

可可西里湖泊群立体监测技术方法及应用

谭德宝, 吴佳琪, 文雄飞

(长江科学院 空间信息技术应用研究所, 湖北 武汉 430010)

摘要: 高原地区的湖泊自然、地理、气候条件恶劣, 常位于人烟稀少的无人区, 实地获取湖泊的基础数据十分困难。为了解决高原地区湖泊的水资源、水环境、水灾害的监测、评价、研究等方面比较滞后的问题, 以青海省可可西里地区盐湖流域为研究区域, 建立空-天-地-水一体化立体监测集成系统, 获取盐湖湖泊全方位的基础数据, 并对可可西里盐湖的面积、水位、容积及湖泊潜在溢出路等进行分析与预测。结果表明: 盐湖湖泊面积从2015年1月的147.41 km²增长至2018年12月的196.27 km², 4 a期间增长面积达48.86 km², 增长率达24.9%; 湖泊容积由19.116亿 m³增长至33.878亿 m³, 4 a期间增长容积达14.762亿 m³, 增长率达43.6%。通过建立基于高原湖泊的空-天-地-水一体化立体监测系统, 获取高精度的高原地区湖泊的基础数据, 能为可可西里盐湖流域的水资源管理与生态环境保护提供数据基础和决策支撑。

关键词: 空-天-地-水一体化监测; 高原湖泊; 盐湖; 可可西里

中图法分类号: TP391

文献标志码: A

DOI: 10.16232/j.cnki.1001-4179.2020.01.038

青藏高原是全球面积最大、海拔最高、地形最为复杂的高原, 被称为“世界第三级”。青藏高原气候变化不仅是全球气候变化的重要部分, 而且会对全球气候波动起到触发器和放大器的作用^[1]。56 a来, 可可西里地区气候呈显著暖湿化趋势, 其中气温上升速率为 $0.33^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$ ($R = 0.746$, $P < 0.01$), 降水增加速率为 $23.4 \cdot (10\text{a})^{-1}$ ($R = 0.422$, $P < 0.01$) mm^[2]。由于受人类活动影响较小, 高原湖泊的萎缩或扩张能真实地反映区域气候变化与环境变化情况, 因此认识青藏高原湖泊的变化规律对研究气候变化背景下的区域水资源变化及环境变迁具有重要意义^[3]。2011年9月开始, 可可西里自然保护区境内出现一系列触目惊心的湖岸溃垮和湖水外溢的自然水患灾害, 导致保护区自西向东依次分布的内流湖泊卓乃湖、库赛湖、海丁诺尔湖和盐湖通过河流串连起来^[4], 最下游的盐湖成为了流域最终的“接收者”, 水位持续上升, 面积持续扩大, 淹没区向青藏公路和青藏铁路延伸。若盐湖水位上涨至其东侧垭口高程, 湖水将漫溢,

可能对下游青藏铁路、青藏公路、油气管道、通讯线路和输电铁塔等重要基础设施安全构成威胁, 同时也可能会引起土地沙化、草地退化等一系列生态问题。因此, 获取高原湖泊地区实时精准的基础数据对湖泊地区的动态监测和水文水患预警起到了十分重要的作用。

由于高原内陆湖泊地处无人区, 自然、地理条件极其恶劣, 交通不便, 实地调查困难, 加上高原地区水文站、气象站分布稀疏, 难以获得充分的实测基础数据。针对解决可可西里盐湖流域水文水患问题, 本文建立基于高原湖泊的空天地水一体化监测系统, 为可可西里盐湖流域的动态监测提供强有力的手段, 同时也为青藏高原湖泊地区的水资源、水环境、水灾害和水生态多方面提供数据基础和决策支撑。

1 研究区概况

可可西里盐湖($N35^{\circ}32'$, $E93^{\circ}25'$), 又名68道班盐湖^[5], 以产盐而得名, 位于玉树藏族自治州治多县

收稿日期: 2019-11-20

基金项目: 长江科学院高原河湖立体监测项目(CKSF2017063/KJ)

作者简介: 谭德宝, 男, 教授级高级工程师, 博士, 主要从事空间信息技术在水利行业中的应用研究。E-mail: tdebao@126.com

可可西里国家级自然保护区东北部,距索南达杰保护站约12 km,昆仑山中段第三纪陆相断陷盆地内,东距青藏公路68道班10.0 km。盆地外围为第三系上新统陆相地层构成的残丘,滨湖为第四系全新统湖沼沉积,面积约20.0 km²。湖区属青南高寒草原半干旱气候,年均气温-4.0~-1.0℃,年降水量150~200 mm。湖水灰白色,透明度0.5~1.0 m,密度1.150×10³ kg/m³,pH值6.85,矿化度221.35 g/L,阳离子Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺含量分别为72 395.3、1 929.4、6 675.1、462.4 mg/L,阴离子Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻含量分别为123 330.0、15 866.5、891.6 mg/L,属硫酸镁亚型盐湖。湖底有石盐沉积,厚约0.5 m,东岸石盐层厚2.5 m,裸露地表。

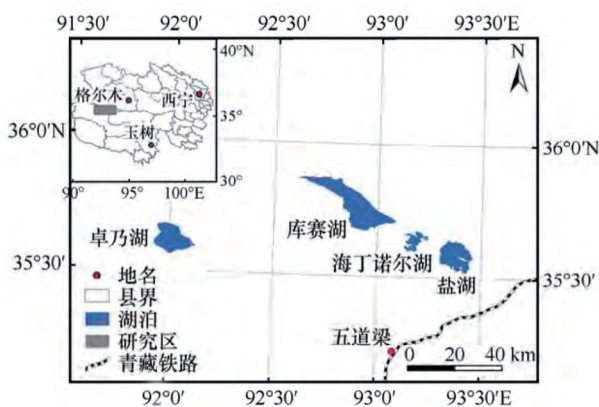


图1 盐湖流域示意

Fig. 1 Map of the Salt Lake Basin

2 关键研究技术与路线

2.1 关键研究技术

2.1.1 卫星遥感技术

遥感是依靠从远距离感知目标反射或其辐射的电磁波进行目标探测和识别的技术。当代卫星遥感技术的发展主要表现在它的多传感器、高分辨率和多时相特征^[6-7]。随着空间信息技术的飞速发展,卫星遥感提供了廉价、稳定、可靠的数据来源,对于部分自然条件复杂区域,如青藏高原,采用现场调查的方式存在交通不便、危险性高、劳动强度大等诸多问题。如果能够采用时序遥感影像开展特定区域的生态环境情况调查,如高原河湖区域的遥感动态监测,将会有效降低成本,并且为相关部门提供高效而准确参考数据。对于覆盖区域范围广,时间要求严的条件下,难以通过单一时相的遥感影像理解湖泊变化规律,所以有必要采用多时相、多类型的遥感数据源。例如运用高分卫星、环境减灾卫星和美国陆地卫星影像,获取高原地区河流水系、植被覆盖、湖泊面积变化、冰雪面积变化等基础

信息;利用测高卫星(Icesat, Envisat, JASON等)数据获取高原地区的湖泊水位变化、地表沉降及冻土变化等,可深刻理解高寒气候区关键自然过程并对水资源、水灾害等过程进行实时监测和预警。

2.1.2 无人机遥感技术

近年来随着无人机(unmanned aerial vehicle, UAV)低空遥感技术的飞速发展和不断成熟,为高精度的数字高程模型(DEM)的获取提供了强有力的手段。随着无人机与数码相机的不断发展,无人机低空航拍遥感系统成为一项空间数据获取的重要手段,应用越来越广泛,因其具有成本低、机动灵活、续航时间长、影像实时传输、高位地区探测、大比例尺精度高等特点,成为了在小区域和飞行困难地区快速获取高分辨率遥感数据的重要工具之一^[8-10],尤其适合应用于青藏高原与江源区等高寒气候生存条件恶劣区域高分辨率空间信息获取方面。

长江水利委员会长江科学院在青藏高原江源区高海拔地区科学考察^[11]中进行了无人机航拍适用性测试,结果表明,无人机遥感系统完全能够满足高原地区作业需求,获取的高分辨率航片影像使得在较小空间尺度上观察地表细节变化、进行大比例尺遥感制图以及监测人为活动对环境的影响成为现实,同时还解决了卫星数据的拍摄盲区、编程时间长、以及在江源地区车船无法到达、受天气影响无法获取数据等诸多困难。无人机航测的众多优势可以有效地提高高原、高海拔、高寒地区测绘工作的质量和效率^[12]。

2.1.3 多波束水下地形探测技术

随着青藏高原江源地区生态环境保护和水利科研的持续加强,对于获取高原地区河湖水下地形的研究越来越重视。多波束测深系统是由单频测深系统发展而来的,是一种具有高效率、高精度和高分辨率的水下地形测量新技术,特别是最近十几年,数字化和传感器等高新技术的发展促进其飞速发展^[13-14]。

多波束测深系统能够精确、快速地测出沿航线一定宽度内水下目标的大小、形状和高低变化,比较可靠地描绘出水底地形的三维特征^[15-16]。多波束水下地形探测系统在构建的江源河流与湖泊立体监测系统中占据重要的地位,能够获取高精度的江源区河流与湖泊水下地形数据,为研究湖泊库容与河流演变提供数据基础。同时,多波束测深系统有望实现青藏高原江源区河湖的水下地形数据的精细化探测,从而获取精准的高原河湖水下地形演变规律,为高原水资源保护和生态环境保护工作提供技术数据和技术支撑。

2.1.4 浮标式水文情势自动监测技术

为了克服高原湖泊高海拔寒冷气候与人类生存条件极其恶劣的困难,可以利用多种平台多种技术集成。在高原湖泊区域布设多种类型的水文、气象、生态等不同领域的固定式或移动式传感器,基于无线自组网技术充分集成的数据采集网络,能够适应青藏高原江源区高寒气候条件下温差变化剧烈的情况,主要用于在实地现场获取水资源和生态环境关键指标的原位观测数据,并与卫星遥感和航空遥感数据获取系统同步有机集成。浮标式高原无人区湖泊水文情势自动监测技术^[17]是最近研制的新型监测平台,能够承受和克服高原湖泊极端寒冷气候环境,数据传输具有全天候全自动特点,并且能够有效降低数据通信过程中的能源消耗。

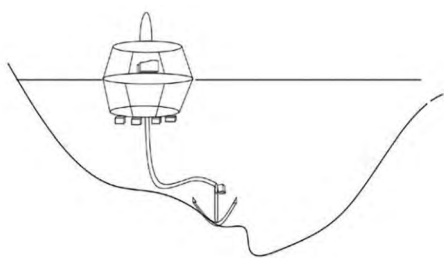


图 2 浮标式高原无人区湖泊自动监测示意
Fig. 2 Scheme of automatic lake monitoring system in no man's land

2.2 研究路线

为了对可可西里盐湖流域湖泊变化进行动态立体监测,理解湖泊时空变化规律和特征,设计了针对可可西里湖泊群进行监测的关键技术应用路线(见图 3)。利用多源卫星遥感技术、无人机技术、无人船多波束水下地形探测技术,水文情势自动监测技术和现场探勘测量等多种技术手段,基于在同一时间和空间尺度建立立体监测的集成系统,采集盐湖区域全方位的基础数据;其中卫星遥感数据采集时间序列的湖泊面积、水位、地表沉降、冰川分布等信息;无人机航飞采集盐湖东侧潜在湖水外溢通道,高精度地形数据和数字正射影像;地面观测主要采用各种自动监测设备和现场巡测,获取盐湖实时水位、流量、水质等水文信息;无人船搭载多波束激光探测器进行水下地形测量,获取盐湖的水下地形数据,构建盐湖水位-面积-容积关系曲线。

利用立体的监测系统分析盐湖水量变化过程,弄清盐湖水位的变化过程与区域内气候变化过程之间的特征与响应机制,建立湖泊间水量平衡模型,并结合气象预报数据进行深入分析,预测盐湖溢出水量、流量过程与淹没范围,为可可西里流域湖泊的水资源、水生态相关部门提供数据支撑和水患应急技术支持。

2.3 数据来源

2.3.1 遥感数据

收集并整理可可西里盐湖流域 2015 年至 2018 年逐月的高分一号可见光 (CCD) 数据。“高分一号”的宽幅多光谱相机幅宽达到了 800 km,在具有类似空间分辨率的同时,可以在更短的时间内对一个地区重复拍照,其重复周期只有 4 d,而世界上同类卫星的重复周期大多为 10 余天。可以说,“高分一号”在空间分辨率和时间分辨率上具有双重优势,适用于可可西里盐湖湖泊的动态变化监测。

2.3.2 水下地形数据

在高原地区空气稀薄、气候寒冷、交通不便的条件下,使用一系列先进科学测量设备来获取实测水下地形数据。基于无人船的多波束技术在盐湖现场开展盐湖水下地形测量工作,通过内业分析和处理,制作了盐湖湖底等高线图(见图 4),且测

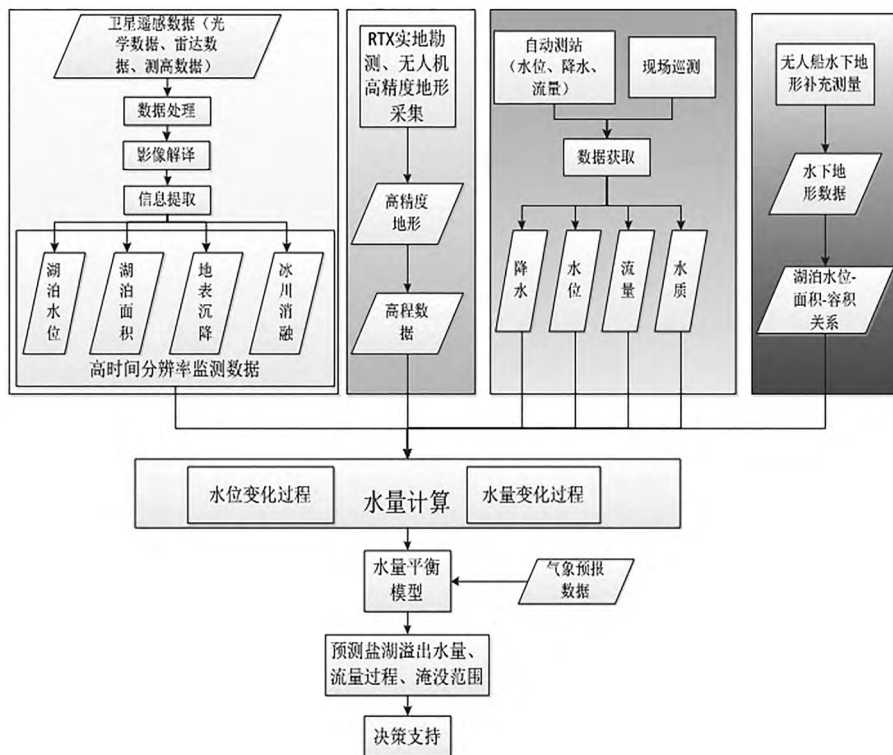


图 3 关键技术应用路线
Fig. 3 Technology road map

得盐湖最深处达 24.86 m。

表 1 高分一号可见光 (CCD) 数据参数

Tab. 1 CCD parameters of GF-1

波段号	光谱范围/ 通道数	全色/多光谱/ 幅宽/	过境 周期/d
	μm	m km	
GF-1	0.45~0.89	4 2/8, 16 60/800	4

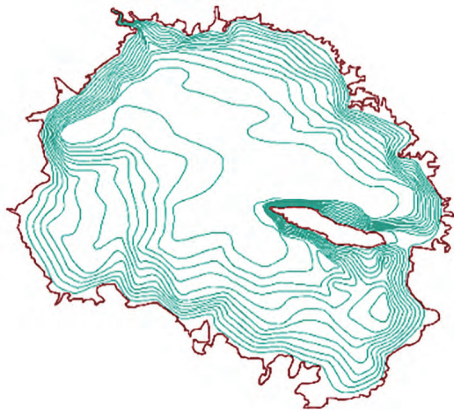


图 4 盐湖等深线分布

Fig. 4 Depth contour of the Salt Lake

3 数据处理与分析

3.1 数据处理

首先,获取和整理 2015 年 1 月至 2018 年 12 月逐月的高分一号卫星数据,通过对逐月序列卫星数据进行必要的预处理(辐射定标、大气校正、几何校正、影像裁剪融合等),使用 ArcGIS 专业软件进行影像人工解译提取各个月盐湖湖泊水体面积并进行整理分析。然后,根据实测的可可西里盐湖水下地形数据进行成果分析,通过插值方法得到逐月湖泊水位-面积-容积关系曲线,最终分析和预测湖泊的未来趋势,针对该地区水患应急处置提出了一系列的方案和措施。

3.2 盐湖面积、水位及容积变化

3.2.1 面积变化

如图 5 所示,2015 年 1 月至 2017 年 8 月,湖泊面积存在一定程度的波动,但是总体呈增长缓慢趋势。2015 年和 2016 年湖泊面积增加速率分别为 $4.23 \text{ km}^2/\text{a}$ 和 $5.16 \text{ km}^2/\text{a}$; 而 2017 年和 2018 年湖泊面积增加速率分别为 $14.07 \text{ km}^2/\text{a}$ 和 $25.29 \text{ km}^2/\text{a}$ 。4 年来年平均增长速率为 $12.19 \text{ km}^2/\text{a}$,湖泊面积从 2015 年 1 月的 147.41 km^2 增长至 2018 年 12 月的 196.27 km^2 ; 从 2017 年 8 月至 2017 年 12 月,盐湖面积增长速度有所加快,面积增加高达 12.31 km^2 ; 2018 年 6~12 月,盐湖面积增加同样高达 20.28 km^2 。相较于 2015 和 2016 年的面积稳定增长,2017 年和 2018 年的湖泊扩张明显加速。

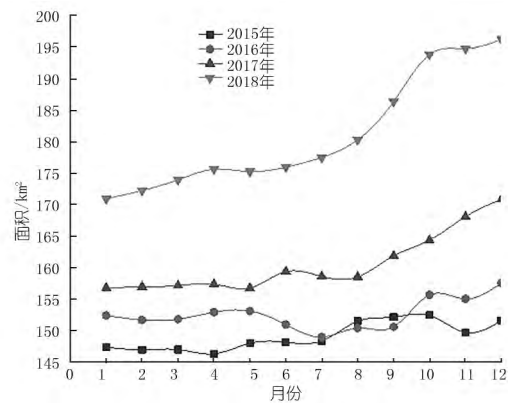


图 5 盐湖 2015~2018 年面积变化曲线

Fig. 5 Area variation of Salt Lake from 2015 to 2018

3.2.2 水位和容积变化

如图 4~6 可知水位变化曲线、容积变化曲线趋势和面积变化曲线趋势大体相同。2015 年 1 月至 2017 年 8 月,盐湖水位、容积存在波动,水位从 4416.15 m 增至 4418.33 m ,水位上涨了 2.18 m ; 湖泊容积从 20.279 亿 m^3 增长至 23.689 亿 m^3 ,水量增加了 3.41 亿 m^3 。2017 年 8 月至 2018 年 4 月湖泊水位、容积持续增长,水位从 4418.33 m 增长至 4420.88 m ,升高了 2.55 m ; 容积从 23.689 亿 m^3 增长至 27.469 亿 m^3 ,增加了 3.78 亿 m^3 。2018 年 6~12 月湖泊水位、容积快速增长,2018 年 12 月湖泊水位达到了 4464.264 m ,容积达到了 33.878 亿 m^3 。

通过对逐月的湖泊容积进行分析,从 2015 年 1 月至今,发现有 2 个月的盐湖湖泊容积变化最为明显,盐湖容积变化最大是 2016 年 10 月,解译的 2016 年 9 月的盐湖湖泊面积是 150.64 km^2 ,而在 2016 年 10 月湖泊面积增长到 155.71 km^2 ,相应的湖泊容积从 21.339 亿 m^3 增加到 23.003 亿 m^3 ,湖泊面积增长了 5.10 km^2 ,容积增加了 1.600 亿 m^3 。其次是 2015 年 8 月,盐湖湖泊面积相比上个月增长了 3.10 km^2 ,容积增加了 1.000 亿 m^3 。

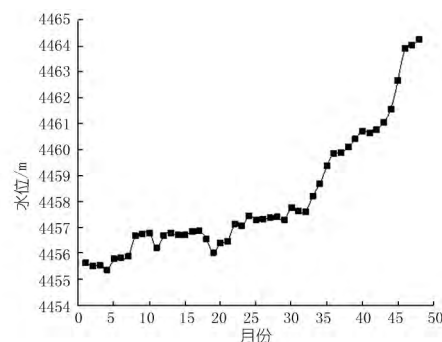


图 6 盐湖水位变化曲线(2015.1~2018.12)

Fig. 6 Water level variation of Salt Lake

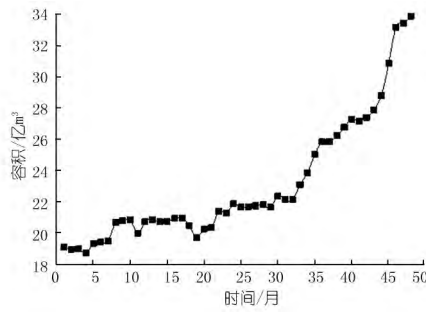


图 7 盐湖容积变化曲线(2015.1~2018.12)

Fig. 7 Volume variation of Salt Lake

3.3 盐湖水位 - 面积 - 容积关系

基于实地测量获取的水面高程、等深线以及在 1:100 000 地形图上勾绘的等高线构建 TIN 网格, 计算盐湖在高程 4 396 m 至 4 428 m 不同高程情况下的湖泊面积和容积, 如表 2 所示, 建立的盐湖水位面积关系和水位容积曲线如图 8、9 所示。

表 2 盐湖水位 - 面积 - 容积参数

Tab. 2 Parameters of water level - area - volume of Salt Lake

水位/ m	面积/ km ²	容积/亿 m ³	水位/ m	面积/ km ²	容积/亿 m ³
4396	28.20	0.13	4414	138.54	17.12
4398	51.86	1.00	4416	146.69	20.04
4400	65.50	2.23	4418	156.14	23.14
4402	75.27	3.69	4420	171.01	26.48
4404	85.22	5.34	4422	181.50	30.08
4406	98.40	7.29	4424	196.04	34.18
4408	109.03	9.42	4426	217.19	38.42
4410	120.59	11.78	4428	242.88	43.21
4412	130.25	14.36			

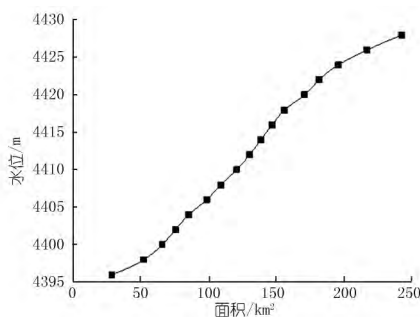


图 8 盐湖面积 - 水位关系曲线

Fig. 8 Relationship between area - water level of Salt Lake

4 结论与展望

(1) 本文提出建立基于高原地区湖泊的空 - 天 - 地 - 水立体监测集成系统, 旨在从空间和时间尺度来认识高原地区的湖泊变化规律, 对局部敏感区域地形进行高精度监测与分析, 弄清湖泊的水下地形。该先进集成系统的配套应用为可可西里地区的水患灾害预

防与应急处置提供数据和技术支撑。

(2) 对于获取的湖泊基础数据可利用多种分析方法对数据进行分析与评价, 如: 大数据分析、人工智能、数值模拟等; 对高原湖泊的变化分析需要更精细化的分析, 为湖泊水资源、水生态、水灾害提供更为精确和可靠的支撑, 也利于进一步研究和理解高原地区湖泊的变化机理。

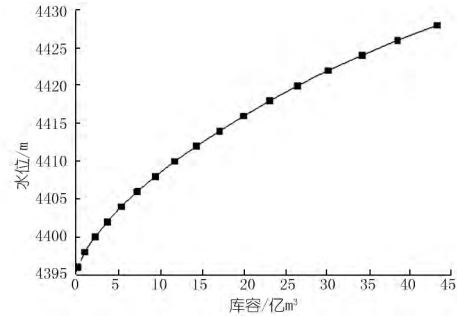


图 9 盐湖水位 - 容积关系曲线

Fig. 9 Relationship between water level and volume of Salt Lake

(3) 可可西里盐湖的研究一直是研究的热点问题, 对于盐湖近几年的不断扩张, 水位的不断升高及湖泊容积的增大, 分析与预测盐湖的潜在溢出路显得非常必要, 为盐湖的水患应急问题提供可靠的数据基础和技术支撑。

(4) 所建立的空 - 天 - 地 - 水立体监测集成系统在可可西里湖泊群的高原湖泊测量中得到了应用, 可以在青藏高原其他大型湖泊的监测中进行推广和运用, 进而掌握青藏高原精准的水资源现状及其变化, 具有一定的应用和科学价值。

参考文献:

- [1] Alley R B, Meese D A, Shuman C A, et al. Abrupt increase in Greenland snow accumulation at the end of the Younger Dryas event [J]. Nature, 1993, 362(6420): 527 - 529.
- [2] 杜玉娥, 刘宝康, 贺卫国, 等. 1976 - 2017 年青藏高原可可西里盐湖面积动态变化及成因分析 [J]. 冰川冻土, 2018(1): 47 - 54.
- [3] 姚晓军, 刘时银, 孙美平, 等. 可可西里地区库赛湖变化及湖水外溢成因 [J]. 地理学报, 2012(5): 689 - 698.
- [4] 刘宝康, 李林, 杜玉娥, 等. 青藏高原可可西里卓乃湖溃堤成因及其影响分析 [J]. 冰川冻土, 2016(2): 305 - 311.
- [5] 胡东生. 可可西里地区湖泊资源调查研究 [J]. 干旱区地理, 1992(3): 50 - 58.
- [6] 谭德宝. 空间信息技术在水利行业中的应用研究与实践 [J]. 人民长江, 2012, 43(8): 1 - 6.
- [7] 李德仁. 数字地球与“3S”技术 [J]. 中国测绘, 2003(2): 30 - 33.
- [8] 马怀武, 王俊强. RTK 结合无人机低空摄影在高原地区测绘中的应用 [J]. 测绘地理信息, 2014(3): 47 - 50.
- [9] 邹长慧, 周忠发. 喀斯特高原山区无人机低空遥感影像数据的获取与处理 [C] // 第四届“测绘科学前沿技术论坛”兰州, 2012.
- [10] 熊登亮, 陈舫益. 采用无人机影像生成高原山区高精度 DEM 的

- 一种方法[J]. 测绘与空间地理信息, 2014(1): 127-128.
- [11] 熊强, 王俊伟. 无人机在高原高海拔高寒地区公路测量中的应用[J]. 四川水泥, 2017(2): 131-132.
- [12] 徐平. 同饮长江水 共护长江源: 长江科学院圆满完成2018年江源科学考察[J]. 长江科学院院报, 2018, 35(9): 2.
- [13] 郑淑倩, 杨青萍, 刘犀力, 等. 水下地形探测与变化模拟方法研究[J]. 地理空间信息, 2018(5): 119-122.
- [14] 赵钢, 王冬梅, 黄俊友, 等. 多波束与单波束测深技术在水下工程中的应用比较研究[J]. 长江科学院院报, 2010(2): 20-23.
- [15] 任建福, 黄麟惠. 多波束测深仪在水下地形测量中的应用[C] // 全国测绘科技信息网中南分网第三十次学术信息交流会, 桂林, 2016.
- [16] 裴学军, 周迎奎, 高洁. 多波束测深系统在水下地形测量中的应用[J]. 山东水利, 2018(6): 51-52.
- [17] 高文武, 谭德宝, 赵登忠, 等. 浮标式无人区河流湖泊自动监测系统. CN207351441U[P]. 2018-5-11. (编辑: 黄文晋)
- 引用本文: 谭德宝, 吴佳琪, 文雄飞. 可可西里湖泊群立体监测技术方法及应用[J]. 人民长江, 2020, 51(1): 243-248.

Stereoscopic monitoring method and its application in Hoh Xil lake group, Tibetan Plateau

TAN Debao, WU Jiaqi, WEN Xiongfei

(Spatial Information Technology Application Institute, Changjiang River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China)

Abstract: Plateau lakes have poor natural, geographical and climatic conditions, and locate in sparsely populated areas, so it is very difficult to obtain basic data in the field. In order to solve the problems of monitoring, evaluating and researching on water resources, water environment and water disasters in the plateau lakes, this paper takes the salt lake basin in the Hoh Xil of Qinghai Province as the research area, an aerial-space-earth-water integrated stereoscopic monitoring system was established to obtain all-round basic data of the salt lake. The area, water level, volume and potential overflow path of the lake were analyzed and predicted. The results show that the area of salt lakes increased from 147.41 km² in January 2015 to 196.27 km² in December 2018. Over the four-year period, the area increased by 48.86 km², with a growth rate of 24.9%. The volume of lakes increased from 1.9116 billion m³ to 3.3878 billion m³. Over the four-year period, the growth volume reached 1.4762 billion m³, with a growth rate of 43.6%. By establishing an aerial-space-earth-water integrated stereoscopic monitoring system for plateau lakes, high-precision basic data of plateau lakes can be obtained to provide data foundation and decision support for water resources management and ecological environment protection in the Hoh Xil salt lake basin.

Key words: aerial-space-earth-water integrated stereoscopic monitoring system; plateau lake; salt lake; Hoh Xil

(上接第224页)

- [15] 吴广宽, 罗兴铸, 冯建军, 等. 基于瞬态流固耦合的混流式转轮叶片裂纹成因分析[J]. 农业工程学报, 2015, 31(8): 92-98.
- [16] 王正伟, 杨校生, 肖业祥. 涡带工况下混流式水轮机转轮动应力特性分析[J]. 水力发电学报, 2007, 26(4): 130-134, 140.
- [17] 贾伟, 刘晶石, 庞立军, 等. 抽水蓄能电站水泵水轮机的动静干涉与振动分析[J]. 振动工程学报, 2014, 27(4): 565-571.
- [18] 刘延泽, 常近时. 重力场对灯泡贯流式水轮机流场分析及水力性能评估的影响[J]. 水利学报, 2008, 39(1): 96-102.
- [19] 夏林生, 程永光, 张晓曦, 等. 灯泡式水轮机飞逸过渡过程三维CFD模拟[J]. 四川大学学报(工程科学版), 2014, 46(5): 35-41.
- [20] Fluent Inc., FLUENT User's Guide[Z]. Fluent Inc., 2003.
- [21] Versteeg H K, Malalasekera W. An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method[M]. New York: Wiley, 1995. (编辑: 赵秋云)
- 引用本文: 余永清, 吴亚军, 陈瑞瑞, 等. 重力场对贯流式水轮机性能的影响预测[J]. 人民长江, 2020, 51(1): 221-224.

Influence of gravity field on performance of bulb tubular turbine

YU Yongqing¹, WU Yajun², CHEN Ruirui³, GUI Shaobo⁴

(1. Zhefu Holding Group Co. Ltd., Hangzhou 311121, China; 2. Construction Company of Water Diversion Project from Hanjiang River to Weihe River, Xi'an 710000, China; 3. Zhejiang Fu'an Hydraulic Research Institute, Hangzhou 311121, China; 4. Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Wuhan 430010, China)

Abstract: This paper took bulb tubular turbine of hydropower station in Changsha multi-purpose Project as the research object to build a geometrical model, and numerical simulation of whole flow passage was carried out using SST k- ω turbulence model. By comparing the results of with gravity field and without gravity field, we analyzed the influence of gravity field on the performance prediction of bulb tubular turbine. The results show that the gravity field can be ignored when calculating external characteristics of bulb tubular turbine such as efficiency, output, but it should be considered when predicting cavitation performance and calculating structure characteristics.

Key words: bulb tubular turbine; SST k- ω turbulence model; gravity field; hydropower station; Changsha multi-purpose Project