

陆地卫星遥感信息在山东荣成 地下水资源量计算中的应用

费美高 许 模

(成都理工学院水文地质与工程地质系 成都 610059)

提 要 以控制地下水资源形成、运移和贮存的水文下垫面为纽带,将遥感信息和地下水资源量有机的连结起来,形成一个“遥感信息—水文下垫面—地下水资源量”的研究区域地下水资源的新思路,并成功地应用于山东省荣成市的区域地下水研究。

关键词 遥感 水文下垫面 地下水资源

目前区域地下水常规的水资源评价需要大量的计算参数,遥感图象的丰富信息未能充分利用。制约水资源形成、运移等规律的水文下垫面则为遥感图象与水资源评价之间架起一座桥梁。遥感图象能有效的识别控制水资源形成分布的地质、地貌、土壤、植被等条件的地理-地质单元,即水文下垫面,而同一类型下垫面对水资源具有相似的控制作用,可用基本相同的数学模型和计算参数来计算水资源,因此利用遥感图象的丰富信息解译、编制反映水文及水文地质条件的水文下垫面图就成为水资源评价的前提和有效途径^[1]。以山东荣成为例,说明由陆地卫星遥感图象解译编制水文下垫面图,继而计算荣成市境内的地下水天然补给量这一研究区域地下水资源的新途径。

1 荣成区域水文地质概况

山东省荣成市位于胶东半岛最东端,北东南三面环海。经济发达,地下水资源为其主要供水水源。荣成境内群山连绵,沟壑纵横。地势南北高,北部有连绵的伟德山;南部有东西向面海而立的石岛山和槎山,山体皆由燕山期花岗岩组成。而中部地区主要是由下元古界变质岩构成的丘陵和准平原地形,呈现南北高,中间低的马鞍形。本区河流为季风区雨源型河流,源短流浅,流域面积小,多独流入海,河床坡降大,泄流快。

区内地层简单,仅出露下元古界胶东群(P_4)、下白垩统青山组(K_4)和第四系松散堆积物(Q)。胶东群为一套以混合岩化角闪黑云片麻岩、花岗片麻岩、黑云片岩为主,间夹有大理岩、石英岩等的地层,构成乳山—威海复背斜的东翼,受多次构造变动和岩浆活动影响,变质程度高,断裂发育,风化程度较高。青山组为一套安山凝灰角砾岩、流纹安山岩等组成的火山岩和火山碎屑沉积岩。第四系有坡残积、冲洪积、海积等多种成因。在中生代白垩纪区内大面积发生岩浆侵入,形成多个规模较大的岩基和众多小岩脉。

按地下水的含水介质特征可将本区地下水分为松散层孔隙水和基岩裂隙水两大类,前者主要分布于较大河流下游及入海口处,由冲洪积物和海积物连成一个含水整体;后者

本文收稿日期:1995-10-27,改回日期:1995-12-20。

则赋存于全区大范围分布的变质岩、花岗岩、喷出岩中。两者之间没有稳定的隔水屏障,形成一个相互影响的含水系统,受降水补给流往黄海,但两者在分布范围和富水性方面有较大差异。

2 陆地卫星多波段扫描(MSS)数字图象的计算机处理

陆地卫星多波段扫描(MSS)数字图象是航天遥感资料的一种。MSS 数字图象可用专用的计算机系统作“数—图”的转化,形成陆地卫星 MSS 图象即卫星象片(MSS 片)。

图象处理是选用美国陆地卫星多波段扫描磁带,威海幅512列1024行范围的数字图象进行运算。遥感图象的数字处理是利用美国斯坦福技术公司国际图象系统分公司生产的S-101数字图象处理系统。遥感图象是它覆盖范围内所有地物的反射波谱特征的反映,记录的内容极为丰富,由于扫描光谱波段和分辨率的限制,单凭肉眼较难准确区分相邻地物的影像特征或识别提取有用的信息,为此进行数字图象的计算机处理,目的是解译荣成水文下垫面中包含的地貌、岩性、构造、植被等因子,采用了以下数字图象处理方法^[2]:

1. 反差增强 根据一定的数学模式由计算机对原始图象亮度值进行计算,有规律地改变原图象灰度和色调,扩展拉伸或压缩一部分亮度数据分布,以提高图象信息的分辨率并适应人眼的感觉。增强模式包括如下几类:

A. 比例扩张(SCALE). 将原图象亮度值由0—64按线性方式扩展为0—256等级,图象各部分等效增强;B. 直方图正态(HIST' N). 代表一个离散变量的概率密度函数,数字图象的直方图反映了每个象元值的概率密度。经处理后新图象亮度值出现的概率同原图象满足正态分布,但正态曲线的均值和方差发生改变,即亮度值间值呈非线性拉开,使原图象中色调暗和亮两极的影像层次增加,而中等亮度的影像层次被压缩;C. 直方图均衡(HIST' Q). 使累积直方图线性化。使中等亮度值区间得到扩展,压缩了原图象中的亮区和暗区,与直方图正态是相互补偿的;D. 调节(ADJ). 公式为 $X' = S'(X - M)/S + M'$,式中 X, M, S 为原图象亮度值、均值和标准差; X', M', S' 分别为新图象的对应值;E. 局部增强(LOCAL). 与调节(ADJ)处理方法类似,按指定的 M' 和 S' 进行局部的线性变换运算(照片1)¹⁾。

2. 频谱变换 对同一地区 MSS 四个波段图象在频谱上完成各种变换。本次选用哈达玛(HADAMA)变换,其原理是利用原始图象同一象元在不同波段亮度值“和”和“差”来重新组合图象(照片2)。

3. 卷积滤波处理(CONV) 选用活动掩模(又称卷积核或滤波器)对原图象进行卷积计算,由不同的卷积核来控制滤波效果。为了突出区内不同方向的构造信息和环形影象,用能增强方向的卷积核进行运算,使线性影象更突出清晰,提高线性构造的分辨率。

3 水文下垫面的遥感综合解译

水文下垫面的综合解译按地貌条件,岩性构造条件,植被覆盖度三个专题分别解译编

1)本文照片见刊末图版I。

图,它们都可从遥感图象的丰富信息中提取,三种内容迭加组合便形成水文下垫面。综合解译和专题图的编制,是使用经计算机处理后的多功能片。

3.1 水文下垫面主要因子的解译

3.1.1 地貌条件

地貌主要通过气候因素(降雨、蒸发、气温)间接的对水资源量产生影响,地形坡度直接影响径流及对地下水的补给,反映了汇水条件。本区是大陆台地。元古代以来长期处于缓慢上升而未接受沉积,中生代印支期,燕山期的造山运动,岩浆活动加剧,陆台开始活化上升,使本区饱受侵蚀作用。侵入岩多构成低山,变质岩多形成低山丘陵,陆台经长期剥蚀,本区地貌在第四纪前已具雏形。第四纪以来的风化,剥蚀和搬运堆积等各种外营力作用,对其进一步雕塑,形成当今的地貌景观。按其形态及形成特点,结合利用计算机数字图象处理后的遥感照片 SCALE, HIST' Q 和 HADAMA 片解译,将全区地貌分四种类型:

1. 低山区 位于北部的伟德山和南部的槎山等地,皆为燕山期花岗岩组成,海拔300—500m,沟深坡陡为主要特征。

2. 丘陵区 主要围绕低山周边分布,海拔80—300m,切割深度小于180m,地形波状起伏,主要由燕山期花岗岩及胶东群变质岩和青山组火山岩、火山碎屑岩组成。

3. 准平原区 分布于崖头—兰家以南,海拔10—80m,地形起伏。由胶东群片麻岩、变粒岩组成,因岩石抗风化能力不均,地面微弱起伏。

4. 平原区 主要分布于较大河流下游和沿海地带,海拔小于20m,由第四系冲洪积物和海积物组成,岩性多为中细砂,粘质砂土等组成。

3.1.2 岩性类型

区内出露的地层中主要有四种岩性:燕山晚期花岗岩、元古界变质岩、白垩系青山组火山岩和第四系松散堆积物。

在 SCALE, ADJ, HADAMA 功能片上,花岗岩影象特征为深棕红色,色调均匀,与周边变质岩有明显的界线;与此相比,喷出岩则颜色略浅,仍为棕红色,但色调很不均匀,与周边变质岩界线也不十分清晰;而区内广泛分布的变质岩,在崖头镇以北显浅灰白色调,不均匀,以南则棕色斑点明显增多,色调较为均匀,松散岩类在有较大河流入海处带状分布,颜色浅且均匀。分布范围较大的花岗岩和变质岩,因受构造影响,其透水性有一定差异,而透水性的好坏对地下水形成具控制作用。区内构造运动强烈,所形成的东西向,北西向断裂为张性、张扭性,对地下水形成、运移有利。在 CONV, LOCAL 功能片上,线性构造有很好的显示。

综上所述,区内岩性类型分为六类:1. 花岗岩 I 类,迭加有透水断裂的影响;2. 花岗岩 II 类;3. 变质岩 I 类,迭加有透水断裂的影响;4. 变质岩 II 类;5. 火山岩、火山碎屑岩;6. 第四系松散堆积物。另外南北向压性断裂在遥感图象上十分清晰,且在崖头以南位于断裂东西两盘地表水、地下水皆有较大差异,因而进行岩性分区时作为一种分区界线处理。

3.1.3 植被覆盖度

植被是下垫面的重要组成部分,它可以截留大气降水,减小径流量,增大径流阻力,增加地下水补给量,因而植被是区域水循环的重要因素。

植被主要根据 SCALE 片影像特征参照实际调查资料进行评定,分好、中、差三级。

3.2 水文下垫面图的编制

水文下垫面图是由上述三个因子图迭加综合而成。下垫面的基本类型是地貌单元和岩性类型的组合,本区共划分了九种基本类型。在基本类型基础上,根据植被覆盖度划分次级单元,本区划分16个次级单元(图1,表1)。

表1 下垫面次级单元基本特征

Table. 1 The basic character of secondary elements of hydrological underlying surface

单元号	地貌	岩性	植被覆盖度	面积(km ²)	单元号	地貌	岩性	植被覆盖度	面积(km ²)
1	丘陵	变质岩Ⅰ	中	63.0	9	平原	松散沉积物	中	20.4
2	丘陵	火山岩	好	109.3	10	准平原	变质岩Ⅰ	中	68.2
3	丘陵	火山碎屑岩	差	164.0	11	丘陵	变质岩Ⅱ	中	96.4
4	丘陵	变质岩Ⅱ	差	107.1	12	丘陵	变质岩Ⅱ	差	66.8
5	低山	花岗岩Ⅰ	好	79.0	13	丘陵	变质岩Ⅰ	中	52.2
6	丘陵	花岗岩Ⅰ	中	213.0	14	准平原	变质岩Ⅰ	差	83.8
7	平原	松散沉积物	中	51.8	15	低山	花岗岩Ⅱ	差	79.6
8	准平原	变质岩Ⅰ	中	115.8	16	准平原	花岗岩Ⅰ	中—好	183.6

4 地下水天然资源评价

4.1 计算方法选择

区内地下水资源来源于大气降水的入渗补给。而降水的补给严格受地质、地貌、土壤、植被等条件,即水文下垫面的控制,同一类型的下垫面对水资源具有相似的控制作用,可用基本相同的数学模型和计算参数来计算水资源。因此在通过遥感图象综合解译水文下垫面的基础上,选择合适的数学模型,就能有效准确的计算区内地下水资源。

数学模型的选择应是简单且具实际意义的,该模型中的参数要明显受下垫面制约,以便用最少的参数给出可靠的结果。目标是计算地下水天然状态下的补给量,反映地下水资源的本底值,而此量是由降水入渗补给形成的,因此选用以下公式计算

$$Q = 1000 \cdot P \cdot F \cdot a$$

式中 Q 为降水入渗补给量(m^3/a); P 为降水量(mm/a); F 为计算单元面积(km^2); a 为入渗系数。式中的 a 值,在一定气候条件下明显受下垫面控制,即 a 值将随下垫面的不同而有不同数值,有一定规律性。这是用水文下垫面图进行水资源计算的理论依据。

4.2 计算参数的选取

4.2.1 降水入渗系数(a)

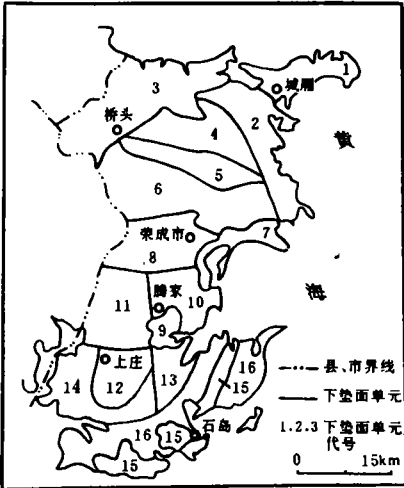


图1 荣成市水文下垫面图

Fig. 1 The hydrological underlying surface map of Rongcheng

区内有17口长观井,这些井所在位置一般较平缓的相对低洼之处,潜水径流相对微弱,地下水位埋深除16号井约10m外,其余各井埋深在0.2—3.0m,因而可近似认为这些井潜水位在枯季末雨季初的回升是降水入渗补给造成的,也可通过分析潜水位变化曲线近似的测定降水入渗补给量,进而确定降水入渗系数,即有如下关系

$$\alpha \cdot P = \mu \cdot \Delta H,$$

式中 P 为造成潜水位上升的降水量; ΔH 为潜水位上升值; μ 为潜水含水层的给水度.

利用1984年的潜水动态曲线(图2),即可求得入渗系数 α (表2). 利用鲍村水文站的沽河流量资料进行流量分割,求得1964—1980年的鲍村水文站以上流域内的降水入渗系数,其17年的平均值为0.157,与相应的下垫面次级单元6号与8号以潜水的动态分析法求得的结果基本相同,

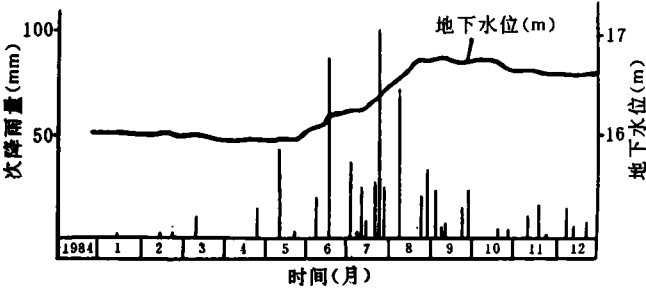


图2 W2观测井地下水动态曲线

Fig. 2 The groundwater level curve of Well No. 2

因而潜水动态分析方法获得入渗系数是可信的能够代表相应的水文下垫面,其数值大小隐含了下垫面多因素共同作用的结果.

表2 降水入渗系数计算结果

Table 2 The result of precipitation seepage coefficient

井号	位置	岩性	地下水位埋深(m)	α	下垫面单元 ¹⁾
1	崖头镇大泊子村	松散沉积物	1.2—3.1	0.3230	7
2	泊于小林格村	变质岩	1.6—2.3	0.1060	3
3	港西巍巍村	喷出岩	0.4—1.2	0.1297	2
4	龙须岛蒲家泊	变质岩	0.8—1.8	0.1617	1
5	成山卫六村	变质岩	0.6—1.7	0.1596	1
6	桥头镇	变质岩	1.5—2.4	0.1167	3
7	埠柳上疃村	花岗岩	1.8—3.0	0.1617	4
11	腾家花园村	松散沉积物	1.1—1.9	0.2400	9
13	崂山施家村	变质岩	0.5—1.3	0.1567	10
14	荫子乡	变质岩	1.1—2.1	0.1689	6
17	腾家二章村	变质岩	0.6—1.4	0.1494	11
20	上庄河南王家	变质岩	2.9—3.7	0.1216	12
21	王连镇	变质岩	1.3—1.7	0.1310	13
22	宁津东墩村	变质岩	0.2—2.6	0.1897	16
23	大疃被服厂	变质岩	1.3—2.0	0.1733	8
24	夏庄镇	花岗岩	1.3—2.9	0.1476	6

1)见图1和表2.

4.2.2 年降水量(P)

区内积累有41年的降水序列,降水量的经验频率(P)计算式为

$$P=m/n+1,$$

式中 m 为年降水量由大至小顺序的排列序数; n 为降水量序列的总个数,此处 $n=41$. 按经验频率值 $P<12.5\%$, $P=50.0\%$, $P>87.5\%$ 分别作为降水量的丰、平、枯水处份,则有 1985 年(降水量 985.6mm), 1974 年(760.2mm), 1986 年(522.2mm) 分别为丰、平、枯三个典型年.

又因为能表现降水量地域上变化特征的各乡镇降水资料只有 1975—1985 这 11 年资料,以降水量值进行类比,可确定计算地下水资源的三个典型年为 1985 年(985.6mm), 1976 年(744.9mm), 1977 年(529.2mm) 作为丰、平、枯水年.

入渗系数的求取是从次降水量入渗的角度进行,而全年降水量中数次降水量较小,不能形成入渗,据 1:20 万威海—文登幅水文地质区测报告,一般次降水量 $<5\text{mm}$ 为无效降水量,相应可综合统计年降水量中仅 78% 为有效降水量,对渗入补给有利.

各单元典型年的降水量根据相应年的降水量等值线求得(图 3).

4. 2. 3 单元面积(F)

在 1:20 万地形图上,用求积仪量取,并用数格法校正.

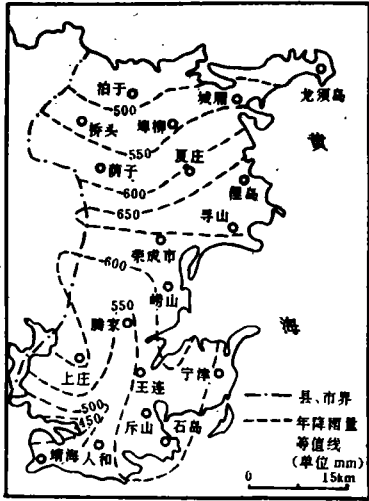


图3 降水量等值线图(1976年)

Fig. 3 The contour map of precipitation (1976)

表3 地下水天然资源计算结果

Table 3 The calculating results of groundwater natural resources

计算单元	面积 (km^2)	有效降水量(mm)			入渗系数 α	天然资源($\times 10^4\text{m}^3/\text{a}$)		
		丰	平	枯		丰	平	枯
1	63.0	775.6	592.3	397.7	0.1607	785.22	599.65	402.66
2	109.3	818.1	577.2	530.2	0.1297	1159.97	818.40	751.76
3	164.0	851.4	623.5	387.0	0.1060	1480.07	1083.88	672.69
4	107.1	925.4	839.2	416.9	0.1617	1602.62	1106.97	722.01
5	79.0	753.2	654.5	530.6	0.1000	595.03	517.06	419.20
6	213.0	734.7	625.4	479.7	0.1689	2643.13	2249.92	1725.75
7	51.8	791.3	538.9	483.8	0.3230	1323.96	901.85	809.39
8	115.8	709.0	614.3	490.7	0.1733	1422.83	1232.88	984.74
9	29.4	629.8	553.6	417.7	0.2400	444.39	390.65	294.72
10	68.2	649.7	621.7	458.7	0.1567	694.33	664.41	490.23
11	96.4	800.7	663.5	445.7	0.1494	1153.18	955.58	641.89
12	66.8	605.1	587.3	475.4	0.1216	491.52	477.05	386.17
13	52.2	807.5	668.6	446.8	0.1310	552.18	457.20	305.52
14	83.8	617.6	445.5	346.0	0.1216	629.34	454.00	352.47
15	79.6	773.6	855.9	455.4	0.1000	815.79	518.16	362.47
16	183.6	805.4	672.0	413.8	0.1897	2804.81	2340.25	1441.03
合计						18398.37	14767.51	10762.82

4.3 计算结果(表3)

如前所述,地下水天然资源的计算建立在控制地下水形成的水文下垫面基础上,水文下垫面的识别是通过遥感图象丰富信息的解译结合地面实地调查而完成的;参数的选取充分利用区内17口地下水位长观井的丰富信息,以及区内各乡镇的降水量资料,因而对全区的控制程度较高,所得的结果亦是有所保证的。

由于降水是本区地下水补给的根本来源,因而以降水量的丰、平、枯多年变化比拟地下水天然资源的多年变化。枯水期地下水天然资源为 $10\ 762.82 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$,保证率为85.7%,丰水年为 $18\ 398.37 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$,保证率11.9%,平水年 $14\ 767.00 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$,保证率52.3%。1:20万威海—文登幅区域水文地质调查报告,利用多年平均降水量通过降水入渗系数计算本区地下水天然资源为 $14\ 213.12 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$,与本次计算所得的平水年地下水天然资源非常接近,表明本次计算结果的可比性和可靠性,无疑说明从遥感图象—水文下垫面—地下水资源这一方法过程是合理的,具有良好的应用前景。

参 考 文 献

- [1] 费美高,许模. 应用遥感图象信息研究青岛水文地质问题. 成都理工学院学报,1996.(1)期.
- [2] 万发贵,柳健,文源等. 遥感图象数字处理. 武汉,华中理工大学出版社,1991.108—123.

APPLICATION OF REMOTE SENSING INFORMATION FROM LANDSAT IN ESTIMATING GROUNDWATER RESOURCES OF RONGCHENG COUNTY SHANDONG PROVINCE

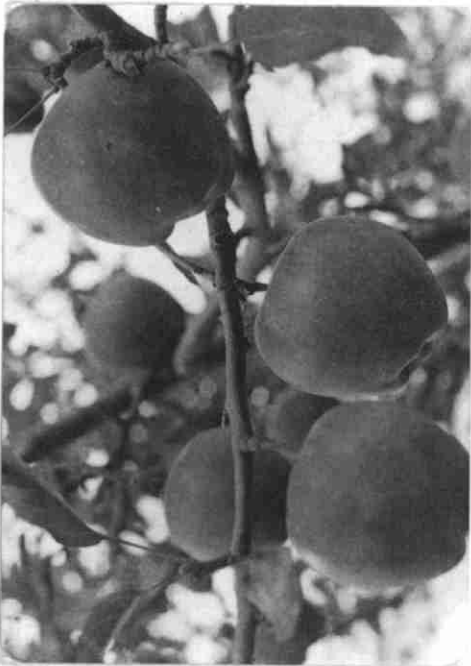
Fei Meigao Xu Mu

(Department of Hydrogeology and Engineering Geology, Chengdu Institute of Technology Chengdu 610059)

Abstract

The hydrological underlying surface, which determines the characteristics about forming, moving, storage of groundwater, is considered as a tie between remote sensing information and groundwater resource. The remote sensing information—hydrological underlying surface—groundwater resource is summarized as a new way for studying regional groundwater. This method is successfully used in regional groundwater of Rongcheng County, Shandong Province.

Key words remote sensing, hydrological underlying surface, groundwater resource



照片 2 汶川县苹果(杨启修摄)



照片 4 茂县花椒(包维楷摄)



照片 1 泸定县红桔(杨启修摄)



照片 3 康定县板栗(杨启修摄)