

一种低偏磷酸盐含量的三聚磷酸钠制备工艺研究

孙勋佳, 路明清, 屈云, 李斌, 孙浩, 周勇, 程传能, 李正东

(保康楚烽化工有限责任公司, 湖北 襄阳 441600)

[摘要] 国内食品级三聚磷酸钠偏磷酸盐质量分数在2.4%~3.5%, 为满足部分高端客户对低偏磷酸盐含量的三聚磷酸钠的需求, 在普通三聚磷酸钠生产线上, 考察原材料种类、催化剂、加热方式、料浆中和度、喷雾干燥温度、聚合温度等对产品品质的影响。结果表明, 以 $w(\text{H}_3\text{PO}_4)$ 85%的湿法磷酸、 $w(\text{NaOH})$ 48%的液碱为原料, 以硝酸铝钾为催化剂, 在中和料浆中和度为2.99~3.05、喷雾干燥塔塔顶温度为300~310℃、聚合炉炉头温度为390~420℃、聚合炉转速24~26 r/min条件下, 可成功制备出低偏磷酸盐含量的三聚磷酸钠, 产品中偏磷酸盐质量分数低于1.5%。

[关键词] 三聚磷酸钠; 低偏磷酸盐含量; 工艺条件

[中图分类号] TQ126.3*5 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2097-4566 (2025) 03-0024-06

Study on preparation technology of sodium tripolyphosphate with low metaphosphate content

SUN Xunjia, LU Mingqing, QU Yun, LI Bin, SUN Hao, ZHOU Yong, CHENG Chuanneng, LI Zhengdong
(Baokang Chufeng Chemical Co., Ltd., Xiangyang 441600, China)

Abstract: The mass fraction of metaphosphate in domestic food-grade sodium tripolyphosphate is 2.4%-3.5%. In order to meet the demand of some high-end customers for sodium tripolyphosphate with low content of metaphosphate, the impact of raw material type, catalyst, heating method, neutralization degree, spray drying temperature, polymerization temperature, etc. on product quality is investigated on the ordinary sodium tripolyphosphate production line. The results show that sodium tripolyphosphate with low metaphosphate content can be successfully prepared by using wet-process phosphoric acid with $w(\text{H}_3\text{PO}_4)$ 85%, liquid alkali with $w(\text{NaOH})$ 48% as raw materials, potassium aluminum nitrate as catalyst, under the conditions of neutralization degree of neutralization slurry being 2.99 - 3.05, temperature of spray drying tower top being 300 - 310 °C, temperature of polymerization furnace head being 390 - 420 °C, and polymerization furnace rotating speed being 24 - 26 r/min, the mass fraction of metaphosphate in the product is less than 1.5%.

Key words: sodium tripolyphosphate; low metaphosphate content; process conditions

0 引言

经过最近几十年的战略布局, 我国磷酸盐主要产品如三聚磷酸钠、六偏磷酸钠等产量排名世界第一。三聚磷酸钠是合成洗涤剂的重要助剂, 国内市场上销售的三聚磷酸钠产品90%以上用于合成洗涤剂, 仅小部分用于水处理剂、表面活性剂及食品添加剂等^[1]。三聚磷酸钠是一种常见食品添加剂, 常作为品质改良剂、水分保持剂、pH调节剂等。但是, 和世界发达国家相比, 我国高端食品级三聚磷酸钠如低偏磷酸盐含量的三聚磷酸钠的研究还比较少。

磷酸和液碱是制备三聚磷酸钠的主要原材料。目前我国磷酸生产工艺主要为热法和湿法。其中湿

法磷酸生产具有能耗低、成本低、环境友好、能够利用中低品位磷矿等优点^[2]。

碱源主要分为液碱或纯碱。液碱通常 $w(\text{NaOH})$ 为48%或32%, 含有砷、汞、氯化物等杂质。纯碱中 $w(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ 高达99%, 用纯碱和磷酸制备三聚磷酸钠会产生二氧化碳而形成泡沫, 虽然二氧化碳从液体内部向上运动的过程某种程度上确实起到了搅拌的作用, 但是泡沫的存在影响中和料浆中和度控制准确性和食品级三聚磷酸钠产品品质^[3]。

[收稿日期] 2024-11-29

[作者简介] 孙勋佳(1987-), 男, 湖北武汉人, 武汉工程大学硕士研究生, 化工工程师, 注册安全工程师, 长期从事无机磷酸盐产品的生产研究工作。

从三聚磷酸钠生产工艺来看，三聚磷酸钠的制备可以分为一步法和二步法：将正磷酸盐溶液直接制备为三聚磷酸钠，称为一步法；正磷酸盐先制备为无水正磷酸盐，再缩聚为三聚磷酸钠，称为二步法。食品级三聚磷酸钠产品中同时分布有正磷酸盐、焦磷酸盐、聚磷酸盐、偏磷酸盐，即便是在实验室最理想情况下，也不可能得到100%纯度的三聚磷酸钠^[3]。GB 1886.335—2021要求三聚磷酸钠产品中三聚磷酸钠质量分数达到85%以上，对偏磷酸盐的含量暂无要求。国内食品级三聚磷酸钠厂家生产工艺不同，偏磷酸盐质量分数在2.4%~3.5%，而部分高端客户期望偏磷酸盐含量低的三聚磷酸钠产品。

为了解决这一难题，本研究利用二步法食品级三聚磷酸钠生产线，考察原材料种类、催化剂、加热方式、料浆中和度、喷雾干燥温度、聚合温度、聚合炉转速、冷却条件对产品品质的影响^[4]。

1 实验部分

1.1 实验主要原材料

热法磷酸、湿法磷酸， $w(\text{H}_3\text{PO}_4)$ 85%；液碱， $w(\text{NaOH})$ 48%；纯碱， $w(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ 99%；催化剂，硝酸铝钾，分析纯。

1.2 主要设备

磷酸储罐、液碱储罐、磷酸过滤器、液碱过滤器、1#中和锅、2#中和锅、料浆储罐、料浆过滤

器、喷雾干燥塔、聚合炉、冷却滚筒、破碎机、旋振筛、色谱仪等。

1.3 实验方法

先将一定量的工艺水加入1#或2#中和锅中，开启加热，提高中和锅温度，在搅拌条件下，同时缓慢加入过滤后的液碱和磷酸进行中和反应，投料结束后加入一定量的催化剂硝酸铝钾，调整中和料浆的中和度在2.85~3.05，相对密度为1.65。熟化0.5 h后，取样检测中和料浆中和度和相对密度，将合格的中和料浆经过2次过滤后通过高压泵（频率29 Hz）经喷嘴喷入喷雾干燥塔中干燥脱水，调节喷雾干燥塔塔顶温度290~310℃。干燥后的物料送入旋转的聚合炉内进行聚合反应，调节聚合炉炉头温度为350~450℃、转速为25 r/min，物料在聚合炉的停留时间控制在15 min左右，再通过冷却、筛分后包装成品，得到三聚磷酸钠^[5]。

2 结果与讨论

2.1 原材料的影响

分别采用湿法磷酸和热法磷酸为原材料，与液碱、纯碱反应制备食品级三聚磷酸钠，催化剂硝酸铝钾用量为0.075%，采用蒸汽直接加热，料浆中和度2.85~3.05，喷雾干燥温度290~310℃，聚合温度350~450℃，聚合炉转速25 r/min，采用冷却滚筒间接降温，所得三聚磷酸钠产品主要指标见表1。

表1 不同原材料生产食品级三聚磷酸钠指标对比

Table 1 Comparison of food-grade sodium tripolyphosphate produced by different raw materials

项目	$w(\text{三聚磷酸钠})/\%$	$w(\text{总磷酸盐})^{\text{①}}/\%$	白度/ %	pH(10 g/L 水溶液)	$w(\text{水不溶物})/\%$	$w(\text{F})/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	$w(\text{Pb})/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	$w(\text{As})/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	$w(\text{重金属})^{\text{②}}/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$
湿法磷酸和液碱	98.5	57.8	96.5	9.7	0.01	10.2	1.1	0.5	3
热法磷酸和液碱	97.6	57.5	96.2	9.8	0.02	9.5	1.0	0.4	2
湿法磷酸和纯碱	98.2	57.6	96.4	9.8	0.02	10.3	1.1	0.5	3
热法磷酸和纯碱	98.2	57.4	96.2	9.8	0.02	9.6	1.0	0.4	2
GB 1886.335—2021 指标要求	≥ 85.0	56.0~58.0		9.1~10.1	≤ 0.1	≤ 20.0	≤ 2.0	≤ 3.0	≤ 10

注：①以 P_2O_5 计，下同；②以Pb计，下同。

由表1可以看出，使用湿法磷酸、热法磷酸分别和液碱、纯碱作为原料时制备的三聚磷酸钠产品纯度、总磷酸盐含量、pH等指标均较好，满足GB 1886.335—2021指标要求。

原材料种类对低偏磷酸盐含量的三聚磷酸钠产品指标影响较小，但是湿法磷酸价格比热法磷酸更具优势，同时，纯碱价格也比液碱价格高，因此，在湿法磷酸净化质量得到保证的前提下，选用湿法磷酸和液碱来制备三聚磷酸钠是具有很高性价

比的。

2.2 催化剂对食品级三聚磷酸钠指标的影响

三聚磷酸钠通常是I型和II型组成的混合物，I型向II型转化是不容易的，但是当加入一定量的催化剂后，转化效率会提高^[2]。

制备三聚磷酸钠时现有催化剂主要有硝酸钠、硝酸铵、硝酸钾、尿素、磷酸铵、草酸、醋酸盐、甲酸盐等。其中草酸、甲酸盐、醋酸盐等属于有机物，在三聚磷酸钠制备中应用较少。

本研究对不同催化剂如硝酸铵、硝酸钠、硝酸钾、尿素、硝酸铝钾等的性能进行分析,见表2。

表2 催化剂性能对比

Table 2 Comparison of catalyst properties

催化剂	稳定性	活性	选择性	成本	耐久性	可重复性	反应速率	毒性
硝酸铵	差	一般	较好	较好	一般	不好	较好	无毒
硝酸钠	一般	好	好	好	较好	不好	好	无毒
硝酸钾	差	好	较好	一般	较好	不好	较好	无毒
尿素	一般	一般	一般	好	一般	不好	较好	无毒
硝酸铝钾	好	好	好	较好	好	不好	好	无毒

用于生产食品级三聚磷酸钠的催化剂,必须选择无毒、活性较好、稳定性好的,因此,选择硝酸铝钾作为催化剂。

2017年10月世界卫生组织下属国际癌症研究机构公布的致癌清单中,硝酸盐或亚硝酸盐在2A类致癌物清单中^[6]。三聚磷酸钠作为我国常用的食品添加剂,应严格控制其硝酸或亚硝酸盐含量。

理论上每生产25 t产品对应25 kg催化剂,换算为0.1%,而实验时用量为0.07%左右。以硝酸铝钾为催化剂时产品中 $w(\text{硝酸盐})$ 和 $w(\text{亚硝酸盐})$ 均

小于 5×10^{-6} 。

2.3 加热方式对食品级三聚磷酸钠指标的影响

行业内一般采用直接加热或间接加热来提高反应起始温度。以加热方式为变量,分别采取盘管间接加热和蒸汽直接加热的方式,按下列参数进行实验。先向1#或2#中和锅中加工工艺水,分别用中和锅的盘管间接加热和通入洁净蒸汽直接加热,在搅拌条件下,同时缓慢加入过滤后的液碱和磷酸,投料结束后加入催化剂硝酸铝钾(用量为0.075%),调整料浆的中和度至3.00和相对密度至1.65,再熟化0.5 h后,取样检测中和料浆中和度和相对密度,将合格的中和料浆经过二次过滤后通过高压泵(频率29 Hz)经喷嘴喷入喷雾干燥塔中干燥脱水,调节喷雾干燥塔塔顶温度为290~310℃,煤气压力为5 kPa,干燥后的物料送入聚合炉进行聚合反应,调节聚合炉炉头温度350~450℃、聚合炉转速25 r/min,物料在聚合炉中的停留时间控制在15 min左右。制备的食品级三聚磷酸钠产品主要指标见表3。

表3 使用不同加热方式制备食品级三聚磷酸钠指标情况

Table 3 Indicators of food-grade sodium tripolyphosphate prepared by different heating methods

加热方式	$w(\text{三聚磷酸钠})/\%$	$w(\text{总磷酸盐})/\%$	白度/ $\%$	pH	$w(\text{水不溶物})/\%$	$w(\text{F})/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	$w(\text{Pb})/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	$w(\text{As})/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	$w(\text{重金属})/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$
直接加热	95.6	57.5	95	9.8	0.03	10.0	1.0	0.5	6
间接加热	95.6	57.4	95	9.7	0.02	10.1	1.0	0.4	6

由表3可知,生产三聚磷酸钠时,在蒸汽质量可控的情况下,两种加热方式都是可行的。

需要考虑的是不锈钢中和锅对液碱有很好耐腐蚀性,可承受一定浓度的液碱腐蚀。 $w(\text{H}_3\text{PO}_4)$ 高达85%的磷酸对中和锅产生腐蚀,且中和反应属于放热反应,会加速中和锅的腐蚀。因此,一般先向中和锅加入一定量的清水,再加热升高温度,然后采取磷酸和液碱同时缓慢加入的方式,控制好加料速率将中和料浆温度控制在70~90℃是有利于设备和生产的^[3]。

2.4 料浆中和度对食品级三聚磷酸钠指标的影响

料浆中和度,表明液碱中和磷酸的程度,用氧

化钠对五氧化二磷的摩尔比($n(\text{Na}_2\text{O})/n(\text{P}_2\text{O}_5)$,也叫钠磷比)表征。料浆中和度是三聚磷酸钠生产的一个十分重要的参数。

为了探究最佳的料浆中和度,在1.3节实验方法基础上,控制中和度在2.75~3.15,所得三聚磷酸钠产品的纯度、正磷酸盐、焦磷酸盐、偏磷酸盐含量见表4。

由表4可知,料浆中和度对食品级三聚磷酸钠产品指标影响较大。当中和度增大,料浆中的磷酸氢二钠含量偏多,制备的三聚磷酸钠中焦磷酸盐含量增大,偏磷酸盐含量降低;料浆中和度低,表明料浆中的磷酸氢二钠含量偏少,制备的三聚磷酸钠

表4 中和料浆中和度对三聚磷酸钠产品指标的影响

Table 4 Effect of neutralization degree of neutralization slurry on product indicators of sodium tripolyphosphate

序号	料浆中和度	干燥温度/ $^{\circ}\text{C}$	聚合温度/ $^{\circ}\text{C}$	产品指标/ $\%$			
				$w(\text{三聚磷酸钠})$	$w(\text{焦磷酸盐})$	$w(\text{偏磷酸盐})$	$w(\text{正磷酸盐})$
1	2.75	300	400	95.1	0.8	3.5	0.6
2	2.85	300	400	95.6	0.8	3.1	0.5
3	2.95	300	400	95.9	0.9	2.8	0.4
4	3.05	300	400	96.3	1.4	2.1	0.2
5	3.15	300	400	96.1	2.0	1.6	0.3

中不溶性的偏磷酸盐含量偏高、焦磷酸盐含量低。

焦磷酸钠具有一定的络合能力，有很好的分散力和增溶的效果。偏磷酸盐能较好地溶解于热水中，而不溶于冷水中。在实验中发现烧杯底部存在少量不溶性的白色物质，经检测为偏磷酸盐。在应用性实验上，偏磷酸盐会让产品变得浑浊，是不期望产生的物质。总的来说，食品级三聚磷酸钠制备过程中，通常将中和料浆中和度控制在2.85~3.05

范围内。

2.5 喷雾干燥温度对食品级三聚磷酸钠指标的影响

将喷雾干燥温度设为单一变量，在1.3节实验方法基础上将喷雾干燥塔塔顶温度设置为270~340℃，相关实验情况见表5。

通过实验表明，喷雾干燥温度对于中和料浆初步脱水具有较大影响，应合理控制喷雾干燥塔塔顶和塔底温度。

表5 采用不同喷雾干燥温度制备的食品级三聚磷酸钠产品指标

Table 5 Product indicators of food-grade sodium tripolyphosphate prepared at different spray drying temperatures

序号	料浆中和度	喷雾干燥塔塔顶温度/℃	喷雾干燥塔塔底温度/℃	聚合温度/℃	w(三聚磷酸钠)/%	pH	w(总磷酸盐)/%
1	3.05	270	210	350	93.5	9.56	56.5
2	3.05	280	220	350	94.2	9.64	56.9
3	3.05	290	230	350	95.1	9.68	57.1
4	3.05	300	240	350	95.5	9.74	57.5
5	3.05	310	250	350	96.4	9.80	57.7
6	3.05	320	260	350	97.2	9.84	57.8
7	3.05	330	270	350	97.5	9.92	57.9
8	3.05	340	280	350	98.1	9.94	58.1

由表5可知，喷雾干燥塔塔顶温度控制在280~330℃，塔底温度控制在220~270℃，得到的三聚磷酸钠产品各项指标合格。

2.6 聚合温度对食品级三聚磷酸钠指标的影响

聚合温度是三聚磷酸钠生产时聚合反应的主要工艺控制条件，直接影响产品质量和色泽^[7]。聚合

炉聚合温度对于产品中聚磷酸盐、偏磷酸盐等含量具有较大影响，应合理控制聚合炉炉头和炉尾温度。

将聚合炉炉头温度作为单一变量，在1.3节实验方法基础上将聚合炉头温度设置为270~560℃进行实验，结果见表6。

表6 采用不同聚合温度制备的食品级三聚磷酸钠产品指标

Table 6 Product indicators of food-grade sodium tripolyphosphate prepared at different polymerization temperatures

序号	料浆中和度	干燥温度/℃	聚合炉炉头温度/℃	聚合炉炉尾温度/℃	w(三聚磷酸钠)/%	w(焦磷酸盐)/%	pH	w(总磷酸盐)/%
1	3.05	320	270	100	95.1	1.25	9.36	56.2
2	3.05	320	300	115	95.5	0.94	9.42	56.4
3	3.05	320	330	130	95.9	0.82	9.46	56.6
4	3.05	320	360	145	96.3	0.83	9.54	56.6
5	3.05	320	390	160	96.5	0.81	9.66	56.9
6	3.05	320	420	175	96.8	0.78	9.74	57.1
7	3.05	320	450	180	97.2	0.82	9.82	57.3
8	3.05	320	480	195	97.5	0.84	9.86	57.4
9	3.05	320	510	210	97.7	1.06	9.88	57.6
10	3.05	320	540	225	98.2	1.22	9.90	57.8
11	3.05	320	560	240	96.4	1.58	10.10	58.0

由表6可知，食品级三聚磷酸钠的聚合温度控制在390~540℃时，产品三聚磷酸钠含量、pH等指标较好。需要引起重视的是当聚合温度高于560℃时，三聚磷酸钠产品中焦磷酸盐含量增加，三聚磷酸钠产品的pH会随之升高且超过10.10，超

过三聚磷酸钠标准要求的范围。

2.7 聚合炉转速对食品级三聚磷酸钠指标的影响

聚合炉转速对产品中聚磷酸盐、偏磷酸盐等含量具有较大影响，应合理控制聚合炉转速，优化停留时间。

将聚合炉转速作为单一变量,在1.3节实验方法基础上将聚合炉转速控制在14~32 r/min,实验结果见表7。

由表7可知,其他参数不变时,聚合炉转速越快,物料在聚合炉内停留时间越短,物料聚合不完全,导致三聚磷酸钠纯度偏低,焦磷酸盐含量增高,总磷酸盐含量降低,水不溶物高。相反,物料

在聚合炉内停留时间过长,虽然有利于产品发生聚合反应,但由于停留时间过长,物料在聚合炉内较多,聚合炉若长时间超负荷运行可能造成装置停车。而将聚合炉转速控制在20~30 r/min时,产品各类指标和聚合炉运行情况都比较正常。

因此,食品级三聚磷酸钠制备过程中通常将聚合炉的转速控制在20~30 r/min。

表7 采用不同聚合炉转速制备的食品级三聚磷酸钠产品指标

Table 7 Product indicators of food-grade sodium tripolyphosphate prepared at different polymerization furnace speeds

序号	料浆中和度	干燥温度/℃	聚合炉炉头温度/℃	聚合炉转速/(r·min ⁻¹)	w(三聚磷酸钠)/%	w(总磷酸盐)/%	w(水不溶物)/%	w(焦磷酸盐)/%
1	3.05	320	450	14	97.1	57.3	0.05	0.82
2	3.05	320	450	16	96.9	57.3	0.06	0.84
3	3.05	320	450	18	96.8	57.1	0.06	0.84
4	3.05	320	450	20	96.6	57.1	0.07	0.86
5	3.05	320	450	22	96.5	56.9	0.07	0.86
6	3.05	320	450	24	96.4	56.8	0.08	0.88
7	3.05	320	450	26	96.2	56.7	0.08	0.88
8	3.05	320	450	28	96.0	56.5	0.08	0.91
9	3.05	320	450	30	95.8	56.3	0.09	0.95
10	3.05	320	450	32	95.6	56.0	0.11	0.97

2.8 冷却条件对食品级三聚磷酸钠的影响

以冷却滚筒转速为单一变量,以25℃河水为冷却介质,在1.3节实验方法基础上冷却滚筒转速从12~17 r/min进行实验,结果见表8。

由表8可知,制备三聚磷酸钠时冷却滚筒转速对三聚磷酸钠的各项理化指标影响不大。化工实际生产中通常采用25℃河水作为冷却介质,采取逆流的方式对三聚磷酸钠产品进行降温。

表8 采用不同的冷却滚筒转速制备的食品级三聚磷酸钠产品指标

Table 8 Product indicators of food-grade sodium tripolyphosphate prepared at different cooling roller speeds

序号	料浆中和度	干燥温度/℃	聚合炉炉头温度/℃	冷却滚筒转速/(r·min ⁻¹)	w(三聚磷酸钠)/%	pH	w(总磷酸盐)/%
1	3.05	320	510	12	97.6	9.84	57.5
2	3.05	320	510	13	97.7	9.86	57.6
3	3.05	320	510	14	97.6	9.84	57.5
4	3.05	320	510	15	97.7	9.86	57.6
5	3.05	320	510	16	97.7	9.86	57.7
6	3.05	320	510	17	97.6	9.84	57.6

2.9 三聚磷酸钠产品表征

综合考虑各种指标,食品级三聚磷酸钠产品制备的最佳工艺条件如下:以w(H₃PO₄)85%的湿法磷酸、w(NaOH)48%的液碱为原料,在中和料浆的中和度为2.99~3.05、催化剂硝酸铝钾用量为0.075%、喷雾干燥塔塔顶温度为300~310℃、聚合炉炉头温度为390~420℃、聚合炉转速为24~26 r/min。在最佳工艺条件下,制备的三聚磷酸钠产品采用色谱仪测定纯度和偏磷酸盐含量,结果如图1所示。

从图1可知,最高峰对应的是三聚磷酸钠,质量分数为97.85%,产品w(偏磷酸盐)为1.17%,w(正磷酸盐)为0.08%,w(焦磷酸盐)为0.45%,满足国标及高端客户要求低偏磷酸盐质量分数≤1.5%要求。

采用离子色谱仪对食品级三聚磷酸钠中的正磷酸盐、焦磷酸盐、聚磷酸盐、偏磷酸盐含量进行检测,并与山东某厂、美国Innophos的三聚磷酸钠指标进行对比,结果如表9所示。由表9可以看出,本研究制备的三聚磷酸钠产品纯度和偏磷酸

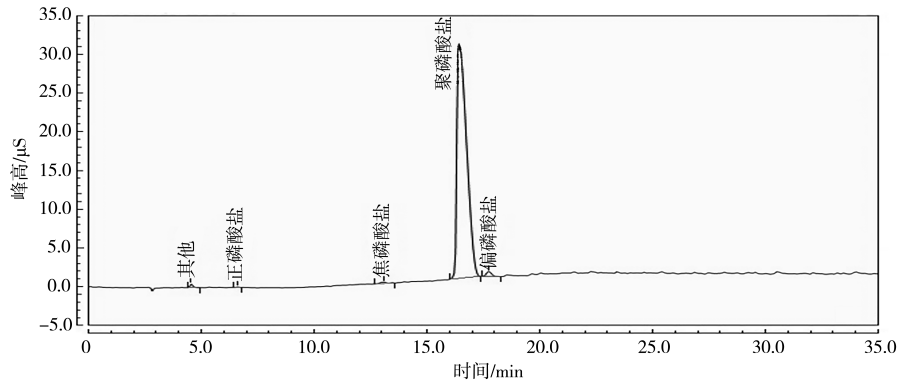


图1 色谱仪检测三聚磷酸钠纯度和偏磷酸盐含量

Fig.1 Purity and metaphosphate content in sodium tripolyphosphate detected by chromatographic

表9 三聚磷酸钠产品指标对比

Table 9 Comparison of product indicators for sodium tripolyphosphate

样品名称	$w(\text{正磷酸盐})$	$w(\text{焦磷酸盐})$	$w(\text{三聚磷酸钠})$	$w(\text{偏磷酸盐})$
山东某厂三聚磷酸钠	0.58	1.3	95.02	3.10
美国Innophos三聚磷酸钠	0.72	1.1	97.10	1.78
本研究三聚磷酸钠	0.19	0.9	97.70	1.21

盐含量等指标均优于山东某厂、美国Innophos的三聚磷酸钠产品。

3 结论

通过上述实验，得出制备低偏磷酸盐的三聚磷酸钠最佳工艺参数范围为：以 $w(\text{H}_3\text{PO}_4)$ 85%的湿法磷酸、 $w(\text{NaOH})$ 48%的液碱为原料，中和料浆的中和度为2.99~3.05，催化剂硝酸铝钾用量0.075%，喷雾干燥塔塔顶温度为300~310℃，聚合炉炉头温度为390~420℃，聚合炉转速24~26 r/min。在最佳工艺条件下，成功制备出低偏磷酸盐含量的三聚磷酸钠，其中产品中偏磷酸盐质量分数低于1.5%。该研究制备的食品级三聚磷酸的各项指标能够满足国标和高端客户的质量需求。

本研究制备的低偏磷酸盐含量的三聚磷酸钠，能快速在水中溶解完全，偏磷酸盐含量低，且产品用于复配磷酸盐产品时口感更好，提高产品应用效果。本研究低偏磷酸盐含量的三聚磷酸钠制备工艺成熟、设备适应性强，可实现工业化生产，节约设备投资，市场前景好。

[参考文献]

- [1] 陈善继.中国三聚磷酸钠的发展前景[J].无机盐工业,2003,35(3):8-10.
CHEN S J. Development prospect of sodium tripolyphosphate production in China[J]. Inorganic Chemicals Industry, 2003, 35(3):8-10.
- [2] 段利中,黄国虎,范宝安.湿法磷酸精制技术的研究及其工业化进展[J].化工矿物与加工,2013,42(5):35-38.
DUAN L Z, HUANG G H, FAN B A. New development of wet-process phosphoric acid purified technology and its industrialization [J]. Industrial Minerals & Processing, 2013, 42(5):35-38.
- [3] 杨承信.三聚磷酸钠生产[M].北京:轻工业出版社,1988.
- [4] 孙勋佳,李斌,程传能,等.一种生产低偏磷酸盐的三聚磷酸钠的方法:CN117819505B[P]. 2024-09-24.
- [5] 孙勋佳.高端食品级三聚磷酸钠生产工艺研究[D].武汉:武汉大学,2024.
- [6] 李国璋,舒龙,秦立鹏,等.一种生产不含硝酸盐、亚硝酸盐的三聚磷酸钠的方法:CN101920949A[P]. 2010-12-22.
- [7] 黄艳芹.三聚磷酸钠生产工艺控制探讨[J].河南职技师院学报,2001,29(2):44-45,49.
HUANG Y Q. Approach of process-controlling in the production of sodium tripoly phosphate[J]. Journal of Henan Vocational-Technical Teachers College, 2001, 29(2):44-45, 49.