

高等学校教材

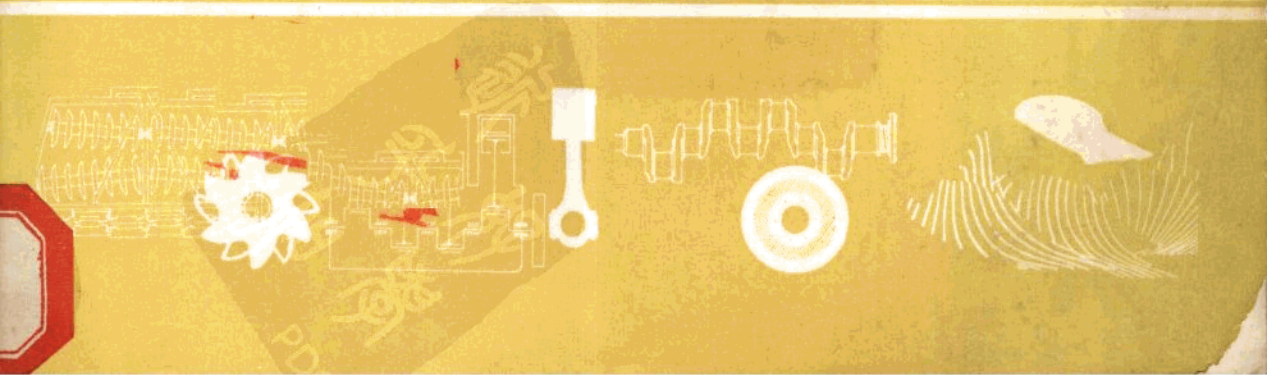
79·2
F714(=)

农业机械概论

(修订本)

洛阳工学院凤元洪 主编

中国农业机械出版社



前 言

本书根据1984年4月讨论通过的全国高等工业学校拖拉机(或农用车辆工程类)专业《农业机械概论》教学大纲的要求,在原书第一版的基础上完成修订的。供高等学校上述专业作为教材使用。

本书第一版共进行过三次印刷,经有关学校使用反映较好。这次修订保留了原书的特色,在下述几个方面作了进一步的修改和完善:修订版结合我国农业机械化的前景和特点,作了下述修改:删去部分使用面不广的大型机械,增补了小型和手扶拖拉机配套农具;对旋耕机和联合作业机组,根据国外资料结合我国情况作了新的表述;增补了农机机组的运用指标,以加强对社会和经济效益的理解。同时根据贯彻国家计量法的要求,对全书计量单位及符号均作了修正。本书修订后在绪论和第七章概述了拖拉机和农业机械配套设计的综合性问题。第一章至第六章除分别阐述主要类型农业机械的构造和原理外,特别选择有典型意义的铧式犁耕地机组和旋耕机联合作业机组,阐述其工作部件外载、整机受力和机组特性等基本理论,这部分应当作为本课程教学重点。鉴于各地自然环境和农业技术要求不同,可以有选择地进行教学。本书内容适于课内30~40学时的教学需要。

本书仍由第一版的作者修订。洛阳工学院凤元洪担任主编并修订绪论、第一、二、七章;贾学信修订第三、四、五章;李膺龙修订第六章。武汉工学院奥紫锋担任主审。在编写和修订过程中得到有关学校、工厂和研究单位的大力支持,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,对于书中错误或不当之处,欢迎批评指正。

编者 1987年1月

目 录

绪论	1	§ 4-1 概述	97
第一章 铧式犁与耕地作业机组原理	7	§ 4-2 典型播种机及我国播种机系列	93
§ 1-1 耕地的技术要求和机具类型	7	§ 4-3 播种机的主要工作部件	100
§ 1-2 铧式犁的总体构造和我国铧式犁系列	10	§ 4-4 播种机的使用	105
§ 1-3 铧式犁的工作部件	16	第五章 植物保护机械	109
§ 1-4 牵引犁的调节机构及平衡原理	21	§ 5-1 植物病虫害防治措施及农业技术要求	109
§ 1-5 悬挂犁与半悬挂犁	27	§ 5-2 植保机械的种类、一般结构及工作原理	110
§ 1-6 铧式犁体的外载	32	§ 5-3 机动喷雾、喷粉机的结构和使用	115
§ 1-7 悬挂耕地机组的受力平衡和工作性能	38	§ 5-4 植保机械的安全使用技术	119
第二章 圆盘机械	57	第六章 谷物收获机械	120
§ 2-1 圆盘机械的种类和特点	57	§ 6-1 概述	120
§ 2-2 圆盘犁	59	§ 6-2 收割机	123
§ 2-3 圆盘耙	61	§ 6-3 谷物联合收获机	136
§ 2-4 圆盘耙的受力与平衡	64	§ 6-4 玉米收获机	150
第三章 旋耕机与联合作业机组	69	第七章 农业机械与拖拉机设计的关系	152
§ 3-1 旋耕机的工作原理、结构与工作参数	69	§ 7-1 农业机械技术发展的主要趋势	152
§ 3-2 旋耕机的受力分析与旋耕机组	76	§ 7-2 农业机械与拖拉机总体设计的关系	158
§ 3-3 旋耕机的使用	84	§ 7-3 液压悬挂系统的设计要求	167
§ 3-4 耕耙联合作业机械与联合作业机组	85	§ 7-4 动力输出轴的设计要求	167
第四章 播种机械	91	§ 7-5 农机机组的运用指标	169
		主要参考文献	172

绪 论

一、农业机械在农业现代化中的作用

农业是我国国民经济的基础。只要农业上去了，其他事情就比较好办了。目前我国农业的劳动生产率和商品率都较低，抵御自然灾害的能力还很薄弱，特别是人多地少的矛盾将越来越突出。因此，对于农业现代化建设要有一个切合实际的明确概念和目标，以便根据这个要求进行研究、生产和供应农业机械。

现代农业的特点就是既有高度分工，又有密切合作。一方面实行专业化，同时又互相渗透。它的典型形式是实行农工商相结合，把农业生产同生产资料供应和农产品的加工、贮运、销售紧密连接起来。这样就可以提高效率，降低成本，增加效益。这是现代农业的显著特点。

现代农业的内容究竟是什么呢？在我国“四化”建设时期，作为国家战略重点之一的农业应当有一个新的概念。大家知道，过去谈农业，往往偏重于种植业，而忽视林业、畜牧业、渔业和其他副业，这是最狭义的农业，或称“小农业”。由它所对应的农业机械主要是耕种收获机械。这个概念已经不能适应形势发展的需要。较为广义的农业，应当包括通过生物繁殖以取得产品的生产行业。这就是把包括农、林、牧、渔在内的农业称之为“一字形大农业”。这个概念扩大了只重视狭义农业的眼界，提高了人们对林、牧、渔业的重视及其相互关系的认识。但是，它仍然不能完全适应现代化建设的需要。适应现代要求的完整的农业，应当是“十字形大农业”，即在“一字形大农业”这种横向联系的基础上，再加上纵向的联系，包括“农业服务业”和“农产品加工业”。这就进一步扩大了农业生产、农业服务和农产品加工之间有机联系的认识。它将引导人们根据不同地区、不同时期和不同经济发展阶段的要求，积极主动地提供适销对路的和大农业相应的农业机械产品。它的市场之广阔，意义之深远，不仅对我国农村的发展，而且对于我国机械制造业的发展都将具有重大意义。

农业机械是以农业为服务对象的，这就必须考虑这种服务的经济效益和社会效益。应当了解人们为什么要制造、购买和使用农业机械？或者说要了解农业机械究竟具有什么作用？过去教科书中往往只强调农业机械化可以用机器替代人、畜力的作用。如果农业机器仅仅满足这一要求，在经济尚不很发达的地区，或劳动力安置门路不广的条件下，替代不是当地的迫切需要，农业动力及其配套机具就不受欢迎。事实上，除了这种替代作用外，它最主要的作用还在于用机器能完成一些人、畜力难以达到的增产或增值的技术措施，这才是人们设计、制造和使用农业机械的主要原因。它与人、畜力关系不应局限于替代，而更应当着眼于强化和发展生产能力方面。此外，农业机械可以改善劳动条件，使人们的劳动和生活更加方便和舒适一些。由此不难看出，农业机械的作用要注意其两方面的特性：一方面，随着时间、地点和经济条件的不同，对农业机械上述三个作用的要求应有所侧重。从我国实际情况出发，现阶段对于农业机械的替代作用和舒适作用，多数地区暂时还不会十分迫切，而主要是强化生产能力，为农业总产值翻番服务。另一方面，因为农业机械具有这三个方面的作用，所以

现在农民既把农业机械作为生产工具，同时又作为交通运输工具和生活工具，使农业机械在抗灾、增产、增值、改善劳动条件等方面充分发挥作用。这是实行联产责任制以后农民自己拿钱办机械化的真正原因。它充分显示了农业机械在现代化建设中的强大生命力。

二、我国农业机械化的道路

我国农业机械化30年来所经历的路程，应当说成绩是显著的，但经验教训也是深刻的。我们应当记住由于脱离我国国情而造成的失误，但也应当肯定农业机械化所取得的成绩和应当坚持的正确方向。现在，我国已经建立了有相当水平的农机工业，我国农机工业总产值由1953年的0.8亿元提高到1978年的79亿元，增长了将近98倍。随后其产值由于经济调整而有所下降。到1984年前后，大多数省、市总产值已恢复到与调整前持平。农机工业部门已经具有为农业提供各种规格的从动力到机具的设计制造能力。1982年在我国15亿亩耕地中，机耕面积5.59亿亩，机播面积2亿亩，机电灌溉面积3.37亿亩，机械收获面积0.69亿亩；同时，在运输、植保、脱粒、粮棉油和饲料加工等作业机械化方面都有较快发展。这些数字表明，我国农业机械化程度已有了很大发展。但是，需要机械化的地方也很广阔。特别是建立起一支庞大的农机技术队伍，这是振兴农机事业的重要基础。

我国农业机械化的道路是曲折的，也积累了丰富的经验。这就是第一，农业机械化的发展要与整个国民经济发展相适应，要根据提供的资金和能源的可能性，考虑到农村经济水平、社队企业建设和吸收劳动力的能力，确定适宜的农机化发展速度。第二，我国农业机械化的直接目的是为了满足不同地区、不同经济条件的需要。因此，我国的农业机械化应当是根据当地的具体条件有选择地、分阶段地、有先有后地发展。

就拖拉机及其配套农具的发展来说，为了适应农业田间生产和运输作业的发展，拖拉机拥有量将继续增长。特别是“三夏”、“三秋”劳力负荷高峰季节，拖拉机及其配套机具的作用将更加显得重要。参照1952~1978年全国拖拉机总功率数和机耕面积的数据分析，大致每0.736kW（1马力）拖拉机动力可以担负机耕面积15亩。按农牧渔业部农机化局估算，全国适宜机耕（5亩以上地块）面积约10亿亩，则需5000万千瓦。考虑到现有耕地面积实际数可能大于统计数，由于实行生产责任制后，拖拉机需要担负相当数量的农村运输，人们测算2000年拖拉机拥有量：需要大中型200万台，小型400万台以及相应的配套机具。因此，我国拖拉机及其配套机具的需求将继续稳步增长。

世界各国的历史和条件不同，发展农业机械化的特点也不一样。我国地少人多，素有精耕细作的传统，强调提高单位面积产量。1975年我国粮食总产量与美国并列，各占世界总产量的五分之一；单位面积产量也比同年世界平均单产高出36%。但是，按人口计算的产量却低于世界平均水平。如果这个问题不解决好，势必影响“四化”建设。再则，我国建设事业底子薄，科学文化水平低。农业机械价高质低，机具和技术上的适用性差。有的地方只注意拖拉机生产，不重视农机具配套。按1978年上海郊区的统计数字，平均每万亩耕地拥有农机动力数量，已经超过苏联，平齐美国；但从农业生产的现状看，基本上还是手工劳动。因此，应当认真总结自己的经验，探索出一条适合我国国情的农业现代化道路。

三、农业机械的研究与发展

随着农业生产的发展,人类在长期劳动中积累了越来越多的生产经验和知识,不断地创制和发展了农业生产的工具和机器。勤劳勇敢的中国人民,早在秦汉时代就开始有铁制农具的应用。公元前100年左右牛犁、耒、龙骨水车的创制成功,标志着我国农具的结构已达到相当合理的程度。就田间作业而言,利用畜力代替人力虽然很早,但经历封建社会的漫长岁月,所有的农具发展都极其缓慢。

欧洲在资产阶级产业革命的推动下,1850年前后,各种畜力农具相继成熟:1831~1834年收割机的创造成功;1837年钢犁的制成,同年又创制成功复式脱粒机;1850~1855年间,先后制造了谷物播种机、马拉割草机和玉米播种机等,从而使田间作业项目逐步由畜力和机具所代替。

动力机在农业中的应用,始于19世纪中叶。1850年蒸汽机装在四轮的机架上成为锅驼机,带动绳索牵引犁耕地,第一次将机械动力用于田间作业。1870年差速器创造出来,才有可能使锅驼机改进为蒸汽拖拉机牵引着犁进行作业,但机具很笨重,经济效益并不显著。随着近代农业动力和机具的发展,在1890~1910年间,汽油拖拉机及各种基本作业的牵引农具配套齐全,机械耕作日益显示其优越性。1935年福格森拖拉机上成功地装置液压悬挂机构,发展了各种悬挂式和自动调节式机具。但是,在本世纪50年代以前,农业动力及其机具虽然已趋完善,但是,基本上是“铁牛”与“铁犁”的配合。

简单地回顾一下拖拉机和农具的近代发展情况,使我们看出这样一个问题:在农业机械技术研究和发展过程中,特别是一些工业化发展较早的国家,经历过在动力(拖拉机)还不太完善的情况下,已经生产了大量的农机具的阶段,例如出现了几十匹马拉着前进的联合收割机。当拖拉机投入农业市场时,其基本性状(如速度、牵引方式等)受到马拉农具的影响,拖拉机起着铁制牛的作用。尔后农具的设计又受到拖拉机的制约。由于经济和技术等方面的原因,长期来对于动力、机具和作业对象等方面的系统的科学技术问题研究不够。只是到了近二三十年才开始把拖拉机和农具,甚至农具和加工对象(如土壤、作物等)作为一个统一体加以考虑。

美国从1850年开始研制采棉机,但是进展缓慢。百年之后,到1949年棉花收获机械化程度仅为6%。分析原因,除了机器结构本身的问题之外,还存在棉花品种、栽培制度、纤维质量、成本和利润等问题。于是他们采取农机和农艺密切配合的方针,改革栽培方式,培育适合机械化采棉的新品种,使用化学脱叶,解决落地棉捡拾、清花、籽棉田间运输等一系列问题,进展很快。十几年后基本实现机械化,至1970年棉花收获机械化程度已达到95%,居世界第一位。日本研制水稻插秧机历时70年,过去采用大苗插秧,质量不稳定,而且拔秧机也未解决,至1970年机械化程度仅为3%。当年,日本农林省开始实行工厂集中育秧方法,推广带土小苗插秧机,只有几年的时间,到1977年水稻插秧机械化达80.4%。

随着现代工业技术的进步,各种类型拖拉机日趋完善,并出现了大功率拖拉机。为了充分利用其功率,在设计拖拉机时必须充分考虑到农具的特性。还要十分注意从用户的观点看待问题。例如在某种条件下提高作业速度更为有利,或在另一些条件下发展联合作业更好等等。因此,在设计拖拉机时,就要研究使其基本性能适应农具系统的要求;同时在设计农具时,也要考虑到如何有利于拖拉机的技术特点的发挥。不难看出,评价现代拖拉机的效果好坏,不能脱离与农具配套所表现出来的作业性能。人们是否购买这台拖拉机,不仅看拖拉机

本身的质量如何,归根结底要看它组成的拖拉机农具机组的作业性能如何。特别是在当代机械制造技术较高的条件下,配套作业性能往往是成败的关键。因此,一些先进的国家普遍重视拖拉机及其配套机具的研究与发展。如英国麦赛-福格森公司出产的MF-165Ⅲ型44kW(60马力)轮式拖拉机,在本系统内生产的配套农具多达244种,保证了该拖拉机可以在多种自然环境下获得满意效果。因而,能够在五大洲几十个国家赢得广泛的市场。反之,一台拖拉机如果忽视其配套作业性能,则往往导致失败。

这些事实说明,为了正确地发展农业机械技术,应当把动力、农具和作业对象作为统一体系进行研究。如果能够正确地注意总结历史的和现代的经验,农业机械的研究和发展必将是生气勃勃前途无限的。

四、农业机械的特点和分类

(一) 农业机械的特点

由于农业生产过程的复杂性和多种技术经济因素,形成了农业机械不同于其他机械的特点。明确这些特点,将有助于人们自觉的把工程知识和技术应用于农业。从对机械设计的要求来说,其主要特点如下。

第一,农业机械工作对象种类很多而且复杂多变。它包括植物、动物、微生物等有生命的机体和土壤、肥料、水分等各种形态的物质。仅农作物一项常见的就有粮、棉、油、麻、丝、茶、糖、菜、烟、果、药、杂等等,它们的种类很多,物理机械性能和生物特性各异,并且处于不断变化中。有人认为,农业机械设计这一领域对工程技术人员的工作能力的要求,要比其他工程领域复杂。农业机械应当在变化范围较大的因素下得到满意的工作。

第二,工作的季节性很强。农业生产环节多,为完成一项作业就需要一种机器(或工作部件),而往往只用很短的时间。因此,很多情况下农业机械的年利用率很低。由于季节性很强,某些环节要求在极短时间内完成(有时甚至是几天内),机器负荷很大。这就对农业机械的经济性和可靠性提出严格的要求。

第三,作业条件恶劣。经常在露天、尘土飞扬和地面高低不平的环境下进行移动作业。这与安装在车间里或行驶在平滑路面上的其他机器不同,它所受到的锈蚀、磨损、振动都比较大。如果未充分考虑到这些特点,加之使用保养不当,就更容易发生故障和影响机器寿命。

第四,农业机械量大面广。节省每一滴油都有重要意义。试想我国仅耕地一项每年就要消耗石油大约250万吨,就不难明白提高效率降低消耗的巨大意义。随着我国农业机械化程度的不断提高,它的意义将日益为人们所重视。

(二) 农业机械分类

农业机械的范围,迄今尚无统一的定义。简言之,作为机械工程的一个门类而言,它包含着农业(林、牧、副、渔在内)所使用的动力和机具。

按照农业生产作业性质划分,通常所称的农业机械可以分为六大类:农田(作业)机械、农副产品加工机械、装卸运输机械、排灌机械、畜牧机械和其他机械(如园艺机械)等。一般所说的农业机械,主要是指这个范围。显然,它已不包括动力机械,并且林业、渔业机械也分属其他部类。在上述六大类中,农田(作业)机械种类很多,并且与拖拉机配套关系极为密切,考虑到本书读者的需要,将着重介绍农田(作业)机械。

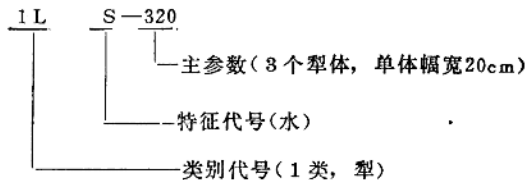
农田(作业)机械是指农业田间生产过程机械化所使用的机械。按照主要作业和用途,

农田机械可以分为以下几类。

1. 农田基本建设机械：如平地机、推土机、铲运机、开沟机、筑埂机等。
2. 耕作机械：如铧式犁、深松铲、圆盘耙、钉齿耙、镇压器、旋耕机、耕耙联合作业机等。
3. 播种机械：如谷物条播机、玉米点播机、水稻直播机、牧草撒播机、联合播种机等。
4. 栽植机械：如水稻插秧机、拔秧机、烟草栽植机、马铃薯种植机等。
5. 施肥机械：如氨水施肥机、厩肥撒运机、化肥施播机、颗粒肥料施播机等。
6. 田间管理机械：如锄草机、中耕追肥机、中耕培土机、除莠剂喷撒机等。
7. 植物保护机械：如喷雾机、喷粉机、联合喷粉喷雾机、弥雾机、消毒机等。
8. 收获机械：如谷物收割机、谷物联合收获机、亚麻收割机、棉花收获机、花生收获机等。
9. 场上作业机械：如脱粒机、复式脱粒机、清选机、扬扬机、烘干机等。

为了实行农机具产品的统一分类和编号，1974年7月我国第一机械工业部曾公布《农机具产品编号规则》标准（NJ89-74），规定凡定型产品除有牌号和名称外，尚应按统一方法确定型号。如：

悬挂水田三铧犁



其中类别代号，采用由数字表示的分类号和由字母表示的组别号组成。分类号即将上述农业机械统一划分为10类，各分类号所代表的机具类别见表1。组别号是以产品基本名称的汉语拼音文字第一个字母表示。如犁用（L）、播种机的播用（B）、收割机的割用（G）等等。还有特征代号所用字母，主参数的表示方法等参见一机部标准 NJ89-74。

表1 农业机械分类号

机具类别名称	分类号	机具类别名称	分类号
耕耘和整地机械	1	农副产品加工机械	6
种植和施肥机械	2	装卸运输机械	7
田间管理和植物保护机械	3	排灌机械	8
收获机械	4	畜牧机械	9
谷物脱粒、清选和烘干机械	5	其他机械	[0]

注：属于其他机械类的农机具在编制型号时不标出“[0]”。

五、学习本课程的目的、内容和方法

本课程是为拖拉机及农用车辆工程类专业开设的一门专业基础课程。它的目的在于通过本课程有关环节的学习，能够懂得“拖拉机-农机机组”（简称农业机械机组）配套的基本理论；了解主要农业机械的构造、工作原理及使用调节方法等方面的必要知识，以便在设计或改进拖拉机时考虑如何最有效地满足农业技术要求；如何能与农业机械在结构上互相配合，在性能上彼此适应，更好地发挥机组效能。

本课程的学习内容和基本要求是，了解田间作业机械化主要环节的农业技术要求、工作环境及作业条件等方面的问题。了解主要农业机械的构造、工作原理及使用调节方法。了解有典型意义的农业机械工作部件的外载、整机受力特性和农业机械机组的必要知识。了解农业机械对拖拉机所提出的具体要求，重点是注意对工作装置和总体设计方面的要求，以便在设计拖拉机时考虑合理地予以满足。

为了能深刻地掌握本课程的内容，学习时必须密切联系实际。鉴于我国地域辽阔，各地农业自然条件差别甚大，在选定内容时应注意因地制宜。要注意掌握农业机械典型机具的理论和试验方法，注意收集有关实验数据和具体条件，以培养设计和改进拖拉机时分析问题和解决问题的能力。关于几种典型机组特性的内容，本课程将着重从农业机械角度出发进行阐述，学习时应注意与“拖拉机理论”等课程的关系。为了正确理解对于液压悬挂系统、动力输出轴等工作装置的要求，学习时应结合有关课程掌握其构造和工作原理。

第一章 铧式犁与耕地作业机组原理

§ 1-1 耕地的技术要求和机具类型

肥沃的土壤是保证农业丰产的重要基础。耕地是恢复和提高土壤肥力的有效措施之一，是农业生产的基本环节。为了创制高效能、高质量的耕地动力和机具，必须注意如何运用农业机械工程技术去适应当地的条件和要求。为此，充分了解耕地的农业技术要求，熟悉土壤的耕作特性以及机具的原理和类型，才能使机械耕作发挥更充分的作用。

一、耕地的农业技术要求

耕地的目的在于改善土壤结构，积蓄水分和养分，覆盖杂草、残茬和肥料，防除病虫害，为农作物生长发育创造良好条件。因此，不失时机地搞好耕地作业，是实现稳产高产的关键性环节。

耕地的农业技术要求，由于各地的自然条件、耕作季节和耕作方式不同，具体的技术要求各异。当采用机器耕作时，应当满足下述基本要求。

1. 适时耕作：既能抢农时，又能保证质量，提高生产效率。
2. 耕深一致：要符合规定的深度，增加耕深稳定性，减少入土行程。
3. 翻垡良好：翻转的垡片应相互贴紧，并将残茬杂草严密覆盖；有的则要求架空晒垡。
4. 土壤松碎，耕后地表平整，减少开垄和闭垄。
5. 地头整齐，不重耕，不漏耕。

二、耕作层土壤的特性

土壤是耕作机械的作业对象。耕作层土壤的特性是研究和设计机具的重要依据之一。众所周知，耕作层土壤力学是一门新的学科。与它相近的在土建和水利工程方面的土力学虽然发展得较为成熟，但与耕作层土壤力学相比较，不论在研究对象、目的、内容或方法上都存在很大差别。例如耕作层土壤与深层土的性质和状态，外载荷对土壤作用的方式和时间等，都有本质上的不同。就旱地土壤而言，一般可看作为松散介质的力学问题，其特点是土壤颗粒间的粘结力和摩擦力是决定土壤强度的因素。土壤在工作元件作用下的变形和破坏，一般认为主要是由于剪切和撕裂的作用。因此，往往以土壤抗剪强度作为土壤强度的理论基础。近代发展起来的“车辆-地面系统力学”，虽然在某些方面有一定的应用价值，但是，现有的研究成果仍不足以阐明土壤的耕作性能。现在，对于耕作阻力，破碎程度，附着性能等等还不能定量地确定其规律。

事实上，耕作层土壤牵涉面广而复杂，由于土壤的机械组成、有机质含量、土壤结构等不同，再加之土壤水分和硬度（坚实度）经常变化，因此，耕作层土壤的特性在很大范围变化着，目前还没有某种单一的指标可以明确地判断其耕作性能。为了便于说明土壤的性状，根据农业机械方面的需要，一般以土壤质地、湿度和硬度等三项主要指标，采取类比的办法，综合判断土壤的耕作特性。

(一) 土壤质地 (机械组成)

土壤主要由各种大小不同的土粒所组成。而直径不同的土粒其物理化学性质有很大差异。人们对于各种土壤现在大都沿用一些旧的习惯名称,如黄土,黑土,两合土等等。由于各地习惯不同,这些只具有相对概念的名称不能明确表达土壤的性质,应当采用国际通用的标准。土壤的国际标准是根据土粒直径划分为若干粒组(表1-1)。依据各种粒组在土壤中的百分比来确定土壤质地的分类(见表1-2)。

(二) 土壤湿度

土壤是否处于适耕状态,其主要变化因素取决于土壤水分是否恰当。

土壤所含水分,用土壤湿度表示。每单位重量的土壤干物质所含水量的百分率称为土壤的绝对湿度。

$$\text{土壤绝对湿度} = \frac{\text{土样自然状态重量} - \text{土样干燥后重量}}{\text{土样干燥后重量}} \times 100\%$$

表1-2 国际制土壤机械组成分类

类 别	机械组成名称	粒 组 百 分 数 的 范 围		
		砂 粒	粉 砂 粒	粘 粒
砂 土 类	砂土及壤砂土	85~100	0~15	0~15
壤 土 类	砂壤土	55~85	0~45	0~15
	壤土	40~55	30~45	0~15
	粉砂壤土	0~55	45~100	0~15
粘壤土类	砂粘壤土	55~85	0~30	15~25
	粘壤土	30~55	20~45	15~25
	粉砂粘壤土	0~40	45~75	15~25
粘 土 类	砂粘土	55~75	0~20	25~45
	壤粘土	10~55	0~45	25~45
	粉砂粘土	0~30	45~75	25~45
	粘土	0~55	0~55	45~65
	重粘土	0~35	0~35	65~100

土壤吸收水分至饱和状态时的含水量称为土壤总持水量。当土壤质地中粘粒比例增多,则该土壤的总持水量增大。

土壤含水量占总持水量的百分率称为土壤的相对湿度。一般来说,相对湿度为40~60%时土壤处于适耕状态。例如一般壤土和壤质粘土的总持水量为30~40%左右,则其适耕状态的土壤绝对湿度即为12~24%。当我们测得某土壤绝对湿度值时,就可判断其适耕程度。水田水耕时土壤水分处于饱和状态以上。

(三) 土壤硬度 (坚实度)

土壤硬度是土壤抵抗物体楔入能力的综合指标。目前通用的方法是采用标准的圆锥体压头垂直楔入土壤,用所记录下来的“楔入压力—楔入深度”(即 $P-h$ 关系)来表示之。土壤硬度计的压头的断面积有大有小,当被测土壤坚硬时选用断面积较小者,当土壤松软时可选

用断面面积较大的压头。

如图 1-1 所示，土壤抵抗压头楔入的特性可分为三个阶段：压头楔入的第一阶段（OA 段）表明，随着压头的楔入，土壤给予压头的阻力迅速增大，几乎呈直线上升；但是，这个过程很短， h 值很小。随着压头的继续下压，进入第二阶段（AB 段），其特点是阻力的增加缓慢，压头继续往下一个深度，形成一过渡阶段。土壤变形的第三阶段（BC 段）的特点是随着 h 值增大， P 值变化不显著。事实上，由于耕作层土壤的不均匀性， P 值在一较小范围内波动，直到土壤

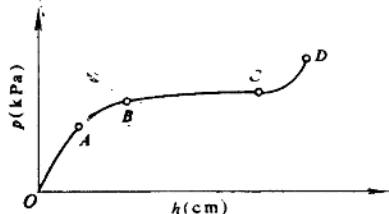


图 1-1 土壤硬度变化关系示意图

耕作层结束。若再进一步楔入时， P 值急剧增大（CD 段），这是遇到坚硬底层的缘故。由此可见，在耕作层内土壤阻止压头楔入的能力基本上是一定的。例如我国华北地区一般壤土和壤质粘土麦茬地在适耕期的土壤硬度一般为 $150 \sim 300 \text{ N/cm}^2$ 。但是，随着条件的变化，其数值亦相应变动。例如土壤过于干燥，则其硬度增大，耕作阻力亦随之增大。

如上所述，土壤质地、湿度和硬度是目前表达耕作层土壤耕作特性的最常用的指标，它们都可以用一定的仪器定量地测得。人们借助这些指标，可以综合判断土壤的性状。此外，土壤还具有其他多种物理、机械特性和力学性质，可参见有关资料。

三、耕地机械的分类

耕地机械种类很多。按最基本的工作原理划分，有铧式犁、圆盘犁、旋转耕作机等。其中应用最广泛的是铧式犁。

铧式犁历史悠久，适应地区广泛，性能好，品种多，是最主要的耕地机具。随着我国农业机械化事业的发展，我国铧式犁近几年来已经形成了南方水田犁和北方旱地犁两大系列。南方水田犁系列，采用了我国自行创制的通用犁体，在水田水耕和旱耕作业的综合性能方面优越于欧美和苏联的犁体。自 1975 年投产至今已生产三万余台，占水田犁同期总产量的 90%。北方旱地犁系列在设计中，较多地吸收了国外的新技术和新结构，还研制了菱形犁体，半悬挂犁和耩耙犁等机型，是我国现阶段比较完整的铧式犁系列。

在发展通用系列犁的同时，我国各有关单位根据各地不同的需要，创制了多种类型的耕地机具。有适应潮湿草地和高产绿肥地需要的圆盘犁，有适应深松土层的深耕改土犁，还有适应各地区特殊需要的如云南的堡子犁、福建的土鳅犁、东北的垄作犁等等。成都机引农具厂研制成功的水平摆式双向犁，其特点是只需一组犁体就可以实现左右翻垡的要求。还有在吸取日本经验基础上制成的混层深耕犁，采取铧削抛掷的原理，可配套于中小型拖拉机进行深耕作业。上海市川沙县农机厂制成的耩耙联合作业机，把铧式犁和旋耕机的各自特点组合成一个整体。它结构紧凑，机组灵活，可以充分发挥拖拉机功率，减少机器在田间作业次数，能有效地争取农时，减少对土壤的压实和破坏，为水田耩耙联合作业开创了新的途径。近几年来，我国东北地区在总结当地农业生产经验的基础上推广深层松土而不翻耕的耕作法，创制了若干以松土为主的新型机具，很受当地群众欢迎。

国外一般用途的铧式犁品种比较多，系列化通用化程度较高，一般的犁都能配用数种不同的工作部件。如法国于阿尔公司 1970 年生产的悬挂犁系列有 12 种机型，半悬挂犁有 8 种机型，双向犁 20 多种。每种犁可以配不同的工作部件，有六种曲面型式和 $25 \sim 36 \text{ cm}$ ($10 \sim 14$ 英寸) 五种幅宽的犁体，以适应不同的自然条件和耕作要求。从发展趋势看，国外铧式

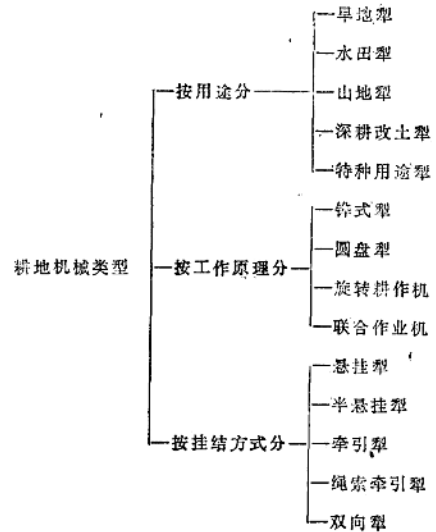
犁耕深普遍有所增大，机组正向高速、宽幅发展，以提高生产率，比较注意发展新的工作部件和探索减小牵引阻力的办法。

国外旋转铧的出现，引起人们的重视。其工作部件为铲形，作业过程模拟人力用锹挖土的过程。翻转的土堡可以部分地翻转覆盖，而不象旋耕机那样粉碎土壤，有利于保持并改善土壤结构。所以，这是一种兼有犁耕和旋耕特点的机具。荷兰 VICON210 型 旋转铧，耕幅 2.1m，耕深 30cm，以 22~26kW (30~35 马力) 拖拉机驱动，前进速度为 1.6km/h，每日可耕地 45 亩，比较适用于粘重土壤及潮湿地区的耕作。据称能量消耗仅为旋耕机的 1/4。

由于广泛采用复式作业的需要，发展了一系列联合作业机具。其中主要是耕耙或耕播联合作业。耕耙联合作业在联邦德国、日本等国广泛采用犁与旋耕联合作业机。耕播联合作业在美国缺雨的种植玉米高粱地区得到发展，前茬作物收割后，立即用一种犁播机直接进行耕地播种。为了同样目的还发展了心层松土播种机，免耕系统凿式播种机等，其特点是只加工播种行内，而行间不耕作。苏联和联邦德国生产的犁播机组，可以把耕、耙、翻压绿肥和播种几道工序一次完成，对提高复种指数，争取农时很有成效。

综上所述，耕地机械类型很多，而且新机具不断出现，有些机具还能够从事多种作业（如联合机组）。但是，为了在众多类型中有一个基本概念，耕地机械可以根据其用途、工作原理或与拖拉机挂结方式分为若干类型，见表 1-3。

表 1-3 耕地机械分类



§ 1-2 铧式犁的总体构造和我国铧式犁系列

一、铧式犁的一般构造

铧式犁量大面广，品种甚多，按其与拖拉机挂结方式的不同，形成了若干有代表性的结构类型。

(一) 手扶拖拉机犁

手扶拖拉机犁的结构如图 1-2 所示。它由犁体、犁梁、耕深调节机构、耕宽调节机构和牵引架等部分组成。手扶拖拉机功率较小，一般只配 1~2 个犁体。犁通过牵引架与拖拉机挂接框相连。耕作深度是通过耕深调节机构用变更犁的入土角来实现的。耕作宽度可以通过改变犁体的牵引方向在一定范围内调节。

(二) 牵引犁

牵引犁的结构和组成如图 1-3 所示。其工作部件（主犁体 2、小前犁 4、圆犁刀 3）安装在犁架 8 上。犁架的前部安装有牵引调节机构 9 与拖拉机联结。为了在运输时支承犁架和耕作时配合进行调节工作，设有行走轮（地轮 7、沟轮 5 和尾轮 1）。牵引犁上一般均设置

起落调节机构6，用以操纵犁的起落和调节深浅与水平。

(三) 悬挂犁

悬挂犁的结构和组成如图1-4。在犁架的前部安装有悬挂架2和悬挂轴4，用以与拖拉机悬挂杆件相联结。悬挂犁的起落和调节，都由拖拉机液压悬挂机构来控制。因此，它与牵引犁比较，省去了起落调节机构和行走轮等部件。有的悬挂犁上安装一个支地轮1，它可以在停放时支持犁架；并且在拖拉机的液压悬挂机构采用高度调节时，用来控制耕深；当采用力调节时就不需要支地轮。有些悬挂犁没有支地轮，而用支撑杆保持停放稳定。由此可见，悬挂犁具有结构简单，重量轻，机动性好和节省劳动力（不需农具手）等优点，得到日益广泛的应用。

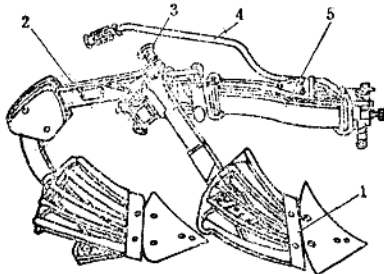


图1-2 手扶拖拉机犁

- 1—犁体 2—犁架 3—耕深调节机构
4—耕宽调节机构 5—牵引架

(四) 半悬挂犁

发展半悬挂犁的理由是，由于农业机械化技术的发展，大功率拖拉机相继出现，因而其所配套的多铧犁（6铧或8铧以上）显得重量和长度

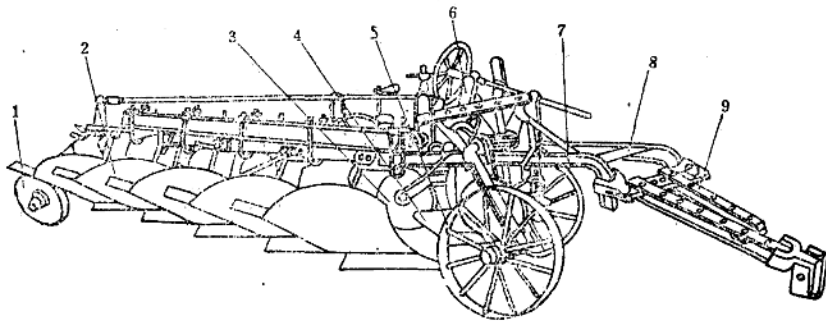


图1-3 牵引犁

- 1—尾轮 2—主犁体 3—四犁刀 4—小前犁 5—沟轮 6—起落调节机构 7—地轮 8—犁架
9—牵引调节机构

过大，影响机组纵向稳定性，导致耕深不稳定，这就使悬挂犁的发展受到了一些影响。特别是在运输时，由于犁的振动，升降机构负荷过大而易遭破坏。多铧半悬挂犁则兼有悬挂犁和牵引犁的优点，即铧数和幅宽不受机组纵向稳定性的限制，又具有悬挂机组的灵活性。因此，近年来半悬挂犁得到较快的发展。

半悬挂犁的结构和组成如图1-5所示。其特点是犁的前部设置一个头架1与拖拉机悬挂机构相联结。支地轮2的作用与悬挂犁相同。耕作时，操纵拖拉机液压悬挂机构放下头架，即相当于牵引犁的工作状态；运输时，升起头架，同时利用拖拉机的液压输出驱动尾架机构3向下运动，犁的后部随即升起，使犁处于运输状态，这就较好地解决了犁的重量和长度较大引起的问题。

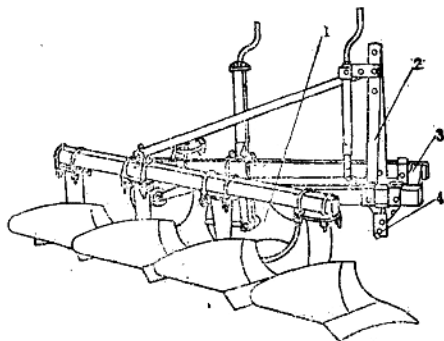


图1-4 悬挂犁

- 1—支地轮 2—悬挂架 3—犁架 4—悬挂轴

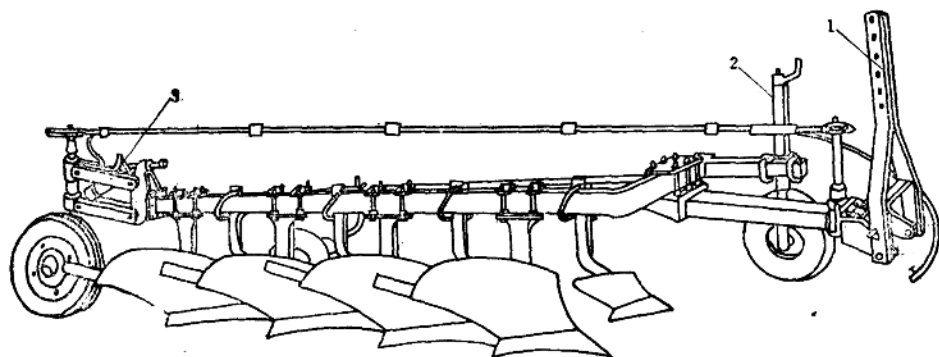


图1-5 半悬挂犁

1—头架 2—支地轮 3—尾架

(五) 双向犁

铧式犁耕地时，土垡均向右侧翻转，耕后地表不可避免地要产生若干条闭垄或耕沟，不利于地块平整；而且地头转弯时绕大圈，空行率高。为了克服这方面缺点，要求犁在“返回”时能改变翻垡方向（即要求向左侧翻转），这就是双向犁的基本特点。双向犁种类甚多，常见的有下列几种。

1. 翻转犁：如图 1-6 所示。翻转犁具有两套犁体，一套犁体向右翻土，一套犁体向左翻土，两套犁体交替工作。翻转犁按结构又可分为全翻转式和半翻转式。全翻转式（图 1-6）两套犁体的配置相差 180° ，半翻转式的两套犁体的配置相差约 90° 。工作时，当机组完成一个行程至地头转弯时，拖拉机通过悬挂机构将犁升起，翻转机构起作用，使两套犁体绕一轴

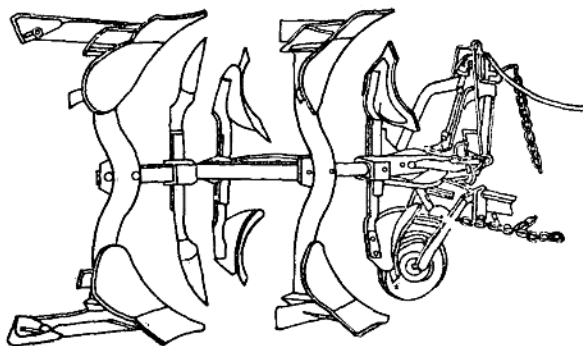


图1-6 全翻转式翻转犁

翻转换位。翻转犁耕后地块中间没有沟垄，为播种、灌溉、收获创造了良好条件。在地块长度适当时，能减少地头空行时间，提高工效约 10% 左右，更适合于坡地和小块地耕作。近年来，这种犁正在很快发展，特别是在西欧一些国家所占比重较大。据称法国翻转犁已占总数的 70%。联邦德国生产的 118 种型号的犁中，有 53 种是翻转犁。翻转犁虽然耕作质量好，但是它的重量比普通犁要大 50% 左右，进行联合作业比较困难，发展速度受到影响。

2. 水平摆式双向犁：如图 1-7 所示。它只有一套犁体，安装在一根主斜梁 1 的下部，而主斜梁用插销安装在机架 5 上。每当一个工作行程完成后，由于起犁时的自身重量作用，通过一套杆件机构，使主斜梁与犁体同时自动转向，不需驾驶员另行操作。有的还采取液压换向机构。水平摆式双向犁结构简单，机体重量和普通犁相近，较好地克服了翻转犁重量较大的缺点，但耕作质量尚须进一步提高。

3. 键式犁：如图 1-8 所示。键式犁是把右翻和左翻的两个犁体，分别悬挂在拖拉机（自走底盘）上。一组犁工作时，另一组升起，这样就不需要把犁翻转，同时能够达到双向犁耕地的目的。但由于键式犁结构复杂，不适宜于大型机具多铧作业，未得到推广。

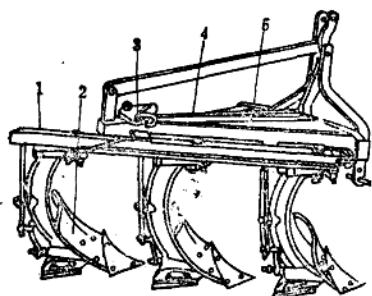


图1-7 水平摆式双向犁
1—主斜梁 2—犁体 3—换向板 4—换向拉杆 5—机架

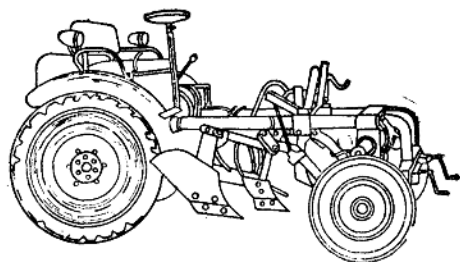


图1-8 悬挂在自走底盘上的铧式犁

二、我国水田和旱地通用铧式犁系列

为了适应我国农业机械化发展的需要，根据提高“三化”程度，提高产品质量的要求，我国自70年代以来，在认真总结经验的基础上，进行了大规模的铧式犁系列设计工作。由于南方水田和北方旱地铧式犁两个系列的研制成功，基本上扭转了过去那种产品混杂、型号不全的问题，满足了我国现有18~59kW(25~80马力)拖拉机配套和不同地区耕地作业的要求，并为今后的发展打下了良好的基础。

(一) 南方水田系列犁

本系列有两种幅宽的犁体(20、25cm)，可以适应南方水田一般耕深12~22cm的需要。具有四种类型的犁体曲面：通用型、碎土型、翻垡型和窄垡型。通用型犁体碎土、架空、覆盖性能三者兼得，综合性能好，适应范围广。碎土型犁体具有较强的碎土能力，可满足稻麦两熟地区精耕细作的要求。翻垡型犁体翻土效果好，覆盖严密，适于在要求严密覆盖稻茬和杂草的地区耕作。窄垡型犁体具有我国南方水田地区传统的窄垡犁体的特点，适于要求架空晒垡的地区使用。南方水田系列犁大多数机型为中型犁，适于在土壤比阻 $3\sim 4\text{N}/\text{cm}^2$ (水耕)和 $5\sim 8\text{N}/\text{cm}^2$ (旱耕)的土壤上耕作。对于土壤比阻为 $10\text{N}/\text{cm}^2$ 的水田旱耕作业，本系列配备有加强型犁。南方水田犁共有11种型号。为了适应南方水田地块较小的特点，上述11种型号的犁均为悬挂式，组成了与国产18~55kW(25~75马力)拖拉机配套的系列犁。南方水田铧式犁的主要技术参数见表1-4。

(二) 北方旱地系列犁

本系列有25、30、35cm三种幅宽的犁体，可以适应旱作16~30cm的耕深需要。另外尚有二种深耕犁，单犁幅宽均为30cm，但耕深可达42cm。这样就可以基本上满足我国北方广大地区各种耕深的要求。根据不同地区的土壤特性的要求，北方旱地铧式犁系列包括有中型犁和重型犁两类。中型犁适用于地表残茬较少的轻质和中等土壤(比阻为 $4\sim 7\text{N}/\text{cm}^2$)。犁上装有BT30(B——北方，T——犁体，30——单犁体幅宽30cm)或BT25、BT35犁体，具有较好的翻土、碎土和覆盖性能。相邻犁体之间的前后距离与犁体幅宽之比为2:1，即相对应的间距为500、600、700mm，称为普通间距。重型犁适用于残茬较多，需要带小前犁耕作且比阻为 $5\sim 9\text{N}/\text{cm}^2$ 的粘重土壤。犁上装有BTU35犁体(U——原牵引五铧犁熟地型犁体)，碎土性能较强。因一般均带小前犁耕作，故覆盖质量好。相邻犁体之间的前后距离与犁体幅宽之比为16:7，即其间距为800mm，称为大间距。对于要求深耕作业，本系列还配备

表1-4 南方水田犁系列型谱

序号	名称	型号	犁体幅宽 (cm)	总耕幅 (cm)	设计耕深 (cm)	适应耕深 (cm)	纵向铧尖距 (mm)	犁架高度 (mm)	重量 (kg)	外形尺寸(长×宽×高) (mm)	配套拖拉机
1	悬挂水田三铧犁	1LS320	20	60	16	12~18	400	500	112	1360×860×1380	东方红-20
2	悬挂水田四铧犁	1LS420	20	80	16	12~18	400	500	146	1875×1075×1400	东方红-30, 丰收-27
3	悬挂水田五铧犁	1LS520	20	100	16	12~18	400	500	189	2260×1290×1385	东方红-40, 丰收-35, 37
4	悬挂水田四铧犁	1LS425	25	100	20	14~22	500	500	180	2250×1330×1385	东方红-40, 丰收-35, 37
5	悬挂水田四铧犁	1LSGQ425	25	100	20	14~22	500	550	221	2218×1330×1385	东风-50, 东方红-40
6	悬挂水田五铧犁	1LS525	25	125	20	14~22	500	500	227	2672×1568×1358	东风 50, 铁牛-55
7	悬挂水田六铧犁	1LS625	25	150	20	14~22	500	500	285	3125×1835×1442	东方红-54
8	悬挂水田七铧犁	1LS725	25	175	20	14~22	500	500	315	3610×2005×1445	东方红-75
9	悬挂水田六铧犁	1LS620S	20	120	16	12~18	400	500	230	2714×1500×1346	东风-50, 铁牛-55
10	悬挂水田六铧犁	1LS620C	20	120	16	12~18	400	500	230	2674×1388×1358	东风-50, 铁牛-55
11	悬挂水田三铧犁	1LS320F	20	60	16	12~18	400	500	117	1435×870×1381	东方红-20

注: 型号含义为:

