

银川平原主要水环境问题及其对策

张 钦, 张 黎

(宁夏回族自治区地质环境监测总站, 宁夏 银川 750021)

摘要: 基于野外调查、取样分析以及遥感影像等, 介绍了银川平原水文地质条件及水资源利用概况, 探讨了土壤盐渍化、湖泊湿地萎缩、地下水盐化、地下水超采以及土地荒漠化等水环境问题及其演化成因。结果表明: 银川平原地下水主要接受渠系渗漏及灌溉入渗、大气降水入渗、平原周边地下侧向径流、洪水散失、黄河水等补给, 地下水排泄方式主要是排水沟排泄、蒸发和人工开采等, 大部分地区潜水埋深在 3 m 以内; 地表水主要来源于黄河引水, 水资源利用效率不高; 土壤盐渍化总面积 $8.17 \times 10^4 \text{ km}^2$, 呈逐年缩减的趋势, 主要分布于银川平原北部, 平原南部仅分布在邵岗东部、灵武东部秦渠和东干渠等; 湖泊湿地总体呈逐渐减少趋势, 主要分布在银川平原北部, 永宁以北、平罗以南区域比较集中, 滩涂沿黄河两岸分布; 潜水总含盐量自西向东、自南向北不断增大; 银川和石嘴山深层地下水超采严重, 地下水降落漏斗面积已超过 500 km^2 ; 沙漠化土地分布在银川平原的东西两侧; 土壤盐渍化及地下水盐化主要由潜水位埋深过浅, 蒸发强烈造成的。最后, 提出了防治上述水环境问题的对策: 进一步加强水资源管理以及地表水与地下水联合调配; 提高农业水资源利用效率; 完善田间工程配套, 实现渠道防渗管道化; 改进田间灌溉技术; 严格污水排放, 积极开展污水净化处理, 实行污水资源化; 加强对水土环境质量的系统监测。

关键词: 水资源利用; 水环境; 土壤盐渍化; 地下水; 荒漠化; 银川平原

中图分类号: P641; X143 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2010)04-0392-06

Main Water Environmental Problem and Its Countermeasures in Yinchuan Plain

ZHANG Qin, ZHANG Li

(Ningxia Institute of Geological Environment Monitoring, Yinchuan 750021, Ningxia, China)

Abstract Based on field investigation, sampling analysis and remote sensing image, hydrogeological condition and water resource use in Yinchuan Plain were introduced, the current situation and genetic development of water environmental problems including soil salinization, shrinkage of lake wetland, groundwater salinization, groundwater overexploitation and land desertification were discussed. The results showed that the groundwater was supplied by ditch seepage, irrigation and rainfall infiltration, underground lateral runoff around the plain, flood loss and Yellow River water loss in Yinchuan Plain; the groundwater drained by the means of drainage ditch, evaporation and artificial exploitation; depth of phreatic water was mostly within 3 m; the surface water came from Yellow River, efficiency of water resource use was poor; the total area of saline soil was $8.17 \times 10^4 \text{ km}^2$ with a downward trend, and mainly distributed in the north of Yinchuan Plain, and partly in the south; mudflat mainly distributed in both sides of Yellow River; total salinity of phreatic water increased from west to east and from south to north; over-exploitation of deep phreatic water was serious, and the area of groundwater depression cone was more than 500 km^2 in Yinchuan and Shizuishan cities; the desertification land mainly distributed in the east and west of Yinchuan Plain; the main reason of soil and groundwater salinization was the shallow buried depth of phreatic water and strong evaporation. Finally, the countermeasures which were put forward to preventing the water environmental problems, included strengthening water resource management and coordinating the use of surface and groundwater, improving field irrigation, strictly controlling sewage discharge and purifying waste water, and strengthening the monitoring of soil and water environmental quality.

Key words: water resource use; water environment; soil salinization; groundwater; desertification; Yinchuan Plain

收稿日期: 2010-01-09

基金项目: 中国地质调查局项目(200310400014)

作者简介: 张 钦(1965-), 男, 宁夏中卫人, 高级工程师, 从事水文地质工程地质研究。E-mail: zq-nx@163.com

0 引言

银川平原位于宁夏回族自治区北部, 地处黄河中上游, 南起青铜峡, 北至石嘴山, 西依贺兰山, 东靠鄂尔多斯盆地西缘, 南北长 165 km, 东西宽 42 ~ 60 km, 总面积 7 295 km²。该区海拔高程为 1 100 ~ 1 400 m, 位于东经 105°00′ ~ 107°00′、北纬 37°20′ ~ 39°23′ 处。该区人口 244 44 × 10⁴, 占全区人口 45%, 有近 2 000 年的垦植历史, 沟渠纵横, 农田密布, 湖沼星罗棋布, 灌溉面积 22 64 × 10⁴ hm², 是重要的农林牧副渔生产区。

银川平原属中温带内陆干旱气候区, 为典型的大陆性气候, 具有冬寒漫长、夏热短暂、干旱少雨、日照充足的特点。平原内年平均气温 8 ~ 9 °C, 多年平均降水量为 183.59 mm, 多集中在 6 ~ 9 月, 12 月降水量最少, 年平均蒸发量 1 662.33 mm。

银川平原的生态环境对浅层地下水具有依赖性^[1-2]。长期以来, 由于水资源的不合理开发利用, 导致土壤大面积盐渍化, 地下水盐化作用加剧, 水质恶化, 湖泊湿地不断萎缩, 部分地区地下水超采严重, 形成了区域性的降落漏斗, 严重影响银川平原社会经济的发展。这些水环境问题, 引起了众多学者的研究, 段汉明等^[3-4]研究了黄河引水量、地下水资源开采与绿洲规模之间的关系; 金晓媚等^[2-5]研究了地下水资源开发与植被变化以及土壤盐渍化之间的关系; 马建林等^[6]研究了银川平原湿地的历史沿革及开发利用中存在的问题; 孙亚乔等^[7]从地下水位、水质两方面研究了银川地区的水环境演化; 王文科等^[8]对银川平原的水资源合理配置问题进行了研究; 姬亚东等^[9]针对人类农业活动对水资源的影响, 研究了银川地区的氮污染问题。笔者结合中国地质调查局“银川平原地下水资源合理配置调查评价”项目, 在全面收集区内最新研究成果的基础上, 通过野外调查、取样分析以及遥感等新技术的使用, 对银川平原水环境问题的现状及演化进行了全面系统的分析。

1 水文地质条件

银川平原是在新生代断陷盆地的基础上经河流、湖泊和洪水共同作用而形成的一个堆积平原, 由山前洪积倾斜平原、冲洪积平原和冲积、冲湖积平原组成, 地势开阔平坦, 由西南向东北倾斜, 在沉积上具有粗细相间的多韵律结构, 形成了单一与多层结构兼有、潜水和承压水并存的地下水系统^[10]。

银川平原第四系松散岩类孔隙水在区域上可分

为单一潜水区和多层结构区, 单一潜水区主要分布在平原区西部和南部的局部地区, 其他地区均为多层结构区。在大约 250 m 深度以上的范围内, 可在多层结构区划分出三个含水岩组, 从上向下依次为第一含水岩组、第二含水岩组和第三含水岩组。其中第一含水岩组为潜水, 第二、三含水岩组为承压水, 各含水岩组之间通常具有相对较为连续的弱透水层。

银川平原地下水主要接受渠系渗漏及灌溉入渗补给、大气降水入渗补给、平原周边地下侧向径流补给、洪水散失补给、黄河水补给等。地下水的排泄方式主要为排水沟排泄、蒸发和人工开采等。根据 2003 年 7 月至 2004 年 6 月的水均衡计算结果(表 1), 银川平原地下水的总补给量为 23.413 8 × 10⁸ m³/a, 总排泄量为 25.974 9 × 10⁸ m³/a。

表 1 银川平原地下水均衡计算结果
Tab. 1 Calculated Result of Groundwater Balance in Yinchuan Plain

均衡要素	补给量/ 10 ⁸ m ³	占总补给量比例/ %
渠系及灌溉入渗	19.895 8	84.97
降水入渗	1.650 4	7.05
边界径流	1.000 6	4.27
黄河渗漏	0.46	1.96
洪水散失	0.407	1.74
总补给量	23.413 8	100
均衡要素	排泄量/ 10 ⁸ m ³	占总排泄量比例/ %
排水沟排水	8.012 1	30.846
潜水蒸发	11.883 8	45.75
抽水井	4.873	18.76
黄河排泄	1.206	4.64
总排泄量	25.974 9	100

银川平原内大部分地区潜水埋深较浅, 一般在 3 m 以内(图 1)。潜水径流受地形、岩性、水系、沟渠等自然和人为因素影响, 从潜水等水位线可以看出(图 2), 地下水自周边流向平原中部, 水力坡度大, 径流条件好; 平原南部地下水流向黄河, 水力坡度较大, 径流条件好; 平原中部地下水流向北东, 水力坡度明显减小, 径流条件变差; 平原北部潜水总流向为北东, 水力坡度小, 径流条件差。

2 水资源利用概况

银川平原地表水主要来源于黄河引水, 大部分用于农业灌溉, 工业用水只占很少一部分, 其中农业灌溉用地表水 37.216 7 × 10⁸ m³/a, 工业用地表水 2.430 0 × 10⁸ m³/a。



图 1 银川平原 2004 年潜水埋深等值线

Fig. 1 Distribution of Isoline for Buried Depth of Phreatic Water in Yinchuan Plain at 2004

2003 年, 银川平原各行业取用地下水共计 $5.8382 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。其中工业取用地下水 $2.0925 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占地下水总用量的 35.8%; 农业取用地下水 $1.5804 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占地下水总用量的 27.1%; 城镇生活取用地下水 $1.905 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占地下水总用量的 32.6%; 农村人畜取用地下水 $0.2321 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占地下水总用量的 3.9%。通过对银川平原地下水开采量调查及资料分析可以看出, 地下水开采量在 20 世纪 70 年代为 $1.5088 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 80 年代为 $3.1135 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 90 年代为 $4.0140 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 2000 年为 $4.6418 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 2002 年为 $4.6552 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 2003 年为 $5.8382 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 地下水开采量逐年递增。

水资源利用中存在的主要问题表现在: ①水资源利用效率不高, 主要表现在农业方面, 对黄河水的使用方式是大引大排, 排引比达 0.58 左右; 渠系水有效利用系数低, 平均为 0.43; 农田灌溉定额高, 以水稻为例, 平均灌溉毛定额为 $29085 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, 吴忠市最高达 $33585 \text{ m}^3/\text{hm}^2$; 水浇地平均灌溉毛定额则为 $15030 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, 吴忠市最高达 $17355 \text{ m}^3/\text{hm}^2$; ②水资源配

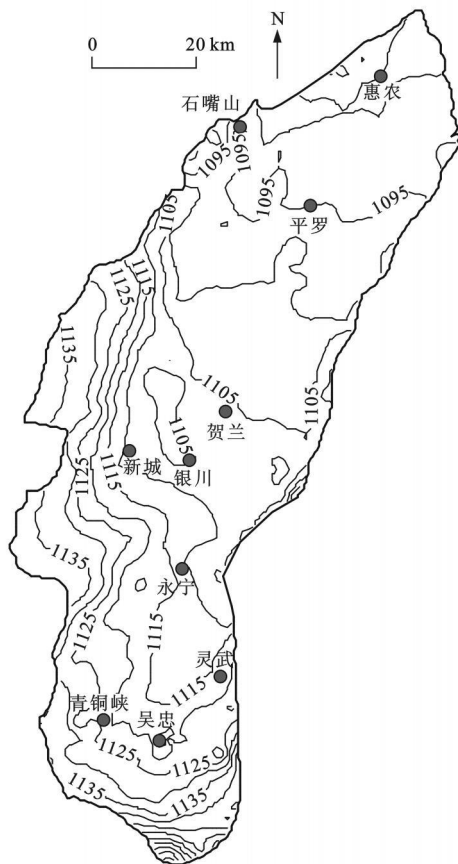


图 2 银川平原 2004 年潜水等水位线

Fig. 2 Distribution of Contour of Phreatic Water in Yinchuan Plain at 2004

置不合理, 银川平原可利用水资源量主要是国家规定的黄河引水量, 数量本来不多, 但农业占用水量过多。一方面造成了用水浪费, 另一方面挤占了工业、生态等用水量, 影响了经济发展和生态环境改善; ③水资源利用结构不合理, 银川平原用水总量为 $47.3442 \times 10^8 \text{ m}^3$, 其中地下水利用量 $5.8382 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占 12.3%。主要引用黄河水, 极少利用灌溉入渗后形成的浅层地下水, 造成浅层地下水大量蒸发, 浪费了水资源, 同时也加重了排水负担, 造成地下水位过高, 土壤盐渍化难以根除。

3 主要水环境问题

银川平原地处西北干旱地区, 降水稀少, 蒸发强, 其在水资源开发利用中所存在的环境问题与西北地区的其他平原有类似之处^[11-14], 主要水环境问题为土壤盐渍化、湖泊湿地萎缩、地下水盐化及区域性地下水位降落漏斗的形成等。

3.1 土壤盐渍化

图 3 为根据 2004 年 11 月遥感资料解译的银川

平原不同程度盐渍土的分布区域, 图 4 为 2004 年通过采样分析得到的土壤含盐量分区图。由图 3、4 可以看出, 银川平原土壤盐渍化主要分布于银北地区, 银南地区仅分布在邵岗东部一带、灵武东部秦渠、东干渠附近, 总面积 $8.17 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占耕地面积的 43.4%。把图 3、4 与图 1、2 对比可见, 发生土壤盐渍化的地区潜水位埋深一般小于 2 m, 地下水水力坡度小, 径流滞缓。

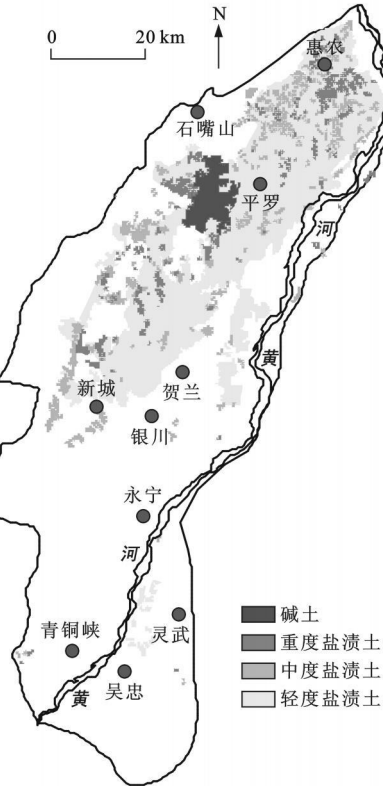


图 3 银川平原不同程度盐渍土分布
Fig. 3 Distribution of Saline Soil with Various Degree in Yinchuan Plain

通过对比 1987、1997、2004 年土壤盐渍化遥感解译结果(表 2)可知, 银川平原盐渍化土地面积从 1987 年的 2 463.60 km² 减少至 2004 年的 1 839.77 km², 土壤盐渍化呈逐年缩减的趋势。从不同等级的盐渍化面积发展趋势来看, 发生显著变化的区域主要分布在中、重盐渍化区, 而轻盐渍化区和碱土的面积近十年来变化不显著。从 1987 年至今, 平原整体土壤盐渍化问题呈逐年减轻的趋势, 尤其是最近几年, 中、重土壤盐渍化面积明显减少, 说明最近几年灌区节水改造工程的实施已初显成效。另外在开展节水、提高用水效率以及调整农业种植结构等农业综合开发项目方面也做了大量工作, 使得困扰灌区多年的土壤盐渍化问题得以好转。

表 2 不同年份盐渍化土地面积
Tab. 2 Area of Saline Soil in Different Years

年份	轻盐渍化区	中盐渍化区	重盐渍化区	碱土	合计
1987	1 462.15	724.24	172.28	104.93	2 463.60
1997	1 687.57	352.44	149.78	116.75	2 306.53
2004	1 434.09	191.26	110.86	103.56	1 839.77

注: 表中数据/km²

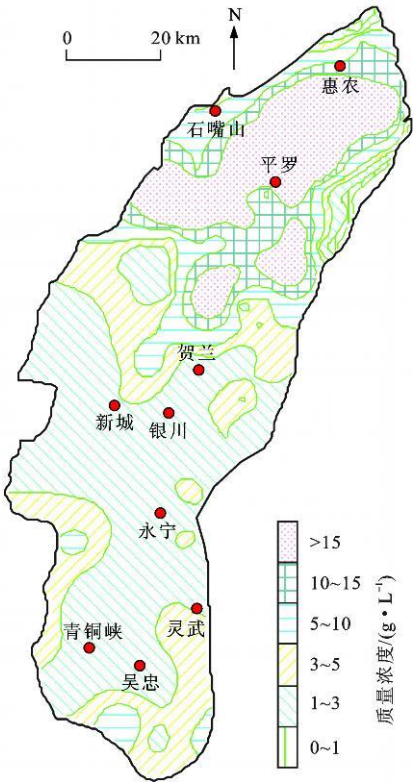


图 4 银川平原土壤含盐量分布
Fig. 4 Distribution of Soil Salt Content in Yinchuan Plain

3.2 湖泊湿地面积萎缩

湿地分为沼泽湿地、湖泊湿地、河流湿地、滩涂湿地、人工湿地(包括渠道、塘堰、精养鱼池)5 种类型。使用遥感方法对 1987、1997、2004 年的各类湿地进行解译, 得到银川平原 2004 年湖泊湿地总面积为 500.59 km², 主要分布在平原北部地区, 尤其以永宁以北平罗以南比较集中, 其中滩涂沿黄河两岸分布(表 3)。从表 3 的解译结果可见: 从 1987、1997、2004 年数据看, 湖泊湿地面积不断萎缩, 这与近年来潜水的开采量不断增大、潜水位有一定程度的下降有关。

3.3 地下水盐化

从图 5 可以看出, 潜水总含盐量在整个平原内的变化总趋势为, 自西向东、自南向北总含盐量不断加大, 水质变差。水化学类型从西南到东北依次变为

表 3 不同年份湿地面积

Tab. 3 Area of Wetland in Different Years

年份	河流	湖泊	滩涂	鱼塘	沼泽	合计
1987	197.18	154.55	290.39	17.65	22.32	682.09
1997	115.76	120.42	230.63	25.32	21.77	513.90
2004	109.14	249.92	61.60	29.73	50.21	500.59

注: 表中数据/km²

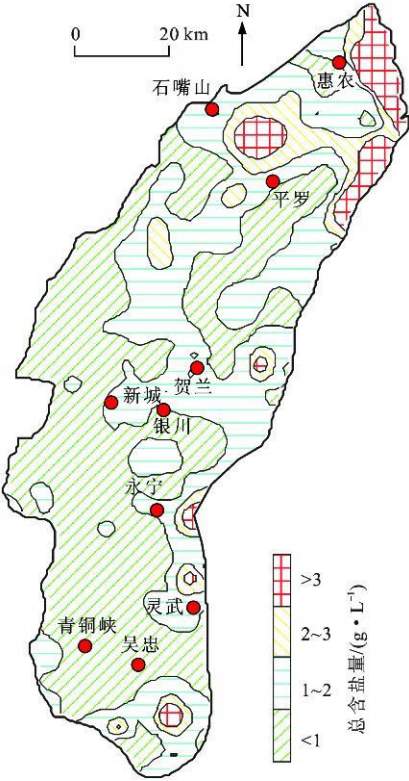


图 5 银川平原潜水总含盐量分布

Fig. 5 Distribution of Soil Total Salinity of Phreatic Water in Yinchuan Plain

HCO_3^- 、 $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-} + \text{HCO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$ 、 $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ 。在西部山前平原及平原南部地区,地形坡度大,含水层颗粒粗,地下水径流条件好,水化学类型以重碳酸、硫酸型水为主。随着地下水向东北方向流动,水位埋深变浅,地下水排泄由水平径流变为以垂向蒸发为主,水中易溶盐累积,水化学类型转变为硫酸、氯化物型,总含盐量一般为 3 g/L 以上,局部地区大于 5 g/L,潜水水质发生明显盐化作用。盐化作用的产生,除了与溶滤作用有关外,主要受到了蒸发作用的影响。蒸发不但使土壤积盐,造成大面积盐渍化的发生,而且也使地下水中盐分含量急剧增大,水质变劣,适用性降低。

3.4 部分地区地下水超采

在工农业生产较发达的银川和石嘴山,深层地

下水超采严重,地下水降落漏斗面积已超过 500 km²(图 6)。

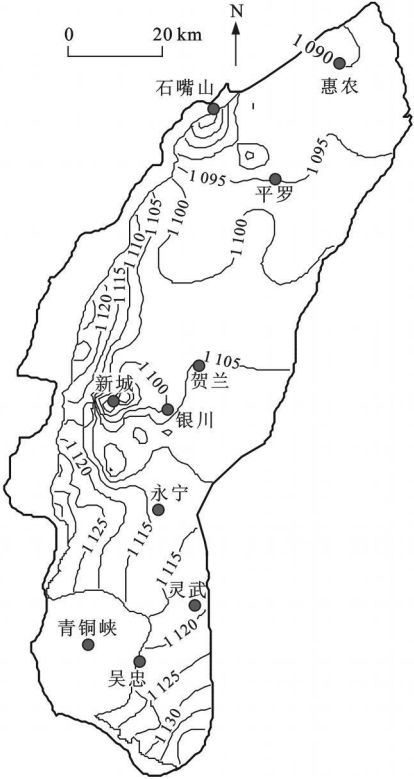


图 6 银川平原 2004 年第一承压水等深水位线分布

Fig. 6 Distribution of Contour of the First Confined Groundwater in Yinchuan Plain

银川生活、工业用水以开采第一承压水为主,由于长期大量集中开采,形成了第一承压水区域性水位降落漏斗,漏斗面积 453.17 km²。从降落漏斗的变化情况来看,1986—1990 年降落漏斗面积增加速率为 30.205 km²/a,中心水位下降速率则为 0.884 m/a,1991—1995 年降落漏斗面积增加速率为 10.10 km²/a,中心水位下降速率为 0.769 5 m/a,相对 1986—1990 年,降落漏斗面积的增加速率和中心水位下降速率都有所减少;1996—2000 年降落漏斗面积增加速率为 1.73 km²/a,中心水位相对 1996 年处于回升的趋势,表明银川地下水位降落漏斗已处于相对稳定的状态。

石嘴山为宁夏的重工业城市,城市生活、工业用水以山前单一潜水及第一承压水为主要开采层,随着地下水开采量的不断增加,在石嘴山大武口区形成了区域性的降落漏斗,漏斗面积 93.78 km²,目前已基本处于稳定状态。

3.5 土地荒漠化

宁夏是西北地区沙漠化较严重的省区之一,银川平原沙漠化土地分布在平原区的东、西两侧,黄河东

岸—陶乐—灵武地区受毛乌素沙漠的影响就地产生活动沙丘、固定、半固定沙丘和平铺沙地均有分布,以活动沙丘和平铺沙地为主;银川平原西侧,由大武口至黄羊滩零散分布在引黄灌区地势低洼的山前洼地、盐荒地、沼泽地。以平吉堡沙漠化土地较集中,分布面积约 300 km²,以流动沙丘为主,沙丘高 3~5 m,最高 10 m。沙漠化土地总面积 68.15×10⁴ hm²,占土地总面积的 48.78%。其中以灵武县、陶乐县最为严重,沙漠化土地占土地总面积的 79.9%和 76.96%。

4 结语

(1)应进一步加强水资源管理工作,加强地表水与地下水联合调配。对银川和石嘴山等集中开采区,要调整开采井布局(井深和密度),做到采补平衡,保证这些地区地下水的开采不导致相关环境地质问题的发生;对土壤盐渍化比较严重地区应鼓励开采浅层地下水,实施地表水与地下水联合利用,将地下水位控制在一定深度内,减少潜水的无效蒸发,防止土壤盐渍化的进一步扩大,并使已有土壤次生盐渍化的地区逐步恢复原貌;对于地表水体、湖泊以及湿地,应建立相应的保护区,避免在其周围开采地下水,导致潜水位下降。

(2)农业用水是银川平原第一用水大户,农业灌溉用水量占到总用水量的 80%以上,单方水的粮食产量仅为 0.56 kg/m³,而以色列已达到 2.32 kg/m³。这些说明银川平原水资源利用率低,农业节水潜力巨大。若将银川平原农业用水的有效利用率提高 20%,每年可节水 7.6×10⁸ m³。

(3)完善田间工程配套,实现渠道防渗管道化。银川平原由于长期以来水利投入偏低,灌区引水与排水工程均存在老化和不配套现象,输水过程中漏水跑水现象严重,渠道衬砌率低,渠系渗漏损失大,加上田间工程不配套,输水过程及田间水量损失很大。据国内经验,通过完善田间工程配套实现渠道防渗管道化,可节水 40%左右。

(4)改进田间灌溉技术。区内水资源管理粗放,加上群众生产习惯等原因,一直采用大引大排、大水漫灌的灌溉方式,排水量占引水量的 60%,不仅造成了用水浪费,而且引发了土壤盐渍化等生态环境负效应。在对田间耕地进行平整和细作的基础上,控制水稻灌水量,改大水漫灌为小畦灌和膜上灌,是银川平原节水的重要措施。

(5)银川平原的地下水主要开采层是第一承压水

层,目前该含水层在银川地区已形成了区域性降落漏斗,导致大量潜水的越流补给。由于银川地区的潜水质较差,已遭受不同程度的污染,潜水的越流补给对第一承压水的水质将造成严重威胁,并且直接影响银川等城市饮用水的安全。目前对这方面的问题很少进行研究,建议在今后工作中予以重视,以防患于未然。同时,应严格管理污水排放,控制污染,积极开展污水净化处理再利用,实行污水资源化。

(6)银川平原水盐运移受自然和人类活动等多因素控制,变化较复杂。应进一步加强对银川平原水土环境质量的系统监测,开展长期监测和研究工作,追踪自然和人类活动对生态环境的影响。同时这种监测也是对地下水开采中发生的问题进行及时纠正的基础。

参考文献:

- [1] 孙宪春,金晓娟,万 力.地下水对银川平原植被生长的影响[J].现代地质,2008,22(2):321-324.
- [2] 金晓娟,薛忠歧,余秋生,等.银川平原地下水资源开发与植被变化[J].水文地质工程地质,2007,34(3):33-36.
- [3] 段汉明,苏 敏,周晓辉.银川平原绿洲的稳定性与可持续发展[J].干旱区资源与环境,2006,20(1):1-6.
- [4] 段汉明,杨卫强,魏 巍.银川平原生态系统与水资源开发的耦合关系研究[J].环境科学与技术,2007,30(12):87-90.
- [5] 金晓娟,胡光成,史晓杰.银川平原土壤盐渍化与植被发育和地下水埋深关系[J].现代地质,2009,23(1):23-27.
- [6] 马建林,何彤慧.银川平原湿地的初步研究[J].宁夏大学学报:自然科学版,2002,23(4):377-380.
- [7] 孙亚乔,钱 会,张 黎,等.银川地区地下水环境演化[J].干旱区资源与环境,2006,20(5):51-55.
- [8] 王文科,韩锦萍,赵彦琦,等.银川平原水资源优化配置研究[J].资源科学,2004,26(2):36-45.
- [9] 姬亚东,张 黎,钱 会.银川地区地下水氮污染原因及防治[J].地球科学与环境学报,2005,27(3):100-103.
- [10] 张 黎,王 利.宁夏地下水资源[M].银川:宁夏人民出版社,2003.
- [11] Chen M X. Rational Development and Utilization of Water Resources Related to Prevention of Desertification in Arid Area of Northwest China[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2005, 27(4): 1-7.
- [12] 李智佩,岳乐平,薛祥照,等.民勤盆地水资源环境与可持续发展[J].地球科学与环境学报,2005,27(3):95-99.
- [13] 陈梦熊.西北干旱区水文系统的演变与荒漠化[J].地球科学与环境学报,2005,27(1):1-4.
- [14] 吕 博,倪 娟,王文科,等.水资源开发利用引起的环境负效应——以玛纳斯河流域为例[J].地球科学与环境学报,2006,28(3):53-56.