

九十九年包裝飲用水重金屬檢驗之能力試驗

江爾莢 白美娟 李婉嬪 李明鑫 陳惠芳

風險管理組

摘要

99年舉辦實驗室對於包裝飲用水重金屬(鉛、鋅、銅、鎘、汞、砷)檢驗之能力試驗，測試樣品係以包裝飲用水為基質，其均一性與穩定性評估之結果良好，參與實驗室有26家，包括4縣市衛生局及22家民間實驗室。

測試結果以Robust-Z值為判定標準， $|Z| \leq 2$ 為滿意， $2 < |Z| < 3$ 為應注意， $|Z| \geq 3$ 為不滿意。26家實驗室中鉛評列為「滿意」者佔82.3-93.8%，鋅評列為「滿意」者佔81.3-87.5%，銅評列為「滿意」者佔82.3-100%，鎘評列為「滿意」者佔82.4-88.2%，汞評列為「滿意」者佔81.3-85.7%，砷評列為「滿意」者佔87.5-93.3%。少數評列為「不滿意」之實驗室，需提供矯正報告，並以盲樣檢體進行複測。透過本次能力試驗，不僅了解絕大多數實驗室對包裝飲用水重金屬之檢驗能力表現良好，也提供實驗室間檢驗技術能力比較之機會，可作為實驗室持續改進其品質管理系統之參考。

關鍵詞：能力試驗、包裝飲用水、重金屬、鉛、鋅、銅、鎘、汞、砷

前言

近年來國人因便利性而購買包裝水作為飲用之途，因此其安全及衛生也亦趨注重，而市售包裝水之品質良莠不齊，也突顯其檢測項目之重要性，尤其重金屬對人體之危害更為嚴重。

例如過量鉛會使腎、肝、心臟、神經系統受損。進入人體之鉛極易穿透胎盤屏障影響人體生殖及胎兒的發育，引起流產、畸形等⁽¹⁾；鎘吸入或經口攝取均能引起中毒，民國39年發生於日本富山縣的痛痛病，其為重金屬鎘污染灌溉水源，當地居民食入含鎘農作物而中毒，導致骨骼軟化及腎功能衰竭等症狀⁽²⁾；攝取高劑量銅時，會刺激消化道而造成嘔吐、疼痛等急性中毒症狀；汞在日本曾造成水俣病，無機汞主要損害腎臟，有機汞則危害中樞神經系統；砷會對皮膚、神經系統等造成危害，對人體之致癌性已被證實，長期

飲用砷含量偏高的深井水，被認為是烏腳病的主要成因⁽³⁾。

為了解政府機關及民間實驗室等對於包裝飲用水中重金屬之檢測能力，本局於民國99年舉辦包裝飲用水重金屬能力試驗⁽⁴⁻⁶⁾，針對測試結果不滿意之實驗室，除請實驗室自行矯正外，亦協助輔導改善，以提升實驗室之檢驗能力，保障國民包裝飲用水之安全。

材料與方法

一、測試日期及參與之實驗室

能力試驗之測試日期為99年8月3日，分別送至參與實驗室，包括4縣市衛生局及22家民間實驗室等26家實驗室，進行包裝飲用水重金屬檢驗，測試時間為期2週，參與實驗室北區14家，中區2家，南區10家。

二、試驗特性及設計

(一)本試驗以包裝飲用水為基質，每瓶測試樣品內含6種重金屬(鉛、鋅、銅、鎘、汞、砷)，每種重金屬各含高、中及低濃度，並將其分為3組，且每間實驗室會隨機分配到2組測試樣品。參與實驗室會收到2組(每組各1瓶)測試樣品及1瓶空白樣品，樣品編號以隨機編碼分配，並隨測試樣品附上說明書及紀錄表。

(二)參與本能力試驗計畫實驗室之安排，以實驗室位處地點為區隔方式，以北、中、南區域交錯方式隨機分配次序，各實驗室均以代碼表示，對外一律保密，且實驗室會個別接到能力試驗總體表現報告。

三、樣品配製及運送

(一)樣品之配製

1. 分別配製成下列3種不同濃度之測試樣品：

(1)測試樣品I：分別取濃度為1000 mg/L之標準溶液鉛5 mL、銅20 mL、鎘0.5 mL、汞0.1 mL、砷1 mL及鋅20 mL加至1000 mL定量瓶(含去離子水100 mL及硝酸100 mL)，以去離子水定容，混合均勻，作為測試樣品。實驗室收到測試樣品後，應先將測試樣品予以稀釋，檢測鉛、銅、鎘、汞及砷時應稀釋100倍，鋅應稀釋10倍，稀釋後濃度依序為50.0 ppb、0.2 ppm、5.0 ppb、1.0 ppb、10 ppb及2.0 ppm。

(2)測試樣品II：分別取濃度為1000 mg/L之標準溶液鉛10 mL、銅40 mL、鎘1 mL、汞0.6 mL、砷5 mL及鋅40 mL加至1000 mL定量瓶(含去離子水100 mL及硝酸100 mL)，以去離子水定容，混合均勻，作為測試樣品，實驗室收到測試樣品後，應先將測試樣品予以稀釋，檢測鉛、銅、鎘、汞及砷時應稀釋100倍，鋅應稀釋10倍，稀釋後濃度依序為100.0

ppb、0.4 ppm、10.0 ppb、6.0 ppb、50.0 ppb及4.0 ppm。

(3)測試樣品III：分別取濃度為1000 mg/L之標準溶液鉛15 mL、銅60 mL、鎘2 mL、汞1 mL、砷12 mL及鋅55 mL加至1000 mL定量瓶(含去離子水100 mL及硝酸100 mL)，以去離子水定容，混合均勻，作為測試樣品，實驗室收到測試樣品後，應先將測試樣品予以稀釋，檢測鉛、銅、鎘、汞及砷時應稀釋100倍，鋅應稀釋10倍。稀釋後濃度依序為150.0 ppb、0.6 ppm、20.0 ppb、10.0 ppb、120.0 ppb及5.5 ppm。

2. 樣品均一性及穩定性評估：

樣品配製完畢，由配製日起貯存1天、1週、2週及3週，評估其均一性與穩定性，以變異係數10%為合格標準。

(二)運送

測試樣品由宅急便以低溫冷藏運輸方式統一配送至各實驗室。實驗室收到樣品時，應立即置於冰箱冷藏。開封後須立即進行測試。

四、測試方法

樣品測試方法參照各實驗室之重金屬檢驗標準作業程序檢驗。

五、統計方法與結果呈現

1. 以Robust-Z值進行統計，評估實驗室間之表現。其判定基準為： $|Z| \leq 2$ 為滿意， $2 < |Z| < 3$ 為應注意， $|Z| \geq 3$ 為不滿意。計算公式為Robust-Z值 = (測試值 - 中位數) / 常態化四分位全距。

名詞解釋及計算公式

(1)中位數(Median)：參加實驗室之測試結果排序後，取其位於1/2處之值

(2)低四分位數(Q1)：參加實驗室之測試結果排序後，取其位於1/4處之值

(3)高四分位數(Q3)：參加實驗室之測試結

果排序後，取其位於3/4處之值

(4)四分位全距(IQR)：Q3-Q1

(5)常態化四分位全距(nIQR)：IQR $\times$ 0.7413

(6)變異係數(CV, %)：(標準差/平均值) $\times$ 100

2. 直方圖

以參與實驗室之代碼為橫軸、Z值為縱軸，依Z值大小次序作圖，藉以比較參加測試實驗室間的表現。

3. Youden圖

製作方式為同一實驗室之2組測試樣品結果，以其中一個樣品之測試結果為縱軸，另一個樣品之測試結果為橫軸，得到一個點，再將所有實驗室之測試結果標示於圖上，以95%信賴區間做出橢圓圖形即為Youden圖，位於橢圓圖形外之實驗室，其可能存在系統或隨機誤差。

結果與討論

本次辦理包裝飲用水中重金屬檢驗能力試驗，共有26家實驗室參加，本試驗以包裝飲用水為基質，添加三種不同濃度之重金屬鉛、鋅、銅、鎘、汞及砷，每個實驗室收到2組測試樣品(每組各1瓶)及1瓶空白樣品。

樣品配製完畢，進行均一性與穩定性評估，如表一及表二。由配製日至貯存1天後，三重複之測試結果，其變異係數皆小於5.96%，顯示添加之重金屬-鉛、鋅、銅、鎘、汞及砷於包裝飲用水基質中均一性良好，而貯存3週後變異係數皆小於5.75%，顯示添加之重金屬於包裝飲用水基質中穩定性良好。

各實驗室之測試結果如下：

(一)鉛(如表三)

1. 測試樣品I：16家實驗室之測試結果介於38.96-58.01 ppb，Robust-Z值介於-1.9至2.5，除實驗室代碼07外，其餘實驗室皆為滿意結果，滿意之實驗室佔93.8%。
2. 測試樣品II：17家實驗室之測試結果介於77.30-122.70 ppb，Robust-Z值介於-4.6至4.3，除實驗室代碼 01、02及06外，其餘

表一、測試樣品之均一性測試結果

種類 次數	I					
	鉛 (ppb)	鋅 (ppm)	銅 (ppm)	鎘 (ppb)	汞 (ppb)	砷 (ppb)
1	52.14	2.03	0.18	5.24	0.99	9.89
2	51.22	2.18	0.18	5.11	0.98	10.08
3	50.68	2.24	0.19	5.11	1.09	10.24
Mean	51.35	2.15	0.18	5.15	1.02	10.07
SD	0.74	0.11	0.01	0.08	0.06	0.18
CV(%)	1.44	5.03	3.15	1.46	5.96	1.74

種類 次數	II					
	鉛 (ppb)	鋅 (ppm)	銅 (ppm)	鎘 (ppb)	汞 (ppb)	砷 (ppb)
1	101.33	4.01	0.42	9.91	5.92	50.16
2	100.37	4.06	0.44	9.87	5.94	49.58
3	99.52	4.23	0.41	9.65	6.11	49.75
Mean	100.41	4.10	0.42	9.81	5.99	49.83
SD	0.91	0.12	0.02	0.14	0.11	0.30
CV(%)	0.90	2.81	3.61	1.43	1.78	0.60

種類 次數	III					
	鉛 (ppb)	鋅 (ppm)	銅 (ppm)	鎘 (ppb)	汞 (ppb)	砷 (ppb)
1	152.27	5.59	0.59	20.13	10.14	119.36
2	151.81	5.45	0.61	20.17	10.21	119.54
3	150.19	5.4	0.61	20.92	10.05	121.24
Mean	151.42	5.48	0.60	20.41	10.13	120.05
SD	1.09	0.10	0.01	0.45	0.08	1.04
CV(%)	0.72	1.80	1.91	2.18	0.79	0.86

實驗室皆為滿意結果，滿意之實驗室佔82.3%。

3. 測試樣品III：17家實驗室之測試結果介於136.5-176.8 ppb，Robust-Z值介於-1.8至2.6，除實驗室代碼07及26外，其餘實驗室皆為滿意結果，滿意之實驗室佔88.2%。

表二、測試樣品之穩定性測試結果

種類 次數	I					
	鉛 (ppb)	鋅 (ppm)	銅 (ppm)	鎘 (ppb)	汞 (ppb)	砷 (ppb)
貯存 1 週						
1	51.89	2.15	0.19	4.92	1.05	9.84
2	51.11	2.21	0.19	5.16	1.05	9.81
3	50.21	2.06	0.21	5.08	0.98	10.19
貯存 2 週						
1	49.87	1.91	0.19	4.95	0.97	10.65
2	49.79	1.97	0.19	4.83	0.98	9.94
3	50.65	2.18	0.18	4.58	0.99	9.98
貯存 3 週						
1	50.28	1.88	0.18	4.91	0.94	9.72
2	48.29	2.04	0.18	4.82	0.9	9.91
3	47.99	2.12	0.18	4.92	0.91	9.83
Mean	50.01	2.06	0.19	4.91	0.97	9.99
SD	1.24	0.12	0.01	0.16	0.05	0.28
CV(%)	2.49	5.75	5.18	3.35	5.46	2.83

種類 次數	II					
	鉛 (ppb)	鋅 (ppm)	銅 (ppm)	鎘 (ppb)	汞 (ppb)	砷 (ppb)
貯存 1 週						
1	101.24	4.08	0.43	9.48	6.01	50.62
2	100.17	4.01	0.43	9.94	6.09	49.82
3	100.99	3.94	0.41	9.92	5.78	49.24
貯存 2 週						
1	99.81	3.98	0.4	9.85	5.98	49.61
2	97.45	3.91	0.4	9.84	5.92	48.96
3	99.24	3.91	0.41	9.97	5.89	49.58
貯存 3 週						
1	100.52	3.89	0.39	9.91	5.96	50.41
2	98.75	3.91	0.4	9.89	5.91	50.91
3	101.21	3.78	0.39	9.81	5.92	49.88
Mean	99.93	3.93	0.41	9.85	5.94	49.89
SD	1.27	0.08	0.02	0.15	0.09	0.64
CV(%)	1.27	2.14	3.69	1.49	1.45	1.29

種類 次數	III					
	鉛 (ppb)	鋅 (ppm)	銅 (ppm)	鎘 (ppb)	汞 (ppb)	砷 (ppb)
貯存 1 週						
1	150.1	5.51	0.61	19.45	9.68	121.52
2	150.74	5.49	0.6	20.19	9.94	120.65
3	151.19	5.5	0.6	19.82	9.85	120.08
貯存 2 週						
1	150.19	5.41	0.64	20.88	9.58	119.85
2	149.26	5.44	0.6	19.15	9.91	119.88
3	149.44	5.58	0.61	19.08	9.9	119.56
貯存 3 週						
1	151.45	5.51	0.6	20.18	9.85	118.08
2	148.68	5.5	0.6	19.82	9.88	119.14
3	148.25	5.41	0.59	19.45	9.91	119.08
Mean	149.92	5.48	0.61	19.78	9.83	119.76
SD	1.10	0.05	0.01	0.58	0.12	0.98
CV(%)	0.74	1.00	2.35	2.91	1.24	0.82

(二)鋅(如表四)

1. 測試樣品I：16家實驗室之測試結果介於0.23-3.70 ppm，Robust-Z值介於-13.3至13.3，除實驗室代碼 01、07及21外，其餘實驗室皆為滿意結果，滿意之實驗室佔81.3%。
2. 測試樣品II：16家實驗室之測試結果介於0.40-4.39 ppm，Robust-Z值介於-9.0至1.2，除實驗室代碼 01及12外，其餘實驗室皆為滿意結果，滿意之實驗室佔87.5%。
3. 測試樣品III：18家實驗室之測試結果介於0.56-6.25 ppm，Robust-Z值介於-14.9至2.2，除實驗室代碼12、22及26外，其餘實驗室皆為滿意結果，滿意之實驗室佔83.3%。

(三)銅(如表五)

1. 測試樣品I：17家實驗室之測試結果介於0.17-0.24 ppm，Robust-Z值介於-2.9至4.0，除實驗室代碼01、03及25外，其餘實驗室皆為滿意結果，滿意之實驗室佔82.3%。

表三、各實驗室之鉛測試結果

實驗室 代碼 \ 測試 樣品	I		II		III	
	ppb	Robust -Z值	ppb	Robust -Z值	ppb	Robust -Z值
F-01	51.18	0.9	113.00	2.4	—	—
F-02	—	—	122.70	4.3	166.53	1.5
F-03	38.96	-1.9	93.47	-1.4	—	—
F-04	39.30	-1.8	—	—	157.80	0.5
F-05	—	—	100.70	0.0	150.10	-0.3
F-06	44.93	-0.5	77.30	-4.6	—	—
F-07	58.01	2.5	—	—	176.04	2.5
F-08	—	—	103.92	0.6	153.74	0.0
F-10	44.64	-0.5	96.58	-0.8	—	—
F-11	43.90	-0.7	—	—	147.00	-0.6
F-12	—	—	101.00	0.0	153.00	0.0
F-13	49.95	0.6	—	—	145.80	-0.8
F-14	45.65	-0.3	98.16	-0.5	—	—
F-15	—	—	90.27	-2.0	144.62	-0.9
F-16	44.86	-0.5	—	—	136.50	-1.8
F-17	*	—	—	—	*	—
F-18	—	—	100.63	-0.0	159.80	0.7
F-19	—	—	99.50	-0.2	150.20	-0.3
F-20	49.36	0.5	104.29	0.7	—	—
F-21	48.60	0.3	—	—	141.70	-1.2
F-22	—	—	100.74	0.0	140.15	-1.4
F-23	53.25	1.4	—	—	157.25	0.4
F-24	49.13	0.4	97.10	-0.7	—	—
F-25	41.33	-1.3	102.40	0.3	—	—
F-26	—	—	107.40	1.3	176.80	2.6
F-27	54.19	1.6	—	—	153.12	0.01
Median	47.13		100.70		153.00	
Q3	50.26		103.92		157.80	
Q1	44.46		97.10		145.80	
IQR	5.80		6.82		12.00	
nIQR	4.30		5.06		8.90	

註：| Z | ≤ 2.00 為滿意，2.00 < | Z | < 3.00 為應注意，
| Z | ≥ 3.00 為不滿意。 Median 為中位數 Q3 為高四分
位數 Q1 為低四分位數 IQR 為四分位全距 nIQR 為常態
化四分位全距

* 表實驗室未參加該項測試，不予判定結果

表四、各實驗室之鋅測試結果

實驗室 代碼 \ 測試 樣品	I		II		III	
	ppm	Robust -Z值	ppm	Robust -Z值	ppm	Robust -Z值
F-01	0.23	-13.3	0.48	-8.7	—	—
F-02	—	—	4.39	1.2	5.85	1.0
F-03	2.08	0.9	4.28	0.9	—	—
F-04	1.88	-0.6	—	—	5.36	-0.4
F-05	—	—	4.01	0.2	5.71	0.6
F-06	2.00	0.3	3.96	0.1	—	—
F-07	2.25	2.2	—	—	5.95	1.3
F-08	—	—	4.14	0.5	5.54	0.1
F-10	1.82	-1.0	3.59	-0.8	—	—
F-11	1.68	-2.0	—	—	5.11	-1.1
F-12	—	—	0.40	-9.0	0.56	-14.9
F-13	1.98	0.1	—	—	5.33	-0.5
F-14	*	—	*	—	—	—
F-15	—	—	3.62	-0.7	5.19	-0.9
F-16	1.88	-0.6	—	—	5.26	-0.7
F-17	1.93	-0.2	—	—	5.60	0.3
F-18	—	—	4.20	0.7	6.06	1.7
F-19	—	—	4.11	0.5	5.67	0.5
F-20	2.03	0.5	3.86	-0.1	—	—
F-21	3.70	13.3	—	—	5.24	-0.7
F-22	—	—	3.51	-1.0	4.74	-2.3
F-23	2.08	0.9	—	—	5.66	0.4
F-24	1.87	-0.6	3.71	-0.5	—	—
F-25	1.75	-1.6	3.60	-0.7	—	—
F-26	—	—	4.12	0.5	6.25	2.2
F-27	1.99	0.2	—	—	5.45	-0.1
Median	1.96		3.91		5.50	
Q3	2.04		4.13		5.70	
Q1	1.86		3.60		5.25	
IQR	0.19		0.53		0.45	
nIQR	0.14		0.39		0.33	

註：| Z | ≤ 2.00 為滿意，2.00 < | Z | < 3.00 為應注意，
| Z | ≥ 3.00 為不滿意。 Median 為中位數 Q3 為高四分
位數 Q1 為低四分位數 IQR 為四分位全距 nIQR 為常態
化四分位全距

* 表實驗室未參加該項測試，不予判定結果

表五、各實驗室之銅測試結果

實驗室 代碼 \ 測試 樣品	I		II		III	
	ppm	Robust -Z值	ppm	Robust -Z值	ppm	Robust -Z值
F-01	0.23	2.9	0.45	1.2	—	—
F-02	—	—	0.39	-0.2	0.60	0.0
F-03	0.24	4.0	0.48	2.0	—	—
F-04	0.19	-1.0	—	—	0.60	0.0
F-05	—	—	0.40	0.0	0.60	0.0
F-06	0.20	0.0	0.45	1.2	—	—
F-07	0.20	0.0	—	—	0.62	0.6
F-08	—	—	0.44	1.0	0.65	1.6
F-10	0.20	0.0	0.40	0.0	—	—
F-11	0.22	2.0	—	—	0.60	0.0
F-12	—	—	0.41	0.2	0.61	0.3
F-13	0.20	0.0	—	—	0.55	-1.6
F-14	0.20	0.0	0.38	-0.5	—	—
F-15	—	—	0.37	-0.7	0.57	-1.0
F-16	0.20	0.0	—	—	0.60	0.0
F-17	0.22	2.0	—	—	0.59	-0.3
F-18	—	—	0.40	0.0	0.65	1.6
F-19	—	—	0.44	1.0	0.67	2.3
F-20	0.19	-1.0	0.36	-1.0	—	—
F-21	0.20	0.0	—	—	0.58	-0.6
F-22	—	—	0.39	-0.2	0.59	-0.3
F-23	0.21	1.0	—	—	0.63	1.0
F-24	0.19	-1.0	0.39	-0.2	—	—
F-25	0.17	-2.9	0.39	-0.2	—	—
F-26	—	—	0.44	1.0	0.69	2.9
F-27	0.21	1.0	—	—	0.62	0.6
Median	0.20		0.40		0.60	
Q3	0.21		0.44		0.63	
Q1	0.20		0.39		0.59	
IQR	0.01		0.05		0.04	
nIQR	0.01		0.04		0.03	

註：| Z | ≤ 2.00 為滿意，2.00 < | Z | < 3.00 為應注意，
| Z | ≥ 3.00 為不滿意。 Median 為中位數 Q3 為高四分
位數 Q1 為低四分位數 IQR 為四分位全距 nIQR 為常態
化四分位全距

2. 測試樣品II：17家實驗室之測試結果介於
0.36-0.48 ppm，Robust-Z值介於-1.0至2.0，
所有實驗室皆為滿意結果，滿意之實驗室
佔100%。

3. 測試樣品III：18家實驗室之測試結果介於
0.55-0.69 ppm，Robust-Z值介於-1.6至2.9，
除實驗室代碼19及26外，其餘實驗室皆為
滿意結果，滿意之實驗室佔88.9%。

(四) 鎘(如表六)

1. 測試樣品I：16家實驗室之測試結果介於
3.00-5.85 ppb，Robust-Z值介於-4.4至2.2，
除實驗室代碼11及13外，其餘實驗室皆為
滿意結果，滿意之實驗室佔87.5%。

2. 測試樣品II：17家實驗室之測試結果介於
8.22-11.75 ppb，Robust-Z值介於-2.1至
2.9，除實驗室代碼06及10外，其餘實驗
室皆為滿意結果，滿意之實驗室佔
88.2%。

3. 測試樣品III：17家實驗室之測試結果介於
17.00-24.50 ppb，Robust-Z值介於-2.5至
3.7，除實驗室代碼11、23及26外，其餘實
驗室皆為滿意結果，滿意之實驗室佔
82.4%。

(五) 汞(如表七)

1. 測試樣品I：14家實驗室之測試結果介於
0.40-2.17 ppb，Robust-Z值介於-2.5至5.5，
除實驗室代碼10及16外，其餘實驗室皆為
滿意結果，滿意之實驗室佔85.7%。

2. 測試樣品II：16家實驗室之測試結果介於
4.67-21.91 ppb，Robust-Z值介於-1.4至
21.2，除實驗室代碼02、10及14外，其餘
實驗室皆為滿意結果，滿意之實驗室佔
81.3%。

3. 測試樣品III：17家實驗室之測試結果介於
4.44-16.09 ppb，Robust-Z值介於-3.7至
4.3，除實驗室代碼16、21及23外，其餘實
驗室皆為滿意結果，滿意之實驗室佔
82.4%。

(六) 砷(如表八)

表六、各實驗室之鎘測試結果

實驗室 代碼	測試 樣品	I		II		III	
		ppb	Robust -Z值	ppb	Robust -Z值	ppb	Robust -Z值
F-01		4.90	0.0	9.16	-0.8	—	—
F-02		—	—	9.66	-0.0	18.78	-1.0
F-03		5.44	1.2	10.60	1.2	—	—
F-04		4.65	-0.5	—	—	20.40	0.3
F-05		—	—	10.12	0.5	19.30	-0.6
F-06		4.37	-1.2	8.22	-2.1	—	—
F-07		5.13	0.5	—	—	21.02	0.8
F-08		—	—	10.46	1.0	19.74	-0.2
F-10		4.94	0.1	11.75	2.9	—	—
F-11		3.00	-4.4	—	—	17.00	-2.5
F-12		—	—	9.72	0.0	19.90	-0.1
F-13		5.85	2.2	—	—	20.02	0.0
F-14		4.42	-1.0	9.11	-0.8	—	—
F-15		—	—	10.61	1.2	19.66	-0.3
F-16		4.87	-0.0	—	—	20.15	0.1
F-17		*	—	—	—	*	—
F-18		—	—	10.23	0.7	21.87	1.5
F-19		—	—	10.20	0.7	20.90	0.7
F-20		4.93	0.0	9.33	-0.5	—	—
F-21		4.80	-0.2	—	—	19.00	-0.8
F-22		—	—	9.30	-0.6	18.65	-1.1
F-23		5.58	1.6	—	—	23.53	2.9
F-24		4.71	-0.4	9.45	-0.3	—	—
F-25		4.44	-1.0	9.11	-0.8	—	—
F-26		—	—	10.20	0.7	24.50	3.7
F-27		5.33	1.0	—	—	20.74	0.6
Median		4.89		9.72		20.02	
Q3		5.18		10.23		20.90	
Q1		4.60		9.30		19.30	
IQR		0.58		0.93		1.60	
nIQR		0.43		0.69		1.19	

註：| Z | ≤ 2.00 為滿意，2.00 < | Z | < 3.00 為應注意，
| Z | ≥ 3.00 為不滿意。 Median 為中位數 Q3 為高四分
位數 Q1 為低四分位數 IQR 為四分位全距 nIQR 為常態
化四分位全距

* 表實驗室未參加該項測試，不予判定結果

表七、各實驗室之汞測試結果

實驗室 代碼	測試 樣品	I		II		III	
		ppb	Robust -Z值	ppb	Robust -Z值	ppb	Robust -Z值
F-01		1.01	0.2	5.07	-0.8	—	—
F-02		—	—	7.80	2.7	11.74	1.3
F-03		*	—	*	—	—	—
F-04		1.27	1.4	—	—	12.12	1.6
F-05		—	—	5.94	0.2	10.01	0.1
F-06		1.13	0.7	6.17	0.5	—	—
F-07		1.00	0.1	—	—	10.08	0.1
F-08		—	—	4.67	-1.4	8.72	-0.7
F-10		2.17	5.5	10.88	6.7	—	—
F-11		1.00	0.1	—	—	10.50	0.4
F-12		—	—	5.12	-0.8	8.52	-0.9
F-13		0.93	-0.1	—	—	9.82	0.0
F-14		*	—	21.91	21.2	—	—
F-15		—	—	5.08	-0.8	8.72	-0.7
F-16		0.40	-2.5	—	—	4.44	-3.7
F-17		*	—	—	—	*	—
F-18		—	—	5.61	-0.1	9.39	-0.3
F-19		—	—	5.50	-0.3	10.20	0.2
F-20		0.95	-0.0	5.74	0.0	—	—
F-21		0.50	-2.0	—	—	4.60	-3.6
F-22		—	—	5.73	-0.0	8.56	-0.8
F-23		0.52	-2.0	—	—	16.09	4.3
F-24		0.90	-0.2	4.85	-1.1	—	—
F-25		0.97	0.0	5.95	0.2	—	—
F-26		—	—	6.11	0.4	10.88	0.7
F-27		0.65	-1.4	—	—	7.64	-1.5
Median		0.96		5.74		9.82	
Q3		1.01		6.13		10.50	
Q1		0.71		5.11		8.56	
IQR		0.30		1.02		1.94	
nIQR		0.22		0.76		1.44	

註：| Z | ≤ 2.00 為滿意，2.00 < | Z | < 3.00 為應注意，
| Z | ≥ 3.00 為不滿意。 Median 為中位數 Q3 為高四分
位數 Q1 為低四分位數 IQR 為四分位全距 nIQR 為常態
化四分位全距

* 表實驗室未參加該項測試，不予判定結果

表八、各實驗室之砷測試結果

實驗室 代碼	測試 樣品	I		II		III	
		ppb	Robust -Z值	ppb	Robust -Z值	ppb	Robust -Z值
F-01		11.34	1.0	55.67	1.2	—	—
F-02		—	—	49.23	-0.0	118.88	-0.3
F-03		14.26	3.3	83.96	7.0	—	—
F-04		11.74	1.3	—	—	143.48	2.3
F-05		—	—	51.12	0.3	121.80	-0.0
F-06		10.05	0.0	46.08	-0.6	—	—
F-07		9.83	-0.1	—	—	118.45	-0.4
F-08		—	—	55.09	1.1	128.40	0.6
F-10		8.51	-1.2	52.39	0.6	—	—
F-11		10.00	-0.0	—	—	129.00	0.7
F-12		—	—	47.40	-0.4	114.00	-0.9
F-13		12.28	1.7	—	—	121.53	-0.0
F-14		*	—	45.89	-0.7	—	—
F-15		—	—	29.38	-4.1	71.00	-5.7
F-16		9.84	-0.1	—	—	114.00	-0.9
F-17		*	—	—	—	*	—
F-18		—	—	46.58	-0.5	126.52	0.4
F-19		—	—	50.30	0.1	122.80	0.0
F-20		7.53	-2.0	40.01	-1.9	—	—
F-21		9.90	-0.1	—	—	114.20	-0.9
F-22		—	—	*	—	*	—
F-23		11.95	1.5	—	—	137.25	1.6
F-24		9.14	-0.7	48.23	-0.2	—	—
F-25		11.06	0.8	49.68	0.0	—	—
F-26		—	—	57.54	1.6	132.60	1.1
F-27		11.08	0.8	—	—	130.44	0.9
Median		10.05		49.46		122.30	
Q3		11.54		53.07		129.36	
Q1		9.84		46.46		117.39	
IQR		1.70		6.61		11.97	
nIQR		1.26		4.90		8.87	

註：| Z | ≤ 2.00 為滿意，2.00 < | Z | < 3.00 為應注意，
| Z | ≥ 3.00 為不滿意。 Median 為中位數 Q3 為高四分
位數 Q1 為低四分位數 IQR 為四分位全距 nIQR 為常態
化四分位全距

* 表實驗室未參加該項測試，不予判定結果

1. 測試樣品 I：15 家實驗室之測試結果介於 7.53-14.26 ppb，Robust-Z 值介於 -2.0 至 3.3，除實驗室代碼 03 外，其餘實驗室皆為滿意結果，滿意之實驗室佔 93.3%。
2. 測試樣品 II：16 家實驗室之測試結果介於 29.38-83.96 ppb，Robust-Z 值介於 -4.1 至 7.0，除實驗室代碼 03 及 15 外，其餘實驗室皆為滿意結果，滿意之實驗室佔 87.5%。
3. 測試樣品 III：16 家實驗室之測試結果介於 71.00-143.48 ppb，Robust-Z 值介於 -5.7 至 2.3，除實驗室代碼 04 及 15 外，其餘實驗室皆為滿意結果，滿意之實驗室佔 87.5%。

綜合以上，本次測試樣品中各重金屬測試結果之摘要及評定統計表如表九及表十，其中評列為「滿意」之實驗室：鉛佔 82.3-93.8%，鋅佔 81.3-87.5%，銅佔 82.3-100%，鎘佔 82.4-88.2%，

表九、測試樣品中各重金屬測試結果之摘要統計表

測試樣品		參加數	重金屬測試結果	
			最小值	最大值
I	鉛(ppb)	16	38.96	58.01
	鋅(ppm)	16	0.23	3.70
	銅(ppm)	17	0.17	0.24
	鎘(ppb)	16	3.00	5.85
	汞(ppb)	14	0.40	2.17
	砷(ppb)	15	7.53	14.26
II	鉛(ppb)	17	77.30	122.70
	鋅(ppm)	16	0.40	4.39
	銅(ppm)	17	0.36	0.48
	鎘(ppb)	17	8.22	11.75
	汞(ppb)	16	4.67	21.91
	砷(ppb)	16	29.38	83.96
III	鉛(ppb)	17	136.50	176.80
	鋅(ppm)	18	0.56	6.25
	銅(ppm)	18	0.55	0.69
	鎘(ppb)	17	17.00	24.50
	汞(ppb)	17	4.44	16.09
	砷(ppb)	16	71.00	143.48

表十、各實驗室之測試結果評定統計表

評定 結果 測試 樣品	滿 意	應注意	不滿意
I	鉛 15 (93.8%) · F (01, 03, 04, 06, 10, 11, 13, 14, 16, 20, 21, 23, 24, 25, 27)	1 (6.3%) · F (07)	0
	鋅 13 (81.3%) · F (03, 04, 06, 10, 11, 13, 16, 17, 20, 23, 24, 25, 27)	1 (6.3%) · F (07)	2 (12.5%) · F (01, 21)
	銅 14 (82.3%) · F (04, 06, 07, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 20, 21, 23, 24, 27)	2 (11.8%) · F (01, 25)	1 (5.9%) · F (03)
	鎘 14 (87.5%) · F (01, 03, 04, 06, 07, 10, 14, 16, 20, 21, 23, 24, 25, 27)	1 (6.3%) · F (13)	1 (6.3%) · F (11)
	汞 12 (85.7%) · F (01, 04, 06, 07, 11, 13, 20, 21, 23, 24, 25, 27)	1 (7.1%) · F (16)	1 (7.1%) · F (10)
	砷 14 (93.3%) · F (01, 04, 06, 07, 10, 11, 13, 16, 20, 21, 23, 24, 25, 27)	0	1 (6.7%) · F (03)
II	鉛 14 (82.3%) · F (03, 05, 08, 10, 12, 14, 15, 18, 19, 20, 22, 24, 25, 26)	1 (5.9%) · F (01)	2 (11.8%) · F (02, 06)
	鋅 14 (87.5%) · F (02, 03, 05, 06, 08, 10, 15, 18, 19, 20, 22, 24, 25, 26)	0	2 (12.5%) · F (01, 12)
	銅 17 (100%) · F (01, 02, 03, 05, 06, 08, 10, 12, 14, 15, 18, 19, 20, 22, 24, 25, 26)	0	0
	鎘 15 (88.2%) · F (01, 02, 03, 05, 08, 12, 14, 15, 18, 19, 20, 22, 24, 25, 26)	2 (11.8%) · F (06, 10)	0
	汞 13 (81.3%) · F (01, 05, 06, 08, 12, 15, 18, 19, 20, 22, 24, 25, 26)	1 (6.3%) · F (02)	2 (12.5%) · F (10, 14)
	砷 14 (87.5%) · F (01, 02, 05, 06, 08, 10, 12, 14, 18, 19, 20, 24, 25, 26)	0	2 (12.5%) · F (03, 15)
III	鉛 15 (88.2%) · F (02, 04, 05, 08, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 21, 22, 23, 27)	2 (11.8%) · F (07, 26)	0
	鋅 15 (83.3%) · F (02, 04, 05, 07, 08, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 27)	2 (11.1%) · F (22, 26)	1 (5.6%) · F (12)
	銅 16 (88.9%) · F (02, 04, 05, 07, 08, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 27)	2 (11.1%) · F (19, 26)	0
	鎘 14 (82.4%) · F (02, 04, 05, 07, 08, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 21, 22, 27)	2 (11.8%) · F (11, 23)	1 (5.9%) · F (26)
	汞 14 (82.4%) · F (02, 04, 05, 07, 08, 11, 12, 13, 15, 18, 19, 22, 26, 27)	0	3 (17.6%) · F (16, 21, 23)
	砷 14 (87.5%) · F (02, 05, 07, 08, 11, 12, 13, 16, 18, 19, 21, 23, 26, 27)	1 (6.3%) · F (04)	1 (6.3%) · F (15)

註：數字X (Y%)及F (Z)分別表示實驗室家數(百分比)及F (實驗室代碼)

汞佔81.3-85.7%，砷佔87.5-93.3%。各實驗室測試結果之Robust-Z值分布如圖一至圖六，其評定一覽表詳如表十一，評列為「不滿意」之實驗室，需提供矯正報告。

以Youden圖分析，各實驗室之6種重金屬成對測試結果，位於橢圓圖形外之實驗室，顯示其可能存在系統或隨機誤差，應予以注意，並進行矯正措施。

結 論

包裝飲用水重金屬檢測之能力試驗於99年度首次舉辦，本局廣邀各界實驗室參加測試，以測試實驗室之檢驗能力。重金屬測試樣品係以包裝飲用水為基質，添加鉛、鋅、銅、鎘、汞及砷等6種重金屬，其均一性與穩定性評估結果良好。本

次能力試驗參與實驗室之測試結果，評列為滿意者佔8成以上，而針對少數評列為不滿意之實驗室，於提供矯正報告後，本局續以盲樣檢體進行複測。

包裝飲用水因其便利性，進而吸引國人購買作為飲用之途，因此其安全衛生之檢測項目更顯重要，未來本局將持續辦理，以確保國人健康。藉由舉辦不同品項之能力試驗，以持續掌握實驗室之檢驗品質，期透過能力試驗提供實驗室間在檢驗技術能力相互比較之機會，作為實驗室持續改進其品質管理系統之參考，同時並兼具輔助本局監督管理實驗室之雙重功能。

參考文獻

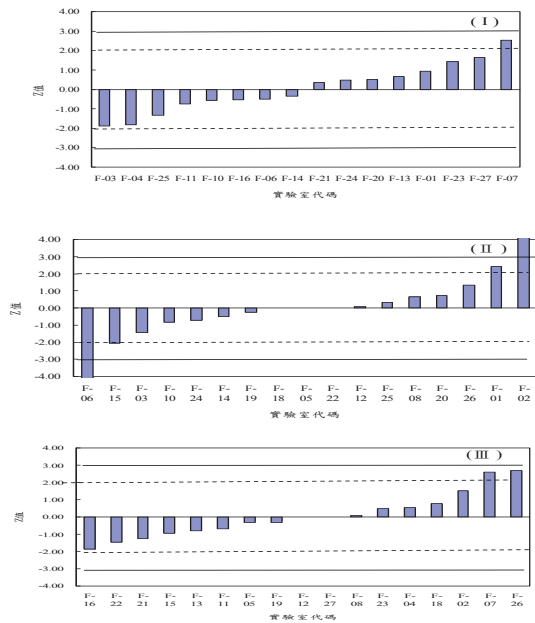
1. 謝彭生編譯。1984。化粧品衛生試驗法注解(增

訂第二版)。225-234頁。供學出版社。

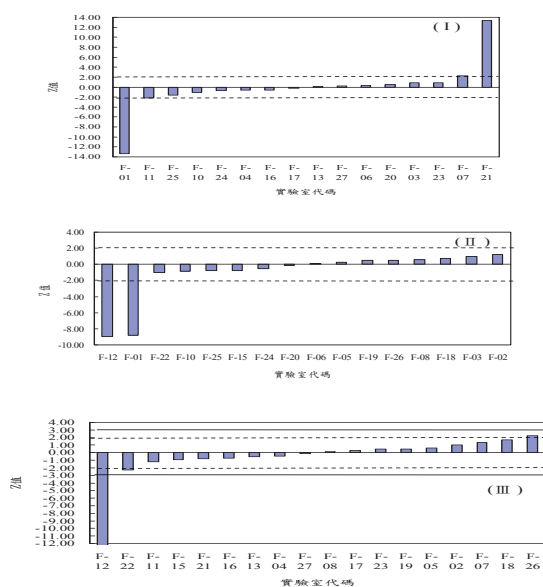
2. 廖芳陞。2009。與水污染相關的疾病。科學發展，438: 26-31。
3. 行政院環境保護署。2006。安全飲用水手冊第四版。81-90頁。
4. ISO/IEC. 2010. Conformity assessment-General

requirements for proficiency testing. ISO/IEC 17043.

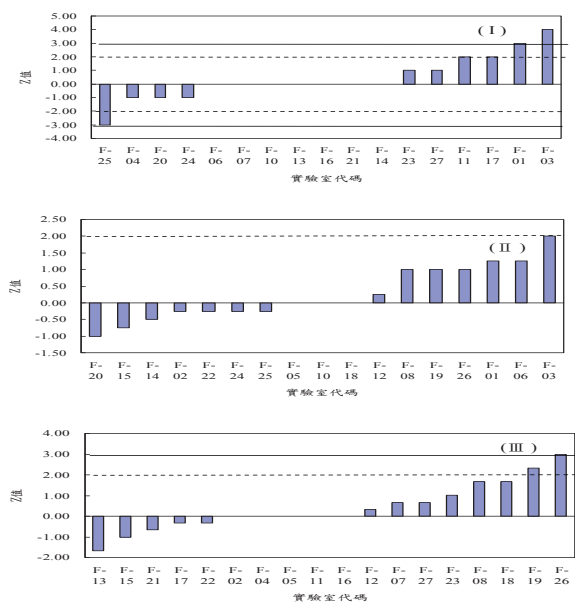
5. NATA. 2002. Guide to Proficiency Testing Australia.
6. 行政院衛生署食品藥物管理局。2010。能力試驗標準作業程序。



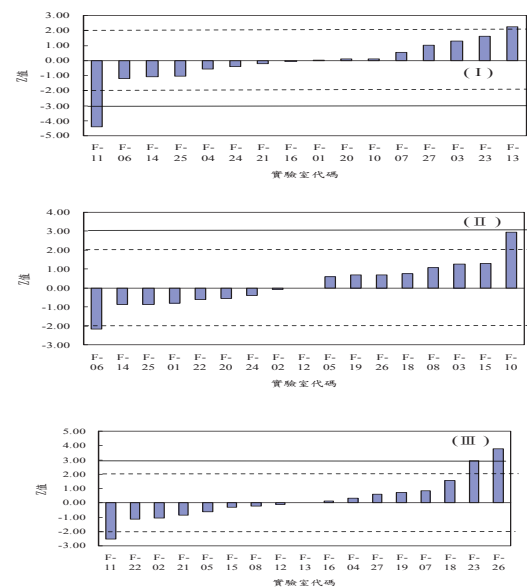
圖一、鉛檢測結果之Robust-Z值分布圖



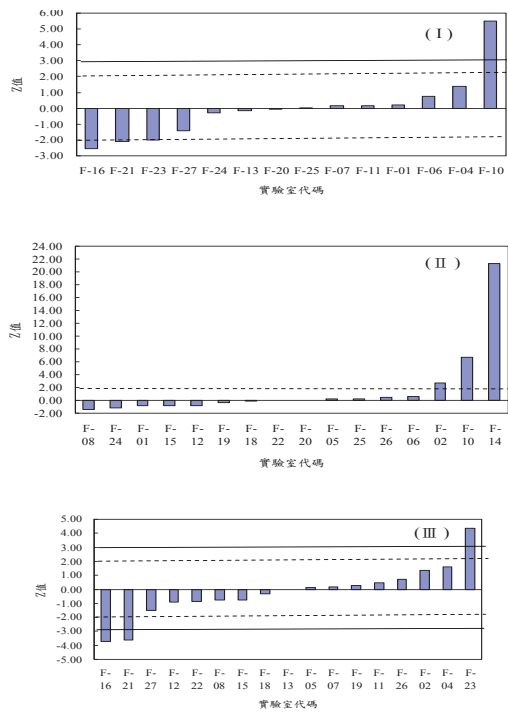
圖二、鋅檢測結果之Robust-Z值分布圖



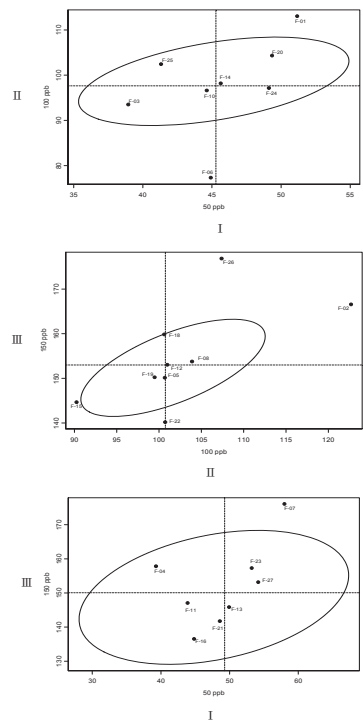
圖三、銅檢測結果之Robust-Z值分布圖



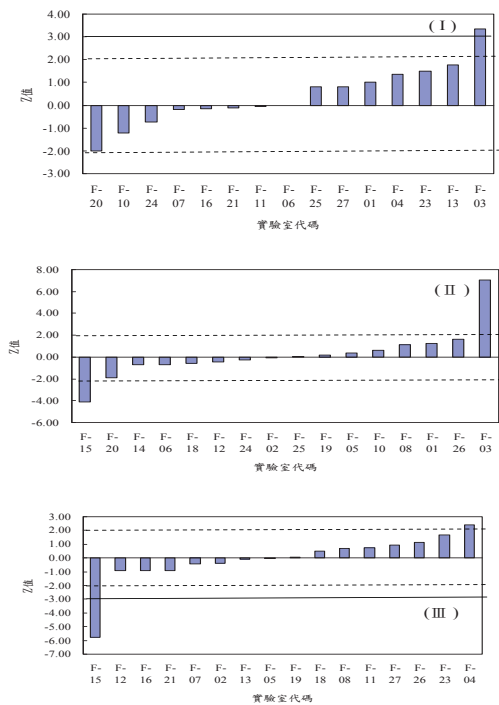
圖四、鎘檢測結果之Robust-Z值分布圖



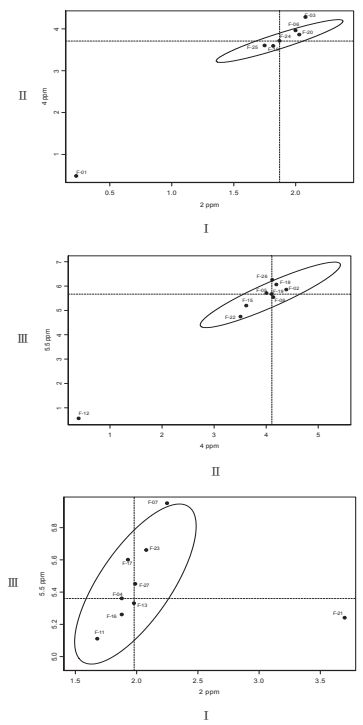
圖五、汞檢測結果之Robust-Z值分布圖



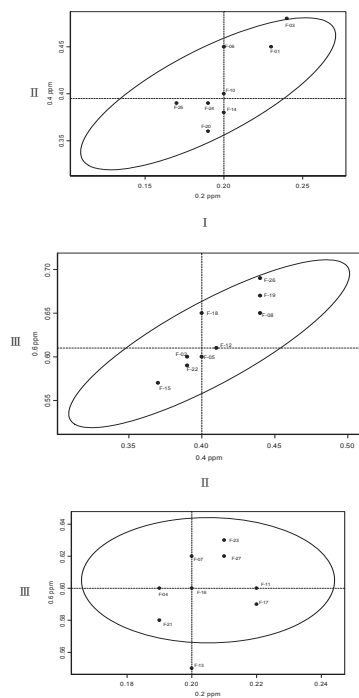
圖七、鉛檢測結果之Youden圖



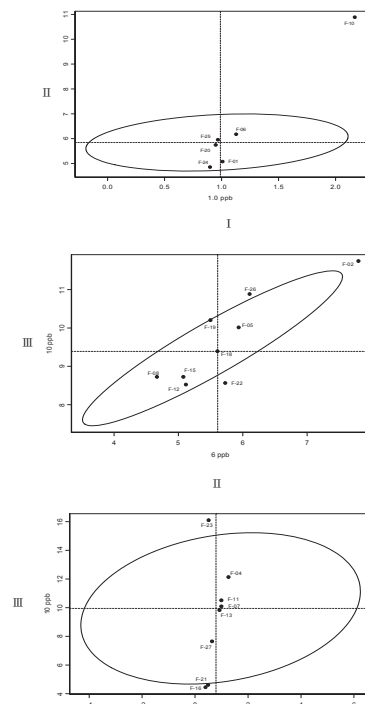
圖六、砷檢測結果之Robust-Z值分布圖



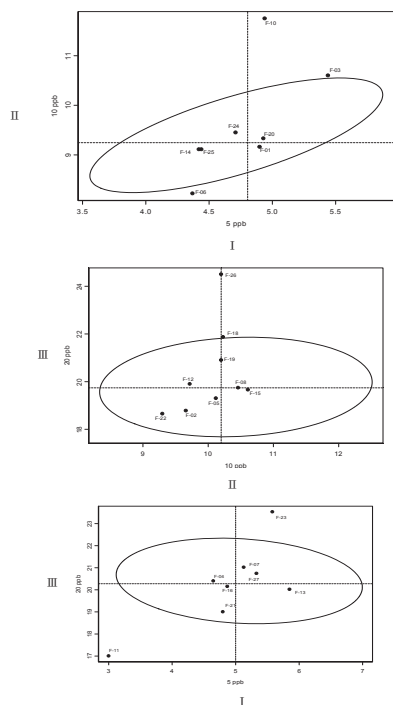
圖八、鋅檢測結果之Youden圖



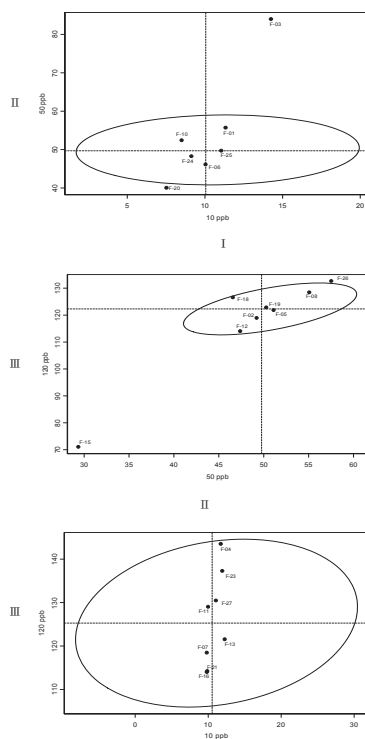
圖九、銅檢測結果之Youden圖



圖十一、汞檢測結果之Youden圖



圖十、鎘檢測結果之Youden圖



圖十二、砷檢測結果之Youden圖

表十一、各實驗室之測試結果評定一覽表

實驗室 代碼	測試 樣品	I						II						III					
		鉛	鋅	銅	鎘	汞	砷	鉛	鋅	銅	鎘	汞	砷	鉛	鋅	銅	鎘	汞	砷
F-01		●	○	▲	●	●	●	▲	○	●	●	●	●	—	—	—	—	—	—
F-02		—	—	—	—	—	—	○	●	●	●	▲	●	●	●	●	●	●	●
F-03		●	●	○	●	◎	○	●	●	●	●	◎	○	—	—	—	—	—	—
F-04		●	●	●	●	●	●	—	—	—	—	—	—	●	●	●	●	●	▲
F-05		—	—	—	—	—	—	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
F-06		●	●	●	●	●	●	○	●	●	▲	●	●	—	—	—	—	—	—
F-07		▲	▲	●	●	●	●	—	—	—	—	—	—	▲	●	●	●	●	●
F-08		—	—	—	—	—	—	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
F-10		●	●	●	●	○	●	●	●	●	▲	○	●	—	—	—	—	—	—
F-11		●	●	●	○	●	●	—	—	—	—	—	—	●	●	●	▲	●	●
F-12		—	—	—	—	—	—	●	○	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●
F-13		●	●	●	▲	●	●	—	—	—	—	—	—	●	●	●	●	●	●
F-14		●	◎	●	●	◎	◎	●	◎	●	●	○	●	—	—	—	—	—	—
F-15		—	—	—	—	—	—	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	○
F-16		●	●	●	●	▲	●	—	—	—	—	—	—	●	●	●	●	○	●
F-17*		◎	●	●	◎	◎	◎	—	—	—	—	—	—	◎	●	●	◎	◎	◎
F-18		—	—	—	—	—	—	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
F-19		—	—	—	—	—	—	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●	●
F-20		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	—	—	—	—	—	—
F-21		●	○	●	●	●	●	—	—	—	—	—	—	●	●	●	●	○	●
F-22		—	—	—	—	—	—	●	●	●	●	●	◎	●	▲	●	●	●	◎
F-23		●	●	●	●	●	●	—	—	—	—	—	—	●	●	●	▲	○	●
F-24		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	—	—	—	—	—	—
F-25		●	●	▲	●	●	●	●	●	●	●	●	●	—	—	—	—	—	—
F-26		—	—	—	—	—	—	●	●	●	●	●	●	▲	▲	▲	○	●	●
F-27		●	●	●	●	●	●	—	—	—	—	—	—	●	●	●	●	●	●

*表實驗室部份項目未參與；●：滿意；○：不滿意；▲：應注意；◎：不判定

Results of Proficiency Testing in 2010: Heavy Metals in Drinking Water

ERH-YUN CHIANG, MEI-CHUAN PO, WAN-CHEN LEE,
MING-SHIN LEE AND HWEI-FANG CHENG

Division of Risk Management

ABSTRACT

A proficiency testing was held in 2010 in order to understand the analytical competence of the joined laboratories for heavy metals in drinking water. Given drinking water was used as the testing materials that showed consistent and effective in terms of homogeneity and stability. A total of 26 laboratories participated in the test, including 4 and 22 laboratories from local health bureaus and private sectors, respectively.

The analytical results were analyzed using Robust-Z statistics into three grading categories as follows: $|Z\text{-score}| \leq 2$ as 'satisfactory', $2 < |Z\text{-score}| < 3$ as 'acceptable' and $|Z\text{-score}| \geq 3$ as 'unsatisfactory'. Among the laboratories evaluated, the satisfactory percentage were in the range of 82.3-93.8%, 81.3-87.5%, 82.3-100%, 82.4-88.2%, 81.3-85.7%, 87.5-93.3% for lead, zinc, copper, cadmium, mercury and arsenic, respectively.

Laboratories graded in the category of 'unsatisfactory' were mandated to provide a report of correction, as well as were requested to take the second test. Laboratories are expected to consistently improve their quality control system through this proficiency testing.

Key words: proficiency testing, drinking water, heavy metals, lead, zinc, copper, cadmium, mercury, arsenic