

非标准、高细度两段磨矿的介质优化试验研究

郭永杰, 罗春梅, 曾桂忠, 段希祥

(昆明理工大学国土资源工程学院, 云南 昆明 650093)

摘要:有些老选厂在改扩建中受各种因素限制而采用了两段磨机容积差较大的非标准的两段球磨流程。由于不能很好的调节两段磨机的负荷及进行介质优化,所以达不到预期的设计要求。在这种非标准特别是高细度的两段磨矿中粗磨段及细磨段的任务分配也较困难,在实际的生产中没有可参照的装补球方案。针对这种情况,本文对云南某铜矿采用精确化装补球技术进行了实验室试验和工业试验研究,使磨机处理量提高了17%,磨矿产品细度提高10%以上,达到了预期的研究目标。

关键词:非标准;高细度;磨矿流程;处理量

中图分类号:TD921.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2008)06-0027-04

两段磨矿流程的优点是可以在不同的磨矿段分别进行矿石的粗磨和细磨,并且磨矿系统生产能力大,产品粒度特性好。粗磨时,装入较大的钢球并采用较高的装球率及浓度,有利于提高粗磨效率;细磨时,装入较小的钢球和采用较低的浓度,能提高细磨效率。有些老选厂在改扩建时受各种因素的限制而采用了非标准的两段磨矿形式,即两段磨机容积差较大。如云南某铜矿一段磨矿为两台2.8m×3.6m格子型球磨机,二段磨矿为一台2.8m×3.6m格子型球磨机,生产实践表明,二段磨机容积严重不足,一段磨机容积又过大,其具体流程如图1所示。为此,笔者根据该铜矿的生产现状进行了磨矿介质优化的实验室试验和工业试验研究。

1 实验室试验

1.1 矿石抗破碎力学性能的测定

矿石抗破碎力学性质分析结果见表1。

表1 矿石抗破碎力学性质分析结果

平均抗压强度 /kg·cm ⁻²	弹性模量 /kg·cm ⁻²	泊松比	密度 /g·cm ⁻³
1652.84	6.71×10 ⁵	0.24	2.66

从表1可以看出,此矿石属硬矿石或中硬偏硬矿石,性脆。所以,细磨中应注意减轻过粉碎。

1.2 磨矿参数设计

收稿日期:2008-05-29

作者简介:郭永杰(1981-),男,博士研究生,主要研究方向为碎磨理论及工艺。

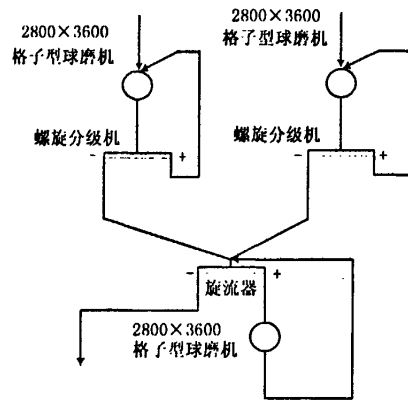


图1 现场磨矿流程

由于最终磨矿产品细度要求达到-200目占90%以上,所以通过负荷平衡计算应使第一段磨至-200目达67%~68%,以保证两段磨矿的负荷平衡,提高两段磨机的工作效率。

1.3 一段磨装补球方案

根据粗磨机精确化装补球原则,在实验室试验得出的一段磨装球方案见表2。

而补加钢球的方案为:Φ100:Φ80:Φ60:Φ40=

表2 一段磨矿的初装球方案

钢球尺寸/mm	Φ100	Φ90	Φ80	Φ60	Φ40	Φ30
比例/%	10	10	20	20	25	15

20%:30%:25%:25%。

1.4 二段磨矿的介质装补方案

为了提高磨矿细度并降低磨矿产品的过粉碎,二段磨矿采用铸铁段为磨矿介质,初装比例为:35×40:30×35=50%:50%,补加也暂按此比例。

2 工业试验

2.1 初装球及补加球比例的调整

工业试验从2006年12月底开始,一次性将钢球按试验室得出的方案加入,经测量实际球磨机容积为: $D=2.6\text{m}$, $L=3.62\text{m}$, $V=19.21\text{m}^3$;新方案添加的钢球总量为39t,空运行5min后测量: $D=2.6\text{m}$, $h=1.48\text{m}$,充填率=41.21%,钢球体积 7.92m^3 ,堆密度为 $4.80\text{t}/\text{m}^3$ 。

开始运行时,磨机处理能力大致为 $46\text{t}/\text{h}$ 左右,一段分级溢流细度-200目含量51%~60%。但仍未达到处理能力 $51\text{t}/\text{h}$ 的要求,经过分析认为其原因主要是厂方提供给课题组做实验的矿样与当时生产的矿石粒度相差较大,而造成磨机内小球偏多,大球比例偏低,致使磨机内破碎力不足。因此,对另一台一段磨机的初装方案作了调整,其初装球比例见表3。

表3 调整后的一段磨矿初装球比例

钢球尺寸/mm	Φ100	Φ90	Φ80	Φ60	Φ40	Φ30
比例/%	25	10	25	20	15	5

调整后的补加球比例为:Φ100:Φ80:Φ60:Φ40=25%:30%:25%:20%。

补加单耗由原来的 $0.75\text{kg}/\text{t}$,调整为 $0.675\text{kg}/\text{t}$,分配单耗按一段:二段=52%:48%计,即一段 $0.675 \times 0.52 = 0.351\text{kg}/\text{t}$,二段 $0.675 \times 0.48 = 0.324\text{kg}/\text{t}$ 。

试验进行两个月后,磨机处理量已达到 $47.06\text{t}/\text{h}$,二段细度也达87.66%,说明初装球及补加球的效果正在显露。因二段细度要求较高,需增强研磨效果,又调整二段正常补加比例为:35×40:30×35=30%:70%。一段磨因要保证较高生产能力,所以也调整正常补加比例为:Φ100:Φ80:Φ60:Φ40=30%:30%:20%:20%。调整补加比例后,2007年4月份细度达90.78%,超过90%的要求。

2.2 一段与二段磨介质装载量试验

介质充填率对磨矿过程的影响,主要是通过影

响介质运动的状态来实现的。而这种影响效果,还受到衬板形状、矿浆粘度、磨机转速等的限制。在其他磨矿工作条件不变情况下,介质装载量少,生产能力低,介质装载量多,生产能力也未必高。在一定的转速及相应磨矿条件下,有一个最佳装载量,球荷超过此限度,磨机生产能力就会下降。

一段磨与二段磨最初的初装介质均为39t,充填率为41.21%,但无法说明是不是最佳的装球量。理论上的装球率不超过50%,但具体最佳的装球量是多少只能通过爬坡法逐渐增加球量来寻求。经过逐步探索,最终得出两段磨的最佳装球量分别为一段43t左右,二段43.5t左右。

2.3 磨矿浓度的调整

磨矿浓度对细度的影响较大。矿浆愈浓,它的粘性愈大,流动性较小,通过磨机较慢。在浓矿浆中,钢球受到浮力较大,它的有效比重就较小,打击效果也较差,但浓矿浆中含的固体矿粒较多,被钢球打着的物料也较多。而稀矿浆的情况恰好相反。只有当磨矿浓度适当时,产出率才会最高。以工业试验现场的矿石为例,一段磨的磨矿浓度应控制在75%~80%,二段磨矿浓度应控制在60%~65%,而测得的磨矿浓度为68%以上。所以,应进行调整,将二段浓度控制在65%以下。

2.4 一段细度的调整

由于此磨矿为非标准两段磨矿流程,要保证二段细度达90%,两段磨都必须高效率运转。在实验室试验磨矿参数设计中,第一段应磨至-200目达67%~68%。但在实际生产中,由于两台一段磨机的给矿常常不同,无法要求两台磨机的产品细度一致。经过多次摸索,在保证较高处理量时最终确定一段细度保持在60%~65%较为合适。

3 工业试验生产结果分析

整个试验要求的最终结果为:磨机处理量达 $51\text{t}/\text{h}$,二段细度不低于-200目90%,球耗、电耗有所降低。但是,由于碎矿系统频繁出故障,造成了4月24日到4月27日4天内均为开路碎矿,所以这4天不作统计。

3.1 磨机生产能力与磨矿产品细度

表4为工业试验前后磨机生产能力与产品细度指标对比。其中,以2006年9月~12月的数据作为试验前的基数,2007年4月18日~5月7日为

工业试验时间(下同)。

表4 工业试验前后磨机生产能力
与产品细度指标对比

时 间	运转 时间 /h	球磨机 处理量 /t	小时 处理量 /t	磨矿产 品细度 -200目/%
2006年9月~12月	5469.30	239850	43.85	80.30
2007年4月18日 ~5月7日	690.7	34655	50.17	91.07

由表4可以看出,工业试验期间磨机处理能力已达50.17t/h,而试验前的处理能力只有43.85t/h,磨机台时处理能力提高17%,细度提高了10%以上。另外,工业试验完成后,又继续进行了长达数月的工业生产,其磨机处理能力达53.85t/h,磨矿产品细度为-200目91.08%。

3.2 磨矿电耗及球耗

表5 工业试验前后磨矿能耗及球耗指标对比

时 间	球磨机 处理量 /t	磨浮 总电耗 /kW·h	磨浮电 能单耗 /kW·h·t ⁻¹	介质 总耗 /kg	介质 单耗 /g·t ⁻¹
2006年 9月~12月	239850	6020400	25.10	175810.1	733
2007年1月	57689	1516800	26.29	31215.5	675
2007年2月	61061	1458990	23.89	42332.9	693
2007年3月	53969	1388610	25.73	36804.4	682
2007年4月	65658	1638690	24.96	50119.5	763
2007年5月	62931	1350634	21.46	44568.8	708
2007年 1月~5月	301308	7353724	24.41	205041.1	707

从表5可以看出,磨浮电能单耗从试验前的25.10kW·h/t降到试验后的24.41kW·h/t,若以试验时间算,应该更低。介质单耗从试验前的733g/t降到试验后的707g/t。均实现了使磨矿电耗与球耗有所降低的要求。

3.3 回收率

一般来说,在原矿品位降低时提高处理量会使回收率下降。但从表6数据可以看出,与工业试验

前相比,回收率仍然增长了2.15%,其效果比较显著。据分析,主要是磨矿产品细度提高所致。

表6 工业试验前后回收率指标对比

时 间	原矿 铜品位 /%	全铜 金属量 /t	氧化铜 金属量 /t	氧化率 /%	全铜 回收率 /%
2006年 9月~12月	0.80	1920.300	259.363	13.51	83.27
2007年4月18日 ~5月7日	0.74	255.430	35.725	13.99	85.42

4 结 论

- 1. 磨机的处理量显著提高,已达到并超过目标要求。
- 2. 磨矿产品细度从80.3%提高到91%左右,超额完成目标。
- 3. 磨浮电能单耗从试验前的25.10kW·h/t降到试验后的24.41kW·h/t,介质单耗从试验前的733g/t降到试验后的707g/t,完成了试验要求。
- 4. 由于磨矿产品细度的改善,回收率提高幅度比较显著。

以上结果证明,精确化装补球在此铜矿的应用比较成功,达到了预期的研究目标,也证明了精确化装补球方法在非标准及高细度的两段磨矿流程中仍然适用。

参考文献:

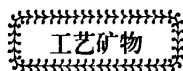
[1]段希祥. 碎矿与磨矿[M]. 北京:冶金工业出版社,2006.
[2]段希祥. 选择性磨矿及其应用[M]. 北京:冶金工业出版社,1991.
[3]段希祥,曹亦俊. 球磨机介质的工作理论与实践[M]. 北京:冶金工业出版社,1999.
[4]段希祥. 球磨机钢球尺寸的理论计算研究[J]. 中国科学A辑,1989,19(8):856~863.
[5]段希祥. 钢球直径半理论公式的修正研究[J]. 中国科学E辑,1997,57(12):510~515.

Experimental Study on Media Optimization of Non-standard
and High Fineness Two-stage Grinding Process

GUO Yong-jie, LUO Chun-mei, ZENG Gui-zhong, DUAN Xi-xiang

(Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, China)

Abstract: Some of the ore concentrators had to use the non-standard two-stage grinding process because of the limits of the various factors. Owing to the loading of two-stage grinding mill cannot be satisfactorily regulated and the optimization of the media load cannot be performed, thus they could not reach expected design requirements. In the



某多金属硫化矿石的工艺矿物学研究

杨磊, 刘厚明, 刘飞燕, 梁友伟

(中国地质科学院矿产综合利用研究所, 四川 成都 610041)

摘要:某多金属硫化矿石中含铜0.16%、含铅0.86%、含锌2.92%、含铁12.05%,其中铜铅锌以硫化物为主。黄铜矿中铜占总铜的70.5%,方铅矿中铅占总铅的84.9%,闪锌矿中锌占总锌的90.4%,磁铁矿、磁赤铁矿中铁占总铁的49.5%。矿石中未见磁黄铁矿。磁铁矿、磁赤铁矿粒度略粗于闪锌矿、方铅矿、黄铜矿。根据该矿石性质,若采用优先浮选铜铅锌、浮选尾矿磁选综合回收铁的工艺流程,仅增加少量投资,即可较大幅度地提高矿山企业的经济效益,充分利用矿产资源。

关键词:多金属硫化矿石; 磁铁矿; 磁赤铁矿

中图分类号:P616.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2008)06-0030-04

矿产资源不可再生的特点,使得可供人类工业利用的资源日趋减少。特别是近代大工业的建立,世界各国正以前所未有的规模和速度消耗着地下资源,资源危机已成为当今世界一个普遍性的社会问题。充分合理地利用有限的矿产资源,加强资源综合利用,高效合理回收矿石中有益组分,是应对这一问题的有效途径。某多金属硫化矿石中含铜0.16%、含铅0.86%、含锌2.92%、含铁12.05%,其中铜铅锌以硫化物为主,铁有近一半为易于选别的磁性铁。在充分回收铜铅锌的前提下,若综合回收矿石中的铁资源,仅增加少量投资,即可较大幅度地提高矿山企业的经济效益,既充分利用了矿产资源,也

有利于环境保护。为此,本文从工艺矿物学研究的角度,探讨了高效合理综合利用矿石中铜铅锌铁的途径。

1 矿石基本性质

1.1 矿石的化学成分

1.1.1 矿石的多元素分析

矿石的多元素分析结果见表1。由表1可知,矿石中主要有益组分为锌、铅,可供综合利用的为铜,硫目前不具有工业利用价值,铁的综合利用则应以铁的矿物成分来决定。

1.1.2 矿石中铜铅锌铁的化学物相分析

表1 矿石的多元素化学分析结果/%

Cu	Pb	Zn	Fe	S	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
0.16	0.86	2.92	12.05	1.96	26.78	2.16	0.71	23.67

process of non-standard grinding, especially high fineness grinding, the distribution of tasks between the first section and second section is more difficult, and in the production practice there have not a reference to this process. In light of this situation, the laboratory research and industrial test on the precious loading technology of media suited to such non-standard two-stage grinding flowsheet were carried out. Test results showed that the processing capacity of mill is increased by 17%, and the fineness of ground products is increased by more than 10%.

Key words: Non-standard; High fineness; Grinding process; Processing capacity

收稿日期:2008-08-04; 改回日期:2008-09-06

作者简介:杨磊(1964-),男,高级工程师,主要从事工艺矿物学研究工作。