

碟式离心机分离性能影响参数分析及高振动预防处理

王军鹏

内蒙古金达威药业有限公司 内蒙古 呼和浩特 010000

摘要：碟式离心机是一种悬浮液（或乳浊液）高效分离机械，利用混合液在离心力场作用下，密度不同的液体将重新分层分布的原理，实现混合液中不同组分的分离提纯。本文主要研究了影响碟式离心机分离性能的参数，从设备角度对碟式离心机高振动的原因进行全方位的探究分析，提出有针对性的技术措施，为碟式离心机在生物制药领域的应用提供一定的参考，实现分离设备的高效、稳定、安全、长周期运行。

关键词：碟式离心机；生物制药；分离性能；影响参数；高振动预防处理

引言：碟式离心机是一种体积小、结构紧凑、连续作业能力强的生产设备，具有占地面积小、处理量大、自动化程度高、分离精度高、工作效率高等优势，可用于净化、澄清和浓缩等分离过程，被广泛应用于环保、运输、石化、医药、食品、生物工程等行业领域。碟式离心机利用转鼓高速旋转带动流体旋转产生离心力场，使发酵液中具有不同密度、不同液相（互不相溶的轻重液相）、不同液相和固相（互不相溶的轻重液相和固相）的不同成分具有不同沉降速度的原理，使溶液分离分层或使固体颗粒沉降，从而达到固相-液相、液相-液相以及液相-液相-固相分离的目的。

1 碟式离心机概述

碟式离心机结构较为复杂，内部流场研究、测试相对困难，加之我国在碟式离心机领域研究起步又比较晚，核心关键技术受国外技术封锁，核心技术无法突破难以进行技术超越，与国际先进水平形成了明显差距，在需要高精度、高要求分离的领域，国外碟式离心机一直占据主导地位。目前，我国对于碟式离心机的应用基本上具备了自主生产的能力，但是大多情况下仍凭借经验判断，对于碟片间高速薄层多相流动的研究相对比较薄弱，产品开发多是靠经验和仿制，无法满足实践的应用需求，严重影响了碟式离心机的开发和应用。因此，我国要深化碟式离心机的基础理论研究，提升自主创新能力，突破“卡脖子”技术难题，掌握核心技术和关键制造工艺，才能不受制于国外，摆脱对国外进口设备和进口技术的依赖^[1]。

实际应用中，分离设备运行不正常，会使分离提纯的难度增加，进而影响到产品的质量；或者受发酵物料及工艺状况的影响，轻重相分界面发生偏移，会出现效率低下的问题。因此，分析研究影响碟式离心机分离性能的主要参数，找出关键参数及其合理选择区就显得尤

为重要。本文将从工艺和设备两个方面进行系统分析，主要从设备方面提出改进建议和应对措施，实现装置的高效、稳定、安全、长周期运行。

2 碟式离心机分离性能

2.1 分离机理分析

碟式离心机内多层碟片组将转鼓内流场分成若干层沉降分离区域，不仅减小了沉降距离，同时增加了沉降面积，加快了物料的离心沉降分离过程。发酵液从离心机顶部中心孔的进料管流至转鼓底部，经过碟片下部的分配孔流向转鼓壁，从碟片上的中心孔通过进入各个碟片间隙，密度小的分离轻液由于受到的离心力较小，从而向上运动；密度大的固体颗粒由于受到的离心力较大，从而沿着碟片向下运动。固相物料比液体重进而在转鼓壁内形成沉渣，通过PLC控制经自动排渣冲洗排出；分离轻液沿锥形碟片外锥面向轴心流动至上部分离轻液向心泵，自轻液口排出；重液沿碟片内锥面向转鼓壁流动至上部重液向心泵，自重液口排出。如图1所示：

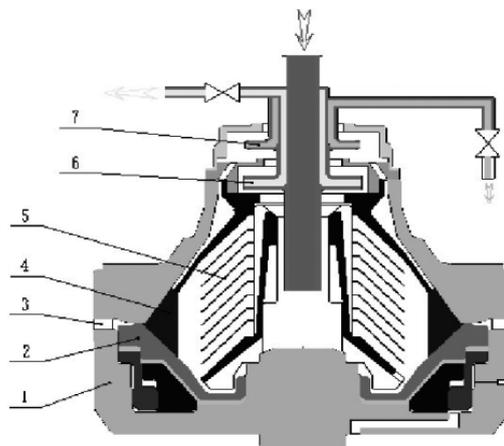


图1 碟式离心机结构示意图

1. 转鼓；2. 活塞；3. 排渣口；4. 转鼓沉渣腔；
5. 碟片组；6. 轻相向心泵；7. 重相向心泵。

2.2 碟片下表面微粒受力分析

在离心分离过程中，当发酵液微粒在离心力作用下运动到上碟片的下表面后，受离心力 F_c 、壁面摩擦力 F_f 以及流体阻力 F_D 合力。为了保证微粒能够分离且能连续进入排渣区，则必须满足： $F_c \sin \alpha \geq F_f + F_D$ 。

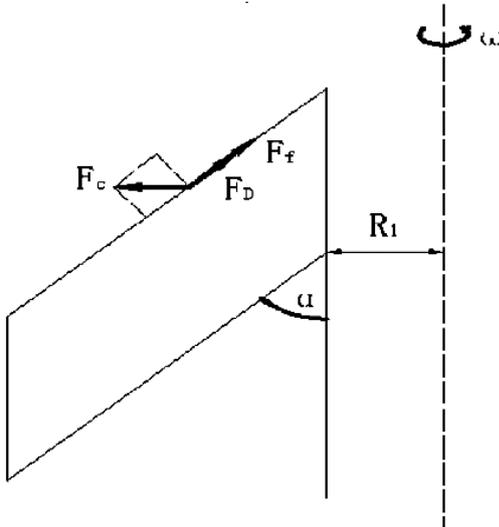


图2 碟片下表面微粒受力示意图

2.3 生产进料流量分析

$$Q = \frac{\pi \Delta d_c^2 \omega^2 Z (r_{\max}^3 - r_{\min}^3)}{27 \nu \tan \alpha}$$

上式中： Δ 为固相和液相的密度差； d_c 为固相颗粒的临界直径； ω 为碟式离心机的回转角速度； Z 为碟片数目； r_{\max} 为碟片最大半径； r_{\min} 为碟片最小半径； ν 为物料常温下的动力粘度； α 为碟片母线锥角。

决定设备能力的主要参数有以下几个因素： r_{\max} 、 r_{\min} 、 Z 、 α 、碟片间隙、碟片束高度。全自动排渣型碟式离心机活塞排渣规避了喷嘴排渣离心机对喷嘴的内径大小和形状、喷嘴数量、喷嘴的布置形式等影响因素的考虑^[2]。

工艺参数直接影响产能和质量，工艺参数的影响因素有以下几个： Δ 、 ν 、进料浓度、固相颗粒尺寸、固相颗粒形状、固相颗粒尺寸分布、分离液浓度等。其中影响生产能力的工艺参数多数都与被分离料液的固有属性有关，所以一般不能改变。

3 碟式离心机的分离影响参数

3.1 碟片的数量

离心机的碟片数量取决于离心机碟片安装尺寸的限制要求。随着使用过程碟片间隙的变大，可以适当增加碟片，避免碟片间隙过大导致振动加剧。碟片数量适当增加有利于提升分离物的品质，同种机型碟片数量的多少对分离物的品质含量的影响需要在生产中验证，根据

实际情况进行调整。

3.2 碟片的锥角

当碟片的锥角较大时，有效沉降距离增加，有利于混合液物料的分选。但是锥角也不能过大会，否则会影响重相沿碟片下表面向大端的运动，脱水分离效率下降，特别是有固体颗粒的情况不利于排料。因此一般控制碟片半锥角在35~40度较合理。

3.3 碟片的间隙

在离心机流量一定的情况下，随着碟片间隙的增大，导致碟片间流体速度减小，即颗粒速度沿碟片母线方向减小。试验证明：当碟片间隙小于0.5mm时，碟片间隙角与被分离颗粒的轨迹角度差值不大，当碟片间隙为4mm时，碟片间隙角与被分离颗粒的轨迹角度差值为29.5度。碟片的间隙变大，会使碟片间隙内流体流动的湍流程度增加，进而对液滴的沉降、分离产生不利影响。缩小碟片的间隙，可在一定程度上减小液层厚度，进而使流体在间隙内层流流动的稳定性增加；此外，也可在一定范围内减小液滴的沉降距离，进而使沉降时间缩短。但是，如果间隙过小，固体杂质颗粒可能会阻塞碟片间隙。综合考虑，要根据具体情况适度调整间隙，也不宜取过小间隙^[3]。

3.4 碟片的中性孔直径

碟片的中性孔是以物料顺利通过且能均匀分布为开孔原则，形状采用长方形圆弧边结构，有利于减少中性区的流动干扰，提高碟式分离机对物料的适应能力。中性孔直径与碟片数量及流量有关，数值模拟结果表明，随着中性孔直径的增加，向心泵出口分离液中水含量有所增加，分离效率下降。综合考虑，中性孔直径要根据具体情况适度开孔，既要保证物料顺利通过、均匀分布，又要兼顾到分离效率。

3.5 离心机的转速

离心机的转速与处理量成正比，提高转速可以使离心颗粒受到的离心力增大，进而使离心颗粒的沉降速度加快，从而缩短了离心分离所需的时间。一般情况下，一台变频离心机转速无余量的最大离心沉降效率也就是进入分离状态的最高转速，变频调节的离心机可以根据不同物料特性设置相应的转速，跟踪离心物料产出比，确定最佳分离转速。

3.6 比重环的选择

碟式离心机通过高速运转的转鼓要准确的分离出存在密度差的重相和轻相液体，如何才能使发酵液悬液有更好的分离效果，那么比重环（图2所示）作为转鼓内有效控制出重相液量的重要部件，对两相分离效果起着至关重要

的作用。为此,需根据分离介质的密度来为转鼓选择合适的比重环,比重环的内径规格可以根据表1来选择,也可以依据生产经验选择验证。一般的情况下:比重环内径小的适用于重油;比重环内径大的适用于轻质油^[4]。

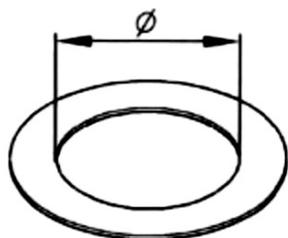


表1 比重环选择表

轻相液体密度(15℃)/(kg/dm ³)	比重环内径/mm
0.80~0.82	--
.83~0.86	83
0.87~0.90	76
0.91~0.94	73
0.95~0.97	64
0.98~0.991	79

比重环内径的大小直接决定重相出液口的直径,在产量一定的情况下,重相出液量的大小会影响转鼓内轻重两相分界面的位置。选择恰当合适的比重环,油水分离面在碟片的外缘边界处,此时分离排出的净油中不含有水,分离排出的水中不含有油。

比重环选择内径太大,重相出口排放量过多,造成轻重两相分界面外移,远离了碟片外缘边界。此时,分离排出的高含量的轻相液中不含有重相液,分离的重相液中却含有轻相液,造成重液出口跑轻相液的现象。此外,轻重两相分界面外扩可能会破坏水密封。

比重环选择内径太小,重相液口出液不顺畅,排放量减小,两相分界面内移至碟片内侧。

3.7 物料的粘度、温度等其他因素

在其它参数不变的情况下,离心机的处理量随着物料粘度的增大而减小。物料的粘度越大使流体在碟片间停留的时间越短,越不容易被分离。被分离物料的温度越高粘度越低,适当的提高被分离物料的温度,有助于

增大离心机的处理量,提高离心机的生产能力^[5]。

4 碟式离心机的振动预防处理

4.1 改善转鼓自动清洗效果

根据碟式离心机的主要构造和工作原理,从设备角度对碟式离心机高振动的原因进行全方位的探究分析,结合自身长期维护检修的经验,有针对性的提出解决对策。转鼓粘附物,会导致振动增大。碟式离心机具有自动周期性清洗转鼓的功能,使碟片表面基本没有物料残留,否则极易造成因不平衡而引起高振动。为改善碟式离心机自动清洗效果,避免清洗不彻底使离心机不平衡而引起设备高振动,通过多次拆检研究、反复试验和长时间现场观察确认,可以根据实际情况实时调整设置离心机自动清洗指标参数,适当延长清洗时间或增加清洗频次,离心机稳定运行周期得到有效延长。

结束语

在全面分析和准确掌握碟式离心机关键分离性能参数的基础上,科学合理实施预防高振动措施,通过对碟式离心机分离性能影响参数的研究,从设备角度对碟式离心机高振动的原因进行全方位的探究分析,提出有针对性的技术措施,为碟式离心机在生物制药领域的应用提供一定的参考,有助于在现有机组的基础上挖掘更大的潜能,从而达到设备管理和生产能效双赢。

参考文献

- [1]马跃,李海峰,董贺峰,付双成.碟片参数对碟式离心机流场及分离性能影响的数值模拟研究[J].矿山机械,2022,50(09):43-48.DOI:10.16816/j.cnki.ksjx.2022.09.010.
- [2]袁慧新等.碟式离心机分离性能的研究[J].化工机械.2011,38(2):157-159.
- [3]牟福君.我国碟式离心机的现状与发展趋势[C].中美国际过滤与分离技术研讨会.2010.
- [4]杨如惠.碟式离心机分离影响因素及模型浅析[J].合成技术用.2010,25(3):56-58.
- [5]吕卓健, DBP-450CPLF碟式分离机.浙江省,浙江轻机实业有限公司,2021-11-30.