

筑路机械与 施工机械化

ISSN 1000-033X

5.6

OCT. 1988

Road Machinery & Construction Mechanization

東方—YZ10型振動壓路機

中国公路学会 机械分会论文汇编



主要参数

机重: 10 T
外形尺寸mm: 5528 × 2370 × 2865
振动频率: 32 Hz
激振力KN(kgf) 198(20204)
最小转弯半径: < 6 m
爬坡能力: 30%

速度km/h:	档次	前进	倒退
	I	3.166	3.078
	II	5.081	4.940
	III	15.079	14.658

发动机型号: 4125 G 2

中国第一拖拉机制造厂

河南省洛阳市涧西

电传: 47004 LOTRA CN

电挂: 2151

电话: 22911 — 3383 联系人: 张义文, 杨建国
3159 联系人: 吴润



中国第一拖拉机制造厂
THE FIRST TRACTOR WORKS, CHINA

李英

稳定土拌和机工作装置铰点分析

天津工程机械研究所 李 英

稳定土拌和机械是把土壤，稳定材料添加剂按一定比例拌和的公路基础层施工机械。在国外道路、机场稳定层的施工中得到广泛的应用。它具有生产效率高，拌和质量好，节约原材料，改善劳动条件等优点，是路面施工的主要机械之一。

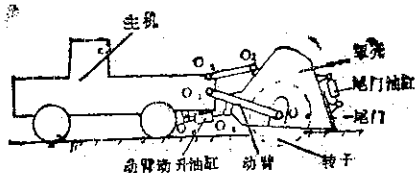


图1 工作位置

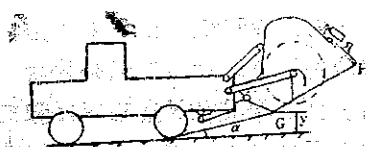


图2 行驶位置

稳定土拌和机在西德、美国、日本等国家里，无论从数量、型号、质量上都已达到较为先进的水平，而我国在这方面的设计则刚刚起步。以前我国虽然有几个厂家生产，但基本上是在推土机或拖拉机底盘上加上工作装置部分，整机的匹配总不是很合理。近两年几个单位，厂家在设计稳定土拌和机，但也是资料少，困难多。

如图1图2所示，稳定土拌和机主要由行驶主机和后悬挂工作装置组成，整个工作装置的结构布置，各个铰点(O_1, O_2, O_3, O_4, O_5)合理位置的确定是较为困难的，但又是相当重要的，它们对机器的离去角，离地间隙及整机的稳定性都有很大影响(动臂转过水平

位置的角度越大，稳定性越差)。起升油缸的布置既要躲开后桥桥壳，又要满足离地间隙；同时，还要使起升力臂尽可能大。如何合理准确地确定各个铰点的位置，以满足上述要求。本文对此进行了分析，并推导出公式，供以后设计中参考，以能减轻在这部分设计中的工作量。

下面先介绍一下稳定土拌和机的工作装置总成及动作情况：

如图1所示工作装置主要包括：转子、转子罩壳、支承转子的动臂及动臂起升油缸。工作位置起升油缸缩回，转子及罩壳下降，罩壳接地后，转子仍沿罩壳的滑槽下降至满足拌和深度，开始工作。罩壳套装在转子轴上浮动，把转子密封在内以防止拌和时尘土飞扬。罩壳后部有尾门，靠控制油缸调节铺层厚度。

拌和工作结束，运行时，工作装置抬起。首先起升油缸支起动臂，转子先沿罩壳的滑槽向上移动，运动到滑槽的极限位置时抬起罩壳一起向上继续运动，组成一四连杆机构，工作装置抬起后，罩壳上G点的位置最低。因此，抬起后G点的位置影响整机的离去角，离地间隙。

一、首先分析确定 O_1, O_2, O_3, O_4 的位置

图3为机构原理图，工作时罩壳(Gk)与水平面夹角为 2° 以减小拖拉阻力。其中

X—铰点 O_1, O_2 距后轮中心线水平距离

R—后轮胎半径

r_d —后轮滚动半径。

h—铰点 O_1 距地平面的距离

k—转子运动到滑槽上端极限位置，转子中心距地面距离

A—罩壳上G点距罩壳上k'点的距离

B—罩壳上G点距F点的距离

X—行驶状态时，罩壳上G点所移动的水平距离

Y—行驶状态时，罩壳上C点距地面的垂直距离

x_1, x_2 —分别为罩壳平动和转动所产生的水平位移

h_1, h_2 —分别为罩壳平动和转动所产生的纵向位移

l_1, l_2, l_3, l_4 —分别为四连杆机构的杆长

$\varphi_1^0, \varphi_2^0, \varphi_3^0$ —各相应杆的起始角度

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ —分别为各杆的转角

θ —动臂起升过程所摆动的角度

θ' —动臂起升到上极限位置时与水平线的夹角

如图所示。该机构的封闭向量方程式为

$$l_1 + l_2 = l_3 + l_4$$

将上式投影在x, y坐标轴上

$$\begin{cases} l_1 \sin \varphi_1 + l_2 \sin \varphi_2 = l_3 \sin \varphi_3 \\ l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 = l_4 + l_3 \cos \varphi_3 \end{cases} \dots\dots(a)$$

$$\text{令 } l_3 \sin \varphi_3 = b \quad l_4 + l_3 \cos \varphi_3 = a$$

$$\text{则 } \begin{cases} l_2 \sin \varphi_2 = b - l_1 \sin \varphi_1 \\ l_2 \cos \varphi_2 = a - l_1 \cos \varphi_1 \end{cases} \dots\dots(b)$$

两边平方后相加得：

$$\begin{aligned} l_2^2 &= (b - l_1 \sin \varphi_1)^2 + (a - l_1 \cos \varphi_1)^2 \\ &= b^2 - 2bl_1 \sin \varphi_1 + l_1^2 \sin^2 \varphi_1 + a^2 - 2al_1 \cos \varphi_1 + l_1^2 \cos^2 \varphi_1 \\ &= b^2 - 2bl_1 \sin \varphi_1 + a^2 - 2al_1 \cos \varphi_1 + l_1^2 \end{aligned}$$

令：

$$A = \frac{a^2 + b^2 + l_1^2 - l_2^2}{2al_1} \quad B = \frac{b}{a}$$

$$\text{得：} \cos \varphi_1 + B \cdot \sin \varphi_1 - A = 0$$

$$\text{即 } -\cos \varphi_1 + A = B \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_1}$$

$$\text{平方之得 } \cos^2 \varphi_1 - 2A \cos \varphi_1 + A^2 = B^2 (1 - \cos^2 \varphi_1)$$

$$\text{即：} (1 + B^2) \cos^2 \varphi_1 - 2A \cos \varphi_1 + (A^2 - B^2) = 0$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{2A \pm \sqrt{4A^2 - 4(1+B^2)(A^2-B^2)}}{2(1+B^2)}$$

$$= \frac{1}{1+B^2} (A \pm B \sqrt{1-A^2+B^2})$$

.....(1)

$$\begin{aligned} \text{式中 } A &= \frac{a^2 + b^2 + l_1^2 - l_2^2}{2al_1} \\ &= \frac{(l_4 + l_3 \cos \varphi_3)^2 + l_1^2 \sin^2 \varphi_3 + l_1^2 - l_2^2}{2(l_4 + l_3 \cos \varphi_3)l_1} \\ &= \frac{l_4^2 + 2l_3 l_4 \cos \varphi_3 + l_3^2 \cos^2 \varphi_3 + l_1^2 \sin^2 \varphi_3 - l_2^2}{2l_1(l_4 + l_3 \cos \varphi_3)} \end{aligned}$$

$$B = \frac{b}{a} = \frac{l_3 \sin \varphi_3}{l_4 + l_3 \cos \varphi_3} \quad \varphi_3 = \theta + \varphi_3^0$$

由式(b)第二式得

$$\begin{aligned} \cos \varphi_2 &= \frac{a - l_1 \cos \varphi_1}{l_2} \\ &= \frac{l_4 + l_3 \cos \varphi_3 - l_1 \cos \varphi_1}{l_2} \end{aligned} \dots\dots(2)$$

杆 l_1 在罩壳上， l_2 转动的角度为 $\Delta \varphi_2$

$$\Delta \varphi_2 = \varphi_2 - \varphi_2^0 \dots\dots(3)$$

$$\cos \varphi_3^0 = \frac{h-k}{l_3} \quad \varphi_3^0 = \arccos \frac{h-k}{l_3}$$

将 φ_3^0 代入(1)式求出 φ_1^0 再一并代入(2)式

求出 φ_1^0

在图中 $\triangle O_4 G' G'$ 中

$$\frac{\lambda'}{2} = A \cdot \cos 2 \angle \cos \beta \times \sin \frac{\Delta \varphi_2}{2}$$

$$Y = 2l_3 \sin \frac{\theta}{2} \sin \left(\frac{1}{2} \theta + \varphi_3 \right) + k$$

$$- A \cos 2^\circ \operatorname{tg} \beta - 2 \sqrt{A^2 + K^2} \sin \frac{\Delta \varphi^2}{2}$$

$$\cos \left[\arcsin \frac{k - A \sin 2^\circ}{A} + \frac{1}{2} \Delta \varphi_2 \right]$$

..... 1

$\operatorname{tg} \alpha =$

$$\frac{y}{(X + \sqrt{L_3^2 - (h - k)^2}) - (A - X) - \sqrt{R^2 - rd^2}}$$

$\alpha = \arctg$

$$\frac{y}{(X + \sqrt{L_3^2 - (h - K)^2}) - (A - X) - \sqrt{R^2 - rd^2}}$$

..... I

$$\theta' = \varphi_3^0 + \theta - 90^\circ (\varphi_3^0 \text{ 为动臂的起始角度})$$

..... II

取综合指标 t

$$t = \frac{\alpha}{15} + \frac{12}{\theta'} + \frac{y}{300} \quad t \text{ 越大越好} \quad \text{..... IV}$$

将以上各计算公式编成计算机程序，输入计算机。输入不同的变量组 (L_1, L_2, L_4, θ) 得到不同的 (y, α, θ, t) 数值组，直到较为理

想为止。

对于某一实际要设计的机器 (L_1, L_2, L_4, θ) 根据结构要求都有一定的合理的取值范围，以使结构紧凑，且运动不干涉，在这个范围内取不同的 (L_1, L_2, L_4, θ) 的数值组，以使 (y, α, θ') 符合整机设计要求，综合指标 t 较高。

在我所WB240稳定土拌和机设计中，

$$\begin{aligned} X &= 1150 & R &= 807.5 & \gamma d &= 750 \\ c &= 1095 & k &= 600 & L_3 &= 1200 \\ A &= 900 & B &= 2800 \end{aligned}$$

(长度单位均为mm)

要求：离地间隙 $y > 300$ 离去角 $\alpha > 15^\circ$

$0^\circ < \theta < 12^\circ$ 参考同类样机及本机结构要求输入不同的数据组 (L_1, L_2, L_4, θ) 将计算结果进行较得：

$$\begin{aligned} \text{当 } L_1 &= 540 & L_2 &= 925 & L_4 &= 230 \\ \theta &= 35^\circ \text{ 时} \end{aligned}$$

有 $Y = 406.9$ $\alpha = 15^\circ 22'$ $\theta = 10^\circ 54'$
此组数值较为理想

二、起升油缸位置的确定

O_1, O_2 为油缸两铰点， A_1, A_2, A_3 为铰点 O_1 轨迹上的三个点， A_1 为起始点， A_2 为动臂运动到水平位置时， O_1 轨迹上的相应点， A_3 为油缸最大行程终止点，动臂运动到水平位置

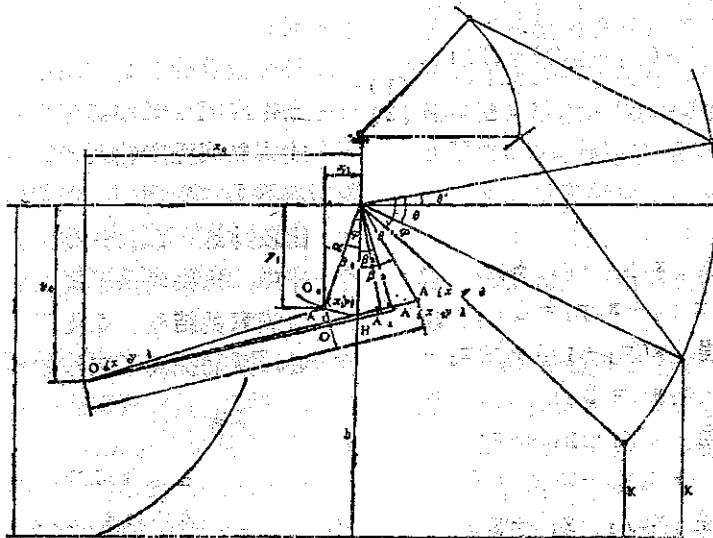


图 4

时,整个工作装置由重量所产生的对 O_1 点的力矩最大,此时油缸应提供最大的起升力矩。

如图4为油缸布置平面机构图

已知:油缸缩回最短长度 L ;

油缸行程 H 。

动臂上升到上极限位置动臂总的转动角度

$$\varphi = \theta + \varphi_3 - \arccos \frac{h-k}{L_3} \quad [\theta \text{ 已由前面}]$$

求得]

因此 φ 为可求

假设 A 点的坐标取 (x_1, y_1) ;

则: $R = \sqrt{x_1^2 + y_1^2}$

$$\beta_1 = \arctg \frac{x_1}{y_1}$$

$$\beta_2 = (\varphi - \beta_1 - \theta')$$

$$\beta_3 = (\varphi - \beta_1)$$

$$x_2 = R \sin \beta_2$$

$$y_2 = R \cos \beta_2$$

$$x_3 = R \sin \beta_3$$

$$y_3 = R \cos \beta_3$$

$$\begin{cases} \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2} \\ \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2} = H \\ \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2} = L \\ \begin{cases} (x_0 - x_3)^2 + (y_0 - y_3)^2 = (H+L)^2 & (1) \\ (x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2 = L^2 & (2) \end{cases} \end{cases}$$

求出 $\begin{cases} x_0 \\ y_0 \end{cases}$

$$A_1A_3 \text{ 的方程: } x(y_1 - y_3) + y$$

$$(x_3 - x_1) + x_1y_3 - x_3y_1 = 0$$

$$O_1A_1 \text{ 的方程 } x(y_1 - y_0) + y(x_0 -$$

$$x_1) + x_1y_0 - x_0y_1 = 0$$

$$O_1A_2 \text{ 的方程 } x(y_2 - y_0) + y$$

$$(x_0 - x_2) + x_2y_0 - x_0y_2 = 0$$

$$O_1A_3 \text{ 的方程 } x(y_3 - y_0) + y$$

$$(x_0 - x_3) + x_3y_0 - x_0y_3 = 0$$

d_1, d_2, d_3 为 A_1, A_2, A_3 点的相应起升力臂

d 为 O_1 对直线 A_1A_3 的距离

$$d = \frac{|x_1y_3 - x_3y_1|}{\sqrt{(y_1 - y_3)^2 + (x_3 - x_1)^2}} \dots (3)$$

$$d_1 = \frac{|x_1y_0 - x_0y_1|}{\sqrt{(y_0 - y_1)^2 + (x_0 - x_1)^2}} \dots (4)$$

$$d_2 = \frac{|x_2y_0 - x_0y_2|}{\sqrt{(y_2 - y_0)^2 + (x_0 - x_2)^2}} \dots (5)$$

$$d_3 = \frac{|x_3y_0 - x_0y_3|}{\sqrt{(y_3 - y_0)^2 + (x_0 - x_3)^2}} \dots (6)$$

最大阻力矩时对指标

$$t_1 = d_2 / d \dots (7)$$

综合指标 $t = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3d} \dots (8)$

t_1, t 愈大愈好

上述公式亦可编成计算机程序,输入计算机,输入不同的 x_1, y_1 得到不同的 $(x_0, y_0), d, d_1, d_2, d_3, t_1, t$ 数值组,比较各项指标选取理想的 x_0, y_0 值。

在 WB240 稳定土拌和机中

$$\text{取 } x_1 = 146 \quad y_1 = 458$$

$$x_0 = 925 \quad y_0 = 400 \quad \text{较为理想}$$

三、结束语

通过以上分析,我们看到所推导的公式,代入数值后计算结果与实际情况相符合。是可行的。

正确分析工作装置各铰点的位置,在稳定土拌和机设计中具有普遍意义。将所推导的公式编制成程序输入计算机后,根据结果要求输入不同的变量组,就可以得到许多组数值可供比较筛选,取优先数值。在以后的同类产品设计中,只要输入不同的变量组,就可以获得较为满意的结果,简化了工作过程,减轻了工作量,从而提高了工作效率。

参考资料

1. 压实与路面机械设计 西安公路学院
2. 国外稳定土壤拌和机 交通部情报所
3. 稳定材料拌和机 中国公路学会

液
刨机。
用较大
生产效
染,具
锈
件强度
负荷的
削工作
机的工
一
沥
其性质
拌匀程
际切削
的复杂
旧
落,在
过前方
刀具作
应力分
应力增
脆性破
不规则
切削循
庄
荷作用
具几何
素有关
是一个
机波动
难,也