

关于液体碳酸钙浓缩工艺的研究

Research on the Technology

of Slurry Calcium Carbonate Concentration

严 菲 (谢菲尔考克碳酸钙(杭州)有限公司, 浙江 杭州 310011)

Yan Fei (Schaefer Kalk Calcium Carbonate (Hangzhou) Co.,Ltd., Zhejiang Hangzhou 310011)

摘 要: 本文主要研究方向为在轻质碳酸钙的脱水工艺中, 如何保持液体碳酸钙经脱水后仍以液体形式存储和运输。并将该工艺定义为液体碳酸钙的浓缩。通过实验不同的浓缩设备, 从碳酸钙质量的影响、处理能力以及设备运行维护等方面做全面分析和评价, 并最终选择错流过滤机作为浓缩设备进行批量化生产。

关键词: 液体碳酸钙; 浓缩; 错流过滤机

Abstract: The main research direction of this paper is how to keep slurry calcium carbonate stored and transported in liquid form after dewatering. The process is defined as the concentration of slurry calcium carbonate. Through the experiment of different concentration equipment, the influence of calcium carbonate quality, processing capacity, equipment operation and maintenance are analyzed and evaluated comprehensively, and finally the cross flow filter is selected as the concentration equipment for mass production.

Key words: Slurry calcium carbonate; Concentration; Cross flow filter

0 引言

轻质碳酸钙的脱水工艺通常使用的设备有离心机、压滤机和真空过滤机, 但这三种方式均是液体碳酸钙经脱水后形成饼状或块状的碳酸钙固体。一般情况下, 因碳酸钙滤饼含水率的变化以及在加水混合过程中无法做到均匀的分散等特点, 很难做为最终产品销售。尽管液体碳酸钙经过脱水后对碳酸钙的质量如粒径和沉降体积方面影响不明显, 但在碳酸钙微观结构方面对晶型的破坏客观存在。

通过多年与卷烟纸厂合作数据表明, 液体碳酸钙干在抗张指数、填料保留率和不透明度方面比干粉碳酸钙在同等工艺条件下表现出更优越的性能。因此卷烟纸厂从经济方面和质量方面考虑将更倾向于使用液体碳酸钙。本文针对以上实际应用问题展开一系列实验和分析, 选择最适合的浓缩设备用于提高液体碳酸钙固含量, 大幅降低液体碳酸钙的运输成本从而扩大其销售半径。浓缩设备的选择标准主要考虑这几个方面因素: 是否需要添加助剂, 浓缩前后对液体碳酸钙质量影响程度, 能否连续生产和最大产量, 操作和自动化控制程度及维护费用, 投资回报率的评估。

1 浓缩实验

卧螺式离心机

1.1.1 工作原理

卧螺离心机广泛应用于污水处理厂污泥脱水, 由于其具有操作和清洁方便, 分离效率高, 运行和维护成本低等特点, 选用 NOXON DC20 卧螺离心机作为首次浓缩

实验设备。卧螺式离心机利用离心沉降原理实现固液分离, 机器内部由转鼓和一个独立旋转的螺旋桨组成, 浆液从进料管进入旋转的转鼓后, 浓浆在离心力作用下被甩到转鼓壁上并被螺旋挤压到浓浆出口, 轻液则集中在转鼓中心, 从轻液出口被排出, 如图 1 所示。

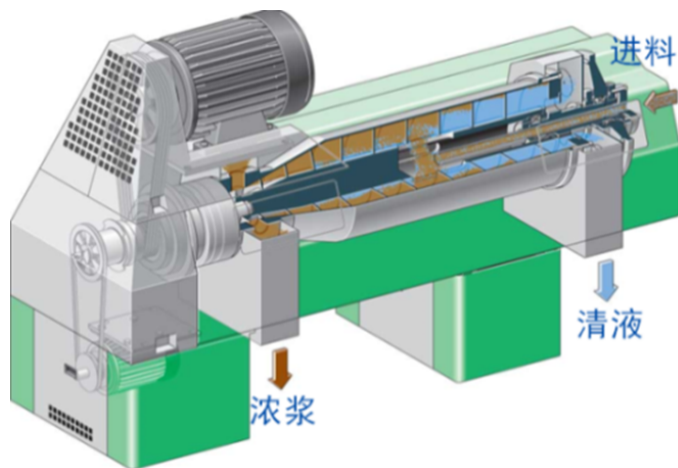


图 1 卧螺式离心机工作原理

1.1.2 实验步骤

首先将液体碳酸钙以不同的速度输送到卧螺离心机, 检测浓浆出口相应的固含量, 如图 2 所示, 随着进料速度的增加, 浓浆的固含量随之增加。但当液体碳酸钙浓度大于 40% 接近临界浓度后, 表观粘度急剧上升, 液体流动性改变后无法正常输送和运输。因此确定浓缩后的液体碳酸钙目标浓度为 30-35%。

选用样品 A 以 $3.5\text{m}^3/\text{h}$ 的进料速度进行两次实验,

对原浆液、浓浆取样进行浓度和质量对比分析，对清液取样进行浓度分析判断分离效率；选用样品 B 以同样的进料速度进行实验比较相同的数据，结果如表 1 所示。

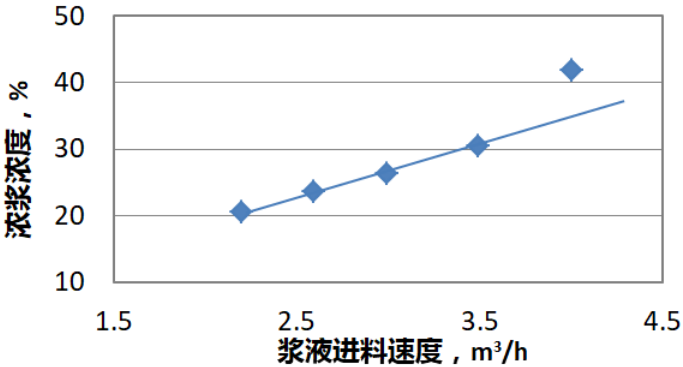


图 2 液体碳酸钙卧螺离心机实验进料速度和浓度的关系
表 1 液体碳酸钙卧螺离心机实验前后质量指标比较

样品	流量 m³/h	浓浆 %	清液 %	d50 μm	< 1μm %	不透明 度 %
样品 A 实验前	-	17.8	-	1.96	11.3	83.0
样品 A 实验 1	3.5	29.9	0.3	1.78	15.7	81.3
样品 A 实验 2	3.5	30.1	0.3	1.77	15.8	81.5
样品 B 实验前	-	16.1	-	1.49	27.7	85.7
样品 B 实验后	3.5	35.7	0.2	1.28	40.2	82.3

1. 1. 3 结果分析

卧螺式离心机可以非常轻易地将液体碳酸钙浓度从 18% 浓缩到 30% 以上，为获得稳定的浓度和适宜的液体粘度，不得不运行在较低的进料速度下，对今后的规模生产带来局限性。更重要的是，经过卧螺离心机处理的浓浆质量受到了影响，从碳酸钙粒度分布情况来看，d50 从原来的 2.0μm 下降到 1.8μm，< 1μm 的微粒从 11%–15%，对纸张性能影响较大的不透明度指标从 83% 下降到 81%。这意味着碳酸钙浓浆在挤压出料过程中，受到过大的剪切力影响，晶体的团聚状况发生改变，因而各质量指标随之改变，因此卧螺式离心机不能作为液体碳酸钙的浓缩设备。

1. 2 碟式离心机

1. 2. 1 工作原理

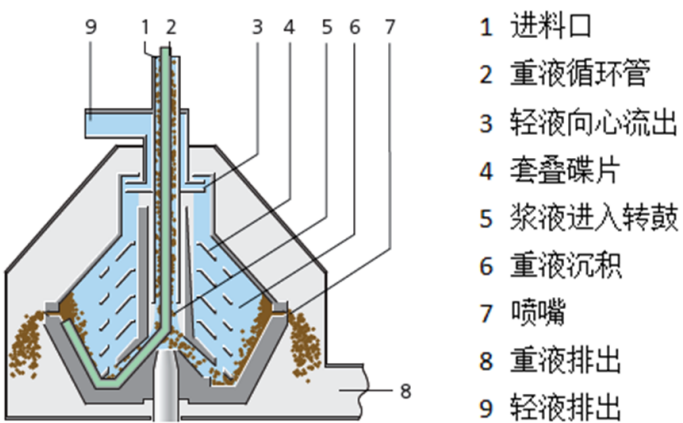


图 3 碟式离心机工作原理
碟式离心机由于分离效率高，生产能力大，广泛应

用于医药、化工、食品等行业。碟式离心机是立式离心机的一种，转鼓装在立轴上端，通过电动机驱动而高速旋转产生离心力。转鼓内有一组互相套叠的碟片，碟片间留有很小的间隙。悬浮液从转鼓中心的进料管进入，经碟片下部的喷嘴趋向转鼓壁，在离心场力中根据物料的比重不同受到离心力的不同，比重较重的固形物沉积到转鼓壁上，轻液则沿轴心向上流动从轻液口排除机外，从而达到固、液分离的目的，详见图 3。

1. 2. 2 实验步骤

选用南京中船绿洲 GTDZ311VC-03B 型号碟式离心机开始液体碳酸钙浓缩实验。首先安装 4 个喷嘴，每个喷嘴直径 1.35mm，开机后发现进料量只能稳定在 4m³/h 才能得到清澈的轻液，流量达到 5m³/h 后轻液开始浑浊。因此安装 8 个喷嘴后重新开始实验，喷嘴的直径分别使用样品 C 为 1.15mm，样品 D 为 1.0mm。不同进料量下的碟式离心机浓缩后浓度以及试验前后的质量对比数据详见表 2。

表 2 液体碳酸钙碟式离心机实验前后质量指标比较

样品	流量 m³/h	浓浆 %	轻液 %	d50 μm	< 1μm %	不透明 度 %
样品 C 实验前	-	17.95	-	2.02	5.9	83.4
样品 C 实验 1	5	22.08	0.16	1.95	9.2	83.1
样品 C 实验 2	6	25.1	0.09	1.94	9.6	
样品 C 实验 3	7	28.98	0.16	1.95	9.1	
样品 C 实验 4	8	32.27	0.14	1.94	9.3	82.9
样品 D 实验前	-	17.95	-	2.02	5.9	83.4
样品 D 实验 1	5.3	25.27	0.12	1.94	9	83.5
样品 D 实验 2	6.8	26.45	0.09	1.92	9.7	
样品 D 实验 3	8	31.5	0.13	1.91	9.6	83.3

1. 2. 3 结果分析

碟式离心机的分离效率较高，在使用 8 个喷嘴运行情况下，通过调节进料量 5–8m³/h 可以获得 25–30% 浓浆，但当流量增加到 9m³/h 时，轻液出口开始出现浑浊，因此碟式离心机的最大产量为 8m³/h，分离后得到的浓浆最高固含量为 30%。同时，分析经过碟片离心机的浓浆质量指标发现，虽然在粒度分布方面有小幅影响，d50 从 2.0μm 下降到 1.9μm，< 1μm 的微粒从 6% 上升到 10% 左右，不透明度和沉降体积无明显改变，整体质量水平仍在可接受范围。因此本次轻质碳酸钙碟片离心机实验成功。

1. 2. 4 批量生产

根据以上实验的数据，使用同台设备 8 个喷嘴，喷嘴直径 1.2mm，进料流量控制在 8m³/h 开始批量生产。生产初期设备运行一切正常，液体碳酸钙的浓度从 18.5% 浓缩到 30%，核算运输费用下降近 40%。

但随着设备持续运行出现了一系列故障问题。主要由于液体产品供应的特点，双方均有一定量的储备，但又无法大量存储，这就造成碟片离心机在储存桶满桶后，时常需要停机。而一旦停机再重新开机，喷嘴经常

会堵塞。尽管增加了每次停机后自动清洗程序,以及加装管道过滤器,仍然会有较高的堵塞情况。为减少停机的频率,将喷嘴的直径从 1.2mm 换成 1.0mm,但会出现在设备运行过程中某个喷嘴堵塞,从而造成整机振动过高而停机。频繁的停机对运行和维护带来较大的影响。碟式离心机对分离液体碳酸钙这类的悬浮液不适用,无法进行连续批量生产。

1.3 错流过滤机

1.3.1 工作原理

浆液进入错流过滤机后,一边平行于过滤介质流动,一边受到过滤。浆液和滤液的流动方向是相互垂直的。滤浆的快速流动在过滤介质上形成预涂层滤饼,通过与浆液流动方向垂直的搅拌器以恒定的速度旋转起到了剪切和扫流的作用,从而抑制了饼层的增厚,因此实现速度、浓度稳定的高效过滤,同时可以收集到非常清澈的滤液,详见图 4。

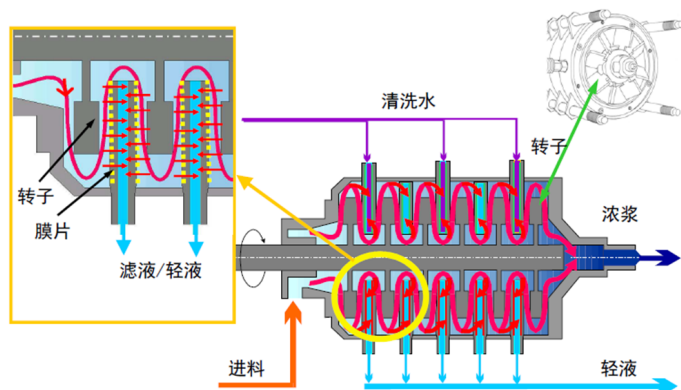


图 4 错流过滤机工作原理

1.3.2 实验步骤

根据过滤浆液液体碳酸钙的粒度分布特性,选用德国某公司型号 8-20MF 的错流过滤机,过滤介质为聚醚砜膜片,过滤精度 0.2 微米。设备驱动电机功率 55kW,转子上安装 21 组搅拌器,最大转速 390rpm。整个实验设计一套自动化控制程序,设定进料压力和固定的分离比率 0.42-0.45 (即 42%-45% 的轻液从进料浆液里分离出来),程序自动调节进料泵的流量和浓浆出料口的比例调节阀开度,使浓浆保持目标浓度 30%,同时确保轻液出口浊度仪低于 50ppm。以下为不同进料压力情况下的几组实验数据,详见表 3。

表 3 液体碳酸钙错流过滤机实验数据表

样品	进料压力 Bar	搅拌器转速 rpm	进料流量 m ³ /h			
样品 E 实验 1	0.6	105	9.33	4.10	5.23	30.2
样品 E 实验 2	0.7	120	10.65	4.65	6.00	29.9
样品 E 实验 3	0.8	150	11.23	4.80	6.43	30.1
样品 E 实验 4	1.0	165	12.66	5.43	7.23	30.2
样品 E 实验 5	1.2	180	14.13	6.36	7.77	30.0
样品 E 实验 6	1.5	200	15.6	7.00	8.60	29.9

1.3.3 结果分析

以上实验数据可以非常看出,错流过滤机实验进行

的非常成功,设备运行和自动化控制的相当稳定。因控制的关键点为分离比,所以浓缩浆的浓度能够始终保持稳定。另外,提高浆液进料压力同时相应的提高搅拌器转速可以逐步提供产量,最大可以达到 8.6m³/h 浓浆的产量,这是前两个实验不能达到的产量,已满足设计要求,且错流过滤机尚未满负荷运行。分离出的轻液非常清澈,在线浊度仪检测悬浮物指标始终在 20ppm 左右,完全可以作为工艺水直接循环使用。

1.3.4 批量生产

在改造部分机封水系统和增加自动冲洗程序后,立即开始量产实验,按照进料压力为 1.0-1.2bar,搅拌器速度 160-180rpm,进料流量为 12-14m³/h,分离比率 0.42-0.44 连续生产 1 个月后,以月生产数据为统计周期进行分析,以下表 4 为浓缩前后的液体碳酸钙质量指标对比。各质量关键指标均没有明显变化,并且不透明度还有小幅增加。为了再次确认,分别取样进行 SEM 电镜照片观察,也未发现晶型结构或团聚的改变。

表 4 液体碳酸钙错流过滤机实验前后质量指标比较

样品	浓度 %	D50 μm	< 1μm %	不透明度 %	备注
浓缩前	18.6	1.90	10.12	84.11	
浓缩后	29.7	1.94	9.38	84.25	浓度的标准偏差为 0.4

从经济指标分析来看,按照每年 10000t 绝干的液体碳酸钙运输量计算,每年因提高浓度可节约运输费用近 200 万元人民币,扣除水电费用,维修和更换膜片的费用,每年预计可节约 160 万元,投资回收年限少于 2 年。

2 结论

以上三个实验可能明显的说明,卧螺式离心机虽然可以将液体碳酸钙浓缩到较高的浓度,但其处理方式对轻质碳酸钙的晶型结构产生破坏,因此仅适用于处理对微观晶型无要求的物料。碟式离心机则被证明较适宜处理固含量较低的悬浮液或比重差较小的互不相溶的液体分离。错流过滤机在浓缩液体碳酸钙应用上表现出卓越的性能。具有分离效率高、运行参数稳定,对质量无任何影响,开停机操作简单以及分离出滤液清澈等特点。在经过半年时间的运行后设备各方面运行正常,浓缩后液体碳酸钙质量稳定。因此这一研究结果可以为其他有同样需求的碳酸钙生产厂家提供借鉴。

参考文献:

- [1] 高志惠,黄维菊,张俊青,张波.卧螺离心机结构的研究及发展[J].化工设备与管道,2009.46(6).
- [2] 刘广明.碟式分离机分离效果的分析研究[J].过滤与分离,2009.19(1):27-30.
- [3] 张玉忠,郑领英,高从增.液体分离膜技术及应用.化工出版社,2004.
- [4] 班建伟.工业沉淀碳酸钙生产中固液分离设备的选择[DB/OL].2015-4-21.