

全国首届溶解采矿学术会论文选集

全国首届溶解采矿学术会

论文选集

化工部长沙
《化工矿山

1413083
2410

化工部长沙化学矿山设计研究院

《化工矿山译丛》编辑部

研究院
编辑部

湘新出准字(90)第82号

定 价：6.00元

内 容 简 介

溶解采矿（广义地含水溶、热熔、浸出法开采）是属特殊采矿法，在我国已推广应用，取得了可喜的成果，而且有着广泛的发展前景。1989年12月在长沙召开了我国首届溶解采矿学术交流会，发表了有关溶解采矿论文数十篇，现将其中价值较高、能代表我国溶采先进技术和理论水平的26篇论著汇编成本书。论文涉及到盐类矿物（岩盐、钾盐、芒硝、天然碱等）的水溶开采，自然硫矿的热熔开采，金属矿的浸出开采，以及盐湖开采诸方面，既有来自现场的实际经验总结，又有理论和科技情报性文章，从一个侧面展示了我国在特殊采矿历史上新的一页，为溶解采矿的发展起促进作用。

目 录

关于特殊采矿方法分类的探讨.....	谢桂荣 (1)
溶解采矿的发展前景.....	王方强 (10)
化工矿产溶解开采与强化工艺.....	张志泗 (19)
有用矿物矿床液相开采的相图理论.....	王守明 (27)
溶(熔)采中界面清晰类矿液提取工艺	
——能量观点初探.....	蒋宜良、李浩 (41)
对水力压裂法影响因素的探讨.....	陆陈奎 (68)
多层薄层碱矿床的溶采工艺研究.....	李 浩 (78)
吴城天然碱矿溶解开采中助溶剂优化研究.....	沈尧国 (88)
钻孔热熔法开采工艺与泰安自然硫矿试采.....	张志泗 (104)
低渗透性自然硫矿床开采工艺特征浅议.....	王守明 (114)
热熔法开采自然硫矿床的钻孔装备.....	李 航 (127)
钙芒硝矿石溶解参数的测定研究.....	陈连禹 (133)
固体钙芒硝矿地下水溶采矿法及其展望.....	杨再兴 (141)
安宁盐矿开采时维护顶板稳定的探讨.....	沈尧国 (160)
云南安宁盐矿开采方法初探.....	熊世达 (174)
应用两管油垫技术开采中厚层岩盐.....	任德能 (186)
苏联应用钻孔地下溶解开采盐矿窥见.....	刘罗颐 (194)
岩盐水力压裂的岩石力学分析.....	李迅传 (205)
综合开发利用青海盐湖水中的硼矿资源.....	杨全训 (217)
用概率回归估算法预报青海达布逊盐湖	
钾矿资源的再生.....	龙承章 (230)

试论察尔汗盐湖钾矿的合理开发.....	阳立刚(239)
制粒堆浸提取低品位氧化粉矿中的金银.....	李安珍(248)
低品位氧化铜矿的可浸性及其影响因素.....	王 卉(259)
运城盐湖芒硝矿床地质及其勘探存在问题	
对水溶法开采设计的影响.....	戚振球(269)
钻井溶采软管导流装置.....	孔德认(282)
硬聚氯乙烯管在输卤工程中的应用.....	曾广德(293)
部分溶采企业介绍.....	(303)

关于特殊采矿方法分类的探讨

谢 桂 荣

(《化工矿山译丛》主编、高级工程师)

〔摘要〕 本文将特殊法采矿以开采对象出发划分为三类，类下按回采和出矿手段细分成若干种采矿方法。即：

I、地下矿床钻孔法开采：

- I—1. 钻孔水力采矿法；
- I—2. 钻孔水溶采矿法；
- I—3. 钻孔热熔采矿法；
- I—4. 钻孔浸出采矿法；
- I—5. 钻孔气化采矿法；
- I—6. 地下液相矿床钻孔采矿法。

II、盐湖液相矿床取卤法开采：

- II—1. 盐湖地下卤水井式开采法；
- II—2. 盐湖地下卤水渠式开采法；
- II—3. 盐湖地下卤水井渠式开采法；
- II—4. 盐湖地表卤水固定取水构筑物开采法；
- II—5. 盐湖地表卤水浮船式取水构筑物开采法；

III、海洋矿床海底矿石开采

- III—1. 海洋未固结矿床的采砂船采矿法；
- III—2. 海洋固结矿床的海底地下采矿法。

文章还对“地球工艺采矿法”、“溶浸采矿法”、“地面堆浸采矿法”、“细菌采矿”等七条术语作了考究说明，提出了不宜再作为“采矿方法”而引用的意见。

一、问题的提出

长期以来，我们把矿床开采方法在宏观上划分为三大类：露天开采、地下开采和特殊法开采。前二是最原始的、传统的方法，也是至今使用很广泛、为人们所熟悉的矿床矿石开采法；后者多为开发运用不久的非传统方法，它包括除露天、地下开采法以外的多种多样的所有采矿法，在苏联干脆被称之为“非传统的新采矿法”。

众所周知，露天开采按开拓和运输方式细分为若干种采矿方法；地下开采也以矿床地质条件、采准和回采方式分为若干类、类下细分若干种采矿方法，并已形成统一的称谓，只要说出采矿方法的名称就知道其内容，绝不会误解和争议。但是，特殊采矿法就不同，由于它多半是新型的，包括的范畴又很广、很杂，对其分类和称谓至今尚无统一的意见，更没有象露天和地下开采法那样形成习惯叫法。在特殊采矿法中，同一种采矿方法，有人这么称，有人那样叫，甚至两种采矿方法的称谓互相混淆乃至颠倒，简直有些乱了套。为此，应引起采矿界的重视，要想法把其统一起来。可研究组织撰写一项标准资料，逐步完善固定，使特殊采矿法的分类和其称谓规范化。现在笔者根据多年从事矿山科技情报工作和矿业期刊编辑工作中遇到的问题，对特殊采矿法的分类和称谓提出不成熟的意见，供与行家们商榷。

二、特殊采矿法的分类

特殊法开采不同于露天开采和地下开采之处，主要是人一般不要进入地层中回采。它是根据某些矿物的物理、化学特性，把矿床的矿石或有用矿物变为溶液、熔融液、气体或固液混合物，直接从矿床提出地表的开采技术。只在少数特定条件下才取开采原矿的办法。依矿床开采条件不同，矿石物理化学机理不同，有着工艺不同、手段各异的各种开采方法。下文对其分类时，主要以开采对象出发分为三类，类下按回采和所采产品运出地表的手段划分成若干种采矿方法。

I、地下矿床钻孔法开采

钻孔法开采以矿床开拓、矿石回采、运矿均通过钻孔进行为其特点，有人形象地称它为“无矿井开采法”。按回采手段细分为下列6种：

I—1. 钻孔水力采矿法——在原地把矿石变成水-矿混合物后将其抽取至地表，所有工序都通过钻孔完成。可用水力（高压射流水）、震动、超声波、液压动力等方法，有时也辅助用爆破法，把矿石采下并捣碎，使其转变成能流动的水-矿混合物，再借助气升泵（连管路一起称“气举装置”）、射流泵、潜水沙泵和压力矿层水的作用力提升到地表。此法在美、苏等国已广泛应用于开采砂砾矿、磷块岩、煤、锰矿、铝土矿、沥青砂矿、含金砂岩、钛砂矿、钨矿等。

I—2. 钻孔水溶采矿法——将水通过钻孔注入矿层溶

解矿物，所获产品溶液（卤水）用泵或其它设备抽取至地表，再进行加工。溶解过程在地下进行，地面只对溶液进行综合处理——蒸发还原结晶，从而把矿物的开采与产品加工有机地结合起来，形成一套完整的工艺流程。此法主要用以开采水溶性盐类矿床，如岩盐、钾盐、天然碱、芒硝矿等。国内外已普遍应用，成为开采盐类矿床的基本方法。

I—3. 钻孔热熔采矿法——主要用于开采自然硫矿床，也称“弗拉施采矿法”。其实质是通过特殊装备的钻孔向硫矿层输入热能（载热体一般为过热水）和抽出由于热力作用而熔融并汇集于孔底的液态硫。亦即用热能在矿体中直接对矿石进行物理化学加工，将矿石中的硫熔融，然后通过钻孔管道提出地表，无益的其它组份留在原地。此法波兰、美国、苏联、墨西哥等国已较长期地应用，有成熟的经验。我国泰安自然硫矿曾用此法成功地进行过试采。

I—4. 钻孔浸出采矿法——是就地浸出采矿的一种形式，是借助钻孔注入化学试剂（浸出剂）至矿床，从自然产状的、可渗透的矿层中有选择性地浸出有用成分，并由钻孔抽取浸出液至地表，再以浓密加工的采矿方法。此法目前已成功地用于开采有色金属和稀有元素矿床，它还具有开采磷灰石、硼酸盐、铁和其它矿产的前景。

I—5. 钻孔气化采矿法——通过钻孔向矿体注入热能，使矿石中有益成分燃烧或升华转变成气体，然后从另一个或另一些钻孔排出其气体回收利用的开采方法。此法已广泛应用于煤和石油的地下气化开采。还可用于汞矿开采：在大气压力下，辰砂将直接升华而不转变成液态。用地下烧蚀法能有效地开采未充水的硫矿床，使硫燃烧后变成气态。在

一个钻孔中点燃硫矿床，并不断压入空气，从另一钻孔抽出硫燃烧形成的产品——亚硫酸酐，副产品是液态硫。

Ⅰ—6. 地下液相矿床钻孔采矿法——许多盐类矿床以卤水形式埋藏于地下，可以通过钻孔直接抽采卤水，而后在地面加工，加工所产老卤可仍由钻孔注入地下。此法与石油开采类似，工艺非常简单。

Ⅱ、盐湖液相矿床取卤法开采

开采对象是盐湖卤水，包括盐湖的地表卤水和地下卤水（如晶间卤水）。回收对象是卤水中所含钠、钾、镁、钙等大量盐类物质和富集着的锂、硼、溴、碘、铷、铯、铬、锶、钛等元素。

Ⅱ—1. 盐湖地下卤水井式开采法——从地表钻凿竖井至卤水层，用泵抽取卤水。“井”实际为一取卤构筑物，有管井开采和大口井开采之分。管井井径500~900毫米，可直接应用大口径钻机钻进，大口井井径2~12米，一般为4~8米，可用开槽法或沉井法施工。

Ⅱ—2. 盐湖地下卤水渠式开采法——用渠道来开采盐湖地下卤水的施工简单的方法。有明渠（无盖板）和暗渠（加盖板）之分。

Ⅱ—3. 盐湖地下卤水井渠式混合开采法——通常是以渠做集卤构筑物，井为取卤构筑物。当地下卤水水位浅，矿床厚度薄时，为增加取卤构筑物涌水量或者用渠道蒸发浓缩卤水等特殊目的而采用。

Ⅱ—4. 盐湖地表卤水固定式取卤构筑物开采方法——分斜槽式取卤构筑物（加深取卤构筑物附近的湖底，修筑斜槽

——水下集水渠道)、拦坝式取卤构筑物、引水渠取卤构筑物。

Ⅱ—5. 盐湖地表卤水浮船式构筑物开采法——取卤船(实为漂浮在湖面上的取卤泵房)与岸上输卤管路相连的水上浮管联成一个采卤系统。

Ⅲ、海洋矿床海底矿石开采

海洋矿床具有水体覆盖的特性,而覆盖的水体本身又是含有矿物的,可以认为海洋水体也是一个特大型矿床。海洋采矿可以包括对海洋内海、海底、海滩矿床的开采,形成一类特殊的采矿方法,以开采溶解的、未固结的和固结的海洋矿物资源。其中直接采集利用海水来提取盐类和其它有用组分与纯水,应属轻化工工艺方面的事,与采矿业不大相关。因此,在这里海洋矿床开采仅指开采海底和海滩中的矿床,也不包括海底开采石油和天然气。

Ⅲ—1. 海洋未固结矿床的采砂船采矿法——使用带索斗铲的、蛤壳状抓斗的、链斗的、水力、气压或水射流升液泵的漂浮式采砂船来开采。应用了岸上采矿的经验,并考虑到由于海洋环境所带来的限制条件。许多海滨矿床采用干式挖掘技术开采,用人工堤保护作业不受海洋水侵袭。国外已有多处用此法采矿的实例,如:英国海洋砂砾矿(年产1100~1400万吨),日本东邦金属公司山川铁砂,泰国南部海洋锡矿,印尼海洋锡矿,西南非洲海洋金刚石公司等。

Ⅲ—2. 海洋固结矿床的海底地下采矿法——(1)岸上掘进竖井,用平巷通达海底矿体开采、(2)在海洋中建人工岛掘竖井开采、(3)在海洋底钻孔就地用热熔和水溶法开采的三种方

案。某些国家已成功地用以开采硫、煤、磁铁矿、锡矿、重晶石、钾盐、岩盐、铜锌砂、磷灰石结核、锰结核、含金软泥等。

三、对特殊采矿法中某些术语的考究

目前，涉及特殊采矿法的许多术语，包括某些采矿方法的称谓，出现了错综复杂的状况。人们各抒己见，说法不一，有的词意含糊或叫法相混，颇有零乱感。笔者谨对下列采矿方法术语做了一番考究，并提出了使用参考意见。

1. 地球工艺采矿法——此称谓源于苏联，是由Геотехнологический метод добычи一词译过来的。据称，苏联矿物化学原料研究所教授B. Ж. Аренис博士对此颇有研究，发表了专著《地球工艺采矿方法》一书，我国已有中译本。但其实质性内容却全然是各种类型的“钻孔采矿法”。苏联的其它文献凡谈到地球工艺采矿的，也都是指的钻孔法开采，既然地球工艺采矿法也就是钻孔采矿法，那么不如干脆丢弃“地球工艺”而直接采用“钻孔采矿法”一词为好。因为“地球工艺”虽有人对其有各种解释，但从中文字面意义看是费解的，而“钻孔采矿法”则一目了然。因此，在特殊采矿法的分类中采用了“钻孔法开采”，而未启用“地球工艺”一词。

2. 溶浸采矿法——有人把水溶法、浸出法，甚至加上热熔法合称为“溶浸法”。虽然溶解与浸出的产品均为溶液，但所用溶剂有本质的差别，溶剂的作用机理也完全不同（前者仅限于物理反应，后者主要为化学反应）。热熔采矿的产

品虽亦为液态，但根本不加溶剂，更没有溶解和浸出作用。它们的开采对象各不相同，如盐类矿床只能用水溶，不能用浸出；相反，金属矿物（如铀）只能用浸出；热熔法限于对自然硫矿的开采。能综合采用溶解与浸出的做法是甚少的。因此，在特殊采矿法的分类中不宜采用溶浸采矿法一词。要么是“水溶”，要么是“浸出”，二者不要混为一谈。

3. 溶液采矿法——有人认为凡属液相矿床或用液相开采的矿床，因矿石为液体，或注入的是溶液，采出的仍是不同质的溶液，都可通称为溶液采矿。笔者则认为这样称谓太笼统，无法说明采矿方法的本质和手段，在实际中不宜引用。

4. 地面堆浸采矿法——这是指将矿石采出地表后按浸出要求堆积起来，淋以浸出剂溶液，以后从矿堆底部收集含金属或金属盐的浸出溶液的工艺。实际这不属采矿范畴。因为采矿工艺的任务只是将矿石从矿床中开采出来，矿石地面堆浸属水冶加工工艺，与采矿不搭界，硬性将其作为一种采矿方法是不太合适的。

5. 细菌采矿——也称微生物采矿，实际上应隶属于浸出采矿法，只是所加浸出剂（被称为“菌种”）具有能增殖（繁殖）的特点，具有尚未研究得很清楚的某种生物化学机理。因此，用不着单独作为一种采矿方法列入特殊采矿法的分类中。

6. 嗣室水溶（浸出）采矿法——这是地下采矿法的一种发展，其实质是对矿体中的矿石用某种地室（如竖井、硐室、全面法）回采后，就地（硐室或巷道中）进行水溶或浸出，使其变成含矿物的溶液再运出地表。因此，它只是某种地下采矿方法中增加的一道矿石处理工序。

7. 地下钻孔采矿——这是一种混合运用地下开采和钻孔法开采的综合采矿法。即先以井巷开拓矿床，然后在井巷（或峒室）中钻孔，用其钻孔进行采矿。不用凿岩爆破，而用钻孔水力、水溶、热熔等法开采，液态产品经井巷用管路排出地表。这样的矿山，一般主要还是属用地下采矿法开采的矿山，钻孔采矿只是在有条件的局部使用。

溶解采矿的发展前景

王 方 强

(长沙化学矿山设计研究院教授级高工)

〔摘要〕在溶解采矿中，直接作用于矿体的“开采工具”是各种溶剂（水、各种酸或碱溶液）。它突破了先采固体矿石、然后选矿、加工的传统程式。因此，溶解采矿在矿产资源的开发利用中占有不可忽视的地位。本文从环境工程、矿物利用和经济战略方面论述其发展前景和问题。

一、前 言

溶解采矿是用各种溶剂和强化溶解场（温度、电磁场等）作用于矿体，直接在矿床赋存地，通过物理的、化学的、生物化学的作用，使有用矿物转化成可流动状态（溶液、熔融液或悬浮液），在地表控制抽取的开采方法。就钻孔溶解采矿而言，可分以下三种主要类型：

完全溶解采矿；

悬浮采矿（或称钻孔水力采矿）；

浸出采矿。

完全溶解采矿是生产化学工业用卤水的一种有效方法。

例如，用水溶解岩盐、钾盐、锰盐、硫酸盐、硫酸—碳酸盐、苏打和硼砂制取卤水等。悬浮采矿是用水力破碎、胶结物的溶解、表面活性剂弱化岩石联结力和微生物作用等手段，把矿石变成水—矿混合物。目前，这种方法仍停留在开采磷块岩的大量试验阶段。浸出采矿是改变某种化合物质，并将其转变成溶液的溶解过程，废石矿物原地留下，被溶金属矿物提到地面。目前主要用于开采铀、铜和黄金等。

由于在环境、矿物利用、经济战略等方面溶解采矿都具有优越性，目前世界许多国家，如美、苏、加拿大、澳大利亚等国，都在致力于溶解采矿的研究和实践，取得了显著的成就。我国溶解采矿历史悠久。从60年代起，在盐类矿物溶采方面发展很快，某些技术，如多层薄层矿分层压裂组合控制开采、天然碱的稀烧碱液助溶开采等，已居世界领先地位。

二、溶解采矿的前景

随着工业发展对矿产资源需要量的增加，必须寻找开采深部矿藏、贫矿和难采矿床的途径，以及增加矿产开采量，提高劳动生产率、改善工作环境、降低能耗和成本的新方法。由于溶解采矿具有上述特点，可以断言，不久的将来，溶解采矿将成为许多有用矿产开采技术进展的基础，这可以从以下几方面论证。

1. 环境方面

人们已经意识到，环境因素是阻碍采矿工业发展的主要

因素之一。在发展矿业的同时,出现了矿业与农业、畜牧业、渔业等的矛盾。如日本足尾铜山附近的水作为渡量敷河的水源,曾使下游水田受害。国内这类情况也不乏其例。环境保护已作为中国的基本国策之一。从依靠科技进步搞好环境保护角度看,溶解采矿法能把发展生产和生态保护两个方面统一起来。常规采矿要排弃大量废石,既占耕地,又污染环境,而溶解采矿只采出有用矿物,大量泥砂留在地下,尽管加工过程有尾液排放,但只要在发展生产的同时,认真改革工艺,就能做到化害为利。例如,长沙化学矿山设计研究院和吴城盐碱矿共同开发的地下天然碱钻井溶采工艺,用制碱车间的尾液加烧碱后作溶剂,回注地下溶矿,不仅解决了天然碱矿不相称溶解造成的回采率低,出井卤水浓度不高的难题,而且减少了加工环节,节省了能耗,从根本上解决了对环境的污染。山东大汶口盐化厂钻井水溶采出之盐卤,经制盐车间提取NaCl后,尾液回输到采区注入井下作溶剂,避免了制盐尾液排放对周围农作物的危害。

溶解采矿同样也将改变人们的劳动内容和工作条件。采矿过程中,由于井下作业被地表控制所代替,因而大大地改善了劳动环境。

另外,开采后的地下溶腔还可作为贮库和排污场所,为改善环境提供了条件。

2. 矿物利用

(1) 深部矿床的开采

据有关资料报道,到2000年,发达国家扩大露天法开采的趋势将到尽头。地下采矿又受到采深和经济合理性的限