

# 空间信息技术在水利普查中的应用

申邵洪<sup>1</sup>, 谢文君<sup>2</sup>

(1. 长江科学院 空间信息技术应用研究所, 武汉 430010; 2. 水利部 水利信息中心, 北京 100053)

**摘要:**2010年开展的全国第一次水利普查是建国以来水利行业水利基础数据全口径调查,分为清查阶段、普查阶段、数据汇总阶段和成果展示及开发利用3个阶段,涉及河湖基本情况普查、水利工程基本情况普查、经济社会用水情况调查、河湖开发治理保护情况普查、水土保持情况普查、行业能力建设情况普查、灌区专项普查、地下水取水井专项普查等8大专项。在3个阶段和8大专项中,空间信息技术都得到了充分利用。特别是河湖基本情况普查和水土保持情况普查调查,主要是依靠空间信息技术,采用内业获取和处理的方式获取相关信息。在成果展示及开发利用方面,以空间信息技术为技术支撑,实现了普查成果“一张图”展示,直观展示了空间信息技术在水利行业中全面和深入的应用。

**关键词:**水利普查;空间信息技术;应用

**中图分类号:**TV213

**文献标志码:**A

**文章编号:**1001-5485(2013)10-0109-05

## 1 研究背景

空间信息技术(Spatial Information Technology)是20世纪60年代兴起的一门新兴技术,70年代中期以后在我国得到迅速发展。主要包括卫星定位系统、地理信息系统和遥感等专业的理论与技术,同时结合计算机技术和通讯技术,进行空间数据的采集、量测、分析、存储、管理、显示、传播和应用等<sup>[1]</sup>。空间信息技术在水利领域已经取得了广泛应用,并且成为了水利信息化建设水平的一项重要标志。近年来,在防汛抗旱、抗震救灾、土壤侵蚀调查、水土保持规划、流域生态演变、大型水利工程规划与建设、数字流域建设等领域得到了广泛而深入的应用。同时,在2010年开展的全国第一次水利普查同空间信息技术在第二次全国土地调查、林业资源调查的应用相比,空间信息技术在水利普查技术方案制定、普查成果发布等环节中都具备自身的优势和特点<sup>[2]</sup>。

为了全面摸清水利行业的家底,掌握行业基础数据,科学指导支撑水利行业发展,国家于2010年开展第一次全国水利普查。第一次全国水利普查是一项重大的国情国力调查,是国家资源调查的重要组成部分。开展水利普查是为了全面查清我国江河湖泊的基本情况,掌握水资源开发利用保护现状,摸清经济社会发展对水资源的要求,了解行业能力建

设状况,建立国家基础水信息平台,为国家经济社会发展提供可靠的基础水信息支撑和保障<sup>[3]</sup>。

开展水利普查的目的包括在汇总审核普查数据的基础上建立国家基础水信息库,其中基础信息包括空间数据和普查综合成果,并通过水信息资源整合和共享机制,形成规范、统一、权威的国家基础水信息平台,为国家经济社会发展提供可靠的基础水信息支撑和保障。

空间信息技术贯穿于水利普查整个工作流程,在清查阶段、普查阶段、数据汇总阶段和成果展示及开发利用阶段都得到了广泛应用。空间信息技术的应用,改变了传统资源调查工作方式,具有降低劳动强度、加快工作效率、节约经济成本、提供标准规范信息数据等优势特点,特别是明确将最终成果采用“一张图”进行展示和管理,充分体现了水利行业对空间信息技术的重视。

## 2 空间信息技术在普查数据获取中的应用

### 2.1 空间信息技术在普查技术方案中的应用

水利普查包括河湖基本情况普查、水利工程基本情况普查、经济社会用水情况调查、河湖开发治理保护情况普查、水土保持情况普查、行业能力建设情况普查、灌区专项普查、地下水取水井专项普查等8

大专项。根据普查技术方案,每个专项的普查技术方法中均采用了空间信息技术,特别是河湖基本情况普查和水土保持情况普查的技术方案具有明显的空间信息特色。依靠空间信息,以内业为主,通过高分辨率遥感影像、数字高程模型(DEM)、数字正摄影像(DOM)和数字线划图(DLG),采用地理信息系统软件直接获取相关普查对象信息,充分体现了高分辨率遥感影像在国情国力资源调查中的优势,相对传统实地调查方法而言,能够有效降低劳动强度、减少经济成本、提高工作效率。

### 2.1.1 河湖基本情况普查应用

河湖基本情况普查采用内业提取数据、外业实地调查复核的方法。利用 1:50 000 DEM, DLG, DOM 数据和分辨率分别为 2.5, 20 m 的影像数据,分析提取河流湖泊的基本特征参数,提出河湖清查图、河湖特征清查表<sup>[4]</sup>。

河湖基本情况普查的主要数据源包括:1:50 000 国家基础地理信息数据库中的 DEM, DLG 和 DOM, 中巴资源卫星影像数据, 2.5 m 高分辨率遥感影像数据覆盖全国及跨境地区分辨率为 30 m 的 DEM 数据、不同分辨率多时相的其他卫星影像数据等。

河湖基本情况普查是采用空间信息技术为基础支撑,将 RS, GPS, GIS 技术中的有关部分有机集成起来,构成一个强大的技术体系,可实现对各种空间信息和环境信息的快速、机动、准确、可靠的收集、处理与更新。

GIS 是流域边界和数字水系自动提取以及水系几何特征、流域几何特征、流域自然地理特征、水文特征分析加工的关键技术平台;RS 是湖泊水面面积提取、内业成果核对的支撑平台;GPS 是外业普查和核对点、线、面对象高精度坐标的支撑。GPS 设备提供野外普查点、线、面对象的高精度纬度坐标服务,可为湖泊容积和水深特征的普查提供关键技术服务。

流域边界划分、数字水系提取、平原水网区河流选定、水面面积的提取等关键环节均采用多源数据进行综合对比分析,流域面积、河长信息核对也采用多源数据进行综合分析。

岩溶区河流和内陆河依据等高线数据(DEM)进行内业提取、并充分利用当地的各种河流参考资料提取审核意见。岩溶区伏河流及其流向根据全国 1:200 000 水文地质图数据、近期高分辨率遥感影像资料或开展必要的实地调查综合确定。内陆河根据当地已有资料、近期高分辨率遥感影像资料或开展必要的实地调查综合确定。

### 2.1.2 水土保持调查应用

土壤侵蚀普查的技术路线主要包括资料准备、野外调查、数据处理上报和土壤侵蚀现状评价 4 个部分。资料准备包括土地利用图、遥感影像、土壤图、1:50 000 数字线划图(DLG)、1:10 000 地形图、气象数据、全国土壤侵蚀普查野外调查单元分布地形图图幅号和野外调查单元工作底图。野外调查是县级普查工作人员到达野外调查单元,根据工作底图勾绘地块边界、填写野外调查表、拍摄景观照片,回室内整理野外调查成果<sup>[5]</sup>。土壤侵蚀普查遥感影响勾绘结果如图 1 所示。

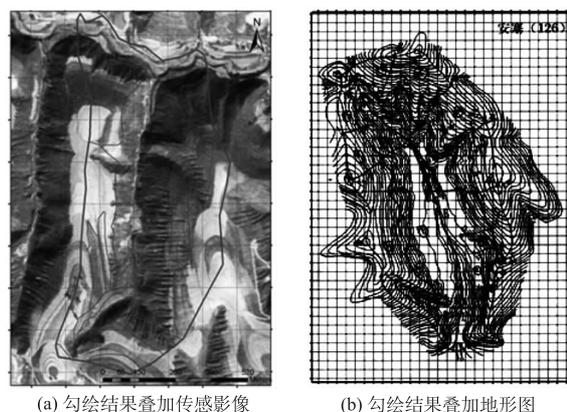


图 1 遥感影像勾绘结果

Fig. 1 Drawing results of remote sensing image

土壤侵蚀普查,将充分应用地面抽样、遥感解译、模型计算、定位查验、统计报送等技术方法和手段。通过统计报送获得全国降水、风等气象资料,计算分析获取影响土壤侵蚀的降雨侵蚀力、风力因子等外营力因素;利用国家普查土壤资料,计算全国不同土壤的侵蚀特征;利用 DEM 提取影响土壤侵蚀的地形因子;通过对 SPOT/ASTER, HJ-1, MODIS, AMSR-E, PALSAR 等遥感数据解译与反演分析获得植被、表土湿度、年冻融日循环天数、日均冻融相变水量等侵蚀影响因子;利用野外调查单元数据经过空间分析获得水土保持工程措施、耕作措施因子、地表粗糙度等侵蚀因子;利用侵蚀模型定量计算土壤流失量,综合分析水蚀、风蚀、冻融侵蚀的分布、面积和强度。

水土保持调查中的沟道提取是以 2.5m 分辨率遥感影像和 1:50 000 DLG 为数据源,在完成沟道识别的基础上严格按照提取要求进行沟道面积、沟道长度、沟道纵比、起迄经纬度、沟道类型及其地理空间位置,从而统计分析侵蚀沟道数量、特征及其分布情况,生成侵蚀沟道解译矢量图,建设侵蚀沟道 GIS 信息数据库,侵蚀沟道遥感提取结果如图 2 所示。

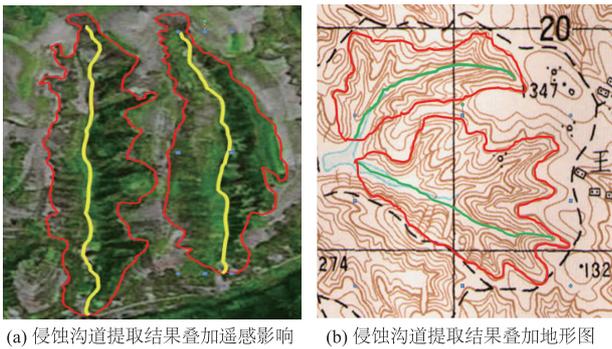


图 2 侵蚀沟道面积指标提取图

Fig. 2 Extraction results of gully erosion area index

### 2.2 普查对象空间信息表达

本次空间数据采集的对象包括:河流湖泊、水利工程、经济社会用水、河湖开发治理保护、水土保持、行业能力等专题的对象,主要采集其空间位置和形态特征。各种普查对象空间表达形式如表 1 所示。

表 1 普查对象空间表达形式

Table 1 Spatial expression form of census objects

普查项目	序号	普查对象类别	对象类型	执行层级
河湖基本情况	1	面积为 50 km <sup>2</sup> 及以上的流域单元与河流	面或线	省级
	2	面积大于 1 km <sup>2</sup> 的湖泊	面	省级
	3	水文站和水位站	点	省级
水利工程	4	水库工程	线或面	县级
	5	水闸工程	线	县级
	6	泵站工程	点	县级
	7	堤防工程	线	县级
	8	水电站工程	点	县级
	9	引调水工程	线	县级
	10	农村供水工程	点	县级
	11	组合工程	点	县级
	12	渠道	线	县级
	13	灌区	面	县级
	14	地下水取水井	点	县级
经济社会用水	15	公共供水企业	点	县级
	16	规模以上用水户	点	县级
	17	规模化畜禽养殖场	点	县级
河湖开发治理保护	18	河湖取水口	点	县级
	19	地表水水源地	点或线	县级
	20	入河湖排污口	点	县级
	21	水功能区划	线	省级
22	水资源分区	面	省级	
水土保持	23	水土保持治沟骨干工程淤地坝	线	县级
	24	土壤侵蚀分类分级	面	省级
	25	侵蚀沟道	线	省级
行业能力	26	水利行业单位	点	县级

如表 1 所示,所有普查对象都采用空间点、线或面的形式予以表达,同时,在普查对象空间表达的条件下,需要考虑普查对象之间的空间关系,在信息系统中真实表达普查对象的现实关系,空间关系如下。

(1) 依附关联:不同对象之间存在主次依附关系(生命周期一样),如水闸依附于河流,当河流不存在时,闸也不存在。

(2) 简单关联:不同对象之间存在关联指向关系,如堤防和河流的关系,由河流可关联查询到对应的堤防。

基于位置的拓扑关系如下。

(1) 包含关系:在空间上,一个对象属于另一个对象的一部分,如大流域与其子流域之间。

(2) 跨越关系:水流之间,一个对象从另一个对象的上方或地下跨过去,形成立交,对象之间存在跨越关系,如渠道与河流之间。

(3) 压盖关系:点落线上、点落面的岸线上、线和面的边界重合,如河湖取水口、河湖排污口落在河的岸线上。

(4) 衔接关系:同层对象之间,在空间上,一个对象的一端与另一个对象一端相互衔接,对象之间存在衔接关系,如堤段与堤段之间、堤段与闸之间、河流与次级河流之间。

(5) 不相交关系:线与线不相交,线与面也不相交,如堤防和水系轴线不相交。

### 3 空间信息技术在普查工作底图中的应用

水利普查工作底图是开展水利普查的基础数据保障,工作底图应用于水利普查整个工作流程,在普查阶段,工作底图的作用在内业标绘和外业调查方面均有体现。在数据汇总阶段,工作底图的作用体现于跨界对象的拼接,实现空间属性和自然属性的结合。在成果展示阶段,工作底图的作用更为明显,普查方案中明确指出水利普查数据成果最终将采取空间展布的形式进行全面直接表达。

工作底图由 1:50 000 二代更新版地形数据、不低于 2.5 m 分辨率的遥感数字正射镶嵌影像数据、国土资源部的全国第二次土地调查数据(权属界线)、水利部的水利工程设施等综合形成的数字测绘符合产品。

工作底图要素构成见表 2。

电子工作底图主要由以下 5 个数据集组成:

(1) 国家基本比例尺 1:50 000 地形图第二代更新成果数据。

(2) 全国第二次土地利用调查权属界成果。

(3) 水利部目前已掌握的水利工程设施、河湖等专题数据。

(4) 不低于 2.5 m 分辨率的遥感影像。

(5) 遥感影像元数据文件。

电子工作底图要素构成见表 3。

表2 工作底图要素

Table 2 Working map elements

叠放顺序	内容	格式	
工作底图	面状水系注记(根据 1:50 000 第二代更新版和防汛指挥系统一期图形库成果要素综合完成)	注记	
	流域水系单元代码注记	注记	
	居民地注记层(东部地区加注至行政村、中西部地区加注至自然村)	注记	
	顶层	经纬网线	线
	道路要素	线	
	50 km <sup>2</sup> 以上的水系单元(多边形面)	面轮廓线	
	水系、水利设施	线	
	行政境界多边形面层(含国界、省界、地市界、县界)	线	
	城市街道和农村乡镇权属界	线	
	底层	2.5M 高分辨率遥感数字正射镶嵌影像	影像
影像元数据	顶层	包括卫星平台、传感器名称、类型和成像时间等信息	注记
	底层	影像元数据图像镶嵌范围	面轮廓线

表3 电子工作底图要素

Table 3 Digital working map elements

叠放顺序	内容	格式	
工作底图	居民地	面	
	交通道路网	线	
	水利附属设施	线、点	
	经纬网线	线	
	河流线(单线河与河流骨架线)	线	
	面状水系(岸线)	线	
	50 km <sup>2</sup> 以上的水系单元(多边形面)	面轮廓线	
	水利专题数据	线	
	行政境界多边形面层(含国界、省界、地市界、县界)	线	
	城市街道和农村乡镇权属界	线	
底层	2.5 m 高分辨率遥感数字正射镶嵌影像	影像	
影像元数据	顶层	包括卫星平台、传感器名称、类型和成像时间等信息	注记
	底层	影像元数据图像镶嵌范围	面轮廓线

## 4 空间信息技术在专题产品制作中的应用

### 4.1 河湖名录制作

在河湖基础名录制作过程中,主要是采用空间信息技术,特别是地理信息系统为基础技术平台,高分辨率遥感影像和基础地理数据(DEM 和 DLG)为数据支撑,同时参考相关水利专题数据,获取河流名录、树状水系、集水区域边界,数字水系、流域边界,河长、流域面积,湖泊位置、边界及面积。

树状水系和集水区域边界提取是利用 ArcGIS 软件,根据 DEM 和 DLG 提取树状水系及集水区域边界。

数字水系和流域边界提取是根据 ArcGIS 提取的树状水系、集水区域边界,按照干支流循环法统计

法和河源唯远唯长原则,提取标准以上综合数字水系、流域边界,并计算流域水系的河长、流域面积、级别、跨界类型等基本特征。

湖泊的提取是利用 DOM 和 DLG 数据直接提取湖泊的位置及边界,计算出湖泊的面积,并编制湖泊核对清查图表。

### 4.2 水资源三级区划成果制作

1:50 000 全国水资源三级区制作是在全国 1:250 000 水资源区划的基础上,使用全国 1:50 000 电子地形图水系、等高线要素数据、DEM、县级行政区划要素等数据实施全国水资源三级区的产品制作。

由于全国地形地貌的差异,一种处理方法无法满足全国 1:50 000 水资源区划的要求,需要根据数据分析的结果开展数据处理,确定数据处理的方法。依据地形地貌的不同,可以根据全国 1:50 000 流域分区、全国 1:50 000 基础数据、全国第二次土地调查 1:50 000 权属界、遥感影像等处理。

## 5 空间信息技术在成果展示中的应用

在水利普查总体方案中明确提出,将第一次全国水利普查成果采用“一张图”的形式进行空间展示,即将第一次全国水利普查成果中的 26 类对象在空间上进行展示,实现水利普查成果数据的“分类、分层、分级”展示、综合统计、数据管理,实现水利普查空间数据、属性数据一体化管理,为方便直观掌握水利现状提供强有力的智能分析和决策支持。利用 GIS、RS 与虚拟仿真技术,建立水利普查成果“一张图”管理与服务平台;在此基础上进行地理信息查询、统计和分析功能开发,实现各种水利资源空间信息的统一管理、整合、交换和共享,实现水利基础信息的“一站式”地理信息协同服务。

展示系统实现水利基础数据、应用数据及各部门专题数据的有效整合与集成。系统不仅包括 1:50 000 地形图、全国第二次土地调查权属界、高分辨率遥感影像和遥感影像元数据,还包括 6 大主题 2 大专项共 26 个对象普查成果数据以及他们之间的空间关系和业务关系。属性信息和空间对象关联,实现 GIS 和属性数据的双向查询功能,可以用过程线、直方图、饼图等形式显示查询结果。

## 6 总结与分析

水利普查对象的空间分布、形态特征及其相互关系是国家基础信息数据库和信息管理系统的重要组成部分,其中大多数普查对象包含空间信息。这

些信息不仅标志着普查对象的状态与变化,而且连接着人类生存和社会发展所需信息,也包含着我国解决人口、资源、环境和防灾减灾等重大问题的促进国家可持续发展的基本信息。

2010 年开始的第一次全国水利普查是一项基础性国情国力资源调查,在于摸清水利行业家底,在于根据真实数据支撑水利事业发展,在于以真实、全面的水利基础数据支撑制定科学合理的水利发展战略。在水利普查的整个过程中,都充分利用了空间信息技术,进一步展示了空间信息技术在水利行业中的综合性应用,也通过水利普查,进一步提高了我国水利信息化水平。当前,已经借助空间信息技术完成了普查对象数据采集,获取了多类型的水利基础数据。同时,采用空间信息技术对水利普查数据成果进行全面、多层次、多角度、多尺度空间展示,实现数据成果的全面直观展示。开展水利普查的重要目的是最终要实现数据的价值,下一步工作将着手考虑数据的组织、管理、应用。在做好水利普查数据的组织和管理基础上,探讨数据的开发应用,如何采用空间信息技术,研究数据的有效更新机制,是需要进一步深入探讨的问题。有效实现其与其他水利专题数据的结合,做到数据真正应用于水利事业、科学支撑重大计划的制定。

#### 参考文献:

[1] 李纪人,黄诗峰. “3s” 技术在水利应用指南[M]. 北

京:中国水利水电出版社,2002. (LI Ji-ren, HUANG Shi-feng. Guide of “3s” Technology Applied to Water Industry[M]. Beijing: China Water Power Press, 2002. (in Chinese))

[2] 国务院第一次全国水利普查领导小组办公室. 水利普查空间数据采集与处理[M]. 北京:中国水利水电出版社,2010. (Office of the First National Water Census Leading Group of the State Council. Acquisition and Processing of Water Census Spatial Data[M]. Beijing: China Water Power Press, 2010. (in Chinese))

[3] 国务院第一次全国水利普查领导小组办公室. 水利普查总体方案[M]. 北京:中国水利水电出版社,2010. (Office of the First National Water Census Leading Group of the State Council. General Scheme of Water Census [M]. Beijing: China Water Power Press, 2010. (in Chinese))

[4] 国务院第一次全国水利普查领导小组办公室. 河湖基本情况普查[M]. 北京:中国水利水电出版社,2010. (Office of the First National Water Census Leading Group of the State Council. Census of the Basic Situation of Rivers and Lakes[M]. Beijing: China Water Power Press, 2010. (in Chinese))

[5] 国务院第一次全国水利普查领导小组办公室. 水土保持情况普查[M]. 北京:中国水利水电出版社,2010. (Office of the First National Water Census Leading Group of the State Council. Census of Soil and Water Conservation [M]. Beijing: China Water Power Press, 2010. (in Chinese))

(编辑:赵卫兵)

## Application of Spatial Information Technology in Water Census

SHEN Shao-hong<sup>1</sup>, XIE Wen-jun<sup>2</sup>

(1. Spatial Information Technology Application Department, Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China; 2. Water Resources Information Center, Ministry of Water Resources, 100053, China)

**Abstract:** The first national water census in 2010 was an overall survey for basic water data since the founding of the People's Republic of China. It is divided into three phases: inventory, general investigation, data summarization and results display. The water census involves eight investigations: the basic situations of rivers and lakes, water conservancy projects, economic and social water consumption, development and protection of rivers and lakes, conservation of water and soil, water industry capacity building, and specialized investigation on irrigation area and groundwater wells. During the three phrases and the eight investigations, spatial information technology has been applied extensively. Especially, the investigation of rivers and lakes and conservation of water and soil mainly depends on the spatial information technology; the data was mainly acquired using remote sensing image interpretation. During the phase of results display and results development and utilization, spatial information has been used as technical support. All water census results are displayed in a map, which directly reflects the extensive and in-depth application of spatial information in the water industry.

**Key words:** water census; spatial information technology; application