

文章编号: 1007-6301 (2000) 02-0136-06

黄淮海平原典型区域的水问题和水管理

吴 凯, 唐登银, 谢贤群

(中国科学院地理研究所, 北京 100101)

摘要: 本文简要介绍了黄淮海平原典型区域的水问题及其变化规律。沧州—衡水地区的水问题主要有: 水资源严重匮乏、深层地下水严重超采以及风暴潮影响严重。文中估算了该区的缺水损失, 并建立了漏斗中心水位埋深与地下水超采的经验关系。黄河三角洲地区的水问题主要有: 水资源尚嫌不足、黄河断流影响大以及地下水超采有所发展。文中提出了黄河断流的开源对策。安阳地区的水问题主要有: 水资源不足与地下水水位下降速率加剧。文中亦建立了该区地下水水位与地下水超采量的经验关系。此外, 本文还预测了各典型区引黄、引江灌溉的发展前景, 2010 水平年外流域调水可望占可供水量的 32% 以上。

关 键 词: 黄淮海平原; 区域; 水问题; 水管理

中图分类号: P344 **文献标识码:** A

黄淮海平原包括北京、天津、河北、山东、河南、江苏、安徽等 5 省 2 市的 317 个县市区。1997 年人口为 2.16×10^8 人, 耕地面积为 $17.8 \times 10^6 \text{hm}^2$ 。本文涉及的 3 个典型区域是: 冀中平原的沧州—衡水地区、鲁北平原的黄河三角洲地区和豫北平原的安阳地区。

1 沧州—衡水地区的水问题

沧州—衡水地区包括沧州、衡水两市的 26 个县市区, 人口和耕地面积分别占黄淮海平原的 4.9% 和 7.6%。

1.1 水资源严重匮乏

水资源奇缺。该区 2000 水平年缺水率(缺水量与需水量之比)为 52.7%, 2010 水平年缺水率为 44.8%, 为黄淮海平原的严重缺水区(表 1)^[1]。

引黄、引江潜力大。该区 2000 水平年外流域调水为 $3.53 \times 10^8 \text{m}^3$ (为引黄水), 占供水量的 13.1%; 2010 水平年外流域调水为 $15.64 \times 10^8 \text{m}^3$ (其中引黄水为 $5.88 \times 10^8 \text{m}^3$, 引江水为 $9.76 \times 10^8 \text{m}^3$), 占供水量的 43.3% (表 2)^[2]。

缺水损失大。2000 水平年, 该区城市缺水量 $0.15 \times 10^8 \text{m}^3$, 缺水损失率 83.33 元/ m^3 , 则城市缺水损失为 12.50×10^8 元(表 3)。农村缺水量为 $29.82 \times 10^8 \text{m}^3$ (表 1、3), 根据农

收稿日期: 2000-03; **修订日期:** 2000-05

基金项目: 本项研究得到中国科学院重大项目(KZ951-A 1-301, KZ95T-04-01)、国家自然科学基金重大项目(49890330)和国家科技攻关项目(96-004-01-13 (2)、96-004-01-2 (5))等的资助

作者简介: 吴凯(1939-), 男, 江苏盐城人, 中国科学院地理研究所研究员。主要从事水文水资源与农业水文等方面的研究, 已出版论著 7 本, 发表论文 90 余篇。

业供水量与粮食产量的关系(表 4)、冀中平原棉粮总产之比(表 5)、棉花折粮按 8 1 计, 则平均每缺 1 m³ 水损失粮食(折粮) 2. 52 kg。若粮价按 0. 90 元/kg 计, 则农村缺水损失达 67. 63 × 10⁸ 元。因此, 全区缺水损失可达 80. 13 × 10⁸ 元。

表 1 黄淮海平原典型区域不同水平年水资源供需平衡 (P= 75%) (水量: 10⁸m³; 比率: %)

Tab. 1 The balances between supply and demand of water resources in the different level years in the typical regions of the Huang-Huai-Hai Plain (P= 75%)

| 区 域 | 2000 水平年 | | | | 2010 水平年 | | | |
|---------|----------|--------|--------|-------|----------|--------|--------|-------|
| | 可供水量 | 需水量 | 缺水量 | 缺水率 | 可供水量 | 需水量 | 缺水量 | 缺水率 |
| 沧州—衡水地区 | 26. 93 | 56. 90 | 29. 97 | 52. 7 | 36. 15 | 65. 46 | 29. 31 | 44. 8 |
| 黄河三角洲地区 | 31. 80 | 34. 93 | 3. 13 | 9. 0 | 35. 52 | 41. 02 | 5. 50 | 13. 4 |
| 安阳地区 | 17. 43 | 24. 06 | 6. 63 | 27. 6 | 25. 21 | 31. 20 | 5. 99 | 19. 2 |

表 2 黄淮海平原典型区域不同水平年可供水量的开发潜力 (P= 75%) (10⁸m³)

Tab. 2 The development potentialities of water supply in the different level years in the typical regions of the Huang-Huai-Hai Plain (P= 75%)

| 区 域 | 2000 水平年 | | | | 2010 水平年 | | | |
|---------|----------|-------|--------|-------|----------|-------|--------|-------|
| | 引黄水 | 引江水 | 污水处理回用 | 微咸水 | 引黄水 | 引江水 | 污水处理回用 | 微咸水 |
| 沧州—衡水地区 | 3. 53 | 0. 00 | 1. 47 | 2. 11 | 5. 88 | 9. 76 | 3. 93 | 2. 65 |
| 黄河三角洲地区 | 24. 20 | 0. 00 | 0. 18 | 1. 00 | 25. 90 | 1. 21 | 0. 50 | 1. 00 |
| 安阳地区 | 1. 62 | 0. 00 | 0. 17 | 0. 00 | 4. 76 | 3. 34 | 0. 23 | 0. 00 |

表 3 河北省主要城市不同水平年缺水损失率 (P= 75%) (元/m³)

Tab. 3 The damage rates in the different level years in the main cities of Hebei Province (P= 75%)

| 城 市 | 2000 水平年 | 2010 水平年 | 城 市 | 2000 水平年 | 2010 水平年 |
|-----|----------|----------|-----|----------|----------|
| 邯 郸 | 0. 00 | 108. 70 | 沧 州 | 83. 33 | 128. 23 |
| 邢 台 | 58. 84 | 100. 00 | 唐 山 | 73. 57 | 113. 64 |
| 石家庄 | 70. 43 | 104. 17 | 秦皇岛 | 0. 00 | 125. 00 |
| 保 定 | 59. 52 | 94. 34 | 廊 坊 | 0. 00 | 125. 00 |

表 4 沧州—衡水地区农业供水量与粮食产量的关系 (1988~ 1996) (水量: 10⁸m³; 产量: 10⁸kg)

Tab. 4 The relationship between the agricultural water supply and the grain yield in the Cangzhou—Hengshui Region (1988~ 1996)

| 年 份 | 农业供水量 | 粮食产量 | 年 份 | 农业供水量 | 粮食产量 | 年 份 | 农业供水量 | 粮食产量 |
|------|--------|--------|------|--------|--------|------|--------|--------|
| 1988 | 19. 60 | 32. 44 | 1991 | 20. 29 | 39. 97 | 1994 | 23. 07 | 45. 90 |
| 1989 | 22. 15 | 31. 34 | 1992 | 22. 50 | 32. 70 | 1995 | 23. 19 | 55. 81 |
| 1990 | 21. 54 | 36. 76 | 1993 | 21. 29 | 43. 12 | 1996 | 24. 90 | 63. 81 |
| | | | | | | 平 均 | 22. 06 | 42. 43 |

表 5 冀中平原粮棉产量统计 (1988~ 1996) (10⁸kg)

Tab. 5 The total outputs of the grain and cotton in the Central Section of Hebei Province (1988~ 1996)

| 年 份 | 粮食总产 | 棉花总产 | 年 份 | 粮食总产 | 棉花总产 | 年 份 | 粮食总产 | 棉花总产 |
|------|--------|-------|------|--------|-------|------|---------|-------|
| 1988 | 62. 84 | 4. 25 | 1991 | 73. 93 | 4. 47 | 1994 | 87. 05 | 2. 96 |
| 1989 | 64. 15 | 3. 78 | 1992 | 63. 12 | 2. 23 | 1995 | 103. 60 | 2. 86 |
| 1990 | 71. 17 | 4. 05 | 1993 | 79. 73 | 1. 46 | 1996 | 119. 78 | 1. 97 |
| 平 均 | | | | | | | 80. 60 | 3. 11 |

1. 2 深层地下水严重超采

地下水漏斗发展迅速。沧州漏斗是以沧州市为中心, 包括青县、泊头及黄骅等小型漏斗在内的漏斗群组, 形成于 1967 年, 至 1997 年 6 月, 漏斗面积超过 10 000 km², 中心水位埋深达 92. 4 m, 1971~ 1985 年平均降深为 3. 6 m, 1985~ 1997 年平均降深为 1. 3 m。1998 年中心水位埋深高达 93. 73 m。1985~ 1998 年沧州漏斗中心水位埋深 $H_{沧}$ (m) 与 1985 年为起始年的年数 t 的关系为:

$$H_{沧} = 72. 691\ 2 + 1. 634\ 5t \qquad r = 0. 953 \qquad (1)$$

1988~ 1996 年沧州漏斗中心水位埋深 $H_{沧}$ (m) 与沧州市地下水开采量超过 $6. 0 \times 10^8 m^3$ 的累积量 $\sum W_{沧}$ (10⁸m³) 的关系为:

$$H_{沧} = 77. 431\ 8 + 0. 627\ 6\sum W_{沧} \qquad r = 0. 909 \qquad (2)$$

冀枣衡漏斗包括衡水市、冀县、枣强、武邑四个县市的全部及景县、故城、深县的一部分, 形成于 70 年代初的衡水市, 以后不断加深、扩大。1981 年漏斗面积为 6 175 km², 中心水位埋深为 47. 7 m。1997 年 6 月漏斗面积达 11 051 km², 中心水位埋深达 75. 7 m。1981~ 1997 年平均面积扩大 287 km², 埋深增加 1. 6 m。1998 年中心水位埋深高达 76. 2 m。1985~ 1998 年冀枣衡漏斗中心水位埋深 $H_{冀}$ (m) 与 1985 年为起始年的年数 t 的关系为:

$$H_{冀} = 46. 781\ 3 + 2. 278\ 7t \qquad r = 0. 937 \qquad (3)$$

1988~ 1996 年冀枣衡漏斗中心水位埋深 $H_{冀}$ (m) 与衡水市地下水开采量超过 $6. 0 \times 10^8 m^3$ 的累积量 $\sum W_{衡}$ (10⁸m³) 的关系为:

$$H_{冀} = 52. 203\ 2 + 0. 994\ 4\sum W_{衡} \qquad r = 0. 913 \qquad (4)$$

地面沉降加剧。沧州与大城沉降区面积为 9 363 km², 沧州市中心沉降 1 680. 9 mm, 年均沉降 84 mm。沧县、阜城两县典型区咸淡水界面一般下移超过 10 m, 最大深度超过 30 m。

防止地下水漏斗发展的对策。该区地下水漏斗发展迅速, 完全是由于地下水长期超采所致。据研究, 沧州市深层地下水长期超采, 平均每年超采 $1. 5 \times 10^8 m^3$, 浅层地下水平均每年超采 $1. 0 \times 10^8 m^3$ 。因此, 为了防止地下水漏斗的进一步发展, 应广开水源, 并严格限制超采深层地下水。在沧州—衡水地区 2000 水平年可供水量中, 外流域调水为 $3. 53 \times 10^8 m^3$, 污水处理回用 $1. 47 \times 10^8 m^3$, 微咸水利用 $2. 11 \times 10^8 m^3$, 三者占可供水量的 26. 4%; 2010 水平年可供水量中, 外流域调水为 $15. 64 \times 10^8 m^3$, 污水处理回用 $3. 93 \times 10^8 m^3$, 微咸水利用 $2. 65 \times 10^8 m^3$, 三者占可供水量的 61. 5% (表 2)。

1.3 风暴潮影响严重

渤海湾沧州岸段“970820”风暴潮是由1997年11号台风引起的。黄骅港气象站实测最大风速为34 m/s, 阵风12级, 并与天文大潮第二个高峰叠加, 最大增水值为3.20 m, 其频率为百年一遇^[3]。

2 黄河三角洲地区的水问题

黄河三角洲地区包括东营、滨州两地市的11个县市区, 人口和耕地面积分别占黄淮海平原的2.4%和3.2%。

2.1 水资源略嫌不足

缺水率不大。该区2000水平年缺水率为9.0%, 2010水平年缺水率为13.4%, 为黄淮海平原的轻微缺水(表1)。

引黄、引江发展潜力大。该区2000水平年引黄水量为 $24.2 \times 10^8 \text{ m}^3$, 无引江水, 外流域调水占可供水量的76.1%; 2010水平年引黄水量为 $25.9 \times 10^8 \text{ m}^3$, 引江水量为 $1.21 \times 10^8 \text{ m}^3$, 外流域调水占可供水量的76.3% (表2)。

2.2 黄河断流影响大

黄河断流的频率。1972~1998年27 a中利津站断流频率为77.8%, 平均每4 a发生3次。1997年利津站2月7日开始断流, 6月25日以后, 夹河滩以下全线断流, 年内有11个月出现断流, 累计断流天数为226 d, 断流长度为704 km。1972~1998年3~6月断流天数占62.5%, 7~10月断流占26.0%, 11~2月断流占11.5%^[4]。

黄河断流的原因。来水量减少。黄河上中游来水量, 在70年代以后, 距平基本上处于负值状态, 80年代花园口站实测径流量距平为-4.5%, 90年代(前6年)为-32.6%, 1997年为-68%。用水量增加。80年代花园口—利津区间用水量距平为+65.8%, 90年代为+58.3%, 1997年该区间耗水径流量为多年平均值的2.0倍。浪费水严重。黄河流域内的宁夏灌区单方水产粮仅为流域外新疆灌区的39.9%, 宁夏灌区单方水农业产值仅为新疆灌区的56.8%; 工业用水万元产值的水费, 黄河流域为320元, 海滦河流域为144元, 淮河流域为179元^[5]。

黄河断流的对策。仅就开源而言有: 大力发展平原水库。2010水平年, 新建平原水库汛期蓄水 $3.0 \times 10^8 \text{ m}^3$, 引黄调蓄 $4.5 \times 10^8 \text{ m}^3$, 两者占可供水量的21.1%。积极推进跨流域调水。2010水平年引黄水量为 $25.90 \times 10^8 \text{ m}^3$, 引江水量为 $1.21 \times 10^8 \text{ m}^3$, 两者占可供水量的76.3%。亦应充分开发利用引黄地面回归水。目前引黄水可重复利用率达6%, 按此推算, 2010水平年引黄回归水可达 $1.55 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占可供水量的4.4%。开发利用劣质水。2010水平年污水处理回用 $0.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、微咸水利用 $1.0 \times 10^8 \text{ m}^3$, 两者占可供水量的4.2%。开发利用黄河河床地下水。黄河河床蕴藏着 $4.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ 水质较好的淡水资源, 可在滩地打辐射井, 通过管道供水。若利用50%, 亦可达可供水量的5.6%^[6]。

2.3 地下水超采有所发展

近十年来, 该区东营市井灌区地下水超采有所发展, 漏斗区面积已超过200 km², 中心

水位埋深已达 $31.04\text{ m}^{[6]}$ 。

3 安阳地区的水问题

安阳地区包括安阳市的 5 个县市区, 人口和耕地面积分别占黄淮海平原的 1.9% 和 1.7%。

3.1 水资源不足

缺水率较大。该区 2000 水平年缺水率为 27.6%, 2010 水平年缺水率为 19.2%, 为黄淮海平原的缺水地区 (表 1)。

调水潜力大。2000 水平年引黄水量为 $1.62 \times 10^8\text{ m}^3$, 无引江水, 但水库调水量为 $2.01 \times 10^8\text{ m}^3$, 调水量占可供水量的 20.8%; 2010 水平年引黄水量为 $4.76 \times 10^8\text{ m}^3$, 引江水量为 $3.34 \times 10^8\text{ m}^3$, 水库调水量为 $2.14 \times 10^8\text{ m}^3$, 调水量占可供水量的 40.6% (表 2)。

3.2 地下水位下降速率加剧

该区安阳县地下水位从 1989 年的 6.08 m 下降到 1997 年的 15.51 m , 下降速率为 1.18 m/a ; 滑县地下水位从 1983 年的 7.33 m 下降到 1997 年的 25.87 m , 下降速率为 1.32 m/a , 并有逐年加剧趋势: 1983~ 1986 年为 0.30 m/a , 1986~ 1991 年为 1.07 m/a , 1991~ 1992 年为 1.70 m/a , 1992~ 1997 年为 2.12 m/a 。该县水利工程供水量中无蓄水工程供水, 并且仅 1994 年以后才有少量引水工程供水, 因此, 该县基本上是井灌供水。1988~ 1996 年滑县地下水开采量超过 $2.5 \times 10^8\text{ m}^3$ 的累积量 $\sum W_{\text{滑}}$ (10^8 m^3) 与地下水水位 $H_{\text{滑}}$ (m) 的关系为:

$$H_{\text{滑}} = 8.0813 + 0.4884 \sum W_{\text{滑}} \quad r = 0.951 \quad (5)$$

综上所述, 黄淮海平原典型区域的水问题主要有:

(1) 水资源匮乏。2010 水平年沧州—衡水地区缺水率高达 44.8%, 黄河三角洲地区为 13.4%。

(2) 地下水降落漏斗、地面沉降均较严重。1998 年沧州地下水漏斗中心水位埋深已达 93.73 m , 地面下沉 1.68 m 。

(3) 黄河断流加剧。1997 年利津站全年断流 226 d。

其相应的水管理措施主要有:

(1) 积极推进跨流域调水。2010 水平年黄河三角洲地区外流域调水将占可供水量的 76.3%, 安阳地区占 32.1%。

(2) 严格限制超采深层地下水。目前, 沧州市年平均超采 $1.5 \times 10^8\text{ m}^3$ 。

(3) 开发利用引黄回归水、劣质水和河床地下水。

本文参阅了河北省、河南省、山东省水中长期供求计划等成果, 特此致谢。

参考文献:

- [1] 吴凯, 许越先 黄淮海平原水资源开发的环境效应及其调控对策[J]. 地理学报, 1997, **52**(2): 114~ 122
- [2] Wu Kai, Tang Dengyin, Xie Xianqun Effect of water fluctuation on agricultural production in the Huang-Huai-Hai Plain, China[J]. *The Journal of Chinese Geography*, 1999, **9**(3): 313~ 316
- [3] 韩占成 渤海湾沧州岸段“970820”风暴潮纪实[J]. 水文水资源, 1999, **20**(2): 3
- [4] 吴凯, 谢贤群, 唐登银 黄河断流的原因、规律、对周边农业生产和生态环境的影响评估及对策[J]. 地理科学进展, 1998, **17**(增刊): 78~ 84
- [5] 霍世青, 王怀柏, 彭梅香 1997 年黄河下游断流情况分析[J]. 人民黄河, 1998, **20**(1): 1~ 3
- [6] 魏星明, 李宝智 黄河入海口区域水资源供需对策研究[J]. 水问题论坛, 1996(3): 44~ 48

The Issues and Managemen ts of Water in the Typical Regions in the Huang-Huai-Hai Plain

WU Kai, TAN G Deng-yin, X IE Xian-qun

(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Abstract: In this paper the water issues and their change regularities in the typical regions in the Huang-Huai-Hai Plain were briefly introduced. The main water issues in Cangzhou-Hengshui Region are: the serious deficit of water resources, the serious exploitation in above quota of groundwater in the deep layer and the disastrous windstorm tide. The losses for the deficit of water were estimated and the experience relationships between the table depth in the central part of the groundwater funnel and the exploitation in above quota of groundwater were established in the first part. The main water issues in the Delta Area of the Huanghe River are: the deficit of water resources, the serious effect of the absence of flow in the Huanghe River and the development exploitation in above quota of groundwater. The countermeasures of exploiting resources for relaxing the absence of flow in the Huanghe River were suggested in the second part. The main water issues in Anyang Region are: the deficit of water resources and the quick reduced rate of the groundwater table. The experience relationship between the groundwater table and the exploitation in above quota of groundwater was established in the third part. In addition, the development prospects of the irrigations of water-diverting from the Huanghe River and from the Changjiang River in the typical regions were forecasted in the paper, all of which will be over 32 per cent of the water supplies in 2010.

Key words: the Huang-Huai-Hai Plain; region; water issue; water management