

工艺设备

高温硫化无后充气聚酯轿车 子午线轮胎的研制

戴近禹 杨立军

(辽宁长征轮胎有限公司 122009)

摘要 高温无后充气硫化需采用尺寸稳定型聚酯帘线作轮胎补强材料,硫化介质用饱和蒸汽代替过热水,当 $180\text{ }^{\circ}\text{C}\times 30\text{min}$ 热收缩率为 2% 以内时,其成型施工机头宽度在人造丝基础上增加 4—6mm。为防止胶料返原,合成橡胶用量由 15%—40% 增加到 30%—60%。室内外试验结果表明,高温无后充气硫化轮胎外缘尺寸虽然膨胀率大于人造丝胎体,但完全可满足设计要求,且实际应用时断面膨大率仅为 0.6%—0.7%。高温强制硫化工艺在不增加设备投资和生产费用的情况下,可提高生产效率 2 倍以上。

关键词 高温强制硫化工艺,聚酯帘线,轿车子午线轮胎

目前,随着我国公路建设和汽车工业的进步,轿车子午线轮胎的生产规模也同时进入了快车道。各厂家在激烈的市场竞争中都正积极寻找低投入高产出、或低成本高效益的途径。高温短时间强制硫化工艺对轿车子午线轮胎生产而言,应该说是一种理想的办法,此工艺早在 70 年代就在一些国家得到推广使用,由于多种原因,我国轮胎企业应用高温硫化工艺目前还仅仅是起步阶段,虽然刚刚起步,但已显示出强大的生命力。

我公司是在 1994 年 4 月正式采用高温强制硫化工艺的,新工艺的运行,使原 100 万套硫化轿车子午线轮胎的生产能力很快达到了 200 多万套的规模,可直接节约投资 2000 多万元。经过两年多的生产实践,我们认为实现高温硫化工艺,技术问题主要有以下几方面:首先是硫化介质——饱和蒸汽温度的稳定性,主要是管路和胶囊中冷凝水的排放;其次是解决胶料高温时的硫化返原;第三是胶料硫化正点时的同步;第四是高温硫化聚

酯胎体的收缩,尤其是在无后充气的生产条件下。本文重点讨论高温硫化无后充气时聚酯轿车子午线轮胎的研制过程及质量状况。

轿车子午线轮胎骨架材料由聚酯帘线取代人造丝的趋势已得到行业内外人士的共识。但是聚酯帘线轮胎需硫化后充气问题,又为聚酯帘线的广泛应用带来了阴影,尤其是在高温硫化条件下,普通聚酯帘线无后充气生产不仅易使胎侧出现凹凸不平,使轮胎均匀性下降^[1],而且易使外缘尺寸收缩,影响产品使用性能。为此,1995 年我们与美国联信公司、山东安丘涤纶帘子布厂达成由美国联信提供 DSP(尺寸稳定型)聚酯长丝、安丘纺织并浸渍、我公司应用的协议。尺寸稳定型聚酯帘线的应用,很好地解决了高温硫化无后充气聚酯轮胎的质量问题。

1 实验

1.1 高温硫化工艺条件

人们都知道,在轮胎硫化生产中均采用双向加热硫化法,硫化胶囊内的热介质一般是 175℃ 以下的过热水,模型接触的热板则是蒸汽加热,由于轿车子午线轮胎胎体层数少,冠部厚度较小,所以为提高硫化温度,缩

作者简介 戴近禹,男,42 岁。副总经理兼总工程师,高级工程师。主要技术成果有:研究设计的 185/80SR14 等 12 个规格半钢轿车子午线轮胎分别获得朝阳市、辽宁省、化工部科学技术进步一等奖、二等奖、三等奖。

短硫化时间,进而提高生产效率奠定了良好的基础。但是在原有的过热水基础上提高温度在技术上和经济上均不理想,而提高热板的蒸汽温度,又会使热流出现逆向,不利产品质量。因此,采用饱和蒸汽代替过热水来实现高温硫化工艺是一种比较理想的办法。表 1 示出了我公司的两种硫化条件比较。

表 1 我公司两种硫化条件的比较

类别	常规硫化	高温硫化
内压,MPa	2.0	1.75
内温,	175	205
外温,	148	175
时间,min	27	13

1.2 施工调整

高温硫化虽然在生产效率上可提高 2 倍以上,但对轮胎的生产技术则提出了更高的要求。我们都知道,轮胎设计时,就骨架材料而言,帘线的强度和尺寸稳定性两项指标最为重要。就一般情况而言,目前的人造丝和聚酯帘线的强力均能满足设计要求,但在尺

寸稳定性方面则有本质的差别。人造丝由于纤维素分子结晶度高,取向好,所以具有高模量和优异的尺寸稳定性^[2],在高温无后充气硫化时具有最佳效果。而普通聚酯帘线却由于分子结构没有人造丝那样的取向和那样高的结晶度^[2],所以热稳定性较差、收缩率较大,进而制约了聚酯帘线在轮胎生产中的更加广泛的应用。为此,80 年代后期,美国(联信)公司首先研制出高模量低收缩聚酯帘线,又称尺寸稳定型聚酯。DSP 聚酯帘线与普通聚酯帘线在轮胎补强中最明显的不同就是高温时的收缩性。如图 1 所示,当帘线加热 180 ×30min 时,DSP 帘线的热收缩率仅在 2 %以内,而普通国产聚酯则在 4 %以上。因此,DSP 良好的热稳定性使高温无后充气硫化轿车子午线轮胎达到了满意效果。

如表 2 所示,DSP 聚酯轮胎在标准充气压力下断面宽更接近于标准值,而普通国产聚酯在高温无后充气硫化条件下,轮胎的几何尺寸是难以保证的。

表 2 高温无后充气硫化不同聚酯轮胎的断面宽

mm

规 格	轮辋	普通国产聚酯			DSP	国 标
		0	180kPa	标准气压	标准气压	标准气压
165/ 80SR13	4 2J	156.6	159.8	160.3	165.5	167 ±3.5 %
165/ 70SR13	4 2J	155.6	158.1	159.0	162.0	165 ±3.5 %
205/ 80SR14	6JJ	197.9	200.3	201.6	207.3	208 ±3.5 %
215/ 75R15	6JJ	203.9	205.2	206.0	212.7	216 ±3.5 %
215/ 80R16	6JJ	206.1	206.1	207.2	212.8	216 ±3.5 %

鉴于实验室烘箱条件所限,以及 DSP 在 180 ×(25—30) min 时的收缩率曲线基本是平坦的(图 1 和 2),因此在施工调整时以 180 ×30min 时的收缩率为依据。由平衡轮廓理论知道,子午线轮胎由于冠部受钢丝束束层的束缚,在充气状态下处于基本不变状态,而胎体变化较大部分是在柔软的胎侧部位,也就是在带束层端点与钢圈端点之间这段自由区(图 3)。因此,若要准确而又快速调整成型机头的施工宽度,比较简单的办法就是在原人造丝成型机头施工宽度的基础

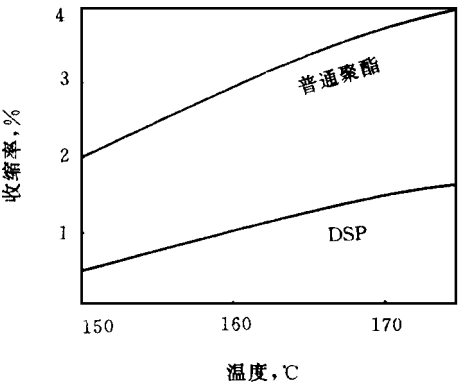


图 1 不同时间下干热收缩率(30)

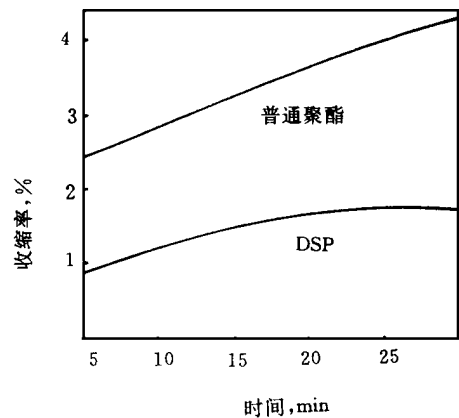


图 2 不同时间下干热收缩率(180℃)

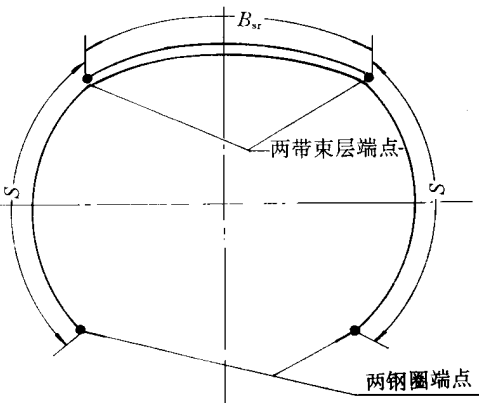


图 3 胎体分布简图

上加上相应轮胎两个带束层端点与钢圈端点之间的弧长的 2%，即 $B_{sp} = B_{sr} + 2S \cdot 2\%$ ，这 2%就是 DSP 在 $180 \times 30\text{min}$ 时的收缩率。实践证明，对于高温无后充气两半模硫化的 DSP 轿车子午线轮胎而言，成型机头宽度在原人造丝机头宽度基础上相应增加 4—6mm，其胎体帘线不弯曲变形，外形尺寸也较为稳定。

1.3 配方设计调整

高温无后充气硫化 DSP 聚酯轿车子午线轮胎在配方设计上应着重解决胶料返原、聚酯帘线胺解问题。为防止胶料返原，采取的主要措施是增大合成橡胶的用量，由原 15%—40%增加到 30%—60%，并对硫化体系进行调整，半成品胶料流变仪性能检测结

果为，165—185 最大转矩下降约 3%。成品的检测结果为，高温轮胎胎侧、胎冠游离硫为 0.023%—0.025%，低温胎侧、胎冠游离硫为 0.023%—0.024%，两者基本接近，说明胶料抗返原性能好。为防止聚酯帘线胺解，则着重对生胶体系、促进剂体系、防老化体系进行调整试验，在这方面资料介绍的较多，不再详述。其成品轮胎帘线性能、粘合强度等检测数据见表 3。

2 结果与讨论

2.1 成品帘线性能及粘合强度

为鉴定高、低温无后充气不同硫化条件对成品帘线性能及成品粘合强度的影响，特解剖了几条 P215/75R15 外胎做物性检测（见表 3）。

表 3 成品帘线性能及成品粘合强度检测数据

项 目	高温(DSP)	低温(DSP)	人造丝胎体
断裂强度 N 根 ⁻¹	134.9—140.1	135.5—140.5	—
扯断伸长率，%	16.8—17.5	16.9—17.9	—
44.1N 定负荷 伸长率，%	7.1—7.9	7.3—7.9	—
粘合强度，kN·m			
胎冠·带束层	15.8	14.8	14.6
带束层·带束层	16.2	15.9	15.2
带束层·内层	9.2	10.9	9.4
内层·外层	9.6	10.3	9.2
胎侧·外层	10.5	10.1	8.1

从表 3 可以看出，两种硫化条件下帘线性能及粘合强度检测数据比较接近，而且粘合强度的水平也达到人造丝胎体的水平，这说明高温硫化是可行的。

2.2 耐久性

耐久性能试验按国标 GB4502—84 进行，表 4 是高、低温无后充气硫化 DSP 聚酯与人造丝胎体 165/70SR13 轮胎耐久性能试验外缘尺寸对比数据。试验结果表明，应用 DSP 聚酯帘线采用高、低温无后充气硫化的

表 4 165/ 70SR13 轮胎耐久性性能试验
外缘尺寸检测数据

项 目	DSP 聚酯胎体		人造丝胎体
	高温	低温	
断面宽 ,mm			
充气停放 24h	161.4	161.3	162.4
试验阶段 3 完成后	164.5	164.7	163.8
外直径 ,mm			
充气停放 24h	566.3	566.6	566.3
试验阶段 3 完成后	566.9	566.5	566.9
充气压 ,kPa			
充气停放 24h	280	280	280
试验阶段 3 完成后	330	330	320
累计运作时间 ,h	120	120	120

注:试验阶段 3 是运行 34h 停车验查时测试的数据。轮胎外缘尺寸基本没有差别。但 DSP 聚酯胎体与人造丝胎体相比,其断面宽的尺寸增加较大,人造丝轮胎在耐久性试验 34h 后其断面宽仅增大 0.85%,而 DSP 轮胎则增大了 1.88%,说明 DSP 的模量和尺寸稳定性远不如人造丝,另外看出 DSP 与人造丝相比在动态应力下具有较大的蠕变。两种骨架材料在耐久性试验 34h 后的气压均比初始有所增加,但 DSP 增加的幅度高于人造丝,说明 DSP 也没能摆脱聚酯帘线生热高的特性。

在胎体耐久性上,DSP 高低温硫化与人造丝没有太大的差别,均在 120h 以上。

2.3 高速性能

高速性能试验按国标 GB7034—86 进行,表 5 是高低温无后充气硫化 DSP 聚酯与人造丝胎体 165/ 70SR13 外胎高速性能试验的对比数据。高速试验同样表明,DSP 聚酯帘线在高低温无后充气硫化条件下对轮胎外缘尺寸基本没有影响,与人造丝胎体相比,其变化规律与耐久性试验结果相同。

2.4 胎体强度

轮胎强度按国标 GB4503—84 检测,检测数据见表 6。结果表明,应用 DSP 聚酯并采用高低温无后充气硫化的轮胎与人造丝胎

表 5 165/ 70SR13 轮胎高速性能试验
外缘尺寸检测数据

项 目	DSP 聚酯胎体		人造丝 胎体
	高 温	低 温	
断面宽 ,mm			
充气 24h 后	160.6	160.9	162.0
试验阶段 5 完成后	164.6	164.2	163.1
外直径 ,mm			
充气 24h 后	566.6	566.0	566.2
试验阶段 5 完成后	566.9	566.6	568.1
充气压 ,kPa			
充气 24h 后	260	260	260
试验阶段 5 完成后	340	340	320
轮胎以 190km h ⁻¹ 运转 10min 后检查正常,气压没变化,停止试验			

注:试验阶段 5 数据是在 170km·h⁻¹下运转 20min 停车检查时测试的。

表 6 165/ 70SR13 轮胎强度检测数据

项 目	DSP 聚酯胎体		人造丝胎体
	高 温	低 温	
气压 ,kPa	280	280	280
规定的最小破坏能 ,N·m	220	220	220
1—4 点破坏能平均值 N·m	363.8	375.5	390.2
最大破坏能 ,N·m	670.1	627.6	736.7
最大/ 平均值破坏能 ,%	185.1	173.4	188.9
试验结束时轮胎情况	未压穿	未压穿	未压穿

体并无大的差别,均符合国家标准。但从试验结果可以看出,应用 DSP 聚酯的轮胎,缓冲性能好,更耐冲击。

2.5 实际里程

为了全面检验高温硫化后 DSP 聚酯胎体轿车子午线轮胎使用中的胎体变化情况,进行实际里程试验,并分别与有后充气和无后充气硫化的普通聚酯轮胎进行了对比,其数据见表 7。

表 7 中数据表明:应用 DSP 聚酯帘线去掉后充气高温硫化成品轮胎行驶 3 万—4 万 km 其断面膨胀率与低温硫化基本一致,但

表 7 里程试验过程中外缘尺寸检测数据

规 格	轮辋	胎体帘线	硫化工艺	新胎		行驶 2 万—3 万 km				行驶 4 万—5 万 km			
				断面宽 mm	外直径 mm	断面宽		外直径 mm		断面宽		外直径 mm	
						mm	胀大率 %			mm	胀大率 %		
185/ 80SR14	5J	DSP	高无	181.1	649.8	182.1	0.55	648.1		182.4	0.72	645.5	
185/ 80SR14	5J	DSP	低无	181.5	650.9	182.4	0.50	648.3		182.1	0.66	645.7	
185/ 80SR14	5J	R	高	183.6	650.8	—	—	—		184.3	0.38	644.2	
185/ 80SR14	5J	普通 P	低有	187.1	649.7	187.4	0.16	648.1		187.9	0.42	647.2	
185/ 80SR14	5J	普通 P	低无	180.2	650.1	181.8	0.9	648.1		183.5	1.8	645.5	
165/ 70SR13	41/ 2J	DSP	高无	161.6	564.4	162.3	0.43	569.4		162.7	0.68	568.8	
165/ 70SR13	41/ 2J	DSP	低无	161.8	564.4	162.7	0.55	563.6		162.8	0.62	563.4	
165/ 70SR13	41/ 2J	普通 P	低无	160.4	565.2	161.48	0.48	564.2		163.3	2.0	543.7	
165/ 70SR13	41/ 2J	普通 P	低无	160.3	565.3	161.1	0.50	564.6		163.4	1.93	567.4	

大于人造丝胎体及有后充气普通聚酯轮胎，明显小于无后充气普通聚酯轮胎，而且外直径基本接近人造丝胎体水平。

3 结 论

(1)就聚酯帘线而言，高温无后充气硫化需采用尺寸稳定型聚酯帘线作轮胎增强材料，当 180 ×30min 下的热收缩率为 2 %以内时，其成型施工机头宽度在人造丝基础上增加 4—6mm。适当调整硫化体系和合成橡胶用量比，可以使胶料在高温硫化条件下达到足够的交联程度，而不影响产品质量。

(2)室内外试验结果表明，高温无后充气硫化成品虽然轮胎外缘尺寸膨胀率大于人造丝胎体，但完全可满足设计要求，并且轮胎耐

久性和高速性能均获得满意效果，而轮胎实际应用时其断面胀大率仅为 0.6 %—0.7 %，因此具有良好的操纵性。

(3)采用高温硫化，不仅可简化生产工艺，提高劳动效率 2 倍以上，而且还可降低设备投资和生产费用，企业和社会均会获得显著经济效益。

参考文献

1 Rim P B ,Necson C J and Liu D S. PET substitution for rayon in european radial passenger Tires. Allied-Signal , USA.

2 Hermam H J. Tenacity and dimensional stability of polyester and rayon for Tire reinforcement. AKZONOBEL.

第九届全国轮胎技术研讨会论文(三等奖)

Development of Polyester Car Tyre Cured at Elevated Temperature without Post-cure Inflation

Dai Jinyu and Yang Lijun
(Liaoning Long March Tyre Company 122009)

Abstract The following measures should be taken when the car tyre is cured at the elevated temperature without post-cure inflation :a. DSP polyester is used as the reinforcement ;b. the saturated steam is used as curing medium instead of superheated water ;c. 4—6mm should be added to the working width of the building drum for rayon as the thermal shrinkage at 180 ×30min is

lower than 2 %. The SR level is increased from 15 %—40 % to 30 %—60 % to prevent the compound from reversion. The indoor and outdoor test results show that although the growth of the overall diameter of DSP polyester tyre cured at the elevated temperature without post-cure inflation is greater than that of rayon tyre ,but it is still in accordance with the design requirement ,and its sectional growth in the service is only 0.6 %—0.7 %. The fast curing technology at the elevated temperature provides an increase of productivity by two times without additional equipment investment and production cost.

Keywords fast curing technology ,elevated temperature ,polyester cord ,car radial tyre