

河套盆地构造控水研究及地下水系统划分^{*}

杨会峰 张翼龙 孟瑞芳

(中国地质科学院水文地质环境地质研究所 石家庄 050061)

提 要: 河套盆地为中、新生代断陷盆地, 周边由盆-山之间的断裂围限, 受新构造运动影响, 盆地内部形成三凹陷两隆起的构造地貌格局, 控制着地下水系统的空间分布; 盆山之间的断裂、盆地内部两个隆起的边界断裂以及黄河等地表水系共同控制着地下水流系统的分布特征。文中在凹陷与隆起、断裂与水系等构造地貌对地下水流系统控制分析的基础上, 首次对河套平原地下水系统进行了划分。依据区域地下水流系统, 把河套平原划分为6个一级地下水系统, 依据中间地下水流系统, 进一步划分为14个二级地下水系统。研究成果对该地区地下水资源评价、地下水资源管理与合理开发利用及其他相关研究都具有重要意义。

关键词: 地下水系统; 控制作用; 地质构造; 河套盆地

中图分类号: P641

文献标识码: A

地下水系统理论以系统科学的观点将地下水圈看作一个处于等级从属关系的许多单元组成的复杂动力系统。地下水系统研究是水文地质领域的热点之一, 美国 Tóth J 教授提出了盆地地下水流系统的结构特征和地下水重力穿层流动理论, 将流动系统理论推广到非均匀介质场^[1-4], 荷兰 Engelen G B 教授进一步发展 Tóth 的地下水流动系统理论, 对地下水系统和水文系统的概念、研究方法和应用进行了系统总结^[5-6], 此后地下水流系统理论和方法得到广泛应用。国内陈梦熊院士认为: 地下水系统由若干个具有一定独立性、而又互有联系、互相影响的不同等级的亚系统或次亚系统组成; 每个地下水系统都具有各自的特征与演变规律, 包括含水层系统、水文系统、水动力系统、水化学系统等^[7-8]。河套盆地是一个大型断陷盆地, 地下水系统形成与地质构造、地貌、地表水系密切相关, 其中地质构造和水系是最大的控制因素。在该地区开展构造控水研究, 正确划分地下水系统, 对地下水资源科学评价、有效管理与调控、合理开发利用及环境地质问题防控都具有重要意义。

1 研究区概况

河套盆地位于内蒙古自治区中西部, 东起蚩汉山西麓, 西止于狼山、乌兰布和沙漠以东, 南临库布齐沙漠、鄂尔多斯高原, 北靠阴山, 盆地范围包括后套平原、三湖河平原、呼包平原及黄河南岸平原, 面积约 3.2 万 km²。河套盆地为中、新生代断陷盆地, 四周由盆-山之间的断裂围限, 盆地内部发育着两组北东-南西向断裂带, 形成西山咀隆起和包头隆起, 受盆地之间边界断裂和盆地内部隆起的控制, 整个河套盆地形成了凹陷与隆起相间的构造地貌格局, 从西往东依次是狼山隆起、临河凹陷、西山咀隆起、白彦花凹陷、包头隆起、呼和凹陷, 控制盆地内地下水的循环条件。河套盆地地下水主要分布在三个凹陷区, 对应地貌单元依次是后套平原、三湖河平原、呼包平原, 另外黄河南岸平原为一单独的地貌单元。后套平原在狼山山前为单一结构含水层, 岩性为含卵砂砾石和含砾中粗砂, 在整个套区内为双层结构含水层, 潜水-微承压含水层岩性为上更新统至全新统(Q_{3-4}) 由湖积相向冲积湖积过渡的中细砂、细砂和粉细砂; 承压含水层岩性为中更新统下段(Q_2^1) 粉细砂。三湖河平原在乌拉山山前含水层由全新统-上更新统冲洪相砂卵砾石及中更新统砂砾石、粗砂组成; 在黄河冲积平原区潜水含水层主要由第四系全新统和上更新统中细砂、粉细砂组成, 承压含水层主要由中更新统下段细砂、粉细砂组成。呼包平原在大青山山前地区主要由

^{*} 收稿日期: 2016-3-17; 修回日期: 2016-5-2。

基金项目: 地质调查项目(编号: 1212010913010) 资助。

作者简介: 杨会峰(1977-), 男, 陕西西安人, 博士, 助理研究员, 主要从事地下水循环研究, E-mail: yanghui Feng06@163.com

全新统和上更新统的砂卵砾石形成单一结构含水层,在黄河冲湖积平原区,潜水-微承压含水层主要由全新统和上更新统的中细砂、粉细砂组成,承压含水层主要由中更新统下段(Q_2^1),含水层岩性多为粉砂、砾砂、中粗砂。黄河南岸平原南部为丘陵地带,北部为黄河冲积平原,含水层由两个含水岩组构成,第一含水岩组由全新统-上更新统冲洪积、冲湖积粉细砂、细砂组成,第二含水岩组由中更新统下段冲积湖积细砂、粉砂组成,南部近丘陵地带局部含砾石。

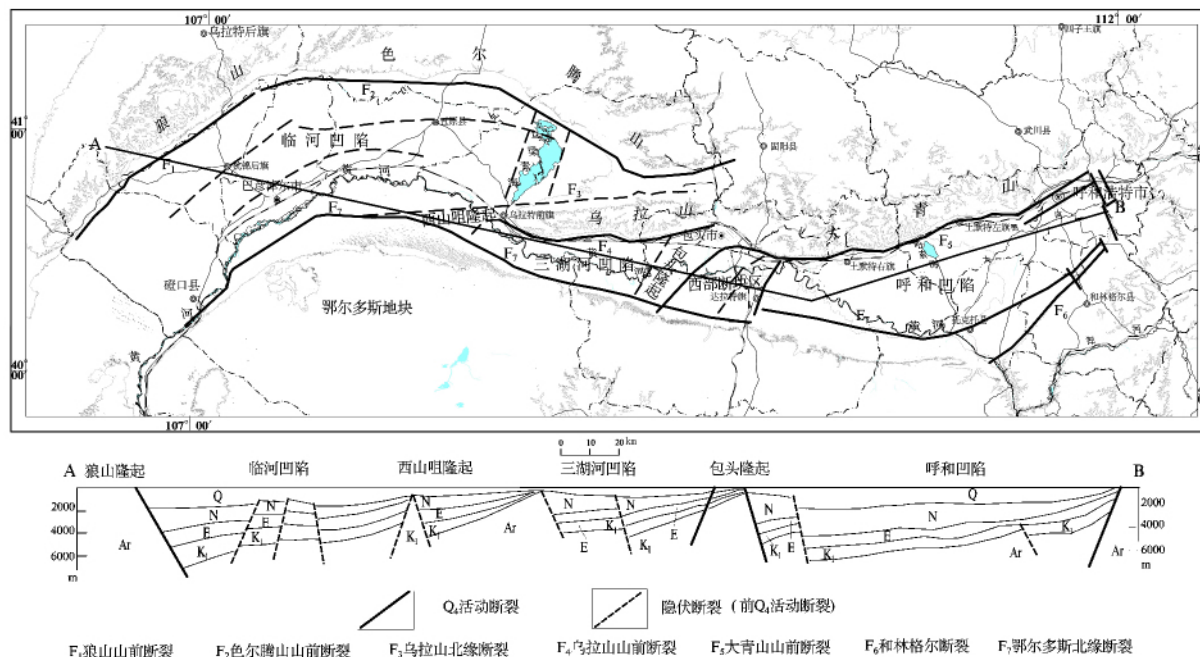


图1 河套盆地地质构造图^[9]

Figure 1 The geological structure map of Hetao Basin, Inner Mongolia^[9]

(参考李建彪,河套盆地晚第四纪成湖环境变化与构造活动研究)

2 凹陷与隆起相间的构造格局对地下水系统空间分布的控制作用分析

晚侏罗世末期由于燕山运动,河套地区遭受强烈的挤压作用,地壳表层形成一系列近东西向的褶皱和逆冲断层。白垩纪初期,该地区构造格局发生了明显的变化,从隆起转变为沉降,开始接受河湖相沉积。古近纪渐新世由于阴山山前断裂活动,山地抬升,平原区持续下降,河套断陷带开始形成,沉降中心在西部临河凹陷,在三湖河凹陷和呼和凹陷厚度较小;新近纪阶段是盆地发展的重要阶段,中新世时,断陷继续受北部边界断裂控制,沉降中心仍在西部临河凹陷;上新世以来,新构造作用强烈,盆地断陷作用加强,阴山山地相对抬升,遭受强烈剥蚀,河套盆地断陷沉降,形成了盆地边缘的深大断裂带:北界从西往东依次是狼山山前断裂、色尔腾山山前断裂、乌拉山山前断裂、大青山山前断裂,东界为和林格尔断裂、南界为鄂尔多斯北缘断裂;同时在盆地内部西山咀和包头形成两组北东-南西向断裂带,受盆山之间边界断裂和盆地内部北东-南西向断裂带的控制,河套盆地最终形成了三个凹陷与两个隆起相间的构造地貌格局:临河凹陷、西山咀隆起、白彦花凹陷、包头隆起、呼和凹陷(图2)。第四纪时期,河套断陷带各边界断裂的活动仍较强烈,断裂带普遍错断了第四系,断裂活动仍保持晚新近纪以来的特点,外围山地缓慢抬升,断陷盆地不断沉降。河套盆地三个凹陷与两个隆起相间的构造地貌格局,三凹陷区是地下水主要的赋存区,西山咀隆起区和包头隆起区,第四系厚度一般很薄,受隆起区边界断裂的控制,隆起区地下水处于滞留状态或与两侧凹陷区地下水不发生水力联系,形成地下水分水岭。三个凹陷与两个隆起相间的构造地貌格局以及第四纪以来的以凹陷区为主的沉积作用共同控制着盆地含水层系统的分布和地下水的循环条件,使得河套盆地形成后套平原、三湖河平原、呼包平原、余太盆地等不同单元,每个单元都具有各自地下水赋存和循环特征,控制着地下水系统的空间分布。

3 断裂与水系对地下水流系统的控制作用分析

3.1 盆-山之间断裂对地下水循环的控制作用

河套盆地为一断陷盆地,盆-山之间的断裂构成了地下水流系统自然边界。盆山之间断裂的水理性质(导水、隔水)与断裂的力学性质和断裂两侧地层岩性接触关系有关。盆地北部狼山山前断裂(F_1),西段为新太古界片麻岩、中元古界闪长岩与第四系地层接触,主要构成隔水边界;东段为白垩系碎屑岩和长城系灰岩、砂岩与第四系地层接触,主要构成导水边界。色尔腾山山前断裂(F_2),西段为中元古界闪长岩、侏罗系泥岩与第四系地层接触,主要构成隔水边界;中段为三叠系花岗岩和第四系地层接触,主要构成导水边界;东段为白垩系碎屑岩、二叠系砂砾岩与第四系地层接触,主要构成隔水边界。乌拉山北缘断裂(F_3)、乌拉山山前断裂(F_4)为新太古界片麻岩与第四系地层接触,主要构成隔水边界。大青山山前断裂(F_5),西段为新太古界片麻岩与第四系地层接触,主要构成隔水边界;中段土左旗-毕克齐镇段为白垩系碎屑岩与第四系地层接触,构成导水边界;毕克齐镇-呼和浩特段为新太古界片麻岩与第四系地层接触,构成隔水边界;东段主要为白垩系碎屑岩与第四系地层接触,主体构成导水边界。盆地南部鄂尔多斯北缘大断裂,达拉特旗以西,断裂南侧为白垩系含水层,北侧白垩系下陷到几千米以下,上覆大厚度新近系泥岩,阻隔了盆地中白垩系地下水向河套盆地径流,但由于地表被第四系风积砂所覆盖,并延续到河套盆地,风积砂层地下水侧向径流到河套盆地,构成导水边界;达拉特旗以东,断裂南侧为侏罗系地层,富水性很差,基本不能通过断裂形成侧向补给,为隔水边界。

3.2 盆地内部断裂和水系对地下水流系统的控制作用

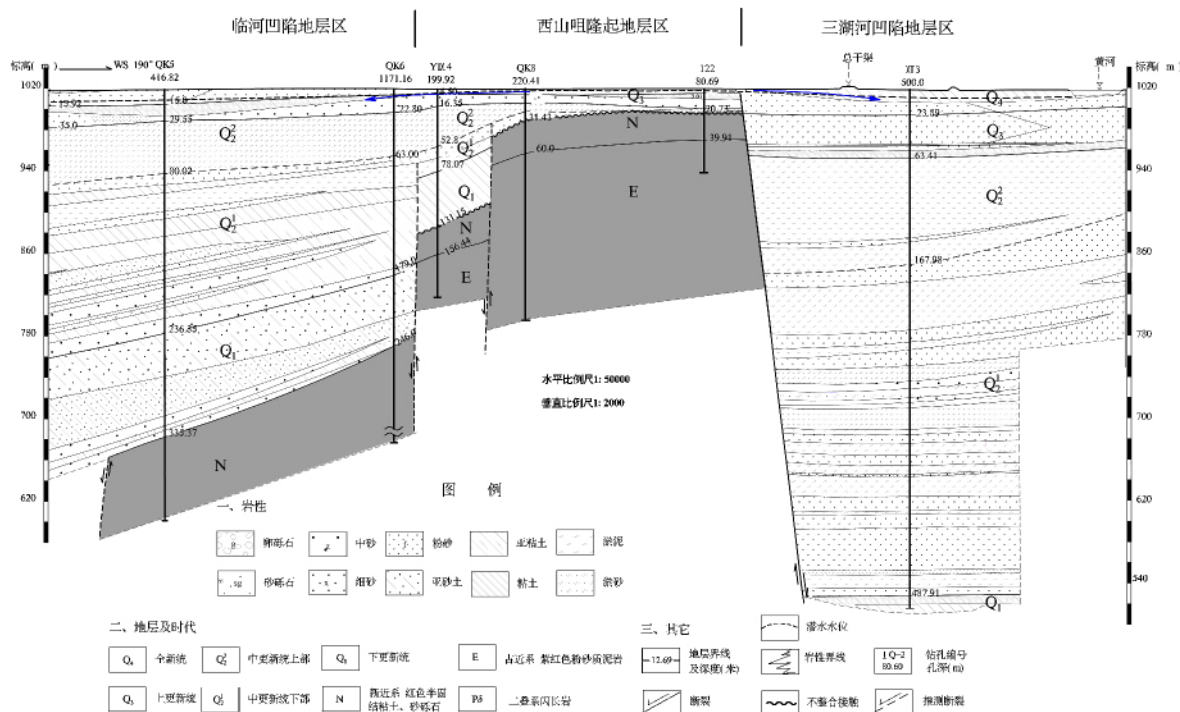


图2 西山咀隆起地质结构图

Figure 2 The geological section of Xishanzui uplift area

(注:据河套盆地地下水资源及其环境问题调查评价报告修改)

河套盆地内形成三个凹陷与两个隆起,其中最重要的两个隆起的边界断裂:西山咀断裂和兰阿断裂。西山咀断裂是西山咀隆起的南界断裂,由于隆起的影响,该地段的第四系厚度很薄,厚度20m左右,古近系和新近系地层隆起,隆起区南北两侧分别是三湖河凹陷和临河凹陷,凹陷区第四系厚度一般大于300m,隆起区和两侧凹陷区之间为断裂接触(图2),西山咀隆起区南界为西山咀断裂(乌拉山南缘断裂带),有数条断裂,由西山咀向西沿黄河南侧延伸,断裂几乎达到地表,是河套盆地重要的活动断裂,形成西山咀隆起区最重要的水文地质边界,隆起区地下水基本处于滞留状态,与两侧三湖河凹陷和临河凹陷之间基本不

发生水量、水质交换,控制着三湖河凹陷和临河凹陷的地下水流系统。兰阿断裂是包头隆起区的边界断裂,长30km,在黄河以北地区,断裂在地表反映明显,黄河以南地区,断裂隐伏与第四系地层之下,由于包头西部与兰阿断裂两侧差异性升降活动,包头西部基底隆起,第四系与中太古界片麻岩为不整合接触,第四系厚度很薄,兰阿断裂附近仅30m左右,而且多为粘土、亚粘土及淤泥层,断裂东南侧为呼包凹陷,第四系沉积厚度大于200m,受兰阿断裂和包头隆起粘性土为主的地层岩性影响,断裂两侧基本不发生水力联系(图3)。据2004年9月份等水位线图,兰阿断裂两侧存在明显跌水现象,两侧水位相差6~20m,在苗家营子-南圪梁之间,沿着断裂带有数处泉水出露。除两条重要断裂带以外,黄河是河套盆地中最重要的地表水系,在临河马场地乡以东,黄河水位低于浅层地下水位,是一个区域地下水的排泄基准,受黄河的控制,黄河南岸平原地下水基本由南向北向黄河径流排泄,而黄河北岸的三湖河平原、呼包平原则分别由各自的源区由北向南向黄河径流排泄,形成不同水流系统。乌梁素海以西的余太盆地,为以三面环山,一面临海(乌梁素海)的山间盆地,其北界、北东界受色尔腾山山前断裂控制,南界受乌拉山北缘断裂控制,西界受乌梁素海东侧隐伏断裂控制,形成一个独立地质单元,同时由于其补给、径流、排泄条件自成一体,形成一个独立的地下水流系统。

总之,受盆-山边界断裂、盆地内部西山咀断裂、兰阿断裂以及黄河、乌梁素海等地表水系的控制,河套盆地形成后套平原、余太盆地、三湖河平原、呼包平原、黄河南岸平原等不同的区域地下水流系统,是区域地下水系统划分的重要基础和依据。

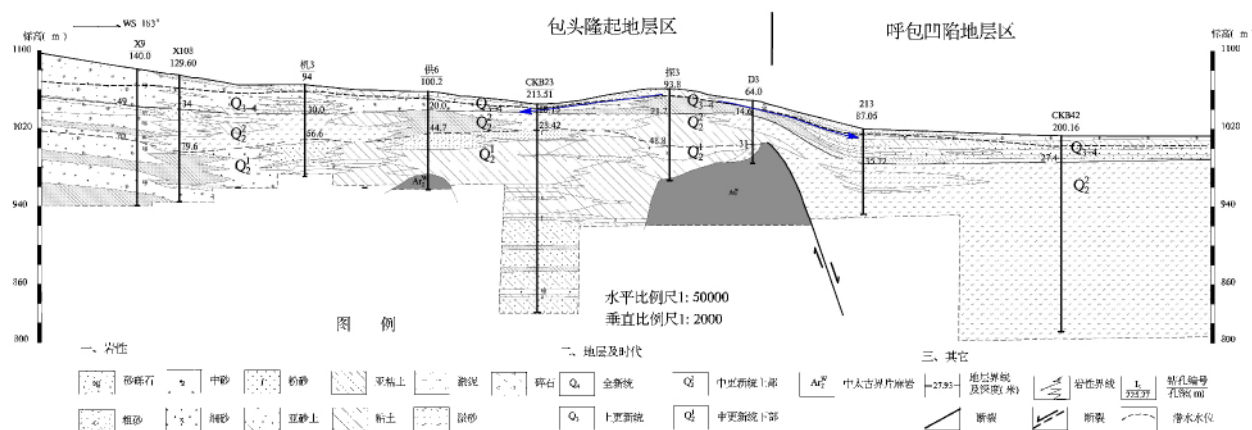


图3 包头隆起地质结构图

Figure 3 The geological section of Baotou uplift area

(注:据河套盆地地下水资源及其环境问题调查评价报告修改)

4 地下水系统划分

一级地下水系统主要依据盆地周边山区向平原区不同排泄基准(黄河、乌梁素海、哈素海至黄河排泄带等)径流的区域地下水流系统划分,区域地下水流系统主要受盆山边界断裂和内部西山咀隆起、包头隆起的边界断裂控制,在构造控水分析的基础上,分析区域水流系统的分布特征。

乌梁素海位于后套平原东北,构成后套平原和余太盆地地下水排泄中心。乌梁素海以西,地下水主要接受引黄灌溉入渗、山前局部侧向径流、较大沟谷地下潜流以及黄河侧渗补给,在总排干沿线形成浅层地下水的排泄带,最终向东径流排泄到乌梁素海,形成一个区域地下水流系统;乌梁素海以东的余太盆地,地下水由盆地北、南、东三侧向盆地中心汇集后由东向西向乌梁素海径流排泄,形成一个区域水流系统,依照上述两个区域水流系统划分后套平原和余太盆地两个独立的一级地下水系统。黄河南岸平原地下水主要为大气降水和南部丘陵区侧渗及丘陵沟谷洪流入渗补给,由丘陵前缘向北部黄河沿岸径流排泄,形成一个独立区域地下水流系统,划分为一级地下水系统。三湖河平原地下水主要接受乌拉山的地表径流、降水与灌溉入渗补给,西三咀以东由北西向南东径流,包头以西受兰阿断裂(隔水边界)控制,基本由北东向南西径流,黄河沿线形成区域地下水排泄中心,形成一个从山区到黄河独立的区域水流系统,划分为一级地下水系统。呼包平原地下水主要接受山区局部地段基岩裂隙水的侧向、较大沟谷地下潜流以及降水入渗、灌溉入渗补给,平原东部地下水由北东到南西径流,平原西部地下水由北西到南东径流,哈素

海、善岱乡、大岱乡、沙海于乡一带为浅层地下水排泄中心,以哈素海、善岱乡、大岱乡、沙海乡一带为界形成东西两个区域地下水流系统,划分为呼包平原西部和呼包平原东部两个独立的一级地下水系统。

二级地下水系统主要依据中间地下水流系统,并充分考虑地下水的赋存介质(山前冲洪积平原、黄河冲湖积平原、台地、隆起区含水介质的差异)进行划分。后套平原地下水系统划分为狼山山前冲洪积平原、黄河冲湖积平原和德岭台地三个子系统;余太盆地地下水系统划分为山前冲洪积平原和冲湖积凹陷区两个子系统;三湖河平原地下水系统划分为乌拉山山前冲洪积平原、黄河冲湖积平原和西三嘴隆起区三个子系统;呼包平原西部地下水系统划分为大青山山前冲洪积平原、黄河冲湖积平原和呼包平原西部断块区三个子系统;呼包平原东部地下水系统划分为大青山山前冲洪积平原、大黑河冲湖积平原和托克托湖积台地前缘三个子系统。地下水系统划分结果(表 1、图 4)。

表 1 河套盆地地下水系统划分一览表
Table 1 A schedule of groundwater systems in the Hetao Basin , Inner Mongolia

一级系统		二级系统	
	后套平原地下水系统(A)	狼山山前冲洪积平原地下水系统(A01)	
		黄河冲湖积平原地下水系统(A02)	
		德岭台地地下水系统(A03)	
	余太盆地地下水系统(B)	余太盆地山前冲洪积平原地下水系统(B01)	
		余太盆地冲湖积凹陷地下水系统(B02)	
河套盆地地下水系统	三湖河平原地下水系统(C)	乌拉山山前冲洪积平原地下水系统(C01)	
		黄河冲湖积平原地下水系统(C02)	
		西三嘴隆起区地下水系统(C03)	
水系	呼包平原西部地下水系统(D)	大青山山前冲洪积平原地下水系统(D01)	
		黄河冲湖积平原地下水系统(D02)	
		呼包平原西部断块区地下水系统(D03)	
	呼包平原东部地下水系统(E)	大青山山前冲洪积平原地下水系统(E01)	
		大黑河冲湖积平原地下水系统(E02)	
		托克托湖积台地前缘地下水系统(E03)	
	黄河南岸地下水系统(F)		

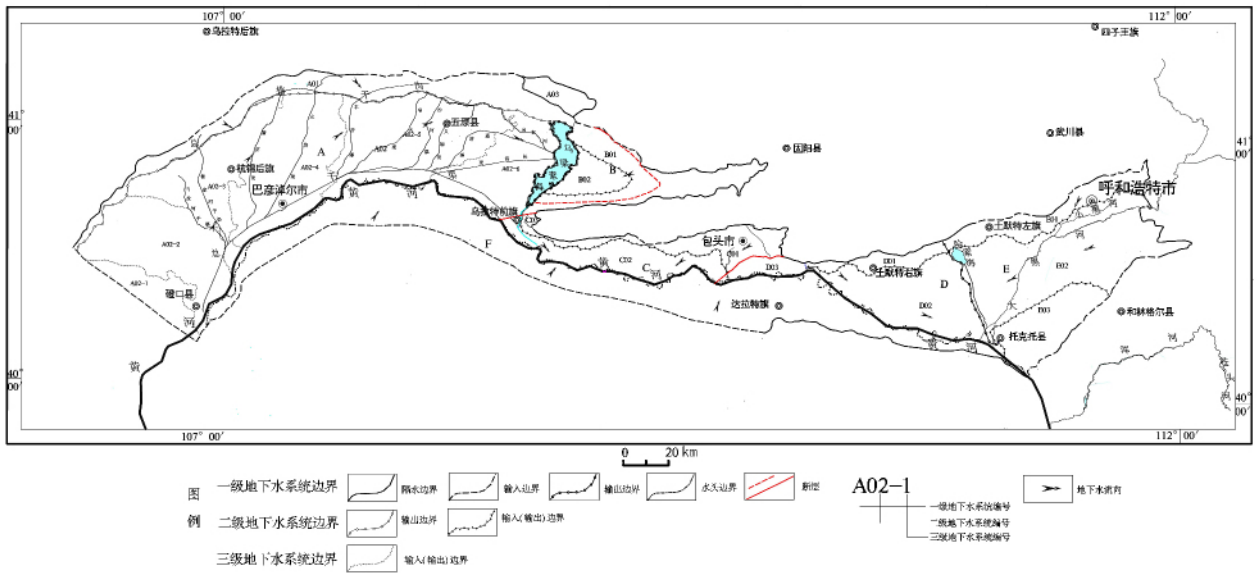


图 4 河套盆地地下水系统图
Figure 4 The groundwater system of Hetao Basin , Inner Mongolia

5 地下水系统特征

5.1 后套平原地下水系统(A)

北边界为狼山色尔腾山山前断裂,南边界为黄河,东边界乌梁素海,西接乌兰布和沙漠。山前冲洪积平原地下水子系统(A01): 面积 2009. 09km², 北界为狼山山前断裂,希日河 - 西乌盖沟、

呼勒斯太沟—海流图河,裂隙水侧向补给平原区,其他地段为隔水边界;南界总排干为侧向排泄边界;东北界为德岭台地与冲洪积平原分界,属隔水边界。主要接受北部较大沟谷地下潜流、降水及灌溉入渗补给,自北向南径流,汇入总排干后向乌梁素海排泄。

黄河冲湖积平原地下水子系统(A02):面积 10532.76km^2 ,北界总排干为侧向排泄边界;南界黄河,马场地乡以西为侧向补给边界,以东为排泄边界;东界乌梁素海为侧向排泄边界;西界乌兰布和沙漠为侧向流入边界。地下水接受引黄灌溉和降水入渗、沙漠侧向径流及黄河侧渗补给,南西—北东向径流,总排干沿线形成地下水排泄带,最终汇入乌梁素海。

德岭台地地下水子系统(A03):面积 284.46km^2 ,北边界、东边界为色尔腾山山前断裂,基本为隔水边界;南界为台地与狼山冲洪积平原的分界,为台地前缘跌水边界。地下水主要接受降水入渗和沟谷潜流补给,向台地前缘径流,排泄量微弱。

5.2 余太盆地地下水系统(B)

北边界及北东边界为色尔腾山前西水道—乌兰忽洞—台梁断裂;南边界为乌拉山前乌梁素海农场—西勒庙一线以北的第二断裂及哈业忽洞—补拉断裂;西界为乌梁素海。

山前冲洪积平原地下水子系统(B01):面积 617.53km^2 ,系统外侧北界、北东界为色尔腾山前西水道—乌兰忽洞—台梁断裂,为山前跌水边界;南边界为乌拉山前的第二断裂以及哈业忽洞—补拉断裂,大坝沟以西为隔水边界,以东为山前跌水边界;系统内侧北界在八分子—德虎补隆—红山口—打花补隆一线,南界在阿拉本公社—大西滩一线,为冲湖积平原凹陷带与山前冲洪积平原的分界,属侧向排泄边界。地下水主要接受山区基岩裂隙水、沟谷潜流及泉水下渗补给,由扇群顶部向前缘及倾斜平原径流,通过开采和侧向径流排泄。

冲湖积凹陷地下水子系统(B02):面积 436.54km^2 ,北界及北东界在八分子—德虎补隆—红山口—打花补隆一线,南边界阿拉本公社—大西滩一线,为侧向补给边界;西边界乌梁素海。地下水主要接受山前冲洪积平原侧向补给和降水入渗补给,汇入乌梁素海排泄。

5.3 三湖河平原地下水系统(C)

西边界为西山咀断裂,南界为黄河,东边界为兰阿断裂,北边界为乌拉山南缘山前断裂。

乌拉山前冲洪积平原地下水子系统(C01):面积 662.01km^2 ,北边界乌拉山山前断裂,除较大河流出口山口外,基本为隔水边界;东边界为东达本坝沟冲洪积扇与昆都仑河冲洪积扇之间的粘性土边界,属隔水边界;南边界为山前冲洪积平原与黄河冲湖积平原分界,为侧向排泄边界;南东边界兰阿断裂,西边界西山咀断裂,皆为隔水边界。地下水主要接受山前较大沟谷地下潜流和地表洪流补给,由扇顶部向前缘径流、以开采、侧向径流及前缘蒸发排泄。

黄河冲湖积平原地下水子系统(C02):为西三咀至兰阿断裂之间的黄河冲湖积平原,面积 934.79km^2 。西边界西山咀断裂、东边界兰阿断裂,属隔水边界;南边界黄河为侧向排泄边界;北边界为冲洪积平原与黄河冲湖积平原分界,侧向补给边界。地下水主要接受灌溉和降水入渗、冲洪积平原侧向径流补给,向黄河径流,通过开采、蒸发以及向黄河侧向排泄。

西三咀隆起区地下水子系统(C03):面积 26.12km^2 ,北边界余太盆地的南缘断裂,属隔水边界;东边界及东南边界为乌拉山山前断裂,部分地段接受基岩裂隙水侧向补给和泉水入渗补给;西边界和南边界为西三咀隆起区与乌拉山前冲洪积平原的界线,为隔水边界。地下水赋存条件很差,仅在部分地段接受基岩裂隙水、泉水补给,向台地前缘径流排泄。

5.4 呼包平原西部地下水系统(D)

东界在哈素海退水渠一线,北界为大青山山前断裂,西界为兰阿断裂,南界为黄河。

大青山山前冲洪积平原地下水子系统(D01):面积 337.45km^2 ,东边界哈素海退水渠;北界大青山山前断裂,除较大沟口,其他地段为隔水边界;西边界在镡口一线,为隔水边界;南边界为山前冲洪积平原与冲湖积平原分界,侧向排泄边界。地下水主要接受北部较大沟谷潜流和地表洪流入渗、降水与灌溉入渗补给,由扇顶向前缘径流,以开采和侧向流出排泄。

黄河冲湖积平原地下水子系统(D02):面积 1759.40km^2 ,北界为大青山山前冲洪积平原与黄河冲湖积平原的地貌分界,为侧向流入边界;东界在哈素海退水渠一线,为侧向排泄边界;南边界和西南边界为黄河,属侧向排泄边界。主要接受山前平原的地下水的侧向补给、灌溉和降水入渗补给,北西—南东向向哈素海退水渠一带径流,通过开采、蒸发排泄。

西部断块区地下水子系统(D03):为兰阿断裂以东,黄河以北的断块区,面积 260.91km^2 。北界为大青山山前断裂,属隔水边界;东界在镫口村一线,为隔水边界;南边界为黄河,属侧向排泄边界;西界为兰阿断裂,属隔水边界。地下水主要接受沟谷洪流、降水和灌溉入渗补给,北东-南西向由山前向黄河径流,通过开采和向黄河侧向流出排泄。

5.5 呼包平原东部地下水系统(E)

北界大青山山前断裂,东界蛮汗山,南界为和林格尔山前第二断裂,西界哈素海退水渠。

大青山山前冲洪积平原地下水子系统(E01):面积 789.84km^2 ,北边界为大青山山前断裂,局部地段裂隙水侧向补给平原区,其他地段为隔水边界;东边界为台地与山前冲洪积平原分界,属隔水边界;南界为山前冲洪积平原与大黑河冲湖积平原分界,属侧向排泄边界;西界为冲洪扇间洼地,为隔水边界。地下水主要接受山前局部地段裂隙水侧向补给、较大沟口地下潜流、灌溉和降水入渗补给,由扇顶向前缘径流,以开采、侧向流出及蒸发排泄。

大黑河冲湖积平原地下水子系统(E02):面积 2838.29km^2 ,北界大青山山前冲洪积平原与大黑河冲湖积平原的地貌分界,属侧向排泄边界;东界为蛮汗山,除在大黑河沟口接受地下潜流补给外,主体为隔水边界;南界为和林格尔山前第二断裂,为隔水边界;西界在哈素海退水渠一线,为侧向排泄边界。地下水主要接受大青山山前冲洪积平原侧向补给和大黑河沟口地下潜流补给,总体由东、南、北三面向西南方向径流,通过开采和侧向流出排泄。

托克托台地前缘地下水子系统(E03):面积 383.18km^2 ,北边界为托克托台地第三断裂,为侧向排泄边界;南边界为托克托台地第二断裂,总体上为隔水边界;东边界和西边界都为台地前缘和大黑河冲湖积平原的构造地貌分界,为侧向排泄边界。地下水接受南部较大沟谷的地下潜流和地表水入渗补给,由南东-北西向台地前缘径流,通过开采和侧向流出排泄。

5.6 黄河南岸平原地下水系统(F)

面积 4994.86km^2 ,南界为鄂尔多斯北缘断裂,达拉特旗以西为侧向补给边界,以东为隔水边界;北界为黄河,属侧向排泄边界。地下水主要接受降水入渗、南部丘陵区侧渗及沟谷洪流入渗补给,由丘陵前缘向北部径流,以向黄河侧渗、蒸发蒸腾和人工开采排泄。

6 结论

(1) 三个凹陷与两个隆起相间的构造地貌格局控制着河套盆地地下水系统的空间分布。

(2) 河套盆地四周都是由盆山之间的断裂围限,盆山之间的断裂、盆地内部的西山咀断裂、兰阿断裂以及黄河等地表水系共同控制着盆地地下水系统的分布。

(3) 在构造控水分析的基础上,依据区域地下水流系统,把河套盆地划分为后套平原地下水系统、余太盆地地下水系统、三湖河平原地下水系统、呼包平原西部地下水系统、呼包平原东部地下水系统、黄河南岸地下水系统;在一级系统划分的基础上,依据中间地下水流系统,进一步划分为14个二级地下水系统。

参考文献

- [1]Tóth J. A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basin[J]. Journal of Geophysics Research, 1963, 68(16): 4795-4812.
- [2]Tóth J. Cross - formation gravity flow of groundwater: A mechanism of the transport and accumulation of petroleum (The generalized hydraulic theory of petroleum migration) In Problems of Petroleum Migration[C] ed. W. H. Roberts III and R. J. Cordell. American Association of Petroleum Geologists, Studies in Geology, 1980, 10: 121-167.
- [3]Tóth J. Groundwater as a geologic agent: an overview of the causes, processes, and manifestations[J]. Hydrogeology Journal, 1999, 7(1): 1-14.
- [4]Tóth J. Gravitational system of groundwater: theory, evaluation, utilization[M]. UK: Cambridge University Press, 2009: 297.
- [5]Engelen G B, Kloosterman F H. Hydrological systems analysis methods and applications[M]. Kluwer Academic publishers, 1996.
- [6]Engelen G B, Jones G P. Developments in the analysis of groundwater flow systems[M]. IAHS Publication NO. 163, 1986.
- [7]陈梦熊, 马凤山. 中国地下水资源与环境[M]. 北京: 地震出版社, 2002: 385-417.
- [8]陈梦熊. 地下水系统的基本概念与研究方法[C]. 地下水系统研究论文选编, 1984: 1-13.
- [9]李建彪. 河套盆地晚第四纪成湖环境变化与构造活动研究[D]. 中国地震局地质研究所, 博士学位论文, 2006: 17-22.

Study on water – controlling mechanism of structures and dividing result of groundwater system in Hetao Basin , Inner Mongolia

YANG Huifeng , ZHANG Yilong , MENG Ruifang

(Institute of Hydrogeology and Environmental Geology CACS , Shijiazhuang 050061 , China)

Abstract: Hetao Basin is a fault basin formed in the Mesozoic and Cenozoic , surrounded by the deep faults between basin and mountains. Influenced by the neotectonism , there formed the special morphotectonic pattern of three depressions and two uplifts inside basin; it controlled spatial distribution of groundwater system. The groundwater flow system is controlled by the deep faults between basin and mountain、boundary faults of two uplifts and the yellow river. In this research , we analyzed the role of the tectonic and landform controlling groundwater , and divided groundwater system of Hetao Basin firstly into 6 first level groundwater systems according to regional flow systems , and 14 subsystem according to medium flow systems. Research results have important directions to evaluation , exploitation and management of groundwater resources of this area. It is also an important basis for other related studies.

Key words: geological structure; groundwater system; control action; Hetao Basin