

环境保护部与IFC绿色信贷合作项目

促进绿色信贷的国际经验： **赤道原则** 及IFC绩效标准与指南

世界银行集团国际金融公司 编

环境保护部政策法规司
环境保护部环境与经济政策研究中心

编译



中国环境科学出版社

International Experience in Promoting Green Credit: Equator Principles and the IFC Performance Standards and Guidelines

INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION

目 录

“赤道原则”：用以确定、评估和管理项目融资过程所涉及社会和环境风险的金融界指标	1
国际金融公司社会和环境可持续性政策	8
国际金融公司社会和环境可持续性绩效标准	16
绩效标准指导说明：关于社会和环境可持续性的绩效标准	46
世界银行集团环境、健康与安全通用指南：总则	171
【森林】	
木板和磨粒制品环境、健康与安全指南	263
锯木和木制品加工业环境、健康与安全指南	277
森林采伐业务领域的环境、健康与安全指南	292
造纸业环境、健康与安全指南	312
【农业和食品】	
哺乳动物家畜饲养领域的环境、健康与安全指南	338
家禽养殖环境、健康与安全指南	359
种植园作物生产领域的环境、健康与安全指南	379
一年生农产品环境、健康与安全指南	397
水产业环境、健康与安全指南	417
制糖业环境、健康与安全指南	436
植物油加工业环境、健康与安全指南	448
乳制品加工环境、健康与安全指南	462
鱼制品加工业环境、健康与安全指南	475
肉制品加工业环境、健康与安全指南	490
禽加工环境、健康与安全指南	506
酿酒业环境、健康与安全指南	523
食品和饮料加工环境、健康与安全指南	538
【一般制造业】	
水泥和石灰制造业环境、健康与安全指南	553

瓷砖和卫浴品制造业环境、健康与安全指南.....	569
玻璃制造业环境、健康与安全指南.....	581
建筑材料开采业环境、健康与安全指南.....	595
纺织品制造业环境、健康与安全指南.....	608
制革和皮革抛光业环境、健康与安全指南.....	628
半导体和其他电子产品制造业环境、健康与安全指南	646
印刷业环境、健康与安全指南.....	662
铸造业环境、健康与安全指南.....	678
联合炼钢厂环境、健康与安全指南.....	699
基本金属冶炼业环境、健康与安全指南.....	723
金属、塑料和橡胶产品制造业环境、健康与安全指南	744

【油和气】

海上石油天然气开发业环境、健康与安全指南	768
陆上石油天然气开发业环境、健康与安全指南	791
液化天然气加工业环境、健康与安全指南.....	816

【基础设施】

旅游及酒店业发展环境、健康与安全指南.....	833
铁路环境、健康与安全指南.....	850
港口、港湾和码头环境、健康与安全指南.....	869
机场环境、健康与安全指南.....	886
航空业环境、健康与安全指南.....	898
航运业环境、健康与安全指南.....	911
供气系统的环境、健康与安全指南.....	927
收费公路环境、健康与安全指南.....	935
电信业环境、健康与安全指南.....	952
原油和石油产品集输终端环境、健康与安全指南	966
石油零售网点环境、健康与安全指南.....	979
医疗服务机构环境、健康与安全指南.....	990
废弃物管理设施环境、健康与安全指南.....	1008
水与卫生环境、健康与安全指南.....	1041

【化学品】

药品和生物技术制造业环境、健康与安全指南	1072
煤炭加工业环境、健康与安全指南.....	1092
天然气加工的环境、健康与安全指南.....	1112
涂料制造业环境、健康与安全指南.....	1125
氮肥生产环境、健康与安全指南.....	1141

磷肥制造业环境、健康与安全指南..... 1157

农药制造、配剂和包装业环境、健康与安全指南 1175

石油基聚合物生产的环境、健康与安全指南..... 1192

石油炼制业环境、健康与安全指南..... 1213

大宗石化有机产品制造业环境、健康与安全指南 1233

大宗无机化合产品和煤焦油馏化业环境、健康与安全指南 1262

【采矿】

采矿业环境、健康与安全指南..... 1287

【能源】

风能领域的环境、健康与安全指南..... 1315

地热发电环境、健康与安全指南..... 1332

电力转移与分配领域环境、健康与安全指南..... 1344

火电厂环境、健康与安全指南..... 1365

致 谢..... 1397

联合炼钢厂环境、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）^①所采用的一般及具体行业的范例。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本《EHS 指南》。本《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：www.ifc.org/ifcext/enviro.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本《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

本指南适用于铁矿石和铁基合金中提炼生铁、原钢或低合金钢。它适用于冶金焦的生产、高炉和碱性氧气转炉中生铁和钢材的生产、电弧炉工艺中废金属回收、半成品的生产，以及热轧和冷轧生产。它不包括原料的提炼和从半成品加工到成品的深加工过程。联合炼钢厂可能会用到石灰窑，这方面的信息收录于《水泥和石灰制造业 EHS 指南》中。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

^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、谨慎程度和预见性。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。

1 具体行业的影响与管理

本章概述联合钢厂在操作阶段发生的 EHS 问题，并提出如何对其进行管理的建议。关于如何管理大多数大型工业活动建造阶段和报废阶段各种常见 EHS 问题的建议在《通用 EHS 指南》中有介绍。

1.1 环境

与钢铁工业相关的环境问题主要包括：

- 废气排放
- 固体废料和副产品
- 废水
- 噪声污染

废气排放

废气排放过程将在下文讨论。在此要说明的是，以焦炉煤气[COG]，高炉煤气和碱性氧气转炉[BOF]煤气等副产煤气为燃料的自备电厂也可能排放废气。发电能力不超过 50 MW 的小规模电厂及其废气排放可依据《通用 EHS 指南》来管理。而发电能力超过 50 MW 的电厂可依据《热能 EHS 指南》来管理。

颗粒物

颗粒物（PM）可能在每个加工过程中产生，其中可能包含各种浓度的矿石氧化物、金属（例如砷、镉、汞、铅、镍、铬、锌、锰）和金属氧化物。粉尘的来源包括熔融精炼工艺（BF、BOF、EAF）和加热炉（取决于所用燃料的类型）、机械作用（例如火焰清理和粉碎）和材料（例如原料、填料、回收料和废料、副产品）装卸。其他的颗粒物排放源还包括储煤、运输、装料、炼焦、推料和淬火。

热工过程：可能排放颗粒物质的热工过程包括炼焦、烧结、球团和直接还原。粉尘排放的另外一个主要来源就是焦炉车间。燃料堆在不充分燃烧过程中会持续排放颗粒物。还有大量的排放源可能会间歇性地无章排放颗粒物，它们包括炉门、料位门、阀门和装料口，以及诸如推焦、淬火、筛料（间歇排放）和焦炉煤气（COG）处理等工艺过程也会排放颗粒物。本指南推荐的防控炼焦车间颗粒物排放的措施包括^①：

- 给焦炉群安装收集罩；
- 为了炼焦炉的整洁卫生和安全运行，维修和清理与炼焦炉相关的所有无章排放源（例如炉室、炉门、料位门、阀门、装料口和框架式封闭上升管）非常重要；
- 良好的操作管理，可使生产过程平稳，并避免诸如生砂推送的错误；
- 采用无烟装料；

^① 欧委会关于钢铁生产的 BREF 文件（2001）。

- 采用干熄焦（CDQ）系统；
- 采用无回收炼焦炉；
- 采用煤粉喷洒等办法来减少高炉中的层焦。

烧结车间可能是联合炼钢厂中最主要的颗粒物排放源。烧结车间的排放主要来自产生大气颗粒物质的材料处理工艺和带式烧结机上的燃烧反应。^①本指南推荐的防控烧结车间颗粒物排放的措施包括：

- 根据烧结质量和生产能力，实现烧结车间废气的部分或全部再循环利用。

除使用高压湿洗涤系统外，还可使用静电沉淀（ESP）脉冲系统、ESP 系统加纤维织网过滤器或者采用预除尘装置（ESP 或旋风吸尘器）对废气除尘。细粉尘中主要含碱和氯化铅，它的存在可能会降低 ESPs 的效率。铁矿石的粒化过程（作为烧结工艺的替代）会从原料的粉碎、焙烧机的燃烧区、筛料和装卸中产生粉尘和颗粒物排放。本指南推荐的防控粒化过程中颗粒物排放措施与上述控制烧结工艺的措施类似。

熔炼工艺：高炉（BF）排放的颗粒物来源于铸造车间（主要是氧化铁颗粒和石墨）和离开炉顶的 BF 气体的净化过程。防控高炉颗粒物排放的方法包括在废气再利用之前使用除尘系统，典型的除尘系统包括洗涤装置和静电沉淀装置（ESP）。

在直接还原工艺（直接还原工艺是通用钢生产中的可选工艺，能够显著降低所有粉尘和其他污染物的排放）中，虽然排放出的粉尘量要小于高炉的，但是粉尘性质是相似的。碱性氧气转炉（BOF）的颗粒物排放来源于热金属预处理工艺（包括热金属转移，脱硫和除渣工艺）、装料、吹氧脱碳杂质氧化工艺和出渣工艺。

本指南推荐的防控碱性氧气转炉（BOF）颗粒物排放措施包括：

- 使用含有文丘里洗气器的 BOF 燃料废气初步控制系统。有些文丘里洗气器用到了完全燃烧技术^②，而有些没有用到；
- 安装二次除尘，收集从 BOF 环节出来的废气；
- 用固定的抽取器将金属浇铸线密封；

电弧炉（EAFs）在熔炼、氧气注入、脱碳（主要的废气排放）和装料/出钢（次要废气排放）过程中产生颗粒物。本指南推荐的防止和控制电弧炉（EAFs）颗粒物排放措施包括：

- 迅速使气体降温，随后用袋式过滤器过滤。袋式过滤器中装有吸附剂（例如石灰或者炭），进一步吸附挥发性杂质；

综合利用直接抽取废气法、伞形密闭罩法和清洗法。在铸造区（锭铸和连铸），将钢水转移至模具的过程中以及连铸中使用氧燃料焊枪切割产品的过程中，都会产生颗粒物和金属。应当在过滤器和其他相关的除尘装置上安装排气装置，尤其在铸造、轧制、精炼以及其他相关工艺中。袋式过滤器和 ESP 具有更高的颗粒收集效率，但是湿洗涤器也可以过滤水溶性的化合物（例如二氧化硫[SO₂]和氯化物）。通常采用安装袋式过滤器来控制熔炼室颗粒物的排放。通常在袋式过滤器前安装旋风过滤器作为活化分离装置^③。

^① 除尘前烧结机产生的颗粒物的粒径有两种：粗 PM（粒径大约 100 μm）和细 PM（0.1~1 μm）。欧委会关于钢铁生产的 BREF 文件（2001）。

^② 文丘里洗涤器能使颗粒物浓度降到标准状态下的 5~10 mg/m³，颗粒物浓度也可能高于 50 mg/m³。相应的每吨钢水产生的颗粒物排放量是 1 g。如果完全燃烧，处理后排放到大气的颗粒物在 25~100 mg/m³ 范围内，相应的每吨钢水产生的颗粒物排放量达到 180 g。欧委会关于钢铁生产的 BREF 文件（2001）。

^③ 使用 ESP 或/和旋风除尘预处理和袋式除尘器结合，通常能达到标准状态下的 10~20 mg/m³ 的排放水平。

机械作用：火焰清理和粉碎工艺会产生颗粒物排放。需要根据具体操作选用过滤器，过滤废气。

原料装卸：为了降低原料装卸过程中颗粒物质的无章排放，推荐采用下面的防控技术：

- 采用室内或者遮蔽贮存，当户外贮存不可避免时使用喷水系统（不要使用海水，见下面的“氯化物”章节）、抑尘剂、挡风板和其他贮存管理技术；
- 设计简单的、线性的原料装卸工序，减少复杂转载点；
- 最大限度的使用密闭仓贮存粉末原料；
- 在运输机转载点安装粉尘控制系统；
- 清理皮带传送系统的回转皮带，去除浮尘；
- 实现日常维护和清理，保持最少量的泄漏和溢出；

实现正确的装、卸操作。煤尘的无章排放是一个严重的问题。本指南推荐的防控煤尘在煤的转移、贮存和准备过程中无章排放的措施包括如下几条：

- 将煤下落至贮存堆的高度减小到最小；
- 使用喷水系统和聚合物涂层，减少煤贮存库（例如贮存堆）产生的粉尘；
- 使用袋式过滤器或者其他颗粒控制装置，控制粉碎/筛分工序中产生的煤尘；
- 在热力干燥机上安装伴有高效文丘里洗气器的离心收集装置（旋风除尘器）；
- 为风力干法选煤系统安装纤维过滤器的离心收集装置（旋风除尘器）；
- 综合利用封闭式传送机提取和过滤装置，防止在输送机转载点产生颗粒物排放；
- 优化传送系统，使现场产生和扩散的尘土量降至最低。

氧化氮

炉内的高温 and 氮的氧化作用会导致氧化氮（ NO_x ）的产生。烧结过程^①、粒化过程、回收焦炉煤气在内的炼焦过程的燃料燃烧、高炉（BF）工艺中的考伯式热风炉和电热炉、再加热炉和退火炉中工业废气和高温气体的燃烧、混合酸洗液及其他来源都会排放 NO_x 。

在《通用 EHS 指南》中推荐了防控 NO_x 产生的通用技术。推荐的在炼钢过程中防控 NO_x 排放的其他特殊技术包括：

- 使用废气再循环技术；
- 使用带有多级送风系统的焦炉；
- 在碱性氧气转炉中采用抑制燃料。

二氧化硫

烧结料中硫化物的燃烧主要伴随产生二氧化硫（ SO_2 ），主要通过焦炭渣引入^②。炼焦炉燃烧和粒化工艺中焙烧过程也会产生二氧化硫^③。从再加热炉到退火炉，废气中二氧化硫排放的水平取决于燃料中硫元素的含量。

《通用 EHS 指南》推荐了防控 SO_2 排放的常规技术。推荐的防控 SO_2 的其他特殊技术如下：

- 选取低硫含量的原料；
- 使燃料中的硫含量降低至最小；
- 在过滤前，向废气排气管内注入吸附剂，例如氢氧化钙 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 、氧化钙（ CaO ）、

^① 欧委会关于钢铁生产的 BREF 文件（2001）。

^② 同上。

^③ SO_2 排放水平与燃料的含硫量（高炉煤气或焦炉煤气）有关，焦炉煤气的含硫量取决于焦炉煤气处理车间的脱硫工序。

或者高 CaO 含量的飞尘；

- 在专门的收集和除尘系统中安装气体湿清洗系统；
- 使用湿清洗器，注入含有碳酸钙（ CaCO_3 ）、CaO，或者 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的浆料混合物^①；
- 如果需要，还可使用一台干法再生装置^②。

一氧化碳

一氧化碳（CO）的来源包括带式烧结机、炼焦炉、BOF、BF 和 EAF 产生的废气。在熔炼和还原工艺中焦炭氧化会产生 CO，电弧炉熔融精炼过程中金属浴中的碳和石墨电极氧化也会产生 CO。本指南推荐的降低 CO 排放，防控污染的技术如下：

- 完全收集炼焦炉、BF 和 BOF 产生的废气；
- 回收再利用含有 CO 的气体；
- 在电弧炉工艺中使用泡沫炉渣技术。

氯化物和氟化物

矿石中含有氯化物和氟化物，在烧结和粒化过程中会形成氢氟酸（HF）、盐酸（HCl）和金属氯化物。电弧炉工艺中排放的废气中可能会产生 HF 和 HCl，这取决于加入的废金属的质量。浸洗线（HCl 型）会产生氯化氢排放，所以必须使用 HCl 回收系统。本指南推荐的防控污染的技术包括：

- 使用干式除尘或者湿清洗设备，这两种设备也可以典型应用于控制颗粒物质和二氧化硫的排放；
- 通过原料筛选工艺控制氯的输入；
- 避免使用海水喷洒。

如果必须将氯元素从系统内排除，则富含氯元素的细颗粒粉尘不应再循环到烧结喂料处（尽管通常有利于循环所有含铁工业废渣）。

VOCs 和有机 HAPs

炼钢生产的很多环节都会产生挥发性有机化合物（VOC）和多环芳香烃（PAH），由于烧结和粒化过程的喂料环节进入了油（主要通过轧屑的加入），所以烧结和粒化过程的废气中会释放 VOC 和 PAH；从炼焦炉、淬火、副产品车间会释放 VOC 和 PAH；从 EAF 工艺中，尤其是当煤被像鸟巢一样加入到废钢篮车中的时候也会释放 VOC 和 PAH。EAF 工艺中，当废钢加入的时候会产生 PAH，并伴随产生 PAH^③。碳氢化合物和油雾也会在冷轧（连轧）工艺中产生。本指南推荐的防控 VOC 排放的技术包括如下的综合工艺措施：

- 采用压洗的方法预处理轧屑，减少油的含量；
- 优化操作工艺，尤其是燃烧和温度的控制；
- 轧钢车间中通过使用“好主妇”技术将通过粉尘和轧屑带入的油减少到最少；
- 使用先进的排放收集和除雾系统（例如涂层袋式除尘器）；
- 废气再循环；
- 通过二次燃烧、化学清洗或者生物过滤的方法处理收集的废气。

^① 这个设备通常可以去除 90%以上的 SO_2 。同时可以去除氯化氢（HCl）、氟化氢（HF）、氨气（ NH_3 ）和金属。

^② 成本高，所以不如湿洗涤使用广。

^③ 欧委会关于钢铁生产的 BREF 文件（2001）。

二噁英和呋喃

烧结车间是多氯二苯并二噁英和呋喃（二噁英和呋喃或者 PCDD/F）排放的主要源头。如果冶金工艺过程中存在氯离子、氯化物、有机碳、催化剂和氧气在适当温度的话就会产生 PCDD/F。轧屑中油的含量会增加 PCDD/F 的排放。EAF 废气也是可能产生 PCDD/F 排放的源头。入炉废钢（粉碎废钢主要从老设备获得）中可能含有的多氯化联二苯（PCB）、PVC 和其他有机物都是令人担忧的来源，其很有可能产生 PCDD/F。^①

本指南推荐的防控 PCDD/F 排放的技术如下：

- 废气再循环可降低污染物质排放，减少需要终端处理的气体排放量；
- 好的进料（例如粉尘）应该成块状；
- 使烧结床中氯化物的含量最小化，使用诸如煅石灰的填料，控制轧屑中油的含量（小于 1%）；
- 去除烧结喂料中富含氯元素的细颗粒粉尘，使其不再循环；
- 熔炼过程使用干净的废钢；
- 二次燃烧 EAF 废气，达到 1 200℃ 以上的温度，使在这个温度下的驻留时间最大化，然后迅速淬火，使在二噁英生成的温度范围内的驻留时间最小化；
- 注入氧气，确保完全燃烧；
- 在过滤除尘之前向气体蒸汽注入添加粉末（例如活性炭），吸附二噁英（作为有毒废物在随后处理掉）；
- 安装带有催化氧化系统的纤维过滤器金属。

热工过程的废气浓烟中可能含有重金属。金属排放量取决于特殊工艺类型和原料的成分（铁矿和废金属）。从烧结车间、BF、BOF、EAF 产生的颗粒可能含有锌（EAFs 的排放指数最高，尤其是使用镀锌废钢时）、镉、铅、镍、汞、锰和铬。^②

应通过高效除尘技术对金属颗粒排放进行控制，如上所说该技术也可应用于颗粒物排放控制。可通过先给气体降温再用袋式过滤器过滤的典型方法来控制气态金属的排放。

温室气体（GHGs）

炼钢厂是能量密集型工厂，会产生大量的二氧化碳（CO₂）。联合炼钢厂的 GHG 排放主要来源于矿石燃料（例如煤）的燃烧，目的是获得能量（热量）、矿石破碎、电能产品和使用石灰原料。每吨粗钢所产生的二氧化碳平均约为 0.4 tC/t。除了下文将讲到的部分特殊信息外，《通用 EHS 指南》中也包含了能效和温室气体管理的建议。

推荐的防控二氧化碳排放的技术包括：

- 使能量消耗最小化，通过初级方法提高能效，包括但不限于此：
 - 适当的表面绝缘，限制热量散失；
 - 控制空气/燃料比例，减小气流；
 - 实行热回收系统；
 - 用换热器回收废气中的热能，并作为燃料给水和空气加热，并且/或者产生蒸汽和电能。
- 实现良好的燃烧工艺，例如氧气充足、预热送风和燃烧工艺参数的自动控制。

^① 欧委会关于钢铁生产的 BREF 文件（2001）。

^② 欧委会关于钢铁生产的 BREF 文件（2001）；欧委会关于铁基金属加工工业的 BREF 文件（2001）。

- 预热干净废钢。
- 通过回收气体和/或者采用良好的燃烧控制，降低加热和热工处理中的燃料消耗。
- 选用热值一定、碳含量较低的燃料，如天然气（CH₄）燃烧释放的二氧化碳的量大约是煤或焦炭燃烧释放的 60%。
- 在任何可能的地方回收能量，使用所有的工业废气（例如焦炉煤气，高炉煤气，碱性氧气转炉煤气），在高炉中安装高炉煤气余压发电装置（TRT）。
- 优化中间贮存装置，获得最大比率的热装、直装或直接轧制，从而降低再加热的需求。
- 在可能的场合使用近终成型铸造工艺和板坯连铸工艺。

固体废料和副产品

联合炼钢厂的绝大部分废渣都被回收再利用，通过各种类型的副产品、炉渣、氧化铁皮和粉尘等获得增值。废料包括 BF 中的炉渣、从 BF 废气清洗获得的细粉末和泥渣、从 BOF 废气清洗获得的细粉末、某些 BOF 炉渣、从静电除尘器的最后区域获得的高碱金属氯化物和重金属氯化物，以及从带状烧结机的废气处理中得到的废料。

根据《通用 EHS 指南》中对有毒物质的贮存指导，焦炉煤气处理车间从 COG 中回收的焦油和其他有机化合物（例如 BTX）应当妥善管理，避免泄漏和意外泄漏，也可回收重新在炼焦工艺中使用^①，或者出售用于其他工业用途。《通用 EHS 指南》还提供了固体和有毒废料的其他管理指南。

炉渣

炉渣可以作为副产品出售（例如 BF 炉渣或 BOF 炉渣可用于土木工程、道路建设和水泥生产）。EAFs 生产大量炉渣。如果回收再利用 EAF 炉渣在经济上和技术上不可行的话，就根据炉渣和废气处理中得到的粉尘的特点，采用垃圾掩埋的方式将它们处理掉。在选定炉渣场时应当考虑当地的地质条件。

金属废料

轧制和精炼工艺的金属废料和副产品（例如火焰清理的氧化皮/金属屑、火焰清理的粉尘、轧制鳞屑、水处理泥浆和轧屑淤渣、粉碎矿泥、油/油脂）应当回收再利用。某些副产品（例如含油的轧屑和水处理车间的粉碎淤渣）在循环使用前应当进行处理，例如根据工艺要求降低含油量。从过滤粉尘、炉渣和废金属中得到的金属，应当回收到烧结喂料处再利用。

酸

酸洗再生的淤渣可以回收至炼钢车间（EAF 和高炉）再用，也可以用于生产氧化铁。盐酸再生得到的氧化铁可以作为高质量原料用于许多工业领域（例如铁磁性材料、铁粉或者建筑材料、颜料、玻璃和陶瓷的生产）^②。

泥渣处理

污水处理车间获得的淤泥可能含有重金属（例如铬、铅、锌和镍）、油和油脂。部分污水处理后的泥渣可能会被循环使用，或者倒入专门的垃圾填埋场。泥渣再利用之前需要经过预处理，通常包括压制、干燥和粒化处理。

^① 含有有机物的有毒工业废物应当被回收至焦炉。

^② 欧委会关于铁基金属生产工业的 BREF 文件（2001）。

退役废料

炼钢厂中的废置的废料可能包括含有石棉的绝缘材料，以及被煤贮存区、焦炉车间和焦炉气处理车间污染的土壤和地下水。《通用 EHS 指南》中介绍的有废料、废止行为和被污染土地的管理办法。

废水

污水通常在含有冷却水、雨水、冲洗水和多种不同工业污水的部分产生。冷却水通常会在工序中循环使用。冲洗水根据工艺不同可能含有悬浮固体、粉尘、润滑油和其他污染物。

本指南推荐的防止从冷却和冲洗操作中产生污水的措施包括：

- 建造一个供全厂使用的水循环厂，最大限度的提高水的利用率。通常 95% 以上的水能够得到循环再利用；
- 在有条件的地方使用干法除尘技术去除车间设备的粉尘，同时在排放或者循环使用冲洗水之前应当对其进行收集和处理；

收集溢出和渗漏的水（例如使用保险坑和排水系统）。

工业废水

工艺污水的来源包括炼焦车间、轧制工艺和酸洗车间。

炼焦车间：炼焦车间的污水包括从焦油/水分离器（包括炼焦工序中形成的水蒸气、冷却装置和 COG 清洗装置使用的冷凝水）排出的水、湿法氧化脱硫系统中的水及闭式冷却系统的水。

从焦油/水分离器得到的污水中含有高浓度的氨水。这种污水应该经过氨气提塔的处理，得到的液体仍然含有各种有机物（例如苯酚）和无机物（例如残留的氨水和氰化物）。炼焦车间应当安装一种专门处理苯酚的生物处理系统。

在某些情况下湿法熄焦会产生间歇的污水排放。过量的淬火水应当收集，用于下次淬火。

由于所采用的除尘系统的差异，湿法氧化脱硫工艺产生的污水中可能含有悬浮物（包括重金属）、PAHs、硫化物和氟化物/氯化物中的一种或多种。这类废水可能会对生物废水处理设备造成有害的影响。间接气体冷却水会被循环使用，不会影响废水的量。对于直接气体冷却，冷却水应当被看做是洗液，最终通过蒸馏室排出。^①

轧制工艺：除磷工艺的废水包含悬浮固体、乳化状的油，另外还有粗糙的氧化皮。这类污水的处理包括一个沉淀池，在沉淀池内的固体主要是氧化铁，其会沉到池底，表面的油状污染物使用撇乳器去除，然后排放到收集池。轧制工艺的冷却水应当收集，在再利用之前需要进行处理。

酸洗车间：酸洗车间有三种工艺废水，包括漂洗水、废酸液和其他废水（例如从酸洗槽排气系统的烟尘吸收装置来的水和设备清洗的冲洗水）。最大体积的废水来自漂洗，但是主要的污染物排放来自不连续的或间断的酸洗池酸水的更换^②。

本指南推荐的防止酸洗车间产生污水的技术如下：

- 安装酸液回收和循环利用装置；
- 通过优化酸洗工艺，减小废水排放量，使污染物排放量达到最小；

^① 欧委会关于钢铁生产的 BREF 文件（2001）。

^② 欧委会关于铁基金属生产工业的 BREF 文件（2001）。

- 使用逆流梯形酸洗，在一些情况下，使用酸再生设备回收酸洗。

工艺废水处理

这部分处理工业废水的技术包括源头隔离和废水预处理。废水预处理的目的是：（1）使用空气吹脱氨气；（2）用生物处理的方法降低有毒有机物，如苯酚；（3）使用化学沉降、凝聚和絮凝等方法减少重金属等。典型的废水处理步骤包括油水分离或溶气浮选分离油和飘浮固体、过滤分离可过滤的固体、均流和负载均衡、使用澄清器使悬浮固体沉降、脱水和将残渣放置在设定的有毒废料垃圾填埋场。其他可能需要的工艺控制有：（1）使用分离膜或者其他物理/化学处理技术进一步去除金属；（2）使用活性炭或进一步的化学氧化方法去除难降解的有机物；（3）采用适当的技术（例如反渗透、离子交换法、活性炭等）降低液体有毒物质。废水处理方法通常包括使用石灰或氢氧化钠凝聚/絮凝/沉淀、修正 pH 值/中和、沉淀/过滤/浮选和油分离技术、活性炭法。^①《通用 EHS 指南》中还介绍了其他废水管理技术。

《通用 EHS 指南》中讨论了工业废水的管理和处理方法实例。通过这些技术和有效的废水处理，设备应当达到这个工业文件第二部分的相关表格中列出的废水排放指导限值。

其他废水和耗水量

《通用 EHS 指南》中提供了对无污染的公共设施运行废水、无污染的雨水和生活污水的治理方针。污水应当排至工业污水处理系统。污染的雨水可能从煤、焦炭和其他原料的储存处产生。^② 储煤区周围的土壤可能被含有多环芳烃（PAHs）和重金属的高度酸性的渗滤液污染。工业领域具体行业的治理建议包括：

- 废钢和其他材料（例如焦炭和煤）应遮盖储存，并/或者储存在堤保护区，减小雨水的污染，收集污水；
- 设计加工区域，隔离污染的和未污染的雨水，安装溢出控制装置。设计从加工区域到废水处理单元的雨水流动通道；
- 设计渗出液收集系统和煤储存区，防止对土壤和水源的污染。设计煤储存区，隔离可能被污染的雨水，在废水处理单元对其进行预处理或处理。《通用 EHS 指南》中介绍了减少耗水量的方法，尤其对于自然资源有限的地方。

噪声污染

联合炼钢厂制造车间产生噪声的源头很多，包括废金属和产品的处理、废气或副产品气体鼓风机、降温过程和通风机、大多数旋转设备、除尘系统、装炉、EAF 熔炼过程、燃料燃烧器、切割设备、盘条放线装置、传送系统和通风系统。减少、防控噪声的产生的方法推荐如下：

- 封闭工厂和/或者隔离建筑物；
 - 覆盖和封闭废钢、板材/钢锭的储存和处理区；
 - 封闭鼓风机，隔离通风管，使用隔音装置；
 - 采用电弧炉泡沫渣工艺；
 - 需要时减少夜间废钢的处理和转运。
- 《通用 EHS 指南》中指出噪声消除措施应达到环境噪声水平。

^① 欧盟 IPPC 发布的铁基金属生产工业 BAT 的 BREF 文件。

^② 欧委会关于钢铁生产的 BREF 文件（2001）。

1.2 职业健康与安全

综合钢铁工业设备建造、运行、维护及停用过程中存在的职业健康与安全问题，与其他工业设备的这些问题类似，其防控方法在《通用 EHS 指南》中有所论述。

另外，在钢铁工业活动中会发生的职业健康与安全问题如下：

- 物理性公害
- 热能和热的液体
- 辐射
- 呼吸危害
- 化学品危害
- 电气危害
- 噪声
- 覆埋
- 爆炸和火灾

物理性公害

《通用 EHS 指南》中提供了防止和控制一般物理性公害的建议。这里讨论工业领域具体的物理性公害。

联合炼钢厂操作中的潜在物理性公害是关于处理大而重的原料和产品（例如高炉和 EAF 装料、钢坯和厚钢板的储存和移动、移动装有铁水和钢水的大装料桶）、重型机械运输机（例如火车、卡车和叉车）、粉碎和切割操作（例如接触机械工具抛出的废钢）、轧制工艺（例如撞击和碾碎高速运转的材料与工艺）和高空作业（例如平台、云梯和楼梯）。

重载/粉碎和切割/轧制

炼钢厂中，使用液压升降机和起重机在提升高度下拉起和搬运重型负荷存在重大的劳动安全危害。建议的防止和控制潜在的工人受伤的方法包括：

- 在所有的运输通道和工作区域设置清晰的标志。
- 合理设计和摆放设备，避免不同设备和流程的交叉作业。
- 实现特殊的负载处理和起重程序，包括：
 - 记录将要起重的负载（体积、重量、重心位置）；
 - 规范使用的起重机（最大起重负荷，尺寸）；
 - 培训员工使用起重机和驾驶机械运输装置。
- 固定的处理设备（例如起重机，升降机）的操作区域不能与工人和预装区交叉。
- 原料和产品的处理应在监督下在指定区域内进行。
- 定期维护和修理升降机，电路和运输设备。

防止和控制粉碎、切割工序及废钢使用过程中的伤害的方法如下：

- 将机器固定安放在离其他工作区和人行道的安全距离内。
- 引导定期维护和修理机器，特别是防护屏和安全保护装置/设备。
- 培训员工正确使用机器和适当的个人保护用具（PPE）。

轧制工艺和操作中防止和控制危害的方法包括：

- 机座和掩护支架周围可能会有轧制的材料突然掉落轧制导轨，所以要安装格栅；
- 在运输铁轨上安装带有互锁门的运输盘，它只能在机器停止使用的时候打开。

热能和热的液体

高温和直接红外线辐射是联合炼钢厂常见的危害。高温会导致疲劳和脱水，直接红外线辐射可能会对视力造成损伤。潜在的同热金属和热水的接触可能发生在连铸的喷淋降温区、液态金属的飞溅和同热表面的接触。本指南推荐的防止和控制接触到高温与高温液体/材料的方法包括：

- 遮蔽与热机械或热材料喷溅物紧密接触的表面（例如焦炉设备、高炉、BOF、EAF、连铸、轧制设备的高温釜和装料桶）；
- 建立安全缓冲区，隔离热材料和产品（例如钢坯、厚钢板或装料桶）处理或暂时存放的区域。安全缓冲区的周围应当用围栏围起来，用互锁门控制操作过程中进入该区域；
- 使用适合的 PPE（例如绝缘手套和绝缘鞋、护目镜用以保护不受红外和紫外线辐射、防护服以免收到热辐射和钢水的飞溅）；
- 安装冷却通风系统控制极端的温度；
- 实行倒班，提供规律的工作休息时间，配备凉快的休息区和饮用水。

辐射

炼钢厂的设备和产品在生产过程中通常需要进行伽马射线检测，确保钢材的组成和质量。需要使用下面的措施来降低工人接触射线的危险：

- 伽马射线测试应用一个被隔离的扫描仪在受控的、受限的区域内进行。测试区域内不应进行其他任何的操作；
- 所有送进来的废钢在作为原料使用之前首先应检测放射能；
- 如果测试区域靠近设备边界，可使用超声波测试（UT）替代伽马射线测试；
- 定期维护和修理测试设备及保护罩。

呼吸危害

绝缘材料

老设备中广泛使用石棉和其他矿物纤维，这会增加吸入致癌物的可能。推荐的管理措施包括：

- 应当请通过认证的专家完成对含有石棉的绝缘材料进行全厂范围的调查，并制订含有石棉的绝缘材料的管理计划；
- 被损的或易碎的材料应当被修复或者去除，其他材料可以被原地监控和管理。任何被认为含有石棉或者其他有毒物质的绝缘材料的处理都应在遵循国际公认的修复或去除工艺下由受过正规训练和认证的承包商和人员实施；
- 必须避免在新的设备和设备升级中使用石棉；
- 应当在被绝缘的部件（例如管道或者容器）下面和绝缘材料的下面层叠上 LDPE 薄片，防止表面被纤维污染。

粉尘和气体

联合炼钢厂的粉尘中包括铁和金属粉尘，其主要出现在 BF、BOF、EAF、连铸区、球团车间和烧结车间，还包括矿物粉尘，其主要出现在原料储存、BF 和炼焦车间中。

在以往的案例中，工人可能会接触到氧化铁和二氧化硅粉尘，这种粉尘可能会被诸如铬（Cr）、镍（Ni）、铅（Pb）、锰（Mn）、锌（Zn）和汞（Hg）等重金属污染。粉尘最主要来自熔炼和铸造工艺（例如 BF、BOF、连铸），这部分粉尘由高温工艺产生，比轧制工艺的粉尘更细、更容易吸入。在原料储存、高炉和炼焦车间，工人会接触到矿石粉尘，这其中可能含有重金属。另外，BF 的出钢工艺可能引起石墨释放。

在实施高温操作的熔炼和铸造工艺中，工人可能暴露在气体吸入的危险中，这些气体中可能含有重金属。在 BF、BOF 和炼焦车间，工人可能暴露在吸入一氧化碳有毒气体的危险中。炼焦车间的吸入危害还包括二氧化硫和挥发性有机化合物（VOC）。在 COG 精炼车间，氨气、芳香烃、萘和多环芳烃的存在可能带来另外的吸入危害。

防止接触气体和粉尘的建议如下：

- 产生粉尘和气体的源头应当被隔离和封闭；
- 设计通风设施，最大限度地循环空气。排出的空气在排放到大气中之前应当过滤；
- 在主要的粉尘和气体排放点安装排气通风设施，尤其是 BF 的顶部、BOF 或 EAF；
- 如果操作人员需要，在污染区提供一个封闭的带有过滤空气调节装置的小屋；
- 提供隔离的就餐区，使员工能够在就餐前清洗；
- 提供一个能够使工作服和个人服装分开的场所，以及一个工作后清洗/淋浴的场所；
- 执行定期体检的政策。

在使用其他以下方法仍不可避免会接触危害物时，应使用吸入危害控制措施，例如焦炉重新装料的操作中、诸如粉碎或非封闭机床的人工操作中以及特殊的维护和修理操作中。呼吸道保护的建议措施包括：

- 当暴露于重粉尘时（例如补炉工作），使用过滤呼吸器；
- 对轻质的、金属的粉尘和气体，应使用新鲜空气供给呼吸器。或者，使用带有电通风装置的完整的面部防毒面具（或者一个超压头盔）；
- 对于一氧化碳（CO）吸入，应当安装探测设备，给中控室和现场的工人预警。为了防止区域内高浓度的 CO 意外泄漏，工人应当配备便携式 CO 探测器和新鲜空气供给呼吸器。

化学品危害

除了上述的吸入危害，联合炼钢厂的工人可能面临化学物质接触和摄入危害，尤其是在炼焦车间和 COG 精炼车间，这些地方存在萘、重油化合物和芳香烃。在《通用 EHS 指南》中推荐了防止接触或摄入化学物质的方法。

电气危害

由于整个联合炼钢厂中存在高负荷电气设备，工人可能面临电气危害。《通用 EHS 指南》提供了防止和控制电气危害的建议。