

逆絮凝法制备天然橡胶的研究

沈家锋¹,王虹¹,张莉¹,王益庆^{1,2*},张立群^{1,2}

(1.北京化工大学有机无机复合材料国家重点实验室,北京 100029;2.北京化工大学北京市新型高分子材料制备与加工重点实验室,北京 100029)

摘要:采用逆絮凝法制备天然橡胶(NR),研究酸凝固剂、无机盐凝固剂和无机盐复合凝固剂及絮凝条件对天然胶乳絮凝效果及NR性能的影响。结果表明:酸作为凝固剂时,硫酸的絮胶效果比乙酸、甲酸好,三者制得NR的物理性能相差不大。采用无机盐作为凝固剂时,氯化钙的絮胶效果良好,且当氯化钙质量分数为0.02时,制得NR性能基本与云南标准胶、烟胶片参比试样性能相当。采用无机盐复配凝固剂时,氯化钙/氯化钠凝固剂的絮胶效果良好,制得NR性能优于云南标准胶、烟胶片参比试样性能。适当提高温度及搅拌速度均有利于天然胶乳的絮凝。

关键词:逆絮凝;天然橡胶;酸凝固剂;无机盐凝固剂;复合凝固剂

中图分类号:TQ331.2;TQ332.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-890X(2015)09-0531-06

絮凝按照加料顺序可分为正絮凝^[1-2]与逆絮凝^[3-4],传统天然橡胶(NR)生产采用正絮凝工艺,其特点是将絮凝剂加入胶乳中,通过凝固、脱水、干燥等步骤,制备成标准NR。在该过程中,天然胶乳的凝固是影响NR质量的重要环节^[5]。传统NR正絮凝工艺按照凝固剂种类可分为自然凝固^[6]、酸凝固^[7-9]、无机盐凝固^[10-11]、生物凝固^[12-14]等工艺。长期以来,国内外的NR凝固工艺均为以甲酸、乙酸等为凝固剂的正絮凝工艺,但其产品质量稳定性难控制、凝固时间长、机械化程度低、人为因素影响大、工艺流程长、优品率率低等缺点限制了NR的工业化发展进程。

为解决正絮凝工艺存在的问题,国内外研发人员借鉴生产合成橡胶的逆絮凝工艺,颠覆性地尝试将该工艺应用于NR制备。正絮凝机理是将凝聚剂加入胶乳中,使得胶乳颗粒表面的双电子层结构遭到破坏,从而使胶乳失稳而破乳。而逆絮凝机理是将胶乳混入絮凝剂中,使得少量的胶乳能够分散在大量的多价金属阳离子絮凝剂中,这些阳离子中和胶粒电荷,破坏了橡胶粒子表面保护层,降低 ζ 电位,导致胶乳去稳发生胶凝^[15]。

在逆絮凝过程中,需要控制絮凝剂的种类与

用量、絮胶温度、搅拌速度等因素的影响,从而达到控制絮凝胶块软硬、空隙大小的目的。本工作分别以酸凝固剂、无机盐凝固剂、无机盐复合凝固剂通过逆絮凝法制备NR,并探讨絮凝条件对NR性能的影响。

1 实验

1.1 主要原材料

天然胶乳,固形物质量分数为0.60,海南天然橡胶产业集团股份有限公司提供;炭黑N330,江西黑猫炭黑股份有限公司产品。

1.2 配方

NR 100,炭黑 30,氧化锌 5,硬脂酸 2,防老剂4010NA 1,硫黄 2,促进剂CZ 1.2。

1.3 试样制备

1.3.1 酸凝固剂制备NR

取甲酸、乙酸、硫酸等凝固剂分别配制成絮凝液,取一定量的胶乳,配制成一定干胶浓度的天然胶乳;在强搅拌下,按照逆絮凝的方法,将天然胶乳匀速倒入配制好的絮凝液中制备NR,清洗凝固物,然后在60℃的鼓风烘箱中干燥24h除去水分,得到NR。

1.3.2 无机盐凝固剂制备NR

分别取几种不同的无机盐作为凝固剂配制絮凝液,取一定量的胶乳,配制成一定干胶浓度的天

作者简介:沈家锋(1988—),男,海南海口人,硕士,现在北京化工大学工作,主要从事天然橡胶絮凝工艺以及工业化研究。

* 通信联系人

然胶乳；其余步骤同酸凝固剂制备 NR 工艺。

1.3.3 复合絮凝剂制备 NR

用无机盐等凝固剂配制复合絮凝液，取一定量的胶乳，配制成一定干胶浓度的天然胶乳；其余步骤同酸凝固剂制备 NR 工艺。

1.3.4 NR 硫化胶

NR 在 $\Phi 160\text{ mm}\times 320\text{ mm}$ 开炼机(广东湛江橡塑机械制造厂产品)上塑炼，然后加入小料，混炼 15 min。采用 LH-2 型硫化仪(北京环峰化工机械实验厂产品)测定硫化特性，并在 XQLB-350 $\times$ 350 型平板硫化机(上海橡胶机械制造厂产品)上硫化，硫化条件为 $143\text{ }^{\circ}\text{C}\times t_{90}$ 。

1.4 测试分析

1.4.1 絮胶效果分析

分析采用酸凝固剂、无机盐絮凝剂、无机盐复合絮凝剂对天然胶乳液进行絮凝，考察其絮凝胶块松软情况、“夹生”情况、絮凝液残留物和絮凝液白水情况。

1.4.2 物理性能

拉伸性能采用 XLL-250 型万能材料试验机(英国 LLOYD 仪器公司产品)按照 ASTM D 412—2006《硫化橡胶和热塑性弹性体张力试验方法》进行测试；其他性能均按相应的 ASTM 标准进行测试。

2 结果与讨论

2.1 天然胶乳固形物质量分数

天然胶乳固形物质量分数对凝固效果具有较大的影响，其影响着胶乳的凝固速度、时间和凝快的软硬度^[16]。以硫酸为凝固剂，采用逆絮凝的凝固工艺，天然胶乳固形物质量分数对胶乳絮凝情况的影响如表 1 所示。

表 1 天然胶乳固形物质量分数对胶乳絮凝情况的影响

项 目	天然胶乳固形物质量分数				
	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
凝固时间	迅速	迅速	迅速	迅速	迅速
凝块情况	较为松软	较为松软	松软	软硬适中	偏硬
白水	较多	多	少	较少	较少
残留物	较多	多	少	较少	较少
“夹生”	无	无	无	无	少

注：天然胶乳制备温度为 30~35 ℃，搅拌速度为 400 r·min⁻¹。

从表 1 可以看出，当天然胶乳固形物质量分数为 0.20 和 0.25 时絮胶凝块软硬程度适中，絮凝液中白水、残留物较少。“夹生”情况随着天然胶乳固形物质量分数的增大而逐渐增多。天然胶乳固形物质量分数对 NR 硫化胶物理性能的影响如表 2 所示。

表 2 天然胶乳固形物质量分数对 NR 硫化胶物理性能的影响

项 目	天然胶乳固形物质量分数				
	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
邵尔 A 型硬度/度	54	55	56	58	56
100%定伸应力/MPa	1.7	1.8	1.9	2.0	2.0
300%定伸应力/MPa	9.9	10.5	11.2	11.8	11.5
拉伸强度/MPa	28.9	29.7	30.3	31.8	30.4
拉断伸长率/%	549	536	529	523	513
拉断永久变形/%	17	18	17	23	19

注：同表 1。

从表 2 可以看出，随着天然胶乳固形物质量分数的增大，NR 硫化胶的邵尔 A 型硬度、定伸应力和拉伸强度增大，拉断伸长率减小。这是由于随着天然胶乳固形物质量分数的增大，相同体积的胶乳中胶粒含量相对增大，在絮凝过程中，粒子间的吸附相对容易，各个胶粒集结成大小不同的聚集体。胶粒含量的增大更有利于聚集体进一步靠近形成线状聚集体^[15]。生成的聚集体能连成一体或者线状分子链，并且进一步靠紧生成网状结构、高相对分子质量的凝块。

除此之外，随着天然胶乳固形物质量分数的增大，胶乳中含有的非橡胶组分增加，而其中的蛋白质等对于 NR 的硫化具有促进作用^[17-19]，表现为定伸应力随着 NR 硫化胶的交联密度增大而增大。考虑到 NR 凝块的软硬程度、空隙、清洗脱水、干燥等因素以及综合物理性能，天然胶乳固形物质量分数以 0.25 为宜。

2.2 凝固剂

2.2.1 酸凝固剂

目前凝固剂常用的酸主要为甲酸、乙酸和硫酸等。在传统的天然胶乳正絮凝凝固过程中，酸凝固是应用最为广泛的工艺。酸凝固剂种类对胶乳絮凝情况的影响如表 3 所示。

从表 3 可以看出，当凝固剂为硫酸时，胶乳絮胶胶块松软程度较好，无“夹生”，絮凝液中白水

表 3 酸凝固剂种类对胶乳絮凝情况的影响

项 目	硫酸	甲酸	乙酸
凝固时间	迅速	迅速	迅速
凝块情况	胶块松软	胶块偏硬	胶块偏硬
白水	少	多	较多
残留物	少	多	较多
“夹生”	无	无	无

注:絮凝液的 pH 值均为 1;天然胶乳制备条件同表 1。
和残留物少。与甲酸与乙酸相比,选用硫酸作为逆絮凝凝固剂的絮胶效果较好。

从表 3 还可以看出,不同酸凝固剂的絮胶效果不同,凝固剂酸度、酸种类等影响了胶乳的凝固速度、凝块软硬度、絮凝液中白水与残留物情况、“夹生”现象等。酸凝固剂种类对 NR 硫化胶物理性能的影响如表 4 所示,并选用 1[#] 云南标准橡胶(云标胶)、5[#] 烟胶片作为对比试样。

表 4 酸凝固剂种类对 NR 硫化胶物理性能的影响

项 目	硫酸	甲酸	乙酸	云标胶	烟胶片
邵尔 A 型硬度/度	56	53	59	55	57
100%定伸应力/MPa	1.9	1.7	2.3	1.7	2.1
300%定伸应力/MPa	10.5	9.4	12.8	10.5	10.8
拉伸强度/MPa	29.4	29.1	29.7	30.4	30.6
拉断伸长率/%	561	546	516	593	580
拉断永久变形/%	22	18	19	30	35

注:同表 1。
从表 4 可以看出,采用硫酸作为凝固剂制得的 NR 硫化胶综合性能优于甲酸、略逊于乙酸。综合考虑絮胶过程中凝块的软硬度、清洗、干燥、成本、残留物等因素,逆絮凝工艺中选用硫酸作为凝固剂,效果较好。

2.2.2 无机盐凝固剂

在实际应用中,絮凝剂的选择一般考虑其凝聚能力、消耗量和成本,因此本试验选用一价、二价、三价金属离子等无机盐(如氯化钙、氯化钠、硝酸钠、氯化钾、溴酸钾、七水硫酸镁和硝酸铝等)。文献^[15]报道氯化钙的凝固效果最好,本研究尝试通过氯化钙与其他无机盐复合作为絮凝的凝固剂,以期得到更好的絮胶效果。氯化钙用量对胶乳絮凝情况的影响如表 5 所示。

从表 5 可以看出,随着氯化钙用量的增大,胶乳絮凝液中白水及残留物均较少,但其凝固的凝块硬度增大,“夹生”现象增多。这是由于随着氯

表 5 氯化钙用量对胶乳絮凝情况的影响

项 目	氯化钙质量分数			
	0.005	0.010	0.020	0.030
凝固时间	迅速	迅速	迅速	迅速
凝块情况	较为松软	偏硬	偏硬	较硬
白水	多	较多	少	少
残留物	多	较多	少	少
“夹生”	无	无	少	多

注:选用质量分数为 0.02 的溶液,与硫酸凝固剂的絮胶情况进行对比;天然胶乳制备条件同表 1。

化钙用量的增大,钙离子含量增大,絮胶速度过快,导致胶乳颗粒紧密粘结一起,中间的胶乳未能凝固而被包裹于胶粒间形成“夹生”现象。当氯化钙质量分数为 0.02 时,凝块软硬适中,“夹生”现象少,絮凝液中白水及残留物也较少。

氯化钙用量对 NR 硫化胶物理性能的影响如表 6 所示。

表 6 氯化钙用量对 NR 硫化胶物理性能的影响

项 目	氯化钙质量分数				云标胶	烟胶片
	0.005	0.010	0.020	0.030		
邵尔 A 型硬度/度	52	54	54	55	55	57
100%定伸应力/MPa	1.7	1.9	2.1	2.0	1.7	2.1
300%定伸应力/MPa	10.4	11.1	11.6	11.4	10.5	10.8
拉伸强度/MPa	27.4	30.7	31.6	29.6	30.4	30.6
拉断伸长率/%	538	556	579	530	593	580
拉断永久变形/%	22	28	26	25	30	35

注:同表 1。
从表 6 可以看出,随着氯化钙用量的增大,NR 硫化胶的综合性能提高。当氯化钙质量分数为 0.02 时,NR 硫化胶的 300%定伸应力和拉伸强度略大于对比试样,硬度、拉断永久变形和拉断伸长率略小于对比试样。NR 硫化胶的综合性能基本与对比试样相当。分析认为:单一使用氯化钙作为絮凝剂,随着氯化钙用量的增大,破乳效果更明显,絮胶效果良好,但氯化钙浓度过大时,胶凝过快,会产生局部紧密凝块,使得胶块硬度增大,出现“夹生”现象,凝胶结构不均反而阻碍了分子链增长,从而降低了相对分子质量,使得 NR 物理性能下降。

2.2.3 无机盐复合凝固剂

复合凝固剂即 2 种及 2 种以上的凝固剂复配使用^[20],选用两种无机盐制备复合凝固剂,以氯化钙为主絮凝剂,并添加其他的无机盐(如氯化

钠、硝酸钠、氯化钾、溴酸钾、七水硫酸镁或硝酸铝等)。不同无机盐复合凝固剂对胶乳絮凝情况的

影响如表 7 所示。
从表 7 可以看出,当采用氯化钙/氯化钠复合

表 7 不同无机盐复合凝固剂对胶乳絮凝情况的影响

项 目	无机盐复合凝固剂					
	氯化钙/氯化钠	氯化钙/硝酸钠	氯化钙/氯化钾	氯化钙/溴酸钾	氯化钙/七水硫酸镁	氯化钙/硝酸铝
凝固时间	迅速	迅速	迅速	迅速	迅速	迅速
凝块情况	软硬适中	松软	松软	松软	松软	松软
白水	少	多	较多	较多	较多	较多
残留物	少	多	较多	较少	较少	较少
夹生	无	无	少	少	少	少

注:无机盐质量分数为 0.02,体积比为 1∶1;天然胶乳制备条件同表 1。
絮凝剂时,絮胶胶块软硬适中,“夹生”情况基本没有,絮凝液中白水、残留物较少,絮胶效果良好。

采用氯化钙/氯化钠作为凝固剂时,确定氯化钙质量分数为 0.02,为了降低钙离子浓度,加入氯化钠。无机盐复合凝固剂中氯化钠用量对胶乳絮凝情况的影响如表 8 所示。

复配,能够有效缓解钙离子的沉降,更有效地形成均匀架构的凝块,进而生成具有较为完整分子链、高相对分子质量的 NR,提高了 NR 的质量及其稳定性。

表 8 无机盐复合凝固剂中氯化钠用量对胶乳絮凝情况的影响

项 目	氯化钠质量分数		
	0.01	0.02	0.03
凝固时间	迅速	迅速	迅速
凝块情况	松软	松软	软硬适中
白水	较多	多	少
残留物	较多	多	少
“夹生”	无	无	无

注:同表 1。
从表 8 可以看出,随着氯化钠用量的增大,胶乳絮凝液中白水及残留物逐渐减少,絮胶效果趋好。这是由于加入部分氯化钠替代氯化钙,导致钙离子浓度下降,絮胶速度有所缓和,胶乳颗粒凝固得更加完全,形成的均匀凝块间存在空隙,因而“夹生”现象几乎不存在。当氯化钠质量分数为 0.03 时,凝块软硬适中,“夹生”现象几乎没有,其絮凝液中白水及残留物也较少。

氯化钙/氯化钠复合絮凝剂中氯化钠用量对 NR 硫化胶物理性能的影响如表 9 所示。

从表 9 可以看出,随着氯化钙/氯化钠复合絮凝剂中氯化钠用量的增大,NR 硫化胶的综合性能提高。当氯化钠质量分数为 0.03 时,其综合性能优于对比试样。这是由于当采用氯化钙/氯化钠复合絮凝剂时,选用强电解质氯化钠与氯化钙

表 9 氯化钙/氯化钠复合絮凝剂中氯化钠用量对 NR 硫化胶物理性能的影响

项 目	氯化钠质量分数			云标胶	烟胶片
	0.01	0.02	0.03		
邵尔 A 型硬度/度	54	56	56	61	61
100%定伸应力/MPa	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9
300%定伸应力/MPa	8.1	9.3	9.7	9.2	9.7
拉伸强度/MPa	31.3	31.0	32.2	31.4	31.5
拉断伸长率/%	598	579	599	620	593
拉断永久变形/%	23	22	21	27	27

注:同表 1。
2.3 天然胶乳絮凝的影响因素

2.3.1 温度

自然凝固中,温度升高对天然胶乳的自然凝固具有加速作用。温度对胶乳絮凝情况的影响如表 10 所示。

从表 10 可以看出,温度的升高对于絮胶有利,絮胶胶块软硬适中,“夹生”情况基本没有,絮凝液中的白水、残留物较少,絮胶效果良好。随着

表 10 温度对胶乳絮凝情况的影响

项 目	温度/℃			
	30~35	40~45	50~55	60~65
凝固时间	迅速	迅速	迅速	迅速
凝块情况	松软	松软	软硬适中	软硬适中
白水	少	少	少	少
残留物	少	少	少	少
“夹生”	无	无	无	无

注:絮凝剂选用质量分数为 0.02 的氯化钙。

温度的升高,胶块的硬度增高,絮凝液中的白水、残留物逐渐减少。

温度对 NR 硫化胶物理性能的影响如表 11 所示。

项 目	温度/℃			
	30~35	40~45	50~55	60~65
邵尔 A 型硬度/度	54	53	54	55
100%定伸应力/MPa	1.8	1.8	1.9	1.8
300%定伸应力/MPa	9.4	9.9	10.4	10.7
拉伸强度/MPa	29.1	30.5	31.4	29.7
拉断伸长率/%	540	544	574	557
拉断永久变形/%	20	19	22	22

从表 11 可以看出,随着温度的升高,NR 的物理性能有所提高。这是因为温度的升高,胶乳粒子的稳定性降低,有利于胶乳粒子的扩散运动^[15],从而更有利于胶乳粒子形成线状以及网络状胶块,得到高相对分子质量胶块。适当地提高温度,有利于天然胶乳中存在的微生物及生物酶对胶乳的作用,在絮胶过程中产生有利于 NR 硫化的物质,完善硫化胶的网络结构,从而使其性能得到提高。但温度不宜过高,太高的温度会使天然胶乳中的微生物及生物酶失去活性,胶块沉积速度过快,适得其反。

2.3.2 搅拌速度

搅拌速度对胶乳絮凝情况的影响如表 12 所示。

项 目	搅拌速度/(r·min ⁻¹)		
	0	400	800
凝固时间	迅速	迅速	迅速
凝块情况	松软	软硬适中	破碎
白水	多	少	少
残留物	多	少	较多
“夹生”	少	少	多

注:同表 10。

从表 12 可以看出,当搅拌速度为 400 r·min⁻¹ 时,絮胶效果良好,胶块硬度适中,絮凝液中白水少、残留物较少。当搅拌速度为零时,胶块空隙结构较多,但是白水及残留物较多;当搅拌速度达到 800 r·min⁻¹ 时,絮凝速度快,生成的胶块破碎,残留物增多,“夹生”现象明显。

搅拌速度对 NR 硫化胶物理性能的影响如表

13 所示。

从表 13 可以看出,当搅拌速度为 400 r·min⁻¹ 时,NR 硫化胶物理性能优于搅拌速度分别为 0 和 800 r·min⁻¹ 的絮凝产品。这是因为在无搅拌的情况下加入胶乳,其絮凝液与胶乳的接触不充分,絮凝作用效果较弱,影响了絮凝过程。而在强搅拌作用下,胶乳与絮凝液能够充分接触,但由于高速搅拌的作用,絮凝速度过快,造成絮凝的 NR 发生“夹生”,胶乳未充分絮凝而导致物理性能下降。

项 目	搅拌速度/(r·min ⁻¹)		
	0	400	800
邵尔 A 型硬度/度	54	57	55
100%定伸应力/MPa	1.8	2.1	1.9
300%定伸应力/MPa	9.7	10.8	10.1
拉伸强度/MPa	29.0	30.7	28.7
拉断伸长率/%	560	592	577
拉断永久变形/%	28	24	27

3 结论

- (1)采用逆絮凝工艺絮胶,天然胶乳固形物质量分数以 0.25 为宜。
- (2)逆絮凝工艺中选用硫酸作为酸凝固剂效果较好。
- (3)当使用无机盐作为逆絮凝法制备 NR 的凝固剂时,氯化钙为凝固剂的絮胶效果良好;当氯化钙质量分数为 0.02 时,其综合性能基本与云南标准橡胶和烟胶片相当。
- (4)采用氯化钙/氯化钠复合作为逆絮凝法制备 NR 的凝固剂,当氯化钙质量分数定为 0.02、氯化钠质量分数为 0.03 时,其综合性能优于云南标准橡胶和烟胶片。
- (5)在絮胶过程中,温度和搅拌速度等因素对 NR 性能具有显著的影响,适当地提高温度与选择合适的搅拌速度,均能得到良好的絮凝效果及性能优异的 NR 产品。

参考文献:

[1] 何仕新,戚盛杰,程永祜,等. 用凝聚法制备粉末丁腈橡胶[J]. 合成橡胶工业,1997,20(6):331-334.

[2] 张安强,王炼石,林雅铃,等. 酸化絮凝包覆法制备疏调节型粉末氯丁橡胶[J]. 弹性体,2004,14(5):6-10.

- [3] 张安强,王炼石. 逆凝聚包覆法制备硫磺调节型粉末氯丁橡胶粒径分布[J]. 橡胶工业, 2004, 51(11): 645-650.
- [4] Zhang A Q, Wang L S, Lin Y L. Preparation of Sulfur-modified Powdered Polychloroprene Rubber by Inverse Coagulation[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2005, 98(5): 2109-2115.
- [5] 吕飞杰. 提高天然胶质量一致性[J]. 热带作物研究, 1992(4): 1-5.
- [6] John C K. Biological Coagulation of Hevea Latex Using Waste Carbohydrate Substrates[J]. Journal of the Rubber Research Institute of Malaya, 1966, 19(5): 286-289.
- [7] Heinisch K F, de Neef J C. 用硫酸作凝固剂制备橡胶[J]. 顾之翰, 译. 热带作物科学译报, 1957(1): 81-89.
- [8] 佚名. 马来西亚橡胶研究院 1977 年浓缩乳胶和生胶加工科研动态[J]. 刘元达, 译. 热带作物译丛, 1980(3): 20-23.
- [9] 杨磊, 黄茂芳, 许遼, 等. 凝固剂对天然橡胶性能的影响[A]. 第四届中国功能材料及其应用学术会议论文集[C]. 厦门: 厦门大学, 2001: 1335-1336.
- [10] Newton E B, Stewart W D, Willson E A. 生胶制造: 三叶橡胶乳胶的连续凝固制胶片法[J]. 王长卓, 译. 热带作物科学译报, 1956(2): 1-15.
- [11] 久保田威夫, 稻田芳卫. 各种盐类对乳胶凝固的作用[J]. 孟庆岩, 译. 热带作物科学译报, 1956(4): 106-117.
- [12] John C K, Pillai N M. Improvements to Assisted Biological Coagulation of Hevea Latex[J]. Journal of the Rubber Research Institute of Malaya, 1971, 23(2): 138-146.
- [13] 丘谷田, 苏海莲. 天然乳胶微生物凝固的研究[J]. 热带作物科技, 1981(2): 47-49.
- [14] John C K. 以乳胶保存质量及凝固为重点的乳胶微生物学研究[J]. 贺鹰掙, 译. 热带作物译丛, 1980(5): 29-32.
- [15] 魏邦柱. 胶乳乳液应用技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 4.
- [16] 何忠建, 方海旋, 符新. 表面活性剂和 CaCl_2 作凝固剂凝固天然胶乳的研究[J]. 化学工程师, 2008, 22(3): 65-67.
- [17] Eng A H, Tanaka Y. Structure of Natural Rubber[J]. Trends in Polymer Science, 1993, 1(3): 493-513.
- [18] Altman R F A. Analysis of Proteins Occurring in Hevea Latex[J]. Rubber Chemistry and Technology, 1940, 13(3): 505-516.
- [19] Nawamawat K, Jitladda T, Sakdapipanich, Chee C Ho, et al. Surface Nanostructure of Hevea Brasiliensis Natural Rubber Latex Particles[J]. Colloids and Surfaces, A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2011, 390(1-3): 157-166.
- [20] 朱艳彬, 马放, 杨基先, 等. 絮凝剂复配与复合型絮凝剂研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2010, 42(8): 1254-1258.

收稿日期: 2015-03-12

Preparation of Natural Rubber by Inverse Flocculation

SHEN Jia-feng, WANG Hong, ZHANG Li, WANG Yi-qing, ZHANG Li-qun

(Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: NR was prepared by using reverse flocculation method, the effects of acid coagulants, inorganic salt coagulants, inorganic salt complex coagulant and coagulation conditions on the coagulation of natural rubber latex and the properties of NR were investigated. The results showed that, the coagulating effect of sulfuric acid was better than that of acetic acid or formic acid, and the physical properties of the three NR compounds were mainly equivalent. In inorganic salt coagulants, better coagulation effect of natural rubber latex was obtained by using calcium chloride. When the mass fraction of calcium chloride was 0.02, the physical properties of NR compound were similar to those of smoked sheet and standard rubber from Yunnan. When the inorganic salt complex coagulant was used, the flocculation effect was good by using the calcium chloride/sodium chloride, and the properties of NR compound were better than those of comparison sample. Appropriately increasing the temperature and stirring speed could also improve the flocculation of natural rubber latex.

Key words: inverse coagulation; NR; acid coagulant; inorganic salt coagulant; inorganic salt complex coagulant