

# 羊湖水体pH值异常偏高的成因分析及对策建议

祝宾红

西藏自治区水文水资源勘测局 西藏拉萨 850000

**摘要:** 通过分析西藏自治区水利与生态环境保护部门对羊湖水体近10年的水质监测及部分调查数据, 对羊湖水体pH值超标的成因进行了分析并提出对策建议, 供水环境监测工作者和地方行业主管部门管理决策参考。

**关键词:** 羊湖; pH值; 超标; 成因; 对策

羊湖位于西藏自治区山南市浪卡子县境内, 是一个典型的高原湖泊。由于地处高寒地区, 羊湖流域生态环境脆弱, 对气候变化尤为敏感。根据西藏自治区生态环境保护和水利部门多年水质监测结果显示, 在全球变暖的大背景下, 羊湖流域的水文水化学也随之发生着一些变化, 监测数据显示羊湖水体pH值一直异常偏高, 为防止羊湖生态环境进一步恶化, 澄清水体pH值异常偏高的形成机制, 为当地行业管理部门决策提供参考, 对羊湖pH值异常偏高的成因进行具体分析, 并据此提出相关的调控对策。

## 一、评价项目

《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) 基本项目表1规定的项目(不含水温、粪大肠菌群和总氮)。<sup>[1]</sup>

## 二、评价标准

《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)。

## 三、评价方法

单指标评价法(最差项目赋全权), 评价数据采用年度平均值进行评价。水质站(点)评价项目浓度超过Ⅲ类标准限值的为污染项目; 水质站(点)的主要污染项目按超过Ⅲ类标准限值的倍数由高至低排序, 前三项为主要污染项目。依照《地表水资源质量评价技术规程》(SL 395—2007)的规定, 主要污染项目根据单项水质污染项目出现的频率高低确定, 排序前三位的为主要污染项目。<sup>[2][3]</sup>

## 四、评价数据来源

2011年至2020年, 西藏自治区水利和生态环境保护部门的羊湖水水质监测数据和部分调查数据。

**作者简介:** 祝宾红, 女, 汉族, 1974.12, 籍贯: 四川, 学历: 本科, 职称: 高级工程师, 毕业院校: 中国政法大学, 研究方向: 水环境监测、评价与管理, 邮箱: 1551156183@qq.com

## 五、水质评价

羊湖水体水质参数除pH值异常偏高外, 其余参数在《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) I~Ⅲ之间。<sup>[4][6]</sup>

### 5.1 羊湖水体pH值现状

羊湖水体的pH值的现状如图1所示(取样时间为2018.6~2019.3)。从图中可以看出, 羊湖水体pH值的变化区间主要在8.7~9.3之间, 拟合的中间值为8.98。水体的pH值在以pH值为9.0的临界点上下波动。若以《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) Ⅲ类管理目标来判断, 羊湖水体超标率确实较高。但羊湖水体pH值的超标并不是全湖范围内的, 也不是全年尺度内的现象。

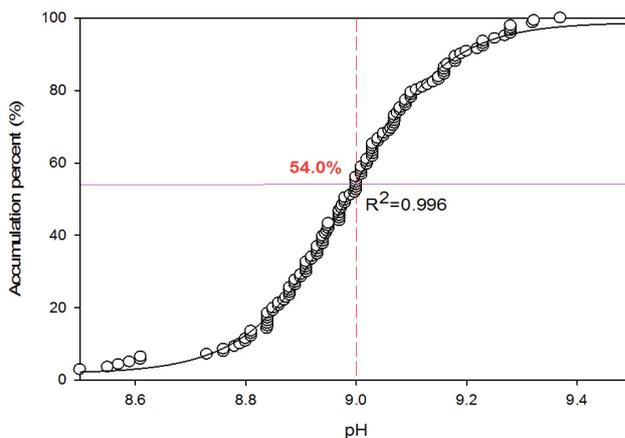


图1 羊湖水体pH值的现状

实际上, 羊湖水体pH值具有明显的时空变化特征。它在时间上的变化主要表现为季节性变化特征, 即春夏季水体的pH值相对偏高, 秋冬季水体的pH值相对偏低(图2)。从图2中拟合的结果可以看出, 羊湖流域自6月份进入雨季以来, 在流域水源的稀释作用下, 水体的pH值逐渐下降, 这种趋势一直延续到雨季结束直至10月末。进入冬季以后, 随着羊湖水位的下降, 水体的pH值又开始逐渐上升, 直至次年的3月末。从模拟的曲线看, 自7月份开始到次年的1月份, 这段时期羊湖水体的pH

值基本上在9.0以下; 而1月份到次年的6月份这段时期, 羊湖水体的pH值基本上在9.0以上。如果将这些数据按采样时间分开来统计(图3), 同样可以看出冬季的样品基本上不超标, 但春夏季的样品超标明显。

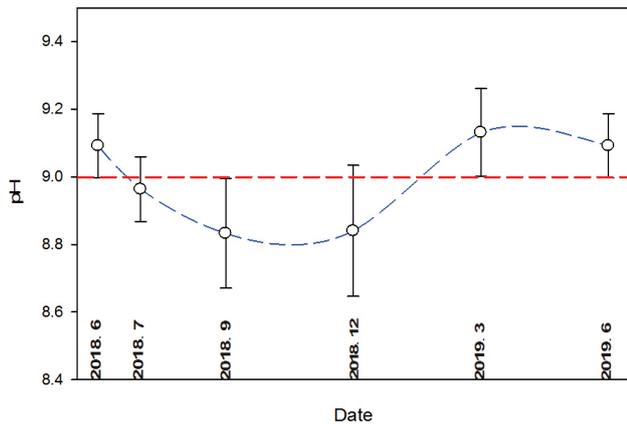


图2 羊湖水体pH值季节性变化特征

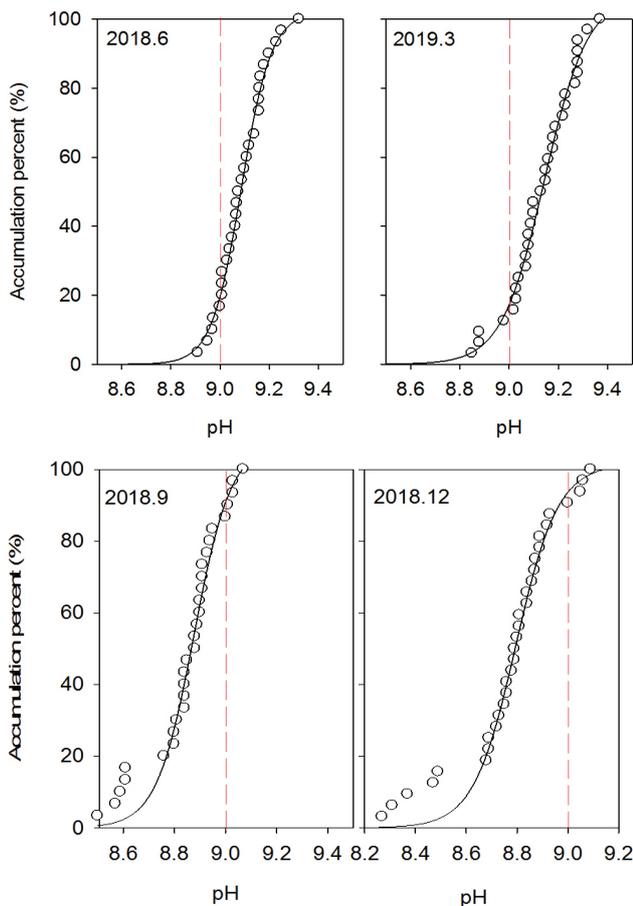


图3 羊湖水体pH值的季节性变化

然而, 这种情况也不是绝对的, 因为羊湖水体的pH值也有明显的空间变化特征, 主要表现为湖心区和东部湖区水体的pH值相对偏高, 南部湖区和北部湖区水体的pH值相对偏低(图4)。除了降雨外, 北部湖区主要接纳卡鲁雄曲水源的补给(经空姆错), 南部湖区主要接纳卡

洞加曲水源的补给, 这两个流域的水源都相对充分, 对羊湖水体的pH值可起到很好的稀释作用, 因此这两个湖区水体的pH值相对较低。东部湖区主要接纳嘎马林河水源的补给, 嘎马林河是一个季节性断流的河流, 水量相对较小, 因此东部湖区水体的pH值相对偏高。而湖心区没有明显的水源补给, 相对其他湖区水体的pH值都明显偏高。总之, 水源的补给对羊湖水体pH值的空间变化有显著影响。

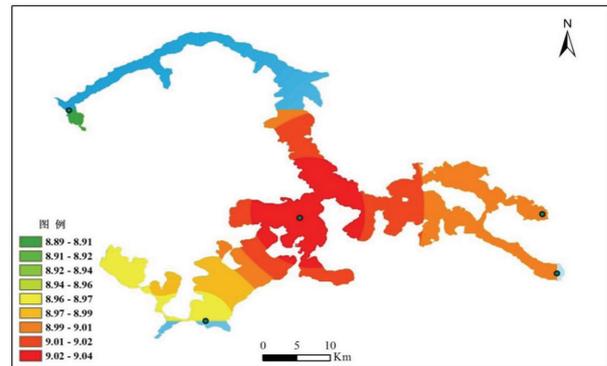


图4 羊湖水体pH值的羊湖水体pH值的水平变化

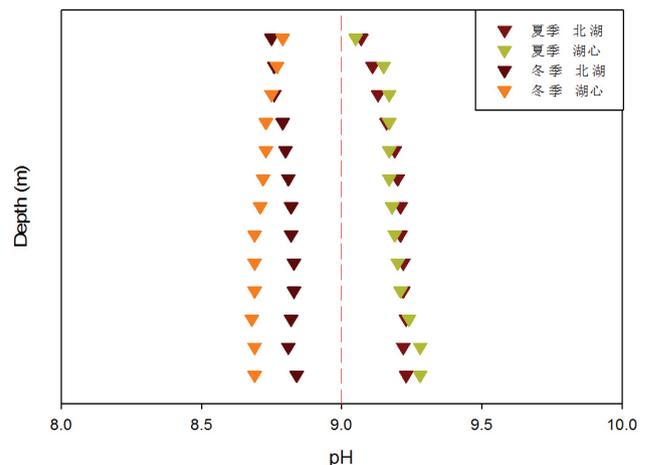


图5 羊湖水体pH值的纵向变化

此外, 羊湖是一个深水湖泊, 夏季水体可能存在一定的分层现象, 导致水体的pH值在纵向上也存在微小的变化。这种变化主要体现在夏季: 夏季上层水体pH值相对偏小, 底层水体pH值相对偏大。而冬季由于水体的去分层作用, 水体相对均匀, 水体的pH值在纵向上没有显著差异。

为便于比较和分析, 在分析羊湖水体水质的同时, 对流域内其他水体pH值的状况进行了同步检测。从检测的结果看(图6): 流域其他水体的pH值也都相对偏高, pH值的范围在8.16~8.92之间, 平均值在8.46~8.73之间。不同水体pH值的大小依次为: 巴纠错>普莫雍错>陈错>空姆错(图6)。这说明羊湖流域水体pH值超标并不是

普遍的现象。确切地说,只有羊湖水体的pH值有明显的季节性超标问题,而其他水体到目前为止还没有出现超标的情况。

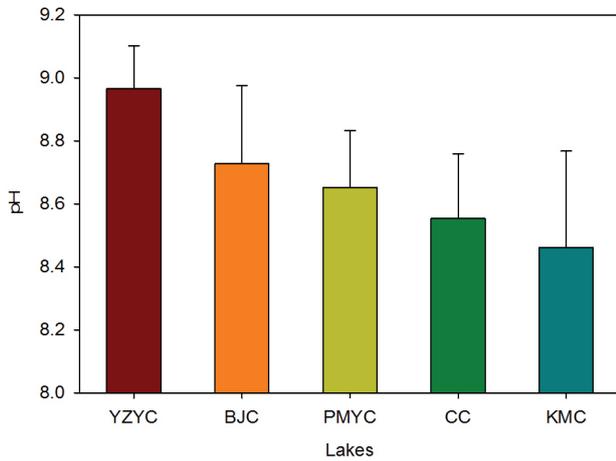


图6 羊湖流域其他水体pH值的现状

综上所述,羊湖流域水体pH值有以下特点:(1)羊湖流域水体的pH值都相对偏高,但目前只有羊湖存在pH值超标的问题;(2)羊湖水体pH值有明显的季节性变化,春夏季水体的pH值相对偏高,秋冬季水体的pH值相对偏低;(3)羊湖水体pH值也存在空间上的差异,虽然水体纵向pH值的变化不大,但东部湖区和湖心区水体的pH值超标相对严重。

#### 六、羊湖水体pH值异常偏高的成因分析

研究结果显示,羊湖水体pH值的问题是一个长期自然演化的结果,即羊湖流域风化、羊湖封闭型的水动力学特征和水体长期蒸发浓缩共同作用的结果。具体成因可概括为以下三点:

6.1 流域风化是羊湖水体pH值异常偏高的物质根源。羊湖流域存在明显的碳酸盐岩和硫化物矿物风化的特征。 $\text{CO}_2$ 参与的碳酸盐岩风化是自然界存在的一个普遍现象,而流域中广泛存在的硫化物矿物风化进一步促进了碳酸盐岩的风化,使流域水源中含有丰富的 $\text{HCO}_3^-$ 。流域风化出来的 $\text{HCO}_3^-$ 最终汇入羊湖,为羊湖提供了大量的 $\text{HCO}_3^-$ ,这是羊湖水体pH值在特定条件下逐渐升高的物质基础。

6.2 封闭型的水动力学是羊湖水体pH值异常偏高的必要条件。因地质事件羊湖变成堰塞湖以来,汇入羊湖的 $\text{HCO}_3^-$ 就失去了输出的物理途径。长期滞留并逐渐累积在羊湖水体中的 $\text{HCO}_3^-$ 就只能通过水气交换作用与大气 $\text{CO}_2$ 形成一个动态的平衡,或者与水体中其他阳离子形成一个动态的平衡。这为羊湖水体pH值的升高提供了一个必要条件。

6.3 水体长期蒸发浓缩是羊湖水体pH值异常偏高的充分条件。羊湖水体在长期蒸发浓缩过程中,以上两个平衡都被打破。首先从 $\text{HCO}_3^-$ 与大气 $\text{CO}_2$ 动态平衡的打破开始,其结果是一部分 $\text{HCO}_3^-$ 通过水气交换释放到大气,另一部分则转化为 $\text{CO}_3^{2-}$ 。水体中 $\text{CO}_3^{2-}$ 与 $\text{HCO}_3^-$ 之间的动态平衡共同决定了羊湖水体的pH值。

随着部分 $\text{HCO}_3^-$ 转化为 $\text{CO}_3^{2-}$ ,水体中 $[\text{CO}_3^{2-}]/[\text{HCO}_3^-]$ 浓度的比值逐渐增大,水体的pH值也随之逐渐增大。其次,随着水体的蒸发浓缩,其中的 $\text{Ca}^{2+}$ 和 $\text{Sr}^{2+}$ 浓度也会逐渐增大。它们通过参与 $\text{CO}_3^{2-}$ 的地球化学循环(沉淀作用),会抑制水体中 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 浓度的增大,这在一定程度上可以缓减羊湖pH值上升的压力。这是一个双向互动的过程,当水体中 $\text{Ca}^{2+}$ 和 $\text{Sr}^{2+}$ 降低到一定程度时,水体的pH值又会进一步上升。

以上过程是羊湖水化学在特定条件下自然演化的结果。这个自然演化过程有很多外在的表现,如水体的咸化、盐度和矿化度的升高(包括其他相关的水质参数:电导、TDS和硬度等),而水体pH值的偏高只是其中的表现之一。

#### 七、对策建议

从以上分析可以看出,羊湖pH值异常偏高的问题本质上是羊湖水体高度浓缩和羊湖水源得不到充分补给的问题。根据这个结论,提出如下对策建议:

##### 7.1 具体问题具体分析,制定针对性的管理措施

羊湖水体的蒸发浓缩是一个不可逆转自然演化的过程,因此羊湖水体pH值异常偏高也是长期自然演化的必然结果。在自然条件不变的前提下,羊湖水体的pH值还将进一步升高,虽然这个过程及其缓慢,但这个趋势是不可逆转的。因此,对于羊湖水体的管理,应在客观评价羊湖水体pH值异常偏高的情况下,具体问题具体分析,针对不同类型的湖泊水体进行划分,制定更有针对性的管理措施,以避免不必要的管理成本和压力。

##### 7.2 改善流域内水循环,增加入湖流量

近年来羊湖面临的主要问题是流域蒸发量的增加和入湖流量的下降。这使得羊湖水体pH值偏高的问题进一步凸显。虽然羊湖水体pH值的自然演化趋势不可逆转,但仍可以通过改善羊湖流域内的水循环,增加羊湖的补给量,使羊湖pH值偏高的问题得以缓解。而要保证羊湖的入湖流量,首先可以从流域的水土保持、流域的植被和维持流域内的生态系统平衡上下功夫,尽量降低流域的蒸发量,增加羊湖流域内的水量;其次可以通过转变流域内农业生产活动的方式,提高水资源的利用率,减少农业

生产活动对水源的截留, 尽量提高羊湖的入湖流量。

### 7.3 针对类似问题, 加强相关科学研究

既然羊湖水体pH值异常偏高是长期自然演化的结果, 那很可能不是一个偶然的现象。只要具备类似条件的湖泊, 在长期的历史演化过程中, 都有可能产生类似的问题。通过研究发现, 在青藏高原许多湖泊都存在类似的问题, 如昂仁金错、蓬错和打加错等。这些湖泊都有许多共性, 又各有其自身的特点。因此, 有必要对这些湖泊进行相关研究工作, 澄清问题产生的成因和机制, 以便采取有针对性的管理措施。<sup>[7]</sup>

## 八、结束语

羊湖水体除pH值异常偏高外, 其余参数水质类别均

保持在I ~ III类之间; 羊湖水体pH值异常偏高是长期自然演化的结果。针对高原型湖泊, 地方相关主管部门应在客观、科学评价的基础上, 澄清问题产生的成因和机制, 进行针对性管理。

### 参考文献:

- [1] 《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)
- [2] 《水环境监测规范》(SL 219-2013)
- [3] 《地表水资源质量评价技术规程》(SL 395-2007)
- [4] 西藏自治区水利厅主办, 《西藏自治区水资源公报》(2011 ~ 2020年)
- [5] 中华人民共和国水利部水文司主办, 《中国地表水资源公报》(2011 ~ 2020年)

