触摸显示屏等人性化设计成为改善整机舒适性的重要方面。

此外,随着互联网技术的迅猛发展,物联网、大数据、机器人及人工智能等技术广泛应用驱动下的第四次工业革命已经开始,以数字和智能化为核心特征的第四次工业革命成为了中国发展的最大发动机。集农业信息感知、数据传输、云平台管控于一体的农业物联网技术逐渐成为研究热点,这标志着以模型驱动业务、设备管理设备、人-设备-农场无缝连接的全新模式成为未来农业机械发展的趋势。

1.2 分类及特点

拖拉机的种类很多,按照不同的分类方法分成各种类型。拖拉机分类如图1-17所示。

1.2.1 按用途分类及特点

我国生产的拖拉机按用途可分为工业用拖拉机、林业用拖拉机及农用拖拉机三大类。

1. 工业用拖拉机

主要用于筑路、矿山、水利、石油和建筑等工程,也可用于农用基本建设。其特点是前后可悬挂机具、正倒梭形作业,具有良好的牵引性能,适应变负荷繁重作业条件。典型的工业用拖拉机有推土机、挖掘机等。

2. 林业用拖拉机

主要用于林区集运材和营造林作业。集材拖拉机用于伐倒树木的集材和运输。营林

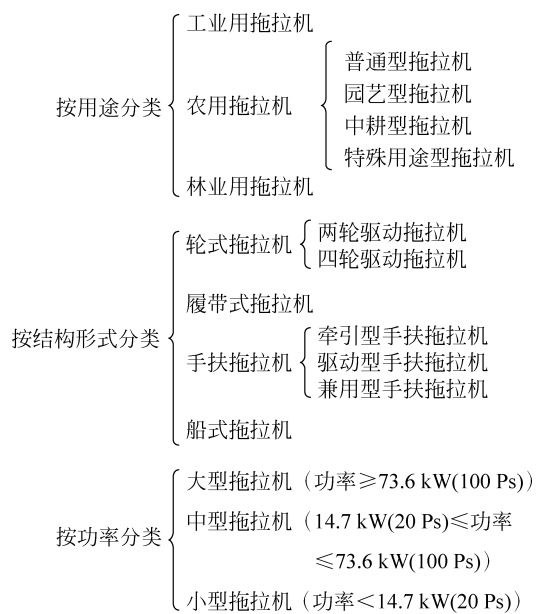


图 1-17 拖拉机分类

拖拉机配备专用机具可进行植树、造林和伐木作业。林业用拖拉机一般带有绞盘、搭载装置和清除障碍装置等,其特点是前部装有排障器,后部装有集材和搭载装置,地隙较高,具有良好的牵引性能、爬坡能力、越野能力和较高的运输作业速度。典型的林业用拖拉机有挖坑机和集材拖拉机等,如图 1-18 和图 1-19 所示。



图 1-18 挖坑机

3. 农用拖拉机

主要用于农业生产。按其结构特点及应用条件不同,农用拖拉机又可分为以下四类。

(1) 普通型拖拉机:应用范围广,适于—



图 1-19 集材拖拉机

般条件下的各种农田移动作业、固定作业和运输作业等。其特点是行走装置较宽、接地压力较低、地隙不高、轮距一般不调整或调整范围不大,具有良好的平地通过性、牵引性能和稳定性。如凯沃-KW804E 和东方红-SK404 等型号,如图 1-20 和图 1-21 所示。



图 1-20 凯沃-KW804E 型拖拉机



图 1-21 东方红-SK404 型拖拉机

(2) 园艺型拖拉机：主要用于草坪修剪、庭院(场地)管理作业，如草坪修剪、耕耘、平地及抛雪等作业。其特点是轮胎宽、直径小，机体矮小，轴间可装割草机。如东风-DF151Y和潍拖-TY404等型号，如图1-22和图1-23所示。



图 1-22 东风-DF151Y 园艺型拖拉机



图 1-23 潍拖-TY404 园艺型拖拉机

(3) 中耕型拖拉机：主要用于除草、松土追肥和喷药等作物行间中耕管理作业。其特点是农艺地隙较高、行走装置较窄，轮距可在较大范围调整，具有良好的行间通过性、转向操作性和视野。万能中耕型拖拉机农艺地隙为400~800 mm。高地隙中耕型拖拉机农艺地隙达800~1000 mm。如东方红-550H和泰山-604A等型号，如图1-24和图1-25所示。

(4) 特殊用途型拖拉机：适用于在特殊工作环境下作业或适用于某种特殊需要的拖拉机，如山地拖拉机、水田拖拉机和葡萄园拖拉机等。坡地拖拉机适用于丘陵、山区、坡地作业，其特点是轮(轨)距较宽、质心较低、能梭形作业或具有机体垂直平衡装置，在横坡作业条



图 1-24 东方红-550H 中耕型拖拉机



图 1-25 泰山-604A 中耕型拖拉机

件下具有较好的牵引性、横向稳定性和行驶直线性。水田拖拉机适用于水田中作业，主要用于整田、收获及运输等作业，通常由柴油机、船体、耕作机具三部分组成，适用于平原、湖区、丘陵、山区等各种不同类型的深泥田、水稻田、荒田和沿海地区的滩涂田作业。葡萄园拖拉机可在株间或树冠下完成耕耘、施肥和喷药等作业。其特点是轮(轨)距小、地隙低、外形窄矮、机动灵活。骑跨在作物上方进行行间作业，其农艺地隙达1200~1500 mm。如帕维奇-ZS554和东方红-MF704等型号，如图1-26和图1-27所示。

1.2.2 按结构形式分类及特点

按结构形式的不同，拖拉机可分为履带式(或称链轨式)、轮式、手扶式及船式四种。

1. 履带式拖拉机

履带式拖拉机是指装有履带行走装置的