

矿产 综合利用工程

胡应藻 编著

07.133

中南工业大学出版社

97
F407.133
6
2

矿产综合利用工程

胡应藻 编著



3 0087 8612 5

中南工业大学出版社



C 2634.29

内 容 简 介

本教材重点是介绍有色金属矿产及其伴生金银和非金属矿产以及二次资源的综合开发利用的评价研究方法,达到拓宽学生的知识面,增强其应变能力。

地、采、选、冶、材料等多学科相联系,以及矿石工艺矿相研究与选(冶)工艺相结合,旨在提高我国矿产资源综合利用程度是该书的一个特点。

本书可作为矿产勘查专业本科生的教材,也可供矿产勘查地质技术人员及岩矿研究人员和采矿、选矿、冶金专业学生参考。

【湘】新登字 010 号

矿产综合利用工程

胡应廉 主编
责任编辑:文 刀

*

中南工业大学出版社出版发行
中南工业大学出版社印刷厂印装
湖南省新华书店经销

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 7 字数: 155 千字
1995年11月第1版 1995年11月第1次印刷
印数: 001—300

*

ISBN 7-81020-799-7/P·036
定价: 5.60 元

本书如有印装质量问题,请直接与生产厂家联系解决

前 言

矿产综合利用是一个复杂的技术经济问题,是涉及多学科、多部门的综合性大课题,是个系统工程,故取书名为《矿产综合利用工程》。

矿产资源综合开发和充分合理利用,是关系国家经济建设、人类生存环境和子孙后代的大事。既是反映一个国家实力和科学技术水平的标志,也是当代重大的科技问题之一。搞好矿产的综合开发和利用,可使环境与经济、社会发展相协调,又同时获得经济效益、社会效益、资源效益和环境效益的相对统一。

我们培养的学生应拓宽知识面,应有较强的应变能力。过去,地质专业的学生主要学习有关地质勘探等课程,学习按照成矿理论及成矿规律从事找矿工作,对矿产的加工和产品开发则知道甚少;而采矿专业的学生,主要学习金属矿的开采,对一些矿体周围的非金属矿也极少过问;选矿专业的学生,主要学习金属矿的选矿,对我国矿产资源的特点以及矿石工艺性质研究与选矿工艺流程及其效果之间的密切联系重视不够。结果,学生专业面窄,应变能力差。所以,笔者于1989年给我校地质专业学生讲授了这门新课。本书是在1990年编写的《矿产综合利用工程》内部教材(打印)的基础上,经校内外多次讲授,再经过补充修改后完成的。

在编写中得到了校系领导等多方的支持,并收集运用了

有关的编著及文献资料,在此谨向作者和专家表示衷心的感谢。

由于《矿产综合利用工程》教材内容广、难度大,加之编者水平有限,存在的不足或错误敬请读者批评指正。

编者

1995年6月于长沙中南工业大学

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 矿产资源的概念、特点及分类.....	1
1.2 矿产资源综合利用的含义及其必要性和紧迫性.....	5
1.3 我国矿产资源综合利用的现状与分析.....	11
1.4 提高矿产资源综合利用的基本途径和发展方向.....	14
第 2 章 矿产资源综合利用的研究	18
2.1 矿产资源综合利用是个综合性的大课题.....	18
2.2 矿产资源综合开发利用的经济评价指标.....	33
2.3 矿产资源综合利用的基本方法与原理.....	41
2.4 矿石工艺性质研究.....	64
2.5 矿物工艺标型特征研究.....	86
第 3 章 有色金属矿山的综合利用	92
3.1 概述.....	92
3.2 铜矿山的综合开发利用.....	94
3.3 铝矿山的综合开发利用	104
3.4 铅锌多金属矿山的综合开发利用	113
3.5 钨矿山的综合开发利用	121
第 4 章 有色金属矿山中伴生金银的综合利用	132
4.1 概述	132

4.2	伴生金矿床类型及其特征与赋存规律	135
4.3	金银的矿物种类及研究方法	139
4.4	金银的赋存状态及其对选冶回收的影响	142
4.5	有色金属矿产中伴生金银的综合开发利用	145
第5章	非金属矿产的综合利用	162
5.1	概述	162
5.2	非金属矿产在国民经济中的意义	164
5.3	伴生非金属矿产的综合开发利用	167
5.4	不断开发利用新的非金属矿产资源和新的应用 领域	184
5.5	非金属矿产资源开发利用的发展趋势	192
第6章	扩大(补充)矿产资源的途径及二次资源的综合利用	197
6.1	扩大(补充)矿产资源的途径及其意义	197
6.2	表外矿、贫矿或超贫矿石的综合利用	201
6.3	围岩、脉石的综合利用	202
6.4	尾矿的综合利用	204

第 1 章 概论

1.1 矿产资源的概念、特点及分类

1.1.1 矿产资源的概念

矿产是由地质作用形成的,且能为人们的生产和生活所利用的天然产物。换言之,自然界产出的具有经济价值的矿物和岩石或其它自然产出的物质,统称为矿产资源。矿产绝大多数为固态,少数为液态和气态。

矿产资源的含义不仅与其矿物组成、元素含量及赋存状态有关,而且与这些元素或矿物的提取加工技术和经济上的可行性有密切关系,否则为“呆矿”。所以,矿产资源概念具相对性。

1.2.2 矿产资源的特点

矿产资源具有“四性”的特点。即自然性,矿产资源是一种自然资源,是自然生成的;矿产资源具有不可再生性,它不像农、林、牧等资源;矿产资源在地理分布上具不均匀性,因为地壳运动、地质作用的不均匀性和千差万别,致使矿产在地理分布上的不平衡性、不均匀性;矿产资源受一定技术经济条件的制约性。如铝土矿在 1888 年以前为无用的岩石,自从这一年冶金上诞生了用铝土矿生产氧化铝的拜耳法之后,则铝土矿就成为了至今唯一重要的铝矿资源。又如斑岩铜矿,因为品位

很低在 1937 年前未被利用,但随着选矿技术、经济条件的改善则成为铜矿资源的重要工业类型。

至今,已发现矿物 3 400 多种,但被工业利用者占很少一部分,就矿产资源而言已发现矿产 168 种,已探明储量的有 156 种,不少矿产为近年才认识。可以预料,随着固体物理学、工艺矿物学和矿产综合利用技术的发展,人类将发现和开发利用更多的矿产资源。

1.1.3 矿产资源的分类

根据矿产资源的存状态,将矿产资源分为固态、液态和 气态矿产三大类。固态矿产为绝大多数,它又分为金属、非金属和燃料矿产三类。

1. 金属矿产

指工业上作为金属原料提取利用的矿产,称之为金属矿产。按其物质成分、性质和用途分为五类。详见表 1.1。

表 1.1 中国金属矿产分类简表

类 型		主 要 矿 种
钢铁及其合金矿产		Fe, Mn, Cr, V, Ni, Co, W, Mo
有色金 属矿产	轻金属	Al, Mg, Ti, Sr
	重金属	Cu, Pb, Zn, Sn, Bi, Sb, Hg
贵金属矿产		Au, Ag, Pt 族
稀有分散 元素矿产	稀有金属	Li, Be, Nb, Ta, Zr, Rb, Cs, Sr, 稀土
	分散元素	Ge, Ga, In, Tl, Hf, Re, Cd, Sc, Se, Te
半金属矿产		As, Si, Se, Te

2. 非金属矿产

除金属矿石、矿物燃料以外的具有经济价值的任何种类的岩石、矿物或其它自然产出的物质,称为非金属矿产。

非金属矿产的分类,世界各国多按用途划分。但是,由于多数非金属矿产具“一矿多用”的特点,如石灰岩,可根据其不同性能用作水泥、化工、熔剂、建材、电石等原料。所以,按用途分类并不确切,往往造成一种非金属矿产同时隶属几个分类。

近年来,前苏联提出了一种以工业用途与矿石加工技术相结合的分类。详见表 1.2。

表 1.2 非金属矿产工业分类

大类	分 类	原料类别	矿 产 种 类
矿	1. 自然元素	化学原料	自然硫
	2. 晶体	宝石原料	金刚石(宝石级)、祖母绿、红宝石、电气石、黄玉、绿柱石、贵蛋白石、紫水晶等
		工业技术晶体原料	金刚石(工业级)、压电石英、冰洲石、白云母、金云母、石榴石等
3. 独立矿物	半宝石、彩石和玉石原料	玛瑙、蛋白石、玉髓、孔雀石、绿松石、绿玉髓、赤铁矿(血滴石)等	
物	4. 矿物集合体(非金属矿石)	化学原料	磷灰石、磷块岩、天青石、含硼硅酸盐、钾盐、镁盐等
		磨 料	刚玉、金刚砂(石榴石)、铝土矿
		耐火、耐酸原料	菱镁矿、石棉、兰晶石、红柱石、砂线石、水铝石
		隔音及绝热材料	蛭石
		综合性原料	萤石、重晶石、石墨、滑石、石盐、硅灰石等

大类	分类	原料类别	矿产种类
岩	1. 尾矿直接利用或经机械加工后利用	彩石、玉石和装饰砌面石料	碧玉、角闪岩、天河石、花岗岩、蛇纹石大理岩、蛇纹石、寿山石、蔷薇辉石等
		建筑和饰面石料	花岗岩、拉长石岩、闪长岩及其它火成岩、灰岩、白云岩、大理岩、凝灰岩等
		混凝土填料、建筑及道路建筑材料	砾石、碎石、细砾、建筑砂
石	2. 经热加工或化学处理后利用	陶瓷及玻璃原料	玻璃砂、长石和伟晶岩、易熔及耐熔粘土、高岭土
		制取粘结剂的原料	泥灰岩、石膏、易熔粘土、板状硅藻土、硅藻土
		耐火材料	耐火粘土、石英岩、杆栏岩、纯杆栏岩
		铸石材料	玄武岩、辉绿岩等
		颜料原料	赭石、土红、铅丹等
		综合性原料	石灰岩、白云岩、白垩、砂、粘土、石膏等

3. 燃料(能源)矿产 如煤炭、油页岩、铀、钍。

此外,还有气态和液态矿产。气态矿产如天然气、沼气、煤成气(瓦斯)。液态矿产系指含有高浓度盐分或含有对国民经济有价值的微量组分的矿化水。液态矿产按产出部位分为地表卤水、地下卤水、热卤水、油田水等。如红海热卤水,含Cu、Pb、Zn、Co等金属,形成数量巨大的金属沉积物,仅在上部十米厚的沉积物中就有8300万吨硫化物矿石,据估计热卤水和金属沉积物中所含微量组分的价值就达几十亿美元,正积极开发利用。意大利是世界上第一个利用地热田的热卤水发电和提取化学元素的国家。利用矿床开采排放水中所含的有用

组分。如酸性矿坑水中, Cu、Zn、V、Rb 的含量很高; 煤矿井水中 I、Ge 含量较高; 硫磺——地蜡矿山的水中含一系列稀有元素。我国有的铜矿山, 从含硫酸铜的矿坑水或地表水中用铁屑置换其中的铜, 能获得品位很高的海绵铜, 既充分利用了液态矿产资源提高矿山经济效益, 又可防止环境污染和周围农田受害。

1.2 矿产资源综合利用的含义及其必要性和紧迫性

1.2.1 矿产综合利用的含义

当前, 矿产综合利用的范围很广, 其含义是广义的, 不仅是指矿石中的主要组分和伴生组分的综合回收利用, 而且还包括了生产矿山的废石(围岩、顶底板、夹石)、尾矿和矿坑(井)水以及冶炼厂、化工厂等的工业“三废”(废渣、废气、废液)的利用。

随着科学技术的飞速发展, 矿产综合利用的领域不断扩大, 各种矿产从黑色到有色, 从金属到非金属, 从气体到液体, 从陆地到海洋, 从矿物原料到围岩、尾矿及工业“三废”, 无不包含综合利用的内容。要求对矿产资源能够做到充分合理的利用, 它对解决资源、能源和环境三大危机具有重要意义。

1.2.2 矿产综合利用的必要性

1 与农、林、生物资源不同矿产资源是不能再生的

矿产资源是地球赋予人类的巨大财富, 它是地球中各种成矿物质通过不同的地质作用和成矿作用, 由分散变为富集而形成的。矿产资源是发展经济和提高人民生活的物质基础, 是一个国家赖以繁荣富强的决定因素之一。矿产资源与农、

林、生物资源不同,是不能再生的,而且还是有限的。因此,对矿产资源的综合开发利用不仅事关当前国民经济建设的大局,而且关系到子孙后代的长远利益。

2 我国是世界矿业大国又是人均资源小国

我国“地大物博矿产丰富”,这是勿容置疑的。建国46年来,我国地质矿产业取得巨大发展,已成为世界第三矿业大国。已找到和发现矿产168种,矿产地20多万处,其中,做过详细勘查的矿区近2万处。已探明储量的矿产156种,其中有20多种重要矿产名列世界前茅。我国是世界上矿产总量丰富、矿种比较齐全、配套程度比较高的少数国家之一。我国矿产资源的总量和开发量均占世界第三位。

但是,我国矿产人均占有量远低于世界人均水平,还不到世界水平的一半(只有40%),石油及Fe、Mn、Cu、Al、Pb、Zn等主要矿产,只相当于世界人均的1/3~1/10,我国矿产资源总量虽居世界第三位,但人均占有量却列为世界第80位。

此外,我国有几十种矿产探明的储量少,有不少矿种不能满足国内需要,列为国家急缺矿种的就有铬、铂、金刚石、钾盐、铜、高中档宝石等。铬矿储量居世界13位,铂矿工业储量很少,金刚石储量仅相当世界储量的百分之一,钾盐比三千多万人口的法国还少得多。

因此,我们必须对我国矿产资源的潜力有一个清醒的认识,一定要克服“矿产丰富”盲目乐观及浪费没钱的错误认识和综合利用能回收多少算多少的消极态度。

3 我国矿产资源具复合共(伴)生矿多的显著特点

我国矿产资源中,复合共(伴)生矿多或综合矿多,单一矿少的特点十分明显。如铁矿储量的38%以上,铜矿的25%,钨

矿有 97% 均为多种有用组分伴生或共生。据对 800 个矿区的调查,其中有 640 个矿区伴(共)生 2~17 种可供综合回收的有益组分。这就为矿产的综合利用提供了客观物质基础,因此,必须适应我国矿产资源的特点来充分合理地开发和利用资源。

此外,我国矿产还具有“三多”和分布不平衡的弱点。1) 贫矿多,富矿少;2) 中小型规模矿床多,大型、特大型矿床少;3) 难选(冶)矿产多,易选(冶)矿产少;4) 矿产地理分布不平衡。如 45 种主要矿产保有储量,其中 34 种分布在我国中部地区八省,占全国总储量的一半以上。煤、铁集中在北方和西南,南方缺煤少铁;磷矿集中在南方而北方奇缺,给工农业发展带来不少困难。

综上所述,从矿产资源的不能再生性、有限性,我国人均矿产资源量很少,以及我国矿产具有的特点等,我们应当充分认识矿产综合利用的必要性。

1.2.3 矿产综合利用的紧迫性

下面从六个需要方面来说明

1 矿产综合利用是我国有色金属矿山资源开发特点(形势)的需要

矿产资源的开发特点是富、近、易、浅的矿产日益减少,贫、远、难、深的矿产越来越多,致使矿石的开采品位逐年下降。据统计,我国钨矿在 50 年代开采品位由 1.74% 降至 0.51%,到 80 年代则从 0.27% 下降到 0.22%;又如铜矿,1960 年世界平均开采品位为 1.5%,到 1969 年时为 1.25%,1972 年则为 0.53%。我国铜矿开采品位下降更甚,因为我国富铜矿(Cu 品位大于 1%)少,目前开采的主要是斑岩铜矿。

我国不少矿山进入中晚期开采,品位降低,资源紧张,随着开采深度增加使成本升高,矿山经济效益变差,必须寻找出路。还应知道矿山是个小社会,关系到上千人乃至上万人的生活安定以及社会的稳定。所以,加强矿产综合利用是开创矿山新局面的紧迫任务和有力措施之一。这就要求我们认识和利用我国矿产伴(共)生组分多这一特点,去揭示这些主副组分矿产的伴(共)生规律,研究其含量和赋存状态以及矿石的选冶工艺特征,进而做好矿产的综合开发和合理利用。这样就可改变矿山资源危机,以副补主使副产品变为主产品,使一矿变多矿,这不仅可延长矿山生产年限,充分利用矿产资源,同时也提高了企业的经济效益。

2 矿产综合利用是增加企业经济效益的需要

如大冶铁矿综合回收了 Cu、Au、Ag、S、Co、Ni,仅回收伴生 Cu、Au 的年利润就达一千多万元,大大超过了铁资源的利润。Cu 主要呈黄铜矿,次为斑铜矿、辉铜矿、孔雀石等存在。Au 为自然金其粒度 0.047~0.106mm 占 60%,与黄铜矿密切嵌连,次为黄铁矿。黄铜矿平均含 Au5g/t 左右,黄铁矿平均含 Au1.3g/t。Ag 主要呈银金矿,与自然金一起富集于浮选的铜精矿中。Co、Ni 主要以类质同象存在于黄铁矿内,在浮选时可与 S 精矿(黄铁矿精矿)同时回收。

通过矿产综合利用,可使矿产资源发生具有经济意义的转化;使一矿变多矿、贫矿变富矿、死矿变活矿、小矿变大矿。

3 矿产综合利用是满足对稀散元素和短缺矿种的需要

自然界中绝大多数稀有和分散元素,几乎全靠综合回收来获得。综合利用是获得稀有分散元素的根本途径。因为稀散元素含量少,且主要呈细小矿物包体或呈类质同象存在于

某些矿物之中,未能构成较大的独立矿床或尚无独立矿床,有的甚至基本上不能构成独立矿物。所以,解决这些元素的来源主要靠综合利用,而有色金属矿产是蕴藏与回收提取它们的宝库。此外,据统计,现在利用的74种元素中,有35种都是在开采其主金属矿产时通过矿石的综合利用获得的。如Co、Bi、Be、Cd、Se、Te、Ga、Ge、In、Tl、V、Hf及Pt族元素等,几乎全靠综合利用获得。世界上95%的Re为处理斑岩Cu—Mo矿床中的辉钼矿的副产品;90%的Se来源于Cu的副产品;80%的Bi来自W、Sn、Cu、Pb、Zn等的副产品;美国100%的As、Re、Te、Se、Ga、Ge、In、Cd、Tl、Hf、Bi、Co、Rb、Ra等,都由Cu、Pb、Zn多金属矿石冶炼回收的。

4 矿产综合利用是贯彻精料方针的需要

冶炼采取精料方针,对选矿及其精矿产品提出了更高的要求。随着冶炼技术的发展,更进一步要求选矿彻底分离不同的矿物成为单一的精矿。选矿产品精矿中的杂质如分离不够或未分离,一则影响精矿质量及品级价格进而影响冶炼,二则浪费资源,三则污染环境。

5 矿产综合利用是找矿难度增大及贯彻《矿产资源法》的需要

据统计,1965年以前用15年时间找到了280个矿床,而1966以后同样是15年时间,却只找到70个矿床。前15年中找到矿床总数的80%,而后15年仅占20%,说明找矿难度愈来愈大。因此,更应该珍惜矿产资源,充分合理地综合利用矿产资源。

我国《矿产资源法》中规定,“……对具有工业价值的共生和伴生矿产应当统一规划,综合开采、综合利用。”我们应该从

执行法律的高度,充分认识矿产综合利用的紧迫性。

6 矿产综合利用是防治环境污染保护人体健康的需要

治理污染、保护环境为全球性一项战略紧迫任务,也是我国的一项重要基本国策,我们既要发展经济又要保护环境。环境保护的领域十分广泛,涉及到上管天、下管地、中间管大气。矿山的废石、废水及选厂的尾矿,冶炼的废渣、废气、废液等工业三废,都是污染源,是造成环境污染最重要的原因。它们污染空气、水域、危害农业、牧业及人体健康,并侵占大量国土,不断破坏和恶化人类的生存环境。我国水域污染严重每年造成的经济损失达 434 亿元。我国大气污染严重,每年向大气排放 C 1400 万吨,占世界的 13%,排入 SO_2 1500 万吨,占世界的 10%。

然而,工业“三废”这些常见的污染源又是宝贵的资源,是综合利用的重要对象。我国大气污染主要是 S 和 C,以冶炼厂排放的烟气为例,利用 S 制酸的回收率,若由一般只有 60%~70%提高到 85%~90%的话,则每年可多回收硫酸 40~50 万吨,相当于减少进入大气的元素 S 15 万吨左右,就可大大减轻 SO_2 对大气的污染和人体的危害以及酸雨对农作物的影响。因此,加强矿产品和工业“三废”的综合利用,不仅可以充分合理地利用矿产资源,而且可防治公害,保护人类生态环境,造福子孙后代。要知道,生态环境被污染在它的发展过程中,具积累性、渐进性、隐蔽性,最后爆发具有突发性和全局性,人们一般不认识,一旦爆发严重的环境危机,一方面带来巨大的经济损失,另一方面不易很快恢复,甚至难以挽回。