

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2013.04.009

一种敞开无密封、安全、高效一级连续乳化器的结构参数的研究*

徐海军 黄河新 尹良胜

浙江永联民爆器材有限公司永进分公司(浙江兰溪,321100)

[摘 要] 介绍一种上进下出,完全敞开无密封,通过湍流实现预乳,靠适度的剪切完成精乳的乳化器。通过检测乳状液游离铵质量分数、粒子直径及产品性能等数据,优化乳化器内部的分散叶片角度、碗形转子周边齿角度及齿数等结构参数,实现 6t/h 以上产能的乳化器生产出的乳化炸药产品性能符合国标等相关要求的目标。控制乳状液游离铵质量分数在 0.20% 以下、粒子直径在 1.0~5.0 μm 范围内,确定了分散叶片角度为 10°,碗形转子周边齿角度为 10°、齿数为 30 只,在转速 960r/min、产能 6t/h 条件下,乳化炸药产品储存 6 个月后爆速 4500m/s、猛度 15mm、殉爆距离 4cm。

[关键词] 连续乳化器 乳状液 敞开 无密封 本质安全

[分类号] TQ560.5 TD235.2*1

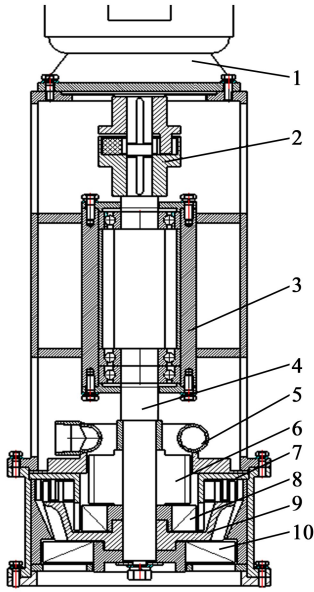
引言

我国自上世纪 80 年代初第一代 EL 系列乳化炸药诞生以后,经历了 30 余年的历程,生产工艺由早期的间断式、半连续式发展到现在的微机监控全连续式生产线,先后应用过三代乳化设备,即:简单桨叶式乳化罐、胶体磨和连续乳化器^[1]。乳化器经过几十年的发展,由间断式到连续化生产,从高线速度向低线速度发展,从动定子小间隙向大间隙进步,目前国内厂家较多采用的立式一级连续乳化器,均称为敞开式乳化器,但由于下进上出,实际乳化腔是密闭的,为防止泄漏,都设有非金属密封或机械密封,并加装冷却装置,在实际生产中不能保证不泄漏,故还是存有安全隐患^[2]。

1 敞开无密封、安全、高效一级乳化器

笔者仔细研究了国内多种乳化炸药乳化器结构,发现对 SP 类乳化剂为主的乳化炸药而言,以湍流为主要方式实现预乳、精乳的乳化器,其破碎、乳化效果略显不足,作功能力稍逊;以剪切为主要方式实现预乳、精乳的乳化器,不利于抑制聚结^[3],产品储存期有较大影响。进而大胆提出预乳通过湍流来实现,精乳靠适度的剪切来完成的观点,采用上进下出,完全敞开无密封,水油相从环形进料管进入碗形转子,利用碗内分散叶片的湍流作用完成预乳,预乳液迅速由离心力甩向碗形转子周边齿,与定子间进

行剪切精乳,通过出料叶片向下出料;并在环形进料管和碗内分散叶片间设置一进料螺旋,使水、油相始终保持一定液位,防止空气卷入乳化腔体。乳化器结构见示意图 1。



1 - 电机;2 - 联轴器;3 - 轴承架;4 - 传动主轴;
5 - 环形进料管;6 - 进料螺旋;7 - 定子;8 - 分散
叶片;9 - 碗形转子;10 - 出料叶片

图 1 安全、高效、敞开式一级连续乳化器结构示意图

Fig.1 Structure profile of the safe, efficient, open senior continuous emulsifier

* 收稿日期:2013-06-07

作者简介:徐海军(1974~),男,工程师,从事炸药设备研究、企业管理。E-mail:zjlxhj1255@163.com

通信作者:黄河新(1960~),男,高级工程师,从事炸药工艺研究。

2 乳化器试验验证

2.1 乳状液质量的评判

通常采用显微观察法、水溶法、电导率法、高低温循环法等方法来评价乳化炸药稳定性^[4-5]。

2.1.1 水溶法测游离铵质量分数

在乳状液体系中,如果乳化得不好,就会出现整个或半个无机盐(如硝酸铵)粒子不被表面活性剂所包覆,只暂时存于油相中,这些极性很强的硝酸铵粒子一旦被水浸泡,就会很快地游离到水中而呈离子状态,有些包覆不好的盐的极细液滴,也会因水的浸泡而冲破脆弱的油膜而离析出来。用水溶法以一定量水在一定温度和时间内浸泡一定量乳状液,测得析出的游离硝酸铵质量分数,就可直接反映所测试的乳状液的质量,游离铵质量分数越高,乳状液的乳化效果越差;反之,则越好^[6-7]。检测我公司生产的 40 多批次高威力 1 号岩石乳化炸药的乳状液,游离铵质量分数主要为 0.05% ~ 0.25% (图 2), 2 号岩石乳化炸药的乳状液游离铵质量分数主要为 0.20% ~ 0.40% (图 3)。

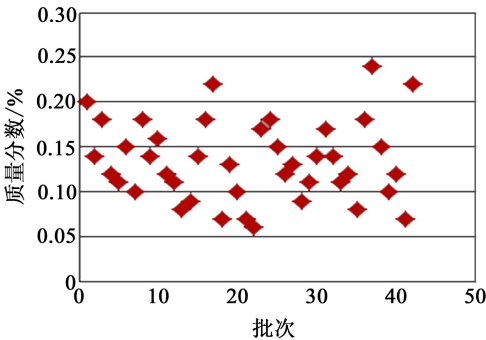


图 2 1 号乳化炸药游离铵质量分数散点
Fig.2 Mass fraction scatter diagram of free ammonium nitrate in 1# emulsion explosive

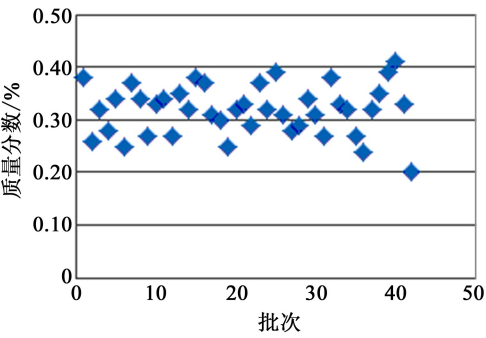


图 3 2 号乳化炸药游离铵质量分数散点
Fig.3 Mass fraction scatter diagram of free ammonium nitrate in 2# emulsion explosive

2.1.2 显微观察法测乳状液粒子直径和分布

乳状液基本粒子直径大小和分布是表征乳状液结构的特征数据。乳状液粒子愈细小、愈均匀,乳

化炸药的稳定性就愈好;反之,则越差。可利用高倍显微镜或自动图像分析仪对乳状液粒径大小和分布进行测试,来评价乳化炸药的稳定性^[8-9]。检测我公司生产的 20 多批高威力 1 号岩石乳化炸药的乳状液,粒子直径分布一般为 1.0 ~ 3.5 μm ,储存期在 1 年以上;生产的 2 号岩石乳化炸药的乳状液粒子直径分布一般为 2.5 ~ 5.5 μm ,储存期在 10 个月以上。

2.2 敞开式一级连续乳化器试验

针对产能的试验发现,在工艺配方、温度、转速一定的条件下,分散叶片(图4)角度对产能影响很大,碗形转子周边齿(图5)的角度对产能影响不明

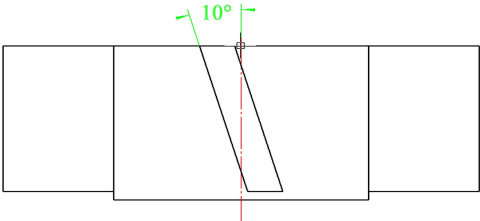
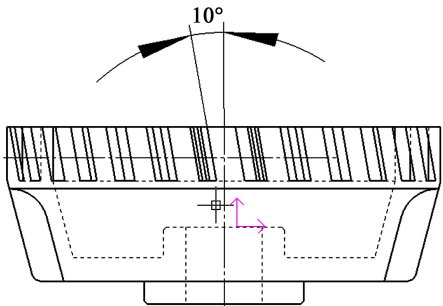
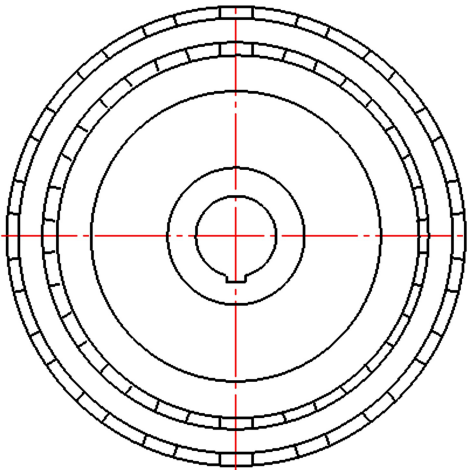


图 4 分散叶片示意
Fig.4 Diagram of dispersing blade



(a)



(b)

(a) 主视图;(b)俯视图

图 5 碗形转子示意

Fig.5 Diagram of bowl-shaped rotor

显,但对乳状液游离铵质量分数和粒子直径影响较明显,试验相关数据见表 1。

表 1 试验数据表明,分散叶片角度为 10°,乳化器产能基本达到最大,碗形转子周边齿角度为 10°时,乳状液质量较佳。

针对提高乳状液质量的试验发现,在工艺配方、温度、转速一定的条件下,继续增加碗形转子周边齿角度,乳状液质量变化不明显。通过对国内乳化器转子的分析,进行了固定分散叶片、碗形转子周边齿角度均为 10°,试验碗形转子周边齿齿数对乳

状液质量的影响,试验数据如表 2。

表 2 试验数据表明,随着碗形转子周边齿的齿数逐步增加,乳状液质量也逐步提高,齿数大于 30 只以后,如果此时齿数再继续增加,乳状液质量提高不明显。

在此试验基础上,固定分散叶片、碗形转子周边齿角度均为 10°,碗形转子周边齿数为 30 只,电机功率为 7.5kW,转速 960r/min,油相选用复合乳化剂与自制的油相材料复配,水油相温度控制在 95~100℃的条件下,试验不同产能对乳状液质量的影

表 1 分散叶片与碗形转子角度调整对比

Tab. 1 Comparison of angle adjustment of dispersing blade and bowl – shaped rotor

分散叶片角度°/°	碗形转子角度°/°	最大产能*/(t · h ⁻¹)	游离铵质量分数/%	粒子直径/μm
- 10	- 10	3.0	0.72 ~ 0.85	6.9 ~ 10.8
	0	2.9	0.61 ~ 0.69	5.8 ~ 9.5
	10	3.0	0.55 ~ 0.65	5.2 ~ 8.8
0	- 10	4.8	0.67 ~ 0.79	6.3 ~ 9.5
	0	4.8	0.57 ~ 0.68	5.4 ~ 8.7
	10	4.9	0.55 ~ 0.65	5.3 ~ 8.4
10	- 10	7.4	0.64 ~ 0.75	6.2 ~ 9.2
	0	7.2	0.54 ~ 0.66	5.1 ~ 9.0
	10	7.3	0.51 ~ 0.62	4.7 ~ 8.6
15	- 10	5.5	0.59 ~ 0.71	5.9 ~ 8.9
	0	5.6	0.53 ~ 0.61	5.1 ~ 8.6
	10	5.3	0.48 ~ 0.57	4.5 ~ 8.3

注：* 分散叶片、碗形转子的角度指分散叶片、碗形转子周边齿与轴线按顺时针方向的夹角；* * 最大产能指达到该产能时进料口有物料溢出。

表 2 碗形转子周边齿齿数调整对比

Tab. 2 Comparison of peripheral teeth number adjustment of bowl-shaped rotor

周边齿齿数/只	产能/(t · h ⁻¹)	游离铵质量分数/%	粒子直径/μm	基质状态		
				表面	光泽	硬度
18	3.0	0.43 ~ 0.62	4.6 ~ 8.8	粗糙	无	很软
	4.5	0.38 ~ 0.54	3.5 ~ 6.1	较光滑	较透明	较软
	6.0	0.48 ~ 0.58	3.9 ~ 6.6	较光滑	较透明	适中
	7.2	0.51 ~ 0.62	4.7 ~ 8.6	较光滑	较透明	较软
24	3.0	0.22 ~ 0.39	3.7 ~ 7.4	较光滑	较透明	较软
	4.5	0.17 ~ 0.35	2.8 ~ 5.7	较光滑	透明	适中
	6.0	0.15 ~ 0.33	2.5 ~ 4.8	光滑	透明	适中
	7.2	0.18 ~ 0.37	3.0 ~ 5.8	较光滑	较透明	适中
30	3.0	0.15 ~ 0.30	3.6 ~ 7.8	较光滑	较透明	适中
	4.5	0.11 ~ 0.24	2.0 ~ 5.1	光滑	透明	适中
	6.0	0.08 ~ 0.20	1.3 ~ 4.6	光滑	完全透明	适宜
	7.2	0.18 ~ 0.30	2.5 ~ 5.3	较光滑	透明	适中
36	3.0	0.14 ~ 0.28	3.4 ~ 6.2	较光滑	较透明	较软
	4.5	0.10 ~ 0.25	2.1 ~ 5.2	光滑	透明	适中
	6.0	0.08 ~ 0.18	2.5 ~ 4.9	较光滑	完全透明	适中
	7.2	0.20 ~ 0.31	3.2 ~ 5.9	较光滑	较透明	较软

响,试验数据见表 3。由表 3 可见,在充分保证乳状液质量的情况下,该连续乳化器的产能可以达到 6.0 t/h。表 4 为产能为 6.0 t/h 时,产品的储存性能,满足国标要求。

表 3 不同产能乳状液质量对比

Tab.3 Comparison of emulsion at different capacities

产能 / (t · h ⁻¹)	游离铵质 量分数/%	粒子直径/ μm	基质状态
3.2	0.15 ~ 0.28	3.5 ~ 7.8	表面较光滑、较透明、硬度适中
4.5	0.11 ~ 0.24	2.0 ~ 5.1	表面光滑、透明、硬度适中
5.0	0.09 ~ 0.21	2.1 ~ 4.8	表面光滑、完全透明、硬度适宜
6.0	0.08 ~ 0.20	1.3 ~ 4.6	表面光滑、完全透明、硬度适宜
7.0	0.18 ~ 0.30	2.5 ~ 5.3	表面较光滑、较透明、硬度适中

表 4 产品储存期性能对比

Tab.4 Storage performance comparison of products

项目	猛度/ mm	爆速/ (m · s ⁻¹)	殉爆距离/ cm
初始	19.1	5360	5
3 个月	17.7	4820	5
6 个月	15.3	4530	4

注:产能 6 t/h,乳状液初始游离铵质量分数 0.08% ~ 0.20%,粒子直径 1.3 ~ 4.6 μm。

3 结果与分析

从试验结果来看,分散叶片的角度对产能影响很大,选择合适的角度,能得到所需的产能;碗形转子周边齿角度、齿数直接影响乳化效果。

结合分散叶片示意图,分散叶片角度为负值时,因分散叶片呈顺时针旋转,叶片对水、油混合液向上作用力明显,易飞溅溢出;分散叶片角度为正值时,

叶片对混合液向下作用力明显,促进混合液向下湍动,抑制飞溅溢出,故分散叶片的角度对产能影响明显。

碗形转子周边齿角度对混合液流量的影响和分散叶片相同,碗形转子齿数少,对混合液剪切次数相对少,效果差;随着碗形转子周边齿数增加,增加混合液剪切次数和乳化效果,但齿数增加到一定量时,由于齿宽及齿间距在减小,乳化效果增加不明显;且齿宽小到一定值时,碗形转子周边齿机械强度下降,达不到安全要求,故齿数不宜再增加。确定合适的碗形转子周边齿角度和齿数,乳化效果在最大产能区间内可达到最佳,超出该区间范围乳状液质量会受到影响。

笔者认为由于乳化器完全敞开,产能低时,流量小,分散叶片的湍流分散不充分,定转子间的剪切作用未达到应有效果,乳状液质量不佳;随着产能增大,流量增加,分散叶片的湍流分散作用加强,定转子间的剪切效果也随之提高,乳状液质量趋于最佳,产能继续增加,分散叶片的湍流分散作用和定转子剪切作用略显不足,乳状液质量下降。

表 5 为本乳化器与国内外产品的主要技术参数对比^[10]。

4 结论

本乳化器制造的乳化炸药产品符合《乳化炸药》(GB18095—2000)主要性能指标要求。乳化器上进下出,完全敞开无密封,通过湍流实现预乳,靠适度的剪切完成精乳。通过检测乳状液游离铵质量分数、粒子直径及产品性能等数据,优化乳化器内部的分散叶片角度、碗形转子周边齿角度及齿数等结构参数。控制乳状液游离铵质量分数在 0.20% 以下、粒子直径在 1.0 ~ 5.0 μm 范围内,确定了分散叶片角度为 10°,碗形转子周边齿角度为 10°,齿数为 30 只。在转速 960 r/min,产能 6 t/h 条件下,乳化

表 5 本乳化器与其它产品的主要技术参数对比

Tab.5 Comparison of main technical parameters of the emulsifer and other models

型号	功率/kW	转速/(r · min ⁻¹)	生产能力/(t · h ⁻¹)	容积/L	出口口径/mm	腔体形式
SRF200-2WS	11.0 ~ 18.5	955	2.0 ~ 7.0	3.5	52	密闭式前端进上出料
DRJ- II	18.5	1470	4.6	0.7	50	密闭式下进上出料
JWL- II	18.5	1470	4.5 ~ 7.0	5.0	50	密闭式下进上出料
CYJ- II	15.0	970	4.0	2.0	50	密闭式下进上出料
JRJ-180	22.0	1450	6.0	5.0	50	密闭式下进上出料
AE-HLC- II	11.0 ~ 17.0	1440	3.5 ~ 6.0	5.0	50	密闭式下进上出料
本乳化器	7.5	750 ~ 960	4.5 ~ 7.2	3.5	280	敞开式上进下出料

炸药产品储存 6 个月后爆速 4500m/s、猛度 15mm、殉爆距离 4cm。符合国家民爆行业的产业政策,是乳化器研发的一个方向,将有利于提高乳化炸药生产线的本质安全水平。

参 考 文 献

- [1] 张翠英,吴龙祥,王永斌. 国内外乳化炸药专用乳化设备发展现状[J]. 现代矿业,2010(5):10-14.
Zhang Cuiying, Wu Longxiang, Wang Yongbin. The development status of domestic and foreign emulsifying equipment for emulsion explosive[J]. Modern Mining, 2010(5):10-14.
- [2] 唐友生. 乳化炸药生产线危险源安全措施探讨[J]. 安全,2010,31(10):5-7.
- [3] 陈飞,肖才榕. 乳化器中搅拌结构及参数对乳化作用的影响[J]. 爆破器材,2002,31(4):33-36.
Chen Fei, Xiao Cairong. The effects of construction and parameter of emulsification machine[J]. Explosives Materials, 2002,31(4):33-36.
- [4] 黄丽媛,张国虎,汤代红,等. 乳化炸药稳定性测试方法研究[J]. 爆破器材,2013,42(2):34-36.
Huang Liyuan, Zhang Guohu, Tang Daihong, et al. Testing method study on the stability of emulsion explosives[J]. Explosive Materials, 2013, 42(2):34-36.
- [5] Satonkina N P, Prueel E R, Ershov A P, et al. Electrical conduction of emulsion explosives[J]. Journal of Engi-

- neering Thermophysics, 2011, 20(3):315-319.
- [6] 胡坤伦, 李光, 尤奎, 等. 影响乳化炸药稳定性物理性能试验研究[J]. 爆破器材, 2010, 39(4):15-17.
Hu Kunlun, Li Guang, You Kui, et al. Experimental study on physical properties affecting the stability of emulsion explosive[J]. Explosives Materials, 2010, 39(4):15-17.
- [7] 杨仁树 胡坤伦. 几种表征乳化炸药稳定性方法的实验研究[J]. 煤矿爆破, 2007(2):1-4.
Yang Renshu, Hu Kunlun. Experimental research on several methods of characterizing the stability of emulsion explosive[J]. Coal Mine Blasting, 2007(2):1-4.
- [8] 李文华. 影响乳化炸药质量的因素及分析方法[J]. 黑龙江科技信息, 2009(11):45.
- [9] 宋锦泉 汪旭光. 乳化炸药的稳定性探讨[J]. 火炸药学报, 2002(1):36-40.
Song Jinqun, Wang Xuguang. Discussion on stability of emulsion explosives[J]. Chinese Journal of Explosives & Propellants, 2002(1):36-40.
- [10] 王贵满, 陈岗, 周康波, 等. 大产能敞开式乳化器的设计[J]. 煤矿爆破, 2012(4):3-6.
Wang Guiman, Chen Gang, Zhou Kangbo, et al. Design of an open style emulsifier with large capacity[J]. Coal Mine Blasting, 2012(4):3-6.

Research on Structure Parameters of an Open, Unsealed, Safe and Efficient Senior Continuous Emulsifier

XU Haijun, HUANG Hexing, YIN Liang sheng

Yongjin Branch, Zhejiang Wing Explosive Materials Co., Ltd. (Zhejiang Nanxi, 321100)

[ABSTRACT] A over-entering and down-out and completely open unsealed emulsifier was introduced in this article. Pre-milk through turbulence and completed fine milk by moderate shear was achieved. Free ammonium content, particle diameter and the product performance data were obtained. Dispersing blade angle, peripheral teeth angle and number of bowl-shaped rotor were optimized. Production performances of emulsion explosives produced by the emulsifier, whose capacity was higher than 6t/h, all met national standards. Under the condition that free ammonium content was controlled below 0.20% and the particle diameter was 1.0-5.0 μm , dispersing blade angle was 10° , peripheral teeth angle of bowl-shaped rotor was 10° and peripheral teeth number of bowl-shaped rotor was 30. Keeping emulsifier speed at 960r/min and capacity at 6t/h, performance of products stored over 6 months can still achieve 4500 m/s for the detonation velocity, 15 mm for the fierce degree, and 4 cm for the transmission distance.

[KEY WORDS] open wide, unsealed, senior continuous emulsifier, emulsion, intrinsically safe