

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2020.01.11

引用格式: 宋亚娅,张培栋,张航泊,等. 陕西省田市镇及其周边地区地下水功能区划分[J]. 中国地质调查,2020,7(1): 78-84.

陕西省田市镇及其周边地区地下水功能区划分

宋亚娅,张培栋,张航泊,康华,石卫,侯娟

(陕西省水工环地质调查中心,西安 710016)

摘要: 为对陕西省田市镇及其周边地区地下水的合理开发利用、科学管理和有效保护,以全国地下水功能区划分技术大纲为基本依据,结合该地区地下水资源的分布特点、水文地质条件、地下水开发利用现状及生态环境保护需求,构建了该区地下水功能区划分指标体系。采用综合指数模型,利用 MapGIS 技术,将研究区地下水功能区划分为适宜开采区、适度开采区及禁止开采区。研究成果可为田市镇及周边地区制定和实施地下水系统的保护方案、指导地下水资源合理开发利用提供科学依据。

关键词: 地下水;功能区划分;综合指数模型;田市镇

中图分类号: P641 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-8706(2020)01-0078-07

0 引言

随着人口、经济和城市化快速发展,对水资源的需求量日益加剧,地下水各项指标下降,导致其地质保障功能、生态环境保护功能、资源供给功能逐渐衰退^[1-3]。世界各国都进行了一系列的研究,建立了适应可持续发展要求的现代水资源管理体系,以适应各国的水资源状况^[4-5]。为合理开展地下水功能区划,整合地下水资源各功能之间最佳配置,解决生态及可持续发展等问题,我国相继于2005、2006年颁布了《地下水功能区划分技术大纲》^[6]和《地下水功能评价与区划技术要求》^[7]。在此基础上,国内学者对地下水功能区划分进行了深入研究:刘家福等^[8]结合吉林省地下水资源的水质、水量及开发利用状况,划分出一级、二级功能区,研究成果为吉林省地下水管理保护及相关发展战略规划提供了一定的借鉴依据;曹阳等^[9]针对泉州市地下水资源的分布特点,依据全国地下水功能区划分技术大纲,选取了地下水系统中具有代表性的影响因子,综合地下水的资源功能,将地下水功能区划分为开发区、保护区和保留区;丁元芳等^[10]依据大纲,将松辽流域按照一般平原区、山间平原区和山丘区3种地貌类型分别进行了地下水功能区划分。但是以往地下水功能区

划分研究,主要是依据主观认识的定性划分,综合定量划分研究较少,且在评价指标选取方面针对性不够,对地下水的总体功能和综合效应考虑不够全面。在综合考虑地下水资源、生态和地质环境功能的基础上,结合陕西省田市镇及其周边地区地下水资源的水质、水量、开发利用潜力及环境地质问题,选取地下水水质、水量为状态因子,地下水开发利用潜力作为限制因子,地下水资源供给功能及地质安全保障功能为响应因子,构建功能评价指标体系,建立地下水功能区划分模型,对研究区地下水功能区进行划分。本文结合陕西省田市镇及其周边地区地下水资源的水质、水量及开发利用状况,选取地下水水质、水量为状态因子,选取地下水资源供给功能及地质安全保障功能为响应因子,对田市镇及其周边地区地下水进行区划,以达到合理划分地下水功能区的目的,进而为地下水资源的合理开发利用、管理和有效保护提供科学依据。

1 研究区概况

研究区位于陕西省中部,渭南城区西北方向,横跨西安市阎良区、临潼区以及渭南市临渭区,地理坐标为109°15'~109°30'E,34°30'~34°40'N,面

收稿日期: 2018-09-19; 修订日期: 2019-03-25。

基金项目: 中国地质调查局“关中盆地城市群城市地质调查(编号: 12120114056901)”项目资助。

第一作者简介: 宋亚娅(1986—),女,工程师,主要从事水文地质、工程地质和环境地质调查工作。Email: syy409@163.com。

积 420 km²,属温带半湿润半干旱大陆性季风气候,四季干湿冷暖分明。多年平均蒸发量 1 179.23 mm,多年平均降水量 572.7 mm。受区域地质构造控制,

区内南、北部地势相对较高,呈阶梯状由两侧向渭河微倾,地势缓低^[11]。随地形变化,依次分布现代洪积扇、一级冲洪积扇、渭河一级阶地及漫滩(图 1)。

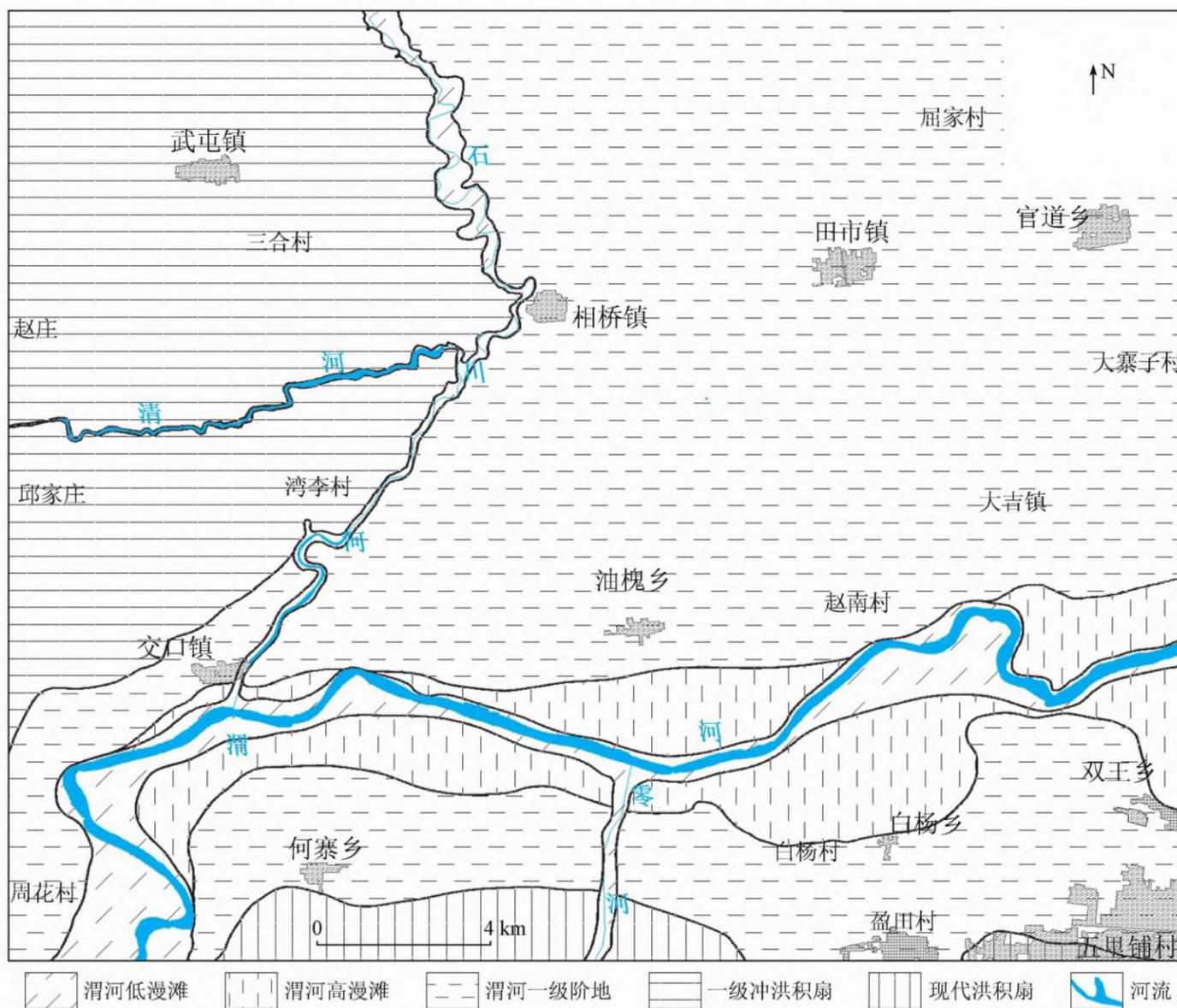


图 1 研究区地貌分布
Fig.1 Topographic distribution of the study area

1.1 水文地质条件

研究区在区域上处于渭河盆地东部开阔地带,沉积了巨厚的松散层,为地下水提供了良好的储存空间。依据区内地下水赋存条件,300 m 以浅地下水主要为第四系松散岩类孔隙水,按埋藏条件及水动力特征,区内松散岩类孔隙水划分为 2 类:第四系冲积、冲洪积层孔隙潜水及第四系冲积、冲洪积层孔隙承压水。

研究区一级冲洪积扇地带,含水层以薄层粉细砂为主。一级阶地及漫滩区,除漫滩表层 8 m 以上常为薄层砂及粉土互层以外,主要由砂砾石及含砾中砂组成。一级阶地下伏隔水层南厚北薄,向南微倾,尖灭于漫滩后部,其前缘隔水底面低于漫滩隔水底面近 30 m。漫滩区潜水下伏隔水层分布较稳定,一般厚 2~6 m,但在交口镇附近漫滩区,下伏隔水层分布不稳定,致使潜水含水层与浅层承压水相

连。近代洪积扇为砂砾石层,下伏隔水层由粉质黏土或粉土组成,分布较稳定,一般厚度 4~6 m,局部达 10 m。

1.2 地下水质量现状

区内潜水水质均劣于Ⅲ类水,其中较差水质占评价总数的 17%,集中分布于渭河南岸;极差水质占 83%,集中分布于渭河北岸^[12]。潜水水质面域分布特征明显,水质整体表现为铁离子、氯化物、硫酸盐、硝酸盐、亚硝酸盐、溶解性固体、总硬度及高锰酸钾指数等无机指标超标。局部区域存在重金属元素 Cr⁶⁺、Mn 含量高于Ⅲ类。从评价结果可以看出,由于区内潜水与地表环境关系密切,易受人类活动及地球化学环境影响,整体水质较差。

1.3 地下水开采现状

据研究,研究区内总供水量 9 849 × 10⁴ m³,地表水供水量 5 152 × 10⁴ m³,占总供水量的 52.3%,

地下水供水量 $4\ 673 \times 10^4\ \text{m}^3$, 约占总供水量的 47.4%, 区内地下水资源潜力较大区、潜力中等区、潜力较小区、采补平衡区和超采区面积分别占总面积的 14.33%、29.18%、4.70%、51.45% 和 0.34%。

1.4 地下水资源量

据研究, 工作区潜水天然补给资源总量为 $14\ 636.98 \times 10^4\ \text{m}^3$, 可开采资源总量为 $15\ 557.85 \times 10^4\ \text{m}^3$, 其中淡水资源量(矿化度 $< 1\ \text{g/L}$)为 $2\ 060.89 \times 10^4\ \text{m}^3$, 占 13.25%, 弱咸水占 79.17%; 承压水天然补给资源量为 $487.34 \times 10^4\ \text{m}^3$, 可采资源量为 $366.81 \times 10^4\ \text{m}^3$, 其中淡水资源量为 $26.27 \times 10^4\ \text{m}^3$, 占 7.16%, 弱咸水占 89.50%。

2 地下水功能区划分模型

地下水功能区定量划分的关键是在建立一个能反映地下水系统整体特征的指标体系基础上, 建立定量反映地下水功能区划分的模型。采用限制性综合指数法进行研究区地下水功能区划分。

功能区划分模型为

$$E = \prod_{j=1}^m F_j \times \sum_{k=1}^n w_k \times f_k, \quad (1)$$

式中: E 为各指标综合影响下的表征地下水功能的综合指数, 综合指数越大, 表示研究区的地下水功能强度越高; j 为强强制性因子编号, 地下水功能区划分中, 强制性因子为地下水开发利用潜力, 其余均为较强制性因子; F_j 为第 j 个影响因子分值(包括强制性、非强制性因子), 对于强制性因子 F_j 取值为 0, 较强制性因子取值为 1; f_k 为第 k 个指标值, w_k 为第 k 个较强制性因子的权重, k 为较强制性因子编号。

本次功能区划分采用等权重, 即 $w_k = 1$ 。

3 地下水功能区划分指标

研究区地下水功能区划分应结合实际情况, 综合地下水资源、生态和地质环境功能, 考虑水文地质结构、地下水质量现状、地下水开发利用现状及地下水资源量分布状况, 选取地下水水质、水量、地下水开发利用潜力作为地下水功能区划分指标, 结合地下水资源供给及地质安全保障功能, 构建地下水功能区划分指标体系。借助 MapGIS 的空间分析

功能, 建立单项指标图层, 实现对各指标值 f_k 的获取。

3.1 地下水富水性

根据埋藏条件及水动力特征, 将区内第四系松散层孔隙水划分为潜水含水岩组和承压含水岩组, 并进一步划分出不同的富水地段。

根据民井及钻孔抽水试验结果, 结合以往成果资料, 将区内全部单孔涌水量以统一管径 127 mm、统一降深 5 m 计, 作为地下水(潜水、承压水)富水性评价指标, 并考虑水跃值影响, 以此划分出 5 个富水性分区(图 1)。划分标准见表 1^[12]。

表 1 地下水富水性等级评分

Tab. 1 Groundwater abundance grading scale

地下水富水性	单位涌水量/($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$)	评分
极强	[40, +∞)	5
强	[25, 40)	4
较强	[10, 25)	3
中等	[5, 10)	2
弱	(-∞, 5)	1

3.1.1 潜水富水性

潜水极强富水区分布于渭河河谷、低漫滩区及许村—李村附近渭河一级阶地, 面积约 $25.54\ \text{km}^2$, 占全区面积的 4.89%, 潜水强富水区分布于渭河高漫滩、研究区西部现代洪积扇及丰荫村—吴扬村附近渭河一级阶地, 面积约 $145.12\ \text{km}^2$, 占全区面积的 34.55%; 潜水较强富水区渭河南岸分布于马寨村—张义村—双王以南一级阶地后缘, 渭河北岸主要分布于刘家村—黑李村以南、新田村—井家村以东、屈家村—楼赵村以西、周花村—赵场村—槐李村以北一级阶地, 面积约 $172.71\ \text{km}^2$, 占全区面积的 41.12%; 潜水中等富水区分布于渭河北岸一级阶地的东姜村—张村—大吉镇和北刘村—湾刘村—刘家村一带, 面积约 $18.08\ \text{km}^2$, 占全区面积的 4.31%; 潜水弱富水区分布于一级冲洪积扇及渭河北岸油坊村—南贾村—察理村和张南村—南家村—沙王村一带一级阶地, 面积约 $91.99\ \text{km}^2$, 占全区面积的 14.76%。

3.1.2 承压水富水性

承压水极强富水区分布于渭河河谷、低漫滩区, 面积约 $14.79\ \text{km}^2$, 占全区面积的 3.52%; 承压水强富水区分布于渭河高漫滩, 面积约 $9.51\ \text{km}^2$, 占全区面积的 2.26%; 承压水较强富水区分布于渭河南岸一级阶地前缘及研究区西部现代洪积扇和渭河北岸刘村—铁王—楼赵村以西的渭河一级阶地, 面积约 $134.24\ \text{km}^2$, 占全区面积的 31.96%;

承压水中等富水区分布于渭河南岸一级阶地后缘何寨—白杨村—车里村一带和渭河北岸刘家村—北孙村—楼赵村以东、井家村—新田村—沙王村以西的渭河一级阶地,面积约 83.29 km²,占全区面积的 19.83%;承压水弱富水区分布于渭河南岸蓝田村—胡冯村一带及渭河北岸、井家村—新田村—沙王村以东及一级冲洪积扇区,面积约 178.17 km²,占全区面积的 42.42%。

3.2 地下水水质

3.2.1 潜水水质

根据评价结果,区内潜水水质均劣于Ⅲ类水,其中较差(4.25 ≤ F < 7.20)水质占评价总数的 17%,集中分布于渭河南岸;极差(F ≥ 7.20)水质占 83%,集中分布于渭河北岸。潜水水质面域分布特征明显,水质整体表现为铁离子、氯化物、硫酸盐、硝酸盐、亚硝酸盐、溶解性固体、总硬及高锰酸钾指数等无机指标超标,有机污染组分未检出。局部区域存在重金属元素 Cr⁶⁺、Mn 含量高于Ⅲ类。

水质较差区,综合评分值 F 为 4.38 ~ 7.26,仅满足农业用水及部分工业用水,适当处理后可做饮用水,集中分布于渭河以南。根据评价结果,单项组分表现为总硬度、铁离子、硫酸根离子、氨氮及锰含量超标。其中,铁离子含量超标集中出现在大闵村—盈田村向北至渭河漫滩赵村—西庆屯一带,含量为 0.734(盈田村) ~ 2.235(大白杨村) mg/L,超标倍数 1.45 ~ 6.45;重金属元素 Mn 集中分布于渭河以南,临潼区何寨街办至临渭区大闵村—盈田村以北地区,在工区内呈 EW 向条带状分布,含量为 0.24 ~ 1.46 mg/L,超标率 4.3% ~ 12%。

水质极差区,综合评分值 F 大于 7.20,该类水不宜饮用,不具备供水意义,集中分布于渭河以北。单项组分主要表现为 NO₃⁻、NO₂⁻、SO₄²⁻、TDS、总硬度及重金属 Cr⁶⁺ 含量超标。其中, Cr⁶⁺ 集中分布于石川河以西清河以北阎良区武屯镇一带,质量浓度为 0.051 ~ 0.156 mg/L。地下水水质的等级及评分见表 2。

表 2 地下水质量等级评分
Tab.2 Groundwater quality grading scale

地下水质量级别	地下水质量综合评价分值 F	评分
优良	(-∞, 0.8)	5
良好	[0.8, 2.5)	4
较好	[2.5, 4.25)	3
较差	[4.25, 7.20)	2
极差	[7.20, +∞)	1

3.2.2 承压水水质

根据承压水水质评价结果,综合评分值 4.28 ~ 7.56,属较差、极差水。较差水质(4.25 ≤ F < 7.20)主要分布在渭河南岸地区及渭河北岸石川河以西地区。其中,渭河南岸地区主要受水体中铁、锰元素的高背景值含量影响,造成整体水质均劣于Ⅲ类水。Mn 元素含量分布在渭河南岸与潜水中 Mn 元素分布基本一致,北岸出现在武屯镇—相桥镇南冯村一带;铁离子含量在冯拜村、耿西村一带出现超标,呈零星分布。受水文地质条件所限,极差水主要分布于渭河以北石川河以东的大范围地区,该区域内表层盐渍化现象普遍,环境地质条件差。

3.3 地下水开发利用潜力

潜水开采潜力分析评价认为,渭南城区潜水出现中度超采现象,临渭区内渭河一级阶地为采补平衡区,除此之外,其他区域潜水均有不同程度的开采潜力。

承压水开采潜力分析评价认为,石川河、清河低漫滩及临渭区内渭河漫滩、北岸一级阶地有较小的开采潜力,该区域浅井居多,以开采潜水为主,少有深井。临渭区渭河南岸一级阶地为采补平衡区,除此之外,其他区域承压水均有不同程度的超采现象,应限制开采。

潜水及承压水混合开采潜力分析评价认为,田市镇及周边地区地下水资源潜力较大区、潜力中等区、潜力较小区、采补平衡区、超采区面积分别为 59.85 km²、121.88 km²、19.65 km²、214.91 km²、1.42 km²,分别占总面积的 14.33%、29.18%、4.70%、51.45%、0.34%。

3.4 地下水开发引发的环境地质问题

研究区内地下水不合理开发利用产生的环境地质问题主要为土壤盐渍化,区内盐渍化土壤呈面状连续分布于渭河以北及石川河以东的相桥、官道镇及辛市镇等地,北至相桥镇东樊村、官道镇张南村,南到油槐镇耿西村—辛市镇沙王村一线,西至相桥镇北孙村,东部延伸至官道镇镇政府驻地周边,分布面积共计 124.15 km²。

在平面分布中,盐渍化土壤平均含盐量整体上自西向东逐渐增大,并在区域上呈条带状或环状展布。浅层盐渍化土壤主要为硫酸盐盐渍土和亚硫酸盐盐渍土,根据土壤含盐量进一步划分为轻度和中度土壤盐渍化区。中度区仅在官道镇冯拜村一带有所分布,面积 2.38 km²,土壤含盐量大于或等

于0.2%,地表可见明显薄层盐霜和渍水,植物生长受到较为明显的抑制;轻度区分布于除中度区以外的地区,面积121.77 km²,土壤含盐量0.1%~0.2%,地表无明显成层盐霜,偶有盐斑,植物生长受到一定的抑制。

4 开发利用区划

4.1 功能区划原则

地下水的资源供给功能和地质环境稳定功能彼此制约和相互作用,无论地下水过度强化哪一种功能,地下水的其他功能都必然引起相应的变化。因此,在地下水管理和保护工作中,必须根据地下水开发利用的实际情况和地下水系统服务功能,以地下水主导功能为基础,进行地下水功能区的划分^[13]。具体划分原则^[8]如下。

(1)可持续发展。根据水资源的可承受开采能力

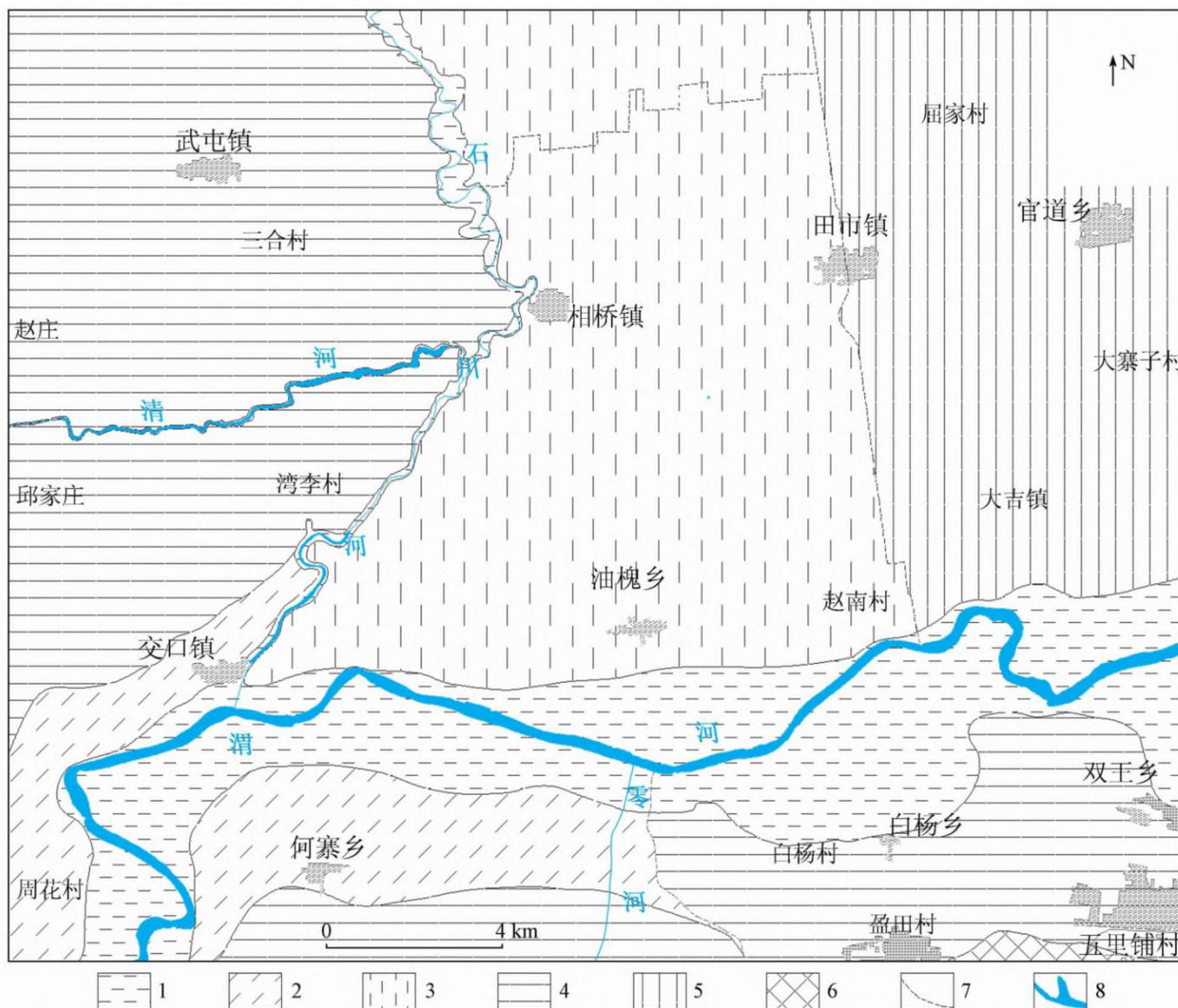
及地下水资源的再生能力,地下水资源开发利用应保障当代和后代赖以生存的地下水资源可持续发展。

(2)质与量相结合。为降低成本并提高效率,应优先开发水质优良、水量充足区域,开采强度及使用方向应由水质和水量决定^[14]。

(3)便于管理、切合实际。区划成果应切合实际,为水资源保护管理提供可靠依据。在不违背功能区划的科学合理性前提下,充分考虑当地政府的意见,尽可能做到既具体明确又易于操作管理。

4.2 开发利用区划

根据地下水开发利用区划综合指数模型计算研究区各评价单元综合功能指数 E ,利用MapGIS软件自动生成 E 等值线图,再根据地下水功能区划分原则及地下水开采引发的环境地质问题,综合划分标准对研究区地下水功能进行分区(图2)。其中,地下水适宜区, $E \geq 10$;地下水适度区, $8 \leq E < 10$;地下水禁止区, $E < 8$ 。



1. 适宜开采区,防止污染; 2. 适宜开采区,防止水源衰减; 3. 适宜开采区,防止盐渍化; 4. 适度开采区,防止水源衰减; 5. 适度开采区,防止盐化; 6. 禁止开采区,防止水源衰减; 7. 行政区界线; 8. 河流

图2 地下水开发利用分区

Fig.2 Zoning of groundwater development and utilization

4.2.1 适宜开采区 I

区内地下水适宜开采区主要分布在石川河河谷区、零河河谷区、渭河河谷区、渭河漫滩及一级阶地区,地下水现状开采量小于可开采资源量,开采潜力指数均大于1.2,属于有开发潜力地区。含水层岩性为冲积砂、砂砾石,含水层厚度大,透水性好,富水性强,补给充沛,地下水位埋藏浅,宜于以浅井形式开采。根据开采程度及水质情况又分为3个亚区。

(1)适宜开采区 I₁,防止污染。该区地下水可开采资源量为 $10\ 692.49 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,现状开采量 $704.71 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,现状开采量远小于可开采资源量,开采潜力指数均大于10,属开采潜力较大地区。该区主要分布于石川河河谷区、渭河河谷及漫滩区,由于包气带厚度较小,地下水埋藏较浅,地下水天然防护性能较弱,应防止污染。根据该区水质评价结果,区内承压水满足小型集中式供水水质要求,结合该区域开采潜力,宜以承压水开采为主,可作为集中供水水源地,开采井类型宜为水泥管井,井深50~100 m,井径0.40~0.60 m,井距250~500 m,单井出水量100~150 m³/h;其次,考虑到区域内潜水水质差,且易受人类活动影响,结合农业用水评价结果,可将潜水作为农灌用水,适当开采。

(2)适宜开采区 I₂,防止水源衰减。该区地下水可开采资源量为 $409.47 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,现状开采量 $300.56 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,现状开采量小于可开采资源量,开采潜力指数均大于1.2,属于开采潜力较小地区。该区主要分布于渭河北岸石川河以西一级阶地及渭河南岸临潼区渭河一级阶地区,大部分属富水性较强区,根据该区水质评价结果,结合该区开采潜力,宜以承压水开采为主,可作为分散式供水水源地,开采井类型宜为水泥管井,井深60~200 m,井径大小要求0.4~0.6 m,井距500 m,单井出水量80~100 m³/h。

(3)适宜开采区 I₃,防止盐渍化。该区地下水可开采资源量为 $1\ 764.15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,现状开采量 $1\ 008.64 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,现状开采量小于可开采资源量,开采潜力指数均大于6,属于开采潜力中等地区。该区主要分布于渭河以北石川河以东渭河一级阶地临潼区范围内,该区地下水水质较差,土壤盐渍化现象严重,应充分开发地下水资源,降低地下水位,抑制、防止土壤盐碱化发生、扩大。

4.2.2 适度开采区 II

该区主要分布于一级冲洪积扇及渭河一级阶地大部,属于采补平衡区。区内地下水开采潜力指数 $0.8 < P < 1.2$ 。该区应维持现状开采量,对渠井双灌区,要加强两水统管和优化调度,合理配置水资源。

(1)适度开采区 II₁,防止水源衰减。该区地下水可开采资源量为 $1\ 459.97 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,现状开采量 $1\ 491.21 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,现状开采量接近可开采资源量,开采潜力指数均大于0.8,该区属于采补平衡区。主要分布于渭河以北冲洪积扇区、渭河以南零河以西洪积扇区及渭河以南临渭区范围内渭河一级阶地区。该区应首先保证人畜用水,为了防止水源衰减,应合理开采地下水,在机井密度小的地段适量布设浅井进行开采,以80~200 m深度水泥管井为主,井径0.4~0.6 m,井距1 000 m,单井出水量50 m³/h。

(2)适度开采区 II₂,防止水源衰减。该区地下水可开采资源量为 $1\ 221.66 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,现状开采量 $1\ 135.68 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,现状开采量接近可开采资源量,开采潜力指数均大于0.8,属于采补平衡区。该区主要分布于渭河以北石川河以东临渭区范围内渭河一级阶地区,据地下水潜力评价结果,区内水质较差,多项指标超标,土壤盐渍化现象严重,目前尚有不少地方人畜饮水极为困难,该区应科学地联合运用降水、地表水、地下水的三水转化,适度开采地下水资源,在防止水源衰减的同时,要积极开展灌溉试验研究和盐渍化治理工作,控制合理地下水位,防止盐渍化日趋恶化。

4.2.3 禁止开采区 III

该区地下水可开采资源量为 $9.74 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,现状开采量 $21.53 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,现状开采量大于可开采资源量,开采潜力指数均小于0.8,属于超采区。该区主要分布于渭南城区。为了防止水源衰减,对地下水实行限采、压采,禁采区内新建、改建、扩建的建设项目禁止取用地下水,同时,该区应积极寻求新的补充水源,防止水源进一步衰减,积极增大地表水的利用,补充、涵养地下水源。

5 结论

(1)综合分析了田市镇及周边地区的水文地质

条件、地下水资源量、地下水质量及其开发利用现状,构建了该区地下水功能区划分指标体系,利用综合指数模型,基于 MapGIS 软件,将研究区地下水功能划分为适宜开采区、适度开采区及禁止开采区。

(2)适宜开采区主要分布在渭河及其支流河谷漫滩和渭河一级阶地区,宜于以浅井形式开采;适度开采区,主要分布于一级冲洪积扇及渭河一级阶地大部,区内应维持现状开采量,对渠井双灌区,要加强两水统管和优化调度,合理配置水资源。禁止开采区主要分布于渭南城区,为了防止水源衰减,应对地下水实行限采。

(3)本次地下水区划成果为该区地下水开发利用提供了依据,避免因不合理开采地下水产生环境地质问题。

参考文献:

[1] 罗小勇,雷少平,王红鹰. 云南省地下水功能区划分的方法与实践[J]. 人民长江,2008,39(23):49-51.
 [2] 唐克旺,杜强. 地下水功能区划分浅谈[J]. 水资源保护,2004,20(5):16-19.
 [3] 吕红,杜占德,王健. 山东省地下水功能区划初探[J]. 水文,

2007,27(3):75-77.
 [4] Ritzel B J, Eheart J W, Ranjithan S. Using genetic algorithms to solve a multiple objective groundwater pollution containment problem[J]. Water Resour Res,1994,30(5):1589-1603.
 [5] Wagner B J. Recent advances in simulation - optimization groundwater management modeling[J]. Rev Geophys,1995,33(S2):1021-1028.
 [6] 中华人民共和国水利部. 地下水功能区划分技术大纲[R]. 北京:中华人民共和国水利部,2005.
 [7] 中国地质调查局. 地下水功能评价与区划技术要求[R]. 北京:中国地质调查局,2006.
 [8] 刘家福,李林峰,任春颖,等. 基于 GIS 的吉林省浅层地下水功能区划分[J]. 干旱区资源与环境,2017,31(12):166-171.
 [9] 曹阳,滕彦国,王金生,等. 泉州市地下水功能区划分[J]. 地球学报,2011,32(4):469-476.
 [10] 丁元芳,崔新颖,曹国忠. 松辽流域地下水功能区划分初探[J]. 东北水利水电,2009,27(2):24-27.
 [11] 周阳,王友林,杜少少,等. 关中盆地地下水系统的划分与特征[J]. 中国地质调查,2018,5(4):67-75.
 [12] 陕西省地质调查中心. 陕西省 1:5 万田市镇幅(I49E009006)环境地质调查[R]. 西安:陕西省地质调查中心,2016.
 [13] 胡琪坤,李发文,冯平. 基于类型特征的天津市地下水功能区划分[J]. 水利水电技术,2013,44(9):4-7,11.
 [14] 范伟,肖长来,熊启华,等. 吉林省平原区地下水功能可持续性评价[J]. 水资源保护,2009,25(3):14-17.

Functional division of groundwater in Tianshi Town and its surrounding areas in Shaanxi Province

SONG Yaya, ZHANG Peidong, ZHANG Hangbo, KANG Hua, SHI Wei, HOU Juan
 (Shaanxi Center of Hydrogeological, Engineering and Environment Geological Survey, Xi'an 710016, China)

Abstract: In order to achieve reasonable exploitation, scientific management and effective protection of groundwater in Tianshi Town and its surrounding areas in Shaanxi Province, based on the technical outline for the division of national groundwater function zones, the authors established the index system of groundwater function division, combing with the distribution characteristics of groundwater resources, the hydrogeological condition, the current situation of the groundwater development and utilization and demands for ecological and environmental protection in the region. The comprehensive exponential model and MapGIS technology were adopted. The groundwater function in the study area was classified as suitable mining area, moderate mining area and no - mining area. The research results can provide scientific basis for formulating and implementing the protection scheme of groundwater system and exploiting groundwater reasonably in Tianshi Town and its surrounding areas.

Keywords: groundwater; functional division; comprehensive exponential method; Tianshi Town

(责任编辑:常艳)