

结构设计

11—38 轮胎胎圈磨损原因分析及改进措施

李科 傅洪芳 赵洪金

(辽宁轮胎厂 122009)

摘要 分析 11—38 农业轮胎装于沈阳产 SM500 型拖拉机上出现胎圈磨损的原因,采取减小轮胎着合直径、提高钢丝圈强度、增大帘布反包高度、减小帘线假定伸张值 δ_1 取值、加大三角胶断面面积以及严格控制工艺条件等措施,解决了胎圈磨损问题。产品销售和利税 1994 年比 1992 年分别增加 40.30% 和 72.94 万元,退赔率明显下降。

关键词 农业轮胎,胎圈磨损,胎圈部刚度

我厂 11—38 6PR 轮胎是东方红-28 型拖拉机、长春-28 型拖拉机的配套产品。随着拖拉机改型,长春-40 型、SM500 型拖拉机也相继采用此轮胎配套。1992 年,该产品在 SM500 型拖拉机上使用胎圈出现了磨损。对此,我们走访主机厂和对用户进行调查,分析拖拉机整机参数、轮胎使用和轮胎胎圈设计等影响因素,采取了改进胎圈设计等措施,使问题得到了解决,从而满足了主机厂和用户的使用需求。本文介绍一些改进措施,供参考。

1 胎圈磨损特征

对胎圈磨损的轮胎进行检查,发现其主要特征是,轮胎使用初期花纹剩余高度一般在 2/3 以上;一侧胎圈磨损半周或整周的情况较多。磨损轻者磨痕深至胎圈包布;重者帘布层磨断,露出钢丝圈。磨痕处包布、帘布变硬发脆,有熔融后粘在一起的现象。

通过深入用户调查,发现胎圈磨损仅出现于 SM500 型拖拉机;轮胎充气压力一般为 200—300kPa,高于标准中规定的 140kPa;集中于平原地区的个体运输户。其中大部分用户加高了挂车箱板,载荷为 12—15t,一般装载矿石、煤炭、砖和石料等,多数在柏油路或砂石路上长时间连续行驶。

这些特征表明,胎圈磨损与拖拉机整机参数有关,轮式拖拉机在运输中超载相当严重。在静态、动态载荷均增大的情况下,轮胎屈挠中心下移,偏离设计断面水平轴位置,钢丝圈和胎体帘线所受张力骤增。胎圈复合材料间高频剪切应力以及胎圈与轮辋的摩擦,导致材料内部产生滞后损失和摩擦生热。热积累使胎圈胶、胎圈包布和帘布层间粘合强度下降,从而出现磨痕。随着时间的延长,磨痕逐渐加大、加深,直至磨坏胎圈包布及帘布层。

2 胎圈磨损的影响因素

胎圈磨损的影响因素有三方面:轮胎静态载荷、动态载荷及胎圈设计与工艺。

2.1 轮胎静态载荷

轮胎静态载荷与拖拉机整机参数密切相关。不同型号拖拉机部分整机参数见表 1。从表 1 可以看出,SM500 型拖拉机与东方红-28 型拖拉机相比,结构质量增加 7.82%;最小使用质量增加 6.88%;轮胎静态载荷明显增大;发动机额定功率增加 76.19%,这是轮胎动态载荷增大的基础。

2.2 轮胎动态载荷

2.2.1 轮胎使用速度

车辆的行驶速度对轮胎的载荷能力影响

表 1 不同型号拖拉机部分整机参数

项 目	东方红-28	长春-40	SM500
发动机标定功率,kW	21	29	37
额定牵引力,kN	9.80	9.80	10.00
结构质量,kg	2200	2180	23.72
最小使用质量,kg	2400	2570	2565

很大。据文献^[1]介绍,拖拉机轮胎使用的最高速度应低于 $30\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$;若工作速度不高于 $16\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$,驱动轮胎的载荷能力可增大 20%,导向轮胎的载荷能力可增大 30%。不同型号拖拉机各档理论速度见表 2。表 2 表明,SM500 型拖拉机最高档理论速度比东方红-28 型拖拉机增大 36.45%,轮胎动态载荷相应增大。

表 2 不同型号拖拉机的滚动半径与理论速度

项 目	东方红-28	长春-40	SM500
驱动轮滚动半径,mm	720	714	740
理论速度, $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$			
I 档	3.63	4.15	3.50
II 档	5.02	5.74	5.12
III 档	6.29	7.11	7.15
IV 档	8.68	9.92	9.85
V 档	18.15	20.76	12.26
VI 档	25.10	28.67	17.80
VII 档	—	—	24.88
VIII 档	—	—	34.25
倒 I 档	4.63	5.36	3.33
倒 II 档	6.30	7.31	11.50

2.2.2 轮胎实际牵引力

旱地农用拖拉机的额定牵引力是指在水平地段具有适耕湿度的茬子地上,拖拉机以基本犁耕速度、驱动轮或履带滑转率在规定值或发动机于标定工况工作时,所能发出的最大牵引力^[2]。SM500 型拖拉机额定牵引力比东方红-28 型拖拉机增加不多。然而,因发动机额定功率增大以及拖拉机的主要用途由犁耕作业转向公路运输,驱动轮胎的实际牵引力受附着系数 ϕ 和滚动阻力系数 f 的影响增大。这一点可从驱动轮胎的实际牵引力

计算公式(1)及表 3^[3]列出的系数值得到证实。

$$P_g = P_q - P_f = G(\phi - f) \tag{1}$$

式中 P_g ——驱动轮胎实际牵引力,N;
 P_q ——驱动轮上最大驱动力,N;
 P_f ——车轮的滚动阻力,N;
 G ——垂直载荷,N;
 ϕ ——附着系数;
 f ——滚动阻力系数。

表 3 轮胎的滚动阻力系数 f 和附着系数 ϕ

路 况	f	ϕ
新耕翻地	0.16	0.40
变实了的耕翻地	0.12	0.50
草地	0.08	0.50—0.70
割茬地	0.10	0.60
干砂土	0.20	0.30
湿砂土	0.16	—
泥炭土	0.25	0.10
压实粘土路面	0.03	0.80
压实黑土路面	0.05	0.60
压实雪道	0.03	0.30
沥青路面	0.02	0.70

由于测试条件有限,没有对驱动轮胎在公路运输条件下实际牵引力的增大做定量分析,但通过拖拉机挂车的额定载质量可做进一步分析。不同型号拖拉机配用挂车的额定载质量见表 4。表 4 表明,SM500 型拖拉机挂车的额定载质量比东方红-28 型拖拉机挂车增加一倍以上。

表 4 不同型号拖拉机挂车额定载质量 kg

机型	质量	额定载质量	总质量
东方红-28	1400	3000	4400
长春-40	2300	7000	9300
SM500	2400	8000	10400

2.2.3 超载

用户加高挂车厢板,挂车的实际载荷超出额定载质量 70%左右,进一步增大了驱动

轮胎的动态载荷。

此外,用户提高轮胎充气压力,导致胎体帘线伸张变形增大,胎圈应力升高。

2.3 胎圈设计与生产工艺

从轮式拖拉机向提高运输速度方向发展的趋势分析,其速度仍有提高的可能。据文献^[4]介绍,70年代末前,国产拖拉机的最高运输速度大多不超过 $25\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$;80年代初,为较好地适应道路运输的需要,最高运输速度提高到 $30\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 左右。从目前情况看,这个速度仍然偏低。对轮胎而言,胎圈设计与生产工艺仍停留在原有水平上,难以适应当前轮胎的使用条件。

2.3.1 胎圈设计

胎圈部位材料是由刚性变形逐步向弹性变形过渡的,零点半径处具有最大的周向变形^[5]。在静态、动态载荷均加大的情况下,轮胎屈挠中心下移,偏离设计断面水平轴位置,其实质是胎圈部刚度低,与应力和变形不适应。在胎圈设计方面,影响胎圈磨损的因素有以下几点。

(1)胎圈着合直径过盈量小。由于载荷加大,胎圈应力和变形增加,相应降低了胎圈对轮辋的箍紧力。胎圈直径与轮辋着合的过盈量取为1,也相应降低了箍紧力。

(2)帘布反包点低。帘布反包点和级差对于胎圈部材料刚性均匀过渡是十分重要的。一般采用水平轴上、下部位材料在一定距离内对称分布且厚度相等的方法,使应变大部分集中于水平轴附近。在材料布置中,原设计帘布反包点和级差已不适应轮胎超载条件下胎圈部位的应力和变形。

(3)帘线假定伸张值 δ_1 取值偏大。帘线假定伸张值 δ_1 是外胎施工设计中的一个重要参数。其选取与轮胎的类型、帘线品种、压延工艺、硫化工艺及成型机头型式等有关。其最佳值应保证帘线伸张合理、成品外观优良,并根据轮胎的实际使用性能进行校正与调整。经分析,11-38 尼龙轮胎帘线假定伸张

值 δ_1 取为 1.050 偏大。尽管外胎钢丝圈无上抽现象,但充气至标准压力使用时,尺寸增加较大,胎圈部位材料之间剪切应力增大。

(4)三角胶小、低。成品三角胶太小、太低,不利于胎圈部位材料从刚性变形向弹性变形的过渡。

2.3.2 生产工艺

工艺条件是保证结构方案实施的手段,是生产优质轮胎的保证^[6]。经分析认为,影响胎圈质量的主要因素是成型和硫化工序。其它影响因素如下。

(1)帘布筒长度超差。成型工序中,操作者为使帘布筒易卡边,促使上工序的帘布筒长度偏小,使帘线处于过度伸张状态,对钢丝圈产生较大的拉伸应力。

(2)帘布筒偏歪超差。成型操作中,帘布筒偏歪超差,导致成品胎圈部位材料厚度不均。帘布反包点一侧上升,另一侧下降。帘布反包点下降的一侧,出现明显的突然过渡点,易产生应力集中。

(3)成品胎圈局部变形。我厂 11-38 外胎用硫化罐生产。成品脱模过程的取胎操作不当和外胎在成品滑道上受到撞击而产生胎圈部位局部变形也是不可忽视的。尽管这种变形不足以引起胎圈部位材料间脱层,但对其粘合强度仍有影响。

3 改进措施

3.1 设计方面的改进

3.1.1 减小胎圈着合直径提高钢丝圈强度

胎圈着合直径由 $\Phi 969\text{mm}$ 改为 $\Phi 966\text{mm}$,过盈量由 1mm 改为 4mm。过盈力 t 用公式(2)^[7]求出。

$$t = \epsilon b r \delta / 2h \quad (2)$$

式中 ϵ ——钢丝圈下部材料压缩模量, kPa;

b ——钢丝圈所占宽度, mm;

r ——钢丝圈中心半径, mm;

δ ——胎圈与轮辋的过盈量, mm;

h ——钢丝圈下部材料厚度, mm。

经计算, $t=33.20\text{kN}$ 。考虑钢丝宽度与所受的张力成正比关系, 钢丝圈排列由 8 根 8 层改为 9 根 10 层, 钢丝圈强度提高 40.63%。

3.1.2 提高帘布反包高度

重新进行材料分布图设计。帘布反包高度增加 7—20mm, 帘布级差由 15mm 改为 10—12mm, 胎圈部材料趋于均匀过渡。

3.1.3 减小帘线假定伸张值 δ_1 取值

根据我厂生产工艺特点, 结合轮胎使用性能, 将帘线假定伸张值 δ_1 由 1.050 调整为 1.040, 成型机头宽度由 475mm 改为 492mm。

3.1.4 加大三角胶断面面积

半成品三角胶断面面积由 40.50mm^2 增大到 75.00mm^2 。成品三角胶趋于合理。

3.2 工艺条件

3.2.1 严格控制帘布筒长度

加强帘布筒长度自查、检查和考核。提高工人操作水平, 使帘布筒长度在允许范围。

3.2.2 帘布筒上正与压实

进行岗位练兵, 执行成型标准动作法, 保证帘布筒上正。扣钢丝圈后, 先用后压辊碾压钢丝圈边部包布一周, 扣圈盘脱离; 再顺序进行帘布反包和挤压钢丝圈部的操作, 以利钢丝圈上正和帘布筒压实。

3.2.3 控制成品胎圈局部变形

加强外胎硫化后脱模过程中的取胎操作。外胎脱模后, 使用升降机运胎, 避免其在成品滑道上撞击产生胎圈局部变形。

4 改进效果

通过上述措施, 彻底解决了 11—38 6PR 轮胎胎圈磨损问题。两年多来, 改进胎已投放市场 2.8 万套以上, 经销售和售后服务信息反馈, 证明改进后的轮胎在使用中未出现胎圈磨损问题, 配套厂和用户反映良好。该产品年退赔率明显下降, 统计结果见表 5。随着质量的提高, 巩固和扩大了销售市场。与 1992 年相比, 1993 年销售量增长 8.30%, 多创利

表 5 轮胎退赔率统计结果

年 度	轮胎售出系数	轮胎退赔系数
1992	1.00	1.00
1993	1.08	0.65
1994	1.40	0.71
1995(1—6 月)	0.79	0.25

注: 轮胎售出系数=年度售出量/1992 年售出量; 轮胎退赔系数=年度退赔率/1992 年退赔率。

税 14.99 万元; 1994 年销售量增长 40.30%, 多创利税 72.94 万元。

5 结 语

提高胎圈部刚度, 防止屈挠中心下移, 是解决拖拉机驱动轮胎胎圈磨损的一项有效措施。尽管轮胎材料成本略有增加, 但从为主机厂配套、为用户提供优质轮胎产品方面来看, 仍有一定的社会效益。

拖拉机运输速度的提高应引起轮胎设计者的关注。据文献^[4]介绍, 目前, 代表世界先进水平的欧美拖拉机的最高运输速度大多在 $40\text{—}50\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 左右, 尤以 $40\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 者居多。多功能拖拉机现阶段的最高速度均不低于 $40\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, 今后还有普遍提高的趋势。国内也曾有“国产中小功率轮式拖拉机当前第一步应把最高运输速度提高到 $40\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 为宜”^[4]的提法。对于在轮胎设计中如何兼顾轮胎使用中的超载和速度性能以及找出拖拉机驱动轮胎使用速度与负荷对应关系的问题, 还有待于进一步研究与探讨。

参考文献

- 1 拖拉机编辑部. 拖拉机设计与计算. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1980: 242
- 2 拖拉机编辑部. 拖拉机设计与计算. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1980: 4
- 3 拖拉机编辑部. 拖拉机设计与计算. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1980: 244
- 4 刘昭度等. 拖拉机运输速度的提高. 拖拉机, 1993, (4): 29—30
- 5 钟 延. 载重汽车轮胎胎圈爆破原因及改进措施. 轮