

doi: 10.3969/j.issn.1005-7854.2020.01.16

碎磨新设备在选厂设计中的应用的进展

李仕亮

(北京矿冶科技集团有限公司, 北京 100160)

摘 要: 随着矿石的贫细杂化、选厂设计规模的大型化以及数字化智能化绿色矿山概念的兴起, 碎磨设备不断推陈出新。新的选矿设备革新了传统的设计理念, 对选厂设计的影响重大而深远。从碎磨设备的发展和新型碎磨设备在选厂设计中的应用两个方面分析了碎磨设备及其应用的进展情况, 指出了选厂设计的必由之路。

关键词: 选厂设计; 碎磨设备; 碎磨工艺流程; 设计理念

中图分类号: TD451; TD453

文献标志码: A

文章编号: 1005-7854 (2020) 01-0082-04

Progress in application of new comminution equipment in concentrator design

LI Shi-liang

(BGRIMM Technology Group, Beijing 100160, China)

Abstract: With ore's poverty, fineness and complexity, large-scale of concentrator design, the development of the concepts of digitization, intelligent and green mine, comminution equipment has been constantly innovating. The new concentrating equipment has innovated the traditional design concept, and has a great and far-reaching impact on the design of concentrator. The paper analyzes the progress of comminution equipment and its application from two aspects: the development of comminution equipment and the application of new comminution equipment in concentrator design, and points out the only way for concentrator design.

Key words: concentrator design; comminution equipment; comminution circuit; design concept

设计是工程建设的重要环节, 设计的好坏决定工程建设的成败。设计是科学技术转换为生产力的纽带, 工业生产中的先进技术、先进经验以及科学研究中的最新成果, 都将通过设计可以实现成果转化。选厂设计的主要任务是设计出体现国家有关方针政策、切合实际、安全适用、技术先进、经济效益好的选厂^[1]。

选厂设计中设备是基础, 选矿工艺技术是主导。选矿工艺的变革往往随着一种新的选矿设备应运而生。选矿设备的技术水平代表了选矿厂的装备水平, 先进的选矿设备具有较高的稳定性, 提高选矿厂的运转率, 增加选矿厂的经济效益。

近年来, 由于矿石的贫细杂化、选厂设计规

模的大型化以及数字化智能化绿色矿山概念的兴起等原因, 对选厂设备的创新提出了现实要求, 新设备不断涌现, 碎磨设备更是不断推陈出新, 解决了很多阻碍行业发展的现实和瓶颈问题。新的选矿设备革新了传统的设计理念, 科学系统的选厂设计完善了新设备的使用功能并最大化新设备的优势, 推动着行业不断迈向新的台阶和更高层次。

1 碎磨设备的发展

就能耗而言, 选厂碎磨设备是耗能大户, 在许多工业部门, 破碎与磨矿占企业总能耗的 40%~70%, 而破碎的能耗通常只有磨矿能耗的三分之一^[2], 因此, 贯彻实施“多碎少磨”的原则, 最终达到碎磨设备的低耗能、高效率, 实现规模效应^[3-4]。达到这个目标有两种方式^[3], 第一种方式是对原有设

收稿日期: 2019-08-12

作者简介: 李仕亮, 男, 高级工程师, 主要从事选厂咨询、设计工作。Email: leeshiliang8410@163.com

备进行升级改进,比如利用新材料或新的加工工艺、引入电子控制技术、信息技术、传感技术等;第二种方式是研发出具有更高粉碎效率的新型设备,突破传统碎磨设备,实现设备的低高效率、大型化。

1.1 碎矿设备

传统的碎矿设备有颚式破碎机、冲击式破碎机、圆锥破碎机和旋回破碎机等,其中应用最普遍是颚式破碎机和圆锥破碎机。旋回破碎机一般用在露天采场,目前世界上最大的旋回破碎机由瑞典 Sandvik 生产,规格为 $1.65\text{ m} \times 3.02\text{ m}$ 。其次为 KB63 $\times$ 114 型旋回破碎机^[5],装机功率 1 200 kW。国内自行设计制造的最大规格旋回破碎机^[6]是 PXZ-152/287 型旋回破碎机,处理量达 5 100~8 000 t/h,装机功率 1 200 kW。颚式破碎机最大规格为 $2\,000\text{ mm} \times 1\,500\text{ mm}$,由芬兰 Mesto 生产。圆锥破碎机以芬兰 Mesto 生产的 HP 多缸液压型圆锥破碎机和瑞典 Sandvik 生产的 CH/CS 单缸液压型圆锥破碎机引领风骚。

新型高效率的碎矿设备目前有以下几种:有旋盘式破碎机、水冲式圆锥破碎机、高压辊磨机等。高压辊磨机凭借其节能降耗的优势得到推广应用,它是 20 世纪 80 年代基于层压粉碎原理开发出的新型粉磨设备^[7]。

1.2 磨矿设备

磨矿设备经过多年的发展,主要是优化方式是大型化、节能降耗,典型的磨矿设备有球磨机、棒磨机、半自磨机等。自磨/半自磨机具有流程短、钢耗低、粉尘多、生产成本低等优点,随着设备运行稳定性的提高,它的发展最快。20 世纪 70 年代,我国首次在铜矿设计上马了一台 $\Phi 7.5\text{ m} \times 2.8\text{ m}$ 的湿式自磨机,但由于对设备认识不足,运行效果不佳,此后,自磨/半自磨工艺经历了一段时间的沉寂。90 年代后,自磨/半自磨工艺又重新活跃,并得到快速发展。目前世界上最大规格的干式球磨机^[8]规格是 $\Phi 6.2\text{ m} \times 25.5\text{ m}$,装机功率 11.2 MW。最大的半自磨机于 2013 年在中铝秘鲁某铜矿投产,该自磨机的装机功率为 28 MW,规格为 $\Phi 12.19\text{ m} \times 7.92\text{ m}$ 。现场应用最大规格的自磨机是 $\Phi 12.2\text{ m} \times 10.97\text{ m}$ 自磨机,装机功率 28 MW。

随着矿产资源的贫细杂化,越来越多的矿物需要细磨才能充分单体解离,从而实现有效选别。但传统的球磨机很难满足这一特殊要求,因此出现了

一批新型高效磨矿设备,比如艾萨磨、离心磨、喷射磨、搅拌磨、行星磨、振动磨等。

2 新型碎磨设备在选矿厂设计中的应用进展

新型碎磨设备的出现,对选矿厂设计的重大影响有以下三个方面:

1) 碎磨工艺流程的选择。随着一些新型碎磨设备的出现,可供选择的碎磨工艺流程从单一化转变为多样化。当前,在设计选矿碎磨工艺流程时,几乎都得考虑三种在世界上普遍应用的流程,进行综合比选,选择技术经济更优的流程,否则设计的流程没有说服力。这三种流程分别是:“常规三段一闭路破碎+球磨流程”(简称常规碎磨流程)、“粗碎+半自磨+球磨流程(+顽石破碎)”(简称半自磨流程)和“粗碎+中碎(+细碎)+高压辊磨+球磨流程”(简称高压辊磨流程)。

2) 设备选型。传统的常规碎磨设备采用经验公式即可选出确切的规格型号,且是定型系列产品。新型碎磨设备的选型,如没有试验研究和模拟计算,几乎选不出合适的设备。同时,工艺流程模拟也可确定为确定最优的碎磨流程提供技术支持。

3) 科学的系统设计。传统的常规碎磨流程由于设备简单、生产粗放,相对来说,对设计要求不高,设计也比较简单。而采用新型设备的碎磨流程,对设计的要求是严苛的,需要有系统思维,进行科学设计。因采用新型碎磨设备,而没有进行系统设计,导致其他设备不匹配、控制系统不到位,致使生产效果不理想的案例,可谓屡见不鲜,应引起足够的重视。

秦华江等^[9]对某大型铝矿选矿厂设计的常规碎磨方案、高压辊磨方案和 SABC 方案等 3 种工艺进行了基建投资和生产成本的综合比较,推荐该矿采用“半自磨+顽石破碎+球磨”的 SABC 碎磨工艺。

陈滨^[10]在对红格铁矿南矿区工程进行矿物加工工艺设计时,分别对高压辊磨流程、常规碎磨流程和半自磨流程,进行了详细的流程设计和工艺设施布置。详细的技术经济比较结果表明,高压辊磨流程的综合经济效益稍好,但考虑到矿石性质的因素,最终选择了半自磨流程。

胡子林^[11]运用目前国际上最先进、应用范围最广的 JKsimMet 流程模拟软件和矿物实验技术,该技术依托某金矿项目选矿厂碎磨流程设计,由澳

大利亚昆士兰大学 JK 公司研制开发, 研发思路是模拟分析不同半自磨流程下的效果, 通过对比分析得到最经济、最优的工艺及设备。

曾野^[12]在有详实的自磨试验前提下, 经方案技术经济比较, 为云南大红山铁矿 400 万 t/a 选矿厂设计了半自磨系统, 为保证生产顺利进行, 精心设计了与半自磨机配套的直线振动筛和输送管道系统。该半自磨系统的使用在冶金行业具有里程碑意义, 因为这是国内首次使用大型半自磨机, 刷新了行业对该工艺的认识。

井维和等^[13]总结了乌山铜钼矿一期选矿厂碎磨流程设计选择过程及生产实践, 认为碎磨工艺设计应注重方案设计的合理性, 为了保证系统各设备适配, 达到良好的运营效果, SABC 碎磨流程工艺通过流程分析试验与自磨机选型试验来确定参数、选择设备型号。

井维和等^[14]对乌山铜钼矿二期 SABC 碎磨流程进行了设计, 依据乌山矿石性质、建设规模、JK 落重试验进行了详细的设备选型计算, 选择了 1 台 $\Phi 11.0 \text{ m} \times 5.4 \text{ m}$ 半自磨机和 1 台 $\Phi 7.9 \text{ m} \times 13.72 \text{ m}$ 溢流型球磨机, 都为国内自主研发制造的同类设备最大规格型号、也是国内首次采用双电机驱动系统的磨矿设备。为保证设计的碎磨流程稳定可靠运行, 配套设计了顽石破碎系统、磁力弧除铁系统和大型渣浆泵等, 生产实践证明, 设计的碎磨流程是合理、先进的。

某金矿^[15]设计的 4 kt/d 破碎系统, 根据矿石性质、项目所在地的客观条件以及技术经济指标, 选择传统的“三段一闭路”流程, 采用的破碎设备全部采用 Mesto 产品。系统设计时, 合理利用场地的地形地貌, 采用“L”形布置; 依据破碎设备的特性, 配套设计缓冲仓、带式输送机系统、振动筛、除铁装置等; 为使系统可靠运行, 对破碎系统还进行了联锁控制设计。破碎系统投产运营后, 通过正确地操作破碎机, 系统处理能力超过了设计处理能力。

某钼矿^[16]对碎矿系统进行改造设计, 为实现改造目标, 在原有二段一闭路破碎系统后, 开创性地大胆采用高压辊磨干筛闭路工艺流程, 核心设备采用 2 台 GM160—140 高压辊磨机配 4 套中信重工生产的 CHIC2000 系列 1 250 kW 高压变频器。在不改变原有碎矿和磨矿系统的前提下, 根据项目拟建地属山地沟谷、山高坡陡、用地面积狭小、地质情况复杂的现状, 配套设计采用管状皮带机输送物

料、运用摆渡车实现高压辊检修, 厂房布置上将筛分车间放在粉矿仓之上、皮带廊布置在仓内, 减少输送环节和建构筑物占地面积。项目改造后碎矿规模达 2.4 万 t/d, 年可节约成本 2 094.75 万元。通过系统设计, 突出了高压辊磨机投资少、占地省、见效快、大幅提高产能等优势, 对国内矿山老旧系统的升级改造具有重要的引领和示范作用。

3 结论

选矿厂碎磨设备是耗能大户, 贯彻实施“多碎少磨”的原则, 实现规模效益、易于自动控制管理的高效率、低能耗、大型化、重型化是碎磨设备的主要发展方向。这几乎是业内的普遍共识。

近年来, 新型碎磨设备不断推陈出新, 解决了很多阻碍行业发展的现实和瓶颈问题。新设备革新了传统的设计理念, 它要求选矿设计工程师必须全面掌握新型设备的技术性能、各协作单位必须深度合作, 才能设计出经济合理、技术先进的工艺流程, 这对选矿厂设计工程师是一个挑战。

新型碎磨设备的出现, 对选矿厂设计的重大影响有以下三个方面: 1) 碎磨工艺流程的选择; 2) 设备选型; 3) 科学的系统设计。这些影响是深远的, 选矿设计工程师对关键工艺设备的熟悉程度, 将直接影响其设计的工艺流程的水平, 甚至关系到选矿厂的经济效益。选矿厂设计单位作为选矿新设备推广应用的前沿阵地, 代表着行业最先进的技术水平, 肩负着行业整体技术水平升级换代的使命, 随着设计理念的变革, 其与科研、设备等单位的深度融合是必由之路。

参考文献

- [1] 《选矿设计手册》编委会. 选矿设计手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1987: 1-3.
“Mineral Processing Design Handbook” Editorial Board. Mineral processing design handbook [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1987: 1-3.
- [2] 胡岳华, 冯其明. 矿物资源加工技术与设备[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 48-51.
HU Y H, FENG Q M. Processing technology and equipment for mineral resources [M]. Beijing: Science Press, 2006: 48-51.
- [3] 肖庆飞, 康怀斌, 肖琿, 等. 碎磨技术的研究进展及其应用 [J]. 铜业工程, 2016 (1): 15-27.
XIAO Q F, KANG H B, XIAO H. Research progresses and applications of crushing and grinding

- technology [J]. Copper Engineering, 2016 (1): 15-27.
- [4] 王琴, 祖大磊, 张广伟, 等. 矿山碎磨设备节能降耗现状及发展趋势 [J]. 现代矿业, 2016 (5): 223-225.
WANG Q, ZU D L, ZHANG G W, et al. Present situation and development trend of energy-saving and consumption-reducing of mine crushing and grinding equipment [J]. Modern Mining, 2016 (5): 223-225.
- [5] 黄虹, 姜迎春. 国外旋回破碎机主要制造厂家发展历程 [J]. 科技创新与应用, 2014 (15): 87-87.
HUANG H, JIANG Y C. The development course of the main manufacturers of foreign gyratory crushers [J]. Innovation and Application of Science and Technology, 2014 (15): 87-87.
- [6] 邱静雯, 郭文哲, 付晓蓉, 等. 国内外大型液压旋回破碎机的发展现状 [J]. 金属矿山, 2013, (7): 126-134.
QIU J W, GUO W Z, FU X R. Development status of large-scale hydraulic gyratory crusher at home and abroad [J]. Metal Mine, 2013 (7): 126-134.
- [7] 李仕亮, 杜玉艳. 高压辊磨机及其在选矿碎磨工艺中应用的进展 [J]. 有色金属 (选矿部分), 2011 (增刊1): 96-99, 105.
LI S L, DU Y Y. Progress of HPGR and application in comminution circuits of ore dressing [J]. Nonferrous Metals (Mineral Processing Section), 2011 (S1): 96-99, 105.
- [8] 刘琨. 金属矿磨矿设备研究与应用新进展 [J]. 中国资源综合利用, 2014 (3): 40-42.
LIU Kun. The research in the research & application of metal mine grinding equipment [J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2014 (3): 40-42.
- [9] 秦华江, 杨少燕, 高雪婷, 等. 某大型钼矿碎磨工艺研究 [J]. 中国矿山工程, 2016, 45 (3): 7-9.
QIN H J, YANG S Y, GAO X T, et al. Crushing and grinding process study of a large molybdenum mine [J]. China Mine Engineering, 2016, 45 (3): 7-9.
- [10] 陈滨. 红格铁矿矿物加工工艺方案比较 [J]. 工程建设, 2013 (3): 47-51.
CHEN B. Comparison of mineral processing flow schemes of Hongge iron ore mine [J]. Engineering Construction, 2013 (3): 47-51.
- [11] 胡子林. 应用新技术设计选矿厂碎磨工艺流程 [J]. 中国新技术新产品, 2018, 380 (22): 19-20.
HU Z L. Application of new technology to design crushing and grinding process in Concentrator [J]. China's New Technology and New Products, 2018, 380 (22): 19-20.
- [12] 曾野. 云南大红山铁矿 400 万 t/a 选矿厂半自磨系统设计 [J]. 工程建设, 2013 (3): 41-46.
ZENG Y. Design of semi-autogenous system for 4 million ton/a concentration plant of Yunnan Dahongshan iron ore mine [J]. Engineering Construction, 2013 (3): 41-46.
- [13] 井维和, 刘伟, 洪保磊, 等. 乌山铜钼矿一期碎磨流程设计及生产实践 [J]. 黄金, 2015 (3): 63-66.
JING W H, LIU W, HONG B L, et al. Flowsheet design of the first phase crashing and grinding project in Wushan Copper and Molybdenum Mine and its production practice [J]. Gold, 2015 (3): 63-66.
- [14] 井维和, 刘伟, 王越, 等. 乌山铜钼矿二期 SABC 碎磨流程设计及生产实践 [J]. 黄金, 2015, 36 (6): 60-64.
JING W H, LIU W, WANG Y, et al. Flowsheet design of SABC grinding in the second phase project of Wushan Copper and Molybdenum Mine and its production practice [J]. Gold, 2015, 36 (6): 60-64.
- [15] 李仕亮, 杜玉艳, 刘建军. 某金矿 4000t/d 破碎系统的设计与生产实践 [J]. 有色金属工程, 2016, 6 (5): 81-83, 94.
LI S L, DU Y Y, LIU J J. Design and production practice of 4 kt/d crushing system of a gold deposit [J]. Nonferrous Metals Engineering, 2016, 6 (5): 81-83, 94.
- [16] 刘阅兵. 某钼矿破碎系统改造设计与生产实践 [J]. 矿冶, 2018, 27 (6): 35-38.
LIU Y B. Upgrading design and production practice on crushing system of a mine [J]. Mining & Metallurgy, 2018, 27 (6): 35-38.