

DOI:10.16030/j.cnki.issn.1000-3665.2019.05.02

云应盆地东北部含水层结构特征及地下水转化模式

常威¹, 黄琨¹, 胡成¹, 王清², 王宁涛²

(1. 中国地质大学(武汉)环境学院, 湖北 武汉 430074;
2. 中国地质调查局武汉地质调查中心, 湖北 武汉 430223)

摘要: 云应盆地东北部属鄂北贫水地区, 赋存于古近系—第四系含水层中的地下水是当地生产、生活用水的主要来源, 亟需查明含水层的结构、含水层间地下水的转化关系等基本条件, 为研究区内合理开发利用地下水提供依据。本研究通过野外水文地质调查、水文地质钻探工作, 将研究区划分为单层含水层与双层含水层结构两个亚区(6个小区)。并通过地下水水位动态长期监测, 获取了区内不同含水层的水位动态变化特征, 分析各含水层之间的水力联系, 建立了区域地下水转化的概念模式, 即: 研究区地下水以接受山前降雨入渗及风化裂隙水侧向径流补给为主, 主要以水平径流的形式经古近系孔隙-裂隙含水层及第四系孔隙承压含水层往潜水方向运移, 而后进入第四系孔隙潜水含水层。地下水和地表水在不同季节补排模式不同, 雨季地表水(潜水)补给地下水, 旱季地下水向地表水(潜水)排泄。古近系孔隙-裂隙水与上覆第四系孔隙水联系密切互为补给, 共同构成具有统一水力联系的垂向多层结构的含水系统。独特的含水层结构决定了区内地下水接受降水补给的条件较差, 地下水可开采资源量总体较贫乏, 建议重点利用区域地表水资源, 适度开发地下水资源, 推进农业节水灌溉工程, 实现水资源可持续利用。

关键词: 云应盆地东北部; 含水层空间结构; 地下水转化

中图分类号: P641.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-3665(2019)05-0009-07

Characteristics of the aquifer structure and groundwater conversion model in the northeastern Yunying Basin

CHANG Wei¹, HUANG Kun¹, HU Cheng¹, WANG Qing², WANG Ningtao²

(1. School of Environmental Studies, China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan, Hubei 430074, China;
2. Wuhan Center of Geological Survey, CGS, Wuhan, Hubei 430223, China)

Abstract: Water resources are rare in the northeast part of the Yunying Basin in northern Hubei. Groundwater in the Paleogene-Quaternary aquifers is the main source of water for production and domestic use. It is urgent to examine the aquifer structure and the relation of groundwater conversion between the aquifers, and provide the hydrogeological basis for the rational development and utilization of groundwater in this area. Through hydrogeological survey and drilling, the study area is divided into two sub-regions (six sub-regions), and the dynamic characteristics of groundwater levels of different aquifers are obtained by long-term monitoring of groundwater level dynamics. A model describing the relationship between aquifer recharge, runoff and excretion is established. The groundwater receives recharge from rainfall and lateral runoff recharge of weathered fissure groundwater in the metamorphic rocks, and mainly discharges in the form of horizontal runoff through the Paleogene pore-fissure aquifer and Quaternary pore confined aquifer, and then flows into the unconsolidated unconfined aquifer. Groundwater and surface water supplement and excrete each other in

收稿日期: 2018-09-11; 修订日期: 2018-12-14

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目(121201009000172522); 中国地质大学(武汉)中央高校基本科研业务费专项基金(GUGL170410)

第一作者: 常威(1991-), 男, 博士研究生, 主要从事水文地质方面研究。E-mail: 1195079793@qq.com

通讯作者: 王宁涛(1982-), 男, 高级工程师, 主要从事水工环地质调查方面研究。E-mail: wnt113@126.com

different seasons. The pore-fissure groundwater is closely related to the pore groundwater, which is recharged to each other and forms a vertical multi-layer water-bearing system with unified hydraulic connection. The unique aquifer structure determines the conditions for groundwater receiving poor recharge in the region, and the groundwater resources are generally poor. It is recommended to focus on the use of regional surface water resources, moderately develop groundwater resources, promote agricultural water-saving irrigation projects, and realize sustainable use of water resources.

Keywords: northeastern Yunying Basin; aquifer spatial structure; groundwater conversion

含水系统是地下水流系统的骨架,查明含水层结构是分析不同含水层之间的水力联系、地下水补径排条件以及开展地下水资源评价工作的基础^[1-9]。孝感市肖港镇地区,地处大别山—云应盆地的过渡带,属鄂北贫水地区^[10-12]。区内北部为大别山变质岩山区,地下水赋存于地表浅层风化裂隙带内,地下水量贫乏;南部为云应盆地,地下水赋存于白垩系—古近系红层与第四系松散堆积物中,是区内地下水主要开采层位^[13-14]。然而,由于勘察精度限制,盆地内含水层的结构及空间分布规律掌握不足,导致区内地下水的补给、径流、排泄条件以及不同时代含水层之间水力联系的认识尚不够明确,限制了地下水资源量评价的精度,难以满足区域地下水合理开发利用的需要,局部地区因地下水超采已形成常年性的降落漏斗^[15-16]。此外,研究区地下水中铁、锰含量普遍超过地下水质量标准,并且自补给区至排泄区地下水中铁、锰的含量具有沿途增大的趋势,查明研究区区域含水层空间分布特征及含水层之间的地下水转换关系有助于加深对高铁锰地下水成因的认识。

本研究依托湖北 1:5 万肖家港幅水文地质调查项目,在野外调查的基础上,针对性地开展钻探和地下水动态观测工作,查明区内含水层结构及含水层之间的补排关系,在此基础上构建区内地下水的补径排模式,为地下水资源量的评价、地下水合理开发利用方案的制定以及高铁锰地下水成因的研究提供水文地质依据。

1 研究区水文地质概况

研究区第四系分布广泛,地势起伏较小,整体上北高南低,东西高中间低,府河一级支流澠水由南向北纵穿而过,北部低丘、垅岗状平原与溪流河谷互为穿插,南部以澠水堆积平原为主,地势平坦,澠水 I 级、II 级阶地自东、西两侧往河床方向微微倾斜(图 1)。

研究区地下水可分为风化裂隙水、孔隙水、孔隙-裂隙水三种类型。风化裂隙水赋存于中元古界青白口系

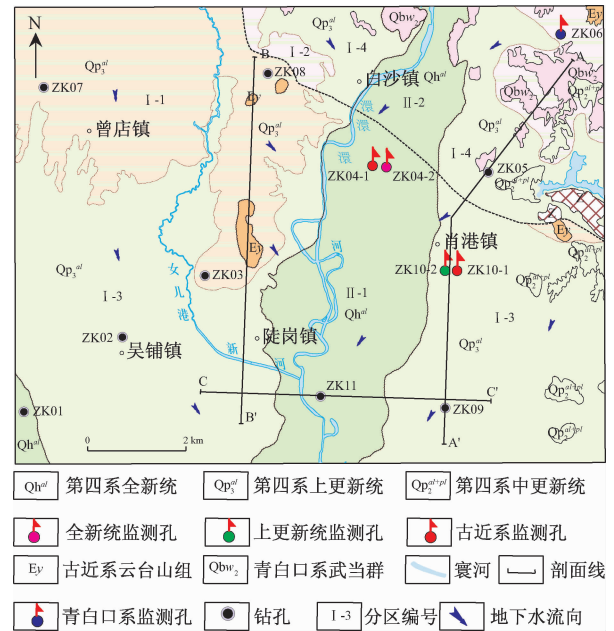


图 1 研究区水文地质图

Fig. 1 Hydrogeological map of the study area

武当群(Qbw₂)千枚岩、片岩的风化裂隙带中,主要分布于测区东北部垅岗地带,单位涌水量为 0.0079 ~ 0.045 L/(m·s),富水性较差。孔隙-裂隙水赋存于古近系云台山组(Ey)半胶结的砂岩、砂砾岩地层中,该地层在区内地表出露面积较小,仅在澠水西侧零星出露,大部分被第四系松散沉积物覆盖,单位涌水量为 0.067 ~ 0.184 L/(m·s),富水性较差。第四系孔隙水分布于澠水 I 级阶地和 II 级阶地上,赋存于第四系砂砾石层中。根据地下水埋藏条件,第四系孔隙水分为孔隙潜水和孔隙承压水。孔隙潜水赋存于第四系全新统(Qh^{al})砂砾石层中,分布在澠水两侧的河漫滩和 I 级阶地。孔隙承压水赋存于上更新统(Qp₃^{al})砂砾石层,主要分布在澠水的 II 级阶地。第四系孔隙水单位涌水量 0.319 ~ 2.92 L/(m·s),富水性整体较好。

2 钻孔布置与地下水动态监测方案

研究区第四系覆盖层下分布多个含水层,为了查

明含水层的分布、空间叠置关系及其之间的水力联系,本研究在水文地质调查的基础上,布置了 13 个水文地质钻孔。钻孔布设原则为:①探明从山前到平原区第四系地层厚度的变化及第四系下覆基底地层;②探明

不同的水文地质单元地质结构,如澧水 I、II 级阶地;③探明澧水东、西两侧地层结构是否一致。研究区钻孔分布见图 1,所有钻孔均穿过第四系地层揭露到基岩,钻孔地层揭露情况见表 1。

表 1 钻孔基本特征

Table 1 Basic information of drilling holes

钻孔编号	孔深/m	水位/m	钻孔揭露地层结构	
ZK01	60	24.53	Qh ^{al} (0~11.5 m 粉砂、细砂;11.5~25 m 砂砾石层)	E _Y (25~61 m 粉砂岩、泥岩)
ZK02	100	30.22	Qp ₃ ^{al} (0~17 m 粉质黏土、黏土;17~21 m 砂砾石层)	E _Y (21~100 m 砂岩、粉砂岩)
ZK03	120	38.33	Qp ₃ ^{al} (0~12 m 粉质黏土、黏土;12~17 m 砂砾石层)	E _Y (17~120 m 砂岩、粉砂岩)
ZK04-1	80	24.80	Qh ^{al} (0~8 m 粉砂;8~18 m 砂砾石层)	E _Y (18~80 m 砂岩、含砾砂岩)
ZK04-2	17	25.16	Qh ^{al} (0~4 m 粉砂;4~16 m 砂砾石层)	E _Y (16~17 m 砂岩、含砾砂岩)
ZK05	50	34.31	Qp ₃ ^{al} (0~7 m 粉质黏土、卵石夹黏土;9~11 m 砂卵石层)	Qbw ₂ (9~50 m 变质岩)
ZK06	60	42.19	Qp ₃ ^{al} (0~9 m 粉质黏土、黏土)	Qbw ₂ (9~60 m 变质岩)
ZK07	120	54.06	——	E _Y (0~120 m 含砾砂岩)
ZK08	90	52.44	Qp ₃ ^{al} (0~13 m 粉质黏土、黏土)	E _Y (13~90 m 砂岩、含砾砂岩)
ZK09	40	26.64	Qp ₃ ^{al} (0~10 m 粉质黏土、黏土;10~37 m 砂砾石层)	E _Y (37~40 m 砂岩)
ZK10-1	80	36.33	Qp ₃ ^{al} (0~6.5 m 粉质黏土、黏土;6.5~16 m 细砂、中粗砂)	E _Y (16~80 m 砂岩)
ZK10-2	17	26.72	Qp ₃ ^{al} (0~8 m 粉质黏土、黏土;8~16 m 粗砂夹卵石)	E _Y (16~17 m 砂岩)
ZK11	120	24.58	Qh ^{al} (0~6 m 粉砂土、粉土;6~18 m 粗砂、砂砾石层)	E _Y (18~120 m 砂岩、细砂岩)

为了查明含水层之间的水力联系,本次设置了 5 口地下水动态监测井(图 1),采用 Levelloggersolinst 水位探头对地下水水位进行自动监测,监测时间步长 6 h/次。针对含水层垂向多层结构的特点,采用联合动态监测的方法分别对不同深度的含水层进行监测,即在同一地方布设一深一浅两个钻孔。浅孔监测第四系孔隙含水层水位动态特征,深孔成井时在上部第四系孔隙含水层处止水,监测下部含水层水文动态特征。本次同时收集了澧水位动态数据进行对比分析,澧水位的数据来源于湖北省水文水资源局水文情报处澧水孝感站。

3 含水层空间结构

根据钻孔揭露的含水层结构空间特征,可将研究区划分成多个结构分区。根据研究区第四系上更新统(Qp₃^{al})与全新统(Qh^{al})地层的分布情况将研究区分别划分为第 I、II 亚区,亚区再根据第四系的下覆基底地层不同划分小区,第 I 亚区中根据第四系上更新统(Qp₃^{al})地层底部是否有砂砾石进行更细一步划分。研究区含水层空间结构可划分为 2 个亚区 6 个小区, I-1、I-2 区特征为 Qp₃^{al} 黏性土直接覆盖在下部基岩上,为单层含水层结构; I-3、I-4 区特征为 Qp₃^{al} 地层上部黏性、下部砾砂层的“二元结构”,覆盖在下部基岩上,为双层含水层结构。II-1、II-2 区特征为第四系全新统(Qh^{al})地层覆盖下部基岩上,Qh^{al}地层特征为

上部粉细砂、下部砂砾石层的二元结构,下覆基岩地层构成双层含水层结构,各分区的水文地质结构特征见表 2。

研究区澧水东、西两侧含水层空间结构不一致。澧水以东含水层空间结构剖面图见图 2(a),北部垆岗区中元古界青白口系武当群变质岩出露,由北往南,第四系上更新统 Qp₃^{al}地层逐渐覆盖,地层厚度逐渐增大,Qp₃^{al}地层结构由单层的黏土层结构变化为上部为黏土层、下部含砾石层的“二元结构”,砂砾石层逐渐变厚且形成一套稳定的含水层,基底地层由青白口系武当群变质岩变化为古近系云台山组半胶结砂岩、砂砾岩,古近系地层未出露地表。

澧水以西,含水层空间结构剖面图见图 2(b),中元古界青白口系武当群变质岩几乎没有出露,地势相对较高的王山村地区古近系云台山组半胶结砂岩、砂砾岩出露地表。王山村以北第四系上更新统 Qp₃^{al}地层仅仅沉积了黏土层,王山村以南 Qp₃^{al}地层厚度逐渐增大,Qp₃^{al}地层由单层的黏土层结构变化为上部为黏土层、下部砂砾石层的“二元结构”,砂砾石层逐渐变厚且形成一套稳定的含水层。

第四系全新统与上更新统为内叠阶地,即澧水 I 级阶地与 II 级阶地为内叠接触关系,垂直澧水方向,含水层空间结构剖面图见图 2(c),含水层结构为上层为孔隙含水层,下层为孔隙-裂隙含水层,垂向上表现为上下叠置关系,含水层之间没有稳定的隔水层。

表 2 水文地质结构分区
Table 2 Hydrogeological structural zoning

分区	分区特点	小区	水文地质结构特点
第 I 亚区	上更新统 Qp_3^{al} 地层分布区, 衡水 II 级阶地	I-1	单层含水层结构: 上更新统 (Qp_3^{al}) 黏性土直接覆盖在 E_y 的紫红色砂岩、粉砂岩上, 缺失 Qp_3^{al} 砂砾石层, 地下水主要是具有微承压的孔隙-裂隙水。
		I-2	单层含水层结构: 上更新统 (Qp_3^{al}) 的黏性土直接覆盖在 Qbw_2 的变质岩上, 缺失 Qp_3^{al} 下部的砂层或含砾砂层, 地下水主要具有微承压的风化裂隙水。
		I-3	双层含水层结构: Qp_3^{al} 下部出现砂层或含砾砂层, 基底为 E_y 的紫红色砂岩、粉砂岩或泥岩, Qp_3^{al} 的微承压孔隙水与红层微承压孔隙-裂隙水并存。
		I-4	双层含水层结构: 与 I-3 小区不同的是该区的基底地层为 Qbw_2 变质岩, Qp_3^{al} 的微承压孔隙水与变质岩的风化裂隙水并存。
第 II 亚区	全新统 Qh^{al} 地层分布区, 衡水两侧 I 级阶地	II-1	双层含水层结构: 上部为 Qh^{al} 的二元结构, 赋存孔隙潜水, 下部基底为 E_y 的紫红色砂岩、粉砂岩或泥岩, 赋存孔隙-裂隙水。
		II-2	双层含水层结构: 上部为 Qh^{al} 的二元结构, 赋存孔隙潜水, 下部基底为 Qbw_2 变质岩, 赋存风化裂隙水。

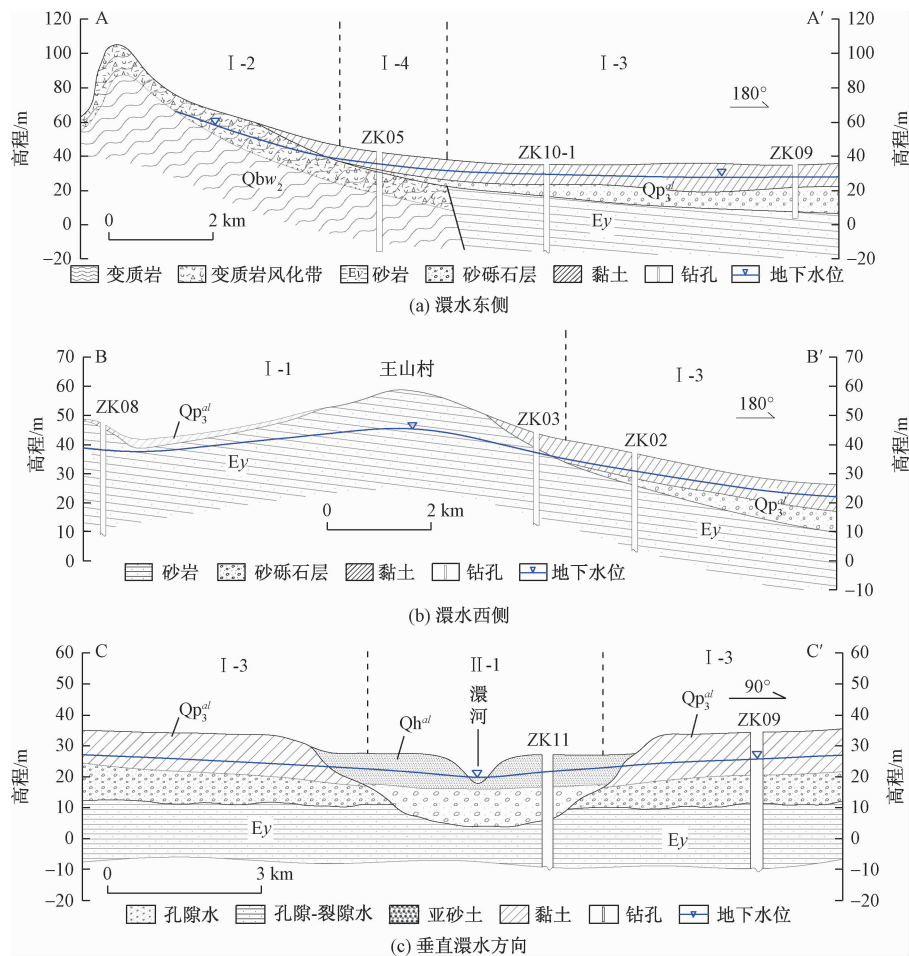


图 2 衡水东侧和西侧和垂直衡水方向含水层空间结构剖面图

Fig.2 Spatial structure profile of the aquifer to the east and west of Huangshui and in the vertical direction of Huangshui

4 地下水转换关系

4.1 地下水监测

古近系、第四系含水层是区内地下水赋存的主要层位,根据含水层结构特点分析两者应具有统一的水力联系,为了查明区内地下水位的动态特征以及主要

古近系、第四系含水层之间地下水的相互转换关系,本研究共布设 5 个地下水位动态监测孔,重点针对双层含水层结构区(I-3、II-1)开展地下水动态监测工作,监测结果见图 3,监测时间为 2017. 5. 23—2018. 3. 25。本研究监测孔位是在对研究区水文地质条件有一定认识的基础上,沿地下水总体流向布设的,监测钻孔结

构、地质结构清晰,监测地下水类型明确。其中,ZK06监测青白口系 Qbw_2 风化裂隙含水层水位动态特征;ZK10-1和ZK10-2是一组联合动态监测孔,其中ZK10-2监测第四系 Qp_3^{al} 孔隙承压含水层水位动态特征,ZK10-1监测下部古近系 E_{y_1} 孔隙-裂隙承压含水层水位动态特征;ZK04-1和ZK04-2是另外一组联合动态监测孔,其中ZK04-2监测第四系 Qh^{al} 孔隙潜水含水层水位动态特征,ZK04-1监测下部古近系 E_{y_2} 孔隙-裂隙含水层水位动态特征。

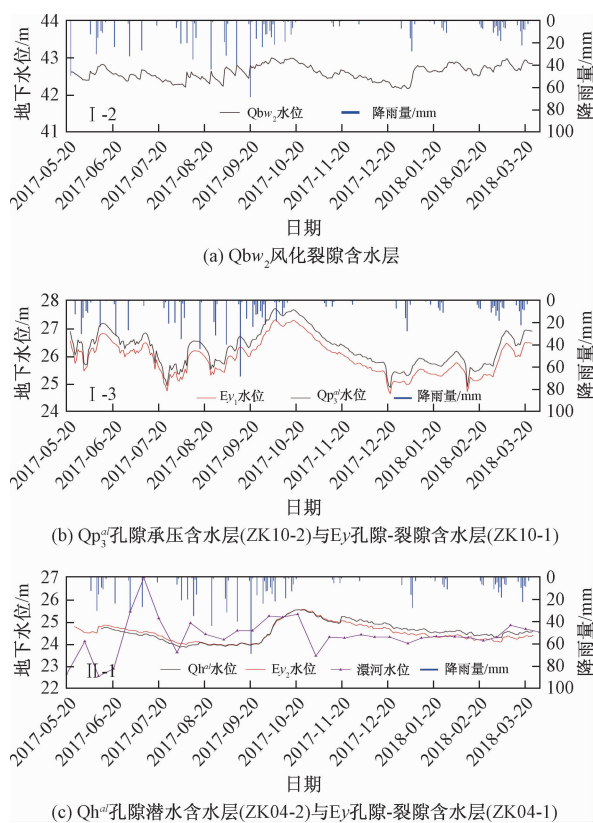


图3 不同含水层水位动态图

Fig.3 Dynamic curves of groundwater levels of different aquifers

4.2 含水层水位动态特征

风化裂隙含水层 (Qbw_2) 水位动态变化见图3(a)。风化裂隙含水层地下水位整体变幅不大,地下水位变化受大气降雨影响,水位响应迅速,水位变化较大且不稳定,风化裂隙含水层地下水位变化主要受大气降雨控制。监测期间,受降雨影响,5—11月地下水位受降雨影响呈现波动式上升和下降,11月—次年1月无降雨情况下地下水位逐渐下降,1—3月有降雨情况下地下水位呈现波动式上升,风化裂隙含水层接受大气降雨入渗补给,该含水层空间分布面积小,含水层厚度薄,地下水接受大气降雨的补给有限,含水层调蓄能力较差。

钻孔ZK10-1和ZK10-2位于潞水Ⅱ级阶地,ZK10-

2孔监测第四系上更新统孔隙承压含水层水位动态变化,ZK10-1孔监测古近系孔隙-裂隙含水层水位动态变化,该组联合动态监测孔的监测结果表明:孔隙承压含水层和下覆孔隙-裂隙含水层水力联系密切,两层含水层地下水位动态变化规律一致(图3b)。孔隙承压含水层水位一直高于孔隙-裂隙含水层水位,表明两者水力联系密切。第四系孔隙承压含水层向下补给古近系孔隙-裂隙含水层。孔隙承压含水层和下覆孔隙-裂隙含水层地下水位对大气降雨的响应较灵敏,呈明显的季节性动态变化,具体表现为:5—10月的多雨期间,地下水位波动明显。5—6月随着区内降雨量增加,地下水位受降雨的影响呈波动式上升。6—7月区内降雨较少,地下水位呈现快速下降的趋势,并维持在低水位。8—9月地下水位表现为振荡式的波动、水位缓慢恢复。9—10月地下水位快速回升至最高水位。10—12月,区内进入枯水期,降水很少,地下水位持续下降至最低水位。1—2月,地下水位在较低的范围内波动。3月之后随着雨量增多,地下水位逐渐回升。

孔隙承压含水层和下覆孔隙-裂隙含水层地下水位动态主要受大气降雨的影响,表现为丰水期地下水位较高、枯水期地下水较低的特点。同时,7—9月丰水期期间,地下水位呈“W”式波动且水位整体较低,说明地下水位的变化除了受大气降雨影响外,可能还受到人类开采地下水的影响。 Qp_3^{al} 孔隙承压含水层主要分布于潞水Ⅱ级阶地,区内主要种植水稻等农作物,7—9月是农灌需水量最大的季节,地下水位主要受农灌开采地下水与降雨补给的双重影响,表现出“W”式复杂波动的特点。9月之后随着地下水开采活动减弱,地下水位快速回升,地下水位表现出主要受大气降雨影响的典型动态特征。

钻孔ZK04-1和ZK04-2位于潞水Ⅰ级阶地,ZK04-2孔监测第四系全新统孔隙潜水含水层地下水位动态变化,ZK04-1孔监测古近系孔隙-裂隙含水层地下水位动态变化,该组联合动态监测孔的监测结果表明:孔隙潜水含水层和下覆孔隙-裂隙含水层水力联系密切,两层含水层地下水位动态变化规律整体一致,如图3(c),不同季节两者之间的补排关系会发生变化。6月1日—8月15日孔隙-裂隙含水层水位高于孔隙潜水含水层水位,孔隙-裂隙含水层地下水向上补给到孔隙潜水含水层。8月15日—11月15日上下两含水层间水位基本上一致。11月15日—次年4月1日孔隙潜水含水层地下水位高于下覆孔隙-裂隙含水层地下水位,孔隙潜水含水层向下补给到孔隙-裂隙含水层。

4.3 地下水动态变化影响因素

孔隙潜水含水层和下覆孔隙-裂隙含水层地下水位的动态变化特征为:6月1日—10月15日的雨期,地下水位表现为缓慢持续下降的趋势,之后维持在较低的水位波动,期间区内降雨量丰富,地下水位不升反降,表明孔隙潜水含水层和下覆孔隙-裂隙含水层地下水位变化除了受到大气降雨影响,还受到人为开采的影响。且6—10月人为开采地下水是导致水位变化的主要因素。这与研究区农业生产规律一致,研究区为国家级香葱种植出产地,主要在濠水Ⅰ级阶地上种植。6—10月是香葱种植的主要季节,农业灌溉及香葱清洗用水均采用地下水,开采量大、持续时间长,导致地下水位持续降低。10—11月,农业活动逐渐减弱,地下水位快速回升至最高水位。11—3月进入枯水期,地下水位波动式下降。3—4月以后受降雨影响地下水位又逐渐波动式上升,总体表现为受降雨影响的动态特征。

区内地下水位动态除了受大气降水和人类活动影响外,还受濠水位的季节性变化影响,但影响范围主要为濠水两侧的地下水排泄区。由图3(c)可知,濠水水位动态变化与降雨息息相关。6月1日—10月15日为雨季,濠河水位较高且波动较大,濠水水位高于地下水水位,地表水补给地下水。10月15日—次年3月1日,濠水位较低且波动较小,地下水位高于地表水位,地下水向濠水排泄。3—4月降雨量逐渐增大,濠水水位上涨速度快于地下水位,濠水水位短时内高于地下水位,地表水反补地下水。尽管地表水位、地下水位的

季节性反转,会造成短期内地表水补给地下水,但这种影响的范围有限且主要影响 Qh^{al} 孔隙潜水含水层,不会改变区内 Qp_3^{al} 孔隙承压水与 Ey_1 孔隙-裂隙承压水向濠水排泄的总体特征。

通过对研究区含水层空间结构以及含水层间水力联系的识别,构建研究区地下水补、径、排模式如图4所示。区域整体地势表现为北高南低,东西高中间低,濠水两侧往河床微微倾斜,受地形地貌及含水层结构特征的影响,含水层接受大气降水补给后,总体上由北往南、由东西两侧向中部濠水方向径流排泄。

天然情况下,濠水以东地下水在 Qbw_2 变质岩风化裂隙含水层分布区接受大气降水补给后,总体沿西南方向往濠水运移。进入第四系平原区后,地下水由无压转为承压,并通过侧向径流的方式补给 Qp_3^{al} 孔隙承压含水层或 Ey 孔隙-裂隙含水层。之后地下水以水平径流形式继续缓慢地向濠水方向径流,运移至 Qh^{al} 孔隙潜水含水层分布区时,地下水再由承压转无压。孔隙潜水含水层和濠水在不同季节补排关系发生变化,丰水期濠水水位高于地下水水位,地表水补给地下水,地下水继续向南(濠水下游)径流出测区;枯水期地下水位高于濠水水位,地下水一部分以侧向或垂向补给的方式进入 Qh^{al} 孔隙潜水含水层后排泄于濠水,一部分地下水继续向南(濠水下游)方向径流出测区;研究区内居民生产生活用水及农业灌溉用水主要来源于地下水,人工开采是地下水一种重要的排泄方式,地下水位除了受大气降雨影响,人工开采是影响地下水位动态变化的一个重要因素。

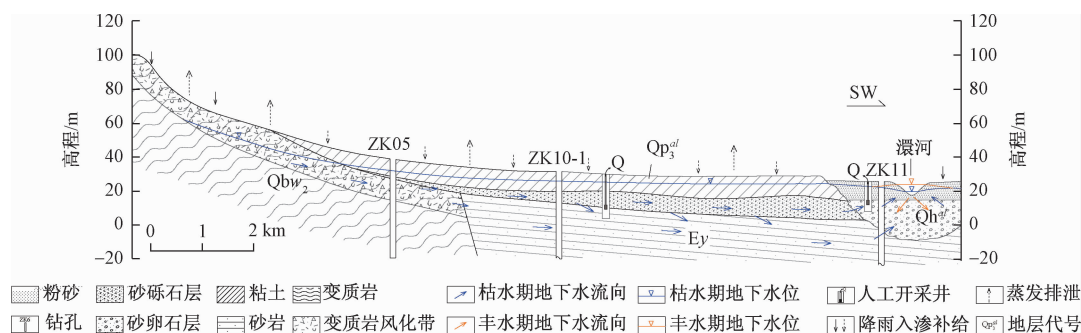


图4 研究区含水层之间的补、径、排关系模式图

Fig. 4 Relationship patterns of recharge, runoff and discharge between aquifers in the study area

5 结论

(1) 根据钻探揭示的含水层结构特征,将研究区划分为2个亚区6个小区的水文地质单元。孔隙-裂隙含水层与上部的第四系孔隙含水层之间的水力联系

密切,位于濠水Ⅰ级阶地(排泄区) Qh^{al} 孔隙潜水含水层与下覆 Ey 孔隙-裂隙含水层之间互为补给和排泄,位于濠水Ⅱ级阶地(径流区) Qp_3^{al} 孔隙承压含水层地下水持续向下补给到 Ey 孔隙-裂隙含水层。

(2) 研究区地下水位动态变化受大气降雨和人

工开采双重影响。风化裂隙含水层地下水位动态主要受大气降雨控制;孔隙含水层和孔隙-裂隙含水层在丰水期地下水位变化受到大气降雨与地下水开采活动的双重影响,人为开采是控制地下水位动态变化的主导因素。潜水与地下水间补排关系在不同季节是变化的,降雨集中的6—10月,潜水水位高于孔隙潜水含水层地下水位,潜水补给地下水;10月—次年3月潜水水位低于孔隙潜水含水层地下水位,地下水向潜水排泄。

(3)研究区地下水在山前接受降雨入渗及风化裂隙水侧向径流补给为主,以水平径流的形式经古近系孔隙-裂隙含水层及第四系孔隙承压含水层往潜水方向运移,孔隙承压含水层水沿途向下补给孔隙-裂隙含水层,在枯水期,潜水含水层作为地下水排泄通道进入潜水,古近系孔隙-裂隙水与上覆第四系孔隙水联系密切、互为补给,共同构成具有统一水力联系的垂向多层结构的含水系统。

综上所述,云应盆地东北部独特的含水层结构决定了第四系孔隙含水层以及红层裂隙-孔隙含水层接受降水补给的条件较差,地下水可开采资源量总体较贫乏,应根据水资源空间分布特点确定城镇化发展规模,严格限制耗水型的生产或服务型企业。重点利用区域地表水资源,适度开发地下水资源是水资源规划的基本原则,应增加小型微型水利工程,同时与地下水资源的分布条件相结合,统筹配置水资源,推进农业节水灌溉工程,实现水资源可持续利用。

参考文献:

- [1] 孔令峰,周斌. 敦煌盆地地下水补、径、排条件及动态特征[J]. 地下水,2015,37(5): 52-53,57. [KONG L F, ZHOU B. Groundwater recharge, runoff, discharge conditions and dynamic characteristics in Dunhuang Basin[J]. Groundwater, 2015,37(5): 52-53. (in Chinese)]
- [2] 侯光才,林学钰,苏小四,等. 鄂尔多斯白垩系盆地地下水系统研究[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2006,36(3): 391-398. [HOU G C, LIN X Y, SU X S, et al. Study on groundwater system of Cretaceous basin in Ordos [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2006, 36(3): 391-398. (in Chinese)]
- [3] 武选民,史生胜,黎志恒,等. 西北黑河下游额济纳盆地地下水系统研究(上)[J]. 水文地质工程地质,2002,29(2): 30-33. [WU X M, SHI S S, LI Z H, et al. Study on groundwater system in Ejina Basin, Northwest Heihe River (Part I) [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2002, 29(2): 30-33. (in Chinese)]
- [4] 权董杰. 二维盆地地下水流模式与转化规律分析[D]. 武汉:中国地质大学(武汉),2011. [QUAN D J. Analysis of groundwater flow pattern and transformation law in Two-Dimensional basin [D]. Wuhan: China University of Geosciences (Wuhan), 2011. (in Chinese)]
- [5] 李云峰,冯建国,王玮,等. 鄂尔多斯盆地白垩系含水层系统分析[J]. 西北地质,2004,37(2): 90-96. [LI Y F, FENG J G, WANG W, et al. Analysis of Cretaceous aquifer system in Ordos Basin [J]. Northwest Geology, 2004, 37(2): 90-96. (in Chinese)]
- [6] 杨志岩,孙标,李元杰,等. 内蒙古临河区地下水补径排特征及动态变化规律[J]. 中国地质调查,2016,3(6): 63-67. [YANG Z Y, SUN B, LI Y J, et al. Characteristics and dynamics of groundwater recharge in Linhe District, Inner Mongolia [J]. Geological Survey of China, 2016, 3(6): 63-67. (in Chinese)]
- [7] 梁杏,张人权,牛宏,等. 地下水流系统理论与研究方法的发展[J]. 地质科技情报,2012,31(5): 143-150. [LIANG X, ZHANG R Q, NIU H, et al. Development of theory and research methods of groundwater flow system [J]. Geological Science and Technology Information, 2012, 31(5): 143-150. (in Chinese)]
- [8] 白铭,李续续,张静,等. 新疆三塘湖盆地地下水赋存控制因素分析[J]. 水文地质工程地质,2015,42(1): 47-52. [BAI M, LI X X, ZHANG J, et al. An analysis of the control factors of groundwater storage in the Santanghu Basin of Xinjiang [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2015, 42(1): 47-52. (in Chinese)]
- [9] 宋扬,周维博,马亚鑫,等. 降水、河流径流量与开采对西安地区潜水流场影响分析[J]. 水文地质工程地质,2016,43(6): 7-13. [SONG Y, ZHOU W B, MA Y X, et al. An analysis of the variation in groundwater flow field affected by precipitation, runoff and exploitation in Xi'an [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2016, 43(6): 7-13. (in Chinese)]
- [10] 邱开宏. 鄂北岗地旱灾成因分析及其对策[J]. 节水灌溉,2001(6): 27-29. [QIU K H. Analysis of the causes of drought in the north of Hubei province and its countermeasures [J]. Water Saving Irrigation, 2001(6): 27-29. (in Chinese)]

(下转第23页)

- (in Chinese)]
- [20] 李慧菁,贾尔恒·阿哈提,程艳,等. 准噶尔荒漠生态观测站水面蒸发影响因素研究[J]. 新疆环境保护, 2016, 38(4): 1 - 5. [LI H J, JAERHENG · ARHATI, CHENG Y, *et al.* Research on factors affecting water surface evaporation in Junggar ecological and environmental observation station[J]. Environmental Protection of Xinjiang, 2016, 38(4): 1 - 5. (in Chinese)]
- [21] 方晓明,梁艳,刘峰,等. 影响平阳地区蒸发量的主要气象因素分析[J]. 现代农业科技, 2012(4): 11 - 13. [FANG X M, LIANG Y, LIU F, *et al.* Analysis on the impact of main meteorological factors on evaporation in Pingyang area [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2012(4): 11 - 13. (in Chinese)]
- [22] 金栋梁,刘子伟. 蒸发量评价简述[J]. 水资源研究, 2005, 26(2): 11 - 14. [JIN D L, LIU Z W. Introduction of evaporation evaluation[J]. Journal of Water Resources Research, 2005, 26(2): 11 - 14. (in Chinese)]
- [23] 梁贵生,卢寿德,蔡明奎. 干旱地区小型蒸发器的折算系数及气候推算[J]. 黄河水利职业技术学院学报, 2002(03): 37 - 39. [LIANG G S, LU S D, CAI M K. Conversion coefficient and climate prediction of small-scale evaporator in arid area[J]. Journal of Yellow River Conservancy Technical Institute, 2002(3): 37 - 39. (in Chinese)]
- [24] 李阳,贾瑞亮,周金龙,等. 干旱地区高盐度水面蒸发试验研究[J]. 水文, 2016, 36(6): 24 - 27. [LI Y, JIA R L, ZHOU J L, *et al.* Experimental study on high salinity water surface evaporation in arid areas [J]. Journal of China Hydrology, 2016, 36(6): 24 - 27. (in Chinese)]

编辑:张若琳

(上接第15页)

- [11] 李智民,刘云彪,赵德君,等. 鄂北严重缺水地区地下水富集模式与找水实践[J]. 资源环境与工程, 2014, 28(6): 899 - 903. [LI Z M, LIU Y B, ZHAO D J, *et al.* Groundwater enrichment model and water exploration in severe water shortage areas in northern Hubei Province [J]. Resources Environment & Engineering, 2014, 28(6): 899 - 903. (in Chinese)]
- [12] 陈常庆,黄守贵,黄远华,等. 核磁共振在鄂北缺水丘陵地区的找水应用[J]. 工程勘察, 2008(8): 69 - 74. [CHEN C Q, HUANG S G, HUANG Y H, *et al.* Application of MRI in water exploration in water lacking hilly area of northern Hubei province [J]. Geotechnical Investigation & Engineering, 2008(8): 69 - 74. (in Chinese)]
- [13] 赵德君. 江汉平原及鄂北岗地地下水资源的开发利用[J]. 资源环境与工程, 2004, 18(4): 69 - 72. [ZHAO D J. Development and utilization of groundwater resources in Jiangnan Plain and north Hubei plateau [J]. Resources Environment & Engineering, 2014, 18(4): 69 - 72. (in Chinese)]
- [14] 张陵,胡祥胜,关义涛,等. 江汉平原第四纪含水层系统特征[J]. 资源环境与工程, 2016, 30(6): 895 - 898. [ZHANG L, HU X S, GUAN Y T, *et al.* Characteristics of Quaternary aquifer system in Jiangnan Plain [J]. Resource Environment & Engineering, 2016, 30(6): 895 - 898. (in Chinese)]
- [15] 何国峰,张云,孙铁,等. 周期性开采和回灌条件下浅层地下水位变化特征研究——以天津滨海新区为例[J]. 水文地质工程地质, 2016(6): 27 - 34. [HE G F, ZHANG Y, SUN T, *et al.* Variation characteristics of shallow groundwater levels under periodic pumping and recharge test: exemplified by Tianjin Binhai New Area [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2016(6): 27 - 34. (in Chinese)]
- [16] 谭伟,刘云彪,张军,等. 孝感城区地下水开发利用及监测体系建设[J]. 资源环境与工程, 2013, 27(3): 279 - 283. [TAN W, LIU Y B, ZHANG J, *et al.* Development, utilization of groundwater and Construction of Monitoring System in Xiaogan [J]. Resources Environment & Engineering, 2013, 27(3): 279 - 283. (in Chinese)]
- [17] 潘娜娜,冯雄彪,方星萍. 孝感市地下水资源保护利用与对策[J]. 科技创新导报, 2016, 13(1): 76 - 78. [PAN N N, FENG X B, FANG X P. Protection and utilization of groundwater resources in Xiaogan and its countermeasures [J]. Science and Technology Innovation Herald, 2016, 13(1): 76 - 78. (in Chinese)]

编辑:张若琳