

有色冶金工业中的 矿物原料综合利用

И. М. 格拉柴尔斯坦 著
冶金工业出版社期刊组 译

冶金工业出版社

И. М. Градештейн
КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
РУДНОГО СЫРЬЯ В ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ
Металлургиздат—1958 Москва

有色冶金工业中的矿物原料综合利用

編輯：王忠义 設計：韓晶石 校对：徐文

冶金工业出版社出版(北京市燈市口區55号)

(北京市書刊出版業營業許可証出字第083号)

北京市通州区印刷厂印 新华書店发行

1959年6月第一版

1959年6月北京第一次印刷

印數 3,510 册

開本787×1092 1/32 38,000 字·印張 1 $\frac{28}{32}$

統一書号15062·1656 定價 0.22 元

內 容 提 要

本書闡述有色冶金工業中原料綜合利用的各項經濟問題和提高原料綜合利用率的主要途徑。書中論述了原料綜合利用與其他工業部門相互協作與聯合的問題，以及改進生產與成本計劃方法和計劃組織方面的任務。

本書對象是有色冶金企業的廣大工程技術人員和計劃經濟人員。本書對於實行原料綜合利用的其他工業企業的工作人員也有所裨益。

本書由彭蘊璣同志譯出，王宗義同志校對。

一、原料綜合利用在苏联国民 經濟中的意义

苏联共产党第二十次代表大会的指令中規定了提高工业原料綜合利用率的任务。原料綜合利用問題具有重大国民經济意义的原因是，它有助于减少活劳动与物化劳动在产品生产中的单位消耗和降低建設新企业和改建現有企业时的单位投資。綜合利用原料可以改进产品质量，扩大工业原料基地，并且还是許多稀有和稀散元素生产的唯一源泉。沒有稀有和稀散元素就不可能进一步发展原子、热核子、半导体和真空技术，也不可能发展自动化科学、遙控力学及其他現代技术的重要部門。

将原料在其处理过程中进行綜合利用，乃是发展新生产部門的先决条件。它能加强各个生产部門之間的联系，促使全国各个地区建立起更为完整的生产綜合体，更好地滿足各經济区利用当地原料資源的需求。科学院士A·E·費尔曼写道：“綜合观念在根本上是一种經济学观念，即以最小限度的資金和动力創造最大限度的价值，但是，这并不是只适用于今天的观念，而是要保护我国自然財富不被粗暴揮霍的观念，是要将原料利用到底的观念，是为了将来而保存我国自然矿藏的观念。这种观念使我們最有效地利用生产力，为采用尖端技术开辟道路，这样不仅可按产品品种部署企业，同时也按工艺过程和地方原料的性質来部署企业。”^①

① A·E·費尔曼“矿物原料的綜合利用”苏联科学院 1952 年 第 19 頁。

对有色冶金工业說来原料綜合利用的意义尤为重大。有色冶金工业的原料基地，主要是物質成分复杂、金屬品位不高的各种多金屬矿石。

矿床的工业开采，其經济效果决定于原矿中各种有用組分的利用率。有色金屬矿石是提取稀有和稀散元素的重要来源。例如，由鋁土矿和鋁生产廢料中提取镓，而从鋅生产中可以制取銻、鉍和錳（处理鉛和鋅精矿时，稀有金屬富集在烟尘廢料和置換沉淀金屬时的沉淀物中）。锗由鋅生产廢料和煤加工廢料（煤灰、瀝青产物、鉄水、瓦斯发生器的烟尘）中提取；铯由鉬精矿焙烧时生成的烟尘中提取；碲和碲則由銅和錳等电解精煉后的爐渣中提取。硒、碲、锗、鉍、铯和銻含于鋅、鉛、硫酸等生产的烟尘、升华物、矿泥以及其他廢料中。

有色金屬矿石是硫的重要来源。硫可以用来生产国民經济非常需要的硫酸和亚硫酸紙浆。有色金屬矿石中含硫的品位往往达到20—45%。

过去，我国的工业原料基地大都是利用它的主要产品和主要組分，不但将許多其他的有价組分弃入廢料和渣堆，还因而造成各个企业的工作效率降低，并須投入大量的附加基建投資。苏联前有色冶金工业部各管理总局所屬的一些企业，沒有关心原料所含全部金屬的綜合利用問題。

根据苏共中央二月全会(1957年)和苏联最高苏維埃第七次會議的決議，对工业和建筑工程管理机构实行了改組，于是，国民經济中原料綜合利用的問題，才可能更有效地得到解决。

有色冶金原料的綜合利用，是要在原料处理的各个阶段

——选矿、精矿熔炼、粗金属精炼，将各种有用组分制成商品产品或中间产品。

有色金属矿石的特点是金属品位不高（千分之几，甚至万分之几到百分之几），通常需经过选矿才能使各种有价值组分相互分离。

为了分离各种金属和硫，常采用多段选矿法、优先浮选法、尾矿和中矿精选法。这样处理之后，就会得到几种以含一种组分为主的精矿。分选出含不同金属的精矿，可以提高其中主要金属的品位、降低精矿中伴生金属的品位和提高金属实收率。

借提高主要金属品位和降低伴生金属品位，而改进选矿厂所得产品的质量，会有助于减少这些产品在冶炼过程中炼成粗金属和较纯的金属的费用。原料的综合处理，能使各种伴生组分转化成商品产品。

通过处理中间产品和生产废料（炉渣、窑渣、烟尘、矿泥），并从中回收各种有价值组分；以及利用各种冶金炉的废气等措施，就可以在冶炼厂中实行原料综合利用。综合利用有色金属矿石和精矿时所消耗的劳动与物质财富，完全可由多回收的主要组分和伴生组分来补偿，而这些伴生组分的国民经济意义却是特别重大的。

在个别情况下，即使不用附加投资，也可用现有设备来提高原料的综合利用率。原料综合处理的经济效果，在很大的程度上，取决于生产工艺和生产技术的完善程度。

在处理废料和中间产品的过程中，主要是回收原料中某些未直接通过生产过程基本循环或在生产过程中未能全部回收的有用组分。

为了处理废料和中间产品，广泛地采用着各种分支工艺流程。综合处理原料因而有助于更全面地回收原料中的每一种组分，扩大有色冶金企业产品的名目和品种，改进产品质量以及提高劳动生产率，降低产品成本和减少单位产品的基建投资。

在由同一种原料同时制取数种产品的情况下，由于无需耗费劳动来为每种产品分别开采原料，故可提高劳动生产率。例如，综合利用乌拉尔铜锌矿石时，开采这些矿石的生产费用至少应摊销在三种产品上：铜、锌和硫。有色金属矿石综合处理过程中的生产费用，比分别制取每种产品时（假如可能的话）的生产费用低。

利用金属品位不高的原料时，由于实行综合处理即便仅使金属回收率提高2—3%，也对劳动生产率和产品成本有很大影响。例如，某原矿中平均含铜1—1.5%，氧化矿中平均含镍0.5—0.9%，平均含钼为千分之几甚至万分之几。在铜冶炼总回收率为85.5%的条件下，从含百分之一铜的矿石中每制取一吨铜，即应消耗118吨原料，而当回收率为88.5%时，则只需113吨原料。若将金属回收率提高3%，为在年生产4万吨的冶炼厂中保证出铜任务，即可不再需要采掘、运输和处理20万吨矿石，而这些工作本来是要大量消耗活劳动和物化劳动的。

减少提取综合原料中所含每种金属的单位劳动消耗，也会相应地反映在产品成本的降低上。

提高原料利用的综合性，就可以将原料费用拿来生产更多的产品，从而提高企业的生产利润。

为了制取同等数量的金属，组织原料的综合处理比不会

面地綜合处理原料时，所需的基建投資要少。例如，已計算出，在現有的一些主要冶煉厂中，处理当前产出的爐渣和堆置多年的弃渣时，每月可以多获得 1 万多吨鉛、9—9.5 万吨鋅、1 千吨左右錫，以及許多种稀有金屬。为了建設上述生产能力的矿山企业和选矿厂，就要花費不少于 12 亿卢布的基建費用，而要建設爐渣升华装置，則只須花費不到 5 亿卢布。

在綜合处理矿物原料的基础上，有色冶金工业系統中的各个企业正在实行合作，并且也在和其他工业部門(化工、黑色冶金、建筑材料等)的企业实行合作。各有色冶金企业正在原料綜合利用的基础上实行生产集中和生产联合，也就是說，正在建立各种工业部門联合生产的大型企业，这些企业由于利用被加工原料中的許多种有价值組分而能生产数种产品。

例如，在北高加索和阿尔泰矿区，业已建成許多种鉛鋅工业的大型冶煉厂和公司，其中包括鋅、鉛、錫、稀有金屬、硫酸、硫酸盐和其他生产部門。

在原料綜合利用的基础上实行生产联合之后，可以显著地减少运搬半成品的运输費，降低对备用材料的需求，取消各种中間工序，保証工艺过程連續进行，加速生产周期，消除各生产部門中的輔助生产单位和設施。这样，由于减少处理产品的运送時間和在途中停留的時間，就能节省基建費、减少杂費开支、保証加速国民經济中的物資周轉。

在原料綜合利用的基础上实行生产联合，可为更合理和更均衡地部署工业創造有利条件。例如，在利用冶金爐廢气的基礎上，使有色冶金企业与硫酸生产部門相联合，这样在

有色金屬生产过程中来制取含硫气体，就可以无需建立大型的硫酸生产原料(黃鉄矿精矿和黃鉄矿)的仓库，从而可加速制取硫酸时的生产周期。此种生产联合，有助于降低取自硫化矿石的硫酸成本和有色金屬成本。

鉛鋅生产的联合，能保証提高綜合处理廢料和中間产品时的經济效果。由于处理廢料和中間产品，可以提高主要金屬的回收率，同时并可自鉛鋅原料所含組分中提取其他产品。

随着生产技术和生产工艺的改进，原料全面綜合利用率也在逐漸提高，而所謂生产“廢料”已經成为重要的工业原料。由此可見，綜合利用原料就会降低生产費用，增加所生产的物質財富。

生产有色金屬、重金屬(銅、鋅、鉛、錫及其他)、輕金屬(鋁、鎂、鍍)和稀有金屬的矿物原料，一般都是綜合性原料，含有数种有色金屬、稀有金屬、硫以及其他对国民經济有用的組分。例如，銅矿石中可能含有工业品位的鋅、鉛、金、銀、硒、鉬、鎳、鈷、鈾、硫、各种稀有元素等等。鉄、金和銀則几乎在各种銅矿石中都有。

举世无双的哲茲卡茲干矿床，不仅是一个銅矿床，而且也是一个鉛矿床。“波克罗”矿段的鉛儲量特別丰富。烏拉尔銅鋅矿石中平均每提取1吨銅就含有：2吨鋅、0.1吨鉛、50公斤鎳、5公斤砷、1公斤硒和碲、40吨硫、30吨鉄以及其他貴金屬、銅、鉍和鎘。鉛鋅(多金屬)矿石也含有銅、鉄、鎳、砷、鉍、硫和各种稀散元素等。单金屬的鉛矿石和鋅矿石則很少見。

銅矿石中所含的銅、鎳和鉍具有工业价值。各种硫化砷、

石中常含有足够工业回收的金、铂和铀。

各种稀散金属，由于原始原料中的富集比很小，故单独生产是不利的。因此，处理有色金属矿石时所生成的各种中矿和主要生产部门的废料，就成为回收稀有金属的原料。如：铂和铀会进入电解粗铜时所生成的炉渣；铟、铊、铋和铊则富集在锌生产的各种中间产品中。此外，将铝土矿处理成铝氧以及提取高纯度铝时所生成的中间产品中，都含有铀。

铝土矿中已发现有42种化学元素。在铝土矿的稀缺杂质中，目前除铀(含量0.005%)之外，钍(含量0.03—0.08%)也具有实用价值。

贵重的制铝原料——霞石，可以用来同时制取氧化铝、钾碱、苏打和水泥。目前，已掌握了综合处理科拉半岛霞石的工艺过程。1955年，第一个改进了霞石生产的沃尔霍夫铝厂，除了铝氧之外，已能提取水泥、苏打和钾碱。

二、有色冶金原料綜合利用的現狀及 提高原料綜合利用率的途徑

近年来，在許多企业原料綜合利用率已有显著提高。

但是在有色冶金工业中，原料綜合利用的現狀，还不能認為是令人滿意的。采出的矿石中有大量有价組分被不可回收地損失在以后的各个工序中，或是积留在中間产品和生产廢料內。原料綜合利用工作开展得較广泛的是鉛鋅工业的厂矿（“电鋅”冶煉厂、車里雅賓斯克煉鋅厂和烏斯奇-卡敏諾哥爾斯克公司）。

銅工业中的原料綜合利用

各种銅-黃鉄矿石都是綜合性矿石，其中也含有各种稀有金屬。

利用現有的处理方法，各銅工业企业只能从上述銅矿石的有价組分中比較全面地回收銅、一定数量的硒、碲和一部分貴金屬，硫則被选入黃鉄矿精矿。鉬是在选別銅矿的过程中回收，而大量的稀有和稀散金屬都被損失掉了。

各种冶金設備的气体中的硫，至多不过利用了20%，而且也不是每个企业都在利用。

烏拉尔銅鋅矿石的特点是含鋅量很高，但是，鋅的利用率根本不能令人滿意。紅烏拉尔冶煉厂用选矿的方法能相当充分地分选出鋅，而基洛夫格勒和卡拉巴什选矿厂鋅的回收率却很低。

自第三国际矿床的矿石中，將鋅选入鋅精矿的回收率約

为67%，而自卡拉巴什矿石仅为44%。銅精矿中的含鋅量高（8—10%），除能引起鋅的損失之外，当在反射爐中熔煉此种精矿时也会造成很大困难。烏拉尔各选矿厂推行銅鋅浮选的速度，緩慢得令人难以容忍。

捷格嘉尔矿床的矿石，不仅鋅未被回收，就是銅的回收率也不高。目前所用南烏拉尔銅鋅矿石的选矿工艺流程，只能提供低的銅、鋅及各种貴金屬回收率。

仅烏拉尔各冶煉厂，在处理銅矿石时，每年要損失数万吨鋅，而要获得这么多鋅，則应多建設造价几乎为15亿卢布的矿冶企业。卡尔薩克帕依选矿厂弃入河中的尾矿含銅品位比科恩拉德矿床原矿含銅品位还高。

目前，自烏拉尔銅矿石中約能回收82—83%的銅和极少一部分伴生組分：鋅約20%、硫50—55%、金58—60%、銀62%、鎳約20%。刚刚开始回收某些稀有和稀散元素，回收的数量也很少。在这种情况下，烏拉尔銅矿石全部有用組分的总值中，銅的比例約占半，而硫占一半以上。

烏拉尔的銅矿石是苏联生产鋅、鎳、硒、碲的一个主要原料基地。

被回收的各組分的价值，按銅、鋅和硫來說，仅为被处理的烏拉尔銅矿石中这三种組分价值的56—58%。

如前所述，各煉鋼厂气体中所含的硫还利用得很不够。

目前，只有紅烏拉尔、基洛夫格勒和阿拉維尔德煉銅公司正在利用冶煉加工中生成的二氧化硫来生产硫酸。

烏拉尔銅冶金工业的选矿厂和冶煉厂，硫的全部損失，每年为数十万吨，合数亿卢布。

采用新型焙燒爐(沸騰焙燒)來代替多層焙燒爐, 会有助于更好地从有色金屬矿石中回收硫。沸騰焙燒已极为广泛地应用在鋅冶金工业, 以及稀有金屬的生产中。在沸騰層中焙燒精矿时, 可使爐气中二氧化硫的濃度提高到7—9%, 这就有助于提高硫酸車間的生产能力。銅精矿的沸騰焙燒, 正在中烏拉尔煉銅厂中試行, 也将被紅烏拉尔冶煉厂采用。

采用沸騰焙燒, 就可以利用轉爐、燒結机和其他設備的低品位含硫气体来稀釋高品位气体, 以生产硫酸。因此, 在硫酸生产中多利用一些硫还是很有条件的。

对于选矿和熔煉产品中稀有和稀散元素的回收工艺方法, 几乎根本未加研究。

銅工业中原料綜合利用的現狀不能令人滿意的原因是, 在科学理論与实践方面, 对烏拉尔复杂銅矿石的选矿問題研究得很不够, 新技术在生产中的貫徹进度还很慢。

为了解决銅工业中原料綜合利用的問題, 必須开展試驗研究工作, 以保証获得更高的自銅鋅矿石中提取全部有价組分的回收率。

預定对烏拉尔各煉銅厂实行改建。因此, 处理难选銅鋅矿石时, 只将分选出一部分鋅, 这样无需大量生产費用。其余部分的鋅将被选入銅鋅精矿。此种精矿在沸騰焙燒之后加以熔煉, 得出富銅冰銅和含鋅量很高的爐渣。后者将以热态送入升华設備。

在基洛夫格勒煉銅厂, 銅鋅精矿已在轉爐中用高温优先熔煉法、往冰銅液面吹煤粉、使氧化鋅和氧化鉛升华后回收。高温优先熔煉法最便于处理数量較少、但含鋅品位較高(达20—22%)的中間产品。

在煉銅生產中採用氧氣，能提高銅礦原料的綜合利用率。在反射爐中和熔煉硫化礦爐料時，採用氧氣可以降低燃料消耗，並從烏拉爾銅礦原料中獲得含銅35%的冰銅（處理每噸爐料約消耗180—190公尺³氧氣）。

爐氣中的二氧化硫含量很高，它可以用來生產普通反射爐所不能生產的硫酸或元素硫。在反射爐中用富氧空氣鼓風時，爐氣總量可以減少 $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ ，而煙塵損失的降低程度也與此相同，在反射爐中用氧氣熔煉時得到的煙塵，其有價組分的含量較高，並且極易處理，成本也很低廉。從這種煙塵中可以回收鉛、鋅、鎢和稀有金屬。經氧氣強烈氧化後，爐料中的大部分鋅會轉入爐渣，然後，再用煤粉加氧氣吹煉此種爐渣。生成的升華物可以在煉鋅廠中處理。由於在煉銅生產中使用了氧氣，就可以多回收大量的銅、鋅、鉛、鎢、硒、碲和其他元素。

車里雅賓斯克煉鋅廠正在處理也將繼續處理烏拉爾各煉銅廠的鋅精礦、升華物和煙塵。目前，由於銅礦石綜合利用的情況不好，車里雅賓斯克煉鋅廠的烏拉爾鋅礦原料已不能得到保證，而不得不處理遠方運來的原料。烏拉爾各煉銅企業經過改建並解決銅鋅問題之後，車里雅賓斯克煉鋅廠的含鋅原料將由當地給以充分保證。

哈薩克斯坦的銅工業企業，和烏拉爾各企業一樣，很少注意原料的綜合利用。同時，必須指出，巴爾哈什大型煉銅廠賴以生產數十年之久的科恩拉德礦床，到目前為止，仍未回收象絹雲母（可能用以制鋁的原料）和紅柱石（生產耐火材料用的高粘土質原料）等貴重的成分。

巴爾哈什選礦廠處理科恩拉德的銅礦石，其中除銅之

外，还含有钼和铌。該选矿厂已經組織了这三种金屬的回收工作。但是，回收钼和铌的工艺过程目前还不够完善。在分析原料所含稀有和稀散元素以及研究这些元素在冶炼处理产品中的分布方面，所开展的工作还很差。

哈薩克斯坦各煉銅厂很少注意象收尘、廢气淨化等这样重要的提高銅及其他有价組分回收率的方法。在巴尔哈什煉銅厂，例如，与爐气和其他廢料一起損失的銅，每年就有1千吨以上，硫每年損失数万吨，此外，还損失大量的稀有金屬。被回收組分的价值，約合原矿所含各种元素价值的一半左右。

仅銅的損失一項，国民經济每年就少得到总值約1200万卢布的产品。

巴尔哈什煉銅厂硫酸車間的建設速度极为緩慢。目前，那里正在用新型設備試驗旋渦熔煉，以便熔煉銅、銅鋅和銅鉛鋅精矿。此种新型熔煉爐——旋渦熔煉爐也将在中烏拉尔煉銅厂中加以試驗。掌握更新更完善的工艺流程，将能提高銅工业中的原料綜合利用率。

矿物原料中硫的利用

目前，自哈薩克斯坦各煉銅厂廢气中制取硫酸的問題已經十分成熟了。这是由利用該地区氧化銅矿石的任务所决定的，因为处理氧化銅矿石时需要大量硫酸。但是，各煉銅厂爐气中硫的利用問題仍然停留在很低的水平上。

在阿尔明尼亚苏維埃社会主义共和国，阿拉維尔德煉銅公司每年排入大气中的硫在1万吨以上，而这种硫本来是可以用来制取硫酸的。

由于轉爐爐氣中二氧化硫的濃度很低，目前，几乎还没有利用轉爐爐氣中的硫。在轉爐吹煉过程中使用氧气，能使廢氣中二氧化硫的濃度提高，从而可以利用二氧化硫来制取硫酸。

銅鎳矿石中所含的硫利用得非常不够。必須加速解决科拉半島銅鎳矿石中硫的利用問題。廢氣中的二氧化硫，可以用来制取鎳生产所需要的硫酸，以及制取液态的二氧化硫。邻近的造纸工业企业，特别需要这种液态的二氧化硫。目前，鎳生产中的廢氣因其中二氧化硫的濃度低而未被利用。将电爐和轉爐烟罩加以密封，可提高鎳生产廢氣中二氧化硫的濃度，而使廢氣利用成为可能。

选矿时，鉛鋅矿石中的硫通常被选成黃鉄矿精矿，而很大一部分硫则会进入鉛精矿和鋅精矿。

由于燒結机和鼓風爐爐氣中二氧化硫的含量低并且經常变动，故目前仍未利用鉛精矿中所含的硫。如将这些爐氣預先加以富集，上述設備爐氣中的硫就可用来制取硫酸。此种爐氣的各种化学和物理富集方法已屢見不鮮，在国外各冶煉厂的实践中都得到了应用。

例如，在加拿大(特萊尔公司)，从廢氣中已能制出濃度为百分之百的二氧化硫。此种二氧化硫与氧混合，即可用接触法制取硫酸。利用濃度为百分之百的二氧化硫之后，接触車間的生产能力提高了5倍。

苏联制定的低二氧化硫廢氣的富集方法还很昂貴。必須改进含硫爐氣的富集流程，以便使用最低的基建費用和生产費用而制取濃的爐氣。

有色冶金和硫酸工业所面临的任务是利用足够濃的含硫

廢氣。到目前為止，可以處理的有色冶金企業含硫廢氣資源，只不過有15—20%被用來製取硫酸。

共產黨第二十次代表大會的指令中指出，在第六個五年計劃中必須組織原料綜合處理工作，利用礦石和爐氣中所含的硫來製取硫酸。第六個五年計劃中規定迅速提高礦物肥料的產量，因而要求大力提高硫酸產量。硫酸生產的重要原料來源，則應該是含硫的有色金屬礦石。在第六個五年計劃期間，有色冶金各企業的硫酸生產能力必須提高4.2倍。

有色金屬硫化礦石在我國硫酸工業原料平衡中占主要地位。

例如，1955年間，在蘇聯硫酸生產原料平衡中，有色冶金企業的固體含硫產品（選別硫化銅礦石和多金屬礦石時所得的浮選尾礦和精礦，基本上是由銅礦石和銅鋅礦石副產回收的原黃鐵礦）約占79%，有色冶金中的廢氣二氧化硫占13%。在這種場合下，有色冶金企業所開採的礦石中，只有一半左右的硫被利用。

1960年，在硫酸生產部門，廢氣硫的利廢比重預計提高至23%；固體含硫產品的比重雖然也將降至49%，但是，由於有色冶金中黃鐵礦原料的開採和選礦的發展，固體含硫產品的絕對數量還將有所增加。

欲擴大有色金屬的生產規模，就必須相應地增加硫酸生產部門的原料資源。利用這些資源對國民經濟說來是很重要的。原料資源的利用可為有色冶金工業提供極大的經濟效果。在有色冶金工業中，由於製取副產品的結果，產品成本可以降低，勞動衛生條件也能得到改善。在利用黃鐵礦、磁黃鐵礦和天然硫化礦的條件下，化學工業可以省卻許多原料開