

小麦免耕播种机中几个结构参数的设计计算^①

杜 兵^②

(机械工程学院)

摘 要 针对采用圆盘式开沟器的小麦免耕播种机提出一种以缓冲作用强、易于调整为特点的垂直叉架式开沟器单体,对其空间运动进行了计算分析;对安装在同一梁上的两下悬挂点与具有可调范围的开沟器安装位置之间可能发生的冲突问题进行了分析,并给出了确定两下悬挂点间距的计算公式。计算和生产验证结果均表明,设计方案可行,计算公式可用。

关键词 免耕播种机; 圆盘开沟器; 弹簧叉架摆动范围; 悬挂点间距

中图分类号 S223.24

Design and Calculation of Several Structural Parameters of No-tillage Wheat Drill

Du Bing

(College of Machinery Engineering, CAU)

Abstract A vertically mounted fork-type opener unit, characterized by easy adjusting and stronger cushioning effect, for no-tillage wheat drill with disc openers is suggested after calculating and analyzing its spacial motion. The interference problems, which will probably occur when the position parameters of the hitch points and the opener mounting points are irrationally selected, are analyzed. Formulas to calculate the space of two lower hitch points are developed. The feasibility of the design and the accuracy of the formulas are proven through calculations and field tests.

Key words no-tillage drill; disc opener; oscillation angle of spring fork; hitch point spacing

在保护性耕作机具的研究中,国内外对播种开沟器的型式和播种技术做了很多工作^[1~3],但有关开沟器单体的结构型式和参数计算的研究报道较少。杜兵、王跃发等^[4]提出了小麦免耕施肥播种机开沟器单体型式,本文中笔者对其可行性进行计算分析,分析结论对今后设计其他型式的开沟器单体具有一定的参考价值。

收稿日期:1995-12-25

①国家“八五”科技攻关项目

②杜 兵,北京清华东路17号中国农业大学(东校区)46信箱,100083

1 开沟器单体结构设计

以圆盘(直圆盘或凹圆盘)作为开沟器部件的免耕播种机^[4],其入土能力比带有凿形开沟器的免耕播种机差,因此,需要有足够大的压力施加在圆盘开沟器上;此外,免耕地的地表不平整度较大,要求给开沟器施加压力的弹簧具有较好的缓冲作用。笔者设计的垂直叉架式开沟器单体(图 1(a)),既能提供足够大的压力,又能保持较好的缓冲性能。

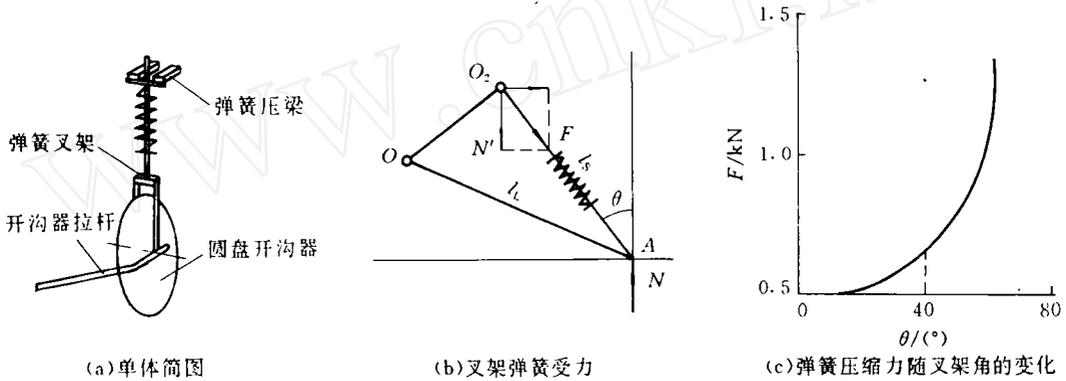


图 1 垂直叉架式开沟器

如图 1(b)所示,设开沟器拉杆长度 $l_1 = OA = 450 \text{ mm}$,开沟器需要的入土力 $N' = N = 500 \text{ N}$, O_2A 为叉架,其弹簧压缩力 $F = N / \cos\theta$ 。 F 随角 θ 的变化如图 1(c)所示。可以看出,当 $\theta = 0$ 时所需弹簧压缩力最小,当 $\theta > 40^\circ$ 时 F 增大较快,因此将弹簧叉架布置成尽量垂直于地面,弹簧可以做得较软,其好处是:根据免耕地硬度的不同,能方便地调整得到所需的弹簧预紧力;调整单体开沟器的高度也比较容易;弹簧对开沟器圆盘的缓冲保护作用得到加强。

1.1 空间运动分析及相关计算

根据前面的分析,弹簧叉架的理想布置是垂直于地面,但当播种机工作时,它既有摆动又有相对于弹簧压梁(图 2,3)的滑动;为使弹簧叉架或导杆对弹簧压梁产生的摩擦力和弹簧压梁的安装间隙(l ,见图 3)同时最小,需要将弹簧叉架安装一小偏角 β ,即需求出压梁的最佳安装位置(使 y 值最佳)。

如图 2 所示,当开沟器拉杆由 OA 摆到 OB 位置时,叉架 O_2A 摆至 O_2B ,给定开沟器最大上升高度 h_m ,设叉架摆角 $\theta_1 = k\theta_2$ ($k \geq 0$),求叉架上端点 O_2 的偏置位置 y (即弹簧压梁的安装位置)。由 $\theta_1 = k\theta_2, \theta_1 = \beta + \theta_2$,得

$$\beta = (k - 1)\theta_2 \tag{1}$$

由 $\triangle AO_1O_2$ 得

$$\beta = \tan^{-1}(y/b') \tag{2}$$

由 $\triangle O_2EB$ 得 $\tan\theta_2 = EB/EO_2 = (AD - O_1O_2)/(b' - h_m) = (AD - y)/(b' - h_m)$,其中 $AD = FB - CA = (\overline{OB}^2 - \overline{OF}^2)^{1/2} - CA = [l_1^2 - (a' - h_m)^2]^{1/2} - c'$,又

$$\theta_2 = \tan^{-1}[(AD - y)/(b' - h_m)] \tag{3}$$

由式(1),(2),(3)得 $\tan^{-1}(y/b') = (k - 1)\tan^{-1}[(AD - y)/(b' - h_m)]$ 。当弹簧叉架摆角的平分

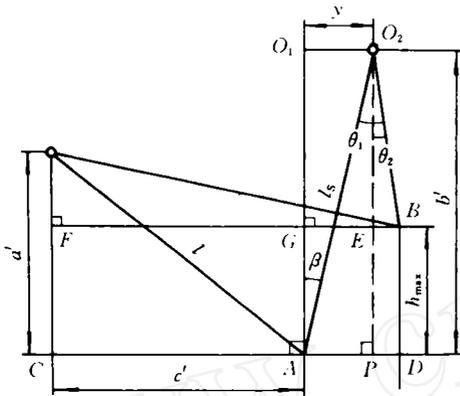


图 2 弹簧叉架空间运动分析

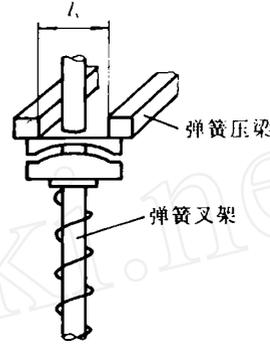


图 3 弹簧压梁间隙

线垂直于水平面时,摆偏角最小,因而叉架上端在滑动过程中对其支承点的最大可能的压力最小,故令 $k=2$, 则 $y=b' \cdot AD / (2b' - h_m)$, $\beta = \tan^{-1}(y/b')$ 。叉架长度 l_s 和弹簧压缩量 Δs 分别由下式求得: $l_s = O_2A = (b'^2 + y^2)^{1/2}$, $O_2B = [(b' - h_m)^2 + (AD - AP)^2]^{1/2}$, 其中 $AP = O_2P \cdot \cot(90^\circ - \beta) = b' \cot(90^\circ - \beta)$, $\Delta s = O_2A - O_2B = (b'^2 - x^2)^{1/2} - \{(b' - h_m)^2 + [AD - b' \cot(90^\circ - \beta)]^2\}^{1/2}$ 。令 $l_L = 450 \text{ mm}$, $c' = 390 \text{ mm}$, $b' = 640 \text{ mm}$ 和 $h_m = 140 \text{ mm}$, 并将以上公式编成计算机程序, 当取开沟器上升高度的变化步长为 10 mm 时, 可得垂直叉架式开沟器的空间运动参数, 见表 1。

表 1 开沟器的空间运动参数

| mm | | | | | |
|-----|------|-----------------------|------------------------|-------|-------------|
| h | y | $\theta_2 / (^\circ)$ | $2\theta_2 / (^\circ)$ | l_L | $-\Delta s$ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 640.0 | 0 |
| 10 | 2.8 | 0.2 | 0.5 | 640.0 | 10.1 |
| 20 | 5.5 | 0.4 | 0.9 | 640.0 | 20.1 |
| 30 | 8.1 | 0.7 | 1.4 | 640.0 | 30.1 |
| 40 | 10.5 | 0.9 | 1.6 | 640.0 | 40.1 |
| 50 | 12.9 | 1.1 | 2.3 | 640.1 | 50.1 |
| 60 | 15.1 | 1.3 | 2.7 | 640.1 | 60.1 |
| 70 | 17.2 | 1.5 | 3.0 | 640.2 | 70.1 |
| 80 | 19.3 | 1.7 | 3.4 | 640.2 | 80.1 |
| 90 | 21.2 | 1.8 | 3.7 | 640.3 | 90.1 |
| 100 | 23.0 | 2.0 | 4.1 | 640.4 | 100.1 |
| 110 | 24.7 | 2.2 | 4.4 | 640.4 | 110.1 |
| 120 | 26.3 | 2.3 | 4.7 | 640.5 | 120.2 |
| 130 | 27.0 | 2.4 | 4.9 | 640.6 | 130.2 |
| 140 | 29.2 | 2.6 | 5.2 | 640.6 | 140.2 |

由计算结果, 弹簧压梁的安装位置 y 、叉架长度 l_L 和弹簧压缩量 Δs 的最后取值分别为 $y = 30 \text{ mm}$, $l_L \geq 641 \text{ mm}$, $\Delta s = -141 \text{ mm}$ (“-”号表示压缩)。可以看出, y 值变化较大时 l_L 的变化非常小, 因此, 设计弹簧叉架长度时不必考虑其安装位置的变化。叉架摆角 θ_2 的变化比较小, 其极限值小于 3° , 这样使得弹簧压梁的间隙 l_s (见图 3) 不至于过大, 同时使叉架上端对弹

簧压梁产生的压力较小,弹簧叉架滑动时的摩擦力减小,从而叉架能上下自如滑动。

1.2 弹簧压梁设计

若弹簧压梁做成方梁,估计方梁边长 $l_1=60\text{ mm}$ 。图4示出弹簧叉架摆动的极限位置,由此可按下式求出弹簧压梁的间隙: $l_y \geq l_1 \tan \theta + d / \cos \theta$, 设弹簧叉架的直径 $d=20\text{ mm}$, 则 $l_y \geq 23.2\text{ mm}$ 。显然按此结果不会使压梁做得太宽。弹簧压梁也可用槽钢制作,在它上面开出 24 mm 的槽口时,所允许的叉架的摆动范围将增大。

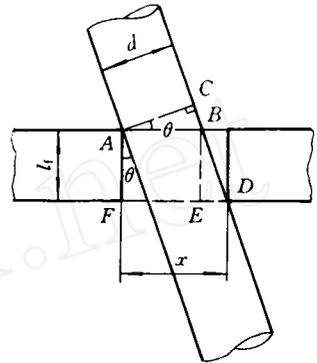


图4 弹簧叉架摆动的极限位置(放大)

2 下悬挂点间的距离计算

免耕播种机的质量大,其重心应尽量靠前,因此将下悬挂点直接设计在连接前排开沟器拉杆的机架的下前梁上,而不安排在另外的一根梁上。这样便带来了在同一梁上下悬挂点位置可能与可调行距的开沟器拉杆的安装位置相冲突的问题。为此需要作如下计算。

对8个开沟器采用前后两排布置方式,为使播种机沿前进方向的中心线通过拖拉机沿前进方向的中心线,设拉杆连接装置3(见图5)相距两下悬挂点中心线的距离为 $l/2$, 由图5可见在同一根梁上的连接装置1或2有可能与点Q相冲突,3或4可能与点R相冲突。为保证

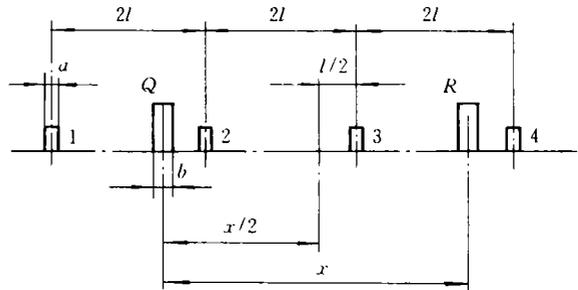


图5 开沟器拉杆的安装与悬挂点示意图

不发生这种冲突, l 和 x 必须同时满足下列不等式:

- 3与点R的距离 $|x/2 - l/2| > (a+b)/2$
- 2与点Q的距离 $|x/2 - 3l/2| > (a+b)/2$
- 4与点R的距离 $|2l + l/2 - x/2| > (a+b)/2$
- 1与点Q的距离 $|2l + 3l/2 - x/2| > (a+b)/2$

式中 a, b 分别为下悬挂点和拉杆连接装置在同一梁上的横向安装尺寸。设 $c=a+b$, 将以上不等式分别进行整理, 经分析得出的解为: $l > x+c$ 或 $l < (x-c)/7$, 或当 $x > 2c$ 时, $(x+c)/3 < l < x-c$; 或当 $x > 3c$ 时, $(x+c)/5 < l < (x-c)/3$; 或当 $x > 6c$ 时, $(x+c)/7 < l < (x-c)/5$ 。

设希望的播种机行距的调整范围为 $l_{\min} < l < l_{\max}$, 则当 $l_{\min} - c < x < l_{\max} + c$ 时, $l > x+c$; 当 $7l_{\min} - c < x < 7l_{\max} + c$ 时, $l < (x-c)/7$; 当 $x > 2c$ 且 $3l_{\min} - c < x < 3l_{\max} + c$ 时, $(x+c)/3 < l < x-c$; 当 $x > 3c$ 且 $5l_{\min} - c < x < 5l_{\max} + c$ 时, $(x+c)/5 < l < (x-c)/3$; 当 $x > 6c$ 且 $7l_{\min} - c < x < 7l_{\max} + c$ 时, $(x-c)/7 < l < (x-c)/5$ 。这便是确定下悬挂点的计算公式。按此编制成计算机程序, 并设 $a=63\text{ mm}, b=100\text{ mm}$, 即求出当选择不同的 x 值时播种机行距 l 的调整范围, 见表2。

根据对计算结果的分析, 并查文献[5], 即得出与铁牛-55型拖拉机相配套的播种机两下悬挂点的间距范围为 $700 \sim 900\text{ mm}$, 由此选择两下悬挂点的中心距 730 mm , 即能保证播种机

行距从 171 mm 调整到 200 mm。

表 2 两下悬挂点中心距 x 取不同值时播种机行距 l 的调整范围

mm

| x | l 的范围 | x | l 的范围 | x | l 的范围 |
|-----|---------------|-----|---------------|-----|---------------|
| 640 | 153< l <170 | 730 | 171< l <200 | 820 | 189< l <230 |
| 650 | 155< l <173 | 740 | 173< l <203 | 830 | 191< l <233 |
| 660 | 157< l <177 | 750 | 175< l <207 | 840 | 193< l <237 |
| 670 | 159< l <180 | 760 | 177< l <210 | 850 | 195< l <240 |
| 680 | 161< l <183 | 770 | 179< l <213 | 860 | 197< l <243 |
| 690 | 163< l <187 | 780 | 181< l <217 | 870 | 199< l <247 |
| 700 | 165< l <190 | 790 | 183< l <220 | 880 | 无解 |
| 710 | 167< l <193 | 800 | 185< l <223 | 890 | 无解 |
| 720 | 169< l <197 | 810 | 187< l <227 | 900 | 无解 |

3 结束语

针对免耕播种机的特殊工作环境,提出了缓冲作用强、容易调整的开沟器单体设计方案,计算结果和山西省临汾及河北省张北的实际生产验证表明,该设计方案可行。采用所给出的公式计算下悬挂点的间距,可以保证在下悬挂点和拉杆连接装置布置在同一梁上的条件下按需要实现播种行距的调整。

参 考 文 献

- Allen R R. Performance of three wheat seeders in conservation tillage residue. *Appl Engi in Agri*, 1988, 4(3): 191~196
- Kushwaha R L, Foster R K. Field evaluation of grain drill furrow openers under conservation and conventional tillage systems. *Canadian Agri Engi*, 1993, 35(4): 253~260
- 陈君达,王兴文,李洪文. 旱地农业保护性耕作体系与免耕播种技术. *北京农业工程大学学报*, 1993, 13(1): 27~33
- 杜 兵,王跃发,陈佩芳,等. 旱作小麦免耕施肥播种机的研制. *北京农业工程大学学报*, 1995, 15(4): 26~30
- 王万钧主编. *农业机械设计手册(上册)*. 北京:机械工业出版社, 1988. 27~31