# 加强共伴生矿产综合研究，走资源节约型道路

## Resource Economical Way Through Comprehensive Utilization of Coexisting and Accompanying Mineral Resources Save on Mineral Resources

王静纯

（北京矿产地质研究所，北京 100012）

Wang Jingchun

(Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, Beijing 100012, China)

摘 要 文章通过稀有和贵金属在各种有色金属矿床中的分布和潜在价值的研究，及伴生元素的综合利用效果的调研，以准确的数据和详实的实例论述了共伴生矿产综合利用是挖掘矿产资源潜力，走资源节约型道路的最佳途径。

关键词 矿产资源 共伴生 稀贵金属 综合利用

与矿业先进国家相比，我国矿业技术整体水平较低，多年来粗放型增长方式使矿产资源消耗过大。矿产资源总回收率比矿业发达国家低 10%~20%以上。更值得注意的是，矿产勘查与开发中重主（金属）轻副（共伴生金属），使大量有价矿产未被发现回收，作为废弃物丢弃或随矿尾流失。目前对共、伴生矿进行综合开发的仅占 1/3。据悉，每年流失在金属矿山尾矿中的黄金就达 20~30 t，个别矿山 80、90 年代以前的老尾矿中金、银含量高达 0.58 g/t（某夕卡岩型铜矿）与 72.2 g/t（某层控型铅锌矿）。估计积存在尾矿中有价物质的潜在价值达 5 万亿元（曾绍金，2001）。据全国人大环境资源委员会调查，建国以来，我国国民经济产值增长 10 余倍，而矿产资源的消耗却增长了 40 多倍。以矿产资源高消耗的沉重代价支持经济增长是难以持久的。加强矿产资源综合研究，提高有用组分总体利用水平，已成为矿业持续发展的战略需要。

## 1 加强共伴生矿产资源综合研究，促进矿业经济增长方式转变

### 1.1 我国伴共生矿多，潜在价值可观

我国矿产资源的特点是单一矿种少，伴共生矿多。据地矿部对全国 600 余个大型矿区统计，含两种或两种以上可利用矿产的矿区占统计矿区总数的 95%以上。已开发利用的 140 余种矿产中，有 87 种是伴共生矿，占总数的 62%。全国有色金属矿的 85%以上是综合矿产，铅锌矿床伴共生矿产达 50 余种。全国银储量的 90%，金储量的 45%是以共伴生形式产出的。经地矿部概算，我国矿产资源的工业储量潜在价值约 91.3 万亿元，共伴生有益组分的潜在价值占总价值的 37%，约为 34 万亿元。

### 1.2 铅锌矿床是银的主要来源

据铅锌、铜、多金属矿床银含量统计，铅锌、铜、多金属矿床普遍含银，其中铅锌矿床含银最高，平均 86.7 g/t（153 个矿床）；多金属矿床和铜矿床含银略低，分别为 48.6 g/t（45 个）和 37.2 g/t。另据我国银品位大于 150 g/t 的矿区银储量统计，其中铅锌银共生矿区银储量占银统计总储量的 53.6%。铅锌矿床是银的主要来源。

以矿产银为例，近几年各类矿石产银占矿产银比例，铅锌矿石为 40%~43%，铜矿石为 20%~26%，其

作者简介 王静纯，女, 1943 年生，高级工程师，主要从事银矿地质、矿物学和工艺矿物学研究。

他矿石为 18%~27%。铅锌矿石是矿产银的主要来源。2000 年，我国矿产银共计 1588 t，其中有色金属矿产银 1541 t，金矿产银 47 t（杨树生等，2001），有色金属矿产银占全国矿产白银的 97%。上述说明，充分研究和回收利用有色金属矿，特别是铅锌矿中共、伴生银是我国白银增产的主要途径。

**1.3** 稀散和铂族金属主要共伴生在有色金属矿床中

自然界中的稀散金属的独立矿物已发现近 200 种，但极为稀少，很难形成具有工业利用价值的独立矿床，主要呈分散状态存在于有关的金属矿物中。在为数不少的有色金属矿床中，共伴生的稀有和铂族金属的储量达到中型或大型（表 2）。加强研究回收利用这些矿区中共伴生的有价金属，是挖掘矿产资源潜力，保护和利用资源，净化环境，提高资源价值的关键。

如广西大厂矿田，每采 1 t 锡含量的矿石，就伴生铅 0.47 t，锑 0.39 t，锌 3.45 t，银 3.6 千克，铟 7.2 千克，镉 238 千克[1]。大厂矿区除锡为超大型规模外，铟、镉金属储量也均达到超大型。按照近两年有色与稀贵金属市场价格对大厂资源潜在价值进行了估算，其中锡价值占资源总价值的 41.49%，铅、锑、锌的价值占 37.51%，银、铟、镉的价值占 21%。共伴生矿产资源的价值相当可观。

表 **1** 我国部分矿区稀贵金属储量占全国比例（%）

| 矿区名称 | 镓 | 铟 | 铊 | 锗 | 硒 | 碲 | 铼 | 镉 | 铂族 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 德兴铜矿 | 15.0 | 14.4 | | | | 41.9 | | | |
| 城门山铜矿 | 4.2 | | 9.1* | | 有 | | | | |
| 大厂锡矿 | 0.1 | 34.1 | | | | | | 4.9 | |
| 个旧锡矿 | 0.5 | 2.4 | | | | | | | |
| 凡口铅锌矿 | 1.1 | 有 | | 30.5 | | | | 2.5 | |
| 金顶铅锌矿 | | | 91.7 | | | | | 41.0 | |
| 大宝山多金属矿 | 0.1 | 3.1 | 2.0 | | 8.0 | 41.4 | 1.5 | 1.0 | |
| 金堆城钼矿 | | | | | | | 69.7* | | |
| 金川铜镍矿 | | | | | | | | | 57.0 |

据 1999 年储量表统计。* 勘探储量。

又如湖南七宝山多金属矿，金属储量铜、锌为中型，铅小型，伴生锗、碲、铟均达大型，镉、镓为中型（中国矿床发现史，1996），充分研究回收这些伴生资源，即可使中、小矿变大矿，一矿变多矿。

表 2 列出了我国有色金属矿床中稀贵金属的分布概况。

表 **2** 我国有色金属矿床中稀贵金属分布概况

| 金属 | 产出方式 | 保有储量占全国保有储量比例 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 铅锌矿 | 多金属矿 | 铜矿 | 锡矿 | 铜镍矿 | 钼矿 | 铝土矿 |
| 镓 | 伴生 | | | $^1/_{20}$ | | | $^1/_5$ | $^1/_2$ |
| 铟 | 伴生 | $>^1/_2$ | $1/_3$ | | $<^1/_{10}$* | | | |
| 锗 | 伴生为主 | 70% | | | | | | |
| 镉 | 伴生为主 | $^9/_{10}$ | $<^1/_{10}$* | | | | | |
| 硒 | 伴生为主 | | $^3/_{10}$ | 铜钼矿 $^1/_{10}$ | | $^1/_2$ | | |
| 碲 | 伴生为主 | | $^4/_5$ | $^4/_5$ | | $<^1/_{10}$ | | |
| 铊 | 伴生 | $^9/_{10}$ | $<^1/_{10}$* | | | | | |
| 铼 | 伴生 | | | | | | 钼矿与铜钼矿 | |
| 铂族 | 伴生为主 | | | | | >70% | | |

*包括铜矿中的含量

我国绝大部分稀散和铂族金属伴共生在有色金属矿床中。稀散金属矿产，仅有个别金属在特殊条件下形成单一矿床，如大西沟碲矿。有近 1/5 的镓、锗产在煤矿中，少量硒、镉产在钒、铁矿床中（丘向东等，1995）。

我国大部分铂族矿产伴生在铜镍硫化物矿床中，金川矿区保有铂族金属储量占全国铂族保有储量的 57%，达超大型规模。云南金宝山单一铂族矿金属储量占全国保有储量的 17.8%但尚未开采。

随着现代高科技工业的发展，稀散和铂族金属应用领域的不断扩大，其需求量与价格不断增高，充分回收利用，既可避免资源的浪费，又将增加企业的经济效益。

## 2 矿产勘查阶段资源综合查定研究可取得事半功倍的效果。

矿产勘查阶段资源的综合查定及有益组分赋存状态研究，是从矿床学、矿石学以及工艺矿物学等方面，研究并提供主金属以及共伴生有益和有害金属的产生状态，地质分布规律和矿物嵌布关系，共伴生金属与主金属的关系，以及各类有价之素在各种矿石或载体矿物中的分配特点和理想回收率等。可以预测即将进行的回收利用中可能发生的主要工艺问题，为矿山采、选、冶等各个生产环节工艺流程设计的科学性和有效性提供地质依据，是充分回收利用有价资源，有效控制有益组分流失的必要保障。

**2.1**　矿产开发前期伴共生资源预研究效果显著

加强矿产开发前期伴共生资源查定研究，可取得事半功信的效果。例如，在中央财政支持下，于 1988 年至 1990 年共下拔银矿勘查资助费 665 万元，由中国有色金属工业总公司铅锌局在中央直属铅锌矿山安排进行了 52 项银的赋存状态与分布规律研究课题，并配合必要的坑探、钻探和坑内小钻工程以及测试化验分析等工作。共查定新增白银 2982 t，折合探获 1 吨白银只花去勘查补助费 2230 元，即用 1 万元勘查补助费，探获白银 4.49 t 金属量，效果十分显著。通过对伴共生银、金矿产的研究，还新发现了一批独立银矿体和金矿体，促进了选矿工艺流程的改善和金、银回收率的提高,为矿山企业创造了可观的经济效益。

如白银厂小铁山多金属矿，在银的赋存状研究之后与研究前相比，铅精矿银含量增长了 3 倍，银的选矿回收率也在研究后净增长了 16.18%。八家子铅锌矿和锡铁山铅锌矿，研究后和研究前相比，银的选矿回收率分别增加了 22.41%和 14.3%。部分铅锌矿山银的产值已占全矿总产值的 20%~40%以上，目前银产值已成为铅锌矿山利润的主要构成部分。

**2.2**　伴共生金、银综合研究查定实例

如水口山矿务局，通过伴共生金、银赋存状态研究及综合查定，使铅精矿的银品位提高了 9.62%；在水口山矿区、康家湾矿区、柏坊铜矿区共获得伴生金金属量 3.55 t，伴生银金属量 102.6 t，总价值约 3 亿元。

中条山有色金属公司❶建矿之初只有勘探提供的单一矿产铜，伴生资源不清，未列入矿山产品计划。通过在生产区段进行伴生组分分布规律和赋存状态研究，仅在 1987 年至 1993 年间，篦子沟和胡家峪两矿区获得金属储量金 8 t，银 47 t。1987 年开始将金银列入矿山生产计划。据统计，1986 至 1995 年，公司所属三个矿区共生产伴生金 n 吨，银约 30 t，钴 200 余 t，硫 25 万 t。按矿产品产量及质量指标计算，产值共计 1.76 亿元（按 1990 年不变价），约占矿山总产值的 40%。

在全国矿山开展的伴生金、银查定研究，使全国有色金属矿山伴生金、银产量“八五”期间有较大幅度增长，1995 年与 1990 年相比，伴生金产量提高了 27%，伴生银产量提高了 33%。

## 3 依靠科技进步，提高矿产资源综合研究利用水平

上个世纪 90 年代以来，在政府主管部门支持下，有色金属矿山企业加大了矿产资源综合利用研究和应用的投入，通过科技攻关和技术改造工程的实施，强化了矿产资源综合利用研究和成果的转化，获得了一批重要成果，提高了全国有色金属矿产资源的整体利用水平。

如大厂矿务局❷，60 年代中期以前基本回收锡一种金属，至 70 年代开始回收锌，后来又综合回收铅和锑，但由于关键技术没有解决，回收水平很低，导致年损失金属资源数万吨，经济损失数亿元。经过“七五”、“八五”的科技攻关，强化科研和投资力度，加大研究与技改投资经费，用以研究解决采选冶各生产环节的关键技术，资源综合回收利用效果显著：大厂矿区产出的 15 种有价金属已回收了 9 种。生产技术指标大幅度提高，采矿贫化率下降了 20%~25%。选矿回收率锡和锌分别提高了 20%，铅提高了 40%；锡

❶中条山有色金属公司. 1997. 中条山有色金属公司重视资源综合利用，提高企业综合效益.
❷柳州华锡集团有限公司. 1997. 大厂资源节约和综合利用概况与展望.

冶炼回收率从 91%提高到 94%。锡锌铅锑银五种金属采选冶资源总利用率从 1985 年至 1995 年提高了 40%，按 1995 年开采消耗的地下资源 7.14 万吨金属量计算，由于综合回收生产技术指标的提高，年回收金属 3.07 万 t，其中年多回收锡 2500 t。

如贵溪冶炼厂(陈世蓬，刘立仁，1997)年处理铜精矿 40 多万吨。按年产铜 10 万吨计，每年进厂原料中含铅上千吨，砷、锑、铋几百吨，镉、硒、碲、铟、镍几十吨。对冶炼铜来说，这些元素是电铜的有害杂质，回收利用即可产生可观价值。通过科研和技术改造，研究并投产了合理处理贵冶阳极泥的工艺流程，阳极泥处理能力增加了一倍，使电金、电银产量分别提高了 2 倍和 1.4 倍。现在从阳极泥中年回收的硒、碲产值就达 1200 余万元。

金川公司持续 15 年多学科联合攻关，彻底改善了金属流失严重的局面，镍、钴、铂族金属生产技术达到了世界水平。金属回收率从 1978 年到 2001 年，镍提高了 11.06%，钴提高 20%，铂钯提高了 21%，锇铱钌铑提高了 41%~43%（曾绍金，2001）。

科学调整主金属与伴生金属回收率，可有效提高矿产品总体效益。银山铅锌矿通过试验研究，采取适当降低铅精矿品位（5%），提高银的回收率（7%），使矿产资源总体经济效益得到提高。

目前有色金属企业每年综合回收的硫占全国总产量的 40%，伴生金产量占全国金总产量的 10%，伴生银产量占全国白银总产量的 90%左右，铂族金属几乎全部从综合回收得到，钴、铟、锗、镓、铼、硒、碲、镉等也多为综合利用所得。

矿产资源潜力和矿产综合开发利用程度是国家经济发展水平和总体实力的具体体现。

我国矿产资源综合利用研究尽管取得了不少成果，获得的经济效益和社会效益显著，但与国外矿业先进国家相比，差距明显。矿产资源综合利用潜力巨大，任务也十分艰巨。

坚持资源开发与节约并举，把节约放在首位。依靠科技进步，加大矿产资源综合研究力度，挖掘现有资源潜力，是解决矿产资源短缺，促使企业经济增长方式从粗放型向集约型转变的有效途经。

## 参 考 文 献

丘向东，林伯颖编. 1995. 有色金属进展. 五卷：稀有金属与贵金属. 长沙：中南工业大学出版社， 332.

杨树生，杨昭民. 2001. 我国白银工业发展现状及供求分析. 北京：有色金属工业,（8）：14.

曾绍金主编. 2001. 矿产、土地与环境. 北京：地质出版社， 123~149.

中国矿床发现史· 湖南卷编委会. 1996. 中国矿床发现史· 湖南卷. 北京：地质出版社. 110~113.