

轮胎下沉量理论计算方法在结构设计中的应用

唐升武

(杭州中策橡胶有限公司, 浙江 杭州 310008)

摘要:通过对轮胎静负荷性能试验的统计分析和研究,根据轮胎下沉量的理论计算公式,从理论上预计类似规格轮胎的相关结构参数,如轮胎胎面曲率半径和行驶面宽度等,解决了在轮胎设计中这些重要结构参数取值的不确定性,同时,对轮胎负荷性能的研究具有特别的意义。

关键词:轮胎;下沉量;胎面曲率半径;行驶面宽度

中图分类号:TQ336.1⁺1;U463.341⁺.6 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-8171(2004)01-0016-02

在轮胎结构设计中,对轮胎胎面曲率半径和行驶面宽度等的取值往往仅凭经验,有很大的不确定性,从而导致了轮胎负荷性能的不确定性。前人的研究已经解决了如何从理论上预计轮胎的下沉量,但是并没有很好地解决根据轮胎不同的负荷性能要求来确定轮胎的结构参数。本文将着重讨论这方面的问题。

1 轮胎下沉量理论计算方法简介

1.1 Hadekel 近似计算公式^[1]

Hadekel 近似计算公式基于两个假设条件:

- a) 轮胎在接地面之外不产生变形;
- b) 接地面中的平均单位压力等于轮胎内压。

未修正的 Hadekel 公式为:

$$h_c = \frac{Q}{\pi P \sqrt{2R_{ni}D_o}} \quad (1)$$

式中 h_c ——下沉量, cm;

Q ——轮胎负荷, N。

P ——轮胎内压, kPa;

R_{ni} ——胎面曲率半径, cm;

D_o ——充气轮胎外直径, cm。

由式(1)可知,增大 P , R_{ni} 和 D_o 有助于减小下沉量,即提高轮胎的负荷能力。

经过修正的 Hadekel 公式为:

$$\frac{h_c^2}{Q} = C_1 + C_2 \frac{h_c}{P} \quad (2)$$

式中, C_1 和 C_2 为轮胎设计常数,可以通过静负荷性能试验测定。它们与轮胎结构尺寸的关系为:

$$C_2 = \frac{1}{\pi \sqrt{2R_{ni}D_o}} \quad (3)$$

$$C_1 = mC_2$$

式中, m 为常数。

通过式(2)可从理论上预计类似规格轮胎的下沉量。

1.2 Komandi G 经验计算公式^[1]

Komandi G 采用不同规格轮胎和不同气压(40~160 kPa)在混凝土路面上进行大量试验,提出了轮胎下沉量的经验计算公式:

$$h_c = C \frac{KQ^{0.85}}{W^{0.7}D_o^{0.43}P^{0.6}} \quad (4)$$

式中, C 为轮胎设计参数(如斜交轮胎为 1.15, 子午线轮胎为 1.5), W 为充气轮胎断面宽度, K 的计算公式为:

$$K = 15 \times 10^{-3}W + 0.42$$

从式(4)可以看出,增大 D_o 和 P 将使下沉量减小,轮胎负荷能力提高,这与公式(1)是一致的。

另外,理论上,随着 W 值的增大, $K/W^{0.7}$ 将减小,即减小了下沉量,提高了轮胎负荷能力,但从 W 对下沉量的影响(见表 1)可以看出,当 W 超过 10 cm 时, W 值每增大或减小 1 cm,下沉量减小不超过 5%, W 值越大,这种影响就越小,当 W 值超过 30 cm 时, $K/W^{0.7}$ 几乎不随其变化。

2 下沉量理论计算方法的具体应用

下面主要讨论 Hadekel 计算方法在轮胎结

表 1 W 对下沉量的影响

W/cm	K	W ^{0.7}	K/W ^{0.7}
10	0.570	5.012	0.114
11	0.585	5.358	0.109
12	0.600	5.694	0.105
13	0.615	6.022	0.102
14	0.630	6.343	0.099
15	0.645	6.657	0.097
16	0.660	6.964	0.095
17	0.675	7.266	0.093
18	0.690	7.563	0.091
19	0.705	7.885	0.090
20	0.720	8.142	0.088
21	0.735	8.425	0.087
22	0.750	8.704	0.086
23	0.765	8.979	0.085
24	0.780	9.250	0.084
25	0.795	9.518	0.084
26	0.810	9.783	0.083
27	0.825	10.045	0.082
28	0.840	10.304	0.082
29	0.855	10.560	0.081
30	0.870	10.814	0.080
31	0.885	11.065	0.080
32	0.900	11.314	0.080

构设计中的应用。

2.1 胎面曲率半径的求解

从式(3)可以推导出下式:

$$R_{ni} = \frac{1}{2D_o(\pi C_2)^2} \tag{5}$$

对于载重斜交轮胎,一般取轮胎模型外直径 D 等于充气轮胎外直径 D_o,式(5)可以表示为:

$$R_{ni} = \frac{1}{2D(\pi C_2)^2} \tag{6}$$

由式(5)或(6)可以计算充气轮胎胎面曲率半径 R_{ni}值,在做轮胎充气试验时也可以测出充气轮胎胎面曲率半径,并计算出 R_{ni}与模型胎面曲率半径 R_n 的比值 K_r:

$$K_r = R_n/R_{ni} \tag{7}$$

因此可以求得 R_n:

$$R_n = \frac{K_r}{2D_o(\pi C_2)^2} \tag{8}$$

这样就可以从理论上预计类似规格轮胎的模型胎面曲率半径 R_n,解决了在结构设计中胎面曲率半径取值不确定性问题。

2.2 行驶面宽度的求解

根据 Hadekel 计算方法,存在如下关系式:

$$b_e = \sqrt{2R_{ni}h_c} \tag{9}$$

式中,b_e 为接地印痕短轴的一半。

根据 Hadekel 假设及轮胎安全性能要求,充气轮胎行驶面弧长 S_{bi}应该满足下述关系:

$$S_{bi} \approx \frac{2b_e}{K_s} = \frac{2\sqrt{2R_{ni}h_c}}{K_s} \tag{10}$$

式中,K_s 为常数(0.90~0.98)。

式(10)表示在负荷下使轮胎行驶面弧长的 90%~98%与路面接触^[2],其实质就是使轮胎行驶面弧长大于接地宽度,可根据具体要求取值。

充气轮胎行驶面弧长与未充气轮胎行驶面弧长是接近的。另外,根据经验可知,未充气轮胎行驶面弧长比模型行驶面弧长 S_b 减小 1%~3% (设为 K_m,可视具体情况取值),这样可以得出:

$$S_b = \frac{2(1+K_m)\sqrt{2R_{ni}h_c}}{K_s} \tag{11}$$

将式(5)代入式(11)得:

$$S_b = \frac{2(1+K_m)}{\pi K_s C_2} \sqrt{\frac{h_c}{D_o}} \tag{12}$$

对于单曲率半径的胎面,可以较简单地求解出对应的弦长,即行驶面宽度 b:

$$b = 2R_n \sin \frac{S_b}{2R_n} \tag{13}$$

将式(8)和(12)代入式(13)可得:

$$b = \frac{K_r}{D_o(\pi C_2)^2} \sin \frac{2\pi C_2(1+K_m)\sqrt{D_o h_c}}{K_s K_r} \tag{14}$$

因此,从理论上可以预计类似规格轮胎的模型行驶面宽度 b,解决了在结构设计中行驶面宽度 b 取值不确定性问题。

3 结语

通过对轮胎静负荷试验的统计分析和研究,可以从理论上预计类似规格轮胎的某些重要结构参数,反过来轮胎结构参数对轮胎的静负荷性能影响也很大。因此,对于不同的轮胎使用条件(如气压、负荷和下沉量等),应该采用不同的轮胎结构参数,这一点对结构设计具有指导性的意义。

参考文献:

[1] 俞 洪,周 锋,丁剑平. 充气轮胎性能与结构[M]. 广州:华南理工大学出版社,1998. 17.
[2] 霍玉云,彭 迈,林惠英. 轮胎结构设计[M]. 广州:华南理工大学出版社,1987. 54.