doi: 10.6046/gtzyyg.2017.s1.26
引用格式: 王旭清,王宇,郭颖平. 资源一号 02C 卫星在格尔木河洪积扇前缘地下水溢出带调查中的应用[J]. 国土资源遥感,2017,29(s1):155 - 159. (Wang X Q, Wang Y, Guo Y P. Application of ZY1 - 02C satellite data to the survey of groundwater overflow zone in the front of alluvial - pluvial fan zone of Golmud River[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2017, 29(s1):155 - 159.)

资源一号 02C 卫星在格尔木河洪积扇前缘地下水溢出带调查中的应用

王旭清, 王 宇, 郭颖平
(中国地质调查局水文地质环境地质调查中心,保定 071051)

摘要: 以格尔木河洪积扇前缘地下水溢出带为研究区,资源一号 02C(ZY1 - 02C)卫星影像为数据源,基于区域遥感水文地质解译理论方法,从图像处理、信息提取及综合解译分析等方面进行研究,探索了在西北干旱/半干旱盆地扇前缘利用 ZY1 - 02C 影像解译泉点、泉集河及地下水溢出带等水文要素的工作方法。通过实际应用结果表明,ZY1 - 02C 卫星影像具备丰富的地表信息,图像解译标志清晰,能够较好地反映出洪积扇前缘地下水溢出带的形态特征和分布规律,实践证明 ZY1 - 02C 卫星影像在干旱/半干旱区的水文地质调查中有着良好的应用前景。

关键词: 资源一号 02C 卫星; 地下水溢出带; 格尔木河
中图法分类号: TP 79　**文献标志码**: A　**文章编号**: 1001 - 070X(2017)s1 - 0155 - 05

0 引言

遥感技术具备视域宽广、受地面限制少和经济高效等特点,能够克服在湿地、沼泽地等地面调查受限制的问题,成为溢出带水文地质调查的重要手段之一[1,2]。资源一号 02C(ZY1 - 02C)遥感卫星具备高空间分辨率、宽广的覆盖范围及重放周期短等优势,已经被广泛地应用到国土资源调查、生态保护、防灾减灾和环境监测等领域,取得了丰硕的研究应用成果。胡卫国等[3]提出了一种利用 ZY1 - 02C 卫星图像提取水体信息的技术方法; 张微等[4]论述了 ZY1 - 02C 卫星图像在区域地质调查中的应用前景; 黄铁兰等[5]利用 ZY1 - 02C 卫星影像监测粤北地区环境地质变化特征; 程洋等[6]应用 ZY1 - 02C 卫星图像开展了北京岩溶水资源勘查评价工作。但是目前国内鲜有利用 ZY1 - 02C 卫星影像在西北内陆干旱/半干旱盆地开展水文地质调查研究的应用案例,因此本文尝试运用 ZY1 - 02C 卫星影像在格尔木河洪积扇前缘的细土平原区开展水文地质遥感解译研究,探索利用 ZY1 - 02C 卫星影像获取地下水溢出区水文地质要素信息的工作方法,以促进国产卫星在干旱/半干旱区水文地质调查中的应用。

1 研究区概况

格尔木河发源于昆仑山北坡,流经柴达木盆地南缘中部,属于典型的西北内陆水系,其径流补给来源主要由地下水、大气降水和冰雪融水 3 部分组成,其中地下水补给量占径流量的 66.4%[7],而地下水转化为地表水补给河流的过程主要发生在洪积扇前缘的细土平原区,区内地下水带状溢出,形成了清水河、金水河、巴水河和红旗河等多条泉集河,最终注入大别勒湖和东达布逊湖。本文以格尔木东河与西河之间的扇前缘细土平原区为研究对象,范围覆盖格尔木市区及其周边地区(如图 1)。

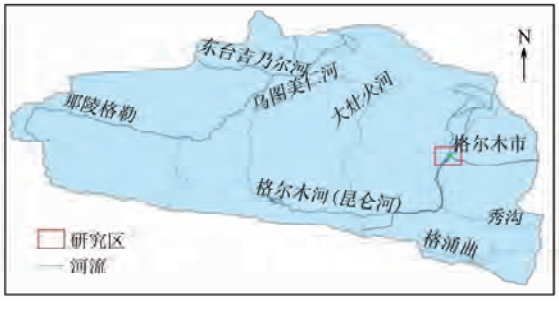


图 1 研究区地理位置

Fig. 1 Geography map of the study area

收稿日期: 2017 - 06 - 01; **修订日期**: 2017 - 07 - 18
基金项目: 中国地质调查局地质调查项目"河西走廊黑河流域 1∶5 万水文地质调查"(编号: DD20160292)资助。
第一作者: 王旭清(1986 -),男,工程师,主要从事遥感在水文地质环境地质领域的应用研究。Email: 305909522@qq.com。

研究区地处柴达木盆地南缘,南依昆仑山,北至达布逊湖,降水极少,蒸发强烈,属于典型的西北内陆干旱气候。境内主要水系为格尔木东河、西河及洪积扇前缘地下水溢出形成的泉集河群,河流流向自南至北横穿整个研究区。该区位于格尔木河山前洪积扇中下部,属于典型山前洪积扇地下水系统,水文地质单元比较完整,具备内陆干旱区地下水的形成和分布规律。在冲洪积扇中上部,含水层岩性为巨厚的均质粗颗粒,而且仅有潜水分布,埋藏较深;在洪积扇中下部则变为薄层细颗粒互层,潜水埋藏较浅,承压水开始出现,地下水与河流存在直接水力联系;在洪积扇前缘细土平原区,地下水径流受到岩性的控制而发生阻滞,潜水出露地表[8],形成泉群、泉集河,地下水补给河流。

2 水文地质遥感解译

2.1 影像数据选取与处理

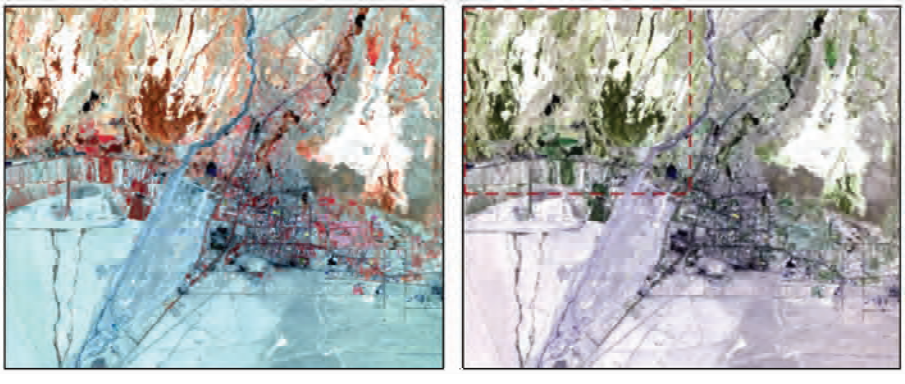
格尔木河洪积扇前缘地下水水位随季节波动,每年春季至秋季地表蒸发强烈,地下水位下降,10月底潜水水位下降至谷底;冬季至次年春季地下水水位回升,5 月水位达到最高峰值[3]。据此本研究选取 2013 年 10 月 ZY1 – 02C 影像,此时该区地下水水位下降至最低,泉点、泉集河及地下水浅埋区等水文地质现象的影像特征差异最明显。影像数据包括 ZY1 – 02C 卫星多光谱和全色数据,云量均小于 5%,经过图像拼接、融合、几何校正和裁剪处理,获得假彩色合成图(图 2(a))。由于 ZY1 – 02C 卫星多光谱影像缺少蓝光波段,无法直接合成真彩色影像。因此,采用传统的 3 波段平均法仿真模拟新的蓝光波段,然后利用新的蓝光波段合成模拟真彩色影像(图 2(b))。

蓝光波段 B_1 模拟公式为[9]

$$B_1 = (R + G + NIR)/3 \quad , \qquad (1)$$

式中 G,R 和 NIR 分别为原始绿光、红光和近红外波段 DN 值。

研究区彩色合成影像如图 2 所示。



(a) 原始数据假彩色影像 ZY1 – 02C 3(R)2(G)1(B)假彩色合成

(b) 模拟真彩色影像 ZY1 – 02C 2(R)1(G)B_1(B)假彩色合成

图 2 研究区影像

Fig. 2 Images of study area

通过对比图 3(a)和(b)可以发现,真彩色仿真影像更加接近真实的地物色调,图像层次对比明显,提升了影像整体的可解译程度。

2.2 地下水溢出带水文要素遥感解译

洪积扇前缘细土平原区地下水受到阻滞,潜水涌出地表并补给河流,形成泉集河,下游地下水浅埋区受土壤毛细作用影响,地下水蒸发强烈,地表盐碱聚集,土壤板结。利用遥感影像色调和纹理特征能够有效地解译泉点和泉集河位置,圈画地下水浅埋区的范围。

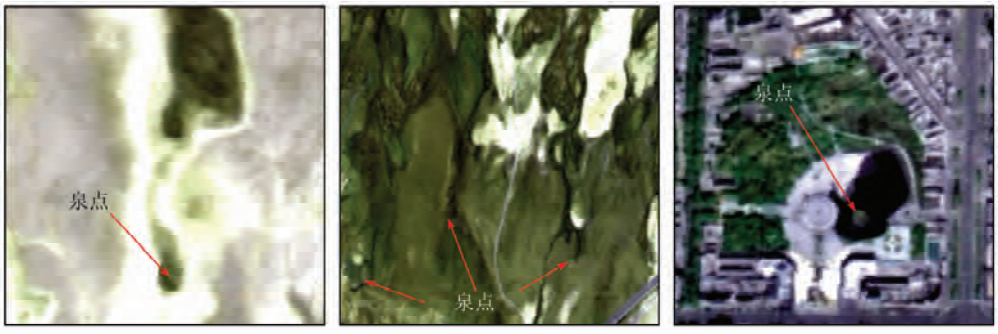
2.2.1 泉点遥感解译标志

由于枯水期区域地下水位下降,泉点出水量达到最小,周边水面萎缩,植被生长状态表现出空间差异性,越靠近泉点或径流河道的植被生长越旺盛,反之则植被长势越差,地表盐碱化现象越明显。据此建立影像解译标志能够直接解译获取泉点信息。

1)细土平原中下部出露的泉点往往孤立出现,泉口被茂盛的湿地植被覆盖,向下湿地植被逐渐被盐碱化草地取代,甚至出现“尖灭”现象,形成墨绿色、蝌蚪状图形特征,如图 3(a)所示。

2)洪积扇前缘出露泉点聚集,形成地表径流向下游汇集成河流,泉点周边、径流通道地表湿度高于周围天然草甸,影像呈现暗绿色、黑色色调,此时泉口往往位于暗色线性条纹的顶部,如图 3(b)所示。

3)分布在居民聚集区、旅游景区及人工开挖工程内,无天然河流、人工水渠连接的水塘和湖塘,往往有大型泉点出露,经过人工改造建设形成宽大的水面,如图 3(c)所示。



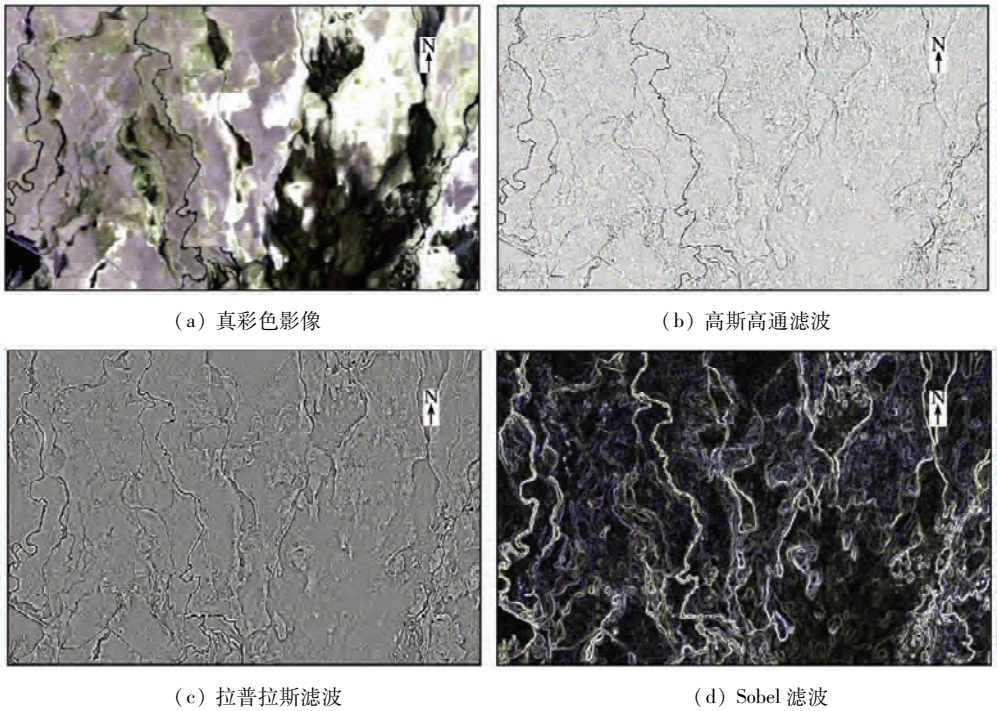
(a) 孤立的泉点　　(b) 泉群　　(c) 人工改造泉点

图 3　泉点影像解译标志

Fig. 3　Interpretation marks of spring

2.2.2　泉集河遥感解译

为突出泉集河道的边缘信息细节,选取研究区西北的泉集河密集出露地带作为实验区(图 2(b)红色方框范围)。该处地下水溢出后汇集为地表径流,溢出带表面往往泉沟密布,自南向北汇集成泉集河,由于泉沟和河道长期受到水流冲刷,地势低洼,地下水埋深浅或直接渗出,即使在枯水期无地表径流的情况下,植被长势亦明显优于河道两侧,影像色调在河道边缘发生突变,如图 4(a)所示。解译过程中分别采用高斯高通滤波(图 4(b))、拉普拉斯滤波(图 4(c))和 Sobel 滤波(图 4(d))方法对模拟真彩色影像进行卷积滤波处理,增强河流边缘信息。



(a) 真彩色影像　　(b) 高斯高通滤波

(c) 拉普拉斯滤波　　(d) Sobel 滤波

图 4　泉集河边缘信息提取

Fig. 4　Edge extraction of the spring set rivers

通过对图 4 对比发现,高斯滤波结果中河道边界被背景噪声淹没; Sobel 滤波处理结果中包含了过多的地物边界信息; 相比之下,拉普拉斯滤波处理结果最为理想,河道边界连续,清晰可见。

2.2.3　地下水溢出带信息提取

在细土平原与洪积扇交界处地下水大量溢出,发育湿地,植被指数高,地表有浅水分布,在红光和近红外波段表现为强烈吸收特性; 细土平原中下部为浅埋区,地下水水位不高于 3 m,进入 5 月后在强蒸发作用条件下,地表盐分大量积累,形成大片原生盐渍化土地,地表呈现高反射特征。根据溢出带和浅埋区的地物波谱特征,利用 ZY1 - 02C 影像计算归一化水体指数(normalized difference water index, NDWI)和归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI),结合原始光谱波段建立分类数据组合,采用最大似然分类方法提取溢出带、浅埋区地物图斑信息,并综合泉点、泉集河的空间分布特征判译地下水溢出带、浅埋区的范围(图 5)。

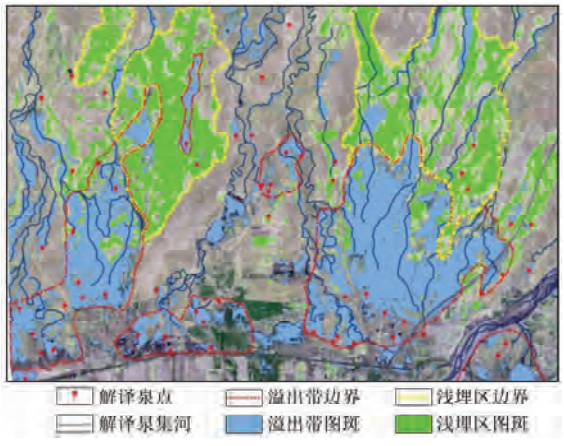


图 5 地下水溢出带水文要素遥感解译结果

Fig. 5 Results of remote sensing interpretation in groundwater overflow area

2.3 解译效果分析

通过与区域水文地质调查资料对比分析及野外实地调查发现,泉点、泉集河解译位置及地下水溢出带、浅埋区的解译基本准确,结果可靠。

1)泉群主要分布于扇前缘的人工绿洲区及天然湿地区南部,溢出水量大;在细土平原区中下部有零散孤立的泉点分布,溢出量小,部分泉口周边形成小片的盐沼。居民区的泉点基本已被改造利用为水塘、鱼塘或湖泊景观。

2)泉沟自地下水渗出点发育并向下游延伸,串联途经的泉点,最终汇集成泉集河,将图像解译结果与 1∶5 万地理数据比对发现,通过遥感解译获取的泉沟、河流脉络及集水范围更加清晰准确。

3)地下水溢出带、浅埋区解译结果与区域水文地质资料中地下水埋深趋势大致相当,但局部溢出带和浅埋区被改造为人工绿洲,影响了解译精度。

3 结论与讨论

将资源一号 02C 卫星数据应用到地下水溢出带的水文要素解译中,通过实际工作发现,根据解译对象的图像特征通过建立解译标志、图像处理、分类信息提取和综合判译等工作方法,能够较好地获取泉点、泉集河、地下水溢出带和浅埋区等水文要素信息,但同时也存在一些有待进一步解决的问题:

1)为了凸显地表植被和湿度的变化特征,影像时相选取枯水期地下水水位下降最大的季节,虽然泉点、泉集河图像特征明显,但伴随着地下水位的波动,溢出带和浅埋区的空间分布也会出现变化,因此应综合丰水期影像合理判定溢出带和浅埋区范围。

2)针对资源一号 02C 图像信息提取方法仍旧欠缺,其中泉点解译只能通过综合图像纹理、色调、水体、植被和人类活动等信息进行人工判译,缺少能够有效辅助人工解译的自动识别提取算法;由于卫星光谱波段少,因此基于地物波谱差异的图像分类信息提取方法的应用效果受到限制,开发适用于资源一号 02C 卫星影像的图像分割和对象识别算法十分必要。

参考文献(References):

[1] 杨清华. 遥感地质调查技术标准体系研究与进展[J]. 国土资源遥感,2013,25(3):1 - 6. doi:10.6046/gtzyyg.2013.03.01.
Yang Q H. Research and progress of the technical standard system for remote sensing geological survey[J]. Remote Sensing for Land and Resources,2013,25(3):1 - 6. doi:10.6046/gtzyyg.2013.03.01.

[2] 郭庆十. 遥感技术在区域水文地质调查中应用研究[C]//中国遥感应用协会 2010 年年会暨区域遥感发展与产业高层论坛论文集. 南京:中国遥感应用协会,2010:128 - 133.
Guo Q S. Application study of remote sensing technology in field hydrogeology survey[C]//China Remote Sensing Application Association 2010 Annual Meeting and Regional Remote Sensing Development and Industry Forum Proceedings. Nanjing:China Association of Remote Sensing Application,2010:128 - 133.

[3] 胡卫国,孟令奎,张东映,等. 资源一号 02C 星图像水体信息提取方法[J]. 国土资源遥感,2014,26(2):43 - 47. doi:10.6046/gtzyyg.2014.02.08.
Hu W G,Meng L K,Zhang D Y,et al. Methods of water extraction from ZY - 1 02C satellite imagery[J]. Remote Sensing for Land and Resources,2014,26(2):43 - 47. doi:10.6046/gtzyyg.2014.02.08.

[4] 张 微,陈 玲,佟 晶,等. 资源一号 ZY - 1 02C 卫星图像在区域地质调查中的应用前景[J]. 遥感信息,2015,30(3):93 - 98.
Zhang W,Chen L,Tong J,et al. Prospect analysis of regional geological survey with use of ZY - 1 02C satellite imagery[J]. Remote Sensing Information,2015,30(3):93 - 98.

[5] 黄铁兰,王耿明,张金兰. 基于资源一号 02C 卫星数据的粤北矿山地质环境监测[J]. 地矿测绘,2015,31(1):5 - 8.
Huang T L,Wang G M,Zhang J L. Monitoring geological environment problems based on ZY1 - 02C satellite data in northern Guangdong mines[J]. Surveying and Mapping of Geology and Mineral Resources,2015,31(1):5 - 8.

[6] 程 洋,童立强,郭兆成,等. 资源一号 02C 卫星数据在北京岩溶水资源勘查评价工程中的应用[J]. 国土资源遥感,2015,27(2):183 - 189. doi:10.6046/gtzyyg.2015.02.28.
Cheng Y,Tong L Q,Guo Z C,et al. Application of satellite data of ZY1 - 02C to the exploration engineering of Karst water resources in Beijing[J]. Remote Sensing for Land and Resources,2015,27(2):183 - 189. doi:10.6046/gtzyyg.2015.02.28.

[7] 李 健,王 辉,谭立谓,等. 格尔木河流域水资源开发利用规划预测分析[J]. 高原地震,2006,18(4):52 - 61.
Li J,Wang H,Tan L W,et al. Forcasting analysis on water resource development and programs in GE'ERMU river basin[J]. Earthquake Research in Plateau,2006,18(4):52 - 61.

[8] 王宇航,王文科,段 磊,等. 格尔木河流域山前冲洪积扇地下水动态研究[J]. 水资源与水工程学报,2014,25(1):133 - 136.
Wang Y H,Wang W K,Duan L,et al. Study on dynamic of groundwater in alluvial - pluvial fan zone in front of mountain of Golmud River basin[J]. Journal of Water Resources and Water Engineering,2014,25(1):133 - 136.

[9] 孙家波,杨建宇,张 超,等. 应用"资源一号"02C 卫星数据的模拟真彩色技术[J]. 国土资源遥感,2013,25(4):33 - 39. doi:10.6046/gtzyyg.2013.04.06.
Sun J B,Yang J Y,Zhang C,et al. Simulating true color technology applied to "ZY - 1" 02C satellite[J]. Remote Sensing for Land and Resources,2013,25(4):33 - 39. doi:10.6046/gtzyyg.2013.04.06.

Application of ZY1 - 02C satellite data to the survey of groundwater overflow zone in the front of alluvial - pluvial fan zone of Golmud River

WANG Xuqing, WANG Yu, GUO Yingping
(*Center for Hydrogeology and Environmental Geology*, *Baoding* 071051, *China*)

Abstract: Based on field hydrogeological theory and remote sensing geological interpretation method, taking the groundwater overflow zone in front of alluvial - pluvial fan zone of the Golmud River as the study area, and using the satellite data of ZY1 - 02C as the data source, the authors explored the interpretation methods of hydrological factors such as springs, spring set rivers and groundwater overflow area in the front of alluvial - pluvial fan zone in inland arid basin with ZY1 - 02C data. In this practical application results, the ZY1 - 02C satellite images yielded rich surface information and clear image interpretation marks, which reflect the morphological characteristics and distribution of the groundwater overflow zone in the front of the alluvial fan well. This experiment proves that ZY1 - 02C satellite has a good application prospect for hydrogeological survey in the arid / semi - arid area.

Keywords: ZY1 - 02C satellite; groundwater overflowing zone; Golmud River

(责任编辑: 陈 理)