

1QL-70型固定垄起垄机设计与试验*

何进 李洪文 张学敏 李问盈 张喜瑞

(中国农业大学工学院, 北京 100083)

【摘要】 针对国内西北一年一熟绿洲农业区固定垄保护性耕作起垄机具缺乏的问题, 设计了1QL-70型固定垄起垄机。分析和确定了起垄犁、垄面成形装置等关键部件的结构参数。采用熟地型起垄犁, 具有较强的翻土和碎土能力; 组合式垄面成形装置通过与圆柱形镇压滚筒配合, 在起垄时不仅具有较好的垄面成形能力, 而且能对垄床起到很好的镇压作用。田间试验表明: 1QL-70型固定垄起垄机的起垄和修垄效果良好, 起、修垄作业后垄形尺寸和垄面平整度能较好地满足河西走廊地区的农艺要求。

关键词: 起垄机 固定垄保护性耕作 修垄 垄形尺寸 设计 试验

中图分类号: S223.2⁺5

文献标识码: A

Design and Experiment of 1QL-70 Bed Former for Permanent Raised Beds

He Jin Li Hongwen Zhang Xuemin Li Wenyong Zhang Xirui

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract

Focusing on the problem of lacking suitable bed former for permanent raised beds (PRB) in one crop a year oasis agricultural region of northwest China, 1QL-70 bed former for PRB was designed, and the parameters of key components were analyzed and confirmed for bed-forming plough, combined forming-pressing device etc. Through adopting cultivated-type plough, the new bed-former could plough and smash the soil effectively. Combining with cylinder roller, the combined forming-pressing device could not only form the bed shape, but also press the beds effectively. Experiment results showed that the bed former was effective in forming and renovating the beds. Bed dimension and surface evenness after forming and renovating could meet the requirements of the agronomy in Hexi Corridor.

Key words Bed former, Permanent raised beds, Bed renovation, Bed dimension, Design, Experiment

引言

西北绿洲农业区是我国典型的灌溉农业区, 由于农业生产长期采用大水漫灌和传统翻耕, 不仅降低了水利用效率和农业经济效益, 而且造成了土地严重退化和生态环境恶化^[1-3]。

固定垄保护性耕作是相对传统翻耕平作、漫灌的一种新型农业系统, 其基本特征是采用垄作和沟灌, 永久保持垄床和垄沟, 播种时作业机械在垄沟中

行走、在垄上免耕播种, 生长期用垄沟进行灌水, 在下茬作物播种前, 只对垄床进行少量修整^[4-5]。国内外研究表明, 这一技术能节约灌溉用水, 改善土壤结构, 降低生产成本和提高作物产量, 并解决水资源缺乏、农业经济效益差和土壤退化等问题^[6-8]。随着固定垄保护性耕作技术的发展, 这一耕作技术对西北干旱地区的节水和防风沙、增加土壤肥力等有良好的应用前景^[9]。而目前固定垄起垄机具缺乏是限制这一技术发展的主要因素, 本文针对这一问

收稿日期: 2008-08-01 修回日期: 2008-09-01

*中澳合作项目“甘肃河西走廊固定道保护性农业研究”(SMC/2002/094)

作者简介: 何进, 讲师, 博士, 主要从事保护性耕作技术及配套机具研究, E-mail: hejin@cau.edu.cn

通讯作者: 李洪文, 教授, 博士生导师, 主要从事保护性耕作技术研究, E-mail: lhwen@cau.edu.cn

题,设计与固定垄保护性耕作技术配套的、可同时进行修垄作业的起垄机。

1 西北绿洲农业区固定垄垄形尺寸

固定垄保护性耕作技术是将固定道技术、垄作技术、保护性耕作技术以及沟灌技术相结合的一种新型技术,它要求在第一次起垄后,永久保持垄型,只对垄进行修复作业。机具作业时,要求拖拉机轮胎与机具地轮均在固定垄垄沟里行走,作物生长带由于没有机器压实,且采用免耕作业,可保持良好的作物生长环境。

本文设计的固定垄起垄机主要应用于河西走廊灌溉农业区。当地采用固定垄保护性耕作技术主要的农艺条件为:一年一熟春小麦,小麦留高茬,秸秆全部还田。总体耕作工艺方案:起垄机起新垄—新垄上播种—高留茬收割和秸秆覆盖形成旧垄—对旧垄进行修垄和免耕播种^[10]。图1为固定垄垄形示意图。固定垄垄距 W 为 1 000 mm, 垄面宽度 W' 为 650~700 mm, 垄高 H 为 150~200 mm。固定垄保护性耕作的垄形尺寸主要取决于拖拉机轮距和当地的农艺条件,设计的固定垄起垄机需要与上述的垄形尺寸相配套,要求在翻耕后的土壤条件下形成新垄,并且考虑到上茬作物的种植过程中由于人工、机器作业、风吹雨淋及在垄沟中灌水对原垄的破坏,需要在垄床有秸秆覆盖的情况下完成修垄作业。

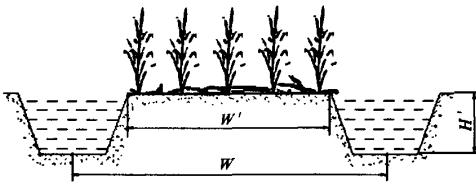


图1 垄形示意图

Fig. 1 Sketch of ridge shape

2 结构和工作原理

2.1 整机结构和工作原理

1QL-70型固定垄起垄机结构简图如图2所示,主要由悬挂架、机架、起垄犁、限深轮、镇压滚、起垄刮板、垄面刮土板和中央螺栓调节机构等组成。

机具与拖拉机三点悬挂,配套动力为 20 kW 小四轮拖拉机。作业时,起垄犁将两侧的土壤翻到中间形成垄体,而土壤被翻区域形成垄沟。同时,两侧呈对称分布的起垄刮板在垄面刮土板和镇压滚的配合下,形成梯形垄床,并完成对垄床的镇压作业。通过调节限深轮的高度和中央螺栓调节机构,可始终

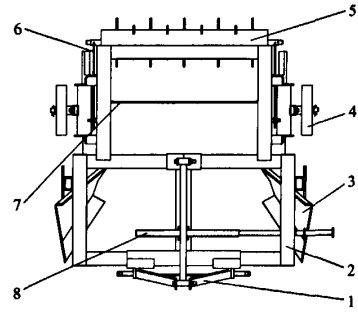


图2 1QL-70型固定垄起垄机结构简图

Fig. 2 Schematic diagram of 1QL-70 bed former for permanent raised beds

1. 悬挂架 2. 机架 3. 起垄犁 4. 限深轮 5. 镇压滚 6. 起垄刮板 7. 垄面刮土板 8. 中央螺栓调节机构

保证作业过程中起垄机和拖拉机相对位置的一致性,并完成不同高度垄床的起垄和修垄作业。主要技术参数如表1所示。

表1 1QL-70型固定垄起垄机的主要技术参数

Tab. 1 Main technical parameters of 1QL-70 bed former

参数	数值
外形尺寸(长×宽×高)/mm×mm×mm	1 200×1 100×700
整机质量/kg	100
配套动力/kW	20
工作幅宽/mm	1 000
起垄垄面宽度/mm	650~700
起垄垄床高度/mm	150~200
生产率/hm ² ·h ⁻¹	0.17~0.54

2.2 主要工作部件的设计

2.2.1 起垄犁

起垄机作业时,起垄犁不仅需将较多的土壤从垄沟翻到垄面,而且还应具有一定的碎土功能,从而避免将大块翻到垄面中央,保证垄面土质的均匀性。起垄犁的切土、碎土和翻土作用都由犁曲面来完成,本文将犁体曲面设计成熟地型,其形状接近于圆柱形,这种结构具有较强的碎土性能,而且能兼顾翻土,可有效完成起、修垄作业。

(1) 耕深 a 和耕宽 b

设计的熟地型起垄犁切出的土袋断面大致呈矩形,宽度 b 为犁的耕宽,高度 a 为犁的耕深。由图3a可知,当起垄犁前进时,断面 $ABCD$ 的犁片翻转倒在已翻转的土袋 $A'D'$ 上,并与其完全密合时,有 $\sin\delta = a/b$, δ 为起垄犁的覆土角。当 a/b 较小时,土袋重力 G 与支点 C' 形成顺时针方向的力矩,这时土袋处于稳定状态(图3a)。当 a/b 较大时, δ 角亦较大,当 δ 角大到一定数值,重力 G 正好

通过支点 C'' (图 3b) 或与支点 C'' 形成反时针方向的力矩, 这时土堡处于不稳定状态或回倒, 造成立堡。此时起垄犁的翻土效果消失。

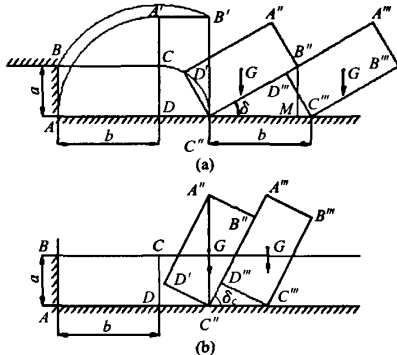


图 3 翻堡示意图

Fig. 3 Soil inversion of sketch map
(a) 稳定状态 (b) 不稳定状态

因此, 为避免产生回堡、立堡现象, 起垄犁能稳定将土壤从固定垄垄沟翻到中央垄面的条件为 $K = b/a > 1.27$ [11], 即起垄犁覆土角 δ 角应满足 $\delta = \arcsin(1/K) < 52^\circ$ 。

在实际设计中, 考虑到河西走廊灌溉农业区的土壤为易松散的沙壤土和起垄犁耕作中的土堡变形散碎, K 值可略小于 1.27。同时, 根据垄沟最大宽度为 30~35 cm 和我国犁体单铧幅宽的分级 (25、30、35 cm 3 级) [11], 确定起垄犁的工作幅宽 b 为 25 cm, 为满足固定垄垄高最大值为 20 cm 的要求, 确定起垄犁耕深 a 为 20 cm, 根据 a, b 计算出得 $K = 1.25$, 起垄犁覆土角 $\delta = 53^\circ$ 。

(2) 犁体翼边线、胫刃线、顶边线、铧刃线

起垄犁犁体的翼边线、胫刃线、顶边线、铧刃线位置如图 4 所示。

翼边线 ME : 如图 5 所示, 取犁壁翼边线 ME 的倾角为土堡的覆土角 δ , 为 53° 。为了避免起垄时犁壁翼边刮擦已翻转的土堡, 翼边线 ME 的位置与土堡的 $A''D'$ 边应保持适当的间隙 m , 取 $m = 3$ cm。

同时翼边线的末端 E 超过土堡 $A''D'$ 边的中点, 以利于土堡的翻转和稳定。

胫刃线 AT : 设计起垄犁犁体的胫刃线 AT 所在的平面与水平面垂直, 其高度 H 取值为耕深 a 的 1.3 倍, 为 26 cm。由于起垄犁没有设计犁刀, 胫刃线 AT 略偏向未耕地, 取 e 为 $2^\circ \sim 3^\circ$ (图 5)。

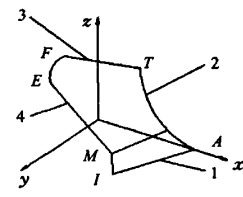


图 4 犁体曲面示意图
Fig. 4 Schematic diagram of plough surface

1. 铧刃线 2. 胫刃线 3. 顶边线 4. 翼边线

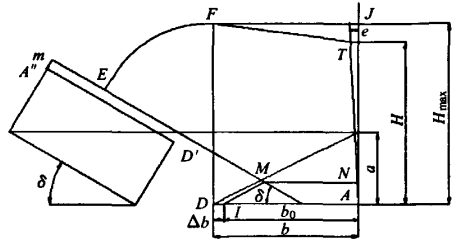


图 5 起垄犁犁曲面前视图

Fig. 5 Front view for plough surface of bed-forming plough

顶边线 EFT : 设计其为一直线和曲线组合而成的光滑曲线。为了防止起、修垄作业时起垄犁漏土, 使土堡在犁壁上回转轨迹的最高点不超过顶边线。顶边线的最高点位于土堡以对角线直立时的 F 点, 顶边线的最大高度 H_{max} 约等于土堡的对角线长, 即

$$H_{max} = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (1)$$

将 $a = 20$ cm, $b = 25$ cm 代入, 得 H_{max} 为 32 cm。

铧刃线 AI : 由起垄犁犁曲面前视图可知, 铧刃线 AI 与土堡的 AD 边重合, 取铧刃线 AI 稍小于耕宽 b , 即 $b_0 = b - \Delta b$ 。 Δb 是防止起垄作业时土堡侧向平移而不翻转, Δb 为 2 cm, 计算得 b_0 为 23 cm。

(3) 元线角 θ

起垄犁犁曲面元线角 θ 的变化规律通过其与水平直元线高度间的关系确定, 即

$$\theta = f(z) \quad (2)$$

式中 z —— 各元线距犁体底面的纵坐标高度

$\theta_0 \sim \theta_{min}$ 间, 元线角的变化采用直线; $\theta_{min} \sim \theta_{max}$ 间, 元线角变化由 $y = 6.2x^2 / (x^2 + 100)$ [11] 确定, 采用抛物线。设计时, 考虑到耕深 a 为 20 cm, 同时结合田间试验, 确定犁曲面的初始条件为: 在高度 $z = 0$ 处, $\theta_0 = 40^\circ$; 在高度 $z = 6$ cm 处, $\theta_{min} = 38^\circ$; 在高度 $z_{max} = 31$ cm 处, $\theta_{max} = 45^\circ$, 最终确定元线角 θ 及其变化规律如图 6 所示。

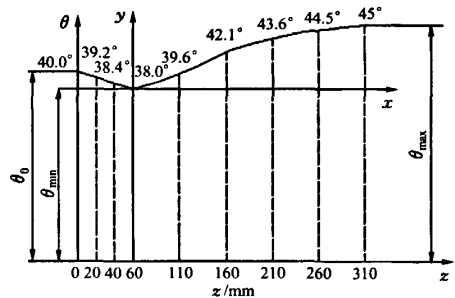


图 6 起垄犁犁曲面元线角变化

Fig. 6 Change of elementary angle with the height of horizontal line in plough surface of bed-forming plough

(4) 导曲线

导曲线是控制水平直元线位置的指导线。设计

时,确定起垄犁犁体曲面的导曲线为抛物线形(图7)。

导曲线开度 L 在导曲线高度一定时,其值越小则曲面越陡峭,碎土能力越强,但犁体阻力越大;开度 L 越大,曲面平缓,翻土能力越强。设计时,根据犁体耕宽 b 为 25 cm,同时考虑到犁曲面的翻土能力,所以 L 取值 18 cm。

导曲线的高度 h 应满足 $H_{\max} > h > H$ (图5),根据顶边线的分析,取 h 为 30 cm。

犁铧安装角 ϵ 的取值范围为 $25^\circ \sim 30^\circ$,当 ϵ 减小时,翻土能力加强;当 ϵ 增大时,碎土能力加强。考虑到犁曲面的翻土能力,取 ϵ 为 25° 。

始端直线长度 S 一般取值 3~6 cm,其取值随耕深 a 而异。由于设计起垄犁耕深 a 为 20 cm,相应始端直线长度 S 可取较大值,为 6 cm。

切线夹角 ω 由 $\omega = 90^\circ + \epsilon - \Delta\epsilon$ 确定。为了有利于起垄犁作业时土垡的翻转,导曲线上部向前扭曲,其上端点的切线与铅垂线夹角 $\Delta\epsilon$ 在设计时取值为 10° ,得 ω 为 105° 。

2.2.2 垄面成形装置

垄面成形装置主要由两侧呈对称分布的起垄刮板和垄面刮土板构成。起垄作业后会马上进行垄作播种作业,且垄床会由于后续的田间管理、收获作业,灌溉以及风吹雨淋等因素的影响而遭到破坏,因此镇压装置的垄床成形和镇压效果不仅对于作物的播种质量、出苗,而且对于作物的后期生长都具有重要意义。

(1) 起垄刮板

为保证垄床横截面呈等腰梯形,起垄刮板设计成两侧对称结构,并通过起垄刮板加强筋与机架的竖梁连接,加强筋采用 $40\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ 的方管。起垄刮板的主要参数包括起垄刮板倾角 γ 和起垄刮板高度 h_1 (图8)。

倾角 γ : 根据河西走廊试验区固定垄保护性耕作系统的尺寸,计算出垄床横截面等腰梯形的底角

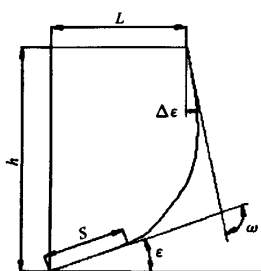


图7 导曲线形状与参数
Fig.7 Parameters of guiding curve

$\gamma' = 53^\circ$ 。试验区的土壤为沙壤土,起垄犁翻垡后的土壤在形成垄床后易产生自然滑落,造成垄床横截面底角减小。根据田间试验测定,为保证起垄作业后垄床在土壤自然滑落后的底角为 53° ,实际起垄刮板倾角 $\gamma > \gamma'$,为 70° ,这样不仅起垄刮板在起垄作业时可对垄床底部两侧起到较好的压实作用,而且可有效保证成形后的垄床在土壤自然滑落后的底角接近 53° 。

起垄刮板高度 h_1 : h_1 主要由固定垄床高度 H' 决定, H' 的取值范围为 15~20 cm。 h_1 应满足 $h_1 > 20\text{ cm} \geq H'$ 。最终结合田间试验确定起垄刮板高度 h_1 为 28 cm。

(2) 垄面刮土板

起垄作业时,垄面刮土板可将起垄犁翻到垄床表面的土壤推向前方,使土壤在整个垄床表面均匀分布,同时通过与两侧起垄刮板共同作业,完成垄床成形作业。

垄面刮土板通过固定角钢与起垄刮板连接,并采用调节螺栓来控制其相对高度。垄面刮土板的宽度主要由垄面最大宽度决定,为 70 cm(图9)。

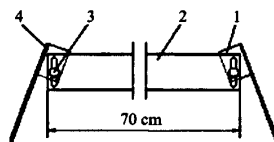


图9 垄面刮土板示意图

Fig.9 Schematic diagram of bed-forming top plank

1. 固定角钢 2. 垄面刮土板 3. 螺栓 4. 起垄刮板

2.2.3 其他部件

镇压装置采用圆柱形镇压滚筒,其对垄床的压实作用取决于滚筒的质量和直径等因素。设计时,为避免过分压实垄床而减小垄床高度,镇压滚筒直径取值较小,为 12 cm。镇压滚筒两侧连接杆上装有压紧弹簧,通过和滚筒自重的共同作用,可使镇压强度在 10~130 kPa 内调节。同时,为防止镇压滚筒在前进过程中打滑,在其表面安装有滚齿。起垄作业时,圆柱形镇压滚筒通过与垄面成形装置和两侧的连杆压紧弹簧配合,可以完成不同高度垄床的镇压作业。

限深轮采用直径为 24 cm 的铁轮,可以在控制起垄高度的同时起到承载、增加机具质量的作用。机架采用三梁悬挂结构,其悬挂架主要由三点悬挂架,前、后移动套,丝杠套和螺栓手柄等组成。在作业过程中,当起垄机相对拖拉机偏移时,可旋转螺栓手柄,通过螺栓调节,使机架相对悬挂架的前、后移动套左右平移,从而保证机具前进的直线性。螺栓螺纹采用梯形螺纹,螺纹大径 $d = 30\text{ mm}$,中径

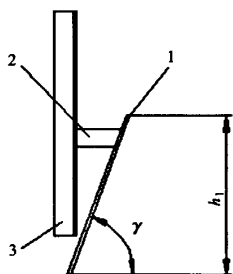


图8 起垄刮板示意图

Fig.8 Schematic diagram of bed-forming edge plank

1. 起垄刮板 2. 起垄刮板加强筋 3. 机架竖梁

$d_2 = 27.727 \text{ mm}$ 和螺距 $P = 3.5 \text{ mm}$ 。

3 田间试验及结果

田间试验在甘肃省张掖市九公里试验站进行, 试验田为传统翻耕地(起垄)和两年固定垄茬地(修垄)。土壤为沙壤土, 固定垄茬地的秸秆覆盖量为 3.0 t/hm^2 。试验分别测定起、修垄作业后的垄形尺寸和垄面平整度等数据, 综合分析机具的田间适应性和可靠性。

3.1 垄形尺寸

试验测得起、修垄作业后垄形尺寸如表 2 所示。起垄作业后, 垄床的垄面宽度平均值为 665 mm , 变异系数为 3.21% ; 垄沟宽度为 358 mm , 变异系数为 5.14% ; 垄床高度为 192 mm , 变异系数为 6.82% 。其中, 新垄垄面宽度的变异系数最小, 垄床高度的变异系数最大, 这主要是由于在起垄作业过程中, 试验地表面不平对垄床高度的影响相对较大。

修垄作业后, 垄床的垄面宽度为 668 mm , 变异系数为 3.46% ; 垄沟宽度为 356 mm , 变异系数为 6.07% ; 垄床高度为 185 mm , 变异系数为 7.16% 。在修垄过程中, 由于垄床表面保留前茬作物残茬, 这对起垄机的翻土、成形和垄面镇压等造成了一定的影响, 因此修垄后垄形尺寸各项指标的变异系数都高于新垄。

表 2 起垄和修垄作业后垄形尺寸测定

Tab.2 Bed dimension after bed forming and renovation

项目	起垄作业			修垄作业		
	垄面宽度/	垄沟宽度/	垄床高度/	垄面宽度/	垄沟宽度/	垄床高度/
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
均值	665	358	192	668	356	185
标准差	2.13	1.84	1.31	2.31	2.16	1.32
变异系数/%	3.21	5.14	6.82	3.46	6.07	7.16

综合表 2 分析可知, 机具起、修垄作业后的垄形尺寸都能符合河西走廊地区固定垄保护性耕作系统对垄形尺寸的要求。

3.2 垄面平整度

垄面平整度是反映起垄机作业性能的重要指标之一。在测定垄面平整度时, 以垄面最低点为参考点, 分别测定垄面其他各点相对最低点的垂直高度^[12], 试验结果如图 10 所示。

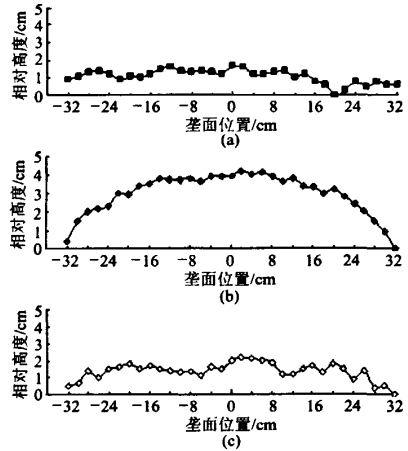


图 10 垄面平整度情况

Fig.10 Surface evenness of bed top

(a) 新垄 (b) 旧垄(修复前) (c) 旧垄(修复后)

由图 10 可知, 一季作物生产后, 机具、人工作业, 灌溉以及降雨等因素对固定垄垄床两侧的破坏最为严重, 垄床横截面成为半椭圆形, 旧垄(修复前)垄面最高点和最低点的相对高度差达到了 4.2 cm , 垄面地表相对高度的标准差达到了 1.11 。修垄作业后, 旧垄(修复后)垄面最高点和最低点的相对高度降低为 2.2 cm , 垄面地表相对高度的标准差降为 0.51 。可见, 修垄作业能较大程度改善垄床垄面平整度。

在起垄作业时, 由于土壤疏松易于垄床成形和压实, 且不存在作物残茬等因素影响, 因此新垄垄床表面相对最为平整。根据图 10 可知, 新垄垄面最高点和最低点的相对高度差仅为 1.7 cm , 且垄面地表相对高度的标准差最小, 为 0.39 。

4 结论

(1)1QL-70 型固定垄起垄机实现对翻耕地的起垄和麦茬覆盖固定垄的修复, 试验证明起、修垄效果良好。

(2)设计的熟地型起垄犁, 翻土和碎土效果明显。

(3)采用组合式垄面成形装置, 依靠两侧呈对称分布的起垄刮板和垄面刮土板实现垄床成形, 同时通过圆柱形镇压滚筒的镇压作用, 可有效保证垄床成形和镇压。

参 考 文 献

- 1 He J, Li H W, Kuhn N J, et al. Soil loosening on permanent raised-beds in arid northwest China[J]. Soil & Tillage Research, 2007, 97(2):172~183.
- 2 吴建民, 高焕文. 甘肃河西走廊水资源供需分析及节水研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(3):36~39.

- Wu Jianming, Gao Huanwen. Analysis of the supply and demand for water resource and research on water-saving tillage in Hexi Corridor of Gansu Province[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006, 22(3): 36~39. (in Chinese)
- 3 He J, Li H W, McHugh A D, et al. Spring wheat performance and water use efficiency on permanent raised beds in arid northwest China[J]. Australian Journal of Soil Research, 2008, 46(8):659~666.
- 4 何进. 北方灌溉区固定垄保护性耕作技术研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2007.
He Jin. Study on permanent raised beds in irrigation areas of northern China[D]. Beijing: China Agricultural University, 2007. (in Chinese)
- 5 Sayre K D, Moreno R O. Application of raised-bed planting system to wheat[R]. Wheat Special Report No. 31. Mexico, DF: CIMMYT, 1997.
- 6 陈浩, 黄虎, 杨亚莉, 等. 固定道对行小麦/玉米通用免耕播种机设计[J]. 农业机械学报, 2009, 40(3): 72~76.
Chen Hao, Huang Hu, Yang Yali, et al. Design of row-followed no-till wheat and maize planter under controlled traffic farming system[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(3): 72~76. (in Chinese)
- 7 Govaerts B, Sayre K D, Ramirez J M, et al. Conventionally tilled and permanent raised beds with different crop residue management: effects on soil C and N dynamics[J]. Plant and Soil, 2006, 280(1~2): 143~155.
- 8 罗红旗, 高煊文, 刘安东, 等. 玉米垄作免耕播种机研究[J]. 农业机械学报, 2006, 37(4): 45~47, 63.
Luo Hongqi, Gao Huanwen, Liu Andong, et al. Study on ridge-till and no-till corn planter[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(4): 45~47, 63. (in Chinese)
- 9 何进, 李洪文, 王晓燕. 保护性耕作—未来农业的发展之路[J]. 农业科技推广, 2005(9): 42~43.
He Jin, Li Hongwen, Wang Xiaoyan. Permanent raised beds is the way of the future farming[J]. The Popularization of Agricultural Mechanism Technology, 2005 (9): 42~43. (in Chinese)
- 10 朱国辉, 李问盈, 何进. 2BFML-5型固定垄免耕播种机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2008, 39(2): 51~54, 76.
Zhu Guohui, Li Wenyong, He Jin. Design and experiment on 2BFML-5 no-till planter for permanent raised bed[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39 (2): 51~54, 76. (in Chinese)
- 11 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册: 上册[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007.
- 12 孔德军. 浅松机设计及其参数优化[D]. 北京: 中国农业大学, 2004.
Kong Dejun. Design of topsoil cultivator and optimization of parameters[D]. Beijing: China Agricultural University, 2004. (in Chinese)

~~~~~

(上接第 77 页)

- 12 孙裕晶, 马成林, 王海. 气力轮式精密排种器大豆充种过程试验研究[J]. 农机化研究, 2006(10): 147~150.  
Sun Yujing, Ma Chenglin, Wang Hai. Experimental research on soybean seeds filling process of air-blown vertical-rotor seed-metering device[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006(10): 147~150. (in Chinese)
- 13 杨松华, 孙裕晶, 马成林, 等. 气力轮式精密排种器参数优化[J]. 农业工程学报, 2008, 24(2): 116~120.  
Yang Songhua, Sun Yujing, Ma Chenglin, et al. Optimization of parameters of air-blowing vertical-rotor type precision seed-metering device[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(2): 116~120. (in Chinese)
- 14 Kachman S D, Smith J A. Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering[J]. Transactions of the ASAE, 1995, 38(2): 379~387.
- 15 方开泰. 均匀设计与均匀设计表[M]. 北京: 科学出版社, 1994.

# 1QL70型固定垄起垄机设计与试验

作者: [何进](#), [李洪文](#), [张学敏](#), [李问盈](#), [张喜瑞](#), [He Jin](#), [Li Hongwen](#), [Zhang Xuemin](#),  
[Li Wenying](#), [Zhang Xirui](#)  
作者单位: [中国农业大学工学院](#), 北京, 100083  
刊名: [农业机械学报](#)   
英文刊名: [TRANSACTIONS OF THE CHINESE SOCIETY FOR AGRICULTURAL MACHINERY](#)  
年, 卷(期): 2009, 40(7)  
被引用次数: 1次

## 参考文献(12条)

1. [He J;Li H W;Kuhn N J](#) [Soil loosening on permanent raisedbeds in arid northwest China](#)[外文期刊] 2007(02)
2. [吴建民;高焕文](#) [甘肃河西走廊水资源供需分析及节水研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2006(03)
3. [He J;Li H W;McHugh A D](#) [Spring wheat performance and water use efficiency on permanent raised beds in arid northwest China](#)[外文期刊] 2008(08)
4. [何进](#) [北方灌溉区固定垄保护性耕作技术研究](#)[学位论文] 2007
5. [Sayre K D;Moreno R O](#) [Application of raised-bed planting system to wheat.](#)[Wheat Special Report No. 31.Mexico, DF:CIMMYT] 1997
6. [陈浩;黄虎;杨亚莉](#) [固定道对行小麦/玉米通用免耕播种机设计](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2009(03)
7. [Govaerts B;Sayre K D;Ramirez J M](#) [Conventionally tilled and permanent raised beds with different crop residue management:effects on soil C and N dynamics](#)[外文期刊] 2006(1-2)
8. [罗红旗;高焕文;刘安东](#) [玉米垄作免耕播种机研究](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2006(04)
9. [何进;李洪文;王晓燕](#) [保护性耕作-未来农业的发展之路](#)[期刊论文]-[农业科技推广](#) 2005(09)
10. [朱国辉;李问盈;何进](#) [2BFML-5型固定垄免耕播种机设计与试验](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2008(02)
11. [中国农业机械化科学研究院](#) [农业机械设计手册](#) 2007
12. [孔德军](#) [浅松机设计及其参数优化](#)[学位论文] 2004

## 本文读者也读过(10条)

1. [烟叶种植机械配套设备](#)[期刊论文]-[农业开发与装备](#)2010(8)
2. [马如寿](#) [洋马RCK140D旋耕起垄机试验浅析](#)[期刊论文]-[农业装备技术](#)2010, 36(5)
3. [刘春旭](#) [地瓜起垄覆膜机获国家专利](#)[期刊论文]-[山东农机化](#)2008(5)
4. [彭毛玷;张建领;梁政](#). [PENG Mao-dian. ZHANG Jian-ling. LIANG Zheng](#) [拖拉机配套旋耕起垄机的设计与研制](#)[期刊论文]-[拖拉机与农用运输车](#)2010, 37(3)
5. [马铃薯中耕施肥机的研制与试验/4QYS-600C型液压翻转双侧起苗机性能先进/4J-100农作物秸秆粉碎还田机问世](#)[期刊论文]-[农机科技推广](#)2008(1)
6. [徐远龙;周亚辉;Xu Yuanlong. Zhou Yahui](#) [烟草起垄施肥机的研究设计](#)[期刊论文]-[农产品加工·学刊](#)2010(7)
7. [甄文斌;杨丹彤;杨文武;黄世醒;区颖刚;Zhen Wenbin. Yang Dantong. Yang Wenwu. Huang Shixing. Ou Yinggang](#) [蔬菜地土壤含水量对旋耕效果影响的试验研究](#)[期刊论文]-[农机化研究](#)2009, 31(5)
8. [王斌;魏永霞;张忠学;王立敏](#) [有限供水和垄作区田的技术集成效应研究](#)[期刊论文]-[灌溉排水学报](#)2004, 23(4)
9. [王建平](#) [浅谈垄作栽培技术在大田作物生产中的应用](#)[期刊论文]-[中国科技博览](#)2010(21)
10. [高健](#) [介绍一种中耕起垄机的调整方法](#)[期刊论文]-[农村百事通](#)2010(20)

## 引证文献(2条)

1. 陈长林, 闵启超, 梁苏宁 微型开沟起垄作业机的设计及试验研究[期刊论文]-中国农机化学报 2013(1)
2. 张喜瑞, 何进, 李洪文, 王庆杰, 吴沙沙 水平拨草轮式玉米免耕播种机设计和试验[期刊论文]-农业机械学报 2010(12)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_nyjxxb200907012.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_nyjxxb200907012.aspx)