



简述卧螺离心机在腐植酸钾（钠）生产工艺中的应用

俞利楠

上海市离心机械研究所有限公司 上海 200431

摘 要：本文介绍了卧螺离心机在腐植酸钾（钠）生产工艺中的应用，阐述了腐植酸钾（钠）的生产工艺及卧螺离心机的工作原理和特点。在腐植酸钾（钠）生产中，卧螺离心机用于提取液的固液分离、洗涤和脱水等环节，并通过案例分析展示了引入卧螺离心机后的显著效益。最后展望了卧螺离心机在该领域的前景，智能化、高效化、节能化以及与其他分离技术的结合，能够为腐植酸钾（钠）产业发展提供有力支持。

关键词：腐植酸钾（钠）生产；卧螺离心机；固液分离

中图分类号：TQ314.1, TQ051.8 文章编号：1671-9212(2025)04-0012-06

文献标识码：A DOI：10.19451/j.cnki.issn1671-9212.2025.04.002

The Application of Decanter Centrifuge in the Production Process of
Potassium (Sodium) Humate: A Brief Description

Yu Linan

Shanghai Centrifugal Machinery Institute Co. Ltd., Shanghai, 200431

Abstract: This article introduced the application of decanter centrifuge in the production process of potassium (sodium) humate. It elaborated on the production process of potassium (sodium) humate, as well as the working principle and characteristics of decanter centrifuge. Decanter centrifuge was employed for solid-liquid separation, washing and dehydration of the extraction solution during the production of potassium (sodium) humate. The benefits of integrating decanter centrifuge into this process were illustrated through case analysis. Finally, this article discussed the future development prospects of decanter centrifuges in this field. Trends such as increased intelligence, enhanced efficiency, energy conservation and integration with other separation technologies were expected to provide strong support for the advancement of the potassium (sodium) humate industry.

Key words: production of potassium (sodium) humate; decanter centrifuge; solid-liquid separation

腐植酸钾是发展绿色、高效农业的重要投入品，可以实现提高作物产量、改善品质、增强抗逆性和保护土壤环境的目标；腐植酸钠是一种多功能的天然有机物质，其核心价值在于其优良的物理、化学活性和生物活性，除了在农业上发挥改良土壤、增效肥料、修复环境等作用外，还在工业助剂、畜牧和水产养殖中发挥重要作用。腐植酸钾（钠）

的生产工艺复杂多样，其中分离和提纯是关键环节之一。随着科技的不断进步，各类高效设备在化工生产中的应用越来越广泛，卧螺离心机作为一种高效的离心分离设备，在腐植酸钾（钠）生产工艺中发挥着重要作用。本文旨在简述卧螺离心机在腐植酸钾（钠）生产工艺中的应用，以期为相关产业提供有价值的参考。

[收稿日期] 2024-12-05

[作者简介] 俞利楠，男，1983 年生，高级工程师，主要从事卧螺离心机的应用研究及其产品设计研发工作，E-mail: yln@csci.com.cn。

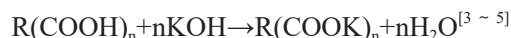


1 卧螺离心机在腐植酸钾（钠）生产工艺中的应用

1.1 腐植酸钾（钠）的生产工艺

腐植酸广泛存在于褐煤、泥炭和风化煤中^[1]。目前，腐植酸的提取方法主要有碱溶法、酸溶法和微生物溶解法^[1, 2]；腐植酸盐的制备工艺通常是

腐植酸结构中的酸性基团与碱进行化学反应生成。例如，腐植酸钾的制备即用一定浓度 KOH 溶液提取褐煤中的腐植酸，其反应原理如下。



腐植酸钾（钠）的生产工艺流程包括原料的采集、预处理、提取、分离、纯化和干燥等步骤，可简单表示为图 1。

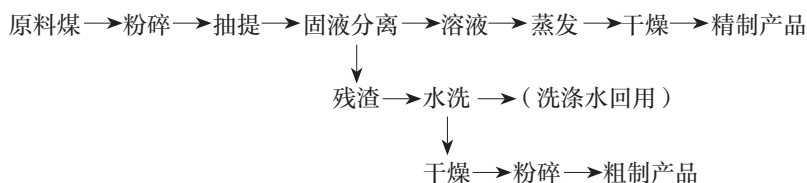


图 1 腐植酸钾（钠）生产工艺流程

Fig.1 Process flow of the potassium (sodium) humate production

在反应器中放入原料煤、KOH（或 NaOH）、水，在 85 ~ 90 °C 抽提 40 min 左右。将反应物料放入沉降池进行初沉淀，将粗清液泵入沉降离心机或斜板（或斜管）沉降器进行固液分离。澄清液在蒸发器中浓缩到 10 ° Bé（波美度）左右，送至干燥机干燥后即成精制产品。沉淀分离出来的残渣放入洗涤槽，用软水洗涤几次，将洗涤水回收作为下次抽提的用水^[6]。生产腐植酸钾（钠）的工艺设备主要是带加热夹套的反应器、沉降离心机或斜板（或斜管）沉降器、蒸发器、干燥机等。这一过程中，卧螺离心机的作用显得尤为重要。

腐植酸含量大于 60% 的原料煤也可采用干法或半干法生产粗制产品，即不经固液分离和浓缩，直接进行干燥^[6]。本文不讨论此法。

1.2 卧螺离心机在腐植酸钾（钠）生产工艺中的应用环节

1.2.1 提取液的固液分离

在腐植酸钾（钠）提取后，提取液中通常含有未溶解的固体杂质、大分子聚合物等。卧螺离心机可以快速地将这些杂质分离出来，为后续的纯化步骤提供较为纯净的料液。

在腐植酸钾（钠）的沉淀或结晶过程中，需要将固体产物与母液分离。卧螺离心机能够高效地完成这一任务，提高产品的收率和纯度。

1.2.2 洗涤脱水

分离得到的固体腐植酸钾（钠）产物可能还含有残留的溶剂或杂质，通过卧螺离心机进行洗涤和脱水操作，可进一步提高产品质量及原料利用率。

2 卧螺离心机的工作原理及特点

2.1 分离原理

卧螺离心机的分离原理主要利用高速旋转产生的离心力场，悬浮液中密度、粒径不同的两相产生分层，悬浮液中密度、粒径较大的固相颗粒被快速甩向转鼓内壁形成固环层，而密度、粒径较小的液相则形成内层液环。根据斯托克斯定律修正公式，颗粒沉降速度（ V_c ）与固液相密度差（ $\Delta\rho$ ）、颗粒直径（ d ）平方及离心加速度（ $\omega^2 r$ ）成正比，与液相黏度（ μ ）成反比。

$$V_c = (\Delta\rho \cdot d^2 \cdot \omega^2 r) / (18\mu)^{[7]}$$

该公式解释了固相颗粒在离心场中的加速沉降现象：固相密度越大、颗粒直径越大，离心沉降速度越快，分离效率越高；卧螺离心机转速越大，转鼓半径越大，离心沉降速度越快，分离效率越高；液相黏度越低，离心沉降速度越快，分离效率越高。

2.2 工作原理

卧螺离心机的工作原理如图 2 所示。要分离的

物料经进料管连续输送到机内，经螺旋输送器的出口口进入高速旋转的转鼓内，在离心力场作用下，物料在转鼓内形成环形液流，固相颗粒在离心力作用下快速沉降到转鼓内壁上，差速器产生转鼓和螺旋输送机差速，由螺旋输送机将固相颗粒推送到转鼓锥端的干燥区，经过螺旋输送机推力和沉渣离心

分力的双向挤压，使其得到进一步挤压脱水后，形成料渣从转鼓小端排渣口排出。环形液流的液层深度可通过转鼓大端的溢流挡板进行调节，以获得固相料渣和清液各自的分离效果。分离后的澄清液经溢流口排出，脱水后固相料渣和澄清液分别被收集到机壳各自仓内，最后在重力作用下排出机外^[7]。

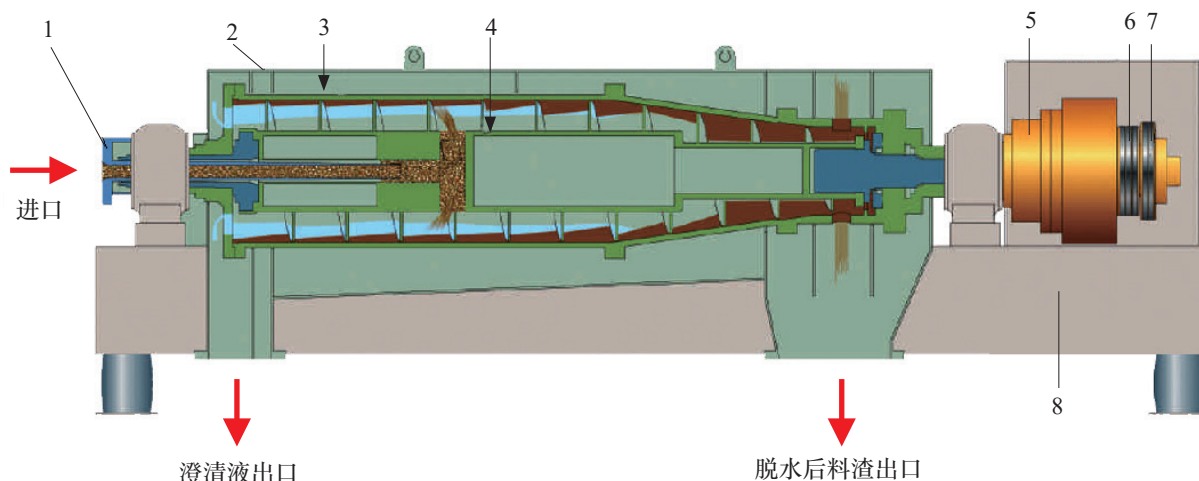


图 2 卧螺离心机工作原理示意图

Fig.2 Schematic diagram of working principle of decanter centrifuge

注：1—进料管；2—机壳；3—转鼓；4—螺旋输送机；5—差速器；6—主皮带轮；7—副皮带轮；8—机架。

2.3 设备特点

卧螺离心机作为腐植酸钾（钠）生产中的关键设备，具有以下特点：（1）分离效果好，可有效分离出细小的固体颗粒，不溶物含量低，产品品质高；（2）结构紧凑、安装空间小，运转平稳、自

动化程度高，操作简便；（3）处理量大，能连续运行，生产效率高，投资和运行成本高，但维护费用低；（4）适应性强，能适应原料和提取液的性质波动，满足不同工艺的需求。与传统固液分离设备压滤机、斜板（或斜管）沉降器的对比见表 1。

表 1 卧螺离心机与压滤机、斜板沉降器的优缺点

Tab.1 The advantages and disadvantages of decanter centrifuge, filter press and inclined plate settler

项目	卧螺离心机	压滤机	斜板（或斜管）沉降器
脱水原理	离心力沉降	加压 + 过滤	自然沉降
安装空间	小	大	大
一次投资	较高	低	低
运行费用	较高	低	低
维护费用	低	较高	低
不溶物指标	3% ~ 5%	15% ~ 20%	> 20%
连续运行	可以	不可以	可以
生产效率	高	低	低
密封性	密闭式	敞开式	敞开式



3 案例分析

3.1 原有工艺

以山西某腐植酸钾生产企业为例。该企业在引入卧螺离心机之前，采用传统过滤和沉降方法进行分离（图 3），沉淀池或压滤机的生产效率低，产品质量不稳定，精制产品品位低（纯度通常为 80% 左右），经济效益偏低；该粗制产品的品质则更差，因而不得不将粗制产品销售给其他企业进行生产再提取，不仅浪费原料而且整体生产效率低下。

3.2 改进工艺

引入卧螺离心机后，优化了生产工艺流程，如图 4 所示。

（1）褐煤原料破碎磨成粉状，与水配比形成水煤浆，进入旋流器除渣；进入过渡罐后经泵送至常压反应釜，加预制的 KOH，通入蒸汽（ $> 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）后进行反应。该生产企业发现其原有的破碎、筛分系统存在煤粉粒径不均匀，部分过大的粒径煤粉进入反应釜，易造成反应不完全，反应速度降低，影响反应效率，且易产生残留，增加产品中不溶物比

例，降低腐植酸钾品质。该企业在未更换破碎、筛分设备的基础上，采用增加一套旋流器的方法，优化水煤浆颗粒粒径的初步分级，确保大颗粒粒径的水煤浆不会进入反应釜，提高了反应釜的效率，并且可以有效提升后续物料的分离效果。

（2）反应物料进入卧螺离心机，固相料渣可干化造粒形成粗制产品（该产品品位较低，经济性略低）；通过卧螺离心机分离后的液相（不溶物指标可达 3% ~ 5%）自流入罐，后续经过三效蒸发系统浓缩，真空泵送入高压反应釜，最终形成精制产品（品位好，经济性高），最后产品通过自动打包机打包制成商品矿源腐植酸钾。该道工序的优化大大提高了生产效率，产品纯度从 80% 提高到 95% 以上，同时降低了劳动成本和原材料消耗。

该企业采用原有工艺生产的商品纯度 80% 左右，通常被定义为原料型腐植酸钾或低纯度产品，其价格约 3000 元/吨；改进工艺方案后，其精制产品矿源腐植酸钾纯度 95% 以上，从行业合格产品标准提升成为优质产品标准，价格最高可达 6000 元/吨，经济效益显著提高。

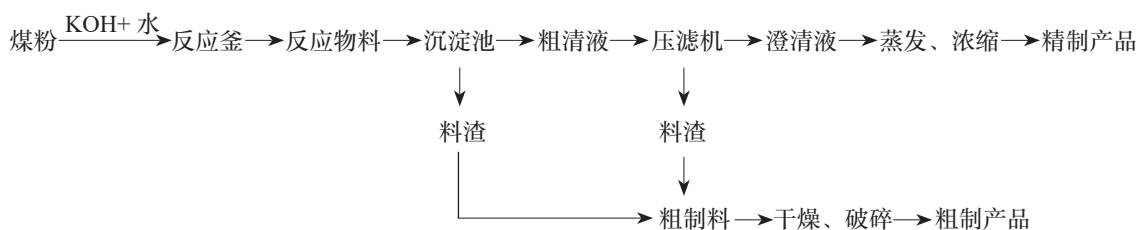


图 3 原有生产工艺流程

Fig.3 Process flow of the original production

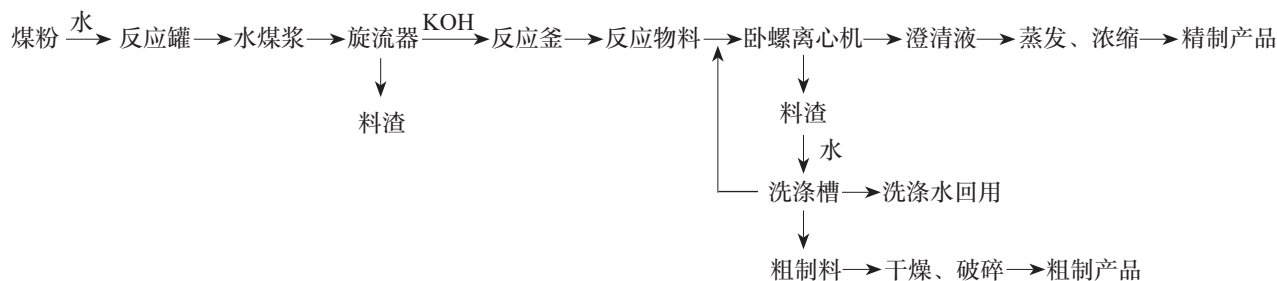


图 4 优化后的生产工艺流程

Fig.4 Process flow of the optimized production

3.3 改进优化的 5 点思考

根据该现场用户对于卧螺离心机的运行使用，

过程中产生的一些情况，形成了 5 点对于该设备及其运行维护的思考和理解。

(1) 现场未采用进料泵、流量计方式进料，而是采用自流，阀门控制方式，省略了部分的配套件，节省开支，但物料较黏，比重较大，进料量稍有波动易造成堵机，甚至造成进料管磨断，应优化进料方式。

(2) 物料进料温度较高，罩壳内蒸汽量大，现场应整改采用管道有序排放。

(3) 设备罩壳需设置喷淋清洗水管，防止积料堵泥。

(4) 加强设备的维护与保养，卧螺离心机的

维护与保养至关重要，通过系统且规范的维护与保养措施，可以有效延长卧螺离心机的使用寿命，确保其稳定高效运行，为腐植酸钾的连续稳定生产保驾护航。

(5) 现有工艺的洗涤槽工艺段可以考虑进一步的优化尝试，采用另一套卧螺离心机进行洗涤和脱水操作，可以进一步提高原料利用率，工艺流程如图 5 所示。目前，对于该工艺改进措施尚未做相关试验论证，其技术可行性及经济性需进一步验证。

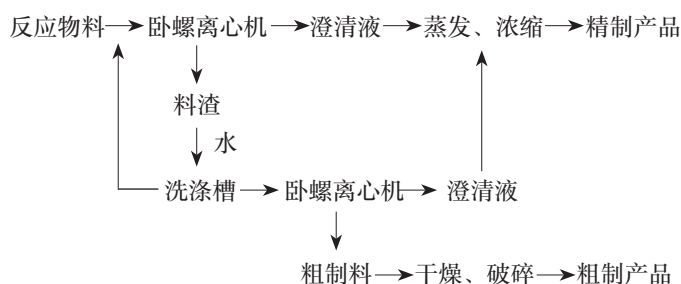


图 5 分离料渣洗涤工艺段优化工艺流程

Fig.5 Optimization process flow of the separation residue washing process section

4 卧螺离心机的日常维护与保养

卧螺离心机的日常维护与保养是一项系统性的工作，系统、规范的维护与保养是其安全、高效、长周期、低成本运行的基础，不仅可以有效避免灾难性事故的发生，更是维持设备最佳性能、最大化

投资回报的必要手段。

(1) 定期检查易损件的磨损情况，如转鼓的衬套、螺旋输送器的叶片等；查看皮带的松紧度和磨损程度，确保传动正常；检查各密封部位的密封件，如轴封、油封等，确保无泄漏。该案例使用的卧螺离心机的主要易损件清单见表 2。

表 2 卧螺离心机主要易损件清单

Tab.2 List of main vulnerable parts for decanter centrifuge

序号	名称	规格和型号	数量	部位
1	主轴承	6222C3	2	主轴承
2	滚针轴承	TAF	1	螺旋
3	角接触轴承	7220C	1	螺旋
4	骨架油封	GB13871	3	螺旋或转鼓
5	O 型密封圈	GB3452.1	—	螺旋
6	V 型密封圈	V90A	1	螺旋
7	三角胶带	SPA	—	传动

(2) 定期清理转鼓和螺旋输送机，防止物料残留堆积，影响分离效果和设备寿命；清理离心机

的外壳和周围环境，保持整洁。

(3) 定期对传动部件进行润滑，确保其运转



顺畅,减少磨损;按照设备要求选择合适的润滑剂,并定期更换。

(4) 定期进行电气系统检查,查看电气连接是否松动,确保电路正常;检测电机的运行状态,包括温度、声音等。

(5) 设备运行过程中,密切监测各项运行参数,如转速、差速、温度、压力等。

(6) 根据设备的运行情况和使用频率,制定有序合理的维修计划,及时更换损坏的零部件,避免故障扩大。

5 结论

卧螺离心机通过高效离心分离、连续化运行及适应性强等特点,可应用于生产腐植酸钾(钠)提取液的固液分离及洗涤脱水工艺环节,实现了腐植酸钾(钠)纯度跃升和生产效率提升。随着腐植酸应用领域的不断拓展和生产规模的扩大,对分离设备的要求也越来越高。实践中,卧螺离心机设备的改进与优化(如进料系统的改进、蒸汽排放与温控优化、自清洗与防堵设计等)将更有效提升腐植酸钾(钠)生产效率;工艺段的整合创新(如卧螺离心机多级洗涤工艺)也可进一步提升腐植酸钾(钠)生产的经济性。

未来,卧螺离心机将朝着更加智能化、高效化、节能化的方向发展。例如,通过采用先进的控制技术,减少人工干预,实现自动优化运行参数,实现全自动工厂的愿景;研发新型材料和结构,提高设备的耐磨性和耐腐蚀性,降低维护保养周期及成

本;采用在线实时监测系统,建立智能化维护体系,实现预测性维护,减少非计划性停产,提高工厂总体生产效率;结合其他分离技术及装备,探索形成更加完善的物料分离工艺,进一步提升腐植酸钾(钠)生产的技术水平等。

总之,卧螺离心机在腐植酸钾(钠)生产工艺中具有重要的应用价值。通过合理的选型、参数优化和维护保养,可以充分发挥其优势,提高生产效率和产品质量,为腐植酸钾(钠)产业的发展提供有力支持。

参考文献

- [1] 郑平. 煤炭腐植酸的生产和应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1991.
- [2] 阳虹, 李永生, 范云场. 风化煤中腐植酸的提取及其光谱学研究 [J]. 煤炭转化, 2013, 36 (2): 87 ~ 91.
- [3] 吕丰, 陈丽, 罗桂林, 等. 褐煤中腐植酸的提取工艺研究 [J]. 广州化工, 2016, 44 (12): 65 ~ 67.
- [4] 周爽, 倪志强, 张卫红, 等. 腐植酸钾生产工艺及其在农业中的应用 [J]. 腐植酸, 2016 (2): 9 ~ 15.
- [5] 石辉文. 腐植酸钾的制备研究 [J]. 甘肃化工, 1997 (4): 18 ~ 20.
- [6] 成绍鑫 编. 腐植酸类物质概论 (第二版) [M]. 北京: 化学工业出版社, 2020.
- [7] 全国化工设备设计技术中心站机泵技术委员会. 工业离心机和过滤机选用手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2014.

理事长新语：让黑白在土肥中交汇

腐植酸之黑,乃是土性使然。化肥之白,乃是工业使然。“腐植酸+化肥”,最具中国太极和谐之道。如何让黑(腐植酸)白(化肥)结合,内(腐植酸)外(化肥)交汇,“土肥和谐”是关键。一定要摒弃“非白即黑”和“非黑即白”的传统思维。黑多,还是白多,必须因地制宜。通过“腐植酸+”,集成氮磷钾、钙镁硫、铁锰硼锌铜钼,以及其他有益元素,使其合理匹配,既是“黑白理论”的和谐统一,也是化肥转危为安的良好良友。土壤生命活力就在黑白交汇中。

(2019年3月21日曾宪成题)