

高效浓缩机研制的进展

马鞍山矿山研究院 巫竹盛

· 提要 · 本文介绍了国内外高效浓缩机的研究进展及不同形式高效浓缩机的结构、原理、操作控制和应用。

· 关键词 · 高效浓缩机，固液分离

一、前言

自从1905年J·V·N·Dorr发明了浓缩机这种连续作业的设备以来，直至60年代末，浓缩设备几乎没有多大进展。70年代初出现了倾斜板浓缩箱，理论上它是一种无动力的高效浓缩设备，但由于严格要求其给料稳定且在板上均匀分布而实际却难以达到的问题，加之倾斜板间距过小易为杂物或物料堆积或结垢引起堵塞等缺点，迄今未获广泛应用。

随着基建费用上涨，建设规模加大以及环保要求的愈益严格，寻求效率高，费用低的新型浓缩设备，用以代替或部分代替那些低效的浓缩设备，成为固液分离技术中迫切需要解决的问题。许多国家围绕解决这一问题做了大量的研究工作。因此，具有不同特点、结构新颖的高效浓缩机相继研制成功，并得到越来越广泛的应用。

二、高效浓缩机的构造

本文主要介绍以下四种高效浓缩设备：

1. Enviro-Clear浓缩机，由美国Amstnar Corporation公司的子公司Enviro-Clear公司研制的。2. Eimco浓缩机，由美国Envirotech公司的子公司Eimco process

公司研制的。3. Dorr-Oliver浓缩机，由美国Dorr-Oliver公司研制的。4. GX系列浓缩机，由马鞍山矿山研究院研制的。

1. Enviro-Clear浓缩机

Enviro-Clear浓缩机构造如图1所示。与普通中心传动浓缩机相似，具有中心传动装置、耙臂，过负荷提耙装置等。所不同的主要是给料部分，普通浓缩机的中心给料筒出口在溢流堰水平面以下不远的地方，

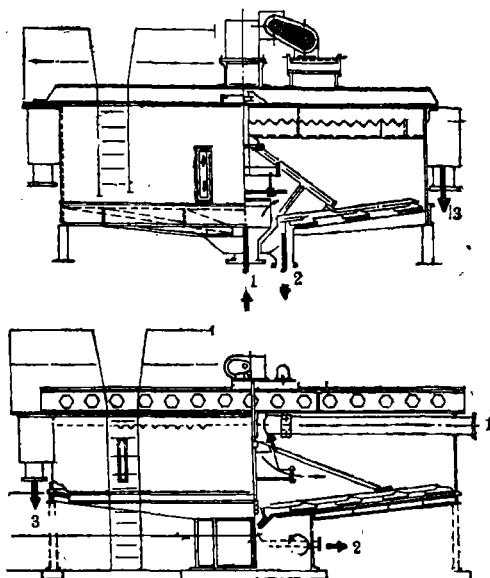


图1 Enviro-Clear型B系列(上)和C系列(下)浓缩机构造

1-给料； 2-底流； 3-溢流

位于澄清区。Enviro-Clear机的中心给料筒向下直插沉淀层，使得料浆在底部给入，给料筒出口端呈喇叭状，具有降低料浆速度，减少冲击沉淀层的作用。与喇叭口相隔一定距离处装有一导流板，用以改变料浆流动方向，使其向四周扩散进入沉淀层。Enviro-Clear机除周边装溢流槽外，部分产品池内也装有溢流槽，以增加溢流堰的总长度，降低溢流上升水流的速度，避免干扰沉淀层。

浓缩机的给料用所需要的絮凝剂处理后，通过中心给料筒进入浓缩机，在给料筒出口端的导流板把料浆从给料筒引向四周。料浆向四周扩散进入预先形成的沉淀层。此时，絮凝后的料浆（絮团）形成泥层向池底部沉淀下来，料浆水透过沉淀层向上升。在此，沉淀层起了过滤作用，使细颗粒无法上升。尚未充分絮凝的料浆在沉淀层中还可能与絮团块接触，继续产生絮凝。最后，借助于耙臂将浓缩的料浆推向中心排料口。然后靠重力或泵排出。

在正常工作条件下，在沉淀层和沉淀层上面的澄清液之间有一明显的界面。为了获得最好的工作效果。沉淀层高度控制在给料筒以上适当的位置，这是很重要的。

Enviro-Clear机除顶部给料（图1，下）通过中心给料筒进入沉淀层外，还有底部给料（图1，上），一般均配有除气装置。在料浆进入浓缩机前首先将料浆中的气体除去，以免絮团中含有气泡造成上浮现象，破坏沉淀层的稳定。

Enviro-Clear公司主要生产B系列和C系列高效浓缩机，目前最大标准规格为Φ19.8米，已知使用的规格有Φ7.01米、Φ9.15米、Φ10.67米、Φ13.72米、Φ16.76米等，主要用于矿物、煤泥、化学品和工业废水处理及食品工业等固-液分离场合。

2. Eimco浓缩机

Eimco浓缩机构造如图2，亦与普通中心传动浓缩机相似，其独特的结构在于，一是给料筒与Enviro-Clear机一样插入沉淀

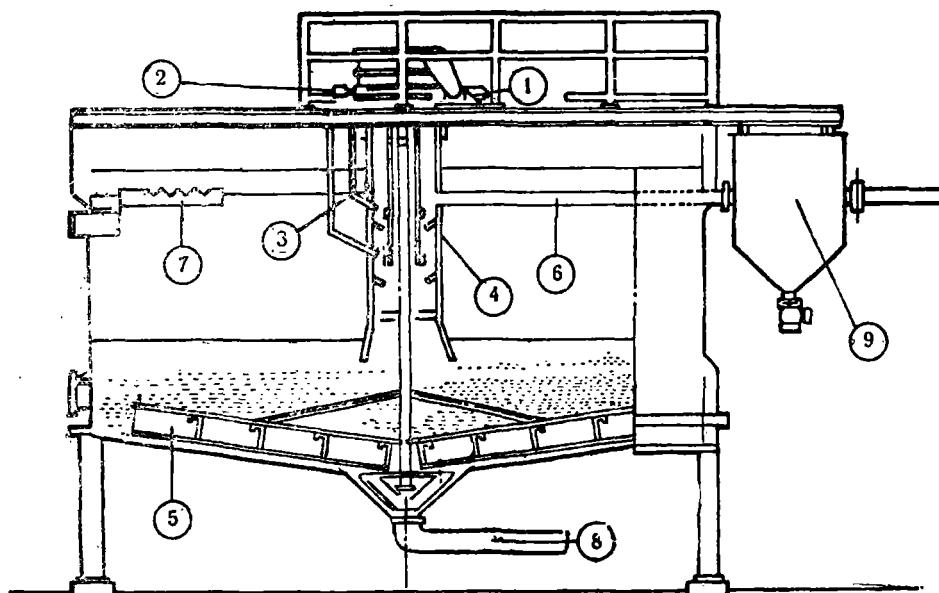


图2 Eimco浓缩机

1-中心传动装置； 2-混合器传动装置； 3-絮凝剂给料管； 4-混合室； 5-耙臂；
6-给料管； 7-溢流槽； 8-泥浆排放； 9-除气系统

层，实现底部给料，且其给料筒内部还设有多层次搅拌叶片，互隔成混合室。二是池体中装设了倾斜板，以安装在沉泥层之上0.06—1.2米为佳。对由给料量和絮凝程度引起的沉泥层波动起缓冲作用。

Eimco机的设计使给料的絮凝达到最优化，结果浓缩效率成几倍或十几倍增加。首先，给料进入除气系统，在这里，带入的空气被除去。之后，料流通过给料管进入混合室。絮凝的最优化是利用一个带有多层机械搅拌叶片的且直径逐渐减小的给料筒完成的。絮凝剂以可控的速度加到每一段。在每一段，絮凝剂都能均匀地分布到给料流中，并使絮团进一步增长。被絮凝的料浆从给料

筒进入沉泥层，在那里，料浆被迅速浓缩，料浆水经沉泥层过滤上升。

此外，Eimco机部分产品亦装设有内部溢流槽。

目前Eimco机的最大标准规格为Φ40米。另外，还有Φ2.4米、Φ12.2米等规格。可广泛用于铁、铜精矿和尾矿的浓缩及粉煤、环保等许多工业部门的固-液分离。

3.Dorr-Oliver浓缩机

Dorr-Oliver浓缩机构造如图3，亦与普通中心传动浓缩机相似。所不同之处是具有独特的Dyna·Floc给料筒。该机配有絮凝剂供应泵，絮凝剂稀释器和必要的敏感设备以及综合控制系统等。

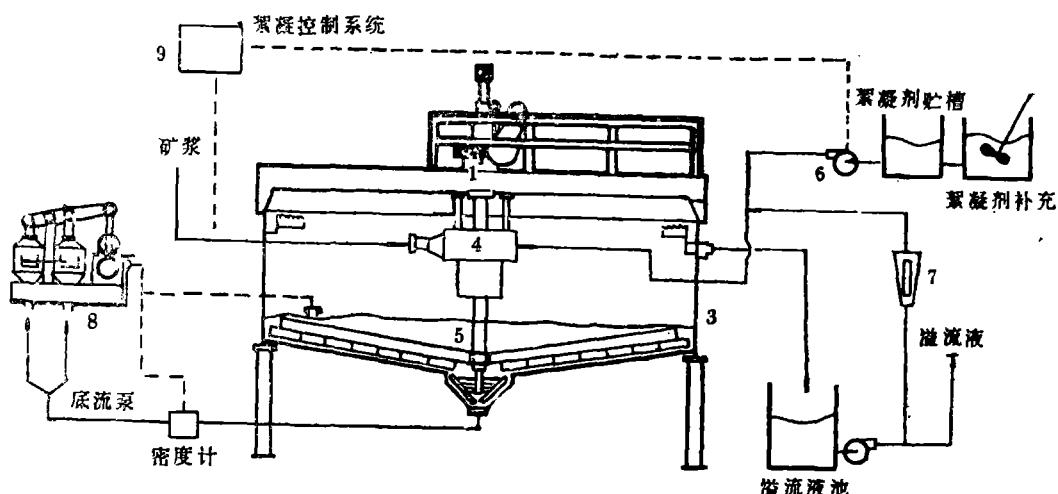


图3 Dorr-Oliver浓缩机

1-中心传动装置； 2-提升装置； 3-溶槽； 4-Dyna Floc给料竖管； 5-耙臂
6-絮凝剂供应泵； 7-絮凝剂稀释度计； 8-底流泵； 9-控制系统

Dyna Floc给料筒将来料分成二股相同但迴旋方向相反的物流分别送入上给料盘和下给料盘。经中给料盘将稀絮凝剂液直接引入剪切区，立即混和均匀。这种给料筒能将料浆得到充分混合和促进形成最佳絮团。

目前，Dorr-Oliver机最大标准规格有直径达45米的A型和直径达130米的S型。

这种高效浓缩机主要用于铀的逆流倾析

回路、磷酸盐泥、煤泥等的处理。

4.GX系列浓缩机

GX系列浓缩机系统结构见图4。该设备主要由消气、混合、中心传动、提耙装置，浓度、界面、絮凝剂稀释水控制装置及配药、加药系统等组成。该机给料筒与Enviro-Clear机一样插入沉泥层，实现底部给料。

GX系列机给料筒有二种。一种给料筒其内

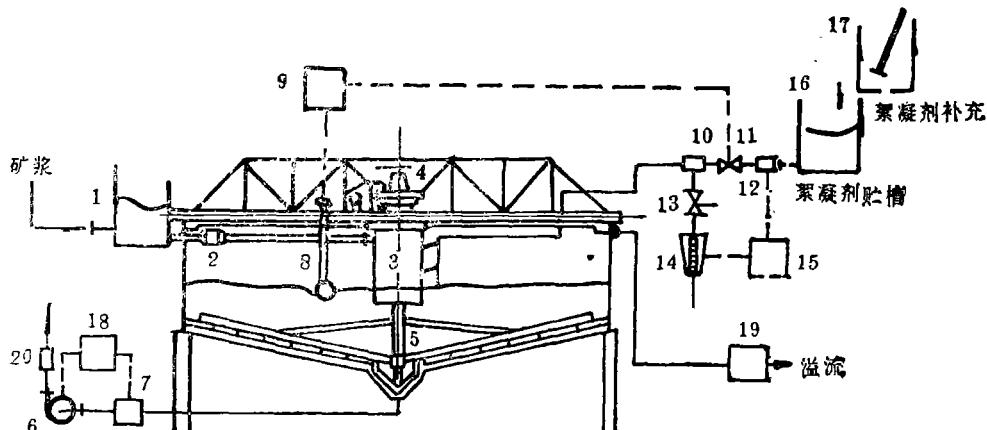


图4 GX系列浓缩机结构示意图

1-消气装置; 2-电磁流量计; 3-混合装置; 4-中心驱动装置; 5-耙架; 6-底流泵;
7-浓度计; 8-界面计; 9-絮凝剂控制系统; 10-水射器; 11-13-电动调节阀;
12-电磁流量计; 14-玻璃转子流量计; 15-稀释水控制系统; 16-絮凝剂贮槽;
18-底流浓度控制系统; 19-浊度计; 20-底流流量计

设有三层且自上而下直径逐渐减小的搅拌叶片，料浆与絮凝剂在此依靠机械搅拌混匀。另一种给料筒顶部为圆筒，下部呈喇叭状，料浆与絮凝剂在此是利用水力混匀的。采用二种给料筒，均能达到最佳的絮凝效果。

料浆给入给料筒时，絮凝剂则由给料筒壁多处进入，在此，料浆与絮凝剂均匀快速混合进入沉淀层，在沉淀层内实现了固-液分离。清液上升成溢流溢出，浓缩料浆成底流排出。

目前，GX系列机最大规格为Φ12米，其它已经生产使用的还有Φ2.5米，Φ3.6米，Φ5.18米，Φ9米等规格。该系列机可应用于冶金、矿山、核能、化工、煤炭、环保等部门的固液分离作业。另外，马鞍山矿山研究院正着手进行Φ24—30米高效浓缩机的研制和将普通浓缩机改造成高效浓缩机的工作。

总之，高效浓缩机其结构特点为：具有絮凝剂和料浆的快速混匀装置，可分段添加絮凝剂；絮凝后的料浆，由沉淀层内部引入，以得到最佳絮凝效果和澄清的溢流水；排料口上方保持足够高度的压缩带，可提供较高的底流浓度；设计的耙臂力矩大并带有自动

提耙装置和过载保护装置；有可靠、操作简便的控制系统，确保界面和底流浓度的稳定。

三、高效浓缩机的操作与控制

通常，把获取浓度高而流量均匀的底流和合乎要求的溢流清液作为衡量高效浓缩机操作好坏的标准。为此，高效浓缩机设置了自动控制系统，使关键的操作环节得到保证。其操作控制系统如图5。

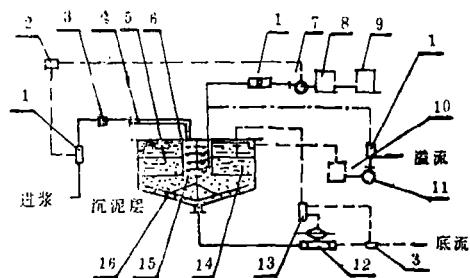


图5 高效浓缩机操作控制系统

1-流量计, 2-絮凝剂加入量调节系统, 3-浓度计, 4-溜槽, 5-倾斜板, 6-进浆混合筒, 7-絮凝剂泵, 8-絮凝剂贮槽, 9-絮凝剂制备槽, 10-溢流液槽, 11-溢流泵, 12-底流泵, 13-沉泥层高度及浓度控制装置, 14-沉泥层界面传感器, 15-混合叶轮, 16-耙子

1.絮凝剂加入量的控制。通过测定给料浓度,给料流量,使固体量与絮凝剂加入量的比例保持恒定,从而保证料浆良好絮凝所需的絮凝剂量。另一种控制方法是通过测定沉泥层高度(界面)来添加絮凝剂量。当界面低时,减少絮凝剂添加量;反之,则增加。絮凝剂添加量的改变通过变化絮凝剂泵的转速实现。

2.底流浓度的控制。底流浓度控制,是与底流泵的动作相连锁。当底流浓度高时,泵的转速增加,排出量加大而浓度由稠变稀;反之,当底流浓度变稀时,则使泵转速降低,减少排出量,使浓度增稠。

3.沉泥层高度的控制,界面的高度控制在给料筒以上适当位置是十分重要的。它与底流泵的转速(即底流排出量)及絮凝剂的添加量有关。

以上控制系统有计算机和模拟仪表控制两种方式,可根据现场工艺情况及用户要求选定。在某些场合,只需控制部分环节,如当给矿相对稳定的场合,可采用计量泵手动控制絮凝剂添加量,用调节底流排出量的办法控制界面和底流浓度的稳定。

四、高效浓缩机的应用

1.美国某赤铁矿选厂用Φ2.44×2.13米Eimco机和现厂普通机进行铁精矿和尾矿的脱水试验,结果见表1,处理铁精矿与铁尾矿时的能力分别是普通机的2.5~14倍和1.8~3倍。

巴布亚新几内亚的OK Tedi矿建造了直径40米的Eimco机,用于尾矿处理,日处理能力可达24,000吨,据称这是目前最大的Eimco型高效浓缩机。

表1 Φ2.44×2.13 Eimco浓缩机铁精矿和尾矿脱水试验

处理物料		铁精矿		铁尾矿	
机型	Eimco机	普通机	Eimco机	普通机	
给料细度(%-325目)	92~95	92~95			
底流浓度(%)	50~79	60~70	45~59	40~60	
溢流浓度(%)	0.08~0.24	0.05~0.1	0.0263~0.172	0.0797~0.2093	
所需单位面积(米 ² /吨·日)	0.016~0.146	0.226~0.366	0.137~0.613	0.411~1.097	

表2 Eimco浓缩机的技术指标

物料性质	给矿浓度(重量%)	沉砂浓度(重量%)	单位处理量(吨/米 ² ·日)干矿
洗煤尾泥	1~6	20~40	5.4~10.8
铜精矿	15~30	50~75	18~54
铜尾矿	10~30	45~65	10.8~27
氧化物浸出金矿	10~25	50~65	10.8~21.6
铁精矿	15~25	50~65	10.8~54
铁尾矿	10~20	40~60	1.8~10.8
海水中氧化镁	3~10	15~30	0.54~2.16
磷泥	1~5	8~12	3.6~10.8
氧化物浸出银矿	10~25	50~60	8.3~21.6
铀中矿	15~25	40~60	15.4~36

Eimco浓缩机技术指标见表2。

2.美国Lerseg Minero锌公司日处理8165吨的Gorotons ville锌选厂,1982年投产。采用重介质和浮选联合流程。重介质车间将分级后的-65目粒级物料用Φ9.144米Enviro-Clear机处理,底流去浮选。重产品经磨浮后的尾矿用一台Φ13.72米Enviro-Clear机

处理,溢流作回水用,底流经过滤作石灰原料。据计算Φ13.72米Enviro-Clear机的单位面积处理能力高达16~18吨/米²·日。

3.1988年马鞍山矿山研究院与杭州闲林埠钼铁矿用Φ12米GX系列机对该矿磁选尾矿进行了工业试验。试验结果见表3。Φ12米GX系列机已于1988年9月通过国家鉴定。

表3 杭州闲林埠矿GX-12浓缩机工业试验指标

项 目	试验时间 (h)	给矿流量 (m ³ /h)	给矿浓度 (%W)	底流浓度 (%W)	溢流中悬浮物含量 (mg/l)	处理能力(干矿) (t/m ² ·d)
不加絮凝剂	8.0 25.5	140.3 76.5	11.50 12.20	21.40 20.90	2344 1536	3.5 2.19
添加絮凝剂	40.0	140.9	13.90	40.50	295.1	4.61
	25.5	158.9	21.10	40.60	226.4	8.35
	36.0	207.8	21.03	42.03	203.9	10.85
	37.0	349.7	12.80	49.90	176.0	10.39
	73.0	331.0	25.50	63.96	275.1	21.75

1984年,马鞍山矿山研究院用Φ3.6米GX系列机对马钢姑山铁矿龙山选矿厂的尾

矿进行了工业试验。试验结果见表4。Φ3.6米GX系列机于1984年12月通过国家鉴定。

表4 马钢姑山矿GX-3.6浓缩机试验指标

项 目	试验时间 (时)	处理量 (米 ³ /时)	给矿浓度 (重量%)	底流浓度 (重量%)	溢流悬浮物 (毫克/升)	溢流光密度	单位处理量 (吨/米 ² ·日) 干矿
试 调	192	20.69	11.99	33.22	200	0.152	0.46
连续试验	184	23.61	11.65	42.42	319.05	0.647	7.16
	203	26.36	12.17	44	209.22	0.448	8.35
	200	26.61	13.58	46.07	159.85	0.175	9.54
平 均 数	592	25.59	12.48	44.45	226.61	0.418	8.14
设 计 要 求		20	10~20	40以上	500以下		5.5~11
不加絮凝剂	9	10.66	15.04	26.71	368.98	0.334	4.5

表5 张家口金矿高效浓密机生产情况

项 目	单 位	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月
处理矿量	吨/日	422.29	321.61	415.13	450.84	451.07	476.39	441.03	421.52	466.71	353.73
给矿浓度	%	20.1	16.6	18.3	18.7	17.50	18.3	17.8	18.2	18.2	20.6
给矿细度	-200目%	83.21	89.80	86.38	86.50	88.12	88.78	90.28	91.46	87.90	87.87
絮凝剂用量	克/吨	30	37	40	39	40	39	32	46	50	60
底流浓度	%	38.20	41.99	41.72	41.49	42.68	42.15	40.28	40.70	40.97	42.60

1987年张家口金矿采用了一台Φ5.18米Enviro-Clear高效机作炭浆提金工艺的浸出前浓缩设备。该机1987年1—10月生产情况

见表5,据计算该机的处理能力是普通浓缩机的20倍左右。

(下转第23页)

79.39吨，合计113.66吨，按当前国家统一计划价格计算，总产值折合币约71.14万元/年。考虑今后全面投产时，尚需增加设备，改造厂房，将使生产成本有所增加等因素，预计总产值仍可增加50%以上。

（三）工艺特点

（1）流程简单，适应性强 该流程用水力旋流器预先将混合细泥分为两部分，即+30微米部分，主要由摇床粗选，浮选脱硫和湿式强磁分选黑白钨。-30微米部分，主要由离心机粗选，皮带溜槽精选，既充分利用了选厂原有设备，又强化了-30微米的回收，同时还扩大了有用金属的综合回收，经工业生产试验的验证，获得了与小型试验相近的选矿指标。

（2）回收指标高 工业试验结果表明：处理含WO₃0.24%的混合细泥，可获得含WO₃67%以上优质精矿，回收率40.812%，比原流程提高13.712%，以及含

WO₃26%以上的低度钨，回收率13.24%，比原流程提高11.62%以上，两者合计提高回收率25%以上。其中优质钨精矿占53.83%。

（3）经济效果显著 该流程全面投产以后，与原流程相比，仅钨精矿每年可增加产值约50万元。如果计入硫化矿中银、铋、钼等的综合回收，其经济效果将更为显著。

五、结语

大吉山混合钨细泥量大，品位低，粒度细，矿石性质复杂，用单一摇床选矿方法，难以获得理想的结果，已被长期的生产实践所证实。采用分级—重—浮—磁工艺流程，不仅能获得较高的回收率，提高精矿质量，而且还能够扩大综合回收伴生的银、铋、钼等有用金属。工业生产试验证明，该工艺流程处理混合细泥是可行的，对同类型钨细泥的处理具有参考意义。

（上接第29页）

五、结语

Enviro-Clear、Eimco、Dorr-Oliver和GX系列高效浓缩机的作用机理是完全新颖的，由于它充分发挥了絮凝剂对固体颗粒的絮凝作用，借助于底部给料和絮凝作用形成动态沉泥层，使其处理能力与普通浓缩机相比，成几倍或十几倍地增加。处理单位物料所需的沉降面积仅为普通浓缩机的 $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{9}$ 。因此降低了投资，节省了占地面积，提高了回水利用率，减少了环境污染，具有明显的社会效益和经济效益。是当前最有发展前景，效率最高的浓缩机。

国外高效浓缩机问世十几年来，已在许多领域应用，正在进一步推广。我国高效浓

缩机的研制从1981年开始，目前已先后研制并开发了GX系列Φ2.5米、Φ3.6米、Φ5.18米、Φ9米、Φ12米多种规格高效浓缩机。在此基础上，马鞍山矿山研究院正在进行Φ24~30米的高效浓缩机的研制工作。该系列机除已成功地应用于冶金、矿山、黄金系统外，尚可广泛应用于核能、化工、建材、煤炭，环保等许多工业部门。无可否认，高效浓缩机是一种很有前途的新设备，但在某些场合也不可能完全代替普通浓缩机。特别是对于不易絮凝的料浆，采用高效浓缩机就不一定经济合理。另外，对于物料既要浓缩，又需为下道作业储存料浆时，则高效浓缩机因容积小就不能胜任了。总之，高效浓缩机的采用应根据现场实际情况而定。

参考文献略