

刘元晴,周乐,李伟,等.鲁中南山区古近系朱家沟组灰质砾岩溶蚀发育特征及水文地质意义[J].中国岩溶,2020,39(3): 327-334.

DOI:10.11932/karst2020y28

鲁中南山区古近系朱家沟组灰质砾岩 溶蚀发育特征及水文地质意义

刘元晴¹,周乐¹,李伟¹,丁鹏²,吕琳¹,马雪梅¹,孟顺祥¹,邓启军¹,李波²

(1.中国地质调查局水文地质环境地质调查中心,河北保定071051;2.山东省地矿工程勘察院,济南250014)

摘要:以大汶口盆地南北两侧分布的朱家沟组灰质砾岩为研究对象,通过钻探施工岩心编录、野外井点调查、可控源音频大地电磁法、抽水试验等技术方法研究盆地南北两侧灰质砾岩溶蚀发育特征及富水性,以施工水文地质钻孔为例,系统总结出盆地南北两侧灰质砾岩的富水规律。结果表明:朱家沟组含水层单井涌水量为720~2 027 m³·d⁻¹;受沉积环境和构造发育影响,盆地北部和南部朱家沟组含水层在岩石结构、物性、溶蚀发育特征、地下水补给来源、富水性等方面存在明显差异。此灰质砾岩富水规律在鲁中南山区具有普遍性和适用性。

关键词:鲁中南山区;朱家沟组;岩溶;水文地质

中图分类号:P641.134 **文献标识码:**A

文章编号:1001-4810(2020)03-0327-08 **开放科学(资源服务)标识码(OSID):**



0 引言

中国北方碳酸盐岩分布面积68.5×10⁴ km²,蕴藏有108.8×10⁸ m³·a⁻¹的岩溶地下水资源^[1],岩溶水供给了北方30多个地市级以上和100多个县级以上城市饮水、数十个大中型火电厂冷却用水,70%以上大型煤矿生活、生产用水和上千亩农田灌溉用水水源^[2]。传统认识上,中国北方岩溶含水层主要是指分布在燕山—太行山地区的前寒武系地层以及北方大面积分布的寒武—奥陶系碳酸盐岩地层^[3-5]。在鲁中南山区,岩溶含水层主要是指中、上寒武统及奥陶系碳酸盐岩,分布面积为2.1×10⁴ km²,厚度在2 000~2 500 m之间^[6]。

岩石中的裂隙、溶隙、孔隙等各种空隙是岩石含水的基本空间^[7],而岩溶地下水赋存并流动于可溶化岩层的空隙中。中晚始新世是郯庐断裂右旋活动最强烈的时期,其沉积速率及扭张量均较大,鲁中山区大汶口盆地边界断裂受此影响,断裂活动加剧,沿盆地边界断裂及盆地外围发育了一系列的山麓洪积扇,形成类似于磨拉石建造的朱家沟组厚层砾岩,向盆地内部方向相变尖灭^[8-10]。灰质砾岩的砾石成分多为中生界碳酸盐岩,分选性较差,钙、泥质胶结。钙质胶结物矿物组分为泥晶方解石,与砾石所含矿物成分相同,该类岩石中的岩溶形态与灰岩中的岩溶相近,其胶结物和砾石基本同步溶蚀^[8],为地下水赋存提供空隙。

资助项目:中国地质调查局水工环调查项目“沂蒙山革命老区1:5万水文地质调查”(DD20160289)、“太行山北段综合地质调查”(DD20190259);

国家重点研发计划:旱情判别与应急抗旱关键技术及装备研发(2018YFC1508703)

第一作者简介:刘元晴(1988—),工程师,从事沉积盆地流体研究、基岩山区水文地质调查工作。E-mail:lyq198896@126.com。

通信作者:李伟(1970—),教授级高工,主要从事基岩山区水文地质调查及成果集成工作。E-mail:ffsmuzili@sina.com。

收稿日期:2019-09-25

前人对灰质砾岩的相关研究集中在其沉积成因分析^[11-12]、石油地质储层评价^[13-14]及岩溶塌陷勘查施工^[15-16]等方面,在水文地质领域的相关研究较少。近年来,中国地质调查局在鲁中南山区部署的1:5万水文地质调查工作证实,鲁中南山区岩溶地下水主要赋存在寒武—奥陶碳酸盐岩地层中,此外,在古近系朱家沟组灰质砾岩中也有少部分赋存,部分区域可形成灰质砾岩岩溶地下水富集块段^[8,17]。本次研究区为鲁中南山区大汶口盆地,经野外调查发现,大汶口盆地北缘和盆地南部分布有不同厚度的古近系朱家沟组灰质砾岩,与碳酸盐岩溶蚀特征类似,其盆地南北两侧富水性差异较大。本文利用水文地质钻探、井点及野外露头详细调查结果,对古近系朱家沟组灰质砾岩溶蚀特征及盆地南、北富水性差异进行成因分析,系统总结其地下水富集规律,以期为鲁中南山区新生代沉积盆地应急找水提供新思路、新方向,也为鲁中南山区含水岩组富水性划分及水文地质编图提供参考依据。

1 地质背景

1.1 构造及地层

研究区位于鲁西隆起四级构造单元蒙山—蒙阴断隆内部。区内包含汶口凹陷及外围的布山凸起、蒙山凸起、东平凸起、新甫山凸起等次一级构造单元^[18]。新生代以来,鲁西隆起形成了NW向断裂系和大汶口盆地、莱芜盆地、蒙阴盆地等受NW向断裂控制的“北断南超”拉分盆地群^[9-10,19-20]。朱家埠—东南旺断裂(F1)、南留断裂(F2)、华家岭断裂(F3)、夏张断裂(F4)构成了大汶口盆地北部边界。大汶口盆地内部沉积了一套巨厚含膏岩层的山麓洪积相—河湖相碎屑岩官庄群地层,自下而上分为朱家沟组(E_{2z})和大汶口组(E_{2-3d}),其覆盖在由寒武系和奥陶系碳酸盐岩及少部分石炭—二叠系碎屑岩组成的倾向北的单斜构造之上^[8](图1),盆地腹部大汶口组厚度大于1 000 m,盆地北缘朱家沟组厚度大于280 m(2017年施工NLZK02钻孔结果),盆地南部厚约100.8 m(2018年施工DWZK03钻孔结果)。

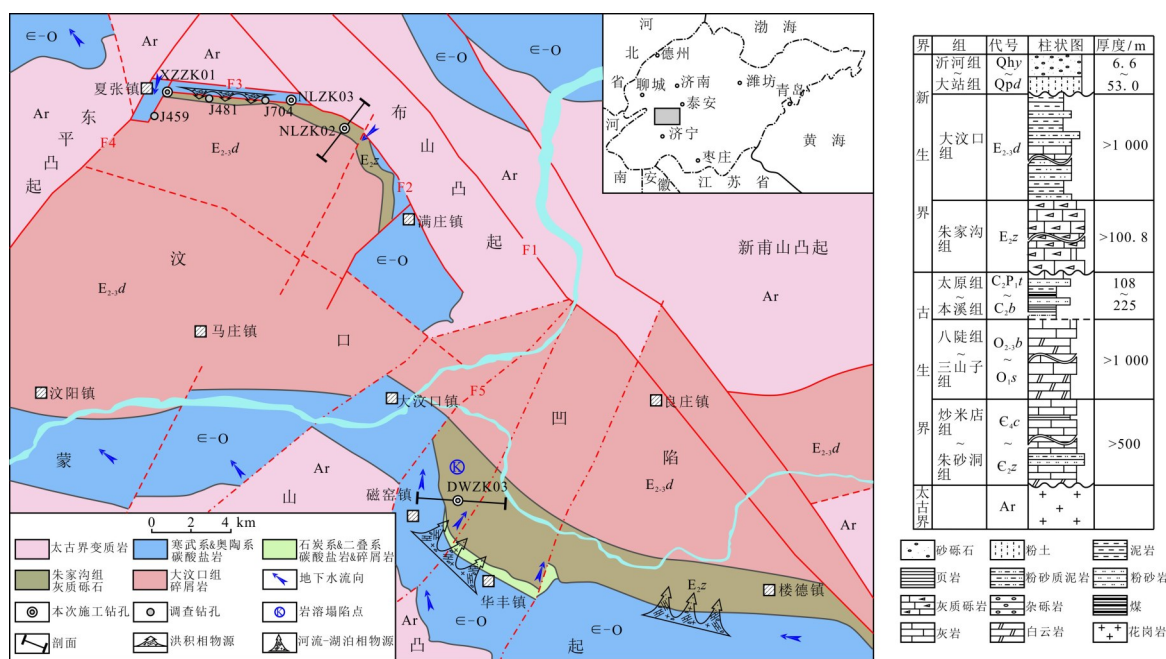


图1 研究区构造及水文地质图

Fig. 1 Structural and hydrogeological map of the study area

F1—朱家埠—东南旺断裂 F2—南留断裂 F3—华家岭断裂 F4—夏张断裂 F5—高村断裂

1.2 水文地质特征

区内主要包含4种类型含水岩组,受研究区构造及地层岩性分布特征影响,寒武—奥陶系碳酸盐岩含水岩组主要分布在盆地南部山区及北部边界断裂

带附近,赋存了充沛的岩溶地下水,为区内最主要地下水类型。太古界岩浆岩、变质岩含水岩组主要出露在盆地碳酸盐岩外围,盆地内部分布有石炭、二叠系及古近系碎屑岩含水岩组,上覆第四系松散岩类

含水岩组。各含水岩组之间水利联系紧密,碳酸盐岩含水岩组与盆地外围分布的太古界岩浆岩、变质岩含水岩组一起接受大气降水入渗补给,地下水呈“向心式”向盆地中心方向径流,形成对盆地内部隐伏岩溶水及碎屑岩孔隙、裂隙含水层的持续补给(图1)。

2 古近系灰质砾岩溶蚀特征及富水性

此次研究的古近系朱家沟组含水岩组在盆地北缘主要沿南留断裂、华家岭断裂呈条带状展布,在盆地南缘则呈宽缓扇状分布。2017–2018 年开展的 1:5 万水文地质调查工作,通过水文孔调查、钻探施工岩心编录、野外露头观测对大汶口盆地外围朱家沟组含水岩组溶蚀发育特征及富水性有了较为详尽的研究。

在盆地北缘,朱家沟组灰质砾岩岩性以灰褐色灰质粗—中砾岩为主,块状构造,无其他岩性夹层,砾石成分近 95% 以上为古生界碳酸盐岩,钙质胶结,分选差,砾石形状不规则,无磨圆,粒径为 2~20 cm 不等,以施工的 NLZK02 钻孔及 J459、J481 水文井调查结果显示,该套砾岩垂向上溶蚀发育深度位于 100 m 以浅,规模不尽相同(图 2a),溶蚀孔洞由砾间胶结物溶蚀以及砾屑崩落形成,形状不规则(图 2b,图 2c)。盆地南部,朱家沟组下部为灰色—灰红色砾岩,以碳酸盐岩为主,含少部分花岗质砾石,钙质胶结,少部分泥质胶结,稍具磨圆,分选较差,砾石形状不规则,砾石表层及胶结物普遍发红(图 2d);钻孔上部岩心为灰白—黄褐色灰质砾岩、砂砾岩,以碳酸盐岩为主,粒径为 2~10 cm,稍具磨圆,分选一般(图 2e),溶蚀发育,上部可见溶蚀孔洞,下部岩心较为完整,溶蚀不发育。

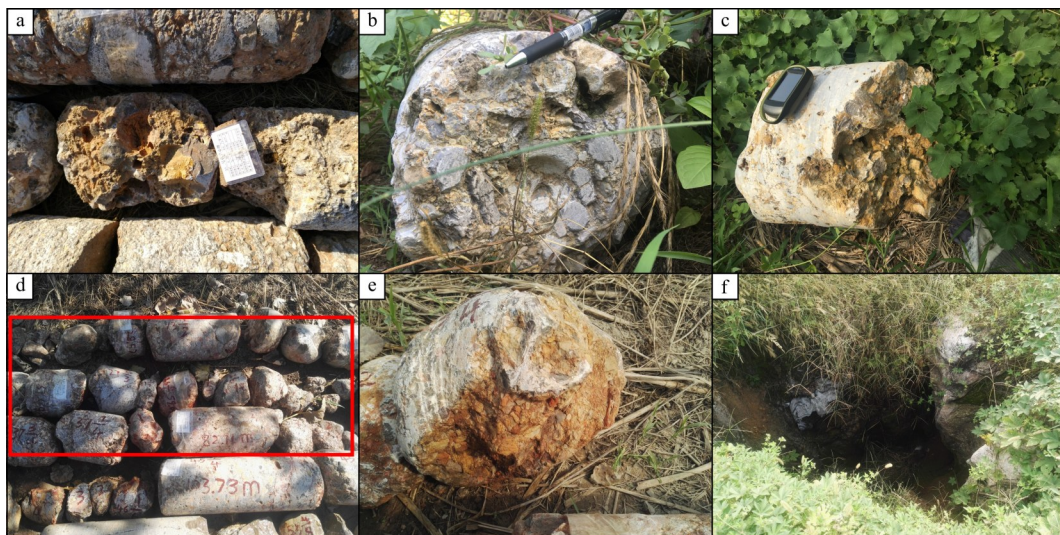


图 2 朱家沟组灰质砾岩溶蚀特征

Fig. 2 Dissolution characteristics of limestone conglomerate in Zhujiagou formation

a—NLZK02 钻孔岩心溶蚀孔洞(深度段:70.0~73.1 m) b—J481 岩心溶蚀孔洞(深度约 30 m) c—J459 岩心溶蚀孔洞(深度约 20 m)
d—DWZK03 钻孔岩心,砾石表层呈砖红色 e—DWZK03 岩心溶蚀洞穴(深度段:19 m) f—朱家沟组地面塌陷点

此外,在磁窑镇北朱家沟组分布区发育小规模地面塌陷坑 4 处,上覆土层较薄,坑深度为 3~10 m,直径在 2~6 m 不等,可见坑壁圆滑,具溶蚀特征(图 2f)。由可控源音频大地电磁法(CSAMT)结果可知,相对高阻的朱家沟组灰质砾岩上覆在低阻条带的石炭系地层之上,厚度自西向东增加,灰质砾岩地层内部浅部相对低阻区则代表其裂隙岩溶发育,地层稳定性差(图 3)。华丰镇煤矿的砾岩顶板排水,造成了灰质砾岩岩溶地下水位下降,使岩溶充填物及基岩面附近土体发生流动,溶孔、溶洞出现真空负压效

应,诱发地面塌陷发生。

经野外调查及抽水试验证实,朱家沟组含水岩组单孔涌水量为 720~2 027 $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ (表 1),在最新《水文地质编图规范(1:50 000)》中属于水量“丰富—极丰富”定性描述范畴。如前文所述,大汶口盆地南北两侧朱家沟组灰质砾岩的岩性及溶蚀发育特征存在差异,受岩性结构及构造发育控制,盆地南北两侧朱家沟组灰质砾岩富水性也不尽相同。在大汶口盆地北缘朱家沟组灰质砾岩区水文钻孔分布均匀,且钻探成井率较高,在盆地南缘,除文献[21]记录了华丰

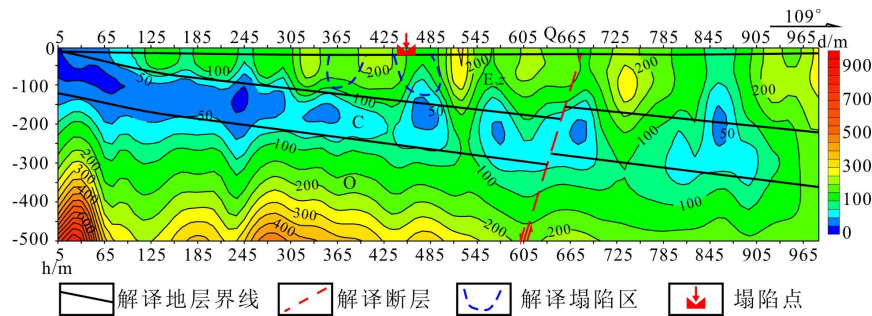


图3 磁窑镇北部地面塌陷CSAMT剖面图

Fig. 3 CSAMT profile of ground collapse in the north of Ciyao town

煤矿开采过程中受朱家沟组灰质砾岩水涌入威胁及本项目组2018年施工的DWZK03钻孔以外,尚未调查到其他水文井点,盆地南部朱家沟组含水岩组富水性呈现出高度不均匀状态。

表1 研究区朱家沟组含水岩组调查点统计表

Table 1 Statistics of investigation points of Zhujiagou formation water-bearing rocks in the study area

井号	地理位置	井深/m	水位埋深/m	含水岩组厚度/m	折算单井涌水量/ $\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$	所处构造位置	备注
J459	夏张镇贾家岗村	100.0	9.4	95.0	720.0	夏张断裂下降盘	终孔于朱家沟组
J481	夏张镇刘家庄村	260.0	55.8	230.0	1 200.0	华家岭断裂下降盘	终孔于朱家沟组
J704	满庄镇黄家庄村	185.0	41.2	180.0	1 200.0	华家岭断裂下降盘	终孔于朱家沟组
NLZK02	满庄镇黄家庄村	204.1	34.2	159.0	1 241.0	华家岭断裂下降盘	终孔于朱家沟组
NLZK03	满庄镇北留村	282.0	2.6	279.0	1 728.0	南留断裂下降盘	终孔于朱家沟组
XZZK01	夏张镇东城村	243.0	36.3	138.8	2 027.0	夏张断裂下降盘	终孔于奥陶系八陡组
DWZK03	磁窑镇国家庄村	150.4	13.3	100.8	1 251.6	大汶口盆地南缘	终孔于奥陶系八陡组

对比南北两侧灰质砾岩结构,从沉积环境及成因上分析,认为造成盆地南北两侧灰质砾岩溶蚀发育差异的原因是:(1)始新世—渐新世时期,大汶口盆地北部边界断裂活动加剧,盆地持续下沉,沿边界断裂快速发育一系列类似于磨拉石建造的山麓洪积扇厚层砾岩,砾石灰—灰白色,磨圆、分选较差;而在盆地南缘,则由于差异沉降,发育河流—湖泊相砂砾石,砾石成分以灰质为主,受物源远距离搬运影响,砾石磨圆、分选相对于北部较好,胶结程度较高,砾石表面及胶结物氧化呈砖红色(图1,图4)。(2)在盆

地北部,受边界断裂持续活动控制,次级断层发育,造成大厚度朱家沟组岩体破碎、溶蚀;而盆地南缘,构造断裂较少,仅在少部分NW向断裂附近,砾石出现溶蚀。(3)在盆地北缘,朱家沟组分布在边界断裂及次级断裂下降盘,直接与外围碳酸盐岩断裂接触,大面积接受碳酸盐岩岩溶水及表层第四系潜水补给,富水性较好;而在盆地南缘,由于构造稳定,朱家沟组含水岩组岩性较为完整,向盆地内部方向含水岩组埋深逐渐增大,并被相对较新的大汶口组泥页岩相对隔水层覆盖,富水性变差。

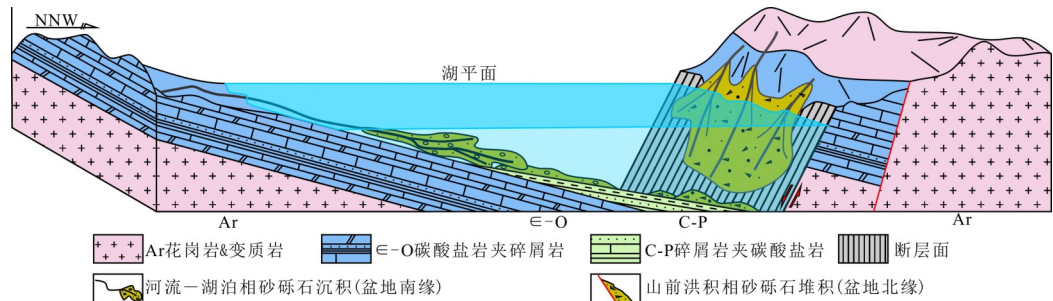


图4 大汶口盆地南北两侧灰质砾岩成因模式图

Fig. 4 Genetic model of limestone conglomerate on the north and south sides of the Dawenkou basin

3 地下水富集规律及水文地质意义

朱家沟组灰质砾岩砾石成分多为古生界碳酸盐岩,钙、泥质胶结,钙质胶结物矿物组分为泥晶方解石,与砾石所含矿物成分相同,该类岩石中的岩溶形态与灰岩中的岩溶相近,其胶结物和砾石基本同步溶蚀。而泥质胶结物矿物成分以黏土矿物为主,吸水后具微胀性,易软化崩解,形成类岩溶孔洞^[8],为地下水赋存提供了可能空间。

在盆地北部,灰质砾岩与马家沟群碳酸盐岩以断裂或不整合形式接触。边界断裂具多期活动特征,断裂附近小规模构造裂隙发育,使得断裂周边地

层具有不均匀透水性。盆地外围大面积太古界岩浆岩及变质岩区接受的大气降水,渗漏补给盆地内部的古生界碳酸盐岩及朱家沟组灰质砾岩含水层,受阻于盆地内部大汶口组砂泥岩,在碳酸盐岩及灰质砾岩溶蚀发育位置富集,形成地下水富集区。以 2017 年北留村实施的 NLZK02 钻孔为例^[22],井深 282.0 m,含水层岩性为灰质砾岩,块状构造;砾石分选、磨圆差,砾径为 3~12 cm;基底式胶结,胶结物上部为钙质,下部泥质成分增多;在 7~9 m、30~32 m、66~73 m、83~90 m 不同深度段发育溶蚀孔洞,为主要出水层段,计算的单井涌水量为 1 728 m³·d⁻¹,该类型地下水兼具裂隙水与岩溶水特性(图 5,图 6)。

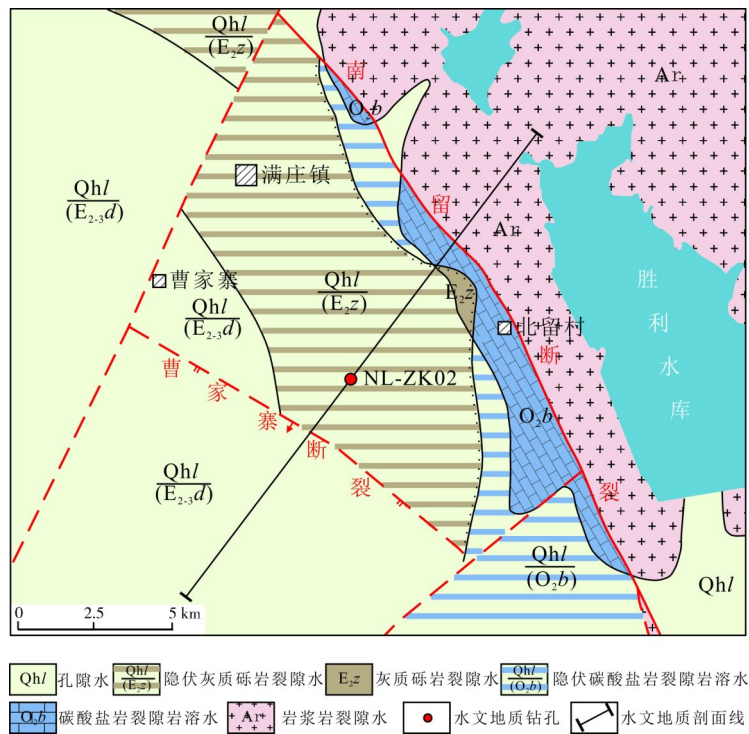


图 5 北留村钻孔(NLZK02)水文地质图

Fig. 5 Hydrogeological map of borehole(NLZK02) at Beiliu village

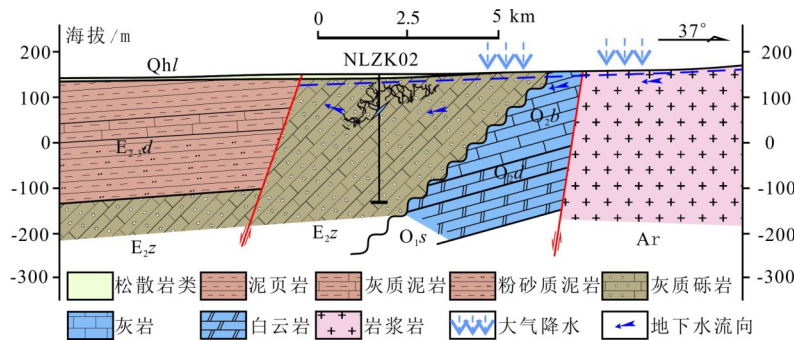


图 6 北留村钻孔(NLZK02)水文地质剖面图

Fig. 6 Hydrogeological profile of borehole (NLZK02) at Beiliu village

在盆地南部,灰质砾岩与马家沟群碳酸盐岩以角度不整合形式接触,南部外围太古界岩浆岩、变质岩及古生界碳酸盐岩接受大气降水渗入补给,地下水总体径流方向与岩石产状一致,岩石层面构成该区主要的地下水径流通道,大汶河作为区域地下水排泄基准面,地下水以潜流形式向汶河排泄。地下水径流过程中,岩溶水的顶托补给和局部地表水的下渗,形成了该区域灰质砾岩地下水主要来源。以2018年国家庄村实施的DWZK03钻孔为例^[22],井深154.0 m,其中100.8 m以上为朱家沟组灰质砾岩,下

部为奥陶系八陡组灰岩;砾岩砾石灰色夹红褐色,上部岩心破碎,岩溶裂隙较发育,下部岩心较完整,其中在13~17 m、17.5~20.8 m、22~26.27 m、28.57~31.07 m、33.2~42 m、45.57~61 m、66.51~70.81 m、72.91~78 m、84.81~100.80 m段裂隙发育,可见水蚀现象,抽水试验,降深为13.25 m,单井涌水量为 $1\,251.6\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$,后持续钻进,终孔于奥陶系八陡组灰岩,再次抽水试验,降深为16.7 m,单井涌水量为 $2\,104.8\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ (图7)。

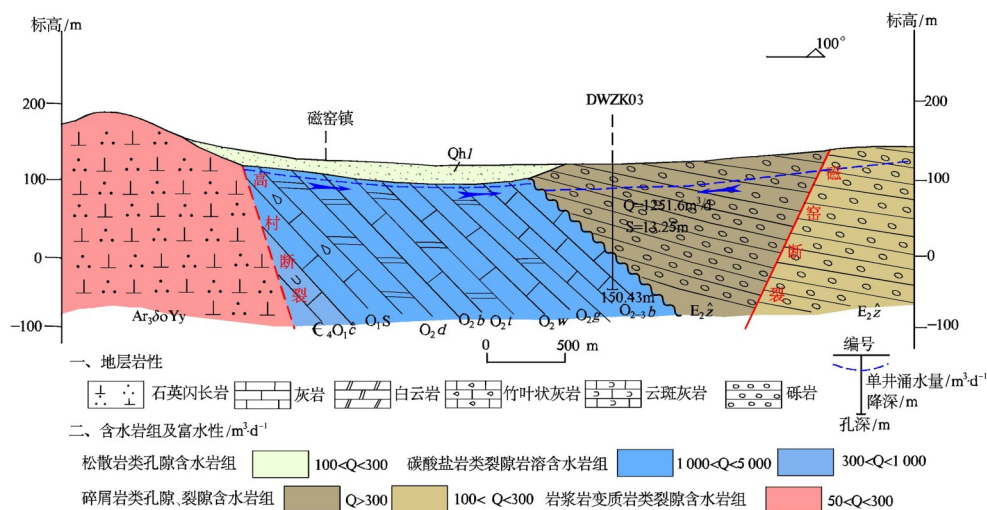


图7 国家庄村钻孔(DWZK03)水文地质剖面图

Fig. 7 Hydrogeological profile of borehole (DWZK03) at Guojiazhuang village

由于鲁西隆起区中新代沉积盆地具有相同的成因和相似的盆地古近系沉积序列^[9-10],故灰质砾岩地下水富集模式在鲁西隆起具有普遍性和适用性。鉴于此,详细调查了平邑盆地灰质砾岩岩溶大泉——“玉泉”的水文地质特征。如图8所示,蒙山断裂为平邑盆地控盆断层,盆地内部地层自南向北,由老到新分布有固城组(K_2g)、卞桥组(E_1b)、常路组(E_2c)杂砾岩及朱家沟组灰质砾岩^[23],地层呈向北单斜产出。玉泉出露于近南北向的河沟阶地内,泉口可见NNE向溶蚀洞穴(图9a),溶洞长轴近10 m,最窄处近1 m,泉水历史流量近 $30\,000\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$,后期由于上游地下水超采,流量锐减。其泉口附近朱家沟组灰质砾岩倾向北,且成层性明显,倾向NNE(图9b),露头可见溶蚀及砾石崩落形成的“类溶孔”(图9c)。此外,在莱芜盆地陈梁坡断裂下降盘分布有大厚度朱家沟组灰质砾岩,其岩溶发育,富水性好,已成为陈梁坡、大洛庄等附近村镇的供水水源^[22]。

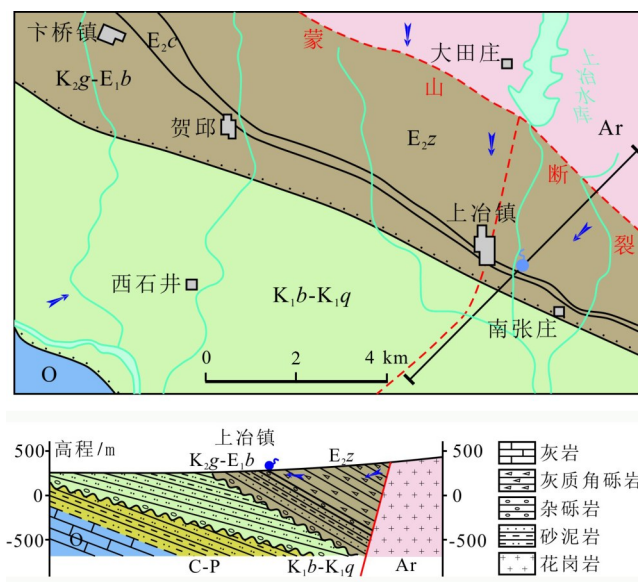


图8 平邑盆地玉泉水文地质平面剖面图

Fig. 8 Hydrogeological planar map and profile of Yuquan spring, Pingyi basin



图9 玉泉泉口及周边朱家沟组露头

Fig. 9 Outcrops of Zhujiagou formation at mouth of Yuquan spring and surroundings

a. 玉泉泉口 b. 呈层状产出的灰质砾岩露头 c. 露头发育的溶蚀孔洞及“类溶孔”

4 结论和建议

(1)大汶口盆地南北两侧分布有不同厚度的朱家沟组灰质砾岩含水层,溶蚀发育,地下水具有岩溶水特征,单井涌水量达 $720 \sim 2\,027 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$,富水性属于“丰富—极丰富”范畴,可作为集中供水水源地找水靶区;

(2)受控于构造及沉积环境,大汶口盆地北部灰质砾岩属类似于磨拉石建造的山麓洪积扇,砾石无分选、磨圆差,钙质胶结;边界断裂次级断层发育,造成大厚度朱家沟组岩体破碎、溶蚀;盆地南缘发育河流—湖泊相灰质砂砾岩,磨圆、分选较北部好,胶结程度高,构造断裂较少,仅在少部分NW向断裂附近,砾石出现溶蚀;

(3)位于盆地北缘的朱家沟组含水岩组受盆地外围太古界岩浆岩及变质岩区水入渗补给,地下水富集相对均匀,成井率较高,建议作为鲁中南山区盆地内部应急找水靶区;盆地南部朱家沟组含水岩组向盆地内部埋深增大,且上覆大汶口组相对隔水层,其底部受下伏碳酸盐岩岩溶水有限的顶托补给,富水性非常不均匀,开采井较少;

(4)鲁中南山区新生代沉积盆地具有相似的成因及沉积序列,灰质砾岩富水规律在区域内具有普遍性和适用性,如平邑盆地玉泉、莱芜盆地大洛庄等地。

参考文献

- [1] 张宗祜,李烈荣.中国地下水资源[M].北京:中国地图出版社,2004.
- [2] 梁永平,王维泰,赵春红,等.中国北方岩溶水变化特征及其环境问题[J].中国岩溶,2013,32(1):34-42.
- [3] 谢云鹤,李国芬.中国北方岩溶和岩溶水的几个问题[J].长春地质学院学报,1983,13(2):141-151.
- [4] 梁永平,赵春红.中国北方岩溶水功能[J].中国矿业,2018,27(S2):297-299.
- [5] 袁道先.我国北方岩溶研究的形势和任务[J].中国岩溶,2010,29(3):219-221.
- [6] 贺可强,刘炜金,邵长飞.鲁中南岩溶水资源综合类型及合理调蓄研究[J].地球学报,2002,23(4):369-374.
- [7] 刘光亚.基岩地下水[M].北京:地质出版社,1979.
- [8] 周乐,刘元晴,李伟,等.山东大汶河流域中上游古近系含水岩组水文地质特征[J].中国地质,2019,46(2):316-327.
- [9] 李临华.鲁西中新世盆地充填序列及盆地类型[J].油气地质与采收率,2009,16(3):50-53.
- [10] 李守军,郑德顺,蔡进功,等.鲁北和鲁西南地区古近纪盆地沉积特征与控制因素探讨[J].地质论评,2003,49(3):225-232.
- [11] Kwon Y K, Chough S K, Choi D K, et al. Origin of limestone conglomerates in the Choson Supergroup (Cambro-Ordovician), mid-east Korea[J]. Sedimentary Geology, 2002, 146: 265-283.
- [12] Nadine G, Nico G, Herbert S. Karst geomorphology of carbonatic conglomerates in the Folded Molasse zone of the Northern Alps (Austria/Germany) [J]. Geomorphology, 2011, 130: 289-298.
- [13] 王淑萍,王铸坤,操应长,等.中深层砂砾岩储层控制因素与分类评价方法:以东营凹陷永1块沙四下亚段为例[J].沉积学报,2019,37(5):1069-1078.
- [14] 庞小军,王清斌,解婷,等.黄河口凹陷北缘古近系物源及其对优质储层的控制[J].岩性油气藏,2020,32(2):1-13.
- [15] 肖攀,彭轲,李雪平,等.红层岩溶发育特征与地面塌陷形成机理:以咸宁地区为例[J].科学技术与工程,2019,19(33):86-93.
- [16] 刘振洪,刘大伟,张建林.灰质砾岩区岩溶与勘察施工要点[J].西南交通大学学报,2012,47(增刊):55-57,75.
- [17] 刘元晴,周乐,李伟,等.鲁中山区下寒武统朱砂洞组似层状含水层成因分析[J].地质论评,2019,65(3):653-663.
- [18] 张增奇,张成基,王世进,等.山东省地层侵入岩构造单元划分对比意见[J].山东国土资源,2014,30(3):1-23.
- [19] 许立青,李三忠,郭玲莉,等.郯庐断裂带对鲁西隆升过程的影响:磷灰石裂变径迹证据[J].岩石学报,2016,32(4):1153-

- 1170.
- [20] 刘元晴,周乐,李伟,等.山东莱芜盆地西北缘古近系半固结含水岩组的特征及其成因[J].地球学报,2018,39(6):737-748.
- [21] 闫泉峰,曹国华,徐拴祥.巨厚第三系砾岩的水文地质特征及突水防治途径[J].山东煤炭科技,2004(1):18-19.
- [22] 李伟,刘元晴,邓启军,等.沂蒙山革命老区1:5万水文地质调查成果报告[R].北京:中国地质调查局,2019.
- [23] 朱大岗,孟宪刚,邵兆刚,等.山东平邑—蒙阴地区古近纪地层时代讨论[J].地质通报,2008,27(7):1085-1091.

Dissolution characteristics of limestone conglomerate in the Paleogene Zhujiagou formation in the central and southern mountainous area of Shandong Province and hydrogeological implications

LIU Yuanqing¹, ZHOU Le¹, LI Wei¹, DING Peng², LYU Lin¹, MA Xuemei¹, MENG Shunxiang¹,
DENG Qijun¹, LI Bo²

(1.Center for Hydrogeology and Environmental Geology, China Geological Survey, Baoding, Hebei 071051, China; 2.Shandong Provincial Geo-mineral Engineering Exploration Institute, Jinan, Shandong 250014, China)

Abstract The research area is a low-hilly area located in the central and southern mountainous area of Shandong Province, where exist several fault-depression basins such as the Dawenkou, Laiwu, and Pingyi basin. Along the boundary faults and peripheries of these basins developed thick beds of Paleogene Zhujiagou formation limestone conglomerate. This work aimed to study the dissolution characteristics of this rock and their hydrogeological significance. On either side of the Dawenkou basin a series field work was conducted including drilling core cataloguing, well site surveys, CSAMT, and pumping tests. Taking the hydrogeological boreholes as examples, the water abundance law of limestone conglomerates was systematically summarized. The results show that, (1) Both karst holes formed by dissolution of limestone conglomerate and karst-like holes formed by cement softening and gravel component disintegration can be good storage spaces for groundwater. (2) The water outflow from single wells in the Zhujiagou aquifer ranges from 720 to 2,027 m³·d⁻¹, which can be used as the target area of water exploration for centralized water supply in the basin. (3) Affected by sedimentary environment and tectonic development, the aquifers of Zhujiagou formation in the north and south of the basin have obvious differences in rock structure, physical properties, characteristics of dissolution development, sources of groundwater recharge and water abundance. (4) The hydrogeological characteristics, i.e. the law of water abundance, of limestone conglomerate of the paleogene Zhujiagou formation has universality and applicability in the central and southern mountainous area of Shandong Province, which can provide a reference for the study of the emergency water prospecting, the groundwater enrichment law and the hydrogeological mapping in karst mountainous areas.

Key words central and southern mountainous area of Shandong Province, Zhujiagou formation, karst, hydrogeology

(编辑 黄晨晖)