

# 杞麓湖水环境特征调查 与水生态风险研究

QILUHU SHUIHUANJING TEZHENG DIAOCHA  
YU SHUISHENGTAI FENGXIAN YANJIU

编著：王志芸 黄立成 王玮璐



云南出版集团



云南科技出版社

# 杞麓湖水环境特征调查 与水生态风险研究

QILUHU SHUIHUANJING TEZHENG DIAOCHA  
YU SHUISHENGTAI FENGXIAN YANJIU

编著：王志芸 黄立成 王玮璐

参编：张月霞 王俊松 谭志卫

秦江 聂菊芬 张石文



云南出版集团



云南科技出版社

·昆明·

## 图书在版编目 ( C I P ) 数据

杞麓湖水环境特征调查与水生态风险研究 / 王志芸, 黄立成, 王玮璐编著. -- 昆明: 云南科技出版社, 2020.8

ISBN 978-7-5587-2700-9

I. ①杞… II. ①王… ②黄… ③王… III. ①湖泊—流域—水环境—生态环境—环境管理—研究—通海县  
IV. ①X524

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 159349 号

## 杞麓湖水环境特征调查与水生态风险研究

王志芸 黄立成 王玮璐 ◎ 编著

---

责任编辑: 洪丽春

助理编辑: 曾 芫

张 朝

责任校对: 张舒园

封面设计: 木束文化

责任印制: 蒋丽芬

书 号: ISBN 978-7-5587-2700-9

印 刷: 昆明美林彩印包装有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 19

字 数: 440千字

版 次: 2020年8月第1版 2020年8月第1次印刷

定 价: 48.00元

出版发行: 云南出版集团公司 云南科技出版社

地 址: 昆明市环城西路609号

网 址: <http://www.ynkjph.com/>

电 话: 0871-64190889

---

版权所有 侵权必究

# 前 言

没有水，就没有湖泊、江河与海洋，地球上一切生物也就不可能存在，因为生物的生存生长都离不开水，植物的光合作用和动物的新陈代谢都需要水。水是水生态系统的基本因子，对水生态系统的形成、演化及保护具有决定性的控制作用<sup>[1]</sup>。

水生态系统是指水生生物群落与水环境相互作用、相互制约，通过物质循环和能量流动，共同构成具有一定结构和功能的动态平衡系统。每个流域、湖泊、江河、水库及湿地等都是一个水生态系统，水生态系统的功能是保证系统内的物质循环和能量流动，以及通过信息反馈，维持系统相对稳定与发展，并参与生物圈的物质循环。水生态系统对外来的作用力有一定承受能力，如作用力过大，则会失去平衡，系统即遭到破坏<sup>[2-3]</sup>。

近年来由于人口增长造成的巨大压力和经济飞速增长导致的不合理的人类活动破坏了人类赖以生存的水生态环境，如人们对水资源的不合理开发，用水远远超出了水资源及水环境的承载力，水资源及其所依赖的生态系统面临的多种威胁；大量废水、污水排放及严重的面源污染，加上固体废弃物和大气沉降的影响，形成大范围的水体污染，对人类的生存和发展构成严重的威胁。若人类活动诱发的对生态系统的干扰超出合理范围，就会打破原有的生态平衡，甚至对环境带来巨大的生态灾难<sup>[4]</sup>。湖泊流域所受到的外界胁迫越来越大，环境污染严重、灾害频发、资源结构性短缺矛盾逐渐加剧，随着流域不同区域的利益冲突和矛盾不断尖锐，湖泊流域成为区域人—地关系最为紧张和复杂的地理单元<sup>[5]</sup>，是生态压力和风险最大的区域之一。从生态风险管理的实践角度讲，正确及时地对水生态系统存在的风险进行预测、评价和管理，对于维护人类赖以生存和发展的水生态系统功能、加强水生态系统管理、保障水生态安全具有重要现实意义。

云南高原湖泊多位于崇山峻岭之中，或高山之巅，山环水映，景色秀

美，风光如画，是云南壮丽的自然景观的重要组成部分，也因其独特的高原断陷封闭、半封闭湖泊特征，生态系统较脆弱和敏感，一旦破坏在短期很难恢复，由此备受关注。

本书基于2017年云南省生态环境科学研究院开展的杞麓湖基础调查研究工作成果编著而成，调查基准年为2017年，获得2017—2018年一个水文年的调查数据，结合《杞麓湖流域“十三五”规划基础调查报告》及《杞麓湖南岸农业面源污染治理技术研究与工程示范》等前期研究成果，对湖泊流域水环境、水资源、水生态状况做了系统调查，根据流域社会经济发展、水质变化趋势、水文情势等方面进行了长时间系列分析，首次结合杞麓湖地理条件和农田退水调蓄循环实际，采用定量和定性分析的方法核算入湖水量，揭示陆域污染输入途径及特征规律。探讨湖泊藻类构成及种群演变规律，初步识别了蓝藻水华暴发风险，为蓝藻水华预警提供技术支撑。

调查工作得到了玉溪市生态环境局通海分局、农业局、水务局等相关部门及各乡镇（街道）的大力支持，在此诚致谢意。

编著者

# 目录

## Contents

<b>1 总 论</b> .....	1
1.1 杞麓湖基础环境概况 .....	1
1.2 调查研究目的 .....	1
1.3 调查范围和期限 .....	2
1.4 主要编制依据 .....	2
1.5 调查主要内容及控制指标 .....	3
1.6 调查技术路线 .....	4
<b>2 流域社会经济发展状况</b> .....	5
2.1 行政区划 .....	5
2.2 人口 .....	6
2.3 经济总值 .....	9
2.4 耕地面积及化肥施用 .....	13
2.5 家畜家禽养殖状况 .....	18
2.6 土地利用状况 .....	23
<b>3 污染源调查及负荷测算</b> .....	25
3.1 点源污染 .....	25
3.2 农村农业面源污染 .....	39

3.3 水土流失污染 .....	47
3.4 城镇地表径流 .....	47
3.5 大气沉降 .....	50
3.6 底质污染 .....	51
3.7 污染负荷总量 .....	53
<b>4 水环境质量状况</b> .....	<b>61</b>
4.1 常规监测的水质情势分析 .....	61
4.2 现场调查的环湖入湖河道水质特征分析 .....	67
4.3 主要污染河道环境现状调查 .....	75
<b>5 水文水资源状况</b> .....	<b>85</b>
5.1 水文水系概况 .....	85
5.2 水资源及利用 .....	87
<b>6 流域污染入湖通量研究</b> .....	<b>99</b>
6.1 污染入湖途径研究 .....	99
6.2 入湖河道径流调查 .....	102
6.3 湖周低洼区取排水量调查 .....	107
6.4 入湖河流污染通量研究 .....	123
6.5 湖周低洼区污染入湖通量 .....	130
6.6 坡面漫流污染入湖通量 .....	130
6.7 小结 .....	131

<b>7 水生态状况调查</b> .....	132
7.1 浮游植物 .....	132
7.2 浮游动物 .....	141
7.3 水生植物 .....	144
<b>8 水生态风险研究</b> .....	148
8.1 水生态风险概念及评价分类 .....	148
8.2 水生态风险评价研究进展 .....	150
8.3 杞麓湖水生态风险评估结论 .....	154
<b>参考文献</b> .....	159
<b>附 录</b> .....	164
附表1 杞麓湖工业企业清单 .....	164
附表2 杞麓湖规模化畜禽养殖场清单 .....	192
附表3 规模化畜禽养殖场排污清单 .....	215
附表4 流域生活污水污染核算清单 .....	244
附表5 流域生活垃圾污染核算清单 .....	248
附表6 农田固废核算清单 .....	252
附表7 农田化肥核算清单 .....	256
附表8 人散养畜禽污染核算清单 .....	260
<b>彩 版</b> .....	265

# 1 总论

## 1.1 杞麓湖基础环境概况

杞麓湖位于云南省中部（东经 $102^{\circ}33'48'' \sim 102^{\circ}52'36''$ ，北纬 $24^{\circ}4'36'' \sim 24^{\circ}14'2''$ ）隶属玉溪市通海县，属于珠江流域西江水系。杞麓湖流域是一个典型的新月形断陷盆地，四周群山环抱山峦起伏海拔高程多在1979~2100m之间，中部为湖泊海拔高程为1790m。流域面积 $337.65\text{km}^2$ ，当湖面海拔为1796m时，湖泊面积为 $37.26\text{km}^2$ ，湖容积为1.676亿 $\text{m}^3$ ，多年平均容积为1.12亿 $\text{m}^3$ 。湖东西长约10.4km，南北平均宽约3.5km，湖岸线全长约32km，最大水深6.8m，平均水深4m，全湖自西向东逐渐加深。根据《云南省杞麓湖保护条例》（2018年）：杞麓湖最高蓄水位为1796.62m（1985国家高程基准，下同，对应水位5.2m），最低蓄水位为1793.92m（对应水位2.5m）；按照功能和保护要求，杞麓湖划分为两个保护区：一级保护区，包括水域和最高蓄水位湖岸线沿地表向外水平延伸100m的范围，二级保护区为一级保护区以外的径流区。

杞麓湖流域地处北回归线附近的低纬度高原地区，夏、秋主要受印度洋西南暖湿气流和太平洋东南暖湿气流的控制，冬、春季节受到来自北非、西亚及印巴半岛等干燥气流和北方南下的干冷气流控制，形成冬季干燥温暖，夏季温暖潮湿的大陆性气候特点。年平均温度 $15.6^{\circ}\text{C}$ ，最冷月（1月）平均气温 $9.0^{\circ}\text{C}$ ，最热月（7月）平均气温 $19.9^{\circ}\text{C}$ ，年实测最高气温 $31.9^{\circ}\text{C}$ ，年实测最低气温 $-5.4^{\circ}\text{C}$ ，最热月平均气温与最冷月平均气温相差 $10.9^{\circ}\text{C}$ 。年平均日照率52%，多年平均霜期104天，平均有霜日27天，年无霜日为338天。多年平均相对湿度73.4%，风向多为偏南风，多年平均风速 $2.7\text{m/s}$ ，属于中亚热带半湿润高原季风气候。多年平均蒸发量 $1825.3\text{mm}$ ，多年平均降水量为 $896.2\text{mm}$ ，降雨汛期为5~10月，6月、7月和8月降雨量较大，占全年降雨总量的52.8%。

## 1.2 调查研究目的

全面摸清杞麓湖陆域入湖污染底数，开展陆域污染输入途径及特征规律研究，为截污工程绩效评估、水质演变趋势分析提供技术支撑及依据。把握杞麓湖水体生

态环境现状，探讨水华藻类种群演变趋势及蓝藻水华生消规律，掌握水生植物现状及年度、年际变化情况，获取杞麓湖水生态方面的第一手资料。为开展水生植物水质净化与污染释放通量研究，水位合理调控、水生态环境改善及水生植物维护管理提供科学依据，同时也为杞麓湖蓝藻水华预警提供技术支持。

### 1.3 调查范围和期限

调查范围：杞麓湖湖泊及其汇水流域。

调查期限：以2017年为基准，2017—2018年一个水文年为调查周期。

### 1.4 主要编制依据

#### 1.4.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015年1月1日起施行）
- (2) 《中华人民共和国水法》（2016年7月修订）
- (3) 《中华人民共和国水污染防治法》（2008年6月1日起施行）
- (4) 《水污染防治行动计划》（2015年4月施行）
- (5) 《中华人民共和国农业法》（2012年修订）
- (6) 《中华人民共和国土地管理法》（2004年修正）
- (7) 《中华人民共和国城乡规划法》（2008年1月1日起施行）
- (8) 《中华人民共和国农产品质量安全法》（2006年11月1日起施行）
- (9) 《中华人民共和国渔业法》（2004年修订）
- (10) 《中华人民共和国畜牧法》（2006年7月1日起施行）
- (11) 《中华人民共和国农业技术推广法》（2012年8月31日修订）
- (12) 《中华人民共和国防洪法》（2016年7月修订）
- (13) 《中华人民共和国水土保持法》（2011年3月1日起施行）
- (14) 《中华人民共和国森林法》（2009年8月27日修订）
- (15) 《中华人民共和国森林法实施条例》（2016年2月6日修订）
- (16) 《云南省杞麓湖保护条例》（2018年）
- (17) 《云南省基本农田保护条例》（2000年修订）

#### 1.4.2 标准规范

- (1) 《地表水环境质量标准》（GB 3838—2002）
- (2) 《农田灌溉水质标准》（GB 5084—2005）

- (3) 《土壤环境质量标准》(GB 15618—1995)
- (4) 《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)
- (5) 《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB 18596—2001)
- (6) 《测土配方施肥技术规范》(2011年修订)

#### 1.4.3 政策文件

- (1) 《云南省全面推行河长制的实施意见》
- (2) 《云南省全面贯彻落实湖长制的实施方案》
- (3) 《云南省水污染防治工作方案》(2016年1月10日)
- (4) 《云南省水污染防治目标责任书》
- (5) 《通海县全面推行河长制工作实施方案》(2017年4月)

#### 1.4.4 技术资料

- (1) 《杞麓湖流域水环境保护治理“十三五”规划(2016—2020年)》
- (2) 《杞麓湖环境生态综合治理实施方案》(2017年4月)
- (3) 《杞麓湖“十二五”规划绩效评估报告》
- (4) 《杞麓湖南岸农业面源污染治理技术与工程示范》
- (5) 《第一次全国污染源普查技术规定》
- (6) 《第一次全国污染源普查系数手册》
- (7) 湖泊生态安全调查与评估技术指南
- (8) 全国重点湖泊水库生态安全调查技术规程
- (9) 湖泊(水库)富营养化评价方法及分级技术规定
- (10) 地表水环境质量评价办法(试行)
- (11) 《云南省九大高原湖泊基于污染负荷总量控制的基础调查技术导则》

### 1.5 调查主要内容及控制指标

主要内容：陆域污染源调查、污染治理状况调查及湖体水生态状况调查。

陆域污染源调查包括：工业点源、规模化畜禽养殖、城镇生活源、农村农业面源、城镇面源、水土流失、污染负荷入湖通量、社会经济发展。

污染治理状况调查包括：污水、垃圾处理状况，环湖截污治污工程状况及农田废水循环利用状况。

湖体水生状况调查包括：全湖15个监测点位水质情况、浮游植物种群组成及生物量、浮游动物种群组成及密度、水生植物种群分布及生物量。

水污染总量调查指标为： $COD_{cr}$ 、TN、TP、 $NH_3-N$ 。

## 1.6 调查技术路线

采用现场观测与统计、历史资料收集相结合的方式，开展杞麓湖水环境、水资源和水生态系统调查，以社会经济、水质和水文等长时期系列数据支撑，进行三个系统变化规律和演变趋势分析研究。开展点源、面源、内源和湖面干湿沉降污染源调查，及以污染入湖途径、特征规律为主入湖污染通量调查，定量核算污染产生量、排放量、入湖量，为杞麓湖保护治理提供支撑。

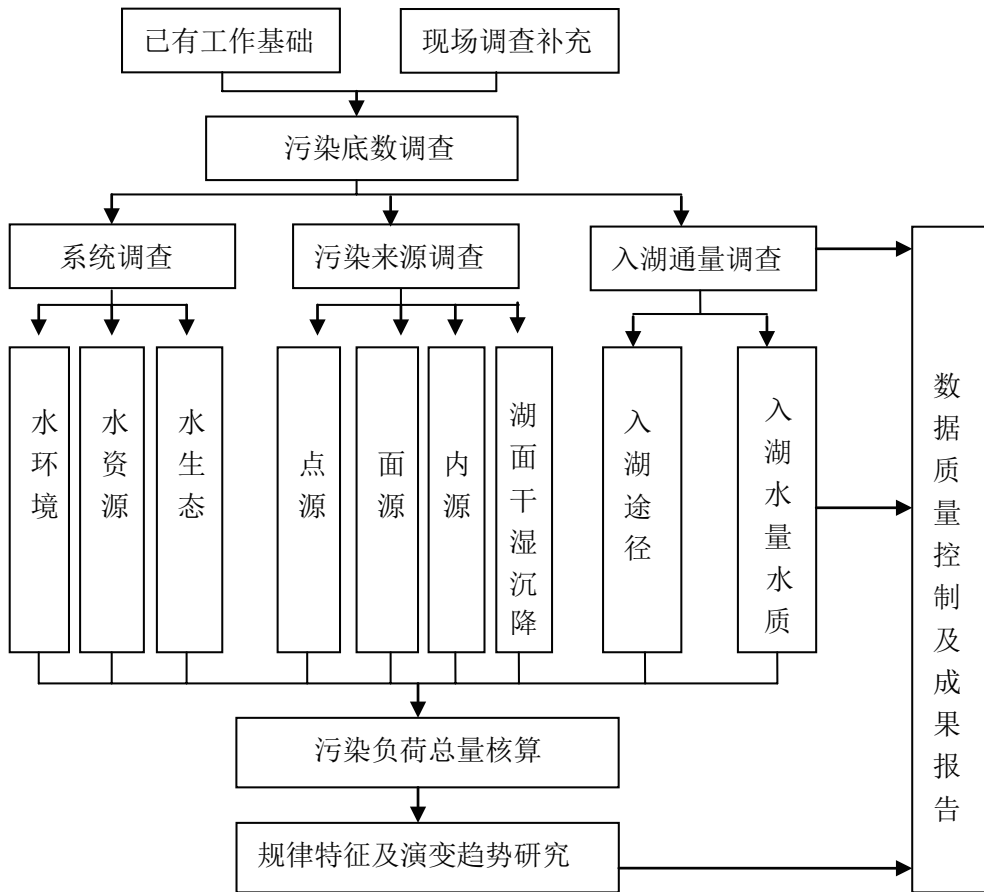


图1.6-1 基础调查技术路线图

## 2 流域社会经济发展状况

### 2.1 行政区划

湖泊流域涉及通海县秀山街道、九龙街道、四街镇、河西镇、杨广镇、纳古镇、兴蒙乡7个乡镇（街道），共计64个社区（村委会），7个乡镇（街道）在杞麓湖流域内有60个社区（村委会）。

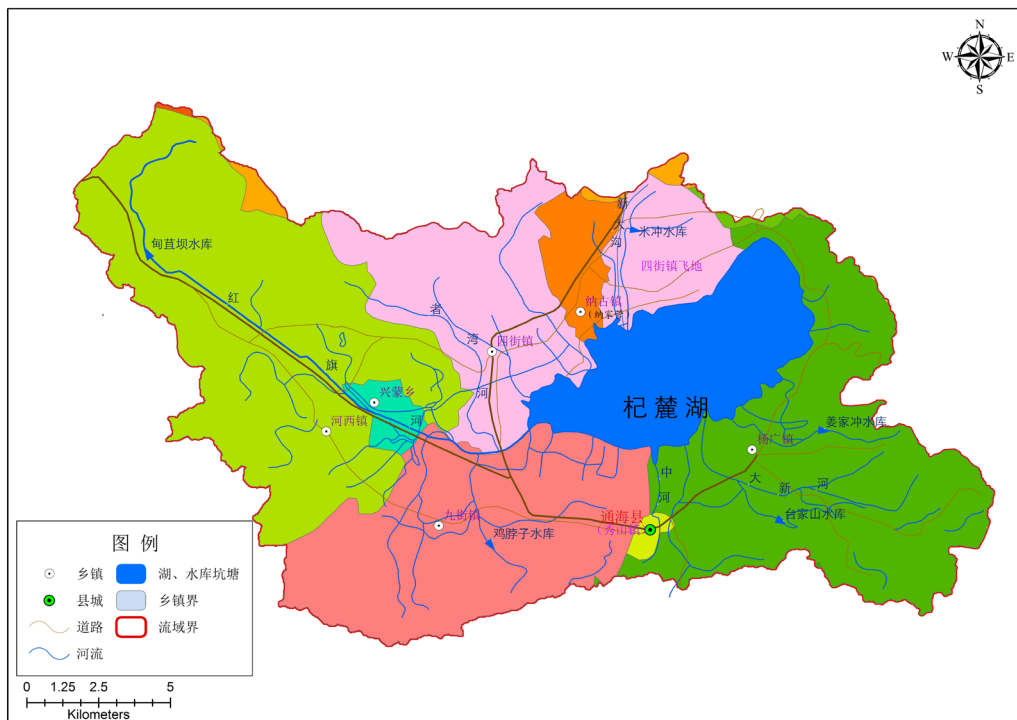


图2.1-1 杞麓湖流域行政区划图（见彩图1）

表 2.1-1 杞麓湖流域行政区划表

县	乡镇(街道)	行政村(社区)名称	所辖行政村(社区)数量	流域所辖行政村(社区)数量	备注(不在流域范围的行政村(社区))
通海	兴蒙乡	白阁中村、下村、桃家嘴村	3	3	
	秀山街道	城郊社区、金山社区、长河社区、六一社区、大树社区、万家社区、黄龙社区、东村社区、东苑社区、秀麓社区、庆丰社区、滨湖社区、泰和社区、桑园社区	14	14	
	河西镇	河西社区、螺髻村、戴文村、寸村、下回村、石山嘴村、解家营村、甸心村、石碧村、大回村、小回村、汉邑村、曲陀关村、清水河村、改水沟村	15	13	清水河村、改水沟村
	纳古镇	纳古营村、古城村	2	2	
	九龙街道	大梨社区、三义社区、九街社区、碧溪社区、大河嘴社区、元山社区、九龙社区、团田村、水塘村	9	7	团田村、水塘村
	四街镇	四寨村、者湾村、七街社区、龚杨村、四街社区、大营村、十街村、二街村、六街村、海东村	10	10	
	杨广镇	云龙村、古城村、大新村、杨广社区、镇海村、义广哨村、兴义村、马家湾村、杨梅沟村、五垅山村、落凤村	11	11	
合计	7		64	60	

## 2.2 人口

杞麓湖流域范围2017年合计91237户260253人，其中农业人口126177人，占总人口的48.5%；城镇人口134076人，占总人口的51.5%。

从2010年至2017年，杞麓湖流域涉及的七个乡镇（街道）人口逐渐增多，从257018人增至267792人，人口年均增长率0.49%。

表 2.2-1 杞麓湖流域 2017 年人口情况表

县	乡镇(街道)	行政村(社区)个数	户数	人口	城镇人口	农业人口
通海	兴蒙乡	3	2011	5766	312	5454
	秀山街道	14	14353	68024	68024	0
	河西镇	13	16672	48047	8363	39684
	纳古镇	2	3220	9350	0	9350

续表 2.2-1

县	乡镇 (街道)	行政村(社 区)个数	户数	人口	城镇人口	农业人口
通海	九龙街道	7	23226	33461	33375	86
	四街镇	10	13990	43777	11657	32120
	杨广镇	11	17765	51828	12345	39483
合计	7	60	91237	260253	134076	126177

表 2.2-2 杞麓湖七个乡镇(街道)人口年际(2010—2017年)变化情况表

县	乡镇(街道)	年份	人口(人)
通海	兴蒙乡	2010	5609
		2011	5618
		2012	5631
		2013	5642
		2014	5684
		2015	5675
		2016	5716
		2017	5766
	秀山街道	2010	65321
		2011	65792
		2012	66098
		2013	66393
		2014	66760
		2015	66945
		2016	67514
		2017	68024
	河西镇	2010	51204
		2011	51609
		2012	51752
		2013	51934
		2014	52156
		2015	52166
		2016	52851
		2017	52627

续表 2.2-2

县	乡镇(街道)	年份	人口(人)
通海	纳古镇	2010	8607
		2011	8724
		2012	8822
		2013	8904
		2014	8976
		2015	9169
		2016	9278
		2017	9350
	九龙街道	2010	35390
		2011	35710
		2012	35810
		2013	35986
		2014	36196
		2015	36120
		2016	36300
		2017	36420
	四街镇	2010	42231
		2011	42522
		2012	42719
		2013	42881
		2014	43168
		2015	43325
		2016	43538
		2017	43777
	杨广镇	2010	48666
		2011	48746
		2012	49100
		2013	49316
2014		49333	
2015		49343	
2016		50027	
2017		51828	

续表 2.2-2

县	乡镇(街道)	年份	人口(人)
通海	合计	2010	257028
		2011	258721
		2012	259932
		2013	261056
		2014	262273
		2015	262743
		2016	265224
		2017	267792

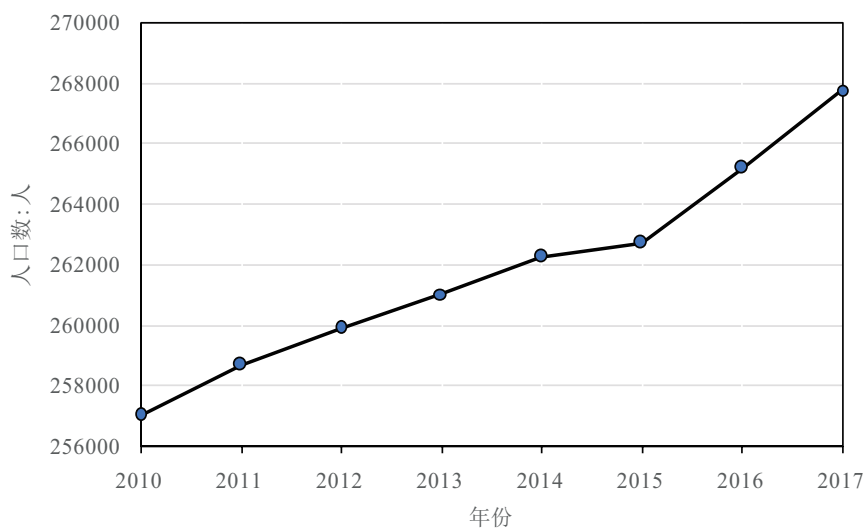


图 2.2-1 2010—2017 年流域 7 个乡镇(街道)总人口变化趋势图

## 2.3 经济总值

杞麓湖流域 2017 年 GDP 为 913595 万元, 其中秀山街道占全县 GDP 的 42.19%; 兴蒙乡、河西镇、纳古镇、九龙街道、四街镇、杨广镇占全县 GDP 分别为 1.56%、1.54%、8.79%、12.01%、19.95% 及 13.96%。流域 2017 年第一产业、第二产业及第三产业生产总值分别为 168983 万元、402142 万元和 469470 万元, 农林牧渔业总产值为 235929 万元。各乡镇(街道)从 2013 年至 2017 年的 GDP、农林牧渔业总产值总体呈现增加的趋势, GDP 年均增长率为 9.26%、农林牧渔业总产值年均增长率为 8.72%。