飲用低礦物質水會危害身體健康

弗朗蒂斯克·科齊塞克

國家公共衛生研究所

一，引言

水的成分隨當地地質條件而有很大差異。地下水和地表水都不是化學純淨的 H₂O，因為水中含有少量的天然氣，礦物質和天然來源的有機物。被認為是優質的淡水中溶解的物質的總濃度可能為數百 mg / L。自 19 世紀以來，由於流行病學以及微生物學和化學領域的進步，已經發現了許多水傳播疾病的病原體。關於水可能包含某些不良成分的認識是建立飲用水水質準則和法規的出發點。國際上和許多國家已經確定了無機和有機物質以及微生物的最大可接受濃度，以確保飲用水的安全。通常沒有考慮完全未礦化水的潛在影響，因為除了雨水和天然形成的冰以外，自然界中沒有這種水。儘管在製定飲用法規的工業化國家中，雨水和冰沒有被用作社區飲用水源，但在某些地方，個人已經使用了雨水和冰。另外，許多天然水的礦物質含量低或軟（二價離子含量低），硬水通常是人為軟化的。

數千年來，人們已經意識到礦物質和其他有益成分在飲用水中的重要性，這在古代印度的吠陀經中已得到提及。在 Rig Veda 一書中，優質飲用水的特性描述如下：“Sheetham（感冒），Sushihi（清潔），Sivam（應具有營養價值，必需的礦物質和微量元素），Istham（透明），Vimalam lahu Shadgunam（其酸鹼平衡應在正常範圍內）”（1）。在準則和法規中，水可能包含所需物質的關注較少，但是在過去的幾十年中，人們對水的生物學價值有了越來越高的認識。

人工生產的軟化水，首先是蒸餾水，然後是去離子或反滲透處理過的水，主要用於工業，技術和實驗室用途。這些技術在 1960 年代開始在飲用水處理中得到更廣泛的應用，因為某些沿海和內陸乾旱地區有限的飲用水源無法滿足因人口增加，生活水平提高，工業發展和大眾旅遊而導致的用水需求增加。如果主要或唯一可用的水源是高度礦化的微鹹水或海水，則需要對水進行脫礦質處理。飲用水供應也受到遠洋輪船和太空船的關注。

在本章中，軟化水的定義是由於蒸餾，去離子，膜過濾（反滲透或納濾），電滲析或其他技術而幾乎或完全不含溶解的礦物質的水。此類水中的總溶解固體（TDS）可能有所不同，但 TDS 可能低至 1 mg / L。電導率通常小於 2 mS / m，甚至更低（<0.1 mS / m）。儘管該技術始於 1960 年代，但當時軟化礦沒有得到廣泛使用。但是，一些國家專注於這一領域的公共衛生研究，主要是前蘇聯，在中亞一些城市中引入了海水淡化來生產飲用水。從一開始就很明顯，沒有進一步濃縮某些礦物質的淡化水或軟化水可能並不完全適合飲用。這有三個原因：

·軟化水俱有很高的腐蝕性，如果不進行處理，則不可能通過管道和儲罐進行分配。腐蝕性水會侵蝕配水管道，並從管道和相關的管道材料中浸出金屬和其他材料。

·蒸餾水的味道特性較差。

已有初步證據表明水中存在的某些物質可能對人體健康產生不利影響，也可能產生不利影響。例如，使用人造氟化水的經驗表明，齲齒的發病率降低了，1960 年代的一些流行病學研究報告說，在硬水地區，某些心血管疾病的發病率和死亡率較低。

因此，研究人員集中在兩個問題上：1.) 軟化水可能對健康產生哪些不利影響，以及 2.) 飲用水中所需的相關物質（例如礦物質）的最低含量和理想含量或理想含量是多少？同時滿足技術和健康方面的考慮。傳統的監管方法以前是基於限制水中有毒物質濃度過高對健康的危害，現在考慮到由於某些成分不足而可能造成的不利影響。

在準備飲用水水質準則的工作會議之一中，世界衛生組織（世衛組織）通過著眼於去除某些有害物質對健康的不利影響，審議了淡化飲用水的理想或最佳礦物質組成問題。天然存在於飲用水中（2）。在 1970 年代後期，世界衛生組織還委託進行了一項研究，以為發布淡化水準則提供背景信息。這項研究是由西 Sysin 通用衛生與公共衛生研究所和蘇聯醫學科學院的一組研究人員在 Sidorenko 教授和 Rakhmanin 博士的指導下進行的。最終報告 1980 年作為內部工作文件發表的論文（3）得出結論，“不僅完全脫礦物質的水（餾出物）的感官特性不理想，而且對動物和人類有機體也有一定的不利影響”。在評估了可用的健康，感官和其他信息之後，研究小組建議去離子水中含有 1.) 最低含量的溶解鹽（100 mg / L），碳酸氫根離子（30 mg / L）和鈣（30 mg / L）。L); 2.) 總溶解鹽的最佳濃度（硫酸氯水為 250-500 mg / L，碳酸氫鹽水為 250-500 mg / L）；3.) 最高鹼度（6.5 meq / l），鈉（200 mg / L），硼（0.5 mg / L）和溴（0.01 mg / L）。

在過去的三十年中，淡化已成為提供新的淡水供應的一種廣泛實踐的技術。全世界有超過一萬一千個海水淡化廠，每天總生產的淡化水超過 60 億加侖（本書中的 Cotruvo）。在某些地區，例如中東和西亞，一半以上

這樣產生的飲用水中。淡化水通常通過添加化學成分（例如碳酸鈣或石灰石）進行進一步處理，或者與少量的礦物質含量更高的水混合以改善其味道，並降低其對分配網絡以及管道材料的侵蝕性。但是，淡化水的成分可能差異很大，尤其是在最低 TDS 含量方面。在不遵守有關最終產品質量的最低礦物質含量的任何統一準則的情況下，開發了許多設施。

長期飲用軟化水可能對健康產生不利影響，不僅在缺乏足夠淡水的國家中，而且在某些類型的家庭水處理系統被廣泛使用或某些類型的瓶裝水被消耗的國家中，都引起了人們的關注。一些天然礦泉水，特別是冰川礦泉水的 TDS 低（低於 50 mg / l），在某些國家，甚至蒸餾水也被提供用於飲用。其他品牌的瓶裝水是通過對淡水進行脫礦質，然後添加礦物質以獲得所需口味而生產的。消費某些類型的水的人可能沒有得到礦物質含量更高的水中所含的其他礦物質。

二。食用低礦物質水對健康的危害

有關消耗軟化水的某些影響的知識是基於實驗和觀察數據。已經在實驗動物和人類志願者中進行了實驗，並且從提供淡化水的人群，飲用經反滲透處理的軟化水的個人以及使用蒸餾水製備飲料的嬰兒中獲得了觀察數據。由於這些研究提供的信息有限，因此我們還應考慮流行病學研

究的結果，在這些研究中，對使用低礦物質（軟水）水和礦物質含量更高的水對人們的健康影響進行了比較。

礦物質含量低的水可能造成的不利影響在以下類別中進行了討論：

- 直接影響腸粘膜，新陳代謝和礦物質體內穩態或其他身體功能。
- 低礦物質水很少或根本沒有鈣和鎂的攝入。
- 其他基本元素和微量元素的攝入量低。
- 預製食品中鈣，鎂和其他基本元素的損失。
- 可能增加飲食中有毒金屬的攝入量。

1. 礦物質含量低的水對腸粘膜的直接作用，

代謝和礦物質穩態或其他身體機能

蒸餾水和礦物質含量低的水（TDS <50 mg / L）可能具有負面的味覺特徵，消費者可能會隨著時間而適應。據報導，這種水的止渴作用也較小（3）。儘管這些不被認為對健康有影響，但在考慮低礦物質含量水對人體的適用性時應考慮到它們。

消費。不良的感官和止渴特性可能會影響所消耗的水量或導致人們尋找其他可能不太令人滿意的水源。

Williams（4）報告說，將蒸餾水引入腸道會導致大鼠上皮細胞發生異常變化，這可能是由於滲透壓引起的。但是，舒曼等人沒有得出相同的結論。。（5）在一項基於大鼠 14 天實驗的最新研究中。組織學未發現食管，胃和空腸有糜爛，潰瘍或發炎的跡象。世衛組織的研究報告了動物分泌功能改變（即，胃液分泌和酸度增加）和胃肌張力改變（3），但目前可獲得的數據並未明確表明低礦物質含量的水對水的直接負面影響。胃腸道粘膜。

充分證明，食用礦物質含量低的水會對體內穩態機制產生負面影響，從而損害人體中的礦物質和水的代謝。尿量增加（即利尿增加）與體液中主要細胞內和細胞外離子的排泄增加，它們的負平衡以及某些身體水分管理相關的身體水位和功能活動的改變有關在動物（主要是大鼠）進行長達一年的實驗後，反復表明，蒸餾水或 TDS≤75 mg / L 的水的攝入會導致：1.) 攝入水，利尿，細胞外液量增加，以及血清中鈉（Na）和氯（Cl）離子的濃度以及它們從體內清除的增加，導致總體負平衡。2.) 紅細胞體積減少和其他一些血細胞比容變化（3）。雖然拉赫瑪寧等。（6）沒有發現蒸餾水的誘變或性腺毒性作用，他們確實報告了三碘甲狀腺素和醛固酮的分泌減少，皮質醇的分泌增加，腎臟的形態變化，包括腎小球萎縮和血管內皮的腫脹，從而限制了血流（量。一項為期一年的研究還發現，在大壩接受蒸餾水的大鼠胎兒中，骨骼骨化程度降低。顯然，即使動物保持了在熱量，營養和鹽成分上具有生理學上足夠的標準化飲食，也無法通過飲食來補償從水中攝入的礦物質減少。

研究人員針對 WHO 報告（3）評估的人類志願者實驗結果與動物實驗結果一致，並提出了 TDS 中低水（例如 <100 mg / L）對水和礦物質體內穩態影響的基本機制。。低礦物質水顯著：1.) 增加利尿作用（平均增加近 20%），體內水量和血清鈉濃度； 2.) 降低血鉀濃度，以及 3.) 增加鈉，鉀的消除，體內的氯離子，鈣離子和鎂離子。人們認為低礦物質水會作用於胃腸道的

滲透壓感受器，導致鈉離子流入腸腔的流量增加，門靜脈系統的滲透壓略有降低，隨後鈉作為適應性反應向血液中的釋放增加。血漿中的這種滲透性變化會導致體內水的重新分配。也就是說，總的細胞外液量增加，水從紅細胞和間質液進入血漿以及在細胞內和間質液之間轉移。響應於改變的血漿體積，血液中的壓力感受器和體積受體被激活，從而導致醛固酮釋放的減少，從而鈉清除的增加。血管中體積受體的反應性可導致 ADH 釋放減少和利尿作用增強。德國營養學會就蒸餾水的影響得出了類似的結論，並警告公眾不要飲用蒸餾水（7）。該警告是針對德國版的*關於水的令人震驚的真相*（8），其作者建議使用蒸餾水代替“普通”飲用水。該協會在其立場文件（7）中解釋說，人體中的水總是含有

由人體控制的某些濃度的電解質（例如鉀和鈉）。鈉轉運還可以使腸上皮吸收水分。如果攝入蒸餾水，腸子必須先向該水中添加電解質，以將其從體內儲備中吸收。由於人體從不清除

“純”水形式的液體，而總是與鹽類一起清除，因此必須確保攝入足夠的電解質。攝入蒸餾水會導致溶解在體內水中的電解質稀釋。隔室之間的體內水分重新分配不足可能會損害重要器官的功能。此病一開始的症狀包括疲倦，虛弱和頭痛。

其他證據來自多個國家的動物實驗和臨床觀察。食用添加了鋅或鎂的動物的血清中這些元素的濃度明顯高於食用相同元素的動物（其食物中所含的礦物質水含量低）。根據實驗結果和臨床上觀察到的礦物質缺乏症，這些患者不需要考慮腸道吸收，並且接受用蒸餾水稀釋的均衡靜脈營養，Robbins 和 Sly（9）認為攝入的礦物質水少是導致人體中礦物質清除量增加的原因。

定期攝入低礦物質含量的水可能與上述變化的逐步發展有關，多年來可能沒有症狀或因症狀的表現。然而，劇烈的體力勞動和攝入幾公升的低礦物質水後，可能會發生嚴重的急性損傷，如低鈉性休克或 del 妄（10）。快速攝入過量的低礦物質水和自來水，也可能發生所謂的“水中毒”（低血糖性休克）。隨著 TDS 水平降低，“中毒”風險增加。以往，據報導，登山者在未融有必要離子的情況下用融化的雪製備飲料會導致嚴重的健康問題。據報導，用蒸餾水或低礦物質瓶裝水配製飲料的嬰兒，其病情更為嚴重，伴有腦水腫，抽搐和代謝性酸中毒（11）。

2. 低礦物質水很少或根本沒有鈣和鎂的攝入

鈣和鎂都是必不可少的元素。鈣是骨骼和牙齒的重要組成部分。此外，它在神經肌肉興奮性（即降低神經興奮性），傳導性心肌系統的適當功能，心臟和肌肉的收縮性，細胞內信息傳遞和血液的凝結性方面也起作用。鎂作為 300 多種酶促反應的輔助因子和激活劑，發揮著重要作用，包括糖酵解，ATP 代謝，鈉，鉀和鈣等元素通過膜的轉運，蛋白質和核酸的合成，神經肌肉的興奮性和肌肉收縮。

儘管飲用水不是我們攝入鈣和鎂的主要來源，但從飲用水中補充攝入這些元素對健康的重要性可能超過其營養貢獻（以這些元素每日總攝入量的比例表示）。即使在工業化國家，缺乏鈣和鎂含量的飲食也可能無法完全彌補飲用水中鈣的缺乏，尤其是鎂的缺乏。

大約 50 年以來，全世界許多國家的流行病學研究都報告說，與硬水相比，軟水（即鈣和鎂含量低的水）和鎂含量低的現象與心血管疾病（CVD）的發病率和死亡率增加相關水和鎂含量高的水。流行病學證據概述

由最近的評論文章（12-15）提供並在本專著的其他章節中進行了概述（Calderon 和 Craun，Monarca 等）。最近的研究還表明，攝入軟水，即鈣含量低的水，可能會增加兒童骨折的風險（16），某些神經退行性疾病（17），早產和出生時體重低（18）。和某些類型的癌症（19，20）。除了增加猝死的風險（21-23），攝入鎂含量低的水似乎與運動神經元疾病（24），妊娠失調（所謂的先兆子癇）（25），和一些癌症（26-29）。

從在蘇聯城市舍甫琴科進行的研究中，可以得到有關補充了 TDS 和鈣含量低的淡化水（即經過石灰石過濾的蒸餾水）的人口中鈣代謝變化的具體知識（3、30、31）。當地居民的鹼性磷酸酶活性降低，血漿鈣和磷濃度降低，骨骼組織脫鈣增強。這些變化在婦女中尤為明顯，尤其是孕婦，並且取決於在舍甫琴科的居住時間。在一項為期一年的大鼠研究中，也證實了水鈣的重要性，該大鼠在營養和鹽分充足的基礎上進食，並給予淡化水並添加了 400 mg / L 的溶解固體和 5 mg / L，25 mg / L 或 50 mg / L 的鈣（3，32）。與給予兩次高劑量鈣的動物相比，給予水 5 mg / L 鈣的動物的甲狀腺功能和其他相關功能降低。

雖然通常在飲用水中發現的大多數化學藥品的影響會在長期接觸後顯現出來，但據信鈣，尤其是鎂對心血管系統的影響反映了最近的接觸。鎂和/或鈣含量低的水僅需幾個月的暴露就足以產生足夠的食用時間效果（33）。捷克和斯洛伐克的人口就是這種短期暴露的例證，他們在 2000-2002 年開始使用基於反滲透的系統對家庭自來水進行最終處理。在數週或數月之內，各種投訴表明存在急性鎂（可能是鈣）缺乏症（34）。這些投訴包括心血管疾病，疲倦，虛弱或肌肉痙攣，並且基本上與德國營養學會的警告中列出的症狀相同（7）。

3. 低礦物質水攝入的一些必需元素和微量元素少

儘管除了少數罕見的例外，飲用水不是人類必需元素的主要來源，但出於多種原因，飲用水的貢獻可能很重要。許多人的現代飲食可能不是礦物質和微量元素的適當來源。在給定元素的臨界缺乏的情況下，即使飲用水中元素的攝入量相對較低，也可能起到相關的保護作用。這是因為這些元素通常以自由離子的形式存在於水中，因此與那些主要與其他物質結合的食品相比，它們更容易從水中吸收。

動物研究也說明了水中某些元素的微量含量的重要性。例如，Kondratyuk（35）報告說，微量元素攝入的變化與肌肉組織中微量元素含量的多達六倍相關。這些結果是在為期 6 個月的實驗中發現的，該實驗將大鼠隨機分為 4 組，並給予：a。自來水，b。低礦物質水，c。）補充碘化物，鈷，銅的低礦物質水，自來水中的錳，鉬，鋅和氟。d。）低礦物質水，添加了相同的元素，但濃度高十倍。此外，發現對血液形成過程的負面影響與未補充的軟化水有關。與未補充軟化水的動物相比，接受非補充軟化水的動物的紅細胞平均血紅蛋白含量低多達 19% 給自來水。與給予礦物質補充水的動物相比，血紅蛋白差異更大。

最近對在 TDS 中供水不一的俄羅斯人群進行的生態設計流行病學研究表明，低礦物質飲用水可能是高血壓和冠心病，胃和十二指腸潰瘍，慢性胃炎，甲狀腺腫，妊娠並發症和多種並發症的危險因素包括黃疸，貧血，骨折和生長障礙在內的新生兒和嬰兒（36）。但是，尚不清楚在這些研究中觀察到的效果是由於鈣和鎂或其他必需元素的含量低，還是由於其他因素。

Lutai（37）在俄羅斯的 Ust-Ilim 地區進行了大規模的隊列流行病學研究。這項研究的重點是在兩個地區的 TDS 用水不同的兩個地區的 7658 名成人，562 名兒童和 1582 名孕婦及其新生兒的發病率和身體發育。其中一個地區的礦物質水含量較低（均值：TDS 134 mg / L，鈣 18.7 mg / L，鎂 4.9 mg / L，碳酸氫鹽含量為 86.4 mg / L），另一個地區的礦物質水含量較高（平均值：TDS 385 mg / L，鈣 29.5 mg / L，鎂 8.3 mg / L，碳酸氫鹽 243.7 mg / L）。還測定了硫酸鹽，氯化物，鈉，鉀，銅，鋅，錳和鉬的水含量。這兩個地區的人口在飲食習慣，空氣質量，社會條件和在該地區的居住時間方面沒有差異。礦物質中水含量較低的地區的人口出現甲狀腺腫，高血壓，缺血性心臟病，胃和十二指腸潰瘍，慢性胃炎，膽囊炎和腎炎的發生率較高。生活在該地區的兒童身體發育緩慢，生長異常更多，孕婦患浮腫和貧血的頻率更高。該地區的新生兒發病率較高。發病率最低的是鈣含量為 30-90 mg / L，鎂含量為 17-35 mg / L，TDS 約為 400 mg / L（含碳酸氫鹽的水）。作者得出結論，這種水可以被認為是生理上最佳的。

4. 低礦物質水製得的食物中鈣，鎂和其他必需元素的大量流失

當用於烹飪時，發現軟水會導致食物中所有必需元素（蔬菜，肉類，穀物）的大量損失。對於鎂和鈣，此類損失可能高達 60%，對於某些其他微量元素（例如，銅 66%，錳 70%，鈷 86%）甚至更高。相反，當用硬水烹飪時，這些元素的損失要低得多，並且在某些情況下，據報導，烹飪中食物中的鈣含量更高（38-41）。

由於大多數營養素都與食物一起攝入，因此使用低礦物質水烹飪和加工食物可能會導致某些必需元素的總攝入量明顯不足，這比僅飲用此類水時所預期的要高得多。許多人當前的飲食通常不能提供足夠數量的所有必需元素，因此，任何導致食物加工和製備過程中必需元素和營養物質流失的因素都可能對他們有害。

5. 可能增加飲食中有毒金屬的攝入量

低礦物質水可能通過兩種方式增加有毒金屬的風險：1.) 與水接觸的材料中金屬的浸出率更高，導致飲用水中金屬含量增加；以及 2.) 防護（抗毒）能力降低鈣和鎂含量低的水。低礦化水不穩定，因此對與之接觸的材料具有高度侵蝕性。這樣的水更容易從管道，塗料，儲罐和容器，軟管和配件中溶解金屬和某些有機物質，無法與某些有毒物質形成低吸收性的配合物，從而減少其負面影響。

在 1993 年至 1994 年美國報告的 8 起飲用水化學中毒暴發中，有 3 例嬰兒的血鉛水平分別為 15 tg / dL，37 tg / dL 和 42 tg / dL。關注水平為 10 噸/分升。在這三種情況下，鉛都從飲用水儲罐中的黃銅配件和鉛焊縫中浸出。這三個水系統使用的礦物質含量低的飲用水增加了浸出過程

(42)。對於兩個血液中鉛含量最高的嬰兒，在廚房水龍頭中抽取的第一批水樣中鉛的含量為 495 至 1050 tg/L 。在第三名嬰兒的廚房水龍頭收集的水樣本中發現 66 噸/升 (43)。已知水和食物中的鈣以及較小範圍的鎂具有抗毒活性。它們可以通過導致形成不可吸收化合物的直接反應或競爭結合位點來幫助防止某些毒性元素（例如鉛和鎘）從腸道吸收到血液中（44-50）。儘管這種保護作用是有限的，但不應忽略它。與由礦物質和礦物質硬度平均的水組成的人口相比，供應低礦物質水的人口在接觸有毒物質帶來的不利影響方面處於更高的風險。

6. 低礦物質水可能受到細菌污染

如果在源頭或由於處理後管道系統中微生物的重新生長而導致沒有消毒劑殘留，則所有水都容易受到細菌污染。在淡化水中也可能發生再生長。較高的初始溫度，炎熱的氣候導致配水系統中水的溫度升高，缺少殘留的消毒劑以及由於水對管的侵蝕性可能使某些養分的利用率更高，從而鼓勵了管道系統內細菌的重新生長。與之接觸的材料。儘管完整的淡化膜可以清除所有細菌，它可能並非 100% 有效（可能是由於洩漏），正如 1992 年沙特阿拉伯因反滲透處理過的水引起的傷寒爆發所證明的那樣（51）。因此，幾乎所有的水，包括淡化水都在處理後被消毒。Geldreich 報告了用不同類型的家用處理設備處理過的水中的非致病細菌再生等。（52）和 Payment 等。（53，54）等。布拉格的捷克國家公共衛生研究所（34）對旨在與飲用水接觸的產品進行了測試，例如，發現反滲透裝置的壓力罐容易產生細菌再生，主要是為了去除殘留的消毒劑。治療。它們還包含一個橡膠袋，其表面似乎有利於細菌生長。

三，礦化水的理想礦物含量

軟化水的腐蝕性和與低 TDS 水的分配和消費有關的潛在健康風險導致提出了飲用水中最低和最佳礦物質含量的建議，然後在某些國家中，在各自國家確立了強制性值飲用水水質的法律或技術法規。建議中還考慮了感官特性和止渴能力。例如，人類誌願者研究（3）顯示 15-35°C 的水溫最能滿足生理需求。水溫高於 35°C 或低於 15°C

從而減少了用水量。TDS 為 25-50 mg/L 的水被描述為無味（3）。

1. 1980 年世界衛生組織的報告

在低 TDS 的飲用水的影響下，鹽分會從人體中浸出。因為不僅在完全淡化的水中而且在 TDS 介於 50 至 75 mg/L 的水中都觀察到了不良影響，例如水鹽平衡變化，所以編寫 1980 年世界衛生組織報告的研究小組（3）建議在飲水中使用最低 TDS。水應為 100 mg/L 。研究小組還建議，氯化物硫酸鹽水的最佳 TDS 應為 200-400 mg/L ，碳酸氫鹽水的最佳 TDS 應為 250-500 mg/L （WHO 1980）。這些建議是基於在大鼠，狗和人類誌願者中進行的廣泛實驗研究得出的。接觸的水包括莫斯科自來水，約 10 mg/L TDS 的淡化水， Cl^- （40%）， HCO_3^- （32%）， SO_4^{2-} （28%）/ Na^+ （50%）， Ca^{2+} （38%）， Mg^{2+} （12%）。調查了許多健康結局，包括：體重動態，基礎和氮代謝，酶活性，水鹽穩態及其調節系統，人體組織和體液的礦物質含量，血細胞比容和 ADH 活性。最佳的 TDS 與最低的不良反應發生率，對人，狗或大鼠的負面變化，良好的感官特性和止渴特性以及對水的腐蝕性降低有關。

除了 TDS 含量外，報告（3）還建議淡化飲用水的最低鈣含量應為 30 mg/L 。這些水平是基於對健康的關注，最關鍵的影響是鈣和磷代謝的激素變化和骨組織礦物質飽和度降低。同樣，當鈣增加到 30 mg/L 時，淡化水的腐蝕活性將明顯降低，水將更穩定（3）。報告（3）還建議碳

酸氫根離子含量為 30 mg / L，這是達到可接受的感官特性，降低腐蝕性和建議的最低鈣平衡濃度所需的最低必需水平。

2.最近的建議

最近的研究提供了有關應在軟化水中最小和最佳礦物質含量的其他信息。例如，在南西伯利亞的四個城市進行的兩項隊列流行病學研究（460 名和 511 名婦女）研究了不同硬度的飲用水對 20 至 49 歲女性健康狀況的影響（55、56）。城市 A 的水中鈣和鎂含量最低（鈣為 3.0 mg / L，鎂為 2.4 mg / L）。B 城市的水含量略高（鈣為 18.0 mg / L，鎂為 5.0 mg / L）。最高水平是城市 C（鈣 22.0 mg / L 和鎂 11.3 mg / L）和城市 D（鈣 45.0 mg / L 和鎂 26.2 mg / L）。

根據當前可用的數據，各種研究人員建議飲用水中的鈣，鎂和水硬度應達到以下水平：

·鎂的最低含量為 10 mg / L（33，56），最佳約為 20-30 mg / L（49，57）；

·鈣的最低含量為 20 mg / L（56），最佳約為 50（40-80）mg / L（57，58）；

·對於總水硬度，鈣和鎂的總和應為 2 至 4 mmol / L（37、50、59、60）。

在這些濃度下，對健康的影響最小或沒有。飲用水的最大保護或有益健康作用似乎發生在估計的所需或最佳濃度下。推薦的鎂水平基於心血管系統的影響，而鈣代謝和骨化的變化被用作推薦鈣水平的基礎。硬度最佳範圍的上限是根據顯示硬度高於 5 mmol / L 的人群中膽結石，腎結石，泌尿系結石，關節炎和關節病的較高風險得出的數據得出的。

在估算這些濃度時，應考慮長期攝入的飲用水。對於某些水的短期治療適應症，可以考慮使用這些元素的更高濃度。

IV。飲用水中鈣，鎂和硬度水平的指南和指令

世界衛生組織在《飲用水水質準則》^{第二版}中（61）根據水硬度評估了鈣和鎂，但沒有建議鈣，鎂或硬度的最低水平或最高限值。第一個歐洲指令（62）規定了軟化或淡化的最低硬度要求（？ 60 mg / L 作為鈣或同等陽離子）。該要求在所有 EEC 成員的國家立法中都強制性出現，但該指令於 2003 年 12 月過期，當時新的指令（63）生效。新指令不包含鈣，鎂或水硬度等級的要求。另一方面，它並不能阻止成員國將這一要求納入其國家立法。只有少數幾個歐盟成員國（例如（荷蘭）將鈣，鎂或水的硬度納入其國家法規中作為具有約束力的要求。一些歐盟成員國（例如奧地利，德國）將這些參數作為不具有約束力的法規（例如技術標準）（例如降低水腐蝕性的不同措施）以較低的水平包含在內。2004 年 5 月加入歐盟的所有四個中歐國家在其各自的法規中均包含以下要求，但約束力有所不同；例如技術標準（例如，降低水腐蝕性的不同措施）。2004 年 5 月加入歐盟的所有四個中歐國家在其各自的法規中均包含以下要求，但約束力有所不同；例如技術標準（例如，降低水腐蝕性的不同措施）。2004 年 5 月加入歐盟的所有四個中歐國家在其各自的法規中均包含以下要求，但約束力有所不同；

·捷克共和國（2004 年）：用於軟化水？ 30 mg / L 鈣和 10 mg / L 鎂；準則水平為 40-80 mg / L 鈣和 20 - 30 mg / L 鎂（硬度為 $\Sigma \text{Ca} + \text{Mg} = 2.0 - 3.5 \text{ mmol / L}$ ）。

·匈牙利（2001 年）：硬度為 50 - 350 mg / L（以 CaO 計）；瓶裝飲用水，新水源以及軟化和淡化水中的最低濃度必須達到 50 mg / L。

·波蘭（2000）：硬度 60-500 mg / L（以 CaCO₃ 計）。

·斯洛伐克（2002）：指南水平> 30 mg / L 鈣和 10 - 30 mg / L 鎂。

俄羅斯在領航飛船中的技術標準宇航員環境 - 一般醫學和技術要求（64）定義了用於在飛船中飲用的循環水的質量要求。除其他要求外，TDS 的範圍應在 100 到 1000 mg / L 之間，而氟，鈣和鎂的最低含量由每次宇宙飛行都要分別設立一個特別委員會。重點是如何用礦物質精礦補充循環水，使其具有“生理價值”（65）。

五，結論

飲用水中應含有最低限度的某些必需礦物質（以及其他成分，例如碳酸鹽）。不幸的是，在過去的二十年中，對飲用水物質的有益或保護作用的研究很少。主要關注點是污染物的毒理特性。然而，一些研究試圖確定飲用水中必需元素或 TDS 的最低含量，一些國家在其飲用水法規中包括了對某些物質的要求或指南。

通過脫鹽生產的飲用水可以用某些礦物質穩定，但是由於家庭處理而使礦物質軟化的水通常不是這種情況。即使穩定下來，某些水的最終成分也可能不足以提供健康益處。儘管淡化水主要補充鈣（石灰）或其他碳酸鹽，但它們可能缺乏鎂和其他微量元素，例如氟化物和鉀。此外，鈣的添加量是基於技術考慮（即降低侵蝕性）而不是出於健康考慮。可能沒有一種常用的再礦化方法被認為是最佳的，因為水並不包含所有有益成分。當前的穩定方法主要旨在減少軟化水的腐蝕作用。

鑑於其中缺少或大量缺少必需礦物質，尚未再礦化的去礦物質水或礦物質含量低的水不被視為理想的飲用水，因此，按常規消費可能無法提供足夠的礦物質水。一些有益的營養。本章提供了此結論的理由。與高礦物質水有關的人類誌願者實驗效果和發現方面的證據主要存在於較早的研究中，其中一些可能不符合當前的方法學標準。但是，這些發現和結論不容忽視。其中一些研究是獨特的，並且干預研究儘管是無指導性的，但在科學上很難做到，在財務上或道德上都可以達到今天的程度。但是，這些方法並不存在問題，以至於其結果必定無效。關於喝脫礦物質水或低礦物質水對健康的風險的較年長動物和臨床研究彼此產生了一致的結果，並且最近的研究傾向於支持。

現在有足夠的證據來確認缺乏鈣或鎂的飲用水對健康的影響。許多研究表明，較高的水鎂含量與降低 CVD 的風險有關，尤其是與 CVD 猝死有關。這種關係已在流行病學研究中以不同的研究設計進行了獨立描述，並在不同地區，不同人群和不同時間進行。屍檢，臨床和動物研究的數據支持了一致的流行病學觀察。鎂具有保護作用的生物學可行性很強，但由於 CVD 的多種病因，其特異性不太明顯。除了增加猝死的風險外，有人提出，攝入鎂含量低的水可能與運動神經元疾病，妊娠失調（所謂的先兆子癇），嬰兒猝死和某些類型的癌症的風險較高有關。最近的研究表明，攝入軟水（即鈣含量低的水）與兒童骨折的風險較高有關，某些神經退行性疾病，早產和出生時體重過輕以及某些類型的癌症。此外，不能排除水鈣在 CVD 發展中的可能作用。

負責飲用水水質的國際和國家主管部門應考慮淡化水處理的指南，規定相關元素（如鈣，鎂和 TDS）的最低含量。如果需要更多研究以建立指導方針，當局應促進該領域的針對性研究，以

闡明其健康益處。如果為應放在軟化水中的物質制定了準則，則當局應確保準則也適用於某些家庭處理設備和瓶裝水的使用。

參考文獻

- 1.Sadgir P, Vamanrao A.吠陀文學中的水。在：第三屆國際水史協會會議摘要 (http://www.iwha.net/a_abstract.htm)，亞歷山大：2003年。
- 2.工作組報告(1978年3月20日至23日，布魯塞爾)。去除對健康的影響飲用水中天然存在的物質，特別是去離子水和淡化水。歐洲報告和研究 16.哥本哈根：世界衛生組織，1979年。
- 3.關於海水淡化健康方面的準則。ETS / 80.4。日內瓦：世界衛生組織，1980年。
- 4.Williams AW。空腸中與吸水有關的電子顯微鏡變化。腸道 1963;4：1-7。
- 5.Schumann K, Elsenhans B, Reichl FX 等。攝入高軟化水會損害大鼠胃腸道嗎？獸醫喻聲毒性 1993;35：28-31。
- 6.Rakhmanin YuA, Mikhailova RI, Filippova AV 等。關於蒸餾水的生物效應的某些方面。(俄文。) Gig Sanit 1989；3：92-93。
- 7.Deutsche Gesellschaft für Ernährung。喝蒸餾水？(用德語。) Med Mo Pharm 1993；16：146。
- 8.布拉格 PC, 布拉格 P。關於水的令人震驚的真相。^{第27版}。加利福尼亞州聖巴巴拉市，衛生科學，1993年。
- 9.Robbins DJ, Sly MR。血清鋅和軟化水。美國臨床營養雜誌 1981；34：962-963。
- 10.Basnyat B, Sleggs J, Spinger M.徒步旅行者的癲癇發作和 del 妄：過量飲水會帶來什麼後果？2000年的 Wilderness Environ Med；11：69-70。
- 11.匿名。餵養市售瓶裝水的嬰兒低血糖發作 - 威斯康星州，1993年。MMWR 1994年；43：641-643。
- 12.Sauvant 議員, Pepin D。飲用水和心血管疾病。食品化學毒物 2002；40：1311-1325。
- 13.Donato F, Monarca S, Premi S, Gelatti U。飲用水硬度和慢性退行性疾病。第三部分腫瘤，尿路結石，胎兒畸形，老年人認知功能下降和特應性濕疹。(意大利語)。Ann Ig 2003；15：57-70。
- 14.Monarca S, Zerbinì I, Simonati C, Gelatti U。飲用水硬度和慢性退行性疾病。第二部分心血管疾病。(意大利語)。Ann Ig 2003；15：41-56。
- 15.Nardi G, Donato F, Monarca S, Gelatti U。飲用水硬度和慢性退行性疾病。第一部分：流行病學研究分析。(用意大利語)。Annali di igiene-2003年預防醫學和共產主義；15：35-40。
- 16.Verd Vallespir S, Domingues 桑切斯 J, 岡薩雷斯 Quintal M 等人。飲用水中鈣含量與兒童骨折之間的關聯。(西班牙語)。《Esp Pediatr》，1992年；37：461-465。
- 17.Jacqmin H, Commenges D, Letenneur L 等。老年人的飲用水成分和認知障礙的風險。1994年《美國流行病雜誌》；139：48-57。
- 19.Yang CY, Chiu HF, Chiu JF 等。飲用水中的鈣和鎂以及結腸癌致死的危險。Jpn J Cancer Res 1997；88：928-933。

20. Yang CY, Cheng MF, Tsai SS, et al. 飲用水中的鈣，鎂和硝酸鹽與胃癌死亡率。Jpn J Cancer Res 1998；89：124-130。
21. 艾森伯格 MJ。鎂缺乏和猝死。1992 年 Am Heart J；124：544-549。
22. Bernardi 的 d, 迪尼 FL, Azzarelli A, 等人。在冠心病高發和飲用水硬度低的地區，心臟猝死率很高。血管病學 1995；46：145-149。
23. Garzon P, Eisenberg MJ。市售瓶裝水的礦物質含量變化：對健康和疾病的影響。1998 年《美國醫學雜誌》；105：125-130。
24. Iwami O, Watanabe T, Moon CS 等。日本紀伊半島的運動神經元疾病：食物中錳攝入過多，加上飲用水中鎂含量低是危險因素。Sci Total Environ 1994 年；149：121-135。
25. Melles Z, Kiss SA。飲用水中鎂含量和鎂治療對食鹽鹼化的影響。Magnes Res 1992；5：277-279。
26. YangCY, Chiu HF, Cheng MF 等。台灣飲用水中的食道癌死亡率和總硬度水平。環境研究 1999；81：302-308。
27. YangCY, Chiu HF, Cheng MF 等。台灣飲用水中的胰腺癌死亡率和總硬度水平。毒素環境衛生雜誌 1999；56：361-369。
28. YangCY, Tsai SS, Lai TC 等。台灣飲用水中的直腸癌死亡率和總硬度水平。環境研究 1999；80：311-316。
29. YangCY, Chiu HF, Cheng MF 等。飲用水中的鈣和鎂以及罹患乳腺癌的死亡風險。J Toxicol Environ Health 2000；60：231-241。
30. Pribytkov YuN。使用淡化飲用水的捨甫琴科鎮居民的磷酸鈣代謝狀況（周轉率）。（俄文。）Gig Sanit 1972；1：103-105。
31. Rakhmanin YA, Lyncnikova TD, Michailova RI。水衛生與水體的公共衛生保護。（俄語）。莫斯科：Acad. 中科學蘇聯，1973：44-51。
32. Rakhmanin YA, Bonasevskaya TI, Lestrovoy AP 等。的公共衛生方面環保。（俄語）。莫斯科：Acad. 中科學蘇聯，1976：（fasc 3）68-71。
33. 飲用水中 Rubenowitz E, Molin I, Axelsson G, Rylander R。鎂與急性心肌梗死的發病率和死亡率有關。流行病學 2000；11：416-421。
34. 國家公共衛生研究所。內部數據。布拉格：2003 年。
35. Kondratyuk VA。關於低礦物質水中微量元素的健康意義。（俄文。）Gig Sanit 1989；2：81-82。
36. 穆德里四世。飲用水中的礦物質成分對人口健康的影響（綜述）。（俄文）Gig Sanit，1999 年；1：15-18。
37. Lutai GF。飲用水的化學成分與人口健康。（俄文。）Gig Sanit 1992；1：13-15。
38. 匿名。水中的微量元素如何促進健康。1978 年世界衛生組織紀事；32：382-385。
39. Haring BSA, Van Delft W。在“硬”和“軟”水中烹飪導致的食物礦物質成分變化。建築環境衛生 1981；36：33-35。

40. 哦，CK，LückerPW，Wetzelsberger N 等。各種食品中鎂，鈣，鈉和鉀的測定，尤其要注意各種形式的食品製備後電解質的損失。Mag Bull 1986；8：297-302。
41. Durlach J. (1988) 水中鎂的重要性。在臨床實踐中的鎂中 Durlach J 編輯。倫敦：John Libbey & Co Ltd，1988：221-222。
42. Kramer MH，Herwaldt BL，Craun GF 等人，美國水傳播疾病暴發監測，1993-1994 年。MMWR 1996；45 (SS-1 號)：1-33。
43. 匿名。流行病學註釋和報告，大容量儲罐中的鉛污染了飲用水 - 亞利桑那州和加利福尼亞州，1993 年。MMWR1994；1994 年。43 (41)：751;757-758。
44. 湯普森 DJ。動物營養中的微量元素。3^次編伊利諾伊州：國際礦物和化學。公司，1970 年。
45. 萊萬德 OA。與重金屬毒物有關的營養因素。Fed Proc 1977；36：1683-1687。
46. Oehme FW，編輯。重金屬在環境中的毒性。第 1 部分。紐約：M.Dekker，1979 年。
47. Hopps HC，Feder GL。水的化學性質對人類健康有積極的貢獻。Sci Total Environ 1986；54：207-216。
48. Nadeenko VG，Lenchenko VG，Krasovskii GN。金屬攝入期間與飲用水的綜合作用。(俄文。) Gig Sanit 1987；12：9-12。
49. Durlach J，Bara M，Guise-Bara A。飲用水中的鎂含量：其在心血管風險中的重要性。在：Itokawa Y，Durlach J. 編輯。鎂在健康和疾病中。倫敦：J. Libbey & Co Ltd，1989：173-182。
50. Plitman SI，諾維科夫 YV，Tulakina NV，等人。關於考慮飲用水硬度的埃薩利尼標準的修正問題。(俄文。) Gig Sanit 1989；7：7-10。
51. al-Qarawi SN，el Bushra HE，Fontaine RE。等等。使用反滲透法將因水而產生的傷寒加熱。1995 年《流行病感染》；114：41-50。
52. Geldreich EE，泰勒 RH，Blannon JC，等人。使用點水處理設備的細菌定植。J Amer 水廠協會 1985；77：72-80。
53. 付款 P。反滲透水過濾裝置的細菌定植。Can J 微生物學 1989；35：1065-1067。
54. 付款 P，Franco E，Richardson L 等。與使用點的家用反滲透過濾裝置產生的飲用水消耗相關的胃腸道健康影響。1991 年 Appl 環境微生物學；57：945-948。
55. Levin AI，Novikov 合資公司，Plitman SI 等。硬度不同的水對心血管系統的影響。(俄文。) Gig Sanit 1981；10：16-19。
56. 諾維科夫合資公司，普利特曼 SI，萊文 AI 等。飲用水中最低鎂含量的衛生法規。(俄文。) Gig Sanit 1983；9：7-11。
- 58。用於校正低礦化水礦物質成分的礦化石灰材料的衛生評估。(俄文。) Gig Sanit 1990；8：4-8。
59. Muzalevskaya LS，Lobkovskii AG，北卡羅來納州。膽汁和腎結石病，骨關節炎，鹽關節病和飲用水硬度的發生率。(用俄語)。吉格·桑尼特 (Gig Sanit) 1993；12：17-20。
60. Golubev IM，Zimin 副總裁。以飲用水中總硬度為標準。(俄文。) Gig Sanit，1994 年；3：22-23。
61. 飲用水水質準則。2 次 EDN，第一卷。2，健康標準和其他支持信息。日內瓦：世界衛生組織，1996 年：237-240。

62. 1980年7月15日歐洲聯盟理事會指令 80/778 / EEC，該指令涉及用於人類消費的水的質量。Off J Eur Commun 1980；L229：11-29。
63. 1998年11月3日歐洲聯盟理事會關於用於人類消費的水的質量的指令 98/83 / EC。1998年，《歐洲經濟雜誌》；L330：32-54。
64. 匿名。GOST R 50804-95 太空飛船中的宇航員環境 - 一般醫療和技術要求。(俄語) 莫斯科：羅西 (Gosstandard Rossii)，1995年。
65. Sklyar EF，Amiragov MS，Berezkin SV，Kurochkin MG，Skuratov VM。恢復水礦化技術。(俄語) Aviakosm Ekolog Med 2001；35 (5)：55-59。