

石墨矿选矿技术特点及应用

吴尧, 邓朝安, 常亮亮

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘要] 本文对石墨选矿技术特点进行了总结,分析了石墨矿与其他常见有色金属矿种、黑色金属矿种在选别上的区别。结合石墨选矿技术特点,对国内某大型石墨矿的开发工作进行了探讨和具体应用。

[关键词] 石墨矿; 选矿工艺; 鳞片保护; 具体应用

[中图分类号] TD97 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2022)03-0051-04

DOI:10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2022.03.012

石墨具有良好的耐高温性及导电、导热性能,且具有良好的润滑性和化学稳定性。在冶金工业中主要用作耐火材料;在铸造业中用作铸模和防锈涂料;在电气工业中用于生产碳素电极、电极碳棒、电池,制成的石墨乳可用作电视机显像管涂料,制成的碳素制品可用于发电机、电动机、通讯器材等诸多方面。在机械工业中用作飞机、轮船、火车等高速运转机械的润滑剂;在化学工业中用于制造各种抗腐蚀器皿和设备;在核工业中用作原子反应堆中的中子减速剂和防护材料等;在航天工业中可做火箭发动机尾喷管喉衬,火箭、导弹的隔热、耐热材料以及人造卫星上的无线电连接信号和导电结构材料。此外,石墨还是轻工业中玻璃和造纸的磨光剂和防锈剂,制造铅笔、墨汁、黑漆、油墨和人造金刚石的原料。随着科技和工业的发展,石墨的应用领域还在不断拓宽,已成为高科技领域中新型复合材料的重要原料,在国民经济中具有重要作用^[1]。

我国是世界上石墨储量、产量最大的国家之一,其石墨选矿技术和相关装备水平也长期处于世界领先地位。随着新能源、新材料产业的崛起,石墨产品尤其是下游深加工制品越来越引起关注,正逐渐成为国防、航天、新材料等领域不可替代的重要材料。我国工业和信息化部发布的《石墨行业准入条件》

也对当前的石墨市场乃至整个石墨行业的未来发展形成种种利好^[2]。

本文通过对石墨矿选矿技术特点的总结分析,以某国内大型石墨矿项目的开发、建设和生产工作为例进行探讨和研究。

1 石墨矿矿物学特性

石墨矿石自然类型主要有两大类:石墨片岩型石墨矿石、石墨变粒岩型石墨矿石,其次为片麻岩型石墨矿石、混合岩型石墨矿石和含石墨大理岩型石墨矿石。

国内大部分石墨矿属于晶质鳞片状石墨矿,按其风化程度又可分为2个亚类:风化石墨矿石和原生石墨矿石。矿石矿物成分较为单一,为石墨,黑灰—银灰色,偏光镜下为烟灰色,显晶质片状或片状集合体。脉石矿物种类很多,其中石英、云母、长石占80%~90%以上,矿石类型为含石墨大理岩时,方解石为主要脉石矿物。某国内大型石墨矿的原矿矿物组成及相对含量如表1所示,原矿主要化学成分分析如表2所示。

2 石墨选矿工艺特点

石墨矿石相对于常见的黑色金属及有色金属,既要求石墨矿具备较高的精矿品位,又应尽可能保护石墨矿物的晶体结构。因此,对其选矿技术和工艺方案提出了不同要求。

(1)由于石墨矿石硬度一般为中硬或中硬偏软,因此选厂的破碎流程较为简单常采用两段、三段的开路破碎,也有新建的较大型选矿厂采用三段一

[收稿日期] 2022-02-21

[作者简介] 吴尧(1986-),男,河南鹤壁人,高级工程师,硕士,主要从事有色金属、黑色金属矿山设计工作。

[引用格式] 吴尧,邓朝安,常亮亮.石墨矿选矿技术特点及应用[J].有色设备,2022,36(3):51-54.

闭路破碎流程。

表1 矿物组成及相对含量表

矿物名称	相对含量/%	矿物名称	相对含量/%
石墨	11.15	石英	23.45
磁黄铁矿	4.71	长石	12.95
黄铁矿	0.79	白云母	14.67
钛铁矿	0.42	透闪石	14.88
磷灰石	0.23	斜黝帘石	7.25
楣石	0.74	方解石	4.09
黑云母	1.98	其它矿物	0.74
绿泥石	1.95	总计	100.00

注:石墨含量中包括有机碳的含量

表2 主要化学成分分析结果表

化学成分	C _全	固定碳	S	Fe	P	TiO ₂
含量/%	11.66	9.30	2.14	3.96	0.042	0.52
化学成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Ca ₂ O	Na ₂ O
含量/%	51.38	11.27	8.38	2.94	3.11	0.51

(2) 石墨矿准入标准中石墨精矿中大鳞片含量要求、保护石墨鳞片自然结晶状态,石墨选矿中磨矿工艺的制定非常重要。考虑到大直径磨机抛落作用更强、对石墨矿冲击更大、更易破坏石墨的鳞片状态,现场生产中一般采用直径2.7 m以下规格球磨机,目前国内仅有个别现场尝试采用直径3.6 m规格球磨机,具体使用效果尚不理想。

(3) 石墨矿多采用粗精矿多段再磨、多段选别、中矿顺序(或几种、或分段集中)返回的流程进行分选。因为石墨可选性较好,经多段再磨再选后基本上可得到品位90%以上、回收率80%以上的石墨精矿。采用多段再磨主要是出于保护石墨大鳞片少受损坏^[3]。

国内常见大鳞片石墨矿石的选矿工艺流程图,如图1所示。

3 国内某大型石墨矿选矿实例

国内某大型石墨矿山石墨矿床属沉积变质矿床,矿床工业类型为中-深变质岩晶质石墨矿床。矿石自然类型主要有两大类:石墨片岩型石墨矿石、石墨变粒岩型石墨矿石,其次为片麻岩型石墨矿石、混合岩型石墨矿石和含石墨大理岩型石墨矿石。矿

石工业类型属于晶质鳞片状石墨矿,按其风化程度又可分为2个亚类:风化石墨矿石和原生石墨矿石。风化石墨矿石松软,分布于地表深度至45.82 m。其下为原生矿石,矿石较坚硬,矿石矿物石墨为鳞片状、叶片状结构。石墨与共生脉石矿物构成片状、团块状和条带状构造。经试验研究,为该矿山制定了“三段一闭路-阶段磨矿阶段选别-再磨再选段八磨九选-单段脱水”的原则流程,并最终得到了品位95%、回收率85%的石墨精矿,其中0.045 mm(-325目)的粒级含量≤35%,石墨精矿含水≤25%,后续经过干燥作业能达到水分含量≤5%。具体流程如图2所示。

在该石墨矿选矿厂建设中,针对石墨矿选矿技术特点,应用了以下针对性的技术措施:

(1) 为兼顾选矿回收率指标和最终产品的成品率,从保护石墨矿鳞片,避免过磨的角度考虑,将粗磨作业由传统的一段闭路磨矿调整为两段闭路磨矿,一段磨矿细度为-0.15 mm占50%,磨矿产品经一段粗选、一段精选产出粗精矿1;二段磨矿细度为-0.074 mm占60%,二段磨矿给矿为一段粗选尾矿,磨矿产品经一粗、二扫产出粗精矿2和最终尾矿。粗精矿1经一段再磨进入精选1及后续作业,粗精矿2直接进入精选1及后续作业。此工艺流程调整充分考虑了石墨选矿技术特点,一方面实现了快速回收石墨矿物优先进入后续再磨再选工序,减少过磨,减少最终石墨精矿细粒级含量,提高产品成品率;另一方面通过二段磨矿,提高最终抛尾精度,进而提高选矿回收率。

(2) 精选作业采用八次再磨九段精选,再磨设备一段再磨采用球磨机,其它均采用立式搅拌磨机,立式搅拌磨磨矿介质采用中铝陶瓷球。采用立式搅拌磨机能很好的剥离石墨精矿表面,提高石墨可浮性增加浮选效率。磨矿介质采用中铝陶瓷球比鹅卵石更优,鹅卵石易碎,一方面影响磨矿效率,另一方面脱落石英会污染石墨表面,最终降低石墨精矿品位。

(3) 石墨精矿密度轻、粒度细且呈鳞片状,不易沉降。经国内石墨选矿厂多年生产实践证明,浓缩机很难达到脱水目的,其溢流水“跑浑”现场严重。石墨精矿通常采用一段脱水工艺,即浮选精矿不经浓缩直接采用过滤脱水工艺。一段脱水的过滤设备经国内外石墨选矿生产实践表明,采用带压榨、吹干工艺的压滤机对精矿滤饼水份控制最好。

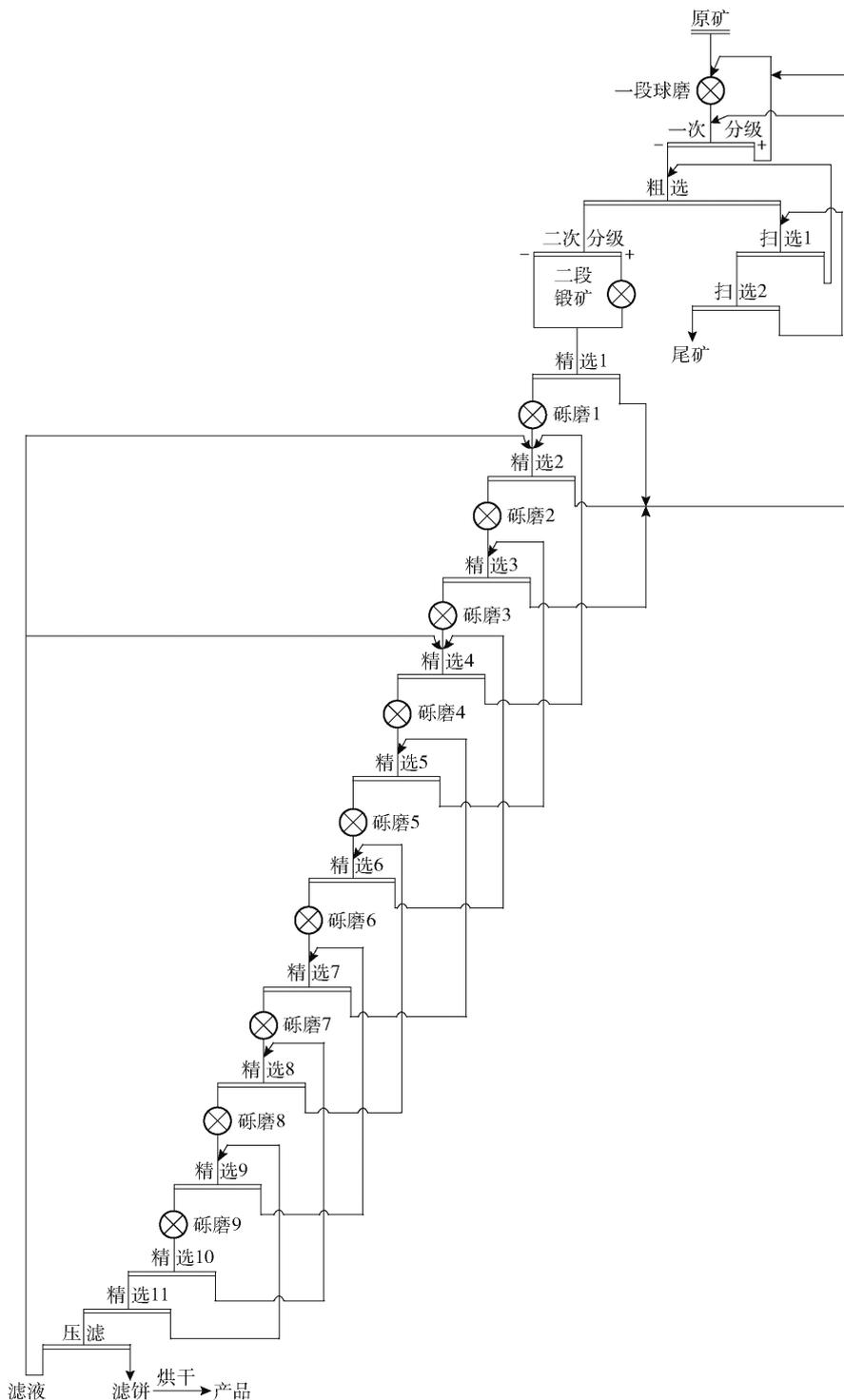


图1 国内石墨矿石常规工艺流程图

4 小结

(1) 目前国内在石墨选矿行业的标准及规范文件较其他有色金属和黑色金属仍不充足, 亟待进一步对石墨矿选矿工艺的生产规范化、合理化。

(2) 石墨矿选厂的产品因主要功效不同关注的核心参数也不尽相同, 但最终精矿中固定粒级的含量对石墨矿选别中的设备选择有重要影响, 此方面的研究工作仍显不足。

(3) 目前国内的石墨矿缺少大规模、规范化、现

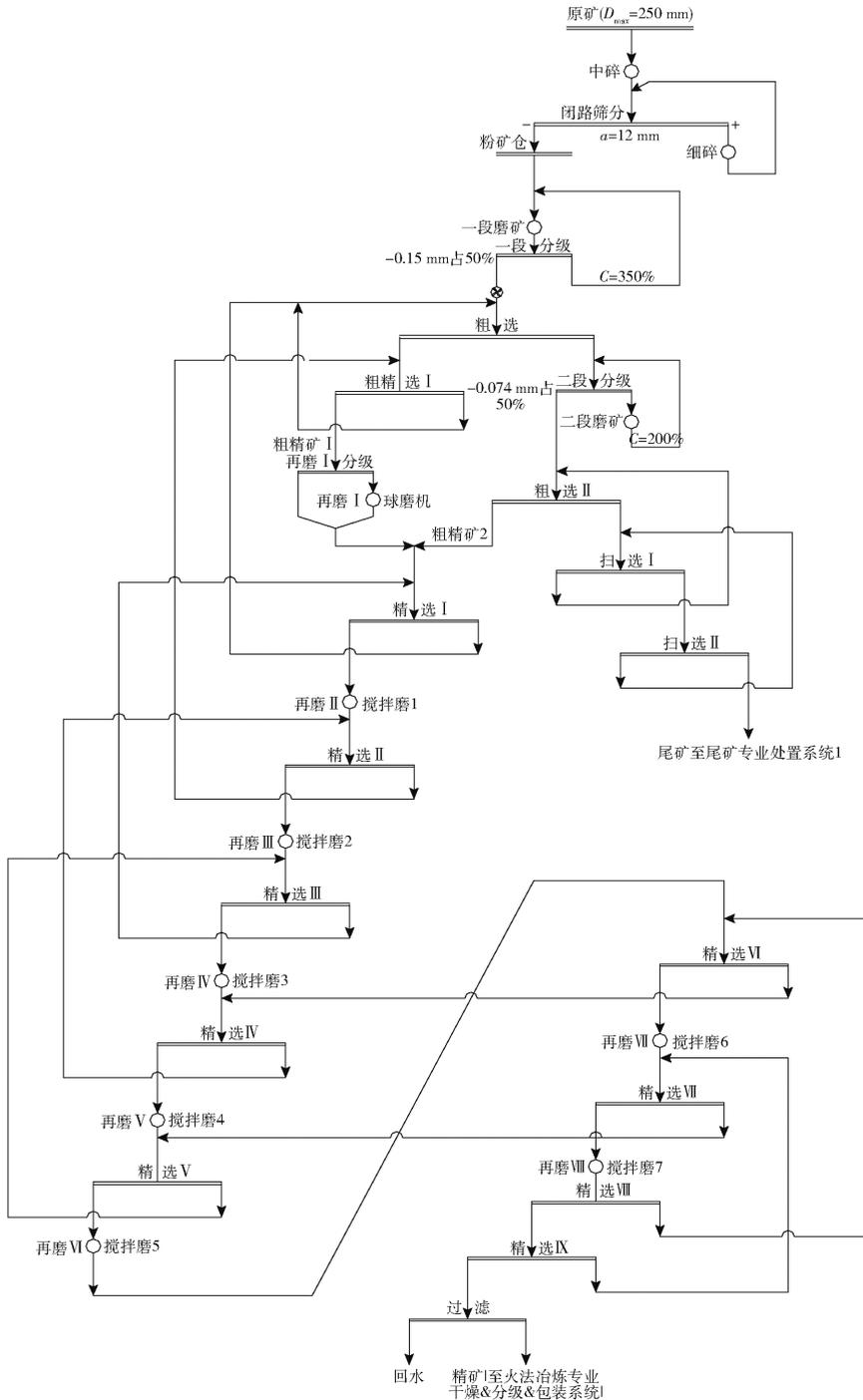


图2 国内某大型石墨选厂工艺流程图

代化的选厂,大多数企业生产组织较为落后、选用设备较为老旧、自动化程度普遍不足,在目前矿山行业普遍走向大型化、智能化的时代背景下仍显不足。

[参考文献]

[1] 刘能,申士富,刘海营,等.我国石墨选矿技术及装备进展[J].现代矿业,2020,36(8):143-146.
 [2] 李亚,王英凯,张旭,等.某大理岩型石墨矿选矿工艺研

究[J].有色金属(选矿部分),2021(3):104-109.

[3] 刘淑贤,徐平安,苏严,等.河北某地细粒石墨矿工艺矿物学及选矿工艺研究[J].矿产综合利用,2021(1):157-165.
 [4] 高野,周南,程亮,等.黑龙江鸡西平安石墨选矿试验研究[J].中国非金属矿工业导刊,2020(4):21-23+30.

(下转第65页)

Safety Reformation of Feeding Trolley Operation Control

JIANG Pei-jin, XU Hong-bing, PENG Hui

Abstract: During the loading process of the loading trolley, when the center line of the belt reel does not coincide with the axis line of the reel, it is easy to roll over, resulting in major personal and equipment safety accidents. In order to ensure the intrinsic safety of the trolley, this paper develops and designs a trolley safety device by using the analysis method of deductive reasoning and the principle that the rubber roller converts the translational motion into circular motion. The trolley is transformed and applied, which overcomes the influence of human negligence and the cumulative error of instrument measurement, and ensures the safety of the trolley. It has broad application prospects, At the same time, it also provides a useful reference for the safe operation of trolleys in similar production lines.

Key words: switching; Intrinsic safety; analytical method; coincidence of axis lines

▲

.....
(上接第 54 页)

Characteristics and Application of Graphite Ore Beneficiation Technology

WU Yao, DENG Chao-an, CHANG Liang-liang

Abstract: This paper summarizes the characteristics of graphite beneficiation technology, and analyzes the differences among graphite ore as well as other common non-ferrous metal minerals and ferrous metal minerals. Based on the characteristics of graphite ore beneficiation technology, the development of the graphite ore in one Chinese plant and specific application have been discussed.

Key words: graphite ore; beneficiation technology; flake protection; specific application

▲