

铀·金·铜矿石 堆浸原理与实践

李尚远 等 编著



原子能出版社

铀·金·铜矿石 堆浸原理与实践

李尚远等 编著

原子能出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

铀、金、铜矿石堆浸原理与实践/李尚远等编著. —北京:原子能出版社, 1997. 2

ISBN 7-5022-1604-9

I. 铀… I. 李… II. ①堆浸-铀矿石②堆浸-金矿石
③堆浸-铜矿石 N. TF111.31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 17994 号

© 原子能出版社, 1997

原子能出版社出版 发行

责任编辑:赵文蕙

社址:北京市海淀区阜成路 43 号 邮政编码:100037

原子能出版社印刷厂印刷 新华书店经销

开本 850×1168mm 1/32 印张 9.75 字数 260 千字

1997 年 2 月北京第 1 版 1997 年 2 月北京第 1 次印刷

印数:1—1000

定价:25.00 元

内 容 简 介

堆浸技术目前已发展成为工业上处理低品位矿石和废石等物料,提取有价金属的既简单又经济的一种有效方法。堆浸技术的应用对降低生产成本,提高经济效益,扩大资源利用率有着特殊的意义。

本书共分9章:前3章叙述堆浸的基本概念和特点,介绍与铀、金、铜矿石堆浸有关的主要化合物化学,以及堆浸过程的化学热力学、动力学,着重讨论堆浸速率及其影响因素和堆浸过程中的未饱和流理论;第4章至第9章结合工程实际,叙述堆浸工艺及设备,从浸出液中回收铀、金、铜的方法,堆浸中结垢成因及预防措施,环保及三废治理,质量监控,技术经济指标及其评价方法。

本书适于从事堆浸技术研究、开发和现场生产的科研、工程技术和管理人员阅读,也可作为大专院校冶金、化工、选矿和资源开发等有关专业师生的教学参考书。

**THE PRINCIPLES AND PRACTICE
OF HEAP LEACHING
OF URANIUM, GOLD AND COPPER ORES**

Abstract

This book is consisted of nine chapters. The principles of heap leaching of uranium, gold and copper ores have been given systematically concerning the thermodynamics and dynamics of leaching processes, particularly the speed of heap leaching and speed-effecting factors, and the theory of non-saturated flow in porous medium in first three chapters respectively. The heap leach processes and the methods of recovering metals from leachates have been described in detail from chapter four to chapter nine, the causes and precautions of scaling, the sources and the management of wastes, monitor and control of quality, and tech-economical specifications and their evaluation methods in heap leaching processes have been presented as well.

前 言

堆浸作为从矿石中提取有用组分的一种技术,历史悠久。我国铀矿石的堆浸起步于 60 年代,经过多年的研究与工业实践,堆浸技术已发展成为我国处理铀矿石的一种有效方法。堆浸技术能处理常规工艺不能经济处理的贫矿、表外矿及废石,可大幅度降低生产成本和提高资源利用率。目前,国内外正应用堆浸技术大规模地从铀、金、铜等矿石中提取有用组分。

核工业第六研究所有一批技术力量,他们长期致力于铀、金、铜矿石堆浸技术研究和堆浸工程项目开发。本书的编著者,是核工业第六研究所这方面工作的组织者和项目参与者,在系统总结成果的基础上,历经数载,完成了本书的编著。希望藉本书的出版,与国内外同行交流学术思想,探讨堆浸技术的基础理论,共同促进这一传统技术的更大发展。

本书第 5 章的 5.1, 5.2 和 5.3 节由陈明阳执笔,第 9 章的“堆浸项目中不确定性分析”由李从奎执笔,其余章节皆由李尚远执笔。邓佐卿审阅了全部书稿。李开文、朱燕安、邱次健、李蕴峰、李普洲、洪永勇、乐俊楚、韩国光、赵文蕙等对本书的出版给予了很大支持和指导。李建华、曾毅君、李铁球等在本书的编写过程中提出了很多有益的意见。在此一并表示衷心的感谢。

限于作者水平和经验,书中错误和疏漏之处在所难免,敬请同行和广大读者批评指正。

李尚远

1996 年 5 月

目 录

前 言

第1章 概 论	(1)
1.1 堆浸的基本概念和发展史	(1)
1.1.1 堆浸的基本概念及含义	(1)
1.1.2 堆浸的发展简史	(3)
1.2 堆浸技术的特点及其研究开发内容	(6)
1.2.1 堆浸的学科范畴	(6)
1.2.2 堆浸技术的特点	(8)
1.2.3 堆浸技术的研究开发内容	(8)
1.2.4 堆浸技术的几个术语	(10)
1.3 堆浸的适用性条件和发展前景	(11)
1.3.1 堆浸的适用性条件	(11)
1.3.2 堆浸技术的弱点	(12)
1.3.3 堆浸技术的发展前景	(13)
1.4 堆浸的资源回收率	(16)
第2章 堆浸的化学、物理原理	(19)
2.1 铀、金、铜的主要化合物化学	(20)
2.1.1 铀的主要化合物化学	(20)
2.1.2 金的主要化合物化学	(26)
2.1.3 铜的主要化合物化学	(30)
2.2 化学热力学基础	(36)
2.2.1 几种典型化学反应的热力学关系式	(36)
2.2.2 标准状态下的金属水系电位-pH图	(43)
2.3 化学反应速率和扩散传质速率	(53)
2.3.1 化学反应速率和温度对其影响	(54)
2.3.2 扩散和传质	(56)
2.3.3 测定溶液在铀矿石内部扩散的方法	(60)
2.4 多孔介质中的未饱和流	(62)
2.4.1 表征多孔介质的基本几何标量	(63)
2.4.2 流体与多孔介质的作用	(63)
2.4.3 流体在多孔介质中的渗流	(65)

第3章 堆浸速率及其影响因素	(69)
3.1 溶浸液在矿堆中的运动	(69)
3.1.1 流体在矿堆中的静力学	(69)
3.1.2 矿堆结构和供液流速对液流的影响	(75)
3.1.3 堆浸中的扩散与传质机制	(77)
3.2 堆浸速率的影响因素	(79)
3.3 堆浸速率的数学表达式	(83)
第4章 堆浸工艺和设备	(91)
4.1 堆浸场的设施与配置	(91)
4.1.1 堆浸场的基本设施	(91)
4.1.2 堆浸场的主要构筑物	(93)
4.2 堆浸底垫	(95)
4.2.1 堆浸底垫的结构和组成	(95)
4.2.2 堆浸底垫的基本要求	(96)
4.2.3 堆浸底垫层材料	(96)
4.3 矿石破碎和设备	(100)
4.3.1 矿石粒级与浸出率的关系	(100)
4.3.2 破碎流程和设备	(103)
4.4 矿石造粒工艺和设备	(106)
4.4.1 造粒与矿堆的渗透性	(107)
4.4.2 造粒工艺过程	(109)
4.4.3 造粒设备	(112)
4.4.4 造粒堆浸实例	(114)
4.4.5 酸性造粒堆浸试验	(117)
4.5 筑堆	(120)
4.5.1 浸堆的基本技术参数和要求	(120)
4.5.2 筑堆方法和设备	(122)
4.6 浸出	(125)
4.6.1 溶浸剂的种类和浓度	(125)
4.6.2 布液方式和布液装置	(128)
4.6.3 浸出程序和工作制度	(133)
4.7 强化堆浸	(138)
4.7.1 金矿石的预氰化造粒堆浸	(138)
4.7.2 铀矿石的拌酸熟化堆浸	(139)

4.7.3	铜矿石的预酸化堆浸	(141)
4.7.4	细菌堆浸	(141)
第5章	浸出液中金属回收工艺和设备	(146)
5.1	离子交换法回收铀的工艺	(146)
5.1.1	离子交换树脂的分类和基本性质	(146)
5.1.2	决定树脂性能的主要因素	(148)
5.1.3	离子交换法从硫酸浸出液中回收铀	(152)
5.1.4	离子交换法从碳酸盐浸出液中回收铀	(158)
5.1.5	饱和树脂的淋洗	(168)
5.1.6	树脂的中毒和解毒	(173)
5.1.7	淋洗富液的处理	(179)
5.2	离子交换设备	(182)
5.2.1	固定床离子交换设备	(182)
5.2.2	连续逆流离子交换设备	(184)
5.3	金(银)矿石堆浸液中贵金属的回收	(194)
5.3.1	活性炭吸附	(195)
5.3.2	饱和载金炭的解吸	(198)
5.3.3	阶段堆浸-直接电解	(200)
5.3.4	锌沉淀	(203)
5.4	浸出液中铜的回收	(203)
5.4.1	传统的铁置换法	(203)
5.4.2	现代的萃取-电积法	(205)
第6章	堆浸中的结垢	(212)
6.1	结垢的成因及过程	(213)
6.1.1	溶液中多相离子平衡	(213)
6.1.2	浸出液的组分及其来源	(215)
6.1.3	结垢的外部条件和形成过程	(221)
6.2	结垢的预防和去垢方法	(223)
6.2.1	结垢的预防	(223)
6.2.2	去垢方法	(229)
第7章	堆浸工程中的环境保护	(234)
7.1	堆浸中废物的来源	(234)
7.1.1	堆浸中废物的一般概况	(234)
7.1.2	金矿石氰化堆浸的废物	(236)

7.1.3 铀矿石酸法堆浸的废物	(240)
7.1.4 铜矿石堆浸的废物	(242)
7.2 堆浸中的废物处理	(244)
7.2.1 金矿石堆浸的废水处理	(244)
7.2.2 铀矿石堆浸的废水处理	(250)
7.2.3 铜矿石堆浸的废水处理	(259)
7.2.4 堆浸废渣的处置	(260)
第8章 堆浸过程的质量监控	(263)
8.1 入堆矿石量和溶液体积的计量	(264)
8.1.1 矿石的计量方法	(264)
8.1.2 溶液体积的计量方法	(265)
8.2 矿石和溶液的取样	(267)
8.2.1 堆浸矿石的取样	(267)
8.2.2 堆浸尾矿的取样	(271)
8.2.3 堆浸过程中溶液的取样	(272)
8.3 堆浸中的分析方法和质量评价	(274)
8.3.1 铀和金的分析方法简介	(274)
8.3.2 堆浸场的分析工作制度	(276)
8.3.3 测量数据的统计处理和质量评价	(277)
第9章 堆浸工程的技术经济指标及其评价	(280)
9.1 堆浸企业的主要技术经济指标及其影响因素	(280)
9.1.1 堆浸企业的主要技术经济指标	(280)
9.1.2 堆浸技术经济指标的主要影响因素	(282)
9.2 堆浸技术经济评价方法	(283)
9.2.1 堆浸技术指标的评价	(283)
9.2.2 堆浸经济指标的评价	(284)
9.2.3 扩建和改建堆浸项目的技术经济评价	(291)
附录A 格拉布斯检验法的临界值表(双侧检验)	(294)
附录B 系统误差的判断——t 检验法	(295)
参考文献	(297)

第1章 概 论

1.1 堆浸的基本概念和发展史

1.1.1 堆浸的基本概念及含义

堆浸是堆置浸出的简称。西方国家一直沿用“Heap Leaching”一词；前苏联习称“Куча Выщелачивание”，最近他们有人主张用更严格的名称“Питабельное Выщелачивание”（筑堆浸出），即先筑堆而后浸出。

堆浸这一术语，其词义本身已清楚地给人们以启示，堆浸的基本概念是：矿石堆中某些矿物与化学试剂发生作用，矿物中的一些成分以离子或络合离子的形式从固相（矿石）转入到液相的过程。这一基本概念说明堆浸与原地浸出和搅拌浸出的根本区别在于“矿石堆”三个字，即堆浸是在矿石堆中进行的浸出，既不是在矿石没有发生位移的矿床中进行的浸出，也不是在特定的设备中进行的浸出。因此，所谓堆浸，就是对矿石堆中某些成分进行浸出的过程，包括过程中的条件及所发生的现象、结果和规律。

从堆浸研究、开发和生产的全过程来看，堆浸的含义应该是：在预先铺设的底垫上将矿石筑成矿堆，用选择好的溶浸剂使矿石中的有用组分溶解，并以离子或络合离子的形式转移到液相（浸出液）中，再把液相中的浸出离子转化成单质金属（如电解铜）或化工产品（如硫酸铜）的过程。这一含义表达了铀、金、铜、银及其他金属矿石堆浸的全过程，而不仅仅是浸出这一单一工序。它既包括了浸出前的各个工序——铺设底垫、矿石破碎、造粒、筑堆、布液；也包含了浸出后从浸出液中回收金属的一些工序，如吸附、萃取、电积、置换等。

上述堆浸的基本概念和含义似有差别，但两者的实质是一致的。

前者强调了该技术的核心,后者涉及了进行堆浸的前提条件和影响因素,如底垫、破碎、造粒、筑堆、溶浸液的配制等,这些条件和因素是堆浸研究和生产的关键组成部分。

从堆浸的全过程看,铀、金、铜矿石堆浸工艺,可表示为:

铀矿石堆浸工艺 堆浸-吸附(萃取)-淋洗(反萃)-沉淀

金矿石堆浸工艺 堆浸-炭吸附-解吸-电积-熔炼

铜矿石堆浸工艺 堆浸-萃取-反萃-电积

众所周知,堆浸中的浸出液普遍实行闭路循环,从浸出液中回收金属的过程,既是产品生产工艺,也是浸出时溶浸液的配制过程。上述工艺中的萃余水相或吸附尾液均直接用于堆浸的溶浸液的配制。由此可知,浸出与从浸出液中回收金属的工艺有着紧密的内在关系。

从堆浸的含义中可以看到,迄今,堆浸仅仅是一种工程技术,而非一门学科。因此,尽管国内外曾给堆浸下过各式各样的定义,但实质上大同小异,都只是对堆浸过程或简或详的描述,并非严格的科学抽象。因此,本书在综合前人文字的基础上,阐明堆浸的基本概念和它的含义,在现阶段,也许是合适的。

人们通常按照堆浸的主金属的不同,分别称为铀矿(石)堆浸、金矿(石)堆浸、铜矿(石)堆浸等;也有依据堆浸过程中采用的溶浸剂的酸碱性称为酸法堆浸、碱法堆浸等;更多的是根据矿石堆所处位置的不同,分别称为地表堆浸、地下堆浸等。

地表堆浸 在地面上进行的堆浸,即矿石堆及其底垫层位于地表的堆浸。用于处理已采至地面的矿石、废石和其他废料。

地(井)下堆浸 堆浸地点在地下,即矿石堆及其底垫层位于地(井)下(废旧坑道、采场)的堆浸。

池浸 矿石堆置于不渗漏的池中的堆浸。

酸法堆浸 使用酸性溶浸剂的堆浸。例如,铀矿石的稀硫酸溶液堆浸。

碱法堆浸 使用碱性溶浸剂的堆浸。例如,金矿石的氰化钠溶液

堆浸。

与人类有目的、有组织进行堆浸不同,自然界存在一种天然的堆浸现象,例如铜、铀及一些硫化矿在勘探和开采过程中所采出的表外矿,随意堆积成矿石堆,在合适的天然条件下,硫化物被空气氧化,产生硫酸;矿石中的氧化态的铀、铜等在硫酸的作用下溶解,从矿石中转移到液相中,这种含铀和铜的酸性液体流向四周环境,造成污染,不利于生态平衡。因此不少人曾建议:对在天然条件下能溶解出金属的矿床,在进行勘探和开采之前,就应事先规划表外矿的堆浸,构筑不渗漏底垫层,建设集液系统,以便收集和回收矿石堆中流出的金属,让天然的堆浸现象为人类造福,且不再污染环境。

1.1.2 堆浸的发展简史

堆浸作为从矿石中提取有用组分的一种技术,历史悠久。国外大多数学者把1752年西班牙人在里奥·廷图(Rio Tinto)河旁发现的酸性氧化铜矿石堆中有铜浸出的现象,作为堆浸历史的起点;也有把16世纪中叶匈牙利人从流经铜矿堆的废水中回收铜作为堆浸的渊源。其实不然,最早发现堆浸现象并利用这一现象来为人类服务的既不是西班牙人,也不是匈牙利人,而是中国人。公元前六七世纪的《山海经》中记载“石脆之山,其阴多铜,灌水出焉,北流注于禺,其中多流赭”。其文字大意是:酸性氧化铜矿石堆,用水灌注,流出的水集中于池中,带有铜和铁离子的颜色。这就明确,那时我们的祖先已经发现天然的堆浸现象。纪元年间的《神农本草经》中记载着“石胆能化铁为铜”,证明那时我们的祖先已经懂得用铁屑置换溶液中的铜的技术。可见,中国人对堆浸现象的认识比西班牙人早一千多年。中国从唐朝开始应用铜矿堆浸技术,到宋朝发展极盛。宋哲宗(公元1086年至1098年)年间,张潜撰写的《浸铜要略》对该技术有详细叙述。此后,铜矿堆浸、铁屑置换、海绵铜熔炼一套完整的工艺在今安徽铜陵及江西铅山等地区沿用了几百年。西方到了19世纪初才开始广泛应用堆浸技术来处理露天开采的斑岩铜矿石和氧化铜矿石。现

代西方已大规模用堆浸-萃取-电积工艺来开发低品位铜矿石。

1952年葡萄牙人首先发表了铀矿石堆浸方面的文章,报道了他们用堆浸法处理铀矿石的工艺流程及一些主要参数。此后,美国、前苏联、法国、加拿大等国家都曾为铀矿堆浸技术的发展作出过贡献。1963年我国知名放射化学家杨承宗教授在国内首次提出“堆置浸出”概念,并建议开展研究。核工业北京冶冶院,核工业第六研究所分别于1964,1966年开始研究铀矿堆浸技术,1972年六所在堆浸技术开发方面已经取得地下堆浸成功的经验,规模达到3500t,浸出率82%。70年代核工业部曾组团出访北美诸国,回国后提出要大范围推广堆浸技术。1980年,铀水冶专家邓佐卿教授指出“几乎世界上每一个铀生产国,都在矿山附近规划和建设了堆浸设施”。他进而提议我国应尽快“组织队伍研究低品位铀矿的堆浸技术”。80年代,我国铀矿冶系统加快了堆浸技术的发展,719矿于1987年率先在国内试验成功万吨级堆浸,并获得了1990年度国家科技进步一等奖。1990年我国铀矿堆浸的产铀量占总产铀量的10.4%,规划要求“八五”末期,堆浸产铀量达到总产量的20%以上。

铀矿堆浸技术的开发和应用,大体可分为两个阶段,80年代以前,其着眼点是扩大铀资源利用,用堆浸法开发低品位的表外矿。80年代开始,其目的是降低铀矿加工成本,提高铀矿冶企业的经济效益。近年,无论是规模,还是技术水平都有更大的进步。

铀矿堆浸技术的开发和应用,对堆浸技术的发展起了很大的促进作用,尤其在井下堆浸技术的开发方面,至今仍处于领先地位。但是,地表堆浸技术的大发展,却是由于贵金属堆浸的大规模兴起,它不仅拓宽了堆浸技术的应用领域,还极大地推动了堆浸技术自身的完善和发展。1967年美国的雷诺冶金研究所开始研究用氰化钠溶液堆浸含有次显微金的疏松多孔的钙质砂岩矿石,1971年开始应用于生产现场,获得成功。由于科研和建设前期的可行性研究做得粗糙,美国的金矿堆浸在初期也是很不顺利的。1983年前,美国建设的22座金矿石堆浸场,有11座失败了,成功率仅50%。经过失败,总结了

教训,才有了以后的顺利发展。堆浸已成为当今美国黄金生产的重要支柱,据报道,从1979年到1988年,美国的黄金堆浸产金量增长25倍,堆浸产金量占美国黄金总产量的份额由5%上升到50%左右,见表1-1。

表 1-1 1979 年至 1988 年美国堆浸产金量增长情况

年 份	1979	1982	1985	1986	1988*
堆 浸 产 金 量 (t)	3.39	7.75	10.64	41	100
堆浸产金量占总产金量的百分比(%)	5	18	25	31	51.8

* 1988 年美国的金总产量为 193t。

我国金矿石堆浸试验始于1979年,1981年用于生产。沈阳矿冶研究所、长春黄金研究所、河南地质岩矿测试中心等单位都做过工作。1987年以前,技术上进展不大,堆浸场的规模小,浸出率低,资源浪费大,堆浸产金量占总产金量的比例很小,不足1%。1987年以后,大力开展金矿堆浸技术的研究开发工作,到1990年金矿堆浸产金量的比例已上升为3.5%。1990年与1987年相比,堆浸产金的数量增长了7倍,技术方面也有了较大进步。万吨级以上的金矿堆浸场先后在陕西、河南、吉林、湖南、新疆等省区相继出现。在堆浸工艺方面,解决了泥质矿石的造粒,酸性矿石的预处理,浸出过程中的防碳酸钙结垢、底垫层的构造等技术。

由地矿部低品位金矿堆浸技术咨询中心负责,核工业第六研究所等多个单位参加的协作小组,先后在陕西双王金矿、新疆富蕴县沙尔布拉克金矿进行了1万吨、2.5万吨、11万吨的堆浸工业试验。11万吨工业试验的成功和它所取得的良好技术经济效益,标志着我国的金矿堆浸技术已达到了国际先进水平,证明我国完全可以立足国内的装备,依靠自身的技术力量,进行大规模堆浸技术开发和生产应用。

近年来,我国核工业系统、黄金、地矿部门在大型堆浸设备的研

制和开发方面有了长足的进步,取得了可喜的成就。如大型筑堆机,新型的吸附、解吸-电解装置,高效的双动颚破碎机,滚筒式造粒机等相继研制成功,并投入了生产应用。喷淋和滴浸装置几乎取代了原有的固定喷头。堆浸技术的开发,堆浸矿山建设前期的研究工作,生产运行中的质保体系,近年来也都有了明显的进步。

1.2 堆浸技术的特点及其研究开发内容

1.2.1 堆浸的学科范畴

堆浸是一种从矿石中提取有用组分的技术,它属于湿法冶金的范畴。它与湿法冶金的常规工艺——搅拌浸出一样,采用某些特定的溶浸剂配制成一定浓度的溶浸液来浸取矿石中的有用组分,使有用组分从固相转移到液相中,然后经一系列的化工单元操作,将浸出液中的有用组分转化成单质金属或化工产品。人们又称湿法冶金为水冶,目前还有人把它叫化工冶金。这种冶金方法,指的是:通过在水溶液中进行一系列的化学反应,实现从矿物原料中提取金属的过程。它与火法冶金不同,火冶是通过在高温下的氧化还原反应来实施从矿物原料中提取金属的过程。

随着自然科学和工程技术的发展,迄今,形成了从矿物原料中提取金属的四门相关学科和相应的四个专业,即地质、采矿、选矿、冶金。地质是基础,采选冶都是加工手段。以地质勘探查明的地质储量、矿体产状、相应的地质和水文地质条件为基础,通过采选冶工艺,将地下资源变成人类财富。一方面,这几个专业是紧密相连,相互不可分割的;另一方面,他们又有其相对的独立性。因为它们在实施过程中的目的,所遵循的原理,采用的手段,最终的产品都是有差别的。

地质 它的目的是找到有开采价值的矿床。通常应用物理学、化学、地质学原理,通过物探、化探、钻探等综合手段,查明矿体产状、赋存条件,计算矿产储量。它的最终产品是符合国家制定的勘探规范

的地质勘探报告。

采矿 它的目的是将矿石(含矿岩石)从围岩中分离出来。通常应用物理学,尤其是力学原理,经凿岩、爆破等手段,完成采准、切割和回采三项工作。它的最终产品是矿石。

选矿 它的目的是将矿物从矿石中分离,并加以富集。运用物理学中的重力、电磁原理以及物理化学原理,采用磁选、重选、浮选等手段,最终产品是精矿。

冶金 它的目的是将一种或数种金属从精矿或直接从矿石中提取出来。应用物理化学或化学原理,采用火冶或水冶手段,最终产品是单质金属(合金)或化工产品。

古代以火冶独秀,即使现代,冶金部门还是以火冶为主,钢铁(包括合金)至今仍然是冶金部门的主要支柱。水冶虽然历史悠久,但发展缓慢,它成为一门学科,是近一百年来事情。这是由于有色和稀有贵金属、电子工业、核工业的崛起以及化学和化工学科的发展,才促进了水冶技术的发展。

随着现代科学的迅猛发展,一方面,专业越分越细;另一方面,学科之间又相互渗透,相互交叉,形成了一些边缘学科或新的技术领域。矿物原料加工行业亦然。例如,近几十年来产生的一个新技术领域,早先多称之为“化学采矿”(chemical mining),现在多称“原地浸出”(in situ leaching),或“溶浸采矿”(solution mining),前苏联叫“地质工艺学”(геотехнологические),尽管目前的名称还不统一,但实质内容一致,且已在铀矿开发中获得了实际应用。它是矿物原料加工行业中带有革命性的发展。它简化了矿物原料加工过程中的许多工序,把采选冶融为一体。在这一领域中,除了要研究浸出的规律和现象外,还要研究矿床地质、水文地质条件,解决诸如如何控制溶浸范围、钻孔结构等技术,依据矿体产状研究如何利用爆破方法,充分利用补偿空间,控制矿石粒度等技术。由此可见,这种新技术与堆浸内容相差较大,它涉及到地质、水文地质、采矿等专业范围。本书将不涉及这方面的内容。