

科學圖書大庫

都市氣候學

主譯者 國立編譯館
譯者 鄭師中

徐氏基金會出版
世界圖書出版公司

日463.3
02

科學圖書大庫

都市氣候學

主譯者 國立編譯館
譯者 鄭師中

徐氏基金會出版
世界圖書出版公司

都市气候学
郑师中 译

徐氏基金会(台) 出版
世界图书出版公司
(北京朝内大街137号)
北京中西印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1990年3月第一版 开本: 850×1168 1/32
1990年3月第一次印刷 印张: 8.5

ISBN 7-5062-0656-0

定价: 5.10元

经徐氏基金会允许, 世界图书出版公司重印, 1990
限国内发行

譯者序

氣候學者米勒 (Miller) 曾云：「氣候學深潛縝密交織於人類日常生活中而制御其日常生活與習慣」，人類的食、衣、住、行、育、樂等均受氣候之支配或影響。近數世紀以來世界人口之快速膨脹與集中，更造成都市地區特殊的氣候形態。以人口數而言在 1650 年世界人口僅有五億，到 1970 年已達三十六億一千六百萬，由聯合國的人口研究報告指出到二十世紀末，地球人口將超過六十億人，至於在人口集中方面主要緣於工業化快速發展。1960 年美國有三分之二人口居住於都市，英國倫敦在 1590 年人口數僅有二十萬人，1970 年則近八百萬人，日本東京人口數已超過一千二百萬人，就以台北市而言，在政府遷台初期不過三十萬人，如今亦已近二百五十萬人。世界上所謂已開發國家的十四億人口中，更有百分之八十的人口居住於都市。由於有限的土地容納過多的人口造成過度的土地利用，地貌亦因之改變，此由於工業化 (Industrialization) 與都市化 (urbanization) 所產生的都市效應 (Urban effect) 使得人類生活不可須臾或離之氣象環境頓然為之改變，諸如環境污染 (Ecological pollution) 的空氣污染 (Atmospheric pollution)、水域污染 (Water pollution)、噪音污染 (Noise pollution)、熱能污染 (Thermal pollution)、廢棄物處理 (Wastes management) 等。聯合國世界衛生組織 (World Health Organization) 與世界氣象組織 (World Meteorological Organization) 有鑑於此，曾於 1968 年 10 月在北京布魯塞爾召開都市氣候研討會 (Symposium of urban climates)，其論文集於 1970 年出版，提出都市氣候研究重點與未來發展方向，激發了都市氣候研究的高潮。

本書係由美國哥倫比亞大學教授 Dr. William L. Donn 集合數十位專家學者，前後耗時二十一年 (1959~1980) 所編輯的世界地球物理叢書

(International Geophysics Series) 共二十九卷中的第二十八卷，由氣候學家 Helmut E. Landsberg 主編，1981 年 Academic Press 出版，共十一章凡二百七十五頁。對都市氣候研究的歷史；都市大氣的組成；都市能量通量；都市熱島；都市風場；都市氣溫與風場模式；水汽、雲和水象的變化；都市水文；都市氣候的特殊量觀及都市計畫等均有廣泛而深入的探討。近年來台灣地區因都市效應所造成的問題日趨嚴重，因此有關都市氣候的研究報告也陸續散見於各學報、專刊。近來中國文化大學氣象學系也由譯者開授都市氣候有關的課程，有感於教科書的缺乏，乃不揣簡陋，試譯本書，以為大專有關科系上課教材或關心環境的社會人士研究參考。

譯述期間感謝本系曾鴻陽、溫嘉玉、黃中婷、朱家淳、張瑞澍等同仁之謄寫與校對，才能使本書順利完成。最後更須要各位讀者不吝將本書誤漏之處告知譯者，以便於再版時改進。

鄭師中序於陽明山華岡

中國文化大學氣象學系

作者序

有關都市氣候之專書及論文問世至今已有四分之一世紀之久。基本上，這些書係以地理學的觀點去解釋都市區氣候與其周圍環境有所差異的現象，同時也是將當時在都市氣候研究達到最盛時期所得之知識做一總結。

這些專書及論文出版後，研究分析的重點朝向對「效區—都市」在大氣邊界層 (Atmosphere boundary layer) 物理性質因都市化所引起都市氣候差異間之物理關係，亦有非常具體的認識。此意味著一個知識興盛期的來臨，大體而言，這也是本書的目的。

本書中所要強調的是近 15 年來所做的研究成果。因此，雖然我們也引用一些早期的古典研究文獻，但是並不需要將注意力集中在此類的大量文獻中。

我所期望的是，本書不僅對研究大氣邊界層的學者有所助益，同時也能對從事都市規劃、發展及人類生態學者 (Human ecologists) 有所幫助。

最後，我要感謝我的秘書 Mrs. Katherins Mesztenyi 在稿件之協助與校對，Mr. Clare Villanti 對於圖表之提供。同時也對國家科學基金會 (National Science Foundation) 協助馬里蘭州哥倫比亞市 (Columbia Maryland) 在 1968 至 1974 年新都市 (New town) 發展期之氣候監視，表示謝忱。

HELMUT E. LANDSBERG
Institute For Physical Science
And Technology, University
of Maryland, College Park,
Maryland, 1981

目 錄

第一章 緒論	1
1.1 文獻回顧.....	1
1.2 歷史的演進.....	3
1.3 地區性氣候問題的修正.....	9
第二章 都市大氣的評估	16
2.1 綜觀與局部尺度.....	16
2.2 觀測的過程.....	19
第三章 都市大氣的組成	22
3.1 都市大氣.....	22
3.2 空氣品質標準與觀測.....	25
3.3 污染物與天氣的相互作用.....	33
3.4 城市氣候的擴散模式.....	44
第四章 都市能量通量	52
4.1 太陽輻射.....	52
4.2 其他通量參數.....	58
4.3 都市熱平衡中的人為因素.....	70

第五章	都市熱島	83
5.1	熱島的發展與生長	84
5.2	熱島的變動.....	99
5.3	熱島的垂直伸展.....	106
5.4	風對熱島的影響	109
5.5	都市熱島的結果	114
第六章	都市的風場	123
6.1	風速改變的實證	123
6.2	都市地區的垂直風結構.....	131
6.3	都市風場和其他尺度環流.....	141
第七章	都市之氣溫與風場模式	149
7.1	靜力模式	149
7.2	都市氣流之動力模式.....	152
7.3	模式應用於空氣污染研究.....	165
第八章	水汽、雲和水象	174
8.1	都市濕度場	174
8.2	都市雲	179
8.3	都市降水	183

第九章	都市水文	209
-----	------	-----

第十章	都市氣候的特殊觀點	222
-----	-----------	-----

10.1	腐蝕和惡化作用	222
10.2	都市噪音	225
10.3	都市大氣中的植物	229
10.4	都市空氣對人類的影響	234

第十一章	都市計畫	254
------	------	-----

第一章 緒 論

(Introduction)

1.1 文獻回顧(The literature)

近幾年來，從文獻增加的現象中可以反映出都市氣候學 (urban climatology) 之快速成長。克雷茲爾 (Father Kratzer) 以此為主題，並引用了 225 篇文章而成為第一本專書。在第二版 (1956) 時，引用的文獻增至為 533 篇。而布魯克斯 (C.F.P. Brooks, 1952) 更節錄 249 篇有價值的參考文獻摘要。以上這些都是以現代方法研究整理過去的文獻。在甘得爾 Chaudler's (1970) 編著，世界氣象組織 (World Meteorological Organization) 出版的文獻中，我們發現有關都市氣候標題的文章大約有 1800 篇。歐克 (OKe, 1974) 以 1968 至 1973 年間都市氣候研究的過程為背景，從甘得爾 (Chaudler's) 的書中，節錄了 337 篇論文成為專書。隨後他又適當的加入了 1973 至 1976 年具有參考價值的 434 篇文獻再版 (OKe, 1979)。最近，僅僅在澳洲一地就有 544 篇有關之論文，雖然其中有些僅與主題稍有關連而已，但也可看出，都市氣候的研究正方興未艾。

文獻的增加，反映出人們逐漸關心人為因素對環境的影響，這種關切導致了世界各地廣泛的觀測與調查。這些努力是為要使改善都市區內人為因素造成改變之氣候環境，使之由難轉易。此種趨勢的影響，在可預見的近幾年內，將使得更多的學者加入調查研究的工作。對於過去我們已

經知道的結果，我們可以從各地資料的增加獲得更明確的證實。至於由都市所引發的降水機制和降水區域範圍的改變等工作，及如何技巧的避免因都市氣候變化所帶來的影響，則交予都市計畫人員去處理。

METROMEX 計畫的主要努力方向之一是去了解前述所提的問題，將研究一個重要都會區對大氣的影響，而其研究結果的報告也已經被發表（Changnon 等 1977; Ackerman 等 1978）同時應用氣象期刊（Journal of Applied Meteorology）更是發表此計畫結果的常見刊物。任何對都市氣候學這個主題有興趣的學生都必須參考這些原始的研究報告，而此計畫能使得科學調查的領域達到它目前的高峯期。因為此眾多的文獻（超過 3000 篇）有些是重覆的，在此書中這些參考文獻僅列出其直接來源而已。

我們可以問：「為什麼這個主題會如此重要？」，這理由非常簡單，因為各種不同的人為效應會對許多城市與都會區發展而成的組合都市（vast conurbations）之局部大氣產生衝擊，而且此衝擊的程度也無法預知。聯合國計畫指出，在二十世紀末，全球的人口將超過 60 億，因大約 50% 的人口將湧進都市地區，在被稱為已開發國家的 14 億的人口，預期將有 80% 的居民住在城市中（圖 1-1）。在短期內，一些都市區域人

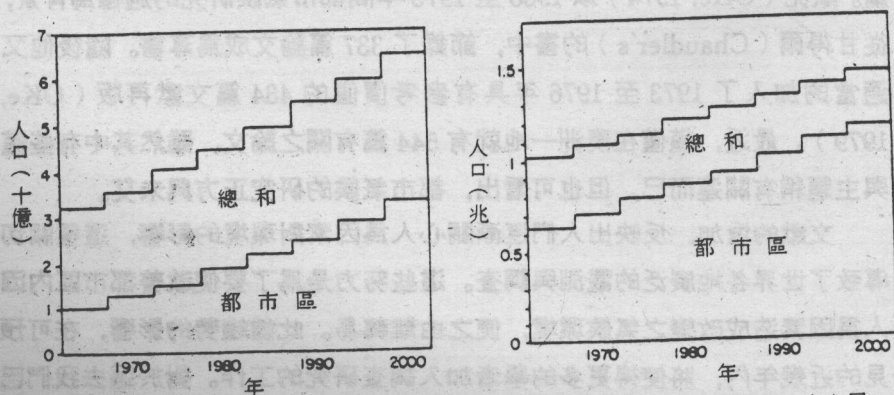


圖 1.1 聯合國人口研究計畫至西元 2000 年的全世界（左）與開發地區（右）居住在都市區人口的百分比。

口將達到二千萬人。很明顯的，除了以上數據大的改變之外，更多的土地將被改變用途，以便於去容納這些人們；也因此就必須使用更多的燃料，造成更多的污染物擴散至住家、工廠，並輸送到羣體中，這些現象對於社會生態影響非常大，這些問題已經被爭論了十幾年。從發表的討論文章中可發現，讀者應該花更多的時間注意在較大範圍的環境上。都市氣候只是人類所面對的大問題中的小部分而已（參考 Eldridge, 1967; Dansereau, 1970）。

1.2 歷史的演進(Historical developments)

自從古代的城市發展後，人們已經注意到都市的空氣不同於鄉村的空氣。隨著高靈敏度的化學檢查儀，人們的嗅覺對於城市空氣有著持續性的厭惡，這是對於空氣污染的直接反應。經過這多年來的改變，污染的空氣似乎已是都市大氣必然的產物。

一個對於羅馬煙污染的隱喻已記載在大約公元前 24 年的 Quintus Horatius Flaccus 的經書中（Horace, 65 ~ 68 B.C.）（Neumann, 1979）。尤有甚者，當我們讀到 Lucius Annaeus Seneca（Ca. 3 B.C. ~ A.D. 65）中這麼寫著“當我在人們升火時，包含了令人討厭的煙霧和煤灰的臭氣即將從煙囪冒出時，離開了羅馬的厚重空氣，我感到情緒為之一變”。

倫敦是中世紀這些都市污染的典型，於是它在 1273 年即已禁止了煤的燃燒，這措施是有些益處的。在 1306 年，愛德華一世（Edward I, 1239 ~ 1307）發表宣言明令禁止在火爐燃燒海煤（Sea coal）。伊莉莎白一世（Elizabeth I, 1533 ~ 1603）嚴禁在城市議會開會期間燃燒煤炭。皇家協會的會員（Fellow of the Royal Society）約翰艾維林（John Evelyn, 1620 ~ 1706）為一偉大的崇尚自然主義者，他在 1661 年寫了一本冊子譴責以煤為燃料的製造業。在這冊子裏他說：「空氣在所有其他地方是清澈和純潔的。若與世界各地的白天比較就像太陽光照射在硫磺雲層上。」

陽光由於無法穿透而變暗。連疲累的旅人在幾哩外尚未看到城市，就已先聞到污染的空氣味道」。此種污染問題共持續了近 300 年，直到 1952 年引起超過 4000 人的死亡事件後才起草立法管制。並且也使得英國的其他城市變成“無煙”的地帶。

直至 1818 年萊克賀華德 (Lake Howard, 1772~1864, 圖 1.2) 發行了第一本關於都市氣候的專書，倫敦才又再次出現了有關城市氣候的記錄。第二版在 1820 年發行，在 1833 年更大量發行了第三版。賀華德是一位化學家，也是一位業餘氣象學家之前導者。他在 1803 年所提出雲層分類，至今仍然是辨識雲層的標準。在他這本書中的城市氣候專題論文中認為，城市氣候最主要的變化是氣象要素的改變，因此之故，他創了城市霧“City

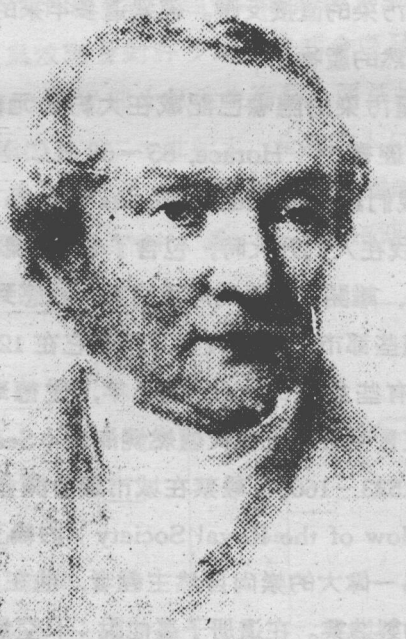


圖1.2 萊克賀華德 (Lake Howard, 1772~1864)，倫敦熱島的首倡者。

Fog”的名詞，他用許多案例來清楚的描述這現象。就如在 1812 年 1 月 10 日記錄上，他寫著：

倫敦在白天有許多小時，天空都是昏暗的，商店、公司等都必須點亮電燈；可是街道上卻仍然如晚上一般黑暗。即使亮光照著天空，天空卻依然顯現出褐色的樣子。煙累積的影響使得目前兩者（亮與不亮或陽光與煙塵）之間成對應，換句話說整個城市顯出朦朧的安靜。在四十哩的距離內黑煙的雲層是可見的。大氣並不是極端易變的，就如有爆發力的火山，在冬天也會缺乏爆發力。

對有如以上假借火山現象中而又多采多姿都市的景象描述，已在許多文章中均曾提及。賀華德對 1826 年 1 月 16 日在低能見度或被霧籠罩地區的描述如下：在昨天下午一點鐘，城市的霧愈來愈密，密到我們無法想像。燈光和蠟燭被點燃在所有的商店及公司，在街道上的馬車一點也不敢移動，雖然在當時，距離城市 5 哩的大氣上有著明亮無雲的太陽照耀著。

然而，賀華德最值得注意的發現是他認為都市中心的氣溫較其鄰近地區的城鎮還來得熱。在 1820 年賀華德發行了一份倫敦和鄉村的溫度計指數對照表。在這表上他指出，每月各有不同的平均溫度。（如圖 1.3）特別值得注意的是這表下詳細的註解：“在都市晚上是比鄉村晚上熱 3.7 度，而都市白天比鄉村白天冷 0.34 度”，簡而言之，這是都市熱島的認知，這個論題將組成本書以下各章。賀華德和他之後的許多人將溫度的升高歸因於人們大量的使用燃料。

在賀華德之後數十年，由艾敏利雷挪（Emilien Renou, 1815～1902）（圖 1.4）與一羣氣象觀測機構人員，在 1885 年新發表的一個首都—巴黎的變化，結果證明與賀華德相同。雷挪注意的重點在於顯露於室外的溫度計讀數及城市溫度之真正增加量。在其觀察結果中指出城市溫度之增加量為 1 至 2℃，他說：

除此之外，在同一時期，巴黎室內的年平均溫度變化從 12℃ 增加至 16℃；並有

日夜之月平均溫度及溫差				1807~1816 之月平均溫度			
月 份	日間月平 均最高溫	夜間月平 均最低溫	溫 差	月 份	鄉 村	倫 敦	差 值
1	40.28	31.36	8.92	1	34.16	36.20	2.04
2	44.63	33.70	10.93	2	39.78	41.47	1.69
3	48.08	35.31	12.77	3	41.51	42.77	1.26
4	55.37	39.42	15.95	4	46.89	47.69	0.80
5	64.06	46.54	17.52	5	55.79	56.28	0.49
6	68.36	49.75	18.61	6	58.66	59.91	1.25
7	71.50	53.84	17.66	7	62.40	63.41	1.01
8	71.23	53.94	17.29	8	61.35	62.61	1.26
9	65.66	48.67	16.99	9	56.22	58.45	2.13
10	57.06	43.51	13.55	10	50.24	52.23	1.99
11	47.22	36.49	10.73	11	40.93	43.08	2.15
12	42.66	33.90	8.76	12	37.66	39.40	1.74

圖1.3 萊克賀華德(Lake Howard's)列出的都市溫度(°F)和都市—郊區溫度差。

大量的水汽以各種不同的形式流出。人或動物的呼吸作用，尤其是那些從煙囪中排放出無法計數的氣體，使得人們即使在太陽上升至某一高度後，從遠方高處看此一城市，巴黎上空仍存在著阻擋太陽的紅褐色霧。例如在曼頓(Mendon)的層頂，雖然其溫度並未較其附近的城鎮高出許多，但其仍有可能為混濁、煙霧、氨化的大氣。

我們不能確信雷挪所提出的輻射能吸收，工業熱能的排放，或物質變換熱能是引起都市上空氣溫較高的原因。他經過了十多年後又回到這個論題上，並在一篇文章中精密的比較座落在巴黎內部和外部的溫度。他仍然十分關心溫度計顯露的問題。他總結的說“這是顯然的，在相同高度的鄉

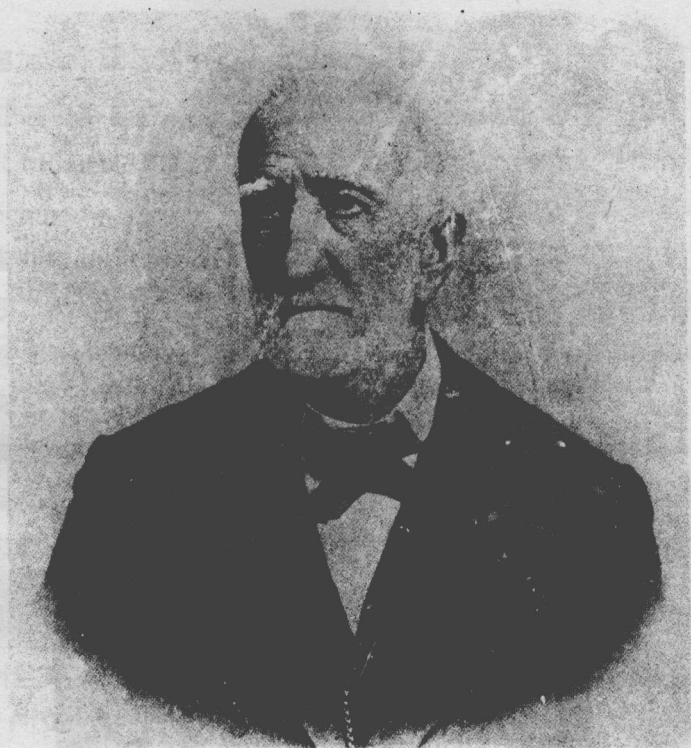


圖 1.4 艾敏利雷挪(Emilien Renou, 1815~1902)

村和城市的溫度相差 1°C ”。

他更進一步指出“這城市——特別是大的城市，減緩了溫度曲線的進展，因此也改變了其振幅，尤其是最陡峭的一方，最明顯的是在晴朗而空氣平穩而有觸手可及的有霧夜晚，當霧掩蓋時，則城市中的冷卻較其附近外圍地區為快。這良好的觀察是在天氣有利於輻射冷卻的情形下，在晚上，城市和環繞在城市旁的地區差異最顯著。他也注意到在二個不同的環境下，白天達了結冰溫度的日數會有不同，測試的那年，在比較的鄉村測站中，發現鄉村在白天達到結冰溫度的日數，較城市多 40%，最後他指出城鎮的風速是較鄉村為低。



圖 1.5 威爾漢史基茲(Wilhelm Schmidt, 1883~1936)

在這下半世紀，會有許多關於不同城市氣候的專題論文出現，大部分都是都市—鄉村氣候的差異上做探討，一些有關於這樣的差異問題被刊載在其他的各種短篇文章。然而有關於這種現象和這些差異原因的系統性研究並沒有被特別提出，直到威爾漢史基茲(Wilhelm Schmidt, 1883~1936)(圖 1.5)開始在都市景觀的微氣象調查才獲得突破。他最主要的貢獻是介紹使用馬達驅動的儀器傳送來當研究工具。使用一個或多個固定點的自動記錄，在綜觀的基礎上，隨著時間做一校正，並將氣象要素繪成等值線。許多爲了這樣調查目的工作，亦藉著將自記儀器放置在交通工具上而完成，這些工具包括了自行車、汽車和路上的電車。如今，直昇機和