

洱海 富营养化 控制技术与应用设计

王圣瑞 储昭升◎编著



科学出版社

洱海富营养化 控制技术与应用设计

王圣瑞 储昭升 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本专著针对洱海水污染与富营养化控制技术难点,围绕水污染与富营养化控制技术及应用设计主线,以问题分析、技术需求及技术应用设计等为重点,从水污染与富营养化控制的角度,按治理历程及技术需求、治理技术及应用设计和管理技术及应用设计三个层面,系统分析了洱海水污染与富营养特征、治理历程、治理技术需求及应用总体设计等内容,从污染源控制、入湖河流治理、湖滨带生态环境特征与生态修复、沉积物氮磷污染控制及生境改善等方面剖析了洱海水污染与富营养化控制技术,并给出了应用设计方案建议;从水生态监测及藻类水华应急处理、流域综合管理及环保产业发展等方面,对洱海及流域管理技术进行了梳理,本研究成果可为洱海富营养化控制提供可选的技术和应用设计方案。

本专著可供从事湖泊治理、环境工程、环境化学、环境管理、城市规划、水利管理等方面工作的研究学者、管理专家及大专院校师生等参考。

图书在版编目(CIP)数据

洱海富营养化控制技术与应用设计/王圣瑞,储昭升编著. —北京:科学出版社,2015. 6

ISBN 978-7-03-044915-3

I. ①洱… II. ①王… ②储… III. ①湖泊-富营养化-污染控制-研究-大理白族自治州 IV. ①X524

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 127024 号

责任编辑:杨 震 刘 冉 刘志巧 / 责任校对:赵桂芬

责任印制:肖 兴 / 封面设计:铭轩堂

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京彩虹伟业印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 6 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2015 年 6 月第一次印刷 印张: 23 1/4

字数: 460 000

定价: 120.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

洱海富营养化控制技术与应用设计

主 编：王圣瑞 储昭升

副 主 编：胡小贞 庞 燕 赵海超

参编人员 （按姓氏汉语拼音排序）：

曹 特	池艳峰	储昭升	刁晓君	杜劲冬
高 勐	高思佳	过龙根	胡小贞	焦立新
刘景洋	倪乐意	倪兆奎	庞 燕	乔 琦
王圣瑞	叶碧碧	张 莉	张晴波	张霄林
赵海超				

统 稿：王圣瑞 储昭升

主 审：金相灿

前 言

洱海是云南省第二大高原淡水湖,属澜沧江水系,流域面积 2565km^2 ,湖面面积 252.91km^2 ,湖容量 27.94 亿 m^3 ,平均水深 10.6m。洱海是大理市的主要饮用水源地,也是苍山洱海国家级自然保护区和国家级风景名胜区的核心区域,具有调节气候、提供生产生活用水及维持生物多样性等多种功能,堪称大理人民的“母亲湖”,不仅是大理人民赖以生存和发展的基础,也是滇西中心城市发展的重要淡水资源,更是国家西南桥头堡和西部大开发战略的重要支撑。

自 1992 年有连续监测数据以来,洱海水质总体呈下降趋势,其中 1996 年、2003 年与 2013 年暴发了 3 次较为严重的蓝藻水华。特别是 2013 年,在总体水质Ⅲ类情况下,再次暴发微囊藻水华,面积超过全湖的 50%,平均叶绿素 a 高达 $38.6\text{mg}/\text{m}^3$,局部区域藻类堆积,水质下降到地表水Ⅳ类,甚至Ⅴ类。持续的水质下降和多次藻类水华给洱海保护敲响了警钟,必须重新认识洱海保护问题。

洱海保护起步较早,自 1973 年全国第一次环境保护大会以来,经历了水污染防治、保护与治理及生态文明建设三个阶段,科技引领和支撑了洱海保护与治理的各个阶段。洱海水污染治理首先从湖泊开始,以水质监测和点源控制为重点,逐步扩大到对内源、点源及面源的控制和治理。随着流域经济社会的快速发展,洱海保护压力凸显,特别是流域发展模式与洱海保护间的矛盾日益严峻。如何在经济社会大发展背景下,持续改善洱海水质,并逐步修复其退化湖泊生态系统就成了保护洱海必须考虑的重大问题。本专著正是针对洱海富营养化需要解决的治理与管理技术难点进行研究,其目的是有针对性地选择和应用适合洱海的富营养化治理与管理技术,从水污染与富营养化控制的角度,以技术需求、技术分析和设计应用等为重点,按治理历程及技术需求、治理技术及应用设计与管理技术及应用设计三个层面,从污染源控制、入湖河流治理与生态修复、湖滨带生态环境特征与生态修复、沉积物氮磷污染控制与湖泊生境改善等方面剖析了洱海水污染与富营养化控制技术,并给出了应用设计方案建议;从水生态监测与藻类水华应急处理、流域综合管理与环保产业发展等方面,对洱海及流域管理技术进行了系统梳理,并给出了管理方案建议。

本专著是国家水专项湖泊主题洱海项目“十一五”课题 5“湖泊水生态内负荷研究及湖泊水生态、内负荷变化研究与防退化技术及工程示范”与“十二五”课题 4“洱海湖泊生境改善关键技术与工程示范(2012ZX07105-004)”部分成果总结,其共为三篇 13 章。其中第一篇洱海富营养化治理历程及技术需求,包括 3 章,其中

第1章洱海富营养化治理历程与面临的压力由王圣瑞、储昭升、刁晓君编写;第2章洱海富营养化治理转变与取得的成效由王圣瑞、赵海超、倪兆奎编写;第3章洱海富营养化治理技术需求及总体设计由王圣瑞、储昭升、胡小贞与庞燕编写。第二篇洱海富营养化治理技术及应用设计,包括6章,其中第4章洱海流域污染源系统控制由王圣瑞、杜劲冬与刁晓君编写;第5章洱海入湖河流污染治理与生态修复由杜劲冬、池艳峰、高勐与王圣瑞编写,第6章洱海湖滨带生态环境特征与生态修复由储昭升、叶碧碧、高思佳与庞燕编写,第7章洱海沉积物氮磷污染及控制分区由赵海超、王圣瑞、焦立新、张霄林与张莉编写,第8章洱海沉积物氮磷污染控制由赵海超、王圣瑞、焦立新与张霄林编写,第9章洱海主要生境问题与生境改善由王圣瑞、张晴波、张霄林、杜劲冬、曹特与过龙根编写。第三篇洱海流域管理技术及应用设计,包括4章,其中第10章洱海水生态监测与藻类水华应急处理处置由王圣瑞、赵海超、杜劲冬、庞燕与曹特编写;第11章洱海及流域综合管理由庞燕、储昭升与王圣瑞编写;第12章洱海流域环保产业发展及应用设计由乔琦和刘景洋编写;第13章洱海保护与富营养化治理应关注的几个重点问题由王圣瑞与储昭升编写。王圣瑞负责书稿总体设计,王圣瑞、储昭升、胡小贞和庞燕等负责书稿校对,金相灿研究员主审。

本专著的出版得到国家水专项课题“洱海湖泊生境改善关键技术与工程示范(2012ZX07105-004)”资助,还得到了国家水专项办公室、云南省水专项办公室、大理州水专项办公室、大理州环境保护局、中国环境科学研究院以及中国科学院水生生物研究所等单位的支持和帮助,田桂平教授级高工在制图方面给予了帮助。在课题研究期间和本专著成稿过程中得到了很多专家学者的指导和帮助。在此特向国家水专项技术总师孟伟院士、中国环境科学研究院金相灿研究员和郑炳辉研究员、中国科学院水生生物研究所谢平研究员、大理州尚俞民副主任、大理州水专项办公室刘滨副主任以及大理州环境监测站赵明站长等专家学者表示诚挚的谢意。

书稿难免存在不足之处,恳请批评指正。

作 者

2015年2月

目 录

前言

第一篇 洱海富营养化治理历程及技术需求

第 1 章 洱海富营养化治理历程与面临的压力	3
1.1 洱海水污染与富营养化治理历程回顾	3
1.1.1 洱海及其流域概况	3
1.1.2 洱海水污染与富营养化治理历程	4
1.2 洱海流域已实施的治理工程及控制措施	7
1.2.1 洱海流域“九五”期间治理工程	7
1.2.2 洱海流域“十五”期间治理工程	8
1.2.3 洱海流域“十一五”期间治理工程	9
1.2.4 洱海流域“十二五”期间治理工程	10
1.2.5 洱海水污染与富营养化控制措施	12
1.3 洱海水污染与富营养化治理存在的不足与面临的压力	15
1.3.1 不同类型湖泊治理思路与经验	15
1.3.2 洱海水污染与富营养化治理存在的不足	18
1.3.3 洱海水污染与富营养化治理面临的压力和挑战	19
1.4 本章小结	24
第 2 章 洱海富营养化治理转变与取得的成效	25
2.1 洱海水污染与富营养化治理的转变	25
2.1.1 从局部治理向全流域保护转变	25
2.1.2 从单纯的污染治理向保护与治理并重转变	26
2.1.3 从水污染防治阶段向生态文明建设阶段转变	26
2.1.4 从政府主管向政府主导全社会参与转变	27
2.1.5 从政府出资到全社会多方筹资转变	28
2.2 洱海水污染与富营养化治理经验及取得的成效	28
2.2.1 洱海水污染与富营养化治理经验	29
2.2.2 洱海水污染与富营养化治理取得的成效	33
2.3 本章小结	34

第3章 洱海富营养化治理技术需求及总体设计	35
3.1 洱海水污染与富营养化成因及特征	35
3.1.1 洱海入湖污染负荷及湖滨湿地特征	35
3.1.2 洱海水污染与富营养化特征	38
3.1.3 洱海水质下降与水生态退化原因	41
3.2 洱海水污染与富营养化治理要点及技术需求	43
3.2.1 洱海水污染与富营养化治理需要解决的重点问题	43
3.2.2 洱海水污染与富营养化治理要点	44
3.2.3 洱海水污染与富营养化治理技术需求	46
3.3 洱海水污染与富营养化治理总体设计	47
3.3.1 洱海水污染与富营养化特征及其治理定位	47
3.3.2 洱海保护与治理规划	48
3.3.3 洱海水污染与富营养化治理思路	50
3.3.4 洱海水污染与富营养化治理技术路线	52
3.4 本章小结	53

第二篇 洱海富营养化治理技术及应用设计

第4章 洱海流域污染源系统控制	57
4.1 洱海流域污染源状况及控制难点	57
4.1.1 洱海流域生态敏感性分析	57
4.1.2 洱海流域主要污染源概况	59
4.1.3 洱海流域污染源特征及控制难点	63
4.2 湖泊污染源控制技术	65
4.2.1 湖泊点源污染控制技术	65
4.2.2 湖泊面源污染控制技术	70
4.3 洱海流域污染源控制技术及其适用性	77
4.3.1 洱海流域污染源控制技术比选的原则	77
4.3.2 洱海流域污染源控制技术比选的思路	80
4.3.3 洱海流域点源污染控制技术比选	81
4.3.4 洱海流域面源污染控制技术比选	85
4.3.5 洱海流域已应用的污染源控制技术	86
4.4 洱海流域污染源系统控制方案设计	91
4.4.1 洱海流域污染源系统控制总体设计思路	91
4.4.2 洱海流域“两污”控制方案	91
4.4.3 洱海流域农田面源污染控制方案	93

4.4.4	洱海流域畜禽养殖污染控制方案	94
4.4.5	洱海流域水土流失防治与生态修复工程方案	94
4.4.6	洱海流域旅游污染控制措施	95
4.4.7	洱海流域工业废水处理与污染控制措施	96
4.5	本章小结	96
第5章	洱海入湖河流污染治理与生态修复	98
5.1	洱海入湖河流生态环境概况	98
5.1.1	洱海入湖河流概况	98
5.1.2	洱海入湖河流环境状况	99
5.1.3	洱海入湖河流生态状况	102
5.1.4	洱海入湖河流水质状况	107
5.2	洱海入湖河流问题诊断	109
5.2.1	洱海入湖河流污染特征	109
5.2.2	洱海入湖河流主要环境问题	111
5.3	入湖河流污染治理与生态修复技术	113
5.3.1	河道外源污染阻截技术	113
5.3.2	低污染水净化技术	115
5.3.3	护岸生态修复技术	116
5.3.4	生态河床构建技术	119
5.4	洱海已实施的入湖河流污染控制与生态修复工程	121
5.4.1	永安江水环境综合整治工程	122
5.4.2	弥苴河水环境综合整治工程	124
5.4.3	大理苍山灵泉溪生态环境保护清水入湖工程	126
5.5	洱海入湖河流污染治理与生态修复方案设计	129
5.5.1	洱海入湖河流污染治理与生态修复思路及目标	129
5.5.2	清水产流区修复	131
5.5.3	污染源控制	132
5.5.4	低污染水净化	132
5.5.5	河流生态修复	134
5.5.6	湖泊湿地修复	135
5.6	本章小结	138
第6章	洱海湖滨带生态环境特征与生态修复	139
6.1	洱海湖滨带地形地貌及水质特征	139
6.1.1	洱海湖滨带地形地貌	139
6.1.2	洱海湖滨带水质	141

6.1.3	洱海湖滨带底质特征	145
6.2	洱海湖滨带水生植被分布及特征	148
6.2.1	洱海湖滨带植被群落类型及分布	148
6.2.2	洱海湖滨带水生植被特征	150
6.3	洱海湖滨带主要环境问题及人类活动影响	155
6.3.1	洱海湖滨带主要环境问题	155
6.3.2	洱海湖滨带人类活动影响	156
6.4	洱海湖滨带生态修复方案设计	157
6.4.1	洱海湖滨带生态恢复工作回顾	157
6.4.2	洱海湖滨带生态修复与缓冲带建设新思路	160
6.5	本章小结	163
第7章	洱海沉积物氮磷污染及控制分区	164
7.1	洱海沉积物污染分层及氮磷含量	164
7.1.1	洱海沉积物污染分层及沉积特征	164
7.1.2	洱海沉积物氮磷含量及分布特征	169
7.2	洱海沉积物氮磷污染特征与控制分区	173
7.2.1	洱海沉积物氮磷污染特征	173
7.2.2	洱海沉积物氮磷释放及负荷贡献	176
7.2.3	洱海沉积物氮磷污染控制分区	179
7.3	本章小结	183
第8章	洱海沉积物氮磷污染控制	184
8.1	沉积物污染控制技术	184
8.1.1	自然恢复技术	185
8.1.2	引水冲刷技术	187
8.1.3	环保疏浚技术	187
8.1.4	水体深层曝气技术	188
8.1.5	覆盖技术	189
8.1.6	原位钝化技术	190
8.1.7	化学氧化技术	191
8.1.8	生物修复技术	192
8.1.9	电化学修复技术	197
8.1.10	基于改性土壤的湖泊综合修复技术	199
8.2	沉积物污染控制技术比选及流程	200
8.2.1	沉积物污染控制技术比选	200
8.2.2	沉积物污染控制流程	203

8.3 洱海沉积物氮磷污染控制方案设计	204
8.3.1 洱海沉积物氮磷污染控制总体思路	204
8.3.2 洱海沉积物氮磷污染控制技术方案	205
8.3.3 洱海沉积物氮磷污染控制效益分析	216
8.4 本章小结	217
第9章 洱海主要生境问题与生境改善	219
9.1 洱海主要生境问题及特征	219
9.1.1 洱海生境与水生态特征	219
9.1.2 洱海生境空间特征	221
9.1.3 洱海生境空间分区	221
9.1.4 洱海主要生境问题	224
9.2 洱海生境改善技术需求及技术集成	227
9.2.1 湖泊生境改善技术	227
9.2.2 洱海生境改善技术需求	235
9.2.3 洱海生境改善技术集成	236
9.3 洱海生境改善技术集成设计及应用方案	239
9.3.1 洱海生境改善要点	240
9.3.2 洱海生境改善技术集成应用总体设计	242
9.3.3 洱海水生植被修复技术集成及设计方案	244
9.3.4 基于藻类水华控制的洱海生态渔业技术集成及设计方案	250
9.4 本章小结	254

第三篇 洱海流域管理技术及应用设计

第10章 洱海水生态监测与藻类水华应急处理处置	257
10.1 洱海水生态状况及其管理理念转变	257
10.1.1 洱海水生态特点	257
10.1.2 洱海应由水质管理向水生态综合管理转变	258
10.2 洱海水生态监测	259
10.2.1 湖泊水生态监测的必要性	259
10.2.2 湖泊水生态监测内容及关键技术	260
10.2.3 洱海水生态监测初步方案设想	261
10.3 洱海藻类水华应急处理处置方案设计	263
10.3.1 洱海蓝藻时空分布与水华易发区	264
10.3.2 国内外蓝藻水华应急处理与处置技术	264
10.3.3 洱海藻类水华应急处理处置方案设计	270

10.3.4 洱海藻类水华应急处理处置建议	275
10.4 本章小结	276
第 11 章 洱海及流域综合管理	278
11.1 洱海及流域管理存在的主要问题	278
11.1.1 洱海及其流域管理现状	278
11.1.2 洱海及其流域管理存在的主要问题	282
11.2 洱海及其流域综合管理目标与策略	285
11.2.1 洱海管理理念的转变	285
11.2.2 洱海及流域综合管理目标	286
11.2.3 洱海及流域综合管理策略	286
11.2.4 洱海及流域综合管理技术	286
11.3 洱海及流域综合管理方案设计	288
11.3.1 洱海污染源管理方案	288
11.3.2 洱海湖滨缓冲区及湖滨带管理	292
11.3.3 洱海水生态管理方案	296
11.3.4 洱海应急管理方案	296
11.4 本章小结	304
第 12 章 洱海流域环保产业发展及应用设计	305
12.1 环保产业国内外发展现状	305
12.1.1 相关概念及内涵	305
12.1.2 国外动态	307
12.1.3 国内动态	309
12.2 产业发展 SWOT 分析	311
12.2.1 洱海流域环保产业发展现状	311
12.2.2 产业发展优势	311
12.2.3 产业发展劣势	312
12.2.4 产业发展机遇	313
12.2.5 产业发展挑战	314
12.3 洱海流域主导产业发展方案	315
12.3.1 产业发展总体思路	315
12.3.2 水处理产业	317
12.3.3 大气治理产业	319
12.3.4 资源循环利用产业	321
12.3.5 生态修复产业	324
12.3.6 环保服务业	326

12.3.7 产业发展保障措施	329
12.4 本章小结	332
第13章 洱海保护与富营养化治理应关注的几个重点问题	333
13.1 转变发展思路和湖泊管理理念	333
13.1.1 做好顶层设计,构建生态文明体系	333
13.1.2 推动湖泊保护由单纯的水质管理向水生态综合管理转变	335
13.2 优化国土空间格局	336
13.2.1 划定红线,给洱海保留基本的生存空间	336
13.2.2 实施流域分区,进一步加强环境保护力度	336
13.3 创新机制与模式	336
13.3.1 引入市场机制,全面提升洱海保护水平	336
13.3.2 创新湖泊保护模式	337
13.4 加强基础研究与技术看新	338
13.4.1 加强基础研究	338
13.4.2 加强技术研发	338
13.4.3 加强技术集成与综合应用	338
13.5 洱海保护与富营养化治理展望	339
13.5.1 对洱海保护与富营养化治理的认识	339
13.5.2 洱海保护与富营养化治理的基本保障	341
13.6 本章小结	343
主要参考文献	345

第一篇 洱海富营养化治理历程 及技术需求

第 1 章 洱海富营养化治理历程与面临的压力

洱海作为我国城市近郊保护最好的湖泊之一,其经历了从贫营养到中营养的发展阶段(目前处于富营养化初期,水质较好,为Ⅱ~Ⅲ类,但水生态系统退化)。回顾近 40 年来洱海的治理和保护历程,不仅有全国优势科研单位中国环境科学研究院、中国科学院南京地理与湖泊研究所、中国科学院水生生物研究所、上海交通大学以及中交上海航道勘察设计研究院有限公司等单位的不懈努力,也有大理州干部群众为之付出的艰辛。科研单位、管理部门及流域群众三大主体在洱海保护与治理思路、技术方案及工程实践等方面的通力合作与不断创新为洱海保护与治理提供了坚实支撑。经过多年努力,虽然洱海保护和治理取得了一定的成效,水质总体较好,但近年来其水质下降趋势明显,藻类水华暴发风险较大,需时刻高度警惕。为进一步推进洱海保护与治理工作,本章系统总结了不同阶段洱海保护和治理的相关工程、措施及存在的不足与面临的压力等内容,试图为洱海下一步保护和治理提供参考,也为全国其他湖泊保护与治理提供借鉴。

1.1 洱海水污染与富营养化治理历程回顾

1.1.1 洱海及其流域概况

洱海位于中国云南西部的大理白族自治州境内,地处澜沧江、金沙江和元江三大水系分水岭地带,属洱公河水系。流域面积 2565km^2 ,跨一市一县 16 个镇(区),2011 年总人口 88.27 万人,耕地面积 38.38 万亩^①,奶牛 11.32 万头,生产总值 247.64 亿元,财政收入 29.24 亿元。

洱海属典型的内陆断陷盆地,西高东低,沿断裂带断陷聚水形成高原山间湖泊。湖面积在海拔 1966m 时为 252.91km^2 ,湖容量为 27.84 亿 m^3 ,南北长 42.5km,东西宽 3~9km,湖岸线长 128km,最大水深为 21.3m,平均水深为 10.6m。湖盆形态特征为 0.10,湖泊补给系数为 10.6,湖水停留时间为 2.75a(李杰君,2001)。流域属低纬高原亚热带季风气候,干湿分明,多年平均降水量为 1048mm,湖面蒸发量多年平均为 1208.6mm。洱海主要来水为降水和融雪,多年平均入湖量为 8.25 亿 m^3 。天然出湖河流西洱河,经漾濞江至洱公河,人工出湖口

^① 1 亩 $\approx 666.67\text{m}^2$ 。

引洱入宾隧道,引水至宾川,流入金沙江。主要入湖河流北有弥苴河、永安江、罗时江,南有波罗江,西纳苍山十八溪等,洱海 117 条入湖河流及沟渠的入湖水量年均值为 8.17 亿 m^3 。流域北部有茈碧湖、东湖、西湖,分别经弥苴河、罗时江与永安江流入洱海,是洱海的主要水源,入湖水量约占洱海年补给水量的 70%,输入氮、磷约占入洱海总量的 50% 左右。其中,罗时江受污染程度最高,其水质为劣 V 类,对洱海水污染产生了重要影响。洱海东部地区有凤尾箐、玉龙河等数十条大小集水沟渠,湖岸紧临低山丘陵,湖岸发育多为陡岸,沿湖大量的湖滨滩地曾被占用为鱼塘和农田(现已清退),面湖山坡植被发育较差,水土流失较为严重。

1.1.2 洱海水污染与富营养化治理历程

被誉为“高原明珠”的洱海是云南第二大高原湖泊,集城市生活供水、农业灌溉、发电、水产养殖、航运、旅游和调节气候等多种功能于一体,被视为白族及聚居于此其他民族繁衍生息的摇篮,是大理人民的“母亲湖”。因此,洱海水质及其营养状况直接关系到洱海流域的供水安全和生态安全。然而,近年来由于旅游业快速发展,洱海周边人口快速集聚,特别是紧邻湖滨区家庭客栈的无序快速发展,加重了洱海水污染,加速了其富营养化。如何保护洱海一湖清水,保障其生态系统健康安全是流域生态安全和经济社会可持续发展必须解决的重大问题。

洱海水环境质量下降引起了国家和地方政府的高度重视。自 20 世纪 80 年代以来,大理市、大理州及云南省政府围绕洱海保护和治理开展了大量工作,国家层面也不断加大了对洱海治理的政策支持和财政投入;国内外众多科研团队也纷纷投入洱海保护与治理研究。开始阶段的洱海治理,其重点是工业和城镇污染防控,虽然在一定程度上控制了洱海入湖氮磷等污染负荷,但洱海主要的污染源面源并没有得到有效控制。在此背景下,防控农田污染、养殖污染与旅游污染的重要性逐渐被认识。因此,在继续加强城镇和工业污染防控的同时,农业面源污染、临湖村落污染及旅游污染被作为防控重点。在充分发挥工程减排作用的同时,动员全社会参与,优化产业结构,转变发展方式,控制人口规模和合理优化城镇布局等在洱海保护中的重要作用也逐渐被认同。换言之,在工程治污的同时,必须实施流域综合管理与调控,尤其是通过产业结构调整 and 人口及城镇的科学规划布局等进行“结构调整减排”,这样才可能对洱海水污染进行有效防治。

经初步梳理,洱海保护与治理历程大体上可概括为三个阶段,第一阶段为传统的污染治理阶段,第二阶段为治理与保护并重阶段,第三阶段为生态文明建设阶段。

1) 第一阶段:传统的污染治理阶段(2002 年前)

该阶段的主要特点是确定了洱海的保护定位是“像保护眼睛一样保护洱海”,是以控源与监管为主,以水质保护为核心,基本建立了污染源防治体系;明确了洱海处于富营养化初级阶段的营养状态定位,将控制氮磷入湖负荷作为洱海保护的