



中金岭南：奋力书写 新时代绿色发展新篇章



中金岭南：奋力书写新时代绿色发展新篇章

中金岭南公司秉承“绿水青山就是金山银山”理念，坚持“安全第一、预防为主、综合治理、环境友好”的工作方针，采用“源头削减、过程控制、末端治理”的举措，结合自身优势，依靠技术进步，通过矿山和冶炼的联动，朝着“矿山无砂、冶炼无渣”的目标，奋力书写新时代绿色发展的新篇章。

刘野平 | 文

深圳市中金岭南有色金属股份有限公司(以下简称“中金岭南公司”)是以铅、锌、铜等有色金属生产为主业的国际化经营公司，总部位于广东省深圳市，产业辐射至中国的广东省和广西壮族自治区以及澳大利亚、多米尼加、爱尔兰、缅甸等国家。拥有亚洲大型铅锌银矿山——凡口铅锌矿，按照世界先进采、选技术建设的大型现代化矿山——广西中金岭南矿业有限责任公司，采用密闭鼓风炉铅锌专利技术的大型铅锌冶炼企业——韶关冶炼厂，拥有国内锌冶炼第一个列入国家工信部绿色制造示范企业名单的——丹霞冶炼厂。目前在全球5个国家拥有13个矿山和勘探项目，掌控的已探明的铅、锌、铜等有色金属资源金属量超千万吨。

随着我国社会主要矛盾的转化，人民群众对优美生态环境需求已经成为矛盾的主要方面，人民群众对绿色生态产品的需求越来越迫切，既要温饱更要环保，既要小康更要健康。“绿水青山就是金山银山”，深刻阐明了经济发展和生态环境保护的关系，揭示了保护生态环境就是保护生产力、改善生态环境就



凡口铅锌矿

是发展生产力的真理，指明了实现发展和保护协同共生的新路径。

中金岭南公司始终秉承“绿水青山就是金山银山”理念，坚持“安全第一、预防为主、综合治理、环境友好”的工作方针，采用“源头削减、过程控制、末端治理”的举措，结合自身优势，依靠技术进步，通过矿山和冶炼的联动，

朝着“矿山无砂、冶炼无渣”的目标，奋力书写新时代绿色发展的新篇章。

全力推进矿山的全资源化

矿山的自然资源终究是有限的，中金岭南公司始终致力于资源的高效开采与循环利用。“有限资源创造无限价值”既是一代又一代矿山人努力的方向，又



凡口矿产能5000吨新选厂



凡口矿细粒级尾砂回收及充填系统升级改造项目鸟瞰图

是新时代生态环境保护的要求。

针对矿山废石、尾砂、井下外排水和选矿废水以及井下废气(含炮烟)等产出物,公司坚持“诚信守法、治污减排、持续改善、绿色发展”的生态环境保护方针,加快绿色发展步伐,充分合理利用资源,着力推行矿山废水资源化和尾砂废石资源化,努力构建绿色循环发展及资源节约高效利用的矿山企业。

1. 废水的资源化

公司凡口矿选矿废水资源化,实施选矿废水厂前处理与回用工程,采用厂

前集中沉淀、净化与回收的技术措施,对选矿厂厂前废水进行深度处理。采用的氧化—生物法工艺,处理成本在可接受范围内,处理工艺简单,作业强度低,在工程上容易实施并实现操控自动化,处理后选矿废水基本上对选矿指标没有影响,可实现100%资源化回用。

选矿废水一般通过系列处理后,去除重金属、去除有机物等,实现循环利用。井下水通过处理后,部分可以作为选矿补充用新水,其他根据水质特性,

因地制宜,可作为农业灌溉或者园林、景观用水。

根据凡口矿井下水的特性,公司开发了絮凝——高效过滤工艺,使凡口矿井下水出水悬浮物、总铅、总锌及其他指标均满足《铅、锌工业污染物排放标准》GB 25466—2010中表3直接排放限值、广东省地方标准《水污染物排放限值》DB44/26—2001第二时段标准要求,具备了资源化的条件。

2. 废石尾砂的资源化

废石尾砂的资源化一般分两步:第一步,回收矿石中各种资源,降低尾砂产率;第二步,将无法外销的剩余尾砂全部用于井下充填,实现采充平衡。第一步的关键在于低成本地产出各种被市场所接受的产品,目前铅锌矿山可产出包括重晶石、白云石、机制砂、机制碎石、再加工的砖石建材等产品;第二步的关键是:用尾砂作为充填骨料时,低成本消除因为粒度过细、含重金属及残余药剂等方面的不利因素影响,满足井下充填在结顶、强度、环保等方面的要求。

为充分利用尾矿资源,矿山实施了由原矿预先抛废工程、细粒级尾砂回收利用、充填系统升级改造工程三个子项构成的尾矿资源综合回收及环境治理开发项目。

公司研发团队在对尾矿和废石进行系统工艺矿物学研究的基础上,充分利用其固有特性,因地制宜研发成功了“X射线智能预选抛废→光电与跳汰选矿抛废→废石生产高质量建设用砂”光电智能分选成套技术,并实现工业应用。

采用光电智能分选技术,可在废石中抛矿,使矿石与废石分离,提高入选原矿品位,从源头上削减尾矿产生量。对采掘废石、现有地表堆存废石进行智能识别、分选,并通过筛分、清洗、破碎等一系列工序加工,不仅回收其中矿石资源,同时降低废石中重金属含量,

使分选后的废石满足建材要求，并产出可做建材的废石。

而采用表面活性剂、硫酸盐和碱盐复合激发路线，使固废原料中铝硅酸盐玻璃体中高聚合度铝/硅/氧离子团快速解聚，并通过反应时程控制和微观物相调控，形成钙矾石和凝胶协同发育的浆体密实结构，突破了细尾砂胶结强度低的性能瓶颈，解决细粒级尾砂作为充填骨料的难题。

针对不同采场类型充填质量要求，提出了多骨料组配、高浓度与低胶砂比优化策略，研制了一套充填浆料工艺参数自动控制系统，并应用于工业充填系统。一方面使用新型胶束剂对细粒级尾矿进行捕捉回收，结合充填系统升级改造，提高尾矿回收率及综合利用率，真正实现从源头上、技术上，高效综合利用尾矿，最大程度减少尾矿排入尾矿库，另一方面取得可观的经济效益，大幅降低了矿山充填成本。

矿山从源头上减少“三废”产生及排放，实现井下废石及堆存废石高效利用，降低环境风险，同时为细粒级尾矿井下充填腾出空间，既消除了固体废物环境影响，真正做到固体废物高效资源化利用，又实现了经济效益与环境保护的有机结合。

强化冶炼 绿色发展

随着产业结构调整和工业转型进程，“全力筑牢粤北生态屏障，奋力争当北部生态发展区高质量发展排头兵”成为城市发展的主旋律。如何紧抓机遇完成传统冶炼行业到高质量高效益绿色发展的华丽转身？中金岭南公司把生态文明建设作为政治责任，坚持党建引领、绿色发展，以技术创新为驱动，努力打造绿色发展新名片。

冶炼技术的不断发展中，越来越多冶炼企业和科研机构投入到富氧技术在冶炼过程应用方面的研究，使得富氧技



韶关冶炼厂



韶关冶炼厂智能压铸锌码垛机

术在冶炼过程得到广泛应用。我国从事富氧冶炼方面研究虽然起步较晚，但现在已经在铜、铅、锌、镍、钢铁等冶炼过程取得较大突破，富氧技术在冶炼过程中得到广泛应用，例如：富氧底吹、侧吹应用到铜、铅冶炼，富氧顶吹应用到镍冶炼，氧压浸出应用在锌、镍冶炼，高炉富氧炼铁等。

公司对火法、湿法冶炼工艺全部实行富氧强化冶炼以提高效率及清洁生产程度，富氧ISP、氧压浸出、闪速熔炼、富氧焙烧、富氧转窑、富氧除铁等。

1. 富氧烧结技术在ISP工艺中的应用

20世纪90年代初，日本的八户铅锌冶炼厂和播磨冶炼厂就开始从事ISP工艺富氧烧结方面的研究，主要是在烧结机前几个风箱中加入含氧浓度达90%~93%的富氧。我国ISP厂家也在2010年以后从事富氧烧结方面的研究。

富氧烧结技术可以提高烧结过程反应速度，增加反应温度，提高脱硫效率，提高烧结结块率，提高烧结机产量水平。

富氧烧结技术提高了烧结工艺对原料的适应性，降低烧结配料铅矿的配入

量，提高混合矿配入比例；可以提高烧结系统处理低硫物料的处理能力；可以提高烧结系统对复杂矿源的处理能力，提升盈利能力。同时实施富氧火法冶炼可以大幅提高烟气的二氧化硫浓度，降低烟气量，对环境特别友好。

2. 氧压浸出工艺

氧压浸出工艺具有金属直收率高、综合回收效果好、原料适应性广、环保效果好等诸多优势，但对技术要求高、装备要求高、材料要求高、操作要求高、管理要求高。公司丹霞冶炼厂为实现锌氧压浸出工艺、技术、装备的成功应用，针对国内无经验可循、没有与之相配套的产、学、研体系的现状，坚持以自主消化吸收为基础，以技术创新为依托，以管理提升为抓手，打造了一个工艺领先、设备先进、环保一流的现代化绿色清洁冶炼基地，实现了五个全国第一：成为国内第一家大规模成功应用锌氧压浸出工艺的环保型冶炼企业、国内第一家大规模采用针铁矿除铁的锌冶炼企业、国内第一家成功掌握大极板电积技术和自动化剥锌装备的锌冶炼企业、国



丹霞冶炼厂氧压浸出厂房

内第一家自主突破并掌握硫磺生产的锌冶炼企业、国内第一家创新应用硫酸体系实现镓锗铜金属全萃回收的锌冶炼企业。目前已发展为年产锌锭14.5万吨、硫磺4.5万吨、硫酸6万吨，锗富集物10金属吨、电解镓12吨、电解铜400吨，年产值28亿元的现代化绿色工

厂。该项目技术成果获得国家科技进步二等奖。

3. 闪速冶炼工艺

丹霞冶炼厂炼锌渣绿色化升级改造项目采用闪速熔炼+烟化炉工艺处理厂内锌氧压浸出系统产的18.3万吨/年炼锌渣，以及外来广东省内10万吨/年含



即将投产的丹霞冶炼厂炼锌渣项目

铅、铜物料，搭配部分凡口矿山的铅精矿，利用闪速熔炼工艺将危废渣进行无害化，同时综合回收其中有价元素。

目前，铅冶炼工艺属于闪速熔炼的有：基夫赛特法(Kivcet)、奥托昆普熔炼法、柯明科法和沃克拉法，其共同特点是：将炉料经过充分磨细和深度干燥后，用工艺过程气体高速送入高温反应器内，在高度分散状态下实现硫化铅的氧化和造渣过程，含氧化铅的炉渣再经过还原处理。

奥托昆普熔炼法是芬兰奥托昆普公司开发的一种熔炼法。从20世纪60年代起，该公司便在原来炼铜的试验炉上进行炼铅试验，并在1980—1981年完成了中间试验工作，试验结果良好。奥托昆普熔炼法与基夫赛特熔炼法设备很相似。氧化段为闪速熔炼炉，还原段为电炉。奥托昆普法是熔炼炉与还原电炉分开设置，其间用溜槽连接，在电炉中顶吹粉煤进行熔体的还原作业。生产的灵活性好，控制比较方便。目前，此工艺已在河南省灵宝市华宝公司投产应用。柯明科法由于采用氧气顶吹，炉渣中的铅很多，熔炼温度高，铅精矿进行顶吹熔炼很难。沃克拉法采用对流方式，目前还没有工程实例。

丹霞冶炼厂炼锌渣绿色化升级改造项目采用闪速熔炼法的核心设备闪速熔炼炉，主要由闪速熔炼竖炉区和电炉区组成。入炉物料经干燥磨矿后加入竖炉，快速完成燃烧反应，物料中的硫燃烧氧化进入烟气，炉料进入熔池，还原后得到粗铅，其他物料随熔体进入烟化炉进一步处理。该工艺主要特点有：闪速熔炼技术，气固反应(区别于熔池熔炼的气液反应)速度快，床能力大。安全环保，从根源上解决了处理废渣低浓度二氧化硫烟气不能制酸的问题，实现了炼锌渣的无害化处理和清洁生产；且运行稳定、安全。资源化，可实现炼锌渣和含铅废物中有价金属铜、银、金等高效

回收，铜回收率可达到80%，银和金回收率达到95%以上。能耗相对低，闪速熔炼与纯氧熔炼技术的采用，充分利用了原料化学反应热，使得炼锌渣处理的能耗降低，节约成本。

绿色是冶炼厂的本色和底色，公司冶炼厂积极推进生态文明建设，践行绿色发展理念，为冶炼厂高质量发展强“根”铸“魂”。公司紧锣密鼓打响了一场又一场技术难点的攻坚战，为将冶炼厂打造为全国精品绿色智能化工厂夯实发展根基，全面推动了我国锌冶炼行业的技术进步，打造了一个工艺领先、设备先进、环保一流的现代化绿色冶炼企业标杆。

矿冶联动 打造绿色产业链

当前，绿色发展已经成为社会发展共识，这不仅仅是一个企业经营定位战略，同时也是一个社会命题。资源过度消耗与生态环境破坏会严重损害社会主体利益，企业则会因绿色技术及其发展、低碳环保责任和消费者绿色消费等因素推动自身绿色发展，企业、消费

者、社会公众、政府的协同作用将推动绿色全产业链的形成。

矿山和冶炼是产业链的上下游关系，矿山的产品是冶炼厂的原料，因此冶炼工艺的变化，将不可避免地改变对矿山技术要求，矿山的技术进步也会深刻影响下游冶炼工艺。这方面最有代表性的案例就是20世纪五六十年代，由于选矿技术的落后，很多铅锌矿山难以在保证回收率的前提下实现铅锌分选，国家不得不花费稀缺的外汇，从英国引进ISP冶炼工艺，以适应综合品位不到40%的混合铅锌精矿冶炼要求。

矿冶联动，可以更好地谋求整体经济和社会效益的最大化。中金岭南公司这几年开展了以下项目：

1. 通过强化冶炼，提高原料适用性

富氧强化烧结技术、配合制粒、冷压团等技术的综合应用，使公司韶关冶炼厂混合矿的配比、氧化物料配比屡创新高，提升经济效益的同时，为矿山提高资源综合利用率、钢铁工业高炉烟灰等含锌氧化物料的资源化提供了便利。



人与自然和谐相处的凡口矿

采用“闪速熔炼+烟化炉”工艺处理炼锌渣及其他含铅物料，入炉物料含铅要求最低可至20%，使公司内部的氧压浸出炼锌渣和外来的含铅、铜危废实现无害化、资源化。

2. 加强选矿技术攻关，开发更高品质的精矿

一是开发高品质硫铁矿，使硫铁矿中铁得到资源化利用。

数据显示，我国有硫铁矿资源53亿吨，其中的铁含量达到我国铁矿资源中铁总量的5%~8%，但硫铁矿属于化工矿产，不属于铁矿资源。一方面是我国铁矿石的对外依存度超过60%，另一方面则是大量的硫铁矿烧渣中的铁资源难以利用。硫铁矿中的铁在制硫酸的过程中转化为烧渣，成为一种污染环境的固体废物。从硫铁矿烧渣中回收铁资源，已经开展了近百年的研究，但这是一个世界性技术难题。

获得2016年国家科技进步二等奖的“有色金属共生硫铁矿资源综合利用关键技术及应用”项目，是中金岭南凡口铅锌矿与昆明理工大学、北京矿冶研究总院等科研单位及多家矿业企业实现产学研协同合作，经过十多年的理论研究和持续攻关，取得了一系列重大突破，形成了以“多晶型硫铁矿同步回收—表面疏水性控制深度精选—高温过氧焙烧脱硫制酸—直接联产铁精矿”为核心的全套新技术。

项目在确保硫铁矿回收率的情况下，深度精选获得了高品位的硫铁矿精矿；创新性地研发了高品位硫铁矿精矿高温过氧焙烧深度脱硫新技术，在较高温度和过量空气条件下，对多晶型硫铁矿高品位精矿沸腾焙烧，显著降低了烧渣的含硫品位，使硫铁矿烧渣全部成为合格铁精矿。

该项技术的经济、社会效益均非常明显。从经济效益上看，企业获得了硫化铁矿物含量90%~95%的高品质硫精矿和铁品位大于60%、含硫小于0.4%



的合格铁精矿，成果应用7年来，累计新增经济效益近百亿元。从社会效益上看，该项目将硫铁矿从化工矿产拓展为铁矿资源，为我国增加了5%~8%的铁矿资源量，据地质专家测算，潜在价值超过1.2万亿元。

二是开发高品质铅锌精矿，方便冶炼厂配矿、稳定生产工艺。

曾荣获国家科技进步一等奖的“硫化矿电位调控浮选理论与实践”项目，突破传统理论，将我国浮选化学研究推向一个新阶段，为解决我国多金属共生难选的有色金属硫化矿分离难题，开辟了一条新的途径，使矿山能稳定产出品位高，硅、钴、镍等对冶炼工艺有害的杂质含量低，粒度细的高品质精矿，提高了对冶炼工艺有益的关键技术指标，使冶炼厂通过配矿，将其他品质较低的

杂矿等物料实现资源化。

3. 拓展矿山领域应用、加强冶炼渣的末端治理

为实现“无废冶金”目标，冶炼渣的前端和末端治理是相互影响、相互补充的两个途径，前端治理减少冶炼渣的产出，提高产出渣可资源化特性，末端治理将最终产出的冶炼渣资源化。目前，铅锌冶炼渣中占比最大的是水淬渣（铁渣），主要资源化途径是作为水泥厂原料。矿山领域的资源化应用途径，主要包括用作选矿重选介质、井下充填骨料及新型胶凝激发剂原料等。

公司开展的固废资源化利用研究项目，探索将冶炼渣用作新型胶凝激发剂原料，研究开发铅锌冶炼渣适时多点、循环除铁生产技术，实现多固废协同激发。目前，该胶结料已在凡口铅锌矿等矿山工业生产中大规模应用。

建设“绿水青山”“矿山无砂、冶炼无渣”是我们矿冶人奋斗的目标，公司将始终坚持把创新作为引领发展的第一动力，以科技创新为引领，积极构建“引进、消化、吸收、再创新”“集成创新”“原始创新”“迭代创新”的多层次创新体系，力争通过持之以恒的科研开发，解决采矿、选矿和冶炼过程中产生的固体废弃物处置与综合利用的关键技术及规模化应用难题。

“十四五”时期，公司将以绿色矿山、绿色工厂、绿色运行为方向，强化产品全生命周期绿色管理，持续推进绿色产品的研发和绿色技术的创新，构建高效、清洁、低碳、循环的绿色生产管理体系，大力发展循环经济，提高资源的综合、高效、循环和节约利用水平。站在全产业链固废循环综合利用的高度，提出采矿、选矿、冶炼固废资源“三位一体、大循环、全利用”新模式，为我国矿冶行业绿色发展贡献自己的力量。

（作者单位：深圳市中金岭南有色金属股份有限公司）