

2018中華民國營建工程學會第十六屆營建產業

永續發展研討會

台南川介鈹金工廠空氣品質生物性汙染物之研究

吳佳穎(Chia Yin Wu)

逢甲大學建築專業學院建築研究生

曾亮(Liang Tseng)

逢甲大學建築專業學院副教授

摘要

「勞工作業環境」是提升國家進步之指標。對於長期暴露在金屬原物料環境及作業過程中，將對技術人員及工作者造成安全、健康之重大威脅。又根據職業安全衛生法規定，應符合環保署規定標準，建立低污染工廠之環境，確保工作者安全優質工作環境。本研究針對「川介公司」分區八個工作區，進行空氣品質濃度之評估，使用手提式收集計儀器實際檢測室內空氣污染源，針對分區之八個加工區域環境，探討不符合規範污染主要因子，進而提出改善工廠環境及通風換氣措施之空間配置。環保署室內空氣品質內容之化學性（CO₂、CO、O₃、HCHO、TVOC）、物理性（PM₁₀、PM_{2.5}）、生物性（真菌、細菌）。此篇論文針對「川介公司」生物性汙染物進行研究，現場檢測作業，初步檢測室內空氣品質（真菌及細菌）作業分區之八個作業區，最大濃度分別(1)雷射區為真菌 187.5 (CFU/m³)、(2)沖孔區為真菌 200(CFU/m³)、(3)焊接區真菌 150(CFU/m³)、(4)研磨區為細菌 237.5(CFU/m³)、(5)粉體塗裝區為真菌 237.5(CFU/m³)、(6)組裝區為細菌 150(CFU/m³)、(7)出貨區為真菌 187.5(CFU/m³)及(8)辦公室為真菌 125(CFU/m³)。

關鍵詞：室內空氣品質、生物性汙染物、鈹金工廠

A Study of Air Quality Biological Pollutants of Chuan-Jie Enterprise Co.

Abstract

The "labor working environment" is an indicator for improving national progress. For long-term exposure to metal raw materials and operations, it will pose a major threat to the safety and health of technicians and workers. According to the Occupational Safety and Health Law, the environment of low-pollution factories should be established in accordance with the standards set by the Environmental Protection Agency to ensure a safe and high-quality working environment for workers. In this study, we evaluated the gas concentration in eight working areas of the "Kawasaki Corporation", used the instrument to actually detect the indoor air pollution source, and explored the main factors that did not meet the standard pollution for the processing area environment, and then proposed to improve the factory environment and ventilation. The spatial configuration of the measures. Detection of indoor air quality operations about Chemical (CO₂, CO, HCHO, TVOC), physical (PM₁₀, PM_{2.5}), nine kinds of factors. For the study, (a) Are of laser Fung: 187.5(CFU/m³)、(b) Are of punching fung :200(CFU/m³)、(c) Are of welding fung :150(CFU/m³)、(d) Are of grinding bacteria :237.5(CFU/m³)、(e) Are of paintingfung :237. (CFU/m³)、(f) Are of assembly bacteria :150(CFU/m³)、(g) Are of lane fung:187.5(CFU/m³)and (h) offline fung:125(CFU/m³)。

一、緒論

對於「室內空氣品質」是近年國人相當重視議題之一。由於，民眾除了處居家室內環境，依據勞基法工時為八小時之上班時間，亦為一大重要關注議題，故為本文之研究動機。本研究針對「川介公司」室內環境鉸金作業區進行空氣品質檢測之研究，行政院環保署 101 年公告室內空氣污染物項目及建議值。藉由手提式收集器儀器檢測數據及結果分析，探討工廠環境與空氣因子的關係。瞭解鉸金工廠八個工作區每項作業進行中釋放的真菌以及細菌之菌落數於廠房內狀態。探討鉸金工廠內開窗率與各作業區域之空氣品質關聯，進行改善空間配置提出改善方，達到勞工於健康安全之工廠環境，如圖 1-1 研究流程圖，從「研究動機與目的」經由「作業類別與使用物料」最後到「結論」。檢測內容根據行政院環保署指定室內空氣品質污染物，化學性(CO、CO₂、O₃、HCHO、TVOC)、物理性(PM₁₀、PM_{2.5})及生物性(細菌、真菌)九種因子，此篇論文實際檢測以細菌、真菌兩種生物性污染物。

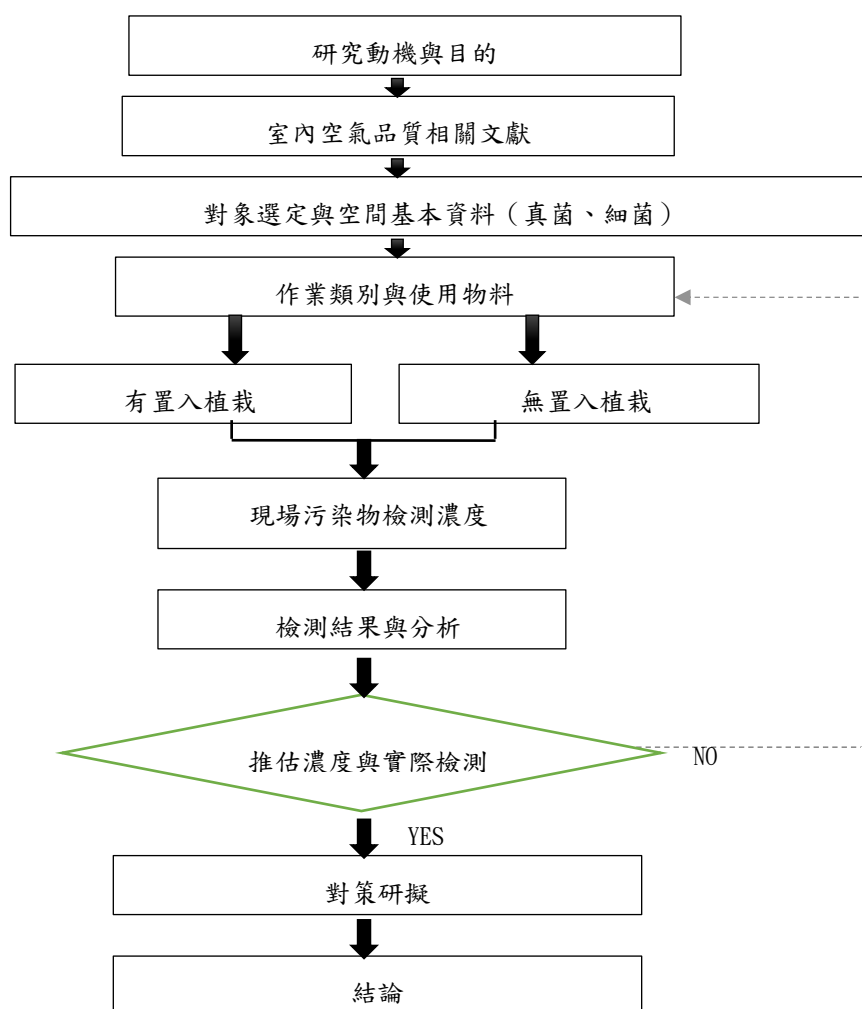


圖 1-1 研究流程圖

二、 文獻回顧

2-1 空氣品質標準

行政院環境保護署於中華民國 101 年 11 月 23 日公告各室內空氣品質標準規定如表 2-1：

表 2-1 室內空氣污染物之室內空氣品質標準

	項目	標準值		單位
化學性	一氧化碳(CO)	9	8 小時值	ppm
	二氧化碳(CO ₂)	1000	8 小時值	ppm
	臭氧(O ₃)	0.06	8 小時值	ppm
	甲醛(HCHO)	0.08	1 小時值	ppm
	總揮發性有機化合物(TVOC)	0.56	1 小時值	ppm
物理	徑小於等於二.五微米(μm)之懸浮微粒(PM _{2.5})	35	24 小時值	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	粒徑小於等於十微米(μm)之懸浮微粒(PM ₁₀)	75	24 小時值	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
生物	真菌(Fung)	1000	最高值	CFU/m ³ (菌落數/m ³)
	細菌(Bacteria)	1500	最高值	CFU/m ³ (菌落數/m ³)

2-2 鈹金工廠相關法規與作業流程：

(1) 《職業安全衛生法》(民國 102 年 07 月 03 日修正)規定

本研究適用範圍之業別為「製造業」。室內作業場所設置中央管理方式之空氣調節設備之建築物、高溫作業場所、粉塵作業場所、有機溶劑作業場所等，根據勞工安全衛生法雇主經由儀器設備檢測數據，分析環境因子對於工作者、室內環境健康安全指標。

(2) 造成職場室內空氣污染物說明：

呼吸暴露途徑進入人體引起健康危險、降低工作效率等之空氣污染物。二氧化碳(CO₂)為室內空氣品質的一大指標，本研究對象為鈹金工廠-「台南川介公司」，亦針對細菌以及真菌進行檢測及討論，良好的空氣品質能避免工作者、勞工身體疲憊以及降低發生意外的機率。

(3) 焊接作業原理與傷害：

使欲接合之加工物件使之局部熔化形成熔池，熔池冷卻凝固後便接合。主要焊接類別為：氣焊、電阻焊、電弧焊、感應焊接及雷射焊接等方法。焊切的熱能是由電極與加工物件間的電弧所產生，保護氣體從焊炬的護罩口流出，在電弧周圍保護焊填金屬，隔絕大氣中氧與氮的化合，完成加工金屬接合。無論在何處，焊接都可能給操作者帶來危險，進行焊接時必須採取適當的防護措施。焊接給人體可能造成的傷害包括燒傷、觸電、視力損害、吸入有毒氣體、紫外線照射過度等。

- (4) 雷射切割機原理：產生雷射，必須具備下列三要素：雷射介質、激發裝置和光學腔。分類包含氣態、固態、液態等。「光學腔」為在介質兩端安裝全反射鏡、部分穿透鏡和同光軸的反射鏡，當光子在光軸方向穿梭往返連續撞擊激發原子，以致於激發輻射光遠大於自發輻射光，如圖 2-1 所示。當雷射束照射到物件表面時，光能被吸收，轉化成熱能，溫度迅速升高、熔化、氣化而形成小坑，在被加工物件表面上打出上大下小的孔，如圖 2-2 所示。金屬原料類別分別使用的氣體有：(a)高壓氧氣(b)高壓氮氣(c)高壓氬。

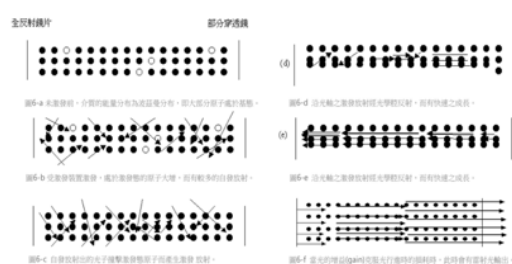


圖 2-1 光學腔原理圖

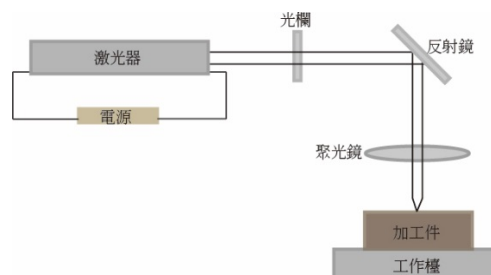


圖 2-2 雷射切割原理圖

2-3 相關研究論文簡述

- (1) 劉興州 (2014) 金屬加工廠作業環境空氣中總細菌濃度改善研究。

弘光科技大學職業安全與防災研究所碩士論文，台中市。提出：機械業已成為比重最高之主領產業，但長期暴露在金屬加工廠經常使用之金屬加工液所產生的生物氣膠，可能會對員工健康構成重大威脅。本研究透過加裝局部排氣及改善操作模式，分析作業環境空氣中細菌濃度及粒徑分布之改善情形。

- (2) 張文俊 (2017) 建築施工中空氣品質之研究-以台中市鼎泰然建案為例。

逢甲大學建築研究所碩士論文，台中市。提出：營造業是人類文明形成及社會進化過程中所必須發展之過程，提昇工程建設品質，亦為國家重要指標。營造業對環境所造成之影響，改善施工中環境品質，保護現有的勞工健康議題，是當前重要的課題，藉由偵測各營造工地空間進行數據分析。

- (3) 吳佳穎 (2018) 川介鈹金工廠 CO₂ 之雷射與焊接作業區空氣品質之研究。

逢甲大學建築研究所碩士論文，台中市。提出：此篇論文研究針對「川介公司」CO₂ 雷射工作區及 CO₂ 焊接工作區，進行氣體濃度(二氧化碳、一氧化碳、臭氧、甲醛、揮發性有機化合物、粉塵)之評估，使用儀器實際檢測室內空氣污染源，最大濃度雷射切割區以總揮發性有機化合物為 1.89ppm；臭氧為 0.067ppm；PM₁₀ 為 97 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)。焊接區以二氧化碳為 1380ppm；臭氧為 0.076ppm；甲醛為 0.018ppm；總揮發性有機化合物為 0.63ppm；PM₁₀ 為 232 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)；PM_{2.5} 為 62 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)。

三、 檢測計劃

3-1 檢測範圍認知

本研究範圍以「川介鈑金公司」為檢測地方，八個工作區，進行空氣品質實際數據檢測計劃，工廠全區配置示意圖(如圖 3-1 所示)。全區面積之長寬： $53.02 \times 22.94 = 1216.2788 \text{ m}^2$ 、室內淨高：11.80m、。

本棟建築物開窗率北向立面為 0.06638、西向立面為 0.02678，各區面積(1)雷射作業工作區： $11.30 \times 7.70 = 87.0 \text{ m}^2$ (2)沖孔工作區： $9.3 \times 8.3 = 77.2 \text{ m}^2$ (3)焊接工作區： $13.28 \times 8.3 = 110.2 \text{ m}^2$ (4)研磨作業區： $6.00 \times 5.00 = 30.0 \text{ m}^2$ (5)粉體塗裝區： $6.80 \times 5.00 = 34.0 \text{ m}^2$ (6)組裝備貨區： $8.40 \times 5.00 = 42.0 \text{ m}^2$ (7)出貨車道： $7.5 \times 4.5 = 33.75 \text{ m}^2$ (8)辦公室： $5.5 \times 4.5 = 24.75 \text{ m}^2$ ，以表 3-1：開窗率試算表說明，圖 3-2：川介公司立面圖。

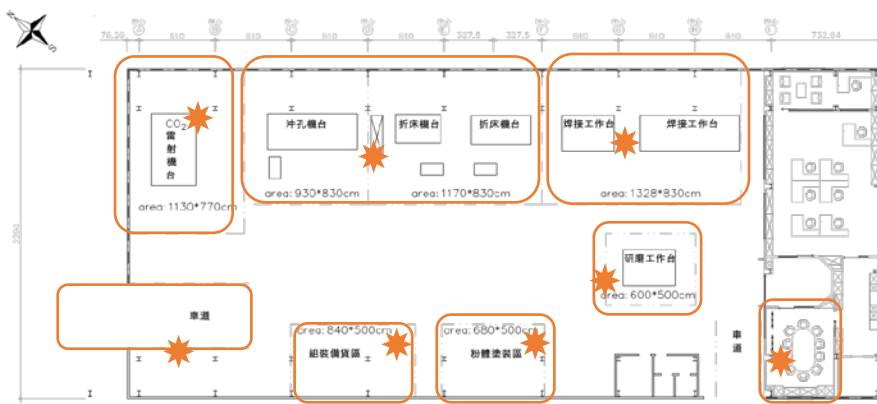


圖 3-1: 川介公司全區配置示意圖 (* 檢測位置)

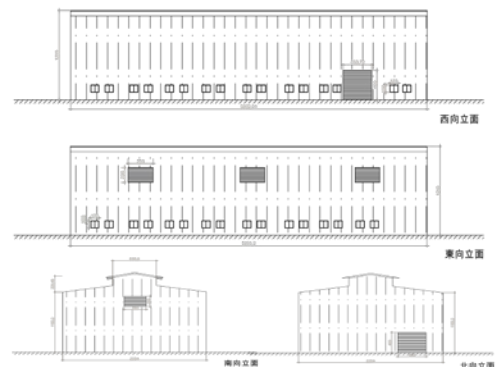


圖 3-2：川介公司立面圖

表 3-1: 開窗率試算表

	總面積	窗戶/扇	鐵捲門/樑	開窗率
北向立面	$22.94 \times 11.82 = 271.150 \text{ m}^2$	無	$4.50 \times 4.00 = 18.00 \text{ m}^2 / \text{樑}$	0.06638
南向立面	$22.94 \times 11.82 = 271.150 \text{ m}^2$	無	$4.03 \times 4.00 = 16.12 \text{ m}^2 / \text{樑}$	0.05945
西向立面	$50.34 \times 12.10 = 609.114 \text{ m}^2$	$0.10 \times 0.12 = 0.012 \text{ m}^2 / \text{扇}$ $0.012 \times 16 = 0.192 \text{ m}^2 / \text{扇}$	$4.03 \times 4.00 = 16.12 \text{ m}^2 / \text{樑}$	0.02678
東向立面	$50.34 \times 12.10 = 609.114 \text{ m}^2$	$0.10 \times 0.12 = 0.012 \text{ m}^2 / \text{扇}$ $0.012 \times 16 = 0.192 \text{ m}^2 / \text{扇}$	$4.03 \times 4.00 = 16.12 \text{ m}^2 / \text{樑}$ $16.12 \times 3 = 48.36 \text{ m}^2 / \text{樑}$	0.07970

3-2 檢測方法與檢測時間表

針對台南川介公司(1)雷射工作區、(2)沖孔工作區、(3)焊接工作區、(4)研磨工作區、(5)粉體塗裝區、(6)組裝備貨區、(7)出貨車道、(8)辦公室，探討加工物件機器運作時環境裡氣體濃度之變化，檢測工廠空氣污染物之濃度數據，如表 3-2 檢測時間規劃表：

表 3-2 檢測時間規劃表

台 南 川 介 公 司 分 區 組 別						
組 別	空間狀態	開窗	風扇	檢測時間	檢測人數	備註
雷射工作區	半開放	有	有	4hr	1-2人	
沖孔工作區	半開放	有	有	4hr	1-2人	
焊接工作區	半開放	有	有	4hr	4-5人	
研磨工作區	半開放	有	有	4hr	1-2人	
粉體塗裝區	半開放	有	有	4hr	1-2人	
組裝備貨區	半開放	有	有	4hr	3-4人	
出貨車道	半開放	有	有	4hr	0-4人	
辦公室	密閉	無	有	4hr	5-6人	

3-4 檢測儀器介紹

空氣品質檢測儀器為：KANOMAX 氣體檢測為檢測CO及CO₂、手提式粉塵計為PM_{2.5}及PM₁₀之檢測儀器、KANOMAX 氣體檢測為O₃及HCHO之檢測儀器，此篇論文研究所使用的為手提式收集計為真菌、細菌之檢測儀器，表3-3檢測儀器及檢測項目表所示：

表 3-3 檢測儀器及檢測項目表

分 類	儀器名稱	儀器照片	檢測因子項目
化學性	KANOMAX 氣體檢測		一氧化碳(CO)
			二氧化碳(CO ₂)
	手提式甲醛儀		甲醛(HCHO)
	KANOMAX 氣體檢測		臭氧(O ₃)
	KANOMAX 氣體檢測		總揮發性有機化合物(TVOC)
物理性	手提式粉塵計		懸浮微粒(PM _{2.5})
			懸浮微粒(PM ₁₀)
生物性	手提式收集計		真菌(Fung)
			細菌(Bacteria)

3-4 現場檢測照片

本次檢測地點為雷射、沖孔折板、焊接、研磨、粉體塗裝、組裝、出貨、辦公室，共八個區域。架置儀器為工作者活動高度進行檢測，以不影響工作者靠近作業平台，如圖3-3～圖3-10所示：

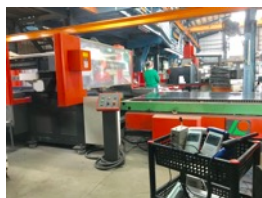


圖 3-3：雷射區圖



圖 3-4：沖孔折板區圖



圖 3-5：焊接區圖



圖 3-6：研磨區圖



圖 3-7：粉體塗裝區圖

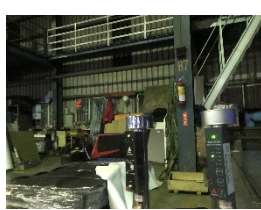


圖 3-8：組裝區圖

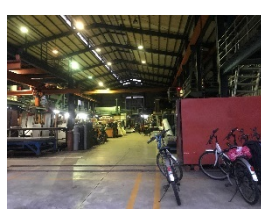


圖 3-9：出貨區圖



圖 3-10：辦公區圖

四、檢測結果與比較

4-1 檢測結果觀察過程

本節針對「台南川介公司」分區的八個工作區空氣品質檢測結果，檢測日期為2018年04月到2018年8月，檢測時間為間隔四小時的檢測前、檢測後，每次收集檢測時間為2分鐘。主要分析探討生物性污染物因子：細菌、真菌兩項物質，依照檢測前與檢測後兩個時段進行生物性污染物菌落數濃度檢測結果做相比，說明台南川介公司工作區之真菌、細菌菌落數濃度第一次觀察(24HR)、第二次觀察(48HR)、第三次觀察(72HR)之變化。圖4-1～圖4-16為分區作業區之真菌和細菌檢測前與檢測後菌落數變化之觀察照片。

表 4-1 生物性因子分區數據總表

	真菌	檢測前	檢測後	增減值		細菌	檢測前	檢測後	增減值
1	雷射作業	187.5	112.5	-75.0	1	雷射作業	112.5	112.5	±0.0
2	沖孔作業	162.5	200.0	+37.5	2	沖孔作業	125.0	75.0	-50.0
3	焊接作業	150.0	137.5	-12.5	3	焊接作業	112.5	112.5	±0.0
4	研磨作業	175.0	75.0	-100.0	4	研磨作業	200.0	237.5	+37.5
5	粉體塗裝	162.5	237.5	+75.0	5	粉體塗裝	200.0	187.5	-12.5
6	組裝貨區	150.0	50.0	-100.0	6	組裝貨區	150.0	125.0	-25.0
7	出貨車道	187.5	125.0	-62.5	7	出貨車道	75.0	87.5	+12.5
8	辦公室	125.0	62.5	-62.5	8	辦公室	37.5	62.5	+25.0

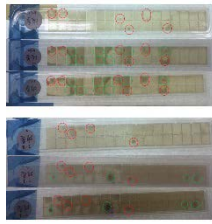


圖 4-1 雷射作業區真菌圖

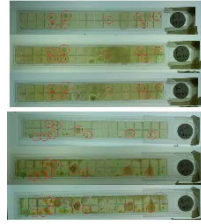


圖 4-2 沖孔區真菌圖

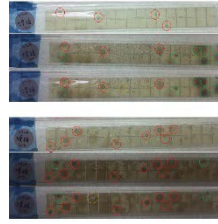


圖 4-3 焊接區真菌圖

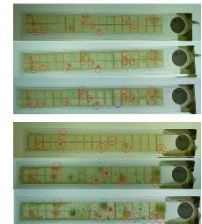


圖 4-4 研磨區真菌圖

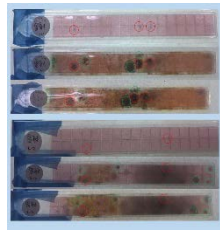


圖 4-5 雷射作業區細菌圖

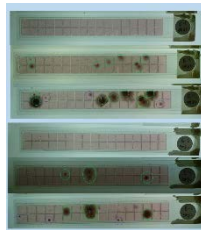


圖 4-6 沖孔區細菌圖

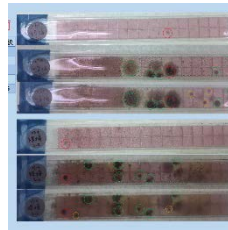


圖 4-7 焊接區細菌圖

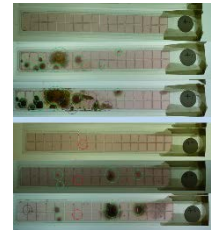


圖 4-8 研磨區細菌圖

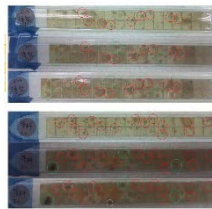


圖 4-9 粉體塗裝區真菌圖

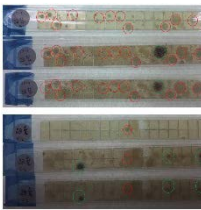


圖 4-10 組裝區真菌圖

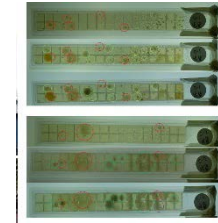


圖 4-11 出貨區真菌圖



圖 4-12 辦公室真菌圖

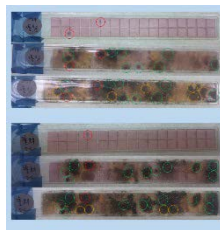


圖 4-13 粉體塗裝區細菌圖

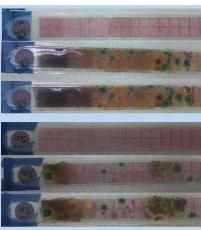


圖 4-14 組裝區細菌圖

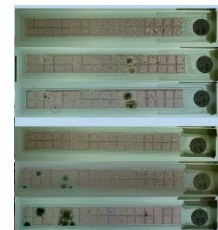


圖 4-15 出貨區細菌圖

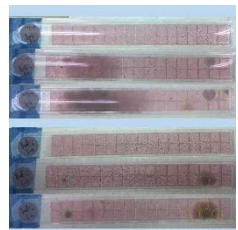


圖 4-16 辦公室細菌圖

4-2 分區數據分析

(1) 雷射工作區說明檢測前、檢測後之結果數據。分為兩大類 (a)細菌(b)真菌，此工作區細菌菌落數濃度相對於其他數據略高，表4-2說明檢測值結果。

表4-2雷射區真菌細菌總表

雷射區	細菌-前	細菌-後	雷射區	真菌-前	真菌-後
24hr	6	4	24hr	3	2
48hr	6+9	4+4	48hr	3+5	2+5
72hr	6+9+0	4+4+1	72hr	3+5+1	2+5+2
總計	15	9	總計	9	9
換算公式	187.5	112.5	換算公式	112.5	112.5

(2)沖孔作業區表4-3說明檢測前、檢測後，結果數據。分為兩大類：分為兩大類(a)細菌(b)真菌，說明各項檢測值結果說明，真菌為此區域需要被改善的因子。

表4-3沖孔作業區真菌細菌總表

沖孔作業	細菌(前)	細菌(後)	沖孔作業	真菌(前)	真菌(後)
24hr	8	9	24hr	0	0
48hr	8+3	9+4	48hr	0+7	0+3
72hr	8+3+2	9+4+3	72hr	0+7+3	0+3+3
共計	13	16	共計	10	6
換算公式	125.0	75.0	換算公式	162.5	200.0

(3)焊接作業以下表 4-4 說明檢測前、檢測後之結果數據。分為兩大類：分為兩大類(a)細菌(b)真菌，焊接作業為產生大量臭氧殺菌，菌落數均符合標準。

表4-4焊接作業真菌細菌總表

焊接作業	細菌-前	細菌-後	焊接作業	真菌-前	真菌-後
24hr	4	8	24hr	1	1
48hr	4+7	8+2	48hr	1+5	1+6
72hr	4+7+1	8+2+1	72hr	1+5+3	1+6+2
總計	12	11	總計	9	9
換算公式	150.0	137.5	換算公式	112.5	112.5

(4) 研磨作業區

研磨作業區由以下表4-5說明檢測前、檢測後之結果數據。分為兩大類：分為兩大類(a)細菌(b)真菌，研磨作業區產生大量鐵屑是產生菌落數之原因。

表4-5研磨作業區真菌細菌總表

研磨作業	細菌(前)	細菌(後)	研磨作業	真菌(前)	真菌(後)
24hr	11	7	24hr	0	1
48hr	11+3	7+8	48hr	0+10	1+4
72hr	11+3+2	7+8+4	72hr	0+10+4	1+4+1
共計	16	19	共計	14	6
換算公式	200.0	237.5	換算公式	175.0	75.0

(5)粉體塗裝區

粉體塗裝區由表4-6說明檢測前、檢測後之結果數據。分為兩大類：分為兩大類 (a)細菌(b)真菌，粉體塗裝區真菌細菌由於存放液體漆料會產生真菌及細菌之原因。

表4-6粉體塗裝區真菌細菌總表

粉體塗裝	細菌-前	細菌-後	粉體塗裝	真菌-前	真菌-後
24hr	9	15	24hr	2	1
48hr	9+3	15+3	48hr	2+8	1+10
72hr	9+3+1	15+3+1	72hr	2+8+6	1+10+4
總計	13	19	總計	16	15
換算公式	162.5	237.5	換算公式	162.5	237.5

(6)組裝貨區

組裝貨區由表4-7說明檢測前、檢測後之結果數據。分為兩大類：分為兩大類 (a)細菌(b)真菌，組裝貨區真菌細菌總表為說明各項檢測值結果搭配空間特性說明：

表4-7組裝貨區真菌細菌總表

組裝貨區	細菌-前	細菌-後	組裝貨區	真菌-前	真菌-後
24hr	11	1	24hr	1	0
48hr	11+1	1+3	48hr	1+7	0+8
72hr	11+1+0	1+3+0	72hr	1+7+4	0+8+2
總計	12	4	總計	12	10
換算公式	150.0	50.0	換算公式	150.0	125.0

(7)出貨車道

出貨車道由表4-8說明檢測前、檢測後之結果數據。分為兩大類：分為兩大類 (a)細菌(b)真菌，出貨車道產生細菌之原因為車子下班後貨車停放處。

表4-8出貨車道真菌細菌總表

出貨車道	細菌(前)	細菌(後)	出貨車道	真菌(前)	真菌(後)
24hr	5	3	24hr	0	0
48hr	5+9	3+6	48hr	0+3	0+5
72hr	5+9+1	3+6+1	72hr	0+3+3	0+5+2
共計	15	10	共計	6	7
換算公式	187.5	125.0	換算公式	75.0	87.5

(8)辦公室

辦公室由表4-9說明檢測前、檢測後，結果數據。分為兩大類：分為兩大類 (a)細菌 (b)真菌，辦公室由於室內禁止飲食由數據得知此區域真菌、細菌的控制符合規範。

表4-9出辦公室真菌細菌總表

辦公室	細菌-前	細菌-後	辦公室	真菌-前	真菌-後
24hr	2	0	24hr	0	0
48hr	2+2	0+3	48hr	0+1	0+2
72hr	2+2+6	0+3+2	72hr	0+1+2	0+2+3
總計	10	5	總計	3	5
換算公式	125.0	62.5	換算公式	37.5	62.5

五、 結論

本研究檢測時間為 2018 年 03 至 2018 年 08 月，「台南川介公司」之空氣品質污染物：污染物質之濃度於環保署訂定濃度建議值標準值，生物性汙染物真菌、細菌進行檢測作業，根據表 4-1 分區生物例子因子數據總表其檢測結果之綜合比較說明。八個作業區，最大濃度分別(1)雷射區為真菌 187.5(CFU/m³)、(2)沖孔區為真菌 200(CFU/m³)、(3)焊接區真菌 150(CFU/m³)、(4)研磨區為細菌 237. (CFU/m³)、(5)粉體塗裝區為真菌 237.5(CFU/m³)、(6)組裝區為細菌 150(CFU/m³)、(7)出貨區為真菌 187.5(CFU/m³)及(8)辦公室為真菌 125(CFU/m³)。

(一)經由分區觀察及分析得到不同的結果，說明組裝貨區真菌、細菌數據均為下降的區域，而此區特性與其他區域特性相比較起來，通風性及陽光較為充沛，以此說明物理環境影響真菌、細菌的改善特色，檢測前為上午工廠開始營運的時候，檢測後(4HR)則為近中午時刻，由此說明經過一整個個晚上的時間會滋生真菌細菌的菌落數，而環境通風及陽光曝曬後會減少菌落數的明顯數據產生。

(二)探討八個區域中數值最高者為「研磨作業區」細菌 237.53 CFU/m³ (菌落數/m³) 及「粉體塗裝區」真菌最大值為 237.53 CFU/m³ (菌落數/m³)。由作業區特性及空間環境說明此二區，由於粉體塗裝區會存放大量的揮發性有機化合物，以及高溫進行烤漆的作業階段，是培養真菌的主要可能，對此提出：川介公司可以進行空氣換氣的建議。而另一作業區由全區平面圖得知研磨作業區為廠房的內部空間，並無鄰近的開窗進行通風，提出川介公司可以進行環境改善。

參考文獻

1. 王民揚，2017，「教學空間室內空氣品質之研究-以逢甲大學忠勤樓為例」，逢甲建築專業學院建築系碩士論文。
2. 台灣雷射鈹金發展協會，2017，「雷射切割原理與光學腔理論」。
3. 行政院環境保護署，2012，「室內空氣品質管理法」。
4. 余政舫，2009，「學校各類教學空間室內空氣品質之研究-以逢甲大學學思樓為例」，逢甲大學建築學系碩士論文。
5. 吳佳穎，2018，「台南川介公司板金工廠作業區空氣品質之研究」，逢甲大學建築學系碩士論文。
6. 吳佳穎，2018，「川介鈹金工廠 CO₂ 之雷射與焊接作業區空氣品質之研究」，逢甲大學建築學系碩士論文。
7. 吳懷信，2014，「室內空氣品質及植栽之研究-以逢甲大學忠勤樓 611、行政二館 104、105 電腦教室為例」，逢甲大學建築學系碩士論文。
8. 張文俊，2017，「建築施工中空氣品質之研究-以台中市鼎泰然建案為例」，逢甲大學建築研究所碩士論文。
9. 勞動部勞動法令查詢系統，2013，「職業安全衛生法」。
10. 黃彥翔，2017，「台灣中部某機械設備生產廠作業環境之生物氣膠分佈研究及室內空氣品質評估」，弘光科技大學環境工程研究所碩士論文。
11. 黃偉珉，2014，「大學校園室內空氣品質及植栽之研究—以逢甲大學敦煌書局為例」，逢甲大學建築學系碩士論文。
12. 劉興州，2014，「金屬加工廠作業環境空氣中總細菌濃度改善研究」，弘光科技大學職業安全與防災研究所碩士論文。
13. 鄺佩寬，2009，「養護中心室內空氣懸浮微粒與影響因子之探討」，逢甲大學建築學系碩士論文。
14. 蘇彥誠，2015，「美容美髮室內空氣品質之研究—以台中地區小林髮廊為例」，逢甲大學建築學系碩士論文。
15. 蘇庭興，2016，「焊接工廠空氣中 PM_{2.5}、可呼吸性粉塵及其重金屬含量研究」，中山醫學大學職業安全衛生學系碩士論文。