

辽宁西部中生代盆地碎屑岩类的富水规律

宋俊德¹, 董维红^{2,3}, 邓怀民¹, 吴 欣¹, 陈文彬¹

(1. 辽宁工程勘察院, 辽宁 锦州 121001; 2. 吉林大学环境与资源学院, 吉林 长春 130026; 3. 吉林大学水资源与环境研究所, 吉林 长春 130026)

摘要 以四官营子盆地、喀左盆地、大平房-烧锅杖子盆地和北票-哈尔脑盆地为例对碎屑岩类地下水的富水规律进行分析研究, 在明确辽宁西部中生代盆地水文地质条件的基础上, 将中生代盆地碎屑岩类地下水分为风化裂隙水、层间裂隙孔隙水和构造裂隙孔隙水 3 种。分析结果表明 构造裂隙孔隙富水性最好; 从碎屑岩区内的成井分布来看, 70% 以上的井成于褶皱发育地段, 且水量较丰富。

关键词 地下水; 富水规律; 碎屑岩类; 中生代盆地; 辽宁西部

中图分类号 P641.3 **文献标识码** A **文章编号** 1004-6933(2008)05-0016-04

Groundwater enrichment rule in fragmental rocks of Mesozoic basins in western Liaoning Province

SONG Jun-de¹, DONG Wei-hong^{2, 3}, DENG Huai-min¹, WU Xin¹, CHEN Wen-bin¹

(1. Liaoning Institute of Engineering Exploration, Jinzhou 121001, China; 2. College of Environment and Resources, Jilin University, Changchun 130026, China; 3. Institute of Water Resources and Environment, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract The Siguanyingzi Basin, the Kazuo Basin, the Dapingfang-Shaoguozhangzi Basin and the Beipiao-Haernao Basin were used as investigation areas to study the groundwater enrichment rules in fragmental rocks. Based on the hydrogeological conditions of the Mesozoic basins in western Liaoning Province, the groundwater in fragmental rock is divided into efflorescent fracture water, interstratified fracture pore water and structural fracture pore water, of which the structural fracture pore water accounts for the most groundwater. According to the distribution of wells in the fragmental rock area, more than 70% of the wells are located in the fold belt and are rich in water. Study on the enrichment law of groundwater in all kinds of fragmental rock will not only offer a guide for seeking groundwater, but also provide scientific evidence for groundwater exploration in the area.

Key words groundwater; enrichment rule; fragmental rock; the Mesozoic basins; the western Liaoning Province

辽宁省西部地区是全国区域性严重缺水地区之一, 水资源的缺乏严重制约了该地区经济的发展和当地居民生活水平的提高。辽西中生代盆地碎屑岩类孔隙裂隙水具有一定的开发潜力, 是解决其缺水的重要途径之一。对该地区地下水富存规律进行研究, 不仅可以为缺水严重的辽西地区寻找碎屑岩类地下水源指明方向, 还可以为水文地质条件相似地区的地下水勘察开发提供借鉴。根据中生代盆地碎

屑岩贮水空间的不同, 可将地下水分为风化裂隙水、层间裂隙孔隙水和构造裂隙孔隙水 3 种。下面以四官营子盆地、喀左盆地、大平房-烧锅杖子盆地和北票-哈尔脑盆地为例对碎屑岩类地下水的富水规律进行分析研究。

1 风化裂隙水富水规律

研究区内的风化裂隙水具有分布广、水量小、埋

作者简介 宋俊德(1976—), 男(满族), 辽宁北镇人, 工程师, 从事水文地质、工程地质和环境地质等方面工作。E-mail: songjunde333@sina.com

通讯作者 董维红, 讲师, 博士。E-mail: dongweihong@jlu.edu.cn

藏浅的特点。一般来说,风化裂隙水在碎屑岩区分布比较普遍,但水量往往很小,多小于 $8\text{ m}^3/\text{d}$,仅可供当地居民生活用水。研究区内碎屑岩区的风化壳厚度多小于 30 m ,因此,风化裂隙水的埋藏较浅。

碎屑岩的风化裂隙主要是在原生裂隙、节理的基础上经风化作用发育而成的。裂隙发育的深度、强度、连通性以及所处地形是影响地下水富集程度的主要因素。一般来说,裂隙发育深度越大,连通性越好(多形成网状裂隙),地势越低洼则地下水越丰富。另外,风化裂隙发育与否还和岩性密切相关。页岩具有可塑性,因此页岩裂隙不发育,张开性不好,风化带透水性很弱 而砂岩性脆,容易产生裂隙,风化带透水性强。一般在地势低洼、具有良好汇水条件的地段富集一定量的地下水。

碎屑岩风化裂隙的发育深度主要受地形和地面剥蚀程度的影响。一般地势高处较厚,平地 and 洼地、谷地处较薄,发育深度从几米至几十米。北票-哈尔脑盆地的风化壳厚度为 $7\sim 21\text{ m}$;大平房-烧锅杖子盆地西大营子地段风化壳厚度一般为 $10\sim 12\text{ m}$;四官营子盆地风化壳厚度为 $7\sim 23\text{ m}$,喀左盆地风化壳厚度为 $6\sim 22\text{ m}$ 。风化裂隙水大部分为潜水,水量很小,因此均为人工挖井取水,仅供人畜饮用,不能满足农业灌溉用水需求。

2 层间裂隙孔隙水富水规律

研究区内层间裂隙孔隙水具有分布较广、水量小、埋藏较深的特点。总体上地下水赋存于层间裂隙孔隙中,富水性较弱,钻孔涌水量在 $50\text{ m}^3/\text{d}$ 以下,部分地段达到 $50\sim 100\text{ m}^3/\text{d}$,供水意义不大。可以解决部分贫水地区的人畜饮用,但成井的费用相对较高、风险较大。在辽西的中生代盆地中,层间裂隙孔隙主要是为风化裂隙水补给构造裂隙孔隙水提供通道,即风化裂隙水经层间的裂隙孔隙向构造裂隙孔隙汇集。

3 构造裂隙孔隙水富水规律

与风化裂隙水相比,构造裂隙孔隙水具有分布面积小、水量丰富、埋藏深等特点。碎屑岩区的构造裂隙主要受褶皱构造影响而形成,因此该类型地下水的丰富与否决定于褶皱的发育情况。辽西地区已成井中水量往往较丰富,单井涌水量一般为 $100\sim 1000\text{ m}^3/\text{d}$,最大达到 $2300\text{ m}^3/\text{d}$ 。成井深度一般为 $80\sim 150\text{ m}$,最深达 482.3 m 。

3.1 褶皱发育地段地下水量丰富

赋水空间是地下水富集的前提条件。在碎屑岩区,只有构造发育才会使碎屑岩中产生大量的裂隙,才会有较大的富水空间。中生代盆地碎屑岩区发育

的主要构造类型为褶皱,如四官营子盆地的三家子背斜、喀左盆地的甘招向斜、北票-哈尔脑的土城子向斜等。褶皱是由岩层受力后产生弯曲而成的,一般岩层褶曲的转折端、倾没端、翘起端、向斜轴和背斜轴部的岩层受力大,弯曲率最大,构造裂隙非常发育,连通性也好,为地下水提供了良好的赋存空间。

在中生代盆地碎屑岩区成井位置绝大部分为褶皱发育地段,成井数量占总井数的 70% 以上。如表 1 中 SK5 孔为辽西中生代盆地碎屑岩中涌水量最大的钻孔,SK6 则为辽西地区中生代盆地碎屑岩向斜中涌水量最大的钻孔。总之,褶皱发育地段,成井率高,富水性好。

表 1 褶皱发育地段典型钻孔统计

孔号	所处构造位置	孔深/m	降深/m	涌水量/ $(\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1})$
SK39	土城子向斜轴部	623.93	2.27	1054.08
SK5	三家子背斜轴部	198.16	3.11	2326.75
SK6	沟门子向斜轴部	398.13	3.27	1760.25
DK14	甘招向斜轴部	130.0	13.95	561.60
SK30	八里堡向斜翼部	280.04	40.94	385.26

3.2 富水性受岩性控制

岩性决定裂隙发育情况。受构造的影响,不同岩性的裂隙、孔隙发育程度不同。一般硬脆的砂岩、砂砾岩比柔性的砂页岩、油页岩裂隙发育。最具代表性的地段为甘招地段,位于甘招向斜轴部,成井多眼,富水性相差很大,如表 2 所示。尽管各孔均位于向斜轴部,但因所揭露的岩性不同,涌水量相差很大。其中对 SK25 孔抽水,当降深达 55.47 m 时,涌水量仅 $3.38\text{ m}^3/\text{d}$ 。从该孔的钻孔资料可见,孔深达 235.43 m 时,页岩累计厚度约 200 m ,仅孔底部揭露了厚度较薄的砂岩,因此 SK25 孔富水性较差。而 DK14 孔中砂岩、砂砾岩厚度较大,富水性较好。

表 2 甘招向斜轴部典型钻孔统计

孔号	孔深/m	降深/m	涌水量/ $(\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1})$
SK25	235.43	55.47	3.38
SK26	182.11	36.63	17.35
DK18	105.00	11.20	518.40
DK14	130.00	13.95	561.60

3.3 从褶皱的轴部到翼部,富水性由强到弱

位于四官营子三家子背斜轴部的 SK5 钻孔(各钻孔位置见图 1^[1]),降深 3.11 m 时,水量高达 $2326.75\text{ m}^3/\text{d}$,为辽西中生代盆地碎屑岩中涌水量最大的钻孔,位于向斜轴部的 SK6 钻孔则为辽西地区中生代盆地碎屑岩向斜中涌水量最大的钻孔,而位于褶皱翼部的其他钻孔,如 SK3、DK2,涌水量较小。

另外,图 2^[1]中的 SK30、SK28、SK29 这 3 个孔距离向斜的轴部由近到远,其涌水量依次为 $385.26\text{ m}^3/\text{d}$ 、 $111.97\text{ m}^3/\text{d}$ 、 $86.66\text{ m}^3/\text{d}$,也呈现出由大

到小的变化规律,进一步证实由褶皱的轴部到翼部,构造裂隙孔隙的富水性由强变弱。

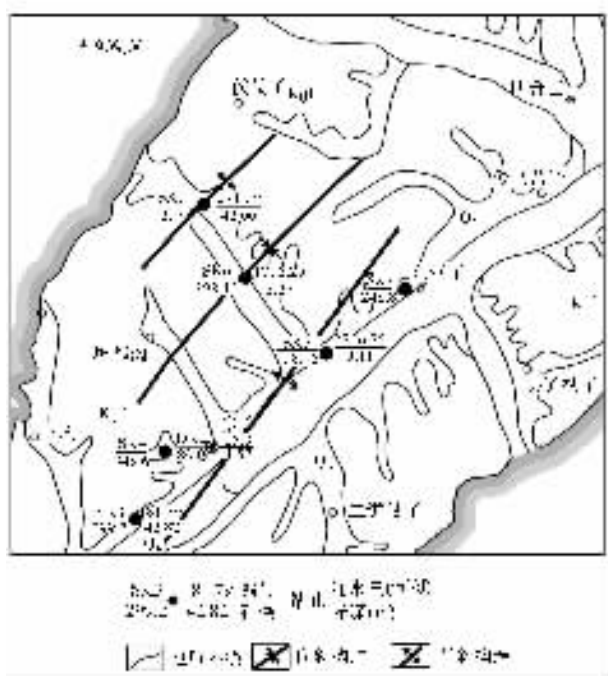


图1 四官营子盆地三家子地段涌水量与构造关系

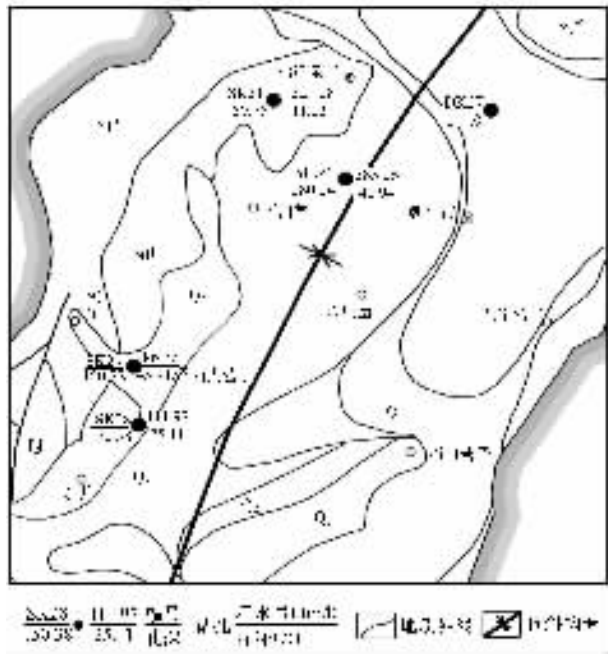


图2 大平房-烧锅杖子盆地西大营子地段涌水量与构造关系

3.4 斜歪褶皱轴面倾向一侧富水性较好

这一规律其实质就是岩层变形曲率大,裂隙发育,富水空间大,富水性强。由图 3^[1]可见,K₁井尽管打在了向斜轴线西侧,但该井位于褶皱面倾向侧,下部揭露的岩层恰好为向斜的轴部,裂隙率最发育,富水空间大,因此其涌水量较其他井大,为 1213.52 m³/d 而其他井井底依次远离向斜轴部,并且均为褶皱倾向的反侧,裂隙越来越不发育,因此其

涌水量逐渐减小,K₂、K₃、K₄井的涌水量依次为 1054.08 m³/d、794.88 m³/d 和 172.80 m³/d。

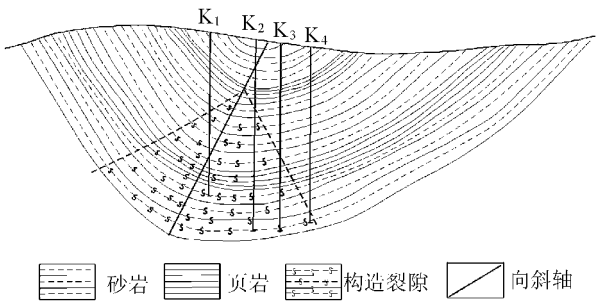


图3 土城子向斜剖面示意图

3.5 水质总体较好

以白垩纪四官营子盆地三家子地段为例。SK9孔位于盆地边缘(图 1),孔深 297.6 m,该孔中地下水总溶解固体(TDS)的质量浓度为 494.4 mg/L,明显低于位于盆地中部的 SK7、SK5 等孔地下水中的(分别为 558.0 mg/L 和 620.4 mg/L)。从深度上来说,SK6、SK4 孔的深度均达到 340 m 以上,其质量浓度分别为 910 mg/L、926 mg/L,是 SK7(孔深 248.8 m)等相对浅孔的 1.5 倍,但仍为较低的淡水。盆地边缘地下水的矿化类型为重碳酸钙镁型和重碳酸钙型,而盆地中部的地下水矿化类型演化为重碳酸钠钙和重碳酸钠型,总体上向盐化方向转化,但水质仍较好。

另外,从西大营子地段钻孔地下水中 TDS 质量浓度与构造的关系也反映出盆地中部地下水 TDS 质量浓度相对较高而向盆地边缘逐渐降低的规律。盆地边缘地段的钻孔如 SK31 号孔(图 2),其地下水 TDS 质量浓度为 331 mg/L,小于位于盆地中部地段的 SK30 号孔(1016 mg/L)和 DK27 号孔(716 mg/L)。SK30 号孔为上下两层水,从深部到浅部 TDS 质量浓度由 1020 mg/L 减小为 620 mg/L。该地段由盆地边缘到盆地中部的地下水矿化类型由重碳酸钙型逐渐演化为重碳酸钠钙和重碳酸钠型水。

大部分深层构造裂隙孔隙水中铁离子质量浓度较高,从取自碎屑岩区 4 眼深井的铁离子水样来看,其中有 3 个均超过饮用水标准(0.3 mg/L),超标率达到 75%。3 个水样取于凌源三家子小茶沟门 DK2、喀左老杖子元亨店 DK18 和朝阳县木头城子徐家屯 DK23 号井,铁离子质量浓度分别为 0.44 mg/L、0.5 mg/L、0.44 mg/L。

侏罗纪北票-哈尔脑盆地与上述规律不同,其各地段的 TDS 和水质相差均不大。据对已有钻孔的统计,TDS 质量浓度均介于 315 ~ 482 mg/L 之间,矿化类型为重碳酸钙型。

总之,各盆地地下水水质均较好,只有白垩纪的四官营子、喀左、大平房-烧锅杖子 3 个盆地的中部

地下水水质略差,TDS 质量浓度略高,而侏罗纪北票-哈尔脑盆地水质普遍较好。

3.6 部分地段构造裂隙孔隙水属天然饮用矿泉水
碎屑岩类构造裂隙孔隙水多位于无环境污染地段,埋藏深,贮水条件好。在取样化验中,对部分水样做了偏硅酸质量浓度的分析,共取 12 个水样,其中 2 个水样偏硅酸含量达到 GB 8537—95《饮用天然矿泉水标准》的规定,即偏硅酸质量浓度大于等于 30 mg/L 或偏硅酸质量浓度大于等于 25 mg/L 且水温在 25℃ 以上。从偏硅酸质量浓度来看,17% 的水样为达标的天然饮用矿泉水,其偏硅酸质量浓度统计情况见表 3。从表 3 可见,另有 50% 即 6 个水样虽未达标,但偏硅酸质量浓度非常接近国家标准。

表 3 钻孔偏硅酸质量浓度统计

孔号	偏硅酸质量浓度/ (mg·L ⁻¹)	取样地点	取样时间
DK2	50.2	凌源三家子小茶沟门	2005-07-10
DK18	26.2	喀左水泉元享店	2005-08-20
DK26	35.8	朝阳西大营子北山	2005-10-21
DK5	29.5	凌源四合当五家子	2005-07-08
DK32	28.6	北票大三家子小三家	2005-10-10
DK31	26.0	北票大三家南洼	2005-10-10
DK25	26.8	朝阳西大营子老窝铺	2005-10-21
DK24	27.6	朝阳杨树湾河西	2005-10-22

3.7 承压水位下层高于上层

大平房-烧锅杖子盆地 SK30 号孔深 280.04 m,上层水位埋深 2.88 m,而下层水位高出地表 1.5 m。在甘招向斜发育地段,成井孔深一般为 80~150 m,水位埋深介于 6~9 m 之间,而位于甘招南约 1 km 的一眼深井(DK15),深约 405 m,四季自流,自流量达 67.3 m³/d。

4 碎屑岩类地下水资源概算

由于资料数据的限制,只针对盆地碎屑岩类地下水资源开采潜力进行宏观评价。研究区现状开采量根据各盆地碎屑岩区人口和牲畜数量及用水定额进行统计计算。多年平均天然补给资源量取降水入渗法和地下径流模数法^[2-3]两种方法计算结果的平均值。对可增加开采量的计算则由天然补给量减去现状开采量得出(表 4)。经计算,各盆地碎屑岩类地下水可增加开采量为 3.7 万~3.8 万 m³/(a·km²)。

表 4 各盆地碎屑岩类地下水资源概算

盆地名称	面积/ km ²	天然补给量/ (万 m ³ ·a ⁻¹)	现状开采量/ (万 m ³ ·a ⁻¹)	可增加开采量/ (万 m ³ ·a ⁻¹ ·km ⁻²)
四官营子	378	1 584.0	181.0	3.7
喀 左	217	909.3	115.5	3.7
大平房- 烧锅杖子	472	2 019.8	222.3	3.8
北票-哈尔脑	187	792.5	89.0	3.8

5 结 论

- a. 研究区内的风化裂隙水多为潜水,具有分布广、水量小、埋藏浅的特点,水量多小于 8 m³/d。
- b. 层间裂隙孔隙水具有分布较广、水量小、埋藏较深的特点,多数钻孔涌水量在 50 m³/d 以下。
- c. 构造裂隙孔隙水具有分布面积小、水量丰富、埋藏深等特点,单井涌水量一般为 100~1 000 m³/d。碎屑岩区的构造裂隙主要是受褶皱构造影响,因此该类型地下水的丰富与否取决于褶皱的发育情况以及井的位置。
- d. 除白垩纪的四官营子、喀左、大平房-烧锅杖子三个盆地的中部地下水中 TDS 质量浓度略高外,上述三个盆地地下水以及侏罗纪北票-哈尔脑盆地地下水总体水质普遍较好。
- e. 各盆地碎屑岩类地下水可增加开采量为 3.7 万~3.8 万 m³/(a·km²)。在构造裂隙孔隙水分布地段,地下水开采潜力较大。

参考文献：

[1] 宋俊德,吴欣,陈文彬.辽宁省西部严重缺水地区中生代盆地地下水资源潜力调查报告[R].沈阳 辽宁省地质矿产勘查局,2005.
[2] 李爱军.河西走廊地下水资源[J].干旱区资源与环境,2004,18(6) 56-60.
[3] 关佳南,金满娥,丁佳玲.佳木斯市水资源计算评价[J].黑龙江水利科技,2005,33(1) 85-87.

(收稿日期 2007-08-27 编辑 徐 娟)

