



BAY AREA
AIR QUALITY
MANAGEMENT
DISTRICT

金屬回收與切碎作業白皮書

進一步減少金屬回收與切碎作業逸散性排放的法規分析與建議

2024 年 7 月

編寫者：

Poornima Dixit，資深空氣品質工程師

Julia Luongo，資深空氣品質工程師

目錄

執行摘要	2
簡介	3
背景	3
流程概覽.....	3
去污程序.....	4
切碎	4
切碎機殘留物處理.....	4
化學穩定.....	5
灣區的金屬回收.....	5
金屬回收和切碎作業的排放.....	6
揮發性有機化合物.....	6
顆粒物	6
輕質纖維材料.....	8
監管歷史	8
灣區空氣品質管理局規則.....	8
空氣局以外的空氣污染法規.....	9
聯辦法規.....	9
州法規	9
其他空氣局的法規.....	9
挑戰與機會	100
現有空氣局法規/規則的挑戰	100
第 6-4 條規則：金屬回收和切碎作業	100
第 6-1 條規則：顆粒物 – 一般要求.....	11
差距分析.....	11
改善的機會.....	133
改進控制和可執行性，以應對逸散性 PM 排放	133
空氣監測.....	13
建議	145

執行摘要

灣區空氣品質管理局（以下簡稱「空氣局」）負責管理 San Francisco 灣區的空氣污染。空氣局工作人員已準備一份白皮書，針對灣區金屬回收和切碎設施，提出進一步減少逸散性排放的潛在建議。金屬回收和切碎作業是顆粒物 (particulate matter, PM)（包括被列為毒性空氣污染物的金屬）和其他污染物的排放來源。金屬回收和切碎設施附近的社區對這些場所造成的空氣品質影響表示擔憂。附近設施經常發生火災並釋放逸散性輕質纖維材料 (Light Fibrous Material, LFM)，導致若干空氣品質問題，West Oakland 社區對此表示擔憂。此外，「West Oakland 社區行動計劃」(West Oakland Community Action Plan, WOCAP) 納入第 68 項策略，要求空氣局修訂現有規則，以進一步減少金屬回收和切碎作業產生的逸散性 PM 排放。「Richmond-North Richmond-San Pablo 清潔空氣之路」(Path to Clean Air, PTCA) 也納入一項策略 (PTCA 策略 - 商業和工業 (C&I) 4.5)，以評估解決和減少金屬回收污染源排放的潛在措施。

本白皮書包括金屬回收和切碎作業的背景，以及空氣局現行監管框架的相關資訊，包括第 6 號法規：顆粒物、第 4 條規則：金屬回收和切碎作業（第 6-4 條規則）。本白皮書還討論目前空氣局規則相關的挑戰和機遇，包括審查其他空氣污染控制機構的控制舉措和法規，以及對可採取之進一步行動的建議。空氣局可採取之進一步行動的建議包括：

- 修改第 6-4 條規則，以具體的強制性最佳管理實作取代減少排放計劃的要求
- 修正第 6-4 條規則，納入警戒線監測要求
- 修改第 6-4 條規則，納入不需要許可證之設施的登記要求
- 在空氣品質事故期間向受影響社區提供更詳盡的資訊
- 加強跨機構夥伴關係和合作。

應與利益相關者協調，包括監管合作夥伴、社區代表和受影響工業，進一步制定建議的行動。值得注意的是，本白皮書僅對這些潛在措施提供定性概述。空氣局將在未來規則制定活動中進行額外分析，以實施這些擬議行動。

簡介

為回應第 617 號議會法案 (AB) (C. Garcia, 2017 年法規第 136 章)，空氣局正與受空氣污染影響最嚴重的灣區社區合作，制定社區減排計劃 (Community Emissions Reductions Plans, CERP)，其中包括減少這些社區有害空氣污染的策略。在制定 West Oakland 的 CERP 「Owning Our Air: West Oakland 社區行動計劃」(West Oakland Community Action Plan, WOCAP) 期間，社區成員一再表示對 Radius 回收工廠 (前身為 Schnitzer Steel) 污染的擔憂，特別是關於輕質纖維材料 (LFM) 沉積在工廠周圍公共和私人財產上，以及頻繁發生火災，排放揮發性有機化合物、顆粒物 (以及相關的有毒物質和重金屬)、黑碳和產生氣味的氣體。因此，WOCAP 的第 68 項策略指出，空氣局應尋求「修訂現有法規，以進一步減少金屬回收和鑄造廠作業的排放，例如修改：1) 第 6-4 條規則：金屬回收和切碎作業，要求金屬回收和切碎設施在 2025 年之前藉由制定和實施設施排放最小化計劃，儘可能減少顆粒物的逸散性排放。」社區成員還表示其他方面的擔憂，包括需要額外的控制和封閉；在故障、事故和火災期間向社區發出警告；防火和滅火；空氣污染監測；船舶停靠次數增加；以及改善各相關監管機構與公眾之間的協調和溝通。此外，「Richmond-North Richmond-San Pablo 清潔空氣之路」(PTCA) 納入一項策略，用於評估解決和減少金屬回收污染源之排放的潛在措施：PTCA 策略 – 商業和工業 (C&I) 4.5。

本白皮書是評估第 6 號法規：顆粒物、第 4 條規則：金屬回收和切碎作業 (第 6-4 條規則) 潛在監管修正的第一步，並討論目前對金屬切碎和回收作業空氣品質影響的理解和認識，以及減少這些影響的潛在策略。請注意，雖然 WOCAP 的第 68 項策略也強調了鑄造廠和熔爐作業，但對這些作業的評估預計將在稍後進行，不在本白皮書的範圍內。

第 6-4 條規則規定，凡金屬回收設施符合以下任一條件，應擬定減少排放計劃 (Emissions Minimization Plan, EMP)，經空氣局核准後據以執行，以盡量減少逸散性顆粒物排放：滾動式 12 個月內，金屬處理量達 50,000 噸或以上；進行切碎機作業；或生產、接收或處理切碎後的金屬。未進行這些活動或不符合這些處理量水準的設施可免除遵守此 EMP 規定。此外，第 6-4 條規則亦規定，凡本空氣局轄區內，金屬回收設施於滾動式 12 個月內，金屬處理量達 1,000 噸或以上者，皆須記錄其金屬處理量。目前，灣區有三大金屬回收和切碎設施需要制定和實施 EMP：Radius Recycling (前身為 Schnitzer Steel)、Sims Metal-Richmond 和 Sims Metal-Redwood City。

背景

流程概覽

金屬回收是從報廢產品 (如汽車和家電) 中回收和再利用金屬的過程。回收過程包括將產品分解成廢金屬，提取黑色金屬 (鋼鐵產品) 和有色金屬 (鋁、銅、黃銅和其他金屬)，然後再加工以供再次使用。以下將更詳細地討論此過程中的各個步驟，並在圖 1 中顯示。

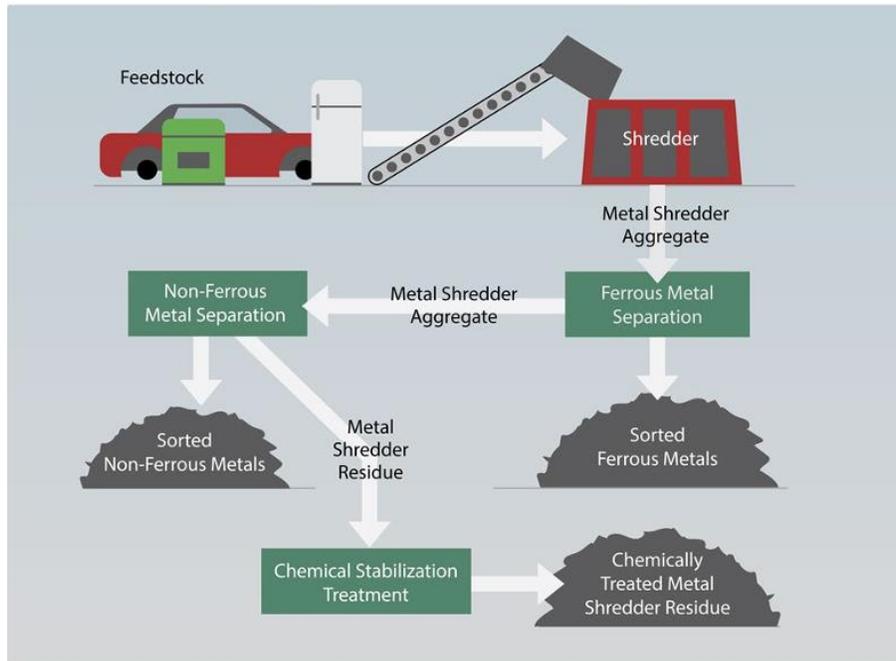


圖 1 – 典型金屬切碎程序圖。¹

去污程序

根據《California 金屬廢棄物法案》，車輛和電器必須先經過去污程序，才能進一步加工成廢金屬。去污程序是處理前的初始步驟，圖 1 未顯示。去污涉及安全移除需要特殊處理的材料，包括汽油和柴油等有機材料；機油；散熱器、變速器和煞車液；未耗盡的疊氮化鈉（安全氣囊）罐；封裝的多氯聯苯 (PCB) 和金屬外殼電容器；氟氯碳化物 (CFC)、氫氯氟烴 (HCFC) 和來自空調和製冷裝置的其他製冷劑；水銀開關和溫度控制裝置；以及其他受管制的危險廢棄物。進行去污活動的設施必須經過 California 有毒物質管制部 (DTSC) 認證。

切碎

去污後的廢金屬會經由切碎機處理，切碎機會切割廢金屬並將其壓碎成拳頭大小的金屬碎片，形成稱為金屬切碎機集料的混合物。² 切碎機集料是黑色金屬和有色金屬（如鋁、銅、黃銅和鉻）、塑膠、橡膠、玻璃以及廢金屬原料中其他成分的混合物。透過磁力可將黑色金屬從有色金屬和切碎機廢料混合物中分離出來。可使用氣流和篩網進一步分離有色金屬和切碎機廢料混合物，將較輕的材料與較重的含金屬材料分開。³ 對剩餘的切碎機集料進行處理以分離出有色金屬。這種所得混合物稱為「金屬切碎機殘留物」。

切碎機殘留物處理

切碎機殘留物是金屬回收的副產品，是在金屬廢料經切碎並分離出可用金屬後剩餘的材料。切碎機殘渣的成分各不相同，但通常是塑膠、乙炔基、皮革、紡織品、海綿、泡沫、玻璃和其他金屬材料的混合物。切碎機殘留物的成分各不相同，但通常是塑膠、乙炔基、皮革、紡織品、海綿、

¹ 有毒物質管制部 (Department of Toxic Substances Control, DTSC)，2021 年。金屬切碎設施和金屬切碎機廢棄物的評估和分析。八月。

² 有些設施可能不會切碎所有收到的廢金屬。收到的一些廢料可能會繞過切碎機並以其他方式處理，或者可能會在不進行額外處理的情況下收集並運離現場。例如，位於 West Oakland 的 Radius Recycling 收到的 40% 的廢金屬不會經過切碎程序。

³ 《金屬廢棄物法》，第 42175 條，California 法規，公共資源法規。

泡沫、玻璃和其他金屬材料的混合物⁴、⁵此外，可能還存在微量的銅、鎳、鉻和鋅，以及有機液體，例如油、防凍液、變速箱液和煞車液。報廢車輛原始重量的約20%和電器原始質量的約27%最終將成為切碎機殘留物。⁶ 切碎機殘留物可運離現場或儲存在現場，以進行下一步的化學穩定處理。

化學穩定

在現場進行有色金屬分離之設施使用化學穩定製程處理由此產生的金屬切碎機殘留物。化學穩定用於減少殘留物中有毒重金屬的流動性。初始步驟是用液體矽酸鹽徹底潤濕材料。材料潤濕後，加入鹼性活化劑（例如水泥粉），並將材料在攪拌機中混合（這是一種槳式混合器，可連續均勻地混合液體和乾燥成分），藉此產生經化學處理的金屬切碎機殘留物 (Chemically Treated Metal Shredder Residue, CTMSR)。在將 CTMSR 運離現場處置前，會經由最終磁鐵進行黑色金屬的額外回收。

灣區的金屬回收

California資源回收部 (California Department of Resources Recycling and Recovery, CalRecycle) 估計，California約有2,500家金屬回收設施，2019年這些設施收集並加工出口約640萬噸金屬，價值33億美元。⁷ 灣區目前有18家空氣局許可的設施，可收集和回收廢金屬和其他非金屬，例如玻璃、塑膠、橡膠和玻璃纖維。工作人員了解到，還有許多其他地點可以處理和回收較少量的廢金屬，並且不需要空氣局許可證。這些不同的廢料處理商和金屬回收業務的吞吐量範圍從每年幾噸到每年數千噸壓碎或切碎的金屬不等。廢金屬的來源與金屬產品本身一樣多種多樣；然而，大多數廢金屬來自汽車、拆除工程、製造業、電線和其他材料（罐頭、電器和其他消費品）以下清單提供有關灣區吞吐量最大的幾間金屬回收、切碎和/或廢料場設施的資訊。值得注意的是，雖然並非所有設施都使用切碎機，但這些作業仍有可能造成逸散性顆粒排放。

1. **位於 96 號碼頭的 Recycle Central**：Recycle Central 是位於 San Francisco 東部的廢棄物管理與回收設施。此設施接收並收集多種材料，包括來自家庭和業務垃圾收集及公共垃圾收集地點的金屬，並配備先進的分揀和處理技術，以確保有效地分揀和回收金屬。此設施未設置切碎機。
2. **Sims Metal Management**：Sims Metal Management 是一家國際金屬回收公司，在灣區設有兩個據點，分別位於 Redwood City 和 Richmond。Sims Metal Redwood City 位於 Redwood City 港，負責收集、去污汽車和家電、切碎並分離廢金屬。此設施設有切碎機。而 Richmond 據點則沒有切碎機。
3. **Radius Recycling (前身為 Schnitzer Steel)**：Radius Recycling，前身為 Schnitzer Steel，自 1965 年以來一直在 West Oakland 佔地 26.4 英畝的地塊上營運其金屬回收設施。該設施從各種來源購買報廢車輛、家電和廢金屬。材料通常由貨車運入設施；加工後，再透過貨車或船舶運出設施。該設施也可透過火車 (Union Pacific) 進入。此設施設有切碎機。

⁴ 《金屬廢棄物法》，第 42175 條，California 法規，公共資源法規。

⁵ Mensinger, Michael C.; Rehm, Mir; Saxema, Satish C.; 及 Rao, N. S.; 已更新。《汽車絨毛處理技術》。

⁶ 有毒物質控制部 (DTSC)，2021 年。金屬切碎設施和金屬切碎機廢棄物的評估和分析。八月。

⁷ California 資源回收部 (CalRecycle)，2021 年。2019 年日曆年 California 處置和回收狀況，出版品號 DRRR-2020-1697。二月。

4. **Alco Iron and Metal**：Alco Iron and Metal 回收黑色和有色金屬、家電和車輛，並進行金屬結構拆除和變壓器拆解。他們還供應新的和多餘的黑色和有色金屬。Alco Iron 總部設在 San Leandro，在整個灣區共有五個地點。此設施未設置切碎機。
5. **Berkeley Recycling**：Berkeley Recycling 是 East Bay 地區最大的回收設施之一。該設施每年收集約 18,000 噸各種材料，包括報紙、紙板、玻璃和塑膠瓶、廢金屬和家庭危險廢物。此設施負責收集和分類廢物，然後送往其他碎紙設施處理。此設施未設置切碎機。
6. **Circosta Iron and Metal Company**：Circosta Iron and Metal 成立於 1932 年，是 San Francisco 最大的廢料回收設施。該設施購買黑色和有色金屬，並在其廢料場拆解。然後將廢金屬出售給其他精煉廠、冶煉廠和工廠。此設施未設置切碎機，無需持有空氣局許可證，目前也不必遵守第 6-4 條規則。
7. **CASS, Inc**：CASS, Inc. 是位於 Oakland 的金屬回收和鋁製造公司。此設施未設置切碎機，其回收業務目前不必遵守第 6-4 條規則。然而，在設施中進行的金屬冶煉作業則須遵守其他空氣局法規（例如第 12-13 條規則：鑄造和鍛造作業）。

金屬回收和切碎作業的排放

揮發性有機化合物

在金屬回收設施中，切碎程序是揮發性有機化合物 (Volatile Organic Compounds, VOC) 的重要來源。VOC 是受《清潔空氣法》監管的氣相污染物，可促成地面臭氧和二次顆粒物 (PM) 的形成。在切碎過程中，由於機械切碎、研磨和加工產生的摩擦，將大量非金屬材料（包括塑膠、油漆、密封劑、填縫劑、橡膠以及油和燃料等液體的殘留物）加熱，而會釋放出 VOC。由於燃料、機油和潤滑劑的殘留，車輛未徹底去污是 VOC 的另一個主要來源。因此，燃料中的非金屬材料和碳氫化合物會蒸發，排放出 VOC。金屬回收和切碎設施中揮發性有機化合物的其他來源包括場地內的物料堆火災，以及現場船舶、貨車和其他化石燃料動力機械的廢氣。

切碎機排放之 VOC 的類型和數量取決於粉碎機的尺寸和切碎材料的類型。通常可以使用外殼、洗滌器和熱氧化器來減少排放。2022 年灣區領有許可證之回收設施的 VOC 排放量估計為每年 172 噸。⁸

顆粒物

顆粒物 (PM) 是懸浮在空氣中的固體或液體物質。這種材料通常由灰塵、土壤、煤煙、金屬或有機材料組成。PM 通常根據大小使用以下類別來定性和區分：

- **PM_{2.5}** – 直徑小於或等於 2.5 微米的顆粒。PM_{2.5} 被歸類為細顆粒，可吸入肺部深處並進入血液，導致嚴重健康問題。⁹
- **PM₁₀** – 直徑小於或等於 10 微米的顆粒。這些顆粒也小到足以吸入肺部，並可能導致呼吸系統問題。
- **總懸浮顆粒物 (Total Suspended Particulate Matter, TSP)** – 空氣中各種大小的顆粒。對於空氣監測，這通常包括直徑最大為 30 微米的顆粒。

⁸ 請注意，Radius Recycling 於 2022 年安裝一組熱氧化器以減少 VOC 排放。這些控制措施可減少的 VOC 排放要在下一年的排放清單才能體現。

⁹ 美國環保局 (U.S. EPA)，2024 年。顆粒物 (PM) 基礎知識。<https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>。最後更新時間：2024 年 6 月 20 日。

2022 年，灣區有許可證之回收設施的 PM_{2.5} 排放量估計為每年 13.9 噸，而這些設施的 PM 總量估計為每年 26 噸。

金屬回收設施中顆粒物的來源：

可能含有來自金屬回收作業之有毒金屬成分的 PM 來源包括：

- **金屬切碎機：**切碎機中金屬和非金屬材料的劇烈機械研磨會產生各種大小的 PM。根據切碎的物品不同，產生的 PM 可能含有各種材料，包括塑膠、油漆、密封劑、橡膠、有機污染物、金屬（例如鐵、銅和鋼）以及有害金屬（例如鉛、鋅、汞和鎘）。暴露研究顯示，金屬回收設施的顆粒物會增加居住在金屬回收設施附近居民的癌症風險。¹⁰ 另一項研究分析了來自金屬回收商的重金屬，發現靠近切碎機的鎘、鉛、鋅、鉻、鎳和錳的濃度顯著提高，而砷的濃度則相對較低。¹¹
- **分揀和處理作業：**在某些設施，如 Radius Recycling（前身為 Schnitzer Steel）中，並非所有廢金屬都透過切碎機處理。該設施處理中約 40% 的材料不經過切碎機。有些材料在現場集中存放後直接運離現場。其他材料則透過剪切和焊炬切割處理。焊炬切割作業具有特定的毒性問題，尤其是可能排放六價鉻。分揀和處理作業涉及廢金屬和碎料的移動，並可能將 PM 散布到空氣中。貨車/船舶/鐵路的裝卸及重型機械在工廠內的材料移動，也會將 PM 釋放到空氣中，主要是來自移動材料時產生的灰塵。
- **材料堆：**風和機械（非風）攪動會將工廠內未覆蓋的材料堆中的 PM 散布到空氣中。此 PM 可能包含有毒金屬成分。設施內可能存在的材料堆包括：
 - 原料堆
 - 已分揀的黑色金屬
 - 金屬切碎機集料/殘留物
 - 已分揀的有色金屬
 - 化學處理過的金屬切碎機殘留物。
- **火災：**設施內的料堆若發生火災會釋放燃燒產物 PM。根據燃燒材料的不同，產生的 PM 可能含有高濃度的有毒成分。例如，2023 年 8 月 Radius Recycling 發生火災期間，從 2023 年 8 月 10 日（午夜至午夜）之 Oakland - West 和 Livermore 監測站的樣本中發現，包括鋅在內的幾種金屬的濃度相對較高，此外還有鉛、溴和鈉。West Oakland 監測站的銅和氯濃度也升高。由於 West Oakland 監測站距離火災較近、受火災影響較大，該監測站的不同金屬濃度有所升高。
- **水泥筒倉儲存：**用於穩定輕質纖維材料的水泥粉末儲存在設施的筒倉中。在筒倉裝載期間以及有風吹或攪動將灰塵揚起時，水泥粉末可能會飄散到空氣中。
- **船舶、鐵路和貨車交通：**移動污染源會將 PM 釋放到空氣中，包括有毒的柴油 PM。此外，船用燃料一般精煉程度較低，因此產生的顆粒物和黑碳濃度高於其他類型的燃料。

¹⁰ Loren, R.; Karl, P.; Daniel, H.; Donald, R.; Arturo, B.; 和 Jiao, L.; 2013 年。居住在金屬回收設施附近有意外的潛在癌症風險。《Journal of Environmental Impact Assessment Review》，第 41 期，第 70-77 頁。

¹¹ Solademi, F. 和 Thompson, S.; 2020 年。Canada Winnipeg 廢金屬切碎機附近住宅、商業和工業區重金屬排放的空間分析。《Journal of Geoscience and Environment Protection》，第 8 期，第 359-386 頁。

輕質纖維材料

根據 DTSC 的定義，¹²輕質纖維材料 (Light Fibrous Material, LFM) 是在金屬切碎過程中產生的材料，不屬於可回收黑色金屬或有色金屬類別，而是屬於金屬切碎機殘留物。LFM 也稱為切碎機殘留物和「絨毛」。若不妥善管理，這種材料可能會因刮風或下雨而散布到場外。LFM 可能包含黑色金屬和有色金屬去除過程中無法從原料經濟回收的任何材料。這包括塑膠、橡膠、玻璃、泡沫、織物和地毯、木材、殘留液體（包括燃料和油）、污垢和少量不可回收的金屬。¹³ 切碎程序是金屬回收設施中 LFM 的主要來源。

2012 年 California 地區檢察官調查發現，Radius Recycling（前身為 Schnitzer Steel）設施附近的公共和私人土地上都發現了 LFM，包括可能導致 LFM 流入水道的區域。對該設施附近 LFM 所做測試發現，包括鉛、鋅和銅在內的金屬含量超過了 California 危險廢棄物閾值。¹⁴

DTSC 在 2021 年的一份報告中指出，美國環保局在南 California Sims Metal 設施附近收集的土壤/沉積物樣本的檢測結果顯示，鎘、銅、鉛和鋅的濃度超過了 DTSC 的總閾值濃度 (Total Threshold Limit Concentrations, TTLIC)。¹⁵ DTSC 還使用 TSP 監測器進行了空氣監測研究，並在 2020 年 12 月至 2023 年 5 月期間從 Radius Recycling（前身為 Schnitzer Steel）West Oakland 切碎機設施周圍地區收集了 LFM 樣本。¹⁶ 分析顯示，該設施的排放可能導致或促成空氣樣本中發現的金屬濃度較高（包括鉛和鎳）。

監管歷史

灣區空氣品質管理局規則

空氣局目前根據以下規則和法規監管金屬回收和切碎作業的空氣污染源：

- 法規第 1 條：總則與定義
- 法規第 2 條：許可，規則 1：一般規定
- 法規第 2 條：許可，規則 2：新污染源審查
- 法規第 2 條：許可，規則 5：毒性空氣污染物的新污染源審查
- 法規第 2 條：許可，規則 6：主要設施審查
- 法規第 6 條：顆粒物，規則 4：金屬回收和切碎作業
- 法規第 7 條：有氣味的物質
- 法規第 8 條：有機化合物，規則 2：雜項作業
- 法規第 12 條：其他性能標準，規則 7：機動車空調製冷劑

本文「挑戰與機會」一節將進一步討論所選規則的相關條款。

¹² 有毒物質控制部 (DTSC)，2021 年。金屬切碎設施和金屬切碎機廢棄物的評估和分析。八月。

¹³ 有毒物質控制部 (DTSC)，2021 年。金屬切碎設施和金屬切碎機廢棄物的評估和分析。八月。

¹⁴ California 高等法院 - Alameda 縣，2021 年。「同意最終判決和同意令條款」，案號 RG21087468。提出日期：2021 年 2 月 3 日。

¹⁵ 有毒物質控制部 (DTSC)，2021 年。金屬切碎設施和金屬切碎機廢棄物的評估和分析。八月。

¹⁶ 有毒物質控制部 (DTSC)，2023 年。LFM 採樣和空氣監測研究資料摘要。八月。

空氣局以外的空氣污染法規

聯辦法規

美國環保局的國家周邊空氣品質標準 (National Ambient Air Quality Standards, NAAQS) 針對各種污染物設定全國空氣品質標準，包括金屬回收和切碎作業可能排放的污染物（例如顆粒物、總懸浮顆粒物中的鉛、揮發性有機化合物以及其他有助於形成 PM 和臭氧的前驅物）。¹⁷ 美國環保局還為排放量超過特定閾值的新建或改建設施制定了新污染源審查 (New Source Review, NSR) 許可的基本要求。¹⁸ 如果金屬回收和切碎設施是有害空氣污染物 (Hazardous Air Pollutants, HAP) 的主要污染源¹⁹，則最大可達成控制技術 (Maximum Achievable Control Technology, MACT) 標準也可能適用於該設施的新建或改建作業。

州法規

California 的金屬回收設施必須遵守加州空氣資源委員會 (California Air Resources Board, CARB) 的 AB 2588 空氣有毒物質「熱點」計劃。California 每年排放有機氣體、PM、氮氧化物 (NOx) 或硫氧化物 (SOx) 超過 10 噸的企業或設施均須遵守此計劃。此外，排放量低於每年 10 噸的設施將在 2022 年至 2028 年期間分階段納入該計劃。地方空氣局負責實施和執行此法規。²⁰ 到 2028 年，AB 2588 將適用於每年處理 40,000 噸或以上碎料或 1,000 噸或以上再生金屬的廢料和回收設施。

金屬粉碎設施還必須根據 California 有毒物質管理局 (DTSC) 制定的州危險廢棄物設施許可證（依據 2021 年 10 月 15 日的緊急規則）作業，DTSC 是負責執行危險廢棄物法律和恢復受污染資源的州機構。DTSC 要求企業管理危險廢棄物從產生到妥善處置或回收的整個過程，即法律規定的「從搖籃到墳墓」責任。²¹ DTSC 已將金屬切碎機集料指定為危險廢棄物。²² 材料和危險廢棄物（例如輕質纖維材料），可以運離現場至由其他機構（例如 CalRecycle）監管的其他處置設施處理。

其他具有相關權責的機構包括因雨水排放要求的 San Francisco 灣區水質管制委員會 (San Francisco Bay Regional Water Quality Control Board)，以及因鄰近舊金山灣的 San Francisco 灣保護及發展委員會 (San Francisco Bay Conservation and Development Commission, BCDC)。

其他空氣局的法規

California 地方空氣局也有權採用法規來解決其管轄範圍內金屬回收和切碎設施造成的空氣污染。其他空氣局針對金屬回收和切碎作業的法規有限；不過，大多數空氣局都有針對固定污染源產生 PM 排放的一般法規，並將這些法規和要求也適用於金屬回收設施。然而，值得注意的例外是 South Coast 空氣品質管理局 (South Coast Air Quality Management District, SCAQMD)，該管理局有專門針對金屬處理、加工、燃燒、切碎和回收等工業的法規。SCAQMD 的相關規則包括：

¹⁷ 《美國聯辦法規》第 40 篇第 50 部分，全國性周邊空氣品質標準

¹⁸ 美國聯辦法規第 40 篇第 51 部分和第 52 部分

¹⁹ 《清潔空氣法》將「主要污染源」定義為位於鄰近區域內的任何固定污染源或一組固定污染源，這些來源每年排放或有可能排放（考慮到控制措施）總計 10 噸或更多有害空氣污染物，或每年排放或有可能排放總計 25 噸或更多之有害空氣污染物的任何組合。

²⁰ 加州空氣資源委員會 (CARB)，2024 年。AB 2588 空氣有毒物質「熱點」。 <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/ab-2588-air-toxics-hot-spots/about>。

²¹ California 有毒物質控制部 (DTSC)，2024 年。廢金屬回收業者的危險廢棄物管理。 <https://dtsc.ca.gov/hazardous-waste-management-for-scrap-metal-recyclers/>。

²² California 有毒物質控制部 (DTSC)，2024 年。金屬切碎設施和廢棄物。 <https://dtsc.ca.gov/metal-shredders/>。

- **第1420.2條規則：金屬熔煉設施鉛排放標準** – 本條款旨在透過減少金屬熔煉設施的鉛排放和環境空氣濃度來保障公共健康，透過減少鉛暴露來降低對公共健康的影響，並有助於確保達成和維持全國性周邊空氣品質標準中的鉛標準。²³
- **第1430條規則：金屬鍛造設施金屬研磨作業排放控制** – 本條款旨在解決金屬鍛造設施在進行金屬研磨和金屬切割作業時產生的有毒排放物、顆粒物排放和氣味問題。²⁴
- **第1460條規則：金屬回收和切碎作業中顆粒物排放的控制** – 本規則旨在將金屬回收設施和金屬粉碎設施的揚塵降至最低。²⁵
- **第1480條規則：金屬毒性空氣污染物 (TAC) 環境監測和採樣** – 本條款規定，金屬毒性空氣污染物排放設施的所有者或經營者必須進行環境監測和採樣。²⁶

下文「差距分析」一節中將針對這些規則中的條文與其他空氣局的相關規則做比較。

挑戰與機會

現有空氣局法規/規則的挑戰

在審查空氣局現行監管框架的挑戰時，本節重點關注可直接解決金屬回收和切碎設施排放問題的規則。

第 6-4 條規則：金屬回收和切碎作業

空氣局第 6-4 條規則要求所有金屬吞吐量在 12 個月內達到或超過 1,000 噸的金屬回收設施保存金屬吞吐量記錄。第 6-4 條規則還要求某些金屬回收設施制定並遵守旨將逸散性 PM 排放降至最低的減少排放計劃 (EMP)。未進行切碎機作業、處理碎金屬或金屬吞吐量在 12 個月內等於或小於 50,000 噸的設施可免於遵守此 EMP 要求。該規則要求設施提供有關作業和流程、經許可的設備、治理和控制及最佳管理實作 (BMP) 的全面詳細資訊，以盡量減少排放和逸散性 PM。雖然設施必須在其 EMP 中確定 BMP，但實施的 BMP 可能因設施而異。在未強化規定、要求具體最佳管理實作 (BMP) 以確保全產業一致適用標準的情況下，現行規定的靈活性可能無法最大程度地實現可行方法所能達到的減排水準。將規則更新為要求產業標準和遵守最佳實作，而不是提交排放管理計劃 (EMP)，將讓工作人員的時間和資源能夠獲得更有效和高效的利用，以確保合規性並實現特定的空氣品質改善。

West Oakland 社區主要關注的問題之一是在 Radius Recycling (前身為 Schnitzer Steel) 設施周圍的住宅區和商業區可以看到大量 LFM。在切碎和其他金屬分離過程中產生的 LFM 可能會在空氣中飄散，並飄到設施邊界之外，但 LFM 傳統上並未作為空氣污染物監管。雖然有些排放管理計畫措施除了可減輕逸散性 PM 排放外，還可能緩和 LFM 的排放，但第 6-4 條規則並未針對設施或製程層級設定 LFM 的排放標準。LFM 成分，例如鉛總懸浮顆粒物 (Pb-TSP)、PM_{2.5} 和金屬毒性空氣污染物 (TAC)，通常受空氣品質法規監管，¹⁶ 但是，第 6-4 條規則不包含這些污染物的排放標準或監測要求。

另一個令人擔憂的問題是這些設施內頻繁發生料堆火災。EMP 可能包括針對料堆管理而設計的 BMP，以防止料堆火災。這些 BMP 可能涉及在接受廢料原料之前遵循適當的去污技術、封閉料

²³ South Coast 空氣品質管理局 (South Coast Air Quality Management District, SCAQMD)，2015 年。第 1420.2 條規則：金屬冶煉設施中鉛的排放標準。

²⁴ South Coast 空氣品質管理局 (SCAQMD)，2017 年。第 1430 條規則：金屬鍛造設施金屬研磨作業排放的控制。

²⁵ South Coast 空氣品質管理局 (SCAQMD)，2022 年。第 1460 條規則：金屬回收和切碎作業中顆粒物排放的控制。

²⁶ South Coast 空氣品質管理局 (SCAQMD)，2022 年。第 1480 條規則：金屬毒性空氣污染物 (TAC) 的環境監測和採樣。

堆、監測料堆、潤濕料堆、最小化料堆尺寸、增加料堆間距和縮短存放時間。雖然這些 BMP 在 EMP 內是可執行的，但其可能因設施而異。

第 6-1 條規則：顆粒物 – 一般要求

空氣局第 6-1 條規則規定了 PM 排放到大氣中的一般限制。受第 6-4 條規則約束的來源（例如，金屬回收設施）目前免於遵守規則 6-1 的要求。值得注意的是，雖然第 6-1 條規則目前不適用於金屬回收設施的污染源，但第 6-1 條規則中的某些要求可能會有效解決 LFM 排放問題。第 6-1 條規則還包含執行上有難度的要求。因逸散性 PM 排放而發出違規通知的舉證責任與不透明度限制相關，這需要在任何一小時內至少有三分鐘的可見排放超過特定閾值，才會觸發超標。PM 排放和揚塵通常是由間歇性氣象條件（例如強風）和/或設施作業（例如機械攪動材料，增加 PM 懸浮在空氣中的可能性）引起的，並不總是超過第 6-1 條規則中的可見排放評估標準。空氣局的《揚塵白皮書》中討論了與第 6-1 條規則相關的進一步挑戰。²⁷ 空氣局目前正在修訂第 6-1 條規則和其他相關的揚塵規則，以應對這些挑戰。

差距分析

工作人員審查了其他機構的現行法規和計劃，以了解其控制金屬回收和切碎作業排放的各種方法。如前所述，除 SCAQMD 外，大多數機構尚未實施針對金屬回收和切碎作業排放的具體法規。大多數其他機構都制定了一般規則來解決揚塵問題，並透過其許可程序為各個金屬回收和切碎作業制定具體的排放限制和控制要求。一些機構，例如 United Kingdom 環境署，制定了技術指導文件，以支持切碎機中機械處理金屬廢物設施的許可程序。²⁸ 如前所述，一些用於減少揚塵的策略可能會廣泛應用於金屬回收設施的排放，空氣局目前對有關揚塵的規則的修訂也可能提供解決這些問題的機會。²⁹ 具體來說，工作人員審查了以下管轄區的法規和計劃，並在表 1 中總結了主要調查結果。

1. 加州空氣資源委員會 (CARB)
2. Clark 縣 (NV) 環境暨永續發展部 (DES)
3. Imperial 縣空氣污染管理局 (ICAPCD)
4. Maricopa 縣空氣品質部 (MCAQD)
5. Sacramento Metropolitan 空氣品質管理局 (SMAQMD)
6. South Coast 空氣品質管理局 (SCAQMD)
7. Chicago 公共衛生部 (CDPH)
8. Arizona 州環境品質部 (ADEQ)
9. San Diego 縣空氣污染管理局 (SDAPCD)
10. San Joaquin Valley 空氣污染管理局 (SJVAPCD)
11. 美國環保局 (U.S. EPA)

表 1：專注於金屬回收/切碎/冶煉排放的其他機構規則

²⁷ 灣區空氣品質管理局，2023 年。《揚塵白皮書》。三月。

²⁸ United Kingdom 環境署，2022 年。金屬切碎機 - 領有許可證設施的適當舉措。二月。<https://consult.environment-agency.gov.uk/environment-and-business/metal-shredders-permitted-facilities/>。

²⁹ 灣區空氣品質管理局，2024 年。「揚塵」。<https://www.baaqmd.gov/en/rules-and-compliance/rule-development/fugitive-dust>。

機構	規則	相關章節	規則說明
SCAQMD	第 1480 條規則 - 金屬毒性空氣污染物的環境監測和採樣	d	根據第 (d)(7) 款被指定為金屬 TAC 監測設施的設施所有者或經營者，必須監測和採樣，以確定切碎和回收作業產生的排放。
			在下列情況下，金屬回收和切碎設施將被指定為金屬 TAC（毒性空氣污染物）監測設施：
			(A) 設施的設備或製程會產生金屬 TAC 排放；
			(B) 金屬 TAC 排放物能夠釋放到周邊空氣中；
			(C) 根據 SCAQMD 第 1402 條規則（控制現有污染源的毒性空氣污染物），該設施已被指定為潛在高風險等級設施；
			(D) 根據設施的金屬 TAC 排放量、最高健康風險值的敏感受體位置，以及每種金屬 TAC 對最高健康風險值的貢獻百分比（基於空氣分散模型），該設施在敏感受體處的最高健康風險值超過重大風險等級。
SCAQMD	第 1420.2 條規則 - 金屬冶煉設施中鉛的排放標準	d(1)、d(3)、e(1)、e(2)	金屬熔煉設施的所有者或經營者不得將排放物排放到大氣中，導致周邊空氣中的鉛濃度在 30 天平均值達到或超過 0.1 µg/m ³ 。金屬熔煉設施的所有者或經營者應不遲於 2016 年 3 月 1 日提交鉛環境空氣監測和採樣計劃，以供管理局審查和核准。
SCAQMD	第 1460 條規則 - 金屬回收和切碎作業中顆粒物排放的控制	e & f d(1)(2)(3)	設施須遵循良好的內務管理措施，以改善料堆管理，包括完全封閉料堆。
			設施必須監測風力，以減少揚塵跨越物業界線傳播的可能性。
			設施必須在進行廢金屬卸載、裝載、分揀、剪切、切割、打包、切碎或廢金屬儲存的區域鋪設道路，以盡量減少廢棄物的帶出。
			設施必須遵守登記要求。
SCAQMD	第 1430 條規則 - 金屬鍛造設施金屬研磨作業排放的控制	d	設施必須：在全封閉環境內進行所有金屬研磨/切割作業；將排放物排至配有 HEPA 濾網的排放控制裝置；對 PM、金屬及六價鉻進行

機構	規則	相關章節	規則說明
			污染源檢測；並安裝袋式洩漏檢測系統以捕獲洩漏的排放物。
SCAQMD	第 403 條規則 - 揚塵	d & e	設施必須透過最佳管理實作來緩和大型粉塵產生作業中的揚塵排放。
MCAQD	第 310.01 條規則 – 來自非傳統揚塵污染源的揚塵	301 & 302	緩和傳統揚塵污染源排放的一般要求。

改善的機會

在完成差距分析後，工作人員已確定加強空氣局現有金屬回收和切碎作業規則的潛在機會。這些機會可歸納為以下幾大類。

改進控制和可執行性，以應對逸散性 PM 排放

SCAQMD 第 1460 條規則要求對金屬回收和切碎作業採取最佳實做和排放控制。第 1460 條規則要求所有金屬切碎機殘留物均應放置在永久性的三面圍欄或物理結構或建築物的一部分內，該結構具有地板、牆壁和屋頂，以防止暴露於自然環境（例如降水、風、徑流），其中開口僅允許人員、車輛、設備、廢金屬或切碎機殘留物進入。³⁰ 第 1460 條規則還要求監測風力，以減少揚塵跨越產權界線傳播的可能性。空氣局可以探索修訂第 6-4 條規則的機會，將類似要求作為具體的最佳管理實作納入其中，以更有效地解決設施運行中的逸散性排放問題。

此外，SCAQMD 第 1460 條規則關於金屬回收和切碎登記的要求，有助更清楚了解較小規模的作業及其規模和對當地空氣品質的潛在影響。空氣局可以考慮針對未取得許可證的小型設施制定登記要求，這些設施雖不操作切碎機，但仍透過切碎或其他機械製程處理、回收和分類金屬，並有可能產生相關的逸散性顆粒物排放。

空氣監測

在金屬回收和切碎設施中，排放的污染物類型和數量會因設施活動、正在處理的材料的數量和類型、減排措施以及任何不可預見的事件（例如火災）而有所不同。金屬回收作業的排放來自設施內的各種活動，包括廢料的切碎、切碎材料中的金屬分揀、風揚起的堆料、風揚起的儲存筒倉中的化學物質，以及在廠區內利用貨車、火車和船舶運輸物料。這些活動產生的 PM 或金屬的估計排放量也相對不確定。與回收活動相關的其他污染源包括材堆火災和貨車/船舶/鐵路尾氣排放的污染。SCAQMD 第 1480 條規則包括在超過顯著風險水準的情況下監測設施中金屬毒性空氣污染物 (TAC) 的要求。第 6-4 條規則目前沒有監測要求；空氣監測可以提供資料，以更清楚表徵與 LFM 相關的顆粒和其他來自設施的逸散性 PM 或 VOC 排放的持續排放，並顯示在解決這些排放對廠外影響方面是否取得和保持進展。

³⁰ South Coast 空氣品質管理局 (SCAQMD)，2022 年。最終工作人員報告，提議之第 1460 條規則 - 金屬回收和切碎作業中顆粒物排放的控制。十一月。

建議

根據本白皮書中提供的挑戰和機會的初步分析，工作人員提出了以下潛在建議，以進一步解決金屬回收和切碎設施的排放問題。工作人員認識到，以下部分並非所有潛在監管變更的詳盡清單，並且在整個利益相關者參與和規則制定過程中可能會考慮其他想法。同時必須注意，工作人員尚未廣泛評估這些初步建議的影響及所需資源。在提議規則修訂之前，將對這些影響深入評估。

I. 修改第 6-4 條規則，以具體的強制性最佳管理實作取代減少排放計劃的要求

工作人員建議探討修改第 6-4 條規則的機會，以消除對減少排放計劃的要求。取代 EMP，應在規則中加入具體強制性最佳管理實作 (BMP) 的要求。工作人員建議將以下內容作為潛在規則修訂時要考慮的 BMP 初始清單：

1. 減少點污染源逸散排放的最佳管理實作

- i. 要求所有金屬切碎、破碎、研磨、切割、分揀、分離和回收作業均在永久圍牆內進行，以盡量減少逸散性排放。如果需要排氣，應將排放物排入經批准的排放控制系統。
- ii. 根據設施性質，要求永久性全封閉或臨時性封閉，以容納料堆和原料堆，盡量減少逸散排放。
- iii. 要求進出設施運送料堆（原料和/或碎料/破碎機殘留物）的卡貨和火車車廂必須加蓋覆蓋物。

2. 防火最佳管理實作

- i. 要求所有存放料堆的封閉區域配備火災探測和預防裝置，如紅外線鏡頭和/或感測器、灑水系統和滅火器。
- ii. 要求設施對進料的原料遵循嚴格的去污方法。去污程序應在擁有經認證和培訓之員工的設施中進行。
- iii. 要求設施員工在切碎前的等待時間內，使用攜帶式或固定式監測儀頻繁檢查料堆是否有毒和/或易燃氣體的逸出。
- iv. 要求設施實施「碎料到地面」時間表，確保快速完成所有進料原料的碎料作業，並盡量減少原料長期積聚。應考慮對廢料接收和管理進行額外限制，以盡量減少積聚。
- iv. 要求設施在營運時間內，按計劃定期對料堆和破碎機殘留物堆進行充分潤濕。

3. 減少車輛帶出污染物的最佳管理實作

- i. 要求設施為所有車輛通行表面鋪設路面。此外，設施應定期清潔鋪砌表面，並盡量減少車輛帶出的污染物。
- ii. 要求對設施員工培訓，以目視確定物料來源的逸散性排放。
- iii. 要求設施內的活動遵守與第 6-1 條規則相似的可見排放不透光度限制。

II. 修正第 6-4 條規則，納入廠界空氣監測要求

工作人員建議探索修改第 6-4 條規則的機會，將圍欄空氣監測要求納入某些金屬切碎和回收設施。廠界監測可發揮多種作用，包括：

- 展示逸散排放控制措施的有效性，並確定在解決設施排放對廠外影響方面是否取得和保持進展。
- 提供數據，以便在各種典型操作和環境條件下改進對逸散源排放估計的準確性；以及

- 告知公眾廠界特定污染物水準及對鄰近社區潛在空氣品質影響的資訊。
廠界空氣監測要求可能包括可接受的空氣和氣象監測系統的描述、要監測和分析的污染物、監測頻率和數據報告。

III. 修改第 6-4 條規則，納入不需要許可證之設施的登記要求

工作人員建議評估針對目前無需許可證的金屬回收設施，制定登記要求和計劃。這包括不操作破碎機但透過研磨、粉碎和/或機械製程進行金屬回收、加工和分揀的設施。這可能包括處理量低於第 6-4 條規則規定門檻的設施。

IV. 在空氣品質事故期間向受影響社區提供更詳盡的資訊

工作人員建議在空氣品質事故發生期間，向受影響社區提供及時且易於取得的資訊。工作人員應利用空氣局的事故應對計劃，透過公共通知工具和其他方法，例如媒體採訪、簡報和透過空氣品質諮詢及社群媒體貼文進行外展活動，在事故發生期間和之後主動通知社區成員。應考慮透過電子郵件、會議或 Zoom 簡報會向其他機構、市/縣和公共健康官員提供最新資訊。

V. 加強跨機構夥伴關係和合作

工作人員建議繼續努力改善空氣局與其他有權監管金屬回收作業之政府機構間的合作。這種合作應著重於有效處理法規問題和事故應對，聯合執法和發出違規通知，並與受影響社區分享空氣品質資訊並解決其疑慮。這些機構的範例包括 DTSC、美國環保局第 9 區、CARB、San Francisco 灣區水質管制委員會、San Francisco 灣保護及發展委員會、CalRecycle，以及縣級公共健康部門。請注意，針對 2023 年發生在 West Oakland Radius Recycling（前身為 Schnitzer Steel）的火災，空氣局目前參與由 CalEPA 和美國環境保護局組成的快速應對特別小組 (Rapid Response Task Force, RRTF)。