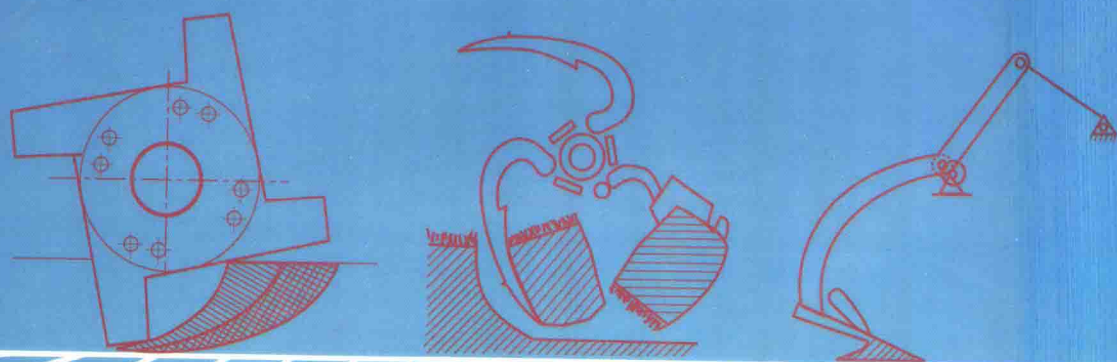


驱动型土壤耕作机械的 理论与计算

李守仁 林金天 编



机械工业出版社

ISBN 7-111-05481-4



9 787111 054818 >

ISBN7-111-05481-4/TH·750

定价：20元



驱动型土壤耕作机械的理论与计算

李守仁 林金天 编



机械工业出版社

内 容 简 介

本书选编了国内外的有关驱动型土壤耕作机械的科研成果,比较完整而系统地论述了旋耕、振动及其土壤联合耕作作业机具和部件的理论原理、设计计算、试验研究以及实际应用等问题。内容包括:旋耕机的理论基础,旋耕工作部件的设计和计算,旋转中耕机,旋转铧,从动和驱动土壤工作部件联合作业和振动耕作机具等。

本书可供从事农林耕作及土壤耕作专业的科研、设计、生产制造人员及有关院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

驱动型土壤耕作机械的理论与计算/李守仁,林金天编
—北京:机械工业出版社,1997.2

ISBN 7-111-05481-4

I. 驱… I. ①李… ②林… III. 耕整地机具, 驱机型
IV. S222

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 21461 号

出版人:马九荣(北京市百万庄南街一号 邮政编码:100037)

责任编辑:蔡耀辉 版式设计:李 林 责任校对:林金天

封面设计:王克伟 责任印制:武文祥 廉 洁

北京新华印刷厂印刷 新华书店等发行

1997年4月第1版 第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·9.5 印张·250千字

001~600册

定价:20.00元

前 言

土壤耕作是种植业生产过程中的重要一环，对于农作物增产具有重要作用。因此，土壤耕作机械的发展，一直受到人们的关注。由于土壤耕作是一项能耗大的作业，且增加作业次数，会造成对土壤的破坏，不利于水土保持。长期以来人们一直在探讨新的耕作制度，发展免耕和少耕技术，但从本质讲，免耕和少耕并不是对土壤绝对不进行耕作，而是采用松土或局部松土，不耕翻直接播种，并尽量减少耕作次数等。因此，为保持和恢复土壤的良好状态，土壤耕作至今仍是其它措施所不能代替的。

传统的土壤耕作机械，如耕翻土壤的铧式犁、滚动前进的圆盘耙和各种滚动耙，以松土为主的铲齿式机具，至今仍然是使用最广泛的土壤耕作机械。随着拖拉机技术的进步，功率的增加及能量饱和度（单位质量的功率）的增加，为了提高劳动生产率，改进作业质量，降低能量消耗，近几十年来，土壤耕作技术有了很大发展，传统的土壤耕作机械的作业速度有了很明显的提高，机具幅宽加大，联合作业机有了很大发展，出现了各种从拖拉机动力输出轴获取动力的驱动型土壤耕作机械。虽然驱动型土壤耕作机械的雏形曾伴随着蒸汽拖拉机的出现而出现，但真正广泛应用，还是近几十年的事。

驱动型土壤耕作机械之所以引人注目，一是强化了土壤耕作过程，可以满足一些特殊情况下的土壤耕作技术，如重型潮湿土壤、水田、草地的耕作要求，适用于精细苗床的准备；二是驱动型耕作机具纵向长度短，适于播前整地与整地播种联合作业；三是驱动型土壤耕作机具从动力输出轴获取动力，比从拖拉机驱动轮获取动力更有效，机组质量相对轻一些，可减少拖拉机驱动轮对土壤的破坏；四是驱动型土壤耕作机具作业时几乎不需要牵引功率，为减少牵引阻力和比功消耗提供了可能。

驱动型土壤耕作机具，除了已广泛使用的旋耕机外，还有各式各样的新型土壤耕作机具，如旋转中耕机、各种驱动耙、振动土壤耕作机械、旋转铧（旋转犁），以及驱动和从动土壤耕作机具的联合等，其中有的已在我国定型生产，并广泛应用，有的机具仍在进行试验研究，进一步改进和完善。

在本世纪五六十年代前后，国外曾出现对驱动型土壤耕作机械的研究热潮，而且许多学者进行了大量系统的基础性试验研究工作，至今这些研究成果对于驱动型土壤耕作机械的设计和研发仍具有指导作用。为了促进我国驱动型土壤耕作机械的发展，我们选择了国内外这方面的一些重要研究成果，编纂成册，供从事土壤耕作研究、设计和教学工作的人员参考。在书中注出了有关章节参考资料的主要来源。

由于资料搜集的局限性和水平所限，错误和不足之处在所难免，欢迎读者批评指正。

1996年5月

目 录

第一章 旋耕机的理论基础	1
1.1 运动学	1
1.2 旋耕过程的单元堡片.....	11
1.3 旋耕机主要参数和工况的选择.....	14
1.4 作用在工作部件上的力.....	20
1.5 抛扔堡片的阻力.....	23
1.6 试验确定切削阻力.....	28
1.7 旋耕机试验研究装置.....	32
第二章 旋耕机工作部件的设计和计算	35
2.1 旋耕机工作部件的形式.....	35
2.2 旋耕机工作部件的设计原理.....	37
2.3 旋耕机工作部件的配置.....	45
2.4 刀柄的强度计算.....	55
2.5 刀辊轴的强度计算.....	59
第三章 旋转中耕机	61
3.1 旋转中耕机的结构.....	61
3.2 旋转中耕机工作部件参数的选择.....	65
3.3 分组旋转中耕机的传动及漏耕的消除方法.....	70
3.4 旋转中耕机部件组的行程稳定性.....	71
3.5 旋转中耕机的保护罩.....	73
3.6 旋转中耕种植联合作业.....	74
第四章 旋转铧	76
4.1 旋转铧的工作部件及其工作.....	76
4.2 能量消耗.....	80
4.3 工作性能.....	84
4.4 转速的确定.....	85

第五章 从动和驱动土壤工作部件的联合	87
5.1 联合机具的种类	87
5.2 带联合工作部件的铧式犁及其部件工作分析	90
5.3 松土铲和旋耕部件联合的试验分析	95
第六章 振动土壤耕作机具	110
6.1 摆动土壤耕作机具	110
6.2 振动土壤耕作机具	117
6.3 振动部件运动学	120
6.4 振动铲的试验研究	127
6.5 振动犁的试验研究	137
主要参考文献	141

第一章 旋耕机的理论基础^[1]

1.1 运动学

旋转机具的工作部件完成复合运动,其中绕旋耕刀轴的速度 v_0 是相对速度,前进速度 v_m 是牵连速度。

相对运动和牵连运动的不同速比 $\lambda = \frac{v_0}{v_m}$, 确定工作部件的运动轨迹。如果旋耕刀辊以角速度 ω 转动,并以速度 v_m 前进,那么刀刃的端点 A 沿余摆线运动(图 1.1)。如果取旋耕刀轴中心 O 为坐标原点,则 OO_1 是刀轴中心在时间 t 内所经过的路程 $v_m t$,同时刀辊轴旋转了角度 ωt ,点 A 移动到点 A_1 。点 A_1 的运动轨迹用余摆线参数方程确定:

$$\left. \begin{aligned} x &= v_m t + R \cos \omega t \\ y &= R \sin \omega t \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

式中 R ——刀辊半径。

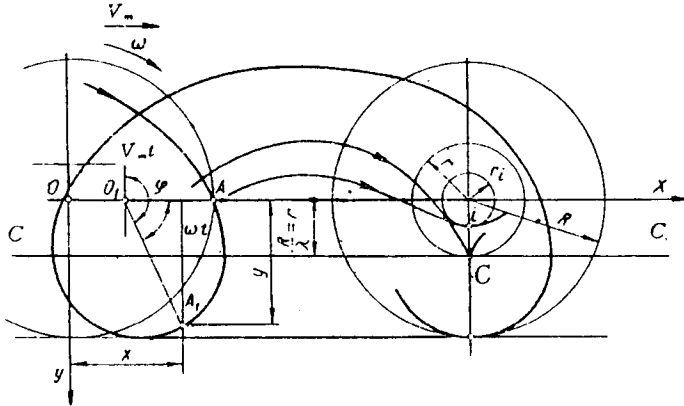


图 1.1 旋耕刀运动轨迹的示意图

从方程式中消去时间,则得 A 点运动方程

$$x = \frac{v_m}{\omega} \arcsin \frac{y}{R} + \sqrt{R^2 - y^2}$$

所以旋耕刀齿上任意点的运动方程为

$$x_i = \frac{v_m}{\omega} \arcsin \frac{y_i}{r_i} + \sqrt{r_i^2 - y_i^2} \quad (1-2)$$

即该点的运动轨迹由比值 $\lambda_i = \frac{\omega r_i}{v_m}$ 确定,

式中 ωr_i ——任意点 i 的相对圆周速度。

因为

$$v_m = \frac{\omega R}{\lambda}$$

所以

$$\lambda_i = \frac{\omega r_i \lambda}{\omega R}$$

或

$$\frac{R}{\lambda} = \frac{r_i}{\lambda}$$

当 $\lambda=1$, 即 $\omega r_i = v_m, r_i = \frac{R}{\lambda} = r$ 为动形心半径时, 该点运动轨迹为摆线。对于 $r_i > r$ 的点, 运动轨迹是长幅摆线(余摆线), 而 $r_i < r$ 的点是短幅摆线。现分析余摆线的绘制方法(图 1.2)。

旋耕刀辊转一圈时刀轴中心 O 的移动量为

$$L = 2\pi r = 2\pi \frac{R}{\lambda}$$

式中 r ——动形心半径。

转动 $1/4$ 周时 O 点移动 $\frac{L}{4}$ 。把圆弧 AA_1 及线段 $OO_1 = \frac{L}{4}$ 各四等分。当刀辊旋转 $\frac{1}{4} \frac{\pi}{2}$ 时点 A 移动到点 1, 中心 O 移至点 $1'$ 。连接点 O 和 1, 经过点 $1'$ 引一直线与 $O1$ 平行, 并与通过点 1 的水平线相交, 则得余摆线的点 B 。以此类推可求出 C, D, E 点和余摆线的其他点。

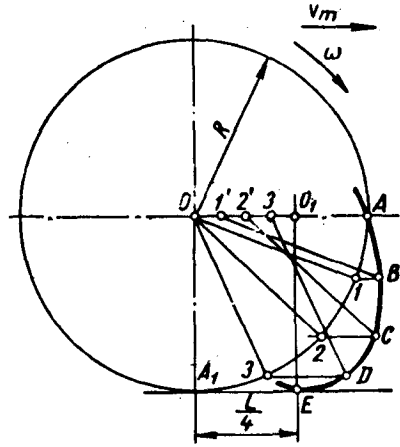


图 1.2 余摆线的绘制方法

现在来考察刀刃运动轨迹的要素(图 1.3)。

取点 K 。刀辊的转动角 $\varphi=0$ 。该点的绝对速度

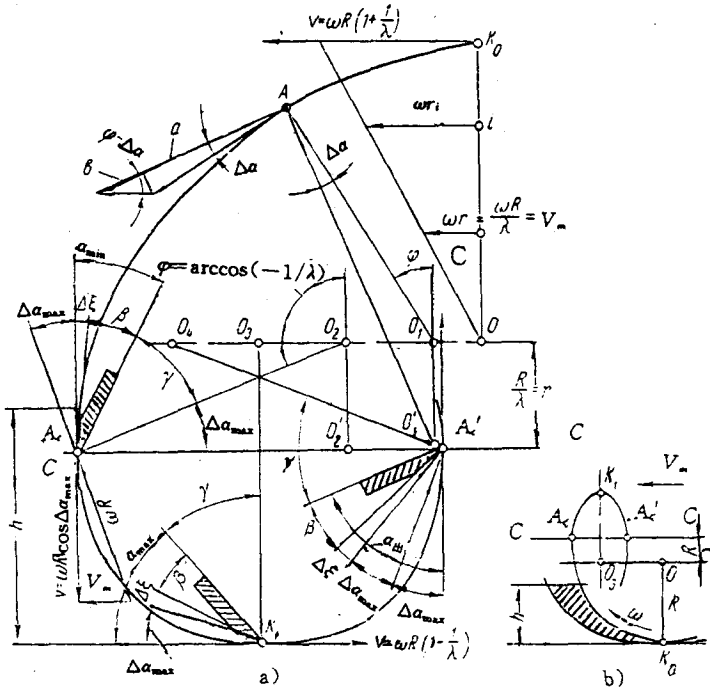


图 1.3 刀刃运动轨迹的要素

a) 由上向下旋耕; b) 由下向上旋耕

(切削速度)是圆周速度 ωR 与前进速度 $v_m = \frac{\omega R}{\lambda}$ 之和:

$$v = \omega R \left(1 + \frac{1}{\lambda} \right)$$

随着角 φ 增加,其切削速度减小。例如,在点 A 等于:

$$\begin{aligned} v &= \omega R \cos \Delta \alpha + \frac{\omega R}{\lambda} \cos(\varphi - \Delta \alpha) \\ &= \omega R \left[\cos \Delta \alpha + \frac{1}{\lambda} \cos(\varphi - \Delta \alpha) \right] \end{aligned} \quad (1-3)$$

式中 $\Delta \alpha$ ——点 A 切削速度和圆周速度间的夹角。

从图 1.3 中可看出:

$$\frac{\omega R}{\sin(\varphi - \Delta \alpha)} = \frac{\omega R}{\lambda \sin \Delta \alpha}$$

由此得

$$\sin(\varphi - \Delta \alpha) = \lambda \sin \Delta \alpha,$$

而

$$\Delta \alpha = \operatorname{arctg} \frac{\sin \varphi}{\lambda + \cos \varphi}$$

角 $\Delta \alpha$ 在点 k_0 和 k_1 趋近于 0, 在余摆线与不动形心线的交点 A_c 和 A'_c 点, 即相应于

$$\varphi_1 = \arccos \left(-\frac{1}{\lambda} \right)$$

和

$$\varphi_2 = 2\pi - \arccos \left(-\frac{1}{\lambda} \right)$$

达到其最大值 $\Delta \alpha_{\max} = \arcsin \frac{1}{\lambda}$ (从 $\Delta O_2 A_c O_2'$ 得出)。

不动形心线 CC 是刀刃旋转瞬心排列位置, 与旋耕刀辊轴相距 $r = \frac{R}{\lambda}$ 。在点 A_c 和 A'_c 的切削速度等于

$$v = \omega R \cos \Delta \alpha_{\max}$$

其方向与前进方向垂直。

在 K_1 点的切削速度为圆周速度和前进速度之差:

$$v = \omega R \left(1 - \frac{1}{\lambda} \right)$$

旋转土壤耕作机械运动学的特点在于切削角 α 随着刀刃在土壤中运动轨迹的变化而变化, λ 愈小变化愈大。

用角 β 表示刀齿磨刃角, 保证刃背与未耕作土壤间的间隙的后角用 $\Delta \xi$ 表示, 得出在点 A_c 的最小切削角

$$\alpha_{\min} = \beta + \Delta \xi$$

刀齿安装角 ν 是刀刃正面与运动半径 R 之间的夹角(图 1-3), 由下式求出:

$$\nu = \frac{\pi}{2} - (\beta + \Delta \xi) - \Delta \alpha_{\max} \quad (1-4)$$

在点 K_0 和 K_1 切削角增加到 $\alpha_{\min} + \Delta \alpha_{\max}$, 而在点 A'_c 增加到 $\alpha_{\min} + 2\Delta \alpha_{\max}$ 。

因为在点 A'_c 圆和余摆线切线之间的夹角等于 $\Delta \alpha_{\max}$, 当求刀齿安装角时正是考虑 $\Delta \alpha_{\max}$, 而不是在 A'_c 点的最大切削角, 其值为 $2\Delta \alpha_{\max}$ 。

在以后的讨论中认为切削角的最大变化为 $\Delta \alpha_{\max}$, 其切削角的变化范围由 α_{\min} 到 $\alpha_{\min} +$

$2\Delta\alpha_{\max}$ 。

切削角的变化与 λ 及刀辊的转角 φ 有关,可按图 1.4 求出。图上画出了当 φ 由 0 增加到 2π 时, λ 值由 ∞ 到 0 的 $\Delta\alpha = \arctg \frac{\sin\varphi}{\lambda + \cos\varphi}$ 的曲线图。如果 $v_m = 0$,即 $\lambda = \infty$,那么切削角的变化 $\Delta\alpha = 0$,而运动轨迹是个圆。随着 λ 的增加,切削角的变化值增加; $\lambda = 1$ 时 $\Delta\alpha = \frac{\varphi}{2}$,当 $\varphi = \pi$ 时 $\Delta\alpha$ 达到其最大值 $\frac{\pi}{2}$ 。

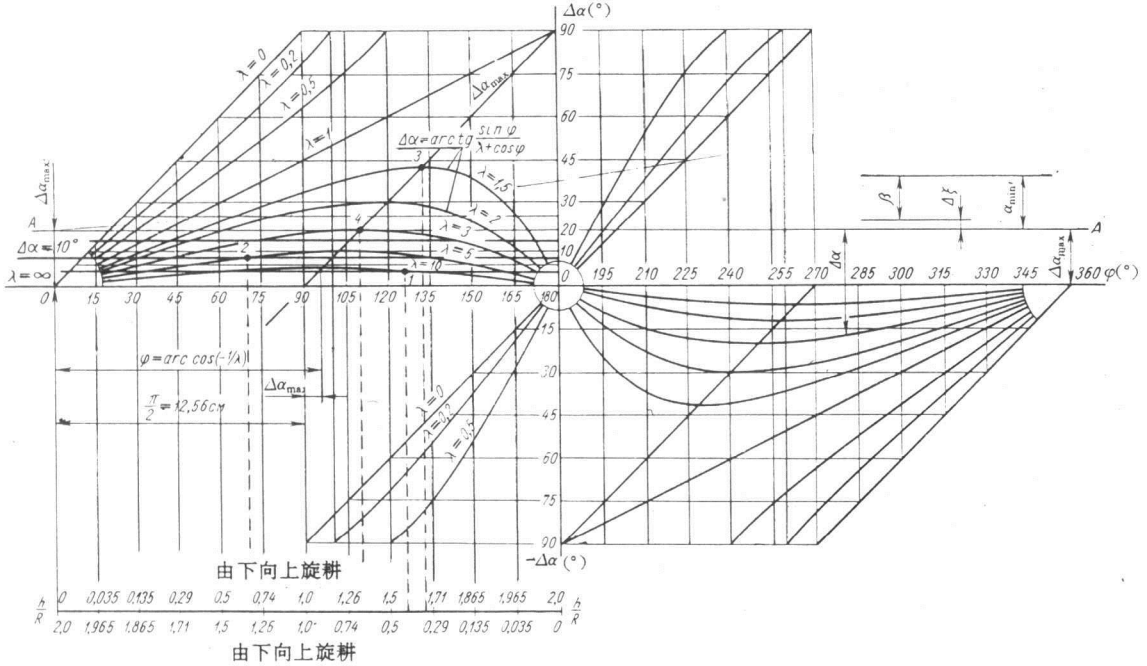


图 1.4 确定切削角的曲线图

如果 $\lambda = 0$,即 $v_0 = 0$,那么 $\Delta\alpha = \varphi$,运动轨迹将是一条直线。此时 $\Delta\alpha = \varphi$,刃与运动方向的安装角 $\Delta\alpha$,是刃的前进运动的切削角。

经过 $\varphi = \frac{\pi}{2}$ 及 $\Delta\alpha = \frac{\pi}{2}$ 的斜线与 $\Delta\alpha$ (曲线以后称为 λ 曲线)的交点确定切削角变化的最大值 $\Delta\alpha_{\max}$,如上所述,相应转动角

$$\varphi = \arccos\left(-\frac{1}{\lambda}\right) = \frac{\pi}{2} + \Delta\alpha_{\max}$$

如果通过斜线 $\Delta\alpha_{\max}$ 与任意 λ 曲线的交点引与横坐标 φ 平行的直线 AA ,同时量出由该直线到 λ 曲线的 $\Delta\alpha$ 值,则可求出任意角 φ (即余摆线任意一点)的切削角

$$\alpha = \alpha_{\min} + \Delta\alpha$$

这时取直线 AA 与纵坐标 $\Delta\alpha$ 的交点为 0° 。

这样,当 $\varphi = 0$ 时切削角等于 $\alpha_{\min} + \alpha_{\max}$;而当 $\lambda = 3, \varphi = \arccos(-\frac{1}{3}) \approx 110^\circ$ 时,其最小切削角 $\alpha_{\min} = \beta + \Delta\xi$;当 $\varphi = 2\pi - \arccos(-\frac{1}{3}) \approx 250^\circ$ 时,切削角增加到 $\alpha_{\min} + 2\Delta\alpha_{\max} = \alpha_{\min} + 39^\circ$ 。

旋耕机的刀齿磨刃角取 $\beta = 15^\circ \sim 30^\circ$,而后角 $\Delta\xi = 3^\circ \sim 5^\circ$,因此与从动部件机具 $\alpha \approx 15^\circ$

~25°相比,切削角达到相当大的值($\alpha \approx 50^\circ \sim 55^\circ$)。可用减少磨刃角 β 来减少切削角,但减少角 β 会引起刀刃很快变钝和碎裂,而没有角 $\Delta\xi$,则会引起刀背与土壤摩擦。因而必须限制切削角变化的范围。当 $\lambda=3$ 时切削角由刀刃与土壤接触时的 α_{\min} 变到出土时 $\alpha_{\min}+39^\circ$ 。这导致增加能量消耗,抛投和部分粉化土壤。减小出土时的切削角,则不免会引起刀背面压搓沟底,使旋耕机有出土之势,增加部件磨损。

单纯减小 λ 可减少切削角的变化范围,因此, $\lambda=6$ 时切削角的变化为 $\alpha_{\min}+19^\circ$ 。

在耕深小于 $h=R\left(1-\frac{1}{\lambda}\right)$,相应于 $\frac{h}{R}=\pm\left(1-\frac{1}{\lambda}\right)$ (在此式及以下公式中由下向上旋耕取负号)对刀辊沉入土壤到不动形心线为止,减少切削角的变化范围,要适当考虑刀齿安装角调整的可能性。

在此情况下,当刀刃与土壤相逢时相应的转动角

$$\varphi_n = \arccos\left(\frac{h}{R} - 1\right)$$

切削角将略比 α_{\min} 大,而切削角的变化

$$\Delta\alpha = \arctg \frac{\sin\varphi_n}{\lambda + \cos\varphi_n} = \arctg \frac{\sqrt{\frac{h}{R}\left(2-\frac{h}{R}\right)}}{\lambda \pm \left(\frac{h}{R}-1\right)}$$

为了使刀齿与土壤相逢时切削角最小,需要增大刀的安装角。这使切削角变化范围的减小量为

$$\Delta = \Delta\alpha_{\max} - \arctg \frac{\sqrt{\frac{h}{R}\left(2-\frac{h}{R}\right)}}{\lambda \pm \left(\frac{h}{R}-1\right)}$$

考虑到按已知深度修正,刀齿安装角可用借助图 1.4 所绘制的曲线(图 1.5)确定。

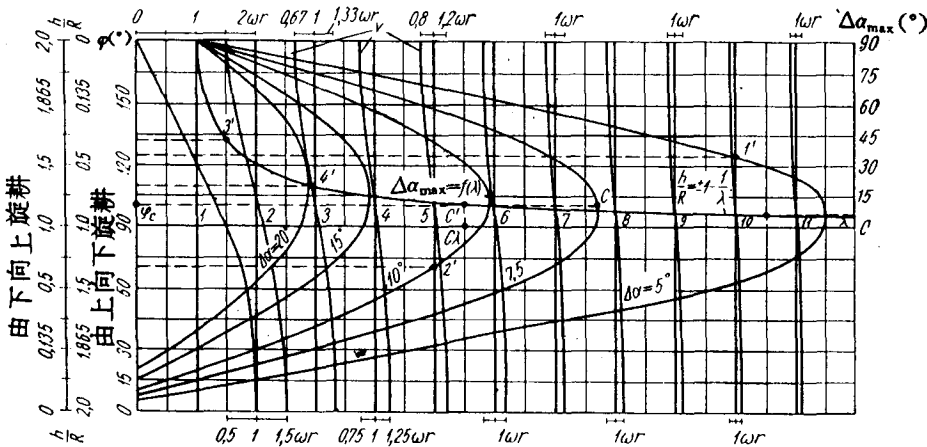


图 1.5 确定刀齿安装角的曲线图

把 λ 曲线与相应于 $\Delta\alpha=5^\circ, 7.5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$ 和 20° 所引平行横坐标 φ 的直线的交点移到图 1.5 上到与相应 λ 值的纵坐标相交。例如,把 $\Delta\alpha=5^\circ$ 和由上向下旋耕的 $\lambda=10$ 曲线的交点 1

移到 $\lambda=10$ 的纵坐标点 $1'$ ，把由下向上旋耕 $\Delta\alpha=10^\circ$ 和 $\lambda=5$ 的点 2 移到点 $2'$ 。以此类推，将 $\Delta\alpha=5^\circ$ 的直线与其他 λ 曲线的交点移到图 1.5，则在图 1.5 上得出 $\Delta\alpha=5^\circ$ 的曲线。这条曲线表明，对于任意 λ 值切削角变化 $\Delta\alpha=5^\circ$ 出现相应于该 λ 的 φ 值，或出现相应于该 φ 值的

$$\frac{h}{R} = \pm 1 + \cos\varphi$$

用同样方法绘制出其余的 $\Delta\alpha$ 曲线，该曲线的解析方程是

$$\Delta\alpha = 5^\circ \sim 20^\circ = \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{\frac{h}{R} \left(2 - \frac{h}{R} \right)}}{\lambda \pm \left(\frac{h}{R} - 1 \right)}$$

例如，当 $\Delta\alpha=10^\circ$ 时，其相应于切削角的变化范围 $\alpha_{\min} + 20^\circ$ 和安装角 $\gamma_1 = \frac{\pi}{2} - (\beta + \Delta\xi) - 10^\circ$ ，刀齿固定安装角的曲线方程是

$$10^\circ = \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{\frac{h}{R} \left(2 - \frac{h}{R} \right)}}{\lambda \pm \left(\frac{h}{R} - 1 \right)}$$

并指出切削角最小时给定 λ 值的 $\frac{h}{R}$ 。应当指出，当由下向上旋耕时刀齿安装角可以修正得大一点。

这个图对于在 λ (即旋耕机组工况) 变化的情况下，当已知 $\frac{h}{R}$ 和 $r = \text{常数}$ 时，观察切削角的变化很方便。因而，在 $\gamma_2 = \frac{\pi}{2} - (\beta + \Delta\xi_2) - 5^\circ$ 和 $\frac{h}{R} = 0.5$ 情况下，当 $\lambda = 10.5$ 时切削角最小。如果需要把 λ 降低到 7.2，例如当用拖拉机最高速度工作时，那么为了保证当 $\frac{h}{R} = 0.5$ 时切削角保持最小值，刀齿安装角应该相应减少 2.5° 。如果背角 $\Delta\xi_2 \geq 2.5^\circ$ ，当 γ_2 时刀背将不会擦压未耕作的土壤。

为了求 $\Delta\alpha_{\max}$ ，在图 1.5 上绘出相应于 $\varphi = \arccos\left(-\frac{1}{\lambda}\right)$ 的 $\Delta\alpha_{\max} = f(\lambda)$ 曲线。为了绘制该曲线，把斜线 $\Delta\alpha_{\max}$ 与 λ 曲线的交点 3 和 4 (图 1.4) 移到相应 λ 值的纵坐标上 ($3'$ 和 $4'$)。相应于比值

$$\frac{h}{R} = \pm \left(1 - \frac{1}{\lambda} \right)$$

的旋耕刀辊的旋转瞬心位于曲线 $\Delta\alpha_{\max} = f(\lambda)$ 上。

利用该曲线求所选 λ 值的 $\Delta\alpha_{\max}$ 值。 $\lambda = 10.5$ 则 $\Delta\alpha_{\max} \approx 5^\circ 30'$ 。

因为 $\frac{h}{R}$ 在图上的刻度是不均匀的，对于任何一点 (例如点 C)， $\frac{h}{R}$ 的准确值或者把坐标 φ 上 φ 点的值代入式

$$\frac{h}{R} = \pm (1 + \cos\varphi)$$

求出，或者按 C' 点及相应于 C_1 点的 λ 值代入式

$$\frac{h}{R} = \pm \left(1 - \frac{1}{\lambda} \right)$$

求出。

分析 $\Delta\alpha_{\max} = f(\lambda)$ 关系式, 可以推荐 λ 的合理值为 4~6。 λ 值的进一步加大, 导致过大的增加 $\Delta\alpha_{\max}$, 即增加切削角的变化范围, 这是前面所分析过的。

在该图上, 按公式(1-3)绘制切削速度变化曲线。这些曲线也可以按下式绘制

$$v = \omega R \sqrt{1 + \frac{1}{\lambda^2} + \frac{2}{\lambda} \cos\varphi} \quad (1-5)$$

绝对速度(公式 1-5)的分量是路程对时间的一次导数。取刀刃运动轨迹方程(公式 1-1)的微分, 则得

$$v_x = \frac{dx}{dt} = v_m - \omega R \sin\omega t$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \omega R \cos\omega t$$

因为 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

所以 $v = \sqrt{v_m^2 - 2v_m\omega R \sin\omega t + \omega^2 R^2} = \omega R \sqrt{1 + \frac{1}{\lambda^2} - \frac{2}{\lambda} \sin\omega t}$

因为 $\sin\omega t = \cos\varphi$, 置换之后则得出公式(1-5)。

图中曲线 v 用于求解切削速度。这些曲线表示切削速度变化与 λ 及转动角 φ 的关系。

这样 $\lambda=5, \varphi=0$ 时切削速度为

$$v = \omega R \left(1 + \frac{1}{5} \right) = 1.2\omega R$$

而当 $\varphi=\pi$ 时, $v=0.8\omega R$ 。

当已知 $\frac{h}{R}$ 和 λ 值, 可以求出切削速度的变化范围, 更准确地确定所要求的圆周速度。但要注意到, 用于加工一定土壤所需的切削速度, 应该用试验方法求得。根据 A. Д. 达林教授在田间试验基础上所得出的定性数据, 轻型和中型壤土的切削速度为 3~4m/s, 草原沼泽粘土和苔类草丘土为 6~8m/s。

现举例求圆周速度: 已知切削速度 $v=8\text{m/s}$, 比值 $\frac{h}{R}=0.5$ 和 $\lambda=5$ 。

由上向下旋耕, 在刀刃与土壤接触点的切削速度

$$v_H \approx 0.93\omega R$$

当 $\varphi \approx \pi$, 在切削结束时其速度减至

$$v_K \approx 0.8\omega R$$

平均切削速度

$$v = \frac{0.93 + 0.8}{2} \omega R \approx 0.87\omega R$$

所以 $\omega R = \frac{v}{0.87} = \frac{8}{0.87} = 80.87 = 9.2\text{m/s}$

当由下向上旋耕时, 在同样 $\frac{h}{R}$ 和 λ 值时切削速度变化范围将是另一种情况:

$$v_H \approx 1.2\omega R \quad \text{和} \quad v_K \approx 1.1\omega R$$

由此得出

$$\omega R = \frac{v}{1.15} = \frac{8}{1.15} = 6.05\text{m/s}$$

因此,从这个观点来看,《由下向上》旋耕具有某些优越性,因为在同样 λ 时要求较小的圆周速度。

由图 1.5 可以明了而迅速地求得旋转耕作机具的主要运动学特性以及设计参数和工作参数的关系。

立式旋耕机的工作部件的运动学与绕垂直运动方向的水平轴的旋耕机部件的运动学相似。

图 1.3 所示的刀刃运动轨迹点也适合于立式旋耕机,只是在 O 点刀辊的旋转轴是垂直的,堡片的宽度等于刀辊的直径,即刀辊圆周的一半与硬土相接触。

用于行间中耕的立式旋耕机,中间部分松土应更深,在刀辊高度方向应有不同的直径。

当选择旋耕机的参数和工况时应加以考虑,因为刀刃在上层和下层的运动轨迹不同(图 1.1)。

如果刀辊与前进运动方向安装成一个角度,它的任意一点在空间运动时比绕垂直于运动方向的水平轴旋转的旋耕机所描绘的轨迹更为复杂。

现在来考察刀齿上任意一点 M 在空间坐标系 XYZ 的运动(图 1.6a)。

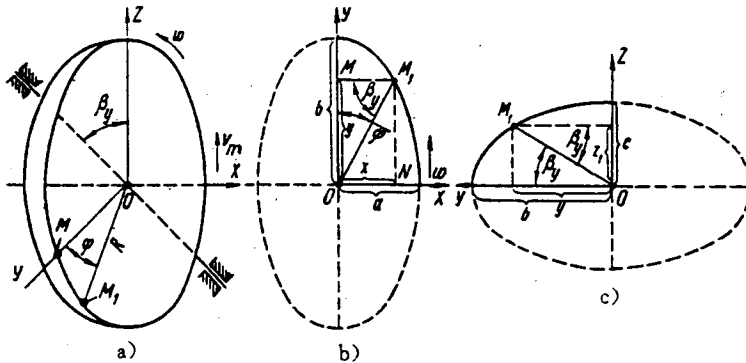


图 1.6 空间坐标系的旋耕机刀盘

a) 空间形式 b) 在 XOY 平面 c) 在 YOZ 平面

点 M 位于 XOY 平面(图 1.6b)。该点的旋转轴与旋耕刀辊运动的前进方向 OZ 配置成角 β_y 。最初点 M 位于 y 轴上;当刀辊旋转经过时间 t 后,它位于 M_1 点。

从 $\triangle OMM_1$ 求点 M_1 的坐标:

$$y = R \cos \varphi$$

式中 φ ——刀齿的转角。

为了确定横坐标必须分析椭圆方程,因为点 M_1 在平面 XOY 是按椭圆曲线运动的。该曲线方程式是:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \tag{1-6}$$

式中 x, y —点 M_1 的坐标;

b, a —椭圆的大、小半轴。

对于这种情况 $b=R; a=R\cos\beta_y$ 。

把 a, b 和 y 值代入方程(1-6), 经变换得:

$$x = R\cos\beta_y\sin\varphi$$

因而, 点 M_1 在 XOY 平面的运动方程式是:

$$y = R\cos\varphi$$

$$x = R\cos\beta_y\sin\varphi$$

在 ZOY 平面点 M_1 同样按椭圆运动(图 1.6.c), 即:

$$\frac{y^2}{b^2} + \frac{z_1^2}{c^2} = 1 \quad (1-7)$$

式中 b, z_1 —点 M_1 的坐标;

b, c —椭圆的大小半轴。

对此情况 $b=R; c=R\sin\beta_y$ 。现求点 M_1 的坐标 z_1 。把 b, c, y 值代入方程式(1-7)得:

$$\frac{R^2\cos^2\varphi}{R^2} + \frac{z_1^2}{R^2\sin^2\beta_y} = 1$$

或

$$\frac{z_1^2}{R^2\sin^2\beta_y} = 1 - \cos^2\varphi$$

由此得

$$z_1 = R\sin\beta_y\sin\varphi$$

刀盘前进运动的坐标 z_2

$$z_2 = v_m t$$

刀辊刀齿点 M_1 的总坐标 z 为:

$$z = z_1 + z_2 = R\sin\beta_y\sin\varphi + v_m t$$

因而得出刀齿点 M_1 在空间坐标系的运动方程式:

$$\left. \begin{aligned} x &= R\cos\beta_y\sin\varphi \\ y &= R\cos\varphi \\ z &= R\sin\beta_y\sin\varphi + v_m t \end{aligned} \right\} \quad (1-8)$$

从公式(1-8)中消去时间 t , 则得:

$$z = R\sin\beta_y\sin\varphi + \frac{v_m\varphi}{\omega}$$

式中 $\omega = \frac{\pi n}{30}$; $n = \frac{60v_0}{\pi D}$ 。

把 $\frac{D}{2} = R$ 和 $\frac{v_0}{v_m} = \lambda$ 代入, 则得

$$z = R\sin\beta_y\sin\varphi + \frac{R\varphi}{\lambda} \quad (1-9)$$

因而, 点 M 的运动方程是

$$\left. \begin{aligned} x &= R\cos\beta_y\sin\varphi \\ y &= R\cos\varphi \\ z &= R\sin\beta_y\sin\varphi + \frac{R\varphi}{\lambda} \end{aligned} \right\} \quad (1-10)$$

方程式(1-10)所描绘的曲线近似于螺旋线,因此该旋耕过程本身可以称作螺旋运动。这种旋耕方法与余摆线的旋耕区别在于一周中切削速度是变化的,刀齿在土壤中的行程长,耕作土壤时沟底不平整度减少。在泥炭工业中用它从土壤中梳除根系,以及在土壤改良中完成旋耕作业等。

旋转轴平行于前进方向的旋耕部件在空间作螺旋运动。

取刀刃末端点 M , 其坐标用 xyz 表示(图 1.7), 分析其经过时间 t 后的位置。从 $\triangle KOM$ 求出该点在 XOY 平面的坐标:

$$\left. \begin{aligned} KO = x &= R\cos\varphi = R\cos\omega t \\ Km = y &= R\sin\varphi = R\sin\omega t \end{aligned} \right\} \quad (1-11)$$

在时间 t 内点 M 沿着想像的旋转圆柱的母线移动了距离 mM , 等于 $z=v_m t$ 。

旋耕刀辊点在空间坐标系的运动参数方程如下:

$$\begin{aligned} x &= R\cos\omega t \\ y &= R\sin\omega t \\ z &= v_m t \end{aligned}$$

把 $t = \frac{z}{v_m}$ 代入(1-11)式, 则得:

$$\left. \begin{aligned} x &= R\cos \frac{z\omega}{v_m} \\ y &= R\sin \frac{z\omega}{v_m} \end{aligned} \right\} \quad (1-12)$$

为了求工作部件末端的速度, 取方程式(1-11)的微分

$$v = \sqrt{[-R\omega\sin\omega t]^2 + [R\omega\cos\omega t]^2 + v_m^2} = \sqrt{\omega^2 R^2 + v_m^2}$$

从该式可以看出, 旋耕工作部件的绝对速度的大小和方向是常量。现求绝对速度的矢量对用螺距表示的刀辊运动方向的倾角 ψ_c :

$$\cos\psi_c = \frac{v_m}{v} = \frac{v_m}{\sqrt{\omega^2 R^2 + v_m^2}}$$

因为在螺旋线所有的点, 角 ψ_c 具有一个同样值, 工作部件端点运动轨迹的曲率半径 ρ 为常数

$$\rho = \frac{R}{\sin^2\psi_c} = \text{const}$$

这种旋耕方法与余摆线的旋耕区别在于工作部件末端速度为常数, 在土壤中行程长, 在加工土壤时沟底没有凹凸不平, 空间曲线的曲率半径为常数。

螺旋旋耕用于完成特殊的旋耕作业, 例如在林业中筑作无机化的防火带, 冬季覆盖葡萄藤等。

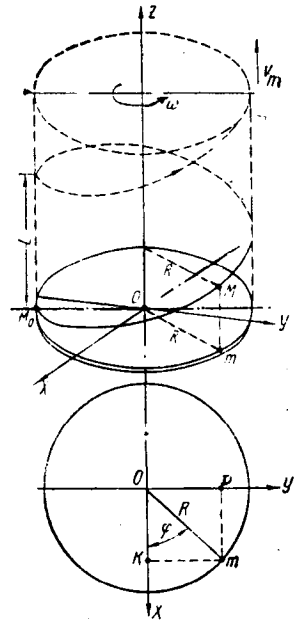


图 1.7 当螺旋旋耕时刀齿上点的运动轨迹