

# 安徽省水资源基础调查技术方案

## 第 1 部分：地表水域空间和储存量调查

安徽省自然资源厅

2024 年 06 月

# 目 次

1 总体要求 .....	1
1.1 项目目标和任务.....	1
1.2 总体技术路线 .....	1
1.3 项目作业范围及概况.....	3
1.4 项目完成期限 .....	5
1.5 项目管理和实施单位.....	6
2 主要技术依据 .....	6
2.1 引用文件 .....	6
2.2 调查主要技术指标.....	8
2.3 软、硬件环境及其要求.....	9
3 已有资料收集及处理 .....	11
3.1 资料收集 .....	11
3.2 资料分析与处理.....	12
4 地表水水域空间调查 .....	12
4.1 基本要求 .....	12
4.2 复核流程 .....	13
4.3 图斑复核 .....	13
4.4 图斑修正、接边.....	20
5 地表水水下地形（水深）测量.....	21
5.1 基本要求 .....	21
5.2 水下地形（水深）测量总体技术路线.....	21
5.3 已有水下地形成果检核.....	23
5.4 主要技术方法 .....	24
5.5 测量实施 .....	36
6 地表水水储量调查 .....	43
6.1 总体技术路线 .....	43
6.2 资料收集与整理分析.....	44
6.3 水储量计算 .....	44
6.4 数学模型构建 .....	46
7 水资源基础调查数据库（地表水）建设.....	47
7.1 基本规定 .....	47
7.2 水域空间调查数据库建设.....	48
7.3 水储量调查要素数据库建设.....	49
8 成果提交与归档 .....	52
8.1 水域空间调查成果.....	52
8.2 水下地形（水深）测量成果.....	53
8.3 地表液态水储量调查成果.....	53
9 组织实施 .....	54
9.1 任务分工 .....	54

9.2 项目进度安排 .....	55
10 成果质量控制 .....	55
10.1 质量控制原则.....	55
10.2 质量控制措施.....	56
10.3 质量控制方法.....	57
10.4 质量检查内容.....	57
11 安全与保密 .....	60
11.1 生产安全保障.....	60
11.2 数据安全保密.....	64
附录 A 水域空间数据属性结构表 .....	65
附录 B 水域空间图斑编码规则 .....	67
附录 C 水下地形测量记录表 .....	68
附录 D 水域空间调查汇总表 .....	71
附录 E 水域空间调查成果数据文件命名规则 .....	73
附录 F 地表水水储量数据结构表 .....	74
附录 G 地表液态水储存量统计报表 .....	78

## 1 总体要求

为切实履行自然资源部门“两统一”职责，安徽省自然资源厅依照自然资源部印发的《自然资源部关于开展水资源基础调查工作的通知》（自然资发〔2023〕230号）文件精神，在全国水资源基础调查工作统一思路、统一部署、统一技术要求的基础上，结合安徽省自然资源管理职责和我省实际，制定本技术方案。

本方案中有关内容如与自然资源部后续更新文件不一致，省级工作专班将另行作出规定。

### 1.1 项目目标和任务

#### 1.1.1 项目目标

水资源基础调查以国土“三调”和最新年度国土变更调查成果为统一底版，以我省国土空间范围内的所有地表水为调查对象，从自然资源的角度开展调查，掌握全省地表水资源空间分布、数量、质量及动态变化等状况，为全省自然资源管理、生态文明建设、社会经济发展提供水资源基础信息。

#### 1.1.2 项目任务

根据项目实施方案确定了如下任务：

水资源基础调查立足自然资源系统履行“两统一”职责，突出调查数据成果的基础性和空间性，填补以往水资源调查工作空白，形成具有自然资源特色的水资源基础调查成果。地表水资源基础调查主要任务包括：

（1）**地表水域空间调查：**以国土“三调”和最新年度国土变更调查的水域范围为基础，调查全省河流、湖泊、水库等水域丰水期和枯水期的水面范围、面积等情况，坑塘的范围、面积等情况。

（2）**地表水储量调查：**开展水下地形（水深）测量，并结合已有资料情况，调查全省河流、湖泊、水库、坑塘水储量。

### 1.2 总体技术路线

综合利用多源多时相遥感影像，采用内外业相结合的方式对自然资源

部下发的调查底图进行复核，查清地表水的水面范围、面积和属性；充分利用已有水下地形（水深）测量资料，进行必要的检核和更新；根据河流、湖泊、水库、坑塘特点，采用水下地形（水深）测量、统计类推等方法，获取河流、湖泊、水库、坑塘水下地形（水深），结合已有陆域 DEM/DSM 成果构建水陆一体的地表水三维模型，建立“水面面积-水深-水储量”数学模型，计算河湖库塘水储量，总体技术路线如图 1-1 所示。

（1）技术准备。收集包括各调查区已有水下地形资料等相关资料，编制设计方案，开展技术培训，进行作业指导。

（2）地表水域空间调查。以国家下发的调查底图为基础，以遥感影像内业复核为主、辅以外业核查的方式，综合利用已有调查成果和相关管理资料，查明河流、湖泊、水库等水面范围、面积和属性，坑塘采用 2024 年度国土变更调查成果中的坑塘水面数据。

（3）地表水储量调查。按照水储量调查范围，利用水下地形（水深）测量、统计类推等方法开展地表水储量调查，建立“水面面积-水深-水储量”数学模型。

（4）水资源基础调查数据库（地表水）建设。根据国家统一制定的水资源基础调查数据库建设标准，形成安徽省水资源基础调查数据库（地表水），包括水域空间调查数据库和地表水储量调查数据库，并对相关数据进行汇总分析。

（5）成果编制和汇交。编写水域空间和地表水储量调查报告、编制图件等成果，县、市、省级主管部门逐级汇交调查成果数据和调查成果报告。

（6）质量检查。省-市-县分别负责相应的地表水资源数据和成果质量检查工作。

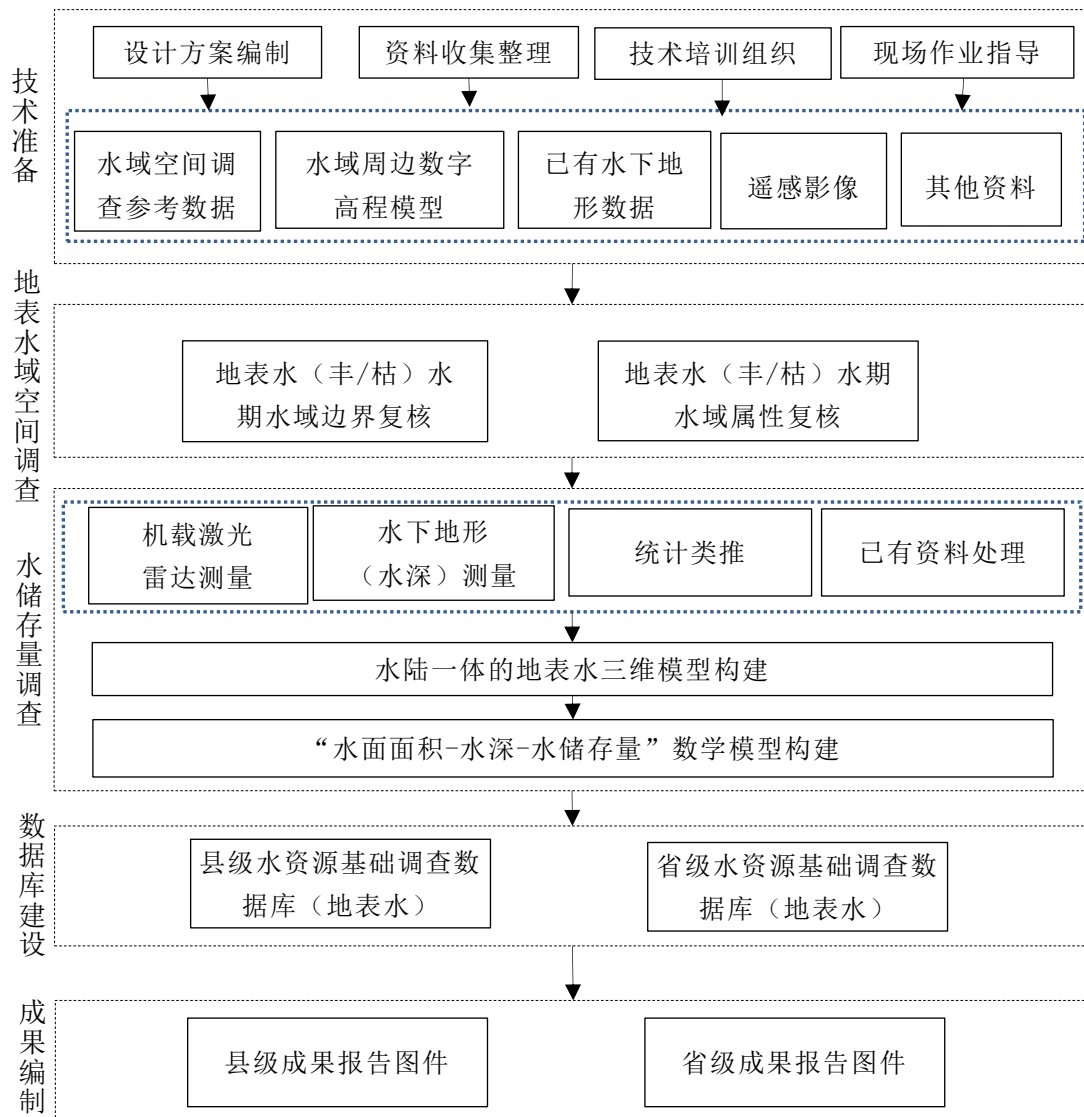


图 1-1 总体技术路线图

### 1.3 项目作业范围及概况

项目作业范围覆盖安徽省全境，本项目的最小调查单元为县（区），项目作业范围总体概况如图 1-2 所示。



图 1-2 安徽省水系分布图

安徽省位于中国华东、长江三角洲地区，东连江苏省，西接河南省、湖北省，东南接浙江省，南邻江西省，北靠山东省；地势由平原、丘陵、山地构成，地跨长江、淮河、新安江三大流域；地理跨越南北，为暖温带与亚热带过渡地区。

安徽省春秋两季为由冬转夏，和由夏转冬的过渡时期。年平均气温为14~17℃，1月平均气温零下1~4℃，7月平均气温28~29℃。全年平均降水量在773~1670毫米，有南多北少，山区多、平原丘陵少的特点，夏季降水丰沛，占年降水量的40%—60%。

安徽省共有河流2000多条，河流除南部新安江水系属钱塘江流域外，其余均属长江、淮河流域。长江流经安徽境内416千米，淮河流经省内418千米，新安江流经省内242千米。

安徽省湖泊主要分布于长江、淮河沿岸，面积占全省湖泊总面积的72.1%。淮河流域有八里河、城西湖、城东湖、焦岗湖、瓦埠湖、高塘湖、花园湖、女山湖、七里湖、沂湖、洋湖等11个湖泊，长江流域有巢湖、南漪湖、华阳河湖泊群、武昌湖、菜子湖、白荡湖、陈瑶湖、升金湖、黄陂湖、石臼湖等10个湖泊。

#### 1.4 项目完成期限

项目完成时间为：2026年4月31日前。具体进度计划如下表所示。

表 1-1 项目进展阶段计划表

序号	工作内容		完成时间
1	准备工作	制定工作实施方案、技术细则和野外调查安全手册，建立工作专班，细化任务分工，明确部门职责，落实工作经费，确定技术支撑单位，明确技术路线，开展技术培训，进行动员部署。各市、县（市、区）自然资源主管部门根据水资源基础调查工作总体部署和要求，做好相应准备工作，协助配合开展我省内的具体调查工作。	2024年6月30日前
2	地表水域空间调查	以国土“三调”和年度国土变更调查的水域范围为基础，调查全省江河、湖泊、水库水面范围。针对重要生态脆弱区和受极端气候事件影响区域，根据需要开展水域空间动态调查监测。	完成2024年度全省丰水期和重点地区水域空间数据库及年内重点地区水域空间卫星遥感动态监测。 2024年11月30日前
		完成我省2024年度枯水期水域空间补充调查工作。	2025年4月30日前
3	地表水储存	开展地表水水下地形（水深）测量，建立“水面面积-水深-水储存量”数学模型，根据水域空间调查成果，计算湖泊、水库、	完成湖泊的水储存量调查 2024年12月31日前
			完成水库、坑塘、河流储存量调查工作，向国家提交调查成 2025年10月31日前



序号	工作内容		完成时间
	量调查	坑塘、重要河流（河段）水储量。	果。
4	数据库建设	根据国家统一标准，开展全省水资源基础调查数据库管理系统建设、成果数据入库及维护工作	完成全省水资源基础调查数据的入库工作。 2026年4月31日前

**2024年工作任务：**以省级调查单位为主体完成2024年丰水期水域空间调查和安徽省湖泊水下地形及储量调查。

具体任务工作量清单以安徽省自然资源厅印发的相关文件为准。

**2025年工作任务：**省级自然资源主管部门负责完成2024年枯水期水域空间调查以及安徽省重点水库水下地形测量、主要河流断面测量；市级自然资源主管部门负责根据2024年度国土变更调查成果中的坑塘水面图斑，部署抽取样本，开展坑塘水深抽样调查；

根据调查结果，计算水储量，建立“水面面积-水深-水储量”数学模型，形成全省水资源基础调查成果和数据库。

具体任务工作量清单以安徽省自然资源厅印发的相关文件为准。

**2026年工作任务：**完成安徽省水资源基础调查数据库向国家汇交。

### 1.5 项目管理和实施单位

项目组织单位：安徽省自然资源厅。

项目实施单位：安徽省测绘总院（测绘局）、安徽省地质矿产勘查局、安徽省化工地质勘查总院。

项目验收单位：安徽省测绘产品质量监督检验站。

## 2 主要技术依据

### 2.1 引用文件

下列文件对本方案的指导应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本方案；不注日期的引用文件，其最新版本适用于本方案。

## 2.1.1技术规范及标准

- (1) GB 35650-2017 国家基本比例尺地图测绘基本技术规定
- (2) GB 50026-2020 工程测量规范
- (3) GB/T 17941-2008 数字测绘成果质量要求
- (4) GB/T 18314-2009 全球定位系统(GPS)测量规范
- (5) GB/T 18316-2008 数字测绘成果质量检查与验收
- (6) GB/T 24356-2023 测绘成果质量检查与验收
- (7) GB/T 39616-2020 卫星导航定位基准站网络实时动态测量 (RTK) 规范
- (8) GB/T 39624-2020 机载激光雷达水下地形测量技术规范
- (9) CH/T 1056-2023 水下地形测量成果质量检验技术规程
- (10) CH/T 9009.3-2010 基础地理信息数字成果 1:5000、1:10000、1:25000、1:50000、1:100000 数字正射影像图
- (11) CH/T 2009-2010 全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范
- (12) CH/T 3003-2021 低空数字航空摄影测量内业规范
- (13) CH/T 3004-2021 低空数字航空摄影测量外业规范
- (14) CH/T 3005-2021 低空数字航空摄影规范
- (15) CH/T 7002-2018 无人船水下地形测量技术规程
- (16) CH/T 7003-2021 内陆水域水下地形测量技术规程
- (17) CH/T 8023-2011 机载激光雷达数据处理技术规范
- (18) CH/T 8024-2011 机载激光雷达数据获取规范
- (19) CH/Z 3001-2010 无人机航摄安全作业基本要求
- (20) CH/Z 9026-2018 基础地理信息数字成果 数字水深模型
- (21) T/CAOE 9-2018 单波束调查技术要求
- (22) TD/T 1055-2019 第三次全国国土调查技术规程
- (23) 其他相关技术补充规定。

## 2.1.2其他参考文件

- (1) 《自然资源调查监测体系构建总体方案》自然资发〔2020〕15号
- (2) 《自然资源部关于开展水资源基础调查工作的通知》（自然资发〔2023〕230号）
- (3) 《水资源基础调查实施方案》（自然资发〔2024〕7号）
- (4) 《安徽省水资源调查实施方案》（皖自然资调函〔2024〕2号）
- (5) 《安徽省自然资源厅 安徽省水利厅关于协同推进水资源基础调查工作的通知》（皖自然资调函〔2024〕11号）
- (6) 《自然资源调查监测质量管理导则（试行）》（自然资办发〔2021〕49号）
- (7) 《水资源基础调查技术规定》
- (8) 《全国水下地形测量总体技术方案》
- (9) 《水资源基础调查野外安全手册》

## 2.2 调查主要技术指标

### 2.2.1时空基准

- (1) 平面基准：2000 国家大地坐标系。
- (2) 高程基准：1985 国家高程基准。
- (3) 投影与分带：高斯-克吕格投影，采用 3 度分带。
- (4) 时间基准：公元纪年，北京时间。

### 2.2.2成果格式

#### (1) 产品格式

其中矢量成果格式为\*.gdb，栅格成果格式为\*.img，元数据成果格式为\*.shp/\*.xls，成果图件格式\*.jpg。

#### (2) 产品规格

调查的长度单位采用米（m），面积单位采用平方米（m<sup>2</sup>），体积单位采用立方米（m<sup>3</sup>）。汇总的面积单位采用平方千米（km<sup>2</sup>），水储量计量单位采用亿立方米（亿 m<sup>3</sup>），保留小数点后两位。

### 1) 最小上图面积

河流、湖泊最小调查面积为  $600\text{m}^2$ ，水库、坑塘最小调查面积为  $400\text{m}^2$ 。

### 2) 水下地形点云数据

水下地形测量最终成果精度应满足高程中误差  $\leq 2.5\text{m}$ ，复杂困难区域精度可适当放宽至 2 倍。

水下地形测量高程中误差应满足表 2-1 要求。

表 2-1 水底高程比对互差要求

水深H (m)	水底高程比对互差 (m)
$H \leq 10$	$\leq 0.3$
$10 < H \leq 20$	$\leq 0.4$
$H > 20$	$\leq 0.02H$

### 3) 水下地形数字高程模型

格网间距：10m，其在 X、Y 轴方向的格网间距保持一致。

## 2.2.3 采集精度

数据采集平面精度，即采集的地物界线和位置与影像上的地物的边界和位置的对应程度。在数字正射影像的基础上，影像上分界明显的地表覆盖的分类界线的采集精度应控制在 2 个像素以内。特殊情况，如阴影部位等，采集精度原则上应控制在 4 个像素以内。

## 2.3 软、硬件环境及其要求

为了获取与处理地表水资源调查数据信息、各类影像、统计信息和数据库文件等，本项目拟投入如表 2-2 所示的硬件、软件。

### (1) 硬件投入

表 2-2 硬件投入一览表

序号	名称	用途
1	无人机机载 LiDAR 测量系统	用于水面以上地形数据补充获取
2	单波束水下地形测量设备（无人船，测深仪，测深杆，测深锤等）	地表水水下地形测量

序号	名称	用途
3	GNSS 接收机	外业数据采集
4	专业平板、手持测距仪、钢尺	外业数据采集
5	电脑工作站、笔记本	数据处理、分析、成果制作
6	打印机、绘图仪	文件、图纸等成果输出
7	移动硬盘	数据存储或转存
8	车辆等其他设备	交通运输等后勤服务
9	救生衣、救生圈等	安全保障

## (2) 软件投入

表 2-3 软件投入一览表

序号	工作内容	软件要求
1	声速测量数据处理	可实时读出声速，支持当天声速保存并导出
2	导航与水深测量数据处理	可实时记录测点三维坐标、测点水深，实时显示测船在预先布设的计划线上航行位置、偏移距离、GNSS、测量模式等信息。
3	水位计测量数据处理	可通过水压、水温等数据计算水深值
4	GNSS 数据处理	能够处理GNSS 数据，导出三维坐标
5	水深数据处理	能够编辑水深数据，导出水深点三维坐标以及水深值
6	数字高程模型（DEM）、水域三维模型（水下数字高程模型）、水陆一体的三维模型等数据制作	具有常用的插值方式，能够生成数字高程模型
7	“水面面积-水深-水储存量”数学模型构建	能够根据水面面积、水深和水储存量的关系模型
8	矢量数据处理、数据库建设、元数据制作	能够处理矢量数据，建立数据库并制作元数据
9	遥感影像处理	能够处理主流遥感影像格式，并输出本方案规定的影像格式

### 3 已有资料收集及处理

#### 3.1 资料收集

##### 3.1.1 基本要求

根据项目来源和任务需求，收集满足本次调查需求的已有水下地形测量资料。为提高资料利用效率，应以收集矢量数据及电子版资料为主。对收集的纸质资料应及时数字化存储或归档，记录资料格式、形成年份、资料内容等。

##### 3.1.2 内容要求

收集相关水域空间历史调查资料，包括但不限于国土“三调”及最新年度国土变更调查成果，城市国土空间监测、基础测绘、水利普查、第三次全国水资源调查评价等相关水域空间成果，河流、湖泊及水库名录等。当同一水域具有多种资料时，应选用现势性更好、权威性更强的资料。所收集到的资料应标明数据来源、数据的数学基础（坐标系统等）、管理单位等信息，资料清单见表 3-1 所示。

表 3-1 资料收集清单

序号	资料类型	资料名称	用途
1	基础数据	国土“三调”及其年度国土变更调查相关成果	图层叠加分析
2		丰水期和枯水期的高分辨率遥感影像数据	图层叠加分析
3		城市国土空间监测水网数据成果	图层叠加分析
4		水域周边数字高程模型	用于与水下地形数据融合
5		县区级行政界线	调查界线
6	专题数据	已有的水下地形（水深）测量资料	检核合格后使用
7		安徽省湖泊保护名录、在册登记水库的位置、范围等	掌握河流、湖泊、水库名称和分布等情况
8		流域类别、名称、代码、面积等信息	用于数据属性结构表的填写
9		湖泊成因、水库用途类型等信息	用于数据属性结构表的填写
10		水利工程建设、交通设施建设数据等	了解人工河道、湖泊、水库、坑塘参数和地形变化区域

序号	资料类型	资料名称	用途
11		安徽省航空航天遥感影像统筹 DEM 成果	重构生成水陆一体的地表水三维模型
12		河流的起止点坐标、长度、河底高程、平均比降、底宽、口宽、坡比、堤防、常水位、设计洪水位、平均流量、最大流量、流域面积等	了解河道的基本参数
13		湖泊水库的拐点坐标、堤防、常水位、设计洪水位、最高洪水位、平均水深、最大水深等	了解湖泊水库的基本参数

### 3.2 资料分析与处理

对收集的已测数据进行分析评估，在此基础上制定合理的利用方案：消除数据冗余；修改不一致和矛盾的内容；统一坐标系统、高程基准和数据格式。

对收集的各类基础资料进行分析处理：将纸质图件成果扫描并采集为矢量；统一各类基础资料坐标系统和数据格式；对各类成果资料叠加分析开展利用。

#### 3.2.1 坐标系统转换

针对不同坐标系统的资料，统一转换成 2000 国家大地坐标系；不同高程基准的资料，统一转换成 1985 国家高程基准。

#### 3.2.2 数据格式转换

将前期收集的文本、表格、纸质图件等不同存储形式的基础资料，根据需要转换为电子形式的矢量、栅格等类型数据格式，并统一数据类型为本方案要求的格式。

#### 3.2.3 已有水下地形资料检核

收集的水下地形测量的成果资料应权威可靠，必要时开展检核。

## 4 地表水水域空间调查

### 4.1 基本要求

(1) 以国家下发的水域空间调查底图和遥感影像为基础，开展丰水期、

枯水期全省河流、湖泊、水库的水域空间调查。2024 年度国土变更调查成果中的坑塘水面数据，直接作为坑塘水域空间调查的成果数据。

(2) 调查对象既包括国土“三调”和年度国土变更调查中的河流水面、湖泊水面、水库水面和坑塘水面等水域，同时包括公园与绿地、工矿用地、科教文卫用地等建设用地范围内的水域。

(3) 以县级(市、区)行政区为单位开展水域空间调查，调查内容包括河流、湖泊、水库、坑塘等不同类型水域的水面边界、面积和名称等信息；水面边界指河流、湖泊、水库、坑塘等水域的水面与陆地之间的交线。

## 4.2 复核流程

水域空间复核流程包括调查底图下发、图斑复核、数据接边和成果整理等工作。具体流程见图 4-1 所示。

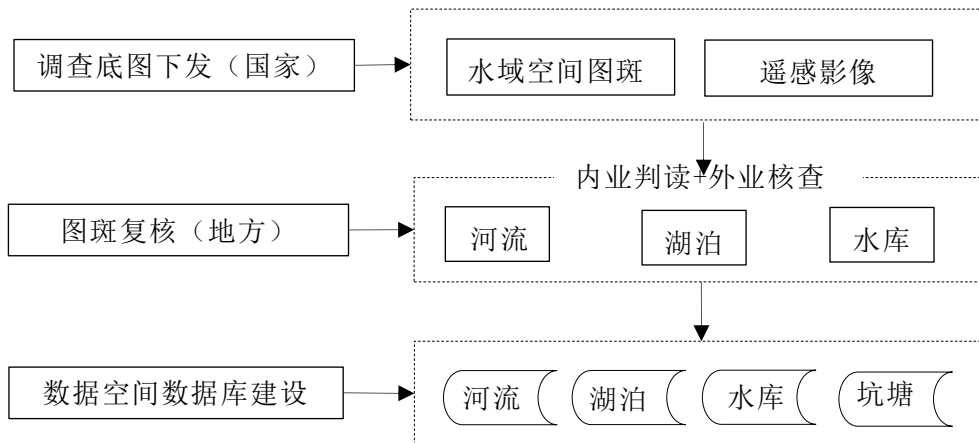


图 4-1 水域空间调查

## 4.3 图斑复核

开展水域空间图斑复核，包括边界复核和属性复核，进一步完善水域空间边界和属性信息，对国家下发的疑问图斑进行重点复核。地方可根据实际情况和需要开展外业补充核查。

### 4.3.1 边界复核

#### 4.3.1.1 边界采集精度

参照章节 2.2.3 采集精度执行。

#### 4.3.1.2 补充影像要求

以调查底图为基础，采用内外业相结合的方式开展图斑边界复核，重



点对内业提取存疑、无法准确判断边界的河流、湖泊和水库图斑进行外业核查、补测。当省内符合时相要求的更高精度的遥感影像时，可根据其影像特征调绘图斑边界，并将影像随成果一并提交国家；当无最新遥感影像时，可用最近同期历史遥感影像或现拍无人机影像作为补充。

补充影像应满足以下要求：

(1) 国产光学卫星影像优先采用安徽省测绘局影像统筹成果，空间分辨率优于 2m。

(2) 优先采用同时期丰/枯水期遥感影像数据为补充数据源，丰水期遥感影像数据采集，一般集中在 6-8 月；枯水期遥感影像数据采集，一般都集中在 11-12 月。当遥感影像数据覆盖不全时，可参照使用相邻月份影像数据进行补充。

(3) 遥感影像或无人机航摄影像制作应符合 GB 35650、CH/T 9009.3 等相关技术要求。

#### 4.3.1.3 边界复核

图斑边界复核具体要求如下：

(1) 应遵循所见即所得的原则，达到最小调查面积的水域均应采集，干涸部分不采集。

(2) 河流、湖泊最小调查面积为 600m<sup>2</sup>，水库、坑塘最小调查面积为 400m<sup>2</sup>；建设用地范围内水域的最小调查面积参考国土变更调查技术规程。

(3) 对于灭失的河流、湖泊、水库，应在备注字段注明灭失；对于调查底图漏采集或新增的河流、湖泊、水库，满足最小调查面积要求时，应依据影像补充采集。

(4) 部分湖泊、水库因受人为调控因素的影响，丰水期的水域范围可能会小于枯水期的水域范围，按照所见即所得的原则，依据影像客观采集水面边界。

(5) 水域中的洲、岛等陆域部分大于等于 400m<sup>2</sup>的予以剔除，剔除后水域应尽可能保持水域贯通，如下图所示。

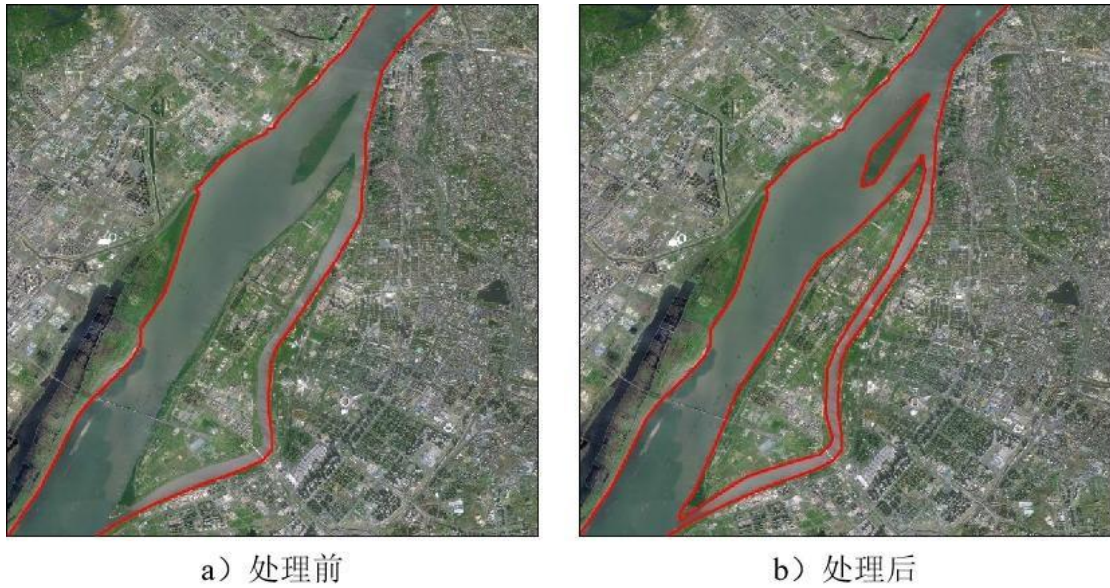


图 4-2 水域中洲岛处理方法示意图

(6) 对于断流的河流，在采集过程中，应遵循所见即所得的原则，断流部分不采集，上下游的水域范围，满足最小调查面积要求时，应依据影像采集水面边界。

(7) 相同实体的水面边界应保持贯通，对于桥梁、管廊、船只、养殖等架空或漂浮的设施、物体等导致的水面界线不连贯时，应进行人工复核修正，如下图所示。

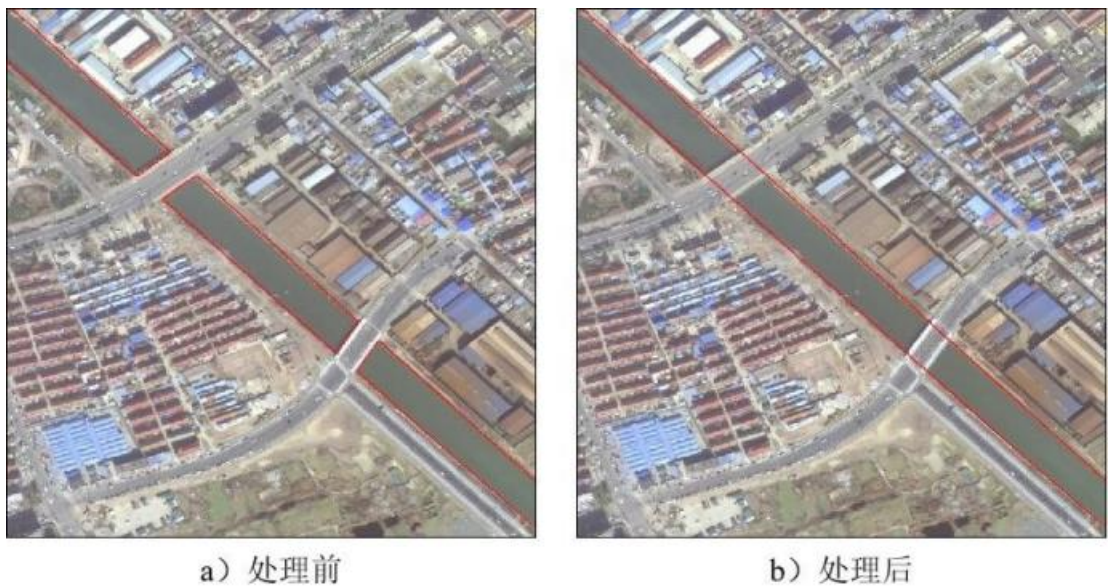


图 4-3 桥梁处理方法示意图

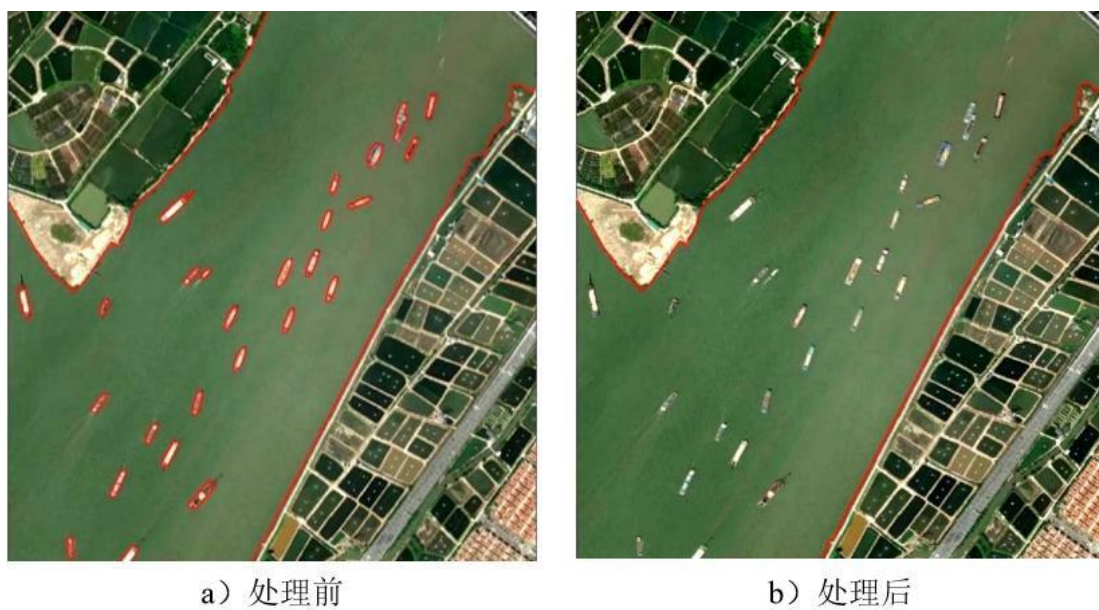


图 4-4 船只处理方法示意图

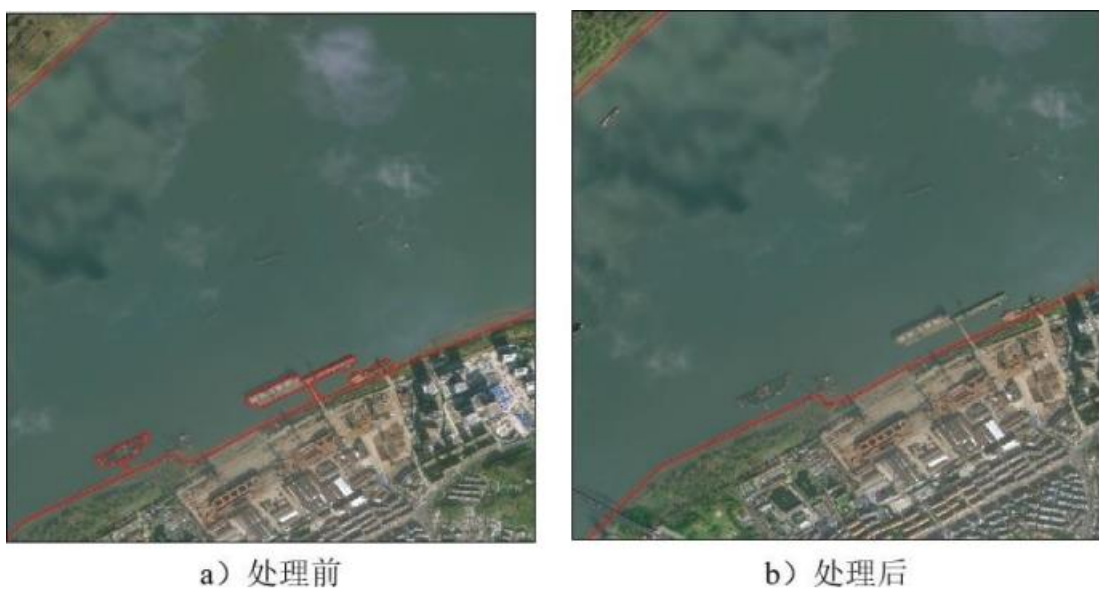


图 4-5 浮码头处理方法示意图

(8) 河流与河流交汇时，可在水流汇入的岔口处断开，保持高等级河流贯通。若河流等级相同，则保持较宽的河流贯通，其他河流作断开处理，如下图所示。

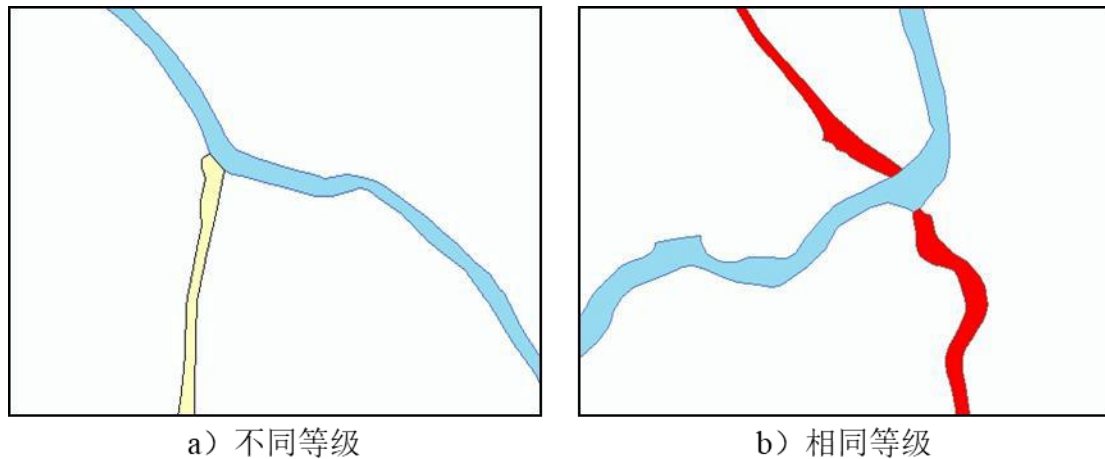


图 4-6 河流交汇处理方法示意图

(9) 河流流经湖泊或水库时，河流的分割应延续国土变更调查的分割方式。如确实分割不合理或与影像不符，应根据实际情况进行人工修正。

(10) 河流与水库、湖泊交汇时，应保证水库、湖泊范围完整，将河流在入湖/库河口处断开，按照(11)的要求确定河流终点，如下图所示。

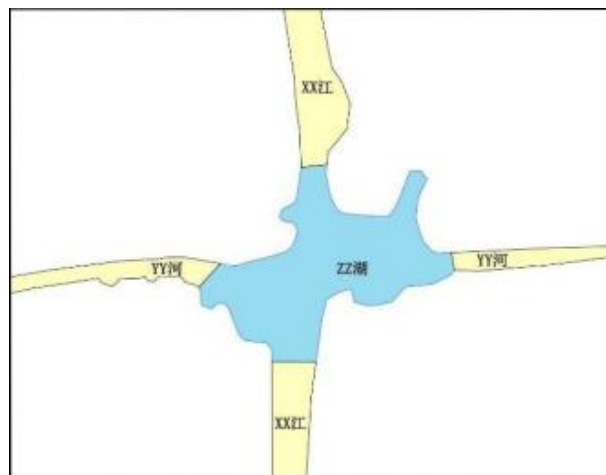


图 4-7 河流汇入湖泊处理方法示意图

(11) 河流入水库或湖泊处，若有堤坝或闸隔开，河流断在堤坝或闸处，若无则根据河流交汇区域的地形地貌、历史习惯等，按照以下顺序确定河流终点：①已明确的河口分界线；②河口区域的历史习惯线或者管理线；③河口突然展宽处的突出点连线。

(12) 地上河流变为地下河流，如有地下河流范围的相关资料，则按照资料采集，否则在地下河流入口处断开表示。

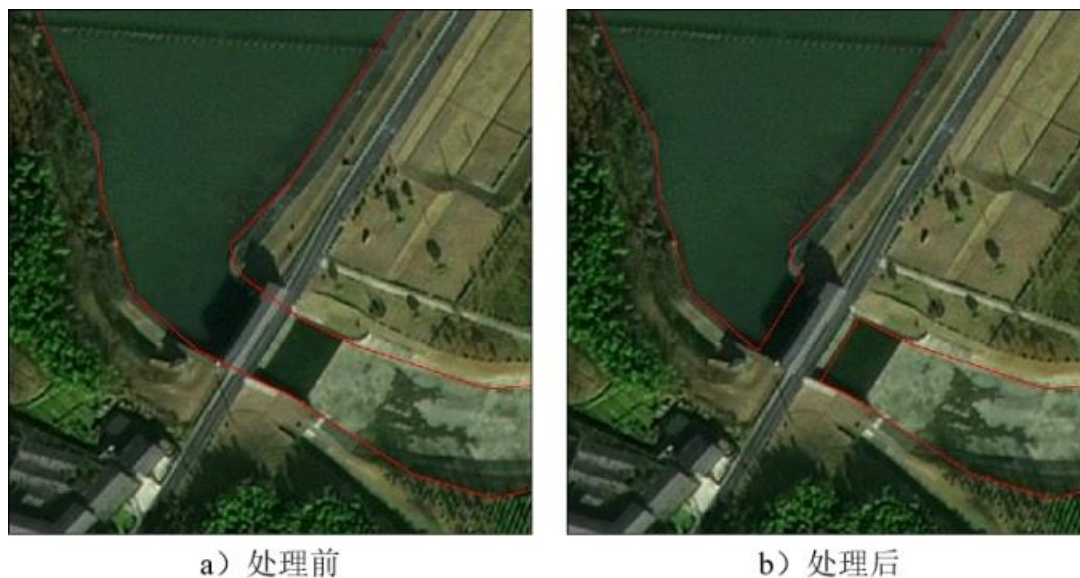
(13) 河流、湖泊、水库水面边界如被遮挡，影像上无法准确提取水

面边界，参照年度国土变更调查成果和城市国土空间监测成果等资料确定。确实无法判断时，应进行外业实地核查。如图 4-8 所示，蓝线范围内的水域被植被遮挡，依据影像无法准确判断水面边界，需外业实地核查。



图 4-8 水域被树冠遮挡示意图

(14) 水域被堤坝完全分割时，应依据影像对水域进行分割处理，如图 4-9 所示。



a) 处理前

b) 处理后

图 4-9 堤坝处理方法示意图

(15) 湖泊水库枯水期时形成了若干个小的水面，应遵循所见即所得的原则，按照最小调查面积采集水面边界。

(16) 河流与沟渠交错互连，难以确认河流边界时，应参考国土变更

调查数据和水利部门数据共同确认。

#### 4.3.2 属性复核

对调查底图中河流、湖泊、水库的名称、类型等相关属性信息进行复核，对缺失信息进行补充完善。不同类型水域空间的属性结构按照附录 A，图斑编码规则参照附录 B 执行。

属性复核时，应参考最新年度国土变更调查、城市国土空间监测、基础测绘、水利普查等成果，以及安徽省湖泊保护名录、在册登记水库等相关资料，对不同类型水域图斑进行属性复核。对于河流、湖泊、水库的类型、名称等属性，优先通过收集资料，按照政府批准的名称、相关标准规范以及当地习惯名称等合理确定。对于资料也无法确定的属性，可通过实地核查或走访的方式确定。

图斑属性复核具体要求如下：

(1) 水域类型应首先参照年度国土变更调查分类成果，当年度国土变更调查分类与水利部门的分类冲突时，以安徽省湖泊保护名录、在册登记水库等水利部门的分类为准。

(2) 河流、湖泊、水库的名称以及水库的等别，可以参考城市国土空间监测水网数据成果和水利部门资料，没有相关资料支撑时，应通过外业核查或走访方式进行确定。

(3) 河流等级可以参考城市国土空间监测水网数据成果和水利部门资料，没有相关资料支撑时，可以通过外业核查或走访方式进行确定。

(4) 河流的多年平均河川径流量，可以参考水利部门资料。

(5) 河流、湖泊、水库所属建设用地地类，应参照最新年度国土变更调查数据。

(6) 建设用地范围内水域的分类、名称和等级等属性，如果地方有明确的划分标准，应参考地方标准，没有则参考水利部门划分标准。

(7) 应保证同一河流、湖泊、水库实体代码的唯一性。

(8) 国家下发的疑问图斑，经复核后，需完成备注字段的更新，明确

复核的原因，并填写修改内容。

### 4.3.3 外业核查

#### 4.3.3.1 核查内容

(1) 对无有效影像支撑或内业难以准确判定的调查区域，应采用外业实地调查的方式确定水域范围、边界；

(2) 收集的资料有争议或无资料支持时，导致河流、湖泊、水库位置或名称等属性缺失或有争议时，需进行外业实地核实。

#### 4.3.3.2 核查要求

(1) 在开展外业核查之前，应根据需要事先制作外业工作底图，根据内业存疑图斑信息，明确合理的外业核查路线和任务内容，做好外业相关的人员、设备、安全保障。

(2) 外业核查时，应使用带卫星定位和方向传感器的设备，利用“皖地云”APP 进行实地拍照，并记录调查人员、调查时间等基本信息。

(3) 外业重点核查结果包含边界测量数据、属性调查信息、实地照片及说明文件等。

#### 4.3.4 外业核查成果处理

对外业核查中形成的水面边界数据、实地照片、说明文件等进行整理，对于边界存疑的图斑，需提交边界测量数据、实地照片及说明文件。对于属性存疑的图斑，需提交属性调查表、实地照片及说明文件。

采用外业采集的水面边界数据，根据水体护岸边坡的类型以及现状水面与丰水期、枯水期水面的变化情况，辅以实地照片，对水域空间范围进行补充、修正，保证水域空间边界完整且自然过渡。

利用外业核查中记录的水体类型、河流等级、水库等别等，结合实地照片，对水域空间相关属性进行补充、修正。

### 4.4 图斑修正、接边

(1) 依据影像辅助实地调查，对水域空间范围进行修正，确保水域空间的贯通性，并对水域类型、名称等属性信息进行核对，确保水域空间调

查信息的一致性；

(2) 当水域空间范围跨行政界线两侧明显水域接边误差不大于图上 5 个像元、不明显水域接边误差不大于图上 10 个像元，双方各修改一半接边；否则双方应实地核实接边；

(3) 省级调查单位复核修正后的图斑，需县级自然资源主管部门最终确认方可提交。

## 5 地表水水下地形（水深）测量

### 5.1 基本要求

(1) 河流、湖泊和水库测量目录以安徽省自然资源厅印发的相关文件为准，坑塘水深测量对象为地方自主抽样（抽样规则参照章节 5.5.5 坑塘测量所示）的样本坑塘，地方也可根据需求和实际情况，将测量对象拓展至水域空间调查成果中的其他水域。

(2) 河流、湖泊、水库的测量范围为水域空间调查确定的丰水期水面边界，当此边界与省级下发的水体周边陆域数字高程模型成果存在空白时，应将测量范围扩展至陆域数字高程模型成果边界。

(3) 对于测量范围内被水淹没的区域，优先采用单波束水深测量，困难地区可采用测深杆/测深锤等方式补充测量，获取河流、湖泊、水库、坑塘的水下地形（水深）信息；对于测量范围内未被水淹没的区域，原则上采用“十四五”期间安徽省航空航天影像统筹项目获取的 DEM 数据作为补充，不足之处采用无人机机载 LiDAR 或 RTK 测图方式获取地面地形信息。

### 5.2 水下地形（水深）测量总体技术路线

在章节 5.1 规定的测量对象和测量范围内，采用水下地形（水深）测量以及统计类推等方式对河流、湖泊、水库、坑塘开展测量，具体流程见图 5-1 所示：



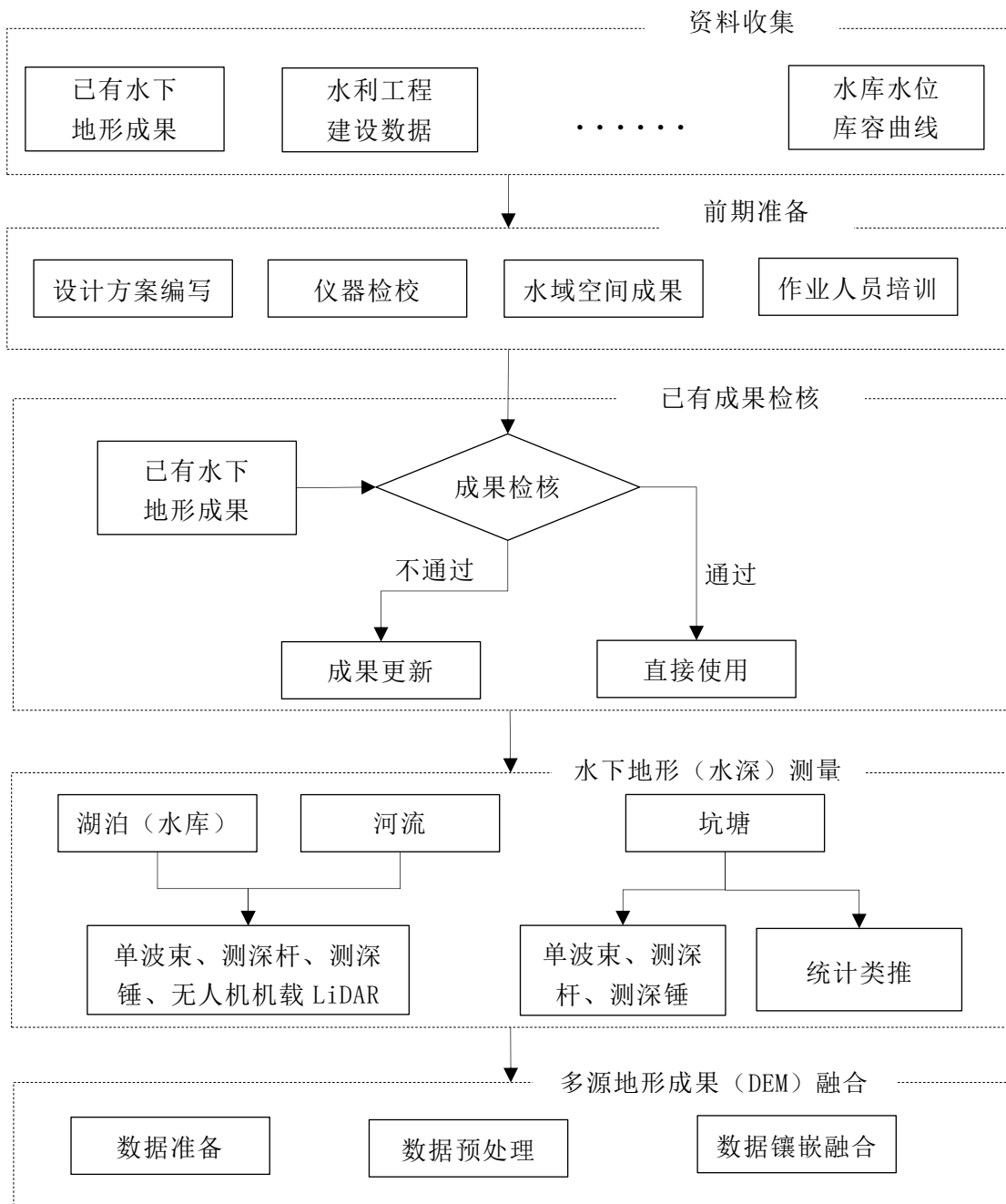


图 5-1 总体技术路线

(1) 资料收集

调查前期，应充分收集已有水下地形（水深）成果、水库水位-库容曲线、水利工程建设数据等资料，详细资料参考表 3-1。

(2) 前期准备

在外业测量工作开展前，县级调查区之间应结合已收集资料和技术要求，协商测量成果接边方案，开展设计方案编写，作业人员培训，仪器检

校等相关工作。

### (3) 已有水下地形成果检核

对收集的水下地形（水深）测量成果进行外业检核，检核合格的水下地形成果可直接利用，水下地形发生明显变化的区域需开展更新测量。

### (4) 水下地形（水深）测量实施

水下地形（水深）测量以县级（市、区）行政区为调查单元开展，根据测量对象的实际情况，选用合适的作业方法开展河湖库水下地形（水深）测量和坑塘样点水深测量。

### (5) 多源地形成果（DEM）融合

对实测和收集的数据等资料按照统一格式、统一坐标、统一高程基准进行成果整理，最终融合形成统一的水陆一体的三维地形成果。

## 5.3 已有水下地形成果检核

### 5.3.1 校核要求

(1) 为了充分利用已有水下地形（水深）成果，需要对该成果进行检核，必要时还需更新变化区域。

(2) 已有水下地形（水深）成果应满足本次调查所规定的要求，包括测点间距、测线间距、测深精度等。

### 5.3.2 检核方法

已开展过水下地形测量的水体，需对收集的水下地形测量成果进行外业检核。检查线宜垂直于原测线布设，或采用重合测线、测量同名点位的高程等方式进行校核。检查线或检核点应均匀分布整个测区，检核数据量应不少于 5%。比对检查线与测深线相交处 5m 范围内水深点，检核后水底高程比对互差如符合表 5-1 精度要求，以直接使用已有测量资料为主。超限的点数不得超过参加比对总点数的 10%。

表 5-1 检核高程比对互差

水深深度 H(m)	水底高程比对互差 (m)
$H \leq 10$	$\leq 0.45$
$10 < H \leq 20$	$\leq 0.6$

$H > 20$	$\leq 0.03H$
----------	--------------

### 5.3.3 数据更新

(1) 如果超限的点数超过参加对比总点数的 10%，应在深度比对互差超限处进行水下地形数据更新，更新区域以超限点为中心，沿原测线方向前后不少于 5 个测点间距长度，接边限差符合表 5-1。

(2) 如已有水下地形成果生产时的水域空间范围与调查期间不一致时，或有水体边界内有新增水利工程或交通工程时，应对这些区域的水下地形测量。

## 5.4 主要技术方法

### 5.4.1 单波束水深测量

有人船搭载单波束水深测量技术路线如图 5-2 所示。

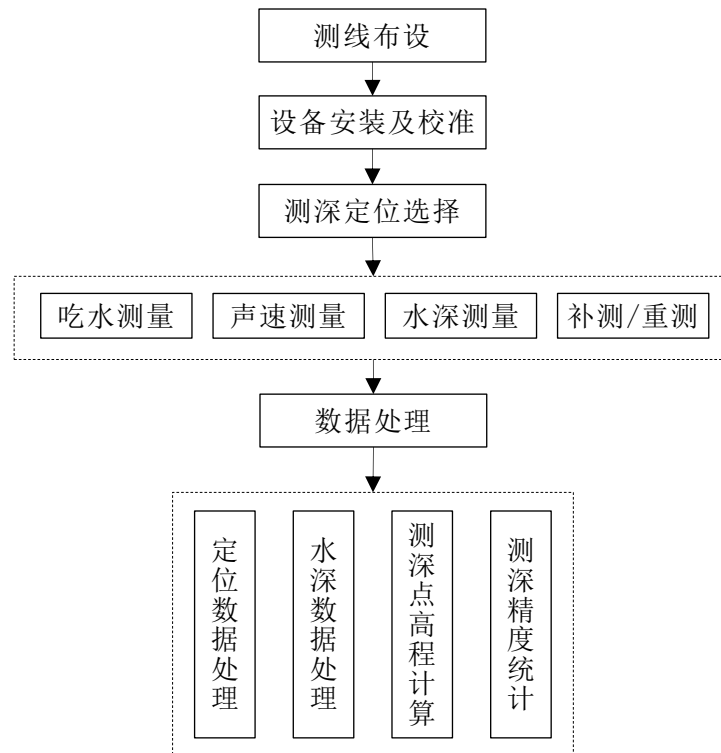


图 5-2 单波束水深测量技术路线

目前市面上主流厂商生产的无人船搭载单波束设备作业集成度较高，操作简单，搭载 RTK+惯导功能提高了测量精度，实时感知水温，修正声速，外业获取水下地形测量数据按照章节 5.4.1.1 测线布设要求实施，并参照附录 C 中表 C.1 做好外业记录，内业数据处理同章节 5.4.1.8 所示，其他技术要求详见 CH/T 7002-2018《无人机船水下地形测量技术规程》，作业过

程中无人船尽量保持匀速、直线行驶，速度不超 3m/s。资料整理上交需提交无人船搭载单波束自动测量设备中的原始数据文件，便于后期抽样检查。

#### 5.4.1.1 测线布设

测深线布设宜垂直于岸线的长边方向，具体布设要求详见章节 5.5 所示。

检查线宜与测深线正交，分布均匀，也可采用重合测线的方式；检查线长度应不少于测深线总长度 5%，至少覆盖 50%的测深线；检查线与测深线相交处，测点间距范围内水底高程比对互差均应符合表 2-1 的规定，超限点数不得超过参加比对总点数的 10%。

#### 5.4.1.2 仪器安装与校准

仪器安装需满足以下要求：

(1) 水下地形（水深）工作施测之前，需检验测深仪的稳定性，填写《测深仪准确性及一致性记录表》（见附录 C.2）并作为自检结果附在工作总结中提交（无人船搭载多波束无需提交）。连续进行 2 小时的水深测量后，要求测深值变化量不大于 0.1m，平均值与测深杆或比测板值较差不大于 0.2m；

(2) 测深仪换能器固定于船只中央或船舷 1/3—2/3 处；

(3) 船载测深系统安装后通电调试，检查各仪器工作是否正常稳定，如果有影响系统正常工作的因素要排除干扰源或调整安装位置，直至系统正常；

(4) 在测船上方选择比较开阔的位置固定 GNSS 天线，宜安装在测深仪换能器的正上方；

(5) 换能器需与测深杆刚性连接。换能器安装时底面应尽量保持平行于水面，入水后应考虑到换能器的吃水，入水深度不宜过深。

#### 5.4.1.3 测深仪吃水测量

测深仪换能器的入水深度为水面至换能器底部的距离。每天测量前应准确量取吃水深度（精确至 1cm），测量过程中换能器更换时也应及时量取并记录。该值在进行水深测量时可设置到测深仪的吃水参数中。

#### 5.4.1.4 声速测量

声速测量宜采用声速仪在有代表性的水域测量。单点声速测量的控制半径不大于 20km，声速测量频次每天至少 1 次。声速测量结果应记录在《单波束测深现场记录表》（附录 C.1）中。

#### 5.4.1.5 测深定位

(1) 测深定位优先使用 RTK 进行作业，距离较远时可架设中继电台，主要指标要求应符合 CH/T 2009-2010 的相关要求。作业开始前，应至少检测一个控制点或重复测量点，重复测量点应至少观测 1 个测回，测回的自动观测个数不应少于 20 个历元，采样间隔不少于 2 秒。检测时平面点位较差应不大于 0.07m，高程互差应不大于 0.1m。

(2) 采用 AHCORS 网络 RTK 测量定位模式时，流动站到基准站的距离不受限制，但应在卫星导航定位基准站网有效服务范围内。

(3) 困难区域可利用星站差分进行作业，作业开始前，应至少检测一个已知控制点，检测时平面点位较差应不大于 0.15m，高程互差应不大于 0.3m。

#### 5.4.1.6 水深测量

##### (1) 测量要求

1) 作业前应该明确当天测量的任务、位置和计划线范围，了解当天的天气、风力、风向等基本情况，规避风浪大或视线差的不良时段，保证作业安全、成果可靠；

2) 检查所有测量设备是否安装正确、固定牢靠，连接电缆及排线应安全合理；

3) 每天开始测量前，正确设置定位设备、测深仪、采集软件的各项参数；

4) 选择代表性的区域进行测深仪比测。比测应采用测深杆或比测板进行，两次测定互差应不大于 0.15m，比测结果应完整记录在《单波束测深现场记录表》（附录 C.1）中；

5) 按照计划线逐条施测水深，测船航迹线尽量与计划线重合，除有固定障碍外，要求测船航迹偏离不大于测深线间隔的 0.2 倍；

6) 测量过程中船速应基本保持匀速；

7)测量过程中应经常检查测深换能器和定位设备的状态，及时纠正异常状态。

## (2) 测量记录

1)测量过程中，应及时填写《单波束测深现场记录表》（附录 C.1）；

2)采集数据应及时备份，各项检查和比测工序应符合规定，并有记录。

### 5.4.1.7 补测与重测

单波束水深测量时，以下情况应进行补测或重测：

(1) 测深线间距大于设计的 1.5 倍，应进行补测；

(2) 设备工作不正常，未获取到水深的区域，应进行补测；

(3) 测深线与检查线比对超限的点数超过参加比对总点数的 10%，应进行补测或重测；

(4) 确认有系统误差，但又无法消除或改正时，应进行重测。

### 5.4.1.8 数据处理

#### (1) 测深数据处理

1)水深数据检查校对：由作业人员对采集数据和《单波束测深现场记录表》（附录 C.1）进行一致性校核；

2)定位数据剔除：当采用 RTK 测量模式时，应将定位精度不满足要求的非固定解定位数据剔除；

3)噪声剔除：对于连续记录的水深数据，应先进行数据滤波，剔除伪水深值，剔除数据率不应大于 10%；对于非连续记录的水深数据（仅记录定标时刻的测量数据），应对照测深记录，确认每一个测深数据的正确性；

4)换能器吃水改正：根据测定记录的吃水参数进行此项改正；

5)声速改正：根据声速仪计算获得的声速改正数进行此项改正；

6)水位改正：使用非 RTK 三维水深测量时，应对水深数据进行水位改正；

7)数据输出：输出的数据中应包括水面高程、水深点位置坐标、水深等信息。

#### (2) 测深点高程计算

在获得流动站 GNSS 天线的位置及高程后，根据测深仪换能器和流动站

天线的相对位置，计算换能器的瞬时位置和高程，再减去水深值即获得水下测点的高程。

### (3) 测深精度统计

为了能直观地反映测量成果精度，需统计测深线测点与检查线测点在测点间距范围内的比对结果，并计算点位中误差，中误差应符合表 2-1 要求。

## 5.4.2 测深杆/测深锤水深测量

在浅水区、水底树林和杂草丛生水域，面积较小区域（如坑塘等），也可将测深杆或测深锤搭载在不同平台上进行水深测量。

### 5.4.2.1 测线布设

#### (1) 测深线布设

测深杆/测深锤水深测量断面测线布设可参照单波束布设方法，测点间距应不大于 10m；对于复杂困难区域，测点间距可适当放宽至 2 倍。

(2) 检核点布设测深杆/测深锤测深过程中，对同一测深点应进行重复检测，检测点数量不少于 3 个。测深点深度中误差见表 5-2 所示。

表 5-2 测深点深度中误差

水深范围 (m)	测点深度中误差 (m)
0~10	±0.15
10~20	±0.20

注：当精度要求低、水下地形地貌条件困难区域或水深大于 20m 时，测点深度中误差不宜超过表中相应限差的 2 倍。

### 5.4.2.2 测深定位

测深杆/测深锤搭载在不同平台上需配备定位设备，用于测深时的瞬时定位。

(1) 测深定位设备检定合格后方可投入使用；

(2) 在测水深的同时，应使用定位设备获取测深点位置瞬时的平面坐标和水面高程；

(3) 测深定位模式宜采用实时动态差分定位（RTK）。差分信号无法覆

盖的水域，也可辅以后处理差分定位（PPK）等定位方法。其主要技术要求应符合 CH/T 7003-2021 的相关要求。

#### 5.4.2.3 数据获取

(1) 测深杆或测深锤绳应使用伸缩小的材料制成，需刻制 0.1 米分划，可以直观地读取测量结果，并以钢尺检校合格后投入使用；

(2) 测深杆/测深锤测深与定位测量时间应保持一致；

(3) 确保测深杆/测深锤能够到达水底。如果水底太深，需要调整测深杆/测深锤的长度；

(4) 当水底覆盖较厚淤泥时，测深杆/测深锤底端会穿透淤泥而抵至硬质水底，导致测得的水深数据较实际值偏大。此时，测深杆/测深锤底端应加装增加接触面的圆盘或者触底提示功能的装置，以准确测量淤泥面高程；

(5) 在测深过程中，应将测深杆/测深锤沿垂直方向放置至水面以下，避免摇晃或偏移，以免影响测量精度，等待其到达至水底后停止，将水深值和时间记录下来。其中，时间应记录到秒，水深值应精确至 0.01 米；

(6) 测深锤测量时，流速应小于 1m/s；

(7) 按要求完整清楚填写测深杆/测深锤水深测量记录表（附录 C.3），不得涂改。

#### 5.4.2.4 补测与重测

水深测量时，以下情况应进行补测或重测：

(1) 定位设备信号不正常，测深线间距大于设计间距的 1.5 倍，应进行补测；

(2) 与重合区域的数据对比出现明显异常，无法查明原因时，应进行重测。

#### 5.4.2.5 数据处理

(1) 数据预处理

1) 当采用 RTK 测量模式时，应将定位精度不满足要求的非固定解定位数据剔除；



2)如果出现定位设备获取测深点水面平面坐标和高程信息的时间与测深设备或记录表中的时间段不对应，应将其数据剔除。

#### (2) 测深点平面坐标和高程计算

利用定位设备获取测深点水面平面坐标和高程信息时，测深点水面的平面坐标为该测深点的平面坐标，测深点水面高程减去对应时刻水深值为该测深点水底高程。为了能直观地反映测量成果精度，需统计测深线测点与检查线测点在 5m 范围内的比对结果，并计算点位中误差，中误差应符合表 5-2 要求。

### 5.4.3 机载激光雷达 (LiDAR) 测量

水下地形 (水深) 测量范围内的未被水面淹没区域 (已有基础资料未覆盖区域)，可通过机载激光雷达 (LiDAR) 测量等方法进行测量，确保水深测量成果与陆域三维模型无缝拼接。

#### 5.4.3.1 技术路线

机载激光雷达水深测量方法适用于水陆交界区域的水陆一体化测量。

机载激光雷达水深测量主要技术流程如图5-3：

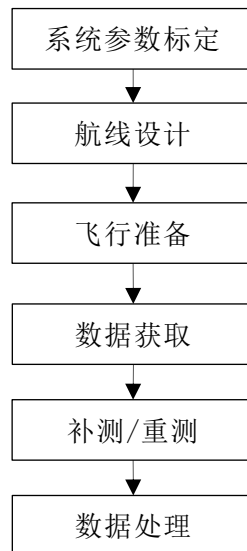


图 5-3 机载 LiDAR 水深测量技术路线

#### 5.4.3.2 系统参数标定

设备安装完成后，需要对激光雷达、惯性测量单元 (IMU) 和 GNSS 之间的安置偏心分量进行检校，满足测量精度要求。检校场宜选择包含有尖顶房

屋和平直公路的平坦区域。安置角检校的飞行航线规划可按图 5-4 所示进行，具体要求如下：

(1) 在垂直于平直公路方向规划飞行航线 AB 和 CD，AB 和 CD 为往返飞行的两条航线；

(2) 在规划的往返飞行航线 AB 和 CD 的航迹上宜有尖顶房屋；

(3) 同向飞行的 AB 和 EF 为两条平行航线，尖顶房屋应处于 AB 和 EF 航线的旁向重叠区域内；

(4) 沿平直公路方向架设 MN 构架航线。根据测区情况，也可选择其他合适飞行模式进行安置角检校。

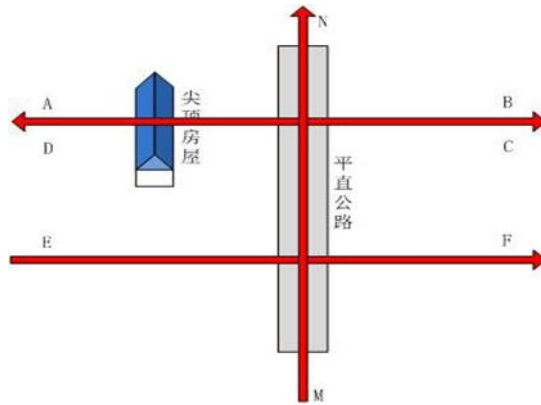


图 5-4 安置角检校飞行航线规划示意图

#### 5.4.3.3 航线设计

航线设计应综合考虑水下及沿岸陆地的点云密度和精度要求，兼顾激光雷达设备的有效测深、测距及飞行作业的有效扫描带宽。根据飞行环境、作业要求、激光雷达技术指标，确定作业飞行高度和速度；点云密度与激光雷达的测量速率、飞行速度和条带宽度有关，计算公式如下：

$$P_d = \frac{f}{dv}$$

式中：

$P_d$ —点云密度，表示每平方米单位面积上激光测量点的平均数量，单位为点每平方米（点/ $m^2$ ）；

$f$ —测量速率，表示单位时间获取的水底地形测量点数，单位为点每秒（点/s）；

d—条带宽度，表示作业时垂直于飞行航线的测量宽度，单位为米（m）；  
v—飞行速度，表示飞机平台的作业飞行速度，单位为米每秒（m/s）；  
检查航线应垂直于飞行航线，长度不小于测区总飞行航线的 1%。

#### 5.4.3.4 飞行准备

- (1) 飞行前应根据飞行器尺寸向相应的空域管制部门报备飞行相关事宜；
- (2) 起飞前对所有设备进行加电和自检，保证所有设备工作正常；
- (3) 起飞前进行飞机安全检查；
- (4) 起飞前检查所有设备存储介质，保证有足够的存储空间；
- (5) GNSS 基站开机并开始记录数据。

#### 5.4.3.5 数据获取

##### (1) 飞行时间选择

选择气象、水域情况和光照条件最有利的飞行时间，应选择水域无结冰、无雨雪、三级及以下海况等时间，同时兼顾飞行时的云量、能见度等因素。

##### (2) 数据获取飞行

- 1) 系统开机，检查工作正常，开始飞行；
- 2) 飞行过程实时监控运行、数据记录等工作状态。当监测到系统状态不正常，故障无法马上排除时，应立即停止作业；
- 3) 飞行结束，飞机停稳后，先关闭测量系统电源，再关闭飞机电源；
- 4) 及时将获取的所有数据备份于安全的存储介质。

##### (3) 数据检查与预处理

- 1) 飞行获取的原始数据包括：机载激光雷达原始数据、系统 GNSS 原始观测数据、IMU 观测数据、地面 GNSS 基站观测数据；
- 2) 每个飞行架次后，应及时解算并检查数据情况，发现问题应查明原因并调整飞行计划。

#### 5.4.3.6 补测与重测

以下情况应进行重测或补测：

(1) 由于激光雷达、定位定姿系统 (POS)、水域情况等原因, 无法获取该条航线内有效的激光点云数据或 POS 数据, 应进行重测;

(2) 激光点云数据无法满足该条航线成果点云密度或精度要求, 应进行重测;

(3) GNSS 短时失锁引起航线内局部数据无法满足要求, 应进行补测或重测;

(4) 因飞行姿态引起激光点云航线数据拼接时出现局部数据缺失, 应进行补测;

(5) 因水下复杂地形变化引起激光点云航线数据拼接时出现局部数据缺失, 应进行补测。

#### 5.4.3.7 数据处理

##### (1) 波形处理

1) 从原始波形数据文件中解析出所需各通道波形数据;

2) 针对所需通道的数据进行处理。使用 1064nm 红外通道波形数据进行波形分类, 区分陆地区域和涉水区域, 涉水区域又分浅水区域和深水区域;

3) 浅水区域在获取波形初始参数的前提下, 可通过构建分层表征模型实现极浅水混叠波形分解;

4) 深水区域水底回波微弱, 可先提取水体漫衰减系数增强水底回波信号, 再利用邻域波形叠加从而识别水底微弱回波信号。

##### (2) 定位定姿态数据处理

利用 GNSS/IMU 数据和基站 GNSS 数据结合专业的后处理软件进行后差分及组合导航处理, 获得传感器高精度位置和姿态数据。

##### (3) 点云数据解算

1) 根据激光器机械结构建立激光脚点定位模型;

2) 结合安置偏心参数, 将波形数据解析的空中斜距信息与 POS 数据融合, 进行折射改正, 生成点云数据并转换至 2000 国家大地坐标系下。

##### (4) 点云去噪

- 1) 将明显低于水底/陆地地表的点和明显高于水面/地表目标的点进行剔除；
- 2) 剔除水面点云及水体点云；
- 3) 将水体中的藻类、悬浮物、鱼群等产生的噪声点进行剔除，只保留陆地点及水底点。

#### (5) 航带拼接

- 1) 利用航带间的重叠区域，通过匹配地形特征或人工标志点，实现航带间的粗略对齐；
- 2) 采用更精细的算法，进一步优化航带间的对齐精度；
- 3) 对所有航带进行全局优化，确保整个区域内的点云数据连续且一致。

#### 5.4.3.8 数据质量要求

(1) 无人机 LiDAR 点云密度应优于 4 点/平方米。

(2) 数据质量应满足 CH/T 8024-2011 相关要求，形成成果质量应满足本方案要求。

#### 5.4.4 统计类推

统计类推法是指将工作区划分为规则网格，计算网格内坑塘平均水深，估算工作区内其他网格水深；网格间距根据坑塘密度确定，具体参考 CH/T7003-2021 《内陆水域坑塘水深测量规程》。

本次未实地测量坑塘，利用平均值法构建县级行政区内水深统计类推模型，计算公式如下：

$$H = \frac{\sum_{i=1}^m h_i}{m}$$

式中：

H—辖区内未实测水深；

$h_i$ —辖区内第  $i$  个采样点的水深值；

$m$ —辖区内采样点总数。

当不同样本湖泊、水库水深值的分布偏斜程度较大时，宜使用更有代表性的中位数或众数进行类推，避免极端值造成的误差。

#### 5.4.5 多源地形成果 (DEM) 融合技术路线

多源水下地形成果融合技术路线如下图所示：

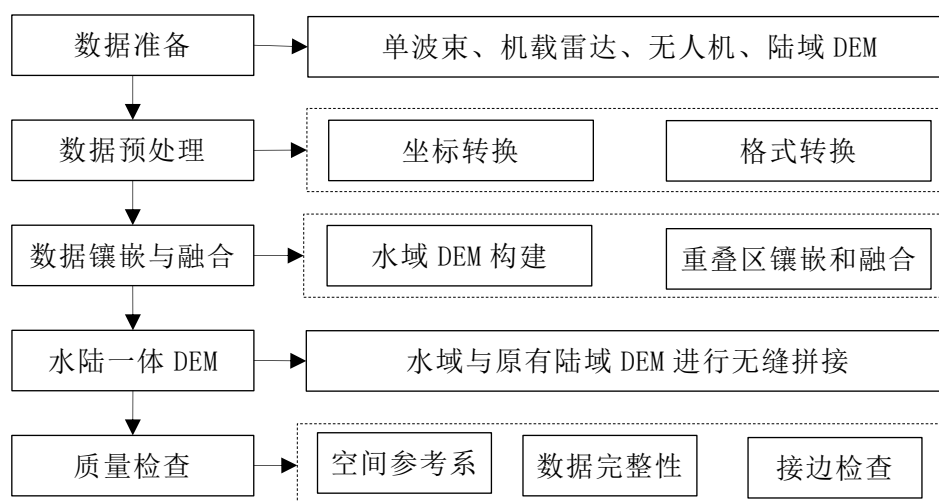


图 5-5 多源技术融合路线图

##### 5.4.5.1 数据准备

本次测量过程中涉及的数据包括：单波束测深数据、测深杆/测深锤测深数据、机载 LiDAR 测深数据以及已有陆域数字高程模型（DEM）。

##### 5.4.5.2 数据预处理

数据预处理包括格式转换和坐标转换。

(1) 数据格式转换：将不同格式的数据文件转换为统一的格式，便于后续处理和分析。

(2) 数据坐标转换：将不同数据源的坐标系统和高程基准统一到 2000 国家大地坐标系和 1985 国家高程基准。

##### 5.4.5.3 数据镶嵌和融合

将单波束、测深杆或测深锤、机载 LiDAR 测深等数据融合，构建水域 DEM；与原有的陆域 DEM 数据进行融合，最终形成完整的水陆一体 DEM 数据。

(1) 构建水域 DEM 数据：利用实测水深数据，根据实际情况采用不规则三角网（TIN）算法内插生成测区的数字高程模型（DEM），DEM 生产过程中应避免出现空白区域、接边处断层以及“三角锥”等情况，应确保边缘区域高程过渡平滑连续。

(2) 重叠区域镶嵌和融合：通过融合参数的设置，对重叠区域的数据进行高程值修正，确保融合后的 DEM 拼接区域平滑，并对其进行精度评价。

(3) 生成水陆一体 DEM 数据：对水域与原有陆域 DEM 进行无缝拼接，生成最终的水陆一体化 DEM 数据。

#### 5.4.5.4 质量检查

对融合后的数据进行质量检查，以确保融合结果的准确性和可靠性。

(1) 空间参考检查：检查坐标系统、高程基准、投影参数是否符合要求。

(2) 数据完整性检查：检查多源测深数据融合后是否完整覆盖测区范围。

(3) 接边检查：通过目视解译，检查不同数据拼接处高程是否一致，相邻单位数据是否平滑连接。

### 5.5 测量实施

#### 5.5.1 测前准备

开展测量实施之前，根据各调查区域河湖库塘分布情况，合理规划任务内容和进度，明确河湖库塘的作业方法和作业路线，做好外业相关的人员、设备、安全保障。根据河湖库塘的作业方法，预先布设水下地形（水深）测量计划线和水深采样点，叠加正射影像，形成外业工作底图，作为外业调查工作的依据。

#### 5.5.2 测量时段选择

水下地形（水深）测量应该选择合适的时段实施。应避开结冰期和主汛期，避开作业环境恶劣的时间段。

水下地形（水深）测量应尽可能在丰水期进行，应覆盖章节 5.1 规定的测量范围，保证与现有陆域三维模型接边融合。

因河道整治、工程建设、退圩环湖等原因导致水域周边地形发生变化，导致与已有陆域三维模型数据无法衔接时，对于自然湖泊，应补充测量至实测水面高程上延 1m~10m 覆盖的范围；对于有人工堤岸等构筑物的水体，应补充测量至人工堤岸的工程外缘线及堤岸顶部高程覆盖的范围。

#### 5.5.3 河流测量

根据自然资源部工作部署要求，结合我省实际，选择开展我省主要河流干

流（长江、淮河、新安江的重要河段）的水储量调查。河流水下地形测量宜采用断面测量方式配合单波束测深仪进行。

#### 5.5.3.1 断面布设

采用单波束测深仪开展断面测量总体上应遵循以下要求：

(1) 断面宜按照 1000m 间距布设，原则上应均匀分布整条（段）河流，平直等宽河段可根据条件放宽，最大不能超过 1.5 倍。河流转弯、分汊、宽度突然变化等位置应布设测量断面。河流（或支流）长度小于 5km 时，应布设不少于 3 条测深线，且尽量均匀分布在上游、中游及下游。

(2) 断面宜垂直于河道中心线。对于狭窄水域，测量断面方向可与等深线成 45° 角。

(3) 断面上测点间距不大于 10m。对于狭窄河道，应保证测深线上点位数量不少于 3 个，且尽量分布在水涯线与最大水深点附近。

(4) 河流相交时，次要、等级较低、后测的河流测量断面应布设至主要、等级较高、先测的河流中线位置。

(5) 检查线宜与测深线正交，分布均匀，也可采用重合测线的方式；检查线长度应不少于测深线总长度 5%，至少覆盖 50% 的测深线；检查线测点间距宜小于测深线测点间距的 1/2。

(6) 当河道较窄时，测船也可以按“S”形航行进行测量。

#### 5.5.3.2 外业测量

河流测量应尽可能在丰水期进行，并选择在流速适中的区域开展测量。根据河流区域特定情况，河流分一般河段、干涸河段、分汊河段、感潮河段等类型。

##### (1) 一般河段

一般河段是指河身比较顺直，河流深度、流速适中，可以正常施测的河段。一般河段水下测量宜以单波束/多波束测量方式为主，测深杆/测深锤等其他测量方式为辅。

##### (2) 干涸河段



干涸河段是因时令原因或地形原因在部分区域河床裸露出来的河段。干涸河段宜采用机载 LiDAR 测量方式获取裸露河床的地形信息。

### (3) 分汊河段

分汊河段是指平面形态常呈两端窄、中间宽状，中间段可能是两汊，也可能是多汊，各汊之间为江心洲。分汊河段自分流点至江心洲头为分流区，洲尾至汇流点为汇流区，中间为分汊段。

分汊型河段测量时要避开分汊段，测量断面在原有测线方案基础上应分别在分流区和汇流区加密测量。

### 5.5.3.3 测量记录

河流外业水深测量时，应及时进行信息记录。利用外业测量记录表（附录 C），记录经纬度、水深值、水面高程等测量信息，填报测量方式、测量人员、测量时间等基本信息，并拍摄实地照片。

### 5.5.4 湖泊（水库）测量

**湖泊：**全省列入湖泊保护名录 184 个，由国家承担和已开展湖泊共 28 个，省级调查单位承担剩余 156 个湖泊调查工作；其中  $1\text{km}^2$  以上湖泊 112 个，总面积约  $1269.18\text{km}^2$ ； $1\text{km}^2$  以下湖泊 44 个，总面积约  $30.15\text{km}^2$ 。

**水库：**以大中型水库为重点调查对象，以资料收集为主、实地调查为辅，掌握水库水下地形数据成果。对于收集资料无法满足工作精度要求的小型水库，采取抽样调查的方式，主要以小（1）型水库为主，开展水库实测，掌握水库储存量，抽样比例不小于 10%，具体以省级专班下达为准。

#### 5.5.4.1 测线布设

湖泊（水库）测量宜采用单波束测量方式布设测深线。测深线的布设总体上应遵循以下要求：

(1)  $200\text{km}^2$  以上的湖泊测深线间距不大于  $2000\text{m}$ ， $50\text{--}200\text{km}^2$  的湖泊（水库）测深线间距不大于  $1000\text{m}$ ，总测深线数不少于 13 条； $50\text{km}^2$  以下的湖泊（水库）原则上测深线间距不大于  $500\text{m}$  布设，总测深线数不少于 3 条。

(2) 测深线宜垂直于岸线的长边方向。对于狭窄水域，测深线方向可与等

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/96511232333011303>