维普资讯 http://www.cqvip.com

RS与GIS技术在库区地质灾害调查中的应用研究

谢 韬[①]，何政伟[①②]，黄民奇[③]，许辉熙[①]，汪宙峰[①]
（①成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护国家专业实验室，成都 610059；
②首都师范大学 资源环境与地理信息系统北京市重点实验室，北京 100037；
③中国水电顾问集团西北院工程勘察研究院，兰州 730050）

【摘 要】本文以黄河班多一级水电站库区地质灾害调查为例，利用RS与GIS技术进行地质灾害信息提取与分析。在对卫星影像信息进行增强处理的基础上，通过GIS数据管理和空间分析功能对多源数据进行叠加分析，利用可视化工具—虚拟地理信息系统(VirtualGIS)构建研究区三维场景，多方位、多角度挖掘地质灾害信息。结果表明：采用RS与GIS技术可以快速、准确、高效地提取地质灾害信息和与之相关的地表信息，实现地质灾害调查与分析的目的。

【关键词】RS；GIS；地质灾害；三维地形可视化；空间分析
【中图分类号】P237.9 【文献标识码】A 【文章编号】1009-2307(2007)01-0130-03

1 引言

水利水电工程由于坝高库大，工程区涉及的范围广，地质灾害评估工作点多、面广，且工程区地形地质条件复杂，地质灾害类型繁多，地质灾害调查的工作量极大；同时一些地质灾害体由于视野所限或交通不便等原因在常规路线调查中往往不易发现，使部分重要的地质信息被遗漏的现象不可避免。因此，如何以最省时、最省力的办法，获取更多的地质信息，特别是地质灾害信息，达到最理想的调查效果，至关重要[1]。

RS与GIS技术的发展为地质灾害调查与分析，尤其是库区地质灾害，提供了新的途径。与常规地面调查相比，利用遥感技术进行地质灾害调查具有宏观、准确和快速等特点，它可以直接按影像勾绘出地质灾害的范围，并确定其类别和性质，查明其产生原因、规模大小、危害程度、分布规律和发展趋势。同时，随着3S技术的飞速发展，空间基础数据获取的渠道不断增多，时效性也不断加强，充分利用这些信息，不但可以节约人力、物力和财力，而且大大提高工作效率和调查精度。

2 研究区概况及影像数据

研究区为黄河班多一级水电站水库区，位于青海省海南藏族自治州兴海县与同德县交界处的班多峡谷内，地理坐标北纬34°40′~35°20′，东经100°10′~100°30′，拟建水库全长约70余km。峡谷为“V”型，两岸山高坡陡，岩石裸露，水流湍急，河床比降3‰左右，谷底平均宽度40~60m，两岸阶地不甚发育，局部有高阶地。左右岸基本对称，相对高差约400m(同德盆地段)或400~1000m(多宗隆哇以上高山峡谷段)，岸坡险峻，一般坡度40~65°，局部达60~80°。区内地势崎岖，人烟稀少，交通不便，牛马都难以通行，仅坝段附近数公里内可进行徒步考察，给库岸稳定性调查带来了极大的困难，因此不能用常规的水库地质调查方法来研究库岸稳定性问题，在这种情况下，依靠RS与GIS技术，尤其是三维地形可视化技术进行地质灾害调查与分析具有重要意义。

研究区采用的卫星遥感数据为美国Landsat-7ETM⁺影像和法国的SPOT-5全色影像，参数见表1。

表1 研究使用遥感数据

影像名称	轨道号	波段	空间分辨率	成像时间
ETM⁺	133/035	1~5，7，8	30m，15m	2001/07/12
ETM⁺	133/036	1~5，7，8	30m，15m	2001/08/13
ETM⁺	132/036	1~5，7，8	30m，15m	2001/07/05
SPOT全色	250-279s1	PAN	5m	2003/02/06
SPOT全色	250-280	PAN	5m	2004/08/05
SPOT全色	251-280s1	PAN	5m	2003/09/23

3 研究方法

研究的基本思路是在对卫星影像信息进行增强处理的基础上，利用GIS的分析功能，结合野外踏勘，挖掘地质灾害信息。其技术流程图见图1。

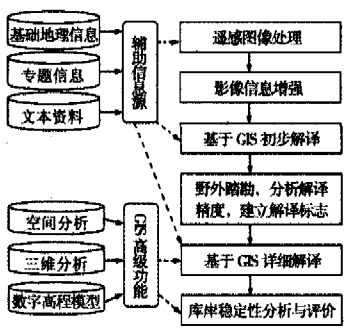
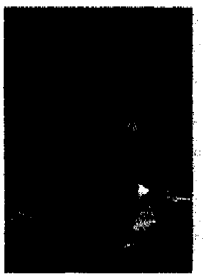


图1 基于GIS的地质灾害遥感解译技术流程图

3.1 遥感数据处理

为了最大限度地提取灾害信息和与之相关的地表信息，对遥感数据采取以下三种计算机处理方法以突出这些有用信息。

1）彩色合成：为提高目视和人机交互解译效果，根据研究对象在单个波段的波谱特征，选择多种波段组合假彩色合成方法。本次研究选择的ETM多种波段组合合成方式：753、743、543、247、432、742。每种波段组合合成图像在反映我们所需要的地物信息方面都有一定的特点。如



作者简介：谢韬(1982-)，男，四川省邛崃市人，硕士研究生，主要从事遥感与GIS在生态环境、国土资源等领域的应用研究。
E-mail：xt1982cd@163.com

收稿日期：2006-03-07
基金项目：首都师范大学北京市资源环境与地理信息系统重点实验室开放基金；四川省学术与技术带头人培养基金(2200319)；四川省青年基金(06QZ026-14) 联合资助项目

维普资讯 http://www.cqvip.com

对地质灾害发育有影响的植被信息提取，利用了ETM432；对地质灾害发育有控制作用的线性构造信息提取，利用了ETM742；对泥石流、滑坡等地质灾害信息提取，利用了ETM753。这些不同的合成图像优势互补，互相印证，充分发挥了ETM⁺图像多光谱优势，这对充分提取所需的有用信息发挥了非常重要的作用[2]。

2）图像增强：灾害地质信息往往受植被、冰雪等干扰信息影响，或者和岩石地层等背景信息混杂在一起难以区分，本次处理中，通过光谱特征分析，进行直方图均衡化、直方图正态化、比例扩展、主成分分析等处理，以达到突出图像中的有用信息，扩大不同地物的影像特征之间的差别，抑制背景信息或消除干扰信息，改善图像的视觉效果，提高判释水平[3]。尤其是在利用主成分分析提取线性构造、地质灾害信息上。

3）图像融合：充分利用高空间分辨率反映地物类别的优势，将ETM⁺8波段同ETM⁺多光谱(30m分辨率)进行小波变换融合处理，以求最大限度的发挥高空间分辨率和多光谱分辨率融合后的优势。从处理结果来看，对于研究区的灾害信息和与之相关的地表信息的识别均有不同程度的提高。

3.2　基于GIS的数据分析

通过GIS强大的数据管理和空间分析功能，对多源数据进行处理，不仅为灾害信息提取提供参考信息，同时也提供大量与之相关的可供分析的信息，实现对库区地质灾害的详细调查。

1）多源遥感数据叠加分析：利用研究区不同传感器，不同波段组合合成方式的影像数据反映地物信息的不同特点，在灾害提取过程中，充分利用SPOT PAN的丰富纹理信息和ETM⁺的多光谱信息，进行优势互补，互相印证，有利于有用信息的挖掘与验证。

2）构建三维地形可视化：利用数字等高线生成的数字高程模型(DEM)作为地形表面，ETM⁺影像制作的分辨率为15m的正射影像(DOM)作为三维表面的纹理信息，通过规则地物的矢量叠加以及特殊地物的3D模型叠加，来构建研究区的三维地形可视化，重建黄河两岸三维场景，反演库区实景，以便全方位的对研究区所在环境以及库区地质灾害发育情况进行分析和快速评价。

3）淹没分析：对于库区地质灾害评价，淹没分析是最重要的分析项目之一。利用GIS技术与水动力水文模型相结合，再根据DEM提供的三维数据，来预测、模拟显示水库淹没范围，并进行动态的灾害分析，其重要性不言而喻，这不仅同周边或沿线的生态环境影响评价有密切的关系，而且还直接影响了地质灾害的危害度。淹没判断的计算按公式(1)逐一进行，其中$F(i,j)$为淹没状态；1为受淹；0为未受淹；$Z(i,j)$为地面高程；H为淹没水位[4]。

$$F(i,j) = \begin{cases} 1, & \text{当 } Z(i,j) \leqslant H \\ 0, & \text{当 } Z(i,j) > H \end{cases} \qquad (1)$$

淹没分析不仅作为库区地质灾害评价的重要指标，同时提供了大量可供分析的有用信息，如地质灾害对大坝坝址及水库造成的影响等。

4）剖面分析：以线代面，研究指定线路所穿过区域的地势、地质和水文特征在线路上的变化过程。剖面分析是具体地质灾害分析的必要因素，它可以获取高程、岩层厚度、坡度、坡向等信息。以滑坡地形剖面为例，利用等高线和地面高程点建立地表的三维模型(Grid和TIN)，可以在其任意位置，切取任意方向(包括直线和折线)的地形剖面。加入地形剖面及勘探、钻探等资料后，便形成地形地质剖面[5]。

4　研究成果及评价

本次解译主要以地质构造和不良地质灾害现象为主，以经过数字处理过的正射影像为底图，并辅以其他信息，通过目视和人机交互解译效果，在Arc/INFO上采用屏幕数字化方式进行。

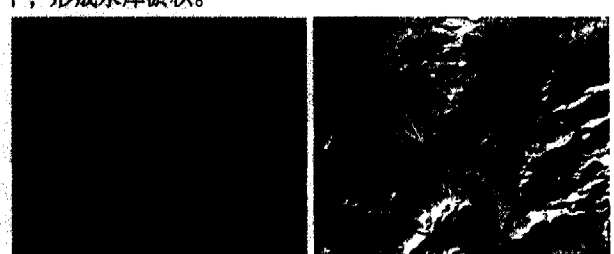
1）地质构造

活动性构造是地质灾害的起因，它们控制了现代地貌和水系格局的发育，是区域地质灾害调查工作中首要研究对象[6]。构造规模的大小、结构、形态对大坝选址、水库成库条件、地质灾害的发育等都有影响。根据其色调、形状等直接判读标志和地层岩体被切断或错开、水系变异、泉水湿地的成串出露、地貌形态差异等间接判读标志，以及综合其他资料的分析，准确提取研究区内的地质构造，具有控制作用的断层4条，近东西走向，反映了统一的南北向应力作用方式。

2）地质灾害

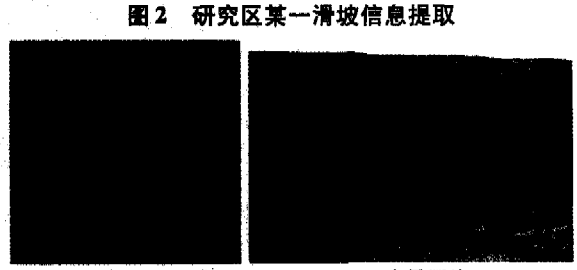
对滑坡等地质灾害进行影像判读，主要解决两个问题：一是确定一个地貌是否有灾害分布；二是根据灾害的特征及其与周围地物间的相关分析，确定灾害所属类型和规模。根据滑坡、泥石流等的特殊地貌形态，如后壁、滑坡堆积体、泥石流形成区、流通区和堆积扇等在遥感图像上的较为明显的标志来识别[7]。

通过遥感判释，沿河两岸没有发现明显影响水电站建设的不稳定库岸地段，目前河岸边坡处于稳定状态。两岸斜坡地带分布有不同程度的岸坡变形现象，如滑坡、松动岩体、变形岩体、崩塌等不同类型的岸坡变形现象。但在库岸稳定性研究中，破坏性最严重的是滑坡[8]。滑坡一般具有明显的地貌特征，通过其独特的滑坡地貌(如舌形的平面形态、滑坡壁、滑坡台阶等)来识别并确定其边界、前后缘高程、估算面积、坡度、坡向等(如图2)。通过野外踏勘，验证解译可信度较高(如图3)。本次研究中坝段是重点区域，解译出滑坡6处；水库范围内解译出滑坡24处、第四系堆积物43处。其中，左岸分布滑坡9个，右岸分布滑坡21个，表明左岸稳定性高于右岸。在从滑坡规模来看，体积大于100万m^3的共有9个，占滑坡总数的30%，其中左岸分布5个，右岸分布4个。前缘高程在水库正常蓄水(2980m)以下的滑坡24个，占滑坡总数的80%；后缘高程在水库正常蓄水(2980m)以下的滑坡13个，占滑坡总数的43%，以上情况说明水库蓄水后绝大多数滑坡前缘处于水库蓄水位以下，而43%的滑坡完全处于正常蓄水位以下，形成水库淤积。



a ETM+753三维立体影像　　b SPOT全色影像(倒视)

图2　研究区某一滑坡信息提取



a ETM+753d三维立体影像　　b实景照片

图3　坝段内某一滑坡信息提取验证

(下转第134页)

维普资讯 http://www.cqvip.com

有两种方式：一是数据库方式；二是XML文件。数据库是以表的形式作为数据显示的格式，将内网数据库中的二维表转换成具有统一形式的一维表，建立了一维表之后，内网中的数据作为表中的一条记录，可以通过对数据库的操作实现数据的增加与删除。外网中的数据是发布出去的信息，在选择需要发布的信息之后，将待发布信息的字段组合在一起，利用这些字段生成一张新表，存放在目标数据库中，然后向新生成的表中加入相应的记录，这样待发布信息也以表的形式生成了，用户可以通过一定的权限访问目标数据库，实现信息的获取。

XML(eXtensible Markup Language)是一种可扩展文本标记语言，其自描述性使得XML本身非常适用于异构应用间的数据交换，而且这种交换不以预先规定的数据结构为前提，因此具备很强的开放性。XML提供了许多数据库所具备的东西：存储(XML文档)，模式(DTD, XMLschema, RElAXNG等等)，查询语言(XQuery, XPath, XQL, XML-QL, QUILT等等)，编程接口(SAX, DOM, JDOM)等等。但是XML缺少一些作为实用的数据库所应具备的特性：高效的存储，索引，安全，事务和数据一致性，多用户访问，触发器，在查询多个文件等等。因此，尽管在数据量小、用户少和性能要求不太高的环境下，可以将XML文档用作数据库，但是却不适用于用户量大、数据集成度高以及性能要求高的作业环境。

5 小结

国土资源电子政务本身的特点，如：开放性、虚拟性、网络化，对电子政务系统的安全性提出了严格的要求。目前我国有的政府部门没有制订统一的建设标准和规范，也没有形成一个可以互联互通的统一平台和网络，敏感信息没有严格执行国家有关部门的安全管理规定，存在一定的安全隐患。本文对电子政务的安全问题进行了简要的分析，整个电子政务信息安全系统的设计是一项复杂的工程，安全岛理论是内网信息发布系统的很小的部分，对于解决内网信息发布的安全问题提供了软件实现的可能。信息安全是电子政务的生命，构建安全的电子政务是当务之急，由于个人知识水平及所做工作的局限性，没有在本文中提出统一的内网发布平台[2]。在后续的研究中，会继续深入研究，在这方面多做些工作。

参考文献

[1] 李军，等．地理空间信息及技术在电子政务中的应用[M]．北京：电子工业出版社，2005-1：15-80.

[2] 张清浦．电子政务地理信息系统的现状与展望[J]．测绘科学,2005，30(1)．

[3] 张清浦，刘纪平，等．政府地理信息系统[M]．北京：科学出版社，2003.

[4] 国家信息安全工程技术研究中心．电子政务总体设计与技术实现[M]．北京：电子工业出版社，2003.

[5] 苏新宁，孔敏．电子政务理论[M]．北京：国防工业出版社，2003.

(上接第131页)

5 结束语

遥感技术和地理信息系统技术是开展地质灾害调查和分析的有效手段，由遥感方法获取的灾害信息宏观、综合、快速、直观地反映出库区的灾害发育情况，而利用GIS技术对数据进行分析不仅为灾害信息提取提供参考信息，同时对大坝选址、水库成库条件等分析具有一定的可靠性。因此，利用遥感与GIS技术进行地质灾害调查工作，尤其是库区地质灾害调查，实践证明是相当有效的，具有不可替代的优势。

利用RS与GIS技术分析黄河班多水电站库岸稳定性得到以下结论：①水库位于高海拔的“V”峡谷之中，库区人迹罕至，无耕地、林地，人文设施等，因此电站建设基本不存在移民搬迁安置任务，工程前期投入少；②深大断裂和其他主要构造同河道夹角大，不会构成集中渗漏通道，所以，封闭条件良好，不存在永久渗漏问题和淹没浸没问题，黄河上游水流含沙量小，固体径流主要来自支流及冲沟，不会影响水库的正常运行；③坝段内的滑坡规模较大，应注意对坝址的影响；④水库范围内的地质灾害体及其堆积物，大部分在水库蓄水以后都位于水下，形成淤积，对水库工程建设影响不大；少部分在水库蓄水以后部分位于水上，容易形成塌岸，这部分应该加强重点研究。因此，总体认为研究区具备成库条件。

参考文献

[1] 余波，陈占恒．水电工程地质灾害调查中的遥感技术应用[J]．贵州水电发电,2004，(5)：18-22.

[2] 乔彦肖．遥感技术在华北平原地下水资源潜力调查评估中的试点应用[J]．遥感学报,2005，(5)：49-51.

[3] 张明华．公路地质灾害遥感图像识别及解译方法[J]．遥感技术与应用,2005，(2)：233-237.

[4] 张华，朱建华．基于三维GIS的水利工程选址的研究[J]．海洋测绘,2003，(6)：34-37.

[5] 王治华．数字滑坡技术及其应用[J]．现代地质,2005，(2)：157-164.

[6] 王瑞雪．遥感图像在地质灾害调查中的应用[J]．昆明理工大学学报,1997，(2)：17-21.

[7] 王治华．遥感技术在地质灾害调查、监测和防治中的应用[J]．环境遥感,1992，(3)：190-195.

[8] 卓宝熙．工程地质遥感判释与应用[M]．北京：中国铁道出版社，2002：538-539.