

冶金生产技术丛书

YEJIN SHENGCHAN JISHU CONGSHU

联合法生产氧化铝

原料制备



冶金工业出版社

76.812
914

冶金生产技术丛书

联合法生产氧化铝

原料制备

《联合法生产氧化铝》编写组 编

冶金工业出版社

《联合生产责任制》详细阐述了工人参与生产管理的基本原则。

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

人民，只有人民，才是创造世界历史的动力。

一个粮食、一个钢铁，有了这两个东西就什么都好办了。

入门既不难，深造也是办得到的，只要有心，只要善于学习罢了。

出版说明

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，冶金工业战线上的广大职工，贯彻执行**鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义**的总路线，高举“**鞍钢宪法**”的光辉旗帜，坚持独立自主，自力更生，艰苦奋斗，勤俭建国的方针，抓革命，促生产，不断地取得革命与生产的新胜利。

为了适应冶金工业发展的需要，我们组织编写了一套《冶金生产技术丛书》，介绍冶金工业采矿、选矿、有色金属冶炼和加工、炼铁、炼钢、轧钢、金属材料等有关生产技术操作和基本知识，将分册陆续出版，供冶金工人阅读，并给从事于冶金工业的干部和技术人员参考。

《**联合法生产氧化铝**》是这套丛书之一。

目 录

第一章 概述	1
第二章 破碎	3
第一节 破碎工序.....	3
第二节 破碎的基本概念.....	5
第三节 中、细碎圆锥破碎机.....	9
第四节 反击式破碎机.....	20
第三章 磨矿	23
第一节 磨矿作业的指标.....	23
第二节 磨矿过程的基本原理.....	25
第三节 磨机的分类.....	31
第四节 拜耳法磨矿.....	33
第五节 烧结法磨矿.....	46
第六节 影响球磨机生产率的因素及其计算.....	55
第四章 配料及其计算	64
第一节 配料指标.....	64
第二节 配矿.....	66
第三节 拜耳法配料.....	73
第四节 烧结法配料.....	77
第五章 石灰煅烧	89
第一节 基本概念.....	89
第二节 石灰煅烧工序.....	95
第三节 竖式石灰炉的构造.....	96
第四节 竖式石灰炉的操作.....	99

第一章 概 述

原料制备是氧化铝生产中的第一道工序。原料制备的目的是为拜耳法和烧结法二个系统配制出合格的原矿浆和生料浆,同时,供应碳酸化分解用的二氧化碳气和拜耳法配料用的石灰。原料制备过程包括:铝矿石和石灰石的破碎,拜耳法磨矿和配料,烧结法磨矿和配料及石灰煅烧等四个部分。

混联联合法生产氧化铝即是由拜耳法和烧结法二个系统组成的联合生产方法。一方面将铝矿石配入一定量的苛性碱液通过高压溶出发生反应,使铝矿石中的氧化铝生成铝酸钠溶液,氧化硅则成为不溶性的称为拜耳法赤泥的铝硅酸钠;另一方面,是将拜耳法赤泥、铝矿石配入一定比例的碱和石灰石通过熟料烧结及溶出过程,使氧化铝生成可溶性的铝酸钠溶液,氧化硅则生成不溶性的硅酸二钙。通过以上工艺处理达到从铝矿石中用碱溶解出氧化铝的目的。然后进行分解、焙烧等工艺过程即可得到氧化铝。

从上面的生产工艺过程可以看出,原料的制备要求:(1)参与化学反应的物料要有一定的细度;(2)参与化学反应的物料之间要有一定的配比和均匀的混合。因此,原料制备在氧化铝生产中具有重要的作用。能否制备出满足氧化铝生产要求的原矿浆和生料浆,就直接影响到拜耳法和烧结法中氧化铝及氧化钠的溶出率,影响到种子搅拌分解的分解率,也影响熟料窑的操作等等,总之,直接影响到氧化铝的产量和技术经济指标。

原料制备生产流程如图1所示。

进厂的铝矿石和石灰石一般已在矿山进行粗碎,其块度小于110毫米。由于拜耳法和烧结法使用的铝矿石品位不同,故进厂的铝矿石要分别堆存和破碎。

用于拜耳法的铝矿石按要求配入由蒸发工序来的返回母液,同时配入一定量的石灰,一起进入球磨机中进行磨细。得到的原

矿浆送往高压溶出工序。

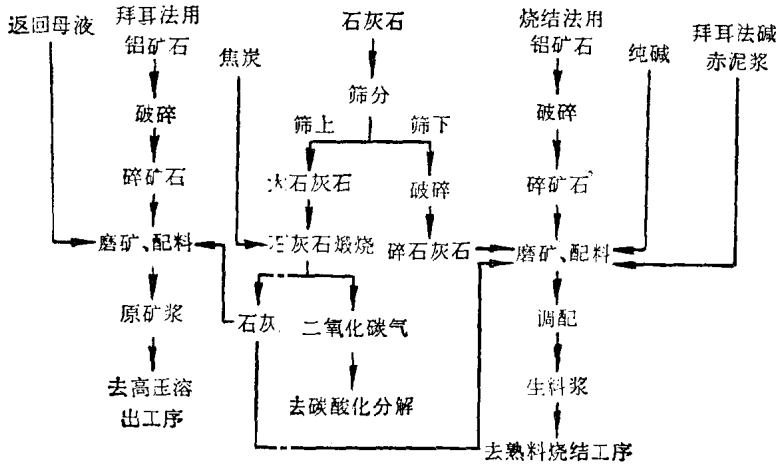


图 1 原料制备生产流程

用于烧结法的铝矿石和拜耳法碱赤泥浆按照一定的配比起入石灰石（或石灰）和纯碱，在球磨机中磨细。由于进入球磨机中的物料较多，成分波动较大，同时对各成分之间的配比要求严格，所以经球磨机磨出的生料浆的合格率较低，还须经过调配过程。在实际生产中采用数量较多的料浆槽作为生料浆的缓冲和调配设备。调配好的生料浆去熟料烧结工序。

石灰石有两个用途：煨烧石灰和烧结法配料用。因此，在矿山经粗碎后的石灰石进厂后首先要经过筛分，把块度在 50~110 毫米的大块石灰石供给石灰炉煨烧，筛下的小块石灰石经破碎后供烧结法配料用。石灰石煨烧后，分解出浓度在 40% 左右的二氧化碳气，经过洗涤除尘后供碳酸化分解工序使用。烧出的石灰，主要是供给拜耳法配料用，多余的也可用作烧结法配料。

第二章 破 碎

第一节 破碎工序

破碎工序是氧化铝生产原料制备过程的第一道工序。在混联合法生产氧化铝中，破碎工序的任务是：分别破碎供拜耳法和烧结法用的铝矿石；筛分、破碎石灰石，供石灰炉煅烧用的大块石灰石和烧结法用的碎石灰石。

对进厂的铝矿石的质量要求是：供拜耳法用的铝矿石氧化铝含量在68~72%，铝硅比（氧化铝含量与氧化硅含量的重量之比）大于8；供烧结法用的铝矿石中氧化铝含量在62%左右，铝硅比在3.8左右，有时也配入部分铝硅比较高的矿石。铝矿石中不能混有粘土、石灰石、钢铁等杂质。

对进厂的石灰石质量要求是：氧化铝含量大于52%，杂质含量为氧化硅小于2.0%，氧化镁小于1.0%。此外，石灰石中不能混有粘土、铝矿石、钢铁等杂质。

铝矿石和石灰石在矿山的粗破碎采用开路流程，破碎后的块度在110毫米左右。矿石进厂后经中碎、细碎二段开路或二段一闭路破碎流程使矿石块度达20~25毫米。

采用中碎、细碎圆锥破碎机开路流程，铝矿石破碎后的产品块度组成筛析结果如表1所示。

采用开路或闭路（指最后一段破碎）来破碎铝矿石各有其优缺点。前者流程简单，可避免使用维护、检修次数频繁的固体提升输送设备；而后者，可以保证碎矿块度，不致影响磨矿时的技术指标，尤其是对片状的铝矿石更为适用。

进厂的石灰石须先经过筛分，将块度大于50毫米的大块石灰石供石灰炉煅烧用，筛下的小于50毫米的经细碎机破碎，供烧结法磨矿配料用。

图3是采用中细碎圆锥破碎机二段开路破碎的破碎工序平面配置示意图。其原矿相分成五个区段，分开堆放拜耳法铝矿石（Ⅰ区），烧结法铝矿石（Ⅱ区），石灰石（Ⅲ区），石灰炉用石灰石（Ⅳ区）和焦炭（Ⅴ区）。

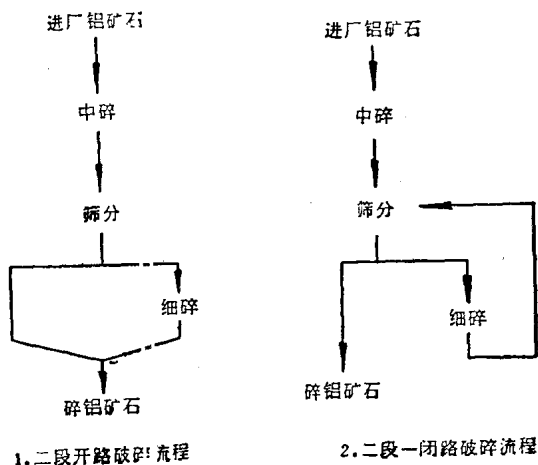


图2 铝矿石破碎流程

碎铝矿石块度筛析结果

表1

矿石种类		各筛号(毫米)的残留物(%)							
		+20	+10	+5	+4	+2.616	+1.096	+0.097	-0.097
拜耳法铝矿石	第一次	9.5	27.5	11.05	2.55	8.15	10.45	16.45	14.35
	第二次	15.55	24.67	10.8	3.13	7.76	9.22	15.18	13.68
	平均	12.5	26.1	10.9	2.84	7.95	9.84	15.8	14.0
烧结法铝矿石		35.8	25.04	10.1	1.85	6.95	7.4	9.4	3.38

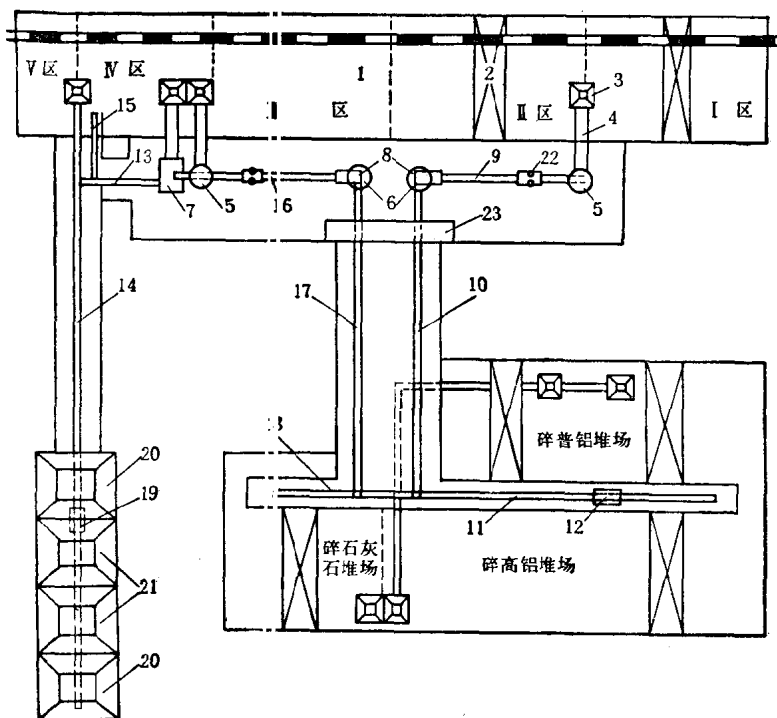


图 3 破碎工序平面配置示意图

1—原矿槽；2—桥式抓斗吊车；3—漏斗；4—裙式输送机；5—中碎圆锥破碎机；6—细碎圆锥破碎机；7—石灰石筒形筛；8—振动筛；9、10、11—碎铝矿石皮带输送机；13、14、15—大块石灰石皮带输送机；16、17、18—碎石灰石皮带输送机；12、19—卸料小车；20—石灰炉焦炭仓；21—石灰炉石灰石仓；22—电磁铁；23—集中控制操作室

第二节 破碎的基本概念

通常将大块变小的操作过程叫做破碎，而将小块变细的操作过程叫做磨碎或磨矿，破碎时，一般对料块施加外力，而使料块碎裂变小。

根据目前的破碎机械设备的工作性能，要将矿山开采出来的

矿石只破碎一次就达到工厂生产需要的矿石块度，多数设备是不能完成的。因此，破碎通常是分段进行的。一般来说，将直径为1500~500毫米的矿石破碎到400~125毫米的过程称为粗碎；由400~125毫米的矿石破碎到100~25毫米的过程称为中碎；由100~25毫米的矿石破碎到25~5毫米的过程称为细碎。当然，这些分段的划分是相对的。

矿石每经过一段破碎，其块度就有一定程度的减小。破碎前矿石最大块的直径 D 与破碎后矿石最大块的直径 d 之比称为破碎比，或称破碎度 i 。即：

$$i = \frac{D}{d} \quad (1)$$

所谓矿石的最大块直径是以能使矿石的90%通过的筛孔尺寸来表示的。

由此可见，破碎比表示了该段破碎机能使矿石减小的倍数，所以，也可用破碎机的最大给矿块度与排矿口大小之比来表示。因此，破碎比是破碎机的技术特性之一。它决定于破碎机的结构特点。

破碎矿石的难易与矿石的物理性质和许多其它因素有关。矿石的物理性质是指矿石的结构、硬度、形状、大小及均一性等，而对破碎有重大关系的是硬度。所谓硬度，是指某物体抵抗另一物体在外力作用下侵入的能力。在矿物学上，是取十种矿石作为比较的标准而获得相对的硬度称莫氏硬度（见表2）。

莫 氏 硬 度 表 表 2

矿 石 名 称	硬 度 等 级	矿 石 名 称	硬 度 等 级
滑 石	1	正 长 石	6
石 膏	2	石 英	7
方 解 石	3	黄 玉	8
萤 石	4	刚 玉	9
磷 灰 石	5	金 刚 石	10

铝矿石的相对硬度一般在5~7，也有少数较硬的可达8~9，较软的为4~5。

莫氏硬度只表示出相对的软硬程度，而没有表示出绝对硬度。

在破碎中，经常是以机械强度作为衡量矿石硬度的标准。所谓机械强度是指该矿石单位面积所能承受的外力，以公斤/厘米²为单位。

一般地说，矿石愈硬，即机械强度愈大，则愈难破碎，亦即消耗的能量也愈大。但是，破碎矿石的难易，还与矿石的其它物理性质和因素有关，因此，必须针对各种矿石所具有的种种特性采用不同的破碎方法进行破碎。

实践上采用的破碎方法是借外界的机械力的作用。最常用的有下列几种（图4）。

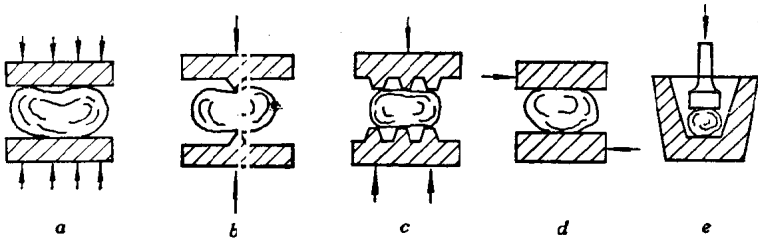


图4 各种破碎方法

1. **压碎** (a) 利用两破碎工作面逼近时加压，使物料破碎。此法的特点是作用力逐步加大，作用力范围较大，因此适用于破碎较硬的矿石。

2. **劈碎** (b) 破碎工作是由尖齿楔入物料的劈力来完成。其特点是作用力的范围较为集中而发生局部破裂。此法用于脆性矿石的破碎。

3. **折断** (c) 物料在破碎工作面间如同承受集中负荷的两支点（或多支点）梁，除在外力作用点处受劈力之外，矿石本身发生折屈而破碎。

4. **磨剥** (d) 破碎工作面在物料上相对移动，对物料施

加剪压力，这种力是作用在物料的表面。这种方法适用于细粒物料的磨矿。

5. 击碎 (e) 利用击碎力的瞬间作用于物料上使物料破裂，所以也称为动力破碎。

目前采用的破碎磨矿机械，往往同时有上述几种方法联合作用。

破碎机的分类是根据破碎方法、机械的构造特征（动作原理）来划分的。按这一分类方法，大体上可以分为四类(图5)。

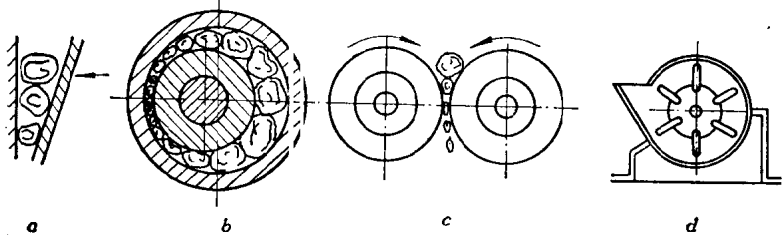


图5 破碎机主要类型的示意图

1. 颚式破碎机 (a) 主要的工作部件是固定颚板和可动颚板。利用可动颚板绕水平轴周期性地靠近固定颚板，将夹于其中的矿石压碎。颚板具有波纹状牙齿，所以对矿石也有劈碎和弯曲作用。这种破碎机主要用于坚硬矿石的粗碎或中碎。根据可动颚板的摆动形式可以分为简单摆动颚式破碎机和复杂摆动颚式破碎机；根据可动颚板悬挂方式可分为上动式颚式破碎机和下动式颚式破碎机。

2. 圆锥破碎机 (b) 由可动的内圆锥体以一定的偏心半径绕固定的外圆锥体中心线作旋转运动来破碎充满于两圆锥间的矿石。矿石在两锥体间受到挤压和折断的作用。这种破碎机常用于中碎、细碎和粗碎坚硬的矿石。属于这类破碎机的可分为：带有急陡圆锥的粗碎用的破碎机和圆锥倾斜较平缓的用于中碎、细碎的圆锥破碎机。

粗碎圆锥破碎机有旋回式（悬轴式）和固定竖轴式两种，后者在工业上应用不多。旋回式圆锥破碎机按排料方式不同又有中

心排料式和侧面排料式两种；中、细碎圆锥破碎机或称菌式圆锥破碎机又有：标准型（中碎用）、中间型（中碎和细碎用）和短头型（细碎用）三种。

3. 辊式破碎机 (c) 主要组成部件是两个平行的相向转动的圆柱形辊子，矿石在两辊子的夹缝中破碎。如辊子是光圆柱的主要受压碎作用；带有齿的辊子则同时有压碎和劈碎作用。如两辊子转速不同还受有磨剥作用。这种破碎机适用于中碎和细碎脆性及硬度不大的矿石，属于这一类的有对辊机和齿形辊面机。

4. 冲击式破碎机 (d) 矿石受到快速回转运动部件的冲击作用而被破碎。属于这一类型的有：以锤子为快速回转部件的锤式破碎机；物料被刚性连接于旋转的圆盘上的转动钢棒击碎的称为笼式破碎机，这种破碎机适用于中碎或细碎。新近应用于工业生产的反击式破碎机也属于这一类型。反击式破碎机的破碎比大，可达40，且排矿块度小，因此可以一次完成中、细碎作业。

在氧化铝生产中，一般粗碎用的破碎机采用旋回式圆锥破碎机或颚式破碎机；中碎用标准型圆锥破碎机或中碎颚式破碎机；细碎用短头型圆锥破碎机。

第三节 中、细碎圆锥破碎机

一、技术特性

中、细碎圆锥破碎机，它的结构特点是可动锥体和固定锥体的斜度比较平缓，具有保证产品粒度均匀的平行破碎区，即平行带，而且两个锥体的直径小的一端都向上，因此可假定其排矿是靠矿石的重力作用而产生沿可动锥体斜面的下滑力而达到的。颚式破碎机和粗碎圆锥破碎机的排矿是假定为自由落体的下落而达到的。

中、细碎圆锥破碎机根据其用途不同可分为：标准型，中间型和短头型三种。它们的动作原理完全一样，结构也基本上相同。它们的区别只在于破碎腔，即可动锥体和固定锥体间的空隙的型式不同。从图6和表3可见，其主要特点是：短头型的给矿

中碎、细碎圆锥破碎机的技术特性

表 3

主要指标		破 碎 机 类 型										
		标 准 型			中 间 型			短 头 型				
型 号	新 型 号	PYB -900	PYB -1200	PYB -1650	PYB -2100	PVZ -1200	PYZ -1650	PYZ -2100	PVD -900	PVD -1200	PVD -1650	PVD -2100
破碎规格 (圆锥底直径 毫米)		900	1200	1650	2100	1200	1650	2100	900	1200	1650	2100
给矿口宽度 (毫米)		115	175	250	350	115	215	275	50	45	75	85
排矿口调节范围 (毫米)		15~50	20~50	25~60	30~60	8~25	10~30	10~30	3~13	3~15	5~15	5~15
动锥转速 (转/分)		325	270	230	200	270	230	200	325	270	230	200
平行带长度 (毫米)		75	100	140	175	120	120	120	150	200	275	350
电动机功率 (千瓦)		40	80	110~130	200~230	80	110~130	200~230	40	80	110~130	200~230
弹簧压力 (吨)		45	90	138	240	90	138	240	45	90	138	240
设备重量 (吨)		10	19	38.6	65	19	38.6	65	10	19	37.5	65
产能 (吨/小时)		50~86	110~170	220~380	400~800	40~130	90~260	160~370	13~49	20~110	60~180	100~290

口较小，但有较长的平行带，可用于细碎；标准型则相反，故用于中碎；中间型属于二者之间，故可用于中碎和细碎。

中、细碎圆锥破碎机的规格是以可动锥体的底面的直径（毫米）表示的。表3列出了中、细碎圆锥破碎机的技术规格，其中产能是指破碎中等硬度的矿石而言。

中、细碎圆锥破碎机的技术特性，除表3所列的给矿口宽度、动锥转速和平行带长度等外，啞角也是其重要特性之一。

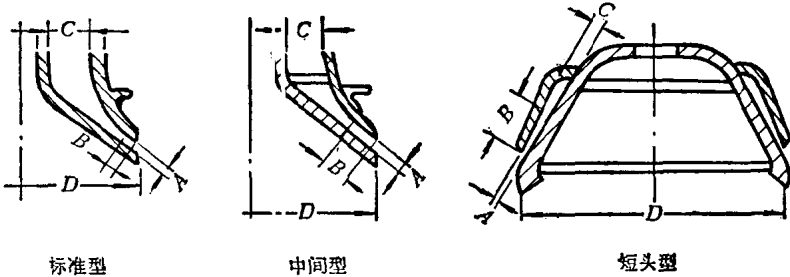


图 6 中、细碎破碎机破碎腔断面

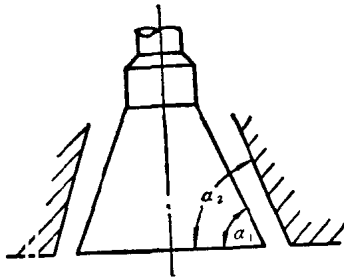


图 7 中、细碎圆锥破碎机的啞角

如图7所示，固定锥体与水平线的夹角 α_2 和活动锥体与水平线的夹角 α_1 之差称为啞角。中、细碎圆锥破碎机和颞式破碎机、粗碎圆锥破碎机一样，啞角的意义是：此角度的大小应该保证破碎机在工作时破碎腔内的矿石不会向上被挤出，保证依靠矿石的重力作用产生沿可动锥体斜面下滑力而达到排矿目的。因此，