广东省典型水库浮游植物组成与分布特征

胡 韧，林秋奇，王朝晖，韩博平
（暨南大学水生生物研究所，广州 510632）

摘要：在 2000 年的丰水期（6～7 月份）和枯水期（11～12 月份）分别对广东省 19 个大中型水库的浮游植物进行采样调查。一共发现有 7 门 89 属 142 种的藻类。其中绿藻 84 种，硅藻 25 种，蓝藻 19 种，裸藻 9 种，甲藻和金藻各两种以及隐藻 1 种。水库的主要优势种为蓝藻或硅藻。藻类的细胞密度和叶绿素含量从水库上游到水库下游依次降低。丰水期的藻类丰度要高于枯水期。绝大多数水库在丰水期优势种为蓝藻，而在枯水期的优势种为硅藻。人为导致的水量增减会对季节性变化造成影响。从空间分布上看，粤西和珠江三角洲地区主要优势种为蓝藻，而粤东地区和东江、韩江流域的主要优势种为绿藻，北江流域的各种类组成比较均匀。

关键词：水库；浮游植物；分布；季节变化

Phytoplankton Composition and Distribution in Typical Reservoirs of Guangdong Province

HU Ren, LIN Qiu-Qi, WANG Zhao-Hui, HAN Bo-Ping (*Institute of Hydrobiology, Ji'nan University, Guangzhou* 510632, *China*). ***Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(11): 1939～1944.**

Abstract: Nineteen reservoirs in Guangdong province were sampled in June and December in 2000, roughly corresponding to the flood and dry seasons. A total of 142 species of phytoplankton belonging to 89 genera in 7 phyla were observed. They were as follows: 84 chlorophyta, 25 Bacillariophyta, 19 Cyanophyta, 9 Euglenophyta, 2 Pyrrophyta and Chrysophyta and only 1 Cryptophyta was found. The dominant species in the reservoirs were either Cyanophyta or Bacillariophyta. The cell density and chlorophyll concentration in the reservoirs located upstream were lower than in the downstream reservoirs. The abundance of species found were greater in the flood season than in the dry season. In most of the reservoirs, phytoplankton were dominated numerically by Cyanophyta in the flood season, and by Bacillariophyta in the dry season. The change in water volume by regulation could influence the seasonal variation. The dominant species of Cyanophyta were found in the west coastal area and Zhujiang delta; while the dominant species of chlorophyta were fonnd in the eastern coastal area as well as Dongjiang and Hanjiang watershed.

Key words: reservoirs; phytoplankton; distribution; dynamics
文章编号：1000-0933(2002)011-1939-06 **中图分类号**：Q178.51+3, X171.1 **文献标识码**：A

水库是由人工筑坝形成的水体，国际上通常规定水库的最小容量为 1×10^6 m^3，它可以用于供水、防洪、发电等[1]。随着全球对水库供水量需求的增加及人类活动对水库水质影响，水库生态学及水库水质管理已经成为湖沼学研究中的热点问题[2]。水库又称为人工湖泊，但其水动力学特征明显区别于自然湖泊。水流不仅可直接改变水生生物在水库中的分布，同时水流形式会改变水生生物赖以生存的环境。水库水动力学的特殊性极大影响了水生生物在水库中的生长与分布，其中浮游植物的种类组成、分布及动态与水库水动力学特征的关系尤为明显[3～6]。在我国南方，特别是广东省，天然湖泊非常稀少。水库水资源在对广东

基金项目：国家自然科学基金资助项目（39900022）；广东省科技攻关项目；国家教育部骨干教师基金和广东省水利厅水库水质资源保护重点资助项目
收稿日期：2001-07-19 修订日期：2001-11-19
作者简介：胡 韧（1975～），男，湖南湘潭人，硕士，助教。主要从事水生生物学教学与研究。

万方数据

省、香港和澳门的供水中起着重要的作用，对这一地区水库生态学的研究有着特别重要的意义。为此，对广东省的大中型典型水库进行了采样和分析。本文主要报道这些水库中浮游植物种类组成、分布和季节变化特征。

1 材料与方法

根据不同的河流和流域特征以及水库的类型与地理位置，在全省范围内选取具有代表性的 19 个水库作为调查对象(图 1)。在 2000 年丰水期(6～7 月份)和枯水期(11～12 月份)对浮游植物进行两次采样调查。采样点选取在河流入水口和大坝区域。浮游植物样品用福尔马林固定，沉淀浓缩后在光学显微镜下进行定量和定性的分析鉴定。叶绿素的浓度根据 Lorenzen 的方法来测定[7]。

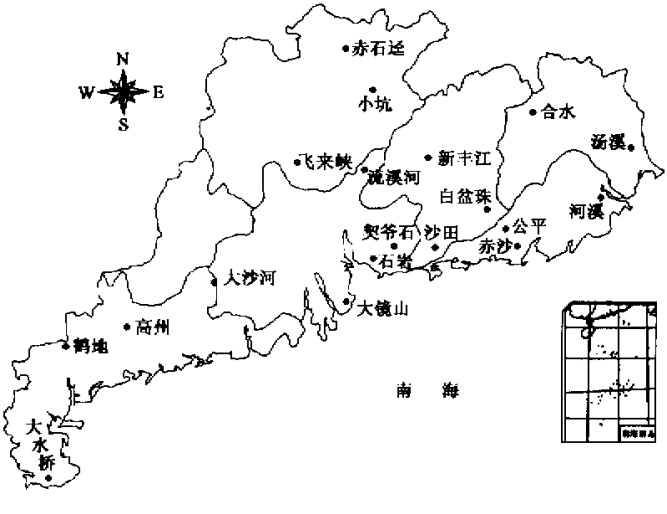


图 1 采样水库的分布图

Fig. 1 The location of sampling reservoirs

Ⅰ **东江流域** Dongjiang river watershed; Ⅱ **北江流域** Beijiang river watershed; Ⅲ **珠江流域** Zhujiang delta area; Ⅳ **粤东沿海地区** The east coastal area of Guangdong province; Ⅴ **粤西沿海地区** The west coastal area of Guangdong Province; Ⅵ **韩江流域** Hanjiang river watershed

2 结果与讨论

2.1 浮游植物的组成

一共发现了 7 个门 89 属的 142 种浮游植物。其中绿藻门最多，有 84 种，占总数的 59.2%；硅藻门其次，共 25 种，占总数的 17.6%；蓝藻门 19 种；裸藻门 9 种；甲藻和金藻门各两种；隐藻门 1 种。

种类丰度最大的是白盆珠水库(57 种)，最低的是鹤地水库，仅 23 种(表 1)。

在各个水库中，绿藻始终是最多的种类(表 1)。虽然有的时候蓝藻或硅藻会成为某个季节的优势种而使其绝对数量超过绿藻(后面讨论)，但从种类数上来说，绿藻门的物种丰度不论是在丰水期还是在枯水期都是最大的。

色球藻(*Chroococcus* sp.)，衣藻属(*Chlamydomonas* spp.)，舟形藻属(*Navicula* spp.)，小环藻属(*Cyclotella* spp.)，直链藻属(*Melosira* spp.)和角甲藻(*Ceratium hirundinella*)在所有的水库样本中都存在。还有一些常见种属在所有水库中出现的次数在 10 次以上，它们是：微囊藻属(*Microcystis* spp.)，捏团粘球藻(*Gloeocapsa magma*)，蓝纤维藻(*Dactylococcopsis acicularis* Lemm)，林氏藻(*Lyngbya limnetica* Lemm.)，席藻(*Phormidium* Kutz)，平裂藻(*Merismopedia elegans*)，盘星藻属(*Pediastrum* Mey.)，角星鼓藻属(*Staurastrum* Mey.)，栅藻属(*Scenedesmus* Mey.)，鼓藻属(*Cosmarium* Cord.)，月芽藻(*Selenastrum*

万方数据

Reinsch),羽纹藻属(*Pinnularia* Her.),根管藻(*Rhizosolenia longiseta* Zach),多甲藻(*Peridinium bipes* Stein),绿色裸藻(*Euglena viridis* Ehr.),囊裸藻(*Trachelomonas* Ehr.),分歧锥囊藻(*Dinobryon divergens*)和布朗葡萄藻(*Botrycoccus Braunii*)。

2.2　种类空间分布特征

这 19 个水库分布在不同的流域:东江流域,北江流域,韩江流域,珠江三角洲地区、粤东沿海区域和粤西沿海区域。从表 2 可以看出,东江、韩江流域和粤东沿海地区绿藻种类的丰度较高;而粤西沿海和珠江三角洲地区的水库蓝藻种类的丰度比较高;北江流域各门藻类的种类数较接近,显示出较好的生物多样性。一般来说,蓝藻为富营养化水体的优势种,绿藻为中营养型水体的代表种,从以上藻类的分布可以大致看出各个流域的环境污染水平。

东江流域包括 4 个水库,从上游到下游依次是:新丰江、白盆珠、沙田和石岩水库。它们有许多共有的种属:水华微囊藻(*Microcysis flos-aquae*),直链藻属(*Melosira* spp.),盘星藻属(*Pediastrum* spp.),角星鼓藻属(*Staurastrum* Mey.),栅藻属(*Scenedesmus* Mey.),衣藻属(*Chlamydomonas* sp.),华美十字藻(*Crucigenia lauterbornei*),二角多甲藻(*Peridinium bipes*),飞燕角甲藻(*Ceratium hirundinella*),色球藻属(*Chroococcus* sp.),捏团粘球藻(*Gloeocapsa magma*)和舟形藻属(*Navicula* sp.)。从上游到下游,盘星藻的数目是从少到多,依次递增的。从新丰江到沙田到石岩 3 个水库,浮游植物的总细胞密度和叶绿素含量依次增加。白盆珠水库虽然位于沙田水库的上游,但它位于农业发达的惠东地区,有一定的污染,所以它的藻类密度和叶绿素含量还略高于其下游的沙田水库。

北江流域包括赤石迳、小坑和飞来峡 3 个水库。这些水库的浮游植物密度和叶绿素含量(mg/m^3)比其它流域的水库普遍都要低。北江流域水库浮游植物最显著的特征就是硅藻种类丰度很高,硅藻占了该区水库中浮游植物种类的三分之一以上。但这里的 3 个水库的浮游植物密度和叶绿素浓度并不是完全按照从上游到下游依次递增的顺序排列。位于下游的飞来峡水库比上游的赤石迳和小坑水库的浮游植物密度和叶绿素浓度反而要低,其原因可能是因为飞来峡水库是个直流型水库,水流较快不利于浮游植物在水体中的滞留与繁殖。

珠江三角洲区域有流溪河,大镜山和契爷石 3 个水库。大镜山和契爷石水库的优势种主要是蓝藻门的席藻(*Phormidium* Kutz)和色球藻(*Chroococcus* sp.)。流溪河水库则以绿藻中的衣藻属(*Chlamydomonas*

表 1　不同水库浮游植物门类的分布

Table 1　Distribution of phytoplankton in sampled reservoirs

	蓝藻 Cyano-phyta	绿藻 Chloro-phyta	硅藻 Bacillario-phyta	金藻 Chryso-phyta	甲藻 Pyrro-phyta	裸藻 Eugleno-phyta	隐藻 Crypto-phyta	总数 Total
小坑①	4	10	8	1	2	0	0	25
赤石迳②	7	13	7	2	2	1	0	32
合水③	8	16	11	0	2	3	1	41
流溪河④	9	17	10	1	2	3	0	42
沙田⑤	5	31	6	2	2	2	1	49
鹤地⑥	6	7	5	1	2	2	0	23
大水桥⑦	8	17	10	0	2	4	1	42
白盆珠⑧	7	37	7	2	2	1	1	57
大镜山⑨	4	14	4	2	2	1	1	28
新丰江⑩	7	21	6	2	2	1	0	39
大沙河⑪	10	28	11	1	2	2	1	55
飞来峡⑫	7	14	12	1	2	2	0	38
高州⑬	5	13	5	1	2	1	1	28
契爷石⑭	10	21	9	0	2	6	1	49
石岩⑮	9	23	8	0	1	6	1	48
赤沙⑯	10	24	10	1	2	3	1	51
公平⑰	9	27	8	2	2	5	1	54
河溪⑱	7	21	4	0	2	3	0	37
汤溪⑲	6	25	10	2	2	1	1	47
总数 Total	19	84	25	2	2	9	1	142

① Xiaokeng;② Chishijing;③ Heshui;④ Liuxihe;⑤ Shatian;⑥ Hedi;⑦ Dashuiqiao;⑧ Baipenzhu;⑨ Dajingshan;⑩ Xinfengjiang;⑪ Dashahe;⑫ Feilaixia;⑬ Gaozhou;⑭ Qiyeshi;⑮ Shiyan;⑯ Chisha;⑰ Gongping;⑱ Hexi;⑲ Tangxi

表 2　不同流域水库浮游植物的种类组成

Table 2　Phytoplankton composition in watersheds (%)

	蓝藻 Cyano-phyta	绿藻 Chloro-phyta	硅藻 Bacillario-phyta	其它 Others
东江流域①	12.65	45.03	32.67	9.6
北江流域②	30.6	31.1	31.1	7.2
韩江流域③	24.9	59.7	10.3	5.6
珠江三角洲区域④	78.8	13.1	3.7	4.4
粤东沿海区域⑤	28.7	51.3	16.0	4.0
粤西沿海区域⑥	48.6	17.2	29.8	4.4

① Dongjiang river watershed;② Beijiang river watershed;③ Hanjiang river watershed;④ Zhujiang delta area;⑤ The east coastal area of Guangdong Province;⑥ The west coastal area of Guangdong Province

万方数据

spp.)、角星鼓藻属(*Staurastrum* Mey.)和硅藻中的直链藻(*Melosira* sp.)为优势种属,这与流溪河水库位于山区,水库水质较好有关。

表 3 不同季节水库浮游植物的优势种

Table 3 Dominant species of reservoir phytoplankton in flood and dry seasons

水库 Reservoir	丰水期 Flood season	枯水期 Dry season
流溪河①	衣藻⑳,直链藻㉑,角星鼓藻㉒	直链藻㉑,小环藻㉓,粘球藻㉔
新丰江②	角星鼓藻㉒,粘球藻㉔,飞燕角甲藻㉕	小环藻㉓,直链藻㉑,多甲藻㉖
白盆珠③	角丝鼓藻㉗,衣藻⑳,直链藻㉑	分歧锥囊藻㉘,微囊藻㉙,直链藻㉑
飞来峡④	席藻㉚,衣藻⑳,小环藻㉓	直链藻㉑,小环藻㉓,针杆藻㉛
高州⑤	微囊藻㉙,直链藻㉑,小环藻㉓	小环藻㉓,微囊藻㉙,直链藻㉑
公平⑥	丝藻㉜,衣藻⑳,直链藻㉑	分歧锥囊藻㉘,小环藻㉓,直链藻㉑
鹤地⑦	微囊藻㉙,席藻㉚,颤藻㉝	微囊藻㉙,蓝纤维藻㉞,水华束丝藻㉟
汤溪⑧	微囊藻㉙,角星鼓藻㉒,衣藻⑳	微囊藻㉙,直链藻㉑,小环藻㉓
合水⑨	空球藻㊱,杂球藻㊲,席藻㉚	直链藻㉑,飞燕角甲藻㉕,微囊藻㉙
大镜山⑩	衣藻⑳,席藻㉚,飞燕角甲藻㉕	林氏藻㊳,小环藻㉓,舟型藻㊴
赤石迳⑪	粘球藻㉔,丝藻㉜,变形棕鞭藻㊵	直链藻㉑,色球藻㊶,粘球藻㉔
大沙河⑫	微囊藻㉙,直链藻㉑,粘球藻㉔	微囊藻㉙,直链藻㉑,分歧锥囊藻㉘
小坑⑬	林氏藻㊳,舟形藻㊴,桥弯藻㊷	小环藻㉓,直链藻㉑,空球藻㊱
沙田⑭	浮球藻㊶,盘星藻㊺,粘球藻㉔	直链藻㉑,微囊藻㉙,角星鼓藻㉒
契爷石⑮	席藻㉚,衣藻⑳,囊裸藻㊸	林氏藻㊳,小环藻㉓,多甲藻㉖
石岩⑯	衣藻⑳,栅藻㊹,直链藻㉑	裸藻㊼,直链藻㉑,色球藻㊶
赤沙⑰	微囊藻㉙,衣藻⑳,直链藻㉑	微囊藻㉙,林氏藻㊳,直链藻㉑
大水桥⑱	衣藻⑳,直链藻㉑,席藻㉚	林氏藻㊳,直链藻㉑,小环藻㉓
河溪⑲	鼓藻㊽,色球藻㊶,衣藻⑳	微囊藻㉙,鼓藻㊽,直链藻㉑

① Liuxihe; ② Xinfengjiang; ③ Baipenzhu; ④ Feilaixia; ⑤ Gaozhou; ⑥ Gongping; ⑦ Hedi; ⑧ Tangxi; ⑨ Heshui; ⑩ Dajingshan; ⑪ Chishijing; ⑫ Dashahe; ⑬ Xiaokeng; ⑭ Shatian; ⑮ Qiyeshi; ⑯ Shiyan; ⑰ Chisha; ⑱ Dashuiqiao; ⑲ Hexi; ⑳ *Chlamydomonas* spp.; ㉑ *Melosira* spp.; ㉒ *Staurastrum* spp.; ㉓ *Cyclotella* spp.; ㉔ *Gloeocapsa* spp.; ㉕ *Ceratium hirundinella*; ㉖ *Peridinium* spp.; ㉗ *Desmidium* spp.; ㉘ *Dinobryon divergens*; ㉙ *Microcystis* spp.; ㉚ *phormidium* Kutz; ㉛ *Synedra* Her; ㉜ *Ulothrix* Kutz; ㉝ *Oscillatoria* spp. ㉞ *Dactylococcopsis acicularis*; ㉟ *Aphanizomenon lacustris*; ㊱ *Eudorina elegans*; ㊲ *Pandorina morum*; ㊳ *Lyngbya limnetica*; ㊴ *Navicula* spp.; ㊵ *Chromulina pascheri*; ㊶ *Chroococcus* spp. ㊷ *Cymbella* spp.; ㊸ *Trachelomonas* Her; ㊹ *Planktosphaeria gelotinosa*; ㊺ *Pediastrum* spp.; ㊻ *Scenedesmus* spp.; ㊼ *Euglena*; ㊽ *Cosmarium* spp.

粤东沿海区域有公平、赤沙、河溪与汤溪 4 个水库,它们都位于直接流入海洋的小河流上。蓝、绿藻是这些水库的优势种,主要有色球藻(*Chroococcus* sp.)和鼓藻属(*Cosmarium* spp.)。汤溪水库的污染很严重,在调查的过程中,该水库发生了一次持续半年的微囊藻藻华。

在粤西沿海区域调查了大沙河、鹤地、高州和大水桥 4 个水库。4 个水库浮游植物的共同特征是以蓝藻和绿藻为优势种群(表 2)。主要的两个种是席藻(*Phormidium* Kutz)和直链藻(*Melosira* sp.)。

合水水库是这些水库中唯一位于韩江流域的水库。它的优势种主要是实球藻(*Pandorina morum*)和空球藻(*Eudorina elegans*)。

2.3 种类时间分布特征

与丰水期相比,在枯水季节中大多数水库浮游植物中绿藻种类有明显的减少,而硅藻的种类增加了。这主要由于枯水期温度低,水库水混合度较好,形成了适合硅藻生长的条件[8,9]。同时丰水季节一些常见的绿藻(如衣藻)种类,由于温度的降低不利于其生长,在枯水季节就很少出现了。在丰水季节成为水库的优势种常常由绿藻和蓝藻共同组成;而到了枯水季节,多数水库的优势种群变成了蓝藻和硅藻种群(表 3)。新增加的多为羽纹纲的硅藻,象脆杆藻,针杆藻等。在丰水季节常见的隐藻,到了枯水季节也在许多水库中消

万方数据

失了,这与隐藻通常生活在相对稳定的水体有关。

总的来说,温度是造成水库优势种季节变化的主要因子。但是,同样是从丰水期到枯水期,大沙河、契爷石和赤沙 3 个水量减少的水库,绿藻完全消失了;而沙田、河溪等水量增加的水库,还有绿藻门的鼓藻的存在。这说明人为造成的水量变化则会增强或者削弱季节性变化。当水量在枯水期增加时,会起到减少混合和升温的作用;而当水量在枯水期减少时,则会加剧混合与温度的降低,从而更加不利于绿藻和其它一些鞭毛种类的生存。

2.4　浮游植物细胞密度和叶绿素分布特征

对于大型的水库,象流溪河、白盆珠、新丰江、飞来峡、高州、公平水库,其水质与水动力学特征不易受外界的干扰,其浮游植物的细胞密度和叶绿素含量的季节变化不明显。而中小型水库,如果在枯水期水量增加了,则细胞密度和叶绿素含量变化也不大,如:合水、沙田和河溪水库;但如果水量也减少了,则会由于营养盐的浓缩效应导致浮游植物的大量增加,如:大沙河和契爷石水库。虽然在丰水季节,水库的种类数要比枯水季节多,但从浮游植物密度上来说却并不一定如此。浮游植物密度最大和最小的情况都发生在枯水季节。前者是在契爷石水库,细胞密度达 800.5×10^4 cell/L,其中池生林氏藻(*Lyngbya limnetica*)多达 604.5×10^4 cell/L;后者是在新丰江水库,细胞密度仅 20.13×10^4 cell/L(图 2b)。契爷石水库是一个富营养型的水库,在枯水期随着种类丰度的降低,再加上水量减少所导致的营养盐浓缩导致一到两个种在没有其它种类竞争的条件下迅速繁殖增长,致使藻类密度增大。而新丰江是一个寡营养型的水库,枯水季节,光照的减少和温度的降低,再加上没有营养盐的输入,不利于藻类的生长繁殖,最终导致了浮游植物密度的下降。

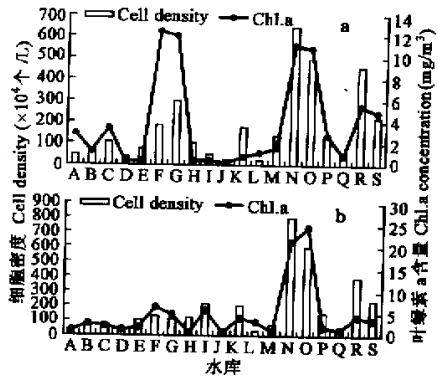


图 2　广东省水库(a) 丰水期与(b) 枯水期浮游植物细胞密度和叶绿素含量

Fig. 2　Phytoplankton cell density and Chl-a concentration in (a) flood season and (b) dry season

A—小坑 Xiaokeng, B—赤石迳 Chishijing, C—合水 Heshui, D—流溪河 Liuxihe, E—沙田 Shatian, F—鹤地 Hedi, G—大水桥 Dashuiqiao, H—白盆珠 Baipenzhu, I—大镜山 Dajingshan, J—新丰江 Xinfengjiang, K—大沙河 Dashahe, L—飞来峡 Feilaixia, M—高州 Gaozhou, N—契爷石 Qiyeshi, O—石岩 Shiyan, P—赤沙 Chisha, Q—公平 Gongping, R—河溪 Hexi, S—汤溪 Tangxi

在丰水季节里,契爷石、石岩、鹤地和大水桥水库的浮游植物细胞密度与叶绿素含量($>10mg/m^3$)都很高(图 2a)。尽管在枯水季节鹤地水库的叶绿素含量比丰水季节下降了,但在全省水库中仍高居前列——仅次于契爷石和石岩水库(图 2b)。无论是在丰水季节,还是在枯水季节,新丰江、流溪河和飞来峡水库的浮游植物细胞密度与叶绿素含量(mg/m^3)比其它水库都低很多(图 2)。3 个水库浮游植物优势种群的数量优势不是非常明显,它们都属于寡营养型的水库。

3　结论

19 个水库中共发现有 142 种藻类,它们分属于 7 个门的 89 个属。其种类丰度分别是:绿藻>硅藻>蓝藻>裸藻>金藻和甲藻>隐藻。从空间分布上看,东江、韩江流域和粤东沿海地区绿藻种类的丰度较高;而粤西沿海和珠江三角洲地区的水库蓝藻种类的丰度比较高;北江流域各门藻类丰度较均匀。下游水库的浮游植物密度和叶绿素含量都比上游的高。而污染指示种也更多地出现在下游的水库中。丰水季节的优势种常为蓝-绿藻类,而枯水季节的优势种常为蓝-硅藻类。丰水季节的藻类种类丰度比枯水季节要高,数量却不一定高。大型水库的细胞密度和叶绿素含量在不同季节变化不明显。而中小型的水库,如果水量减少了,则会由于营养盐的浓缩效应导致浮游植物的大量增加。枯水期与丰水期,就自然过程而言,主要因子是水温的差异较大,这是两种季节藻类组成差异的主要原因。对水库这样的人工水体,其特点是水量受人为调节,两个季节的水量相差很大,水量显著减少会加剧浮游植物种类组成的差异。

万方数据

参考文献

[1] Straskraba M and Tundisi J G. *Guidelines of lake management* (*volume* 9): *Reservoir water quality management*. International Lake Environment Committee, 1999. 229.

[2] Straskraba M, Tundisi J G & Duncan A, State of the art of reservoir limnology and water quality management. In: *Comparative reservoir limnology and water quality management*, Straskraba M, J. G. Tundisi & A. Duncan, eds. Kluwer Academic Publishers, Netherland, 1993. 213～288.

[3] Thornton K W, Kimmel B L. and Payne F E. *Reservoir limnology*: *Ecological perspectives*. John Wiley & Sons, New York, 1990. 246.

[4] Lin Q Q(**林秋奇**), Han B P(**韩博平**). Reservoir limnology and its application in water quality management: An overview. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese)(**生态学报**), 2001, **21** (6): 1034～1040.

[5] Kiplagat K, Lothar K & Francis M M. Temporal changes in phytoplankton structure and composition at the Turkwel Gorge Reservoir. *Hydrobiologia*. 1998, **368**: 41～59.

[6] Bo-ping Han, Joan Armengol, Juan Carlos etc. The thermal structure of Sau Reservoir (NE: Spain): a simulation approach. *Ecological Modelling*, 2000, **125**: 109～122.

[7] Lorenzen C J. Determination of chlorophyll and pheo-pigments: spectrophotometric equations. *Limnol & Oceanogr*, 1967, **12**: 343～346.

[8] He Z H(**何志辉**), Li Y H(**李永函**). Plankton in Qinghe reservoir. *Collected Papers on Hydrobiology*(in Chinese)(**水生生物学集刊**). 1983, **8**: 71～84.

[9] Li M D(**李明德**). Phytoplankton in Yuqiano reservoir. *Collection of Hydrobiology Thesis*(in Chinese)(**水生生物论文集**). Beijing: Ocean Press, 1991. 38～64.

万方数据