

全自磨半自磨磨矿技术

Fully and Semi Autogenous Grinding

黄国智 方启学 任翔 王德明 编著

北京

冶金工业出版社

2018

前 言

经典的破碎-球磨工艺在金属矿山已经成功地应用了一个世纪之久。随着“低品位”矿石的大量开采和生产规模相应扩大，对于大型选矿厂来说，单机处理能力受限、工艺流程较长，导致生产序列繁多进而设备型号和数量增加，投资高，生产操作量大，金属磨矿介质消耗高，经典破碎-球磨工艺的不足之处逐渐凸显。

为降低人工成本和减少设备运行维修费用，全自磨/半自磨磨矿技术应运而生，且已成为处理能力超过 200t/h 新建选矿厂的首选工艺。采用矿石本身作为（部分）磨矿介质的全自磨/半自磨磨矿技术，在 20 世纪 30~60 年代成功实现工业化，80 年代以后其技术越来越成熟。据不完全统计，全球有超过 2000 台全自磨/半自磨机在运转，其中，中国有 200 台左右，单机日处理能力已经超过 5 万吨。

全自磨/半自磨磨矿技术具有以下特点：

(1) 矿石适应性强。特别是半自磨，其工艺的可靠性和可操作性几乎不受矿石性质影响，几乎适用于任何矿石，如含大量水或泥的矿石。对于含大量矿泥的风化矿，半自磨磨矿工艺是目前唯一高效而可行的技术方案；对于全自磨磨矿工艺，尽管其适应范围相对较窄，一般适用于中等可磨度矿石，但其具有成本低的巨大优势。除了磁铁矿等强磁性矿石，全自磨与半自磨磨矿工艺可以很容易地相互转换，以便实现低成本或高处理能力的生产

要求。

(2) 单台磨机处理能力高。通常单机处理能力越大,优越性越明显。设备数量少,厂房占地面积小,基建投资少,进而操作人员少和劳动成本低。适用于大型矿山选矿厂。

(3) 有利于后续浮选作业。磨矿产生的游离铁少,产品解离较好,浮选回收率高。

(4) 自动控制水平高,机械化程度高。大中型全自磨/半自磨机多采用变速驱动装置调节转速,提高了磨机对不同矿石的适应性,并有利于保持产品的稳定性;通常全自磨/半自磨磨机直径大,允许采用大型机械手更换衬板。

(5) 破碎-磨矿破碎作业流程短,设备数量少,投资低。

尽管全自磨/半自磨磨矿与球磨磨矿的原理区别不大,但是由于采用矿石全部或部分代替金属磨矿介质,因此各种磨矿机理在磨矿过程中的重要性与球磨磨矿不同,所采用的设备参数和工艺流程也需做相应调整,在生产实践中的差异很大。

通过查阅大量全自磨/半自磨磨矿文献,笔者发现部分文献仅报道了工业应用案例却未做深入的技术分析和总结,常发现在不同的文献中存在不一致甚至相互矛盾的信息。在工程中,任何简单的模仿都可能导致技术路线错误进而造成重大经济损失。

笔者先后在澳大利亚年处理量超过千万吨的两全自磨选厂(即必和必拓公司奥林匹克坝铜铀金银选厂和中澳铁矿项目)、年处理能力近400万吨的帕丁顿半自磨金选厂、年处理能力近200万吨的传统三段破碎-球磨约翰逊湖镍选厂等单位从事全自磨/半自磨选矿技术的科研、服务、生产等技术和管理工作近二十年。

方启学博士先后在西北矿冶研究院、北京矿冶研究总院、五矿有色金属股份有限公司、南非标准银行和紫金矿业等机构从事选矿技术、生产管理和投资工作近40年。任翔博士在中国和澳洲从事选矿事业十余年，并在澳洲从事生产信息管理软件系统开发工作近20年，现负责国家“互联网+”重大工程投资计划“江西铜业股份有限公司矿山智能化平台”项目的建设。王德明先生从事旋流器及相关领域的研发、产品设计和工业化应用等工作近20年，在旋流器生产操作、控制及自动化等实践方面具有丰富的经验。基于共同的兴趣，笔者与方启学、任翔、王德明三位专家一起对大量国内外全自磨/半自磨磨矿技术文献进行梳理，并根据多年来的实际工程经验进行总结，编写成本书。

本书系统、全面地介绍了全自磨/半自磨磨矿技术，包括基本磨矿理论、设备参数选择、不同工艺流程的特点和适应性以及生产操作等。书中选取大量国外选矿厂采用全自磨/半自磨磨矿工艺的成熟案例，全面展示实际生产细节，尽可能为读者提供详细而实用的全自磨/半自磨磨矿技术和生产实践参考案例。

期望本书能为国内从事全自磨/半自磨磨矿设备设计和选型、流程设计和生产操作的一线工程技术人员提供帮助。

由于作者水平所限，书中不妥之处，敬请读者批评指正。

黄国智

2017年12月于澳大利亚

目 录

1 绪论	1
1.1 常用初磨工艺简介	1
1.1.1 球磨工艺	1
1.1.2 高压辊磨工艺	2
1.2 全/半自磨工艺发展	2
1.3 全/半自磨大型化	7
1.4 临界粒子问题与全/半自磨的适应性	10
1.5 全/半自磨机基本结构	10
1.6 全/半自磨工艺的经济性	11
1.7 矿石的全/半自磨可磨性测试	17
1.7.1 粗粒级	18
1.7.2 中等粒级	18
1.7.3 细粒级	18
1.7.4 磨蚀性	19
2 自磨机与半自磨工艺选择	20
2.1 全自磨与半自磨工艺的差异	21
2.2 全自磨与半自磨工艺的选择	22
2.3 经济性比较	23
2.4 工业磨矿流程选择实例分析	25
3 全/半自磨机的结构	30
3.1 全/半自磨机的结构	30
3.1.1 进料溜槽	30
3.1.2 给矿中空轴	31
3.1.3 筒体	31
3.1.4 衬板	31
3.1.5 排料端	34
3.1.6 圆筒筛	34

3.1.7 润滑系统	35
3.2 传动系统	35
3.2.1 电动机	36
3.2.2 齿轮传动	41
3.2.3 环形电动机无齿轮传动	41
3.2.4 组合柔性传动	42
3.2.5 变速	42
3.2.6 慢驱系统	44
3.2.7 板结检测与去板结功能	44
3.3 径长比	45
3.4 主要生产厂家	46
4 全/半自磨工作原理	47
4.1 磨矿动力学	47
4.2 全/半自磨磨矿基本原理	47
4.2.1 粉碎机理	47
4.2.2 磨矿机理	49
4.2.3 全/半自磨磨矿过程	51
4.3 模型	52
4.3.1 总体平衡模型 (Population Balance Model)	53
4.3.2 完美混合模型	55
4.3.3 粉碎速率	56
4.3.4 表观函数与冲击粉碎能量	61
4.4 JK 全/半自磨数学模型	62
4.5 离散元法的应用	64
5 磨机衬板	66
5.1 导言	66
5.2 衬板磨损机理	70
5.3 衬板材质	73
5.3.1 钢质材料	74
5.3.2 合金材料	74
5.3.3 橡胶衬板	89
5.3.4 合金-橡胶复合衬板	91
5.3.5 磁性衬板	94

5.3.6 其他衬板材质	98
5.3.7 衬板材质的选择	99
5.4 筒体衬板	104
5.4.1 几何外形	107
5.4.2 提升条高度	112
5.4.3 提升条面角	115
5.4.4 组合提示条	119
5.4.5 提升条间距	121
5.4.6 磨机轴向衬板变化	124
5.4.7 衬板磨损的影响	125
5.4.8 衬板大小及更换	127
5.4.9 筒体衬板几何形状参数的互相影响	127
5.5 格子板	132
5.5.1 格子板通过流量模型	133
5.5.2 格子板力学性能	135
5.5.3 格子板组合	136
5.5.4 格子板的提升条影响	138
5.5.5 物料通过格子板的驱动力	138
5.5.6 格子板优化工业案例	139
5.6 矿浆提升格	140
5.6.1 携带现象	142
5.6.2 回流现象	144
5.6.3 矿浆池与能量效率	145
5.6.4 矿浆提升格大小的影响	145
5.6.5 矿浆提升格的几何结构的影响	146
5.7 给矿端衬板	148
5.8 给矿溜槽衬板	150
5.9 排矿溜槽衬板	151
5.10 磨机衬板设计、优化与测试	151
5.10.1 数学模型预测研磨体的抛物线轨迹	152
5.10.2 提升条 S/H 比值使磨机筒体衬板获得足够的提升能力	152
5.10.3 衬板几何结构设计提高磨矿效率	152
5.10.4 衬板设计的工业测试与检验	153
5.10.5 差衬板设计的症状	153
5.10.6 磨机衬板优化案例	154

5.11	衬板的磨损与操作	155
5.12	衬板磨损监控	158
5.12.1	手工测量	158
5.12.2	激光扫描与 3D 图像	158
5.12.3	机械测量仪	160
5.12.4	超声波厚度测量仪	160
5.12.5	iBolt	162
5.12.6	MCU 磨机内摄像头	162
5.12.7	其他	163
附件 A	各种磨机衬板材质及应用参考	164
附件 B	磨机衬板供应商	165
6	磨机给矿准备	166
6.1	导言	166
6.2	球磨机给矿粒度	170
6.3	棒磨机给矿粒度	172
6.4	半自磨机给矿粒度	172
6.5	全自磨机给矿粒度	175
6.6	给矿粒度控制	181
6.6.1	采选一体化概念	181
6.6.2	爆破与初破作业	184
6.6.3	二段破碎	193
6.6.4	配矿	200
6.6.5	矿石粒度测量	204
6.7	多组分矿配比影响	213
6.7.1	软矿石	214
6.7.2	硬矿石	214
7	磨矿介质	217
7.1	绪论	217
7.2	冲击破碎理论	218
7.3	球磨磨矿介质	221
7.4	半自磨磨矿介质	226
7.4.1	Azzaroni 公式	228
7.4.2	Moly-Cop 半自磨模型	230

7.4.3 半自磨机钢球优化案例	231
7.5 全自磨磨矿介质	232
7.5.1 与粒度相关的磨矿行为和粉碎率	234
7.5.2 全自磨磨机载荷	235
7.5.3 全自磨磨矿介质大小的估算	240
7.5.4 额外大块矿石给矿的工业试验	247
7.6 磨机衬板几何形状的影响	250
7.6.1 筒体衬板影响	250
7.6.2 格子板开孔大小及面积	251
7.7 顽石破碎机操作	251
8 全/半自磨机排矿筛分	253
8.1 引言	253
8.2 筛分	253
8.2.1 筛分基础理论	253
8.2.2 振动筛	255
8.2.3 操作参数	257
8.2.4 生产应用	259
8.2.5 筛网筛板	259
8.2.6 筛分设备在选矿中的应用	267
8.3 全/半自磨机排矿筛	268
8.3.1 无细粒分级闭路的全/半自磨流程	269
8.3.2 有细粒分级闭路的全/半自磨流程	269
8.3.3 多层筛与圆筒筛	270
8.4 全/半自磨机排矿筛筛孔选择	271
8.4.1 分级粒度的选择	271
8.4.2 全/半自磨机排矿筛顶层筛筛孔	278
8.4.3 振动筛筛孔优化	278
8.5 堵孔与卡孔	278
8.6 振动筛磨损	281
8.6.1 磨损	281
8.6.2 振动筛筛板表面磨损	281
8.6.3 筛板厚度	284
8.6.4 局部磨损	284
8.7 顽石破碎前筛分	286

8.8 总结	287
9 顽石处理与破碎设备	289
9.1 顽石处理工艺	291
9.1.1 顽石破碎比的影响	292
9.1.2 顽石返回率影响	292
9.1.3 顽石不返回流程	293
9.1.4 顽石破碎	295
9.1.5 顽石拣选	295
9.2 顽石破碎机的选择	298
9.2.1 顽石破碎机机型	298
9.2.2 单缸 (Hydrocone) 圆锥破碎机	299
9.2.3 传统 Symons 型圆锥破碎机	300
9.3 破碎机的结构和操作	301
9.3.1 机械设计参数	301
9.3.2 顽石破碎机排矿口影响	302
9.3.3 偏心距影响	304
9.3.4 偏心轴转速	305
9.3.5 破碎机衬板几何形状和磨损影响	307
9.3.6 给矿物料准备和给矿方式	309
9.3.7 给矿物料变量	313
9.3.8 案例分析: 给矿和衬板的影响	314
9.4 高压辊磨在顽石破碎中的应用	318
9.4.1 高压辊磨基础	318
9.4.2 应用实例	322
9.5 顽石破碎机操作与效率	326
10 水力旋流器	330
10.1 细粒分级	331
10.2 旋流器基础	334
10.2.1 旋流器内部流场	335
10.2.2 分级效率	337
10.2.3 经验模型	342
10.2.4 “鱼钩”现象的影响	348
10.3 旋流器几何结构	350

10.3.1	旋流器筒体	352
10.3.2	锥体	353
10.3.3	给矿管	354
10.3.4	溢流管	356
10.3.5	沉砂嘴	356
10.3.6	沉砂嘴与溢流管比和“拉绳”现象	357
10.3.7	旋流器安装倾角	359
10.4	给矿特性的影响	359
10.4.1	颗粒粒度与分布的影响	360
10.4.2	颗粒形状	360
10.4.3	矿石矿物	361
10.5	旋流器操作参数的影响	363
10.5.1	旋流器给矿压力	363
10.5.2	溢流管和沉砂嘴直径	365
10.5.3	给矿固体浓度	365
10.5.4	给矿量	367
10.5.5	矿浆黏度	368
10.6	旋流器操作故障诊断及处理	369
10.7	旋流器给矿分配系统	371
10.8	旋流器衬	372
10.9	其他几何结构旋流器	374
10.9.1	磁力旋流器	374
10.9.2	平底旋流器	376
10.9.3	JK 3-产品旋流器	378
10.9.4	脱水浓缩旋流器	379
10.9.5	Ahmed 3-产品旋流器	380
10.9.6	水净化器旋流器	380
10.9.7	Kemper 旋流器	380
10.9.8	固化芯旋流器	381
10.9.9	多给矿入口旋流器	382
10.9.10	串联旋流器组	382
10.9.11	JKCC 旋流器	383
10.9.12	静电旋流器	384
10.9.13	短锥分离旋流器	384

11 全自磨磨矿流程	386
11.1 引言	386
11.2 全自磨流程演化	387
11.2.1 全自磨机流程出现	387
11.2.2 顽石破碎	387
11.2.3 顽石仓	389
11.3 全自磨开路流程	390
11.4 全自磨磨矿闭路流程	392
11.4.1 循环负荷影响	392
11.4.2 细分级闭路的全自磨流程	393
11.4.3 顽石破碎闭路的全自磨流程	397
11.4.4 粗-细两粒级返回闭路全自磨流程	401
11.4.5 单段磨矿流程	403
11.4.6 全自磨-砾石(顽石)磨流程	406
11.5 全自磨机流程工业案例	407
11.5.1 只有细粒级物料返回闭路的流程	407
11.5.2 只有顽石返回闭路流程	412
11.5.3 粗-细双返回闭路流程	423
11.5.4 其他流程	432
11.5.5 全自磨机在中国的应用	435
11.6 “无耗”磨矿和高粉碎率区	438
12 全自磨机磨矿操作	441
12.1 引言	441
12.2 操作工的关键作用和职责	442
12.3 新给矿波动	443
12.4 全自磨机操作	447
12.4.1 综述	447
12.4.2 全自磨机磨矿功率	447
12.4.3 全自磨机速度	450
12.4.4 全自磨机载荷	453
12.4.5 全自磨机补加水	456
12.4.6 磨机载荷黏度	458
12.4.7 全自磨机操作因素的相互影响	458
12.4.8 总结	459

12.5 磨机衬板磨损	461
12.5.1 磨机载荷补偿	461
12.5.2 磨机衬板磨损的影响	461
12.6 返回顽石携带水和细粒	463
12.7 初磨作业中的旋流器细分级	464
12.8 顽石处理	467
12.8.1 顽石生产	467
12.8.2 顽石破碎	469
12.8.3 顽石给矿仓能力	473
12.9 板结现象	473
12.10 全自磨机流程控制和监控	474
12.10.1 延时响应	475
12.10.2 专家系统	476
13 半自磨磨矿流程和操作	478
13.1 半自磨磨矿流程	478
13.1.1 半自磨磨矿流程参数的演变	478
13.1.2 软矿石的半自磨磨矿流程	481
13.1.3 硬矿石的半自磨磨矿流程	482
13.1.4 磨矿流程对磨机载荷的影响	486
13.1.5 部分旋流器底流返回半自磨机	486
13.1.6 钢球自返回半自磨机	486
13.2 半自磨流程操作	487
13.2.1 磨矿介质钢球	487
13.2.2 给矿预破碎	491
13.2.3 格子板影响	493
13.2.4 半自磨机筒体衬板	495
13.2.5 磨机载荷	498
13.2.6 磨机速度	498
13.2.7 配矿	499
13.2.8 参数的相互影响	500
13.2.9 半自磨的日常生产操作	504
13.3 工业实例	505
13.3.1 SABC 流程	505
13.3.2 SAB 流程	508

13.3.3	半自磨机开路流程	508
13.3.4	单段磨矿流程	509
13.3.5	其他流程	510
14	粉碎作业功率能量模型	512
14.1	引言	512
14.2	磨矿能耗模型	513
14.2.1	全/半自磨机磨矿能耗	513
14.2.2	棒磨机磨矿能耗	516
14.2.3	球磨/砾磨磨矿能耗	516
14.3	磨机功率能力模型	517
14.3.1	扭矩-力臂模型	517
14.3.2	Morrell 磨机功率模型	517
14.3.3	MacPherson-Turner 磨机功率模型	519
14.3.4	Rose-Sullivan 磨机功率模型	519
14.3.5	Bond 模型	519
14.3.6	Rowlands 磨机功率模型	519
14.3.7	Austin 磨机功率模型	520
14.3.8	Blanc 磨机功率模型	520
14.3.9	Loveday-Barratt 磨机功率模型	521
14.3.10	Silva-Casali 磨机功率模型	521
14.3.11	Morgardshammar 磨机功率模型	521
15	信息 (IT) 时代的选厂生产监控	523
15.1	历史数据库	524
15.2	整个生产链的统一信息系统	526
15.3	数据统计功能	528
15.4	数据可视性	528
15.4.1	Microsoft Excel 提取和分析数据	528
15.4.2	生产工艺重构和监控	529
15.5	停车分析	540
15.6	事件记录	541
15.7	依据设备状态而制定的维修	541
15.8	资产结构 Asset Framework	541
15.9	数据压缩	542

15.9.1 无损压缩	542
15.9.2 有损压缩	542
16 矿石粉碎性能测试	544
16.1 引言	544
16.2 SMC 测试	547
16.2.1 样品	548
16.2.2 测试样品数量	548
16.2.3 落重试验	549
16.2.4 抗摩擦磨损测试	550
16.2.5 A 和 b 参数值的确定	551
16.2.6 可磨性指数范围和矿石性质	552
16.2.7 矿床可磨性分析案例	552
16.3 单轴压缩强度	554
16.4 邦德功指数	556
16.4.1 邦德冲击破碎功指数 (CWi) 测试	557
16.4.2 邦德摩擦磨损指数 A_i 测试	558
16.4.3 邦德棒磨功指数 RWi 测试	559
16.4.4 邦德球磨机可磨性测试	559
16.5 Advanced Media Competency 测试	562
16.6 MacPherson 自磨可磨性测试	562
16.7 SAG Design 测试	563
16.8 半自磨功指数 (SPI) 测试	564
16.9 JK 旋转式粉碎测试仪 (JKRBT)	565
16.10 高压辊磨试验	566
16.11 高压辊磨静压 (SPT) 测试	566
16.12 中试	567
16.13 矿石抗磨能力和硬度	567
设备图示说明	569
资料来源	571
参考文献	586

1 绪 论



扫码观看彩色图表

在常规选矿厂中,破碎-磨矿流程是投资高、生产成本低和能耗大的作业,其设备投资通常占选矿厂全部设备投资的 50% 以上,能耗则占选矿厂总能耗的 60%~70%。通常破碎-磨矿流程是围绕磨机选型而进行的,常规初磨机种类包括棒磨、球磨、全自磨、半自磨、高压辊磨等。前两种为传统磨矿工艺,另一类是全/半自磨工艺。传统的磨矿流程经多年的生产实践检验,表现出工艺流程长、所用设备型号和数量多、金属消耗量大、基建投资和生产费用高等缺点。而常规全/半自磨流程省去了两段破碎及筛分作业,配置方便,投资省,已经在全球范围广泛采用。它的优越性不仅具有单机处理量高的优点,对处理潮湿的、黏性的高黏土的矿石更具有明显优越性。

1.1 常用初磨工艺简介

目前金属矿山最常用的初磨设备与工艺为:

(1) 多段破碎-棒磨-球磨: 常用于 20 世纪 20~50 年代 (1920~1950 年), 目前新建选厂极少采用。

(2) 多段破碎-球磨: 20 世纪 60 年代大型球磨机出现并普遍应用, 目前一些中小型新建选厂仍采用此工艺。

(3) 一段破碎-全自磨或半自磨: 20 世纪 60 年代全自磨机大规模工业应用, 随后半自磨出现并应用。20 世纪 80 年代后, 大中型新建选厂绝大多数采用全/半自磨工艺。

(4) 二段破碎-高压辊磨: 21 世纪初工业化, 目前应用越来越普遍。

1.1.1 球磨工艺

球磨机已有 100 多年矿山应用历史, 是矿山磨矿工艺的常用设备之一。通常采矿来料需经过 2~3 段破碎至 8~20mm。对大规模选厂, 倾向于破碎到更小粒度, 以提高球磨机的能力和降低能耗, 即通常所讲的“多碎少磨”。磨机筒体内的磨矿介质与物料在离心力和摩擦力的作用下, 随着筒壁上升然后自由脱落或抛落等, 矿石由于冲击力和磨剥的作用而粉碎。主要操作参数有: 给矿粒度、磨矿浓度、磨矿介质形状/大小、磨矿介质充填率等。目前最大规格球磨机装机功率近 20MW。据报道, 澳大利亚的 Sino 铁矿项目采用直径 7.93m×长 13.6m 球磨机

(装机功率 15.6MW) 再磨磁铁矿粗精矿, Aitik 铜矿采用了直径 9.1m×长 10.7m 砾磨机, Centinela 矿采用了直径 8.2m×13.6m 球磨机(装机功率 18.6MW)。有设备供应商宣称可提供装机功率达 22.38MW 球磨机(3 万马力)。

球磨工艺的优点是生产操作稳定, 对生产控制系统的要求不高, 但其也存在如下缺点:

- (1) 流程长、占地面积大。
- (2) 维修工作量大。
- (3) 不适于含泥大的矿石或需有洗矿作业。
- (4) 单机处理能力小。

1.1.2 高压辊磨工艺

1985 年世界上第一台双驱动液压高压辊磨机问世, 但前期由于辊面磨损等问题至 21 世纪初才普遍接受和采用。目前已经广泛应用于各类非金属和金属矿山, 如澳大利亚的 Karrara、Onesteel 铁矿等。高压辊磨机主要特点: 能耗低、无磨矿介质消耗、降低矿石的磨矿难度(高压辊磨产品的磨矿功指数下降)等。其主要适用于脆硬性、高硬度或磨蚀性高的矿石。其存在问题有:

- (1) 其允许的最大给矿粒度与设备大小/规格(或处理能力)相关, 这可能制约在中小选厂的应用。
- (2) 采矿来料通常需经过 2 段甚至 3 段破碎, 仍存在流程长、占地面积大的问题。
- (3) 高压辊磨前需有料仓或料堆以保障连续给矿。
- (4) 不适于含泥大的矿石或需有洗矿作业。
- (5) 产品棱角特别锋利, 对泵等转运设备的磨损大。
- (6) 部分料饼不易打散, 影响后续干式筛分效果。

1.2 全/半自磨工艺发展

全自磨概念已经有一百多年的历史。1880 年出现滚筒式磨机并于 1899 年在金矿试用后不久, 人们就意识到矿石中的一部分组分能用作磨矿介质进而实现矿石磨矿石, 而无需另加(钢质)磨矿介质, 即全自磨概念。事实上, 砾磨就是一种全自磨, 只是它采用天然砾石或从矿石中精心挑选的矿石作为磨矿介质, 这表明全自磨应该在技术上是可行的。AIME 杂志 1908 年出版了全球第一篇关于矿石作磨矿介质的专业学术文献。

第一例全自磨技术工业化应用的报道出现在 20 世纪 30 年代。Alvah Hadsel 原来为美国加利福尼亚砂石行业的一位有丰富经验的机械工程师, 他构思了第一台全自磨机用于取代整个破碎-磨矿流程。这台全自磨机是把矿石提升到足够的