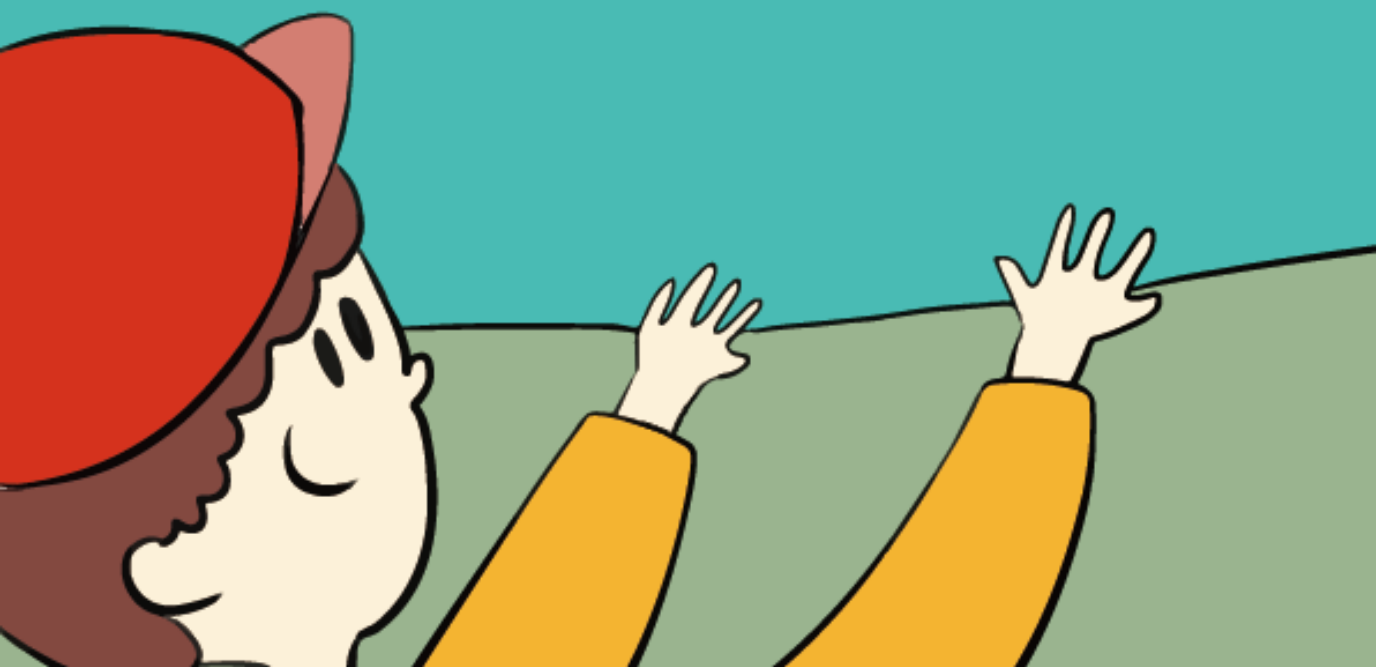
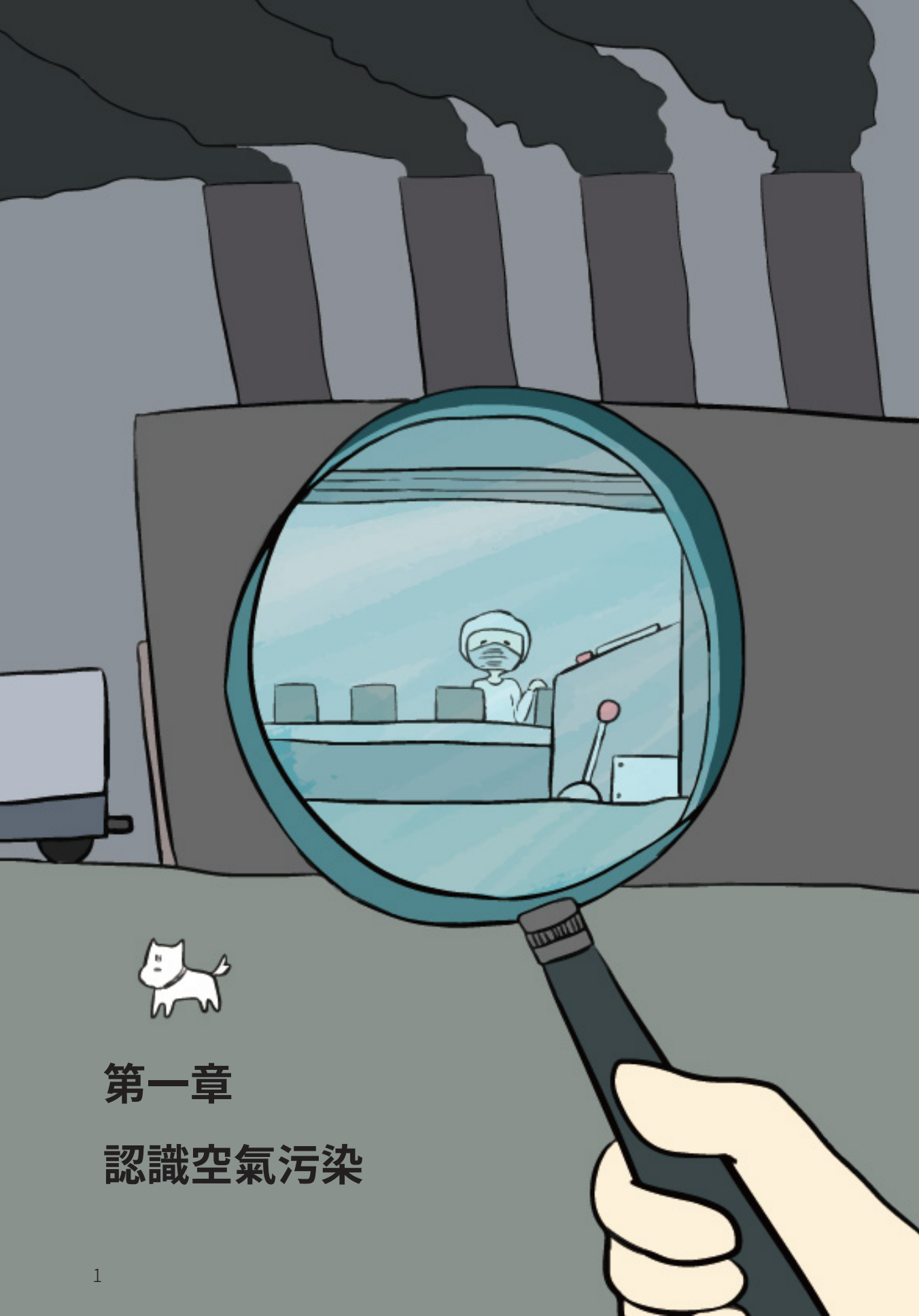


目錄

第一章	認識空氣污染	1
第二章	空氣污染資訊	9
第三章	空氣污染的影響	19
第四章	如何減少空污的危害	25
參考資料		34
問題討論		35
延伸閱讀		36
環教素養與內涵		37





第一章

認識空氣污染

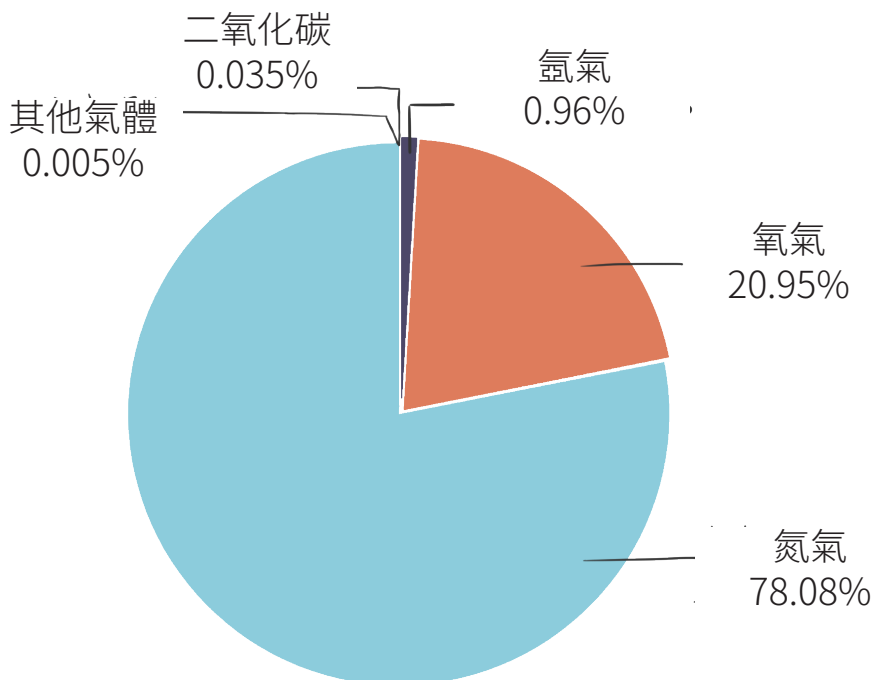
1.1 什麼是空氣污染

Q: 廣播說：空污拉警報！少在戶外運動。到底什麼是空氣污染？

A: 空氣污染指大氣層存在一些污染物，造成人體健康或環境的危害。這些物質可能是氣體、固體或液體懸浮物。

空氣是由各種氣體組成，它們的體積比例如下：氮氣佔 78.08%；氧氣佔 20.95%；氬氣佔 0.96%；二氧化碳佔 0.035%；氮氣、水蒸氣及其它氣體佔 0.005%(如圖一)。造成環境或生物健康危害的空氣污染物，它們所佔的比例都很小，一般都只有百萬分之一或千萬分之一。

估計成人每分鐘要吸 7 ～ 14 公升空氣，每天合計有 1 ～ 2 萬公升，大概是一個標準貨櫃的 1/4 到 1/2。由於吸入的空氣量很大，因此縱使是空氣中些微的污染，透過經年累月的呼吸，對於健康還是可能產生很大的危害。



圖一 大氣成分

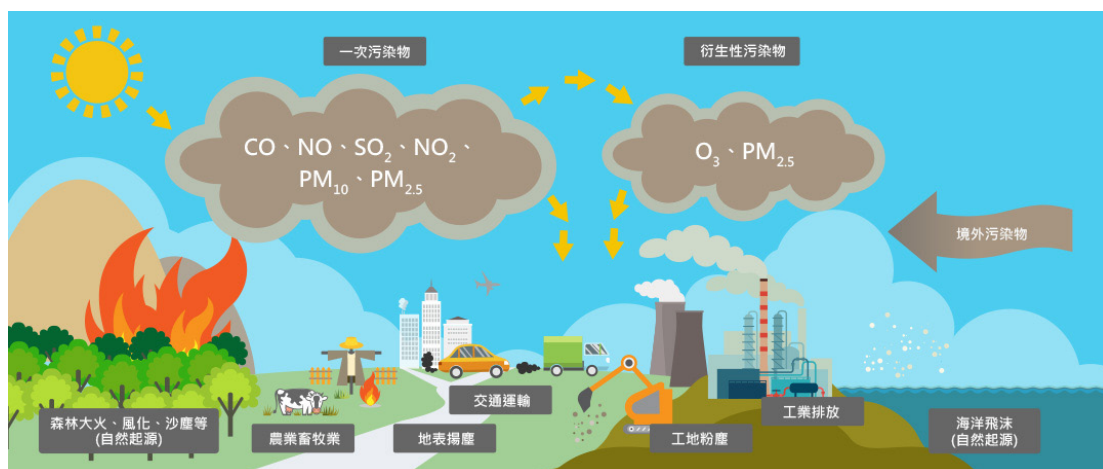
Q：空氣污染從哪裡來？是不是只有工廠會產生空氣污染？

A：除了工廠，大自然、交通、餐飲等也都可能會產生空氣污染。

空氣污染物指空氣中會妨害民衆健康或生活環境的物質。空氣污染的來源可以分爲自然形成與人爲造成兩種。自然形成這類型包括天然災害產生的污染，像是火山爆發、森林火災等；另外還有自然現象所產生的污染，像是花粉、塵土、近海的鹽粒、以及一些生物排放等 (賴信志，2018)(詳圖二)。

人爲造成這類型是由於人類活動而產生的空氣污染，包括工業或農業焚燒、車輛或船舶等交通工具所排放的廢氣。

依據污染源的活動性，也可區分爲固定污染源和移動污染源。固定污染源指不會自己改變位置的污染源，例如工廠的煙囪排放、工廠內或營建施工產生的逸散、露天燃燒等。其中不從煙囪排放的，通常稱爲逸散污染源。移動污染源指會自己改變位置的污染源，如汽車、機車、船舶與飛機等交通工具。



圖二 空氣污染源 (資料來源：環保署空氣品質監測網)

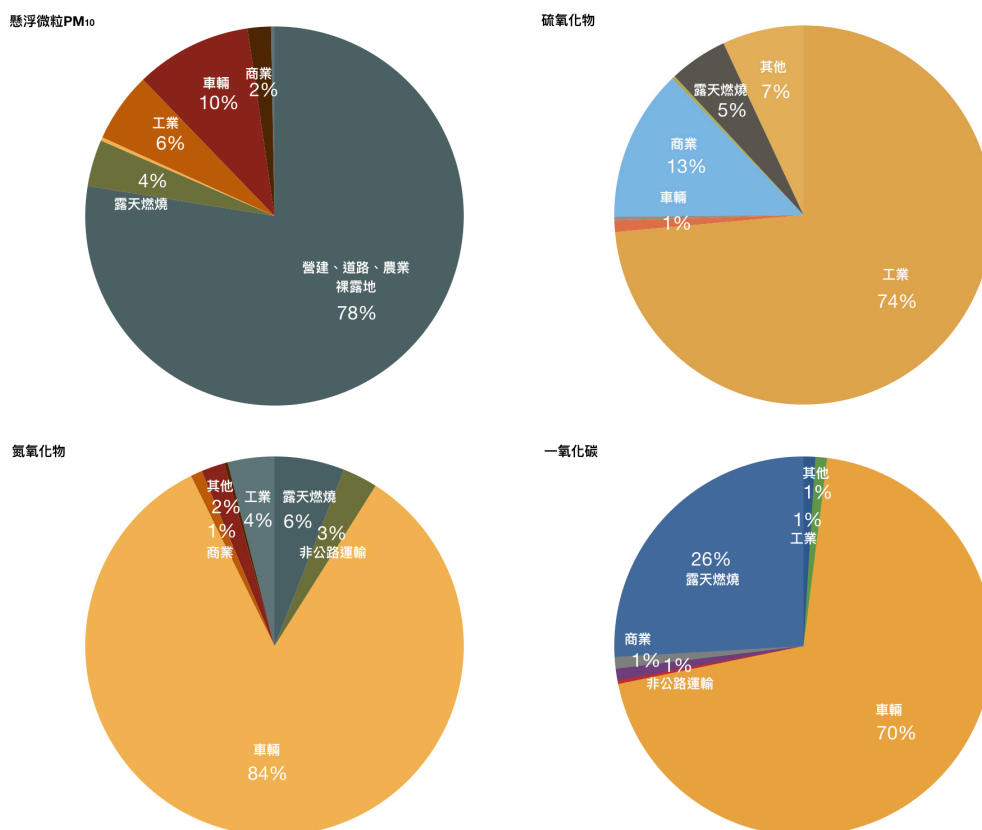
根據環保署排放量推估，南投縣懸浮微粒 (PM₁₀) 排放污染源以營建 / 道路 / 農業 / 裸露地、車輛交通、工業最多，其中營建 / 道路 / 農業 / 裸露地排放量接近 80%。

硫氧化物排放污染源則以工業為主，超過 70%，其次是商業、露天燃燒。

氮氧化物排放污染源以車輛交通、露天燃燒、工業最多，其中車輛交通超過 80%。

一氧化碳排放污染源則以車輛交通佔最大宗達到 70%，其次是露天燃燒。

與全國的各種污染物數據比較，南投縣的營建 / 道路 / 農業 / 裸露地對空氣污染影響較多；工業對空氣污染的影響較少 (詳圖三)。



圖三 南投縣污染源排放量分類統計 (資料來源：空氣污染排放清冊 TEDS9.0)

1.2 空氣污染物種類

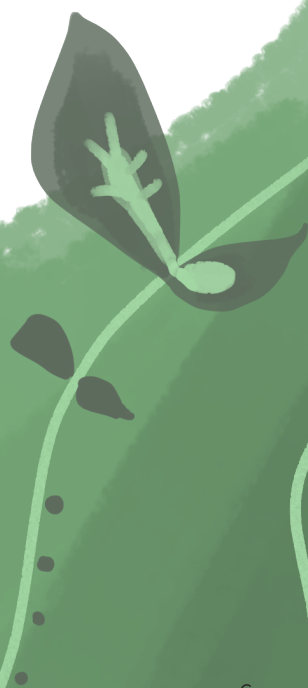
空氣污染物可細分為六類：

1. 氣狀污染物：以氣體形態存在於大氣中的污染物。有硫氧化物、一氧化碳、氮氧化物等 9 種。
2. 粒狀污染物：由燃料燃燒及工業生產過程所產生的微粒物質的通稱。有懸浮微粒、落塵、油煙等 7 種。
3. 衍生性污染物：空氣成分經過化學反應所產生的微粒狀物質 (如細懸浮微粒 $PM_{2.5}$) 或臭氧。
4. 毒性污染物：有致癌性或對人體健康有威脅的物質。有石棉等 13 種。
5. 惡臭污染物：引起厭惡或其他不良情緒反應氣味的物質。有 3 種惡臭氣體。
6. 其他經中央主管機關指定公告的物質。有異味污染物與 6 種溫室氣體。

氣狀污染物及粒狀污染物，是按照空氣污染物的狀態區分。其中粒狀污染物又可以分成液體及固體微粒。毒性污染物、惡臭污染物、其他這三類都是依據污染物的特殊性質而分類。

衍生性污染物 (或二次污染物) 相對於原生性污染物 (或初始污染物)，則是依照污染物形成順序區分。

原生性污染物指直接排放到大氣中的污染物，例如：落塵、懸浮微粒、一氧化碳、二氧化碳等。而衍生性污染物是原生性染物經過化學反應後才生成的污染物。



1.3 氣狀污染物

· 二氧化硫

除自然界產生外，一般為燃料在燃燒時所產生；在大氣中可產生酸性物質，會造成酸雨現象。二氧化硫在大氣中轉換成細微粒，也是PM₁₀來源之一。二氧化硫與三氧化硫合稱硫氧化物，不過二氧化硫佔絕大部分。

· 二氧化氮

氮氧化物主要包括一氧化氮及二氧化氮，其生成原因是來自燃燒過程。在空氣中可轉化成酸性物質，也是造成雨水酸化原因之一。除煙囪排放外，我國氮氧化物主要來自汽機車排放，所以一般城市的濃度比郊區高。

· 一氧化碳

除了森林火災及生物活動等自然現象以外，主要來自燃料的不完全燃燒。無色無味，比空氣輕。由於一氧化碳對血液的結合力比氧氣大，因此可能造成血中氧氣過低，而產生中毒現象。

· 臭氧

臭氧為二次污染物，大氣中的氮氧化物經陽光照射後生成臭氧。所以高臭氧時間常發生在白天日照較強的時段。都會區因汽機車使用率高，汽機車排放出氮氧化物相當多，所以都會區多半有高臭氧問題存在。

1.4 粒狀污染物

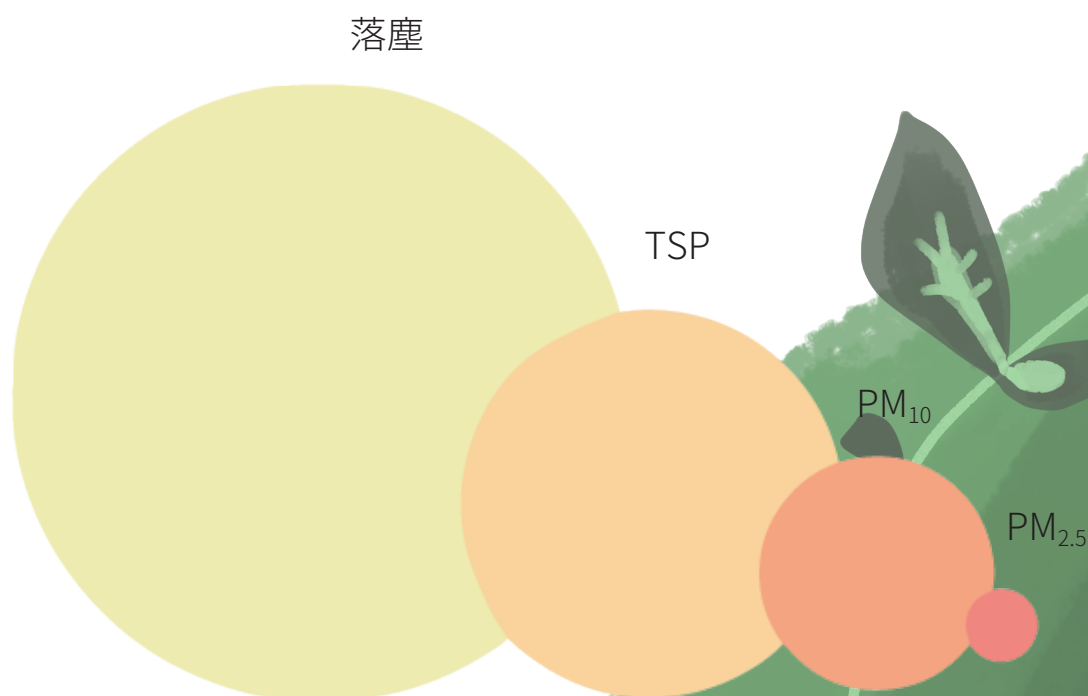
空氣中的各種微粒，主要是由燃料及工廠產生，又稱為粒狀物質。

粒狀物質可分為原生性粒狀物及衍生性粒狀物。原生性粒狀物是直接排放，主要來源是道路揚塵、工程施工、農業、裸露地。衍生性粒狀物是燃燒排放的硫氧化物、氮氧化物轉換而成的物質。

微粒由大到小可區分為落塵、總懸浮微粒 (TSP)、懸浮微粒 (PM_{10})、細懸浮微粒 ($PM_{2.5}$) (詳圖四)。

- 懸浮微粒 (PM_{10})：係指粒徑在 10 微米以下的粒子。主要來源包括道路揚塵、車輛排放廢氣、露天燃燒、營建施工及農地耕作等，以原生性粒狀物較多。

- 細懸浮微粒 ($PM_{2.5}$)： $PM_{2.5}$ 指粒徑小於 2.5 微米的微粒。與懸浮微粒相較，燃料燃燒與衍生性污染物的影響都增加。



圖四 $PM_{2.5}$ 的相對大小 (資料來源：林秀亮，2012)

第二章

空氣污染資訊



2.1 空氣品質監測站

空氣品質監測站為推動空氣品質保護及防制空氣污染工作的重要依據 (參考圖五)。測站區分如下：

- 一般空氣品質監測站：設置於人口密集、可能發生高污染或能反映較大區域空氣品質分布狀況的地區。
- 交通空氣品質監測站：設置於交通流量頻繁的地區。
- 工業空氣品質監測站：設置於工業區的盛行風下風區。
- 國家公園空氣品質監測站：設置於國家公園內。
- 背景空氣品質監測站：設置於較少人為污染地區或總量管制區的盛行風上風區。
- 其它特殊監測目的所設的空氣品質監測站。



圖五 空氣品質監測站種類 (資料來源：空氣品質指標 (AQI) 指標宣導教材)

Q：南投縣有哪些空氣品質監測站？

A：1 個背景監測站 (鹿林山)，2 個一般測站 (南投、竹山)，1 個其他測站 (埔里) (詳圖六)。

鹿林山背景站位在臺灣中部的玉山國家公園內，能監測從亞洲大陸釋放到太平洋各種主要污染物的背景濃度變化。不易受地區性污染物干擾，可提供背景數據，也適於大氣污染長程輸送的研究。

南投監測站位在南投市康壽國小；埔里監測站位於埔里鎮埔里國中；竹山監測站位在竹山鎮雲林國小。



鹿林山測站



南投測站



埔里測站

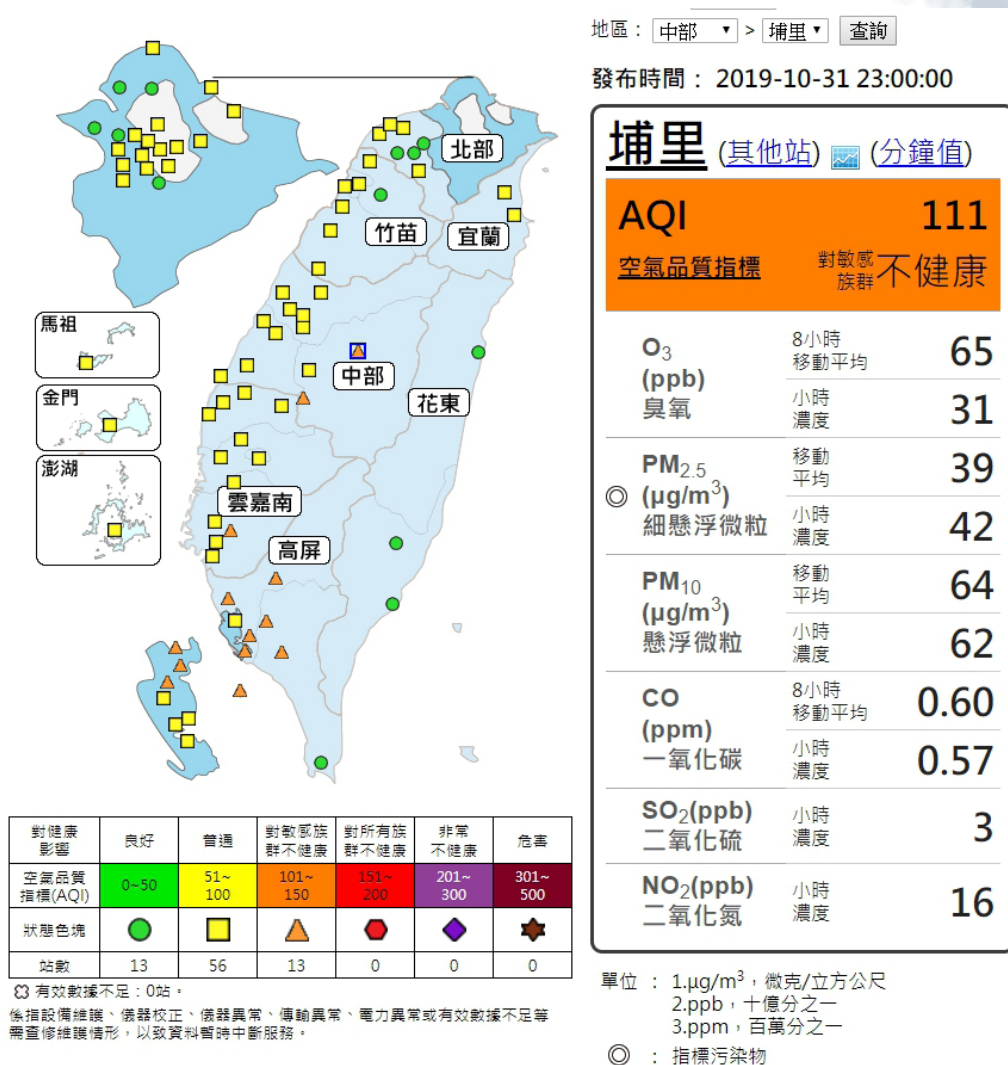


竹山測站

圖六 南投縣空氣品質監測站 (資料來源：環保署空氣品質監測網)

空品測站的數據

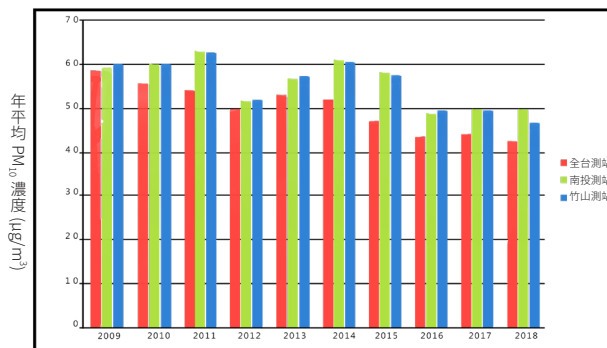
環保署空氣品質監測網提供各空氣品質監測站即時的空氣品質指標(AQI)。可顯示個別測站的空氣污染物濃度，並有歷年的數據可回顧(如圖七)。



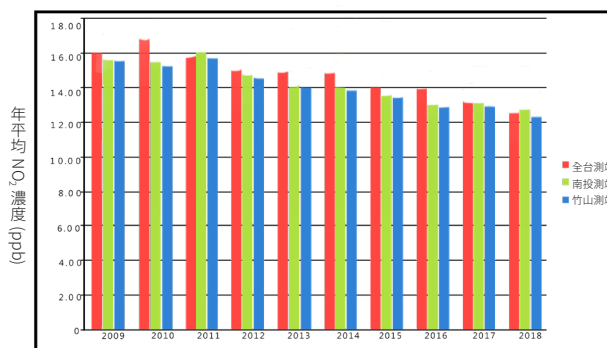
圖七 即時空氣品質數據 (資料來源：環保署空氣品質監測網)

南投縣空氣品質現況

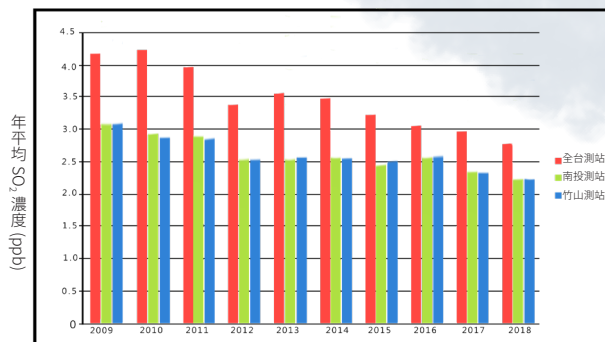
根據近 10 年來環保署空品測站的紀錄顯示，南投縣各項空氣品質指標有逐年改善的趨勢。一般而言，PM₁₀ 濃度較全台平均值差；二氧化氮、一氧化碳略好於全台平均，二氧化硫、臭氧則明顯優於全台平均（詳圖八至圖十二）。



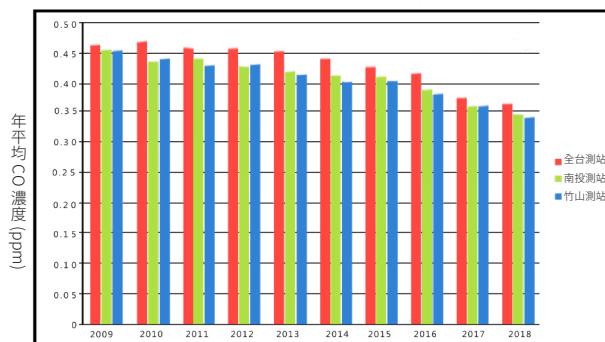
圖八 PM₁₀ 濃度變化 (資料來源：環保署空氣品質監測網)



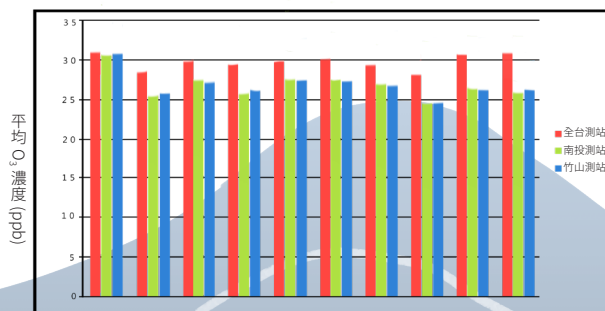
圖九 二氧化氮濃度變化 (資料來源：環保署空氣品質監測網)



圖十 二氧化硫濃度變化 (資料來源：環保署空氣品質監測網)



圖十一 一氧化碳濃度變化 (資料來源：環保署空氣品質監測網)



圖十二 臭氧濃度變化 (資料來源：環保署空氣品質監測網)

空氣品質指標 (AQI) 與健康影響

空氣品質指標 (AQI) 由低到高，對不同群族人體健康影響的差異，顯示於表一。

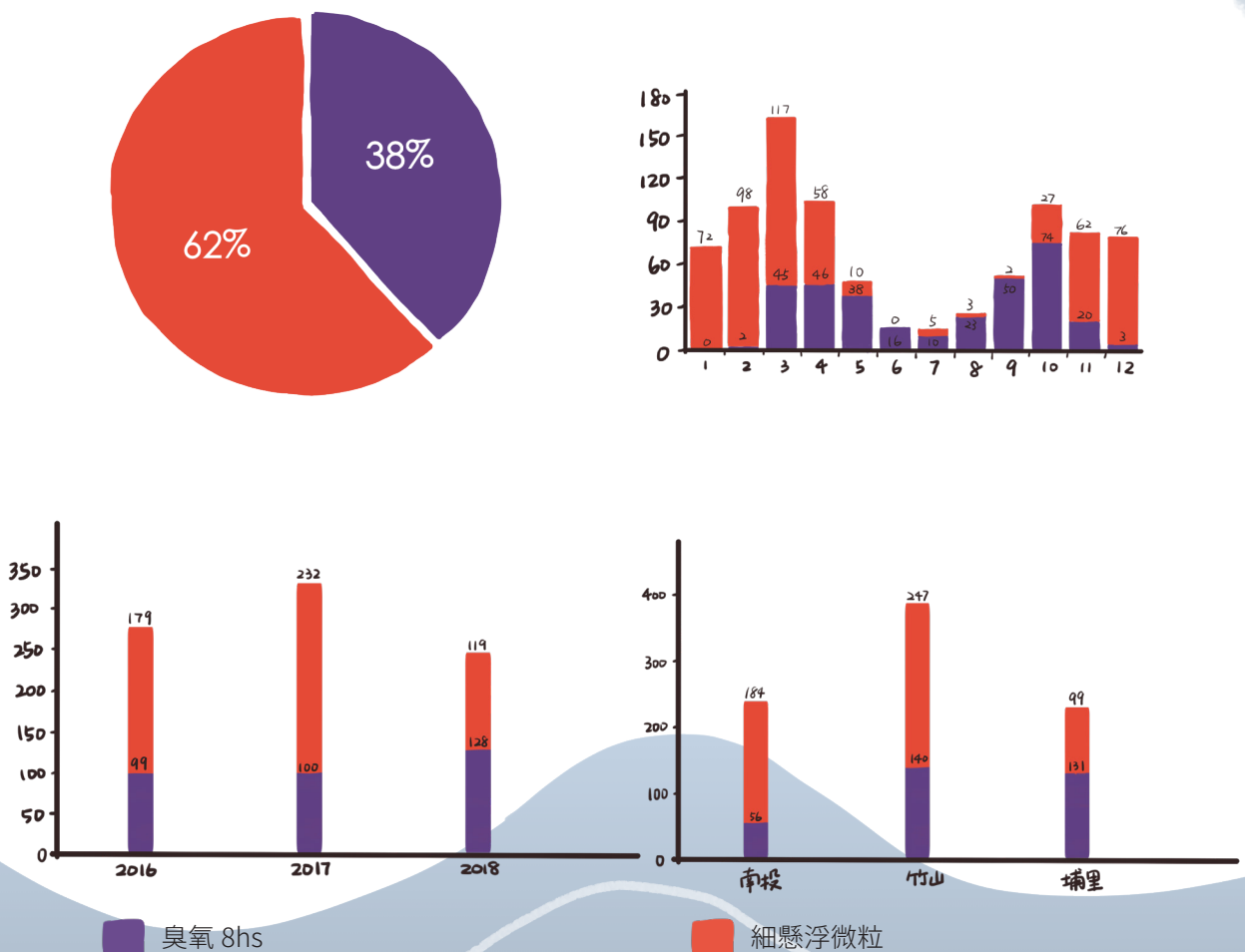
表一 AQI 對健康影響 (資料來源：環保署空氣品質監測網)

空氣品質指標(AQI)	人體健康影響描述
0~50	污染程度低或無污染。
51~100	極敏感族群產生輕微影響。
101~150	可能會對敏感族群的健康造成影響，對一般大眾的影響不明顯。
151~200	對所有人的健康產生影響，敏感族群可能產生較嚴重的影響。
201~300	所有人都可能產生較嚴重的健康影響。
301~500	健康威脅達到緊急，所有人都可能受到影響。

南投 AQI 分析

AQI 超過 100 即表示對部分民衆健康有影響，常用以定義空氣品質不良。以南投縣 3 個測站 105 到 107 年數據為例，當 AQI 超過 100 時，指標污染物以細懸浮微粒 $PM_{2.5}$ 為主，佔 62%，其次為 8 小時臭氧，佔 38%。

一年 12 個月中各月分布也不一致，5-9 月不良日較少，10-4 月則相對較多，尤其 3 月空氣品質不良日最多。三年中 AQI 超過 100 的天數以 107 年最少。3 個測站比較，竹山測站的空品不良日數較多。(詳圖十三)



圖十三 南投縣空品不良日統計 (資料來源：環保署空氣品質監測網)

2.3. 空氣品質旗幟

Q：學校每天會掛空品旗，它跟空氣品質指標 AQI 有什麼關係？

A：空品旗分五色，把 AQI 的紅褐色併入紫色。

教育部推動校園空氣品質旗幟宣導計畫，藉由空氣污染指標的顏色等級及活動建議，進行空氣品質指標及自我健康防護等宣導。讓學生掌握最新空氣品質狀況，選擇適當的活動項目及運動強度，保障學童健康（詳表二）。



表二 空品旗對應活動 (資料來源：空氣品質指標 (AQI) 指標宣導教材)

AQI	校園空氣品質旗幟	活動建議
0~50		可以多到戶外運動，記得適時補充水分，注意自己的身體狀況。
51~100		可以到戶外走動，但極容易過敏和氣喘的小朋友若感覺不舒服要戴上口罩，並跟老師說。
101~150		上下學或戶外活動最好戴上口罩。建議減少長時間劇烈運動。下課時，儘量待在教室內，過敏體質和氣喘的小朋友更要注意自己的身體。
151~200		上下學或戶外活動最好戴上口罩。應避免長時間劇烈運動。下課時，儘量待在教室內，所有小朋友要注意自己的身體。
201~300 以上		離開教室需要戴著口罩、暫停或延期戶外活動；過敏體質和氣喘的小朋友，將藥帶在身邊，隨時注意身體狀況。

第三章

空氣污染的影響



3.1 環境的影響

空氣污染對環境的影響，可以分成能見度、影響植物生長及酸雨。

大氣污染物為影響大氣能見度的主要原因，其中以懸浮微粒 (PM_{10}) 最為明顯，因為它們會吸收光線。當懸浮微粒濃度愈高，能見度愈差。(溫志中等，2009)



植物發生的空氣污染傷害有三種類型：

(1) 急性傷害，係短期間內暴露在高空氣污染下的結果，它的影響在幾個小時到幾天的間便看得出來。

(2) 慢性傷害，是長期間暴露在污染空氣的結果，常見的病變是萎黃症與掉葉病。

(3) 生長抑制，通常出現生長緩慢或產量減少。(鄭福田，2011)

氣狀污染物可以進入葉片，傷害葉片的內部，甚至乾枯脫落。粒狀污染物容易附著在植物外表上，造成植物生長的緩慢，影響發芽，減少果實。(蔡政賢)

當空氣中含硫氧化物、氮氧化物，這些氣體溶於水中會產生酸性物質，造成酸雨。

酸雨將造成

- 土壤酸化，養分容易流失，影響植物生長及農作物產量。
- 酸雨使沉澱在河川、湖泊底部中的金屬釋放出來，嚴重時會使得魚類大量死亡。
- 水中酸鹼度變化，較敏感的浮游生物與水生植物會迅速死亡，也會影響其它水生生物。
- 酸雨也會加速石灰石地形的侵蝕，改變自然地理景觀。(陳維新，2015)



3.2. 健康的影響

- 硫氧化物

以刺激呼吸系統為主，會產生鼻咽炎、咳嗽、呼吸急促、氣管炎和肺炎等。二氧化硫會刺激眼睛、鼻子，而吸入二氧化硫會引致氣管收縮。

- 氮氧化物

易對人體眼睛及呼吸系統產生刺激，造成過敏、氣管炎、肺炎。長時間接觸二氧化氮可能會減弱肺部功能以及降低呼吸系統抵抗疾病的能力。

- 一氧化碳

一氧化碳會降低血液的帶氧能力。一般人吸入低濃度的一氧化碳時會感到頭痛、暈眩及疲倦。當吸入高濃度的一氧化碳時更會造成視力模糊，甚至死亡。

- 臭氧

對呼吸系統具刺激性，會引起咳嗽、氣喘、頭痛、肺功能降低，呼吸道發炎，減低肺對傳染病及毒素的抵抗力。

- 懸浮微粒

懸浮微粒的大小不同，停留在呼吸系統不同部位（咽喉、氣管及肺臟）的機會也不同。懸浮微粒以大小可區分為粗懸浮微粒及細懸浮微粒二種。

- 粗懸浮微粒大小介於 2.5 – 10 微米，容易進入深呼吸道並影響心肺健康。

- 細懸浮微粒 (PM_{2.5}) 大小 ≤ 2.5 微米，PM_{2.5} 已被定為一級致癌物，易附著致癌物深入肺臟，並且隨著血液到達人體的各種器官。因此對於心血管及呼吸道健康皆有所影響。

各種粒徑微粒在呼吸道的分布，可見表三：

表三 懸浮微粒粒徑與影響（資料來源：國衛院 (2015) 空氣污染懶人包；環保署，認識細懸浮微粒）

粒徑(μm)	分佈特性
>10	沉積於鼻咽
2.5~10	沉積於上部鼻腔與深呼吸道
<2.5	10%以下沉積於支氣管，約20~30%於肺泡
<0.1	沉積於肺泡組織內



第四章

如何減少 空污的 危害



4.1. 政府作法

· 固定污染源管制

要求工廠於設置及操作前申報污染狀況，經過審核通過發證後才能設置及操作。且必須依許可內容：

1. 限制污染性原物料及燃料
2. 設置操作空氣污染防治設備
3. 配置空氣品質專責人員
4. 定期廢氣採樣監測
5. 排放量定期紀錄申報 (如圖十四) 。



圖十四 固定污染源管制措施 (圖片來源：環保署，2019a)

環保署規定營建工程、港口、砂石廠、鋼鐵廠、水泥廠、預拌混凝土廠、瀝青拌合廠、陶土 / 黏土廠，應設置空氣污染防制設施 (如圖十五)。

另外也把地表裸露區域一起納入管制，全面管理逸散性粒狀污染物污染源。



圖十五 逸散污染源管制措施 (圖片來源：環保署，2019a)

· 移動性污染源管制

移動污染源主要管制措施包含：汽機車逐期加嚴排放標準、推廣使用電動汽機車、引進潔淨車輛、獎勵檢舉烏賊車輛、補助民衆汰換車輛、使用中機車排氣定檢、補助更新公車及公車排放污染改善、改善燃油品質等 (如圖十六)。(環保署，2019a)



圖十六 移動性污染源管制措施 (圖片來源：環保署，2019a)

- 設立空氣品質淨化區

「空氣品質淨化區」指針對環保公園、垃圾場、廢棄物棄置場等公有裸露地，種植樹木及進行綠化。達到改善空氣、提升生活環境品質，提供民衆休閒、生態、環境教育和資源永續利用的場所 (如圖十七)。



圖十七 空氣品質淨化區功能 (圖片來源：環保署，2019a)

南投縣在固定污染源透過許可稽查、工業區污染物調查、異味及油煙管制；移動污染源透過稽查管制、柴油車排煙檢測、垃圾車加裝濾煙器；逸散污染源透過營建工地、露天燃燒管制、街道洗掃、土石運輸道路洗掃、濁水溪沿岸揚塵清理等各項減量措施進行空氣品質的改善。

經過減量計算，106 年的 $PM_{2.5}$ 削減 423 公噸， PM_{10} 削減 1,150 公噸，硫氧化物削減 49 公噸，氮氧化物削減 166 公噸，已有效減少空氣污染。(上境科技，2017)

南投縣目前列管 30 處空品計畫區，總面積 60 公頃 (相當於 2/5 個暨南大學的面積)，種植喬木 5,658 株，一年估計總共可吸收 75 公噸的二氧化碳。



4.2. 個人作法

· 日常生活中維持空氣品質

建議可儘量減少耗能行為以降低空氣污染的排放，並從日常生活中的食、衣、住、行、育、樂等 6 件事做起：

1. 食：多選擇水煮、清蒸方式烹調的食物，可以減少油煙暴露，烹煮時應開啓抽油煙機。
2. 衣：多選擇天然纖維材料或環保衣物；少穿石化原料製成的化學合成纖維衣物。選擇水溶性乾洗，不用揮發性有機物。
3. 住：多綠化環境、節約用電。選用環保塗料，減少使用揮發性有機溶劑。
- 4 行：多搭乘公共運輸工具或騎腳踏車、步行。
5. 育：多瞭解空氣污染及自我防護知識。
6. 樂：多參與環保活動、宣導環保祭拜方式：減少焚香、紙錢減量、集中焚燒並使用環保炮竹。



· 調整活動作息

一般民衆與敏感性族群的生活作息，可按照空氣品質指標 (AQI) 對應的建議活動進行管理。其中敏感性族群指孩童、老年人以及患有氣喘、慢性呼吸道疾病、心血管疾病及過敏性體質的成人。

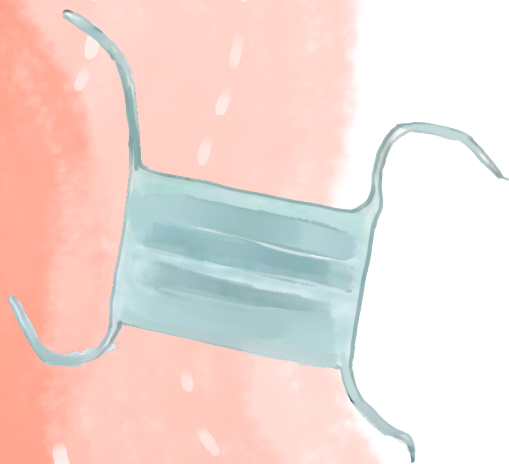


- 使用口罩

建議外出可戴口罩，由戶外進入室內時，記得洗手洗臉、清潔鼻腔，並適當關閉門窗，以減少細懸浮微粒 (PM_{2.5}) 的暴露。

常見的三種口罩其效果如下：

- 活性碳口罩：可阻擋 80-85% 次微米顆粒，可吸附有機氣體及毒性粉塵，但不具殺菌功能。
- 外科口罩：可阻擋 70-80% 次微米顆粒。
- N95 口罩：可阻擋 95% 以上次微米顆粒，但呼吸較吃力，不適合一般民衆長時間佩帶。



參考資料

- 上境科技 (2017)106 年度南投縣空氣品質管理計畫。
- 台南市環保局 (2016) 認識細懸浮微粒。
- 林秀亮 (2012) 細懸浮微粒健康風險與預防手冊。台北市衛生局。
- 國衛院 (2015) 空氣污染懶人包 http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/ref/%E6%87%B6%E4%BA%BA%E5%8C%85_v3-rev2.pdf
- 陳維新、江金龍 (2015) 空氣污染與控制。高立圖書。
- 蔡鴻德 (2017) 臺灣空氣品質現況與防制策略。
- 鄭福田、中華民國環境工程學會 (2014) 空氣污染控制與管理。高立圖書。
- 鄭福田、劉希平、劉遵賢譯 (2011) Perkins H.C. 原著，空氣污染。高立圖書。
- 賴信志 (2018) 空氣污染概念圖解。台南市環保局。
- 環保署 (2017) 空氣品質指標 (AQI) 指標宣導教材。
- 環保署 (2019a) 空氣品質改善維護資訊網 <https://air.epa.gov.tw/Default.aspx>
- 環保署 (2019b) 空氣品質監測網 (試行版) <https://airtw.epa.gov.tw/CHT/default.aspx>
- 環保署 (2019c) 空氣品質監測網 <https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/default.aspx>
- 環境毒物研究中心 (2019) 空污健康效應專區 <http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/Air.php>

問題討論

- 1 學校附近有什麼空氣污染？
- 2 根據空品測站資料，試比較不同空品區的空氣品質。
- 3 跟 PM_{10} 相較，為什麼我們比較常提起 $PM_{2.5}$ ？
- 4 如何減少空氣污染？



延伸閱讀

- 國家環境毒物研究中心，空氣污染知多少
- 國家環境毒物研究中心，空氣品質 (一) (二) (三) (四) (五)
- 公共電視，我們的島第 804 集，呼吸在高雄
- 空氣監測自己來 (科學少年雜誌 (雙月刊) (第 7 期 / 2015 年 2 月號))

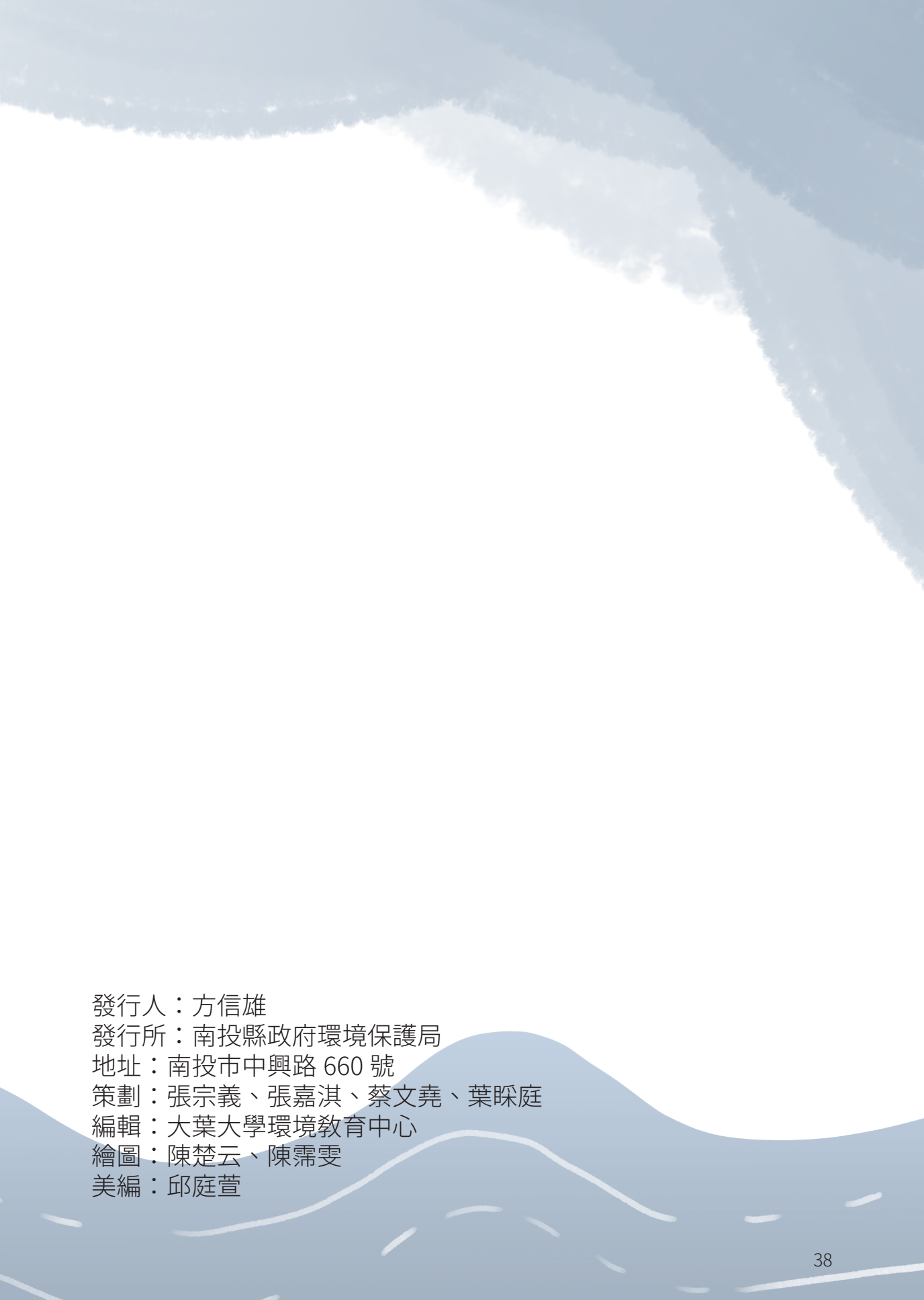


本書相關環境教育議題核心素養

總綱核心素養項目	環境教育核心素養
A2 系統思考與解決問題	環A2能思考與分析氣候變遷等重大問題的特性與影響，並深刻反思人類發展的意義，採取積極行動有效合宜處理各種環境問題。
B2 科技資訊與媒體素養	環B2能善用資訊、科技等各類媒體，紀行環境問題的資訊探索，進行分析、思辨與批判。
C1 道德實踐與公民意識	環C1能主動關注與環境相關的公共議題，並積極參與相關的社會活動，關懷自然生態與人類永續發展。

本書相關環境教育議題學習主題與實質內涵

議題學習主題	議題實質內涵
環境倫理	環J1了解生物多樣性及環境承載力的重要性。
永續發展	環J4了解永續發展的意義(環境、社會、與經濟的均衡發展)與原則。
能源資源永續利用	環J14了解能源流動及物質循環與生態系統運作的關係。



發行人：方信雄
發行所：南投縣政府環境保護局
地址：南投市中興路 660 號
策劃：張宗義、張嘉淇、蔡文堯、葉暎庭
編輯：大葉大學環境教育中心
繪圖：陳楚云、陳霈雯
美編：邱庭萱