

Chapter 1

空氣潔淨系統的基本概念

- 1.1 什麼是潔淨室
- 1.2 微粒性質與潔淨度的等級區分
- 1.3 污染物質與對各類操作環境的影響
- 1.4 微粒移動的機制

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

什麼是潔淨室?

- 「潔淨室」是指將一定空間範圍內之空氣中的微粒子、有害空氣、細菌等之污染物排除，並將室內之溫度、潔淨度、室內壓力、氣流速度與氣流分佈、噪音振動及照明、靜電控制在某一需求範圍內，而所給予特別設計之房間。
- 為了避免製造過程中，空氣中的微粒附著在產品上造成品質的降低，乃至影響原始的設計功能，因此必須對於製造環境內的微粒數量控制在產品製程中能夠容忍的範圍。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

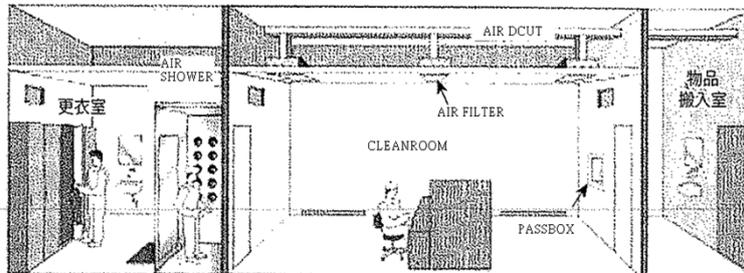
什麼是潔淨室?

- 因此，潔淨室可定義為「在有限的空間下控制污染物質(氣浮微粒、氣浮微生物及化學物質)在某種範圍，並控制定進入該空間內的物質(如水、化學品、材料等)保持不大於該範圍的潔淨度，同時該空間可**維持衡定的溫度、壓力、濕度，並能防治靜電，同時抑制震動及電磁波**至一定程度」

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨室的種類

- 潔淨室依據用途及功能區分如下：
 - 工業潔淨室
 - 生物潔淨室
 - 一般生物潔淨室(+)
 - 生物學安全潔淨室(-)



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

微粒是甚麼？

- 大氣中含有許許多多的微粒子，包含有固體、液體、氣體各種不純物。
- 微粒子的來源可分成三大類，包括無機性微粒如金屬微粒、礦物微粒等；有機性微粒如植物纖維、動物皮屑等；有生命微粒如單細胞藻類、菌類、細菌等。無機性跟有機性微粒大部分是對人體無害，但是生命微粒卻會對其他生命造成影響。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

懸浮粒子的種類

- 氣溶膠(Aerosols)一詞係於1920年首先發表出，其涵義即為一般大氣中的各種微粒子，其泛指「沉降速度可以忽略的固體粒子、液體粒子，或固體和液體粒子在氣體介質中的懸浮體」，其狀態可以是固體、液體、氣體或兩種混合的狀態

懸浮媒介物	粒子種類		
	氣態	液態	固態
氣態	N/A	煙霧、霧、飛沫	煙、灰塵
液態	泡沫	乳狀液	膠狀體、懸浮液
固態	海綿狀物	凝膠	雜質

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

微粒的來源

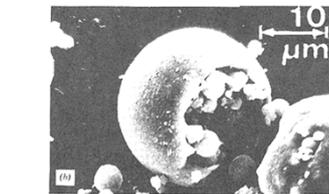


FIGURE 1.1 (a) Coal-burning power plant. (b) Scanning electron microscope (SEM) photograph of coal fly ash particles.
National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering



FIGURE 1.2 (a) Granite cutting. (b) SEM photograph of quartz particles. Magnification 2650x.

微粒的來源

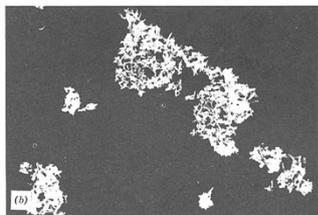
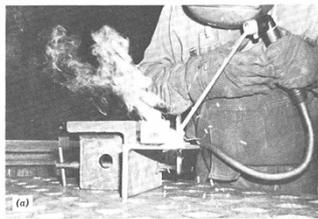


FIGURE 1.3 (a) Arc welding. (b) SEM photograph of iron-oxide particles. Magnification 2300x.
National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

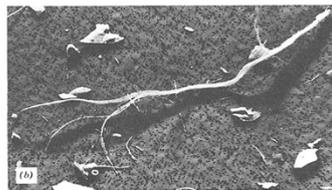


FIGURE 1.4 (a) Removal of asbestos pipe covering. (b) SEM photograph of asbestos fibers. Magnification 1250x.

微粒的來源

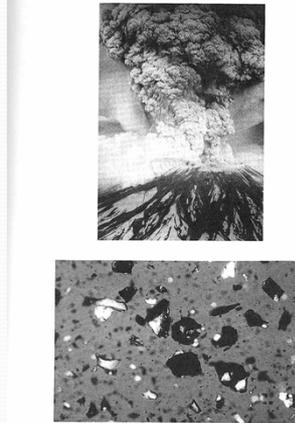


FIGURE 1.5 (a) Volcanic eruption of Mount St. Helens, May 1980. (b) Optical microscope photograph of volcanic ash. Magnification 125x. USGS photograph by Austin Post. Reprinted from *Mount St. Helens: Five Years Later*. Courtesy of Eastern Washington University Press and W. C. McCrone and J. G. Dally, *The Particle Atlas*. Reprinted by permission from McCrone Research Institute.

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

空氣中的污染物包括了：

1. 懸浮在空氣中的固態、液態粒子。
2. 黴菌、致病菌等懸浮在空氣中的微生物。
3. 各種對人體或生產過程有害的氣體。

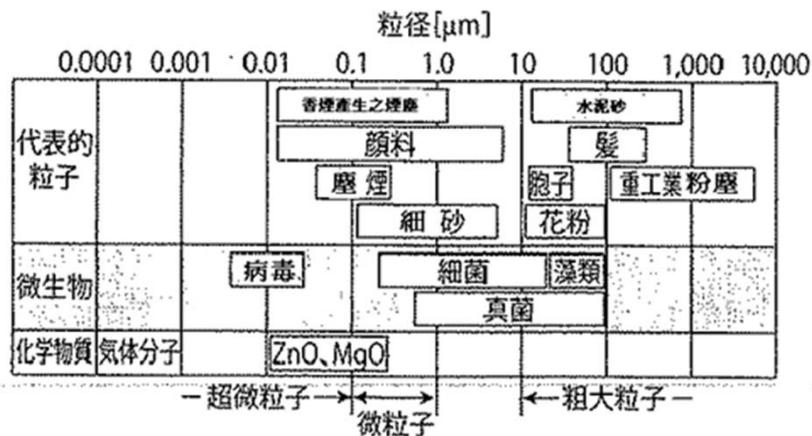
National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

氣溶膠的分類

- 氣溶膠可根據物理的形式跟產生的方法來細分，一般來說並沒有特定的方法來分類它們，在這裡只用比較通用的方式來描述氣溶膠。下列的定義，是用一般常用的說法和較精確的科學描述來定義。
 - (1)氣溶膠(Aerosol)：泛指大氣中漂浮的固態或液態的粒子，粒徑是從 $0.002\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$ 。
 - (2)生物性氣溶膠(Bio-aerosol)：由生物體所產生的氣溶膠，例如病毒、細菌、真菌、孢子和花粉等等。
 - (3)雲(雲狀物)(Cloud)：在有限的範圍內可以目視的氣溶膠。
 - (4)灰塵(Dust)：物質經機械性破壞、撞擊或磨碾所產生的微粒，粒徑範圍從次微米到 $100\mu\text{m}$ 之間。
 - (5)煙氣(Fume)：固態氣溶膠經氣體凝結而成。
 - (6)靄(Haze)：會影響視線的大氣溶膠。
 - (7)煙霧(Mist, Fog)：凝結或霧化所形成的液態氣溶膠。
 - (8)煙(Smog)：在特定空間內可見的大氣氣溶膠，粒徑通常小於 $1\sim 2\mu\text{m}$ 。
 - (9)煙(Smoke)：因燃燒不完全所產生的可視氣溶膠。粒徑通常小於 $1\mu\text{m}$ 。
 - (10)噴霧(Spray)：經機械噴灑出的液體氣態物。

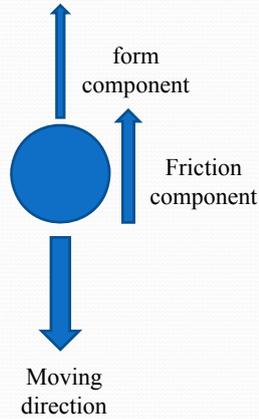
National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

微粒的尺寸範圍



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

微粒在空氣中的行為



$$F_n = \pi\eta Vd \dots\dots\dots(3.6)$$

$$F_\tau = 2\pi\eta Vd \dots\dots\dots(3.7)$$

$$F_D = 3\pi\eta Vd \dots\dots\dots(3.8)$$

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

微粒在空氣中移動時的阻力

$$F_D = 3\pi\eta Vd = C_D \frac{\pi}{8} \rho_g V^2 d^2 \quad \text{for } Re < 1 \dots\dots\dots(3.9)$$

$$C_D = \frac{24\eta}{\rho_g Vd} = \frac{24}{Re} \dots\dots\dots(3.10)$$

- η 空氣黏滯係數 ($1.81 \cdot 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$)
- V 微粒速度(m/s)
- d 微粒直徑(m)
- ρ_g 空氣密度(1.20 kg/m^3)

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

終端沉降速度 V_{TS}

- 微粒受地球重力影響會往地面移動的力為 F_G
- 微粒受空氣阻力為 F_D
- 當兩個力達到平衡時，微粒的速度將不會改變稱之為終端沉降速度

$$F_D = F_G = mg \dots \dots \dots (3.11)$$

$$3\pi\eta Vd = \frac{(\rho_p - \rho_g)\pi d^3 g}{6} \dots \dots \dots (3.12)$$

$$V_{TS} = \frac{\rho_p d^2 g}{18\eta}, \text{ for } d > 1 \mu\text{m} \text{ and } Re < 1.0 \dots \dots \dots (3.13)$$

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

微粒的滑移係數($0.1\mu\text{m} < d \leq 1\mu\text{m}$)

- 當微粒小於 $1\mu\text{m}$ 時，空氣所造成的阻力 F_D 會下降

$$F_D = \frac{3\pi\eta Vd}{C_c} \dots \dots \dots (3.18)$$

$$C_c = 1 + \frac{2.52\lambda}{d} \dots \dots \dots (3.19)$$

$$V_{TS} = \frac{\rho_p d^2 g C_c}{18\eta} \text{ for } Re < 1.0 \dots \dots \dots (3.21)$$

- λ 平均自由路徑(air: $0.066\mu\text{m}$)

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

微粒的滑移係數($d \leq 0.1 \mu\text{m}$)

$$C_c = 1 + \frac{\lambda}{d} \left[2.34 + 1.05 \exp\left(-0.39 \frac{d}{\lambda}\right) \right] \dots\dots\dots(3.20)$$

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

當氣壓下降時滑移係數的變化

- 當氣壓下降時，微粒在空氣中移動時所碰到的空氣分子數量減少，使得磨擦力 F_D 減小。

$$C_c = 1 + \frac{1}{Pd} [15.60 + 7.00 \exp(-0.059Pd)] \dots\dots\dots(3.22)$$

- P 絕對壓力(kPa)
- d 微粒直徑(μm)

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

HW01

- (1) 求出微粒直徑 $100\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ 、 $0.1\mu\text{m}$ ，移動速度為 0.5m/s 時的雷諾數 Re 。
- (2) 求出直徑 $100\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ 、 $0.1\mu\text{m}$ 微粒的終端沉降速度($\rho_p=1000\text{kg/m}^3$)。
- (3) 求出當氣壓改變至 0.5 以及 2.0 大氣壓時， $1\mu\text{m}$ 微粒的終端沉降速度。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

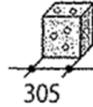
潔淨度的定義

- 潔淨室能夠有效控制特定空間內的微粒數量的能力，為了對各種潔淨室的性能加以定義，因此以「**特定容積**」內定義「**特定大小**」的微粒數量作為基準，而這種分類的指標就稱為「潔淨度」(Cleanness)。
- 以直徑 $0.5\mu\text{m}$ 以上的粒子為例：鄉下地方每單位立方米的數量為 $10,000,000 - 50,000,000$ 個，城市為 $100,000,000 - 500,000,000$ 個，一般室內為 $100,000,000 - 1,000,000,000$ 個。
- 但對於潔淨區劃控制在ISO Class 6則僅有 $35,200$ 個，若提高至ISO Class 4則粒子數可進一步降低到 352 個。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

Fed209E 潔淨度的定義方法 (#/ft³)

$$1\text{cf}=0.028\text{m}^3$$



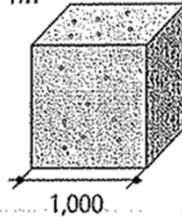
$$1\text{feet}=30.5\text{cm}$$

定義一立方英尺內，直徑0.5微米(μm)以上的粒子數量
例如直徑0.5 μm 以上的粒子100個 / cf
可稱為Class 100

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

ISO 14644潔淨度的定義方法 (#/m³)

$$1\text{m}^3$$



定義一立方公尺內，直徑0.1微米(μm)以上的粒子數量
例如直徑0.1 μm 以上的粒子1,000(10的三次方)個，可稱為ISO 3

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

ISO14644 -1 潔淨標準

ISO Classification number(N)	Maximum concentration limits (particles/m ³ of air) for particles equal to and larger than the considered sizes shown below (concentration limits are calculated in accordance with equation(1) in 3.2)					
	0.1µm	0.2µm	0.3µm	0.5µm	1µm	5µm
ISO class 1	10	2				
ISO class 2	100	24	10	4		
ISO class 3	1000	237	102	35	8	
ISO class 4	10000	2370	1020	352	83	
ISO class 5	100000	23700	10200	3520	832	29
ISO class 6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
ISO class 7				352000	83200	2930
ISO class 8				3520000	832000	29300
ISO class 9				35200000	8320000	293000

NOTE Uncertainties related to the measurement process require that concentration data with no more than three significant figures be used in determining the classification level

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

微粒濃度上限計算

$$C_n = 10^N \times (0.1/D)^{2.08}$$

- C_N 為粒子濃度(個/m³)
- N 為ISO潔淨度等級
- D 為粒徑(µm)

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

工業潔淨室(ICR)與生物潔淨室(BCR)的特性比較

	工業潔淨室	生物潔淨室
潔淨度	ISO 1 - ISO 8	ISO 5 - ISO 8
控制粒子之直徑(μm)	0.1-0.5	0.5-10 (以5為中心)
過濾器使用等級	HEPA, ULPA	HEPA, 中高效過濾器
控制參數	微粒,化學污染物,壓力,氣流分布,溫度,濕度	微粒,微生物,壓力,氣流分布,溫度,濕度
維持環境的方法	清淨(Cleaning)	洗淨,除菌,消毒,滅菌
潔淨度監測方式	微粒及化學污染物濃度	微生物數及微粒濃度

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

製藥生物潔淨室

- 對於目前製藥工業界最常參考的設計基準，目前最廣被採用的是由歐洲聯盟(EU)制定稱為”European Union Guide to Good Manufacturing Procedure” (EU GGMP)的規章，其空氣懸浮粒子的等級規定如表1.6所示

潔淨室容許最大浮游微粒濃度

Grade	Maximum permitted number of particles/m ³ equal to or greater than the tabulated size			
	At rest		In operation	
	0.5 μm	5.0 μm	0.5 μm	5.0 μm
A	3,520	20	3,520	20
B	3,520	29	352,000	2,900
C	352,000	2,900	3,520,000	29,000
D	3,520,000	29,000	Not defined	Not defined

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

製藥生物潔淨室

- 無菌藥品的製造區分成四個等級
 - A.高風險作業的局部區域
 - 高風險作業的局部區域，例如，充填區、橡皮塞貯盆、開口安甌、小瓶及執行無菌連接等區域。通常，此種環境由層流工作站提供。在開放潔淨室應用（open clean room application）的作業位置，層流空氣系統應提供每秒0.36 至0.54 公尺（指引值）的均勻空氣流速。層流性（laminarity）的維持應予以證明並確效。單向氣流（uni-directional air flow）及較低速率可使用於密閉的隔離裝置及手套箱（glove boxes）。
 - B.對於無菌操作之製備及充填，B 級區為A級區的背景環境。
 - C 級與D 級：
 - 無菌產品的製造中，C 級與D 級區係執行較非關鍵性階段的潔淨區。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

製藥生物潔淨室

- 對於懸浮於空氣中的的生物微粒，同樣的也有相關規定如表1.7 所示

Grade	Recommended limits for microbial contamination ^(a)			
	Air sample cfu/m ³	Settle plates (diam. 90 mm) cfu/4hours ^(b)	Contact plates (diam. 55 mm), cfu/plate	Glove print 5 fingers cfu/glove
A	< 1	< 1	< 1	< 1
B	10	5	5	5
C	100	50	25	-
D	200	100	50	-

Notes: (a) These are average values.

(b) Individual settle plates may be exposed for less than 4 hours.

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

污染物質與對各類操作環境的影響

- 粒子對於各種精密細微的工業製程影響甚大，特別是高科技產業。因此我們以最典型的積體電路製造作為範例進行說明：
 - **(1)顆粒：**
 - 一般而言，製程中容許顆粒物之尺寸為製程尺寸之1/10，如果製程等級為0.3 μm 之半導體製程中，其顆粒的直徑必需小於0.03 μm 。
 - **(2)金屬粒子：**
 - 金屬離子可引起半導體中電流之移動，故造成其特性偏移原先之設計。
 - **(3)細菌(Bacteria)：**
 - 會造成和(1)，(2)相似之問題。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

污染物質與對各類操作環境的影響

- **(4)氣態污染物(AMC)：**
 - 因製程中所採用各種洗滌之化學品、潔淨室建材、外氣經揮發後所形成之氣體。這些氣體內所含有之各種離子 (Ion)、有機物以及硼素，其尺度較次微米 (Submicron order) 之固體粒子小1,000倍以上，由於傳統潔淨室為了維持室內的清潔度，主要都是以過濾次微米級之粒子為對象，但是近年來半導體製程已提高至奈米(Neon meter, nm)等級，潔淨室內之氣態微量化學污染物的問題逐漸顯現出來。半導體製造技術協會(SEMATECH)將氣態污染物分為四大種類，分別為酸類(Acid, A類)、鹼類(Bases, B類)、可凝結類(Condesnables, C類)以及Dopants (D類)，以下將分別加以說明其來源及可能的製程的影響。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

AMC的分類

酸性物質 (Acids) HF H ₂ SO ₄ HCl HNO ₃ H ₃ PO ₄ HBr	鹼性物質 (Bases) AMINE NH ₃ NMP HMDS
凝縮性物質 (Condesables) DOP DBP DEP Siloxanes	摻雜物質 (Dopants) B ₂ H ₆ BF ₃ AsH ₃ TCEP TEP TPP

Not Classified
 H₂O₂ O₃
 IPA Acetone

National Taipei university of technology,
 Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

各種氣態污染物的來源及對製程的影響

分類	物質	對製程的影響	來源
A(酸類)	NO _x , SO ₂	乾燥後留下痕跡	外氣/清洗用的藥劑
	H ₂ S	氧化後形成SO2	外氣
	HCl	乾燥後留下痕跡	清洗用的藥劑
	HF	與HEPA材質反應後產生BF3	清洗用的藥劑
B(鹼類)	NH ₃	影響微影製程	清洗用的藥劑
	Amine		人體 混凝土
C(可凝結)	TVOC	AMC污染的總指標	建材 接著劑
	Siloanex	影響鍍膜工程的品質	封接材料 壓密填料
	DEP, DBP, DOP	二氧化矽膜耐壓不良	聚乙烯端製品
	磷酸酯	半導體元件作動不良	垂簾, 建材防火塗裝
	芳香族碳氫化合物	AMC污染的總指標	接合劑
D(Dopants)	硼化合物	半導體元件作動不良	玻璃製HEPA
	磷化合物	半導體元件作動不良	清洗用的藥劑

National Taipei university of technology,
 Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

大型積體電路(LSI)製造環境規格路程圖(Roadmap)

年	2007	2010	2015
Patterns: 製造的最小線寬	65nm	45nm	25nm
潔淨室環境控制 可管理的最小粒子直徑	33nm	23nm	13nm
潔淨室環境潔淨度 微環淨(ME)的局部潔淨度	ISO Class 6 ISO Class 2	ISO Class 6 ISO Class 1	ISO Class 7 ISO Class 1
化學污染(空氣中濃度) 酸(SO ₄) 鹼(NH ₃) 凝縮性有機物	1,000pptM 5,000pptM 3,000pptM	500pptM 2,500pptM 2,500pptM	500pptM 2,500pptM 2,500pptM
化學污染(晶圓表面污染量) 凝縮性有機物(一日放置表面)	2ng/cm ²	0.5ng/cm ²	0.5ng/cm ²

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

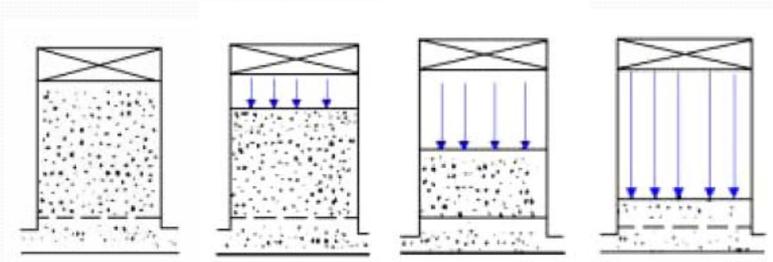
微粒移動的機制

- 空氣中的微粒藉由以下列四種方式輸送
 - 1. 布朗運動(Brownian motion)
 - 2. 因濃度梯度引起之擴散(Diffusion by concentration gradient)
 - 3. 對流擴散(Convection diffusion)
 - 4. 外部的能量引起之擴散(如熱泳 Thermophoresis)

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨室污染物去除的概念

- 層流型無塵室(uni-directional Cleanroom)



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨等級與換氣次數之間的關係

潔淨等級	換氣回数 [回/h]	FFU覆蓋率
3 (1)	420	全面
4 (10)	360	全面
5 (100)	200	50%
6 (1,000)	35	10%
7 (10,000)	25	7%
8 (100,000)	15	4%

()内はFED.STD表示

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

Chapter 2

潔淨環境的規劃考量

- 2.1 潔淨環境設計時的基本考量
- 2.2 各種產業所需之潔淨環境考量
- 2.3 環境潔淨度的計畫
- 2.4 潔淨循環氣流流型與選用
- 2.5 換氣次數與清淨度的關係
- 2.6 壓力的控制
- 2.7 局部潔淨化與微環境

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨環境設計

- 環控系統
 - 循環方式、溫濕度控制、壓力與氣流分佈
- 內裝設計
 - 內裝材質、種類、特殊用途
- 公用設施
 - 動力、設備冷卻、給排水、給氣、排氣、廢水及廢氣污染防治、儀器控制、電力等
- 照明
- 通訊
- 監控

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨環境設計

- 工業潔淨室來說，由「**空調工程**」觀點為基礎所認定的潔淨室工程僅包括了「**溫度**」、「**濕度**」以及「**氣流控制**」等項目；然而，其它悠關製程良率的因素包括**氣態污染物** (AMCs)、**靜電**、**振動**以及**噪音**，以及配合生產過程中各種**冷卻水**、**潔淨乾空氣**(Clean dry air, CDA)、**製程真空** (Process vacuum, PV)、**大宗及純化氣體**(Bulk and pure gas)、**化學藥劑**以及**超純水**(Ultra pure water, UPW)的供應，以及伴隨製程所產生的各種**排氣**、**排水**及**固體廢棄物**處理

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨環境設計

- 一般潔淨室工程專案大多區分為「既有設施的**更新**」或是「**新造**的潔淨室及附屬設施」等兩種情況。若屬於後者，則必需就能夠取得土地的尺寸、是否需建造新的建築物或改良既有房舍進行考量，在確定之後便可進入實質的工程計畫(Programming)階段

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨環境設計

- 電子工業的潔淨室為例，這些想定包括以下項目：
 - (a) 製程設備種類及數量
 - (b) 製程設備種類需求及條件
 - (c) 製程設備在潔淨室內的布局(Layout)
 - (d) 工廠動線設計
 - (e) 製程潔淨度要求
 - (f) 溫溼度要求
 - (g) 氣狀污染防治計畫
 - (h) 靜電防治計畫
 - (j) 環保計畫(或污染防治計畫)
 - (i) 微震防治計畫

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

各種產業所需之潔淨環境考量

- 第二次世界大戰末期美國以「曼哈頓」計畫中去除製造核子武器過程所產生放射性污染物，而開發出來的高效過濾器(High efficiency particulate air filter, HEPA filter)為原點，展開一系列提供精密設備製造環境的潔淨技術開發，且次第於半導體工業及多項太空探險計畫(如阿波羅登月計畫)中加以應用

產業分野	清淨度クラス (ISO)						
	1	2	3	4	5	6	7
Silicon Wafer							
Photomask							
半導體 基板工程							
半導體 組立工程							
液晶							
Hard Disc							
印刷電路板							
精密機械							

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

各種產業所需之潔淨環境考量

- 工業潔淨室
 - 固體微粒
 - 氣狀污染物
- 生物潔淨室
 - 細菌

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

各種產業所需之潔淨環境考量

- HEPA過濾器用於生技相關產業的空調系統
 - 醫療機構
 - 1960年 手術中感染 9%
 - 1970年 手術中感染 0.6%
 - 製藥工業
 - 1976年 GMP
 - 乳品工業與餅乾工業
 - Follow GMP

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

各種產業所需之潔淨環境考量

- 生物潔淨室
 - 醫療機構(+)
 - 食品工業(+)
 - 製藥業(+)
 - 生物技術研發單位(+)
 - 實驗室(+)

產業分類		潔淨度(ISO)			
		5	6	7	8
醫藥類	注射劑填充室	■	■		
	藥品包裝線		■	■	
醫院	無菌病房			■	
	無菌手術房	■	■		
食品	乳製品	■	■		
	飯盒, 麵包			■	■
動物實驗	無菌動物	■	■		
	SPF動物		■	■	■

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

各種產業所需之潔淨環境考量

- 生物潔淨室所要控制的微生物而言，尺寸大多在**5-10 μm** ，因此中效(Medium efficiency)過濾器與**HEPA**過濾器便可以加以去除。由於微生物本身能夠孳生繁殖，而且會隨著時間加速生長；因此適切的**消毒**、**洗淨**以及**滅菌**計畫對於生物潔淨室操作而言便十分重要

規格・基準		NASA							
潔淨等級	基準	粒子		生物粒子		壓力	溫度	濕度	氣流
ISO	基準粒子 0.5 μm 個 /ft ³	粒徑 [μm]	粒子數 [個/ m^3]	浮遊菌	落下菌 [CFU/ m^2 /週]	[Pa]	[$^{\circ}\text{C}$]	[%]	[m/s] (換 氣回數)
Class 5	100	0.5以上	3,500 以下	3.5 CFU 以下	12,900 CFU 以下	≥ 12.7	指定值	40~45	層流方式 ≥ 20 回/ 時
		5.0以上	29以下						
Class 7	10,000	0.5以上	350,000 以下	17.6 CFU 以下	64,600 CFU 以下				
		5.0以上	2,900以下						
Class 8	100,000	0.5以上	3,500,000 以下	88.4 CFU 以下	323,000 CFU以下				
		5.0以上	29,000 以下	クラス 8					

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

環境潔淨度的計畫

- 潔淨室故名思義，首要目標即為提供各種產業製程所需要的環境；不論是半導體或平免顯示器的製造、食品、醫藥乃至生物實驗，都必需將微粒控制在允許的範圍內。因此在考量潔淨室所需之潔淨程度之前，必須瞭解潔淨度受由以下之因素所左右
 - 室內發塵量
 - 過濾器的種類
 - 氣流流形
 - 空間的換氣次數

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

環境潔淨度的計畫

- 不同衣著、不同動作的人體產塵

狀態	衣著		
	產塵		
	≥0.5μm顆粒數(顆/(p·min))		
	一般工作服	白色無菌工作服	全包式潔淨工作服
靜站	339×10 ³	113×10 ³	5.6×10 ³
靜坐	302×10 ³	112×10 ³	7.45×10 ³
腕上下運動	2980×10 ³	300×10 ³	18.7×10 ³
上身前屈	2240×10 ³	540×10 ³	24.2×10 ³
腕自由運動	2240×10 ³	289×10 ³	20.5×10 ³
脫帽	1310×10 ³	/	/
頭上下左右	631×10 ³	151×10 ³	11.2×10 ³
上身扭轉	850×10 ³	267×10 ³	14.9×10 ³
屈身	3120×10 ³	605×10 ³	37.7×10 ³
踏步	2300×10 ³	860×10 ³	44.8×10 ³
步行	2920×10 ³	1010×10 ³	56×10 ³

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

環境潔淨度的計畫

- 著防靜電聚酯全包潔淨工作服時的產塵量 ($\geq 0.5\mu\text{m}$ 顆/(p · min))

動作	洗淨前	普通水洗	CIG
靜止直立	1×10^5	0.73×10^5	0.67×10^5
腕上下運動	38×10^5	2.95×10^5	0.14×10^5
上身前屈	20.5×10^5	1.37×10^5	0.12×10^5
頭上下左右	2.4×10^5	0.89×10^5	0.08×10^5
上身扭轉	48.5×10^5	3.6×10^5	0.45×10^5
膝屈伸	16.1×10^5	1.54×10^5	0.17×10^5
靜坐	1.2×10^5	0.47×10^5	0.47×10^5
起立坐下	14.3×10^5	2.05×10^5	1.08×10^5
踏步	14.7×10^5	1.52×10^5	0.89×10^5

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

環境潔淨度的計畫

- 著手術服時的人體散發細菌量

動作	溫度 (°C)	濕度 (%)	浮游菌數	沉降菌數	附着菌數	人體散發菌數 (個/(p · min))	平均值 (個/(p · min))
踏步	29.8	70	1573	509	188	2270	2391
	27.4	85	2753	389	330	3472	
	25.8	67	1770	407	212	2389	
	25.4	84	1750	156	232	2138	
	26.0	65	1376	329	165	1870	
	21.4	30	982	160	118	1260	
	20.0	29	2556	479	306	3341	
起立坐下	26.0	68	1179	182	141	1502	1172
	25.2	63	786	134	94	1014	
	23.4	65	740	84	140	964	
	21.4	31	393	312	47	752	
	20.0	28	1375	86	165	1627	
抬臂	25.2	62	589	63	70	722	681
	25.2	63	408	114	55	577	
	20.0	28	609	76	60	745	

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

環境潔淨度的計畫

- 半導體或光電產業來說，一般最大的設備發塵來源為真空泵的排氣、機台轉動機械的接觸點或接觸面，或者於原料或半成品搬運過程中，工場自動化 (Factor automation, FA) 設備各種運動件因磨擦所產生的微粒

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

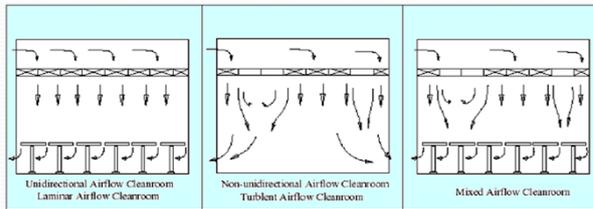
環境潔淨度的計畫

- 潔淨室內的潔淨機械設備在設計製造時，一些通用的原則必須遵守，以確保產品之製造良率
 - 所有可能造成發塵要素的總成(如配管、配線、伺服及驅動單元)盡可能以能夠收納在密閉空間為原則。
 - 回旋軸之軸封盡可能採用磁性流體式
 - 升降軸僅可能採行縱切式(Slit)構造
 - 旋轉部潤滑需採用真空腔室專用油脂或採用自潤式軸承
 - 採用強制排氣方式避免產生之微粒殘存於機台內
 - 設備表面塗裝料質之選用及表面準備
 - 各總成組裝以模組化為考慮原則

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨循環氣流流型與選用

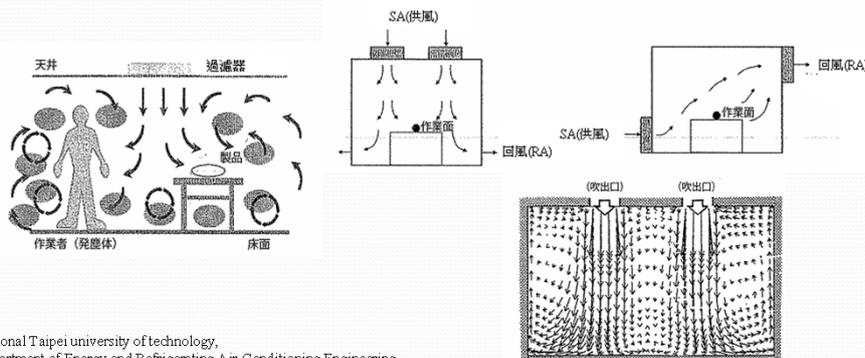
- 潔淨室內氣流的流型(Flow pattern)的選用與控制，攸關潔淨室的性能
- 潔淨室一般按照室內的氣流形態進行分類。室內氣流的基本形態，可分為
 - 非單一方向流(Non-uniform)(俗稱紊流式)
 - 單一方向流式(Uni-directional)(俗稱層流式)
 - 混合方式(Mixed Airflow Type)



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨循環氣流流型與選用

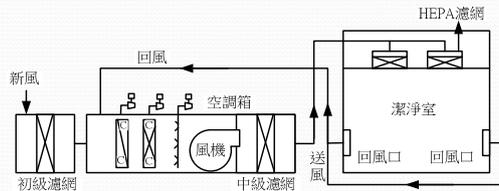
- 非單一方向流(Non-uniform)方式
 - 非單一方向流方式淨化的基本概念為「稀釋混合」，是在污染產生的瞬間進行擴散混合。
 - 以「換氣次數的多寡」來決定室內的清淨程度



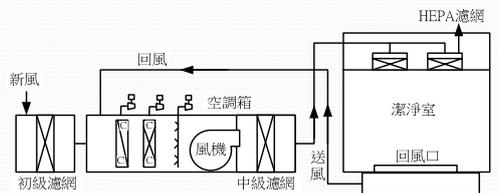
National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨循環氣流流型與選用

- 非單一方向流方式(側回風)(10,000-100,000級)



- 非單一方向流方式(地板回風)(1,000~10,000級)

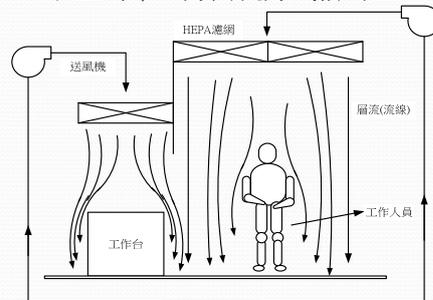


National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨循環氣流流型與選用

- 單一方向流式(Uni-directional)

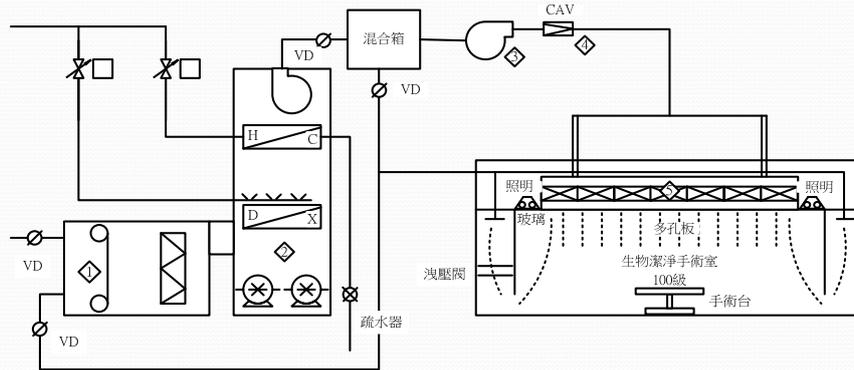
- 單一方向流方式是從天花吊頂方向全面送風，而回風從地板或接近地板的牆面上吸入的一種形式；因為氣流均勻地向下流動，在室內空間產生的塵埃直接被壓向下風側
- 美國環境科學技術學會(Institute of Environmental Sciences and Technology, IEST)把送風面積在80%以上的單一方向流方式稱為全面單一方向流方式



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨循環氣流流型與選用

- 醫院生物潔淨手術室的空調流程圖



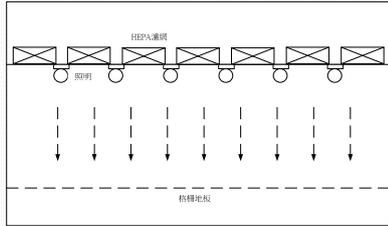
National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨循環氣流流型與選用

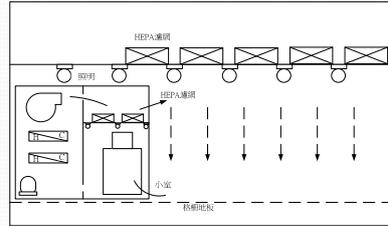
- 單一方向流式潔淨室大多具有**高架地板(Rise floor)**或**回風層(Return air plenum)**的構造，而且多半須搭配**回風道(Return air shaft)**，空間需求甚大
- 對於空間有限的建築而言，仍存在另外一種選擇，即為「水平式」的單一方向流式潔淨室。圖2.12垂直與水平方向之單一方向流潔淨室概念比較，不過為避免「橫向污染」的問題，對於工業用途的潔淨室大多採用垂直方向的潔淨室構型。不過「水平式」的單一方向流式潔淨方式，卻廣為使用在許多工作台或微環境的環控設計上

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨循環氣流流型與選用



全面單一方向流



室內單側回風之單一方向流潔淨室

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨循環氣流流型與選用

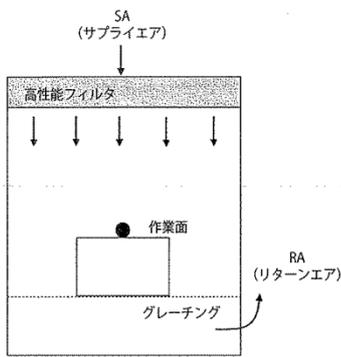


圖1 垂直一方向流 (文獻3)を元に作成

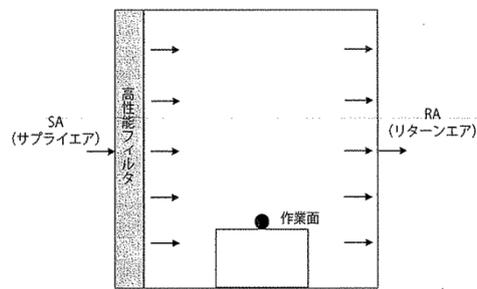


圖2 水平一方向流 (文獻3)を元に作成

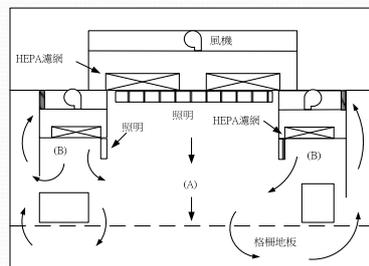
National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨循環氣流流型與選用

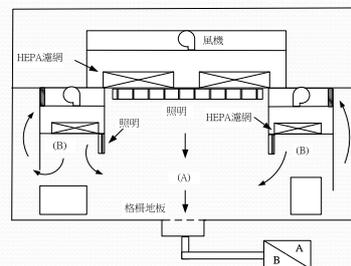
- 混合方式
 - 混合方式是單一方向流和非單一方向流在同一房間內組合使用的方式；由於單一方向流方式的設備費和運行費很高，加上潔淨室內通常只是部分要求高潔淨度，而不是整個房間。因此，將單一方向流部分儘量減小，其他部分用非單一方向流方式替代，可以使淨化設備更有效地發揮作用

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨循環氣流流型與選用



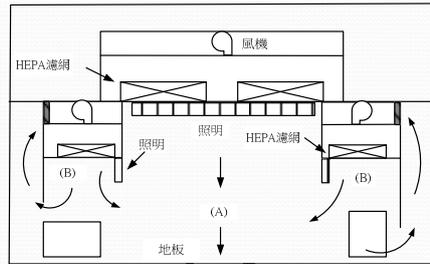
(A)通道 0.3 μ m 100級 25 \pm 1 $^{\circ}$ C 40 \pm 5%
(B)工作區 0.1 μ m 10級 \pm 1 $^{\circ}$ C \pm 5%



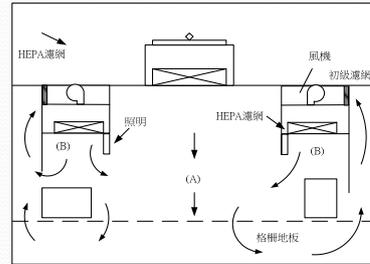
(A)通道 0.3 μ m 100級 25 \pm 1 $^{\circ}$ C 40 \pm 5%
(B)工作區 0.1 μ m 10級 \pm 1 $^{\circ}$ C \pm 5%

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨循環氣流流型與選用



(A)通道 0.3 μ m 100級 25 \pm 1 $^{\circ}$ C 40 \pm 5%
(B)工作區 0.1 μ m 10級 \pm 1 $^{\circ}$ C \pm 5%

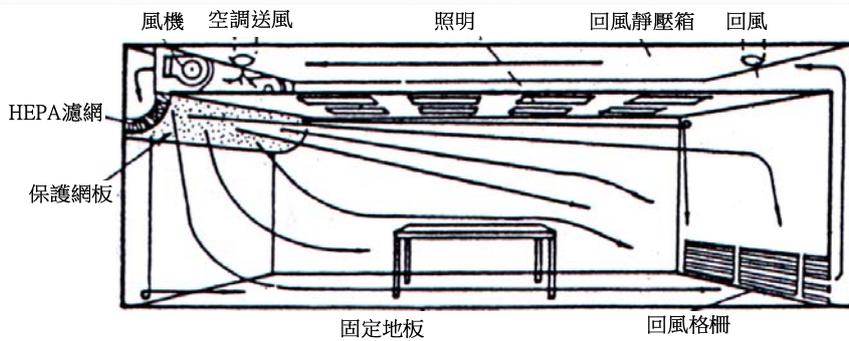


(A)通道 0.3 μ m 100級 25 \pm 1 $^{\circ}$ C 40 \pm 5%
(B)工作區 0.1 μ m 10級 \pm 1 $^{\circ}$ C \pm 5%

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨循環氣流流型與選用

- 斜流潔淨室



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

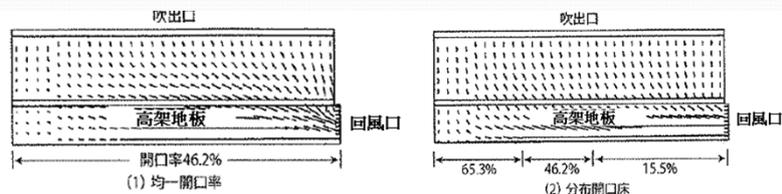
潔淨循環氣流流型與選用

- 於以「風機過濾器」或「正壓艙+高效過濾器」為供風方式的潔淨室而言，維持潔淨氣流的均一程度，除有賴於潔淨室上方供風口的**覆蓋率(Coverage)**，**高架地板的開孔率(Opening rate)**，即高架地板「空心」的比率)也是影響的另外一項重要因素。
- 由於考量到載重率、移動的便利性以及生產的便利性，一般商業規格的高架地板開孔率大多維持在**18-22%**之間
- 若為考慮潔淨室內維修、檢視之便利性或單純的提高潔淨氣流的通過量，開孔率達**50%**的隔柵板(Grating)同樣的也是潔淨室內常用高架地板種類之一。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨循環氣流流型與選用

- 利用高架地板開孔率改善潔淨內氣流的均一性



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

換氣次數與清淨度的關係

- 潔淨室和一般空調房間不同，其送風量不光是由系統的「熱負載」計算決定，同時必須考量達到淨化要求所需的風量
- 循環風量必須滿足下列三項要求：
 - (1)滿足室內潔淨度所要求之送風量
 - (2)滿足室內溫溼度要求所需送風量
 - (3)滿足消除室內有毒或有害物質所須之送風量

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

換氣次數與清淨度的關係

- 滿足室內空調熱負荷要求所需之循環送風量
 - 半導體封裝與測試廠的潔淨室
 - 發熱源無法以水冷(例如製程冷卻水)的方式將熱源排除(DCC+)
 - 負壓潔淨室
 - 低溫外氣有較大的溫差(DCC-)

$$V_s = \frac{Q_s}{\rho(h_r - h_s)}$$

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

換氣次數與清淨度的關係

- 潔淨氣流與潔淨室內溫度變動幅度的關係

$$V_S = Q_S / (\rho \times C_p \times \Delta T)$$

ΔT ：溫差=供風溫度-回風溫度，通常為潔淨室溫度控制精度的4~5倍

溫度許容差 $^{\circ}\text{C}$	± 2	± 1	± 0.5	± 0.25
吹出溫度差 $\Delta t^{\circ}\text{C}$	8~10	4~5	2~2.5	1~1.25

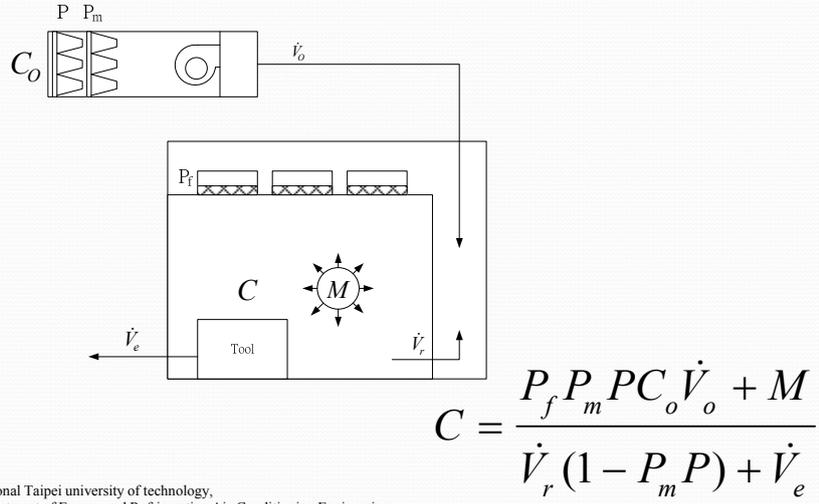
National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

換氣次數與清淨度的關係

- 為滿足室內潔淨度所需之循環風量
 - 假設穩定狀況下，外氣濃度、室內發塵量、室內送風量、外氣量、排風量、滲透風量等都為**定值**。
 - 假設送入潔淨室的空氣能瞬時均勻**完全地**與污染物**混合**。
 - 假設任何表面的污染物(包括室內表面、風管送風室等)**沉積量可忽略**。
 - 不考慮污染物的各種化學及物理變化，包括**吸附、脫附、衰變**等

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

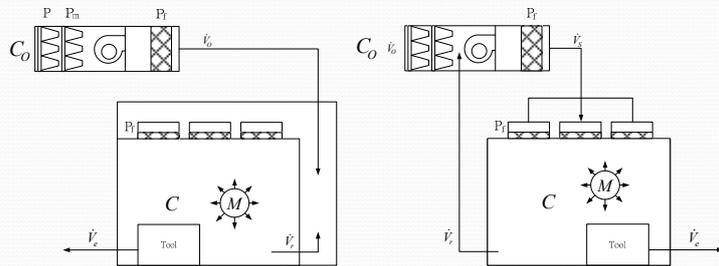
換氣次數與清淨度的關係



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

HW02

- C=?



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

換氣次數與清淨度的關係

- 實際於工業運用以及文獻建議，其範圍大多在0.3-0.5 m/s 之間

Classification ISO Number	Fsd. 209E	airflow Type	Average Velocity		Air changes Times/h
			ft/min	m/s	
Better than 3		U	60~100	0.3~0.5	360~600
3	1	U	60~90	0.3~0.5	360~600
4	10	U	50~90	0.25~0.5	300~540
5	100	U/N/M	40~80	0.2~0.4	240~480
6	1000	No/M	25~40	0.125~0.2	150~240
7	10000	N/M	10~15	0.05~0.075	60~90
8	100000	N/M	1~8	0.005~0.04	5~48

National Taipei univer. Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering
 U : Uniform air flow N : Non Uniform air flow M : Mixed air flow

換氣次數與清淨度的關係

- 由於一般潔淨室的天花吊架(Celing grid)的尺寸大多固定，因此風機過濾器(或高效過濾器)的尺寸以及潔淨氣流供風量也是固定的。
- 因此只要計算天花吊架上安裝風機過濾器(或高效過濾器)數量，同樣的也可以推算換氣次數及所可能達到的潔淨等級，而這正是「**覆蓋率**」(Coverage rate)的觀念。

潔淨等級	換氣回数 [回 / h]	FFU覆蓋率
3 (1)	420	全面
4 (10)	360	全面
5 (100)	200	50%
6 (1,000)	35	10%
7 (10,000)	25	7%
8 (100,000)	15	4%

National Taipei university of te Department of Energy and Refri... ()內為FED STD 209之表示方式

換氣次數與清淨度的關係

- 消除室內有害物質所需的送風量
 - 假設在有毒有害、易爆易燃物隨製程發生在室內平均散發，送風氣流和室內空氣的混合在瞬間完成。送/排氣流就是在等溫的條件下，趨於穩定狀態時稀釋室內空氣的有害物濃度，使其不超過安全、衛生標準的最高允許濃度所需的通風量GS為

$$G_s = \frac{X}{Y_z - Y_0}$$

Y_z ：室內達到穩定狀態時的有害物濃度(mg/m³)

Y_0 ：送風空氣有害物的濃度(mg/m³)

X ：有害物發生量(mg/s)

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

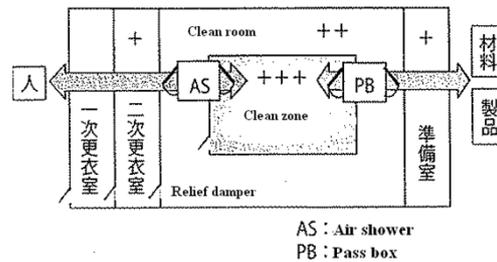
換氣次數與清淨度的關係

- 消除室內有害物質所需的送風量
 - 事實上室內有害物的分布及通風氣流不可能非常均勻，混合過程不可能在瞬時完成，為了保證污染發生源有害物濃度控制在允許值下，通常還要再乘一個安全因素K，通常在3~10倍內使用，小房間則接近1.0。一般有害物質的通風，一般是不能再循環的，通常會全數排走再補充相對應的室外新鮮空氣以維持空氣平衡。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

壓力的控制

- 潔淨區劃壓差的考量及選用
 - 正壓型潔淨室(污染物不進入潔淨區劃)
 - 工業用潔淨室
 - 製程區(+++)、維修區(+)、走道(++)乃至更衣室(+)或倉儲區(+)
 - 負壓型潔淨室
 - 生物安全
 - 化學危險物
 - 輻射危險物



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

壓力的控制

- 依據一般實務經驗顯示，能夠有效防制污染物自非潔淨區劃進入潔淨區劃內的壓力差至少須達20 Pa (2 mmAq)的水準。
- 美國聯邦標準209 中規定潔淨室與任何相鄰的低潔淨度區域之間的最小正壓差至少為13Pa(0.05in水柱)。
- 中國大陸的「潔淨室廠房設計規範」(GB50073-2001)則規定「潔淨室必須維持一定的正壓；不同等級的潔淨室以及潔淨區與非潔淨區之間的靜壓差，應不小於5Pa，潔淨區與室外的靜壓差，不應小於10Pa」。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

壓力的控制

- 對於藥廠GMP的規範而言，大致上前述規範依然適用。最近，不少業者為達成「節能」的目標，亦將壓差降至15 Pa (1.5 mmAq)，以達降低耗能的目標。
- 潔淨區劃與鄰近區域壓差條件

與鄰室的關係	差壓(Pa)
不同等級的潔淨室間	5
潔淨室與潔淨走道/更衣室	5~10
潔淨走道/更衣室與一般區劃	10
潔淨室與一般區劃	15~20

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

壓力的控制

- 潔淨室與一般空調相異性比較大的地方，即為潔淨室通常有製程排氣的要求。特別是工業潔淨室需要大量的各類熱排氣、酸鹼排氣以及有機排氣系統將各類製程廢氣經處理後排至大氣
 - 滿足室內空氣品質要求所需外氣量
 - 補充排氣所需之外氣量
 - 維持正壓所需之外氣量

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

壓力的控制

- 滿足室內空氣品質要求所需外氣量
 - 由於考慮人體新陳代謝的需要，人體在密閉空間不斷的吸入氧氣排出二氧化碳，將使密閉空間內二氧化碳的濃度升高，空氣中的含氧量逐漸降低，造成室內人有胸悶、倦怠乃至頭暈等問題，故應適時的補充足量的新鮮外氣。
 - 依據ASHRAE 62要求，每人最小的衛生外氣補充量應不小於10 L/s (36 m³/h)。而中國大陸的「潔淨室廠房設計規範」(GB50073-2001)則規定潔淨室內新風補充量不得小於每小時40m³

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

壓力的控制

- 補充排氣所需之外氣量
 - 潔淨廠房內製程設備所產生的廢氣或氣狀污染物以局部排風裝置抽除時，為了平衡此部份被排除的風量以防止室內壓力失衡，潔淨室的外氣供應系統就必須補償相對應的新鮮外氣。
 - 對電子工業來說，由於廢氣種類及來源固定，大部份製程廢氣的排除均採用局部排氣裝置。
 - 但對於廢氣種類及來源不固定的情況，如某些生物實驗室，就必須採用全面換氣方式。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

維持正壓所需之外氣量

- 為了防止室外或相臨的其它區劃的空氣滲入潔淨室內，干擾其潔淨度與溫濕度，潔淨室通常需要靠其空調系統中外氣系統補充一定量之已調節外氣，以透過門窗或其它區劃縫隙孔洞所滲入之外氣排除。維持正壓量所需要的外氣量，與正壓需求及區劃內的氣密性有關。
- 一般而言，潔淨室與外界的壓差應不小於**10Pa**，而相異潔淨等級間應不小於**5Pa**

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

維持正壓所需之外氣量

- 洩漏 V_{leakage} 計算方式如下：

$$V_{\text{leakage}} = 3600\alpha A\sqrt{2 \cdot \Delta P / \rho}$$

- A為洩漏面積(m²)
- ΔP 為潔淨室內外壓差(Pa)
- ρ 為空氣密度 (kg/m³)
- α 為流量系數(通常為0.3~0.5)

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

維持正壓所需之外氣量

- 在實際工程設計上A與 α 不易確實取得，故一般以工程經驗上正壓值大多落在1~2次空間的換氣量之間。

潔淨區劃與鄰近區域壓差與換氣次數之關係

Pressure Difference, Pa	Air Change
5	0.6
10	1
15	1.5
20	2.1
25	2.5
30	2.7

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

維持正壓所需之外氣量

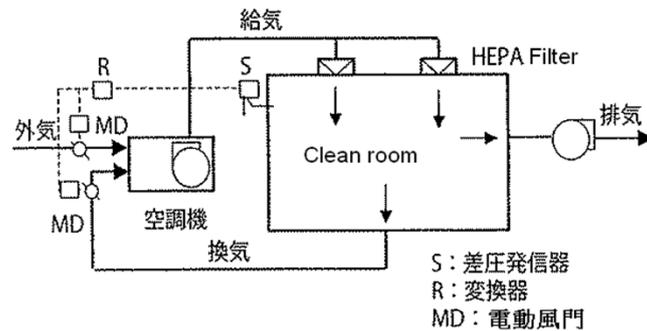
- 正壓型的潔淨室，整體氣流方向應從空氣潔淨度高的區域流向空氣潔淨度低的區域，所以潔淨室必需保持一定的正壓。
- 正壓值的大小反應了系統對干涉能力應變的大小。正壓值應選擇恰當。如過小則潔淨室的正壓容易被破壞，影響室內潔淨度；如過大則空調淨化系統處理風量增大，空調負荷增加。正壓值高於40Pa時，潔淨室的門就很難開關。

$$\dot{V}_{OA} = \dot{V}_{exhaust} + \max(\dot{V}_{exhaust}, \dot{V}_{press})$$

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

維持正壓所需之外氣量

- 正壓控制的方式
 - 由於製程排氣量幾乎決定了潔淨室正壓的程度，由於製程排氣量會隨著內部生產線產量變化，從而潔淨室須維持正壓所需之外氣量也隨之變化。

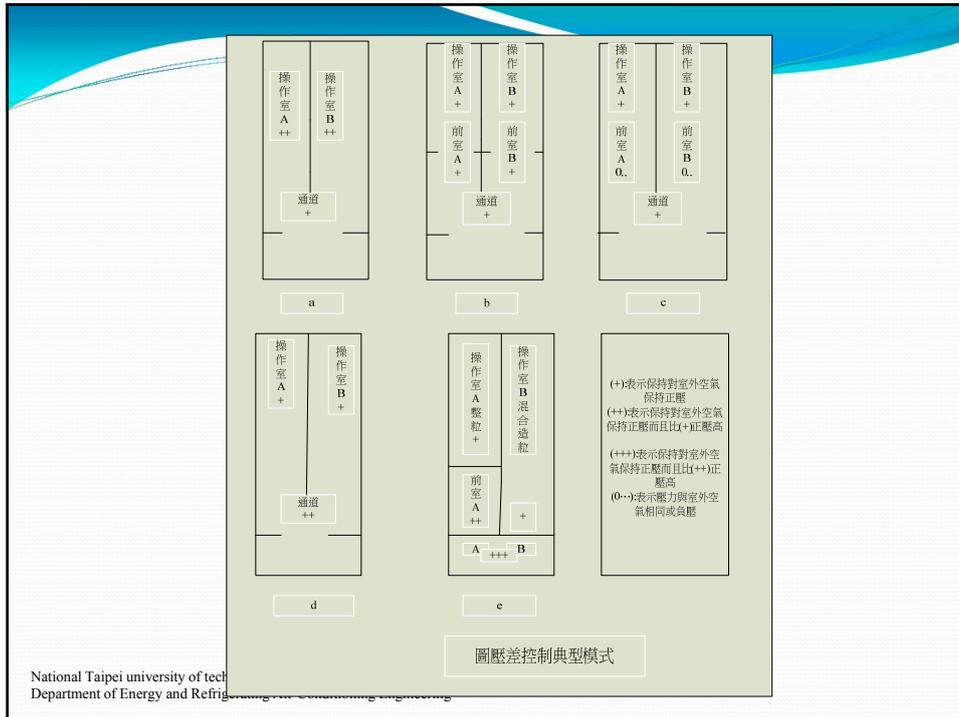


National Taipei university
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

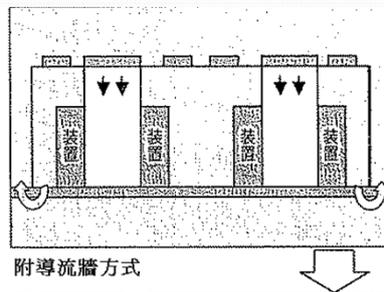
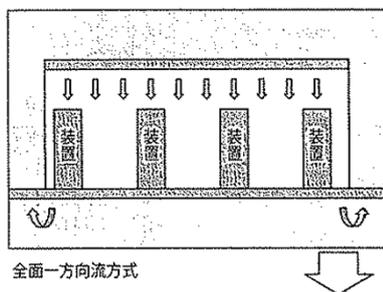
維持正壓所需之外氣量

- 各室之間的壓差控制
 - 為防止各製程間或製藥間的交叉污染，各房間應有一定的壓差，這種情況對藥廠尤為重要
 - 對以大空間(Ball Room)生產型式的某些電子廠，過分地要求壓差則不切實際

National Taipei university of technology.
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

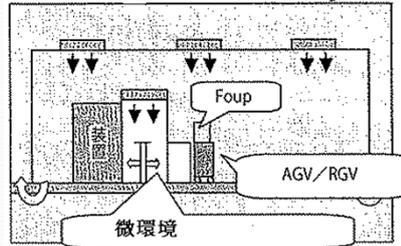


局部潔淨化與微環境



局部潔淨化與微環境

- 縮小噴流與擬提高規格之潔淨區劃間的距離，同時將該區劃與一般潔淨區劃分開。
- 因此，這種為確保潔淨室內某些特殊環境能夠強化潔淨效果，在某些區域給與隔離並提供獨立的潔淨環境，稱為「局部潔淨化」；而此一獨立區域則可稱為「微環境」(Mini-Environment, ME)

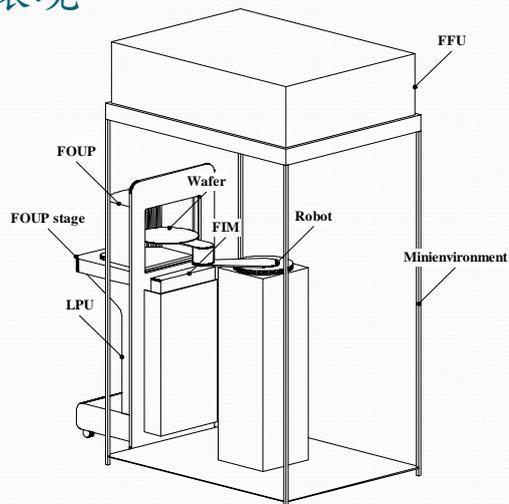


微環境方式

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

局部潔淨化與微環境

- Mini-Environment



設備本體所構成的微環境

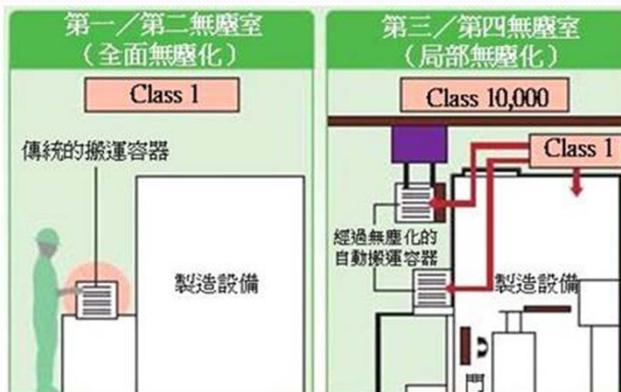
National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

Year of Production	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2012	2015	2018
Wafer Diameter	300mm	450mm	450mm	450mm						
Cleanroom area as a % of total site building area	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%
Mfg (Cleanroom) area/Wafer starts per month (m2/WSPM)	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
Facility Service (system) Life (nodes)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Classification of Air Cleanliness (Based on ISO 14644)	ISO Class 2	ISO Class 1								
Tool Maintenance Level	ISO Class 4									
Facility/Functional Level	ISO Class 5	ISO Class 6	ISO Class 7	ISO Class 8	ISO Class 9					
Facility capital cost per wafer starts (planned) (\$K/WSPM)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Tool Hookup (weeks)	16	14	14	12	12	10	10	8	6	4
Facility operating cost including utilities as a % of total operating cost	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%
Utility cost per total factory operating cost (%)	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

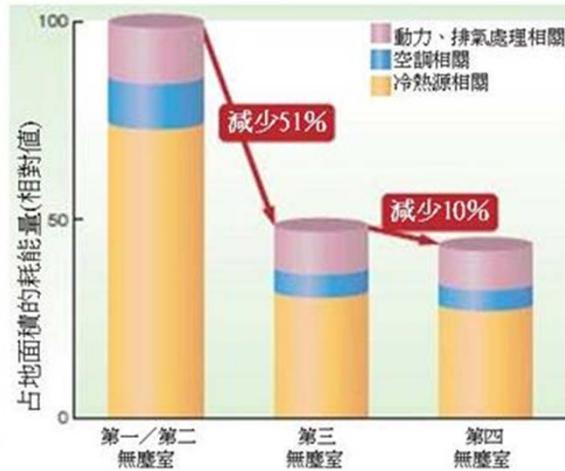
局部潔淨化與微環境

- 第三潔淨室佔地面積的每單位消耗能源較第一、第二潔淨室減少51%



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

局部潔淨化與微環境

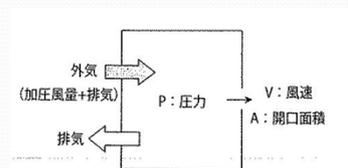


National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

局部潔淨化與微環境

- 機台存在開孔以及縫隙，因此當機台內外壓力平衡時，除了製程設備排氣補充外，同時也要考慮開孔的氣流洩漏量。
- 根據Bernoulli方程式所推得的壓差(dP)方程式

$$dP = \frac{\rho V^2}{2}$$

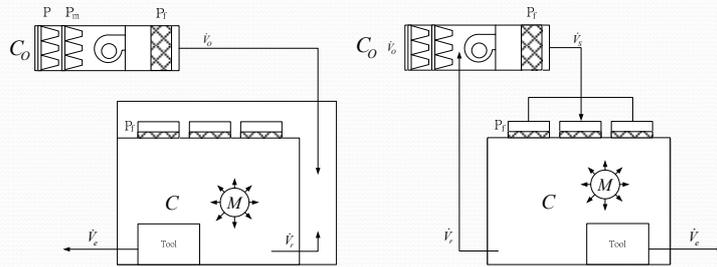


- dP 為壓差(Pa)
- V 為速度(m/s)
- ρ 為密度 (kg/m^3 ，空氣平均密度為 1.2kg/m^3)

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

HW03

- $P=0.7$, $P_m=0.2$, $P_f=0.0003$, $M=5 \times 10^4$, $C_O=1 \times 10^8$,
- $V_e=8000$ CMH, $A_{\text{leakage}}=0.1 \text{ m}^2$, $dP=15 \text{ Pa}$, $\alpha=0.3$
- ISO class 4 @ $0.5 \mu\text{m}$
- $V_r=?$, $V_s=?$



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

Chapter 3 Cleanroom 的設計方法

- 3.1 潔淨室的設計流程
- 3.2 潔淨室系統的選型
- 3.3 潔淨室的設計計算例

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨室的設計流程

- 1.潔淨室的設計目標
 - 體積、潔淨度、溫濕度、外氣條件、污染物產生量、製程型式
- 2.潔淨室系統的選擇
 - 氣流方式、空氣處理系統、空氣淨化系統
- 3.潔淨區域劃分與壓力分佈
 - 壓力設定以及調整方法、空氣處理系統規畫、排氣系統規畫
- 4.佈局規劃以及濾網的選定
 - 送回風口位置、微粒濾網的選擇、化學濾網的選擇

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨室的設計流程

- 5.熱負荷估算
 - 建物、人員、照明、生產機具、輸送動力、附屬設施
- 6.風量水量的估算
 - 外氣量、循環量、機台排氣量、冰/熱水量、加濕水量
- 7.潔淨度
 - 潔淨度計算、AMC濃度計算
- 8.設備選型
 - 循環空調箱、外氣空調箱、循環送風機、排氣風機、製冷/熱設備、自動控制
- 9.節能設計
 - 設計條件最佳化、系統與設備選型最佳化

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨室的設計流程

- 潔淨室的設計最重要的是潔淨室使用目的的明確性，system需依照這個目的引導出來。為了這個原因，需要和客戶充分的討論，將客戶要求的事項明確做出。另外與客戶接洽中有任何疑問時，要盡快提出質疑，消除不確定的因素。
- 將設計條件用室容積和熱負荷總結併為一個表，以此表為基礎，和客戶進行基本設計計畫的討論，防止條件有任何遺漏，並且客戶方和製造方都能握有共同的情報。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨室系統的選擇

- 潔淨室氣流型式
 - 根據實際的設計，比較檢討各個潔淨室氣流型的特徵，並將種種方式組合，選定能夠和設計條件相符的方式。
- 檢討潔淨室氣流型式時的比較項目
 - 營運管理面：作業區域潔淨度，潔淨度的維持、回復特性，溫溼度控制性，噪音控制，維護性，故障時的性能減低等等。
 - 費用面：initial cost、running cost、節能性。
 - 建築、施工面：施工期間，機房占有面積、擴充彈性(包含將來性)等等。
 - 其他

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨室系統的選擇

- 一般大樓從移除建物熱負荷和設備發熱的前提下，設計 HVAC 系統
- Cleanroom 還需考慮潔淨度和溫溼度穩定性，來選定系統型式
 - 溫溼度控制條件很嚴刻的狀況下、機台的排氣量造成外氣量而增加的狀況下的話，為了節省能源和讓溫溼度控制性能提升，採用 MAU 的設計是常見的。特別是 MAU 能進行階段式的溫溼度控制，能在潔淨室進行高精度的溫溼度控制。
 - MAU 的加濕方法通常是用蒸氣加濕。最近採用能去除 AMC 的 air washer 增加，但需要注意微生物的繁殖和水質管理等等。另外，在 MAU 溫溼度控制的狀況，循環空調機一般是沒有附加濕機能的。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨室系統的選擇

空氣調和系統	特點
空調機+風管	空氣淨化系統(Filter等)的導入容易 溫濕度控制性能良好 複數空調空間共用一台空調箱，容易變得像再熱系那樣不利節能的系統 空氣搬送動力低減的關係，ductless方式多
箱型機	ACH小，不需要精密的溫濕度控制的非一方向流方式cleanroom適用。 比較簡單的工程，初設較便宜。 因為吹出溫度差有變大的傾向，室內溫度分佈容易變的不均勻
Fan Coil Unit (FCU)方式	空氣淨化系統(Filter等)的組裝困難，幾乎不作主系統使用 室內的顯熱負荷局部性大的地方，會有需要使用補助的冷房機器狀況

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨室系統的選擇

- 潔淨室循環空氣包含在室內發生的塵埃或分子狀污染物質，一般來說，不能作為供給空氣使用，另外外氣也和循環空氣一樣，包含塵埃或分子狀污染物質，所以要裝置各種 filter，來達成空氣淨化。依據裝置的位置不同，不只有可能無法達成清淨空氣的目的，也會造成高價高性能 filter 以及 chemical air filter 的壽命會急遽縮短的情況，需要特別注意。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

空氣淨化系統的特徵

空氣淨化系統	特徵	問題點
<p>(基本方式1)</p>	<p>外氣和循環空氣的性狀極端相異的狀況也可以對應 高Flexibility</p>	<p>高花費 設置空間大</p>
<p>(基本方式2)</p>	<p>Filter的效率性使用和基本方式1相比，低花費省空間</p>	<p>外氣和循環空氣的性狀不同的情況對應較困難 在室內的污染物發生大量的情況，二段Filter負荷大</p>

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

AC: 空調機 (F): 循環用ファン (X): エアフィルタ (ケミカルエアフィルタ含) air filter chemical air filter

空氣淨化系統的特徵

空氣淨化系統	特徵	問題點
	適用於室內有大量被污染的狀況	外氣負荷變大，熱源容量增大 因為對能源不利，熱回收性的必要性高
	適用潛熱負荷小的狀況 溫度控制性良 室內溫度分布均一 Dry coil的冷水溫度可設定較高	為了使Dry coil溫度差小，需要大水量 在室內有多量污染物時難適用

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

AC: 空調機 (F): 循環用ファン (X): エアフィルタ (ケミカルエアフィルタ含)
air filter chemical air filter

潔淨區域劃分與壓力分佈

- 室壓的設定和控制
 - 潔淨室為了防止外部的塵埃和分子狀污染物質侵入，需要確保潔淨室內部保持正壓。還有潔淨室內清潔度不同，不讓空氣由清潔度低的區域流進清潔度高的區域，也要保持各室間的壓差，要控制各室的壓力維持適當的值。
 - 室壓的設定方法，從一般室到準潔淨室(更衣室和pass box等等)、低清潔度潔淨室、高潔淨度潔淨室的順序，室壓以5~10Pa個個逐漸提高，像這樣的計畫為一般性的。
 - 另外，要處理有害氣體的房間、製造時會有粉塵影響其他工程的房間，這時候不管清潔度高低，皆要比周圍的房間室壓還低的狀況也會有。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨區域劃分與壓力分佈

與鄰室的關係	差壓(Pa)
不同等級的潔淨室間	5
潔淨室與潔淨走道/更衣室	5~10
潔淨走道/更衣室與一般區劃	10
潔淨室與一般區劃	15~20

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨區域劃分與壓力分佈

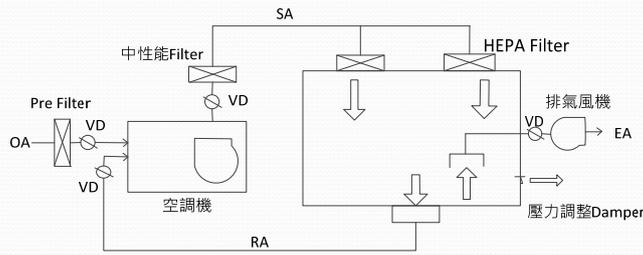
- 為了維持室壓和各室間壓差，生產機器的排氣量，以及房間內的空氣漏出量的合計值，和外氣供給量，都要有適當的控制系統。不讓室內供給風量有所變化是需要留意的地方。圖3.2為室壓控制系統的例子。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨區域劃分與壓力分佈

• (1)手動控制

- 手動控制壓力調整damper weight，控制室內正壓，生產機器的排氣量變化的狀況，用手動的方法重新設定各damper(VD)以及壓力調整damper。(圖3.2(a))



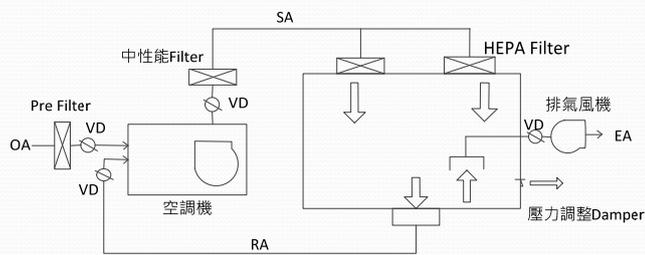
(a)手動控制

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨區域劃分與壓力分佈

• (2)外氣量控制

- 差壓發信器會偵查室間差壓(或室壓)，自動控制必要的外氣量。設置在外氣系統和return系統的motor damper(MD)會做反向動作，(圖3.2(b))。



(a)手動控制

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

空氣處理系統規劃

- 空調進行的範圍內，按照熱負荷以及其他負荷的性質，劃分為數個區域，將每個區域設置空調系統，稱為分區。
- 含有潔淨室的建築物，依表3.5所示，設置分區。
- 適當的分區，不只有防止過冷、再熱等等的節能設計的效果，對於建構隨室內熱負荷變動的系統也很重要
- 對於要採用何種分區，需依照潔淨室的使用目的和設計條件等做綜合性的判斷。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

空氣處理系統規劃

分區方法		優點
潔淨度分區	潔淨度class相同的室總結為1個Zone的方法	策畫空調機和duct中設置filter類的有效利用 此方法不只能用再潔淨度，也能以分子狀污染物為對象
時段分區	使用的時段相同的室總結為1個Zone的方法	為了可以讓非使用時段空調系統停止，策畫節能化。 選定能馬上開始運轉時間的系統
室內溫濕度條件分區	室內溫濕度條件相同的室總結為1個Zone的方法	為了可以防止不要的冷卻減濕、再加熱，策畫節能化
熱負荷特性分區	顯熱比、負荷變動等等，負荷特性相似的室總結為1個Zone的方法	可以讓部分負荷時和低負荷時的過冷卻、再加熱負荷減低
化學物質分區	製造工程中使用的化學物質性質相似的室總結為1個Zone的方法	混入循環空氣化學物質成分相似的緣故，容易作空調機系統的gas對策(腐蝕、防爆) Gas洩漏時，可以減少傷害其他系統可能性

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

空氣處理系統規劃

- 潔淨室的生產機台之排氣系統以酸、鹼、有機溶劑類來分類
- 排氣系統是設計依據氣體的性質以及排氣量，來考慮排氣處理設備的樣式以及設置場所等
- 排氣系統分類時要注意的點：
 - 基本上，各類的排氣須獨立設置風管系統。
 - 對有爆發性、自燃性的氣體來說，使用單獨系統可使安全性提高。
 - 即使是同種類的氣體，若處理方式不同，必須分離其管路系統。
 - 在不得已的情況下，不同的氣體要共管時，需要特別注意是否會因氣體混合產生有害氣體或爆炸的危險性，混合後具危險性的氣體必須分開設置排氣管路。
- 一般來說，為了將排氣風管設置在天花板中或高架地板下，運轉後變更設計並不容易達成，為了後續的擴充，排氣主風管盡可能設計的較大。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

空氣處理系統規劃

半導體工廠的生產機器排放的代表性物質

排氣系統	主要製程	排出物質
酸性氣體	洗淨 Wet etching Dry etching	HF, HCl, HNO ₃ , H ₂ SO ₄ , CH ₃ COOH, H ₃ PO ₄ , NH ₄ F, Cl ₂
鹼性氣體	洗淨 Wet etching	KOH, NH ₄ OH, NH ₃
有機性氣體	洗淨 Lithography Dry etching	C ₂ HCl ₃ , C ₂ Cl ₄ , C ₂ H ₃ Cl ₃ , CF ₄ , C ₂ F ₃ Cl ₃ , CH ₃ OH, C ₂ H ₅ OH, IPA, MEK, C ₆ H ₄ Cl ₂ , Acetone(丙酮)、toluene(甲苯)、xylene、Butyl acetates、phenol(苯酚)、Cellosolve
特殊氣體	長晶 CVD 擴散 ion注入	SiH ₄ , SiH ₂ Cl ₂ , SiCl ₄ , SiO ₂ , H ₂ , HCl, AsH ₃ , PH ₃ , B ₂ H ₆ , AsCl ₃ , SiHCl ₃ , Si(OC ₂ H ₅) ₄ , N ₂ O, NH ₃ , CO ₂ , As ₂ O ₃ , PCl ₃ , POCl ₃ , P ₂ O ₅ , BCl ₃ , BBr ₃ , B ₂ O ₃ , BN, Sb ₂ O ₃ , Pbr ₃ , PF ₃ , PF ₅ , AsF ₃ , AsF ₅ , BF ₃

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

佈局規劃以及濾網的選定

- (a)送風口、回風口的佈局檢討
 - 送風口、回風口的佈局對Cleanroom內的氣流有很大的影響，因此若是配置不當會使Cleanroom的性能無法發揮，無法維持潔淨度。

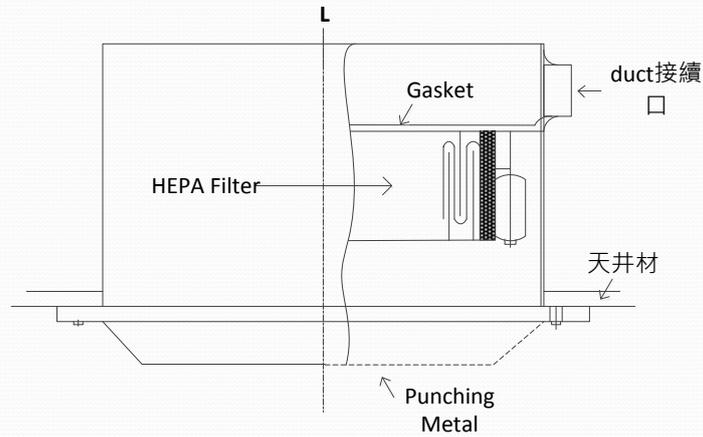
National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

佈局規劃以及濾網的選定

- 以下為具代表性Cleanroom的送、回風口的佈局
- (1)非一方向流方式的吹出口、吸入口
 - 非一方向流方式的吹出口，在平面設置多個，氣流的停滯點會變少。實際上，需要考慮花費及施工性，大多每3~4m設置一個。另外，送風口的形狀，希望誘引少，擴散半徑大，送風口很多有設置蜂板(圖3.3)，且排風口需要比送風口還多。
 - 檢討送風口、回風口的位置、個數時需留意的地方，如以下所示
 - 牆壁送風、牆壁回風以及天花板送風、天花板回風的狀況，要注意不要引起短循環(乾淨空氣沒有提供給潔淨室，直接被排出)
 - 排風口配置不平均的話，氣流停滯點會容易發生，盡可能的平均配置。
 - 排風口需配合避開生產機台的佈局。
 - 生物潔淨室，水洗地面的情況很多，不要設置回風口在地面。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

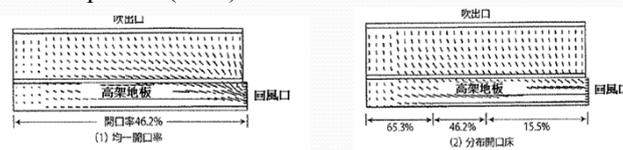
佈局規劃以及濾網的選定



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

佈局規劃以及濾網的選定

- (2) 垂直單一方向流方式的送風口、回風口
 - 垂直單一方向流為送風口佈置在天花板(80%以上)，排風口是在地面grating構造。另外天花板上和地板下為supply air plenum(SAP)、return air plenum(RAP)。



問題	處理方法
往Supply chamber的送氣從單一方向吹入，室內氣流分布產生偏流	往Supply chamber的送氣分散為多個地方吹入 抑制吹入氣的氣流速度 吹出口採用FFU
從Return chamber的換氣從單一方向吸入，室內氣流分布產生偏流(圖3.4(a))	和Supply chamber情況相同，分散為多個地方吸入 開口率相異的grating適合的配置(圖3.4(b)) 採用附有風量調整damper的grating來調節

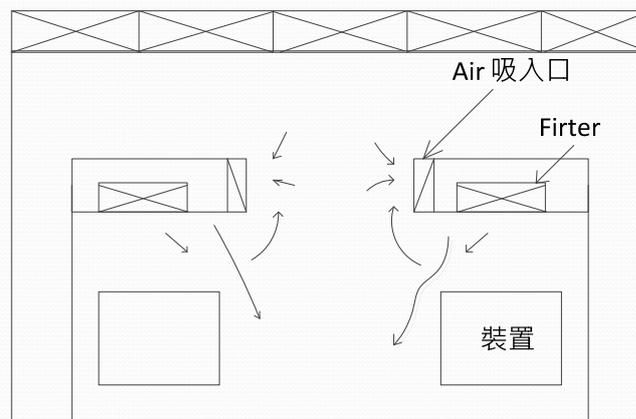
National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

佈局規劃以及濾網的選定

- (3) 混合流方式的送風口、回風口
 - 混合流方式為上述2種方式的組合，考慮配置的方法和需留意的地方基本上相同，但是有混合流特有的留意點。
 - 部分為單一方向流為結合clean booth和clean bench之配置，clean booth和clean bench的回風口，幾乎設置在上部或是側面。這些吸入口互相干涉，捲入從非單一方向流出風口的潔淨空氣，造成短循環，使得booth和bench周邊的氣流狀態不穩定，使得污染物質無法迅速稀釋與排除。為了讓非單一方向流和單一方向流互相干涉的狀況變少，各個送風口、排風口需有適當的配置。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

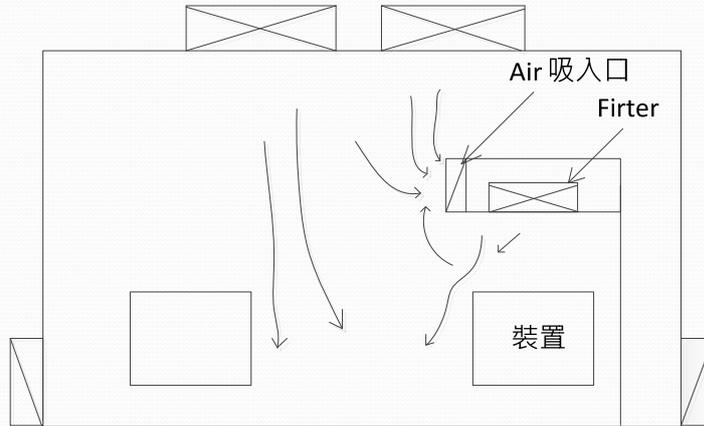
佈局規劃以及濾網的選定



(a)在回風口發生上昇氣流的狀況

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

佈局規劃以及濾網的選定



(b)在回風口發生氣流傾斜的狀況

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

佈局規劃以及濾網的選定

- (b)微粒移除用濾網的選擇
 - 在潔淨室中擔任最重要的角色的是濾網，將濾網配置在風管中和送風口，能供給潔淨空氣，確保潔淨室的潔淨度。在表3.7表示潔淨室用的filter的用途性能，即使同一個濾網，面風速會使效率和壓損有所變化，需要選定適合的濾網。

表 3-7 クリーンルーム用フィルタの例^①

フィルタの用途 (名称)	フィルタ効率 [%]			抵抗 (Pa)* (初期-最終)
	重量法	比色法	計数法	
最終フィルタ (ULPA)	—	—	0.1 μm 99.999	250-500
最終フィルタ (HEPA)	—	—	0.3 μm 99.97	250-500
最終フィルタ (準 HEPA)	—	99 以上	0.3 μm 95	120-250
中間フィルタ	—	90-95	60-70	140-270
中間フィルタ	—	60-70	20-30	120-240
プレフィルタ	80-90	—	—	60-120

* 低初期圧損タイプもある。準 HEPA の呼称は通称である。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

佈局規劃以及濾網的選定

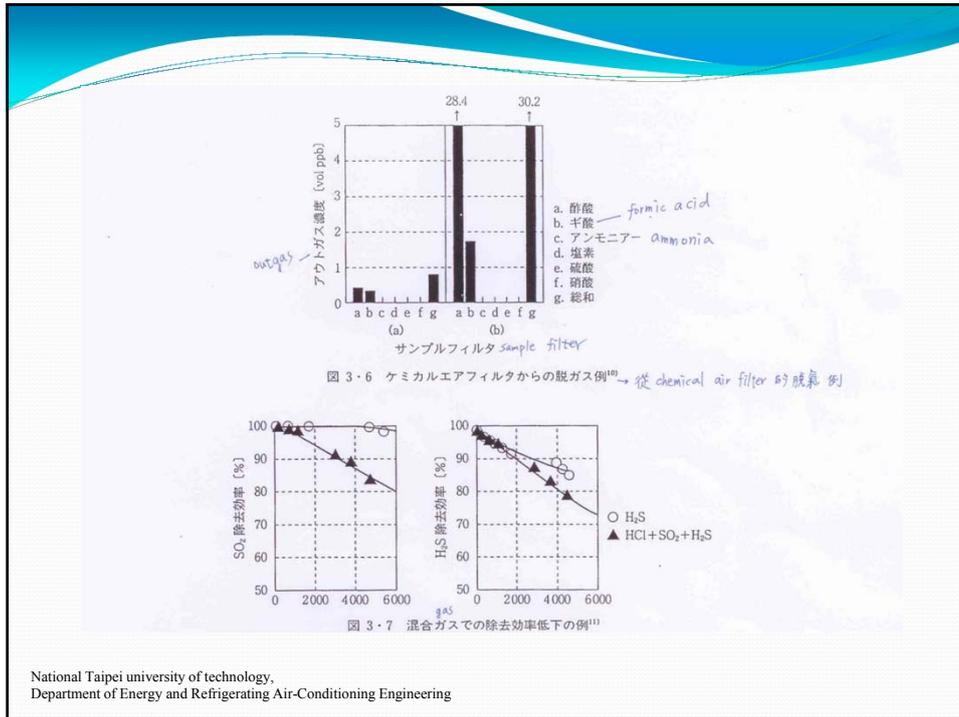
- (c) chemical air filter的選定
 - 半導體潔淨室內，隨著產品線徑的微小化，控制對象從微粒轉變為AMC，因此，外氣空調箱(MAU)、循環空調機(RCU)內，以及FFU等等，將微粒移除用的濾網和化學濾網組合起來的狀況也有，若只是盲目地設置化學濾網，不但無法有效果的除去污染物，反而有可能會使污染擴大，在選定的時候需要十分留意，表3.8表示選定時需留意的點。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

佈局規劃以及濾網的選定

課題	對策與重點
除去對象氣體的選擇性	Chemical filter依對象物質分類 對象為複數的物質時，依性質個別分類，選定複數個對應各性質的chemical filter 設置複數個的狀況時，須留意設置空間和壓力損失
除去效率的濃度依賴性	一般來說，filter入口濃度變低時除去效率也會變低 把握實際使用的環境，檢討除去性能是否可以發揮
發塵性	用物理性應力、化學反應等等會發塵的chemical filter，在設置時下流側需要裝設除去塵埃用的filter 也有發塵性小的filter，和製造商確認
濾網的脫附(參照圖3.6)	須留意從構成材料產生氣體，或是浸漬藥品的脫離等 根據使用環境，產生物質的種類和量的變化，使用前須實施filter測試 需和製造商更新最新情報
混合物質的影響(參照圖3.7)	複數物質存在的狀況，也有除去對象的除去效率和壽命降低的狀況 依據空氣中所含氣體成分，低下傾向相異的緣故，需要實施field測試
壽命和cost	氣體除去容量小filter的狀況，須留意交換cycle變短，running cost增大 在選定時，對象物質的入口濃度，吸附容量明確的狀況下，filter的壽命計算為必要 在使用狀態下，調查適宜、殘留的氣體除去容量，推定剩餘壽命

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering



熱負荷的算出

- 要求高度的溫溼度控制的潔淨室，室內熱負荷需要詳細的計算
- 下表為算出潔淨室室內熱負荷時需特別留意的項目

熱負荷的種類	特徵	留意點等
從生產機器產生的熱負荷	發熱量非常大 會有占室內熱負荷的一半以上的狀況 洗淨工程以外只有顯熱負荷	<ul style="list-style-type: none"> 將這回設置以外，未來計畫增加的份也包含進去，算出機器負荷。未來計畫不確定的情況時，先留置多餘的空間。 和使用冷水冷卻的裝置組合時，可以減低除去熱量，機器所需的冷水量，計算熱源時為必要 從機器排氣的狀況時，可以減低發熱量，但是降低的程度需和客戶討論決定。
從搬送動力產生的熱負荷	和一般建築空調相比，風量、靜壓大的緣故，動力也會變大 Clean booth、clean bench 等等風扇發熱會全部變為室內負荷	<ul style="list-style-type: none"> 雖然在一般空調的狀況可以無視，但在潔淨室中fan的動力程度大，從設置台數來考慮，不可忽略的狀況很多 關於Booth和bench的fan發熱，以機器負荷來算出 關於FFU和循環fan的發熱，決定風量後以熱量算出依據fan的溫度上升來檢討
建屋負荷	潔淨室在一般工廠內設置，因為無窗、密閉性高的緣故，建屋負荷少	<ul style="list-style-type: none"> 計算方法和一般空調相同
照明負荷		<ul style="list-style-type: none"> 計算方法和一般空調相同 照明器具設在天花板內的狀況，發熱量從室內以及天花板內分配(若天花板是supply chamber的情況除外)
人體負荷		<ul style="list-style-type: none"> 計算方法和一般空調相同 與潔淨室內的作業實態配合計算負荷量

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨度的確認

(a) 潔淨度的計算

- 在潔淨室的維持、管理中，最重要的條件就是潔淨度
- 在設計階段選定的系統，需要確認能夠達成目標的清潔度能力
- 潔淨度的計算會依空氣淨化系統不同而有差異，關於各種方式，需要參照塵埃進出平衡或air filter捕集效率
- 潔淨度的計算式①取入外氣內含塵埃的量②在室內的發塵量③使用的filter塵埃捕集效率④從外氣量、送風量、排氣量等等可以求出，但依氣流方式不同會有若干點差異

潔淨度的確認

(1) 非一方向流的狀況

- 非一方向流的潔淨室，空氣淨化原理是稀釋，瞬時均一擴散*的假設可以適用
- *瞬時均一擴散：流入室內，或是在室內發生的污染物質，流入或發生的同時，讓它在室內全體擴散，污染物質的室內濃度一樣
- 依據對室內的流入、流出塵埃量，從進出平衡導出室內潔淨度的算式。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨度的確認

(2) 一方向流方式的狀況

- 一方向流方式的潔淨室，在室內發生的塵埃不使之擴散，無法適用瞬時均一擴散的假設
- 一方向流方式的潔淨室的清潔度，與裝置在吹出口的最終air filter(HEPA和ULPA等)的出口塵埃濃度幾乎相等，從吹出氣流所含的塵埃濃度來看潔淨度
- 求出到達Air filter的塵埃量，算出air filter的塵埃捕集效率和吹出氣流潔淨度

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨度的確認

(b) 分子狀污染物質濃度計算

- 關於分子狀污染物質濃度計算，和一方向流方式同樣，也適用瞬時均一擴散的假設
- 和非一方向流方式的潔淨室的清潔度計算同樣，求出各種對室內流入、流出的物質量，從進出平衡導出室內濃度的算式

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

機器的選定

(a) MAU

- MAU設置的目的，是將外氣中所含塵埃除去、將取入外氣的熱負荷除去、控制取入外氣的露點、海鹽粒子的除去、外氣所含的分子狀污染物質的除去等等。
- 設置的MAU不需擁有上述所說全部能力，是依照設計條件和環境條件，讓所需的機能為高即可。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

組入MAU的主機器和目的：

主要設備	設置目的	設定條件等
預熱器	防止結凍	加熱器出口溫度為1-5度，熱源的部分一般的熱源可使用溫冷的水。
冷卻・加熱盤管	海鹽粒子對策	為了不使被過濾網捕集的海鹽粒子潮解，須把相對濕度降至80%以下
	露點控制	夏天，冷卻製露點溫度。 冬天，加熱加濕到8-13度。 假設冷卻到室內露點溫度時，冰水溫度必須為5度。
	溫度控制	像是夏天和冬天需要把溫度調整到室內溫度範圍內
加濕器	濕度控制	因為細菌的繁殖和水質等問題普遍用蒸氣加濕
	塵埃分子狀污染物質除去	加濕的方式運用水溶性物質來去除灰塵
濾網	塵埃	如果潔淨室要很高的乾淨程度，就要在外氣空調箱的最後段的地方加裝過濾器
	海鹽粒子對策	高發水性的過濾材質和高密度的過濾材料
	氣體去除	設置化學空氣過濾器

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

機器的選定

(b) 循環用空調機

- 依據MAU的機能，來決定必要機能，循環用空調機的最大的目的是還氣和外氣的混合處理，對應室內環境條件
- 下頁是組入循環用空調機的主要機能

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

<p>主要功能 冷房・暖房能力</p>	<p>按照冷暖房負載決定主機能力 運用主機來調控溫度，降低冷房顯熱相當重要 同時使用冷暖系統控制主機溫度，溫濕度必須精準掌控 防止主機結冰，如果要移除海鹽粒子的冷暖房能力，主機的負載就不能包含海鹽粒子</p>
<p>加濕</p>	<p>如果要用外氣控制溫濕度的話通常不必考慮空調箱的加濕，但是濕度控制條件非常重要，如果要改變濕度控制加濕能力是必要的 如果不提供和主機的溫濕度控制，濕度與熱負荷無關，加濕能力也很重要。</p>
<p>過濾網</p>	<p>非一方向方式的使外氣換氣粒子濃度高，使此需裝HEPA來過濾來保護。 單向流之方式在換氣期間粒子濃度低但還是必須使用過濾器來維持濃度 在生產過程中發生污染氣體洩漏，必須裝製化學過濾器並注意放至之位置</p>
<p>風扇</p>	<p>選定風扇必須先計算送風量和壓損 風扇的種類哪個適合需參略表3-12但實際性能還是必須參照製造商資料 最終過濾器的壓損，初期壓損需加100PA加上風扇靜壓 如果要在進出口去安裝FFU最後過濾器的壓損，需提供過濾器的壓損FFU之壓損但可省略靜壓計算</p>

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

機器的選定

(c) 循環送風機

- 循環送風機的選定方法和留意點，是空調用送風機同樣
- 關於fan的種類和特徵參照下頁

表 3・12 送風機の種類とその適用¹⁾

種類	遠心送風機				軸流送風機				
	多翼送風機 (シロッコ)	後向き送風機	翼形送風機	チューブ形 遠心送風機	斜度送風機	プロペラ	チューブ	ファン	横流送風機
Impeller インペラと ケーシング (casing)									
特性									
要目	風量 (m ³ /min) 10~2000	30~2500	30~2500	20~50	10~300	20~500	500~5000	40~2000	3~20
静圧 (Pa)	100~1230	1230~2450	1230~2450	100~490	100~590	0~100	50~150	100~790	0~80
効率 (%)	35~70	65~80	70~85	40~50	65~80	10~50	55~65	75~85	40~50
騒音 レベル(dB)	40	40	35	45	25	40	45	45	30
特性上の特徴	風圧の変化による風量と軸力の変化は比較的大きい。風量の増加とともに軸動力が増加する。	風圧の変化による風量の変化は比較的大きい。軸動力の変化も大きい。軸動力はリミットロード特性がある。	風圧の変化による風量の変化は比較的大きい。軸動力の変化も大きい。軸動力はリミットロード特性がある。	圧力上昇が大きい。圧力の変化は容のない右下り。流れの損失は大きい。効率は悪い。	軸流送風機と類似しているが、圧力曲線の容は狭い。動力曲線は全体に平坦。	最高効率点は自由吐出し付近にある。圧力変化に容はない。	吐出し空気は確実で回転成分を有する。	圧力に容があり、その左側での運転は不可。吐出し空気の回転成分は少ない。	羽根車の径が小さくても効率は高く、吐出し空気の回転成分は少ない。
用途	低速ダクト空調用 各種空調用 給排気用	高速ダクト空調用	高速ダクト空調用	屋上換気扇	局所排風	換気扇 小型冷却塔 エレクトロニクス 低圧・大風量	局所通風 大型冷却塔 中圧・大風量	局所通風 トンネル換気 一般空調 (特例) 高圧・低風量	ファンコイル ユニット エアーターン

(注) (1) この一覧表は片吸込み形を基準にしている。
 (2) それぞれの値はだいたいの目安である。
 (3) 比較音とは、風圧 9.807 Pa で 1 m³/s を送風する送風機の騒音値に換算した

National Taipei university of technology,
 Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

機器的選定

(d) 生産機器排気用 fan

- 生産機器排気用 fan の選定方法也和前述 fan の選定方法基本上一様
- 根據其排氣中含有的氣體成分，要注意腐蝕或爆發等等的對策
- 這幾點對於 fan 的材質和樣式變更有很大的影響

機器的選定

(e)冷溫熱源機器

- 熱源機器的選定和一般空調狀況相差不大
- 下表為選定熱源機器時要留意的點

項目	需留意的點
溫度條件	選擇機器時必須考量冰水溫度、冷卻水的溫度和流量、冷凍效率的變化、溫度條件、負載需求等。
機器寸法	機房內的空間需使得設備移動具有彈性空間。
高壓配電盤	設備的種類中需檢查高壓配電盤，必須要確認電壓和啟動方式。
燃燒的費用	選擇冷凍機時必須注意鍋爐以及熱源燃料的種類許需求量需確認，負載需求和維護也相當重要。
信賴性・控制性	如果為了要裝置這麼多台機器且確保其可靠度。需留意冰水以及溫水的溫度控制。如果要控制這些機器的話，當機器發生停止時可能將造成溫度變化
F R E O N 規劃	討論冷媒，考慮以下幾點特定F R E O N，是否有取代之的規劃。為護成本及費用。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

機器的選定

(1) 冷凍機的選定

- 在下頁表中，依冷凍cycle分類空調用冷凍機的種類和容量，以及它的主用途
- 從濕度控制的觀點，需要5°C程度的冷水的話，採用離心冷凍機(turbo冷凍機)的case很多，但是最近，和CGS(cogeneration system)連結，可以取出5°C程度的吸收式冷凍機的例子也增加了
- 冷凍機選定時的條件
 - i) 冷凍機負荷
 - ii) 冷水以及冷卻水出入口溫度
 - iii) 必要冷水量
 - iv) 冷凍機動力源

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

冷凍循環	形式	種類	冷媒	驅動動力kW	主要用途		
蒸氣壓縮冷凍循環	容積壓縮型	往復式	全密閉型	HFC-134a, HFC-404a, (HCFC-22)	0.06~15	冷藏庫, 箱型空調機	
			半密閉型	HFC-134a, (HCFC-22)	0.75~120	箱型空調機	
			開放型	HFC-134a, NH ₃ , (HCFC-22)	0.4~120	汽車空調	
		迴轉式	旋轉	小型活塞	HFC-134a, HFC-404a, HFC410a, (HCFC-22)	0.06~4.5	冷藏庫, 冷凍空調
				可調葉片	HFC-134a, (HCFC-22)	0.75~5.5	空調, 汽車空調
			大型活塞	NH ₃ , (HCFC-22)	20~300	船舶冷凍	
	渦卷型	雙轉子	HFC-404a, HFC410a, HFC-407C, (HCFC-22)	0.5~12 多級-30	空調, 冷凍, 汽車空調		
			HFC134a, NH ₃ , (HCFC-22)	15~1800	冷凍, 空調		
		單轉子	HFC134a, NH ₃ , (HCFC-22)	0.75~6	汽車空調		
	離心型	遠心	HFC123, HFC134a, (HCFC-22)	80~7500	中央空調, 冷凍		
		噴射型	蒸氣噴射	Water	-	10~30°C 冷水製造	
	吸收冷凍循環	吸收型	小型吸收	Water(吸收劑LiBr)	-	小規模冷暖房	
單效	Water(吸收劑LiBr)		-	引擎餘熱回收			
雙效	Water(吸收劑LiBr)		-	中壓蒸氣一般空調			
直接吸收冷溫水機	Water(吸收劑LiBr)		-	一般建築			
空氣冷凍循環	-	渦流管	Air	-	電子冷卻		
		空氣壓縮	Air	-	航空空調		
熱電效應	-	電子冷凍		-	局部冷卻, 小型冷藏		

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

機器的選定

(2)boiler的選定

- 下頁表中，依構造面分類boiler的種類和容量，以及它的主用途
- boiler選定時的條件
 - i) 暖房、供給熱水負荷
 - ii) 溫水出入口溫度和蒸氣壓力
 - iii) 燃料種類(重油、燈油、其他)

暖房、供給熱水負荷選定條件要變換成蒸氣用boiler換算蒸發量的單位時，除以2256kJ/kg即可。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

3章 クリーンルームの設計

表 3.15 ボイラの種類と用途⁽¹⁾

ボイラの種類	ボイラより取り出す熱媒の種類	蒸気圧力または温水温度	蒸気量または熱出力	ボイラ効率 (%)	主な用途	
鋳鉄製ボイラ	蒸気	0.1MPa以下	0.3~4t/h	80~86	給湯・暖房用	
	低温水	120°C以下	29~2300kW			
丸ボイラ	蒸気	0.7MPa以下	0.1~0.5t/h	70~75	暖房・プロセス用	
	炉筒煙管ボイラ	蒸気	1.6MPa以下	0.5~20t/h	85~90	給湯・暖房・プロセス用 地域暖房用
	中・高温水	170°C以下	350~9300MW			
貫流ボイラ	単管式小型貫流ボイラ	蒸気	3MPa以下	0.1~15t/h	80~90	暖房・プロセス用
	多管式小型貫流ボイラ	蒸気	1MPa以下	0.1~2t/h	75~90	暖房・プロセス用
	大型貫流ボイラ	蒸気	5MPa以上	100t/h以上	90	発電用 地域暖房用
	高温水	130°C以下	5.8MW以上			
水ボイラ	立て水管ボイラ	蒸気	1MPa以下	0.5~2t/h	85	給湯・暖房プロセス用
	二胴水管ボイラ	蒸気	0.7MPa以下	5t/h以上	85~90	暖房・プロセス・発電用
電気ボイラ	温水	120°C以下	120~930kW	98	全電気式空調補助熱源用	
熱媒ボイラ	気相	200~350°C	1.2~2300kW	80~85	プロセス用	
	液相					
真空蒸器	鋳鉄製低温水	80°C以下	120~3000kW	85~90	給湯・暖房用	
炉筒煙管式	低温水	80°C以下	46~1860kW	85~88	給湯・暖房用	
住宅用小型温水ボイラ	温水	0.1MPa以下	12~41kW	60~80	給湯・暖房用	

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

機器的選定

(f)自動制御方式

- 潔淨室自動制御の目的，是要有效率的維持環境條件以及合理的利用能源。
- 為了節能，要選定適合的自動控制項目。
- 在下頁表中是熱源、搬送、空調機周圍主要的控制項目。
- 在自動控制設備的計畫，最重要的是對控制對象的特性把握，加入設計控制精度以及狀態量的變動性。
- 另外，中央管制和local控制分擔適當的位置，對於故障機能back up的考慮方法等，提高信賴性和控制性也很重要。

機器的選定

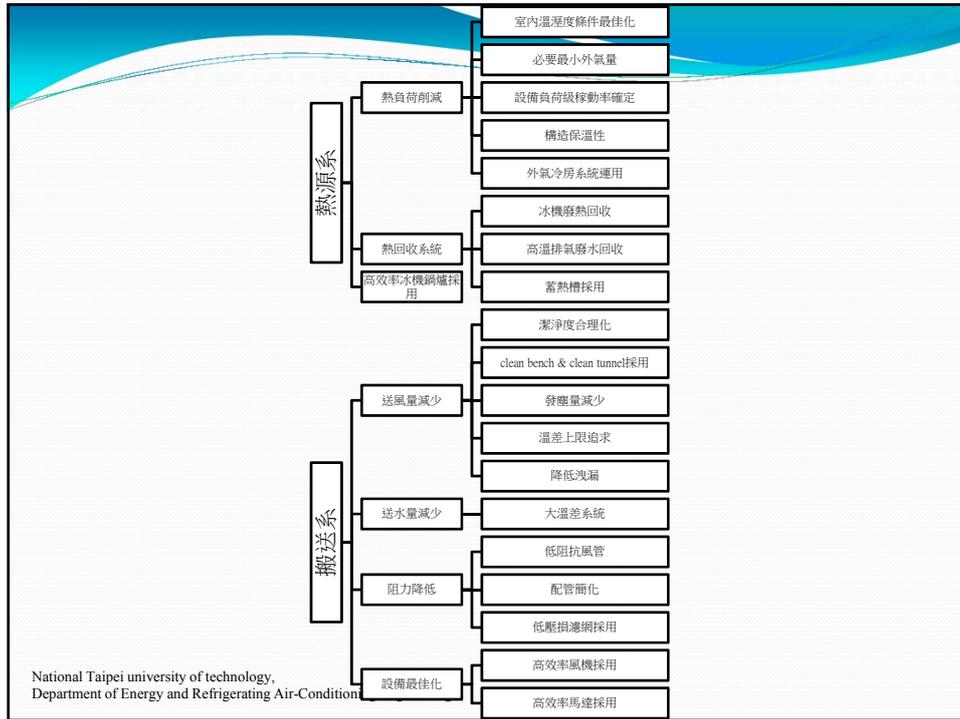
設備要素	控制項目	主要目的	備註
熱源	熱源機台數	供給熱量合理	所需動力合理
	熱源溫度設定	送水溫確保	COP合理
	蓄熱運轉	夜間電力有效利用	電力峰值分散
	熱回收	廢熱有效利用	熱交換器
般送	Pump台數	所需動力合理	Bypass
	Pump容量	所需動力合理	壓力確保
	Fan風量	所需動力合理	排氣風機回轉速控制
空調機	外氣溫濕度	外氣品質均一	露點溫度控制
	室內溫濕度	室內條件維持	乾盤控制
	室內壓力	潔淨度,潔淨區域維持	外氣風量控制
	變風量	所需動力合理	室內環境需留意

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

節能方法

- 潔淨室的冷房負荷
 - ① 室內機器發熱量 ② 外氣取入量 (= 機器排氣量) ③ 空氣搬送動力等等，是一般 office building 的 5~10 倍，另外 24 小時運轉的狀況也很多，電力消費量非常大
- 因為多能量消費的設施，為了讓潔淨室節能對策投資效果提高，從以往的各種項目來檢討並實施
- 潔淨室主要的能量消費以熱源和搬送系為中心，因此節能對策的項目以這兩者來集中討論
- 主要節能對策項目表示在下頁圖中

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering



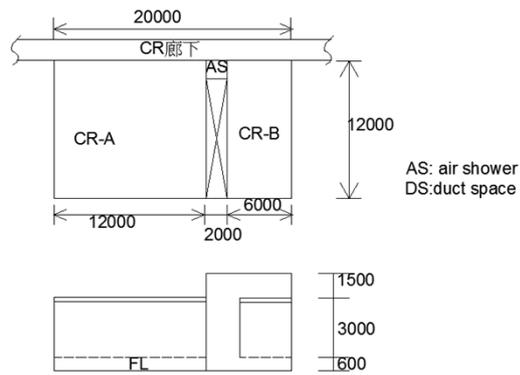
潔淨室的設計計算例

- 關於如同以下條件的潔淨室(在以下圖表中簡稱CR)，進行空調設備的設計。

潔淨室條件

(a) 建物計畫

- 潔淨室更衣室、前室等等附帶室不在計畫內
- 參考下圖



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨室條件

(b) 內裝

- 壁、plenum chamber：絕熱panel
- 天花板：系統天花板(1200×600)
(系統天花板的尺寸，以一般常用的尺寸為準。其他也會有1500×750的尺寸)
- 地板：free access floor(600^H)

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨室條件

(c)設計條件

(1)設計室內條件

室名	溫度[°C]	濕度[%]	潔淨度	噪音[dB]	面積[m ²]	天井高[m]	人員
CR-A	23±2	45±10	JIS Class 6	60以下	144.0	3.0	3
CR-B	23±1	45±5	JIS Class 3	60以下	72.0	3.0	2

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨室條件

(2)設計外氣條件

	乾球溫度D.B.[°C]	濕球溫度W.B.[°C]	相對溼度R.H.[%]
夏季	31.0	25.6	65.0
冬季	-5.0	-6.2	73.0

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨室條件

(3)設計各室諸元條件

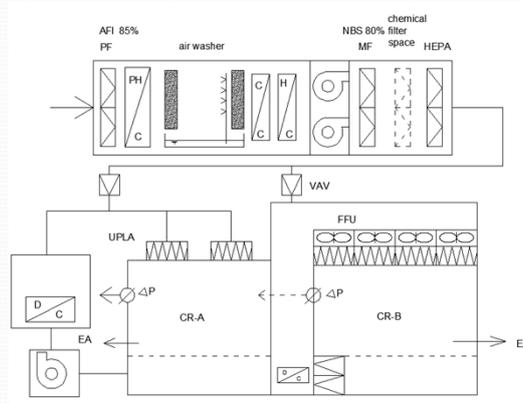
室名	裝置名	電器容量[kVA]	冷卻水[l/min]	排氣量[CMH]			台數
				酸	有機	熱	
CR-A	裝置 a	30.0	30	300		200	5
	裝置 b	25.0	30		400	400	5
	裝置 c	3.0		500			1
				排氣量計[7000]			
CR-B	裝置 d	6.0	10	200	200	100	1
	裝置 e	1.0					2
	裝置 f	8.0					2
	裝置 g	5.0					1
				排氣量計[500]			

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨室系統概要

(a)氣流方式

- 右為duct系統圖
- 潔淨室 A是非一方向流方式
- 潔淨室 B是一方向流方式



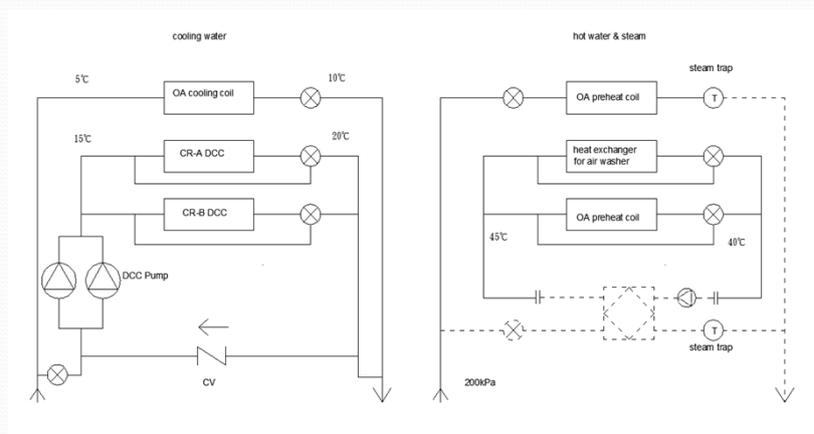
National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨室系統概要

(b)空氣調和system

- 是外氣一次處理(露點、外氣塵、分子狀污染物質)的MAU，以及循環系二次處理(溫度、潔淨度)的空調機所構成。
- MAU、空調機的fan是以2台構成，50%back up system。(設置2台能力50%的fan，是因為1台要在故障的狀況時也能防止空氣循環停止)
- 朝空調機冷卻coil供給高溫冷水(15°C)，作為dry coil的方式。
- 在空氣線圖做成的時候，需要確認dry coil方式是否可採用。
- 下頁圖中是配管系統圖。
- 潔淨室 B是配置FFU，local return方式。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨室系統概要

(c)空氣淨化system

- filter構成如圖 (MAU的chemical air filter在將來對應，只要設置space)

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨室系統概要

(d)自動控制概要

(1)溫度控制

檢測出MAU的coil出口空氣溫度、coil冷水量以及溫水量來進行控制。

潔淨室循環系統會檢測出dry coil出口空氣溫度，進行coil冷水量控制。

(2)濕度控制

只在MAU做露點控制，在潔淨室系統不進行加濕。

(3)室壓控制

由在外氣系統設置的自動damper來控制室壓。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

室壓設定、系統分類、zoning

- 潔淨室 A 和潔淨室 B 有各自獨立的循環系統，防止在 zone 之間的污染擴散
- 設定室間壓差潔淨室 B ~ 潔淨室 A 之間為 5Pa，潔淨室 A ~ 潔淨室走廊間為 5Pa
- 讓潔淨室 B > 潔淨室 A > 潔淨室走廊間，設置壓力調整 damper
- 生產機器排氣系統依酸性排氣、有機排氣、熱排氣分類

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

吹出口、吸入口的 layout 的檢討

- 潔淨室 A 為天花板吹出，地板吸入；潔淨室 B 為天花板全面吹出，地板全面吸入
- 算出潔淨室 A 的吹出口的送風量後，可以依據 filter 處理風量算出個數。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

熱負荷的算出

(a) 建屋負荷(包含人體負荷、照明負荷)

室名	冷房負荷[kW]			暖房負荷 [kW]
	顯熱負荷	潛熱負荷	全熱負荷	
CR-A	7.50	0.19	7.69	8.36
CR-B	3.72	0.11	3.83	4.19

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

熱負荷的算出

(b) 生產機器負荷

- 下表為算出結果，這裡的生產機器負荷為30%

室名	裝置名	①電器容量 [kVA]	②負荷率 [%]	③發熱量 [kW]	④冷卻水 [l/min]	排氣[CMH]		⑧排氣的排熱量	⑨室內發熱量[kW]	
						⑥熱系	⑦其他			
CR-A	裝置 a	150	30	45	150	20.93	1000	1500	4.36	19.71
	裝置 b	125	30	37.5	150	20.93	2000	2000	8.05	8.52
	裝置 c	3	30	0.9				50	0.34	0.56
									小計	28.79
CR-B	裝置 d	6	30	1.8	10	1.4	100	400	0.6	0
	裝置 e	2	30	0.6						0.6
	裝置 f	16	30	4.8						4.8
	裝置 g	5	30	1.5						1.5
									小計	6.9

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

熱負荷的算出

(c)根據搬送動力的負荷

- 換出外氣量、送風量的時間點，是根據搬送動力算出熱負荷(fan load)
- 通常在這個時間點的話，因為不會選定FFU以外的fan，會從風量及靜壓來求出
- 下表為算出結果

系統名	總風量	1台當風量 Q[m ³ /h]	靜壓 P[Pa]	軸動力 W[kW]	台數 n[台]	fan 效率	fan load q[kW]
外調機	9800	4900	2000	-	2	0.65	8.38
循環機	8500	4250	750	-	2	0.65	2.73
FFU	77800	780	-	0.1	100	-	10.00

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

風量、水量的算出

(a)外氣量的算出

- 下表為外氣量的算出結果
- 為了保持室壓，必要的外氣量 Q_p 換氣回數相當於1.5回/h
- 由(2)式所算出的 Q_o' 值和安全率(這裡為1.5)相乘算出外氣導入量 Q_o

室名	1. 排氣量 Q_e (CMH)	2. 體積(m ³)	2. *1.5次 /h=3. 加壓 Q_o' (CMH)	1. +3. =4. 合計 Q_o' (CMH)	4. *1.15 決定量 Q_o (CMH)
CR-A	7000	144*3=432	648	7648	8800
CR-B	500	72*3=216	324	824	1000

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

風量、水量的算出

(b)送風量的算出

- 潔淨室 A是由(3)式求出送風量
- 從潔淨度算出的送風量 Q_k 是由圖3.8的graph，換氣回數40回/h算出的
- 另外從室內熱負荷算出的送風量 Q_q 是以吹出溫度差 $\Delta t = 9^\circ\text{C}$ 來算出的
- 潔淨室 B是以室內氣流速度0.3m/s，由(4)式算出
- 表3.25是根據決定風量導出的各數值
- 各送風量決定的時間點，是根據搬送動力算出熱負荷以及吹出口個數、吸入口面積

室名	室容積[m ³]	室內顯熱負荷[kW]			送風量比較[m ³ /h]			決定風量[m ³ /h]
		裝置負荷	其他負荷	合計	換氣回數 Q_k	熱處理對應 Q_q	外氣量 Q_o	
CR-A	432	28.79	7.5	36.29	17300	12100	8800	17300
CR-B	216	6.9	3.72	10.62	77800	14800	1000	77800

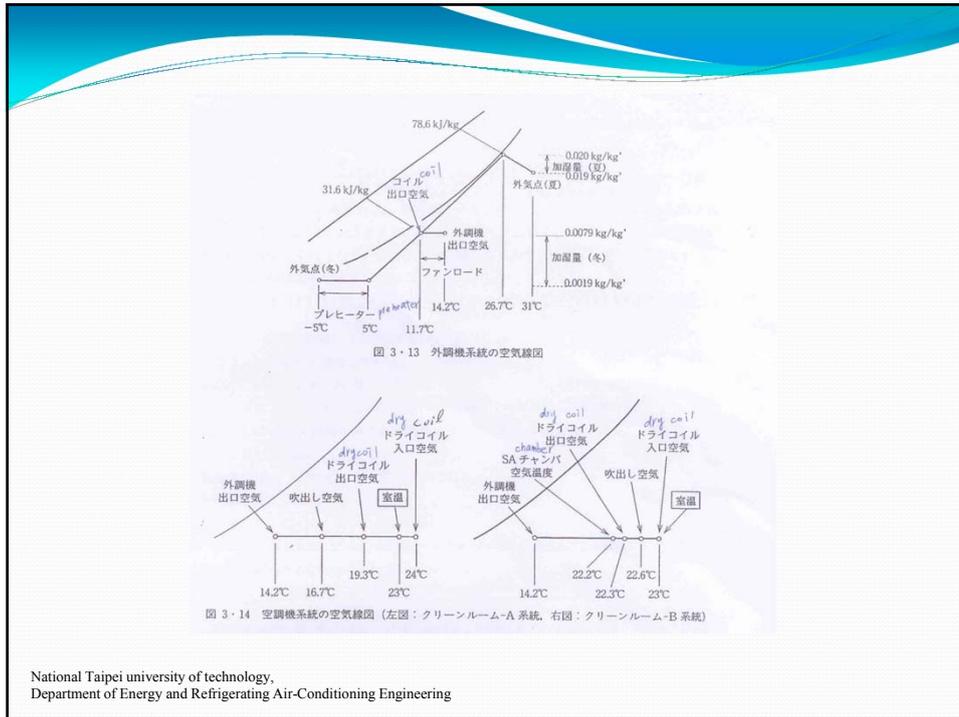
National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

風量、水量的算出

(c)空氣線圖的作成

- 在能夠算出全部的送風量以及熱負荷的階段時，可以做成空氣線圖
- 下頁圖中分別為MAU系統、空調機系統的空氣線圖
- 關於MAU的冷水coil出口空氣溫度，顯熱比 $\text{SHF} \approx 1$ ，室內露點溫度的 10.4°C ，再加上露點溫度和室內溫度差的10%程度來假設
冷水coil出口溫度 = $10.4 + (23 - 10.4) \times 0.1 = 11.7^\circ\text{C}$
- 另外，各空調機的coil出口溫度，可由和MAU出口空氣的混合比以及根據fan load溫度上升來求出。
- 在這個時間點，檢討dry coil方式是否可行，由圖3.14，為了確認潔淨室 A、B 兩系統coil供給水溫(15°C)和coil出口空氣溫度的差是否足夠(一般要 $4 \sim 5^\circ\text{C}$)，不會結露的條件下，可能採用dry coil。
- 若是假定為不可的狀況，將system構成反過來，以冷水coil方式來檢討。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

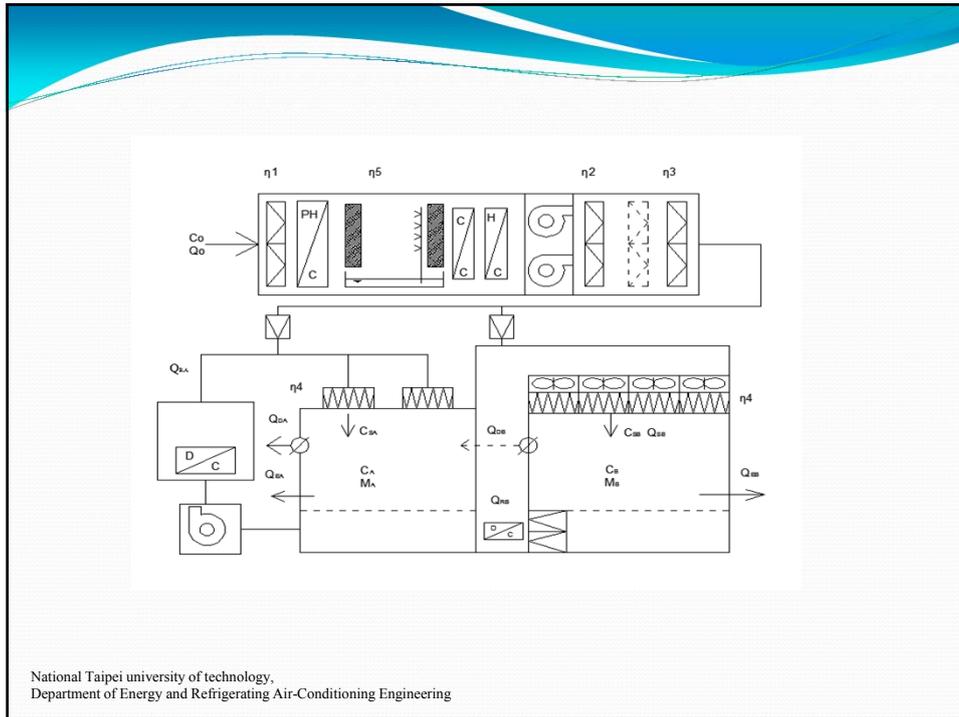


National Taipei university of technology,
 Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨度確認

- 下頁圖為潔淨室 A、B 的 duct 系統圖
- Filter 透過率的值會依照對象粒徑不同而有差異，在這邊假定透過率的值來進行計算
- 由於粗塵 filter、中性能 filter 對 $0.1 \mu\text{m}$ 粒子除去的效果不佳，在這邊用透過率 ≈ 1 的安全範圍來計算
- Air washer 和 chemical air filter 的氣體除去效率，會依據對象物質的種類、濃度，以及共存的其他物質的種類、濃度不同而有差異，這是需要注意的
- 在這邊假設 Air washer 的污染物質除去效率為 80%，chemical air filter 的污染物質除去效率為 90% 來計算

National Taipei university of technology,
 Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering



潔淨度確認

(a) 潔淨度計算

(1) 潔淨室 A(非一方向流方式)

因為是非一方向流方式，假設為瞬時均一擴散，求出對室內的流入、流出塵埃量，從進出平衡求列出室內塵埃濃度方程式。

- 外氣： $\eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 C_o Q_{oA}$
- 內氣： $\eta_4 C_A Q_{RA}$
- 室內發生： M_A
- 差壓： $C_B Q_{dB}$
- 室外流出量
- 還氣： $C_A Q_{rA}$
- 機器排氣： $C_A Q_{eA}$
- 差壓： $C_A Q_{dA}$

balance

定常状態ではバランスがとれているので、

$$\therefore \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 C_0 Q_{0A} + \eta_4 C_A Q_{rA} + M_A + C_B Q_{dB} = C_A Q_{rA} + C_A Q_{eA} + C_A Q_{dA}$$

$$= C_A Q_{rA} + C_A Q_{eA} + C_A ((Q_{0A} - Q_{eA}) + Q_{dB})$$

$$= C_A Q_{sA} + C_A Q_{dB}$$

$$\therefore C_A = \frac{\eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 C_0 Q_{0A} + M_A + C_B Q_{dB}}{Q_{sA} - \eta_4 Q_{rA} + Q_{dB}} \dots \dots \dots (11)$$

ここで、外気じんあい濃度を 2.0×10^{10} 個/m³ とする。また室内発じん源は人のみで、1人当たりの発じん量 ($0.1 \mu\text{m}$) を 2.5×10^5 個/min・人と仮定すると、 $M = 2.5 \times 10^5$ 個/min・人 $\times 60 \text{ min/H} \times 3$ 人となる。差圧ダンパを通して流入する風量は、加圧分風量とする。

注) C_B は次項で算出される値を用いる。

$$\therefore C_A = \frac{1 \times 1 \times 0.001 \times 0.00001 \times 2.0 \times 10^{10} \times 8800 + 2.5 \times 10^5 \times 60 \times 3 + 2.6 \times (1000 - 500)}{17300 - 0.00001 \times 8500 + (1000 - 500)}$$

$$\approx 2700 \text{ 個/m}^3 < 1000000 \text{ 個/m}^3 \text{ (ISO Class 6)}$$

となり、設計条件を満たしている。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

潔淨度確認

(2) 潔淨室 B(一方向流方式)

因為是一方向流方式， $C_B = C_{SB}$ 。求出給氣的塵埃濃度 C_S 。到達ULPAの上側時間的塵埃量以 X 表示

(2) クリーンルーム-B (一方向流方式)

一方向流方式なので、 $C_B = C_{SB}$ となる。よって、給気のじんあい濃度 C_S を求める。ここで、ULPAの上流側に達する時間当たりのじんあい量を X とすると、

$$C_{SB} Q_{dB} = \eta_4 X$$

となる。 X は下記のじんあい量の総和である。

・外気より: $\eta_1 \eta_2 \eta_3 C_0 Q_{0B}$

・還気より: $C_B Q_{rB} + M_B = C_{SB} Q_{rB} + M_B$

注) M は拡散しないが、全てリターンチャンパへ吸い込まれるので、還気じんあいとなる。

$$\therefore C_{SB} Q_{dB} = \eta_4 (\eta_1 \eta_2 \eta_3 C_0 Q_{0B} + C_{SB} Q_{rB} + M_B)$$

$$\therefore C_{SB} = \frac{\eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 C_0 Q_{0B} + \eta_4 M_B}{Q_{dB} - \eta_4 Q_{rB}} \dots \dots \dots (12)$$

クリーンルーム-Aの場合と同様、室内発じん源は人のみと仮定すると、 $M = 2.5 \times 10^5$ 個/min・人 $\times 60 \text{ min/h} \times 2$ 人。

$$\therefore C_{SB} = \frac{1 \times 1 \times 0.001 \times 0.00001 \times 2.0 \times 10^{10} \times 1000 + 0.00001 \times 2.5 \times 10^5 \times 60 \times 2}{77800 - 0.00001 \times 76800}$$

$$\approx 2.6 \text{ 個/m}^3 < 1000 \text{ 個/m}^3 \text{ (JIS クラス 3)}$$

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

となり、設計条件を満たしている。

潔淨度確認

(b)分子状汚染物質濃度計算

- 關於分子状汚染物質濃度計算的狀況，即使一方向流的潔淨室的狀況，也能適用於瞬時均一擴散的假設
- 和非一方向流的潔淨室的潔淨度計算相同，求出各個對室內的流入、流出物質量，從該進出平衡導出室內濃度算式
- 假定瞬時均一擴散，求出對室內流出、流入的分子状汚染物質量，從進出平衡列出室內分子污染状物質濃度的方程式
- 在這裡以潔淨室 B 為對象來計算

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

〈室内に流入する分子状汚染物質質量〉

外気から : $\eta_5 C_0 Q_{0B}$

還気から : $\eta_6 C_B Q_{rB}$

室内発生 : M_B

〈室外に流出する分子状汚染物質質量〉

還気により : $C_B Q_{rB}$

機器排気により : $C_B Q_{eB}$

差圧ダンパより : $C_B Q_{dB}$

定常状態ではバランスがとれているので、

$$\begin{aligned} \therefore \eta_5 C_0 Q_{0B} + \eta_6 C_B Q_{rB} + M_B &= C_B Q_{rB} + C_B Q_{eB} + C_B Q_{dB} \\ &= C_B Q_{dB} \end{aligned}$$

$$\therefore C_A = \frac{\eta_5 C_0 Q_{0B} + M_B}{Q_{dB} - \eta_6 Q_{rB}} \dots\dots\dots (13)$$

ここで、外気のある特定の分子状汚染物質（例えばアンモニア）の濃度を $2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ とする。また室内でのアンモニア発生量を $5.0 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{h}$ と仮定する。

$$\begin{aligned} \therefore C_A &= \frac{0.2 \times 2.0 \times 1000 + 5.0 \times 10^3}{77800 - 0.1 \times 76800} \\ &\approx 7.7 \times 10^{-2} \mu\text{g}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

となる。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

機器的選定

(a) 外調機

図 3・13 を参照し、外調機に組み込まれる各機器の選定を行う。

(1) 予熱コイル *coil*

入口空気温度 -5°C 、出口空気温度 5°C 、風量 $9\,800\text{m}^3/\text{h}$ より、(7) 式から

$$\therefore \text{加熱能力 } q_{PH} = 1.2 \times 9\,800 \times 1.006 \times \{5 - (-5)\} / 3\,600 \approx 32.86 \text{ [kW]}$$

$$\therefore \text{必要蒸気 } S_{PH} = 32.86 \times 3\,600 / 2\,256 \text{ (kJ/kg)}^{\text{a)}} \approx 52.4 \text{ [kg/h]}$$

注) 暖房負荷を蒸気ボイラで用いられる換算蒸発量へ換算するには $2\,256 \text{ (kJ/kg)}$ で除して求める。

(2) 加湿器 (エアワッシャー) *air washer*

入口空気の絶対湿度 0.0019 [kg/kg] 、出口空気の絶対湿度 0.0079 [kg/kg] より (9) 式から

$$\therefore \text{必要水量 } W_{Aw} = 1.2 \times 9\,800 \times (0.0079 - 0.0019) / 60 \\ \approx 1.2 \text{ [l/min]}$$

循環水量は、水空気比 $L/G=1$ 、補給水の比重量 (30°C 程度) 996 kg/m^3 より (10) 式から

$$\therefore \text{循環水量 } W = 1.2 \times 9\,800 \times 1 \times 1\,000 / (996 \times 60) \quad \text{接下頁} \\ \approx 200 \text{ [l/min]}$$

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

(3) 冷水コイル *coil*

入口エンタルピー 78.7 [kJ/kg] 、出口エンタルピー 31.6 [kJ/kg] より、(5)、(6) 式から

$$\therefore \text{冷却能力 } q_c = 1.2 \times 9\,800 \times (78.7 - 31.6) / 3\,600 \approx 153.86 \text{ [kW]}$$

$$\therefore \text{必要冷水量 } W_c = 153.86 \times 60 / \{4.186 \times (10 - 5)\} = 441 \text{ [l/min]}$$

(4) 温水コイル *coil*

休日明けの立ち上げ時を考慮する必要から、入口空気温度 11.7°C 、出口空気温度 23°C

で加熱能力を算出する。(7)、(6) 式から

$$\therefore \text{加熱能力 } q_H = 1.2 \times 9\,800 \times 1.006 \times (23 - 11.7) / 3\,600 \approx 37.13 \text{ [kW]}$$

$$\therefore \text{必要温水量 } W_H = 37.13 \times 60 / \{4.186 \times (45 - 40)\} = 107 \text{ [l/min]}$$

(5) ファン *fan*

送風量の 50% 分を 2 台設置する。

仕様 片吸込ターボファン

$$\# 2 \frac{1}{2} \times 4\,900 \text{ [CMH]} \times 2\,000 \text{ [Pa]} \times 5.5 \text{ [kW]} \times 2 \text{ 台}$$

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

(b) クリーンルーム-A 系統 (非一方向流方式)

図 3・14(a) を参照しながら, クリーンルーム-A 系統の各機器の選定を行う.

(1) ドライコイル *dry coil*

入口空気温度 24°C, 出口空気温度 19.3°C, 風量 8 500 m³/h より (7), (6) 式から

$$\therefore \text{冷却能力 } q_{DA} = 1.2 \times 8\,500 \times 1.006 \times (24 - 19.3) / 3\,600 \approx 13.40 \text{ [kW]}$$

$$\therefore \text{必要冷水量 } W_{DA} = 13.40 \times 60 / \{4.186 \times (20 - 15)\} = 39 \text{ [l/min]}$$

(2) 循環ファン *fan*

送風量の 50% 分を 2 台設置する.

・仕様 *片吸込リミットロードファン*

$$\# 2 \frac{1}{2} \times 4\,250 \text{ [CMH]} \times 750 \text{ [Pa]} \times 2.2 \text{ [kW]} \times 2 \text{ 台}$$

(c) クリーンルーム-B 系統 (一方向流方式)

図 3・14(b) を参照しながら, クリーンルーム-B 系統の各機器の選定を行う.

(1) ドライコイル *dry coil*

入口空気温度 23°C, 出口空気温度 22.3°C, 風量 76 800 m³/h より, (7), (6) 式から

$$\therefore \text{冷却能力 } q_{DB} = 1.2 \times 76\,800 \times 1.006 \times (23 - 22.3) / 3\,600 \approx 18.03 \text{ [kW]}$$

$$\therefore \text{必要冷水量 } W_{DB} = 18.03 \times 60 / \{4.186 \times (20 - 15)\} = 52 \text{ [l/min]} \quad \text{接下頁}$$

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

(d) 熱源容量

冷水量, 温水量, 蒸気量の総計を求めると, 表 3・26 のようになる.

ここで, 冷水 15°C は 5°C 冷水と 20°C 還水を混合して得られるので, 5°C 冷水の必要量は,

$$\therefore 441 + \{(20 - 15) \times 91 / (20 - 5)\} = 471 \text{ [l/min]}$$

これより, 冷熱源への還水温度は 11.7°C となり, 冷熱源として必要な容量 q は,

$$\therefore q = 471 \times (11.7 - 5) \times 4.186 / 60 = 220.16 \text{ [kW]}$$

となる.

表 3・26

蒸気量 (kg/h)	200 (kPa)	52.4
冷水量 (l/min)	5 (°C)	441
	15 (°C)	91
温水量 (l/min)	45 (°C)	107

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

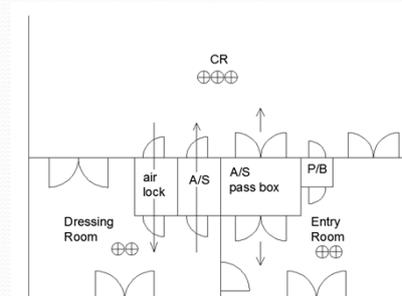
潔淨室的關連設備

- 潔淨室為了維持性能，以air shower裝置為首，附帶其餘裝置
- 本章敘述潔淨室使用的機器種類、性能、特長等等

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

(1)更衣室、前室、air lock

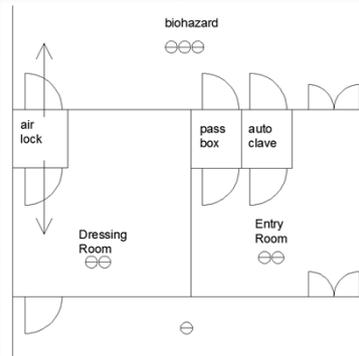
- 更衣室為穿脫衣服用
- 前室作為準備室，物品的搬出入用
- air lock室是人、裝置的入退室用



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

(1)更衣室、前室、air lock

- 各室的門開放時，為了使空氣朝一定方向流，要設置壓力差
- 潔淨室設計為清潔度高的方向朝清潔度低的方向流，biohazard則相反，設計成空氣由周圍流向危險的區域



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

(1)更衣室、前室、air lock

(a)更衣室

- 更衣室一般由air shower連結潔淨室，從air shower入室
- 作業者多的狀況時，設置退出專用的air lock室，人數少的狀況，用同一個air shower退出
- 在更衣室內由衣服的穿脫而引起的發塵很多，因此將供給風量增加，室內設置clean unit，使換氣次數增加
- 地板上蓄積大量的大粒徑塵埃，因此地板為能夠迅速吸引塵埃的grating式。一般地板的狀況，可以利用如圖3.18所示高地板式更衣unit，本製品內藏HEPA filter，作為clean unit的機能

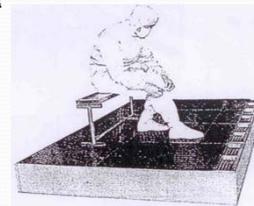
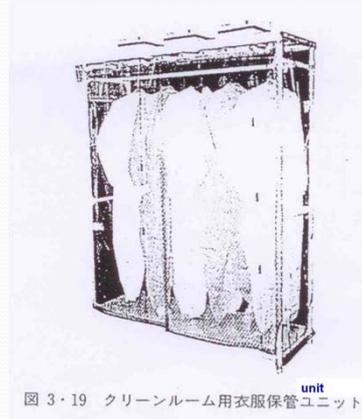


圖 3・18 高床式更衣ユニットの外観

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

(1)更衣室、前室、air lock

- 其他，潔淨室用衣服保管unit(圖3.19)，使用Shoes locker、洗手乾燥器、貼地式黏著mat等等。



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

圖 3・19 クリーンルーム用衣服保管ユニット

(1)更衣室、前室、air lock

(b)前室

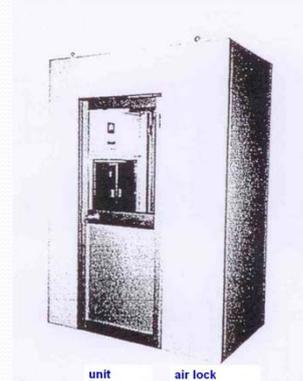
- 前室依使用目的、使用頻率、處理物品的尺寸等等來決定
- 設置作為小物用的pass box，台車以及大型品用的air shower，pass room等等
- 兩門式的也有interlock機構。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

(1) 更衣室、前室、air lock

(c) air lock室

- Air lock室在大型潔淨室作為建築一部分的狀況很多
- 小規模也有被unit化的，外觀如圖3.20
- 內藏HEPA filter，有陽壓型以及陰壓型
- 兩門的附有interlock



unit air lock
圖 3・20 ユニット形エアロック室の一例

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

(2) Air shower

(a) 使用目的

- Air shower幾乎都設置在潔淨室入口，依形狀、用途有不同形式。
- 本裝置使用的主要目的為以下2點
 - (a) 除去附著在作業者衣服上的粒子
 - (b) air lock效果

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

(2) Air shower

- 一般來說潔淨室用衣服一週清洗1、2次
- 表3.27是根據著衣顯示粒子污染的狀態
- 室內有處理粉塵以及藥塵的狀況時，有可能附著在衣服上，退出時須經過脫塵處理，使用air shower達成目的

發塵量\粒徑	0.1 μm <	0.3 μm <	0.5 μm <	1 μm <	5 μm <
穿著5日 (1)	40000	30000	20000	25000	2000
清洗後(2)	700	120	60	80	5
污染度 (1)/(2)	57.1	250	333.3	312.5	400

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

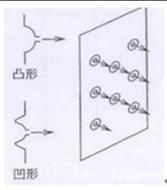
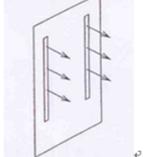
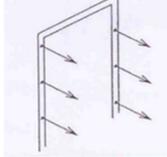
(2) Air shower

(b)構造

(1)吹出口形狀

- Air shower的清淨空氣吹出口形狀如下頁表3.28所示
- 現在Punkah Louver式為主流，一部分也用可動slit式
- Punkah Louver在1m裝置4~11個，盡可能地使吹出口越多，讓身體接觸空氣的面積越多越好
- 特別是食品工廠為了除去頭部和肩膀所附著的毛髮，air shower裝置在天花板部分的例子很多

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

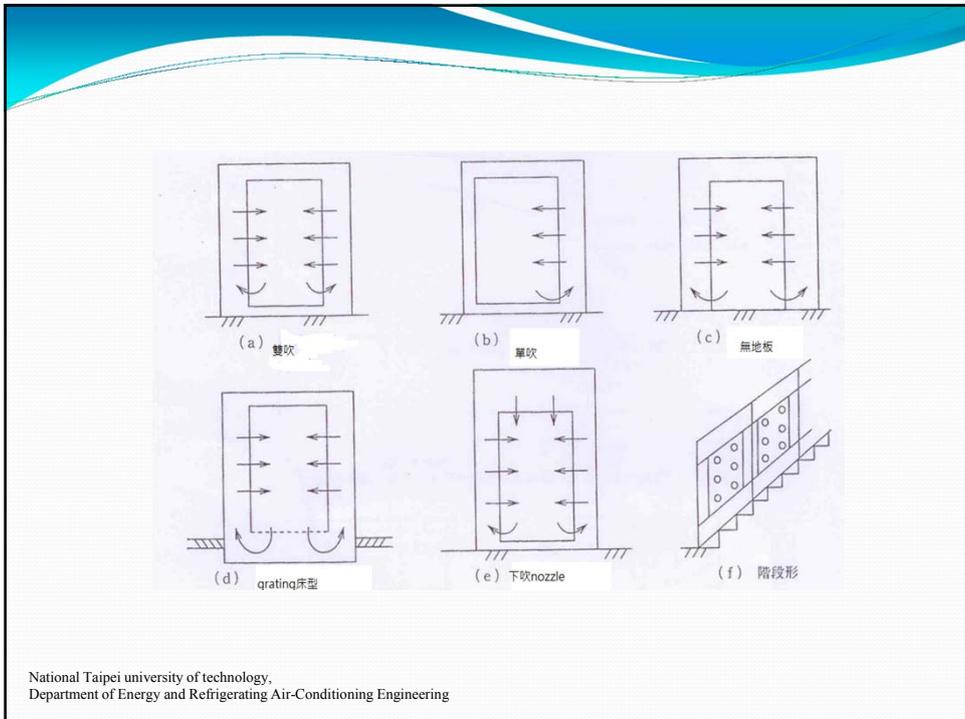
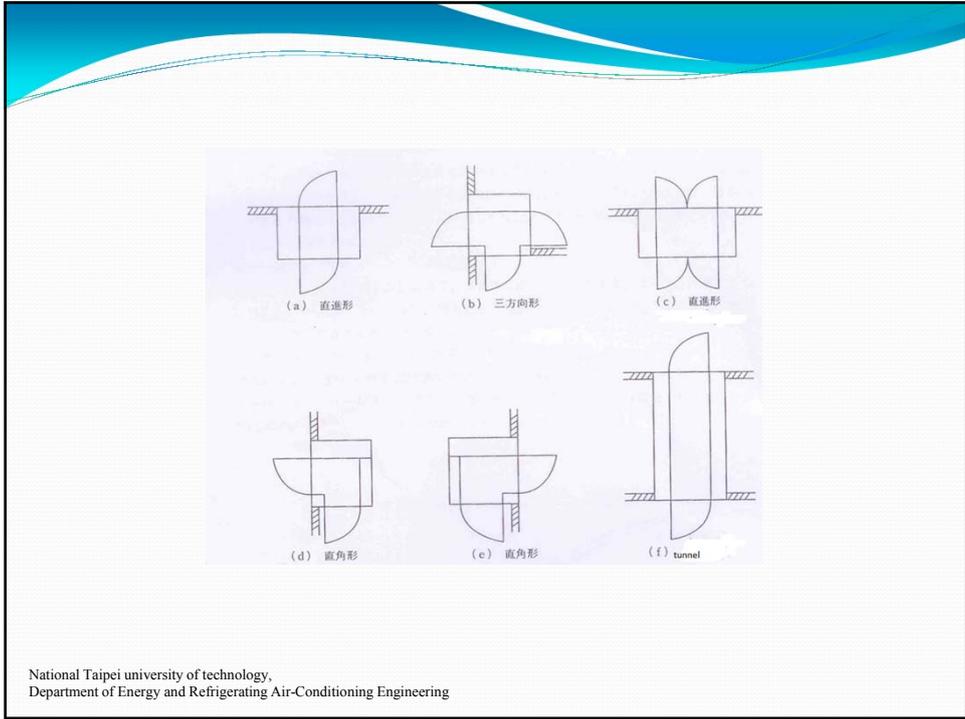
方式	吹出形狀	特點
Punkah lover	 <p>凸形 凹形</p>	最常見 吹出方向可變 安裝容易
Slit		風量大 效果大 價格高
壓縮空氣型		吹出風量大 需使用空壓機

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

(2) Air shower

(2)本體構造

- Air shower的本體構造有各式各樣，如下頁圖3.21、3.22所示
- 自動開閉式的門增加了
- 特別是在食品關連設施，自動門在洗手後能防止接觸污染很有效
- 另外能夠使多人一起通過的tunnel狀連結也很多
- 通路內裝置著左右交互的bar，作業者以Z字形走動，這是為了對air shower做有效的洗滌所設計的



(2) Air shower

(3) air lock機構

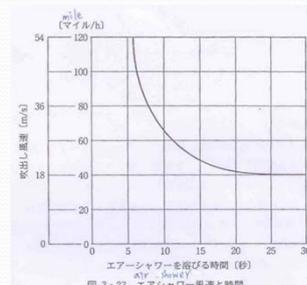
- Air shower二重門構造是為了使interlock的效果發揮，不讓兩門同時開放下用air lock。
- 一般來說用表示燈來表示入退室。
- 另外也有由電磁式使兩門interlock的方式。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

(2) Air shower

(a)吹出風速和時間

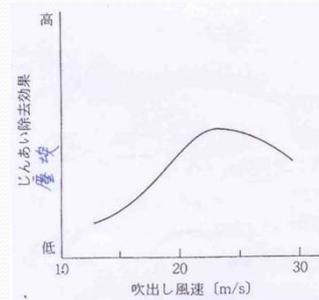
- 圖3.23是air shower的風速和時間的關係
- Air shower的吹出風速越快，洗滌的時間就越短
- 由此圖可知最小風速由Reynolds數，算出用18m/s，這時需要20，一般來說風速20m/s所需洗滌時間為15~20秒



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

(2) Air shower

- 圖3.24是從實驗求出air shower的最適合風速。
- 風速低的話，衣服表面附著粒子的脫塵能力會很低。
- 太高的話，依據潔淨室用衣服的構造，會使衣服內的發塵量增加，也會使作業者的不適感增加
- 一般22~25m/s是最適合的範圍



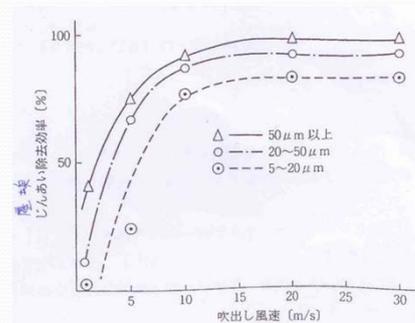
National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

図 3・24 エアシャワーの適切な吹出し風速²³⁾
Air shower

(2) Air shower

(b) 除塵效果

- Air shower的風速和衣服的除塵效果，依據顯微鏡法測定的實驗數據如圖3.25所示
- 顯示在風速10m/s以上air shower是有效的

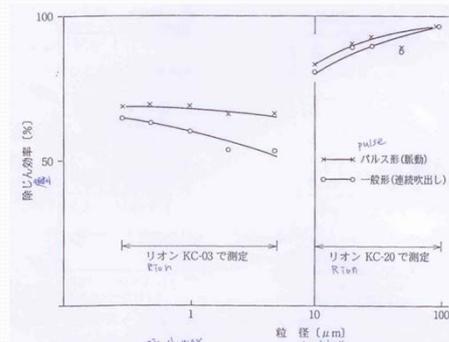


National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

図 3・25 エアシャワーのじんあい除去効率²⁴⁾
Air shower

(2) Air shower

- 圖3.26是由Helmke drum，回轉潔淨室用衣服使之發塵、浮游，再用粒子計數器測定它的值
- $5\mu\text{m}$ 以下的微粒子 $50\sim 70\%$ ， $10\mu\text{m}$ 以上 $80\sim 95\%$ 。



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

図 3・26 エアシャワーの除じん効果 (タンパー法)²⁰⁾

(2) Air shower

(c) clean up性能

Air shower停止後のclean up性能如圖3.27、3.28所示。

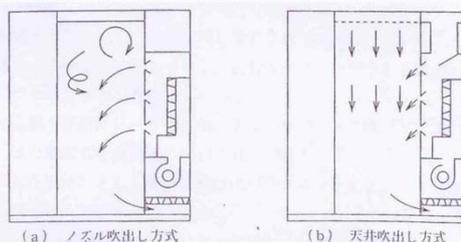


図 3・27 クリーンアップ気流構造²⁰⁾

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

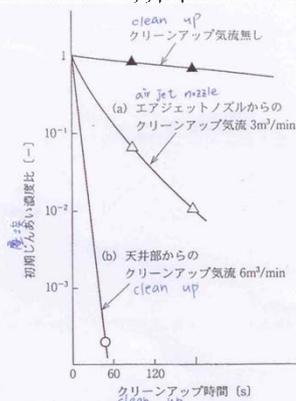
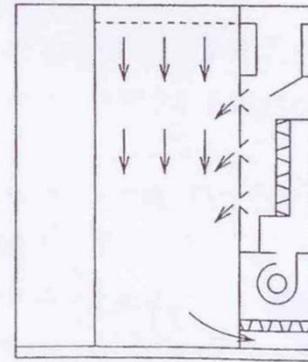


図 3・28 エアシャワーのクリーンアップ性能²⁰⁾

(2) Air shower

圖3.27(b)的從天花板全面吹出的方式，風量很多，可以最快速達到air shower內clean up。

沒有Clean up氣流裝置，塵埃會長時間在air shower內滯留。



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

(b) 天井吹出し方式

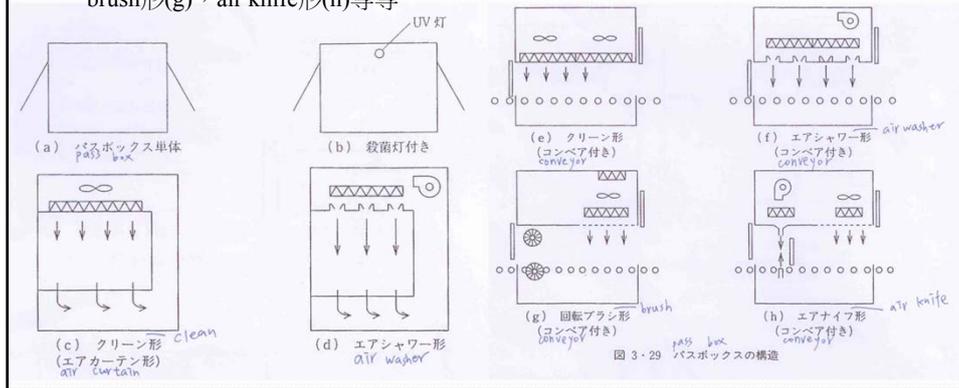
(3) Pass box

- Pass box是要傳遞潔淨室內外物品時所用的通過箱，也稱 pass through。
- 主要為設置隔板的牆壁，二重門構造，為了不讓兩門同時開放設置了interlock。
- 根據pass box的用途，有各式各樣機種，主要如下頁圖3.29所示

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

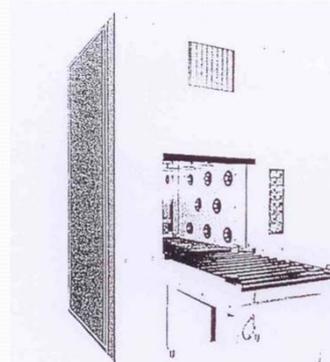
(3) Pass box

- 標準的單體形是單純的構造
- 生物分野在庫內裝置殺菌燈
- 在會影響潔淨室清潔度的狀況下pass box內也可以保管物品
- 為了除去room裡持有的物品表面附著物，可以使用air shower形(d)(f)，回轉brush形(g)，air knife形(h)等等



(3) Pass box

- 圖3.30是air shower形(裝置conveyor)的其中一例



air washer " pass box
 図 3・30 エアシャワー形パスボックスの一例
 (コンベア付き)
 conveyor

(4) Clean booth

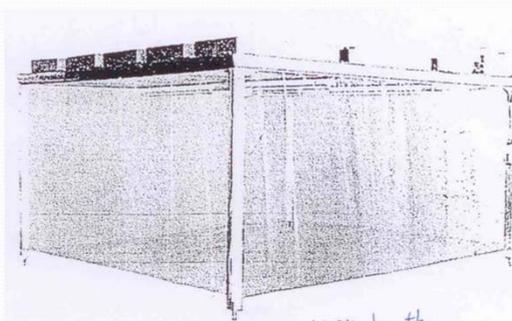
(a) Clean booth

- Clean booth是周圍有vinyl curtain等等所覆蓋的簡易潔淨室，可使局部的清潔度提高，特徵是價格低廉。

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

(4) Clean booth

- 圖3.31是一方向流的clean booth的外觀的一例
- 柱子根據booth尺寸使用30~75mm方形的pipe
- 設置、移動容易



National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineer

圖 3 · 31 一方向流形クリーンブース

(4) Clean booth

- 天花板部分的構造，依潔淨度class不同而有差異
- 圖3.32、3.33是天花板部分的構造例

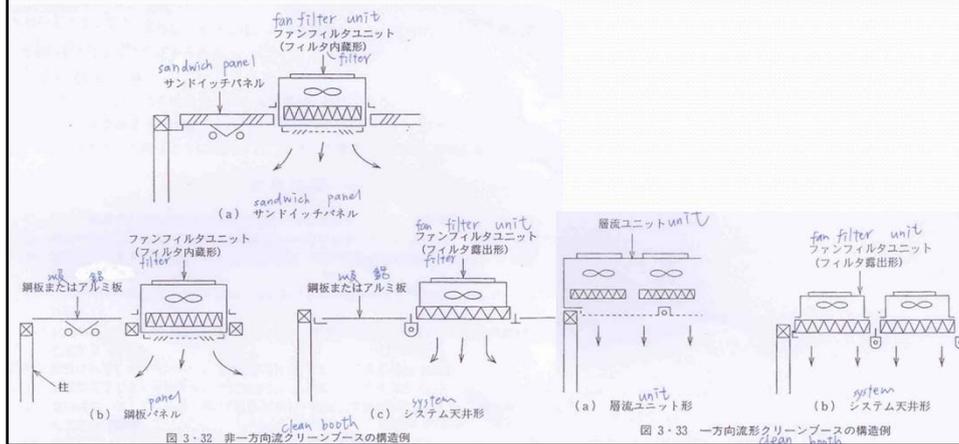
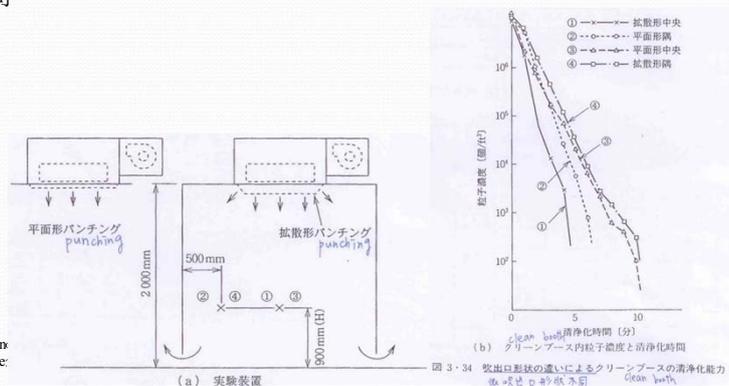


圖 3-32 非一方向流クリーンブースの構造例

圖 3-33 一方向流クリーンブースの構造例

(4) Clean booth

- 圖3.34是在非一方向流clean booth(潔淨度JIS class6, Fed.Std.209D class1000)，吹出口形狀是平面形punching。
- 在這個情況，風量是相同，擴散形比較早被淨化，清淨化能力高。



National Taipei university of techn
Department of Energy and Refrige:

圖 3-34 吹出口形状の違いによるクリーンブースの清浄化能力の比較 (吹出風速 0.5m/s)

(4) Clean booth

(b) 溫溼度控制形clean chamber

- 半導體和液晶製造裝置，laser測長機，以及精密加工機等等，需要高精度控制加上塵埃的溫度、濕度的環境
- clean booth的氣流做循環系統，裝置溫度及溫溼度unit進行控制。
- 外觀的一例如圖3.35
設定溫度幾乎為室溫，精度 $\pm 0.01^{\circ}\text{C} \sim \pm 1^{\circ}\text{C}$ 。
濕度範圍5~60%RH的要求範圍很廣
精度大多為 $\pm 1 \sim 5\%$ 。

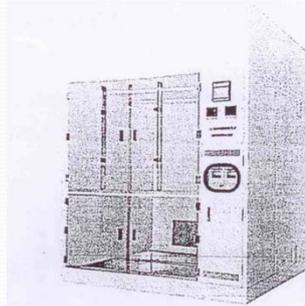


圖 3·35 溫溼度制御形クリーンチャンバの一例
Clean chamber

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering

(4) Clean booth

(c) 特殊使用裝置

在clean booth，特殊的用途在下面列出。

(1) 磁氣、X線遮蔽樣式

電子射線露光裝置等需要做磁氣遮蔽，壁材用特殊材料製成。對X射線來說，以兩重壁構造，壁材貼有X射線遮蔽板。

(2) 暗室樣式

用Spot light的檢查，本體用黑色。照明用一般型黃色燈spot light。

(3) 防爆樣式

設置防爆區域的狀況，安全增防爆。

(4) Tunnel booth樣式

設計為用conveyor line覆蓋，line的變更也比較容易

National Taipei university of technology,
Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering