

環境

澳門的空氣質量監察計劃

*R. A. C. Carvalho**
*J. P. R. E. Santos**
*A. Viseu ***

翻譯：朱偉幹

1、序言

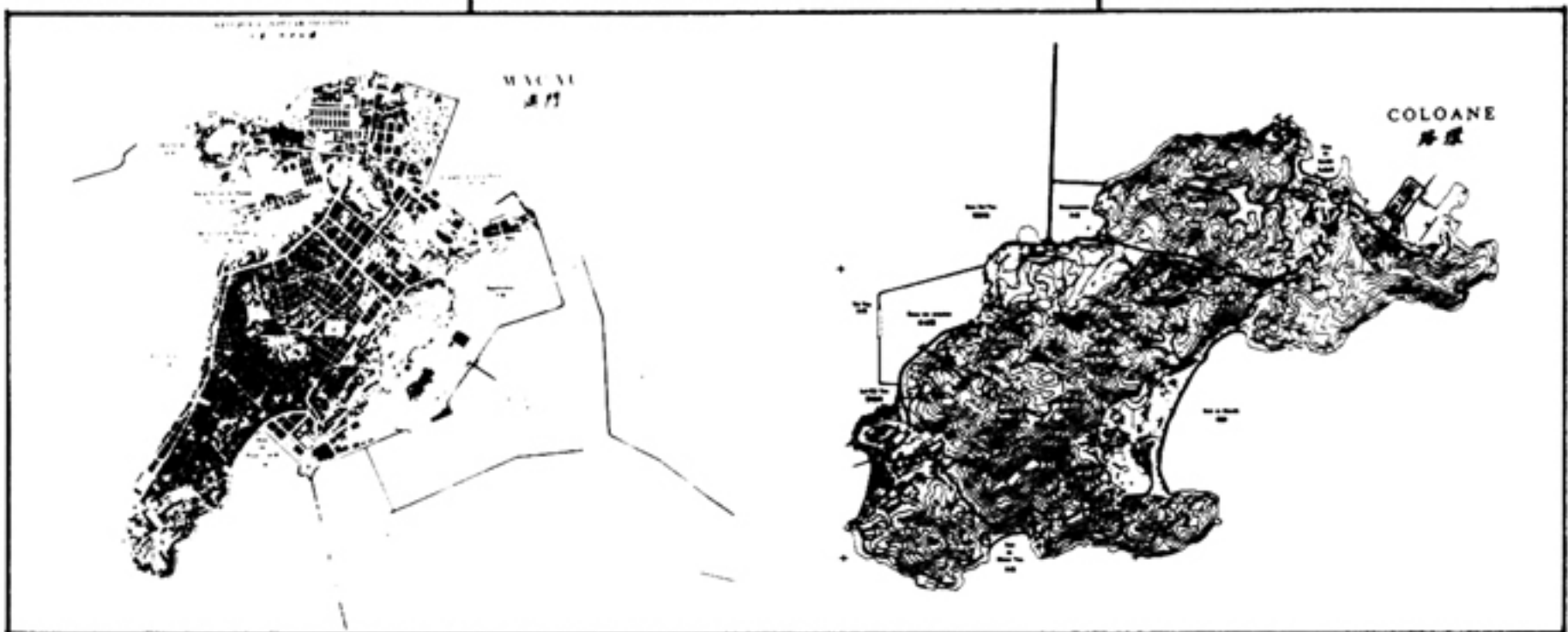
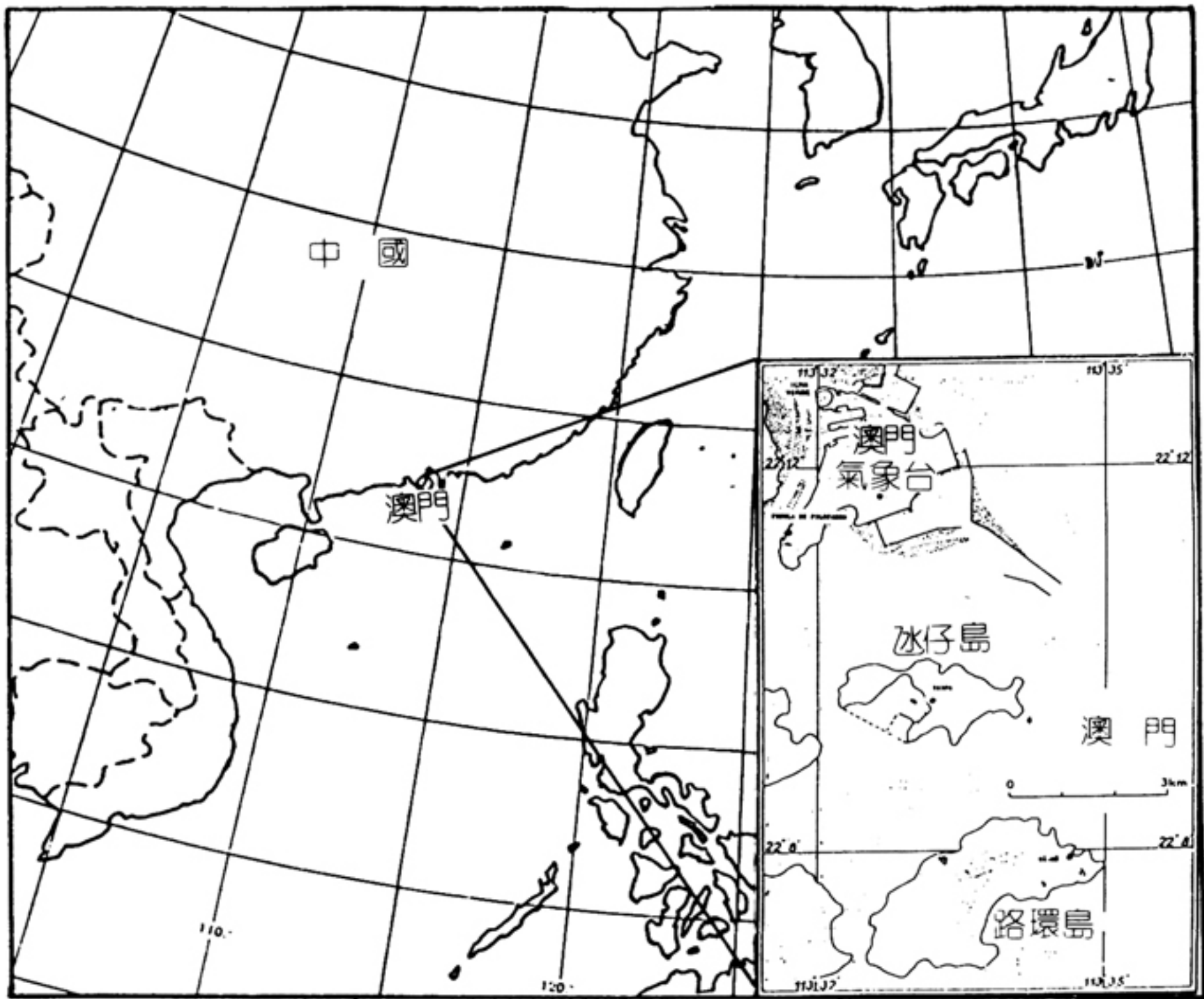
澳門自七十年代起商業和社會的發展促使澳門政府推行一個澳門空氣質量監察的計劃。此項計劃始於1985年。

計劃包括建立一個測量網，測定接近地面大氣層污染物質的濃度，研究有關影響空氣質量的原因，特別是停頓及流動的污染物質的來源的特徵及地點，澳門地文，都市結構，市區人口和汽車流量的特徵，同時研究氣象對大氣層污染物質在不同氣候下流動及散播的影響。

計劃開始的第一期，用四年時間，擬定實施上述基礎的研究，利用於1987年底裝置監察站網的結果作為基礎，建立澳門空氣質量監察計劃，同時建立使用聲響傳導探測，氣溫直接測試及高空風向等對澳門的低對流層熱力及動力結構的氣象觀測計劃。

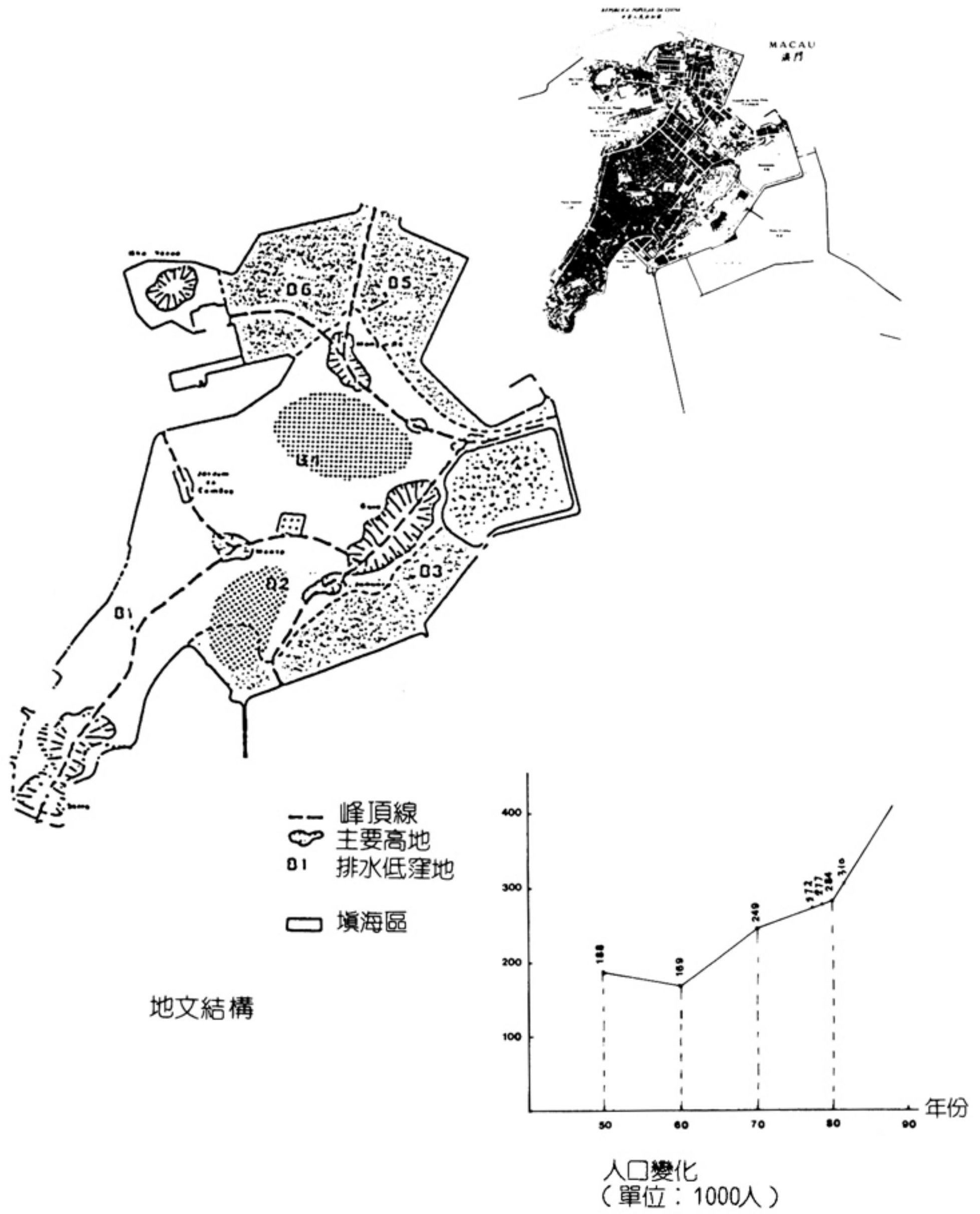
* 里斯本國家地球物理暨氣象局

** 澳門地球物理暨氣象台



[圖1]

空氣質量極之不佳的區域



[圖2]

2、地文、人口及都市結構

澳門地區是由澳門半島和氹仔、路環兩個離島組成的，面積分別為6.4平方公里，3.8平方公里和7.1平方公里，位置處於北緯22度中國南方海岸的珠江三角洲。

澳門市處於澳門半島，市內有幾個高度為49公尺至91公尺的小丘：馬交石、青洲、望廈、大炮台、媽閣及東、西望洋山。

在澳門市，人口約410,000，主要道路網基本是由比較狹窄的（8至12公尺闊）約20公里的道路所組成，形成“走廊”結構，順着二條主軸通道：一條沿着半島西面海岸的內港通道，另一條是南灣／水坑尾街／東望洋街／荷蘭園大馬路南——北向貫穿半島的縱軸。澳門市的橫貫聯繫經兩條東——西方向的主軸，由新馬路（亞美打卑盧大馬路）／殷皇子大馬路與及高士德大馬路／雅廉訪大馬路／美副將大馬路連繫而成。主要的道路通常包括上下行車方向，並穿插於大大地限制了空氣流通條件的“緊密貼連”的大廈之間。

澳門半島的南部主要是商業寫字樓和住宅區；北部是中、小型工業及住宅區，其中黑沙環發展區人口密度很大，超過500,000人／平方公里。

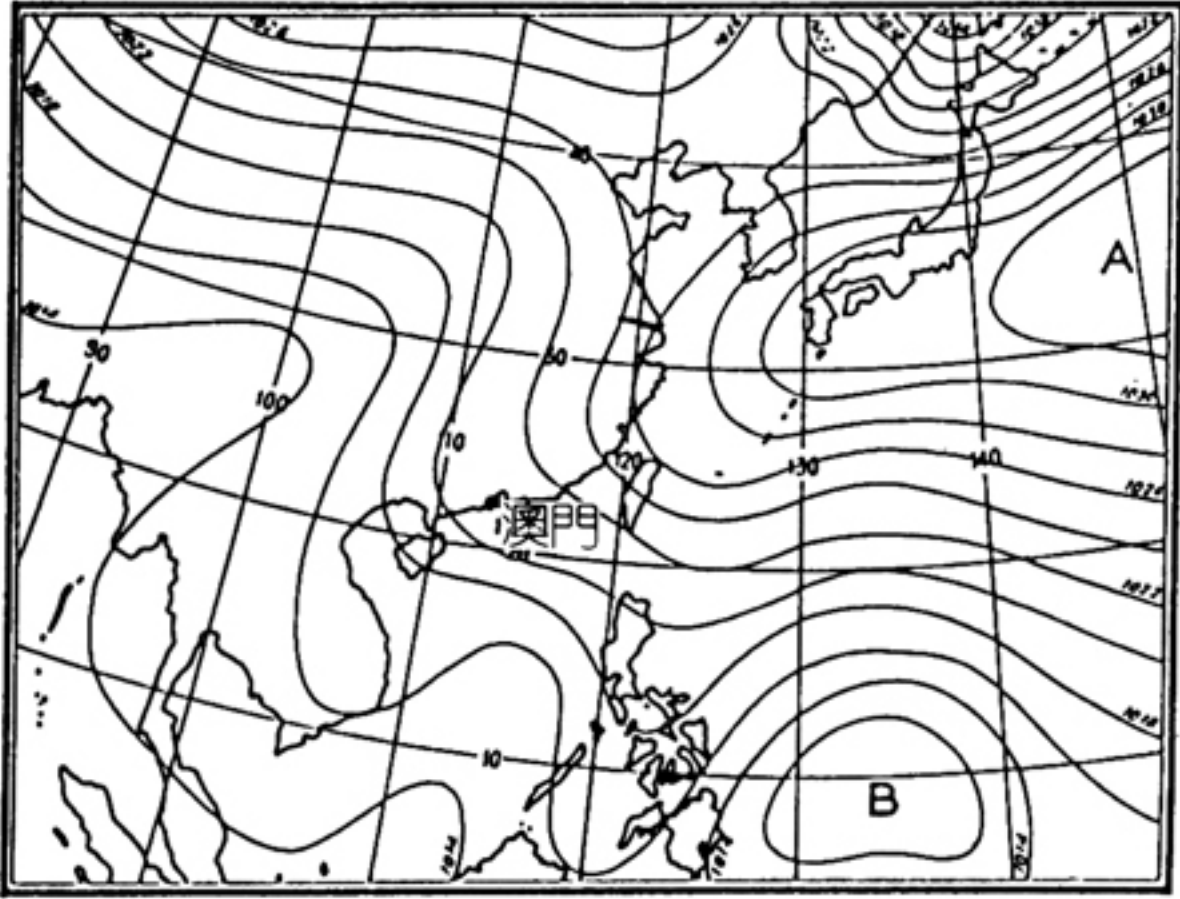
澳門全部的機動車輛約佔30,000輛，其中20,000輛屬輕型車輛，2,500輛為重型車輛；在主要道路網交通最繁忙的時間，車速低於15公里／小時，因為交通的流動經常遇到嚴重塞車，特別在連接市區南——北向的道路尤甚，故此導致空氣質量極差劣。

海島氹仔有兩個小丘，西面的小氹仔（111公尺）和東面的大氹仔（159公尺），海島路環最高點為174公尺；這些海島只有一些細小的居民點，雖然在路環東北角有一間水泥廠和一座發電站。

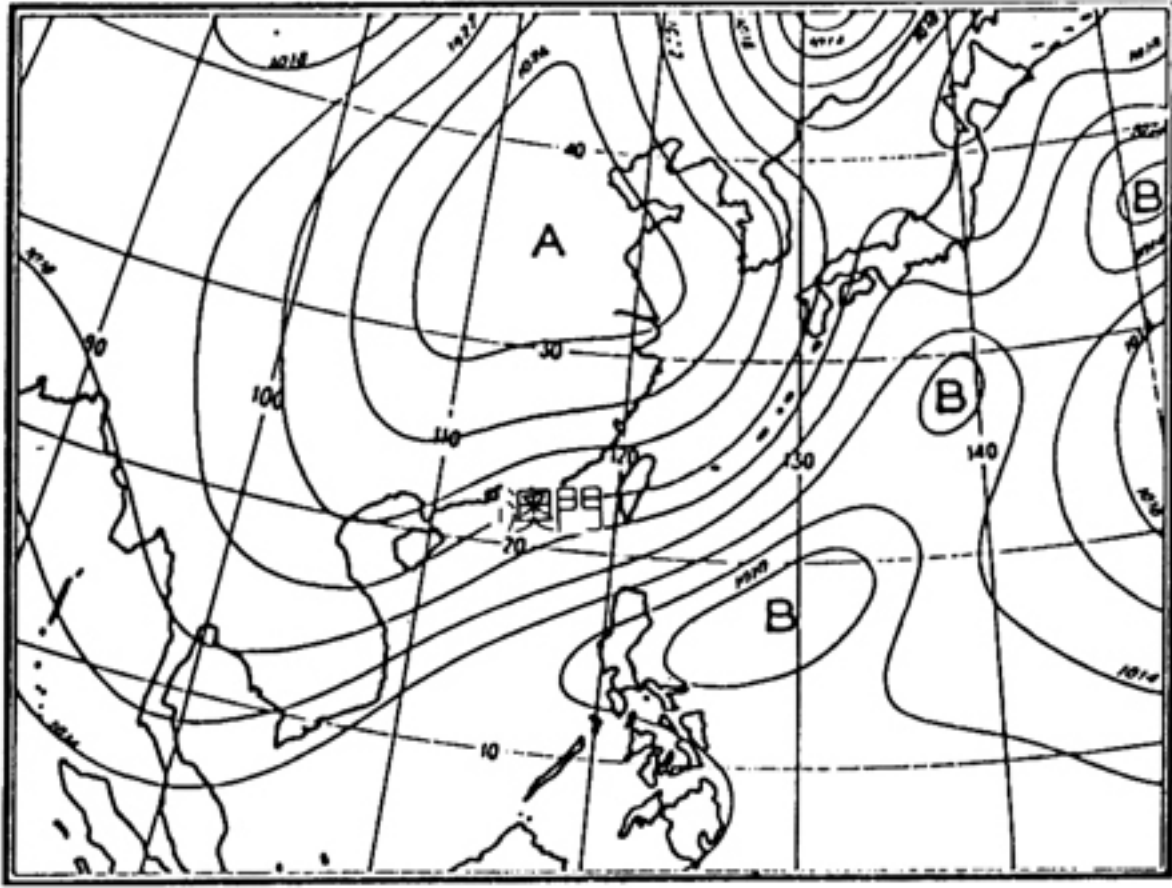
3、澳門地區低對流層的風向及穩定狀態

低對流層特別是近地面的空氣質量，基本上取決於低層的氣象條件，即距離連接地球表面1至2公里的大氣層。各種不同氣象因素裏面，低對流層的風向和穩定狀態對大氣層污染物質的散播和移動起着作用。

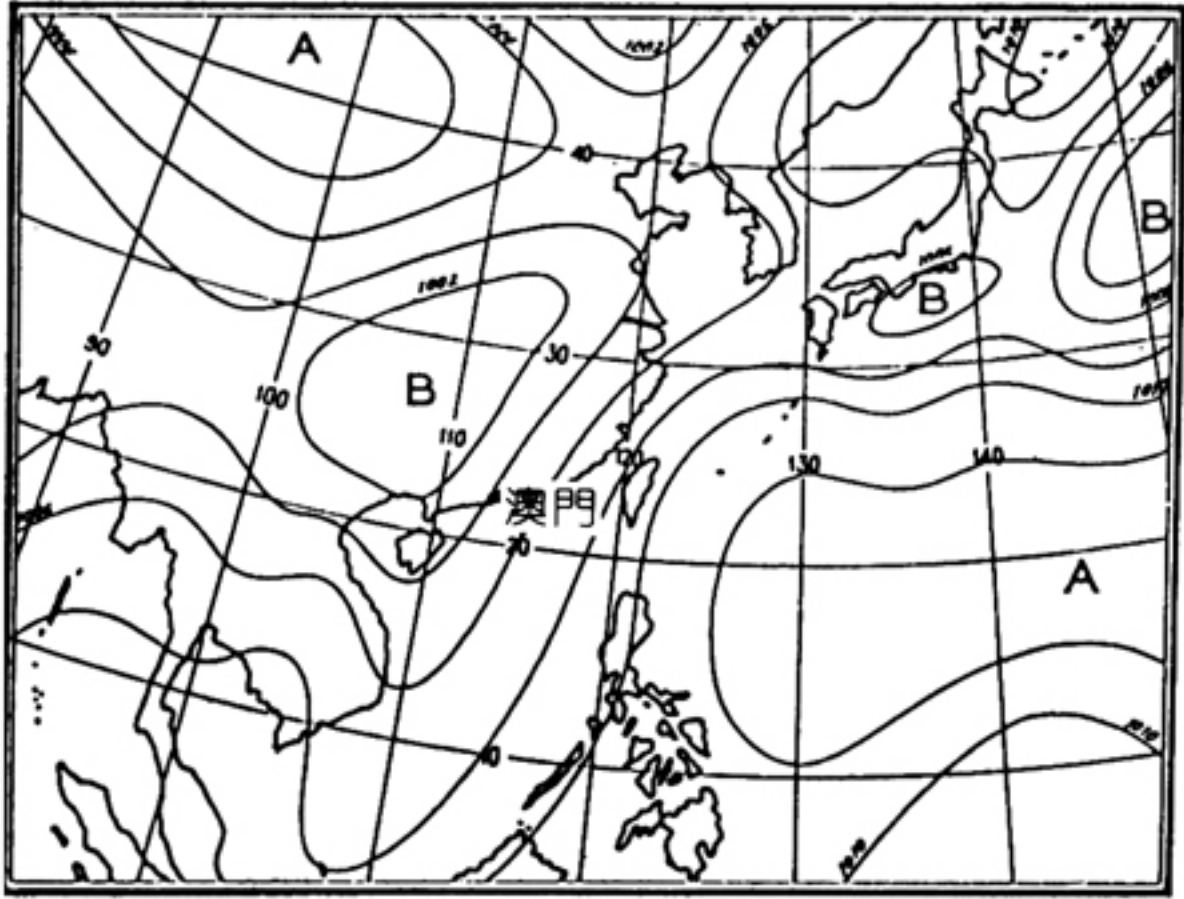
澳門地區低對流層和地面風向受到幾個強大中心地區帶來的環流所影響：北太平洋的亞熱帶反氣旋；冬季西伯利亞——中國北部的反氣旋；中國南部上空夏季熱力所形成的低氣壓區；加上冬季晚上多從北部吹來、夏季日間多從西南部吹來的海岸微風對陸地的作用。



北太平洋亞熱帶反氣旋
(東面環流)



西伯利亞——中國北部反氣旋
(北面環流)

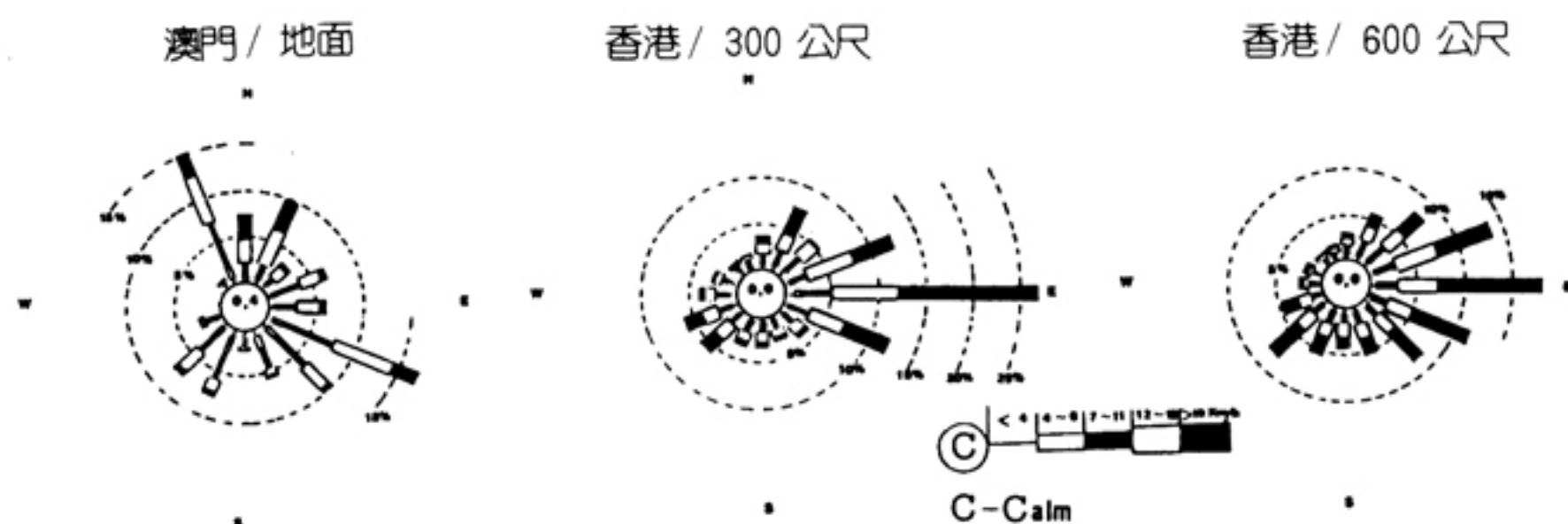


熱力形成的低氣壓區
(西南環流)

[圖 3]

這樣，澳門地面每年平均多吹平均風速13公里 / 小時的東南偏東風（17%）和西北偏北風（15%）；而比較少吹西南偏西、西、西北偏西和西北風（每一風向低於2%）及較低的（7至9公里 / 小時）平均風速。全年平均風速是12.7公里 / 小時；低於4公里 / 小時的風速佔5%。

由於在本澳高空的風向觀測並無成效，於是轉而尋求以五年期間（1976至1980）當地時間2, 8, 14, 及20時的香港高空風向觀測的結果，以便估計低對流層區域的風向頻率。結果，在1000公尺高度以下多吹東北偏東至東南偏東風，高度在300, 600和900公尺吹這些風向的分別是40%, 42%和34%，風速分別是18至22公里 / 小時，20至25公里 / 小時和23至28公里 / 小時；此範圍常見的風向是東風，26%是在300公尺，18%在600公尺以及13%在900公尺。



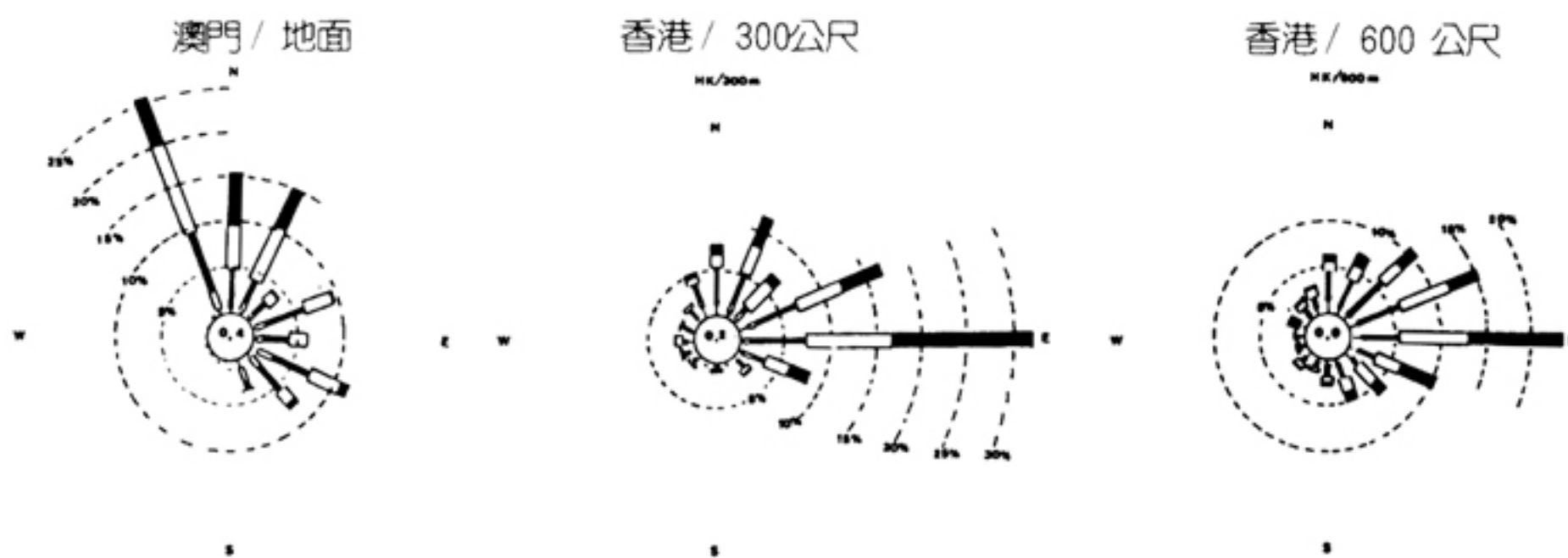
[圖4]

在1000 / 3000公尺高的範圍主要吹西南偏南至西風，佔40%至55%，平均風速25至48公里 / 小時。

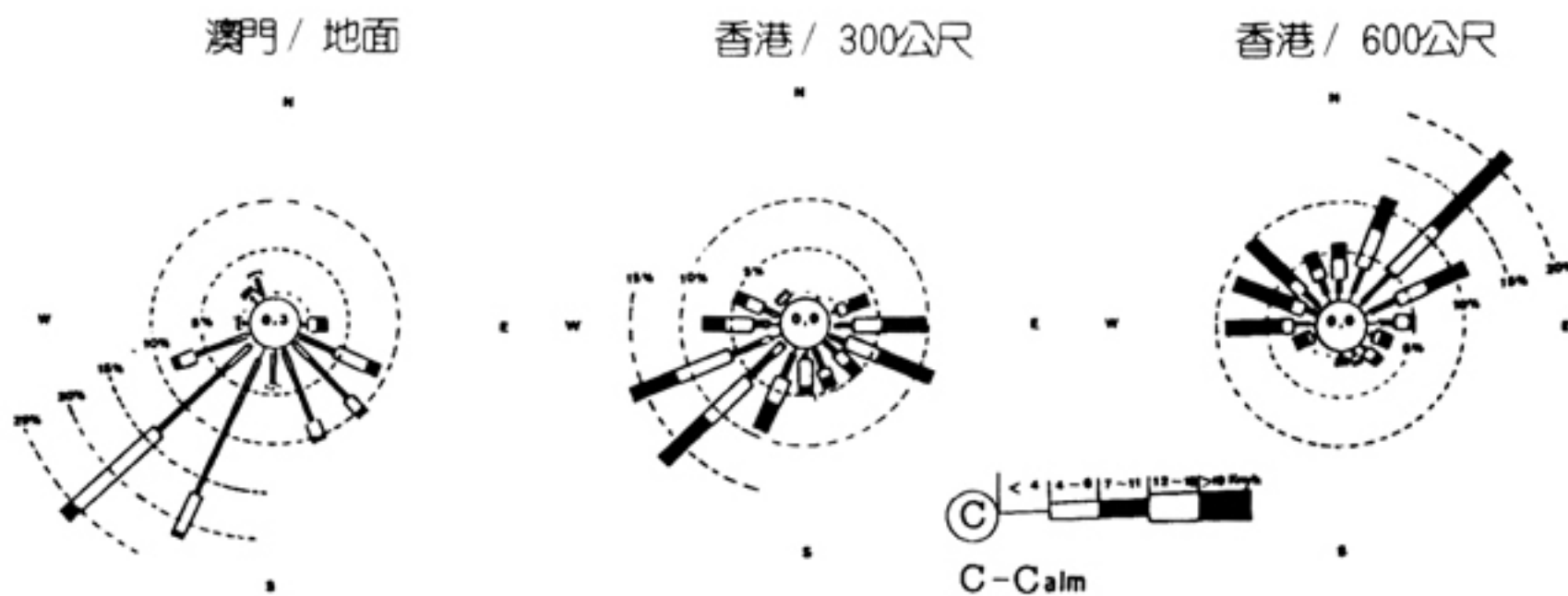
地面風向全年的變化是顯著的，雖然全年各個月份大多吹東北偏東至東南風（由七月的21%至四月的56%），但吹東南偏東風多在三至六月以及九和十月，由九月的17%至四月的29%；從十月至三月風向多是西北偏北至東北偏北（由三月的35%至十二月的62%），而西北偏北多在十一月（21%）至二月（26%），最常見的是在十二月（27%）。風向西南偏南至西南偏西多在五月至八月（由五月的24%至七月的56%），七月多西南風（26%）及八月多西南偏南風（17%）

平均風速全年的變化不大，由八月的10.3公里 / 小時至十一月的13.5公里 / 小時的數值之間起落；平均風速較高的是九月至六月吹北風的時候（15至17公里 / 小時）；較低的是西南風由十月至十二月（3至5公里 / 小時），最低是十一月，雖然此風向機會甚微（0.5%至1%）。澳門地面風速低於4公里 / 小時每月出現的次數由2.7%（十一月）至5.9%（八月）的數值之間變動，且包括各個風向；風力最強時，即風速超過24公里 / 小時每月出現的頻率由八月的1.5%至十二月的8.4%的數值之間變動，十月至三月屢屢吹西北偏北、北和東北偏北風，四月至九月常常吹東南偏東和東風。

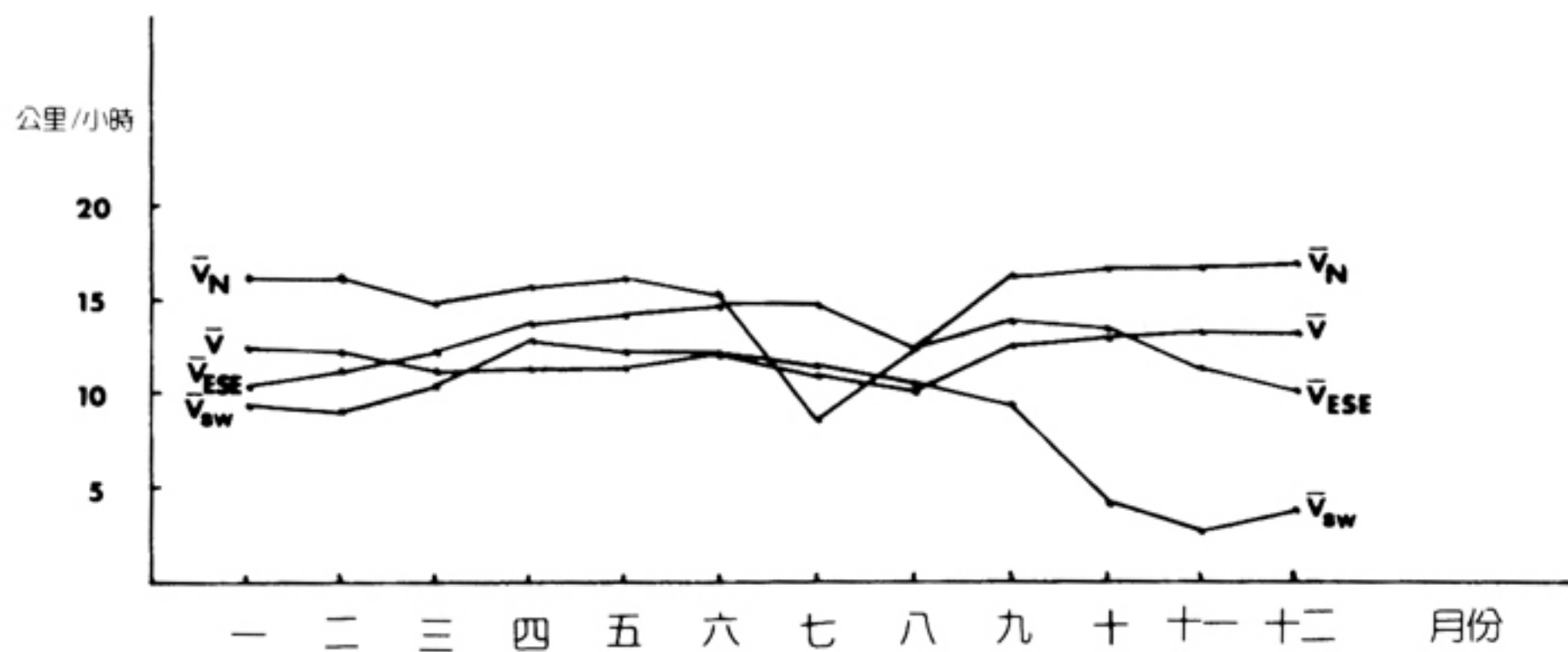
一月



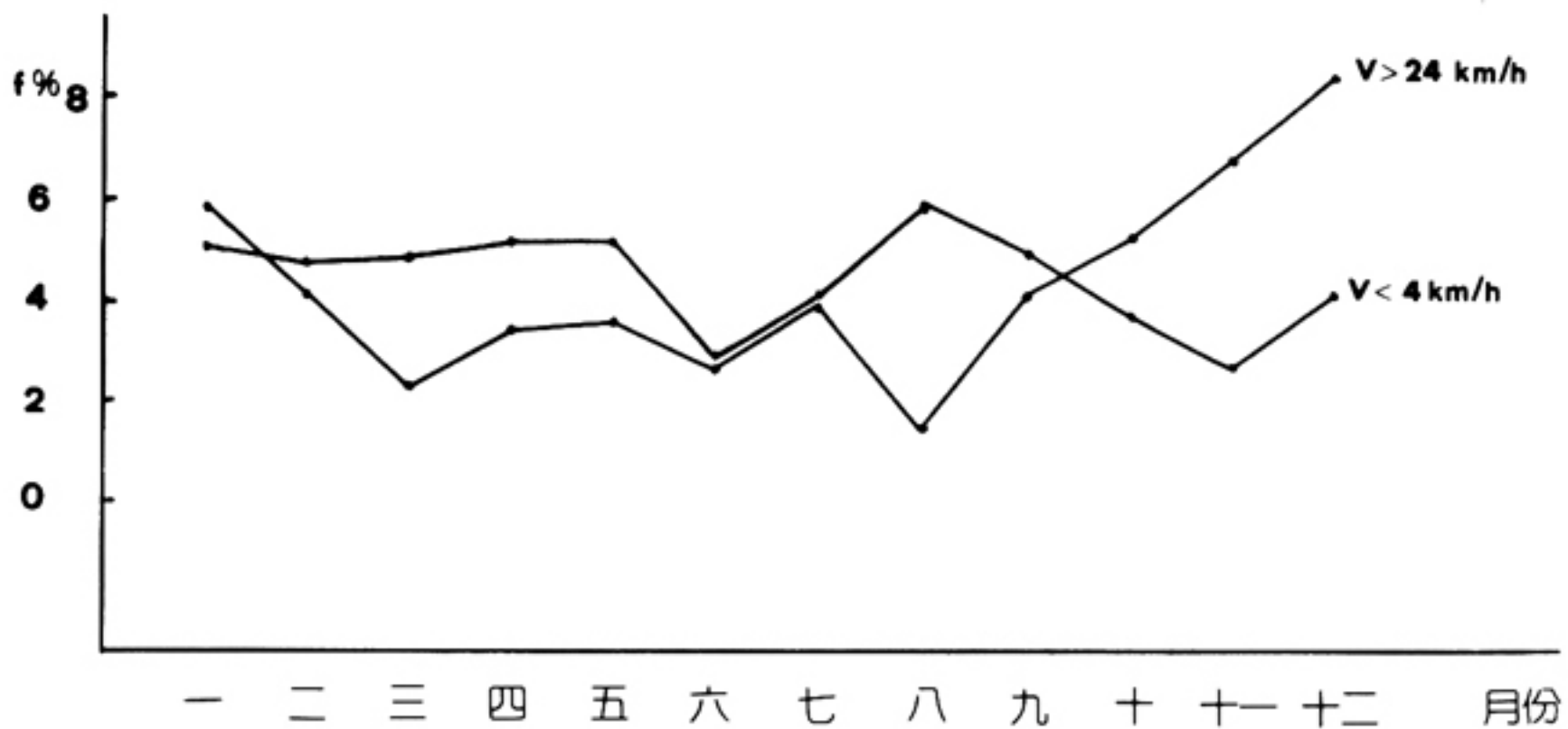
七月



[圖 5]



[圖 6]

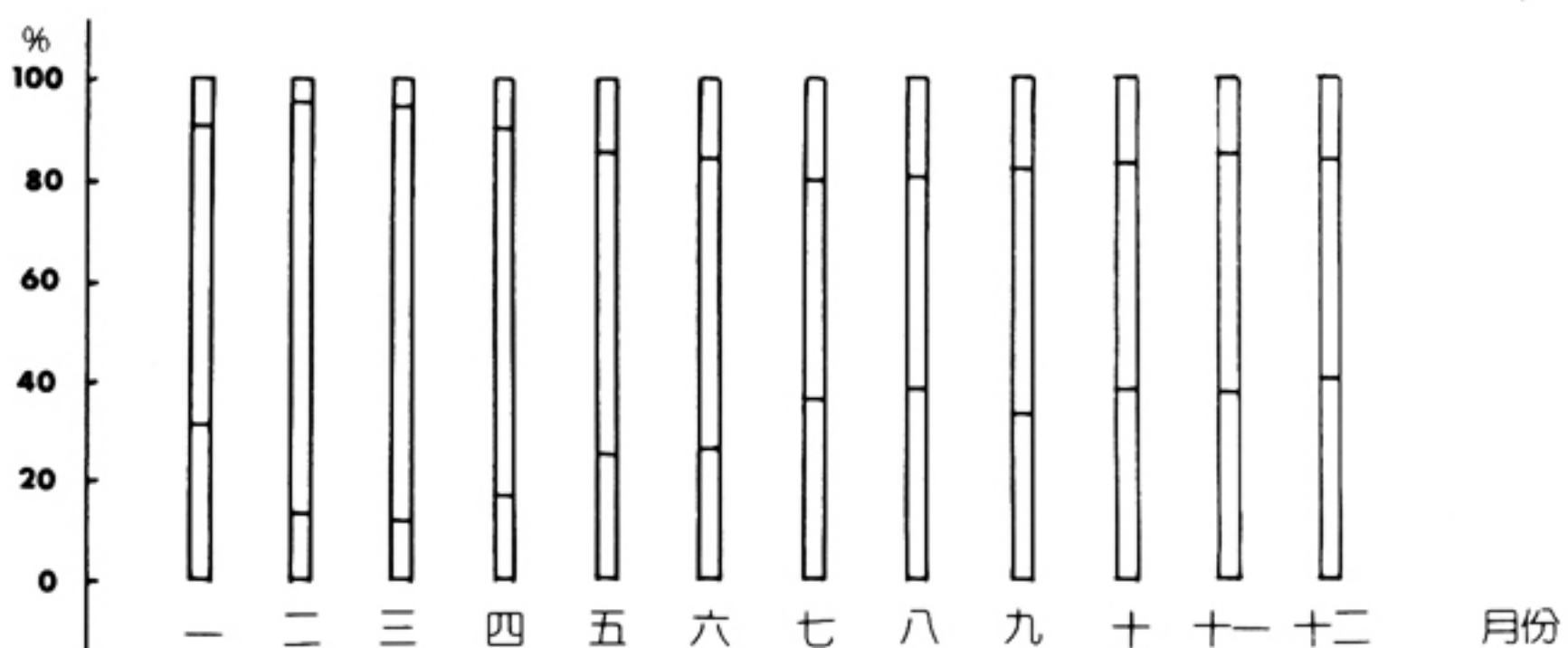


[圖 7]

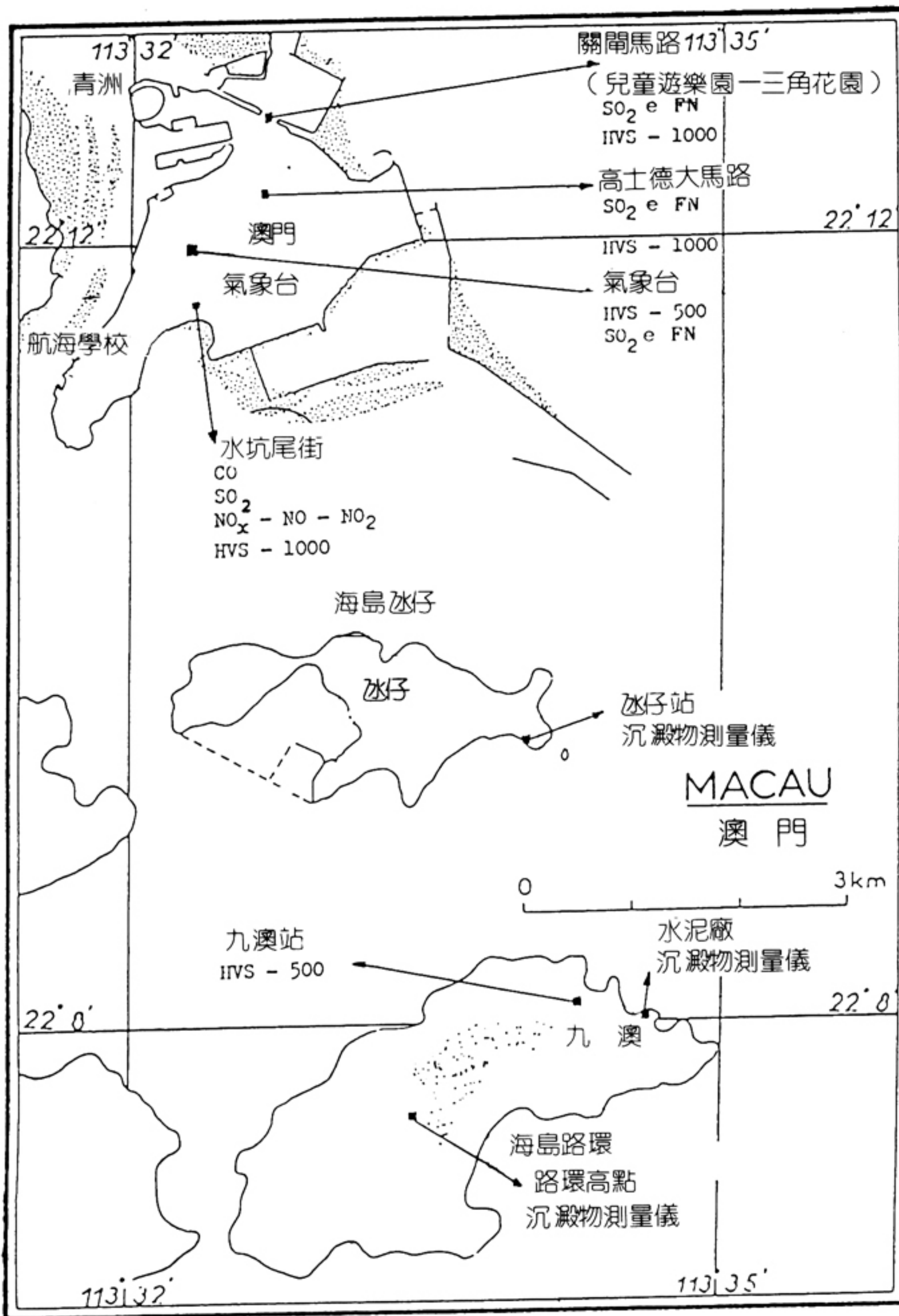
低對流層全年的風向變化不大顯著，1000公尺以下大都是東和東南偏東風，風速是由八月至五月的10至20公里 / 小時；六月和七月多西南和西南偏西風，風速12至18公里 / 小時。

在1000公尺 / 3000公尺高的範圍全年變化很大，多吹西南、西南偏西和西風，風速是由十二月至七月的25至50公里 / 小時；八月至十一月多東北、東北偏東、東和東南偏東風，風速20至40公里 / 小時。

低對流層的靜力平衡狀態按Pasquill - Turner (1964) 標準來鑒定，採用1979至1985年期間澳門地面每小時所錄得的氣象觀察結果，獲得以一年計算的中性平衡狀態 (D級) 佔57%，不穩定狀態 (A, B, C級) 和穩定狀態 (E, F, G級) 分別佔14%和29%。低對流層不同的平衡狀態全年的變化很顯著，在二月和三月中性平衡狀態 (D級) 佔的比率最高 (82%)，最低是七月和八月 (43%)；相反地，不穩定平衡狀態 (A, B, C) 多在七月 (22%)，機會最少的是二月 (5%)。穩定平衡狀態 (E, F, G) 出現率最多的是在十二月 (40%)；雖然極穩定的狀態 (G級) 不單止在十二月且在十月較多發生 (8%)，但較少發生 (12%) 於三月。



[圖 8]



〔圖9〕 監察站網及其設備

4、空氣污染監察站網絡

監察站網和測量澳門的空氣污染物質的濃度的計劃，從考慮影響空氣質量的主要因素來策劃，尤其注意污染物質的來源的特徵和地點，地文和人口的因素，都市結構和氣象因素的影響，目的是按國際使用的標準分析澳門空氣質量的特徵

第一期的監察站網由1987年9月至1988年3月間建立起來，包括以下監測的計劃：

- a) 五個站每三天一次測量平均24小時的懸浮微粒的濃度，其中3個站裝備“大容量空氣樣品”(HVS)可以測量可吸入的微粒(直徑 < 10微米)和不可吸入的微粒(直徑 > 10微米)的濃度，2個站以“大容量空氣樣品”(HVS)測量全體(直徑 < 100微米)的懸浮微粒。
- b) 三個站配備“半自動低容量空氣樣品”(semi-automatic low volume air samplers)每天測量平均24小時二氧化硫和黑煙的濃度。
- c) 一個站裝配“氣體自動分析儀”(automatic gas analyzers)用於連續測量二氧化硫、一氧化碳和氧化氮的濃度。
- d) 四個站設置“塵埃——沉澱測量儀”(dust-fall buckets)，測量每十五天的總沉澱物及檢驗其成份。

圖9介紹本澳測量空氣污染各個站的位置並指出每一地點所測量的成份。

5、澳門空氣質量的初步結果

澳門空氣污染的鑒定和監察網目前由以下幾個站所組成：五個站，每三天按“大容量空氣樣品”取樣全體(直徑 < 100微米)的懸浮微粒，三個站每三天按“大容量空氣樣品”取樣可吸入的懸浮微粒(直徑 < 10微米)，三個站每天24小時按“低容量空氣樣品”取樣黑煙和二氧化硫，另一個站設置自動分析儀分析SO₂，NO-NO_x和CO。圖表甲介紹設立監測站的地點的特徵，使用設備的種類和樣本計劃。

於1987年9月至1988年3月設立的監察站網絡首期工作開展的樣本計劃，可以顯示澳門空氣質量的初步結果，說明大氣層近地面可吸入的(直徑 < 10微米)和全體(直徑 < 100微米)的懸浮微粒的濃度；平均24小時懸浮在大氣層近地面的二氧化硫和黑煙的濃度；在少於一年期間沉澱微粒的總沉積數量。

表1和表2顯示在澳門大氣層近地面分別每月平均和最高數值的可吸入的(PIS)和全體(PTS)的懸浮微粒，同時說明濃度超過臨界數值每月的日數

，在全體懸浮微粒方面（24小時260微克 / 立方米），在可吸入的懸浮微粒方面（24小時180微克 / 立方米）。

從表1和表2得出的數據，清楚表明每年大氣層懸浮微粒濃度的明顯變化，十月至四月的數值較大，十二月和一月的數值則最高；另一方面，地處交通繁忙和工業區（AP，HC）的監察站錄得的濃度，數值顯示係數由4增至5，由此知道空氣質量惡化是因頻繁的汽車交通引致的；所以，地處AP和HC的監察站的臨界數值在PTS方面分別超過日數的35%和25%，至於在PI S方面則分別超過40%和45%。

表3顯示澳門三處地點近地面的二氧化硫（SO₂）和黑煙（FN）的濃度的每月平均和最高數值，同時表出每月超過臨界數值的二氧化硫（24小時260微克 / 立方米）和黑煙（250微克 / 立方米）的日數。這些結果說明每月二氧化硫濃度的平均數值總是在50微克 / 立方米之下，而濃度（日）平均數值老是低於240微克 / 立方米；因此可以估計到國際標準可接受的年平均濃度60至80微克 / 立方米將不會達到，而日平均濃度250至260微克 / 立方米則超過的機會很微。

黑煙方面，僅其中一處地點（高士德）常常超過國際提供的標準數值月平均濃度40至60微克 / 立方米和日平均濃度100至150微克 / 立方米。

作為初步的結論將可肯定在接近澳門地面的大氣層遭受懸浮微粒適度的污染，其中大部份微粒經比隣陸地傳播過來；雖然在市內北區上空的大氣層通常受由於該區陸路交通極度繁忙以及欠缺空氣流通的條件所導致的懸浮微粒的污染非常大。關於二氧化硫方面，也可推斷在澳門大氣層一般而論未受很大的污染。

【圖表甲】

澳門空氣污染監察和鑒定的網絡及計劃表

站		路環	澳門				
		九澳	氣象台 (Obs)	黑沙環 (AP)	高士德 (HC)	水坑尾 (RC)	
地點的特徵		郊區 (a)	山 (頂), 公園	平面, 交通繁忙, 住宅, 工業	平面, 交通繁忙, 住宅, 工業	平面, 交通繁忙, 住宅, 工業	
懸浮微粒	全體	設備	HVS	HVS	HVS	HVS	HVS
		樣本時間	24小時, 3日	24小時, 3日	24小時, 3日	24小時, 3日	24小時, 3日
	可吸入的	設備	—	—	HVS	HVS	HVS
		樣本時間	—	—	24小時, 3日	24小時, 3日	24小時, 3日
黑煙 SO ₂	設備	—	LVS	LVS	LVS	—	
	樣本時間	—	24小時, 每日	24小時, 每日	24小時, 每日	—	
CO NO-NO ₂ SO _x	設備	—	----< (b)	—	—	自動分析儀	
	樣本時間	—	—	—	—	連續	

(a) 水泥廠距離東面0.6公里
發電站距離西北偏北0.4公里

HVS — “高容量樣品”
LVS — “低容量樣品”

(b) SO₂ - 計劃設置

[表 1]

澳門接近地面的大氣層全體（直徑 <100 微米）的懸浮微粒的濃度

月份/年	平均（微克/立方米）				最高（微克/立方米）				每天（24小時）濃度的日數																
									≥ 260 微克/立方米				≥ 75 微克/立方米				≥ 375 微克/立方米								
	路環	澳門			路環	澳門			路環	澳門			路環	澳門			路環	澳門							
	九澳	OBS	AP	HC	RC	九澳	OBS	AP	HC	RC	九澳	OBS	AP	HC	RC	九澳	OBS	AP	HC	RC	九澳	OBS	AP	HC	RC
Setembro 1987	58	80	-	-	-	77	131	-	-	-	0	0	0	-	-	1	5	-	-	-	0	-	-	-	-
Outubro 1987	74	81	-	-	-	122	152	-	-	-	0	0	0	-	-	4	5	-	-	-	0	0	-	-	-
Novembro 1987	73	104	-	-	-	114	165	-	-	-	0	0	0	-	-	3	8	-	-	-	0	0	-	-	-
Dezembro 1987	114	145	-	-	-	172	202	-	-	-	0	0	0	-	-	11	11	-	-	-	0	0	-	-	-
Janeiro 1988	119	140	-	-	-	228	252	-	-	-	0	0	0	-	-	10	11	-	-	-	0	0	-	-	-
Fevereiro 1988	93	122	-	-	-	139	207	-	-	-	0	0	0	-	-	6	8	-	-	-	0	0	-	-	-
Março 1988	91	116	-	-	-	173	213	-	-	-	0	0	0	-	-	5	7	-	-	-	0	0	-	-	-
Abril 1988	90	112	408	291	-	244	276	671	492	-	0	1	5	5	-	4	6	7	10	-	0	0	4	3	0
Mai 1988	48	52	220	236	75	107	87	383	377	179	0	0	3	2	0	3	2	11	11	5	0	0	1	1	0
Junho 1988	27	44	180	171	127	73	97	388	245	222	0	0	2	0	0	0	1	8	10	10	0	0	1	0	0
Julho 1988	24	41	229	236	131	60	63	460	506	176	0	0	3	2	0	0	0	9	10	10	0	0	1	1	0

[表 2]

澳門接近地面的大氣層可吸入（直徑 < 10 微米）的懸浮微粒的濃度

月份 / 年	平均（微克 / 立方米）				最高（微克 / 立方米）				每天（24小時）濃度的日數											
									≥ 180 微克 / 立方米				≥ 75 微克 / 立方米				≥ 375 微克 / 立方米			
	澳 門				澳 門				澳 門				澳 門				澳 門			
	OBS	AP	HC	RC	OBS	AP	HC	RC	OBS	AP	HC	RC	OBS	AP	HC	RC	OBS	AP	HC	RC
Abril 1988	98	316	220	-	199	516	428	-	1	5	7	-	7	7	10	-	0	3	1	-
Mai 1988	-	161	187	55	-	294	336	142	-	4	4	0	-	11	11	3	-	0	0	0
Junho 1988	-	145	143	107	-	312	220	205	-	2	1	1	-	7	10	7	-	0	0	0
Julho 1988	-	192	207	112	-	401	476	153	-	4	6	0	-	9	10	10	-	1	1	0

[表 3]

澳門二氧化硫 (SO₂) 和黑煙 (FN) 每日的濃度

月份 / 年	平均 (微克 / 立方米)						最高 (微克 / 立方米)						每天濃度的日數 SO ₂ ≥ 260 微克 / 立方米 和 FN ≥ 250 微克 / 立方米					
	OBS		AP		HC		OBS		AP		HC		OBS		AP		HC	
	SO ₂	FN	SO ₂	FN	SO ₂	FN	SO ₂	FN	SO ₂	FN	SO ₂	FN	SO ₂	FN	SO ₂	FN	SO ₂	FN
Março 1988	49	24	30	49	39	72	183	62	222	95	159	138	0	0	0	0	0	0
Abril 1988	33	33	32	72	45	94	184	77	221	121	212	163	0	0	0	0	0	0
Mai 1988	10	17	16	30	15	76	25	30	69	50	137	143	0	0	0	0	0	0
Junho 1988	19	14	36	34	21	83	64	32	198	59	76	156	0	0	0	0	0	0
Julho 1988	21	15	21	31	37	92	94	30	67	55	239	141	0	0	0	0	0	0

