

天然矿泉水研究与开发指南

孙昌仁等 汇编

中国水文地质工程地质勘察院

矿泉水技术开发部

一九九三年·六月·北京



天然矿泉水研究与开发指南

孙昌仁 等汇编

中国水文地质工程地质勘察院
矿 泉 水 技 术 开 发 部

一九九三年·六月·北京

前 言

饮用天然矿泉水是一种宝贵的矿产资源，为查清这一特殊的资源分布情况、埋藏特征、以及它的形成机理、化学成份等等，地质矿产部门几十年来，在全国范围内进行了大量的调查勘探、分析、评价工作，积累了丰富的资料，为当今开发利用这一矿产资源打下了良好的基础。

近年来，随着我国国民经济建设和进一步增进人们身体健康的需要，饮用天然矿泉水日益为人们所注目。当前我国各地开发利用饮用矿泉水如雨后春笋，仅广东省就有 80 多家厂，吉林省已通过省和国家级鉴定的就有 110 多处，有些矿泉水点正准备投入大量资金进行建厂。这一热潮的到来，无疑将大大地促进这一事业的发展，应该高兴地看到确实有些厂家在开发经营矿泉水过程中，不断总结经验、及时接受教训并加以改正，这些厂不论在经济效益还是社会效益上都取得了可喜的效果。但也有一大批厂家盲目追求利润，沾沾自喜于矿泉水本身微量元素含量种类多，水质好，甚至有的超过国家规定标准等等。他们忽略了一个根本问题，那就是说，有了好的水源，并不等于瓶装矿泉水就一定是好水，由于在生产过程中的二次污染没有彻底解决，灭菌，消毒不过关，同样不能进入市场，影响了销路，甚至有的厂因此而倒闭，损害了消费者，最终也危及了矿泉水厂本身的利益。据我们了解目前还有一大批矿泉水点正准备开发建厂，为了确保对人体健康有益无害，更好的开发利用这一宝贵矿产资源，我们本着，实事求是，有针对性的为厂家为消费者，更为将要建厂的一些单位，提供一些经验，教训和值得注意的问题。避免在开发矿泉水过程中再走弯路，同时我们还将目前开发现状和国内外信息等等提供参考，本书不追求理论方面的系统和完整，主要是从实用角度出发，在收集国内外现有矿泉水方面的各种资料的基础上编集而成。笔者希望该书成为一部完整的建厂咨询资料。全书共分四大部分，总计 20 余万字。

第一部分，全面介绍了矿泉水的基本特征，矿泉水在我国形成的客观条件，以及它在我国由于地质、水文地质条件的特殊性和受地质构造条件的制约，而形成的具有中国特色的矿泉水分布特征。这些水不论在饮用或是在医疗保健上所起到的特殊作用。这章将全面介绍矿泉水的特殊功能和特点。阅后将对我国矿泉水产地的形成和分布特点有一个客观的了解，也同时掌握各种微量

元素对人体的医疗保健作用方面的知识。

第二章：着重介绍我国矿泉水开发现状和存在问题，从历史看我国矿泉水的开发和利用情况和对矿泉水的认识，和与之相比较的国外近些年来的发展速度和销售情况等。由于对这一宝贵矿产资源认识不够和对矿泉水形成的地质、水文地质特征的了解不深，有些地区盲目开采，对水源地缺乏保护性开采，从而造成污染和破坏，文中详细介绍了保护的必要性和保护方法。

第三章：专门介绍了矿泉水在开发过程中由一般的矿泉水到饮用瓶装天然矿泉水的开发过程中，如何履行手续，按程序进行建厂开发。本章详细介绍了关于饮用天然矿泉水的评价报告的编写内容和水文地质人员首先应从事的工作、化验人员所应提供的水化学成果、以及水样的采集方法等等。进入到立项建厂阶段，应注意哪些问题，和如何解决这些问题。其中也包括有立项报告的编写提纲，商标等。书中还将专门介绍由一般矿泉水进入到成品即瓶装饮用天然矿泉水后，商标的设计，包装和标签中条形码的使用。由于过去对这方面没有给予足够重视，在国内市场竞争过程中吃了不少亏，更重要的是给市场管理造成很多麻烦。本章将详细介绍包装和标签使用办法，对条形码的阅读方法。

第四部分附录，重点收集了开发建厂中所应掌握的国家标准和有关规范，相信对广大矿泉水厂特别是新建厂会大有益处。

由于时间仓促，错误在所难免，敬请国内同行批评指正。

目 录

第一章 矿泉水的基本特征	1
第一节：矿泉水是宝贵的矿产资源	1
第二节：矿泉水的形成条件及机理	4
第三节：饮用天然矿泉水的标准及分类	17
第四节：医疗矿泉水	30
第五节：矿泉水的保健作用	44
第六节：我国矿泉水的分布特征	57
第二章 国内外矿泉水开发现状	65
第一节：我国矿泉水开发的历史追溯	65
第二节：国外矿泉水开发简介	81
第三节：我国矿泉水开发现状	84
第四节：我国矿泉水开发生产的主要问题	104
第五节：矿泉水的合理开发利用及保护	110
第三章 矿泉水开发指南	118
第一节：矿泉水评价报告的编写	118
第二节：饮用天然矿泉水的开发程序	120
第三节：矿泉水野外采样及分析	122
第四节：饮用天然矿泉水立项报告的编写	126
第五节：消毒灭菌设备的选择	129
第六节：矿泉水灌装设备的选择	137
第七节：有关瓶装饮用天然矿泉水的商标要求和对条形码的认识 ...	146
附录 1 饮用天然矿泉水标准及编制说明	157
附录 2 中国医疗矿泉分类修订方案	181
附录 3 医疗热矿水水质标准	182
附录 4 食品包装用聚氯乙烯树脂卫生标准 (GB4803-84)	183
附录 5 食品包装用聚氯乙烯成型品卫生标准 (GB9681-88)	184

附录6	食品容器及包装材料用聚对苯二甲酸乙二醇酯树脂卫生标准 (GB13114-91)	185
附录7	食品容器及包装材料用聚对苯二甲酸乙二醇酯成型品卫生标准 (GB13113-91)	187
附录8	饮用天然矿泉水中细菌总数的检验方法 (GB8538.61-87)	190
附录9	饮用天然矿泉水中总大肠菌群的检验方法 (GB8538.62-87) ...	193
附录10	饮用天然矿泉水中粪大肠菌群的检验方法 (GB8538.63-87)	202
附录11	食品标签通用标准 (GB7718-87)	206
附录12	国家技术监督局发布特殊营养食品标签	212
附录13	饮料厂卫生规范 (GB12695-90)	217
附录14	冷饮食品卫生管理办法	226

第一章 矿泉水的基本特征

第一节 矿泉水是宝贵的矿产资源

矿泉水，系指普通地下水经特殊地质水文地质环境下形成的具有特殊化学成份和具有特殊利用价值的地下水。矿泉水按其化学成份和利用价值的不同，可区分为不同的类型。按其用途，可分为工业矿水、医疗矿水和饮用矿水，各类再按化学组份细分。

地下水的含盐量达到 50g/l 以上（海水含盐量一般在 35g/l ）或其所含稀有元素达到工业开采标准时，即称为地下卤水或工业矿水。可以从中提取盐类或其它化工原料。

当地下水中含有某些特殊的化学组份、微量元素或气体成份时，具有治疗疾病的特殊功效即称为医疗矿水。

饮用天然矿泉水是在天然环境下，通过地下深循环形成的，其化学组份、气体组份或微量元素等的含量必须有一种或一种以上达到规定的界限值，且不超过限量指标、卫生学指标又完全符合饮用水的水质要求的地下水。上述定义包含饮用天然矿泉水必须具备的三个基本条件：（I）饮用天然矿泉水中所含的化学组份、气体成分或微量元素都必须是在自然环境中天然形成的，不得人为添加任何矿物质使其达到饮用天然矿泉水的水质要求。（II）饮用天然矿泉水中所含的化学组份、气体成分或微量元素，必须有一种或一种以上达到适当的含量。（III）饮用天然矿泉水是一种不经煮沸和其它方法消毒处理即可为人们直接饮用的天然饮料。因此对其卫生要求必须特别严格。尤其对微生物指标、毒理指标、污染指标、放射性指标和感官性状特征（包括色、味、嗅、透明度和肉眼可见物等）均必须符合国际有关组织规定的饮用水的水质卫生标准。根据以上要求，我国 1987 年提出饮用天然矿泉水的国家标准（GB8537—87），并于 1988 年 8 月 1 日颁布执行。

地下水中的化学元素目前已发现 70 多种。其中只有少数几种经过医学研究确认为人体必须的或有益的微量元素，这些元素才能作为饮用天然矿泉水标志的微量元素。我国饮用天然矿泉水国家标准规定将含有锶（Sr）、锌

(Zn)、硒 (Se)、锂 (Li)、溴 (Br) 和碘等微量元素或者富含二氧化碳气体或偏硅酸等特殊气体和化学组份作为饮用天然矿泉水的特征组份。只要地下水中某一种特征组份达到规定标准, 且符合其他两项环境及卫生条件时方可确定为饮用天然矿泉水。我国饮用天然矿泉水国家标准对特征组份含量规定如下:

锂 (Li) 含量标准为 $0.2 \sim 5.0 \text{mg/l}$, 锶 (Sr) 含量标准亦为 $0.2 \sim 5.0 \text{mg/l}$, 锌 (Zn) 含量为 $0.2 \sim 5.0 \text{mg/l}$, 溴 (Br) 含量为 $> 1 \text{mg/l}$, 碘 (I) 含量为 $0.2 \sim 1 \text{mg/l}$, 硒 (Se) 含量为 $0.01 \sim 0.05 \text{mg/l}$; 游离二氧化碳 (CO_2) 含量 $> 250 \text{mg/l}$, 偏硅酸 (H_2SiO_3) 含量 $> 25 \text{mg/l}$, 或者矿物盐类含量 $> 1000 \text{mg/l}$ 。以上 9 种微量元素或气体、化学组份只要有一种达到规定标准, 就可以确认为饮用天然矿泉水。据不同达标元素或化学组份可区分为不同类型的饮用天然矿泉水, 并以其加以命名, 如含锌矿泉水、含锶矿泉水、含偏硅酸矿泉水等; 而多种组份或元素达标组成复合类型, 如含锶、锌和偏硅酸矿泉水, 含碳酸、偏硅酸和锶的矿泉水等等。

饮用天然矿泉水因含有各种不同的化学组份, 微量元素而具有保健价值, 是一种理想的人体微量元素补充剂。尤其是在地表水和浅层地下水污染日益严重的当今世界, 未受污染而又含有多种有益于人体健康的微量元素和化学组分的天然矿泉水就更加宝贵。在目前的国际市场上, 饮用天然矿泉水是最受人们欢迎的畅销商品之一。二次世界大战以来, 饮用天然矿泉水的产量平均每年增长 10%, 其增长速度超过了其它各种产业。而且, 目前国际市场上优质饮用天然矿泉水的价格远高于同体积的石油价格。因此可以说饮用天然矿泉水是十分宝贵的矿产资源。

饮用天然矿泉水是地下水的一个特殊类型, 也是地球水圈的一个组成部分。而且绝大部分饮用天然矿泉水是由大气降水或地表水渗入地下, 通过具有特殊地质和地球化学环境的“矿床”, 获得适量的化学组份和微量元素而形成和产出的。当一个“矿床”可以获得源源不断的补充水源时, 产出的矿泉水也就可以终年不断、世纪不息的涌溢, 矿泉水就可以长期不断地开采和利用。这就赋予天然矿泉水具有一个宝贵的特性——资源再生性。这区别于一般矿产资源, 如煤、铁、石油或其他任何矿产都是不可再生的, 它们总是随着不断地采掘而日益减少。饮用天然矿泉水只要合理开采, 可以长期取得经济效益。

矿泉水虽然可以源源不断地获得降水或地表水的补给, 但对于某一个“矿

水床”来说，它所能获得的补给量是有一定限度的。对于天然产出的矿泉，泉水多年平均流出量与多年平均补给量大体是相当的，这是因为在天然条件下，通过自然调节，补给量和排泄量已达到了天然平衡状态，所以泉水会不断涌溢。如果不尊重这一客观存在的地质规律，盲目地扩大开采量，就会使“矿水床”入不敷出、逐年亏损，结果导致泉流量逐年减少，终以枯竭而告终，这是从水量方面对矿泉水开采的制约。另一方面，从水质上看，矿泉水的特殊价值在于其含有适量的微量元素和其它化学组份，而这些特殊的化学成分，必须在“矿水床”的特定地质环境中，水和岩石之间经过相当长时间的相互作用方可形成；如果超强度开采，势必改变地下水的渗流条件，加快水交替循环的速度，从而缩短了水和岩石相互作用的时间，这就可能使水质淡化，水中有益化学组份或微量元素的含量也会随之降低，原先的矿泉水就会变为普通的地下淡水；因此说即使“矿水床”的补给来源可以无限扩大，为保证矿泉水的水质不致于淡化，也不允许无限制的盲目开采。此外，还应指出，强化开采势必使地下含水系统的天然状态发生改变，如果导致已受污染的相邻含水系统与“矿水床”沟通了联系，使已受污染的水源进入“矿水床”中与矿水混合，就会使矿泉水受到污染，使水质恶化。上述三种情况的任何一种情况一旦发生，都会使矿水资源遭受破坏。所以开发矿泉水时还必须按照其客观存在的水文地质规律，合理开发和保护，使饮用天然矿泉水这一特别宝贵的天然矿产资源，长久地开发利用，造福于人民。

第二节 矿泉水的形成条件及机理

我国是世界上天然矿泉水储量最丰富的国家之一。我国境内复杂的地质构造，导致频繁的火山活动与活跃的晚近构造运动，又加上独具特色的地层岩性特征，这一切为我国天然水资源的形成和出露提供了良好的条件。自八十年代初，我国掀起一股矿泉水热，在全国的广大地区发现并开发了多种类型的饮用矿泉水。然而仍有很多地区研究程度还不够，肯定会有更多更优质的矿泉水急待寻找和开发，为了帮助人们去寻找和发现优质矿泉水，为人类造福，下面将介绍矿泉水的形成条件及形成机理。

天然矿泉水之所以与普通的水不同，是因为天然矿泉水中含有普通水所没有的某些特殊组分或某些气体成分。因此天然矿泉水的形成必须依赖于特定的水文地质条件，地质构造条件和岩性条件等。

一、天然矿泉水的形成条件

1、宏观地质构造条件：我国地处欧亚板块的东南部，东与太平洋板块相连，西与印度洋板块相接。东部的台湾和西南部的西藏及云南西部即分别位于欧亚板块和太平洋板块、印度板块的边界交接地带。因此在这些地区地壳活动十分活跃，为矿泉的形成创造了十分有利的地质条件，也是划分矿泉水分布特征的主要根据。

(1) 岩浆活动提供了形成饮用矿泉水的物质来源。许多地区，从第三纪到第四纪乃至有人类记载历史以前，岩浆活动十分强烈，范围也很广，喷发次数也很频繁，喷溢方式多种多样。岩浆岩的成分主要是硅酸盐类、少量重金属、以及钾、钠、钙、镁、铁等宏量组分和锌、锂、锶、硒等微量元素。同时在岩浆喷溢过程中常伴有 CO_2 、 H_2 、 H_2S 、 N_2 、 CH_4 、 S 等气体成分和其它一些易挥发组分。即使岩浆活动过后，仍然有大量的易挥发组分和一些气体成分沿着过去的火山喷发颈及其喷发活动形成的裂隙或断裂带向上涌出或受阻滞留其中。外部大气降雨沿裂隙入参与裂隙中的气体成分混合，使水中溶入了特种气体成分或特种非气体元素。另外，围岩受热变质作用也产生 CO_2 等气体成分，它也以同样方式与大气降水混和。深部的地下水在岩浆活动过程中，被加热升温，使很多与岩浆作用有关的矿物成分和气体成分，更容易溶于其中，并

可能沿一些裂隙向上运移。这一切为矿泉水的形成提供了物质来源。

(2) 挽近的活动构造运动又为矿泉水的出露提供了有利的外动力地质条件。我国大多地区受挽近构造影响强烈上升，活动性断裂发育，这些活动断裂曾经历多次构造运动，形成深切沟谷，有利于大气降雨沿裂隙的入渗并且向纵深运移。在构造上部 and 覆盖层具有一定的封闭性时，迳流至此的地下水便滞流并蓄集在断裂带处。经活动性断裂构造深循环，迳流中升温的地下水，其溶解能力增强，促进了水岩交换，强化了水对围岩的淋滤和溶解作用，从而使地下水中溶解了多种矿物质。当深部的地下水沿裂隙或断裂带向上运动时，地下水中化学成分因受围岩岩性、构造性质等诸多因素的影响和制约而不断变化。当在某一地段或某一深度形成地下水出露条件时，便形成了某种类型的地下水。如：我国东南沿海燕山期花岗岩类中的深圳—五华断裂，河源—邵武断裂成为碳酸水和偏硅酸矿泉水的主要分布地带，也有锌矿泉水分布。在云南省内发育于两个构造体系复合部位的红河断裂构造带为变质岩和碎屑岩类分布区，它是偏硅酸矿泉水的主要分布地带。

(3) 新生代沉降断陷盆地也为矿泉水的形成提供了物质来源并创造了水化学条件。我国新生代沉降断陷盆地发育，沉积了厚达数百米至几千米的泻湖相—河湖相松散岩类、碎屑岩、泥岩沉积物及一些盐类和有机物。盆地基底构造复杂、隐伏隆起和断裂发育。或有一定规模的岩浆活动，基底存在大量的热能。盆地内沉积物及高热岩体富含钠、钾、镁、钙、二氧化硅及锶、锂、溴、碘、硼等多种盐类和微量元素。盆地内的地下水在水热作用下溶入多量的盐类和微量元素。盆地上部通常由很厚的粘土层、泥岩构成覆盖层，起着阻水隔热保温作用，使深部的水热流或热能得以保存，从而在盆地内有利于形成偏硅酸水、锶水以及溴、碘矿泉水。

2. 水文地质条件：矿泉水也和普通的地下水一样，不断地参与地球表面和深部圈层的水循环，从而矿泉水也有着补给、迳流、排泄这样一个水循环过程。在这循环过程中发生着多样的而又复杂的水文地球化学作用，使普通地下水中溶解了某种或某些特种组分，为矿泉水的形成奠定基础。

(1) 饮用矿泉水的补给条件：在形成矿泉水的循环过程中，补给是必不可少的一个步骤。补给量的大小直接影响着矿泉水开采量的大小。矿泉水，其主要补给来源是大气降雨。

我国大部分地区处于温带和亚热带，雨量比较充沛。降水量的分布情况以500mm等雨量线作为全国湿润和半干旱地区的分界线。此线大致沿东北大、小兴安岭经燕山、太行山、吕梁山向西南至西藏东南部。此线以东降水丰富，其西部大部分地区为干旱区。由此看出我国饮用矿泉水具有丰富的降水补给源。但我国大部分地区降雨都比较集中，降雨量大都集中在夏天的几个月，这些特点不利于降水入渗，成为天然矿泉水补给条件的不利因素。地形和植被对矿泉水的入渗也有很大的影响，植被发育降水入渗量增加，地形平坦、低洼有利于降水补给，但地形切割强烈，起伏变化大，容易使降水成为地表迳流流走，不利于降水入渗。

我国饮用矿泉水分布区的基岩地质构造发育，并受风化作用影响，节理发育，降水可以沿这些裂隙入渗到地下含水层中，第四系分布区，含有砂、砂砾卵石地段，大气降水入渗条件良好。

另外，深部花岗变质岩层中参与变质作用的各种内生水也参与补给，但其量微乎其微。

(2) 饮用矿泉水的迳流条件：矿泉水一般来自地壳深处几百米甚至数千米。在地下水深循环过程中，前已阐明岩浆活动、火山活动、地震等地质构造运动给矿泉水中特征组分的形成创造了条件。矿泉水化学组分的形成是一个极其复杂的过程，而深部地下水的迳流又为加速矿泉水特征组分的形成创造有利条件。当大气降水沿裂隙或断裂带补给地下水以后，形成矿泉水的迳流过程就开始了。在迳流过程中，矿泉水化学组分形成的主要作用是水-围岩相互作用（其中包括溶滤作用和变质作用）。通过这种作用，围岩中的矿物质部分被溶入水中。溶滤作用的强、弱主要取决于围岩矿物组分的性质、颗粒表面积的大小和矿泉水的迳流速度。

(3) 饮用矿泉水的排泄条件：排泄是矿泉水形成的最终过程，排泄的方式有：以泉的形式溢出，人工开采。泉的溢出是我国矿泉水的主要排泄方式。我国不少已开发的饮用矿泉水大部分都是以泉的形式出露，其中有许多泉水流量达到1000吨/日。目前随着矿泉水的开发利用，以人工开采方式打钻，挖井等形式开发矿泉水也将不断增加。

饮用矿泉水的排泄条件，取决于地质及地貌条件，水文气象条件也有一定的作用。地形切割越深，切割强度越强烈，以泉的形式出露的矿泉水就越多，

流量就越大。吉林省长白山玄武岩台地上，河流发育，河流切割了玄武岩裂隙孔洞含水层，地下水以侵蚀泉和接触泉形式出露。

矿泉水的开发应以出露点的排泄量为基准，为了达到补、迳、排这一动态的平衡过程，矿泉水的开采量最好不超过泉的自然排泄量，否则，就破坏了这一动态平衡，使矿泉水中的组分不能稳定在某一规定指标限度内，使其失去医疗保健或饮用价值。

3、矿泉水形成的岩性条件：在矿泉水的形成过程中，除了有一定的地质构造条件和水文地质条件外，还应该具备一定的岩性条件。岩石中的矿物成分决定着矿泉水特征组分的形成。在不同的岩性地层中分别相应地出露不同类型的矿泉水。

(1) 岩浆岩和变质岩类：我国岩浆岩类地层出露的矿泉主要分布于燕山期花岗岩岩类，新生代至晚近期基性、中基性火山熔岩。这类岩石都是晶质的，如各类长石、橄榄石、角闪石等矿物，它们主要的化学成分为二氧化硅，三氧化二铝，这些组分在常温、常压下的溶解度很小，只有当岩石被风化后或水解后，才能进入水体。如含有二氧化碳的大气降水，通过裂隙渗入到地下深处，在其循环和运动中，长期与岩石接触，比如与钠长石接触，促使钠长石风化水解，使一些不溶的组分变成易溶于水的组分从而使水的矿化度增加，并可能构成具有特征元素的矿泉水——富含偏硅酸的天然饮用矿泉水。如：广东大埔县西岩，已发现的6处矿泉水，均产于深大断裂的花岗岩之中。广东省斗门县平沙矿泉水为典型的低矿化、低钠、重碳酸钙型偏硅酸矿泉水，它产自于中粗粒黑云母花岗岩层的一组构造断裂之中。广东省惠州市潼湖菠萝山矿泉水，产自于长石石英砂岩，并夹有安山岩及安山凝灰岩岩层之中。中国地质大学（武汉）一份关于矿泉水的研究报告指出：偏硅酸矿泉水中，偏硅酸的富集主要是由岩性决定的。

(2) 沉积岩类：我国沉积岩岩类地层分布相当广泛，沉积岩地层主要包括碎屑岩地层、碳酸盐岩地层和松散岩层。

沉积岩中的许多矿物都是较直接溶于水的，特别是那些在成因上属于历史时期中自海水中沉淀出来的盐类，如 NaCl 、 KCl 、 MgSO_4 、 CaSO_4 和 CaCO_3 等。这些盐类溶解度的顺序是 $\text{CaCl}_2 > \text{MgCl}_2 > \text{NaCl} > \text{KCl} > \text{MgSO}_4 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{CaSO}_4 > \text{CaCO}_3$ 。从溶解度顺序可以看出，氯化物硫酸

盐首先从岩石中溶于水中。但是在长期的淋滤过程中，它们又极易被流动的矿水（或地下水）带走。所以，经过长期淋滤作用，沉积岩石中水的主要离子成分仍为 HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 。只有当埋藏在其它沉积岩的下面又保存得比较好的盐层与渗入其间的起源水相遇时，才能形成矿化度很高的氯化钠型矿水。另外，大气降水在渗入地下时，由于它在降落过程中以及流经土壤时吸收了一些二氧化碳。这些二氧化碳对岩石有较强的增溶能力，尤其当他们在深循环过程中遇到了碳酸盐岩层时就会使碳酸盐岩层中的矿物组分 CaO_3 、 MgSO_4 迅速溶解。溶解的结果使水中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 、 CO_2 的含量不断增加，直至达到动态平衡。所以常常遇到的一些矿化度较高的碳酸——重碳酸钙、镁型的矿水，其含水层中的岩性多为碳酸盐或变质大理岩。如广东深圳上步以及东湖矿泉水，钻孔揭露出的含水层岩性为结晶灰岩、钙硅角岩等轻度变质岩系。

另外，我国第四纪及部分第三纪松散岩类沉积物主要为砂、砂砾石、砾石与粘性土类相间层，主要呈大面积分布于新生代沉降盆地与平原以及河谷地带。这些地区分布的矿泉水类型多为锶偏硅酸水、个别为锶水。分布于汾渭地堑盆地、苏北平原、松辽平原等地。

总而言之，地下水之所以能够形成各种类型的矿泉水，其形成过程是复杂多样的，但其最根本的前提是因为地下水流经了含有某些特征组分的岩层，它们是形成矿泉水特征组分的物质来源。此外更要具备形成矿泉水特征组分的地球化学环境、水动力条件等。有了这些条件，地下水在岩层中运移，长期与围岩接触，经溶滤作用、阴阳离子交换吸附、生物地球化学等一系列物理、化学作用，使岩石中的微量组分进入地下水并达到一定的浓度而形成各种类型的矿泉水。

二、矿泉水的形成机理

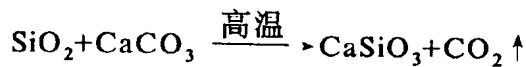
矿泉水的形成必须依赖前面所述的矿泉水的形成条件，但每一种矿泉水都有自己独特的形成机理。下面根据我国现阶段已开发的矿泉水的类型分述其形成机理。

1、碳酸矿泉水的形成机理。碳酸矿泉水以含有大量的游离 CO_2 为主要特征。矿泉水中 CO_2 气体有 4 种形成途径。岩浆冷凝过程中分异释放 CO_2 ；变质作用使某些矿物在形成过程中分异释放出 CO_2 ；有机物质的氧化分解；碳酸盐矿物（ Na_2CO_3 、 NaHCO_3 ）的溶滤分解。

(1) 岩浆冷凝过程中分异释放出 CO_2 。地下深处的岩浆在地壳内部温度、压力等条件发生变化时，就会沿着应力释放的断裂面等地壳薄弱地带上升，侵入地壳内或喷出地表。岩浆在上升过程中，尤其是岩浆活动后期，由于温度和压力的降低，岩浆中易挥发组分便分异逸出， CO_2 气体就是其中之一。例如：黑龙江五大连池碳酸矿泉水、云南腾冲碳酸矿泉水中的 CO_2 均是以此种成因形成。

(2) 变质作用产生 CO_2 。由碳酸盐岩石和非碳酸盐岩石变质作用均可产生 CO_2 。例如：青海省湟中县药水滩碳酸矿泉水中的 CO_2 即是碳酸岩石变质产生。由于西宁—上新庄—药水滩地震带是一水热活动带，这种强力的区域（热）动力作用，使碳酸盐矿物发生变质结晶而放出 CO_2 。

硅质石灰岩中的石英和方解石在高温高压条件下转化为硅灰石的反应式如下：



广东龙川梅子坑饮用碳酸矿泉水产于燕山期花岗岩与石英脉接触带。矿泉水沿石英脉成排分布，石英脉是晚于燕山花岗岩的侵入岩体，由于它的侵入使花岗岩发生了接触变质，沿侵入体附近变为花岗片麻岩。接触变质产生的 CO_2 是龙川矿泉水 CO_2 的主要来源。

花岗岩变质为什么能产生 CO_2 呢？这与岩浆岩矿物晶体的晶穴（包体）中的液态或气态 CO_2 有关。因变质作用的发生范围是固态岩石中矿物的重结晶，在这个过程中，晶体被破坏，晶穴中的气体 CO_2 会逸出，液态 CO_2 也会流出，在高温下变为气态二氧化碳。

在我国以岩浆活动所引起的接触变质而形成碳酸矿泉水的例子最为普通。如广东龙川，云南腾冲，内蒙古维纳，湖南福寿山等饮用碳酸矿泉水。

(3) 有机物质的氧化分解产生 CO_2 。浅层土壤层和地层中的有机质包括动植物体中所含有的各种有机成分，如有机酸、含氮化合物等，在氧化作用和细菌微生物的作用下分解，易形成 CO_2 。但其分解的强弱与气温的高低有关。此种情况极为少见。如四川松潘一处碳酸矿泉水中 CO_2 属于此种成因。

(4) 碳酸盐 (Na_2CO_3 , NaHCO_3) 的溶滤分解生成 CO_2 。地下水在纯碱小苏打地层中循环流动形成含有小苏打的地下水，小苏打水再与石膏作用生成 CO_2 。反应如下：



大气降水渗入或地下水流径含黄铁矿地层，使黄铁矿被氧化生成硫酸，这些呈酸性的地下水再与纯碱、小苏打作用生成 CO_2 。例如，滇中楚雄——广通发现的几处饮用碳酸矿泉水属于此种成因。

2、含偏硅酸矿泉水的形成机理

硅是构成地壳岩石圈的主要元素之一，从数量来说，它仅次于氧占第二位，占地壳总重量的 25%。由于偏硅酸盐岩石遍布地壳岩石圈中，因此在自然水中普遍可以发现可溶性二氧化硅 (SiO_2) 组分，但在水中胶体状态存在的二氧化硅比较少见，大多数是以分子分散状的硅酸盐形式存在。而偏硅酸 (H_2SiO_3) 则是最简单的形式，所以水溶液中可溶性硅含量，通常用偏硅酸含量表示。在天然水中，可溶性硅酸的含量一般是很低的，通常是几毫克每升，这是因为常温常压下硅酸盐在水中的溶解度是很低的，但是其溶解度随温度的升高而增大，所以在地下热水中，可溶性硅酸的含量一般都很高。

前面说过，硅酸盐岩石是地壳岩石圈中分布最广泛的岩石，无论是中深部岩浆作用形成的岩浆岩还是由海水中沉积形成的沉积岩，或是经过变质作用形成的变质岩，几乎都含有硅酸盐构成的矿物。但不同类型的岩石中二氧化硅的含量差异很大。例如在岩浆岩中， SiO_2 含量变化大约 35—85% 之间；在沉积岩中二氧化硅含量变化也很大，砂岩和砾岩中 SiO_2 含量可达 65—95%；但石灰岩中 SiO_2 含量就很低，大约仅占 10% 左右；变质岩中 SiO_2 含量较高，例如石英岩中其含量可达 100%。

地下水与其周围含 SiO_2 的岩石的相互作用过程中，由于岩石成份中 SiO_2 含量差异很大，它们溶于水的量自然也会各有差异。硅酸盐岩大都比较致密，阻水性强，这对于地下水的渗流循环是不利的。只有在某些裂隙比较发育的地段，裂隙纵横交错、相互连通才可能构成地下水渗流的良好通道。这对硅酸盐岩层分布区是否存在较丰富的地下水源，也是一个必要条件。

当然，能否形成偏硅酸矿泉水最根本条件还取决于是否存在一个可以称为“矿水床”的特殊地质和地球化学环境。对于偏硅酸矿泉水形成，至关重要的是温度和压力条件。因为温度决定了硅酸的溶解度，只有在较高温度下，水中才可溶于较多的硅酸盐而形成矿泉水。而一些规模较大的断裂带往往是构成这类“矿水床”的有利条件。因为这样一些断裂带往往延伸远，深度大，沿断裂两侧

地层破碎，裂隙发育，地下水具有良好的渗流条件，而且较有利于地下水向地下深部循环，从而使地下水处于较高的温度和压力环境，促进了水对硅酸盐岩石的溶解。因此我们见到的热矿泉中偏硅酸含量一般都较高。例如，在我国云南西南部西双版纳及其邻近地区出露的数十处热矿泉，大多都是沿断裂带分布的，其偏硅酸含量全部达到了饮用天然矿泉水标准。

但是近年来，也发现一些饮用天然矿泉水的温度并不高，但偏硅酸的含量却达到饮用天然矿泉水的标准，对于此类偏硅酸矿泉水形成机理目前尚无统一的认识。

3、含锶矿泉水的形成机理

锶在地球中的含量不算很高，但在地壳上的分布相当广泛。特别是在含锶矿物和富含锶的闪长岩、花岗岩、粘土岩以及碳酸盐岩石中，锶含量相对比较富集，是提供锶元素物质来源的主要母岩。但是由于锶盐的溶解度相对较小，而且受水的酸碱度、温度等因素的制约，因此，即使在富锶岩石分布区能否形成含锶的矿泉水，很重要的因素还决定于水的侵蚀性、水的温度以及地下水的渗流条件。

自然界中水的侵蚀性，最主要的是取决于水中游离二氧化碳的含量。因为二氧化碳的来源和分布都比较广泛，因此自然水中普遍含有游离二氧化碳气体，而锶盐与富含二氧化碳的水相互作用有利于锶的溶解。例如：菱锶矿(SrCO_3)与富含二氧化碳的水相互作用，菱锶矿易于水解而形成碳酸氢锶($\text{Sr}(\text{HCO}_3)_2$)，从而大大增加了它在水中的溶解度，因此水中锶离子含量可显著增高。

地下水的渗流条件对水的来源丰富程度和的交替循环速度、保持水的侵蚀性有着重要影响。因为地下水在岩土中渗流条件愈通畅，说明空隙空间愈大、连通性愈好，这必然对地下水的补给是十分有利的条件之一；同时，渗流条件好，水在岩石空隙中交替循环速度就快，就可使地下水中经常保持一定数量的二氧化碳，使其经久不衰地与岩石相互作用，从而使水的侵蚀性增强，有利于锶离子源源不断地进入地下水中，使之形成含锶矿泉水。

由此不难看出，含锶矿泉水最有利于形成的地质和地球化学环境是碳酸盐岩层分布区，这不仅因为碳酸盐岩石中富集锶的组分，而且因为碳酸盐岩石具有一定的可溶性，其中的岩溶洞穴和空隙通道比较发育，具有良好的水循环交