



采矿业环境、健康与安全指南

前言

《环境、健康与安全指南》（简称《EHS指南》）是技术参考文件，其中包括优质国际工业实践（GIIP）所采用的一般及具体行业的范例。¹。如果世界银行集团的一个或多个成员参与项目，则应根据这些成员各自政策和标准的要求执行《EHS指南》。《EHS指南》是针对具体行业，应与《通用EHS指南》共同使用，后者提供的指南针对所有行业都可能存在的EHS问题。如果遇到复杂的项目，可能需要使用针对多个行业的指南。在以下网站可以找到针对各行业的指南：<http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>。

《EHS指南》所规定的指标和措施是通常认为在新设施中采用成本合理的现有技术就能实现的指标和措施。在对现有设施应用《EHS指南》时，可能需要制定具体针对该场所的指标，并需规定适当的达标时间表。

在应用《EHS指南》时，应根据每个项目确定的危险和风险灵活处理，其依据应当是环境评估的结果，并应考虑到该场所的具体变量（例如东道国具体情况、环境的吸收能力）以及项目的其他因素。具体技术建议是否适用应根据有资格和经验的人员提出的专业意见来决定。

如果东道国的规则不同于《EHS指南》所规定的指标和措施，我们要求项目要达到两者中要求较高的指标和措施。如果根据项目的具体情况认为适于采用与《EHS指南》所含规定相比要求较低的指标和措施，则在针对该场所进行的环境评估中需要对提出的替代方案作出详尽的论证。该论证应表明修改后的指标能够保护人类健康和环境。

适用性

《EHS采矿指南》适用于地下和露天矿的开采、砂矿开采、水溶开采和海上疏浚。建筑产品原材料的提取参见《建筑材料制造业EHS指南》。

本文由以下几个部分组成：

- 1 具体行业的影响与管理
- 2 指标与监测
- 3 参考文献和其他资料来源

¹ 定义是：熟练而有经验的专业人员在全球相似情况下进行同类活动时，按常理可预期其采用的专业技能、努力程度、谨慎程度、预见性。熟练而有经验的专业人员在评估项目可采用的污染防控技术时可能遇到的情况包括（但不限于）：不同程度的环境退化、不同程度的环境吸收能力、不同程度的财务和技术可行性。



附录 A 行业活动的通用描述

1 具体行业的影响与管理

本章概述了对于勘探、开发以及建设、作业、关闭和报废阶段（包括报废后的阶段）进行的采矿活动（包括矿砂加工设施）所涉及的 EHS 问题，并提出如何对其进行管理的建议。关于对大部分大型工业活动的 EHS 管理的建议可以参见《通用 EHS 指南》。

1.1 环境

与采矿活动相关的潜在环境问题管理方法如下：

- 用水及水质
- 废品
- 危险材料
- 土地使用和生物多样性
- 空气质量
- 噪声和振动
- 能源使用
- 视觉影响

用水和水质

采矿现场内外的用水和水质管理至关重要。潜在的水源污染可能发生于勘探阶段，包括直接影响（如移民进入）等诸多因素可能会影响水质。地表水和地下水水源的减少也会引起采矿地区，尤其是干旱地区和有很大农业开发潜力地区的政府和社区的关注。因此，除对包括来自矿区的暴雨水径流等出水水流进行处理外，采矿活动还应对用水进行充分的监测和管理。

用水

采矿可能会消耗大量的水，主要是在处理厂和相关活动中，同时也存在于捕尘过程或其他用途中。在成品最后的蒸发阶段，水就会流失，不过它们大部分进入尾矿水流中。所有的矿应对其水平衡进行适当管理。水量供应充足的矿，比如在湿热的环境下或处于冰雪带地区的，可能会经历高峰期，这就要求特别注意。

用水管理的建议方法包括：

- 在矿区和相关处理厂之间建立水平衡（包括可能的气候措施），并将其上报（给当地政府）用于基础设施设计；
- 进行可持续供水管理计划，通过对用水进行管理将其对自然系统的影响降到最低，避免蓄水层的枯竭，并减少对用水者的影响；
- 尽量减少补充水的使用；
- 在可行的情况下（如：将上清液从尾矿池输送到处理厂）考虑生产用水的再利用、再循环和处理；



- 在开始任何排水活动前考虑其对水平衡的潜在影响；
- 对主要利益相关者（如：政府、公民社会和可能受影响的社区）进行咨询，了解任何可能因用水要求引起的冲突、社区对水资源的依赖性和/或当地已有的保护要求。

水质

水质影响管理的建议方法包括：

- 采矿出水包括暴雨水、淋滤台排水、工艺出水和所有的采矿排水，应对其质量和数量进行管理和处理，使之达到第 2.0 章节的适用排水指南标准的要求；
- 另外，对地表水的排放不应引起当地污染物浓度超过当地的科学混合区环境水质标准。受纳水体的使用和同化能力，包括进入受纳水体的其他排放源的影响，应符合《通用 EHS 指南》中描述的污染负荷和出水排放质量标准；
- 应在加油设备、车间、油库和隔离区安装捕油器或沉淀器并进行维护，应急计划中应包括防污应急箱；
- 露天储存系统（如：渗滤区、溶液池和残渣池或蓄水池）中的水质应基于各现场风险评估的结果，应使用合适的控制手段减缓风险，或达到第 2.0 章节中的出水指南标准；
- 生活废水应通过再利用或选择《通用 EHS 指南》中描述的感染性废物处理或地表处理方法进行管理。

暴雨水

与暴雨水管理有关的主要问题包括净污水分离、减少径流、避免地表腐蚀、避免排水系统的沉淀和降低受污染区域对于暴雨水的暴露量。暴雨水管理的建议方法已在作业的各个阶段做出归类总结（尽管有几种方法跨越不止一个阶段，包括退役和关闭阶段）。

勘探阶段及之后的建议管理方法包括：

- 避免沉积物的材料暴露于风或水（如：适当堆放一些土壤和岩石）；
- 将受干扰（已分级、种植或栽种）区域周围未受影响的地区的径流水进行分流。此种排水用于去除沉积物；
- 减少或防止非现场沉积物的运输（如：使用沉淀池和淤泥围栏）；
- 暴雨水排泄管道、分水沟和河道应通过充分的尺寸设计、斜度限制技术和使用乱石及衬砌方法进行防腐蚀保护。临时排水构造的设计、建设和维护应满足至少 25 年/24 小时重现期的需要，而永久排水装置的设计是 100 年/24 小时重现期。

建设阶段及之后的建议管理方法包括：

- 建立河岸带；
- 及时采用适当的地形测量技术、梯田化、坡度最小化、径流速度限制和适当的排水装置，以减少易腐蚀区域和非易腐蚀区域的腐蚀程度；
- 出入口道路和运料道路应有梯度或地表处理措施以减少腐蚀，且应提供公路排水系统；
- 设备设计应考虑完全水力负荷，包括来自上游小流域和非采矿区域的支流；
- 暴雨水处理设备的设计和维护应根据国际通用的良好工程实践，包括对碎片和浮游物质捕获的规定。沉淀控制设备的设计和作业应根据最终总悬浮固体（TSS）排放标准



(50 mg/L) 和第 2.0 章节中其他适用参数和指南标准，同时按《通用 EHS 指南》，考虑总体提高受纳水体水质的背景状况和机会。排水质量应适合受纳水体使用。

作业阶段及之后的建议管理方法包括：

- 受干扰区域的最终分级，包括培养基最后几层应用前的覆盖层准备，与地形测量同样应尽量做到安全与实用；
- 受干扰区域的绿化（包括种植）应在使用培养基后立即进行，以防止腐蚀。

酸性岩：排水和金属淋溶

酸性岩排水（ARD）指当潜在的酸性产生（PAG）材料与产生酸性的硫化矿物质超过酸性中和矿物质（主要是碳酸盐），在含有氧气和水的环境中被氧化形成酸的现象。酸性条件会将金属从它们的矩阵中溶解和释放出来（一种金属淋溶现象，即 ML），这些矩阵随后会被调入地表水和地下水系统之中。ARD 和 ML 现象应根据‘固体废物’一节中的描述加以防止和控制。只要有将出水质量控制在保护当地环境要求水平的需求，包括需要时矿井的退役、报废和报废后阶段，PAG、ARD 和 ML 管理就应不断扩展。

ARD 和 ML 问题适用于矸石、尾矿材料和任何裸露的岩石表面如路堑高边和露天矿边坡。

地下水资源保护

除对出水、垃圾和潜在危险材料释放的污染进行防治外，地下水污染（主要与淋溶和水溶开采活动以及尾矿管理）潜在源的建议管理方法如下：¹

淋溶：

操作者应采用以下方法对地表堆浸淋溶过程进行设计和作业：

- 应通过提供合适的衬板和子排水系统防止有毒溶液的入渗，对处理溶液进行收集和循环使用，尽量减少地面入渗；
- 母液输送管道系统设计应包含次级裂纹安全壳；
- 管道和输送系统应安装有泄漏反应系统的泄漏检测设备；
- 工艺溶液储水池和其他被设计用来保存盐水或非处理过的淋溶工艺出水的污水池应配备足够的监测井以保证对水位和水质的监测。

水溶开采：操作者应根据以下方法设计和作业水溶开采项目：

- 根据岩层特征选择适当的位置和作业方法，以保证淋溶液的运动不越过开采区域和保护非现场蓄土层。
- 在洞室周围安装足够的监测井以保证对压力水平、水量和水质进行监测。

废品

采矿产生大量的废品。应对垃圾填埋场、尾矿污水池/坝和填注设备等构造进行计划、设计和作业，在整个采矿周期对岩土工程风险和环境影响进行适当评估和管理。

¹ 原地浸出采矿方法和水溶采矿活动中关于地下水保护措施的其他信息参见美国环境保护署（EPA）指南：

<http://www.epa.gov/safewater/uic/classv/pdfs/sol-fact.pdf>;

<http://www.uic.com.au/nip40.htm>;

<http://www.saltinstitute.org/12.html>。



固体废物产生于采矿周期的任何阶段。产生废品最多的采矿活动很可能发生于作业阶段，这一阶段需要大量的覆盖物并且产生矸石和尾砂。根据采矿种类，其他固体废物可能包括淋溶板废品、车间废料、家庭和非处理工业废品以及废油、化学品和其他潜在危险废品。

矸石填埋场

根据碎石率（在露天矿坑内），采矿过程中经常需要移走大量的覆盖物或矸石以裸露和开采矿物。在建成的矸石填埋场需要经常处理覆盖物和矸石。在采矿周期内对这些填埋场进行管理对保护人类健康、安全与环境非常重要。

对矸石填埋场的建议管理方法如下：

- 根据材料性质和当地岩土工程考虑，填埋场应设计有适当的梯田和高度标准，以减少腐蚀和安全风险；
- 对于能潜在产生酸（PAG）的废品的管理应根据以下指南进行；
- 应考虑填埋场内由于化学或生物催化及风化作用产生的岩土工程性状的潜在改变。这种作用可以从晶粒度和矿物学角度大量减少填埋废品，从而产生高频率黏粒并导致相当程度的稳定性下降直至岩土工程的失败。这些岩土工程性状变化（明显连贯、内部摩擦角度）尤其适用于没有退役并有适当覆盖系统的设备，可以防止渗流进入填埋场。新设备的设计必须为这种潜在的岩土工程性状的破坏提供较高的安全要素。对现有设备的稳定性/安全评估应将这些潜在变化考虑在内。

尾砂

尾砂管理方法根据现场限制和尾砂性质/类型的不同而不同。潜在环境影响可能包括地下水和地表水污染，原因有酸性岩排水（ARD）和包含径流/淋滤液的金属淋溶（ML）、排水网络的沉淀作用、粉尘生成和与选择的管理方法有关的潜在岩土工程危害的产生。尾砂管理方法除了应考虑如何在退役之后进行永久储存之外，还应该在作业阶段对尾砂进行处理。此外，采取相关策略时也应考虑现场地形、下游受体和尾砂的物理特性（如：项目设计容积、晶粒度分布、浓度、水含量等）¹。

尾砂的建议管理方法包括：

- 构造的设计、作业和维护，根据ICOLD3 和ANCOLD4 标准或其他国际公认的风险评估标准。适当对设计和建设阶段进行单独审查，在作业和退役阶段同时对其物理构造和水质进行监测²；
- 如果构造位于地震荷载高风险区域，单独审查应包括对最大地震设计假设和构造稳定性的检查，设计应确保在出现尾砂无控制泄漏；
- 尾砂储存设施设计应考虑与岩土工程稳定性或水力故障有关的具体的风险/危害，以及危害下游经济资产、生态环境和人类健康及安全的可能。因此，环境考虑也应包括应急准备和反应计划，以及在尾砂或上清液灾害性泄漏时采取遏制/缓解措施；

¹ 其他信息请登录加拿大矿业协会（MAC，网址：www.mining.ca）

《尾矿设施管理指南》（1998年）；

《尾砂和水管理设施作业、维护和监控手册》（待完善）（2003年）。

² 国际大坝委员会（ICOLD），网址：<http://www.icold-cigb.net>；



- 任何将水从尾砂构造周围汇集区分流到别处的分流排水管道、分水沟和河道之建设应达到本章节其他部分规定的水灾复发频率标准；
- 渗漏管理和相关稳定性分析应作为设计和作业尾砂储存设备时的关键因素。这相当于要求一个具体的基于压力计的监测系统在整个系统墙内和下游地区对渗漏水位进行监测，整个采矿寿命周期都要求对系统进行维护；
- 在采矿工艺流程（包括储存水库和尾矿坝）中考考虑安装零排放尾矿设施和完成水平衡和风险评估。考虑使用天然或合成衬板以减少风险；
- 对于整个尾矿坝的寿命的设计（包括退役阶段），设计标准应考虑最大洪灾的可能性和按要求进行出水高度安全遏制（根据各现场风险）；
- 如果存在液化风险（包括与抗震性能有关的风险）的可能，设计标准应考虑地震最大设计值；
- 在内陆上处理的系统，可以将氧化水或渗流水（如尾砂污水池）与产生酸性淋滤液的材料进行隔离，如结合尾砂污水池和尾矿坝和随后的排水和压顶措施。应根据国际公认岩土工程安全标准设计、建造和作业陆上处理替代方案；
- 在项目进展期间，增稠并形成矿坑和地下井巷回填所需的浆体。

河流（如：河流、湖泊和泻湖）或浅海尾砂处理在国际上被认为是不好的工业实践。由此延伸，河流疏浚进行的尾砂处理也在国际上被认为是不好的实践。

深海尾砂处置（DSTP）只有当环境和社会范围内陆上处理缺失时才可作为替代，而且需要进行单独的科学影响评估。如果考虑 DSTP，应基于对所有尾砂管理替代进行详细的可行性和环境及社会影响评估，而且只有当影响评估表明这种排放不会对海洋和海岸资源或当地社区产生强大的负面影响时方可进行。

淋溶板废品

淋溶板废品的建议管理方法包括：

- 应坚持淋滤液收集和处理，直到最终出水标准与第 2.0 章节中指南标准一致；
- 停止使用的淋溶板应综合采用地表管理系统、渗流收集和（主动或被动）处理系统，以保证关闭后阶段的水资源质量。

废品的地球化学鉴定

采矿作业应准备并实行矿砂和废品的地球化学鉴定方法，进行正确的 PAG 材料和 ARD 管理方案路线选择，包括如下因素：

- 自可行性研究阶段开始，进行一系列快速淋溶实验，对 ARD 所有可以预见受干扰或因采矿而裸露的潜在可能性，根据国际公认方法进行评估¹；
- 从中长期采矿计划到短期采矿计划的转变过程中，在与区组规模下降同步的基础上，同时进行综合 ARD/金属淋溶（ML）测试/绘图；

澳大利亚国家大坝委员会（ANCOLD），网址：<http://www.ancold.org.au/>。

¹ 见美国内务部—地表采矿办公室——酸性矿排水预防和减缓

网址：<http://www.osmre.gov/amdpvm.htm>；

《不列颠哥伦比亚采矿现场金属淋溶和酸性岩排水政策》（BC MEM 1998）



- 执行减少 ARD 的 ARD 和 ML 预防措施包括：
 - 通过对开发和建设进行分期，以及因治理需要对径流进行覆盖和/或隔离，从而限制 PAG 材料的裸露；
 - 采用水管理技术，如将清洁径流从 PAG 材料分流出来，将“不清洁”径流与 PAG 材料分离进行处理，对 PAG 材料进行分级以避免入池和入渗；迅速将矿坑内的水清除以减少酸性的产生。
- 对 PAG 材料（包括废品）的放置进行控制，提供避免接触氧气或水的永久环境，包括¹：
 - 将 PAG 材料放入一个缺氧的环境中，如将其放入水中或以水覆盖；
 - 在 PAG 材料与其下方的潜水面之间放入一个防渗罩以限制入渗和暴露于空气中。防渗罩应尤其要避免暴雨水较少地区的酸性气候，并且应适合当地气候和植被（如有）；
 - 在适当的情况下，将 PAG 材料与非 PAG 材料或碱性材料混合，可以中和酸性的产生。混合时应对各种材料进行充分鉴定，注意碱性材料与酸性产生材料的比率，参考操作失败的案例，并进行静态和长期动力学测试。

一般非危险废品

对于生活废品和非工艺废品的管理，建议采用以下方法：

- 对非危险固体废品，应根据《通用 EHS 指南》中的建议方法进行管理；
- 对非危险固体废品进行收集，以便在已获批准的卫生填埋场进行循环利用或处理。应对外部填埋场进行审核以保证适当的废品管理。如果在可行性上不能获得这种设备，应建立和作业自己的设备，但应符合规定并进行科学辩证研究，以表明此种危险废品的处理不会影响人类健康和环境²；
- 非危险固体废品不可与矸石或覆盖物一起处理，除非在特定情况下并且有完整的项目环境和社会评估记录文件。

危险废品

危险废品的建议管理方法包括：

- 包括废油和化学品、使用过的包装材料和包装箱在内的危险废品，应根据《通用 EHS 指南》进行管理；
- 应由拥有特殊设计的、专用于危险废品管理之设施的专业机构（根据规定）对危险废品进行处理。如果在可行性上不能获得此种服务，应在规定允许的条件下建立和作业自己的废品处理设施；
- 废油应优先作为发电设备中的补充燃料进行燃烧，需符合燃烧源排放指标（见《通用 EHS 指南》和《火电站环境、健康与安全指南》）。

网址：www.em.gov.bc.ca/Mining/mineper/ardpolicy.htm。

¹ 出处同上（关于放置的其他信息）。

² 关于废品管理设施设计和作业的详细指南参见《废品管理设施环境、健康与安全指南》。



危险材料

对危险材料的处理、储存和运输应防止泄漏、溢出或其他意外排放到土壤、地表水及地下水的现象。为减少储存罐和管道（如：尾砂管道）意外溢出的风险，建议减缓措施包括：

- 提供二级收集以限制其进入受纳水体（如：集水坑、保留区、防渗板），包括：
 - 在关键部位（如：较大的河流交汇处）建双层或加厚管道；
 - 安装截止阀以减少溢出量和避免流入关键区域。

关于危险材料管理其他详细指南包括：对燃料和化学品等危险材料的处理、储存和运输制订溢出防控计划。

氰化物

对于氰化物使用应符合《国际氰化物管理规范》的实践原则和标准¹。氰化物条例包括适用于氰化物使用的原则和标准，包括购买（采购）、运输、处理/储存、使用、设备退役、作业安全、应急反应、培训以及公众咨询和发布。《规范》是一种通过多方利益相关者之间的对话而自发形成的工业方案，隶属联合国环境开发署，由国际氰化物管理学会管理。

土地使用和生物多样性

生境改变与采矿活动有关，它是生物多样性最大的潜在威胁之一。生境改变可以发生在采矿周期的各个阶段，其中建设和作业活动可以对陆地和水体生境造成极大的暂时性或永久性改变。另外，勘探活动往往要求开发出入口道路、运输走廊和为工人提供临时营地，这些都可以造成不同程度的土地清除和移民进入。

根据采矿种类，开发和建设活动往往要求进行土地清理，包括一些基础设施如楼房、公路、建筑工地、城镇现场用地、水管理构造、发电厂、运输线和通往采矿现场的出入口走廊。这是建矿的需要，也是建立处理厂、安装尾矿设施和开辟废品堆放和贮存区的需要。

生物多样性的保护和保持是可持续性发展的根本条件。整合保护的需要和发展的机会以满足当地社区对土地使用的需要往往是采矿项目的关键问题。建议方法应考虑以下几个方面：

- 重要的自然生境²是否会受到负面影响或严重威胁，或减少濒危物种；
- 项目是否会影响保护区；
- 是否实行生物多样性补偿项目（如：在发生损失的采矿主要现场，对替代的高生物多样性区域进行积极的管理）或采取其他减缓措施；
- 项目或与之有关的基础设施是否鼓励移民进入，这样就会对生物多样性和当地社区产生负面影响；
- 考虑与国际科研机构合作，如：进行生物多样性评估，同时进行监测和制订生物多样性计划；
- 与主要利益相关者（如：政府、公民社会及可能受影响社区）协商，了解任何可能因

¹ 《国际氰化物管理规范》，参见网址：<http://www.cyanidecode.org/>。

² 按照国际金融公司（IFC）绩效标准（附件）6——《生物多样性保护和可持续自然资源管理》。读者应参考附件对主要生境的定义和要求。



用水要求引起的冲突、社区对水资源的依赖性和/或当地已有的保护要求。

陆地生境

将对临时性或永久性陆地生境的改变降到最低并符合保护主要生境的要求。建议管理方法包括¹：

- 在当地建现场出入口道路和安装设施以防止对主要陆地生境的影响，避免在一年中敏感期进行勘探和建设活动；
- 尽量减少对植被和土壤的干扰；
- 针对潜在的影响实行适合生境的减缓措施，如：作业后恢复（可能包括基准线库存、评估和最终物种拯救），损失弥补，或对直接使用者进行补偿；
- 避免或减少影响生物移动或威胁物种迁移（如鸟类）的障碍，如果障碍不可避免，为生物提供替代迁移路线；
- 计划并避开敏感区，实行缓冲区；
- 进行活动时尽量避免导致滑坡、碎片或泥石流及河岸或冲积扇失稳；
- 实行土壤保护措施（如：隔离、恰当的放置和堆放清洁土壤和覆盖材料以进行现场修复）；
- 应考虑关键因素如放置、选址、设计、持续时间、覆盖物、再使用和单独处理；
- 如果表土预先剥离，应对其进行储存以备将来现场修复使用。表土管理应包括对土壤完整性进行保护以备将来之用。应对储存区采取暂时保护或进行绿化以防止腐蚀；
- 保护培养基的质量和成分以备现场复垦和关闭时使用（如：盖顶）；
- 保证培养基足以支持适当当地气候及将来土地使用的本土植物物种。培养基的厚度应与周围未受干扰区和将来土地使用一致；
- 对出入口道路和永久地面设备进行绿化。移走外来入侵性植物物种，植入本土物种。绿化控制应采取生物、机械和热力绿化控制措施，尽量避免使用化学除草剂。

如果要求使用除草剂控制出入口道路和设备旁边的植被生长，应对人员进行培训。不可使用的除草剂种类可参见世界卫生组织（WHO）建议的《杀虫剂危害分类》1a和 1b、世界卫生组织建议的《杀虫剂危害分类》II（如果项目东道国没有关于这些化学品分配和使用的限制，或者如果这些化学品有可能进入没有经过适当培训的人员手中以及装置和设备中，则不能对这些产品进行适当处理、储存、应用和处理），以及《斯德哥尔摩公约》附件A和B，公约中特别注明的状况除外²。

水生生境

水生生境可通过地表水或地下水构造的改变而改变，从而导致对鱼类和野生群体的压力增长。土壤迁移可能会造成沉淀，这些沉淀能够进入河道，改变水质和水量。建议管理方法包括：

- 减少新建或扩建出入口走廊；
- 停止使用出入口道路并进行再绿化，安装路障限制进入；

¹ 生物多样性保护方法其他信息参见《采矿与生物多样性保护——世界案例研究》（IUCN 和 ICMM，2004 年）和《采矿与生物多样性最佳实践》（ICMM 2006 年）。

² 《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》（2001 年）。



- 尽量对自然排水渠道进行维护，如有中断则进行恢复；
- 对水体汇集区进行维护，达到或接近开发前状况；
- 保护河道稳定性，限制对河道和河岸的干扰，对河岸带采取适当的抑制；
- 减弱丰水期地表径流；
- 使用现场储存和水管理基础设施（如：蓄水池、集水坑、低坡度分水沟、清洁水分流）；
- 根据潜在风险，设计临时性和永久性桥梁和涵洞以调节最大流量；
- 对稳定、安全、有特定用途的河道交汇处进行建设、维护和复垦，减少河道或湖床的腐蚀、块体坡移和退化。

海洋生境

海洋环境中的水生生境可能会由于海上疏浚采矿、深海采矿、海上荷载活动、港口建设和尾砂处理等活动而改变，河流和采矿作业导致的径流也会影响海洋环境。这些对海洋环境的主要影响包括：生境干扰和破坏、水柱沉淀变缓、水温改变和水质改变。项目赞助方应请专家进行海洋影响评估，包括社会经济影响（如：对作业渔场的影响）。影响评估和管理应符合东道国对国际公约的承诺，其中包括《联合国海洋法公约》¹。

空气质量

采矿现场适宜的空气质量在所有阶段都很重要。空气排放可能发生在采矿周期的任一阶段，尤其在勘探、开发、建设和作业阶段。主要来源包括爆破或尾矿设施、贮存、垃圾填埋场、运料道路和基础设施的裸露表面产生的扬尘，其次包括静止和移动设备因燃料燃烧排放的烟气。《通用 EHS 指南》提供适宜空气质量指南。

粉尘

应尽量减少来自尾砂设备、垃圾填埋场、尾砂堆和其他裸露区干燥表面的扬尘排放。建议管理方法包括：

- 在公路和作业区域使用压尘技术（如：润湿、使用全天候表面、使用成块添加剂），做到优化交通模式和降低行驶速度；
- 裸露土壤和其他可腐蚀性材料应立即进行再绿化或覆盖；
- 只有当绝对必要时才开辟和开放新区；
- 地表应进行再绿化，否则要在非活跃期进行无粉尘成形；
- 粉尘材料的储存应是封闭的，或采取有效的压尘措施作业；
- 材料的荷载、转移和排放应避免高处坠落，同时加以防风覆盖并考虑使用抑尘喷洒系统；
- 粉尘材料的传送系统上方应装备有传送带回转清洁措施。

气体排放

气体排放源主要来自发电厂设备燃料燃烧、机动车排放和脱水、焙烧及冶炼产生的甲烷。

¹ 《联合国海洋法公约》（1982 年）包括适用于签约国领海和毗连区内航海、资源使用和资源保护的多项要求。完整文本参见：<http://www.un.org/Depts/los/index.htm>。



利用产能等于或低于 50 MW 的火力资源和流动源的静止蒸汽和发电的建议减排和控制方法见《通用 EHS 指南》。高于 50 MW 的动力源建议减排和控制方法参见《火电站环境、健康与安全指南》。

冶炼和焙烧

关于冶炼和精炼的一般建议参见《贱金属冶炼和精炼——环境、健康与安全指南》。然而，关于贵金属的焙烧和冶炼有几种特殊情况。

许多贵金属生产者在将其运往精炼厂之前进行现场冶炼。尤其是小冶炼厂/助熔炉在生产金和银时会产生有限的排放，但从有些矿砂中可能会产生汞排放。应在冶炼之前进行测试以决定是否需要安装汞蒸馏罐进行汞收集。

采用精矿焙烧往往意味着汞、砷和其他金属以及二氧化硫排放水平升高。建议管理方法包括：

- 温控下的作业（高温焙烧炉一般会导致更多的污染物控制问题）；
- 增加适当的煤气洗涤系统。

对铂系金属（PGM）的冶炼与镍和铝的冶炼相似。冶炼过程中应注意防止羰基镍和六价铬的形成。进行甲烷排放（通风）时应考虑对气体的有效利用。

噪声和振动

与采矿有关的噪声源包括来自机动车引擎，荷载和卸载岩石到钢制翻斗车、滑槽，发电以及其他与建设和采矿有关的活动。其他噪声源包括翻动、切割、钻探、爆破、运输（包括轨道走廊、公路和传送带）、粉碎、磨削和堆放。对噪声源预防和控制的良好实践应考虑之前的土地使用和最近的噪声受体，如社区或社区使用区域。建议管理方法包括：

- 最近的敏感受体的噪声水平应符合《通用 EHS 指南》中的噪声标准；
- 必要时，通过采用以下技术降低和控制噪声：
 - 对处理厂实行围隔和包覆；
 - 除在噪声源设备（如：破碎机、研磨机和过滤网）之中或附近实行围隔和屏幕外，安装合适的声音屏障和/或噪声安全壳；
 - 在设备边界安装天然屏障，如植被屏幕或土壤护坡道；
 - 优化内部运输网，尤其是减少车辆换向的需要（减少转向时按喇叭产生的噪声），尽量拉大与最近的敏感受体的距离。

最严重的振动通常与爆破活动有关；然而，振动也可能会由其他设备产生。应减少较大的振动，如通过对粉碎机进行充分设计。对于与爆破有关的排放（如：振动、喷气、超压或飞岩），建议管理方法包括：

- 可能时应使用机械切割，以避免或减少使用爆破；
- 使用具体爆破方案、正确的装药程序和爆破频率、延迟/或微型延迟/或电子雷管，具体的地浸开采爆破测试（使用短期延迟雷管时进行下向钻眼，可提高碎裂度和减少地面振动）；
- 爆破设计的开发（包括爆破表面调查），以避免炸药过度承压，进行钻孔调查以检查



偏差和对随后的爆破进行重新计算；

- 通过采用适当的网格钻探方法，实行地面振动和超压控制；
- 对主要粉碎机和其他重要振动源进行充分设计。

能源使用

采矿活动中最主要的能源消耗包括运输、勘探活动、钻探、开挖、提取、研磨、粉碎、铣削、泵送和通风过程。建议能源保护措施如下：

- 使用遥感和地面技术等非侵害性技术，以减少勘探性挖掘和钻探；
- 开挖、矿砂移除、矿砂粉碎和矿砂处理过程中，以及根据不同的荷载要求使用可调速驱动（ASDS）时，使用的电机和泵的大小应适中。

视觉影响

采矿作业，尤其是地表采矿活动，可能会对有其他景观用途的资源（如休闲和旅游）产生不良视觉影响。潜在的视觉影响源包括高墙、腐蚀、变色的水体、运料道路、垃圾填埋场、浆池、弃置采矿设备和构造、垃圾填埋场、露天矿坑和森林退化。采矿应通过与当地社区协商关于关闭后可能的土地使用，将视觉影响评估与矿山复垦过程结合，以防止和减少不良视觉影响。复垦地面应尽可能与周围景观协调。复垦设计和程序应考虑公众观点和一定距离内的视觉影响¹。减缓措施包括在复垦阶段科学设置屏蔽材料（包括植树和使用合适的植物物种）以及改变附属设备和出入口道路。

1.2 职业健康与安全

采矿活动应做到不影响人们作业安全，工人健康不受影响。应根据工人安全分析或通过使用已有的方法（如《危害确认研究》[HAZID]、《危害和可操作性研究》[HAZOP]或《量化风险评估》[QRA]）进行综合危害或风险评估，确认各类设施职业健康与安全危害。总之，健康与安全计划应包括对《通用 EHS 指南》中描述的物理、化学、生物和辐射类健康与安全危害进行系统化和构造化处理。

职业健康与安全问题发生于采矿周期的各个阶段，可以根据以下方面进行分类：

- 常规作业地点健康与安全；
- 危险物质；
- 爆破的使用；
- 电气安全与隔离；
- 物理危害；
- 电离辐射；
- 作业适合度；
- 长途通勤健康；

¹ 视觉影响评估方法的一种可用于帮助事先预防和减缓措施的例子包括美国土地管理局的《视觉资源对比度等级划分制度》(<http://www.blm.gov/nstc/VRM/8431.html>)。



- 热应激；
- 噪声和振动；
- 地下采矿特定危险（火灾、爆炸、空间狭小和氧气不足）。

常规作业地点健康与安全

常规作业地点安全危害的建议管理方法包括：

- 采矿勘探和开发活动应在总体健康与安全方案中对职业性健康与安全危害进行管理，包括以下方面：
 - 应急响应计划应适用于勘探和生产活动（考虑到采矿现场往往距离较远），包括提供和维护必要的应急响应和救援设施；
 - 训练足够数量的急救人员以应对意外事件；
 - 实行具体的作业现场健康与安全人员培训，包括通讯方案和公司管理层关于健康与安全的清楚承诺。通讯方案应包括举行常规会议，如交班前的对话；
 - 结合健康与安全管理的行为方面的考虑，包括作业中行为之观察过程；
 - 对员工进行职业危害识别和预防的培训，尤其是适用于在较远地区的危害，如小心野生动物；防止元素辐射；热应激；风土驯化；与疾病接触；防止迷失方向的航海辅助品。
- 作业地点沿途、采矿区、地表设备里面和周围，以及矿砂堆场（见 2.0 所示指南标准）应有充分和安全¹的照明系统。额外的照明指南包括根据当地关于移动设备地面和公路作业之照明的标准要求²；
- 危险和风险区域、设备、材料、安全措施、安全出口和其他应符合国际标准的此类区域（包括清洁标准，在照明不足或有烟尘和污染源区域容易被发现和反射）应有指示牌，并且易为工人、参观者和一般公众所理解；
- 如替代技术、作业计划或程序不能消除或大幅减少危害或接触，矿主应为工人和参观者提供必要的人身保护装备（PPE），提供指南，并对其适当使用和维护进行监测。可适用的 PPE 至少包括：安全帽和靴子，另外还需有保护耳、眼和手的装置；
- 应在常规基础上根据与风险接触程度对员工进行职业安全评估。医疗记录应保留至少 20 年。

危险物质

作业区域应提供有充分的通风和粉尘/烟尘提取系统，保证可能会导致腐蚀、氧化、反应或硅质物的呼吸接触水平与《通用 EHS 指南》描述的安全水平一致。另外，在存在化学污染可能性的区域，应为工人提供眼部清洁和应急淋浴系统以便进行快速处理。材料安全数据表（MSDSS）应包括现场所有材料。

¹ 需避免炫光或潜在起火源。

² 通常情况下，移动设备在其停止点 1.5 倍距离通道内应产生 50lx 的照明。



使用爆破

特别值得注意的是：可能会导致安全影响的爆破活动与意外爆破以及协调和通讯条件差情况下的爆破活动有关。建议爆破管理方法包括：

- 根据当地和/或国家爆破安全规定使用、处理和运输炸药；
- 指定合格的爆破工或爆破专家进行爆破；
- 积极管理爆破活动，包括荷载、充装和点火，爆破点附近的钻探，未点燃的栓塞及处理；
- 采用同样的爆破时间表，尽量减少爆破时间的改变；
- 应在每次爆破活动前采用具体警示装置（如：号角信号、闪光灯）和程序，以警示所有工人和周围区域内和其他人（如居民等）。警示程序可包括当地公路和铁路沿线的交通限制；
- 特别应进行是关于炸药处理和安全管理的人员培训；
- 应对所有与炸药接触或有关（处理、运输、储存、充装、爆破和毁坏未使用或多余炸药）的人员实行爆破批准程序；
- 爆破现场应由合格人员进行爆破后检查，以便在重新爆破前排除爆炸不完全和未爆炸的爆破剂；
- 所有与爆破有关的活动（处理、运输、储存、充装、爆破和毁坏未使用或多余炸药），应根据相关国家或国际公认点火和安全规范实行具体审核程序；
- 应由合格安全人员对现场炸药的运输、储存和使用进行控制。

电气安全与隔离

对所有危险能源和危险物质源的电气安全与隔离应根据《通用 EHS 指南》进行。建议采矿业管理方法包括：

- 对所有电气作业（包括电气设备的建设、退役和拆除）制订电气能力标准和安全作业程序；
- 在所有终端分配电路使用电气安全装置，并采用适于这种安全系统的测试方案；
- 所有危险能源或危险物质源应有书面程序，以便进行隔离和确认能保证系统、车间或设备安全的方法。

物理危害

采矿活动中的物理危害包括：滑坡、岩石坠落、表面滑塌或采矿区地面或地下土地崩塌；与运输（如：货车、分层运料公路和铁路）有关的危害，与高度和坠落有关的危害，使用固定或移动设备、起重和升降装置以及移动机械。建议预防和控制方法包括：

岩土工程安全

- 对所有构造进行计划、设计和操作，如露天矿坑、垃圾填埋场、尾矿坝、收集设备以及地下采掘，以便在整个采矿周期内避免岩土工程风险。在地震易发区和可能暴露于



极端气候事件的区域应采取额外的安全水平。对岩土工程稳定性数据应进行系统性监测和常规检查。已制订开采计划的地面和地下采矿现场均应充分解决长期稳定性的问题；

- 垃圾填埋场、填方和其他收集构造，应根据设备作业和关闭阶段危害水平设立静态安全系数；
- 应考虑由于化学或生物催化及风化作用而导致的填埋场内岩土工程构造改变之可能性。新设备的设计必须为这种对岩土工程构造可能产生的破坏提供更高的安全系数。在对现有设备进行的稳定性/安全评估时，应考虑这些可能的改变；
- 应对作业现场受岩石坠落和/或滑坡影响的安全性进行精确评估。大量的降雨之后、地震发生后和爆破活动后应尤其注意。应通过适当的台阶和矿坑边坡设计、爆破方式设计、岩石标度、保护性护坡道和尽量减少交通来规避风险；
- 进行岩土工程稳定性分析，包括对采矿现场周围的自然地形进行评估，以及对与采矿有关的基础设施如路堑边坡和公路布线进行评估。尤其在土壤深度风化和降雨量较高的热带气候地区或地震带，自然岩土工程风险可能在采矿活动开始之前就已存在。这些条件可能尤其会危害与采矿活动有关的居住/建房。特别是在地下，当然也包括地表特征，稳定性监测的标准方法应包括现代地形三维解体措施和相关具体处理和评估软件。

机器和设备安全

为防止和控制与机器和设备使用有关的危害，应在整个采矿过程中采取可见度强化措施。具体的可见度管理方法包括：

- 为强化可见度，在设备/机器上使用不同的颜色对比，包括进行反射式标注；
- 使用配备有经改进的操作员照准线的移动设备/机器¹；
- 给工人发放可见度高的工装；
- 在构造、交通交会点和其他有事故发生可能的区域使用反射式标注（如：静止地点的墙壁应进行粉刷以提高反射系数）；
- 在设备/机器频繁迅速转弯和转向作业区域使用适当的照明；
- 在内部公路/交通走廊高风险地点安装安全屏障。可使用垃圾或其他能阻止车辆的材料来建屏障。

特定空间或采掘作业的建议管理方法参见《通用 EHS 指南》。

电离辐射

有自然辐射危害存在的地方，建议减缓措施包括：

- 在任何一年之中工人可能会受到全身辐射超过 6 毫西弗的地方实行辐射剂量监测方案（参见 2.0《职业性辐射有效剂量限制》）。方案应包括作业地点评估以及人身监测。

¹ 新设备照准线应使用软件工具进行评定，如美国国家职业安全与健康协会的可见度分析软件，网址：<http://www.cdc.gov/niosh/mining/mining/illum/>。



作业适合度

采矿作业往往会产生疲劳或其他对作业适合度的伤害，可能会导致严重受伤、设备损坏或环境影响。应进行风险评估以确定需要“作业适合度”（包括人身适合度）评估作用的地方，保证活动以最小风险完成。建议减缓措施包括：

- 审查轮班管理制度以减少员工疲劳的风险；
- 根据每个员工的需要进行不同的事先体检（如：对司机进行视力测试）；
- 对作业进行酒精和其他药品检验制度。

长途通勤健康

采矿作业往往处于较远地区，在获得高效急救或一般医疗服务方面受到限制。为减少因频繁长途通勤（参见勘探小组）带来的健康影响风险，建议采取以下减缓措施：

- 通过适当的卫生和载体控制系统开发方案防止慢性病和急性病；
- 确认与海拔高度有关的作业风险；
- 为采矿作业准备的食物，应对其制作、储存和处理进行常规检查和监测以减少疾病风险。

热应激

采矿作业可能要求工人在极端恶劣天气条件下作业。工业过程产生的高温可以导致热应激，应对此加以考虑。与地下作业有关的热应激见下文所述。

噪声和振动

对噪声和振动源应按第 1.1 章节中上述方法进行管理。关于职业接触噪声和振动的其他建议管理方法包括：

- 将噪声降低到职业接触可接受的水平，见《通用 EHS 指南》中描述；
- 保证大型设备（如：采掘机、翻斗车、推土机、车装钻机和其他要求配有操作员的自动设备）安装隔音箱；
- 探讨和实行所有其他方法后，按照《通用 EHS 指南》描述使用人身听力保护；
- 若使用手操作动力工具导致手臂振动，或工人站在或坐在设备表面引起全身振动，应通过对设备进行选择和维护，达到职业振动接触标准，从而充分控制振动。

地下采矿的特定危害

以下职业健康与安全危害主要见于地下采矿。作为安全总原则，应对所有地下作业人员实行标签系统。

通风

- 作业地点应有足够的通风和空气冷却系统，以使作业区域的温度和污染物浓度保持在安全水平。通风是整个采矿项目中不可缺少和重要的一部分。应对通风设备操作员和



维修人员进行爆破空气、燃烧剩余物、粉尘（尤其当含有二氧化硅时）和柴油烟等方面的充分培训。

- 地下采矿应保证所有工人在作业时有安全与清洁的空气。建议管理方法包括：
 - 保证对表面通风设备和相关辅助设备的安放地点进行选择和管理，以此减少破坏设备性能和通风空气质量方面的危险（如：排放源和可燃烧或爆炸材料不应存放在接近空气入口处）；
 - 使用辅助风扇以防止空气流通不受控制；
 - 如果中断主要通风系统，应将所有人撤离矿区或移至避难区（有足够的水和食物）；
 - 在所有无通风区域设置路障并竖立指示牌以防止无意进入；
 - 所有变压器、压缩机、燃料箱和其他高危险区域应直接通风到回风巷。
- 应对热力条件进行监测，以确定何种热应激或冷应激会对人造成伤害。应将温度保持在适合作业的水平。其他方法包括耐热性筛选、习服、断水和采用适当的工休制度。

粉尘

- 除本指南文件和《通用 EHS 指南》中提及的风险外，粉尘控制应综合地下作业程序，尤其是与爆破、钻探和材料运输及装卸有关的程序。减少粉尘对提高地下视觉清晰度非常重要，对提高工人健康也非常重要。

火灾和爆炸

地下采矿作业应制订和实施预防、检测和对抗火灾发生和蔓延的计划。火灾和爆炸防控方法包括：

- 进行火灾危害评估，在早期确认和减少“快速升级火灾”经常发生的风险（如：使用无轨柴油动力的机器）；
- 确认在火灾危险区域使用指示牌，除非在严格控制下（如：焊接规范），禁止任何人在火灾危险区域吸烟、使用开放式油灯、火柴或其他引火源；
- 避免在地下使用充油变压器；
- 易燃材料应存放在可防火的、装备有收集泄漏和溢出液体的设施中。每个存放地点应装有适当的火灾感应和灭火系统；
- 包括炸药在内的易燃或危险材料的存放，应根据有关国家或国际公认火灾和安全规范选择合适的地点，进行合理设计、装备和作业。炸药应存放于地表，除非当地条件所限可不存放于地表（如：出于安全考虑或在极冷条件下）；
- 避免和控制传送带着火，保证传送带两旁有可操作的消防水带。

被认为充满“瓦斯”的地下矿（包括多数煤矿），应采取的额外事先预防措施包括：

- 在使用电气设备的地方安装自动瓦斯感应器以防止起火，在整个地下作业区其他地点（如：采煤工作面）也安装瓦斯感应器；
- 要对含有铝、镁、钛或轻合金或者由其制成的物品加以限制以防止起火，除非没有摩擦或影响的可能，或已用不起火材料进行充分覆盖；
- 用手操作的工具应存放在不起火的地方，使用需获得批准；
- 所以地下设备需使用防火液压油；



- 对地下活跃区和已确定开采计划的区域的易燃和易爆气体进行管理，除非这些区域已完全封闭且可能的起火源已被移除。如果甲烷浓度为 1%，应关闭所有的电气和机械设备。如果甲烷浓度为 1.5%，除非要求训练有素且配备有防火装备的人员留在原地恢复现场，所有人应撤离，应对所有潜在的起火源进行去活化并使之不与电源相连。如果有甲烷排放，应适当安装监测器和警报器；
- 安装和使用防火门。

避难所和自救

- 地下矿应设计有二级或辅助出口以及避难所，避难所应：
 - 可清楚辨识；
 - 从矿井内任何离出入口或井底车场（用于进入作业地点）至少 300 米的作业地点到达避难所应不超过 15 分钟；
 - 用非易燃材料建成，使用密封机制以防止瓦斯进入，大小足以容纳所有在本区域内作业的人员；
 - 配备独立与地面连接的接口，以保证空气、通讯（如：电话）、水和急救设备能够进入。
- 在对可能遭遇缺氧（如：采矿作业使用无轨柴油动力设备）的风险进行评估的基础上，如果停留在地下的时间为抵达避难所或矿井出口所需时间（至少 30 分钟）的两倍以上，应为地下采矿工人配备自救装置（SCSRs）并培训他们使用方法。自救装置应随时携带，或者应放置于工人方便拿到的地方。

照明

通道和作业区的计划作业照明系统应是充分和安全¹的（见 2.0 照明指南参数）。关于地下采矿作业的其他具体照明指南包括：

- 地下照明应充分保证所有作业安全进行，保证工人和设备安全移动²；
- 在以下地点安装永久照明设施提供充分照明：所有的车间、服务车库和其他有机器移动的地点或设备可能会造成伤害的地点；主要井底车场和使用中的井底车场；急救站；栈桥、驱动器和转运站；
- 应在所有正常照明系统可能失效的地点提供另外的单独应急照明源。应急照明系统应能够自动开启，照明应足够达到工人完成紧急停机，而且应对其进行常规检测；
- 工人在地下作业期间应戴上矿灯。一个班的作业时间内应保证离光源 1.2 米的最大照明至少达到 1 500lx。

1.3 社区健康与安全

可能与采矿活动有关的社区健康与安全问题包括：出入口走廊两侧的交通安全，危险物品的运输和处理，对水质和水量的影响，产生新载体地点的无意开发，传染性疾病散播的可能，因项目工人的增多产生的呼吸道疾病和性传播疾病感染。另外，随着项目施工和作业阶段工人

¹ 需要考虑避免炫光或潜在的起火源。

² 通常情况下，地下作业工人应戴上有 1 烛光（12.57lm）、电池能持续 10 小时的矿灯。各种矿车和运输设备应在前面装有至少 10lx、范围 20 米的照明，在尾部装有 10lx、范围 5 米的照明。



突然增多，可能会产生较严重的家庭和社区行为，对社会健康产生影响，如毒品、酒精、性暴力和其他心理社会作用。工人及家属的大量涌入也可能会给当前的社区安全设备和资源带来很大负担。最后，由于他们带来的通常较大的正面经济影响，大型的采矿开发可能会将社区的疾病类型从传染性疾病，如疟疾、呼吸肠道感染等，转变为非传染性疾病，如高血压、糖尿病、肥胖和心血管失常等。许多开发区农村的医疗基础设施条件非常差，在对付非传染性疾病方面经验不足。

对这些问题的建议管理方法在《通用 EHS 指南》中有描述。与社区健康与安全有关的其他具体采矿活动，以及 EHS 更多指南参见以下几个方面：

尾矿坝安全

尾矿坝、湿尾砂库和其他主要控湿设备，依其与人类居住区和其他社区资源距离远近而有潜在的风险。尾矿坝健康、安全与环境考虑上文已有讨论。

储水坝

储水坝可能会造成或改变当前载体生成现场的模式。在疟疾常见地区，由于储水坝沿岸面积较大、较浅且有植被覆盖，可能会成为蚊虫生成现场。另外，储水坝可能会成为血吸虫寄主蜗牛的繁殖场地，血吸虫是许多热带气候地区常见的寄生虫病。

地面沉降

地下或水溶采矿可能会导致陆地沉降。地面沉降可导致地面易于患水灾，或者会使农田不再适于耕种而破坏其特性。为减少和/或控制地面沉降对陆地造成的改变，建议管理方法如下：

- 采矿开发应考虑矿砂堆、上覆岩层和为抽提而建的井深的位置/大小（如：通常随着井深的增长，沉降的可能性就越小）；
- 使用良好的测井装置和作业技术对开采洞室的大小和形状进行监测（如：水溶液压力、泵送频率、流量、气温和特定引力）；
- 将露天的竖井、天井、采场空场、横坑道、平硐填以钢筋混凝土或其他材料，以防止或减少高风险区域沉降；
- 对沉降区域的管理应保证充分排水以及恢复先前的或其他可以为社区接受的土地使用。区域内的公路旁应竖立足够的指示牌。

应急准备和反应

应急准备和反应安排应与紧急情况的可能性成比例，与《通用EHS指南》中描述的方法一致。应急反应计划应根据联合国环境计划署（UNEP）的“阿佩尔”采矿指南（《局部紧急情况感知与应对》¹）制订。

¹ “阿佩尔”采矿指南，《局部紧急情况感知与应对》——联合国环境计划署（UNEP）2001年第41号技术报告。报告为与采矿有关的应急反应机构、当地机构和社区制订应急反应计划提供了一个框架。



传染性疾病

采矿项目的性质（如：位于较远地区，材料/产品供应链较长）要求进行积极和持续的介入以减少传染病的发生和传播，传染病主要由工人及家属或其他服务人员迁入引起。材料长途运输活动可能会成为疾病传播渠道，尤其是性传播疾病。在采矿现场实行固体废物管理、地表水排放和生活废水管理等良好国际工业实践，通常可有效减少载体带来的传染病和与水有关的传染病。

项目所需的住房和餐饮设施及服务应根据国际接受标准设计和维护。工人集体宿舍如果在设计和维护上保持不过度拥挤可以降低传染性呼吸道疾病传播给当地社区的机会。餐饮设施及服务应根据国际接受的《危害分析与关键控制点》(HACCP) 标准进行设计、维护和运营，以减少与食品有关的疾病传播到社区。

世界上许多地方对采矿作业和当地社区存活率的主要威胁是，对社会健康重要决定因素的潜在影响（如：毒品、酒精、性传播感染和性暴力）。

在许多发展中国家，已经存在严重的性传播疾病（包括 HIV）。然而，开发采矿项目时应考虑可能会引发再一次的复发。这种情况的特征是“4M”：

- 男性——工人的迁入；
- 金钱——可支配现金的增多；
- 机动——新的交通路线开发方便进入农村；
- 混合——高患病率群体（如：警察、保安、卡车司机和性工作者）与当地低患病率男女交叉。

HIV/AIDS的传播不仅会造成人类无尽的身心痛苦，而且会导致公司员工离职、产量下降、成本上升、市场变动和签约机会丧失。采矿作业应对HIV/AIDS的潜在影响有充分了解，设计适当的管理对策，包括¹：

- 通过评估、监控、行动计划和监测对疾病影响进行控制的方法；
- 制订作业地点方案，防止新的 HIV 感染，为已感染和受影响的员工提供看护和帮助；
- 在社区内、产业内和/或更广泛的社会中开展活动。

减少传染病发生可采取的特别措施：

- 在当地社区通过以下措施防止工人及家属感染疾病：
 - 进行健康意识培训和教育活动；
 - 为医疗工作者提供疾病治疗培训；
 - 通过在采矿现场或社区卫生服务中心设立标准疾病案例管理以提供治疗。

特定载体防控方法

要减少因载体带来的疾病（如：疟疾）对工人和当地社区长期健康的影响，最好是通过实行一套目的在于消除致病因素的综合介入方法。因此，项目施工和医疗工作者的作用至关重要。

¹ 国际金融公司（IFC）关于采矿业 HIV/AIDS 资源指南的其他信息参见：<http://www.ifc.org/ifcext/enviro.nsf/Content/HIVAIDS>。



与社区卫生服务机构密切合作的项目赞助方应实行综合控制方法，包括针对蚊虫和其他节肢动物带来的疾病的控制，通常包括：

- 实行载体综合控制方案；
- 实行工程设计审查，包括对公路、蓄水和控水设施进行仔细检查及地表水管理方法；
- 在项目区域内与其他控制方案的同类服务进行合作与交换，以达到利益最大化，尤其是病床分配；
- 针对项目所有工人开发“A—B—C—D”方案，其中：
A=意识，B=咬伤控制，C=对非免疫人员的药物预防，D=诊断和治疗；
- 对项目住房有选择地使用室内滞留喷雾（IRS）方法。IRS 方案非常复杂，需要仔细的设计审查，尤其是清楚了解当地蚊虫载体和其对杀虫剂的抗性；
- 针对工人和可能受影响的社区，制订有效的短期和长期监测及评估方案。

1.4 矿区报废和报废后阶段

在计划和设计阶段应对报废和报废后活动尽早加以考虑。采矿赞助方应在生产开始前制订《采矿复垦和关闭计划》（MRCP）草案，清楚指明实施计划已分配资金和后续资金来源。至于寿命较短的矿区，开始作业前应根据下列描述制定详细的《采矿复垦和关闭计划》（保证有资金支持）。包括物理恢复和社会经济考虑的关闭计划应作为项目寿命周期不可缺少的一部分，设计考虑包括：

- 不会影响到公众将来的健康与安全；
- 从长远来看，现场的开采后使用对受影响社区应该有利且可持续；
- 对社会经济的负面影响最低化，社会经济效益最大化。

《采矿复垦和关闭计划》（MRCP）应保证将来的土地使用是有利的（应使用一种多个利益相关者评估过程，包括常规机构、当地社区、传统土地使用者、临近的承租人、公民社会和其他受影响团体），它必须经过相关国家机关事先批准，而且是与当地社区和其政府代表协商和对话后的结果。

《关闭计划》应根据采矿开发和作业计划以及环境和社会条件的变化进行不断更新和修订。采矿作业记录应作为关闭后计划的一部分加以保留。

关闭和关闭后计划应包括对现场、污染物排放及相关潜在影响进行适当事后维护和持续监测。关闭后监测的持续时间应根据风险程度决定；然而，现场条件尤其要求关闭后阶段为至少5年或更长。

MRCP 终稿完成时间根据各现场情况和其他许多因素（如：矿区潜在寿命）决定，然而，所有现场在作业期间就需要逐渐恢复。当然必要时计划可以进行修订。在建设和作业阶段，计划应包括暂时停止活动和永久提前关闭的偶然性，还应达到以下财务可行性和物理/化学/生态综合目标。

财务可行性

与报废和报废后活动有关的成本（包括关闭后维护）应包含在计划和设计阶段进行的商业



可行性分析中。至少应考虑以适当金融手段获得所有必要资金的可能，涵盖采矿寿命各个阶段成本，包括提前或暂时关闭。资金提供方式可以是现金追加制度或财务保证。两种可以接受的现金追加制度是完全资金托管账户（包括有政府管理的安排）或偿债资金。可接受的财务担保必须由有良好声誉的金融机构提供。关闭要求应每年进行审查，关闭资金安排应根据变化进行调整。

物理完整性

所有构造（如：尾矿池）应保持稳定，不会因物理失效或物理破坏而危害公众健康与安全。尾矿构造应结束作业，以避免表面积水，构造表面的水可以通过排水管或溢洪道排出，而这些措施可以最大限度地避免洪水的发生。关闭后必须按要求对溢洪道、排水管和分水沟继续维护，因为它们很容易在暴雨过后堵塞。构造不应被极端事件或永久破坏力腐蚀或迁移。应考虑井巷回填。

物理危害如无人看管的公路、竖井和其他露天构造，应有效和永久防止公众进入，直到现场可以因条件改变而更有效地使用，或者由当地社区或其他行业用于建设公路、建造房屋和其他建筑。若废弃竖井和其他井巷有甲烷排出，应考虑被动通风系统。

化学完整性

地表水和地下水应加以保护，防止因采矿和工艺活动导致的对环境的不利影响。应防止化学品淋滤到周围环境，以避免危害公众健康或安全，或者造成下游地表水和地下水系统水质超标。

生态生境完整性

生态生境完整性部分由以上因素（如：物理问题如边坡稳定性）和化学问题（如：金属污染物）决定，也可以通过进行有利于将来生态使用的生境置换达到。《采矿复垦和关闭计划》（MRCP）应包括在采矿作业期间并行复垦综合措施，需根据环境和矿物机关批准的计划进行且有当地政府和社区的参与。

2 指标与监测

2.1 环境

废气排放和污水排放指南

表 1 提供的是工艺出水指南参数。工艺出水指南参数反映的是良好国际工业实践在相关国家的公认通用框架标准上的指数。在正常作业条件下，前文讨论过的适当设计和操作的设施应该可以达到出水指南中的参数值。

出水指南应适用于现场径流和经处理的出水进入地表水用于一般使用。现场特定排放水平



可在可获得性基础上以及使用公众废水收集和处理系统的条件下确立，或者如果是直接排入地表水，则可采用《通用 EHS 指南》关于接纳水体使用分类的描述。

表 1 出水指南

污染物	单位	指标
总悬浮固体	mg/L	50
pH	S.U.	6~9
COD	mg/L	150
BOD ₅	mg/L	50
油脂	mg/L	10
砷	mg/L	0.1
镉	mg/L	0.05
六价铬	mg/L	0.1
铜	mg/L	0.3
氰	mg/L	1
无氰	mg/L	0.1
氰化物	mg/L	0.5
铁（总）	mg/L	2.0
铅	mg/L	0.2
汞	mg/L	0.002
镍	mg/L	0.5
酚	mg/L	0.5
锌	mg/L	0.5
温度	°C	<3 不等

注：富集金属代表总金属。

这些标准应在设备或单位作业期间至少 95%的时间范围内在不稀释的情况下执行，作为年均运行小时计算的一部分。考虑到具体情况和当地项目条件，对这些标准的偏差应进行环境评估论证。

与蒸汽生产和发电活动（生产能力相当于或低于 50MW）有关的燃烧源排放指南，参见《通用 EHS 指南》，更大产能的电源排放参见《火电站环境、健康与安全指南》。基于排放总荷载的环境考虑参见《通用 EHS 指南》。

环境监测

本章节环境监测方案应用于解决所有已确认、在正常作业和不正常状态下可能会严重影响环境的的活动。环境监测活动应在直接或间接排放、出水和适用于特定项目的资源使用指标基础上进行。如果现场条件需要，有些采矿项目的监测应在关闭后持续至少 3 年或更长的时间。

监测频率应足以为监测参数提供有代表性的数据。监测应由受过培训的个人根据监测和记录程序使用经正确校准和维护的设备进行。监测数据应按固定间隔时间进行分析和审核，与作



业标准进行对比以采取必要的纠正措施。其他适用于排放和出水的采样和分析方法参见《通用EHS指南》。

2.2 职业健康与安全

职业健康与安全指南

职业健康与安全绩效应根据已出版《国际暴露指南》进行评估，其中包括由美国政府工业安全会议（ACGIH）出版的《安全阈值（TLV®）职业暴露指南》和《生物暴露指数（beis®）¹。由美国国家职业安全健康研究所（NIOSH）出版的《化学危害袖珍指南》²。由美国职业安全健康管理局（OSHA）出版的《允许暴露极限》（PELS）³。由欧盟成员国出版的《职业暴露指标极限值》⁴。以及其他类似来源。表 2 提供的是采矿活动照明指南。表 3 提供的是矿工电离辐射暴露指南。

表 2 采矿地点和活动设计照明最低平均值⁵

地点/活动	最低照明/lx
应急照明	5
步行道和走廊	5~10
动态地点——生产和开发区	5~50
非经常任务和简单手动任务区域	50~100
中高等精确手动任务工作室和区域	150~400

表 3 职业辐射暴露有效剂量极限⁶

平均连续 5 年——有效剂量	20 mSv/a
1 年暴露——有效剂量	50 mSv/a

事故和死亡率

项目应尽量将项目工人（直接聘用或间接雇用）发生事故的次数减少到零，尤其是能导致工时损失、各种级别的伤残甚或死亡的事故。死亡率可参考已出版的发达国家产业设备性能基准（来源如：美国劳工部劳动统计局和英国健康与安全执行局）⁷。

¹ 网址：<http://www.acgih.org/TLV/>和 <http://www.acgih.org/store/>。

² 网址：<http://www.cdc.gov/niosh/npg/>。

³ 网址：http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?P_table=STANDARDS&p_id=9992。

⁴ 参见网址：http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/。

⁵ 《南非金矿和铂矿安全与健康——照明在降低风险中的作用》（GAP 804，2001 年）为各种地下作业提供了详细的建议方法。

⁶ 《ICRP 60》（国际辐射防护委员会 International Commission on Radiological Protection）和《国际原子能机构（IAEA）安全指南》第 115 条。

⁷ 参见网址：<http://www.bls.gov/iif/>和 <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>。



职业健康与安全监测

应根据具体项目可能产生的职业危害对作业环境进行监测。作为为关闭后长期健康考虑而制订的职业健康与安全监测方案的一部分，监测的设计和实行应由合格的专业人员¹完成。企业应保留对职业事故和疾病以及危险发生和意外的记录。职业健康与安全监测其他方案参见《通用EHS指南》。

3 参考文献和其他资料来源

- [1] Association of Societies for Occupational Safety and Health (ASOSH), South Africa. Gateway to worldwide web information of Safety Health and Environment for mines. <http://www.asosh.org/WorldLinks/Sectors/mining.htm>.
- [2] Australian National Committee on Large Dams (ANCOLD). <http://www.ancold.org.au/>.
- [3] International Institute for Environment and Development (IIED), Breaking New Ground: Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD). London, UK, 2000.
- [4] British Columbia Ministry of Energy and Mines, Policy for Metal Leaching and Acid Rock Drainage at Mine Sites in British Columbia. 1998. <http://www.em.gov.bc.ca/Mining/MinePer/ardpolicy.htm>.
- [5] Department of the Environment. Australia. <http://www.ea.gov.au/industry/sustainable/mining/booklets/index.html>.
- [6] Edgar, T F. Coal Processing and Pollution Control. Houston: Gulf Publishing Company. 1983.
- [7] European Bank for Reconstruction and Development (EBRD). Sub-sectoral Environmental Guidelines: Coal Processing. London: EBRD. <http://www.ebrd.com>.
- [8] European Commission. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Mineral Oil and Gas Refineries. February 2003. EIPPCB: Seville, Spain, 2003. <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>.
- [9] European Commission. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants. July 2006. EIPPCB: Seville, Spain, 2006. <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>.
- [10] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Special Report, Carbon Dioxide Capture and Storage, March 2006. Geneva: IPCC, 2006.
- [11] International Cyanide Management Institute. <http://www.cyanidecode.org>.
- [12] International Labor Office, Safety and Health in Open Cast Mines. Geneva, Switzerland. 1991.
- [13] International Union for the Conservation of Nature (IUCN) and International Council for Mining and Metals (ICMM), Integrating mining and biodiversity conservation: Case studies from around the world. London, UK, 2004. <http://www.icmm.com/publications/767BiodiversityReport.pdf>.

¹ 合格专业人员包括注册工业卫生师、注册职业卫生师或注册安全工程师以及同类专家。



- [14] International Commission on Large Dams (ICOLD). <http://www.icoldcigb.net>.
- [15] International Council for Mining and Metals (ICMM). Good Practice Guidance for Mining and Biodiversity. London, UK, 2006. <http://www.icmm.com/uploads/1295GPG.pdf>.
- [16] Kirk-Othmer, R E. Encyclopedia of Chemical Technology. 5th Edition. New York: John Wiley and Sons Ltd, 2006.
- [17] Lighting Handbook. Illumination Engineering Society of North America. 1993.
- [18] Lockhart, N. Advances in Coal Preparation. London: World Energy Council, 2002. http://www.worldenergy.org/wecgeis/publications/default/tech_papers/17th_congress/1_2_02.asp.
- [19] Management and Prevention of Heat Stress. Department of Minerals and Energy. Western Australia, December 1997.
- [20] Mineral Resources, Mine Safety and Health Administration. 30CFR Part 48, 56, 57, 58, and 715. U.S. Department of Labor.
- [21] Mining Association of Canada (MAC), A Guide to the Management of Tailings Facilities. 1998.
- [22] MAC. Developing an Operations, Maintenance and Surveillance Manual for Tailings and Water Management Facilities. 2003.
- [23] National Fire Protection Association (NFPA). Standard 120: Standard for Fire Prevention and Control in Coal Mines. 2004 Edition. NFPA: Quincy, MA, 2004.
- [24] NFPA. Standard 850: Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations. 2000 Edition. NFPA: Quincy, MA, 2000.
- [25] Northeast States for Coordinated Air Use Management (NESCAUM). Mercury Emissions from Coal-Fired Power Plants: The Case for Regulatory Action. October 2003. NESCAUM: Boston, MA. 2003.
- [26] Occupational Radiation Protection, Safety Guide No. RS-G-1.1, International Atomic Energy Agency. Vienna, 1999.
- [27] Risk Management AS/NZS 4360: 1999 Standards Australia, 1999.
- [28] Tailings Dams Risk of Dangerous Occurrences. ICOLD Committee on Tailings Dams And Waste Lagoons, UNEP 2001.
- [29] The Role of Illumination in Reducing Risks to Health and Safety in South African Gold and Platinum Mines, GAP 804, 2001.
- [30] Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure: The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), 2001.
- [31] United Nations Environment Programme (UNEP) Mineral Resources Forum. <http://www.uneptie.org/pc/mining/mrfvision.htm>.
- [32] UNEP. APELL for Mining, Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level, Technical Report No. 41, 2001.
- [33] United Nations Convention on the Law of the Sea. 1982. <http://www.un.org/Depts/los/index.htm>.
- [34] U.S. Department of the Interior. Office of Surface Mining. Acid Mine Drainage Prevention and Mitigation. 2007. <http://www.osmre.gov/amdpvm.htm>.



- [35] United States (US) Environmental Protection Agency (EPA). 40 CFR Part 60, Standards of Performance for New and Existing Stationary Sources: Electric Utility Steam Generating Units, Clean Air Mercury Rule. Washington, DC: US EPA, 2005.
- [36] United States Congress. Clean Skies Act of 2005. (Inhofe, S.131 in 109th Congress). Library of Congress: Washington, DC, 2005. <http://thomas.loc.gov/cgi-bin/query/z?c109:S.131>.
- [37] US EPA. 40 CFR Part 434—Coal Mining Point Source Category BPT, BAT, BCT Limitations and New Source Performance Standards. Washington, DC: US EPA.
- [38] US EPA. 40 CFR Part 60. Standards of Performance for New Stationary Sources. Subpart Y—Standards of Performance for Coal Preparation Plants. Washington, DC: US EPA.
- [39] United States National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) Visibility Analysis Software. <http://www.cdc.gov/niosh/mining/mining/illum/>.
- [40] The Role of illumination in Reducing Risk to Health and Safety in South African Gold and Platinum Mines, GAP 804, 2001 provides detailed recommendations for a variety of underground places of work.

附件 A：行业活动的通用描述

采矿作业主要根据采矿类型和方法进行界定（如：硬岩采矿、煤矿开采、水溶开采、海上开采、地下开采和露天矿开采）。传统硬岩采矿作业包括大型矿砂和矸石提取、选矿 [包括粉碎作用（如：粉碎/磨研）和精矿] 和大型废品存放和处理设施。冶金加工包括金属的地球化学改变重塑，尤其在远离矿区的非现场进行。冶金加工被视为独立的产业环节，《冶炼和精炼——环境、健康与安全指南》中有关于这方面的讨论。

采矿作业的总体目标是提取有价值的矿砂和进行完全初级加工（如：选矿），同时对更大数量的矿渣（如：矸石、尾砂、废水、工序废品和危险废品）进行管理，目的是在当前和将来条件和时间线内可以保护环境、人类健康与安全。

采矿作业一般按其商品分为四种主要类型：贵金属、贱金属、能源和工业矿物（见表 A.1）。

典型矿的主要构成要素包括：

- 矿坑和/或地下井巷；
- 废品存放区和尾矿设施；
- 岩石和矿砂堆；
- 厂区和处理设备（如：轧机）；
- 水管理基础设施（如：处理池、坝、沟和管道）；
- 其他基础设施（如：公路、电源线和露天剥离场）

采矿作业一般位于或接近矿体，以减少作业和初级加工成本以及土地干扰的可能。矿区的选址是各种各样的，包括实质上所有生物地面区（如：温带、热带、两极、沙漠、高海拔、沿岸、地表和地下）。加工过的产品被运输到其他地方以便进一步加工或运到市场，从经济和物流考虑应使用综合运输方法，包括卡车、驳船、铁路、浆体管道以及其他方式。典型的地表采矿作业规模从 100 公顷到 1 000 公顷不等，但特大型开发也可能会超过 5 000 公顷。



勘探

勘探活动可能的进展过程包括从现场勘探（即初级勘探）开始，然后是精细勘探和晚期勘探。初级勘探研究往往不包括广泛的现场作业。然而，精细勘探和晚期勘探现场要求的现场调查通常会导致对地面的干扰，如出入口公路、钻探现场和地下勘探隧道。

开发、建设和退役

应对采矿方法进行积极策划，以达到减少环境风险的目的。策划包括决定采矿计划的主要问题，如矿坑的序列测定和材料处理方法的选择，以及将出土和覆盖物置于尾矿和其他潜在粉尘源的上风向。

作业阶段

作业表现为启用轧机和加工单元。作业寿命由矿床中可开采的矿砂量决定。随着采矿的进行，每天从井巷运出矸石以及从处理厂运出尾砂，直到采矿结束，这些材料就放置在废品存放区的地面上。在作业期间可能会发现其他的矿体藏，从而导致对整体矿产勘探方案的改变。作业期间可能要求暂时关闭（如：由于经济不景气或劳工纠纷），这时要求及时维护以保证不会对公众健康与安全及环境造成风险。

在作业期间，采矿的发展兼具物理和地球化学特征，会导致需要进行额外环境、社会影响评估和管理以及健康影响评估和管理的可能，不正常状态也可能会发生（如：尾矿池水泄漏或尾矿坝崩塌），而这些事件尽管发生频率非常低，也可能使进一步的影响评估和管理成为必要。

最终关闭和退役

尤其在预计的作业最后五年，最终关闭计划是根据目标制订的，要使遗留下的矿区（在最大限度上）在生态上发挥作用，物理化学上稳定，且可利于将来的土地使用。关闭计划的关键部分是通过利用其人员和设备，承诺对矿区的逐渐恢复，尽量减少污染的可能，降低最终关闭成本或复杂庞大的财务担保。恢复作业的进行包括：

- 爆破建筑物和物理基础设施；
- 关闭露天矿坑；
- 加固地下井巷和竖井，防止公众进入；
- 边坡复垦；
- 保证采矿现场和废矿床的排水不会威胁人类健康和环境。

封闭后维护

采矿和加工活动结束后要求的维护主要有两种水平：

- 积极维护：要求作业的同时进行维修和监测，保证对公众健康和安全的风险最小化（可接受）。
- 被动维护：要求非经常的监测和阶段性的维修，保证对公众健康和安全的风险最小化（可接受）。

第三种水平的维护是一种“置之不理”概念的解决方法，意味着不需要额外的监测或维修。



经验表明采矿现场的某些部分或某些矿山组件可以令其处于“置之不理”的状态。然而，整个采矿现场都处于“置之不理”的状态是很少见的。

开采方法和开采活动

露天采矿

较大且贴近地表的矿体可以进行露天采掘。矿砂和非矿砂材料（包括表土、覆盖物和岩石）是通过使用地表采矿设备采掘的，通常是卡车和挖掘机。每个露天矿坑的尺寸和大小是不同的，由矿石品位、几何构造、地质构造、岩石强度和地形决定。矿坑边坡通常设计成陡坡，典型的边坡是 30 米高，位于水平台阶之间。每个边坡的高度原则上取决于采掘设备的大小、地质构造以及岩石强度。

许多露天矿坑是在潜水面以下进行采掘的，会导致地下水流动方式的改变，包括在作业期间以及关闭后的有些情况下。地表水排放方式也可能会受到破坏。地下矿通常也位于露天矿坑的下面，往往有通往地下井巷的通道。采矿作业结束后，露天矿坑的某些部分很容易蓄积地表水和地下水。

地下开采

地下开采一般要求一套复杂的用于矿体恢复的进入、服务和回采采掘系统。矿体可以是连续的或是不连续的，可以是小型矿体间以大型无矿带。通常人们试图运走尽可能多的有经济价值的矿砂材料，这需要大规模的地下采掘。这些采掘的稳定性各不相同。较大规模的采掘可以进行回填或允许崩塌。多数地下开采方法主要为以下几种：

并行崩落法：矿砂被提取出来，地下井巷可以进行崩塌，因此其上层的岩层必须随着矿砂的提取并行崩落。结果是，地表干扰可能很快发生，视井巷的深度而定。

崩塌后：矿砂提取后有可能不进行回填，崩落可能在矿砂提取后某个时间发生。地表干扰可能在将来发生。

矿柱开放式停止：矿砂提取时可留下矿柱以保持稳定性。崩塌和地表破坏可能在将来发生。

充填开采：矿砂提取后留下的开孔可用矸石、尾砂或尾矿膏体等材料进行回填。充填开采可极大地减少地表干扰的可能。

其他采矿类型和方法

非金属矿物开采

“工业矿物”经常被用于指非燃料、非金属矿物，包括：石材（如：石灰岩、花岗岩、板岩以及其他石材）；粉碎石或碎裂石；沙石和砾石；泥、陶瓷和难浸矿石（如：高岭土、膨润土和页岩）；还有化学材料和肥料（如：钾盐和磷酸盐）。可使用多种技术对这些材料进行开采。

水溶开采和地浸开采

水溶开采有时也指地浸开采，因为它们有共同的特征：以水溶方式溶解和收集有价值的矿物（如：盐、钾、硫、铀、铜和金）。水溶开采主要是将水注入矿藏对盐进行溶解，创造一个



加压的地下盐水洞室，盐水可以回到地表。地浸开采包括在水中加入各种试剂，通过注水井网络将溶液注入地下矿藏以起到溶解的作用，接着是进行泵送以再次从集水井中捕获已溶解矿物（母液）。堆浸提取是溶解方法的另一种方法，想要采掘的矿物从已通过传统方式（如：地表开采或地下开采）运到地表的矿砂中溶解出来。

海上疏浚开采

海上疏浚开采指以疏浚方式将矿物从大洋底部运出。这种方法可能导致对海底的破坏和生境的流失以及与之有关的生物群的流失。高水平的悬浮沉淀也可能会因与捕集材料有关的活动而发生在水柱之中，包括将材料提到海面，进行运输、存放或储存以备将来加工。疏浚可以是静态进行的，自推进的，或从陆地接近，主要包括机械、液压或组合技术机械设备。

深海开采

深海开采包括使用机械化采掘设备和大型泵对海床表面的矿藏进行开采。泵通过使用深水立管将矿化材料推到海面上的轮船上。这种开采方式可能导致对海底的破坏、水温的改变和沉淀卷流的形成。