

地下水 开发利用 与管理

第一辑

全国地下水情报网 编选

水利电力出版社

181

地下水开发利用与管理

第一辑

全国地下水情报网 编选

水利电力出版社

21160/07

地下水开发利用与管理

第一辑

全国地下水情报网 编选

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

北京昌平建华印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 19.25印张 433千字

1991年8月第一版 1991年8月北京第一次印刷

印数 0001—1500册

ISBN 7-120-01168-5/TV·424

定价 12.20元

编审委员会委员名单

(以姓氏笔划为序)

马玉信	马祖述	方 生	王肖宜
王秉忱	田 园	冯广志	刘好智
刘树林	孙雪峰	李文安	沈立昌
张元禧	张建录	张蔚榛	杨景斌
陈丕瑜	陈炯新	金光炎	赵尔慧
贾大林	寇宗武	薛 松	霍崇仁

本 辑 主 编

田 园 孙雪峰 刘好智

序 言

地下水资源的评价、开发、利用和管理保护，是世界各国所关注的大问题。我国水利部、地矿部、农业部、建设部、大专院校，以及各省市有关部门都做了大量工作，基本摸清了我国地下水资源的家底，在地下水运动理论研究和大区域地下水水盐监测预报方面，取得了重要进展，在地下水开发、成井技术、井型结构等方面，各地不断有所创新。在地下水人工回补、科学管理和养护方面，日益为有关部门和地方政府所重视。另一方面，我国水资源不足，能源不足，财源不足，人口增加，耕地减少，极需发展农田灌溉，提高农业生产，解决粮棉问题。尤其是黄河以北的海河平原地区，不仅地下水继续开采的潜力已很小，而且地下水位下降漏斗不断扩大加深。一些大城市和滨海地区开采地下水，出现了地面沉降、海水入浸的严峻局面。目前农用机井失修，机具设备老化，要保持现有灌溉面积必须更新换代。城市的发展和乡镇工业的兴起，污水排放数量日益增加，须加强管理，保护地下水资源不受污染。

鉴于这种背景，1986年成立了全国地下水情报网，四年来，网员单位发展很快，现已遍及北方十七省市。地下水情报网成立的宗旨，是交流地下水资源评价、开发利用、管理保护的经验和各地建设活动、技术革新和科研成就的信息。为实现本宗旨，本网每月发行一期《地下水信息报》，每季发行一期《地下水》刊物，每二年召开一次网员大会，专题讨论会不定期举行。

第一次网员大会是1987年于古城西安召开的，会后刊印了《全国地下水情报网首届科技情报交流会议论文选编》，得到网员单位和使用部门的好评。

1988年在河南省密县召开了农用机井技术专题讨论会，1989年在山西省应县召开的第二次网员大会。本书正是这两个会议的论文选辑，共收录论文54篇。根据论文内容，分为综合分析、试验研究、地下水与水井管理、提高农用井抽水装置效率、地下水人工补给、打井技术与机具改革等六部分。为便于读者了解各部分论文的主要内容，在各部分开头都写了扼要的评介，并对有关问题的研究方向提出了一些看法。这是一次尝试，是否恰当？希望本网网员及读者给予批评指正。

本辑主编委托田园、孙雪峰和刘好智三位先生承担，张建录先生也参加了部分稿件的审阅。特此向他们表示慰问和谢意！

贾大林

1990年6月17日

目 录

序 言

第一部分 综 合 分 析

河北省地下水开发利用综合分析·····	马玉信 (2)
河南省地下水动态和地下水开发利用·····	周玉醴 (6)
论山西省水井灌溉发展前景·····	郭履富 张 浴 (12)
西安市水资源现状与远景供求分析·····	刘伯钧 (16)
黄河下游引黄灌区应走渠井合灌的道路·····	李会安 (20)

第二部分 试 验 研 究

海河平原土壤水盐动态调控指标的探讨·····	方 生 陈秀玲 (25)
北方平原农业用水量及灌溉区划刍议·····	田 园 (31)
开发利用浅层地下水是北京市东南郊农业生产的重要保障·····	·····薛 松 丁跃元 曹 波 (36)
惠北井灌试区地下水动向及水源调控对策·····	龙范迪 齐仁贵 (41)
封丘县早涝碱综合治理试区井灌沟排工程模式的探讨·····	张林岭 (53)
内蒙古河套灌区灌排水盐分变化及排灌比的探讨·····	陈宝明 陈若霆 (62)
内蒙古河套长胜试区井渠双灌改良盐碱地初步研究·····	陈宝明 陈若霆 (67)
宁夏南梁农场井灌、渠井合灌试验分析·····	许元萍 梅学明 (75)
人类活动对浅层地下水地质参数的影响·····	张元禧 高 飞 陈传美 (84)
鲁北平原降雨入渗补给系数分析·····	姜明武 张 静 (91)
引黄灌区盐渍化预测及防治·····	刘恒岐 张邦生 王玲君 (96)
区域性地下水规划问题探讨·····	杨觉非 蒋国镭 李学宽 (102)
低压灌溉管网规划设计的几个问题·····	杨振刚 (106)
太原市建筑施工用水现状浅析·····	郭改存 张稳柱 侯建平 (115)

第三部分 地 下 水 与 水 井 管 理

加强水资源管理与水环境污染治理是解决我国水资源紧缺问题的关键·····	·····王秉忱 (120)
强化水资源管理系统中的地下水管理·····	鲁荣安 (129)
山西省翼城县利民灌区水资源统一管理调度的尝试·····	·····黄宝全 李有盛 沈菊艳 (135)
利民灌区三种水源联合运用优化调度模型·····	·····

.....	黄宝全 沈菊艳 李有盛 尹国强	(142)
论山西省井片建设.....	张 浴 杨 林 郭履富	(154)
发展井边小经济区大有可为.....	寇宗武	(159)
黑龙江省安达市地下水开发利用与经济效益.....	刘忆陀 郎景波 吴继民	(161)
农用机井技术资料的管理与分析.....	霍崇仁 陈南祥 牛喜贵	(164)

第四部分 提高农用井抽水装置总效率

井泵的优选配套法.....	赵尔慧 张建山	(168)
浅机井水位合理降深试验研究.....	滕明柱 陈宁生	(175)
农用电配机井安装无功补偿经济效益显著.....	马振业	(180)
天津市提高农用机井效率的途径.....	郑松泉	(185)
加强井灌区技术改造提高井灌经济效益.....	丁芳文	(188)

第五部分 地下水人工补给

论平原地区地下蓄水库.....	刘好智	(194)
地下水库建设的几个问题.....	田 园	(202)
供水水源地人工补给方式的选择.....	赵尔慧	(206)
山东省人工补给地下水的任务、现状及存在问题.....	张尚武	(213)
太原市地下水回灌可行性分析.....	马存信	(218)
拦蓄汛水引渗回灌是缓解水资源紧缺的重要途径.....	刘俊龙	(222)
人工回补地下水试验研究.....	张在林 丁跃元	(229)
许昌市冬小麦淹灌回补地下水试验.....	侯振华 高国平	(236)

第六部分 打井技术与机具改革

增大填含比的滤水结构在粉细砂含水层机井中的应用.....	李景文	(240)
粉细砂地层成井工艺分析.....	刘秋朝	(247)
粉细砂层混凝土管井滤水结构的研究.....	赵秀兰 刘文静	(250)
改进滤水结构提高机井出水量.....	谢健民 阎玉民	(256)
钢筋骨架过滤器的应用与推广.....	李建和	(264)
井用无砂混凝土滤水管的易淤堵性和预防对策.....	刘德邻 温 季	(267)
防止机井涌砂的几点意见.....	王久云	(271)
大骨料井.....	金光炎	(274)
一种简单易打效果好的井型——铁锹井.....	李松林 潘 杰	(277)
阳城县地下水富集规律及找水经验.....	栗安阜	(280)
太行山灰岩地区钻井工艺.....	赵清江 狄 祥	(287)
SD-50型浅层水文地质勘探钻机的设计与试验.....	刘恒岐 秦笃泉 陈金海	(291)
对SSZ-100型双循环水井钻机钻头的改进及效益分析.....	司尚海 赵载吉	(296)
节能泵的研制试验与推广.....	李松林 潘 杰	(298)

第一部分 综合分析

地下水是重要的水资源，又是生态环境的重要组成部分。它对地下水的开采和补给（自然的或人为的，自觉的或不自觉的）都将影响生态环境的变化（有利的或不利的）。这是水利工作者应当有的基本认识。这部分选录的5篇文章以及其他部分的文章中，从不同方面对这个问题做了说明。

河北省按耕地和人口平均所占有的水资源量，在全国是最少的。平原区的年平均降水量只有500~600mm，也是比较少的。这个省1988年的地下水开采量达到148亿 m^3 ，井灌面积4589万亩，占全省灌溉面积的82%。广大城乡工业和人畜用水也主要依靠开采地下水来保证。打井配套，都是些群众性工程，似乎不值得宣扬。然而集沙成丘，河北省现有机井的固定资产价值达33亿多元。80年代中全省每年用于机井建设的投资平均2.37亿余元。建国以来农用机井在农业生产中创造的净效益223亿多元。华北其他省市都有类似情况。这充分说明了在这些地方开发利用地下水对农业发展的重要地位。因此，把偌大的产业用现代化科学技术进行管理势在必行。

北方地区水资源紧缺，许多地方为图近便，竞相开采当地的地下水，致使地下水位大幅度迅速下降，仅十多年的时间就诱发起地面沉降、出现裂缝、建筑物破坏、水质恶化、海水内浸等许多严重后果。这些情况在《河南省地下水动态和地下水开发利用》、《西安市水资源现状与远景供求分析》以及编在第五部分的《山东省人工补给地下水的任务、现状及存在问题》三篇文章中都有反映。这些都是“警号”，说明地下水是不能掠夺性地开采的，否则环境的恶化将不可逆转！

各地地下水的开采状况发展不是平衡的。尽管许多地方超采了，但有些地方开采不多或基本没有开采；有些河水灌区由于地下水位高，还存在次生盐渍化的威胁；当地有些河流的水资源也还利用得不充分。这正是部分地解决北方地区缺水问题的潜力所在，本部分选录的论文中，对此都有一定的分析。这种分析是必要的。解决水资源紧缺问题首先应从挖掘当地潜力入手，即使今后有可能从外流域调水，也应如此。这是作好本地区水资源合理调配的基础。

值得注意的是黄河下游引黄灌区的现状和发展道路。60年代初引黄灌溉大发展，由于重灌轻排，引起涝碱灾害蔓延，而被迫停灌，大部工程被平毁。70年代复灌以来，虽然排水系统较过去完善，管理也比过去健全，灌溉效益显著，但泥沙问题没有解决，排水沟及河道淤积严重，灌区地下水位已升高到临界深度，又显示出涝碱灾害加重的危险征兆。对此，关心引黄事业的人们大声疾呼：引黄灌区应切实执行井渠结合的方针，多开采些地下水，少引些黄河水，以避免重蹈被迫停灌的覆辙。

河北省地下水开发利用综合分析

马 玉 信

(河北省水利厅)

一、地下水开发利用现状

河北省总面积18.77万 km^2 ，耕地近1亿亩，人口5735万。多年平均降水量550mm（冀东为600~700mm），降水集中在7~9月，丰水年降水量为枯水年的5~6倍。

井灌是河北农业的命脉，经过70年代机井建设大会战和80年代的机井更新改造，全省现有工农业机井72.18万眼，其中农村各种用途的机井70.55万眼，占全省机井总数的97.74%。全省1988年开采地下水148.53亿 m^3 ，其中农业灌溉开采111.09亿 m^3 ；城镇和工业开采29.05亿 m^3 ；农村人畜饮水开采8.39亿 m^3 。井灌面积4589.18万亩，占全省总灌溉面积的82.25%，平均单井保浇70亩，亩次用水量56 m^3 ，年灌水次数平均4次。进入80年代机井越来越密，单井保浇面积越来越少。多年平均农业开采利用地下水的数量占总开采利用量的82.3%。全省现有农用机井固定资产33亿多元。从1980到1987年底，全省用于机井建设，更新改造和配套的资金就达19亿元，年均投资2.37亿余元。

截止1989年底，农用机井在农业生产中创造的净效益233.6亿元，为本省1988年粮食生产闯过200亿kg大关发挥了巨大的作用。

60年代初，全省有盐碱地2300多万亩，由于开采地下水，促使地下水位下降，现仅有500万亩（其中坝上100多万亩），比原来减少1800万亩。例如，石家庄地区辛集市，1984年有14.8万亩盐碱地，现在都变成了好地。

80年代，河北开发利用地下水工作重点是对机井进行技术改造、节水节能，缓和本省水资源短缺和能源紧张的状况。到1988年底，全省在井灌区修建各种固定式的输水防渗工程18880km，控制井灌面积642.9万亩，年节约水量2.12亿 m^3 ；1984~1988年底，全省共完成机井测试改造40万眼，57万眼次，年节油2.88万t，节电3.11亿kWh，合计折款7547万元。

河北省地下水开发利用，具有十分明显的区域特点，现简要分述如下：

（一）山丘区地下水开发利用

山丘区主要由蔚怀盆地（含张家口地区的坝上）及燕山和太行山区组成，其总面积为114763 km^2 ，占全省总面积的61.14%；人口1400万，占全省总人口24.16%；耕地3100万亩，占全省的31%；井灌面积392.68万亩，占全省井灌面积的8.56%。

山丘区主要开采利用山间盆地、河流谷地、坝上高原的第四系地层中松散岩类孔隙水和碳酸岩类岩溶水及各种地质作用形成的裂隙水。全区有机井7.73万余眼，占全省机井总数的10.7%。1988年开采利用22.20亿 m^3 地下水，是历史上最多的一年，占全省开采量的

14.95%。在7.73万眼井中,农田灌溉机井占6.38万眼,当年开采水量10.68亿 m^3 ,占本区总开采量的48.1%,平均单井年开采水量1.67万 m^3 ,保浇61.57亩,灌水定额72.43 $\text{m}^3/\text{亩}$,井灌水平为3.65次/(亩·年)。城镇和工业用机井有0.31万眼,年开采利用地下水9.14亿 m^3 ,占本区总开采量的41.1%,平均单井年采水29.48万 m^3 ,日采水800 $\text{m}^3/\text{眼}$,高于全省平均水平的65%。农村人畜饮水用机井0.6万眼,年开采地下水1.93亿 m^3 ,占本区总开采量的8.7%,占全省农村人畜利用地下水总量的26%,平均单井年采水3.22万 m^3 ,日采水104 m^3 ,高于全省平均水平15.23%。林果灌溉机井0.44万眼,年开采地下水0.45亿 m^3 ,平均单井年采水1.02万 m^3 。

到1988年底,全区修建输水防渗工程459.33万 m ,控制机井10399眼,控制井灌面积127.94万亩,占全省防渗控制面积的20%。

(二) 平原地下水开发利用

河北平原是华北平原的重要组成部分。该区分布有300多条古河道,由西向东,含水层组由少变多,厚度由薄变厚,颗粒由粗变细,水质由全淡逐渐变咸,地下水补给条件由好变差。在冀东,丰南~乐亭以北为全淡水区,以南为有咸水分布区。京津以南地区,安次~安新~安平~宁晋~鸡泽~邯郸~成安~魏县一线以西为全淡水区,以东为有咸水区。

河北平原面积为72930 km^2 ,占全省总面积的38.86%。耕地6900万亩,其中井灌面积占60.82%。各种机井64.45万眼,1988年开采地下水126.33亿 m^3 ,占全省总开采量的85.1%。其中农灌井59.31万眼;城市和工业用井13208眼;人畜饮水井20556眼;林果灌溉井17600眼。年开采地下水量分别为98.09、19.92、6.21和2.11亿 m^3 。

平原区浅层地下淡水资源100亿 m^3 ,这是水利、地质、水文等各部门较一致的意见。浅层淡水平均水资源模数是18.72万 $\text{m}^3/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ (浅层淡水分布面积53416 km^2)。1988年开采模数达20.05万 m^3/km^2 ,年超采7.1亿 m^3 。在总体上平原地下水是超采的,而且是大范围的多年连续超采,尤其是全淡水区超采十分严重。仅局部没有超采,特别是黑龙港地区的薄层,极薄层淡水分布区(面积为11400 km^2 ,占该区浅层淡水面积的近60%)还有一定潜力。80年代干旱少雨,地下水补给量小于多年平均值,但开采量不断增加,这就进一步加大了平原区地下水的超采量。

河北平原的节水在全省占有突出的地位。从70年代末到80年代初,井灌区主要修建输水防渗堑沟。自1985年开始逐渐转为以修建地下输水管道为主。到1988年底,平原区已在40866眼机井保浇的耕地中,修建各种固定式输水防渗工程1428.7万 m ,占全省总数的75.67%。控制面积514.96万亩,占全省总数的80.1%。平均搞防渗工程的机井每眼保浇126亩。

平原区节水工程目前存在的主要问题,一是标准低,二是数量少,三是缺乏合理的规划设计和技术指导。已作防渗工程的井灌区,每亩地平均只有2.89 m 长的防渗工程,其面积只占本区井灌总面积的12.27%。当前影响平原井灌区防渗节水工程进展的主要原因,一是各级资金投入少,二是材料价格高,管材供不应求。

平原区地下水开发主要分为淡水区和咸水区两部分。

全淡水区(地下水矿化度小于2 g/L)主要分布在本省京广、京山线两侧的山前平原,

面积31734km²，耕地3100万亩，人口2700多万，机井46.39万眼，平均密度14.62眼/km²。1988年开采地下水95.1亿m³，开采模数29.96万m³/(km²·a)。本区多年平均地下水资源量70亿m³，资源模数为22.06万m³/(km²·a)，当年超采25.1亿m³。该区地下水资源模数变化较大，一般在10~28.84万m³/(km²·a)之间。其变化规律是自西向东，由大逐渐变小，自邯郸到保定则由小变大。

本区有农田灌溉机井42.51万眼，1988年开采地下水72.89亿m³，占本区总开采量的76.64%。井灌面积2871.26万亩，为全省的62.56%，水利化程度达92.6%。区内城镇和工业井10772眼，1988年开采地下水量16.4亿m³。人畜饮水井14149眼，林果灌溉井13930眼，年开采地下水量分别为4.14和1.67亿m³。近5年，本区平均每年超采地下水约25亿m³，引起大面积地下水位下降，形成漏斗并不断扩展。据邯、邢、石、保地区1979~1985年的实测资料表明，除个别富水段外，大面积上多年平均水位下降0.7~1m/a。1988年底，本区在29603眼机井控制面积上修建了各种固定式的防渗渠道1016.05万m，控制井灌面积352.01万亩，节水效益在20%左右，有防渗渠的机井平均单井保浇118.9亩。尽管防渗标准仅为2.88m/亩，年节水仍达2.1亿m³，初步缓解了水资源短缺的矛盾。

咸水区分布在黑龙港地区和冀东平原的南部。区内普遍有一层矿化度大于2g/L的咸水和微咸水，在咸水体之下普遍分布有承压的深层淡水。咸水体自西向东由薄变厚。咸水区面积41196km²，其中，“上咸下淡”型地下水分布面积19514km²；“淡—咸—淡”型地下水分布面积21682km²。浅层淡水平均资源模数13.84万m³/(km²·a)。微咸水的资源模数13.39万m³/(km²·a)（微咸水面积11437km²，资源量15.31亿m³）。深层淡水面积41196km²，资源模数为0.3万m³/(km²·a)；考虑可能存在的垂直补给因素，资源模数也超不过0.5万m³/(km²·a)。可见深层水资源是很少的。

咸水区有耕地3800万亩，人口1700多万，该区是全省盐碱地最多，生产条件最差，旱、涝、碱、吊（秋旱）灾害频繁的中低产地区。该区有机井18.05万眼，其中深井4.68万眼，浅机井13.37万眼。1988年该区开采地下水31.24亿m³，其中，深层淡水17.12亿m³，浅层淡水12.01亿m³，矿化度为2~5g/L的咸水2.11亿m³，用于农田灌溉开采25.22亿m³。该区深层水1988年超采13亿多m³，井灌水利化程度仅达34.87%。本区节水比其它地区显得尤为重要。到1988年底，全区已修建固定式节水防渗渠道长412.7万m，控制机井11263眼，控制面积162.95万亩。平均防渗标准2.53m/亩，144.68亩/眼，366.04m/眼，大面积上深层淡水水位埋深在30~36m之间。沧州漏斗有较大发展。深层水冀枣衡漏斗在1989年6月底（低水位期）已发展到5022km²，中心水位埋深62.1m，开采强度2.08万m³/(km²·a)。控制和压缩深层水的开采量是十分必要的，必须采取具体措施缓解这层水的严重超采局面。

二、地下水资源潜力分析

尽管河北省水资源十分短缺，但地下水资源仍然有些潜力可挖。现初步分析如下：

（1）蔚怀盆地是整个山丘区地下水开采利用水平较高的地区，该区有可开采的地下

水资源量 11.47亿m^3 , 1988年开采 5.96亿m^3 , 尚剩余可开采的地下水资源 5.51亿m^3 。尽管在盆地中间一些城镇工业集中开采地下水的地段, 出现了张家口市、沙城、孔家庄和赵川等地下水位下降漏斗, 总面积 85.1km^2 , 中心水位除沙城较深外, 其余都不超过 15m 。就整体而言, 该区地下水资源尚有潜力可挖。但应十分注意合理开发利用。

(2) 坝上面积 17628km^2 。1988年只开采利用了 0.5亿m^3 地下水。分析估算[资源模数按 $5\text{万m}^3/(\text{km}^2\cdot\text{a})$]全区应有调节水资源 8.81亿m^3 , 去掉现已开采数量, 最少还有可开采资源 8亿m^3 左右。就目前财力、能源、打井技术和水文地质条件等因素看, 在近期(2000年)可能开采利用约 4亿m^3 左右。

其它山丘地区(太行山和燕山)地下水资源也有一定潜力, 但目前工作量和资料尚达不到定量评价的程度。

(3) 河北中、东部平原浅层淡水中的薄层, 尤其是极薄层淡水, 分布面积较广, 资源潜力较大, 与目前的开采能力相比, 还有 $12\sim 13\text{亿m}^3$ 的资源潜力。实际上从技术、经济和地质条件以及补给等因素考虑, 近期(至2000年)可以进一步开采利用的有 6亿m^3 左右。开采利用这 6亿m^3 难采的地下水, 应以打真空井为主, 单井控制面积不超过 15亩 为宜, 也就是利用不够机井标准的小井来开采。

(4) 微咸水, 从长远观点看, 具有资源化的内在潜力, 而且也有现实使用价值。1988年开采利用 2亿m^3 , 还有 13.31亿m^3 潜力没利用。如果我们大力推广现有利用微咸水的沧州、南皮科研成果和邯郸、邢台、衡水等地典型经验, 到2000年再多开采利用 3亿m^3 微咸水是完全可能的。尤其浅层微咸水和弱碱性的深层淡水按一定比例混合灌溉, 既能减小咸水的矿化度, 又能改变深层碱性水对土壤的不利影响。这是一条很好的经验, 但我们推广的还很不够。我们既要积极主动地争取近期“引黄入淀”和远期“引江”等外来水源, 又要将主要精力放在减少入海水量和开源节流挖潜上, 立足本省挖潜, 争取外水入冀, 是解决河北水资源紧缺的正确路子。

该区深层淡水已严重超采。沧州漏斗开采强度仅 $3.59\text{万m}^3/(\text{km}^2\cdot\text{a})$, 冀枣衡漏斗开采强度 $2.08\text{万m}^3/(\text{km}^2\cdot\text{a})$, 就使漏斗扩大到目前这个程度, 中心水位埋深超过 60m 的面积, 两个漏斗合计达 6000多km^2 。还有一些小漏斗开采强度仅 $1\text{万m}^3/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 左右, 地下水就明显超采。深层淡水多年平均年超采 12亿m^3 左右, 必须限量开采, 压缩目前的开采强度, 减少深井数量。

(5) 地下水利用中的潜力——节水。节水潜力很大, 如果在2000年以前, 将井灌面积的 70% 达到防渗标准, 河北井灌一年可节约使用地下水 10亿m^3 左右。

(6) 对地上水和地下水实行联合调度使用, 是充分挖掘水资源潜力的一项有效措施。

山前平原地下水条件好, 是老井灌区, 群众习惯用井灌, 特别是80年代的干旱, 不少山前平原的渠灌区, 群众废渠建井, 现在再恢复渠灌, 群众不同意, 困难大。我们可以在省内搞地表水的西水东调, 和北水南调简易的补源灌溉工程。保定地区三座大型水库, 有几亿 m^3 水, 灌区吃不了, 余量较大。也可以搞西水东调, 石津渠就是西水东调到衡水几个县的典型。如果这个设想能得到实施, 还可以挖出一些水资源的利用潜力。

河南省地下水动态和地下水开发利用

周 玉 醴

(河南省水文水资源总站)

一、概 况

河南省地处中原,涉及淮河、黄河、海河、长江四大流域,总面积 167000km^2 ,其中山丘区为 61479km^2 ,岗台及倾斜平原区 17970km^2 ,平原区 87551km^2 。地形西部高,东部低,东南部为辽阔平坦的黄淮海平原,西南部为南阳盆地平原,西部尚有伊洛河谷平原及灵宝三门峡盆地平原。因受地形影响,省内河流分别向东北、东、东南及南各方呈辐射形分流。全省属淮河、黄河、海河、长江流域的面积分别为 87960 、 36030 、 15300 、 27710km^2 ,分别占全省总面积的 52.7% 、 21.6% 、 9.1% 、 16.6% 。该省气候属暖温带、亚热带过渡地带、季风气候区;多年平均气温由北向南递增,自 13 至 15°C ;多年平均降水量亦由北向南递增,自 600 至 1400mm , 700mm 等值线横穿中部,全省多年平均降水量 784.8mm ,汛期 $6\sim 9$ 月降水量占全年降水量的 $60\%\sim 70\%$ 。多年平均水面蒸发量自南向北, $700\sim 1400\text{mm}$ (E601型)。主要农作物冬春以小麦为主,夏秋北中部以玉米、红薯及棉花为主,南部以水稻为主。

本省黄河以北的山区,属太行山区,其中岩溶地带,分布有许多泉水,如小南海泉,珍珠泉、百泉等。本省境内的黄淮海平原面积 77299km^2 ,主要为第四系粘土和砂砾石构成的松散地层。上部为弱透土层,下部以中细砂为主,形成上细下粗的二元结构。南阳盆地平原表土以粘土、亚粘土为主,亚砂土次之。豫西伊洛河谷平原及灵宝、三门峡盆地平原平土以亚砂土为主。

山丘岗台区的地下水受降雨补给,又大部分以河川基流、河谷潜流、山前侧渗及泉水出露等形式排泄。平原区地下水主要以降雨补给为主,我省淮河、长江、海河、黄河流域平原区的降雨补给量分别占总补给量的 84.0% 、 81.5% 、 61.8% 、 50.7% 。其他补给项则为灌溉回归水补给,河道和水库蓄水补给,以及山前侧向补给。平原区地下水排泄则主要为潜水蒸发、地下水开采及向河道排泄等方面。山丘岗台区地下水水质较好,属碳酸盐、重碳酸盐类,矿化度均小于 1g/L 。平原区大部地区亦属碳酸盐、重碳酸盐类,局部地段有硫酸盐及氯化物分布。该区矿化度大部小于 2g/L ; $2\sim 5\text{g/L}$ 的面积仅有 3000 多 km^2 ,呈零星分布;只有个别地点大于 5g/L 。近年来地下水污染有增加趋势,主要是大中城市的工业及生活污水,除污染地表水外,亦污染地下水。

二、地下水动态特征

新中国建国初期,全省只有少量土、砖井用作农灌,地下水开采量很少,城市工业及生活用水量也少,大部分平原地区地下水埋深在 $2\sim 4\text{m}$ 。自70年代以来,随着农业灌溉及

城市用水量的增加, 加上气候因素的影响, 使地下水开采量大增, 以致出现下述地下水动态特征。

(一) 出现大面积的地下水位下降区

以平原区1975年底以前到1987年底连续观测井的年末埋深进行比较, 结果如表1。从表1可以看出, 经过12年, 平原地区的地下水埋深普遍下降, 井灌发达的豫北平原区较为严重, 达3.68m, 每年平均下降0.3m, 如以下降井单独统计, 则下降量更大。统计中也有少数井水位上升, 这大都是因建闸蓄水及引水灌溉补给地下水所致。

表1 河南省平原区1975年末与1987年末地下水位埋深比较表

平原区名称	面积(km ²)	选用井数	75年末平均埋深(m)	87年末平均埋深(m)	变幅(升、降)	下降井数	75年末平均埋深(m)	87年末平均埋深(m)	变幅(升、降)	上升井数	75年末平均埋深(m)	87年末平均埋深(m)	变幅(升、降)
豫北平原区	20667	95	3.48	7.16	降3.68	85	3.76	8.00	降5.24	10	2.83	2.22	升0.61
豫东平原区(沙颍河干流以北)	32922	174	3.66	4.40	降0.74	131	3.40	4.62	降1.22	43	4.46	3.73	升0.73
豫南平原区(沙颍河干流以南)	23570	89	2.39	3.64	降1.25	86	2.31	3.64	降1.33	3	4.52	3.62	升0.90
豫西伊洛河谷平原区	1553		6.09	7.57	降1.48		6.09	7.57	降1.48				
南阳盆地平原区	8110	31	4.17	5.02	降0.85	29	3.80	4.73	降0.93	2	9.51	9.20	升0.30

注 1. 豫西伊洛河谷平原区无同井对比资料, 1975年末选用2井, 1987年末选用另3井, 平均埋深值供作参考。
2. 上升区主要为建闸蓄水及灌区补给地下水的影响所致。

(二) 出现了众多的地下水下降漏斗区

1975年末, 我省平原区地下水埋深大于8m的下降漏斗区, 面积仅250km², 漏斗区中心温县1号井埋深13.40m。1987年底全省出现了温孟、濮清南、修武、新乡、长葛等农村或市郊漏斗区, 总面积为6700km², 一方面漏斗区增多, 另一方面原有漏斗区逐渐扩大和加深。现将较大的农业漏斗区, 即温孟漏斗区及濮清南漏斗区1975~1987年逐年(年末)情况列于表2。

表2 豫北平原区温孟、清南濮地下水漏斗区水位埋深逐年(年末)比较表

年份	温孟漏斗区		濮清南漏斗区		年份	温孟漏斗区		濮清南漏斗区	
	面积(km ²)	中心埋深(m)	面积(km ²)	中心埋深(m)		面积(km ²)	中心埋深(m)	面积(km ²)	中心埋深(m)
1975	250	13.40	0	6.75	1982	360	16.03	1080	10.87
1976		14.22	0	7.19	1983	275.5	16.19	1250	12.48
1977		15.03	0	7.98	1984	211	15.29	2100	11.40
1978		15.43		9.70	1985	210	15.09	2925	12.89
1979		15.23		9.64	1986	336	16.51	5298	14.32
1980	337.5	15.25	1125	9.81	1987	663.5	17.48	5349	14.10
1981	360	16.49	1800	10.91					

除以上由于农灌过量开采地下水引起的地下水漏斗区以外，城市工业及生活用水也由于过量采用深层承压水，以致形成承压水下降漏斗区。全省如郑州、洛阳、开封、安阳、新乡、焦作、平顶山、许昌、南阳等18个大中城市均出现地下水漏斗区。郑州、洛阳、开封三市漏斗面积之和达500km²以上，中心埋深达30~70m。浅层漏斗中心埋深16~21m。

无论农灌地下水漏斗及城市地下水漏斗，均有面积继续扩展、中心埋深继续加大之势。

(三) 出现地面陷裂和沉降现象

由于地下水超采，引起地面塌陷和沉降。如平顶山市舞阳工区，由于轧钢厂不断地、过量地开采地下水，附近水源地出现地面塌陷和房屋裂缝。许昌市由于市区工业及居民生活用水主要靠地下水，开采强度过大，形成漏斗，不但工业及居民用水困难，工业难于正常发展，而且出现地面沉降。1980~1985年地面沉降150mm的面积3.31km²，占市区面积的3.76%；沉降100~150mm的面积为8.96km²，占10.18%；沉降50~100mm的面积54km²，占61.1%。

(四) 出现地下水水质恶化情况

根据1987年全省部分城市及其郊区55眼地下水污染监测井资料，其地下水普遍受到不同程度的污染，如表3。

地下水的主要污染物为有机物，其中化学耗氧量和氨氮等指标较高。有的硬度过大，有的氯化物含量过高，个别井中监测出汞和酚。广大农村由于施用大量化肥和农药，正潜伏着日趋严重污染的危机。特别是乡镇企业的发展，不少地方的地下水受到了污染，出现了

表3 河南省部分城市地下水水质污染监测情况表(1987年)

水质标准等级	井数	占监测井(%)
一级	0	0
二级	18	32.7
三级	13	23.6
四级(严重污染)	24	43.6

了许多事故。例如灵宝县及洛宁县建金矿选矿厂，大量排放废水，以致污染了当地地下水，农民意见很大。省化工厂、郑州钢厂等单位排出的污水注入伊洛河，致使巩县蔡村地下水严重污染，庄稼连年减产，果园毁灭，井水变质，癌症发病率及死亡率很高，并出现头晕、脸发青、四肢无力等症状。郾城黑河上游有皮革厂等污水注入，使黑河及两岸地下水受到严重污染，附近村庄群众因饮用受严重污染的地下水而中毒，截至目前非正常死亡已达100余人。

三、地下水动态的分析

根据上述统计资料，河南省出现大面积地下水下降，漏斗面积扩大和加深，有以下几方面原因：

(一) 地下水开采量加大

1987年度共开采地下水81.73亿m³，浅层水64.61亿m³，深层水17.12亿m³，基本上与1986年持平。如我国北方各省市按年开采500亿m³计，则河南省约占其六分之一左右。

逐年大量开采地下水，又不能及时回补，势必引起农村及城市地下水位下降。

(二) 气候的影响

丰水年降雨多，地下水补给量大，灌溉次数减少，地下水开采量少。早年则降雨少，地下水补给量小，灌溉次数增加，地表水减少或因蒸发而干涸，加大了地下水开采量。这反映了降水量与地下水开采量的相关关系。现以豫北平原区为例，其逐年降水量及相应农灌地下水开采量列于表 4 和图 1。可以看出，二者的相关关系是比较明显的。

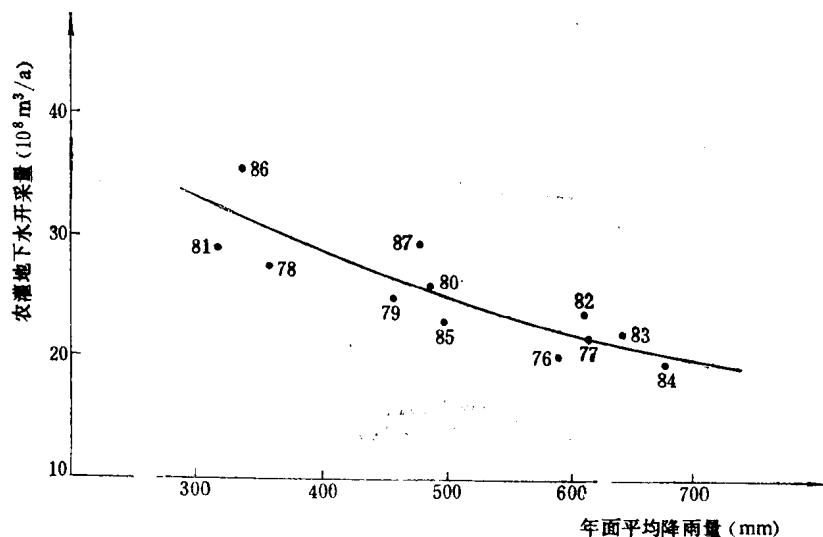


图 1 降水量与农灌地下水开采量相关关系

表 4

豫北平原区农灌浅层地下水开采量及降水量统计表

年 份	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
降水量(mm)	594.3	615.4	360.1	460.0	487.3	319.2	613.9	643.6	678.0	499.8	341.6	478.8
频率(%)	47.3	42.1	86.8	78.9	71.0	97.3	44.7	36.8	23.7	68.4	92.1	73.6
农灌浅层地下水开采量(亿m ³)	19.7	21.3	27.5	24.6	25.5	28.7	23.3	21.4	19.5	22.7	35.4	28.9

豫北平原区从1976年~1987年的12年中，早年及偏早年共7年，丰水年及偏丰年共2年，平水年共3年。总的来看，比较干旱。在此期间，虽有2年丰水年或偏丰年，降雨补给量增多，开采量减少，有助于地下水的回升；但因降雨补给量与埋深关系密切，由于早年地下水亏损的积累使埋深加大，即使出现丰水年或偏丰年，亦难于恢复到原来的地下水埋深。因此，在这12年中，地下水下降3.5m以上。其他地区如豫东平原、豫南平原、南阳盆地平原、豫西伊洛河谷平原等，虽在1976~1987年间，早年及偏早年数与丰水年、偏丰年数接近，也因同样原因而出现地下水位下降。豫东平原区的兰考、杞县、尉氏、开封等县也已从1975年底的5.07、2.71、2.16、5.03m分别降到1987年底的6.62、4.15、3.28、6.62m。

(三) 地下水实际开采模数与可开采模数分布不相称

1980~1985年期间, 水利电力部统一组织了地下水资源评价工作, 根据此次成果资料: 全省平原区浅层地下水资源量为204.68亿 m^3/a , 可开采量为116.96亿 m^3/a , 平均可开采模数为13.4万 $\text{m}^3/(\text{a} \cdot \text{km}^2)$ 。由于地下水实际开采模数与可开采模数分布不相称, 往往开采强度大的区域, 可开采模数却较低。如豫北平原濮清南漏斗区, 系统井灌区, 穿越该区的马颊河, 枯季无水, 汛期短期有水, 遇早年甚至全年无水, 又无引客水补源等措施, 全靠地下水灌溉, 因而开采强度大。该区1987年实际开采模数达27.5万 $\text{m}^3/(\text{a} \cdot \text{km}^2)$, 超过可开采模数10万 $\text{m}^3/(\text{a} \cdot \text{km}^2)$ 以上, 再加连年干旱, 地下水位累积下降, 导致漏斗区日益扩大和加深。其他农灌漏斗区亦多属此种情况。

另一方面, 有些地区可开采模数较大而实际开采模数却较低。如我省黄河两岸, 分布有许多引黄灌区, 其渠系及田面补给地下水量较大, 又常年受黄河侧渗补给, 再加降雨补给, 可开采模数可达20~25万 $\text{m}^3/(\text{a} \cdot \text{km}^2)$, 而当地群众却乐于用渠灌而不用井灌, 以致地下水实际开采模数仅达5~15万 $\text{m}^3/(\text{a} \cdot \text{km}^2)$ 。此类地区不仅未出现地下水下降漏斗, 相反还出现地下水上升, 存在着土壤次生盐碱化的威胁。又如我省淮河流域的淮河、洪汝河地区, 因可充分利用地表水灌溉, 实际地下水开采模数大部分仅为1~5万 $\text{m}^3/(\text{a} \cdot \text{km}^2)$, 少部分为5~10万 $\text{m}^3/(\text{a} \cdot \text{km}^2)$, 小于可开采模数10~15万 $\text{m}^3/(\text{a} \cdot \text{km}^2)$, 即使因气候原因地下水位有所下降, 但下降量不大。

四、地下水开发利用

(一) 水资源紧缺状况

根据水资源评价计算, 河南省地表水资源量为312.84亿 m^3/a , 浅层地下水资源量为204.68亿 m^3/a , 扣除重复量后, 水资源总量为413.71亿 m^3/a 。总人口为8094万, 平均每人511 m^3/a , 总耕地为10458.9万亩, 平均每亩396 m^3 , 只及全国人均2600 m^3 、亩均1870 m^3 的1/5左右。

水资源紧缺的主要原因有以下几方面:

(1) 建国40年来, 城市工业有了很大的发展, 城市居民大量增加。全省大中城市非农业人口近1000万, 占全省总人口的1/8。城市工业及居民生活用水大量增加, 且逐年增长。

(2) 除城市工业外, 尚在各地分布有许多大型重点工矿企业, 如煤矿、油田、化肥厂、化纤厂、电厂、铝厂等, 有的还正在兴建。广大乡镇企业亦正在发展。1986年我省工业总产值478.31亿元, 其中乡镇企业产值达96.99亿元。这些工矿企业增大了用水量。

(3) 建国初期, 农业技术落后, 不少地方靠天吃饭。建国后40年来, 农业得到很大的发展, 水浇地面积(包括地表水和地下水灌溉)已发展到5800万亩, 占全省耕地面积的55%, 灌水次数及灌水定额均有所增加, 一些高产地区还实行播前灌及冬灌。如今后所有耕地都能达到适时适量灌溉, 则农业需水量还将大大增加。

(4) 建国以来, 虽已修建了15座大型水库, 90座中型水库, 2381处小型水库, 在拦