

[制造·使用·改进]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2017.02.018

骨素真空浓缩设备中关键辅件的优化设计

吴婷^{1,2}, 贾伟^{1,2}, 韩玲^{1*}, 余群力¹, 李侠², 张春晖²

(1. 甘肃农业大学 食品科学与工程学院, 甘肃 兰州 730070;

2. 中国农业科学院 农产品加工研究所, 北京 100193)

摘要:为解决真空浓缩过程中物料损失、原料及设备易受污染、清洗困难等问题,对真空浓缩设备中的防跑料装置、冷凝液排出装置和观察视镜3个关键辅件进行了优化设计。防跑料装置使用丝网气液分离器及离心式气液分离器进行捕集,设计快装式捕集器盖以实现内筒体整体清洗及更换;设计了无泵自动排水装置,在无泵状况下,只使用压缩空气为动力,将冷凝后达到一定液位的液体排出。优化设计后的3辅件结构简单、易操作、安全系数高、适用范围广。改进后的浓缩设备具有较高的推广和应用价值。

关键词:真空浓缩;骨素;防跑料;自动排水;防结露

中图分类号:TS251

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2017)02-0081-04

Optimal Design of Key Accessories in Vacuum Concentration Equipment Bone Ossein

WU Ting^{1,2}, JIA Wei^{1,2}, HAN Ling^{1*}, YU Qunli¹, LI Xia², ZHANG Chunhui²

(1. College of Food Science and Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

2. Institute of Agro-Products Processing Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: To solve the problems such as material escape, vulnerable to pollution of materials and equipment, difficulty cleaning, and so forth, the three key accessories of preventing material escape device, auto-drainer of condensate water and sight glass devices in vacuum concentration equipment were optimized. The prevent material escape used the screen gas-liquid separation device the centrifugal gas-liquid separator to capture, and the fast-loading trap cylinder within the cover was designed in order to achieve the overall cleaning and replacement. Condensate drain was realized by the automatic drain device with no pump. Under the pump-free conditions, only by using the compressed air powered, the liquid discharge of condensate reached a certain level. The three key accessories have the characteristics of simple structure, easy operation, highly secure, wide range of application. It has high popularization and application value.

Keywords: vacuum concentration; bone ossein; preventing material escape; auto-drainer; antifogging

浓缩是一种重要的食品生产加工方法,选择合适的浓缩方法不仅可以保持食品原料的营养成分,又可以提高产品的品质,真空蒸发则是工业生产中普遍的浓缩方法^[1]。其优点在于节能,有利于保持原料的营养物质,特别是某些氨基酸、酚类等物质,可防止营养物质受热被破坏和原料的焦化^[2]。因此,选择合理的

浓缩方法和适宜的条件是非常重要的。

但是在浓缩过程中,物料中含有易起泡的蛋白质、多糖、皂类物质等成分,如果操作不当,泡沫会裹挟着大量物料随着真空管道溢出设备之外^[3-4]。由此会造成物料的损失、出品率降低,而且飞沫中的物料会附着在冷凝器表面形成顽固阻垢,造成换热效率降低和增

收稿日期:2016-08-30;修回日期:2016-12-30

基金项目:农业部“948”项目“农产品加工副产物高值化利用技术引进与应用”(2016-X31);国家现代农业(肉牛牦牛)产业技术体系资助项目(CARS-38)。

第一作者简介:吴婷(1991),女,甘肃酒泉人,硕士研究生,主要研究方向为动物性食品营养与工程。通信作者:韩玲(1963),女,博士,教授,主要研究方向为畜产品加工及贮藏。E-mail:hanling5@126.com

加能耗;此外,物料还会以飞沫形式进入真空系统内,造成整体浓缩系统效能降低。因此,解决浓缩过程中跑料问题是保证浓缩器高效率运行的关键。

常规真空浓缩装置的冷凝液排出系统往往是靠人工观察视镜中液位的高低,通过切换阀门来实现排出冷凝液体的操作。若要实现自动排液,就需在冷凝液体收集罐体安装高低液位传感器,通过传感器传输信号来控制排液泵启动将冷凝液体排出。由于浓缩过程一般都是在真空状态下运行,对排液泵的机械密封配置要求较高,导致设备造价也很高。而且冷凝液体为动态,容易造成液位传感器传输信号不稳定,排液泵频繁启动而损坏^[5]。如果浓缩液含有机溶剂时,控制系统、传感器和排液泵电机则需要单独的防爆处理,造价大幅升高。另外,在使用普通离心式排液泵时,管道内需要充满液体泵才能形成吸程和扬程,而且在泵停转后输出管道和进液管道内仍残存冷凝液体,排料不尽。

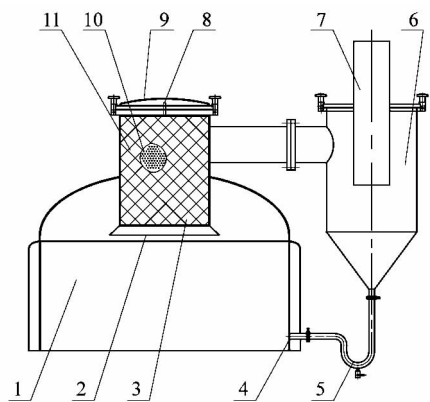
在真空浓缩装置中,对内部的物料运行情况进行了解,除了使用相应的传感器外,直观地观察是最可行的办法。所以,一般在蒸发室的顶部或罐体安装有能够承受压力的防爆玻璃视镜,再配合视灯的光线就能够较为直观地观察到容器内部物料情况。而实际生产过程中,由于设备内部的温度高于外界,蒸发产生的水蒸气会凝结在视镜上,导致视线不清。为了避免此种情况,部分浓缩装备也设计一根与罐体内同溶剂的小管道直对视镜进行冲洗,以避免蒸气凝结。但是,由于压力视镜的厚度较大(一般 $\geq 15\text{ mm}$),外部进入的液体温度与玻璃视镜的温差很大(一般 $\geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$),所以玻璃视镜有炸裂危险,容易对操作人员造成伤害,引发安全事故^[6-7]。真空浓缩装置的工作原理即溶液受热溶剂分子获得动能,料液沸腾并迅速汽化,工业上为了提高这种汽化速度,大多采用在沸腾状态下的汽化过程^[8-9]。由于一些热敏性原料以及对产品的较高要求,使得浓缩条件力求低温短时。蒸发速度快,可起到预杀菌或部分杀菌的作用,操作空间密闭,可降低微生物对食品原料的污染。

本研究针对以上问题对浓缩装置的关键辅件进行了优化设计,以解决常规浓缩装置中浓缩器跑料、排水系统不彻底、物料残留、压力视镜结雾和爆裂等问题,为浓缩装备性能、操作便利、安全性提升提供了可靠方案。

1 防止跑料的装置设计

1.1 结构组成

真空浓缩防跑料装置结构示意图如图1所示。



1—蒸发室;2—捕集器燕尾圈;3—捕集器外筒体;4—回流口;5—U型回流管;6—分离器;7—真空管;8—捕集器内筒提手;9—捕集器上盖;10—捕集器内筒;11—捕集器填料。

图1 真空浓缩防跑料装置结构示意图

Figure 1 Structural diagram of preventing material escape device in vacuum concentration equipment

1.2 结构设计

防止跑料装置包括捕集器外筒体、捕集器内筒体、捕集器填料、捕集器盖、分离器、分离器回流管。捕集器外筒体与浓缩器的蒸发室顶部连接;捕集器内筒体为带孔的圆筒,安装在捕集器外筒体内部,之间使用橡胶密封圈密封;捕集器填料放置在捕集器内筒体内部;捕集器盖为快装形式,打开后能够方便地将内筒体整个提出后进行清洗或更换;分离器是将蒸发的二次蒸气与物料液滴通过重力作用分离,其与捕集器外筒体通过管道连接;分离器回流管是将物料液滴收集后回流到浓缩器的蒸发室内,分离器底部与浓缩器的蒸发室通过U型管连接。

该装置使用丝网气液分离器及离心式气液分离器进行捕集,当气流速度低于临界速度时,液滴微粒就不能因惯性碰撞而滞留于单丝上,使得捕集效率下降^[10-11]。截留作用的捕集效率决定于液滴微粒直径和单丝直径之比,又与空气流速成反比,当气流速度低时截留才起作用。压力损失 p 是指流体流经它所产生的总压降,是评价分离器性能的一个非常重要的指标^[12-13]。 p 为2部分之和:①给有效的离心力场提供能量,对分离过程起积极作用;②主要是克服排气的各种损失,基本上对分离过程不起作用。压力损失 p 计算如下:

$$p = \xi \times \rho \times \mu / 2.$$

根据Coker公式, $\xi = 9.47S/D^2$ 。

式中: ξ 为阻力系数; ρ 为气体密度, kg/m^3 ; μ 为进口的气流速度, m/s ; S 为进气管截面积, m^2 ; D 为排气管直

径,mm。

单位时间内,单位捕集室体积所能处理的二次蒸气积量 A 为:

$A = (W \times V_B) / V_D$,一般离心式捕集器 A 为 $4\,000 \sim 4\,500 \text{ m}^3 / 10^6 \cdot \text{m}^3$ 。

式中: W 为水的蒸发量,即二次蒸气量,kg/h; V_B 为二次蒸气比容, m^3/kg ; V_D 为捕集室的容积, m^3 。

通过特殊设计的捕集器首先将飞沫捕集,随后再通过分离器将跑逸的物料液滴收集后回流到浓缩器内部。减少了物料损失,避免飞沫对冷凝器、真空系统的损坏,提高设备生产效率,延长使用寿命。

1.3 工作原理

真空浓缩装置中防止跑料装置使用时,浓缩产生的二次蒸气和飞沫会在蒸发室 1 内产生,并随着真空管 7 的真空抽力和热力的作用向冷凝器方向运动。当汽液混合物遇到捕集器外筒体 3 会顺着外壁凝结,一部分液滴在重力作用下向下流动,捕集器燕尾圈 2 的作用就是将凝结的液滴向外扩散,防止随真空抽走。其中大部分浓缩产生的二次蒸气和飞沫会进入到捕集器内筒 10 内,经过捕集器填料 11 的捕集作用将大部分的飞沫附着收集。二次蒸气则会随真空力量再进入到分离器 6 内,较重的液滴在分离作用下沉降。U 型回流管 5 起到收集回流的液体和平衡真空的作用,收集液体通过回流口 4 进入蒸发室 1 内。当生产完毕后,打开捕集器上盖 9,使用捕集器内筒提手 8 将捕集器内筒 10 提出进行更换或清洗。

2 无泵自动排水装置设计

2.1 结构组成

无泵自动排水装置如图 2 所示。

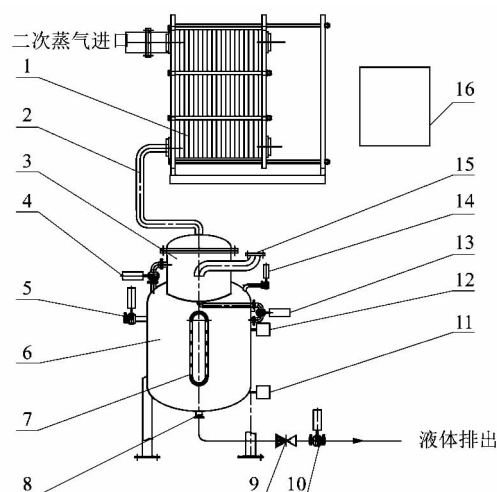
2.2 结构设计

无泵自动排水装置包括冷凝器、集液罐体、连接管道、气动自控阀门组、液位传感器、控制器等。冷凝器与集液罐体通过管道连接;气动阀门组安装在集液罐体的相关接口;液位传感器安装在集液罐体上;控制器是以液位传感器为开关信号来控制气动阀门组的开关顺序^[14]。控制原理如图 3 所示。

该真空浓缩装置的无泵自动排水装置可以在无泵的状况下,只使用压缩空气为动力,将冷凝后达到一定液位的液体排出。使用较低的能耗,解决由人工控制或自动控制的排液泵来排出冷凝液体。省时省力,避免了造价高、维护繁琐、适用范围窄的问题。

2.3 工作原理

无泵自动排水装置使用时,二次蒸气顺着真空口



1—冷凝器;2—连接管;3—集液罐上室;4—上下室连通阀;5—压缩空气阀;6—集液罐下室;7—视镜;8—排液口;9—止回阀;10—排液阀;11—下液位传感器;12—上液位传感器;13—冷凝液连通阀;14—排空阀;15—真空口;16—控制器。

图 2 真空浓缩无泵自动排水装置结构示意图

Figure 2 Structural diagram of no pump and auto-draining device in vacuum concentrate equipment

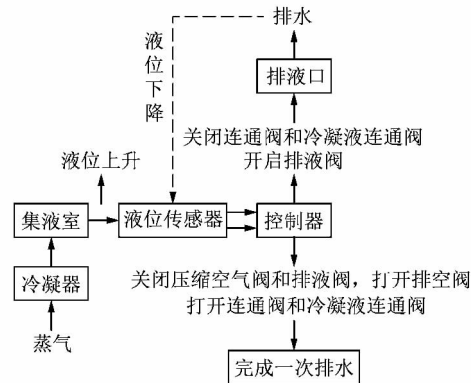


图 3 无泵自动排水装置工作示意图

Figure 3 Operation schematic diagram of no pump and auto-draining device

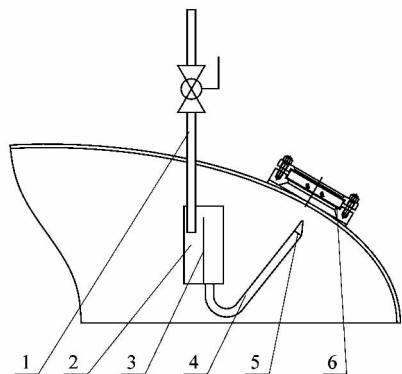
15 的抽真空方向,进入到冷凝器 1 后冷凝,顺着连接管 2 流入集液罐上室 3 内。在正常工作状况下,冷凝液连通阀 13 是常开,冷凝液流到集液罐下室 6 内。此时,上下室连通阀 4 为开启,其作用是为平衡集液罐上室 3 与集液罐下室 6 的压力,保证冷凝液体顺利流入集液罐下室 6。当液体逐渐累积,没过下液位传感器 11 后,可以通过视镜 7 观察到液面情况。随着液体增多,当液位达到上液位传感器 12 时,控制器 16 得到信号需要排水。首先关闭上下室连通阀 4 和冷凝液连通阀 13,开启排液阀 10 和压缩空气阀 5。此时,压缩空气会在集液罐下室 6 内形成一定压力将冷凝液体从排

液口8经过止回阀9和排液阀10排到指定容器或地点。随着液位降低,当液位到达下液位传感器11时,控制器16收到信号。首先关闭压缩空气阀5,之后再关闭排液阀10打开排空阀14,防止集液罐下室6压力过高,压力平衡后关闭排空阀14,随后打开上下室连通阀4和冷凝液连通阀13,完成一次排水过程。

3 防结雾视镜设计

3.1 结构组成

防雾视镜结构如图4所示。



1—进液管;2—换热缓冲器;3—缓冲器隔板;4—喷淋管;5—喷淋口;6—视镜。

图4 真空浓缩防结雾压力视镜结构示意图

Figure 4 Structural diagram of antifogging sight glass in vacuum concentration equipment

3.2 结构设计

防结雾压力视镜包括视镜主体、进冲洗液液体管、换热缓冲器、喷淋管。视镜主体安装在容器的表面,使用上下法兰将玻璃视镜压紧;冲洗液体管安装在视镜主体附近,方便操作;换热缓冲器连接在进液管与喷淋管之间;喷淋管与换热缓冲器连接,喷口对准视镜主体。该防结雾压力视镜的喷淋液体将经过预热后再喷淋在视镜上,减小了喷淋液体与视镜之间的温度差,消除了视镜应力差,大大降低了视镜爆裂的隐患。

3.3 工作原理

防结雾视镜使用时,先缓慢打开进液管1的阀门,此时,冲洗液体顺管路进入到换热缓冲器2腔体内,流经缓冲器隔板3后,再进入喷淋管4。观察视镜6待喷淋口5有液体溢出时再开大阀门。经过换热后的冲

洗液喷淋在视镜6上,温度与视镜6相近不易形成温差应力。

4 结论

通过对真空浓缩装置辅件的优化设计,较好地解决了浓缩过程中遇到的跑料、排液残留、不易观察等问题。防止了常规浓缩中由于飞沫而造成物料损失,以及对冷凝器和真空系统的污染,解决了常规浓缩排水中常遇到的排水泵控制、造价及维护的问题,拓宽了设备适用范围,有效地避免喷淋液体与视镜温差大容易爆裂的弊端。该装置相较于常规的浓缩装置可显著提高设备生产效率和安全系数且操作方便,应用范围广,具有较高的推广和应用价值。

参考文献:

- [1] 于欣洋,岳鹏翔,黄志龙,等. 茶浓缩液浓缩方法的研究进展[J]. 福建茶叶,2009,31(2):4-5.
- [2] 李军. 苦杏仁脱苦工艺的研究[D]. 北京:北京林业大学,2012:12-35.
- [3] 余旭聪. 微波真空浓缩设备的设计及其在酶溶液与食品浓缩中的应用研究[D]. 广州:华南理工大学,2013:9-37.
- [4] 张春晖. 骨源食品加工技术[M]. 北京:科学出版社,2015.
- [5] 李剑波. 真空排水系统的原理、方法及应用[J]. 净水技术,2011,30(3):30-33.
- [6] NISHIBAYASHI H, AMAGAI Y, HIKAKE N, et al. Antifogging: US 4388396 A[P]. 1983-06-14.
- [7] GRYTA M, WASZAK M. Application of vacuum membrane distillation for concentration of organic solutions [J]. Chemical papers,2016,70(6):737-746.
- [8] 王启义. 中国机械设计大典:第2卷 机械设计基础[M]. 南昌:江西科学技术出版社,2002.
- [9] 董大勤,袁凤隐. 压力容器与化工设备实用手册[M]. 北京:化学工业出版社,2000.
- [10] 魏国成,王满生. 丝网气液分离器分离机理分析研究[J]. 食品与机械,2010,26(4):98-101.
- [11] 冯进,丁凌云,张慢来,等. 离心式气液分离器主要结构参数分析[J]. 石油机械,2007,35(2):19-21.
- [12] 顾昂. 负压环境下高效气液分离器性能研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2011:22-40.
- [13] 韩东,顾昂,岳晨,等. 可用于MVR蒸发系统的气液分离器改进结构分析[J]. 化工学报,2012,63(2):508-515.
- [14] WILLIAMS P M, FALLER K M, BAUER E J. Method for preventing jamming conditions in a compression device:U.S. 6,405,662[P]. 2002-06-18.