

內蒙古無機砷污染現況

羅振東

原生富砷井水，分布在內蒙古中、西部，陰山南麓的斷陷性盆地，其中淺層富砷井水（潛水）集中在山前沖積扇裙的前緣窪地，從呼和浩特經包頭西至巴山旗（縣）長達400餘公里，富砷井呈局灶狀分佈，調查井砷含量超國標準為20.66%，已查出富砷村落627個，共報告慢性砷中毒患者1774名。

其深層富砷水（承壓水）主要分佈在呼和浩特、包頭地段的山前湖盆相沉積盆地內，面積約1500餘平方公里，多呈遼闊成片的分佈，井水砷含量超國標準為64.55%，已查出48個富砷村落（不包括阿左旗巴彥毛道村），至今未查出典型病例。

共採集渠、湖地面水樣19份，結果砷含量均在國家衛生標準之內。取黃河水樣四份，水砷濃度為 $<0.01-0.03\text{mg/L}$ 。

呼和浩特西部盆地富砷淺水的暴露，始於50年代初期建公用大口井（井深4-8m）引發首批典型病例，井水砷濃度為 $0.4-0.8\text{mg/L}$ 。二十餘年後出現皮膚癌、肺癌為主的多種臟器癌死亡的增加，粗死亡率為300-600/10萬，在回顧性縱列研究中，暴露與非暴露之間的相對危險度等於8，具有顯著性差異。

呼和浩特盆地西部於80年代初建用庭院壓把井，井深8m，並引起第二批砷性皮損病例與病例，引發病例的井水砷濃度最大 1.8mg/L ，最小 0.12mg/L 。這批病例中伴生的肝大（除外傳染性肝炎）和心電圖異常已顯著高於對照，尚無癌死亡增加現象，但有四例脈管炎者（該村屬淺井，腐植酸含量 0.1mg/L ，小於獨立壩自流井 1.61mg/L ，大於呼和浩特 0.003mg/L 。

內蒙古巴盟的杭錦後旗、臨河及五原縣，也由於80年代中期，建用庭院壓把井，引發與呼和浩特同樣病例，僅有一例手部皮膚癌截指。唯井水埋深在15-25m範圍，可能屬弱含水層富砷。

近年來在呼和浩特盆地開採80-280m的深層水飲用，含砷範圍 $0.1-0.4\text{mg/L}$ ，有萬餘人飲用5-10年以上未見有典型皮損出現。其致病似與淺層水有別。富砷地下水生成於第三紀末和第四紀初期湖盆地段，其PH值7.5-8.5，淺層水高於深層水，EH值為-50~-250，溶解氧 $0-3.36\text{mg/L}$ ，淺層水屬弱還原環境，深層水屬還原環境。 As^{3+} 占52-75%， As^{5+} 占25-48%。深層水耗氧量 $6.75-27.10\text{mg/L}$ ，腐植酸 $0.32-1.61\text{mg/L}$ ，淺層水耗氧量 $1.45-4.20\text{mg/L}$ ，腐植酸 $0.06-0.14\text{mg/L}$ ，有五個碳以下的烷烴，水面有氣泡可點燃，有機砷含量不清楚，嚴密封閉的深層水有脫硫酸作用生成的 H_2S 氣味。硫酸鹽含量較低，亞硝酸鹽含量各地不一致。此外，病區淺層水中的鐵、錳、硒含量偏低，氟含量偏高，我們認為上述水質特點與癌性和非癌性的砷中毒有內在關連，應組織力量深入研究。

關鍵詞：無機砷，砷井水之分佈，砷中毒

內蒙古呼和浩特市衛生防疫站

聯絡人：羅振東

聯絡地址：內蒙古呼和浩特市貝爾路27號

收稿日期：85年3月

接受日期：85年6月

繼台灣西南沿海地區及新疆准噶爾西南部報導原生地下水引發慢性砷中毒之後，于1984年內蒙古呼和浩特市在農村水質及相關疾病調查中，檢測出其盆地西部井水砷含量為0.15mg/L左右[1]。爾後，又于1990年先後在內蒙古呼和浩特、赤峰市、巴彥淖爾盟、包頭市及阿拉善盟等地查出慢性砷中毒病例[1][2]，其面積在國內最大，且砷一癌關係複雜，遂引起政府及學界關注。本文只就內蒙古的砷污染狀況概述如下：

一、內蒙古富砷井的地理分布

1. 內蒙古地形、地貌、面積、人口及行政區劃

內蒙古東西長2400公里，面積118.3萬 km^2 ，位于我國北疆，約占全國總面積12.3%，人口2207萬，以蒙古族為主體。轄區劃為8盟4市、84個行政縣（旗）。境內西部的陰山山脈、東部的大興安嶺餘脈、流經中西部的黃河及大黑河與富砷水的分布有關。

2. 淺層富砷水的分布

內蒙古中西部富砷井的分布，係沿著陰山山脈南麓，從呼和浩特的土默特左旗、包頭市的土默特右旗，經巴盟的前旗、五原縣、臨河、杭錦後旗西至阿拉善盟的阿左旗。長達400餘公里，寬約10～40公里的狹長地帶。這一地域涉及4個盟市、10個旗縣、63個鄉、624個自然村。轄區內人口約30萬。淺層井深多在4～40m，井水砷超標率在10～40%，是不連續的局灶狀分布。該地帶已報告病例1677例[3]。

在狹長的高砷地帶北部分布有大青山、狼山的古老變質岩系，其成礦性好，含砷量高。所處地貌單元為山前沖洪積扇裙的前緣窪地與黃河、大黑河沖湖積平原的交接地帶。富砷的淺層水（潛水）集中在上述地帶是分布上的一個顯著特徵[4]。

此外，在內蒙古的東部地處大興安嶺餘脈的克什克騰旗有一山間谷地，在其小流域的上游源頭處有豐富的毒砂礦，經礦泉水引起一個局限的淺層富砷水地區，報告病例97人[5]。

3. 深層富砷井的分布

內蒙古的深層富砷井（承壓水）的分布，只在呼和浩特的山前斷陷性湖相沉積盆地內被檢出。共檢測深井111口，深80～280m，井水砷含量超標（0.05mg/L）率為64.6%，分布面積約1500 km^2 ，分布有一定的連續性，涉及10個鄉、14個自然村，約21000餘人[6][7]。與新疆奎屯富砷地區很相似[8]。在深層富砷井地區，並非一定伴有或不伴有富砷淺層井，這一特點已引起關注。

二、富砷井水的暴露時間、特點及影響

1. 大口淺井年代：由大口淺井富砷導致地方性砷中毒只發生在呼和浩特盆地西部的鐵門更村與黑河村，其對居民的影響，可追溯到50年代初期建公用大口井（井深4～8m），並與2～3年後引發了國內首批典型砷性皮炎病例。井水含砷濃度0.4～0.8mg/L（近年恢復原井後檢測）。二十餘年後相繼出現多發性皮膚癌，波文氏症，基底細胞癌，鱗癌及多種臟器癌的死亡增高，其中呼吸系統癌占38.46%(30/78)，消化系統癌占35.9%(25/78)，皮膚癌14.10%(11/78)，其次泌尿系癌2.56%(2/78)，骨癌2.56%(2/78)，腦瘤2.56%(2/78)，鼻咽癌1.28%(1/78)[9]。粗死亡率為300～600/10萬，在暴露與非暴露的回顧性縱列研究中，相對危險度等於8，具有顯著性差異[10]。此外，有皮膚癌現患數例，在70年代出現第一處皮膚癌後，90年代初繼續有新的皮膚癌發生。在改水干預後，皮膚癌灶仍在擴展或繼發臟器癌症而死亡。超氧化物歧化酶（SOD）、丙二醛（MDA）、谷胱甘肽過氧化酶（GSH-Px）、羥基自由基（OH）指標的檢驗已完成，結果另文敘述。有二例足趾壞死病例，其一例有趾端脫落及跖部截肢，終因忍受不了疼痛而自殺。第二例只有左腳第二趾末端幹性壞疽並脫落。另有二例有顯明的足趾末梢血管循環障礙，並被醫院診斷為脈管炎。以上四例均有典型的砷性皮炎並有在20～30年前共飲同一大口井水的歷史，約占4/644。這四例屬血栓閉塞性脈管炎（AO）或動脈硬化性閉塞性（ASO），其與烏腳病的關

係尚難劃定[11][12]。

(1)壓把淺井時期：呼和浩特盆地西部於80年代初建用庭院壓把井，井深約8米。飲用含砷 $0.12 \sim 1.8\text{mg/L}$ 淺井水的居民在 $2 \sim 3$ 年後，又引發了第二批砷性皮炎的病村[6-8]。經超音波檢查，這批病例中伴發肝大（除外傳染性肝炎）者占 $25/62$ ，對照 $3/26$ ， $P < 0.01$ 。砷中毒組胎甲球陽性為 $5/62$ ，對照組為 $1/26$ 。貧血（Hb 9.5g 以下）者占 48% ，對照組為 38% ，經初步對照調查尚未發現癌死亡增加現象。

(2)巴盟的杭錦後旗，臨河市、五原縣以及阿左旗的巴彥毛道農場等，也於80年代初期先後建用庭院壓把井後（井深 $15 \sim 30$ 米，水砷濃度 $0.05 \sim 1.86\text{mg/L}$ ，可能係富砷的弱含水層），引發了典型的砷性皮炎損害病例，其中以杭錦後旗分布最廣，病例最多，其砷危害主要是視神經萎縮、聽力下降、肝腫大、心電圖異常、微循環改變等，均與對照組有統計學的顯著差異。此外報告一例拇指皮癌已手術截肢。

2.深層承壓水年代：近10年來在呼和浩特盆地開採 $80 \sim 280$ 米深層水飲用，多為承壓自流井，含砷範圍 $0.1 \sim 0.4\text{mg/L}$ 。有2萬餘人飲用 $5 \sim 10$ 年以上，但尚未報告有典型砷性皮炎病例。其致病似與淺層富砷井水有別[7][13]。

三、內蒙古富砷水井的水質性狀

1.對於現今砷病區有意義的地下水形成於第四紀。是一有機質含量多的高砷層位，有脫硫酸生成的 H_2S 臭味，含有五個碳以下的烷烴氣體，可燃。EH值為 $50 \sim 250$ ，溶解氧 $0 \sim 3.3\text{mg/L}$ ，耗氧量為 $1.45 \sim 27.10\text{mg/L}$ 。淺井屬弱還原環境，深井屬還原環境。

2.中國預防醫學科學院環衛所95年11月測定呼和浩特砷病區及非病區井水的腐植酸結果：自流井為 $1.61 \sim 0.32\text{mg/L}$ ，壓把井為 $0.14 \sim 0.06\text{mg/L}$ ，大口井為 $0.08 \sim 0.04\text{mg/L}$ ，呼和浩特市、北京市自來水為 $0.003 \sim 0.004\text{mg/L}$ ，腐植酸的種類待定。

據台灣大學呂鋒洲及中國地化所鄭寶山等報告[14]，內蒙古砷病區淺井水中腐植酸為富啡酸(FA)為主，台灣烏腳病區飲水中以胡敏酸(HA)為主，以胡敏酸為主的台灣深井水比以富啡酸為主的內蒙古淺井水的致病能力強。這啟示我們，需儘快地研究呼和浩特盆地深井水的腐植物的結構及有關生物未稍動脈血管效應。

3.呼和浩特檢測砷病區飲水中 As^{3+} 亞砷酸〔 As(III) 〕占 $52\sim 75\%$ ， As^{5+} 砷酸鹽〔 As(V) 〕占 $25\sim 48\%$ ，在深井與淺井水之 As^{3+} 的含量比差異不大。其總砷濃度與腐植酸、溶解氧和耗氧量濃度之間也似無相關性[6,7]。另報告巴盟淺井水 As^{3+} 約占總砷含量的 $50 \sim 90\%$ [15]，由於砷形態決定著砷環境行為和生物效應，是定量流行病學研究的前提，應進一步研究其存在的化學和物理的存在形式[16]。

4.巴盟病區井水測定含有大量的亞硝酸鹽，但呼和浩特病區井水的亞硝酸鹽含量並不超標，此外多環芳香烴（苯並(a)芘）及放射性物質均未測出。鐵、錳、硒的含量偏低，其中低鐵、低錳現象與新疆劉鴻德的報告一致[17,18]。

5.呼和浩特砷病區井水含氟量較高。有7個鄉11個村的富砷井水中，同時有氟含量超標，文獻報導氟與砷同時染毒於哺乳動物（家兔、小鼠）、脊椎動物（斑馬魚）和無脊椎動物（大型水蚤、美麗猛水蚤），其聯合作用的毒性研究結果為拮抗作用，這是否是呼和浩特某些富砷深井水至今尚未發現典型病例的因素，應予以仔細研究。

6.呼和浩特的哈素海、黃河及黃河灌溉渠系水樣共檢測19份，黃河水三個斷面檢測水樣9份，水砷含量 $< 0.01 \sim 0.03\text{mg/L}$ ，均不超標。巴盟杭後、臨河砷病區黃河灌區的地表土壤砷含量為 $3 \sim 10\text{mg/kg}$ ，低於我國15省區採集的117個耕作土樣分析的砷平均含量 $16.78 \pm 9.54\text{mg/kg}$ [20]，可以說明內蒙古砷污染不屬於次生環境污染[21]。

參考文獻

1. 羅振東、張玉敏等，內蒙古鐵門更與只幾梁村慢性砷中毒流行病學調查，中國公共衛生，1993, 9(8) 347-348。
2. 武克恭等，內蒙古自治區地方性砷中毒流行現狀調查報告。內蒙古地方病防治研究，1993, 18(1) 13-15。
3. 孫天志、武克恭等，內蒙古地方性砷中毒流行病學調查，中國地方病學雜誌，1995，地方性砷中毒論文專輯 1-4。
4. 李樹范等，內蒙古河套地區地方性砷中毒地質環境特徵與成因，內蒙古地方病防治研究，1994，19(增刊)59-61。
5. 高洪信等，內蒙古首次發現地方性砷中毒病區，內蒙古地方病防治研究，1990, 15(4)：1。
6. 羅振東、馬亮等，呼和浩特地區慢性砷中毒調查研究，內蒙古地方病防治研究，1994，19(增刊)：45-47。
7. 張玉敏、張閣有等，呼和浩特盆地西部大面積富砷地下水水質檢測，農村生態環境學報，1994, 10(1)59-61。
8. 馬亮、張閣有等，地方性砷中毒病區癌症死亡情況調查，中國慢性病預防與控制，1993, 1(5), 211-212。
9. 羅鳳基等，內蒙古呼和浩特西部黑河村高砷飲水影響的歷史縱列研究，十六屆國際癌症會議，1994，第四集，757-765。
10. 曾文宗，烏腳病之症狀及誘因之再探討，烏腳病之研究報告，台灣省政府烏腳病防治小組，1984，21, 1-7。
11. 鄭寶山等，烏腳病的症狀和診斷，中國地方病學雜誌，1995，地方性砷中毒論文專輯，86-88。
12. 馬恒之、王鳳歧等，飲水型地方性砷中毒臨床特點，中國地方病學雜誌，地方性砷中毒論文專輯，17-21。
13. 羅鳳基、馬亮等，內蒙古呼和浩特西部飲高砷水和癌症的 SMS 研究，第二屆國際砷暴露和健康影響會議，1995，專集 70。
14. 呂鋒洲、劉聰桂、鄭寶山等，內蒙古砷中毒病區與台灣烏腳病區飲水腐植酸的紅外光譜對比研究，中國地方病學雜誌，1995，14(4)：219。
15. 馬恒之等，杭錦後旗地方性砷中毒區井水價態砷調查分析，內蒙古地方病防治研究，1993, 18(1)1-4。
16. 盧光明，水環境中砷存在的形態與地方性砷中毒，中國地方病學雜誌，1995(專輯)：69-71。
17. 劉鴻德，地方性砷中毒病區和病人指標研究，第三屆全國環境衛生學術會議論文選編，1990, 71-72。
18. 王連方等，地下水砷含量及其對居民慢性砷中毒的關係，環境與健康雜誌，1986, 3(2), 22。
19. 劉開泰，氟砷聯合中毒的毒理學研究進展，地方病通報，1996, 11(1)：107-110。
20. 譚見安，論環境砷與地方性砷中毒，內蒙古地方病防治研究，1994, 19(增刊)：19-24。
21. 曹守仁，地方性砷中毒預防措施的討論，內蒙古地方病防治研究，1994，19(增刊)：16-18。

