

推广无废工艺

发展绿色矿业

□ 中国地质大学(武汉) 魏 民 姚永慧

为保证人类社会可持续发展,必须节约资源、保护环境。传统矿业因其严重浪费资源和污染环境正面临严峻考验,推广无废工艺,用高新技术改造矿业,实现矿业无废工艺系统,发展文明绿色矿业正是解决这一问题的根本途径。其目的在于使区域和矿区矿产资源得到最充分的利用。而将排入环境的废物减少到最低程度,优化矿区生态环境,不断提高人均空间用量和资源用量的清洁度和质量,从而发展一种资源节约型不污染环境的非传统矿业。

一、环境科学与无废技术原理

1. 环境科学原理

环境科学原理可以归结为:环境质量的地球化学原理;污染系列原理;环境容量与自净化原理;生态平衡与物种多样化原理;环境功能与区划原理;谱系综合评价原理;人类与宇宙和谐发展原理。

上述原理就是我们研究环境问题必须遵循的准则。

2. 无废技术原理

根据环境科学原理与要求,应大力提倡无废技术与工艺。无废技术是指没有废物排入环境的新的生产工艺系统。王翊亭等在《工业环境管理》一书中指出,无废技术应理解为一种最佳的技术,可作为衡量物质和能量利用的最终效率的标准。因为传统技术产生的废物应视为潜在资源的损失,因此无废技术使物质的利用

效率极大化。无废技术除研究减少或消除在生产 and 消费过程中产生的废物之外,还将探索各种已知产品新的生产路线。例如,开发太阳能、风能及其它从环境中派生的能源系统,都可称为无废技术。利用这样的技术发展生产,能保证环境的健康发展,如即能生产粮食又不破坏土壤;即能为人类取暖又不破坏环境,这样的技术就能持续地为人类生产和生活服务。

无废技术的基本要求是:产生的废物量最小,给社会造成的损失量少,对环境的危害程度最轻。为此,必须应用对环境无害的生产工艺流程;减少或取代有害的原料和能源;尽量生产对环境无害的产品;尽量生产耐用的产品以延长产品使用寿命。

无废技术的理论基础是生产过程的系统分析。关于石油化工前人指出,其系统的结构由工艺生产过程和环境之间交流的渠道组成。它包括以下几个方面:第一是发展全密闭的循环供水系统;第二是对工业废气进行净化处理;最后是建立封闭的能量供应网,使生产过程中的能量利用率最高,尽量使用工艺生产过程中产生的能量,使外部供应的能量消耗最小。显然,就一般矿业而言,还应增加废石和尾矿的综合利用及最终固体废物回填采空区等工艺。此外,无废技术工艺系统还涉及物料和能量的衡算,生产过程的再循环,废物的资源化以及无废技术的益损分析等内容,所以物料和能量的衡算是指生产过程排除污染物总体积(包括气体

液体固体废物)是投入的原料与得到的成品之间的差数,可用计算机模拟的方法进行方案的比较和优化。所谓无废技术的益损分析是指,综合无废技术的评价,可按生产操作的经济性分成两类:一类是对工业的净收入是负值,但综合无废技术的损益比值,较外部为佳。从而认为这种选择是合理的;另一类与此相反,除了考虑所有污染的减少以外,生产操作本身还对工业有利可图,即净效益为正值。

无废工艺在垂向上可分为三个等级:(1)系统的最低一级,是指典型的物理化学反应的独立操作过程;(2)系统中的第二级,上述生产过程联合成各个单元或部分。在各个生产过程之间,能引进再循环系统,将更多回收物品加工成最终产品。这样就能更加充分利用再生的材料,将废物减少到最少。在这个阶段就会出现生产流程的最佳构成。(3)在系统的最上一级,各个生产单元和部分联合组成工场。

现有的工艺生产过程不是根据系统分析的原理,而通常是按并联或串联的原理组成的。这样就会产生主要的设备重叠,从而加长了主要的生产线。从生产工艺的观点来看,加长生产作业线会导致原料和能量的损失,使建立密闭的能量系统成为不可能;增加了物料和能量再循环的困难,使排入环境的废物量增加,并且降低了生产流程的可靠性。

二、矿业无废工艺系统

1. 矿业系统分析

矿业系统包括勘查、采矿、选矿、冶炼等子系统,本文着重探讨矿山采选系统。其中采矿子系统分析的要点是:降低贫化和损失率的现代采矿工艺方法;安全和文明生产;采空区充填方案。选矿子系统分析主要内容是:缩短选矿流程;选矿废水的处理及循环利用方案;生物选矿技术应用等。对整个矿业系统的分析则应强调系统的反馈与循环;因果反馈;初始条件影响及敏感性因素分析;物质及能量循环等内容。

2. 矿业系统工程的计算机模拟与优化

其主要工作是:根据资源环境经济综合效益极大化原理,模拟随着矿山主要经济技术指标的变化(输入),矿山的资源效益、经济效益和环境效益的变化(输出);系统反馈与物质循环的模拟及综合无废工艺的益损分析等。

3. 关于矿业无废工艺系统的构想

矿产资源的开发利用,必须是低能耗、短流程、高效率、无废物、少污染、高产值,这是我国未来新型矿业的基本目标。用现有的传统生产工艺和技术是无法实现这一目标的,必须有全新的资源产业思路,开发资源利用的非传统新工艺和新技术。

(1)资源综合利用方案:矿石有用组分综合回收;矿体围岩及区域配套矿产资源的综合利用。

(2)矿山“三废”处理与环境保护方案:包括矿山废水净化及循环利用系统;矿山固体废物综合利用及采空区回填系统;废气净化系统等。贯彻矿业环境效益三原则:一是开发方案本身有利于环境保护,如矿山地面设施占地少,植被破坏小;掘采比小,废石量少;选冶回收率高,综合利用效果好的技术工艺方案。其中特别是综合利用技术能力和水平的提高,对于我国共生矿、伴生矿多,复杂组分矿石多这个特点来讲,不仅可以发挥其优势,而且对于环保也非常重要。它可以变害为利、变废为宝。如煤炭、有色金属矿石中的伴生硫,不回收,让它呈 SO_2 释放到空气中就是害;硫综合回收,就是基本化工原料,就是宝。此外,像矿坑水、选矿水循环利用,废石和尾矿回填采空区,围岩及尾矿的综合利用等无废技术的应用则是绿色矿业的发展方向。二是,开发过程中要有相应的环境防治措施;三是要有专门的环保措施。

(3)探采选冶一体化及新型无废开发工艺

探采选冶高新技术的应用为矿业无废工艺的发展开辟了广阔前景。例如,针对可溶性矿床的钻井井下压裂技术与对井开采等非传统方

法以及被称为 21 世纪的工艺——生物选矿技术等。

近年来的趋势是：矿石中 useful 组分含量下降，矿物原料的物质成分越来越复杂，对环境保护的需求不断提高，因而矿石选矿和加工技术——经济指标急剧恶化，绝大多数传统工艺实际上已不能解决这些问题，采用生物地质工艺——在微生物及其代谢产物的作用下，从矿石、精矿和尾矿中回收有用组分的科学——开辟了建立全新的非传统选矿工业的可能性。

CO₂ 的地下排放技术。与资源和能源开发利用有关，近数百年，特别是近几十年，大气中二氧化碳浓度急剧增加。在 18 世纪之前，大气中 CO₂ 的浓度大约为 280PPm，而现在却达到了 380PPm。由于二氧化碳对来自太阳的短波辐射具有高度的穿透性，对地球反射的长波辐射具有高度的吸收性，因而可能导致大气层低处的对流层变暖、高处的平流层变冷，产生“温室效应”。预计 21 世纪中叶，地球表面平均温度将增高 1~3℃，而平流层温度则会降低 6~10℃。果真如此，极地冰帽和农业生产将受严重的影响。如果大气 CO₂ 总量增高一倍，将造成南极西岸冰层消融，海平面升高 5m，沿海城市淹没；影响植物生长和虫害发生；水分蒸发加快，使河湖水位下降；一些地区出现表面干旱现象……

关于 CO₂ 废气的防治，科学家们提出了两种方案：一是以树木生物物质形式贮存；二是向大洋排放。最近，一种新的处理工艺已经问世，这就是向地下深部排放。英国地调所等的研究表明，往地下排放 CO₂ 在技术上是可行的。将 CO₂ 溶解在地层水中，或取代水充填在孔隙中，CO₂ 通常与铝硅酸盐发生反应，沉淀下方解石，从而成为任何游离 CO₂ 的封堵层。这表明，再可预见的未来，来自西欧发电厂所有的 CO₂ 都可以这种方式排放到北海下面的岩石中。挪威打算将来自 Sleipner West 气田的无用的 CO₂ 打入 Utsira 组的储集层中，这项工作将用挪威

征收的环境税进行，经济上可行，在斯莱普纳气田其投资回收期十分短。

(4)“人工矿床”的二次开发

俄罗斯学者近年来提出了“人工矿床”新概念，所谓“人工矿床”主要是指具备二次开发意义的尾矿坝和废石场。针对“人工矿床”的特殊形成过程及其它特点，相应地提出了一系列传统的评价方法。B.Д.雅科夫列夫等指出，每年有 170~180 亿吨废石和选矿废料进入废石场和尾矿坝。与所有采出物质的采掘、部分加工和搬运有关的费用都计入了最终产品的成本，而最终产品大约仅占采出物质总体积的 3%。某些废石场和尾矿坝中蕴藏着相当可观的资源量，在乌拉尔一些选矿厂的尾矿坝内堆积了 4600 多万吨尾矿，其中含 S₂ 8.2%，Cu 0.33%（中型铜矿 14 万吨），Zn 0.5%。无论从研究程度和可靠程度上看，还是从矿山开采工艺条件看，这些尾矿坝都是最近几年内最有工业开发前景的资源。考虑到生产资源状况日趋恶化、废料综合利用以及环境保护等问题，对“人工矿床”进行模拟和地质工业评价，已成为选矿生产发展阶段的一项迫切任务。

“人工矿床”研究和评价，不仅具有资源利用的经济效益，它的评价内容不仅包括有用组分及其含量，还要评价有害组分含量及其迁移规律以及对环境的污染危害评价等，进而制定出有效的防治措施，从而使这项工作具有极其重要的环保意义。

三、结论

通过上述分析，我们可以得出矿业发展战略的三个层次：对于那些老矿山，“人工矿床”的二次开发具有巨大潜力；对于多数已建矿山，则应在采、选、冶各个环节上进行技术改造，推广无废工艺；对于那些新上马的有条件的国营大中型矿山企业，则应在探、采、选、冶一体化方面迈出更大的步伐。三种情况采用不同的发展战略，以达到保护资源和保护环境的目的。