河北省唐山市陡河流域地下水年龄评价

陈 彭,王 威,马 震,施佩歆,王国明

(中国地质调查局天津地质调查中心,天津,300170)

摘 要:利用环境同位素研究地下水年龄对区域地下水资源评价提供可靠依据。本文以陡河流域为例,通过采集大量地下水中的环境同位素样品,测试水中氚、CFCs和¹⁴C含量,分别计算地下水年龄,评价地下水的可更新能力。研究结果表明:Q₄含水层受井孔利用情况平均滞留时间存在显著差异;Q₃含水层地下水年龄最广,从70年以前的老水到新水不等;Q₂含水层主要为生活供水和工业开采层,远离河岸带地下水年龄10~70年;远离河岸带Q₁含水层地下水为冷湿气候下补给;灌区地下水浇灌过程中与大气接触发生空气-水平衡,使得CFCs不适合于灌区地下水年龄计算。 关键词:陡河流域:地下水年龄;CFCs:¹⁴C:氚

中图分类号: P641.3 文

文献标识码: A

文章编号:1672-4135(2014)04-0288-06

地下水的年龄受控于区域含水层的地下径流循 环条件,开展地下水年龄评价是地下水资源评价中的 重要基础工作,也是地下水资源管理的重要依据^[1]。 已有的研究结果表明,开展地下水年龄评价对深入 理解区域地下水循环特征、建立区域水循环模式和 开展区域水资源评价与管理工作具有重要意义[25]。 当前的地下水年龄评价多采用³H、CFCs、¹⁴C等方 法。³H是水分子的组成部分,经由大气圈而进入水 循环,它在相同的条件下经历了同样的演化过程,因 此理论上说³H是目前唯一可以直接测定地下水年龄 的放射性同位素。利用地下水[™]C年龄测定结果可以 很好地确定地下水流向和地下水的循环速度,并结 合其他气候变化指标恢复地下水形成的古气候古环 境条件,以及作为约束条件提高地下水流模型数值 模拟的精度。CFCs作为经典的利用事件发生事件来 指示地下水年龄的示踪剂,是根据地下水中溶解的 碳氯氟化合物含量与大气输入函数对比,确定地下 水在含水层中的滞留时间。这三种测年方法的综合 应用成为未来地下水年龄计算和可更新能力评价的 主要趋势[6-10]。

由于水资源短缺是制约华北地区社会经济可持续发展和生态环境建设的最重要因素,开展区域地下水年龄评价对区域水资源量和水质的精确评价具

有重要意义^[11-13]。本次选取滦河三角洲地区对唐山 市供水具有重要意义的陡河流域进行研究,分别采 集地表水和地下水样品,对水中氚、CFCs和¹⁴C含量 分布特征进行综合分析,计算陡河流域地下水年龄, 评价区域地下水的可更新能力,为唐山地区水资源 评价与可持续开发利用提供科学依据。

1研究区概况

滦河三角洲北依燕山山脉,燕山山区基岩的风化 剥蚀碎屑物是其堆积物质的主要来源,滦河水系纵 贯山区,是碎屑物质的主要运输者。在地质历史时 期它以洪水形式携带大量泥砂冲出山口倾泻于平原 之上。新生代以来其堆积厚度达千米以上,第四系 厚度约500~600 m。以第四纪地质时代划分为基 础,研究区南部从新到老有4个含水组,即第 I、第 II、第III和第IV含水层,其对应地质时代分别相当于 Q₄、Q₃、Q₂和Q₁(表1);研究区北部第四系仅三个含水 层,从Q₃到Q₁。

陡河位于滦河三角洲西部,发源于北部山区马蹄 泉,由北向南流向,流域面积为1340 km²,河道长度 120 km,流经唐山市区、农业灌溉区,直接由丰南县涧 河注入渤海。陡河上游唐山市区北部的陡河水库是 区内最大的地表水体,总库容3.4亿 m³,如图1所示。

收稿日期: 2014-07-24

基金项目:中国地质调查局项目"滦河三角洲地下水污染调查评价"(1212010634608)

作者简介:陈彭(1982-),男,硕士,工程师,主要从事水文地质与环境地质相关研究,E-mail:mr.chenpeng@163.com;通讯作者:王威(1984-),男,博士,工程师,主要从事水文地质与环境地质相关研究,E-mail:wangwei_wangwei@126.com。

含水组		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	含水组的地质特征								
地质	组	小人	含水组底	含水组底界(组间)隔水层	令业目当姓	含水层厚度(m)				
时代	别	地灰区	板埋深(m)	岩性	厚度(m)	百小伝石性	总厚	单层厚			
0.	Ι	冲洪积	5_15	粉质粘土为主	2-6,	粉细砂及砂砾石	8-15,最大25,	4-15			
		平原	5 15	加吸油工力工	局部10	初油砂灰砂砾石	近山 < 5	т 1 <i>3</i>			
\mathbb{V}^4		滨海	15-20	粉质粘土	5-10,	细粉砂 局部本中粗砂	4-10	48			
		平原	15 20	切漠相上	局部10	油切形;两部尺十位形					
	Π	冲洪积	40-120	粉质粘土	6-8,	砂砾卵石,	20-80	10–20			
Q ₃		平原	40 120	切灵相工	局部20	砂含砾卵石及细中砂					
		滨海	140-180	粉质粘土	5-12	细砂为主 局部砂含砾石	西部4060,	5-10			
		平原	140 100	初展相上	5 12		东部80-100	5 10			
Q ² ₂	III 1	冲洪积	50-200	粉质粘土,	5-20,	砂砾卵石,砂含砾卵石为主,	40-80及	8_20			
		平原	50-200	局部为粘土	局部30	其次为中细砂	20-40	0-20			
		滨海	250-300	粉质粘土 粘土	5-15,	粉细砂为主 局部细中砂	20-60	5-10			
		<u>平原</u>	250 500		局部30		20 00	2 10			
	<u>∭</u> 2	冲洪积	100-300	以粉质粘土为主,	5-10,	砂砾卵石(局部含土),砂含砾	20-60	10_40			
Ω^1		平原	100 500	局部为粘土	局部30	卵石为主,其次为中细砂	20 00	10 +0			
Q 2		滨海	400左右	粉质粘土 粘土	10–15,	细砂 粉细砂(局部含砾)	20_40	2–12			
		平原	-100/L/H		局部20-30		20 40				
	IV	冲洪积	400-450	粘土及粉质粘土,	5_20	砂卵石(局部含土,东部为风化	20_80	10-40			
Q_1		平原	-100 -100	局部为石灰岩	5 20	砂砾卵石),砂含砾卵石为主	20-00				
		滨海	500-550	粘土 粉质粘土	6-15	中细砂为主	20-60	5-14			
		平原	500 550	伯王尔历风田王	0 15		20 00	5-14			

表1 第四系含水组水文地质特征表 Table 1 The hydrogeological characteristic in quaternary aquifer

2样品采集与测试

2006年11月至2008年1月在研究区分3批次,共 采集³H样品101件,CFCs样品41件,¹⁴C样品7件。 采样点分布图见图1。



Fig.1 The dirtribution of sampling point in study area

放射性同位素³H样品无需经过特殊处理,直接 使用螺纹盖密封,容积为50 mL、500 mL的线性聚乙 稀(PE)瓶取样即可。

> 地下水中CFCs取样容器为封口瓶盖内 有金属衬垫的50mL玻璃瓶,取样和封盖全 过程在水下进行,以避免空气污染。

DIC中¹⁴C的取样需在取样现场对水样 进行处理,首先加入NaOH至溶液中pH值接 近10,将样品中各种形态的C皆转化至以 CO₃²形式存在,加入过量SrCl₂后溶液中DIC 以SrCO₃沉淀保存,为了保证测试结果质量, C含量需大于1g。

放射性同位素³H样品测试在中国科学 院地质与地球物理研究所地下水年代实验 室进行,采用蒸馏与电解富集(20倍)流程, 之后在Quantulus1220液体闪烁计数器上测 试,检测限为0.3 TU。

CFCs在中国科学院地质与地球物理研究所地下水年代实验室利用带电子捕获器 (CED)的气相色谱测试仪测试,标准偏差 (1σ)为0.01 pmol/kg。

¹⁴C测试在中国科学院地质与地球物理 研究所新生代地质与环境重点实验室进行, 将酸化处理样品得到的CO2同过一系列反应 转化为C₆H₆,加入闪烁体在Perkin Elmer Quantulus 1220液体闪烁计数器上测定。

3 结果与讨论

3.1 氚法年龄

山前冲洪积平原的地表水体为大气降水的直接 汇入形成,在大气环境中,不发生放射性衰变,因此 其³H含量可以代表当年大气降水中³H含量。地表 水样³H含量在6.0~12.4范围内分布。陡河两个地 表水样³H含量分别为9.8 TU和10.4 TU。陡河水库 ³H含量为12.4 TU。石榴河5个地表水³H分布范围 为6.0 TU~7.7 TU,均低于10 TU(表2)。

取³H含量最高的水库水的12.4TU代表当年大 气降水中³H含量平均值,则可推断石榴河、陡河下游 地表水都受地下水影响。陡河农灌区两个地表水样 的低³H含量可能是因为低³H石榴河水的汇入,也可 能是灌区地表水受地下水补给。天然情况下,石榴 河为季节性河流。但因为其源头李家套东北煤矿采 空,现在石榴河地表水为矿坑排水。通过石榴河源 头地表水³H含量可以直接读出矿区地下水在含水层 中的滞留年龄。

研究区地下水中³H含量见表3,其中34个远离 河岸带地区地下水³H含量分布范围为(0.3TU~14.9 TU)。58个河岸带地下水样³H含量分布范围为(2.1 TU~13.7 TU)。从³H含量分析未发现明显受核爆影 响时期补给的地下水。可能原因是研究区含水层不 同年龄段地下水混合作用强烈,消除了1963年³H峰

表2 研究区地表水³H含量 Table 2 The ³H content in surfacewater

样品编号	³ H(TU)	样品编号	³ H(TU)
S1	12.4	DD17	6.0
BB04	10.4	DD23	6.8
AA08	9.8	BB13	7.7
DD16	7.1	BB07	7.4

注:测试单位为中科院地球物理研究所

样品编号	井深	³ H(TU)	编号	井深	³ H(TU)	样品编号	井深	³ H(TU)
Y1	100	7.7	AA07	40	10.6	DD08	80	< 0.3
Y2	100	6	AA10	80	8.8	DD09	30	5.3
Y3	110	7.1	BB03	50	6.6	DD10	43	3.1
Y4	100	5.7	BB05	101	3.6	DD12	20	7.2
Y5	100	5.9	BB12	100	2.7	DD18	50	8.4
Z1	50	7.3	BB14	70	4.2	DD21	23	8.4
Z2	50	9.6	BB15	110	5.8	EE01		8.6
Z3	250	< 0.3	CC01	60	12.1	EE03	40	10.2
Z4	/	6	CC02	46	14.4	EE04	94	6.1
Z5	/	4.2	CC03	80	5.9	EE06	38	9.1
N1-1	300	2.9	CC04	40	9.9	EE13	100	8.8
N1-2	70	7.7	CC05	50	7.7	FF01	70	3.7
N1-3	100	7.9	CC06	100	7	FF02	40	5.5
N1-4	40	7.9	CC07	40	10.6	FF03	60	3.1
N1-5	40	7.8	CC08	60	9.9	FF04	60	9.6
N1-6	70	5.2	CC09	258	2.2	FF05	65	7.8
N1-7	70	3.9	CC16	80	6.7	FF06	30	6.9
N2-1	70	7.8	CC19	140	4.8	FF07	20	11.6
N2-2	60	9.1	CC21	33	8.1	FF08	60	6.9
N2-3	50	10.6	CC22	208	< 0.3	FF09	80	4.2
N2-4	40	7.6	CC24	68	2.6	HH01	20	10.4
N2-5	150	6.5	CC25	200	1.9	HH02	80	11.2
N2-6	60	11.1	CC26	200	< 0.3	HH03	70	14.9
N3-1	80	3.1	CC27	200	< 0.3	HH04	70	9.2
N3-2	70	2.7	CC29	50	6.4	HH05	80	4.1
N3-4	75	11.1	CC30	50	< 0.3	HH06	100	6.1
AA02	40	9.3	CC31	60	1.2	KK01	200	2.6
AA03	60	9.5	DD02	120	0.5	KK02	285	1.2
AA04	60	9	DD03	120	6.9	KK03	368	13.7
AA05	60	8.1	DD06	70	6.2	KK04	130	2.1
AA06	120	2.1	DD07	100	4			

表3 研究区地下水³H含量 Table 3 The ³H content in groundwater

注:测试单位为中科院地球物理研究所

的痕迹。这一推论也在美国地质调查局(1996)的工作中得到验证。另外,强烈的混合作用削弱了³H输入函数的可靠性,使根据³H放射性衰变方程进行精确定年这一方法也不再现实。

3.2 CFCs法年龄

利用美国地质调查局CFCs实验室分析数据的 USGS-CFC2004电子表格程序对水中溶解CFCs含 量结果进行分析。以北半球CFCs含量作为输入函 数,并假设年均温度12.5℃作为地下水补给温度,利 用亨利定律对样品中测试得出的CFCs含量进行处 理,即可反推出不及时段大气中CFCs浓度。将结果 与历年大气中CFCs含量图作对比,即得出该地下水 的补给年龄图。

根据CFCs定年原理,假设活塞流的前提下:根据CFC-11、CFC-12、CFC-113 三者得出的视年龄一致时,可以认为该视年龄即补给时间。但实际环境中诸多影响因素导致三个视年龄不一致,多年的研究表明:在氧化条件下,CFCs是极其稳定的。而在缺氧环境下,CFC-11 最易分解,CFC-12 最稳定,CFC-11分解率比CFC-12约高十倍。但是另一方面,也可用CFC-11的不稳定性来指示该采样点的CFCs降解和确定视年龄的上限。这里仅以CFC-12得出

的视年龄作为CFCs定年结果如图2、表4所示。

按采样点所处位置的土地利用方式的差异将 CFCs值分为两大类:市区和农业区。市区四个井其 中Y1采自岩溶含水层,其它三个样品采自第四系含 水层。农业区按照采样点所处位置与河岸带距离的 远近又分为远离河岸带和河岸带。

市区除Y1岩溶水年龄为1984年外,其余各点地 下水的补给皆发生在1972年前后,而地下水中³H含 量分布在(6TU,7.4TU)范围内。两个定年手段的结 果基本吻合。市区深层承压水地下水年龄约为35 年,市区第二含水层年龄与其近似相等。导致这一 现象的原因是市区极大的开采力度,使得第二、第三





Fig.2 The distribution map of CFC_{-12} age in groundwater

出口护口	井深	采样	CFC-12	CFC-11	CFC-113	CFC-12	³ H	友计	
件加细亏	(m)	(m) 日期		(pmol/kg)			(TU)	 	
CC04	40	2008.1	1.78	12.53	0.23	1986	9.9	B-N	
CC05	30	2008.1	2.26	5.2	0.7	1995	7.7	B-N	
CC30	50	2008.1	1.98	4.34	0.56	1988	0.2	B-N	
DD09	30	2008.1	2.1	8.47	0.86	1990	5.4	B-N	
EE03	40	2008.11	2.55	4.71	0.62	С	10.2	B-N	
Y1	100	2006.11	1.61	6.63	0.29	1984	7.7	A–O	
Z1	50	2006.11	0.79	2.02	0.1	1973	7.3	A–Q	
Y2	100	2006.12	0.94	С	0.13	1975	6	A–Q	
Y3	110	2006.12	0.63	С	0.04	1971	7.1	A–Q	
N1-3	100	2006.11	1.48	3.24	0.08	1982	7.9	B–R	
AA03	60	2008.1	1.94	4.06	0.61	1988	9.5	B–R	
N1-4	40	2006.11	2.33	5.41	0.38	Modern	7.9	B–R	
AA05	—	2008.1	1.85	0.32	0.57	1987	8.1	B–R	
N1-6	70	2006.11	1.66	3.81	0.33	1985	5.2	B–R	
N2-2	60	2006.11	0.31	0.48	0.11	1966	9.1	B–R	
N2-3	50	2006.11	0.35	0.56	0.15	1967	10.6	B–R	
N2-5	150	2006.11	1.09	2.89	0.13	1977	6.5	B–R	
N2-6	60	2006.11	1.91	2.24	0.17	1988	11.1	B–R	
DD10	43	2008.1	1.86	3.81	0.63	1987	3.1	B–R	
N3-1	80	2006.1	0.26	0.65	0.03	1964	3.1	B-R	
N3-2	70	2006.12	1.6	7.25	0.25	1984	2.7	B–R	
N3-3	70	2006.12	0.86	2.09	0.09	1974	—	B–R	
N3-4	75	2006.12	1.16	0.6	0.06	1978	11.1	B–R	

表4 地下水³H和CFCs含量 Table 4 The ³H and CFCs content in groungwater

注:测试单位为中科院地球物理研究所。A.市区;A-O.岩溶含水层;A-Q.第四系含水层;B. 农灌区;B-N.远离河岸带;B-R.河岸带

含水层有良好沟通。岩溶水地下水年龄约25年。两 者水力联系不好。值得注意的是同位素及各种示踪 剂反应的是水质点的运移,地下水流场变化中水压 力的变化响应速度比水质点运移速度快得多。

灌区采样点中远离河岸带的CFC-12视年龄较 河岸带小,CFC-12数据表明补给约发生在1990前 后。但沿区域地下水流向无明显规律。河岸带三个 剖面上地下水年龄无一致规律。河岸剖面1的地下 水年龄相对较平均,补给发生在1980至1990年间。 剖面2和剖面3上地下水年龄分布范围较广,从1965 年跨越到1988年。灌区3个剖面上CFC-12年龄与 采样点距河岸距离无相关关系。灌区河岸带CFC-12 地下水年龄偏老,可能发生了CFCs化合物的生物降 解,特别是在河岸带还原环境下。

市区,地下水CFCs定年与³H定年两者结果吻合 较好。灌区除河岸带含水层中可能发生CFCs的还 原,使得河岸带地下水年龄与远离河岸带地下水年 龄相比偏老。另外,灌区远离河岸带地下水CFCs定 年结果也无规律性,造成这一现象的可能原因是灌 区大面积的回灌水的存在造成CFCs定年的假设前 提不成立。

3.3 ¹⁴C法年龄

根据其放射性同位素的衰变原理,可利用地下水中¹⁴C含量确定地下水在含水层中储藏的年龄。实验室给出样品中地下水视年龄为1318~4996年间。靠近陡河水库,且位于陡河断层附近深度为368 m的³H含量达13.7 TU,与采样点附近陡河水库中³H含量相近,地下水可能来源于水库顺断层的渗漏补给。其¹⁴C活度为85.3 PMC,为同批次样品中¹⁴C活度最高的点。可将该点的¹⁴C活度作为研究区现代水的¹⁴C活度背景值。计算出研究区地下水年龄在0~3700年之间,该年龄可视为混合端元中老水年龄(表5)。

老水在含水层中的滞留时间至少为200到2300 年,且年龄存在随井深度增加而增大的趋势。年龄与 井深的相关关系为Y=0.09X+103.4(R2=0.96,n=4) (图3)。100 m处,老水的地下水年龄约200年。100 m 以深,含水层深度每增加100 m,地下水年龄增加约 1000年。

基于¹⁴C的测年误差,将地下水中¹⁴C活度为80 PMC作为界限。将地下水分为两组:¹⁴C浓度大于80 PMC的KK02、KK03、Y5和N2-5;低于这个值的 KK01、Y3和N1-1。前者为现代水补给,¹⁴C衰变程度 小。后者在含水层中经过时间长达1000年到3000 年不等的¹⁴C衰变,却普遍存在一定量的³H检出这一 年轻水标志(图4)。这个矛盾正好验证了不同年龄 地下水的混合作用。以Y3为例,其地下水中³H含量 为7.2 TU,¹⁴C活度为54.6 PMC。如果这个结果是由 现代水(³H含量为13.7 TU,¹⁴C活度为85 PMC)与古 水(³H含量为<0.3 TU,¹⁴C活度为85 PMC)与古 水(³H含量为<0.3 TU,¹⁴C活度未知)混合。则通过 Y3的地下水³H含量可以算出现代水对Y3所在含水 层的贡献为52%。沿地下水流向,从北往南唐山市北 郊水厂11号井地下水混合作用最为强烈,其次是越康 新园,丰南区混合作用稍弱。但是N2-5点现代水的补 给显得尤为突出。造成这一例外的原因可能是该点 井深为150 m,受灌区浅部地下水的快速循环影响。

表5研究区¹⁴C和³H测年结果 Table 5 The ¹⁴C and ³H age dating results

样品编	井深	¹⁴ C活度	初始年	校正年	311(7711)	混合比
号	(m)	(pmc)	龄(年)	龄(年)	H(10)	(%)
KK03	368	85.3	1318	0	13.7	100
Y3	110	54.6	4996	3700	7.1	52
Y5	100	82.6	1583	200	5.9	43
N1-1	300	64.4	3638	2300	2.9	21
N2-5	150	81.7	1669	300	6.5	47
KK01	200	74.4	2441	1100	2.6	19
KK02	285	81.8	1656	300	1.2	8

注:测试单位为中科院地球物理研究所













4 结论

(1)Q₄含水层受井孔利用情况、成井工艺差别,其 平均滞留时间存在差异。Q₃含水层受含水层沉积条 件和农业用水作用方式控制,地下水滞留时间范围 最广,北部地下水平均年龄小于35年,而南部受年轻 水与老水的混合补给。Q₂含水层主要为生活供水和 工业开采层,地下水年龄10~70年不等。

(2)市区地下水CFCs定年与³H定年两者结果吻 合较好。灌区地下水CFCs定年与³H存在一定差异 性,一方面是因为河岸带含水层中可能发生CFCs的 还原,使得河岸带地下水年龄与远离河岸带地下水 年龄相比偏老,另一方面是因为灌区大面积的回灌 水的存在造成CFCs定年的假设前提不成立。

(3)根据¹⁴C测年结果,混合端元中老水的年龄则与 含水层深度呈正相关关系,含水层深度每增加100 m, 地下水年龄增加1000年,100 m深度处地下水年龄 约1000年。Q,地下水年龄较老约为3300年。

致 谢:本项目在研究开展过程中得到中国科学院 地质与地球物理研究所庞忠和研究员和袁利娟博 士的大力帮助,特此表示感谢!

参考文献:

- [1]林学钰,王金生.黄河流域地下水资源及其可更新能力研 究[M].郑州:黄河水利出版社.2006.
- [2] 苏小四,林学钰.银川平原地下水循环及其可更新能力评价的同位素证据[J].资源科学.2004,26(2):29-35.
- [3] 杨丽芝,张光辉,刘中业,等.鲁北平原地下水同位素年龄及 可更新能力评价[J].地球学报,2009,30(2):235-242.
- [4] 苏小四,林学钰. 包头平原地下水水循环模式及其可更新

能力的同位素证据[J]. 吉林大学学报(地球科学版). 2003,33(4):503-508.

- [5] 马致远,牛光亮,刘方,等. 陕西渭北东部岩溶地下水强径 流带的环境同位素证据及其可更新能力评价[J]. 地质通 报. 2006,25(6):756-761.
- [6]万玉玉,苏小四,董维红,等.鄂尔多斯白垩系地下水盆地 中深层地下水可更新速率[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2010,40(3):623-630.
- [7] 高淑琴.河南平原第四系地下水循环模式及其可更新能 力评价[D]. 吉林大学博士学位论文,2008.
- [8] 王金生,翟远征,滕彦国,左锐.试论地下水可更新能力与 再生能力[J].北京师范大学学报(自然科学版),2011,47 (2):213-216.
- [9] 翟远征,王金生,左锐,滕彦国.地下水年龄在地下水研究 中的应用研究进展[J].地球与环境,2011,39(1):113-120.
- [10] Dong Weihong. Kang Bo, Du Shanghai, Shi Xufei. Estimation of shallow groundwater ages and circulation rates in the Henan Plain, China: CFC and deuterium excess methods[J]. Geosciences Journal. 2013, 17(4): 479–488.
- [11] 杜尚海, 苏小四, 吕航. 不同降水丰枯遭遇条件下滹沱河 地下水库人工补给效果研究[J]. 吉林大学学报(地球科学 版), 2010, 40(5): 1011–1018.
- [12] 黄修东,杜尚海,崔峻岭,等.平谷地下储水空间调蓄能 力及不确定性计算[J].工程勘察,2013(7):35-39.
- [13] 杜尚海,苏小四. 松散介质地下储水空间特征分析—以 滹沱河地下水库为例,人民黄河,2010,32(2):64-65.
- [14] Du Shanghai, Su Xiaosi, Zhang Wenjing, Effective storage rates analysis of groundwater reservoir with surplus local and transferred water used in Shijiazhuang City, China[J], Water and Environment Journal. 2013, (27): 157–169.
- [15] Su Xiaosi, Xu Wei, Du Shanghai. Responses of groundwater vulnerability to artificial recharge under extreme weather conditions in Shijiazhuang City, China[J]. Journal of Water Supply: Research and Technology–Aqua. 2014, 63(3):224–238.

Groundwater Age Assessment of Dou River Basin in Tangshan City, Hebei Provence

CHEN Peng, WANG Wei, MA Zhen, SHI Pei-xin, WANG Guo-ming (Tianjin Center, China Geological survey, Tianjin, 300170, China)

Abstract: Groundwater age assessment with environmental isotopes could useful for local groundwater resources evaluation and management. Dou River Basin has been selected as the typical study area, amount of groundwater samples have been tested with ³H, CFCs and ¹⁴C, groundwater ages have been calculated. The results show that, groundwater ages changes obviously in Q₄ aquifer with the impact of human activities; groundwater ages varied most widely in Q₃, and the age distributed from old water 70 year ago to new water; as the main development aquifer, Q₂ aquifer has the groundwater ages from 10 to 70 years; groundwater in Q₁ aquifer recharged with precipitation from cold and wet climate; because of the air-water equilibrium during the irrigation process, CFCs method is not suitable to calculate the groundwater age in irrigation area.

Key words: Dou River Basin; groundwater age; CFCs; ¹⁴C; ³H