

具有环保意义的轮胎设计特点

E. Skornyakov 等著 赵砚彬译 吴秀兰校

众所周知,对生态的不利影响与通常轮式机械在农田里作业造成的土壤板结有密切关系,通过检测轮胎接地区的最大压力 q_{α} 和 h 的法向应力 σ_h 检验了可以满足土壤生态要求的轮胎设计的特点。

1 前言

现已发现,由轮式农业机械造成的土壤板结问题可以通过对充气轮胎的改进加以解决。大家知道,具有多种作业特点的轮式机械在农业上得到广泛应用。开发具有环保性能的轮式机械的基本内容包括合理地选择轮胎参数和改进轮胎结构。巨胎科学研究院针对具有环保性能的轮胎设计的某些特点进行试验,所得结果可以体现农业轮胎设计者的意愿。

2 实验

假如轮胎与土壤接触面压力分布不均匀性最小是具有环保性能的轮胎设计的主要特点,那么轮胎参数的确定就与影响土壤的农业技术因素有关,轮胎结构的确定亦是如此。轮胎接地区中作用于土壤上的最大压力 q_{α} 和在土壤深度 h 处的正应力 σ_h 被认为是影响土壤板结的农业技术因素,两者与轮胎接地参数的关系可用公式(1)、(2)精确描述。

$$F_{\alpha} = \max \left(\frac{QK_2}{q_{\alpha}}, 4ab \right) \quad (1)$$

式中 Q ——作用于轮胎的径向负荷;

K_2 ——轮胎接地面上纵向不均匀系数,等于 1.5;

a ——轮胎接地面长度的一半;

b ——轮胎接地面宽度的一半。

a 和 b 通过算式(2)与 σ_h 相联系:

$$\sigma_h = 0.637 \frac{Q}{4ab} \left[\operatorname{arctg} \frac{ab}{h \sqrt{a^2 + b^2 + h^2}} + \frac{hab(a^2 + b^2 + 2h^2)}{(a^2 + h^2)(b^2 + h^2) \sqrt{a^2 + b^2 + h^2}} \right] \quad (2)$$

h 是测定额定压力的深度。

用经验式(3)和(4)可将作用在土壤上的

压力转换成轮胎参数——外径(D)和断面宽(B)的选择,这两式是在大量不同类型农业轮胎试验结果的基础上获得的。

$$q_{\alpha} = \frac{K^2 Q}{K_1 F_c} \quad (3)$$

式中 F_c ——轮胎与硬表面接触的面积;

K_1 ——硬表面与软土壤的转换比,取决于外径(K_1 与 D 成反比),等于 1.1~1.6。

$$F_c = 2K_{sh} B \sqrt{\frac{D\delta(D-d)}{2} - \left[\frac{\delta(D-d)}{2} \right]^2} \quad (4)$$

式中 B ——轮胎断面宽;

K_{sh} ——接触面相对变化的系数。

$$K_{sh} = a_2 \left(\frac{H}{B} \right)^2 + a_1 \frac{H}{B} + a_0 + \beta \delta \quad (5)$$

式中 D ——轮胎外径;

d ——轮胎内径;

a_2, a_1, a_0, β ——计算常数;

H ——轮胎断面高度;

δ ——负荷下轮胎相应的下沉量。

分析关系式(3)、(4)和(5),从中可以发现一些轮胎设计特点,这些特点对提供与对土壤的影响有关的环保特性是必不可少的。对这样的特点,人们尤为重视轮胎主要结构部件——胎面、胎侧和胎圈的高弹性,提高了的操纵曲率(20~30%以上)和最佳高宽比(H/B)。

以所取得的这些关系式为基础,并考虑轮胎的主要结构特点,人们开发了新程序,得以用电子计算机选择具有环保特点的轮胎的合理参数,这当然要考虑机械系统的结构。图1示出了寻优算法的例子,其中描绘了列线图。这使在特定负荷 Q 和农业技术因素 q_{α} 和 σ_h 的条件下选择轮胎参数成为可能。

如图1所示,在恒定负荷 Q 和特定 q_{α} 和

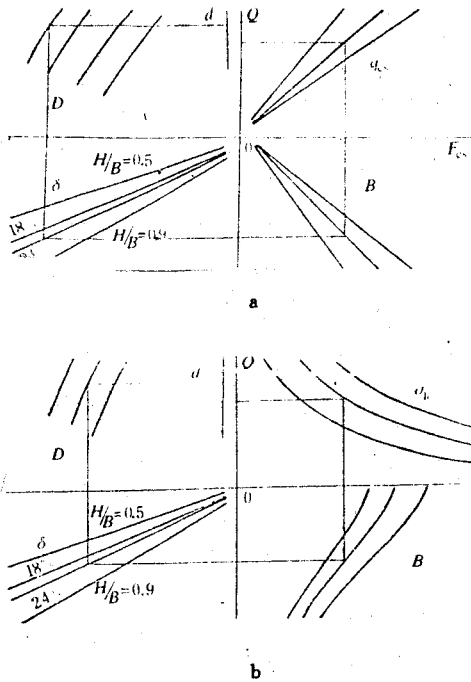


图1 轮胎参数的列线图和寻优算法举例

a——根据轮胎对土壤的最大压力(q_α)；

b——根据轮胎在深度 h 处的应力(σ_α)

σ_α 的条件下, 曲率 δ 和高宽比(H/B)对轮胎参数的影响最为重要。遗憾的是, 对必须具备环保特点的薄胎侧结构轮胎来说, 应该减小高宽比以保证轮胎的稳定性; 至于胎体, 在扭矩传递过程中可能会降低接地性能。增大曲率会降低操纵能力。

巨胎科学研究院已找到解决这一问题的途径。这就是按照农业技术要求(在接触面压力分布不均匀性最小时的最大接触面积和整个轮胎应力-应变条件的最简化)优化结构。为此, 采用了众所周知的数字模型: 轮胎与硬表面相互作用时可将 δ 和 F_c 联系起来。几何非线性多层胎体是这种模型的基础。这种胎体总能量 Θ 的函数如下:

$$\begin{aligned} \Theta = & \frac{1}{2} \iint (\sigma_{11}\epsilon_{11} + \sigma_{22}\epsilon_{22} + \sigma_{33}\epsilon_{33} + \sigma_{12}\epsilon_{12} + \\ & \sigma_{13}\epsilon_{13} + \sigma_{23}\epsilon_{23}) dV \\ & + \int_{F_{ca}} h_d [E_d \epsilon_{33}^2 + G_d (r_{13}^2 + r_{23}^2)] dF_{ca} \\ & - \int_{F_{ca}} (q_1 U_1 + q_2 U_2 + q_3 U_3) dF_{ca} \quad (7) \end{aligned}$$

$$Q = \int_{F_{ca}} E_d \epsilon_{33} dF_{ca}$$

式中, E_d 和 G_d 分别是胎面材料的弹性模量和剪切模量。

应变(δ)和应力(q_α)的分量可用位移表示, 其中描述了弹性-几何参数和作用在胎体上的外力。轮胎部件变形强度的范围已用来确定胎体的应力-应变条件。

$$\Delta \bar{\epsilon} = \bar{\epsilon}_P - \bar{\epsilon}_Q \rightarrow \min \quad (8)$$

式中 $\bar{\epsilon}_P$ 、 $\bar{\epsilon}_Q$ 分别是轮胎在充气 and 特定径向负荷下的变形强度。因此, 在(9)的条件下便可优化轮胎断面尺寸。

$$\Delta \bar{\epsilon} \rightarrow \min \quad (9)$$

$$\sigma'_{33} \leq \sigma_{33}^P$$

式中 σ_{33}^P 是轮胎与硬表面(σ'_{33} ——轮胎设计)相互作用时所允许的平均接触压力。通过逐次近似法得到答案。表1示出了计算例。

表1 轮胎的设计和计算参数

轮胎参数	计算变量		
外直径, mm	1050		
断面宽, mm	412		
最宽处半径, mm	329	335	339
负荷下屈挠变形, mm	54.9	53.6	53.0
接触面, cm	1690	1765	1905
胎体变形强度幅度, %			
胎冠最高点	16.3	12.2	10.7
胎面最宽点	12.2	10.3	10.6
平均接触压力, kPa	61.0	57.5	52.8

3 结论

(1) 研究了一些轮胎设计特点, 并提出选择具有环保特点的轮胎参数的理论。

(2) 按照农业技术特性和应力-应变条件, 在结构优化的基础上研究出轮胎计算新方法。

参考文献(略)

译自《International Rubber Conference》, 1992(北京)