

文章编号:1004-4116(2021)02-0070-08

甘肃省饮用天然矿泉水类型与分布特征

张家峰^{1,2},丁宏伟²,康亮²,郑艳²

(1. 甘肃省地矿局第一地勘院,甘肃天水 741020;2. 甘肃省地矿局,甘肃兰州 730000)

摘要:在综合阐述甘肃省自然地理及区域水文地质条件的基础上,利用2014—2015年完成的614组地下水及地表水水质测试分析数据(包括感官指标、一般化学指标、矿泉水界限指标、矿泉水限量指标和污染指标),依据《食品安全国家标准 饮用天然矿泉水》(GB8537-2018),系统分析归纳总结了甘肃省饮用天然矿泉水类型、分布及产出特征。结果表明,省内饮用天然矿泉水基本类型主要有锶型、偏硅酸型、锂型、碘型、锌型和硒型矿泉水六类,具备1项或1项以上的界限含量指标达到标准的水点共有417处,其中锶型(含复合型)矿泉水411处,是甘肃省的主要矿泉水类型,其余类型的矿泉水仅零星出现;按产出的地貌单元分析,锶型矿泉水产出率由多到少依次分布于河西走廊(82.2%)、陇东黄土高原(80.2%)、甘南高原(67.2%)、北山区(61.5%)、祁连山—阿尔金山区(59.7%)、陇西黄土高原(53.5%)、陇南山地(19.6%);按不同类型地下水及地表水中锶含量达标率分析,白垩系、新近系碎屑岩类孔隙裂隙水最高(平均85.4%),其次为第四系松散岩类孔隙水、断裂破碎带裂隙孔隙水、基岩裂隙水和碳酸盐岩裂隙岩溶水(平均53.2%),地表水最低(平均32.7%)。新近系—白垩系碎屑岩类孔隙裂隙水中锶元素最易富集。研究结果对甘肃省矿泉水资源的勘查开发利用有重要的指导作用。

关键词:饮用天然矿泉水;界限指标;类型;分布规律;产出特征;甘肃省

中图分类号:P641.13

文献标志码:A

水是构成一切生物体的基本成分。人类通过长期的生活实践与科学探索,逐渐发现合理饮用天然矿泉水会对人体机能产生独特的生理功能和生化效应^[1]。天然矿泉水中的微量元素在调节人体平衡营养、促进新陈代谢、防病抗衰老等方面具有显著效果。长期以来,地下水及其中天然饮用矿泉水的类型、分布及其产出特征一直被国内外水文及水文地质学界所关注,积累了丰硕的成果^[2-13]。但甘肃省饮用天然矿泉水方面的研究还比较薄弱,现有成果仅对个别典型矿泉水点的水化学特征、形成条件、赋存特征及资源评价等方面进行了初步总结,缺少全省范围内矿泉水类型和数量、地域空间分布规律及在各水文地质单元、各类含水岩组中产出特征的规律认识,已有成果尚不能提供对省内矿泉水资源勘查及开发利用的技术支撑服务。基于此,笔者依据区域性水化学及矿泉水水质分析资料,在阐述甘肃省饮

用天然矿泉水基本类型的基础上,深入探讨了矿泉水空间分布规律和产出特征,得出了明确的结论。期望为甘肃省天然矿泉水资源的合理开发利用及保护提供支撑。

1 区域水文地质条件

甘肃省地跨我国黄河、长江流域上游和内陆河流域,地域辽阔而狭长,总的地势自西南向北东方向倾斜,主要山脉大都呈北西—南东展布,地质构造活动强烈,地层岩性变化复杂,地貌形态多样,孕育出山盆与高原、绿洲、沙漠、戈壁相间交错分布的地貌格局;气候类型自西北向东南由大陆性干旱—半干旱气候过渡为半湿润—湿润季风气候。复杂的地质条件和多样的自然地理环境为天然矿泉水的形成奠定了极为有利的基础。按地势地形起伏变化、地貌形

收稿日期:2021-03-16

基金项目:甘肃省地下水工程及地热资源重点实验室开放基金项目(201908);中国地质科学院《中国矿产地质志·甘肃卷·水气资源》项目(DD20160346、DD20190379)

作者简介:张家峰(1975~),男,甘肃永昌县人,水工环地质高级工程师,长期从事水工环地质及地质灾害勘查防治研究。

E-mail:957547202@qq.com

态成因、物质组成和岩性结构、构造发育强弱程度及地下水赋存分布和补径排条件,将全省划分为北山山地、河西走廊平原、阿尔金—祁连山山地、陇西—陇东黄土高原(亦称之为陇中黄土高原)和西秦岭(进一步划分为陇南山地、甘南高原)等六大水文地质及地貌单元;受地质构造条件、地貌形态组合、地层岩性及水文地质条件的影响和控制,区内地下水的类型主要划分为第四系松散岩类孔隙水、中新代碎屑岩类孔隙裂隙水、基岩类裂隙水(含断裂破碎带裂隙孔隙水)和碳酸盐岩类岩溶水4大类。

1.1 第四系松散岩类孔隙水

按其赋存埋藏条件和分布范围,分为平原(盆地)第四系松散层孔隙水和黄土丘陵黄土孔隙裂隙水。主要分布于内陆河流域河西走廊平原冲洪积层和黄河流域的陇西、陇东黄土高原黄土区及较大河谷地带。河西走廊平原巨厚的第四系松散岩类中赋存有丰富的地下水资源,自南向北分为“扇形砾石平原潜水带”与“细土平原承压水带”,构成潜水—承压水系统;流经黄土高原的主要河流(如黄河、渭河、洮河、泾河等)河谷地带因第四系松散堆积物较厚,亦为赋存水量丰富的孔隙水提供了空间和物质基础;在西秦岭山地长江流域的嘉陵江水系支流白龙江武都段等零散的山间河谷盆地也有利于埋藏富水程度较好的松散岩类孔隙水。

陇西黄土高原黄土孔隙裂隙水的分布明显受区域降水量变化和地形地貌因素的控制,一般年降水量大于400 mm的地区黄土层普遍含水,潜水面随着地形的高低而起伏,地下水分布不连续,常在黄土台塬和梁峁之间的河沟掌、杖形地内储集;年降水量小于400 mm的地区黄土层多为透水不含水层,仅雨季会在个别黄土冲沟内发育条带状分布的黄土潜水。陇东黄土高原黄土孔隙裂隙水主要赋存于地面完整度好、地形切割程度弱的黄土塬区黄土层中,含水层厚度塬中心大、边缘薄,一些规模较大的塬区往往分布有水量较为丰富的地下水。

1.2 中新代碎屑岩类孔隙裂隙水

多分布于走廊平原构造盆地、陇西—陇东黄土高原黄土之下及西秦岭山区的中新代碎屑岩类红层盆地中,主要有河西走廊内的诸盆地群、靖远—会宁盆地、兰州—榆中盆地、临夏—临洮盆地、张川龙山盆地、临潭盆地、徽县—成县盆地及陇东白垩系盆地等,各盆地地下水各自构成完整的承压水流系统。

其中陇东白垩系盆地规模最大,为一套具有垂向多个含水层结构,水量、水质变化复杂的承压含水岩组,总的变化规律是含水层埋藏越深,水头愈高、自流量越大,水质亦越差。

1.3 基岩类裂隙水

主要分布于阿尔金—祁连山及西秦岭,在陇西—陇东黄土高原一带的石质岛状山地如马啣山、岷吴山、华家岭、六盘山区等地亦有零星分布。基岩裂隙水以岩层节理和风化构造裂隙及断裂破碎带为主要含水介质,含水层的形成严格受到岩性变化、构造运动、地层完整程度、地形坡降及降水量丰缺条件的影响,在条件适宜地段构成范围有限的贮水构造,大多透水性较弱,地下水分布不均匀,含水层富水性弱,但其汇集是调节山区河流稳定不断流的主要来源之一。北山地区由于气候干旱,降水稀少,地表多荒漠化,基岩类裂隙水十分贫乏。

1.4 碳酸盐岩类岩溶水

主要分布于西秦岭甘南高原、陇南山地和六盘山东麓陇东黄土高原的西缘褶皱带,在阿尔金—祁连山和北山地区亦有零星分布。西秦岭山区岩溶水主要赋存于近东西向条带状展布的泥盆系—三叠系碳酸盐岩中,基本属裸露型岩溶水。这一地带是甘肃省降水量最充沛的地区,水文网十分发育,河沟径流稳定,地下水补给条件较为优越且水循环交替强烈,含水层水量丰富;六盘山东麓西缘褶皱带岩溶水呈断块状分布于近南北向展布的早古生代断裂褶皱带中,主要为黄土覆盖型及深部埋藏型岩溶水,地下水补径排条件一般较差,但在断裂构造破碎带岩溶发育的有利部位地下水亦较丰富,且水质优良。

2 样品采集与测试

2.1 样品采集

水样采集分2015年、2016年两个年度进行,其中2015年对甘肃东部地区(乌鞘岭以东)进行调查取样,2016年对甘肃省西部地区(乌鞘岭以西)进行调查取样,采集时间均在每年的5~10月;采样范围基本控制了6大水文地质及地貌单元和4大地下水类型;样品采集方法严格按照中国地质调查局发布的《水样采集与送检技术要求》进行,共采集644个水点的矿泉水分析样品,其中地下水样品478组,主要河流源区及泉集河构成的地表水样品166

表 1 研究区样品测试(N = 644)主要指标标准差统计表

Table 1 Statistics of standard deviation of main indexes of sample test in study area (N = 644)

项 目	最大值	最小值	平均值	标准差
pH 值	9. 8	6. 6	8. 0	0. 4
TDS(mg·L ⁻¹)	7 181	93. 3	640. 8	664. 2
Ca ²⁺ (mg·L ⁻¹)	505	0. 8	73. 0	47. 0
Mg ²⁺ (mg·L ⁻¹)	817. 2	0. 0	44. 8	59. 2
Na ⁺ (mg·L ⁻¹)	1 056	1. 0	83. 1	125. 8
K ⁺ (mg·L ⁻¹)	91. 6	0. 5	4. 0	6. 0
HCO ₃ ⁻ (mg·L ⁻¹)	2 569	30. 5	276. 9	163. 2
Cl ⁻ (mg·L ⁻¹)	1 166	0. 7	72. 5	140. 5
SO ₄ ²⁻ (mg·L ⁻¹)	4 131	0. 0	195. 4	318. 6
Sr(mg·L ⁻¹)	15. 6	0. 09	0. 87	1. 07

组^[14-15]。

2. 2 样品测试

样品分析项目包括了感官指标、一般化学指标、矿泉水界限指标、矿泉水限量指标和污染指标;所取样品均由甘肃地质工程实验室检测分析。部分水点采集了平行样品送至中国地质科学院水文地质环境地质研究所实验室进行验证。样品测试方法严格按照《饮用天然矿泉水检验方法》(GB/T8538-2008)进行。经统计,样品测试主要指标标准差如表 1 所示。

3 饮用天然矿泉水的基本类型

根据《食品安全国家标准 饮用天然矿泉水标准》(GB 8537-2018),在调查采样的644处水点中,具备 1项或 1项以上的界限含量指标达到标准的水点共有 417 处(表 2、图 1),占调查点总数的 64. 75%。仅 1项指标达标的水点共有 385处,其中锶含量达到界限标准的水点 380处,偏硅酸含量达标的 4处,锌含量达标的 1处;2种指标含量同时达标的水点共有 30处,其中锶、偏硅酸含量同时达标的复合型矿泉水 8处,锶、锂含量同时达标的复合型矿泉水 2处,锶、碘含量同时达标的复合型矿泉水 3处,锶、锌含量同时达标的复合型矿泉水 4处,锶、硒含量同时达标的复合型矿泉水 10处,偏硅酸、锂含量同时达标的复合型矿泉水 3处;3种指标含量同时达标的水点共有 4处,其中锶、偏硅酸、锂含量同时达标的复合型矿泉水 3处,锶、碘、硒含量同时达标的复合型矿泉水 1处。统计发现,所有的碘、硒含量达标的水点同时锶含量也达标,省内共有锶型矿泉水 411 处,占达标水点总数

表 2 甘肃省饮用天然矿泉水指标组合关系及类型数量统计表

Table 2 Statistics of index combination and type quantity of drinking natural mineral water in Gansu Province

组合类型	锶型	偏硅酸型	锂型	碘型	锌型	硒型	数量(处)/分布区域	合计(处)
单指标组合	√						8/北山山地 114/走廊平原 40/阿尔金—祁连山 85/陇东黄土高原 85/陇西黄土高原 41/甘南山地 7/陇南山地	380
双指标组合	√	√			√		1/阿尔金—祁连山 2/陇西黄土高 1/陇东黄土高原 1/陇西黄土高原 2/走廊平原	4 8
	√		√				1/阿尔金—祁连山 1/陇西黄土高原 3/陇东黄土高原 1/陇南山地 1/走廊平原 1/陇西黄土高原	2 3 4
	√			√			3/陇西黄土高原 1/陇南山地 1/陇东黄土高原 2/陇西黄土高原	3 4
	√				√		3/走廊平原 7/陇西黄土高原	10
三指标组合	√	√	√				3/陇南山地 2/阿尔金—祁连山 1/陇西黄土高原	3
	√			√	√		1/走廊平原区	1

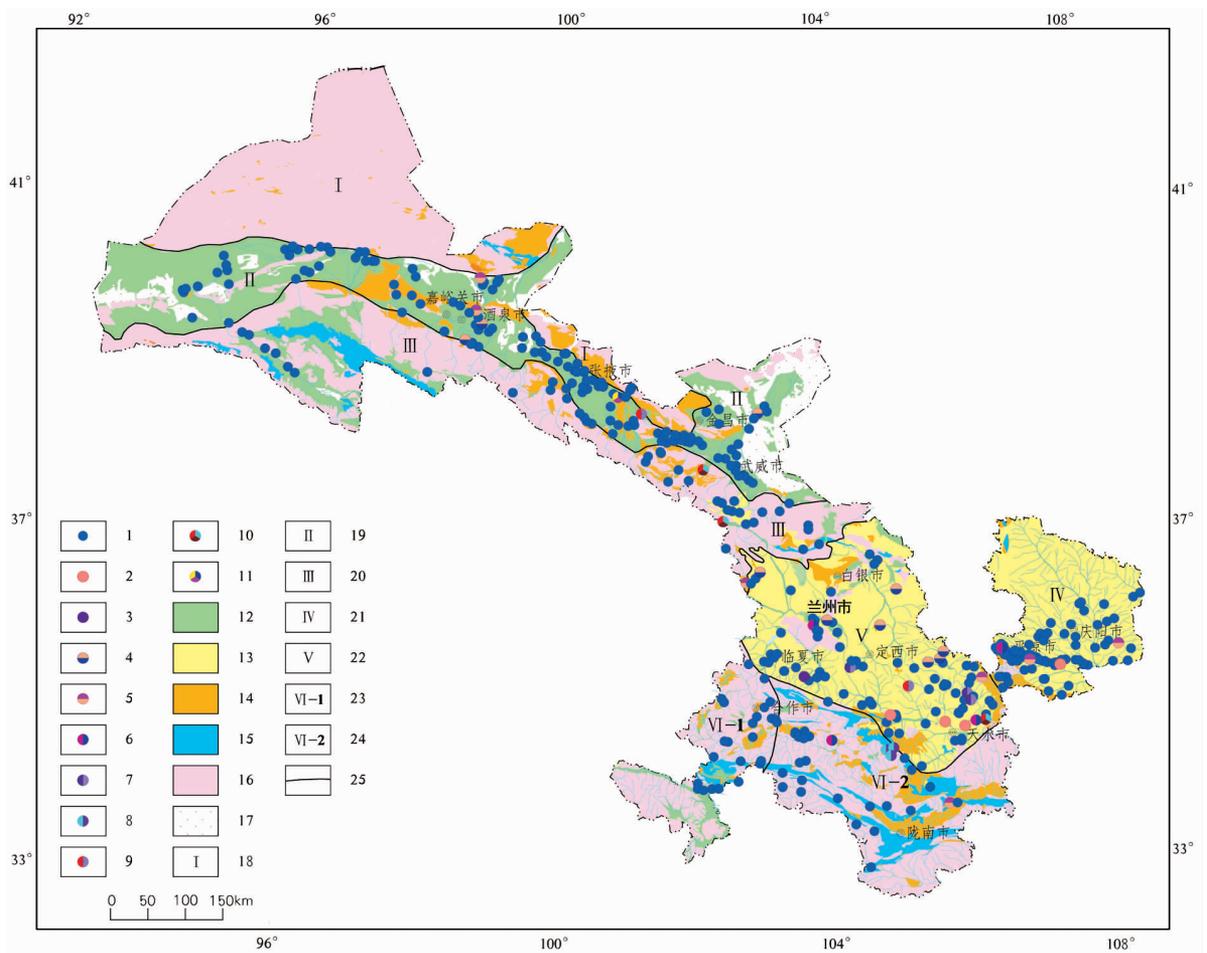


图 1 甘肃省矿泉水点分布及地貌类型和水文地质单元分区图

Fig. 1 Distribution of mineral water points, geomorphic types and division of hydrogeological units in Gansu Province

- 1—锶型矿泉水点;2—偏硅酸型矿泉水点;3—锌型矿泉水点;4—锶、硒复合型矿泉水点;5—锶、偏硅酸复合型矿泉水点;
- 6—锶、锌复合型矿泉水点;7—锶、碘复合型矿泉水点;8—锂、偏硅酸复合型矿泉水点;9—锶、锂复合型矿泉水点;
- 10—锶、锂、偏硅酸复合型矿泉水点;11—锶、碘、硒复合型矿泉水点;12—平原(盆地)松散层潜水;13—黄土空隙裂隙水;
- 14—碎屑岩类孔隙裂隙水;15—碳酸盐类岩溶水;16—基岩裂隙水;17—沙漠区;18—北山地;19—走廊平原区;20—阿尔金—祁连山山地;
- 21—陇东黄土高原;22—陇西黄土高原;23—甘南高原;24—陇南山地;25—地貌及水文地质单元分区界线

的 98.56%。

由此可以看出,总体上锶型矿泉水及其以锶型为主的复合型矿泉水是甘肃省的主要矿泉水类型,其余偏硅酸型、锂型、碘型、硒型及锌型矿泉水仅零星出现。

4 饮用天然矿泉水的分布及产出特征

4.1 锶型矿泉水的分布及产出特征

4.1.1 锶型矿泉水的地域分布

乌鞘岭以东的甘肃东部地区共有锶型矿泉水点 240 处。其中陇西黄土高原共有锶型矿泉水点 99 处,占 41%;陇东黄土高原共有锶型矿泉水点 89 处,占 37%;甘南高原共有锶型矿泉水点 41 处,占

17%;陇南山地共有锶型矿泉水点 11 处,占 5%。乌鞘岭以西的甘肃西部地区共有锶型矿泉水点 171 处。其中祁连山—阿尔金山区共有锶型矿泉水点 43 处,占 25%;河西走廊平原区共有锶型矿泉水点 120 处,占 70%;北山地区(含位于南北盆地之间的走廊山脉,下同)共有锶型矿泉水点 8 处,占 5%。

从各地貌单元中地下水达到界限含量标准的锶型矿泉水点占该地貌单元调查水点总数的比例来看(图 2),河西走廊平原区和陇东黄土高原地下水达标率最高,达到界限含量的锶型矿泉水点分别占该类地貌单元水点总数的 82.2%和 80.2%,是甘肃省锶型矿泉水集中分布的地带,分析其形成原因可能与区内第四系含水层粒度细、地下水运移历程远、径流缓慢、滞留时间长、水动力强度弱而溶滤迁移作用

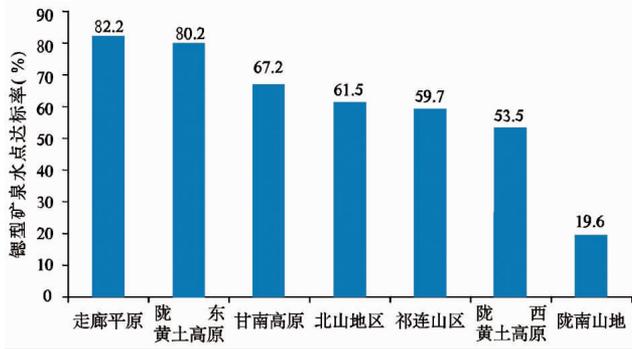


图2 不同地貌单元锶型矿泉水点达标率直方图

Fig. 2 Histogram of standard rate of strontium type mineral water points in different geomorphic units

强及下伏巨厚的碎屑岩富锶含水岩组中地下水的转化补给有关;其次为甘南高原、北山区、祁连山—阿尔金山区和陇西黄土高原,达标率分别为67.2%、61.5%、59.7%和53.5%;陇南山地地下水的锶富集程度相对较低,锶型矿泉水点达标率仅为19.6%,分析其原因可能与这一地带降水相对丰富、地势陡峭、含水层厚度薄且颗粒粗大、水循环交替迅速强烈、溶滤作用弱等有关。

4.1.2 锶型矿泉水的产出特征

按甘肃省锶型矿泉水点产出的地下水类型来看,第四系松散岩类孔隙水(含河西走廊盆地群、黄河流域大型河流(沟)谷,下同)中产出的锶型矿泉水点数量最多,达277处,占锶型矿泉水点总数的67.40%;其次为白垩系—新近系碎屑岩类孔隙裂隙水产出的锶型矿泉水点,共有33处,占总数的8.03%;基岩裂隙水和断裂破碎带裂隙孔隙水产出的锶型矿泉水点共有18处,占总数的4.38%;碳酸盐岩岩溶水产出锶型矿泉水点数量最少,仅有13处,占锶型矿泉水点总数的3.16%。部分与地下水交替转化—循环联系较为紧密的地表水体,检出的锶型矿泉水点共有70处,占总数的17.03%。

从不同类型地下水及地表水中锶含量达到矿泉水标准的达标率分析(图3),白垩系、新近系碎屑岩类孔隙裂隙水锶型矿泉水达标率最高,达标率介于81.8%~88.9%之间,平均为85.4%;其次为第四系松散岩类孔隙水、断裂破碎带裂隙孔隙水、基岩裂隙水和碳酸盐岩裂隙岩溶水,达标率介于39.4%~68.2%之间,平均为53.2%;地表水达标率最低,仅为32.7%。由此不难看出,甘肃省新近系—白垩系碎屑岩类孔隙裂隙水中锶元素最易富集,而碳酸盐岩裂隙岩溶水和地表水中锶元素含量则相对不易富

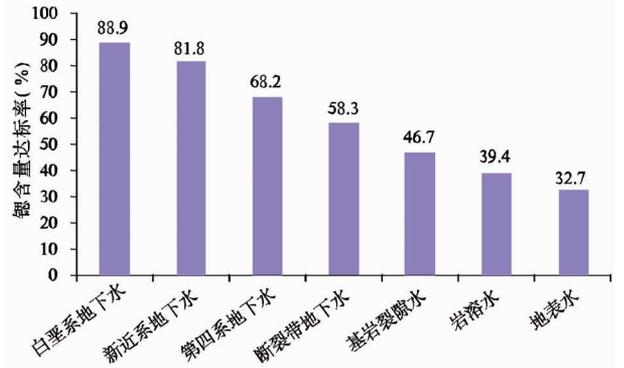


图3 不同类型地下水及地表水中锶平均含量达标率直方图

Fig. 3 Histogram of reaching standard rate of average strontium content in different types of groundwater and surface water

集。这主要与地下水的补给来源、循环深度、径流历程和途径等水动力条件,以及运移过程所流经地层或围岩中的锶含量丰度密切相关。

4.2 偏硅酸型矿泉水的分布及产出特征

4.2.1 偏硅酸型矿泉水的地域分布

通过对全省644个水点偏硅酸含量统计分析,水体中偏硅酸含量介于2.60~89.80 mg·L⁻¹之间,主要集中在5.0~25.0 mg·L⁻¹之间,占水点总数的90.37%。全省达到界限指标标准(>30 mg·L⁻¹,常温地下水;25~30 mg·L⁻¹时,水温在25℃以上)的偏硅酸型矿泉水点数量共有18处。其中乌鞘岭以西地区有3处,分别位于祁连山—阿尔金山区的威武西营、走廊平原酒泉东盆地明沙窝和金塔盆地西坝乡西红村;乌鞘岭以东地区共有15处,有10处分布于陇西黄土高原的天水街子、中滩张家沟及汪李坪、清水、武山、通渭、永登药水沟、礼县老虎沟及龙潭断裂构造带上,1处分布在天祝代乾牧场咸水滩断裂处,并均有泉水点出露,另外4处位于陇东黄土高原的宁县、泾川县河谷区和陇南山地的成县及陇西黄土高原的庄浪县郑河乡河谷地带。由此不难看出,我省偏硅酸型矿泉水主要分布于东部地区,西部地区较少。

从各地貌单元达到界限含量标准的偏硅酸型矿泉水点水中偏硅酸平均含量来看,陇东陇西黄土高原、陇南山地、河西走廊和北山区含量较高且含量比较接近,水中偏硅酸含量介于13.57~15.28 mg·L⁻¹之间,平均为14.72 mg·L⁻¹;甘南高原、祁连山—阿尔金山区较低,水中偏硅酸含量介于8.40~9.11 mg·L⁻¹之间,平均为8.76 mg·L⁻¹。

4.2.2 偏硅酸型矿泉水的产出特征

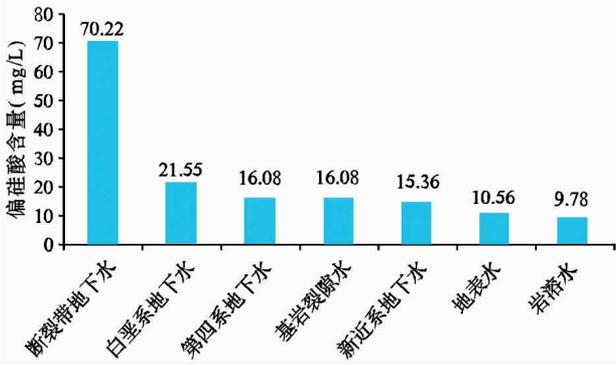


图 4 不同类型地下水及地表水中偏硅酸平均含量直方图

Fig. 4 Histogram of average content of metasilicic acid in different types of groundwater and surface water

从甘肃省不同类型地下水及地表水中的偏硅酸平均含量可以看出(图 4),断裂破碎带裂隙孔隙水中的偏硅酸含量最高,平均高达 70.22 mg·L⁻¹;其次为白垩系碎屑岩类孔隙裂隙水,平均为 21.55 mg·L⁻¹;第四系松散岩类孔隙水、基岩类裂隙水和新近系(局地为古近系)碎屑岩类孔隙裂隙水中偏硅酸含量较低且接近,含量介于 15.36 ~ 16.08 mg·L⁻¹之间,平均为 15.82 mg·L⁻¹;地表水和碳酸盐岩类岩溶水中偏硅酸含量最低,一般介于 9.78 ~ 10.56 mg·L⁻¹之间,平均为 10.17 mg·L⁻¹。由此不难看出,断裂破碎带是偏硅酸型矿泉水的主要产出地带。这主要与断裂构造活动过程中的温度和压力效应有关,构造热运动导致的温度与压力升高会增加地下水对围岩中硅元素的溶解度,从而增加了水中偏硅酸含量所致。

4.3 锂型、碘型矿泉水的分布及产出特征

4.3.1 锂型矿泉水的分布及产出特征

通过对全省 644 个水点中锂含量统计分析,锂含量小于 0.1mg/L 的水点达 573 处,占水点总数的 88.98%;锂含量大于 0.1 mg·L⁻¹ 之间的水点共有 71 处。全省锂含量指标达到饮用天然矿泉水界限值标准(≥ 0.2 mg·L⁻¹)的水点共有 8 处,水中锂含量介于 0.24 ~ 1.069 mg·L⁻¹ 之间。其中乌鞘岭以东共有 6 处,水中锂含量为 0.24 ~ 0.50 mg·L⁻¹,5 处属断裂破碎带裂隙孔隙水,但水中氟含量较高 (> 1.50 mg·L⁻¹),因而不符合饮用矿泉水要求。符合饮用天然矿泉水标准的水点仅有 1 处,位于天水市东柯河(渭河支流)河谷,属第四系松散岩类河谷潜水,其形成可能与河谷上游温家峡天水街子温泉花岗岩构造裂隙深循环地下水的补给有关。乌鞘岭以西共有 2

处,水点的锂含量为 0.74 ~ 1.069 mg·L⁻¹,1 处位于祁连山区的西营药王泉,属断裂破碎带裂隙孔隙水,锂含量 1.069 mg·L⁻¹,但由于水中氟含量较高,因而不符合饮用矿泉水要求;另一处位于走廊平原的山丹县陈户乡,属第四系松散岩类孔隙水,锂含量 0.74 mg·L⁻¹,但由于水中溶解性总体含量较高,因而亦不符合饮用矿泉水要求。由此不难看出,锂型矿泉水主要零星分布于东部河谷地带,其形成原因可能与断裂破碎带裂隙孔隙水的补给有关。

4.3.2 碘型矿泉水的分布及产出特征

省内各类水体中碘含量普遍较小,其中碘含量小于 0.01 mg·L⁻¹ 的水点达 346 处,占水点总数的 53.73%;碘含量介于 0.01 ~ 0.1 mg·L⁻¹ 之间的水点共有 292 处,占水点总数的 45.34%;碘含量大于 0.1 mg·L⁻¹ 的水点共有 6 处。省内共有 4 个水点的碘含量达到饮用天然矿泉水界限标准(≥ 0.2 mg·L⁻¹)。其中乌鞘岭以东共有 3 处,水中碘含量 0.21 ~ 0.34 mg·L⁻¹,同时锶含量也达到饮用天然矿泉水界限标准要求,2 处位于张家川县龙山盆地,属新近系碎屑岩类孔隙裂隙承压水;另 1 处位于定西内官盆地,属第四系松散岩类深层承压水。乌鞘岭以西仅有 1 处,水中碘含量 0.73 mg·L⁻¹,同时锶、硒含量也达到了饮用天然矿泉水界限标准,位于山丹县东乐乡山丹河谷中,属第四系松散岩类孔隙水,但由于水中溶解性总体含量较高,因而不符合饮用矿泉水要求。由此不难看出,我省碘型矿泉水主要零星分布于东部碎屑岩类孔隙裂隙含水岩组地带,其形成原因可能与不断溶解碎屑岩类中的碘元素有关。

4.4 硒型、锌型矿泉水的分布及产出特征

4.4.1 硒型矿泉水的分布及产出特征

全省共有 11 个水点的硒含量达到饮用天然矿泉水界限标准(≥ 0.01mg·L⁻¹),水中硒含量介于 0.011 ~ 0.36 mg·L⁻¹ 之间。乌鞘岭以东共有 7 处,硒含量介于 0.013 ~ 0.36 mg·L⁻¹ 之间,同时锶含量也达到饮用天然矿泉水界限标准要求。主要分布于陇西黄土高原的静宁、会宁、靖远、榆中和永登等地,地下水类型除会宁县汉家岔八眼泉为基岩裂隙水外,其余 6 处均为第四系松散岩类河谷潜水,但由于水中溶解性总固体均大于 1000 mg·L⁻¹,因而不符合饮用矿泉水要求。乌鞘岭以西共有 4 处,硒含量介于 0.011 ~ 0.022 mg·L⁻¹ 之间,同时锶含量也达到饮用天然矿泉水界限标准要求,主要分布于河流下游地区,属第四系松散岩类孔隙水,但由于水

中溶解性总体含量较高,因而不符合饮用矿泉水要求。

4.4.2 锌型矿泉水的分布及产出特征

省内共有 5 个水点的锌含量达到饮用天然矿泉水界限标准($\geq 0.2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$),均位于乌鞘岭以东地区,水中锌含量介于 $0.23 \sim 1.16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间。锌型矿泉水点主要分布于陇东、陇西黄土高原及陇南山地,地下水类型均为第四系松散岩类河谷潜水。总体而言,省内锌型矿泉水点的分布与地貌类型、含水层岩性特征以及地下水补给、径流、排泄条件之间的关系还不明显,其规律有待进一步查明。

5 结语

(1)甘肃省境内饮用天然矿泉水基本类型主要有锶型、偏硅酸型、锂型、碘型、锌型和硒型矿泉水六类,在调查采样的 644 处水点中,具备 1 项或 1 项以上的界限含量指标达到标准的水点共有 417 处,其中锶型(含复合型)矿泉水 411 处。总体上锶型矿泉水及其以锶型为主的复合型矿泉水是甘肃省的主要矿泉水类型,部分水点具备专门的开发利用价值,其余类型的矿泉水仅零星出现。

(2)按产出的地貌单元分析,锶型矿泉水产出率由多到少依次分布于河西走廊(82.2%)、陇东黄土高原(80.2%)、甘南高原(67.2%)、北山区(61.5%)、祁连山—阿尔金山区(59.7%)、陇西黄土高原(53.5%)、陇南山地(19.6%);按不同类型地下水及地表水中锶含量达标率分析,白垩系、新近系碎屑岩类孔隙裂隙水最高(81.8%~88.9%,平均 85.4%),其次为第四系松散岩类孔隙水、断裂破碎带裂隙孔隙水、基岩裂隙水和碳酸盐岩裂隙岩溶水(39.4%~68.2%,平均 53.2%),地表水最低(32.7%)。新近系—白垩系碎屑岩类孔隙裂隙水中锶元素最易富集,而碳酸盐岩裂隙岩溶水和地表水中锶元素含量则相对不易富集。这主要与地下水的补给来源、循环深度、径流历程和途径等水动力条件,以及运移过程所流经地层或围岩中的锶含量丰度密切相关。

(3)偏硅酸型、锂型、碘型、硒型、锌型矿泉水零星分布于全省各地。其中偏硅酸型、锂型矿泉水主要分布于乌鞘岭以东地区,断裂破碎带是该类矿泉水的主要产出地带,这主要与断裂构造热运动导致的温度与压力升高增加地下水对围岩中硅元素的溶解度所致,部分水点的氟含量及溶解性总固体含量不

符合饮用矿泉水要求;碘型、硒型矿泉水主要产出于碎屑岩类孔隙裂隙水和松散岩类孔隙裂隙水含水层,但水中溶解性总体含量不符合饮用矿泉水要求;锌型矿泉水点的分布与地貌类型、含水层岩性特征以及地下水补给、径流、排泄条件之间的关系还不明显,其规律有待进一步查明。

(4)对于矿泉水的命名分类方法,国内尚无较为严格统一的技术标准。本次以单项指标和多项指标达标两种方式对甘肃省天然饮用矿泉水类型划分进行了探讨,以单项指标达标为主要分类方法,此与行业惯例保持一致^[14]。本研究也发现甘肃省饮用天然矿泉水的形成、分布与各大水文地质、地貌单元的水文地球化学环境背景条件、含水岩组类型和其水动力循环模式及断裂构造活跃程度关联性很强。地下水在形成及运移循环过程中,含水介质及围岩的地球化学背景直接影响着水中微量元素的富集丰度,导致矿泉水类型的不同和产出规律各异。

参 考 文 献

- [1] 卢予北,郭友琴,王现国. 地热矿泉水资源勘查手册[M]. 郑州:黄河出版社,2007:116-120
- [2] 刘庆宣,王贵玲,张发旺. 矿泉水中微量元素锶富集的地球化学环境[J]. 水文地质工程地质,2004,31(6):19-23
- [3] 高振荣,李红英,曹淑超,等. 近 31a 河西走廊地区深层地温变化及突变分析[J]. 干旱区地理,2013,36(6):1006-1012
- [4] 丁宏伟,张举. 河西走廊地下水水化学特征及其演化规律[J]. 干旱区研究,2005,22(1):24-28
- [5] 谢渊,王剑,殷跃平,等. 鄂尔多斯盆地白垩系含水层沉积学初探[J]. 地质通报,2003,22(10):818-828
- [6] 刘兴彪,张彦林,王延江,等. 陇东盆地白垩系地下水运移研究[J]. 干旱区研究,2009,26(2):176-180
- [7] 丁宏伟,姚吉禄,何江海. 张掖市地下水位上升区环境同位素特征及补给来源分析[J]. 干旱区地理,2009,32(1):1-8.
- [8] 张勃夫. 吉林省天然矿泉水资源基本特征与开发战略[J]. 自然资源学报,1990,5(1):20-29
- [9] 朱琰,赵宗举. 浙江省火山岩地区温泉、矿泉水成因及综合利用[J]. 地质论评,1999,45(7):779-783
- [10] 许佩瑶,丁志农. 含锶饮用天然矿泉水的形成[J]. 勘察科学技术,1997,15(5):36-38
- [11] 张森琦,范基姣,吴宏涛,等. 昆仑山北坡岛状冻土区西大滩大型饮用矿泉水成因分析[J]. 冰川与冻土,2009,31(5):925-934
- [12] 刘立军,徐海振,崔秋苹,等. 石家庄市东部深层地下天然饮用矿泉水田评价[J]. 南水北调与水利科技,2010,8(6):106-109
- [13] 林玮. 我国天然矿泉水行业的发展与管理[J]. 郑州轻工业学院学报:自然资源版,1998,15(2):73-75
- [14] 牛俊强,温美霞,郭昆,等. 湖北省饮用天然矿泉水成因类型及成矿模式研究[J]. 资源环境与工程,2019,33(1):60-64

TYPES AND DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF DRINKING NATURAL MINERAL WATER IN GANSU PROVINCE

ZHANG Jia-feng^{1,2}, DING Hong-wei², KANG Liang², ZHENG Yan²

(1. *The First Institute of Geology and Minerals Exploration, Gansu Provincial Bureau of Geology and Minerals Exploration and Development, Tianshui 741020 China;*

2. *Gansu Provincial Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Lanzhou 730000, China)*

Abstract: Based on the comprehensive description of the physical geography and regional hydrogeological conditions of Gansu Province, 614 groups of groundwater and surface water quality test and analysis data (including sensory index, general chemical index, mineral water boundary index, mineral water limit index and pollution index) completed in 2014 ~ 2015 are used according to “the national food safety standard Drinking natural mineral water”(GB8537-2018), systematically analyzed and summarized the type, distribution and output characteristics of drinking natural mineral water in Gansu province. The results show that there are 6 basic types of drinking natural mineral water in Gansu Province: strontium type, metasilicic acid type, lithium type, iodine type, zinc type and selenium type. There are 417 water points with one or more limit content indexes reaching the standard, among which 411 strontium type (including composite type) mineral water is the main type of mineral water in Gansu Province, and the rest types are only sporadic. According to the geomorphic unit analysis, the strontium type mineral water production rate is distributed in Hexi Corridor (82. 2%), Longdong Loess Plateau (80. 2%), Gannan plateau (67. 2%), Beishan district (61. 5%), Qilian Altun mountain area (59. 7%), Longxi Loess Plateau (53. 5%) and Longnan mountain area (19. 6%) from more to less. According to the standard rate of strontium content in different types of groundwater and surface water analysis shows that the pore fissure water of Cretaceous and Neogene clastic rock is the highest (85. 4% on average), followed by Quaternary loose rock pore water, fracture fracture zone pore water, bedrock fissure water and carbonate rock fissure karst water (53. 2% on average), and the surface water is the lowest (32. 7% on average). Strontium is most easily enriched in pore fissure water of Neogene Cretaceous clastic rocks. The results of the study have an important guiding role in the exploration, development and utilization of mineral water resources in Gansu Province.

Key words: drinking natural mineral water; boundary index; type; distribution law; output characteristics