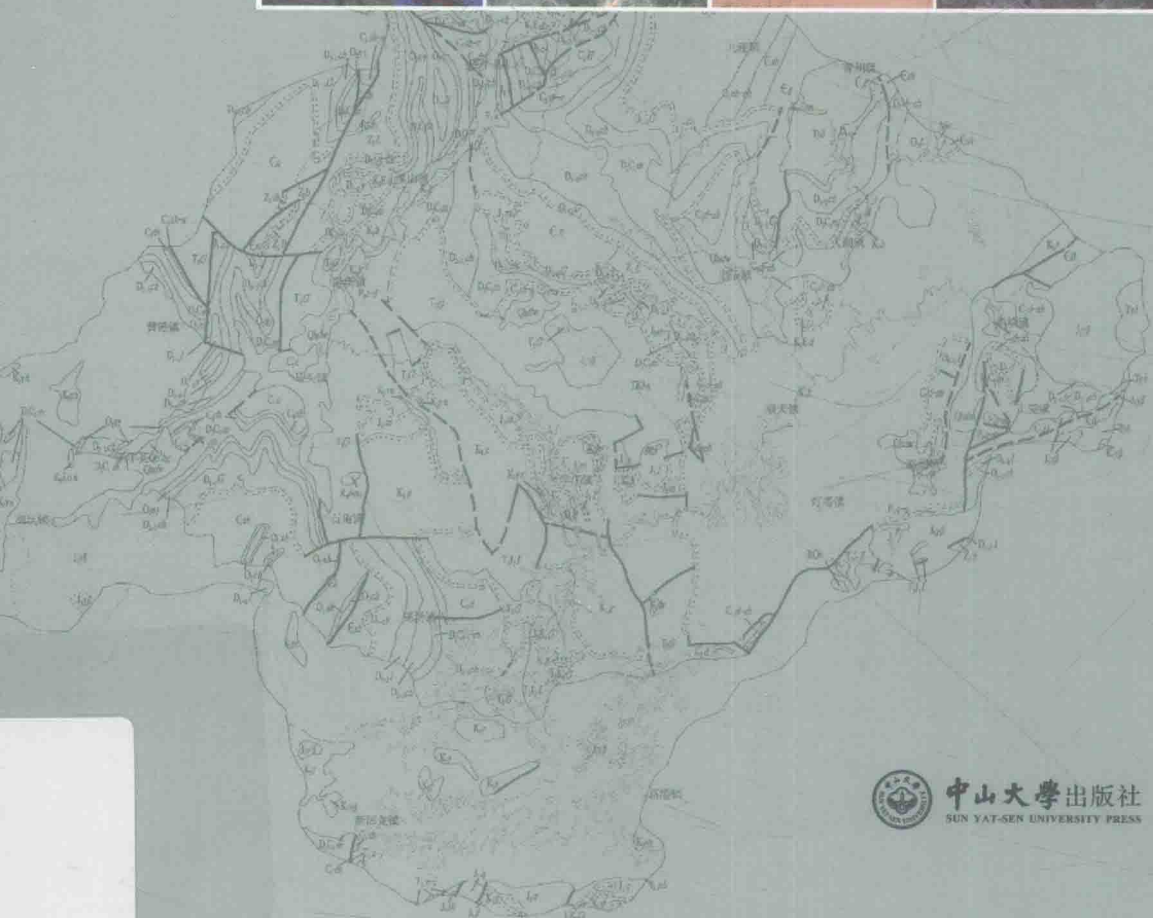


新丰江水库 水质生态保护研究

张虹鸥 温美丽 林建平 周霞 著



中山大学出版社
SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRESS

新丰江水库 水质生态保护研究

张虹鸥 温美丽 林建平 周霞 著



中山大学出版社
SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRESS

· 广州 ·

版权所有 翻印必究

图书在版编目 (CIP) 数据

新丰江水库水质生态保护研究/张虹鸥等著. —广州: 中山大学出版社, 2015. 12
ISBN 978 - 7 - 306 - 05524 - 8

I. ①新… II. ①张… III. ①水库—水质管理—研究—广东省 ②水库—生态环境—环境保护—研究—广东省 IV. ①TV697.1 ②X524

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 276248 号

出版人: 徐 劲

策划编辑: 鲁佳慧

责任编辑: 鲁佳慧

封面设计: 林绵华

责任校对: 杨文泉

责任技编: 黄少伟

出版发行: 中山大学出版社

电 话: 编辑部 020 - 84111996, 84113349, 84111997, 84110779

发行部 020 - 84111998, 84111981, 84111160

地 址: 广州市新港西路 135 号

邮 编: 510275 传 真: 020 - 84036565

网 址: <http://www.zsup.com.cn> E-mail: zdcbs@mail.sysu.edu.cn

印 刷 者: 虎彩印艺股份有限公司

规 格: 850mm × 1168mm 1/16 12.75 印张 350 千字

版次印次: 2015 年 12 月第 1 版 2015 年 12 月第 1 次印刷

定 价: 40.00 元

如发现本书因印装质量影响阅读, 请与出版社发行部联系调换

前 言

饮用水安全是全球性的重大问题。目前,世界上许多国家正面临水资源危机。据有关资料显示,在我国,有近 1/4 的人口饮用不符合卫生标准的水。从广东特定省情来看,由于环境污染、局部和季节性干旱和供需不平衡等问题,饮用水安全保障也面临相当严峻的危机。广东的饮用水主要取自江河,但随着近年来江河水体的污染不断增加,大中型水库目前已成为我省各地区生产和生活的重要水源地。水库的泥沙淤积和水质恶化必将直接影响我省经济社会的可持续发展和人民生活质量的提高。因此,构建良好的水环境保障体系具有重要的社会经济战略意义。

新丰江水库是广东省最重要的水源地之一,除供应河源市本身的用水以外,每年还向下游的惠州、东莞、深圳、广州和香港等城市供应大量的水源,受惠人口达 4 000 万,不仅对广东意义重大,而且对全国也是举足轻重的。新丰江水库还是重要的区域绿地和水资源调配枢纽,对东江流域的水资源调配、东江中下游的用水安全和生态格局安全有十分重要的作用。保护好新丰江水库水质,对确保我省区域生态安全,促进东江中下游城市及深圳、香港等地经济社会可持续发展具有重要的战略意义。

目前新丰江水库水质良好,但随着社会经济的发展,尤其是随着珠三角地区的产业转移,新丰江上游地区人类活动加剧,对水质和水量造成严重威胁。城市化和工业化必然带来污染问题,同时也存在农业和农村面源污染问题、采矿和库区建设工程导致的污染问题等。此外,水库流域的旅游开发、修建公路、开矿、采石及其尾矿物侵占破坏林草植被现象屡禁不止,使森林生态系统涵养水源、保持水土等生态功能降低,水土流失日趋严重,水库泥沙淤积现象比较突出。根据广州地理研究所于 1988 年对新丰江的研究结果,建库前 29 年新丰江淤积泥沙 1.3844×10^8 万 m^3 。近年来一些地区为片面地追求经济利益,随意改变原有的植被,引入一些对库区生态和水质保护起反作用的树种,造成土地退化、生物多样性减少、地下水位下降、水土流失等生态环境退化问题等。

基于以上背景,在广东省科技计划项目“新丰江水库水质生态保护技术研究”(2006A36801002、2007A032400002、2008A030202011)的资助下,本书对新丰江水库水质保护问题进行了探讨,在系统调查分析新丰江水库流域自然资源、环境条件和人类活动等各种影响因素的基础上,从水库、库区到流域三个层面,针对植被质量不高、水土流失加重、面源污染增加、水质受到威胁等存在的问题,提出适宜上游地区水库的水质保护生态技术,以保证新丰江水库水量和水质的长期稳定,为河源、惠州、东莞、深圳、广州、香港供应稳定安全的饮用水源。

本书共分为 7 章。第 1 章为新丰江水库流域自然条件概述。简要介绍新丰江水库流

域的自然条件,包括流域概况、地质特征、地貌特征、气候特征、林业状况和水资源状况。

第2章为新丰江水库流域生态环境的遥感监测。采用遥感与GIS技术,监测不同时段新丰江水库流域的土地利用信息和水网结构特征,分析流域土地利用时空格局变化特征,同时从水网基本结构特征、水网分枝特征和水网分维特征等方面分析和探讨流域水网结构演变特征,结合土地利用、气象、水文等数据,探索和挖掘水网结构时空变化特征和机制。

第3章为新丰江水库流域水质监测与评价。分别对新丰江支流流域、忠信水支流流域和库区进行水体采样,对近年流域在丰、枯水期的水质状况进行监测评价,并进一步分析水库供需量与水质之间的关系。

第4章为新丰江水库水质安全影响因素分析。从自然因素和人为因素的角度,对影响新丰江水库水质安全的原因进行了分析,并重点讨论污水排放、土地利用方式、矿山开采对水库水质的影响。

第5章为新丰江水库流域水土流失与水库泥沙淤积分析。概要介绍了水库流域水土流失与水库泥沙淤积研究方法,采用径流小区法和USLE模型对水库和流域水土流失进行监测和评价,并对水库泥沙淤积量进行了估算。

第6章为新丰江水库库区退化土地的生态恢复。提出水库边坡滑坡体治理、消涨带植被护坡、水源涵养林植被优化组合系统等库区生态修复技术,并对示范试验结果进行了分析。

第7章为库区典型小流域农业非点源污染模拟与综合治理示范。以顺天小流域为例,监测流域地表水的非点源污染现象,分析不同源类型农业非点源污染负荷强度和负荷总量,并提出针对农业非点源污染控制的对策和建议。基于生态治理理念,以东源县顺天镇金史村为例,提出村塘水质整治及周边景观配置的新农村建设技术。

本书由张虹鸥组织撰写。前言由周霞完成,第1章由方国祥、李鑫华完成,第2章由刘凯、朱远辉、宋莎完成,第3章由温美丽、方国祥、李鑫华、孙艳超完成,第4章由温美丽、方国祥、李鑫华、孙艳超完成,第5章由方国祥、温美丽、周璟、李鑫华、孙艳超完成,第6章由林建平、杨龙完成,第7章由程炯、刘晓南完成。全书统稿和校订由张虹鸥和周霞完成。

目 录

第1章 新丰江水库流域自然条件概述	1
1 流域概况	1
2 地质特征	1
2.1 地层	1
2.2 岩浆岩	5
2.3 地质构造	5
3 地貌特征	7
3.1 侵蚀构造地形	7
3.2 侵蚀剥蚀地形	8
3.3 侵蚀堆积地形—山间河谷平原	8
3.4 岩溶地形	8
3.5 溶蚀侵蚀构造地形	8
4 气候特征	8
5 林业状况	9
6 水资源状况	9
第2章 新丰江水库流域生态环境的遥感监测	11
1 流域土地利用变化分析	11
1.1 研究背景	11
1.2 遥感数据及数据预处理	14
1.3 流域土地利用信息提取技术	15
1.4 时空变化分析方法	15
1.5 时空变化分析	16
1.6 流域植被分析	19
2 流域水网结构演变分析	24
2.1 数据来源与数据预处理	24
2.2 研究方法	24
2.3 结果分析	26
2.4 新丰江水库流域水网结构演变因素分析	29
3 流域生态环境质量遥感分析与评价	31

3.1	背景、技术、方法	31
3.2	基础数据	35
3.3	生态环境质量评价指标	36
3.4	生态环境质量综合评价模型	38
3.5	生态环境质量综合评价	39
4	本章小结	44
第3章	新丰江水库流域水质监测与评价	46
1	水库水质研究背景及评价方法	46
1.1	水库水质研究概述	46
1.2	评价方法	47
2	新丰江水库流域水质研究方法	50
2.1	采样	50
2.2	水质评价标准及方法	51
3	新丰江水库流域水质年内变化	51
3.1	全流域水质评价	51
3.2	分流域水质评价	52
4	新丰江水库水质年际变化	67
4.1	全流域水质评价	67
4.2	分区域水质评价	68
5	新丰江水库水质、水量与供水的关系	71
5.1	资料和方法	71
5.2	结果分析	72
5.3	讨论	77
6	本章小结	78
第4章	新丰江水库水质安全影响因素分析	80
1	水质安全影响因素概述	80
1.1	自然因素对水质的影响	80
1.2	人为因素对水质的影响	81
2	新丰江水库流域主要污染源调查	82
2.1	生活污水	83
2.2	畜禽养殖	83
2.3	矿山开采	84
2.4	林业结构不合理, 速生丰产林比例大	85
2.5	公路建设	86
3	流域污水排放对水质的影响	86
4	流域土地利用对水质的影响	88

5	流域矿山开采对水质的影响	92
5.1	水样监测	92
5.2	底泥土样监测	94
5.3	主要污染物的迁移转化与危害性研究	95
6	本章小结	97
第5章	新丰江水库流域水土流失与水库泥沙淤积分析	98
1	水库流域水土流失与水库泥沙淤积研究方法概述	98
1.1	坡面土壤流失量的小区监测和模型计算	98
1.2	基于遥感技术的流域水土流失量估算	99
1.3	基于流域因素的水库泥沙淤积推算	100
1.4	基于流量-输沙率关系的年入库沙量计算	101
1.5	基于泥沙淤积速率和坡面侵蚀速率的水库泥沙淤积量计算	101
1.6	基于水下探测仪器的水库泥沙淤积量测算	101
1.7	水库泥沙淤积调查方法的比较	102
2	新丰江水库坡面小区水土流失监测	103
2.1	径流小区的布设状况	103
2.2	小区试验方法	104
2.3	小区产流、产沙分析	104
2.4	结论	109
2.5	讨论	110
3	USLE 模型在新丰江水库流域水土流失研究中的应用	110
3.1	USLE 模型各因子的分析	110
3.2	USLE 在小区的模拟应用	121
3.3	USLE 在新丰江水库流域的模拟应用	122
4	新丰江水库泥沙淤积量研究	126
4.1	前人对泥沙递送比的研究	126
4.2	新丰江水库流域泥沙递送比研究	128
4.3	新丰江水库泥沙淤积状况	131
第6章	新丰江水库库区退化土地的生态恢复	133
1	公路退化边坡植被修复	133
1.1	公路退化边坡的现状	133
1.2	公路退化边坡的生物修复机理	134
1.3	公路退化边坡的生态修复与植物选择	134
1.4	新丰江水库库区公路退化边坡植被修复示范	134
1.5	试验观测情况及植被修复效果	135

2	水库消涨带植被修复	139
2.1	水库消涨带的退化现状及机理	139
2.2	水库消涨带的生态修复与植物选择	139
2.3	新丰江水库消涨带修复示范	140
2.4	试验观测情况及治理效果	140
3	水库塌岸生态修复	143
3.1	水库塌岸现状	143
3.2	水库塌岸的生态修复机理	144
3.3	水库塌岸生态修复的植物选择	145
3.4	新丰江水库塌岸生态修复示范	145
3.5	试验观测情况及治理效果	145
4	重金属污染植被修复	150
4.1	重金属污染的植物修复现状	150
4.2	重金属污染的植物修复原理	150
4.3	重金属污染修复的植物选择	151
4.4	南坑河重金属污染及河岸植物的富集能力调查	151
5	本章小结	157
第7章	库区典型小流域农业非点源污染模拟与综合治理示范	158
1	典型小流域基本特征	158
2	流域降雨径流水质评价	159
2.1	地表水质评价方法	159
2.2	降雨径流水质动态监测	160
2.3	水质测试与评价结果	162
3	非点源污染模拟	167
3.1	模拟模型 (AnnAGNPS) 简介	167
3.2	模拟过程	174
3.3	模拟结果	177
4	农业非点源污染控制对策与建议	180
4.1	存在问题	180
4.2	管理与控制措施	181
5	农村非点源污染控制技术应用示范——顺天镇金史村塘景观改造	182
5.1	鱼塘的景观改造	182
5.2	村塘水体景观改造	182
6	本章小结	185
	参考文献	186

第 1 章 新丰江水库流域自然条件概述

1 流域概况

新丰江水库集水面积 $5\,813\text{ km}^2$ ，其中在河源境内集水面积 $4\,340\text{ km}^2$ ，占总集水面积的 74.7%，从行政区上看，其涉及源城区、东源县、和平县和连平县“一区三县”，其中源城区 3 镇/办事处、东源县 13 镇、连平县 12 镇以及和平县 7 镇。

新丰江水库大坝为混凝土结构，高程 124 m，顶宽 5 m，长度 440 m，是世界上第一座经受里氏 6 级地震考验的超百米高混凝土大坝。大坝按千年一遇洪水设计，万年一遇洪水校核。设计洪水流量 $10\,300\text{ m}^3/\text{s}$ ，相应水位 121.6 m；校核洪水流量 $12\,700\text{ m}^3/\text{s}$ ，相应水位 123.6 m。水库正常蓄水位 116 m，死水位 93 m，总库容 138.96 亿 m^3 ，兴利库容 64.89 亿 m^3 ，为多年调节水库。水库设计移民高程 120 m，实际移民高程 118 m。通过水库滞洪，可使下游 147 万亩农田免受洪灾威胁，并能发展电力排灌，增加灌溉面积，还可压退东江下游河口咸潮上涌，改善农田及居民用水，提高下游航运能力。

新丰江水电厂是广东省最大的常规水力发电厂，位于广东省河源市境内的亚婆山峡谷，在东江支流新丰江上。电站最大水头 81 m，最小水头 58 m，设计水头 73 m。1958 年 7 月开工，1960 年第一台机组发电，1962 年基本建成。电站以发电为主，兼有防洪、灌溉、航运、供水、养殖、压咸、旅游等综合效益。电站设计装机容量 29.25 万 kW（增容改造后现装机为 31.5 万 kW），在系统中担负调峰、调频任务。厂房位于河床左侧，安装 3 台单机容量 7.25 万 kW 及 1 台 7.50 万 kW 的机组。

2 地质特征

新丰江水库流域在地质构造上位于东南洼地区的浙粤地穹系中段。区内既有古生代、中生代和新生代的沉积岩分布，也有大片的岩浆岩出露。（图 1-1）

2.1 地层

流域内出露的地层主要有寒武系、奥陶系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、第三系和第四系。由老到新为：



图 1-1 新丰江水库流域地质

2.1.1 寒武系

寒武系主要为下寒武统八村群（包括牛角河组、高滩组及水石组）中细粒长石石英砂岩、长石石英粉砂岩、砂质板岩、绢云母板岩。为一套浅变质岩，底部以碳质页岩或石煤层为标志。其中，高滩组为厚—巨厚层状变余砂岩与灰绿色板岩、粉砂质板岩组成。顶部夹透镜状灰岩、泥灰岩或钙质板岩为标志层，分布在新丰县石角，连平县大湖、九连，和平县青州、热水等地。牛角河组为厚层变余砂岩夹青灰色薄层泥板岩组成韵律层，以含炭质页岩、石煤层与含磷硅质扁豆体与黄铁矿细核为特征，分布在新丰县黄礫，连平县隆街、溪山等地。水石组为变余结构砂岩与板岩、炭质板岩组成的复理石韵律层，分布在新丰县马头、石角，东源县锡场，连平县九连，和平县青州、热水、合水等地。寒武系地层岩石质地较硬，不易风化，风化层较薄。

2.1.2 奥陶系

奥陶系主要有下奥陶统下黄坑组、中奥陶统长坑水组和上奥陶统龙头寨群。下黄坑组为黑色页岩、炭质页岩为主的地层序列，含笔石，局部夹霏细斑岩及长石斑岩。分布在新丰县石角镇、东源县锡场镇等地。长坑水组为含笔石的黑色硅质岩、硅质页岩夹炭质页岩，分布在新丰县石角镇、东源县锡场等地。龙头寨群下部为石英粉砂岩、绢云母页岩及石英砂岩；中部为大理化粗晶灰岩；上部为砂岩夹页岩，分布在连平县上坪、九连以及和平县青州、利源、热水、合水等地。该地层岩石质地也较硬，不易风化，风化层较薄。

2.1.3 泥盆系

中下泥盆统桂头群由杨溪组、老虎头组组成。其中，杨溪组为砾岩、砂砾岩夹砂岩、粉砂岩，以含有复成分砾岩为特征，分布在新丰县黄礫、马头、石角，连平县元善、溪山、隆街、上坪，东源县锡场等地。老虎头组为石英质砾岩、含砾砂岩、粉砂岩及粉砂质页岩，分布在新丰县黄礫、马头，连平县元善、隆街、上坪、大湖，东源县锡场、曾田、骆湖、上莞、船塘，和平县青州等地。

中泥盆统东岗岭组为灰岩、泥质灰岩、泥灰岩，夹泥岩、含生物碎屑灰岩，分布于东源县上莞、船塘等地。罗段组为深灰色白云岩、白云质灰岩夹页岩，分布在连平县上坪等地。中上泥盆统春湾组为细砂岩、粉砂岩、页岩夹灰岩、钙质砂岩，分布于连平县元善、陂头、溪山、忠信、上坪、大湖，新丰县马头、石角、黄礫，和平县青州、利源、热水，东源县锡场、曾田、骆湖、上莞、新回龙等地。

上泥盆统帽子峰组为钙泥质粉砂岩、粉砂质泥岩，夹石英砂岩，分布于连平县元善、隆街、溪山、上坪、忠信、大湖，新丰县马头、黄礫、石角、回龙、梅坑、沙田，和平县青州、利源、热水，东源县船塘、骆湖、新回龙，龙门县平陵等地。

2.1.4 石炭系

下石炭统测水组为石英砂岩、粉砂岩为主，夹黑色页岩及无烟煤层，局部夹灰岩、泥灰岩，主要分布于新丰县丰城、马头，连平县隆街等地。大湖组为杂色泥岩、粉砂质泥岩、石英砂岩、含砾砂岩为主，夹钙质粉砂岩、泥岩，分布于东源县锡场、新港等地。大赛坝组为粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、夹灰岩、泥灰岩、钙质泥岩，分布于连平县

元善,新丰县马头、黄礞,东源县新回龙,龙门县平陵等地。石磴子组为生物碎屑粉晶泥晶灰岩夹白云质灰岩、白云岩,分布于新丰县丰城、马头等地。杨家源组为灰黑色泥质灰岩夹白云岩、白云质灰岩及钙质粉砂岩、泥岩,分布于连平县上坪等地。梓山组为灰色砂岩、粉砂岩、页岩互层,夹炭质页岩和煤层,分布于连平县上坪等地。中石炭统壶天群为灰白、灰、灰黑色厚层状灰岩夹白云岩及白云质灰岩,含少量燧石结核或条带,分布于东源县曾田、骆湖、上莞等地。黄龙组为厚层状灰岩,时夹白云质灰岩、白云岩,含燧石结核或条带,分布于连平县元善、陂头、上坪、大湖等地。石炭系岩石层理发育,质地坚实,但较破碎,风化层较薄。

2.1.5 二叠系

下二叠统孤峰组为深灰色页岩、粉砂岩,夹硅质页岩、灰岩凸镜体及薄层细砂岩,常见含磷结核。栖霞组为深灰色灰岩、含燧石结核夹薄层硅质岩、碳质页岩。地层分布于东源县灯塔、骆湖、上莞等地。童子岩组为细砂岩、粉砂岩、页岩互层,夹碳质页岩、煤,分布于连平县溪山、隆街、上坪和新丰县马头等地。

2.1.6 三叠系

上三叠系艮口群为灰黑色细粒砂岩及粉砂岩为主,底部夹砾岩,往上夹粉砂质页岩及碳质页岩和煤层,分布于连平县隆街,新丰县马头、黄礞、石角,连平县溪山、忠信,东源县半江、锡场、新港、新回龙等地。蓝塘群由砂岩、粉砂岩、泥岩组成,分布于东源县半江、锡场、新港、灯塔等地。

2.1.7 侏罗系

下侏罗系金鸡组为细粒石英砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩夹少量砂砾岩、含砾砂岩、碳质泥岩和煤线,分布于东源县半江、锡场、灯塔和新丰县马头等地。青坑村组为中厚层状长石石英砂岩、石英砂岩和粉砂岩夹泥岩,分布于东源县新回龙等地。嵩灵组为凝灰质砂岩、粉砂质页岩、沉凝灰岩、火山角砾岩和安山岩、安山质及英安质凝灰岩、流纹质凝灰岩,分布于连平县元善、上坪等地。

中侏罗系麻笼组为浅紫色砾岩、砂砾岩、粗砂岩与粉砂岩和泥岩,分布于连平县元善、忠信,东源县半江、锡场,新丰县马头等地。中侏罗系高基坪群以火山碎屑岩为主,火山碎屑沉积岩和熔岩为次,分布于东源县锡场、新回龙等地。

2.1.8 白垩系

下白垩系官草湖组为砾岩、凝灰质砾岩、砂砾岩、砂岩、凝灰质砂岩和凝灰岩、橄榄玄武岩、玄武—安山质凝灰熔岩、流纹岩,分布于东源县半江、锡场、新港、新回龙,新丰县马头、石角等地。合水组为砾岩、砂砾岩、含砾砂岩、砂岩、凝灰质砂岩、粉砂岩夹含铜砂岩和粉砂质泥岩,分布于连平县元善、溪山、隆街、大湖、忠信,东源县新港、半江、锡场、船塘、骆湖、顺天、灯塔,和平县合水等地。

中白垩系丹霞组为巨厚层状砾岩、砂砾岩、含砾砂岩、不等粒长石石英砂岩,夹杂砂质长石石英粉砂岩和粉砂质泥岩,分布于连平县元善、溪山、隆街、上坪、忠信等地。

2.1.9 第三系

下第三系地层主要由紫红色砾岩、含砾砂岩、粉砂岩和粉砂质泥岩组成。砾岩中砾

石成分复杂,主要是前期老地层和岩浆岩的碎块,地层见于水库北部锯板坑的西侧。

2.1.10 第四系

第四系沉积层主要为河流冲积、冲积-洪积、洪积和坡积物。

河流冲积、冲积-洪积物主要沿新丰江、忠信河及其支流分布,常构成三级阶地。

第三级阶地仅见于周陂、坝仔、隆街水等地,卵砾粗碎屑物质较多,砾石成分为砂岩、脉石英。时代属中更新世。

第二级阶地分布较广,沿新丰江、隆街水、大席水、忠信河等河谷边缘分布。各地岩性变化较大,但总的趋势是卵砾粗碎屑物质较多。时代属晚更新世。

第一级阶地堆积分布广泛,尤以忠信至大湖一带最发育。主要由砂砾石、卵砾石、含卵砾中粗砂、含卵砾黏土、砂砾质淤泥、黏土及砂质黏土等组成。时代属全新世。

洪积和坡积物主要发育于花岗岩分布地区,由砂质黏土、砂、岩屑组成。

2.2 岩浆岩

印支期三叠纪花岗闪长岩分布于和平县青州、东源县上莞等地,为细粒、中粒(中粒斑状)花岗闪长岩。忠信一带还分布有三叠-白垩纪闪长玢岩。

燕山二期中侏罗世岩浆岩分布于新丰县梅坑,为细粒石英闪长岩。

燕山三期晚侏罗世的黑云母花岗岩是本区分布最广泛的岩浆岩,主要分布于东源县新港、锡场、新回龙、半江骆湖、灯塔、船塘、上莞,新丰县丰城、黄礞、马头、梅坑、石角,连平县元善、上坪等地,为粗粒、中粒、细粒(或斑状)黑云母花岗岩。燕山三期二长花岗岩分布于新丰县梅坑、沙田等地,为中粒斑状黑云母二长花岗岩。

葫芦坳北部有燕山四期的闪云二长花岗岩分布,岩石主要由石英、斜长石、正长石和角闪石组成。

燕山五期晚白垩世的花岗岩分布于东源县的新回龙镇,花岗斑岩分布于新丰县丰城、黄礞、梅坑、马头、东源县半江等地,细粒石英斑岩分布于新丰县丰城和平县青州等地。

上述花岗岩类岩石都以石英和长石类矿物含量高为共同特征。石英稳定性好,抗风化能力强,可搬运很远的距离;而长石类矿物则易风化为黏土矿物。因此,花岗岩类的岩体表层每每发育厚层风化壳,据野外观测,水库东部、东北部和西南部的花岗岩岩体风化厚度为1.0~40 m,风化层裸露地表,结构松散,极易被侵蚀。库区上游的大片花岗岩风化壳无疑是水库泥沙淤积的主要沙源之一。

2.3 地质构造

据1:100万广东省大地构造图,本区处于赣闽隆起区和粤桂湘赣褶皱带的交界处,由于经历了加里东期以来的多次构造运动影响,褶皱和断裂发育,构造颇为复杂。

2.3.1 褶皱

加里东期为全形褶皱,华力西-印支期为断续型褶皱,燕山及喜山期为宽展型褶皱。

2.3.1.1 加里东期

早古生代以颤荡运动为主,形成巨厚的复理式建造,末期构造运动强烈,形成全形褶皱,以复式背斜和复式向斜构成本区的基底褶皱,由于后期的破坏,保留的有九连山复背斜、谢洞背斜、下寨向斜及九曲岭向斜。褶皱轴线为北北东—南南西至北东—南西方向,绝大部分为紧密的倒转褶皱,岩层高角度倾斜,以 $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 居多。褶皱枢纽呈波状,向南西方向倾伏。

2.3.1.2 华力西—印支期

自泥盆纪至二叠纪,为类磨拉式、砂页岩、碳酸盐岩和含煤建造。后期构造运动强烈,大型向斜褶皱发育,背斜为次级构造,轴线为北东—南西至北西—南东向,主轴与支轴呈平行状、分支状或边幕式排列。轴线北东—南西向的为正常褶皱,而北西—南东向则为倒转褶皱,西翼倒转,岩层倾角一般为 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 。各类型次级褶皱或小褶皱发育。本期主要褶皱有连平向斜、新丰向斜、上坪—忠信向斜。

2.3.1.3 燕山期

侏罗纪至白垩纪末,构造运动频繁,褶皱以负型构造为主,多以穹隆、向斜、盆式向斜、单斜及构造盆地等形态展布,轴向多为北北西—南南东至近南北向,次为北北东—南南西至北东—南西向。其中,早期(J1)构造运动较强烈,以水平挤压为主,多出现短、宽的穹隆和向斜,岩层倾角一般为 $25^{\circ}\sim 40^{\circ}$,个别地段有倒转或扇形次级褶皱出现,如石背穹隆,水西、水口庄等向斜,中期(J2—K1)以垂直运动占优势,形成平宽开阔的盆式向斜,如麻笼嶂、凤门凹、神石等向斜,岩层倾角以 $10^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 为多;晚期(K2)以拱曲运动为主,为宽展型的构造盆地,如灯塔盆地等,岩层倾角 10° 左右。

2.3.1.4 喜山期

第三纪为磨拉红色建造。在构造上多形成宽展型褶皱,如马屎山、拱桥良等单斜构造和禾鸡尖、火焰岭等构造盆地。上述构造均处于标高 $450\sim 1\,003\text{ m}$ 。足见本期以上升运动为主及局部沉降为特征。

2.3.2 断裂

流域断裂构造以燕山中晚期至喜山期最为强烈,但规模较大的区域性断裂少见,以逆断层为多,发育方向有4组:北东向、北北西至北北东向、北东东至近东西向、北西向。以前者最发育,后者最少。

(1) 北东—南西向断层,其规模较大,是全流域断裂之冠,断层倾向南东或北西,倾角 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。沿断层两侧有角砾岩或糜棱岩分布,破碎带宽数米至数十米不等,逆断层居多。

(2) 北北西—北北东向断层,其规模较小,多为逆断层,构造岩带不甚发育,最宽 20 m ,部分断层性质难辨,所见者倾向北东或南西,倾角为 $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。

(3) 北东东—近东西向断层,规模小,延伸不远,多在数千米之内,断层两侧岩石破碎,产状紊乱,多数断层性质不明。

(4) 北西—南东向断层,不甚发育,且规模不大,断裂带内见角砾岩,破碎带宽在 20 m 之内,倾向南西或北东,倾角为 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 。

3 地貌特征

流域范围属南岭山脉东段,地势北高南低,九连山脉横亘北部,山脉呈北东—南西或近南北走向,平行岭谷地形明显,总体呈向南凸出的弧形山地,重峦叠嶂,坡陡谷深,最高峰为黄牛石顶,海拔标高为1430 m。亚婆髻为较陡峻的中山,南部多属低山高丘陵,灯塔一带则为低丘陵地形,高程不超过300 m,第三系丹霞群形成特有的丹霞地形,连平陂头等地的石炭系灰岩多形成岩溶峰丛洼(谷)地。现按地貌成因类型及形态特征,将流域地貌划分为7种成因类型、11个形态类型。

3.1 侵蚀构造地形

该地形分布最广。山脉走向受构造线控制,平行岭谷地形明显,“V”形谷发育,地形陡峭。可分为中山、低山及高丘陵三类。

3.1.1 中山地形

中山地形分布于贵东阿婆髻(标高930.4 m),连平黄牛石顶、野猪尖(913.0 m)、风吹蝴蝶(1272.0 m),中部禾笔尖(1232.9 m)、朝天马(1320.4 m),西部及南部青云山(1245.9 m)、新丰亚婆髻(1420.0 m),南部将军府(908.9 m)。海拔标高均在800 m以上,相对高度大于300 m。山脉多呈北东—南西走向,平行岭谷地形明显,峰峦叠置,险峻异常。

由于岩性不同,常造成地貌上的差异,如下古生界变质岩或泥盆系砂岩,山棱尖锐,脊部狭窄,呈锯齿状。而花岗岩山顶一般浑圆,且多崩岗现象。水系呈树枝状,沟谷发育,切割深,主谷下切常达400~500 m,横断面多呈“V”形,谷坡陡。河谷纵剖面坡降大,呈阶梯状,急滩瀑布常见。

3.1.2 低山地形

低山地形分布于东部忠信至合水、南部新丰至半江一带,东北部粤赣交界处亦有分布。标高在500~800 m。山脉走向随构造线方向而变化,地貌形态随岩性不同而有差异。一般由花岗岩组成的山地,坡度较缓,而变质岩、碎屑岩及火山岩组成的山岭脊部较窄且连续性较好,呈锯齿状起伏。沟谷较发育,主谷切割深度多在200~400 m。“V”形谷为多,部分为“U”形谷,谷坡多在30°左右。

新丰马头石角—寨下一线以西,标高在800 m以下,只有天马山为860 m,以东的山地由侏罗系及下白垩统组成,山岭连绵起伏,山脊呈锯齿状。

3.1.3 高丘陵地形

高丘陵地形主要分布于隆街、贵东、大吉山、杨村等地。标高一般为250~500 m,局部大于500 m,坡度较缓,沟谷发育。由花岗岩构成的山顶一般呈浑圆状,坡度多在20°~25°,沟谷发育,为“U”形或宽“V”形谷,局部形成崩岗地貌。由碎屑岩或变质岩形成的山脊连续性好,丘陵延伸与岩层走向基本一致,且常呈垅状展布,沟谷较宽,坡度较缓。

3.2 侵蚀剥蚀地形

侵蚀剥蚀地形主要分布在灯塔盆地内。以低矮丘陵为主,灯塔至公白一带,大部分标高在150~200 m,而盆地东北缘金竹、公白一带地势略高,标高为200~280 m。主要由上白垩统灯塔群红层构成,四周为地势略高的侵蚀构造地形环抱。由于风化作用强烈,残坡积层发育,形成低矮山丘,山包浑圆状或馒头状,坡角 $10^{\circ}\sim 25^{\circ}$,波状起伏连绵三四千米,沟谷开阔,呈“U”形,切割不深,比高在50~60 m。

3.3 侵蚀堆积地形—山间河谷平原

呈带状沿新丰江、隆街水、忠信水等较大河谷分布,分别组成一至三级阶地。其中第三级阶地仅见于周陂、坝仔、隆街水等地,比高15~25 m,宽200~1000 m,个别达2 000 m。阶面波状起伏,时有残丘点缀。第二阶地保存较完整,分布广,比高9~15 m,宽200~2 000 m,阶面微有起伏。第一阶地沿河两岸不对称分布,阶地比高1~4 m。河漫滩比高0.5~1 m。

3.4 岩溶地形

根据岩溶地貌的形态特征,岩溶地形可分为以下两类。

3.4.1 峰丛洼(谷)地

峰丛洼(谷)地分布于内莞、李田围及上莞。多由中、上石炭统灰岩构成。峰丛林立险峻,基座相连,峰脚高低不一,连座峰以笔塔状、锥状,大致沿北东方向排列。峰丛内可见石芽、石沟、漏斗、洼地天窗等微地貌形态。

此外,溶洞及暗河亦很发育,如李田围仙岩伏流。溶洞的发育方向主要为北东向。

3.4.2 孤峰波地

孤峰波地分布于忠信一带,中、上石炭统灰岩几乎全部隐伏于冲洪积层之下,仅残留少数孤峰。表面波状起伏,形成较开阔的孤峰波地地形。

3.5 溶蚀侵蚀构造地形

溶蚀侵蚀构造地形分布于连平西山、内莞、横岗、李田围,新丰黄礞等地。主要由泥盆系碎屑岩间天子岭组灰岩及部分石炭系地层组成的中山—低山地形,标高500~1 000 m,个别山顶大于1 000 m。山脉走向与岩层走向一致,地貌形态与侵蚀构造中山地形基本相似,溶蚀作用不强烈,溶洞、漏斗少见。灰岩呈条带状沿山坡展布,有时沿槽谷延伸,有时呈岩墙拔地而起。

4 气候特征

新丰江水库流域位于北回归线以北,属于亚热带南缘季风气候区,气候温和,日照充足,雨量充沛,季节交换明显。夏季高温多雨,冬季寒冷干燥。由于地形起伏较大,随着高度不同还有温度、日照和降雨量的差异形成垂直气候变化。流域区域的年平均温