

DOI: 10.16198/j.cnki.1009-640X.2015.06.004

王磊之, 王银堂, 邓鹏鑫, 等. 基于水下自走式监测系统的数据分析与应用[J]. 水利水运工程学报, 2015(6): 25-30.
(WANG Lei-zhi, WANG Yin-tang, DENG Peng-xin, et al. Data analysis and application on the basis of self-propelled underwater monitoring system[J]. Hydro-Science and Engineering, 2015(6): 25-30.)

基于水下自走式监测系统的数据分析与应用

王磊之, 王银堂, 邓鹏鑫, 刘 勇, 崔婷婷, 胡庆芳

(南京水利科学研究院 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029)

摘要: 应用德国弗劳恩霍夫系统应用中心研制的多功能水下自走式监测与分析系统,以湖州市对河口水库、日照市青峰岭水库、南京市金牛山水库、秦淮河为试点,对上述水库及河流的多参数水质(溶解氧、电导率、铵盐含量、硝酸盐含量、温度)进行监测。基于所测数据,采用水下三维地形图、水质参数等值线图、分层切片图、纵向剖面图、水质参数散点图等方法,对上述水质参数在水体中的分布规律进行分析,对水下三维地形进行解释,对不同水质参数之间的相关关系进行一定探索。研究表明:在水库表面,溶解氧含量分布在空间上存在一定差异;硝酸盐含量分布在不同深度水体中差别很小,但在靠近底部时发生明显变化,与库底淤泥影响有关;随着水深增加,水温逐渐降低;水面电导率值和硝酸盐、铵盐含量有一定的正相关关系,溶解氧和温度存在一定的负相关关系。应用结果表明:所测数据可快速生成水下地形及水质三维结构图,能较好地反应试点区域水情、水质的主体分布。

关键词: 水质监测; 水下地形; 水质参数; 数据分析

中图分类号: X832

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2015)06-0025-06

德国弗劳恩霍夫系统技术应用中心研制的多功能水下自走式监测与分析系统^[1],其核心内容包括潜水器、自动控制系统、集成的水质传感器和数据分析软件等。其中,各水质传感器的数据传输方式采用有线传输,能够即时响应并将实时监测数据记录在岸基计算机上。依托集成的水质传感器和丰富的数据分析功能,该系统可以对不同深度的水温、水质和水下地形进行测量,并对所测数据进行进一步的分析以获得全面、立体的环境质量信息。此外,系统还具备良好的可靠性、便携性和扩展性,能够应用于各类不同的环境,适应了我国水文水资源监测领域的发展趋势。

本文对多功能水下自走式监测与分析系统的应用方案进行了简要介绍,在获取试点区域相关水质参数数据的基础上,结合 QGIS、Surfer 等地学软件,重点对所测水质参数数据进行分析 and 展示,对不同参数之间的相关关系进行探索。在此基础上,构建能适应我国特点的水情、水环境、水工结构的监测与分析系统,为流域的防灾减灾及水利工程的安全运行、水质水量联合调度提供支撑。

1 应用方案

选取日照市青峰岭水库、湖州市对河口水库、南京市金牛山水库和秦淮河作为典型试点区域,应用多功能水下自走式监测与分析系统,对上述水库(河流)的多参数水质(溶解氧、电导率、铵盐含量、硝酸盐含量、

收稿日期: 2015-02-09

基金项目: 水利部“948”计划资助项目(201302);水利部公益性行业科研专项经费资助项目(201301075,201501014);水文水资源与水利工程科学国家重点实验室基本科研业务费资助项目(Y512010);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目(Y513002,Y515010)

作者简介: 王磊之(1991—),男,江苏句容人,硕士研究生,主要从事水文水资源方面的研究。E-mail: wanglz@nhri.cn

温度)进行监测。

在获取各项水质参数数据基础上,选取有代表性的试点区域,绘制了水下三维地形图^[2]、水面水质参数等值线图和水体水质参数分层切片图,对上述水质参数在水体中的分布规律进行分析,对水下三维地形图进行解释。此外,本文将采用绘制散点图的方法,对不同水质参数之间的相关关系进行探索。

2 数据分析

2.1 水下三维地形分析

应用多功能水下自走式监测与分析系统,选取有代表性的金牛山水库和秦淮河作为试点,结合 Surfer 等地理软件,依据所测地理坐标(经纬度)以及对应水深作出水下三维地形图,如图 1。由图 1(a)可知,金牛山水库库底较为平整,从坝址到湖心水库逐渐变深,坝址附近可以看到乱石堆砌状,与实际情况较为一致;由图 1(b)可知,秦淮河河底明显呈现出两边浅中间深的断面形状,最深处达 5 m,岸边深度不足 1 m,淤积较为严重,且西南岸淤积较东北岸严重,这与该河流断面的实际冲淤较为一致。

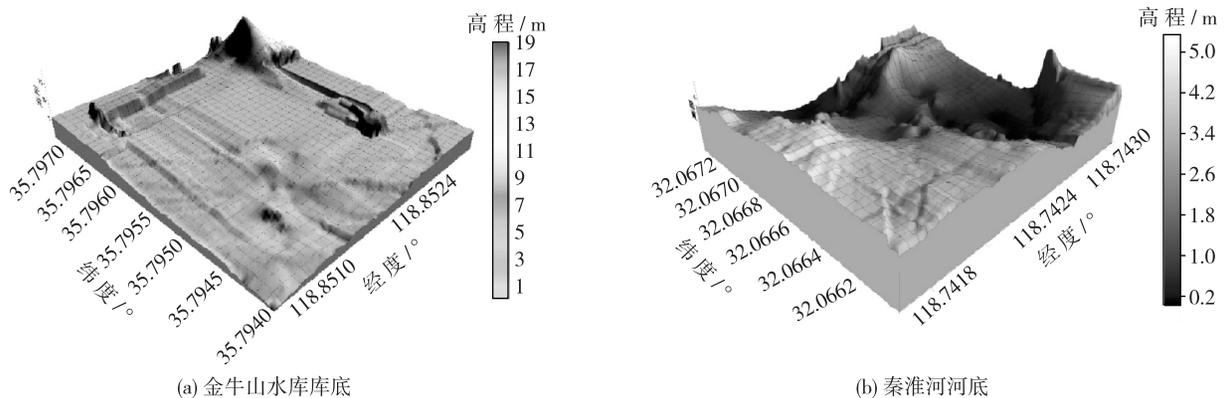


图 1 金牛山水库库底和秦淮河河底三维高程

Fig. 1 3D lake floor elevation of Jinniushan reservoir and Qinhuai River

2.2 水质分布特征分析

监测的水质参数包括溶解氧、电导率、铵盐、硝酸盐和温度。由于试点范围较广,各水质参数均对应多个试点区域,故本文针对各参数仅选择 1~2 个有代表性的试点,分别绘制:①溶解氧的水面等值线图;②硝酸盐和温度的分层切片图;③温度的纵向剖面图。在此基础上,对上述参数在水体表面和水体内部部分层结构中的分布规律进行一定的分析,形成能适应试点流域水情、水环境的监测与分析系统。

2.2.1 水面等值线图 在获取试点区域水体表面各水质参数数据的基础上,绘制了对河口水库和金牛山水库的水面溶解氧等值线图(如图 2)。其中,传感器测量溶解氧含量的分辨率为 0.05 mg/L。由图可知,水体表面溶解氧含量分布在空间上存在一定差异,对河口水库库面所测区域溶解氧含量介于 7.9~8.5 mg/L 之间,在空间上表现为自东南向西北逐渐增加;金牛山水库库面溶解氧含量介于 6.4~8.0 mg/L 之间,略低于对河口水库,在空间上表现为自南向北逐渐减少。此外,两座水库库面所测区域溶解氧含量均满足国家二类水标准。

2.2.2 水体分层切片图 应用多功能水下自走式分析与监测系统,对金牛山水库的硝酸盐、水温分层结构进行探测,在获取水体内部水质参数数据基础上,采用简单的线性插值,得到了不同水深处的硝酸盐含量和水温,并绘制了硝酸盐分层切片图(图 3)和水温分层切片图(图 4)。

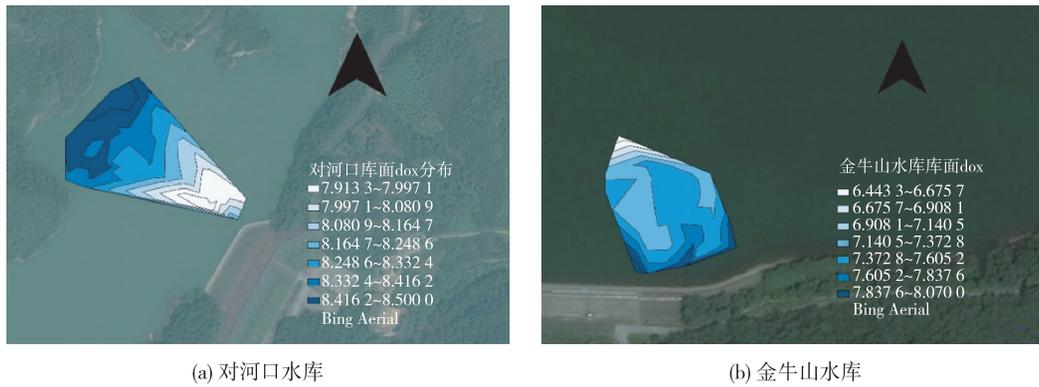


图2 对河口水库和金牛山水库水面溶解氧含量分布

Fig. 2 Distribution of DO on the surface of Duihekou reservoir and Jinniushan reservoir

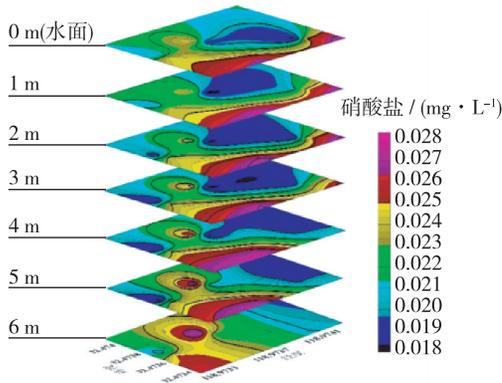


图3 金牛山水库硝酸盐分层切片

Fig. 3 Nitrate slice contour plot of Jinniushan reservoir

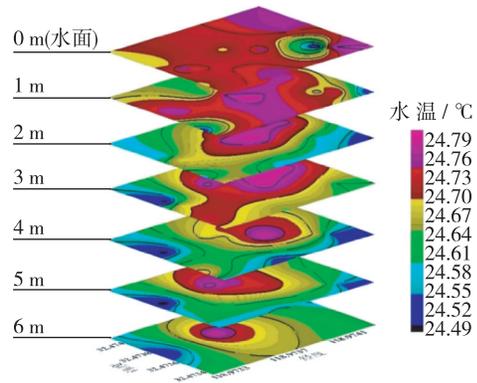


图4 金牛山水库水温分层切片

Fig. 4 Temperature slice contour plot of Jinniushan reservoir

由图3金牛山水库水体硝酸盐分层切片图可知,金牛山水库水体硝酸盐含量在每一层上均存在高(低)值中心,且不同层的高(低)值中心在垂向上有一定重合;随着深度增加,硝酸盐含量在层面上的分布并没有发生明显变化,但在接触到水库底部时(最下面的等值线图),硝酸盐含量在数值和层面分布上均发生了较为明显的变化,表现在:低值中心消失或偏移,高值中心范围明显收缩。具体原因或许与库底淤泥影响有关。

由图4金牛山水库水温分层切片图可见,水库水温在0~6 m水深范围内变化较小,由于所测区域水深没有达到温跃层,故没有发生温跃现象;在每一层上均存在高值和低值中心,且高值中心在垂向上有一定重合;从库面到水下6 m深处,高值中心的范围逐渐收缩,水温有变低趋势。这与前人关于静水湖泊温度分层理论的研究较为一致^[3-4]。

图5为金牛山水库水温纵剖面图。同样可以看出,随着深度增加,水温高值中心在不断收缩,水温有变低趋势,这也印证了图4中的结论。

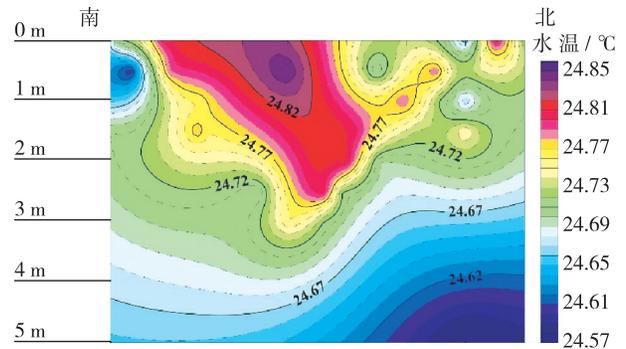


图5 金牛山水库温度纵向剖面

Fig. 5 Temperature vertical profile of Jinniushan reservoir

2.3 水质相关特征分析

在同一水体中,不同的水质参数之间往往会相互影响,因而具有一定相关关系^[5]。如溶解氧含量,作为衡量水体自净能力的重要指标之一,主要受温度、pH值、盐类等多种因素影响^[6-7];再如电导率值,作为水质分析中的一个重要指标,在一定程度上反映了水库水体的营养水平,它主要由溶解在水体的离子种类、离子浓度和水体温度等因素决定^[8-9]。为探求同一水库水体中各水质参数值之间的相关关系,在对河口水库水面监测数据中随机选取了100个均匀分布点,绘制了所测5个参数值(电导率、温度、铵盐、硝酸盐、溶解氧)两两之间的散点图及拟合线。图6为对河口水库水面各点电导率值和铵盐、溶解氧、温度、硝酸盐之间的散点图;图7为对河口水库水面铵盐、溶解氧、温度、硝酸盐等4个水质参数两两之间的散点图。表1进一步给出了这5个水质参数之间的 Spearman 相关系数。

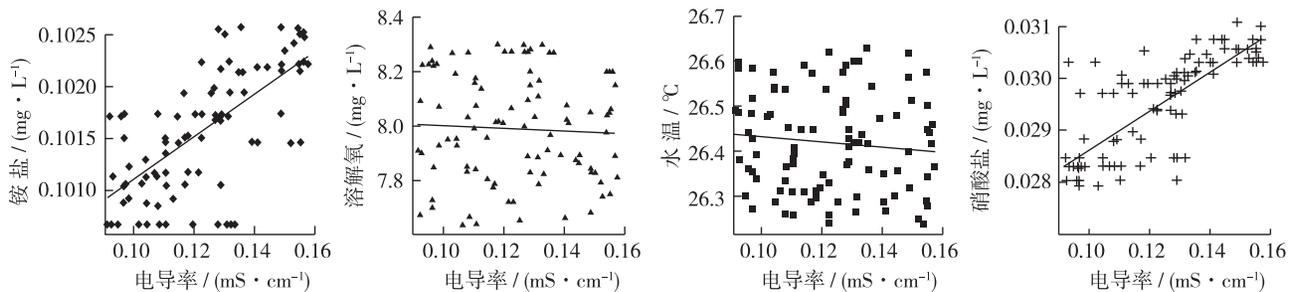


图6 对河口水库库面电导率值和铵盐、溶解氧、温度、硝酸盐散点

Fig. 6 Scatter plots of conductivity, ammonium, DO, temperature and nitrate in Duihekou reservoir

由图6可知,对河口水库库面各点的电导率值和铵盐、硝酸盐含量呈较为明显的正相关关系,和温度及溶解氧则没有明显相关关系。由表1可知,库面电导率值和铵盐含量、硝酸盐含量的 Spearman 相关系数分别达到0.78和0.75,与温度和溶解氧的相关系数分别为-0.11和-0.05,其中与温度相关关系较差主要是因为对河口水库水面温度差别较小,最大温差只有0.4℃,水温变化对电导率的影响可以忽略不计。

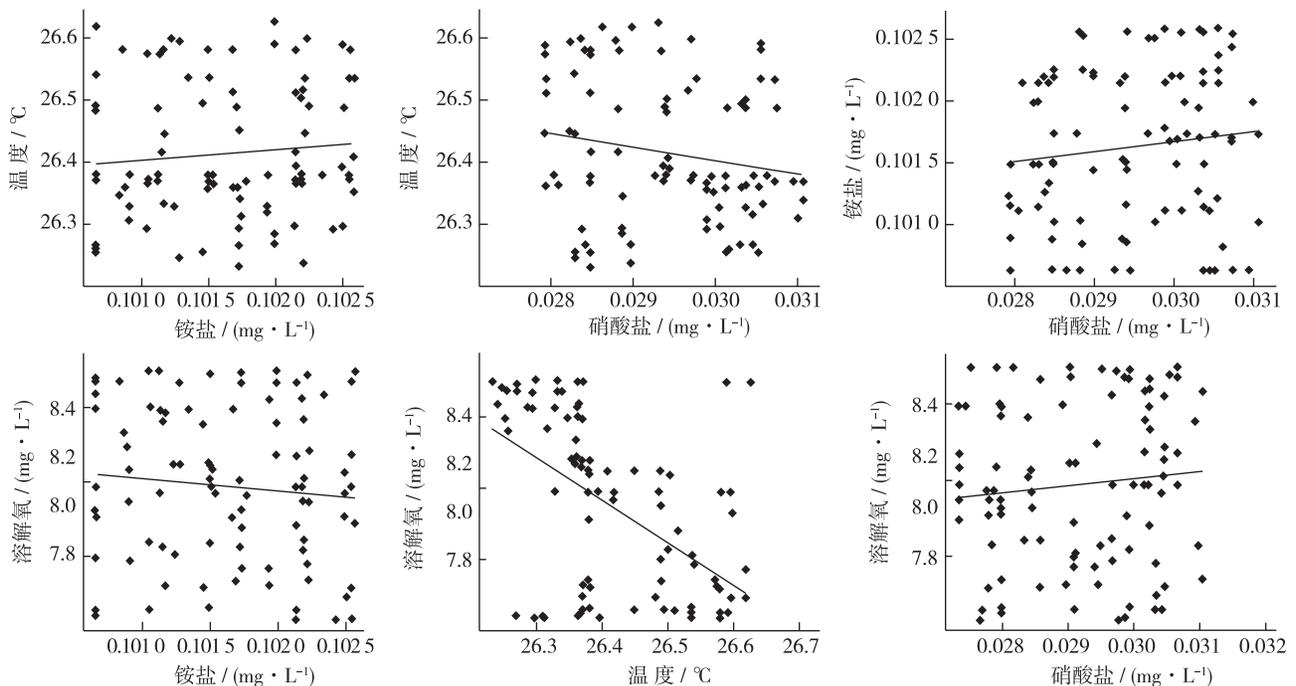


图7 对河口水库库面铵盐含量、硝酸盐含量、温度、溶解氧两两散点

Fig. 7 Scatter plots of ammonium, nitrate, temperature and DO in Duihekou reservoir

表1 对河口水库库面各水质参数值两两相关系数

Tab. 1 Correlation coefficients between different water quality parameters

	溶解氧	电导率	铵盐含量	硝酸盐	温度
溶解氧	-	-0.05	-0.09	0.09	-0.61
电导率	-0.05	-	0.78	0.75	-0.11
铵盐含量	-0.09	0.78	-	0.13	0.10
硝酸盐含量	0.09	0.75	0.13	-	-0.19
温度	-0.61	-0.11	0.10	-0.19	-

由图7和表1可知,对河口水库水面溶解氧含量和水温存在一定负相关关系,其相关系数达-0.61,与铵盐、硝酸盐含量没有明显相关关系。此外,铵盐含量、硝酸盐含量和温度两两之间均没有明显相关关系。

3 结 语

应用多功能水下自走式监测与分析系统,以日照市青峰岭水库、湖州市对河口水库、南京市金牛山水库、秦淮河为试点,采用水下三维地形图、水面等值线图、水体分层切片图、纵剖面图和散点图等方法,监测了水下三维地形,分析了5项水质参数数据(溶解氧、电导率、铵盐含量、硝酸盐含量、温度)在水面和水体中的分布规律,同时探索了这5个水质参数之间的相关关系。分析得出以下结论:

水面溶解氧含量分布在空间上存在一定差异;所测范围内不同水深的硝酸盐含量差异不大,但在接近底部时其含量和分布均发生明显变化,原因或许与底部淤泥影响有关;不同深度的硝酸盐含量和温度均存在一个高值中心,且高值中心在垂向上较为重合;随着水深增加,水温有变低趋势;在5个水质参数中,温度和溶解氧存在一定负相关关系,电导率和铵盐、电导率和硝酸盐存在较好的正相关关系。

综上所述,本次应用分析研究能较好地反映出试点区域水质、水情主体分布,能适应我国水文水资源监测领域的发展要求,并为流域的防灾减灾及水利工程的安全运行、水质水量联合调度提供技术支撑。

参 考 文 献:

- [1] PFUETZENREUTER T, RENKEWITZ H. Consys-a new software framework for underwater vehicles [C]//Oceans 2010 IEEE-Sydney. IEEE, 2010: 1-6.
- [2] 白世彪, 王军见, 闫国年. Surfer 软件在水下地形三维可视化与分析中的应用[J]. 海洋测绘, 2004, 24(5): 51-53. (BAI Shi-biao, WANG Jun-jian, LV Guo-nian. Application of surfer in the 3D-visualization and analysis of underwater topography[J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2004, 24(5): 51-53. (in Chinese))
- [3] 危起伟, 柯福恩, 庄平, 等. 富水水库温度分层的调查研究[J]. 海洋湖沼通报, 1991(3): 12-18. (WEI Qi-wei, KE Fu-en, ZHUANG Ping, et al. Investigations on thermostratification in Fushui reservoir [J]. Transaction of Oceanology and Limnology, 1991(3): 12-18. (in Chinese))
- [4] 张玉超, 钱新, 钱瑜, 等. 太湖水温分层现象的监测与分析[J]. 环境科学与管理, 2008, 33(6): 117-121. (ZHANG Yu-chao, QIAN Xin, QIAN Yu, et al. Field measurement and analysis on diurnal stratification in Taihu Lake[J]. Environmental Science and Management, 2008, 33(6): 117-121. (in Chinese))
- [5] 王锐刚. 环境监测中水质指标间关系分析[J]. 能源环境保护, 2012, 25(6): 58-60. (WANG Rui-gang. Analysis of water quality indexes in the environmental monitoring[J]. Energy Environmental Protection, 2012, 25(6): 58-60. (in Chinese))
- [6] 曾春芬, 黄文钰, 王伟霞, 等. 天目湖溶解氧分布特征及环境影响因子[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(4): 445-451. (ZENG Chun-feng, HUANG Wen-yu, WANG Wei-xia, et al. Distribution and its influence factors of dissolved oxygen in Tianmu Lake[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2010, 19(4): 445-451. (in Chinese))
- [7] 罗琳, 李适宇, 厉红梅. 夏季珠江口水域溶解氧的特征及影响因素[J]. 中山大学学报:自然科学版, 2005, 44(6): 118-122. (LUO Lin, LI Shi-yu, LI Hong-mei. Characteristics of dissolved oxygen and its affecting factors in the Pearl River estuary in summer[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2005, 44(6): 118-122. (in Chinese))

- [8] 李秋华, 林秋奇, 韩博平. 广东大中型水库电导率分布特征及其受 N、P 营养盐的影响[J]. 生态环境, 2005, 14(1): 16-20. (LI Qiu-hua, LIN Qiu-qi, HAN Bo-ping. Conductivity distribution of water supply reservoirs in Guangdong Province[J]. Ecological Environment, 2005, 14(1): 16-20. (in Chinese))
- [9] 刘成伦, 徐龙君. 水溶液中盐的浓度与其电导率的关系研究[J]. 中国环境监测, 1999, 15(4): 21-24. (LIU Cheng-lun, XU Long-jun. Study on the relationship between concentration of salt solution and its conductivity[J]. Environmental Monitoring in China, 1999, 15(4): 21-24. (in Chinese))

Data analysis and application on the basis of self-propelled underwater monitoring system

WANG Lei-zhi, WANG Yin-tang, DENG Peng-xin, LIU Yong, CUI Ting-ting, HU Qing-fang

(State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

Abstract: By using the self-propelled underwater monitoring system developed by the German Fraunhofer Institute, five water quality parameters, namely dissolved oxygen, conductivity, ammonium, nitrate and temperature were measured in different reservoirs, including Qingfengling reservoir in Rizhao, Duihekou reservoir in Huzhou, Jinniushan reservoir and Qinhuai River in Nanjing. Based on the measured data, the regularities of parameter distribution, the underwater topography and the relationships between different parameters are analyzed, explained and explored with different methods including the underwater topograph graph, the water quality parameters contour map, the water quality slicing graph, the vertical profile and the water quality scatter plots. Several conclusions are drawn as follows: some differences exist in DO on the surface of the reservoir; there is a little difference between the distributions of nitrate at different depths except when it comes to the bottom of the lake, which may be caused by the silt on the riverbed; a decreasing trend in the temperature from the surface to the bottom is observed; a positive correlation between the conductivity and nitrate/ammonium and a negative correlation between DO and temperature are both observed. The application results indicate that the measured data can rapidly generate 3D structural drawings of underwater topography and water quality which can reflect the main distribution of water quality and water regime.

Key words: water quality surveillance; underwater topography; water quality parameters; data analysis