

14.00R20 重型载重汽车子午线轮胎的有限元分析

向宗义, 沈光洁, 石汉臣, 景 瑜

(贵州轮胎股份有限公司, 贵州 贵阳 550008)

摘要:采用 TYSYS 软件非线性分析技术, 通过三维体单元、层单元建立 14.00R20 重型载重汽车子午线轮胎的三维有限元模型, 并对自由轮胎充气 and 承受接地垂直载荷的轮胎应力和应变进行分析, 获得轮胎的各种应力和应变分布。

关键词:子午线轮胎; 有限元分析; 非线性分析; 应力; 应变

子午线轮胎几何结构复杂、材料性质多样, 对其进行数学分析极其困难, 目前其多项性能仅能进行定性分析。轮胎设计理论从最初的网络理论、薄膜理论到薄壳理论再到目前的有限元分析经历了很长的发展过程。本工作应用 TYSYS 软件对 14.00R20 重型载重汽车子午线轮胎进行三维有限元分析。

1 分析前处理

1/2 轮胎断面共划分节点 433 个, 划分单元 395 个, 轮胎周向划分断面 30 个, 三维节点总数 12990 个, 三维单元总数 11850 个。

轮胎周向各断面角度 [单位为 ($^{\circ}$)] 划分为 21.00, 21.00, 21.00, 21.00, 21.00, 18.50, 13.50, 9.50, 6.50, 4.50, 4.50, 4.50, 4.50, 4.50, 4.50, 4.50, 4.50, 4.50, 4.50, 4.50, 4.50, 4.50, 4.50, 4.50, 6.50, 9.50, 13.50, 18.50, 21.00, 21.00, 21.00, 21.00, 21.00, 角度总和为 360° 。

分析轮胎采用的是 R20 标准轮辋, 轮辋结构尺寸 $A, C, D, G, R_1, R_2, R_3, R_4, H, ANGL, P$ (单位均为 m) 分别为 0.2540, 0.0290, 0.5112, 0.0510, 0.0065, 0.0290, 0.0080, 0.0080, 0.0005, 5.0000, 0.0410。

分析轮胎所用材料的性能参数 E_1 (单位

为 MPa)、 E_2 (单位为 MPa)、 E_3 (单位为 MPa)、 V_{23}, V_{31}, V_{12} 、裁断角度 [单位为 ($^{\circ}$)]、材料密度 (单位为 $g \cdot cm^{-3}$) 如下。

(1) 胎冠: 13.838, 13.838, 13.838, 0.49, 0.49, 0.49, 0.0, 1105。

(2) 胎侧: 10.3, 10.3, 10.3, 0.490, 0.490, 0.490, 0.0, 1000。

(3) 胎肩垫胶: 5.289, 5.289, 5.289, 0.495, 0.495, 0.495, 0.0, 1195。

(4) 内衬层: 10.394, 10.394, 10.394, 0.4950, 0.4950, 0.4950, 0.0, 1195。

(5) 胎体: 2557.81, 80.36, 80.36, 0.4220, 0.0033, 0.4220, 0.0, 2390。

(6) 第 1 带束层: 1557.81, 50.36, 50.36, 0.4220, 0.0033, 0.4220, 38.0, 2150。

(7) 第 2 带束层: 4557.81, 120.36, 120.36, 0.4220, 0.0033, 0.4220, 110.0, 2790。

(8) 第 3 带束层: 4557.81, 120.36, 120.36, 0.4220, 0.0033, 0.4220, 70.0, 2790。

(9) 第 4 带束层: 3557.81, 120.36, 120.36, 0.4220, 0.0033, 0.4220, 110.0, 2200。

(10) 胎圈包布: 3557.81, 120.36, 120.36, 0.4220, 0.0033, 0.4220, 27.5, 2390。

(11) 钢丝圈: 140000.0, 512.68, 512.68,

0.355,0.0004,0.355,90.0,1520。

(12) 上三角胶: 25.66, 25.66, 25.66, 0.49, 0.49, 0.49, 0.0, 1195。

(13) 下三角胶: 45.66, 45.66, 45.66, 0.49, 0.49, 0.49, 0.0, 1195。

(14) 胎圈护胶: 55.57, 55.57, 55.57, 0.490, 0.490, 0.490, 0.0, 1195。

(15) 钢丝夹胶: 10.289, 10.289, 10.289, 0.495, 0.495, 0.495, 0.0, 1195。

轮胎周向断面划分、网格划分、材料分布分别如图 1~3 所示。

2 位移及变形分析

在相同下沉量(56 mm)、不同气压(100, 250, 310, 530 kPa)下 14.00R20 轮胎负荷能力计算结果如图 4 所示。

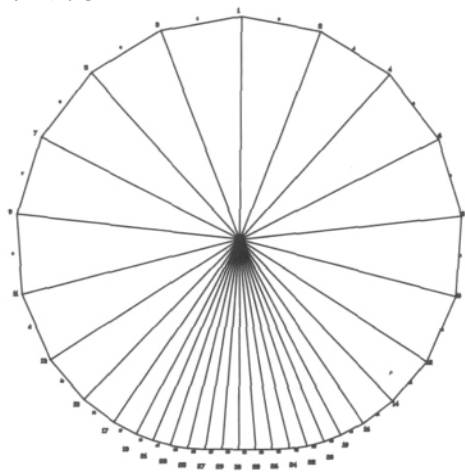


图 1 轮胎周向断面划分

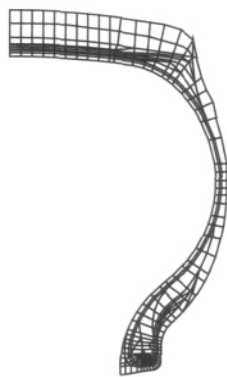


图 2 轮胎网格划分

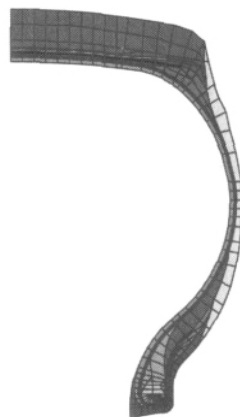


图 3 轮胎材料分布

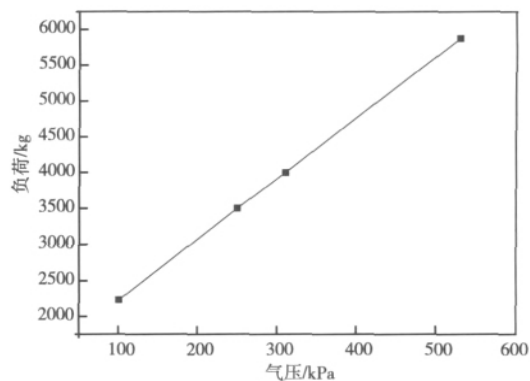


图 4 轮胎气压与负荷能力的关系

从图 4 可以看出,随着轮胎气压增大,轮胎的负荷能力线性增大。

在相同气压(530 kPa)、不同下沉量(10, 20, 30, 40, 56 mm)下 14.00R20 轮胎的断面变形情况如图 5~9 所示。

在下沉量 56 mm、不同气压下和气压 530 kPa、不同下沉量下轮胎断面尺寸如表 1 和 2 所示(设计外直径 1179 mm,设计断面宽 396 mm)。



图 5 下沉量 10 mm 时轮胎断面变形



图 6 下沉量 20 mm 时轮胎断面变形



图 7 下沉量 30 mm 时轮胎断面变形

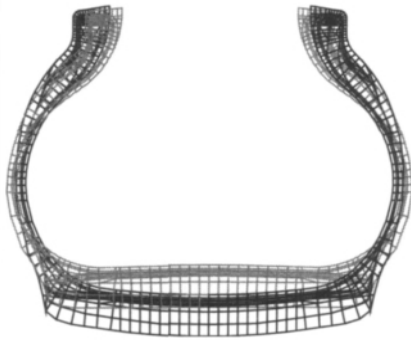


图 8 下沉量 40 mm 时轮胎断面变形



图 9 下沉量 56 mm 时轮胎断面变形

从表 1 可以看出,随着气压增大(负荷也增大),轮胎接地印痕面增大,平均接地压力减小。

从表 2 可以看出,随着下沉量增大,负荷下轮胎断面宽度和接地印痕面积增大,平均接地压力变化无规律。

3 接地性能分析

在标准气压 530 kPa 时 14.00R20 轮胎计算所得负荷与下沉量的关系如图 10 所示。

从图 10 可以看出,计算所得负荷与下沉量为线性相关,这与实际情况相符。据此,可以计算出标准负荷对应的下沉量,从而可以分析标准负荷时轮胎的受力状况。

在气压 530 kPa、不同下沉量(10,20,30,40,56 mm)下 14.00R20 轮胎接地形状如图 11~15 所示,接地反力分布如图16~20所示。

可以看出,随着下沉量增大,轮胎接地面积增大,接地反力分布发生变化;当下沉量为 56 mm 时,轮胎肩部接地反力非常大,这时轮胎会产生磨肩现象,在设计时应采取措施,避免这种现象发生。

表 1 在下沉量 56 mm、不同气压下轮胎断面尺寸

项 目	气压/kPa			
	530	310	250	100
负荷/kg	5877.62	3998.02	3500.65	2232.34
负荷下断面宽/mm	439.27	440.10	440.58	442.45
负荷下静半径/mm	533.5	533.5	533.5	533.5
下沉量/mm	10.5	10.5	10.5	10.5
印痕短轴/mm	301.59	269.95	269.9	269.93
印痕长轴/mm	269.99	267.38	266.61	265.12
印痕面积/cm ²	814.27	721.81	719.56	715.63
接地因数	0.90	0.99	0.99	0.98
硬度因数	1.33	1.02	0.90	0.58
平均接地压力/kPa	707.39	542.81	476.77	305.70

表 2 气压 530 kPa、不同下沉量下轮胎断面尺寸

项 目	下沉量/mm				
	10	20	30	40	56
负荷/kg	1187.27	2039.41	3021.91	4085.00	5877.62
负荷下断面宽/mm	398.51	405.98	414.54	424.61	439.27
负荷下静半径/mm	579.5	569.5	559.5	549.5	533.5
下沉量/mm	1.73	3.51	5.36	7.28	10.50
印痕短轴/mm	139.34	196.45	273.25	272.00	301.59
印痕长轴/mm	93.53	183.94	182.41	272.11	269.99
印痕面积/cm ²	130.32	361.37	498.43	740.14	814.27
接地因数	0.67	0.94	0.67	1.00	0.90
硬度因数	1.68	1.04	1.12	1.02	1.33
平均接地压力/kPa	892.78	553.07	594.16	540.88	707.39

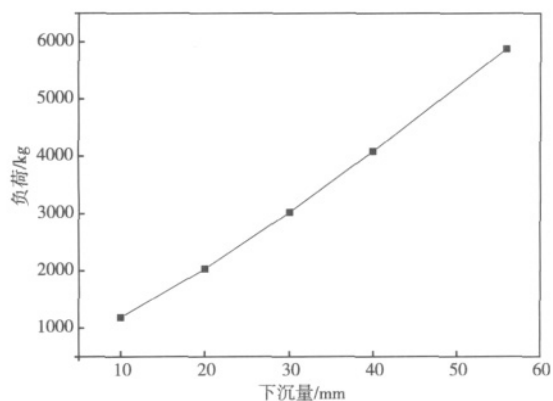


图 10 轮胎负荷与下沉量的关系

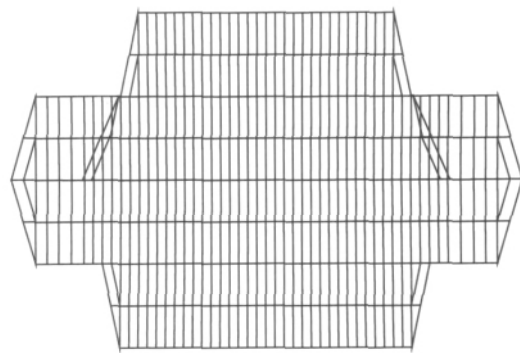


图 13 下沉量 30 mm 时轮胎接地形状

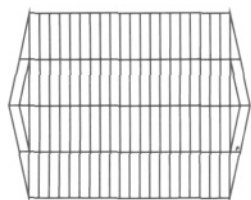


图 11 下沉量 10 mm 时轮胎接地形状

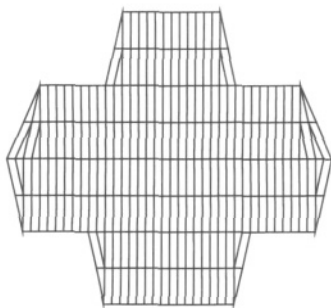


图 12 下沉量 20 mm 时轮胎接地形状

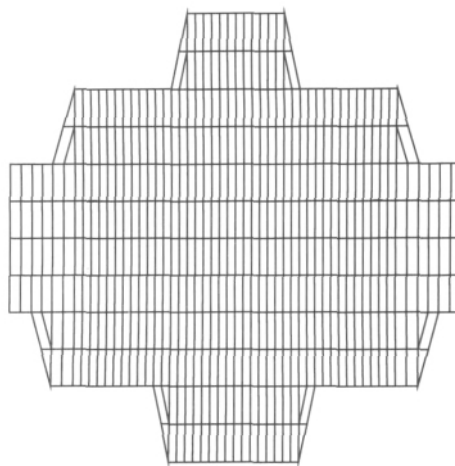


图 14 下沉量 40 mm 时轮胎接地形状

4 结语

本工作应用 TYSYS 三维有限元分析程序建

立了由 14.00R20 重型载重汽车子午线轮胎的三维有限元模型,通过对其自由充气 and 承受垂直载荷 2 种状态进行有限元分析,研究了在不同压力、不同负荷下轮胎接触印痕变化。该模型可以模拟轮胎在使用过程中的受力变化,从而为轮胎结构的优化设计提供一种有效的分析方法。

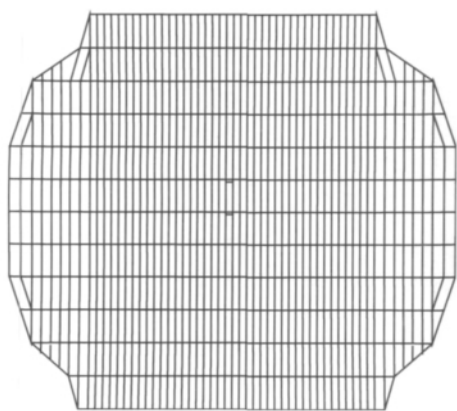


图 15 下沉量 56 mm 时轮胎接地形状

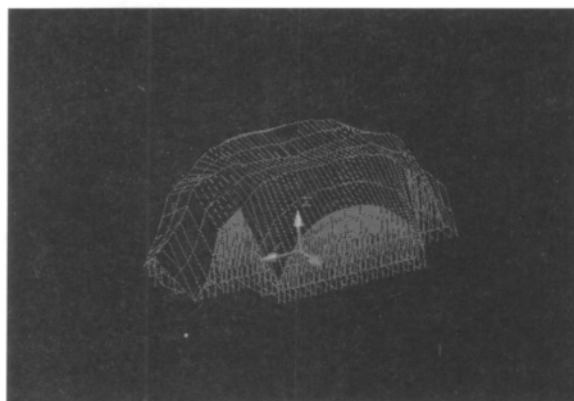


图 18 下沉量 30 mm 时轮胎反力分布

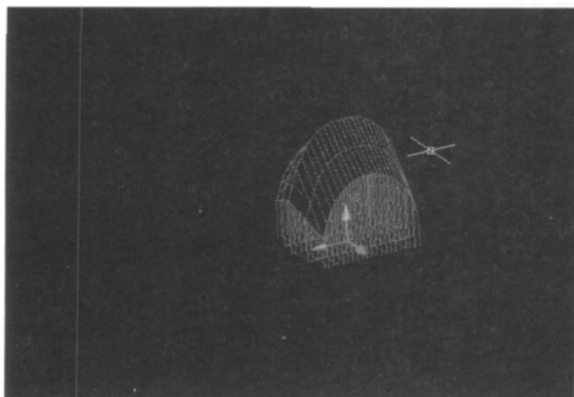


图 16 下沉量 10 mm 时轮胎反力分布

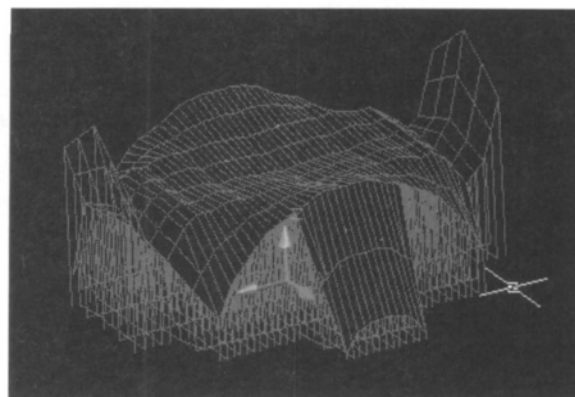


图 19 下沉量 40 mm 时轮胎反力分布

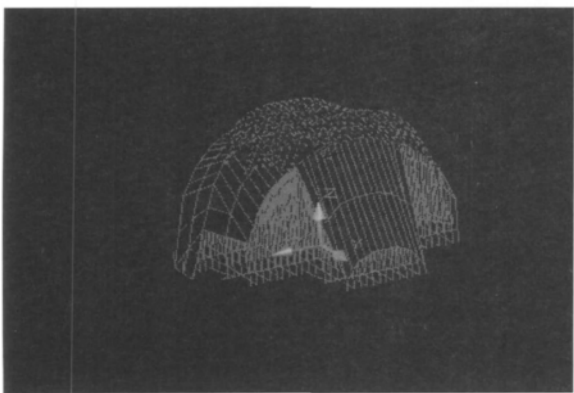


图 17 下沉量 20 mm 时轮胎反力分布

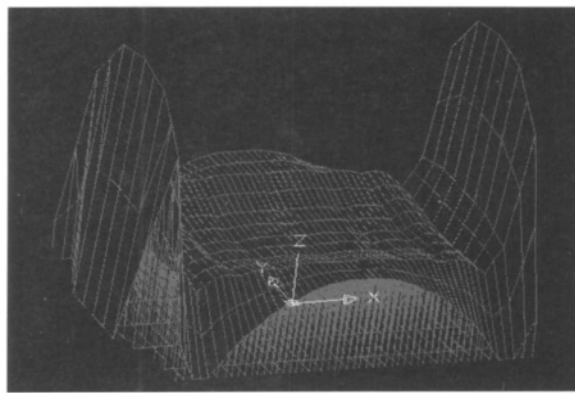


图 20 下沉量 56 mm 时轮胎反力分布

欢迎订阅 2012 年《橡胶科技市场》