

文章编号: 100226819(2001)0420056206

凹形铲刀逆转刀辊升抛土能力的模糊预测研究

马 旭¹, 赵 匀¹, 王剑平¹, 马成林²

(1. 浙江大学华家池校区; 2. 吉林大学南岭校区)

摘 要: 该文研制了逆转刀辊与开式推土铲组合的切抛土部件。应用模糊试验分析方法, 对其升抛土能力进行了模糊分析及预测。试验表明, 凹形铲刀逆转刀辊与开式土铲组合的切抛土部件, 一次可完成切、碎、升、抛、平整土壤等项作业, 简化了盐田铺膜机的整机方案; 该研究为新型农田逆转旋耕机和盐田铺膜机设计提供了优良的切抛土部件。

关键词: 逆转旋耕; 盐田铺膜; 模糊预测; 凹形铲刀; 刀辊

中图分类号: S222.3 **文献标识码:** A

农田逆转旋耕与传统的正转旋耕相比^[1,2], 当刀轴低于地表时, 在相同的耕作深度下, 切削功耗小, 刀轴受力均匀、平稳, 耕深稳定性好; 如果机组和部件参数选择合理, 则适于深耕作业。

塑膜铺底技术是目前国内外制盐场家防止盐田卤水渗漏的一种有效方法, 是提高盐场经济效益的一项有利措施。国外, 澳大利亚、印度、墨西哥等国采用塑膜铺底技术后, 海盐产量大幅度提高, 增产 30% ~ 51%^[3]。国内, 在莱州、复州湾、舟山^[4]等地也采用塑膜铺底技术, 增产 20% ~ 50%。目前, 盐田塑膜铺底施工都采用人工铺膜, 因劳动强度大, 生产率低, 施工成本高, 质量差等, 阻碍了盐田塑膜铺底技术在我国大面积推广应用。

在上述两种机具中都需要土壤工作部件具有切、碎、升、抛、平整土壤的功能, 且以良好的向后升抛土能力为主。因而研究其逆转旋耕的升抛土能力具有重要的实际应用意义。

1 逆转旋耕的研究现状

20 世纪 70 年代, 前苏联学者 J. G. Hendrick 的研究成果表明^[1], 逆转旋耕作业时切削阻力减少 10% ~ 30%, 耕深具有较好的稳定性。随后, 80 和 90 年代, 日本学者森本国夫^[5]和涩尺荣^[6]进行了逆转试验研究, 发现逆转旋耕是实现深耕的有效方法, 碎土率提高 20% ~ 30%, 残茬覆盖率提高 20%。在国内, 90

年代, 原北京农业工程大学宋建农^[7]进行了逆转旋耕理论的初步分析和试验研究。江苏理工大学王长兵^[2]和陈翠英等人^[8]采用传统弯刀进行了逆转旋耕基础理论研究, 提出了逆转旋耕两面楔切削土壤模型, 并对潜土逆转旋耕刀的切土过程进行了计算机图解分析。原佳木斯工学院刘孝民^[9]对潜土逆转旋耕的抛土性能进行了计算机仿真研究。

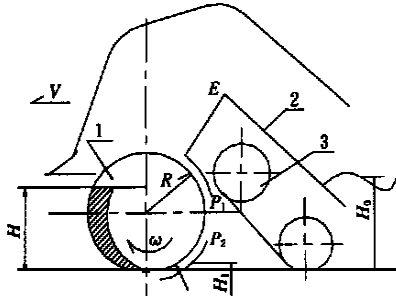
根据研究结果分析, 逆转旋耕工作的主要缺陷在于旋耕刀辊向机器前方抛土, 堆积在机器前方, 造成对已耕土重耕, 从而导致功耗增加。现有的逆转旋耕研究主要以农田耕作为主, 受逆转旋耕升抛土能力的限制, 试验的机速均小于 $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 这与现有农田耕作机具相比生产率过低, 很难满足农民对高效作业的要求, 需要对逆转旋耕刀及刀辊的升抛土能力做进一步研究, 以指导机具设计。

而将逆转旋耕用于盐田铺膜机作为切升土刀辊时, 旋耕刀及刀辊除完成切削和抛掷土壤外, 同时还要使土壤至少要升起一定的高度(一般需 500 mm)和向后方抛送一定的距离(500 mm), 才能安装铺膜机构, 满足升土后铺膜要求。如图 1 所示, 刀辊切开土壤形成铺膜的沟底(切土深 H), 所切土壤随刀辊上的刀片转动逐渐升起, 脱离刀片后越过回土板脊线 E , 由挡土罩壳强制使其落到输送土覆土部件的回土板上, 沿回土板均匀的滑落到铺膜机构已铺的塑料薄膜上(膜上覆土厚度 H_0)。要达到这样的工作效果, 采用以往用于农田的传统弯刀及刀辊, 作为盐田铺膜机切升土刀辊, 其结构和运动参数均不能满足其功能要求。因而也需设计具有较强升抛土能力的新型逆转旋耕部件。

收稿日期: 2000209218; 修订日期: 2001205230

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(59235090)

作者简介: 马 旭, 博士后, 教授, 杭州市 浙江大学华家池校区 农业工程与食品科学学院, 310029



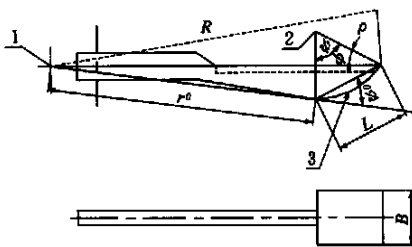
1 刀辊 2 回土板 3 铺膜机构 E 回土板脊线
图 1 切抛土部件结构图

Fig 1 The structure of cutting and lifting part

2 逆转旋耕升抛土部件的设计

2.1 旋耕刀

目前,用于逆转旋耕机的旋耕刀,还没有统一的设计方法,研究者们根据不同的试验目的和条件,研究旋耕刀对土壤的作用、作业质量、功耗和升抛土能力。作者经过理论分析和试验研究^[10]设计了具有较强升抛土能力的凹形铲刀,结构如图 2。其中凹形铲刀主要参数为刀片回转半径 R 、凹面曲率半径 Q 、圆心角 γ 、安装角 U 和刀片宽度 B 。这种旋耕刀改变了传统弯刀侧切刃和正切刃切土方式,在铲刀凹面上有刀刃,使铲刀凹面既能切土、升土,又具有升抛土能力。



1 刀辊中心 2 铲刀凹面中心 3 铲刀凹面
图 2 凹形铲刀简图

Fig 2 The diagram of blade with concave surface

2.2 逆转刀辊与开式推土铲组合

用凹形铲刀逆转刀辊作为盐田铺膜机切升土部件时,因需要同时完成铺膜作业,所以要求保持沟底平整,避免塑料薄膜损坏而影响防渗效果,设计中采用了沟底平整装置(推土铲)。

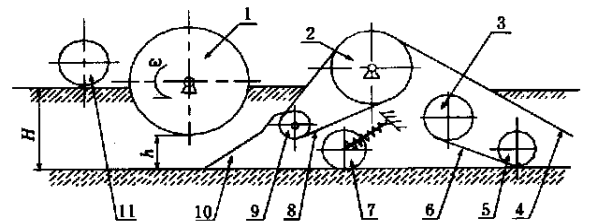
2.2.1 普通推土铲与刀辊的配置参数研究

推土铲与刀辊的安装位置有多种形式。当土铲切土深度与刀辊的切土深度相差在 $-100\text{ mm} \sim 150\text{ mm}$ (负值表示土铲的切土深度大于刀辊的切土深

度)、土铲与刀辊的间距 δ 在 $30\text{ mm} \sim 150\text{ mm}$ 之间变化时,经试验和分析发现,土铲的切土深度大(负值大),土铲推动的土壤增多,阻力增大,土铲与刀辊间很容易发生积土堵塞,而减小土铲的切土深度,刀辊抛土量减少,膜上覆土厚度变小。为了减少土铲工作阻力,避免土铲与刀辊之间积土堵塞,土铲的切土深度应小于刀辊的切土深度,即 H_1 为正值,但又不能相差太多,设计取相差 H_1 为 10 mm 。按上述参数设计的机器,土铲与刀辊的间距 δ 对机器工作有很大影响,这是由于刀辊在切抛土过程中有些土壤不可避免地要落到回土板前部、土铲及刀辊之间,这些土壤的一部分会粘附在土铲上或土铲与刀辊之间,当达到一定厚度时(即等于 δ 时),经刀辊上高速旋转的刀片反复作用,在土铲上形成坚硬的土层,使土铲与刀辊的间距 δ 变为零,如此时继续工作将使刀辊轴发生变形,最后停止工作。

2.2.2 开式推土铲与刀辊的配置参数研究

为了解决土铲与刀辊间的堵塞问题,设计了开式推土铲,如图 1 所示。在土铲上开一长方形孔,长度略小于工作幅宽,宽度为弧长 P_1P_2 ; 这样,当取土铲与刀辊的间距 $\delta = 50\text{ mm}$,可避免土铲与刀辊间的积土堵塞,采用这种结构无疑会使少量的土壤从土铲底部和土铲上的长孔中漏出,但通过反复试验,在试验的范围内一般切土深度和膜上覆土厚度仅相差 $5\% \sim 10\%$ ^[11]。按盐田塑膜铺底施工工艺要求,塑料薄膜铺至盐田土壤下方,为保证两幅膜之间搭接处紧密结合,防止漂膜,减少渗漏损失,膜上覆土厚度应在 $220\text{ mm} \sim 280\text{ mm}$ 。这样只要切土深度为 $231\text{ mm} \sim 310\text{ mm}$,可满足其技术要求。经上述设计,形成了凹形铲刀逆转刀辊与开式推土铲组合构成的切抛土部件。该部件简化了原盐田铺膜机整机设计方案^[12],如图 3。



1 刀辊 2 输送主动轮 3 膜辊 4 回土板 5 展膜辊 6 塑料薄膜 7 镇压轮 8 输送带 9 导向轮 10 推土铲 11 限深轮

图 3 原盐田铺膜机结构图

Fig 3 The structure of original SFM

3 升抛土能力试验研究

3.1 试验指标的分析方法和度量

在盐田铺膜和逆转旋耕作业中,如何评价逆转刀辊向后升抛土能力目前还没有统一的确定方法。实际上,当逆转刀辊工作时,逆转刀辊向后升抛的土壤可分为两部分:一部分土壤通过后面土铲上的开孔落于膜下,没有完成升抛,这部分约占总切土量的5%~10%;而另一部分土壤则升抛后越过回土板脊线E,落于已铺的塑料薄膜上,其升抛土量可用膜上覆土厚度 H_0 来衡量。因而,本文采用膜上覆土厚度来衡量逆转刀辊的升抛土能力,能充分体现综合评价效果。

3.1.1 试验指标的分析方法

膜上覆土厚度 H_0 在整个工作幅宽上可分成各种覆土厚度级别。由于土壤条件、机器工作参数等因素变化的影响,逆转旋耕作业过程中,落入各覆土厚度级的土壤存在一定的不确定性,有的土壤可能落入相邻的另一覆土厚度级。这样,对于一个确定的内涵(覆土厚度级),它的外延(落入该覆土厚度级的土壤)存在不确定性,可采用模糊数学理论来分析^[13]。

3.1.2 试验指标的度量

从覆土厚度 H_0 的模糊性讨论可知,它们均为有限论域内的模糊子集。可根据试验结果对其进行分析、评价和预测。

1) 隶属函数的确定

覆土厚度 H_0 的模糊子集有限论域为: $h_{01}(> 0.8H)$ 、中厚度 $h_{02}(0.6H \sim 0.8H)$ 、薄厚度 $h_{03}(0.3H \sim 0.6H)$ 和微厚度 $h_{04}(< 0.3H)$ 。它们在各厚度级中的分布值(测量总数的百分率)为所对应模糊子集的隶属函数。可见,对有限论域 $U(h_{01}, h_{02}, h_{03}, h_{04})$, $F = F(U)$ 有

$$F = \sum_{i=1}^4 \frac{L_i}{h_{0i}} = \frac{L_1}{h_{01}} + \frac{L_2}{h_{02}} + \frac{L_3}{h_{03}} + \frac{L_4}{h_{04}} \quad (1)$$

式中 L_i ——覆土厚度 H_0 的隶属函数。

覆土厚度 H_0 的隶属函数可通过试验统计确定,具体作法是:在试验测区内,按要求任取 N_1 个覆土后的横截面,在每个横截面上按工作幅宽方向测量 N_2 个膜上覆土厚度值 H_{0i} ,统计 H_{0i} 包含在 h_{01} 、 h_{02} 、 h_{03} 、 h_{04} 中的频数 m 与总测点数 $N = N_1 \times N_2$ 的比值 m/N ,即为所对应模糊子集的隶属度。

3.2 试验设计及模糊预测理论

本文采用模糊变换器的计算方法,根据试验结

果对其模糊子集进行预测。根据文献[10]的讨论可知,当刀片型式、耕深与刀片回转半径比值 $H/\bar{O}R$ 和安装角 U 确定后,对负荷及升抛土能力影响较强的因素是刀辊转速 X 和机器前进速度 v 。根据逆转旋耕和盐田铺膜的需要,在 $H = 250\text{ mm}$ 、 $H/\bar{O}R = 1.56$,凹形铲刀参数为 $Q = 60\text{ mm}$ 、 $W = 50^\circ$ 、 $U = 40^\circ$ 和 $B = 120\text{ mm}$ 等确定的条件下;以不同的刀辊转速 X 和机器前进速度 v 作为输入,将膜上覆土厚度 H_0 作为输出,以此来分析和预测它们之间的关系,见图4。



图4 模糊变换示意图

Fig 4 Schematic diagram of fuzzy transform

3.2.1 输入模糊子集的确定

1) 输入模糊子集分级

根据实际工况,将刀辊转速 X 分为4个等级(A_1)、(A_2)、(A_3)和(A_4)。将机器前进速度 v 也分为4个等级(B_1)、(B_2)、(B_3)和(B_4)。

2) 论域的离散化

将 X 分别离散化为:($20.1 \sim 28.8\text{ rad/s}$)、($28.8 \sim 36.6\text{ rad/s}$)、($36.6 \sim 44.5\text{ rad/s}$)、($44.5 \sim 50.3\text{ rad/s}$)。 v 分别离散化为:($0.28 \sim 0.49\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)、($0.49 \sim 0.69\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)、($0.69 \sim 0.9\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)、($0.90 \sim 1.11\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)。

3) 各等级隶属函数的确定

表1 刀辊转速分级隶属函数

Table 1 Classified angular speed of the rotor as subsection function

转速论域 $\bar{O}rad \cdot s^{-1}$	H_0 模糊子集隶属函数			
	A_1	A_2	A_3	A_4
20.1~28.8	0.85	0.15	0.0	0.0
28.8~36.6	0.1	0.9	0.0	0.0
36.6~44.5	0.0	0.0	0.9	0.1
44.5~50.3	0.0	0.0	0.15	0.85

表2 机器前进速度分级隶属函数

Table 2 Classified forward speed of the machine as subsection function

机速论域 $\bar{O}m \cdot s^{-1}$	H_0 模糊子集隶属函数			
	B_1	B_2	B_3	B_4
0.28~0.49	0.88	0.12	0.0	0.0
0.49~0.69	0.1	0.9	0.0	0.0
0.69~0.90	0.0	0.0	0.9	0.1
0.90~1.11	0.0	0.0	0.15	0.85

确定各自输入模糊子集在各论域的隶属函数见表 1 和表 2。

3.2.2 输出模糊子集确定

输出为基本模糊子集 H_0 , 论域离散化为对应各覆土厚度级 $h_{01}, h_{02}, h_{03}, h_{04}$ 。结果见表 3, 表中没有试验的空白处是待预测值。

3.2.3 模糊变换器的建立

1) 模糊蕴涵关系的建立

根据上述模糊变换器的输入和输出模糊子集, 可建立其模糊蕴涵关系。它可描述为“若 A_i 且 B 则 C_{ij} ”的语句形式。例如: 当 X 为 $28.8 \sim 36.6 \text{ rad/s}$, v 为 $0.49 \sim 0.69 \text{ m/s}$ 时, 根据最大隶属度原则, 输入模糊子集为 A_2 且 B_2 , 输出模糊子集为对应 H_0 的子集 C_{22} ; 这样, 其蕴涵关系为“若 A_2 且 B_2 则 C_{22} ”。其它依此类推, 可分别得到刀辊转速 X 和机器前进速度 v 与基本模糊子集的蕴涵关系(见表 3)。

表 3 模糊蕴涵关系及试验结果

Table 3 Relationship between fuzzy implication and test results

转速论域	机速论域	试验值	试验值(隶属度)			
			L ₁	L ₂	L ₃	L ₄
A ₁	B ₁	C ₁₁	0.560	0.260	0.110	0.070
	B ₂	C ₁₂	0.521	0.280	0.121	0.078
	B ₃	C ₁₃	0.500	0.291	0.123	0.086
	B ₄	C ₁₄				
A ₂	B ₁	C ₂₁	0.650	0.204	0.089	0.057
	B ₂	C ₂₂	0.606	0.240	0.094	0.060
	B ₃	C ₂₃	0.542	0.284	0.110	0.064
	B ₄	C ₂₄				
A ₃	B ₁	C ₃₁	0.790	0.150	0.062	0.031
	B ₂	C ₃₂	0.720	0.170	0.071	0.040
	B ₃	C ₃₃	0.692	0.183	0.082	0.043
	B ₄	C ₃₄				
A ₄	B ₁	C ₄₁	0.845	0.114	0.034	0.007
	B ₂	C ₄₂	0.811	0.135	0.042	0.012
	B ₃	C ₄₃	0.779	0.153	0.049	0.019
	B ₄	C ₄₄				

2) 模糊变换器的建立

根据上述每条语句形式, 应用试验结果可建立一个模糊关系 R_{rij} , 用矩阵合成的形式表示为

$$R_{rij} = (A_i^T \text{ 且 } B_j) \text{ 且 } C_{ij} \quad (2)$$

式中 (且) —— 矩阵的拉直; $(\text{且})^T$ —— 矩阵的转置; “且”表示矩阵的合成运算。式中没有试验结果的(即待预测的) C_{ij} , 暂作零处理。

模糊变换器的模糊关系为

$$R_r = \bigcup_i^{p \times q} R_{ri} \quad (3)$$

式中 p, q —— 为 A, B 两个模糊子集的等级数; R_r —— 整个有限论域内不同模糊子集所反映的规律性的总概括。

式(2)中的矩阵合成运算中采用 $(\text{且}, +)$ 算子的方法, 这样既考虑了所有因素的影响, 又可直接求得有限论域内隶属函数的数值。在求解式(2)时运用矩阵加法, 故该式为

$$R_r = \bigcup_i^{p \times q} R_{ri} \quad (4)$$

3) 模糊预测结果的求得

在用式(4)求得 R_r 后, 可在有限论域内根据输入子集的不同组合(即模糊蕴涵关系)对输出结果进行预测。具体计算如下

$$C_{ij} = (A_i^T \text{ 且 } B_j) \text{ 且 } R_r \quad (5)$$

上式的矩阵合成运算中仍采用 $(\text{且}, +)$ 算子的方法。将计算结果归一化处理, 作为最终的运算结果。

3.3 刀辊升抛土能力的模糊预测分析

3.3.1 输出模糊子集确定

试验在原吉林工业大学农机实验室土槽内进行, 所用试验装置逆转切抛土试验台见图 1, 由土槽试验车牵引。刀辊由 4 排凹形铲刀组成, 刀片排列方式见图 5, 切土总宽度 $W_z = 450 \text{ mm}$ 。试验所用土壤为黑钙土, 分层压实; 平均坚实度为 0.51 MPa , 含水率 19.3% , 测区长 10 m , 每次试验测两个行程。试验时, 每隔 1 m 测一个横截面, 每行程内可在测区内取 10 个横截面, 在每个横截面上按幅宽方向测量 8 个膜上覆土厚度值 H_{0i} , 统计 H_{0i} 包含在 $(h_{01}, h_{02}, h_{03}, h_{04})$ 中的频数为 m , 试验的总测点数 N 为 160 个, 统计 m/N 比值, 即为所对应模糊子集的隶属度。试验统计结果见表 3。

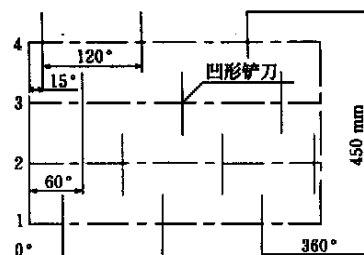


图 5 刀片排列方式

Fig. 5 Arrangement type of blades

其后, 更换传统弯刀, 进行了地表平度、碎土性

能和覆盖性能对比试验。结果表明,凹形铲刀和弯刀作业后的地表平整,没有明显差异;凹形铲刀和弯刀碎土率(小于40 mm 土块质量与总质量之比)相近为77.6%~92.3%;凹形铲刀覆盖率(漏出地表的秸秆或杂草质量与总质量之比)为78.5%~85.6%,明显高于传统弯刀覆盖率72.7%~78.6%。这说明凹形铲刀的升抛土能力要优于弯刀,如用于逆转深耕旋耕将有利改善植被的覆盖性能。

3.3.2 预测及试验结果

将试验值代入式(2)、式(4)所建立的模糊变换器。用式(5)计算出要预测的结果。表4为刀辊转速在有限论域 B_4 内的预测值和试验值。

表4 机器前进速度在论域 B_4 时 H_0 的预测值和试验值

Table 4 Prediction data of H_0 and test data of forward speed of the machine in the field B_4

刀辊转速 $A, \text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$	试验或 预测值	模糊子集隶属度			
		深厚度	中厚度	薄厚度	微厚度
20.1~28.8	试验值	0.490	0.296	0.128	0.086
20.1~28.8	预测值	0.522	0.282	0.120	0.760
28.8~36.6	试验值	0.521	0.296	0.110	0.073
28.8~36.6	预测值	0.537	0.283	0.113	0.670
36.6~44.5	试验值	0.675	0.191	0.088	0.046
36.6~44.5	预测值	0.692	0.183	0.082	0.043
44.5~50.3	试验值	0.759	0.153	0.059	0.029
44.5~50.3	预测值	0.744	0.163	0.062	0.031

在表4中,预测值和试验值很接近,在试验范围内深厚度和中厚度的最大预测误差小于9.5%,可见,采用模糊预测的方法分析刀辊的升抛土能力是可行的。

由表3和表4可以看出,如盐田铺膜机的前进速度 v 在 $0.49 \sim 0.56 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 区间时(按生产率要求),要使覆土厚度 H_0 的深厚度和中厚度超过90%,则刀辊转速 X 应在 $44.5 \sim 50.3 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间;实际设计的盐田铺膜机^[11],当前进速度 $v = 0.56 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,刀辊转速 $X = 50.3 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$,符合预测要求。而逆转旋耕机前进速度 v 在 $0.90 \sim 1.11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 区间时,要使覆土厚度 H_0 的深厚度和中厚度超过80%(覆土厚度可低于盐田铺膜机的要求),则刀辊转速 X 应在 $28.8 \sim 36.6 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间,这与目前所研制逆转旋耕机^[1,5]的工作参数也是相符的。

由此可见,采用模糊预测方法,可根据盐田铺膜机或农田逆转旋耕机的需要选择刀辊转速和机器前进速度。

4 结论

1) 采用凹形铲刀逆转刀辊与开式推土铲组合的切抛土部件新结构型式,克服了与普通闭式推土铲组合而产生严重堵土的弊端,使其一次完成切、碎、升、抛、平土壤,简化了盐田铺膜机整机方案。为盐田铺膜机和新型农田逆转深耕旋耕机设计提供了优良的切抛土部件。

2) 首次采用模糊试验分析方法,引入覆土厚度 H_0 为模糊量评价升抛土能力。采用模糊预测的方法对逆转刀辊的升抛土能力进行了模糊分析及预测。建立了以刀辊转速 X 和机器前进速度 v 为输入量,覆土厚度 H_0 为输出量来评价升抛土能力的模糊预测模型;试验结果表明,在本文的试验条件下,预测值和试验值很接近,主要评价指标膜上覆土厚度 H_0 (深厚度和中厚度)的最大预测误差小于9.5%;由此可见,采用模糊预测的方法分析刀辊的升抛土能力是可行的。

3) 根据预测结果,按盐田铺膜机或逆转旋耕机的要求,可确定刀辊转速和机器前进速度。

参考文献

- [1] Hendrick J G, Gill W R. Rotary tiller design parameters[J]. *Trans. ASAE*, 1974, 17(1): 4~7.
- [2] 王长兵. 逆转旋耕基础理论研究[D]. 镇江: 江苏工学院, 1993: 8.
- [3] 中国盐业技术考察组. 赴澳大利亚制盐技术考察报告[J]. *海盐与化工*, 1987(1): 15~24.
- [4] 赵志轩, 刘祥谦. 塑膜防渗试验研究[J]. *辽宁盐业*, 1990(2): 6~12.
- [5] 森本国夫, 三浦恭志朗等. 一付き μ / \bullet / π \sim \sim の作业性能[J]. *农业机械学会志*, 45(3): 375~378.
- [6] Shibusawa S. Reverse rotational rotary tiller for reduced power requirement in deep tillage[J]. *Journal of Terramechanics*, 1993, 30(3): 205~217.
- [7] 宋建农, 李自华. 反转旋耕理论分析[J]. *北京农业工程大学学报*, 1990, 10(3): 15~22.
- [8] 陈翠英, 许晓东等. 潜土逆转旋耕刀的切土过程计算机图解分析[J]. *农业机械学报*, 1996, 27(增): 5~9.
- [9] 刘孝民, 桑正中. 潜土逆转旋耕抛土研究[J]. *农业机械学报*, 1996, 27(4): 40~43.
- [10] 马旭. 凹形铲刀逆转切抛土理论及其应用的研究[D]. 长春: 吉林工业大学, 1999: 4.
- [11] 马旭, 马成林等. 盐田防渗塑膜铺底专机的研究[J]. *农业机械学报*, 1997, 28(2): 164~167.

[12] 尼新兴,马成林,马 旭等.盐田塑膜铺底专用机械切升土装置[J].吉林工业大学学报,1995,25(3) 85~89.

[13] 朱玉仙,王承中等.模糊数学方法[M].长春:吉林大学出版社,1994.

Fuzzy Prediction Study on Lifting and Throwing Soil Capacity of Reverse-Rotational Rotor With Concave Surface Blade

Ma Xu¹, Zhao Yun¹, Wang Jianping¹, Ma Chenglin²

(1 Agricultural Engineering & Food Science College, Zhejiang University, Huajiachi Campus, Hangzhou 310029, China;

2 Jilin University, Nanling Campus, Changchun 130025, China)

Abstract: A new type of optimum cutting and throwing soil component combining reverse rotational rotor with the blade with open type bulldozer blade was developed. Fuzzy prediction theory was used, for the first time, for predicting the lifting and throwing soil capacity of the rotor. A prediction model was also developed. Test results showed that cutting and throwing soil component combining the blade with open type bulldozer blade can continuously complete cutting, breaking, lifting, throwing and leveling soil. The maximum error between prediction data and test data was not more than 9.5% in this work. It provides a high quality working part for the design of Saline Filing Machine (SFM) and a new type of saline Farmland Reverse Rotational Deep Rotary Tiller (FRRT).

Key words: reverse rotational rototilling; saline filing; fuzzy prediction; blade with concave surface; rotor

信 息

“农业机械化”被美国工程院评为 20 世纪 20 项最伟大的工程技术成就之一

1999 年秋,由美国工程院牵头,《国家工程师周刊》美国工程学会联合会协同评选出 20 项 20 世纪最具代表性的工程技术成就。其中,农业机械化名列第 7 位。美国工程院评选委员会认为,农业机械化使农业发生了翻天覆地的变化;农业

机械化在发达国家已完全取代了人力和畜力,在许多发展中国家这一转变也正在进行;与作物种植技术和食品加工等其他技术革新相结合,农业机械化在全世纪范围内显著改变了食品的生产 and 分配。
(王应宽 供稿)