

---

清远市清城区乐排河生态流量保障  
研究报告  
(报批稿)

清远市清城区水利局  
清远市水利水电勘测设计院有限公司  
2020年12月

---

# 清远市清城区乐排河生态流量保障 研究报告

批 准： 管 忠

审 定： 石 缘

审 查： 龙 钢

校 核： 黄伟斌

编 写： 李新红 刘靖文 李慧妍

冯金河 刘 欢

清远市清城区水利局

清远市水利水电勘测设计院有限公司

2020年12月

---

# 目录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 1 项目背景 .....               | 1  |
| 1.1 研究背景与目的 .....          | 1  |
| 1.2 研究思路 .....             | 2  |
| 1.3 生态流量目标确定和保障的基本原则 ..... | 2  |
| 1.4 编制依据 .....             | 3  |
| 1.5 控制断面及控制目标 .....        | 7  |
| 2 流域概况 .....               | 10 |
| 2.1 流域基本情况 .....           | 10 |
| 2.2 流域现状水利工程及其他工程概况 .....  | 18 |
| 2.3 流域水利工程规划概况 .....       | 21 |
| 3 径流分析 .....               | 24 |
| 3.1 水文资料 .....             | 24 |
| 3.2 径流分析计算 .....           | 34 |
| 3.3 生态基流分析计算 .....         | 44 |
| 4 水环境需水 .....              | 52 |
| 4.1 计算方案 .....             | 52 |
| 4.2 污染物入河量 .....           | 52 |
| 4.3 水环境需水流量 .....          | 54 |
| 5 生态流量保障方案分析 .....         | 59 |
| 5.1 最小生态流量成果 .....         | 59 |
| 5.2 补充水源分析 .....           | 60 |

---

|                  |    |
|------------------|----|
| 5.3 保障方案分析 ..... | 69 |
| 5.4 调度运行方案 ..... | 71 |
| 6 保障措施 .....     | 72 |
| 6.1 工程措施 .....   | 72 |
| 6.2 非工程措施 .....  | 73 |
| 7 结论与建议 .....    | 74 |
| 7.1 结论 .....     | 74 |
| 7.2 建议 .....     | 74 |
| 8 附图附件 .....     | 76 |
| 8.1 附图 .....     | 76 |
| 8.2 附件 .....     | 77 |

清远市清城区乐排河生态流量保障研究报告评审意见回复表

| 序号 | 意见详情                               | 修改说明                                |
|----|------------------------------------|-------------------------------------|
| 1  | 根据目前流域水质状况，<br>结合流域水质治理目标，统筹考虑生态流量 | 已统筹考虑水质目标，<br>详见 1.5 节、第 4 章及 5.1 节 |
| 2  | 补充生态流量保障措施并完善调度方案                  | 已补充完善，详见 5.4 节及第 6 章                |
| 3  | 补充完善相关资料                           | 已补充完善，详见 2 章                        |

# 1 项目背景

## 1.1 研究背景与目的

生态流量是维系河湖生态功能，控制水资源开发强度的重要指标，是统筹生活、生产和生态用水，优化配置水资源的重要基础，事关水安全保障和生态文明建设大局。河湖生态流量保障目标是相关江河湖泊流域水量分配、生态流量管理、水资源统一调度和取用水总量控制的重要依据。为深入贯彻《中华人民共和国水法》《中华人民共和国水污染防治法》和水利部“三定”规定，切实履行指导河湖生态流量水量管理职责，合理配置和开发水资源，加强河湖生态环境保护，以习近平生态文明思想和“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的治水思路为指导，全面贯彻习近平总书记对广东重要讲话和重要指示批示精神，坚持以水而定、量水而行，科学合理配置水资源，保障河湖基本生态用水，强化水资源刚性约束，确保水资源安全和生态安全，全力支撑经济社会高质量发展；同时认真落实《水利部关于做好河湖生态流量确定和保障工作的指导意见》、《水污染防治行动计划》、《广东省水污染防治行动计划实施方案》、《广东省打好污染防治攻坚战三年行动计划（2018-2020年）》、《关于大力推进水污染防治的决定》、《关于开展全面攻坚劣V类国考断面行动的命令》以及《清远市水污染防治行动计划工作方案》等部署的相关要求，切实推动乐排河水污染防治取得实效，坚决打好、打赢乐排河水污染防治攻坚战，

清远市人民政府以清府办函[2017]203 号文印发了《清远市乐排河水水质达标方案》，同时 2019 年 2 月 20 日清远市清城区人民政府印发了《清城区石角镇乐排河水污染防治攻坚方案》，要求进一步开展乐排河生态补水方案研究，恢复乐排河水体流动性，考虑在枯水期流域内蓄水工程调节或流域外引水至乐排河，保障枯水期生态基流，并达到扩容提质的目标。

根据乐排河流域、附近流域水资源量及其水利工程分布情况，考虑河道内生态基本用水、充分节水的前提下，协调河道内外用水，以保障供水安全为前提，研究乐排河流域枯水期生态流量情况，设置控制断面、提出控制断面控制性指标、最小下泄流量指标及保障措施等。

## 1.2 研究思路

基于《水量分配暂行办法》（水利部令 32 号）、《广东省小水电管理办法》等有关法律法规，统筹考虑流域防洪、供水、灌溉等综合利用，兼顾生态流量保障中的关键水量指标，合理确定控制断面的生态流量管控目标。根据流域内及其附近降水、径流等资料分析计算流域来水量，结合数据分析进行科学研判，以保障流域生态流量为前提设置条件，提出枯水期生态流量保障方案。

## 1.3 生态流量目标确定和保障的基本原则

结合乐排河流域的特点，生态流量目标确定和保障应遵循基本原则：

- (1) 应统筹协调河道内生态保护与河道外经济社会发展的水

资源需求，实现人水和谐。

(2) 应根据河湖生态环境保护的实际需要，结合水资源条件开发利用程度的可能性，使生态环境需水量成果体现科学性和合理性。

(3) 河湖生态环境保护目标和需水要求，应结合水资源禀赋条件和开发利用状况区别对待。

(4) 应根据河湖水文水资源特性和生态环境功能合理确定河湖生态环境目标，并优先保护。

(5) 应以人为本，在优先保障居民基本生活用水的基础上，合理配置河湖生态环境用水。

## 1.4 编制依据

### 1.4.1 法律、法规

- (1) 《中华人民共和国水法》(2016年修正);
- (2) 《中华人民共和国防洪法》(2016年修订);
- (3) 《中华人民共和国环境保护法》(2014年修正);
- (4) 《中华人民共和国河道管理条例》(2017年修正);
- (5) 《广东省实施〈中华人民共和国水法〉办法》(广东省人大常委会, 2014年);
- (6) 《广东省水资源管理条例》(2003年);
- (7) 《广东省东江西江北江韩江流域水资源管理条例》(2012年修正);
- (8) 《广东省河道管理条例》(2020年);
- (9) 其他相关法律、法规。

## 1.4.2 标准、规范

- (1) 《水利水电工程设计洪水计算规范》(SL43-2006);
- (2) 《水利水电工程水文计算规范》(SL/T278-2020);
- (3) 《水利工程水利计算规范》(SL103-2015);
- (4) 《水文调查规范》(SL196-2015);
- (5) 《水资源评价导则》(SL/T238-1999);
- (6) 《水库调度设计规范》(GB50587-2010);
- (7) 《河湖生态需水评估导则(试行)》(SL/Z479-2010);
- (8) 《河湖生态环境需水计算规范》(SL/Z712-2014);
- (9) 《水域纳污能力计算规程》(SL348-2006);
- (10) 《水电工程生态流量计算规范》(NB/T35091-2016);
- (11) 《地表水环境质量标准》(GB3838-2002);
- (12) 其他相关标准、规范。

## 1.4.3 相关规划及技术文件

- (1) 《中共中央 国务院关于加快推进生态文明建设的意见》(2015 年);
- (2) 《中共中央办公厅 国务院办公厅印发〈关于全面推行河长制的意见〉的通知》(厅字[2016]42 号);
- (3) 《水利部 环境保护部关于印发贯彻落实〈关于全面推行河长制的意见〉实施方案的函》(水建管函〔2016〕449 号);
- (4) 《水利部关于做好河湖生态流量确定和保障工作的指导意见》(水资管[2020]67 号);

(5) 《水工程规划设计生态指标体系与应用指导意见》(水总环移[2010]248号);

(6) 《中共广东省委办公厅 广东省人民政府办公厅关于印发〈广东省全面推行河长制工作方案〉的通知》(粤委办〔2017〕42号);

(7) 《关于小水电工程最小生态流量管理的意见》(广东省水利厅, 2011年);

(8) 《广东省水利厅关于印发〈广东省水利工程生态建设指导意见〉的通知》(粤水办[2019]3号);

(9) 《关于印发广东省中型灌区续建配套与节水改造工程规划(2011-2020年)项目详表的通知》(粤水农水〔2012〕3号);

(10) 《广东省中型灌区续建配套与节水改造工程规划(2011-2020年)》;

(11) 《清远市人民政府办公室关于印发 2016-2020 年清远市最严格水资源管理制度实施方案的通知》(清府办函〔2016〕193号);

(12) 《清远市人民政府办公室关于印发 2016-2020 年清远市实行最严格水资源管理制度考核办法的通知》(清府办函〔2016〕194号);

(13) 《中共清远市委办公室 清远市人民政府办公室关于印发〈清远市全面推行河长制工作方案〉的通知》(清委办〔2017〕50号);

(14) 《中共清远市清城区委办公室 清远市清城区人民政府办公室关于印发〈清城区全面推行河长制工作方案〉的通知》(城区委办发〔2017〕16号);

- (15) 《清远市人民政府关于印发〈清远市水污染防治行动计划工作方案〉的通知》(2016年2月18日);
- (16) 《清远市环境保护局 关于印发〈清远市乐排河水质达标方案〉的通知》(清环[2017]398号);
- (17) 《清远市清城区人民政府办公室 关于印发〈清城区石角镇乐排河水污染防治攻坚方案〉的通知》(2019年2月20日);
- (18) 《清远市流域综合规划修编报告》(清远市水利局 2011.11);
- (19) 《清远市水资源综合规划》(清远市水利局 2006.10);
- (20) 《清远市城市总体规划(2016-2035)》(广东省城乡规划设计研究院 2016年);
- (21) 《清远市石角镇总体规划(2016-2035)》(清远市城乡规划设计院 2018年);
- (22) 《清远市清城区水资源综合规划(2016-2030年)》(清远市清城区水利局, 2018年);
- (23) 《清远市水资源公报》(2011~2018年);
- (24) 《清城区统计年鉴》(2019年)(清城区统计局);
- (25) 《清远市乐排河“一河一策”实施方案》(清远市河长制办公室, 2018年);
- (26) 《广东省清远市清城区中小河流治理重点县综合整治和水系连通试点石角-1项目区实施方案》(清远市水利水电勘测设计院有限公司, 2014年);

(27) 《广东省清远市清城区中小河流治理重点县综合整治和水系连通试点石角-2 项目区实施方案》(清远市水利水电勘测设计院有限公司, 2014 年);

(28) 《广东省清远市清城区花斗水库工程大坝安全鉴定报告》(清远市水利水电勘测设计院有限公司, 2008 年);

(29) 《广东省清远市清城区花斗水库除险加固工程初步设计报告》(清远市水利水电勘测设计院有限公司, 2009 年);

(30) 《清远市清城区花斗灌区改造工程可行性研究报告》(清远市水利水电勘测设计院有限公司, 2012 年);

(31) 《清城区花兜水库汛期调度运用方案》(清城区花兜水库管理所, 2020 年 2 月);

(32) 《清城区“十四五”农村供水保障规划方案(全域自然村集中供水实施方案)》(清远市水利水电勘测设计院有限公司, 2020 年)。

## 1.5 控制断面及控制目标

根据乐排河河道特点以及河道上控制性水利工程情况确定控制断面, 乐排河为跨界河流, 清城区境内河段为流域上游, 往下流入广州市花都区, 清城区河段内有一座中型水库, 同时根据《清远市乐排河“一河一策”实施方案》(以下简称“一河一策”)已明确乐排河兴仁桥为乐排河控制断面, 故本次考虑设置两个控制断面, 即清城区与广州市花都区交界处的兴仁桥(S253 桥)(经度:  $113^{\circ} 0' 10.26''$ ; 纬度:  $23^{\circ} 27' 58.44''$ ), 以及流域内中型水库花斗水库所在大坑水

汇入乐排河汇入口上游约 800m 处的石歧桥（经度：113° 0′ 0.34″；纬度：23° 30′ 1.02″），控制断面位置详见下图 1-1。

生态流量目标主要从生态基流目标以及敏感生态需水目标两方面内容进行分析，其中生态基流是指为维持河流基本形态和基本生态功能的河道内最小流量，河流基本生态功能主要为防止河道断流、避免河流水生生物群落遭受到无法恢复的破坏的河道内最小流量；敏感生态需水是指维持河湖生态敏感区正常生态功能的需水量及过程，敏感生态需水应分析生态敏感期，非敏感期主要考虑生态基流。本次研究同时需考虑水环境用水。

乐排河流域主要为丘陵、平原区，人类活动较密集，流域内无相关水产种质保护区及水生生物栖息地，亦无相关自然生态保护区，不涉及敏感生态需水，在综合比较和分析后，确定本次乐排河生态流量研究采用乐排河生态基流及水环境需水的相关成果。根据《清远市乐排河水质达标方案》、《清城区石角镇乐排河水污染防治攻坚方案》乐排河水质控制目标为V类，因此本次研究乐排河生态流流量保障目标为乐排河生态基流或满足乐排河水质为V类的水环境需水。控制断面控制集雨面积及水质控制目标详见下表 1.5-1。

**表 1.5-1 控制断面情况表**

| 序号 | 河流  | 控制断面 | 集雨面积 (km <sup>2</sup> ) | 水质目标 |
|----|-----|------|-------------------------|------|
| 1  | 乐排河 | 石歧桥  | 52.1                    | V类   |
| 2  |     | 兴仁桥  | 104                     | V类   |

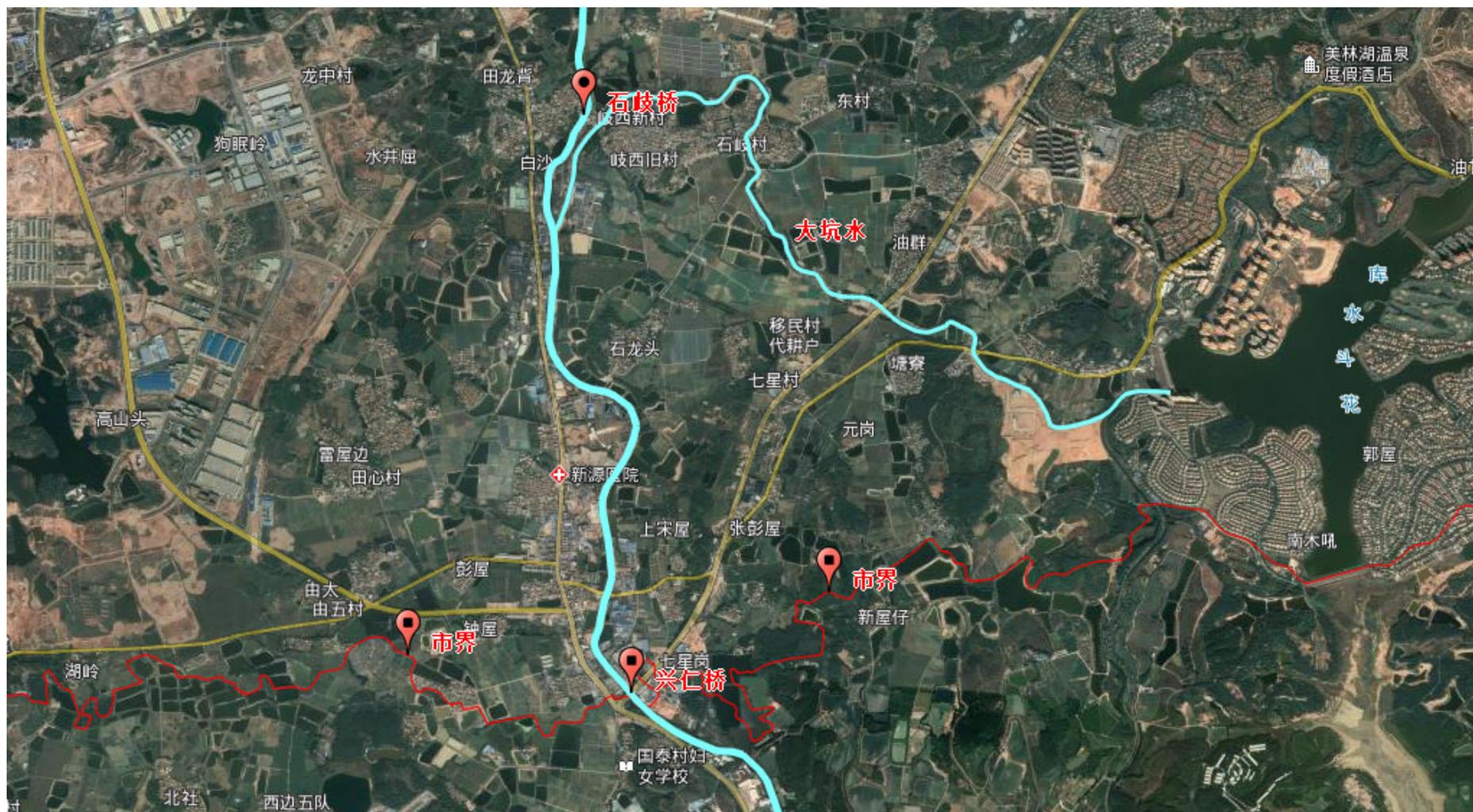


图 1-1 控制断面位置示意图

## 2 流域概况

### 2.1 流域基本情况

#### 2.1.1 自然地理

乐排河位于位于清城区的南端，石角镇境内，石角镇镇区位于乐排河流域上游，地处清远、广州佛山三市的交汇点，东接龙塘镇，南面是广州市花都区、西面是佛山市三水区，北面接横荷街。距离清远市区约 20km，全镇总面积 177.97km<sup>2</sup>。石角镇土壤肥沃、气候温和、雨量充沛，盛产清远鸡、乌鬃鹅、塘鱼、番薯、香芋、粉葛、花生、玉米、优质粮、龙眼、红肉火龙果等特色农产品。乐排河流域位置详见下图 2-1。



图 2-1 乐排河位置图

## 2.1.2 地形地貌

乐排河流域地质地貌受两组华夏系构造相挟，即西侧吴川—四会（韶关）断裂、东侧广州—从化断裂，相距石角镇最近位置均约 20km。岩性主要有花岗岩、红色砂岩、砂质页岩和石灰岩。乐排河流域以低丘平原地形为主，地势较为平缓，地质情况较简单，地质构造分布情况为第四纪土，沙砾层覆盖，其下部为第三纪的砂岩。土壤方面，以残积粉质粘土、强化风化墨色页岩和板岩、灰岩为主，主要成分有粘粒、粉粒、风化沙页岩块、黄铁矿、泥质、方解石。乐排河流域地势详见下图 2-2。

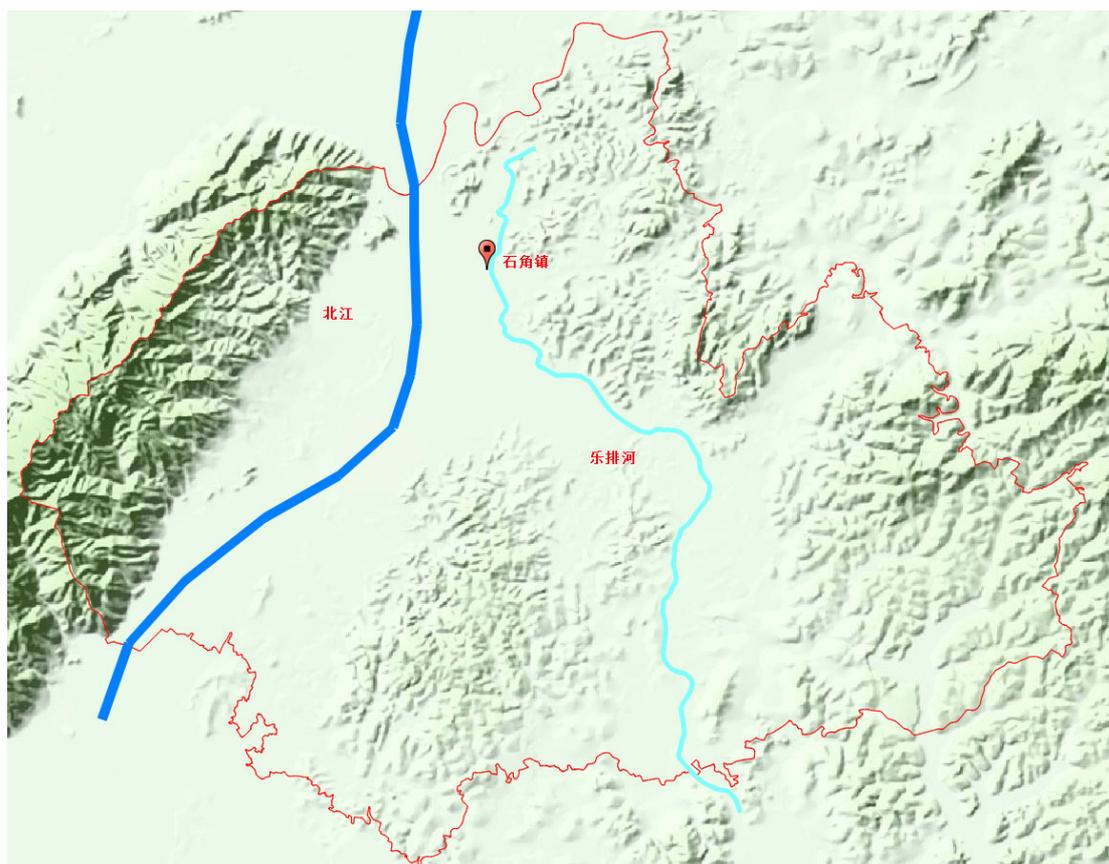


图 2-2 乐排河流域地势图

乐排河的整个地势以东部、东北部及西南部多丘陵，地势较高，中部为冲积平原，地势较低平，乐排河在区内西北部由北向南流，经

北江大堤水闸后由西北向东南流，至民安村后由北向南流，经 S253 桥后流入广州市花都区，河道两岸有宽窄不一的滨河平原，形成西北部及中南部以平原、其他方位以山丘为主两侧高中部平缓的地势。

### 2.1.3 经济社会概况

根据《清城区年鉴（2019）》，石角镇现下辖 5 个社区：石角社区、城中社区、塘头社区、兴仁社区、美林湖社区；15 个行政村：黄布村、南村村、灵洲村、新基村、塘基村、民安村、马头村、石岐村、七星村、田心村、沙坑村、沙步村、界牌村、回岐村、舟山村。2018 年户籍人口 87328 人。2018 年全镇实现工农业总产值 233.8 亿元，其中农业总产值 8.01 亿元，同比增长 6.19%；实现规模以上工业总产值 255.8 亿元，规模以上工业增加值率 4.7%；完成固定资产投资 66.5 亿元，同比增长 90.1%；实现地方财政收入 2.74 亿元。

### 2.1.4 气象概况

乐排河位于清城区的南端，气候属于亚热带季风型气候，气候温和，日照充足，雨量充沛，夏热冬暖，时有酷热，偶有低温，夏长冬短，四季常青。一年四季均受季风影响，气候分明：春季冷暖空气交替频繁，多低温阴雨。夏季炎热酷暑，盛夏午后多雷阵雨。乐排河流域平均降雨量为 1803.6mm，最大年降雨量为 2686.7mm，最小降雨量为 1102.6mm，丰枯极值比为 2.44。同时由于区境背靠南岭，处于平原与山区的交界处，春、夏季以偏南暖湿气流的迎风坡降水为主。每年的 4~9 月为多雨期，降水量占全年的 80%，其中又根据影响天气系统的不同分为两个阶段：4~6 月为前汛期，主要是锋面低槽带来

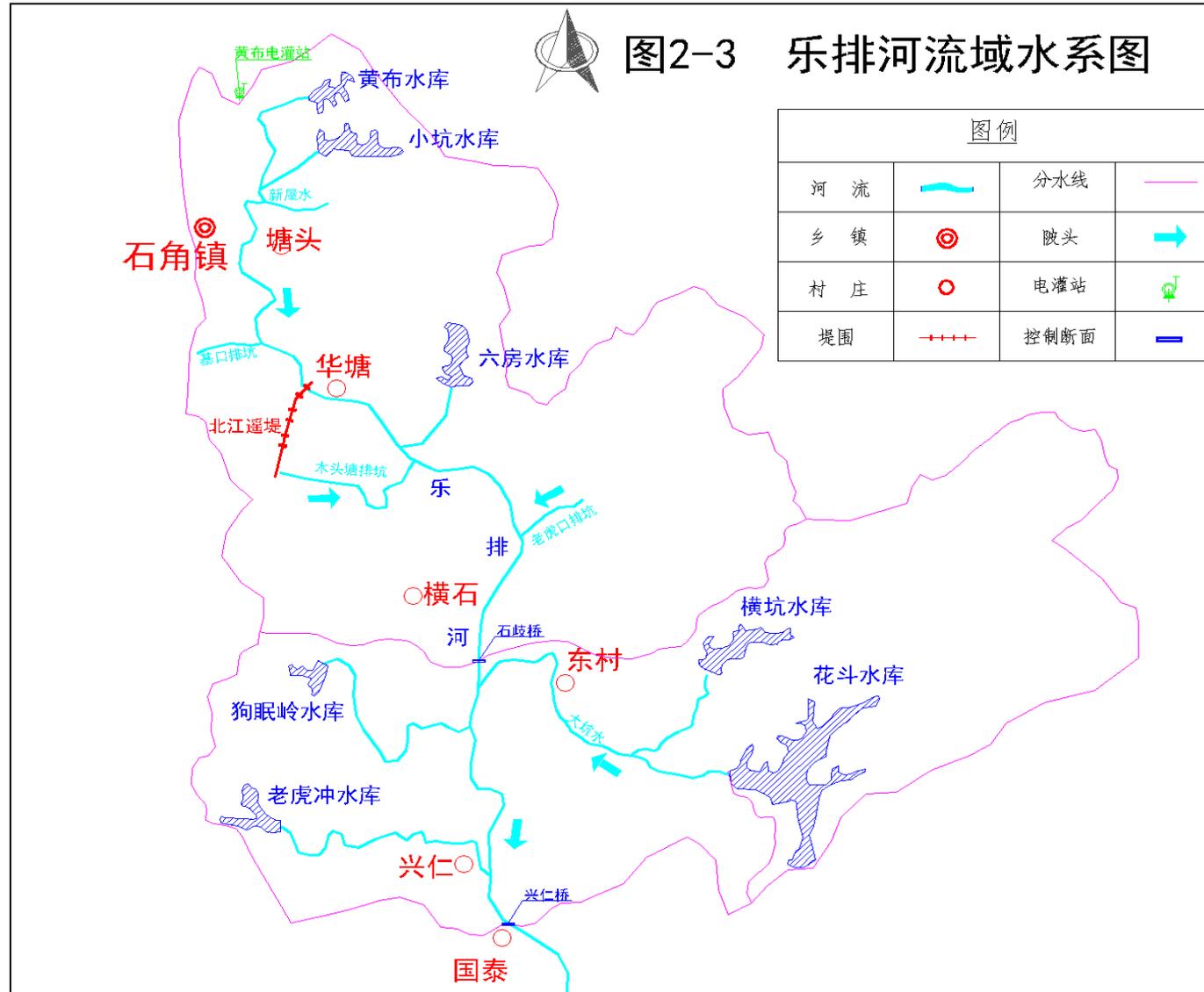
的降水。7~9 月为后汛期，主要是热带气旋、热带辐合带等引起的降水。10 月至次年 3 月为少雨期，降水量仅占全年的 20%。易出现春旱或秋旱，甚至秋、冬、春连旱。

流域年平均气温 21.6℃，最高气温 37.5℃（极端高温 38.7℃），最低气温 0.6℃，全年无霜期达 315 天以上。年平均相对湿度 78%。全年主导风为 NNE 风，年频率达 25.7%，次主导风为 E 风，年频率为 14.5%。不利于大气扩散的静风和小风频率分别为 5.0%、24.6%。

### 2.1.5 河流水系概况

乐排河，又名白坭河，古称巴由水。发源于清远市清城区石角镇的瓦塘寮，从清远兴仁 S253 桥下流入广州市花都区境内，经国泰、白坭、赤坭、炭步，至新街水口进入广州市白云区及佛山市南海区之间，与流溪河在鸦岗交汇，再经石门汇入河网区，集水面积 343.69km<sup>2</sup>，河长 47.5km。乐排河清远境内集雨面积为 92.2km<sup>2</sup>，河长 16.6km，平均坡降为 0.0008，乐排河在清远境内主要支流有新屋水、基口排坑、木头塘排坑、老虎口排坑、大坑水、钟屋排坑等。

流域水系图见下图 2-3。



### 2.1.6 现状水质概况

根据本次收集的乐排河流域内兴仁桥（S253 桥）断面、花斗水库及大燕河水车头断面近两年水质监测资料分析，乐排河水质从 2019 年劣 V 类水质逐渐转变为 2020 年 V 类水质，基本可达到其 V 类水的水质目标，主要因为近两年流域内环境整治及水生态环境补水；大燕河水车头断面水质基本保持在 III~IV 类水质，基本可达到其 IV 类水的水质目标，个别情况会存在氨氮超标；花斗水库水质基本保持在 III~IV 类水质，达不到其 II 类水的水质目标，主要为高锰酸盐指数、化学需氧量、氨氮、总磷超标，各断面检测频次水质情况详见下表 2.1-1，水质监测断面位置详见图 2-4。

表 2.1-1 各断面检测频次水质情况表

| 河流/水库 | 断面           | 时间     |        | 现状水质类别 | 水质目标  | 超标项               | 备注                          |
|-------|--------------|--------|--------|--------|-------|-------------------|-----------------------------|
|       |              | 年份     | 月/日    |        |       |                   |                             |
| 乐排河   | 兴仁桥 (S253 桥) | 2019   | 1月2日   | 劣V类    | V类    | 化学需氧量、生化需氧量、氨氮、总磷 | 水质目标为《清城区石角镇乐排河水污染防治攻坚方案》目标 |
|       |              |        | 2月1日   | 劣V类    |       | 总磷                |                             |
|       |              |        | 3月1日   | 劣V类    |       | 氨氮、总磷             |                             |
|       |              |        | 3月25日  | 劣V类    |       | 氨氮、总磷             |                             |
|       |              |        | 4月1日   | 劣V类    |       | 氨氮、总磷             |                             |
|       |              |        | 4月15日  | 劣V类    |       | 氨氮、总磷             |                             |
|       |              |        | 5月5日   | V类     |       | 无                 |                             |
|       |              |        | 5月16日  | 劣V类    |       | 总磷                |                             |
|       |              |        | 6月4日   | V类     |       | 无                 |                             |
|       |              |        | 6月17日  | 劣V类    |       | 总磷                |                             |
|       |              |        | 7月2日   | 劣V类    |       | 总磷                |                             |
|       |              |        | 7月17日  | 劣V类    |       | 总磷                |                             |
|       |              |        | 8月1日   | 劣V类    |       | 生化需氧量、氨氮、总磷       |                             |
|       |              |        | 8月15日  | 劣V类    |       | 总磷                |                             |
|       |              |        | 9月3日   | 劣V类    |       | 总磷                |                             |
|       |              |        | 9月16日  | 劣V类    |       | 总磷                |                             |
|       |              |        | 10月9日  | 劣V类    |       | 氨氮、总磷             |                             |
|       |              |        | 10月16日 | 劣V类    |       | 氨氮、总磷             |                             |
|       |              |        | 11月1日  | IV类    |       | 无                 |                             |
|       |              | 11月19日 | 劣V类    | 氨氮、总磷  |       |                   |                             |
|       |              | 12月7日  | V类     | 无      |       |                   |                             |
|       |              | 12月16日 | 劣V类    | 氨氮、总磷  |       |                   |                             |
|       |              | 2020   | 1月13日  | 劣V类    | 总磷    |                   |                             |
|       |              |        | 2月3日   | V类     | 无     |                   |                             |
|       |              |        | 3月2日   | 劣V类    | 氨氮    |                   |                             |
|       |              |        | 4月1日   | V类     | 无     |                   |                             |
| 5月6日  | V类           |        | 无      |        |       |                   |                             |
| 6月1日  | V类           |        | 无      |        |       |                   |                             |
| 7月1日  | V类           |        | 无      |        |       |                   |                             |
| 8月3日  | V类           |        | 无      |        |       |                   |                             |
| 9月1日  | V类           |        | 无      |        |       |                   |                             |
| 10月9日 | V类           |        | 无      |        |       |                   |                             |
| 大燕河   | 水车头          |        | 2019   | 1月2日   | IV类   | IV类               | 无                           |
|       |              | 2月1日   |        | IV类    | 无     |                   |                             |
|       |              | 3月1日   |        | IV类    | 无     |                   |                             |
|       |              | 4月1日   |        | V类     | 生化需氧量 |                   |                             |
|       |              | 5月5日   |        | IV类    | 无     |                   |                             |
|       |              | 6月4日   |        | IV类    | 无     |                   |                             |
|       |              | 7月2日   |        | IV类    | 无     |                   |                             |
|       |              | 8月1日   |        | V类     | 氨氮    |                   |                             |
|       |              | 9月3日   |        | IV类    | 无     |                   |                             |

| 河流/水库 | 断面   | 时间                    |        | 现状水质类别 | 水质目标               | 超标项  | 备注 |
|-------|------|-----------------------|--------|--------|--------------------|------|----|
|       |      | 年份                    | 月/日    |        |                    |      |    |
|       |      |                       | 10月9日  | IV类    | II类                | 无    |    |
|       |      |                       | 11月1日  | IV类    |                    | 无    |    |
|       |      |                       | 12月2日  | 劣V类    |                    | 氨氮   |    |
|       |      | 2020                  | 1月2日   | IV类    |                    | 无    |    |
|       |      |                       | 2月3日   | IV类    |                    | 无    |    |
|       |      |                       | 3月2日   | IV类    |                    | 无    |    |
|       |      |                       | 4月1日   | III类   |                    | 无    |    |
|       |      |                       | 5月6日   | IV类    |                    | 无    |    |
|       |      |                       | 6月1日   | IV类    |                    | 无    |    |
|       |      |                       | 7月1日   | III类   |                    | 无    |    |
|       |      |                       | 8月3日   | IV类    |                    | 无    |    |
|       |      |                       | 9月1日   | IV类    |                    | 无    |    |
|       |      |                       | 10月10日 | IV类    |                    | 无    |    |
|       |      |                       | 11月2日  | V类     |                    | 氨氮   |    |
|       |      |                       | 12月1日  | IV类    |                    | 无    |    |
|       |      |                       | 花斗水库   | 花斗水库   |                    | 2019 |    |
| 8月1日  | 劣V类  | 高锰酸盐指数、化学需氧量、生化需氧量、总磷 |        |        |                    |      |    |
| 2020  | 2月5日 | IV类                   |        |        | 高锰酸盐指数、化学需氧量、氨氮、总磷 |      |    |
|       | 8月4日 | III类                  |        |        | 高锰酸盐指数、化学需氧量、总磷    |      |    |

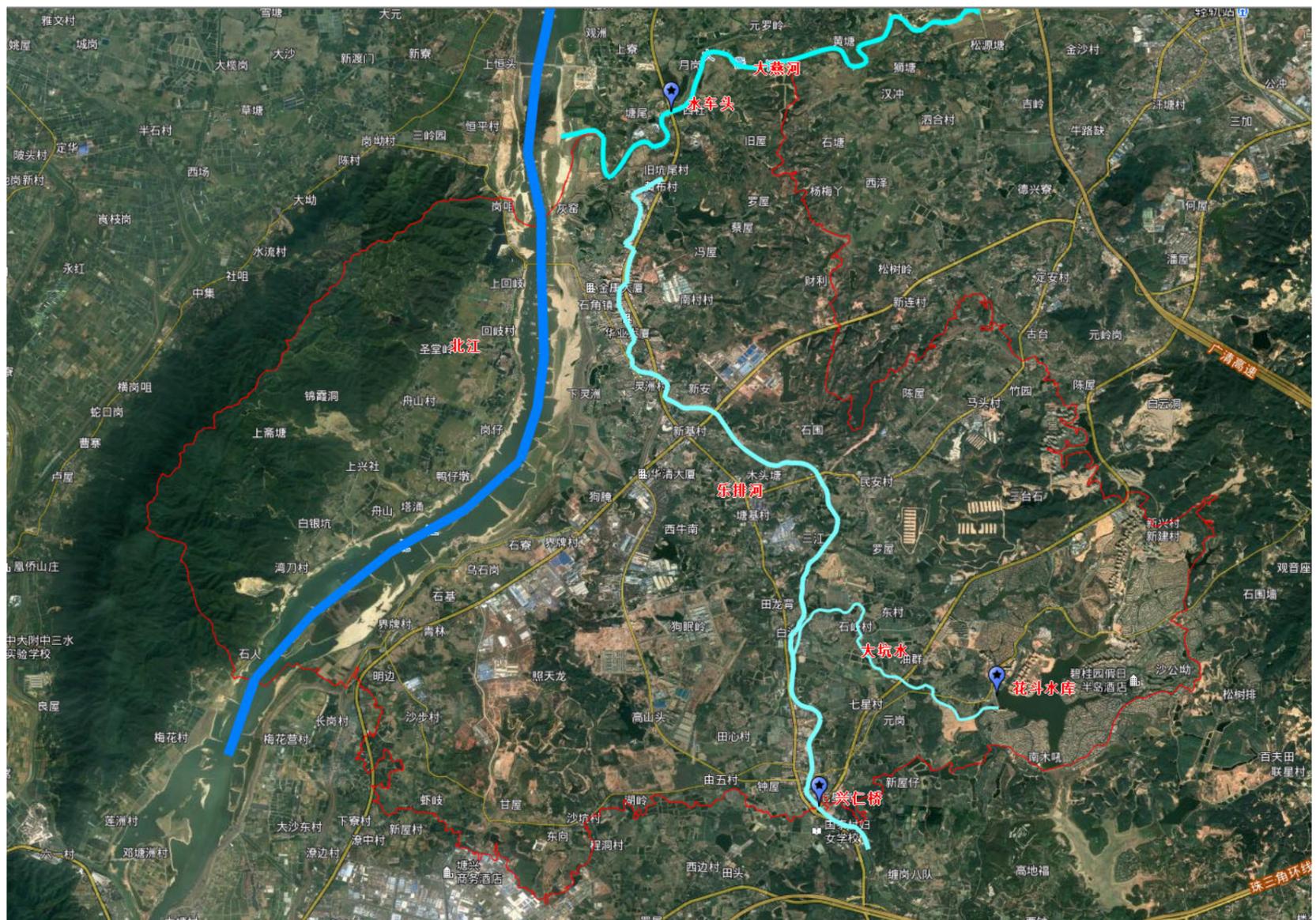


图 2-4 水质监测断面位置示意图

## 2.2 流域现状水利工程及其他工程概况

现有水利工程主要为堤防、泵站、水闸、水库等工程，堤防工程主要为北江大堤石角大堤；泵站工程主要为黄布电灌站；水闸工程主要包括黄布水闸及乐排河水闸；水库工程包括中型的花斗水库及部分小型水库工程，各工程具体情况如下，各工程位置详见图 2-5 及图 2-6。

### 2.2.1 堤防工程

北江干堤石角大堤位于北江石角段左岸，大燕河下游左岸，上起大燕河旁黄布村委会下辖的旧坑尾村，下至北江旁界牌村委会下辖的明边村，建成于 1955 年 5 月，堤防级别为 1 级，设计防洪标准为 100 年一遇，堤线总长 19.176km，现状堤防类型为土堤。

### 2.2.2 泵站工程

黄布电灌站位于石角镇黄布村，大燕河河口上游约 1.2km 左岸北江大堤堤外坡脚处，建成于 1964 年，原泵站已荒废，现在原位置旁设临时潜水泵用于抽水，装机 5 台，装机总容量 285kW ( $3 \times 45 + 2 \times 75$  kW)，设计扬程 20m，设计额定流量  $0.98\text{m}^3/\text{s}$  ( $3 \times 0.14 + 2 \times 0.28$   $\text{m}^3/\text{s}$ )，主要功能为抽大燕河水用于抗旱灌溉及生态环境补水。

### 2.2.3 水闸工程

#### 1) 黄布水闸

黄布水闸位于石角镇黄布村委会黄布电灌站旁，大燕河河口上游约 1.2km 左岸处，北江大堤大燕河支堤上，建成于 1957 年 3 月，工程等别为 V 等，主要建筑物为 5 级，设置 1 孔，过流净宽为 2m，过

流能力 8.0m<sup>3</sup>/s，主要功能为排退水。

## 2) 乐排河水闸

乐排河水闸位于石角镇新基村委会境内省道 114 北侧北江大堤遥堤上，建成于 1967 年 8 月，工程等别为 IV 等，主要建筑物为 4 级，设置 2 孔，过流总净宽为 7.5m，过流能力 50.9m<sup>3</sup>/s，主要功能为排退水。

### 2.2.4 水库工程

乐排河流域现有水库共 14 座，其中中型水库 1 座，为花斗水库，总库容为 1627 万 m<sup>3</sup>；小（1）型水库 5 座，总库容为 941 万 m<sup>3</sup>；小（2）型水库 8 座，总库容为 395.3 万 m<sup>3</sup>。各水库情况详见下表 2.2-1。

表 2.2-1 乐排河流域水库工程情况表

| 序号 | 水库名称  | 工程级别          | 集雨面积<br>(km <sup>2</sup> ) | 总库容<br>(万 m <sup>3</sup> ) | 兴利库容<br>(万 m <sup>3</sup> ) | 管理单位                |
|----|-------|---------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| 1  | 花斗水库  | 中型            | 19.1                       | 1627                       | 1070                        | 花斗水库<br>管理所         |
| 2  | 横坑水库  | 小<br>(1)<br>型 | 3.81                       | 272                        | 193                         | 石角镇<br>农业综合<br>服务中心 |
| 3  | 老虎冲水库 |               | 1.6                        | 174                        | 153                         |                     |
| 4  | 牛角冲水库 |               | 1.65                       | 172                        | 139                         |                     |
| 5  | 六房水库  |               | 0.95                       | 165                        | 105                         |                     |
| 6  | 小坑水库  |               | 1.75                       | 158                        | 120                         |                     |
| 7  | 黄布水库  | 小<br>(2)<br>型 | 0.6                        | 85.5                       | 70.0                        | 黄布村委会               |
| 8  | 卡房水库  |               | 0.52                       | 76.5                       | 55.4                        | 塘基村委会               |
| 9  | 狗眠岭水库 |               | 0.76                       | 59.5                       | 45.2                        | 田心村委会               |
| 10 | 榄岭水库  |               | 0.36                       | 43.7                       | 37.0                        | 新基村委会               |
| 11 | 正冲水库  |               | 0.6                        | 33.8                       | 25.0                        | 民安村委会               |
| 12 | 石围冲水库 |               | 0.4                        | 33.2                       | 19.4                        | 民安村委会               |
| 13 | 白石冲水库 |               | 0.83                       | 41.6                       | 19.4                        | 民安村委会               |
| 14 | 秦大岭水库 |               | 0.25                       | 21.5                       | 18                          | 田心村委会               |

花斗水库坝址位于清远市清城区石角镇七星村委会大陂头村东面，北江二级支流乐排河上游支流大坑水上，距清城区约 40km，距石角镇区 16km，与花都市三坑水库仅一条副坝相隔，水库坝址以上集雨面积 19.1km<sup>2</sup>，干流河长 9.2km，干流平均坡降 0.0055，是一宗以灌溉为主，兼顾防洪等综合利用的中型水库工程，原设计灌溉面积 1.6 万亩，现实际灌溉面积约为 0.78 万亩，捍卫人口 8150 人、耕地 2.1 万亩的安全；水库校核洪水位为 31.82m，相应总库容为 1627 万 m<sup>3</sup>，正常蓄水位为 29.6m，相应库容为 1103 万 m<sup>3</sup>，死水位为 22.4m，相应库容为 33 万 m<sup>3</sup>，属III等中型水库工程，主要建筑物为 3 级，次要建筑物为 4 级，大坝设计洪水标准为 50 年一遇（P=2%），相应洪峰流量 279m<sup>3</sup>/s，校核洪水标准为 1000 年一遇（P=0.1%），相应洪峰流量 413m<sup>3</sup>/s。

**表 2.2-2 花斗水库工程特性表**

|      |                         |       |                          |        |
|------|-------------------------|-------|--------------------------|--------|
| 水库特性 | 集雨面积 (km <sup>2</sup> ) | 19.1  | 多年平均降雨量 (mm)             | 1622.6 |
|      | 正常蓄水位 (m)               | 29.6  | 相应库容 (万 m <sup>3</sup> ) | 1103   |
|      | 设计洪水位 (m)               | 30.06 | 相应库容 (万 m <sup>3</sup> ) | 1435   |
|      | 校核洪水位 (m)               | 31.82 | 相应库容 (万 m <sup>3</sup> ) | 1627   |
|      | 死水位 (m)                 | 20.6  | 相应库容 (万 m <sup>3</sup> ) | 33     |
| 大坝特性 | 坝型                      | 均匀土坝  | 坝顶长度 (m)                 | 290    |
|      | 最大坝高 (m)                | 17.63 | 坝顶宽度 (m)                 | 6.0    |
|      | 坝顶高程 (m)                | 34.15 | 防浪墙高程 (m)                | -      |
| 溢洪道  | 型式                      | 开敞式   | 堰宽 (m)                   | 8.0    |
|      | 堰型                      | 宽用堰   | 闸门结构                     | -      |
|      | 堰顶高程 (m)                | 29.6  | 闸门尺寸 (m)                 | -      |
| 输水涵管 | 涵管型式                    | 内套钢管  | 涵管直径 (m)                 | Φ=1.2m |
|      | 进水口底高程                  | 20.6  | 压力管长度 (m)                | 112    |

|      |            |     |               |        |
|------|------------|-----|---------------|--------|
|      | (m)        |     |               |        |
| 工程效益 | 设计灌溉面积(万亩) | 1.6 | 实际灌溉面积(万亩)    | 0.7831 |
|      | 防洪面积(万亩)   | 2.1 | 捍卫人口(万人)      | 0.815  |
|      | 电站装机容量(kW) | -   | 多年平均发电量(kW·h) | -      |

工程始建于 1959 年 12 月，竣工于 1961 年 3 月，并于 2008 年进行除险加固，水库主要建筑物包括主坝、副坝、溢洪道、输水涵管等；主坝为均质土坝，坝顶高程 34.15m，最大坝高 17.63m，坝顶长 286m，坝顶宽 6.0m，上游采用混凝土护坡，下游采用草皮护坡；副坝为均质土坝，最大坝高 10.4m，坝顶高程 34.00m，顶长 500m，坝顶宽 7.0m；开敞式溢洪道布置在主坝左侧，控制段为宽顶堰，堰宽 8m，堰顶高程 29.60m，溢洪道末端采用消力池消能。输水涵管为钢筋砼管，管径 1.0m，总长 114.64m。

### 2.2.5 其他工程

乐排河流域清城区河段内其他工程主要为污水处理工程，现状主要有两座污水处理厂，具体情况详见下表 2.2-3。

表 2.2-3 流域内污水处理厂情况表

| 序号 | 名称           | 位置     | 规模(万 t/d) | 排放标准 | 排放水体 |
|----|--------------|--------|-----------|------|------|
| 1  | 乐排河污水处理厂     | 三江村附近  | 4.0       | 一级 A | 乐排河  |
| 2  | 广清合作园第一污水处理厂 | 合作园的东侧 | 1.25      | 一级 A | 乐排河  |

## 2.3 流域水利工程规划概况

根据收集资料及调查情况，乐排河流域暂无相关规划水利工程。

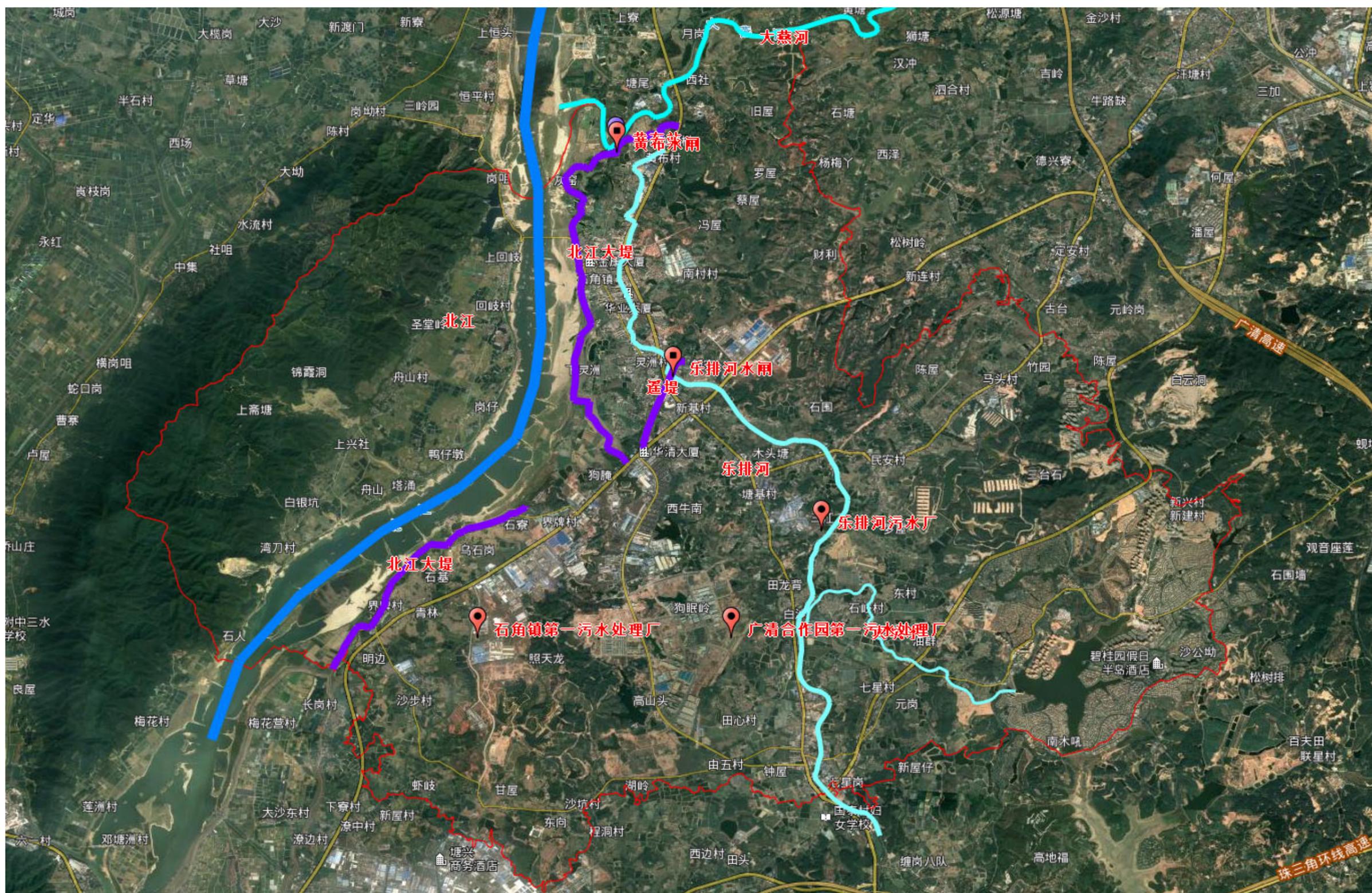


图 2-5 乐排河流域工程位置分布图 (1)

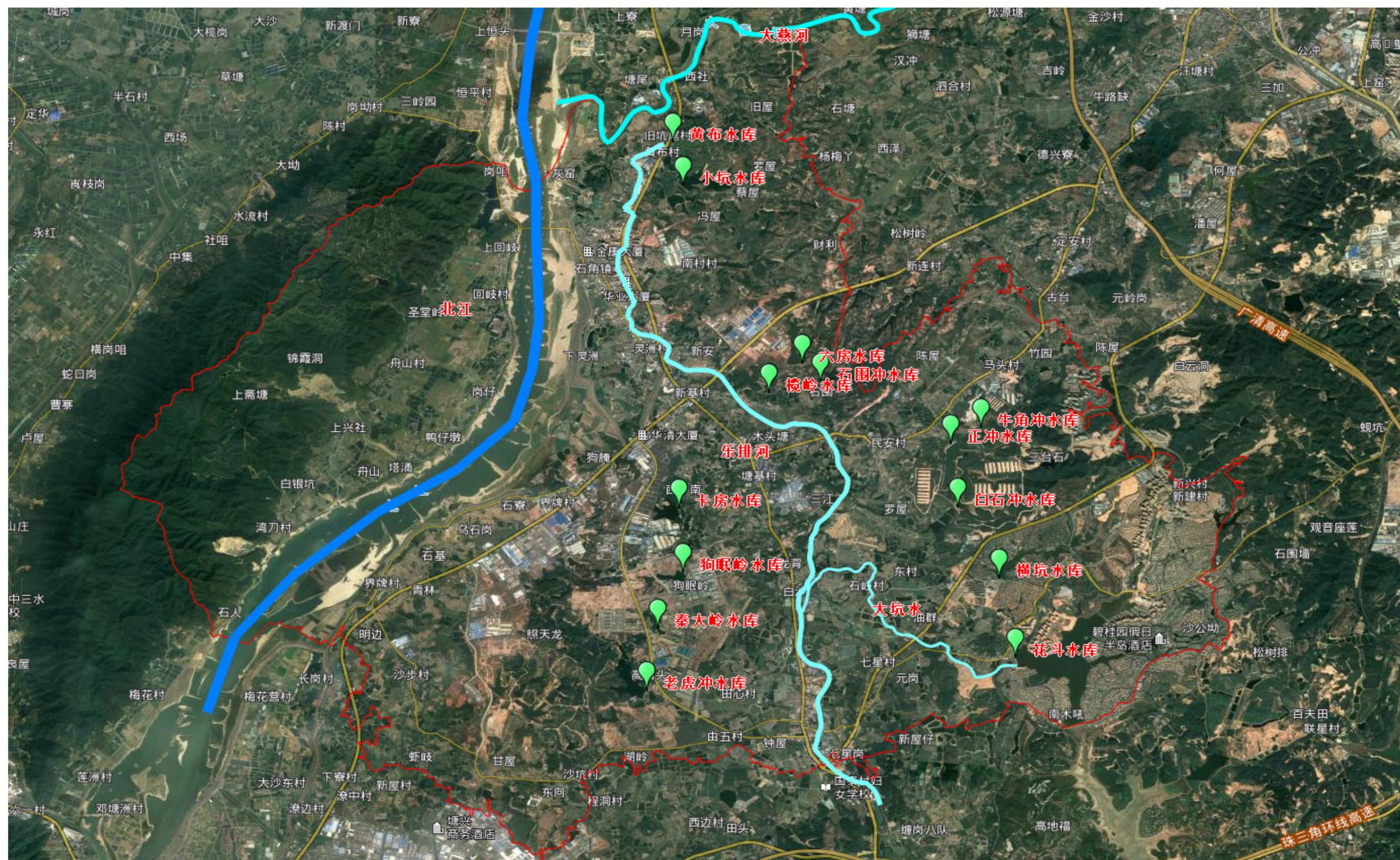


图 2-6 乐排河流域工程位置分布图 (2)

### 3 径流分析

#### 3.1 水文资料

##### 3.1.1 水文站

乐排河流域内无水文测站，附近有长列系列径流观测数据的观测站有横石（飞来峡）、石角、珠坑和大庙峡（二）水文站等 4 个水文站，各水文站基本信息见下表 3.1-1，位置示意图详见图 3-1。

表 3.1-1 乐排河流域周边水文站基本情况表

| 测站名称        | 所在河流 | 地点              | 控制流域面积<br>(km <sup>2</sup> ) | 监测项目            | 设立时间           | 主管机构 |
|-------------|------|-----------------|------------------------------|-----------------|----------------|------|
| 横石<br>(飞来峡) | 北江   | 飞来峡横石圩<br>(板塘村) | 34013<br>(34217)             | 降水、流量、<br>泥沙、水位 | 1953<br>(1999) | 省水文局 |
| 石角          | 北江   | 石角镇<br>石角圩      | 38363                        | 降水、流量、<br>泥沙、水位 | 1924           | 省水文局 |
| 大庙峡(二)      | 滘江   | 佛冈县石角<br>镇大庙峡   | 472                          | 降水、流量<br>、水位    | 1960           | 省水文局 |
| 珠坑<br>(迳口)  | 滨江   | 清新区龙颈<br>镇珠坑村   | 1607<br>(1664)               | 降水、流量<br>、水位    | 1958<br>(1951) | 省水文局 |

##### 3.1.2 雨量站

乐排河流域内有石角雨量站，附近长列系列雨量观测数据的观测站有横石（飞来峡）、清远、迎咀和银盏等 4 个雨量站，各雨量站基本信息见下表 3.1-2，位置示意图详见图 3-2。

表 3.1-2 乐排河流域附近雨量站基本情况表

| 测站名称 | 所在河流 | 地点      | 监测项目 | 设立年份       | 主管机构 |
|------|------|---------|------|------------|------|
| 飞来峡  | 北江   | 飞来峡横石   | 降水   | 1953（1999） | 省水文局 |
| 清远   | 北江   | 凤城南门街   | 降水   | 1932       | 省水文局 |
| 石角   | 北江   | 石角镇石角圩  | 降水   | 1924       | 省水文局 |
| 迎咀   | 迎咀河  | 源潭镇迎咀水库 | 降水   | 1967       | 省水文局 |
| 银盏水库 | 银盏河  | 龙塘镇银盏水库 | 降水   | 1962、1977  | 省水文局 |

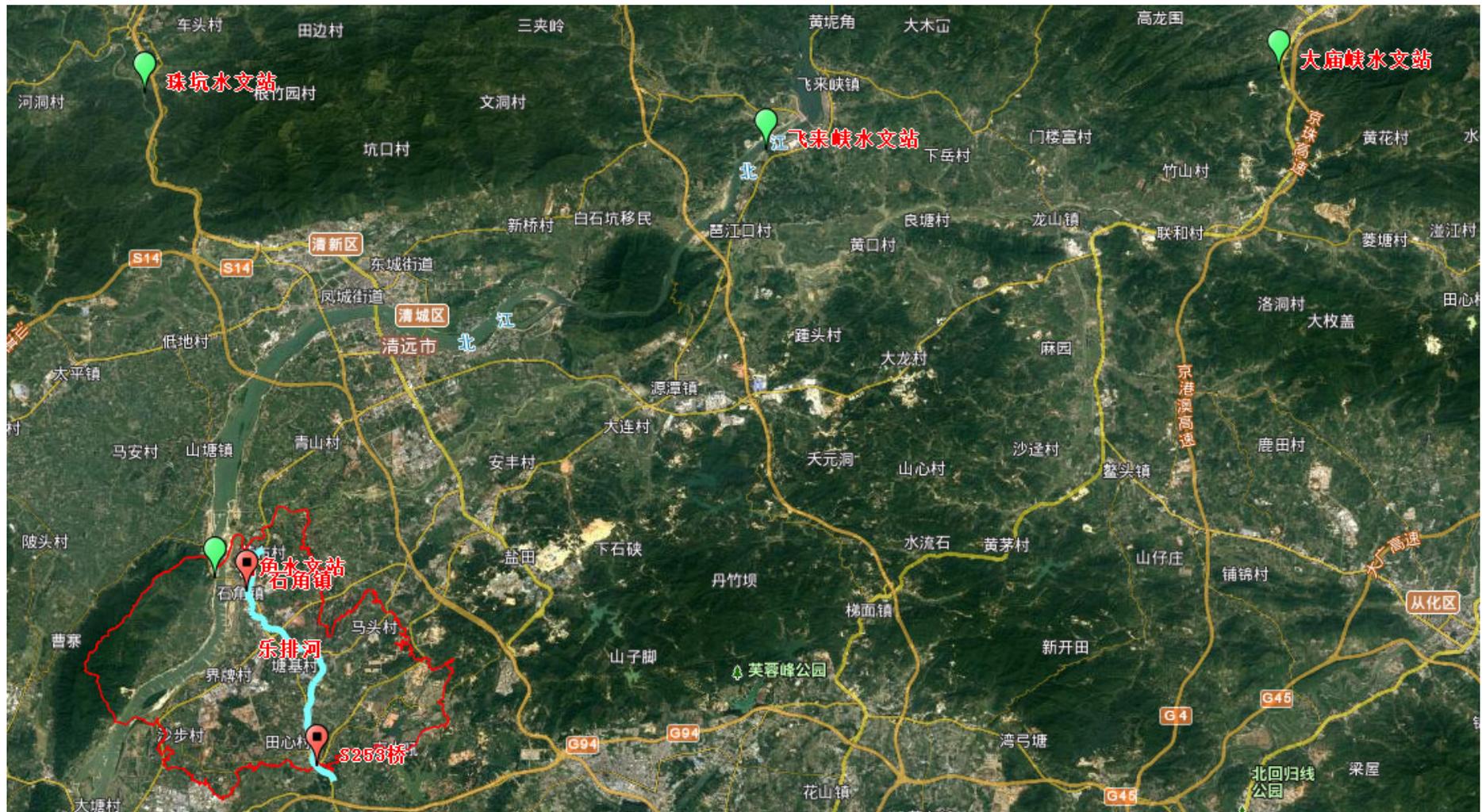


图 3-1 乐排河流域附近水文站分布图

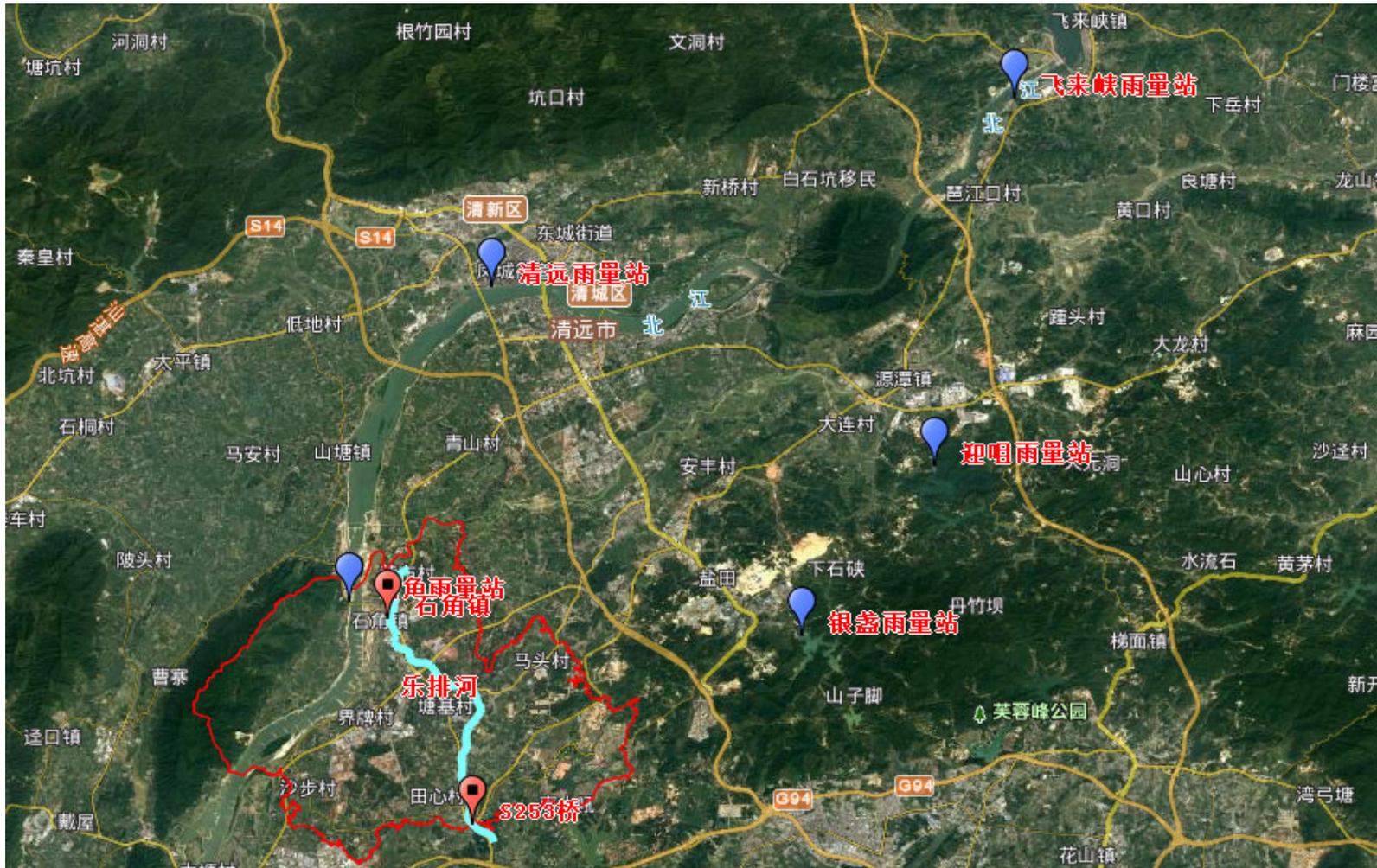


图 3-2 乐排河流域及附近雨量站分布图

### 3.1.3 采用测站情况

本此研究考虑横石（飞来峡）站、石角站为北江干流测站，以及支流滨江上的珠坑站的控制集雨面较大，乐排河控制断面控制面积仅为 104km<sup>2</sup>，与上述水文站控制集雨面积相差较大，作为参证站进行径流计算成果相对误差可能较大；本次计算考虑采用面积最小的大庙峡（二）站作为参证站进行年径流分析计算，采用流域内的石角雨量站年降雨量资料进行校正。

大庙峡（二）水文站位于濠江干流中游，该站设立于 1960 年，为国家级水文基本站，是濠江中上游控制站，集雨面积 472km<sup>2</sup>，大庙峡（二）站主要为收集濠江水文和气象资料、结合流域水资源开发利用、水利建设、水质监测及水情预报的需要而设立，主要测验项目有降雨、流量、水位等项目，设站至今其实测资料均已被广东省水文局按照国家相关规范整编、刊印，资料精度可靠，实测系列长度较长，具有较好的一致性。

本次研究收集有大庙峡（二）水文站 1960~2015 年 56 年实测年平均径流流量及雨量资料；石角雨量站 1960~2015 年 56 年实测降雨量资料，大庙峡（二）水文站 1960~2015 年实测年平均径流流量及雨量资料详见下表 3.1-3，大庙峡（二）水文站 1960~2015 年逐年年平均径流流量及降雨量分布详见图 3-3、图 3-4；石角雨量站 1960~2015 年实测年降雨量详见下表 3.1-4，石角雨量站 1960~2015 年逐年径流量及降雨量分布详见图 3-5。

表 3.1-3 大庙峡（二）水文站 1960~2015 年实测年资料表

| 序号 | 年份   | 年降雨量<br>(mm) | 年平均径流<br>流量 (m <sup>3</sup> /s) | 序号 | 年份   | 年降雨量<br>(mm) | 年平均径流<br>流量 (m <sup>3</sup> /s) |
|----|------|--------------|---------------------------------|----|------|--------------|---------------------------------|
| 1  | 1960 | 2080.5       | 20.8                            | 29 | 1988 | 2673.3       | 25.1                            |
| 2  | 1961 | 2835.6       | 28.6                            | 30 | 1989 | 1809.6       | 20.5                            |
| 3  | 1962 | 2372.2       | 24.5                            | 31 | 1990 | 1552         | 18.6                            |
| 4  | 1963 | 1525         | 5.94                            | 32 | 1991 | 1074.4       | 7.37                            |
| 5  | 1964 | 2029.7       | 18.9                            | 33 | 1992 | 2256.5       | 28.9                            |
| 6  | 1965 | 2404.3       | 22.4                            | 34 | 1993 | 2516.1       | 29.5                            |
| 7  | 1966 | 2368.3       | 23.3                            | 35 | 1994 | 2301.5       | 33.1                            |
| 8  | 1967 | 1963.3       | 16.4                            | 36 | 1995 | 1668.6       | 20.6                            |
| 9  | 1968 | 2346.1       | 27.8                            | 37 | 1996 | 1674.2       | 17.9                            |
| 10 | 1969 | 2022.4       | 22.5                            | 38 | 1997 | 2689.6       | 31.3                            |
| 11 | 1970 | 2185.8       | 20.6                            | 39 | 1998 | 2009.8       | 25.1                            |
| 12 | 1971 | 1881         | 17.2                            | 40 | 1999 | 1800         | 16.7                            |
| 13 | 1972 | 1990         | 16.1                            | 41 | 2000 | 1967.3       | 21.6                            |
| 14 | 1973 | 2667         | 30.1                            | 42 | 2001 | 2242.7       | 25.1                            |
| 15 | 1974 | 2116.8       | 21.2                            | 43 | 2002 | 3353.5       | 19.9                            |
| 16 | 1975 | 2622.8       | 35.6                            | 44 | 2003 | 1369.8       | 15.6                            |
| 17 | 1976 | 1762.1       | 19.8                            | 45 | 2004 | 1997.7       | 13.0                            |
| 18 | 1977 | 2075.8       | 17.6                            | 46 | 2005 | 2002.4       | 24.3                            |
| 19 | 1978 | 1970.2       | 21.4                            | 47 | 2006 | 2254.5       | 25.3                            |
| 20 | 1979 | 1745.1       | 20.6                            | 48 | 2007 | 1898.4       | 18.2                            |
| 21 | 1980 | 1634.6       | 22.1                            | 49 | 2008 | 2054.5       | 26.5                            |
| 22 | 1981 | 1830.5       | 20.5                            | 50 | 2009 | 1795         | 15.2                            |
| 23 | 1982 | 1760         | 19.0                            | 51 | 2010 | 2051.5       | 25.8                            |
| 24 | 1983 | 2843.7       | 42.6                            | 52 | 2011 | 1695         | 13.3                            |
| 25 | 1984 | 1795.1       | 17.5                            | 53 | 2012 | 1841.5       | 23.1                            |
| 26 | 1985 | 1622         | 14.5                            | 54 | 2013 | 2371.5       | 30.9                            |
| 27 | 1986 | 1677.6       | 18.0                            | 55 | 2014 | 2187         | 30.0                            |
| 28 | 1987 | 2220.3       | 23.1                            | 56 | 2015 | 2456.5       | 22.6                            |

**表 3.1-4 石角雨量站 1960~2015 年实测年降雨量**

| 序号 | 年份   | 降雨量<br>(mm) | 序号 | 年份   | 降雨量<br>(mm) |
|----|------|-------------|----|------|-------------|
| 1  | 1960 | 1764.8      | 29 | 1988 | 1686.9      |
| 2  | 1961 | 2353.1      | 30 | 1989 | 1546.2      |
| 3  | 1962 | 1848.6      | 31 | 1990 | 1335.2      |
| 4  | 1963 | 1492.9      | 32 | 1991 | 1166.5      |
| 5  | 1964 | 2054        | 33 | 1992 | 1907.1      |
| 6  | 1965 | 2273.2      | 34 | 1993 | 1606.1      |
| 7  | 1966 | 1836.4      | 35 | 1994 | 1929.2      |
| 8  | 1967 | 1802.5      | 36 | 1995 | 1616.7      |
| 9  | 1968 | 1606.5      | 37 | 1996 | 2026.5      |
| 10 | 1969 | 1517.9      | 38 | 1997 | 2515.8      |
| 11 | 1970 | 1760.8      | 39 | 1998 | 1413.3      |
| 12 | 1971 | 1865        | 40 | 1999 | 1599.8      |
| 13 | 1972 | 1576        | 41 | 2000 | 1838.6      |
| 14 | 1973 | 2228        | 42 | 2001 | 2464.9      |
| 15 | 1974 | 1363.8      | 43 | 2002 | 2256        |
| 16 | 1975 | 2418.9      | 44 | 2003 | 1532.8      |
| 17 | 1976 | 1527.3      | 45 | 2004 | 1416.9      |
| 18 | 1977 | 1334.3      | 46 | 2005 | 1599        |
| 19 | 1978 | 1715.3      | 47 | 2006 | 2065.9      |
| 20 | 1979 | 2018        | 48 | 2007 | 1495.5      |
| 21 | 1980 | 1689.7      | 49 | 2008 | 1796.5      |
| 22 | 1981 | 1783.5      | 50 | 2009 | 1102.6      |
| 23 | 1982 | 1649.2      | 51 | 2010 | 1779        |
| 24 | 1983 | 2686.7      | 52 | 2011 | 1573.5      |
| 25 | 1984 | 1530.3      | 53 | 2012 | 2037.5      |
| 26 | 1985 | 1479.5      | 54 | 2013 | 2131        |
| 27 | 1986 | 1632.3      | 55 | 2014 | 2048.5      |
| 28 | 1987 | 1888        | 56 | 2015 | 2146        |

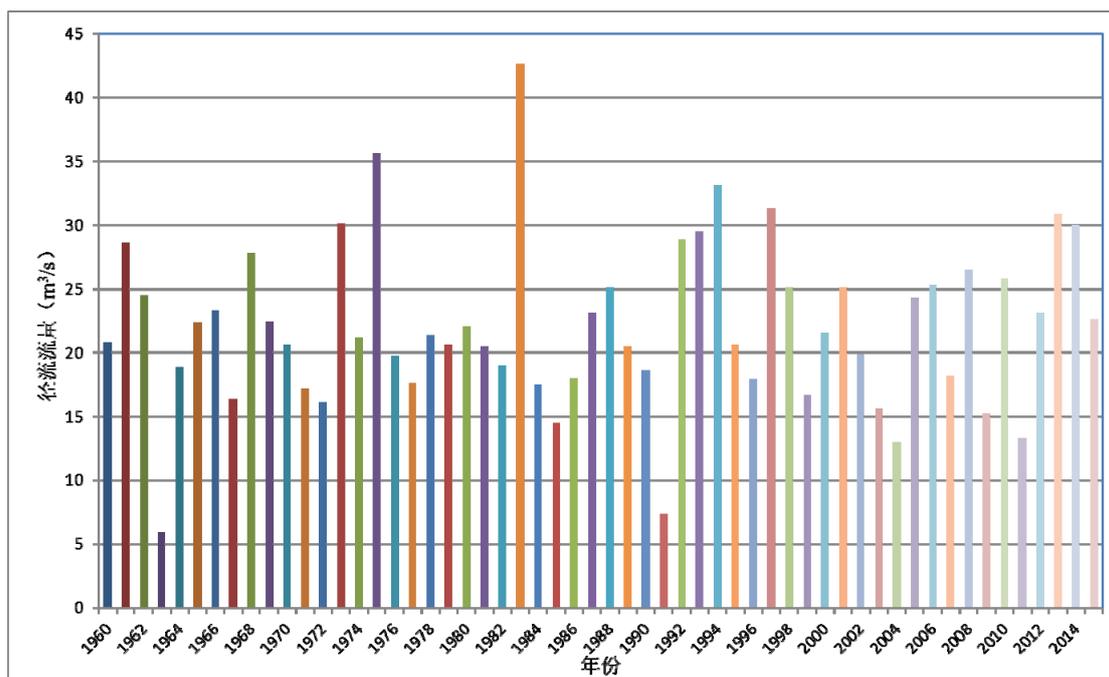


图 3-3 大庙峡（二）站 1960~2015 年逐年平均径流流量分布图

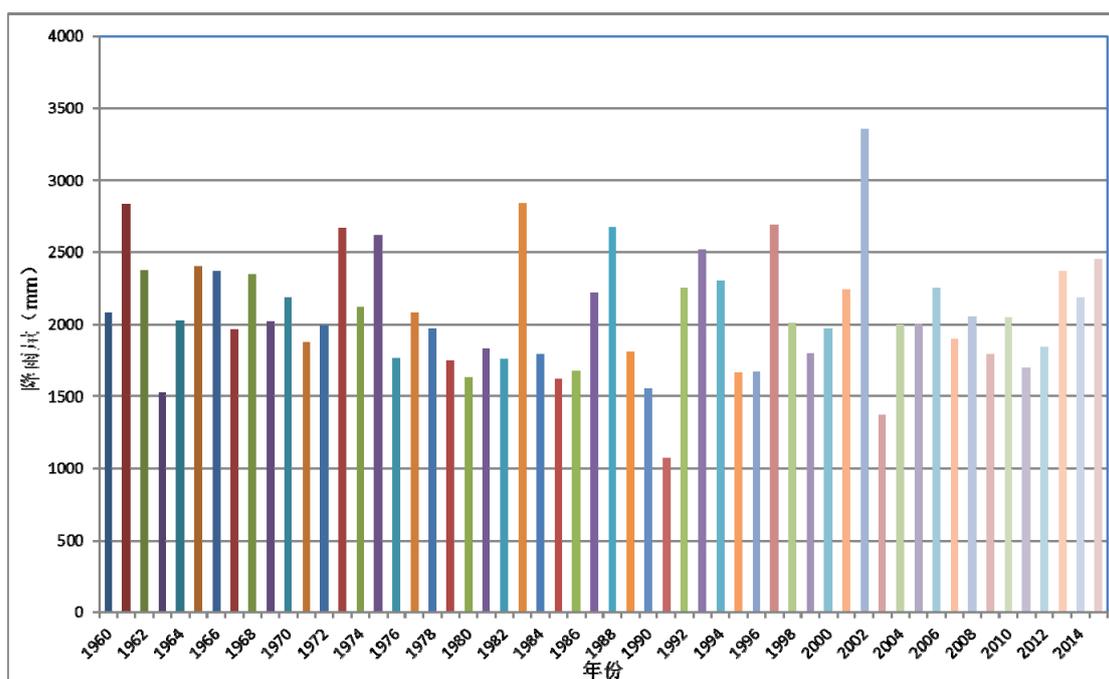


图 3-4 大庙峡（二）站 1960~2015 年逐年降雨量分布图

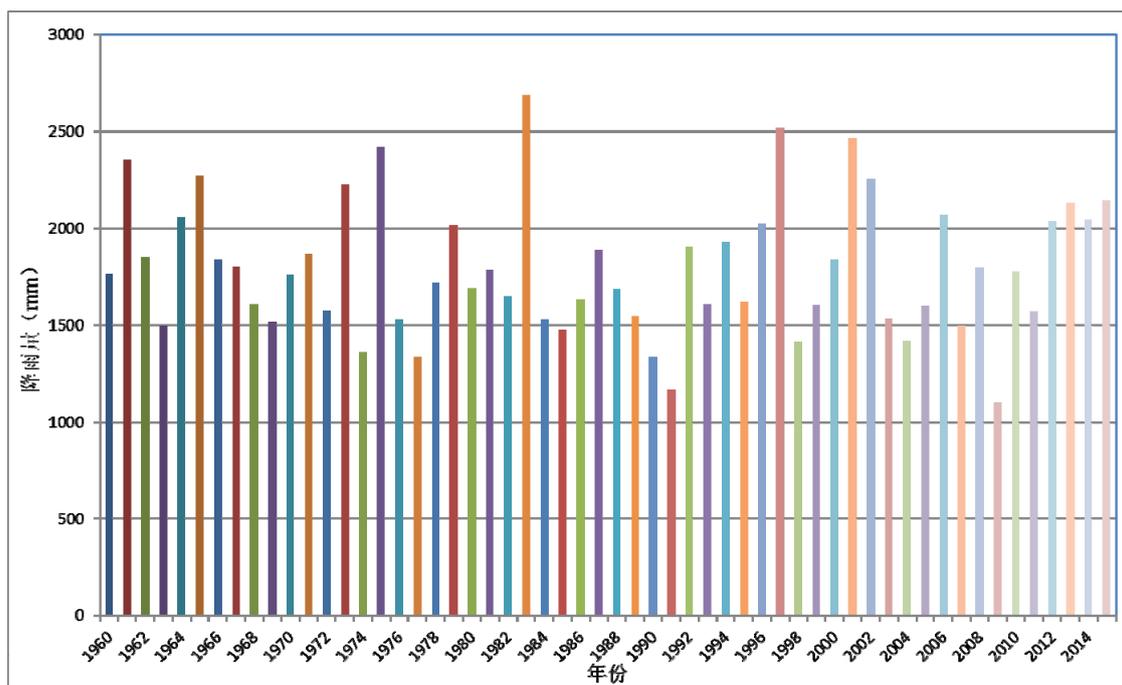


图 3-5 石角站 1960~2015 年逐年降雨量分布图

### 3.1.4 测站资料“三性”分析

#### 1) 大庙峡（二）站资料“三性”分析

##### (1) 可靠性分析

大庙峡（二）站为国家基本水文站，主要测验项目有水位、流量、降雨量、蒸发量等资料，设立至今其测验、整编、刊印均执行国家规范，流量、降雨等资料精度较可靠。

##### (2) 一致性分析

本次研究采用大庙峡（二）站多年的实测年平均径流流量及降雨量资料，其主要受气候影响，测站上游无较大调蓄型蓄水工程，故径流受人类活动的影响较小。通过对大庙峡（二）站 1960~2015 共 56 年实测年平均径流流量及降雨资料系列，通过绘制年平均径流流量及年降雨量累计曲线（见附图 3-1、附图 3-2）对大庙峡（二）站的实测径流及降雨资料进行一致性审查。由附图 3-1 及附图 3-2 可见，大

庙峡（二）站年平均径流流量及年降雨量累计曲线基本光滑，曲线斜率没有突变现象，可见大庙峡（二）站实测年平均径流流量及降雨量系列符合水文系列的一致性要求，一致性较好。

### （3）代表性分析

大庙峡（二）站所在流域径流均由降水形成，其时空变化特性与降雨时空变化基本一致，每年径流及降雨主要集中在 4~9 月。采用大庙峡（二）站 1960~2015 年共 56 年实测径流及降雨资料，系列长度满足工程设计要求，系列内丰、枯水年份数量大致相当，计算均值接近多年平均状态；资料的代表性可通过年径流及降雨系列的差积曲线和逆时序逐年累积平均过程线、Cv 值逆时序逐年累积平均过程线来进行分析。

根据大庙峡（二）站年平均径流流量及降雨量的差积曲线见附图 3-3 及附图 3-4，逆时序逐年累积平均过程线见附图 3-5 及附图 3-6，Cv 值逆时序逐年累积平均过程线见附图 3-7 及附图 3-8。可以看出，大庙峡（二）站 1960~2015 年共 56 年连续年平均径流流量及降雨量系列中按枯水段、丰水段、平水段，丰枯年份基本相等，资料代表性较好；年平均径流流量及降雨量逆时序逐年累积平均过程线和 Cv 值逆时序逐年累积平均过程线变化比较平缓，与 X 轴线基本平行，可见年平均径流流量及降雨量资料系列逆时序逐年累积平均和 Cv 值逆时序逐年累积平均，随年际变幅小，基本趋于稳定，可见资料代表性较好。

综上所述，大庙峡（二）站 1960~2015 年共 56 年径流及降雨资料系列统计年限较长，代表性较好，可作为本次研究的依据。

## 2) 石角站资料“三性”分析

### (1) 可靠性分析

石角站为国家基本水文站，主要测验项目有水位、流量、降雨量、蒸发量等资料，设立至今其测验、整编、刊印均执行国家规范，流量、降雨等资料精度较可靠。

### (2) 一致性分析

本次研究采用石角站站多年的实测降雨量资料对计算径流成果进行修正，通过对石角站 1960~2015 共 56 年实测降雨资料系列，通过绘制年降雨量累计曲线（见附图 3-9）对石角站的实测降雨资料进行一致性审查。由附图 3-9 可见，石角站年降雨量累计曲线基本光滑，曲线斜率没有突变现象，可见石角站实测降雨量系列符合水文系列的一致性要求，一致性较好。

### (3) 代表性分析

石角站所在流域每年降雨主要集中在 4~9 月。采用石角站 1960~2015 年共 56 年实测降雨资料，系列长度满足工程设计要求，系列内丰、枯水年份数量大致相当，计算均值接近多年平均状态；资料的代表性可通过年降雨系列的差积曲线和逆时序逐年累积平均过程线、Cv 值逆时序逐年累积平均过程线来进行分析。

根据石角站年降雨量的差积曲线见附图 3-10，逆时序逐年累积平均过程线见附图 3-11，Cv 值逆时序逐年累积平均过程线见附图 3-12。可以看出，石角站 1960~2015 年共 56 年连续年降雨量系列中按枯水段、丰水段、平水段，丰枯年份基本相等，资料代表性较好；年降雨

量逆时序逐年累积平均过程线和 Cv 值逆时序逐年累积平均过程线变化比较平缓，与 X 轴线基本平行，可见年降雨量资料系列逆时序逐年累积平均和 Cv 值逆时序逐年累积平均，随年际变幅小，基本趋于稳定，可见资料代表性较好。

综上所述，石角站 1960~2015 年共 56 年降雨资料系列统计年限较长，代表性较好，可作为本次研究的依据。

## 3.2 径流分析计算

### 3.2.1 年径流计算

#### 3.2.1.1 计算方法

年径流计算方法主要有代表站法和降雨径流关系法。

##### 1) 代表站法

代表站法是指在计算区内，选择一个或多个基本能代表全区的代表站或代表区间，从径流形成条件相似性出发，把代表站或代表区间经过还原及必要修正后的天然年径流量系列，按照面积比或区域降雨综合修正的方法折算到计算区，从而得到计算区 1960~2015 年的天然年径流量系列。

(1) 如果计算区域与代表站控制面积相差不大，并且自然地理条件也比较接近，则采用计算区域面积与代表站控制面积比进行折算，即：

$$W_{\text{计}} = \frac{F_{\text{计}}}{F_{\text{代}}} \cdot W_{\text{代}} \quad (\text{式 3.2-1})$$

式中：W<sub>计</sub>——计算区域径流量；

$F_{\text{计}}$ ——计算区域面积；

$W_{\text{代}}$ ——代表站流域径流量；

$F_{\text{代}}$ ——代表站流域面积。

(2) 如果代表站控制区域内自然地理条件与全区不完全一致，则应采用与计算区域自然地理条件相近的那一部分代表流域的径流量及相应面积（如区间径流量与相应的区间集水面积）来推求计算区域径流量，即采用以下公式：

$$W_{\text{计}} = \frac{F_{\text{计}}}{F_{\text{区间}}} \cdot W_{\text{区间}} \quad (\text{式 3.2-2})$$

式中： $W_{\text{区间}}$ ——区间径流量；

$F_{\text{区间}}$ ——相应应区间面积；

$W_{\text{计}}$ ——计算区域径流量；

$F_{\text{计}}$ ——计算区域面积。

(3) 如果计算区域与代表流域自然地理条件有较大差别，产水条件有明显差异，这时，不宜采用简单的面积比法计算分区径流量，而应选择能够较好地反映产水强度的指标（降雨量）作为权重，对全区径流量进行修正，即采用以下公式：

$$W_{\text{计}} = \frac{F_{\text{计}} \overline{P}_{\text{计}}}{F_{\text{代}} \overline{P}_{\text{代}}} \cdot W_{\text{代}} \quad (\text{式 3.2-3})$$

式中  $\overline{P}_{\text{计}}$ 、 $\overline{P}_{\text{代}}$  ——分别表示计算区域和代表流域的面平均年降水量，用泰森多边形法或算术平均法求得。

## 2) 降雨径流关系法

降雨径流关系法是指在计算区内没有水文站控制时，利用附近自

然地理条件相似地区水文站点的年降雨径流关系及区域面平均降雨系列推求径流系列，采用以下计算公式：

$$W_{\text{计}} = \rho \cdot P_{\text{计}} \cdot F_{\text{计}} \quad (\text{式 3.2-4})$$

式中  $P_{\text{计}}$ ——计算区域面雨量；

$F_{\text{计}}$ ——计算区域面积；

$\rho$ ——计算区采用水文径流系数。

### 3.2.1.2 年径流计算

#### 1) 乐排河流域逐年径流计算

本次研究计算所在乐排河流域内无相关水文测站，即无相关径流实测资料，根据其周边测站分布，计算采用大庙峡（二）站 1960~2015 年共 56 年实测年径流及降雨资料以及计算区域内的石角雨量站 1960~2015 年共 56 年实测年降雨资料，通过上述降雨径流关系法推求乐排河流域（即兴仁桥断面控制范围）逐年径流，故兴仁桥控制断面成果详见下表 3.2-1，兴仁桥控制断面 1960~2015 年逐年径流分布详见图 3-6。

表 3.2-1 兴仁桥断面 1960~2015 年年平均径流流量计算成果表

| 序号 | 年份   | 年平均径流流量 (m <sup>3</sup> /s) | 序号 | 年份   | 年平均径流流量 (m <sup>3</sup> /s) |
|----|------|-----------------------------|----|------|-----------------------------|
| 1  | 1960 | 3.89                        | 29 | 1988 | 3.49                        |
| 2  | 1961 | 5.23                        | 30 | 1989 | 3.86                        |
| 3  | 1962 | 4.21                        | 31 | 1990 | 3.53                        |
| 4  | 1963 | 2.60                        | 32 | 1991 | 1.76                        |
| 5  | 1964 | 4.21                        | 33 | 1992 | 5.38                        |
| 6  | 1965 | 4.67                        | 34 | 1993 | 4.15                        |

| 序号 | 年份   | 年平均径流<br>流量 (m <sup>3</sup> /s) | 序号 | 年份   | 年平均径流<br>流量 (m <sup>3</sup> /s) |
|----|------|---------------------------------|----|------|---------------------------------|
| 7  | 1966 | 3.98                            | 35 | 1994 | 5.18                            |
| 8  | 1967 | 3.32                            | 36 | 1995 | 4.40                            |
| 9  | 1968 | 4.19                            | 37 | 1996 | 4.77                            |
| 10 | 1969 | 3.72                            | 38 | 1997 | 6.45                            |
| 11 | 1970 | 3.66                            | 39 | 1998 | 3.89                            |
| 12 | 1971 | 3.76                            | 40 | 1999 | 3.27                            |
| 13 | 1972 | 2.81                            | 41 | 2000 | 4.45                            |
| 14 | 1973 | 5.54                            | 42 | 2001 | 6.08                            |
| 15 | 1974 | 3.01                            | 43 | 2002 | 3.39                            |
| 16 | 1975 | 7.23                            | 44 | 2003 | 3.85                            |
| 17 | 1976 | 3.78                            | 45 | 2004 | 2.03                            |
| 18 | 1977 | 2.49                            | 46 | 2005 | 4.28                            |
| 19 | 1978 | 4.11                            | 47 | 2006 | 5.11                            |
| 20 | 1979 | 5.25                            | 48 | 2007 | 3.16                            |
| 21 | 1980 | 5.03                            | 49 | 2008 | 5.11                            |
| 22 | 1981 | 4.40                            | 50 | 2009 | 2.06                            |
| 23 | 1982 | 3.92                            | 51 | 2010 | 4.93                            |
| 24 | 1983 | 8.21                            | 52 | 2011 | 2.72                            |
| 25 | 1984 | 3.29                            | 53 | 2012 | 5.63                            |
| 26 | 1985 | 2.91                            | 54 | 2013 | 6.12                            |
| 27 | 1986 | 3.86                            | 55 | 2014 | 6.19                            |
| 28 | 1987 | 4.33                            | 56 | 2015 | 4.35                            |

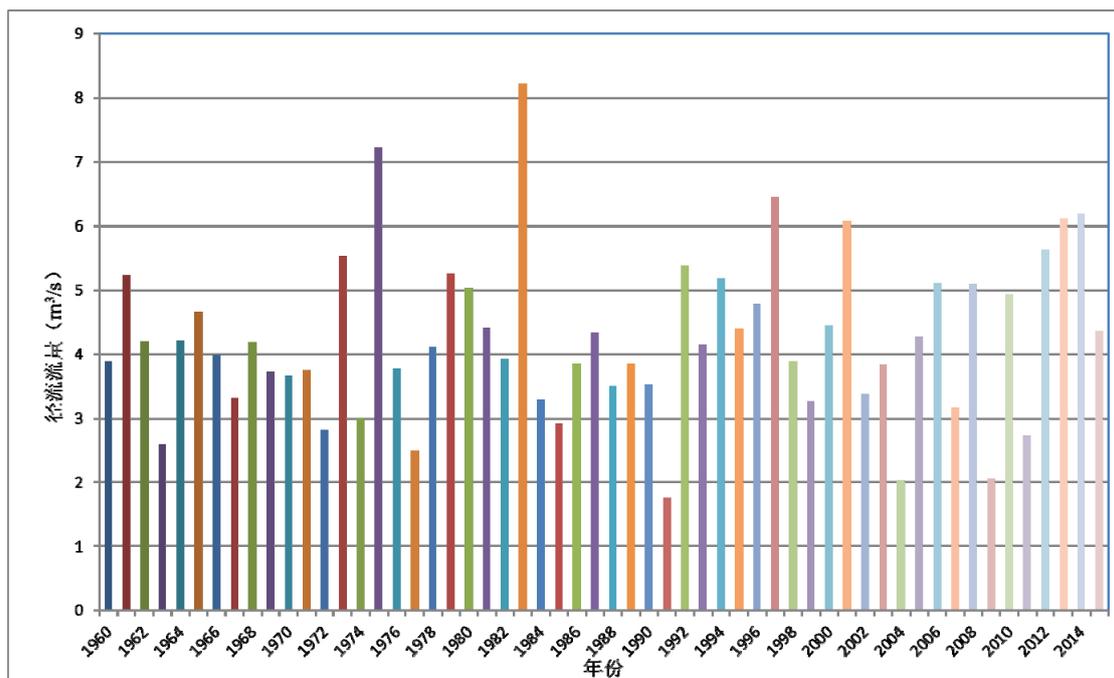


图 3-6 兴仁桥断面 1960~2015 年逐年平均径流流量分布图

## 2) 年径流分析

根据计算的兴仁桥断面 1960~2015 逐年径流系列，对其进行频率分析，经验频率采用数学期望公式计算，统计参数用矩法公式初算，并点绘频率曲线图（详见图 3-7），频率曲线采用 P-III 线型，经 P-III 型曲线按经验目估适线后，综合确定统计参数及各保证率年径流成果，本次计算偏态系数  $C_s=2C_v$ 。

经验频率计算公式：

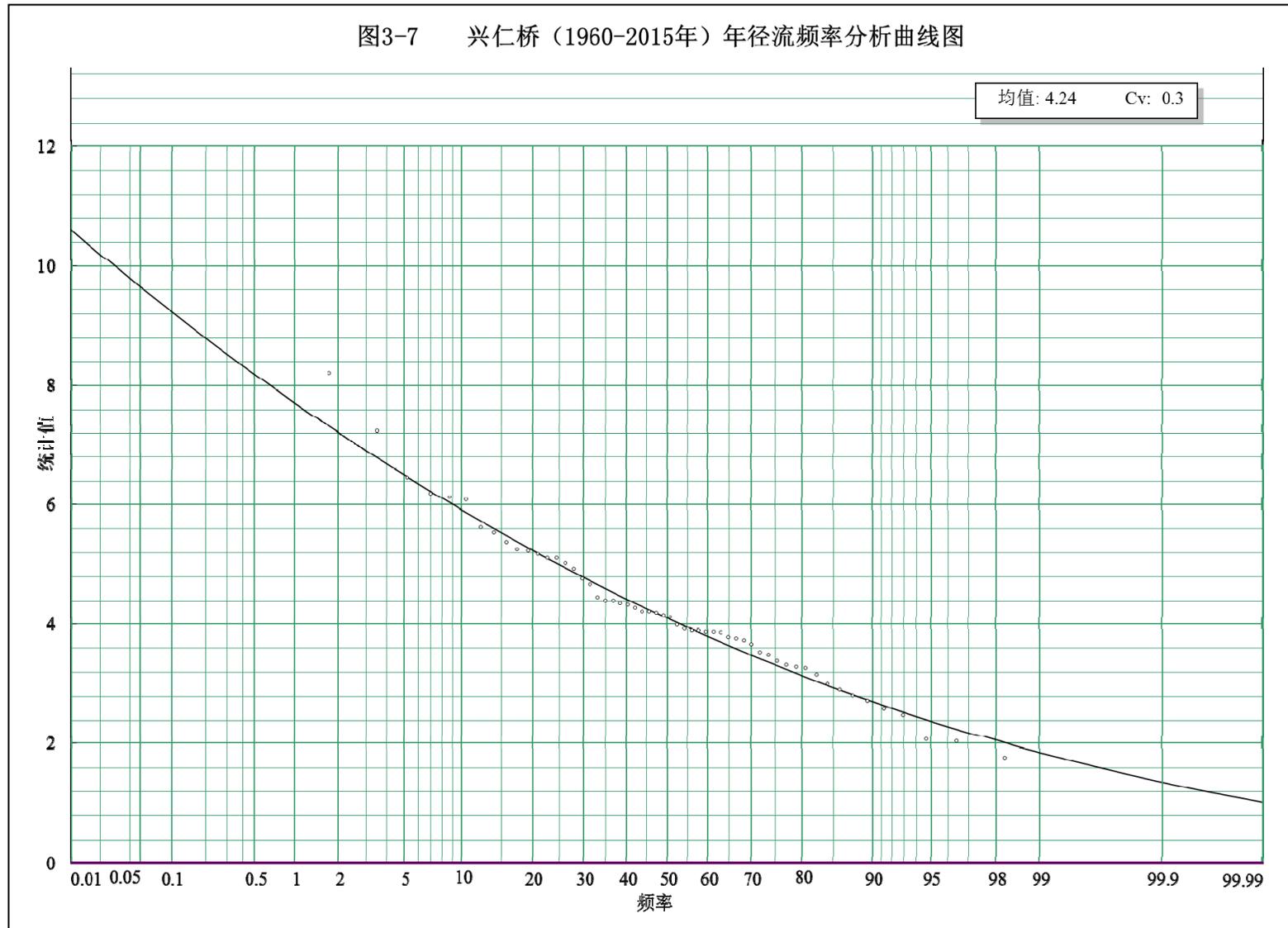
$$P_m = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad M=1, 2 \dots a \quad (\text{式 3.2-5})$$

统计参数计算公式：

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (\text{式 3.2-6})$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2}{n-1}} \quad (\text{式 3.2-7})$$

图3-7 兴仁桥（1960-2015年）年径流频率分析曲线图



根据上述公式及相关径流资料，经目估适线后，查算确定兴仁桥控制断面 1960~2015 年 56 年系列的统计参数（均值、Cv）及不同频率（P=10%、50%、90%、95%）的年平均径流流量，并通过水文比拟法计算出石歧桥断面相应年平均径流流量，成果详见表 3.2-2。

**表 3.2-2 各控制断面 1960~2015 年径流特征值成果表**

| 河流  | 控制断面 | 统计参数                      |                   |     |       | 不同频率年平均径流流量<br>(m <sup>3</sup> /s) |      |      |      |
|-----|------|---------------------------|-------------------|-----|-------|------------------------------------|------|------|------|
|     |      | 均值<br>(m <sup>3</sup> /s) | 折算<br>径流深<br>(mm) | Cv  | Cs/Cv | 10%                                | 50%  | 90%  | 95%  |
| 乐排河 | 石歧桥  | 2.12                      | 1285.70           | 0.3 | 2     | 2.97                               | 2.06 | 1.36 | 1.20 |
|     | 兴仁桥  | 4.24                      |                   |     |       | 5.92                               | 4.11 | 2.72 | 2.39 |

### 3.2.2 径流年内分配计算

本次研究年内分配计算通过上述兴仁桥控制断面年径流成果及流域内石角雨量站实测的年内月降雨量资料进行分配，分配过程中考虑乐排河流域内植被覆盖度一般，主要为农田等开发用地，基流按 10%计，根据上述资料及方法分析计算出兴仁桥控制断面逐年年内月平均径流流量成果，成果详见下表 3.2-3。

表 3.2-3 兴仁桥断面逐年年内月平均径流流量成果表 单位: m<sup>3</sup>/s

| 年份   | 月 份  |      |      |       |       |       |       |       |      |       |      |      |
|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|
|      | 一月   | 二月   | 三月   | 四月    | 五月    | 六月    | 七月    | 八月    | 九月   | 十月    | 十一月  | 十二月  |
| 1960 | 1.05 | 0.52 | 6.98 | 3.70  | 7.12  | 7.30  | 3.07  | 10.67 | 2.84 | 1.30  | 1.04 | 0.83 |
| 1961 | 0.95 | 3.26 | 3.69 | 9.64  | 4.02  | 6.54  | 12.50 | 9.42  | 8.29 | 0.61  | 2.09 | 1.73 |
| 1962 | 0.70 | 1.57 | 1.84 | 3.52  | 10.23 | 10.40 | 3.04  | 5.40  | 8.53 | 1.63  | 3.21 | 0.46 |
| 1963 | 0.47 | 1.14 | 1.16 | 1.78  | 2.36  | 4.56  | 7.85  | 3.75  | 2.12 | 1.56  | 2.80 | 1.53 |
| 1964 | 2.30 | 1.48 | 2.46 | 5.53  | 7.60  | 5.60  | 4.47  | 11.62 | 5.81 | 2.64  | 0.43 | 0.46 |
| 1965 | 1.03 | 2.28 | 1.86 | 10.24 | 8.85  | 7.67  | 7.24  | 2.16  | 6.29 | 5.35  | 1.96 | 1.07 |
| 1966 | 0.61 | 1.66 | 3.74 | 7.46  | 1.70  | 18.34 | 8.01  | 1.60  | 0.95 | 1.03  | 1.04 | 1.78 |
| 1967 | 1.33 | 2.65 | 1.49 | 4.72  | 7.64  | 3.68  | 3.43  | 9.99  | 2.08 | 0.38  | 1.67 | 0.64 |
| 1968 | 1.16 | 3.85 | 4.42 | 3.36  | 5.95  | 11.01 | 5.60  | 10.50 | 1.80 | 0.78  | 0.83 | 1.05 |
| 1969 | 4.94 | 1.62 | 4.01 | 3.87  | 5.98  | 7.39  | 6.04  | 5.16  | 1.56 | 2.24  | 0.80 | 0.80 |
| 1970 | 2.51 | 0.99 | 2.18 | 3.78  | 7.70  | 5.35  | 2.14  | 8.03  | 6.18 | 2.90  | 0.37 | 1.52 |
| 1971 | 0.99 | 1.02 | 0.95 | 6.21  | 6.80  | 11.43 | 5.39  | 6.54  | 2.12 | 0.88  | 0.38 | 2.29 |
| 1972 | 0.66 | 1.09 | 0.71 | 4.51  | 8.59  | 3.87  | 1.87  | 4.78  | 2.01 | 1.62  | 3.08 | 0.88 |
| 1973 | 3.31 | 1.27 | 4.31 | 7.40  | 10.27 | 10.77 | 9.29  | 6.76  | 7.75 | 2.99  | 1.57 | 0.54 |
| 1974 | 0.87 | 1.42 | 1.18 | 3.30  | 7.00  | 7.70  | 4.86  | 2.39  | 2.09 | 3.16  | 0.78 | 1.28 |
| 1975 | 3.26 | 2.76 | 5.93 | 7.66  | 15.33 | 13.33 | 8.53  | 10.68 | 3.82 | 11.42 | 1.01 | 2.57 |
| 1976 | 0.37 | 1.73 | 2.65 | 6.96  | 5.90  | 7.26  | 3.64  | 8.32  | 3.60 | 4.08  | 0.38 | 0.45 |
| 1977 | 0.92 | 0.39 | 0.82 | 2.28  | 6.80  | 6.70  | 4.76  | 3.14  | 2.27 | 0.29  | 0.25 | 1.14 |

| 年份   | 月 份  |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
|      | 一月   | 二月    | 三月    | 四月    | 五月    | 六月    | 七月    | 八月    | 九月   | 十月   | 十一月  | 十二月  |
| 1978 | 2.05 | 1.22  | 1.84  | 5.68  | 14.31 | 7.34  | 1.41  | 6.82  | 1.32 | 5.38 | 1.13 | 0.45 |
| 1979 | 1.04 | 2.44  | 3.91  | 5.52  | 7.19  | 15.27 | 2.82  | 15.26 | 7.68 | 0.52 | 0.69 | 0.64 |
| 1980 | 1.29 | 3.27  | 2.72  | 13.53 | 10.56 | 9.51  | 6.19  | 6.87  | 2.15 | 3.36 | 0.51 | 0.50 |
| 1981 | 1.45 | 2.15  | 5.04  | 8.28  | 9.44  | 7.57  | 7.71  | 1.68  | 2.95 | 4.07 | 1.92 | 0.43 |
| 1982 | 0.68 | 3.96  | 2.00  | 4.82  | 7.49  | 4.02  | 7.74  | 3.97  | 4.00 | 2.93 | 4.28 | 1.24 |
| 1983 | 8.29 | 15.85 | 11.07 | 6.98  | 13.68 | 12.28 | 13.01 | 3.96  | 9.59 | 2.53 | 0.84 | 1.12 |
| 1984 | 0.73 | 0.57  | 2.56  | 8.12  | 9.13  | 6.37  | 2.08  | 4.64  | 3.46 | 0.32 | 0.99 | 0.49 |
| 1985 | 0.84 | 4.78  | 3.81  | 3.56  | 4.25  | 3.41  | 4.03  | 2.28  | 6.96 | 0.65 | 0.31 | 0.35 |
| 1986 | 0.40 | 2.87  | 3.73  | 3.52  | 12.58 | 5.35  | 5.82  | 5.72  | 1.21 | 2.69 | 0.89 | 1.28 |
| 1987 | 0.59 | 1.15  | 4.01  | 7.97  | 12.37 | 5.54  | 9.43  | 4.20  | 3.67 | 0.85 | 1.44 | 0.45 |
| 1988 | 0.55 | 1.49  | 2.08  | 3.44  | 9.08  | 5.03  | 3.01  | 9.52  | 1.45 | 2.83 | 1.69 | 1.49 |
| 1989 | 4.04 | 0.51  | 2.17  | 5.55  | 13.32 | 8.90  | 2.14  | 4.86  | 2.16 | 0.40 | 0.39 | 1.61 |
| 1990 | 2.49 | 6.76  | 2.63  | 4.52  | 6.94  | 3.76  | 3.99  | 1.20  | 2.63 | 3.16 | 4.06 | 0.53 |
| 1991 | 1.36 | 0.35  | 1.65  | 1.50  | 2.28  | 6.12  | 2.71  | 2.30  | 1.20 | 0.68 | 0.40 | 0.53 |
| 1992 | 4.38 | 6.25  | 7.47  | 9.13  | 10.81 | 9.33  | 6.18  | 2.89  | 5.12 | 0.53 | 0.64 | 1.99 |
| 1993 | 1.32 | 1.51  | 3.37  | 8.57  | 7.79  | 8.40  | 3.40  | 4.22  | 5.66 | 2.29 | 2.60 | 0.69 |
| 1994 | 0.51 | 2.32  | 2.57  | 8.87  | 8.98  | 9.18  | 11.73 | 9.62  | 2.24 | 0.95 | 0.57 | 4.33 |
| 1995 | 0.85 | 3.39  | 3.37  | 4.44  | 4.14  | 8.02  | 5.52  | 10.85 | 4.62 | 5.32 | 0.81 | 1.36 |
| 1996 | 0.74 | 1.82  | 4.56  | 4.20  | 9.05  | 8.75  | 8.32  | 11.20 | 6.42 | 1.01 | 0.49 | 0.56 |
| 1997 | 2.73 | 5.06  | 4.63  | 7.47  | 7.18  | 12.31 | 20.41 | 7.69  | 4.51 | 2.01 | 1.34 | 1.93 |

| 年份   | 月 份  |      |      |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
|      | 一月   | 二月   | 三月   | 四月    | 五月    | 六月    | 七月    | 八月    | 九月   | 十月   | 十一月  | 十二月  |
| 1998 | 1.68 | 4.32 | 2.89 | 6.62  | 10.02 | 8.38  | 3.54  | 2.68  | 4.14 | 0.78 | 1.19 | 0.63 |
| 1999 | 1.32 | 0.36 | 2.25 | 3.08  | 4.92  | 3.89  | 5.82  | 7.66  | 7.82 | 0.58 | 0.64 | 0.69 |
| 2000 | 0.73 | 1.44 | 1.75 | 14.25 | 9.08  | 4.47  | 5.95  | 6.94  | 1.53 | 4.57 | 1.59 | 1.00 |
| 2001 | 2.97 | 2.62 | 2.67 | 9.93  | 4.95  | 15.05 | 11.55 | 10.95 | 7.92 | 0.93 | 1.25 | 2.12 |
| 2002 | 0.79 | 0.77 | 1.94 | 1.12  | 4.26  | 2.56  | 9.83  | 8.47  | 4.31 | 2.49 | 1.61 | 2.09 |
| 2003 | 1.22 | 0.55 | 2.73 | 5.95  | 4.10  | 13.18 | 1.48  | 8.25  | 6.41 | 0.52 | 1.43 | 0.38 |
| 2004 | 0.78 | 1.05 | 1.74 | 4.64  | 5.13  | 1.79  | 3.45  | 3.75  | 1.16 | 0.20 | 0.42 | 0.21 |
| 2005 | 0.55 | 1.33 | 3.28 | 5.38  | 9.56  | 11.94 | 6.34  | 8.57  | 2.63 | 0.42 | 0.45 | 0.69 |
| 2006 | 0.65 | 3.42 | 4.04 | 5.97  | 9.10  | 8.09  | 8.90  | 7.24  | 2.54 | 6.55 | 3.82 | 0.83 |
| 2007 | 0.68 | 1.93 | 2.44 | 4.43  | 5.07  | 11.02 | 2.62  | 5.55  | 2.81 | 0.52 | 0.37 | 0.57 |
| 2008 | 2.95 | 1.97 | 2.86 | 5.34  | 7.67  | 20.88 | 6.38  | 4.26  | 3.41 | 1.88 | 2.83 | 1.03 |
| 2009 | 0.30 | 0.37 | 2.28 | 3.18  | 3.81  | 6.09  | 2.79  | 1.04  | 1.62 | 0.25 | 2.05 | 0.90 |
| 2010 | 3.11 | 2.94 | 1.72 | 7.93  | 9.63  | 12.76 | 6.03  | 4.04  | 7.92 | 1.19 | 0.53 | 1.47 |
| 2011 | 0.69 | 1.31 | 1.57 | 1.26  | 4.13  | 8.36  | 5.42  | 2.01  | 2.71 | 3.10 | 1.79 | 0.27 |
| 2012 | 2.82 | 2.74 | 3.95 | 16.16 | 8.50  | 6.82  | 5.75  | 6.41  | 2.33 | 3.67 | 6.66 | 1.89 |
| 2013 | 1.24 | 1.25 | 7.70 | 8.31  | 7.17  | 9.83  | 9.04  | 11.05 | 8.61 | 0.60 | 2.71 | 5.59 |
| 2014 | 0.61 | 2.20 | 7.49 | 7.88  | 14.80 | 12.81 | 7.46  | 11.93 | 3.06 | 0.64 | 3.08 | 2.03 |
| 2015 | 1.95 | 0.76 | 1.53 | 1.66  | 14.92 | 5.98  | 4.45  | 2.89  | 3.95 | 8.02 | 2.17 | 3.46 |

### 3.3 生态基流分析计算

#### 3.3.1 计算方法

生态基流计算方法较多，自从美国首先提出 In-stream Flow Requirement 的概念，为了防止河流生态系统破坏而确保河流的最小生态流量，不同国家相继开展了相关研究，目前生态基流估算方法达 200 多种，大致可以分为四类：一是水文学法(标准流量法)，如 Tennant 法、7Q10 法，最小月平均流量法；二是水力学法，如 R2CROSS 法、湿周法；三是栖息地法，如 IFIM（增加法）等；四是整体法，如 BBM 法。不同方法有其自身的适用条件及优缺点。

我国从上世纪 90 年代开始进行生态蓄水方面的研究，尽管起步较晚，发展研究速度较快，特别是最近几年，我国研究者根据我国水资源分布特点，总结研究出新的、适合我国的分析计算方法，为保障我国河流生态基流量起到了积极作用。常用的生态基流计算方法及其适用条件与特点见表 3.3-1。

表 3.3-1 生态基流指标表达

| 序号 | 方法        | 方法类别 | 指标表达                  | 适用条件及特点                                     |
|----|-----------|------|-----------------------|---|
| 1  | Tennant 法 | 水文学法 | 将多年平均流量的 10-30%作为生态基流 | 适用于流量较大的河流；<br>拥有长序列水文资料。<br>方法简单快速         |
| 2  | 90%保证率法   | 水文学法 | 百分之九十保证率最枯月平均流量       | 适合水资源量小，<br>且开发利用程度已经较高的河流；<br>要求拥有长序列水文资料。 |
| 3  | 近十年最枯月流量法 | 水文学法 | 近十年最枯月平均流量            | 与 90%保证率法相同，<br>均用于纳污能力计算                   |

| 序号 | 方法      | 方法类别 | 指标表达   | 适用条件及特点                                      |
|----|---------|------|--|--|
| 4  | 流量历时曲线法 | 水文学法 | 利用历史流量资料构建各月流量历时曲线，以 90%保证率对应流量作为生态基流                              | 简单快速，同时考虑了各个月份流量的差异。需分析至少 20 年的日均流量资料        |
| 5  | 湿周法     | 水力学法 | 湿周流量关系图中的拐点确定生态流量；当拐点不明显时，以某个湿周率相应的流量，作为生态流量。湿周率为 50%时对应的流量可作为生态基流 | 适合于宽浅矩形渠道和抛物线型断面，且河床形状稳定的河道，直接体现河流湿地及河谷林草需水。 |
| 6  | 7Q10 法  | 水文学法 | 90%保证率最枯连续 7 天的平均流量  | 水资源量小，且开发利用程度已经较高的河流；拥有长序列水文资料               |

在各种方法中，水文学法相对易于操作，应用较广泛、较成熟。在生态基流分析计算方法的合理选取过程中，应充分考虑区域气候条件、水文特征、河流形态、水生态系统类型以及工程环境影响水生态目标的具体情况和需水特点，还应考虑满足生态需水的共性要求和实际数据获取的难易程度。本次研究根据收集资料情况拟采用 Tennant 法、90%保证率法、近十年最枯月流量法三种方法进行分析计算，同时考虑已有成果综合考虑选取。

### 3.3.2 生态基流计算成果

#### 1) Tennant 法

Tennant 法是通过河流多年平均流量的百分数进行计算，根据 2010 年水利部水利水电规划设计总院印发的《水工程规划设计生态指标体系与应用指导意见》中该法将保护水生态的河流流量推荐值分为最大允许极限值、最佳范围值、极好状态值、非常好状态值、好状

态值、开始退化状态值、差或最小状态值和极差状态值等 1 个高限标准、1 个最佳范围标准和 6 个低限标准，又依据水生生物对环境的季节性要求不同，分为鱼类产卵育肥期（4~9 月份）和一般用水期（10 月~翌年 3 月份），乐排河流域主要为丘陵、平原区，人类活动较密集，Tennant 法推荐流量情况详见下表 3.3-2，流域内无相关水产种质及水生生物栖息地，故本次计算按照一般用水期分别计算多年平均流量的 10-30%，根据上述年径流计算成果计算出各控制断面相应成果，计算成果详见下表 3.3-3。

**表 3.3-2 Tennant 法推荐流量表**

| 栖息地等定性描述 | 推荐的基流标准（年平均流量百分数） |                |
|----------|-------------------|----------------|
|          | 一般用水期（10~3 月）     | 鱼类产卵育幼期（4~9 月） |
| 最大       | 200               | 200            |
| 最佳流量     | 60~100            | 60~100         |
| 极好       | 40                | 60             |
| 非常好      | 30                | 50             |
| 好        | 20                | 40             |
| 开始退化的    | 10                | 30             |
| 差或最小     | 10                | 10             |
| 极差       | <10               | <10            |

**表 3.3-3 各断面 Tennant 法计算成果表 单位：m<sup>3</sup>/s**

| 河流  | 控制断面 | 多年平均 | Tennant 法 |      |      |
|-----|------|------|-----------|------|------|
|     |      |      | 10%       | 20%  | 30%  |
| 乐排河 | 石歧桥  | 2.12 | 0.21      | 0.42 | 0.64 |
|     | 兴仁桥  | 4.24 | 0.42      | 0.85 | 1.27 |

**2) 90%保证率法**

90%保证率法是指计算 90%保证率最枯月平均流量作为生态基

流的方法，根据兴仁桥控制断面逐年年内径流分析成果，选取每年最枯月平均径流流量，详见表 3.3-4，逐年最枯月平均径流流量分布详见图 3-8。

**表 3.3-4 兴仁桥断面 1960~2015 年最枯月平均径流流量成果表**

| 序号 | 年份   | 最枯月径流 (m <sup>3</sup> /s) | 序号 | 年份   | 最枯月径流 (m <sup>3</sup> /s) |
|----|------|---------------------------|----|------|---------------------------|
| 1  | 1960 | 0.52                      | 29 | 1988 | 0.55                      |
| 2  | 1961 | 0.61                      | 30 | 1989 | 0.39                      |
| 3  | 1962 | 0.46                      | 31 | 1990 | 0.53                      |
| 4  | 1963 | 0.47                      | 32 | 1991 | 0.35                      |
| 5  | 1964 | 0.43                      | 33 | 1992 | 0.53                      |
| 6  | 1965 | 1.03                      | 34 | 1993 | 0.69                      |
| 7  | 1966 | 0.61                      | 35 | 1994 | 0.51                      |
| 8  | 1967 | 0.38                      | 36 | 1995 | 0.81                      |
| 9  | 1968 | 0.78                      | 37 | 1996 | 0.49                      |
| 10 | 1969 | 0.80                      | 38 | 1997 | 1.34                      |
| 11 | 1970 | 0.37                      | 39 | 1998 | 0.63                      |
| 12 | 1971 | 0.38                      | 40 | 1999 | 0.36                      |
| 13 | 1972 | 0.66                      | 41 | 2000 | 0.73                      |
| 14 | 1973 | 0.54                      | 42 | 2001 | 0.93                      |
| 15 | 1974 | 0.78                      | 43 | 2002 | 0.77                      |
| 16 | 1975 | 1.01                      | 44 | 2003 | 0.38                      |
| 17 | 1976 | 0.37                      | 45 | 2004 | 0.20                      |
| 18 | 1977 | 0.25                      | 46 | 2005 | 0.42                      |
| 19 | 1978 | 0.45                      | 47 | 2006 | 0.65                      |
| 20 | 1979 | 0.52                      | 48 | 2007 | 0.37                      |
| 21 | 1980 | 0.50                      | 49 | 2008 | 1.03                      |
| 22 | 1981 | 0.43                      | 50 | 2009 | 0.25                      |
| 23 | 1982 | 0.68                      | 51 | 2010 | 0.53                      |
| 24 | 1983 | 0.84                      | 52 | 2011 | 0.27                      |

| 序号 | 年份   | 最枯月径流 (m <sup>3</sup> /s) | 序号 | 年份   | 最枯月径流 (m <sup>3</sup> /s) |
|----|------|---------------------------|----|------|---------------------------|
| 25 | 1984 | 0.32                      | 53 | 2012 | 1.89                      |
| 26 | 1985 | 0.31                      | 54 | 2013 | 0.60                      |
| 27 | 1986 | 0.40                      | 55 | 2014 | 0.61                      |
| 28 | 1987 | 0.45                      | 56 | 2015 | 0.76                      |

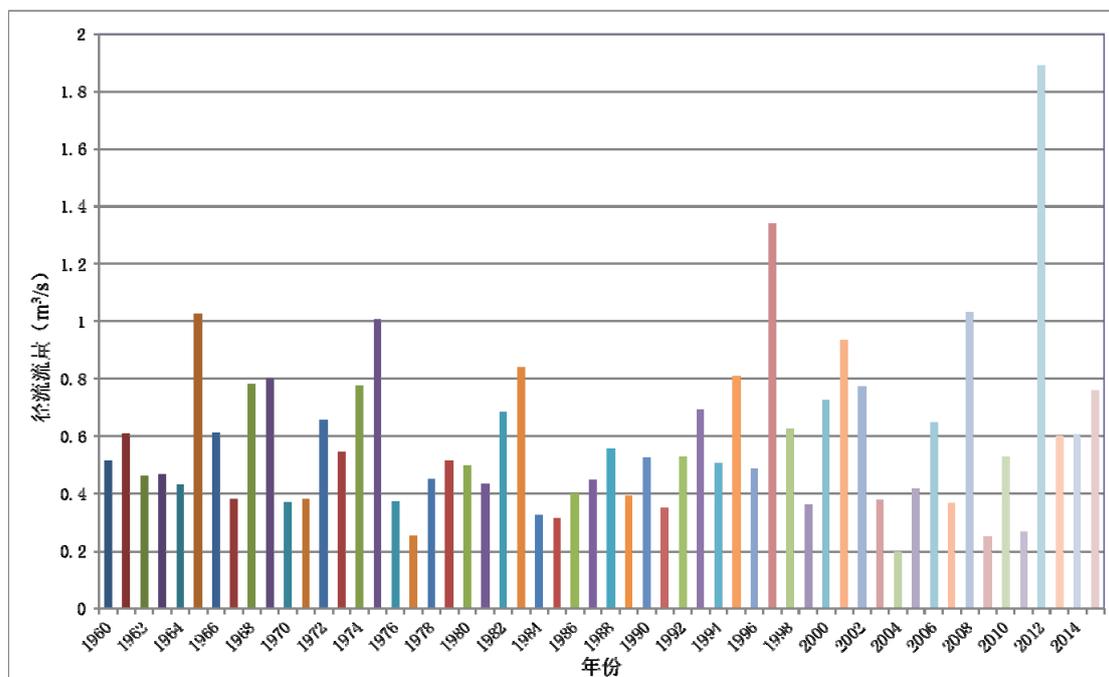


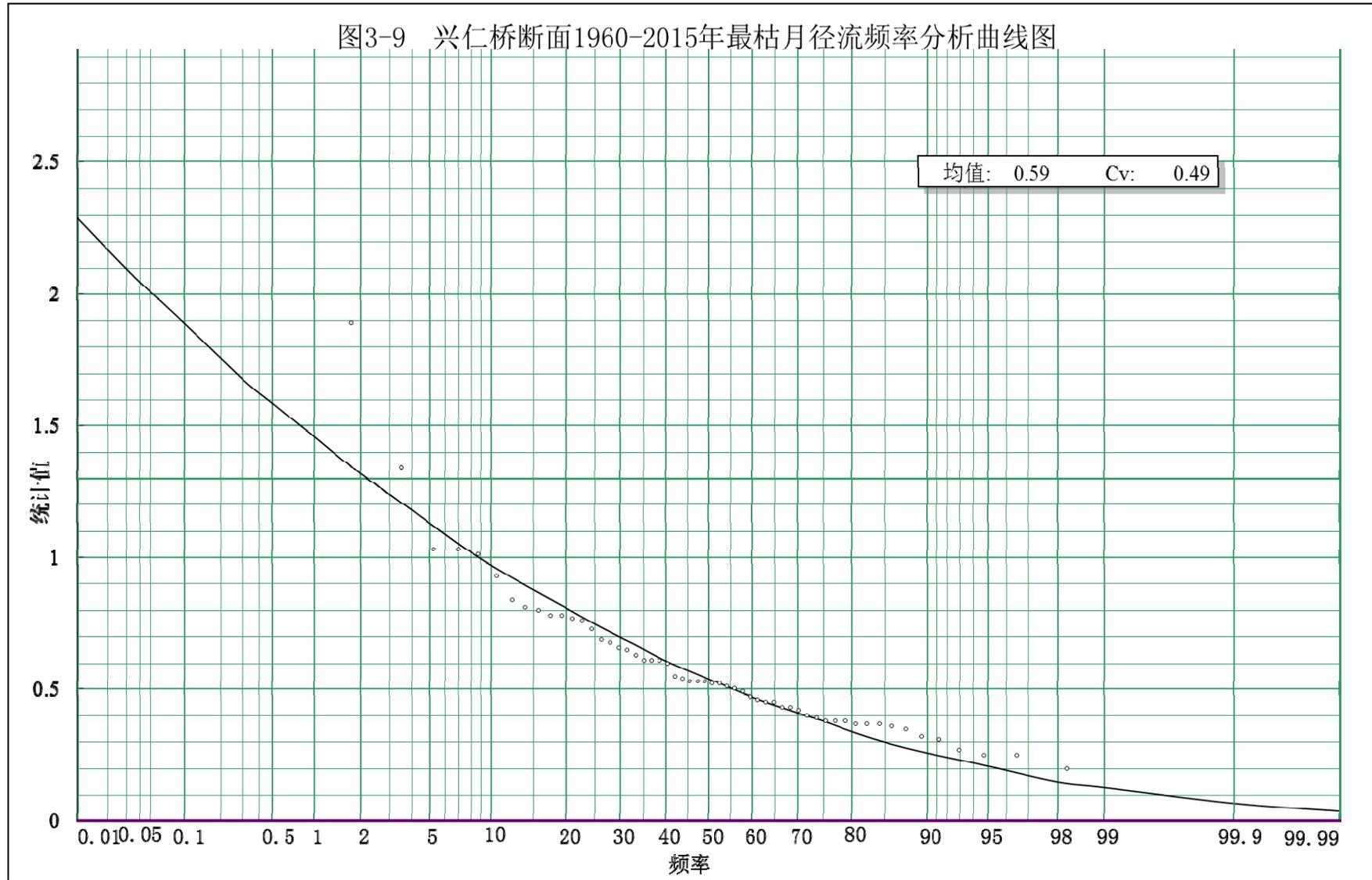
图 3-8 兴仁桥断面 1960~2015 年逐年最枯月平均径流流量分布图

根据兴仁桥控制断面 1960~2015 年 56 年最枯月平均径流流量经频率分析并点绘频率曲线图（详见图 3-9），频率曲线采用 P-III 线型，经 P-III 型曲线按经验目估适线后，综合确定统计参数及兴仁桥断面 90% 保证率最枯月平均径流流量，本次计算偏态系数  $C_s=2C_v$ ，并通过水文比拟法计算石歧桥控制断面相关成果，成果详见表 3.3-5。

表 3.3-5 各断面 1960~2015 年最枯月径流特征值成果表

| 河流  | 控制断面 | 统计参数                      |      |       | 90% 保证率最枯月<br>平均径流流量<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|-----|------|---------------------------|------|-------|---|
|     |      | 均值<br>(m <sup>3</sup> /s) | Cv   | Cs/Cv |   |
| 乐排河 | 石歧桥  | 0.30                      | 0.49 | 2     | 0.13  |
|     | 兴仁桥  | 0.59                      |      |       | 0.26  |

图3-9 兴仁桥断面1960-2015年最枯月径流频率分析曲线图



### 3) 近十年最枯月流量法

近十年最枯月流量法是指统计分析近十年最枯月平均流量作为生态基流的方法，根据兴仁桥断面近十年年内最枯月平均径流流量及水文比拟法分析计算，各断面成果详见下表 3.3-6。

**表 3.3-6 各断面近十年最枯月径流分析系成果表 单位：m<sup>3</sup>/s**

| 控制断面 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 平均值  |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 石歧桥  | 0.32 | 0.18 | 0.52 | 0.13 | 0.27 | 0.13 | 0.95 | 0.30 | 0.30 | 0.38 | 0.35 |
| 兴仁桥  | 0.65 | 0.37 | 1.03 | 0.25 | 0.53 | 0.27 | 1.89 | 0.60 | 0.61 | 0.76 | 0.69 |

### 4) 乐排河生态基流成果

根据上述成果可知，乐排河各断面采用不同方法计算及现有成果情况详见下表 3.3-7。

**表 3.3-7 乐排河流域不同方法的生态基流成果表 单位：m<sup>3</sup>/s**

| 河流  | 控制断面 | 多年平均 | Tennant 法 10% | Tennant 法 20% | Tennant 法 30% | 90% 保证率法 | 近十年最枯月法 |
|-----|------|------|---------------|---------------|---------------|----------|---------|
| 乐排河 | 石歧桥  | 2.12 | 0.21          | 0.42          | 0.64          | 0.13     | 0.35    |
|     | 兴仁桥  | 4.24 | 0.42          | 0.85          | 1.27          | 0.26     | 0.69    |

根据表 3.3-7 可知，Tennant 法中取多年天然平均径流百分比 30% 及 20% 的最小生态需水量结果相对其它方法大部分偏大；Tennant 法中取多年天然平均径流百分比 10% 的最小生态需水量及近十年最枯月法结果相对适中；由于乐排河流域面积较小、径流丰枯比值较大的河流，生态基流过大，枯水期将会比较难保证，根据 2010 年水利部水利水电规划设计总院印发的《水工程规划设计生态指标体系与应用指导意见》建议：“南方河流，生态基流应不小于 90% 保证率最枯月

平均流量和多年平均天然径流流量的 10%两者之间的大值，也可采用 Tennant 法取多年平均天然径流流量的 20~30%或以上”，根据上述成果可知 90%保证率最枯月平均流量比多年平均天然径流流量的 10%小，因此，本次乐排河流域各断面的生态基流采用多年平均天然径流量的 10%的成果，乐排河流域各断面枯水期生态流量成果详见下表 3.3-8。

**表 3.3-8 乐排河流域各断面生态基流成果表 单位：m<sup>3</sup>/s**

| 序号 | 河流  | 控制断面 | 采用方法           | 采用成果 |
|----|-----|------|----------------|------|
| 1  | 乐排河 | 石歧桥  | 多年平均天然径流量的 10% | 0.21 |
| 2  |     | 兴仁桥  |                | 0.42 |

## 4 水环境需水

### 4.1 计算方案

排入河流的污染物主要经过物理、化学、生物作用，使浓度得到降低。物理稀释作用是河流最基本最重要的一种自净体制，是使水体污染浓度得到降低的主要方式。河流枯水期时径流量较小，难以负荷大量的污染物，利用物理稀释作用，增大各断面流量，使水体污染浓度得到降低。

水环境需水量包括自身径流流量和稀释补水流量，其中自身径流流量为控制断面设计径流量，稀释补水流量可根据污染物入河量成果和控制断面水质目标，通过水域纳污能力计算公式进行推算。

本次研究根据乐排河污染物主要来源的生活污水、工业污水和农业面源污染的主要污染指标，以及乐排河现状水环境主要超标污染物指标情况，在污染物预测和控制中以化学需氧量（COD）、氨氮（NH<sub>3</sub>-N）和总磷（TP）的水质指标为计算控制指标。

### 4.2 污染物入河量

本此研究污染物入河量采用《清远市乐排河水质达标方案》中的相应成果，其根据清远市环统数据及统计年鉴等基础数据，计算得到乐排河流域各类污染源排放量，其将乐排河清远段分为上游、中游和下游三个控制单元，其中上游、中游为石歧桥控制断面控制范围，上游、中游和下游均为兴仁桥控制断面控制范围，根据其相关成果可得乐排河各控制断面控制范围内污染物入河量成果，污染物入河总量成

果详见表 4.2-1、分项污染物入河总量成果详见表 4.2-2。

**表 4.2-1 各断面污染物入河总量成果表**

| 序号 | 控制断面 | 污染排放总量 (t/a) |            |            |
|----|------|--------------|------------|------------|
|    |      | 化学需氧量 (COD)  | 氨氮 (NH3-N) | 总磷 (以 P 计) |
| 1  | 石歧桥  | 1131.86      | 120.02     | 25.14      |
| 2  | 兴仁桥  | 1687.2       | 159.63     | 34.45      |

**表 4.2-2 各断面分项污染物入河量成果表**

| 序号 | 控制断面 | 工业污染 (t/a)     |       |       | 城镇综合生活污染 (t/a) |       |      |
|----|------|----------------|-------|-------|----------------|-------|------|
|    |      | 化学需氧量          | 氨氮    | 总磷    | 化学需氧量          | 氨氮    | 总磷   |
| 1  | 石歧桥  | 133.99         | 32.96 | 0.00  | 512.41         | 33.01 | 3.52 |
| 2  | 兴仁桥  | 143.6          | 34.59 | 0.11  | 842.53         | 49.93 | 3.53 |
| 序号 | 控制断面 | 农村居民生活污染 (t/a) |       |       | 污水处理厂 (t/a)    |       |      |
|    |      | 化学需氧量          | 氨氮    | 总磷    | 化学需氧量          | 氨氮    | 总磷   |
| 1  | 石歧桥  | 30.91          | 2.57  | 0.52  | 174.56         | 13.96 | 2.51 |
| 2  | 兴仁桥  | 56.22          | 4.68  | 0.94  | 174.56         | 13.96 | 2.51 |
| 序号 | 控制断面 | 畜禽养殖污染 (t/a)   |       |       | 水产养殖污染 (t/a)   |       |      |
|    |      | 化学需氧量          | 氨氮    | 总磷    | 化学需氧量          | 氨氮    | 总磷   |
| 1  | 石歧桥  | 90.39          | 7.62  | 14.46 | 17.22          | 1.26  | 0.66 |
| 2  | 兴仁桥  | 156.15         | 12.32 | 19.75 | 35.9           | 2.63  | 1.37 |
| 序号 | 控制断面 | 农田径流污染 (t/a)   |       |       | 城市径流污染 (t/a)   |       |      |
|    |      | 化学需氧量          | 氨氮    | 总磷    | 化学需氧量          | 氨氮    | 总磷   |
| 1  | 石歧桥  | 43.83          | 8.76  | 2.19  | 13.44          | 1.34  | 0.27 |
| 2  | 兴仁桥  | 72.29          | 14.45 | 3.61  | 37.6           | 3.76  | 0.75 |

同时根据《清远市乐排河水质达标方案》中污染物消减成果可知，至 2020 年经工程及非工程措施后整治后，各断面消减后污染物入河量成果详见下表 4.2-3。

**表 4.2-3 各断面消减后污染物入河总量成果表**

| 序号 | 控制断面 | 污染排放总量 (t/a) |                         |            |
|----|------|--------------|-------------------------|------------|
|    |      | 化学需氧量 (COD)  | 氨氮 (NH <sub>3</sub> -N) | 总磷 (以 P 计) |
| 1  | 石歧桥  | 1131.86      | 120.02                  | 25.14      |
| 2  | 兴仁桥  | 1687.2       | 159.63                  | 34.45      |

### 4.3 水环境需水流量

#### 4.3.1 自身径流流量

自身径流流量为控制断面设计径流量，根据《水域纳污能力计算规程》(SL348-2006)的规定，采用河段 90%保证率最枯月平均流量，根据上文径流分析计算成果可知乐排河流域各控制断面 90%保证率最枯月平均流量，成果详见下表 4.3-1。

**表 4.3-1 各断面 90%保证率最枯月平均流量成果表**

| 河流  | 控制断面 | 90%保证率最枯月平均径流流量 (m <sup>3</sup> /s) |
|-----|------|-------------------------------------|
| 乐排河 | 石歧桥  | 0.13                                |
|     | 兴仁桥  | 0.26                                |

#### 4.3.2 稀释补水流量

##### 1) 计算方法

稀释补水流量根据污染物入河量成果和控制断面水质目标，按河道水域纳污能力计算公式(式 4-1)进行推算，计算过程中考虑稀释补充用水的原始水质及污染物在河段中的降解量(公式 4-2，相关计算参数见表 4.3-2)。

$$C = (C_0Q + Q_{补}C_{补}) / (Q + Q_{补}) \quad (4-1)$$

式中：C 为补水后断面污染物浓度 (mg/L)；

$C_0$  为控制断面初始污染物浓度 (mg/L);

$C_{补}$  为补水水质污染物浓度限值 (mg/L);

$Q_{补}$  为补充水流量 ( $m^3/s$ );

$Q$  为控制断面设计径流量 ( $m^3/s$ )。

考虑降解污染物浓度计算公式如下:

$$C_x = C \cdot \exp(-KX/u/86400) \quad (4-2)$$

式中:  $C_x$  为补水降解后断面污染物浓度 (mg/L);

$K$  为污染物综合衰减系数 (1/s);

$X$  为沿河段的纵向距离 (m);

$u$  为设计流量下河道断面的平均流速 (m/s);

其余符号意义同公式 4-1。

表 4.3-2 公式 4-2 相关参数表

| 河名  | 控制断面 | 衰减系数 $K$ (1/s) |          |      | 控制河段长 (m) | 平均流速 (m/s) | $\exp(-K \cdot x/u)$ |          |      |
|-----|------|----------------|----------|------|-----------|------------|----------------------|----------|------|
|     |      | COD            | $NH_3-N$ | TP   |           |            | COD                  | $NH_3-N$ | TP   |
| 乐排河 | 石歧桥  | 0.15           | 0.15     | 0.05 | 12200     | 0.03       | 0.494                | 0.49     | 0.79 |
|     | 兴仁桥  | 0.15           | 0.15     | 0.05 | 16600     | 0.03       | 0.383                | 0.38     | 0.73 |

## 2) 补充水源水质指标及水质目标

### (1) 补充水源水质指标

根据补充水源近两年现状水质分析可知,大燕河水车头断面水质基本保持在III~IV类水质,可达到其IV类水的水质目标;花斗水库水质基本保持在III~IV类水质,本次计算考虑大燕河补充水源指标采用2020年枯水月的平均值,花斗水库补充水源指标采用2020年枯水月的监测值,本次计算补充水源各水质指标详见下表 4.3-3。

**表 4.3-3 补充水源各水质指标成果表 单位：mg/L**

| 水质指标<br>(单位) | 水源名称 | 化学需氧量<br>(COD) | 氨氮<br>(NH <sub>3</sub> -N) | 总磷<br>(以 P 计) |
|--------------|------|----------------|----------------------------|---------------|
| 实测           | 大燕河  | 17.3           | 1.0                        | 0.3           |
| 枯水期指标        | 花斗水库 | 23             | 0.618                      | 0.04          |

(2) 水质目标指标

根据《清城区石角镇乐排河水污染防治攻坚方案》可知，乐排河流域水质目标为V类，故根据《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)可知水质目标为V类水时各项指标限值，详见下表 4.3-4。

**表 4.3-4 水质目标各指标情况 单位：mg/L**

| 水质指标<br>(单位) | 化学需氧量<br>(COD) | 氨氮<br>(NH <sub>3</sub> -N) | 总磷<br>(以 P 计) |
|--------------|----------------|----------------------------|---------------|
| 地表V类水标准限值    | 40             | 2                          | 0.4           |

3) 稀释补水流量计算

根据上述计算方法、相关参数及污染物入河成果分析计算乐排河各断面用于稀释需要补水流量，根据补充水源及控制断面位置情况，本次计算分两种情况计算，第一种考虑单水源补充，保证两个断面均达到目标要求，即黄布电灌站抽水补水；第二种考虑两水源补水，保证两个断面均达到目标要求，即黄布电灌站首先满足石歧桥断面目标要求后，由花斗水库补水，使兴仁桥断面达到目标要求；第三种仅考虑考核的兴仁桥断面达标，两水源联合补水，其中花斗水库分全年和枯水期补水，花斗水库可补水量详见下文水源分析，三种情况计算结果详见表 4.3-5、4.3-6、4.3-7。

表 4.3-5 两个断面达标单水源补充计算成果表

| 河名  | 控制断面 | 断面最小流量 m <sup>3</sup> /s |       |      |      | 各断面累积污染物流量 g/s |                         |            | 各污染物补水流量 m <sup>3</sup> /s |                         |            | 补水后污染物含量 mg/L |      |                         |      |            |      |
|-----|------|--------------------------|-------|------|------|----------------|-------------------------|------------|----------------------------|-------------------------|------------|---------------|------|-------------------------|------|------------|------|
|     |      | 自身流量                     | 补水流量  |      | 小计   | 化学需氧量 (COD)    | 氨氮 (NH <sub>3</sub> -N) | 总磷 (以 P 计) | 化学需氧量 (COD)                | 氨氮 (NH <sub>3</sub> -N) | 总磷 (以 P 计) | 化学需氧量 (COD)   | 是否达标 | 氨氮 (NH <sub>3</sub> -N) | 是否达标 | 总磷 (以 P 计) | 是否达标 |
|     |      | P=90%                    | 黄布电灌站 | 花斗水库 |      |                |                         |            |                            |                         |            |               |      |                         |      |            |      |
| 乐排河 | 石歧桥  | 0.13                     | 1.14  | 0.00 | 1.27 | 34.57          | 2.00                    | 0.51       | 0.646                      | 0.779                   | 1.143      | 27.16         | 是    | 1.57                    | 是    | 0.40       | 是    |
|     | 兴仁桥  | 0.260                    | 1.24  | 0.00 | 1.50 | 43.41          | 2.26                    | 0.60       | 0.760                      | 0.776                   | 1.238      | 28.99         | 是    | 1.51                    | 是    | 0.40       | 是    |

表 4.3-6 两个断面达标双水源补充计算成果表

| 河名  | 控制断面 | 断面最小流量 m <sup>3</sup> /s |       |      |      | 各断面累积污染物流量 g/s |                         |            | 各污染物补水流量 m <sup>3</sup> /s |                         |            | 补水后污染物含量 mg/L |      |                         |      |            |      |
|-----|------|--------------------------|-------|------|------|----------------|-------------------------|------------|----------------------------|-------------------------|------------|---------------|------|-------------------------|------|------------|------|
|     |      | 自身流量                     | 补水流量  |      | 小计   | 化学需氧量 (COD)    | 氨氮 (NH <sub>3</sub> -N) | 总磷 (以 P 计) | 化学需氧量 (COD)                | 氨氮 (NH <sub>3</sub> -N) | 总磷 (以 P 计) | 化学需氧量 (COD)   | 是否达标 | 氨氮 (NH <sub>3</sub> -N) | 是否达标 | 总磷 (以 P 计) | 是否达标 |
|     |      | P=90%                    | 黄布电灌站 | 花斗水库 |      |                |                         |            |                            |                         |            |               |      |                         |      |            |      |
| 乐排河 | 石歧桥  | 0.13                     | 1.14  | 0.00 | 1.27 | 34.57          | 2.00                    | 0.51       | 0.646                      | 0.779                   | 1.143      | 27.16         | 是    | 1.57                    | 是    | 0.40       | 是    |
|     | 兴仁桥  | 0.26                     | 1.14  | 0.06 | 1.46 | 43.42          | 2.23                    | 0.59       | 0.706                      | 0.710                   | 1.143      | 29.69         | 是    | 1.53                    | 是    | 0.40       | 是    |

表 4.3-7 兴仁桥断面达标双水源补充计算成果表

| 河名  | 控制断面 | 计算时段 | 断面最小流量 m <sup>3</sup> /s |       |      |      | 各断面累积污染物流量 g/s |                         |            | 各污染物补水流量 m <sup>3</sup> /s |                         |            | 补水后污染物含量 mg/L |      |                         |      |            |      |
|-----|------|------|--------------------------|-------|------|------|----------------|-------------------------|------------|----------------------------|-------------------------|------------|---------------|------|-------------------------|------|------------|------|
|     |      |      | 自身流量                     | 补水流量  |      | 小计   | 化学需氧量 (COD)    | 氨氮 (NH <sub>3</sub> -N) | 总磷 (以 P 计) | 化学需氧量 (COD)                | 氨氮 (NH <sub>3</sub> -N) | 总磷 (以 P 计) | 化学需氧量 (COD)   | 是否达标 | 氨氮 (NH <sub>3</sub> -N) | 是否达标 | 总磷 (以 P 计) | 是否达标 |
|     |      |      | P=90%                    | 黄布电灌站 | 花斗水库 |      |                |                         |            |                            |                         |            |               |      |                         |      |            |      |
| 乐排河 | 兴仁桥  | 全年   | 0.26                     | 0.81  | 0.27 | 1.34 | 43.43          | 2.15                    | 0.54       | 0.52                       | 0.48                    | 0.81       | 32.46         | 是    | 1.61                    | 是    | 0.40       | 是    |
|     |      | 枯水期  | 0.26                     | 0.43  | 0.51 | 1.20 | 43.45          | 2.05                    | 0.48       | 0.30                       | 0.21                    | 0.43       | 36.33         | 是    | 1.72                    | 是    | 0.40       | 是    |

由表表 4.3-5、4.3-6、4.3-7 可知，两个断面均达标，黄布电灌站单水源补水时，最大补水流量为  $1.24\text{m}^3/\text{s}$ ；黄布电灌站与花斗水库双水源补水时，黄布电灌站最大补水流量为  $1.143\text{m}^3/\text{s}$ ，花斗水库补水流量为  $0.06\text{m}^3/\text{s}$ 。仅考核的兴仁桥断面达标时，花斗水库按全年补水时，黄布电灌站最大补水流量为  $0.81\text{m}^3/\text{s}$ ，花斗水库补水流量为  $0.27\text{m}^3/\text{s}$ （含生态基流重复部分）；花斗水库按枯水期 10-翌年 3 月补水时，黄布电灌站最大补水流量为  $0.43\text{m}^3/\text{s}$ ，花斗水库补水流量为  $0.51\text{m}^3/\text{s}$ （含生态基流重复部分）。

## 5 生态流量保障方案分析

### 5.1 最小生态流量成果

乐排河流域径流主要由降雨产生，根据流域气象情况可知每年的4~9月为多雨期，降水量占全年的80%，10月至次年3月为少雨期，降水量仅占全年的20%，故按降雨与径流同频可知，乐排河流域汛期（4~9）径流量约占年径流量的80%，即枯水期（10~翌年3月）径流量约占年径流量的20%，导致枯水季节生态流量难以得到保证，且90%枯水月流量小于生态基流及水环境需水流量，需要合理调配水资源，需通过上游控制性工程进行水资源调配，改善河道水环境生态，确保河道生态流量。根据上述生态基流及水环境需水计算成果可知，乐排河水环境需水大于生态基流，故本此研究以水环境需水流量作为乐排河各断面最小生态流量，详见下表5.1-1。

本次研究生态流量保障方案考虑按90%保证率枯水月径流情况进行分析，根据最小生态流量成果可知，乐排河流域90%保证率最枯月各断面需补水流量，成果详见下表5.1-1。

**表 5.1-1 乐排河各断面最小生态流量成果表 单位：m<sup>3</sup>/s**

| 序号 | 河流  | 达标情况   | 控制断面 |  | 计算流量 |      | 采用流量 | 补水流量 |      |
|----|-----|--------|------|--|------|------|------|------|------|
|    |     |        |      |  | 生态基流 | 环境需水 |      |      |      |
| 1  | 乐排河 | 两断面均达标 | 石歧桥  |  | 生态基流 | 0.13 | 1.27 | 1.14 |      |
|    |     |        |      |  | 环境需水 | 1.27 |      |      |      |
| 2  |     |        | 兴仁桥  |  | 单水源  | 生态基流 | 0.26 | 1.50 | 1.24 |
|    |     |        |      |  | 环境需水 | 1.50 |      |      |      |
| 3  |     |        | 双水源  |  | 生态基流 | 0.26 | 1.46 | 1.20 |      |
|    |     |        |      |  | 环境需水 | 1.46 |      |      |      |

| 序号 | 河流 | 达标情况  | 控制断面 |     | 计算流量 |      | 采用流量 | 补水流量 |
|----|----|-------|------|-----|------|------|------|------|
|    |    |       |      |     | 生态基流 | 环境需水 |      |      |
| 4  |    | 单断面达标 | 兴仁桥  | 全年  | 生态基流 | 0.26 | 1.34 | 1.08 |
|    |    |       |      |     | 环境需水 | 1.34 |      |      |
| 5  |    |       |      | 枯水期 | 生态基流 | 0.26 | 1.20 | 0.94 |
|    |    |       |      |     | 环境需水 | 1.2  |      |      |

## 5.2 补充水源分析

乐排河流域内有中小型水库 14 座，其中中型水库 1 座，即花斗水库，其余均为小型水库，本此研究考虑小型水库调节性能较差，不参与相关调度，本次分析具有较好调节性能的花斗水库进行水量调度，同时考虑花斗水库位于乐排河支流，其所在大坑水汇入口位于石歧桥断面下游，故花斗水库仅可作为下游兴仁桥断面补充水源；上游石歧桥断面考虑从大燕河抽水的黄布电灌站进行抽水补充，花斗水库及黄布电灌站水源情况分析如下。

### 5.2.1 花斗水库水源分析

#### 5.2.1.1 水库运行现状

根据《清远市清城区花斗灌区改造工程可行性研究报告》，花斗灌区水源主要为花斗水库和位于其西北侧的横坑水库。根据《广东省清远市清城区花斗水库除险加固工程初步设计报告》，花斗水库坝址以上集雨面积 19.1km<sup>2</sup>，是一宗以灌溉为主，兼顾防洪等综合利用，且具有多年调节能力的中型水库工程，原设计灌溉面积 1.6 万亩，水库总库容为 1627 万 m<sup>3</sup>，兴利库容 1070 万 m<sup>3</sup>。

根据《清城区花兜水库汛期调度运用方案》可知，花兜（花斗）

水库现状主要负责灌区灌溉用水和乐排河生态环境补水等任务，花兜（花斗）水库调度任务及原则如下。

**调度任务：**水库调度包括洪水调度、灌溉供水调度和生态用水调度，各项调度的目标和任务如下。

1) 洪水调度的任务：根据设计确定的水库设计洪水和校核洪水，以及下游防护对象的防洪标准按照设计的调洪原则在保证水库安全的前提下拦蓄洪水和按规定控制下泄流量，保障上、下游人民群众生命财产安全。花兜水库泄洪设施为敞开型溢洪道，对设计洪水没有主动调节作用，但可根据水库上游中短期降预报进行预泄，以达到蓄洪兴利的作用。

2) 灌溉供水兴利调度的任务：根据水库现状灌溉供水目标及要求合理调配水量，充分发挥水库的兴利效益。

3) 生态用水调度任务：水库对下游生态和库区景观水环境控制在可承受范围内，有利于逐步恢复生态和环境系统，并考虑在枯水期保证下游需要的最小生态用水流量。

**调度运行方式：**水库现状兴利调度运行方式主要为在满足水库现状灌溉用水、生态用水的同时尽可能蓄水，以满足应急用水及下游干流乐排河的生态环境用水。

### 5.2.1.2 水库径流分析

#### 1) 年径流量

根据第三章乐排河流域年径流分析成果，采用乐排河流域多年平均及 90%保证率径流深分析计算花斗水库多年平均径流量及 90%保

证率年径流量，成果详见下表 5.2-1。

**表 5.2-1 花斗水库年径流计算成果表**

| 水库名称 | 集水面积(km <sup>2</sup> ) | 多年平均    |                        | 90%保证率  |                        |
|------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|
|      |                        | 径流深(mm) | 径流量(万 m <sup>3</sup> ) | 径流深(mm) | 径流量(万 m <sup>3</sup> ) |
| 花斗水库 | 19.1                   | 1285.7  | 2456                   | 824.8   | 1575                   |
| 横坑水库 | 3.81                   |         | 490                    |         | 314                    |

## 2) 生态流量

根据上述两水库多年平均径流计算成果，本次计算采用 Tennant 法的 10%比例计算两水库年生态需水量，成果详见下表 5.2-2。

**表 5.2-2 两水库年生态需水量及年内分配成果表 单位：万 m<sup>3</sup>**

| 水库名称   | 计算方法             | 花斗水库 | 横坑水库 |
|--------|------------------|------|------|
| 年生态需水量 | Tennant 法的 10%比例 | 246  | 49.0 |
|        | 90%保证率           | 151  | 30   |

### 5.2.1.3 灌溉用水分析

#### 1) 灌溉面积

根据《关于印发广东省中型灌区续建配套与节水改造工程规划（2011-2020 年）项目详表的通知》（粤水农水〔2012〕3 号）的附件《广东省中型灌区续建配套与节水改造工程规划（2011-2020 年）》一般中型灌区（5—30 万亩）工程项目汇总表，花斗灌区原设计灌溉面积 1.60 万亩，有效灌溉面积为 1.20 万亩；根据实际调查及石角镇农业技术服务中心提供相关资料，花斗水库灌区灌溉受益范围涉及的各村耕地面积统计成果，详见下表 5.2-3。

**表 5.2-3 花斗水库灌区受益范围耕地统计表**

| 花斗灌区 | 总耕地面积<br>(亩) | 其中(亩)   |        |         |        |
|------|--------------|---------|--------|---------|--------|
|      |              | 水田      | 水浇地    | 旱田      | 果园     |
| 兴仁村  | 974.55       | 855.75  | 77.70  | 25.80   | 15.30  |
| 石岐村  | 2483.39      | 2001.59 | 0.00   | 217.80  | 264.00 |
| 七星村  | 3592.03      | 2495.24 | 0.00   | 877.50  | 219.30 |
| 田心村  | 2754.74      | 2346.14 | 53.85  | 148.80  | 205.95 |
| 共计   | 9804.70      | 7698.71 | 131.55 | 1269.89 | 704.55 |

### 2) 灌溉制度、定额

根据实地调查了解，花斗灌区属于北江山地丘陵农业区（农业 2 区），实行一年两熟（早稻+晚稻），耕作土壤中以壤土为主，查广东省水利水电科学研究所编制的《广东省一年三熟灌溉定额》清远站一年两熟在节水灌溉制度下的壤土设计保证率  $P=90\%$  净灌溉定额为  $548\text{m}^3/\text{亩}$ 。

### 3) 灌溉用水量

根据上述灌溉面积统计情况，本次计算考虑水田及水浇地灌溉用水，其中水浇地占比较少，用水定额按水田考虑，不考虑旱地用水量，故花斗灌溉灌溉用水面积为 7831 亩。

根据《2016-2020 年清远市实行最严格水资源管理制度考核办法》、《2016-2020 年清远市最严格水资源管理制度实施方案》可知，至 2020 年清远市境内农业灌溉水有效利用系数需达到 0.51，本次花斗灌区灌溉水综合利用系数的选取与《2016-2020 年清远市实行最严格水资源管理制度考核办法》的要求一致，取 0.51。故根据上述相关

参数计算花斗灌区灌溉年用水量，成果见下表 5.2-4。

**表 5.2-4 花斗水库灌区年灌溉用水量成果表**

| 灌区名称 | 灌溉面积<br>(亩) | 净灌溉定额<br>(m <sup>3</sup> /亩) | 有效利<br>用系数 | 年灌溉水量<br>(万 m <sup>3</sup> ) |
|------|-------------|------------------------------|------------|------------------------------|
| 花斗灌区 | 7831        | 548                          | 0.51       | 841                          |

#### 5.2.1.4 补水能力分析

根据上述计算成果分析，横坑水库库容较小，调节性能较差，灌区用水先考虑使用横坑水库来水，不足部分再使用花斗水库来水，同时需扣除两水库各自生态需水，扣除灌溉需水后剩余水量可用于乐排河下游生态流量补充，剩余水量计算成果详见下表 5.2-5。

**表 5.2-5 花斗水库灌溉用水后剩余水量成果表 单位：万 m<sup>3</sup>**

| 灌区名称 | 花斗水库 |       | 横坑水库 |       | 灌溉水量 | 余水量 |
|------|------|-------|------|-------|------|-----|
|      | 年径流量 | 生态需水量 | 径流量  | 生态需水量 |      |     |
| 花斗灌区 | 1575 | 246   | 314  | 49.0  | 841  | 753 |

由上表可知，花斗水库满足灌溉需水及生态需水后剩余水量为 753 万 m<sup>3</sup>，花斗水库为多年调节的中型水库，兴利库容为 1070 万 m<sup>3</sup>，大于剩余水量，故剩余水量可经花斗水库调节后等流量下方，经水库调节后按等流量补充于枯水期 10-翌年 3 月，补充流量为 0.48 m<sup>3</sup>/s，同时花斗水库和横坑水库生态需水量按 Tennant 法的 10%比例计算成果大于 90%保证率法，两水库多余水量为 114 万 m<sup>3</sup>，即多余流量为 0.033 m<sup>3</sup>/s，该部分水量可作为补充水量，故可认为花斗水库作为乐排河流域补充水源，全年可补充流量为 0.27m<sup>3</sup>/s，枯水期 10-翌年 3 月可补充流量为 0.51m<sup>3</sup>/s。

## 5.2.2 黄布电灌站水源分析

### 5.2.2.1 黄布电灌站运行现状

黄布电灌站位于石角镇黄布村，大燕河河口上游约 1.2km 左岸北江大堤堤外坡脚处，建成于 1964 年，原泵站已荒废，现在原位置旁设临时潜水泵用于抽水，装机 5 台，装机总容量 285kW，设计扬程 20m，设计额定流量  $0.98\text{m}^3/\text{s}$ ，主要功能为抽大燕河水用于抗旱灌溉及生态环境补水，其中灌溉受益范围主要为黄布灌区内城中社区、黄布村、灵洲村部分自然村的灌溉农田约 4152 亩。现状运行主要用于乐排河生态流量补水，常年运行 2~3 台机，其余作为备用或停机检修，干旱年用于灌溉补水。

### 5.2.2.2 径流分析

黄布电灌站抽水水源为大燕河，大燕河为北江的分流通道，水量常年较充沛，遇枯水期时可由上游江口水闸处引北江水入大燕河，且泵站位于大燕河河口段，水域基本与北江相连，故认为黄布电灌站抽水水源较充沛，本次研究不做详细分析。

### 5.2.2.3 灌溉用水分析

#### 1) 灌溉制度、定额及年内分配

根据实地调查了解，黄布灌区属于北江山地丘陵农业区（农业 2 区），实行一年两熟（早稻+晚稻），耕作土壤中以壤土为主，查广东省水利水电科学研究所编制的《广东省一年三熟灌溉定额》清远站一年两熟在节水灌溉制度下的壤土设计保证率  $P=90\%$  净灌溉定额为

548m<sup>3</sup>/亩，净灌溉定额及时段分配见表 5.2-6。

**表 5.2-6 清远 P=90%保证率一年两熟年内净灌水定额分配表**

| 月份   | 净定额月分配比 (%) |      |      | 净定额月分配 (m <sup>3</sup> ) |      |      |
|------|-------------|------|------|--------------------------|------|------|
|      | 上旬          | 中旬   | 下旬   | 上旬                       | 中旬   | 下旬   |
| 4 月  | 11.0        | 4.60 | 0.00 | 60.3                     | 25.2 | 0.00 |
| 5 月  | 0.00        | 5.60 | 6.00 | 0.00                     | 30.7 | 32.9 |
| 6 月  | 0.00        | 5.60 | 6.10 | 0.00                     | 30.7 | 33.4 |
| 7 月  | 4.20        | 0.00 | 5.20 | 23.0                     | 0.00 | 28.5 |
| 8 月  | 4.00        | 0.00 | 0.00 | 21.9                     | 0.00 | 0.00 |
| 9 月  | 8.20        | 6.50 | 11.3 | 44.9                     | 35.6 | 61.9 |
| 10 月 | 10.1        | 11.6 | 0.0  | 55.3                     | 63.6 | 0.00 |
| 11 月 | 0.00        | 0.00 | 0.00 | 0.00                     | 0.00 | 0.00 |
| 12 月 | 0.00        | 0.00 | 0.00 | 0.00                     | 0.00 | 0.00 |
| 1 月  | 0.00        | 0.00 | 0.00 | 0.00                     | 0.00 | 0.00 |
| 2 月  | 0.00        | 0.00 | 0.00 | 0.00                     | 0.00 | 0.00 |
| 3 月  | 0.00        | 0.00 | 0.00 | 0.00                     | 0.00 | 0.00 |
| 合计   | 100         |      |      | 548                      |      |      |

## 2) 灌水率计算

根据《灌溉与排水工程设计规范》(GB50288-99) 灌水率的计算公式:

$$q_{\text{净}} = \frac{\alpha m_1}{8.64T} \quad (\text{式 5.2-1})$$

式中:  $q_{\text{净}}$ —净灌水率 (m<sup>3</sup>/s · 万亩);

$\alpha$ —作物种植面积占灌区总面积的百分数, 该灌区主要作物为水稻,  $\alpha$  取 1;

$T$ —灌水延续时间, 以 d 计; 本灌区为自流灌区, 每天灌

水时间一般以 24h 计；

$m_1$ —各次灌水定额 ( $m^3/亩$ )。

根据《灌溉与排水工程设计规范》(GB50288-99)，万亩以上灌区的水稻灌溉的延续时间为泡田期灌水 7~15 昼夜，生育期灌水 3~5 昼夜，万亩及万亩以下灌区的水稻灌溉的延续时间可适当减小的原则，确定本灌区的水稻灌水延续时间详见下表 5.2-7。

**表 5.2-7 灌区的灌水延续时间**

| 月份   | 各旬灌溉天数 (d) |    |    |    |
|------|------------|----|----|----|
|      | 上旬         | 中旬 | 下旬 | 月计 |
| 4 月  | 7          | 4  | 0  | 11 |
| 5 月  | 0          | 5  | 5  | 10 |
| 6 月  | 0          | 5  | 5  | 10 |
| 7 月  | 5          | 0  | 7  | 12 |
| 8 月  | 6          | 0  | 0  | 6  |
| 9 月  | 5          | 5  | 7  | 17 |
| 10 月 | 6          | 7  | 0  | 13 |
| 11 月 | 0          | 0  | 0  | 0  |
| 12 月 | 0          | 0  | 0  | 0  |
| 1 月  | 0          | 0  | 0  | 0  |
| 2 月  | 0          | 0  | 0  | 0  |
| 3 月  | 0          | 0  | 0  | 0  |

根据灌区的灌溉定额分配成果和表 5.2-7 的灌水延续时间，采用灌水率计算公式，计算得本工程灌区 P=90% 一年三熟净灌水率见下表 5.2-8，灌水率图见图 5-1，最终以灌水期较长时间段内的较大灌水率为设计灌水率。由表 5.2-8 的计算成果，及设计灌水率确定原则确定本次净灌水率取为  $q_{净} = 1.04m^3/ (s.万亩)$ 。

表 5.2-8 灌区 P=90%一年三熟年内净灌水率（砂壤土）

| 月份  | 各旬灌水率(m <sup>3</sup> /s.万亩) |      |      |      |
|-----|-----------------------------|------|------|------|
|     | 上旬                          | 中旬   | 下旬   | 最大值  |
| 4月  | 1.00                        | 0.73 | 0.00 | 1.00 |
| 5月  | 0.00                        | 0.71 | 0.76 | 0.76 |
| 6月  | 0.00                        | 0.71 | 0.77 | 0.77 |
| 7月  | 0.53                        | 0.00 | 0.47 | 0.53 |
| 8月  | 0.42                        | 0.00 | 0.00 | 0.42 |
| 9月  | 1.04                        | 0.82 | 1.02 | 1.04 |
| 10月 | 1.07                        | 1.05 | 0.00 | 1.07 |
| 11月 | 0.00                        | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12月 | 0.00                        | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1月  | 0.00                        | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2月  | 0.00                        | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3月  | 0.00                        | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 最大值 | 1.07                        | 1.05 | 1.02 | 1.07 |

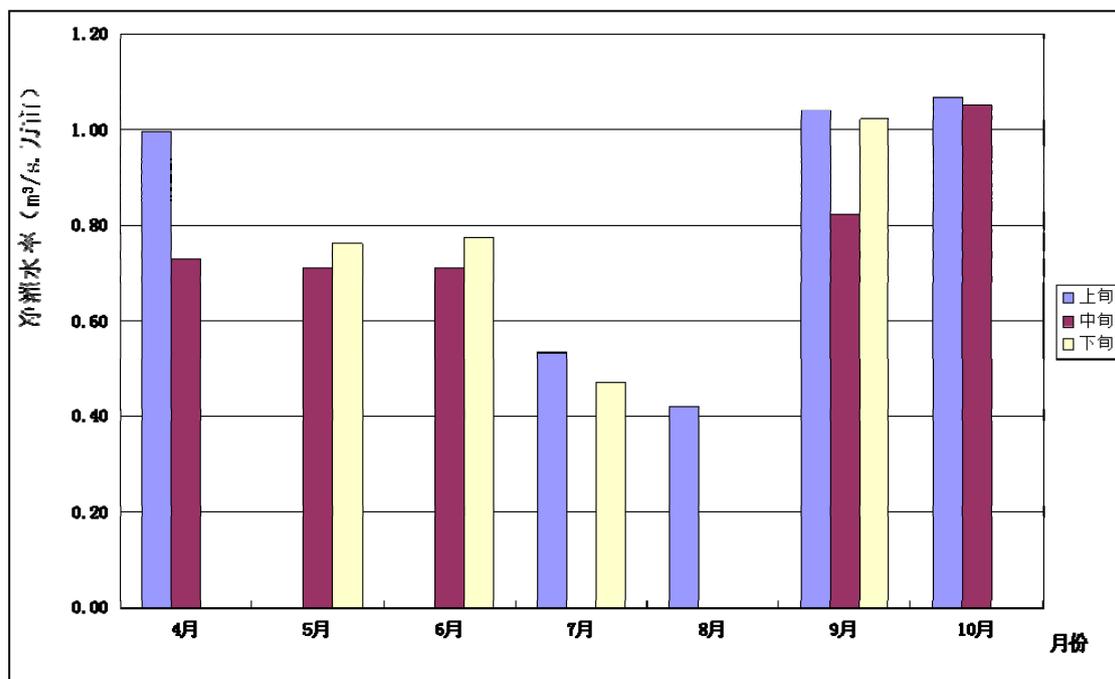


图 5-1 灌区一年两熟净灌水率图（壤土、90%）

### 3) 灌区灌溉流量

根据上述灌区灌溉面积约为 4152 亩,净灌水率取为  $q_{\text{净}}=1.04\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{万亩})$ , 农业灌溉水有效利用系数与上文一致取 0.51, 故黄布电灌站灌溉受益范围需抽水流量为  $Q_{\text{泵}}=0.4152\times 1.04\div 0.51=0.85\text{m}^3/\text{s}$ 。

#### 5.2.2.4 补水能力分析

根据上文可知,黄布电灌站设计额定流量为  $0.98\text{m}^3/\text{s}$ , 本次复核算灌区受益范围需抽水流量为  $0.85\text{m}^3/\text{s}$ , 扣除灌溉抽水流量后富余抽水能力为  $0.13\text{m}^3/\text{s}$ , 同时考虑灌溉退水最终回流至乐排河, 本次灌溉耗水率考虑按 50%计算, 故黄布电灌站全年可补充流量  $0.56\text{m}^3/\text{s}$ 。

## 5.3 保障方案分析

本此研究设置两个控制断面,即石歧桥控制断面、兴仁桥控制断面,其中兴仁桥为考核断面,本次综合考虑断面位置及补充水源可补水流量情况,保障方案分两种情况分析,第一种:设置两个控制断面均达标;第二种:仅考核断面达标,两种情况保障方案分析如下。

### 5.3.1 情况一保障方案分析

情况一,即为两个控制断面均能够达标,根据前文分析可知,其中石歧桥达标,需补水流量仅能够由黄布电灌站抽水补充,需补充抽水流量为  $1.14\text{m}^3/\text{s}$ ;兴仁桥断面达标可由黄布电灌站加大抽水流量补充或由流域内花斗水库放水补充,若由黄布电灌站加大抽水流量补充,其加大后需补充抽水流量为  $1.24\text{m}^3/\text{s}$ ,若由花斗水库放水补充,其需补充流量为  $0.06\text{m}^3/\text{s}$ ,考虑水库下放生态基流大于 90%保证率枯

水月的  $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ ，即水库需额外下放  $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ ；故情况一时，黄布电灌站需最大补水流量为  $1.24 \text{ m}^3/\text{s}$ ，花斗水库最大补水流量为  $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

根据上文补充水源分析可知，花斗水库全年可补充流量为  $0.27 \text{ m}^3/\text{s}$ ，满足上述需求；黄布电站全年可补充流量  $0.56 \text{ m}^3/\text{s}$ ，小于补水需求流量，故黄布电灌站现状规模相对偏小，同时考虑其现状为临时潜水泵，建议对其进行扩容改造，改造时需考虑其灌溉用水，故建议其改造后抽水流量不小于  $1.67 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

### 5.3.2 情况二保障方案分析

情况二，即为仅保证考核的兴仁桥断面达标，仅考虑黄布电灌站补水与上文重复，不再详述；仅考虑花斗水库补水，补水流量不足，且较难通过其他措施补救，故不做详述；本次主要分析考虑黄布电灌站和花斗水库联合调度补水，根据前文分析可知，保障考核的兴仁桥断面达标时，花斗水库按全年补水时，黄布电灌站最大补水流量为  $0.81 \text{ m}^3/\text{s}$ ，花斗水库补水流量为  $0.27 \text{ m}^3/\text{s}$ （含生态基流重复部分）；花斗水库按枯水期 10-翌年 3 月补水时，黄布电灌站最大补水流量为  $0.43 \text{ m}^3/\text{s}$ ，花斗水库补水流量为  $0.51 \text{ m}^3/\text{s}$ （含生态基流重复部分）。

根据上文补充水源分析可知，花斗水库全年可补充流量为  $0.27 \text{ m}^3/\text{s}$ ，枯水期 10-翌年 3 月补水流量为  $0.51 \text{ m}^3/\text{s}$ ，满足上述需求；黄布电站全年可补充流量  $0.56 \text{ m}^3/\text{s}$ ，大于花斗水库按枯水期 10-翌年 3 月补水时补水需求流量，但小于花斗水库按全年补水时补水需求流量，故黄布电灌站现状规模相对偏小，建议对其进行扩容改造，改造时需考虑其灌溉用水，故建议其改造后抽水流量不小于  $1.24 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

## 5.4 调度运行方案

根据上述分析可知，乐排河最小生态流量主要满足水环境需水，乐排河现状水质目标为V类水，故本此研究运行调度以控制断面水质情况做为启用条件。

本此研究设置控制断面两个，即石歧桥、兴仁桥断面，选定控制性工程为黄布电灌站及花斗水库，根据控制断面及控制性工程情况，综合考虑控制性工程自身用水情况，从经济运行要求出发，合理设置运行调度方案，以较低运行成本，实现生态流量保障目标，根据各断面水质情况设置运行调度方案如下表 5.4-1。

**表 5.4-1 调度运行方案情况表**

| 序号 | 启用条件         | 主要调度时间               | 启用控制工程            | 满足条件                                       | 备注  |
|----|--------------|----------------------|-------------------|--|---|
| 1  | 两断面水质均达标     | 丰、平、枯、特枯水年全年         | 联合调度，先水库放水，再泵站抽水  | 兴仁桥断面流量不小于 1.0m <sup>3</sup> /s            | 1.0m <sup>3</sup> /s 为乐排河下游鸦岗断面对清城区跨界断面最低流量要求 |
| 2  | 石歧桥不达标、兴仁桥达标 | 丰、平水年枯水期<br>枯、特枯水年全年 | 启用泵站抽水            | 石歧桥断面水质达标，且兴仁桥断面流量不小于 1.0m <sup>3</sup> /s |   |
| 3  | 石歧桥达标、兴仁桥不达标 | 丰、平水年枯水期<br>枯、特枯水年全年 | 联合调度，先水库放水，再泵站抽水  | 兴仁桥断面水质达标，且兴仁桥断面流量不小于 1.0m <sup>3</sup> /s |   |
| 4  | 石歧桥、兴仁桥均不达标  | 丰、平水年枯水期<br>枯、特枯水年全年 | 联合调度，先水库放水，再泵站抽水， | 两个断面水质均达标，且兴仁桥断面流量不小于 1.0m <sup>3</sup> /s |   |

## 6 保障措施

### 6.1 工程措施

工程措施主要分为控制性补水工程补水能力提升以及流域内污染治理，消减污染物入河量，主要措施及实施责任主体分述如下。

1) 针对控制性补水工程补水能力提升方面，考虑花斗水库可操作性不大，主要通过黄布电灌站扩容改造提升补水能力，同时改扩建补水通道，建议扩容改造后装机流量及补水通道过流能力不小于 $1.67\text{m}^3/\text{s}$ ，责任部门主要为清城区水利局及石角镇人民政府。

2) 针对污染治理方面，按照相关规划及现状情况全面治理城镇生活污染源，进一步推进流域内污水处理设施的新建、改扩建或升级改造工程，责任部门主要为清城区水利局及石角镇人民政府。

3) 针对污染治理方面，按照相关规划及现状情况全面治理农村生活污染源，加快推进农村环境综合整治相关工程，责任部门主要为清城区水利局、城市管理和综合执法局、农业农村局、清远市生态环境局清城分局及石角镇人民政府。

4) 针对污染治理方面，按照相关规划及现状情况，加强农业污染源防治，尽快完成流域内畜禽、水产养殖专项清理整治工作，责任部门主要为清城区农业农村局、清远市生态环境局清城分局及石角镇人民政府。

5) 针对污染治理方面，按照相关规划及现状情况实施乐排河河涌综合整治工程，责任部门主要为清城区水利局、城市管理和综合执法局、清远市生态环境局清城分局及石角镇人民政府。

## 6.2 非工程措施

1) **完善相关制度：**根据水生态环境补水需求，完善补充水源相关调度制度，其中花斗水库完善编制水库调度规程，责任部门主要为清城区水利局及花斗水库管理所。

2) **强化监管能力：**加强乐排河流域水质、水量监测能力，及时反映乐排河水生态环境情况，以便采取适宜补水方案；同时将强乐排河流域环境监察执法力度，减少水环境生态破坏行为，保障补水措施可行性，责任部门主要为清远市生态环境局清城分局及石角镇人民政府。

3) **落实“河长制”责任：**加强河道管理和保护，加大执法力度，严厉打击涉河湖违法行为，建立乐排河长效管护机制，强化乐排河河底、河面和沿河垃圾清理，定期排查乐排河河道范围内排污口情况，监测排污口排污情况，清理非法排污口，责任部门主要为清城区水利局及石角镇人民政府。

4) **落实责任措施：**将乐排河生态流量工作目标任务作为专项工作纳入水生态环境保护目标责任考核，落实各相关单位主体责任，责任部门主要为清城区人民政府、清城区水利局、清远市生态环境局清城分局、清城区农业农村局、清城区城市管理和综合执法局、石角镇人民政府及清城区花斗水库管理所。

## 7 结论与建议

### 7.1 结论

1) 乐排河在清城区境内流域面积为  $104\text{km}^2$ ，流域多年平均径流流量为  $4.24\text{m}^3/\text{s}$ ，多年平均径流深为  $1285.70$ ；

2) 乐排河流域丰（10%）、平（50%）、枯（90%）及特枯（95%）年年平均流量分别为  $5.92\text{m}^3/\text{s}$ 、 $4.11\text{m}^3/\text{s}$ 、 $2.72\text{m}^3/\text{s}$ 、 $2.39\text{m}^3/\text{s}$ ；

3) 乐排河流域 90%保证率最枯月平均流量为  $0.26\text{m}^3/\text{s}$ ；

4) 本此研究设置两个控制断面，即石歧桥控制断面，其保枯水期生态流量为  $1.27\text{m}^3/\text{s}$ ；兴仁桥控制断面，其保枯水期生态流量为  $1.2\sim 1.5\text{m}^3/\text{s}$ ；

5) 花斗水库作为保障乐排河枯水期生态流量补充控制性工程，全年可补充流量为  $0.27\text{m}^3/\text{s}$ ，枯水期 10-翌年 3 月可补充流量为  $0.51\text{m}^3/\text{s}$ ，通过联合调度可满足补水要求。

6) 黄布电灌站作为保障乐排河枯水期生态流量补充控制性工程，全年可补充流量  $0.56\text{m}^3/\text{s}$ ，不满足补水要求，考虑其现状为临时潜水泵，建议对其进行扩容改造，改造时需考虑其灌溉用水，建议其改造后抽水流量不小于  $1.67\text{m}^3/\text{s}$ 。

### 7.2 建议

1) 乐排河流域内拦蓄水、引调水工程需落实完善生态流量泄放设施及相应的运行调度方案，并将其纳入工程总体运行调度，且严格执行；

2) 乐排河流域内蓄水工程平水年及枯水年运行中保证生态流量泄放及生产生活用水后应尽可能拦蓄水,以保证紧急需水时有水可用;

3) 乐排河流域控制断面设置流量观测设施,以保证能够及时反映乐排河水生态环境情况,以便采取适宜补水方案;

4) 乐排河流域丰、平水年调度方案以 10 月至翌年 3 月为关键调度期,在保证生态流量不破坏的基础上,尽力保证流域内用水户的用水需求,必要时采取节水措施、限制农业取用水;

5) 乐排河流域枯水年及特枯水年调度方案调度期为全年,采用“动态调度”的思路,花斗水库及黄布电灌站联合调度为主,同时考虑全流域积极采取节水措施,有序安排河道外用水需求和河道内生态基流的保障优先级(生活、生态、生产),合理控制允许最大破坏深度(生态流量 20%、工业用水 30%、农业用水 50%)。

## 8 附图附件

### 8.1 附图

附图 3-1: 大庙峡(二)站 1960~2015 年年平均径流流量的累积曲线;

附图 3-2: 大庙峡(二)站 1960~2015 年年降雨量的累积曲线;

附图 3-3: 大庙峡(二)站 1960~2015 年年平均径流流量差值累积曲线;

附图 3-4: 大庙峡(二)站 1960~2015 年年降雨量差值累积曲;

附图 3-5: 大庙峡(二)站 1960~2015 年年平均径流流量逆时序累积平均过程线;

附图 3-6: 大庙峡(二)站 1960~2015 年年降雨量逆时序累积平均过程线;

附图 3-7: 大庙峡(二)站 1960~2015 年年平均径流流量  $C_v$  逆时序逐年累积平均过程线;

附图 3-8: 大庙峡(二)站 1960~2015 年年降雨量  $C_v$  逆时序逐年累积平均过程线;

附图 3-9: 石角站 1960~2015 年年降雨量的累积曲线;

附图 3-10: 石角站 1960~2015 年年降雨量差值累积曲线;

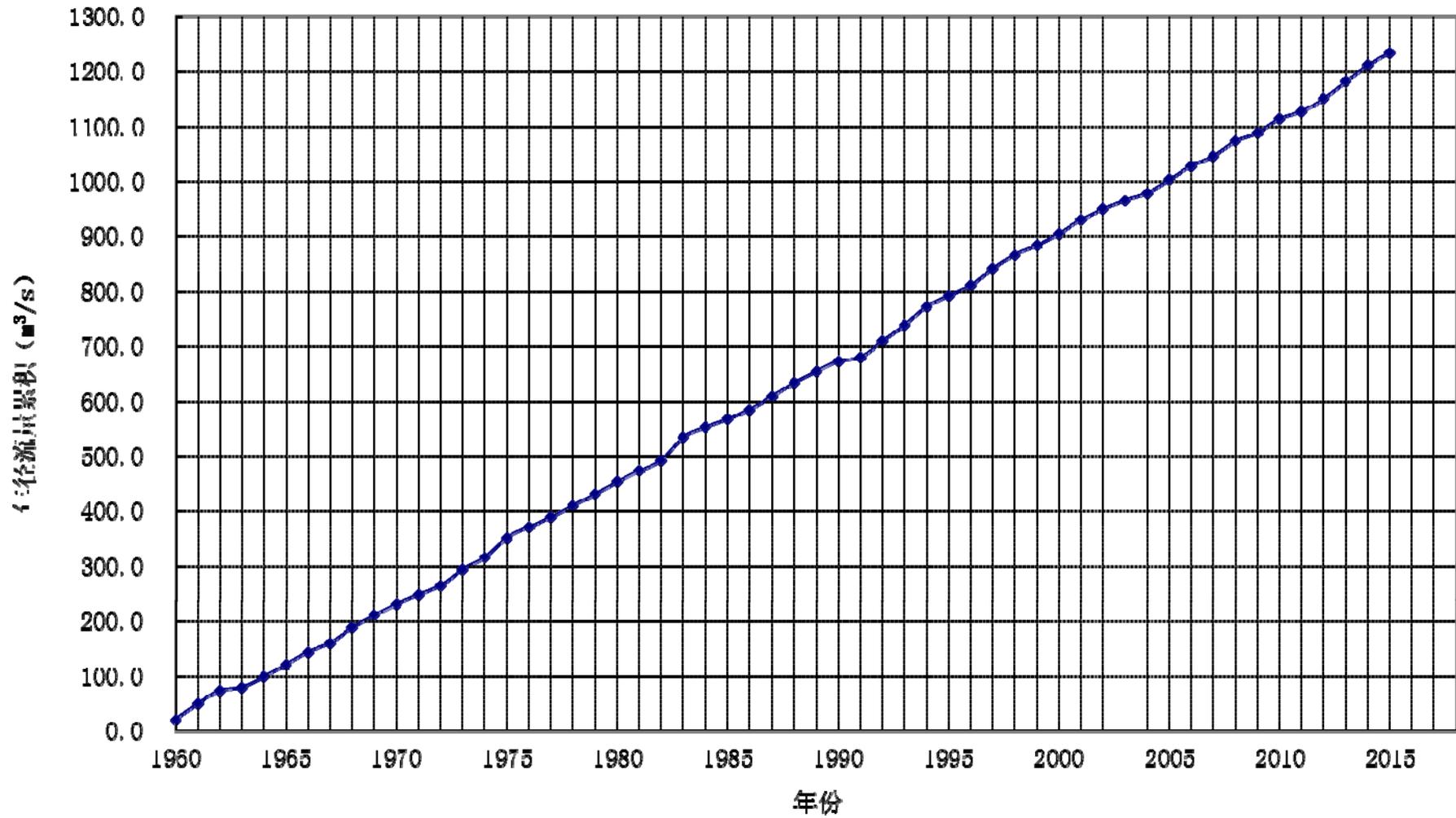
附图 3-11: 石角站 1960~2015 年年降雨量逆时序累积平均过程线;

附图 3-12: 石角站 1960~2015 年年降雨量  $C_v$  逆时序逐年累积平均过程线。

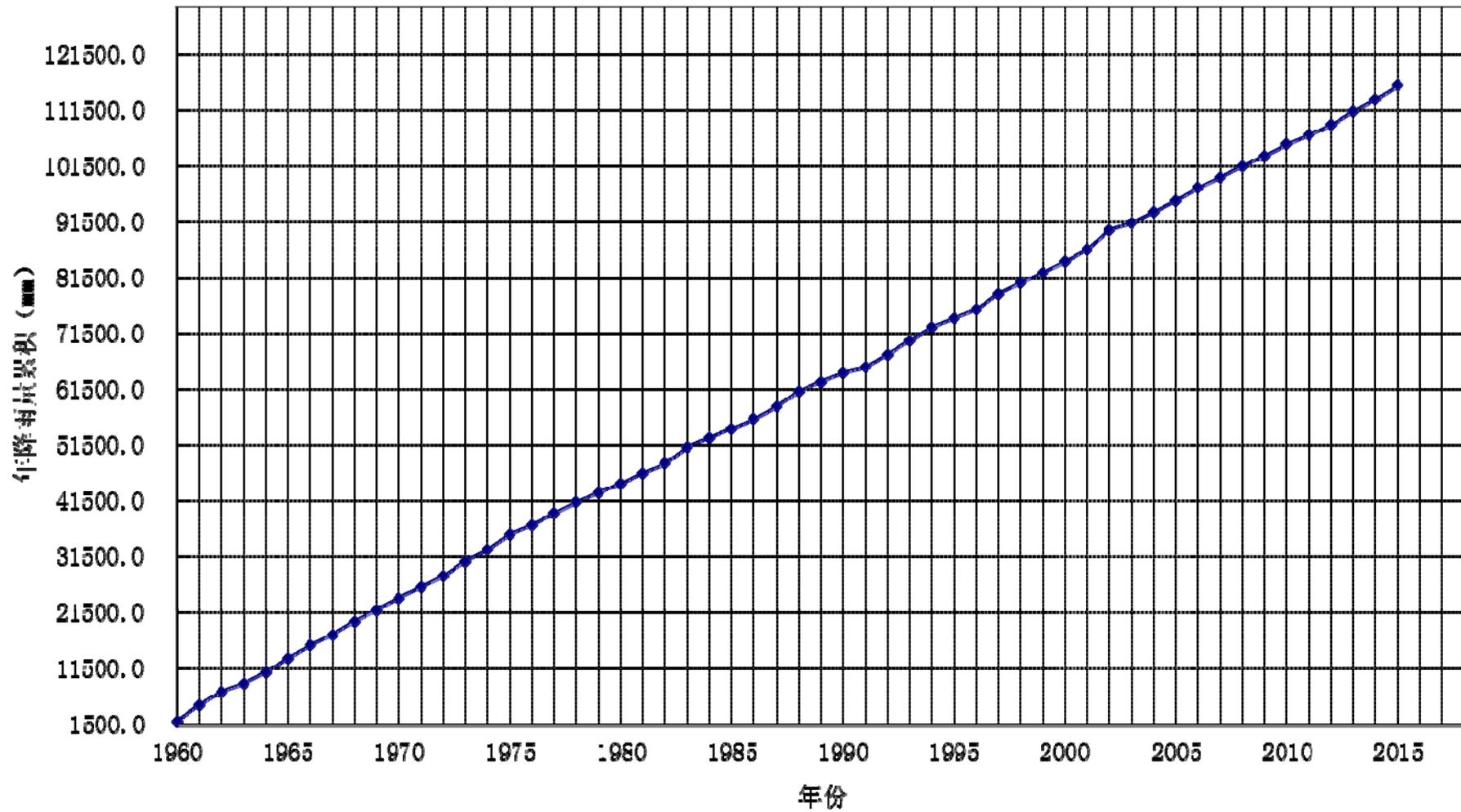
## 8.2 附件

清远市清城区乐排河生态流量保障研究报告技术评审意见及专家签到表。

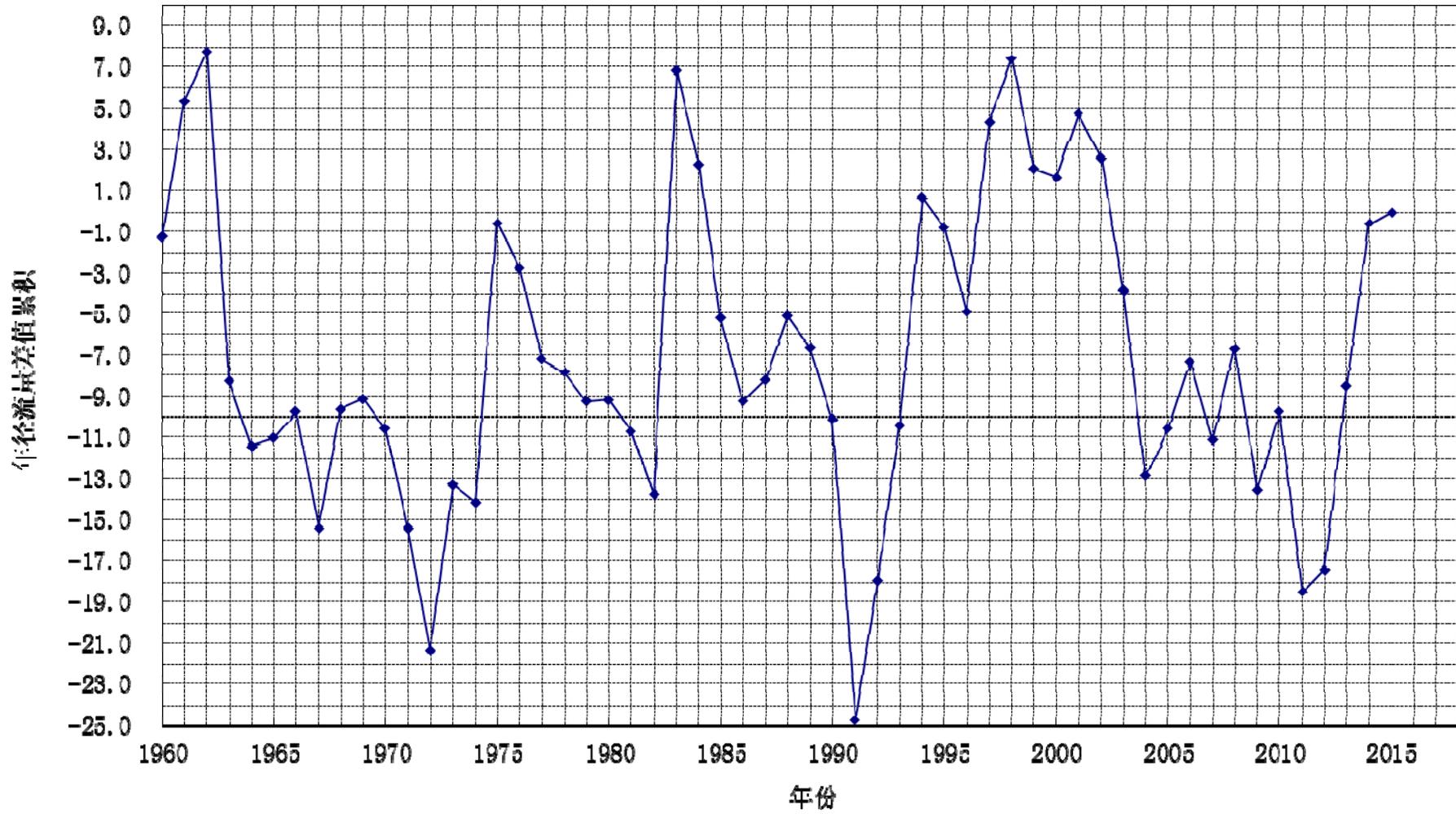
附图4-1：大庙峡（二）站1960~2015年年平均径流流量的累积曲线



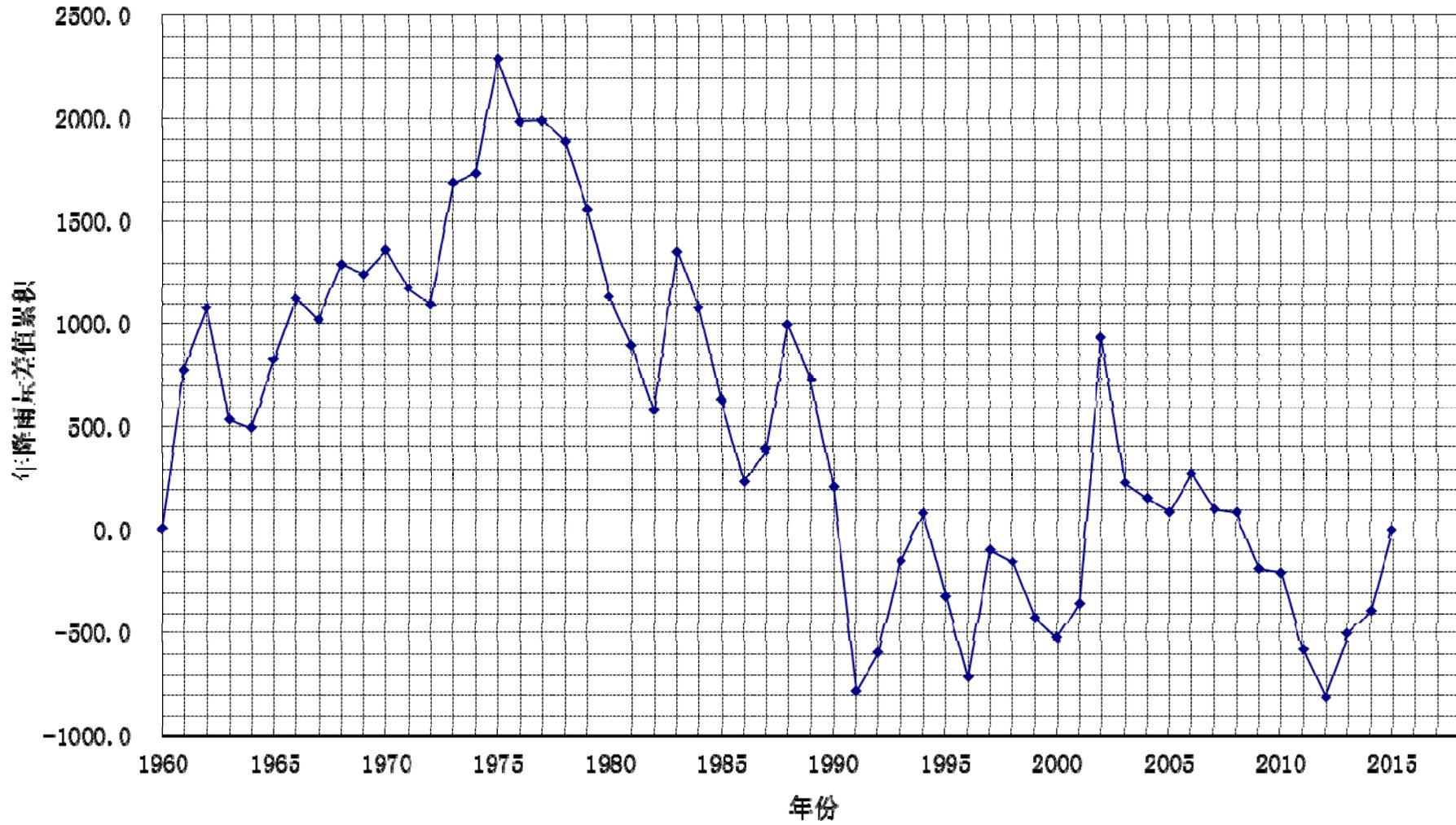
附图4-2: 大庙峡(二)站1960~2015年年降雨量的累积曲线



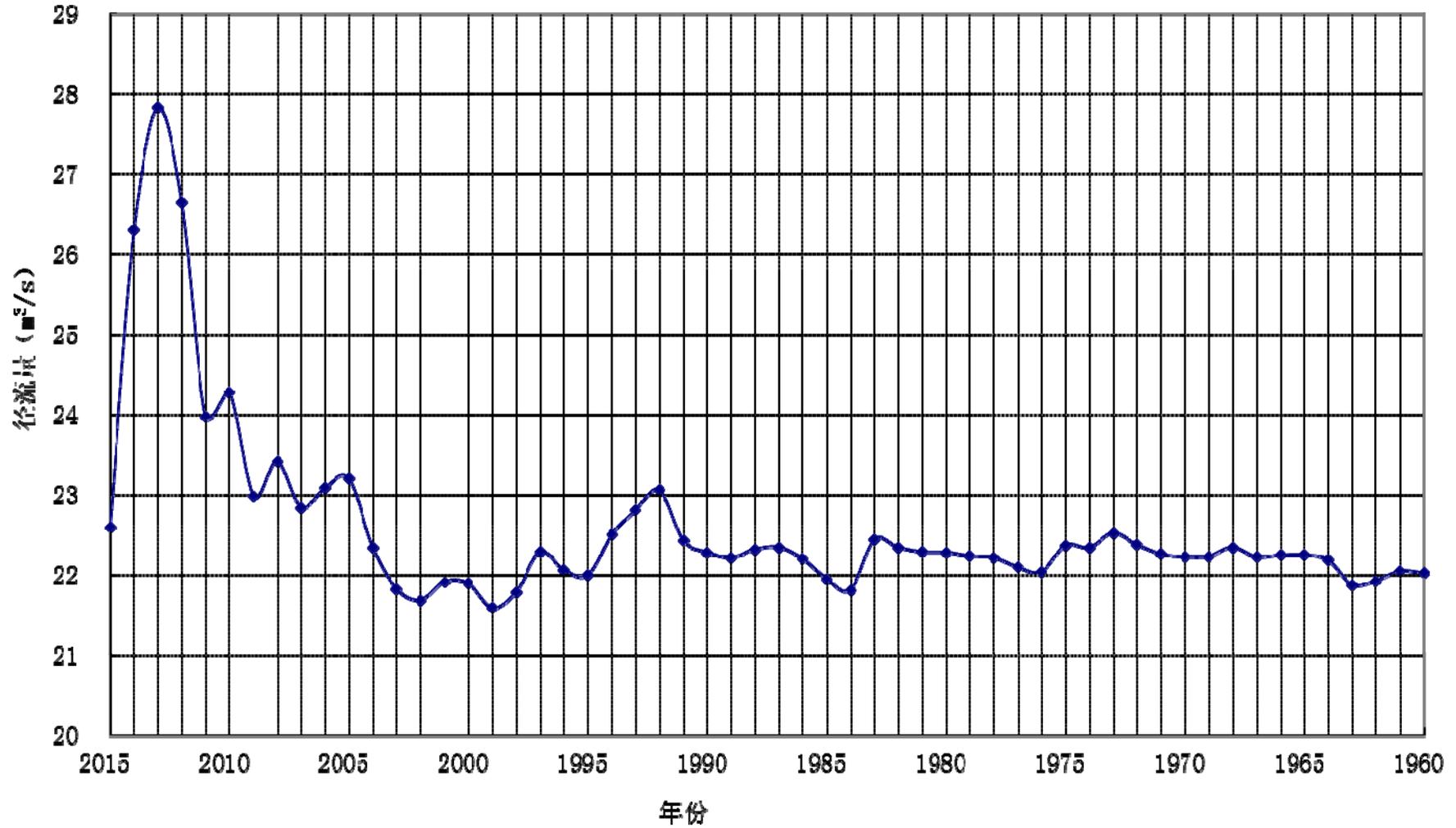
附图4-3 大庙峡（二）站1960~2015年年平均径流流量差值累积曲线



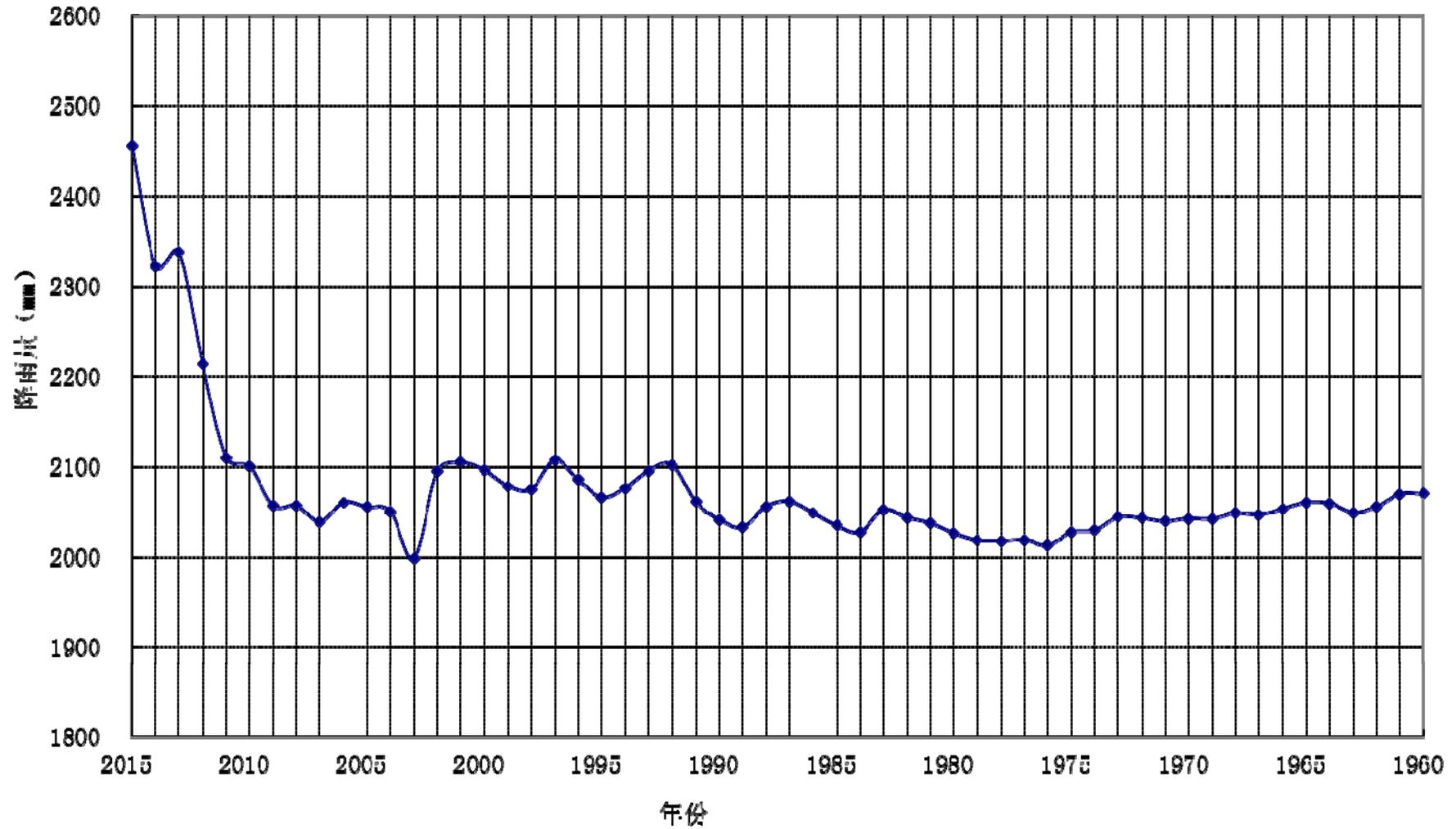
附图4-4 大庙峡（二）站1960~2015年年降雨量差值累积曲线



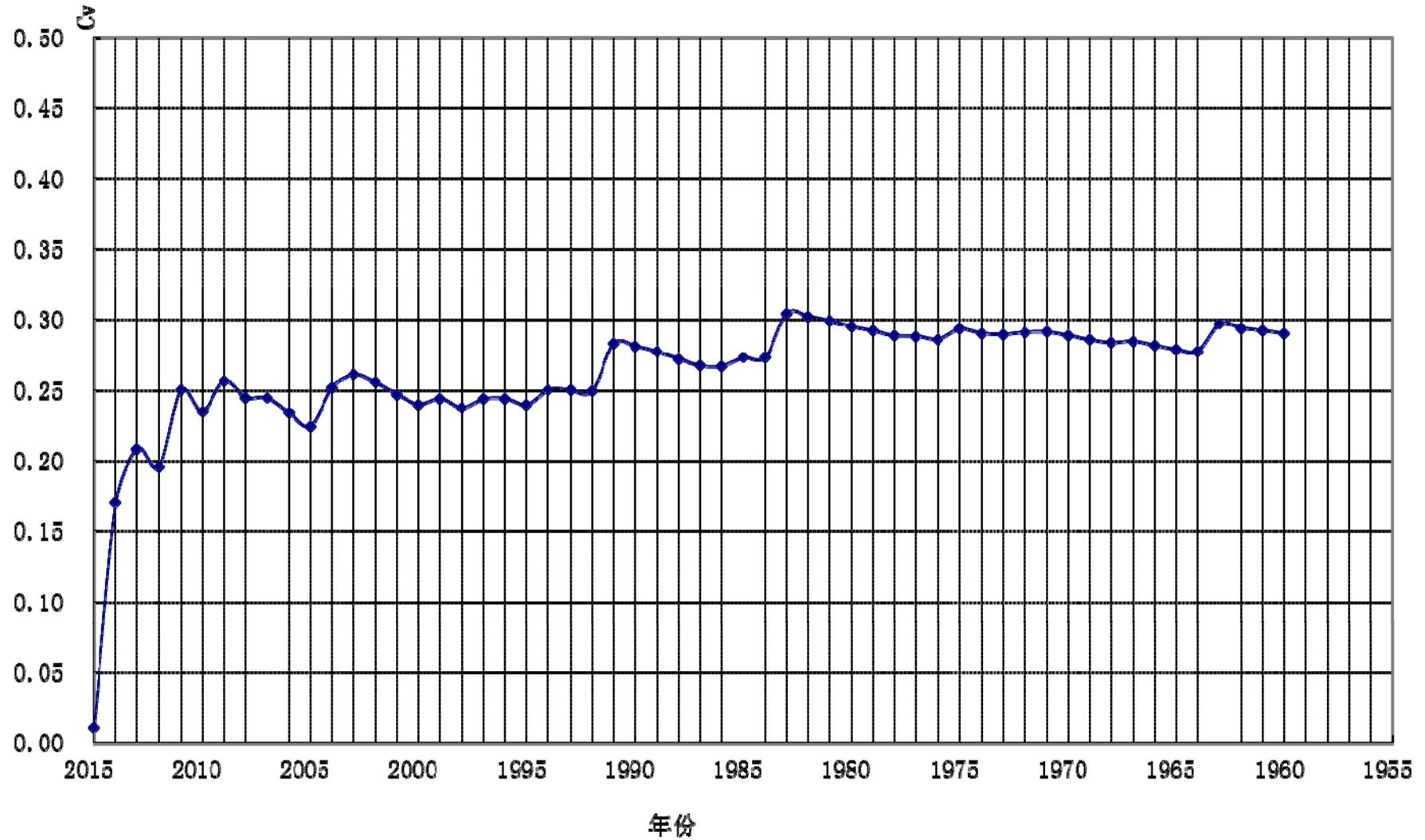
附图4-5 大庙峡（二）站1960~2015年年平均径流流量逆时序累积平均过程线



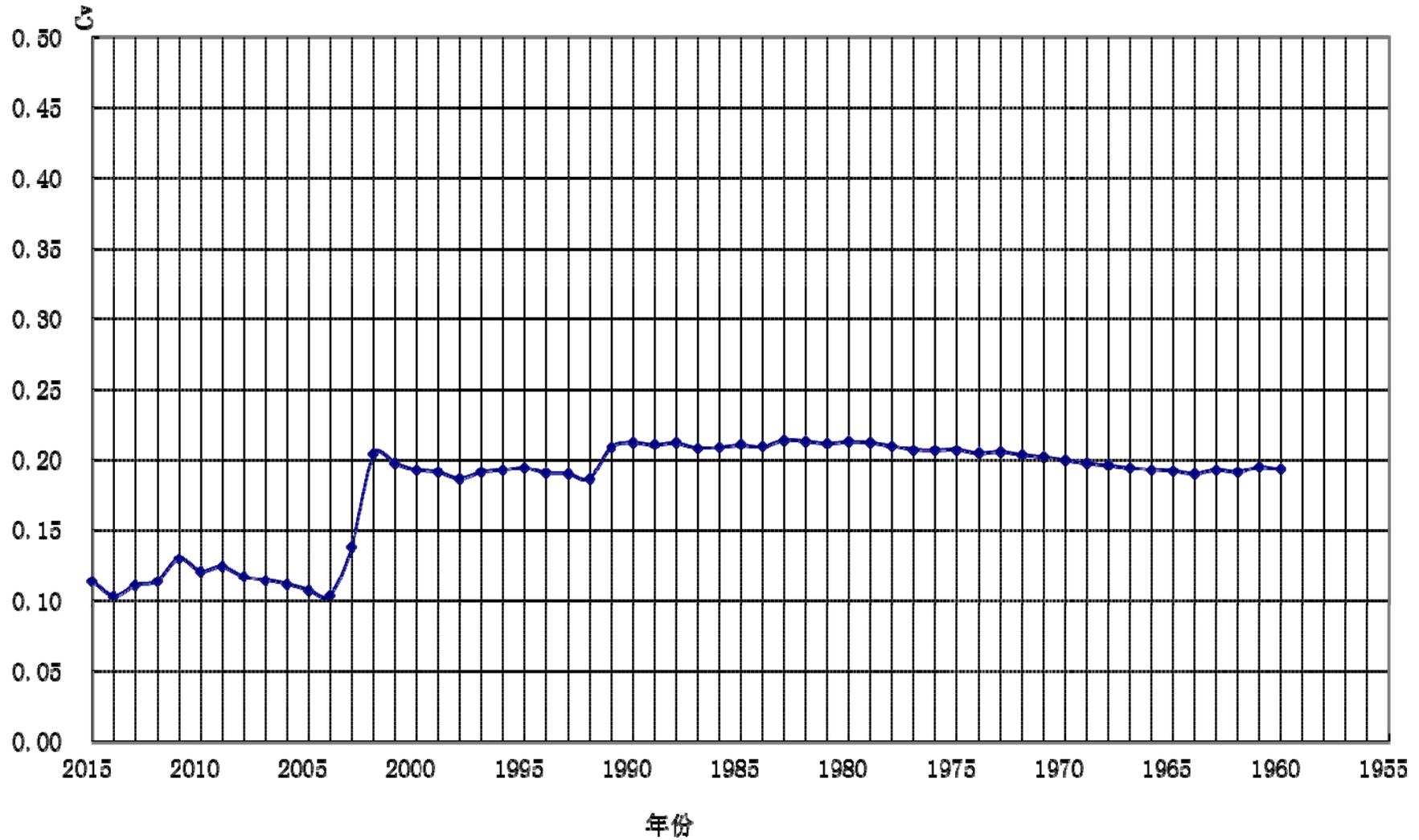
附图4-6 大庙峡（二）站1960~2015年年降雨量逆时序累积平均过程线



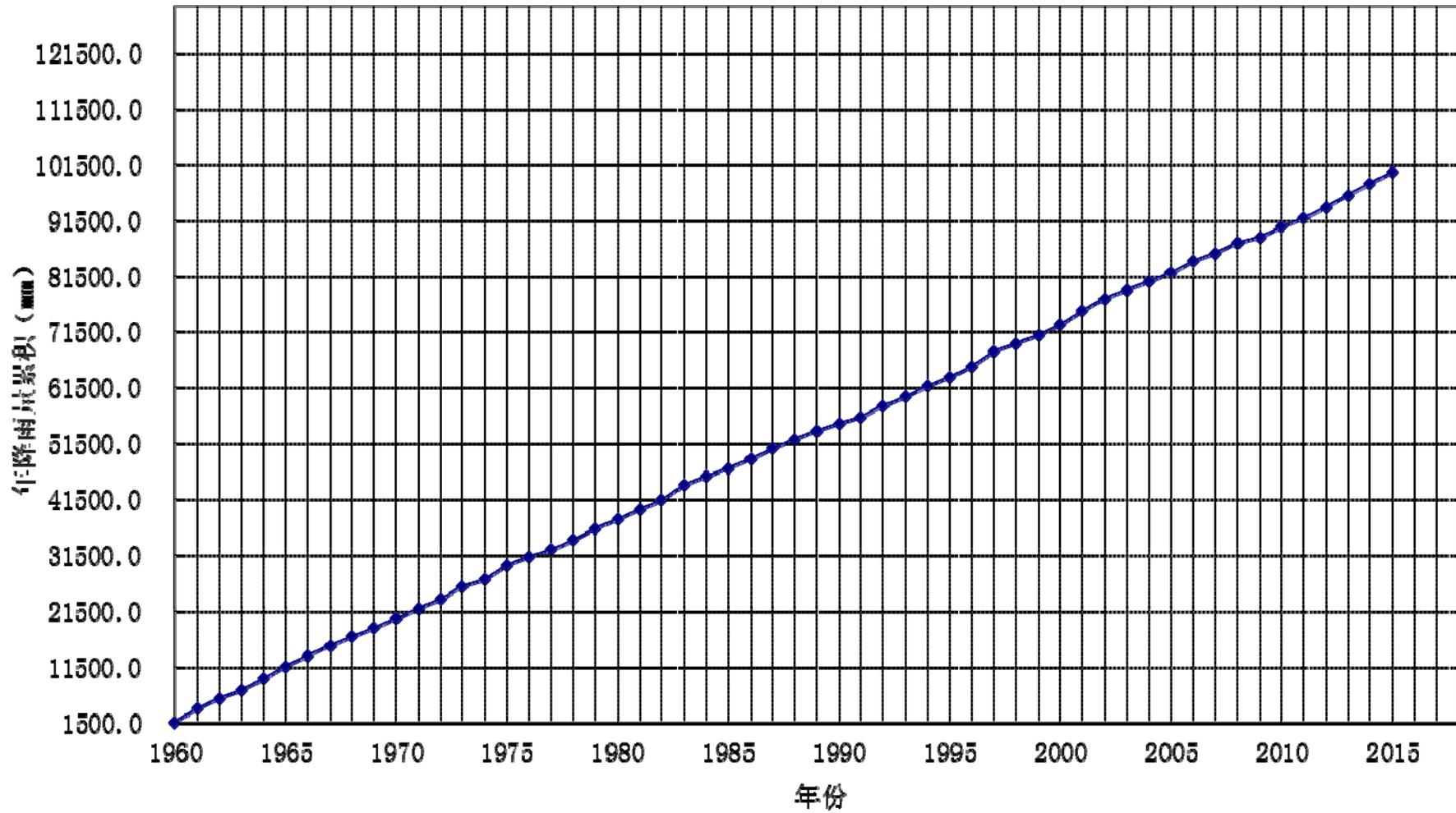
附图4-7 大庙峡（二）站1960~2015年年平均径流流量Cv逆时序逐年累积平均过程线



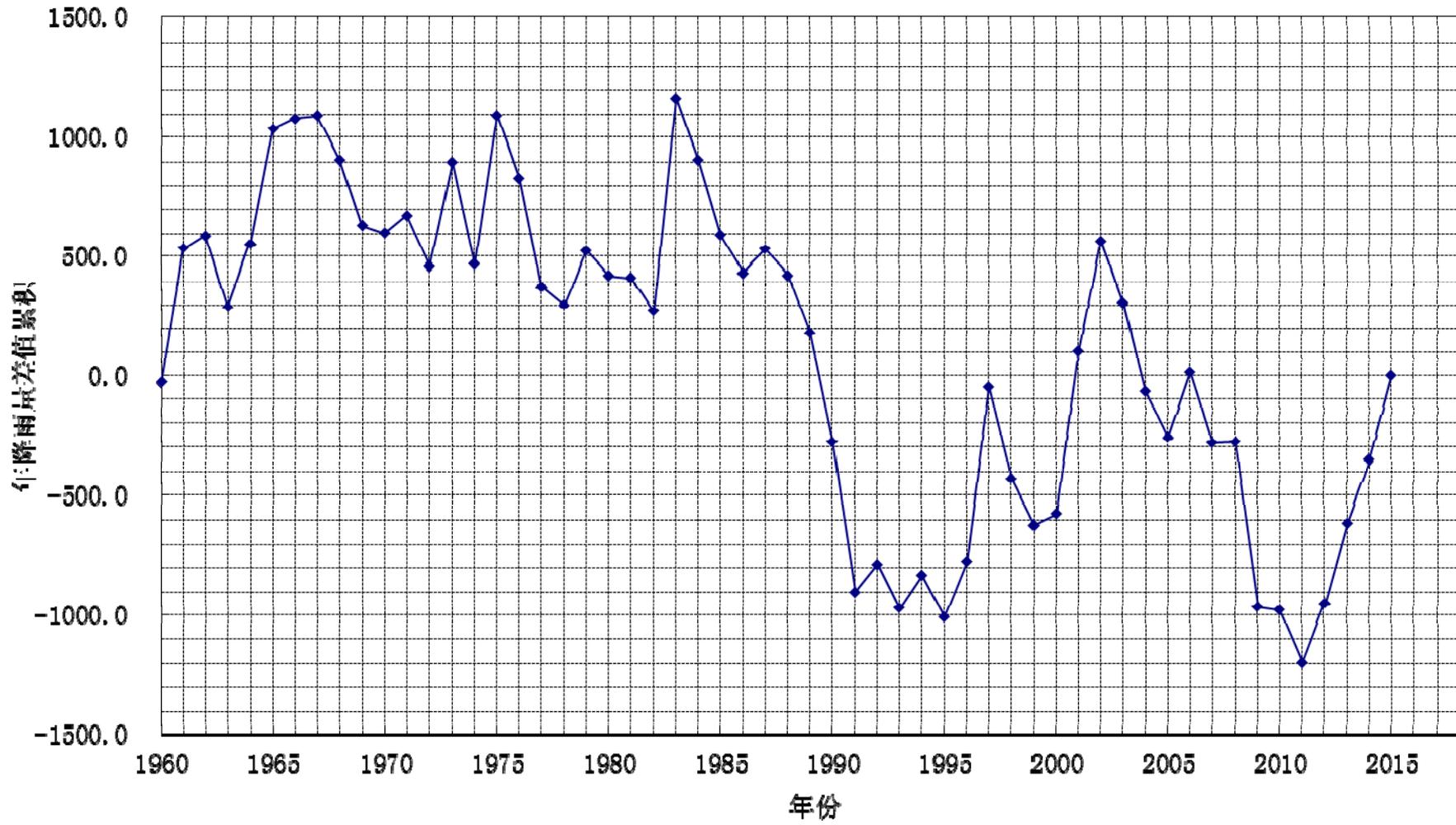
附图4-8 大庙峡（二）站1960~2015年年平均径流流量 $C_v$ 逆时序逐年累积平均过程线



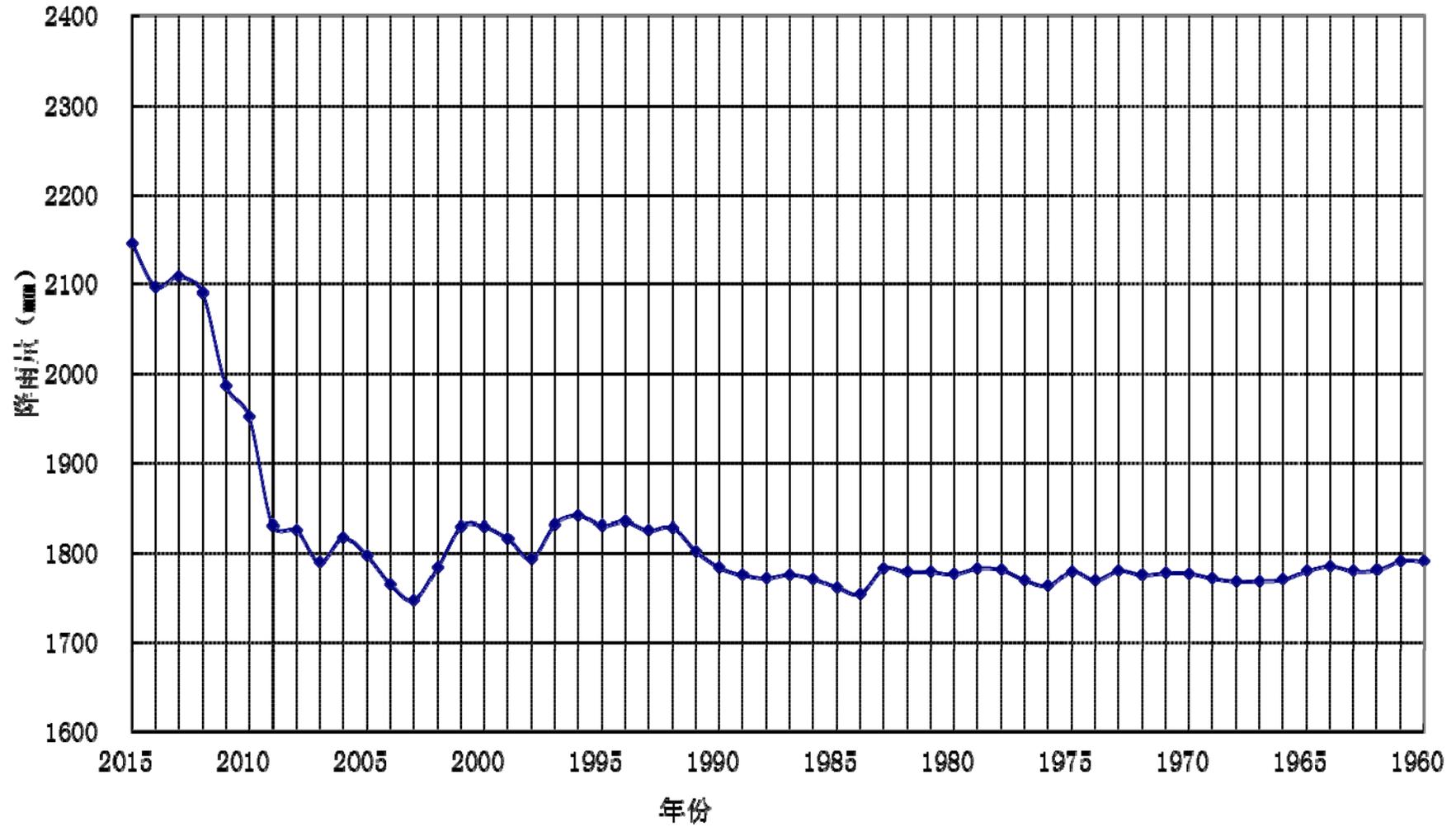
附图4-9： 石角站1960~2015年年降雨量的累积曲线



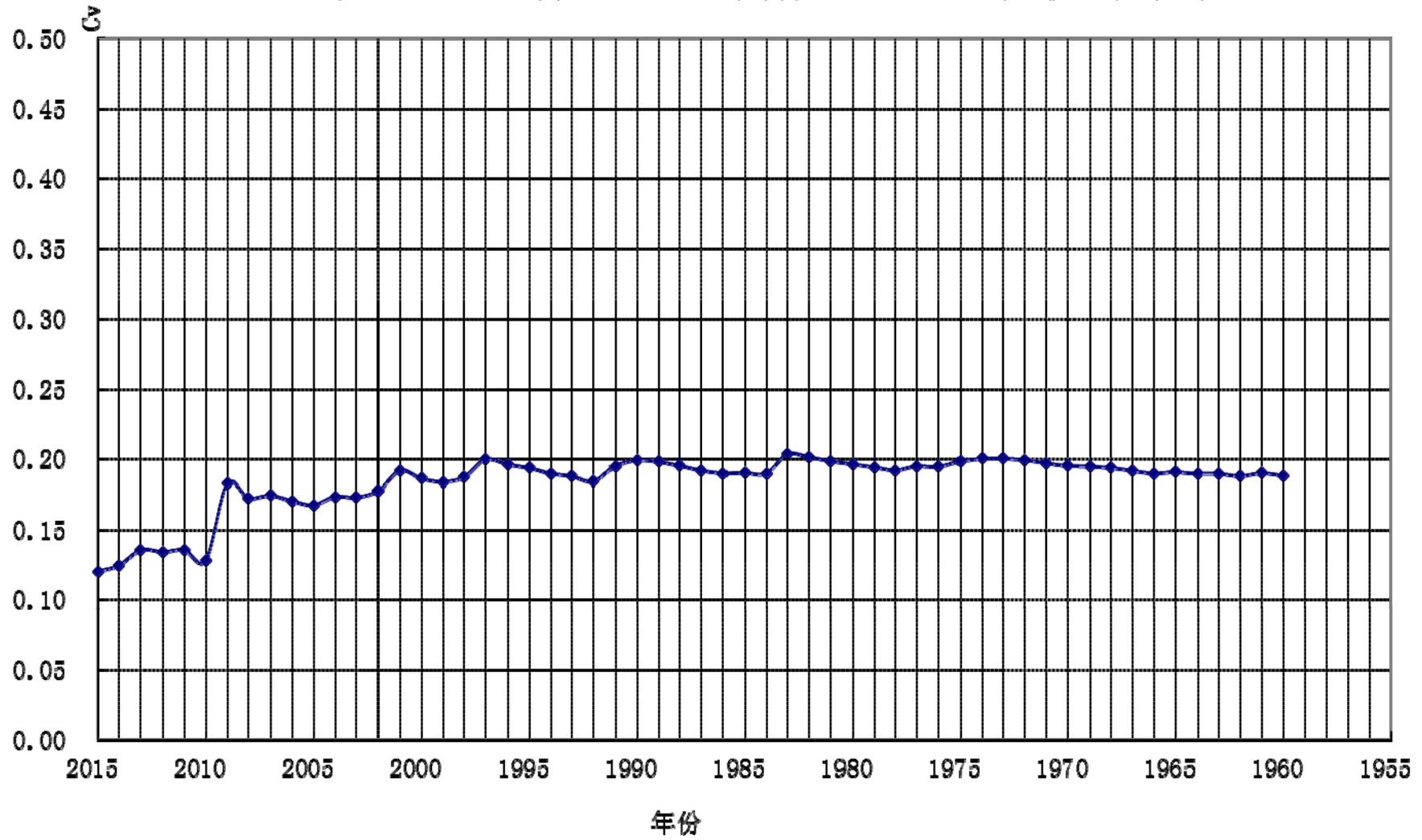
附图4-10 石角站1960~2015年年降雨量差值累积曲线



附图4-11 石角站1960~2015年年降雨量逆时序累积平均过程线



附图4-12 石角站1960~2015年年降雨量Cv逆时序逐年累积平均过程线



# 清远市清城区乐排河生态流量保障研究报告

## 技术评审意见

2020年12月17日，清远市清城区水利局在清城区主持召开《清远市清城区乐排河生态流量保障研究报告》（以下简称《研究报告》）专家评审会议，参加会议的有：清远市水利局、清远市生态环境局清城分局、石角镇人民政府、清远市水利水电勘测设计院有限公司等单位的代表及3名特邀专家，会议成立了评审专家组。

与会人员听取了报告编制单位的成果汇报，经讨论和研究，形成主要评审意见如下：

一、为全面贯彻习近平生态文明思想和“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的治水思路，认真落实《水利部关于做好河湖生态流量确定和保障工作的指导意见》、《广东省水利厅关于做好河湖生态流量确定和保障工作的通知》的相关要求，开展乐排河生态流量保障研究很有必要。

二、《研究报告》的研究思路、分析方法可行，内容较全面，编制深度基本满足要求。

三、《研究报告》中径流及生态流量分析计算、生态流量保障方案基本合理；确定的控制断面、控制目标，得出的相关结论基本正确，所提出的相关建议基本合适。

四、建议：

1、根据目前流域水质状况，结合流域水质治理目标，统筹考虑生态流量；

2、补充生态流量保障措施并完善调度方案；

3、补充完善相关资料。

《研究报告》按照专家意见修改完善后，可上报审批。

专家组组长：解河海

2020年12月17日

# 清城区乐排河生态流量保障研究报告专家评审会专家组名单表

| 序号 | 姓名  | 工作单位      | 职称 | 签名  |
|----|-----|-----------|----|-----|
| 1  | 解河海 | 珠江水利科学研究院 | 正高 | 解河海 |
| 2  | 李洪海 | 佛山市南海区水利局 | 副高 | 李洪海 |
| 3  | 李洪海 | 佛山市南海区水利局 | 副高 | 李洪海 |
| 4  |     |           |    |     |
| 5  |     |           |    |     |