

海南省昌化江水资源配置工程 环境影响报告书

(征求意见稿)

建设单位：海南省水利电力集团有限公司

评价单位：黄河水资源保护科学研究院

二〇二二年十月

前 言

海南省位于中国最南端，是我国的经济特区、自由贸易试验区，是全面深化改革开放试验区、国家生态文明试验区、国际旅游消费中心和国家重大战略服务保障区，具有实施全面深化改革开放和试验最高水平开放政策的独特优势。

海南岛地处热带边缘，雨量充沛，是中国最大的“热带宝地”。海南岛地形中间高四周低，境内主要河流发源于中部山区，由山区或丘陵区分流入海，构成辐射状水系，河流水系源短流急，具有明显的年内、年际丰枯差异特征，天然存蓄能力弱，工程性缺水问题突出。2018年4月，《中共中央 国务院关于支持海南全面深化改革开放的指导意见》（中发〔2018〕12号），明确提出“按照适度超前、互联互通、安全高效、智能绿色的原则，大力实施一批重大基础设施工程，加快构建现代基础设施体系”“完善海岛型水利设施网络”等要求。2019年5月，中共中央办公厅、国务院办公厅印发《国家生态文明试验区（海南）实施方案》（厅字〔2019〕29号），支持海南建设国家生态文明试验区，按照“确有需要、生态安全、可以持续”的原则，完善海岛型水利设施网络，为海南实现高质量发展提供水安全保障。2019年7月，《海南水网建设规划》经海南省人民政府办公厅以琼府办〔2019〕17号文正式印发，规划统筹谋划海南省今后一段时期水务改革发展的总体目标和战略布局，明确提出了包括建设海南省昌化江水资源配置工程在内的9项重大项目。规划编制过程中同步开展了环境影响评价工作，对规划实施可能产生的环境影响进行综合评估，提出了规划方案优化调整建议 and 环境保护对策措施。海南省生态环境厅以琼环函〔2019〕240号文出具“关于海南水网建设规划环境影响报告书审查意见的函”。2021年5月，《海南省“十四五”水资源利用与保护规划》（琼府办〔2021〕14号）中明确提出，适时开工建设昌化江水资源配置工程等重大项目。2022年1月，经国务院同意，国家发展改革委、水利部印发了《“十四五”水安全保障规划》，明确提出海南省昌化江水资源配置工程是提高琼西南地区水资源优化配置能力的骨干工程，属于加强建设的重大水资源工程。

海南省昌化江水资源配置工程位于琼西南地区，分为乐亚水资源配置工程和引大济石及昌江县水系连通工程两部分，行政区划涉及五指山市、昌江县、乐东县、三亚市、东方市和白沙县，受水区主要为乐东县、昌江县和三亚市。昌化江

水资源配置工程任务是通过新建水源工程、引水工程及改扩建现有灌区工程，提高区域水资源配置能力，以满足项目区设计水平年城乡供水、南繁育种基地及农业灌溉用水要求，并兼顾改善区域生态环境。昌化江水资源配置工程建设内容主要包括：向阳水库及引水隧洞、南巴河水库及引水隧洞、大广坝至石碌水库引水隧洞、乐东引水工程、乐亚灌区及石碌水库灌区工程等。其中 2035 年主要建设内容为“1 库 1 站 3 洞”，包括向阳水库及引水隧洞、大广坝至石碌水库引水隧洞、乐东引水工程、乐亚灌区及石碌水库灌区工程等，2050 年新建南巴河水库及引水隧洞等。本次可研仅考虑 2035 年工程建设内容，其工程规模主要考虑 2035 水平年要求的同时兼顾 2050 水平年需求。昌化江水资源配置工程灌区范围（包括南繁育种基地）涉及三亚市大隆灌区、乐东县长茅灌区和昌江县石碌水库灌区，供水范围涉及三亚、乐东和昌江 3 个市县 17 个乡镇（区）和 3 个农场。

昌化江水资源配置工程布局较为分散，涉及范围广，工程建设区域周边生态系统敏感且环境制约因素较多，涉及海南热带雨林国家公园、霸王岭国家级自然保护区、俄贤岭省级自然保护区、霸王岭国家森林公园等环境敏感区，环境影响评价工作是该工程的重要支撑性工作。2020 年之前，海南省昌化江水资源配置工程分为乐亚水资源配置工程、引大济石及昌江县水系连通工程分别开展了环境影响评价工作，其中：乐亚水资源配置工程的环境影响评价工作由黄河水资源保护科学研究院承担，引大济石及昌江县水系连通工程的环境影响评价工作由中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司（以下简称“北京院”）承担。在项目开展过程中，根据海南水网建设规划中明确的重大项目名称，乐亚水资源配置工程和引大济石及昌江县水系连通工程合并为“海南省昌化江水资源配置工程”。2022 年 7 月，在维持乐亚水资源配置工程、引大济石及昌江县水系连通工程环评工作原有分工的基础上，受安徽省水利水电勘测设计研究总院有限公司委托，黄河水资源保护科学研究院承担了海南昌化江水资源配置工程环境影响评价工作，负责整合、汇总两家环评单位的相关成果，编写环境影响评价报告书。

2017 年以来，黄河水资源保护科学研究院、北京院联合水利部中国科学院水工程生态研究所、海南恒忠工程咨询有限公司、武汉市伊美净科技发展有限公司等多家专业机构积极开展评价区水生生态环境、陆生生态环境影响论证工作。综合考虑该项目现有资料以及生态环境评价需求，项目组先后多次深入五指山、乐东、三亚、昌江等市县进行资料收集和生态环境现状调查，相继委托华测检测

认证集团股份有限公司、南京万全检测技术有限公司开展了工程区地表水、地下水、大气环境、声环境、土壤等环境现状监测，并在前期已开展环境监测工作的基础上，又分别在 2021 年 12 月、2022 年 5 月依次开展了引大济石项目区和乐亚工程项目区的环境现状补充监测；针对项目评价重点内容，编制了陆生生态环境影响专题、水生生态环境影响专题、工程涉及海南热带雨林国家公园、自然保护区等环境敏感区生物多样性影响专题和昌化江河口环境影响专题。

本环评工作开展过程中，环评单位与可研编制单位就工程设计方案进行了充分的沟通协调，针对水源工程布局、向阳水库坝址选址、向阳及引大济石引水隧洞线路布设、渣料场及施工场地布置、受水区河流生态流量及其泄放措施等从环境保护角度进行了优化与调整。在工程选址选线方面，开展了多方案比选，尽量避让国家公园、自然保护区、生态保护红线等环境敏感区；在工程规模上，合理控制开发强度，明确河流生态流量下泄要求，力求形成绿色基础设施体系。同时，系统论证了工程建设的主要环境制约因素，对工程施工期和运行期环境影响进行了预测，提出避免、减缓不利环境影响的针对性措施，旨在做到以改善生态环境质量为核心，维护生态安全。

该项目建设符合国家产业政策，是《产业结构调整指导目录(2019 年本)》中鼓励类水利项目。海南省昌化江水资源配置工程是海南省人民政府批复的《海南水网建设规划》（琼府办〔2019〕17 号）中拟建的 5 项重大水资源配置工程之一，是全面提升重要区域和重要服务对象水安全保障能力的重要战略水源工程，已列入国务院重点推进建设的“150 项重大水利工程”，属于国家重大项目。项目建设对促进区域生态环境改善和支撑经济社会发展具有积极意义。在严格执行“先节水后调水、先治污后通水、先环保后用水”“优水优用”“增水减污”等环保原则的前提下，严格落实报告书中提出的环境保护措施后，从生态环境保护角度分析，项目建设可行。

报告书编制过程中得到了水利部水利水电规划设计总院、海南省水务厅、海南省生态环境厅、海南省林业局、海南省自然资源和规划厅、海南省林业科学研究院等单位及部门的大力支持，在此表示诚挚的感谢，不足之处敬请批评指正！

目 录

1 总则	1
1.1 评价目的	1
1.2 评价依据	1
1.2.1 法律法规	1
1.2.2 部门规章	4
1.2.3 技术规范	5
1.2.4 规划区划	7
1.2.5 相关政策	8
1.2.6 相关技术资料	10
1.3 评价标准	11
1.3.1 环境质量标准	11
1.3.2 污染物排放标准	16
1.4 评价工作等级	17
1.4.1 生态环境	17
1.4.2 地表水环境	18
1.4.3 地下水环境	19
1.4.4 大气环境	19
1.4.5 声环境	19
1.4.6 土壤环境	19
1.4.7 环境风险	20
1.5 评价时段与范围	20
1.5.1 评价时段	20
1.5.2 评价范围	20
1.6 环境保护目标与环境敏感点	24
1.6.1 环境功能保护目标	24
1.6.2 环境敏感保护目标	26
1.7 评价思路与重点	31
1.7.1 评价重点	31

1.7.2 工作程序	32
2 工程概况	34
2.1 地理位置	34
2.2 工程任务及规模	34
2.2.1 工程任务	34
2.2.2 工程规模	34
2.3 工程灌溉和供水范围	36
2.3.1 灌区范围	36
2.3.2 城乡供水范围	37
2.4 工程总体布局及建设内容	38
2.4.1 工程总体布局	38
2.4.2 工程建设内容	39
2.4.3 主要建筑物	40
2.5 施工组织设计	41
2.6 占地及移民安置	42
2.7 工程投资	42
3 工程分析	43
3.1 规划及规划环评要求	43
3.2 与相关法律法规及规划的协调性分析	43
3.3 工程规模环境合理性分析	44
3.3.1 灌区规模的合理性分析	44
3.3.2 调水规模的环境合理性分析	45
3.3.3 “三先三后”符合性分析	46
3.4 工程方案环境合理性分析	53
3.5 工程环境影响分析	53
3.5.1 施工期工程分析	53
3.5.2 淹没、工程征用地及移民安置环境影响	60
3.5.3 初期蓄水环境影响因素分析	62
3.5.4 运行期工程分析	62

4 环境概况	65
4.1 自然环境	65
4.2 社会环境	69
4.3 生态敏感区	70
4.4 水资源及其开发利用	71
4.4.1 水资源量及年际变化	71
4.4.2 水利工程建设现状	74
4.4.3 供用水现状	76
4.5 生态环境	77
4.5.1 陆生生态	77
4.5.2 水生生态	79
4.6 环境质量现状	79
4.6.1 地表水环境	79
4.6.2 地下水环境	85
4.6.3 大气环境	85
4.6.4 声环境	85
4.6.5 土壤环境	85
4.7 环境敏感区	86
4.8 主要环境问题	86
5 环境影响预测与评价	- 88 -
5.1 水资源影响分析	- 88 -
5.1.1 水源区水资源影响分析	- 88 -
5.1.2 受水区水资源影响分析	- 88 -
5.2 水文情势影响分析	- 89 -
5.2.1 生态需水量	- 89 -
5.2.2 水文情势影响评价	- 92 -
5.3 地表水环境影响分析	- 92 -
5.4 地下水环境影响分析	- 93 -
5.5 陆生生态影响分析	- 94 -
5.6 水生生态影响分析	- 95 -

5.7 敏感区影响分析	- 97 -
5.8 河口环境影响分析	103
5.9 其他环境影响分析	104
5.9.1 环境空气	104
5.9.2 声环境	104
5.9.3 土壤环境	106
5.9.4 固体废物	107
5.9.5 移民安置	108
5.9.6 人群健康	108
6 环境保护措施及其可行性论证	110
6.1 地表水环境保护措施	110
6.1.1 施工期	110
6.1.2 蓄水初期	111
6.1.3 运行期	111
6.1.4 生态流量保障措施	111
6.2 地下水环境保护措施	112
6.2.1 施工期	112
6.2.2 运行期	112
6.3 陆生生态环境保护措施	113
6.3.1 陆生植物保护措施	113
6.3.2 陆生动物保护措施	115
6.4 水生生态环境保护措施	116
6.5 敏感区保护措施	117
6.6 河口环境保护措施	119
6.7 其他环境保护措施	120
7 环境风险分析	123
7.1 施工期风险分析及应急措施	123
7.1.1 风险分析	123
7.1.2 施工期环境风险应急措施	123
7.2 运行期风险分析及应急措施	124

7.2.1 风险分析	124
7.2.2 运行期环境风险应急措施	124
8 环境监测与环境管理	127
8.1 环境管理	127
8.1.1 环境管理目的	127
8.1.2 环境管理目标	127
8.1.3 环境保护管理体系	127
8.1.4 环境管理职责	128
8.2 环境监理	130
8.2.1 环境监理目的	130
8.2.2 环境监理任务	130
8.2.3 环境监理职责	130
8.2.4 环境监理内容	131
8.3 环境监测计划	132
8.3.1 环境监测目的	132
8.3.2 施工期环境监测计划	133
8.3.3 运行期环境监测计划	138
9 环保投资估算与经济效益分析	142
10 评价结论	143

1 总则

1.1 评价目的

根据海南省昌化江水资源配置工程特性、工程区及周边的环境特点，依据国家相关法律法规要求，本工程环境影响评价的主要目的如下：

（1）调查分析工程涉及区域的自然环境、生态环境和环境质量现状，明确环境敏感保护目标及存在的主要环境问题；

（2）依据相关环境保护法规和技术规范要求，结合工程施工和运行情况，全面系统地分析工程建设及运行对环境造成的影响；

（3）针对工程建设、运行可能对环境带来的不利影响，制定可行的环境保护对策措施，使区域环境质量不因工程建设和运行而下降，生态系统、生物多样性得到有效保护，充分发挥工程的经济效益、社会效益和环境效益，促进工程所在区域经济、社会、资源、环境的可持续发展；

（4）制定工程施工期和运行期的环境监测计划，便于及时掌握工程对环境的实际影响程度，为工程的环境管理提供科学依据；

（5）制定工程环境管理计划，明确各方的环境保护任务和职责，为环境保护措施的实施提供制度保证；

（6）从环境保护角度论证工程建设的可行性，为工程的方案论证、环境管理和项目决策提供科学依据。

1.2 评价依据

1.2.1 法律法规

（1）《中华人民共和国环境保护法》，2015年1月1日修订施行；

（2）《中华人民共和国环境影响评价法》，2018年12月29日修正；

（3）《中华人民共和国水污染防治法》，2017年6月27日修正，2018年1月1日起施行；

（4）《中华人民共和国大气污染防治法》2018年10月26日修正，自公布之日起施行；

（5）《中华人民共和国噪声污染防治法》，2021年12月24日修订，2022

年6月5日施行；

(6) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020年4月29日修订，2020年9月1日起施行；

(7) 《中华人民共和国土地管理法》，2019年8月26日修正，2020年1月1日起施行；

(8) 《中华人民共和国水土保持法》，2010年12月25日修订，2011年3月1日起施行；

(9) 《中华人民共和国水法》，2016年7月2日修正；

(10) 《中华人民共和国防洪法》，2016年7月2日修正；

(11) 《中华人民共和国河道管理条例》，2017年10月7日修正，自发布之日起施行；

(12) 《中华人民共和国传染病防治法》，2013年6月29日修正，自公布之日起施行；

(13) 《中华人民共和国森林法》，2019年12月28日修订，2020年7月1日起施行；

(14) 《中华人民共和国森林法实施条例》，2018年3月19日修正，2018年3月19日起施行；

(15) 《中华人民共和国野生动物保护法》，2018年10月26日修正；

(16) 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》，2013年12月7日修订，自发布之日起施行；

(17) 《中华人民共和国野生植物保护条例》，2017年10月7日修订；

(18) 《中华人民共和国陆生野生动物保护实施条例》，2016年2月6日修订，自发布之日起施行；

(19) 《中华人民共和国渔业法》，2013年12月28日修正；

(20) 《中华人民共和国清洁生产促进法》，2012年2月29日修正，2012年7月1日起施行；

(21) 《中华人民共和国农业法》，2012年12月28日修正，2013年1月1日起施行；

(22) 《中华人民共和国文物保护法》，2017年11月4日修正；

(23) 《中华人民共和国城市供水条例》，2020年3月27日修订；

- (24) 《中华人民共和国自然保护区条例》，2017 年 10 月 7 日修订；
- (25) 《中华人民共和国土地管理法实施条例》，2014 年 7 月 29 日修订；
- (26) 《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 7 月 16 日修订，2017 年 10 月 1 日起施行；
- (27) 《中华人民共和国水土保持法实施条例》，2011 年 1 月 8 日修订；
- (28) 《中华人民共和国文物保护法实施条例》，2017 年 3 月 1 日修订。
- (29) 《土地复垦条例》，国务院令第 592 号，2011 年 3 月 5 日发布并实施；
- (30) 《基本农田保护条例》，2011 年 1 月 8 日修订；
- (31) 《海南省自然保护区管理条例》，2014 年 9 月 26 日修订，2014 年 12 月 1 日起施行；
- (32) 《海南经济特区水条例》，2017 年 9 月 27 日修正；
- (33) 《海南经济特区林地管理条例》，2014 年 5 月 30 日修正，2014 年 7 月 1 日起施行；
- (34) 《海南省森林保护管理条例》，2004 年 9 月 1 日修正施行；
- (35) 《海南省沿海防护林建设与保护规定》，2007 年 11 月 29 日修正，2008 年 3 月 1 日起施行；
- (36) 《海南省环境保护条例》，2017 年 11 月 30 日修正，2018 年 1 月 1 日起施行；
- (37) 《海南省生态保护红线管理规定》，2016 年 9 月 1 日起施行，海南省人民代表大会常务委员会第 74 号；
- (38) 《在国家级自然保护区修筑设施审批管理暂行办法》，2018 年 4 月 15 日起施行，国家林业局令第 50 号；
- (39) 《海南省自然保护区管理条例》，2014 年 9 月 26 日修订，2014 年 12 月 1 日起施行；
- (40) 《海南省水污染防治条例》，2017 年 11 月 30 日修订，2018 年 1 月 1 日起施行，海南省人民代表大会常务委员会第 107 号；
- (41) 《海南省饮用水水源保护条例》，2017 年 11 月 30 日修正，海南省人民代表大会常务委员会第 4 号；
- (42) 《海南热带雨林国家公园条例（试行）》，2020 年 9 月 3 日通过，

2020 年 10 月 1 日起施行，海南省人民代表大会常务委员会第 64 号。

1.2.2 部门规章

(1) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（部令第 16 号），2020 年 11 月 5 日审议通过，2021 年 1 月 1 日起施行；

(2) 《国家重点保护野生动物名录》，国家林业和草原局、农业农村部公告（2021 年第 3 号），2021 年 2 月 1 日起施行；

(3) 《国家重点保护野生植物名录》，2021 年 9 月 7 日国家林业和草原局、农业农村部公告（2021 年第 15 号），国务院 2021 年 8 月 7 日批准；

(4) 《国务院关于印发全国生态环境建设规划的通知》（国发〔1998〕36 号），1998 年 11 月 07 日发布，1998 年 11 月 07 日起施行；

(5) 《国家公园管理暂行办法》（林保发〔2022〕64 号），2022 年 6 月 1 日国家林业和草原局印发，自发布之日起施行；

(6) 《国家级森林公园管理办法》（2011 年第 27 号），2011 年 4 月 12 日国家林业局局务会议审议通过，自 2011 年 8 月 1 日起施行；

(7) 《国家级公益林管理办法》（林资发〔2017〕34 号），2017 年 5 月 8 日印发，有效期至 2025 年 12 月 31 日；

(8) 《全国主体功能区规划》（国发〔2010〕46 号）；

(9) 《全国生态功能区划（修编版）》（公告 2015 年第 61 号）；

(10) 《全国生态环境保护纲要》（国发〔2000〕38 号）；

(11) 《关于加强资源开发生态环境保护监管工作的意见》（环发〔2004〕24 号）；

(12) 《水电建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境评价技术指南（试行）》（环评函〔2006〕4 号）；

(13) 《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》（国发〔2005〕39 号）；

(14) 《关于印发水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会会议纪要的函》（环办函〔2006〕11 号）；

(15) 《关于进一步加强水生生物资源保护 严格环境影响评价管理的通知》（环发〔2013〕86 号）；

(16) 《环境影响评价公众参与办法》，2018 年 4 月 16 日审议通过，2018 年 7 月 16 日公布，2019 年 1 月 1 日起施行；

(17) 《环境保护公众参与办法》（部令第 35 号），2015 年 7 月 2 日通过，2015 年 9 月 1 日起施行；

(18) 《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》（环发〔2012〕98 号）；

(19) 《关于进一步推进建设项目环境监理试点工作的通知》（环办〔2012〕5 号）；

(20) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发〔2012〕77 号）；

(21) 《关于印发<建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）>的通知》（环办〔2013〕103 号）；

(22) 《环境保护部、国家发展改革委关于贯彻实施国家主体功能区环境政策的若干意见》（环发〔2015〕92 号）；

(23) 《海南省人民政府关于划定海南省生态保护红线的通告》（琼府〔2016〕90 号）；

(24) 《海南省发展和改革委员会关于海南省生态保护红线内重大基础设施和民生项目认定的通知》（琼发改投资〔2020〕427 号）；

(25) 《海南省陆域生态保护红线区开发建设管理目录》（海南省人民政府办公厅，2016 年 9 月 26 日）；

(26) 《海南省水利厅关于印发海南省三大江河流域水量优化分配实施方案的通知》（琼水资源〔2021〕137 号）。

1.2.3 技术规范

(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；

(2) 《环境影响评价技术导则 水利水电工程》（HJ/T88-2003）；

(3) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）；

(4) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）；

(5) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）；

(6) 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；

- (7) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）；
- (8) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）；
- (9) 《河湖生态需水评估导则》（SL/Z 479-2010）；
- (10) 《河湖生态环境需水计算规范》（SL/T 712-2021）；
- 《生物多样性》
- (11) 《开发建设项目水土保持方案技术规范》（GB50433-2008）；
- (12) 《水土保持综合治理 规划通则》（GB/T15772-2008）；
- (13) 《水土保持综合治理 技术规范》（GB/T16453.1-2008）；
- (14) 《地表水和污水监测技术规范》（HJ-T91-2002）；
- (15) 《地下水环境监测技术规范》（HJ164-2020）；
- (16) 《环境空气质量监测规范（试行）》，国家环保总局公告 2007 年第 4 号，2007 年 1 月 19 日；
- (17) 《环境噪声监测技术规范 城市声环境常规监测》（HJ640-2012）；
- (18) 《土壤侵蚀分类分级标准》（SL190-2007）；
- (19) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；
- (20) 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；
- (21) 《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）；
- (22) 《污水综合排放标准》（GB8978-2002）；
- (23) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）；
- (24) 《农田灌溉水质标准》（CB5084-2021）；
- (25) 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- (26) 《渔业水质标准》（GB11607-89）；
- (27) 《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2022）；
- (28) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；
- (29) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；
- (30) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；
- (31) 《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91—2002）；
- (32) 《江河流域规划环境影响评价规范》（SL45—2006）；
- (33) 《渔业生态环境监测规范》（SC/T9102.3-2007）；
- (34) 《淡水浮游生物调查技术规范》（SC/T9402-2010）；

- (35) 《水生生物增殖放流管理规定》（2009 年）；
- (36) 《内陆水域渔业资源调查手册》（张觉敏、何志辉等主编，1991 年 10 月中国农业出版社出版）；
- (37) 《河流水生生物调查指南》（陈大庆主编，2014 年 1 月科学出版社出版）；
- (38) 《生物多样性观测技术导则 内陆水域鱼类》（HJ 710.7—2014）；
- (39) 《生态环境状况评价技术规范》（HJ 192-2015）；
- (40) 《水电工程鱼类增殖放流站设计规范》（NB/T 35037-2014）。

1.2.4 规划区划

- (1) 《全国主体功能区规划》（国发〔2010〕46 号）；
- (2) 《“十四五”水安全保障规划》（2022 年 1 月）；
- (3) 《全国重要江河湖泊水功能区划》（国函〔2011〕167 号）；
- (4) 《全国水资源综合规划》（国函〔2010〕118 号）；
- (5) 《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划（2021-2035 年）》（发改农经〔2020〕837 号）；
- (6) 《海南省总体规划（空间类 2015-2030）》（2017 年 3 月）；
- (7) 《海南国际旅游岛建设发展规划纲要（2010-2020）》（2010 年 6 月）；
- (8) 《海南省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》（2021 年 1 月）；
- (9) 《海南省主体功能区规划》（2013 年 12 月）；
- (11) 《海南省生态功能区划》（2005 年 6 月）；
- (12) 《海南省国土空间规划（2020-2035）》；
- (13) 《海南省生态建设规划纲要》（2005 年 5 月）；
- (14) 《海南水网建设规划》（2019 年 7 月）；
- (15) 《海南省水资源综合规划》（2005 年）；
- (16) 《海南省水资源保护规划》（2015 年）；
- (17) 《海南省水功能区划（修编）》（2021 年）；
- (18) 《海南省近岸海域环境功能区划（修编）》（2010 年）；
- (19) 《海南省自然保护区发展规划（2011-2025 年）》（2012 年）；

- (20) 《海南省“十四五”生态环境保护规划》（2021 年 7 月）；
- (21) 《海南省“十四五”水资源利用与保护规划》（2021 年 5 月）；
- (22) 《海南省“十四五”推进农业农村现代化规划》（2021 年 7 月）；
- (23) 《海南省“十四五”水生态环境保护规划》（2021 年 12 月）；
- (24) 《海南热带雨林国家公园总体规划（2019-2025 年）》（2020 年 7 月获国家林草局批复）；
- (25) 《海南省国家冬季瓜菜基地建设规划》（2012 年）；
- (26) 《海南省城乡经济社会发展一体化总体规划（2010-2030）》（2010 年 12 月）；
- (27) 《海南省旅游发展总体规划（2017-2030）》（2017 年 12 月）；
- (28) 《海澄文一体化综合经济圈发展规划（2016-2030 年）》（公开版）（2017 年 7 月）；
- (29) 《大三亚旅游经济圈发展规划（2016-2030 年）》（公开版）（2017 年 7 月）；
- (30) 《三亚市“十四五”高标准农田建设规划》（2021 年 6 月）。

1.2.5 相关政策

- (1) 《中共中央 国务院关于支持海南全面深化改革开放的指导意见》（中发〔2018〕12 号）；
- (2) 《国务院关于印发中国（海南）自由贸易试验区总体方案的通知》（国发〔2018〕34 号）；
- (3) 《中共中央办公厅 国务院办公厅印发国家生态文明试验区（海南）实施方案》（厅字〔2019〕29 号）；
- (4) 《中共中央 国务院印发海南自由贸易港建设总体方案》（中发〔2020〕8 号）；
- (5) 《国务院关于推进海南国际旅游岛建设发展的若干意见》（国发〔2009〕44 号）；
- (6) 《中共中央 国务院关于加快推进生态文明建设的意见》（中发〔2015〕12 号）；
- (7) 《中共中央 国务院关于印发<生态文明体制改革总体方案>》（中发

〔2015〕25号）；

（8）《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》（国发〔2012〕3号）；

（9）《国务院关于印发水污染防治行动计划的通知》（国发〔2015〕17号）；

（10）《中共中央办公厅 国务院办公厅印发<关于划定并严守生态保护红线的若干意见>》（厅字〔2017〕2号）；

（11）《中共中央办公厅 国务院办公厅印发<关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见>》（厅字〔2019〕48号）；

（12）《中共中央办公厅 国务院办公厅印发<关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见>》；

（13）《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）；

（14）《中共中央办公厅 国务院办公厅印发<关于建立资源环境承载能力监测预警长效机制的若干意见>》（厅字〔2017〕25号）；

（15）《自然资源部 国家林业和草原局<关于做好自然保护区范围及功能分区优化调整前期有关工作的函>》（自然资函〔2020〕71号）；

（16）《关于进一步加强水电建设环境保护工作的通知》（环办〔2012〕4号）；

（17）《关于加强资源环境生态红线管控的指导意见》（发改环资〔2016〕1162号）；

（18）《关于推进污水资源化利用的指导意见》（发改环资〔2021〕13号）；

（19）《海南省人民政府办公厅关于印发海南省实行最严格水资源管理制度考核办法的通知》（琼府办〔2014〕112号）；

（20）《海南省人民政府关于印发海南省水污染防治行动计划实施方案的通知》（琼府〔2015〕111号）；

（21）《中共海南省委关于进一步加强生态文明建设谱写美丽中国海南篇章的决定》（琼发〔2017〕25号）；

（22）《海南省小水电站清理整治方案》（琼府办函〔2020〕57号）；

（23）《中共海南省委办公厅 海南省人民政府办公厅印发<关于海南省“三线一单”生态环境分区管控的实施意见>的通知》（琼办发〔2021〕7号）；

(24) 《关于深化落实水电开发生态环境保护措施的通知》(环发〔2014〕65号)。

1.2.6 相关技术资料

- (1) 《海南水网建设规划》及批复文件(2019年7月)；
- (2) 《海南省水网建设规划环境影响评价报告书》及审查意见(2019年6月)；
- (3) 《海南省昌化江水资源配置工程可行性研究报告》(2022年8月)；
- (5) 《海南省昌化江水资源配置工程可行性研究阶段 向阳水库库区道路复建工程专项设计》(2022年8月)；
- (6) 《海南 大广坝水利水电二期(灌区)工程环境影响报告书》(2006年4月)；
- (7) 《海南大广坝水利水电二期(灌区)工程戈枕水利水电枢纽竣工环保验收调查报告》(2011年5月)；
- (8) 《五指山市向阳水电站工程项目现状环境影响评估报告》(2016年9月)；
- (9) 《海南省昌化江河道采砂规划(2020-2025年)环境影响报告书》(2020年11月)；
- (10) 《中国植被》，(1995年，中国植被编辑委员会编)；
- (11) 《中国热带雨林地区植物图鉴 海南植物》，(1—3册，邢福武等主编，2014年)；
- (12) 《海南植物志》(1—4卷)(1964-1977年，广东省植物研究所编辑)；
- (13) 《海南植物名录》，(2013年，杨小波主编)；
- (14) 《海南植物图志》(1—14卷)，(2015年，杨小波主编)；
- (15) 《海南珍稀保护植物》，(2016年，杨小波等编著)；
- (16) 《海南省省级重点保护陆生野生动物名录》(2006年12月)；
- (17) 《海南省省级重点保护野生植物名录》(2006年12月)；
- (18) 《海南岛淡水鱼类多样性及其保护》(2010年)；
- (19) 《中国动物志 硬骨鱼纲 鲤形目》(中卷)(陈宜瑜等编著，1998年，北京：科学出版社)；

(20) 《中国动物志 硬骨鱼纲 鲤形目》(下卷)(乐佩琦等编著,2000年,北京:科学出版社);

(21) 《中国动物志 硬骨鱼纲 鲇形目》(褚新洛等编著,1999年,北京:科学出版社);

(22) 《中国淡水鱼类检索》(朱松泉,1995年,南京:江苏科学技术出版社);

(23) 《中国条鳅志》(朱松泉,1989年,南京:江苏科学技术出版社);

(24) 《中国濒危动物红皮书 鱼类》(乐佩琦、陈宜瑜主编,1998年,北京:科学出版社);

(25) 《中国物种红色名录》(汪松、解焱主编,2004年高等教育出版社)《长江鱼类》(湖北省水生生物研究所,1976年,北京:科学社出版);

(26) 《海南岛淡水及河口鱼类志》(中国水产研究院珠江水产研究所等编著,1986年,广州:广东科技出版社)。

1.3 评价标准

1.3.1 环境质量标准

1、地表水环境

(1) 淡水水域

地表水环境质量标准基本项目标准限值和涉及集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值详见表 1.3-1 和表 1.3-2。

表1.3-1 地表水环境质量标准基本项目标准限值(摘录) 单位: mg/L

序号	项目	标准值		
		I类	II类	III类
1	水温(°C)	人为造成的环境水温变化应限制在:周平均最大温升≤1; 周平均最大温降≤2		
2	pH 值(无量纲)	6~9		
3	溶解氧(DO)≥	饱和率 90%	6	5
4	高锰酸盐指数≤	2	4	6
5	化学需氧量(COD)≤	15	15	20
6	五日生化需氧量(BOD ₅)≤	3	3	4
7	氨氮(NH ₃ -N)≤	0.15	0.5	1
8	总磷(以 P 计)≤	0.02(湖、库 0.01)	0.1(湖、库 0.025)	0.2(湖、库 0.05)

9	总氮（湖、库，以 N 计）≤	0.2	0.5	1
10	铜≤	0.01	1	1
11	锌≤	0.05	1	1
12	氟化物（以 F ⁻ 计）≤	1	1	1
13	硒≤	0.01	0.01	0.01
14	砷≤	0.05	0.05	0.1
15	汞≤	0.00005	0.00005	0.0001
16	镉≤	0.001	0.005	0.005
17	铬（六价）≤	0.01	0.05	0.05
18	铅≤	0.01	0.01	0.05
19	氰化物≤	0.005	0.05	0.2
20	挥发酚≤	0.002	0.002	0.005
21	石油类≤	0.05	0.05	0.05
22	阴离子表面活性剂≤	0.2	0.2	0.2
23	硫化物≤	0.05	0.1	0.2
24	粪大肠菌群（个/L）≤	200	2000	10000

表 1.3-2 集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值 单位：mg/L

序号	项目	标准值
1	硫酸盐	250
2	氯化物	250
3	硝酸盐	10
4	铁	0.3
5	锰	0.1

（2）近岸海域

棋子湾度假旅游区海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类标准，昌化江口度假旅游区、东方北部养殖区海水水质执行第二类标准，昌化渔港区海水水质执行第三类标准。

表 1.3-3 海水水质标准 单位：mg/L

序号	检测项目	第一类	第二类	第三类
1	悬浮物	10	100	100
2	溶解氧	6	5	4
3	pH（无量纲）	7.8-8.5	7.8-8.5	6.8-8.8
4	活性磷酸盐	0.015	0.03	0.03
5	COD	2	3	4
6	BOD	1	3	4
7	无机氮	0.2	0.3	0.4
8	石油类	0.05	0.05	0.3
9	汞	0.00005	0.0002	0.0002
10	铜	0.005	0.01	0.05
11	铅	0.001	0.005	0.01

12	镉	0.001	0.005	0.01
13	砷	0.02	0.03	0.05
14	锌	0.02	0.05	0.1
15	总铬	0.05	0.1	0.2
16	非离子氨	0.02	0.02	0.02

2、地下水环境

工程区地下水环境执行《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）III类标准，见表 1.3-4。

表 1.3-4 地下水质量常规指标及限值

序号	检测项目	地下水质量常规指标及限值 III 类	单 位
1	色（铂钴色度单位）	≤15	—
2	嗅和味	无	—
3	浑浊度 NTU	≤3	—
4	肉眼可见物	无	—
5	pH	6.5≤pH≤8.5	—
6	总硬度（以 CaCO ₃ 计）	≤450	mg/L
7	溶解性总固体	≤1000	mg/L
8	硫酸盐	≤250	mg/L
9	氯化物	≤250	mg/L
10	铁	≤0.3	mg/L
11	锰	≤0.10	mg/L
12	铜	≤1.00	mg/L
13	锌	≤1.00	mg/L
14	铅	≤0.20	mg/L
15	挥发性酚类（以苯酚计）	≤0.002	mg/L
16	阴离子表面活性剂	≤0.3	mg/L
17	耗氧量（COD _{mn} 法，以 O ₂ 计）	≤3.0	mg/L
18	氨氮（以 N 计）	≤0.50	mg/L
19	硫化物	≤0.02	mg/L
20	钠	≤200	mg/L
21	总大肠菌群	≤3.0	MPN/100mL
22	菌落总数	≤100	CFU/mL
23	亚硝酸盐（以 N 计）	≤1.00	mg/L
24	硝酸盐（以 N 计）	≤20.0	mg/L
25	氰化物	≤0.05	mg/L
26	氟化物	≤1.0	mg/L
27	碘化物	≤0.08	mg/L
28	汞	≤0.001	mg/L
29	砷	≤0.01	mg/L
30	硒	≤0.01	mg/L
31	镉	≤0.005	mg/L
32	铬（六价）	≤0.05	mg/L
33	铅	≤0.01	mg/L
34	三氯甲烷	≤60	μ g/L
35	四氯化碳	≤2.0	μ g/L

序号	检测项目	地下水质量常规指标及限值 III 类	单 位
36	苯	≤ 10.0	$\mu\text{g/L}$
37	甲苯	≤ 700	$\mu\text{g/L}$
39	总 α 放射性	≤ 0.5	Bq/L
40	总 β 放射性	≤ 1.0	Bq/L
备注	NTU 为散射浊度单位；MPN 表示最可能数；CFU 表示菌落形成单位		

3、环境空气

环境空气执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)，其中：向阳及引大济石引水隧洞涉及的环境敏感区，大气环境质量执行一级浓度限值；其他区域执行二级浓度限值，见表 1.3-5。

表 1.3-5 环境空气污染物项目浓度限值（摘录）

序号	污染物项目	评价时间	浓度限值		单位
			一级	二级	
1	二氧化硫（SO ₂ ）	年平均	20	60	$\mu\text{g/m}^3$
		24 小时平均	50	150	
		1 小时平均	150	500	
2	二氧化氮（NO ₂ ）	年平均	40	40	
		24 小时平均	80	80	
		1 小时平均	200	200	
3	一氧化碳（CO）	24 小时平均	4	4	mg/m^3
		1 小时平均	10	10	
4	总悬浮颗粒物（TSP）	年平均	80	200	$\mu\text{g/m}^3$
		24 小时平均	120	300	
5	颗粒物（粒径小于等于 10 μm ）	年平均	40	70	
		24 小时平均	50	150	
6	颗粒物（粒径小于等于 2.5 μm ）	年平均	15	35	
		24 小时平均	35	75	

4、声环境

工程区按乡村居住环境考虑，声环境执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)1 类标准，即昼间 55dB（A）、夜间 45dB（A）；交通干线两侧声环境执行 4a 类标准，即昼间 70dB（A）、夜间 55dB（A）。

5、土壤环境

工程建设征地范围内土壤环境质量执行《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中的基本项目风险筛选值，建设征地范围外土壤环境质量执行《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）筛选和管控标准，见表 1.3-6 和表 1.3-7。

表 1.3-6 建设用地土壤污染风险筛选值 单位: mg/kg

序号	项目	第一类用地筛选值	第二类用地筛选值
	重金属和无机物		
1	砷	20	60
2	汞	8	38
3	镉	20	65
4	铅	400	800
5	铜	2000	18000
6	镍	150	900
7	六价铬	3	5.7
	半挥发性有机物		
8	硝基苯	34	76
9	苯胺	92	260
10	2-氯苯酚	250	2256
11	苯并[a]蒽	5.5	15
12	苯并[a]芘	0.55	1.5
13	苯并[b]荧蒽	5.5	15
14	苯并[k]荧蒽	55	151
15	蒽	490	1293
16	二苯并[a,h]蒽	0.55	1.5
17	茚并[1,2,3-cd]芘	5.5	15
	挥发性有机物		
18	四氯化碳	0.9	2.8
19	氯仿	0.3	0.9
20	氯甲烷	12	37
21	1,1-二氯乙烷	3	9
22	1,2-二氯乙烷	0.52	5
23	1,1-二氯乙烯	12	66
24	顺-1,2-二氯乙烯	66	596
25	反-1,2-二氯乙烯	10	54
26	二氯甲烷	94	616
27	1,2-二氯丙烷	1	5
28	1,1,1,2-四氯乙烷	2.6	10
29	1,1,2,2-四氯乙烷	1.6	6.8
30	四氯乙烯	11	53
31	1,1,1-三氯乙烷	701	840
32	1,1,2-三氯乙烷	0.6	2.8
33	三氯乙烯	0.7	2.8
34	1,2,3-三氯丙烷	0.05	0.5
35	氯乙烯	0.12	0.73
36	苯	1	4
37	氯苯	68	270
38	1,2-二氯苯	560	560
39	1,4-二氯苯	5.6	20
40	乙苯	7.2	28
41	苯乙烯	1290	1290
42	甲苯	1200	1200

43	间二甲苯+对二甲苯	163	570
44	邻二甲苯	222	640

表 1.3-7 农用地土壤污染风险筛选和管控值

序号	检测项目		农用地土壤污染风险筛选值（基本项目）				单位
			pH≤5.5	5.5≤pH≤6.5	6.5≤pH≤7.5	pH>7.5	
1	镉	水田	0.3	0.4	0.6	0.8	mg/kg
		其他	0.3	0.3	0.3	0.6	
2	汞	水田	0.5	0.5	0.6	1	mg/kg
		其他	1.3	1.8	2.4	3.4	
3	砷	水田	30	30	25	20	mg/kg
		其他	40	40	30	25	
4	铅	水田	80	100	140	240	mg/kg
		其他	70	90	120	170	
5	铬	水田	250	250	300	350	mg/kg
		其他	150	150	200	250	
6	铜	水田	150	150	200	200	mg/kg
		其他	50	50	100	100	
7	镍		60	70	100	190	mg/kg
8	锌		200	200	250	300	mg/kg
序号	检测项目		农用地土壤污染风险筛选值（其他项目）				单位
1	六六六总量		0.10				mg/kg
2	滴滴涕总量		0.10				mg/kg
3	苯并(α)芘		0.55				mg/kg
序号	检测项目		农用地土壤污染风险管控值				单位
			pH≤5.5	5.5≤pH≤6.5	6.5≤pH≤7.5	pH>7.5	
1	镉		1.5	2.0	3.0	4.0	mg/kg
2	汞		2.0	2.5	4.0	6.0	mg/kg
3	砷		200	150	120	100	mg/kg
4	铅		400	500	700	1000	mg/kg
5	铬		800	850	1000	1300	mg/kg

备注：1. 六六六总量为α-六六六、β-六六六、γ-六六六、δ-六六六四种异构体的含量总和。
2. 滴滴涕总量 p,p'-DDE、o,p'-DDT、p,p'-DDD、p,p'-DDT 四种衍生物的含量总和。
3. 重金属和类金属砷均按元素总量计。
4. 对于水旱轮作地，采用其中较严格的风险筛选值。

1.3.2 污染物排放标准

1、废水

工程建设涉及 I、II 类水域的，禁止排污，施工废污水、运行期管理区生活污水均须经处理达标后综合利用，不得排入河道；处理后用于施工环节的执行施工用水标准，处理后用于绿化灌溉的参照《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005），处理后用于道路洒水降尘或车辆冲洗的执行《城市污水再生利用城市杂用水水质

标准》（GB/T18920-2002）。涉及Ⅲ类水域的，废水排放执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准。处理后回用的，依据用途确定排水水质要求。

具体标准值见表 1.3-8。

表 1.3-8 工程污废水排放控制标准 单位：mg/L

标准名称		pH (无量纲)	SS≡	BOD ₅ ≡	COD _{Cr} ≡	石油类 ≡
《污水综合排放标准》 (GB8978-1996) 一级		6~9	70	20	100	5
《农田灌溉水质标准》GB5084-2005) 旱作		5.5~8.5	100	100	200	/
标准名称		pH (无量纲)	浊度≡ (NTU)	溶解性总 固体≡	BOD ₅ ≡	氨氮≡
城市污水再生利用城市杂用水水质标准 (GB/T18920-2002)	道路清扫	6~9	10	1500	15	10
	车辆冲洗	6~9	5	1000	10	10

2、废气

施工期大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）第二时段无组织排放监控浓度限值。

3、噪声

施工边界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）规定限值，即昼间 70dB（A）、夜间 55dB（A）；运行期噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 1 类声环境功能区的厂界环境噪声排放限值。

4、固废

固体废物处置执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及原环境保护部 2013 年第 36 号污染物控制标准修改单。

1.4 评价工作等级

1.4.1 生态环境

1、陆生生态

乐亚工程区：根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022），向阳水库及其引水隧洞工程涉及国家公园和生态保护红线，陆生生态评价等级为一

级；长茅灌区工程局部涉及生态保护红线，陆生生态评价等级为二级；乐东引水工程陆生评价等级为二级；大隆灌区陆生生态评价等级为三级。

引大济石工程区：根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022），引大济石引水隧洞工程涉及国家公园、自然保护区，引大济石引水隧洞工程段陆生生态评价等级为一级；石碌干渠引水渠段工程（渠首工程）及石碌水库灌区部分工程涉及生态保护红线，石碌水库灌区工程陆生生态评价等级为二级。

表 1.4-1 工程区陆生生态评价等级一览表

工 程		陆生生态评价等级	备注
乐亚工程区	向阳水库及引水隧洞	一级	涉及国家公园和生态保护红线
	长茅灌区工程	二级	局部涉及生态保护红线
	乐东引水工程	二级	
	大隆灌区工程	三级	
引大济石工程区	引大济石引水隧洞工程	一级	涉及国家公园、自然保护区
	石碌干渠引水渠段工程（渠首工程）及石碌水库灌区工程	二级	局部涉及生态保护红线

2、水生生态

从昌化江调水后间接影响花鳗鲡及其他珍稀鱼类重要生境，调水水源区昌化江水生生态评价等级为一级；受水区河流望楼河、宁远河等不涉及水生生物重要生境，评价等级为二级。

1.4.2 地表水环境

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），工程地表水环境影响属于水污染影响型（施工期）和水文要素影响影响（运行期）两者兼有的复合影响型，需按类别分别确定评价等级。

工程施工期废污水经计划处理后回水或综合利用，不外排，按水污染影响型判断，属于三级 B 评价。运行期工程从昌化江跨流域调水 2.69 亿 m³，影响范围涉及赤田水库、福万-水源池水库、大隆水库、半岭水库、抱由饮用水水源、昌化江玉雄饮用水水源、石碌水库、石碌河饮用水水源保护区及昌化江重点保护与珍稀水生生物的栖息地、重要水生生物的自然产卵场等保护目标，评价等级应不低于二级。

考虑到新建向阳水库，年径流量与总库容比值 $\alpha=5.90 \leq 10$ ，其评价等级为

一级，项目合并后需取最高等级作为评价等级。因此，按水文要素影响型综合判断，地表水环境属于一级评价。

1.4.3 地下水环境

工程涉及新建向阳水库、向阳引水隧洞、引大济石引水隧洞、乐东泵站、乐亚灌区和石碌灌区等工程，其中向阳水库为大（二）型水库，工程涉及从昌化江流域向宁远河、望楼河和石碌河等流域调水。根据《环境影响评价技术导则地下水环境》（HJ610-2016），昌化江水资源配置工程乐亚项目区为Ⅲ类项目；根据项目所涉及区域地下水环境敏感程度分段划分地下水评价等级，乐亚项目区不涉及集中式地下水饮用水水源保护区和准保护区、不涉及分散式地下水饮用水源地等地下水环境敏感区，建设项目的地下水环境敏感程度为“不敏感”，乐亚项目区地下水评价工作等级为三级；根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）中附录 A 地下水环境影响评价行业分类表，引大济石引水工程属于Ⅲ类项目，引水隧洞沿线分布有分散式饮用水水源，属较敏感，因此引水工程地下水环境影响评价等级为三级。此外，石碌灌区工程属于Ⅳ类项目，可不开展地下水环境影响评价。

综合以上判据分析，确定本项目各场地地下水评价工作等级为三级。

1.4.4 大气环境

工程对大气环境的影响主要集中在施工期，大气污染源呈间断性、分散性、偶发性等特点，以无组织排放为主，影响范围、程度和时间有限，并随施工活动结束而消失。依据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），确定本项目大气环境影响评价工作等级为三级。

1.4.5 声环境

工程所属区域为城镇及农村地区，工程区声环境功能区为《声环境质量标准》（GB3096-2008）的1类地区，部分施工区周边200m范围有村庄分布，施工噪声将导致周边区域噪声级别有一定增加。依据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）评价工作等级划分原则，确定本工程声环境影响评价工作等级为二级。

1.4.6 土壤环境

根据《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018），生态影响型建设项目所在地土壤环境敏感程度分为敏感、较敏感、不敏感，同一建设项目涉及两个或两个以上场地或地区，应分别判定其敏感程度，产生两种或两种以上生态影响后果的，敏感程度按相对最高级别判定。昌化江水资源配置工程土壤环境评价等级最终确定为二级。

1.4.7 环境风险

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），考虑到事故情况下危险物质泄漏到水体的排放点受纳地表水体功能敏感性，与下游环境敏感目标，再综合危险物质及工艺系统危险性，判断环境风险潜势为 III，环境风险评价工作等级为二级。

1.5 评价时段与范围

1.5.1 评价时段

本工程环境影响预测评价时段分为施工期和运行期。

工程施工期：评价时段为工程施工全过程，重点评价时段为施工高峰期。

工程运行期：评价时段为本次可研阶段设计的所有工程建成运行并发挥全部效益后，具体为工程设计水平年 2035 年。

1.5.2 评价范围

根据评价等级划分结果，并结合工程特点和项目区环境特征，确定环境要素评价范围，具体如下：

1、地表水环境

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ 2.3-2018)中的评价范围确定原则，地表水环境评价范围包括昌化江水资源配置工程涉及的相关河流及水库，主要为水源区昌化江干流南圣河汇入口以下至河口约 150km 河段，南圣河向阳水库库尾至南圣河河口处，乐中水南木水库库尾至乐中水汇口；输水线路区向阳及引大济石引水隧洞涉及的保隆河、乐中水、七差河和鸡心河；受水区长茅水库、石门水库、大隆水库等囤蓄水库，石碌水库库尾至昌化江汇口约 32km 石碌河江段，灌区渠系工程涉及河流以及灌溉回归水受纳水体宁远河、望楼河、三亚河、南罗河至入海口等灌区内地表水体；灌区小水库，包括山竹沟水库、打显水库、

红地岭水库等。

2、地下水环境

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2016)中地下水环境影响评价范围的确定原则，地下水评价范围为向阳水库库区，向阳水库引水隧洞和引大济石引水隧洞沿线，长茅灌区、大隆灌区和石碌灌区的工程渠系。其中，向阳及引大济石引水隧洞、长茅灌区、大隆灌区和石碌灌区等线性工程以工程边界两侧向外延伸 200m 作为调查评价范围。

3、生态环境

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022)中评价范围的确定原则，生态影响评价应能够生物多样性充分体现生态完整性和生物多样性保护要求，涵盖评价项目全部活动的直接影响区域和间接影响区域。具体如下：

(1) 陆生生态

涵盖工程全部活动的直接和间接影响区域。总体包括向阳水库淹没范围、向阳及引大济石引水隧洞、乐亚及石碌灌区渠系工程、施工临时占地、主要影响河流及屯蓄水库岸边陆域等。重点评价范围为工程涉及的海南省生态保护红线、海南热带雨林国家公园、海南霸王岭国家级自然保护区、俄贤岭省级自然保护区、霸王岭国家森林公园等部分区域。本次陆生生态评价范围为：

①向阳水库淹没区外扩 1km 范围；向阳及引大济石引水隧洞线路中心线向两侧外延 300m 范围；乐东引水工程线路中心线向两侧外延 300m 范围；长茅灌区线路两侧外扩 1km、大隆灌区渠系工程线路中心线向两侧外延 300m 范围；石碌干渠引水渠段工程（渠首工程）及石碌水库灌区部分工程涉及生态保护红线的线路两侧外扩 1km。

②向阳引水隧洞累计穿越海南省生态保护红线约 18km、穿越海南热带雨林国家公园约 4.20km，评价范围以线路穿越段向两端外延 1km、线路中心线向两侧外延 1km。

③引大济石引水隧洞累计穿越海南省生态保护红线约 27.6km，穿越海南热带雨林国家公园约 16.82km，自西南向东北依次穿越海南俄贤岭省级自然保护区、海南霸王岭国家级自然保护区、海南霸王岭国家森林公园约 4.78km、2.35km 和 7.10km，引水隧洞穿越生态敏感区的部分，以线路穿越段向两端外延 1km、线路中心线向两侧外延 1km。

④施工临时占地区，包括弃渣场、土料场、生活办公区、施工生产区等施工占地区外扩 200m 区域。

⑤昌化江干流向阳电站以下至河口、南圣河向阳水库以下河段、乐中水南木水库以下河段、石碌河石碌水库以下河段等两岸陆域范围，南木水库、大广坝水库、戈枕水库、石碌水库、长茅水库、大隆水库等屯蓄水库岸边陆域范围。

(2) 水生生态

考虑昌化江水资源配置工程的水文情势影响以及流域鱼类栖息生境保护要求，水生生态评价范围为工程影响范围内的主要相关水域，包括水源区拟建向阳水库所在南圣河、乐中水和昌化江中下游，受水区石碌河、望楼河、宁远河、三亚河、藤桥河，灌区小水库山竹沟等水库以及退水河流南罗河等灌区水系。

4、大气环境

评价范围为工程各施工场地、引水隧洞、渠线、料场、弃渣场周围 200m 范围，施工道路、运输道路沿线两侧 200m 范围。涉及环境敏感区的，根据影响范围适当外延。

5、声环境

施工期为施工场地边界外 200m，引水隧洞、新建及改建灌溉渠道、施工道路两侧 200m，料场、弃渣场周围 200m 范围；涉及环境敏感区的，根据影响范围适当外延。

6、土壤环境

向阳水库、向阳引水隧洞、乐东引水工程以及引大济石引水隧洞等工程建设征地范围内以及工程建设征地范围外 2km 内的区域；长茅、大隆、石碌等灌区占地范围内及范围外 2km，工程渠系占地范围内及范围外 2km。

7、社会环境

水源区五指山市，受水区三亚市、乐东县和昌江县。



图 1.5-1 整体评价范围图

1.6 环境保护目标与环境敏感点

1.6.1 环境功能保护目标

根据昌化江水资源配置工程施工和运行特点、工程区的环境现状和环境功能，确定本工程的环境功能保护目标为：

（1）地表水环境

工程涉及河段地表水水质满足水功能区划要求，保护工程所在河段水质不会受到工程施工的明显影响，工程建成后地表水环境质量状况不低于现状水平。其中：

施工期：维持施工区地表水体现有水域功能，对施工废水及生活污水进行达标处理，达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准，处理后的废水严禁向南圣河等Ⅱ类水体排放。

运行期：加强流域上游区域的污染源治理和污染物排放控制；保护工程影响区域的水环境，确保水源区、输水线路区和受水区的地表水体水质不因本工程运行而变差，支流南圣河向阳水库坝址以下河段、昌化江干流南圣河河口至昌化江河口的河段水质不因本工程建设和运行而降低，重点保护工程影响范围内的地表水型饮用水水源地水质状况；合理调度运行，确保下泄流量，满足向阳水库、大广坝水库、石碌水库等坝址下游河道各项用水需求；运行管理产生的废污水经处理后尽可能综合利用；工程受水区退水满足当地污染物总量控制要求，保护受水区当地各河流水质，落实相关水污染治理、水环境保护要求和措施，对各类入河点源、面源进行治理，使各河流水质能够满足水环境功能区划确定的河段水质目标，不因工程实施降低其水环境功能；加强南木输水渠道沿线区管理，保护渠道输水水质，使其满足使用功能要求；水源区、受水区水库下泄或供水水温变化不应应对农业灌溉、鱼类繁育等带来不利影响。

（2）地下水环境

施工期和运行区，保护工程影响范围内地下水水质，防止地下水污染，保证地下水水质不低于现状水质类别，不因工程取水、输水或灌溉造成周边区域地下水位变化，引起土壤潜育化、沼泽化、盐碱化、沙化或植被退化演替等次生环境问题。重点保护向阳引水隧洞、引大济石引水隧洞沿线村庄的集中供水井水质及水位。

（3）生态环境

优化施工布置，对因工程建设占用和破坏的林地、草地采取切实可行的补偿和恢复措施，维护工程及其周边区域的生态完整性；规范施工活动，减少施工中的水土流失，将工程兴建对陆生生物、水生生物及生态体系稳定性、完整性影响降至最低，保护工程影响范围内生态景观。其中：

陆生生态：维持区域陆生生态系统的多样性和完整性，维护其原有的生态功能，受影响的国家重点保护动、植物不致因工程建设而消失。确保工程涉及的海南热带雨林国家公园、霸王岭国家级自然保护区、俄贤岭省级自然保护区、霸王岭国家森林公园的生态结构和功能不发生大的改变，对受影响的保护物种，应采取切实有效的保护和恢复措施，最大限度地减少对保护物种的不利影响。

水生生态：河流生态流量得以有效保障，保护工程所在河段鱼类资源，维护工程涉及地表水体的水生生物种群及生境，受影响的国家重点保护物种不致因工程建设而消失，减缓由于水文情势改变对昌化江重点保护与珍稀鱼类资源量的影响。

（4）大气环境

维护施工区、施工道路沿线区域的环境空气质量，不因工程施工造成区域环境空气质量显著下降，使施工人员生活区域及其周边农村地区环境空气质量达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）一级标准，不降低生态敏感区的环境空气质量。

（5）声环境

保护施工区声环境，不因工程建设造成施工区周围声环境质量显著下降，声环境质量达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）1类标准。施工场界噪声限值要达到《建筑施工场界噪声限值》（GB12523-2011）的要求。

（6）土壤环境

工程周边土壤环境不因工程建设造成土壤环境质量下降，维持地表植被生长所需的基本条件。

（7）移民环境

不降低移民的生产条件、生活环境和生活质量，使移民的生产、生活不低于现状水平，并能得到相对改善和逐步提高；移民生产安置人均耕地不低于现状水平，人均年纯收入不低于现状水平。

(8) 人群健康

加强施工区环境卫生与疾病控制工作,防止因工程施工活动而导致相关的传染病暴发流行,控制工程区发病率不高于现状水平。

1.6.2 环境敏感保护目标

经识别,昌化江水资源配置工程建设区域内无风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区等环境敏感区,主要涉及海南热带雨林国家公园、霸王岭国家级自然保护区、俄贤岭省级自然保护区、霸王岭国家森林公园、石碌水库饮用水水源保护区、海南省生态保护红线等环境敏感区。其中:

(1) 乐亚工程区局部涉及海南热带雨林国家公园和生态保护红线,工程间接受水区域分布有三亚河红树林自然保护区。

本工程新建向阳水库和输水隧洞输水至三亚市大隆水库,将引自昌化江支流南圣河的水资源与本地水资源一起调度。三亚河红树林自然保护范围内无本工程项目,工程运行后三亚河流域半岭水库多年平均下泄流量较现状年减少了 $0.02\text{m}^3/\text{s}$ 、水源池水库相应增加了 $0.24\text{m}^3/\text{s}$,三亚河河口流量可基本维持现状,工程运行基本不会对三亚河红树林自然保护区产生影响。

(2) 引大济石工程区主要涉及海南热带雨林国家公园、霸王岭国家森林公园、霸王岭国家级自然保护区、俄贤岭省级自然保护区、饮用水水源保护区和生态保护红线。其中,工程主要涉及的水源地主要包括石碌水库、石碌河饮用水源地、山竹沟水库等。

本次工程主要环境敏感保护目标见表 1.6-1 所示。

表 1.6-1 工程涉及主要环境敏感目标一览表

环境要素	敏感对象			与工程区位关系
生态环境	环境敏感区	国家公园	海南热带雨林国家公园	1、向阳引水隧洞的洞身，下穿国家公园一般控制区 4.16km；正常运行条件下，向阳水库库区约淹没国家公园一般控制区 29.9241 hm ² ；向阳水库库周交通道路永久占地 1.7748 hm ² 。 2、引大济石引水隧洞的洞身，下穿国家公园的核心保护区 4.37km、一般控制区 12.50km，隧洞进口永久占地 1.9846hm ² ，隧洞进口施工布置区和施工道路临时占地 1.0371hm ² ，1#施工支洞进口、施工布置区及施工道路临时占地共 1.2845hm ² ，3#施工支洞进口临时占地 0.0010hm ² 。
			霸王岭国家级自然保护区	引大济石引水隧洞洞身下穿霸王岭国家级自然保护区的实验区 2.34km，昌化江水资源配置工程其他工程及施工布置区等均不位于保护区内。
		自然保护区	俄贤岭省级自然保护区	1、引大济石引水隧洞工程自西南向东北穿越该保护区的核心区、实验区和缓冲区，共计 4.34km。隧洞进出口不位于保护区内。 2、保护区内无永久占地。引大济石引水隧洞 1#施工支洞进口和施工道路的临时用地，占用该保护区的实验区 0.3174hm ² 。
			石碌水库饮用水水源保护区	引大济石引水隧洞的出口段地下穿越、引大济石隧洞出口施工区地表涉及该饮用水水源保护区的二级保护区、准保护区；石碌干渠取水口的石碌灌区引水涵洞工程及部分干渠，涉及石碌水库饮用水水源保护区的一级保护区；其他工程均不涉及。
		饮用水水源保护区	石碌河饮用水水源保护区	石碌干渠取水口的石碌灌区引水涵洞工程及部分干渠，涉及石碌河饮用水水源保护区的二级保护区；其他工程均不涉及。
			山竹沟水库饮用水水源保护区	石碌灌区的调蓄水库涉及该饮用水水源保护区。
			水头村南苗河饮用水水源保护区	石碌灌区的渠道工程沿线涉及该饮用水水源保护区。
			乌烈镇新田水库饮用水水源保护区	石碌灌区的渠道工程沿线涉及该饮用水水源保护区。
			乐东县万冲镇山明村南油河饮用水水源保护区	向阳引水隧洞主洞穿越乐东县万冲镇山明村河流型水源地保护区二级保护区约 407.9m。
		自然公	霸王岭国家森林公园	引大济石引水隧洞的洞身下穿该森林公园 7.08km；引大济石 3#施工支洞下穿 0.18km，3#施工支洞进口临时用地占地 0.0010hm ² 。

环境要素	敏感对象			与工程区位关系
		园		
		生态保护红线	海南岛陆域生态保护红线	工程永久占用生态保护红线（2021 版）51.372hm ² 。
		基本农田		工程永久占用基本农田约 199.9828hm ² 。
		天然林		工程永久占用天然林 80.8577hm ² 。
	陆生植物		国家一级保护植物海南苏铁；国家二级保护植物龙眼、道银川藻；海南省级保护植物海南韶子、毛萼紫薇、黄牛木、钗子股、纯色万代兰、海桑等 6 种	1、乐亚项目区：野龙眼距离 1#施工营地生活办公区 380m、距离 2#弃渣场 540m。
				2、引大济石引水隧洞工程沿线：海南苏铁在引水隧洞沿线及石碌水库库周线零星分布；龙眼在引水隧洞沿线有分布，距离工程施工区最近一处为隧洞进水口附近，距离约 250m；海南韶子在石碌水库库周零星分布；毛萼紫薇在引水隧洞区域上方及附近有分布；黄牛木在引水隧洞沿线零星分布，距离隧洞最近一处约 340m；钗子股在机告村北部有分布，距离隧洞约 500m；纯色万代兰在机告村北部有分布，距离隧洞约 480m。
				3、昌江片受水区：道银川藻在昌化江河口以上约 10km 有分布，海桑在昌化江下游南侧河口区零星分布。
	陆生动物		国家二级重点保护陆栖脊椎动物 9 种，包括黑耳鸢、褐耳鹰、黑翅鸢、红隼、红原鸡、褐翅鸦鹃、小鸦鹃、黄嘴角鸢、领角鸢。海南省级重点保护陆栖脊椎动物 35 种，包括蜡皮蜥、斑飞蜥、舟山眼镜蛇、银环蛇、小白鹭等	向阳水库及引水隧洞影响范围。
	水生生物		国家二级保护鱼类：花鳗鲡；	昌化江等主要河流。

环境要素	敏感对象		与工程区位关系
		特有鱼类：海南异𩚰、锯齿海南𩚰、小银鲷、大鳞光唇鱼、盆唇华鲮、海南瓣结鱼、海南墨头鱼、琼中拟平鳅、海南原缨口鳅、海南纹胸鮡、项鳞吻鰕虎鱼；	
		河海洄游鱼类：花鰻鲡、日本鰻鲡、七丝鲚	
水环境	地表水	南圣河	水源区，拟建向阳水库所在河流。
		昌化江乐东泵站取水口	水源区，同时位于受拟建向阳水库调水影响的干流减水河段。
		南木水库、大广坝水库、戈枕水库	水源区参与水资源配置的水库
		大隆水库、长茅水库、石门水库、石碌水库	受水区直接屯蓄水库。
		昌化江、石碌河、望楼河、宁远河、三亚河、藤桥河等	农业灌溉及城乡供水退水受纳河流。
	地下水	付苗村	向阳引水隧洞沿线周边相距约 200m
		卡法岭农场检查站	向阳引水隧洞沿线周边相距约 260m
		保碎村	向阳引水隧洞沿线周边相距约 300m
		大章村	引大济石隧洞沿线周边相距约 70m
	大气及声环境	乐东县	脚项上村
脚项下村			向阳至大隆支洞西侧约 155m
保本村			向阳至大隆支洞东侧约 170m
红内村			向阳至大隆支洞穿越
道德村			向阳至大隆支洞西侧约 155m
保国农场二十一队			向阳至大隆支洞东侧约 44m
那衡新村			向阳至大隆支洞东侧约 200m
保国农场七队			向阳至大隆支洞东侧约 193m
道林村			乐东引水工程新建管道东北侧约 55m
山荣农场五队			扩建南木引水渠北侧约 30m

环境要素	敏感对象		与工程区位关系
		保湾村	扩建南木引水渠西北侧约 50m
		盗公村	长茅东提水分干渠东南侧 150m
		报浅村	长茅东提水分干渠东北侧约 200m
		陈干落村	望楼河引水分干渠东北侧约 32m
		风车田村	望楼河引水分干渠西南侧约 18m
		塘丰村	望楼河引水分干渠西南侧约 155m
		老欧落村	望楼河引水分干渠西北侧约 182m
		南那孔村	西提干二支渠东北侧约 78m
	三亚市	南滨农场红岭队	南滨农场支渠东北侧约 155m
		南滨农场南海队	南滨农场支渠西北侧约 123m
	东方市	金炳村	引大济石 1#渣场东北侧约 900m，2#施工支洞施工区西南侧约 500m
	昌江县	乙劳村	引大济石 3#施工支洞施工区南侧约 300m
		霸王岭林业局	引大济石 3#施工支洞施工区北侧约 500m
		牙营村	石碌干渠北侧紧邻
		石碌镇及城区附近村庄	石碌干渠穿越
		十月田镇、保平乡、乌烈镇等村庄	石碌干渠紧邻灌区相关村庄
	白沙县	如翁村	引大济石 4#渣场东南村约 500m
		金波村	引大济石引水隧洞出口施工区东南村约 500m

1.7 评价思路与重点

1.7.1 评价重点

根据工程所处的地理位置、环境特征和工程施工、运行特点，确定本次评价的重点包括：

（1）工程方案环境合理性分析：充分论证工程方案的环境合理性，针对可研提出的各种水源方案，从环境影响的角度深入论证其环境合理性；针对工程涉及的多处环境敏感区，重点论证在国家公园、自然保护区等敏感区实施建设活动的环境可行性，提出工程选址选线充分避让环境敏感区且对周边生态环境影响相对较小的最优方案；充分论证工程规模的环境合理性，工程引调水必须符合“三先三后”原则、最严格水资源管理制度及“三线一单”生态环境分区管控要求。按照三亚市、乐东县和昌江县用水总量控制要求，通过分析城乡、灌区节水水平、水资源配置方案的合理性，以及调水后对望楼河、宁远河等受水河流下游水文情势、水环境影响，综合论证本次工程调水规模的环境合理性。

（2）水资源和水文情势影响分析：工程从向阳水库、大广坝水库和昌化江干流乐东泵站调水后，减少了南圣河和昌化江干流的径流量，需重点分析向阳水库坝址下游重要控制断面的径流量、流量、水位等水文要素变化过程，尤其是需考虑乐东引水工程和引大济石工程对昌化江中下游的累积影响。同时，分析调水后昌化江干支流关键断面生态基流的满足程度，提出河流水库下泄生态流量及确定泄放设施。

（3）水环境影响分析：水源区昌化江干支流水量减少，导致下游水环境容量降低，需重点分析工程调水前后主要国控、省控断面典型水质因子浓度改变程度，论证断面水质达标状况，对工程影响范围内城镇集中式饮用水水源的影响。同时，在灌区现状水环境调查的基础上，预测城乡生活和农业灌溉新增供水引起的受纳河流接纳污染物的变化及其对河流水质的影响。

（4）水生生态环境影响评价：本工程为跨流域调水工程，水源区昌化江干支流水资源量减少将改变南圣河下游以及昌化江南圣河河口以下至昌化江河口段的水文情势，需结合水文情势、水质（包括水温）等影响预测结果，重点分析工程运行对水生生境质量、连通性以及产卵场、索饵场等重要生境的变化情况，结合生境变化预测分析鱼类等重要水生生物的种类组成、种群结构、资源时空分

布等变化情况，尤其是对洄游性鱼类及珍稀特有鱼类的影响。

(5)陆生生态环境影响评价：昌化江水资源配置工程引水线路总长约 84km，引水隧洞多以地下穿越的形式涉及海南省生态保护红线、国家公园、国家级与省级自然保护区、森林公园、饮用水水源保护区等多个敏感区，需结合工程的影响方式及物种、生境、生态系统等变化情况，分析昌化江项目对所在区域生物多样性的影响，分析建设项目通过时间或空间的累积作用方式产生的生态影响，重点分析对生态敏感区主要保护对象的影响。

(6)环境影响及减缓措施：预测和评价工程建设可能造成的环境影响，提出不利环境影响减缓措施。重点落实《海南水网建设规划》、规划环评及其审查意见的相关要求，在全面梳理与项目有关的现有工程环境问题基础上，结合本工程及所在区域环境的特点，提出与项目相适应的“以新带老”措施，针对性提出增殖放流、恢复生境连通及生态避让、减缓和修复等措施，尽量减少昌化江水资源配置工程建设、运行对所在区域环境的不利影响。

1.7.2 工作程序

按照《中华人民共和国环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》和《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》等要求，昌化江水资源配置工程环境影响评价工作程序如下：

搜集海南省和工程涉及主要市县的环境保护法律法规、政策及相关规划等资料，对工程设计方案进行初步分析，多次开展五指山市、三亚市、乐东县、昌江县、东方市等相关区域的环境现场查勘与环境监测，重点对海南省最大的水电工程、昌化江梯级开发中唯一大型综合利用的水利水电工程大广坝水库（1995 年 12 月建成）和昌化江流域开展回顾性环境影响评价，进而梳理本次工程项目区生态环境特征及存在的主要资源环境问题；从合理利用水土资源、维护生态系统良性循环、改善生态环境质量和保障人群健康出发，根据国家现行法律法规、环境影响评价技术规范等相关要求，进行环境影响识别与筛选，确定环境保护目标和工作等级，制定工作方案，开展工程建设对水文水资源、地表水环境、地下水环境、陆生生态、水生生态、声与大气、土壤等不同环境要素预测与评价；提出优化调整建议和不利环境影响减缓措施，编制跟踪评价计划与监测方案，制定环保措施和环境管理计划；通过开展公众参与工作，广泛收集各部门、专业单位、

直接受影响人群对工程建设的意见和建议。

本工程环境影响评价工作程序见图 1.7-1。

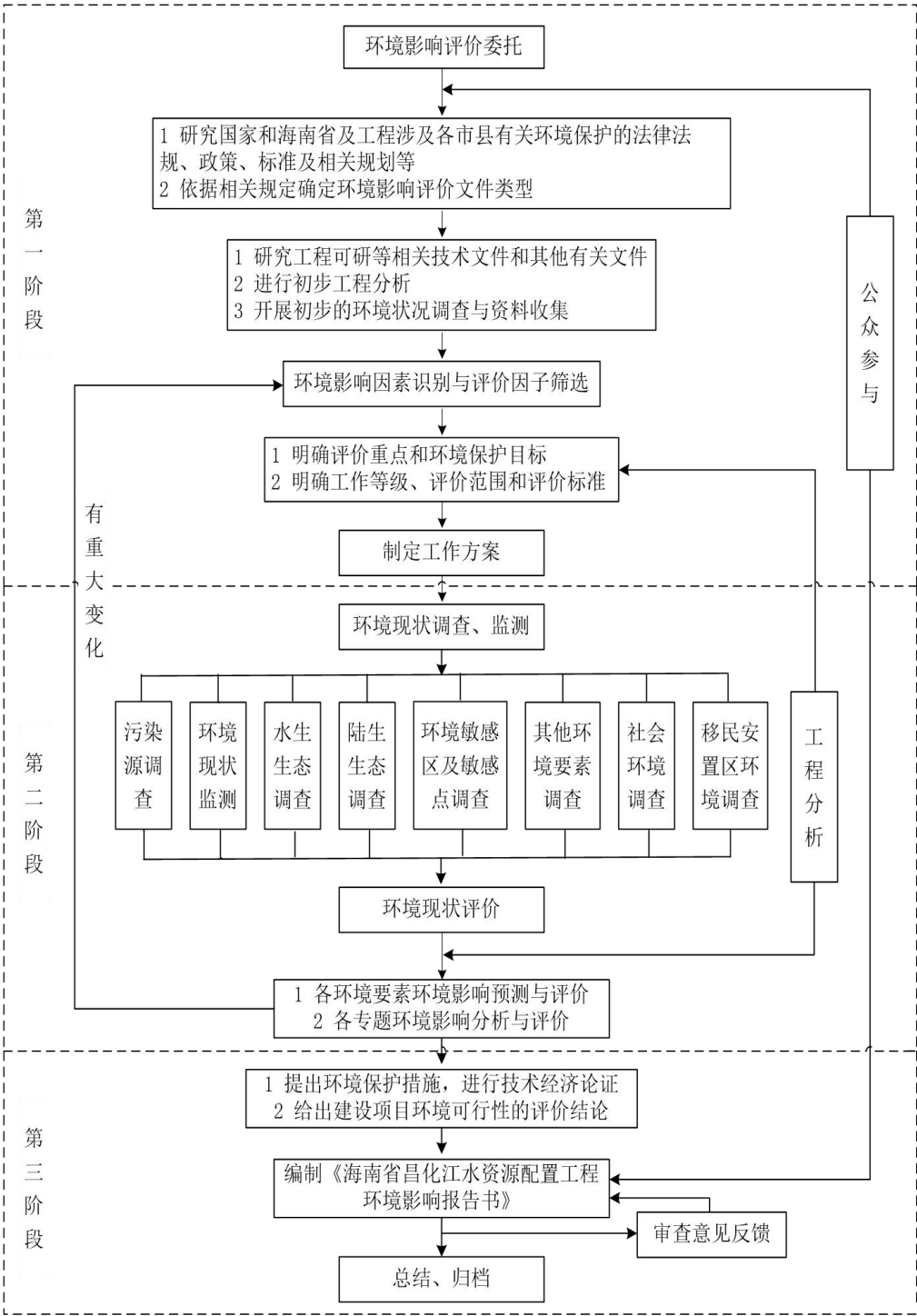


图 1.7-1 海南省昌化江水资源配置工程环境影响评价工作程序

2 工程概况

2.1 地理位置

昌化江水资源配置工程位于海南省琼西南地区，行政区划涉及五指山市、乐东县、三亚市、昌江县和白沙县，地处 $108^{\circ}38'\sim 109^{\circ}48'$ 、北纬 $18^{\circ}09'\sim 19^{\circ}30'$ 之间，地理位置见图 2.2-1。

2.2 工程任务及规模

2.2.1 工程任务

昌化江水资源配置工程任务是通过新建水源工程、引水工程及改扩建现有灌区工程，提高区域水资源配置能力，以满足项目区设计水平年城乡供水、南繁育种基地及农业灌溉用水要求，并兼顾改善区域生态环境。

2.2.2 工程规模

1、向阳水库

水源工程向阳水库是以向大隆水库和乐东供水、灌溉为主要目的，结合生态供水等综合利用的水库枢纽工程。水库控制流域面积为 642km^2 ，汛限水位与正常水位同为 216m （即不设汛限水位），20 年一遇坝上洪水位 216m ，1000 年一遇校核水位 219.0m ，正常水位下相应库容 9840万 m^3 ，校核水位相应总库容 12077万 m^3 。死水位为 195.5m ，死库容 1218万 m^3 。

向阳水库引水工程设计引水流量为 $15.0\text{m}^3/\text{s}$ ，多年平均调水量为 15872万 m^3 ；其中向大隆水库引水流量为 $8.0\text{m}^3/\text{s}$ ，多年平均调水量为 7038万 m^3 ；向南木水库引水流量为 $7.0\text{m}^3/\text{s}$ ，多年平均调水量为 8834万 m^3 。



图 2.1-1 项目区位图

2、引水隧洞

引水工程多年平均调水量为 26968 万 m³，其中向阳引水隧洞多年平均调水量为 15872 万 m³，设计引水流量为 15m³/s；引大济石隧洞多年平均调水量为 7393 万 m³，设计引水流量为 9.8m³/s，乐东引水多年平均调水量为 1976 万 m³，设计引水流量为 6m³/s；南木水库调出水量为 1727 万 m³。

3、乐东引水工程

乐东引水工程是拟新建的抽引昌化江干流余水向乐东望楼河补水的重要水源工程，包括新建乐东泵站、新建管道 2.14km、扩建南木引水渠 6.23km。乐东泵站站址位于乐东县城上游保定电站坝上，通过管渠结合方式输入南木引水渠南木引水隧洞出口与老渠道交汇处，汇口以下现有南木~长茅近 20km 引水渠过流能力 10m³/s（乐东泵站抽水流量不宜大于 10 m³/s）。

乐东泵站提水充库停充水位 158.5m，设计流量 6m³/s，多年平均提水量 1976 万 m³。

4、灌区工程

本工程灌区设计灌溉面积为 62.30 万亩，其中乐亚灌区 37.22 万亩（大隆灌区 10.77 万亩、长茅灌区 26.45 万亩），石碌水库灌区 25.08 万亩。

根据提水灌片的分布，乐亚灌区需新建提水泵站 5 座，分别为力村引水泵站、长茅东干泵站、长茅西干泵站、南滨支渠泵站、望楼河引水泵站。

2.3 工程灌溉和供水范围

2.3.1 灌区范围

昌化江水资源配置工程灌区范围涉及乐东县长茅灌区、三亚市大隆灌区和昌江县石碌灌区。

1、乐亚灌区

乐亚灌区包括长茅灌区和大隆灌区，初拟设计灌溉面积为 37.22 万亩，详见表 2.3-1。

表 2.3-1 乐亚灌区初拟设计灌溉面积表

灌区名称		初拟设计灌溉面积（万亩）
长茅灌区	长茅东自流灌区	9.23
	长茅西自流灌区	8.44

	长茅东提水灌区	4.35
	长茅西提水灌区	4.43
	小 计	26.45
大隆灌区	大隆东干灌区	3.73
	大隆西干灌区	5.30
	文门等田洋灌区	1.74
	小 计	10.77
合 计		37.22

2、石碌水库灌区

石碌水库灌区范围为南至昌江县城镇规划区边界，西、北抵大广坝昌江灌区边界，东至珠碧江与南罗河的分水岭，灌区范围内国土面积 425.8km²，涉及昌江县的石碌镇、叉河镇、十月田镇、海尾镇、乌烈镇和红林农场等 5 镇 1 农场的全部或部分行政区域。本灌区初拟设计灌溉面积为 25.08 万亩。具体各乡镇设计灌溉面积详见表 2.3-2。

表 2.3-2 石碌水库灌区初拟设计灌溉面积分乡镇情况表

乡镇	初拟设计灌溉面积（万亩）
石碌镇	4.22
叉河镇	1.46
十月田镇	11.09
乌烈镇	1.96
海尾镇	4.42
红林农场	1.93
合计	25.08

2.3.2 城乡供水范围

昌化江水资源配置工程城乡供水范围涉及三亚、乐东及昌江 3 个行政区。三亚市为从赤田、大隆、福万-水源池、半岭等水库取水的自来水厂供水覆盖范围，涵盖三亚市全部城市水厂；乐东县为从长茅、石门水库取水的自来水厂供水覆盖范围，包括九所等沿海水厂及长隆集团大部分用水，受益区为九所、利国、千家 3 镇；昌江县为从石碌水库、下游石碌河（其水源需由石碌水库放下来）及灌区内水库取水的自来水厂及企业自备水源供水覆盖范围。

供水范围内，2019 年共有自来水厂 9 处、企业自备水源 4 处，供水能力 66.7 万 t/d，供水人口 136.2 万；2035 年共有自来水厂 12 处（其中新建 4 处、扩建 5 处、废弃 1 处）、企业自备水源 1 处（废弃 3 处），供水能力 145.4 万 t/d，供水人口 219.7 万，见表 2.3-3。

表 2.3-3 城乡供水区水厂及自备水源情况

涉及行政区	水厂名称	规模（万 t/d）		供水人口（万人，含候鸟）		供水范围
		2019 年	2035 年	2019 年	2035 年	
三亚供水区	青田水厂	22.5	25	112.9	177.3	中心城区金鸡岭-凤凰镇等
	海棠湾水厂	5	10			海棠湾
	荔枝沟水厂	4.5	4.5			中心城区荔枝沟-海坡
	金鸡岭水厂	4	4			东部亚龙湾-大东海
	西部水厂	20	30			西部崖城-保港，并在天涯加压向中部城区调水 8 万 t/d
	中部水厂		40			供中部城区。在建的西水中调工程从大隆取水输入中部水厂，规模 40 万 t/d
	小计	56.0	113.5			
乐东供水区	九所水厂	3	6	12.7	23.2	现状供九所、规划扩大范围供利国
	千家水厂		1.4			千家镇域
	长隆水厂		5			拟建长隆项目区
	小计	3	12.4			
昌江供水区	河南水厂	1.5	1.5	10.7	19.2	石碌中心城区及周边企业与农村
	河北水厂	4.5	7.2			
	山竹沟水厂	0.18	/			十月田镇区及周边农村
	城镇供水中心水厂		2.5			十月田、昌化、海尾镇区及村庄，乌烈、叉河、石碌镇村庄
	企业自备水源	4	3.3			昌江核电、海钢选矿厂、铜钴冶炼厂、球团厂等
	小计	10.2	14.5			
供水区合计		66.7	145.4	136.2	219.7	

2.4 工程总体布局及建设内容

2.4.1 工程总体布局

昌化江水资源配置项目主要是通过利用已建水源工程和新建水源工程，在充分利用当地径流基础上从昌化江跨流域调水，解决三亚市、乐东县、昌江县设计水平年城乡生活和灌溉需水短缺等问题，增强工程区域水资源对城镇供水、灌溉

虑2035水平年要求的同时兼顾2050水平年需求。

在昌化江支流南圣河下游建设向阳水库，控制流域面积 642km²；建设向阳水库至大隆、南木水库引水主洞长 22.379km，向阳至大隆水库引水支洞长 19.856km，向阳至南木水库引水支洞长 4.15km。

在大广坝水库、石碌水库之间新建引大济石引水隧洞，长 29.661km。

在昌化江干流乐东县保定坝上游建设乐东泵站，新建管道 2.14km、扩建南木引水渠 6.23km。

乐亚灌区规划新建及续建配套长茅、大隆灌区，总面积 37.22 万亩，其中南繁育种基地 13 万亩。新增灌片共布设骨干渠道 14 条，其中分干渠 3 条、支渠 10 条、引水渠 1 条；新建提水泵站 5 座，分别为望楼河引水泵站、长茅西干泵站、长茅东干泵站、南滨支渠泵站、力村引水泵站。

石碌水库灌区规划新建及续建配套总面积 25.08 万亩，共布设骨干渠道 17 条，其中改造干渠 1 条，改造、续建分干渠 2 条，新建、改造、续建支渠 14 条；另外，新建补水渠 2 条。

2.4.3 主要建筑物

向阳水库坝型选择混凝土重力坝，枢纽工程由混凝土重力坝、泄洪表孔、生态放水孔、鱼道等建筑物组成。

引水隧洞大隆主洞线路全长为 42.406km，自进口至出口包括引水渠长约 50m，进水口闸门井长 21.0m，隧洞段长 42.225km（桩号 0+000~42+225），出水明渠长 110m；其中分水前隧洞长 22.369km，分水后隧洞长 19.856km；南木支线长 4.15km。主洞所经地形高程连绵起伏，分水前高程为 210m~570m，分水后高程为 170~490m；最大埋深 378m，最小埋深 16.5m；向南木水库分水支线所经地形高程自 210m 降至 175m，地形较平缓。

引大济石引水隧洞工程采用重力引水方案，输水线路采用全隧洞方案。隧洞全长 29.661km，隧洞底坡 0.26‰。隧洞进口位于大广坝水库右坝头东南约 1.7km 大广坝水库库边一山脊处，隧洞进口底高程为 126.00m。之后洞身线路向东北方向沿地势较高的猕猴岭山地布置，在大章村之后，洞线近乎一路向北，沿猕猴岭山脉直到石碌水库左岸库边。隧洞出口布置在红林农场四队东侧冲沟内，距离石碌水库大坝直线距离约 4.2km，出口高程 118.20m。

乐东引水工程由取水泵站、至南木干渠输水管道及南木输水渠道(南北干渠)拓宽整治等工程组成。取水泵站布置在昌化江左岸保定电站上游约 180.0m 处,采用箱涵引水式布置,泵房为钢筋混凝土深井式结构,由沉砂池、引水箱涵、进水池、泵房及出水流动组成。

乐亚灌区总计有六个灌片新增灌渠,即长茅东提水灌片、长茅西提水灌片、长茅东自流灌片、大隆东干灌片、大隆西干灌片、大隆文门等田洋灌片等。六个灌片共布设骨干渠道 14 条,其中分干渠 3 条、支渠 10 条、引水渠 1 条。渠道设计总长度 59.727km,其中改造渠道长 7.22km、新建渠道长 29.681km、管道长 22.826km。

石碌灌区现有灌片灌溉渠系共设有干渠 1 条,支渠 9 条,本次新增分干渠 2 条,支渠 5 条,补水渠 2 条。新增灌溉面积后本灌区共设有 7 个灌片,灌溉渠道总计 17 条,补水渠总计 2 条,其中灌溉渠道包括干渠 1 条,分干渠 2 条,支渠 14 条。渠道设计总长度 162.05km,其中完好 3.44km,更新改造 105.72km,新建 52.89km;新建补水渠 2 条,设计总长度 2.575 km。

2.5 施工组织设计

本工程建设划分为工程筹建期、工程准备期、主体工程施工期和工程完建期 4 个施工时段。工程筹建期 6 个月,不计入总工期。施工总工期不包括筹建期,共计 60 个月,从第一年 1 月至第五年 12 月,跨 5 个年度。控制工期的为引大济石引水隧洞工程。各单项工程施工进度计划安排汇总详见表 2.5-1。

表 2.5-1 昌化江水资源配置工程施工进度计划汇总表

工程名称	工程筹建期	施工总工期	施工准备期	主体工程施工期	完建期
向阳水库	6 个月	48 个月	第一年 7~12 月	第一年 11 月~第五年 3 月	第五年 4~6 月
向阳水库引水隧洞		54 个月	第一年 1~3 月	第一年 4 月~第四年 12 月	第五年 1~6 月
引大济石引水隧洞		60 个月	第一年 1~10 月	第一年 11 月~第五年 10 月	第五年 11~12 月
乐东引水工程		16 个月	第一年 9~10 月	第一年 11 月至第二年 5 月	第二年 11~12 月
乐亚灌区工程		24 个月	第二年 8~9 月	第二年 10 月至第四年 5 月	第四年 6~7 月
石碌灌区工程		36 个月	第二年 8~9 月	第二年 10 月至第五年 5 月	第五年 6~7 月
整个昌化江工程		60 个月	第一年 1 月至第五年 12 月,跨 5 个年度		

2.6 占地及移民安置

工程建设征（占）地范围涉及五指山市、昌江县、乐东县、三亚市、东方市和白沙县的 20 个乡镇 84 个行政村，以及海南省农垦投资控股集团有限公司下属的农垦荣光农场有限公司和南繁产业集团有限公司。工程总征（用）地面积 23874.30 亩，包括永久用地 14635.51 亩（基本农田 2860.54 亩），临时用地 9238.79 亩。

工程基准年生产安置人口 753 人，规划生产安置人口 761 人。工程规划搬迁安置人口 3406 人，其中：农村规划搬迁安置人口 2656 人；集镇规划搬迁人口 750 人。

按照“占多少、补多少”的原则，水利水电工程建设占用耕地，由项目建设法人负责补充数量相等和质量相当的耕地；没有条件补充或补充的耕地不符合要求的，建设项目法人要按有关规定缴纳耕地开垦费。根据国家和海南省的有关政策和规定，本工程通过缴纳耕地开垦费实现耕地占补平衡，计列耕地开垦费总面积为 3635.93 亩。

2.7 工程投资

本工程投资估算工程总投资 1092032.58 万元。其中工程部分投资 605892.53 万元，征地移民补偿投资 388470.91 万元，水土保持工程投资 32358.74 万元，环境保护工程投资 20857.41 万元，信息化工程 13711.68 万元，昌化江流域水资源调度中心 1167.31 万元，建设期融资利息 29574.00 万元。

3 工程分析

3.1 规划及规划环评要求

《海南水网建设规划》积极践行生态文明建设与新发展理念，结合全省“多规合一”总体部署，从全局和战略的高度，统筹谋划海南省今后一段时期水务改革发展的总体目标和战略布局，提出了构建“以辐射状海岛天然水系为经线、灌溉渠系为纬线、水源控制工程为节点”的骨干水网布局思路和工程网、生态水系网、管理网、信息网统筹结合的现代综合立体水网体系。

规划中明确提出，全面配套建设昌化江引大济石工程以解决琼西和琼南片区内水源供给能力不足问题，一是通过建设以昌化江为主要水源的乐亚水资源配置体系，有效补充大隆水库和长茅水库，提高供水保障程度，解决三亚、乐东沿海生活用水及南繁育种基地农业灌溉用水；二是建立昌化江西部水资源配置体系，通过引大济石工程解决石碌水库防洪安全、昌江县城及核电厂供水问题。

海南水网建设规划环境影响评价报告书中，明确提出了乐亚水资源配置工程的优化调整建议：“乐亚水资源配置工程拟建向阳水库，淹没范围涉及大鳞光唇鱼栖息地，同时坝址位于海南岛热带雨林国家重点生态功能区内，规划环评建议规划实施时综合考虑库区淹没、生态影响等要素，进一步优化调整向阳水库选址位置。”

3.2 与相关法律法规及规划的协调性分析

昌化江水资源配置工程作为《海南水网建设规划》中拟建的重大水资源配置工程，已列入国家 2020 年至 2022 年重点推进建设的“150 项重大水利工程，属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中鼓励类项目，不属于《海南省产业准入禁止限制目录（2019 年版）》中禁止和限制类项目，工程建设符合国家和海南省产业政策。工程建设解决琼西和琼南地区城乡供水水源保障能力不足，符合《中共中央 国务院关于支持海南全面深化改革开放的指导意见》《国家生态文明试验区（海南）实施方案》要求，与《全国主体功能区规划》《全国生态功能区划》《海南省总体规划（空间类 2015-2030）》等相符合。工程建设任务、供水范围及对象、调水规模、选址选线等总体符合《海南水

网建设规划》、规划环评及审查意见要求。

3.3 工程规模环境合理性分析

3.3.1 灌区规模的合理性分析

从空间布局上看，经识别工程受水区灌面内不触及生态保护红线，发展的耕地和园地不涉及海南岛热带雨林国家重点生态功能区，不占用自然保护区、森林公园、风景名胜區、自然公园等环境敏感区。灌溉工程布局以现有灌溉体系为依托，充分利用现有渠道及渠系建筑物，结合水系及耕园地分布，通过采取对现有渠道进行改造、续建，以及新建渠道等措施解决灌溉问题。布局中，尽可能与现有小型蓄水工程连通，以达到充分利用当地蓄水工程的调蓄作用。总体不改变土地利用性质和生态空间格局。

项目受水区灌区是海南省重要的冬季瓜菜基地和热带水果基地，但由于灌溉水源不足、灌区配套不完善，灌溉保证率较低，节水建设滞后，用水效率低下。因灌溉设施不配套、工程老化失修和灌溉方式落后等，跑冒滴漏和大水漫灌导致农业用水浪费严重、单位面积用水量较高。

从发展规模上看，现状乐亚灌区耕园地面积 77.44 万亩、石碌水库灌区耕园地面积 28.82 万亩，本工程扣除分布零散且高程较高无法自流引水灌溉及扣除不经济合理的灌片，考虑灌区内建设渠、沟、路、林等灌溉及配套工程占用耕园地，本工程乐亚灌区设计灌溉耕园地面积 37.22 万亩、石碌水库灌区可灌溉耕园地面积 25.08 万亩，共计 62.3 万亩，占乐亚灌区、石碌水库灌区现状总耕园地面积的 58.6%。其中，改善和恢复灌溉面积 9.27 万亩，现状保灌、实灌面积 19.43 万亩，新增灌溉面积 33.6 万亩，新增灌面占设计灌溉面积的 53.9%，占现状耕园地总面积的 31.6%。新增灌面中新增高效节水灌面 15.44 万亩，占新增灌面的 46%。本工程在设计中尽可能的强化节水措施，尽可能减少对昌化江的调水需求。

乐亚及石碌灌区土地资源丰富，农业开发潜力大。考虑水资源承载状况，最终确定 62.3 万亩的设计灌溉面积，其中改善及现状保灌实灌面积约占 50%，新增高效节水灌面占新增灌面的 46%。经预测灌溉回归水对地表水水体水质影响较小，总体灌区面积规模确定合理。

3.3.2 调水规模的环境合理性分析

1、调水量的环境合理性分析

(1) 调水后昌化江水资源开发利用程度评价

根据《海南省水资源调查评价》，分析范围内多年平均地表水资源量为 80.1 亿 m^3 。规划 2035 年，受水区多年平均用水总量（含生态水量）达到 11.77 亿 m^3 。昌化江流域多年平均水资源总量 42.90 亿 m^3 ，多年平均水资源可利用量为 22.32 亿 m^3 ，现状年用水量为 5.26 亿 m^3 ，昌化江现状年水资源开发利用率为 12.26%，考虑本工程平均调水量 2.70 亿 m^3 ，本工程增加的水资源开发利用率为 6.29%，流域水资源开发利用率达到 33.8%，符合《海南省水资源综合规划》中提出的昌化江流域 34%（2030 年）的开发规划目标。

(2) 调水后对昌化江水文情势影响程度评价

多年平均来水条件下，工程运行后调水区各典型断面除南木水库外，年均流量比工程实施前均有所减少。其中，向阳、乐东、大广坝、戈枕、宝桥断面减少流量 5.38 m^3/s 、5.67 m^3/s 、11.63 m^3/s 、21.31 m^3/s 、21.09 m^3/s ，减少比例分别为 24.67%、8.68%、12.74%、22.64%、20.07%，南木断面增加流量 0.26 m^3/s ，占比 6.81%。

枯水年（ $P=75\%$ ）来水条件下，工程实施后调水区向阳、南木、乐东、大广坝、戈枕、宝桥断面分别减少流量 7.61 m^3/s 、0.02 m^3/s 、7.08 m^3/s 、12.49 m^3/s 、30.13 m^3/s 、31.71 m^3/s ，占比 48.73%、1.26%、14.43%、19.12%、53.17%、49.06%。

工程建成运行后，向阳水库坝址、昌化江乐东、大广坝水库、戈枕水库、宝桥断面下泄流量较现状减少比例均小于 25%，低于国际上公认的河流本身的开发利用率 40% 的上限，工程多年平均引水量占昌化江流域多年平均水资源总量的 6.29%，对下游河道的水资源状况不会产生严重的不利影响。

2、调水过程的环境合理性分析

(1) 水库调度运行环境合理性分析

本工程利用已建和新建水源工程，在充分利用当地径流后再从昌化江跨流域调水，形成新老水源工程联合供水的网络，首先满足河道内生态用水后，再配置城乡生活生产、农业灌溉用水；调入区优先节水、挖潜，控制合理的用水规模，不足部分再由外调水满足；调出区用水优先：优先保证调出区用水需求，有余水才可以调出；充分考虑生态放水，受水区一般时段按拟定的分期生态流量放水，严重缺水时段按照不少于天然来水放

生态水量；各水库不为发电专门放水，水电站结合水库蓄满弃水、向下游河道生态补水发电。因此，工程水库运行调度总体体现了“生态优先”原则。

工程调水基于“以新带老”原则，水库调度运行方案，不改变受水区水库的特征水位，库区不会因工程实施后产生新的消落带和淹没区。

通过分析表明，工程区用水顺序优先考虑河流的基本生态用水，再合理配置城乡生活和灌溉用水。从环境角度论证水库调度运行合理，生态环境效益显著。

（2）工程调水时段环境合理性分析

本工程从昌化江全年调水，以 1~3 月引水量最大。昌化江下游主要保护对象为以国家二级保护动物花鳗鲡为代表的河海洄游鱼类及其栖息生境。“三场一通道”主要集中在昌化江入海口的海域，其中入海口处为鱼类的洄游通道。多年平均条件下宝桥断面 2 月至次年 2 月流量降幅在 24.59~28.58%左右；枯水期本身流量较小，大幅减少后对河流生境影响较大，此时正是鳗苗上溯时期，对洄游性鱼类影响较大；在此期间应维持天然的水文过程，避免上游水库因发电、调水等导致下游及河口水位的大起大落。此外，昌化江流域产漂流性卵鱼类繁殖期一般为 5~8 月，需要河流大脉冲流量过程，向阳坝址至大广坝库尾河段产生人造洪峰不低于 4 次，流速在 0.2m/s 以上，使之接近天然河道的水文情势，恢复鱼类产卵条件。

昌化江水资源配置工程建设运行后，优先考虑生态需求，对昌化江主要生态断面按拟定的分期生态水量放水。乐东断面在生态水量不足的情况下由向阳水库放水补充，乐东泵站仅可抽取乐东断面保障生态下泄后的余水量；宝桥断面在生态流量不足的情况下，由大广坝水库放水补充。同时，充分考虑影响区内河海洄游鱼类及产漂流性卵鱼类繁殖期的水量过程需求，联合向阳水库、抱由水电站、保定水电站、友谊水电站、大广坝水库等实施流域生态调度，不会对昌化江水生生境及鱼类生存造成大的不利影响。从环境影响角度分析，工程调水时段环境合理。

3.3.3 “三先三后”符合性分析

昌化江水资源配置工程在可研阶段，按照最严格水资源管理制度要求，统筹考虑工程调水与节水、治污、环境保护的关系，认真贯彻落实“先节水后调水，先治污后通水，先环保后用水”原则。

1、“先节水后调水”符合性分析

（1）现状用水水平

经调查，项目受水区 2019 年人均综合用水量 604m^3 ，万元国内生产总值用水量 $95.8\text{m}^3/\text{万元}$ ，城镇人均综合生活用水量 240L/p.d ，万元工业增加值用水量 $62.7\text{m}^3/\text{万元}$ ，农田亩均实灌定额 $1030\text{m}^3/\text{亩}$ ，均高于海南省和全国平均水平。工业节水水平总体不高，与国内先进水平仍有相当差距。

受水区现状城镇公共供水管网漏损率 14.2%，工业用水重复利用率接近 87%，略有偏低；非常规水源利用率为 2.1% 左右、偏高，但与国内、国际先进水平仍有一定差距，

受水区灌溉水有效利用系数 0.594，总体高于东南区 0.565 和全国 0.548 的平均水平，但与国内先进地区 0.7 以上的水平仍有一定差距。部分区域灌溉水利用系数偏低，输水损失偏大，农业节水仍有较大潜力。

（2）工程设计节水指标

根据昌化江水资源配置工程特点，综合考虑供水区范围内的水资源禀赋条件，用水习惯，调查临近、条件相似地区的用水水平，结合区域用水总量和用水效率控制目标，以“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的新时期治水思路为指导，按照“先节水，后调水”要求，全面落实《国家节水行动方案》，以最严格水资源管理制度为依据，以相关区域节水型社会建设规划的指标为参考，以节水力度高于其他区域为原则，工程可行性研究报告制定受水区设计水平年 2035 年控制性节水指标 10 项，各指标的节水目标如下：用水总量控制 12.02 亿 m^3 ；城镇综合生活用水定额 244L/p.d ；农村居民生活用水定额 105L/p.d ；城镇公共供水管网漏损率 $\leq 9\%$ ；节水器具普及率 100%；万元工业增加值用水量 $37.6\text{m}^3/\text{万元}$ ；规模以上工业用水重复利用率 95%；农业综合灌溉定额 $< 947\text{m}^3/\text{亩}$ ，农田灌溉水有效利用系数 ≥ 0.62 ；再生水利用率 24%。确保各区域各项节水指标达到和优于区域先进节水水平。

（3）节水符合性分析

1）水资源配置方案节水符合性分析

①需水预测节水符合性分析

本工程在进行水资源配置及需水预测时，对节水予以了充分考虑。本次社会经济发展与需水预测总体符合《海南水网建设规划》《“十四五”节水型社会建设规划》《海南省实行最严格水资源管理制度考核办法》等规划及文件中用水指标要求。工程用水指

标与相关规划、定额对比见表 3.3-1。

表 3.3-1 本工程用水指标与相关规划、定额对比分析表

指标		现状	2035 年	相关规划和定额提出的指标
生活节水指标	生活用水定额 (L/(天·人))	城镇: 240 农村: 102	三亚片: 城镇: 210 农村: 105 乐东片: 城镇: 170 农村: 95 昌江县: 城镇: 180 农村: 100	《海南省用水定额》(DB46/T 449-2017) 大城市居民生活用水定额城镇 220 L/p·d、农村 110 L/p·d, 中等城市居民生活用水定额城镇 200 L/p·d、农村 110 L/p·d, 小城市 I 型居民生活用水定额城镇 180 L/p·d、农村 110 L/p·d。 城区: 《室外给水设计规范》综合生活用水定额为 170~280L/(天·人); 《城市给水工程规划规范》综合生活用水定额为 190~350L/(天·人); 《海南省用水定额》居民生活用水定额为 180 L/(天·人)(加入公共建筑用水 10%以后为 198 L/(天·人))。《城市居民生活用水量标准》海南城市居民用水量标准为 150~220 L/(天·人)。 村镇: 《村镇供水工程设计规范》居民生活用水定额为 90~140 L/(天·人), 农村生活用水定额为 70~140 L/(天·人)。 《海南水网建设规划》提出 2035 年城镇生活净定额为 210 L/(天·人), 农村生活净定额为 119 L/(天·人)。 《全国水资源综合规划》提出珠江区 2030 年城镇生活净定额为 195 L/(天·人), 农村生活净定额为 126 L/(天·人)。
	城镇供水管网漏损率 (%)	14.2	≤9	《海南水网建设规划》提出 2035 年城市供水管网漏损率不大于 10%; 《“十四五”节水型社会建设规划》提出城市供水管网漏损率小于 9%; 《水污染防治行动计划》提出城市供水管网漏损率不大于 10%。
农业节水指标	灌溉水有效利用系数	0.57	0.62	《海南水网建设规划》提出 2035 年灌溉水有效利用系数大于 0.62; 最严格水资源管理制度“三条红线”确定, 海南 2030 年农田灌溉水有效利用系数大于 0.6; 国家生态文明建设试点示范区指标灌溉水有效利用系数大于 0.6 (示范县指标); 《“十四五”节水型社会建设规划》提出灌溉水有效利用系数达到 0.58; 《灌区规划规范》30 万亩以上灌区灌溉水有效利用系数≥0.5; 《灌溉与排水工程设计标准》30 万亩以上灌区灌溉水有效利用系数≥0.55。
工业节水指标	万元工业增加值用水量 (m ³ /万元)	62.7	37.6	《海南水网建设规划》提出 2035 年万元工业增加值用水量 38m³/万元; 最严格水资源管理制度“三条红线”确定海南 2030 年万元工业增加值用水量控制在 38m³/万元以内。

②可供水量预测节水符合性分析

a. 优先利用非常规水。现状受水区再生水利用率为 8%, 本次可供水量计算考虑规

划年加大污水处理再生水利用率新增的供水量。在城镇地区考虑再生水的合理利用，用于城市绿化、道路浇洒、洗车及冲洗马桶以及进行河道补充生态用水等，到 2035 年再生水利用率按 24%考虑，满足《国家节水行动海南省实施方案》和节水型社会建设相关规划要求。因此，本可供水量计算中已经考虑利用再生水，可减少常规水资源利用量，有助于优化水资源配置格局，符合节水要求。

b.充分挖潜现有工程供水能力。在可供水量计算中，考虑了现有工程体系在规划年通过挖潜新增的供水量，包括地表、地下、外调水等工程。因此，本工程可供水量计算中，已充分挖潜当地工程供水量，节约常规水资源利用量。

c.退减基准年不合理用水而减少的供水量。

综上，本次可供水量预测成果已考虑优先利用非常规水，充分挖潜现有工程供水能力、退减基准年不合理用水，可供水量预测成果满足节水符合性要求。

2) 建设项目水源配置格局的节水符合性分析

根据《海南省实行最严格水资源管理制度的意见》，2030 年海南省用水总量按 56 亿 m^3 控制。现状年海南省对应国家考核统计口径水量 46.38 亿 m^3 （贯流式火电按耗水量统计），总量指标余量为 9.62 亿 m^3 。受水区 2035 设计水平年多年平均用水总量达到 11.77 亿 m^3 ，较基准年增长 6.31 亿 m^3 ，满足用水总量控制指标要求。

工程水源配置格局遵循节水优先的原则，按“优先利用当地水、充分加大利用非常规水源，最终考虑利用外调水”布局，符合节水要求。

2、“先治污后通水”符合性分析

(1) 相关规划水污染治理目标

项目区相关河流、水库现状水质总体优良，达到 II~III 类。现状项目区内工业较少，主要为农业种植，但是随着经济的发展可能对当地的地表水体水质产生一定影响。相关水污染治理和环境保护规划对海南及受水区提出了明确的污染治理目标和措施。

《海南水网建设规划》将海南水生态空间分为行蓄洪、水域及岸线保护、饮用水源保护、水源涵养、水土保持等多种功能，结合水生态空间功能保护要求，划分为禁止开发区、限制开发区进行空间管控。提出 2035 年水功能区水质达标率 $\geq 95\%$ ；地表水考核断面水质优良率 $\geq 97\%$ ；重要饮用水水源地水质达标率为 100%；城镇内河（湖）及独流入海河流水质不低于地表水IV类；COD 限制排污总量为 2.68 万 t/a、氨氮限制排污总量

为 0.1 万 t/a。

《海南省生态环境保护“十四五”规划》提出 2025 年地表水达到或好于Ⅲ类水体比例 95%；地表水质量劣Ⅴ类水体比例 0；三亚市城镇生活污水集中收集率 70%，其他市县比国家下达目标提高 2 个百分点。

（2）相关规划水污染治理措施实施情况

按照《海南省生态环境保护“十四五”规划》要求，主要完成：①调整农业产业布局，大力发展热带高效农业、生态循环农业，建设国家级冬季瓜菜基地、热带水果基地、南繁育种制种基地等一批现代农业示范基地。②推进城乡生活污水治理，完善城乡垃圾收运处理体系建设。大力推进城镇污水处理工程及其配套管网设施建设，加快污水处理设施工艺改造，确保水污染物排放总量控制在国家下达指标内。③实施城镇内河（湖）及黑臭水体治理，对城镇内河（湖）污染水体进行集中专项治理。④加强城镇集中式饮用水水源保护区规范化建设，依法清理、取缔全省集中式饮用水水源保护区内违法建筑和排污口，对水质出现超标的饮用水源地开展综合整治，确保水质稳定达标。⑤保护重点流域和湖库水生态环境，强化南渡江、万泉河、昌化江等三大流域主干以及其它重点流域水生态环境保护工作。⑥治理污染严重的入海小河流，根据 2020 年主要入海河流监测断面水质监测信息，2020 年全省污染严重的入海小河流环境质量得到明显改善，水质退化的近岸海域水质得到稳步提升。

（3）受水区水污染治理方案

《海南省昌化江水资源配置工程受水区水污染防治规划》已经编制。本次环评提出受水区水环境治理措施如下：

1）加强水功能区监督管理和达标考核体系建设：完善水功能区监测站网布局，提升水质、水量和水生态综合监测能力和应急机动监测能力。

2）开展现状不达标水功能区入河污染源治理：实施“一河一策”治理方案，加强上游及周边工业、畜禽养殖入河排污口的治理，同时对于农业面源进行控制，利用生物系统拦截净化面源。2035 年严格控制污染物入河量小于限排量。

3）强化城镇点源污染治理：加强工业点源治理，全面淘汰落后产能，积极发展循环经济，大力推行清洁生产，要求无序散布的小型橡胶厂、制糖厂等企业向工业园区集中布设，严格执行污染物排放标准排污；对各城镇污水处理厂进行运行维护，确保达到

《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后排入河道及海域，目前暂未建设污水处理厂的各级乡镇根据相关规划及流域水环境保护总体要求，加快推进城镇污水处理厂的建设，实现城镇生活污水垃圾处理设施全覆盖和稳定运行。

4) 防止灌溉回归水对环境水体造成污染：结合生态省建设要求，推动生态农业发展，严禁高毒、剧毒、高残留农药的使用，强化测土配方，开展化学农药化肥减量行动，降低农业面源流失量，加强集约化禽畜养殖场污水的处置和管理；合理规划灌区内进排水路线，在重点饮用水源保护区、滨河耕作区、灌区退水入河前设置生态阻隔带；开展湖库、河流周边人工湿地建设，延长农田退水径流的滞留时间，利用高等水生物吸收部分氮、磷等污染物，使径流得以初步净化，净化后的水经出水口排入附近水体或回用，防止造成水功能区局部水域富营养化；加强灌区面源污染监测和基础研究，建立农田面源监测预警机制。

5) 因地制宜、加强村镇生活污水和垃圾处理：根据海南省农村经济社会发展水平和自然环境特点，结合生活垃圾和污水基本特征，按照减量化、无害化和资源化的处理原则，因地制宜选择合理的处置方式：①对于靠近县城政府所在地（15km 范围内）的村镇采取转用处理方式，即“村级收集—乡镇集中—县级处理”，有条件村镇可以接入城镇污水处理管网集中处理污水，生活垃圾运输到县城垃圾处理场集中处理；②距离县城政府所在地较远且人口相对集中的村镇，采取建设中小型污水处理站及配套收集管网，集中连片处理，同时建设沼气池综合利用生活垃圾；③距离城镇政府所在地较远的乡镇但人口相对分散的村庄，以堆肥还田为主。

6) 加强城镇内河湖污染综合治理：全面加强配套管网建设，开展塔洋河、双沟溪、九曲江城区段等城市污水处理设施建设，加强已运行污水处理厂运营管理，确保污水处理厂达标排放。制定畜禽养殖规划，科学划定养殖禁养区、限养区和适养区，依法关闭和搬迁禁养区或限养区内畜禽养殖场。加强对现有规模化养殖场粪污污水贮存、处理、资源化利用设施建设，保障养殖废水达标排放或资源化利用；对可改造的水产分散养殖场，按“一场一案”制定整治方案。

7) 落实“河长制”等管理制度和机制：划定河湖水域管理蓝线，对琼海、万宁等城镇中心城区的城市内河湖的水域和岸线实行常态化管理，做到“一水体一岸线一责任人”；集中开展打击偷排漏排、非法采砂、垃圾入河、非法养殖及侵占河道等违法行为；

定人、定责、定时清理水面垃圾和岸线垃圾，确保中心城区各水体水面和岸线的洁净美观；定期向社会公布城镇内河（湖）治理情况，为营造良好的人居环境和休闲娱乐环境提供保障。

综上所述，受水区在采取以上措施后，落实水污染治理方案，加大河流水污染治理力度，工程通水前，受水区河流水质可以达标，污染物排放控制在限排量之内，工程通水后可以满足相关要求，体现了“先治污后通水”的原则。

3、“先环保后用水”符合性分析

（1）生态环境保护

为有效减缓本工程实施对水源区水生生态和输水线路区陆生生态的影响，在全面梳理与项目有关的现有工程环境问题基础上，结合工程建设特点，提出了“以新带老”措施。根据水生生境和鱼类资源保护措施及要求，恢复向阳水库坝址以下河道的纵向连通性。识别了工程涉及的珍稀濒危特有物种，提出了海南热带雨林国家公园、霸王岭国家级自然保护区等敏感保护对象的保护要求和措施。

（2）水环境保护

根据《饮用水水源保护区污染防治管理规定》和《饮用水水源保护区划分技术规范》，对大广坝水库饮用水水源保护区加以严格管理，对本工程有供水任务但未划分城镇集中式饮用水水源保护区的向阳水库、乐东引水泵站、南木引水支渠等，提出饮用水水源保护区划分方案，实施库区水资源保护措施，控制污染物排放，建立严格的环境管理制度，确保水源区水质满足供水水质要求。加强输水渠道的水质保护，在渠道两侧设置生物隔离带，阻隔沿线两侧污染源进入渠道。受水区水污染治理以改善水环境质量为目标，遵循“增水不增污”的原则，实施经人民政府印发的受水区水污染防治规划，落实规划中污染减排、再生水循环利用、水环境风险防控等措施，确保受水区纳污水体水质安全。

综上所述，本工程考虑生态优先的原则，提出了切实可行的环保措施，加强了对项目区生态环境和水环境的保护，保证生态安全和供水安全，体现了“先环保后用水”的原则。

3.4 工程方案环境合理性分析

昌化江流域多年平均水资源总量 42.90 亿 m^3 ，本工程多年平均调水量约 2.70 亿 m^3 ，85%保证率枯水年来水条件下外调水量为 3.97 亿 m^3 ，分别占昌化江流域水资源总量的 6.28%、9.25%。其中，向阳水库坝址断面多年平均径流量 7.14 亿 m^3 ，多年平均外调水量 1.59 亿 m^3 ，占比 22.23%。在满足向阳水库、南木水库坝址断面、昌化江干流下游重要控制断面生态流量的前提下，工程实施后昌化江流域水资源开发利用率为 33.8%，工程引水规模在昌化江流域水资源开发利用可承受的范围内。

昌化江水资源配置工程的向阳及引大济石引水隧洞局部涉及国家公园、自然保护区、生态保护红线等环境敏感区，本工程为了避让和减少对生态环境的影响，开展了选址、选线的多方案比选。经多次方案优化调整后，拟建工程如引水线路确实无法避让，向阳水库引水隧洞、引大济石引水隧洞均以隧道形式线性穿越国家公园和自然保护区。调整后方案尽量减少了对生态的不利影响，维护了当地生态系统的完整性。

经优化调整后，各料场、渣场目前已完全避开了国家公园、自然保护区、基本农田、生态保护红线等环境敏感区，各施工布置区优化调整尽量避让环境保护区，在施工期间按要求做好各项环保措施后，可将对环境的影响降到最低。从环境保护的角度分析，昌化江水资源配置工程的工程布局、工程引水规模及渣料场、施工布置选址等总体合理。

3.5 工程环境影响分析

3.5.1 施工期工程分析

1、影响因素分析

工程施工过程中，施工占地及人为扰动会引起植被生物量损失，造成水土流失；施工过程中将产生废水、噪声、废气和固体废物，对施工区域的水环境、声环境、大气环境、生态环境、人群健康等产生影响。

2、影响源强分析

（1）水环境影响源

施工期间，水污染源主要包括生产废水和生活污水两部分。生产废水主要来源于砂石骨料冲洗废水、混凝土拌和与养护废水以及机械修理系统含油污水；生活污水来源于

施工期施工人员生活用水和运行期管理人员生活用水。此外施工废水还包括隧洞排水和基坑排水。

①砂石加工系统废水

根据施工组织设计，本工程中引大济石引水隧洞工程、乐东引水工程、乐亚灌区工程、石碌灌区工程所需砂石骨料全部外购，仅向阳水库工程、向阳引水隧洞工程及库区复建道路工程所需砂石骨料为自采加工。本工程在拟建向阳水库大坝左岸下游约 500m 的林地处布置 1 套砂石加工系统，统一为向阳水库、向阳引水隧洞及库区复建道路工程提供砂石骨料，共需加工生产砂石骨料 122.9 万 m^3 ，砂石骨料加工强度约 257t/h。

另外，向阳引水隧洞为利用洞挖石碴加工碎石料，拟在 3#施工支洞洞口和 4#施工支洞洞口附近各设置碎石加工厂 1 座，加工能力分别为 27t/h 和 17t/h，共加工碎石量约 18.8 万 m^3 。引大济石引水隧洞为利用洞挖料，在 2#弃渣场附近（2#施工支洞施工区）设置碎石加工厂 1 座，加工能力 29t/h，碎石量约 12.76 万 m^3 。

砂石料加工系统在筛分冲洗骨料以及制砂过程中将产生大量冲洗废水，每生产 1t 砂石料产品，综合用水 1.5 m^3 ，废水产生系数为 0.85，则施工期砂石料加工系统冲洗用水总量为 184.4 万 m^3 ，废水产生量为 156.7 万 m^3 ；两座碎石加工厂用水总量为 28.2 万 m^3 ，废水产生量为 24 万 m^3 ；引大济石隧洞碎石加工厂用水总量为 19.1 万 m^3 ，废水产生量为 16.3 万 m^3 。

砂石料加工废水中悬浮物浓度较高，根据本工程砂石料料源特征以及以往工程的实测结果，悬浮物浓度一般在 30000~50000mg/L。废水经处理后回用，考虑砂石料、骨料自身带走以及渗漏、蒸发等因素损耗 15%。

②混凝土拌和系统废水

根据施工组织设计，向阳水库工程施工高峰期砼浇筑量约 52.0 m^3/h ，拟选用 1 座 HL75-2F1500 型砼拌和楼，布置于大坝左岸下游南打村附近的林地处，紧挨砂石料加工系统。混凝土拌和系统废水主要来源于每台班洗罐用水量。混凝土拌合楼或搅拌机一般是每班末冲洗一次，单台混凝土搅拌机每次冲洗废水根据搅拌机大小不同而不同，参考国内同类型工程混凝土拌和楼排水情况，按每班冲洗一次，每座拌和楼 1 次冲洗产生废水量约 6 m^3 计算，每天三班制生产，该系统日产生废水量约 18 m^3/d 。

向阳引水隧洞工程各工作面混凝土浇筑强度不超过 30 m^3/h ，拟在隧洞进水口、南

木支洞洞口及 1#、2#和 4#施工支洞洞口各设置一座 HZS60 型混凝土搅拌站，每座生产能力 $60\text{m}^3/\text{h}$ 。再各配 1 台 JW-375 型强制式混凝土拌和机，作为喷射混凝土的生产设备。另外在 TBM 工业广场内设置 1 座 HZS60 型混凝土搅拌站，生产能力 $60\text{m}^3/\text{h}$ ，为隧洞出水口及 3#施工支洞洞口提供混凝土管片生产所用混凝土。向阳引水隧洞工程共需 6 座 HZS60 型混凝土搅拌站和 5 台 JW-375 型强制式混凝土拌和机。参考国内同类型工程混凝土搅拌站和拌合机排水情况，按每班冲洗 1 次，每座搅拌站 1 次冲洗产生废水量约 2m^3 、每台拌合机 1 次冲洗产生废水量约 0.3m^3 计算，每天三班制生产，则该系统日产生废水量约 $40.5\text{m}^3/\text{d}$ 。

引大济石隧洞工程各工作面混凝土浇筑强度不超过 $30\text{m}^3/\text{h}$ ，拟在隧洞进水口及 3 条施工支洞洞口各设置一座 HZS60 型混凝土搅拌站，每座生产能力 $60\text{m}^3/\text{h}$ 。另外，再各配 1 台 JW-375 型强制式混凝土拌和机，做为喷射混凝土的生产设备。在 TBM 工业广场内设置 1 座 HZS60 型混凝土搅拌站，用于提供混凝土管片生产所用混凝土。引大济石隧洞工程共需 5 座 HZS60 型混凝土搅拌站和 4 台 JW-375 型强制式混凝土拌合机。按每班冲洗 1 次，每座搅拌站 1 次冲洗产生废水量约 2m^3 、每台拌合机 1 次冲洗产生废水量约 0.3m^3 计算，每天三班制生产，则该系统日产生废水量约 $33.6\text{m}^3/\text{d}$ 。

乐东引水工程提水泵站砼浇筑量 0.82 万 m^3 ，现场配置 HZS25 混凝土搅拌站 1 座，生产率 $25\text{m}^3/\text{h}$ ；渠道砼浇筑量 3.74 万 m^3 ，沿 6.23km 渠道分布，混凝土浇筑强度一般不超过 $10\text{m}^3/\text{h}$ ，混凝土生产主要以 0.4m^3 移动式混凝土搅拌机为主，分段施工，分段布置，共需 6 台。故乐东引水工程共需要 1 座 HZS25 型混凝土搅拌站和 6 台 0.4m^3 移动式混凝土搅拌机。按每班冲洗 1 次，每座搅拌站 1 次冲洗产生废水量约 1m^3 、每台拌合机 1 次冲洗产生废水量约 0.6m^3 计算，每天三班制生产，则该系统日产生废水量约 $13.8\text{m}^3/\text{d}$ 。

乐亚灌区长茅东提水泵站砼浇筑量 1.20 万 m^3 ，现场配置 HZS25 混凝土搅拌站 1 座，其他单体建筑物和渠道单位断面砼浇筑量均较小，混凝土生产主要以 0.4m^3 移动式混凝土搅拌机为主，分段施工，分段布置，共需 30 台。按每班冲洗 1 次，每座搅拌站 1 次冲洗产生废水量约 1m^3 、每台拌合机 1 次冲洗产生废水量约 0.6m^3 计算，每天三班制生产，则该系统日产生废水量约 $57\text{m}^3/\text{d}$ 。

石碌灌区施工点分散，混凝土生产规模较小，主要以 0.4m^3 移动式混凝土搅拌机为主，采用分散布置方式，共需 60 台。按每班冲洗 1 次，每台拌合机 1 次冲洗产生废水量约 0.6m^3 计算，每天三班制生产，则该系统日产生废水量约 $108\text{m}^3/\text{d}$ 。

③含油废水

向阳水库工程在坝区设置 1 座汽修中心厂，承担全工地机械、汽车维修任务。其它单项工程均以各施工工区为中心，设置小型机修、汽修站，负责机械设备和汽车的小修以及定期保养，设备的大修则依托附近城镇的修配力量，共设置 29 处小型汽修站或机修系统。

含油废水主要来自于机械、汽车的冲洗及修理废水，废水中主要污染物有石油类、COD 和悬浮物，石油类浓度约 $10\sim 30\text{mg/L}$ ，COD 约 $25\sim 200\text{mg/L}$ ，悬浮物约 $500\sim 4000\text{mg/L}$ 。参照《环境影响评价技术手册水利水电工程》，汽车冲洗设计用水量为 $400\text{L}/\text{辆}\cdot\text{次}$ ，冲洗时间为 $15\text{min}/\text{辆}\cdot\text{次}$ ，1h 可冲洗 4 辆汽车，一天高峰冲洗时间 4h 计，产污率以 90% 计，则每处汽修站高峰日废水产生量为 $5.8\text{m}^3/\text{d}$ 。

④基坑排水

基坑排水包括初期基坑排水及经常性基坑排水两部分。初期基坑排水主要包括围堰闭气后的基坑积水、围堰堰体、堰基、岸坡渗水以及降雨汇水。经常性基坑排水包括基坑渗水、施工弃水及降雨汇水。初期排水水质与河流水质基本相似，经常性基坑排水包含了大量的渗水及降水，以及混凝土浇筑和养护形成的碱性水，pH 值在 11 左右，主要污染物为悬浮物，浓度约 2000mg/L 。经渗流估算知，向阳水库大坝工程经常性排水强度为 $200\text{m}^3/\text{h}$ ，其它单项工程基坑排水量较小，强度不超过 $20\text{m}^3/\text{h}$ 。

⑤隧洞排水

隧洞施工用水主要来源于石方洞挖、混凝土养护等。向阳水库引水隧洞总长 46.38km ，砼浇筑量为 24.12万 m^3 ，按养护 7 天计算，每天 8 次，每次用水量 $5\text{L}/\text{m}^3$ ，养护废水量共 6.75万 m^3 。引大济石引水隧洞总长 29.66km ，砼浇筑量为 15.42万 m^3 ，按养护 7 天计算，每天 8 次，每次用水量 $5\text{L}/\text{m}^3$ ，养护废水量共 4.32万 m^3 。废水中主要含 SS，SS 浓度约 2000mg/l 。

⑥生活办公区

施工期生活区将产生生活污水，施工期生活污水主要来源于施工人员和建设管理人

员洗涤、洗浴及食堂等生活用水。施工人员生活用水量按 150L/人·d，污水排放系数以 0.8 计算，本工程施工高峰期总人数为 6543 人，则施工期生活区高峰用水量 981m³/d，高峰期生活污水产生量为 785 m³/d，污水排放总量最大为 116.8 万 m³。生活污水主要污染物为 BOD₅、COD、SS 等，其中 BOD₅ 约 200mg/L，COD 约 400mg/L，SS 约 220mg/L。

（2）环境空气影响源

工程施工期环境空气污染物主要来源于施工作业面扬尘、机动车辆和施工机械排放的燃油尾气、炸药爆破粉尘、混凝土拌和系统粉尘以及施工道路扬尘等，主要污染物有 SO₂、NO_x 及 TSP 等。根据施工组织设计，大气污染源具有流动性和间歇性，且源强不大，施工结束后随即消失。

1) 施工作业面扬尘

工程区气候湿润多雨，植被覆盖度较高。主体工程土方开挖面、渣场等均会产生扬尘；扬尘产生量与作业面大小、施工机械、施工方法、天气状况及洒水频率等有关。工程区气候湿润，旱季一般只要定时洒水，扬尘对环境的影响较小。

2) 主体工程爆破

类比同类工程，爆破作业单位炸药产生的粉尘产生强度为 200kg/t、NO_x 产生强度为 15kg/t，根据施工组织设计，本工程共需炸药 887t，炸药爆破产生的粉尘（TSP）为 177.4t，NO_x 为 13.3t。爆破粉尘的影响范围有限，主要集中在爆破源附近，受风力作用向四周扩散，受影响对象主要为现场施工人员。

3) 交通运输扬尘及车辆尾气

据有关资料，施工过程中车辆行驶产生的扬尘约占施工总扬尘量的 60%以上。一般情况车辆行驶产生的扬尘在同样路面清洁程度下，车速越快，扬尘量越大；而在同样车速下，路面条件越差，扬尘量越大。一辆载重 30t 的汽车，在时速小于 60km 的情况下，估算其扬尘排放强度约为 500mg/s，在采取路面洒水措施后，扬尘排放强度可降至 50mg/s 左右。

4) 混凝土拌和系统粉尘

混凝土拌和粉尘主要产生于水泥运输、装卸及混凝土拌和进料过程中。据估算，在无防治措施的情况下，粉尘排放系数为 0.91kg/t，在采取除尘措施后，粉尘排放系数可降至 0.005kg/t。受该类粉尘影响的主要为施工人员。

5) 砂石加工系统粉尘

砂石加工系统在粗碎、筛分、中碎、细碎、制砂、运输等过程中均会产生粉尘。本工程共布置 1 套砂石料加工系统和 3 座碎石厂，生产能力分别为 257 t/h、27 t/h、和 17 t/h 和 29t/h。根据刘天齐主编的《三废处理工程技术手册·废气卷》中给出的参数，结合类比工程资料，确定本工程砂石料加工系统粉尘排放系数以 0.05 kg 粉尘/t 产品计算，则砂石料加工系统和碎石厂粉尘排放总量为 16.5kg/h。在采取先进、低尘破碎工艺和环境保护措施的前提下，除尘率将达到 99.9%以上，则 TSP 排放强度为 0.017kg/h。

砂石料加工系统粉尘粒径较大，易于沉降，污染范围有限，主要对现场工作人员产生影响。为降低系统粉尘对现场工作人员的影响，系统应安装除尘设备，并辅以洒水降尘，以降低现场粉尘。

6) 施工机械及车辆燃油

工程施工期使用的机械设备较多（挖掘机、推土机和破碎机等），运输设备大多是重型车辆，汽油和柴油使用量分别为 2342 t 和 1413t。根据柴油含氮量 0.03%、汽油含氮量 0.35%估算，NO_x 总排放量为 12.4t。燃油废气的影响对象主要为施工人员。

（3）噪声影响源

施工噪声主要来自施工开挖、钻孔、爆破、砂石料加工、混凝土拌和、辅助企业生产和交通运输等活动。

1) 交通运输

交通噪声源强与车辆载重类型、汽车流量和行驶速度密切相关。本工程主要采用自卸汽车（20t）运输，噪声强度为 70~90dB(A)。

2) 爆破作业

本工程需要进行大规模爆破作业的有大坝施工区、鱼道、料场和引水隧洞，爆破噪声强度与爆破点岩性、爆破方法及单孔装药量密切相关，最高爆破噪声强度可达到 125~132dB(A)。类比同类工程，本工程爆破噪声源强将达到 125dB(A)。

3) 砂石料加工

本工程设有 1 处砂石料加工系统和 3 座碎石厂，为固定、连续式噪声污染源。参照已建工程砂石料加工设备噪声实测资料，砂石料加工点声源源强均大于 90dB(A)，其中棒磨机和筛分楼噪声高达 115 dB(A)。噪声影响对象为现场操作人员。

4) 施工区噪声

施工区施工工厂噪声源主要来自于混凝土拌和系统、木材加工厂、钢筋加工厂、机械修理厂和汽车保养厂等施工工厂以及作业区施工机械噪声。

根据对同类工程施工期的实际监测数据，其中机械及汽车修理厂、转轮及金属结构拼装厂等施工工厂噪声源强一般在 70dB(A)以下；噪声源强较大的施工工厂主要为综合加工厂(包括钢筋加工和木板加工)、混凝土生产系统等，其噪声为间歇性点声源，噪声源强在 90~110dB(A)之间。

(4) 固体废物

1) 生产弃渣

工程共设 14 处集中弃渣场，弃渣总量约 309.32 万 m³，占地类型主要为废塘、荒沟或山坳，弃渣将按设计要求堆放于指定的渣场。

弃渣对环境的影响主要表现为对景观的影响和新增水土流失。各渣场将按照水土保持要求采取相应的工程措施和植物措施。为避免弃渣随意堆放造成水土流失，根据主体工程施工特点和施工布置要求，弃渣堆放于渠道两侧低洼处规划的弃渣场，施工期应对堆料做好苫盖防雨措施，减少扬尘和水蚀造成的水土流失量；施工结束后，对弃渣场进行土地平整、覆土、复耕，减少水土流失及对景观的影响。经采取措施后，弃渣对景观基本上没有大的影响，也不会产生大的水土流失问题。

2) 生活垃圾

施工高峰期现场施工人数为 6543 人，分散于 32 个施工区，生活垃圾产生量按 1kg/人·天计算，高峰时段各单项工程日产垃圾 0.43~6.54t。

(5) 生态影响源

工程施工对生态环境的影响表现在工程占地对土地资源的影响，施工活动对土壤和植被、野生动物的影响。工程征占地总面积为 24086.28 亩，其中永久征地 14635.51 亩，临时用地面积 9238.79 亩。工程占地将造成一定的土地资源和生物量损失。施工活动对土壤环境最直接的影响就是施工期各类施工机械的碾压和建筑物占压对土壤结构、肥力、物理性质的破坏。工程永久建筑物以及永久道路修建区的地表土壤在施工过程中彻底被占压覆盖，土壤性质永久改变不可恢复。施工临时设施占压及施工活动扰动区表层土壤结构、肥力、物理性质将被临时性破坏，施工结束后在采取恢复措施后将逐渐恢复。对

地表植被而言，与土壤相同，工程永久占地将对原地表植被造成一次性永久破坏；施工临时建设施占压和施工活动扰动区域等临时占地在施工结束后，通过采取一定的整治恢复措施，地表植被可以逐步得到恢复。

工程占地区植被由自然植被和人工植被组成，以人工栽植植被为主；人工植被主要有橡胶林、桉树林、槟榔园和农田作物等；自然植被由季雨林次生林和多种次生灌丛及草丛构成，主要分布在向阳水库淹没区。向阳水库淹没区有三棵国家二级保护植物龙眼树。工程施工区动物主要以蛇、鼠、蛙等两栖、爬行动物、鸟类及小型啮齿兽类为主。两栖类动物中蛙科和树蛙科种类最多，爬行类动物中游蛇科种类最多，鸟类以雀形目的种类最多。工程占地区和施工区有眼镜王蛇、黑鸢、蛇雕、黑喉噪鹛、蓝须夜蜂虎、白胸翡翠等国家二级重点保护野生动物；施工会对黑鸢、蛇雕产生明显的噪音和影像干扰影响，会直接对其在次生林上空的觅食、飞翔等活动产生干扰和影像阻隔，导致其活动范围发生改变和偏离，从而降低其在附近次生林的活动频率，导致该区遇见率降低，甚至进入到东北侧施工距离较远的干扰较小的次生林活动；但施工未对其生境产生破坏；施工结束后，施工干扰消失，动物活动范围可有效恢复。施工活动对工程区其他野生动物的栖息觅食影响不大。

3.5.2 淹没、工程征用地及移民安置环境影响

1、水库淹没

拟建向阳水库淹没影响区位于五指山市境内，涉及毛道乡、番阳镇和通什镇，永久用地面积 10044.77 亩（其中淹没区面积 9884.9 亩，蓄水影响区面积 159.87 亩），无临时用地，考虑防护工程后，工程永久用地面积 9832.79 亩。向阳水库建成蓄水后淹没库区原有陆地植被，会导致植被损失、植物数量和种类的变化；水库淹没将使部分土地资源永久性丧失，也会造成一定生物量和野生动物生境损失，导致野生动物种群数量、分布范围变化；水库蓄水运行，水面面积增加，水生生物生境面积扩大、水文条件的改变引起水生生物及鱼类资源种类和分布的变化。

水库淹没产生移民，占压部分专项设施，水库淹没及工程占地对当地土地资源造成一定的压力，影响当地居民的生活质量和生活方式。枢纽工程永久占地将使局部范围内的原有植被和土壤环境彻底丧失或严重受损，受损数量相对较少。临时占地在停止使用后，可逐步得到恢复。

2、工程征用地

工程征用地的影响主要体现在生态方面，对土壤环境而言，工程建设最直接的影响就是施工期各类施工活动和占地对土壤结构、肥力、物理性质破坏的影响；对地表植被而言，存在对占用土地植被的一次性破坏；在占地类型上，永久占地将使局部范围内的原有植被和土壤环境彻底丧失或严重受损；临时占地区在停止使用并采取环保措施后，可逐步得到恢复。

昌化江水资源配置工程建设征收（用）地总面积为 24086.28 亩，其中永久用地面积 14847.49 亩，临时用地面积 9238.79 亩。永久用地包括国有土地 1927.57 亩，集体土地 12919.92 亩，按工程划分为向阳水库工程 10730.94 亩，乐东引水工程 152.20 亩，乐亚灌区 797.93 亩，石碌灌区 2992.56 亩，向阳隧洞 97.33 亩，引大济石隧洞 76.53 亩。临时用地包括国有土地 2916.75 亩，集体土地 6342.63 亩；按工程划分为向阳水库工程 268.00 亩，乐东引水工程 335.14 亩，乐亚灌区 2203.09 亩，石碌灌区 4306.35 亩，向阳隧洞 1289.49 亩，引大济石隧洞 836.72 亩。

施工活动将会使工程占地范围内大部分的地表植被受到不同程度的破坏，原有植被类型的结构发生变化，植物个体数量减少，水土保持功能降低，动物的栖息和活动范围减小。本工程永久用地类型多为耕地、园地和林地，临时占地还涉及部分草地，植被以人工栽培植物为主，永久占地将产生一定的生物量损失，临时占地也将造成这些土地在施工期内生产能力丧失，损失一定生物量，但施工结束后，可逐步恢复。

3、移民安置

（1）生产安置

本工程采取农业安置、一次性补偿的方式进行生产安置。其中，向阳水库工程建成后，毛道村、毛枝村等各行政村仍保留大多数的橡胶园地，生产安置采用农业安置、一次性补偿的方式；隧洞工程不涉及较大范围的永久征地，生产安置采用一次性补偿的安置方式；灌区是线性工程，工程的永久征收耕地数量占涉及行政村现有耕地数量比例仅为 0.01%~4.02%，远远低于 10%，对行政村的耕地影响很小，所有的生产安置人口都能在本村内实现农业安置，一次性补偿后移民可以通过土地调整，满足农业生产的需要。

本工程规划水平年农村生产安置 761 人，其中向阳水库工程规划生产安置人口 391 人，灌区和隧洞等其他工程规划生产安置人口 370 人。五指山市水库防护工程新增耕地

122.37 亩，可对当地生态环境造成一定影响。生产安置可能对移民原有经济水平和社会生活产生一定影响。

（2）搬迁安置

昌化江水资源配置工程规划搬迁安置人口 3406 人，其中：农村规划搬迁安置人口 2656 人，包括水库淹没区农村搬迁安置人口 2515 人，其他水利工程区（乐东引水工程、石碌灌区和乐亚灌区）规划设计水平年农村搬迁安置人口 141 人，枢纽坝区工程无农村搬迁安置人口；集镇规划搬迁人口 750 人。

本工程移民搬迁安置居民点建设采取就近集中安置为主、分散安置为辅的安置方式。工程规划设计水平年对水库淹没移民的搬迁和毛道乡政府迁建一并规划，新建 2 个移民集中安置点，其中毛道村移民（1487 人）和毛道乡政府（750 人）安置于毛道集镇安置点，规划安置人口 2237 人，新征安置用地 390.1 亩；毛枝村移民集中安置于毛枝村安置点，规划安置人口 1028 人，新征安置用地 154.2 亩。对灌区等其他工程移民采取就近后靠分散的安置方式，规划安置人口 141 人，新征安置用地 16.9 亩，均在本行政村范围内进行安置。

4、专项复建

昌化江水资源配置工程影响的专项设施包括交通道路 68.10km，跨河桥梁 5 座；输电线路 57.79km，通信线路 361.12km，供水管道 39.81km，燃气管道 0.04km，国防光缆 0.14km，毛道乡污水处理厂 1 座，村污水处理设备 6 套，小型水利水电设施，水电站 2 座，水文雨量站 1 座。主要为向阳水库淹没影响。

3.5.3 初期蓄水环境影响因素分析

向阳水库蓄水初期河道截流造成下游水量减少，库区南圣河河段水位由原天然状态逐步升高至死水位，库区河段由流水生境转变为静水生境，向阳水库库内水质、水温与原天然状态会有所差异；第五年 4 月初导流底孔下闸封堵并开始蓄水，蓄水期间向阳水库按 $2.26\text{m}^3/\text{s}$ 生态流量泄流，库区及坝下河段水文情势、水动力条件改变，泥沙情势也随之改变，对库区和坝下水生生境会有不同程度的影响，从而对水生生物产生影响。

3.5.4 运行期工程分析

1、运行期环境影响因素分析

（1）水源区

工程运行期主要是向阳水库供水运行导致南圣河下泄水量及水量过程改变，坝址下游河段的水文泥沙情势改变，使得坝址至南圣河河口、乐中水、昌化江干流以下至河口区间的地表水资源量补给量减少，同时乐东引水工程、引大济石工程取水导致昌化江干流大广坝以下产生叠加影响，水量进一步减少，进而引起昌化江干流水生生态环境变化；库区较天然河道水深增加，下泄水流水温较天然状态有所改变；库区水面面积增加导致蒸发加剧，局部生态环境有所改变；此外，水库管理人员的生活污水排放及生活垃圾堆放可能对周边水域产生一定影响。

此外，由于上游向阳水库、乐东引水工程的跨流域调水、下游引大济石工程的流域内调水将使得昌化江河口入海水量发生变化，潮汐对河段水文情势有一定影响，本次评价主要通过建立模型模拟工程运行前后，多年平均、25%、50%、75%和 90%等不同来水频率下河口段潮汐上溯距离变化以反映潮汐对河口断面水文情势的影响。

（2）受水区

对于本工程受水区范围的环境影响主要表现为：灌区供水导致区域水资源配置改变，由此造成受水区内直接受水河流石碌河、望楼河、宁远河以及间接受水河流藤桥河、三亚河等的水文情势变化，进而对河流水生生态环境造成一定影响；灌溉面积增大，灌溉退水增加，会增加退水河流的水质污染风险；工程建设及灌区田间配套设施修建，对区域陆生生态环境和地下水环境产生影响；此外，还需关注受水区城镇及工业供水新增污水出路分析，落实先治污后调水原则，落实受水区水污染防治规划中的相关治污措施。

2、运行期污染源强分析

（1）噪声

本项目运行期向阳水库及向阳引水隧洞、引大济石引水隧洞等一般无噪声产生，主要噪声来自乐东引水工程的乐东泵站及灌区各泵站。

（2）固体废物

昌化江水资源配置工程运行期间，设置管理人员 176 人，运行期产生的固体废物主要是管理人员产生的生活垃圾。各管理中心或管理处均按人数设置适量垃圾桶收集生活垃圾，按 $0.5\text{kg}/\text{人}\cdot\text{d}$ 计算，各管理中心生活垃圾最大产生量约 $40.5\text{kg}/\text{d}$ ，累计产生量 $88.0\text{kg}/\text{d}$ ，交由当地环卫部门统一处置。

（3）废水

昌化江水资源配置工程引水隧洞及输水管线运送的是昌化江流域向阳水库以及昌化江干流的原水，不排放任何污染物。即使发生泄漏，也不排放任何污染物，对周围环境影响较小。

（4）废气

工程运行期主要产生废气为备用柴油发电机使用时产生的燃油废气，主要污染因子为 SO₂、NO_x、非甲烷总烃等。项目在向阳水库坝区溢洪道设 1 台柴油发电机组作为应急电源，灌区干渠、分支渠按管理段每段配 1 台 1 移动式柴油发电机作为备用电源。项目用电采用双电源供电，向阳水库坝区日常用电采用 10kV 专用架空线路，停电概率较低；灌区干渠、分支渠配套的涵闸用电电源均引自其附近 380V 低压架空线路，可靠性相对较低；由于各柴油发电机距离周边敏感点相对较远，运行期废气对周边环境影响很小。

4 环境概况

4.1 自然环境

(1) 地形地貌

工程所在区地势东北高西南低，东北部为山地和丘陵，西南沿海为平原和台地，地貌有山地、谷地、丘陵、台地、平原、海积阶地、沙滩等 7 种，海拔超过 1500 米的山峰有五指山、鹦哥岭，多数山脉在 500 米至 800 米之间。

乐亚工程区位于海南岛西南部，属于南部山地丘陵区，主要发育中低山、丘陵地貌。北东-南西走向的五指山山地为其地貌骨架，坐落在海南岛中央偏南位置，高程在千米以上的山峰有 80 多座，最高达 1867m（五指山）。工程区海拔大于 500m 的中低山区面积约占 50%，海拔 100m~500m 的丘陵区约占 30%，台地、平原、谷地、山间盆地约占 20%。

区内沟谷纵横、水系发育，大致以五指山为中心，呈放射状向西南分布，向阳水库及引水线路主要江河有昌化江、万泉河、陵水河、宁远河、藤桥溪、望楼河、感恩河等，一般源短流急，常暴涨暴落，拟建向阳水库、引水线路之南木支线处于昌化江流域内，引水线路主洞则地跨昌化江流域及宁远河流域。

引大济石引水线路位于海南岛南部山地丘陵区中的坝王岭—南高岭花岗岩变质岩山地丘陵亚区。昌化江流域内整个地形东南高西北低，主要山脉近南北走向，山岭高程 300~1600m。昌化江在工程区附近为乐东县城至叉河镇的中游段，总体流向为自南向北。工程区内小的沟谷较多，大多为东南流向西北或西北流向东南，再流入南阳河或鸡心河等较大的支流后，汇入昌化江。

乐东引水工程位于乐东县中部东北—西南展布的丘陵盆地地貌区内，盆地内主要地貌类型为台地，丘陵主要分布于盆地边缘，盆地中央局部见北东—西南向长条状零散丘陵。昌化江由东北至西南从东北部盆地中央流过，于乐东县城附近折向西北流入南海。昌化江为山地河流，河深水急，落差较大，狭窄的河谷平原和阶地于两岸断续出现，平原及阶地上分布有第四系河流冲积物。

乐亚灌区地势上大体表现为东北高、西南低，灌区主要两条水源河流宁远河、望楼

河均为由东北流向西南入海。河流上游地貌类型以中山为主，山高坡陡，山谷狭窄，中游为低山丘陵地貌，发育有大小不等的山间盆地，下游一般为海拔 50 米以下的滨海平原和台地，低平开阔。灌区两座水源水库石门水库及大隆水库均位于河流中下游，属低山丘陵地貌区。

石碌灌区位于昌江黎族自治县西北部，地势整体东南高西北低，自西北向东南，由平原阶地—台地—丘陵—山地逐级上升。高程由海平面逐级形成西北海积平原、中部侵蚀-剥蚀台地、丘陵，东南山地的背山面海的地理环境。

（2）气象条件

乐东县属热带海洋季风气候，光照充足，热量丰富，雨量充沛。全县多年平均降雨量 1400mm，降雨分布不均，其中 5~10 月约 80%，11 月~次年 4 月不足 20%；同时，地区分布也不均，山区年降雨量 1400~1800mm，沿海地区 1000~1300mm。全县多年平均蒸发量 1800~2300mm，西南多东北少。常年平均温度沿海地区 25~26℃、山区 19~20℃，多年平均风速沿海 3.9m/s、山区内陆 2m/s。年均日照量 2000 小时左右。

三亚市地处热带北缘，多年平均气温 25.5℃，长夏无冬，具有热带海洋性季风气候的特点。年极端最高气温 35.7℃，极端最低气温 5.1℃，年日照数为 2031.6~2586.5h；多年平均风速 2.6 m/s。全市多年平均降水量 1462mm，降水在时空分布上明显不均，全年约 80%的降雨量集中在 6~10 月，东部地区雨水相对充沛，西部地区则干旱少雨。

昌江县属我国典型的干湿季交替的热带季风气候区，多年平均气温 24.4℃，极端最高气温为 37.5-41.5℃，多年平均日照时数为 2000-2600h；年平均降水量为 1345mm，年平均蒸发量在 1500-1900mm 之间；降雨量年际变化较大，据统计，最大年 2001 年降雨 2412mm，是最小年 1987 年降雨 773mm 的 3.1 倍，年内降雨主要受台风影响，集中在 5 月~10 月，降雨量约占全年的 88.5%，由于雨量集中，水资源多以洪水出现，难以利用。

（3）河流水系

昌化江是海南省第二大河流，干流发源于五指山北麓空禾岭，五指山市水满乡的冲毛河，向北流至红毛镇以 45°转弯折向西南，循五指山、莺歌岭间的深谷前行，至什运、毛阳及番阳附近有支流毛阳河、南圣河汇入；至乐东县城后折向西北，先后纳入乐中水、大安水和南巴水；横过莺歌岭余脉峡谷，有南绕河汇入；过广坝后纳入七叉水、东方水；

至叉河纳入石碌河，后转向西行，于昌化港入海。干流流经琼中、五指山、乐东、东方和昌江 5 县、市，全长 231.6km，流域面积 5150km²，平均坡降 1.39‰，落差 1166m。

昌化江干流在番阳以上属上游，长79km，什运以上河道平均坡降25.5‰，什运至番阳河道平均坡降1.93‰。番阳至叉河为中游，长118km，在东方市的广坝处，河床骤然下跌40m，广坝跌水以上至番阳河道平均坡降0.92‰，广坝跌水以下至叉河，河长30km，坡降1.21‰。叉河以下属下游，长35km，河道平均坡降0.41‰。昌化江干流上已建有大广坝水库和戈枕水库两座大型水库。

石碌河系昌化江支流，发源于白沙县境斧头岭，全长59.6km，平均坡降5.61‰，总落差712m，流域面积546km²，多年平均流量13.2m³/s，中下游建有大（二）型石碌水库。

望楼河是乐东县独流入海的最大一条河流，为海南省第 7 大河流，发源于乐东县西部尖峰岭南麓，全长 99.1km，流域平均宽度 8.35km，流域面积 827.3km²，干流坡度 3.78‰，落差 800m，由河源至溪宛，河床比降很陡，溪宛以下比较平缓，但在响水附近落差集中达 40 余米。望楼河主要支流有 7 条，其中最大支流千家河发源于三亚市串家岭，流域面积 125km²，长度 19.3km，河道平均坡降 7.62‰，总落差 355m。干流已建有大型长茅水库和中型石门水库。

宁远河是海南省的第 5 大河流，发源于五指山南麓之保亭县红水岭，河流自东北流向西南，在三亚市崖城镇保平港附近入南海，全长 83.5km，流域面积 1020km²，河床平均坡度 4.62‰，天然总落差 1101m，多年平均流量 20.6m³/s。宁远河流域近似长方形，流域平均宽度 12.20km，地势东北高而西南低。宁远河干流中、上游河道陡峻，水能资源较为丰富，中游多为丘陵，抱古以下多为河口冲积平原、台地，河道平缓，河床淤积，汛期洪水渲泄不畅，常造成崖城、保港一带严重洪灾。已建有大（二）型大隆水库。

（4）水文泥沙

项目范围内水文测站有毛枝、通什、乐东、宝桥、陀兴、雅亮、茸鹿和亲天峡站。其中毛枝、乐东、宝桥、雅亮站实测系列超过30年，通什站24年、亲天峡站19年，陀兴、茸鹿站资料系列较短，不足15年，由于感恩河、望楼河无实测站点，所以将陀兴站、茸鹿站列入参证站。大隆、大广坝和石碌水库分别有8、20和19年的水情观测资料，可用于径流分析。

根据流域地形地貌、降水特征，寻找合适的参证站，考虑年降水量、流域面积两项

参数,采用水文比拟法进行计算。然后,按照等值线法计算的多年平均径流量,对径流系列值进行修正。经计算,调入区长茅坝址多年平均天然径流量为1.71亿 m^3 、石门坝址3.07亿 m^3 、毛拉洞坝址0.93亿 m^3 、大隆坝址7.24亿 m^3 、赤田坝址1.92亿 m^3 、半岭坝址0.19亿 m^3 、水源池坝址0.71亿 m^3 、石碌坝址3.0亿 m^3 ;调出区向阳坝址多年平均天然径流量为7.14亿 m^3 、南木坝址1.78亿 m^3 、大广坝坝址32.31亿 m^3 、戈枕坝址36.4亿 m^3 ;陀兴水库坝址多年平均天然径流1.36亿 m^3 。

海南岛河流含沙量季节性变化较大,主要受降雨和径流变化的影响。枯水期河水清澈,很多河流含沙量小到可以忽略不计,洪水期河水较混浊,最大含沙量多出现于9~10月,与最大月径流量出现的月份基本一致。坝址处无实测泥沙资料,昌化江中下游的亲天峡水文站具有1956年至1975年悬移质泥沙测验资料。本次水库坝址泥沙直接采用亲天峡整编泥沙成果与亲天峡(后期采用乐东三站资料延长)年均径流进行插补延长计算。根据收集到的亲天峡12年同期悬移质泥沙实测资料与年均流量相关关系,插补延长亲天峡站年输沙资料,得亲天峡站多年平均输沙模数 $299.5\text{t}/\text{km}^2$ 。向阳水库坝址处多年平均年输沙模数按 $299.5\text{t}/\text{km}^2$ 计算,多年平均悬移质输沙量19.23万t。由于缺乏推移质资料,拟采用推移质占悬移质比例系数法估算推移质来量。参考本区工程资料,本设计取推悬比为0.2,按此推算,向阳水库坝址处多年平均推移质输沙量为3.85万t。

(5) 工程地质

乐亚工程区位于华南褶皱系之五指山褶皱带中的五指山隆起区,主要构造形迹有:昌江——琼海东西向断裂带、尖峰——吊罗东西向断裂带、戈枕——临高北东向断裂带、琼西南北向断裂带。区域内和近场区地震活动均不发育,工程区相应地震基本烈度为Ⅵ度。工程区区域稳定性较好。向阳引水隧洞13条施工支洞(或竖井)中,工程地质条件较好的3条,围岩类别以Ⅱ类为主,少量Ⅲ类;工程地质条件较差的8条,围岩以Ⅲ~Ⅳ为主,少量Ⅱ类;工程地质条件差的有两条,受断层影响,围岩为Ⅲ~Ⅳ类,开挖支护工程量大。

引大济石引水线路工程为全线无压隧洞方案,进口位于大广坝水库右坝头东南约1.7km大广坝水库库边,总长29.661km。进口明挖段,底板高程基本为微风化~新鲜岩体中,上部为全~强风化岩体建议坡面分台阶开挖,边坡面应采取一定的抗冲刷措施;桩号0+000~6+500段拟采用钻爆法施工,洞身总体位于微风化~新鲜花岗岩中,洞轴线

方向与主要构造方向小角度斜交，隧洞围岩分类以Ⅱ类和Ⅲ类为主，工程地质条件总体较好，隧洞洞身局部不稳定需支护；桩号 6+500~26+070 段拟采用 TBM 法施工，洞身总体位于微风化~新鲜花岗岩中，TBM 施工适宜性分级为大多为基本适宜（B），局部适宜性差（C）；桩号 26+070~29+461 段拟采用 TBM 法施工，洞身位于沉积岩或后期侵入的花岗斑岩岩墙中，岩体总体破碎，围岩分类以Ⅳ类和Ⅴ类为主，隧洞突水、涌水以及受高外水压力可能性较大，工程地质条件差，围岩总体需支护，TBM 施工适宜性分级为不适宜性；桩号 29+461~29+661 段拟采用钻爆法施工，洞身岩体总体为碎裂或镶嵌结构，洞身围岩极不稳定，围岩破碎，地下水富集，岩体稳定性差，围岩类别以Ⅴ类为主。

乐东提水泵站各建筑物设计建基面均位于花岗岩上，花岗岩承载力最低在 250kPa，基本满足上部荷载要求。基坑开挖边坡土层主要为粘土质砂、花岗岩残积土及花岗岩，花岗岩主要为全~强风化层。基岩风化较深。各岩土层强度较高。

乐亚灌区相应地震基本烈度为Ⅵ度。工程区场地和地基基本稳定。场地为花岗岩地区，属区域稳定性好地段，场地平缓，拟建工程沿线未见滑坡、泥石流等不良动力地质现象，不存在渠道建成后可能引起的土壤盐碱化、沼泽化等环境地质问题。

石碌干渠引水隧洞桩号 0+000~0+296 明挖段基本由全~强风化粉砂岩组成；桩号 0+296~0+676 段，围岩以全~强风化粉砂质泥岩为主，薄层状结构，岩体总体完整性差，围岩分类以Ⅴ~Ⅳ类为主局部Ⅲ类；桩号 0+683.5~760.5 段，该层强度较高，基本为成土状的全风化粉砂岩泥岩，局部夹有强风化岩块。

4.2 社会环境

1、人口与民族

乐东县辖抱由镇、万冲镇、大安镇、志仲镇、千家镇、九所镇、利国镇、黄流镇、佛罗镇、尖峰镇、莺歌海镇 11 个镇，三个农场。2020 年末全县户籍人口 549637 人，比上年末增加 6105 人。按民族分，汉族 336857 人，占总人口的 61.3%；黎族 207103 人，占总人口的 37.7%；苗族 3144 人，占总人口的 0.6%；壮族 1909 人，占总人口的 0.3%；回族 47 人，占总人口的 0.01%；其他民族 577 人，占总人口的 0.1%。

三亚市辖海棠、吉阳、天涯、崖州 4 个行政区，境内有南田、南新、立才和南滨 4

个国有农场。2020 年末全市户籍人口 669346 人，比上年末增加 34977 人。按民族分，汉族 403653 人，占总人口的 60.3%；黎族 241936 人，占总人口的 36.2%；回族 10737 人，占总人口的 1.6%；苗族 4255 人，占总人口的 0.6%；壮族 2608 人，占总人口的 0.4%；其他民族 6157 人，占总人口的 0.9%。

昌江县辖石碌镇、叉河镇、昌化镇、海尾镇、乌烈镇、十月田镇、七叉镇、王下乡 8 个乡镇和红林农场。2020 年末全县常住人口 23.21 万人，比上年减少 0.4 万人，其中城镇常住人口 14.10 万人，占总人口的比重（常住人口城镇化率）为 60.75%。；按民族分，汉族人口 141560 人，占 60.98%；少数民族人口 90564 人，占 39.02%。少数民族人口中，黎族人口 86864 人、壮族人口 1352 人、苗族人口 675 人、其他民族人口 1673 人。

2、社会经济

昌江县 2020 年全县实现地区生产总值 124.12 亿元，按不变价格计算，同比下降 0.9%。其中，第一产业增加值 33.82 亿元，同比增长 1.8%；第二产业增加值 49.44 亿元，同比下降 2.2%；第三产业增加值 40.86 亿元，同比下降 1.5%。三次产业结构比为 27.3: 39.8: 32.9。按年平均常住人口计算，全县 2020 年人均地区生产总值 53019 元，同比下降 0.7%。

三亚市 2020 年全市生产总值（GDP）695.41 亿元，按可比价格计算，比上年增长 3.1%。其中，第一产业增加值 79.16 亿元，增长 2.2%；第二产业增加值 113.30 亿元，增长 3.0%；第三产业增加值 502.95 亿元，增长 3.2%。三次产业结构调整为 11.4:16.3:72.3。

乐东县 2020 年全县实现地区生产总值（GDP）151.11 亿元，按不变价格计算，比上年增长 2.2%。按三次产业划分，第一产业增加值完成 82.78 亿元，增长 3.4%；第二产业增加值完成 18.83 亿元，增长 0.9%；第三产业增加值完成 49.50 亿元，增长 0.7%。三次产业结构为 54.8:12.6:32.8。按年平均常住人口计算，全县人均地区生产总值 31729 元，比上年增长 6.7%。

4.3 生态敏感区

工程所在区域内无世界文化和自然遗产地、地质公园、文物古迹等环境敏感区，位于本次工程影响范围内的环境敏感保护目标主要有国家公园、自然保护区、森林公园、饮用水水源保护区。包括海南热带雨林国家公园、霸王岭国家级自然保护区、俄贤岭省

级自然保护区、霸王岭国家森林公园、石碌水库饮用水水源保护区、大广坝水库饮用水保护区。详见表 4.3-1~表 4.3-4。

表 4.3-1 工程涉及的国家公园

序号	名称	级别	位置	始建时间
1	海南热带雨林国家公园	国家级	五指山、琼中、白沙、昌江、东方、保亭、陵水、乐东、万宁 9 市县	2021 年 9 月

表 4.3-2 工程涉及的自然保护区

序号	名称	级别	位置	始建时间	主要保护对象
1	霸王岭国家级自然保护区	国家级	昌江县、白沙县	1988 年	海南长臂猿及其栖息地、热带雨林及其生态系统
2	俄贤岭省级自然保护区	省级	东方市、昌江县	2019 年 3 月	喀斯特地貌、野生动植物资源和热带雨林生态系统

表 4.3-3 工程涉及的饮用水水源保护区

序号	水源地名称	类型	建立时间
1	石碌水库饮用水水源保护区	水库型	2007 年 11 月
2	大广坝水库饮用水水源保护区	水库型	规划

表 4.3-4 工程涉及的森林公园

序号	名称	级别	地理位置
1	霸王岭国家森林公园	国家级	昌江县

4.4 水资源及其开发利用

4.4.1 水资源量及年际变化

1、水资源总量

评价范围内多年平均地表水资源量 80.1 亿 m³，地下水资源量 25.18 亿 m³，多年平均地下水与地表水资源量不重复总量为 0.864 亿 m³，水资源总量为 104.42 亿 m³。

根据《第三次海南省水资源调查评价报告》，按行政区范围统计，1956-2016 年长系列资料，水资源总量最多的为乐东县 22.52 亿 m³；其次为三亚市和东方市，水资源总

量分别为15.44亿 m^3 、14.56亿 m^3 ；昌江县和五指山市水资源总量较少，分别仅为12.7亿 m^3 、11.38亿 m^3 。

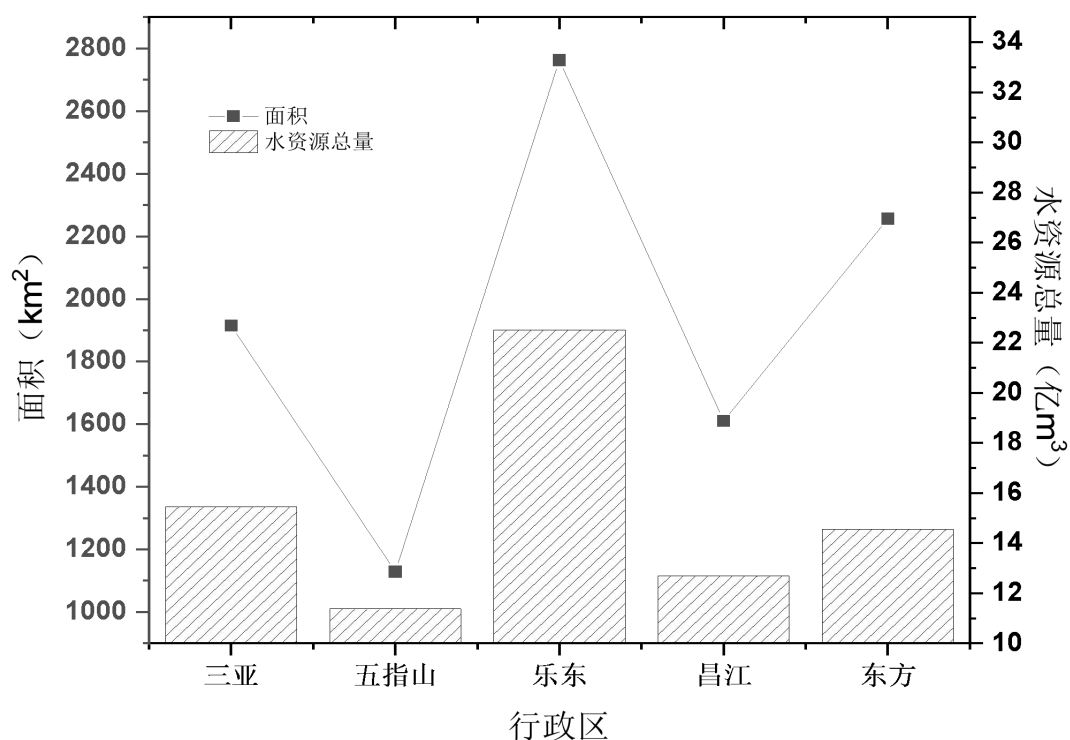


图4.4-1 评价范围内行政区水资源总量

2、地表水资源量

根据1967-2015年长系列水文数据，工程水源区向阳水库坝址、南木水库坝址、大广坝水库坝址、戈枕水库坝址、宝桥断面多年平均天然径流量分别为7.14亿 m^3 、1.78亿 m^3 、32.31亿 m^3 、36.4亿 m^3 、40.65亿 m^3 ；受水区长茅水库坝址、石门水库坝址、大隆水库坝址、赤田水库坝址、半岭水库坝址、水源池水库坝址、石碌水库坝址断面多年平均天然径流量分别为1.71亿 m^3 、3.07亿 m^3 、7.24亿 m^3 、1.92亿 m^3 、0.19亿 m^3 、0.71亿 m^3 、3.0亿 m^3 。

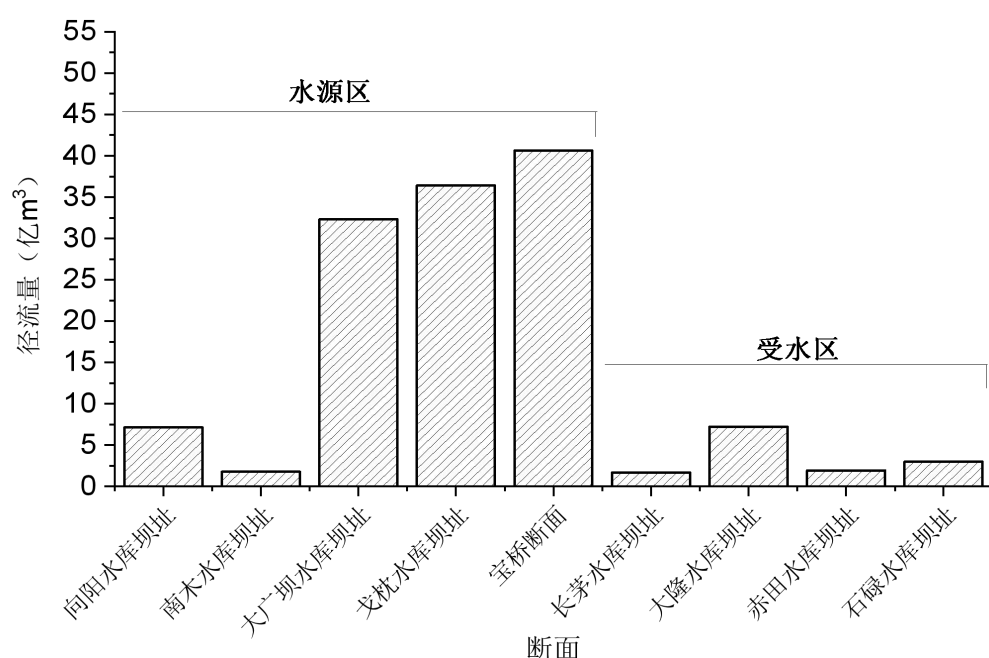


图4.4-2 主要断面天然径流量

3、水资源量年际变化分析

海南径流年际变化大、丰枯悬殊，径流丰枯现象以年为单位交替出现，大旱出现的频率约为 10 年一遇。近 50 年大旱年份分别为 1959-1960 年、1969-1970 年、1977-1978 年、1988-1989 年、2003-2004 年。评价范围内主要河流地表径流量年际变化见图 4.4-3。昌化江最大径流量为 73.33 亿 m^3 （1978 年），最小径流量为 12.61 亿 m^3 （1969 年），极值相差 5.82 倍；望楼河最大径流量为 11.28 亿 m^3 （2013 年），最小径流量为 1.40 亿 m^3 （1969 年），极值相差 8.06 倍；宁远河最大径流量为 15.67 亿 m^3 （2013 年），最小径流量为 2.18 亿 m^3 （1969 年），极值相差 7.19 倍。

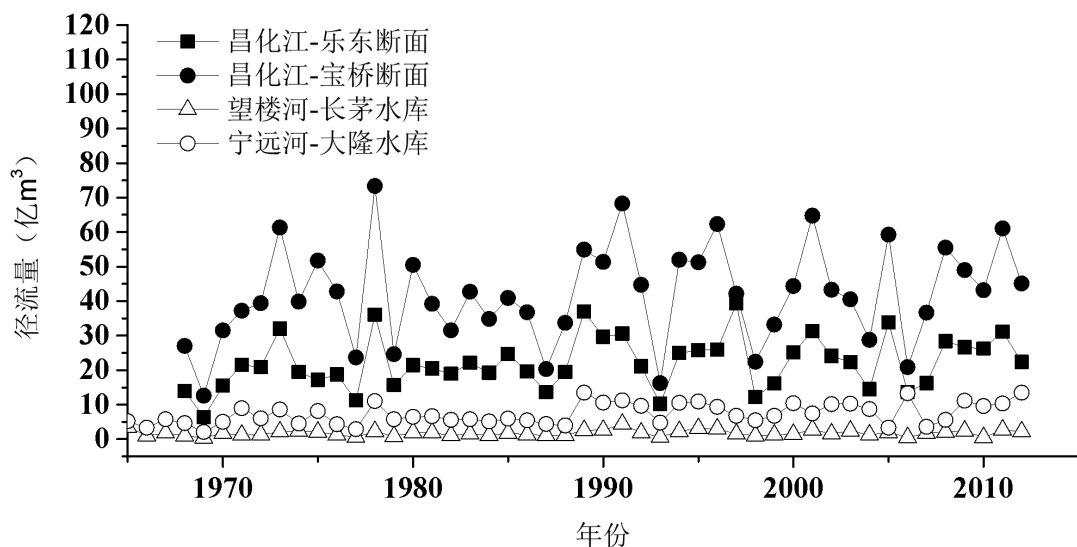


图 4.4-3 项目区主要河流径流量年际变化

4.4.2 水利工程建设现状

本工程分析范围共有水库 317 座，总库容 36.21 亿 m^3 ，兴利库容 24.73 亿 m^3 。其中，大广坝、大隆、长茅等大型水库 6 座，总库容 27.08 亿 m^3 ，兴利库容 19.42 亿 m^3 ；中型水库 17 座，总库容 5.58 亿 m^3 ，兴利库容 3.10 亿 m^3 ；小型水库 285 座，总库容 3.55 亿 m^3 ，兴利库容 2.21 亿 m^3 ；塘坝 217 处，总库容 0.11 亿 m^3 。与本项目关系密切的水利工程有大隆水库、赤田水库、水源池水库、半岭水库、长茅水库、石门水库和南木水库等。

大隆水库坝址位于三亚市西部的宁远河中下游，建成于 2008 年 8 月。坝址以上集雨面积 749 km^2 ，占全流域面积的 73.4%，多年平均径流量 6.84 亿 m^3 。枢纽工程主要由土坝、溢洪道和引水隧洞以及水电站组成，总库容 4.68 亿 m^3 ，死库容 0.43 亿 m^3 ，正常蓄水库容 3.93 亿 m^3 ，防洪库容 1.48 亿 m^3 ，属多年调节水库，是具有防洪、供水、灌溉兼发电等综合效益的大（二）型水利工程。

赤田水库位于藤桥西河下游，建成于 1993 年 12 月。坝址以上集雨面积 221 km^2 ，多年平均径流量 17125 万 m^3 ，总库容 7710 万 m^3 ，兴利库容 4740 万 m^3 ，正常水位 23m，死水位 12m，是以城市供水为主，灌溉、防洪综合开发利用的中型水库。

水源池水库位于三亚市凤凰镇北部，三亚河干流槟榔水中下游，距离三亚市区 12km，是一座以供水为主、兼有防洪、灌溉、发电等综合效益的中型水库，建成于 1990 年 10 月。坝址以上集水面积 86.25 km^2 （其中福万水库控制面积 33.25 km^2 ）。水库正常蓄水

位为 45.10m，对应库容为 1300 万 m^3 ；校核洪水位 45.25m，相应总库容 1410 万 m^3 。

半岭水库位于三亚市田独镇西北部，三亚河支流半岭水上游，距离三亚市区 12km，是一座以灌溉为主、兼有供水、防洪等综合效益的中型水库，建成于 1960 年 2 月。坝址以上集水面积 24.0 km^2 ，水库正常蓄水位为 53.276m，对应库容 834 万 m^3 ；校核洪水位 56.83m，相应总库容 1384 万 m^3 。

长茅水库位于乐东黎族自治县望楼河中游，建成于 1964 年 8 月。坝址以上集雨面积 256 km^2 ，多年平均径流量 1.70 亿 m^3 。水库校核洪水位 163.65m，设计洪水位 161.55m，正常蓄水位 160.1m。总库容 1.42 亿 m^3 ，正常库容 1.11 亿 m^3 ，有效库容 1.05 亿 m^3 ，设计灌溉面积 17.30 万亩，是一宗以灌溉为主兼有防洪、发电、养殖等综合效益的大（2）型水库。

石门水库位于望楼河中下游，建成于 1974 年 5 月。坝址以上至长茅水库区间集雨面积 256.5 km^2 ，多年平均降雨量 1380mm，多年平均径流深 480mm，多年平均来水 1.38 亿 m^3 。水库校核洪水位 53.46m，设计洪水位 51.64m，正常蓄水位 44.1m。水库总库容 6548 万 m^3 ，正常库容 2080 万 m^3 ，有效库容 2000 万 m^3 ，灌溉面积已计入长茅灌区，是一宗以灌溉为主兼有防洪、发电、养殖等综合效益的中型水库。

南木水库位于昌化江支流乐中河下游，始建于 1956 年 8 月，为引水入长茅水库，1969 年扩建，1970 年竣工。坝址以上集雨面积 230.4 km^2 ，多年平均径流量 1.12 亿 m^3 。水库校核洪水位 181.67m，设计洪水位 180.78m，正常蓄水位 177m。水库总库容 2000 万 m^3 ，正常库容 580 万 m^3 ，有效库容 535 万 m^3 ，设计灌溉面积 1.0 万亩，是一宗以灌溉为主兼有防洪、养殖、引水等综合效益的中型水库。南木水库至长茅水库引水渠全长 34km，设计引水流量 8~10 m^3/s ，除沿途灌溉 1.0 万亩外，每年可引水至长茅水库 2800~5000 万 m^3 。

大广坝水库位于东方市东河镇，建成于 1995 年 12 月。处于东方市境内昌化江中游，具有发电、灌溉、供水等综合效益，是昌化江梯级开发中唯一大型综合利用的水利水电工程，也是海南省最大的水电工程。枢纽坝址以上控制流域面积 3498 km^2 ，占昌化江全流域面积的 69%，多年平均流量 97 m^3/s ，多年平均年径流量 30.07 亿 m^3 ，水库正常蓄水位 140.842m，总库容 17.1 亿 m^3 ，有效库容 13.15 亿 m^3 ，为多年调节水库。电站装机容量 240MW，多年平均发电量 5.04 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。灌区设有 5 大灌溉系统：大广坝高干渠、

戈枕中干渠、戈枕低干渠、昌江干渠、乐东干渠灌溉系统，灌溉面积 23.5 万亩。现大广坝高干渠为东河水厂供水水源。

戈枕水库建成于 2009 年 12 月，控制流域面积 4082km²，占全流域面积的 80%。多年平均流量 113m³/s，多年平均来水量 36.06 亿 m³。戈枕水库正常蓄水位 54.842m，相应库容 1.04 亿 m³，总库容 1.45 亿 m³，属大（2）型水利工程，配水供给中干渠、低干渠和昌江干渠，共计设计灌溉面积 64.55 万亩。

石碌水库位于昌江县石碌镇东南 5km 处，处于昌化江第二大支流石碌河中游段，建成于 1976 年 12 月。水库集雨面积 353.63km²，正常蓄水位 125.5m，相应库容 9888 万 m³，2000 年一遇校核洪水位 127.37m，总库容 12100 万 m³，是一座以灌溉为主，兼有防洪、供水、发电等综合效益的大（二）型水利枢纽工程。

4.4.3 供水现状

本工程主要涉及三亚、乐东、五指山、昌江、东方 5 个市县。依据《2019 年海南省水资源公报》统计数据显示：

（1）三亚市总用水量 3.25 亿 m³，其中农业用水 1.332 亿 m³、工业用水 0.083 亿 m³、生活用水 1.703 亿 m³、生态环境用水 0.132 亿 m³；耗水量 1.337 亿 m³，耗水率 41.1%；供水量 3.25 亿 m³，地表水供水量 2.99 亿 m³，地下水供水量 0.065 亿 m³。

（2）乐东县总用水量 3.835 亿 m³，其中农业用水 3.48 亿 m³、工业用水 0.046 亿 m³、生活用水 0.275 亿 m³、生态环境用水 0.034 亿 m³；耗水量 1.826 亿 m³，耗水率 47.6%；供水量 3.835 亿 m³，地表水供水量 3.748 亿 m³，地下水供水量 0.087 亿 m³。

（3）五指山市总用水量 0.553 亿 m³，其中农业用水 0.432 亿 m³、工业用水 0.007 亿 m³、生活用水 0.085 亿 m³、生态环境用水 0.029 亿 m³；耗水量 0.266 亿 m³，耗水率 48.1%；供水量 0.553 亿 m³，地表水供水量 0.493 亿 m³，地下水供水量 0.06 亿 m³。

（4）昌江县总用水量 2.012 亿 m³，其中农业用水 1.53 亿 m³、工业用水 0.27 亿 m³、生活用水 0.156 亿 m³、生态环境用水 0.056 亿 m³；耗水量 0.923 亿 m³，耗水率 45.9%；供水量 2.012 亿 m³，地表水供水量 1.891 亿 m³，地下水供水量 0.121 亿 m³。

（5）东方市总用水量 3.448 亿 m³，其中农业用水 2.987 亿 m³、工业用水 0.168 亿 m³、生活用水 0.275 亿 m³、生态环境用水 0.018 亿 m³；耗水量 1.619 亿 m³，耗水率 47.0%；供水量 3.448 亿 m³，地表水供水量 3.136 亿 m³，地下水供水量 0.228 亿 m³。

4.5 生态环境

4.5.1 陆生生态

(1) 生态系统类型

工程项目区以森林生态系统、农田生态系统、园地生态系统为主，草地比例较少，呈零星分布。植被类型为热带季雨林、雨林，生态系统恢复稳定性较高、阻抗稳定性较强，生态服务功能较高。

(2) 土地利用类型

水源区向阳水库土地利用方式主要为水域、林地、农用地；向阳引水隧洞输水沿线穿越海南中偏南部的低山和丘陵区，土地利用类型以低覆盖度的林地为主；引大济石引水隧洞输水沿线以林地为主，林地以阔叶林地及经济林地为主；受水区人口较为集中，相对干旱，土地利用方式以耕地和园地为主。

(3) 植被类型及区系组成

评价区的自然植被多为低地雨林次生林，主要以大果榕、禾串树、山麻树和细齿叶柃、山油柑、海南菜豆为优势；季雨林次生林以海南海南榄仁、厚皮和木棉为优势，但生物多样性相对较低，结构也相对简单。灌丛和草地也是次生性的类型，主要由叶榕、羽脉山麻秆、锈毛野桐、叶被木、酒饼勒等灌木类植物和鹧鸪麻、水翁等乔木类植物植株构成；草地主要由斑茅、芒和白茅等禾草群落构成。评价区主要种植的人工林是桉树林，经济作物是橡胶、槟榔和一些果树类植物，农田作物多样，主要是水稻、玉米和瓜菜类植物。

评价区共调查和统计记录有维管束植物 111 科 651 种（含变种亚种及变型），蕨类植物 14 科 34 种，裸子植物 2 科 2 种，被子植物 95 科 609 种（双子叶 80 科 521 种，单子叶 15 科 88 种）；木本植物 356 种，草本植物 191 种，藤本植物 108 种。其中，植物种类有 10 个种以上的科主要有：大戟科、蝶形花科、桑科、芸香科、茜草科、菊科、莎草科和禾本科等，其中菊科、莎草科和禾本科为世界分布性最广的科，大戟科、蝶形花科、桑科、茜草科等为热带亚热带分布科，它们构成了评价区的主要种源点。此外，本区系外来栽培、归化或入侵植物较多，有 52 种，占总种数的 79.9%。区系组成的特点表明，本工程所涉区域的植被已受到一定程度的人为干扰影响，植物组成体现出一定

的次生性和人工化。

(4) 动物多样性及区系组成

项目区位于海南省西南部，该区在中国动物地理上属于华南区海南岛亚区的热带林灌动物群，动物群区系组成上是以中部山地省主要成分为主的热带林灌为特征。通过实地动物调查和前期调查资料积累记录，项目评价区共记录陆生脊椎动物 4 纲 22 目 65 科 174 种，其中两栖动物 1 目 7 科 27 种、爬行动物 1 目 9 科 35 种、鸟类 14 目 36 科 90 种、哺乳动物 6 目 13 科 22 种。

(5) 重点保护动植物

评价区有国家级重点保护野生植物 3 种，一级 1 种，为海南苏铁，二级 8 种，分别为：海南梧桐、野龙眼、野荔枝、青梅、土沉香、蕉木、油楠、海南大风子，主要分布在海南热带雨林国家公园范围内的隧洞线路上方，野生龙眼分布在水源区向阳水库淹没区；没有省重点保护植物；IUCN 保护植物 7 种，分别为海南苏铁、小叶买麻藤、藤春、海南梧桐、铁仔冬青、米仔兰(小叶米仔兰)、龙眼；没有特有种，工程占地范围内未调查到古树。

据访问调查和实地考察，评价区共记录 65 种重点保护陆生脊椎动物，其中国家 I 级重点保护陆生脊椎动物 1 种，即海南山鹧鸪；国家 II 级重点保护陆生脊椎动物 33 种，即虎纹蛙、脆皮大头蛙、霸王岭睑虎、海南睑虎、蟒蛇、尖喙蛇、眼镜王蛇、黑鸢、黑翅鸢、褐耳鹰、赤腹鹰、凤头鹰、雀鹰、松雀鹰、蛇鹫、白鹇、原鸡、褐翅鸦鹃、小鸦鹃、领角鸮、领鸮、斑头鸮、红头咬鹃、白胸翡翠、蓝须夜蜂虎、银胸丝冠鸟、蓝翅八色鸫、褐胸噪鹛、黑喉噪鹛、猕猴、椰子猫、豹猫、巨松鼠；海南省级重点保护陆生脊椎动物 31 种，分别为细刺水蛙、海南琴蛙、鸭嘴竹叶蛙、海南臭蛙、大绿臭蛙、海南溪树蛙、大树蛙、斑飞蜥、灰鼠蛇、滑鼠蛇、金环蛇、银环蛇、舟山眼镜蛇、池鹭、白鹭、白胸苦恶鸟、丘鹬、珠颈斑鸠、绿翅金鸠、绿嘴地鸮、白头鹎、蓝矶鸫、乌鸫、黑领噪鹛、棕果蝠、犬蝠、树鼩、黄腹鼬、果子狸、赤腹松鼠、倭花鼠；共记录海南特有种 10 种，即海南拟髭蟾、细刺水蛙、海南琴蛙、鸭嘴竹叶蛙、海南臭蛙、脆皮大头蛙、海南溪树蛙、霸王岭睑虎、海南睑虎、海南山鹧鸪。

4.5.2 水生生态

水源区昌化江是海南省第二大河流，全长 231.6km，流域面积 5150km²，干流已建有大广坝水库和戈枕水库两座大型水库。昌化江干流主要梯级有向阳、富光、大广坝、戈枕等，其中向阳以上河段海拔约 200m 以上，两岸以丘陵、山崎地为主，两岸植被良好，河流为较自然流水生境，底质以砾石为主，为产粘沉性卵鱼类提供了较好生境，鱼类资源较为丰富；向阳至富光段，由于两座梯级均为径流式电站，总体上呈缓流状态，该河段有较大支流南圣河、乐中水、大安河等支流汇入，生境多样性较高；富光至大广坝坝址河段为大型水库，库尾段较狭长，保留了一定流水河段，区间有南巴河、南绕河汇入，为流水性鱼类提供了产卵生境，且水库库中水面大、营养物质富集，为鱼类提供了良好的索饵条件，大广坝库中鱼类资源丰富，鱼类种类多样性高，既有静水性种类，流水性种类也较丰富。

昌化江流域内共有小型水电 69 座，大广坝、戈枕、石碌水库等大中型水库以及昌化江干支流上游建有的多级小水电站及拦河坝，破坏了河流连通性，阻隔了洄游鱼类的洄游通道。大广坝、石碌水库等运行使库区及坝下水文情势发生改变，对流水性鱼类等造成一定影响。昌化江下游由于梯级水库的调蓄、引水，下游河道水量减少，河流生态廊道功能受损，河流生态功能降低。

昌化江流域地形地势多样，植被丰富，区域内物种众多，生物多样性较高。分布有淡水鱼类 77 种，河口鱼类 43 种，河海洄游性鱼类 3 种，分布有国家 II 级保护鱼类花鰻鲡，海南岛特有鱼类大鳞光唇鱼、海南原缨口鳅等 12 种，其中大鳞光唇鱼、海南原缨口鳅为昌化江特有鱼类。昌化江河口以鲮鱼、长棘银鲈、斑纹舌鰻虎鱼等较为常见。

4.6 环境质量现状

4.6.1 地表水环境

1、地表河流水功能区水质状况

评价范围包括水源区昌化江干流及其支流通什水，受水区望楼河、宁远河、石碌河、藤桥西河涉及的水功能区划。其中，一级水功能区 10 个，二级水功能区 12 个。水功能区水质目标在 II-III 类之间。以下统计 2019 年、2020 年、2021 年近 3 年水功能区水质现状及达标状况。

（1）水源区

根据 2019-2021 年水质常规监测结果，经评价表明昌化江中游乐东保留区年均水质类别均为 II 类，满足 II 类水功能区水质目标；昌化江乐东饮用水源区年均水质类别均为 II 类，满足 II 类水功能区水质目标；昌化江大广坝农业景观娱乐用水区年均水质类别在 I~II 类之间，满足 II 类水功能区水质目标；昌化江昌江工业景观娱乐用水区年均水质类别均为 II 类，满足 III 类水功能区水质目标；通什水源头水保护区年均水质类别均为 II 类，满足 II 类水功能区水质目标；通什水五指山农业工业用水区年均水质类别均为 II 类，满足 II 类水功能区水质目标。

（2）受水区

2019-2021 年，石碌河源头水（坝王岭）保护区年均水质类别在 I~II 类之间，满足 II 类水功能区水质目标；石碌河昌江饮用农业用水区年均水质类别均为 II 类，满足 II~III 类水功能区水质目标；石碌河昌江工业饮用用水区年均水质类别均为 II 类，满足 III 类水功能区水质目标；宁远河大隆水库三亚饮用农业用水区年均水质类别均为 II 类，满足 II 类水功能区水质目标；宁远河三亚农业用水区年均水质类别在 II-III 类之间，满足 III 类水功能区水质目标；望楼河长茅水库乐东农业用水区年均水质类别均为 II 类，满足 II 类水功能区水质目标；望楼河石门水库乐东饮用农业用水区年均水质类别均为 III 类，满足 III 类水功能区水质目标。

然而，2019-2021 年受水区藤桥西河赤田水库三亚饮用农业用水区年均水质类别在 II-III 类之间，2020 年、2021 年不能满足 II 类水质目标要求；望楼河下游乐东农业用水区年均水质为 III-IV 类，2020 年、2021 年不能满足 III 类水质目标要求，水质未达标。

表 4.6-1 评价范围水源区和受水区水功能区水质现状

区域	河流	水功能区划名称		水质代表断面	水质目标	水质现状及达标状况					
		一级区划	二级区划			2019 年		2020 年		2021 年	
						水质类别	达标状况	水质类别	达标状况	水质类别	达标状况
水源区	昌化江	昌化江中游乐东保留区	—	乐东水厂取水口	Ⅱ	Ⅱ	达标	Ⅱ	达标	Ⅱ	达标
		昌化江中游乐东- 东方开发利用区	昌化江乐东 饮用水源区	跨界桥	Ⅱ	Ⅱ	达标	Ⅱ	达标	Ⅱ	达标
			昌化江大广坝农业 景观娱乐用水区	大广坝水库库心	Ⅱ	Ⅱ	达标	Ⅱ	达标	Ⅰ	达标
		昌化江下游昌江 开发利用区	昌化江昌江工业 景观娱乐用水区	大风	Ⅲ	Ⅱ	达标	Ⅱ	达标	Ⅱ	达标
	通什水	通什水源头水保护区	—	五指山河取水口	Ⅱ	Ⅱ	达标	Ⅱ	达标	Ⅱ	达标
		通什水五指山开发利用区	通什水五指山农业 工业用水区	毛道乡	Ⅱ	Ⅱ	达标	Ⅱ	达标	Ⅱ	达标
受水区	石碌河	石碌河源头水（坝王岭） 保护区	—	金波	Ⅱ	Ⅰ	达标	Ⅰ	达标	Ⅱ	达标
		石碌河昌江开发利用区	石碌河昌江饮用 农业用水区	叉河口	Ⅱ~Ⅲ	Ⅱ	达标	Ⅱ	达标	Ⅱ	达标
			石碌河昌江工业 饮用用水区	叉河口	Ⅲ	Ⅱ	达标	Ⅱ	达标	Ⅱ	达标
	宁远河	宁远河三亚开发利用区	宁远河大隆水库三亚 饮用农业用水区	大隆水库库心	Ⅱ	Ⅱ	达标	Ⅱ	达标	Ⅱ	达标
			宁远河三亚农业用水区	崖城大桥	Ⅲ	Ⅱ	达标	Ⅲ	达标	Ⅱ	达标
	藤桥西河	藤桥西河三亚开发利用区	藤桥西河赤田水库三亚 饮用农业用水区	赤田水库取水口	Ⅱ	Ⅱ	达标	Ⅲ	不达标	Ⅲ	不达标
	望楼河	望楼河中下游乐东 开发利用区	望楼河长茅水库乐东 农业用水区	抱伦农场	Ⅱ	Ⅱ	达标	Ⅱ	达标	Ⅱ	达标
			望楼河石门水库乐东 饮用农业用水区	石门水库出口	Ⅲ	Ⅲ	达标	Ⅲ	达标	Ⅲ	达标

			望楼河下游乐东 农业用水区	乐罗	III	III	达标	IV	不达标	IV	不达标
--	--	--	------------------	----	-----	-----	----	----	-----	----	-----

2、湖库水质状况

根据《海南省地表水环境质量月报》，2020年统计数据显示，水源区大广坝水库丰水期、平水期、枯水期水质总体为优，达到Ⅱ类，戈枕水库枯水期、平水期水质为良，为Ⅲ类，丰水期水质为优，达到Ⅱ类。受水区大隆水库、石碌水库枯水期、平水期、丰水期水质总体为优，为Ⅱ类，仅长茅水库枯水期、平水期水质为良，为Ⅲ类，丰水期水质为优，达到Ⅱ类。

大广坝水库枯水期为贫营养状态，平水期和丰水期为中营养状态；戈枕水库枯水期和平水期为中营养状态，丰水期为贫营养状态；长茅水库枯水期、平水期和丰水期均为中营养状态；大隆水库枯水期为贫营养状态，平水期和丰水期为中营养状态；石碌水库枯水期、平水期和丰水期均为中营养状态。

表 4.6-2 评价范围内主要水库水质现状

区域	市县	水库	枯水期	平水期	丰水期
水源区	东方	大广坝水库	水质为Ⅱ类。 其中，水库出口、水库库心均为Ⅱ类水质。	水质为Ⅱ类。 其中，水库库心、水库出口均为Ⅱ类水质。	水质为Ⅱ类。 其中，水库库心为Ⅳ类水质，水库出口为Ⅱ类水质。
		戈枕水库	水质为Ⅲ类水质。	水质为Ⅲ类。	水质为Ⅱ类。
受水区	乐东	长茅水库	水质为Ⅲ类水质。	水质为Ⅲ类。	水质为Ⅱ类。
	三亚	大隆水库	水质为Ⅱ类。 其中，水库库心、水库出口均为Ⅱ类水质。	水质为Ⅱ类。 其中，水库库心、水库出口均为Ⅱ类水质。	水质为Ⅱ类。 其中，水库库心、水库出口均为Ⅱ类水质。
	昌江	石碌水库	水质为Ⅱ类。 其中，水库取水口为Ⅰ类水质、水库入口为Ⅲ类水质。	水质为Ⅱ类。 其中，水库取水口为Ⅰ类水质、水库入口为Ⅲ类水质。	水质为Ⅱ类。 其中，水库取水口为Ⅱ类水质、水库入口为Ⅲ类。

3、饮用水水源地水质

以项目区涉及的赤田水库、福万-水源池水库、大隆水库、半岭水库、抱由饮用水水源、太平山水库、五指山河饮用水水源、昌化江玉雄饮用水水源、石碌水库、石碌河饮用水水源地开展水质评价。

根据《海南省重点饮用水源地水质月报》评价结果，2019年、2020年、2021年近3年评价区涉及的城镇集中式饮用水水源地的水质达标率为100%。其中赤田水库取水口2020年、2021年，半岭水库取水口2021年，石碌水库取水口2020年水质为Ⅲ类，其余水源地2019-2021年水质均在Ⅰ~Ⅱ类之间。

表4.6-3 评价范围城镇集中式饮用水水源地水质现状

市县	水源地	断面名称	水源类型	水质类别			达标情况
				2019	2020	2021	
三亚	赤田水库	赤田水库取水口	地表水	II	III	III	达标
	福万-水源池水库	水源池水库出口	地表水	II	II	II	达标
	大隆水库	大隆水库取水口	地表水	II	II	I	达标
	半岭水库	半岭水库取水口	地表水	II	II	III	达标
乐东	抱由饮用水水源	乐东水厂取水口	地表水	II	II	II	达标
五指山	太平山水库	太平山水库取水口	地表水	I	II	II	达标
	五指山河饮用水水源	五指山河取水口	地表水	II	II	II	达标
东方市	昌化江玉雄饮用水水源	玉雄取水口	地表水	II	II	II	达标
昌江县	石碌水库	石碌水库取水口	地表水	II	III	II	达标
昌江县	石碌河饮用水水源	水泵房	地表水	I	I	II	达标

4、城镇内河湖水质

受城市生活污水和城市面源废水影响，受水区城镇内河湖水质问题不容乐观，污染较为严重。根据《海南省重点治理城镇内河（湖）水质状况》，本工程现状年涉及三亚、乐东市县城镇内河湖水质较差，普遍为中度污染、重度污染；昌江县城城镇内河湖为中度污染和良好之间；东方市城镇内河湖水质在轻度污染与良好之间；五指山城镇内河湖水质在优良与重度污染之间。

以 2020 年监测数据统计显示，三亚市白鹭公园西边小桥断面枯水期、藤桥西河大桥断面丰水期、白水桥断面枯水期、桃源路断面平水期丰水期断面、鸭仔塘村断面枯水期、波浪桥断面平水期、坡顶水库平水期和丰水期水质为优良，其余断面及不同水期水质为污染状态；乐东县番豆村断面丰水期水质为良，其余水期及断面水质处于中度污染、重度污染；东方市除了八所镇北黎拦河水坝断面在枯水期水质为良好外，其余水期及断面存在不同程度污染；五指山市冲山一桥、二桥断面水质总体优良，仅冲山一桥断面在平水期水质为重度污染。污染因子主要为化学需氧量、氨氮和总磷。

4.6.2 地下水环境

本次对工程评价范围内有代表性的区域开展了地下水水质监测。监测结果显示，引大济石项目区地下水监测指标中总大肠菌群超标，超标原因可能与饮用水井周边畜禽养殖有关，其余指标均能满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中Ⅲ类水质标准，地下水水环境质量较好；乐亚项目区水质较差，地下水水质为Ⅳ～Ⅴ类，普遍超标因子为总大肠菌群；南打村、赤塘村、九所镇乐一村、南繁基地大茅村、南木村、保国村等6个点位，除总大肠菌群超标外，其他因子均满足Ⅱ～Ⅲ类水质；河南科技学院点位亚硝酸盐、氨氮、总大肠菌群超标，其他因子均满足Ⅲ类水质；付苗村硝酸盐、总大肠菌群超标，其他因子均满足Ⅱ类水质。

评价区农业活动发达，超标监测点位多位于灌区下游，由于该地区地势平坦，人口密度较大，农业活动发达，且潜水易受人类活动影响，受农业污染和生活排污的影响较大。总大肠菌群超标主要由于周边人类活动影响导致；化肥的使用是造成硝酸盐超标的主要原因，生活污水未能收集集中处理，乱排乱放也是造成地下水中氨氮、硝酸盐浓度较高的原因之一。

4.6.3 大气环境

昌化江水资源配置工程所在区域均为村镇或农田，且没有大的工业污染源。根据现状常规监测数据及评价标准可知，项目区内昌江县、乐东县、五指山市和三亚市环境空气监测数据均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）一级标准，现状环境空气质量较好；根据现状补充监测数据及评价标准可知，项目区霸王岭森林公园内、大广坝水库右坝肩附近、石碌水库坝址施工区附近各监测指标均可满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中一级标准要求，现状环境空气质量较好。

4.6.4 声环境

根据现状监测结果可知，项目区各声环境敏感点环境噪声现状监测值均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1类标准要求，声环境现状质量较好。

4.6.5 土壤环境

评价范围内农田有水田、旱地、林地，2019年1月至2022年5月三次监测

的 11 个土壤样品，其 pH 值在 4.0-7.3 之间，在进行单因子污染指数法评价时，采用与样品 pH 值相对应的水田、其他标准值进行评价，评价结果显示：所有土壤样品的检测项目单因子污染指数均小于 1，表明项目区土壤及底泥环境质量较好，没有污染风险。

4.7 环境敏感区

工程涉及海南热带雨林国家公园、海南霸王岭国家级自然保护区、海南俄贤岭省级自然保护区、霸王岭国家森林公园、石碌水库饮用水水源保护区、海南省生态保护红线等环境敏感区。

4.8 主要环境问题

（1）区域性缺水问题突出，供水安全风险大。

海南岛南部地区水源调蓄能力不足，资源型缺水问题突出，三亚和乐东南部连续几年出现城市供水水源不足问题，乐东等沿海区域大量采用地下水，供水安全风险大，南繁基地水资源保证标准低；西部地区季节性干旱问题突出，昌江县城及多数乡镇缺水严重，沿海区域大量开采地下水，水质不达标，昌江核电厂供水安全隐患大。

（2）工程影响区域内的部分城镇内河湖水质较差。

昌化江流域农业生产较为发达，化肥和农药造成面源污染，同时畜禽养殖业在流域内已构成一个新兴污染源，污染负荷较大。昌化江干支流沿河城镇及乡村，望楼河石门水库下游的利国镇、九所镇，宁远河下游的三亚市崖城区等沿河城镇工业和生活污水尚未得到有效处理，直接排入河道；五指山、乐东、昌江等城镇内河污染严重，影响城市景观和人居环境。三亚市三亚河、海坡内河、大茅河等城镇内河多为劣Ⅴ类，部分河湖为黑臭水体，对城市生态景观、河口水环境与水生生态造成一定影响。

（3）水源区昌化江流域和受水区河流枯水期生态流量保障程度不高。

昌化江流域内大广坝、戈枕等水库尚未建立上下游水库生态流量调度管理体系，坝下河道枯水时段生态流量满足程度不高；现状条件下昌化江河流各断面生态水量均有不同程度的挤占现象，据统计昌化江宝桥宝桥断面近 5 年平均生态缺水水量超过 4000 万 m^3 ；受水区望楼河长茅水库、宁远河大隆水库汛期各断面生态

流量可基本满足生态流量目标要求，但枯水期生态需水满足程度相对不高。

（4）昌化江干支流纵向连通性较差，生境条件有待改善。

昌化江流域共有水电站 74 座，最下游一级戈枕水库为大（2）型水库，坝高 34m，且未建过鱼设施，因此目前昌化江鱼类洄游通道仅限于戈枕坝下河段。大广坝水库、戈枕水库、石碌水库等大中型水库以及昌化江干支流上游建有多级小水电站及拦河坝，破坏了河流纵向连通性，改变了河流的水文特征和上下游物质、能量输送和鱼类迁徙，阻隔了洄游鱼类的洄游通道，水库运行使库区及坝下水文情势发生改变，对流水性鱼类等造成一定影响；昌化江下游由于梯级水库的调蓄、引水，下游河道水量减少，部分河段河岸带及河口甚至出现了沙化现象，河流生态廊道功能受损，鱼类等水生生物生存条件恶劣，资源量缩小，河流生态功能降低；下游河段存在采砂现象，尤其是昌化江支流石碌河，一些采砂河段未按要求及时开展滩槽平整和植被恢复，造成河床紊乱、河漫滩湿地及岸边带植被破坏，河口湿地生态功能受损，水生生物多样性下降。

5 环境影响预测与评价

5.1 水资源影响分析

5.1.1 水源区水资源影响分析

现状年，受水区引昌化江水量为南木水库补长茅水库，多年平均 1112 万 m^3 。工程运行后，2035 年多年平均引昌化江水量为 26968 万 m^3 ，85%保证率引昌化江水量为 39727 万 m^3 ，95%保证率引昌化江水量为 48829 万 m^3 。2050 年多年平均引昌化江水量为 32156 万 m^3 ，85%保证率引昌化江水量为 47301 万 m^3 ，95%保证率引昌化江水量为 55220 万 m^3 。

昌化江流域多年平均水资源总量 42.90 亿 m^3 ，多年平均水资源可利用量为 22.32 亿 m^3 ，现状年用水量为 5.26 亿 m^3 ，昌化江现状年水资源开发利用率为 12.26%；工程实施后昌化江流域用水量达到 14.5 亿 m^3 ，水资源开发利用率为 33.8%，其中本工程调水量 2.70 亿 m^3 ，占比 6.28%。

5.1.2 受水区水资源影响分析

工程受水区 2035 年配置水量为 8.73 亿 m^3 ，较现状增加 3.71 亿 m^3 ，增幅 73.90%。其中，2035 年三亚片配置水量 4.82 亿 m^3 、乐东片配置水量 2.15 亿 m^3 、石碌片配置水量 1.75 亿 m^3 ，分别较现状年增加 2.22 亿 m^3 、0.72 亿 m^3 、0.77 亿 m^3 ，增幅 85.38%、50.16%、78.03%。2035 年农业、城乡供水 4.40 亿 m^3 、4.32 亿 m^3 ，分别占比 50.45%、49.55%。农业用水较现状增加 1.75 亿 m^3 ，增加比例为 66.29%；城乡用水较现状增加 1.95 亿 m^3 ，增加比例为 82.44%。

2050 年配置水量为 9.66 亿 m^3 。其中，三亚片配置水量 5.53 亿 m^3 、乐东片配置水量 2.32 亿 m^3 、石碌片配置水量 1.82 亿 m^3 ，分别较现状年增加 2.93 亿 m^3 、0.88 亿 m^3 、0.83 亿 m^3 ，增幅 112.69%、61.46%、84.74%。2050 年农业、城乡供水 4.39 亿 m^3 、5.27 亿 m^3 ，分别占比 45.44%、54.56%。

工程运行后不同行业间用水更趋均衡，符合项目区建设国际旅游岛和南繁育种基地的经济社会发展要求。

表 5.1-1 供水区分水源、分行业水量配置方案（年均，万 m³）

供水片	水源	2019 年	2035 年	2050 年	供水片	用水行业	2019 年	2035 年	2050 年
三亚片	赤田水库	9787	8748	8748	三亚片	农业	6835	12916	12899
	半岭、福万-水源池水库	4003	3464	3464		城乡	19164	35306	42401
	大隆水库	9416	26179	28907					
	灌区内小水库	2793	2793	2793					
	引昌化江水	0	7038	11388					
	小计	26000	48222	55300		小计	25999	48222	55300
乐东片	长茅-石门水库	12879	11119	11208	乐东片	农业	13389	17941	17931
	灌区内小水库	577	393	393		城乡	957	3601	5232
	引昌化江水	889	10030	11562					
	小计	14346	21542	23163		小计	14346	21542	23163
石碌片	石碌水库	9132	9511	9876	石碌片	农业	6249	13165	13075
	灌区内小水库	697	596	596		城乡	3581	4335	5085
	引昌化江水	0	7393	7688					
	小计	9830	17500	18160		小计	9830	17500	18159
调入区合计	主要水库	45218	59021	62202	调入区合计	农业	26473	44022	43905
	灌区内小水库	4068	3782	3782		城乡	23702	43242	52718
	引昌化江水	889	24461	30638					
	合计	50176	87264	96623		合计	50176	87264	96623

5.2 水文情势影响分析

5.2.1 生态需水量

本次生态流量确定紧密结合海南岛的生态功能需求和国家战略定位，以维护河流水域功能为目标，充分考虑水资源特性，统筹治理开发与保护总体布局，坚持生态优先、绿色发展，合理确定昌化江、望楼河、宁远河、石碌河等主要江河与河口生态流量指标，提出可实施、可操作的生态流量管控目标，保障江河水域功能发挥。

1、生态保护对象识别及需水分析

在考虑海南岛气象降水特点、主要河流径流量与泥沙特征，并分析维持植被生存的水源支撑条件基础上，确定本次生态流量仅考虑河流生态需水和河口生态需水。

（1）水质目标需水要求

本工程主要涉及昌化江、藤桥河、宁远河、望楼河、通什水、石碌河 5 条河

流。根据《海南省水功能区划》，昌化江、宁远河和望楼河、石碌河等河流中上游水质目标为Ⅱ类，下游水质目标为Ⅲ类。根据工程布局，向阳水库所在河段水质保护要求为Ⅱ类。

（2）水生生物保护要求

工程涉及水生生物以鱼类为表征生物。通过现场调查，鱼类主要包括墨头鱼、横纹南鳅、美丽小条鳅、南方波鱼、台细鳊、尖头塘鳢、子陵吻鰕虎鱼、花鰕鲮、攀鲈、大刺鳅等，其中台细鳊、花鰕鲮属于珍稀濒危特有鱼类，主要鱼类的生境分布及特点具体见表 5.2-1。

花鰕鲮属于河海洄游性鱼类，幼鱼生长于河口、沼泽、河溪、湖、塘、水库内，10~11 月成熟个体逐渐降河洄游到江河口附近，之后性腺才开始发育，而后进入深海产卵繁殖，鰕苗主要于 12 月至翌年 2 月进入河流。由于鰕苗游泳能力较弱，一般在涨潮时随潮水进入河流，因此在此期间应维持自然的枯水期水文过程，避免水库因发电、调度等导致下游及河口水位的大起大落。

表 5.2-1 工程涉及水库与河流重要鱼类分布

区域	水库名称	河流	位置	生境特点	鱼类组成	珍稀濒危特有鱼类
水源区	向阳水库	昌化江	上游	海南岛中部山区、丘陵河流，河面海拔约	以中印山区鱼类、江河平原鱼类为主，如墨头鱼、卷口鱼、唇、横纹南鳅、美丽小条鳅、南方波鱼、台细鳊、南方拟、鲮、尖头塘鳢等。	台细鳊
	南木水库	昌化江支流乐中水	中下游	150-200m，缓流，流速约 0.5-1m/s，河流底质以砾石、细砂为主。		
受水区	大隆水库	宁远河	中下游	河势自坝址出口后渐平坦，水流缓慢，坝址至河口约 17km，河面海拔约 25m 以下，下游部分河段可能受到咸潮影响。	以热带平原鱼类、江河平原鱼类、河口鱼类及洄游鱼类为主，如高体鲮、叉尾斗鱼、子陵吻鰕虎鱼、鲤、鲫、花鰕鲮、攀鲈、胡子鲇、大刺鳅等。	花鰕鲮
	赤田水库	藤桥西河	下游	河势自坝址出口后渐平坦，水流缓慢，坝址至河口约 7km，河面海拔约 5m，可能受到咸潮影响。	以热带平原鱼类、河口鱼类及洄游鱼类为主，如大刺鳅、鰕虎鱼、花鰕鲮、攀鲈、胡子鲇等。	花鰕鲮
	长茅水库	望楼河	中上游	山区河流，比降较大，但下游有多个连续梯级，回水基本与长茅水库坝下尾水衔接，为静水水库生境。	以静水性鱼类为主，如、鲤、鲫、泥鳅、子陵吻鰕虎鱼等。	
	石门水库	望楼河	中下游	丘陵、平原河流，水流平缓，坝址至河口约 22km，河面海拔 30m 以下。	以热带平原鱼类、江河平原鱼类、河口鱼类及洄游鱼类为主，如叉尾斗鱼、马口鱼、子陵吻鰕虎鱼、鲤、鲫、花鰕鲮、攀鲈、大刺鳅等。	花鰕鲮

	石碌水库	石碌河	中上游	山区河流，比降较大，成库后水流平缓，库区水面海拔约 120-130m，坝址至河口约 23km，下游河段海拔从 100m 左右降至 20m 以下，河流底质以砾石、细砂为主。	库尾以上及坝下河流以中印山区鱼类、江河平原鱼类为主，如墨头鱼、卷口鱼、唇鲮、横纹南鳅、美丽小条鳅、南方波鱼、台细鳊、南方拟鲮、鲮、尖头塘鳢等。库区以静水性鱼类为主，如鲮、鲤、鲫、泥鳅、子陵吻鰕虎鱼等，也有极少量日本鳗鲡分布。	日本鳗鲡
--	------	-----	-----	---	--	------

2、生态需水量确定

本次计算主要采用《河湖生态环境需水计算规范》（SL/Z712-2021）、《水域纳污能力计算规程》（GB/T 25173-2010）和《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）等相关计算规范及技术要求。维系水生生态系统的结构与功能所需水量的计算方法大致有水文学法、水力学法、栖息地模拟法、整体分析法等类型。水文学法常用的代表方法有 Tennant 法和 Q_p 法等，水力学法主要有湿周法和 R2-Cross 法等。昌化江水资源配置工程涉及河流的各控制断面采用多方法进行核算，以不低于已有批复成果为原则，最终确定各断面生态流量见表 5.2-2。

表 5.2-2 主要河流控制断面生态流量确定值

区域	断面名称	生态基流 (m^3/s)		敏感期生态流量 (m^3/s)		河口生态需水量 (亿 m^3)
		非汛期 (11 月~翌年 5 月)	汛期 (6~10 月)	敏感期	流量要求	
水源区	向阳水库	2.26	6.76	—	—	—
	南木水库	0.56	1.68	—	—	—
	乐东*	7.2	20.9	—	—	—
	大广坝水库*	10.2	30.6	—	—	—
	戈枕水库 ^④	12.7	12.7	—	—	—
	宝桥（昌化江河口）*	13.2	39.6	12~翌年 2 月	维持枯水期小流量过程	29.26
受水区	长茅水库*	0.5	1.6	—	—	—
	石门水库	0.97	2.91	12~翌年 2 月	维持枯水期小流量过程	—
	大隆水库*	2.3	6.9	12~翌年 2 月	维持枯水期小流量过程	—
	赤田水库	0.87	1.81	—	—	—
	半岭水库	0.08	0.18	—	—	—
	水源池水库	0.32	0.67	—	—	—
	石碌水库*	1.0	3.0	—	—	—

*与《海南水网建设规划环境影响报告书》提出同一断面生态流量相协调；^④与《海南大广坝水利水电二期（灌区）工程环境影响报告书》批复成果相协调。

5.2.2 水文情势影响评价

1、水源区

多年平均来水条件下，工程运行后水源区各典型断面除南木水库外，年均流量比工程运行前均有所减少。其中，乐东、大广坝、戈枕、宝桥断面流量减少 $5.67\text{m}^3/\text{s}$ 、 $11.63\text{m}^3/\text{s}$ 、 $21.31\text{m}^3/\text{s}$ 、 $21.09\text{m}^3/\text{s}$ ，减少比例分别为 8.68%、12.74%、22.64%、20.07%，南木断面流量增加 $0.26\text{m}^3/\text{s}$ ，占比 6.81%。枯水年（ $P=75\%$ ）来水条件下，工程运行后调水区南木、乐东、大广坝、戈枕、宝桥断面流量分别减少 $0.02\text{m}^3/\text{s}$ 、 $7.08\text{m}^3/\text{s}$ 、 $12.49\text{m}^3/\text{s}$ 、 $30.13\text{m}^3/\text{s}$ 、 $31.71\text{m}^3/\text{s}$ ，占比 1.26%、14.43%、19.12%、53.17%、49.06%。特枯水年（ $P=90\%$ ）来水条件下，工程运行后水源区乐东、大广坝、戈枕、宝桥断面流量分别减少 $7.15\text{m}^3/\text{s}$ 、 $5.56\text{m}^3/\text{s}$ 、 $17.85\text{m}^3/\text{s}$ 、 $18.42\text{m}^3/\text{s}$ ，占比 19.15%、10.88%、40.30%、35.12%，南木断面流量增加 $0.15\text{m}^3/\text{s}$ ，占比 16.33%。

2、受水区

多年平均来水条件下，工程运行后受水区长茅、石门、赤田、水源池、石碌水库坝址断面下泄流量较工程运行前均有所增加，分别增加了 $2.83\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.72\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.37\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.24\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.02\text{m}^3/\text{s}$ ，占比达到 52.97%、14.65%、14.52%、23.11%和 0.31%；大隆、半岭水库坝址断面由于城乡供水、农业灌溉量用水配置增加，下泄流量较工程运行前有所减少，分别减少了 $4.77\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.02\text{m}^3/\text{s}$ ，占比 30.90%、6.82%。枯水年（ $P=75\%$ ）来水条件下，工程运行后受水区长茅、石门、赤田、半岭、水源池、石碌水库坝址断面流量分别增加了 $2.87\text{m}^3/\text{s}$ 、 $1.39\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.75\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.02\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.33\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.26\text{m}^3/\text{s}$ ，占比 82.36%、76.63%、111.16%、16.07%、95.46%、6.60%，大隆水库坝址断面减少 $3.10\text{m}^3/\text{s}$ ，占比 32.82%。特枯水年（ $P=90\%$ ）来水条件下，工程运行后受水区长茅、石门、赤田、半岭、水源池、石碌水库坝址断面流量分别增加了 $3.53\text{m}^3/\text{s}$ 、 $1.55\text{m}^3/\text{s}$ 、 $1.22\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.09\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.43\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.02\text{m}^3/\text{s}$ ，占比 104.28%、522.95%、3076.67%、242.81%、617.02%、1.19%，大隆水库坝址断面减少 $0.43\text{m}^3/\text{s}$ ，占比 9.29%。

5.3 地表水环境影响分析

（1）施工期废污水排放：砂石料冲洗、混凝土拌合、施工营区等生产生活废

水经处理后回用，不会对灌区内河流水质造成不利影响。分别采用混凝+沉淀法、中和沉淀法对隧洞涌水、混凝土系统废水进行处理；含油废水进入小型隔油池处理；施工营区生活污水经成套设备处理。施工工区各类废污水应处理后合理回用，对地表水环境影响不大。

（2）运行期水质影响：根据环境数学模型模拟预测，水源区新建向阳水库在不同水平年来水条件下，COD、氨氮、总磷、总氮出库浓度均符合地表水Ⅱ类水质目标要求。调水后，昌化江减水河段乐中、乐东水厂取水口、山荣、跨界桥、大广坝水库、戈枕水库、玉雄取水口、大风断面水质COD、氨氮、总磷浓度满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅱ类标准，符合水质目标要求。

受水区涉及水库均为已建水库，工程运行后不改变水库基本特性，调水后进入水库后，不同来水保证率条件下大隆水库、长茅水库、石碌水库水质总体比现状有所改善。工程主要退水河流为昌化江下游、望楼河、宁远河、三亚河、南罗河等，工程新增退水将增加区域污染防治压力，但在合理使用化肥农药，加大城镇污水处理规模等基础上，污染物排放量将会有很大程度的减少，满足河流水质控制目标要求。

5.4 地下水环境影响分析

施工期对地下水的影响有限。施工期对地下水位和水量的影响主要来自于隧洞开挖，但是隧洞施工期历时较短、施工作业面有限，隧洞施工对地下水位、水量总体影响有限。施工期生产废水、生活污水均经处理后排放或回用，在做好地表防渗措施条件下不会进入地下含水层，基本不对地下水水质产生影响。

运行期，因为隧洞采用混凝土衬砌等防渗漏措施，与地下水之间基本没有水量交换，对周边地下水水位的影响甚微。工程建成运行后，灌区灌溉入渗补给地下水引起区域地下水位上升幅度很小。灌溉水水质较好，带来的盐分很少，灌区雨水较为充沛、灌排结合，浅层土主要以砂性土为主、不存在泥炭化土，因此灌区灌溉不会造成土壤沼泽化和盐碱化等问题。

向阳水库建成运行后，将会抬升库区地下水位，向阳水库运行后的调蓄，将会弱化河道内水量的变幅，对周边地下水水位不会产生明显影响。

5.5 陆生生态影响分析

本工程施工期对植物的影响主要集中在水源区和输水沿线施工过程中，水库淹没、地表开挖及施工人员施工活动扰动地表产生的直接影响，自然系统生产力也受到一定的损失。

水源区受影响的主要为低地雨林次生林和人工林，其次是园地作物和农田作物。热带低地雨林次生林主要由大果榕+禾串树+山麻树群落和细齿叶柃+山油柑+海南菜豆树群落或鹧鸪麻+银柴群落等构成；前者群落类型主要分布在河流两岸、人工林周边和荒坡地上，植被覆盖率一般为 60~70%左右，生物量总体约为 90-100 t/hm²，Shannon-wiener 生物多样性指数较高，在 3.3-3.6 之间；后者主要分布坡面上，植被覆盖率一般为 70~80%左右，生物量总体约为 100-110t/hm²，Shannon-wiener 生物多样性指数较高，平均约 3.5 左右。向阳水库淹没三棵保护植物野生龙眼，需移栽。

输水线路主要为隧洞工程，据现状查勘调查，输水沿线 500m 范围内的植被以自然和人工阔叶林为主，其次为园地作物、农田作物和灌丛，阔叶林主要由细齿叶柃+山油柑+海南菜豆树群落和鸭脚木+黄杞+大果榕群落构成，园地作物主要有橡胶林、槟榔林、芒果园、荔枝园和番木瓜园，农田作物主要是水稻和瓜果蔬菜，灌丛是低雨林被破坏后形成的，主要分布的有鹧鸪麻+潺槁木姜群落和对叶榕+中平树群落。本工程大部分隧洞埋深 20-400m，隧洞上方自然植被以热带雨林等为主，靠降水和空气中的水分生存，因此即使隧洞施工不会影响到植被的生长。

受水区、植被以农作物和园地作物为主，其它用地类型面积较小；阔叶林里以桉树人工林为主；自然林为雨林次生林和季雨林次生林的过渡类型，植物群落的面积相对较小，主要分布在力村引水渠北侧，距工程 50-200 余米，只要在施工期加强保护，对其影响不大。受水区施工期的植被与植物资源影响不大。灌区运营期生态环境影响较小，要尽快绿化恢复植被，加强季雨林和村庄植被的保护。望楼河河口分布有自然生长和人工种植的红树林，群落面积较小，小居群发育良好；但运行期望楼河河口淡水流量最大月份仅减少 1%，工程运行不会对望楼河河口红树林产生新的影响；应定期观察红树林的变化动态。

总体来看，项目建设主要影响到的植被类型是橡胶林。橡胶林是项目区分布

的主要植被，拟建向阳水库淹没区、引水隧道、隧道出入口、物料堆放场地和引水管道沿线均有分布，分布面积较大，植被发育状况良好。工程施工造成部分物种植株数量上的减少，但对评价区的植物种类影响较小。

施工期重点的动物影响区域为引大济石引水隧洞进口、向阳水库淹没区等区域，施工期会对当地陆栖脊椎动物群和重点保护动物产生一定的影响，但只涉及到少量和少数适应人为干扰能力较弱的重点保护动物物种，如黑喉噪鹛、蓝须夜蜂虎、黑鸢、蛇雕、松雀鹰、雀鹰等；对于适应人为干扰能力较强的重点保护动物主要影响到白头鹎、珠颈斑鸠、八哥、乌鸫、丝光椋鸟、隐纹花松鼠等，施工期会产生一定的扰动影响，不会对这些物种的组成、种类和数量产生较大的影响。项目施工结束后，做好相应的生态修复措施，可以使施工期受到较大扰动的动物群和重点保护动物物种逐渐恢复到原有水平和状态。

运行期主要的动物影响在于向阳水库淹没区对当地陆栖脊椎动物群和重点保护动物的影响，由于水库淹没导致生境丧失，原淹没区分布的动物群和重点保护动物会受到较大的影响，基本上淹没不会对重点保护动物眼镜王蛇、蟒蛇、原鸡、蛇雕和松雀鹰产生不利影响，涉及的物种相对较少，且下游段和周边生境可以吸引这些动物群或重点保护动物的分布，因此也不会较大的改变当地动物群的组成和性质。

针对工程建设对生态系统、植被及动植物的影响，本工程在征地补偿的基础上，针对本工程建设对植物和动物的影响，采取了避让（取土场、渣场、施工营地位于国家公园、自然保护区、森林公园的重新选址，向阳水库引水隧洞线路多次优化后避开了国家公园核心区）、减缓（合理安排施工时间、宣传教育）、修复（施工场地植被恢复、复垦复耕）、补偿措施、重点保护动植物、生态敏感区保护措施等，逐步恢复工程占地区的生态系统功能。

5.6 水生生态影响分析

1、对浮游生物影响

工程实施后，水源区向阳库区由于水流变缓，水面加宽，水体透明度增加，营养物质滞留，有利于浮游生物生长，浮游生物密度和生物量将有所增加。坝下受调水影响下泄流量减少占比 24.67%，其中 5 月减少最大占 57.17%，水量减

少栖息面积减少其生物量总体降低。合口水电站库区来水减少，在下泄流量不变的情况下，水面减少，水位降低，浮游动植物种类组成变化不大。乐东、大广坝、南木河受调水影响不同月份下泄流量增加或减少，降幅较大，在外源性营养盐输入不变的情况下，浮游生物密度将会有所上升，其种类组成变化不大；下泄流量增加下游河道水面变宽，有利于浮游生物生长。

2、对底栖动物影响

工程实施后，由于向阳水库江段水深增加，库区底栖动物将以摇蚊及虾科生物为主，坝下河段受水库调度的影响，群落结构会变得较为简单，合口库区段来水减少底栖动物栖息面积将缩小。大广坝水库将维持原有生境条件水位降低，底栖动物栖息面积缩小，总生物量降低；水位的上涨栖息地面积有所扩大，底栖动物有所增加；对生长在库底的底栖动物影响较小。南木水库流量增加，水面扩大，周边湿生面积增加，底栖动物栖息地增加有利于底栖动物生长繁殖。

3、对鱼类影响

工程实施后，流域内流水生境进一步缩小，河流连通性进一步破坏，戈枕坝下等河段水量减少，对河流生境影响较大。从鱼类多样性保护角度来看，昌化江流域目前鱼类较丰富的区域主要在大广坝库尾至向阳库尾河段，该区域梯级开发程度较高，但以径流式小型低坝、滚水坝为主，流水生境得到一定程度保留，且该区段支流众多，为鱼类提供了多样性生境，特别是为溪流性鱼类提供了栖息、产卵的条件。工程实施后，由于水库淹没，南圣河流水生境缩小，溪流性鱼类种群规模下降。由于取水导致昌化江干流水量减少，特别是下游戈枕至河口段由于水量降幅较大，昌化江大广坝库尾以上产漂流性卵鱼类产卵场功能将下降，鱼类资源量将减少；戈枕坝下至河口段且现状条件下水生生态已恶化，工程实施后，下游及河口生境状况将更加恶化，水生生态系统结构和功能进一步下降。

向阳水库下泄低温水在 4~8 月降低范围为 26~30℃，在鱼类适宜温度范围内，对昌化江干流鱼类及水生生物影响较小。

4、对受水区水生生物影响

望楼河、藤条河全年平均水量增加，水生生物栖息地面积增大，生境多样化，适宜水生生物生长。宁远河下游水量减少，外源性营养盐增加浮游生物生物

量将会增加，底栖动物赖以生存的栖息地面积严重缩小，生物总量较原河流下降。宁远河流量减少幅度偏大，鱼类产卵和生长周期将缩短，从而影响下游的鱼类资源量。鳗苗一般在 12 月至次年 2 月由海洋向河流洄游，枯水期水量减少，可能会影响鳗苗上溯。

5.7 敏感区影响分析

1、国家公园

昌化江水资源配置工程主要以隧洞形式穿越海南热带雨林国家公园的核心区和一般控制区，工程建设及运行会对国家公园结构完整性产生不利影响。工程占用国家公园面积较小，且均为隧洞形式穿越，因此工程建设对国家公园结构的切割影响较小。

工程在国家公园范围内进水口永久占地及施工区临时占地，会占用国家公园内土地，工程建设不可避免的会对国家公园功能产生影响。由于工程线路以隧洞形式穿越国家公园，工程在国家公园内永久占地面积较小，且穿越区域附近分布有较为集中的居民区和农田区，人为活动频繁，通过现场调查，工程占地区生态环境单一，主要为水域和人工林或次生林，自然植被分布较少，受人为干扰影响较大，动植物及水生生物种类较少，多为适应性较强，分布广泛的种类，占地区生物多样性较为简单，因此工程建设对国家公园生态系统影响有限。综上所述，工程建设对国家公园功能的影响较小。

工程建设对国家公园内动物资源的影响主要为生境破坏、施工活动驱散等影响。工程永久和临时占地会占用部分植被，导致生活于该区域的野生动物生境范围缩小，另外施工期间隧洞爆破施工及施工机械、人为活动等干扰影响会对野生动物造成驱赶影响，使其远离施工区域。根据现场调查，工程穿越国家公园段临近居民区和农田区，受影响的动物及其栖息环境在国家公园和评价区均有广泛分布，且工程在国家公园内永久占地面积较小，临时占地在施工及时将及时恢复，工程占地对野生动物生境影响较小，再加上动物具有迁移和适应环境的能力，工程施工占地、施工活动对其影响较小。

工程对水生生物资源的影响主要为进水口涉水施工和施工围堰产生的影响。施工期围堰及涉水施工会对水域底质产生搅动，导致施工区域水体悬浮物质增加，

但这种影响是暂时的，随着施工期结束会逐渐恢复。进水口建筑物对水库底质占用等会对施工区域附近的水生生物产生影响，由于进水口占地面积较小，工程占地对其影响有限。另外，施工期的扬尘、悬浮物颗粒可能扩散吸附在水体表面，造成水体悬浮物含量增加，施工机械作业和隧洞施工产生的生产废水如不经处理直接排放入大广坝水库水域，将导致局部水体污染，会对浮游生物以及鱼类的生长和繁殖产生不同程度的不利影响，在做好施工期污废水的处理工作的前提下，加上水库水体的自身净化能力，工程建设产生的悬浮物及废水等对水生生物的影响有限。另外施工期间施工开挖、混凝土浇筑等施工活动以及施工机械产生的噪声也会对国家公园内鱼类产生干扰影响，导致鱼类回避和迁移，这种影响是暂时的，施工结束后影响就会消失。总的来说，工程建设对国家公园水生生物资源影响有限。

2、自然保护区

（1）海南霸王岭国家级自然保护区

本工程以隧洞形式穿越该自然保护区的实验区，工程建设及运行可能会对保护区结构产生不利影响。由于工程穿越段均为隧洞形式，施工支洞、弃渣场等地表工程不在保护区范围内，穿越处位于保护区边缘地带，工程建设对保护区切割的影响较小。且工程不占用保护区面积，保护区范围内无地表开挖，项目建设对保护区内土地类型无影响，因此工程建设对保护区切割、破碎化的影响较小，对保护区结构的影响甚微。

本工程以隧洞形式穿越保护区的实验区，施工支洞、弃渣场等地表工程均不涉及保护区范围，工程建设不会造成保护区内植被破坏和生物量损失，不会对保护区内的动植物资源及生态系统等产生直接影响，因此，工程建设对保护区功能的影响甚微。

霸王岭国家级自然保护区的保护对象主要是：海南长臂猿及其栖息地、热带雨林及其生态系统、其它珍稀动植物资源及其生物多样性、景观资源、水源地，主要分布于保护区核心区和缓冲区，本工程穿越保护区段位于保护区西部边缘实验区，工程距离缓冲区最近距离约 1.32km，与核心区最近距离约 5.37km，保护区内主要保护对象主要分布于核心区及缓冲区，工程以隧洞形式穿越保护区，在保

保护区内无地表工程，因此，工程建设对保护区主要保护对象影响甚微。

（2）海南俄贤岭省级自然保护区

引大济石工程以隧洞形式穿越俄贤岭省级自然保护区的核心区、缓冲区和实验区，工程建设会切割保护区生境，施工区、弃渣场等的占地会改变保护区生境，会对保护区结构产生不利影响。由于工程以隧洞形式穿越保护区，施工区均位于道路附近，干扰频繁，工程在保护区内占地面积较小且均为临时占地，施工结束后即会采取植被恢复措施，因此，工程建设对保护区切割、破碎化等的影响有限，对保护区结构的影响有限。

工程在保护区范围内设置临时施工区，会占用保护区内土地，工程建设不可避免的会对保护区功能产生影响。由于工程以隧洞形式穿越保护区，在保护区内占地仅为支洞施工区的临时占地，其占地面积较小，占地区临近道路，人为活动频繁，占地区分布的植被主要为桉树林、橡胶林、斑茅灌草丛、含羞草灌草丛等，在保护区及周边相似生境分布较广泛，因此工程建设对保护区生态系统及动植物资源影响较小，且施工结束后将及时恢复占地区植被，施工对保护区造成的影响将逐渐减小。综上所述，工程建设对保护区功能的影响较小。

俄贤岭省级自然保护区的主要保护对象为喀斯特地貌及雨林生态系统，湿地生态系统及野生动、植物资源。隧洞开挖及工程占地可能会对保护区内的喀斯特地貌及动植物资源造成一定影响。保护区内保护对象主要分布在线路东侧的俄贤岭一带，本工程穿越保护区段位于保护区西北部边缘区域，该区域距离居民集中区较近，植被多为人工林或次生林，野生动植物资源不甚丰富。工程在保护区内主要为临时占地，且占地面积较小，生境较为简单，占地对植被的破坏及对野生动物的影响有限，且施工结束后占地区会及时采取恢复措施，另外施工产生的污染物等可通过相应措施进行处理。隧洞穿越保护区段不是喀斯特地貌集中分布区域，根据地质勘察结果，穿越段岩性基本稳定，局部稳定性差的区段会及时进行混凝土衬砌。因此，工程建设不会对保护区内喀斯特地貌、雨林生态系统及动植物资源等产生较大影响。

3、森林公园

（1）对森林公园结构的影响

本工程以隧洞形式下穿霸王岭国家森林公园，工程建设不会切割森林公园生境，基本改变森林功能公园内土地类型，工程施工不会对森林公园结构产生影响。

（2）对森林公园景观资源影响

本工程以隧洞形式穿越霸王岭国家森林公园，临时占地占用该森林公园面积较小。施工支洞虽然与森林公园距离较近，但附近无景点分布，因此工程建设不会对森林公园景观资源产生破坏影响，地表施工活动等不会对森林公园景观资源产生干扰影响。

工程以隧洞形式穿越森林公园，占用森林公园土地很小，基本不会对森林公园植被造成破坏。该段穿越埋深大部分在 50m 以上，最深达 182m，埋深较大。根据现场调查，隧洞穿越森林公园段植物主要有鹅掌柴、苦楝、青葙等，该类植物在森林公园内分布广泛，且施工过程中会及时进行混凝土衬砌和支护，在采取一系列措施的前提下，隧洞发生冒水、塌方等的风险有限。因此，工程建设对森林公园内植物资源的影响有限。

施工期隧洞爆破施工等将产生一定的噪声和振动，会对动物造成驱散作用，尤其是较为敏感的鸟类和兽类，使其远离该区域。但由于动物都具有一定的活动能力，且周边有大量连续的相似生境，使其可以顺利迁移至其他合适生境中。同时，施工活动是暂时性的，完工后动物会逐渐回到原来的栖息地，因此施工活动产生的噪声、振动对动物的影响较小。另外，森林公园内的一些野生动物，如珠颈斑鸠、画眉等，可能会有部分施工人员捕捉，通过加强管理和宣传教育，禁止施工人员进入森林公园内，因此影响较小。

昌化江水资源配置工程与周边环境敏感区的相对位置关系详见表 5.7-1。

表 5.7-1 昌化江水资源配置工程涉及敏感区相关情况

涉及敏感区名称	工程名称	工程形式及内容	涉及功能分区	穿越长度或地表占地面积
海南热带雨林国家公园	向阳引水隧洞	隧洞洞身	一般控制区	4.16km
	向阳水库库区	新建水库淹没	一般控制区	29.9241 hm ²
	向阳水库库周	向阳水库库周交通道路	一般控制区	1.7748 hm ²
		向阳水库拍田（临时用地）	一般控制区	0.1079 hm ²
	引大济石引水隧洞	隧洞洞身	一般控制区	12.50km
		隧洞洞身	核心保护区	4.37km

涉及敏感区名称	工程名称	工程形式及内容	涉及功能分区	穿越长度或地表占地面积
		隧洞进口（永久占地）	一般控制区	1.9847 hm ²
		隧洞进口施工布置区 1	一般控制区	0.1982 hm ²
		隧洞进口施工布置区 2	一般控制区	0.1296 hm ²
		隧洞进口施工道路（临时用地）	一般控制区	0.7093 hm ²
	1#施工支洞	施工支洞进口临时用地	一般控制区	0.2441 hm ²
		施工布置区 1	一般控制区	0.1612 hm ²
		施工布置区 2	一般控制区	0.1410 hm ²
		施工支洞洞身	一般控制区	0.659km
		1#施工支洞施工道路	一般控制区	0.7022 hm ²
	3#施工支洞	施工支洞进口临时用地	一般控制区	0.00088 hm ²
		施工支洞洞身	一般控制区	0.18km
霸王岭国家级自然保护区	引大济石引水隧洞	隧洞洞身	实验区	2.34km
俄贤岭省级自然保护区	引大济石引水隧洞	隧洞洞身	核心区	0.44 km
			缓冲区	1.72 km
			实验区	2.18km
	1#施工支洞	施工支洞进口临时用地	实验区	0.2441 hm ²
		施工支洞洞身	实验区	0.46 km
霸王岭森林公园	引大济石引水隧洞	洞身	—	7.08km
	3#施工支洞	洞身	—	0.18 km
		施工支洞进口临时用地	管理服务	0.00096 hm ²

4、饮用水水源保护区

引大济石引水隧洞出口直接涉及石碌水库饮用水水源保护区的二级保护区和准保护区，石碌干渠取水口直接涉及石碌水库饮用水水源保护区的一级保护区，向阳引水隧洞主洞地下穿越乐东县万冲镇山明村村河流型水源地保护区二级保护区。

经识别，乐亚项目区向阳引水隧洞地下穿越乐东县万冲镇山明村饮用水水源保护区的二级保护区约 407.9m。该水源地为河流型集中式饮用水源地，供水服务对象为农村，供水服务人口 480 人，年实际取水量 0.67 万吨。根据可研工程设计，该区域无地表工程占用饮用水水源保护区，向阳引水隧洞主洞最大埋深 378m，最小埋深 16.5m，该段地区地下水水位埋深在 10m 以内，因此隧洞采用 TBM 方式开挖对该水源地影响甚微。本次评价以引大济石项目区直接涉及的饮用水水源保护

区为重点进行分析。

表 5.7-2 昌化江水资源配置工程直接涉及饮用水水源保护区情况表

工程内容	具体工程内容	涉及对象
引大济石引水隧洞出口	引水隧洞地下穿越	石碌水库饮用水水源保护区二级保护区、准保护区
	隧洞出口施工区	
石碌干渠取水口	石碌灌区引水涵洞工程及部分干渠	石碌水库饮用水水源保护区一级保护区、石碌河饮用水水源保护区二级保护区
石碌灌区调蓄水库	山竹沟水库	山竹沟水库饮用水水源保护区
石碌灌区工程	渠道工程	水头村南苗河饮用水水源保护区 乌烈镇新田水库饮用水水源保护区
乐东县万冲镇山明村饮用水水源保护区	引水隧洞地下穿越	向阳引水隧洞主洞穿越乐东县万冲镇山明村河流型水源地保护区二级保护区约407.9m

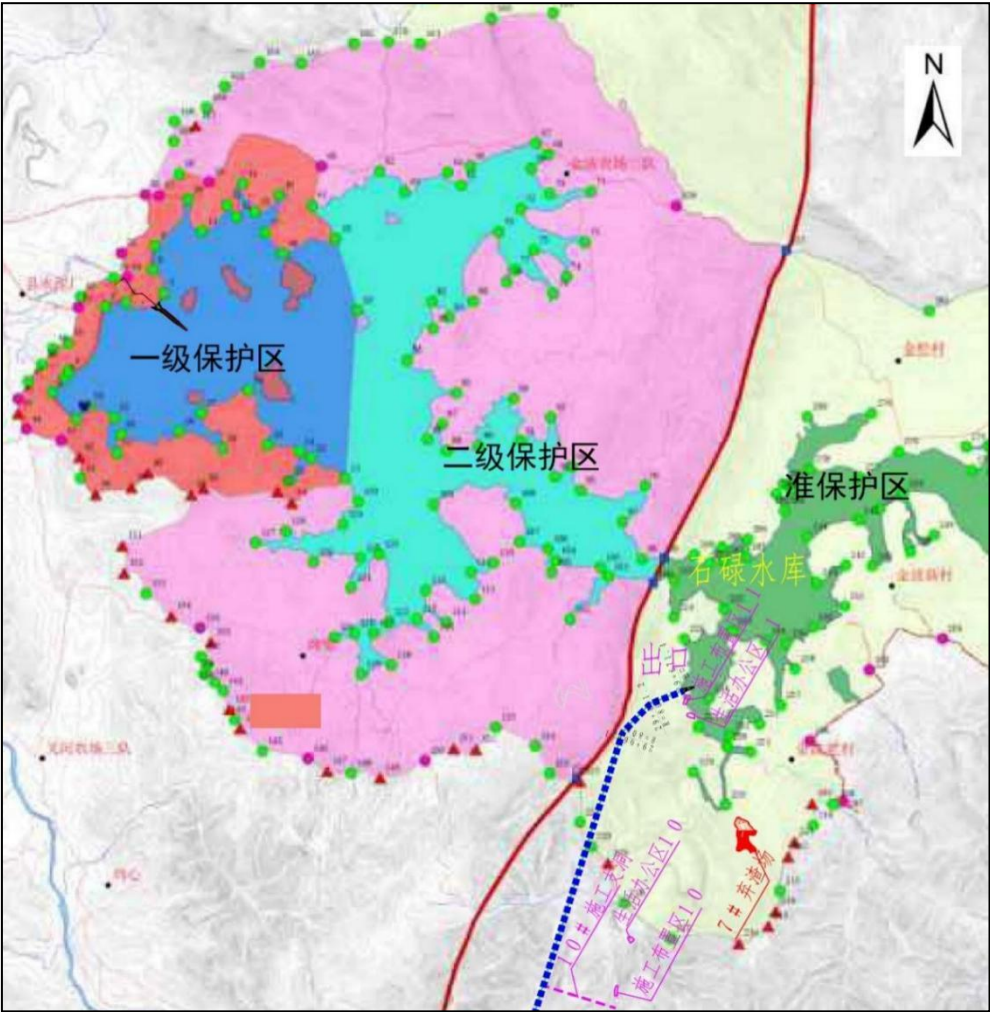


图 5.7-1 引大济石引水隧洞出口与石碌水库饮用水保护区位置关系示意图

本工程引水隧洞出口施工区、石碌水库坝址改造施工区分别位于石碌水库饮用水源保护区的准保护区和一级保护区，本工程隧洞施工废水、施工生产生活区废水处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质标准》后用于混凝土搅拌、绿化、洒水降尘等不外排，对石碌水库地表水环境影响较小。

运行期由于混凝土的腐蚀对地下水造成污染的可能性很小，不会地表河流水质产生影响。因此工程运行期对水源地保护区影响较小。

5.8 河口环境影响分析

昌化江水资源配置工程会对河口水文情势产生一定的影响，主要表现在特枯水年和枯水年入海流量明显减少。但通过下泄生态流量，可以有效减缓对水生态环境的影响。配置工程对昌化江左和中汊的水动力环境影响有限，春、夏季涨、落潮条件下左汊流速最大增大 0.03m/s ，最大减小 0.04m/s ，中汊流速最大增大 0.04m/s ，最大减小 0.05m/s 。本项目对昌化江河口段的右支汊及外海的水动力环境影响不大。

由于大广坝的调节作用，丰平枯水年春季上游来流流量差别不大，河口咸潮上溯距离接近，工程实施后咸潮上溯距离较工程实施前增加约 $0\sim 1.2\text{km}$ ，表明昌化江水资源配置工程对河口咸潮上溯距离的影响较小。工程实施后枯水年春季大潮期咸潮最远可上溯至分汊口上游 1350m ， 0.5‰ 盐度等值线距离东方市玉雄饮用水源保护区约 8.9km ，低潮时刻，冲淡水前锋则出至河口。玉雄饮用水源保护区河床高程约 7.5m ，较近十年最高潮位高约 5m ，因此，咸潮上溯不会对玉雄饮用水源保护区水质产生影响。

昌化江入海口红树林主要分布于入海口扇形区域的边缘，在昌化江河道内基本无红树林分布，结合咸潮上溯影响分析结果，工程实施后咸潮上溯距离有限，预测工程实施后对红树林的影响轻微。

工程实施后，受咸潮上溯影响，会导致淡水鱼类生存空间受到一定挤压，而咸水鱼类生存空间则有所增加。由于鱼类能主动躲避环境胁迫因子，淡水鱼类会随咸潮上溯而向上游迁徙，所受影响相对较小。

5.9 其他环境影响分析

5.9.1 环境空气

爆破烟尘对施工区现场人员会产生一定不利影响，但由于施工区地形开阔，通风条件良好，爆破废气及烟尘中的污染物能够很快扩散，再加上施工爆破的间断性和施工时间的有限性，爆破产生的烟尘对周围大气环境的影响不大。正常情况下砂石加工系统污染物（TSP）排放对大气环境影响较小。在非正常情况下，即未采取任何措施的情况下，砂石加工系统产生的粉尘等污染物对作业区域下风向5km范围内的居民均产生较大影响，对最近居民点影响最大。向阳水库大坝附近砂石料加工系统破碎筛分系统距离最近的村庄南打村约700m，5km范围内约有8个村庄。工程砂石料加工必须采取相应的环境保护措施，以降低对周边村庄的影响。本工程在向阳水库坝址施工区及其它30个施工区共配置1座HL75-2F1500型砼拌和楼、12座HZS60型混凝土搅拌站、2座HZS25混凝土搅拌站、9台JW-375型强制式混凝土拌和机及96台0.4m³移动式混凝土搅拌机。根据工程分析，在无防治措施的情况下，粉尘排放系数为0.91kg/t，在采取除尘措施后，粉尘排放系数可降至0.005kg/t，受该类粉尘影响的主要为现场施工人员。为降低系统粉尘对现场施工人员的影响，系统应安装除尘设备，并辅以洒水降尘。本工程施工时，对外交通便利，工程区内多条等级公路均可直接利用，且运输里程普遍较短，场内各主要施工点进场公路大部分可利用既有公路，仅少部分需新建或扩建。渠道工程采取分段施工，每段施工时间相对较短，不利影响的范围和时间有限，随着建设期的结束，车辆行驶扬尘的影响也随之消失。根据现场查勘情况，工程施工区道路路面积尘不多，交通运输粉尘会对施工道路两侧50m以内居民产生一定影响，但影响不大。应采取车辆限速、路面洒水、保护路面整洁等措施，控制车辆行驶扬尘对区域大气环境影响的程度。施工机械在运输过程中，汽车燃油将产生CO、THC、NO₂、铅化物等废气，由于该工程施工区大气环境本底质量状况良好，地势较为开阔，空气对流强烈，有利于大气污染物的扩散稀释，因而工程施工产生的废气污染对周边环境影响很小。

5.9.2 声环境

本工程对声环境的影响主要来自施工期各类施工活动和施工机械产生的噪

声，运行期只有水轮机及提灌泵站产生噪声，对区域声环境影响很小，故本次声环境影响预测评价只针对施工期。工程施工期噪声主要来源于固定声源的施工机械开挖、钻孔、沙石粉碎产生的噪声，流动声源的车辆运输产生的噪声以及爆破施工产生的噪声等。

向阳大坝工程在满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1类标准（昼间55dB（A），夜间45dB（A））的要求下，所有噪声源叠加现状噪声背景值后昼间达标距离为815m以外，夜间为2450m以外。向阳水库大坝施工区距离最近的村庄南打村约700m，距离空透村2.5km、千打村2.8km，施工期水库淹没区内村庄均已迁移，其他村庄距离施工区均大于2.8km。大坝施工噪声影响范围内只有距离最近的南打村，影响程度较小，但需要采取一定的降噪措施。建议施工单位施工时在南打村一侧布置移动式临时声屏障。根据相关资料显示，临时声屏障的降噪效果在15~25dB（A）之间，评价取中间值20dB（A），采取该措施后，距离施工区500m以外的区域声环境昼间、夜间均可以达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）1类标准要求。

渠道工程施工，昼间施工噪声对敏感点影响较小，除紧邻渠道的风车田村、陈干落村、保湾村、山荣农场五队、青坎、则宁坡6个敏感点超标外，其它敏感点噪声值均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1类标准要求；夜间，大部分敏感点噪声值都超过《声环境质量标准》（GB3096-2008）1类标准要求，施工噪声影响较大。因此，评价要求本工程在夜间施工时须避免高噪声设备开动，夜间22:00以后停止施工。另外，噪声预测值超标的敏感点，要在渠道与居民点之间设置移动式临时声屏障。考虑到不同施工工段作业时间的差异，可对隔声屏障进行重复利用。

向阳引水隧洞共有7个隧洞口、引大济石隧洞共有5个隧洞口。经预测可知，昼间施工将影响到向阳4#施工支洞口附近的什加巴村，夜间施工影响到的村庄较多。因此，评价要求本工程在夜间施工时须避免高噪声设备开动，夜间22:00以后停止施工。另外，在受影响的什加巴村与施工区之间要设置移动式临时声屏障。

昌化江工程施工时需要炸药爆破的工程主要有向阳水库大坝、向阳水库引水隧洞和引大济石引水隧洞。隧洞爆破施工时，由于隧洞内部爆破声音小，对外界影响不大，故这里只预测隧洞口爆破噪声影响。，本工程隧洞口爆破施工噪声在

满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》规定的标准限值（昼间 70dB（A），夜间 55dB（A））的要求下，昼、夜达标距离分别为 475m 和 1740m；在满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准（昼间 55dB（A），夜间 45dB（A））的要求下，昼、夜达标距离分别为 1740m 和 3250m。由于爆破噪声很大，对施工人员及施工区附近居民都会有一定的影响，因此，需合理安排好爆破时间，避免爆破施工对周围居民点日常生活造成较大影响。

5.9.3 土壤环境

本工程灌溉回归水通过土壤渗入地下后，由于湿土易导热，灌溉土壤表面白天吸收的热量很快向下传导，表土的温度不易升高，而夜间又因下层热量对流向上传导，表土温度也不容易下降，使灌区土壤昼夜的温差较小，可以达到“以水调温”的目的。

灌区内的土壤在灌水后的一两天内，微生物数量将有所减少，但接着就会很快增加，至第4~5天达到最大值，然后再缓慢地恢复至初始状况。受灌溉影响最大的有硝化细菌、放线菌、反硝化细菌和破坏纤维素的细菌等。反硝化细菌和纤维素细菌的破坏在80%的饱和含水量时最为强烈，在灌溉以后这几类微生物的发育最为迅速。在最小含水量时，即为饱和含水量的20%，放线菌得到最好的发育条件。但是，随着土壤的干燥，硝化过程则逐步减弱。

土壤灌水后，土壤中的部分 FePO_4 被还原为 $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ ， $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ 的溶解度大于 FePO_4 ，且土壤在浸水过程中磷酸铁由结晶态转变为无定形的胶态，表面积增大，使土壤中磷素易溶于水，从而导致土壤中的磷素被淋洗和流失。土壤水分过多，通气不良，在腐殖质化时，还积累大量的有机醇、酮等中间产物和硫化氢、甲烷等还原性物质，对作物和微生物产生毒害作用。

海南省乐亚灌区范围内土壤类型主要为砖红壤土、水稻土、燥红土、潮沙泥土、滨海沙土等。经调查，本工程灌溉范围内现有灌区各种类型的土壤均未发生土壤次生盐渍化现象。本工程灌溉引水水质为II类，比现有灌溉水质好，且与现有灌溉工程相比，本工程具备了较好的排水系统；另外，依据地下水预测可知，灌区内地下水埋深较大，均大于引起表土积盐的地下水临界埋深，表土不易积盐，灌区地下水水质较好、矿化度较低，不易产生盐渍化。因此，评价认为只要本工程实施后合理灌溉、规范运行管理，灌区不会产生大面积的土壤次生盐渍化现象。

但从小地形来看，尤其是在低洼地区的局部高处，由于蒸发快，盐分聚积更强烈，随着时间的推移以及盐分积累效应，有可能发生局部次生盐渍化。

5.9.4 固体废物

1、生产垃圾

本工程土石方开挖弃渣量约 376.5 万 m^3 。由于渠道工程线路长，工程点多，设计时采用总体分散规划渣场、局部集中堆渣的方式，隧洞工程在隧洞进出口附近、渡槽、倒虹管沟槽附近就近堆渣，明渠则沿渠道外侧堆渣。在有条件时尽量集中布置堆渣场，尽量避免滥弃，石渣尽量堆于荒地、阶地上。施工期共规划了 14 个集中弃渣场，可堆渣容量 309.31 万 m^3 。其余弃土（渣）运至取土坑集中弃置，取弃结合，或就近选择废塘或荒沟集中弃渣。生产垃圾集中收集后统一妥善处理，对环境的影响很小。

由于工程区季风盛行，以东北风为主，其次是东风和东南风，区内多年平均风速 2.3m/s，处置不当的弃土易随风飘扬，会对空气环境产生不利影响，但工程区多年平均相对湿度较大，为 85%，因此影响不大，采取一定措施后可消除该不利影响。

2、生活垃圾

本工程施工总工期 60 个月，施工高峰期现场施工人数为 6543 人，分散于 32 个施工区，生活垃圾产生量按 1kg/人·天计算，高峰时段各单项工程日产垃圾 0.43~6.54t，本工程施工期生活垃圾产生总量为 7786.4t，详见工程分析表 3.5-5。

生活垃圾中富含有机物及病原菌，如任意堆放，不仅污染空气，影响施工区清洁卫生，而且在一定气候条件下，造成蚊蝇孳生、鼠类大量繁殖，加大各种疾病的传播机会，在人口密集的施工区导致疾病流行，影响施工人员身体健康。生活垃圾中的各种有机污染物和病菌随径流或其他条件一旦进入河流水体，将增加水体中污染物浓度，污染附近水体水质。

为避免生活垃圾处理不当，对人群健康、水质、环境空气等方面产生不利影响，应充分重视生活垃圾临时存放位置的选择，并采取相应的保护措施。本工程施工期生活垃圾统一收集后委托沿线当地环卫部门处理，施工产生的生活垃圾对环境的影响较小。

5.9.5 移民安置

涉及到移民搬迁安置的是南圣河向阳水库的淹没区。向阳水库淹没范围涉及五指山市毛道乡、番阳镇、通什镇等。淹没部分村庄，涉及移民搬迁。

(1) 对生态环境的影响

移民安置区不占用海南热带雨林国家公园。在移民安置点建设、专业设施复建的过程中，施工期不可避免的将造成植被破坏和一定水土流失，随着安置点、专业设施建设完成后，随着挡护设置和迹地恢复、四旁绿化的逐步完善，上述影响将逐步得到控制。

(2) 对水环境的影响

移民安置区不涉及饮用水水源保护区的水域和陆域范围，其对水环境的影响主要为居民生活污水排放。移民安置点将统一配套集中供排水设施，生活污水经过收集后统一处理。规划建设毛道乡污水处理厂 1 座、村污水处理设备 6 套、配套管网；生活污水量排水按用水量的 80% 计列，通过一体化污水处理设备（600 吨/天）处理达到 1 级 A 标准后，用于农业灌溉，剩余部分通过管道排至水库坝下，达标排放，对水环境的影响小。

(3) 对社会经济的影响

水库淹没耕地、迁移人口对所在区域经济、社会的整体结构有一定的影响，打破了库区原有的农业产业结构，耕作模式改变。本工程向阳水库淹没区征收耕园地共计 4349.6 亩，现有耕园地 48238 亩，工程征地影响程度为 9.02%。在短期一定程度上影响园地产量、耕地粮食产量及效益，需要一定恢复时期才能弥补。但同时，移民通过搬迁住进新房，人居环境改善明显，基础设施旧貌换新颜，通过强化移民安置区各项基础设施建设，可为移民创造一个良好的生存环境，使生产、生活优于原工程区，可使移民生活水平达超当地农村水平。

(4) 对人群健康的影响

工程渠道征占耕地呈线性分布在多个村中，每个村征占用的耕地数量很少，对当地村社村民的影响很小，就近安置，不存在因环境改变造成传染病的异常变化，不会对移民身体健康造成影响。

5.9.6 人群健康

本工程对人群健康的影响主要由施工人员进驻以及水媒性传染病引起。施工

人员进驻加大区域人口密度，灌区大量引水灌溉提供了水媒性传染病的传播途径，若不加强环境卫生、饮用水卫生、食品卫生管理，不注意环境卫生和疾病检测、检疫和防疫，有可能造成新型冠状病毒、疟疾、痢疾、伤寒、病毒性肝炎、肺结核等传染病流行；施工人员来自不同地区，可能会带来其居住地的病原体，相互感染，如不加强预防检疫工作，会导致疾病流行。因此，施工营地应经常进行卫生清理和消毒，注重施工人员饮食卫生，加强管理。在做好上述措施的条件下，工程建设对人体健康影响较小。工程运行期，供水安全保障程度将显著提高，水量水质均可保证，对人群健康具有积极的促进作用。

6 环境保护措施及其可行性论证

6.1 地表水环境保护措施

6.1.1 施工期

1、砂石加工系统废水处理

本工程砂石加工系统废水排放量为 $420.8\text{m}^3/\text{h}$ ，其中向阳水库大坝附近砂石料加工系统废水排放量为 $327.7\text{m}^3/\text{h}$ ，向阳水库引水隧洞 3#施工支洞口碎石厂废水排放量为 $34.4\text{m}^3/\text{h}$ ，4#施工支洞口碎石厂废水排放量为 $21.7\text{m}^3/\text{h}$ ，引大济石隧洞 2#施工支洞碎石厂废水排放量为 $37.0\text{m}^3/\text{h}$ 。施工期砂石加工系统废水排放总量为 197 万 m^3 。废水污染物主要是 SS，浓度一般在 $30000\sim 50000\text{mg/L}$ 。由于本工程施工布置紧凑，砂石料加工系统位置用地紧张，推荐采用 DH 高效净化器法；本工程砂石冲洗废水处理系统的污泥处理推荐采用机械脱水方案。砂石冲洗废水处理系统主要设备包括石粉回收装置、DH 高效污水净化器、高效混凝混合器、加药系统、污水提升泵等。废水处理系统与砂石料加工系统同布置在一块台地上，构筑物利用加工系统附近空地布置，废水处理系统总占地面积约 1200m^2 。

2、混凝土拌和系统冲洗废水处理

向阳水库混凝土废水处理系统主要设备为 2 台 50QW-23-15-2.2 型无堵塞潜污泵，一用一备，单台流量为 $23\text{m}^3/\text{h}$ ；其它施工点为 2 台 50QW-10-15-1.1 型无堵塞潜污泵，一用一备，单台流量为 $10\text{m}^3/\text{h}$ 。

3、修配系统含油废水处理

本工程共需 29 套含油废水处理系统，每套含油废水处理系统主要设备为 2 台 IS50-32-125 型清水泵，1 用 1 备，单台功率 0.71kW ，用于处理后出水回用。

4、隧洞排水处理

本工程共需 12 套隧洞排水处理系统，每套处理系统主要设备为 2 台 IS50-32-125 型清水泵，1 用 1 备，单台功率 0.71kW ，用于处理后出水回用。

5、生活污水处理

本工程施工高峰期总人数为 6543 人，分散于 31 个施工生活区。采用成套生活污水处理设备（A/O 工艺+过滤+消毒），处理达标后回用于施工营地道路洒水

及绿化用水。

6.1.2 蓄水初期

拟建向阳水库具有城乡供水、灌溉和环境保护等多重作用，为了保证工程安全运行，防止水质污染，满足生产、生活和工农业用水要求，保护人群健康，在水库蓄水之前，要进行库底清理。

6.1.3 运行期

1、水源区水环境保护措施

按照设计要求，新建向阳水库具有城乡生活供水任务，因此工程建设运行后，根据《中华人民共和国水法》《中华人民共和国水污染防治法》以及《饮用水水源保护区划分技术规范》（HJ/T338-2018）等相关规定，开展向阳水库、大广坝水库、南木水库、长茅水库取水口一定范围饮用水水源保护区划分工作，划分后立即开展现场定界，划分方案报请地方人民政府批准。地方人民政府按照 HJ/T 433 的要求，在饮用水水源保护区边界设立界标，敏感区域设立警示标志，并向社会公布饮用水水源保护区范围，依法实施保护措施和管理，保障饮水水源安全。

2、受水区水污染防治措施

以改善水环境质量为目标，加强综合治理和生态保护，遵循“增水不增污”和“增水减污”原则，制定受水区地表水污染防治措施。以下提出的水污染防治措施主要源自经三亚市人民政府批复《海南省昌化江水资源配置工程受水区（三亚市）水污染防治规划（2020-2035 年）》、经乐东县人民政府批复《海南省昌化江水资源配置工程受水区（乐东县）水污染防治规划（2020-2035 年）》、经昌江县人民政府批复《海南省昌化江水资源配置工程受水区（昌江县）水污染防治规划（2020-2035 年）》。

6.1.4 生态流量保障措施

（1）初期蓄水生态流量泄放设施

水库在第五年 4 月开始蓄水，选用保证率为 75% 的来水计算水库需水量及相应的库水位，至 5 月底上游来水量为 1396 万 m^3 ，相应坝前水位将达到 197.3m，高于死水位 195.50m，水库具备供水条件。

为满足施工期下游生态保护要求，在导流底孔下闸封堵、水库蓄水初期，要

求考虑向下游提供生态基流的措施。因此,根据下游最小生态流量 $2.26\text{m}^3/\text{s}$ 要求,蓄水初期(水库蓄水从下闸水位蓄至 193.0m 高程)利用浮船载离心泵抽水至溢洪道下泄生态基流,待蓄水位超过 193.0m 后,由生态放水孔下泄生态基流。

(2) 运行期生态流量泄放措施

为满足河道鱼类在产漂流性卵鱼类繁殖期 6~8 月需水要求,刺激鱼类产卵繁殖及下游河道生态用水需要,向阳水库设置水库生态放水孔。生态放水孔进口底板高程 193.0m ,高于坝前淤砂高程 0.5m ,低于死水位 2.5m ,坝内预埋 DN1600 钢管,壁厚 12mm ,引水管道从进水口前端至控制阀总长 26.75m ;为避免泄放底层冷温水,进水口采用分层取水的布置方式,分别于 208.0m 、 200.0m 、 193.0m 高程设置工作闸门,闸门孔口尺寸 $1.6\text{m}\times 2.0\text{m}$;工作门前顺水流向分别布置抓斗式清污机及拦污栅。生态放水管坝后设闸阀控制室,内设 DN1600 控制闸阀,并设置三通接直径 1.0m 的引水钢管引至坝下,为下游供水预留路由。阀室下游出口设置 90° 弯管,生态用水通过 188.8m 、 183.8m 及 179.0m 高程三级跌水自然进入下游河道,为下游河道提供生态用水的同时,作为鱼道进口诱鱼水流。

6.2 地下水环境保护措施

6.2.1 施工期

本项目在施工期内,主要施工内容包括:隧洞开挖、开凿井孔等。施工期污水的不恰当处理可能会引起地下水水质恶化,因此建议全面优化工程项目管理,适当优化隧道开挖、导流等工程工期,注意建筑使用固体废弃物的堆置和处理,尽可能堆置运走处理,注意施工期生活污水的收集和处理,对引水隧洞各施工区产生的生产废水、生活污水应严格按照环评提出的处理措施进行处理,保证污水处理设施处于良好的运行状态,确保废污水不发生事故排放,防止生产废水、生活污水渗漏影响地下水水质。

6.2.2 运行期

本工程取水水源为向阳水库,为保障水库作为水源地的功能,需提出严格的水源地安全保障措施,从源头上保护向阳水库水质不受污染,保证供水安全。具体采用以下措施:在向阳水库保护区范围内,禁止设置排污口;禁止新建、改建、扩建与供水设施和保护水源无关的建设项目;禁止从事养殖、游泳或其它可能污

染饮用水水体的活动；禁止堆置和存放工业废渣、城市垃圾和其它废弃物；禁止设置油库；禁止可能污染水源的旅游活动和其它活动。此外，管理部门还要加强运行期水质管理，加强库区输水渠道地下水水质监测，必要时采取在线连续监测；通过新闻媒体、告示、标志牌等方式加强村民的水质保护意识。

本工程输水方式采用的隧洞和管线，运行初期，需要对输水隧洞内部进行清理，施工垃圾运到渣场填埋，场地平整。运行期加强管理和监测，定期巡视，发现隧洞渗水等突发情况，及时上报和处理，避免造成较大损失和事故。

根据“三先三后”原则，即先节水后调水、先治污后通水、先环保后用水，在乐亚水资源配置工程供水前，受水区必须实施严格的水污染控制措施。加快工程沿线重点城镇生活污水和垃圾处理工程的配套建设，提高工程区污水处理达标排放和垃圾无害化处理率，在受水区全面实施污染物排放总量控制制度；有效控制面源污染，科学合理施用农药化肥，积极倡导施用高效、低毒、低残留的生物农药和生物有机化肥。

6.3 陆生生态环境保护措施

6.3.1 陆生植物保护措施

1、优化工程设计，避让生态敏感区。考虑项目区涉及海南热带雨林国家公园、霸王岭自然保护区、俄贤岭自然保护区、霸王岭森林公园等，环境敏感区内生态环境较好，植物种类组成丰富，植被类型多样，将“预防或者减免不良环境影响的措施”作为环境影响评价的重点，尽可能通过优化工程布局、调整施工组织设计方案等减少或者减免工程建设对国家公园、自然保护区、森林公园的占用和影响。

在工程线路优化调整方面，尽可能避让各类环境敏感区。经多次线路优化调整，向阳水库引水隧洞避开了海南热带雨林国家公园核心区，引大济石引水隧洞渣场和施工布置区调整至海南热带雨林国家公园、霸王岭自然保护区、俄贤岭自然保护区、霸王岭森林公园范围以外，最大程度降低了对环境敏感区的影响。

2、认真贯彻《中华人民共和国野生植物保护条例》，禁止任何单位和个人非法采挖野生植物或破坏其生长环境。开展法律法规宣传和科普知识讲座，提高施工人员对野生植物特别是重点保护野生植物的保护意识，杜绝人为活动对野生

植物个体和种群的破坏影响。

3、在施工布置方面，为避免施工人员对各类环境敏感区植被和土壤的影响和破坏，在做好施工组织设计的同时，施工前应在施工区设置警示牌，在工程涉及敏感区段、保护植物和古树段设立警示标志，采取围栏、警戒线、施工红线等措施限定工程占用与扰动范围，规划施工区红线，标示施工活动区，划定施工活动范围，施工车辆和人员必须在“红线”范围内施工，严禁超范围占地和进入非施工区活动。同时对施工人员进行环境保护意识教育，宣传动植物保护法规，严禁随意扩大施工范围或进出国家公园核心区、自然保护区缓冲区和核心区等区域，禁止随意乱采乱伐等，严禁施工人员非法猎捕野生动物，禁止施工人员捡拾鸟蛋等。规范施工行为，严格控制设备和施工作业时间，以减轻施工对当地野生动植物的影响。

4、遵守“三同时”原则，坚持生态优先的理念。认真落实和贯彻执行生态保护措施，对工程可能造成水土流失、生态破坏，做到预防为主，防治结合。水土保持措施必须与主体工程“同时设计、同时施工、同时投入运行”。

5、施工生活设施、施工生产加工厂等的布置区及渣场、料场等选址避开主要植被区域。施工道路尽量避免从成片的林地中穿过。施工道路尽量利用已有线路，避免再次开挖造成二次影响。控制工程施工占地规模。施工活动要保证在征地范围内进行，施工便道及临时占地要尽量缩小范围，避免对耕地的占用，加强对林草地的保护。

6、采取合理的施工方式，尽量避免对农田及天然林植被的破坏，凡施工可能造成植被及林地破碎化的地方，应进行景观生态学设计，减少植被破碎程度。长茅西提水分干渠、长茅东干渠灌区、大隆南干渠施工中需加强村庄植被的保护；长茅西干渠施工中需要加强季雨林的保护；向阳水库项目区需要加强 1#施工营地附近那颗野龙眼和向阳水库周边的低地雨林次林的保护，尽可能少干扰村庄植被；大隆西干渠、大隆东干渠、三陵干渠灌区工程施工中需加强季雨林和村庄植被的保护；望楼河引水分干渠施工中需要加强季雨林、狭叶香蒲+高杆莎草群落和村庄植被保护。

7、预防外来物种入侵扩散风险，由于本工程线路较长，施工交通运输、流量增加，增大了外来入侵种侵入的可能性。建议加大宣传力度，对外来物种的危害以及传播途径向施工人员进行宣传；工程施工过程中对外来入侵植物采取人工

拔除的方法，对现有的外来种，利用工程施工的机会，开展相关治理工作，以防种子扩散，有效控制工程造成入侵植物传播和扩散。

6.3.2 陆生动物保护措施

1、施工期：

（1）水库、河流和水田湿地水渠或取水口施工时，应注意动物群落及重点保护动物活动节律，避免在 6:00-9:00、16:00-18:00 时间段进行施工，减少或降低对适应人为干扰能力较弱的动物群落物种及重点保护动物的影响。

（2）施工时的废水严禁不经处理的直接排放；水库取水口施工时，防止水体污染；隧洞出入口应有效做好防止雨水冲刷和水体污染发生。避免废水对周围动物生境的破坏。

（3）弃渣场、施工场地、临时便道等临时占地，优先避开评价区内植被较好的区域，严禁越界施工，尽量少破坏动物生境。施工期，应做好料渣场和土料场边缘防护和防止雨水冲刷等污染防治措施。

（4）施工期，在开阔的河流、库塘、水田、灌草丛、农田旱地的水渠建设施工时，不仅要做好水体污染防治措施，同时也应该在施工区两侧做好隔离带或隔离措施，避免对湿地中适应人为干扰能力较弱的重点保护动物产生明显的影响。

（5）新建道路施工时注意防尘；道路运输中避免车辆过快和鸣笛，避免发生碾压灌草丛动物的行为；对施工运输车辆应采取遮挡措施，物料洒落对周围动物生境的破坏。

（6）水渠建设施工时，应该做好避免当地排污进入其中，做好引水工程的水质保证和保障工作，避免在营运期出现水渠水体污染事件的发生。

（7）水库建设时，应合理设计过鱼通道，同时注意下游的生态保水量，避免下游水质受到污染而影响到下游湿地动物群。

（8）施工期，注意生活辅企区的防蛇和防鼠工作。

（9）灌区工程区合理配置倒虹吸、渠下涵、机耕桥等建筑物的布局，尽量减少渠道对动物的通行产生阻隔影响。在丘陵林地段处，应尽量减少明渠布设，多采用管道、渡槽，减少对生活于山间溪流和林地的野生动物的阻隔效应。

2、运行期：

（1）料渣场、施工辅企区、生活区、隧洞出入口等在施工后应进行有效的

植被和生态恢复，促进动物生境的有效恢复和动物群落的重建。

(2) 隧洞出入口以及向阳水库淹没区等涉及到永久性占地，应做好附近植被和动物生境恢复工作，加快动物生境和受干扰动物群的重建。

(3) 淹没区在运行期前，不需要或避免进行人为驱赶野生动物，完全可以依据自然过程进行迁移。

(4) 全程建立生态和野生动物保护意识，严禁乱捕滥猎，捕杀和吃食野生动物的行为。

(5) 建立影响后评价监测机制，对当地热带雨林动物群落及重点保护动物进行有效监测，为当地野生动物保护和管理提供数据和资料。

6.4 水生生态环境保护措施

本工程实施后，水生生态影响较大的是水源区昌化江流域。昌化江流域鱼类多样性较高，分布有国家 II 级重点保护野生动物花鳗鲡，以及 12 种海南岛特有鱼类，这些特有鱼类均为小型溪流鱼类。目前昌化江流域水生生境破坏严重，鱼类多样性受到较大威胁，工程实施后，下游及河口水量减少，对花鳗鲡等进一步造成影响；中上游南巴河、南圣河流水生境缩小，昌化江干流流量减少，流水生境支流下降，将对溪流鱼类造成一定影响。因此，本工程水生生态保护应重点关注两个方面，一是戈枕以下至河口江段，应该加强生态流量泄放，开展水污染治理、河流生态修复等，为花鳗鲡等洄游性、河口性鱼类提供较好的栖息环境；二是大广坝库尾干支流开展栖息地保护与修复，维持河流流水生境，为溪流性鱼类提供栖息与生存空间，维持一定的种群规模。

以栖息地保护与修复为重点，同时针对已有开发及工程实施对河流生态系统，特别是对鱼类影响的特点，采取增殖放流、过鱼设施、监测与保护效果评价、渔政管理、水库生态调度、水库生态及鱼类保护技术研究等措施，力求对河流生态系统结构和功能起到一定的保护和恢复作用。水生生态保护措施总体布局见下表：

表 6.4-1 水生生态保护措施总体布局

措施类型	主要内容	保护对象
栖息地保护	① 干流以大广坝库尾为起点，终点至番阳镇，并包含区间主要支流南巴河、大安河、乐中水、南圣河等； ② 支流的保护范围为最下游一级已建梯级至支流汇口河段；支流东方河栖息地保护范围为汇口以上 7km 河段。	所有土著种类，特别是流水性鱼类
连通性恢复	① 南圣河新建向阳水库，采用鱼道方案； ② 南圣河合口电站（低坝）采用仿自然旁道； ③ 大广坝、戈枕坝采用集运鱼系统。 ④ 规划中明确的“以新带老”措施：大广坝库尾至南圣河河口区间的 5 座小水电以及戈枕坝的连通性恢复（抱由水电站和国强水轮泵采取鱼道，保定水电站、友谊水电站和向阳左岸电站均采用仿自然旁道）；	重点保护河海洄游性及河道洄游性种类，兼顾其他种类
增殖放流	在向阳水库业主营地建设增殖放流站 1 座	保护、濒危、特有及重要经济鱼类
生态调度	在保证河道内生态需水前提下，在鱼类繁殖期开展梯级联合生态调度，刺激鱼类产卵繁殖：向阳坝址至大广坝库尾河段产生人造洪峰不低于 4 次，流速在 0.2m/s 以上。	所有土著种类，重点保护产漂流性卵鱼类
渔政管理	加强渔政管理，实行捕捞许可制度和禁渔期制度，严禁非法渔具渔法；加强宣传教育，严禁将外来鱼类引进到天然水体，防止生物入侵	所有土著种类
生态监测与科学研究	① 昌化江水域水生态修复方法与技术研究； ② 昌化江水资源配置工程对水生生物的长期生态效应研究； ③ 昌化江向阳水库鱼类增殖放流与过鱼效果跟踪调查与监测； ④ 昌化江中下游及河口鱼类群落的动态监测与评估。	监测所有种类，生物学、人工繁殖等主要针对放流对象和珍稀濒危特有鱼类
其他措施	① 取水口拦鱼措施（在向阳水库、乐东引水泵站取水口、大广坝水库取水口、南木水库取水口各设置一个拦鱼电栅）； ② 人工鱼巢（向阳库尾初步试验投放人工鱼巢 300m ² 、在大广坝库尾初步试验投放人工鱼巢 600m ² ）； ③ 加强宣传教育，加强水污染防治、规范采砂活动等。	所有土著种类

6.5 敏感区保护措施

1、严格遵守和执行《中华人民共和国自然保护区条例》和《海南热带雨林国家公园条例（试行）》等有关规定

禁止在保护区内进行砍伐、放牧、狩猎、捕捞、采药、开垦、烧荒、开矿、采石、挖沙等活动；禁止任何人未经批准进入自然保护区的核心区，禁止在自然保护区的缓冲区开展旅游和生产经营活动；在自然保护区的核心区和缓冲区内，

不得建设任何生产设施，在自然保护区的核心区不得建设污染环境、破坏资源或景观的生产设施，建设其他项目，其污染物排放不得超过国家和堤防规定的污染物排放标准。

2、根据有关规定，设立警示牌，加强管理

严格规定施工区“红线”范围，禁止施工人员在“红线”外施工。在有关地点根据有关规定设立警示牌，宣传标语。禁止施工人员捕猎野生动物、随意践踏农田、破坏防护林等行为。禁止无故进入国家公园、自然保护区、森林公园，各项活动应避免影响动物的栖息生境、干扰重点保护动物的活动，确保野生动物维持原来稳定的栖息地。

3、加强施工人员宣传教育

施工前采用广播、墙报、黑板报和张贴标语等多种宣传形式对施工人员进行宣传教育。明确物种多样性及其保护的意义，防止人类破坏的影响等。施工期定期派人进行环保教育，宣传动植物保护的意义、保护方法，以及保护生态系统和景观完整性的价值和意义等。

4、进一步优化隧洞施工占地布置

隧洞进出口附近施工营地布置、渣料场等施工布置、施工方式应尽量避让重要野生动植物及其栖息地，发现珍稀、濒危和重点保护野生动物应予以保护。各类人员应遵守自然保护区管理规定，防止对保护对象造成破坏。

5、对于无法避免对生态敏感区影响的工程布置，建议：

1) 采取有效的施工废水、废渣、噪声防治措施等，避免或减缓对生态敏感区环境的污染和重点保护对象的影响。

2) 对施工时间、施工方案、施工区域进行严格控制和调整，尽量减少占地面积，维护动植物原有生存环境。施工期取土、弃渣场不得设置在国家公园、保护区内，除工程所必须的路面开挖之外，控制施工便道等辅助设施的修建，减少对国家公园、保护区内植被等的破坏。位于国家公园、保护区的工程禁止夜间施工，进入保护区车辆禁止鸣笛，车辆运输时应低速行驶，减少对动物的惊扰。

3) 工程施工结束后，保护区专业人员应调查、监测分析该工程运行对国家公园、自然保护区重点保护动物正常活动区域分布及迁徙的途径产生的影响。

6.6 河口环境保护措施

（1）生态流量保障措施

在河口水生生物以及重点保护对象的繁殖期和洄游阶段，持续监测河口区域盐度变化，加大生态流量下泄并减少引水作业，保障重点保护水生生物繁殖对流量和盐度的基本需求。

运行期间严格实行规划的生态基流，昌化江宝桥断面规划汛期生态流量采用多年平均径流的 30%，为 $38.76\text{m}^3/\text{s}$ ；非汛期生态流量采用多年平均径流的 10%，为 $13.98\text{m}^3/\text{s}$ 。戈枕枢纽为下游河道下泄不小于 $12.7\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量。石碌河规划汛期生态流量采用多年平均径流的 30%，为 $2.8\text{m}^3/\text{s}$ ；非汛期生态流量采用多年平均径流的 10%，为 $0.95\text{m}^3/\text{s}$ 。

（2）河口生态环境管理措施

1）在周围乡村进行《野生动物保护法》、《渔业法》和生物多样性保护知识方面的宣传，提高群众法制观念和守法意识。教育渔民遵守渔业法规，采用合法的渔具渔网，对违反者进行处罚。捕获产卵鱼、珍稀鱼类应尽快送交有关部门或暂养放归河流。

2）建立水生生物保护应急机制。在初期蓄水时，河口区域盐度增加，可能会出现水生生物意外死亡等突发事件。应事先安排人员巡查，采取救护措施，妥善应对，以保护鱼类资源。

3）加强渔政管理

加强渔政队伍建设。建议当地渔政部门建立健全渔政管理机构，加强渔政队伍及其能力建设，提高渔政部门的执法能力和力度。加强鱼类资源保护宣传，严格执法。

严格执行禁渔期和禁渔区制度。加强河口区域禁渔期和禁渔区的管理，将鱼类重要栖息地划定为禁渔区；将鱼类易捕和重要时段设为禁渔期，禁渔期间整个水域均为禁渔区。

（3）加强河口生态研究

针对工程对流域生态系统和鱼类资源的影响，应重视相关的研究与监测工作。采用野外调查监测、实验生态学及模型分析等方法，开展相关科学研究，以有效保护河口生态环境和鱼类资源。主要研究内容包括：1）昌化江河口盐度对水生

生物群落演替影响的研究；2）昌化江中下游及河口开展水生生物群落的动态监测。

6.7 其他环境保护措施

1、土壤环境保护措施

本工程灌区土壤环境质量较好，保肥能力中等，土壤盐化程度处于非盐化、轻度或中度水平。施工期间，占用农田的耕作层土壤时，应根据沿线土壤类型及地表土壤层厚度，采取表土单独剥离、单独存放保护的方式，进行剥离后用作复垦项目的复耕用地、土地整理、开发项目的土层增厚和土壤改良等用途。

灌区运行后，应积极发展生态农业，推广施用高效、低毒、低残留农药，禁止使用剧毒农药，试点采取频振式杀虫灯等生态杀虫方式。要尽量施用有机肥、农家肥，严格控制化肥和农药的施用量。依据测土施肥技术示范工程的技术成果，确定灌区各类土壤化肥施用量。另外，结合精确施肥示范村工程，精确控制化肥施用量，从而减少农业面源对土壤的污染。

针对灌区农田土壤化学成分实际情况采取合适的灌溉方式、灌溉技术和种植方式，夏季土壤通气状况尚好，冬季土壤应适当灌水降低土壤氧化还原电位值，加强灌溉用水管理和排泄通道的维护，确保排泄通畅等，以降低灌区土地发生次盐碱化问题。另外，工程实施后加强对灌区土壤的监测，为制订土壤环境保护措施提供依据。

2、环境空气保护措施

砂石料加工系统采用封闭措施和湿法破碎的低尘工艺，以减少粉尘的产生；常态砂和碾压砂采用全封闭式仓库，避免砂下落过程造成大量粉尘。供料系统旁加装喷淋设施，降低输送过程中的扬尘。采用全封闭式混凝土搅拌系统，混凝土拌和楼采用装备有除尘装置的拌和楼，除尘装置优先考虑布袋除尘装置，同时配备喷淋系统。对各砂石料和混凝土加工系统附近进行定时洒水降尘，洒水时间为晴天每隔2小时一次；土、砂石料等可能产生扬尘的材料，在运输时用防水布覆盖。对砂石加工系统和混凝土拌和系统的封闭装置破损部位进行及时修补，确保封闭装置有效发挥作用。

选用低尘施工工艺：爆破工艺优先选择粉尘产生量较少的工艺进行，如：凿裂爆破、预裂爆破、光面爆破和缓冲爆破等爆破工艺，凿裂、钻孔、爆破提倡湿

法作业，降低粉尘产生量；钻孔要安装除尘装置或采用无尘钻机。降尘防护措施：爆破前向预爆体表面洒水，在预爆区钻孔采用高压注水；爆破应尽量采用草袋覆盖爆破面，加强通风，降低废气浓度；各易产生扬尘的施工作业面在非雨日采取洒水措施，加速粉尘沉降，各主要洞线设水幕除尘装置。地下洞挖及厂房施工时，钻孔采用湿式作业，减少粉尘浓度，配备通风机，采用压入式通风，向洞内输入新鲜气流，风筒均挂在地面较高的侧墙或顶拱上，排除洞内烟尘，特别是在次日工作人员进入前加强洞内通风作业。加强施工人员个人防护，佩戴防尘口罩等。定期对施工人员进行身体检查，提高健康意识，积极有效地强调施工人员的个人自我保护效用，并按照有关劳动保护的规定，加强劳动保护。

对于交通粉尘而言，最有效的方法是提高公路路面等级、及时清扫路面粉尘，定时进行洒水降尘工作。特别是布置在施工生活营地附近的公路，其洒水降尘及清扫路面的力度应加大。每个工区配备洒水车 2 辆，进行两班倒，洒水时间在施工高峰期无雨天每天 4~5 次。同时，建议成立公路养护专业队伍，对路面状况、清洁状况等进行管理和维护。对于施工区场内道路，建议成立公路养护专业队伍，对路面状况、清洁状况等进行管理和维护。同时，结合水土保持和生态修复措施，做好公路的绿化，使栽植的行道树等不但起到美化景观、生态修复的效果，也达到降噪防尘隔离等效果。

3、声环境保护措施

施工期噪声防治措施。设立警示牌。为提醒进入施工区的外来人员及当地居民注意交通安全和自我防护，拟在对外公路及主要公路的交叉口处设置警示牌，限制车速，禁止鸣笛，提醒来往车辆减速慢行。选用符合国家有关标准的施工机具，如打桩机、混凝土振捣器等符合《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）。加强设备的维护和保养，保持机械润滑，降低运行噪声。对砂石加工系统及混凝土拌和系统等振动大的设备使用减噪槽、减振机座等。

运行期噪声防治措施。噪声源控制，选用低噪声机械设备，同时加强施工设备的维护和保养；传播途径控制：泵房位于室内，泵房采用隔声性能好的建筑材料，在房间四周、房顶增设吸音棉等消声隔声材料。

4、固体废物保护措施

工程高峰期施工人数 6543 人，以每人每天产生生活垃圾 1.0kg 计算，高峰时段各单项工程日产垃圾 0.43~6.54t/d。在各施工区以及生活营地建立生活垃圾

收运系统。收运系统有垃圾桶（箱）、临时垃圾收集站、手推运输车构成。根据施工人员及施工规模，在各施工区设立 1 名清洁工，并在每个施工区设置 2 个垃圾桶、1 个临时垃圾收集站和 1 台手推运输车。为保证施工区环境卫生，实行早、中、晚三次清扫；生活垃圾做到一日一清。同时，垃圾尽量分类堆放，以便清运和处理。生活垃圾集中收集后委托沿线当地环卫部门妥善处理。依据施工区和施工营地分布，工程建设单位承担工程施工期生活垃圾的处理费用。

本工程土石方开挖弃渣量约 376.5 万 m³，弃渣运至指定的各弃渣场，严格执行水土保持方案及其相关措施。对于建筑垃圾，加强施工管理，避免因工程质量原因返工或管理不善而造成材料浪费产生大量建筑垃圾；推广新的施工技术，减少在运输、储存和安装时的损伤和破坏导致的建筑垃圾。对于已经产生的建筑垃圾，实现废物减量化；对于施工过程中产生的弃渣，可首先考虑综合利用，按照水土保持方案要求，合理处置并采取覆土压实平整措施，有条件的要进行绿化。

工程结束后，拆除施工区的临建设施，对混凝土拌和系统、施工机械停放场、块石备料场、综合仓库等施工用地，及时进行场地清理，清除建筑垃圾及各种杂物，对其周围的生活垃圾、简易厕所、污水坑必须清理平整，并用石炭酸、生石灰进行消毒，作好施工迹地恢复工作。各施工承包商安排专人负责生产废料的收集，废铁、废钢筋、废木碎块等堆放在指定的位置，严禁乱堆乱放；废棉纱统一回收，集中处理。

7 环境风险分析

7.1 施工期风险分析及应急措施

7.1.1 风险分析

本工程施工期间风险主要源项有油库事故风险、炸药事故风险等。

(1) 油料

根据施工组织设计，向阳水库工程所需油料均从三亚市、东方市、昌江县、乐东县或五指山市加油站采购，采用公路运输至工地。购置汽油 2342t，柴油 14131t，分散储存于 32 个施工营地中。

(2) 炸药

炸药、雷管等火工产品从当地公安部门的供销公司采购，需炸药 887t。

(3) 森林火灾风险

本工程所处区域植被以灌丛、草丛为主，有自然保护区和国家公园中的热带林分布于局部的丘陵和台地上。在工程施工期间，由于施工机械、燃油、电器以及施工人员增多，增加了火灾风险；在炸药临时卸放、油库周边附近，发生火灾的风险也较大。

(4) 河流水质污染风险

根据工程施工相关排污情况，可能对水体水质产生较大危害的是汽车、机械设备冲洗含油废水，其主要污染物为石油类。工程施工高峰期人员数量多，可能存在因施工队伍环境管理不严生产废水和生活废污水乱排的现象。另外，施工围堰的拆除过程也将造成水体污染，主要污染物为悬浮物。施工围堰的拆除造成水体污染的时间相对较为短暂，在河流自然水流的作用下，水质恢复较快。

7.1.2 施工期环境风险应急措施

(1) 油库和炸药临时存放点严格按安全防护距离要求并会同地方管理部门进行现场选点，并与居民点、水源保护区、基本农田、自然保护区保持足够的安全距离。装运须严格遵循《危险化学品安全管理条例》，严格火源控制并配备相应的消防器材。炸药和油库贮存点要求附近 500m 内无居民点分布，保证符合安全防护距离要求，并设置标志牌，在油库靠公路侧修筑防护墙，以减少风险及危

害。

(2) 在施工区内建立防火及火灾警报系统,对施工人员进行防火宣传教育,严格规范和限制施工人员的野外活动,作好吸烟和生活用火等火源管理,以确保居民生命财产安全。

(3) 对渠系工程分散布置的油罐加强管理,设置事故槽,减小燃油事故风险。

7.2 运行期风险分析及应急措施

7.2.1 风险分析

昌化江水资源配置工程的主要任务是给受水区提供城乡用水和灌溉用水,对供水水质要求总体较高。供水市县涉及三亚市、乐东县和昌江县,供水灌区包括大隆灌区、长茅灌区和石碌灌区,向阳及引大济石引水线路全长 84.406km,灌区骨干渠道共 31 条、渠道全长超过 221km,涉及供水范围较大。

工程运行期间,桥梁上翻车造成的水污染事故对水体的污染最为直接也最为迅速,往往造成较为严重的局部污染。同时,灌区明渠多处紧邻村庄,存在垃圾随意堆放渠边、生活污水随意排入渠道污染水质的风险。突发性水污染事件不同于一般的水污染,通常没有特定的污染物、没有固定的排放方式和排放途径,具有发生突然、来势凶猛、水质恶化速度快的特点。由于突发性水污染事件具有不可预测、爆发突然、危害严重、处置艰难等特点,大隆水库、赤田、石门等水库作为重要的集中式饮用水水源地,一旦发生突发性水污染事件对其供水水质造成的危害将比其它类型环境风险更为严重。

7.2.2 运行期环境风险应急措施

1、事故预防措施

(1) 总体原则及要求

1) 乐亚、石碌灌区工程管理局应设置环境风险管理与应急事故处置机构和部门,与当地人民政府及水务局、应急管理局等部门建立应急联动机制,按照“统一领导、分级负责,属地为主、协调联动”的原则应对突发环境事件。

2) 严格加强环境风险管理,监督、检查与环境风险相关的各类活动及其环保措施实施情况。

3) 加强环境风险及其应急处置预案的宣传,使相关人员了解风险发生时应急处置程序,作好配合协调工作。

4) 制定严格的运行操作规程制度,定期对员工进行风险防范及应急处置培训,开展应急演练。

5) 组织人员对事故多发和易发点进行巡查,实行风险防范奖惩激励机制,减少风险隐患。

(2) 风险防范措施

1) 政府有关部门应加强对向阳、南木、大隆、长茅、石门、大广坝、石碌等水库及灌区范围的执法力度,强化监督管理,查处在水库一定范围内建设实施的污染类项目,防止水库水质恶化和发生富营养化。

2) 建设望楼河、南巴河、通天河等流域水质监测预警系统,针对突发环境事件,开展地表水体污染物输移过程的预测预报,提前预判并采取措施确保城乡供水饮水安全,减免、降低水污染对生态环境的损害。

3) 加强工程明渠段管理,掌握节制闸分布位置,熟练操作闸门启闭,以降低突发污染事件时对渠道水质的污染风险。

4) 加大各水库库周及渠系沿线交通运输管理力度,规定具有相应资质、运输条件的单位负责油料和化学品运输;驾驶员需持证上岗,运输车辆保证良好的车况,危险运输避开暴雨等不利时段。

5) 加强车速控制管理、避免车祸。在跨渠公路桥两端设置“减速慢行”的警示标志和限速牌,并在桥面设置减速带,提醒司机降低车辆行驶速度,以避免因车辆高速行驶发生事故,降低交通事故发生的几率。

6) 在重要的跨渠公路桥两岸设计合理的排水和收集系统。对公路桥桥面每隔一定距离设置排水孔,排水通过集水管道汇向桥梁两端。当事故发生时,桥面汇流的有毒有害危险品泄漏液体能够通过排水孔直接汇入沿桥梁两侧设置的集水管道,而不进入渠道,从而可避免有毒有害危险品泄漏液体直接进入渠道,保证渠道输水水质安全。

7) 在灌区主要退水口因地制宜设置人工湿地,种植灌草等植被,平时可以减小回归水对受纳水体的影响,在发生污染事故时也可以作为暂时的拦截措施;此外,退水口发生污染事故时,及时将退水引至暂不使用的渠道或者水塘,防止受污染退水进入受纳水体,采取应急处理措施处理后,再将其排放至受纳河流。

2、事故应急预案

根据《突发事件应对法》《国家突发环境事件应急预案》《海南省人民政府突发公共事件总体应急预案》相关要求和说明，本工程事故应急应纳入海南省突发公共事件应急预案体系中，并据此确定本工程应急预案编制。

3、应急备用水源布设

为提高城镇用水的供水保证率，加强对突发供水事故的应对能力，确保突发事件时居民的正常生活用水，本工程将供区范围内的集中用水设计成多水源供水模式，提高水厂供水保证率，并将农村已有供水设施作为事故时的备用水源。

4、水源地环境污染事件处置

昌化江水资源配置工程为灌区内三亚市、乐东县、昌江县和东方市提供生活用水，为大隆水库、赤田水库等饮用水水源保护区补水，因此，工程应制定水源保护区污染事故处置程序。

8 环境监测与环境管理

8.1 环境管理

8.1.1 环境管理目的

环境管理是工程管理的一部分，是工程环境保护工作有效实施的重要环节。昌化江水资源配置工程环境管理的目的在于保证工程各项环境保护措施的顺利实施，使工程的兴建对环境的不利影响得以减免，维护区域生态稳定，保证工程区环保工作的顺利进行，以实现工程建设与生态环境保护、经济发展相协调。

8.1.2 环境管理目标

（1）保证各项环境保护措施按照环境保护设计的要求实施，使各项环境保护设施正常、有效运行。

（2）预防污染事故的发生，保证各类污染物达标排放或合理回用，使工程区及其附近的水环境、环境空气和声环境质量达到执行标准要求。

（3）水土流失和生态破坏得到有效控制，并通过采取措施恢复原有的水土保持功能和生态环境质量。

（4）做好施工区卫生防疫工作，完善疫情管理体系，控制施工人群传染病发病率，避免传染病爆发和蔓延。

（5）理清工程建设与环境保护的关系，保障工程建设的顺利进行，促进工程区环境美化。

8.1.3 环境保护管理体系

工程环境管理体系由建设单位环境管理办公室、环境监理单位、承包商环境管理办公室组成，并由政府职能部门参与管理。为了使工程环境保护措施得以切实有效的实施，达到工程建设与环境保护协调发展，工程环境管理除实行环境管理机构统一管理、各承包商、环保项目实施部门分级管理和政府环境保护部门宏观监督外，必须建立工程建设环境监理制度，形成完整的环境管理体系，以确保工程建设环境保护规划总体目标的实现。

工程环境管理分为外部管理和内部管理两部分。其中：

(1) 外部管理是指国家及地方环境保护行政主管部门，依据国家相关法律、法规和政策，按照工程需达到的环境标准与要求，依法对各工程建设阶段进行不定期监督、检查及环境保护竣工验收等活动。

(2) 内部管理是指建设单位执行国家和地方有关环境保护的法律、法规、政策，贯彻环境保护标准，落实环境保护措施，并对工程的过程和活动按环保要求进行管理。内部管理分施工期和运行期两个阶段，施工期内部管理由建设单位负责，对工程施工期环境保护措施进行优化、组织和实施，保证达到国家建设项目环境保护要求与地方生态环境主管部门要求。施工期内部环境管理体系由建设单位、施工单位、设计单位和监理单位共同组成，通过各自成立的相应机构对工程建设的环保负责。运行期由工程运行管理单位负责，对环境保护措施进行优化、组织和实施。

8.1.4 环境管理职责

1、施工期

施工期环境管理由建设单位环境管理办公室、环境监理单位、承包商环境管理共同完成。

(1) 建设环境管理办公室

全面负责施工区环境保护管理工作，监督、协调、督促施工区内施工单位依照合同条款及审批的环境影响报告书及水土保持方案报告书及其批复意见，组织开展、落实各项环保措施的设计、施工及运行管理。

①负责工程的日常环境管理工作，在业务上接受各级环保部门的监督、检查和指导。

②贯彻执行和宣传国家有关环境保护的方针、政策、法规、条例，结合本次工程特点及环境特征，执行相关环境管理的方针、政策；

③工程环境保护设计内容和招标内容的审核；

④负责将环境保护措施的招标设计成果纳入招标文件和承包商合同；

⑤制订施工期环境保护计划，全面监督、管理施工期环保工作；

⑥监督承包商生态环境、废水、废气、噪声、固废污染防治、水土保持方案等环境保护对策措施执行情况；

⑦编写年度环境保护阶段报告；

⑧编制《工程竣工环境保护验收报告》《环境调查报告》和《后环境评估报告》；

⑨其它事务。

（2）环境监理单位

由具有监理资质的单位承担，依照合同条款及国家环境保护法律、法规、政策要求，根据环境监测数据及巡查结果，监督、审查和评估施工单位各项环保措施执行情况；及时发现、纠正违反合同条款及国家环保要求的施工行为。

由于昌化江水资源配置工程的施工内容较多、施工范围较大，为充分发挥监理人员作用，保证指令及反馈信息快速传递，保证监理工作的时效性及反应速度，缩短决策时间，监理单位应对向阳水库及向阳引水隧洞、引大济石引水隧洞、乐东引水工程、乐亚灌区和石碌灌区进行合理分区，每区设置环境监理工程师2人。

（3）承包商环境管理办公室

工程施工期环境保护工作具体实施机构，严格按照合同条款和招标文件中规定的环境保护及水土保持内容。工程施工单位内部设立“环境办公室”，具体负责实施招标文件中规定的环境保护对策和措施，接受工程建设单位“环境管理办公室”的监督和管理。工程施工单位“环境保护办公室”在承包商进场时成立，待工程竣工并经验收合格后撤消。主要工作内容为：

- ①制定年度环境保护工作计划；
- ②实施工程环境保护的措施，处理实施过程中的有关问题；
- ③核算年度环境保护费用使用情况；
- ④检查环境保护设施的建设进度、质量、运行状况；
- ⑤处理日常事务。

2、运行期

环境管理和实施部门负责制定各项环境管理方面的规章制度、环境保护计划等，并协调和监督各部门的环境管理工作。

- ①贯彻执行国家有关环境保护方针、政策及法规条例；
- ②制定工程的环境保护规划和环境保护规章制度，制定环境管理办法和制度；

③负责制定环境监测计划，安排环境监测工作，定期向环保部门和上级主管部门汇报；

- ④负责环境保护竣工验收工作；
- ⑤负责本工程的后环境影响评估工作；
- ⑥协助地方环保部门开展工程区内环境保护工作，处理与工程有关的环境问题。

8.2 环境监理

8.2.1 环境监理目的

环境监理是工程监理的重要组成部分，应贯穿于本工程建设全过程。其主要目的在于对工程建设期间的环境影响进行全过程、全方位的监控，对工程环境污染、生态破坏等不良行为及时发现和制止，全面落实本工程环境影响报告书中所提出的各项环保措施，将工程施工活动产生的不利影响降低到最低程度。

8.2.2 环境监理任务

环境监理的任务包括以下几部分：

- （1）质量控制：按照国家或地方环境标准和招标文本中的环境保护条款，监督检查工程建设环境保护工作，及时处理工程施工中出现的环境问题。
- （2）信息管理：了解和掌握施工区各类环境信息，并对信息进行分类、反馈、处理和储存等，便于监理决策和协调工程环境保护工作。及时掌握工程区环境状况，解决施工过程中造成的环境纠纷；对工程项目承包商的环境月报、季报进行审核，提出审查、修改意见。
- （3）组织协调：协调业主与承包商、业主、设计单位与工程建设各部门之间的关系；协同当地环保部门，对环境工程建设质量、施工进度、投资的合理使用、环保设施运行等进行监督管理，确保各项措施落到实处。

8.2.3 环境监理职责

依据相关法律法规、政策、规范性文件和技术标准，以及经批准的设计文件、投标文件和依法签订的监理、施工承包合同。按环境监理服务的范围和内容，履行环境监理义务，独立、公正、科学、有效地服务于本工程，实施全面环境监理，使工程在设计、施工、运行等方面达到环境保护要求。其主要职责包括如下：

- （1）贯彻国家和地方环境保护相关法律、法规、政策和规章。

(2) 监督承包商环保合同条款的执行情况，并负责解释环保条款，对重大环境问题提出处理意见和措施；对施工人员进行监督，防止施工人员对环境的污染和对动植物的破坏行为；对重大环境问题提出处理意见和报告，责成有关单位限期纠正。

(3) 负责监督检查工程施工营地、引水隧洞进出口、灌区干支渠等临时征地范围、渣场、料场、施工道路周边村庄等各项环保措施的落实情况，降低水土流失率和对敏感区的影响；负责落实施工期生产废水、生活污水处理措施的运行情况 and 环境监测的实施情况，审核有关环境报表，根据水质监测结果，对施工及管理提出相应要求，尽量减少工程施工给环境带来的不利影响；

(4) 参加承包商提出的环保设施设计和实施进度计划的调度会议，就环保问题提出改进意见；审查承包商提出的可能造成污染的施工材料、设备清单及其所列环保指标；协调业主和承包商之间的关系，处理合同中有关环保部门的违约事件。

(5) 全面监督和检查各施工单位环境保护措施实施情况和实际效果，及时处理和解决临时出现的环境污染事件；对现场出现的环境问题及处理结果开展记录，并根据积累的有关资料整理环境监理档案，每月提交环境监理评估报告。

(6) 工程竣工投入运行前，根据环境保护措施，全面检查各施工单位负责的临时施工场地等的恢复情况。

(7) 在日常工作中作好监理记录及监理报告，参与竣工验收。

8.2.4 环境监理内容

1、给水与排水。监督检查各施工场地的生产废水和生活污水达标情况，废水处理设施与措施建设情况及运行处理效果，是否有生产运行及清理、处理记录。监督施工结束后立即将各类施工机械撤出施工区段；加强工程施工方环境监理，减少无序施工对水体的扰动。尤其关注大隆水库、石碌水库等承担饮用水水源功能的水库，施工期严格按照环保措施处理施工废水和生活污水，避免对库区水质产生影响。

2、噪声。监督检查施工、生产、交通等活动中预防噪声污染的减噪降噪、隔音、消音等设施 and 措施的建设、运行及效果；其他的可能产生噪声污染、噪声扰民的行为；进入施工营地的车辆是否使用了高音喇叭以及大型车辆是否超速行驶；噪声监测工作的开展等；合理安排施工时段，夜间停止高噪声施工活动。

3、大气。检查监督土石料施工、运输等过程中防止空气污染的防尘除尘措施运行状况和效果。

4、固废。检查施工区生活垃圾的处理情况；监督设备和多余材料的处置情况，确保移交工程所在现场环境清洁整齐。

5、土壤。施工期间，监督占用农田耕作层及植被表土单独剥离、单独存放的方式，关注剥离后表层土的用途。

6、生态环境。施工人员进场前，监督工程承包商在环境保护和宣传方面的落实情况；在施工过程中严格控制施工作业带宽度，加强施工机械作业范围，杜绝施工人员猎鸟和破坏植被等行为；协助制定相关动植物保护应急预案，并在工作中参与协调渔政、水利、环保等部门处理相关环境问题；监督检查临时占地以及施工迹地是否采取相应的水土保持措施；加强施工期入河污染源治理，避免水质污染对水生生境的损害。

7、环境敏感区。加强海南热带雨林国家公园、霸王岭国家级自然保护区、俄贤岭省级自然保护区和霸王岭国家森林公园，石碌水库饮用水水源保护区、石碌河饮用水水源保护区、山竹沟水库饮用水水源保护区、水头村南苗河饮用水水源保护区、乌烈镇新田水库饮用水水源保护区等环境敏感区内工程的施工监理工作，加大穿越或涉及环境敏感区的引大济石引水隧洞、向阳引水隧洞部分工程的施工管理力度。对施工单位施工废污水处理、临时占地恢复等工作进行有效地监管。同时，督促施工单位采取有效措施减轻对环境敏感区的影响。

8、人群健康。监理工程师重点检查承包商是否按操作要求提供了有益于施工作业人员身心健康和有安全保障的生产条件；检查是否采取必要的预防措施，保护施工人员人群健康，遵守当地疾病预防控制中心的规定，进行相关的卫生清理、卫生消毒及定期消毒、灭蚊等工作；检查施工生活营地卫生情况；检查施工人员进场前的传染病体检情况；检查工程施工前及施工过程中传染病防治健康宣传的落实情况。

8.3 环境监测计划

8.3.1 环境监测目的

根据昌化江水资源配置工程特点，结合工程影响区环境现状，提出环境监测

计划，其监测目的为：

（1）为工程环境保护工作的开展提供基础资料。掌握工程区环境状况的动态变化，为施工及运行期污染控制、环境管理提供科学依据。

（2）及时掌握环境保护措施的实施效果，根据监测结果调整和完善环境保护和环境影响减缓措施，预防突发性事故对环境的危害。

（3）验证环境影响预测和评价结果的正确性和可靠性。

（4）为工程影响区域生态环境保护工作提供科学依据。工程环境监测方案的实施，可为今后区域生态环境的演变规律研究和生态建设积累经验和基础数据。

8.3.2 施工期环境监测计划

1、地表水

施工期水质监测内容包括生活饮用水、施工废污水、地表水等。

（1）施工期生活饮用水水质监测

为保证施工生活饮用水符合卫生标准，保障施工人员的身体健康，有必要进行饮用水水质监测。施工期生活饮用水水质监测技术要求见表 8.3-1。生活饮用水的分析方法执行《生活饮用水标准检验方法》（GB/T 5750-2006）中的相关规定。

表 8.3-1 施工期生活饮用水水质监测技术要求

监测对象	监测点	监测项目	监测时段	监测频次
饮用水水质	各生活区生活用水供水处，共 31 处	色度、混浊度、pH、钼、铁、锰、铜、锌、氯化物、硫酸盐、溶解性总固体、总硬度、耗氧量、挥发酚类、阴离子合成洗涤剂、砷、镉、六价铬、铅、汞、硒、氰化物、氟化物、硝酸盐、总大肠菌群、菌落总数共 26 项指标	施工生活区使用时段	每季度一次，每次监测 1 天。

（2）施工废污水监测

为掌握工程施工期处理设施的运行情况及处理效果，并为工程环境保护竣工验收提供基础资料，需进行施工废污水监测。施工废污水的监测技术要求见表 8.3-2。施工废污水各监测项目的分析方法执行《污水监测技术规范》（HJ 91.1-2019）中的相关规定。

表 8.3-2 施工废污水监测技术要求

监测对象	监测点	监测项目	监测时段	监测频次
------	-----	------	------	------

4 处砂石加工系统废水	向阳水库坝址施工区、向阳引水隧洞 3#、4#施工支洞口施工区及引大济石 2#施工支洞口施工区碎石加工系统废水处理系统进、出水口，共 8 个点位	悬浮物	废水处理系统正常使用期间	系统使用期间每季度监测一期，每期监测 1 天，取 9:00、15:00 两个水样
20 处混凝土拌和系统废水	向阳水库坝址施工区、向阳引水隧洞进水口、隧洞出水口、1#至 4#施工支洞口、南木支洞口、乐东泵站施工区、引大济石隧洞进水口、隧洞出水口、1#至 3#施工支洞口、石碌灌区渠首工程、乐亚灌区工程 2 代表工区，石碌灌区工程 3 代表工区，共 20 处混凝土拌和废水处理设施进、出水口，共 40 个点位	悬浮物、pH		
20 处修配系统废水	向阳水库坝址施工区、向阳引水隧洞进水口、隧洞出水口、1#至 4#施工支洞口、南木支洞口、乐东泵站施工区、引大济石隧洞进水口、隧洞出水口、1#至 3#施工支洞口、石碌灌区渠首工程、乐亚灌区 2 个代表工区、石碌灌区 3 个代表工区，共 20 处修配废水处理设施进、出水口，共 40 个点位	悬浮物、石油类、COD		
12 隧洞排水	向阳引水隧洞进水口、隧洞出水口、1#至 4#施工支洞口、南木支洞口、引大济石隧洞进水口、隧洞出水口、1#至 3#施工支洞口	悬浮物		
20 处施工生活区生活污水	向阳水库坝址生活区、向阳引水隧洞进水口、隧洞出水口、1#至 4#施工支洞口、南木支洞口、乐东泵站、引大济石隧洞进水口、隧洞出水口、1#至 3#施工支洞口、石碌灌区渠首工程、乐亚灌区 2 个代表工区、石碌灌区 3 个代表工区，共 20 处生活区生活污水处理系统进、出水口，共 40 个点位	BOD ₅ 、COD、悬浮物、氨氮、粪大肠菌群	生活区正常使用期	

(3) 地表水监测

为掌握工程施工对地表水的影响程度和影响范围，并为工程环境保护竣工验收提供基础资料，应对地表水水质进行监测。地表水监测技术要求见表 8.3-3。地表水水质各监测项目的分析方法按《地表水环境质量监测技术规范》（HJ 91.2-2022）中规定的分析方法进行。

表 8.3-3 地表水水质监测技术要求

监测对象	监测断面	监测项目	监测时段	监测频次
地表水水质	在向阳水库坝址下游附近、南木水库、乐东泵站下游、大隆水库隧洞出口、长茅水库、大广坝水库隧洞进口施工区附近、大广坝水库坝下、石碌水库隧洞出口施工区附近、石碌水库坝下、3#施工支洞附近南阳溪，共 10 个断面	水温、pH、悬浮物、溶解氧、高锰酸盐指数、COD、BOD ₅ 、氨氮、总磷、石油类、阴离子合成洗涤剂、粪大肠菌群共 12 项指标	整个施工期，共 60 个月	每年丰、平、枯水期各监测 1 次

2、地下水

为掌握工程施工对工程区地下水环境的影响情况，进行地下水水位和水质监

测。监测技术要求见表 8.3-4。施工期对工程沿线地下水的水位和水质进行监测，每季度监测 1 次，每次监测 2 天。地下水水质各监测项目的分析方法按《地下水环境监测技术规范》（HJ 164-2020）中规定的分析方法进行。

表 8.3-4 地下水水位水质监测技术要求

监测对象	监测断面	监测项目	监测时段	监测频次
地下水水位	向阳水库坝下南打村、长茅灌区东提干一支渠、长茅灌区望楼河引水分干一支渠、大隆灌区西干渠北支渠大茅村、大隆灌区西干渠河南科技学院南繁基地、向阳水库至大隆水库引水隧洞沿线付苗村和保国村、乐东县万冲镇山明村居民水井、引大济石隧洞沿线周边的大章村、霸王岭林业局周边饮水水井，共 10 个断面	水位、pH、总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、铁、锰、挥发性酚类、耗氧量、氨氮、硝酸盐、氟化物、总大肠菌群、菌落总数共 15 项	整个施工期，共 60 个月	每年丰、平、枯水期各监测 1 次
地下水水质	向阳水库引水隧洞沿线保国村、乐东县万冲镇山明村、引大济石隧洞沿线金炳村、保山村、乙劳村、霸王岭林业局、叉河农场十四队、引大济石隧洞沿线周边的大章村、霸王岭林业局周边饮水水井，共 9 个断面			

3、环境空气

为掌握工程施工对工程区环境空气质量的影响情况，验证环境影响预测结果，有必要进行环境空气质量监测，共设置 4 个监测点。监测技术要求见表 8.3-5。各监测项目的采样、分析方法应执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的相关规定。

表 8.3-5 环境空气质量监测技术要求

监测对象	监测点	监测项目	监测时段	监测频次
工程区空气环境质量	向阳水库坝址施工区、向阳引水隧洞 3#、4#支洞口、引大济石引水隧洞进口施工区、2#施工支洞施工区、石碌水库坝址附近，共 6 个点位	TSP、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 的日均值	整个施工期，共 60 个月	每半年 1 次

4、噪声

为掌握工程施工对工程区声环境质量的影响情况，验证环境影响预测结果，有必要进行声环境质量监测。监测技术要求见表 8.3-6。噪声等效声级测量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）的规定。

表 8.3-6 声环境质量监测技术要求

监测对象	监测点	监测项目	监测时段	监测频次
工程区声环境质量	向阳水库坝址施工区、向阳水库引水隧洞 3#、4#支洞口、引大济石引水隧洞进口施工区、2#施工支洞施工区、石碌水库坝址附近、敏感村庄南打村、什加巴村、风车田村、陈干落村、保湾村、山荣农场五队，共 12 个点位	昼、夜等效声级	整个施工期，共 60 个月	每半年 1 次，每次 1 天

5、人群健康

工程建设单位应委托五指山市、三亚市、乐东县、昌江县、白沙县当地医疗卫生部门，在项目区建立疾病监测网络，负责施工期疾病监测，施工区施工人员按照 10%的比例每年监测 1 次。监测的重点为新冠肺炎、痢疾、布氏杆菌病、肝炎等流行性传染病。监测数据应定期整理记录，发现有关传染病时，除及时上报外，应立即采取相应措施，控制疾病发展。

6、生态环境

(1) 陆生生态

为了解工程施工对陆生生态的影响，开展施工期陆生生态监测，为工程陆生生态环境保护提供依据。调查技术要求详见表 8.3-7 所示。陆生生态调查方法采用样线调查与样方调查相结合的方法。

监测点布设在引水隧洞占地区及周围 200m 范围内选择有代表性的固定监测样地 7 处。林地监测样方为 10m×10m，观测周围林地内乔木层和灌丛种类变化、树高、胸径和郁闭度；草本层监测样方为 1m×1m，观测草本层植物种类、盖度、草高。每年监测一次。

监测内容主要包括：植物（物种、种群、群落、植被）生物多样性及其变化；动物（物种、种群、群落）生物多样性及其变化；珍稀、濒危、保护动植物的种类和数量；重要资源动植物的种类和蕴藏量、发展趋势。

表 8.3-7 施工期陆生生态调查技术要求

调查对象	调查范围	调查内容	调查时段	调查频次
陆生生态	引大济石工程占地区、向阳水库引水隧洞占地区及周围 200m 范围，石碌灌区范围，向阳水库淹没区，大隆灌区，长茅灌区	植被类型，植物种类、郁闭度、盖度、多度；陆生动物的种类、数量、出现频率等，分析施工期各类临时占地的生态恢复效果调查或监测、对重点保护植物及野生动物影响等	施工期	每年一次

(2) 水生生态

为了解昌化江水资源配置工程影响水域的鱼类种群组成、资源量及饵料生物丰度的变化情况，掌握鱼类资源保护方案实施的效果，需要对鱼类资源特别是特有鱼类、保护鱼类的资源动态进行系统监测。

水生生态环境监测范围为工程影响范围内的所有河流及水库。水生生物断面设置见表 8.3-8。

表8.3-8 工程施工期水生生态监测断面表

序号	河流	监测站点	水生生境及水生生物	鱼类种群动态
1	昌化江	南圣河汇口下游 500m	√	√
2		大广坝库尾	√	
3		大广坝库中	√	√
4		戈枕库尾	√	
5		昌化江下游宝桥	√	√
6		南圣河向阳水库坝址以上 1km	√	√
7		南圣河河口	√	√
8		乐中水南木水库	√	
9		南巴河河口以上 2km	√	√
10		石碌库尾	√	
11		石碌坝下	√	√
12	望楼河	望楼河上游（长茅水库库尾以上 3km）	√	
13		长茅水库	√	√
14		石门水库	√	√
15		望楼河下游（石门水库下游 2km）	√	√
16	宁远河	宁远河上游（大隆水库库尾上游 3km）	√	
17		大隆水库	√	√
18		宁远河下游（大隆水库坝下 2km）	√	√
19	藤桥河	藤桥河上游（赤田水库库尾上游 3km）	√	
20		赤田水库		√
21		藤桥河下游（赤田水库坝下 2km）	√	√

监测内容：水文、水动力学特征，水体理化性质（主要为 N、P 各种形式组分动态及浓度场分布）；浮游植物、浮游动物、底栖动物、水生维管束植物的种类、分布密度、生物量与水温及流态等的变化关系。鱼类的种类组成、种群结构、资源量的时空分布及累积变化效应，重点监测目前在昌化江河流域干流和具有重要生境的支流分布的鱼类种群动态及群落构成的变化趋势，分析具有重要生境支流与干流鱼类种类的重现度变化趋势。

监测时间及频次：施工期开展 2 年现状监测，选择在前 1 年和施工期第 2 年。水生生态要素、浮游动植物、底栖动物在每年 5 月和 8 月各监测一次。水质

监测按淡水渔业水质标准项目进行监测，每季节 1 次，全年共 4 次。鱼类种群动态监测在每年 3~5 月、8~9 月进行，每次 20 天左右。鱼类产卵场监测在 3~7 月进行，年监测天数不少于 50 天。

8.3.3 运行期环境监测计划

1、地表水监测

运行期地表水环境监测结合水源区、受水区河流已布置的水功能区监测断面、国控和省控常规监测断面，考虑充分利用现有水质监测站网，根据本工程任务，设置的水质监测断面主要布置在取水口、引水隧洞出口、调节水库坝前及干渠、分干渠渠首等位置，通过自动监测和巡测相结合的方式实施监测。

(1) 自动监测站

本次新建自动监测站 8 座，主要布置在乐东泵站、向阳水库取水口、大隆水库、长茅水库、石门水库、南木水库、大广坝水库坝前和石碌水库引水隧洞出口。水质远程在线监测的基本参数为常规五参数（水温、电导率、pH、溶解氧、浊度）和氨氮、高锰酸盐指数 7 项参数，根据监测水域不同，增加对湖库富营养化有重要影响的水质参数总磷、总氮、叶绿素 3 项参数监测。为做好工程水源地和输水线路水质的预报预警工作，另增加综合毒性和有机物污染 2 项在线监测指标。

表 8.3-9 水质在线监测参数

序号	监测指标	水域类型	
		河道	湖库
1	常规 5 参数（水温、pH 值、溶解氧、电导率、浊度）	√	√
2	总氮		√
3	氨氮	√	√
4	总磷		√
5	高锰酸盐指数	√	√
6	叶绿素		√
7	有机物（COD、TOC、BOD、DOC）	√	√
8	综合毒性	√	√

表 8.3-10 水质自动监测站设备配置表 单位：台（套）

设备	站点位置	乐东泵站	向阳水库取水口	大隆水库坝前	长茅水库坝前	石门水库坝前	石碌水库引水隧洞出口	南木水库	大广坝水库
	水域类型	河道	湖库	湖库	湖库	湖库	湖库	湖库	湖库
	监测站类型	房式	房式	房式	房式	房式	房式	房式	房式
水质自动监测仪器设备	常规 5 参数监测仪	1	1	1	1	1	1	1	1
	总氮测定仪		1	1	1	1	1	1	1
	氨氮测定仪	1	1	1	1	1	1	1	1
	总磷测定仪		1	1	1	1	1	1	1
	高锰酸盐指数测定仪	1	1	1	1	1	1	1	1
	叶绿素测定仪		1	1	1	1	1	1	1
	UV 水质光谱扫描仪(有机物)	1	1	1	1	1	1	1	1
	综合毒性测定仪	1	1	1	1	1	1	1	1
水样预处理设备		1	1	1	1	1	1	1	1
信息采集和传输设备		1	1	1	1	1	1	1	1

（2）人工水质采样监测

人工水质巡测站点布设要满足工程水资源保护和管理要求，严格按照《环境监测规范》（SL219-2013）要求开展监测工作。共布设人工站点 7 个，其中乐亚水资源配置工程 5 个，分别位于长茅东干渠、长茅西干渠、大隆东干渠、大隆西干渠和大隆南干渠的渠首；引大济石及昌江县水系连通工程 2 个，分别位于尖岭分干渠和万善分干渠渠首。

依据《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中对地表水水质监测的要求，监测参数包括水温、pH 值、总磷、总氮、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、氟化物、挥发酚、氰化物、砷、汞、硒、六价铬、铜、铅、锌、镉、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群共 24 项。

人工巡测断面，常规监测每月 1 次，根据需要可加密监测频次。

向阳水库坝前、库区取水口共布设 2 个分层水温监测点。

本工程水质监测站点距离较长，计划配备 3 部巡测车。

表 8.3-11 人工水质采样监测点位布设

序号	河湖名称	站点名称
1	长茅东干渠	渠首
2	长茅西干渠	渠首
3	大隆东干渠	渠首
4	大隆西干渠	渠首
5	大隆南干渠	渠首
6	尖岭分干渠	渠首
7	万善分干渠	渠首

2、地下水监测

监测点位结合现状监测布点进行设置,关注两方面:一是灌区排涝区灌溉后渗透补给地下水后,灌区灌溉前后地下水水质和水位变化,跟踪对灌区及附近农用饮水井水质和水位产生的长期影响;二是隧洞开挖对地下水水位的影响。监测技术要求见表 8.3-12。

表 8.3-12 地下水水位水质监测技术要求

监测对象	监测断面	监测项目	监测时段	监测频次
地下水水位	长茅灌区东提干一支渠、大隆灌区西干渠河南科技学院南繁基地、向阳水库至大隆水库引水隧洞沿线保国村、乐东县万冲镇山明村居民水井、引大济石隧洞沿线周边的大章村、石碌灌区,共 6 个断面	K ⁺ Na ⁺ 、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、CO ₃ ²⁻ 、HCO ₃ ⁻ 、Cl ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、pH、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、挥发性酚类、氰化物、砷、汞、铬(六价)、总硬度、铅、氟、镉、铁、锰、溶解性总固体、高锰酸盐指数、硫酸盐、氯化物、总大肠菌群、细菌总数。	运行期	每季度监测一次,连续监测 3 年
地下水水质	长茅灌区东提干一支渠、大隆灌区西干渠河南科技学院南繁基地、石碌灌区,共 3 个断面			

3、陆生生态监测

为了解工程运行对引水隧洞、灌区周边的生态环境的影响,识别工程建设对区域陆生生态环境的改善或抑制作用,选择本工程影响范围内的林地生态系统、野生植物、野生动物作为监测对象,每 5 年一次。本工程占用、穿越海南热带雨林国家公园、霸王岭自然保护区、俄贤岭自然保护区、霸王岭森林公园等生态敏感区的工程影响范围内,工程正式投运后 10 年内在这些区域开展长期跟踪生态监测,每两年监测一次。

监测内容主要包括:植物(物种、种群、群落、植被)生物多样性及其变化;动物(物种、种群、群落)生物多样性及其变化;珍稀、濒危、保护动植物的种

类和数量；重要资源动植物的种类和蕴藏量、发展趋势。

4、水生生态监测

鉴于昌化江水资源配置工程对水生生态及鱼类资源的影响范围与程度，监测内容包括水生生态要素、鱼类种群动态及群落组成以及向阳水库增殖放流与过鱼效果跟踪监测等。

建议运行期进行长期跟踪监测，至少连续监测 10 年，运行期后期费用纳入工程运行管理费用。根据监测结果对鱼道设计进行调整和改进，后期可视具体情况确定监测周期。

①水生生态等监测：水生生态要素、浮游动植物、底栖动物在每年 5 月和 8 月各监测一次。水质监测按淡水渔业水质标准项目进行监测，每季节 1 次，全年共 4 次。鱼类种群动态监测在每年 3~5 月、8~9 月进行，每次 20 天左右。鱼类产卵场监测在 3~7 月进行，年监测天数不少于 50 天。监测时段频次及要素构成还应随其他规划工程的建设运转和实施进程作相应调整。今后可根据鱼类资源现状以及增殖放流对象的调整，再制定进一步的长期监测计划。

②过鱼效果监测：向阳水库过鱼设施与主体工程同时运行，建成后需要进行跟踪监测，对过鱼种类、过鱼规模、过鱼效果等进行监测和评估。

③增殖放流跟踪监测：向阳水库水库鱼类增殖放流后需要进行跟踪监测，评价放流效果。拟在实施放流后每年开展 1 次标记放流监测，并对放流效果进行评估。

5、生态流量监测

监测点位：向阳水库、南木水库、大广坝水库、戈枕水库、长茅水库、石门水库、大隆水库、赤田水库、半岭水库、水源池水库、石碌水库生态流量泄放口；乐东、宝桥水文监测断面。

监测方法：《河流流量测验规范》（GB 50179-2015）；

监测仪器：安装流量仪和监控设备，实现生态流量在线监测；

监测因子：流量、流速；

监测时间：长期。

9 环保投资估算与经济损益分析

海南省昌化江水资源配置工程环境保护专项投资 20857.41 万元，其中环境保护工程措施费 8135.76 万元，环境监测费 1838.03 万元，仪器设备及安装 1817.30 万元，临时措施 1959.60 万元，独立费用 5210.59 万元，预备费 1896.13 万元。

在进行技术经济分析及方案比选的基础上，提出了各项环保措施推荐方案及其费用估算，工程环保投资约占工程总投资的 1.90%。工程具有较好的经济、社会及环境效益，在各项环保措施得到落实的情况下，其费用产生的环境效果较为明显，可较大程度地减免因环境损失而造成的潜在经济损失。因此从环境损益及环境经济角度分析，工程的建设是可行的。

10 评价结论

海南省昌化江水资源配置工程是国务院确定的 150 项重大水利工程之一，也是列入《海南水网建设规划》（琼府办〔2019〕17 号）中的骨干水资源配置工程，属国家重大项目。工程建设符合国家相关产业政策，是《产业结构调整指导目录(2019 年本)》中鼓励类水利项目。工程实施，可提高区域水资源配置能力，改善乐东、昌江地区供水水源结构，缓解地区水资源供需矛盾，满足项目区城乡供水、南繁育种基地及农业灌溉用水要求，并兼顾改善区域生态环境，提高供水风险防范能力，经济效益、社会效益及环境效益显著。

工程施工期重点是对国家公园、自然保护区等敏感保护目标的影响，在采取生态保护及减缓措施后其影响可以接受。工程建设除工程永久占地造成的土地资源损失不可逆外，对局部生态环境产生的不利影响可通过采取生态流量保障及生态调度、鱼类增殖放流、补建过鱼设施，生态避让、减缓、修复与补偿，施工期废污水处理后综合利用等污染防治与生态保护等措施得到有效预防和减缓。工程运行后在一定程度上改变昌化江干流中下游河段的径流量及流量过程，向阳水库坝下及昌化江干支流减水河段主要断面生态流量能够得以保障。受水区城市内河湖水质现状不达标，在严格落实受水区水污染防治规划提出的污染防治措施基础上，工程供水后可实现“增水不增污”或“增水减污”，确保受纳水体水质达到目标要求。

综上所述，项目实施不存在重大环境制约因素，从环境影响角度综合分析，海南省昌化江水资源配置工程建设可行。