

机动水稻插秧机送秧机构的 计算机辅助设计

杨丹彤 梁 锋
(工程技术学院)

摘要 滚动直插式水稻插秧机在栽插拔取苗时通常采用对准式送秧机构, 这种机构结构简单, 但送秧轨迹不够理想。现先设想送秧叉的运动轨迹为一连杆曲线, 根据曲柄连杆机构各杆件的几何关系列出轨迹的方程, 然后采用有约束条件的直接搜索法中的随机方向搜索法求得轨迹的实现机构, 最终改善插秧机的送秧能力。

关键词 对准式送秧机构; 随机方向搜索法

水稻是我国的主要粮食作物。随着农村经济的迅速发展, 在经济较发达的地区, 农业正逐步趋向于集约化经营, 水稻插秧机械化也将在我国一些地区先行实现。

1979年定型的2Z系列机动水稻插秧机基本上能满足栽插拔取苗的要求, 并且, 作适当改装和调整, 还可栽插无土育秧小苗和薄土育秧小苗。但是, 该系列机型对秧苗的适应性尚不理想, 送、分、插秧机构仍有待改进, 才能更好地提高插秧质量和得到推广。

本文着重介绍一种新的对准式纵向送秧机构的设计方法, 这种新的机构有可能改善插秧机纵向送秧的性能, 将可提高插秧的均匀度合格率和减少勾伤秧率。

1 传统的对准式纵向送秧机构

传统的对准式送秧机构见图1。送秧叉按插秧行距排列, 对应每一行取秧器

(秧爪) 有1个送秧叉。当秧箱横向移动时, 送秧叉退至秧箱之外, 而当横向移箱结束, 送

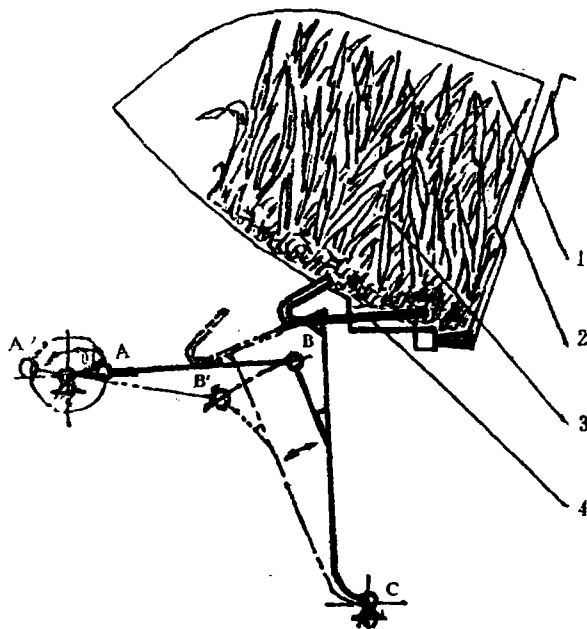


图1 对准式送秧机构

1. 秧箱 2. 秧帘 3. 秧苗 4. 送秧叉

1992—12—30 收稿

秧叉在曲柄连杆机构带动下进入秧箱把秧苗送至秧帘方向。纵向送秧结束后，送秧叉沿原来的送秧轨迹退回。图中 O 为曲柄回转中心， OA 为曲柄，按逆时针方向等速转动， AB 为连杆， BC 为摇臂，送秧叉的运动轨迹为圆弧曲线。调整送秧叉在摇臂上的高低位置可以改变送秧叉距离秧箱底部的垂直距离，即调整送秧高度以适应不同的秧根堆积厚度；调整连杆长度可以改变送秧叉送至最前点的位置，即调整送秧强度以适应不同的送秧量要求。

这种机构的优点是结构简单，送秧可靠。缺点是送秧叉送秧后沿原来的轨迹后退，由于送秧叉与秧根的摩擦作用和圆弧轨迹的向上作用，使秧苗有向后和向上运动的趋势，妨碍后续秧苗的前送和下落，易使秧苗上窜，影响插秧的均匀度合格率。

2 设想的纵向送秧运动轨迹

设想的送秧叉前端的纵向送秧运动轨迹为图2的16个散点。

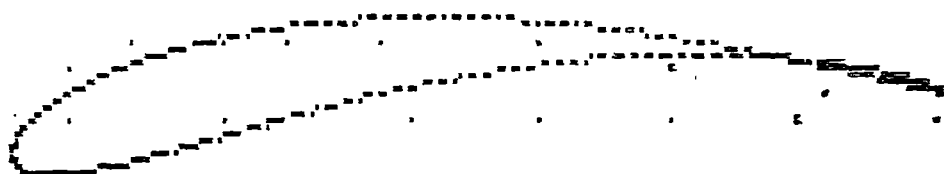


图2 设想的纵向送秧运动轨迹

(16个散点为设想的轨迹；密排点为机构再现轨迹。)

送秧叉的送秧段轨迹基本上与原来机构的送秧轨迹相似，送秧叉进入秧箱后，沿向前和稍向下的轨迹把秧苗送往秧帘和秧门方向，有利于秧爪取秧。送秧后则沿向下和向后的另一轨迹退回，避免对秧苗拖带和有利于秧苗在重力作用下落入秧箱底部。轨迹为一封闭曲线，使运转平稳。

3 轨迹实现机构的设计

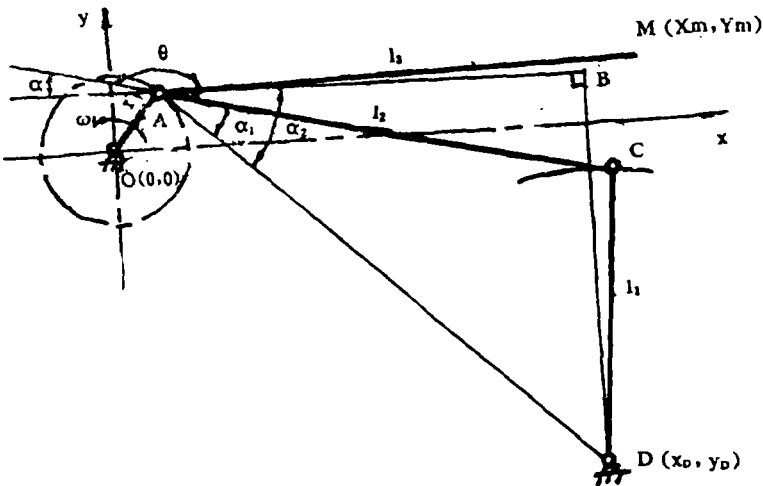


图3 新的轨迹实现机构的几何位置

考虑到在不改变原插秧机总体结构的前提下配置新的轨迹实现机构，仍然采用曲柄连杆机构，但送秧叉配置在连杆上，送秧叉前端的运动轨迹为连杆曲线。

机构的几何位置如图3。

图中, ω ——曲柄回转角速度, 逆时针旋转, OA——曲柄; CD——摇臂; AC——连杆;
 α_1 ——AC与AD连线夹角; α_2 ——AD连线与水平方向夹角。

由图3中的几何关系, 得到M点的轨迹方程:

$$\begin{cases} x_M = x_A + l_3 \cdot \cos(\pi - \alpha - \theta) \\ y_M = y_A + l_3 \cdot \sin(\pi - \alpha - \theta) \end{cases}$$

其中: $\begin{cases} x_A = r \cdot \cos \omega t \\ y_A = r \cdot \sin \omega t \\ \alpha = \alpha_2 - \alpha_1 \end{cases}$

(ωt 为曲柄 OA 转角, 从 αx 正半轴算起)

现已知: $l_{AD} = \sqrt{(r \cdot \cos \omega t - x_D)^2 + (r \cdot \sin \omega t - y_D)^2}$

将 l_{AD} 代入: $\begin{cases} l_1^2 = l_2^2 + l_{AD}^2 - 2 \cdot l_2 \cdot l_{AD} \cdot \cos \alpha_1 \\ \sin \alpha_2 = l_{AD} / l_{AD} = (r \cdot \sin \omega t - y_D) / l_{AD} \end{cases}$

$\therefore \alpha_1, \alpha_2$ 可以用 r, l_1, l_2, x_D, y_D 等参数表示。所以, x_M, y_M 决定于 $l_1, l_2, l_3, \theta, x_D, y_D, r$ 等 7 个参数。

由 M 点的水平行程为 60 mm 得出: $r = 30$ mm, 其余可设为:

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \\ \theta \\ x_D \\ y_D \end{bmatrix}$$

因为不拟改变插秧机的整机结构, 只能在有限的空间内进行设计, 以尽量减少其他机构的修改和使结构更紧凑。所以, 需要通过建立一组约束条件来加以限制。

约束条件:

$$\begin{cases} l_1 \geq 0 \\ l_2 \geq 2 \cdot r \\ l_1 + l_2 - r \geq l_{ob} \\ l_3 \geq 78 \\ x_D \geq 0 \\ x_D \leq 220 \\ y_D \geq -137 \\ y_D \leq -77 \\ [(l_2 + r) \cdot \cos(\omega t - \pi/2)]_{\max} \leq 137 \\ [(l_2 + r) \cdot \sin(\omega t - \pi/2)]_{\max} \leq 220 \end{cases}$$

目标函数: $F(x) = W_1 \cdot F_1(x) + W_2 \cdot F_2(x)$

式中: $F_1(x) = \sum_{j=1}^m [(x_m - x_{m0})^2 + (y_m - y_{m0})^2]$

$$F_2(x) = \sum_{i=1}^n |\psi - \psi_0|$$

x_{m0}, y_{m0} 为 M 点的理想位置坐标;

ψ, ψ_0 为 l_3 与垂直方向正向的夹角;

$$\psi = \alpha + \theta - \pi/2$$

令: $0 \leq F_1(x) \leq 16$ (设计位置精度范围)

$\therefore \Delta f_1 = (16-0)/2 = 8$ (精度半径)

$$\therefore W_1 = 1/(\Delta f_1)^2 = 0.0156 \text{ (位置精度系数)}$$

同样: $-0.044\pi \leq F_2(x) \leq 0.044\pi$ (设计角度精度范围)

$$\therefore \Delta f_2 = (0.044\pi + 0.044\pi)/2 = 0.044\pi \text{ (精度半径)}$$

$$\therefore W_2 = 1/(\Delta f_2)^2 = 52.335 \text{ (角度精度系数)}$$

计算框图见图4。

经过在 IBM PC/XT (286) 计算机上运算, 得出计算结果; 对计算结果进行圆整后, 得出数字结果; 最后, 分别用高分辨和低分辨进行绘图。

输入的初始条件:

维数 N : 6

随机方向数 $K1$: 60

初步长 $T0$: 0.01

步长因素 $T1$: $1E-4$

收敛精度 E : $1E-6$

由图解法获得起点: $l_1 = 115$; $l_2 = 185$; $l_3 = 190$; $\theta = 165^\circ$; $x_D = 190$; $y_D = -137$.

经运算, 输出计算结

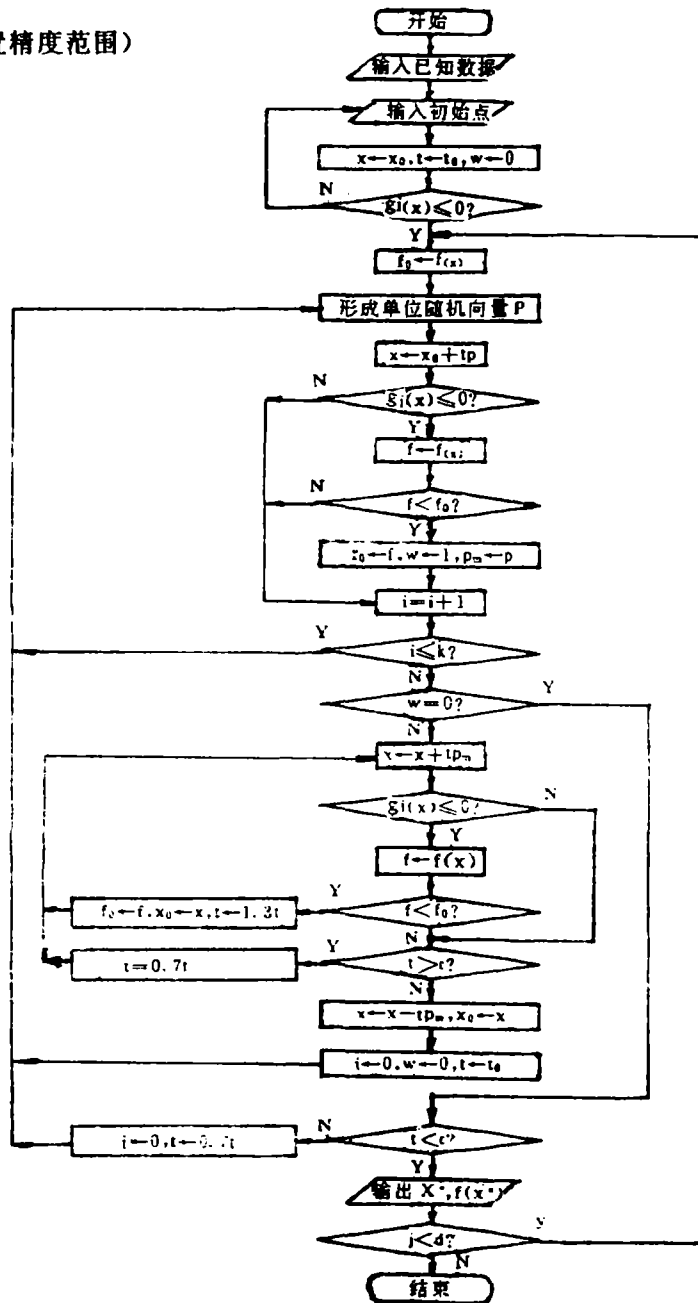


图4 计算框图

果:

$$l_1 = 119.5476; l_2 = 187.369; l_3 = 193.183;$$

$$\theta = 2.902693 \text{ (弧度)}; x_D = 189.0655; y_D = -136.6854。$$

为了使结果符合工程的需要, 故对上述结果进行了圆整后得:

$$l_1 = 119; l_2 = 188; l_3 = 194; \theta = 166^\circ; x_D = 192; y_D = -137。$$

得出新的纵向送秧机构几何尺寸见图5。

按新的纵向送秧机构的几何尺寸利用计算机进行绘图, 得出机构再现运动轨迹为图2的密排点。再现运动轨迹虽未与设想运动轨迹重合, 但轨迹已基本符合设计要求。送秧段除了向前送秧外, 有约3mm的下压, 可防止秧苗上窜; 送秧后从送秧段轨迹的下方退出秧丛和秧箱, 有利于使

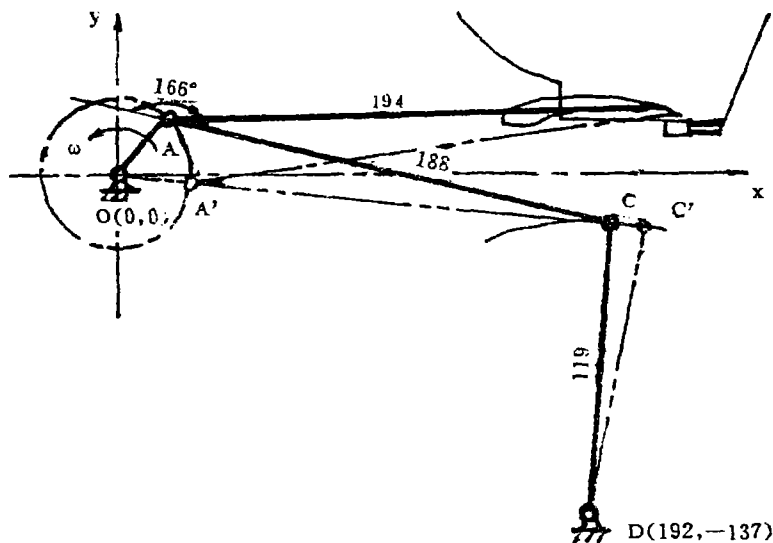


图5 新的纵向送秧机构几何尺寸

后续秧苗靠重力落下, 为送秧叉的再次前送秧苗提供较好的条件。

此外, 通过调整各变量, 可以调整送秧高度和送秧强度。

4 结论

- 4.1 在基本不改变送秧机构的传动形式的前提下, 可以用简单的四杆机构实现理想的运动轨迹;
- 4.2 通过调整各变量, 可以改变轨迹的形状达到调整送秧高度和送秧强度的目的;
- 4.3 这种设计方法也可用于其他轨迹实现机构的设计。

参考文献

- 1 镇江农业机械学院. 农业机械学. 北京: 中国农业机械出版社, 1982. 216~239
- 2 张世民. 平面连杆机构设计. 北京: 高等教育出版社, 1985. 63~96
- 3 卢佐潮等. 计算机辅助机械设计. 广州: 华南理工大学出版社, 1991. 249~282
- 4 David A. Lien. BASIC 大全. 北京: 科学普及出版社, 1985. 113~127

COMPUTER-AIDED DESIGN FOR THE SEEDLING FEEDER OF POWER RICE TRANSPLANTER

Yang Dantong Liang Feng

(College of Polytechnics)

Abstract The target-type seedling feeder, which is normally used in the rotary-vertical path type power rice transplanter when transplanting pulled-up seedlings, is simple in structure, but the path of the seedling feeder not so satisfactory. It is assumed now that the moving path of the feeding fork is a curve of the linkage bar. The path equation is worked out according to the geometrical relationship between the bars of the crank and bar linkage mechanism. The mechanism achieving the path has been determined by using the random direction research method of the direct research method with constraints. The seedling feeding capability of the transplanter was improved.

Key words Target-type feeder; Random direction research method

欢迎订阅《福建省农科院学报》

《福建农科院学报》是福建省农业科学院主办的农业学术性刊物,致力于反映福建农业科研动态和学术水平、发展趋势和生产特色。主要报道农牧等有关专业和相关学科的基础研究,应用研究和开发研究等方面的学术论文,介绍新技术、新成果、新方法、新理论、重视对生物工程、计算机应用等高新技术研究的报道,适合国内、外有关专业和学科的科研、生产、教学以及管理等方面人员参考。季刊16开48页,规范化编排,激光照排胶印,逢季末18日出版。国内、外公开发售,国内定价1.2元,全年4.8元,邮发代号:34—56。全国各地邮局(所)均可订阅,漏订者可直接向福州市华林路41号《福建省农科学院学报》编辑部补购。邮政编码:350003;开户银行:福建省福州市农行鼓屏营业部;帐号:53104909;收款单位:福建省农科院情报所。

欢迎订阅《福建农业科技》

《福建农业科技》是福建省农业科学院主办的综合性中级农业科技期刊。报道范围涉及农林牧副渔各业,致力于反映福建农业的科技水平和生产特色。主要报道农业各专业的新技术、新成果、新方法、新经验及应用理论等。辟有“试验研究”、“实用技术”、“科技信息”、“科技讲座”、“国外科技”、“台湾之窗”、“论坛综述”等专栏。适合广大农业科研、农技推广人员和农业院校师生、专业户等参阅。双月刊、公开发行、邮发代号34—15,每期定价1.00元,全年6.00元。全国各地邮局(所)均可订阅,漏订者可直接向本刊编辑部补购。本刊承接国内外广告和专版介绍宣传服务,欢迎联系刊登。本部地址:福建省福州市华林路41号,邮政编码:350003