

# 应用遥感资料研究王曲岩溶泉群

汪 柏 林

(水电部华北电力设计院)

1986年1月18日收到

王曲泉群是山西省内大型岩溶泉之一。据“王曲电厂水源勘测报告”，泉水最大流量为11.9米<sup>3</sup>/秒，是发展该地区工农业的主要水源。建国以来，先后有煤炭、地质等部门进行过多次地质和水文地质工作。由于目的不同，研究的范围、内容和精度也各有所异。本次系采用1976年10月第2颗陆地卫星资料并配合航空像片解译，来查清泉域内贮水构造、地下水汇水边界及其迳流条件，为拟建大型火电厂开发和利用泉水所进行的勘探和设计提供必要的资料。解译成果经过野外验证，效果良好。

## 一、区域地质解译

从卫星像片影像上来看，解译区内一级影像构造有太行山隆起带、沁水沉降带和长治断陷盆地。二、三级构造以新华夏系影像褶皱带为主，伴有南北向、东西向及北东向线性构造，构成了本区较为复杂的地质结构(图1)。

### 1. 地层及岩体影像解译

从影像上看，侵入岩体( $\delta_1$ )分布在解译区东部和东南部，为深灰色调，呈圆形和串珠状图形，水系呈近放射状(图版 III 图2)，经验证岩性为闪长岩。

从影像上看，太古代地层( $Az$ )分布在解译区的东北部。浅灰色调，色调反差小，图像纹理紊乱，水系短小(图版 III 图3)，经验证，岩性由片岩及片麻岩组成。

震旦纪地层( $Z$ )分布在解译区的东北部，为浅灰色，色调反差较强，阴影宽大而明亮，水系粗短，呈直角相交，岩性以石英砂岩为主。

寒武纪地层( $\epsilon$ )分布在解译区的东北部和东部。深灰色，色调反差明亮，花纹粗大清晰(图版 III 图4)，水系近于直交，岩性由石灰岩及页岩组成。

奥陶纪地层( $O$ )分布在解译区的东部，影像特征类似于寒武系，但色调略浅，且趋于均匀，水系近于直交呈树枝状(图版 III 图5)。岩性以碳酸岩为主。是本区主要含水岩层。

石炭二叠地层( $C-P$ )，分布在解译区的中部及南部。浅灰色调，色调不均，花纹破碎，似树枝状或绒球状(图版 III 图6)。水系细小而密集，纹理不清。岩性以砂页岩及煤系地层为主。

三叠纪地层( $T$ )广泛分布在解译区的西部和北半部。呈浅灰色和深灰色叶片状图形(图版 III 图7)，花纹完整，纹理清晰，水系发育呈树枝状，3—4级水系发育细少而又密集。岩性以泥岩及砂石岩为主，透水性较弱。



图 1 解译区地质结构图

表 1  
Table 1

体系	线性构造编号	位置	力学性质	影像特征	地貌特征
1	2	3	4	5	6
北	$F_{1,2,3,4}$	长治断裂 N10°~30°E	压性及压扭性	带状图形, 两侧花纹和色调不一, 影纹不连续, 结构性差	岗状山梁、孤丘呈线性排列, 有三角面
	$F_5$	黎城县东		深色调, 呈线性分布, 影像层次清晰	隐伏构造
	$F_6$	拐儿镇—西柏峪 N23°~25°E	压扭性	线形呈舒缓波状, 色调有明显差异, 影像清晰	地形高差大、褶皱强烈
东	$F_7$	左权—和顺 N25°E	压扭性	线形呈舒缓波状, 色调和花纹有差异	岩石破碎, 擦痕清楚
	$F_8$	漳水库以南 N25°E		处理片上线性图像清晰, 色调有变化	隐伏构造
北	$F_9$	石盘—辉坡 N25°E	压扭性	分割片上线性影像有显示	岩石破碎产状紊乱构成沁水凹陷东部边界
	$F_{10,11}$	五阳—曹庄 N60°E	压扭性	深灰色带状图形, 两侧出现白色亮带	河流直交, 岗状地形褶皱强烈
	$F_{12,13}$	北六页—南舍 N45°E		可见白色亮带, 线性影像清晰	岗状地形, 岩层破碎
向	$F_{14}$	黎城盆地北		山前出现亮带, 两侧花纹和色调有明显差异	岗状地形, 岩石破碎, 岩层发育

北 东 向	F <sub>21</sub>	大义村南 N60°E	压性	线性影像清晰, 灰度和花纹有变化	出现长形洼地和三角面及泉
	F <sub>14</sub>	西施村 N32°~60°E	压性	线形呈舒缓波状	出现谷地, 可见擦痕
	F <sub>22</sub>	东坡一庵亭 N43°E	压扭性	沿线性影像可见花纹错动	沟谷呈直线分布, 水平方向地层分布不连续
北 西 向	F <sub>27</sub>	和顺东 N327°W	张性	呈灰白色亮带	沟谷发育有三角面
	F <sub>26</sub>	上遥街北 N327°W	张扭性	有白色亮带, 花纹在水平方向上有错动	河谷下切强烈, 裂隙发育
	F <sub>19</sub>	长治盆地 N325°W		分割片上红色斑点呈直线分布	隐伏构造
	F <sub>27</sub>	裴垣一东王桥 N325°W		分割片上出现两种色调界面	山地与平原交界河流直角拐弯
	F <sub>20</sub>	长子一屯留北		滤波片上线性影像清楚, 局部花纹有变化	隐伏构造
	F <sub>18</sub>	帝口南 N300°W	张扭性	深色调, 呈带状分布, 两侧灰度值有差异	水平方向地层有错动, 山体出现错位
	F <sub>23</sub>	沁县附近 N340°W		深色调, 呈线性分布, 两侧花纹及灰度值均有差异	山体终端呈线性排列
	F <sub>16</sub>	北耽车附近 N85°E	压扭性	为浅色亮带, 两侧灰度及花纹有明显差异	河流呈曲线展布
东 西 向	F <sub>15</sub>	潞城一黄碾 EW	张扭性	增强片上出现亮带, 分割片上有两种灰度呈直线相接	张性裂隙发育, 有水平错动痕迹
	F <sub>17</sub>	潞头村北	压性	白色亮带与河谷相交	沟谷呈直线分布
	F <sub>16</sub>	榆社以南		深色调, 呈带状分布, 影像清楚	隐伏构造

第四纪地层(Q)分布较广呈浅灰色,斑点或斑块状图形(图版 IV 图 8)。水系稀疏,反映出植被和土壤湿度分布不均,岩性以黄土类土为主,大气降水下渗性较强。

## 2、构造影像解译

太行山隆起及沁水盆地是本区的基本构造骨架,多以褶皱和断裂形式清晰地表现在图像上。尤其是晚近期活动断裂更呈现出独特的线性微结构性影像。

**背斜构造** 在卫星像片上显现得甚为直观,呈纺锤状图形(图版 IV 图 9),背斜轴部色调浅,影纹结构简单。两侧色调较深,反差大,影纹粗壮清晰,说明系由不同岩性的岩石组成,即中间老两翼新,从两侧图形宽窄不等可以看出背斜的不对称性。垂直轴向多为张性沟谷发育,水系呈羽毛状,是泉水主要补给区之一。

**向斜构造** 为解译区北半部半椭圆形的色环,环的中部为均一的浅灰色的叶片状花纹,周围为深灰色,似羽毛状和碎壳状花纹,反映出是由不同年代地层组成:即中间为松软的新地层,周围为坚硬的老地层。

**环形构造** 分布在张店和古县一带,呈同心圆状,环内花纹呈枫叶状,水系呈放射状疏展,河谷呈环状相接。

**线性构造** 分布在解译区的东部,以北北东向线性构造在影像上显示,十分醒目。它构成了长治和黎城盆地的边界。各组线性构造的图像特征见表 1。

## 二、泉域边界的解译

在泉水水文地质研究中,为了评价泉水流量的保证程度,重要的一点是研究泉水补给范围。本次从卫星图像上分析岩溶地下水分水岭,主要工作有以下几方面。

(1) 构造影像分析 从卫星像片影像总体轮廓上看,泉域系处在椭圆形的色环槽地内,槽地东北部可见纺锤状核部的太古界地层和北北东向的压扭性线性构造( $F_{6,7}$ )均起着阻水作用,控制了地下水东流。南部有醒目的压性线性构造( $F_{21}$ )呈北东向展布,构成了地下水的南部隔水边界。

(2) 地层影像分析 泉域的东南部为串珠状侵入岩体呈南北向分布。东部在压扭性线性构造( $F_{16,17}$ )的影响下,导致着寒武系地层抬升,阻截了地下水向东运动。

(3) 地貌影像分析 泉域西部和西北部为完整的叶片状中高山区。3—4级水系发育细小而密集,说明系由松软的地层组成,且地层透水性较弱,故地下水分水岭应受地形控制而与地表水分水岭趋向一致。局部地段出现花纹紊乱和破碎现象,反映出构造复杂,也影响到地下水运动的规律性,可能会出现越流补给现象。

总的来说,通过泉域边界的解译结果,与前人实测资料基本一致,说明了解译成果是符合客观实际的。

## 三、岩溶水的补给及迳流条件分析

根据影像上勾绘出的地下水边界线初步计算,泉域总汇水面积为 13360 平方公里,其中三叠系和石炭二叠系地层为弱透水性,约占总面积的 80%,大气降水只能由地表水通

过构造和裂隙间接地补给到浅埋区或裸露的碳酸岩层中。据水文观测站实测资料: 浊漳河和清漳河部份河床段渗入量约占泉水年平均流量  $9.6 \text{ 米}^3/\text{秒}$  的 19.5%。而奥陶系和寒武系地层裸露面积为 2036 平方公里, 初步计算大气降水渗入补给量为  $10.3 \text{ 米}^3/\text{秒}$ 。其次有第四系孔隙水沿着断裂和裂隙渗入到深部含水岩层中, 也增加了泉水的一定补给量。从数字图像处理的卷积上进行线性统计的玫瑰图可以看出(图 10), 北西向和近东西向线性构造仍比较发育, 这对地表水下渗或对地下水疏导作用, 均具有一定的水文地质意义。说明了泉水的补给来源充沛, 流量稳定可靠。

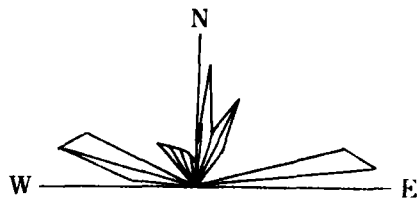


图 10 线性统计玫瑰图

Fig. 10 Rose of Linear Statistics

从卫星像片影像上看: 岩溶地下水迳流条件均受地形、构造及侵蚀基准的控制。在区域构造部位上, 泉域处于太行山隆起带的西侧。而太行山东侧为华北大平原, 也是解译区地下水的排泄基准, 故地下水总的流向由西向东运动。由于泉域的东北部受太古界及寒武系地层(即底部页岩)的阻截, 地下水沿着北北东向褶断带( $F_{6,7}$ )自北向南运动。而泉域的东南部受串珠状侵入岩体阻隔, 地下水自东向西运动, 尔后沿着  $F_{1,2,3,4}$  线性构造带折转向北补给泉群。 $F_{10,11,12,13,23}$  线性构造及环形构造均具有汇集和疏导地下水的作用, 使地下水由西向东流向泉群。从潞矿资料中记载: 文王山地垒(即  $F_{10,11}$ )河段内地表水漏失量达  $2.3 \text{ 米}^3/\text{秒}$ , 可以证明这一点。 $F_{26,25,18}$  线性构造具有张扭性及张性特征, 且地层破碎, 横截长治线性构造带( $F_{1,2,3,4}$ ), 并沟通了该线性构造带东、西两侧地下水的水力联系, 对地下水有聚集作用。特别是在影像上反映出  $F_{1,2,3,4}$  线性构造带内似劈理十分发育(图版 IV 图 11), 影像微结构性差, 影纹连续性不好, 盆地边界应属于活动性断裂, 故具有较好的导水性。从全区线性构造格局展布上看, 潞城、黎城及沁县地区应该说是地下水聚集的良好地段(见图 1)。

#### 四、泉群成因分析

王曲泉群成因在历史资料中曾有过不同的论述, 据本次从卫星图像上分析, 该岩溶泉群系处在太行山复背斜西翼的隆起部位上, 大面积的寒武系和奥陶系地层(碳酸岩地层)出露地表, 相应地寒武系地层中的不透水岩层(即底部页岩)在  $F_{17,30}$  线性构造影响下被抬升到河床以上数十米高, 它阻截了地下水向东运动, 而产生了地下雍水现象(图版 IV 图 12)。在浊漳河谷的强烈侵蚀作用下, 切穿了含水岩层, 导致大量地下水沿河床溢出(出露高程为 590—640 米), 形成了解译区内岩溶水排泄中心——王曲岩溶泉群。

#### 参 考 文 献

- [1] 卓宝熙、王宇明等, 遥感原理及工程地质判释, 中国铁道出版社, 1982 年。
- [2] 中国地震学会地震地质专业委员会, 中国活动断裂, 地震出版社, 1982 年。

## THE STUDY OF THE WANG-QUAN SPRINGS WITH REMOTE SENSING DATA

Wang Bailin

*(North China Electric Power Designing Institute, Ministry of Water Conservancy and Electric Power)*

### Abstract

The Wang-Quan Springs is one of the largest karst springs in Shanxi province. The largest discharge of the springs can reach  $11.9 \text{ m}^3/\text{sec}$ , and that's why the springs is regarded as the main source of water to develop the economy of southeast Shanxi since the foundation of PRC, many times of geological and hydrogeologic exploration have been done in the spring area by the divisions of geology, coal and city building.

The content and precision of these explorations vary with their purposes. This article tells the overall interpretation of the spring area's main water-bearing strata, water-resisting and water-bearing structures in the hydrogeologic investigation of spring supplying for a power plant with the data from the satellite tape and images processed by optical and digital processing system. The pattern interpretation shows that strata of different geological period differ from each other in their pattern characteristics, their water-bearing stratum's distributing regularities and the hydrogeologic characteristics of active structures and water-resisting structures. It also encloses the area of karst spring supply. It explains the runoff and drainage of the ground water and their causes of formation. It proves the stability and reliability of the karst spring's amount. So it provides necessary hydrogeologic data for the exploitation and use of the springs. The on-the-spot verification of the interpretation proves a good effect.



图 2 闪长岩侵入体



图 5 奥陶纪地层

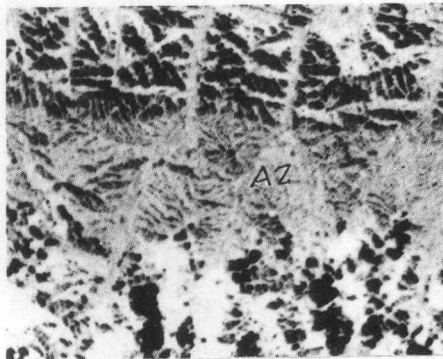


图 3 太古代地层

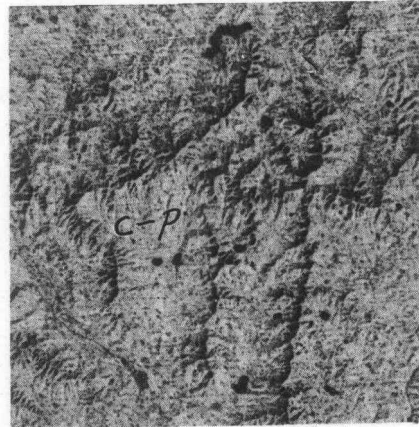


图 6 石炭二叠地层

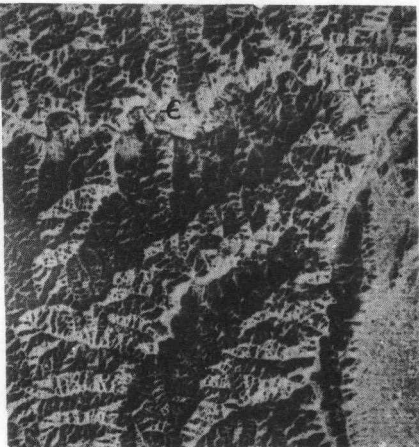


图 4 寒武纪地层

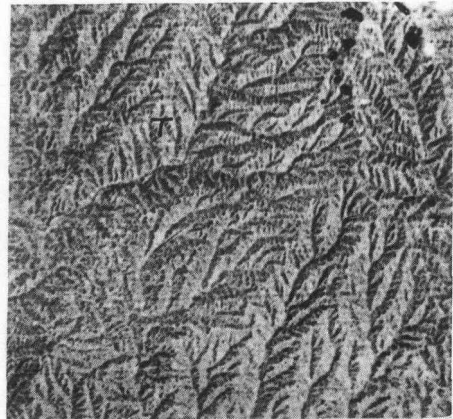


图 7 三叠纪地层

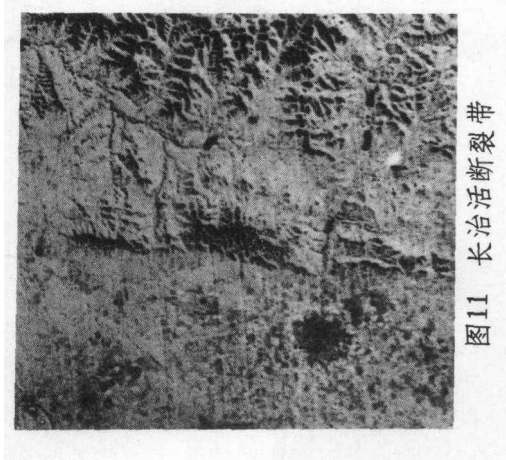


图11 长治活断裂带

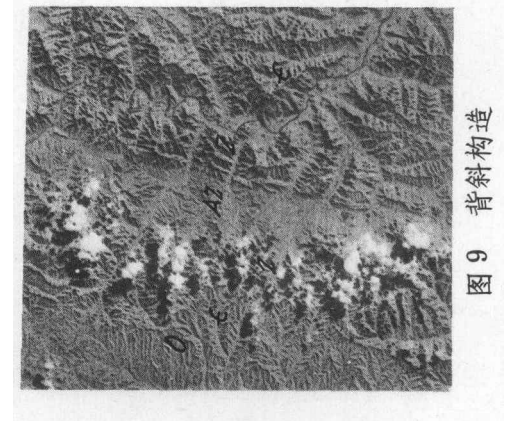


图9 背斜构造

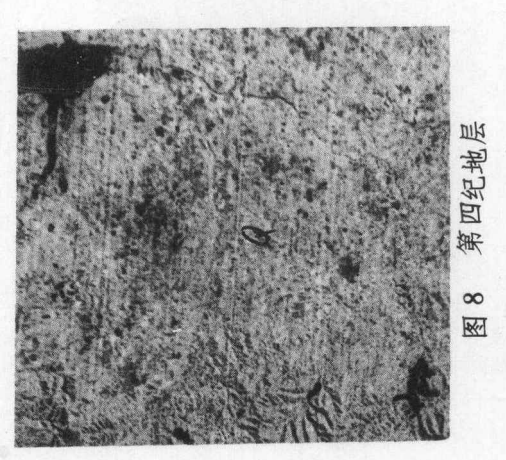


图8 第四纪地层

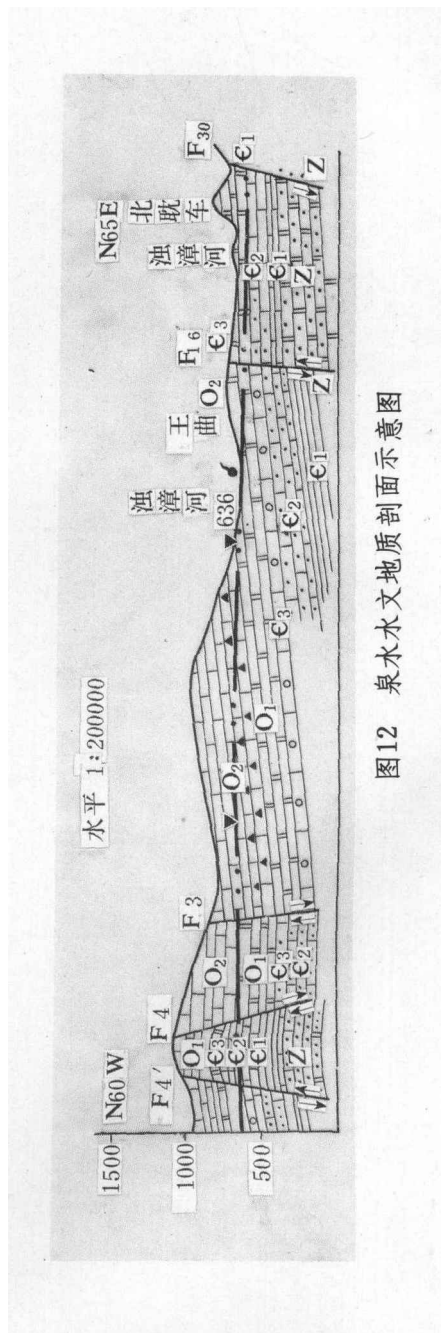


图12 泉水水文地质剖面示意图