

# 直联式离心萃取分离机的研制与应用

陈崔龙, 张德友, 卓培忠, 陈道林, 李传祥

(合肥通用机械研究院分离机械分所, 安徽 合肥 230031)

**摘要:**介绍了一种新型离心萃取分离机——CTL 直联式离心萃取分离机的结构、工作原理及其典型应用情况, 并与国内外同类设备进行比较, 重点介绍了该设备的技术创新以及优点, 指出该设备在湿法冶金、环保、制药工业等众多领域可广泛应用, 尤其适合于一些难以处理的特殊物料体系。

**关键词:**萃取; 萃取设备; 离心萃取机; 液液分离; 溶剂萃取

中图分类号: TQ051.83

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2008)09-0071-03

## Development of centrifugal extractor and its application

CHEN Cui-long, ZHANG De-you, ZHUO Pei-zhong, CHEN Dao-lin, LI Chuan-xiang

(Institute of Filtration and Separation Machinery, Hefei General Machinery Research Institute, Hefei 230031, China)

**Abstract:** The characteristics of a novel CTL centrifugal extractor is introduced, which includes its structure, working principle, technological innovation and primary application. The performance of the CTL centrifugal extractor is compared with the same kind equipment at home and abroad. Its innovation and advantages are shown up. The centrifugal extractor can be adapted in many industrial fields, such as hydrometallurgy, environmental protection, pharmaceutical industry etc., and it is especially fit for the difficulty separating material.

**Key words:** extraction; extractive equipments; centrifugal extractor; liquid-liquid separation; solvent extraction

离心萃取分离机是利用离心力实现液/液两相萃取和分离的高效萃取设备, 可以实现液/液两相混合传质、反应、萃取、洗涤、分离等多种功能。一般要求液/液两相具有一定的密度差, 并且两相互不溶解。

国外从 20 世纪 30 年代开始致力于离心萃取分离机的研究, 到 40 年代制造出样机。自离心萃取分离机问世以来, 其发展迅速, 在许多国家得到推广, 并在制药、冶金、废水处理、石油化工和核燃料后处理等领域广泛应用。

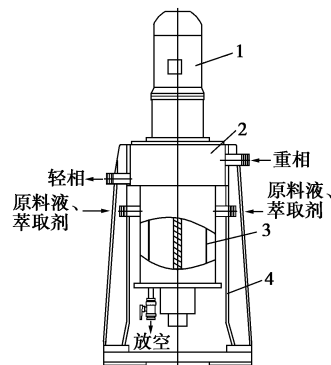
我国于 1963 年开始离心萃取分离机的研究, 到 20 世纪 80 年代, 试制了小型、单级的离心萃取分离机, 并取得了一些实验数据和成果。但是因为缺乏相应的技术标准和专门的生产制造单位, 这以后的一段时期一直未有大的进展, 与国外发达国家的差距逐渐拉大。

在结合国内外现有技术的基础上, 合肥通用机械研究院研制了 CTL 直联式离心萃取分离机, 其吸取了现有技术的优点, 经过改进和完善, 逐渐形成了系列化和标准化。机器规格从转鼓直径 50、150、250、350、450 mm 直到 550 mm, 混合通量  $2 \times 10^{-3} \sim 50 \text{ m}^3/\text{h}$ , 基本能满足不同行业的应用需求, 是新一

代高效的离心萃取分离设备。

## 1 结构简介

CTL 直联式离心萃取分离机主要有转鼓部件、外壳、机架及传动部件组成, 结构简图见图 1。转鼓部件由上、下轴及轴承、幅板叶片、轻相堰板和重相堰板等组成, 是 CTL 直联式离心萃取分离机的重要组成部分, 也是液体分离的主要场所。外壳体由上、下机壳组成。下机壳是分离液和萃取剂的入口处, 上机壳是分离后的轻、重相收集腔, 收集后的液体经轻相出口和重相出口流出。机架起支撑作用, 有效



1—动部件; 2—外壳; 3—转鼓部件; 4—机架

图 1 CTL 直联式离心萃取分离机结构简图

收稿日期: 2008-07-15

作者简介: 陈崔龙 (1976-), 男, 大学, 工程师, 主要从事分离过滤行业的研究工作, 0551-5335543, chen@tgtech.com.cn。

地支撑起整个机器。大型 CTL 离心萃取分离机的机架还另配减震系统,吸收震动,以免震动传递给地面,产生破坏作用。传动部件主要由防爆电机、电机安装座和弹性联轴器等组成。因为是直联结构,节省了皮带传动,设备结构紧凑。

## 2 工作原理

CTL 直联式离心萃取分离机工作原理如图 2 所示。互不相溶的两液相(原料液和萃取剂)分别自机壳的 2 个进料管口进入机壳和转鼓外壁形成的外腔,借助转鼓的旋转而快速混合。转鼓底部和机壳上的叶轮形成自吸泵作用,该作用产生吸力,使混合后的液体通过转鼓底部的通道吸入转鼓内部。转鼓内部借助幅板叶片分为 4 个竖直的腔体,进入的液体相互平衡。液体在转鼓内从下而上的流动过程中逐渐分离。

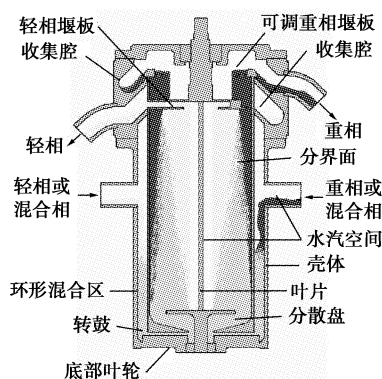


图 2 CTL 直联式离心萃取分离机工作原理图

分离区从转鼓底部一直到轻相堰板,保证有足够的形成液/液分界面。分离开的液/液相分别通过轻、重相堰汇集到各自的收集腔,并分别由各自出口排出。

重相堰板可以方便拆下和更换,可以更换合适直径的重相堰板,以达到良好的分离效果。

## 3 技术创新与特点

CTL 离心萃取分离机的主要技术创新点如下。

(上接第 70 页)

- [10] 许莉,王世昌,王宇新.水平管外壁薄膜蒸发侧表面传热系数[J].化工学报,2004,55(1):19-24.
- [11] Michalis G V, Andronikos E F, Georgios T K, et al. Incorporated evaporative condenser[J]. Applied Thermal Eng, 2007, 27(5/6): 823-828.
- [12] Bilal A Q, Syed M Z. A comprehensive design and rating study of evaporative coolers and condensers: Part I. Performance evaluation[J]. Int J of Refrigeration, 2006, 29(4): 645-658.

### 3.1 在位清洗机构

离心萃取分离机要求原料液不能含有固体杂质。但在实际应用过程中,经常会遇到原料液中含有细微杂质或产生结晶等固体,这些固体或多或少地会在转鼓里产生沉积。如果不能及时清除,沉积的固体会越来越多。一方面会引起机器振动异常,甚至损坏机器;另一方面还会破坏两液相在转鼓内的平衡界面,产生轻、重相互夹带,导致分离不清,影响机器的分离效果,最后不得不停机拆卸出转鼓,人工进行彻底清洗。这样势必会占用生产时间,拆卸、安装转鼓也比较麻烦,操作劳动强度大。CTL 离心萃取分离机的转鼓在位清洗设备可以在不打开机器、不拆卸转鼓的情况下,定期通入压力水进行在位喷洗,能有效地清洗掉转鼓内壁的沉积物,很好地解决了这个问题。

### 3.2 防乳化装置

在一些生产应用中,工艺上只要求完成液/液两相的分离,不需要高强度的混合;或者在处理一些对剪切作用敏感的物料体系时,需要控制搅拌混合液体的强度,避免因搅拌产生强烈乳化现象而增加分离的难度。CTL 离心萃取分离机的防乳化装置,在转鼓与壳体之间增加了 1 个防乳化套筒,该防乳化套筒与壳体之间形成了 1 个静态混合空间,进入壳体的液体避免了与转鼓高速旋转的外表面接触,直接通过该静态混合空间,经机器底部,通过转鼓底部的自吸泵作用,被吸入转鼓内部,沿转鼓向上运动过程中实现分离。该装置的应用,使得液/液两相或混合相因高速搅动产生的剪切作用降至最小,可有效防止乳化现象的发生。

CTL 离心萃取分离机还具有如下一些特点:①占用空间小。电机直接驱动、无传动附件,结构紧凑,节省占地面积和减小操作空间。②适应性能强。与传统的厢式萃取设备和塔式萃取设备相比,CTL 离心萃取分离机级存留时间短、分相迅速、适应的流比范围宽;通过调换堰板和变频调速可满足不同密度、黏度的液体物料。③萃取效率高。相平衡建立快,

- [13] 蒋翔.蒸发式冷凝器管外流体流动与传热传质性能及机理的研究[D].广州:华南理工大学,2006.
- [14] 朱冬生,沈家龙,蒋翔.蒸发式冷凝器管外水膜传热性能实验研究[J].高校化学工程学报,2007,21(2):31-36.
- [15] 华南理工大学.弹形管蒸发式冷换设备:中国,200520054429.5 [P].2006-09-06.
- [16] 华南理工大学.交变曲面波纹管型蒸发式冷凝器:中国,02227886.9 [P].2003-06-25. ■

易于实现单级或多级串联逆流或错流洗涤和萃取。  
④操作性能好。全自动控制,机器设置有超载保护、异常振动报警和停机保护等措施。可连续无间断运行,也可小批量、多品种间歇使用。  
⑤节省生产成本。机器内部容积小,溶剂存留量小,萃取剂、溶剂或洗涤剂耗量最小,节省投资费用和溶剂的回收再生费用。  
⑥密闭性能好。适合防爆、有毒、有害和易挥发性介质的应用环境,易于满足制药企业 GMP 规范要求。

#### 4 与国内外同类设备的对比

表 1 是 CTL 直联式离心萃取机与国内外主要生产厂商离心萃取机的技术数据对比。

表 1 国内外离心萃取机技术参数

	现生产		转鼓直径/ mm	处理能力/ $m^3 \cdot h^{-1}$	处理备注
	最大机	传动方式			
合肥通用机械研究所	CTL550	电机直联	550	40	第 2 代产品
北京某厂家	XX230	皮带传动	230	8	第 1 代产品
江苏某厂家	XX325	皮带传动	325	10	第 1 代产品
美国阿贡实验室 (ANL)	V-20	电机直联	508	30	第 2 代产品
法国 Robatel 公司	BXP520	电机直联	520	30	第 2 代产品

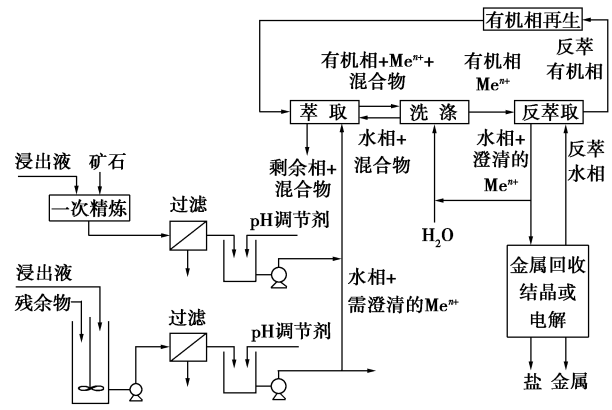
CTL 离心萃取分离机在技术参数上,其最大规格已超过国外发达国家同类设备。

#### 5 典型应用

CTL 离心萃取分离机可广泛用于湿法冶金、废水处理、生物、制药、石油化工、化工、香料、染料、原子能等多个领域。下面介绍 CTL 离心萃取分离机在一些行业的应用工艺。

##### 5.1 湿法冶金行业

湿法冶金行业采用萃取工艺时,特别是当需要级数很多或可以采用非平衡萃取时,CTL 离心萃取分离机的应用效果很好(见图 3)。采用 CTL 离心萃取分离机进行非平衡萃取,利用离心萃取机内两相接触时间很短(几秒钟),使传质速度很快的一种元素被萃取,而传质速度缓慢的另一种元素基本上不被萃取,从而实现了 2 种元素的分离。而采用澄清槽、萃取塔等传统的萃取设备,两者很难进行分离。采用 CTL 离心萃取分离机可以减少萃取设备所占厂房面积、减少萃取流程中的萃取剂存留量、缩短萃取系统从启动到稳定的时间,并有利于实现系统自动控制。



注:  $Me^{n+}$  表示金属离子 ( $Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Pt^{4+}, Au^{3+}$ )

图 3 CTL 离心萃取分离机在湿法冶金行业应用工艺图

##### 5.2 环保行业含酚废水的处理

采用 CTL 离心萃取分离机脱酚,具有设备体积小、效率高、萃取剂用量小的特点。根据统计,CTL 离心萃取分离机在整个脱酚工艺流程中(包括离心萃取机、储槽、管路等)所存留的萃取剂量,仅相当于同样处理能力的塔式萃取设备萃取剂存留量的 20%,其在含酚废水处理中的工艺流程见图 4。因为脱酚采用的萃取剂价格较贵,萃取剂存留量小就意味着可以节省大量的萃取剂费用,降低了生产成本。经 CTL 离心萃取分离机的处理,可使废水含酚量从  $(3 \sim 5) \times 10^{-3}$  下降到  $(20 \sim 40) \times 10^{-6}$ ,脱酚率达 98% 以上。

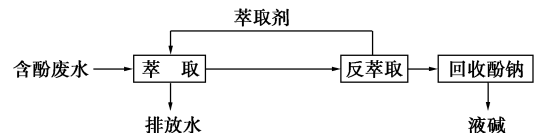


图 4 CTL 离心萃取分离机在含酚废水处理中应用工艺图

##### 5.3 制药工业中的应用

用萃取法提取某些抗菌素,如在青霉素、链霉素等抗菌素的生产过程中,为了保持产品的稳定性,要求萃取过程中两相的接触时间越短越好,CTL 离心萃取分离机正好满足了这一要求,因此得到应用。

#### 6 结论

溶剂萃取是一种发展迅速的分离技术,可以根据分离对象和分离要求选择适当的萃取剂和工艺流程。分离能耗低,特别适用于热敏性物质的分离,是湿法冶金、原子能化工、石油化工等领域中一种不可替代的重要分离技术。

(下转第 75 页)

三、四段,在一、二、四段的花板上,依次装 $\Phi 30\text{ mm}$ 的耐火球一层, $\Phi 15\text{ mm}$ 的耐火球二层,10目钢丝网一层,再分段按一层50 cm、二层80 cm、三层50 cm的规定高度画上催化剂高度标志线,催化剂装填前要过100目筛,筛好后轻轻倒入催化剂,催化剂装好后扒平,正好在催化剂标志线上。

### 1.2.2 两段装填

按照三段装填的方式进行,但是将变换炉分成80 cm、100 cm两段。

### 1.3 催化剂升温与还原

变换催化剂常用的升温方法有3种:一种是用燃烧气负压直接升温,该法流程最简单,设备少、操作方便,但还原温度波动较大;另一种是用燃烧气正压直接升温,这需要压缩空气,流程较复杂,但还原温度波动较小;再一种是正压循环升温,此方法最安全可靠,但流程复杂,设备较多,投资大。本实验装置已有循环设备且原料气为净化黄磷尾气,故以净化黄磷尾气燃烧气为升温介质,采用负压和循环升温相结合的升温方法。

### 1.4 净化黄磷尾气气源

原料气取自云南江磷集团电炉法黄磷生产气柜,平均化学组成如表1所示。

表1 黄磷尾气组成

成分	CO	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
体积分数/%	85~95	1~4	约1	1~8	约0.3	2~5	约5
成分	H <sub>2</sub> S	PH <sub>3</sub>	HF	AsH <sub>3</sub>			
质量浓度/mg·m <sup>-3</sup>	800~3000	500~1300	约1200	70~80			

采用低温微氧催化氧化净化工艺<sup>[8]</sup>进行深度净化后作为部分变换中试实验气源,净化黄磷尾气30

(上接第73页)

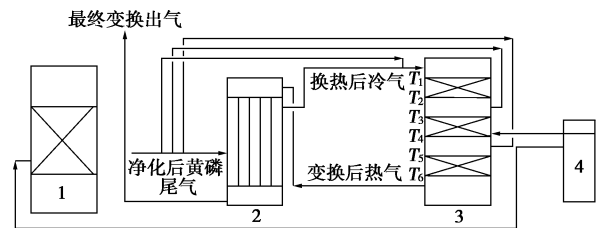
随着基础工业的发展和高科技的需求,液/液萃取在能源和资源利用、生物和医药工程、环境工程和高新材料的开发等方面面临着新的机遇和挑战,并正在和其他一些相关技术互相渗透、加速发展。

CTL离心萃取分离机是一种快速、高效的液/液萃取设备。在工作原理上,与传统的萃取设备如混合澄清槽、萃取塔有着本质区别。CTL离心萃取分离机是利用离心力场,使密度不同又互不相溶的2种液体混合、分相,而澄清槽、萃取塔等传统的萃取设备都是在重力场中进行分相。这个差别通常用分离因数 $F_r$ 来表示,分离因数在数值上就是离心力与重力的比值。CTL离心萃取分离机在运行时, $F_r$

天平组成(体积分数)为:H<sub>2</sub> 9.88%, O<sub>2</sub> 0.73%, N<sub>2</sub> 0.29%, CO 89.09% (奥氏气体分析法); H<sub>2</sub>S、PH<sub>3</sub>、AsH<sub>3</sub> 3种主要杂质30天平总质量浓度 < 1 mg/m<sup>3</sup> (气相色谱法)。

### 1.5 变换工艺流程

中试装置采用中温变换工艺,设计处理气量40 m<sup>3</sup>/h,即将净化后的黄磷尾气与水蒸气按比例混合,通入热交换器,加热混合气,再将混合气的一部分通入装有触媒剂的变换反应器,另一部分作为冷激气直接通入变换反应器,进行变换反应,变换器二、三段之间采用间换热热器,将二段变换气的热量传给来自净化系统的黄磷尾气净化气,二段变换气降温后,进入三段反应器再进行变换反应,最后制成H<sub>2</sub>、CO和CO<sub>2</sub>的混合变换气,经热交换后为成品混合气。工艺流程如图1所示。



1—冷却塔;2—换热器;3—变换炉;4—燃烧炉

图1 净化黄磷尾气部分变换中试流程图

## 2 结果与讨论

### 2.1 催化剂升温还原

根据铁铬系变换催化剂的性质,制定如图2虚线所示计划升温曲线。升温过程分为4个阶段,其中280℃前为负压升温,之后为循环升温。比较研究了两段、三段2种填装方法时催化剂的升温过程,

的数值一般为几百甚至上千,因而分相能力强,又为加强混合、促进传质和缩短传质时间创造了条件。

CTL离心萃取分离机具有级停留时间短、级存留液量少等特点,这使其不仅能应用于一般的萃取体系,而且适用于某些特殊体系,如密度相近、在重力场中难以分离的物料体系;原料液中溶质含量很低的物料体系;含热敏感物质的物料体系;沸点高或沸点相近难以用传统方法分离的物料体系以及用其他方法分离成本高的物料体系等。CTL离心萃取分离机可单台使用,也可多机串、并联使用。可根据不同萃取体系及使用条件,通过调整转速、流量及重相堰板直径等参数来改善萃取时两相混合程度及分离效果。■