# GIS技术在金沙江巴塘水电站水土保持监测工作中的应用

王 苹[1], 田应辉[2], 阚思蒙[2], 李 宁[1]
(1.长江水利委员会长江流域水土保持监测中心站,湖北 武汉 430010;
2.华电金沙江上游水电开发有限公司巴塘分公司,四川 成都 610041)

**摘 要**:运用GIS遥感影像解译技术开展项目日常监测管理,有效弥补高原峡谷传统监测方法的不足,降低了监测管理成本,有效保障了监测人员的安全。各项监测指标GIS数据库的搭建,充分发挥了监测数据的共享度和增值度,实现了水土保持监测工作数字化转型服务。为高原峡谷型项目水土监测工作的精准、高效、科学开展提供了有力的技术支撑,对金沙江流域类似水电工程建设项目水土保持信息化监测工作的开展具有一定参考价值。

**关键词**:水土保持;监测指标;监测风险;监测实施;监测效果
**中图分类号**:[TM622];S157;X833 **文献标识码**: B **文章编号**:1001-2184(2021)04-0094-04

## Application of GIS Technology in Monitoring of Soil and Water Conservation Work of Batang Hydropower Station on Jinsha River

WANG Ping[1], TIAN Yinghui[2], KAN Simeng[2], LI Ning[1]
(1. Yangtze River Basin Soil and Water Conservation Monitoring Center Station of Yangtze River Water Conservancy Commission, Wuhan, Hubei, 430010;
2. Batang Branch of Huadian Jinsha River Upstream Hydropower Development Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610041)

**Abstract**: Application of GIS remote sensing image interpretation technology to carry out daily monitoring management of project effectively makes up for the shortcomings of traditional monitoring methods in plateau canyons, and it also helps reduce monitoring management costs and effectively ensures safety of the monitoring personnel. The establishment of G I S database of various monitoring index gives full play to sharing and value-adding of monitoring data, and digital transformation of soil and water conservation monitoring work is realized. GIS technology provides technical support for accurate, efficient and scientific development of water and soil monitoring work on projects in plateau canyons, and it has certain reference value for informationized monitoring of water and soil conservation of similar hydropower projects constructed in the Jinsha River Basin.

**Key words**: soil and water conservation; monitoring index; monitoring risk; monitoring implementation; monitoring effect

## 1 概 述

巴塘水电站是金沙江上游河段推荐13级梯级电站开发中的第9级电站,水库具有日调节能力。水电站控制集水面积17.64万$km^2$,多年平均流量853 $m^3/s$,总库容1.55亿$m^3$,装机容量750 MW,多年平均发电量33.93亿kWh。

巴塘水电站属于高原峡谷型水电项目,是"十三五"中央支持西藏经济发展的重大项目,位于金沙江上游及三江并流的国家级水土流失重点预防区,对于水土流失防治标准要求为一级。因此,开展好水电站日常水土保持监测工作,提高监测工作能力和效率,能有效地降低高原区人为水土流失量,为积极践行绿色金上发展理念提供有力保障。

传统的水土保持野外调查方式费时费力,劳动强度大,定位精度低且质量保障度不高。GIS技术具有覆盖面广、时效性强、分辨率高等优势[1],结合高原峡谷型项目规模大、持续时间长、强度高等[2]施工特征,应用GIS技术,可以有效

**收稿日期**:2021-05-18

地提升水土保持监测的信息化水平和降低监测成本，提高监测数据综合分析的准确性、时效性。

巴塘水电站工程区崩塌、滑坡、泥石流等不良物理地质现象较为发育，涉及到高陡边坡作业，现场监测工作存在施工扰动面点多面广、人员安全风险高、监测时效性低等现实问题，本课题通过GIS遥感技术在日常监测过程中的试点运用，提高项目区水土保持监测工作效率，实现信息化监管全覆盖。

## 2　项目监测指标

水土保持监测工作的主要方法有资料分析、实地测量、地点地面观测、遥感监测等[3]方法，上述方法中监测对象都有各自的侧重点，每种方法不独立运用于单项水土保持监测工程，要依据项目监测特点，有机地对各项监测指标进行组合使用，共同完成水土保持监测工作。

水土保持监测内容由1个目标层、6个控制层、19个要素和56个指标构成，基本上覆盖了项目水土流失及水土保持的全过程，反映了水土流失状况和水土保持效果。水土保持监测指标见表1。

**表1　巴塘水电站项目水土保持监测指标**

| 目标层 | 控制层 | 要素层 | 指标层 |
|---|---|---|---|
| 水土保持动态监测 | 背景值监测 | 地理位置 | 行政区划位置、地理坐标 |
| | | 自然环境 | 地形、地貌、地质、气象水文、土壤、植被 |
| | | 社会经济 | 行政区划及人口、土地资源及其利用、经济 |
| | 水土流失状况监测 | 水土流失状况 | 类型、面积、流失强度、土壤侵蚀模数 |
| | | 防治责任范围 | 项目建设区面积变化、直接影响区面积变化 |
| | | 扰动土地情况 | 扰动范围、面积、损坏水土保持设施数量、整治情况 |
| | | 土石方平衡 | 开挖量、调入量、回填量、利用料、调出量、弃渣量、表土量 |
| | | 水土流失量 | 扰动面积、扰动后侵蚀模数、流失量 |
| | 水土流失危害监测 | 水土流失影响 | 主体工程、居民、水域、生态 |
| | 水土保持措施实施情况监测 | 工程措施 | 林草覆盖度、郁闭度、多度 |
| | | 植物措施 | 工程量、规格、运行状况、防治效果 |
| | | 临时措施 | |
| | 水土保持措施实施效益监测 | 水土流失治理情况 | 水土流失治理度 |
| | | 水土流失控制情况 | 土壤流失控制比 |
| | | 拦渣效果 | 渣土防护率 |
| | | 表土保护 | 表土保护率 |
| | | 植物措施实施效果 | 林草植被恢复率、林草覆盖率 |
| | 水土保持设计和管理监测 | 水土保持方案和设计 | 主体工程设计、方案编报审批及后续设计、水土保持变更 |
| | | 质量保证体系和管理制度 | 建设单位、设计单位、监理单位、质量监督单位、施工单位质量保证体系和管理制度 |

## 3　巴塘电站地形特点及监测难度

巴塘电站两岸地形总体完整性较差，山高、谷深、坡陡，山体三面临空，河谷以“V”字型为主，自然平均坡度35°～55°，河段地形切割和岩石风化强烈，雨季分明，具备泥石流发育的地形和气候条件。电站建设周期长达6年，水土保持监测工作的开展面临一定的困难。

### 3.1　施工扰动面大 监测周期长

施工期间扰动原地貌、损坏土地和植被面积将近353.93 $hm^2$，其中枢纽工程区近111 $hm^2$，弃渣场区近96.68 $hm^2$，交通道路区94.77 $hm^2$，扰动范围大，现场监测周期长，监测数据的时效性得不到保障。

### 3.2　监测点多面广 监测时效性低

巴塘水电站现场施工作业面点多面广，且存在作业面多集中在高陡边坡区域、作业场地受限、作业条件差，若依靠常规人工监测，存在外业工作周期长，监测数据精度不高、数据成果时效低等问题，无法客观地反映项目区水土流失现状。

## 4　水土保持监测的实施

### 4.1　驻点监测

巴塘水电站水土保持监测采用驻点监测方式。为此，专门成立水土保持监测项目部，明确遥感影像信息化工作质量标准，制定了《驻地监测项目部员工工作管理规定》《水土保持监测项目部创

建青年文明号》等管理制度，对监测工作的开展提出整体要求，制定员工日常作息和工作制度，明确监测人员的岗位职责，为项目的驻点监测打下了坚实的基础。

4.2　GIS 技术运用

以高分 2 号遥感卫星影像及 DEM 数据为主要数据源，针对巴塘水电站自然地形条件差异大，施工扰动面大，水资源时空动态变化显著、植被种类及分布较单一等特点，通过解译数据分析，获得监测区域在施工前项目区域内的土地利用类型、植被分布、地面坡度、地形地貌、土石方量及土壤侵蚀的分布、面积和空间特性数据[4]。

通过野外调查，搭建矢量图层，建立项目区水土流失数据库，便于快速方便地查询、检索、分析、显示全区域任意区域的任何数据层，实现实时全方位监测项目施工区的水土流失、土石方量和水土保持措施落实情况。监测技术路线见图 1。

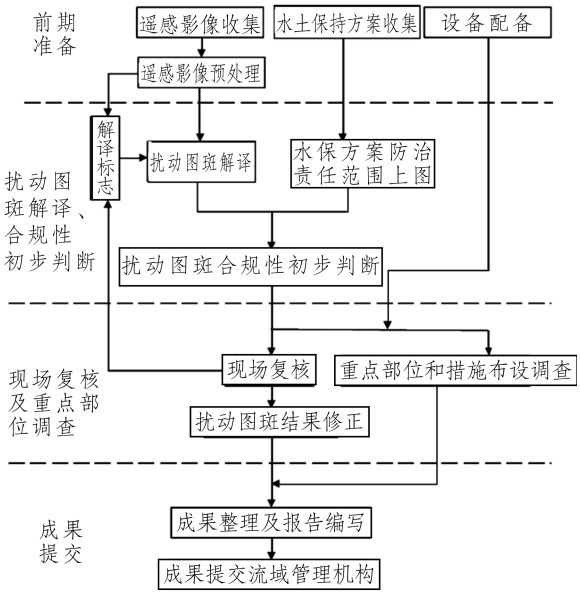


图 1　巴塘遥感影像监测技术路线图

4.2.1　建立水土保持监测数据库

通过解译，在计算机上生成土地扰动范围、水土保持措施、监测小区、植被覆盖、土壤侵蚀强度、DEM 等专题矢量图层，建立巴塘项目水土保持监测数据库。

4.2.2　快速获取数据层信息

将含有地理坐标的数据层输入 ARC/INFO 模块后，进行监测区域的空间关联叠加，快捷查询、检索、分析监测区域内不同月度、季度、年度时间范围内的施工扰动范围、弃土弃渣量、表土堆存及植被恢复、土壤侵蚀强度等数据层信息。

4.2.3　精确、便捷出图

GIS 监测成果出图具有方便灵活的要素编辑修饰、自制符号库、地图标注样式多样、符号优先级设置，交互制作体验好等优势，相比 PS、CAD，coreldraw 等软件制图更加快捷，内容层次分明，图面清晰易读。

## 5　水土保持监测效果

5.1　创建水土保持监测数据库

在野外调查的基础上，建立解译标志，并结合巴塘现场施工特点，建立起各数据层拓扑关系[5]，形成一个集监测、分析、处理为一体的 GIS 数据库，动态反应水土保持实施情况。数据库中的数据主要包括施工区扰动范围、坡度、流失类型、土地利用、植被覆盖、水土保持措施、各侵蚀单元面积的属性。

巴塘水电项目水土保护监测共创建数据库 2 个(36.5 G)，包含 2017 年 9 月 2.6G 本底数据库 1 个，2018～2019 年 33.9G 监测数据库 1 个。巴塘项目监测数据库信息统计见表 2。

5.2　用 GIS 监测技术获取影象成果图

通过解译成果及实地量测，校正后精确计算水土保持面积、扰动地表面积、侵蚀单元模数、植被覆盖度等参数，同时形成水土保持监测数据成果见表 3。

运用 GIS 遥感技术获取水土保持措施实施项目区影像成果图，有效地推进了巴塘“三通一平”及截流验收，提高了验收评估报告的标准与可靠性。

5.3　监测效果

5.3.1　用 GIS 监测技术补齐“自然灾害”的数据缺失

巴塘水电站水土保持监测采取了 GIS 技术手段，减少了人员现场监测的工作量。特别是在受 2018 年“白格堰塞湖”自然灾害后，巴塘电站场内道路冲毁，监测人员无法到达现场开展监测工作。为此，通过应用 GIS 技术进行监测，获取了弃渣场、交通道路区等重点区域的扰动地形、面积、水毁地形、植被覆盖、工程措施等指标基础数据，掌握了水毁后水土监测第一手资料，为灾后水土保持设施修复提供了准确的基础数据。

5.3.2　经济效益明显

表2　巴塘项目监测数据库信息统计

| 序号 | 数据库类型 | 影像要素层 | | 备注 |
|---|---|---|---|---|
| | | 数量 | 图层属性/.shp、.tif | |
| 1 | 2017本底 | 5 | 红线范围、植被覆盖度、坡度、土地利用等 | |
| 2 | 2018监测数据 | 11 | 施工扰动范围、水土保持措施、水土流失、影像年度叠加、土地利用、监测点位布置等 | |
| 3 | 2019监测数据 | 11 | 施工扰动范围、水土保持措施、水土流失、影像年度叠加、土地利用、监测点位布置等 | |

表3　巴塘水土保持监测数据成果

| 序号 | 数据类型 | 数据分类 | 数据格式 |
|---|---|---|---|
| 1 | 矢量数据 | 项目区土地利用现状图<br>工程扰动土地范围图<br>项目扰动前后对比图<br>项目区扰动土地与防治责任范围对比图<br>项目区土壤侵蚀强度分布图 | .shp |
| 2 | 栅格数据 | 项目区植被覆盖度图<br>项目区坡度分级图 | .tif |
| 3 | 数值 | 土石方平衡表<br>项目土壤侵蚀单元统计表 | .xlsx |

根据遥感影像解译成果，较精确地获取巴塘电站项目施工实时扰动面积，为华电金上公司依法依规足额缴纳水土保持补偿费提供了准确的数据。2018～2019年度缴纳水土保持补偿费106.53万元。影像测量核减施工区域扰动面积10 048 $m^2$，少缴纳水土保持补偿费2.01万元。补偿费缴纳统计见表4。

表4　巴塘项目水土保持补偿费缴纳统计

| 序号 | 年度 | 扰动土地面积/$m^2$ | | 征收额度/万元 |
|---|---|---|---|---|
| | | 现场测量 | 影像核对 | |
| 1 | 2018 | 136 128 | 139 350 | 27.87 |
| 2 | 2019 | 406 570 | 393 300 | 78.66 |
| 小计 | 542 698 | 532 650 | 106.53 | |

## 6　建　议

(1)GIS遥感影像解译时，要做好控制点坐标的预处理，关键的GPS测量控制点位要现场核对准确，尽可能在时间、空间分辨率要求方面满足规范要求，现场获取的遥感影像数据需与原项目区域的遥感影像资料充分对比分析[6]，建立起完善的水土流失监测GIS数据库或图片库，这样就可以提高监测成果的准确性和时效性。

(2)金沙江上游所开发的水电站位于川藏交界段，项目工程施工区域政治性较敏感，因此，在应用无人机和GIS遥感技术时，要及时与相关管理部门沟通联系，办理许可手续。对于禁飞区域段的水土保持监测工作，要及时辅助采取测钎观测小区、侵蚀沟测量等人工观测，以便进一步修订水土流失等监测数据。

(3)采用无人机辅助遥感解译数据时，要充分考虑不同季节的云层、云量和风力差异化特点，做好飞行规划方案和数据采集的把控，根据现场地势因地制宜构建地形地貌三维可视化。金沙江巴塘、拉哇段风力一般每年6～9月份下午时段都能达到5级以上，不适合航拍飞行，每日上午6～11点为最佳飞行时段。

(4)高原峡谷水电项目严格控制边坡开挖面，控制人为扰动范围。加强对高陡边坡开挖的现场监测，严格控制开挖面，加强多种爆破技术合理联用，并采取分层开挖、分层稳定和坡脚预加固技术，合理利用坡面冲沟布设溜渣平台[7]，降低坡面挂渣量，防止石渣下江。

## 7　结　语

通过构建有针对性的水土保持监测指标体系，利用GIS遥感影像解译技术开展项目信息化监测管理，以此来弥补高原峡谷传统监测方式时效性低，点多面广工作量大等不足。GIS技术的运用，准确的获取了水土保持扰动范围、侵蚀强度、植被覆盖度等相应的关键监测指标，有效地提高了巴塘水电站水土保持监测的时效性，较客观的反映了水土保持监测动态变化过程。水土保持各项监测指标GIS数据库的搭建，为监测工作的实时查询、统计应用、总结分析提供了可靠的基础数据，通过数据的专业化处理，充分发挥了监测数据的共享度和增值度，能够更好的服务于建设方创造工程经济价值，在一定程度实现了水土保持监测工作数字化转型服务。

同时，GIS技术在巴塘电站水土保持监测中的成功应用，也为金沙江高原峡谷类型水电项目水土保持监测提供了技术创新监测经验模式，为创建“绿色金上”精品工程打下坚实的基础，也为各级水土保持监督检查提供了重要遥感影像和技术数据资料。

（下转第115页）

好详细记录，必要时可以留下照片等影像资料。

## 4 结　语

材料费作为水利水电工程总造价的重要组成部分一般占其 60%左右，部分装饰工程、安装工程的材料费甚至会达到工程总造价的 75%，所以，材料价格对工程造价具有重大影响。我们在控制工程造价时就必须做到合理确定材料价格，通过合理、具体的合同条款降低价格风险带来的影响，让参建各方积极采取有效措施控制工程造价，并在工程建设过程中对材料价格进行跟踪管理。本文就材料价格本身及其波动可能对工程造价产生的影响做出了分析，并提出了具有针对性的控制措施，希望能对以后涉及确认材料价格的相关工作有所帮助。

**参考文献：**


[1] 陈旭升. 建筑材料价格对建设工程造价的影响及风险管理[J]. 工程技术与管理. 2020，4(6)：243-245.

[2] 袁艳霞. 水利工程概预算编制中人工及材料费补差形式的探讨[J]. 山西水利科技. 1995，(11)：99-101.

[3] 缪建彬. 材料价格因素对工程造价的影响分析[J]. 价值工程. 2013，32(36)：77-78.

[4] 姚亮. 材料价格变动对水工工程造价的影响及对策分析[J]. 价值工程. 2020，(15)：1-2.

[5] 陶学明，李 颖. 工程造价控制中材料价格的风险管理研究[J]. 建筑经济. 2006，(07)：73-75.



**作者简介：**

贺靖懿(1996-)，女，四川成都人，助理工程师，工学学士，从事水电工程合同管理工作；

程婷婷(1994-)，女，重庆垫江人，助理工程师，工学学士，从事水电工程合同管理工作.


**(责任编辑：卓政昌)**

(上接第 93 页)

(1)白格岸坡滑移为“推移式＋牵引式”的混合型滑坡，滑坡体规模巨大；

(2)计算结果表明，白格堰塞体发生 1/3 和 1/2 溃决时，苏洼龙坝址处的洪峰流量分别为 16 800 $m^3/s$ 和 28 200 $m^3/s$。

**参考文献：**


[1] 马俊学，陈剑，崔之久，等. 堰塞湖溃坝堆积物的粒度特征分析：以岷江上游叠溪古滑坡堰塞湖为例 [J]. 现代地质，2017，(31)：1261-1268.

[2] 陈生水，赵天龙，钟启明. 堰塞坝溃坝数学模型研究与应用[J]. 水利水运工程学报，2015，(3)：1-8.

[3] 徐娜娜，邢爱国. 滑坡堰塞湖溃坝波影响因素分析[J]. 人民黄河，2012，(34)：83-85＋88.

[4] 李运辉，陈献耘. 新西兰波伊鲁阿堰塞湖的形成及溃决[J]. 水利水电快报，2008：1-3.

[5] 曹鹏，黎应书，李宗亮，等. 西藏昌都白格滑坡斜坡地质结构特征及成因机制[J]. 地球科学，2020：1-18.

[6] 王剑涛，薛宝臣，赵万青，等. 苏洼龙水电站遭遇白格堰塞湖灾害应对措施[J]. 水电与抽水蓄能，2020，(6)：20-25.

[7] 陈祖煜，张强，侯精明，等. 金沙江“10·10”白格堰塞湖溃坝洪水反演分析[J]. 人民长江，2019，(50)：1-4＋19.



**作者简介：**

邓则军(1965-)，男，四川成都人，工程师，硕士，从事水电工程开发建设技术管理工作.


**(责任编辑：卓政昌)**

(上接第 97 页)

**参考文献：**


[1] 叶林春. 无人机遥感技术在水土保持监测中的应用研究[J]. 水利技术监督，2020，(6)：. 267-269.

[2] 周湘山，et al. 遥感技术在水土保持监测中的应用[J]. 工程建设与设计，2018，(6)：265-266.

[3] 姚赫，陈敏. 开发建设项目水土保持 GIS 管理系统建设探讨[J]. 人民长江，2008，39(24)：. 91-92.

[4] 王小川. 浅析 3S 技术在水土保持动态监测中的应用[J]. 低碳世界，2020，10(1)：49-50.

[5] 张歆，姚赫，高飞. 生产建设项目不同水土保持监测方法的比较分析[J]. 人民长江，2017. 48(12)：36-41.

[6] 王新星. 卫星遥感与无人机遥感技术在生产建设项目水土保持监管中的应用——以晋陕蒙接壤地区部批生产建设项目为例[J]. 中国水土保持，2019，(11)：29-33.

[7] 邓杨琼. 基于 GIS 的土地生态环境质量监测评价探析[J]. 南方农业，2020. 14(26)：199-200.



**作者简介：**

王　苹(1984-)，男，浙江温州人，工程师，本科，主要从事水土保持监测、水资源管理保护工作；

田应辉(1970-)，男，贵州德江人，华电金沙江上游水电开发有限公司巴塘分公司副总工程师，高级工程师，从事工程建设管理工作；

阚思蒙(1995-)，男，四川成都人，华电金沙江上游水电开发有限公司巴塘分公司环水保专责，助理工程师，从事工程建设管理工作；

李　宁(1992-)，男，湖北赤壁人，助理工程师，本科，主要从事水土保持监测、水资源管理保护工作.


**(责任编辑：卓政昌)**