

· 选矿自动化高效节能技术与设备 ·

## 细碎机恒功率控制在首钢水厂铁矿的应用

刘作利 王传平

(首钢集团矿业公司水厂铁矿)

**摘 要** 利用 PLC 自动化控制技术,检测破碎机的功率,控制给矿皮带的运行频率,调节破碎机的给矿量,通过恒功率实施,降低破碎单耗,提高破碎系统处理的能力,降低破碎机的运转作业率和同等流量负荷下破碎机的运转台数。结合细碎机恒功率控制在首钢水厂铁矿选矿厂的应用,从实施背景、技术要点、程序思路、实践应用及效果等方面进行了论述。

**关键词** 细碎机 恒功率控制 自动控制

### Application of Constant Power Control of Fine Crushers in Capital Steel's Shuichang Iron Concentrator

Liu Zuoli Wang Chuanping  
(Mining Company of Capital Steel Group)

**Abstract** PLC automation control technology is used to detect the crusher power, control the running frequency of ore feeding belt and regulate the feed rate of crusher. The constant power is executed to reduce the unit consumption of crushing, improve the capacity of the crushing system and reduce the availability of crusher and the number of the crushers under the same flowrate load. The paper presents the application of constant power control of fine crusher in Shuichang Iron Concentrator of Capital Steel and elaborates its implementation background, major technical points, program compiling concept, practical application and effect.

**Keywords** Fine crusher, Constant power control, Automatic control

#### 1 破碎的工艺与设备系统简介

首钢水厂铁矿选矿破碎工艺流程为三段一闭路流程,矿石经粗碎、中碎后,送到 8<sup>#</sup> 皮带,经卸料跑车布料送入细碎矿仓。细碎矿石经细碎轻板送入振动筛筛分后,合格粒级直接输送到磨矿主厂矿仓;粗粒级进入细碎机进行细碎,细碎后的矿石由 13<sup>#</sup>、14<sup>#</sup>、15<sup>#</sup>、16<sup>#</sup> 皮带传送输送到 8<sup>#</sup> 皮带,经布料跑车布料送入细碎矿仓。碎矿老系统现有装备 PYD-2200 细碎短头破碎机 8 台,振动筛 16 台,16 条轻板皮带给矿,1 台轻型板式矿机给入 1 台振动筛,两台振动筛给入 1 台破碎机。生产设备联系见图 1。

#### 2 项目实施背景

(1) 细碎的给矿量通过调整细碎矿仓下料口的闸板大小,人工根据电流进行调整的方式。而在实际的运行中,闸板频繁调整的可能不大,一方面是闸板数量多,人工单台调整的难度大;另一方面是人工根据电流来调整达不到一个合适的位置,很难调准。

(2) 因矿石的性质是不断变化的,包括矿石的

粒度组成、矿石的可碎系数是不断改变的。另受上道工序质量的影响,单纯靠人工不断地去调整闸板,调整破碎机给矿量不太现实。

(3) 现场运行的状况来看,破碎机电流很不合理,基本上处于不平衡状态,破碎机的电流在 24A-40A 频繁变动,说明破碎的工作状况不稳定,造成破碎有时给矿量过大,破碎机处于过负荷状态,有时给矿量过小,破碎机处于欠负荷状态,过大会造成破碎机的电机及备件的损耗大,过小又造成破碎机工作不饱和,白白地消耗电量。

(4) 现场实际的运行状况是为了防止事故的发生,一般给矿量是一定的,不作调整,如果是调整了排矿口,排矿口调小后,相应破碎机的电流会上升,电流过大时,操作岗位一般采用停 1 台轻型板式给矿机的方式,或者是间断停轻型板式给矿机皮带给

刘作利(1968-),男,首钢集团矿业公司水厂铁矿,矿长助理,工程师,064405 河北省迁安市。

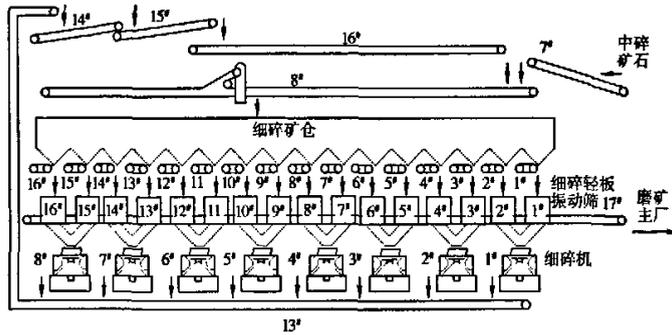


图1 首钢水厂铁矿选矿破碎工艺流程生产设备联系示意

矿的方式防止电流过大的状况,这样必然会影响到破碎机的运行处理能力。

(5) 如果矿石的粒度组成较细时或者矿石可破性较好时,应该加大破碎的给矿量,增加破碎机的负荷。相反情况,从保护破碎机出发,应该减少破碎机的给矿,降低破碎的负荷,如果排矿口不变的情况下,问题关键是破碎机的功率及负荷情况决定破碎机的处理能力。

3 解决问题及技术要点

(1) 针对以上水厂铁矿破碎系统实际情况,工业实践证明,利用 PLC 自动化控制技术可有效改变上述不理想状况。控制方案采用通过检测破碎的功率大小,根据设置的经验功率上限与下限,变频轻型板式给矿机皮带电机速度控制破碎机的给矿量,而且变频方法能够达到不断地调整破碎机的给矿量,目的将破碎机的功率锁定在合理的范围之内。

(2) 控制算法上采用逼近算法,以功率合适范围作标准。如果破碎机的功率达不到标准,通过逐渐加矿的方式,增加破碎机的功率,如果破碎机超过上限时,通过逐渐减矿的方式,减少破碎机的功率,这种算法的优点是人工可以控制增、减频率的时间和频率的大小,逐步地能够摸索出合理的参数值,逼近法不会造成破碎机的功率变动过大,过小,造成破碎机功率的振荡。如用 PID 控制方法实时比较强,但采用如果采用 PID 控制方式会造成破碎机的给矿出现振荡,会造成对破碎机的极大伤害。

(3) 通过适当优化细碎机的破碎工艺参数,采用恒功率控制细碎机的功率,使细碎机满负荷工作。

(4) 防止矿石可破性好时,轻型板式给矿机的给矿量过大,造成破碎腔内矿料过多出现挤出破碎腔事故,因此在设计控制过程中需要考虑对细碎机体内料位进行监测,控制过程中设置安全料位,超过

安全料位,轻型板式给矿机皮带停止给矿,安全料位以下再恢复转车。

(5) 设立功率的上上限,如果破碎达到或超过上上限功率,轻型板式给矿机将采取大幅度减频措施,迅速降低轻型板式给矿机给矿量,保证破碎机的负荷在合适的范围内。

(6) 为了实现控制数据的可靠性,对破碎机所取的电流与功率采取滤波的方式,增加采样的次数,并将采样的数据作平均计算,隔离了由于现场干扰所造成的数据失真。

通过恒功率实施(图2),期望达到降低破碎单耗,提高破碎系统处理的能力,降低破碎机的运转作业率和同等流量负荷下破碎机的运转台数的目的。

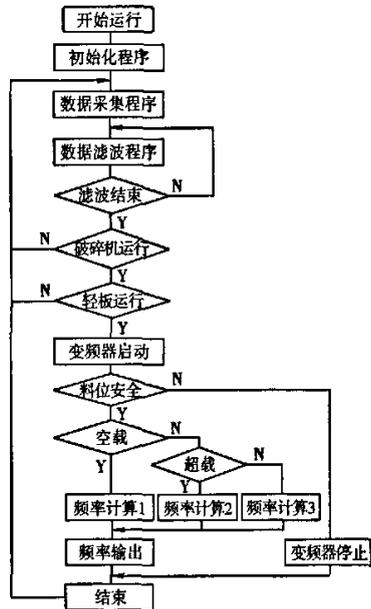


图2 破碎机恒功率控制的程序框图

### 4 破碎机恒功率控制的程序思路及设备配置

#### 4.1 控制程序思路(图2)

程序实现的主要流程功能:①初始化定义变量的值,该程序在 PLC 第一通电运行时执行,目的是保证程序不会因为下载过程中产生的碎片变量;②采集破碎机的功率;③对功率做滤波处理,提高破碎机功率采集的可靠度,剔除一些现场可能存在的信号干扰;④滤波结束以后,判断破碎机与振动筛、轻型板式给矿机是否形成连锁开机,如果未形成连锁开机,变频器的开点不闭合,变频器不工作;⑤破碎机与振动筛、轻型板式给矿机已连锁开机,变频器的开点闭合,变频器启动,起动的频率以上次停机的速度启动,保持变频器的连续性;⑥正常启动后,每个工作周期判断料位是否在正常位置,如果料位超上限,破碎腔内满矿,停止给矿;⑦如果料位正常,判断破碎机是否处于空载状况;⑧如果是空载,按固定的频率,固定的延续时间进行加矿;⑨如果不是空载,要判断是否超载,超载要降低频率,如果超过功率上限,频率要进行大幅度地下降,才能保持设备的运行稳定;⑩对频率最终的计算值进行输出刷新;⑪程序结束,下一个周期又重新开始,返回到数据采集程序,CPU 每个周期运行的时间大约是 20 ~ 22 ms,足够满足现场的工业控制反应速度。

#### 4.2 设备配置(图3)

- (1) 料位控头不断检测破碎机腔内的料位,检测的信号返回控制器。
- (2) 功率变送器将破碎机的功率经过处理后返回控制器。
- (3) 控制器通过检测破碎机的功率以及料位及

时控制调整参数,变频 2 台轻型板式给矿机的运转频率,增减破碎机的给矿量。

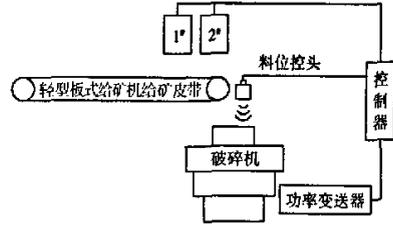


图3 破碎机恒功率控制设备配置

### 5 实践应用及原理分析

#### 5.1 应用情况

2003年12月水厂铁矿选矿老细碎系统在1#破碎机试验1台,试验方法采用2台破碎机作对比,1#、4#、1#破碎机实施恒功率控制,4#是未进行恒功率改造的破碎机,每次试验前对2台破碎的排矿口进行调整,均调整到5~6mm范围,2台破碎机的状况基本一样,对比试验检测的方法及结果如下。

- (1) 2台破碎的单独运行,分别取破碎后的物料,测定-12mm以下的粒度合格率。
- (2) 取2台破碎机的给矿中-12mm粒级的含量,计算出破碎机新生成的-12mm含量。
- (3) 2台单独运行时,在破碎后物料(13#皮带上)截取相同1m长度的料层计算质量,根据皮带的运转速度相同,可计算出2台破碎机相对处理量(按百分比计算)。
- (4) 对2台破碎机破碎后的产品进行套筛,查看各粒级的分布情况。
- (5) 指标对比分析。结果见表1。

表1 两破碎机粒级指标对比

批次	总质量/kg	4#破碎机			新增-12mm含量	总质量/kg	1#破碎机			新增-12mm含量		
		破碎前-12mm含量/%	质量+12mm/kg	破碎后质量+12mm/kg			破碎前-12mm含量/%	质量+12mm/kg	破碎后-12mm含量/%			
1	31.40	15.00	16.10	15.30	48.73	33.73	35.60	14.00	14.20	21.40	60.11	46.11
2	41.40	18.60	20.00	21.40	51.69	33.09	42.60	18.30	15.10	27.50	64.55	46.25
3	35.60	12.40	17.40	18.20	51.12	38.72	40.80	15.00	14.30	26.50	64.95	49.95
4	39.90	17.30	20.90	19.00	47.62	30.32	43.20	18.30	15.40	27.80	64.35	46.05
平均	37.08	15.83	18.60	18.48	49.79	33.96	40.55	16.40	14.75	25.80	63.49	47.09

从表1可看出,1#破碎机的处理能力比4#破碎机的处理能力提高的百分比为(40.55 - 37.08) / 37.08 × 100 = 9.36%。破碎后的粒度提高为63.49% - 49.79% = 13.7%,2台破碎机破碎后新生成的-12mm含量1#破碎机为47.09%,4#破碎

机的含量为33.96%。从效果看1#破碎机破碎的效果比较显著。

- (6) 对2台破碎机破碎后产物进行筛析分析。结果见表2。

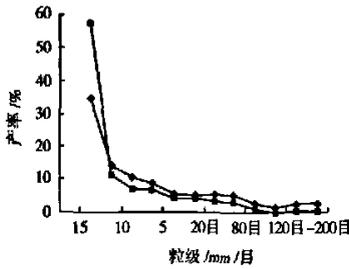


图4 由表2绘制的粒级含量的曲线

◆-破碎机部分产率;■-2#破碎机部分产率

表2 2台破碎机破碎后物料筛析结果

粒度 /mm/目	1#破碎机			4#破碎机		
	质量/g	部分产 率/%	累计产 率/%	质量/g	部分产 率/%	累计产 率/%
+15	1032	34.76	100.00	1532	56.99	100.00
-15+12	420	14.15	65.24	298	11.09	43.01
-12+10	310	10.44	51.10	180	6.70	31.92
-10+7	262	8.82	40.66	188	6.99	25.22
-7+5	151	5.09	31.83	104	3.87	18.23
-5+3	149	5.02	26.75	106	3.94	14.36
-3+20目	158	5.33	21.73	88	3.26	10.42
-20+60目	154	5.18	16.40	72	2.66	7.16
-60+80目	72	2.42	11.23	23	0.87	4.49
-80+100	33	1.11	8.80	7	0.27	3.63
-100+160	76	2.56	7.69	21	0.76	3.35
-160+200	71	2.39	5.13	15	0.55	2.59
-200	81	2.74	2.74	55	2.04	2.04

从表2以及由表2绘成的粒级含量的曲线(图4)可看出,实施恒功率后(表1)2台破碎机给矿-12mm含量分别为1#破碎机是16.40%,4#破碎机是15.83%,相差0.57个百分点。经破碎后,粒度组成发生变化,1#破碎机的-12mm含量为51.10%,而4#破碎机的-12mm含量为31.92%,-12mm以下粒级的含量相比较,从表2与图4可看出,1#破碎机的含量有所提高,说明其破碎的效果比4#的要好。

按上述分析,如果水厂铁矿新老厂破碎机全部推广使用恒功率控制系统,新老厂破碎机的规格、大小、生产能力及指标、运转车台数相同,破碎后的产品因返回细碎矿仓,振动筛的筛分效率因给矿的粒度下降,筛分效果会有所提高,同时应考虑到振动筛的给矿量增大影响。综合各影响因素,筛分效率比原基础的效率不会降低,按筛分效率不变原则进行计算:

a. 破碎机运转台数。转6台破碎机的处理能力(设每台按100%产率计算):①相对的处理能力:

$6 \times 100\% = 600\%$ ; ②-12mm合格粒级: $600\% \times 49.79\% = 2.9874$ 。

b. 实施恒功率后,每台破碎机处理能力增加为 $1 + 9.36\% = 109.36\%$ ,单台破碎机-12mm合格粒级。 $109.36\% \times 63.49\% = 0.694$ ,按原处理量应该转的台数为 $2.9874 / 0.694 = 4.3$ 台。筛分效率不变的情况下,也就是改造后,保持原有的破碎供矿量。按照原来的要求,最多只需要运转5台破碎机就可以满足生产的需要。这样可以节省1台破碎机的运转。

### 5.2 分析矿石在破碎腔中存在的特性

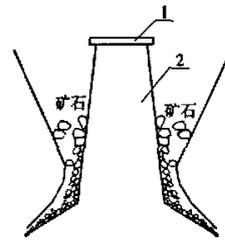


图5 改造前破碎机腔内矿石的分布示意

1-给矿盘;2-动锥

(1) 改造前破碎机腔内矿石的分布特性分析(图5)。①因破碎机腔内是单层给矿,形成不了料层,不存在缓冲区,矿石自上而下基本上作自由落体运动,在破碎腔内停留的时间过短,如果排矿口过大,根本不能够起到破碎的作用,破碎的利用率过低;②这种形势破碎机只有在破碎区才能破碎,破碎的能力减小,同时形成破碎机在运行过程中产生空耗;③单层给矿也不能够形成矿石与矿石之间的压挤而达到破碎效果。

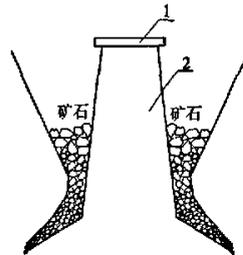


图6 改造后破碎机腔内矿石的分布示意

1-给矿盘;2-动锥

(2) 改造后破碎腔内矿石的分布特性(图6)。可以看出破碎机腔内矿石是挤满式给矿,破碎机腔内的矿石与矿石之间存在着压挤作用,它的特点是:①由于挤满式给矿,破碎机腔内的矿石与矿石以及矿石与破碎机内壁的接触面增大,压挤作用以及相

互之间的压挤力增强;②破碎机腔内的矿块层厚,矿石在腔内运动时间增长,被破碎的机率增大,因此不但破碎的量增大,而且破碎的粒度也会变细;③破碎机的功率能够比较平衡,无论是排矿区还是破碎区都在碎矿,破碎机的破碎效率得到提高。

## 6 效益计算

按照水厂选矿新老厂推广,每厂减少1台破碎机运行,效益计算如下:

每台破碎机运转时间为15 h/d,1年运转330 d。

(1) 每台破碎机的功率(实际运行)250 kW,每台破碎机电消耗为  $250 \times 15 \times 330 = 1\,237\,500$  kW·h。电费为  $1\,237\,500 \times 0.396$  元/kW·h = 490 050元。

(2) 每台破碎机1年的备品、备件更换费用27万元。

(3) 每台振动筛和每台轻型板式给矿机的电机功率为  $11 + 7.5 = 18.5$  kW,每台电消耗  $18.5 \times 15 \times 330 = 91\,575$  kW·h,电费用  $91\,575 \times 0.396 = 3.6$

万元,每台振动筛和每台轻型板式给矿机备品、备件更换费用4万元。

(4) 1台破碎机有2台振动筛和轻型板式给矿机消耗为  $(4 + 3.6) \times 2 = 15.2$  万元。

(5) 新老厂年总效益为  $(49 + 27 + 15.2) \times 2 = 182.4$  万元。按照1台破碎机实施恒功率需要投资5.5万元计算,全厂18台细碎机总的费用为  $18 \times 5.5 = 99$  万元。实际可创效益83.4万元。

## 7 结 论

(1) 采用破碎机恒功率控制技术,检测细碎机恒功率,对破碎机给矿量进行变频调节控制,能够提高细碎机的处理能力9.36%,提高破碎粒度13.7%。

(2) 恒功率控制以达到减少细碎机的运转台数及细碎机的作业时间,实现“多碎少磨”选矿原则。

(3) 提高破碎机的破矿效率以及降低了破碎的消耗。

(收稿日期 2006-06-06)