

广东省水库富营养化评价*

江涛¹, 刘祖发¹, 陈晓宏¹, 王兆礼¹, 史栾生², 张蕾²

(1: 中山大学水资源与环境研究中心, 广州 510275)

(2: 广东省水文局, 广州 510150)

摘要: 广东省水库水环境质量调查评价结果表明: 广东省水库水质总体较好, 但不同程度地发生了富营养化; 在汛期, 被评价的 132 座水库中中营养型水库 111 座, 中富营养型水库 12 座, 富营养化水库 2 座; 非汛期, 中营养型水库 111 座, 中富营养型水库 11 座, 富营养化水库 1 座. 造成水库富营养化的主要原因是面污染的日益加剧、城市污水排放量的激增、水土流失造成水库泥沙淤积严重、水库蓄水量减少等. 水库的富营养化影响了其使用功能. 为恢复富营养水库的使用功能, 其对策主要是减少面污染物排放量、提高污水处理率、加强水土流失的治理、清除淤泥等.

关键词: 广东; 富营养化; 水库使用功能; 评价

Assessment of Reservoir Eutrophication in Guangdong Province

JIANG Tao¹, LIU Zufa¹, CHEN Xiaohong¹, WANG Zhaoli¹, SHI Luansheng² & ZHANG Lei²

(1: Center of Water Resources and Environment, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, P. R. China)

(2: Guangdong Hydrology Bureau, Guangzhou 510150, P. R. China)

Abstract: The investigations and evaluation on the water quality and eutrophication status of 132 reservoirs in Guangdong province reveal that the water quality is good in general while a majority of the reservoirs are in mesotropher to eutropher status. The major factors causing reservoir eutrophication are more serious non-point sources pollution, rapid increase in sewage discharging, reservoir sedimentation resulting from soil erosion and decrease in reservoir storage. The countermeasures against reservoir eutrophication include reducing non-point sources pollutant, raising the rate of sewage treatment, controlling soil erosion, increasing reservoir storage and removing algae.

Keyword: Reservoir; eutrophication; Guangdong

富营养化是指由于湖泊水库接纳过量的氮、磷等营养物质导致浮游生物大量繁殖, 致使水体水质恶化的现象. 湖库水体在自然状态下由贫营养向富营养演变是一个极为缓慢的过程, 但在人类活动的影响下如湖库污水排放、水产养殖等, 富营养化过程大大加快^[1-3]. 近二十多年来, 我国江河湖库水体富营养化发展速度较快, 由于其污染物来源复杂, 危害性大, 处理困难, 已成为水环境保护中的重大环境问题^[4,5]. 水库是广东省重要的水源, 全省有三分之一的用水量由水库供给, 特别是在近些年来需水迅速增加、而干旱趋势加重的情况下, 水库调蓄供水更显得重要. 但目前广东省水库的富营养化呈发展趋势, 严重影响了水库功能的发挥. 因此, 为了解广东省水库的营养程度, 提出防治与治理水库富营养化的措施以发挥水库在供水方面的有效作用, 对水库富营养化状况进行调查评价是十分必要的.

1 调查与评价方法

对没有常规水质监测资料的水库, 分别于 2002 年 12 月 (丰水期) 和 2003 年 8 月 (枯水期) 在水库坝前水表面下 0.5 m 处采样. 透明度用塞氏盘测定, 高锰酸盐指数、化学需氧量、氨氮、挥发酚、砷、BOD₅、氟化物、氰化物、汞、铜、铅、锌、镉、铬 (六价)、总磷、石油类、叶绿素 a 等指标用有机玻璃采样器采样带回实验室

* 国家自然科学基金项目 (50579078), 广东省自然科学基金项目 (04009805) 联合资助. 2004-12-20 收稿; 2005-07-02 收修改稿. 江涛, 女, 1965 年生, 博士, 讲师, E-mail: eesjt@zsu.edu.cn.

按标准方法测定.

依据《地表水环境质量标准》(GB3838 - 2002),采用单指标评价法(当出现不同类别的标准值相同的情况时,按最优类别确定水质类别),对已划定水功能区的 345 座水库进行水质评价,评价总库容为 $293.7 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中:大型水库 21 座,库容 $227.4 \times 10^8 \text{ m}^3$;中型水库 221 座,库容 $60.2 \times 10^8 \text{ m}^3$;小型水库 102 座,库容 $6.1 \times 10^8 \text{ m}^3$.

根据广东省水资源分区、流域的社会经济、城市发展状况和水库供水在地区的重要性,在 355 座水库中选取 132 座水库进行营养状态评价,其中,大型水库 17 座,中型水库 97 座,小型水库 18 座,水库评价总库容为 $179.84 \times 10^8 \text{ m}^3$. 富营养化状况评价标准见表 1. 评价项目包括总磷、总氮、叶绿素 a、高锰酸盐指数和透明度 5 项. 将监测的浓度值转换为评分值,监测值处于表列值两者之间者采用相邻点内插,取 5 个评价项目评分值的平均值查表 1 得到营养状态等级. 营养状态分为 5 个等级: $0 \leq \text{指数} \leq 20$, 贫营养; $20 < \text{指数} \leq 30$, 贫中营养; $30 < \text{指数} \leq 50$, 中营养; $50 < \text{指数} \leq 60$, 中富营养; $60 < \text{指数} \leq 100$, 富营养.

表 1 营养状态评价标准
Tab. 1 Standard for nutrition status assessment

营养状态	指数	总磷 (mg/L)	总氮 (mg/L)	叶绿素 a (mg/L)	高锰酸盐指数 (mg/L)	透明度 (m)
贫	10	0.001	0.020	0.0005	0.15	10
	20	0.004	0.050	0.0010	0.4	5.0
中	30	0.010	0.10	0.0020	1.0	3.0
	40	0.025	0.30	0.0040	2.0	1.5
	50	0.050	0.50	0.010	4.0	1.0
富	60	0.10	1.0	0.026	8.0	0.5
	70	0.20	2.0	0.064	10	0.4
	80	0.60	6.0	0.16	25	0.3
	90	0.90	9.0	0.40	40	0.2
	100	1.3	16.0	1.0	60	0.12

2 主要结果

2.1 现状水质

汛期水质为 I 类的水库 31 座、II 类水质水库 233 座、III 类水质水库 52 座、IV 类水质水 20 座、V 类水质水库 8 座. 非汛期, I 类水质水库 63 座, II 类水质水库 218 座, III 类水质水库 50 座, IV 类水质的水库 9 座, V 类水质水库 4 座. 以汛期和非汛期的均值作为年值,全年为 I 类水质的水库 55 座, II 类水质的水库 220 座, III 类水质水库 52 座, IV 类水质水库 14 座, V 类水质的水库 3 座. 全年、汛期和非汛期各类水质的水库库容占总库容的百分比见图 1, IV 类、V 类水质的水库库容占总库容的百分比不超过 2. 总体来看,广东省水库水质较好,大型水库水质优于中、小型水库水质,非汛期水质优于汛期水质,主要污染因子是溶解氧、氨氮、高锰酸盐指数、BOD₅.

2.2 营养状态

各水期水库富营养状况详见图 2. 在汛期,营养状态指数值为 26.6 - 66.4,其中贫中营养型水库 7 座,中营养型水库 111,中富营养型水库 12 座,富营养化水库 2 座. 非汛期,营养状态指数值为 27.4 - 63.2,其中贫中营养型水库 9 座,中营养型水库 111 座,中富营养型水库 11 座,富营养化水库 1 座. 汛期水库营养程

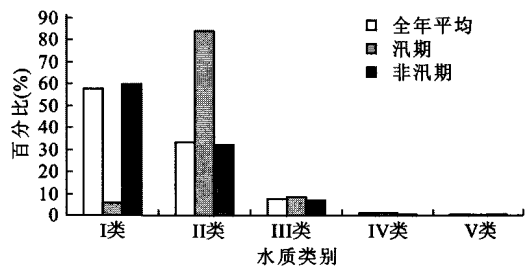


图 1 水库水质类别比例

Fig. 1 Percentage of water quality of the assessed reservoirs

度略高于非汛期,虽然水库的营养程度有一定的季节变化,但水库所属的营养类型基本上没有改变。中富、富营养化的水库主要在粤西的湛江,珠江三角洲的广州、深圳和佛山等地区。

以汛期和非汛期总磷、总氮、叶绿素 a、高锰酸盐指数和透明度的均值作为年值进行富营养状态评价,全年为中富、富营养化的水库 14 座(表 2),其中,中型水库 11 座,小型水库 3 座。主要影响项目是总氮和总磷,富营养化水库的总氮和总磷值分别为 0.650–3.820 mg/L,0.030–0.140 mg/L,总氮和总磷最高值分别出现在广州南湖和深圳的罗田水库。中型和小型水库的营养状态高于大型水库。

表 2 中富、富营养型水库营养状态指数

Tab. 2 Trophic state index of meso-eutrophic and eutrophic reservoirs

水库	所在地市	水库库容 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)	水质类别	高锰酸盐指数 (mg/L)	总磷 (mg/L)	总氮 (mg/L)	叶绿素 a (mg/L)	透明度 (m)	营养程度 指数
观洞水库	惠州	0.64	Ⅲ	3.6	0.040	1.000	0.0150	0.50	53.4
铁岗水库	深圳	0.83	Ⅳ	4.3	0.060	2.740	0.050	1.90	55.7
罗田水库	深圳	0.26	Ⅳ	6.2	0.140	3.100	0.0260	1.80	58.1
南湖	广州	0.07	Ⅳ	6.1	0.044	3.820	0.0129	0.40	59.9
木强水库	广州	0.10	Ⅳ	5.3	0.039	2.820	0.0107	0.95	54.4
深步水水库	佛山	0.15	Ⅲ	5.7	0.030	1.500	0.0072	0.60	52.9
东风水库	佛山	0.10	Ⅲ	3.4	0.050	2.250	0.0042	1.00	51.6
迈胜水库	湛江	0.17	Ⅲ	2.7	0.050	1.680	0.0094	0.50	53.9
甘村水库	湛江	0.15	劣 V	11.0	0.080	1.860	0.0046	0.45	60.3
赤坎水库	湛江	0.06	Ⅲ	4.2	0.050	2.670	0.0062	0.68	54.4
白水沟水库	湛江	0.06	Ⅲ	3.7	0.110	1.240	0.0076	0.62	55.1
迈生水库	湛江	0.29	Ⅳ	3.4	0.040	0.920	0.0088	0.75	50.9
龙门水库	湛江	0.84	Ⅲ	4.8	0.040	0.920	0.0082	0.58	52.4
北松水库	湛江	0.13	Ⅲ	2.9	0.080	1.810	0.0111	0.57	55.5

3 讨论

3.1 水库营养化原因分析

近年来,广东省水库营养状态呈发展趋势,除了与水库的几何形态、混合动态(当地气候、纬度、海拔)等自然因素有关外^[6],流域社会经济活动导致水库营养盐含量的增加是主要原因。

3.1.1 城市化带来的污水排放量激增 改革开放二十多年来,随广东省社会经济的快速发展,污水排放量大幅增加。2003 年全省废污水排放总量达 $121.25 \times 10^8 \text{ t}$,比 1980 年增加近 6 倍,排入江河水库的废污水量 $92.41 \times 10^8 \text{ t}$ 。而珠江三角洲地区是广东省社会经济最发达的地区,2003 年废污水排放量占了全省排放量的 70%,其中,广州市 $44.49 \times 10^8 \text{ t}$ 、东莞市 $10.63 \times 10^8 \text{ t}$ 、深圳市 $9.80 \times 10^8 \text{ t}$ 、佛山市 $9.77 \times 10^8 \text{ t}$ 。大量未经处理的城市废污水直接排入水库和水库上游的河流,是广州、深圳、佛山等市水库水质污染和富营养化的主要根源。

3.1.2 面污染日益加剧 2003 年,全省化肥施用量(按折纯量计算) $199.61 \times 10^4 \text{ t}$,比 1990 年增长 22.9%,农药施用量 $8.60 \times 10^4 \text{ t}$,比 1990 年增长 8.2%。湛江是广东省农业集中区,2003 年化肥农药施用量居全省首位,分别为 $35.48 \times 10^4 \text{ t}$ 、 $1.31 \times 10^4 \text{ t}$,单位耕地面积化肥农药施用量分别为 1184 kg/hm^2 、 44 kg/hm^2 ,大大超过全国平均施用量。化肥的大量使用,过剩的氮、磷等营养元素随降雨径流和渗流进入库区,是湛江市水库富营养化的主要原因之一。库区经济项目的开发,如旅游业的发展、水产养殖等,也加速了水库的富营养化。

3.1.3 水库泥沙淤积严重 由于受特定的自然条件、人为毁林烧山、开垦种植和库区林种树种结构不够合理等因素影响,水库集雨区内水土流失严重,大量泥沙淤积库中,影响水库水质。据调查,全省大中型水库被泥沙淤积的库容为 $2.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 以上,占兴利库容的 2.4%。逐年积累的水库底泥中含有大量的营养盐,

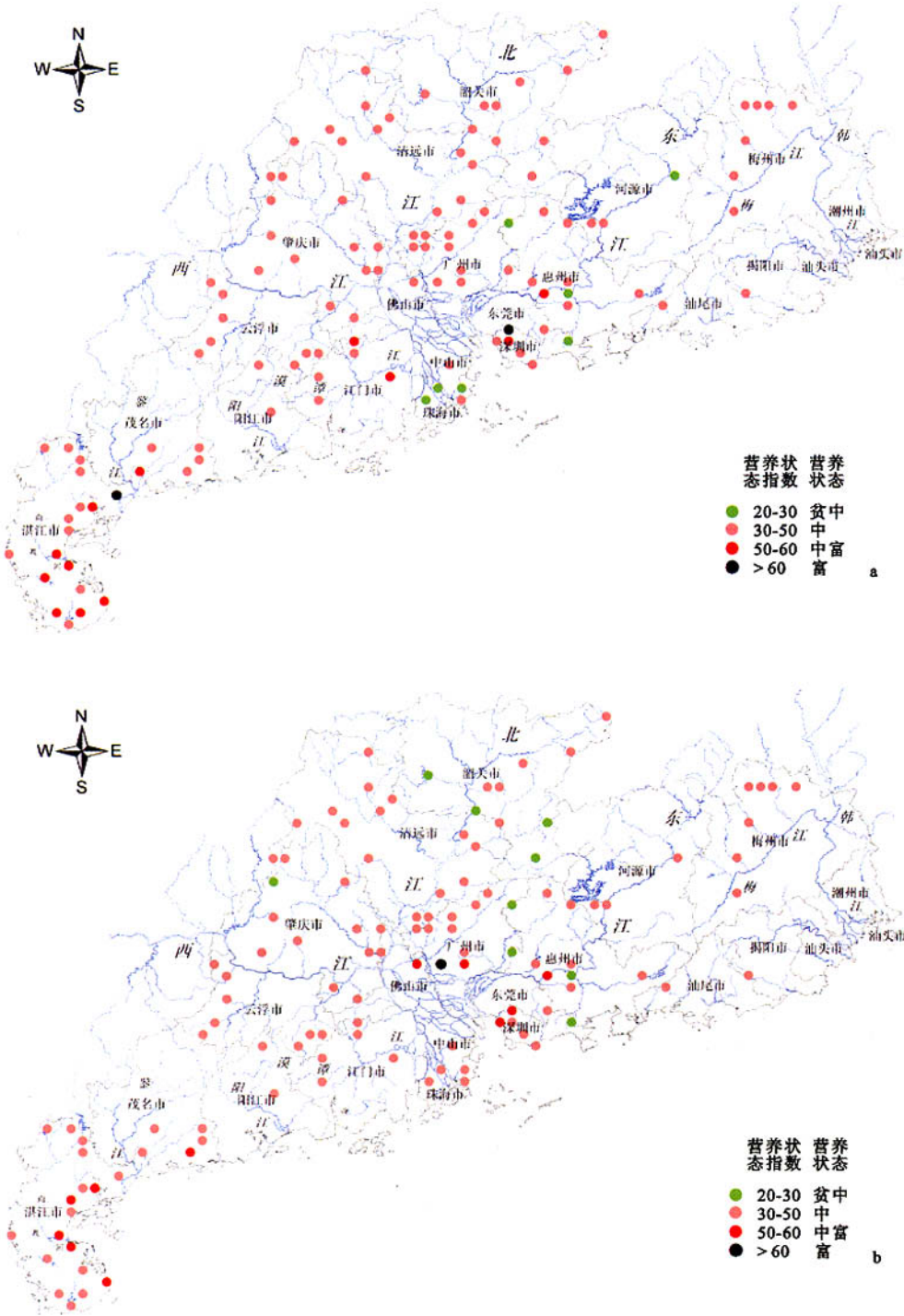


图2 水库营养状态(a: 汛期; b: 非汛期)

Fig.2 Trophic state of the investigated reservoirs(a: Raing season; b: Dayt season)

在动力作用下营养盐再悬浮或向水体释放,为藻类生长、繁殖提供有效的内源供给。

3.1.4 水库蓄水量减少 水库水环境质量与蓄水量密切相关. 近几年来, 广东省季节性干旱甚至秋冬春连旱, 特别是雷州半岛持续干旱, 降雨径流减少, 入库水量减少, 而需水量不断增加, 水库蓄水量相应年减少, 水体自净能力下降, 进一步加剧了水体的富营养化, 这一点在湛江市最为明显.

3.2 水库富营养化的防治对策

由于水库富营养化, 会导致藻类大量繁殖, 影响水库使用功能的发挥. 因此, 应该加强预防与治理. 针对广东省水库的污染来源, 应采取点源、面源和内源相结合的综合治理方法, 主要措施与对策如下.

3.2.1 减少面源污染物入库量 利用不同农作物对营养元素吸收的互补性, 采取合理的间作套种, 减少养分元素的流失和对水体的污染. 推广使用农家肥和生物农药, 控制和减少化肥、农药的使用量. 合理施用化肥、农药, 提倡深层施肥和喷、滴灌等技术, 防止由于降水径流造成氮、磷的流失. 加大化肥和农药使用的监督管理力度. 清理拆除水库围网养殖, 清理控制库区旅游娱乐设施, 减少氮磷在湖库中的积存.

3.2.2 加快城镇污水处理设施建 2003年广东省的城镇污水处理率为35%左右, 而经济发达的广州、佛山等地污水处理率只达到全省的平均水平. 采取政府投资、BOT、BTO模式等多渠道筹集资金, 加快城镇污水处理设施建设, 提高城镇污水处理率, 包括城市集中污水处理厂、排污管网改造、排污口整治等, 严格控制污水直接排入城区附近的水库.

3.2.3 调整产业结构, 减少对水的需求, 间接增加水量 将土地利用规划与水库功能区水质管理目标相结合, 调整农业产业结构和耕作方式, 发展生态农业, 特别是粤西沿海地区, 干旱缺水严重, 应逐步减少分散型高耗水的粮食特别是蔬菜种植比重, 加大陆地农业向海洋农业的转产比重, 抓好海洋捕捞、养殖、海产品加工.

3.2.4 加大水库上游水土流失的治理 在水库上游地区, 优先扶持高效水土保持型的植被系统, 增加涵养林面积, 以减少泥沙在流失过程中携带的大量吸附态污染物, 确保入库水体清洁.

3.2.5 疏浚底泥 底泥疏浚能够彻底去除累积在底泥中的营养盐、有毒有机物、重金属离子等, 是去除内源的最有效方法, 但疏浚产生的搅动会使底泥向水体释放营养盐、有毒有机物等. 因此, 在疏浚过程中, 应注意防治底泥的泛起; 同时, 还应合理确定疏挖量, 一般不宜全部清除掉, 以免将大量的底栖生物、水生植物同时清出水体, 破坏食物链(网)^[7].

3.2.6 应用除藻技术, 确保水库清洁 对于水质IV、劣V的富营养型水库, 会有藻类的大量繁殖, 此时必须采用生物、化学和物理法除藻^[8,9].

4 参考文献

- [1] 王明翠, 刘雪芹, 张建辉. 湖泊富营养化评价方法及分级标准. 中国环境监测, 2002, 18(5): 47-49.
- [2] 杜桂森, 王建行, 张为华等. 官厅水库水体营养状况分析. 湖泊科学, 2004, 16(3): 277-281.
- [3] 孟庆义. 国内湖泊水质污染及富营养化治理. 北京水利, 2001, (5): 45-47.
- [4] 顾恩华, 石文甲, 董树海. 浅谈湖泊水库富营养化问题成因及防治对策. 黑龙江水利科技, 2003, (1): 28.
- [5] 马经安, 李红清. 浅谈国内外江河湖库水体富营养化状况. 长江流域资源与环境, 2002, 11(6): 575-578.
- [6] 韩博平, 林旭钿, 李 铁. 广东省大中型水库富营养化现状与防治对策研究. 北京: 科学出版社, 2003: 14-21.
- [7] 甘义群, 郭永龙. 武汉东湖富营养化现状分析及治理对策. 长江流域资源与环境, 2004, 13(3): 277-281.
- [8] 王扬才, 陆开宏. 蓝藻水华的危害及治理动态. 水产学杂志, 2004, 17(1): 90-94.
- [9] 边归国. 湖泊和水库中藻类去除方法的研究进展. 福建环境, 2003, 20(5): 62-65.

广东省水库富营养化评价

作者: [江涛](#), [刘祖发](#), [陈晓宏](#), [王兆礼](#), [史栾生](#), [张蕾](#), [JIANG Tao](#), [LIU Zufu](#), [CHEN Xiaohong](#), [WANG Zhaoli](#), [SHI Luansheng](#), [ZHANG Lei](#)

作者单位: [江涛,刘祖发,陈晓宏,王兆礼,JIANG Tao,LIU Zufu,CHEN Xiaohong,WANG Zhaoli\(山东大学水资源与环境研究中心,广州,510275\)](#), [史栾生,张蕾,SHI Luansheng,ZHANG Lei\(广东省水文局,广州,510150\)](#)

刊名: [湖泊科学](#) **ISTIC PKU**

英文刊名: [JOURNAL OF LAKE SCIENCES](#)

年, 卷(期): 2005, 17(4)

被引用次数: 17次

参考文献(9条)

1. 王明翠;刘雪芹;张建辉 [湖泊富营养化评价方法及分级标准](#)[期刊论文]-[中国环境监测](#) 2002(05)
2. 杜桂森;王建行;张为华 [官厅水库水体营养状况分析](#)[期刊论文]-[湖泊科学](#) 2004(03)
3. 孟庆义 [国内湖泊水质污染及富营养化治理](#)[期刊论文]-[北京水利](#) 2001(05)
4. 顾恩华;石文甲;董树海 [浅谈湖泊水库富营养化问题成因及防治对策](#)[期刊论文]-[黑龙江水利科技](#) 2003(01)
5. 马经安;李红清 [浅谈国内外江河湖库水体富营养化状况](#)[期刊论文]-[长江流域资源与环境](#) 2002(06)
6. 韩博平;林旭钿;李铁 [广东省大中型水库富营养化现状与防治对策研究](#) 2003
7. 甘义群;郭永龙 [武汉东湖富营养化现状分析及治理对策](#)[期刊论文]-[长江流域资源与环境](#) 2004(03)
8. 王扬才;陆开宏 [蓝藻水华的危害及治理动态](#)[期刊论文]-[水产学杂志](#) 2004(01)
9. [边归国](#) [湖泊和水库中藻类去除方法的研究进展](#)[期刊论文]-[福建环境](#) 2003(05)

本文读者也读过(10条)

1. [孟红明](#). [张振克](#). [MENG Hong-ming](#). [ZHANG Zhen-ke](#) [我国主要水库富营养化现状评价](#)[期刊论文]-[河南师范大学学报\(自然科学版\)](#) 2007, 35(2)
2. [陈晓芳](#). [曹瑛杰](#) [浙江省长潭水库富营养化特征研究](#)[期刊论文]-[安徽农业科学](#)2008, 36(19)
3. [谭洁艳](#). [简颖涛](#). [谢少涛](#). [张景书](#) [南方某中型水库富营养化状况评价及综合防治对策](#)[期刊论文]-[广西轻工业](#) 2009, 25(10)
4. [刘景红](#). [张晟](#). [陈玉成](#). [黎莉莉](#). [高吉喜](#). [李松](#). [LIU Jing-hong](#). [ZHANG Sheng](#). [Chen Yu-cheng](#). [LI Li-li](#). [GAO Ji-xi](#). [LI Song](#) [重庆市水库富营养化调查及评价](#)[期刊论文]-[水土保持学报](#)2005, 19(4)
5. [张宇翔](#). [纪冬](#) [沙河水库富营养化成因及趋势分析](#)[期刊论文]-[吉林水利](#)2009(10)
6. [刘玉洁](#). [张晟](#) [三峡库区重庆段大中型水库富营养化调查及评价](#)[期刊论文]-[安徽农业科学](#)2007, 35(17)
7. [李嘉竹](#). [刘贤赵](#). [LI Jia-zhu](#). [LIU Xian-zhao](#) [门楼水库水质富营养化现状评价与治理对策](#)[期刊论文]-[水土保持研究](#)2008, 15(3)
8. [水库富营养化问题及相应对策](#)[期刊论文]-[水土保持研究](#)2005, 12(6)
9. [杨金尉](#). [郭金典](#). [李楠](#) [柴河水库富营养化状况评价及综合防治对策](#)[期刊论文]-[中国科技纵横](#)2010(13)
10. [苏玉萍](#). [陈娜蓉](#). [林婉珍](#). [梁晓丹](#). [SU Yu-ping](#). [CHEN Na-rong](#). [LIN Wan-zhen](#). [LIANG Xiao-dan](#) [福建省山仔水库浮游植物特征与水体富营养化状况分析](#)[期刊论文]-[亚热带资源与环境学报](#)2006, 1(4)

引证文献(17条)

1. [吕振平](#). [董华](#). [何锡君](#) [浙江省供水水库的水质评价及富营养化防治对策研究](#)[期刊论文]-[水生态学杂志](#) 2010(1)
2. [周晓铁](#). [韩宁宇](#). [孙世群](#). [王晓辉](#). [何翔亮](#) [安徽省河流和湖库型饮用水水源地水质评价](#)[期刊论文]-[湖泊科学](#) 2010(2)

3. [苏玉萍](#), [林颖昕](#), [林佳](#), [张明锋](#), [吴绵珠](#) [福建省典型饮用水源地水库富营养化状况调查与分析](#)[期刊论文]-[亚热带资源与环境学报](#) 2008(1)
4. [梁音](#), [张斌](#), [潘贤章](#), [史德明](#) [南方红壤丘陵区水土流失现状与综合治理对策](#)[期刊论文]-[中国水土保持科学](#) 2008(1)
5. [李璇](#) [2006-2011年辽宁省大中型水库水质和富营养化评价](#)[期刊论文]-[环境保护与循环经济](#) 2013(4)
6. [何锡君](#), [刘定国](#), [吕振平](#) [浙江省重点大中型供水水库水质现状评价](#)[期刊论文]-[水利发展研究](#) 2011(3)
7. [梁音](#), [杨轩](#), [潘贤章](#), [张斌](#), [史德明](#) [南方红壤丘陵区水土流失特点及防治对策](#)[期刊论文]-[中国水土保持](#) 2008(12)
8. [姚玲爱](#), [赵学敏](#), [周广杰](#), [完颜华](#), [蔡立梅](#), [胡国成](#), [许振成](#) [广东省高州水库春季蓝藻水华成因初步探讨](#)[期刊论文]-[湖泊科学](#) 2011(4)
9. [岳强](#), [黄成](#), [史元康](#), [李红娟](#), [许晓燕](#), [谢文辉](#), [陈燕飞](#) [粤北2座饮用水源地水库的富营养化与浮游植物群落动态](#)[期刊论文]-[生态环境学报](#) 2012(3)
10. [王超](#), [高越超](#), [王沛芳](#), [张松贺](#), [侯俊](#), [钱进](#) [广东长潭水库富营养化与浮游植物分布特征](#)[期刊论文]-[湖泊科学](#) 2013(5)
11. [谌德智](#) [关于徐闻县水库环境问题及保护措施的思考](#)[期刊论文]-[广东水利电力职业技术学院学报](#) 2008(3)
12. [张振克](#), [孟红明](#), [殷勇](#) [中国水库环境面临的主要问题及其对策](#)[期刊论文]-[科技导报](#) 2006(12)
13. [孟红明](#), [张振克](#) [我国主要水库富营养化现状评价](#)[期刊论文]-[河南师范大学学报\(自然科学版\)](#) 2007(2)
14. [孟红明](#) [中国内地水库水质现状及原因分析](#)[期刊论文]-[陕西农业科学](#) 2007(3)
15. [黄成](#) [韶关市2座供水水库的富营养化状况评价](#)[期刊论文]-[广东化工](#) 2013(8)
16. [李祚泳](#), [汪嘉杨](#), [邹长武](#) [基于韦伯-费希纳定律的营养状态普适韦伯指数公式](#)[期刊论文]-[湖泊科学](#) 2010(5)
17. [赵卫华](#) [水电站水库的水环境评价与保护研究](#)[学位论文]硕士 2006

引用本文格式: [江涛](#), [刘祖发](#), [陈晓宏](#), [王兆礼](#), [史栾生](#), [张蕾](#), [JIANG Tao](#), [LIU Zufa](#), [CHEN Xiaohong](#), [WANG Zhaoli](#), [SHI Luansheng](#), [ZHANG Lei](#) [广东省水库富营养化评价](#)[期刊论文]-[湖泊科学](#) 2005(4)