

## CM51A 型冲击式超细粉碎机的应用研究

王新江, 吴治林

(咸阳非金属矿研究设计院, 陕西 咸阳 712021)

**摘要:** 对 CM51A 型冲击式超细粉碎机的工作原理进行了分析, 同时也讨论了影响粉碎设备性能的因素。该型粉碎机是利用高速运转的锤头, 采用干法粉碎技术, 对莫氏硬度小于 5 的物料进行超细粉碎, 通过对煤系高岭土、滑石、碳酸钙类矿物等多种矿物的生产实践和应用研究。生产实践表明, 该设备配以分级设备后, 最终产品粒度为 1250 目, 产量 200 kg/h 以上, 除粉碎外, 该设备还具有提高被粉碎物料的纯度和解聚打散的功能。

**关键词:** 冲击式粉碎机; 超细粉碎; 应用研究

**中图分类号:** TD453 **文献标识码:** B

**文章编号:** 1008-5548(2004)01-0027-04

## Application of CM51A Impacting Pulverizer to Superfine Grinding

WANG Xin-jiang, WU Zhi-lin

(Xianyang Institute of Non-metallic Mineral Research and Design, Xianyuan, 712021, China)

**Abstract:** The characteristics of the CM51A impacting pulverizer for superfine grinding are briefly introduced. This type of the pulverization technology is dry method by using high-speed rotary hammers in the pulverizer. The materials which the Mohr's hardness are less than 5 are suitable to be pulverized. The results of the application research and production experiment of the coal measure kaolinite, talc, calcium carbonate and so on show that the particle size of the superfine crashed products is 1250 mesh, the output is more than 200 kg/h when the separator is equipped.

**Key words:** impacting pulverizer; superfine grinding; application research

国家经贸委在制定建材工业“十五”规划中, 非金属矿行业的发展方针和主要目标是发展非金属矿深加工产品, 发展超细粉碎、精细提纯、表面改性、超微细和微孔技术。当前国际上非金属矿工业矿物的超细粉碎及精细分级技术是最主要的深加工技术之一, 而影响深加工技术的关键又在于设备。由咸阳非金属矿研究设计院粉体中心参照国外机型研制的 CM51A 型及系列冲击式超细粉碎设备, 自 1993 年

投放市场以来, 经过不断地改进、完善和创新, 现已有 100 余台应用于非金属矿等物料的超细粉碎生产中, 取得了良好的经济效益和社会效益。现对其工作原理及影响粉碎性能的因素做进一步的研究与探讨。

## 1 冲击式粉碎机理及 CM51A 型超细粉碎机工作原理分析

对于粉碎理论的研究迄今为止还不能直接应用于实际的粉碎机设计或确定粉碎作业参数。由于没有具体的设计基础资料, 理论研究的结果只能作为大体上的参考。就高速冲击式超细粉碎而言, 1959 年, H. Rumpf 的研究认为: 冲击粉碎能与冲击碰撞的速度成正比, 颗粒的第一次碰撞只导致颗粒的疲劳, 只有连续碰撞, 颗粒才能粉碎。从能量利用的角度来说, 并非冲击或碰撞速度越高越好。不同种类和不同粒度的物料都有一个最佳的冲击速度, 此时能量的利用率或粉碎效率最高。目前在工程实际应用中仍然采用实际经验法进行设计。

CM51A 型冲击式超细粉碎机的工作原理如图 1 所示。小于 8~10 mm 的物料由給料斗经双螺旋給料器给入, 給料速度的快慢根据粉碎机的实际负荷自动调节, 并可控制給料粒度。两个粉碎室互相直列配置, 直径分别为 400 mm 和 440 mm, 中间由可调换的圆形挡料环隔开。在第二粉碎室的排出口, 也装有形

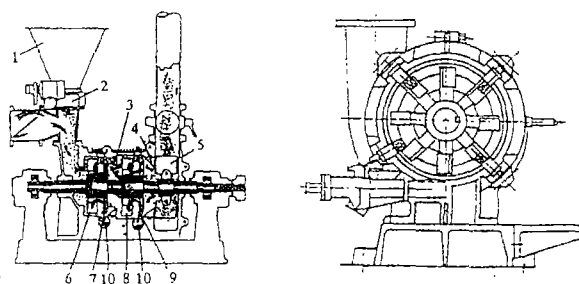


图 1 CM51A 型冲击式超细粉碎机内部构造图

1—料斗, 2—螺旋給料器, 3—圆形挡料环, 4—挡料环, 5—风扇, 6~9—转子, 10—排渣装置

收稿日期: 2003-07-10

基金项目: 国家“八五”科技攻关计划项目, 编号: 85-54-01。

第一作者简介: 王新江(1964-), 男, 高级工程师。

2004 年第 1 期

中国粉体技术

27

状相同的挡料环与风扇隔开。每一粉碎室均设有两列转子(其中,第一室为⑥、⑦,第二室⑧、⑨),⑥与⑧叶片的结构相同,但尺寸大小不同,均为与水平主轴的垂直方向成 $10^\circ$ 倾角的6块放射状叶片,旋转时有助于在粉碎室形成风压;⑦与⑨叶片的结构相同,但尺寸大小不同,它们的8块放射状叶片均无倾角,旋转时在粉碎室易形成气流阻力。在所有转子顶部,均装有高硬度耐磨合金钢制成的可替换锤头,与其平行相对的是镶在壳体内侧经特殊处理的高耐磨衬板,其间留有 $2\sim 3\text{ mm}$ 间隙。物料在粉碎室随着旋转的气流颗粒间相互冲击、碰撞、摩擦、剪切;同时受旋转体离心力的作用,颗粒受到粉碎室内壁的撞击、摩擦、剪切等作用被连续粉碎。粉碎室具有冲击兼气流颤震粉碎作用,最有效的粉碎区间发生在每个粉碎室的两排转子间。由于第一粉碎室转子的线速度为 $50\text{ m/s}$ ,颗粒在此即被粉碎成数百微米大小的粉体,而第二粉碎室转子的线速度为 $55\text{ m/s}$ ,经过该区间的粉体受到冲击粉碎作用更强,由于第二粉碎室的直径增大,此时粉体的粉碎时间延长,而且该粉碎室的转子还具有分级功能,通过这里的粉体颗粒,经回转卸料器返回粉碎机再粉碎。物料中的难磨砾子和残留杂质,可通过机内特设的排渣装置自动排出机外。通过分级机的微细颗粒,进入微粉收集系统而成为最终产品。

## 2 影响粉碎设备性能因素分析

机械冲击式超细粉碎设备要获得合格的微米级产品必需配备高效的分级设备,影响其微细粉产品的粒度和产率的因素很多,单就CM51A型超细粉碎机而言主要包括:(1)粉碎室圆形挡料环内径的大小。它影响物料在粉碎室内滞留时间的长短,挡料环内径变大,物料滞留时间变短,粉碎产品粒度变粗,造成物料在粉碎机内循环往复,不仅影响其产品产量而且生产不出合格产品;反之,挡料环内径变小,物料滞留时间变长,粉碎产品粒度变细,但产量变小。通常应根据不同的材料、不同的细度要求,选择不同的挡料环调配使用。(2)粉碎室内排渣口大小。排渣口主要是排除粉碎机内物料中难磨的砾子和杂质,提高产品的质量和纯度。排渣口变大,物料的处理量增大,部分原料也随之排出,造成浪费;反

之,排渣口变小,粉碎机中的难磨的砾子和杂质不能及时排出,产品产量降低。一般情况下按物料处理量的 $8\%\sim 10\%$ 比例调节。对于高纯度的物料,排渣口可关闭。(3)粉碎机锤头与衬板间隙的大小。间隙过大或过小均会使产品的产量降低,通常间隙控制在 $2\sim 3\text{ mm}$ 为宜,间隙过大,锤头与衬板间的物料层太厚;间隙过小,锤头与衬板间的物料层太薄,都影响其粉碎效率,降低使用效果。

另外与粉碎机配套的分级机转速的高低,分级叶片直径的大小、厚薄,叶片的角度、间距和数量的多少,分级机内筒高度,二次进风空气的流量以及系统配置风量的大小都影响粉碎设备的性能。在此不再赘述。

## 3 应用研究

超细粉碎中以机械粉碎机最为廉价,加工成本低,使用范围广并能大量应用于工业生产。国内最早用于加工微米级物料的冲击式超细粉碎设备,是由滑石行业于20世纪80年代初通过补偿贸易从日本细川株式会社引进的M502NC型超细粉碎机和MS-3H型微细分级机,其配套的超细粉碎工艺在给料粒度 $\leq 8\text{ mm}$ 时,经过一次粉碎就能生产出 $10\text{ }\mu\text{m}$ 通过率90%以上的超细粉,不仅有高的粉碎比,而且具有难磨砾子连续自动排出功能,适用范围广的特性。在国际上具有一定的先进性和代表性。鉴于此,我院在承担国家科技攻关项目的基础上,于1993年研制成CM51型冲击式超细粉碎机和QF5型空气分级机,填补了国内多项空白。经过几年不断改进更新,其性能指标在某些方面已超过国外引进设备的水平。

### 3.1 多种非金属矿物及其他物料的超细粉碎

(1)煤系高岭土矿物的超细粉碎研究。我国的煤系高岭土的开发研究从20世纪80年代末开始,为我国独具开采价值的矿物。经过我国广大科技人员的多年研究,煤系高岭土超细产品现已广泛用于造纸、橡胶、塑料、油漆、陶瓷等许多方面。超细产品按白度分为煅烧土和非煅烧土;按粒度分为填料级( $<10\text{ }\mu\text{m}$ )产品和涂料级( $<2\text{ }\mu\text{m}$ )产品。其中加工填料级的煤系煅烧高岭土产品国内许多资料公认推荐的生产工艺及设备通常为:原矿→粗碎→超细→

粉碎、分级(咸阳磨)→煅烧→解聚、打散→产品包装。其中咸阳磨特指咸阳非金属矿研究设计院粉体中心生产的 CM51A 型超细粉碎机及 QF5A 型空气分级机,它是将小于 10mm 的原矿经 CM51A 型超细粉碎机超细粉碎和 QF5A 型空气分级机分级后,即得  $<10\mu\text{m}$  通过率  $\geq 90\%$  的煅烧原料。该技术设备现已广泛应用在内蒙古乌海、宁夏石嘴山、山西大同、太原、朔州、忻州、河北邯郸、高碑店、湖北恩施、宜昌、安徽淮北、辽宁沈阳、陕西韩城、榆林、蒲白等地的煤系、非煤系高岭土超细深加工产品中。其中部分地区的生产实践结果见表 1。

表 1 部分地区高岭土超细粉碎实践举例

| 矿石种类  | 产地    | 分级机<br>转速<br>$/\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ | 处理量<br>$/\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ | 产品产量<br>( $<10\mu\text{m}$ )<br>$/\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ | 产品<br>通过率/% | 产品<br>$D_{50}/\mu\text{m}$ | 粒度测试仪            |
|-------|-------|------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------|------------------|
| 煤系高岭土 | 内蒙古乌海 | 1300                                           | 270                                     | 245                                                              | 93          | 1.96                       | LS-POP 型<br>激光式  |
| 煤系高岭土 | 山西大同  | 1300                                           | 300                                     | 280                                                              | 93.6        | 2.33                       | SKC-2000<br>型离心式 |
| 煤系高岭土 | 山西朔州  | 1300                                           | 240                                     | 220                                                              | 94.3        | 2.01                       | —                |
| 煤系高岭土 | 山西朔州  | 1300                                           | 240                                     | 220                                                              | 94.3        | 2.01                       | —                |
| 煤系高岭土 | 宁夏石嘴山 | 1300                                           | 260                                     | 230                                                              | 91.8        | 2.6                        | SKC-2000<br>型离心式 |
| 煤系高岭土 | 陕西韩城  | 1300                                           | 240                                     | 215                                                              | 91.4        | 2.51                       | BT-1500 型<br>离心式 |
| 煤系高岭土 | 河北邯郸  | 2040                                           | 188                                     | 160                                                              | 98.1        | 1.67                       | LS-POP 型<br>激光式  |
| 煤系高岭土 | 安徽淮北  | 1300                                           | 210                                     | 195                                                              | 90.5        | 2.73                       | —                |
| 煤系高岭土 | 湖北宜昌  | 1300                                           | 220                                     | 200                                                              | 92.3        | 2.11                       | —                |

\* 设备运行参数及产品测试结果,均为厂家提供。

(2) 碳酸钙矿物的超细粉碎研究。碳酸钙类矿物主要包括方解石、白垩、大理石、白云石等,根据超细产品的加工方式不同,分为重质碳酸钙和轻质碳酸钙,其中重质碳酸钙因价格低廉、色泽白、硬度低、化学稳定性好等许多优点,而成为使用最为广泛、用量最大的填充材料,仅在塑料所用填料中就占 70% 以上,年总消耗量已超过 100 万 t。在填料级的用量中以 800~1500 目的重质碳酸钙需求量增长最快。目前国内对该粒级产品的加工以干法为主,由 CM51A 型超细粉碎机及 QF5A 型分级机组成的工艺技术及设备现已广泛应用在四川雅安、青海西宁、云南昆明、广东佛山、广西南宁、贺州、江苏苏州、浙江建德、吉林通化、辽宁阜新、河北承德、上海、北京等地的重质碳酸钙超细深加工产品中。其中部分地区的生产实践结果见表 2。

(3) 其他矿物的超细粉碎研究。CM51A 型超细

表 2 部分地区重质碳酸钙超细粉碎实践举例

| 矿石种类 | 产地   | 分级机<br>转速<br>$/\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ | 处理量<br>$/\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ | 产品产量<br>( $<10\mu\text{m}$ )<br>$/\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ | 产品<br>通过率/% | 产品<br>$D_{50}/\mu\text{m}$ | 粒度测试仪            |
|------|------|------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------|------------------|
| 大理岩  | 四川雅安 | 1297                                           | 260                                     | 218                                                              | 93.21       | —                          | JL-1155 型<br>激光式 |
| 方解石  | 青海西宁 | 1297                                           | 254                                     | 247                                                              | 96.9        | 1.04                       | SKC-2000<br>型离心式 |
| 方解石  | 广西贺州 | 1460                                           | 206                                     | 183                                                              | 100         | 3.32                       | BT-1500 型<br>离心式 |
| 大理岩  | 广西贺州 | 1640                                           | 150                                     | 118                                                              | 100         | 3.34                       | BT-1500 型<br>离心式 |
| 方解石  | 上海大宇 | 1640                                           | 180                                     | 139                                                              | 96          | —                          | —                |
| 方解石  | 云南昆明 | 1300                                           | 245                                     | 230                                                              | 95          | 1.1                        | —                |

\* 设备运行参数及产品测试结果,均为厂家提供。

粉碎机和 QF5A 型空气分级机组成的超细粉碎工艺流程还根据用户的不同需求,对其他多种物料进行了超细粉碎研究,均取得了良好的效果,涉及的物料有:滑石(山东青岛、广西桂林)、品质石墨(内蒙包头)、半软质高岭土(陕西泾阳)、伊利石(河南嵩县)、碎云母(河北灵寿)、重晶石(陕西榨水、广西桂林)、硅灰石(辽宁法库)、水镁石(山东济宁、辽宁东港)、沸石(广西灵州)、叶腊石(浙江)、透闪石(陕西)、白云母(安徽潜山)、绢云母(安徽滁州)、氧化铁红(黑龙江大兴安岭)、煤(陕西铜川)、天然沥青(甘肃兰州)、对苯二胺(陕西西安)等多种物料。其中部分物料应用的生产实践结果,见表 3。

表 3 部分物料超细粉碎应用的生产实践结果

| 矿石种类 | 产地   | 分级机<br>转速<br>$/\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ | 处理量<br>$/\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ | 产品产量<br>( $<10\mu\text{m}$ )<br>$/\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ | 产品<br>通过率/% | 产品<br>$D_{50}/\mu\text{m}$ | 粒度测试仪             |
|------|------|------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------|-------------------|
| 滑石   | 山东青岛 | 1300                                           | 225.5                                   | 210.8                                                            | 92.5        | 1.66                       | SKC-2000<br>型离心式  |
| 滑石   | 广西桂林 | 1300                                           | 220                                     | 210                                                              | 91.8        | 1.82                       | —                 |
| 品质石墨 | 内蒙包头 | 1300                                           | 37.5                                    | 37.5                                                             | 85.4        | 2.23                       | SKC-2000<br>型离心式  |
| 硅灰石  | 辽宁法库 | 1300                                           | 166.8                                   | 150                                                              | 100         | 2.66                       | SKC-2000<br>型离心式  |
| 水镁石  | 辽宁东港 | 1360                                           | 260                                     | 245                                                              | 92.9        | 1.91                       | GSL-101BH<br>型激光式 |
| 水镁石  | 山东济宁 | 1300                                           | 272                                     | 251                                                              | 91          | 1.19                       | BT-301 型<br>离心式   |
| 沸石   | 广西灵川 | 1642                                           | 210                                     | 179                                                              | 95.6        | 2.1                        | —                 |
| 煤    | 陕西铜川 | 1816                                           | 100                                     | 74.6                                                             | 99.97       | 3.89                       | LS-POP 型<br>激光式   |
| 重晶石  | 陕西榨水 | 1300                                           | 375                                     | 350                                                              | 84.9        | 3.19                       | SKC-2000<br>型离心式  |
| 白云母  | 安徽潜山 | 1460                                           | 80                                      | 80                                                               | 96          | 1.17                       | —                 |
| 碎云母  | 河北灵寿 | 1300                                           | 106                                     | 106                                                              | 80.1        | 5.63                       | SKC-2000<br>型离心式  |

\* 设备运行参数及产品测试结果,均为厂家提供。

### 3.2 其它应用研究

(1) 产品纯度的研究。这也包括物料经过超细粉碎后自身纯度的提高和高纯度物料经过超细粉碎后纯度的变化。非金属矿物中超细滑石粉是较早使用的,它也是我国主要的非金属矿资源,其加工和利

用的水平相对于其他矿物都高。我们采用由 CM51A 型超细粉碎机组成的工艺,对山东某地产出的 50t 二级滑石进行了超细粉碎试验生产,在原矿 Fe 含量为 1.37% 时,经超细粉碎后,小于 10  $\mu\text{m}$  通过率 85.5% 的产品中 Fe 含量为 1.27%,排渣中 Fe 含量为 1.43% 时,说明原矿部分铁质通过粉碎机特设的排渣装置排出,滑石经过超细粉碎后自身纯度得到了进一步提高。而对于高纯度石墨的超细粉碎,我们选用的原料为内蒙石某厂高碳石墨,规格为 LG100-96, C 含量 96.28%, 灰分 3.08%, 挥发分 1.14%, 水分 0.57%。在不同分级机转速条件下的超细粉碎产品经日本黑理株式会社对试验产品的检测结果(3 个样品)知:产品小于 500 目通过率 97.93%~99.90%, Fe 含量均小于 10, C 含量 96.88%~97.68%, 灰分 1.67%~2.05%, 挥发分 0.65%~1.16%, 水分 0.3%~0.6%。本试验研究结果完全满足了外商的要求,产品现已批量出口日本、韩国、瑞士、台湾等国和地区。由此可见,高碳石墨经过 CM51A 型超细粉碎机粉碎后,产品的纯度没有发生明显变化,仅仅是细度变得更细了。

(2)解聚、打散功能研究。CM51A 型超细粉碎机还具有解聚、打散的功能。对于轻质碳酸钙来说,由于轻质碳酸钙采用化学法生产,生产过程中往往有部分条件发生变化,造成产品诸如炭化不完全、部分颗粒过大,另有部分超细颗粒团聚,导致其最终产品不稳定的现象。而对于煅烧高岭土而言,产品经过煅烧后,形成团聚现象,影响其使用效果。鉴于此类问题,我们通过改进 CM51A 型超细粉碎机及工况参数,完全解决了轻钙产品的不稳定性及煅烧高岭土超细粉的团聚现象。现已成功地用于上海某轻质碳酸钙企业和国内煅烧高岭土企业中的解聚打散工艺里。

(3)被粉碎物料的性质研究。被粉碎物料的性质对超细粉碎后产品的产量和细度影响很大。不同的物料其可碎性、莫氏硬度、水分含量、粒度组成均有差别。水分含量应在 2% 以下;物料的莫氏硬度应小于 6,此时对超细粉碎机的锤头、衬板等磨损小;片状具有韧性的物料(如云母、品质石墨)超细粉碎效果没有脆性物料(如重晶石)效果好;小于 10 mm 且以自然粒度组成的物料其粉碎效果最佳。

(4)各种超细粉碎设备比较研究。目前,国内对于生产 1500 目以下超细粉产品主要以干法为主,采用的粉碎设备主要包括:球磨机、立式磨、气流磨、

搅拌磨、冲击式超细磨、振动磨、胶体磨等等。各种设备都有其使用范围。对年生产规模在万吨以上的产品来说,主要选用球磨机、立式磨配分级机。而气流磨相对于一般干法机械粉碎机械利用率很低,其能量多次转换才能作用到被粉碎的物料上,本身生产成本高,不宜生产低附加值的产品。干式搅拌磨超细研磨设备介质磨损较大,产品磨耗值较高,往往采用湿法设备较多。CM51A 型冲击式超细磨由于构造简单,操作容易,单位能耗低,粉碎能力大,设备运转费用低,产品粒度易调节,粉碎机内设有难磨粒子自动排除装置等,主要适用于生产规模和投资规模不大,莫氏硬度小于 6 的低附加值物料超细粉碎中。

## 4 结 语

CM51A 型冲击式超细粉碎机及 QF5A 型空气分级机等是该院在 20 世纪 90 年代初研制出的一种新型的超细粉碎设备,经过这些年的市场应用,应该说是一种成熟的,且得到大家公认的干法超细粉碎设备。但它也存在一些不足之处,通常情况下一条加工 1250 目的超细粉碎生产线年产量仅有 1500t 左右,不能适应大规模工业生产,今后还需更进一步研究。可喜的是,该院新研制的 CM61 型冲击式超细粉碎机及 QF6 型空气分级机即将投入试运行,其理想状况应该是比 CM51A 型产量翻一番。

从目前的机械制造角度来看,冲击式超细粉碎机械的发展,由于受到金属材料机械强度的限制和耐磨材料及加工工艺的限制,粉碎机锤头的线速度不能无限增大,一般不超过 110 m/s。而从结构设计角度来看,它又受冲击粉碎理论研究水平的制约,其发展受到限制。目前,国内一些权威资料介绍有关 CM 型冲击式超细粉碎、分级设备的技术资料均来源于该院,当然也包括国内仿造该型设备的一些企业,希望大家共同努力,为我国的粉体工程深加工作出应有的贡献。

## 参考文献:

- [1] 神保元二. 粉碎[M]. 王少儒译. 北京:中国建筑出版社,1985.
- [2] 咸阳非金属矿研究设计院. 冲击式超细粉体与分级设备研制鉴定资料[R]. 1992.
- [3] 郭力,尹小冬,王新江. 冲击式超细粉碎机研制[J]. 粉碎技术, 1995, 1(2): 16-22.
- [4] 王新江, 元丰源, 吴治林. 冲击式超细磨对  $\text{CaCO}_3$  类矿物的超细粉碎实践及工艺技术研究[J]. 非金属矿, 2000, (3): 41-42, 18.