

非燃料矿业的环境挑战概述



欧盟“地平线 2020 计划”资助项目

时间：2016 年 9 月 22 日

编写机构：德国应用生态研究所 (Oeko-Institut e.V.)

编者：Peter Dolega, Stefanie Degreif, Matthias Buchert, Doris Schüller

审稿：Jan Kosmol (德国环境署)

STRADE 是一个欧盟资助的研究项目，致力于通过对话为欧盟的未来原材料供应战略提供创新性政策建议。该项目在一系列政策简报和报告中批判性地分析欧盟的原材料政策和提出相关的建议。

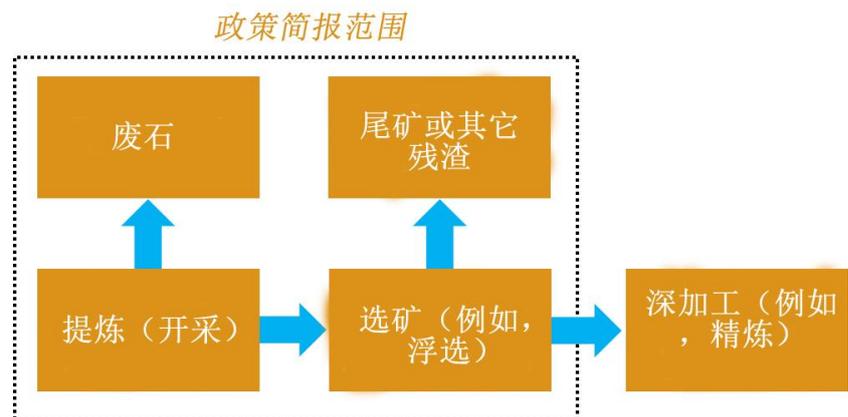
本政策简报是 STRADE 发布的系列研究文献和报告的第 4 期，专门评述原材料生产中的环境影响和生态挑战。

1 前言和范围

促进原材料和金属需求增长的因素很多，这些因素包括人口的持续增长、人们尤其是新兴经济体的人们生活水平稳步提高、以及工业化国家的持续消费。另外，技术的创新，例如，更先进的数字技术，也需要越来越多的金属品种。人类社会对金属的需求无可置疑。在本文所述的增长领域，即使成功地采取强有力措施提高废旧金属的循环利用率和资源效率，在未来的几十年里，除少数金属外，全球的材料需求仍然主要通过开采原生金属满足。我们面临的挑战是，必须保证金属开采对环境的影响最小。过去 10 年来，虽然人们对采矿业的环境问题有了更清楚的认识，但是，全球的采选作业仍然经常造成严重的环境影响。本政策简报总结了采矿业最常见的环境风险，并强调了采取国际政策行动促进负责任矿业实践的重要性。

本文专门讨论矿山现场的采矿和选矿作业导致的环境影响。冶炼等其它深加工作业往往在距离矿山数千公里的更大型工厂进行，所以，这些作业不属本政策简报的讨论范围。

图 1：采矿业的主要工艺流程



2 采矿业环境问题概述

采矿业的环境影响日益受到重视，这一问题正在进入各种政治议程。在欧盟现行的修订版《采掘业废弃物管理最佳可用技术参考文件 (MWIE-BREF)》中，欧委会明确指出了矿山废弃物管理设施的主要环境问题，并制定了最大限度减少和缓减采矿业环境影响的最佳实践指南 (EC 2016)。在 2016 年出版的《采矿工业促进可持续发展目标初步指南》中，联合国开发计划署 (UNDP) 指出：负责任矿业和环境影响治理对矿业公司维持其矿业开发的“社会执照”至关重要 (UNDP 2016)。为此，在 2016 年于布鲁塞尔举行的“欧盟增长总司原材料外交活动”期间，专门安排了一天时间讨论采矿业中的环境问题。

工业企业和政府在过去所作的努力已经显著提高了环境绩效。然而，许多生产矿山和废弃矿山的严重环境影响尚待解决。后续政策简报将讨论负责任矿业开发的经济和社会挑战，本文专门讨论采矿业中的主要环境问题。如果采取适当的技术或管理实践，采矿业导致的以下严重环境影响均可得到有效控制。

- **酸性矿山排水（AMD）：**据联合国环境规划署（UNEP）称，酸性矿山排水对水资源构成严重威胁，是采矿业最大的环境问题（UNEP 2010）。在废石或尾矿¹中存在硫化物矿物。这些矿物与氧气和水接触后发生化学反应生成硫酸，导致酸性矿山排水。这些硫酸溶解砷、镉、汞或铅等重金属。如果不采取控制措施，酸性矿山排水可能会污染地下水和土壤。下一节将进行更详细的讨论。
- **水污染：**多种因素可造成地下水严重污染。除了上面所述的酸性矿山排水，采矿作业常常穿透地层直达地壳深部的地下水水位，导致地下水涌入矿坑。这可能会污染当地的地下水资源。如果没有对尾矿库的底部和侧部进行适当的防渗处理，尾矿库的废水渗漏可能导致大量有毒药剂和重金属进入地下水系统。这些有毒物质来源于氰化物或含氮化合物等选矿化学药剂，也来源于矿石中的副产物（UNEP 2010, ELAW 2010）。被污染的地下水可能影响洁净水供应和地表水水质，并通过灌溉污染农业土壤。如果不进行适当的处理或控制，从选矿厂排出的有毒废水直接污染地表水和影响生态系统，也通过进入食物链等损害人类健康。
- **尾矿坝溃坝和洪水漫顶：**尾矿储存于被称为尾矿库（TSF）的大型尾矿池或尾矿坝。在强降雨气候和构造活跃地区，尾矿坝溃坝的风险较高。这是环境影响最严重的风险，可导致下游大面积区域水生生物死亡，并污染地表水和饮用水。另外，强降雨造成尾矿坝洪水漫顶，也可导致有毒尾矿泥浆进入周边区域。下一节将进一步详细讨论这些风险。
- **废石产生：**采矿业是全球产生废弃物最多的行业，铜、锌、铝土矿和镍矿的开采尤其如此（Manhart 2016）。金属矿山的剥采比大，具体取决于矿石的品位和覆盖层的厚度（Dold 2014）。例如，每开采 7 克金，平均必须采掘一吨废石，这还不包括覆盖层的剥离（Priester 和 Dolega 2015）。
- **空气污染：**采选作业的各个阶段都会影响空气质量。这些作业常常产生可随风扩散的细微颗粒和粉尘。这些颗粒和粉尘可能会造成一系列的环境影响以及损害人类健康，含重金属的粉尘尤其如此。尾矿含重金属和极细颗粒。如果不进行适当控制，从尾矿产生的粉尘会造成最严重的环境问题。从手工和小规模采金作业中释放的汞等挥发性药剂、从浮选药剂产生的挥发性有机物或从柴油机排放的 NO_x 都可污染空气。
- **土壤侵蚀和污染：**矿业活动和矿山基础设施建设改变了土地的性质，在许多情况下破坏或污染了表土层，导致农业潜力长期或完全丧失。矿石破碎和磨矿等选矿作业流程极大地减小了土壤颗粒的粒径，导致土壤受雨水、径流或风力的侵蚀加剧，严重影响附近及下游生态系统和严重危害人类健康。地表水中大量沉积物的存在常常导致水生生态系统急剧变化，风蚀作用则常常导致可能含重金属或其它有害物质的颗粒被中长距离运搬。如果存在选矿药剂泄漏和（或）酸性矿山排水，土壤侵蚀的影响甚至更为严重。
- **水资源紧张：**在水资源匮乏或用水量极高的地区，采矿业的用水需求使矿山与农业和消费者之间的水资源争夺加剧。采矿活动使地下水水位下降，进一步加大了水资源的紧张局面。政府和采矿工业都承认，水资源的利用和管理是一个急需与当地居民共同解决的问题（IM4DC 2014；ICMM 2015；Buxton 2012）。
- **生态系统破坏：**采矿作业尤其是大规模的露天开采可能导致生态系统和农业用地全部或部分破坏。如果矿山位于生物多样性丰富或生态脆弱和生态恢复能力差的保护区，采矿活动对矿区内生态系统的影响也非常大。许多动物物种的生存环境可能遭到破坏，迁徙动物的数量和多样性可能减少。前面提到的采矿活动对水资源的影响可能会进一步危害水生野生动物和破坏湿地。
- **放射性辐射：**置留在尾矿中的矿物含放射性元素，这些元素可产生放射性辐射。风蚀运搬的放射性粉尘以及尾矿库泄漏造成的地下水放射性污染可能对人类的健康和生态系统造成危害。
- **尾矿弃置于海底或河流：**靠近水体的矿山，例如，印尼、菲律宾、巴布亚新几内亚和挪威的矿山，常常将尾矿直接弃置于河流或大海。但是，大家数工业企业和利益相关者普遍认为，由于这种方式的环境污染的风险高，一般应禁止将尾矿弃置于河流和海岸附近的海洋中（Dold 2014）。

现在，已存在能显著减少环境影响的技术和管理实践，并且，这些技术和实践已经在许多矿山成功实施。欧盟的矿山供应商尤其拥有高效的技术解决方案，可以为减少环境影响作出贡献。然而，由于种种原因，这些技术常常没有得到应用。这些原因包括经济动机、缺乏监管、没有足够能力执行现行法规条例以及持续使用落后技术。在发展中国家和新兴国家的小规模采矿活动中，受教育程度低的当地居民没有足够的适应能力适应技术的进步。

¹ 尾矿是指利用湿法选矿工艺将矿石中的有价成分从没有经济价值的成分分离之后留下的物料。如此剩留的矿浆被称为尾矿，由细微颗粒物和化学药剂组成。有时，尾矿含高浓度的有毒物质。尾矿通常储存于被称为尾矿库（TSF）的尾矿池内（比较图 1）

3 挑战及热点问题

下面分别讨论采矿业的五个典型热点问题。先讨论酸性矿山排水、尾矿坝或尾矿库溃坝、尾矿和废石中的放射性以及尾矿海底弃置，最后讨论矿石品位下降的环境影响。

3.1 酸性矿山排水 (AMD)

酸性矿山排水 (AMD) 是采矿业的主要环境问题之一。在铜、锌和铅的开采中，酸性矿山排水的问题尤其严重，因为这些金属常常以硫化物矿石的形式存在。在铁矿石或铝土矿矿山，酸性矿山排水的问题很罕见，因为铁和铝常常赋存于非硫化物矿石中 (Manhart et al. 2015)。酸性矿山排水造成的最严重问题是长期污染。从酸性矿山排水产生的酸性水可以持续影响数百年或数千年 (Widerlund et al. 2014)。在矿山闭坑后，酸性矿山排水尤其会造成威胁。在全球范围内，废弃矿山的酸性排水导致环境持续破坏，许多地区直接受到影响。过去采矿公司造成的环境影响常常无法追责，被破坏的环境得不到恢复，环境修复不得不依靠公共资金或社会资金。一项 2008 年的研究指出，废弃矿山的环境影响使英格兰和威尔士 9% 的河流可能达不到《水框架指令》的目标。大多数废弃矿山的酸性排水仍然在污染水资源 (Environment Agency 2008)。

废弃矿山和尾矿坝大多处于隐蔽的环境，不容易引起附近居民的关注。但是，在某些居民区附近仍有一些废弃矿山和尾矿坝引人注目。例如，在 1950 年代以前，矿山提金后的废弃物被弃置于南非约翰内斯堡以外的人口稀少地区 (Kneen 2015)。但是，人口的急剧增长导致城市化步伐加快，约翰内斯堡的城市范围已经扩张到将闭坑矿山包括其中，60 年前的僻远尾矿坝现在已靠近居民区。研究表明，这一地区受到了酸性矿山排水的严重影响 (Mining Weekly 2010)。

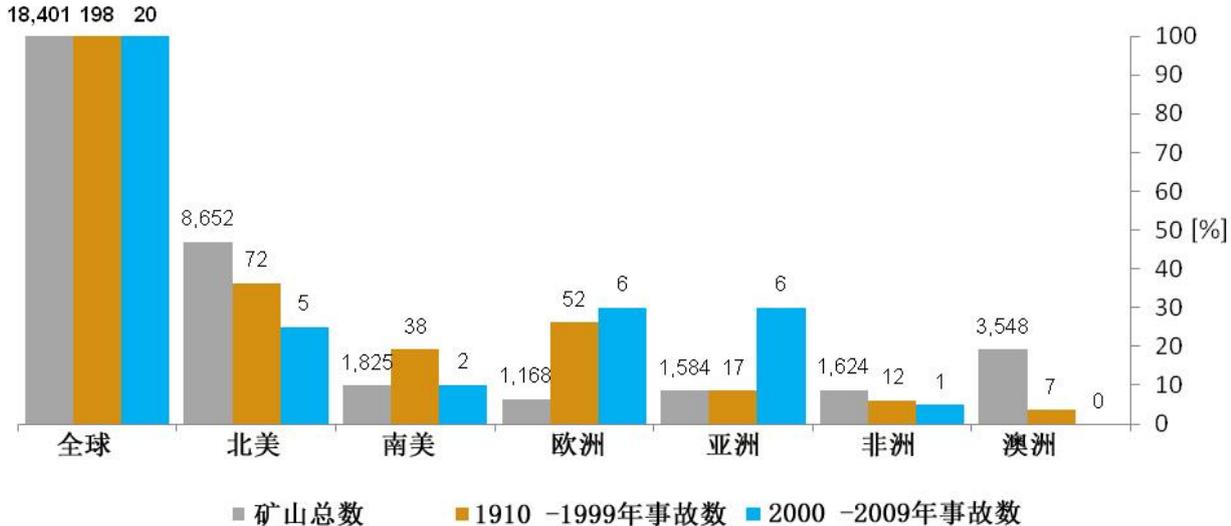
3.2 尾矿坝溃坝

如本文所述，即使受到控制，采矿作业也会造成环境影响，另外，矿山事故也会导致严重的生态破坏。尾矿坝溃坝就是最具毁灭性的环境事故之一。2015 年 11 月，巴西的一座尾矿坝溃坝，导致 5000 多万立方米泥浆流入周边区域。造成的泥石流导致至少 260000 人饮用水供应中断、600 多居民流离失所和多人死亡。泥石流使附近 Rio Roce 河 600 多千米的河段受到污染 (Neves et al. 2016)。从该河流采集的水样的分析结果表明，铅、铝、铁、钡、铜、硼和汞等的浓度大大超过容许水平。由于含毒性物质，该河流的河水现在仍不能用于灌溉或饮用。河流中的生物多样性和水生物种的密度也急剧下降。大部分本地特有的生物多样性和沿河道的长廊林被污水波浪破坏。这些污水进入了大西洋，污染了生态脆弱的沿海区域。媒体的报道常常将此次事故称为“巴西的福岛”，意指此次尾矿坝溃坝造成了毁灭性的环境后果 (FAZ 2015)。

此次事故并非偶然事件。在矿业史上，类似于巴西的尾矿坝溃坝事故时有发生。据报导，在 2000 – 2009 年期间，全球共发生了 20 起尾矿坝溃坝事故。在构筑尾矿坝时，低估了溃坝的风险因素，尤其低估了强降雨和雪融事件的影响。气候变化可能导致更多的强降雨事件，造成更频繁的事故。因此，在构筑尾矿坝时，应重点考虑所有可能的大气条件或地震活动 (Azam 和 Li 2010)。

不同尾矿坝的高度范围变化很大，有的高不到 10 米，有的高达数百米。即使 100 米高的尾矿坝也会发生溃坝。坝体越高，溃坝后释放出的泥浆越多 (Rico et al. 2007)。降雨和地震活动等不可控事件是造成溃坝的主要原因。但是，管理上的疏忽和坝体结构强度低也会造成此类事故。过去几十年来发展的真空和高压新技术为储存尾矿提供了更多环境友好的可能方案。在储存脱水尾矿时，沉积在尾矿坝内的不饱和尾矿有助于降低溃坝风险。然而，该技术主要用于矿石处理量小的矿山。由于运营成本较高，仅极少数几个采矿项目采用了此技术 (Davies 2011)。

图 2: 全球各地区尾矿坝溃坝事故分析 (次数和百分占比) (Azam 和 Li 2010)



注: 全球各类数据合计为100%

尾矿坝事故不仅仅影响发展中国家。2000 - 2009 年期间, 在北美和欧洲国家分别发生了 5 起和 6 起尾矿坝溃坝事故。而且, 欧洲的事故次数与矿山数量之比最高 (1:200)。不同的气候条件可能也是一个重要的原因。例如, 澳大利亚的矿山数量是欧洲的三倍, 但是, 澳大利亚报告的尾矿坝溃坝次数仅为欧洲的八分之一 (比较图 2)。雪融和强降雨常使欧洲的许多地区遭受洪灾。据统计, 在过去的 100 年里, 全球经报导的尾矿坝溃坝率约为 1.2% (Azam 和 Li 2010)。僻远地区的事故可能没有引起公众注意和没有被报导, 因此, 实际事故率甚至更高, 在非洲、南美洲或亚洲尤其如此。

3.3 尾矿中的放射性

虽然尾矿中的放射性主要源于铀的开采, 但是, 在开采其它金属时, 矿石中可能也伴生了放射性副产物, 这些矿石经选矿处理后产生的尾矿泥可能具有放射性。风蚀作用可以将放射性粉尘运搬至其它地点, 雨水和氧可溶解放射性颗粒并触发矿山排水, 从而污染河流、含水层和地下水。放射性可能进入食物链, 影响人类健康和野生动物的生存。

在稀土矿的采选作业中, 也常常发生放射性钍的泄漏 (Dold 2014, Walz et al. 2016)。例如, 中国医疗保健研究中心进行的一项为期 20 年的跟踪研究指出, 包头的工人死于肺癌的风险更高 (Schüler et al. 2011)。

又例如, 从南非威特沃特斯兰德 (Witwatersrand) 盆地的黄金矿山开采出了约 800000 吨含铀的矿石, 其中约四分之三作为尾矿被弃置于该地区裸露的尾矿堆场 (Winde 2013)。裸露的 600000 吨放射性尾矿所含的铀超过了 2014 年铀产量的 10 倍。与铀矿尾矿相比, 这些金矿尾矿含铀更高, 对周边环境造成了严重的影响 (Winde 2013)。

一项德国环境署委托完成的研究指出, 在铀、钍、钽、铌和稀土元素开采产生的尾矿中, 铀和钍的浓度高, 这些尾矿存在强放射性辐射的高风险。德国和中国的数字也表明, 许多其它非放射性矿石也具有很高的放射性辐射水平 (Manhart et al. 2016)。

3.4 尾矿海底弃置

少数矿山没有将尾矿弃置于陆上尾矿库而是弃置于海底或其它水体。虽然尾矿与空气隔绝后不会产生酸性矿山排水的问题, 但是, 由于尾矿的粒径非常小, 而且尾矿含毒性化学药剂和重金属, 这些细微颗粒和有毒物质增加了环境破坏的风险。因此, 需要通过进一步的研究, 也了解这些尾矿弃置技术对生物多样性和其它生态特征的影响。

同样, 人们对尾矿弃置于深海产生的所有风险尚不完全清楚。初步的研究表明, 将尾矿弃置于深海减少水生生物的丰度 (Hughes et al. 2015)。目前, 8 个国家的 16 座矿山采用尾矿深海弃置技术 (Groß 2016)。印尼、菲律宾、巴布亚新几内亚和挪威的一些矿山仍然将部分尾矿弃置于近海海底。靠近海岸的矿山将尾矿弃置于海底与弃置于陆地相比相对成本更低, 结果, 导致了在这些矿山与实施尾矿处置最佳实践标准的矿山之间扭曲的价格竞争。

3.5 矿石品位下降后的挑战增多

过去几十年来, 多种矿产品的矿石品位下降, 导致废石和尾矿的产生量增加。人们对矿石品位下降的原因存有争议。一个常见的解释是, 大多数富矿床已经采完, 现在只剩下一些品位较低的矿床 (Mudd 2010)。也有一

些人认为，现在，在已经开发的矿山，开采品位较低的矿石能实现高的成本效益，从而扭曲了矿石品位的评级（West 2011）。然而，争论的双方都认为，开采更低品位矿石的趋势将导致废石和尾矿量增加，能耗和用水量增大，并且有可能加大环境影响，例如，导致酸性矿山排水、尾矿坝溃坝和水资源供应紧张。因此，应采取适当的方式解决这些问题（Dold 2014）。

4 地区差异及挑战

本节讨论欧盟国家、非欧盟工业化国家和发达国家的采矿工业遇到的特定挑战。所举的例子并不能全面反映地区差异，对这些差异的讨论将是以后 STRADE 对话进程的内容之一。下面的概述旨在提高人们对世界不同地区特定问题的认识，使其认识到，采矿工业中的挑战并非只是发展中国家面临的问题，也是工业化国家面临的严重问题。

4.1 欧洲

过去几十年来，欧洲的矿石开采量已经下降。总体来说，欧洲的金属矿采矿项目集中分布于北斯堪的纳维亚国家（主要开采铁矿石），仅有少数矿山分布于伊比利亚半岛和中欧（主要开采铜）。

自 Aznalcóllar 矿（西班牙）和 Baia Mare 矿（罗马尼亚）分别于 1998 年和 2000 年发生尾矿坝溃坝事故之后，采矿业的环境影响引起了欧盟环境政策的关注，并于 2006 年颁布了针对新矿山进行监管的《矿业废弃物指令》。另外，采矿项目必须按照《欧盟环境影响评价指令》（EC 2013）进行环境影响评价。但是，这两项指令不适用于在指令颁布之前已经投入运营的矿山。据报导，自 2006 年以来，在欧洲发生了两起尾矿坝溃坝事故，最近的一次事故于 2012 年发生于欧洲最大的镍矿即芬兰的 Talvivaara 矿。那次事故导致了芬兰可持续矿业网络的成立。该网络旨在促进负责任矿业实践的实施，其指南和评审方案基于加拿大采矿工业的“走向可持续矿业”倡议（Yrjö-Koskinen 2016）。

近年来，在罗马尼亚和希腊发生了大规模的民众抗议。罗马尼亚人抗议的是，反对 Rosia Montana 金矿的山顶移除计划，移除山顶有可能使该矿成为欧洲最大的金矿（Vesalon 和 Crețan 2013）。希腊人抗议的是，反对某座露天金铜矿的开发计划，开发该矿将失去一些森林区（Trilling 2013）。非土著人口中的民众似乎对斯堪的纳维亚国家的矿业项目非常认可，僻远地区的人们尤其如此。瑞典拥有悠久的采矿历史，老牌矿业公司容易获得矿山运营所需的社会执照。然而，资历较浅的矿业公司常常遇到更多阻力和不被信任，在以前没有采矿历史的地区尤其如此（Tarras-Wahlberg 2014）。2013 年第 20 届萨米会议宣称，“在萨米族的领土开采资源风险巨大而且没有优势，”指出采矿业在土著社区不受欢迎。萨米理事会的斯堪的纳维亚和俄罗斯成员机构都派代表出席了此次会议。

除了生产矿山和新矿山，欧洲还受到许多废弃矿山的影响。据估计，欧洲的废弃矿山发生的酸性水泄漏事故介于 10000 – 100000 次（Wolkersdorfer et al. 2006）。

4.2 其它工业化国家

现在，欧洲不再是一个重要的矿业地区。但是，加拿大、澳大利亚和美国等某些工业化国家以及中国、巴西和南非等新兴经济体却是矿业大国。

在这些国家的许多矿业地区，难以提高公众对矿业实践的认识。这些地区的人口密度相当低，经济活动的多样性有限，现有矿业项目的扩建或新项目的开发遇到民众的反对较少。然而，就受到的环境影响而言，这些地区与人口密度较高的地区并无两样。

在美国、加拿大、南非和澳大利亚，废弃矿山对环境造成了严重影响。例如，加拿大的废弃矿山超过 10000 座，其中许多矿山存在酸性矿山排水（AMD）的问题（Mackasey 2000）。据估计，澳大利亚拥有 50000 座废弃矿山（Unger et al. 2012）。这些废弃矿山造成了常见的环境问题。例如，2010 年，从塔斯马尼亚废弃锡矿 Brookstead 产生的酸性排水使饮用水受到污染（White 2013）。2015 年，美国 Gold King 矿的废水泄漏，进一步说明了废弃矿山的潜在危害。在该矿复垦期间，尾矿库溃坝导致 1100 万升污水排入附近河流（Chief et al. 2015）。

生产矿山也会发生尾矿坝溃坝。2014 年，在发生严重的尾矿坝溃坝事故后，加拿大 Mount Polley 铜金露天矿引起了公众关注。该矿运营商是“走向可持续矿业”倡议的早期成员。在此次事故之后，该倡议开始修订尾矿管理指南（Mining Association of Canada 2015）。

在澳大利亚，采矿业是国民经济的重要组成部分，矿产租金占国内生产总值的比重超过 5%（World Bank 2016）。在许多干旱的矿业地区，一个主要的可持续问题是水资源匮乏。澳大利亚通过《国家水行动计划》和地区水资源分配计划解决这一问题。在采矿工业看来，不能保证水资源的供应是一种严重的商业风险，可能会严重制约进一步的投资和项目扩建（Ernst & Young 2015）。为此，采矿工业非常重视废水的回收和循环利用技术以及建立《水资源核算框架》（MCA 2016, IM4DC 2014）。

4.3 发展和新兴国家

在发展和新兴国家，负责任矿业面临的特定挑战是一个复杂的问题。本节只讨论该问题的两个重要方面，以后的政策简报将详细讨论这一问题。

在许多发展和新兴国家，大规模采矿（LSM）发挥着重要的作用。虽然在大规模采矿的环境风险方面这些国家原则上与工业化国家没有区别，但是，在许多发展中国家和某些新兴国家，法制不完善和透明度低阻碍了负责任矿业实践的实施。因此，进出口国家面临的共同挑战是，找到适当的策略，在没有适当考虑社会和环境影响的地区，提高大规模采矿的环境绩效。

发展中国家另一个特有的问题是手工和小规模采矿（ASM）。在这些国家，某些金属尤其金、钨、锡和钴是通过手工和小规模采矿生产的。据估计，采用这种方式开采的产量在全球产量中的占比为 15% - 30%（Manhart et al. 2015）。对于某些国家以及全球约 2000 - 3000 万采矿工人来说，手工和小规模采矿是重要的收入来源。据 2009 年的估计，在蒙古、两个南美国家和六个非洲国家，10% 以上的人口依赖手工和小规模采矿生存（Dorner et al. 2012）。手工和小规模采矿可造成严重的环境影响，例如，手工和小规模采矿大多使用汞而不是氰化物提金，从这种采矿方式排放到环境中的汞约占全球人为因素汞排放量的 37%（UNIDO 2013）。2016 年，由于非法采金导致环境中的汞浓度极高，秘鲁政府宣布马德雷德迪奥斯（Madre de Dios）地区进入紧急状态。另外，手工和小规模采矿为非正规作业，从业者没有采取环境修复措施，采完后的矿区地貌处于被扰动状态。

5 负责任矿业的政策及行业参与

为了应对采矿工业的环境挑战，欧盟于 2006 年颁布了《矿业废弃物指令》，另外，也要求对新建矿山进行强制性环境影响评价（EIA），在通过公共计划为具有相关环境影响的未来活动制定框架时，要求对这些计划进行战略影响评价（SIA）。在讨论进口原材料的环境问题时，《欧盟原材料倡议》认为，采矿业能够也应该为可持续发展作出贡献。在原材料外交方面，欧盟的发展政策也能发挥重要的作用，在发展中国家与欧盟之间，开创原材料领域的双赢局面。在对话进程中，STRADE 将讨论能在何种程度上实现这一目标以及如何减轻环境影响。

为了提高采矿业的环境标准，大多数工业化和发达国家同样也建立了先进的法律体系。从欧盟最佳可用技术参考文件、《世界银行采矿业环境、健康与安全指南》和国际金属矿业理事会（ICMM）及加拿大“走向可持续矿业”计划组织（TSM）等行业协会的指南来看，显著减少环境影响的技术和管理方案已经存在。欧盟将继续为各种研究项目提供经费支持，这些项目包括与负责任矿业相关的环境技术和政策战略研究。未来几期 STRADE 政策简报将更深入地分析欧盟在负责任矿业实践方面的参与程度。

许多实例和研究案例证明，适当的计划和管理能大大降低环境风险。一般来说，过去 10 年来，许多大型矿业公司特别致力于提高大型矿山的环境标准。这一期间，在可持续发展和矿产开发方面出现了一系列最佳实践全球准则。然而，根据国际环境与发展研究所（IIED）2012 年发布的述评，现在，这些准则仍然难以实施，对不遵守准则者曝光困难，也难以让其承担后果（Buxton 2012）。IIED 的结论是，对于未来的行动，能力建设非常重要，在监管能力薄弱的国家政府和在对负责任矿业实践知之甚少的小型矿业公司尤其如此。

手工和小规模采矿业也面临严重的社会挑战。目前，多达 3000 万采矿工人及其家属依赖手工和小规模采矿作为收入来源。在标准执行、资质认证和尽职调查方面各种形形色色的自愿行动以及政府授予手工采矿者矿业权的计划使这一问题有了改善。然而，这些活动的总体影响仍然非常有限（Buxton 2012）。

另一项挑战是不平等竞争。采用洁净采掘技术和更先进选矿工艺的公司因遵守法律法规而增加了财务负担。这些公司的成本结构处于劣势，而其它公司因非内在化外部成本较低而更有优势。美国 Mountain Pass 矿就是这方面的典型例子。该矿曾一直生产稀土金属。但是，2002 年，该矿停产了，一方面是出于环境考虑，另一方面也因来自中国低成本产品的竞争。2011 年，该矿恢复生产，采用新的选矿设施向国内市场供应产品，减少了美国对中国产品的依赖。该矿运营商按照法律要求采用先进技术提高了环境绩效（Schüler et al. 2011）。矿山的环境影响通过各种措施降至了最低。然而，由于 2012 年稀土价格下跌以及由于来自中国的强劲竞争，这些投资没有获得回报。2016 年，经营该矿的公司宣布破产。

从中长期的视角来看，减少采选作业的环境风险和环境影响符合采矿公司的利益，尽管这些公司在短期内可能需要投入大量的财力。一旦发生事故，环境清洁、修复和处罚的成本可能远远超过这些初期投入，至少在法制完善的国家运营时如此。例如，2015 年，巴西一座矿山导致在 Rio Doce 发生了灾难性事故，该矿运营商 Samarco 不得不为修复灾难赔偿 60 多亿美元（Ker 2016）。

某些矿业公司也已经认识到，可持续发展是运营风险管理的重要内容。此类风险的控制不限于尾矿管理，也包括解决其它方面的问题，例如，水资源和能源越来越紧缺的问题（Buxton 2012）。为此，在 2015 年巴西和 2015 年

加拿大Mount Polley的尾矿坝溃坝造成污染之后，ICMM和TSM修订了其尾矿管理指南（ICMM 2015； TSM 2015）。

以后的 STRADE 政策简报和研讨会将更加深入地分析可持续发展方面的政府政策和工业行动。

6 结论

过去 10 年来，国家的法律要求和工业参与有了很大改进，在实施负责任矿业实践方面也有许多成功案例，尽管如此，在 21 世纪，采矿工业还可以取得很大的进步。有些国家缺乏治理能力，有些矿业公司在实施环境管理实践方面需要更多的资源，有些老矿山技术水平落后，因此，采矿工业仍然有许多值得改进的地方。在许多原材料出口国，上述因素是导致环境影响的重要原因。据估计，在欧盟进口的矿产品中，有很大一部分来自环境管理落后的矿山，这些矿山可能会造成严重的环境影响。

与矿业相关的环境影响主要发生在管理差的矿山，这些影响尤其包括酸性矿山排水和尾矿坝溃坝造成的地下水污染，粉尘和侵蚀导致的土壤污染，以及尾矿坝溃坝导致的生态系统破坏、农用土地的流失和生态灾害。为了避免这些环境影响，需要制定国际、欧盟和国家层面的政策。这些环境保护措施将不仅有益于环境，也有益于受矿业影响最严重的居民。

为了应对欧盟境内矿业废弃物设施的环境挑战，2006 年，欧盟颁布实施了《矿业废弃物指令》，欧盟的另一项指令要求新的矿业项目进行强制性的环境影响评价（EIA）。欧盟的成员国负责将这些指令转变为国家法律后实施。这一法律框架以及欧盟资助的负责任矿业研究项目为减少采矿业造成的环境影响奠定了良好基础。

为了减少进口原材料的环境影响，《欧盟原材料倡议》倡导“可持续发展”，但是，没有制定具体的目标，也没有提供政策工具。STRADE 将在其对话进程中讨论这一问题。

STRADE 项目研究最大限度减少采矿业环境影响和最大限度提高采矿业社会效益的各种政策方案，并探寻综合性政策措施以解决可持续性的各种问题，包括生态问题、社会问题 and 经济问题。STRADE 项目提出的战略是通过利益相关者的对话制定的，参与对话的成员来自政府部门、工业企业、科学界和社区服务组织（CSO）。新型的合作和商业模式将整合各种经济、生态和社会需求。为此，后续的政策简报将分析采矿业的经济社会影响，以及分析矿业部门在改善环境方面的自愿行动和欧盟政策。

参考文献

- Azam, S. and Q. Li (2010): Tailings Dam Failures: A Review of the Last One Hundred Years. In: Geotechnical News: 50-53.
- Buxton, A (2015): MMSD+10: Reflecting on a decade. IIE D Discussion Paper, International Institute for Environment and Development, London. Internet: <http://pubs.iied.org/pdfs/16041IIED.pdf> (last visited 29.08.2016).
- Chief, K., Artiola, J.F., Wilkinson, S.T., Beamer, P., Maier, R.M. (2015) Understanding the Gold King Mine Spill. Internet: http://www.superfund.pharmacy.arizona.edu/sites/default/files/u43/gold_king_mine_spill.pdf (last visited 01.07.2016).
- Davies, M. (2011): Filtered Dry Stacked Tailings – The Fundamentals. Proceedings Tailings and Mine Waste 2011 Vancouver, BC, November 6 to 9, 2011. Internet: <http://www.infomine.com/library/publications/docs/davies2011.pdf> (last visited 13.07.2016).
- Dold, B: (2014): Submarine Tailings Disposal (STD)—A Review. In: Minerals 2014, 4, 642-666.
- Dorner, U., Franken, G., Liedtke, M. and Sievers, H. (2012): POLINARES working paper n. 19. March 2012. Artisanal and Small-Scale Mining (ASM). Internet: http://www.polinares.eu/docs/d2-1/polinares_wp2_chapter7.pdf (aufgerufen am 19.07.2016).
- Environment Agency (UK) (2008): Abandoned mines and the water environment. Science project SC030136-41. Internet: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/291482/LIT_8879_df7d5c.pdf (last visited 13.07.2016).
- ELAW – Environmental Law Alliance Worldwide (2010): Guidebook for Evaluating Mining Project EIAs. Internet: <http://www.elaw.org/files/mining-eia-guidebook/Chapter1.pdf> (last visited 21.06.2016).
- Ernst & Young (2015): Business risks facing mining and metals 2015–2016 - Moving from the back seat to the driver's seat. Internet: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-business-risks-in-mining-and-metals-2015-2016/\\$FILE/EY-business-risks-in-mining-and-metals-2015-2016.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-business-risks-in-mining-and-metals-2015-2016/$FILE/EY-business-risks-in-mining-and-metals-2015-2016.pdf) (last visited 29.08.2016).
- European Commission (2013): Environmental Impact Assessment of Projects. Ruling the court of justice. Internet: http://ec.europa.eu/environment/eia/pdf/eia_case_law.pdf (last visited 14.07.2016).
- European Commission (2016): Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from the Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC. Internet: http://susproc.jrc.ec.europa.eu/activities/waste/documents/MWEI_BREF_Draft.pdf (last visited 29.08.2016).
- FAZ Frankfurter Allgemeine Zeitung (2015): Viele sprechen von einem „brasilianischen Fukushima“. (translated: *Many speak of a "Brazilian Fukushima"*). Internet: <http://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/umweltkatastrophe-nach-dammbruch-in-brasilien-13939330.html> (last visited 13.07.2016).
- Groß, O. (2016): Bloß weg damit – Industrieabfälle aus dem Bergbau landen oft im Meer. In: iz3w 454, Mai / Juni.
- ICMM 2015: Annual Review 2015 – A global approach to collaboration, <http://www.icmm.com/publications/annual-review-2015>
- IM4DC (2014): International Mining for Development Centre: Mining and sustainability: experience from Australia, Mendoza 17.4.2014: www.im4dc.org
- Ker, P. (2016): New setback for BHP Billiton as Samarco deal is overturned. Internet: <http://www.smh.com.au/business/mining-and-resources/new-setback-for-bhp-billiton-as-samarco-deal-is-overturned-20160701-gpw53g.html> (last visited 19.07.2016).
- Kneen, M.A., Ojelede, M.E. and Annegarn, H.J. (2015): Housing and population sprawl near tailings storage facilities in the Witwatersrand: 1952 to current. In: South African Journal of Science 111(11/12), Art. #2014-0186: <http://dx.doi.org/10.17159/sajs.2015/20140186> (last visited 01.07.2016)
- Mackasey, W.O. (2000): Abandoned Mines In Canada Prepared For MiningWatch Canada. Internet: http://miningwatch.ca/sites/default/files/mackasey_abandoned_mines.pdf (last visited 01.07.2016).
- Manhart, A., Gandenberger, c.; Bodenheimer, M., Rüttinger, L., Griestop, L (2015): Ungewollte Verschiebungseffekt4 durch Standards und Zertifizierung – Relevanz und Lösungsansätze für den Beeich der abiotischen Rohstoffe. RohPolRes-Kurzanalyse. Internet: <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/die-debatte-um-konfliktrohstoffe-moegliche-bezuege> (Last visited 19.07.2016).
- Manhart, A.; Oeko-Institut, ifeu, project consult (2016): Bewertung ökologische Risiken bei der Primärgewinnung abiotischer Rohstoffe – Methodenvorschlag für einen rohstoffspezifischen Ansatz. Teilbericht des Projektes Erörterung ökologischer Grenzen der Primärrohstoffgewinnung und Entwicklung einer Methode zur Bewertung der ökologischen Rohstoffverfügbarkeit zur Weiterentwicklung des Kritikalitätskonzeptes (ÖkoRes). (translated: *Evaluation of ecological risks in the primary production of abiotic raw materials – Method suggestion for a commodity-specific approach. Intermediate report of the project for the evaluation of ecological limits in primary resource extraction and development of a method for the evaluation of ecological resource availability for further development of the criticality concept*) 25.6.2016, unpublished intermediate report for the German Environment Agency
- MCA (2016): Water stewardship, http://www.minerals.org.au/policy_focus/water_stewardship/ (last visited 27.6.2016)
- Mining Association of Canada (2015): Independent Task Force on Towards Sustainable Mining's Tailings Management System Tables Report and Recommendations with MAC Board. Internet: <http://mining.ca/news-events/press-releases/independent-task-force-towards-sustainable-mining%E2%80%99s-tailings-management> (last visited 19.07.2016).
- Mining Weekly (2010): Rising acid mine water could be 'catastrophic' for Johannesburg, 21.7.2010, http://www.miningweekly.com/article/rising-acid-mine-water-threat-to-joburg-2010-07-21/rep_id:3650
- Mudd, G.M. (2010): The Environmental sustainability of mining in Australia: key mega-trends and looming constraints. In: Resources Policy 35: 98–115.
- Neves, A.C., Nunes, F.P., de Carvalho, F.A., Fernandes, G.W. (2016): Neglect of ecosystems services by mining, and the worst environmental disaster in Brazil. In: Natureza & Conservação 14(1): 24-27.
- Priester, M. und P. Dolega. (2015): Bergbauliche Reststoffe –Teilprojektbericht ÖkoRes. (translated: *Residual materials in mining – Intermediary report ÖkoRes.*) Berlin. Internet: <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/oekoress-teilbericht-bergbauliche-reststoffe-dr> (last visited 27.06.2016).
- Rico, M. et al. (2008): Reported tailings dam failures: A review of the European incidents in the worldwide context. In: Journal of Hazardous Materials Volume 152, Issue 2: 846–852.

- Saami Conference 2013. (2013): The Saami Conference, Declaration, Murmansk, 2.-4.5.2013. Internet: http://www.saamicouncil.net/fileadmin/user_upload/Documents/Julgg%C3%A1%C5%A1tusat/SR_mall-_Kuellnegk_Neark_Declaration__2013.pdf.
- Schüler, D.; Buchert, M.; Ran, L.; Dittrich, S. und Merz, C. (2011): Study on Rare Earth and Their Recycling. Final Report for the Greens/EFA Group in the European Parliament and Öko-Institut. <http://www.oeko.de/oekodoc/1112/2011-003-en.pdf>
- Tarras-Wahlberg, H.N. (2014): Social license to mine in Sweden: do companies go the extra mile to gain community acceptance? In: Mineral Economics. Volume 27, Issue 2: 143-147.
- Trilling, D. (2013): All that glitters. In: New Statesman; 6/21/2013, Vol. 142 Issue 5163: 30-33.
- TSM (2015): Report of the TSM Tailings Review Task Force. Recommendations to Strengthen the Mining Association of Canada's Tailings Management Requirements and Guidance. November 2015.
- UNDP (2016): Mapping Mining to the Sustainable Development Goals: A Preliminary Atlas. http://unsdsn.org/wp-content/uploads/2016/01/160115-Atlas_full.pdf (last visited 13.07.2016).
- UNEP (2010): Sick Water? The Central Role of Wastewater Management in Sustainable Development. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme, UN-HABITAT, GRID-Arendal. Internet: http://www.unep.org/pdf/SickWater_screen.pdf (last visited 18.07.2016).
- Unger, C., Lechner, A.M., Glenn, V., Edraki, M., Mulligan, D.R. (2012): Life-of-Mine Conference 2012 Mapping and Prioritising Rehabilitation of Abandoned Mines in Australia. Internet: <http://www.cmlr.uq.edu.au/filething/get/18451/LOM%20Paper%20Unger%20et%20al%20July%202012-1.pdf> (last visited 01.07.2016).
- UNIDO (2013): UNIDO and Mercury. Internet: https://www.unido.org/fileadmin/user_media_upgrade/What_we_do/Topics/Resource-efficient__low-carbon_production/201312_mercury_final_web.pdf (last visited 27.06.2016)
- Vesalon, L. and R.Crețan (2013): Mono-industrialism and the Struggle for Alternative Development: the Case of the Roșia Montană Gold-mining Project. In: Tijdschrift voor economische en sociale geografie Volume 104, Issue 5: 539–555.
- Walz, R., M. Bodenheimer and C. Gandenberger (2016): Kritikalität und Positionalität: Was ist kritisch für wen – und weshalb? (translated: *Criticality and positionality: What is critical for whom and why?*) In: Exner, A., M. Held, K. Kümmerer (Hrsg.): Kritische Metalle in der Großen Transformation (translated: *Critical metals in the great transformation*): 19-38.
- West, J. (2011): Decreasing Metal Ore Grades - Are They Really Being Driven by the Depletion of High-Grade Deposits? In: Journal of Industrial Ecology, Volume 15, Number 2: 165-168.
- White, R. (2013): Resource Extraction Leaves Something Behind: Environmental Justice and Mining In: International Journal for Crime and Justice 2(1): 50-64.
- Widerlund, A., Öhlander, B. und Ecke, F. (2014): Environmental Aspects of Mining. Mining and Sustainable Development. Internet: http://www.ltu.se/cms_fs/1.124549!/file/rapport%20Environmental%20Aspects%20of%20mining_low.pdf (aufgerufen am 15.05.2016)
- Winde, F. (2013): Uranium pollution of water – a global perspective on the situation in South Africa. Internet: http://dspace.nwu.ac.za/bitstream/handle/10394/10274/Winde_F.pdf?sequence=1&isAllowed=y (last visited 01.07.2016).
- Wolkersdorfer, C. und R. Howell (2005): Contemporary Reviews of Mine Water Studies in Europe. In: Mine Water and the Environment 24.
- World Bank (2016): Total Natural Resources Rent (%). Internet: <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.TOTL.RT.ZS> (last visited 19.07.2016).
- Yrjö-Koskinen (2016): Introduction to the Finnish Network for Sustainable Mining. Internet: <http://www.osce.org/pc/218376?download=true> (last visited 19.07.2016)



项目背景

欧盟可持续原材料战略对话(STRADE)致力于研究欧盟原材料供应包括来自欧盟国家和非欧盟国家的原材料供应的长期保障性和可持续性。

通过在 7 个成员组成的联合体内部的对话方式,该项目将政府、企业和民间组织聚集在一起,共同为欧盟的未来矿物原材料供应的创新战略提供政策建议。

该项目基于环境和社会可持续性促进欧盟矿物原材料供应的安全保障和提高欧盟采矿工业的竞争力。

在为期三年(2016 – 2018 年)内,STRADE 将研究成果、实践经验、法规知识、最佳实践技术和技能相结合致力于下述工作:

1. 研究欧盟与资源丰富国家的合作战略;
2. 促进国际上可持续原材料的生产和供应;
3. 提高欧盟原材料工业的实力。

项目信息

项目名称	欧盟可持续原材料战略对话 (STRADE)
协调专员	德国应用生态研究所 (Oeko-Institut) 的 Doris Schueler, 协调人联系邮箱为: d.schueler@oeko.de
联合体	



应用生态研究所
德国弗莱堡市 Merzhauser 路 173 号, 邮编: 79100



SNL 金融公司
瑞典德哥尔摩市 Olof Palmes 街 13 号, 邮编: Se -111 37



PROJEKT-CONSULT 发展中国家咨询有限责任公司
德国巴特菲尔伯尔市 Laechen 路 12 号, 邮编: 61118



邓迪大学
英国邓迪市 Nethergate, 邮编: DD1 4HN



GEORANGE 非盈利组织
瑞典玛拉 43 号信箱, 邮编: 93070



威特沃特斯兰德大学约翰内斯堡校区
南非约翰内斯堡 Jan Smuts 大街 1 号, 邮编: 2001



DMT-KAI BATLA 有限公司
南非克雷格霍尔 41955 信箱, 邮编: 2024

经费来源 该项目由欧盟“地平线 2020 研究与创新计划”提供资助。拨款协议编号: 689364。



欧盟“地平线 2020 计划”资助项目

项目期限 2015 年 12 月 1 日 - 2018 年 11 月 30 日

项目预算 欧盟提供经费: 1977508.75 欧元

项目网址 www.STRADEproject.eu

本 STRADE 政策简报中所表达的意见仅代表相关作者的意见,并非所有 STRADE 项目联盟成员的观点。对本出版物中的信息的任何使用情况,欧盟不承担任何责任。