

車床金屬加工廠粉塵暴露  
測定

Determination of Dust  
Exposure in a Lathe  
Metalworking Plant

主講人:林炳村  
Lin, Bing-Cun

指導教授:許憲呈  
Adviser: Sheu, Shiann-Cherng, Ph.D.

# 第一章

## 前言

# 研究背景

- 金屬加工製造業非常的廣泛，包括從原料加工到製成最終產品的整個過程。以下是金屬加工業中常見的製程

切削加工

成形加工

焊接

表面處理

加工精密度

# 研究背景

## ➤ 加工精密度

- 金屬加工業中還涉及到各種加工精密度的要求，包括精密加工、CNC加工、鏡面加工等，這些都需要使用先進的機械和技術來實現如CNC車床、銑床等，通過旋轉刀具將金屬材料上的表面切削掉，以達到所需的尺寸和光滑度。



# 研究背景

## 1. 金屬加工業中粉塵暴露的風險：

- 粉塵可能來自金屬本身或加工過程中使用的**金屬加工液**。
- 粉塵可能對勞工的健康造成威脅。

## 2. 粉塵的種類和危害表現：

- **鐵、鋁、銅、鉻、鎳、錫**等多種金屬。
- 危害表現主要有**呼吸道刺激、皮膚刺激、毒性**。

## 3. 粉塵的暴露途徑：

- 吸入、食入和皮膚接觸，其中**吸入**為主要的暴露途徑。

## 4. 暴露評估：

- 對工作場所中可能存在的危害物質進行評估。
- 提出**控制**和**預防措施**。

## 5. 控制和預防措施：

- 暴露控制：透過**空氣監測**，了解粉塵濃度及場所，並進行適當**通風設備**的安裝與維護。
- 物理和工程措施：如**隔離、屏障**等，減少粉塵的產生和散播。
- 個人防護：公司可以提供勞工適當的個人**防護裝備**，如**口罩、呼吸器、安全眼鏡、手套**等，以減少粉塵的**接觸和吸入**。



# 研究背景

種類	粉塵	容許濃度	
		可呼吸性粉塵	總粉塵
第一種粉塵	含結晶型游離二氧化矽未滿10%之礦物性粉塵	$\frac{10 \text{ mg/m}^3}{\% \text{SiO}_2}$	$\frac{30 \text{ mg/m}^3}{\% \text{SiO}_2}$
第二種粉塵	未滿10%結晶型游離二氧化矽之礦物性粉塵	1 mg/m <sup>3</sup>	4 mg/m <sup>3</sup>
第三種粉塵	石綿纖維	0.15 f/cc	
第四種粉塵	厭惡性粉塵	可呼吸性粉塵	總粉塵
		5 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>

我國制定**4種粉塵**的容許濃度。

➤ 我們採集的是**第四種粉塵**。

➤ 屬厭惡性粉塵

➤ 可呼吸性粉塵容許濃度為**5 mg/m<sup>3</sup>**

➤ 總粉塵為**10mg/m<sup>3</sup>**。

# 研究目的

了解金屬加工  
廠作業環境的  
粉塵暴露濃度

比較有無加裝油  
霧滴回收裝置機  
台的逸散濃度

探討作業環境的暴  
露濃度是否超過法  
規的容許濃度

了解作業環境中  
總粉塵和可呼吸  
性粉塵的含量

本研究想要探討金屬加工廠在製程過程中金屬粉塵的逸散濃度，因此本研究選擇一間從事CNC電腦車床金屬加工廠作為研究對象。

- 藉由區域採樣及個人採樣來了解工廠的暴露時態。
- 進行多次環境採樣和個人採樣的樣品收集、秤重，再將秤重結果和計算濃度來評估該工廠環境是否需要改善，給予建議。

# 第二章

## 文獻回顧

文獻回顧

頁一第



# 文獻回顧

## 電腦數值控制車床(Computer Numerical Control, CNC)簡介

### CNC車床製程步驟：

- 調整車床的工作臺、夾具、刀架等部件，確保穩定性和精確度。
- CNC車床自動進行加工直到零件完成。
- 檢測和精修，確保零件符合設計要求和加工精度，而進行精修加工以達到更高精度。
- 清洗、打磨和包裝等處理工序完成整個CNC車床製程。

### 操作人員的角色的重要性：

- 專業的操作人員進行操作和設定。
- 需要知識和技能，如刀具選擇、加工深度、加工方式等。
- 熟悉CNC車床的控制系統和CAM軟件，確保加工程序的正確性和高效性。

### CNC車床製程概述：

- 從設計零件圖紙開始，使用CAD軟件進行設計和材料選擇。
- 使用CAM軟件進行編程，輸入加工程序到CNC車床的控制系

### CNC車床製程的影響：

- 提高加工效率和質量。
- 為金屬加工製造業的發展帶來了無限的機遇和挑戰。

# 文獻回顧

## 粉塵危害和勞工暴露健康危害

行業別	塵肺症 (每萬人)	矽肺症 (每萬人)
未分類其他金屬製品製造業	9.9	0.0
未分類其他機械製造修配業	27.2	2.5
汽車零件製造業	18.2	3.6
其他金屬加工用機械製造修配業	30.1	10.9
金屬模具製造業	18.9	0.0
金屬鍛造業	3.5	0.0
鋁鑄造業	7.0	0.0
鋼鐵鑄造業	25.8	5.3
體育用品製造業	11.5	0.0

本國籍各行業別鑄造業勞工之就醫診斷塵肺症及矽肺症盛行率統計

# 文獻回顧

從事金屬切割、研磨等暴露在粉塵中的工人可能會患上**職業性肺病變**。

➤ 這種疾病通常是由於**長期暴露**在粉塵中而引起的。粉塵可以在呼吸道中積聚，導致慢性肺部疾病。

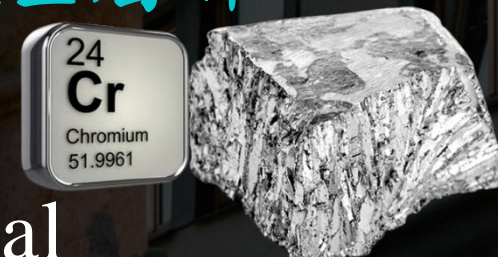
**職業性肺病變**可以有**不同的形式**

➤ 包括肺氣腫、**間質性肺炎**、氣喘、支氣管炎、支氣管擴張症、**肺纖維化**甚至是肺癌等。

➤ 這些疾病都會對呼吸系統造成嚴重影響，導致**呼吸困難**、咳嗽、喉嚨痛、**胸痛**等症狀。

# 文獻回顧

在一篇研究中提到兩例臨床案例，都是不吸菸，卻都暴露在硬質金屬工作下多年且都未使用防塵面罩，而罹患硬金屬肺病 Hard Metal Lung Disease (HMLD)。



➤ 儘管已知巨細胞間質性肺炎 (Giant cell Interstitial Pneumonia, 簡稱GIP) 是該病的典型病理表現，但也有一些是沒有GIP的病例報導，所以這種疾病的臨床過程各不相同，一些病例需要皮質類固醇治療，而另一些病例僅通過避免接觸硬金屬就可以自發改善。

➤ 而此兩例臨床案例都是透過避免接觸硬金屬來得到明顯的改善，一個是30個月，另一例則是12個月。



# 文獻回顧

儘管知道粉塵可以引起一些肺部疾病。

而特發性肺纖維化是一種罕見的肺部疾病，它是一種慢性、進行性的肺部疾病，其特徵是肺組織的纖維化和硬化，最終導致肺功能不全。症狀包括呼吸困難、咳嗽、胸痛、體重下降、疲勞等。

➤ 一項韓國的病例研究顯示，工人接觸粉塵和造成特發性肺部纖維化有著相關性。(Koo, Myong et al. 2017)

# 文獻回顧

## 鎳的應用：

- 鎳是一種存在於自然界中豐富的元素。
- 被廣泛應用於製造各種產品，如首飾、電池、合金、塗料和鍍金。

## 長期暴露於高濃度鎳的危害：

- 高濃度鎳暴露對人體多個部位造成傷害。
- 皮膚炎是一種常見的反應，表現為皮膚紅腫、發癢、起泡和疼痛等症狀。
- 可能引起腎臟、免疫系統和神經系統等其他問題。
- 常見的其他過敏反應包括蕁麻疹、頭痛、噁心和嘔吐等。
- 可引起呼吸系統疾病，如慢性支氣管炎和哮喘。
- 長期吸入大量的鎳粉塵可能導致呼吸系統的潰傷，如鼻中隔穿孔、鼻竇腫瘤、嚴重甚至是肺癌。(Bolek, Erden et al. 2017)

# 文獻回顧

對**164名**暴露於油霧的男性進行呼吸系統症狀的記錄且確定肺部有通氣功能，平均暴露時間為**16.2年**；另**159名**辦公室工作人員擔任**對照組**。

研究結果：

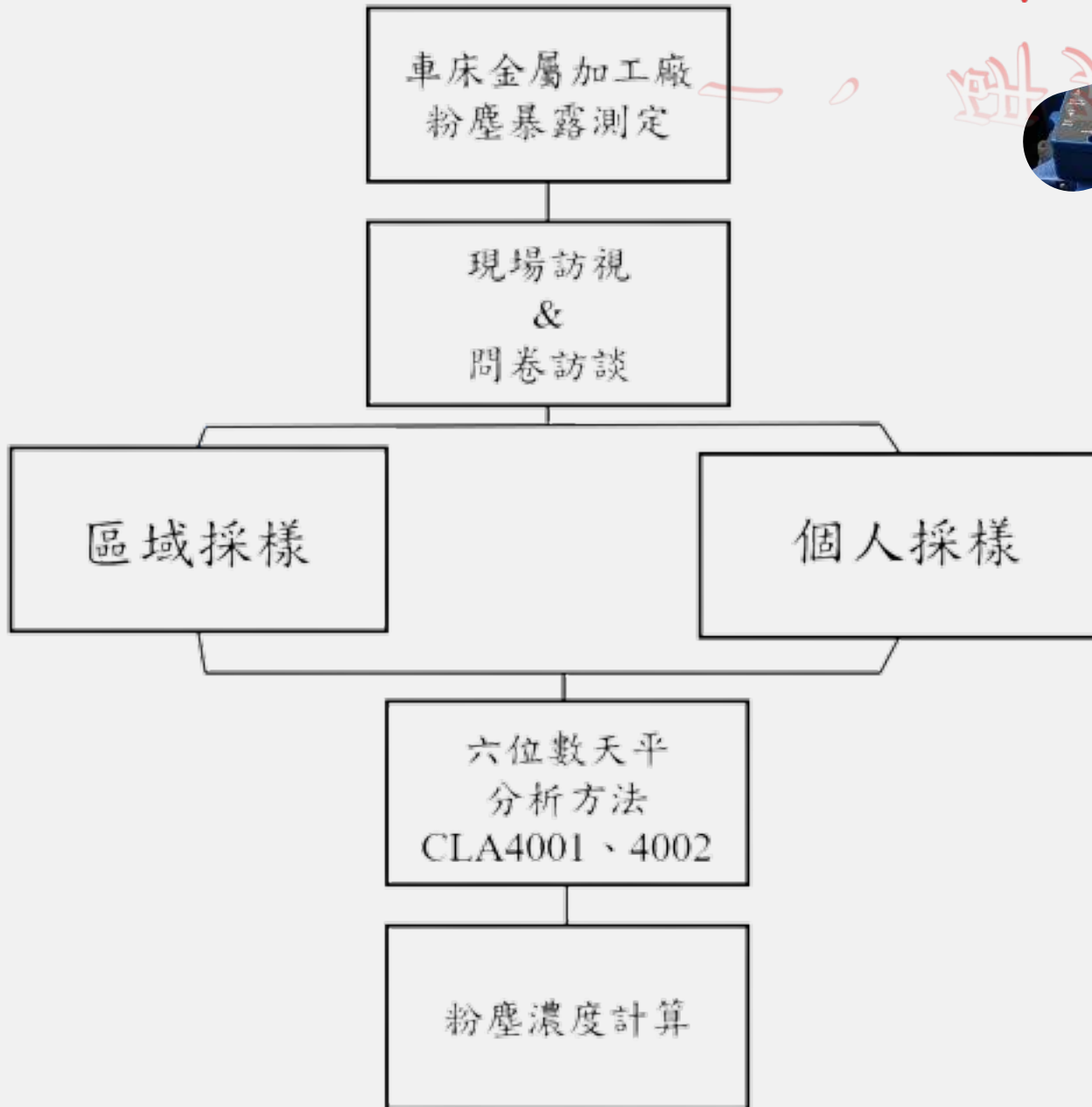
- 暴露在油霧中的男性和辦公室工作人員的肺活量測量值和胸片之間**沒有顯著**差異。
- 其他肺功能測試：檢查了**25名不吸煙**的男性的肺部功能，其閉合容積、肺泡平台斜率、肺總容量、殘氣量、不同肺容量下的彈性回縮力和擴散能力的平均值也**沒有顯著**差異。

(Järvholm, Bake et al. 1982)

# 第三章 材料與方法



# 一、研究方法



研究架構圖

# 工廠製程配置圖



預計做6次採樣，採集70個以上的環境採樣樣本和18個個人採樣樣本

## 二、粉塵暴露測定

### 3.1 設備



- 採樣介質：聚氣乙烯濾紙 (PVC，孔徑： $5.0\mu\text{m}$ ，直徑： $37\text{mm}$ ) - PALL Corporation 及纖維素材質支撐墊片 - SKC Omega specialty division
- 旋風分粒採樣器
- 個人採樣泵 (高流量空氣採樣器 GilAir-5C、CASELLA cel-Apex) 流率  $1.7\text{-}2.0\text{ L/min}$
- 乾式流量校正器 - Bios Defender 510)
- 緩衝玻璃瓶
- 精密微量天平 - METTLER TOLEDO XP6 Automated-S 可精確至  $0.001\text{mg}$ 。
- 校正法碼 standard weight mass  $10\text{mg}$
- 靜電去除器 Antistatic kit integrable small
- 打印機 Lab equip acc data writer USB-P25/01
- 除濕機 HITACHI -RD-200FS

## 二、粉塵暴露測定

### 3.1 設備

- **MiliQ純水機** -MILLI-Advantage A10 Elix Essentid
- 鑷子，**不鏽鋼**材質，扁平鑷嘴
- 開匣器，**不鏽鋼**材質
- 個人採樣**腰帶**，**尼龍**材質
- **電子恆溫防潮箱** -OEF-13-收藏家AD-67，溫度差異在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以內相對溼度差異10%以內。
- 樣本秤重**參考方法**：參考**CLA4001**及**4002**之採樣分析方法。

## 二、粉塵暴露測定

### 3.2 問卷訪談

利用採樣期間和工廠勞工和老闆進行一些問卷的訪談，包括員工職稱、人數、工時、作業情形、防護具使用、機台使用的油品和成品加工後清洗流程，使更加清楚工廠的作業模式。

## 二、粉塵暴露測定

### 3.3 採樣策略

- 實施以區域採樣為主，個人採樣為輔，進行三個月的相關樣本之收集。
- **區域採樣**：採樣裝置有連結兩節式閉口濾紙匣和旋風分離器分別放置於高度約為1.5 m且接近勞工作業範圍；將其採樣裝置的進氣口朝向有害物的發生源。
- **個人採樣**：採樣裝置一樣有兩節式濾紙匣和旋風分離器，佩戴方式分別夾在勞工衣領。
- **採樣時間**：白天勞工上班時間，進行至少連續6小時以上的採樣。

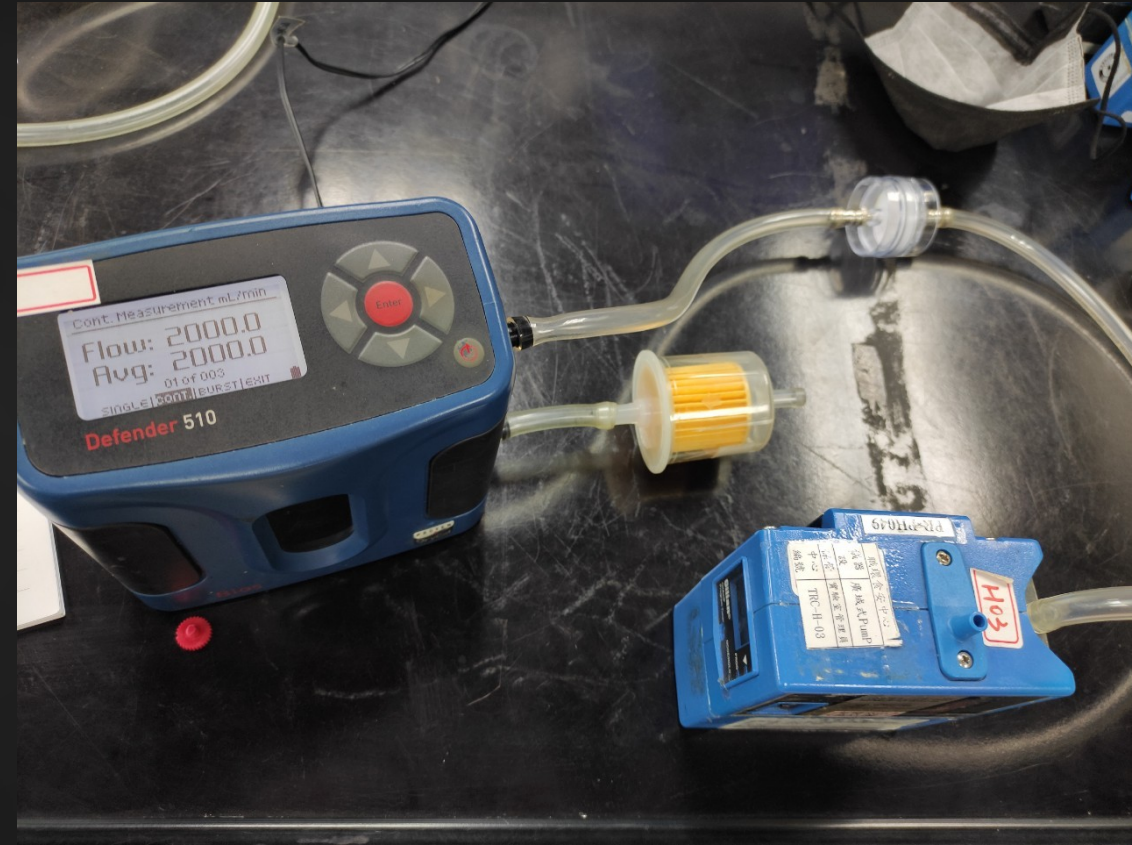
## 二、粉塵暴露測定

### 3.4 採樣前準備工作

- 將乾淨空白濾紙放置恆溫恆濕箱過夜一天後，再進行秤重
- 使用鑷子夾濾紙時，為了避免因靜電而造成天平在稱重時的誤差，所以每一次的秤重前，都會先使用靜電去除裝置後，再夾進秤盤裡秤重，並記錄數據(包括現場空白樣品)。
- 天平每次稱重前，都會將其歸零，再進行連續秤重後，以其中較接近的三次且差值小於0.03mg者取平均值。(依參考方法每批樣品採樣前需準備樣本數的10%，且至少要準備2個以上的空白介質作為現場空白樣品。)
- 將濾紙以精密微量天平稱重，並記錄欲採樣前濾紙所稱的重量S1，空白樣品濾紙所稱重量平均值為W1，將濾紙放入濾紙匣中並加以蓋緊，用塞子將濾紙匣兩端小孔塞住，並貼上標註的號碼。
- 將某些需要完全放電的採樣泵放電後，充電8小時；其餘充電8小時以上至充滿為止。

# 二、粉塵暴露測定

## 3.5 校正





## 二、粉塵暴露測定

### 3.6 採樣後處理



#### ➤ 採樣結束

- 將結束時間記錄之。
- 如濾紙匣外表有髒污灰塵，可以用濕紙巾擦拭表面灰塵，以降低樣品的污染。
- 再將樣品兩個濾紙匣連接處以電火布(電氣級的PVC絕緣膠帶)密封以避免人為污染。收放置儲存箱中，接著帶回至實驗室。
- 將濾紙匣的上下兩端的塞子移去後保持濾紙的採集面朝上，再放置恆溫恆濕箱過夜一天後，再秤其重量。

## 二、粉塵暴露測定

### 4. 樣品稱重測量

同採樣前的稱重方式，將已放置恆溫恆濕箱過夜一天的濾紙，進行稱重，將電火布撕開，使用開匣器打開後，一樣使用鑷子夾濾紙，和使用靜電去除裝置，再夾進秤盤裡稱重，並記錄數據(一樣包括現場空白樣品)，比照CLA4002稱重方法，我們以連續三次稱重讀值，其差值若小於0.03 mg，取其平均值，否則稱取第四次重量，依此類推，再以其中較接近的三次且差值小於0.03 mg者取平均值。

## 二、粉塵暴露測定

### 5. 濃度計算

體積校正公式

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

- V1: 當時採樣體積L
- P1: 當天大氣壓力(mmHg)
- T1 = °C+273=絕對溫度°K
- T2 = 298°K (273+25)
- P2 = 1atm 760 mmHg
- V2: 要計算的校正體積

## 二、粉塵暴露測定

### 5.1 濃度計算

再帶入依參考方法之濃度計算公式

$$C = \frac{(S2 - S1) - (W2 - W1)}{V} \times 1000$$

- C：空氣中有害物濃度 (mg/m<sup>3</sup>)
- V：採集氣體體積 (L)
- S1：濾紙採樣前秤重量(mg)
- S2：濾紙採樣後(含樣品)秤重量(mg)
- W1：採樣前現場空白濾紙平均重量(mg)
- W2：採樣後現場空白濾紙平均重量(mg)

# 第4章

## 結果與討論

# 第一節 問卷訪談結果討論

油品名稱	用途	使用量	使用頻率	危害物成分
煤油	金屬表面清洗	4桶10L，最多洗4遍	一個禮拜	飽和烷烴類等和不飽和芳香烴類等
乾洗油	金屬表面清洗	4桶10L，最多洗4遍	一個禮拜	脂肪族碳氫化合物石油醚等
去漬油	金屬表面清洗	4桶10L，最多洗4遍	一個禮拜	戊烷、正己烷、正庚烷
防鏽油	金屬表面清洗	4桶10L，最多洗4遍	一個禮拜	緩蝕劑有脂肪酸或環烷酸的鹼土金屬鹽等
油性切硝油	車床加工用	200 cc	一個禮拜	礦物油為基底，混合其它添加劑製成
切硝油添加劑	車床加工用	50 cc	一個禮拜	抗磨、防鏽劑等

除了CNC車床會使用的油品外，還有清洗金屬的油品，如在原料加工後會將不同的金屬成品，使用不同的有機溶劑油品，在清洗區進行清洗，如白鐵會使用乾洗油，一般鐵則是使用煤油，而該工廠的清洗的流程是將4桶20L不銹鋼鐵桶裝約半桶，每桶約10L的清洗油品，來進行一道一桶的清洗，最多清洗約4道(4桶)，至於清洗用油約1個禮拜更換一次。而從油品我們也進行了一些危害物暴露狀況調查。

# 第一節 問卷訪談結果討論

防護具種類	員工使用頻率	使用時間	更新頻率
<input checked="" type="checkbox"/> 醫療用口罩	一半一半	一天	依個人衛生習慣
<input checked="" type="checkbox"/> 活性碳口罩	一半一半	一天	依個人衛生習慣
<input type="checkbox"/> 棉布口罩			
<input type="checkbox"/> 防毒面具			
<input type="checkbox"/> N95			

## 防護具的狀況：

從問卷調查結果顯示該工廠的員工皆使用拋棄式口罩為主，使用頻率在疫情期間是全程配戴；解封後，沒有硬性規定勞工配戴，皆依勞工個人衛生習慣去使用，所以目前員工使用頻率為一半一半，希望員工在作業期間可以再加強防護具的使用。

# 第一節 問卷訪談結果討論



6人



2人

本國籍：\_\_5\_\_人

男生：\_\_3\_\_人

女生：\_\_2\_\_人

外國籍：\_\_3\_\_人

男生：\_\_3\_\_人

女生：\_\_0\_\_人

籍別：越南

現場作業人員：\_\_6\_\_人，行政人員\_\_2\_\_人

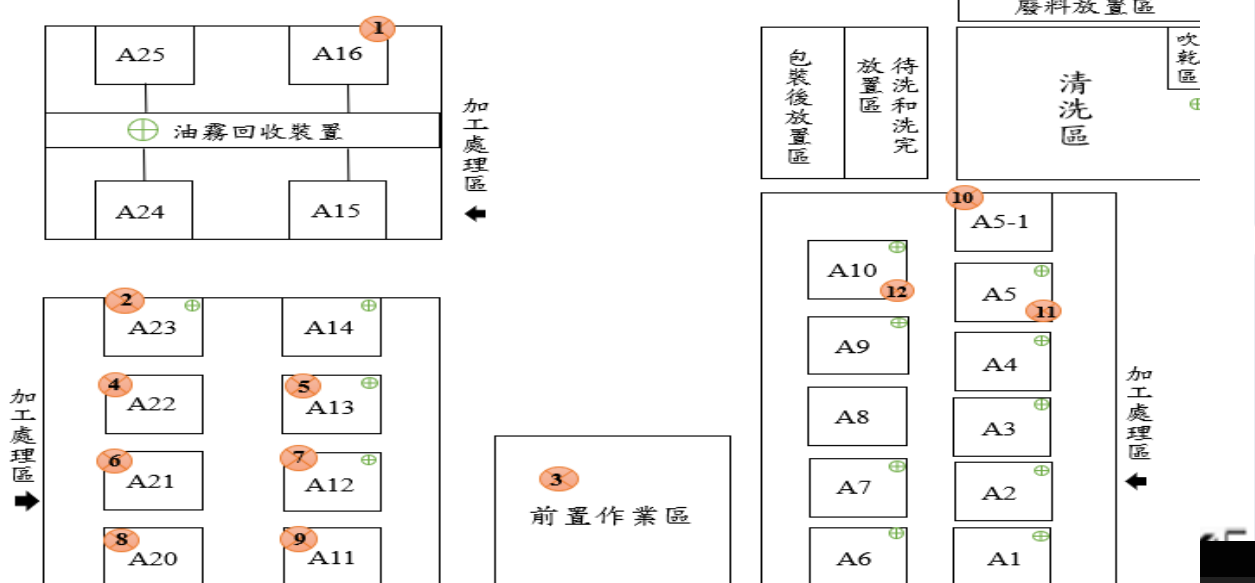
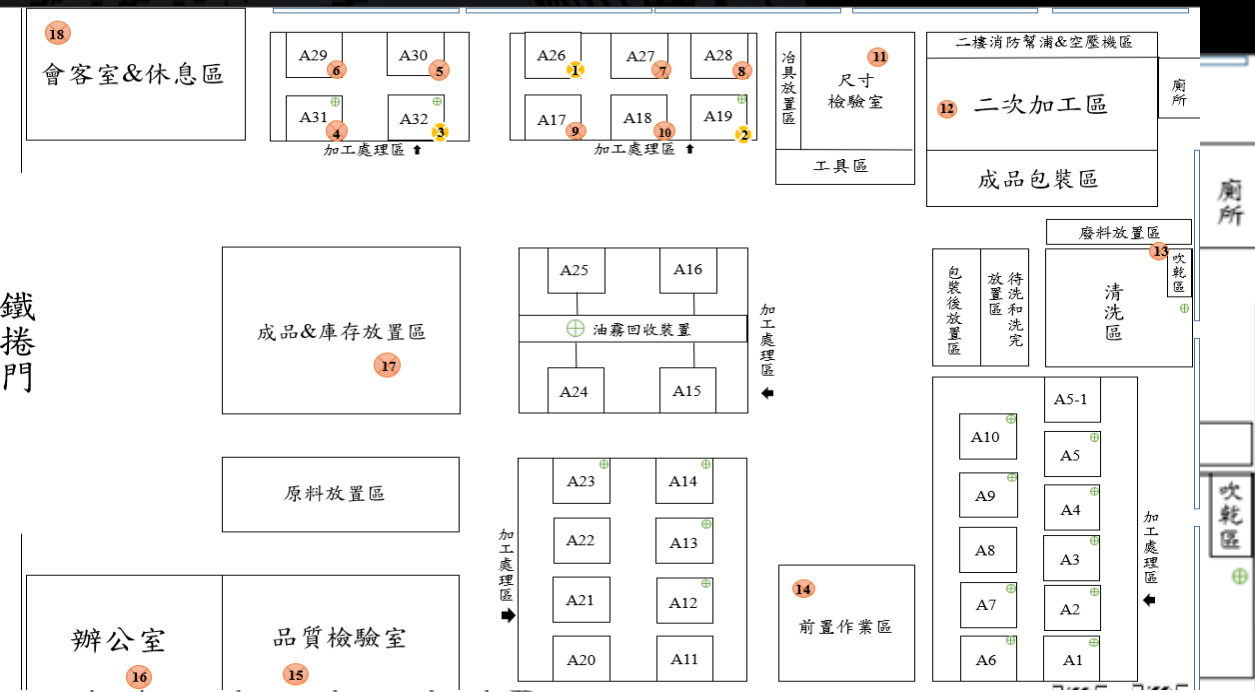
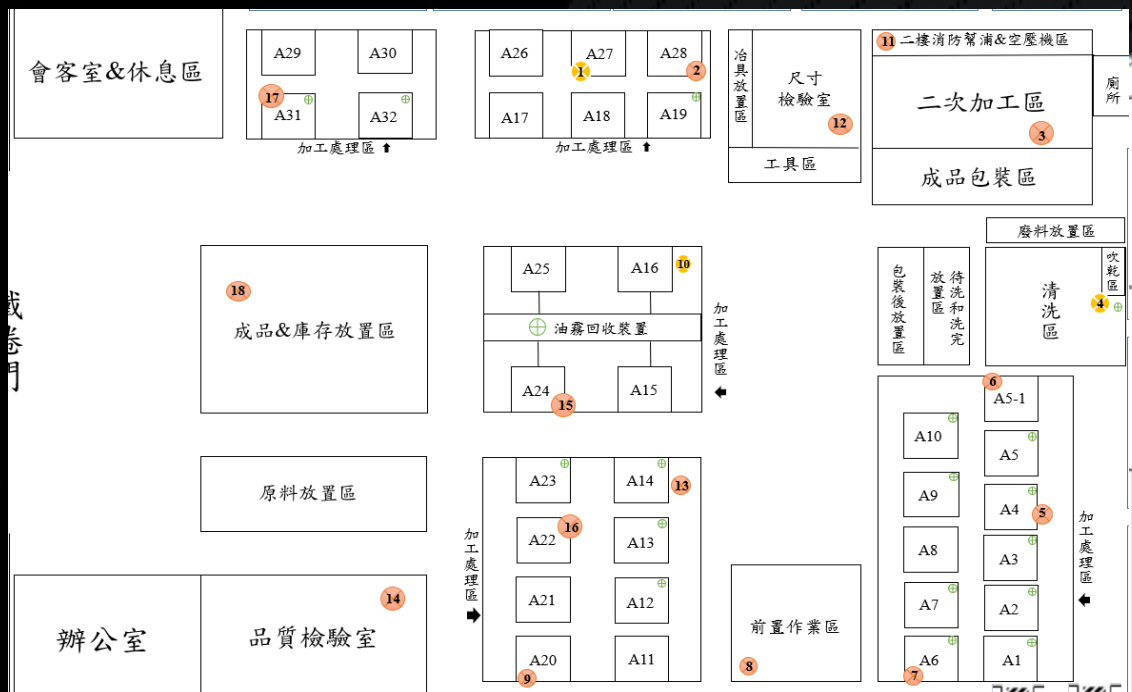
職稱	年資	工作部門	作業時間	作業內容
組長	13年	車床處理	8小時	操作機台等
師傅	9年	車床處理	8小時	操作機台等
學徒	3年	車床處理	8小時	操作機台等

由於CNC車床製程具有高度**自動化**和**精度**，縱使員工總人數只有**8人**，現場作業人員更只有**6人**，也可以應付目前工廠裡密集的機台和訂單，可見該工廠員工的培訓狀況不錯。

**勞工作業情形**問卷訪談結果，工時和作業內容皆符合**勞動基準法**。



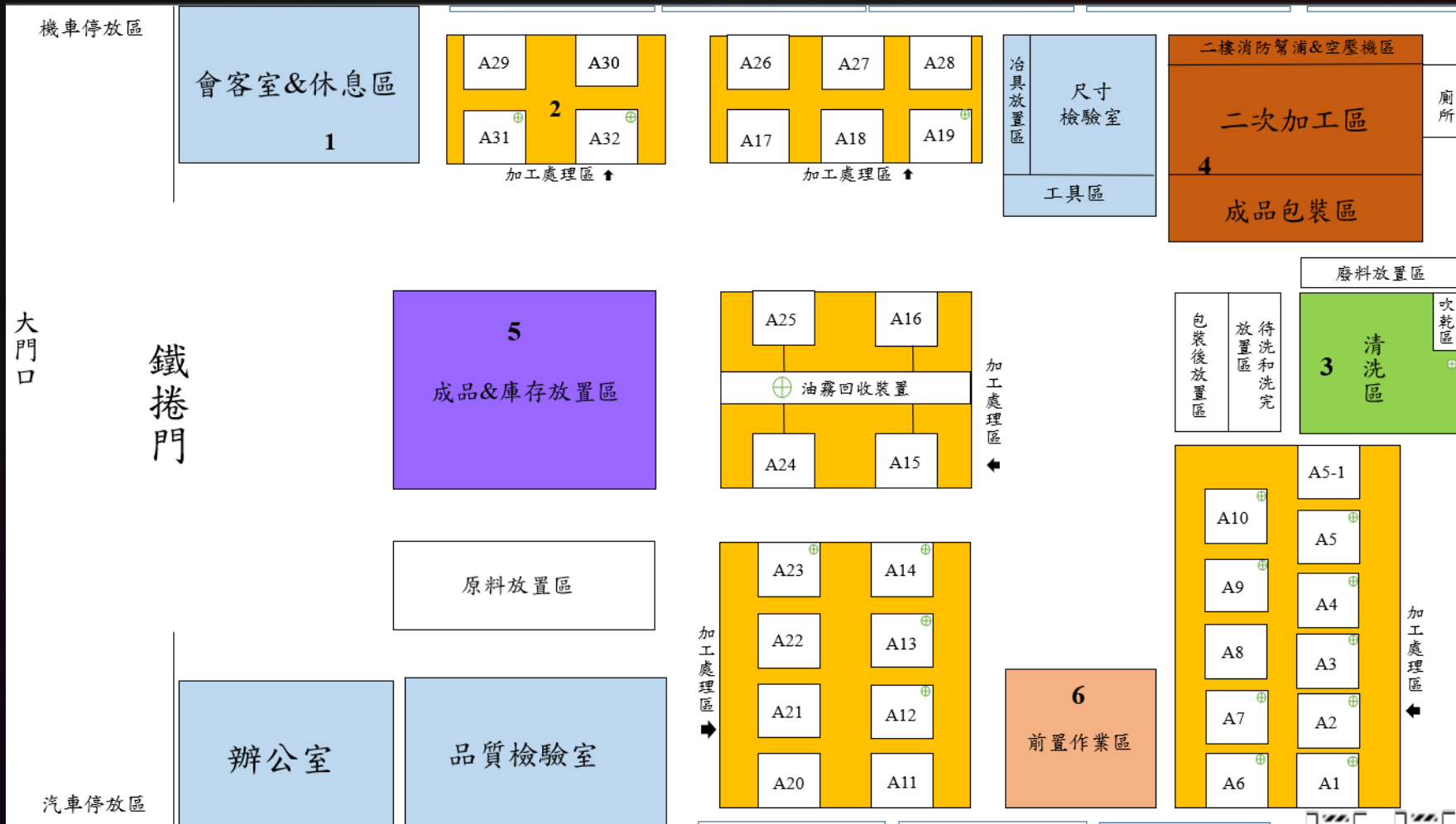
# 採樣佈點圖



# 第二節 採樣數據結果討論

我們將目前已採樣4次的數據來做結果討論

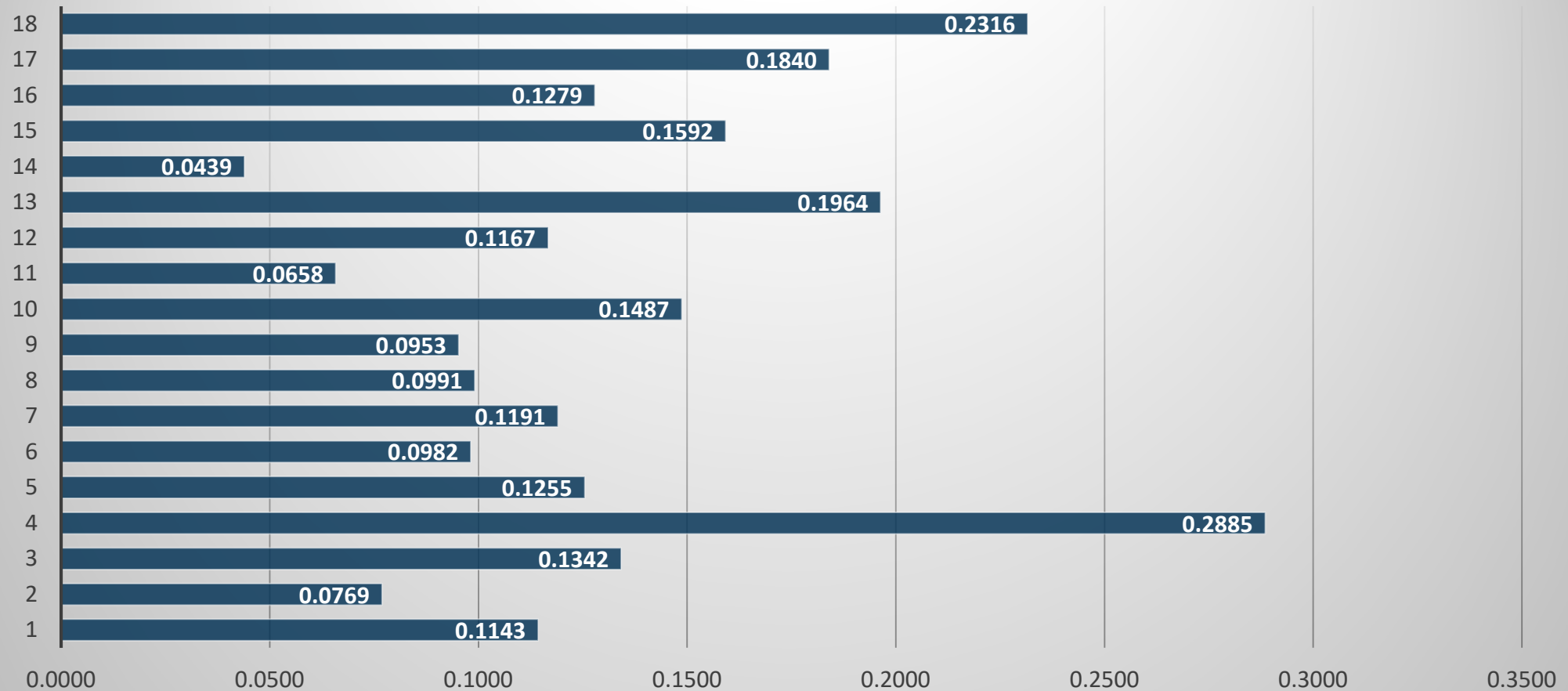
➤ 包含兩次的個人採樣樣本有12個，環境採樣樣本有60個。





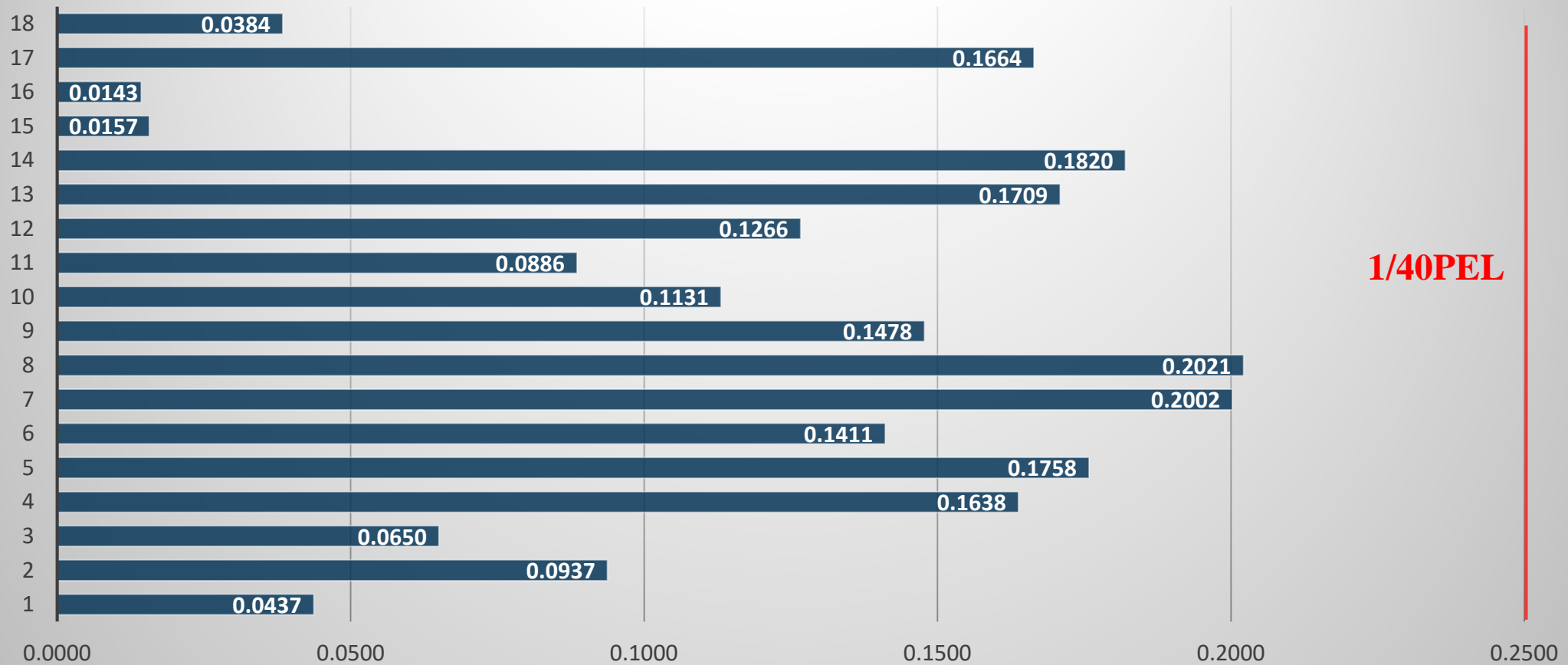
# 第二節 採樣數據結果討論

## 第一次採樣(環境採樣)



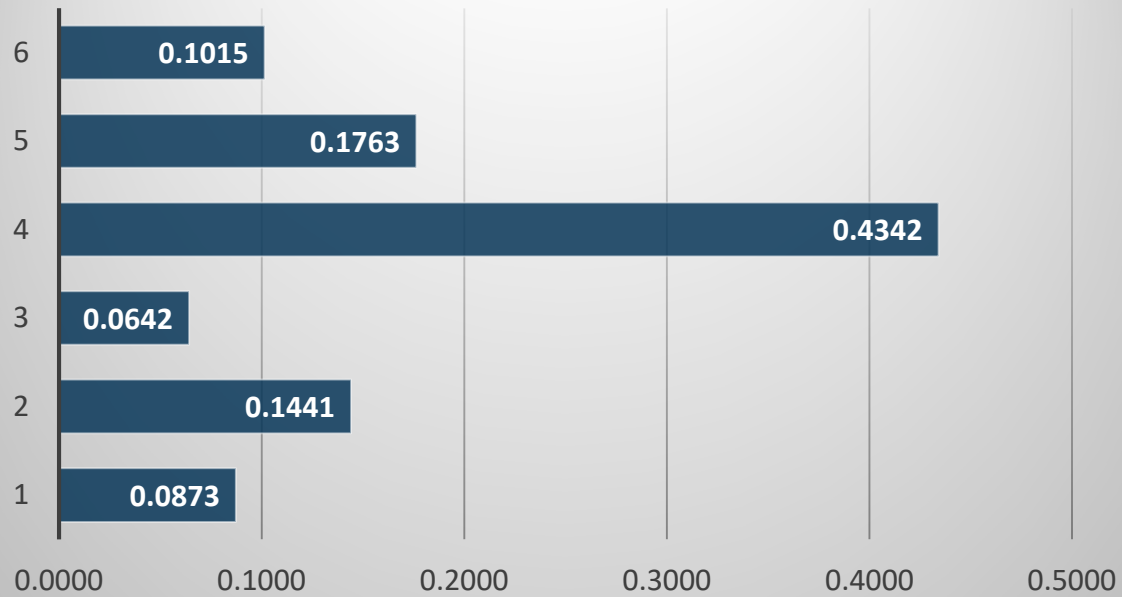
# 第二節 採樣數據結果討論

## 第二次採樣(區域採樣)

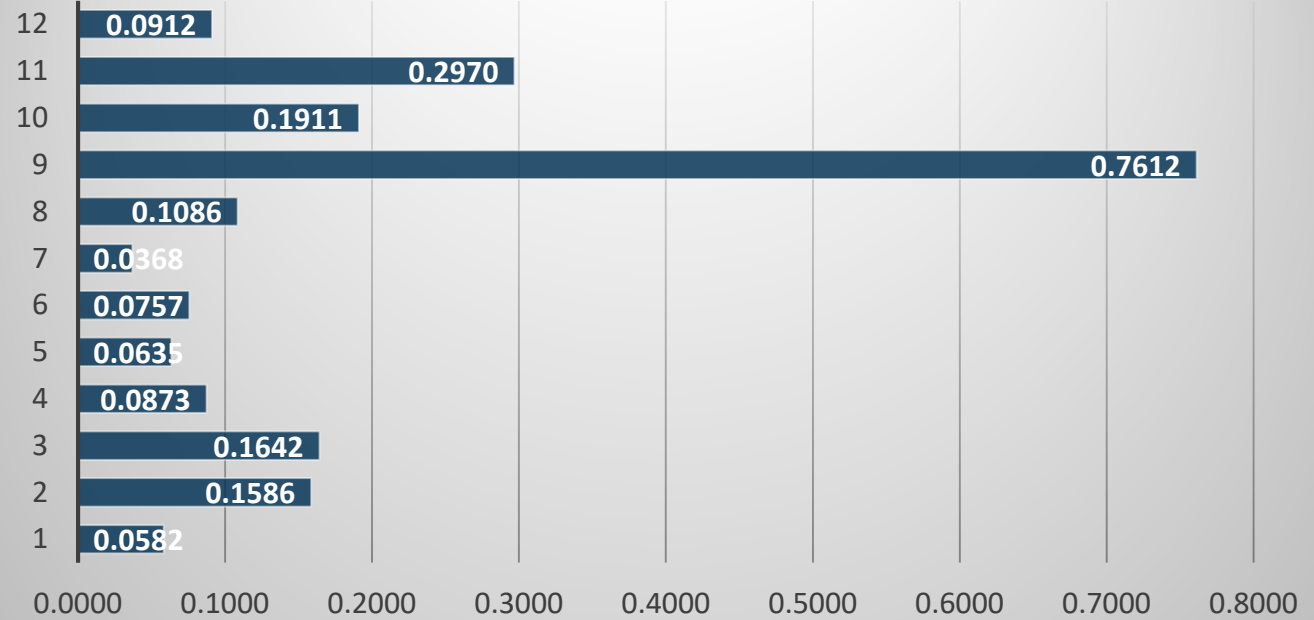


# 第二節 採樣數據結果討論

## 第一次個人採樣

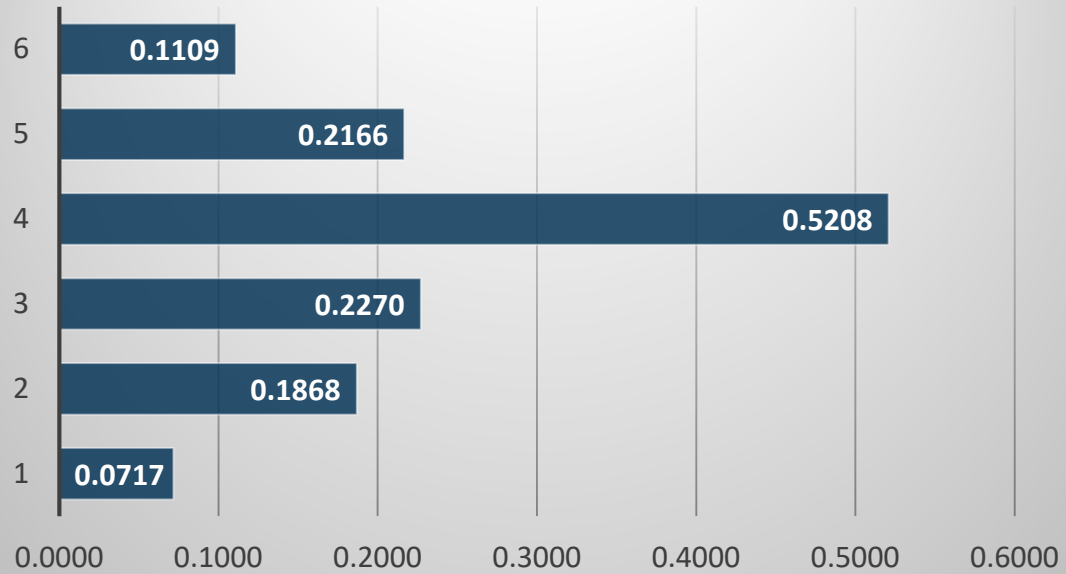


## 第三次採樣(環境)

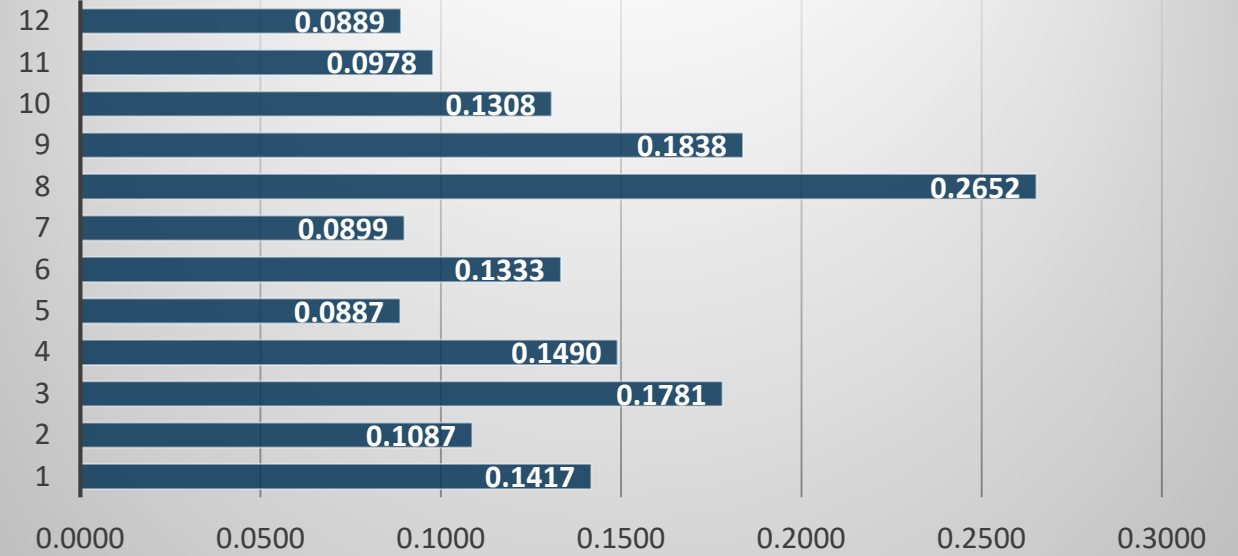


# 第二節 採樣數據結果討論

## 第二次個人採樣



## 第四次採樣(環境)



# 結論 (1)

## 1. 區域採樣測定

- 該工廠裡只有13台未裝油霧回收裝置，將有裝和沒裝的機台做比較，發現有裝回收裝置的確實較低，還有大型共用的油霧回收裝置和單一機台油霧回收裝置的比較，發現共用的大型回收裝置並沒有顯著差異。
- 針對有裝回收裝置的機台且有啟動排屑機的旁邊做總粉塵採樣，發現仍採到很高的量，所以判定排屑機所產生的油霧沒辦法從回收至回收裝置。
- 排屑機可呼吸性粉塵和總粉塵採樣測定濃度，結果都偏高，總粉塵更是高許多，所以排屑機的油霧暴露是一個不可忽視的問題。

## 2. 個人採樣測定

- 從目前2次的個人採樣測定結果和區域採樣比較，可呼吸性粉塵的個人採樣與排屑機的區域採樣，測定濃度相差不大；總粉塵的個人採樣相較於區域採樣測定濃度有較高的現象。
- 推測此現象可能原因為勞工會在整個廠區走動，多台機台都會操作到，較容易接近且接觸到金屬粉塵發生源。



## 結論 (2)

4. 整個採樣時間為期3個月，收集到的數據呈現作業勞工粉塵暴露濃度都是**非常低**，符合我國粉塵容許暴露濃度標準。
5. 本研究沒有做粉塵**金屬成分**分析且對現場使用的**有機溶劑油品**未加以採樣測定，雖然勞工粉塵暴露都是**低於法規的容許濃度**，但仍無法確定作業勞工粉塵以外的有害物質暴露是否會引發不良健康危害效應，需要於未來有更進一步的採樣測定與成分分析方能加以確定。

感謝聆聽