

# 贵州某水库中藻类光合作用对pH和溶解氧的影响研究

苟银寅, 袁 丽, 成国坤\*, 包文兵, 姜雨婷, 蒙洪涛

贵州省检测技术研究应用中心, 贵州 贵阳

收稿日期: 2022年5月3日; 录用日期: 2022年6月6日; 发布日期: 2022年6月15日

## 摘 要

为探明贵州喀斯特地区赫章县某水库pH异常成因, 本文以赫章县某水库为研究主体, 对水库中的pH、DO、叶绿素a等进行监测分析, 验证藻类光合作用过程对pH值及溶解氧的定量计算关系式, 分析藻类生长繁殖对水体中pH及溶解氧的影响。

## 关键词

水库, 藻类, pH, 溶解氧, 相关性

# Effects of Algal Photosynthesis on pH and Dissolved Oxygen in a Reservoir in Guizhou

Yinyin Gou, Li Yuan, Guokun Chen\*, Wenbing Bao, Yuting Jiang, Hongtao Meng

Guizhou Testing Technology Research and Application Center, Guiyang Guizhou

Received: May 3<sup>rd</sup>, 2022; accepted: Jun. 6<sup>th</sup>, 2022; published: Jun. 15<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

In order to find out the cause of pH anomaly in a reservoir in Hezhang County, Guizhou Karst area, this paper takes a reservoir in Hezhang County as the research subject to monitor and analyze pH, DO, chlorophyll a, etc. The quantitative calculation formula of dissolved oxygen is used to analyze the influence of algae growth and reproduction on pH and dissolved oxygen in water.

\*通讯作者。

文章引用: 苟银寅, 袁丽, 成国坤, 包文兵, 姜雨婷, 蒙洪涛. 贵州某水库中藻类光合作用对 pH 和溶解氧的影响研究[J]. 环境保护前沿, 2022, 12(3): 426-431. DOI: 10.12677/aep.2022.123057

## Keywords

Reservoir, Algae, pH, Dissolved Oxygen, Correlation

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 前言

水体 pH 值与藻类生长关系密切,在碳源丰富的水体中,藻类光合作用影响二氧化碳的缓冲体系,进而影响水体中的 pH 值[1]。有研究表明,在藻类繁盛的天然水体中,pH 值可高达 9~10,pH 过高又会对藻类的光合作用产生抑制作用[2] [3]。溶解氧(DO)是水生物代谢的限制因子,其含量的高、低均可表征水生生物生长状况和水体污染程度,同时,在藻类丰富水体中,DO 浓度根据藻类的光合作用以及水生生物呼吸作用而出现周期性变化[2] [3] [4] [5]。叶绿素 a 通常用于表征水体中藻类的生物量,常被作为评价水体富营养化状况的主要因子并用于管理水生态系统[6]。众多研究表明,藻类对 pH、DO 的影响研究主要集中在地表水[7] [8]以及利用水族箱微型实验[9],湖库内藻类对 pH 值与 DO 的研究较少。调查区域未受工业污染及生活污染的影响,藻类以及水体中的各参数均根据内环境变化而变化,文章基于工作实际,对贵州某水库中藻类的生长繁殖对水体 pH 和 DO 影响进行研究,探索三者之间的相互关系,可为水体污染防治提供管理依据,为水资源保护提供科学支撑。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 水库概况及采样点设置

研究区位于贵州省赫章县城西 20 km 处,水库于 1965 年动工,1981 年建成,2011 年及 2013 年两度实施了除险加固工程,最大坝高 27.6 m,汇水区面积约 2.67 km<sup>2</sup>,总库容 9.6 × 10<sup>5</sup> m<sup>3</sup>,为小 I 型水库[10]。水库周边土地利用类型主要为林地,耕地分布少,无工业污染源及生活污染源。

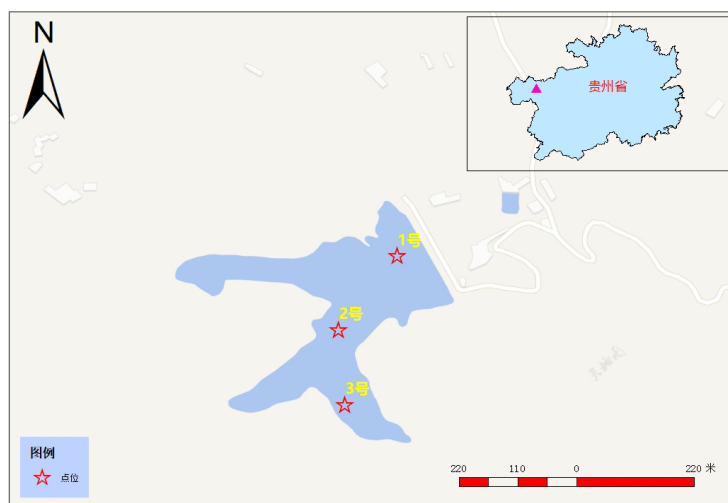


Figure 1. Bitmap of sampling points in the study area

图 1. 研究区采样点位图

为探索水库中藻类对 pH、DO 的影响,于 2020 年 5 月在水库入口、库中、出口布置 3 个采样点;为深入研究,于 2020 年 6 月在库中湖心处分层采样(采样深度 0.5 m~7.5 m),每次每个点位采集 3 组样品,用于测定水中的 pH、DO、叶绿素 a 等参数。具体采样点位见图 1。

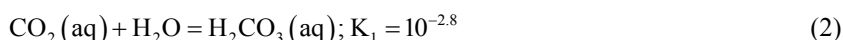
## 2.2. 样品分析及数据处理

水体中的 pH、水温采用便携式 pH 计和水温计测定,溶解氧(DO)按照 HJ506-2009 使用溶解氧测定仪测定,化学需氧量(COD)参照 HJ828-2017 测定,总磷(TP)参照 GB11893-1989 使用可见分光光度计测定,总氮(TN)参照 HJ535-2009 使用紫外可见分光光度计测定,叶绿素 a 采用紫外可见分光光度计测定。

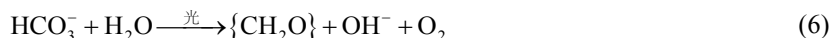
数据统计分析采用 Excel 进行数据处理、以及图表制作采用 Origin2021 绘制、研究区采样点位图采样 ArcGIS10.2 绘制完成。

## 3. 光合作用原理及其对 pH、DO 的影响

地面水中浮游植物或者藻类的增加,会影响水体中的感官性指标,同时由于其呼吸及光合作用,影响地面水中的某些化学平衡[11],特别是碳酸盐物种间的化学平衡[8],碳酸平衡方程式如下:



水体中碳酸平衡控制着地面水体的 pH 变化,其中任何一种离子浓度的变化都将引起 pH 的变化。藻类的光合作用是把水中的二氧化碳转化为有机物,下列反应式反映了光合作用与碳酸盐的关系[12]:



由于在地面水 pH 范围内,碳酸盐中的碳主要是以  $\text{HCO}_3^-$  形式存在,因而,在富营养化的地面水中, $\text{HCO}_3^-$  浓度的大小决定了藻类的生长转化数量,影响地面水的 pH 变化。在富营养化的地面水中,溶解氧主要来源于藻类的光合作用,由于光合作用产生的  $\text{O}_2$  量远远大于呼吸作用所需要的  $\text{O}_2$  量,所以在光合作用产生的  $\text{O}_2$  中,溶解氧最高可达到饱和溶解氧的 4 倍[12]。由(6)式可知,在光合作用强烈的静水或流速小于 0.3 m/s 的水中,光合作用引起的溶解氧变化,必然引起水质的 pH 变化。通过计算溶解氧的变化,可近似得出 pH 的变化规律。

设该类地面水溶解氧为 b 时, pH 值为 a, 则溶解氧变为 b' 时, 根据(6)式得出[12]:

$\Delta C_{\text{DO}} > 0$  时:

$$\text{pH} = 14 + \log(0.13\Delta C_{\text{DO}} + 10^{a-14}) \quad (7)$$

$\Delta C_{\text{DO}} < 0$  时:

$$\text{pH} = 14 + \log(10^{a-14} - 0.13\Delta C_{\text{DO}}) \quad (8)$$

式中  $\Delta C_{\text{DO}}$  为两次溶解氧浓度差值, 单位为 mol/L。

## 4. 关系验证

2020 年 5 月~6 月对调查区水库监测结果见表 1, 结合中国环境监测总站发布的《湖泊(水库)富营养化

评价方法及分级技术规定》(总站生字[2001] 090 号) [13], 水库 5 月水体处于贫营养状态, 随着温度升高、光照增强, 6 月水库已经富营养化, 在适宜条件下, 藻类将大量繁殖。pH 实测值与计算结果见表 2、图 2。

监测结果表明, 水库随着水深增加, DO 浓度降低, pH 值降低, pH 值与 DO 变化趋势具有一致性。根据表 2, 虽然 pH、DO 测量过程中存在一定误差, pH 的计算值与实测值仍然一致; 在水体表层, pH 值、DO 浓度最高, 其含量分别为 9.73、12.73 mg/L, 溶解氧浓度为饱和溶解氧的 170%; 水库底层溶解氧浓度未达到饱和状态。

**Table 1.** Monitoring results of pH, DO and chlorophyll a in reservoirs in the survey area (mean values)

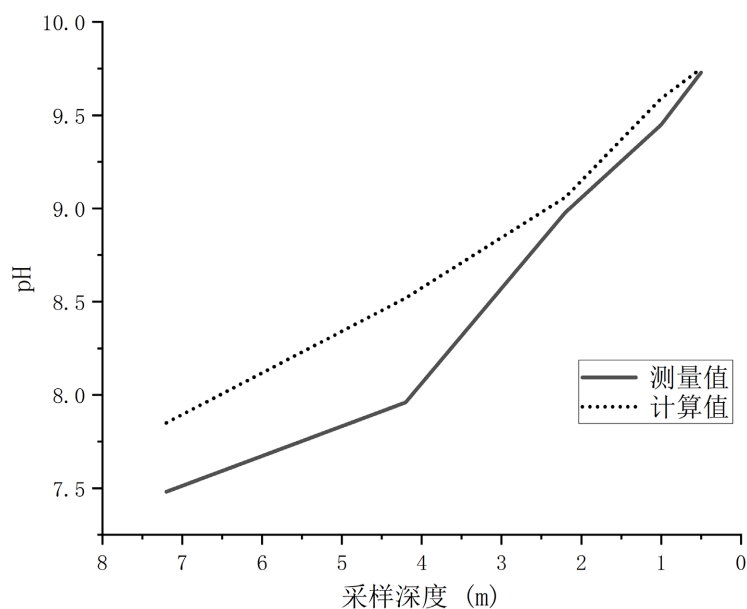
**表 1.** 调查区水库中 pH 值、DO 和叶绿素 a 监测结果(均值)

项目	监测结果								
	2020.05			2020.06					
	入口	库中	库尾	库中					
			0.5 m	1 m	2.2 m	4.2 m	7.2 m	7.5 m	
pH	7.54	10.09	9.39	9.73	9.45	8.98	7.96	7.48	7.90
DO (mg/L)	8.49	15.75	11.21	12.73	11.79	8.27	7.58	6.78	6.92
叶绿素 a (mg/m <sup>3</sup> )	1.5	11.5	13.9	20.9	17.9	10.3	11.9	25.4	11.2
水温(°C)	16.4	23.1	22.6	21.3	21.2	21.6	22.2	22.0	21.9
COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	1.31	2.71	2.54	3.5	4.5	3.2	3.7	2.8	3.3
TP (mg/L)	0.01L	0.02	0.01L	0.01L	0.02	0.02	0.01L	0.02	0.01L
TN (mg/L)	1.15	1.52	1.03	0.84	0.7	0.95	1.13	1.15	1.39
透明度(mg/L)	9.1	8	8	1.23	1.18	1.18	1.23	1.18	1.23
营养状态评价	贫营养	贫营养	贫营养	中营养	中营养	中营养	中营养	中营养	中营养

**Table 2.** Measured and calculated pH values at different depths in the reservoirs in the survey area

**表 2.** 调查区水库中不同深度 pH 测量值和计算值

采样深度(m)	水温(°C)	DO (mg/L)	pH	
			实测值	计算值
7.5	21.9	6.92	7.90	
7.2	22.0	6.78	7.48	7.85
4.2	22.2	7.58	7.96	8.52
2.2	21.6	8.27	8.98	9.06
1.0	21.2	11.79	9.45	9.59
0.5	21.3	12.73	9.73	9.75



**Figure 2.** Comparison of pH measured and calculated values at different depths of the reservoir in the survey area

**图 2.** 调查区水库不同深度 pH 测量值和计算值对比

## 5. 结论

藻类在光合作用过程中合成并释放  $O_2$ ，随着水体中藻类含量的增加，DO 浓度增加，pH 值随着增大，二者具有高度正相关性；藻类的生长繁殖对 pH 的影响也具有制约性，即 pH 达到一定值后，会抑制藻类生长。在富营养水体中，从表层水至深层水中，pH、DO 最大值出现在表层水中，在水库水质管理过程中，应着重监测表层水体情况，同时，应观察水体颜色以及透明度，注意水体的富营养化对 pH 值的影响，通过监测 pH 值和 DO 的变化，可以反预测藻类的生长繁殖态势，对水体稳定性保护具有重要意义。

## 基金项目

贵州科学院青年基金资助(“黔科院 J 字[2021] 40 号”)。

## 参考文献

- [1] 刘春光, 金相灿, 孙凌, 钟远, 戴树桂, 庄源益. pH 值对淡水藻类生长和种类变化的影响[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(2): 294-298.
- [2] 黄岁樑, 臧常娟, 杜胜蓝, 等. pH、溶解氧、叶绿素 a 之间相关性研究 I: 养殖水体[J]. 环境工程学报, 2011, 5(6): 1201-1208.
- [3] 金岚. 环境生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1992.
- [4] 张军毅, 黄君, 严飞, 张子庆. 梅梁湖水体溶解氧特征及其与 pH 的关系分析[J]. 复旦学报, 2009, 48(5): 623-627.
- [5] 王骥. 浮游植物的初级生产力与黑白瓶测算法[J]. 淡水渔业, 1980(3): 24-28.
- [6] Carneiro, F.M., Nabout, J.C., et al. (2014) Determinants of Chlorophyll-*a* Concentration in Tropical Reservoirs. *Hydrobiologia*, **740**, 89-99. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-1940-3>
- [7] 罗肖丽. 地表水中藻类代谢对溶解氧含量及 pH 值的影响[J]. 广东化工, 2021, 48(21): 138-139.
- [8] 张澎浪, 孙承军. 地表水体中藻类的生长对 pH 值及溶解氧含量的影响[J]. 中国环境监测, 2004, 20(4): 49-50.
- [9] 刘春光, 金相灿, 孙凌, 钟远, 孙红文, 戴树桂, 庄源益. 水体 pH 和曝气方式对藻类生长的影响[J]. 环境污染与防治, 2006, 28(3): 161-163.

- 
- [10] 韩本宇. 赫章县公鸡寨水库除险加固工程——蓄水位下降引起防渗土工膜鼓包的工程处理技术方案[J]. 城市建设理论研究: 电子版, 2014(35): 5178-5179.
- [11] 董胜年. 湖泊中水下植物光合作用对溶解氧和 pH 值的影响[J]. 中国环境监测, 1997, 13(5): 48-50.
- [12] 胡艳娟. 水库藻类光合作用对 pH 和溶解氧的影响[J]. 黑龙江水利科技, 2011, 39(2): 17-18.
- [13] 中国环境监测总站. 湖泊(水库)富营养化评价方法及分级技术规定[Z]. 2004.