

## 无废矿山可行性初探\*

田传明

(冶金部情报标准研究所)

通过对资源的有限和人类对它需求的无限,人类认识矿产资源的规律和矿物综合利用现状三方面的分析论证,得出了实现无废矿山是完全可行的结论,并指出了我国也具备无废矿山建设的主客观条件。

**关键词:** 无废矿山;地质经济;综合利用

### 前 言

矿产资源短缺一直是困惑人类发展的一个问题。随着现代工业的日益发达和人类物质生活水平的提高,社会对资源的需求量越来越大,从而导致资源稀缺程度的进一步加剧。面对资源短缺,目前世界各国都在寻求解决的办法。有的认为应向海洋进军,从中获取资源;有的甚至提出到外星球去采矿或移民到其他星球,以逃避地球资源的枯竭。这些解决办法或思路,即使将来有可能实现,但至少在近一个世纪内不可能有实际的价值。加强地质勘探虽然可以获得新的储量,但从目前的国力现状出发,要拿出大量资金投入地质勘探也不大现实,因此,挖掘现有地质资源潜力,加强矿山综合利用,实现矿山的无废化开采,是一种经济有效而易于实现的办法。本文旨在论证这一办法的可行性。

### 无废矿山的含义

无废矿山,顾名思义就是没有废物产出的矿山。目前,它是一种理想的矿山形态,在这种形态的矿山里,所有的采出物都将得到利用,没有采矿废石,也没有选矿尾矿。

无废矿山的研究属于地质经济研究范

畴,因为废与不废本身是以经济指标为准则的,实现无废矿山就是要实现矿山的最大经济价值。

无废矿山之所以是理想形态的矿山,是因为目前它的确还只是一种理想。无废矿山是个整体概念,是对全矿山的生产而言,而非采选的某一个方面。无废矿山和矿山的无废是两个不同的概念。根据笔者掌握的资料,目前还未发现有一家完全实现无废的矿山,有些成功的无废工艺流程,如苏联的耶斯丘尼铁矿,深部中段的磁铁矿实现了无尾矿选矿,但它们并不是矿山的整体无废,而是局部无废,这算不上无废矿山。

要确切地阐述无废矿山的含义,还需区别环保意义的无废和工业意义的无废。环保意义的无废是指没有环保意义的废物排出,包括废水、废气等能对环境造成污染的物质。工业意义的无废则是从工业利用的角度出发,全部利用矿山的采出物,包括废石、表土及尾矿。大体上说,工业意义的无废对黑色和有色金属矿山来说,是指对固体产出物的完全吸收利用。本文仅讨论工业意义的

\* 本文在1988年11月保定召开的“中国金属学会地质学会首届青年科技工作者学术报告会”被评为优秀论文——编者。

无废矿山。

无废矿山的发展型式可以分为二种：一种是托拉斯式，一种是康拜因式。所谓托拉斯式，是指对矿山采出的所有固体物质的利用或深加工都由矿山独立承担。由于采出物的全部利用或深加工是一项综合性工作，包括较多专业的工艺过程。且不说矿石和废石的综合利用有金属和非金属两套截然不同的处理系统，就是矿石的综合利用，提取其中众多的伴生组份，工艺就十分复杂，往往要有黑色、有色、甚至核工业介入。完成这一工作需要跨行业的众多专业技术人员的共同协作，由不同的机器设备组合进行生产，因而采用这种运营模式的矿山将是一个综合性的企业实体，故此定名为托拉斯式。依此类推，康拜因式就是指对矿山采出的所有固体物质的利用或深加工，不由矿山独立承担，而是联合各行业如建材、陶瓷烧制等其他生产系统协作完成。由于这种形式的无废矿山将由一系列子企业组成，矿山和这些子企业没有行政上的往来，它只是负责给各家子公司提供初级原料产品或部分经初步深加工的产品，目的是推销出自己采出的物质。

## 无废矿山的可行性

### 1. 资源的有限和需求的无限决定了无废矿山是矿山发展的最高形态

资源的再生速度相对于人的生命期限而言是微不足道的，从这个意义上讲我们可以认为资源是不可再生的。而人类的需求却是无限的，并且这种需求随着时间的推移，加速度会越来越大，因为科技水平的逐步提高，促使全球工业化程度不断加深。据统计，1954~1975年的25年间，世界人口增长53%，而主要矿物原料及其产品的消耗量却增加了2倍多。因此，资源的有限和人类需求的无限这对矛盾的对立将会尖锐地持续下去。为了更直观地认识这个问题，我们看看下面的资料。

罗滨逊调查所1975年就曾提出这样的观点：按1972年的资源耗竭率计算，世界石油储量只够使用35年。这个数字还是偏于保守的，实际情况比预计的更为严重，因为资源的耗竭率正在增加。

诺得豪斯早在1974年曾推断某些主要矿产的储量与年消耗量之比和地壳丰度与年消耗量之比两个统计指标（见表）表明，按探

世界几种主要矿物的利用年限

矿物	探明储量/ 年消耗量	地壳丰度/ 年消耗量 ( $\times 10^6$ )	最终可发现的*资源/ 年消耗量
铜	45	242	340
铁	117	1815	2657
磷	481	870	1601
钼	65	422	630
铅	10	85	162
锌	21	409	618
铀	50	1855	8455
铝	23	38500	68066

\*：1km深范围内总利用率的0.01%。

明储量，8种主要矿物资源中最多的磷，可够481年之用，而铅只够10年之需求。再从地壳1km内最终可发现的资源来看，最丰富的铝可维持68066年，而最缺乏的铅只够用162年。

从资源供给与人类需求之间的巨大差异，可以作出这样的推断：几万年以后（假设诺得豪斯的推断是正确的），人类为了维持生存和发展，只能在地球上寻找必需资源耗尽后的替代资源，那时候，地下的所有物质都会变成可用的矿产，而现在排斥的矿山废石和尾矿则首当其冲。因此，无废矿山是矿山发展到一定历史阶段的最高形态，随着人类对资源需求程度的加深和科技水平的不断提高，无废矿山这一理想形态的矿山终究会出现。

### 2. 人类对矿产资源的认识规律决定了无废矿山是矿山发展的最后形态

矿产与非矿产，这两者没有截然的界限。所谓矿产，即在现行的价格下，应用现

行的技术,可以进行有利的生产的矿物质,而“现行价格”和“现行技术”是随着科技水平、经济条件的变化而变化的。

事实也是这样。人类对矿产的认识总是遵循从低级到高级,由浅到深,由点到面的发展过程。一百多年前,金属铝还象黄金一样稀有和珍贵,只是在电解熔融铝技术发明以后,其产量才有了快速增长。金属钛是1790年发现的,只是在1910年即120年后随着分离技术的问世,才提炼出较纯净的钛金属,直到本世纪50年代才掌握了钛的加工技术,60年代开始用于航空和军事工业。这些事实说明,人类对矿产的认识是逐渐加深的,不论什么矿产,终究有一天,人类会认识它,掌握它的性质并用来为人类服务。因此,到了一定的时候,矿山采出物中的所有成分都会被认识,并找到工业利用的途径。所以,无废矿山是矿山发展的最后形态,它的实现只是个时间问题。

### 3. 矿物综合利用研究的现状预示着无废矿山时代的到来

矿物资源的综合利用,是无废矿山建设的基础。无废也就是完全彻底的综合利用。现代综合利用研究的长足进步,预示着无废矿山时代的到来。

纵观当今矿山的综合利用,归纳起来不外乎以下三条途径:一是利用原来不能开采的低品位矿石或表外矿;二是矿床中伴生组份的回收;三是采矿废石和选矿尾矿的综合利用。这三方面的彻底利用是无废矿山的标志。

(1) 低品位矿石或表外矿的利用:这项工作在我国和苏联开展得较好。我国现已开始研究黑色冶金矿山低品位矿石和超薄矿体的利用问题,其中以河北石人沟铁矿的效果最为明显。该矿的入选矿石边界品位从原来的20%降低到15%,为矿山增加了104万t地质储量,延长矿山寿命3~4年。此外还有齐大山铁矿、眼前山铁矿、歪头山铁矿和铜

陵狮子山铜矿等都在这方面取得了成功。国外也不乏成功的例子。苏联乌拉尔和西伯利亚地区品位16%的磁铁石英岩和钒钛磁铁矿等磁铁矿贫矿都已回收利用。美国的卡林型金矿,品位只有0.1~3g/t的贫矿也得到了利用。

总之,低品位矿石的回收利用是一件极有意义的工作,它减少了矿山的废石和尾矿的后继排放量,为矿山的无废化生产开辟了途径。

(2) 金属伴生组份的提炼:多种有用成分伴生,是许多矿山、尤其是有色金属矿山的的一个重要特点。伴生组份提炼技术的高低,直接关系到对矿石的全面利用,它对无废矿山的建设有着直接的影响。现代技术的进步对解决这一问题的前景是令人鼓舞的。

据报道,苏联从有色金属中可以回收70多种组份,其中62种是从伴生组份中提取的。全苏综合利用矿产品的价值,达到矿产品总价值的30%。约有1/4的黄金,大部分白银以及铋和铂族金属都是从有色金属矿中提炼出来的。例如上第聂伯矿冶公司选矿厂从含20种元素的原矿中回收了18种元素,可生产5种精矿。

西方国家42%以上的磷和99.8%的氮都是从天然气中提取的。55%的钽来自东南亚的锡渣。美国从副产品中提取的黄金已占黄金总产量的40%。日本能从金属矿石中回收铜、铅、锌、硫、铁、金、银、钴等几十种金属。秘鲁能回收的矿产组份也多达17种。

研究表明,世界上几乎全部稀散金属都是从副产品中获得的。全世界各主要产金国的相当一部分黄金来自有色金属的副产品。

近几年来,选矿和提炼技术取得了进步,研究出直接还原法、强磁分选法、等离子体工艺、选择性絮凝技术、激光光电选矿以及硫流体分选法等新方法。从而使得高价金属化合物在不熔化的条件下便可以还原为低价金属产品。将超导材料引入选矿机械,

使得断电后仍能保持强大的磁场。等离子技术的应用使得纯净的电转热成为现实。此外,絮凝技术、激光光电技术、硫流体分选技术都极大地改善了选矿性能,使原来不能分离的矿物现在能分离出来,原来分离程度差的矿物现在分离程度大大提高了。

(3) 采矿废石和选矿尾矿的综合利用:采矿废石和选矿尾矿是矿山采出物中量最大的一部分,因而是无废矿山建设要处理的重点。冶金工业本身的发展,建筑业的兴旺发达以及其他行业诸如化工工业蓬勃发展之需求,使废石和尾矿利用成为可能。

废石的综合利用包括地表土和采矿废石两类。现代大规律采矿趋向于向露天化发展,因此采矿过程中要毁坏大量的农田,剥离出大量的地表土。现在处理这些地表土的最佳办法是暂时囤集起来,为以后的复田还耕作好准备。苏联黑色冶金工业各矿山企业用这种方法复田4000多公顷,既利用了沃土又减少了囤集用地。采矿废石综合利用的途径主要是作为建筑材料的原料。现有资料表明,废石作建材原料的发展方向是:制造水泥、建筑陶瓷、砖、硅酸盐墙板、平板玻璃、建筑用砾石和混凝土填料等。除此而外,还可将废石用作铺路基石,甚至可用某些废石提取有用成分制造农用肥料。

据苏联的研究表明,金属采矿产生的废石用于建材工业,可以弥补建材供给的巨大缺口。如果所有的非建材矿山的废石都利用起来,那么至少可关闭2/3的现有建材矿山,从而节约大量的资金。全苏黑色冶金矿山每年排出的采矿废石中有5亿多t得到了综合利用,其中建筑碎石约占20%,制造水泥的占16%,制造陶瓷和硅酸盐墙板的分别占11%和7%,其余用作道路基石。

保加利亚将回收的石英用作水泥惰性混合料和炼铜的熔剂。

捷克将磨细的石灰石和重晶石加入颜料制成彩色砖,用作装饰砖。

印度从钾长石(含钾2~14%)中提取可溶性钾盐制造肥料,并将尾渣制成硅酸盐水泥。

选矿尾矿的利用方法有些类似于采矿废石。控制尾矿的产出量,采用无尾矿或少尾矿选矿工艺,是减少尾矿量的重要措施。干式磁选尾矿可用于制造重型混凝土,湿式尾矿可用于制造水泥、砖、装饰面板、砂砾石等。苏联综合利用尾矿的成绩显著:佩尔沃乌拉尔斯克矿务局,每年可提供350万t尾矿碎石修筑公路和作混凝土填料;加工碎石的收入高达70%。

美国一些氰化物尾矿堆经再磨和氰化,可回收铅、锌、锂。还从铅矿废石中回收镓石。再从尾矿中回收长石和石英。

南非兰德金矿1977~1978年的9个月期间,处理旧尾矿1169万t,产出黄金2641kg,  $U_3O_8$  114.9t,盈利1000万美元。

加拿大研究出从石棉尾矿中提取镁的方法,4t尾矿可生产1t镁。

## 结束语

无废矿山是当今世界资源短缺状况恶化的必然结果,研究和建设无废矿山势在必行。关于无废生产的思想,在中外学者的文章中屡见不鲜,如苏联学者科扎科夫就在其“矿产综合开发的经济论证问题”一文中指出:合理利用所采矿物原料是矿产综合开发总任务中的一项内容,对固体矿产来说,上述任务包括:从全面利用各种产品的观点出发,应充分地研究矿产资源的地质、工艺和社会经济问题,用少废工艺开采矿床和处理矿物原料。但更有前途的还是无废工艺。他认为无废生产有着广阔的前景。

我国也具备建设无废矿山的条件。

首先,从认识角度看,我国历来注重矿产资源的综合利用,反对资源的损失和浪费。党和政府把保护国有资源当作一件重要的事情来抓。矿产资源法将保护资源提高到法律

的高度，这充分反映了国家对资源问题的重视。在学术研究领域，保护资源、资源的综合利用一直是研究的主题之一，并已取得了很大成绩，有些研究的结果已为矿山所接受，并转化为生产力。这些在主观上、理论上奠定了建设无废矿山的基础。

再从我国目前工业发展规模看，我国的工业化程度提高得很快，这是进行无废矿山建设的有利外部条件。因为工业愈发达，对原材料的需求就愈多。工业的原材料来源除农业外就是矿业。工业化程度越高，对矿山采出的固体物质的需求就越彻底，越有利于无废矿山的建设。对建筑材料的巨大需求，为矿山采矿废石和选矿尾矿的工业利用开辟了宏大的市场。冶金工业的科技进步使得矿山的主金属与共、伴生元素的分离成为可能，从而促进了矿物的综合利用。同样，其他工业部门对矿山采出物的需求也与日俱增，可以相信，目前没用的某些组份，将来可能为某些工业部门所用。总之，工业化程度的提高为无废矿山的建设创造了条件。

最后，从经济角度看，矿山实现无废化生产是一本多利的。金属矿山被当作废石扔掉的低于工业要求品位的矿石或不含品位的

围岩，本身包括有采矿、运输时投入的前序费用。如果是尾矿，则还包括选矿投入的费用。若将地质勘探费、采矿费、运输费、选矿费用和管理费用加起来，前序费用将是十分可观的。如果不利用这些采出物，就等于把钱白白扔掉。同时，堆放这些排弃物要征用大量农田，还要支付土地征用费和场地管理费。如果有污染性，则还要交付环保费用。这些费用消耗了国家的大笔资金，降低了企业的经济效益。若实行无废开采，矿山则只需花去一笔研究或协作款就可以收回内含于那些废弃物中的所有前序费用。不但如此，利用后的废弃物已成为商品，售出后还有利润收入。因此，无废矿山的建设从经济上讲是十分合算的。

当然，本文只是从理论上探讨了无废矿山的可行性，实际情况则复杂得多、困难得多。但是复杂并不等于不可知，困难并不等于不可为，从论证中可以得出这样的结论：无废矿山是完全可行的。

本文作为抛砖引玉，初步探讨了无废矿山建设的可行性，目的在于引起关心资源短缺及解决对策的同志们的讨论，集思广议，推动资源综合利用研究的发展。

## On the Possibility of No Waste Product Mine

Tian Chuanming

The World mineral resources are limited while the human demand for them is unlimited. Based upon an analysis of human understanding level to mineral resources and the current situation of comprehensive utilization of mineral endowment, it comes to a conclusion that to establish a mine without waste products is entirely possible. The subjective and objective conditions for establishing and constructing No Waste Product Mine in our country are put forward.

