

DOI:10.16030/j.cnki.issn.1000-3665.201809139

山东临朐盆地新构造运动特征及其对地下水的控制作用

李巨芬, 李 伟, 冯庆达, 吕 琳, 马雪梅

(中国地质调查局水文地质环境地质调查中心, 河北 保定 071051)

摘要: 地质构造, 特别是新构造对基岩地下水的赋存、分布规律起着控制作用, 也是找水定井的关键。在临朐盆地水文地质调查及钻探成果资料分析的基础上, 结合解析区域新构造运动特征及其表现形式, 选取部分典型实例, 从地下水类型空间分布特征、侧向补给径流条件、赋存空间特征等方面分析了新构造运动对盆地地下水的控制作用, 并归纳了研究区在新构造运动控制下发育的典型蓄水构造类型。得出结论: (1) 临朐盆地地质背景条件复杂, 新构造活动强烈, 且具有多期性和多方向性活动特征, 形成了盆地现代地貌格局和地质结构, 从而控制了不同类型地下水的空间分布; (2) 在新构造运动控制下, 盆地西部、南部抬升, 岩溶发育, 成为地下水直接补给区, 侧向径流补给构成盆地地下水的主要补给来源; (3) 受构造活动强度、岩性结构和地下水径流条件的影响, 五井断裂两侧碳酸盐岩裸露区为地下岩溶强径流带, 岩石透水而不富水; 五井—冶源段为地下岩溶强富水区; 冶源水库以北、石佛堂—临朐断裂以东至盆地东部边界, 为非可溶性层状岩类弱富水区; 盆地东边界双山-李家庄断裂沿线为新生代玄武岩孔洞裂隙及古风化壳裂隙水较富水区; (4) 临朐盆地发育 4 种典型蓄水构造类型, 即, 断裂带型、接触带型、水平层型、复合型等, 其中, 断裂带型蓄水构造为盆地主要蓄水构造类型, 也成为研究区找水打井的主要目标。

关键词: 新构造运动; 新构造; 地下水; 蓄水构造

中图分类号: P641.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-3665(2020)01-0028-09

Characteristics of the new tectonic movement and its control of groundwater in the Linqu Basin in Shandong

LI Jufen, LI Wei, FENG Qingda, LYU Lin, MA Xuemei

(Centre for Hydrogeology and Environmental Geology, CGS, Baoding, Hebei 071051, China)

Abstract: Geological structures, especially the neotectonics, play a controlling role in the occurrence of groundwater in bedrocks, and they are also the key factors for determination of well location and groundwater exploration. The north China anti-drought hydrogeology survey and drilling were carried out in the Linqu Basin in Shandong. Combined with the neotectonic movement in the parsed area and its expression form, some typical examples were select to examine the spatial distribution characteristics of groundwater types, lateral recharge of groundwater runoff conditions and characteristics of groundwater in space, etc. Control of the neotectonic movement of groundwater in the basin was analyzed, and the typical storage structures of groundwater under the control of the new tectonic movement were summarized. The research results show that (1) the Linqu basin is characterized by complex geological background, strong neotectonic activities, multi-phase and multi-directional activities, which has formed modern geomorphic pattern and stratigraphic structure of the basin and controlled the spatial distribution of different types of groundwater. (2) Under the control of

收稿日期: 2018-09-16; 修订日期: 2019-05-10

基金项目: 中国地质调查局水环地质调查项目(DD20190259; DD20160289)

第一作者: 李巨芬(1964-), 女, 教授级高级工程师, 主要从事水环地质调查遥感技术应用与研究。E-mail: juju51831@sina.com

the neotectonic movement, the western and southern parts of the basin were uplifted and karst was developed. The direct recharge areas of groundwater are located in the western and southern parts and the lateral runoff recharge constitutes the main source of groundwater recharge in the basin. (3) Under the influence of the tectonic activity intensity, lithological structure and groundwater runoff conditions, the outcropping carbonate rocks on both sides of the Wujing fault are strong runoff zones with underground karst, and the rocks are permeable but not water-rich. The Wujing-Yeyuan section is an underground karst water-rich area. The north of the Yeyuan reservoir and east of Shifotang-Linqu fault to the eastern boundary of the basin are the weakly water-rich areas of insoluble stratified rocks. In the eastern boundary of the basin, the fractures along the Shuangshan-Lijiazhuang fault are the relatively water-rich areas of the Cenozoic basalt with pore and fissures and ancient weathering fissured crust. (4) There are four typical types of groundwater storage structures in the Linqiu basin, namely, fault belt type, contact belt type, horizontal layer type and complex type, etc. The belt type groundwater storage structure is the main type of storage structures in the basin, and it has also become the main target of groundwater exploration and well location in the study area.

Keywords: new tectonic movement; new structure; groundwater; water storage structure

临朐盆地地处山东省中东部, 87.3% 为低山丘陵区, 地质条件复杂, 断裂构造发育, 新构造活动强烈。地下水的形成、运移、储存和排泄条件受地形地貌、地层岩性和地质构造, 特别是新构造运动的控制, 水资源分布极不平衡, 贫富不均。长期以来, 该区主要以地表水或大口井作为供水水源, 对地下水的赋存分布规律缺乏深入了解, 开发利用程度较低。随着国民经济的发展和人民生活水平的提高, 用水量不断增加, 地下水水位逐年下降, 部分大口井干枯, 同时, 由于小型工矿企业、养殖业及生活污水排放量不断增加, 地表水及部分浅层地下水受到不同程度污染^[1], 水资源供需矛盾日益突出。

2011年春季, 该区遭遇了60年一遇的特大干旱, 当地生产和居民生活受到了严重影响。为解困抗旱, 由中国地质调查局组织的找水抗旱专业队伍, 在临朐县连续奋战了50 d, 成井45眼, 日供水量达26 920 m³/d, 有效缓解了当时旱情。2015年以来, 为进一步查明沂蒙山区地下水的形成条件、赋存和分布规律, 由中国地质调查局水文地质环境地质调查中心承担的“沂蒙山革命老区1:5万水文地质调查”项目在此持续开展。

本文以区域地质、水文地质资料为基础, 以构造控水理论为指导, 通过调查分析, 明确了研究区新构造运动特征及其表现形式; 以2011年抗旱找水工作获取的单井资料为典型案例, 从地下水类型空间分布特征、地下水侧向补给径流条件、地下水赋存空间特征等方面分析了新构造运动对盆地地下水赋存分布的控制作用, 并归纳了研究区在新构造运动控制下发育的典型

蓄水构造类型, 为该区精准找水打井指明了方向。

1 研究区概况

1.1 自然地理

研究区位于山东省中东部, 潍坊市西南部, 面积1 835 km², 人口86.1万。总体地势西南高、北东低。山区丘陵地形占全区面积的87.3%, 西部和南部分属鲁山和沂山山系, 沂山为区内最高峰, 海拔1 032 m。

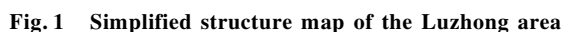
本区属暖温带季风气候区, 年均气温12.4℃, 年均降水量712 mm, 降水主要集中在8-9月, 5-6月为枯水期。弥河为区内主要河流, 发源于沂山和鲁山北麓, 属常年性河流, 呈北北东向由南向北穿过盆地, 并流出境外。南部河流出山口建有冶源水库, 汇集山区地表水及部分地下水。

1.2 地质概况

研究区处于鲁西中台隆区, 郯庐大断裂—沂沭断裂段之郯部—葛沟断裂带与五井断裂带之间^[2] (图1), 南麻弧形断裂以北, 沂山断块凸起北缘, 主要构造线方向NNE、NE、NW向, 地层发育较全, 从老到新有太古界泰山群, 古生界寒武系、奥陶系、石炭系, 中生界侏罗系、白垩系, 新生界古近系、新近系和第四系等。

2 盆地新构造运动特征及表现形式

临朐盆地大地构造是断裂与其围限断块镶嵌而成的块断构造^[3]。该区主要经历了印支、燕山和喜山三期地壳运动, 特别是喜山运动在本区活动强烈, 区内形成了不同形态、方向、性质、级别和不同序次的断裂、褶



新构造活动的多期性也为岩浆的多期喷发活动提供了条件。盆地中东部下峪—临朐和双山—李家庄两条 NW 向活动断裂之间大面积分布牛山组玄武岩,不整合于古近系砂岩、砂质页岩之上。牛山、青山、方山等孤立山丘,岩性为尧山组橄榄玄武岩,下部夹气孔、杏仁状玄武岩,覆盖在山旺组砂岩、砾岩之上。

3 新构造运动对盆地地下水的控制

3.1 控制不同类型地下水的空间分布

新构造运动通过控制盆地结构演化而控制不同类型地下水的空间分布。盆地始于中生代晚期^[9],盆地边界受 NW 向双山—李家庄断裂和 NE 向上五井断裂控制,盆地内部主要受 NNE 向石佛堂—临朐断裂、NW 向下峪—临朐断裂控制,早白垩纪以火山碎屑岩堆积

为主,晚白垩纪处于上升剥蚀期,古近纪沉积了河湖相砂砾岩,新近纪沿盆地东部边缘断裂有裂隙式玄武岩喷发,第四纪以中、晚更新世冲洪积堆积为主。

五井断裂以西、冶源—五井以南到九山断裂之间为裸露型裂隙岩溶水分布区,岩性为寒武系页岩夹灰岩、灰岩夹页岩,奥陶系厚层白云质灰岩、灰岩(图 2)。

五井断裂以东至石佛堂—临朐断裂之间为覆盖型岩溶水分布区,碳酸盐岩类含水岩组为寒武系灰岩夹

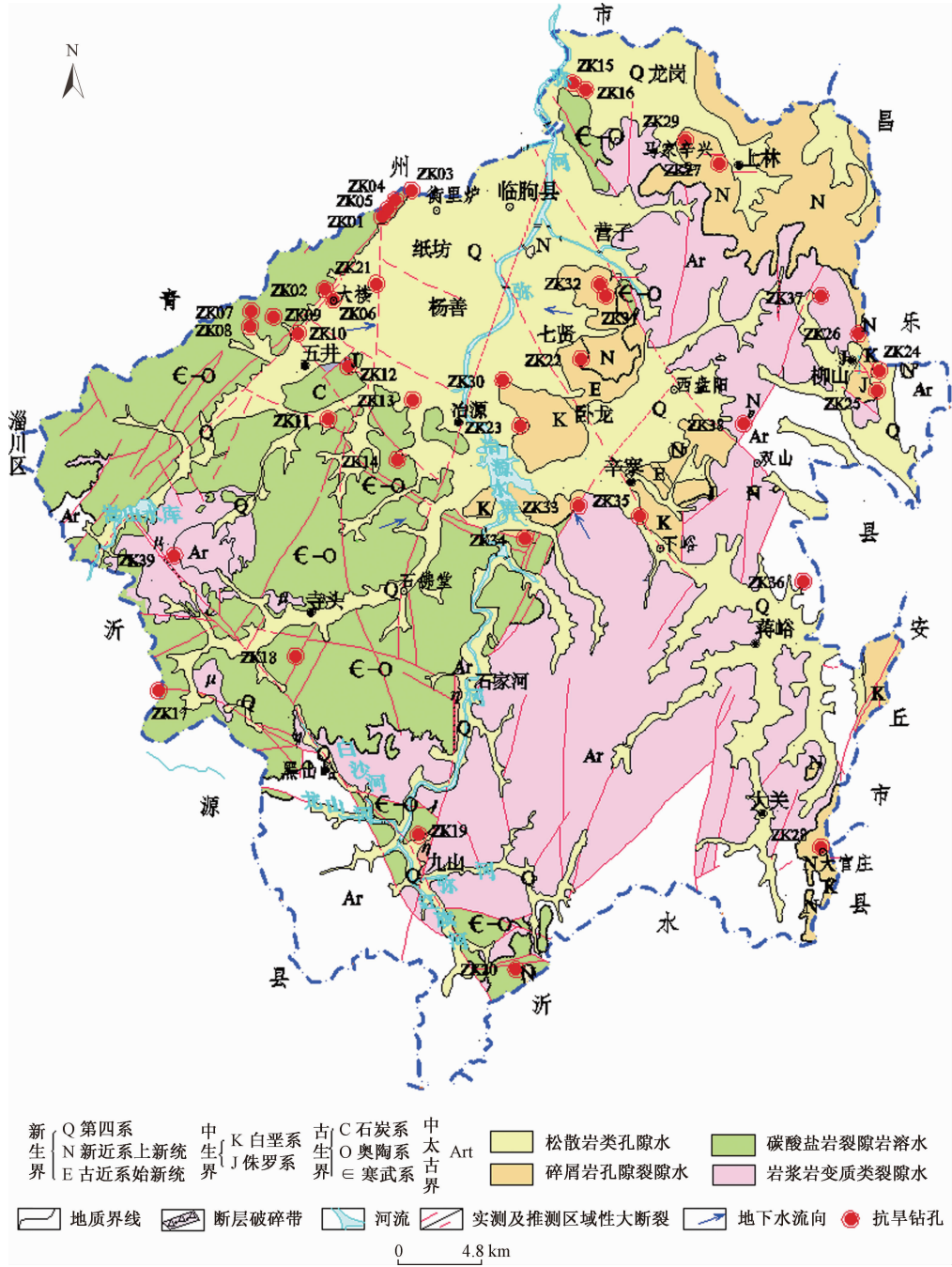


图 2 临朐盆地水文地质简图

Fig. 2 Simplified hydrogeological map of the Linqu basin

页岩,奥陶系厚层白云质灰岩、灰岩,赋存裂隙岩溶水,上覆第四系冲、洪积砂砾石、砂土、粉砂土。其边缘区覆盖层厚度数米至十余米,在水位以上,构不成含水层,钻孔 ZK01、ZK03—ZK06 揭露地层属该类(表 1),盆地中北部覆盖层厚度达数十米,赋存松散岩类孔隙水。

冶源水库以北、石佛堂-临朐断裂以东至盆地东部

边界,以碎屑岩孔隙裂隙水为主,岩性包括侏罗系粉砂岩、砂砾岩,白垩系砂岩、砾岩、火山碎屑岩,古近系砾岩、砂岩、砂页岩互层,钻孔 ZK21—ZK26 揭露地层属该类。局部碎屑岩上覆新近系气孔状玄武岩、玄武岩夹砂质黏土、砾岩,赋存孔洞裂隙水,钻孔 ZK28、ZK29 即为典型。

表 1 临朐盆地钻孔水文地质特征

Table 1 Hydrogeology character of the borehole data in the Linqu basin

编号	钻孔位置 镇 村	地下水 类型	含水岩组 时代 岩性	孔深/ m	涌水量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	水位/ m	主要 出水段	蓄水构造 类型
ZK1	北高家庄	裂隙岩溶水	ϵ 灰岩夹页岩	162	373.4	58.6	NW 向断裂破碎带	断裂带型
ZK2	傅家峪村		ϵ 灰岩夹页岩	301.6	144	96.3	NNE 向断裂破碎带	断裂带型
ZK3	城关办 衡里炉村		ϵ 、O 灰岩、白云质灰岩	184.6	840	17.1	NW 向断裂破碎带	断裂带型
ZK4	西安村		ϵ 、O 灰岩、白云质灰岩	151	1080	92.7	NW 向断裂破碎带	断裂带型
ZK5	董家楼村		ϵ 、O 灰岩、白云质灰岩	183	1440	90.3	NW 向断裂破碎带	断裂带型
ZK6	大楼村		ϵ_2 灰岩	214	360	40.9	NW 向断裂破碎带	断裂带型
ZK7	天井村 1		ϵ 灰岩夹页岩	499.8	干孔	干孔	NW 向断裂破碎带透水、不含水	(不富水)
ZK8	天井村 2		ϵ_2 灰岩	253	240	96.4	NNE 向断裂破碎带	断裂带型
ZK9	花园河 1		ϵ 灰岩夹页岩	360	144	52.5	NW 向断裂破碎带	断裂带型
ZK10	花园河 2		O 灰岩	193	960	109.9	NNE 向断裂破碎带	断裂带型
ZK11	黄崖头	裂隙岩溶水	O ₂ 灰岩	188	1440	28	NNE 向断裂破碎带,见溶洞	断裂带型
ZK12	大辛庄		O 灰岩	150	2400	43	NW、NNE 向断裂破碎带,见溶洞	断裂带型
ZK13	冶源镇 黄家宅		O 灰岩	118	2680	16.5	NNE 向断裂破碎带,见溶洞	断裂带型
ZK14	老崖固		O 灰岩	198.5	720	96.4	NE、NW 向断裂破碎带	断裂带型
ZK15	安家庄		ϵ_2 灰岩	172	240	26.17	NW 向断裂破碎带	断裂带型
ZK16	龙岗镇 十字路		ϵ_2 灰岩	162	1680	13.5	NE、NW 向断裂破碎带	断裂带型
ZK17	双泉村		ϵ 灰岩、白云质灰岩、泥灰岩	126	720	83.5	NE、NW 向断裂破碎带	断裂带型
ZK18	南照村		ϵ_2 灰岩	177	72	60.6	NE 向断裂破碎带	断裂带型
ZK19	响水崖		ϵ_2 灰岩	102.2	1440	41.9	NE 向断裂破碎带	断裂带型
ZK20	磨石峪		ϵ_2 灰岩	157.2	480	56.6	NE 向断裂破碎带	断裂带型
ZK21	冶源 福山集	孔隙裂隙水	K1 碎屑岩	62.01	240	15	NW 向断裂破碎带	断裂带型
ZK22	罗家树		E 砂砾岩	203	120	38.4	碎屑岩孔隙	水平层型
ZK23	丁家焦蜜		E 砂砾岩	275	120	18.1	碎屑岩孔隙	水平层型
ZK24	魏家庄		K 砂砾岩	151	288	8.66	碎屑岩孔隙	水平层型
ZK25	柳山镇 西翠飞		J、K 凝灰质粉砂岩	190	干孔	干孔	NW 向断裂破碎带弱透水	(不富水)
ZK26	后疃村		K 砂岩、粉砂岩	114	干孔	干孔	NNE、NNW 向断裂破碎带,弱透水	(不富水)
ZK27	龙岗镇政府	孔洞裂隙水	N 玄武岩	172	248.6	26.2	孔洞裂隙	水平层型
ZK28	沂山 大官庄		N 玄武岩、砂砾岩	153	120	53.2	孔洞裂隙、孔隙	水平层型
ZK29	柳山 马家辛兴		N 玄武岩	140.9	1440	37.73	NNE 向断裂带、古风化壳	复合型
ZK30	西寨	基岩裂隙水	K1 安山岩	255	120	15.8	NW 向断裂破碎带	断裂带型
ZK31	东城办 甘石沟 1		N 玄武岩	150	480	43	NW 向断裂破碎带	断裂带型
ZK32	甘石沟 2		N 玄武岩	184.4	600	11	NW 向断裂破碎带	断裂带型
ZK33	辛 西刘家庄		K 火山碎屑岩	346	干孔	干孔	弱透水	(不富水)
ZK34	寨 中白沙		Pt 变质岩	473	干孔	干孔	弱透水	(不富水)
ZK35	镇 下峪村		K 集块角砾岩、砂砾岩	150	480	3.0	NNE 向断裂破碎带	断裂带型
ZK36	沂山 苏家官庄		Pt 花岗岩	110.4	240	16.5	NE 向断裂破碎带	断裂带型
ZK37	范家河		Pt 花岗岩	120.2	120	22.8	NE 向断裂破碎带	断裂带型
ZK38	柳山 南福山		Pt 花岗岩	230	240	15.5	NE 向断裂破碎带	断裂带型
ZK39	寺头 铁寨		Art 变质岩	275	120	77.2	NE 向断裂破碎带	断裂带型

松散岩类孔隙水集中分布于盆地中北部、山间洼地和沟谷河槽内。岩性为第四系冲积、冲洪积砂砾石、砂土、粉砂土,堆积厚度由南向北增大,西北部最大揭

露厚度 93.33 m。

基岩裂隙水大面积分布于盆地东、南部外围,柳山镇、沂山镇、九山镇、寺头镇辖区,岩性主要为太古界花

岗岩变质岩,钻孔 ZK36—ZK39 揭露地层属该类。

3.2 控制地下水侧向径流补给条件

盆地地下水侧向径流补给条件受新构造运动作用明显。具体表现为地形起伏大、断裂构造发育、岩石透水性强等。

五井断裂以西为碳酸盐岩构成的低山区,地表分水岭北东向延伸,盆地边缘至分水岭 0~5 km,地形起伏大,深切冲沟发育,地表及地下水径流方向呈北西—南东向。据调查,该区地下水位高出盆地水位数十米,径流途经短,北西向次级构造及构造裂隙发育,构成盆地西缘地下水补给区及强径流带。

盆地南缘由 NW 向活动断裂构成山区与平原盆地分界,受新构造运动差异性抬升控制,山区抬升幅度较大,河谷切割深。弥河主干河谷基本沿 NNE 向活动断裂发育,将山区分为东西两部分。河道以西为碳酸盐岩分布区,岩层总体倾向北东,岩石裂隙、溶隙发育,透水性强,利于降雨入渗。岩溶发育地段造成山地河溪及冲积层孔隙水渗漏,地下水径流通畅,地表及地下水总体径流方向由南部向盆地径流排泄。河道以东为致密块状花岗岩变质岩分布区,基本无深层地下水向盆地侧向径流补给。

盆地东部边缘即为地表分水岭,以浑圆状丘陵地貌为特征。分水岭以东为花岗岩变质岩,以西为新近系玄武岩和白垩系火山碎屑岩,岩石表层弱风化至中等风化,透水性较差,侧向径流及垂向入渗补给作用较弱。新构造运动对该区的影响主要表现为活动断裂和断块差异升降。地表河流主要沿着活动断裂带及不同断块结合部发育,成为地表及地下水的主要排泄区。

3.3 控制地下水赋存条件

地层岩性是形成蓄水构造的物质基础^[10]。临朐盆地处于郯部—葛沟断裂与五井断裂带之间,基岩大多经历了多次构造变动,构造裂隙较发育。结构致密的老地层岩石,在新构造运动的影响下,除产生新的构造裂隙外,一些老的构造裂隙或已经愈合的构造带能够再活动张开或变得结构松散,增大地下水储存空间。因此,无论任何地层岩石构成的基岩区,都可能具有构造裂隙水和再活动的老构造裂隙水的分布^[6]。受构造活动强度、岩性结构和地下水补给径流条件的影响,不同类型岩石储水条件差异较大。

3.3.1 可溶性碳酸盐岩富水性分区

(1) 活动构造与地下水强径流带

盆地西界上五井断裂大楼至赵家庄段,西盘出露奥陶系北庵庄组中厚层微晶灰岩,东盘沿断裂带出露马家沟组八陡段厚层泥晶灰岩,受多期构造活动影响,岩石构造裂隙发育,透水性强,地下水接受大气降水及

侧向径流补给充足。由于地势较高,水力坡度较大,构造带及构造裂隙发育带构成地下水导水通道或强径流带,成为透水、不含水区段。

钻孔 ZK02、ZK07—ZK10 属该类区,钻探均遇到多个岩石破碎段,岩芯裂隙壁具有染色现象,表明钻孔揭露了断裂带,且沿构造带曾有过地下水入渗及溶蚀作用,但都不含水或较少含水。究其原因:一方面是新构造活动导致老断裂构造复活和变形,透水性增强,地下水径流途经发生改变。另一方面是新断裂构造为地下水运移和储存开辟了新通道和空间。

(2) 活动构造与地下岩溶强富水区

盆地西南五井—冶源可溶岩区,受新构造运动影响较大,发育 NNE 和 NW 向两组活动断裂,地层被切割成一系列的断块,断裂与断裂交汇,构造裂隙连通,岩石透水性增强,地下岩溶发育,成为裂隙岩溶水强富集区。位于该区的 ZK11—ZK13 钻孔均揭露直径大于 1 m 溶洞,钻孔涌水量大于 1 000 m³/d。

3.3.2 非可溶性层状岩类弱富水区

非可溶性层状岩石主要分布于盆地东南部。冶源水库以北为新近系泥岩、砂质页岩及粉砂岩互层,泥质含量高,塑性大,透水性差,即使有断裂活动也不赋水。冶源水库以东为白垩系安山质火山角砾岩、集块角砾岩、凝灰岩和安山质集块角砾溶岩等,岩石成层性差,致密坚硬,孔隙、裂隙不发育,透水性、含水性差,即使在活动构造发育部位赋水性也差。

3.3.3 新生代玄武岩较富水区

新生代玄武岩储水空间除发育在浅层风化带裂隙外,主要为气孔、原生节理裂隙和局部构造裂隙。受分布范围所限,各处节理裂隙、气孔构造发育程度差异较大,在构造不发育区域,气孔、裂隙连通性较差,赋水性较差,最可能赋存地下水的空间为不同期玄武岩接触面古风化壳,赋存风化裂隙水,其次为玄武岩下伏的古近系半胶结的砂砾岩赋存孔隙水,钻孔涌水量大于 120 m³/d。

活动断裂在玄武岩区不仅形成构造裂隙,还使玄武岩中封闭或不连续分布的气孔及节理裂隙沟通,既增加了地下水的补给途径,又增大了岩石的储水空间。

3.4 控制典型蓄水构造形成

蓄水构造是地下水富集和储藏场所,在基岩山区找水主要是寻找蓄水构造^[11-16]。任何蓄水构造都是由透水岩层或岩层的透水带、隔水岩层或阻水体以及透水边界三个基本要素组成^[10]。在新构造活动控制下,临朐盆地发育多种类型蓄水构造:断裂带型、接触带型、水平层型、复合型等。

(1) 断裂带型蓄水构造

断裂带型蓄水构造是临朐盆地主要的蓄水构造类型(表1)。包括含水新构造断裂带、尚未充填胶结的老构造断裂带以及新活动的老构造断裂带等。

其富水性取决于断裂性质、地层岩性,以及补给径流条件。盆地 NNE、NW 向断裂多具张性、张扭性和多期活动性,断裂带本身结构疏松,胶结和充填程度较低,是地下水赋存的有利场所^[19],一般构成廊道式断裂带富水段或导水通道,地下水补给充足时,富水性较强。

在断裂性质和补给径流条件相近的情况下,断裂带富水性主要取决于地层岩性。从钻孔资料统计,临朐盆地断裂带型蓄水构造富水性具如下规律:厚层碳酸盐岩 > 碳酸盐岩夹碎屑岩 > 气孔状玄武岩 > 块状基岩 > 碎屑岩。

(2) 接触带型蓄水构造

石佛堂—临朐 NNE 向活动断裂于临朐盆地中部通过,倾向南东,倾角约 50°,断裂使奥陶系厚层灰岩与白垩系安山质凝灰岩接触。断裂西南部冶源一带,地形起伏大,沟谷切割强烈,寒武—奥陶系灰岩中岩溶裂隙发育,其发育深度 40 ~ 100 m,为地下水的赋存运移营造了良好通道,来自西部、南部的岩溶地下水,在盆地中受到白垩系火山岩地层的阻挡而富集,以泉的

形式出露于地表,形成了著名的老龙湾泉群(图3),多年最大流量 $1.6 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{d}$,2009 年 6 月 24 日野外调查时,泉水流量约 $1.0 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{d}$,水质良好。

(3) 水平层蓄水构造

新生代多期构造运动引发的岩浆喷发在盆地中东部牛山—方山、盆地东南部太平顶等地古近系碎屑岩之上。玄武岩与碎屑岩接触带之间为近水平状的半松散砂砾岩,具备良好的贮水条件,其下伏的古近系粉砂岩、泥质粉砂岩相对隔水,砂砾岩成为区域含水层(图4)。受地形条件控制,大气降水是地下水的唯一补给源,由地表入渗通过裂隙—孔洞向深部径流,地下水遇古近系碎屑岩阻滞,在半松散砂砾岩中富集,从而形成水平层状蓄水构造。受限于地形条件,地下水补给源不足,砂砾岩含水层被陡坡切割,部分地下水于坡脚排泄形成下降泉,因此,该类型蓄水构造富水性有限,且由中央向边缘富水性变差。

盆地东南太平顶玄武岩熔岩台地与盆地高差大于 100 m,台地面积大于 2 km^2 ,上部为气孔状、杏仁状玄武岩、致密块状玄武岩,厚度近 60 m,下部为古近系砂砾岩、粉砂岩。玄武岩储水空间主要为气孔、原生节理裂隙^[17-18]、古风化壳裂隙,以及下伏古近系砂砾岩孔

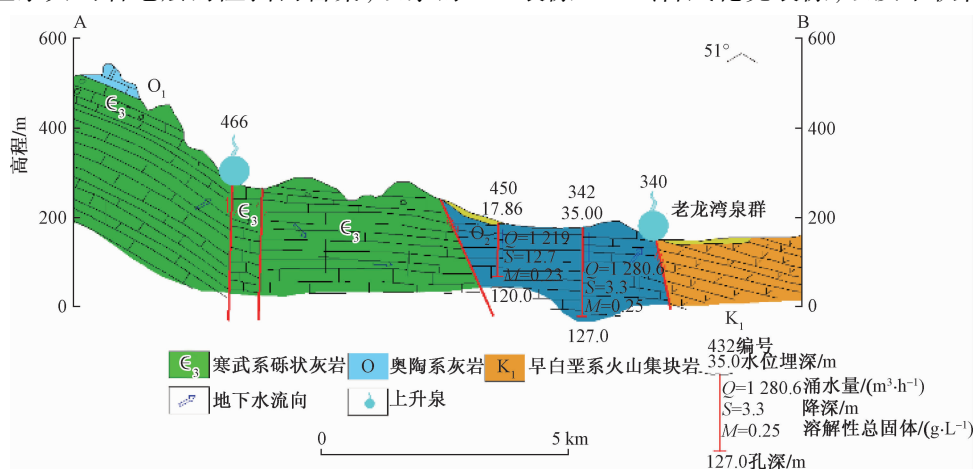


图3 接触带型蓄水构造示意图

Fig. 3 Contact-zone groundwater storage structure

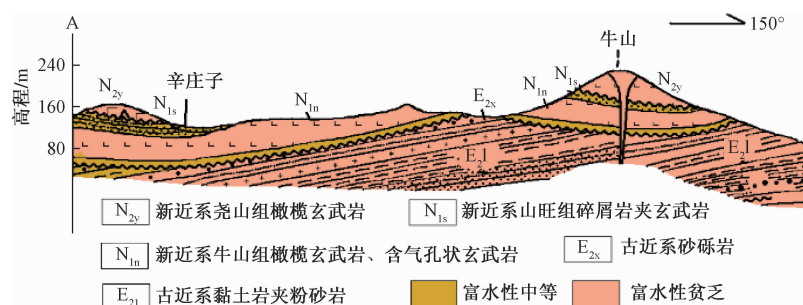


图4 水平层蓄水构造示意图

Fig. 4 Schematic diagram showing the groundwater storage structure of a horizontal aquifer

隙。大气降水为地下水的补给源,透水岩层位于排泄基准面以上,靠底板隔水层阻挡,远离台地边缘的地下水滞留其上,形成上层滞水(或称悬挂潜水)。位于台地的大官庄钻孔 ZK28,孔深 153 m,揭露岩层为玄武岩及古近系砂砾岩,单井涌水量 120 m³/d,基本满足当地居民生活用水需求。

(4)复合型蓄水构造

由于玄武岩为多期次间歇式喷发,其具有复杂的多层结构,在每次喷发间断期间玄武岩之上,有的接受松散沉积物,有的形成剥蚀间断面,这种玄武岩与松散层及剥蚀面相间出现对本区地下水运移和储存提供了良好的空间,形成层间近水平蓄水构造。在此基础上,若发育断裂构造(新构造)则形成水平层状加断裂带的复合型蓄水构造。此类蓄水构造一般富水性强,单井出水量大,是成井的有利部位。

盆地东北部的马家辛兴抗旱供水井 ZK29 位于多期次玄武岩分布区 NNE 向断裂带上,井深 140.8 m,出水量 1 440 m³/d,是当前玄武岩区出水量最大的水井。物探勘查和钻探结果均证实了断裂的存在,在 41.7~47.0 m、75.6~80.0 m、98.0~100.5 m 深度段岩石块状破碎,为断层破碎带,井径测试岩石破碎段超径明显(图 5)。

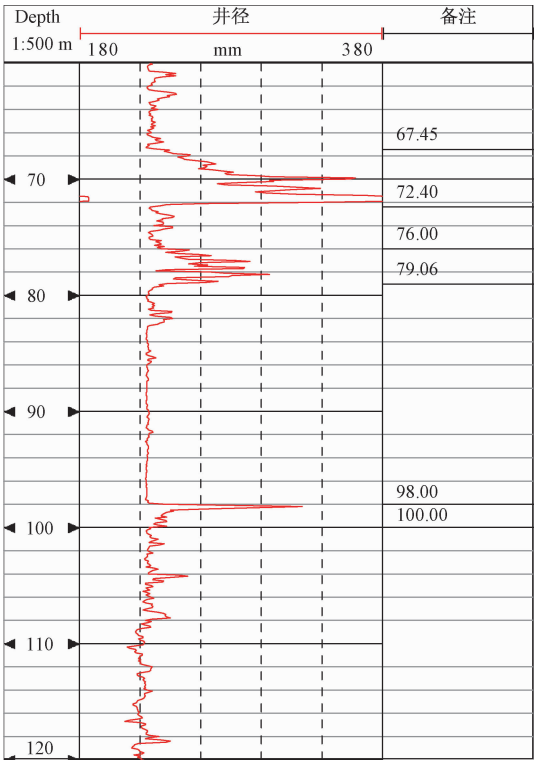


图 5 马家辛兴主要出水段测井曲线

Fig.5 Logging curves of the main outfall section in Majiaxinxing

4 结论

(1)临朐盆地新构造活动强烈,具有继承性、多期性和多向性活动特征。新构造活动通过控制盆地及周边地貌格局和地质结构,控制不同类型地下水的空间分布。

(2)受新构造运动控制,盆地西部、南部岩溶地下水侧向径流构成盆地地下水的主要补给来源。

(3)在构造活动强度、地层岩性结构以及地下水径流条件的影响下,五井断裂两侧碳酸盐岩裸露区成为地下岩溶强径流带,岩石透水而不富水;五井—冶源段为地下岩溶强富水区;冶源水库以北、石佛堂—临朐断裂以东至盆地东部边界,为非可溶性层状岩类弱富水区;盆地东边界双山—李家庄断裂沿线为新生代玄武岩孔洞裂隙及古风化壳裂隙水较富水区。

(4)由调查及抗旱成果资料统计得出,临朐盆地主要发育四类典型蓄水构造,即,断裂带型、接触带型、水平层型、复合型等。各类蓄水构造均受新构造作用的控制。其中,断裂带型蓄水构造为盆地主要蓄水构造类型,占比大于 70%,是该区找水打井的主要目标。

参考文献 (References):

[1] 于延凤,王允宝,赵丙伟. 临朐县水资源可持续利用的问题与措施[J]. 山东水利, 2010(4): 56 - 58. [YU Y F, WANG Y B, ZHAO B W. Sustainable utilization of water resources in Linqu County [J]. Shandong Water Resources, 2010 (4): 56 - 58. (in Chinese)]

[2] 万天丰. 郯庐断裂带的延伸与切割深度[J]. 现代地质, 1996, 10(4): 518 - 525. [WAN T F. Length and penetration depth of Tancheng Lujiang fault zone in eastern Asia [J]. Geoscience-Journal of Graduate School, China University of Geosciences, 1996, 10 (4): 518 - 525. (in Chinese)]

[3] 赵一康,李克祥. 临朐幅区域水文地质调查报告[R]. 济南:山东省地质局第一水文地质队,1979. [ZHAO Y K, LI K X. Regional hydrogeological survey report of Linqu area [R]. Jinan: The first hydrogeological survey team of Shandong geological bureau, 1979. (in Chinese)]

[4] 叶定衡,王新政,赵玉敏. 中国新构造运动基本特征[M]. 北京:中国地质科学院地质力学研究所文集, 1994: 77 - 84. [YE D H, WANG X Z, ZHAO Y M. Neotectonics in China [M]. Beijing: Bulletin of the Institute of Geomechanics Chinese Academy of Geological Sciences, 1994: 77 - 84. (in Chinese)]

[5] 刘明渭. 鲁中地区五井断裂带的生成和演化[J]. 山东地质, 1999, 15(2): 9 - 14. [LIU M W.

- Formation and evolution of the Wujing fault zone in central Shandong province [J]. *Geology of Shandong*, 1999, 15 (2): 9 - 14. (in Chinese)]
- [6] 肖楠森. 新构造分析及其在地下水勘查中的应用[M]. 北京: 地质出版社, 1986. [XIAO N S. Neotectonic analysis and its application in groundwater exploration [M]. Beijing: Geology Press, 1986. (in Chinese)]
- [7] 谢广林. 中国活动断裂遥感信息分析[M]. 北京: 地质出版社, 2000. [XIE G L. Remote sensing information analysis of active faults in China [M]. Beijing: Geology Press, 2000. (in Chinese)]
- [8] 张森琦, 杨站君, 石维栋, 等. 黄河源区的生态环境地质[M]. 北京: 地质出版社, 2011. [ZHANG S Q, YANG Z J, SHI W D, et al. Eco-environmental geology of the source region of the Yellow River [M]. Beijing: Geology Press, 2011. (in Chinese)]
- [9] 李家灵, 晁洪太, 崔昭文, 等. 山东临朐盆地边界断裂活动特征及其地震意义[C]//中国地震学会第六次学术大会论文摘要集. 北京: 中国地震学会, 1996: 59. [LI J L, ZHAO H T, CUI Z W, et al. The boundary of Linqu basin in Shandong province is characterized by fracture activity and its seismic significance [C]//Abstract collection of papers of the sixth academic conference of China seismological society. Beijing: Chinese Earthquake Society, 1996: 59. (in Chinese)]
- [10] 刘光亚. 基岩蓄水构造的理论与实践[J]. 河北地质学院学报, 1981(4): 50 - 56. [LIU G Y. Theory and practice of bedrock aquifer structure [J]. *Journal of Hebei Institute of Geology*, 1981(4): 50 - 56. (in Chinese)]
- [11] 刘新号. 基于蓄水构造类型的山区综合找水技术[J]. 水文地质工程地质, 2011, 38(6): 8 - 12. [LIU X H. Integrated techniques of locating groundwater in mountain areas based on groundwater-impounding types [J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2011, 38(6): 8 - 12. (in Chinese)]
- [12] 武选民, 文冬光, 张福存, 等. 我国西北人畜饮用缺水地区储水构造特征与工程范例[J]. 水文地质工程地质, 2010, 37(1): 22 - 26. [WU X M, WEN D G, ZHANG F C, et al. Groundwater-bearing structures in Northwestern China and their application to water-taking works for water-shortage towns [J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2010, 37(1): 22 - 26. (in Chinese)]
- [13] 汪云, 杨海博, 郑梦琪, 等. 泰莱盆地地下水蓄水构造特征及勘查定井研究[J]. 水利水电技术, 2019, 50(3): 52 - 65. [WANG Y, YANG H B, ZHENG M Q, et al. Study on characteristics of groundwater storage structures and well exploring and locating within Tailai Basin [J]. *Water Resources and Hydropower Engineering*, 2019, 50(3): 52 - 65. (in Chinese)]
- [14] 张之淦, 陈伟海. 岩溶蓄水构造与找水——以广西来宾小平阳为例[J]. 水文地质工程地质, 2000, 27(6): 1 - 5. [ZHANG Z H, CHENG W H. Water-bearing structures in Karst terrain—A case study in Xiaopingyang area, Laibin, Guangxi [J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2000, 27(6): 1 - 5. (in Chinese)]
- [15] 李云, 姜月华, 叶念军, 等. 基岩山区找水与蓄水条件分析——以单斜和接触型蓄水构造为例[J]. 地下水, 2015, 37(1): 106 - 108. [LI Y, JIANG Y H, YE N J, et al. Water-storing Conditions Analysis and Water Prospecting in Bedrock Mountainous Area—Taking monoclinic and contact tape water-storing structure as examples [J]. *Ground Water*, 2015, 37(1): 106 - 108. (in Chinese)]
- [16] 李霞, 陈文芳, 万利勤, 等. EH4 和对称四极激发极化联合技术的严重缺水基岩山区找水研究[J]. 水文地质工程地质, 2018, 45(1): 23 - 29. [LI X, CHEN W F, WAN L Q, et al. Groundwater location in bedrock mountains with serious water scarcity using a combination of EH4 and symmetric quadrupole induced polarization [J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2018, 45(1): 23 - 29. (in Chinese)]
- [17] 孙启堂. 鲁中南山区各岩石类型的含水特征[J]. 工程勘察, 1996, (4): 37 - 42. [SUN Q T. Water-bearing characteristics of each rock type in the central and southern mountainous area of Shandong [J]. *Geotechnical Investigation and Surveying*, 1996, 24(4): 37 - 42. (in Chinese)]
- [18] 田海芹, 马玉新, 于文芹, 等. 山东昌乐-临朐火山岩孔隙系统研究[J]. 岩石学报, 2000, 16(2): 174 - 182. [TIAN H Q, MA Y X, YU W Q, et al. Studies on the fracture systems in the volcanic rocks, Changle-Linqu region, Shandong [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2000, 16(2): 174 - 182. (in Chinese)]
- [19] 易磊, 漆继红, 许模, 等. 基于砂槽模型研究不同水流密度下盆地地下水流系统[J]. 水文地质工程地质, 2019, 46(3): 40 - 46. [YI L, QI J H, XU M, et al. A study of the characteristics of groundwater flow system of a basin under variable density condition based on a physical sand box model [J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2019, 46(3): 40 - 46 (in Chinese).