

银川地区地下水化学特征

孙亚乔¹, 钱 会¹, 张 黎², 张 钦²

(1. 长安大学环境工程学院, 陕西 西安 710054; 2. 宁夏地调院, 宁夏 银川 750000)

摘 要: 依据银川地区的水文地质条件将其地下水系统划分为单一潜水和多层结构的潜水——浅层承压水, 分析地下水系统中主要离子、矿化度和水化学类型的特征及其变化, 表明, 潜水含水层自西向东, 自北向南水质变差, 矿化度升高, 主要离子的变化特征与矿化度基本一致, 水化学类型由 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 向 $\text{SO}_4 \cdot \text{Cl} - \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 过渡。浅层承压水含水组的地下水水质变化特征和潜水基本一致。

关键词: 地下水; 化学类型; 变化特征; 银川地区

中图分类号: P641 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)03-0185-05

地下水化学成分受地质及水文地质因素控制, 水化学特征研究对水资源的利用方式、水资源管理及生态环境保护与建设具有重要的指导作用。由于自然条件的变化和人类活动的影响, 水化学类型趋于复杂化, 区域水化学类型特征的研究对于了解该区域地下水化学成分和维持该区域生态环境与社会经济协调发展具有重要的科学意义。国内外对区域地下水化学特征的研究已有不少报道^[1~7], 但针对银川地区地下水化学特征的研究尚不多见。

1 水文地质条件

研究区以银川市为中心, 西依贺兰山, 东临黄河, 地理坐标为东经 $105^{\circ}45' \sim 106^{\circ}34'$, 北纬 $38^{\circ}20' \sim 38^{\circ}39'$ 。海拔 1 100~1 250 m, 是宁夏最低处。西部贺兰山属石质中高山地, 中部是广阔平原, 由山前到黄河, 地貌类型依次为: 冲洪积倾斜平原、冲洪积平原、河湖积平原和黄河漫滩(见图 1)。地势开阔平坦, 黄河在研究区的东面, 自南向北流经研究区, 银川地区属中温带内陆干旱气候区。由于悠久的农耕历史, 长期耕种施肥以及引黄灌溉, 银川地区的土壤类型主要是适宜粮食作物(如水稻、小麦、玉米、向日葵、甜菜等)生长的灌淤土。灌淤土的 $\text{PH} > 8$, 速效氮、速效钾含量较低, 属缺乏水平, 速效磷属中等偏上, 土壤锌、锰含量属中等偏下水平^[8]。其余的土壤类型如灰钙土, 盐土, 风沙土等在银川地区的西部和中部也有一定的分布。

银川地区在地质构造上为新生代形成的断陷盆地, 在水文地质结构上属第四系松散岩类孔隙水区, 堆积了巨厚的松散堆积物, 巨厚的松散堆积物具有

数以千亿立方米的孔隙空间, 成为地下水贮集场所, 从而构成了规模宏大的“地下水库”。既有洪积物堆积, 也有河流、湖沼相的交替沉积, 致使含水层在空间分布上错综复杂。研究区的西部和东部为单一潜水区, 地下水赋存于洪积倾斜平原的砂卵砾石单一结构含水层和黄河河漫滩细砂、粉砂含水层之中。在广大的冲洪积和河湖积平原区, 地层具有多层结构, 地下水主要赋存于冲洪积与河湖积砂层中, 各含水层在区域上没有完整和连续延伸的隔水层, 各含水层之间有着不同程度的水力联系^[9]。

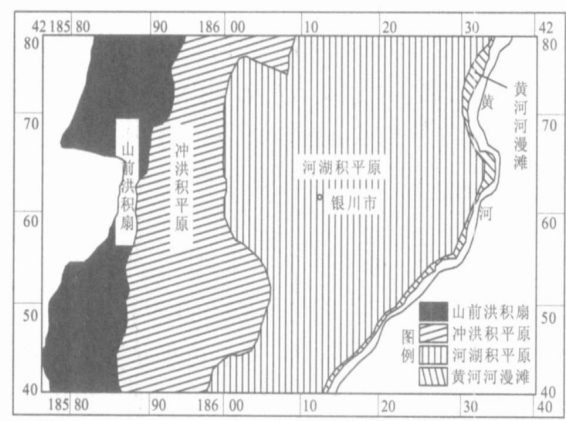


图 1 银川地区地貌类型

Fig. 1 Geomorphology of Yinchuan region

银川地区地下水的补给主要为渠系渗漏补给和引黄灌溉入渗补给, 其中灌溉入渗补给占地下水资源构成的 91.0%。山前倾斜冲洪积平原的水力坡度大于 10%, 径流速度较快; 冲洪积平原和河湖积平原的水力坡度为 0.5%, 径流速度缓慢。承压水水力坡度在 0.1%~0.2%, 水交替运动缓慢。平原

内潜水主要通过蒸发和排水沟排泄,随着区内工农业的发展和人口的增加,地下水人工开采也成为了地下水的主要排泄方式。

2 地下水化学特征

我们利用银川地区 2003 年 4~8 月地下水样的水化学资料共计 144 组(其中 14 组为单一潜水,其余为多层结构表层潜水—浅层承压水),对银川地区的地下水化学特征进行分析,并根据生活饮用水卫生标准(GB5749—85)对地下水水质进行判定。现将主要分析结果叙述如下。

2.1 单一潜水区的水化学特征

单一潜水区分布在贺兰山山前冲洪积扇和黄河河漫滩。山前冲洪积扇含水层岩石由一套较厚的洪积相物质组成,岩石颗粒的分选性差,磨圆度不好,自西向东,颗粒由粗到细。岩性由块石、卵石、砂砾石变为细砂夹砾石,并与冲洪积平原多层结构含水组相互衔接。水位埋深由山前大于 150 m 降低到洪积扇前缘 10~30 m 左右。水质好,矿化度小于 1.0 g/L,水化学类型主要为 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ (或 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Mg} \cdot \text{Ca}$) 型。主要接受山区基岩裂隙水的侧向补给与山洪的垂直入渗补给,地下水的水力坡度大,含水层颗粒粗,地下水径流畅通,溶滤强烈,故形成低矿化水。

黄河河漫滩位于研究区东部,是黄河冲积物形成的堆积区,含水层主要岩性为细砂,粉砂,由于表层覆盖有薄层粘性土,局部微承压。含水层基底为第三系。含水层厚度 3.5~43 m 不等。水质较差,矿化度约为 2 g/L,水化学类型复杂多变,主要有 $\text{SO}_4 \cdot \text{Cl} - \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 和 $\text{SO}_4 \cdot \text{Cl} - \text{Na}$ 型。分析 1956~1999 年系列气象资料,从 20 世纪 60 年代到 90 年代,年平均降水量趋于减小,而平均蒸发量趋于增大,由于强蒸发作用,同时由于此处地下水位埋藏较浅,地下水逐渐浓缩,矿化度不断增大。溶解度较小的盐类在水中依次达到饱和而析出,易溶盐类(如氯化钠,硫酸镁)等离子成为水中主要成分。

2.2 多层结构表层潜水水化学特征

多层结构表层潜水分布于冲洪积和河湖积平原地区,岩性由较单一的砂卵砾石层递变为砂土与粘土交互的多层结构,地下水由单一的潜水逐渐过渡为多层结构的潜水—承压水^[8]。浅层承压水区上覆潜水,两侧与上述东西两侧单一潜水含水组相接,相互有统一的自由水面,有着密切的水力联系。研究分析 2003 年所测潜水水样 100 组,研究区潜水水样 pH 值介于 7.72~8.39,呈碱性,主要阳离子

Na^+ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量分别介于 30~1 080, 29.28~234.53 和 20.13~190.62 mg/L,它们的平均含量分别为 163.802, 91.784 和 77.441 mg/L;主要阴离子 Cl^- 、 SO_4^{2-} 和 HCO_3^- 的含量分别介于 0.6~885.76, 45.49~2275.17 和 185.58~1 002.12 mg/L,它们的平均含量分别为 132.176, 303.621 和 459.327 mg/L。潜水由于易受外界气象、水文、地质及人类活动等多种因素的综合影响,矿化度的变化较大,其变化范围是 506.9~4 448.83 mg/L,矿化度的平均值是 1 255.204 mg/L。各离子变异系数的计算结果如表 1 所示。从表中可以看出潜水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 变异较小,其余离子的变异较大。冲洪积平原和河湖积平原地下水离子的含量范围变化较大的原因是:东南部水质较差的苦水河水进入银川平原,渗入地下;蒸发浓缩的湖泊水入渗地下;众多排水沟的水进入地下水。

表 1 潜水各离子变异系数计算结果					
Table 1 Variability coefficient of groundwater major ions					
Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-
0.851	0.404	0.428	0.323	0.797	0.815

冲洪积平原区含水层岩性总体上自西向东由粗变细,由块石、卵砾石、砂砾石变为砂砾石夹砂层。洪积倾斜平原前缘与冲洪积、河湖积平原接触部位沉积了一套以粘性土为主的细粒带,细粒带主要由粘质砂土、砂质粘土、粘土、粉细砂、细砂组成,其隔水底板为相对稳定的粘性土隔水层,含水层厚度一般为 10~70 m,水位埋深由西向东逐渐递减。水质较好,矿化度多在 1 g/L 以下。以银川市为分界,银川市以北水化学类型以 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Mg} \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na}$ (或 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Mg} \cdot \text{Na} \cdot \text{Ca}$) 为主,次为 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 型。银川市以南水化学类型以 $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 - \text{Mg} \cdot \text{Na} \cdot \text{Ca}$ (或 $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 - \text{Na} \cdot \text{Ca} \cdot \text{Mg}$) 型为主。

在河湖积平原地区,含水层岩性以细砂为主,含水层厚度为 50 m 左右,向东渐减。水质较差,矿化度多在 1~3 g/L。在银川市北水化学类型以 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Mg} \cdot \text{Na}$, $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Mg} \cdot \text{Na} \cdot \text{Ca}$ 型为主,在银川市南水化学类型以 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Na} \cdot \text{Mg}$, $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Mg} \cdot \text{Na}$ 型为主。

从冲洪积平原到河湖积平原,由于含水介质颗粒变细,地下水径流条件及水交替条件逐渐变差,溶滤作用逐渐减弱,使得矿化度增高。由于受蒸发浓缩作用和离子交换吸附作用的影响,水化学类型相

对复杂。在冲洪积平原地区地下水水位埋藏浅,水力坡度平缓,主要接受降雨入渗和侧向迳流补给。在河湖积平原潜水主要受田间灌溉水渗入以及降水入渗的影响,强烈的蒸发排泄直接导致地下水浓缩而盐化。

综合分析潜水水化学资料,取不同地貌单元水样点主要离子的平均值作图 2,从图中可以看出:从山前洪积扇(1)、冲洪积平原(2)、河湖积平原(3)到

规律性:阳离子 Ca^{2+} , Mg^{2+} 基本保持平衡, Na^{+} 不断上升;阴离子 SO_4^{2-} 和 Cl^{-} 不断上升; HCO_3^{-} 先不断上升,在河湖积平原呈现峰值后下降。矿化度由西向东不断增高,水质变差。将水样的主要离子用 AquaChem 作三线图确定水化学类型,从图 3 可以看出,从山前洪积扇(1)、冲洪积平原(2)、河湖积平原(3)到河漫滩(4)水化学类型由 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 向 $\text{SO}_4 \cdot \text{Cl} - \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 过渡。

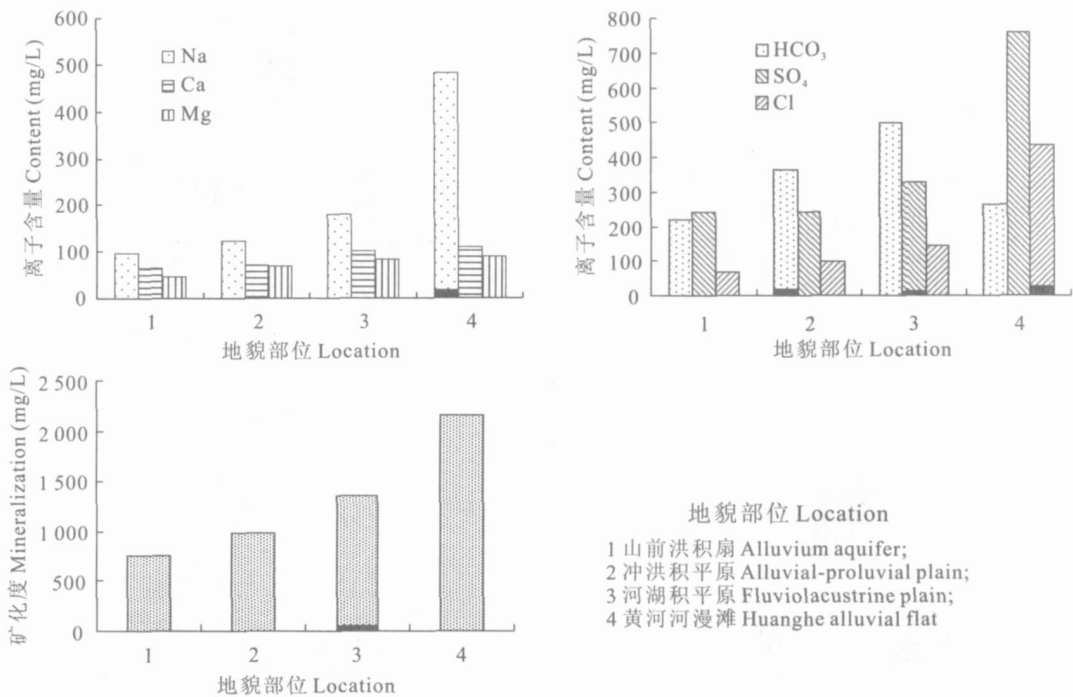


图 2 潜水主要离子和矿化度平均值的变化规律

Fig.2 Evolution of groundwater major ions and mineralization degree average

从山前洪积扇、冲洪积平原、河湖积平原到河漫滩,地下水水化学特征规律性的演化是由众多原因造成的。银川地区由西向东是一个完整的地下水补给、径流和排泄系统。山前洪积扇地段,岩性单一,颗粒粗大,渗透性好,利于降雨入渗补给,在冲洪积平原和河湖积平原含水层颗粒较细,径流缓慢,地下水最后通过河漫滩排泄于黄河。山前洪积扇地下水水位埋深大,地下水径流通畅,蒸发小,形成低矿化水;冲洪积平原和河湖积平原地区地下水水位埋藏浅,水位埋深多在 1~3 m,加上引黄灌溉水入渗,潜水大量以蒸发的形式排泄,矿化度上升;在黄河漫滩含水介质主要由细砂、粉细砂等细粒物质组成,蒸发几乎成为地下水的唯一排泄方式,随着水分的蒸发,地下水溶液浓缩,矿化度不断增高,与此同时,重碳酸钙镁等盐类相继达到饱和而沉淀析出,溶解性较好的硫酸钠和氯化钠等占据统治地位。在蒸发的同时,溶滤作用也在不断影响着地下水化学组分总量

和相对组成。

2.3 多层结构浅层承压水水化学特征

冲洪积和河湖积平原浅层承压含水岩组与上覆潜水之间有较连续的粘土层相隔,厚度一般 3~10 m,最厚 50 m,自西向东变薄。含水岩组顶板埋深一般为 25~60 m,底板埋深一般为 120~160 m,一般由 2~5 个相互具有水力联系的含水层所构成,它们之间有极不稳定的粘性土夹层,连续性差,地下水体相互贯通。含水层岩性主要为细砂、中细砂、粉细砂和粉砂层等,厚度一般为 50~110 m^[9]。用 2003 年水样 30 组分析浅层承压水,研究区浅层承压水水样 pH 值介于 7.72~8.38,呈碱性。研究区浅层承压水主要阳离子 Na^{+} 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 离子含量分别介于 27~504, 27.33~242.05 和 26.05~165.76 mg/L,它们的平均含量分别为 133.483, 70.234 和 60.857 mg/L。浅层承压水的主要阴离子 Cl^{-} 、 SO_4^{2-} 和 HCO_3^{-} 的含量分别介于 13.72~761.2,

79.15~906.01 和 210.32~668.09 mg/L, 它们平均含量分别为 132.418, 250.878, 318.499 mg/L。浅层承压水由于受埋藏条件的限制, 其水质状况受外部环境的影响相对较小, 其矿化度的变化范围为

454.78~2 741.41 mg/L。从表 2 中可以看出 HCO_3^- 变异较小, 其余离子的变异较大, 尤其是 Cl^- 的变异程度最高。

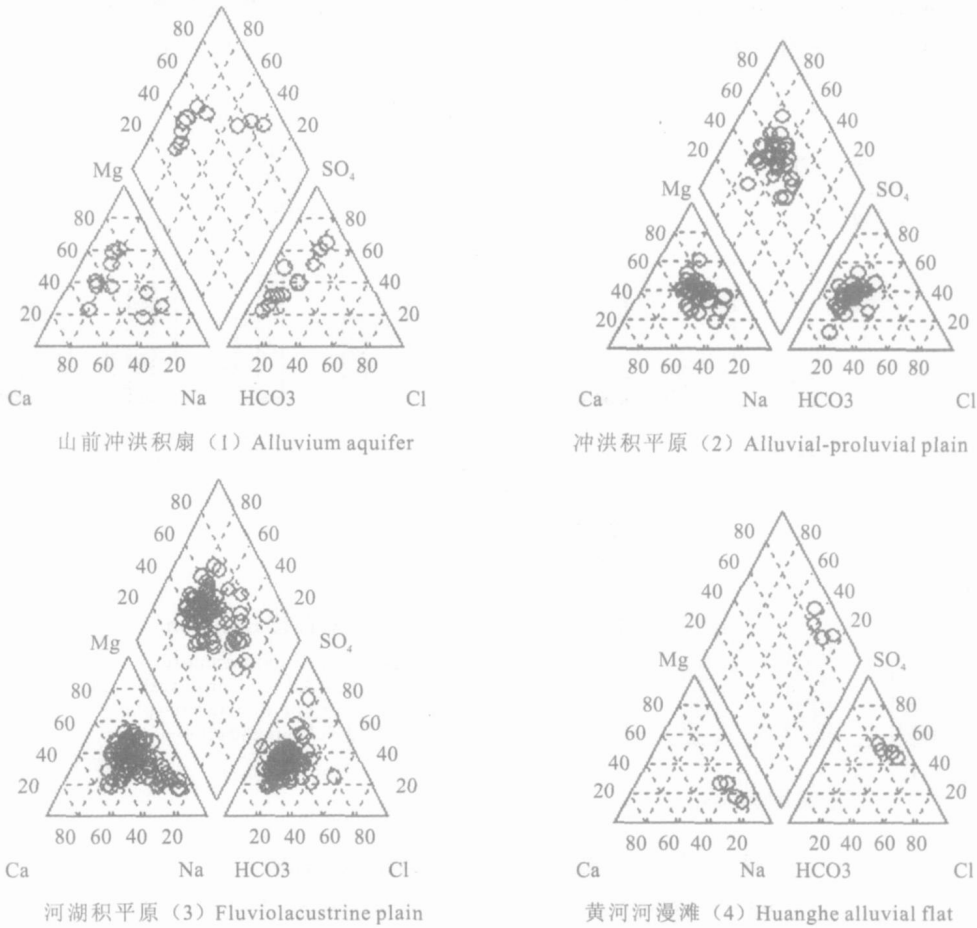


图 3 潜水水化学类型

Fig. 3 Chemical types of groundwater

表 2 承压水各离子变异系数计算结果

Table 2 Variability coefficient of confined groundwater major ions

Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
0.916	0.723	0.610	0.370	0.730	1.344

浅层承压含水岩组是银川地区生活和工业用水供水的主要开采层, 在冲洪积平原浅层承压含水岩组水质状况较好, 矿化度多小于 1 g/L, 阴离子中 HCO_3^- 占优, 水化学类型多为 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Mg} \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na}$ (或 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Mg} \cdot \text{Na} \cdot \text{Ca}$)。在河湖积平原浅层承压含水岩组水质不及冲洪积平原的浅层承压

水, 其 SO_4^{2-} 和 Cl^- 含量大幅度上升, Na^+ 的上升幅度比 Ca^{2+} , Mg^{2+} 明显, 形成复杂多变的水化学类型(见图 4)。

由于浅层承压水既与上覆潜水有密切的水力联系, 又接受洪积扇潜水的侧向径流补给和上覆潜水的越流补给, 上覆潜水的水化学组分及补给量直接影响着浅层承压水的水化学特征, 其水化学组分的形成机制主要是溶滤作用和混合作用。在冲洪积平原和河湖积平原承压水阴离子皆以 HCO_3^- 为主, 其余离子的变化趋势与潜水中离子组分的变化基本相同。

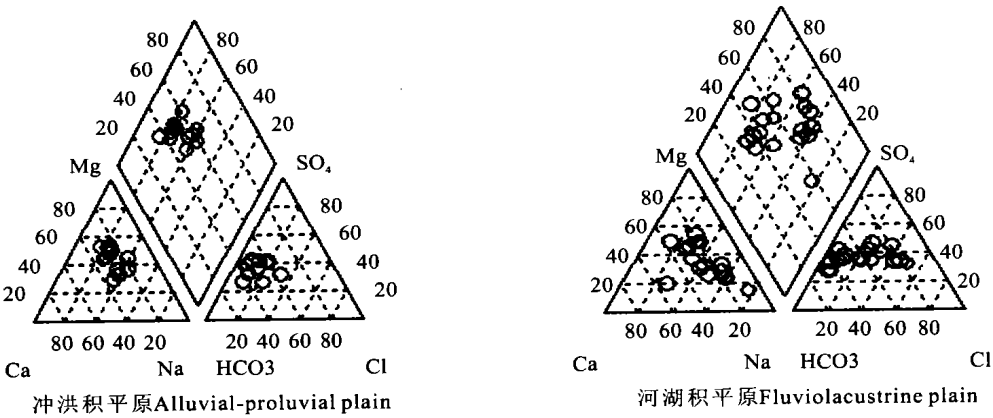


图 4 浅层承压水水化学类型

Fig.4 Chemical types of shallow confined groundwater

3 结 语

银川地区潜水沿山前洪积扇、冲洪积平原、冲湖积平原、河漫滩顺序,自西向东,自北向南水质变差,矿化度上升。水化学类型由 $\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4\text{--Ca}\cdot\text{Mg}$ 向 $\text{SO}_4\cdot\text{Cl--Na}\cdot\text{Mg}$ 过渡。由于浅层承压水与上覆潜水有密切的水力联系,上覆潜水的水化学组分及补给量直接影响着浅层承压水的水化学特征,承压水含水组的地下水变化特征和潜水基本一致,但其变幅小于潜水的变化。

参 考 文 献:

[1] Nizar Abu-Jaber. Geochemical Evolution and Recharge of the shallow aquifers at tulul Al Ashaqif, NE Jordan[J]. Environmental Geology, 2001, 41, 372—383.
[2] Alan E Fryar, William F. Mullican III. Groundwater recharge and chemical evolution in the southern high plains of texas, USA

[J]. Hydrogeology Journal, 2001, (9); 522—542.
[3] M Gabriela Garcia, Margarita del V, Hidalgo Miguel A Blesa. Geochemistry of Groundwater in the Alluvial Plain of Tucuman Province, Argentina [J]. Hydrogeology Journal. 2001, (9): 597—610.
[4] Stephen Y Acheampong, John W Hess. Hydrogeologic and Hydrochemical Framework of the Shallow Groundwater System in the Southern Voltaian Sedimentary Basin, Ghana[J]. Hydrogeology Journal, 1998, (6); 527—537.
[5] 吴恒,张信贵,代志宏,等.南宁市地下水化学场分区特征及其主要影响因素[J].广西科学, 2000, 7(1); 30—34.
[6] 任增平,闫俊萍.内蒙古达拉特旗平原区地下水水化学特征及形成机制分析[J].中国煤田地质, 1999, 11(3); 30—33.
[7] 廖资生,林学钰.松嫩盆地的地下水化学特征及水质变化规律[J].地球科学—中国地质大学学报, 2004, (1); 96—102.
[8] 李友宏.宁夏土壤养分管理技术研究[R].银川:宁夏农林科学院土壤肥料研究所, 2002.
[9] 张黎,王利,王红英,等.宁夏地下水资源[M].银川:宁夏人民出版社, 2003.

The groundwater chemistry characteristics of Yinchuan Region

SUN Ya-qiao¹, QIAN Hui¹, ZHANG Li², ZHANG Qin²

(1. School of Environmental Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China;
2. Ningxia Geological Survey, Yinchuan 750000, China)

Abstract: In accordance with hydrogeological condition of Yinchuan region, two groundwater systems are presented in the paper, they are the phreatic water systems with single-layer structure and phreatic water together with shallow confined groundwater system. The component of the major ions, mineralization degree and chemistry types and their variations of the above-mentioned groundwater systems are analyzed. The results show that, from West to East and from North to South, water quality degrades gradually, mineralization degree raises, and the variations of the major ions and mineralization degree are similar, water chemistry type transfer from $\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4\text{--Ca}\cdot\text{Mg}$ to $\text{SO}_4\cdot\text{Cl--Na}\cdot\text{Mg}$. The variation characteristics of shallow confined groundwater are similar with phreatic water.

Keywords: groundwater; water chemistry type; variation characteristics; Yinchuan region
(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>