水洗颗粒烟胶混合橡胶的干燥工艺条件优化

赵建林[1,2]，雍占福[1*]

（1. 青岛科技大学 高分子科学与工程学院，山东 青岛 266042；2. 湖南际华财盛新材料科技有限公司，湖南 长沙 410005）

摘要：对新开发的水洗颗粒烟胶混合橡胶的干燥工艺条件进行优化，对干燥温度和干燥时间两大主要工艺条件进行变量分析，确定了优化的干燥工艺条件：高温段温度为126 ℃、低温段温度为116 ℃、步进干燥时间为150 s。在此优化干燥工艺条件下，水洗颗粒烟胶混合橡胶的塑性初值、塑性保持率均达到较高的水平且稳定性较好，门尼粘度[ML（1＋4）100 ℃]稳定在75～80之间，同时胶块干燥较彻底、不发粘，胶块内部没有水汽聚集和局部发白现象，产品质量和生产效率最佳。

关键词：水洗颗粒烟胶混合橡胶；天然橡胶；干燥工艺；塑性初值；塑性保持率；门尼粘度；生产效率

中图分类号：TQ332　　**文章编号**：2095-5448（2021）08-0393-04

文献标志码：A　　**DOI**：10.12137/j.issn.2095-5448.2021.08.0393

OSID开放科学标识码（扫码与作者交流）

水洗颗粒烟胶混合橡胶是近年来新开发的一种天然橡胶产品，其主要针对下游客户对高性能子午线轮胎要求而开发，将市场上传统方法生产的越南和缅甸小烟胶片通过水洗、绉片、造粒及干燥，包装成35 kg的标准块状橡胶。其杂质质量分数≤0.08%，塑性初值（P_0）≥35，塑性保持率（PRI）≥70，门尼粘度[ML（1＋4）100 ℃]为75～85；其品质比传统方法生产的越南小烟胶片和缅甸小烟胶片更稳定，有效改善了传统小烟胶片杂质多、门尼粘度波动大、有夹生的质量缺陷，同时又实现了标准块状托盘包装，方便储运和使用，深受用户青睐。

评价天然橡胶性能的常规指标为P_0、PRI和门尼粘度，深入研究时测定重均相对分子质量（$\overline{M}_w$）或数均相对分子质量（$\overline{M}_n$）。P_0和PRI是天然橡胶及其混合橡胶的重要分级指标。P_0是表征天然橡胶相对分子质量和可塑性程度的指数，可为橡胶制品加工工艺条件提供参考，当P_0大于30时，天然橡胶的$\overline{M}_n$大于25×10^4。一般认为，PRI表征天然橡胶的耐热老化性能，PRI高，说明天然橡胶的抗氧化断链性能好，PRI与硫化胶的耐老化性能、定伸应力、拉伸强度、回弹值、压缩疲劳生热以及压缩疲劳变形等性能有良好的相关性。P_0和PRI越高，说明天然橡胶的性能越好[1-3]。因此高性能橡胶制品希望使用P_0和PRI高的天然橡胶。

门尼粘度可以表征天然橡胶的加工性能、相对分子质量及其分布。门尼粘度较高时，天然橡胶的相对分子质量大且分布宽，不易混炼和挤出；门尼粘度较低时，天然橡胶的相对分子质量小且分布窄，加工易粘辊[4]。根据下游用户的经验和要求，天然橡胶门尼粘度[ML（1＋4）100 ℃]为75～85时加工性能较适宜。

本工作介绍水洗颗粒烟胶混合橡胶的干燥工艺条件的优化，为制备P_0和PRI高的高性能天然橡胶提供参考。

1　水洗颗粒烟胶混合橡胶的干燥工艺分析

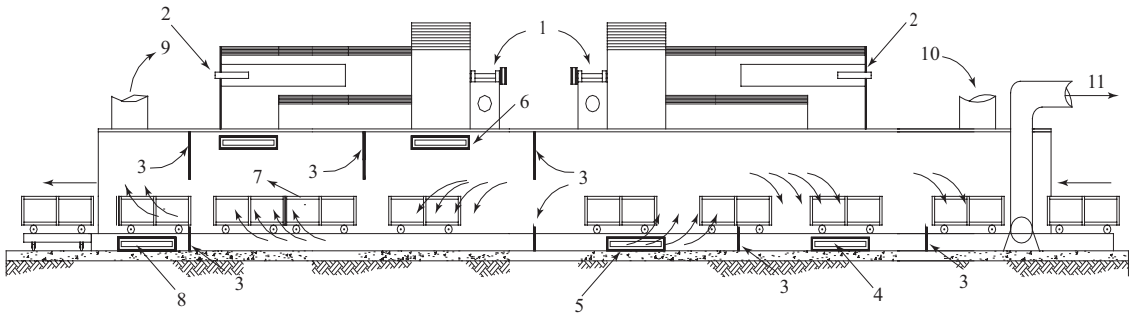
1.1　干燥工艺布局

水洗颗粒烟胶混合橡胶的干燥工艺布局见图1。

采用自制的连续颗粒橡胶烘干炉，分4段32个车位。每个车位有28个小格（两小格橡胶质量约为35 kg），每车橡胶质量约为490 kg，干燥房外

作者简介：赵建林（1978—），男，宁夏平罗人，青岛科技大学在读硕士研究生，主要从事天然橡胶和混合橡胶的生产工艺研究工作。

*通信联系人（03496@qust.edu.cn）



1—风机；2—燃油炉；3—分隔板；4—干燥循环风口；5—热空气进口；6—热空气进口；7—干燥循环风口；8—冷空气入口；9—冷空气出口；10—循环利用热风进口；11—废湿气排出口。

图1 水洗颗粒烟胶混合橡胶的干燥工艺布局

层用耐火砖砌墙并加石棉保温层，长度为50.75 m，高度为1.55 m，宽度为5.4 m；内部有效工作长度为46.4 m，共32个车位，最后两个车位为冷却间。第1段为橡胶表面抽湿阶段；第2段为高温烘烤阶段；第3段为低温烘烤阶段；第4段为抽冷阶段（两个车位）。

1.2 原干燥工艺方案存在的问题

因天然橡胶无固定熔点，加热后会慢慢软化，到130～140 ℃时就会完全软化直至熔融[5]。原干燥工艺高温段温度设定为128 ℃，低温段温度为120 ℃，步进干燥时间为120 s。

按原干燥工艺条件干燥后，胶块表面发粘，容易粘在胶车上。偶尔有胶块内部的水汽集聚现象，导致胶块局部发白。天然橡胶的P_0、PRI和门尼粘度均偏低，P_0为35～40，PRI为70～78，门尼粘度[ML（1＋4）100 ℃]为73～78（标准要求下限值为73）。步进干燥时间不合理，与生产线整体生产节拍不匹配，水洗绉片工序（简称水线）生产能力跟不上干燥炉的干燥能力，导致经常出现干燥炉空车待料等情况。

2 干燥工艺优化方案设计

根据工厂运行实践，水线的生产速度为9.5～10 t·h^{-1}，干燥炉的步进干燥时间调整为140～180 s，与水线生产节拍匹配，干燥线整体速度稳定。

步进干燥时间为前进1次（即1个车位）的间隔时间。前后动作时间为30 s，步进干燥时间若为150 s，则总时间为180 s，即3 min出1车胶，每小时可出20车胶，此产能与水线生产速度比较接近。不同步进干燥时间对应的出车量和干燥线产量见表1。

表1 不同步进干燥时间对应的出车量和干燥线产量

项目	步进干燥时间/s		
	120	150	180
出车量/（车·h^{-1}）	24	20	17
产量/（t·h^{-1}）	11.76	9.80	8.35

根据生产经验，干燥温度高于128 ℃时，橡胶容易出现发粘情况；干燥温度低于120 ℃时，橡胶内部水汽聚集严重，容易出现夹生情况且生产效率较低。

本工作结合水线造粒的产能，设计干燥工艺优化方案，见表2，其中1#方案为原干燥工艺方案。

表2 干燥工艺优化方案

项目	方案编号					
	1#	2#	3#	4#	5#	6#
高温段温度/℃	128	128	126	126	124	124
低温段温度/℃	120	118	118	116	116	114
高低温段温差/℃	8	10	8	10	8	10
步进干燥时间/s	120	120	150	150	180	180

3 结果与讨论

3.1 P_0

优化方案连续10车天然橡胶的P_0测试结果见表3。

从表3可以看出，高温段温度从128 ℃降低到126 ℃后，天然橡胶的P_0明显提高，但是继续降低至124 ℃后，P_0变化不明显。

3.2 PRI

优化方案连续10车天然橡胶的PRI测试结果见表4。

表3　优化方案连续10车天然橡胶的P_0测试结果

项　目	方案编号					
	1#	2#	3#	4#	5#	6#
P_0实测值[1)]						
第1车	38	39	37	38	40	40
第2车	40	37	40	41	38	38
第3车	39	38	40	40	41	40
第4车	38	37	39	40	40	40
第5车	37	41	39	38	40	39
第6车	37	40	38	39	39	40
第7车	40	38	39	42	38	42
第8车	38	36	41	38	40	40
第9车	35	39	40	40	42	39
第10车	39	38	40	39	41	40
平均值[2)]	38.1	38.3	39.3	39.5	39.9	39.8
极差	5	5	4	3	4	4

注：1）采用英国华莱士公司的WALLACE P14型华莱士快速塑性计测试；2）为便于比较，保留1位小数。

表4　优化方案连续10车天然橡胶的PRI测试结果

项　目	方案编号					
	1#	2#	3#	4#	5#	6#
PRI实测值						
第1车	73.7	74.4	73.0	73.7	75.0	75.0
第2车	75.0	73.0	75.0	78.0	76.3	73.7
第3车	76.9	73.7	77.5	77.5	75.6	75.0
第4车	76.3	73.0	74.4	75.0	75.0	77.5
第5车	75.7	75.6	74.4	73.7	75.0	74.4
第6车	73.0	75.0	76.3	74.4	74.4	75.0
第7车	72.5	73.7	74.4	76.2	73.7	76.2
第8车	73.7	75.0	76.2	76.3	77.5	77.5
第9车	72.2	74.4	77.5	75.0	76.2	76.9
第10车	74.4	73.7	75	74.4	78.0	77.5
平均值	74.3	74.2	75.4	75.4	75.7	75.9
极差	4.7	2.6	4.5	4.3	4.3	3.8

从表4可以看出，高温段温度从128 ℃降低到126 ℃后，天然橡胶PRI明显提高，但是温度继续降低至124 ℃，PRI变化不明显。此外，当高温段温度相同，低温段温度相差2 ℃时，PRI变化非常小。

3.3　门尼粘度

优化方案连续10车天然橡胶的门尼粘度[ML(1＋4)100 ℃]测试结果见表5。

从表5可以看出：高温段温度从128 ℃降低到126 ℃后，天然橡胶门尼粘度略有提高，与P_0变化趋势一致；但整体变化不大，1#和2#方案天然橡胶的门尼粘度最低值分别为73和74，接近标准要求下限，有质量不达标的风险。

从表3—5可以看出：高温段温度降低2 ℃，步进干燥时间延长30 s后，3#和4#方案天然橡胶的性能都较为理想，但4#方案的低温段温度低2 ℃，更节能；虽然5#和6#方案天然橡胶各指标数值更高，但是步进干燥时间需在原干燥工艺的基础上延长60 s，对生产效率影响较大，且不能及时对水线造粒的橡胶进行处理。综上所述，本工作干燥工艺优化方案选择4#方案。

表5　优化方案连续10车天然橡胶的门尼粘度测试结果

项　目	方案编号					
	1#	2#	3#	4#	5#	6#
门尼粘度实测值[1)]						
第1车	77	77	75	76	78	79
第2车	78	75	78	80	77	76
第3车	78	75	77	78	80	78
第4车	76	75	77	78	78	78
第5车	75	79	77	76	78	78
第6车	74	79	76	77	77	79
第7车	78	76	77	80	75	81
第8车	77	74	79	76	79	79
第9车	73	77	78	78	82	77
第10车	77	76	78	77	79	79
平均值[2)]	76.3	76.3	77.2	77.6	78.3	78.4
极差	5	5	4	4	7	5

注：1）采用美国阿尔法科技有限公司的MV2000型门尼粘度仪测试；2）同表3。

3.4　胶块内部水汽集聚现象

按照原干燥工艺方案（1#方案）和优化方案（4#方案）各连续生产32车橡胶，并随机切开胶块进行内部抽检。每车随机抽检2块，每个方案各抽检64块。

结果表明，1#方案天然橡胶发现有3块胶中有水汽集聚和发白夹生现象（见图2），4#方案天然橡胶没有该现象。表明1#方案制备的橡胶有较大的质量隐患，而4#方案制备的橡胶品质更有保证。

图2　1#方案胶块夹生现象

4　结论

与原干燥工艺方案相比，采用优化后的干燥工艺方案（高温段温度为126 ℃，低温段温度为116 ℃，步进干燥时间为150 s）制备的天然橡胶P_0和

PRI均提高且更稳定，门尼粘度略有提高，波动小；胶块干燥比较彻底，内部没有水汽聚集和局部发白的现象，与水线造粒工序的产能匹配更好，产品质量和生产效率较高。

参考文献：

[1] 李凤薇. 天然橡胶塑性初值测量及不确定度的评定[J]. 农业与技术，2020，40(12)：34-45.
[2] 李威，徐艺，王大鹏，等. 橡胶相对分子质量及其分布的测试与分析[J]. 橡胶科技，2019，17(11)：649-653.
[3] 张桂梅，姜士宽，岩利，等. 恒粘处理方式对天然橡胶性能的影响[J]. 橡胶工业，2019，66(9)：675-678.
[4] 任玲玲，田芙蓉，高慧芳，等. 聚合物分子量测量方法研究进展[J]. 塑料科技，2019，47(1)：138-145.
[5] 谢遂志，刘登祥，周鸣峦，等. 生胶与骨架材料 橡胶工业手册修订版第一分册[M]. 北京：化学工业出版社，1989.

收稿日期：2021-03-10

Optimization of Drying Process Conditions for Water Washed Granular Ribbed Smoke Sheet Mixed NR

ZHAO Jianlin[1,2], *YONG Zhanfu*[1]

（1. Qingdao University of Science and Technology，Qingdao 266042，China；2. Hunan Jihua Caisheng New Material Technology Co.，Ltd，Changsha 410005，China）

Abstract：The drying process of the water washed granular ribbed smoke sheet（RSS） mixed NR was optimized，and the two main process conditions of drying temperature and drying time were analyzed. The optimized drying process conditions were determined as follows: the temperature in the high temperature section was 126 ℃，and the temperature in the low temperature section was 116 ℃，and the step drying time was 150 s. The results showed that the initial plasticity value and plasticity retention index（PRI） of the water washed granular RSS mixed NR were relatively high and stable by using the optimized drying process，and the Mooney viscosity [ML(1＋4)100 ℃] could be stabilized between 75 and 80. At the same time，the rubber block was more thoroughly dried and not sticky. There was no water vapor accumulation in the rubber block and no local whitening defect，and the product quality and production efficiency were the best.

Key words：water washed granular ribbed smoke sheet mixed NR；NR；drying process；initial plasticity value；plasticity retention index；Mooney viscosity；production efficiency

通用股份计划在安庆建设子午线轮胎项目

2021年7月1日，江苏通用科技股份有限公司（简称通用股份）发布公告，为进一步优化公司产业结构布局，加速配套业务开拓，提高企业综合竞争能力，公司拟在安徽省安庆市投资约30.62亿元建设年产1 020万条高性能子午线轮胎（包括120万条全钢子午线轮胎、900万条半钢子午线轮胎）项目。

项目建设期为40个月，分两期实施。经测算，项目建成后，预计新增年均营业收入约27.57亿元，年平均净利润约为2.9亿元，税后投资回收期为8.55 a。

安徽省是全国重要的汽车产业基地，整车产品品类丰富，产业集中度高。安庆是皖西南区域中心城市，也是长三角区域一体化发展重点城市。安庆经济开发区目前已形成新能源汽车及零部件和高端装备制造两大产业集群，区内汇集了30多家汽车及零部件企业。

通用股份表示，该项目符合公司战略发展规划，紧抓长三角区域一体化发展机遇，优化公司制造产地布局，能够实现生产前移，更好地贴近整车厂服务，同时辐射周边省份，提高物流服务及市场响应效率，进一步提高公司市场份额。

（本刊编辑部）