

內蒙古自治區砷的暴露、危害與防治

孫天志* 夏雅娟 武克恭

TIAN-ZHI SUN*, YA-JUAN XIA, KE-GONG WU

內蒙古地方病防治研究所，內蒙古呼和浩特市健康街41號

Inner Mongolia Institute for Endemic Disease Control and Research, No. 41, Jian-Kang Street, Huhht, Inner Mongolia.

* 通訊作者Correspondence author.

內蒙古地區發現砷中毒以來，已從5個盟市11個旗縣71個鄉鎮678個自然村屯查出了2455名病人。病區面積約15萬平方公里，受威脅人口約262萬人。病區範圍大，受威脅人口多，居民患病率高，病情比較嚴重，發展較為迅猛，癌發病死率驚人是病情之特點。病人的分布與高砷水的分布高度統一，具有明顯的家族聚集性，發病與暴露的時間、砷濃度呈正相關。砷病區集中在大青山、狼山(陰山山脈)南麓、黃河以北的河套一帶(前後套)，呈狹長狀。因排除了空氣和人為污染的可能性，證實內蒙的砷污染純屬高砷外環境原生物質導致的飲水型地方病。地質環境及成因調查研究資料表明，這一地區具有富集高砷地質條件和歷史緣源。由於內蒙古病區各種水平的飲水砷濃度都存在，各類臨床型病人，包括中毒前期(潛伏態)亞臨床改變的人群並存，癌發比較集中的村屯較多，加之交通方便，技術人員力量較強，所以是個比較理想的合作攻關的現場和進行機理研究的基地。防治措施研究和實踐的經驗顯示，利用山泉水、機械打井、傍渠取水、理化改水是行之有效的提供低砷合格飲水的方法。(中華衛誌 1999；18(附冊 1)：20-26)

關鍵詞：砷暴露、砷中毒、地方病、劑量效應關係、發病強度。

The exposure, hazard and prevention of arsenic and arseniasis in Inner Mongolia Autonomous Region

There are 149063 km² and 2.62 harmful million persons of arseniasis in Inner Mongolia since it was found. There were 2445 arseniasis patients in 678 villages 71 townships in 11 countries of 5 prefectures in Inner Mongolia. The feature of Inner Mongolia arseniasis are vast areas, more population involved high prevalence rate, rapid development, sever incidence and death of cancer. The distribution of arseniasis patients and high arsenic concentration of drinking water is high unanimity. There are obvious clustering in families and the positive correlation among the incidence, arsenic concentration of drinking water and exposure time of the patients. The arseniasis areas are mainly situated in southern of the Daqing Mountain and Long Mountain (Yanshan range) and the northern of Great Bend in the Huang River, they are in along and narrow. The arseniasis is confined only the drinking water endemic disease, belongs to high arsenic concentration in primal environment, because of rule out the pollution by artificer and air. The results showed that from geology environment and cause investigation, this area is rich arsenic. It is come from the geology and history resources. Inner Mongolia was a more ideal basic area in cooperation study on arseniasis mechanisms and testing ground, because of the various arseniasis in different condition of drinking water and clinical and sub-clinical patients, arsenic cancer was easy to be found. This area had transport facilities and compare skill technician. The study on preventive arseniasis have been shown that drinking water from spring, mechanical well, hand non arsenic strum, nearly program canal, physical chemistry improved measure were useful. (Chin J Public Health. (Taipei): 1999;18(suppl 1):20-26)

Key words: arsenic exposure, arseniasis, endemic disease, dose-response relationship, incidence density.



前 言

隨著地質勘探人員露飲山泉水和農村飲水衛生普查，內蒙古陸續發現一批砷含量超標的山泉水和農村飲水井，之後出現了砷中毒病人，並隨時間的推移，病人愈來愈多，引起學術界的重視，經過認真地調查和研究，證實內蒙古境內存在著一個面積比較大的地方性砷中毒病區。

環境砷的檢測

(一) 內蒙古砷病區土壤、農作物砷含量測定結果(見表一)，顯示出呼和浩特土默特套區因用高砷水灌溉，部分土壤含砷正常偏高外，巴盟河套地區的外環境和菜蔬砷含量均處於正常範圍[1]。

(二) 飲水井含砷量調查結果顯示部分地區井水砷含量不同程度超標[2]。(見表二、表三)。

另有調查資料表明，病區水質除含砷量高外，氟(F)、錳(Mn)、亞硝酸鹽含量亦超標或嚴重超標，同時顯示缺氧(表四)。這些多元因素構成了砷富集的客觀條件，也表明了該病區存在著除砷這個必要致病因素外，還有影響病情發展的其它因素。

在進行環境調查的同時，也對空氣中砷含量進行過測定，對可能的工業污染源開展過調查，均給予了排除。證實大青山、狼山(屬陰山山脈)含砷的礦物元素的長期擴散是病

區高砷環境唯一的原生物質來源，內蒙砷病區屬於純飲水型地方病。

病人的分布與流行的強度

經過四年的調查，內蒙全區砷中毒病人的分布基本摸清，截止1996年年底已有5個盟市11個旗縣71個鄉鎮678個自然村查出2455名病人(表五)。病區面積達149063平方公里，受威脅人口262萬。

一、病人分布特點

除東部赤峰市因山泉污染呈點狀分布外，內蒙病區主要分布在西部地下水含砷的陰山山脈南麓，黃河以北的山前傾斜平原與黃河大黑河沖湖積平原的交接部位，呈現東西走向的低窪地帶(前後套海地區)，所以從地圖上呈現出條狀分布(圖一)，若與山西省北部病區連在一起來看這個條帶則綿延千里。但從小範圍來觀察病人的分布卻是另一番景象——一個鄉中病人只是集中在某些村屯。一個病村屯中，病人僅存在於某些戶，這是因為井水砷含量呈高度不均一性，相鄰二村可以一村地下水高砷一村不高，相鄰二戶隔牆的二只井一個高砷一個不高，甚是特殊。也就是說，病人分布與高砷水分布呈高度統一。

病人分布呈現明顯的家庭聚集性。調查杭錦後旗三個鄉的村民，發現同一家庭成員多發或全發較為普遍，採用二項分布分析，

表一 砷病區土壤農作物砷含量(mg/kg)

檢測項目	呼市平均含量	巴盟平均含量
院內土	9.70±2.74	7.21 (0.6-13.4)
耕作土	9.87±2.03	4.50
黃豆	0.11±0.28	0.09 (0.075-0.15)
小麥	0.18±0.16	0.10 (0.007-0.4)
玉米	0.16±0.08	0.07 (0.013-0.31)
葵花籽	0.19±0.14	0.11 (0.02-0.36)
蠶豆	0.28	
蔬菜		0.05 (0.02-0.10)
西瓜		0.03

表二 不同飲水井的砷含量比較(mg/L)

	例數	<0.05	0.06~	0.1~	0.26~	>0.5
大口井	60	49 (81.7%)	5 (8.3%)	6 (10.0%)	0	0
壓把井	10063	7347 (73.0%)	1920 (19.1%)	624 (6.2%)	172 (1.7%)	
黃河水	8	8 (0.007mg/L)				

表三 不同水井深度與砷含量的關係

井深(m)	檢查數	含砷量(mg/L)		超標率(%)
		<0.05	<0.05	
0~	195	181	14	7.20
5~	329	307	22	6.69
10~	2387	2219	168	7.04
15~	1752	1310	442	25.23
20~	846	556	290	34.28
25~	197	109	88	44.67
30~	146	88	58	39.73
35~	40	34	6	15.00
合計	5888	4800	1088	18.48

表四 病區水質檢查結果

項目	井水水質	標準
嗅味	異味	無味
混濁度	25	<15
肉眼可見物	懸浮顆粒	清澈透明
高錳酸鹽	6-10	<2
溶解氧 (mg/L)	0.1-0.5	>2
氧還電位	-0.3	
總硬度 (mg/L)	>500	<450
硫酸鹽 (mg/L)	300-500	<250
氯化物 (mg/L)	400-600	<250
氨氮 (mg/L)	0.2 (部分井)	不應檢出
亞硝酸鹽氮 (mg/L)	0.01	<0.002
pH	8.3-8.4	6.5-7.5
Fe (mg/L)	1.0-2.0	<0.3
F (mg/L)	1.0-1.5	0.5-1.0
Mn (mg/L)	1.0-2.0	<0.1
As (mg/L)	0.05-0.5	<0.05

表五 內蒙地區砷中毒病人分布

盟 市	旗 縣	鄉鎮數	自然村數	病人數
赤 峰	克什克騰	1	3	97
呼 和 浩 特	土 左 旗	15	62	197
包 頭	土 右 旗	8	19	130
巴 彥 淖 爾	臨 河 市	9	158	167
	杭 後 旗	19	362	729
	五 原 縣	13	66	799
	磴 口 縣	1	1	18
	烏 拉 特 前 旗	1	※	※
阿 拉 善	阿 左 旗	1	5	306
合 計	5	11	71	678
				2445

※：未統計核實好，暫缺。

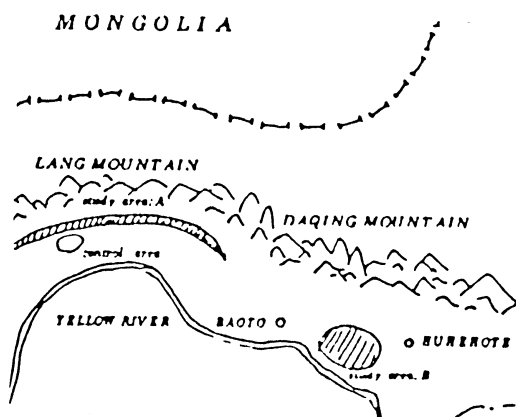


Fig.1. In study areas A and B, arsenic concentration is more than 0.05mg/L in well water. In control area the arsenic concentration is less than 0.05mg/L. The other areas the arsenic concentration is less than 0.05mg/L or didn't detection.

圖一 內蒙古西部地區砷病區分布圖

配合適度 χ^2 檢驗，證實存在家庭聚集性分布傾向($P < 0.005$)。

從年齡分布來看，最小的病人5歲，最大的80多歲，40-49歲是高發年齡段($r=0.9774$, $P < 0.01$)，無性別差異。

二、發病強度(表六)

東部的克旗患病率高達66.89%，但臨床以輕型為主。西部病區的土默川平原最高檢

出率為15.25%(土左旗一村屯)，中、重型病人占一定比例。後套病區如杭後旗的檢出率為44.59%，而且11個鄉15個社的病區劃分為重病區的為5個社，中病區9個，輕病區1個。去年對五原縣海子壩勝利村進行核判，証實患病率達45.73%，三個自然村均為重病屯。阿拉善左旗巴音毛道農場亦為重病區。

三、發病特點[3]

除東部區克旗出現長春地質學院師生誤飲山泉水發生急性中毒事件外，西部病區全部是慢性經過，逐步現出症狀。我們調查時發現，當年還不是病人，第二年便成了病人，皮膚損傷隨著時間的推移而加重。

疾病是以皮膚特異性損傷為主要特徵的全身性損害，據我們1996年在五原縣的調查資料顯示，呼吸系統損傷占調查總人數的22.63%，消化系統占25.69%，循環系統占13.25%，泌尿系統占6.01%，神經系統占45.43%，生殖系統占3.36%，氟斑牙占30.21%。

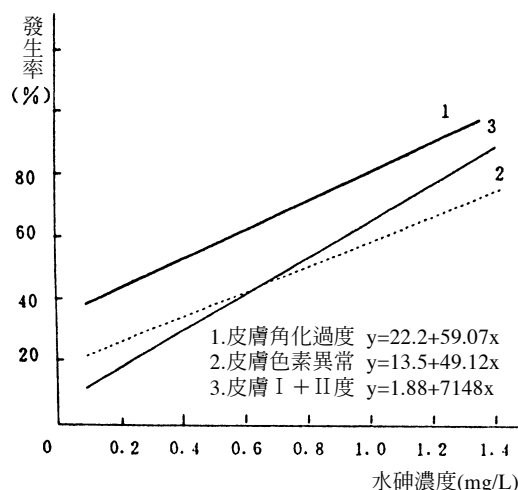
癌症高發是本病的最嚴重後果。呼市用回顧性隊列研究的方法分析土左旗黑河村30年間的居民死因，92.7%的死因有醫院診斷，按死因分類ICD-9分類法排隊，癌症死亡占71.72%列第一位，高砷致癌依次為呼吸系統(30/78)、消化系統(28/78)和皮膚癌(11/78)，其次為泌尿系統(2/78)、骨癌(2/78)、腦瘤(2/

表六 内蒙砷病区患病检出率(1994年的统计资料)

地 區	檢查數(人)	患者(人)	檢出率(%)
克 旗	145	97	66.89
土 左	3409	197	5.80
土 右	274	33	12.04
杭 後	1635	729	44.59
臨 河	1281	167	13.04
五 原	1108	237	21.09
阿 左	2002	306	15.28
烏 後	300	8	2.67
合 計	10154	1774	17.47

78)和鼻咽癌(1/78)。1996年我們調查五原縣海子堰鄉發現，1985年開始飲高砷水，1992年出現病人，海豐公社村民從1986-1996年10的年間共死亡40人，其中癌症死亡達15人(對照村為死亡11人，癌症為0)，占37.5%，癌發率之高，已引起當地村民的不安。

發病與暴露的時間、劑量有明顯的效應關係[4]。我們的調查資料顯示，飲用高砷水10年以上患者占總人數的50.87%，5-10年的占38.60%，5年以下的占10.53%。分析資料同時發現，隨著暴露劑量的增加，患病率在一定範圍內有呈遞升的趨勢(圖二)。二者的關係可用 $Y=A+Log X$ 來表示。



圖二 水砷濃度與皮膚病變的關係

内蒙砷病区地質環境特徵與成因探討

通過對病區地質構造與環境特徵，第四紀地質環境特徵，水文地質環境特徵，水化學環境特徵，岩礦地球化學環境特徵，古地理環境與生物化學環境特徵的研究，認為內蒙古河套(包括前後套平原)地方性砷中毒與地質環境特徵有著密切的成因連繫[5]。

病區處在河套新斷陷盆地，盆地邊緣受大斷裂控制，形成於晚侏羅紀，中生代以來盆地大幅度下降，沉積了巨厚的以河湖相為主的鬆散堆積物。從微地貌景觀，病村附近往往分布有廢棄的古河道或積水窪坑。

病區受地質構造條件的控制，其形態上前後套平原均呈現出北深南淺，西深東淺的不對稱箕狀凹陷，據地震航磁等物探資料，

後套地區基底凹陷深度由東向西北逐漸加大。推測第四紀最大沉積厚度為1200-1500米，區域沉降中心在扇裙前緣斷裂以南。

河套北部陰山山脈是區域地下水的補給區，山前傾斜平原是地下水的逕流區，南面的沖湖積平原為逕流排泄區，地下水總的流向自北而南。河套南部是黃河乾流，每年淤沙量很大，加上人為灌溉，大量灌溉水滲入地下並向北逕流，南北兩股地下水的排泄帶正是病區這一地勢低窪、土質顆粒細，水流不暢，氣候乾旱的水文環境區。大量地下水主要靠蒸發排泄，促使了砷元素的濃縮，而富集到淺部地下含水層中。

病區飲水的化學類型大部分為 HCO_3^- 。

Cl-Na和 $\text{HCO}_3\text{-Na} \cdot \text{Mg}$ 型水，水中砷含量在0.1-2.0 mg/L之間。另外水質還有下列幾個特點：1.亞硝酸鹽氮(NO_2)含量很大，最高達56.8-203.2 mg/L，超標幾千至幾萬倍，因其與超量砷的協同致病作用，被人們所重視。2.水中銨氮(NH_4)含量高，耗氧量高達11-14(標準 <3)，與病區的輕重呈正相關。3.水中含甲烷氣體，可燃。4.水砷三價態占70-90%，放置後比例下降。

病區北部山體礦體埋藏淺或裸露，礦體及圍岩中砷含量很高。經測試，鐵帽中砷含量為 39.4 ± 4.0 ppm，地下原礦砷含量為 24.6 ± 2.1 ppm，硫鋅礦石為 32.1 ± 2.8 ppm，銅精礦砷含量為 34.6 ± 2.1 ppm，硫銅礦為 43.6 ± 4.2 ppm，硫精礦砷含量為 70.6 ± 7.1 ppm，說明這一帶山脈走向分布為高砷帶，係病區地下水砷的污染源。

河套地區原是大湖盆，現今的砷中毒病區正是當時湖泊沉積的湖心相，為淤泥夾粉細砂沉積帶。在當年湖泊中有很多水生植物和魚蝦等生物生存，隨著漫長的歷史，水中動植物一批批死去，沉積於泥沙之中，形成了有機質含量多的高砷層位。湖水乾枯，上面又覆蓋了以粘土為主的沉積層，就形成了現今病區飲用的弱還原環境下的高砷地下水層位。

防治措施的研究與實踐

為了防止砷中毒的繼續和發展，首要的任務是切斷砷源，另選新的衛生水源。經過內蒙科技工作者的實驗室研究和現場實踐，初步提供了幾個思路(途徑)和經驗。

總的思路是因地制宜、經濟方便、衛生可靠。比較成熟的方法大致有四種：利用山泉水、打井改水、傍渠取水、理化除砷[6-10]。

病區北部鄰山，有一些山泉含砷低，水質好(有的達到了礦泉水的標準)，個別靠山近的村屯就近引泉入村，既方便又衛生。

打井改水，其優點是水質衛生，易於保護和管理，使用壽命長。其缺點是資金一次性投放較大，需要有齊全的水文地質資料，

失敗風險較大。內蒙目前仍將打井作為主要途徑進行考慮，先後打了幾十口井，初步解決了病區居民的飲水問題。根據目前掌握的資料，土左旗只芨梁鄉50-60和80-100米深處有二層礦化度小於1 g/L的淡水，具備垂直打井條件。杭後旗大樹灣鄉、阿左旗巴音毛道農場為上鹹下淡結構，下部100-150米分布有淡水含水層。臨河市狼山鎮永長、先峰、紅光地處於上淡下鹹含水層分布區，避開高砷層(25米以上)，就可打出合格的飲水井。

傍渠取水的方案是根據內蒙古河套地區每年引黃量50多億 m^3 ，灌渠密，黃河水含砷量低，取水層位淺，施工方便，經濟便宜等有利因素提出的。但具體點位的選擇需要滿足二個條件：1.病村接近幹渠或支幹渠，年過水時間長；2.渠系旁邊地層淺部要有一定厚度，便於渠水下滲的砂層作為調儲空間，確保枯水年季用水。阿左旗巴音毛道農場四隊就是選用此法，成功地建成了渠傍井，解決了病區飲水問題。

理化改水過去多用於防氟上，鑒於化學除氟方法弊端較多，不易長期堅持，故除砷多考慮物理方法上。其優點是，利用天然礦成本低，除砷容量大，速度快，不添加任何有毒的藥劑，易操作，價格低，後期費用小等優點。例如，使用膨潤土，沸石，麥飯石等內蒙豐富的非金屬礦物經活化處理，團成礦粒乾燥整形殺菌消毒後，具有較強的表面吸附和離子交換能力。也有用獸骨碳化後，再處理成除砷劑，在除砷的同時，也可除氟和金屬錳，效果很好。另有用石英砂、活性炭、活性氧化鋁三層濾過的方法，效果也頗佳。

理化改水可用在集中改水的村屯(用大的除砷罐除砷處理後再通過管道輸入各戶)，也可用在家庭除砷簡，尤其是在居住比較分散的農區、沙區的住戶，更為適用。內蒙古地方病研究所，內蒙古礦產實驗研究所，包頭市地方病辦公室，巴盟衛生防疫站、內蒙古大學化學系、呼市應用技術研究所(個體)等單位都有科學的實驗資料和現場應用數據，均受到了當地群眾的歡迎。今後進一步改進、完善和推廣這些科研成果，造福人類，成了首要的任務。

結 語

內蒙古自治區的慢性砷中毒是在實施防氟改水工程和改善農村飲用水條件，打水打在含砷層而引發的。內蒙古的地方性砷中毒病區屬於飲水型，面積大，病情重，各類病區同時存在，各種臨床型的病人並存，是一個很好的研究砷對人體危險度，飲水的安全值，亞臨床病人的診斷，疾病的發生發展與轉歸，砷的遠期癌效應和致癌機理及其複合因素致病機理研究或多因素分析的最好現場。因此，吸引了國內外專家學者的關注和重視。它與貴州煤煙型砷中毒的侵入途徑不同，結合起來又是研究進入途徑與發病關係的理想場所。同時又是研究除砷劑，除砷器的最佳地區，各地區各國籍的同仁若攜手合作共同攻關，將會造福於人類。

致 謝

本文感謝國家科學基金贊助。

參考文獻

1. 于廣軍、馬恆之、武克恭等：內蒙古地方性砷中毒地區環境砷調查。中國地方病學雜誌1995；13(專)：10。

2. 孫天志：內蒙古地方性砷中毒病區砷水平與危害的調查。中國地方病防治雜誌1994；9：38。
3. 孫天志、趙壽珍：飲水型慢性砷中毒臨床特徵分析。環境與健康雜誌1995；22。
4. 武克恭、馬恆之、于廣軍：地方性砷中毒劑量反應關係的研究。中國地方病學雜誌1995；13(專)：7。
5. 李樹範、李浩基：內蒙古地方性砷中毒地質環境特徵與成因探討。內蒙古地方病防治研究雜誌1994；19(增)：1。
6. 楊文彬、馬恆之、鄭重等：家庭飲水除砷裝置的研製。內蒙古地方病防治研究雜誌1994；19(增)：76。
7. 鄭勇、楊秀芝、孫寶厚：活性氧化鋁除砷改水效果觀察。內蒙古地方病防治研究雜誌1993；18：154。
8. 宋純芳、石建新、張效忠：新型除砷劑和除砷器的應用研究。內蒙古地方病防治研究雜誌1994；19：24。
9. 陳德、額爾登、張長增：飲水除砷劑及其應用研究。內蒙古地方病防治研究雜誌1993；18：160。
10. 張長增、陳德、額爾登：飲水除砷器的研究與應用。內蒙古地方病防治研究雜誌1993；18：164。

