

# The Method of Volumetric Measurement and Applied Research in Ebinur Lake of Xinjiang

Shuping Geng<sup>1</sup>, Aizimaiti • Aihemaiti<sup>1</sup>, Zhigang Tian<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Xinjiang Hydrology and Water Resources Bureau, Urumqi

<sup>2</sup>Yellow River Hydrology Investigation and Surveying Bureau, Zhengzhou

Email: [5439689@qq.com](mailto:5439689@qq.com)

Received: Nov. 27<sup>th</sup>, 2013; revised: Jan. 3<sup>rd</sup>, 2014; accepted: Feb. 7<sup>th</sup>, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

Taking Ebinur Lake as the research object, this paper established a three-dimensional model of the lake basin and made the quantitative study on the volume of Ebinur Lake through GPS-RTK location technology and the underwater topography detection by using sounding rod with limnology and historical and remote-sensing data applied. The present study was achieved with the help of professional digital topographic mapping software, which will provide the reliable and basic support for development and control, ecological environment protection and water resources management in Ebinur Lake basin.

## Keywords

Ebinur Lake, Measurement, GPS-RTK, Section Method

---

# 新疆艾比湖容积测量方法及应用研究

耿曙萍<sup>1</sup>, 艾孜买提 • 艾合买提<sup>1</sup>, 田志刚<sup>2</sup>

<sup>1</sup>新疆水文水资源局, 乌鲁木齐

<sup>2</sup>黄河水文勘察测绘局, 郑州

Email: [5439689@qq.com](mailto:5439689@qq.com)

收稿日期: 2013年11月27日; 修回日期: 2014年1月3日; 录用日期: 2014年2月7日

作者简介: 耿曙萍(1979-), 女, 汉族, 籍贯: 河南, 职称: 高级工程师, 硕士研究生学位, 现从事水文水资源工作。

## 摘要

本论文以艾比湖为研究对象,通过基于GPS-RTK的技术定位及测深杆的水下地形测量,结合历史资料及遥感数据,应用湖沼学原理,采用专业数字地形图软件,建立湖盆三维立体模型,对艾比湖容积进行量化的研究,为艾比湖流域的开发治理、生态环境保护、水资源管理提供可靠的基础支撑。

## 关键词

艾比湖, 容积测量, GPS-RTK, 断面法

## 1. 引言

艾比湖容积测量是国务院第一次全国水利普查办对西部重点湖泊开展容积测量工作的重要组成部分。容积资料是湖泊的重要形态特征,属于重要的基本国情信息。我国西部地区湖泊众多,是西部地区水资源的重要组成部分,但历史上因种种条件限制,绝大多数湖泊至今没有进行过一次实地测量,湖泊容积资料是一项空白,湖区水资源的开发、利用和保护受到了严重限制[1]。

## 2. 研究背景

艾比湖地理位置为东经  $82^{\circ}35' \sim 83^{\circ}16'$ , 北纬  $44^{\circ}34' \sim 45^{\circ}08'$ , 位于新疆博尔塔拉蒙古自治州精河县境内, 是新疆第一大盐水湖, 是准噶尔盆地地表水和地下水的汇集中心。博尔塔拉河、精河、奎屯河, 分别从西、南、东三个方向注入艾比湖, 成为湖水的主要来源[2]。

艾比湖流域是新疆天山北坡经济带的重要组成部分, 北临阿拉山口岸, 连接连云港~荷兰鹿特丹的亚欧第二大陆桥在艾比湖西岸通过。受气候变化、人类活动等的影响, 艾比湖水域面积锐减, 周边生态环境急剧恶化。由于艾比湖水域广, 水深浅, 河口多, 沼泽发育, 湖区干燥少雨, 多大风, 气候条件恶劣, 从未开展过测量工作。因此, 艾比湖容积测量, 是一项填补空白的学术活动, 能够为确定湖泊及周边环境合理开发和维护提供可靠的基础支撑, 对艾比湖流域的开发治理、生态环境保护、水资源管理等有着重要意义[3]。

## 3. 研究方法

本研究主要采用历史资料的收集与实地调查相结合的研究方法。历史资料的收集主要为艾比湖流域的平高控制资料及地形图资料; 实地调查主要是 2011 年 7 月进行的通过基于 GPS-RTK 的技术定位及测深杆的水下地形测量。同时, 为了提高计算成果的可靠性, 分别采用了断面法、CASS 地形法、ArcGIS 地形法 3 种方法对艾比湖容积进行量化的计算, 并对各种计算成果进行对比分析。

## 4. 研究内容

按照《水道观测规范》, 湖泊形态特征测量常规方法: 外业主要有平面控制测量、高程控制测量、水域地形测量和滩地地形测量, 内业主要有地形图成图, 各级水位(高程)相应的湖容、湖泊面积、湖泊特征值计算等[1]。

### 4.1. 平面控制测量

全网统一采用 1980 西安坐标系 3°带、中央子午线  $E84^{\circ}$  基准。平面控制采用 E 级 GPS 网一次性同级

布设，与区域周边已有控制点成果联测，建立测区三维基本控制网，并求取坐标参数转换关系。平面控制网的观测按 D 级 GPS 网观测的基本技术要求要求进行，共采用 6 台套中海达 V30 型 GPS 接收机进行静态模式测量，按照《全球定位系统(GPS 测量规范》(GB/T18314-2009)施测(图 1)。

#### 4.2. 高程控制测量

湖区高程控制测量采用四等水准测量，工作内容主要为已知高程控制点的联测检验和新埋设控制点的四等水准引测，高程系统采用 1985 国家高程基准。

#### 4.3. 水域地形测量

根据国务院水利普查办的技术要求，本次湖容测量选取 1:50000 比例尺地形图施测。水域地形测量采用横断面法，断面方向结合湖泊平面形状的走势设置，共布设平行断面 55 个(图 2)。

#### 4.4. 滩地地形测量

滩地地形点用 GPS-RTK 测量，在已布设的断面线上进行测量，地形点采集间距为 300~500 m，地形变化较大处适当加密地形点。

#### 4.5. 图形合成

将水域测量数据、滩地地形测量数据同时展绘于图上，应用成图软件合成湖泊地形全图。

#### 4.6. 内业计算与分析

分别采用断面法、CASS 地形法、ArcGIS 地形法三种方法分别计算艾比湖各级水位相应的面积和湖容特征值。

1) 采用断面法，对外业实测数据和矢量化数据进行整合，整理成 55 个断面数据文件，利用黄河大断面处理分析系统软件建立各断面对应数据库文件，对每个断面数据进行滩槽划分。根据公式：

$$V_n = ((S_n + S_{n+1})/2) \times D$$

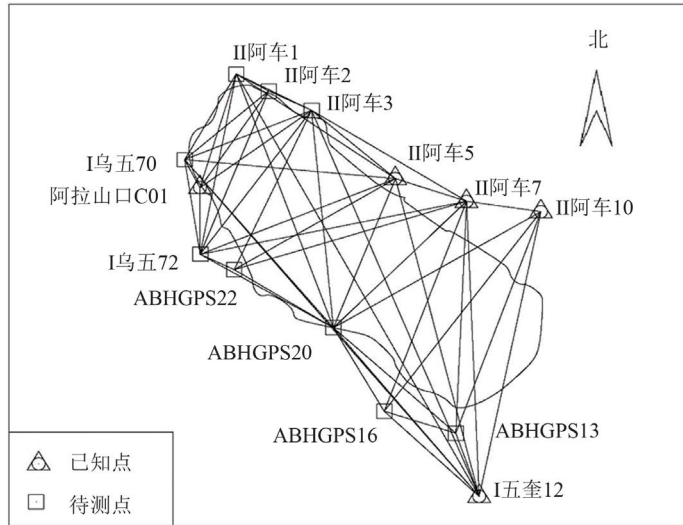


Figure 1. D-level GPS network of the volumetric measurement in Ebinur Lake  
图 1. 艾比湖容积测量 D 级 GPS 网图

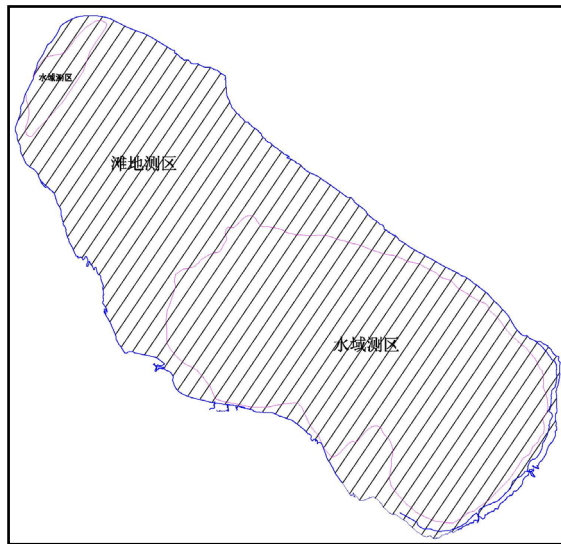


Figure 2. Section layout of the volumetric measurement in Ebinur Lake

图 2. 艾比湖容积测量断面布设图

$$V = \sum V_n$$

其中,  $V$  为总湖容;  $V_n$  为相邻断面间湖容;  $S$  为横断面截面积,  $D$  为断面间距, 这里取 1000 m。

2) 利用南方 CASS 软件, 在电子地形图上根据图上高程点建立 DTM(数字地面模型), 分别以测量期间的实时水涯线(平均高程为 194.8 m)以及 195.0、195.5、196.0、196.5、197.0 m 等高线为计算范围线, 以等高线相应高程为标高计算不同高程线下的湖容。

3) 根据外业实测的水域及滩地地形数据, 应用 ArcGIS 软件, 构建湖区数字高程模型(DEM), 获得不同分级水位高程以下的湖容及水面面积(图 3)。

综合上述三种方法: 1) 断面法湖容计算的优点是原理简单, 操作简便, 外业测量工作容易实施。缺点是计算精度低, 特别是对于上下断面面积相差较大, 断面线不平时湖容计算的精度更低; 2) CASS 软件地形法的优点是能够充分利用测量数据, 比较准确的模拟出水下地形模型, 湖容计算的精度较高。缺点是对于断面之间没有测量数据的空白地带地形控制较弱; 3) ArcGIS 软件地形法的优点是可以利用等高线来控制断面之间测量空白地带, 从而提高建立 DEM 模型的精度(表 1)。

从表中可以看出三种计算方法从原理上看各有优缺点, 从计算数值上看计算结果的差值百分比均在 1% 的容许范围之内。其中, 断面法的计算结果更接近平均湖容, 但是从计算原理上分析, ArcGIS 软件地形法更具代表性, 精度更可靠。因此, 本次研究最终选取 ArcGIS 软件地形法的计算成果。

## 5. 湖泊测量中有关问题的解决方法

### 5.1. 静态高程拟合

艾比湖东、南岸分别为甘家湖梭梭林自然保护区、艾比湖湿地自然保护区, 由于自然条件限制, 测量环湖四等水准闭合线路困难, 为此我们充分利用现有高等级的国家水准点, 在这些水准点上布设环湖 D 级 GPS 控制网。根据 GPS 静态观测成果和已有高程进行 GPS 高程拟合。GPS 高程拟合的精度满足规范规定的平面坐标转换残差和高程拟合残差要求, 此外还利用 GPS-RTK 对 GPS 高程拟合的精度情况进行逐点实测检验。

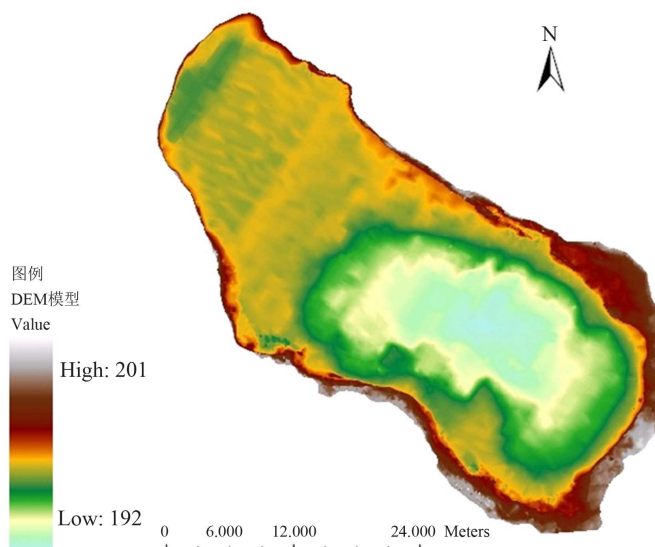


Figure 3. The digital elevation model of the Ebinur Lake

图 3. 艾比湖数字高程模型

Table 1. The error calculation of the volumetric measurement in Ebinur Lake

表 1. 艾比湖容积测量误差计算表

水位高程	断面法		CASS地形法		ArcGIS地形法		平均容积
	容积	误差百分比	容积	误差百分比	容积	误差百分比	
194.8	5.922	0.21	5.890	0.75	5.992	0.96	5.935
195.0	6.948	0.33	6.892	0.48	6.936	0.15	6.925
195.5	10.563	0.09	10.503	0.48	10.596	0.40	10.554
196.0	15.463	0.12	15.345	0.64	15.525	0.52	15.444
196.5	20.581	0.14	20.400	0.74	20.678	0.60	20.553
197.0	25.809	0.06	25.665	0.62	26.000	0.67	25.825

## 5.2. 利用移动通信进行数据传输

由于测量湖区面积大，传统单基站 GPS-RTK 的作业半径一般为 10~15 km，作业半径小，不能满足测量需要。为此我们采用了网络 RTK 测量方式，使流动站测量作业半径增加。

## 5.3. 气垫船的应用

艾比湖湖盆呈浅碟状，水域较浅，沼泽、嫩滩较多。一般的大型机动船、冲锋舟、快艇等无法施测。经过不断考察，最终选定气垫船作为本次测量的交通工具。

艾比湖平均水深 1.22 米，最大水深仅 2.70 米。即使在深水区，若采用数字化测深仪，测深仪的测深设备在水中产生的阻力对悬浮与水面的气垫船有很大的阻力，对气垫船的正常行驶有很大的安全隐患。因此，水域面积测量中采用 RTK 配测深杆施测，且完全能够满足测量精度要求。

## 5.4. 内业计算

本次研究分别采用了断面法、CASS 地形法、ArcGIS 地形法三种方法计算艾比湖容积。三种计算方

法各有特点，算法不完全相同，但计算结果基本一致，充分保证了研究成果的可靠性。

### 参考文献 (References)

- [1] 闵骞, 闵聃. 湖泊生态系统的水资源保护[J]. 水资源研究, 2008, 29(4): 18-19.  
MIN Qian, MIN Dan. On water resources protection in the lake ecosystem. Journal of Water Resources Research, 2008, 29(4): 18-19. (in Chinese)
- [2] 张晶. 艾比湖流域降水变化特征分析[J]. 水资源研究, 2009, 30(3): 32-34.  
ZHANG Jing. Analysis on the variation characteristics of precipitation in Ebinur Lake basin. Journal of Water Resources Research, 2009, 30(3): 32-34. (in Chinese)
- [3] 金英春, 姚安琪. 浅谈艾比湖流域水资源利用与生态环境变化[J]. 西部探矿工程, 2013, 25(8): 155-160.  
JIN Yingchun, YAO Anqi. Discussion on the utilization of water resources and the ecological environment Change in Ebinur Lake Basin. West-China Exploration Engineering, 2013, 25(8): 155-160. (in Chinese)