

9.00—20 16PR 轮胎的硫化测温

李长春,隋家光,韩景军,阎世伟

(山东泸河集团有限公司,山东 诸城 262216)

摘要:使用 ZLW-16 型智能硫化测温仪对 9.00—20 16PR 轮胎进行硫化测温。测温结果表明,与模型和水胎接近的部位升温速率和温度高于中心部位,且由中心到表面形成明显的温度梯度;所测轮胎各部位胶料均存在较大程度的过硫化现象。将胎冠等部位正硫化时间缩短 10 min,并将三角胶 150 ℃ 的正硫化时间调整为 7 min 后,9.00—20 16PR 等载重轮胎的耐久性能提高 15~25 h,速度性能提高 1~2 个级别。

关键词:载重轮胎;硫化测温;活化能;硫化程度

中图分类号:TQ330.6⁺7;U463.341⁺.3 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-8171(2004)09-0552-04

硫化是轮胎生产最重要的工艺过程之一,准确控制温度、时间和压力是获得轮胎最佳硫化状态的关键。山东泸河集团有限公司(以下简称泸河集团)微机控制柱塞式硫化罐使用之初沿用以前的硫化条件,轮胎质量不稳定。为此,泸河集团采用北京橡胶工业研究设计院开发的 ZLW-16 型智能硫化测温仪,对柱塞式硫化罐硫化的 9.00—20 16PR(八角花纹)轮胎进行了硫化温度测定。现将试验情况介绍如下。

1 实验

1.1 测温点的分布

测温轮胎为泸河集团现生产的 9.00—20 16PR(八角花纹)载重轮胎。测温热电偶的分布位置如下:

- 1[#] 导线——测定硫化罐中部蒸汽温度;
- 2[#] 导线——胎面中心表面与模型之间;
- 3[#] 导线——胎面厚度中心处;
- 4[#] 导线——里侧三角胶与钢丝圈之间;
- 5[#] 导线——缓冲胶与外层帘布之间;
- 6[#] 导线——肩部外层帘布与内层帘布之间;
- 7[#] 导线——内衬层与水胎表面之间;
- 8[#] 和 9[#] 导线——肩部胎面与缓冲层之间;
- 10[#] 导线——胎侧与外层帘布之间;
- 11[#] 导线——外侧三角胶与钢丝圈之间;

12[#] 导线——胎面下层中部与缓冲层之间;

13[#] 导线——两钢丝圈之间;

14[#] 导线——测定内压过热水温度;

15[#] 导线——测定硫化罐底部蒸汽温度;

16[#] 导线——测定硫化罐顶部蒸汽温度。

1.2 测试仪器

测温仪器为北京橡胶工业研究设计院开发的 ZLW-16 型智能硫化测温仪,作为热端测温探头的 E 型热电偶外覆耐高温聚四氟乙烯绝缘皮。轮胎测温导线经硫化罐密封装置与测温仪联通的测温补偿导线组成导线电缆,长度 10 m,共 16 个测温通道。 t_{90} 测定采用北京友深电子仪器有限公司生产的 R100E 型橡胶硫化仪。

1.3 硫化工艺

测温轮胎按泸河集团生产的该规格轮胎现用硫化工艺条件进行硫化。将测温轮胎模具放在硫化罐底模位置(每罐 14 模)。

2 结果与讨论

2.1 胶料硫化反应活化能

分别进行 138,148,158 和 168 ℃ 四个温度下各胶料 t_{90} 的测定,并计算胶料的硫化反应活化能,结果如表 1 所示。

2.2 轮胎内部温度分布

轮胎各部位不同硫化时间下的温度测量结果如表 2 所示。由表 2 可以看出,轮胎在硫化过程中的温度分布是不均匀的,与模型和水胎接近的

表 1 不同试验温度下各胶料的反应活化能

项目	硫化仪试验温度/℃				平均值	活化能/ (kJ·mol ⁻¹)		项目	硫化仪试验温度/℃				平均值	活化能/ (kJ·mol ⁻¹)
	138	148	158	168					138	148	158	168		
绝对温度								内层胶						
<i>T</i> /K	411	421	431	441				<i>t</i> ₉₀ /min	27.7	14.1	8.3	5.2		83.9
1/ <i>T</i> ×10 ⁵	243.3	237.5	232.0	226.8	234.9			ln(<i>t</i> ₉₀ /min)	3.32	2.65	2.12	1.65	2.44	
胎冠胶								胎侧胶						
<i>t</i> ₉₀ /min	33.5	16.8	10.0	6.3		83.9		<i>t</i> ₉₀ /min	30.9	15.3	9.2	5.2		95.2
ln(<i>t</i> ₉₀ /min)	3.51	2.82	2.30	1.84	2.62			ln(<i>t</i> ₉₀ /min)	3.43	2.73	2.22	1.65	2.51	
胎肩胶								内衬层						
<i>t</i> ₉₀ /min	22.5	12.8	6.9	4.4		83.3		<i>t</i> ₉₀ /min	10.7	6.0	3.6	2.4		75.4
ln(<i>t</i> ₉₀ /min)	3.11	2.55	1.93	1.48	2.27			ln(<i>t</i> ₉₀ /min)	2.37	1.79	1.28	0.88	1.58	
缓冲胶								三角胶						
<i>t</i> ₉₀ /min	20.0	11.6	6.4	3.8		84.2		<i>t</i> ₉₀ /min	24.9	16.1	6.6	6.0		78.0
ln(<i>t</i> ₉₀ /min)	3.0	2.45	1.86	1.34	2.16			ln(<i>t</i> ₉₀ /min)	3.21	2.78	1.89	1.79	2.42	
外层胶								钢丝包胶						
<i>t</i> ₉₀ /min	21.6	12.7	7.0	4.3		83.5		<i>t</i> ₉₀ /min	17.1	11.3	6.5	4.1		73.1
ln(<i>t</i> ₉₀ /min)	3.07	2.54	1.95	1.46	2.26			ln(<i>t</i> ₉₀ /min)	2.84	2.42	1.87	1.41	2.14	

表 2 轮胎各部位不同硫化时间下的温度测量结果℃

累计时 间/min	导线编号															
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]	9 [#]	10 [#]	11 [#]	12 [#]	13 [#]	14 [#]	15 [#]	16 [#]
3	39.8	39.0	38.1	41.9	37.7	37.7	38.7	39.3	39.1	42.6	41.3	37.6	41.1	150.5	43.0	40.2
6	60.2	52.7	39.2	42.6	39.2	40.1	46.8	39.6	39.9	44.5	42.6	38.6	42.1	143.4	77.5	50.2
9	92.1	58.3	40.7	44.3	44.3	45.5	58.0	42.3	42.1	46.7	45.4	41.6	44.4	161.0	100.9	81.5
12	102.9	66.2	44.0	46.0	49.2	51.0	65.8	45.8	45.1	48.5	48.5	45.5	46.9	162.0	106.3	101.5
15	111.5	77.7	53.4	48.7	55.5	57.4	71.8	52.4	49.8	59.1	52.3	52.7	50.3	162.8	113.5	111.1
18	117.6	93.5	63.1	52.6	62.6	63.3	78.3	60.3	56.8	82.8	56.2	61.3	54.8	162.5	122.0	119.3
21	127.6	103.6	73.2	57.8	70.0	70.4	83.8	69.8	64.7	99.5	61.3	70.1	61.4	165.0	130.0	129.2
24	134.0	113.6	82.1	63.6	77.2	77.5	88.9	78.9	72.8	112.5	67.1	78.4	68.4	167.3	136.7	135.9
27	138.1	118.5	89.7	70.4	83.8	83.5	94.4	87.4	80.6	122.8	73.9	86.0	75.8	170.7	140.5	140.3
30	145.2	125.2	97.8	78.4	90.1	89.5	99.5	95.8	88.5	130.6	81.4	93.6	83.6	173.3	148.3	147.8
33	144.0	131.2	101.1	86.6	96.6	95.5	103.2	103.8	96.6	135.6	89.0	100.8	91.1	174.3	147.1	146.6
36	142.6	134.2	112.5	93.9	102.7	101.5	107.8	110.6	104.0	136.6	96.4	107.4	98.1	174.6	146.9	146.3
39	143.3	135.8	118.0	99.9	108.3	107.6	112.1	116.7	110.6	137.3	102.6	113.1	104.1	174.5	147.8	146.7
42	143.9	137.3	122.4	106.3	113.6	112.4	116.2	121.7	116.2	137.7	108.1	118.1	109.0	174.7	148.7	147.7
45	145.2	139.3	125.8	111.8	117.7	115.9	120.4	126.1	121.2	138.9	113.0	122.4	113.3	173.5	150.1	149.0
48	146.3	142.1	129.0	116.3	121.6	119.8	123.9	129.6	125.4	140.1	117.3	125.0	117.3	172.8	152.0	150.5
51	144.8	142.8	131.7	120.2	125.3	123.5	127.1	132.8	129.3	141.3	121.0	129.5	120.9	171.3	149.1	147.5
54	145.8	147.3	134.6	124.0	128.5	126.8	130.1	135.6	132.5	142.8	124.6	132.4	124.3	167.7	150.2	148.6
57	147.5	149.8	136.8	127.1	131.3	129.8	132.7	138.0	135.4	144.1	128.0	134.9	127.4	167.5	152.3	151.0
60	145.8	152.0	139.0	130.4	134.0	132.6	135.3	140.6	138.1	145.8	130.8	137.5	130.2	164.6	150.1	148.3
63	147.1	153.6	141.0	133.3	136.8	135.2	137.8	143.0	140.8	147.1	133.5	140.1	133.0	165.0	151.1	149.3
66	146.1	155.0	142.8	136.1	139.6	138.1	140.5	145.3	143.9	148.6	136.4	142.6	135.8	163.3	151.2	149.2
69	146.8	154.0	144.2	138.3	142.1	140.6	142.6	146.6	146.0	149.5	138.8	144.5	138.2	163.5	151.0	149.0
72	147.0	154.1	145.5	141.2	144.1	143.0	144.6	147.8	147.4	149.6	140.7	146.0	140.3	162.6	151.1	148.9
75	146.5	153.8	146.3	141.8	145.8	144.6	146.3	148.5	148.3	149.6	142.3	147.0	142.1	162.1	150.6	148.6
78	146.9	153.3	147.4	143.6	147.4	146.6	148.1	149.6	149.6	150.0	144.1	148.4	144.0	162.5	151.0	148.9
81	147.0	153.1	147.8	144.6	148.4	147.8	149.2	150.0	150.1	149.8	145.3	149.0	145.3	161.5	150.8	148.8
84	148.3	153.3	148.5	145.7	149.5	149.1	150.3	150.7	150.9	149.9	146.6	149.9	146.6	161.7	152.3	150.7

续表 2

累计时 间/min	导线编号															
	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#	11#	12#	13#	14#	15#	16#
87	147.3	153.4	149.3	147.1	150.5	150.1	151.5	151.3	151.5	150.1	147.8	150.6	147.8	161.0	151.1	149.0
90	147.2	152.1	149.6	148.0	151.1	150.9	152.7	151.5	151.9	150.0	148.8	151.1	148.8	162.1	151.0	148.8
93	147.6	152.3	149.8	148.6	151.7	151.7	152.9	151.9	152.3	149.9	149.4	151.5	149.3	162.3	151.4	149.2
96	139.5	136.6	146.3	149.4	152.3	152.3	153.6	152.1	152.5	149.1	150.1	151.9	150.1	162.0	143.4	140.9
99	119.1	127.3	146.8	150.0	152.6	152.6	153.6	152.1	152.6	148.1	150.4	152.1	150.5	130.8	121.3	131.7
102	30.5	101.5	143.2	149.8	152.4	152.5	151.0	151.7	152.5	147.4	150.3	152.1	150.5	90.1	104.5	86.5
105	44.9	105.1	137.0	147.3	150.2	149.9	143.4	146.6	150.0	143.5	148.8	149.1	148.8	62.1	48.3	63.4
108	44.8	75.7	122.3	148.3	146.6	146.9	138.5	140.4	148.0	127.7	147.9	142.0	148.4	50.0	46.8	57.7
111	46.1	68.0	110.7	145.0	139.5	140.9	131.2	130.8	141.1	116.3	144.3	132.1	144.9	39.9	49.3	93.4
114	43.2	64.6	101.8	139.3	131.4	133.2	123.1	121.0	132.2	104.1	138.8	122.4	139.6	34.1	48.7	56.0
117	45.0	60.1	97.1	133.0	122.1	125.1	115.9	112.5	122.8	95.0	132.0	113.1	132.7	33.0	48.2	49.5
120	44.5	61.0	90.9	125.9	113.0	116.1	107.3	103.7	113.1	90.6	124.5	104.4	125.1	83.3	49.0	50.0

部位的升温速率和温度均高于中心部位,且由中心到表层形成明显的温度梯度。温升最慢部位为两钢丝圈之间和三角胶与钢丝圈之间。升温较快的部位降温也快,而升温较慢的部位降温也慢,有的甚至在水冷却开始后仍在升温,这都符合外胎内部硫化温度的分布规律。

2.3 硫化程度

轮胎各部位胶料在硫化结束后的硫化程度(等效硫化时间)如表 3 所示。从表 3 可以看出,各测温点的相关胶料的硫化程度有些差异,各部位均存在较大程度的过硫现象,且程度大致相同。

2.4 硫化时间的调整

t_{90} 缩短 6,9,12 和 15 min 时各部位胶料的硫化程度如表 4 所示。根据表 4 的测量结果,同时考虑对现行硫化工艺不做太大改变,在其它硫化工艺条件不变的情况下,确定将硫化时间缩短 10 min,并将三角胶 150 ℃ 下的正硫化时间调整为 7

min。

2.5 调整后的轮胎性能

在现行硫化工艺条件下将硫化时间缩短 10 min 后,9.00—20 16PR,10.00—20 18PR,11.00—20 18PR 和 12.00—20 20PR 轮胎的耐久性能提高了 15~25 h,速度性能提高了 1~2 个级别。自 2002 年 9 月调整到 2003 年 3 月,上述 4 种规格轮胎退赔率下降近 2%。

3 结语

通过本次对微机控制柱塞式硫化罐所硫化轮胎进行测温试验,缩短了胎冠等部位正硫化时间近 10 min,不仅提高了轮胎质量,而且年增加载重轮胎产量 4 万余条,产值近 3 000 万元,降低了轮胎生产成本,提高了经济效益。

致谢:本文参考了北京橡胶工业设计院傅彦杰高

表 3 轮胎各部位胶料在硫化结束时的硫化程度(基准温度为 148 ℃)

项 目	胎冠胶		胎肩胶		缓冲胶			外层胶			内层胶		胎侧胶	内衬层	三角胶		钢丝附胶			
t_{90}/min	16.8		12.8		11.6			12.7			14.1		15.3	6.0	16.1		11.3			
测温线号	2 [#]	3 [#]	8 [#]	9 [#]	12 [#]	5 [#]	8 [#]	9 [#]	12 [#]	5 [#]	6 [#]	10 [#]	13 [#]	6 [#]	10 [#]	7 [#]	4 [#]	11 [#]	4 [#]	11 [#]
等效硫化时间 ¹⁾ /min	70	50	62	64	59	58	62	63	59	58	57	70	52	56	68	58	52	53	53	54
过硫化程度 ¹⁾ /%	317	198	434	400	361	400	384	443	409	357	349	451	309	297	344	867	224	229	369	379
等效硫化时间 ²⁾ /min	71	48	61	63	58	56	61	63	58	57	55	68	50	55	68	56	48	50	48	50
过硫化程度 ²⁾ /%	323	186	426	392	353	383	377	443	400	349	333	435	294	290	344	833	198	211	325	342

注:1)阿累尼乌斯公式计算结果;2)范德霍夫公式计算结果。

表 4 t_{90} 缩短不同时间下各胶料的等效硫化时间和过硫化程度 (基准温度为 148 ℃)

项 目	胎冠胶				胎肩胶				缓冲胶				外层胶				内层胶			
	低热面		高热面		低热面		高热面		低热面		高热面		低热面		高热面		低热面		高热面	
	t	A	t	A	t	A	t	A	t	A	t	A	t	A	t	A	t	A	t	A
	t_{90}/min				t_{90}/min				t_{90}/min				t_{90}/min				t_{90}/min			
t_{90} 缩短量 ¹⁾ /min	16.8				12.8				11.6				12.7				14.1			
0	50	198	70	319	59	361	64	400	58	400	63	443	52	309	70	450	—	—	56	297
6	44	162	64	281	53	314	58	353	52	348	57	391	46	262	64	404	—	—	50	255
9	41	144	61	263	50	291	55	330	49	322	54	366	43	239	61	380	—	—	47	233
12	38	126	58	245	47	267	52	306	46	297	51	340	40	215	58	357	—	—	44	212
15	35	108	55	227	44	244	49	283	43	271	48	314	37	191	55	333	—	—	41	191
t_{90} 缩短量 ²⁾ /min	15.3				11.3				16.1				11.3				11.3			
0	48	186	71	323	58	353	63	392	56	383	63	443	50	294	68	435	—	—	55	290
6	42	150	65	287	52	306	57	345	50	331	57	391	44	246	62	388	—	—	49	248
9	39	132	62	269	49	283	54	322	47	305	54	366	41	223	59	365	—	—	46	226
12	36	114	59	251	46	259	51	298	44	279	51	340	38	199	56	341	—	—	43	205
15	33	96	56	233	43	236	48	275	43	271	48	314	35	176	53	317	—	—	40	184

项 目	胎侧胶				内衬层				三角胶				钢丝附胶			
	低热面		高热面		低热面		高热面		低热面		高热面		低热面		高热面	
	t	A	t	A	t	A	t	A	t	A	t	A	t	A	t	A
	t_{90}/min				t_{90}/min				t_{90}/min				t_{90}/min			
t_{90} 缩短量 ¹⁾ /min	15.3				6.0				16.1				11.3			
0	—	—	68	344	—	—	58	867	52	224	53	229	53	369	54	379
6	—	—	62	305	—	—	52	267	46	186	47	192	47	316	48	325
9	—	—	59	286	—	—	49	717	43	167	44	173	44	289	45	298
12	—	—	56	266	—	—	46	667	40	148	41	155	41	263	42	272
15	—	—	53	246	—	—	43	617	37	130	38	136	38	236	39	245
t_{90} 缩短量 ²⁾ /min	15.3				6.0				16.1				11.3			
0	—	—	68	344	—	—	56	833	48	198	50	211	48	325	50	342
6	—	—	62	305	—	—	50	733	42	161	57	254	42	272	47	316
9	—	—	59	286	—	—	47	683	39	142	54	235	39	245	44	289
12	—	—	56	266	—	—	44	633	36	124	51	217	36	219	41	263
15	—	—	53	246	—	—	41	583	33	105	48	198	33	192	38	236

注： t —等效硫化时间，min； A —过硫化程度，%。1)和 2)同表 3。

级工程师的测温报告，在此表示感谢！

收稿日期：2004-03-11

风神股份新建工程机械轮胎硫化罐投产

中图分类号：U463.341⁺.5 文献标识码：D

2004 年 6 月 30 日，风神轮胎股份有限公司工程机械轮胎技术改造二期工程——10 台硫化罐项目按期建成投入生产，缓解了工程机械轮胎供不应求的局面。

近年来，风神轮胎股份有限公司不断扩大河南牌工程机械轮胎生产能力。2000 和 2001 年，公司先后增加了 5 台工程机械轮胎硫化罐；2002 年，又新建了 14 台工程机械轮胎硫化罐，年新增工程机械轮胎产量 7 万套，但仍不能满足日益增长的市场需求。

2004 年年初，工程机械轮胎供需矛盾更加突

出，公司决定拆除 20 台 1 612.9 mm 载重轮胎硫化机，建设工程机械轮胎二期工程——10 台硫化罐项目，并要求 6 月底必须建成投产。半年来，公司科学组织、交叉施工，完成了 20 台 1 612.9 mm 载重轮胎硫化机的拆除、厂房加固、设备选型等工作，顺利安装了 10 台 $\Phi 2\,200\,\text{mm}\times 3\,200\,\text{mm}$ 工程机械轮胎硫化罐及其配套设施。6 月 28 日，10 台工程机械轮胎硫化罐全部调试结束，6 月 30 日，按期生产出合格的工程机械轮胎产品。

该项目的建成使风神轮胎股份有限公司年新增工程机械轮胎产量 5.44 万套，新增销售收入 1.74 亿元。

(风神轮胎股份有限公司 谢智保供稿)