

基于植被结构分析法的生态植被 与地下水关系研究 ——以鄂尔多斯盆地内蒙古能源基地为例

张二勇¹ 陶正平² 王晓勇² 崔旭东² 尹立河²

(1.中国地质调查局,北京 100037;2.西安地质调查中心,陕西 西安 710054)

摘要:生态植被与地下水关系研究是干旱半干旱地区地下水合理开发利用的基础。以植被空间分布和地下水埋深为基础资料,本文尝试提出大尺度生态植被与地下水关系半量化分析的新方法——植被结构分析法,并以鄂尔多斯盆地内蒙古能源基地为例进行了示范研究。利用植被结构图分析法,可在定量研究生态植被与地下水关系基础上,统计分析地下水开发后生态植被出现演替的临界水位,并预测生态植被的整体演化趋势。

关键词:生态植被;地下水;遥感解译;植被演替

中图分类号:P641.69 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2012)03-0811-07

1 前 言

生态植被与地下水关系研究是干旱半干旱区地下水资源合理开发利用的基础。在重视经济社会与环境协调发展的今天,这一关系已成为国内外研究的热点,众多学者开展了一系列相关研究:如金晓媚等^[1-3]以银川盆地为对象,从植被指数与水位埋深角度,对植被与地下水关系进行了研究;石瑞花等^[4]在孔雀河流域,对天然植物多样性与地下水关系进行了研究;郭占荣等^[5]从植物生长状况与地下水埋深关系角度进行了研究等。前人研究各有特色,也使各自研究地区植被与地下水关系的认识得以深化^[1-9];但从区域地下水开发利用的层面来看,这些研究又表现出一定程度的局限性,其结论应用到地下水开发管理中时操作性不强。本文在鄂尔多斯盆地内蒙能源基地地下水勘查实践的基础上,从地下水埋深图与生态植被类型图入手,提出了一种新的适用于大尺度地下水与植被关系半定量研究的新方

法——植被结构分析法。该方法利用空间剖分与统计技术,编制随水位埋深变化的植被类型结构图,对植被与地下水关系进行分析研究。本文利用植被结构分析法,以鄂尔多斯能源基地为例,开展野外调查与分析,以确定研究区植被与地下水的关系,并对地下水开采条件下的植被演化做出预测,为鄂尔多斯能源基地地下水的合理开发利用提供技术支撑。

2 研究区概况

鄂尔多斯盆地内蒙古能源基地位于鄂尔多斯盆地北部,面积 $8 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。区内煤炭、天然气资源丰富,是国家级能源基地——鄂尔多斯盆地能源基地的重要组成部分。但能源基地内地表水资源短缺,地下水资源开发是解决近、中期能源基地供水的主要方式,地下水资源的开发又关系到生态植被演化,因此正确认识生态植被与地下水位关系,在地下水开发方案确定及生态环境保护等方面意义重大。

鄂尔多斯内蒙古能源基地多年平均降水量在

收稿日期:2011-10-27;改回日期:2012-02-27

基金项目:鄂尔多斯盆地地下水动态调查评价项目(1212010813097)资助。

作者简介:张二勇,1978年生,男,博士,高级工程师,从事水文地质调查研究;E-mail:zeryong@mail.cgs.gov.cn。

180~550 mm,属干旱半干旱地区。区域上被称为鄂尔多斯沙漠高原。地表水系不发育,但有数量众多的小湖泊和湿地分布,大部分湖泊和湿地是地下水的排泄区。地质结构表现为以白垩系为主的向斜盆地。目标供水层位是萨拉乌素组含水层与白垩系含水层。两层地下水上下叠置,相互补给,构成了统一的地下水系统。潜水水位埋深多在1~10 m,分水岭区在20~60 m。植被以沙地植被与地带性植被为主,在区内大面积分布;低湿地植被多围绕河流或湖泊分布,分布面积相对较少。

3 生态植被与地下水关系研究方法

3.1 植被类型结构图分析法思路

植被生长状况与植被类型受气候、土壤等诸多因素影响,地下水只是其中的因素之一。本文以鄂尔多斯盆地内蒙古能源基地为研究对象,对地下水与植被关系进行分析研究时,仅考虑植被类型分布与地下水位埋深两方面关系。具体技术思路见图1。在分析前,首先对研究区水位埋深等值线图进行整体网格化处理,这样在每一个网格内对应一个水位埋深值;另外对植被类型图进行同等精度的网格化剖分。在栅格化与网格剖分基础上,统计不同水位埋深区间各种植被类型的剖分单元数,进而绘制随水位埋深变化的植被类型结构图。植被类型结构图是分

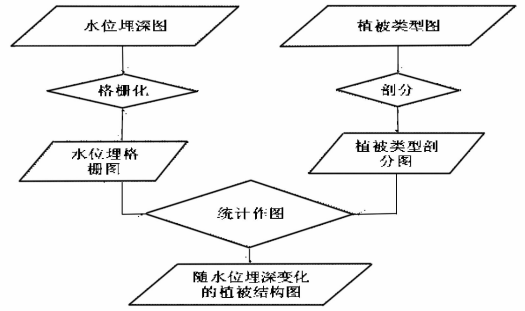


图1 植被类型结构图分析法思路图示
Fig.1 Workflow framework of the vegetation structure chart method

析地下水与植被关系的关键性、基础性图件,也是进行警戒水位确定、生态植被演替分析预测的基础。

3.2 水位埋深图网格化与植被类型图剖分

对水位埋深图网格化,可在 ArcGIS 或其他相关软件中很方便的完成。具体的水位埋深图,采用2008年8月实测的鄂尔多斯盆地内蒙能源基地水位埋深等值线图(图2)。对于栅格的规格,综合考虑植被类型图的最小斑块面积与分析研究区域的大小等来确定,这里采用236 m×236 m的精度进行网格化。在完成从等值线图到栅格数据的插值处理后(图3),在每一个网格内,得到一个代表性的水位埋深数据。

植被类型图采用鄂尔多斯盆地内蒙能源基地

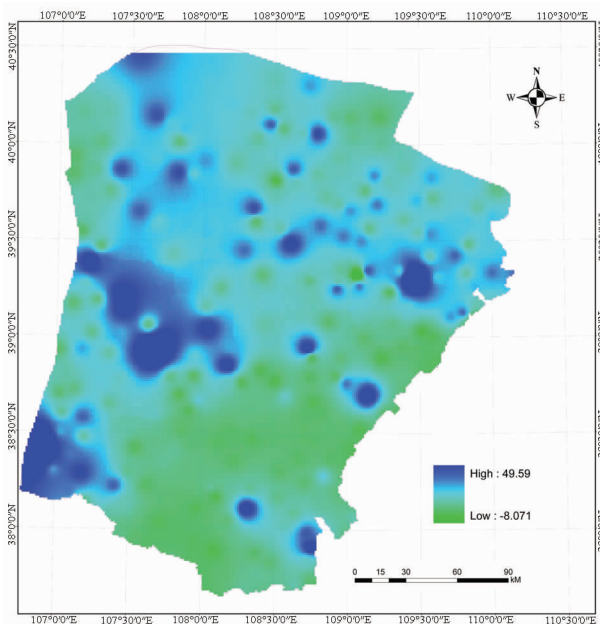


图2 研究区地下水埋深等值线图
Fig.2 Isoline of groundwater table depth in the study area

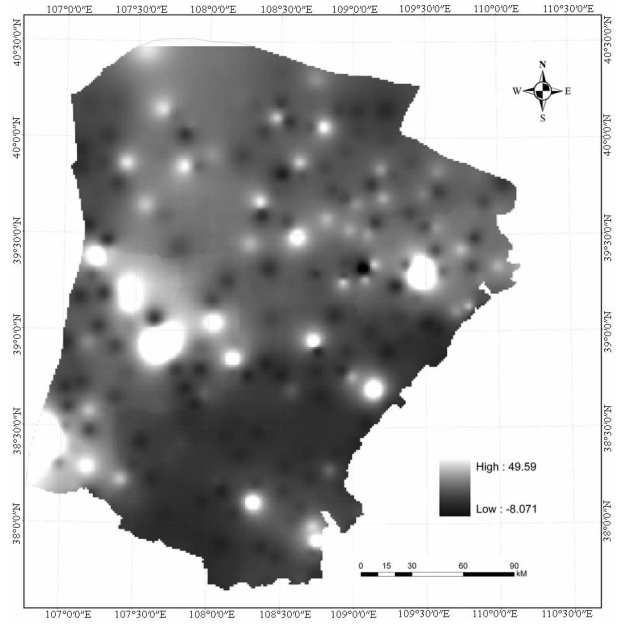


图3 研究区地下水埋深栅格图
Fig.3 Grid map of groundwater table depth

2007 年度的植被类型图(图 4),该图由内蒙古大学生命科学院周延林博士等采用遥感解译与野外调查相结合的方法取得。

研究区的天然植被有地带性植被与非地带性植被两大类,其中地带性植被又分为典型草原、荒漠化草原、草原化荒漠三类,非地带性植被又分为沙地植被和低湿地植被两小类,裸露的沙地上无植被,单独划出;其他如农田、人工林地等主要受人为因素影响,因此也单独划出。

植被类型图的剖分精度采用与水位埋深图格栅化相同的精度,即以 236 m×236 m 的网格进行剖分,植被类型图剖分后的结果见图 5。植被类型剖分图上的每一个剖分单元与格栅化水位埋深图上的格栅一一对应,也就是剖分后的植被类型图中的每一个剖分网格,在格栅化的水位埋深图上,有一个对应的水位埋深值。

3.3 植被类型结构图编制

植被类型结构图是在对不同水位埋深区间与不同植被类型剖分单元数统计的基础上来编制。对于水位埋深区间大小的确定,重点要考虑研究区域内最大与最小水位埋深的差值;水位埋深差值较大时,水位划分的区间可大一些,差值较小的,相应的区间也要小一些。对于鄂尔多斯盆地内蒙古能源基地,选

择的水位埋深区间是 0.2 m。对于植被类型,选择天然植被,也就是低湿地植被、沙地植被、典型草原、草原化荒漠、荒漠化草原五类为统计分析的对象;其他如农田、人工林地、裸露沙地等,不纳入统计编图范围。不同水位埋深区间各类型植被单元数统计结果见表 1。

利用表 1 统计的数据可编制出图 6~8。图 6 反映的是不同水位埋深情况下,各类型植被单元数的分布情况,其本质反映的是不同水位埋深区间各类型植被面积的分布情况。图 7 是图 6 所示统计结果的累积图,图 8 是在图 6 基础上形成的累积百分比图。图 7 与图 8 从不同方面反映了不同水位埋深区间植被分布面积的结构特征。

4 主要结果与讨论

4.1 生态植被与地下水关系分析

综合图 6~8 可看出:在研究区沙地植被的分布面积最大,属区内的优势植被。低湿地植被分布面积相对较小,不属于优势植被。就植被类型与地下水的关系,主要利用图 6,通过各类型植被单元数随水位埋深变化所表现出的分布特征来确定。

低湿地植被:植被单元主要分布在 0.5~4.0 m 的水位埋深区间,较明显的单元数峰值区有两个,对应的水位埋深分别是 1.2 m、3.2 m,结合低湿地植被

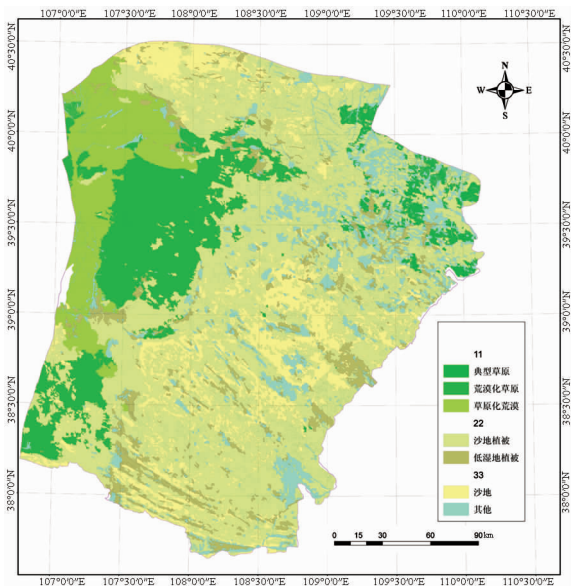


图 4 基于遥感解译的植被类型图

Fig.4 Vegetation types structure map based on remote sensing data in the study area

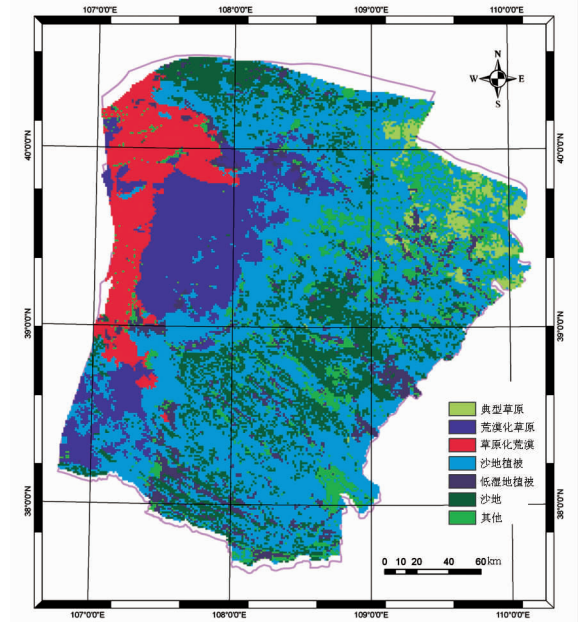


图 5 植被类型剖分图

Fig.5 Vegetation types structure map based on subdivision in the study area

表 1 不同水位埋深区间的植被类型单元数统计(部分)
Table 1 Statistic amount of vegetation types grid units in different groundwater table intervals

水位/m	植被单元数/个				
	低湿地植被	沙地植被	草原化荒漠	荒漠化草原	典型草原
0.2	1				
0.4	12				
0.6	36				
0.8	82				
1.0	170	1			
1.2	212	1			
1.4	185	5			
1.6	143	6			
1.8	165	4			
2.0	114	9			
2.2	154	12			
2.4	184	7			
2.6	251	23			
2.8	365	17			
3.0	287	15			
3.2	162	33	1		1
3.4	124	38			1
3.6	196	58	3		1
3.8	118	72	5	2	3
4	99	104	14	2	1
4.2	122	112	5	3	1
4.4	68	132	7	4	5
4.6	69	163	12	6	4
4.8	32	200	13	6	4
5	28	216	9	5	2
5.2	31	200	17	4	3
5.4	16	270	6	5	6
5.6	15	284	19	6	3
5.8	11	242	11	6	3

根系长度、生长习性等植物学特征,分析表明低湿地植被与地下水关系密切。

沙地植被:植被单元主要分布在 1.0~20.0 m 的水位埋深区间,较明显的单元数峰值区的水位埋深在 5.0 m 与 15.0 m 左右;另外可看到水位埋深很小时(如小于 2 m),也有沙地植被单元数分布。结合近年来我们对沙地植被野外调查、试验成果与沙地植被的植物学特征,分析表明沙地植被与地下水总体上而言关系不密切,但在局部区域,如果有地下水的支持,沙地植被会生长得更好。

地带性植被:典型草原、荒漠化草原与草原化荒漠等地带性植被,植被单元主要分布在 5~20 m 的水位埋深区间,植被单元数的峰值区虽有不同,但多在 8 m 以上,因此认为地带性植被与地下水关系不密切。

4.2 生态敏感区划分及警戒水位的确定

水位埋深与植被类型共同决定着植被与地下水的关系。因此在植被对地下水位的敏感性区划研究中,重点考虑这两方面因素。具体以图 9 为划分依据。植被敏感性划分为一级敏感区、二级敏感区与非敏感区三级。

一级敏感区:水位埋深小于 3.0 m,低湿地植被占比大于 90%,因此这一区域也可称为低湿地植被区。一级敏感区内地下水位埋深在 3 m 以内呈现趋势性变化时,会出现低湿地植被群系的演替,但仍会保持低湿地植被的格局;水位埋深大于 3 m 后,会出现低湿地的萎缩与低湿地植被的退化,因此 3 m 的水位埋深界线可称为低湿地植被退化的警戒水位。

二级敏感区:水位埋深介于 3.0~4.8 m,属低湿地植被区与沙地植被、地带性植被的过渡地带。随水

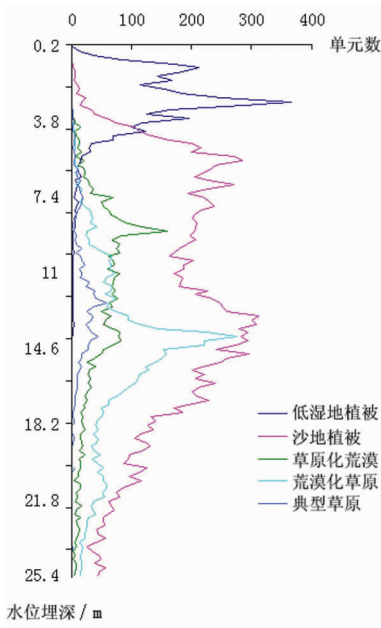


图 6 植被分布统计图

Fig.6 Vegetation distribution chart based on statistic method

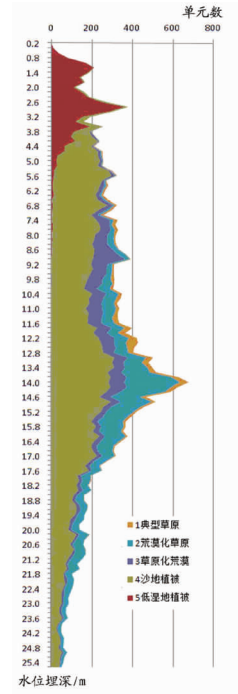


图 7 植被结构图

Fig.7 Vegetation structure

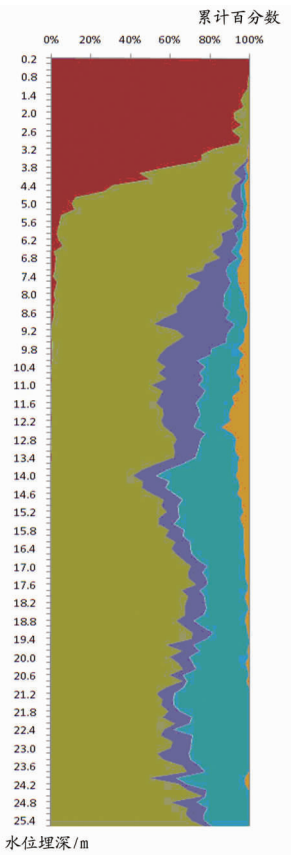


图 8 植被结构百分比图

Fig.8 Structure percentage chart

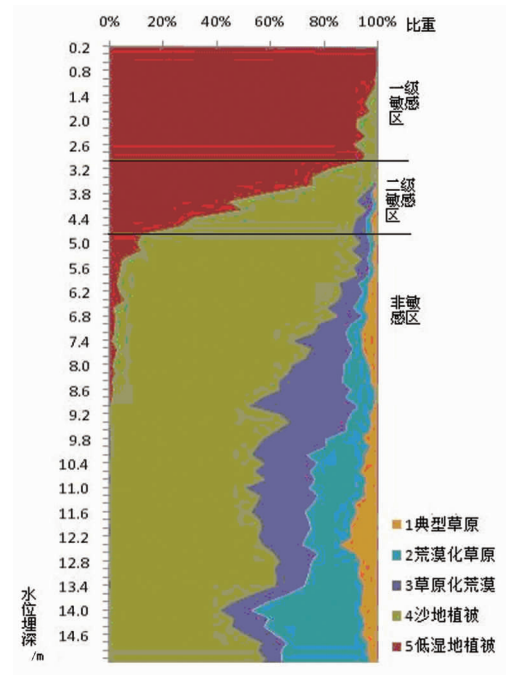


图 9 植被敏感性区划图

Fig.9 Vegetation sensitivity subdivision chart based on groundwater table

位埋深的加大,低湿地植被比重渐次降低,沙地植被比重增加,并出现少量地带性植被。地下水位埋深大于 4.8 m 后,会出现低湿地植被消失现象,因此 4.8 m 的水位埋深界线可称为低湿地植被消失的警戒水位。

非敏感区:水位埋深大于 4.8 m,低湿地植被比重很少(小于 10%)且随水位埋深增大渐次消失,与地下水埋深无关的沙地植被是非敏感区内的优势植被,地带性植被比重也会随水位埋深增加而增大。

4.3 植被演替预测与植被风险评价

在生态植被与地下水关系认识的基础上,结合植被的敏感性区划,依据图 9 可以对研究区地下水开发后,地下水位下降情况下植被演替做出定性预测:在水位埋深小于 5 m 时,随水位埋下降,低湿地植被在植被分布中的比重会不断下降,而沙地植被的比重呈现增长趋势。水位埋深大于 5 m 时,随水位埋深增加,植被结构格局不会发生明显变化。

植被类型随水位埋深所表现出的结构变化,不但指示着植被类型与地下水关系,也指示着地下水位下降以后,植被可能的演化趋势为:低湿地植被会向沙地植被与地带性植被演替。

在地下水开发情况下,随水位下降或水位埋深增大,生态植被存在的风险是:一级与二级敏感区面积缩小,非敏感区面积扩大;低湿地植被演替为沙地植被或地带性植被;沙地植被与地带性植被不会受到明显影响。区内低湿地植被所占比重较小,仅是区域面积的 6.1%,因此在地下水的开采过程中,如能通过开采方案优化,将低湿地植被区的水位控制在 3 m 以内,低湿地植被与沙地植被及地带性植被过渡区的水位埋深控制在 4.8 m 以内,那么区域植被的总体分布格局将不会出现明显变化。地下水开发对植被生态的影响主要表现为一级敏感区内低湿地植被群系的演替与二级敏感区内低湿地植被比重的下降。

5 结论与问题

1)鄂尔多斯盆地内蒙能源基地内的优势植被是沙地植被与地带性植被,低湿地植被所占比重较小。低湿地植被与地下水关系密切,地下水位埋深控制着低湿地植被的分布;沙地植被与地带性植被与地下水关系不密切。

2)在地下水开发情况下,如能把低湿地区水位

埋深控制在 3 m 以内,低湿地植被与沙地植被及地带性植被过渡区的水位埋深控制在 4.8 m 以内,那么区域植被的总体格局将不会发生明显变化,可能出现的低湿地植被群系的演替、湿地植被比重下降的植被风险在一定程度上可以承受。

3)从植被结构特征入手,对植被与地下水关系进行分析,是一种全新的思路和方法,所得出的结论容易为决策者理解和认可。该方法可用于西北其他盆地,并可作为一种模式化的分析与研究方法。

4)利用植被结构图分析地下水与植被关系应注意的问题主要是水位埋深等值线图的精度。水位埋深图误差较大时,会导致警戒水位的确定精度较差。

致谢:本文分析研究依据的植被类型图由内蒙古大学生命学院周延林博士等完成,论文编写过程中,西安地质调查中心侯光才教授级高工给予大量指导和帮助,特此致谢。

参考文献(References):

- [1] 金晓媚, 万力, 张幼宽, 等. 银川平原植被生长与地下水关系研究[J]. 地学前缘, 2007, 14(3):197-203.
Jin Xiaomei, Wan Li, Zhang Youkuan, et al. A study of the relationship between vegetation growth and groundwater in the Yinchuan Plain[J]. Earth Science Frontiers, 2007, 14(3):197-203(in Chinese with English abstract).
- [2] 金晓媚, 万力, 薛忠歧, 等. 基于遥感方法的银川盆地植被发育与地下水关系研究[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(1):129-132.
Jin Xiaomei, Wan Li, Xue Zhongqi, et al. Research on the relationship between vegetation development and groundwater in Yinchuan Basin based on remote sensing [J]. Journal of Arid Land and Resources and Environment, 2008, 22(1):129-132 (in Chinese with English abstract).
- [3] 石瑞花, 李霞, 尹业彪, 等. 孔雀河流域天然植被多样性与地下水关系[J]. 资源科学, 2009, 31(9):1553-1560.
Shi Ruihua, Li Xia, Yin Yebiao, et al. The Relationship between plant diversity and groundwater in Kongquehe River Basin [J]. Resources Science, 2009, 31(9):1553-1560(in Chinese with English abstract).
- [4] 郭占荣, 刘花台. 西北内陆盆地天然植被的地下水生态埋深[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(3):157-161.
Guo Zhanrong, Liu Huatai. Eco-depth of groundwater table for natural vegetation in inland basin, northwestern China [J]. Journal of Arid Land and Resources and Environment, 2005, 19 (3):157-161 (in Chinese with English abstract).
- [5] 杨泽元, 王文科, 黄金廷, 等. 陕北风沙滩地区生态安全地下水位埋深研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版). 2007, 34(8): 67-74.
Yang Zeyuan, Wang Wenke, Huang Jinting, et al. Research on buried depth of eco-safety about groundwater table in the blown-

- sand region of the Northern Shaanxi Province [J]. Journal of Northwest Science Technique University of Agriculture and For. (Nat.Sci.Ed.).2007, 34(8):67-74(in Chinese with English abstract).
- [6] 张丽,董增川,黄晓玲.干旱区典型植物生长与地下水位关系的模型研究[J].中国沙漠,2004,24(1):110-113.
Zhang Li, Dong Zengchuan, Huang Xiaoling. Journal of Desert Research[J]. 2004, 24(1):110-113(in Chinese with English abstract).
- [7] 邓正波,束龙仓,等.塔里木河下游数字地下水埋深模型的构建[J].河海大学学报(自然科学版).2005,33(1):45-48.
Deng Zhengbo, Shu LongCang, et al. Construction of digital groundwater depth model for lower Tarim River [J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences, 2005, 33(1):45-48(in Chinese with English abstract).
- [8] 郑丹,李卫红,陈亚鹏,等.干旱区地下水与天然植被关系研究综述[J].资源科学,2005,27(4):160-167.
Zheng Dan, Li Weihong, Chen Yapeng, et al. Relations between groundwater and natural Vegetation in arid zone [J]. Resources Science, 2005, 27(4):160-167(in Chinese with English abstract).
- [9] 姜联合,王建中,郑元润.鄂尔多斯高原植物群落季节生长格局模拟[J].生态学报,2005,25(4):733-739.
Jiang Lianhe, Wang Jianzhong, Zheng Yuanrun. A simulation model of the seasonal growth pattern of plant communities in the Ordos Plateau[J]. Acta Ecological Sinica, 2005, 25(4):733-739(in Chinese with English abstract).

A study of vegetation response to groundwater on regional scale in northern Ordos Basin based on structure chart method

ZHANG Er-yong¹, TAO Zheng-ping², WANG Xiao-yong², CUI XU-dong², YIN Li-he²

(1. China Geological Survey, Beijing, 100037, China; 2. Xi'an Center of Geological Survey, CGS, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: Research on the relationship between vegetation and groundwater resources in arid and semi-arid regions is the foundation of groundwater evaluation, exploitation and management. With increasing emphasis placed on coordinative development of society, economy and eco-environment today, the relationship mentioned above has gradually become a hot research topic both in China and abroad. Based on the data concerning the spatial distribution of vegetation and the groundwater depth, the authors proposed a new semi-quantitative analytical method for large-scale ecological relationship between vegetation and groundwater, i.e., vegetation structure chart method, and carried out extensive applied research with the Ordos energy base as an example. By using vegetation structure chart method, not only the relationship between vegetation and groundwater but also the warning water level of vegetation succession caused by groundwater exploitation could be obtained. Besides, The developing trend of the vegetation succession can also be predicted. The vegetation structure chart method can be used to make a patterning analysis and research on the relationship between vegetation and groundwater on the regional scale in arid and semi-arid regions. The method is easy to operate, convenient to practice, and simple to implement in production and scientific research.

Key words: ecological vegetation; groundwater; remote sensing interpretation; vegetation succession

About the first author: ZHANG Er-yong, male, born in 1978, engages in the study of hydrogeology; E-mail: zeryong@mail.cgs.gov.cn.