

文章编号: 1007-6301 (2001) 03-0286-10

海河流域河流季节化对 地下水及生态环境的影响

何凡能, 王 国

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 本文在分析海河流域河流季节化趋势的基础上, 着重探讨河流断流给下游平原地区地下水及生态环境所带来的深刻影响。研究认为: 河流季节化与下游平原地区地下水之间存在着相互影响、互为因果的密切关系, 河流季节化因地下水超采的日趋严重而愈演愈烈; 反过来, 愈演愈烈的河流季节化又极其深刻地影响着地下水的时空分布、补给条件及运动流场等方面, 同时也给下游平原地区带来一系列的生态环境问题, 如地下水降落漏斗、地面沉降、海咸水入侵、河流功能衰退、湿地生态退化和水质恶化等。

关 键 词: 河流季节化; 地下水; 生态环境; 海河流域

中图分类号: P344 **文献标识码:** A

1 自然环境特征

海河流域是我国北方主要流域之一, 西起管涔、太岳山脉, 北倚内蒙古高原, 东临渤海, 南界黄河, 总面积约 $31.8 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。地貌类型大体可分为山地和平原两大类, 其中山地处于流域北部和西部, 分属燕山山脉和太行山山脉, 面积 $18.9 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占流域总面积的 59.4%; 平原位于流域的东部和南部, 隶属华北平原, 面积为 $12.9 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占流域面积的 40.6%。气候属半湿润、半干旱温带大陆性季风气候, 年平均气温 $0 \sim 14^\circ \text{C}$, 由北西南向东南方向递增。多年平均降水量为 548 mm, 在燕山山脉和太行山山脉的迎风坡为多雨带, 多年平均降水量可达 600~700 mm, 并由此向西北和东南两侧递减。降水量年内分布极不均匀, 多年平均汛期(6~9月)降水量占全年降水量的 75%~85%, 并多以暴雨形成出现; 年际变化也很大, 是我国降水量年际变化最大的地区之一, 单站最大、最小年际降水量之比可达 3~5 倍^[1]。

海河流域包括滦河水系、海河水系和徒骇、马颊河水系。流域大部分河流发源于蒙古高原和山西高原, 因受地貌地形的影响, 各支流出山口后, 自西北、西南呈扇形汇注渤海湾。滦河水系由滦河及冀东沿海诸河组成; 海河水系由潮白-蓟运河、永定河、大清河、子

收稿日期: 2001-05; 修订日期: 2001-08

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目 (KZCX-10-07); 国家自然科学基金资助项目 (49971078)

作者简介: 何凡能 (1963-), 男, 副研究员。主要从事区域环境变迁与历史地理研究工作, 在学术刊物和学术会议上已发表论文 20 余篇, 专著 (合著) 二部。

牙河和卫运河等五大水系组成; 徒骇、马颊河水系是由徒骇河、马颊河、德惠新河组成, 皆为单独入海的平原排水水系。

2 河流季节趋势分析

河流季节化是指那些原为常流河的河流, 在自然因素和人为因素的共同作用下, 在枯水季节经常出现河床干涸的水文现象。河道断流是河流季节化的主要标志^[2]。

海河流域河流季节化是近几十年来才出现的。就其所在的自然环境特征来看, 不是季节性河流发育的地区。然而, 近几十年来, 海河流域在气候旱化日趋严重的背景下, 人们为了解决水资源问题, 实现多目标综合兴利的目的, 在海河流域各水系各支流的中上游地区, 修建了大量的蓄水工程, 并进行无节制梯级拦蓄河川径流, 结果造成下游平原地区水资源的紧缺。平原地区为满足工农业生产用水和居民生活用水, 不得不大量超采地下水, 结果引起地下水的采补失衡和水位的急剧下降, 流域产流能力也随之衰减, 最终造成河流在枯水季节出现经常性的河道断流, 即: 河流季节化。

海河流域河流季节化形成于 60 年代中后期, 此前虽然也有少数河流的个别河段曾出现过断流现象, 但仅为局部、短时间的偶发事件, 河流仍属常流河。60 年代中期以后, 海河流域各水系相继出现经常性河道断流。根据对海河水系部分河流断流情况的统计分析 (见表 1), 可以看出, 海河水系河流断流具有如下明显的变化趋势。

表 1 海河水系河流年均断流天数表 (天/年)*

Tab. 1 Broke-down days of some rivers in the Haihe drainage basin (unit: d/a)						
河 名	站 名	起始年	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代
潮白河	水坝闸上	1972	—	40.8	194.5	109.5
永定河	三家店站	1965	86	282	299	全年无水
大清河	新盖房站	1965	75		283	188.5
滹沱河	献县站	50 年代	114.5	256	350	全年无水
滏阳河	衡水站	40 年代	94	200.3	216	

* 本表据文献 [2, 4] 摘编。

a. 断流河流越来越多: 从 60 年代个别河道出现断流, 逐渐发展到全流域大多数河流皆发生断流。

b. 断流频率越来越高: 流域内从个别河流的个别年份出现断流, 逐步发展到大部分河流行年年发生断流, 频率高达 100%。如潮白河自 1972 年出现断流以来, 除 1974 年外, 年年出现断流^[4]; 滏阳河自 70 年代以来, 断流频率一直高达 100%; 滹沱河自 50 年代末至今断流现象从未间断过^[2]。

c. 断流时间越来越长: 断流时间从最初的几十天, 发展到 200~ 300 天, 很多河流甚至全年干涸。如永定河, 60 年代年均断流为 86 天, 70 年代即发展到 282 天, 80 年代年均断流高达 299 天, 到了 90 年代河床几乎全年干涸。

d. 断流河段越来越长: 断流河道不断向中上游方向延伸。如潮白河香河站以下, 1966 年即出现断流, 而位于其上游的赶水坝站于 1972 年开始也发生断流。

河流如此频繁和长时间出现断流, 已属非偶然性现象, 就其河性而言, 已具有明显的季节化趋势。这种因人类不合理开发利用水资源而造成的常年性河流的季节化, 有人称之为人为季节性河流^[3]。

3 河流季节化对地下水的影响

如前述及, 人类不合理开发利用水资源是导致海河流域河流季节化的主要原因, 其中下游平原区地下水超采也是引发河流季节化的驱动因子之一。然而, 由于河流季节化的形成与发展, 反过来又加剧了地下水的超采, 从而给地下水的时空分布、补给条件和运动流场等方面带来极其深刻的影响。

3.1 对地下水时空分布的影响

河流季节化对地下水时空分布的影响, 主要是通过超采地下水造成地下水位持续下降, 而引发的时空变化。海河流域多年平均地下水资源量为 $274.84 \times 10^8 \text{m}^3$, 其中山区为 $136.42 \times 10^8 \text{m}^3$, 平原区为 $163.25 \times 10^8 \text{m}^3$, 山区与平原重复计算为 $24.83 \times 10^8 \text{m}^3$ 。海河流域地下水开采以浅层地下水为主, 多年平均开采量为 $181.57 \times 10^8 \text{m}^3$, 其中平原区约占 85%。深层地下水开采量仅为浅层地下水的 1/4, 多年平均值为 $45.55 \times 10^8 \text{m}^3$ 。在 1985 年至 1995 年的十余年里, 地下水开采量在采补已严重失衡的情况下逐年增加, 年平均增加 $3.72 \times 10^8 \text{m}^3$, 并以深层地下水为主。1993 年全流域地下水超采量已达 $46 \times 10^8 \text{m}^3$, 占供水量的 11.2%^[1]。京津两市和河北平原区是海河流域地下水开采量大且集中的地区。北京市从 60 年代开始即超采地下水, 1961~ 1992 年的 30 余年时间里, 累计超采地下水 $44 \times 10^8 \text{m}^3$, 缺水率仍达 20%, 1990 年开采浅层地下水 $25.31 \times 10^8 \text{m}^3$, 超采量为 $2.93 \times 10^8 \text{m}^3$ 。天津市由于严重超采地下水, 在 60 年代初即已形成地下水位降落漏斗, 缺水率高达 30%, 1990 年开采地下水 $9.09 \times 10^8 \text{m}^3$, 超采量为 $2.44 \times 10^8 \text{m}^3$ 。河北平原是华北平原的主要农灌区, 地下水开采量逐年增加, 超采面积不断扩大, 1990 年开采地下水 $123.7 \times 10^8 \text{m}^3$, 超采量达 $22.23 \times 10^8 \text{m}^3$ (见表 2)。从表中可以看出, 上述三个地区 1990 年共超采地下水 $27.6 \times 10^8 \text{m}^3$, 其中浅层地下水为 $18.6 \times 10^8 \text{m}^3$, 深层地下水 $9.0 \times 10^8 \text{m}^3$ 。长期超采地下水使地下水位急剧下降。就河北平原区而言, 1975 年至 1995 年的 20 年里, 浅层地下水位平均埋深由 5.88 m 降至 11.88 m, 深层地下水位平均埋深由 7.37 m 降至 30.25 m^[5], 并形成石家庄、冀枣衡、沧州等十余个大小不等的降落漏斗。

表 2 京津及河北平原区地下水可开采量与实际开采量对照表 (10^8m^3)^{*}

Tab. 2 Exploitation and utilization of groundwater in Beijing, Tànjīng and Hebei Plain (unit: 10^8m^3)

地 区	可 开 采 量			实 际 开 采 量		
	浅层地下水	深层地下水	合 计	浅层地下水	深层地下水	合 计
北 京	21. 47	0. 91	22. 38	25. 31		25. 31
天 津	4. 10	2. 45	6. 65	3. 33	5. 76	9. 09
河北平原	91. 67	9. 80	101. 9	107. 30	16. 40	123. 70
合 计	117. 34	13. 16	130. 5	135. 94	22. 16	158. 10

^{*} 据参考文献 [5, 6] 改编。

为进一步阐明河流季节化对地下水时空分布的影响, 笔者根据河北省南部平原 97 个县 1974、1982、1990 年 3 个年份的浅层地下水平均埋深资料, 绘制成平均埋深等值线图, 进行对比分析, 其结果如表 3。

表 3 河北省南部平原浅层地下水平均埋深变化表 (m)
Tab. 3 Average depth of shallow groundwater in the southern plain of Hebei Province (unit: m)

地 区	埋深	时 间			埋深下降速率 (1974~ 1990)
		1974 年	1982 年	1990 年	
山前平原	一般埋深	4~ 12	6~ 14	8~ 24	0. 25~ 0. 75
	平均埋深	5. 64	8. 24	13. 13	0. 48
	中心埋深	12. 57	16. 82	25. 12	0. 79
中部平原	一般埋深	2~ 4	3~ 17	4~ 9	0. 13~ 0. 38
	平均埋深	3. 10	4. 76	5. 35	0. 14
	中心埋深	5. 49	9. 58	13. 16	0. 48
东部及滨海平原	一般埋深	1~ 4	2~ 5	2~ 6	0. 06~ 0. 13
	平均埋深	2. 75	3. 62	3. 95	0. 08
	中心埋深	—	—	—	—

注: 根据河北省水利厅《水利简报 (地下水动态)》资料计算编制。

从上述表中显示的浅层地下水平均埋深的动态变化, 并结合海河流域河流季节化的发展过程, 不难看出: 河北省南部平原地下水的时空分布, 随着河流季节化的不断加剧以及地下水开采量的逐年增加, 浅层地下水位不断下降, 平均埋深越来越大。但在不同地区存在明显的地域差异。山前平原浅层地下水下降幅度最大, 平均达 4~ 10m, 平均下降速率为 0. 48 m/a, 中心可达 0. 79 m/a, 80 年代以后降幅明显增大, 年均可达 1. 04 m/a。1974 年, 在石家庄与邢台之间的栾城、赵县、高邑、赞皇、元氏等县, 已形成浅层地下水位降落漏斗, 并不断扩大, 至 90 年代, 已覆盖整个石家庄地区和邢台地区。漏斗中心地下水埋深超过 25 m, 并在其北部的保定地区也形成地下水位降落漏斗。中部平原区和东部滨海平原区浅层地下水下降幅度明显趋小, 尤其是东部滨海平原区, 下降幅度仅为 1~ 2m, 平均下降速率仅为 0. 08m/a。这与中、东部地区因咸水含水层的分布, 限制了地下水的利用效能, 而使地下水开采以深层地下水为主密切相关。因此, 对浅层地下水的影响相对较弱。

河流季节化对地下水时空分布的影响具有明显的阶段性特点。根据海河流域河流季节化的发展过程及地下水采补平衡关系的综合分析, 大体可以分为以下 3 个时段:

- a. 1965 年以前, 海河流域大多数河流尚未出现断流现象, 地下水采补基本处于均衡状态, 人们对地下水的开发力度尚属于正常范围, 因此, 这个时期地下水仍保持较好的天然流场状态。
- b. 1965 年至 80 年代, 海河流域河流相继发生断流, 断流时间短者几十天, 长者可达 200 多天。这个时期地下水超采量逐年增加, 采补关系已经失衡, 并在一些地区形成常年性的地下水位降落漏斗。
- c. 80 年代以来, 海河流域绝大多数的河流出现高频率、长时间的断流, 断流时间长达 300 多天, 甚至全年干涸。只有少部分的河流在汛期很短的时间内偶有径流出现, 大部分时间处于干涸状态。这个时期地下水超采量急剧上升, 采补关系严重失衡, 地下水位急剧下

降,漏斗规模迅速扩大。

3.2 对地下水补给的影响

河流季节化对地下水补给的影响,主要表现在补给量的减少与补给条件的变化。华北平原地下水补给主要来自降水垂直入渗补给、河渠侧渗补给、灌溉入渗补给和山前侧渗补给等方面。从京津及廊坊地区地下水补给来源及多年平均补给量的分配情况(见表4)可以看出,降水垂直入渗补给是本区主要的补给来源,约占总补给量的60%~80%;其次是河渠侧渗补给,通常仅占总补给量的10%~20%;再次是山前侧渗补给和灌溉入渗补给。因此,河道断流、河床干涸除了直接造成河渠侧渗补给量的锐减外,对地下水总补给量的影响更具显著意义的是补给条件的变化:河流季节化导致地下水位持续下降,包气带厚度不断增大,滞留在包气带内的大气降水越来越多,从而造成降水垂直入渗补给浅层地下水的补给量大幅度减少;当包气带达到一定厚度时降水便难以补给地下水。研究表明:地下水补给量随入渗深度的增加而减少,补给方式也因地下水位埋深不同而差异;以重力下渗方式补给而论,当地下水位埋深为3m时,其补给量仅占总补给量的50%,当地下水位埋深达7m时,重力下渗方式补给量接近于零。仅此一项,华北平原每年就要减少地下水补给量约 $14\times10^8\text{m}^3$ 。

表4 京津及廊坊地区地下水补给量分配表^[7,8] (10^8m^3)

Tab. 4 Replenishment of ground water in Beijing, Tianjing and Langfang regions					
地 区	降水垂直入渗补给	河渠侧渗补给	灌溉入渗补给	山前侧渗补给	总补给量
北京市	13.47	6.36	1.22	3.29	24.34
天津市	3.32	0.40	0.41	0.01	4.14
廊坊市	6.92		1.92	0.28	9.12
全 区	23.71	6.76	3.55	3.58	37.60

3.3 对地下水运动流场的影响

海河流域河流季节化的形成与发展,不仅引起地下水时空分布的变化,而且也造成地下水运动流场的显著变化。如河北省南部平原,在60年代初期,海河流域大多数河流尚未出现断流时,地下水运动流场仍处于天然状态,这个时期河北省南部平原无论是浅层地下水还是深层地下水,其运动流场主要表现为:山前平原地下水呈SEE和E方向流动,中部和东部及滨海平原地下水呈近NE方向流动。到了90年代初期,随着海河流域河流季节化的不断加剧以及地下水位降落漏斗的迅速发展,地下水运动流场发生明显的变化,其运动方向深受降落漏斗的影响。如位于山前平原上的石家庄市,其浅层地下水运动流场在降落漏斗的影响下,形成自周边向中心汇流的运动流场;赵县一带因受外围漏斗的影响,地下水运动变成自北向南流动;而位于中部平原的深县至枣强一带,则形成明显的弧形地下水分水岭,阻断了来自山前平原区的侧向来水。这个时期深层地下水运动流场的变化要明显于浅层地下水,主要表现为围绕漏斗中心形成的地下水汇流与地下分水岭。如中、东部及滨海平原区,基本上是围绕冀枣衡漏斗、沧州漏斗和任丘漏斗而形成的三个汇流中心,而在任丘漏斗与沧州漏斗之间以及在冀枣衡漏斗与沧州漏斗之间形成了地下分水岭;在滨海平原区,以前向东流向渤海的运动流场,此时则变成了向西汇入沧州漏斗中心的运动流场^[5]。这种地下水运动流场的变化,与地下水位降落漏斗的形成与发展密切相关。

4 河流季节化对生态环境的影响

海河流域河流季节化使地表水资源量急剧减少, 地下水开采量急剧增加, 地下水位大幅下降, 从而给下游平原地区的生态环境带来巨大的负面影响, 造成一系列生态环境问题, 如地面沉降、河流功能衰退、海咸水入侵、湿地生态退化、水质恶化等。

4.1 地下水漏斗与地面沉降

地下水漏斗是持续超采地下水的必然结果。海河流域下游平原区因地下水超采而形成了大面积的降落漏斗。据统计, 浅层地下水漏斗面积达 $14\,079\text{ km}^2$, 在开采强度较大、用水集中的地区形成漏斗中心, 水位下降 $20\sim 40\text{ m}$; 深层地下水漏斗面积达 $2\,990\text{ km}^2$, 下降速率达 $3\sim 5\text{ m/a}$, 并形成天津、石家庄、衡水、沧州等十余个大小不等的浅、深层漏斗区。北京地区自70年代以来, 随着地下水超采量的逐年增加, 地下水位也持续下降, 并在市区形成了 $1\,685\text{ km}^2$ 的降落漏斗; 天津市是降落漏斗极其发育的地区之一, 其面积达 $7\,000\text{ km}^2$, 漏斗中心最大埋深可达 104.9 m ^[9]; 河北省南部平原是本区最为严重的地区, 石家庄漏斗自1965年形成以来, 不断扩大, 至1993年漏斗中心水位埋深达 40.17 m , 面积扩展到 354.21 km^2 。冀枣衡漏斗是一个复合型漏斗, 1990年漏斗中心水位埋深达 56.84 m , 漏斗面积达 $4\,023\text{ km}^2$; 沧州漏斗自1967年形成以来, 漏斗范围及深度均迅速扩展。1990年漏斗中心地下水位埋深达 93.7 m , 漏斗面积达 $1\,195\text{ km}^2$ 。

地面沉降是由于大量超采地下水引起承压含水层释水压密而产生的一种地面下沉现象; 地面沉降的快速发展预示着含水层储水功能与调节功能的减退, 是地下水资源濒临枯竭的信号。海河流域地面沉降主要发生在北京、天津、沧州、衡水等地。北京自70年代超量开采地下水以来, 累积最大地面沉降量为 0.62 m (1993年), 沉降影响范围超过 600 km^2 。天津市是本区地面沉降现象出现最早、发展最为迅速的地区, 1959年以前即已形成, 当时年均沉降量仅为 $7.1\sim 12.3\text{ mm/a}$, 1959~1966年进入沉降中心的初步形成期, 平均沉降速率为 $30\sim 40\text{ mm/a}$, 1966年以后, 是地面沉降急剧发生期, 平均沉降速率量为 $80\sim 100\text{ mm/a}$, 最大速率高达 216 mm/a , 累计最大沉降量达 2.27 m , 沉降范围约 $7\,000\text{ km}^2$ ^[10]; 1984年以后, 天津市压缩地下水开采量, 并积极组织治理, 市区地面沉降得到初步控制。河北平原地面沉降主要分布在沧州和衡水等地, 沧州市自1970年发现有地面沉降以来, 至1987年累计最大沉降量为 1.01 m ; 平均沉降速率为 50.6 mm/a , 中心沉降速率为 91.2 mm/a ^[11], 沉降区面积为 $2\,400\text{ km}^2$ 。衡水市自1981年发现地面沉降以来, 累计沉降也达 0.18 m (1990年), 平均沉降速率为 20 mm/a , 沉降区面积为 $2\,600\text{ km}^2$ 。河北平原沉降区与天津、山东沿海沉降区连成一片, 成为我国最大的环渤海地面沉降区, 总面积达 $44\,000\text{ km}^2$ 。

4.2 海咸水入侵

海咸水入侵是由于过量开采地下淡水, 导致淡水水头低于附近咸水或海水水头时, 而引起的咸、淡水界面向陆地推移扩散的现象。海河流域近几十年来, 随着河流季节化的不

引自李丽娟博士论文《干旱、半干旱区生态环境需水量和水资源承载力的实证研究》。

引自衡水地区地下水动态观测报告。

断发展和地下水位的急剧下降,在下游平原区及沿岸地区引发了海咸水入侵。海水入侵在本区只发生在河北省秦皇岛市的局部地区,影响范围较小;咸水入侵主要发生在衡水地区和沧州地区,影响范围较广。

衡水和沧州地区位于河北省南部平原的中、东部,濒临渤海湾,在浅层地下水中广泛分布着咸水含水层。据统计,矿化度大于 2 mg/L 的咸水和矿化度小于 2 mg/L 的淡水,其分布面积约各占二分之一。随着淡水利用量的不断增加,咸水体不断浸染淡水体,使淡水分布面积明显缩小,咸水面积不断扩大。如沧州地区 1980 年浅层淡水分布面积为 $7\,217\text{ km}^2$,1989 年减少到 $6\,602\text{ km}^2$,在短短的九年里,减少了 615 km^2 ,年均缩减 68.3 km^2 ;相应地咸水分布面积则由 1980 年的 $6\,834\text{ km}^2$,增加到 1989 年的 $7\,449\text{ km}^2$ ^[5],平均每年有 68.3 km^2 的淡水为咸水侵染。

由于浅层地下淡水资源量的锐减,中、东部及滨海平原地区地下水的开发利用便转向深层地下水,而成为本区的主要开采对象。多年来,随着深层地下水的大规模开采,浅、深层之间的水位差迅速增大,浅层咸水体通过地下通道入浸深层淡水体。根据河北省水文地质大队与中国地质大学的研究表明:河北南部平原在 1982 年以前,深层含水层即受到浅层咸水体的侵染,衡水地区咸水底界年均下移速率约 0.09 m/a ,最大可达 0.13 m/a 。

4.3 河流功能的衰退

河流季节化对河道及河流功能的影响是非常显著的,其主要表现为:河道萎缩、河口淤积及河流行洪能力的衰退。

海河流域(包括滦河流域)每年产沙量约 $2.53 \times 10^8\text{ t}$,其中约有 $1.25 \times 10^8\text{ t}$ 的泥沙堆积在下游平原地区,而约有 $1.28 \times 10^8\text{ t}$ 的泥沙则随洪水输入渤海。然而,近几十年来,随着河流季节化的不断发展与入海水量的大幅减少,有更多的泥沙淤积在河床和河口上,使河口日渐淤高,河道日益萎缩,河流行洪能力日趋衰减。在河北省入海河流中,有 22 条河流的河口出现严重淤积,如南排河,1970 年河口淤积为 14.5 km^2 ,1985 年淤积达 27.0 km^2 ,淤高约 2.0 m ,已接近高潮位。又如海河干流,原设计海河闸可安全行洪 $1\,200\text{ m}^3/\text{s}$,1965 年以后,由于海河干流及河口的严重淤积,海河闸现只能泄洪 $200 \sim 400\text{ m}^3/\text{s}$,行洪能力锐减了 $66\% \sim 83\%$ 。永定河河道的萎缩就更加明显,尤其是芦沟桥段,高水位以下断面 1965~1984 年平均每年减少 2.49 m^2 ,1985~1990 年年均减少达 32.58 m^2 ;低水位以下断面,1965~1984 年每年减少断面面积 0.95 m^2 ,1985~1990 年每年减少达 32.02 m^2 ,1990 年断面面积只有 1985 年的 65.1% ,河道迅速萎缩。其它各河也发生了不同程度的功能衰退。

4.4 湿地生态环境的退化

华北平原历史上存有许多湖沼洼淀,如文安洼、白洋淀、胜芳洼、东淀、团泊洼、大青铺洼、七里海等等,这些湖沼洼淀曾经是河北平原的“鱼米之乡”。然而,近几十年来,随着河流季化的迅猛发展,它们大部分洼淀已日趋萎缩,甚至干涸消亡,原有良好的水生生态环境因此而变成陆生生态环境。如冀中大型洼地文安洼,在 70 年代以前仍有较丰富的水源入洼,每逢洪水到来,便渚水为淀泊,水面可达 550 km^2 ;70 年代以后,在河流季节化的影响下,入洼水量日益减少,洼淀面积也大幅度退缩;到了 80 年代,文安洼已彻底干涸,淀泊早已名存实亡,洼地也被垦为农田。又如白洋淀,作为华北平原北部至今尚能常

年积水的最大湖淀,是河北省和京津地区的重要水产基地,堪称“华北明珠”。然而,近几十年来,在河流季节化等因素的作用下,入淀水量也由 50、60 年代年均 $21.2 \times 10^8 \text{ m}^3$,减少到 70、80 年代 $7.3 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$;淀泊面积由 50 年代初的 561.6 km^2 ,缩小到目前的 366 km^2 ;正常年份,水面面积仅有 142 km^2 (蓄水水位为 7.5 m)。干淀事件越来越频繁,据统计:在 1956 年至 1987 年的 32 年间,白洋淀共干淀 13 次,其中 60 年代 2 次,70 年代 4 次,80 年代 7 次^[12]。

4.5 水质恶化

河流季节化使河床长期处于无水干涸状态,对污染物丧失了稀释与净化的作用,而成为污染物的排放场所。这不仅严重污染地表水,而且也直接或间接地影响地下水质。据有关调查表明,海河流域污染物主要来自工矿企业的生产排污和城镇居民的生活排污。1993 年海河流域排污总量达 $57.81 \times 10^8 \text{ t}$,其中工业废水 $44.95 \times 10^8 \text{ t}$,生活污水为 $12.86 \times 10^8 \text{ t}$;在对主要河流 9 424.2 km 的评价河长中,全流域已无 I 类水体;符合 II、III 类水质标准的河段长分别为 1 524.5 km、2 307.3 km,占评价河长的 16.2% 和 24.5%,受污染的河长达 5 592 km,占评价河长的 59.3%,其中 III 类水河长为 1 580.7 km,占总评价河长的 16.8%,V 类水河长为 2 015.2 km,占 21.4%,超 V 类水河长达到 1 996.1 km,占 21.1%。与 1980 年和 1986 年相比较,水污染趋势不断加重。1980 年受污染的河长只占评价河长的 28.4%,而 1986 年则上升到 43.0%,1990 年达 59.3%,1994 年达 80.5%。主要污染物为 COD 和挥发酚氨气。

对地下水质的干扰,随着地下水超采量的增加,而不断向纵深方向发展。污染物不仅进入浅层地下水,而且还蔓延到深层地下水。1979 年衡水市检出浅层地下水含有酚、氰、砷等有毒物质;1980 年石家庄市也发现酚超标;沧州市污染状况更为严重,地下水中的 NH_4 、酚、汞均已超标。1984 年深层地下水氰的检出率为 2.4%、六价铬 7.6%、硝酸盐 92.7%,1990 年,深层淡水除氰检出率增至 7.7% 外,其余各项检率均增至 100%。据监测资料表明:海河流域浅层地下水有 37% 水质良好,符合生活饮用水卫生标准,有 37% 的地下水受到污染,但仍符合农田灌溉水标准,约有 26% 的地下水由于受到污染或天然水质不良,连农灌水质标准都难以达到。

5 结语

综上所述,可以得出以下几点认识:

1. 正如象海河流域河流季节化的形成原因是多方面的一样,导致地下水动态变化和生态环境演变也是多因素共同作用的结果,河流季节化仅仅是影响本区地下水动态变化和生态环境演进的主要驱动因子之一,但决不会是唯一的。

2. 河流季节与地下水超采之间存在着互为因果的恶性循环关系。海河流域河流季节化就是在这种背景下,愈演愈烈;其结果也造成地下水位的持续下降和补给量的不断减少。这种变化过程因地区所处地貌部位和水文地质条件不同,存在着明显的地域差异。如河北省南部平原西部、中部和东部三个地区就是一个典型例子。

3. 根据河流季节化的发展过程及地下水采补关系的对应变化,可以将本区河流季节化对地下水的影响过程大致分为三个阶段:即天然状态阶段(1965 年以前),季节化与漏斗初

步形成阶段(1965至1980年间)及季节与漏斗急剧发展阶段(1980年以后)。

4. 海河流域因河流季节化所引发的一系列生态环境问题,如区域水位降落漏斗、地面沉降、河流功能衰退、海咸水入侵、湿地生态退化和水质恶化等,现今已成为制约本区社会经济可持续发展的重要因素,同时还严重威胁着人们的生存环境。因此,合理开发利用水资源,保护和改善生态环境,将是海河流域紧迫而长期的任务。

参考文献:

- [1] 王国 海河流域河流的季节化对经济生态系统的影响[A] 见:中国地理学会地貌与第四纪专业委员会编 地貌·环境·发展[C],北京:中国环境科学出版社
- [2] 尤联元 华北平原河流季节化趋势及原因[A] 见:中国地理学会地貌与第四纪专业委员会编 地貌·环境·发展[C],北京:中国环境科学出版社
- [3] 许炯心 人为季节性河流的初步研究[J] 地理研究, 2000, 19(3): 234-242
- [4] 李丽娟等 华北典型河流径流演变规律及其驱动力分析——以潮白河为例[J] 地理学报, 2000, 55(3): 309-316
- [5] 张宗祜等 华北平原地下水环境演化[M] 北京:地质出版社, 2000
- [6] 金凤君 华北平原城市用水问题研究[J] 地理科学进展, 2000, 19(1).
- [7] 童鼎钊等 京津及邻区水资源的特点及其利用的评价[A] 见:邢嘉明等编 京津地区生态环境研究文集[C] 北京:气象出版社, 1987
- [8] 杨晓光等 华北平原农业节水实用措施实验研究[J] 地理科学进展, 2000, 19(2).
- [9] 海河流域水资源委员会 海河流域水资源公报(1998)[N], 1999
- [10] 李明朗 中国沿海地面沉降及防治对策[A] 见:论沿海地区减灾与发展[C] 地震出版社, 1991
- [11] 钟立勋等 渤海湾及其沿岸的地质灾害与对策[A] 见:论沿海地区减灾与发展[C] 地震出版社, 1991
- [12] 章申等 白洋淀区域水污染控制研究(第一集)[M] 北京:科学出版社, 1995

The Impact of River Seasonalization on Ground Water and Environment in Haihe Drainage Basin

HE Fan-neng, WANG Guo

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: On the basis of analyzing the trend of river seasonalization in Haihe drainage basin, the article lays special stress on exploring how river seasonalization influences ground water and environment in the downstream plain. In the final analysis, we consider that there is close inter-influencing and cause-effect relation between river seasonalization and extra-exploitation of ground water. Because of extra-exploitation of ground water, river seasonalization has been increasingly serious. Conversely, temporal-spatial distribution, replenishment and flow field of ground water have been profoundly affected by more and more serious river seasonalization. Meanwhile, a series of environmental and ecological problems have occurred, such as depression cone of ground water, land subsidence, seawater or saline water intrusion, declining of the river course function, deterioration of wa-