



莱西市基岩裂隙水赋存规律及开发利用浅析

刘伟¹, 蒋书杰¹, 陈京鹏¹, 李东亮¹, 高云雷¹, 邢继飞²

(1. 山东省鲁北地质工程勘察院(山东省地勘局第二水文地质工程地质大队), 山东 德州 253000; 2. 山东地矿新能源有限公司, 山东 济南 250000)

摘要:近年来,由于降水偏少,山东省莱西市水资源供需矛盾加剧。为解决群众饮水困难、支撑服务区域经济社会发展,山东省自然资源厅启动了多幅1:5万区域水文地质调查项目。本文依托山东省1:5万区域水文地质调查项目(夏甸、日庄幅),在水文地质调查和探采结合井实例的基础上,初步查明并汇总了莱西市基岩裂隙水的主要蓄水构造类型以及赋存规律,从地下水数量、质量、开发利用成本3个方面,提出了莱西市地下水的合理开发利用方向,并提出了优质地下水、富水地段的圈定等惠民成果,为政府相关部门决策、村民创收提供有力依据。

关键词:莱西市;基岩裂隙水;蓄水构造;开发利用

中图分类号:P641.4

文献标识码:A

doi:10.12128/j.issn.1672-6979.2021.08.004

引文格式:刘伟,蒋书杰,陈京鹏,等.莱西市基岩裂隙水赋存规律及开发利用浅析[J].山东国土资源,2021,37(8):28-34. LIU Wei, JIANG Shujie, CHEN Jingpeng, et al. Study on Occurrence Law and Exploitation and Utilization of Fissure Water in Country Rocks in Laixi City[J]. Shandong Land and Resources, 2021, 37(8): 28-34.

0 引言

基岩裂隙水是我国分布最为普遍的地下水类型之一^[1-3],其分布特点具有明显的方向性、不均匀性和连通程度不一致性,而且地下水补给条件多变,径流条件复杂^[4]。受降水偏少影响,山东省莱西市近年来缺水问题突出,当地百姓自发实施的凿井工程,由于没有充分考虑地质构造因素,很多水井水量偏小、甚至干眼,多属盲目投资,缺水问题已严重影响当地百姓的生产生活。因此,查明研究区内地下水的主要蓄水构造类型及赋存规律,助力脱贫攻坚与乡村振兴战略,显得愈发重要。

1 研究区概况

1.1 自然地理概况

山东省莱西市位于胶东半岛中部,属鲁东低山丘陵区,地面标高多在40~300 m,地势总体北高南低、西高东低。根据地貌成因,研究区可分为构造剥

蚀、剥蚀堆积、堆积地貌等3种类型。

研究区属华北暖温带季风型大陆气候,具有春迟、夏凉、秋爽、冬长的特征,多年平均降水678.8 mm,年平均蒸发量为1 423.5 mm,属于严重缺水地区^[5],降水具有时空分配不均、年内分配不均特点,降水的分布特征与地形相一致。研究区内的河流共有61条,主要属于大沽河水系,有产芝水库、北墅水库、高格庄水库等,对地表水的依赖性较重,缺少地下水应急备用水源地,自2014年以来,受连续三年干旱影响,该市地表水曾几乎枯竭,地下水水位下降明显,严重影响了当地百姓的生产生活水平。

1.2 地质及水文地质条件

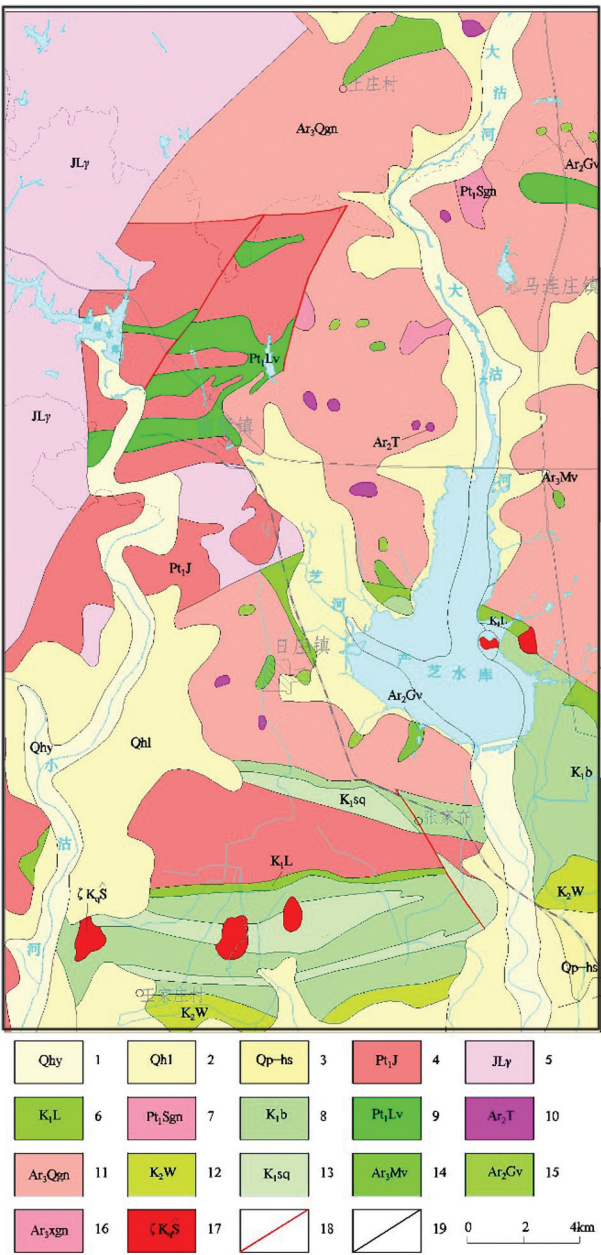
研究区属华北地层大区之晋冀鲁豫地层区、鲁东地层分区,主要出露太古代、古元古代变质岩系、中生代白垩系和新生代第四系(图1)。侵入岩包括中元古代四堡期、新元古代晋宁期、震旦期和中生代印支期、燕山晚期的7个超单元,零星分布。

研究区地处华北板块东南缘胶北隆起及拗陷区,跨胶北隆起、胶莱拗陷两个Ⅳ级构造单元,区内

收稿日期:2021-02-01;修订日期:2021-04-18;编辑:王敏

基金项目:山东省自然资源厅地调项目,山东省1:5万区域水文地质调查(夏甸、日庄幅)(鲁勘字[2019]46号)

作者简介:刘伟(1988—),男,山东德州人,工程师,主要从事水工环地质工作;E-mail:793693284@qq.com



1—沂河组;2—临沂组;3—山前组;4—荆山群;5—玲珑花岗岩;
6—莱阳群;7—双顶片麻岩;8—八亩地组;9—莱州组合;10—唐家庄岩群;11—栖霞片麻岩;12—王氏群;13—石前庄组;14—马连庄组合;15—官地洼组合;16—西朱崔片麻岩体;17—石前庄期潜英安斑岩;18—断层;19—地层界线

图 1 区域地质图

主要构造形迹为褶皱构造、韧性剪切带及脆性断裂构造,以 NE 向和 EW 向 2 组最为突出,其地质意义重大,或为不同地质体的界线,或为岩浆上升的通道。

研究区属鲁东低山丘陵水文地质大区,跨胶北低山丘陵水文地质亚区和胶莱盆地水文地质亚区,

地下水的赋存条件与分布主要与地层岩性、地形地貌、地质构造等因素密切相关,地下水类型可划分为松散岩类孔隙水、碎屑岩类孔隙裂隙水、碳酸盐岩类裂隙水和基岩类裂隙水,地下水储存类型除局部脉状构造裂隙水外,以浅层地下水为主。大气降水为主要补给来源,地下水的运动方向与地形坡降、地表水系相一致,形成大气降水—地表水—地下水的转换关系。地下水排泄以人工开采及渗流排泄为主。

1.3 贫水原因

根据 1:5 万专项水文地质调查,研究区地下水贫水原因主要有以下几点:莱西市大部分地区,第四纪松散碎屑岩厚度薄,地表广泛出露不同时代的岩浆岩、变质岩与中生代砂页岩,含水层不发育,地下水资源较稀缺,即资源型缺水;受农业种植养殖及生活污染,蕴藏在浅部第四系孔隙及基岩风化裂隙中的地下水遭受到不同程度的污染,已不能作为生活饮用水源,即水质性缺水。

2 蓄水构造类型

在基岩地区寻找地下水,主要就是寻找蓄水构造^[6]。地下水在基岩山区蓄积需要具备以下 3 个要素:一是透水的岩层或岩体,构成蓄水构造的储水介质;二是相对隔水的岩层与岩体,构成隔水边界,形成储水空间;三是地下水的补给和排泄条件^[7]。

依托山东省 1:5 万区域水文地质调查项目(夏甸、日庄幅)实施的探采结合孔实例,总结出研究区内基岩裂隙水主要蓄水构造类型分为 4 大类:风化壳型蓄水构造、断层破碎带型蓄水构造、岩溶裂隙型蓄水构造、接触带型蓄水构造。

2.1 风化壳型蓄水构造

风化壳裂隙水在研究区内广泛分布,具有埋藏浅、水量小等特点,莱西市多为碎屑岩类、火山岩类风化壳蓄水构造。该类型地下水以基岩风化壳为含水层,以下伏完整基岩为隔水底板,风化壳厚度一般 5~20 m 不等,单井涌水量多小于 100 m³/d,往往以大口径成井、泉、分散式开发为利用方向。

岩石颗粒粗细程度、风化裂隙发育程度,以及较好的汇水地形,都是构成风化壳蓄水构造的重要条件,该类型地下水以大气降水为主要补给来源,以地下侧向径流和人工开采为排泄方式^[8],水化学类型多为 HCO₃·Cl-Ca 型,矿化度一般小于 1 g/L,如

位于莱西市牛溪埠镇毛家埠村的大口井,井深 5 m,静水位 2.88 m,地下水以潜水的形式赋存于风化裂隙中,涌水量 76 m³/d,水质相对较差。

2.2 断层破碎带型蓄水构造

断层蓄水构造是由断层破碎带及其节理、裂隙、孔隙、溶隙等构成了蓄水空间,具有蓄水空间相对大、富水较为不均匀、水动力条件相对较好等特点,其形成条件及其岩性等都影响着其蓄水能力和地下水流场^[9],该类型地下水以大气降水、地下径流为补给来源,以人工开采为主要排泄方式。

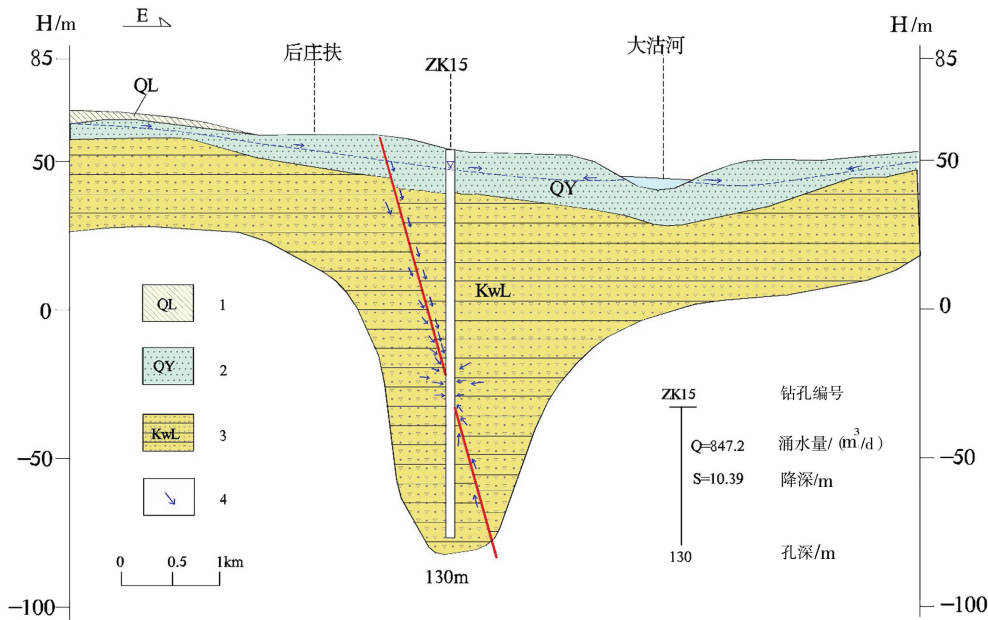
2.2.1 断层构造岩带富水

张性、张扭性断裂的构造岩带疏松多隙,透水性强,断裂影响带范围较小,其富水带主要在构造岩带^[10],如位于莱西市后庄扶村的 ZK15 钻孔,大气降水入渗后,沿地势从高向低处径流,形成浅部富水

区,由于张性断裂导通了不同含水系统,加上断裂孔隙率高,充填物少,使得大气降水沿着断裂这一“天然导水通道”迅速入渗补给地下水,在 39.1~46.3 m 处构造破碎带富集,形成断层构造岩带蓄水构造。根据钻探验证,该孔降深 15 m 时,涌水量 1 431.3 m³/d,水化学类型为 HCO₃ · Cl - Na 型,矿化度 738.16 mg/L,总硬度 115.09 mg/L,水质较好(图 2)。

2.2.2 断层交会处富水

不同走向断裂交接部位,经常形成较好的地下水富集区^[11]。位于莱西市梅花山街道北庄扶村的 ZK10 钻孔,位于 NNE、近 NS 向断裂的交会处,该孔成井深度 100 m,破碎带在 25~33 m,90.1~96.8 m,降深 15.3 m 时,涌水量 211.2 m³/d。



1—第四纪临沂组粉质粘土;2—第四纪沂河组砂、砾;3—白垩纪砾岩夹薄层粉砂岩;4—地下水流向
图 2 ZK15 钻孔蓄水构造模型

2.3 岩溶裂隙型蓄水构造

碳酸盐岩类岩溶裂隙水主要分布在北墅水库以东,以及小沽河两侧区域,主要含水层为荆山群野头组定国寺段大理岩,地下水承受静水压力,水位埋深一般小于 9.0 m,属于浅埋承压水,含水层富水性主要与岩溶裂隙发育程度有密切关系。该类型地下水以大气降水为补给来源,以人工开采、地下径流为排泄方式。

2.3.1 岩溶裂隙发育与断裂构造有密切关系

不同性质的断层对岩溶发育的控制作用是大不相同的^[12]。一般而言,张性断裂带受张拉应力作用,张裂程度较大,断裂面粗糙不平,结构松散,裂隙率高,常为岩溶水的有利通道,有利于岩溶发育^[13],如位于大东馆村的 ZK04 钻孔(图 3),大气降水入渗后,沿地势从高向低处径流,由于大量网脉状的溶蚀裂隙和部分小型溶洞相互交接,使得大气降水入渗

补给地下水,受深层张性断裂影响,使得地下水富集。根据钻探验证,该孔降深 3.75 m 时,涌水量 482.88 m³/d,水化学类型为 HCO₃-Ca·Mg 型,矿化度 668.14 mg/L,总硬度 385.31 mg/L,水质较好。

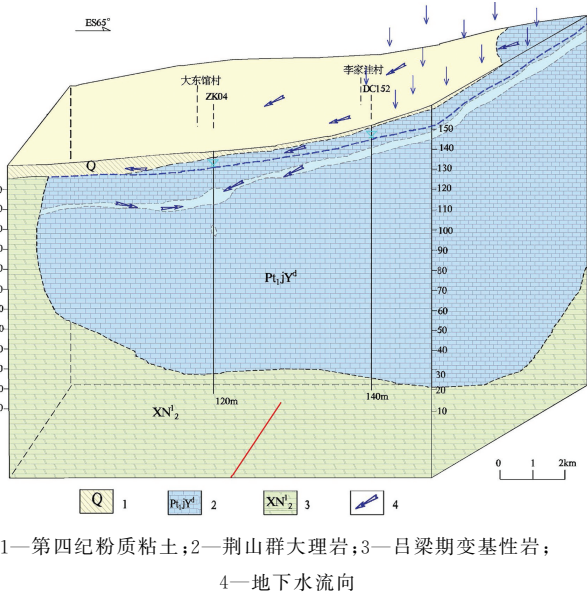


图 3 ZK04 钻孔蓄水构造模型

2.3.2 岩溶裂隙发育与深度呈负相关

区内岩溶裂隙发育多在 10~60 m,为中等富水带,在深部 140~180 m 之间也有岩溶裂隙发育,但富水性较弱,如位于莱西市牛溪埠镇西道格庄村水井,深度 191 m,降深 53.5 m 时,涌水量 485.42 m³/d。

2.3.3 可溶岩与非可溶岩的接触部位易富水

可溶岩与非可溶岩接触带为地下水的富水靶区^[14],这是由于非溶岩对岩溶裂隙水起阻碍作用,使接触部位岩溶裂隙水水平运动加强,水循环交替作用加剧,以及岩层受力后,可溶盐岩与非可溶盐岩变形的差异导致节理裂隙或岩层蚀变重结晶现象的发育常在这些接触带附近,而使岩溶裂隙较其他部位发育,富水性相对较好。大理岩与粉砂质泥岩接触部位,受泥岩的阻挡,溢出易形成下降泉。

2.4 接触带型蓄水构造

不同岩层的接触带,它们具有储蓄地下水的空间,经常成为地下水的良好通道^[15],形成接触带型蓄水构造。该类型地下水集中分布在不同岩性的接触狭长地带,主要指不整合接触蓄水构造、侵入岩体接触蓄水构造和岩脉接触蓄水构造^[16],该类型地下水以大气降水为补给来源,以人工开采、地下径流为排泄方式。

位于丁家庄的 ZK12 钻孔,大气降水入渗后,沿地势从高向低径流,在接触带附近,顺着接触带裂隙向下部径流,在接触带附近的节理裂隙中赋存,在遇到矿脉阻隔后,在接触带附近破碎岩石中富集地下水,形成接触带型蓄水构造(图 4)。根据钻探验证,该孔降深 26.86 m,涌水量 159.6 m³/d,水化学类型为 Cl-Ca 型,矿化度 1 158.74 mg/L,总硬度 605.48 mg/L,水质一般。

位于莱西市马连庄镇崔格庄村西北 200 m 处,有一泉眼名为“药王泉”,泉点上部覆盖有残堆积相含砾亚粘土,厚度 1.5~3.5 m,下部为晚太古代阜平期栖霞超单元牟家单元片麻状细粒奥长花岗岩,经风化剥蚀,风化层厚度可达 20~35 m,裂隙密集呈网状,地下水以潜水的形式赋存于风化裂隙和浅部构造裂隙中,并随地形坡降自东北向西南河流排泄,水位埋深大于 6 m,谷底处因断裂切割且受英云闪长岩阻隔,出露成泉(图 5)。

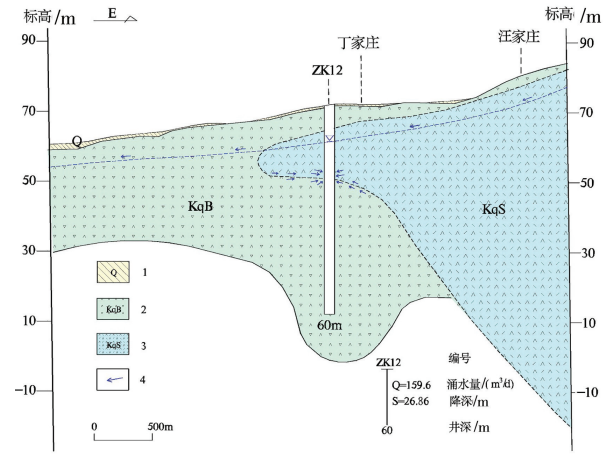


图 4 ZK12 钻孔蓄水构造模型

3 惠民效益分析

3.1 精准找水及开发利用方向

基于蓄水构造三要素,在水文地质调查和物探测量的基础上,定孔 10 眼,成井 9 眼,基本实现了精准找水,基本掌握了研究区的基岩富水性及成井规律,对以后的找水工作提供较大的指导意义。以 ZK16 钻孔为例,该孔位于莱西市武备镇仇家庄,经水文地质调查,该村南部深井极少,下部基岩完整,破碎不发育,富水性差,为十分缺水地区,村南毛家

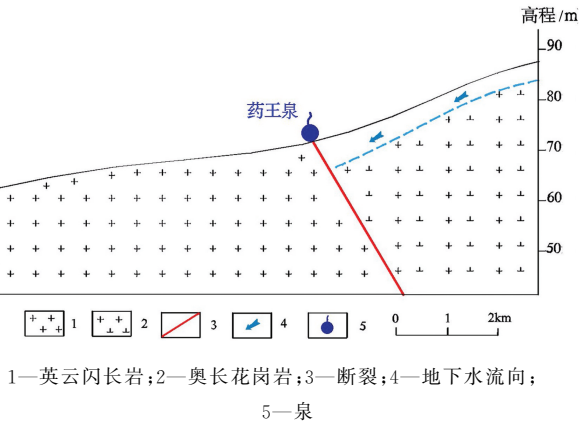


图 5 药王泉蓄水构造模型

埠工业园内工厂用水、果蔬大棚用水等，往往穿过高速公路，去村西北水井处人力拉水，给村民生产生活用水造成极大不便。ZK16 钻孔的成功实施，极大的解决了村南生产生活用水需求，取得了良好的社会效益。

研究区内找水第一方向，应为断裂型与岩溶裂隙型蓄水构造。生产实践中，应结合水文地质调查、物探测量等多种工作手段，重点在脆性岩石中的张性断裂带、不同方向的断层交会处以及岩溶地区寻找地下水，该类型地下水水量往往相对丰富、且水质相对较好，适合小口径集中式生产开采，开采成本相对较高；风化壳裂隙水普遍存在，水量较小、分布不均、开采成本较低，便于分散式供水开采^[17]，生产实践中，以寻找汇水洼地为第一考虑因素；接触带型蓄水构造，涌水量往往不大，其供水意义略强于风化壳裂隙水。

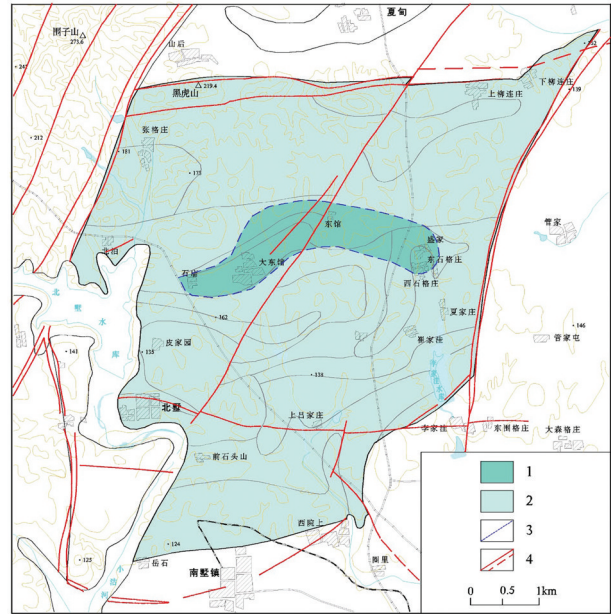
3.2 圈定富水地段及找水成果验证

3.2.1 圈定富水地段

在南墅镇的大东馆—盛家村附近圈定一碳酸盐岩(大理岩)富水地段，边界范围西起石庙村西，东至盛家村—东石格庄村东，面积 3.46 km²(图 6)，含水层岩性主要为荆山群大理岩，枯、丰水期统测水位埋设在 6.92~7.14 m 之间，水化学类型为 HCO₃-Ca·Mg 型，水质较好。该富水地段采用平均布井法，平均布设 5~6 口供水井，可开采量达 1.2 万 m³/d，可解决区内 4 万人日常用水问题。综上所述，该富水地段可以作为中小型水源地，为城市应急供水。

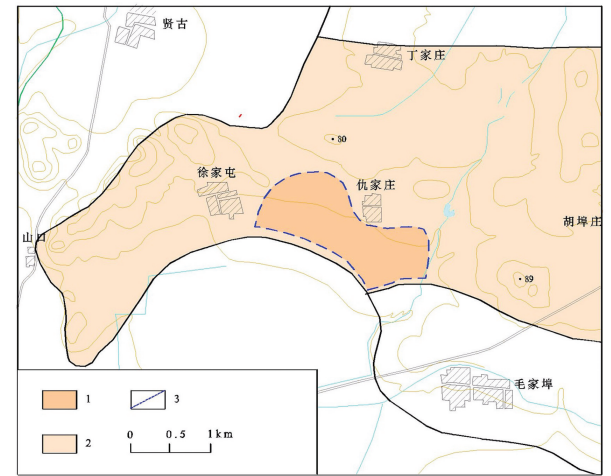
在仇家庄—徐家屯附近，圈定一安山岩富水地段，面积 0.53 km²(图 7)，含水层岩性为青山群八亩地组安山岩，在其破碎、裂隙发育地段(80~90 m)，

水量较好，枯、丰水期统测水位埋设在 17.27~19.2 m 之间，已形成小范围降落漏斗，水化学类型为 HCO₃·Cl-Na·Ca 型，水质较好。采用平均布井法，平均布设 5~6 眼、深度 100~120 m 水井，预计涌水量可达 8 000 m³/d，可解决区内 1~2 万人日常用水问题。



1—富水性>500 m³/d;2—富水性<500 m³/d;3—富水地段分区界线;4—实测及推测断裂

图 6 碳酸盐岩富水地段



1—富水性>500 m³/d;2—富水性<500 m³/d;3—富水地段分区界线

图 7 安山岩富水地段

3.2.2 找水成果验证

本项目施工 10 眼基岩类探采结合孔，总涌水量 2 009.04 m³/d，换算涌水量可达 7 438.68 m³/d(表

1),可及时解决 7 个村庄约 4 500 人的吃水问题,还能满足 740 hm² 农田、果林的灌溉用水需求。

表 1 莱西市水文地质探采结合孔一览表

序号	孔号	位置	孔深/m	含水层类型	降深/m	涌水量/(m ³ /d)	换算涌水量/(m ³ /d)	备注
1	ZK03	莱西市南墅镇山后村	120	基岩类	65.0	/	/	吊泵
2	ZK04	莱西市南墅镇东馆村	120	碳酸岩类	3.75	482.88	2574	
3	ZK05	莱西市南墅镇下庄村	140	基岩类	60.71	52.8	52.8	
4	ZK07	莱西市南墅镇冷家庄	120	基岩类	11.33	231.84	231.84	
5	ZK09	莱西市梅花山街道大疃村	120	基岩类	14.66	145.44	145.44	
6	ZK10	莱西市梅花山街道北庄	100	基岩类	10.53	211.2	211.2	
7	ZK12	莱西市院上镇丁家庄村	60	基岩类	26.86	159.6	159.6	
8	ZK13	莱西市沽河街道谭家庄村	100	基岩类	31.95	129.6	129.6	
9	ZK15	莱西市沽河街道后庄扶村	130	碎屑岩类	2.37	290.4	1431.3	降深 15m
10	ZK16	莱西市武备镇仇家庄	100	基岩类	1.71	305.28	2502.9	降深 15m

微量元素锶(Sr)具有改善骨代谢、增强骨质强度,以及预防心血管疾病的作用,对人及其他动物生理机能具有重要的生物学意义及毒理学意义^[18-20],在施工的 10 眼探采结合孔中,发现有 4 眼富锶地下水点,水质已达到含锶型饮用天然矿泉水命名标准(表 2),具有一定的商业开发利用价值。

表 2 含锶型饮用天然矿泉水点一览表

孔号	位置	岩型	Sr/(mg/L)	标准/(mg/L)
ZK05	南墅镇下庄村	侵入岩	1.240	0.20~5.00
ZK10	梅花山街道北庄	玄武岩	0.998	
ZK16	武备镇仇家庄	玄武岩	1.780	
ZK15	沽河街道后庄扶村	碎屑岩	0.405	

4 结论

莱西市在复杂的地质背景下,形成了赋水机理不同的基岩裂隙水蓄水构造。本文总结出研究区内基岩裂隙水主要蓄水构造类型分为 4 大类,即风化壳型蓄水构造、断层破碎带型蓄水构造、岩溶裂隙型蓄水构造、接触带型蓄水构造。不同类型的蓄水构造,水量水质差异明显。

在水文地质调查的基础上,结合探采结合井实例,圈定了碳酸盐岩、安山岩 2 处富水地段,并寻找到了 4 处富锶地下水点,惠民效益显著。

针对莱西市各种类型的蓄水构造特征,研究区内应以断裂型与岩溶裂隙型蓄水构造为第一找水方向,孔深 100~150 m 为宜。

参考文献:

[1] 陈宇,温忠辉,束龙仓.基岩裂隙水研究现状与展望[J].水电能源科学,2010,4(4):62-65.

[2] 潘玉玲,李振宇,万乐,等.利用核磁共振方法探查基岩裂隙水[J].CT理论与应用研究,2000,9(1):22-25.

[3] 田秋菊,牛波,王观国,等.我国基岩地下水开发利用和研究现状[J].地下水,2004,26(2):88-90.

[4] 张云峰.基岩裂隙水地区经验浅谈[J].勘察科学技术,2004,12(3):51-52.

[5] 张春青,徐志明,赵显龙.莱西市水资源开发利用面临的问题与对策[J].山东水利,2008,11:20-21.

[6] 刘光亚.基岩地下水[M].北京:地质出版社,1979:59.

[7] 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):106-109.

[8] 邸志强,金洪涛,苗英,等.辽西蓄水构造及找水方向[J].地质与资源,2007,6(2):112-115.

[9] 梁丽青,张瑞,殷飞.断层的蓄水特性及对地下水的影响综述[J].中小企业管理与科技,2017(33):144-145.

[10] 王辉,罗国煜,李艳红,等.断层富水性的结构分析[J].水文地质工程地质,2000,27(3):12-15.

[11] 李波,韩玉英,关琴,等.岩浆岩地区富水性分级与蓄水构造研究[J].山东国土资源,2020,36(7):45-50.

[12] 王宇.西南岩溶石地区断陷盆地岩溶水系统分类及供水意义[J].中国地质,2003,30(2):220-224.

[13] 毛焯峰,伍进.岩溶发育控制因素及发育规律浅析[J].西部探矿工程,2009(增刊):80-82.

[14] 甘伏平,喻立平,卢呈杰,等.不同岩溶储水结构分析与地球物理勘察[J].地质与勘探,2011,7(4):663-672.

[15] 高体玉,易怀兵.基岩裂隙水的类型及其特征分析[J].商品与质量·建筑与发展,2011(1):25-26.

[16] 李传生,靳孟贵,武选民,等.唐县山区基岩裂隙水的赋存规律及找水方向[J].人民黄河,2009,4(4):34-35.

[17] 刘伟朋,孟顺祥,龚冀丛,等.阜平岩群基岩裂隙水的赋存规律及找水方向[J].中国矿业,2018,2(10):174-179.

[18] 苏春田,黄晨晖,邹胜章,等.新田县地下水锶富集环境及来源分析[J].中国岩溶,2017,36(5):678-683.

[19] 胡进武,王增银,周炼,等.岩溶水锶元素水化学特征[J].中国岩溶,2004,23(1):37-42.

[20] 刘中业.沂水县富锶地下水特征及成因分析[J].山东国土资源,2020,36(6):43-51.

Study on Occurrence Law and Exploitation and Utilization of Fissure Water in Country Rocks in Laixi City

LIU Wei¹, JIANG Shujie¹, CHEN Jingpeng¹, LI Dongliang¹, GAO Yunlei¹, XING Jifei²

(1. Lubei Geo – engineering Exploration Institute (No.2 Hydrogeology and Engineering Geology Brigade of Shandong Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources), Shandong Dezhou 253000, China; 2. Shandong Geology and Mineral Resources New Energy Limited Corporation, Shandong Jīnan 250000, China)

Abstract: In recent years, the contradiction between supply and demand of water resources in Laixi city of Shandong province is aggravated due to low precipitation. In order to solve the problem of drinking water for the masses, to support and serve economic and social development of the region, a number of regional hydrogeological survey projects with the scale of 1:50000 has been launched by Shandong Provincial Department of Natural Resources. In this paper, based on regional hydrogeology survey project of Shandong province (Xiadian, Rizhuang) with the scale of 1:50000, on the basis of hydrogeology survey and exploration, combining with examples of exploration and mining, main reservoir structure types of country rock fissure water and occurrence regularity have been summarized. From quantity, quality, development and utilization of groundwater cost, the direction of rational development and utilization of groundwater in the area has been put forward, and high quality of groundwater and rich water sections have been circled. It will provide strong basis for decision—making for the relevant government departments and village’s income.

Key words: Fissure water in country rock; water storage structure; development and utilization; Laixi city