

# 飲用水水質標準適飲性項目之探討

陳秋揚<sup>1</sup> 翟雲楓<sup>2</sup> 史午康<sup>3</sup> 劉廷政<sup>4</sup>

## 摘 要

影響飲用水適飲性的主要水質項目為總硬度、總溶解固體量與餘氯，當其濃度超過飲用水的味覺閾值，將影響飲用水的適飲性。本研究建議在研擬改善飲用水適飲性的對策時，考慮下列因素：(1)淨水處理技術所需成本：若考慮環境衝擊，則去除總硬度較可行的技術為薄膜過濾法與結晶軟化法等，為符合第三階段飲用水水質標準所需建造費高達 174 億元(結晶軟化法)至 481 億元(薄膜處理法)之間；若欲去除總溶解固體量，則較可行的處理技術為薄膜處理法，為符合第三階段飲用水水質標準所需建造費暴增達 324 億元(極微過濾法)至 515 億元(逆滲透法)之間，但必須注意處理水水質是否已呈腐蝕程度。(2)加強民眾的用水教育：用戶的水塔及套裝處理設備必須經常清洗更換；使用硬度過低的水質對於健康並沒有益處；水中的餘氯可以藉由煮沸的過程加以去除；目前自來水水質均已合乎飲用水水質標準，對於人體健康已達最基本的保障。(3)落實水源保護工作：淨水廠現有的處理程序無法去除影響適飲性的物質，因此飲用水的適飲性乃是基於原水水質；惟有確保水源水質，才可以不必花費過多的社會成本又可以享用高品質的飲用水。

## 一、前言

近年來國人隨著生活品質的提升，對於飲用水品質的要求日益殷切，不只是希望飲用水可以達到健康的標準，同時也希望可以提高飲用水的可口程度。由歷年飲用水水質的抽驗合格率來看，雖然水質都可以在合格的範圍之內，但是民眾對於飲用水的滿意度卻明顯偏低，此一現象反應在民眾買水喝的情形日益嚴重。

不禁要問：自來水到底有什麼問題，為什麼民眾都不愛飲用，是民眾先入為主的觀念、處理技術的問題...等？本研究乃針對影響飲用水的適飲性項目進行探討，一方面提供自來水水質改善與飲用水水質標準修訂之參考，一方面提供落實教育宣導所需的相關資訊，例如用水設備之維護保養及水質提升之成本效益分析，俾能兼顧自來水在公共衛生的基本需求，以及提供更為可口適飲的自來水品質為目標。

本研究之進行乃分別從民眾對於自來水滿意程度調查分析(主觀的認知)，及影響飲用水適飲性物質濃度分析(客觀的評定)兩方面著手，研究流程如圖 1 所示。

## 二、水質標準項目之訂定程序與方法

一般而言，訂定飲用水水質標準須由多方面加以探討，包括：蒐集世界先進國家飲用水水質標準、對於人體健康之影響、檢驗分析的技術、考量背景資料、處理技術與成本分析、及社會大眾之建議。飲用水水質標準適飲性項目的決定與標準值的擬訂，也應從以上幾方面著手，建議制定飲用水水質標準之適飲性項目的流程，可以參考本研究的研究流程，分為主觀的認知與客觀的評定兩方面。但是飲用水的適飲性標準

<sup>1</sup> 文化大學環境設計學院景觀學系教授

<sup>2</sup> 國立中興大學環境工程學系碩士

<sup>3</sup> 台北自來水事業處水質中心主任

<sup>4</sup> 台灣省自來水公司工務處經理

首重民眾的反應，而決定影響飲用水水質標準適飲性的項目時，必須兼顧對於人體健康的影響，基於此，本文研擬影響飲用水適飲性的水質項目與水質標準之評估流程如圖 2 所示。

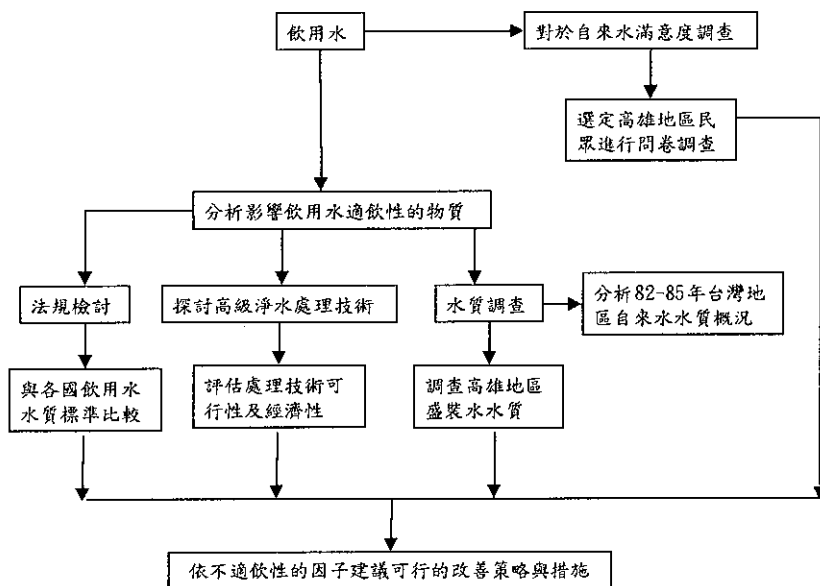


圖 1 研究流程圖

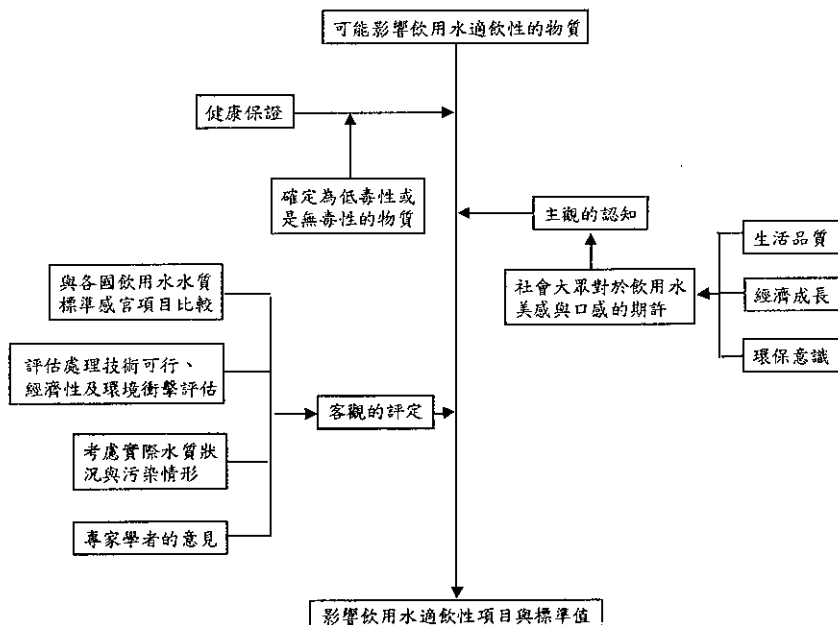


圖 2 與適飲性相關水質項目標準值之制定

### 三、影響飲用水適飲性之物質

依據民國八十七年二月四日所發布之「飲用水水質標準」中，所列影響飲用水適飲性的項目有：鐵、錳、銅、鋅、硫酸鹽、酚類、陰離子界面活性劑、氯鹽、氨氮、總硬度與總溶解固體量等 11 個項目，依據文獻(洪，1998)則指出 8 個水質項目之味覺閾值如表 1 所示。

水中所含會影響飲用水適飲性的物質相當的多，然以台灣地區的水質特性，到底有哪些物質會影響飲用水的適飲性？根據高雄醫學院洪玉珠教授的研究報告，可能影響飲用水適飲性的物質有溫度、pH 值、餘氯、總有機碳、氨氮、總硬度、總溶解固體量等項目，但實際分析澄清湖的水質後，發現只有總硬度、總溶解固體量及餘氯會達到影響飲用水適飲性的味覺閾值(洪，1998)。交通大學陳重男教授的研究報告，認為會影響飲用水適飲性的項目有總硬度、總溶解固體量、重金屬、餘氯、無機鹽類、總有機碳等，而監測一年的結果，僅總硬度、總溶解固體量、總有機碳及餘氯等項目有超出影響飲用水適飲性的味覺閾值(陳，1998)。

表 1 各水質項目之味覺閾值

水質項目	味覺閾值
餘氯	0.4 mg/L
TOC	飲用水水源標準<4 mg/L
總三鹵甲烷	必須有其他物質存在，才會形成 THMs
氨氮	NH <sub>3</sub> 為 1.5 mg/L，NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 為 35 mg/L
硫酸鹽	300-400 mg/L，少數人在 200 mg/L 能感覺出
氯鹽	250mg/L，少數人在 40 mg/L 能感覺出
總溶解固體量	美味的水 30-200 mg/L
硬度	美味的水 10-100 mg/L

資料來源：洪，1998。

### 四、台灣地區自來水水質現況分析

目前台灣地區的自來水事業單位分為台北自來水事業處及台灣省自來水公司。依台北自來水事業處 85 年至 87 年的水質資料，考慮總硬度、總溶解固體量、餘氯、總有機碳與硫酸鹽等項目，發現台北自來水事業處的水質均為良好，且原水與清水的水質差異不大，顯示在原水水質相當良好的情況下，目前傳統的處理程序對於可能影響飲用水適飲性物質之去除效果不大，水質項目中僅餘氯有時超過味覺閾值之 0.4 mg/L(翟，1999)。

再依台灣省自來水公司 82-83 年與 84-85 年的水質資料，針對可能影響飲用水適飲性的物質加以檢討，發現 82-83 年與 84-85 年水質變化範圍差異不大，但 84-85 年水質資料顯示有部份項目水質轉好的趨勢，原水與清水的濃度差異亦不大，顯示目前的處理程序對於影響適飲性物質之去除效果不明顯，僅當某些原水的濃度過高時，才會出現某種程度的去除效果。此外，發現清水的硫酸鹽濃度較原水為高，可能因為混凝過程中添加混凝劑(如硫酸鋁)的緣故。超過味覺閾值的水質項目包括總硬度、總溶解固體量與餘氯，以第七區、第六區與第十二區管理處的濃度最高(翟，1999)。

## 五、消費者對於自來水接受程度調查

早期高雄地區的原水由於受到污染，飲用水的安全問題逐漸受到重視，故學者開始進行消費者對於飲用水接受程度之調查。前人研究結果發現，民眾喜歡飲用的水依序為RO水、山泉水、家戶自來水及淨水廠的清水，而實際分析水質成分濃度結果，發現順序也是一樣(洪，1998)。

本研究乃針對高雄市民眾進行飲用水適飲性問卷調查，其調查內容包括：受訪者資料、飲用水概況、飲用此水源的原因、改善自來水應從哪些方面著手與是否同意增加水價等幾方面。有效問卷為77份，其中調查對象以國中、國小教師為主。

問卷調查結果顯示，約有五成左右的民眾日常飲用水源為自來水再經過套裝處理者，購買市面販售的山泉水約有四成。在問到飲用此水源動機，發現主要理由為水質良好(50-60%)，其次為水質檢驗合格(40-50%)，而因為好喝者僅有兩成。民眾不喜歡飲用自來水者，多因為自來水的水源不佳(六成)，其次為自來水管線太老舊，水質易受污染(五成)。民眾認為自來水的主要缺點為自來水有異味(八成)，其中又以消毒藥水味最高(五成)。此外，民眾傾向合理小幅度的增加水價，不過前提是水質必須有所提升。

## 六、提升自來水水質所需處理成本

由水質調查結果分析，台灣地區影響飲用水適飲性的物質，以硬度、總溶解固體量與餘氯為主。餘氯的添加是為了消毒上的考量，因此，為了提升自來水的適飲性，本文乃探討去除水中硬度與總溶解固體量所需淨水處理成本。

因為成本資料出自於許多不同的文獻，若要估算處理費用必須先將其調整至相同的基準年(或物價水準)，以利比較。國內資料參考「中華民國台灣地區物價統計月報」，美國資料參考ENR(Engineering News Record)，所有資料轉換至1998年10月的物價水準。淨水處理的相關費用包括建造單位成本(元/CMD)、操作費(元/m<sup>3</sup>)與年成本(元/m<sup>3</sup>)(設計年限為20年，年利率8%)等三種。費用函數與淨水廠處理規模假設呈 $C=aQ^b$ 的關係，利用文獻資料回歸分析即可獲得不同處理單元的費用函數。

去除總硬度可行之方法包括有：化學沈降法、離子交換法、結晶軟化法及薄膜處理法等，但若綜合考慮對於環境的影響，則較為可行的方法為：(1)結晶軟化法，因為不會產生大量的化學污泥及易於在現有的處理設備增加結晶軟化的程序；(2)薄膜處理法，因為使用薄膜處理可以同時去除總溶解固體量，且可將水中的總硬度去除至非常低。至於欲單獨去除總溶解固體量，則較為可行的方法為薄膜處理法。以上可行方法的費用函數參見表2至表4(翟，1999)。

由於不同的原水水質及飲用水水質標準，均將影響所需的淨水成本，本研究乃依台灣省自來水公司轄區各淨水廠清水水質現況，估計為達到不同標準要求時所需的建造費用、操作維護費與年成本，如表5與表6所示。

表2 極微過濾(NF)法之費用函數

項 目	a	b	R <sup>2</sup>
建造單位成本(元/CMD)	8*10 <sup>6</sup>	-0.60	0.8318
操作費(元/m <sup>3</sup> )	417.13	-0.41	0.7555
年成本(元/m <sup>3</sup> )	1491.6	-0.49	0.9990

表 3 逆滲透(RO)法之費用函數

項目	a	b	R <sup>2</sup>
建造單位成本(元/CMD)	44288	-0.15	0.9575
操作費(元/m <sup>3</sup> )	345.48	-0.39	0.9355
年成本(元/m <sup>3</sup> )	249.49	-0.33	0.9319

表 4 結晶軟化法之費用函數

項 目	a	b
建造單位成本(元/ CMD)	40653	0.68
操作費(元/m <sup>3</sup> )	2.75~3.89	
年成本(元/m <sup>3</sup> )	1.42~6.17	

表 5 在不同總硬度標準下各種處理程序的建造費用

總硬度標準值 (mg/L as CaCO <sub>3</sub> )	不合格平均日供水量(CMD)	極微過濾法 (百萬元)	結晶軟化法 (百萬元)
150	4,541,629	48124 (10,596)*	17446 (3,841)
200	2,694,948	27957	9974
250	2,060,171	17683	6655
300	1,054,524	7642	2978

註：( )內表示平均的建造單位成本(元/CMD)；以上估計不含土地取得費用。

表 6 在不同總溶解固體量標準下各種處理程序的建造費用

總溶解固體量標準值 (mg/L)	不合格平均日供水量 (CMD)	逆滲透法 (百萬元)	極微過濾法 (百萬元)
250	4,156,498	32,430 (7,802)*	51,504 (12,391)
300	2,617,531	20,514	33,166
400	1,270,780	9,756	14,022
500	759,705	5,543	6,470

註：( )內表示平均的建造單位成本(元/CMD)；以上估計不含土地取得費用。

## 七、高雄地區盛裝水水質調查

本研究於民國八十八年三月五日、三月三十日與四月二十七日在高雄市地區進行盛裝水採樣三次，依照高雄市 11 個行政區之人口比例，選取 6 個行政區作為調查對象，分別為：左營區、楠梓區、三民區、苓雅區、前鎮區、小港區等，採樣地點依照高雄市衛生局所提供大規模供水站之名單而選取。

水質檢驗項目包括可能影響飲用水適飲性項目：總硬度、總溶解固體量、硫酸鹽、pH 值、TDS、TOC 等。

水質調查結果發現三次檢驗水質差距不大，顯示採樣期間盛裝水水質沒有明顯變動，pH 值約在 6-7 之間，總有機碳約在 1 mg/L，硫酸鹽約在 2-5 mg/L 之間，總溶解固體量約在 20-50 mg/L 之間，總硬度約在 10-30 mg/L 之間，此等濃度且顯示盛裝水的水質均在味覺閾值的範圍內，故能被大多數高雄市區居民所接受。

## 八、高雄地區改善飲用水適飲性之對策

由前面文獻比較及研究結果可知，在高雄地區可能影響飲用水適飲性的物質主要為：餘氯、總硬度、總溶解固體量等，因此為改善自來水的適飲性可朝下列對策著手：

### 1. 餘氯

民眾普遍認為自來水的缺點為消毒藥水味，因此改善餘氯濃度是刻不容緩的工作。但自來水中添加餘氯是為了避免在管線中造成二次污染，因此餘氯的添加對於自來水的飲用安全有一定程度的保障，必須宣導民眾增進瞭解。

### 2. 總硬度

要降低水中的總硬度，必須從處理程序著手，若考慮環境的影響，則較可行的處理程序為結晶軟化法與薄膜過濾法。

### 3. 總溶解固體量

現行的處理程序無法降低水中的總溶解固體量，降低總溶解固體量較可行的處理程序為薄膜處理法，但所需的費用相當龐大。

## 九、結論

飲用水水質標準中所列影響飲用水適飲性的項目為：鐵、錳、銅、鋅、硫酸鹽、陰離子界面活性劑、氯鹽、氯氮、總硬度、總溶解固體量、酚類等 11 個項目，綜合本研究及文獻資料，發現重金屬、硫酸鹽、氯鹽、氯氮均未達影響飲用水適飲性的味覺閾值，而酚類、陰離子界面活性劑等缺少調查結果，文獻資料顯示總有機碳與適飲性沒有直接相關，因此本研究針對總硬度與總溶解固體量兩項提出建議水質標準。

我國飲用水水質標準第三階段總硬度標準值為 150 mg/L，總溶解固體量標準值為 250 mg/L，將於民國九十二年七月一日起實施，明顯較其他國家嚴格，因此本研究建議總硬度修訂為 300 mg/L，總溶解固體量修訂為 500 mg/L。其理由如下：(1)合格率：在此標準下，台灣省轄區自來水水質合格率約在 80-90%之間，所需改善的日供水量約佔 10-15%之間，衝擊較小；(2)處理技術：欲符合總硬度 300 mg/L 及總溶解固體量 500 mg/L 之水質標準，所需的軟化費用約在 30 億元(結晶軟化法)至 76 億元(極微過濾法)之間，淨水成本增加 4.25 元(結晶軟化法)至 9.09 元(極微過濾法)之間；(3)社會層面：此標準和其他國家差距不大，所需的成本較少，未來對於水價調升的壓力較小。

## 參考文獻

1. 洪玉珠，「高雄地區自來水配水系統影響適飲性物質的調查及改善對策之探討」，行政院環保署委託計畫，EPA-87-E3J1-09-03(1998)。
2. 陳重男，先進國家飲用水管理制度，公元 2000 年飲用水水質與管理問題研討會 1996。
3. 翟雲楓，「飲用水水質標準適飲性項目之探討」，國立中興大學環境工程學系碩士論文，1999。