

洱海水理化特性及其变化探讨*

杜宝汉

(大理州环境科学研究所, 云南)

提要 1985年4月至1986年4月在洱海设置7个观测点, 每两月采样分析与洱海水质密切相关的8个理化参数, 研究洱海水理化特性及其变化规律, 并与30年前的数据进行对比。结果表明: 洱海水质较好; 由于近年来水生维管束植物剧增, 某些理化指标较1957年有所好转; 洱海水理化特性的变化规律与气候变化关系密切。

洱海位于云南省洱源、大理二县市境内, 地处 $100^{\circ}05' - 100^{\circ}17'E$, $25^{\circ}35' - 25^{\circ}58'N$, 在水位高程为1974m(海防高程)时, 最大宽度8.4km, 最窄3.4km, 平均宽度6.3km, 南北长40km, 最大水深20.5m, 平均水深10.5m, 湖面积 250km^2 , 库容28.8亿 m^3 , 是云南高原上的第二大淡水湖泊。

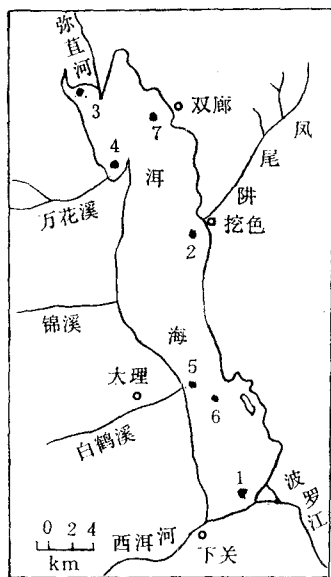


图1 洱海观测点位置图
Fig. 1 Sampling station in Erhai Lake
● 观测点

洱海风光秀丽, 水质良好, 自然资源丰富, 在大理市具有供水、发电、灌溉、养殖、航运、旅游、调节气候等多种功能。研究其水质理化特性及其变化规律, 对于因势利导开发利用洱海水资源十分必要。本文就1985年及1986年在洱海水体设点观测分析所得理化数据, 对洱海水理化特性及年内变化规律进行探讨, 并与1957年对洱海的有关调查作对照, 供有关部门参考。

一、方 法

1. 观测点设置

根据洱海水流方向、入湖河溪、湖湾、沿岸城镇人口、工业分布等情况, 在湖内设置七个观测点, 见图1。

2. 采样

1985年4, 6, 8, 10, 12月; 1986年2, 4月共采样7次, 每次都在当月5日进行, 采表、底两层水样, 当日实验室内分析。

3. 分析项目及方法

根据大理州环境监测站多年监测结果, 洱海水中有害物质除挥发酚、砷、铜、铅4种含

* 参加这一研究的有孙明、董云仙、杨解昌、杨钟鹤、赵桂珍、俞丽华、曹峰、杨森发、胡建国等同志, 谨志谢忱。
收稿日期: 1987年10月15日。

量极微、且变化不大外,其它均未检出;氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮等含量都很低¹⁾。以上均未列入分析项目,我们选定水温、透明度等 8 个对洱海具有代表性的项目作分析研究。

水温、透明度现场测定;pH、溶解氧(DO)、化学耗氧量(COD)、生化需氧量(BOD₅)、总氮(T-N)、总磷(T-P)按《环境监测标准分析方法》(试行)分析。

二、结果与讨论

洱海水无色无味,色度平均 6.06 度,总硬度 58.9mg/L,属软水。洱海系 HCO₃⁻-CaMg 型淡水湖泊。

1. 水温

洱海表层水温变幅在 10—22℃, 2 月份水温 10—12℃, 4 月份 15—17℃, 6 月份 19—21℃, 8 月份 20—22℃, 10 月份 20—21℃, 12 月份 12—13.5℃。最高水温 25℃, 出现在 8 月份 4 号观测点;最低水温 10℃, 出现在 2 月份湖心 6 号点。相同月份湖心点与其他点水温相差不大,各月表层水温略高于气温,见表 1、图 2。

水温垂直变化不明显,表层、底层温差 1℃ 左右,没有温跃层。水温日变化与黎尚豪等 1957 年对云南湖泊调查的情况一致^[3]: 午前水温高于气温, 午间水温与气温相差不大,午后水温和气温相等或稍低于气温。水温的变化规律与洱海地区的气温、降雨规律密切相关,见图 2。

表 1 洱海地区的气温、降水和水温(平均值)

Tab. 1 Atmospheric temperature, precipitation and water temperature in the Erhai region

项目	1985 年 4 月	6 月	8 月	10 月	12 月	1986 年 2 月	4 月
气温(℃)	15.0	19.5	19.8	15.1	7.9	10.4	15.4
降雨(mm)	52.5	258.4	227.6	68.9	10.4	10.2	42.6
水温(℃)	16.9	20.3	21.6	19.0	12.5	11.0	17.0

2. 透明度

洱海水透明度较高,全湖各观测点平均值为 3.4m,湖心全年都在 4m 以上。2 月份透明度最高,达 8—10m,浅水区清澈见底(100%)。透明度最低是 6 月中、下旬,因初降大雨,沿岸径流泥砂俱下,使湖边缘透明度降到 1m 左右。雨季(6—10 月初)洱海水透明度都保持在 2m 多,雨水停止后透明度又逐渐升高到 2 月份的 8—10m,以后又逐渐降到 3—4m(见表 2)。从区域上看,透明度全年平均值低的水域在南部 1 号点及北部的 3 号、4 号点。其中最低又在 4 号点,年平均值仅 2.5m。其原因:该点

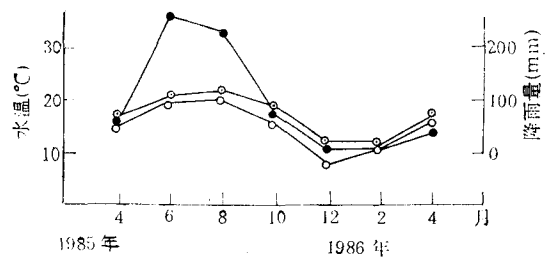


图 2 洱海气温、降雨、水温变化

Fig. 2 Variation of atmospheric temperature, precipitation and water temperature in Erhai Lake

○—○气温; ○—○水温; ●—●降雨。

1) 《大理白族自治州环境质量报告书》编写组,1986。大理白族自治州环境质量报告书。大理州城建局,36—37。

是大湖湾,湖水流动缓慢,周围农田、村镇废水集中,水中氮、磷营养盐分含量高,促使藻类增长,年均藻量高达 $152.44 \times 10^4 \text{ind/L}$ (其它点年均 $20-70 \times 10^4 \text{ind/L}$),影响该点水的透明度。透明度年变化见图 3。

洱海水透明度比国内许多湖泊高得多(洞庭湖为 0.4m,太湖 0.5m,武汉东湖 0.4m,杭州西湖 0.5¹⁾,滇池 0.5m),而且比 1957 年黎尚豪等调查的 0.8—1.90m^[3] 增高了 2m 多。作者认为,透明度升高与浮游植物数量减少,高等水生维管束植物增多有关。1957 年黎尚豪调查洱海时(8,9 月份),洱海湖心浮游植物数量高达 $131.795 \times 10^4 \text{ind/L}$ ^[3],而 1985 年 8 月采样,湖心浮游植物数量仅 $30.40 \times 10^4 \text{ind/L}$,减少了 $100 \times 10^4 \text{ind/L}$ 。目前洱海全湖年平均仅 $49.79 \times 10^4 \text{ind/L}$ 。1957 年高等水生维管束植物分布极限是水深 3m^[3],而现在分布极限到水深 10m。水生植被的覆盖面积为 6 254ha,占洱海水面积的 25.1%,各种群落平均生物量为 76.66t/ha,全湖总生物量为 $47.93 \times 10^4 \text{t}$ ²⁾。高等水生维管束植物的大量繁殖对吸收水体中的营养盐分,限制浮游植物的生长起了很大作用,但又可能使部分浅水域沼泽化。

3. pH

洱海 1—7 号观测点 pH 年平均值在 8.20—9.22 之间,全湖平均为 8.54。pH 测值最高是 4 号点,多数月份都在 9.0 以上,年平均值 9.22,该点最高值出现在 6 月份,高达 9.8。其余各点的最高值也同样出现在 6 月份雨季到来之前,洱海处于最低水位时。最低值出现在 2 月份(见图 3)。pH 值比 1957 年升高 0.3—0.67(1957 年为 7.9—8.5^[3])。

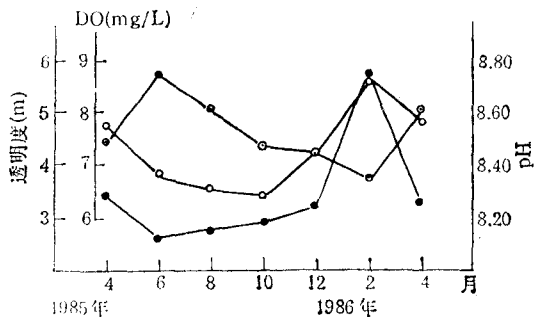


图 3 洱海透明度、pH、DO 变化

Fig. 3 Variation of transparency, pH and dissolved oxygen in Erhai Lake

●—● 透明度; ○—○ pH; □—□ DO。

从 pH 的日变化看,上午 6h 最低,然后逐渐上升,到 18h 达到峰值,后又逐渐下降,到第二天 6h 又回到谷值^[2]。pH 垂直变化,深水区表底相差 0.1—0.2,浅水区表底相差 0.2—0.3。

洱海水呈微碱性,与流域内多石灰岩地质结构,进入洱海的水溶有碳酸盐类有一定关系,但水生生物的生命活动是影响湖体 pH 的主要因素。例如 4 号点浮游植物数量年平均为 $152.44 \times 10^4 \text{ind/L}$,比其它测点高得多,pH 值也最高。

4. 溶解氧 (DO)

7 个观测点溶解氧测值范围在 5.00—9.88mg/L 之间,全湖年平均 7.33mg/L。溶解氧测值最高在 2 月份,达 8.62mg/L,其次是 12 月份 (7.84mg/L) 及 4 月份 (7.79mg/L),而 6,8,10 三个月溶解氧含量最低,在 6.43—6.85mg/L 之间。原因是:每年 6 月中下旬

1) 《环境污染与防治》编辑部,1982。第一次湖泊环境保护学术讨论会文集。南京地理所。

2) 李恒,1987。洱海水生植物资源的保护与利用。

至 10 月上旬洱海地区几乎都处在雨季,日照少,水生植物的光合作用较弱;而 12 月至次年 4 月处于干季,日照好,水生植物的光合作用较强,放出的氧也就多,其中 2 月份水体的透明度最高,水温又低,水中溶解氧含量最高。溶解氧含量见表 2,变化见图 3。

溶解氧日变化规律与 pH 相似,早上 6h 含量最低,18h 达到峰值^[2]。目前,洱海水中溶解氧含量比 1957 年增加 1.72—1.93mg/L (1957 年为 3.28—7.93mg/L^[3]),也与高等水生维管束植物大量增长有关。

5. 生化需氧量 (BOD₅)

各观测点 BOD₅ 测值范围在 0.65—6.11mg/L 之间,全湖年平均值为 2.33mg/L。年平均最高值为 4 号点 (2.91mg/L),最低为 7 号点 (2.01mg/L)。BOD₅ 最高月份是 8 月,各点都在 5.00mg/L 以上,平均 5.60mg/L,这与雨量集中,从径流中冲入湖体大量有机物

表 2 洱海水理化特性 (平均值)

Tab. 2 The physico-chemical property of water in Erhai Lake

时间(月)	水温 (°C)	透明度 (m)	pH	DO (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
1985 年 4	16.9	3.4	8.50	7.79	1.98	2.26	0.667	0.040
6	20.3	2.7	8.76	6.85	1.79	2.56	0.980	0.042
8	21.6	2.8	8.62	6.57	5.60	2.76	0.661	0.036
10	19.0	2.9	8.48	6.43	1.66	2.44	0.623	0.022
12	12.5	3.2	8.45	7.20	1.46	2.78	0.430	0.020
1986 年 2	11.0	5.8	8.35	8.62	1.24	2.42	0.210	0.016
4	17.0	3.3	8.61	7.84	2.55	2.56	0.663	0.038
平均	16.9	3.4	8.54	7.33	2.33	2.54	0.605	0.031

质,微生物分解消耗较多的溶解氧有关。2 月份 BOD₅ 值最低,仅 1.24mg/L。这时进入水体的有机物少,藻类数量最少 (23.76×10^4 ind/L),其呼吸消耗的氧量也就少,所以, BOD₅ 含量最低,其它月份较之稍高(见表 2,年变化见图 4)。各观测点 BOD₅ 年平均值在 2.01—2.67mg/L 之间,比国内其他湖泊低,例如杭州西湖年平均值在 6mg/L 以上,滇池测值在 3.38—9.11mg/L,一般都在 5mg/L 以上。

6. 化学耗氧量 (COD)

7 个观测点 COD 测值范围在 1.66—3.68mg/L。各点年平均值: 1 号 2.51mg/L, 2 号 2.21 mg/L, 3 号 2.91 mg/L, 4 号 4.21 mg/L, 5 号 2.08 mg/L, 6 号 2.22 mg/L, 7

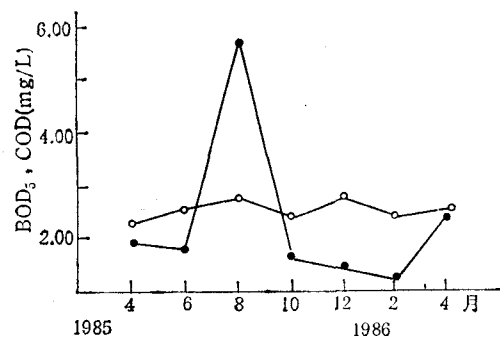


图 4 洱海 BOD₅, COD 变化

Fig. 4 Variation of BOD and COD in Erhai Lake

●—● BOD₅; ○—○ COD.

号 1.86mg/L。全湖年平均值为 2.56mg/L。从以上可以看出, 4 号点较其它点 COD 含量高得多, 最高值出现在 8 月份, 测值为 5.10mg/L, 说明该水域已受到有机污染, 其它各点有机污染轻, 水质达到国家地面水环境质量标准中的二级水标准。

7. 总氮 (T-N)

1—7 号观测点测值范围在 0.068—1.604mg/L 之间。年平均值最高是 1 号点 (1.173 mg/L), 以下依次是 4 号 (0.946mg/L)、3 号 (0.635mg/L)、5 号 (0.570mg/L)、6 号 (0.492mg/L)、2 号 (0.398mg/L)、7 号 (0.393mg/L)。1 号点含氮量高是由于该点的大理州氮肥厂每年排入的废水含氮量高达 388t。全湖总氮年平均值为 0.605mg/L。从年内变化规律来看: 6 月份测值最高, 2 月份最低, 12 月份次低, 其它月份含量相差不多。总氮含量及变化情况见表 2、图 5。

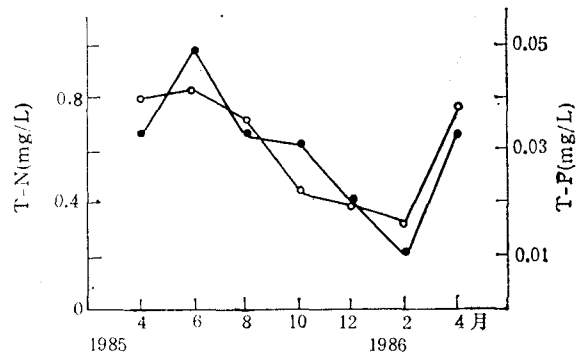


图 5 洱海 T-N, T-P 变化

Fig. 5 Variation of T-N and T-P in Erhai Lake

●—● T-N; ○—○ T-P。

8. 总磷 (T-P)

1—7 号观测点各月测值范围在 0.013—0.056mg/L, 年平均值为 0.031mg/L。年平均最高是 1 号点 (0.038mg/L), 以下依次是 5 号点 (0.032mg/L)、4 号点 (0.031mg/L)、7 号点 (0.031mg/L)、2 号点 (0.030mg/L)、6 号点 (0.027mg/L)、3 号点 (0.026mg/L)。总磷年内变化规律: 6 月份最高, 以下依次是 4, 8, 10, 12, 2 月(见图 5、表 2)。

1957 年黎尚豪等调查洱海时, 磷酸盐的测值范围在 0.026—0.217mg/L 之间, 1985 年至 1986 年测值比当时降低了 0.013—0.161mg/L, 其原因与透明度项下讨论一致。总氮、总磷年内变化规律的原因与以上讨论相同。

氮、磷是湖泊富营养化的主要限制性因素。氮、磷含量的多寡是衡量湖泊富营养化程度的主要指标之一。按照“2000 年我国主要湖泊水质预测研究”¹⁾所拟定的湖泊富营养化程度评价标准衡量洱海的营养化程度, 总氮在中-富营养水平, 总磷在中营养水平, 透明度在贫-中营养水平, 生物也在贫-中营养水平, 综合评价结果, 洱海目前处于贫-中营养水平, 其中 4 号点、1 号点已处于中营养水平^[1]。

1) 《环境污染与防治》编辑部, 1987。我国主要湖泊水污染现状与趋势预测, 23—24 页。

三、结 语

1. 洱海水质较好,各项理化指标达到国家《地面水环境质量标准》(GB3838-83) 中的二级,可作为饮用水。

2. 本文讨论的 8 个理化项目的年变化规律与洱海地区的气候变化密切相关。由于气温、降雨、水位的影响,水生生物活动强弱不同,6, 8 月水温、pH、BOD₅、COD、T-N、T-P 测值高,透明度、DO 测值较低;2 月份水温、pH、BOD₅、T-N、T-P 测值最低,DO 测值最高;4,10,12 月处于中值。

3. 由于近年繁殖迅速的水生维管束植物的净化作用,各项理化指标较 1957 年转好,但应采取措施,防止水生维管束植物的过量增长。

4. 洱海水体中的部分水域(1, 4 号观测点及一些湖湾),由于人为活动的影响,水理化指标变差,水质恶化,应当引起重视。

参 考 文 献

- [1] 杜宝汉,1987。大理州湖泊营养化及对策研究。环境科学 8(5): 19。
- [2] 沈仁湘、尚榆民等,1983。1980—1982 年洱海水系水质现状与趋势评价。大理环保 2: 28—29。
- [3] 黎尚豪、俞敏娟、李光正等,1963。云南高原湖泊调查。海洋与湖沼 5(2): 87—105。

STUDIES ON THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF WATER AND THEIR VARIATION IN THE ERHAI LAKE

Du Baohan

(Dali prefecture Research Institute of Environmental Protection, Yunnan)

ABSTRACT

The Erhai is situated at the west of Yunnan plateau, 100°15'—100°17'E and 25°35'—25°58'N. Its catchment area is 2 565 km², and lake area is 250 km². Its mean and maximum depths are 10.5 m and 20.5 m, respectively.

This paper reports the properties of water temperature, transparency, pH, DO, BOD₅, COD, T-N, T-P and their variation from 1985 to 1986. The variation of physico-chemical property of water is related to climate change. The water temperature, pH, BOD₅, COD, and T-N, T-P contents are very high but transparency and DO content are low in June and August. Those are reversed in February, the month with the lowest precipitation.