

新型蒸发与片碱生产工艺设计与探讨

李春生 冯博博

(江苏海企技术工程股份有限公司 江苏南京 211153)

摘要: 本文提出了一种新型蒸发与片碱生产工艺的设计方案, 并对其进行深入探讨。该工艺采用先进的工艺路线、热能回收技术和控制理念, 旨在提高生产效率、降低能耗和减少环境污染, 以促进工艺优化和效益提升。本文介绍了新型蒸发与片碱工艺的流程、模拟优化、操作条件、成本控制, 并通过对比分析, 验证了新型生产工艺的有效性和可行性。

关键词: 蒸发与片碱; 工艺设计; 模拟分析; 消耗定额

中图分类号: TQ114.268

文献标志码: A

目前, 国内主流的离子膜烧碱蒸发与片碱工艺主要有三种: 三效降膜蒸发+二效片碱浓缩工艺(3+2型)、双效降膜蒸发+二效片碱浓缩工艺(2+2型)、双效降膜蒸发+一效片碱浓缩工艺(2+1型), 其中“3+2型”工艺具有能耗低、蒸汽利用率高等优点, 是一种较为先进的工艺路线, 但同时也具有投资大、占地面积大等缺点。本文旨在设计一种新型的“2+1型”碱生产工艺, 用 Aspen Plus 建立

装置模型, 计算不同工况下的装置运行情况, 确定合理工艺参数, 并与“3+2型”工艺消耗进行对比, 以探讨新型蒸发和片碱工艺在烧碱企业的应用及前景。

1. 工艺流程介绍

本新型工艺为“2+1”型蒸发+片碱生产工艺, 即二效逆流降膜蒸发+最终浓缩器工艺, 生产 99.5% 的片碱, 工艺流程如图 1 所示。

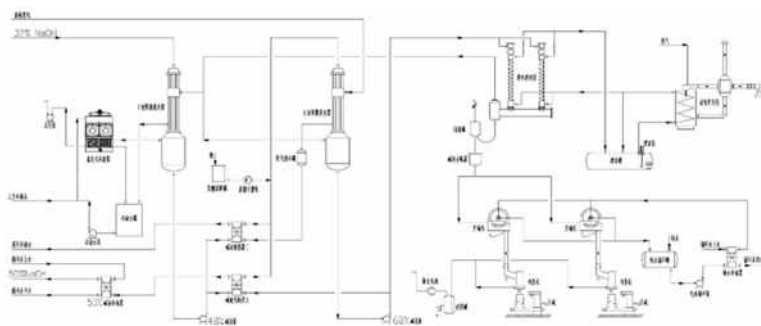


图 1 “2+1”型蒸发+片碱生产工艺流程图

本工艺中通过两效逆流降膜蒸发蒸发产出 172℃、68% 碱液, 并泵入最终浓缩器以生产片碱, 而传统的常规工艺为通过两效逆流蒸发产出 105℃、61.8% 碱液。采用本工艺会适当增加新鲜蒸汽的消耗, 但可有效降低熔盐炉系统的氢气或天然气燃料消耗, 适用于蒸汽富裕、氢气等燃料贫乏的特殊要求烧碱工厂。具体工艺流程描述如下:

碱液系统: 32% 烧碱溶液泵入 II 效降膜蒸发器顶部, 碱液经造膜器布液后均匀进入每根降膜管, 沿管壁呈膜状向下流动, 在真空操作条件下, 经二次蒸汽加热后浓缩至 48% 碱液。浓缩后碱液由 48% 碱液泵抽出, 并泵入碱液预热器 I 与生蒸汽冷凝水换热, 经加热后碱液送入 I 效降膜蒸发器顶部, 在 101KpaA 的降膜工况下, 经新鲜蒸汽加热后碱液由 48% 浓缩至 68%, 而后由 68% 碱液泵抽出并送至

最终浓缩器。为了保护最终浓缩器免受高浓度碱液的严重腐蚀, 在 68% 碱液管道中定量加入 5% 蔗糖溶液。在最终浓缩器的降膜管中, 碱液被高速蒸汽拉成均匀的液膜并与高温熔盐进行热交换, 68% 碱液脱水至 98.5% 熔融碱, 而后通过闪蒸罐闪蒸至 99%, 通过将系统压力降低到大气条件, 自发闪蒸到最终浓度。高浓度熔融碱通过重力流经由碱液分配器供给到两台片碱机, 制成片碱, 而后称量包装后堆码入库, 即为 99.5% 片碱。

蒸汽系统: 来自公用工程系统的新鲜蒸汽进入 I 效降膜蒸发器, I 效降膜蒸发器产生的二次蒸汽和最终降膜浓缩器产生的二次汽同时进入 II 效降膜蒸发器, II 效降膜蒸发器产生的二次蒸汽进入特殊设备蒸发式冷凝器, 利用工艺冷凝水的气化和风冷循环使二次蒸汽

冷凝行成真空,不凝气由真空泵抽除。

熔盐系统:由熔盐贮槽来的约 400℃的熔盐在熔盐加热炉中被加热至约 430℃送入最终浓缩器降膜管,提供浓缩所需热量,热交换后流回熔盐贮槽;加热熔盐所需燃料为氢气或天然气,燃料气与经过空气预热器预热后的空气混合后,通过燃烧器,在熔盐炉炉膛内燃烧,产生的热量加热熔盐炉,燃烧后的炉体排出烟气约 420℃,通过空气预热器回收热量后,送入烟囱排放。

本工艺流程通过两效逆流蒸发可同时生产 50%碱液,可满足工厂生产不同产品的需求。

2.工艺流程模拟与优化

本设计应用 Aspen Plus 建立二效逆流降膜蒸发+终浓缩模型,进行全流程模拟,模型中选用 ELECNRTL 和 STEAM-TA 物性方法,对不同工况下装置运行情况进行计算和分析,以确定合理的工艺设

表 1 生产 99.5%片碱的消耗定额

名称	规格	吨碱消耗(折百)
氢气	2411 kcal/Nm ³	230Nm ³
蒸汽	10barg & 184℃	950kg
电	380V 50 Hz	35Kw.h
循环水	32~40℃	35m ³

计参数。模型中的主要工艺参数如下:进料碱液 32%,温度 75℃;进料碱液流量 150 吨/天(折百);新鲜蒸汽 10barg,184℃;I 效操作压力:101kpaA;II 效操作压力:10kpaA;最终浓缩器操作压力:101kpaA;产品:50%碱液和 99.5%片碱。

以某实际蒸发与片碱装置生产工况为例,将模拟结果与实际装置测定数据进行比对,两者数据基本吻合。计算结果中的蒸汽消耗比实际测定蒸汽消耗略低,考虑到设备和管道热损失,本装置的模拟数据是可信的。

3.主要设备参数和能耗

根据模型计算数据,对应产能下本装置设计中的吨碱消耗定额分别见表 1 和表 2。应用 Aspen EDR 进行换热设备的模拟计算,本装置的主要设备一览表见表 3。

表 2 生产 50%碱液的消耗定额

名称	规格	吨碱消耗(折百)
蒸汽	8barg & 175.4℃	750kg
电	380V 50 Hz	3.5Kw.h
循环水	32~40℃	10m ³

表 3 主要设备一览表

设备名称	设备规格	材质	设备名称	设备规格	材质
I 效降膜蒸发器	F=70m ²	N4/304	冷凝水泵	Q=10m ³ /h H=35m	316L
II 效降膜蒸发器	F=150m ²	316L	阻汽排水罐	Φ600×1200	C.S
最终浓缩器	降膜管:10 根	N4	熔盐罐	V=40m ³	HRC
片碱机	转鼓规格:Φ1500×1800	N6+316L	真空泵	Q=300m ³ /h, P=3.3KPa	304+C.S
熔盐炉系统	Q=400 万 kcal/h	HRC+304	熔盐泵	Q=360m ³ /h H=55m	HRC+SS
闪蒸罐	Φ600×1000	N4	蔗糖溶解罐	V=1m ³	304
碱液分配器	Φ600×800	N4	蔗糖计量泵	Q=20L/h H=35m	304+PTFE
48%碱液泵	Q=12m ³ /h H=30m	N6	除尘风机	Q=4000m ³ /h P=920Pa	C.S
68%碱液泵	Q=10m ³ /h H=30m	N6	纯水循环罐	V=12m ³	304
碱液预热器 I	F=8m ²	N6	纯水循环泵	Q=200m ³ /h H=30m	304
碱液预热器 II	F=12m ²	N6	纯水冷却器	F=100m ²	304
碱液冷却器	F=10m ²	N6	洗涤罐	V=1.7m ³	C.S
蒸发式冷凝器		316L/C.S	包装机	200 包/h	304+C.S

工艺冷凝水罐	V = 3.5m ³	316L		
--------	-----------------------	------	--	--

4. 工艺优势对比

与常规二效蒸发+最终浓缩器生产片碱工艺相比,本装置主要有以下特点:

- (1) 节省燃料消耗和设备投资;
- (2) 采用逆流降膜蒸发,通过高效板换预热被蒸发的原料,增大预热综合利用效率。
- (3) 替换传统列管式表面冷凝器,采用新型蒸发式冷凝器,利用二次蒸汽冷凝水替换循环水实现二效的二次蒸汽冷凝,循环水资源节约 70%。
- (4) 采用碱泵变频控制技术,减少调节阀与高温碱液的接触,避免强腐蚀故障,使调节控制更加平稳。

5. 效益分析与预测

表 4 不同蒸发与片碱工艺消耗对比

名称	吨碱的蒸汽消耗 10barg & 184℃	吨碱的氢气消耗 2411 kcal/Nm ³	吨碱的循环水消耗 32~40℃
新型“2+1”型蒸发+片碱工艺	950kg	230Nm ³	35m ³
常规“2+1”型蒸发+片碱工艺	880kg	350Nm ³	100m ³
常规“3+2”型蒸发+片碱工艺	550kg	350Nm ³	120m ³

本文中新型“2+1”型蒸发+片碱生产工艺,主要应用于蒸汽富裕、氢气燃料贫乏的烧碱工厂,可有效节约氢气燃料和循环水,现从氢气和循环水两方面消耗进行效益分析。

以 150 吨/天(折百)片碱生产为例,每吨碱可节约氢气 120Nm³、循环水 65m³,按照氢气价格 2 元/Nm³、循环水 0.3 元/m³、蒸汽 100 元/吨计。采用本工艺后,氢气每年可节约生产成本: 150 × 120 × 2 × 330=1188 万,循环水每年可节约生产成本: 150 × 65 × 0.3 × 330=96.5 万。从节约氢气燃料和循环水的烧碱工厂考虑,采用本工艺的经济效益可观。

5.3 主要解决的问题

本套蒸发+片碱生产工艺从工厂实际需求出发,主要针对烧碱厂蒸汽富裕,同时考虑节约氢气或天然气等其他燃料,采用新型蒸发式冷凝器,节约循环水资源;采用碱泵变频控制技术,使调节控制平稳;工艺路线简洁,采用高效板换和逆流降膜蒸发技术,提升热能利用效率,减少前期设备投资,占地面积小。

6. 结论

本文设计了一种新型蒸发与片碱生产工艺,通过热能回收、工

5.1 投资成本分析

本工艺的设备配置与常规“2+1”型蒸发+片碱生产工艺相近,但与三效蒸发+预浓缩器+终浓缩器工艺相比,可少投资两台降膜蒸发器、两台碱液管式预热器、一台表面冷凝器、一台冷凝水罐、一台真空泵、四台碱泵等,以及配套的管道、阀门、建构物等。考虑到本装置区内衬材和 316L 居多,因此采用“2+1”型蒸发+片碱工艺可显著减少前期设备及配件的固定资产投资,同时可节约装置区占地面积。

5.2 能耗对比与效益分析

参照同行业工厂生产 99%片碱的数据,蒸汽、氢气、循环水的消耗见表 4:

艺流程优化和关键技术改进,实现了生产效率的提高、能耗的降低、投资成本的降低。通过应用 Aspen Plus 建立装置模拟模型,与实际生产装置的测量数据进行对比,证明模型数据的可信性,可帮助工艺人员评价装置运行工况、以及故障查找。通过成本分析和消耗对比,证明新型生产工艺具有显著的优势和可行性,对于推动烧碱行业的发展具有重要意义。未来,我们将继续深入研究新型工艺的应用和推广,为烧碱行业的进步和发展做出更多贡献。

参考文献:

- [1]张鹏,宋启祥,谢培军等.管壳式降膜蒸发器在烧碱蒸发装置中的应用[J].辽宁化工,2017.
- [2]管东强,阎俐明.三效逆流降膜蒸发装置模拟分析[J].氯碱工业,2013.
- [3]宁静.立式管内降膜式蒸发器工程设计[J].石油化工设备技术,2019.

作者简介:李春生(1989—),男,注册化工工程师,工学硕士,从化工工程设计、工艺研发方面的研究。