

## 技術附件二

### 可吸入懸浮粒子監測

## 目錄

1. 背景.....	1
2. 實地採樣方法.....	1
2.1 採樣點的位置.....	1
2.2 採樣時間.....	2
2.3 實地採樣方法和過程.....	4
2.4 質量控制和質量保證 (QA/QC) .....	4
3. 實驗室分析方法.....	6
3.1 稱重.....	6
3.2 元素和可溶性離子的分析.....	6
3.3 碳元素分析.....	7

## 表目錄

表 2-1 監測地點.....	2
表 2-2 校準和設備維修的程序.....	4
表 2-3 採樣和分析工作的主要修正.....	5
表 3-1 有監測效數據的百分比.....	6
表 3-2 質量控制工作的數據總數.....	6
表 3-3 離子分析方法及其檢出限值.....	7

## 圖目錄

圖 2-1 珠三角區域 RSP 監測站分佈圖.....	3
-----------------------------	---

## 1. 背景

- 1.1.1 在監測工作中使用的採樣儀器都被校準，而所有被採用的方法是根據國內或國際認可的標準。珠三角經濟區採集和分析可吸入懸浮粒子（RSP）的工作參考了香港環境保護署採用的方法或美國環境保護署的出版。
- 1.1.2 若監測工作的一些程序並沒有包括在環保署和美國環境保護署現有的標準內，便會參考國際的監測方法，並進行修改以配合特定的要求。
- 1.1.3 RSP 的量度和分析依照美國環境保護署出版的 Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement System, Section 2.11 Reference Method for the Determination of Particular Matter as RSP in the Atmosphere (High Volume RSP Method) {USEPA 參考號: EPA-600/R-94/038b 1994 年四月}”
- 1.1.4 展開監測工作前，Worldwide Environmental Corporation 的 Judith Chow 博士在 2000 年 3 月進行了獨立審核工作，認明了任何有機會在採樣和分析過程中導致結果未如理想的地方，在實際採樣和分析中，盡可能考慮建議的改善方法，以保證結果的質量。

## 2. 實地採樣方法

### 2.1 採樣點的位置

#### 珠三角經濟區

- 2.1.1 圖 2-1 顯示了珠三角經濟區的八個採樣點。選擇這些採樣點是因為它們都很可能受工業、城市、車輛、農村排放物等影響（如表 2-1 所列），並對這些排放源提供很好的代表性。
- 2.1.2 基於保安和便於處理的理由，在監測條件許可的情況下，本研究的採樣點盡可能加設在廣東省環境保護局現有的空氣質素監測站。
- 2.1.3 所有採樣點在實際監測工作前都經過檢查，以確定採樣點適用於本研究。以下提供了監測站的簡介：
  - S1. 深圳市南山區 – 工業  
南山區位於深圳市西部大約 17 公里，是珠三角經濟區的重工業地區。區內有不同規模的工業生產，如發電站、採石場和家庭電器生產廠等等。監測位置設在荔香中學的屋頂，該監測點也是深圳環保局採用的監測點。
  - S2. 東莞市常平鎮 – 工業  
東莞市常平鎮位於東莞市以東大約 25 公里。該鎮的主要工業是漂染和紡織，兩者都涉及高溫處理。在常平鎮周圍一共有 36 個行政區，所有工業設施都分佈在這些行政區中。RSP 監測站位於該鎮中心，鎮政府大樓的屋頂。
  - S3. 增城市仙村鎮 – 工業  
仙村鎮位於廣州市以東大約 47 公里，到處都是低質水泥的製造企業。仙村鎮是增城市最大的水泥供應地之一，位於廣深鐵路沿線。RSP 監測位置設在位於鎮中心的鎮政府大樓屋頂。
  - S4. 廣州市北環高速公路 (沙河路段) – 車輛  
北環高速公路是連接廣州市和珠三角內其他城市的主要通道。公路位於廣州的城郊地區，在沙河路段結合另一條高速公路網 – 廣汕高速公路。在這交匯處取得的 RSP 結果反映了珠三角經濟區典型車輛排放源的特性。
  - S5. 廣州市白雲區  
鹿湖公園是廣州市空氣監測位置之一。公園位於廣州市北部，屬於較清潔的地區，公園的周圍是低密度的寫字樓和住宅。

## S6. 廣州市從化市 – 郊區

從化市位於廣州市北部約 74 公里，並且遠離珠三角經濟區的城市化地區。考慮其環境未受污染的地理性質，從化市被選作 RSP 監測的背景點。

## S7. 江門市蓬江區 – 工業

江門市位於珠三角區域的西部。江門市的工業主要是輕工業如造紙、製糖、化學和食品。幾乎所有工業都位於靠近江門河的城郊地區。現有的北街監測站是江門市環保局用作收集工業排放物的地點。

## S8. 珠海/中山市廣珠高速公路(三鄉鎮路段) – 機動車

除了北環高速公路，廣珠高速公路是珠三角經濟區內被選為 RSP 採樣點的另一條主要公路。廣珠高速公路的一個新路段正完成，以增加往珠海的交通量。新路段在三鄉接入舊廣珠高速公路，這預計是交通流量最高的地點。

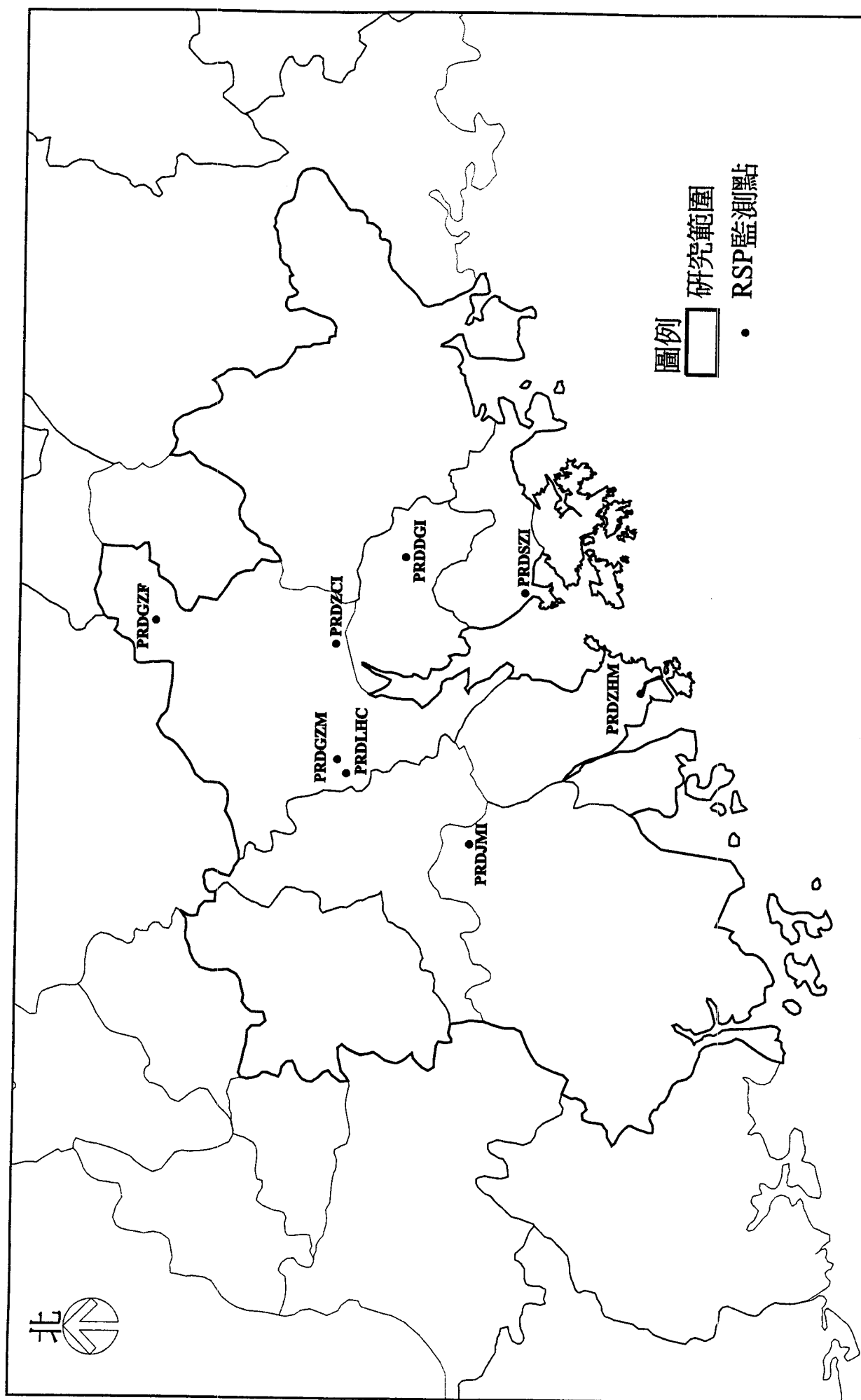
表 2-1 監測地點

序號	樣本標籤	位置標籤	城市/城鎮	監測位置	採樣點特性	距源距離 (m)	探測器採樣高度 (離地平面高度)
S1	PRDSZI	南山	深圳市南山區	荔香中學，環保局監測位置	工業源: 混合的工業/住宅	不適用	~ 14 m
S2	PRDDGI	常平	東莞市常平鎮	鎮政府大樓	工業源: 混合的工業/住宅	不適用	~ 16 m
S3	PRDZCI	仙村	廣州市增城市	市政府大樓	工業源: 混合的工業/住宅	不適用	~ 8 m
S4	PRDGZM	廣-深	廣州市北環高速公路	靠近北環高速公路沙河段的建築	車輛: 住宅	~5m	~ 18 m
S5	PRDLHC	廣州	廣州市白雲區	鹿湖公園	城市: 混合的商業/住宅	不適用	~ 8 m
S6	PRDGZF	從化	廣州市從化市	蓄能電站水庫大壩上部	郊區: 背景值	不適用	~ 5 m
S7	PRDJMI	江門	江門市蓬江區	江門市北街環保局監測位置	工業源: 混合的工業/住宅	不適用	~ 9 m
S8	PRDZHM	廣州	珠海/中山市(廣珠高速公路三鄉鎮路段)	廣州高速公路靠近三鄉的建築	車輛: 居民	~10m	~ 15 m

## 2.2 採樣時間

2.2.1 在研究區域現時的空氣質素數據後，撥出了兩個月的時間來組織監測組和選點。

2.2.2 RSP 的採樣工作以六天為一個周期進行一次 24 小時的監測，共有 120 個樣本，配合了香港環保局的 RSP 採樣時間表。採樣工作在 1999 年 12 月底開始，即時氣候開始引至香港特區和珠三角經濟區 RSP 濃度上升的特徵。監測工作在春節期間暫停，而整個監測工作的採樣部分在 2000 年 5 月完成。



圖例  
▭ 研究範圍  
• RSP 監測點

西圖國際(中國)  
有限公司

工程項目: 合約編號 CE 106/98 珠江三角洲空氣質素研究  
標題: 技術附件 - 珠三角區域RSP監測站分佈圖

圖: 2-1

比例: 不適用

頁: 技術附件2-3



香港特別行政區政府  
環境保護署

## 2.3 實地採樣方法和過程

2.3.1 監測工作中的所有採樣器材和設備都經過適當的校準。所有應用的方法根據國家和國際上認可的標準。這些標準包括環保署採用的方法和 USEPA 出版的方法。

### 高流量採樣儀器

2.3.2 高流量採樣儀器通過選擇性的入口，以固定的速度吸入定量的環境空氣，在特定的 24 小時採樣時段把屬於 RSP 的尺寸範圍的微粒收集在濾紙上。

### 濾紙的處理

2.3.3 採樣工作使用 8" x 10" 的 QMA 石英濾紙。所有濾紙在使用前都經過檢查，確定濾紙沒有被污染、針孔、裂縫和其他瑕疵。在運送、採樣和收集過程必須注意濾紙不可被摺疊和損壞。

2.3.4 濾紙在實地採樣之前預先量度重量，然後保存在乾爽、無塵的乾燥櫃內。濾紙被送往採樣點和採樣後送回實驗室時都以膠袋封密，並清楚表明採樣日期和地點。

### 採樣設備的選址

2.3.5 RSP 採樣工作的選址根據 USEPA 出版的 Section 8 of Appendix E to Part 58, 40 CFR Chapter I (July 1999 edition) - *Probe and Monitoring Path Siting Criteria for Ambient Air Quality Monitoring and the Quality Assurance and Technical Specifications on the Monitoring of Ambient Air and Emission (Trial)* issued by the State Monitoring Center。

## 2.4 質量控制和質量保證 (QA/QC)

### 設備和儀器的質量控制

2.4.1 所有用於校準和定期採樣的設備和儀器有紀錄文件，並參照國家和國際上的主要標準。所有採樣儀器都有進行定期維修和校準，表 2-2 列出了保養的時間表。

表 2-2 校準和設備維修的程序

校準要求	頻次
普通檢查	每次採樣
大體清潔	每次採樣
流速穩定性	每次採樣
溫度	每次採樣
流速	每個月
滲漏	每季度
時鐘	每季度
計時器	每次採樣
空氣量	每次採樣
RSP 濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	清潔頻率
40	6 個月 (30 個採樣天數)
75	3 個月 (15 個採樣天數)
150	兩個月 (10 個採樣天數)
200	一個月 (5 個採樣天數)
300	兩週 (2 採樣天數)
>300	每次採樣

### 實驗室分析的 QA/QC 過程

2.4.2 這裡描述的是 RSP 採樣和分析中的質量控制和保證，QA/QC 的程序都大致等同於香港環保署、USEPA 和香港政府實驗室目前使用的程序。展開監測工作前，Worldwide Environmental Corporation 的 Judith Chow 博士在 2000 年 3 月進行了獨立審核工作。空氣監測工作上盡量考慮到那些改善技術的建議。表 2-3 列出了改善程序的要點。

表 2-3 採樣和分析工作的主要修正

節檢程式抽取	執行
避免人工修剪和撕碎濾紙	√
減少抽取量	√
修正錐形燒瓶的清潔過程	√
在 10% 的樣本預留部分，進行抽取和分析	√
陰離子分析	執行
對相同濃度水平的離子種類使用相同校準濃度水平	√
使用添加樣本或與採樣剛開始的後的修正標準比較硝酸鹽滯留時間。	√
陽離子分析	執行
需要多個實驗室的對比，保證測量的有效性	√
應量化溶解性鈉(Na+)和鉀(K+)	√
元素分析	執行
採樣本研究中多種金屬分析方法分析相同的金屬。	√
實地採樣審核	執行
在採樣口安裝紗網。	√
至少每週清潔入口及加脂	√
用軟管連接 PM10 採樣器排出口到採樣器的下風方向。	√

√ = 相應的修正已經在監測工作中實行

2.4.3 質量保證和控制工作包括樣本標籤、監督，實地資料記錄、採樣器校準和校準檢驗、採樣器操作檢驗（如密封試驗）、實地空白樣本的定期採集和分析、分析儀器的校準、配置的樣本分析和外部標準的分析。

2.4.4 每一個樣本都有獨有的識別號，標明監測地點、污染物類型以及日期和時間

2.4.5 採集大約佔 10% 總樣本數量的實地空白樣本，送回實驗室用於稱重和分析。實地空白樣本包括在空白濾紙的金屬元素含量、陰離子含量、鉍含量和微粒重量。相對實際樣本的結果，所有空白樣並不顯著。這證明了收集的樣本在處理和運輸過程中沒有被污染。

2.4.6 收集實地的空白樣和配置樣本是 RSP 監測工作的質控制過程的一部分。所有實地空白樣和配置樣本分析結果都在預定的範圍，證明了滿意的質控結果。

#### 質量保證和控制的局限

2.4.7 除了實地空白樣，有大約 10% 配置的樣本被收集和分析。由於監測工作在採樣器的後勤安排和採樣點的電力供應上都有限制，因此只有廣州市（鹿湖公園）和廣州市（廣深高速沙河段）這兩個採樣地點被選作採集配置樣和實地空白樣。

#### 資料有效性

2.4.8 報告中的樣本數據都經過四個資料驗證過程。

- 配置樣本的相對百分比偏差 (RPD) – 配置樣本的 RPD 控制範圍不大於 20 % (準則 A)
- 實地空白樣本結果 – 實地空白樣本結果與實際樣本結果相比不顯著 (準則 B)
- 檢出限值 – 樣本結果必須高於相應的檢出限值。(準則 C)
- 統計分析 – USEPA 的統計方法將用於審查的異常值(準則 D)。

2.4.9 配置樣本的相對百分比偏差通過下面的方程計算，RPD 的控制範圍不大於 20 %。大部分的樣本數據都在此控制範圍內。相對於實際樣本的結果，實地空白樣本的結果並不顯著。

$$RPD = \frac{|A - \text{平均}(A, B)|}{\text{平均}(A, B)} * 100\% \quad \text{注 } A, B = \text{採樣和重復採樣數據}$$

2.4.10 對那些濃度不高於檢測範圍的樣本，濃度結果則表達為少於檢出限值，相應的數據會被點出和剔除。

2.4.11 每個採樣點的數據都經過統計分析，包括觀察和檢查每個參數的數據標點圖。參考 USPEA 的數據質素評估指引，對有疑問的異常值進行進一步的 Discordance Test 和 Rosner's Test。

2.4.12 若數據不符合任何一項準則，將被畫上標記並篩除。監測結果中的有效數值高於 90%。結果如表 3-1 和表 3-2 所示。

### 3. 實驗室分析方法

#### 3.1 稱重

3.1.1 濾紙稱重的程序根據 “Appendix J to Part 50 - Reference Method for the Determination of Particulate Matter as RSP in the Atmosphere”。採樣前後的濾紙在實驗室用天秤進行稱重。稱重前，清潔和採樣後的濾紙都連續 24 小時處於保持在 20°C 到 30°C 的溫度和 30%到 40%的相對濕度條件下。

3.1.2 濾紙稱重之後，被分成四個相等的部分，其中三個部分用於分析無機物和有機物，剩下的一部分作為樣本記錄，保存在低溫條件下直到研究完全結束。

表 3-1 有監測效數據的百分比

RSP	篩過的資料 數目	不符合準則 A 的數據	不符合準則 B 的數據	不符合準則 C 的數據	不符合準則 D 的數據	有效數據	有效性%	
離子分析	F <sup>-</sup>	123	0	0	0	4	119	96.7
	Cl <sup>-</sup>	123	0	0	0	3	120	97.6
	Br <sup>-</sup>	123	0	0	0	2	121	98.4
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	123	0	0	0	2	121	98.4
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	123	0	0	0	0	123	100.0
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	123	0	0	0	3	120	97.6
	Be	123	0	0	0	4	119	96.7
	Al	123	0	0	0	3	120	97.6
	V	123	0	0	0	2	121	98.4
	Cr	123	0	0	0	4	119	96.7
	Mn	123	0	0	0	4	119	96.7
	Ni	123	0	0	0	2	121	98.4
	Cu	123	2	0	0	4	117	95.1
	Zn	123	0	0	0	0	123	100.0
	Cd	123	0	0	0	6	117	95.1
	Ba	123	0	0	0	2	121	98.4
	Pb	123	0	0	0	4	119	96.7
	Hg	123	0	0	0	4	119	96.7
	As	123	0	0	0	4	119	96.7
	Fe	123	0	0	0	2	121	98.4
Na <sup>+</sup>	123	0	0	0	3	120	97.6	
K <sup>+</sup>	123	0	0	2	5	116	94.3	
Mg <sup>2+</sup>	123	0	0	7	4	112	91.1	
Ca <sup>2+</sup>	123	0	0	1	3	119	96.7	
質量 稱重	171	0	0	0	2	169	98.8	
碳元 素分 析	OC	123	0	0	0	2	121	98.4
	EC	123	0	0	0	2	121	98.4
	TC	123	0	0	0	2	121	98.4

表 3-2 質量控制工作的數據總數

RSP	採樣數目	篩過採樣數目	有效資料的平均數目	平均有效性%
離子分析	123	123	119	96.7
質量稱重	171	171	169	98.8
碳元素分析	123	123	121	98.4

#### 3.2 元素和可溶性離子的分析

3.2.1 在空氣質素監測工作最初的計劃中，金屬、金屬離子和鹵素 (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Br<sup>-</sup>, As, Be, Cd, Ni, Pb, Cr, Al, Mn, Fe, Ca, Mg, V, Zn, Ba, Cu, Hg) 用 ICP/MS 進行分析，而可溶性離子，如硫酸鹽、鉍、硝酸鹽和氯化物則使用離子色譜法進行分析。

3.2.2 鑒於研究的複雜性，下列的國家和美國的實驗室分析方法都一併被應用於本研究的元素分析和可溶性離子的分析。表 3-3 列出了每一種分析方法及其檢出限值。



- i. GB 13580.5-92：大氣降水中氟、氯、亞硝酸鹽、硝酸鹽、硫酸鹽的測定—離子色譜法
  - ii. GB 11911-89：水質—鐵、錳的測定—火焰原子吸收分光光度法
  - iii. GB 11904-89：水質—鉀和鈉的測定—火焰原子吸收分光光度法
  - iv. GB 7479-87：水質—鉍的測定—納氏試劑比色法。
  - v. 美國環境保護局方法 3005A: 分析經過酸消化的水內所含有的可回收金屬或溶解金屬的成分—火焰原子吸收光譜儀或電感耦合等離子分析法
  - vi. 美國環境保護局方法 6020: 電感耦合等離子質譜儀分析方法
  - vii. 廣東省環境保護監測中心站內部方法：RSP 採樣紙中砷和汞的分析—HG-AFS
- 3.2.3 所有上述的國際分析方法，都經過獨立的復查，確定它們適用於本研究。而且，通過使用那些在研究區域常用的方法及同等的技術，可有助保證分析工作的準確性。

### 3.3 碳元素分析

- 3.3.1 量化石英纖維紙上的碳元素和有機碳沈積物的方法是利用 Interagency Monitoring of Protected Visual Environments (IMPROVE) thermal evolution protocols。除了 IMPROVE 外，熱光學反射法也被採用。Desert Research Institute (DRI) 為本研究進行碳元素的分析工作，當中的方法和具體細節都依照它們的標準操作程序 (參考: SOP#2-2046, 2000 年 6 月)。

表 3-3 離子分析方法及其檢出限值

離子	分析方法	檢出限值 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Al	ICP-MS	0.08
Ba	ICP-MS	0.003
Cd	ICP-MS	0.001
Cr	ICP-MS	0.03
Cu	ICP-MS	0.008
Mg	ICP-MS	0.06
Mn	ICP-MS	0.005
Ni	ICP-MS	0.005
Zn	ICP-MS	0.008
Pb	ICP-MS	0.005
V	ICP-MS	$7 \times 10^{-5}$
Be	ICP-MS	$5 \times 10^{-5}$
F <sup>-</sup>	IC	0.03
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	IC	0.05
Cl <sup>-</sup>	IC	0.03
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	IC	0.04
Br <sup>-</sup>	IC	0.04
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Nessler's	0.05
Fe	AA	0.01
Ca	AA	0.02
K <sup>+</sup>	AA	$4 \times 10^{-5}$
Na <sup>+</sup>	AA	$5 \times 10^{-4}$
As	HG-AFS	$7 \times 10^{-5}$
Hg	HG-AFS	$1 \times 10^{-5}/5 \times 10^{-6}$
注	對於取自從化和鹿湖公園的樣本, 1/8 的濾紙用於汞的分析, 其檢出限值是 $5 \times 10^{-6}$ 微克/立方米 對於取自其他六個地方的樣本, 1/16 的濾紙用於汞的分析, 其檢出限值是 $1 \times 10^{-5}$ 微克/立方米	