

胶东半岛变质岩区基岩裂隙水 形成机理及其开发利用

傅美兰

(山东省地质矿产局第三地质队)

胶东半岛三面环海,地形起伏较平缓,大部分处于海拔500米以下,属于低山丘陵区。本区由于长期隆起和剥蚀,古生界地层缺失,前寒武纪变质岩及火成岩大片出露,断裂发育,这对本区地下水的赋存和运移影响较大。大气降水是本区地下水的主要补给来源,地下水径流和排泄条件良好,大理岩类为主要含水层,在地质、水文地质条件综合因素的作用下,构成了典型的变质岩区基岩裂隙水。

一、变质岩区基岩裂隙水形成的地质、水文地质条件

(一) 岩性特征

胶东半岛广泛出露太古一元古界的胶东群、粉子山群和蓬莱群变质岩系。胶东群是以片麻岩类、变粒岩类、角闪质岩类为主的一套中、深变质岩石。粉子山群是以石英岩、长石石英岩、变粒岩、大理岩、透闪岩和片岩等为主的中级变质岩石。蓬莱群主要是由石英岩、板岩、大理岩和灰岩等浅变质岩石组成(见图1)。

上述变质岩系在成岩过程中受内应力的作用而产生原生成岩裂隙,经过变质作用及构造作用,裂隙发育程度不一。其中大理岩类为脆性岩石,受力后发生脆性变形,裂隙多张开,含水性及水交替作用较强,故大理岩中的裂隙对于地下水的形成、赋存和运移影响也较大。

本区碳酸岩类岩石主要有胶东群上部第二岩组大理岩、粉子山群张格庄组白云石大理岩和巨屯组石墨大理岩、蓬莱群香乔组中厚层灰岩及南庄组大理岩等。裂隙、岩溶的发育是赋存地下水的基本条件,影响裂隙、岩溶发育的主要因素有岩性、构造、地形、补给及水交替条件等,后者是最重要、最活跃的因素。

大气降水、地表水与地下水多沿近地表可溶岩石裂隙发生水交替作用,使溶蚀作用增强,故地表岩溶甚为发育,主要岩溶形态有溶沟、溶槽及溶洞。构造裂隙常对岩溶发育起控制作用,因此,在断层破碎带之影响带、断层交汇处及与火成岩体接触带的大理岩中常形成岩溶发育带,在其裂隙、溶洞中赋存有岩溶裂隙水。地下岩溶形态主要有溶裂、溶孔及溶洞。当钻进到岩溶发育地段时,钻孔内常发生掉钻和冲洗液大量漏失等现象。本区可溶碳酸盐岩石中常见有多金属硫化物矿床,在硫化物矿床氧化带中,地下水因含 SO_4^{2-} 离子较高,具有较强的侵蚀能力,促使可溶岩石氧化带岩溶更为发育。同时,随着本区可溶岩石由老至

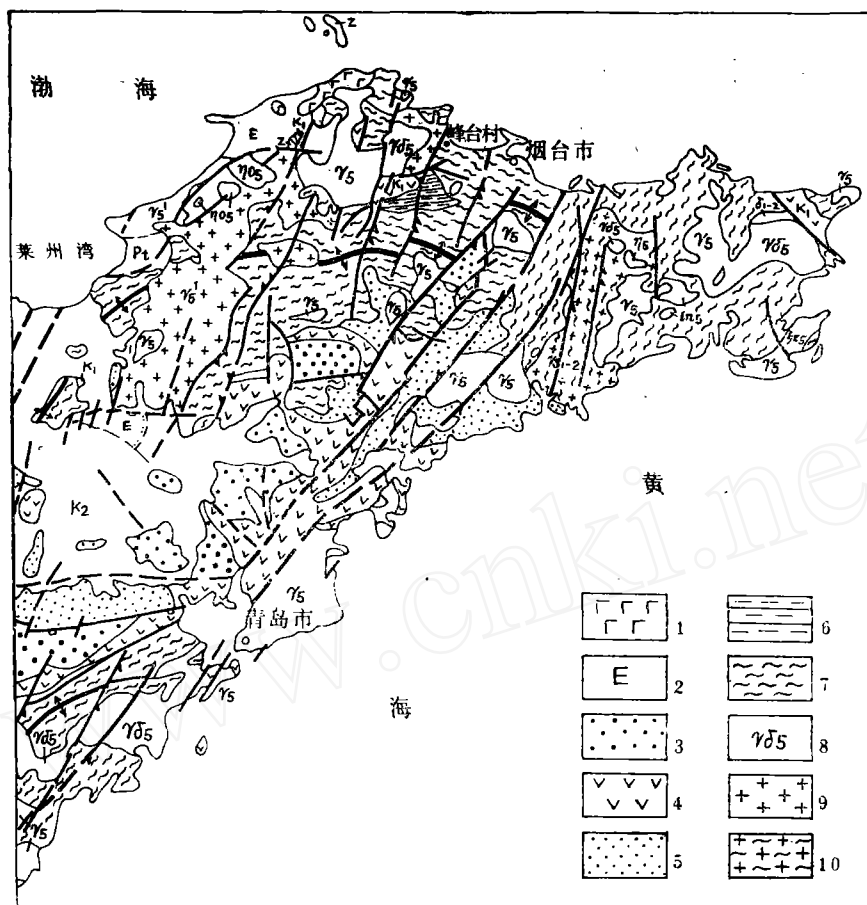


图1 胶东半岛地质构造略图(据山东省地质局地质力学编图组, 1979, 山东省构造体系图说明书)

1. 上第三系(N); 2. 下第三系(E); 3. 白垩系上统(K_2);
4. 白垩系下统(K_1); 5. 侏罗系(J); 6. 上元古界蓬莱群(Z);
7. 太古一元古界胶东群及粉子山群(Ar—Pt); 8. 燕山期侵入岩(γ_5 、 γ_{δ_5});
9. 印支期侵入岩(γ_5^1); 10. 太古一元古宙花岗岩(γ_{s1-2})、闪长岩(δ_1)

新厚度增大, 岩溶逐渐发育。当富含各种矿产时, 可溶岩石(石灰岩和大理岩)可以既是主要含水层, 又是矿层及其顶、底板, 从而对矿床充水和矿山供排水影响很大(见表1)。

(二) 构造条件

胶东半岛位于亚洲大陆东部向东南凸出边缘弧, 属于新华夏系巨型构造的第二隆起带*, 由胶东古隆起和胶莱坳陷组成。根据各构造形迹的力学性质、成生联系和形态特点可以分

表1 胶东地区的碳酸盐岩及其特性

变质地层单元	太古—元古界			上元古界	
	胶东群	粉子山群		蓬莱群	
		张格庄组	巨屯组		
岩石名称	大理岩	白云石大理岩	石墨大理岩	灰岩、大理岩	
颜色	浅灰—灰白色	浅灰—灰白色	灰黑—深灰色	深灰色、灰白色	
结构	细粒变晶结构	中—粗粒变晶结构	细粒变晶结构	隐晶—细粒变晶结构	
构造	透镜—薄层构造	中厚层—厚层构造	薄层、中厚层条带构造	中厚层—厚层构造	
化学成分 (%)	CaO	33.30	31.18	43.31	48.5
	MgO	13.12	18.33	2.24	6.8
	SiO ₂	16.70	12.78	15.68	4.2
岩溶发育程度	较发育	发育	发育	发育	
所处矿区名称	莱西南墅刘家庄矿床	栖霞李博士乔矿床	福山王家庄矿区	栖霞香乔矿区	

为东西向构造、南北向构造、华夏和新华夏系构造以及北西向构造，其中后两种构造体系对本区基岩裂隙水的形成起着重要的作用。晚期构造及低序次构造形迹对地下水的影响更大。

本区新华夏系构造成生最晚，断裂走向呈北北东 15° — 20° ，倾角较陡，具有多期活动的性质。沿断裂带附近多形成带状的基岩裂隙含水系统，并为地下热水的形成创造了良好条件。如本区已发现的温泉达14处，多数沿北北东走向的断裂展布，成为山东省得天独厚的温泉区（见图2）。

北西向的断裂在本区持续活动时间最长，至今仍在活动，并且是地震活动带。它们是由一系列北西 300° — 320° 走向的断裂组成，具压性和压扭性质。由于近期仍在活动，断裂带两侧之影响带节理裂隙甚为发育，沿此方向形成富水带，并对地下水的活动影响较大。沿北西方向的断裂亦见有温泉出露，如威海市温泉。

（三）岩浆岩条件

本区岩浆岩分布广泛，按时代可分为五期，其中以燕山晚期的艾山、崂山阶段岩浆活动最强烈，形成的岩石主要为花岗闪长岩、黑云母花岗岩等中酸性岩石。从整体而言，它们皆是地下水的良好隔水边界，但由于长期风化作用，其近地表带常出现风化裂隙水。在侵入岩体与围岩接触带附近，由于岩浆冷凝收缩较强烈，并且受岩体影响，裂隙较发育，故可以赋存裂隙水，通常具有承压水性。如福山王家庄矿区，当10/ZK117钻孔钻进到305.21米处时遇到石英闪长玢岩与硅化石墨大理岩的接触带，自流水头高出地面7.48米，自流量由 $13\text{米}^3/\text{昼夜}$

* 山东省地质局地质力学编图组，1979，1:50万山东省构造体系图说明书。



图2 胶东半岛温泉分布图(据山东省地质局地质力学编图组, 1979, 山东省构造体系图说明书)

增至1010米³/昼夜。燕山晚期岩体多沿北北东向断裂展布, 因此本区地下热水亦多沿此方向断裂带及其与燕山期花岗岩体接触带流出地表。

(四) 水文地质条件

本区之山脊与东西走向的栖霞—乳山—威海复背斜轴基本一致, 大泽山、艾山、昆嵛山、伟德山等花岗岩体为天然分水岭, 形成南北两组水系。晚期北西向断裂带以垂直运动为主, 其北盘下降, 南盘翘起, 半岛整体由北向西掀斜翘断, 地貌上表现为北陡南缓, 故地表分水岭相应偏北, 河流南长北短。综观半岛地下水的径流、排泄方向与地表水基本一致, 分别向南北海里排放(见图3)。

胶东半岛属海洋性气候, 年降水量700毫米左右, 其中六月至九月降水量占60—70%。大气降水是本区地下水的主要补给来源。

当地表水和第四系含水系统与基岩裂隙含水系统发生水力联系时, 这两种水源也是重要的补给来源, 这在可溶岩地段表现最为明显。如栖霞李博士亦矿区处在栖霞近东西向倒转背斜的断裂带中部, 围岩主要为张格庄组中、上部的白云石大理岩, 近地表裂隙和岩溶皆发育。矿区南侧有一河流由西向东流过, 平时河水流经矿区中段呈潜流渗入地下, 坑道开采深度为91.88米, 坑道排水量随季节变化明显(见表2)。1985年8月25日下大雨, 河水灌入坑道, 五台水泵的排水量高达10000米³/昼夜, 坑道水位仍降不下去, 以致于3—4号坑道被

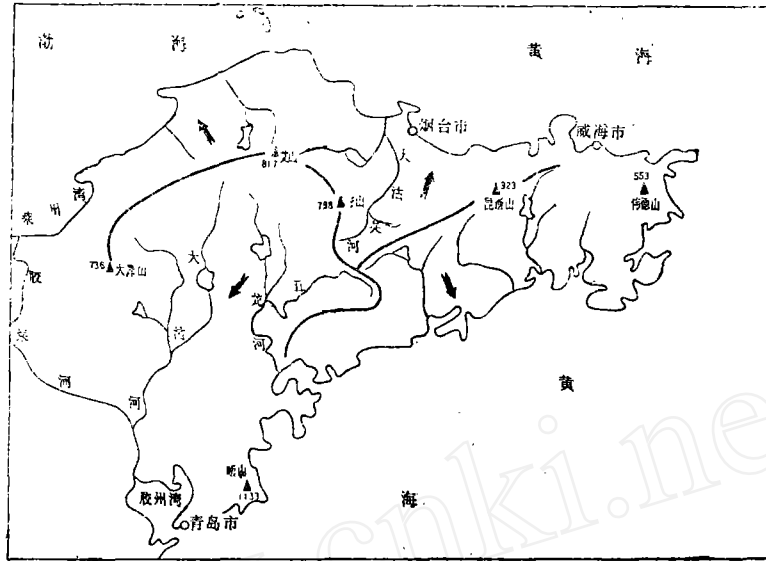


图3 胶东半岛地下水径流分布示意图
 ~地下水分水岭；→地下水流向

表2 李博士乔矿区坑道排水量随季节变化

观测日期	坑道编号	3—4号	1—2号
	排水量 (米 ³ /昼夜)	(坑道西段)	(坑道东段)
1984年 3月		453.17	724.33
1984年 6月		379.18	1665.18
1984年 9月		3549.88	7746.20
1984年12月		986.91	4139.97

淹没。

本区处于沿海的低山丘陵区，地表风化裂隙及断裂构造均发育，地下水径流条件较好，径流途径短，一般是当地补给，当地排泄，区域地下水量最终排入海里。地下水矿化度低，一般小于1克/升，水质类型主要为 $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$ 型。但近海地带受海水入侵影响，地下水中 Cl^- 离子增高，矿化度也增高。在海湾（如莱州湾）沿岸浅滩中赋存丰富的高浓度地下卤水，矿化度高达170克/升。

基岩裂隙含水系统在上述地质、水文地质条件有利因素的综合作用下，能形成较丰富的基岩裂隙水。如福山的八角一峰台处在滨海平原近海岸的地下水排泄地带，大气降水汇水面

积大,北北东向蛇窝泊—八角大断裂由此通过,出露岩石主要为张格庄组白云石大理岩,断裂带西侧的花岗岩侵入体为一良好的隔水边界。此地段集中了较丰富的岩溶裂隙水。单井出水量为1000—3000米³/昼夜(见图4)。

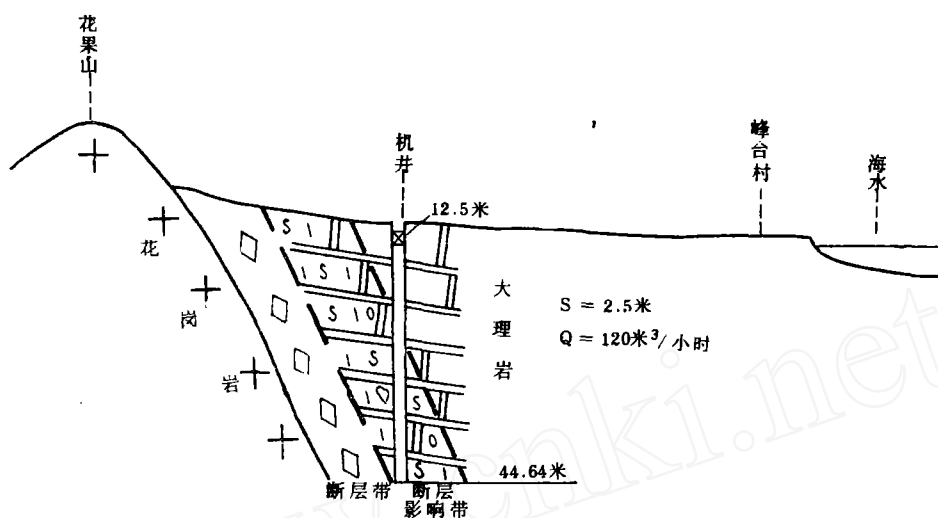


图4 八角—峰台一带地下水排泄系统

二、变质岩区基岩裂隙水基本类型及其特征

裂隙和岩溶孔洞是基岩裂隙水的赋存场所和运移通道,而裂隙和岩溶发育情况受岩性、构造、大气降水与地下水交替作用以及地貌等因素的严格控制。在上述诸因素的综合作用下,形成了本区基岩裂隙含水系统的一定时空特征。基岩裂隙水的主要类型有风化裂隙水、构造裂隙水和岩溶裂隙水,分述如下。

(一) 风化裂隙水

风化裂隙水在本区广泛分布。风化裂隙常常在成岩裂隙和构造裂隙的基础上进一步发育。近地表剧烈风化的岩石呈粘土质夹碎块,为残积薄层而不含水。其下为强、中、弱风化带,强、中风化带深度一般为30—50米,局部深达80米左右,为主要含水段;弱风化带及未风化基岩构成风化裂隙水的隔水底板,属潜水带。粗粒结构的花岗岩、片麻岩等风化厉害时呈粗砂状,含孔隙、裂隙潜水。风化裂隙随着地形起伏呈带状分布,含水带厚度随地形低缓而加厚,其含水性则随深度增加和风化裂隙减少而变弱。含水带的水量一般不大。如乳山马陵矿区地下水类型主要为风化裂隙水,含水段一般不超过地表以下80米深,呈带状分布,含水性较弱,这已由钻孔分段抽水试验资料得到反映。

(二) 构造裂隙水

构造裂隙水受岩性、构造应力作用及边界条件的控制,它在空间分布、富水性、导水性等方面表现出明显的各向异性。

片岩、片麻岩受力后所产生的裂隙密集,且多为闭合裂隙,故含水性甚差;而与之呈夹层或互层产出的大理岩在同样的应力作用下裂隙多张开,形成层状分布的裂隙水。

本区东西向构造主要表现为复式褶皱,其背斜轴部、翼部的转折处张裂隙及层间破碎带较发育,为浅部地下水循环及储存创造有利条件。由于构造应力的差异,常形成脉状或层状分布的裂隙水。如福山复向斜中的钟家庄背斜轴部,张裂隙和岩溶较发育,赋存有脉状构造裂隙水,见有泉水出露。

本区断裂多数为压性和压扭性断裂,沿断裂带挤压厉害,并有破碎物质充填,所以一般不导水而隔水。但在断层上盘、断裂带交汇或复合部位以及断裂带两侧受影响带中,低序次构造(节理、裂隙)发育,形成脉状分布的构造裂隙水。沿断裂延伸方向的裂隙水进一步由脉状发育成带状裂隙水,构成一个统一的储水空间,成为一个类型独特的地质体——富水带。由于裂隙集中且发育,具有较丰富的承压带状裂隙水。如福山王家庄矿区北部吴阳泉压性断裂带长达数十公里,宽100—200米,断裂带内充填有闪长岩、石英闪长玢岩角砾和泥质物,因而断裂带本身隔水而其两侧岩石皆富水,特别是断裂带下盘的大理岩中有多处泉水出露。

地下热水是构造裂隙水的一种特殊类型。在变质岩区常沿北北东向断裂带及其附近发育基岩裂隙含水系统,当大气降水同深部的裂隙水及热源相连通并发生循环时,可形成热液对流系统,地下热水便常沿主要断裂带或断裂复合部位流出。水温一般在40—94℃,涌水量为2—40米³/小时,水质类型为HCO₃⁻—SO₄²⁻—Na⁺及Cl⁻—Na⁺—Ca²⁺型,水中含有多种微量元素,经济价值较高。

(三) 岩溶裂隙水

岩溶裂隙水的形成、运移受岩溶发育带的控制,而岩溶发育带常出现在质纯的厚层大理岩、灰岩中;在近地表大气降水和地表水与地下水交替循环强烈的风化带、断裂破碎带的影响带及火成岩体与围岩的接触带等地段,岩溶裂隙水尤为发育。岩溶裂隙水沿岩溶发育带方向与碳酸盐岩石不断相互作用,使其溶蚀扩展,形成带状裂隙含水系统,它们具有比风化裂隙水和构造裂隙水含水带更强的富水性。

三、变质岩区地下水资源开发利用方向

地下水是按一定含水系统发育的。本区区域性地下水含水系统主要有第四系孔隙含水系统和基岩裂隙含水系统,前者比后者较丰富。

第四系孔隙水主要分布在沿河两岸,含水层埋藏浅,岩石结构较粗,其中水交替循环较强,水质好,水量亦较丰富,单井出水量约为1000—5000米³/昼夜,当地的自来水厂均建立在上述孔隙含水系统的地段。据烟台市水利局1983年底资料,全市已有农田机井50224眼,其主要供水水源亦为当地河流流经的第四系冲积、冲洪积层中的孔隙水。

本区基岩裂隙含水系统的风化裂隙水由于地下水补给范围有限,含水带随地形和岩性变化较大,一般为弱含水性,只能作为当地小型分散生活用水的水源地。构造裂隙水严格地受

构造控制,而构造裂隙的含水性及导水性均随方向而异,同时受补给边界限制,其富水带具有一定的局限性,仅局部含水性较好,可作为当地分散供水水源地。岩溶裂隙系统若分布范围较大,并与第四系孔隙水、地表水发生水力联系时,可成为赋存较丰富岩溶裂隙水的地下水源地。如福山高疃香芥灰岩分布地段、福山张格庄—栖霞河西大理岩分布地段、烟台芝罘西郊大理岩分布地段皆可作为当地城镇工矿企业分散供水水源地。

区内已发现温泉达14处,为全省温泉最多的地区。这些温泉属中低温类型,含有锂、锶、铷、碘、溴、硼、铀和镭等元素。按矿水水质标准亦可称为含上述各种元素的矿泉水,可用于沐浴、医疗、水产养殖,纺织、造纸和洗染工业,培养良种和提取碘元素等方面,今后应注意进一步综合利用。

随着国民经济的发展,对本区地下水的需求量不断增加,故将会出现环境水文地质、工程地质方面的一系列新问题。如地下水水位下降、水量减少、海水入侵、地下水水质污染及地面不均匀沉降等,必须及早给予重视,注意合理开发利用地下水,防止滥采,否则后患无穷。

四、结 语

胶东半岛变质岩区基岩裂隙含水系统的形成机理和时空分布特征严格受本区地质和水文地质条件的控制,在上述诸因素作用下形成的基岩裂隙含水系统主要蕴含风化裂隙水、构造裂隙水、岩溶裂隙水及与地热系统有关的地下热水。它们主要呈带状分布,称为含水带。

研究本区地下水的形成机理,进而了解区域地下水含水系统的特征,可以正确评价和指导合理开发利用地下水资源。地下水资源按一定的含水系统发育,基岩裂隙水一般不很丰富,但其中的岩溶裂隙水资源较其它裂隙水丰富,可作为当地分散供水水源地。第四系孔隙含水系统地下水是本区主要供水水源地。地热系统的地下热水一般属中低温类型,含有多种微量元素,具有较高的经济价值。综合利用地热资源不仅能节约能源,而且对于防止环境污染有很大的作用。

随着国民经济不断发展,今后应加强环境水文地质和工程地质工作,预测地下水水量及水质的动态变化,合理开发及综合利用地下水资源。

参 考 文 献

- [1] 王大纯等, 1980, 水文地质学基础。地质出版社。
- [2] Wollenberg, H. A., 1982, Geothermal Resource Exploration. Geol. Soc. Amer. Special Paper, 189p.

**MECHANISM FOR THE FORMATION OF FISSURE WATER IN BEDROCK
AND ITS EXPLOITATION IN THE METAMORPHIC TERRAIN OF
THE EASTERN SHANDONG PENINSULA**

Fu Meilan

*(The Third Geological Brigade, Shandong Bureau of
Geology and Mineral Resources)*

Abstract

The Eastern Shandong Peninsula, which is a typical hilly land, has undergone long-term uplifting. Metamorphic rocks are widespread in this region, faults are well developed and multi-phase magmatic intrusions are present.

The aqueous system in bedrock in the metamorphic terrain consists mainly of the weathering fissure water, structure fissure water, karst fissure water and underground thermal water from the geothermal regime. They are distributed as zones. The fissure water in the bedrock has been formed as a result of the synthetic (complex) effect of the geologic and hydrogeologic conditions on the groundwater.

The main source for the water supply in the region is the groundwater of the aqueous system existed in the pores of the Quaternary system, while the fissure water in the bedrock can only be tapped as a local separate water source. However, the underground thermal water from the geothermal regime is going to be an important aspect in terms of the exploitation of groundwater in the region.