

无线遥控破碎清塞机的开发研制

郝其昌^{1,2} 吉万健^{1,2} 尚启文^{1,2} 孙振波³ 王 琦³

(1. 中钢集团马鞍山矿山研究院有限公司; 2. 金属矿山安全与健康国家重点实验室; 3. 安徽霍邱诺普矿业有限公司)

摘 要 在国内各类露天矿山各种类型破碎机的入料口格筛处、井下溜井口的格筛处,经常发生大块卡死形成阻塞,或者小块、粉状物料由于潮湿形成拱状棚料,严重影响物料流动。新研制的破碎清塞机可对大块物料进行破碎,对粉状物料进行破拱疏通。该设备采用液压传动和液压冲击破碎。无线遥控、电控及手动系统3种方式可快速转换,工作机构上可装液压锤、液压钳、液压铲斗、抓斗和挖斗等工具。可实现破碎、钳碎、铲、抓、挖、勾、挑、扒等多种功能。生产应用证明该设备可给矿山创造巨大的经济效益和社会效益。

关键词 破碎 清塞机 无线遥控 负载反馈

Research and Development of Crusher Cleaner with Wireless Remote Control

Hao Qichang¹ Ji Wanjian¹ Shang Qiwen¹ Sun Zhenbo² Wang Qi²

(1. Sinosteel Maanshan Institute of Mining Research Co., Ltd.; 2. State Key Laboratory of Safety and Health for Metal Mine; 3. Anhui Huoqiu Knopp Mining Co., Ltd.)

Abstract There always forms large stuck blocks or the arch-shaped bridging caused by the wet small pieces and powder materials in the top feeder of grizzly screen and the grizzly screen of underground slide for various types of crushers in each open mine of our country, which seriously affected the material flow. The newly-developed clearer can break the bulky materials, and clean the arch-shaped powders. And this device adopts the hydraulic transmission and hydraulic shock crushing. Such three ways as wireless remote control, electronic control and manual systems can be quickly shifted, and some tools including hydraulic hammers, hydraulic pliers, hydraulic bucket, grab and digging buckets can be mounted in the operation so as to realize crushing, clamping, shoveling, grabbing, digging, hooking, picking and other functions.

Keywords Crushing, Crusher cleaner, Wireless remote control, Load feedback.

1 开发与研制

1.1 研制目标

通过对国内外同类产品进行技术理论分析,根据现场实地考察,结合我国现状,新研制的产品除满足生产参数外,在结构上必须有所创新,做到安全、环保、节能。在功能上、性能上和质量上要达到或超过世界先进水平。

1.2 研制任务

安徽诺普矿业有限公司在主井区-150 m中段溜井格筛处经常发生大块矿石堵塞溜井口,小块粉状物料成拱棚料。采用人工抡铁锤,用铁棍、铁钩来清堵,工人必须系上安全带,劳动强度大、清堵效率低、影响产量的提高,存在大的安全隐患。诺普矿业公司根据自身的条件和采矿参数提出对新设备的要求,联合中钢集团马鞍山矿山研究院有限公司共同承担研发无线遥控破碎清塞机任务,解决溜井口阻

塞棚料问题。其主要要求如下。

(1)设备总体功能必须具备破碎矿石功能和疏通棚料功能。

(2)设备性能:矿石硬度 $f = 17$ 以下,矿石块度至少有一维尺寸在450 mm以下,破碎后的块度矿石至少有二维尺寸在350 mm以下。

(3)设备的作业范围必须达到在4 500 mm × 3 500 mm(纵向×横向),在此范围内任意点上的矿石都能有效破碎或清除棚料拱。

(4)设备单件的最大尺寸能够顺利通过竖井和巷道运至安装地点。

(5)设备的结构尽量做到操作简单,性能可靠,使用安全,高效节能,坚固耐用。

郝其昌(1936—),男,中钢集团马鞍山矿山研究院有限公司采矿工程研究所,金属矿山安全与健康国家重点实验室,教授级高级工程师,243004 安徽省马鞍山市湖北路9号。

(6)设备采用国家标准和行业标准。

1.3 方案设计

1.3.1 机械结构

经过各种方案对比分析后,确定的结构见图 1。

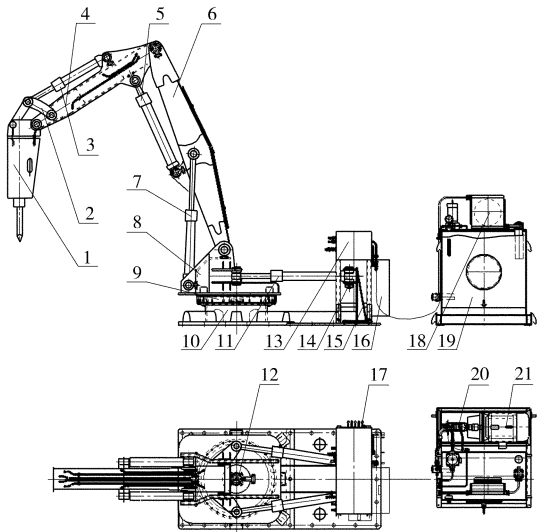


图 1 机械结构

- 1—破碎工具;2—连杆机构;3—转锤油缸;4—二臂;
5—二臂油缸;6—大臂;7—大臂油缸;8—回转平台;
9—回转支承;10—机架底座;11—回转油缸;
12—中心回转接头;13—液压系统;14—无线遥控系统;
15—回转油缸尾架;16—电气控制系统;17—主换向阀组;
18—油冷却器;19—油箱;20—主油泵;21—油泵电机

1.3.2 液压系统

液压系统见图 2。

经过 3 种方案比较最后确定选用变量泵负载—敏感—比例控制系统。该系统能根据需要的流量自动调节供油量,流量不随负载压力变化而改变。各执行元件可实现比例无极调速,其运动速度与负载变化无关,能快速准确地捕捉到打击点,方便灵活调整打击方向,效率高,环保节能。

采用负载敏感控制的液压系统,负载敏感控制的变量泵根据负载反馈的压力自动调节排量,提供与负载匹配的流量与压力,即:油泵提供的压力和流量为负载所需的,避免能量的浪费,系统产生极低的能耗,节能环保。泵提供压力损耗为多路阀芯控制压差 ΔP ,泵提供流量损耗为泵的泄漏量 ΔQ_L 。

功率损耗

$$N_{\text{损耗}} = \Delta P \times (Q_L + Q_{\text{泄漏}}) + (P_L + \Delta P) \times Q_{\text{泄漏}},$$
如图 3 所示。

1.3.3 设备控制系统

根据总体方案设计,本设备的控制方式为手动、电控及无线遥控 3 种型式。三者能方便快速地相互转换。

(1)手动控制。操作者可直接操纵多路换向阀的手柄来实现。多路换向阀及其手柄装在机器尾部

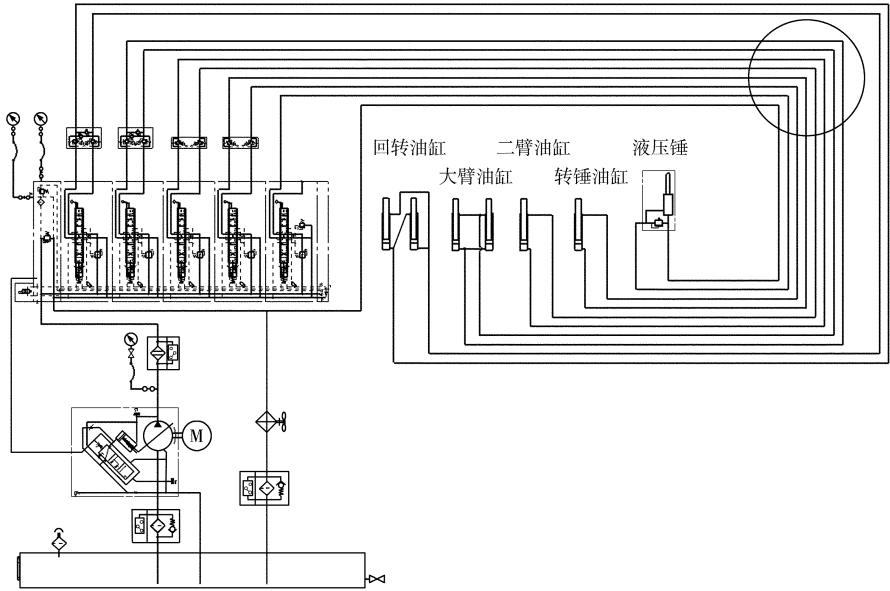


图 2 液压系统

右侧的操作阀台上,各个工作机构的运动速度与手柄的角度成正比。

(2)电控。将无线遥控发射器上的线控插口插上控制线,控制线的另一端同无线接收器的线控口

相通,这样无线控制系统就被切断,系统不再受任何干扰,实现了电控操作控制,控制操作方法与无线遥控完全相同。

(3)无线遥控系统。无线遥控系统是根据设备

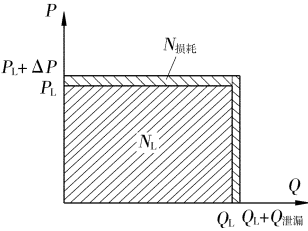


图 3 液压系统的负载区配

的功能及控制要求,按其所需的控制顺序、联动要求、闭锁要求、时空要求、控制信号(比例信号及开关信号)要求,而设计出基本控制回路,按其基本回路选用成熟的与之相匹配的无线信号发射器(遥控器)及信号接收与输出器,组成无线遥控系统。无线/有线控制系统阶梯图见图 4 所示。

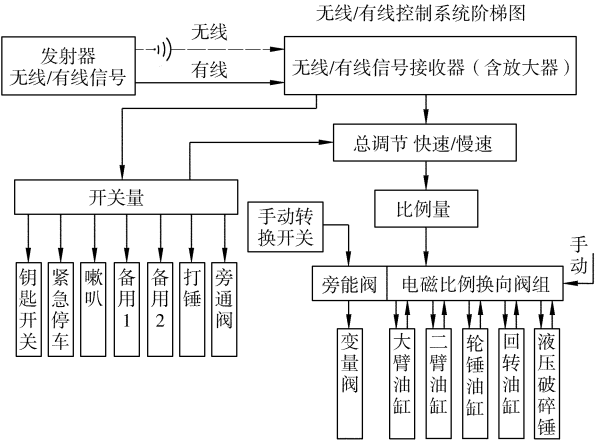


图 4 无线/有线控制系统阶梯

从图 4 中可以看出,有线/无线信号发射器(遥控器)是戴在操纵人员身上,按机器工作要求,可发出比例信号和开关信号工作指令,无线/有线方式发送给无线/有线信号接收器。信号经过转换、整合、放大、编程再输送到电气控制箱,经编程器输出去控制各个电气执行元件。如液压阀的比例电磁铁、开关量电磁铁或其他开关量电气执行元件。

接收器的输出信号分成两组,一组为开关量信号,去控制钥匙开关、紧急停车、喇叭、打锤、旁通电磁卸荷阀、总调节的快慢速开关及两个备用开关量开关。另一路是经过比例摇杆而发出的比例信号接收后经整合去控制电磁比例液压阀组的比例电磁铁,即控制大臂油缸、二臂油缸、转锤油缸及回转油缸。液压破碎锤不需要调速和变向,但从液压系统综合因素考虑控制打锤的液压阀片也用比例阀片,与其他 4 片不同的是用开关量去控制。

从图 4 中又可以看出,如将遥控器与接收器用信号线接通,此系统就变成电控系统(切除高频信

号)。
因电磁比例换向阀设有操纵手柄,操纵者直接拨动手柄,此系统就变成手动控制系统。无线/有线发射系统操作面板图见图 5。

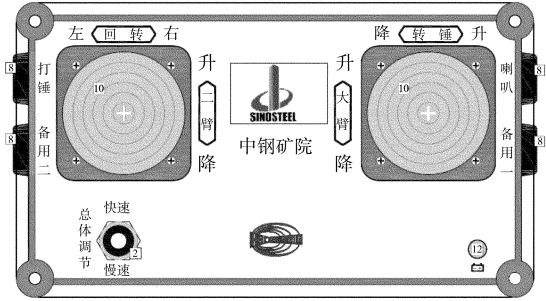


图 5 无线/有线发射系统操作面板

从图 5 中可知,此系统只控制其中的工作机构,机器的电源控制、油泵电机的启动停止、油冷却器的启动停止、各种故障报警等均由电气控制系统完成。这是为了简化无线遥控系统,使用起来更加安全可靠,同时造价低廉。

在遥控器上设有通用开关,机身的左侧设有钥匙开关和控制喇叭的自复位开关,备用开关和紧急停车蘑菇头自锁开关。

在面板的左下侧装有总调节二位自锁拨动开关,右下侧装有备用的二位置自锁拨动开关和红色电池欠压显示灯。以上各开关全是开关量输出。在面板上左侧装有万向摇杆,是比例量输出,向前推二臂升,后拉二臂降,向左推向左转,向右推向右转。而右侧的万向摇杆,向前推大臂升,向后拉大臂降,向左推转锤降,向右推转锤升。

接收系统输出图见图 6 所示。

该系统主要由 3 部分组成。

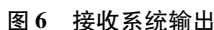
(1)直流电源部分。是为接收器供电,为执行机构电磁铁供电。本直流电源是在电气控制箱内,380 V 交流电源经 380/220 V 小型变压器降压供给开关电源,输出 24 V,10 A 的直流电源。

(2)比例量输出部分经两个比例摇杆控制输出,右摇杆控制大臂升降和转锤升降,左摇杆控制二臂升降和左右回转。输出电流,快速时 200 ~ 500 mA,慢速时 200 ~ 300 mA。

(3)开关量输出部分。一路控制打锤,一路控制喇叭,一路控制旁通电磁卸荷阀,另两路供备用。

1.3.4 电气控制系统

电气控制系统主要由电气控制箱构成。主要控制油泵电机、冷却器电机、各种堵塞报警及控制线路



电控柜的控制按钮及指示灯都放在控制箱的前门上。其中指示灯有油泵运行指示灯(绿色)、电源指示灯(红色)、冷却器运行指示灯(绿色)、堵塞报警指示灯(红色)。其中按钮有油泵启动按钮、油泵停止按钮。转动开关有冷却器转动开关、遥控/手动转换开关。

本液压系统主阀为 5 联负载反馈电磁比例多路主要有以下特点。

(2)多路阀每片阀的出油口(A,B)的最大流量可根据需要定制,这减小了油缸伸缩运动的速度差异,油缸运动平稳;每片阀上都设有压力补偿阀,这使得阀芯通过的流量不随负载的压力变化而改变;第5片阀上集成了减压阀,设定压力为15 MPa,保证了液压锤工作压力;本系统每片阀均采用了Y型中位机能,中位卸荷保证平衡阀工作的稳定性。

系统油泵选用哈威负载敏感轴向变量柱塞泵,与负载反馈电磁比例多路阀组合,实现负载需要的压力流量与泵提供的压力流量完全匹配,系统效率高,损耗极小。来自多路阀的负载反馈信号,通过油泵控制器的油口连接到负载敏感阀芯的弹簧腔端,泵的出口压力作用在负载敏感阀芯的相对端。为了匹配阀芯通过的流量要求,负载敏感阀芯调节进入伺服控制活塞的油液,泵的斜盘角度将被调整,使得泵的输出压力等于负载压力加上负载敏感弹簧设定值的和。当阀芯要求更大的流量时,负载敏感阀芯将移动使泵的柱塞进一步增加行程,保持阀芯上压差恒定,使通过阀芯的流量恒定。

在执行元件连接油路中,转向缸采用双缸型式,通过左转向油缸的有杆腔与右转向油缸的无杆腔并联,左转向油缸的无杆腔与右转向油缸的有杆腔并

联,实现回转平台的平稳回转;大臂油缸双缸保持机械同步,油路上采用并联结构;由于液压锤回油冲击比较大,如果经过多路阀液压锤片回油,势必产生很大背压,而且会对阀片造成回油冲击损坏,因此采用了直接连接至总回油管道连接方式。

各油缸前的油路上均装有平衡阀,平衡阀内部控制回路采用阻尼设计,有效防止牵拉或推压的负载在负载方向运动时失控而加速运动,或者防止执行元件以高于设定的(泵侧供油决定的)速度运动。因此,这些元件可以防止油管的断裂或可能发生的破坏。本系统中,大臂油缸与回转油缸的平衡阀还具有缓冲作用,消除因惯性引起负载压力过大造成的系统冲击。

本系统负载敏感泵阀对油液的清洁度要求很高,设计中对负载敏感轴向变量柱塞泵的吸油口,负载反馈电磁比例多路阀的进油路,系统总回油路均采用了过滤器,保证系统的油液清洁度。为防止夏季环境温度高,避免系统的油温过高,在回油过滤器前设计了风冷冷却器。过滤及冷却系统保障了系统正常的工作运行。

液压传动中的各个泵阀动作是通过无线/有线控制发出工作指令,由电气控制系统来执行命令,控制各阀动作去驱动工作机构动作,完成破碎清塞工作。清塞工作原理简示如图 7。

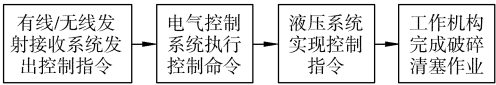


图 7 清塞工作原理

3 设备主要技术参数

(1)参数。见表 1。

表 1 主要技术参数

型号	DPQ30H15/90-3.0/2.0-W
冲击功/J	700~750
冲击频率/(bit/min)	450~750
额定电压/频率	380 V/50 Hz
额定电流/A	56.8
系统压力/MPa	21
系统流量/(L/min)	73
总功率/kW	30
回转角度/(°)	120
回转速度	120°/8 s
外形尺寸(长×宽×高)/m	4.98×2.25×4.15
岩石硬度系数f	17 以下
破碎的最大块度/mm	1 100×1 000×400
整机质量/t	5.5

(2)工作范围参数。工作范围见图 8 和表 2。

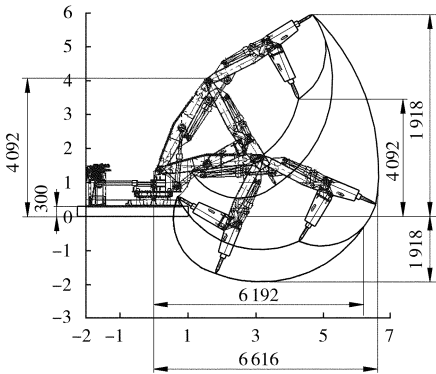


图 8 工作范围

表 2 工作范围

最大破碎高度/mm	5 955
最大破碎半径/mm	6 192
最大水平破碎半径/mm	6 616
最大破碎深度/mm	1 918

4 设备的主要技术特点

(1)采用低重心设计的机架底座,强度大、稳定性高。

(2)采用无齿型回转支承及双液压缸组成的回转机构,能有效抵抗由于冲击和加压产生的倾覆翻转力矩和由于在倾斜矿石面上冲击而产生的回转力矩。

(3)大臂采用双油缸支承构成了空间桁架结构,能够有效抵抗旋转产生的惯性力矩和横向拨动矿石产生的横向力矩。

(4)二臂油缸置于大臂和二臂的下方,在相同的作业范围内,占用的空间小,作为井下使用的设备优点十分突出。

(5)主机同液压站分开布置降低了高度,隔离了震动,更适合井下的安装和布局。

(6)液压系统选用负载敏感变量泵、电磁比例控制系统,各执行元件运动速度与负载变化无关,因而能快速准确地捕捉到打击点和调整打击方向,工作效率高,又十分节能。

(7)控制系统采用无线遥控、有线电控、手动 3 种控制方式,并能方便快速转换,控制方便灵活可靠。操纵者视角好,可在最安全的地点操纵。

(8)电气系统采用 PLC 控制器,抗震性能好,工作可靠。

5 设备的创新点

设备的主要技术资料提交给国家一级科技查新报告咨询单位安徽省科学技术情报研究所,经过对国内期刊、专利、成果论文等 11 个数据库从 1989—

2008 年期间内进行查新,并联机检索了美国 DIA-COG 国际联机情报检索系统中与该课题有关的《科学文摘》、《美国政府研究报告》、《工程索引》、《科学引文索引》、《日本科学与技术》、《法国文献通报》6 大数据库,对①无线遥控、电动、手动 3 种方式快速转换,②负载反馈式电磁比例调速无线遥控,③利用油缸推动回转支承的无线遥控等,在所查文献中未见报道(查新报告编号:20085315 号)。上述 3 点为研发创新点。

与此同时,该设备已授权二项实用新型专利,专利号为 ZL200820185071.3,ZL200820185072.8。

6 设备工业试验

6.1 液压缸压力测试与系统压力测试

测试数据见表 3。

表 3 测试数据		MPa		
状 态	泵口主 轴路压力	多路阀主油 路压力	先导反馈油 路压力	
空 载	1.2	1.4	3.0	
液压锤工作	15	15	2.5 ~ 3.5	
空 载	左回转	7.0	6.8	3.0
	右回转	7.0	6.8	3.0
	大臂油缸升	7.8	8	2.7
	大臂油缸降	7.7	7.8	2.7
	二臂油缸升	7.7	8	3.0
	二臂油缸降	7.6	7.9	3.0
	转锤油缸升	7.7	7.8	3.0
	转锤油缸降	7.5	7.6	3.0
液 压 锤 工 作	左回转	14	13	3.0
	右回转	15	15	3.0
	大臂油缸升	14	14	2.7
	大臂油缸降	15	15	2.7
	二臂油缸升	14	14	3.0
	二臂油缸降	15	15	3.0
	转锤油缸升	14	14	3.0
	转锤油缸降	15	15	3.0

由表 3 可看出,实际测得的数据,都在设计的允许值之内。

6.2 各机构的工作速度

通过测试,得出各机构实际运行速度与设计值之间的差异见表 4。

表 4 机构的工作速度		慢速档		快速档	
油缸活塞运行 速度测试		用时	速度 /(mm/s)	用时	速度 /(mm/s)
回转油 缸运动	左回转	11"27	35.04	4"58	86.24
	右回转	11"76	33.58	4"43	89.15
大臂油 缸运动	大臂油缸升	22"54	27.50	7"82	79.28
	大臂油缸降	23"01	26.94	7"51	82.55
二臂油 缸运动	二臂油缸升	29"11	25.76	7"94	94.45
	二臂油缸降	32"02	23.42	7"95	94.33
转锤油 缸运动	转锤油缸升	19"01	23.67	5"91	76.14
	转锤油缸降	20"58	21.86	4"98	90.36

从表 4 可以看出,实际测得的数据全部达到了设计要求。

6.3 破碎矿石试验

现场随机挑选大块的矿石进行破碎试验,数据记录见表 5。

表 5 破碎矿石试验数据		
矿石样 编 号	尺寸(长× 宽×高)/mm	破碎时间
1 [#]	480×560×340	36"23
2 [#]	648×634×289	12"11
3 [#]	462×515×626	1'27"79
4 [#]	1 001×765×455	53"94
5 [#]	491×492×580	54"82
6 [#]	1 300×680×350	13"79

- 从表 3 可看出:
- (1)样机破碎矿石的块度由最小 480 mm×492 mm×290 mm 到最大 1 300 mm×765 mm×626 mm,破碎到 300 mm×300 mm×300 mm 以下(格筛孔尺寸)。
 - (2)破碎清阻效率由原每班 100 车左右提高到每班 200 车左右,效率提高 1 倍左右。

7 设备主要应用领域

- (1)用于各类露天矿(黑色,有色,水泥,石材)破碎机入料口、格筛口处物料阻塞的破碎疏通处理。
- (2)用于各类地下矿山的溜井口、放矿口、入料口、格筛等处物料阻塞时的破碎及疏通。
- (3)用于各类矿山、采石场的二次破碎。
- (4)用于各冶炼厂对移动式钢包打壳、拆砖、拆包处理。
- (5)用于各种冶金炉专用打壳、拆砖、清渣处理。
- (6)用于各矿石码头,装卸站大块阻塞处理。

8 设备的鉴定与评价

设备研制成功后经过工业试验和近 2 年的生产应用,设备运行正常,现已给矿山创造了巨大的经济效益和社会效益,并通过安徽省科学技术厅组织的技术鉴定,其鉴定意见如下。

- (1)提供的鉴定资料齐全、完整,符合鉴定要求。
- (2)该项目针对矿山开采中因大块和棚料造成的堵塞等问题,研制出了既具有破碎功能,又具有清塞功能的多功能破碎清塞机,对于矿山生产的正常运行,提高效率,简化采矿工艺流程,具有重要意义。

(下转第 133 页)

copper mine[J]. Minerals Engineering,2001,14(7):785-789.

[8] Valderrama L, Rubio J. Unconventional column flotation of low-grade gold fine particles from tailings[J]. Int J Miner Process, 2008,86(1/4):75-84.

[9] Yianatos J B, Bergh L G, Cortés G A. Forth zone modeling of an industrial flotation column[J]. Minerals Engineering, 1998, 11(5):423-435.

[10] Saxena S C, Saxena A C. Heat-transfer and gas hold-up studies in a bubble column: air-water-glass bead system[J]. Chemical Engineering Communications, 1990, 96:31-55.

[11] Finch J A, Dobby G S. Column flotation: A selected review. Part I [J]. International Journal of Mineral Processing, 1991, 33:343-354.

[12] Dobby G S, Finch J A. Column flotation: A selected review. Part II [J]. Minerals Engineering, 1991, 33:911-923.

[13] Li H P A. Influence of slurry concentrations on bubble population and their rise velocities in three-phase slurry bubble column [J]. Power Technology, 2000, 113:158-167.

[14] Fukuma M M K, Morooka S. Properties of bubble swarm in a slurry bubble column [J]. Journal of Chemistry Engineer of Japan, 1987, 20:28-33.

[15] Chen F, Gomez C O, Finch J A. Bubble size measurement in flotation machines [J]. Minerals Engineering, 2001, 14(4):427-432.

[16] Hernandez-aguilar J R, Finch J A. Validation of bubble sizes obtained with incoherent imaging on a sloped viewing window [J]. Chemical Engineering Science, 2005, 60(12):3323-3336.

[17] 赵建华, 贺国, 黄次浩, 等. 静态混合器内气泡直径研究[J]. 石油化工设备, 2004, 33(1):18-20.

(收稿日期 2010-08-12)

(上接第 93 页)

(5)在后期测量数据处理过程中,为了平滑数据与突出小的异常区域采用了三点数据滤波,最后发现滤波后的图形较滤波前的确能更好地反应出异常区域。

参 考 文 献

[1] 葛良全,周四春. 原位 X 辐射取样技术[M]. 成都:四川科学技术出版社,1997.

[2] 李正文,贺振华. 勘查技术工程学[M]. 北京:地质出版社, 2002.

[3] 周四春,赵琦,陈慈德. 现场多元素 X 荧光测量技术勘查金

矿研究[J]. 核技术,1999,22(9):540-544.

[4] 杨岳衡,刘铁兵,李厚民. 多元素 X 射线荧光分析方法在山东郭城金矿成矿预测中的应用[J]. 黄金科学技术,2000,8(5):14-19.

[5] 吴信才. MAPGIS 地理信息系统[M]. 北京:电子工业出版社, 2004.

[6] 钟晓鸣,万小笠. Excel 在统计分析中的应用[M]. 北京:科学出版社,2009.

[7] 王崇云. 地球化学找矿基础[M]. 北京:地质出版社,1987.

[8] 杨金玉,张训华,徐世浙,等. Surfer 和 Grapher 在地球物理位场延拓可视化软件开发中的应用[J]. 物探化探计算技术, 2007,29(3):265-268.

(收稿日期 2010-08-12)

(上接第 119 页)

(3)该设备的机械系统具有 5 个自由度,配备专用工具,可实现冲击破碎、钳碎、挑动、勾动、扒动、挖动、铲动、抓动等多功能作业;液压系统采用负载反馈式电磁比例先导传动,系统节能性好;控制系统采用无线遥控、电控和手动 3 种方式,并能快速相互转换,电气系统采用 PLC 控制,操作方便,工作可靠。

(4)与国内外同类产品比较,该设备采用低重心设计,利用油缸推动回转支承,具有强度大、稳定性高的特点;采用负载反馈式电磁比例控制和无线遥控、电控及手动 3 种方式能快速转换等新技术,具有创新性。

(5)该设备在安徽霍邱诺普矿业公司得到成功应用,经过工业试验,各项技术指标达到设计要求,

产生明显的经济效益和社会效益,具有广阔的推广应用前景。

鉴定委员会一致同意通过鉴定。并建议加快该设备在不同采选条件矿山的推广应用,尽快批量生产。

参 考 文 献

[1] 李更,胡明一. 科技查新报告:DPQ30HW 型多功能破碎清塞机开发与研制[R]. 合肥:安徽省科学技术情报研究所,2008.

[2] 尚启文,吉万健,郝其昌. 多功能破碎清塞机液压系统分析与研究[J]. 金属矿山,2009(4):118-120.

[3] 郝其昌,吉万健,尚启文. DPQ30HW 型多功能破碎机研制报告[R]. 马鞍山:中钢集团马鞍山矿山研究院有限公司, 2008.

[4] 成大先. 机械设计手册[M]. 北京:化学工业出版社,1993.

(收稿日期 2010-08-11)