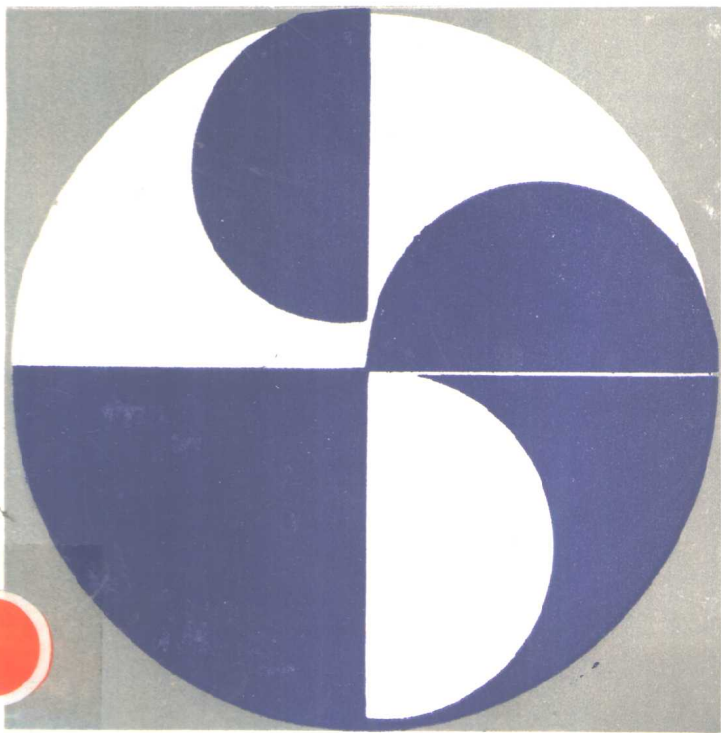


旋转开沟机

李金琦 编著



中国农业机械出版社

旋 转 开 沟 机

李金琦 编著

中国农业机械出版社

028370

TU622
4081

责任编辑 张维新

本书全面地介绍了旋转开沟机的构造、理论与设计、可供农业机械、工程机械等方面的科研、生产和使用部门的工程技术人员参考，也可供大专院校有关专业的师生参考。

旋 转 开 沟 机

李金琦 编著

中国农业机械出版社出版

北京市海淀区阜成路东钓鱼台乙七号

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

新华书店经售

787×1092 1/32开 7 1/2 印张 166 千字

1984年7月北京第一版·1984年7月北京第一次印刷

印数：00,001—2,000 定价：1.00 元

科技新书目：67-91

统一书号：15216·193

前 言

旋转开沟机是一种新型的开挖沟渠的机械。由于它的牵引阻力小，并能散开沟内挖出的泥土，因而是开挖农田排灌水渠的优良机械，特别是开挖防涝治碱用的排水沟渠更为理想。此外，旋转开沟机还可用于各种施工工程。这种开沟机，国际上六十年代已广泛采用，我国从七十年代初开始研制。目前，已初步形成适合我国实际情况的旋转开沟机系列，并在生产建设上发挥了良好的作用。

本书以国产的三种型号旋转开沟机（1K-80、1K-100和1KD-100旋转开沟机）作为实例，从构造、理论和设计等方面对旋转开沟机作了比较详细的论述；同时，还介绍了国外的有关试验分析和计算公式。希望本书的出版，能对我国旋转开沟机的研究、设计和生产起到参考作用。限于作者的水平，书中有不妥和错误之处，希望读者批评指正。

本书在编写过程中，得到了高宏明、李述义等同志的大力协助；初稿完成后，又蒙刘兰欣、李益民同志帮助审阅并提出许多宝贵意见，在此一并表示感谢。

作者

目 录

前言

第一章 旋转开沟机概述 1

第一节 工作原理 1

第二节 基本结构 3

第三节 类型和特点 6

第四节 工作范围 10

第二章 国外旋转开沟机 16

第一节 苏联的旋转开沟机 16

一、KΦH-1200和KΦH-1200A双盘铤切式开沟机 16

二、ЭТP-172全液压铤切式开沟机 34

三、П-583铤切式开沟机 37

四、MK-17犁刀-铤切式单圆盘旋转开沟机 39

五、带仿形铤刀的铤切式开沟机 40

六、ЭДP-1双转子开沟机 41

七、KΦ-30铤切式开沟机 45

第二节 意大利和其他国家的旋转开沟机 47

一、概况 47

二、DBR-95双圆盘旋转开沟机和DMR-65单圆盘旋转开沟机 51

第三节 结论 54

第三章 国内旋转开沟机 59

第一节 1K-80双圆盘旋转开沟机 60

第二节 1K-100双圆盘旋转开沟机 72

第三节 1KD-100单圆盘旋转开沟机 84

第四节 1QC-250侧牵引机架 93

第五节 拖拉机附加减速器 96

一、铁牛-55拖拉机附加减速器	96
二、东方红-75拖拉机附加减速器	101
第四章 旋转开沟机的运动学和动力学分析	112
第一节 铣切土壤工作部件的运动学	112
第二节 关于土壤铣切的概念	119
第三节 关于土壤抛撒的概念	144
第四节 旋转开沟机的功率计算	153
一、单元法	153
二、能量法	157
三、经验法	161
第五章 旋转开沟机的设计	164
第一节 旋转开沟机设计参数的选择	164
一、刀盘线速度 v 的选择	165
二、刀盘直径 D 的选择	167
三、进给量 S 的选择	171
第二节 总体设计	174
一、配套计算	174
二、运动图设计	177
第三节 部件设计	193
一、传动部件的设计	194
二、工作部件的设计	212
三、安全装置的设计	227
参考文献	234

第一章 旋转开沟机概述

旋转开沟机是六十年代出现的一种连续挖土机械，适宜开挖梯形截面的农用沟渠。由于它牵引阻力小、能均匀散开沟内土壤，工作效率高，因而获得迅速发展和广泛应用。目前苏联、意大利、法国和西德等国都有不同型号的系列产品，有的远销国外。我国从七十年代初开始研制旋转开沟机，七五年底组织了联合设计，现已为东方红-75、铁牛-55等拖拉机配套了不同类型的旋转开沟机。

第一节 工作原理

旋转开沟机按照铣切原理加工土壤，属于具有主动型工作部件的机具。它的主要工作部件是以一定线速度旋转的铣刀盘，其锥面（或圆柱面）上固定着顺序排列的刀齿，工作时刀齿一面绕刀盘轴旋转，一面随拖拉机超低速直线前进，形成了刀齿嵌入土壤、切断土壤并抛出土壤的过程。刀齿上任一点的运动轨迹是一条余摆线，其形状取决于刀盘轴的空间位置、铣切方向、刀盘线速度与机器前进速度的比值。由于刀盘线速度 v 大大高于机器前进速度 u （ $v/u=50\sim500$ ），因此余摆线的进程（进给量）很小，一般在几毫米到几十毫米。

按刀盘的旋转方向不同，可将刀齿的运动轨迹分为两种型式：顺铣——铣刀盘自上向下转动，和拖拉机驱动轮旋转方向一致；逆铣——铣刀盘自下向上转动，和拖拉机驱动轮旋转方向相反（图1-1）。

由于逆铣方式使土壤在沟内的运行路程大大缩短，减少了能量消耗，且土流抛出方向有利于成沟工艺，所以目前世

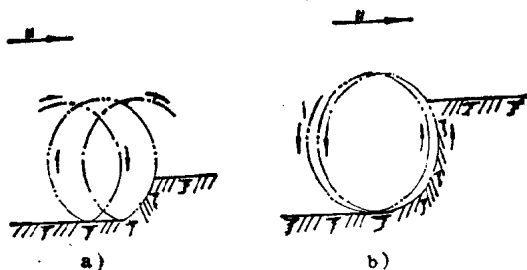


图1-1 旋转开沟机刀齿的运动轨迹

a)顺铣 b)逆铣

界上旋转开沟机大都采用逆铣的工作方式。但顺铣方式在开浅沟时还可以采用，苏联近年来仍然生产的 $K\Phi-30$ 铣切式开沟机（开30公分深的矩形断面沟渠）就属于这种类型。

旋转开沟机的加工土壤程序有两个明显的特点：铣刀盘统一完成取土和运土两个工作环节；铣刀盘仅切削本身所占据沟形截面的土壤，而抛出整个沟形截面的土壤。充分认识这两个特点（或优点），对提高旋转开沟机的设计水平有着重要意义。

旋转开沟机的加工程序可以用一次成沟的双圆盘旋转开沟机为例加以说明，由图1-2可以看出，两个铣刀盘仅铣

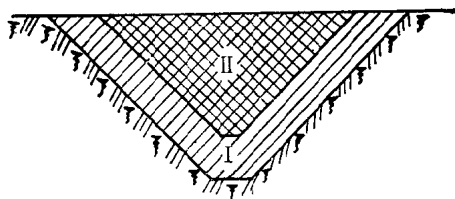


图1-2 双圆盘旋转开沟机开挖的沟形断面图

I—铣刀盘铣切的沟形断面 II—三角土

切并抛出它们本身所占据的沟形断面，中间部分（俗称三角土）靠自重塌落在两个刀盘上，再由铣刀盘将这部分土壤抛出。

三角土的塌落是不均匀的，与土壤的物理机械性能、地表情况、沟形尺寸和工作部件的结构有关。为说明塌落土壤对旋转开沟机工作性能的影响，可以假设其工作过程为一个按一定周期变化的理想过程（见图 1-3）， N_d 为常数，表

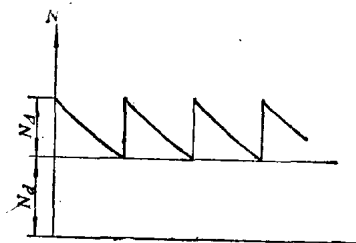


图1-3 旋转开沟机理想工作过程的功率消耗曲线

N_d ——铣刀盘铣切和抛出本身占据沟形截面土壤所消耗的功率

N_{Δ} ——抛撒三角土消耗的功率

示铣刀盘铣切和抛撒本身占据沟形截面的土壤所消耗的功率； N_{Δ} 表示三角土塌落引起的功率消耗变化量。土壤塌落的瞬间形成冲击负荷，此时 N_{Δ} 为最大值，土壤塌落后被很快抛出，故 N_{Δ} 曲线急剧衰减，塌落土壤被全部抛出后， N_{Δ} 为零，到下一个三角土塌落周期再重复上述过程。由此可见，只要控制三角土有规律地均匀塌落，就能使功率消耗曲线趋向平缓，这一点对于改善旋转开沟机的外载特性是十分重要的。

第二节 基本结构

旋转开沟机应用于土方工程以来，结构不断改进，性能

日臻完善，其基本结构可以分为五大部分：工作部件；动力传动系统；机身；支承（调节）装置和安全装置（见图1-4）。

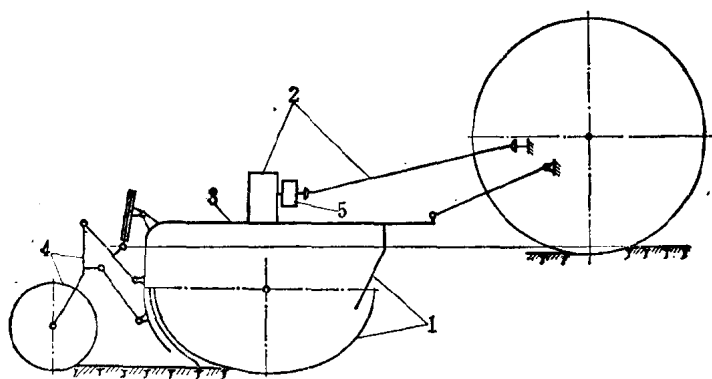


图1-4 旋转开沟机结构示意图

1—工作部件 2—动力传动系统 3—机身 4—支承装置 5—安全装置

一、工作部件

工作部件包括完成主要工作的主动型工作部件和完成辅助工作的从动型工作部件。

主动型工作部件是一个或两个具有一定宽度和直径的铣刀盘，宽度 B 和直径 D 的大小与沟形尺寸有关。铣刀盘有一个作成截锥形或圆柱形的盘毂，在盘毂锥面（或柱面）上按一定顺序排列着一组或几组刀齿。刀齿是直接加工土壤的部件，一般带有角度。目前我国旋转开沟机的刀齿有两种型式：一种是切抛合一型刀齿——每个刀齿兼能完成切土和抛土两种工序；一种是切抛分开型刀齿——将切土和抛土分别由两种刀型来完成，切刀仅完成铣切土壤的工序，抛撒土壤的工序由

抛土板来完成。由于刀齿型式不同,出现了两种不同的设计思想。此外,有的机型还在铣刀盘两个端面上安装内、外侧刀,内侧刀用于切抛三角土,外侧刀切出沟壁以减少沟壁和刀盘外端面的摩擦。

从动型工作部件包括:切土刀——单圆盘旋转开沟机才有切土刀,切土刀安在与刀盘对称的一侧,用于切出沟形的另一侧沟壁;破土刀和破土轮——安于机架的前部,用于切开三角土和强制三角土按一定周期塌落。

二、动力传动系统

驱动旋转开沟机的方式大致有三种:机械式、液力式和电力式。

电力驱动主要用于专机,通过柴油机-发电机组带动异步电机,再通过异步电机驱动铣刀盘,苏联И-583铣切式开沟机属于这种型式。液压驱动是经过主发动机带动液压泵,再控制液压马达驱动铣刀盘旋转,在专机上和由大马力拖拉机驱动的旋转开沟机上使用。目前使用最多的是机械式驱动,西方国家的中小型旋转开沟机和我国的旋转开沟机都采用这种型式。

机械式的驱动系统主要包括万向传动和齿轮传动两部分,其动力来自拖拉机的动力输出轴。万向传动是通过带有空间可变角度的成对使用的万向节传递动力,适用于可变轴线位置的传动,它连接在拖拉机的动力输出轴和开沟机的减速箱之间。齿轮传动是一级或两级以上的减速装置,用于成倍地降低动力输出轴的转速并改变动力传递方向,最终将动力传至开沟机铣刀盘。

三、机身

包括机架和成型器(或称稳向器)。机架是开沟机的骨架;

所有部件均连接在机架上。目前我国旋转开沟机多采用平行梁架,用钢管或槽钢焊合而成。成型器位于机架的尾部,工作时起稳定作用,并可刮出沟底和沟壁,保持沟形整齐、干净。

四、支承(调节)装置

主要指尾轮。半悬挂机组中由液压缸操纵的尾轮不仅是后支撑还可以调节开沟深度,全悬挂机组为了保证运输时整机的稳定性,有的也设有尾轮,工作时将其拆下。

五、安全装置

安全装置的作用是防止旋转开沟机过载,保护拖拉机的动力输出轴和开沟机的传动系统。使用最多的是摩擦片式安全离合器,一般安装在开沟机传动系统的输入端。

此外,为满足旋转开沟机的要求,要对拖拉机进行必要的改装,包括实现超低速的附加减速器和达到全功率输出的动力输出轴,这些可以看成是旋转开沟机的附属装置。

第三节 类型和特点

一、类型

逆铣式旋转开沟机有多种分类方法。

1. 按照铣刀盘轴在沟中的位置可分为带水平轴的旋转开沟机、带倾斜轴的旋转开沟机和带垂直轴的旋转开沟机(图1-5)。

2. 按旋转开沟机和拖拉机的相对位置可分为后置式旋转开沟机和侧置式旋转开沟机。

3. 按土壤的卸载方式可分为惯性卸载的铣切式开沟机和重力卸载的双转子开沟机。前者铣刀盘线速度一般高于5米/秒,沟内土壤在惯性力作用下抛至距沟边10米左右的距离,适于开挖排水沟渠;后者刀盘线速度较低,一般低于

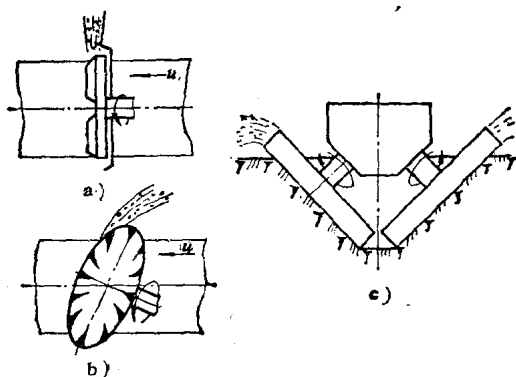


图1-5 铣刀盘轴在沟中相对位置图

- a)带水平轴的旋转开沟机 b)带倾斜轴的旋转开沟机
c)带垂直轴的旋转开沟机

5米/秒，沟内土壤在重力作用下落在沟渠两边形成土堤，适于开挖灌水沟渠。我们通常说的旋转开沟机就是指惯性卸载的铣切式开沟机，这是本书介绍的主要内容。

4. 按成沟次数可分为一次成沟的旋转开沟机（以苏联和我国机型为代表）和多次成沟的旋转开沟机（以意大利机型为代表）。

5. 按铣刀盘数量可分为单圆盘旋转开沟机和双圆盘旋转开沟机。一般说来，单圆盘旋转开沟机适用于开挖单向抛土的较小沟渠。

此外，按与拖拉机挂结方式，还可以分为全悬挂式和半悬挂式旋转开沟机。

我国目前研制、生产的旋转开沟机大多属于一次成沟的惯性卸载、后置式带垂直铣盘轴的单、双盘旋转开沟机。

二、特点

任何一种机具的产生都是由生产的需要决定的。起初农

用开挖沟渠机械多为铧式开沟犁，但只能开挖0.5米深的沟渠，开挖更大截面的沟渠需要多台拖拉机牵引方能作业，这就需要发展牵引阻力小的、带有旋转工作部件的开沟机械。同时近年来由于大马力拖拉机的出现，更能充分利用拖拉机功率的旋转工作部件也获得了迅速发展。旋转开沟机和铧式开沟犁虽然同属于连续挖土机，但旋转开沟机具有主动型工作部件，由此产生了一些与被动型工作部件——铧式犁所不同的特点，下面将两者作一对比分析。

（一）旋转开沟机牵引阻力小

旋转开沟机的主动型工作部件是高速旋转的铣刀盘。铣刀盘以9米/秒左右的线速度铣切土壤，拖拉机以100~400米/小时的超低速度前进，所以每个刀齿每一转的切削厚度很小；同时当刀齿角度合理、刃口足够锐利时，土壤切片主要是剪切破坏，大大减小了牵引阻力。而铧式开沟犁工作时土壤被犁体强力挤压，土垡沿犁壁翻转至沟边，切削厚度就是开沟深度。这个厚度约为旋转开沟机切削厚度的几十倍乃至上百倍，因此，需要相当大的牵引力来克服土壤的挤压变形阻力和摩擦阻力。由于旋转开沟机牵引阻力小，就可以使同样功率的拖拉机开挖更大截面的沟渠。

实践也证明了这一点，苏联生产的与C-100拖拉机配套的КФН-1200铣切式开沟机开挖截面为1.7米²的沟渠时，牵引阻力只有1吨；而由两台C-100拖拉机牵引的Л-267铧式开沟犁开挖截面为1.1米²时，牵引阻力却高达18吨。我国生产的与东方红-75拖拉机配套的1K-100旋转开沟机可以开挖1米深的沟渠，而需要两台红旗-100拖拉机牵引的K-90铧式开沟犁仅能开挖0.9米深的沟渠。所以牵引阻力小，是旋转开沟机的一个显著特点。

(二) 旋转开沟机开挖的沟渠质量好

旋转开沟机开挖的沟渠沟形整齐, 无须辅助加工, 并可根据需要处理沟内土壤, 开排水沟时能将沟内土壤均匀散开, 开灌水沟时能将沟内土壤堆在沟边形成土堤。同时铣刀可以切断植物根茎、砖块等。所以适应性强, 能在各种土壤中作业。而铧式开沟犁开出沟渠后, 沟渠两边堆集了不规则的土坨, 需要清理加工方可使用。

此外, 相同型号的旋转开沟机比铧式开沟犁重量轻、通过性好。

(三) 旋转开沟机生产率低、单位能耗高

旋转开沟机由于前进速度很低, 一般为 $100 \sim 400$ 米/小时, 所以生产率低, 而能量消耗较高, 比功在 $0.2 \sim 0.5$ 马力·小时/米³。铧式开沟犁前进速度是旋转开沟机的10倍以上, 生产率高, 一般在 1000 米³/小时左右, 相应地能量消耗小, 比功在 0.1 马力·小时/米³ 以下。这同样是由于两种不同型式的工作部件以不同的方式加工土壤的结果, 旋转开沟机加工土壤形成沟渠的过程, 是将土壤切碎、打击而抛出的过程, 因而消耗在破碎和抛掷土壤上的能量相当大; 而铧式开沟犁尽管牵引阻力很大, 但切削厚度亦大, 土壤基本不被破碎, 所以能量消耗要小得多。表 1-1 列出了苏联对几种型式开沟机的经济指标进行对比的情况, 其中螺旋-转子挖沟机适于开挖深于 2 米的沟渠。

表 1-1 各种型式开沟机的经济指标

开 沟 机 类 型	比功 (马力·小时/ 米 ³)	比重量 (吨/米 ³ /小时)
排水沟开沟犁	0.11~0.2	0.012~0.06

续表

开 沟 机 类 型	比功 (马力·小时/ 米 ³)	比重量 (吨/米 ³ /小时)
灌水沟开沟犁	0.071	0.011
铤切式开沟机 (惯性卸载)	0.36	0.041
双转子开沟机 (重量卸载)	0.2~0.307	0.02~0.025
螺旋-转子开沟机	0.23~0.43	0.031~0.057
单斗挖沟机	0.8~1.5	0.2~0.6

第四节 工 作 范 围

我国目前的旋转开沟机基本上作为拖拉机的配套农具，为了有效地利用动力，科学地安排生产，搞清旋转开沟机的合理工作范围是十分必要的。

旋转开沟机采用主动型工作部件，主要以扭矩形式消耗拖拉机的功率，希望拖拉机动力输出轴能够全功率输出；而铤式开沟犁属于从动型工作部件，全部以牵引力的形式消耗拖拉机的功率，希望拖拉机的牵引力能得到充分发挥。能否将这两种农用沟渠机械进行比较，用同一个指标作标准来划分其各自的工作范围呢？苏联学者А.科勒什科夫引用单位消耗力的概念解决了这一问题。单位消耗力是一个既考虑比功（或生产率，是衡量旋转开沟机的能量消耗指标），又考虑牵引阻力的综合指标，它的物理意义是每秒前进1米所消耗的牵引力。

$$q = \frac{NP}{kQ'F} \quad (1-1)$$

式中 q ——单位消耗力 (公斤/米·秒) ;

N ——拖拉机的发动机功率 (马力) ;

P ——牵引阻力 (公斤) ;

k ——经验系数, 等于 1.35×10^5 公斤·秒/米;

Q' ——开沟机生产率, 单位为米/秒 (与后面公式中的生产率单位不同) ;

F ——开挖沟渠的横截面积 (米²) 。

A·科勒什科夫对三种铧式开沟犁和三种不同类型的旋转开沟机进行了对比试验, 得出的有关数值列于表 1-2。

根据表 1-2 计算得到的 q 值, 绘制 $q=f(F)$ 曲线, 图 1-6 表示了两种类型开沟机的单位消耗力 q_A 、 q_B 随沟形截面积的变化关系。

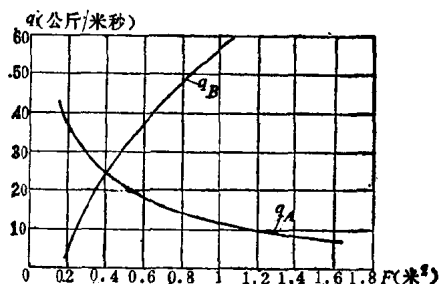


图 1-6 单位消耗力与沟渠截面积关系图

q_A —具有主动型工作部件的开沟机 q_B —具有从动型工作部件的开沟机