

广东省大镜山水库 生态学与水质管理研究

主编 韩博平 冯远船 刘正文



广东省出版集团 广东科技出版社

广东省大镜山水库生态学与 水质管理研究

主编 韩博平 冯远船 刘正文

广东省出版集团
广东科技出版社
· 广州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

广东省大镜山水库生态学与水质管理研究/韩博平, 冯远船, 刘正文主编. —广州: 广东科技出版社, 2006. 12

ISBN 7-5359-4254-7

I. 广… II. ①韩…②冯…③刘… III. ①水库 - 生态环境 - 环境保护 - 研究 - 珠海市②水库 - 水质管理 - 研究 - 珠海市 IV. ①X524②TV697.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 139789 号

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)

E-mail: gdkjzbb@21cn.com

http: //www. gdstp. com. cn

经 销: 广东新华发行集团股份有限公司

印 刷: 广东金冠科技发展有限公司

(广州市黄埔区南岗骏丰路 111 号 邮码: 510760)

规 格: 787mm × 1 092mm 1/16 印张 11.75 字数 240 千

版 次: 2006 年 12 月第 1 版

2006 年 12 月第 1 次印刷

定 价: 38.00 元

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

内 容 简 介

富营养化是当前水源水质管理中的最主要环境问题，由富营养化导致的水质下降不仅严重影响了人类的饮用水安全，而且还导致水体生态系统功能退化和自净能力的下降。水库是热带亚热带地区主要的供水水源，对水库生态学研究 and 水质管理是保障水库水质和供水安全的基础。我国华南沿海地区，对抽水水库的供水有很大依赖性，这些水库在工农业和城市生活中发挥了重要的作用。大镜山水库是珠海最重要的供水水库，是广东省典型的抽水水库。本书在对珠海重要供水水库——大镜山水库调查和监测的基础上，对该水库水环境、水生态和水质进行了系统分析和总结，提出了抽水型水库富营养化控制和水质管理的对策。本书可供从事淡水生态学、水资源和水环境研究与管理的技术人员以及大专院校相关专业师生参阅。

《广东省大镜山水库生态学与水质管理研究》

编写人员

主 编：韩博平 冯远船 刘正文

参编人员：（按姓氏笔画排序）

尹 涛	邓 熙	冯远船	刘 威	刘正文	李秋华
何国全	张修峰	陈丽芬	陈绵润	林少君	林秋奇
林 娴	林彰文	欧阳昊	周储伟	郑旭明	胡 韧
贺立静	钟 萍	顾继光	高坤乾	韩博平	韩志国
董丽华	雷腊梅	谢贻发	谭柏贤	谭 镇	

序

水库是由人工筑坝形成的半自然水体,广泛分布于世界各地,主要用于防洪、发电和灌溉等,但随着淡水资源的短缺,水库已成为缓解供水不足的重要水源。水库作为一类介于河流和湖泊之间的水体,其水动力学过程受人为调节。水库功能不同,其调度方式导致了不同水库之间的水动力学过程有很大差异,这是水库水质管理中必须考虑的问题。

我国是一个水库大国,供水水库的水质管理尤其重要。大型水库通常距城市较远,从大型水库远距离输水对城镇供水还仅限于一些缺水特别严重的地区。目前向城市供水的水库主要为中小型水库,而这些水库的自净能力有限,环境承载力小,容易发生水质退化。对中小型水库的水质管理关系到供水质量好坏。由于流域面积小,中小型水库很少存在跨流域的问题,在管理上有一定优势。在缺水严重的地区,为充分利用水库的蓄水能力,通常会通过人为抽水增加水库的蓄水量,这类依赖于抽水的水库又称为抽水水库。抽水水库是一类特殊的水库,在英国等海岛型国家和地区中为主要的供水水源。这类水库的来水时间与水量不同于其他类型的水库,水库的水动力学和运行管理模式也不同。抽水水库的研究和管理在海洋性岛国已有较多的研究,我国水库生态学的整体研究起步很晚,对抽水水库的研究更为薄弱,至今对抽水水库水质的研究报道几乎为空白。随着我国沿海地区经济和社会的高速发展,多数供水能力不足的水库会通过抽水运行增加供水能力,抽水型水库的数量还会进一步增加。在污染和供水水量不足的双重压力下,加强对抽水水库的水环境特点的认识及水质的管理就更为重要。

珠海是我国第一批改革开放的特区城市之一,近年来随着经济和社会的发展,人口的增加,城市规模的扩大,对环境压力的增加,水污染问题也逐步突现出来。特别是城市周边的河流污染日趋严重、水质退化,给城市原本脆弱的供水环境带来巨大的压力。水库是珠海供水系统中的骨干工程,水库水质关系到珠海全市以及澳门特别行政区的供水安全。大镜山水库是珠海市三个中型水库之一,是市区供水系统的最重要水源,担负着向香洲区的供水任务。目前全年供水超过2 000万 m^3 。由于水库集雨面积小,自产水量少,为保障供水能力被迫从邻近的河流抽水。由于这些抽水河流的污染相对严重,给水库水质管理带来了压力。

为确保大镜山水库的供水安全,根据珠海市水务局的要求,暨南大学水库项目组与大镜山水库管理处技术人员一道对大镜山水库的水环境和水质进行了较为全面的调查,获得了大量的第一手资料和数据,这些工作包括水库富营养化、水库蓝藻、水库微生物、水库底泥与二次释放等。在这些数据的基础上,对水库水环境容量进行了计算,分析了水库对氮磷负荷的承载能力,并运用水库水质模型 DYRESM 对大镜山水

库的水质进行了初步的数值模拟，形成了对大镜山水库水环境条件和水质动态的基本认识。由暨南大学水生生物研究所和大镜山水库管理处编写的《广东省大镜山水库生态学与水质管理研究》一书，系统地对已完成的调查和研究工作进行了总结，较好地反映了大镜山水库水环境现状，为正在开展水库水质改善项目以及今后的水质管理工作打下了坚实基础，也为我国其他抽水水库的水质监测、长期管理和水质改善技术的实施提供了参考。

中国科学院水生生物研究所研究员
中 国 科 学 院 院 士

刘建康

2006 年国庆节

前 言

珠海市供水的指导思想是“以江水为主，水库水为辅，江库相通”。水库是珠海供水系统中的骨干工程，在全市供水中有举足轻重的作用。大镜山水库位于珠海市香洲区西北凤凰山南麓，是市区供水系统的最重要水源地，主要担负着向香洲区的供水任务。由于水库集雨面积小，自产水量不能满足供水要求，在邻近区域先后增建了梅溪水库、正坑水库、坑尾水库和凤凰山水库，形成“五库连通”的供水系统。在该系统中，大镜山水库发挥了调度控制中心的作用。

大镜山水库 1972 年 10 月动工修建，1975 年 10 月建成投入运行，水库最初的设计以农田灌溉为主要目的，兼顾城镇居民饮用水供给和防洪。1979 年特区成立后，水库以调节生活用水和防洪为主，多年平均供应生活用水超过 1 000 万 m^3 ，2005 年的全年供水量已超过 2 000 万 m^3 。该水库在珠海供水系统中起着特殊的作用，在完成供水任务的同时，枯水期高水位蓄水还起着调咸的作用。作为中型水库，大镜山水库集水面积偏小，自产水量难以满足日益增长的供水要求，长期从附近的前山河等其他流域抽水入库。所抽调的河流中氮、磷等营养物质的浓度较高，抽水入库在增加供水量的同时也加剧了水库水质的退化。以抽水为主要来水的水库又称为抽水水库，是一类特殊的水库类型，这类水库主要分布在沿海地区，在水质监测和水质管理方面有自身的特点。大镜山水库是广东省最为典型的抽水型供水水库，在抽水型水库水质管理上具有代表性。系统深入地开展大镜山水库的水质管理研究，在珠海供水安全保障中具有重要的示范意义，也为广东省其他类似水库的管理提供借鉴。

大镜山水库是水利部认定的国家水利工程二级管理单位，水质管理是大镜山水库管理工作的中心之一。水库管理处积极落实市水务局狠抓水质管理、保障供水安全的要求，积极从工程水利向资源水利的职能转变。2003 年以来，水库管理处对水库水资源保护区实行全封闭管理，杜绝了人为因素直接造成的水源污染。在水质监测与管理方面，积极配合广东省水利厅组织的全省水库富营养化与蓝藻调查工作，全面开展水库水质的清查与摸底工作，同时与暨南大学水生生物国家重点学科合作建立了联合实验室，为了解和掌握水库水质现状与发展趋势积累了很好的基础和工作条件。

大镜山水库水环境的保护得到珠海市政府和广东省水利厅等的高度关注。1999 年，广东省水利厅将大镜山水库列为全省水库富营养化调查的重点水库之一，2003 年又将大镜山水库列为全省水库蓝藻普查项目的调查对象。珠海市水务局对大镜山水质管理十分重视，多次组织来自国内的权威专家对水库水质改善方案进行论证，大镜山水库水质改善生物措施方案已经得到珠海市政府批准，目前正处在执行实施阶段。这些工作有力地推动了大镜山水库水质监测和管理工作的深入开展，水质管理已成为水库管理处的日常工作。1999 年以来，在大镜山水库管理处的支持和配合下，暨南大学

水库学科组对水库的水环境与水质改善技术方面进行了大量的基础调查和实验研究，获得了大镜山水库水环境和水质方面的数据和资料。本书以已完成的调查工作为基础，整理出论文 20 篇，从水库水质监测、水库底泥沉积物、浮游植物、环境容量和水质管理等方面，对大镜山水库环境、生态和水质管理进行了全面的总结。部分工作已经发表或投稿，这次也重新编辑后收入本书。在数据采集、监测分析和文集编写出版等方面得到珠海市水务局、大镜山水库管理处和暨南大学水生生物研究所相关技术人员的热情协作和支持，在此向他们表示衷心感谢。

韩博平 冯远船 刘正文

目 录

大镜山水库生态环境概况	冯远船 谭柏贤 郑旭明	(1)
大镜山水库氮磷营养盐季节变化及其与水质的关系	顾继光 程远 李秋华	(9)
大镜山水库浮游植物生物多样性的初步分析	胡韧 林少君 游江涛	(17)
大镜山水库春季浮游植物群落的结构与动态	李秋华 欧阳昊 韩博平	(27)
大镜山水库浮游植物群落动态特征的 CCA 分析	李秋华 陈绵润 韩博平	(36)
大镜山水库蓝藻种群分布与动态特征	雷腊梅 林炯 韩博平	(46)
大镜山水库浮游硅藻的组成与动态	韩博平 韩志国 贺立静	(54)
2000 年以来大镜山水库浮游植物群落的演变	林秋奇 陈丽芬 董丽华	(63)
大镜山水库细菌生理群的分布与动态	高坤乾 刘威 顾继光	(74)
大镜山水库两株优势异养细菌生长的实验研究	高坤乾 何国全 顾继光	(84)
大镜山水库与梅溪水库春季细菌生理群分布的比较	高坤乾 顾继光 韩博平	(93)
大镜山水库沉积物中无机磷的分布	林彰文 顾继光 韩博平	(103)
大镜山水库底泥及底泥中氮磷蓄积量的估算	林彰文 尹涛 谭镇 韩博平	(111)
大镜山水库底泥磷释放特征与通量计算	尹涛 郑旭明 韩博平	(120)
水位变化对大镜山水库水环境变化的指示	李秋华 周新梅 邓熙	(129)
大镜山水库水环境容量初步分析	李秋华 谭柏贤 冯远船	(137)
基于水质改善的大镜山水库渔业养殖调控方案	刘正文 张修峰 钟萍 谢贻发	(145)
大镜山水库水质模型的建立与初步分析	吴昊 周储伟	(154)
大镜山水库水质评估与管理对策	赵适剑 冯远船 韩博平	(163)
大镜山水库浮游植物名录及部分藻类图谱	胡韧 雷腊梅 李秋华	(172)

大镜山水库生态环境概况

冯远船 谭柏贤 郑旭明

(珠海大镜山水库管理处, 珠海 519000)

摘 要: 大镜山水库是一座位于珠海市区的中型水库, 建于 1972 年, 1975 年投入使用。水库集水面积 5.85 km^2 , 正常水位为 20.42 m , 相应库容为 $1\,053 \text{ m}^3$, 目前以供水和防洪为主要功能。在大镜山水库集雨面积区域附近先后修建了梅溪水库、正坑水库、坑尾水库和凤凰山水库。其中凤凰山、正坑、坑尾 3 个水库通过输水隧洞与大镜山水库连通; 梅溪水库溢洪道尾与大镜山水库库尾相接, 形成“五库”连通、统一调配的供水系统, 大镜山水库是该供水系统的调度控制中心。在枯水期调水入库, 水库高水位运行, 起着供水和调咸的双重作用。营养盐负荷主要由所抽调的入库河水带入, 水库中底泥中沉积物中氮、磷等含量较高, 已成为二次污染源。富营养化是目前大镜山水库水质退化的主要原因, 为了解和掌握水库水质动态, 2000 年以来, 开展了多个专项调查和研究课题。在这些专项调查的基础上, 提出了大镜山水库水质改善方案, 该方案得到市政府和水务局的批准, 目前正处于实施阶段。

关键词: 大镜山水库; 水质; 环境管理; 供水

1 水库供水在珠海经济和社会发展中的重要性

珠海市地处珠江三角洲的南部, 为我国最早的改革开放城市, 先后被国家、省有关部门授予“双拥模范城”、“卫生城市”、“全国精神文明建设十佳城市”、“中国旅游胜地四十佳城市”等称号。珠海所在地区属亚热带季风气候, 海洋对该区域的气候影响和调节十分明显。多年平均降水量为 $2\,011 \text{ mm}$, 主要集中在 5~9 月, 多年平均蒸发量 $1\,469 \text{ mm}$ 。从水量来看, 本地水资源 20.61 亿 m^3 。珠海地处近海平原, 河流短小, 缺乏建造大型蓄水工程的自然条件, 水资源的利用率低; 同时由于降水集中于丰水期, 枯水期的降水与过境客水同步减少, 磨刀门、鸡啼门、虎跳门受咸潮影响十分明显。由于特殊的地理环境, 珠海市是一个工程性和水质性缺水城市, 水资源利用和水环境质量一直面临着突出的问题。水资源利用与管理关系到全市的供水安全, 是影响珠海经济与社会可持续发展的一个关键因素。

珠海市下设香洲区、斗门区和金湾区, 市人民政府驻香洲区。截至 2001 年底, 全市常住人口为 125 万人, 其中户籍人口为 76 万人。改革开放以来, 珠海市经济快速发展, 用水量发生了很大的变化, 城市供水量持续增加。目前全市的供水量为 5.49 亿 m^3 , 与 1997 年相比, 城镇的生活用水量增加了 2 200 多万 m^3 。珠海城市供水的指

导思想是“以江水为主，水库水为辅，江库相通”，通过水库向供水单元供水。珠海市现有各类水库 133 座，其中型水库 3 座，小型水库 55 座，总蓄水量 1.2 亿 m^3 。目前，珠海日需淡水 50 万 m^3 ，加上向澳门的供水量，接近 70 万 m^3 。通过现有水库的供水在汛期可基本满足全市和澳门的供水需求，但在枯水期受咸潮的影响，供水存在一定的困难。珠海的供水设施体系包括：5 座水厂，总供水能力 72 万 $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ；5 座水源泵站，总取水能力 195 万 $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ，广昌泵站是珠海最大的泵站。市区内有 7 个水库，分别是凤凰山水库、大镜山水库、南屏水库、银坑水库、竹仙洞水库、蛇地坑水库和梅溪水库，其中银坑水库、竹仙洞水库和蛇地坑水库主要向澳门供水。大镜山水库和凤凰山水库为中型水库，总库容均在 1 000 万 m^3 左右，南屏水库的容量接近 500 万 m^3 ，其余 4 个水库的容量为 100 万 m^3 左右，总有效库容为 2 500 万 m^3 （有关资料详见珠海市水资源规划材料）。由于所抽调的江水首先入库再由水厂处理向市区供水，水库在珠海的供水系统中具有蓄水和调咸的双重作用，是珠海供水系统中的关键环节，水库水环境质量对于珠海供水安全起着举足轻重的作用。

2 大镜山水库基本情况

大镜山水库是根据 1972 年 8 月 10 日广东省水利电力局给省计委的（72）粤水电水字第 060 号文《关于兴建珠海县大镜山水库的报告》同意兴建的（大镜山水库工程管理资料汇编，2004）。水库位于珠海市香洲区西北凤凰山南麓，距市区约 500 m，于 1972 年 10 月动工，1975 年 10 月建成投入运行。大镜山水库大坝坝顶高程为 23.70 m，防浪墙顶高程为 24.51 m，坝顶长 302 m，坝底宽 102.50 m，最大坝高 17.20 m；死水位位于 9.17 m，相应库容为 40 万 m^3 ，有效库容为 744 万 m^3 ，防洪库容为 231 万 m^3 ；正常水位为 20.42 m，相应库容为 1 053 m^3 ；百年一遇设计洪水位 20.88 m，相应库容为 1 128 万 m^3 ；两千年一遇校核洪水水位为 21.33 m，相应库容为 1 210 m^3 。

水库最初的设计灌溉前山、香洲一带受旱农田 576 hm^2 ，根治洪患 66.67 hm^2 ，解除大咸潮威胁 33.33 hm^2 ，发电装机容量 80 kW，并解决城镇居民饮用水和兼顾防洪。水库兴建后，库区内淹没耕地 330 hm^2 ，兴建时迁移大镜山村民 43 户，人口 188 人。1977 年后水库供水任务增加，水库功能发生转变。为扩大对澳门供水量，大镜山水库对澳门供水工程于 1977 年 7 月始动工，主要工程项目有明渠 9.2 km、封闭压力管 2.5 km 和拱北夏湾加压站（5 880 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ）。1979 年 11 月正式向澳门供水，原大镜山水库管理处改名为对澳扩大供水管理处。水库每年向澳门供水 500 万 m^3 ，供水收入用于珠海市铺设供水管道等工程建设，为珠海市城市供水发展打下良好基础。1981 年以大镜山水库为基础，由香洲水厂、竹仙洞水库等两个单位组成珠海自来水公司，负责珠海市区的供水任务。

1979 年珠海特区成立后，大镜山水库的职能转向以城市供水为主。目前大镜山水库为珠海市区供水系统最重要的水源之一，同时担负调咸及城市防洪等多种功能，已

完成从原先的以服务农业为主转轨到向上城市供水的轨道上。

大镜山水库集雨面积较小，自产水量远不能满足珠海经济发展的供水要求，因此在大镜山水库集雨面积区域的邻近区域增建了梅溪水库、正坑水库、坑尾水库和凤凰山水库。其中凤凰山、正坑、坑尾等3个水库通过输水隧洞与大镜山水库连通；梅溪水库溢洪道尾与大镜山水库库尾相接。正坑、坑尾和凤凰山等3个水库的径流除通过隧洞有控制地引入大镜山水库外，多余洪水由各自的溢洪道排向下后流入大海；在汛期，梅溪水库溢洪道排泄的洪水可全部进入大镜山水库。以上5个水库，形成了“五库”连通，统一调配的供水系统。在凤凰山流域水源开发利用中，大镜山水库是供水系统的调度控制中心。

大镜山水库连库工程——梅溪水库，于1979年4月动工，1980年2月完成。集水面积为1.74 km²，坝长285 m，坝高13.7 m，正常库容130.5万 m³；设计水位为24.46 m，相应库容为179万 m³，相应的泄流量为每秒12.7 m³；校核水位24.99 m，泄流量为每秒20.7 m³，相应库容200万 m³。连通大镜山水库、正坑水库、坑尾水库和凤凰山水库的输水隧道于1985年建设，1988年建成，隧洞为马蹄形，断面尺寸宽高为2 m×2.32 m，洞底高程为14 m，最大过水量每秒为15 m³。隧道长2 598.5 m，其中大镜山水库至正坑水库的长度为1 184.6 m，正坑水库至坑尾水库的长度为574.3 m，坑尾至凤凰山水库的长度为839.6 m，其间还有连接明渠105 m。大镜山水库流域特征、水文特征和水库特征详见表1。有关资料详见大镜山水库工程管理资料汇编（2004）。

表 1 大镜山水库工程特征

Tab. 1 Engineering parameters of Dajingshan Reservoir

项目名称	单位	数量	项目名称	单位	数量
一、流域特征			设计库容	万 m ³	1 128
大镜山水库集雨面积	km ²	5.95	正常蓄水位	m	20.42
主河道长度	km	3.75	正常库容	万 m ³	1 053
河道比降	%	4.27	兴利库容	万 m ³	1 013
多年平均输沙量	t	100	死水位	m	9.17
凤凰山水库集雨面积 (凤凰山 + 正坑 + 坑尾)	km ²	11.75	死库容	万 m ³	40
梅溪水库集雨面积	km ²	1.74	起调水位 (汛限水位)	m	20.42
二、水文特征			四、调节性能		
多年平均降水量	mm	1 991	设计洪水保证率	%	95
多年平均径流深	mm	1 080	年调节水量	万 m ³	4 901.5
三、水库特征			年可供水量	万 m ³	4 287
校核洪水位	m	21.33	年调减水量	万 m ³	7 356.4

(续表)

项目名称	单位	数量	项目名称	单位	数量
总库容	万 m ³	1 210	年过境水量	万 m ³	3 176.7
设计洪水位	m	20.88	常备事故库容	万 m ³	217
			设计洪峰流量	m ³ · s ⁻¹	190.04 (P = 1%)
			校核洪峰流量	m ³ · s ⁻¹	268.99 (P = 0.05%)
			设计洪水总量(3 天)	万 m ³	382.5 (P = 1%)
			校核洪水总量(3 天)	万 m ³	624.56 (P = 0.05%)

3 流域环境与水土流失

在大镜山水库附近增建梅溪水库、正坑水库、坑尾水库和凤凰山水库后,所形成的以大镜山水库为核心的“水库群”总集雨面积为 19.44 km²,其中大镜山水库为 5.95 km²、凤凰山水库为 9.3 km²、坑尾水库为 1.25 km²、正坑水库为 1.20 km²、梅溪水库为 1.74 km²。

该流域土壤为花岗岩风化物上发育的赤红壤,花岗岩主要矿物为长石、石英和黑云母。由于黑云母含量较高,矿物多呈中粗粒晶体,岩性脆,节理发育,抗风化能力差,在湿热气候条件下,发育成厚层红色风化壳,水土保持能力差,植被一旦破坏,土壤理化性状迅速恶化,容易出现滑塌、崩岗。在植被形成后,物质循环快,土壤有机质分布浅。珠海市地带性植被为亚热带常绿季雨林和常绿阔叶林,由于长期受人类活动的影响,原生植被基本消失。1987 年珠海市水利局向市绿化委员会申请专项资金,对库区进行了大规模造林绿化,经过多年的努力,大部分光山秃岭已绿化。由于库区土壤比较贫瘠,为了尽快达到绿化的目的,当时主要选用速生树种,经过几年的生长后,部分种植的树木开始出现衰退。1993 ~ 1998 年,在水库集雨区东部和北部地区进行了残林更新。目前库区植被中的东部和北部乔灌恢复情况较好,西部以草灌为主。主要种类有大叶相思、台湾相思、马尾松、马尖相思、肯氏相思、桃金娘、岗松、野牡丹、羊角扭、薜荔、山石莲、紫背叶藤、芒萁、蒲草、黑莎草、山菅兰等。目前,集雨区内植被的覆盖率为 95%,长期的绿化工程和森林管理对水库水源的保护起到了决定性的作用。

水库集雨区内主要为赤红壤,具备了发生崩岗、滑塌的物质条件,这也是大镜山水库水土流失的主要因素。根据水土流失的成因、流失特点和治理的难易程度,大镜山水库库区水土流失分为崩岗侵蚀、滑塌和沟蚀、人为侵蚀 3 种类型。实地调查发现,大镜山水库集雨区内有 19 处比较大的崩岗、15 处滑塌和切沟、7 处人为侵蚀需要治理。其中崩岗多分布于西北部库尾一带(如老鼠仔崩岗),北部和东北部也有零星小崩岗;滑塌和切沟零星分布在库区西部、西北部和北部;人为侵蚀分布在西部一线。

2003 年,大镜山水库管理处委托广东省水利水电科学研究院,对大镜山水库水土流失治理工作进行了方案设计。根据设计报告(2003),库区水土流失以库尾区的崩岗最为严重,面积约 15.4 hm^2 (不包括老鼠仔崩岗),每年土壤流失量约为 1.75 万 t ;其次是各处零星分布的崩岗、切沟和滑塌,各点的面积从 30 m^2 到 $1\,000 \text{ m}^2$ 不等,合计约 3.3 hm^2 ,年土壤流失量约为 0.37 万 t ;供电部门新建铁塔形成的扰动区面积约 0.39 hm^2 ,年土壤流失量约为 0.02 万 t ,年流失量合计 2.14 万 t 。流失泥沙极易进入水库,造成水库淤积,严重者影响水库水质,对珠海市供水造成危害。大镜山水库集雨区水土流失治理的目标是,通过实施水土保持工程措施与植物措施,提高集雨区植被覆盖度,减少库区水土流失,防止水库淤积,增强土壤的水分涵养能力;绿化美化环境,保护水库水质。强调水土保持工程措施与生物措施相结合,以工程促林草、以林草护工程,疏导消能、固沙防冲,灌草先行、乔灌草结合,加速覆盖地表,削弱外营力和固定崩塌物质,防治土壤二次侵蚀。在治理过程中突出重点,充分利用植被自然恢复能力。针对库区的立地条件较为恶劣,通过工程措施及管理措施改善植物生长的水热条件,达到整治效果。根据库区水土流失特征,将库区崩岗分为三个治理区,措施布局上各有侧重。

水库消涨带区也是水库水土流失的重要来源,20 世纪 80 年代末,由广州地理所在库区中试种李氏禾,2005 年在水库消涨带试种面积 $5\,000 \text{ m}^2$,占全库消涨带面积的 10%,但存活率不高,约为 50%。

4 水环境特征

大镜山水库是珠海供水系统中的关键水源地,水质管理工作受到各方面的重视,珠海市环保局和广东省水环境中心对水质进行定期的监测。2000 年,在广东省水利厅的组织下,对大镜山水库先后开展 3 次全年调查,对大镜山水库水质和富营养化现状有了基本的认识(韩博平等,2003;赵孟绪等,2003)。根据该年的调查,大镜山水库处于中营养水平,夏季总磷浓度较高,水体分层期间,水库底部缺氧。全年水体电导率偏高(李秋华等,2005),是广东省大中型水库平均值的 10 倍,下层电导率高达 $420 \mu\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$,远高于表层,而且受咸潮影响较为突出(图 1)。大镜山水库丰枯两期 COD 值分别为 $3.30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 与 $3.22 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,有机污染亦比较严重。但全年的透明度在 1.5 m 以上,叶绿素 a 浓度为 $5.86 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$,刚超过 $4.0 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。大镜山水库丰水期浮游植物丰度为 $0.57 \times 10^6 \text{ cells} \cdot \text{L}^{-1}$,其中蓝藻占 40.8%,绿藻占 32.5%,硅藻占 11.5%。蓝藻优势种为假鱼腥藻,其相对丰度为 27.3%;枯水期浮游植物丰度为 $2.06 \times 10^6 \text{ cells} \cdot \text{L}^{-1}$,其中蓝藻占 85.0%,绿藻占 1.9%,硅藻占 16.9%。在丰水期,甲藻丰度较高,丰枯两期均有喜清水的金藻出现,说明在无河流调水入库期间,水库水质较好。但蓝藻大量出现并在数量上占优势说明大镜山水库水质有退化趋势。大镜山水库丰水期轮虫以臂尾轮虫和无柄轮虫为优势种,枯水期则以龟甲轮虫、臂尾轮虫

和异尾轮虫为优势种，这些优势种类通常被认为是富营养化的指标种类（表2）。

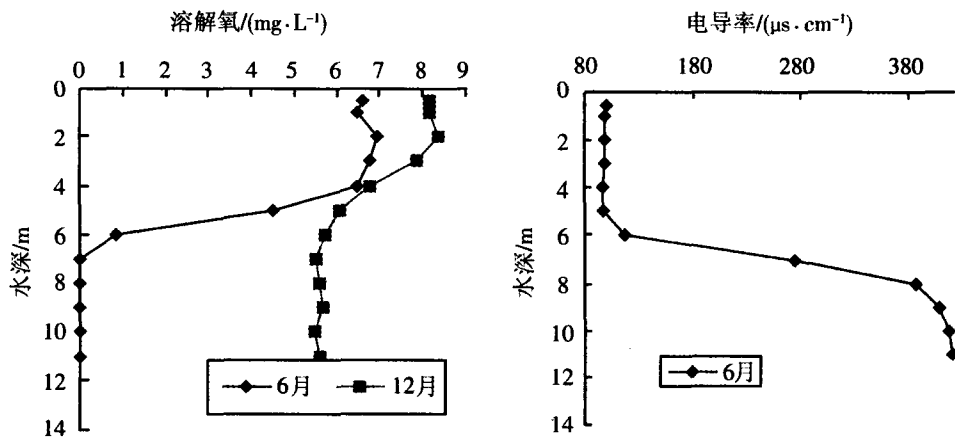


图1 大镜山水库2000年坝前的溶解氧与电导率的垂直分布
Fig. 1 Vertical profiles of conductivity and dissolved oxygen concentration near the dam of Dajingshan Reservoir in 2000

表2 2000年大镜山水库水质参数与营养指数
Tab. 2 Water quality and trophic status of Dajingshan Reservoir in 2000

水质指标	丰水期	枯水期
Chl a/ (mg · m ⁻³)	-	5.86
NH ₄ -N/ (mg · L ⁻¹)	0.018	0.006
NO ₃ -N/ (mg · L ⁻¹)	0.861	0.758
TN/ (mg · L ⁻¹)	1.202	0.972
PO ₄ -P/ (mg · L ⁻¹)	0.030	0.010
TP/ (mg · L ⁻¹)	0.245	0.017
SD/m	1.5	2.2
TLI	43.73	40.86

2003年广东省水文局组织省水环境监测中心和暨南大学在开展全省水库蓝藻调查，其中对大镜山水库进行3次调查，发现大镜山水库富营养化水平的发展速度较快。2004年夏季出现死鱼现象，尽管数量不大，已在一定程度上说明了富营养化发展在加快，死鱼现象说明水库生态系统已在功能发挥上对水质退化做出了质的响应。大镜山水库管理处向珠海市水务局主管领导作了汇报，委托暨南大学水库项目组对水库进行全方位的以富营养化为核心的调查工作，包括沉积物中的氮磷含量与可能的二次污染

(林彰文等, 2006); 同时, 建立了联合实验室, 加强对水库水质的常规监测, 并于 2005 年开始对水库的浮游植物开展了高频度的采样调查与检测, 获得了大镜山水库管理急需的基础数据, 为今后水质管理和供水安全保障的决策提供重要的资料。

目前, 大镜山水库水环境和水质现状有以下特点: ①水质下降速度过快; ②蓝藻水华发生的风险增加; ③内源污染量增加, 环境承载能力下降, 治理难度加大; ④渔业养殖方面缺乏针对性的基础数据, 如何调整养殖模式达到改善水质的目的还没有形成可利用的方案 (大镜山水库水质安全评估与水质改善措施方案, 2004)。基于以上认识, 珠海市水务局领导将大镜山水库水质改善与水资源保护作为 2005 年水务工作的重点, 组织了相关部门的技术人员, 召开了针对大镜山水库水质专题的水务工作会议, 并形成决议精神: “充分认识水库水体污染对供水的危害, 加快蓝藻水华控制生物措施的实施, 确保水库供水安全”。在方案设计上, 强调在积极控制外源污染入库的基础上, 加强生物措施的长期生态管理和消减已入库污染物的沉积, 提高水质改善的效果。根据这一意见, 暨南大学水库项目组根据水库调水和用水的实际情况, 提出了以生态原理为核心的水质改善方案。该方案以水库生态系统原理为指导, 在供水口处建成由围隔形成的开放水质控制区, 具体实施水质改善的生物措施, 经过合理的运行和护理等管理, 发挥生物措施系统的生态功能, 优化水源区生态系统结构, 对水体产生积极有效的作用, 实现改善水质的目标。

该项目由珠海市水务局上报珠海市政府并获得批准, 2005 年 8 月 18 日, 珠海市水务局组织召开了方案的专家论证会。在专家论证会上, 专家们一致通过了项目方案, 同时提出了不少宝贵意见, 并要求项目组尽快按方案实施。目前大镜山水库水质改善项目已完成了第一阶段的验收工作, 水质改善工作取得了阶段性成果。

5 小结

大镜山水库是珠海市区最重要的供水水源地, 具有供水和调咸的双重功能, 水库水质管理在保障珠海市城市供水安全中起着关键作用。作为一座特殊类型的水库, 大镜山水库自身的集水面积小, 为满足日益增长的供水任务, 需要从江河抽水入库以解决枯水期供水量不足的问题。由于入库河水中的氮磷负荷较高, 入库后在水库底泥中沉积, 成为二次污染源。随着富营养化程度的加剧和水质的退化, 大镜山水库水质管理任务艰巨。珠海市政府和水务局领导对大镜山水库的治理工作高度重视, 水库管理处也积极转变管理职能, 将水库水质管理列为管理的主要工作内容, 积极与科研院校开展合作, 支持科技人员对大镜山水库的环境保护开展专项调查, 为水库水质管理提供了大量的基础资料和数据。在这些工作的基础上, 水库水质改善项目在市政府和水务局的关心下正式启动, 为今后水库水环境治理奠定了良好基础。

参 考 文 献

大镜山水库管理处. 2004. 大镜山水库工程管理资料汇编