



金属、塑料和橡胶产品制造业环境、 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本《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

《金属、塑料和橡胶产品制造业EHS指南》主要讲述金属、塑料和橡胶等行业生产中的通用物料处理操作。该指南不包括有关产品原材料（金属、塑料和橡胶）的提取和加工、金属铸造及热塑性聚体或添加剂合成的指南。附录A介绍了该工业部门的行业性生产活动。本文由以

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。



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
- 附录 A 行业活动的通用描述

1 具体行业的影响与管理

本章概述金属、塑料和橡胶产品制造业在操作阶段发生的 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

金属

与金属制品制造业相关的环境问题主要包括：

- 废气排放
- 废水及废液
- 固体废弃物

废气排放

表 1 列出了典型的金属制造工艺带来的常规废气排放物中的大多数成分。烧结过程需要大量的能量，因此将产生燃烧副产品及温室气体。在烧结处理中先装料后压实，在使用氧化物、粉尘及润滑剂（如石蜡或石墨）装料过程中，会从这些原料中挥发出无机及有机化合物。微型金属颗粒（直径约 1 μm）的处理过程可能会产生金属灰尘。铸造工艺中形成的气体排放物参见《铸造业 EHS 指南》。

成型工艺产生的气体排放物中可能含有溶剂、用来冷却/润滑设备的溶液或淬火过程中（比如，用在热成型后或退火后）产生的蒸汽。自动化机械工具的使用过程中可能会产生油脂烟雾和蒸汽。

表 1 金属制品生产过程中的气体排放物

工艺	气体排放物
烧结	扬尘、颗粒物、一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、氯化物及氟化物、挥发性有机化合物（如聚苯乙烯蒸气、碳氢化合物）、金属烟雾（挥发性金属及金属氧化物）
金属成型	
金属切割、研磨和/或成型（包括锻压、拉丝、压制、冲	烟雾及切割液雾气 [在涉及切割/润滑/冷却液加热的工艺中形成（如拉丝）]。涉及热处理或高磨损的情况下，部分润滑剂可能会分解并产生挥发性有机化



工艺	气体排放物
压及其他)	合物
热处理	
淬火、退火及其他常规处理	雾、挥发性有机化合物/溶剂、烟雾、颗粒物（如氧化铬或镍的蒸气）
表面预处理	
研磨处理（如抛丸或喷砂）	灰尘，成分有磨料微粒、金属及金属氧化物
溶剂的脱脂及乳化，碱洗或酸洗	溶剂状（与溶剂脱脂及乳化液清洗有关）、挥发性有机化合物、烟雾、酸蒸气或含有氨及氯化氨的碱蒸气
焊接	颗粒物、铬（VI）、氧化镍蒸气、臭氧、铅蒸气（金属或其氧化物）、镉、锌、锡、铁、钨、锰、钴、钡、硅及硅酸盐、氟化物、氮氧化物、一氧化碳、二氧化碳、光气（碳酰氯）、磷化氢
表面精整	
阳极氧化、化学涂层、电镀	含金属及离子的雾气、酸雾、盐酸、硫酸、氨、氯化铵、氧化锌、颗粒物、铅、铜及氯
喷漆	溶剂
其他表面精整技术（包括磨光、热浸涂及蚀刻）	金属烟雾、含酸烟雾、氧化锌（形成于水淬）、挥发性有机化合物、氮氧化物、颗粒物、硫氧化物（形成于锌浴加热过程）

退火及淬火工艺中的热处理操作中，炉体会产生气体排放物（如燃料燃烧的副产物、金属表面油脂燃烧形成的排放物），淬火槽也会有诸如蒸汽或雾类的排放物生成（如水与化学添加剂或合成油类的混合物）。

焊接工艺中，气体排放物的排放成分受待焊接的基底材料及焊接方法的影响。排放物尤其容易由熔池、保护气体、管状焊条外部与空气发生的反应及原材料表面油脂的燃烧过程来产生。要特别引起注意的是，最终将覆盖基底金属的涂层也会产生气体排放物。

清洗金属表面形成的气体排放物主要是由脱脂、清洗和冲洗过程中化学品蒸发而形成。喷砂及表面干法研磨会形成颗粒排放物。这类排放物包括金属颗粒及金属氧化物。

电化学表面处理会产生气体排放物、雾和气泡，气泡由液体受热形成，其中可能含有金属或溶液中的其他物质。喷漆工艺中形成的气体排放物主要是由有机溶剂形成的，有机溶剂作为载体将漆溶解于其中。在油漆的存储、混合、喷涂及干燥过程中也会形成气体排放物。

（1）挥发性有机化合物（VOC）。

VOC 排放物的管理方法推荐如下：

- 在脱脂器的蒸汽区上方安装冷凝盘管（或附加盘管）；
- 在脱脂器顶部用气流吹扫，使其速度通常不要超过 40 米/分；
- 在从蒸汽脱脂器取出前，转动所处理零件，包括：
 - 给溶剂储槽及储罐安装恒温加热控制装置；
 - 安装在线过滤器防止颗粒物聚集；
 - 采用溶剂回收措施，减少固化炉挥发性有机化合物的排放；
 - 采用活性炭回收溶剂蒸气。
- 为减少焊接或涂敷工艺中有机化合物的排放，金属表面应经过认真的清洁处理；



- 焊接前应从基底金属去除涂层，尽量选用机械法（如二氧化碳抛丸法）替代溶剂法。
- (2) 灰尘。

有关灰尘排放的管理方法推荐如下：

- 安装配备有过滤器或清洗器的在线吸气器，也可使用静电除尘器（ESP）；
- 可行的情况下，使金属表面保持润湿状态，以防灰尘产生或尽量减少灰尘量。

(3) 雾或烟气中含有的酸/金属。

雾或烟气中存在的酸/金属排放物的管理方法推荐如下：

- 在电镀液中加入烟气抑制剂减少电镀金属（如铬）形成的气体排放物；
- 安装配备有过滤器的在线吸气器来消除酸类化合物的排放；
- 安装可以处理多种金属的过滤装置减少金属及金属氧化物的排放；
- 应从基底金属去除涂层，控制焊接烟气（金属、金属氧化物及油类燃烧产生的烟气的混合物）。涂层的去除不能使用氯代烃类溶剂，以防产生光气。

废水及废液

金属制品生产过程中的废水通常包括水基清洗及漂洗水、冷却水、替代清洗液、切割、鼓风、修边及整体研磨等生产活动中产生的废水和水基金属加工液。表 2 列出金属制品生产过程中产生的工艺废水。

表 2 金属制品生产过程产生的废液

工艺	工艺废水
烧结	金属氧化物、酚、油脂、溢油、悬浮固体、溶解固体及金属（含金属的污泥）
金属成型	
金属切割、研磨和/或成型	废弃的加工液（如己二醇、油基加工液；水包油乳状液、合成乳状液）及废酸（如盐酸、硫酸、硝酸）、废碱及废弃溶剂
表面处理	
溶剂脱脂及乳化，碱洗或酸洗	表面活性剂、乳化剂、清洁剂、萘烯、废酸或废碱、金属盐、基底金属溶解产物
焊接	焊接后淬火工艺中形成的污染的冷液
表面精整	
阳极氧化、化学涂层、电镀	废酸/废碱、金属、金属盐、锌、铬（VI）、氰化物
喷漆	废弃溶剂、溢出物及底部沉积物
其他的金属表面精整技术（包括磨光、热浸镀及蚀刻）	金属（如锌、铬[VI]）及废酸和废碱

金属在热处理和热加工（包括焊接处理）后，可能需要在液体介质中进行淬火。淬火在铸造或烧结工艺中也是一个重要的环节。有关铸造行业的更多指南请参阅《铸造业 EHS 指南》。淬火液通常采用水或含有化学添加剂（如有机溶剂、酚、油脂）的水基液体。废弃的淬火液可能含有添加剂残余物及其副产品、悬浮物及金属碎渣（如固化过程形成的氧化物）。



用来控制烟气的湿式洗涤器可能会产生废水。在此废水中可能含有金属及酚，而使废水呈现出典型的强酸或强碱性，因此该废水在排放前需经中和处理。非接触冷却水的排放会带来热污染，应采用冷却水循环系统（如冷却塔）予以防止。

金属切割、研磨及成型过程所用液体在长期使用或回用中也会被污染。金属加工液通常为石油水乳状液和合成乳化液。长期使用或回用过程中金属加工液可能会分解为其组成成分，废液可能含有多种化合物，其中包括一些金属加工液降解物与金属及金属氧化物结合形成的衍生物。废液中可能含有大量金属（如铁、铝及铜）、酸及碱（如盐酸、硫酸、硝酸）以及有机物（如己二醇、乙醛及甲醛、矿物油、溶解油、半合成液体、合成液及废弃的溶剂）。

表面处理过程中的清洗作业会产生废水（主要产生于漂洗过程）。水溶清洗剂指水基化学品，可分为两类，即酸基产品和碱基产品。两种水基清洗剂都含有表面活性剂、乳化剂（用于除油）、清洁剂、萜烯（用于半水基清洗剂）。酸碱清洗形成的废液不含溶剂，可就地处理。

热浸镀技术（如镀锌）中，在预清洗后用水漂洗，在热浸镀后用水淬火。热浸镀过程会生成固体废弃物，该废弃物为金属氧化物碎屑，应定期从加热罐中撇除。以下操作可能会生成含金属的废水。蚀刻液由强酸（如硝酸）或强碱组成。盐类（如过硫酸铵、氯化铁）也用来制备蚀刻液。废弃的蚀刻液中常含有金属及酸。含金属的废弃物（如镉、铬、铜、铅及镍）和含氰化物的废弃物主要来自金属电镀及相关作业。

喷漆作业会产生含溶剂的废弃物并产生溶剂（包括苯、甲基乙基酮、甲基异丁基酮、甲苯及二甲苯）的直接排放。喷漆作业中还会在含油漆的材料、超喷油漆及过量油漆和/或过期油漆的处理过程中产生废水。

阳极氧化操作中会生成含有乙酸镍和非镍密封剂的工艺废水。其他潜在的污染物包括改性剂和金属，这些污染物可能混入其他金属精整后的废水中，并采用传统的氢氧化物沉淀法就地进行处理。含铬废水（如化学转化镀形成的废水）应进行预处理，将其中的六价铬还原为三价铬。传统的处理方式会生成污泥，该污泥应运离厂区进行金属回收或处理。

排放液中通常含有大量污染物，我们可将其分类并隔离处理，其中包括受油类及溶剂潜在影响的废水、表面处理/精整废水及含金属的废水。相关的污染防控措施推荐如下：

油基废液：

- 从废水中分离出的废液，如果无法回用，需要进行专门处理；
- 规范所的油型，对需要用到各种油型的工艺进行充分的规划；
- 通过离心分离、定期分析、添加灭菌剂、超滤、盘或带状除油装置除油等措施，延长冷却液的使用寿命。采用适当的内部管理技术防止切削油被溶剂污染；
- 淬火油应在过滤去除金属后回用；
- 应在机械设施下方设置收集（滴）盘回收金属加工液；
- 在冷成型或其他用到油的加工工艺中，应采用自动加油器减少油脂聚集。热处理工艺前，应考虑采用适宜的冲模润滑剂。

溶剂及水基废液：

- 应对溶剂进行谨慎管理以防溢漏及无组织排放，溶剂存储与处理的指南请参阅《通用EHS指南》；



- 除了应用逆流溶剂清洗外（两个阶段：先用脏溶剂清洗，再用新鲜的溶剂清洗），还应考虑采用危害性较小的脱脂药剂（如石油溶剂、植物清洗剂、植物油基清洗剂[VCA]、超临界 CO₂ 或碱清洗剂）；在可行的情况下，应尽量采用不含挥发性有机物的碱液清洗剂清洗金属。经微滤处理后，部分溶剂可以再生；
- 应循环使用分批蒸馏釜及废弃的溶剂，就地再利用废弃的脱脂溶剂；
- 在进行蒸汽脱脂前，应首先用回收的矿物油进行冷清洗；
- 通过蒸馏处理回收废水中的酸；
- 采用表面活性剂及其他润湿药剂、优化分步作业，减少清洗过程中带出液造成的污染；
- 在可行的情况下（如在黄铜的处理中采用振动摩擦装置替代酸洗；氧化钛的去除则采用机械刮擦替代酸液溶解；采用浮石转刷机械清洁铜板）采用机械清洁技术替代化学清洗；
- 控制和减少溶解态金属离子浓度（如采用反渗透/预沉淀系统减少钼浓度；锻铝碱蚀清洗中采用不含铬的溶液；亮铜浸镀工艺中采用硫酸/过氧化氢浸镀替代氰化物和铬酸浸镀）；
- 在可行的情况下，采用替代试剂（如在确保安全与火灾防范措施的前提下，用可生物降解的清洗剂取代腐碱性清洗剂、铜线浸洗中用直链醇取代硫酸）取代酸洗和碱洗溶液；
- 应安装流量控制/限制装置，清洗作业的启动用脚踏泵（或在自动线路中采用光敏元件）控制；
- 工艺废水应采用离子交换、反渗透、电解或离子交换-电解联用工艺处理并回用。

表面处理/精整废水：

- 应采用低致害性替代品替代 EDTA 类强络合试剂及包括壬基酚聚乙烯醚（NPE）和全氟辛磺烷酸（PFOS）在内的有毒表面活性剂；
- 通过铝酸钠电解补充金属（如铝）盐，从而再生阳极氧化溶液和碱性溶液；
- 缩短闲置时间，限制精整金属的存放；
- 喷漆作业（光面涂暗）及喷淋技术的选择（如喷枪专用、采用静电成型系统取代传统的气体喷涂技术）应使产生的废水量尽量少；
- 采用无毒或毒性较小的溶剂作为清洗剂，取代或避免使用氯代溶剂（包括四氯化硅、二氯甲烷、1,1,1-三氯己烷及全氯己烯）；
- 采用低毒性及非挥发烟清洗剂（如硫酸及过氧化氢）替代铬酸及磷酸三钠，并用氨水替代氰化物清洗剂；
- 采用低毒溶液成分（如碱/盐溶液中以锌取代镉；在某些选定的电镀液中用硝酸或盐酸取代氰化物；氯化锌取代氰化锌）；
- 要在进行工艺洗浴的工艺槽后安装排水板、滴水挡板、滴水挡条及专用带出液贮罐。

废水中的金属：

- 水耗管理意义重大，因为它可以减少原材料用量及原材料的环境损失量。减少危险原



材料消耗的关键在于良好的工艺控制和带出液削减措施；

- 含有可回收金属的废水应与其他废水水流隔离开来。应从溶液中回收金属（如采用电解池技术或氢氧化物沉淀法）；
- 废弃的金属酸洗液应送往连续电解工艺中再生并回收金属；
- 应采用适当的工艺回收光亮浸镀液中的金属（如镀铜时采用离子交换系统，或铝合金处理中磷酸盐的分离）；
- 应采用氮及刚玉的液化溶液替代含有氰盐的溶液（如用于硬化工艺）；
- 电镀中应用其他试剂取代六价铬，如果确实不可替代，则采用密闭循环或密封池以减少其排放。

（1）工艺废水处理。

包括金属、塑料及橡胶产品生产在内的常规生产操作中，用到了大量的原材料、化学品及多种工艺方法，其废水处理可能需要针对所用的生产工艺采用特定的单元操作。

本行业部门的工艺废水处理技术包括水源隔离和高浓度废水水流的预处理。典型的废水处理步骤包括：用于分离油类和可漂浮固体的油脂捕集器、撇乳器、絮凝工艺或油水分离器；将可过滤性固体分离的过滤工艺；流量及负荷均一化工艺；利用沉降池减少悬浮固体的沉降工艺；生物处理工艺，通常采用好氧处理减少生物化学需氧量（BOD）；生物法去除营养物质，以减少氮和磷的含量；需要消毒时对排水进行氯化；在指定的危险废弃物填埋场对残余物进行脱水处理并填埋。

可能需要进行额外工程控制的工艺包括：（1）废水处理系统各单元操作过程中分离出的挥发性有机物的控制和处理；（2）采用膜过滤或其他物理/化学方法去除金属的先进技术；（3）利用活性炭或高级化学氧化技术去除难降解有机物；（4）采用吸附或化学氧化法去除残余色度；（5）采用适当的技术（如反渗透、离子交换、活性炭技术等）降低出水的毒性；（6）采用反渗透或蒸发法减少废水中总溶解固体的含量，（7）恶臭异味的控制与去除。

工业废水管理及处理方法实例，请参阅《通用 EHS 指南》。通过采用上述废水处理技术和先进的废水管理技术，生产设施应当满足本工业部门文件第 2 章节中相关表格指明的废水排放指导值。

（2）其他废水水流及水消耗。

实用操作中产生的未污染废水、未污染雨水和生活污水的管理指南，请参阅《通用 EHS 指南》。被污染的水流（如金属切割废弃物等固体废弃物露天存放于生产区汇集的雨水）应导入工业工艺废水处理系统。节水措施尤其是在水资源紧张地区的节水措施，请参阅《通用 EHS 指南》。

固体废弃物

金属加工及相关作业活动（如废水处理或烟气减排）会产生固体废弃物。表 3 列出了主要固体废弃物及产生这些固体废弃物的相应生产工艺。

烧结工艺产生一定量的固体废弃物，这主要与原材料存储及处理有关（如颗粒物、粉末及溢油污染的土壤）。热处理工艺（如退火）中会产生氧化物鳞屑。清理淬火热液或冷却液时，会产生含有金属的污泥。



金属成型工艺中会产生大量的金属碎屑（废金属）、含金属的切割液污泥及溶剂底部沉积废弃物。金属成型作业产生废金属，废金属主要是从中间件（如钢材）上去除的金属，并可能与金属成型作业中或作业前使用的少量金属加工液（如冷却液或润滑液）相结合。这类废金属通常作为原料再次输入生产工艺。焊渣、灰尘及粉末中可能含有多种金属氧化物，其种类由基底金属及其涂层决定。

表 3 金属制品生产过程中的固体废物

工艺	固体废物
烧结	颗粒物、粉末
金属成型	
金属切割、研磨和/或成型	金属颗粒（如机械加工作业中形成的铁粉及铁屑）、含有金属的金属加工液污泥及溶剂底部沉积物
表面预处理	
溶剂脱脂及乳化，碱洗或酸洗	工艺污泥
焊接（包括多道焊接技术）	金属氧化物（如钛、铝、铁、镍、铬、铜、锌或锡的氧化物）及落地焊渣
表面精整	
阳极氧化、化学转化镀、电镀	金属污泥，基底金属及活性化合物
喷漆	底部沉积物、污泥（干燥的）、油漆及金属
其他金属精整技术（包括磨光、热浸镀及蚀刻）	磨光污泥、金属（如锌、铬）浮渣、蚀刻污泥、氧化物浮渣及金属污泥

表面处理作业会生成固体废物（如废水处理中形成的污泥、底部沉积物、冲洗池残余物、机械加工液残余物）。阳极氧化、化学转化镀、电镀及喷漆作业会产生一定数量的废弃溶液和废水，其处理过程可能会产生污泥、基底金属、金属氧化物及几类活性化合物。磨光、热浸镀、蚀刻及其他金属精整技术会与阳极氧化处理作业形成同样的废弃物，但会另外生成磨光污泥、热浸罐浮渣及蚀刻污泥。

污染防控措施推荐如下：

- 对金属灰尘或废金属按类别进行隔离处置以促进其回收或循环利用；
- 焊接、锻造、机械加工及机械精整形成的矿渣可能含有金属离子，应采取措施减少金属离子或处理这些矿渣；
- 对从废水中分离出的金属进行恰当的管理，以利于回收或处置；
- 表面精整工艺污泥的处置（如镀锌、喷漆、热浸镀）。
- 如果无法进行回用或循环利用，应根据《通用 EHS 指南》中推荐的工业废弃物管理措施对废弃物进行处理。

塑料和橡胶

由塑料和橡胶制品生产引起的环境问题主要包括：

- 废气排放



- 废水
- 固体废弃物

可能会造成不良环境影响的生产活动包括颗粒化、复合物/树脂配制、成型及精整。塑料和橡胶制品生产工艺的不同点是配料/树脂配制及成型工艺，本指南中分别对其进行了论述。在热塑性及热固性聚合物和橡胶制品的生产过程中，颗粒化及精整工艺相似，在本指南中合并论述。

废气排放

(1) 塑料。

气体排放物可能含有颗粒物及挥发性有机物（VOC）。干态添加剂的处理及聚合物的颗粒化过程中可能会形成颗粒物排放。此外，在热塑性塑料配料及成型过程中加热时，会有细粒态气溶胶生成和释放。

针对颗粒物排放的污染防控技术推荐如下：

- 优化工艺条件（包括处理和混合干燥添加剂的工艺条件），并优化温度及聚合物颗粒化条件；
- 采用旋风分离设备和/或袋式除尘器过滤物料处理生产区及颗粒化生产区排放的气体；
- 捕获并控制生产设备形成的无组织排放物，通常采用一级旋风分离设备加二级袋式除尘器或静电除尘器的处理工艺。

在配料及成型操作中，尤其是加热时，会释放含有小分子量添加剂及溶剂的挥发性有机物。除少数情况外，在无反应活性塑料的成型操作中，基底聚合物在远远高于所需工艺温度的条件下也是稳定的。然而在成型操作中，尤其是温度在工艺曲线以上的高温区时，水蒸气、低沸点添加剂及封闭在聚合物中的单体可能会被释放出来。表 4 列出了几种按常规工艺加工的塑料，及这些塑料在高于最高推荐工艺温度条件下加工、加热时形成的烟气。表中还列出了该烟气中所能检测到的部分组成成分。与其他热塑性塑料工艺不同，可挥发性聚苯乙烯（EPS）产品要求在最终注模成型前对原材料进行预制。在转化工艺中，少量低沸点液体（通常是戊烷异构体混合物，通常质量分数为 3%~8%）常被用作发泡剂。¹

表 4 高温处理时的潜在排放物

塑料	检测到的组分举例
PVC-聚氯乙烯	氯化氢、氯乙烯单体
ABS-丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物	苯乙烯、酚、丁二烯
PP-聚丙烯	醛类、丁烷、其他烷烃、烯烃
POM-缩醛	甲醛
LDPE, MDPE, HDPE（低密度、中密度及高密度聚乙烯）	醛类、丁烷、其他烷烃、烯烃
PS-聚苯乙烯	苯乙烯、醛类

¹ CFC 已经广泛应用于这些工艺中，然而由于碳氟化合物对温室气体的影响以及臭氧层空洞问题，CFC 不能作为当前行业惯例的一部分使用。



PET-聚对苯二甲酸乙二醇酯

甲醛、甲氧基苯、苯甲醛及多种挥发性有机物

针对挥发性有机物排放的污染防控系统推荐如下：

- 对于所有溶剂、清洗液及所有低沸点试剂，采用密闭式存储；
- 安装通风控制系统，尤其是要在生产线上工艺温度最高的地方安装通风控制系统；
- 安装局部废气萃取系统及活性炭吸收器；
- 安装可再生的热氧化器、催化/可再生式催化氧化器、冷凝器或生物过滤器；
- 制定并实施溶剂管理计划。

(2) 橡胶。

配料区可能形成化学添加剂的无组织排放。由于添加剂需要预称重，敞开式存储的化学品可能会产生大量的无组织排放灰尘，将化学品加入混合器时也会形成无组织排放，表面研磨作业可能会形成颗粒排放物。

针对灰尘/颗粒排放物污染的防控技术推荐如下：

- 化学品采用小袋密封并预称重，并直接加入混合器，以减少灰尘的产生；
- 采用袋式除尘器控制内部混合器形成的排放物。通风橱排放的废气应引入袋式除尘器，去除其中的颗粒物及可能的半挥发性粒子束¹、氨及金属（如锌、硒、铅、镉、锑化合物及二氧化钒）；
- 表面研磨形成的小粒径橡胶颗粒及灰尘采用一级旋风分离设备加二级袋式除尘器或二级静电除尘器的处理工艺加以控制；

也可能会形成挥发性有机物（VOC）及危险气体污染物的排放。在橡胶产品的加工工艺中，有多种作业中会用到溶剂。针对挥发性有机物排放的污染防控系统推荐如下：

- 应对溶剂进行谨慎管理以防溢漏及无组织排放。溶剂及其他危险物料的存储和处理指南请参阅《通用 EHS 指南》；
- 应尽量减少溶剂的使用，在可行的情况下尽量使用水、硅及非溶剂基的化合物。

在挥发性有机物（VOC）排放量显著的情况下，必须配备排放物减排设备。如果为使橡胶具备某种产品特性而必须进行大规模的硫化操作时，橡胶固化过程中的排放物中可能会含有二氧化硫（SO₂）。采用洗涤器控制所有可以被控制的排放物。

废水

废水中可能含有溶剂、油类、在与水接触时进入水中的水溶或不溶的有机化合物、工艺水及清洗水和粒径尺寸从超微米到几个毫米之间的固体颗粒。

(1) 塑料。

塑料注模及成型中所用的工艺水可分为三类：□塑料生产中的冷却水（或加热水）；□塑料产品表面清洗及设备清洗时所用的表面清洗及冲洗用水；□精整作业中用于去除废弃的塑料或润滑产品的工艺水。

冷却水（或加热水）如果排放，会形成热污染源。冷却或加热工艺排放的工艺废水中潜在

¹ 亚乙基硫脲、二乙醇胺、对苯二酚、苯酚、1-萘胺、p-苯二胺、过氧苯甲酰、邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二辛酯和己二酸二酯（2-乙基己基）。



的可检出的有毒污染物包括邻苯二甲酸类物质（如邻苯二甲酸二异辛酯[DEHP]）。

清洗水的特点是生化需氧量（BOD₅）、化学需氧量（COD）、总悬浮固体（TSS）、总有机碳（TOC）、油脂、总酚及锌的含量高。精整水中可能含有大量的总悬浮固体（TSS）及水溶性添加剂（如邻苯二甲酸酯类）。

针对接触、清洗、及精整废水的污染防治措施推荐如下：

- 采用先进的内部管理措施；
- 对于接触废水及精整废水，采用活性炭处理工艺去除包括邻苯二甲酸酯类在内的溶解有机物（这在生产增塑聚氯乙烯时尤为重要）；
- 可行时尽量采用可生物降解的增塑剂；
- 清洗废水及精整废水，经沉降单元处理并去除悬浮固体及油脂后循环使用。

冷却操作可能会消耗大量水资源，也可能带来含大量杀菌剂及其他冷却系统用防垢剂的高温废水的大量排放问题，针对冷却水的管理措施请参阅《通用 EHS 指南》。

（2）橡胶。

冷却、加热、硫化及清洗操作过程中可能产生废水。除了微量金属外（如锌），悬浮固体及油脂是需要关注的潜在污染物。废水可能会在多种生产工艺中产生（如新乳胶接收池的清洗、离心分离及其他操作）。乳胶浸渍橡胶产品形成的废液会受添加剂的影响，这些添加剂用来对橡胶进行适当的处理。若废水管理不当时，可能会有异味形成。

本指南推荐的包括固体沉降以及 pH 值调节在内的处理技术及除油系统是废水处理所必须的。废水应集中收集于橡胶收集装置，使橡胶上浮到废水表面以便回用，之后废水应引入处理装置。应考虑采用密闭循环水冷却或加热系统。

固体废弃物

由于成型及精整操作中的废弃物料可以循环利用，因此塑料及橡胶制品的生产通常不会产生大量的固体废弃物。除橡胶注模成型操作中形成的废弃橡胶，以及配料区的袋式除尘器、橡胶密式混炼器、磨床等设备产生的颗粒物外，混合、研磨、压延及挤出工艺形成的早期硫化橡胶是主要的固体废弃物。

除《通用 EHS 指南》中提到的关于管理与处理工业废弃物措施外，还推荐以下管理措施：

- 对各种来源的废弃物进行恰当的隔离管理（如未固化橡胶、固化橡胶及不合格的产品）；
- 未固化橡胶及轻度固化的橡胶应放到密式橡胶混炼器中再循环利用；
- 固化橡胶及不合格的废弃橡胶可在生产设备中再利用或用来生产其他产品；
- 热塑聚合物废弃物料应再研磨并混入原材料；
- 如果无法进行回用或循环利用，应根据《通用 EHS 指南》中推荐的工业废弃物管理措施对废弃橡胶（包括由于过度加热形成的聚合物废弃物）进行处理。

1.2 职业健康与安全指南

金属、塑料、橡胶制品生产设备建造过程中存在的职业健康与安全问题，与其他大多数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。



金属

在金属制品生产中会发生的职业健康与安全问题，主要包括：

- 化学危害
- 物理危害
- 噪声
- 辐射

化学危害

金属制品生产过程中，尤其是烧结、表面制备及精整工艺中使用的化学品会使工人面临吸入和皮肤接触到危险化学品的危害。可能造成吸入风险的污染源包括：含有金属的烟气、金属氧化物、有机及无机化合物、颗粒物、灰尘及挥发性有机物（VOC）。皮肤接触风险可能来自于与过敏元素的接触（如铬、镍、铅及铍）。应根据《通用 EHS 指南》中的职业健康与安全指南进行工作安全分析及工业卫生调查，在此基础上对化学品危害实施管理。防护措施包括：工人培训、工作许可制度及个人防护装备（PPE）。金属制品生产过程中针对气体排放物职业接触的专门防护与控制措施如下：

- 采用自动设备。如果需要人工操作，应提供带有通风系统的密闭工作间；
- 在工人受到潜在的致害排放物威胁时（如焊接时），采用可移动式头罩及面罩；
- 采用气体排放物萃取与循环系统（如淬火与表面精整工艺中）。

物理危害

物理危害主要是手动操控的金属切割、成型工具及设备驱动装置带来的潜在危害及金属颗粒飞溅（如机械加工过程中形成的金属碎屑）引起的眼睛伤害，热应力、冷应力及工效应力可能会造成人体伤害。重物或装有大量重物的箱柜通常采用起重机或叉车进行搬运。针对物理危害的管理措施请参阅《通用 EHS 指南》。

噪声

由于涉及大量的机械设备与生产作业行为，金属制品的加工不可避免的带来噪声。针对噪声的管理措施请参阅《通用 EHS 指南》。

辐射

焊接过程中，操作工人可能会受到辐射危害。某些焊接技术（包括所有的电弧焊、等离子焊、激光焊和电子束焊接）消耗大量的能量并产生可能对操作人员有害的辐射。在可行的情况下，应采用自动设备，否则应为操作人员提供充足的个人防护设备来屏蔽辐射。产品质量连续监控所用的 X 射线工作站也会产生辐射。针对电离辐射危害的推荐管理措施请参阅《通用 EHS 指南》。

塑料和橡胶

与塑料和橡胶制品生产相关的职业健康与安全问题主要包括：

- 物理危害
- 化学危害



物理危害

塑料与橡胶加工过程中涉及的许多物理危害与金属制品生产行业相似，应按《通用 EHS 指南》介绍的方式进行管理。

然而，部分本行业特有的物理危害应按下述方式进行管理：

- 在工人工作中近距离接触到旋转零件/刀具时，采用电动离合系统或机械制动方式来停止刀具的旋转；
- 在操作站内安装紧急停车开关；
- 安装防护挡板，防止工人接近转动工具、切割工具、刀具及螺杆/钻具附近的物料进出口。为便于维修，应采用延时联锁装置防止人员接近造粒机、沉降电极及挤出机；
- 采用屏或翼板防止设备进料口处的物料飞溅；
- 除《通用 EHS 指南》中论述的物理危害防控指南外，再采用上锁/挂锁程序。

化学危害

(1) 火灾与爆炸。

塑料生产设施的火灾可能会产生黑色的酸性烟雾及包含一氧化碳的有毒气体。该行业火灾蔓延迅速难以熄灭。高危险生产区应禁止吸烟与热处理，以控制燃火源。关于火灾应急计划与反应、疏散的更多信息请参阅《通用 EHS 指南》。

聚合物灰尘：造粒机会形成细粉尘，该粉尘通常是可燃的。如果气体中有高浓度的悬浮粉尘并被点燃，则有可能发生爆炸。在处理硬质泡沫塑料及筛分粗粒或细粒物料时，造粒机附近会形成高浓度的聚合物粉尘。在超出常规内部管理措施所能覆盖的范围时，立墙或水平平面处可能会积聚细粉末。虽然经常会形成聚合物粉尘，但只有物料为硬质材料时才会有风险（如，当材料玻璃态转变温度高于室温时）。泡沫材料易碎裂，因此其造成的风险严重程度更高。

此类风险防控措施推荐如下：

- 设计生产设施时，应避免使用或最少使用各种沉积与附着聚合物灰尘（如由静电力引起）的表面；
- 对切割刀具和设备采用适当的维修措施，尽量减少灰尘的形成；
- 消除各种点火源。金属部件应接地，减少由于静电引起的火花。应禁止吸烟与使用明火。应安装磁分离装置减少由于金属碎片进入造粒机带来的风险。

戊烷：原材料可发性聚苯乙烯（EPS）珠通常包含戊烷，戊烷是一种极易燃烧的气体。可发性聚苯乙烯（EPS）存储、运输及加工后成品的短期存放会有戊烷释放出来。此类风险防控措施推荐如下：

- 在可发性聚苯乙烯（EPS）存储的生产区应建立工作许可制度；
- 在可发性聚苯乙烯（EPS）生产、使用或存储的生产区应禁止吸烟；
- 在预膨胀阶段，戊烷蒸气首先与可降低其可燃性的蒸汽混合。应设置排气口排放戊烷/蒸汽；
- 通风管应接地，产品应采用低速输送，以减少静电的产生；
- 可发泡性粒状料及预成型产品应存放于通风良好的生产区。熟化仓的上部空间可能会形成爆炸性混合物。料仓应接地并通风，使戊烷浓度保持在爆炸下限以下。成品注模



成型后也应存放于通风并防火的地方；

- 电动开头、照明设施、电机及通风扇及便携电动设备应为适合在存在可燃气体的生产区使用的设备；
- 热金属丝切割法可能会引发火灾。块状料运输系统应设置联锁，以便在传送带停运时，关闭热金属丝电源；
- 应安装气体监控器，检测戊烷“热点”并监控气体浓度；
- 可发性聚苯乙烯（EPS）处理区应依据风险分析结果设置相应的灭火系统。

(2) 空气质量与皮肤接触。

在固化部件的机械加工、精整工艺及受损部件的修复作业中会产生灰尘。非活性工艺中所用的室温配料也会产生灰尘排放物。灰尘颗粒粒径很小并且可能被人体吸入。某些物料尤其是苯基树脂中会存在未反应的单体。

挥发性有机（VOC）排放物主要包括低沸点组分（如溶剂、被捕获的单体）及不稳定化合物的分解产物。温度升高，挥发性有机物（VOC）排放量显著增加。

通常认为热塑性聚合物不会对工人的健康产生危害。生产热固性塑料的反应工艺中所用树脂配方则包含某些具有潜在致害性的物质。环氧树脂及固化剂或硬化剂蒸气分压低，除非以混合物的形式高温喷涂或固化，通常不存在气体形式的致害性。然而，在皮肤接触方面却通常具有潜在的高风险，芳香氨尤其如此，因为它可以通过多种常规防护手套渗透。聚氨酯中存在异氰酸盐，其吸入危害及接触危害都相当高。对于酚醛树脂及氨基树脂而言，苯酚与甲醛的接触危害都相当高。脲基及蜜胺甲醛树脂致害性与此类似。在聚氨酯产品可能发生分解的工艺中（如焊接、加热去除电绝缘漆及热金属丝法切割泡沫时），尤其需要注意防范。

热固性产品的反应性生产工艺中可能用到多种溶剂。这些溶剂可能会在生产工艺中作为树脂或固化剂的组分引入车间，也可能在清洗工艺中使用。

职业性的接触防控措施推荐如下：

- 隔离（隔离存储、工艺区、围墙与密闭系统）与局部通风应在塑料与橡胶生产工艺中作为主要的工程控制手段。在配料与混合区，包括蒸压器、精整及修复区在内的热固化区应采取控制措施；并对升温反应释放的气体加以控制；
- 应配备充足的通风控制系统及带有活性炭吸收器的废气萃取系统，防止工人接触毒气、粉尘及纤维。提供充足的通风条件，确保每小时换气不少于6次；
- 工作区确保充足的通风条件，使异氰酸盐浓度低于其致害浓度的25%；
- 选择聚合物在反应筒中成型的停留时间与工艺温度，尽量减少塑料过热现象的发生，并防止烟气的产生；
- 喷嘴、淤积的模具、注射器、物料转动阀门、筛滤器筛分板的烧净及固化物料的烧除操作应在通风的分解装置中进行，或采用其他的可以防止烟气接触危害的方法；
- 在处理热敏材料（如缩醛及聚氯乙烯）时，应制定明晰的程序，并将潜在的受影响生产区的疏散工作包含在内。反应筒中聚合物的快速分解可能会造成甲醛或氯化氢的释放；
- 应监控生产线各生产环节的温度；应安装足够的热电偶，以确保适宜的物料处理温度；



推荐采用比例—微分—积分控制器或电脑控制加热系统，尽量减少引起产品性能不稳定及烟气释放的温度循环波动；

- 确保工人穿戴手套、防护服、护目用具及其他相关的个人防护设备（PPE），尤其是在与树脂、固化剂及溶剂相关的工作中更需如此；
- 恰当的选择、使用、维护及清洁个人防护设备（PPE）。准备充足的手套尤其重要，因为某些化学品具有渗透性；
- 在空气挥发性溶剂及灰尘浓度可能较高的生产区（如树脂混料、精整及修复作业中）、在大表面生产区、手工工作较多的生产区、在升温区间或在可能造成聚合物分解的温度下生产或处理聚氨酯基物料时，工人应佩戴呼吸器；
- 生产中所用特定产品的供应商/经销商应向操作工提供物料安全资料单。

1.3 社区健康与安全

金属、塑料、橡胶制品生产设施的建造、运行和报废过程中的社区健康与安全影响与大多数工业设备相同，并在《通用 EHS 指南》中有所论述。

2 指标与监测

2.1 环境

废气排放和污水排放指南

表 5 和表 6 介绍了金属、塑料和橡胶制品生产的污水排放和废气排放指南。该行业的污水排放和废气排放指导值是各国的相关标准在公认的法规框架内所体现的国际行业惯例。通过上文介绍的污染防控技术，我们可以知道，经过合理的设计和操作的装置在正常的操作条件下是可以满足这些指南要求的。这些废液必须在工厂设备或生产机器年运行时间至少 95% 的时间范围内，在不经稀释的情况下达到以上排放水平。在环境评估中，所产生的水平偏差应当根据当地特定的项目环境进行调整。

表 5 金属、塑料及橡胶产品生产过程中的废气排放水平

污染物	单位（在标准状态下）	指导值
挥发性有机物 —表面清洗	mg/m ³	20~75 ⁽¹⁾
挥发性有机物 —金属与塑料镀层	mg/m ³	100（溶剂年消耗量不高于 15 t） 75（溶剂年消耗量高于 15 t） 50（干法工艺）
挥发性有机物 —橡胶转化	mg/m ³	20 ⁽²⁾



总有机碳 — 橡胶硫化	mg/m ³	80
挥发性卤代烃类 — 金属表面处理	mg/m ³	20
颗粒物 — 金属表面处理	mg/m ³	5
颗粒物 塑料加工	mg/m ³	3
氯化氢	mg/m ³	10
氮氧化物 ⁽³⁾	mg/m ³	350
氨	mg/m ³	50

注释：

(1) 取值为 30 分钟内的平均量。20 mg/m³ 的废气指表面清洗时所采用的具有致癌性、致突变性或生殖毒性的挥发性有机物 (VOC) (危险警告代码分别为 R45、R46、R49、R60、R61)，其质量流量大于等于 10 g/h；和/或危险警告代码为 R40 的氯代挥发性有机物 (VOC)，其质量流量大于等于 100 g/h；75 mg/m³ 的废气则包含了其他表面清洗作业产生的废气。

(2) 溶剂年消耗量大于 15 吨的生产设施。

(3) 氧气含量为 11% 的干燥空气。

表 6 金属、塑料及橡胶产品生产过程中的废液排放水平

污染物	单位	指导值
pH	S.U.	6~9
COD	mg/L	250
总悬浮固体	mg/L	50 25 (电镀)
油脂	mg/L	10
铝	mg/L	3
砷	mg/L	0.1
镉	mg/L	0.1
总铬	mg/L	0.5
铬 (六价)	mg/L	0.1
铜	mg/L	0.5
铁	mg/L	3
铅	mg/L	0.2
汞	mg/L	0.01
镍	mg/L	0.5
银	mg/L	0.2
锡	mg/L	2
锌	mg/L	2
总氰化物	mg/L	1
游离氰化物	mg/L	0.2



污染物	单位	指导值
氨	mg/L	10 20 (电镀)
氟化物	mg/L	20
酚类	mg/L	0.5
总氮	mg/L	15
总磷	mg/L	5
硫化物	mg/L	1
挥发性有机卤代物 (VOX)	mg/L	0.1
毒性	视具体情况而定	
温升	°C	<3 ^a

注：a 按科学方法预测的混合区，考虑了环境水质、受体水源的用途、潜在受体及同化能力等因素。

废液处理指南适用于已处理废液直接排放到常规用途的地表水中。特定场地的排放水平可以按照公共经营的污水回收和处理系统的可行性及特定条件设定；或者，如果废液直接排放到地表水中，排放水平可依据环境健康与安全通用指南中规定的受水区的用途分类设定。

废气排放指南适用于处理废气排放物。与热能消耗不高于 50 兆瓦的热电生产相关的燃烧源排放物管理指南，请参见《通用 EHS 指南》。能耗更高的燃烧源排放物管理指南，请参见火电行业 EHS 指南。《通用 EHS 指南》还包含基于总排放量的环境研究指南。

资源利用

表 7 列举了这一行业能源和水资源消耗基准。行业基准值仅用于比较，单个项目应以不断改进为目标。

表 7 资源与能源消耗

生产单位产品的消耗	质量负荷单位	行业基准
能源（金属制品）		
粉末冶金	以 GJ 计算的生产每吨成品消耗的能量	28~30
冷/温挤压	以 GJ 计算的生产每吨成品消耗的能量	40~42
热锻	以 GJ 计算的生产每吨成品消耗的能量	50
机械加工	以 GJ 计算的生产每吨成品消耗的能量	80
专门用途的热消耗—钢锻造	MJ/ (t·K)	7
电耗—金属加热	kg/ (kW·h)	2.7~3.5
焊接（连接 4 mm 厚的钢板）	kJ/m	500~2 500
能源 专项能源消耗（塑料制品）	(kW·h) /kg	2.8~3.0
配料	(kW·h) /kg	0.6~1.0
挤出与吹膜	(kW·h) /kg	1.0



生产单位产品的消耗	质量负荷单位	行业基准
注模及吹塑	(kW·h) /kg	3.0
真空成型	(kW·h) /kg	6.0~6.5
发泡并挤出	(kW·h) /kg	0.3
橡胶		
专项能源消耗		
电力	(kW·h) /t	750
热量 (燃料)	Mcal/t	1.25
水 耗水量 (每台装置的平均水平)	MI/d	2-3

资料来源：美国能源部 2003；加拿大橡胶协会 1997；美国环保局 2005；欧洲污染综合防治局 2006

环境监测

该行业的环境监测项目的执行应当面向在正常操作和异常条件下可能对环境产生重大潜在影响的所有生产活动。环境监测活动应当以适用于特定项目的废气、废水和资源利用的直接或间接指标为基础。

环境监测的频率应当足以为监测参数提供具有代表性的数据。

环境监测应由受过系统训练的人员使用经正确校准的、维护良好的设备按照检测和记录程序进行。监测得出的数据应经定期分析和检查，并与操作标准相对比，以便采取合适的矫正行动。《通用 EHS 指南》中介绍了对废气废水监测的抽样和分析方法。

2.2 职业健康与安全指南

职业健康与安全指南

职业健康与安全性能应按国际公认的接触风险指南进行评估，包括美国政府工业卫生学家会议 (ACGIH)¹发布的阈值 (TLV®) 职业性接触指南和生物接触限值 (BEI®)、美国职业安全健康研究所 (NIOSH)²发布的危险化学品的袖珍指南、美国职业安全健康局 (OSHA)³发布的允许接触极限 (PEL)、欧盟成员国⁴发布的指示性职业接触限值以及其他类似资源。

事故率和死亡率

各种项目均应尽全力保证参与项目的工人（不管是直接雇佣或是间接雇佣的工人）的生产事故为零，尤其是那些会导致误工、不同等级残疾或甚至死亡的事故。设备生产率可以参考相

¹ 可登录 <http://www.acgih.org/TLV/>和 <http://www.acgih.org/store/>查询相关信息。

² 可登录 <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>查询相关信息。

³ 可登录 http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992 查询相关信息。

⁴ 可登录 http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/查询相关信息。



关机构（如美国劳工部劳动统计局和英国健康与安全执行局）¹发布的信息，按照发达国家的设备性能设定基准。

职业健康与安全监测

应当对工作环境进行监测，以发现特定项目的职业危险物。作为职业健康与安全监测项目的一部分，监测操作应当委派专业人员²制定并执行。管理者还应记录事故、疾病和危险事件。《通用EHS指南》中介绍了职业健康与安全监测项目的其他指南信息。

3 参考文献和其他资料来源

- [1] Environment Australia. National Pollution Inventory. Emission Estimation Technique Manual for Galvanizing; Version 1.1. Canberra: Commonwealth of Australia. February 8 2001. http://www.npi.gov.au/handbooks/approved_handbooks/pubs/galvanising.pdf.
- [2] Environment Australia. National Pollution Inventory. Emission Estimation Technique Manual for Electroplating and Anodising. Canberra: Commonwealth of Australia, 1999. http://www.npi.gov.au/handbooks/approved_handbooks/pubs/felectro.pdf.
- [3] European Commission. European Union Council Directive 1999/13/EC of 11 March 1999 on the Limitation of Emissions of Volatile Organic Compounds due to the Use of Organic Solvents in Certain Activities and Installations. Brussels: European Commission, 1999. <http://europa.eu/scadplus/leg/en/lvb/l28029b.htm>.
- [4] Environment Australia. National Pollution Inventory. Emission Estimation Technique Manual for Surface Coating. Canberra: Commonwealth of Australia, 1999. http://www.npi.gov.au/handbooks/approved_handbooks/pubs/fsurfc.pdf.
- [5] European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Ferrous Metal Processing Industry. Seville: EIPPCB, 2001. <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>.
- [6] European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). IPPC Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Processes. Seville: EIPPCB, 2001. <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>.
- [7] European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). IPPC Reference Document on Best Available Techniques (BAT) in the Surface Treatment of Metals and Plastics. Seville: EIPPCB, 2006. <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>.
- [8] European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). IPPC Reference Document on Best Available Techniques (BAT) on Surface Treatment using Organic Solvents. Seville: EIPPCB, 2007. <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>.
- [9] Helsinki Commission (HELCOM). Reduction of Discharges and Emissions from Metal Surface Treatment.

¹ 可登录 <http://www.bls.gov/iif/> 和 <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm> 获取相关信息。

² 有许可证的专家包括执证的工业卫生学家、注册职业卫生学家、执证安全专家或相关人员。



- Recommendation 23/7. Helsinki: HELCOM, 2002. http://www.helcom.fi/Recommendations/en_GB/rec23_7/.
- [10] Industrial Accident Prevention Association (IAPA). An Industry Analysis by Firm Size (2002 versus 2001), EIW Snapshot Data as of 12/2002 and 12/2001. Mississauga, ON: IAPA, http://www.iapa.ca/business/sb_industry_stats.asp#industry.
- [11] NorthEast Waste Management Officials Association (NEWMOA). Pollution Prevention in Metal Painting and Coating Operations. Boston, MA: NEWMOA, 1998. <http://www.newmoa.org/publications/#hw>.
- [12] NorthEast Waste Management Officials Association (NEWMOA). Pollution Prevention in Metal Finishing. Boston, MA: NEWMOA, 1998. <http://www.newmoa.org/publications/#hw>.
- [13] NorthEast Waste Management Officials Association (NEWMOA). Pollution Prevention in the Primary Metals Industry. Boston, MA: NEWMOA, 1998. <http://www.newmoa.org/publications/#hw>.
- [14] The Rubber Association of Canada. Energy Efficiency Opportunities in the Canadian Rubber Industry. In collaboration with Natural Resources Canada. Mississauga, Canada, 1997. <http://oe.nrcan.gc.ca/infosource/pdfs/M92-137-1997E.pdf> United Kingdom Health and Safety Executive (HSE). 2005. Table 1: List of approved workplace exposure limits. EH40/2005 Workplace exposure limits. London: HSE. Available at <http://www.hse.gov.uk/coshh/>.
- [15] United States (US) Department of Energy. Supporting Industries Energy and Environmental Profile. Prepared for Oak Ridge National Laboratory and US Department of Energy, Industrial Technologies Program, 2003. http://www.eere.energy.gov/industry/energy_systems/pdfs/si_profile.pdf.
- [16] US EPA. Code of Federal Regulations, Title 40: Protection of Environment. Part 428 – Rubber Manufacturing Point Source Category. Washington, DC, Office of the Federal Register, 1974. <http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-I.info/>.
- [17] US EPA. Code of Federal Regulations, Title 40: Protection of Environment. Part 413 – Electroplating Point Source Category. Washington, DC, Office of the Federal Register, 1981. <http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-I.info/>.
- [18] US EPA. Code of Federal Regulations, Title 40: Protection of Environment. Part 433 – Metal Finishing Point Source Category. Washington, DC, Office of the Federal Register, 1983. <http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-I.info/>.
- [19] US EPA. Code of Federal Regulations, Title 40: Protection of Environment. Part 463 – Plastics Molding and Forming Point Source Category. Washington, DC, Office of the Federal Register, 1984. <http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-I.info/>.
- [20] US EPA. Code of Federal Regulations. Title 40: Protection of Environment. Part 60-Standards of Performance for New Stationary Sources. Washington, DC: Office of the Federal Register, July 1, 1993. <http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-I.info/>.
- [21] US EPA. Code of Federal Regulations, Title 40: Protection of Environment. Part 63 – National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories. Washington, DC: Office of the Federal Register, 1994. <http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-I.info/>.
- [22] US EPA. Profile of the Fabricated Metal Products Industry. EPA Office of Compliance Sector Notebook



Project. EPA/310-R-95-007. Washington, DC: US EPA, 1995. <http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/notebooks/fabmetsnpt1.pdf>.

- [23] United States (US) Environmental Protection Agency (EPA). Profile of the Rubber and Plastics Industry. 2nd Edition. EPA Office of Compliance Sector Notebook Project. Profile EPA/310-R-05-003. Washington, DC : US EPA , 2005. <http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/notebooks/rubplasn.pdf>.

附录 A：金属制品行业生产活动概述

本指南所介绍的金属制品生产活动可分为两大阶段，即成型（包括热处理）及精整（包括表面处理、金属清洁及涂镀）。金属铸造在铸造业 EHS 指南中讨论。

热处理与成型

热处理操作中通过特定的加热与冷却循环（如淬火、回火及正火），改进金属产品的物理性质。金属可能采用热加工、冷加工或同时采用两种方式制成选定的形状。在冷变形过程中，可能需要及时进行热处理（如退火）以避免硬化，使金属材料保持可锻性，这一步骤可能需要重复多次，这取决于合金的特性。接下来进行热处理及表面除尘，除锈、除鳞及去除废料。金属制品生产中通常要用到切割液（如己二醇）、脱脂溶剂及清洁溶剂、酸、碱及重金属。在金属成型与切割工艺中，通常要用到油类。

焊接

焊接是最常用的将相互分离的金属部件结合到一起的技术。共有二十多种焊接技术，但其中两种最为重要，其在所有焊接作业中占了 70%，分别为手工电弧焊（其中用到涂药焊条）及气体保护金属极电弧焊（如惰性气体保护钨极电弧焊 [TIG] 或惰性气体保护熔化焊 [MIG] / 活性气体保护熔化焊[MAG]）。在气体电弧焊中电极丝处于气体保护中并与外界大气相隔离。其他焊接技术有炉焊、氧乙炔火焰焊、等离子焊、激光焊及电子束焊接技术。

表面预处理

精整处理前（如涂镀、喷漆及化学沉积），金属表面应进行清洗处理或采用其他技术创造适合精整处理的化学条件。表面预处理可能用到一些简易的打磨技术，采用高压喷水（带有研磨颗粒，如铝或硅）、喷气、和/或砂纸研磨的方式（水可用来做为润滑剂与冷却剂，也可直接研磨）。

碱洗液主要成分有三种：（1）主剂（如碱性氢氧化物及碳酸盐），是清洗剂中含量最高的一部分；（2）有机或无机添加剂，用来促进清洗并以某种方式改善金属表面；（3）表面活性剂。碱洗过程通常辅以机械作用、超声波作用或施加电位（如电解清洗），碱洗也用来去除有机污垢。

采用酸洗或浸酸的方法通过化学作用去除氧化物与鳞层来预处理金属制品的表面。所用的酸可以是盐酸、硫酸、氢氟酸和硝酸。大多数碳钢采用硫酸或盐酸进行酸洗，而不锈钢则采用



盐酸或氢氟酸进行酸洗。尽管两者有些相似，但浸酸多用来从半成品的轧制产品表面去除鳞层，而酸洗多用于接近于成品的表面制备，随后进行电镀、喷漆或其他精整工艺。

最后的多步骤化学清洗工艺需要采用有机溶剂从金属表面去除油脂。例如，乳化液清洗中将常规有机溶剂（如煤油、矿物油及丙二醇）扩散到溶液介质中。

金属精整

阳极氧化

阳极氧化是一种电解工艺，其将金属表面转化为一层不溶的氧化物薄膜。铝是最常见的采用阳极氧化处理的金属材料。常规的铝阳极氧化工艺包括铬酸、硫酸及硼酸-硫酸阳极氧化技术。硫酸阳极氧化技术是最常用的方法。阳极氧化后，金属零件通常需要经过清洗后封存。常用的密封剂有铬酸、乙酸镍、乙酸镍-乙酸钴及热水。

化学转化涂镀

化学转化涂镀工艺包括铬酸盐处理、磷酸盐处理、金属着色及钝化操作等步骤。化学转化涂镀中通过化学或电化学反应在各种金属上镀上镀层。溶液中含有六价铬及其他化合物，通常具有致害性，其与金属表面反应形成一层包括铬、其他组分及基底金属在内的多化合物薄膜。将钢板、铁板或镀锌钢板浸入包含磷酸盐、磷酸及其他用于改善表面性质以利于进一步加工的试剂的稀释溶液中，可以形成磷酸盐薄膜。

电镀

电镀是一种通过电镀作用将一种金属镀到另一种金属上并形成表面涂层的技术。

电镀作业主要是在金属表面形成一种无机涂层。最常用的电镀金属与合金包括黄铜（铜-锌）、镉、铬、铜、金、镍、银、锡及锌。电镀工艺中，水溶液中的金属离子还原并镀到被镀工件的表面。溶液中的金属离子通过固体金属电极的溶解得到补充，或由金属盐或氧化物的溶液直接补充。氰化物（通常为其钠盐或钾盐）常被用作镀镉或镀贵金属的络合剂，也可用于镀铜或镀锌溶液中，但这较为少用。

喷漆

喷漆主要是在工件表面形成一层有机涂层，起保护或防腐的作用。存在多种喷漆方式，如干粉喷漆、稀释的溶剂配方及水溶配方喷漆等。喷漆方法也多样（如喷漆法及电沉积法）

其他金属精整技术

磨光是一种研磨操作，用来去除或研磨掉影响工件外观及性能的表面缺陷。以下磨光操作、清洗及生产区冲洗等操作会产生含金属的废水。热浸镀是将一金属工件浸入熔融溶液中形成另一种金属的涂层，起保护膜的作用。镀锌（热浸锌）是一种最常见的热浸镀形式。水用于预清洗后冲洗，并用于涂镀后的淬火。以上操作产生的废水中通常含有金属。

塑料及橡胶制品的生产

塑料

塑料制品的生产可能涉及成分间的化学反应，也可能并不涉及。非反应工艺主要应用于热



塑性聚合体的生产，产品的制成需要经过如下步骤：加热原材料至融化、模成型及冷却至室温获得固体产品等步骤。

反应工艺涉及小分子量化合物（单体或预聚体）的聚合反应，该反应在适宜的催化剂及添加剂作用下，在模具中进行。反应工艺是生产热固性聚合物所必须的。采用反应注射成型技术、通过内酰胺快速阴离子聚合反应生产热固性聚酰胺的工艺也属于反应工艺。

以上两类聚合材料的典型实例有：

- 热塑性塑料：聚烯烃：聚乙烯（HDPE，LDPE，LLDPE）、聚丙烯、苯乙烯（HIPS，ABS）、氯乙烯（PVC）、丙烯酸（PMMA）、纤维素、氟塑料（Teflon，PVDF）、聚酯（PET，PBT）、聚碳酸酯、聚醚、聚酰胺（Nylon 6，Nylon 6，6）、聚缩醛、热塑性橡胶（SBS，SIS）及聚酰亚胺；
- 热固性塑料：聚氨酯、不饱和聚酯、环氧树脂及酚醛塑料。

非反应塑料生产工艺

这是聚合物生产过程中最常规的步骤，涉及各种生产工艺，在这一过程中通过“非反应”工艺制得产品。主要的原材料，即聚合体，以丸状或粉末的形式供应，通常在大产量生产设施中以单独的化学工艺进行聚合反应制得。如果聚合体中不含有所需要的添加剂，通常要在成型前，在其他场地将聚合体按适当的配方进行配料。

在生产流程中的配料/混合步骤中，添加剂与塑料相混合，以使最终产品具有理想的性能（部分添加剂也用在精整工艺中的成型产品上）。塑料添加剂及其作用，按其在最终产品中所起的作用分类列出：

- 润滑助剂，使塑料在注模成型及挤出工艺中更易流动；
- 抗氧化剂，阻止塑料材料的氧化；
- 抗静电剂，使塑料化合物具有一定的导电能力，防止成品的静电积聚；
- 发泡剂，使塑料体内产生蜂窝状结构；
- 着色剂，使塑料树脂具有颜色；
- 成核剂及净化剂，加快熔融聚合体冷却时的固化过程，如果聚合体可结晶，还可以增加产品的透明度；
- 阻燃剂，减少其燃烧风险；
- 热稳定剂，保护塑料不受热效应的影响，保持其化学及物理性质；
- 抗冲击改性剂，减少脆性并增加其抗破裂能力；
- 有机过氧化物，引发热固性塑料及热塑性塑料中的聚合反应或控制其反应速率；
- 增塑剂，增加塑料产品的柔韧性及可加工性；
- 紫外线稳定剂（紫外线吸收剂），吸收或屏蔽紫外线辐射，防止塑料分解。

用于热塑性塑料产品生产的工艺主要包括以下部分：（1）添加化学添加剂，使塑料树脂获得适当的产品性能；（2）将塑料原料转化为丸状、粒状、粉状、片状、液体或预成型为中间体、或通过注模操作使之成型为最终产品或部件；（3）对产品进行精整处理。造粒机用来将未分解、未受污染的废弃部件、废料加工成尺度可以回用于挤出机（与原材料混合）的碎片或丸状产品。

加入必要的添加剂后，塑料混合物成型为中间体或最终塑料产品。固体塑料产品的成型可



采用下述多种注模工艺：

注射成型：塑料颗粒或丸粒加热后，通过在加热筒中转动的阿基米德螺杆使之均质化，该筒体还向螺杆末端泵送熔融聚合体。当获得足量的液体时，液压可将之压入相对低温的模型中，塑料在此固化后具有与模型一样的形状。

挤出成型：塑料丸粒或颗粒流体化、均质化后，挤出机可将其连续压入模具并成型。挤出通常与后挤出工艺连用（如吹塑、热成型或冲压）。

吹塑成型：吹塑成型工艺中，挤出的塑料管被放入一中空模具，并在塑料管中注入压缩空气使仍处于熔融状态的塑料按模具形状成型。成型后，固体产品由模具中取出。

可将挤出管成型为薄膜，薄膜随之成型为一具有竖直膜的气泡，冷却、滚动进入后续工艺。**热成型：**加热及压力（或真空）作用于置于模具之上的塑料薄片，使之按模具形状成型。

旋转铸塑：磨细的塑料粉末在转模中加热，获得低黏度熔融液。当旋转模具内表面均匀涂敷了熔融树脂后，冷却模具可制得无屑中空产品。

模压成型及传递成型：将塑料粉末或预成型的塑料部件塞入模具内腔，并加热施压直到其具有内腔形状。传递成型与此类似，但塑料是先在一无腔内液化，再通过液压活塞将之注入密闭的模具空腔。

压延成型：在两辊之间挤压塑料使之成型为连续薄膜。

塑料生产的反应工艺

生产热固性塑料时，液体树脂与催化剂结合使用。混合组分经固化步骤后制成固化部件或成品部件。固化后，部件只能进行精整处理，不能再改变形状或重新成型。用于热固性塑料产品生产的树脂包括尿烷、环氧树脂、聚酯、丙烯酸酯、酚醛树脂及氨基树脂等。在成型前，在树脂—催化剂混合物中加入填料及添加剂增加产品的强度与性能并降低成本。多数热固性塑料产品含有大量填料（重量比高达 70%）。常用的填料包括矿物纤维、黏土、玻璃纤维及炭黑。工艺中也用到其他几种成分，包括：固化剂、促进剂、活性稀释剂及染料。

可以选用不同的成型方法制备中间产品或热固性成品，这些工艺包括真空成型、模压成型及旋转成型、手动层积成型、压铸成型及注入成型、喷涂层积成型、树脂传递成型、缠绕成型、注射成型、反应注射成型及挤拉成型。

发泡塑料

发泡塑料产品的生产与上述工艺略有不同。发泡塑料分三种，分别为发泡泡沫塑料、空心等微球泡沫塑料及结构泡沫塑料。发泡泡沫塑料是一种膨胀的基体，与天然海绵结构相近。空心微球泡沫塑料是塑料基体中嵌有中空有机或无机微球的塑料，结构泡沫塑料是发泡核心包有硬质外壳的塑料。

三种泡沫塑料均可采用多种工艺（如注射成型、挤出成型及模压成型）大量生产泡沫产品，并可多得与固体塑料产品相同的各种外形。结构泡沫塑料是液体树脂利用注射成型生产得到的，其中含有化学发泡剂。在得到成型的固体或泡沫塑料后，成品的生产还要用到成型后操作如焊接、粘接、机械加工及表面修饰（如喷漆）等。



橡胶

尽管橡胶生产工艺多种多样，但以下几种是基本的常规工艺：

混合：橡胶产品的生产工艺的起始步骤是利用聚合物、炭黑、油类及其他化学品生产橡胶混合物。所述其他化学品包括工艺助剂、硫化剂、活化剂、促进剂、抗老化剂、填料、软化剂及专门材料（包括阻滞剂、着色剂、发泡剂、隔离剂、除臭剂及其他）。

所需产品的性能不同，使用的橡胶混合物也不同。适当的成分经称重后注入内部混合器，该混合器称为密炼机。化学品称重及加入混合器的工作区称为配料区。聚合物及其他化学品以手动的方式放入混合器漏斗，而炭黑及油类则往往直接由存储系统注入混合室。混合后，橡胶得到冷却处理。

混炼：橡胶混合体注入混炼机或其他设备，成型为长条状或板状。热的、发黏的橡胶随后通入水基“除黏”溶液，防止橡胶板在冷却至室温的过程中黏连到一起。随后橡胶板直接置于长胶带上，通过空冷或水冷的方式给橡胶板降温。冷却后，橡胶板送往其他混炼机。这类混炼机加热橡胶使之适合进一步的挤出或压延处理。某些挤出机可以橡胶板冷进料，从而使该混炼步骤可以省略。

挤出：挤出机利用旋转螺杆挤压橡胶使之通过模具，从而获得各种外形与剖面。挤出的热橡胶在进入冷却用的水浴或喷雾传输机前仍然是热的。

压延成型：压延机从混炼机接收橡胶热轧薄板，并将之挤压固定于强化纤维或衣状纤维基体，从而形成带有橡胶层的薄膜材料。压延机也用于生产强化的，具有特定厚度的橡胶薄板。

强化改造：挤出或压延的橡胶部件与金属丝、聚酯、尼龙及其他强化材料相结合（成层或内嵌）制成各种橡胶产品。黏接剂有时用来加强产品层之间的结合，或用溶剂蚀刻橡胶表面，强化黏接性能。金属-橡胶结合产品（如汽车悬架部件、发动机架）也利用这一工艺来生产。

硫化：多数橡胶产品需要硫化（固化）处理或交联作用。这一工艺可在加热的压模、蒸汽加热压力容器（蒸压器）、干烤箱或微波炉、或各种熔融床及液化床装置中进行。组装产品（如轮胎）在高温模具中生产，以利于硫化作用，使组件具有与模具一样的外形。在固化工艺中，橡胶基体中的聚合物链交联到一起，使之成为耐用的、有弹性的、热固性橡胶。橡胶基体中的交联作用使材料具有高度可逆的弹性性能。

精整：精整操作用于制备可发送给终端用户的产品。轮胎制品的精整操作包括：平衡、研磨、喷漆、冲洗、擦净及抛光。

乳胶浸渍技术

采用乳胶浸渍技术生产的橡胶制品（如橡胶手套、导尿管及其他医用设施），可保持天然橡胶的特有结构。生产浓缩乳胶的技术有四种，即离心法、蒸发法、乳化法及电倾析法。具有柔软、强韧性特点的天然乳胶的替代品已有生产与应用，尤其是在手套生产中应用。这类替代橡胶包括丁腈橡胶、合成乳胶（不含蛋白质）、聚氯乙烯（PVC）、苯乙烯弹性体、聚氨酯及硅橡胶。

对于天然乳胶及合成橡胶而言，都需要混入辅助组分（如硫化剂、硫化促进剂、活化剂、



缓凝剂、自氧化剂、稳定剂、增稠剂及凝结剂) 以获得适当类型的优质产品。