

山东苍峰铁矿带沟西-西官庄矿区 地下水微量元素 Fe^{3+} 富集赋存规律

朱昶,甘延景,宋帅良

(山东省鲁南地质工程勘察院,山东 兖州 272100)

摘要: 2010年以来,对研究区内水文地质背景及不同层位水质化学测试样品数据分析研究,重点阐述了微量元素 Fe^{3+} 的富集与含水介质岩性、地下水的酸碱度、地层含水性及氧化还原环境的关系,认为地下水中 Fe^{3+} 富集赋存的最有利的环境是变质岩类地层;碳酸盐岩和碎屑岩中水化学类型 $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}$ 型水分布最广,碳酸盐岩的地下水中 Fe^{3+} 平均含量最低;变质岩中硫酸型(包括复合型)的地下水中 Fe^{3+} 的平均含量最高,对 Fe^{3+} 的行为呈正相关关系。地下水中 Fe^{3+} 含量赋存具以副井及其外围地区为中心高浓度分带性。

关键词: 地下水;微量元素 Fe^{3+} ;富集分布;沟西-西官庄铁矿区;山东苍峰

中图分类号: TQ533.1

文献标识码: B

通过讨论天然状态下 Fe^{3+} 的含量,共计 49 个不同层位的地下水水质样品,试图分析水样中的 Fe^{3+} 富集的地质地球化学特征,为寻找研究区内 Fe^{3+} 的赋存规律提供一些参考依据。山东省其他铁矿带区基岩裂隙水中也普遍含有 Fe^{3+} ,该文不涉及。

1 地下水中铁富集的控制因素

铁是一种活动性很强的元素,在地壳上的分布相当广泛,特别是含铁矿物和富含铁的花岗岩、粘土岩和页岩及碳酸盐岩石中,铁的含量相对富集,是提供铁元素物质来源的主要母岩。由于地下水中铁的离子溶解度受水的酸碱度等因素制约,因此,富铁岩石矿带分布区能否形成富 Fe^{3+} 的地下水,很重要的影响因素有水的 pH 值、造岩矿物的风化破碎程度及水交替强度等^[1]。

1.1 地下水的含水介质

含水介质的岩性和化学性质是控制地下水铁元素形成的基本条件,也是最重要的控制因素。地下水铁的元素含量与含水介质的铁元素含量具有较好的相关性^[2]。即地下水铁元素含水量随岩层中铁

元素含量的增高而增高,所以含水介质和岩层中含有大量铁元素,是控制地下水铁含量较高的内在因素。研究区内新太古代泰山岩群山草峪组是沉积变质型铁矿的赋存层位^[3],矿床平均品位 TFe 30.86%,mFe 18.96%。变质岩中高铁地下水含水介质的颗粒成分主要由磁铁矿、褐铁矿、金属硫化物、石英、角闪石、黑云母、绿泥石等组成。区内铁矿是新太古代含水介质形成过程中故有的,变质岩类裂隙含水岩组中多数水点 Fe^{3+} 含量 $\geq 1.5 \text{ mg/L}$ 。

1.2 地下水的酸碱度

酸碱度对铁元素的迁移富集起着重要的作用^[4]。 Fe^{3+} 含量小于 0.08 mg/L 的水样中,该水样中 pH 值一般都小于 7.8; Fe^{3+} 含量大于 1.00 mg/L 的水样中,该水样中 pH 值一般都大于 7.9,表明研究区内地下水的 Fe^{3+} 元素含量随着弱碱度的增强(pH 值数据增大)而增高(表 1),地下水中的 pH 值能影响 Fe^{3+} 迁移能力。

表 1 地下水中 Fe^{3+} 含量与 pH 值的递增关系

pH 值	7.0	7.1	7.3	7.4	7.5	7.7	7.9	8.0	8.1	8.3
Fe^{3+} 含量 mg/L	<0.08	<0.08	<0.08	0.4	0.4	0.28	3.5	0.15	7.0	4.0

收稿日期:2013-06-17;修订日期:2013-11-05;编辑:陶卫卫

作者简介:朱昶(1981—),男,山东微山人,工程师,主要从事矿区水工环地质勘查、评价工作;E-mail:zhuchangh@163.com。

1.3 地层含水性

1.3.1 碳酸盐岩溶裂隙含水岩层

岩性主要为灰岩、云斑灰岩、石英砂岩等组成,该岩组受岩性及断裂构造的影响,其含水不均匀,出露在山麓高地的碳酸盐类含水岩组,含水微弱,埋藏在第四纪地层之下位于深部的碳酸盐类含水岩组,含水性较好,单位涌水量 0.1 ~ 0.88 L/s · m;在排泄区或者地形地貌有利地带及出露地表构造破碎带分布区,地下水易形成中等富水区,并有泉水出露,泉涌水量 2.222 ~ 8.333 L/s,泉水多沿断层带以上升泉形式溢出地表,王埝沟玉龙泉水量较大,泉涌量为 1.881 ~ 9.429 L/s,随季节性变化明显,属含水极不均匀的岩溶裂隙水。地下水补给、径流、排泄条件较好。

1.3.2 碎屑岩类裂隙含水层

岩性为寒武纪馒头组、南华纪佟家庄组和青白口纪二青山组厚层页岩、粉砂岩、含海绿石石英砂岩等,裂隙不发育,单位涌水量小于 0.01 L/s · m,含水微弱;页岩及粉砂岩具有良好阻水性,地下水补给、径流、排泄条件差。

1.3.3 基岩裂隙含水层

是赋矿岩层,为沉积变质岩,岩性为黑云变粒岩、黑云角闪片岩及磁铁角闪石英岩等,岩石裂隙不甚发育,为富水性微弱、渗透性微弱的含水岩组,单位涌水量一般为 0.01 ~ 0.175 L/s · m,该层含水微弱。由于上部二青山组及黑山官组页岩的阻隔,地下水补给、径流、排泄条件极差。

地层含水性及地下水的补给、径流、排泄条件也是影响地下水铁元素迁移、富集的一个重要因素。一般地下水富水性好且补给、径流、排泄条件较好,水中 Fe³⁺ 元素易流失而贫乏,反之,则易富集(表2)。

表2 地下水 Fe³⁺ 含量与地层含水性的关系

富水介质	含水性及补、径、排条件	Fe ³⁺ 平均含量 mg/L	备注
碳酸盐岩	中等富水性;补、径、排条件较好	0.643	共 11 个水样;有 8 个水样 Fe 含量 < 0.08 mg/L
碎屑岩	弱富水性;补、径、排条件差	0.757	共 29 个水样;有 12 个水样 Fe 含量 < 0.08 mg/L
变质岩	弱富水性;补、径、排条件极差	2.490	共 9 个水样

1.4 地下水的氧化还原环境

氧化还原环境对地下水中的变价元素铁的形成

及迁移富集是最重要的外在因素。地下水 Fe³⁺ 含量,在不同的地层环境差异较大,一般出露地表及上部岩层的氧化环境区,Fe³⁺ 易沉淀,故含量低;而在深部变质岩还原环境区,Fe³⁺ 较稳定,不易沉淀,故含量相对较高^[5]。

2 地下水中 Fe³⁺ 富集的水化学特征

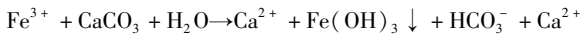
富含 Fe³⁺ 的地下水在不同含水介质中水化学类型表现不同,碳酸盐岩和碎屑岩地下水水化学类型主要为重碳酸型,基本上具有统一的水化学场,水化学类型 HCO₃ - Ca 的分布最广泛,是由于水中的 Ca²⁺, Na⁺ 对 Fe³⁺ 的迁移产生影响造成的,但 Fe³⁺ 的含量普遍偏低,碳酸盐岩中大部分 Fe³⁺ 含量小于 0.08 mg/L,占 75%;碎屑岩中大部分 Fe³⁺ 含量以小于 0.08 mg/L 居多,一般不超过 1 mg/L,占 91.7%;变质岩中 Fe³⁺ 含量以大于 1.0 mg/L 居多,占 69.2%(表3)。

表3 不同富水介质水化学类型地下水中 Fe³⁺ 含量分布

富水介质	序号	地下水水化学类型	铁含量 mg/L					水点个数
			<0.08	0.08 ~ 0.3	0.3 ~ 1.0	1.0 ~ 1.5	>1.5	
碳酸盐岩	1	HCO ₃ · Cl - Ca · Mg	1	—	—	—	—	1
	2	Cl - Ca · Na	1	—	2	—	—	3
	3	HCO ₃ - Mg · Ca	1	—	—	—	—	1
	4	HCO ₃ - Ca	4	1	—	—	—	5
	5	HCO ₃ · SO ₄ - Ca	1	—	—	—	—	1
	6	Cl · SO ₄ - Na	1	—	—	—	—	1
碎屑岩	1	HCO ₃ · Cl - Ca · Mg	2	—	—	—	—	2
	2	Cl - Na · Ca	2	—	—	—	—	3
	3	HCO ₃ - Ca	6	1	2	—	—	9
	4	SO ₄ - Ca	—	—	—	1	—	1
	5	HCO ₃ · SO ₄ - Ca	—	1	—	—	—	1
	6	HCO ₃ · SO ₄ · Cl - Ca · Mg · Na	1	—	1	—	—	2
	7	HCO ₃ - Ca · Na	—	2	2	—	—	4
	8	HCO ₃ · Cl · SO ₄ - Na	—	—	1	—	—	1
	9	SO ₄ · Cl - Na	—	1	—	—	—	1
变质岩	1	Cl · SO ₄ - Na	—	—	1	—	—	1
	2	Cl - Na	—	1	—	—	—	1
	3	SO ₄ - Na	—	—	—	—	1	1
	4	SO ₄ - Na · Ca	—	—	—	—	1	1
	5	SO ₄ · Cl - Na · Ca	—	1	—	—	1	2
	6	HCO ₃ · SO ₄ - Ca	—	—	—	—	2	2
	7	SO ₄ · HCO ₃ · Cl - Na · Ca	—	1	—	—	1	2
	8	HCO ₃ - Na · Ca	—	—	—	1	—	1
	9	HCO ₃ · SO ₄ - Ca · Na	—	—	—	1	—	1
	10	SO ₄ - Na	—	—	—	1	—	1
合计	—	—	—	—	—	—	—	49

在碳酸盐岩及碎屑岩分布区,岩石裂隙发育较好,大气降水补给条件较好,氧化作用明显,即使地下水中 Fe³⁺ 离子有大量的来源,但在强烈的氧化作用下,其呈高价铁的 Fe³⁺ 形式并易形成难溶的氢氧

化物沉淀,其抑制了 Fe^{3+} 离子在水中的富集和迁移,碳酸盐岩及碎屑岩含水介质中含有大量 $CaCO_3$, 微溶于水的 $CaCO_3$ 与水中的 Fe^{3+} 发生反应,生成更易沉淀的 $Fe(OH)_3$,造成碳酸盐岩及碎屑岩中 Fe^{3+} 含量减少。其反应式如下:



研究区内碳酸盐岩及碎屑岩分布区地下水中 Fe^{3+} 含量均较低或很低。

变质岩类基岩裂隙水水化学类型为硫酸型(包括复合型的),水中铁的平均含量均偏高。这是水中对 Fe^{3+} 的行为影响造成的,说明变质岩地层中铁的背景值偏高,与地质背景的地球化学性质密切相关^[6],统计分析表明二者呈正相关关系(图1)。

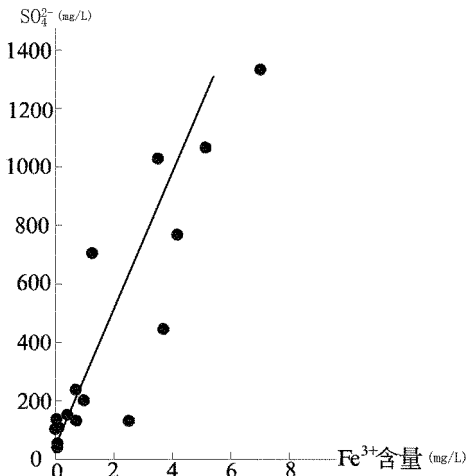


图1 硫酸型(含复合型)水质 SO_4^{2-} 与 Fe^{3+} 含量散点图

3 地下水中 Fe^{3+} 的水平分带性

变质岩基岩裂隙水 Fe^{3+} 分布在整个研究区的总变化趋势是“北高南低”,北部大部分地区 Fe^{3+} 含量大于 1.5 mg/L,在南部多小于 1.5 mg/L,最高浓度中心位于以副井为主的外围地区。

碳酸盐岩裂隙岩溶水中 Fe^{3+} 含量变化分布规律与变质岩 Fe^{3+} 含量变化基本一致,即由北部、中部向东部及南部含量减少,在中部副井一带形成高值区,含量大于 0.5 mg/L(图3)。

4 结论

(1)地下水中微量元素 Fe^{3+} 富集赋存的最有利环境是变质岩地层,富含 Fe^{3+} 的地下水 pH 值一般都大于 7.9。

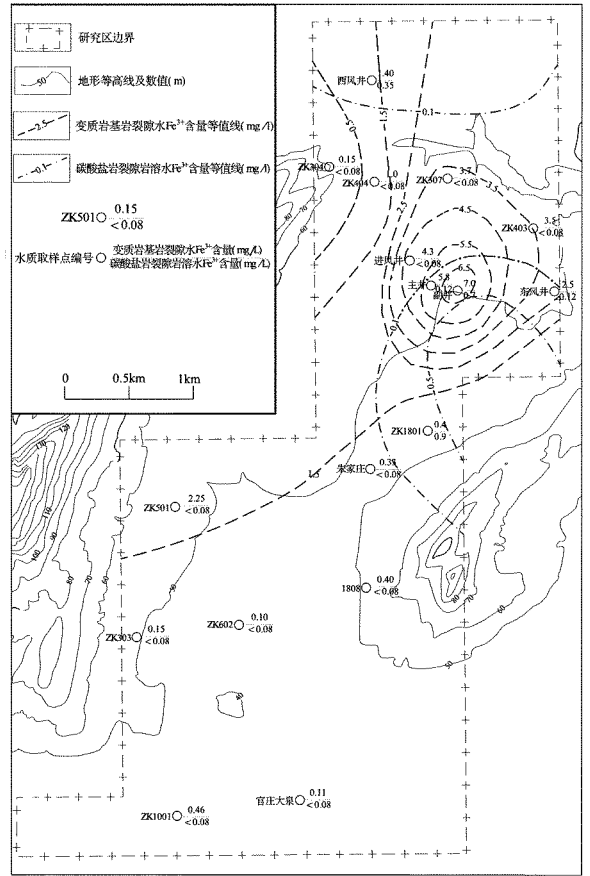


图2 地下水 Fe^{3+} 含量等值线图

(2)碳酸盐岩和碎屑岩中地下水水化学类型 $HCO_3 - Ca$ 型分布最广泛,碳酸盐岩的地下水中 Fe^{3+} 平均含量最低。

(3)硫酸型(包括复合型)的地下水中 Fe^{3+} 的平均含量均大于 1 mg/L,水中与 Fe^{3+} 二者呈正相关关系。

(4)研究区内地下水中 Fe^{3+} 含量分布总变化趋势“北高南低”。形成以副井及其外围地区为主的最高浓度分带性。

参考文献:

- [1] 刘英俊,曹励明,李兆麟,等.元素地球化学[M].北京:科学出版社,1984.
- [2] 曾昭华.长江中下游地区水中化学元素的背景特征及形成[J].地质学报,1996,70(3):262-269.
- [3] 张增奇,刘明渭.山东省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1996.
- [4] 曾昭华.长江中下游地区环境背景形成的控制因素[J].江西地质,1993,7(3):211-222.
- [5] GB12719-91.矿区水文地质工程地质勘探规范[S].1991.
- [6] 钱易,唐孝炎.环境保护与可持续发展[M].北京:高等教育出版社,2000:50-94.

Enrichment Occurrence Regularity of Trace Elements Fe^{3+} in Underground Water in Gouxi – Xiguanzhuang Mine in Cangyi Iron Belt in Shandong Province

ZHU Chang, GAN Yanjing, SONG Shuailiang

(Lunan Geo – engineering Exploration Institue, Shandong Yanzhou 272100, China)

Abstract: Since 2010, hydrogeological background and chemical testing data of water quality in different layers in studying area have been analyzed. Relation between the enrichment of trace element Fe^{3+} and lithology in aqueous medium, pH value of groundwater, water – bearing property and oxidation – reduction environment has been introduced emphatically. It is regarded that the most favorable environment for Fe^{3+} enrichment is metamorphic rocks; $HCO_3 - Ca$ type water is widely distributed in carbonate and clastic rocks; the average content of Fe^{3+} is the lowest in carbonate type in groundwater; while the average content of Fe^{3+} in sulfate type (including complex) groundwater in metamorphic rocks is the highest. Thus, it shows a positive correlation with Fe^{3+} . Fe^{3+} content in groundwater occurs a high concentration of zonation in auxiliary shaft and its surrounding areas.

Key words: Groundwater; trace elements Fe^{3+} ; enrichment distribution; Gouxi – Xiguanzhuang iron deposit; Cangyi in Shandong province