

“3S”技术在黑河流域水资源管理和生态环境治理中的应用与研究

钟劭南

水利部 中国水利水电科学院遥感技术应用中心 北京 100044

摘要:近二十多年来,由于受气候条件和人为因素的影响,黑河的径流量逐年减少,下游河道干涸期加长,黑河流域下游的植被大量枯死,沙漠绿洲面积不断萎缩,沙尘暴天数增加,生态环境日趋恶化。为了遏止生态环境的进一步发展,水利部投入 16 亿巨资于 2001 年开始了在应用“3S”技术查清黑河流域生态植被现状的基础上,对黑河流域进行大规模的水资源、水利工程勘测、规划、设计和建设。本文简述于 2001 年 6 月开始的“3S”技术在黑河流域植被生态环境现状调查中的应用与研究的一些方法和体会。

关键词:“3S”技术 植被 生态 调查 治理

1. 工作区自然地理概况

黑河发源于我国青藏高原北麓的祁连山脉,由南向北流经甘肃、内蒙,终点流入中、蒙边境中国一侧的内蒙古阿拉善盟额济纳旗的(东、西)居延海,全长 821 公里。黑河属于内陆河,黑河流域是我国西北部第二大内陆河流域,全流域总面积 14.29 万平方公里,径流主要源于祁连山区的大气降水和冰雪融化水。上游海拔在 2000 至 5800 米左右,祁连山脉顶部海拔 4000 米以上地区常年积雪,中游海拔在 1000 米至 2000 米左右,地貌多为残丘、戈壁和沙漠,下游海拔在 900 至 1000 米左右,地貌为戈壁和沙漠。下游河道为季节河。上游祁连山区多年平均降水量 200 至 700mm 左右;中游走廊平原区多年平均降水量由东向西递减,为 250mm 至 50mm 以下,多年平均蒸发量则由东向西递增,为 2000mm 以下至 4000mm 以上;下游额济纳旗地区,多年平均降水量仅为 42mm 以下,特别是近几年,下游的年降水量仅仅十几毫米而多年平均蒸发量却在 3755mm。由于受全球气候异常变化和人为因素的影响,黑河上游祁连山的雪线上移,流域的降水量和径流量都逐年减少,下游河道干枯期逐年加长,作为黑河径流终点的东、西居延海干涸多年。由于水资源的减少,荒漠化面积急剧扩大,导致生态环境不断恶化。特别是黑河下游,大面积植被枯死,沙漠绿洲面积明显萎缩。

2. 流域现状调查

2.1. GPS 调查

从地理位置上看,黑河流域由南向北自 $N37.5^{\circ} \sim N42^{\circ}$, 纬度横跨了近 5° , 从地形、地貌上看,上游是海拔 5800 米的祁连山;中游和下游海拔 1000~2000 米,多为残丘、山前冲洪积扇、河流冲积平原和一无无际的戈壁、沙漠,横跨了三个自然环境单元。由于黑河上、中、下游地理位置、地形地貌及自然条件不同,植被类型及分布也截然不同。由于本次调查是为黑河全流域科学的、合理的调配水资源而进行水利工程规划、设计和建设为目的的。因此,不仅要求查清不同类型植被(包括耕地)的空间分布,而且要求查清各种类型植被的覆盖度及其所在自然河道和水利工程设施(如:人工灌区、分水、引水闸、坝等)的位置分布。因此,建立一套高质量、高精度的植被分类、分级标准及遥感定性、定量解译标志是本次遥感调查的关键。为了提高本次黑河流域遥感调查中植被类型和盖度等地物目标的精度,首先利用 GPS 进行了野外实地信息采集。此次采集使用的 GPS 是 GARMIN 12XLC 型,(经差分后,平面定位误差为厘米级)。根据黑河上、中、下游植被类型和分布特点,上游多以林(包括天然、人工林,主要树种为青海云杉、祁连圆柏,山涧谷地有少量的白杨树等)、灌木林、高原草垫为主要采集目标,中游以耕地、人工园林为主;下游林类以我国稀有的树种胡杨树为主,其次为沙枣树等,灌木类型以红柳为主,其次是枸杞。草类植物以分布面较多的梭梭、苦豆子、芦苇、芨芨草、白刺、骆驼刺、大花罗布麻等为主。按照不同的植被类型、盖度以及分布从黑河的上游祁连山南麓至下游东、西居延海沿黑河干流两岸共采集、记录植被种类、生长现状环境及覆盖度以及自然河道、人工排灌渠道、水库(大、中、小型)、池塘、水利枢纽(闸、坝等)位置等点、线、面状信息 1 万多个,为遥感信息的精确定标、植被类型及盖度的准确划分以及植被赖以生存的水(地表水、地下水)环境条件的界定发挥了重要作用。

2.2. 遥感 (RS) 调查

由于本次调查的重点是植被和农作物,因此遥感 (RS) 时相选择了 2000 年 7~8 月份该流域植被生长最好的季节。为了提高本次调查精度,选择了 11 景 Landsat7 TM (8 个波段) 的遥感数字影像 (每一景图像覆盖地面 185 公里×185 公里的面积)。

遥感数字图像,经 4 (R)、3 (G)、2 (B) 波段合成、重采样并与 8 波段融合后,图像的分辨率达到 15 米 (制图精度可达 1/5 万)。本次调查要求的比例尺为 1/10 万,如果是常规的土地利用遥感调查,分辨率和光谱特征不需要再作任何处理,即可满足要求。但胡杨树是我国新疆塔里木河和黄河下游才仅存的稀有树种,也是这次调查的重点。尽管 Landsat7 TM 的 4 波段 (波长为 0.76~0.90 μm), 3 波段 (波长为 0.63~0.69 μm) 和 2 波段 (波长为 0.45~0.52 μm) 对确定和鉴别植被有较好的响应,但仅从这种假彩色合成图像上的色调和纹理特征鉴别胡杨树和其它植被还是有一定难度的。为此,借助于 GPS 野外实地对植被类型、覆盖度采集的定位、定性、定量信息作为遥感图像处理、判读和提取信息的标志,对遥感图像进行了光谱增强处理 (Spectral Enhancement)。图 1 为缩小后的黄河下游额济纳旗境内的遥感图像,图 2 是从图 1 中选取了一小块植被种类较多的区域 (位于额济纳旗东北部四道桥和五道桥附近) 并放大为 1:10 万的原始遥感图像,图 3、图 4 分别是原始图像 (图 2) 经主成分变换 PCA (Principa Component Analysis)、去相关拉伸 (Decorrelation Stretch) 等增强处理后的图像,与未处理的图像 (图 2) 相比,可以明显的看出,主成分变换后图像上胡杨树的光谱特征明显突出。这主要是由于成年胡杨树的树干高大,一般在 10 米左右,树冠直径一般在 8 米左右,叶片大且茂密,在黄河下游区除了胡杨树外,只有少数地区有一些零星沙枣树,因此,胡杨树的光谱反射特征较为突出。图 4 上最明显的是深粉红色,与图 2 中 1 号图斑一样,表示植被盖度较高的耕地和草地,可以看出经去相关拉伸后的图像突出了耕地和草地的信息。

图 2 中的两个 1 号图斑与图 3 (主成分变换后) 上对应的黑红色的斑块是一样的,都是植被盖度

图 1

图 2

图 3

图 4

较好的耕地;图 2 中的两个 2 号图斑都是胡杨树,3 号图斑是红柳,可以看出未处理的图像上胡杨树和红柳的色彩、纹理很接近,很难区分,但经主成分变换后的图 3 上对应于图 2 上的两个 2 号图斑与 3 号图斑就呈现出截然不同的色泽,说明是两种不同的植被,事实也是如此,图 3 上两个棕色、黄色点交叉状 2 号图斑是胡杨树,而均匀的浅绿色片状的 3 号图斑为红柳。

在 RS 和 GPS 相结合的基础上建立了乔、灌、草、耕地等植被类型以及高、中、低覆盖度的分类分级标准 (分类分级标准表,略) 并采用人、机交互的方式进行了解译判读。

图 1 为黄河下游 (内蒙古阿拉善盟额济纳旗) 部分的遥感图像,黄河下游从狼心山开始分为两大支流,西边一支为西河 (又称木林河),东边一支为东河 (又称纳林河)。西河的终点流入西居延海 (又称嘎顺诺尔),东河的终点流入东居延海 (又称苏古诺尔),从图像中可以看出,这两个湖是干涸的。据有关资料记载,1958 年时,西居延海 (咸水湖) 水深 2 米左右,水面面积 267 Km^2 ,60 年代初就干涸了。东居延海 (淡水湖) 1958 年时,水深 2 米左右,湖面面积 35 Km^2 ,80 年代初湖水面积曾恢复到 23.6 Km^2 ,1994 年开始至今已干涸 8 年了,虽然 1963、73、84、86 年都曾断续干涸过,但历时都没有这次长。

本次遥感调查仅是现状调查,其目的是针对黄河水资源现状规划治理进行的,黄河流域的植被生态环境与 80 年代相比,特别是下游的沙漠绿洲,究竟退化到什么程度?还有待于根据规划治理的需求,通过对黄河流域进行 80 年代末的遥感调查后才能得出结论。但从这次调查收集到的 80 年代中期

黑河下游额济纳旗三角洲（指绿洲）植被图和本次遥感调查的卫星图像（如图 1）对比可以看出，图 1 中，东、西两河河边凡是红色的就是现在还存活的植被，两河外围明显发白（已盐碱化）的地方，就是植被已不存在了。而这些大片盐碱化的地区在 80 年代中期正是大片的红柳、沙枣和胡杨树。尤其是西河，自 90 年代中期以来，即使在每年的 10~12 月份上游人为的给下游放一些水，也切断西河，只放流东河，西河河道枯竭已多年。因此，西河的胡杨林、沙枣林大部分已枯死。这从卫星图像（图 1）上也看的十分清楚。

3. “3S” 综合应用

本次遥感调查除原始遥感图像外，生成的图形数据层有：植被类型、覆盖度、居民地、道路等数据图层；河道、人工渠道、水利工程枢纽、设施数据层；行政界数据层；流域界数据层；34 个水利工程规划治理分区数据层以及 24 个灌区分布数据层等。生成的调查统计数据有：按行政界、流域界、水利工程规划治理界以及灌区界分别计算的各种植被类型和不同盖度以及耕地的分布、面积数据等。

为了更好的管理本次黑河流域的调查成果并为整个黑河流域的水资源工程规划治理提供决策依据同时有利于对比、分析今后该区水资源和植被生态的变化，以 Windows2000 NT 为系统平台，以 MapGIS、VB 6.0 为开发平台，Access、Excel 为数据平台，集成了本次研究的所有成果，建立了适用于普通微机环境运行的“黑河流域水资源及植被生态环境信息系统”。系统采用模块式，控键式，鼠标单、双点击及拖、拉、释放等操作方式，实现按行政界、流域界、水利工程规划治理界以及灌区界对工作区任一行政单位、任一规划治理区和任一灌区都可以进行由数据到图形、图像或由图形、图像到数据的双向查询并可进行自由显示、统计、分析、打印和输出。下一步将通过调查、分析黑河流域上、中、下游的水资源供需总量及利用现状建立黑河流域的水量平衡模型和以灌区为单元的需水模型，有了各行政区、灌区各种植被类型和耕地的空间分布同时又有各种植被类型和耕地在不同季节、不同生长期的需水量模型来计算各灌区不同时期的需水量，将 GPS、RS、GIS 与模型相结合，就可以建立起一套完整的“黑河流域水资源管理与生态环境治理信息系统”，就可以通过系统进行水资源的优化配置、科学的制定水资源的调度和运行方案。