

Reasonable Application of Existing Mapping Standards in Inland Water Boundary Measurement

Rufu Zhou¹, Jianhong Zhou²

¹Jingjiang Bureau of Hydrological and Water Resources Survey, Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, Jingzhou Hubei

²Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan Hubei
Email: 598340222@qq.com

Received: Jun. 15th, 2017; accepted: Jul. 1st, 2017; published: Jul. 7th, 2017

Abstract

Because of the complexity of the boundary measurement of inland water body, the application of its technical standards is numerous, even if the same measurement project, different technical personnel design, the difference between technical scheme and technical requirements may be large, which will bring adverse impact to the quality of surveying and mapping results. Through the comparative analysis of the similar technical indicators in the boundary survey of inland water, this paper expounds the reference surveying and mapping standards and the use of measurement method, should be with the survey area objective conditions, existing technical means and customer needs, and other organic integration, and puts forward the improvement measures such as accuracy observation, has been successfully applied in the Jingjiang river reach of the three Gorges project and remote mountainous hydropower development river channel survey project.

Keywords

Inland Water Body, Boundary Survey, Surveying and Mapping Standard, Application Research

浅析内陆水体边界测量中现行测绘标准的合理应用

周儒夫¹, 周建红²

¹长江水利委员会水文局荆江水文水资源勘测局, 湖北 荆州

²长江水利委员会水文局, 湖北 武汉

Email: 598340222@qq.com

收稿日期: 2017年6月15日; 录用日期: 2017年7月1日; 发布日期: 2017年7月7日

作者简介: 周儒夫(1970-), 男, 硕士, 高级工程师, 注册测绘师, 主要从事河道测绘及水文测验等质量管理工作。

摘要

由于内陆水体边界测量内容繁杂,适用技术标准较多,同一测量项目,不同技术人员设计,技术方案与技术要求可能差别很大,给测绘成果质量带来不利影响。本文通过对内陆水体边界测量中不同规范同类技术指标的对比分析,阐述了引用测绘标准及测量方法应与测区客观条件、现有技术手段及顾客需求等方面有机结合,提出了等精度观测等改进措施,并在三峡工程坝下游荆江河段及偏远山区水电工程水文泥沙观测项目中得到成功应用。

关键词

内陆水体,边界测量,测绘标准,应用研究

Copyright © 2017 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

1. 研究背景

内陆水体边界测量是一项综合性测量工作,是水道开发、保护与治理的基础性工作。它包括水道测绘、水文泥沙测验以及河道演变分析等,具有观测内容多、年内测次多、观测时间跨度长、成果时效性强,以及测量环境复杂、影响质量精度因素众多等特点,与单纯的陆上地形测量有显著差异。

根据测量目的和阶段不同,内陆水体边界测量测图比例尺可在 1:200~1:50,000;根据不同项目的实际需求,测量精度要求差异较大,有的项目须采用高精度的先进的测绘技术手段,如坝前淤积测量、不平衡输沙观测等,有的项目还必须准确把握观测时机或在规定期限内完成。目前,内陆水体边界测量仍然处于测绘新技术与传统测量方式并轨运行阶段,因此适用测绘生产的标准及规范多而且杂,在选择引用技术条款时,设计人员往往容易混淆或简单教条对待,造成选用标准脱离实际甚至张冠李戴,出现采用测量标准过严、过松或误用等情况,影响测绘产品成果质量,不能满足顾客需求,甚至误工误时得不偿失。诸如忽视客观条件和顾客实际需求,盲目地选用过高技术标准,不仅测量难以做到,而且使成本增加、工期延长;而脱离实际地选用过低技术标准,既不能保障成果质量,又不能满足用户使用需求,还可能造成严重的经济损失。

2. 对常用测绘标准的认识和理解

2.1. 主要技术指标的对比分析

内陆水体边界测量常用标准规范很多,但涉及与产品质量和工作进度的主要技术指标有图根控制测量、点位中误差、邻近地物点间距中误差、地物点的平面位置中误差、等高线插求点高程中误差、重点检查限差、测深精度以及地形测点间距及点距等。以平原地区 1:2000 测图比例尺为例,常用标准规范的主要技术指标详见表 1、表 2 及表 3 [1] [2] [3] [4]。

从表 1~3 可以看出,不同标准规范对同一技术指标要求存在差异,且部分指标差异较大。总体上,行业标准要略高于国家标准。因此,应根据测绘产品的用途和需求,选用合适的技术标准。对测量精度要求高的项目,限差可按一倍中误差控制,其他项目则可按两倍中误差控制。测量限差超过三倍中误差视为粗差,需要及时重测或补测。

Table 1. Commonly standard specification for mapping control point, check and focus on the accuracy of known points
表 1. 常用标准对图根控制点、校核已知点及重合点检查的精度要求

标准规范	图根平面控制中 误差(图上 mm)	图根高程 控制中误差	校核点		重合点检查	
			平面(图上 mm)	高程	平面(图上 mm)	高程
《工程测量规范》	≤±0.1	≤h/10	≤0.20	±h/5	<0.6	±h/3
《1:500 1:1000 1:2000 外业 数字测图技术规程》	<10 cm (实际)	<h/10	0.20 m (实际)	±h/6	--	--
《水利水电工程测量规范》	±0.2	<h/6	≤0.20	±h/5	<0.60*2√2	±h/3*2√2
《水道观测规范》	≤0.1	≤h/10	≤0.20	±h/5	<1.5	±h/5*2√2
《全球定位系统实时动态 测量(RTK)技术规范》	<0.1	≤±3 cm	≤7 cm	--	≤0.5	--

注：h 为基本等高距，m。

Table 2. The common standards require the accuracy of topographic survey point and Contour interpolation for point elevation
表 2. 常用标准对地形测量测点及等高线插求点高程的精度要求

标准规范	地物点的平面位置 中误差(图上 mm)	邻近地物点间距中 误差(图上 mm)	地物点高程 中误差	等高线插求点高程中误差	
				陆上	水下
《工程测量规范》	±0.80	一般构筑物		±h/3	±h/2
		7 cm (实际误差)	3 cm (实际误差)		
《1:500 1:1000 1:2000 外业数字测图技术规程》	±0.60	±0.48	±h/3	±h/3	--
《水利水电工程测量规范》	±0.60	--	±h/4	±h/3	±2h/3
《水道观测规范》	±0.50	--	±h/4	±h/2	±1h

Table 3. The common standards require the accuracy of the distance between section and point, underwater sounding in topographic survey
表 3. 常用标准对地形测量的断面及测点间距与水下测深的精度要求

标准规范	地形点最大 间距(m)	碎部点地形/地 物测距长度(m)	水下断面/ 测点间距(m)	测深精度(m)		
				0~10	10~20	>20
《工程测量规范》	50	700/450	40/20	0.15	0.20	H×1.5%
《1:500 1:1000 1:2000 外业数字测图技术规程》	100	500	--	--	--	--
《水利水电工程测量规范》	50	700/450	15~25 (图上 cm)	0.15	0.20	±0.015H
《水道观测规范》	20~40	700/450	20~50/15~25	0.20	0.20	±0.01H

2.2. 技术指标的时效性分析

测绘标准从编写到颁布实施，需要较长的时间过程。随着测绘新技术的快速发展与应用，部分标准规范严重滞后，不能满足当前测绘工作需要。例如《水利水电工程测量规范》中，要求地物重合点检查，点位平面较差应满足： $\pm 0.6 * M * 2\sqrt{2} = \pm 1.69 \text{ m}$ 、高程较差满足： $\pm h/3 * 2\sqrt{2} = \pm 0.93 \text{ m}$ （按 1:2000 测图，等高距为 1 m 计算），其限差值远超出了仪器的观测精度，生产中不能按此限差进行作业。又如《水道观测规范》中，1:2000 水下测量点距要求 15~25 m，为满足科研分析需要，点距通常按 12 m 或更小点距来控制。所以，在引用技术条款时，必须结合已有测量技术手段和具体任务要求合理选用，做到质量与效益的最大化。

在水位控制测量中,规范均要求水位控制测量精度不低于五等水准。当采用全站仪测量时,平原地区天顶距一般不大于 5° 、最大不超过 10° ;山区河段天顶距一般不大于 10° 、最大不超过 15° ,这是否符合目前实际情况呢?

假定采用全站仪极坐标(或隔点设站)进行水位控制测量,根据误差传播定律,可得[5]:

$$m_{\Delta h}^2 = m_{s_{前}}^2 \tan^2 a_{前} + s_{前}^2 \frac{1}{\cos^4 a_{前}} \left(\frac{m_{前}}{p} \right)^2 + m_{s_{后}}^2 \tan^2 a_{后} + s_{后}^2 \frac{1}{\cos^4 a_{后}} \left(\frac{m_{后}}{p} \right)^2 \quad (1)$$

式中: $S_{前}$ 、 $S_{后}$ 为前视和后视的水平距离; $a_{前}$ 、 $a_{后}$ 为前视和后视的天顶距; m 为其下标所对应的中误差。为了在高差中抵消球气差影响,令 $S_{前} = S_{后}$,因而 $m_{s_{前}} = m_{s_{后}}$,则上式变为:

$$m_{\Delta h}^2 = m_s^2 (\tan^2 a_{前} + \tan^2 a_{后}) + s^2 \left(\frac{1}{\cos^4 a_{前}} + \frac{1}{\cos^4 a_{后}} \right) \left(\frac{m_a}{\rho} \right)^2 \quad (2)$$

由于 a 越大, $\tan a$ 越大, $\frac{1}{\cos^4 a}$ 也越大,在精度计算时取 $a_{前}$ 与 $a_{后}$ 中较大者为 a ,上式变为:

$$m_{\Delta h}^2 = 2 \tan^2 a \cdot m_s^2 + \frac{2s^2}{\cos^4 a} \left(\frac{m_a}{\rho} \right)^2 \quad (3)$$

为了检核,在测站上一般通过变换仪器高进行两次观测,此时 s 和 a 都不会有太大的变化,则有:

$$m_{\Delta h中}^2 = 2 \tan^2 a \cdot m_s^2 + \frac{2s^2}{\cos^4 a} \left(\frac{m_a}{\rho} \right)^2 \quad (4)$$

按式(4),以测角精度 $2''$ 、测距精度 $\pm(1.5 + 2 \times 10^{-6}D)$ 的全站仪为例,计算一个测站上观测的水平距与天顶距对测量高差产生误差如图1所示。

从图1可知,当水平距和天顶距分别控制在700 m、 30° 以内,观测高差中误差均在 ± 3.0 cm内,完全可以达到五等水准精度。

表4为采用两种不同类型 $2''$ 级全站仪,在四等水准点上两个观测员分别于上午、下午各观测6个测回的观测精度统计情况。从表中数据看出,当水平距较小、天顶距在 20° 内,天顶距对高程测量的精度影响很小。通过图1、表4分析可知,采用全站仪进行水位控制测量,主要对水平距离进行限制,而天顶距对测量高差的精度影响很小。可见,随着测绘技术的进步和仪器测量精度的提高,部分技术要求已不适用实际需要。

3. 实践应用

3.1. 采用技术方法应适用于测区环境及用户需求

测区环境决定了水体边界测量采用的技术路线和方法,用户需求决定了测量精度、观测时机和进度要求。2011年为满足云南省境内怒江流域水电开发建设规划需要,拟进行库容复核,需开展干流总长约110 km范围内固定断面及水面线等观测。测区为高山峡谷性河道,支流众多,河段落差大,陆上及水下交通极为困难,已有控制点及相关资料甚少,但任务要求40天内完成。按规范作业要求,首先应建立基本控制网;然后埋设固定断面标志及图根控制测量;再进行断面测量及历史洪水调查等。显然,单从进度上就不能满足任务书的要求。

根据测区客观条件,项目控制测量选用GNSS RTK单站双校法,即首站架设在已知点A上,流动站先校核已知点B,检校平面位置、高程较差分别按 ± 5 cm、 ± 3 cm控制,后将流动站控制在5 km内,测定待测点C、D的三维坐标(两点距离在30~100 m),每点观测三个测回,每测回3分钟,测回间平面位置、高程较差分别控制在 ± 3 cm、 ± 2 cm内,取平均值为最终成果;然后在C点架设参考站,流动站校核B和D点(长边与短边),满足上述限差要求,再测定E、F点的三维坐标。测量方法如此类推。同时在库尾与地方水文站已知高程点进行了联测,其高程较差为0.225 m,通过往返间高差较差对比分析,并对不附合高差值作合理分配。经过8天26次转

Table 4. The influence of vertical angle on the error of observation height difference

表 4. 垂直角对观测高差产生误差影响

水平距(m)	天顶距(°)	全站仪类型	施测时间	测回间最小值误差(m)	测回间最大值误差(m)	各测回间最大互差(m)	测量高程中误差(mm)	五等水准允许差(mm)	四等水准允许差(mm)
29	19 43 ~ 19 46	A	上午	-0.001	0.003	0.004	±1.21	±30.0	±20.0
			下午	-0.002	0.002	0.004			
		B	上午	-0.005	0.002	0.007	±1.44	±30.0	±20.0
			下午	-0.003	0.003	0.006			
34	14 47 ~ 14 52	A	上午	-0.001	0.001	0.002	±0.62	±30.0	±20.0
			下午	-0.001	0.001	0.002			
		B	上午	-0.003	0.001	0.004	±1.13	±30.0	±20.0
			下午	-0.003	0.002	0.005			

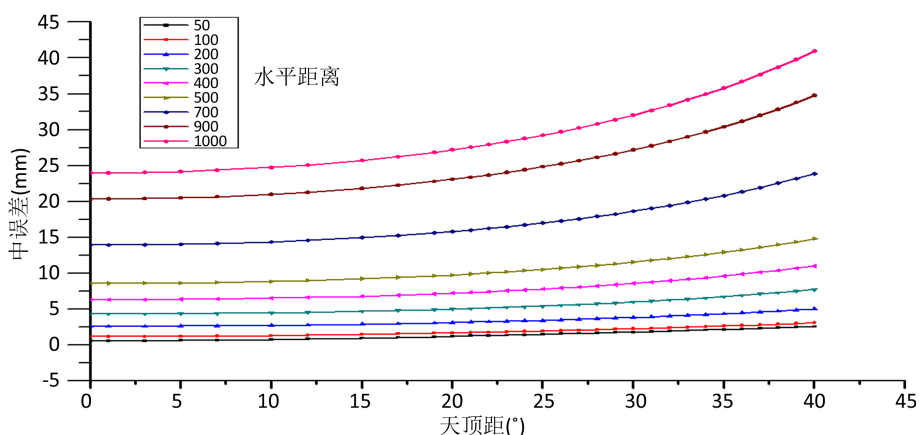


Figure 1. Error relationship between zenith distance and horizontal distance

图 1. 天顶距与水平距离对高差产生误差关系图

站完成了测区控制设测。在断面标图根控制测量及固定断面测量中，对所有控制点均进行了相互检校，其中平面位置最大较差为 0.047 m、高程较差 0.044 m，校核已知点的平面位置较差中误差为±0.032 m、高程较差中误差为±0.028 m。可见该项目成果内部相对位置及高程精度高，对库容校核准确可靠，并于 31 天内完成了任务。

3.2. 技术设计应充分考虑项目的客观条件

影响内陆水体边界测量精度的因素很多，如控制系统的一致性，水下断面布置的合理性、各种测量指标限差大小控制，测量技术方法完备性等。

水位布置的合理性及水位控制测量精度对水下测量成果质量具有区域性和整体性的影响。实际生产中，通常采用开、收工位置进行水位接测，而常忽略跌坎、河弯等特殊位置实测水位。图 2、图 3 为芦家河浅滩董 3、荆 12 断面 2005 年 2~3 月横、纵比降变化关系图。

从图 2、图 3 可以看出，董 3、荆 12 的横纵比降变幅较大。按月计算平均横比降，右岸较左岸水位值分别高出 0.09 m、0.33 m。可见，特殊河段横比降对内陆水体边界测量成果影响较大。

在深水测量时，设计书一般要求采用声速剖面仪在深泓线上测定水体水温，作为测量当天进行水深改正的依据。图 4 为清江水布垭库区水温观测布置图，图 5 为 2011 年 8 月 27 日 10:00 于坝前 500 m 横断面(1#、2#、3#)、距坝 17 km 断面中泓线、36 km 断面中泓线、110 km 水面下 0.5 m，以及支流野河内 2 km 断面中泓线及坝下游 9 km 水温变化图[6] [7] [8]。

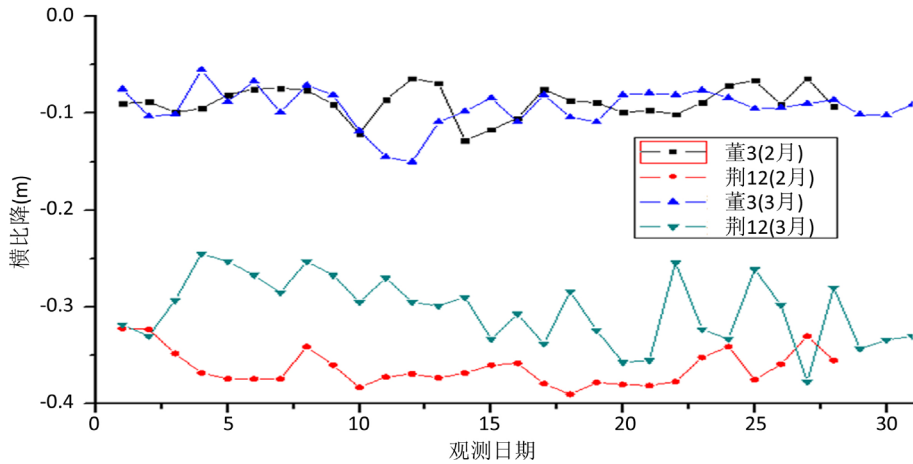


Figure 2. The relationship between horizontal and descending of Dong 3 and Jing 12 section
图 2. 董 3、荆 12 断面横比降变化关系图

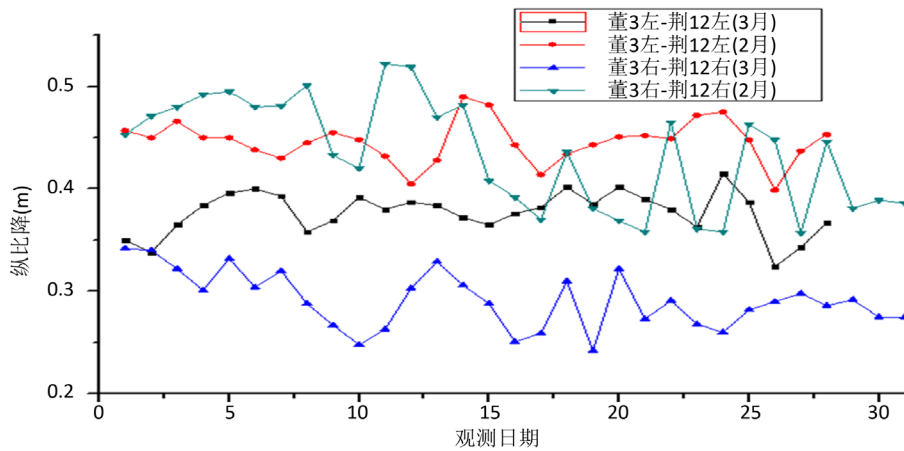


Figure 3. The relationship between longitudinal and vertical distribution of Dong 3 and Jing 12 section
图 3. 董 3、荆 12 断面纵比降变化关系图

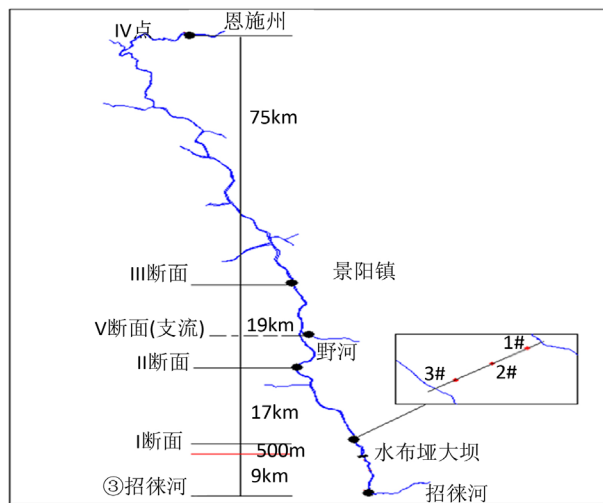


Figure 4. Layout of water temperature observation in Shuibuya reservoir area
图 4. 水布垭库区水温观测布置图

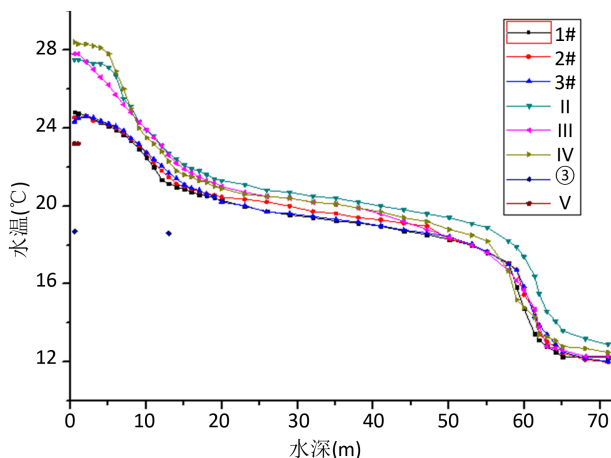


Figure 5. The water temperature variation diagram of the synchronous observation in Shuibuya reservoir area

图 5. 水布垭库区同步观测水温变化图

由图 5 可知，库区内相同时间点，不同位置相同水深处的最大温差超过了 5℃；同一横断面左、中、右三线，相同深度处温度最大差值为 1.2℃；同一垂线上，从水面 0.5 至 70 m 处，水体温差超过了 16℃。以坝前中泓线水温梯度进行水深改正，在 70 m 处改正值为 -1.12 m，在 150 m 处为 -3.87 m。

对于三峡工程坝下游河段，如枝城站荆 3 断面，深泓线 6~9 月从水面至江底水温变化很小，最大变幅为 0.15℃。按此水温梯度对测深改算，最深处水温对测深的改正小于 5 mm。显然在流水型浅水河段，水温变化很小。

综上所述，在深水条件下，尤其非流动性水域，应充分考虑水体水温分布及保障水温观测精度。

3.3. 水体边界测量应尽可能采用等精度观测

内陆水体边界测量一般测次较多，而影响内陆水体边界测量精度的因素复杂。为保障测绘产品成果质量，各测次应尽可能采用等精度观测。各测量项目作业人员、仪器、测船、数据采集及数据处理软件、引用控制点等需相对固定，保持 GNSS 平面定位差、船体姿态、动吃水及岸坡测深等影响在各测次间大致相当，保障边界测量的相对可靠。如利用其资料进行冲淤量计算时，多测次间系统差可相互抵消，从而间接地提高内陆水体边界观测精度和质量[9]。

4. 结语

测绘生产必须遵守国家有关测绘法律、法规及技术标准，采用技术条款应充分考虑用户需求、已有测绘技术手段和测量客观环境，并紧跟测绘新技术的发展而逐步改进。因此，对于一般作业人员，应了解并熟悉测绘标准规范，在生产中严格按照专业设计书要求执行；项目管理人员应正确理解并熟知标准规范，对项目要求和成果使用目的有深刻认识，做到在实施过程中及时有效地解决生产中遇到的技术问题；而对于技术设计人员必须全面掌握和灵活运用标准规范，同时兼顾测绘成果质量、作业效率、生产进度和作业安全。《水道观测规范》、《水利水电工程测量规范》较其他规范技术要求更高，对内陆水体边界测量更为适宜，而《工程测量规范》、《全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范》等可作补充。近年来，通过三峡工程坝下游荆江河段及国内外偏远山区水电站水文泥沙观测等实践，证实切实有效可行。

基金项目

国家重点基础研究发展规划(973)项目(2012BC417001)。

参考文献 (References)

- [1] 中华人民共和国水利部. SL197-2000 水道观测规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000.
The Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. SL197-2000 specification for waterway survey. Beijing: China water conservancy and hydropower press, 2000. (in Chinese)
- [2] 中华人民共和国建设部. GB50026-2007 工程测量规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2007.
The Ministry of Construction of the People's Republic of China. GB50026-2007 code for engineering surveying. Beijing: China Planning Press, 2007. (in Chinese)
- [3] 中华人民共和国水利部. SL 197-2013 水利水电工程测量规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013.
The Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. SL 197-2013 code for surveying of water resources and hydropower engineering. Beijing: China Water Conservancy and Hydropower Press, 2013. (in Chinese)
- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 14912-2005 1:500 1:1000 1:2000 外业数字测图技术规程[S]. 2005.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB/T 14912-2005 specifications for 1:500 1:1000 1:2000 Field Digital Mapping. 2005. (in Chinese)
- [5] 周儒夫, 郭文周, 曾勇. 全站仪极坐标法测定水位方法及精度分析[J]. 人民长江, 2016(5).
ZHOU Rufu, GUO Wenzhou, ZEN Yong. Electronic total station polar inland water level measuring method and accuracy analysis. Journal of Changjiang River, 2016(5). (in Chinese)
- [6] 张文兵, 刘义民. 浅谈提高清淤前水深测量精度[J]. 测绘通报, 2014(8).
ZHANG Wenbing, LIU Yiming. Introduction to improve depth measurement precision before dredging. Bulletin of Surveying and Mapping, 2014(8). (in Chinese)
- [7] 周儒夫, 解祥成. 清江水布垭水库及坝下游水温观测专业技术总结[C]. 2012-03.
ZHOU Rufu, XIE Xiangcheng. Qingjiang Shuibuya reservoir and downstream water temperature observation technical summary. 2012-03. (in Chinese)
- [8] 长江水利委员会水文局. 河道水下测深技术综合性试验[C]. 2006-05.
Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission. Comprehensive experiment of underwater sounding technology. 2006-05. (in Chinese)
- [9] 周儒夫, 马耀昌, 张正明. 水道地形观测误差分析及改进措施[J]. 水利水电快报, 2017(2).
ZHOU Rufu, MA Yaochang, ZHANG Zhengming. Error analysis and improvement measures of waterway topography survey. Express Water Resources & Hydropower Information, 2017(2). (in Chinese)