

基于剪切破碎理论的硝酸铵破碎机研究

陈曦 苗涛

中国葛洲坝集团易普力股份有限公司 重庆 401121

摘要: 为解决民爆行业硝酸铵破碎工序生产效率低、噪声大及粉尘污染严重的问题,分析现有硝酸铵破碎机工作模式,将剪切破碎理论引入到硝酸铵的破碎中,并基于这一理论设计新型硝酸铵破碎机。破碎过程中噪声及粉尘产生的根本原因是破碎过程中破碎机主轴转速太高,通过对破碎机传动系统的设计,通过降低破碎机主轴转速,增加主轴转矩的方式,在满足破碎效率的前提下,降低破碎产生的粉尘及噪声污染。

关键词: 硝酸铵; 破碎机; 剪切破碎; 噪声; 粉尘

Research on ammonium nitrate Crusher based on shear crushing theory

Xi Chen, Tao Miao

1. China Gezhouba Group Epli Co., Ltd., Chongqing 401121;

2. Xinxiang Lianmeng Chemical Technology Co., Ltd., Xinxiang 453211)

Abstract: To solve the problems of low production efficiency, high noise, and severe dust pollution in the ammonium nitrate crushing process in the civil explosives industry, this paper analyzes the working mode of existing ammonium nitrate crushers and introduces the shear crushing theory into ammonium nitrate crushing. Based on this theory, a new type of ammonium nitrate crusher is designed. The fundamental reason for the generation of noise and dust during the crushing process is that the spindle speed of the crusher is too high. By designing the transmission system of the crusher and reducing the spindle speed while increasing the spindle torque, dust and noise pollution generated during the crushing process can be reduced while ensuring the crushing efficiency.

Keywords: ammonium nitrate; Crusher; Shear crushing; Noise; dust

引言

硝酸铵是乳化炸药生产中最主要原材料^[1],约占乳化炸药总质量的75%~80%。硝酸铵与水经加热溶解,形成水相溶液后,才能用来生产乳化炸药^[2]。硝酸铵具有很强的吸湿结块性^[3]。粉状或颗粒状态的硝酸铵在自然存放时容易受温度、水分等外部环境的影响,转变为坚硬的块状。生产中需先将硝酸铵进行破碎,再将破碎后的硝酸铵输送至水相制备罐进行加热溶解。

民爆行业在生产中多使用40kg/袋的袋装硝酸铵作为原材料,使用破碎能力15t/h的破碎机对其进行破碎,生产效率较低。我国民爆行业生产企业长期以来规模较小,产业集中度很低^[4]。近年主管部门鼓励行业内部整合并购^[5],民爆生产企业产业集中度得到显著提高。在民爆行发展规划中提出要进一步提高产业集中度,淘汰规模较小的生产企业^[6]。

现有硝酸铵破碎工序存在以下问题:

1) 随着民爆行业产业集中度不断增加,炸药生产厂及乳胶基质地面制备站的产能及生产效率不断增加,但现有硝酸铵破碎机破碎效率较低,无法适应更高生产效

率的规模化生产作业。

2) 结块后的40kg/袋的袋装硝酸铵外形极为不规则,不方便使用机械搬运,生产时需配备多名搬运工完成搬运工作,劳动强度巨大。

传统的硝酸铵破碎机为高转速单辊破碎机,依靠主轴及辊子的高转速撞击挤压结块硝酸铵使其破碎,在辊子与硝酸铵的高速撞击过程中产生极大的噪声及硝酸铵粉尘,严重威胁工作人员身体健康。

硝酸铵破碎效率低、硝酸铵搬运劳动强度大、硝酸铵破碎粉尘及噪音污染大是民爆行业硝酸铵破碎工序急需解决的问题。

一、现有破碎机原理及参数

民爆行业生产中多使用单辊破碎机进行硝酸铵的破碎。辊轮四周沿轴向方向焊接有矩形筋板,通过高速转动的辊轮上筋板撞击硝酸铵使其破碎^[7]。单辊破碎机生产效率最大仅为10t/h,生产效率较低,且破碎机辊轮转速高达585 r/min,破碎产生的粉尘及噪声问题严重。

二、破碎机的设计

2.1 剪切破碎原理

矿石和结晶的硝酸铵等脆性物料的固有属性决定了其抗压强度是其抗剪强度的6-10倍,是其抗拉强度的8-10倍^[8]。对同样矿石进行破碎,使用剪切破碎需要的作用力约为使用挤压破碎所需作用力的1/6-1/10。不同与常规挤压破碎方式,剪切破碎是通过较薄叶片的剪切及拉伸作用使物料失稳,达到破碎目的。

2.2 传动系统

对现有单辊破碎机破碎过程进行分析,通过变频器调节破碎机转速,研究发现破碎机主轴转速直接影响着破碎工序的噪声及粉尘的大小,主轴转速越高,则破碎机在破碎时产生的噪声越大,产生的硝酸铵粉尘也越大;反之,越低的主轴转速,叶片边缘的线速度越小,产生的噪声及粉尘也就越小。

单辊破碎机破碎效率受转速影响较为明显,破碎机主轴转速在585 r/min时,破碎效率约为10t/h,但破碎机转速在400 r/min时,破碎效率下降到6.5t/h,且容易发生堵料现象。通过分析单辊破碎机结构发现,破碎机主轴通过皮带和电动机输出轴连接,减速比仅为2.5,破碎机主轴转矩太低,且其破碎方式为挤压式破碎,需使用较大的力才能使硝酸铵破碎。单辊破碎机的机构及挤压式破碎原理决定了其高转速的工作方式,粉尘及噪声问题也就难以控制。

为解决破碎过程中粉尘及噪声问题,在剪切破碎原理的基础上,设计了低转速大扭矩的双电机驱动系统。

传动系统中,驱动电机为两台15kW电机,额定转速为1465 r/min;一级减速采用两台圆柱齿轮减速机,速比20;二级减速采用齿轮减速,速比2.04,最终主轴额定转速为35.91 r/min,仅为传统单辊破碎机主轴转速的6.14%。通过低转速大扭矩的双电机驱动系统,大幅降低了破碎机主轴转速,同时将主轴扭矩在提高到电动机扭矩的40.8倍。

2.3 三级破碎

剪切式破碎机进料口投料方向设置有45度倾角,便于吨包硝酸铵滑下,可以减小硝酸铵直接落入破碎机对叶片产生的冲击。整块吨包结块硝酸铵在主轴叶片作用下在破碎机壳体内转动或挤压破碎机壳体,为充分利用能量,增加破碎效率,在进料口周边设计有多个辅助破碎的锐角构件。当硝酸铵挤压在锐角构件时,会使硝酸铵发生第一级破碎。一级破碎主要作用是将大块硝酸铵分解成中块的硝酸铵,便于后续破碎。

叶片安装在主轴上面,每个主轴上圆周布置三排叶片。叶片是剪切式硝酸铵破碎机最核心的结构,叶片的形式决定了破碎机的破碎方式。破碎机叶片采用斧头结构,锋利的斧尖结构更利于对硝酸铵的剪切作用,斧尖边的圆弧凹槽通过拉伸作用使硝酸铵破碎。在两轴的端部设置有同步大齿轮,当破碎过程中两轴载荷分布不均匀时,两个驱动电机的动力可根据需要通过同步大齿轮

在两轴间自主分配,增大了破碎机单轴的瞬时最大扭矩。

结块硝酸铵在主轴叶片的剪切作用下,发生第二级破碎。在两主轴上两排叶片的剪切拉伸作用下,大块硝酸铵被切分成最大尺寸约为图示二级破碎粒度大小的硝酸铵块。经二级破碎后的硝酸铵粒度较大,大约为400mm,不能直接应用于后续生产。

为保证破碎粒度满足生产需求,在破碎机内增加筛分结构。筛分结构由不锈钢板构成,各相邻两不锈钢板间距为40mm。为增加筛分结构中筛分钢板的强度,在筛分机构中心增设固定轴。固定轴穿过所有钢板,与所有穿越钢板焊接。

筛分结构安装在外壳内破碎机主轴叶片的下方。硝酸铵经破碎后只有满足破碎粒度要求的硝酸铵才可以经筛分结构落入出料口,不满足破碎粒度要求的硝酸铵块被留在筛分结构上部,保证了破碎机排出的硝酸铵均可满足要求。

筛分结构不仅只有筛分硝酸铵的作用,更直接参与硝酸铵的破碎。经两个主轴叶片二级破碎后的硝酸铵大块,在叶片与筛分结构形成的三级破碎区域内,发生三级破碎。经三级破碎后的硝酸铵可以满足破碎粒度要求,直接进入水相制备罐中进行溶解。

综合以上设计,虚拟设计了破碎机各结构零部件,并将各结构进行装配,形成剪切式吨包硝酸铵破碎机的破碎机结构总图,如图1所示。

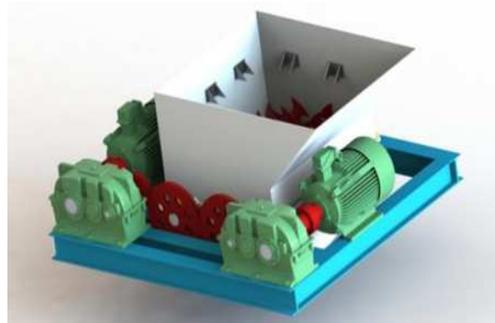


图1 破碎机总图

三、破碎机的试验

根据上述设计,加工制造出破碎机。破碎试验所用吨包硝酸铵已储存一年,吨包硝酸铵结块严重,抗压强度接近5MPa。经称重,结块硝酸铵重1.15吨。使用2吨载重的电动叉车运输及提升吨包硝酸铵。启动破碎机,待破碎机转动平稳后,将结块硝酸铵投入到破碎机进料口。剪切式破碎机在51s内完成了对吨包硝酸铵的破碎。

四、破碎机的分析

破碎效率

吨包硝酸铵重1.15t,完成破碎使用时间51s,计算得剪切式破碎机实际破碎效率81t/h,是传统单辊破碎机破碎效率的8.1倍。

粒径分析

使用40mm×40mm间隙规格的筛网筛分破碎后的硝

酸铵，尺寸大于 40mm 的硝酸铵留在筛网上。经筛分，其中有 36.2kg 的硝酸铵不能通过筛网，占硝酸铵总质量的 3.15%。且最大粒径为 62mm，满足后续生产需要。

噪声分析

破碎过程中使用噪音计在距离破碎机 5 米位置进行噪声监测，结果表明破碎过程中最大噪音为 74 分贝，仅为传统单轴破碎机的 71.84%。

粉尘分析

破碎过程中使用扬尘检测器在距离破碎机 3 米位置进行监测，破碎过程中 PM10 最大值为 58ug/m³，仅为传统破碎机的 13.49%。

能耗分析

在破碎过程中通过两个驱动电机的变频器对两个驱动电机工作电流进行取样，取样频率为 1 次 /s，分别取得两电机运行电流如下表。

表 1 电机 1 运行电流 (A)

8.5	18.2	21.3	23.2	17.2	22.1	19.8	25.7	24.1	22.4
22.1	19.8	17.8	18.8	20.8	24.9	21.6	22.6	19.8	19.9
20.9	19.3	22.1	20.4	18.2	19.6	17.9	19.9	17.6	18.8
20.3	18.6	18.4	18.3	19.8	19	18.5	19.3	17.8	18.5
17.2	16.3	17.8	14.5	16.5	14.1	14.8	13.8	15.6	13.5
13.9	12.2	8.6	8.5	8.5	8.6	8.5	8.5	8.5	8.6

表 2 电机 2 运行电流 (A)

8.6	8.7	22.5	19.9	24.9	22.3	21.8	23.6	18.9	19.3
23.6	21.1	23.4	18.8	19.4	20.7	20.1	21.5	19.5	19.6
17.9	18.6	19.2	21.7	21	18.9	19.3	19.7	18.5	20.4
22	19.6	18.3	17.8	18.8	17.8	20.1	18.3	17.5	19.3
18	17.5	16.9	17.4	18.3	16.2	17.5	18.6	15.8	15.4
13.8	14.7	8.7	8.6	8.6	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7

电机 1 最大运行电流为 25.7A，平均运行电流为 18.93A；电机 2 最大运行电流为 24.9A，平均运行电流为 19.31A。已知驱动电机额定电流为 28.77A，可知破碎机驱动电机选型适当，满足长期使用需求。

剪切式破碎机每千瓦时电能可破碎硝酸铵 2.7t，传统单轴破碎机每千瓦时电能可破碎硝酸铵 0.91t，能耗为原来的 33.7%。

五、结论

论文将剪切破碎理论运用到硝酸铵破碎中，研制高效率的新型剪切式破碎机，并提出在满足破碎效率的前提下，通过降低破碎机主轴转速的途径，控制破碎过程中产生的硝酸铵粉尘及噪声。主要研究结论如下：

使用吨包硝酸铵替代 40kg/袋的袋装硝酸铵作为乳化炸药生产原材料，可大幅提高硝酸铵破碎效率；

把剪切破碎理论运用到硝酸铵破碎中切实可行，通过剪切和拉伸作用破碎硝酸铵，可显著降低破碎过程中的能耗；

硝酸铵破碎过程中噪声和粉尘的根源在于破碎机主轴转速太高，通过降低主轴转速的方式可显著降低破碎

中的粉尘及噪声。

参考文献：

- [1] 汪旭光. 乳化炸药 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2008.
- [2] 吕春绪. 工业炸药理论 [M]. 北京: 兵器工业出版社, 2003.
- [3] 胡洋勇. 高温高浓度硝酸铵溶液热稳定性研究 [D]. 安徽理工大学, 2014.
- [4] 周康波, 周小溪, 周柯宇等. 乳化炸药生产技术的发展趋势 [J]. 煤矿爆破, 2012, (2), 12 - 16.
- [5] 工信部. 民用爆炸物品行业“十二五”发展规划 [Z]. 北京: 工信部安全司, 2011.
- [6] 工信部. 民用爆炸物品行业“十三五”发展规划 [Z]. 北京: 工信部安全司, 2016.
- [7] 惠丰特车. 单辊硝酸铵破碎机说明书 [M]. 长治: 惠丰特种车辆公司.
- [8] 于亚伦. 工程爆破理论与技术 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2004.