

数字孪生椒江建设先行先试项目 可行性研究报告及实施方案

目 录

第一章 项目概况	1
1.1 项目名称	1
1.2 项目性质	1
1.3 项目类别	1
1.4 项目建设单位	1
1.5 可行性研究报告及实施方案编制单位	1
1.6 编制依据	1
1.7 项目建设目标和预期绩效	8
1.7.1 建设目标	8
1.7.2 预期绩效	9
1.8 项目主要建设内容、建设规模、建设地点、建设期	11
1.8.1 建设内容	11
1.8.2 建设规模	12
1.8.3 建设地点	12
1.8.4 建设期	12
1.9 项目总投资及资金来源	12
1.10 效益及风险	12
1.11 主要结论与建议	14
第二章 项目建设单位概况	15

2.1 项目建设单位与职能	15
2.2 项目实施机构与职责	18
第三章 项目建设的必要性及可行性	19
3.1 项目提出的背景和依据	19
3.1.1 流域自然概况	20
3.1.2 社会经济概况	22
3.1.3 水利工程概况	24
3.1.4 主要洪涝灾害	29
3.1.5 先行先试对象选取	33
3.2 信息化建设现状分析	35
3.2.1 信息化基础	35
3.2.2 信息化业务应用	39
3.2.3 一体化智能化公共数据平台	48
3.3 存在的问题和差距	49
3.3.1 洪潮防御可视化预演程度弱	49
3.3.2 临海古城缺乏内涝淹没分析模型	50
3.3.3 生态流量监控存在短板	50
3.3.4 算力、算法亟需加强	51
3.4 项目建设的意义和必要性	52
3.4.1 是流域生态保护和高质量发展国家战略的明确要求	52
3.4.2 是水利高质量发展的强力驱动	53
3.4.3 是智慧水利建设的核心与关键	54

3.4.4	是省数字化改革的根本要求	55
3.4.5	是适应现代信息技术发展形势的必然要求	55
3.4.6	是强化流域治理管理的迫切要求	56
3.5	项目可行性分析	57
3.5.1	试点流域选择的可行性	57
3.5.2	技术支撑的可行性	58
3.5.3	业务及运维保障可行性分析	63
第四章	项目需求分析	65
4.1	与政务职能相关的社会问题和政务目标分析	65
4.1.1	政务目标分析	65
4.2	用户分析	67
4.3	业务工作、业务流程、业务量分析	68
4.3.1	业务流程分析	68
4.3.2	业务量分析	72
4.4	信息量传输量和存储量分析与预测	73
4.5	数据结构与信息资源共享需求分析	75
4.5.1	数据流程分析	75
4.5.2	信息资源需求分析	78
4.5.3	本项目共享的数据清单	80
4.5.4	需其他单位共享的数据资源信息	80
4.6	系统功能及性能需求分析	83
4.6.1	系统功能需求分析	83

4.6.2 系统性能需求分析	88
4.7 安全需求分析	90
4.8 数据安全需求分析	92
4.8.1 通用要求	92
4.8.2 数据采集	93
4.8.3 数据存储	93
4.8.4 数据使用	94
4.8.5 数据加工	94
4.8.6 数据传输	94
4.8.7 数据提供	94
4.9 项目网络安全情况分析	95
第五章 项目建设方案	96
5.1 总体思路	96
5.1.1 建设原则	96
5.1.2 技术路线	97
5.1.3 部署方式	110
5.2 建设目标	110
5.3 建设任务	113
5.3.1 数字孪生平台建设	113
5.3.2 专业应用	114
5.3.3 业务系统集成及数据融合	114
5.4 总体设计方案	114

5.4.1	设计原则	114
5.4.2	总体架构	116
5.4.3	网络架构	117
5.5	与数字化改革总体框架的关系	120
5.5.1	一体化智能化公共数据平台利用情况	120
5.5.2	两端建设情况	121
5.5.3	组件建设情况	121
5.5.4	与九龙联动治水的关系	122
5.5.5	与预报调度系统的关系	122
5.6	应用系统建设方案	125
5.6.1	数字孪生平台	125
5.6.2	专业应用	185
5.6.3	业务系统集成及数据融合	221
5.7	数据共享及中心数据库建设方案	224
5.7.1	数据归集及接入	224
5.7.2	数据治理服务	238
5.7.3	数据管理服务	241
5.7.4	数据共享及开放服务	248
5.7.5	中心数据库建设	250
5.8	项目边界与接口设计方案	255
5.8.1	与台州市水管理平台的边界	255
5.8.2	统一接口及系统对接建设	256

5.9 信创适配设计方案	256
5.9.1 适配国产操作系统	256
5.9.2 适配国产浏览器	257
5.10 系统运维方案	257
第六章 安全建设方案	259
6.1 等保定级测评	259
6.2 信息系统安全风险分析	259
6.3 技术安全设计	260
6.3.1 物理环境安全	260
6.3.2 通信网络安全	261
6.3.3 区域边界安全	261
6.3.4 计算环境安全	262
6.3.5 应用安全设计	263
6.3.6 数据安全设计	266
6.4 管理安全设计	272
6.5 密码应用评测	273
6.5.1 密码应用现状分析	273
6.5.2 总体方案架构	273
6.5.3 总体方案组成	274
6.5.4 方案说明	276
第七章 项目招标方案	283

7.1 招标范围	283
7.2 招标方式	283
7.3 招标组织形式	283
第八章 环保、消防、职业安全、职业卫生和节能	284
8.1 环境影响和环保措施	284
8.2 消防措施	284
8.3 职业安全和卫生措施	284
8.4 节能目标及措施	285
第九章 项目组织机构和人员培训	286
9.1 项目管理机构及人员配置	286
9.1.1 项目管理机构	286
9.2 人员培训方案	287
9.2.1 培训对象及内容	287
9.2.2 培训方式	289
附图：	291
1、系统总体框架图	291
2、系统网络拓扑图	292
3、系统业务流程图	294

第一章 项目概况

1.1 项目名称

数字孪生椒江建设先行先试项目。

1.2 项目性质

项目性质：新建项目。

1.3 项目类别

项目类别：一般业务类项目。

1.4 项目建设单位

项目建设单位：台州市水利局

项目建设单位负责人：姚加健，党组书记、局长

项目负责人：郭鹏

1.5 可行性研究报告及实施方案编制单位

北京国研科技咨询有限公司浙江分公司

1.6 编制依据

（一）政策文件

1. 《国家政务信息化项目建设管理办法》（国办发〔2019〕57号）

2. 《关于印发促进大数据发展行动纲要的通知》（国发〔2015〕50号）
3. 《国务院关于印发政务信息资源共享管理暂行办法的通知》（国发〔2016〕51号）
4. 《国务院办公厅关于印发〈公共数据资源开发利用试点方案〉的通知》（国办函〔2020〕29号）
5. 《国务院关于加快推进“互联网+政务服务”工作指导意见》
6. 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》
7. 《中共中央国务院关于加快水利改革发展的决定》（国务院〔2011〕第5号）
8. 《“十四五”数字经济发展规划》（国发〔2021〕29号）
9. 《国家信息化发展战略纲要》
10. 《水利部办公厅关于印发2020年度山洪灾害防治项目建设工作要求的通知》（办防函〔2019〕1281号）
11. 《水利部办公厅关于切实加强汛期山洪灾害监测预警工作的通知》（水明发〔2020〕38号）
12. 《水利部关于印发山洪灾害监测预警监督检查办法（试行）的通知》（水防〔2020〕114号）
13. 《水利部关于开展数字孪生流域建设先行先试工作的通知》（水信息〔2022〕79号）

14. 《关于大力推进智慧水利建设的指导意见》（水信息〔2021〕323号）
15. 《水利部关于印发<关于大力推进智慧水利建设的指导意见><智慧水利建设顶层设计><“十四五”智慧水利建设规划>的通知》（水信息〔2021〕323号）
16. 《“十四五”智慧水利建设规划》（水信息〔2021〕323号）
17. 《水利部关于印发<“十四五”期间推进智慧水利建设实施方案>的通知》（水信息〔2021〕365号）
18. 《水利部关于印发数字孪生流域共建共享管理办法（试行）的通知》（水信息〔2022〕146号）
19. 《水利部关于印发数字孪生流域建设技术大纲（试行）的通知》（水信息〔2022〕147号）
20. 《水利部关于印发数字孪生水利工程建设技术导则（试行）的通知》（水信息〔2022〕148号）
21. 《水利部关于印发水利业务“四预”基本技术要求（试行）的通知》（水信息〔2022〕149号）
22. 《水利部办公厅关于印发数字孪生流域建设先行先试台账的通知》（办信息〔2022〕138号）
23. 《浙江省数字化改革总体方案》（浙委改发〔2021〕2号）
24. 《浙江省深化“最多跑一次”改革推进政府数字化转型工作总体方案》

25. 《加快推进落实<政务信息系统整合共享实施方案>工作方案》的通知（发改高技〔2017〕1529号）
26. 《浙江省人民政府办公厅关于印发浙江省公共数据资源开发利用试点实施方案的通知》
27. 《浙江省公共数据平台建设导则》
28. 《浙江省公共数据条例》（2022年1月21日浙江省第十三届人民代表大会第六次会议通过）
29. 《浙江省公共数据资源开发利用试点实施方案》
30. 《浙江省人民政府关于印发浙江省深化“最多跑一次”改革推进政府数字化转型工作总体方案的通知》（浙政发〔2018〕48号）
31. 《台州市数字化改革总体方案》（台委改发〔2021〕1号）
32. 《台州市水利局数字化改革方案》
33. 《台州市水利信息化发展‘十四五’规划》
34. 《关于印发台州市政府数字化转型实施方案的通知》（台政办发〔2018〕86号）

（二）法律法规及标准规范

1. 《中华人民共和国密码法》
2. 《中华人民共和国网络安全法》
3. 《中华人民共和国数据安全法》
4. 《中华人民共和国计算机信息系统安全保护条例》（国务院第147号令）

5. 《信息安全等级保护管理办法》（公通字〔2007〕43号）
6. 《浙江省信息安全等级保护管理办法》（省政府223号令）
7. 《国家电子政务外网安全接入平台技术规范》
8. 《国家电子政务外网安全监测体系技术规范与实施指南》
9. 《国家电子政务外网安全管理系统功能技术要求与接口规范》
10. 《国家电子政务外网跨网数据安全交换技术要求与实施指南》
11. 《接入政务外网的局域网安全技术规范》
12. 《关键信息基础设施安全保护条例》
13. 《公共安全视频监控联网信息安全技术要求》（GB 35114-2017）
14. 《安全防范视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求》（GB/T 28181-2016）
15. 《安全技术防范规范工程技术规范》（GB/T 75-94）
16. 《计算机信息系统安全保护等级划分准则》（GB/ 17859-1999）
17. 《计算机信息系统安全等级保护操作系统技术要求》（GA/T 388-2002）
18. 《计算机信息系统安全等级保护数据库管理系统技术要求》（GA/T 389-2002）

19. 《信息安全技术 云计算服务安全能力要求》（GB/T 31168-2014）
20. 《信息安全技术 信息系统安全等级保护基本模型》（GA/T 709-2007）
21. 《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》（GB/T 22239-2019）
22. 《信息安全技术 网络安全等级保护安全技术要求》（GB/T 25070-2019）
23. 《信息安全技术 网络安全等级保护测评要求》（GB/T 28448-2019）
24. 《信息安全技术 网络安全等级保护测评过程指南》（GB/T 28449-2018）
25. 《信息安全技术 网络安全等级保护实施指南》（GB/T 25058-2019）
26. 《信息安全技术 网络安全等级保护定级指南》（GB/T 22240-2020）
27. 《信息安全技术 网络安全等级保护测试评估技术指南》（GB/T 36627-2018）
28. 《基于云计算的电子政务公共平台安全规范》（GB/T 34080-2017）
29. 《政务云安全要求》（GW0013-2017）
30. 《信息技术 软件生存周期过程》（GB/T 8566-2007）

31. 《计算机软件文档编制规范》（GB/T 8567-2006）
32. 《计算机软件需求规格说明规范》（GB/T 9385-2008）
33. 《计算机软件测试文档编制规范》（GB/T 9386-2008）
34. 《计算机软件测试规范》（GB/T 15532-2008）
35. 《信息处理、程序构造及其表示的约定》（GB/T 13502-1992）
36. 《信息技术 软件维护》（GB/T 20157-2006）
37. 《系统与软件易用性 第1部分：指标体系》（GB/T 29836.1-2013）
38. 《系统与软件维护性 第2部分：度量方法》（GB/T 29834.2-2013）
39. 《系统与软件维护性 第3部分：测试方法》（GB/T 29834.3-2013）
40. 《信息处理系统、计算机系统配置图符号及约定》（GB/T 14085-93）
41. 《系统与软件工程 系统与软件质量要求和评价（SQuaRE） 第10部分：系统与软件质量模型》（GB/T 25000.10-2016）
42. 《系统与软件工程 用户文档的管理者要求》（GB/T 16680-2015）
43. 《软件工程软件开发成本度量规范》（GB/T 36964-2018）
44. 《中国软件行业基准数据-201906》
45. 《浙政钉 2.0 应用接入流程（专有钉钉）》

1.7 项目建设目标和预期绩效

1.7.1 建设目标

根据《水利部关于开展数字孪生流域建设先行先试工作的通知》要求，基于云计算、大数据、人工智能、物联网、数字孪生等新一代信息技术，以数字孪生流域建设为主线，以数字孪生水利工程建设为切入点和突破口，以数字化场景、智慧化模拟、精准化决策为路径，以实现预报、预警、预演、预案（以下简称“四预”）功能为目的，建设数字孪生椒江建设先行先试项目。通过本项目建设，实现洪潮防御的智能高效、水资源调配管理的精准实时、水利工程运行安全的超前预警、水生态环境状况监控的全面覆盖，构建数字化、网络化、智能化的智慧水利体系，为水利现代化提供有力支撑和强力驱动。

本项目具体建设目标如下：

（1）数据底板方面，采集 1m 分辨率的椒江流域数字正射影像 DOM 和 5m 网格间距的数字高程模型 DEM；重点易涝区域倾斜摄影精度不低于 5cm，椒江干流下游段（三村口~椒江干流入海口）水上数字高程模型 DEM 网格间距为 2m，水下地形断面精度为 1:200。

（2）水文监测能力方面，流域预报点预报精度不得低于乙级标准，其中大中型水库、干流预报精度达到甲级标准。流域关键预报

断面预报时间从原来预报 24 小时提高到预报至少 30 小时，预报期延长 6 小时以上，断面流量预报准确度从原来的 80%提高至 85%，预报准确度提升 5%以上。

(3) 在预报模型提升方面，耦合上下游水文模型、水动力模型、风暴潮模型，提高椒江流域洪、潮、暴雨双碰头、三碰头场景下的流域预报能力。

(4) 洪潮防御业务应用，流域一次洪水预报开始计算至二三维可视化展示时间不超过 5 分钟，流域一次洪水优化调度开始计算至二三维可视化展示时间不超过 5 分钟，易涝区域洪水淹没开始计算至可视化展示时间不超过 6 分钟。

(5) 在小水电生态流量监控监管方面，通过流量计、视频监控+AI 识别技术，当存在不按规定下泄生态流量时，进行告警提醒，将生态流量监控监管效率提高至分钟级以内。

1.7.2 预期绩效

通过数字孪生椒江建设先行先试项目建设，在椒江的重点防洪地区（干流：临海；支流：永宁江）的防洪核心业务上实现“精准化预报、自动化预警、可视化预演、场景化智能预案”；推进椒江流域水利工程运行管理重点业务的应用。流域水利数字化、网络化和重点领域智能化水平明显提升，为进一步开展和推进全面流域“四预”能力建设，提供技术和经验。

依托先行先试项目实施经验，开展全流域推广建设。随着基础

设施的不断完善，感知数据的不断挖掘，站点的历史经验数据更新，模型库的不断优化和建设，平台系统的迭代更新，知识库内容的不断扩充，完成椒江流域数字孪生防洪核心业务“四预”能力的全面建设，业务应用的数字化、网络化、智能化取得突破性进展，总体达到全国领先水平。

具体内容如下：

(1) 在水文监测能力方面，增强了气象降雨预报成果的应用，随着水文站点的加密、地形数据的精细化程度提高，更好捕捉了降雨和地形断面的时空分布特征，并通过构建更精细化、智能化的预报模型，提高了遇见期和准确性。在原有基础上，流域关键预报断面预报时间从原来预报 24 小时提高到预报至少 30 小时，预报期延长 6 小时以上，断面流量预报准确度从原来的 80%提高至 85%，预报准确度提升 5%以上。

(2) 在预报模型提升方面，改变了之前上游暴雨洪水、下游潮位分析计算和预报相互割裂的状况，通过上下游水文模型、水动力模型、风暴潮模型的耦合及应用，提高了在应对如“利奇马”类似台风下椒江流域洪、潮、暴雨双碰头、三碰头场景下的流域预报能力。大大改变了椒江赶潮河段洪水预报依靠人工经验，缺乏技术支撑手段。

(3) 在水利工程调度方面，尤其是防洪调度方面，首先优先考虑工程本身安全，基于安全监测数据，评估工程安全性，结合洪水预报信息，优化工程本身的防洪调度。通过高精度二维 GIS 底

图、三维倾斜摄影，预演在不同调度方案下，模拟椒江干流水位上涨情况、河流两岸淹没情况、临海古城内涝程度，通过对受灾范围内的学校、医院、村庄、农田等进行综合分析，计算受灾面积、人口、重点保护对象数量等，为决策者制定最佳方案提供最直观的可视化模拟支持。

(4) 在小水电生态流量监控监管方面，通过流量计、视频监控+AI 识别技术，当存在不按规定下泄生态流量时，进行告警提醒，将生态流量监控监管效率提高至分钟级以内。

1.8 项目主要建设内容、建设规模、建设地点、建设期

1.8.1 建设内容

本项目具体建设内容如下：

1、应用系统建设

应用系统建设包括数字孪生平台、专业应用和业务系统集成及数据融合。

(1) 数字孪生平台包括数据底板、模型平台和知识平台。

(2) 业务应用包括流域防洪业务应用、水资源管理与调配应用、水利工程运行管理应用、综合展示、大屏端应用和移动端应用。

(3) 业务系统集成及数据融合主要是对数字孪生永宁江闸应用系统和数字孪生朱溪水库应用系统进行集成和数据融合。

2、软件产品采购

软件产品采购包括地理信息平台软件和数字孪生模拟仿真平台。

1.8.2 建设规模

本项目建设规模涉及浙江省水利厅、台州市水利局及下属各县市区水利局、黄岩区永宁江事务中心、台州市朱溪水库开发有限公司等水利部门。

1.8.3 建设地点

建设地点：台州市水利局（浙江省台州市白云山西路 300 号）

1.8.4 建设期

本项目建设期为 2022 年 9 月至 2024 年 6 月。

1.9 项目总投资及资金来源

项目总投资金额为 1150 万元，其中工程建设费为 1088.5 万元，工程建设其他费用为 61.5 万元。

本项目所需资金由“台州市数字化改革专项资金”保障 390 万元，“台州市本级 2022 年第一批、第二批省水利建设与发展专项资金”保障 209 万元，“市本级水利重大项目前期研究和水利标准化建设资金”保障 551 万元。

1.10 效益及风险

项目具有明显的经济效益和社会效益，通过本项目建设构建防洪防台智能调度数字化场景，强化超前精准预报、灾害预警通报、

调度模拟预演、预案优化修正等功能，提升流域多目标调度效益，降低台风带来的影响和损失，如对于“利奇马”这样的超强台风，通过超前精准预报台风路径、降雨强度，预演不同调度方案下的影响范围、淹没程度，可选择最优调度方案，并提前在重点区域及早部署，可减少人员和经济损失。

具体地：

(1) 在水文监测能力方面，增强了气象降雨预报成果的应用，随着水文站点的加密、地形数据的精细化程度提高，更好捕捉了降雨和地形断面的时空分布特征，并通过构建更精细化、智能化的预报模型，提高了遇见期和准确性。在原有基础上，流域关键预报断面预报时间从原来预报 24 小时提高到预报至少 30 小时，预报期延长 6 小时以上，断面流量预报准确度从原来的 80% 提高至 85%，预报准确度提升 5% 以上。

(2) 在预报模型提升方面，改变了之前上游暴雨洪水、下游潮位分析计算和预报相互割裂的状况，通过上下游水文模型、水动力模型、风暴潮模型的耦合及应用，提高了在应对如“利奇马”类似台风下椒江流域洪、潮、暴雨双碰头、三碰头场景下的流域预报能力。大大改变了椒江赶潮河段洪水预报依靠人工经验，缺乏技术支撑手段。

(3) 在水利工程调度方面，尤其是防洪调度方面，首先优先考虑工程本身安全，基于安全监测数据，评估工程安全性，结合洪水预报信息，优化工程本身的防洪调度。通过高精度二维 GIS 底

图、三维倾斜摄影，预演在不同调度方案下，模拟椒江干流水位上涨情况、河流两岸淹没情况、临海古城内涝程度，通过对受灾范围内的学校、医院、村庄、农田等进行综合分析，计算受灾面积、人口、重点保护对象数量等，为决策者制定最佳方案提供最直观的可视化模拟支持。

(4) 在小水电生态流量监控监管方面，通过流量计、视频监控+AI 识别技术，当存在不按规定下泄生态流量时，进行告警提醒，将生态流量监控监管效率提高至分钟级以内。

1.11 主要结论与建议

通过本项目建设，实现洪潮防御的智能高效、水资源调配管理的精准实时、水利工程运行安全的超前预警、水生态环境状况监控的全面覆盖，构建数字化、网络化、智能化的智慧水利体系，为水利现代化提供有力支撑和强力驱动。

项目符合上级政策文件及技术规范要求，采用的技术成熟，有较好的组织保障，项目建设是可行的。

项目建设具有明显的经济效益和社会效益，项目建设是必要的。项目的风险可控，投资合理，建设内容和范围边界比较明确，建议尽快批复本项目方案，落实经费启动项目建设工作。

第二章 项目建设单位概况

2.1 项目建设单位与职能

本项目建设单位为台州市水利局，其主要职责为：

（一）负责保障水资源的合理开发利用。拟订水利发展规划和政策，起草有关规范性文件草案。组织编制全市水资源战略规划、全市重要江河湖泊的流域（区域）综合规划、防洪规划等重大水利规划。

（二）负责生活、生产经营和生态环境用水的统筹和保障。组织实施最严格水资源管理制度，实施水资源的统一监督管理。拟订全市和跨县（市、区）水中长期供求规划、水量分配方案并监督实施。负责重要流域、区域以及重大引调水工程的水资源调度。组织实施取水许可、水资源论证和防洪论证制度指导开展水资源有偿使用工作。指导水利行业供水、农村供水工作。

（三）按规定组织实施水利工程建设与管理，负责提出水利固定资产投资规模、方向、具体安排建议并组织指导实施。按规定权限审核规划内和年度计划规模内固定资产投资项目提出上级补助资金和市级财政性水利资金安排建议并负责项目实施的监督管理。

（四）指导水资源保护工作。组织编制并实施水资源保护规划。指导开展饮用水水源保护有关工作，指导地下水开发利用和地下水资源管理保护。指导水政监察和水行政执法，负责重大涉水违法事件的查处，指导协调水事纠纷的处理。

（五）负责节约用水工作。组织拟订节约用水政策，组织编制节约用水规划并监督实施，组织制定有关标准。组织实施用水总量控制等管理制度，组织、指导、监督全市节约用水工作，指导和推进节水型社会建设工作。

（六）指导水文工作。负责水文水资源监测、水文站网建设和管理，对江河湖库和地下水实施监测，发布水文水资源信息、情报预报和全市水资源公报。按规定组织开展水资源调查评价和水资源承载能力监测预警工作。

（七）指导水利设施、水域及其岸线的管理、保护与综合利用。组织指导水利基础设施网络建设。指导重要江河、湖泊、水库、山塘及河口的治理、开发和保护。组织编制水域保护规划并监督实施。指导河湖水生态保护与修复、河湖生态流量水量管理、水面保洁以及河湖水系连通工作。指导“河湖长制”和“五水共治”水利工作。

（八）指导监督水利工程建设。组织实施具有控制性的和跨区域跨流域的重要水利工程建设。组织提出并协调落实市直管工程和后续工程建设的有关政策措施，组织工程验收有关工作，督促指导市县配套工程建设。指导水利建设市场的监督管理。组织实施水利工程建设的监督。组织开展水利行业质量监督工作。按分工负责水利行业生态环境保护工作。负责滩涂围垦工作。负责水利行业安全生产监督管理。

（九）指导监督水利工程运行管理。指导水库、山塘、海塘、

水电站、江堤、堰坝等水利工程的安全生产管理工作。按规定组织开展大坝安全鉴定，水库除险加固保安、工程划界、标准化管理等工作。指导水利工程运行管理市场的监督管理。

（十）负责水土保持工作。拟订水土保持规划并监督实施，组织实施水土流失综合防治工作。负责建设项目水土保持监督管理工作指导重点水土保持建设项目的实施。

（十一）指导农村水利工作。组织开展大中型灌排工程建设与改造。指导圩区防洪排涝工程、农村饮水安全工程、山塘和堰坝建设与管理。指导节水灌溉有关工作。指导农村水利改革创新和社会化服务体系建设。按规定组织开展水能资源调查评价，指导农村水能资源开发、小水电改造、水电农村电气化和绿色水电创建工作。

（十二）开展水利科技、教育和对外交流工作。组织水利科学研究、科技推广与引进及对外交流。监督实施水利行业的技术标准、规程规范、定额。指导水利信息化工作。

（十三）负责落实综合防灾减灾规划相关要求，组织编制洪水干旱灾害防治规划和防护标准并指导实施。承担水情旱情监测预警工作。组织编制重要江河湖泊和重要水工程的防御洪水抗御旱灾调度及应急水量调度方案，按程序报批并组织实施。承担防御洪水、台风暴潮应急抢险的技术支撑工作。承担重要水工程调度工作。承担洪泛区、蓄滞洪区和防洪保护区的洪水影响评价工作。组织制定水旱灾害防御水利相关政策并监督实施。

（十四）完成市委、市政府交办的其他任务。

（十五）职能转变。切实加强水资源合理利用、优化配置和节约保护。坚持节水优先，从增加供给转向更加重视需求管理，严格控制用水总量和提高用水效率。坚持保护优先，加强水资源、水域和水利工程的管理保护，维护河湖健康美丽。坚持统筹兼顾，保障合理用水需求和水资源的可持续利用，为经济社会发展提供水安全保障。坚持建管并重，加强水利工程管理工作。坚持深入推进简政放权、放管结合、优化服务改革，推动水利领域“最多跑一次”改革向纵深发展。推动水利发展改革和水利数字化转型，加快推进水利现代化。

2.2 项目实施机构与职责

本项目的实施机构为台州市水利局，主要负责项目建设与运行管理的具体组织工作。

负责编制项目总体实施进度计划，并组织项目实施；

负责协调有关部门依法对预算内项目的审批，

负责项目合同的签署及依法实施，

负责协调解决出现的问题；

负责管理资金，拨付相关费用，对资金使用情况进行监督；

负责管理协调项目建设中的日常事务；

负责协调项目实施中承建单位、监理单位、用户单位及各相关部门的工作。

第三章 项目建设的必要性及可行性

3.1 项目提出的背景和依据

2021年2月18日，引领改革风气之先的浙江，在全国率先部署了关系全局、影响深远、制胜未来的重大集成改革——数字化改革，明确提出构建“152”工作体系，重点是打破条块分割、条线孤立的碎片化模式，关键是聚焦重点领域、设计重要场景、深化重大改革。2022年2月28日，省委召开全省数字化改革推进大会，提出要迭代升级数字化改革体系架构，整合形成“1612”体系构架——第一个“1”即一体化智能化公共数据平台（平台+大脑），“6”即党建统领整体智治、数字政府、数字经济、数字社会、数字文化、数字法治六大系统，第二个“1”即基层治理系统，“2”即理论体系和制度规范体系——形成一体融合的改革工作大格局。

为贯彻落实2022年全国水利工作会议和水利部推进数字孪生流域建设工作会议精神，按照《关于大力推进智慧水利建设的指导意见》《智慧水利建设顶层设计》《“十四五”智慧水利建设规划》《“十四五”期间推进智慧水利建设实施方案》要求，水利部决定开展数字孪生流域建设先行先试工作。按照“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”要求，以数字孪生流域建设为主线，以数字孪生水利工程建设为切入点和突破口，以数字化场景、智慧化模拟、精准化决策为路径，以实现预报、预警、预演、预案（以下简称“四预”）功能为目的，在大江大河重点河段、主要支流及重要水

利工程开展数字孪生流域建设先行先试，示范引领数字孪生流域建设有力有序有效推进，加快构建智慧水利体系，为新阶段水利高质量发展提供有力支撑和强力驱动。（《水利部关于开展数字孪生流域建设先行先试工作的通知》水信息〔2022〕79号）

3.1.1 流域自然概况

椒江流域位于浙江省中部沿海，是浙江省第三大流域，台州市最大的河流，北接新昌县、磐安县境，西邻缙云县境，南接金清港流域，东濒东海，介于东经 $120^{\circ}17'6'' \sim 121^{\circ}41'00''$ ，北纬 $28^{\circ}32'2'' \sim 29^{\circ}20'29''$ 之间。主要包括台州市的仙居县、天台县、临海市、椒江区、黄岩区，源头区涉及绍兴市新昌县、金华市磐安县、丽水市缙云县、温州市永嘉县等。流域面积 6603km^2 。

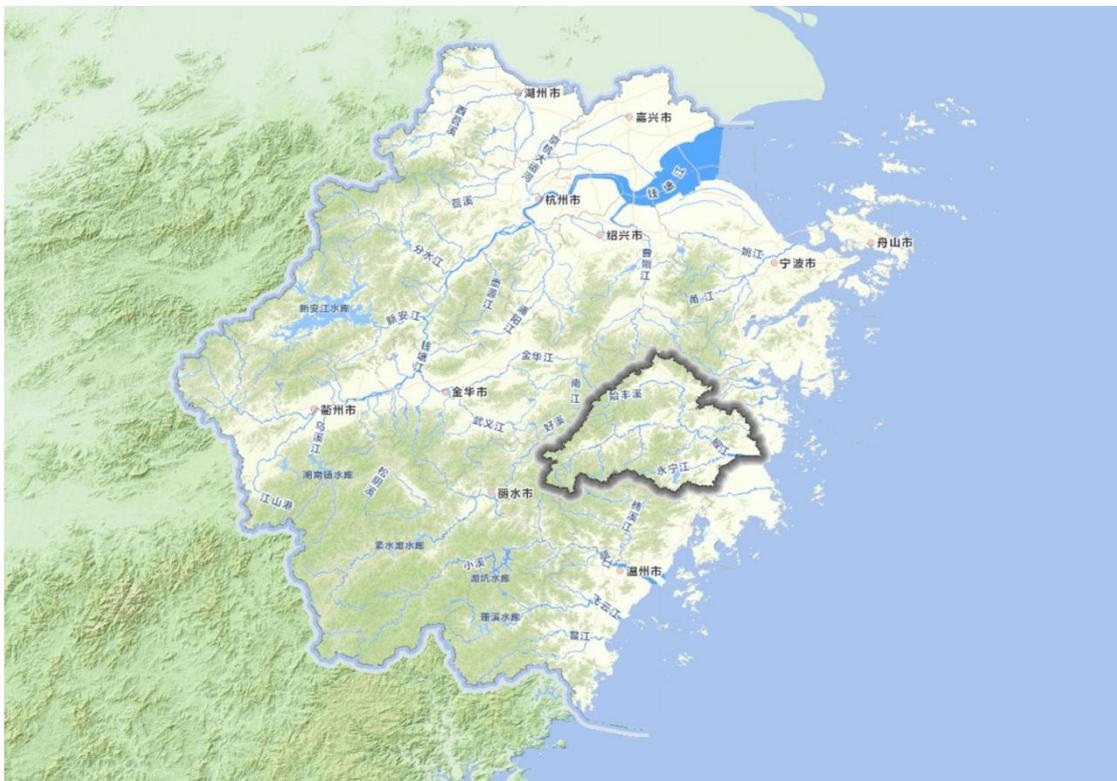


图 3.1-1 椒江流域位置图

椒江流域受降雨时空分布不均及台风季节的影响，灾害性天气较频繁，常受台风洪潮袭击，是一个洪涝灾害多发的地区。

椒江干流总长度 210km，自河源西北流入缙云县，折向东北流入仙居县，至仙居县横溪镇流经下岸水库；续向东北流，水系呈羽状，左岸有杨岸港、中央溪、九都坑、北岙坑、孟溪、双港溪 6 条支流汇入，右岸有曹店港、六都坑、十三都坑、十七都坑、十八都坑、二十都坑、朱溪、方溪 8 条支流汇入；至临海市永丰镇三江村左纳最大支流始丰溪，河道折向东南流 15km 至临海市大洋街道五孔岙村大田港闸左纳大田港，至临海市江南街道增棚埠村右纳义城港；续向东南流至临海市涌泉镇塘头村右纳永宁江，而后折向东流 7.1km 左纳龙溪，续东流 24km 入台州湾。其中下游段主要支流有大田港、义城港、永宁江和龙溪。



图 3.1-2 椒江流域水系图

椒江干流划分为上游、中游、下游三段，总长度 210km，曹店港汇合断面以上称金坑、曹店港汇合断面以下至始丰溪汇合断面以上称永安溪，始丰溪汇合断面以下至永宁江汇合断面以上称灵江。其中北岙坑汇合断面以上为上游河段，长 103km；北岙坑汇合断面以下至始丰溪汇合断面以上为中游河段，长 40km；始丰溪汇合断面以下为下游河段、长 67km。

本次数字孪生流域先试先行河段选取椒江干流下游段（三江村~椒江口）及支流永宁江。其中灵江长 47km，椒江长 20km，永宁江长 38km，涉及河段总长约 103km。



图 3.1-3 椒江流域数字孪生先试先行段位置示意图

3.1.2 社会经济概况

椒江流域范围内的仙居、天台、临海、黄岩、椒江均属于台州

市范围。2021年椒江流域涉及县（市、区）土地面积合计7034.52km²，常住人口357.6万人，实现生产总值2781.87亿元。

表 3.1-1 椒江流域（台州境内）社会经济基本情况表

县市区	土地面积（km ² ）	常住人口（万人）	GDP（亿元）
仙居县	2000.11	43	282.84
天台县	1431.66	47	339.55
临海市	2250.6	111.7	819.87
黄岩区	988.36	71.3	587.47
椒江区	363.79	84.6	752.14
合计	7034.52	357.6	2781.87

本次先行先试试点流域河段从灵江、始丰溪、永安溪交汇口至椒江入海口，重点区域为临海主城区。

临海地处浙江东部沿海、长三角经济圈南翼，是区域和人口大城市。全市陆域面积2203平方公里，海域面积1590平方公里，三面环山、一面靠海，呈“七山一水两分田”地貌，属亚热带季风气候，四季分明，雨量充沛，年平均气温17.3℃，常年平均降雨量1638毫米，辖5个街道、14个镇，2021年人口119.9万，常住人口111.7万人。2021年，全市实现生产总值819.87亿元，年均增长8.3%；常住居民人均可支配收入达73465元，年均增长7.7%。

主要水系灵江，系浙江省第三大河，自西向东横贯境内。全市共有镇级以上河道534条，总长1327公里，其中省级河道3条、市级1条、县级29条。建有水库、山塘329座，总库容约4亿立

方米，其中大型水库 1 座（牛头山水库），中型水库 2 座（溪口水库、童燎水库），在建的方溪水库属省重点工程，总库容 7205 万 m³。建成各类水电站 89 座，年平均发电量达 1.5 亿多度。建有 15 条总长 39.7 公里的一线标准海塘，155 座水闸及机电排涝等一大批水利工程，目前在建的白沙湾标准海塘堤线总长 2280m，按 50 年一遇防潮标准设防。总投资 13.3 亿元的大田平原排涝一期工程开工建设，建成后排涝和防灵江洪（潮）能力将分别达到 10 年、50 年一遇标准。

临海市城区临江而建，地势低洼，洪涝淹没范围广。由于临海市三面环山，当暴雨来临，灵江水位高涨，一头是山区洪水下泄，一头是大海的潮水位顶托，水位极容易在沿城市段积聚，当灵江洪水水位涨过主城区地面的时候，若沿江没有完善的高堤阻挡，水便会“逆流成河”。目前，临海城区全部涝水主要通过泵站强排的方式排入灵江，排涝难度大。遇台风暴雨时，灵江上游始丰溪和永安溪洪水急泻而下，下游潮水顶托，灵江水位上涨，城区面临外部灵江洪水入侵城区以及山区洪水下泄压力的双重考验，城区内部面临涝水外排难度大的难题，成为临海市防洪防涝的“现实压力”。

3.1.3 水利工程概况

椒江流域受降雨时间和地区分布不均及台风季节的影响，灾害性天气较频繁，常受台风洪潮袭击，是一个旱涝灾害多发的地区。建国后，尤其是近十几年，水利投入不断加大，大批骨干水利工程

相继建成，水利基础设施不断完善，基本形成“蓄”、“堤”、“疏”、“滞”的防洪体系。

3.1.3.1 水库工程

椒江流域已建了4座大型水库——下岸水库、里石门水库、牛头山水库、长潭水库，还有一些中小型水库，这些水库建成后，对流域洪水有一定调节作用，一定程度上削减了洪水期的洪峰流量，降低了洪水位，而且通过合理调度，水库可以减轻下游洪水灾害损失以及堤防倒毁所引起的一系列环境影响。

表 3.1-2 流域主要水库主要参数表

行政区	水库名称	所在流域	集雨面积 (平方公里)	总库容 (万立方米)	兴利库容 (万立方米)	防洪库容 (万立方米)
仙居县	下岸水库	永安溪	259	13500	10105	1862
	里林水库	九都港	92.3	1245	795	
	朱溪水库 (在建)	朱溪	168.9	12573	9849	3862
	孟溪水库	孟溪	46.28	2119	1828	298
	北岙水库		157.1			
	双溪水库	二十都坑	32.5	450		
天台县	里石门水库	始丰溪	296	19900	11608	3204
	龙溪水库	黄水溪	76	2558	2006	
	桐柏抽水蓄能电站	始丰溪	6.7	1146.8		

行政区	水库名称	所在流域	集雨面积 (平方公里)	总库容 (万立方米)	兴利库容 (万立方米)	防洪库容 (万立方米)
	上水库					
	桐柏抽水蓄能电站	始丰溪	21.4	1283.6		
	下水库					
临海市	牛头山水库	逆溪	254	30250	15600	9616
	方溪水库	方溪	92.3	7205		1423
	溪口水库	龙溪	35.6	2840	2053	
	童燎水库	洞港	17.8	1361		288
黄岩区	长潭水库	永宁江	441.3	73200	45600	20700
	秀岭水库	秀岭溪	13.9	1767	1165	440
	佛岭水库	南岙溪	18.26	1728	1324	614

3.1.3.2 堤塘工程

灵江干流堤防总长 28.19 公里，包括城区段堤防及乡镇段海塘两部分。目前城区段已建成临海城区堤防古城街道段的江北防洪堤，起自灵江一桥，终至小两山、大田港闸，全长 6.7km，采用 50 年一遇防洪标准；临海江南城防堤防自灵江大桥沿江经两水山至红旗闸，全长 5.7km，目前已实施 1.75 公里。乡镇段包括长甸堤塘、桩头堤塘、涌泉海塘、红光海塘、玉岙海塘 5 条海塘

永宁江两岸已经建成完整堤防。堤防自前蒋至永宁江闸，总长 73.2km，新前双丰桥至永宁江大闸防洪标准 50 年一遇，双丰桥以

上防洪标准 20 年一遇。

椒江河口标准海塘分南北岸：南岸包括红光海塘、椒江海塘黄岩段、椒江区江南海塘、外沙海塘、山东十塘；北岸包括玉砚海塘、椒江区江北海塘、台电海塘、老鼠屿路堤、台电灰库、沿海海塘、南洋海塘、川礁一期海塘、白沙海塘、北洋海塘。除椒江南岸轮渡路西~牛头颈长 2.62km 范围和台州电厂 1.52km 范围为 100 年一遇外，其余防洪标准均为 50 年一遇。



图 3.1-5 先试先行段主要堤防示意图

3.1.3.3 水闸工程

椒江流域现有大型水闸 1 座，中型水闸 4 座，小型水闸 120 多座。大型水闸为永宁江闸，是一座集排涝、灌溉、挡潮等功能于一体的大型水闸，是永宁江水系主要排涝出口。中型水闸包括大田港

闸（净宽 40m）、红旗闸（净宽 24m）、西江闸（净宽 20m）、
栅浦闸（净宽 15m），均为挡潮（洪水）排涝闸。



(a) 永宁江闸



(b) 大田港闸



(c) 红旗闸



(d) 西江闸

图 3.1-6 水闸工程现状图

先试先行段河道两岸主要挡潮（洪水）排涝闸有 32 座，其中
灵江段 11 座，椒江段 12 座，永宁江段 9 座，沿线主要水闸位置见
图 3.1-6。



图 3.1-7 先试先行段主要水闸示意图

3.1.4 主要洪涝灾害

1949 年 10 月至 2019 年的 70 年中，椒江流域共发生水灾 67 次，其中有影响成灾的台风水灾 51 次，影响严重的有 23 次，占 45%。影响较为严重的有 9 次。即 1956 年的 26 号台风，临海站水位 8.12m；1959 年的第 5 号台风，临海站水位 9.46m；1962 年第 14 号台风，临海站水位 10.27m；1963 年 12 号台风，临海站水位 9.30m；1990 年 15 号台风，临海站水位 8.92m；1997 年 11 号台风，临海 11 号台风，临海站水位 9.51m；2004 年云娜台风，临海站水位 8.21 m；2007 年韦帕台风，临海站水位 8.46m；2019 年利奇马台风，临海站水位 10.85m。

1962 年 9 月 6 日，第 14 号台风在福建省连江县登陆。内陆风

力达 8 级，大暴雨。仙居县降雨量 250mm；天台县龙皇堂降雨量 547.8mm，受淹农田 16.3 万亩，死 14 人；黄岩县降雨量 401.5mm，601 户被洪水包围，受灾农田 36 万亩，死 11 人；临海县尤为严重，总降雨 409mm，5 日最大降雨量 212mm，溪口降雨量 439mm，逆溪上游降雨量 519mm，6 日临海站水位高达 10.27m，为历时最高值。洪水入临海城，水深 3m；城郊、塘里、大田等地一片汪洋，平地水深 4~6m，受灾农田 44.1 万亩，死 25 人，伤 108 人。9 月 8 日上午，国务院派飞机在临海大田、城郊空投救灾食品。全流域内死 54 人。交通、邮电通讯一度中断。

1990 年 8 月 31 日，第 15 号台风在椒江口南岸登陆。风力 12 级以上，狂风暴雨，括苍山过程降雨量 486.5mm。临海市永安溪柏枝吞 9 月 1 日出现最高洪峰水位 18.67m，洪峰流量 5410m³/s；始丰溪沙段站 8 月 31 日出现最高洪峰水位 17.10m，洪峰流量 2940m³/s；临海站 9 月 1 日出现最高水位 8.92m，洪峰流量 8900m³/s。临海市城区进水，最深达 2.5m 以上，大田平原受淹农田 10 万亩，最深达 3m。

1997 年 8 月 18 日，第 11 号台风在温岭市石塘镇登陆。台风时正值农历七月十六日，台风增水与天文高潮位叠加，椒江区海门潮位 5.64m。一线海塘除山东石塘外基本毁坏。8 月 18 日夜，临海市和黄岩、椒江区城区进水，最深处达 4m。台风、洪潮给台州造成重大损失，全市受灾人口 407.3 万人，死亡 185 人，农作物成灾 149.22 万亩，直接经济损失 115.55 亿元。

2004年8月11日至13日，台州市遭受了第14号台风“云娜”的袭击，8月11日17时开始降雨，至8月13日10时，全市平均降雨量达324.8mm，其中：黄岩长潭站降雨682mm，临海梅吞降雨量达627.4mm，有16个雨量站点超过400mm。流域内柏枝吞站从12日1时起涨，至13日15时出现洪峰水位21.18m，涨幅达10.40m，超警戒水位历时15小时，居该站历史第六高水位。沙段站从12日10时起涨，至13日4时出现洪峰水位16.59m，洪峰水位略超危急水位，灵江流域控制站临海站从12日15时起涨，至13日21时出现洪峰水位8.21m，涨幅达10.62m，超过警戒水位历时22小时，居该站历史第七高水位。受台风影响，风暴潮亦很高，海门站12日19时35分，实测最高潮位为5.56m，接近9711号台风5.64m的值。

2007年第13号热带风暴“韦帕”于9月19日2时30分在苍南霞关沿海登陆。登陆时中心气压950hpa，近中心最大风力14级（风速45m/s）。受这次强台风影响，始丰溪沙段站9月19日6时30分出现洪峰水位18.09m，超过警戒水位（14.58m）3.51m，超过危急水位（15.58m）2.51m；永安溪仙居站9月19日8时出现洪峰水43.59m，超过警戒水位（42.03m）1.56m，超过危急水位（43.03m）0.56m；下回头站9月19日3时54分出现洪峰水位57.82m，超过警戒水位（55.05m）2.77m，超过危急水位（56.55m）1.27m；柏枝吞站9月19日10时30分出现洪峰水位20.04m，超过警戒水位（17.05m）2.99m，超过危急水位（19.05m）0.99m；

灵江临海站 9 月 19 日 16 时 30 分出现洪峰水位 8.46m，超过警戒水位（5.67m）2.79m，超过危急水位（6.67m）1.79m；椒江西江闸 9 月 19 日 2 时 30 分出现最高水位 3.36m，超过警戒水位（2.82m）0.54m。超过危急水位（2.92m）0.44m。流域普降暴雨，造成了严重的洪灾损失。

2019 年第 9 号超强台风“利奇马”于 8 月于 10 日 1 时 45 分在台州温岭城南沿海登陆。“利奇马”台风强度大，时间长，温岭城南沿海登陆时，近中心最大风力 16 级（52m/s）。8 日 8 时至 11 日 8 时，台州市面雨量 326mm，各县（市、区）普降特大暴雨，主要集中在玉环 411.4mm，临海 396.9mm，三门 372.3mm，黄岩 349.1mm，温岭 331mm。最大点临海括苍山 834.3mm，突破 9216 号台风 746.8mm 的局地降雨纪录。临海站 10 日 20 时前后，由于始丰溪、永安溪洪峰叠加，造成灵江出现特大流域性洪水，出现洪峰水位 10.85m，超保证水位 4.15m（临海站警戒水位 5.7m、保证水位 6.7m），突破历史极值。临海古城墙城门于 8 月 10 日下午 2 时被洪水冲毁，老城区进水，平均受淹深度 1.5m，于 8 月 11 日上午 6 时开始退水，至 12 日 1 时退水基本完成。受山区洪水影响，大田平原水位自 8 月 9 日 0 时开始持续上涨，平原全面受淹，大田桥站最高水位达到 7.56m，最大淹没约 2.5m；大田港闸上水位最高达到 6.26m，大田平原淹没历时 30 小时。黄岩区高桥街道、头陀镇、北洋镇受灾较为严重，淹没深度达 1.5m。本次台风台州市有 346.02 万人受灾；农作物受灾面积 11.15 万公顷，绝收面积 2 万

公顷；倒塌房屋 4804 间，严重损坏房屋 10099 间，一般损坏房屋 67539 间；直接经济损失达 261.53 亿元。临海东胜镇发生滑坡，致 3 人死亡。

3.1.5 先行先试对象选取

按照《水利部关于开展数字孪生流域建设先行先试工作的通知》的精神，和“优先在七大江河主要支流及其重要水利工程”的具体要求，分析椒江流域分布特点和管理权属，遵循“需求牵引、应用至上”的原则，综合考虑流域信息基础建设情况、河流影响程度、建设能力，预期成果推广价值等因素，将椒江流域全流域作为浙江省数字孪生流域建设先行先试试点流域。

朱溪水库投运后向长潭水库供水，长潭水库下游接永宁江，永宁江汇入椒江干流，永宁江与椒江交汇处设永宁江闸，是永宁江水系主要排涝出口。

本次综合考虑流域信息基础建设情况、河流影响程度、建设能力等因素，选取椒江流域的椒江干流下游段作为数字孪生流域建设先行先试试点河段。

本次数字孪生流域先试先行河段选取椒江干流下游段（三江村~椒江口）及支流永宁江。其中灵江长 47km，椒江长 20km，永宁江长 38km，涉及河段总长约 103km。

试点工程方面，考虑到朱溪水库、永宁江闸信息化基础较好，故选择朱溪水库、永宁江闸为数字孪生试点工程。

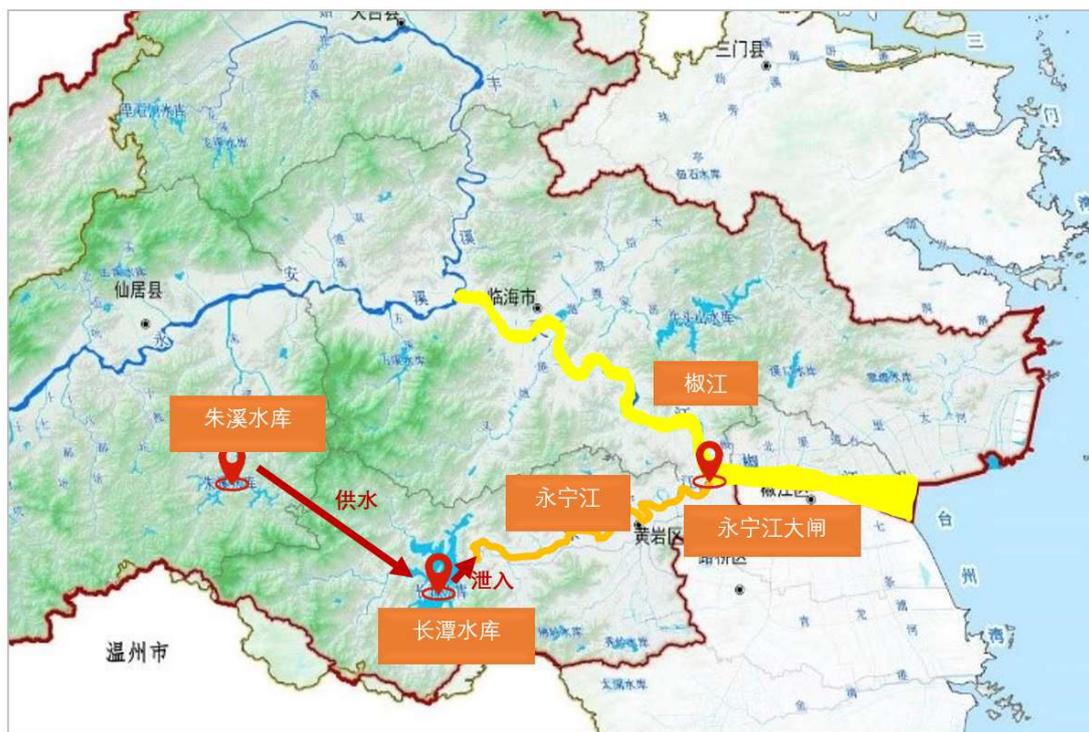


图 3.1-8 椒江流域数字孪生先试先行段位置示意图

3.2 信息化建设现状分析

3.2.1 信息化基础

3.2.1.1 数据底板基础

自“十二五”开始，台州市水利局着重发展水利信息化建设，积累了大量的水利空间数据，2020年开始建设台州市水管理平台，已建成全市水利数据仓和全市水利一张图底图，完成基础空间要素、水利基础空间要素和水利专题要素数据的整理加工，提供水利应用地图服务以及水利空间数据交换服务等，支撑水利各类业务专题应用。

已接入多类水利空间数据，包括水库、山塘、泵站、水闸、闸站、海塘、灌区、农村供水、堤防、取水口等各类水利工程数据，雨量、水位、水质、流速流量、视频监控等监测站点数据以及各类业务应用产生的水利空间数据。已收集椒江流域范围的地形图。

3.2.1.2 水雨情感知基础

近年来，台州市积极开展水文测报能力提升建设，全市已累计建设水文测站共计664处，其中基本水文测站95处，按监测要素分，流量监测32处，水（潮）位监测508处，雨量监测605处，地下水监测16处，泥沙监测3处，蒸发监测22处；按照水利工程标准化建设的相关要求，完善视频监控建设，整合各级水利部门及共享相关部门视频监控2000多路。

台州市气象局等气象公共服务部门，能够提供卫星云图、雷达图、台风路径、降水预报等气象大数据，台州市大数据平台提供数据共享交换服务并汇聚至水利部门的防汛专题气象数据库，满足椒江流域洪水预报调度各模块对气象大数据的需求。

3.2.1.3 水利工程监测基础

台州市水利工程监测目前以人工监测为主，自动化监测较少，已建设 20 座水利工程的沉降位移自动监测，包括 17 座水库，3 条海塘。

3.2.1.4 数字模型基础

近年来，台州市围绕“数字”工程建设，结合防汛减灾、水资源管理与调度、水资源保护和水土保持等业务需求，编制了“数字”工程数学模拟系统建设规划，以“首席专家+专业团队”为主要研发模式，开展了降雨径流预报模型、新安江三水源水文模型、一维水动力模型、二维水动力模型、水文水动力耦合模型、风暴潮模型以及水库调度模型等多项水利模型的建设，计算时效性和精度显著提高，有力支撑了管理和决策的现实需求。

3.2.1.5 网络传输基础

台州水利网络环境经过多年信息化建设升级，已形成较为完善的网络环境基础，已贯通各级水利部门纵向联通，跨部门横向联通，

监测终端数据的实时上传的多种渠道。

办公网络方面，台州水利办公区域已全面采用政务外网（VPN2），实现跨部门的网络畅通，已完成水利专网改造，接入VPN3网络，实现省、市、县三级水利部门网络贯通。

数据传输网络方面，数据量较大的视频监控数据，采用光纤专线的方式上传数据，各类感知设备基本采用4G网络上传数据，早期建设的通过2G模块上传数据的设备已基本更新到4G网络，部分水库站点建设北斗卫星通信作为备用通信方式，偏远无信号地区，采用北斗卫星通信。黄岩地区少量监测站点采用超短波方式上传数据。

视频会商方面，已有通过宝利通设备的实现的会商系统，同步完成视联网系统建设，实现视频会商双网双备稳定运行。

3.2.1.6 数据资源现状

已建成台州水利数据仓，初步形成水利数据资源目录和“一数一源，按职维护”的数据管理机制，通过收集水利工程数据、整合水利普查数据、水域调查和山洪灾害调查数据，汇聚全市所有水库、山塘、水闸等已建在建水利工程基础信息，接入全市取水户、取水口信息和取水许可证信息，600多处水文监测信息、4000多处智慧水务监测信息及共享一批五水共治水质监测数据，2000多路视频监控信息，1.2万条河道线状数据、2500个流域网格面状数据、15类约6.6万条防汛要素等其他各类信息、数据、多媒体资料，同时

河湖管理、工程标化、山洪灾害、巡查系统等应用积累了大量实时数据和业务数据，具备良好的数据基础。

已通过台州市水管理平台、台州市公共数据平台，打通各级水利单位以及跨部门数据共享通道，已接入气象、自然资源、建设、交通、港航、发改等多部门数据。数字孪生椒江建设的数据需求可借助水管理平台和公共数据平台，快速实现省、市各级各部门数据共享接入。

3.2.1.7 云资源情况

台州水利自 2016 年开始建设云平台，逐步将应用系统迁移上云，到 2018 年基本完成全部业务应用上云部署。台州市政务云建成应用后，按照市政府要求，逐步将应用系统迁移到政务云，目前主要业务应用都已部署在台州市政务云，面向公众的服务和手机端应用部署在公有云。目前使用的公有云和政务云资源均由浙江省智慧信息产业有限公司提供，机房部署在台州市。

台州市政务云只允许政务外网访问，不允许公网访问，根据云平台的网络特性，台州水利的业务应用部署原则是：所有业务应用都应部署在政务云，需要面向互联网访问的功能（如移动端应用、面向社会公众的服务等）可部署在公有云，通过数据交换通道实现公有云和政务云的数据同步。

3.2.1.8 网络安全基础

随着信息化的发展，网络安全问题日益突出，台州市着力发展网络安全能力建设和制度建设，已具备较完善的网络安全基础。目前使用的公有云和政务云资源所在的台州市政务云机房均已通过三级等保测评，运行中的业务系统均已通过等保测评，其中三级系统1个，二级系统3个。网络安全管理方面，已成立台州市水利局网络与信息安全领导小组，由局长担任组长，其他局领导担任副组长，各业务处室负责人作为成员，明确网络安全职责分工，每年开展网络安全相关培训和应急预案演练，发布了24项网络安全相关管理制度，定期修订完善制度。网络安全防护方面，在云平台提供的基础防护能力基础上再加强防护，部署了包括日志审计、数据库审计、堡垒机、云防火墙、入侵检测、态势感知系统等防护措施，购买第三方公司安全服务，定期进行渗透测试、漏洞扫描，并提供7×24小时的安全监测预警服务。网络安全技术队伍方面，组建了由水利局技术人员、软件开发单位人员、云平台技术人员、运营商等组成的专业技术团队，保障网络安全。

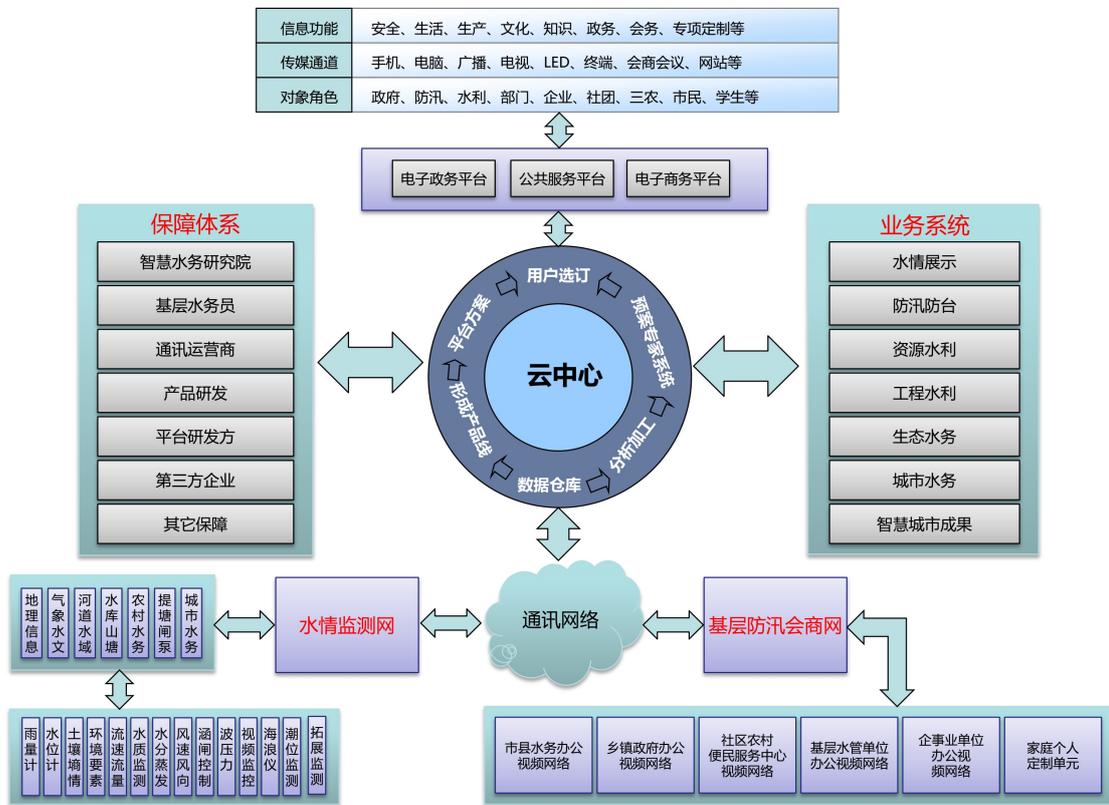
3.2.2 信息化业务应用

台州水利信息化建设经过了智慧水务项目和水管理平台项目建设两次重要过程，通过两个综合性应用平台的建设，对水利业务应用功能进行多次迭代升级，建成了以水管理平台为主要框架，统一门户、统一用户综合业务平台，形成多场景下丰富的水利基础应用，

具备较好的单项细化业务管理能力。

3.2.2.1 台州智慧水务

台州智慧水务建成了 1 个中心：含云中心、平台软件、大数据中心；2 张网：高密度多项目的水情监测网，覆盖所有村的基层防汛会商网；2 大体系：业务体系、保障体系；以及建设政务和服务等平台等建设内容。具体见下图。



台州智慧水利建设内容

(1) 云中心及业务体系平台

一是高标准云中心。采用 8 年购买租用云中心硬件服务，搭建高标准的云中心，新组建的浙江智慧公司提供了崭新的机房设施、

环境和供电等基础保障，包括服务器、存储、网络设备、安全设备、系统软件等，以及山洪灾害专题的平台硬件，电信、移动等若干条千兆宽带接入，满足整个台州智慧水务功能性能需要。

二是统一软件平台。由台州市统一建设全市一个软件云平台，县市区不另外建软件平台，平台包含基本云工具软件和各项水务业务体系功能，具体有水情展示、工程水利（含标化管理、闸门启闭、视频监控等）、防汛防台（含基层体系、应急响应、洪水预报等）、资源水利、生态水利、城市水务、水文化、水政务、水民生、市级山洪灾害、信息整合、大数据平台，以及建设村级终端的平台管理，APP 移动应用和标准化研究等。建设的主要平台有：①水文水动力学预报模型，实现网格化、精细化、模型化洪水预报，在一张图上对 2500 余个网格用不同的颜色展示和推演雨量监测、平原涝水、山区洪水、水库蓄水泄洪水量、河道生态水量（流量）的时空演变过程。预测未来可能的降雨情况导致的洪水风险，为科学调度各控制涵闸、水库提供支撑。②水利工程标准化管理平台，对水库、山塘、海塘、堤防、水闸、泵站、灌区等水利工程按照各标准规程，进行平台化管理，包括日常运行、维修保养、隐患排除、调度运行等每一个单位、单元、环节进行流程化管理。③在建项目管理平台，实现施工、监理、业主、行业主管等各方单位在线、可视、同台交互管理，包括项目进度、资金、质量、变更、文档、报表、台账等管理。④水资源管理平台，以网格为管理单元，将来水量、可用水量、输配水工程、供水调度、用水户分类、水表水压、水质监测、

污水处理等环节进行信息追踪，形成水资源管理功能模块，再以用水总量、用水效率、纳污控制为“三条红线”，开发水资源管理平台统一管理。⑤河道水系管理系统，形成河道断面三维、行洪能力演算模拟、水生态景观导航系统；完成了台州 7029 名河长、850 名警长、11386 条河道信息的全覆盖，加强水域水环境监管。⑥办公自动化系统，公文流转，工作通知，会议管理，考核管理等快速高效运行，并接通微信、钉钉系统进行对接联动。

三是市级信息化专项。市本级单位信息化、电子沙盘量测与建模、洪水风险图制作、市本级试点站点、防汛会商中心、防台风展馆建设、展馆水科普、通讯网络及组网、智慧硬件服务、硬件总集成等。

四是整合长潭灌区项目。包括 45 个水闸和 8 个橡胶坝的监控和闸门启动终端；建设 80 个综合信息采集站、2 个流量流速计、6 个水质监测点、50 套视频会议系统；建设 18 套流速流量计、18 台水位计、13 套墒情监测设备等。

五是数据电子化及展示。通过现场调查、测绘、拍摄等收集工程特性参数、社会经济数据、河道断面、水工图纸、视频等并电子化。建设智能化展示会商系统，包括显示、视频、音频、集中控制系统等,并接入防汛视频会商系统等。

（2）县市区站点终端和个性化内容

一是建成覆盖所有村的基层防汛会商网。共建有村级会商终端 5200 个，覆盖所有乡镇和行政村，具备信息查询、监测预警、视

频会商、便民服务、宣传教育等功能。二是建成高密度多项目的水情监测网。按照网格化要求，兼顾上下游、左右岸、山区和平原，做到覆盖乡镇、村、重要水利工程、防汛设施和部位、河道和小流域。建成村口雨情 2604 个，每 2 个村就有一个雨量站，降雨达到 0.5 毫米开始起报；建成河道水情 1509 个，覆盖重要江河、小流域和大部分有河道的村，精度达到 1 厘米，结合定时和水位变化报送；建成低洼地水情 223 个，覆盖重点低洼区块；水库山塘雨量水位 285 个，覆盖所有有通讯信号的小二型以上水库以及重要山塘；建成水闸远程启闭控制 95 孔，主要涉及温黄平原出海涵闸和内河节制闸；建成海塘波压力 23 个，较均匀分布在沿海一线海塘代表性位置，对基础破、消浪坡、挡浪墙底部、挡浪墙高位四个位置监测；整合建成沉降位移 17 处，包括所有 13 座大中型水库和 4 条海塘，监测精度达到 3 毫米；建成水质监测站 33 个，在整合环保部门近 126 个水质监测站的基础上，进行合理补充河道水质监测点位；建成流量监测站 14 个，并建立了流量流速计算模型，可以对全市 1000 多个断面进行计算生成流量流速数值，大大节省了建设成本；建成视频监控 25 个，旱情监测 120 个等试点站点。三是县级个性化内容。包括县级专题、巡查考勤、县级分中心、软件个性化、基层体系、五化管理、方案编制等。

3.2.2.2 台州市水管理平台

根据《浙江省水管理平台总体方案》的架构和任务分工，结合

水管理平台试点建设任务与要求，台州市在省水利核心业务梳理的基础上，梳理台州市水利核心业务，开展台州市水管理平台统一用户、统一门户、统一数据、统一地图、统一安全（以下简称“五统一”）等基础建设，整合接入已有业务应用系统，协助省级建设省级统建模块，建设自建业务模块，基于水利数据仓建设台州市数字大屏等。

（1）水利数据资源管理

协助省级业务部门健全“1+X”数据管理机制，完成台州市水利有关数据的职责划分与内容核对。

（2）水利数据仓建设

按照《浙江省水管理平台统一数据建设指南（试行 V1.0 版）》，对接省级数据资源目录，梳理形成台州市基础数据资源目录和业务数据资源目录，建设数据库和数据管理模块，对目前台州市已建平台的数据资源（包括实时数据、基础数据和业务数据）进行初始化和汇聚，包括数据抽取、汇聚、清洗转换、数据编码入库，并整合汇集已入库的省级数据资源。

（3）应用支撑建设

1) 统一门户

按照《浙江省水管理平台统一门户建设指南（试行 V1.0 版）》，基于省级水管理平台门户框架及规范，按自身需求开展门户建设，将设计开发好的台州市水管理平台挂件接入到省水管理平台门户框架，构建省、市协同的统一工作平台。

2) 统一人员

按照《浙江省水管理平台统一用户建设指南（试行 V1.0 版）》，基于省水管理平台提供的统一用户认证体系、省市县三级统一用户接口，搜集并管理维护浙政钉、浙里办中相关人员，在各业务应用中基于用户接口在各应用里改造角色、权限管理模块。

3) 统一地图

按照《浙江省水管理平台统一地图建设指南（试行 V1.0 版）》，基于全省水利一张图底图，进行基础空间要素、水利基础空间要素和水利专题要素数据的整理加工，开发地图共享服务（同数据服务共享），并与省水利一张图实现数据共享。

（4）业务应用建设

已建应用系统整合接入。在全面普查整理台州市已建水利业务系统的基础上，制定相应的系统整合方案，并将数据汇集入数据仓。按照单点登录方式整合水利工程标准化管理平台、水利 OA、视频监控系統；按照模块整合方式开展山洪灾害监测预警信息管理系统整合。

配合省级统建模块建设。配合省级开展“计划执行管理”和“水利规划成果管理”2个模块建设。

建设市级自建模块。按照“五统一”要求，开展台州市山洪灾害监测预警信息管理系统数据整合和椒（灵）江流域洪水预报调度模块建设。

数字大屏建设。建设台州市水管理平台数字大屏，包括浙政钉

移动端数字看板、浙政钉 PC 端业务数字大屏、台州市水利数据资产实时监控大屏等，实现业务应用场景的主题式呈现。

3.2.2.3 流域洪水预报调度一体化应用

2021 年开始建设的椒江洪水预报调度一体化平台，采用水文水力学耦合模型，结合水库优化调度算法、河口风暴潮预报、接入数值天气预报成果等，实现流域内重要站点（断面）未来 72h 的洪水预报，并可结合预案或现势情况进行水工程优化调度，目前该平台正在联调联试，预计 6 月份上线运行。

3.2.2.4 工程标准化管理应用

开展了全市水利工程标准化管理建设，对工程基础信息、安全管理、控制运行、工程调度、维修保养、巡查检查、应急管理 etc 日常运行事务事项在线管理，对工程出现的问题实现闭环处置，并实现与省标准化平台无缝对接。为每个工程分配单独用户，严格控制权限，每个工程可通过平台自行管理，实现水利工程标准化运行管理，提升水利工程专业化、精细化和标准化管理水平。椒江流域内的水库、水闸、泵站、海塘、提防、电站、农村供水等各类工程都已纳入平台管理。

3.2.2.5 水情发布应用

水情发布中心实现实时水雨情信息发布，区域降雨分析，在线

查询卫星云图、雷达图、气象信息、台风路径等。对水雨情数据提供各类丰富的报表查询。实现数据共用共享，为防汛防台应急决策提供支撑；应用范围涵盖椒江流域全域。

3.2.2.6 河湖管理应用

河湖管理以水利 GIS 为基础，对台州全市河湖进行在线管理，以河道为串联，统一展示台州的河道、工程、水生态环境等信息。包括规划管理、涉水项目审批、“四乱”信息、水域岸线监管和美丽河湖等功能。椒江流域内的河湖信息都已纳入应用进行管理。

3.2.2.7 节水数字化应用

节水应用以推进实施节水行动为核心，重点聚焦节水工作多部门数据共享和业务协同，打通跨部门数据共享壁垒，强化节水行业“监管+服务”和信息发布需求，再造节水工作业务流程，搭建在线互联、数据共享、业务协同、决策支持的台州市节水数字化应用平台，为推进节水工作提供数字化支撑，有效促进水资源综合管理能力提升，形成台州市节水数字化管理新局面。

3.2.2.8 山洪灾害应用

实现省市县三级山洪监测基础信息、调查评价信息、预警信息的互联互通和信息共享，为山洪灾害防御、防汛调度提供全面、及时、准确的支撑服务。

3.2.2.9 视频监控应用

已建成全市统一的视频管理平台，接入各级水利部门的视频数据，以及运营商等相关部门共享的视频数据，已接入 2000 多路视频监控数据，形成统一的接口，按县市区、水利工程、专题等进行展示，实行分级权限管理，实现各级水利部门均可管理查看。

3.2.3 一体化智能化公共数据平台

一体化智能化公共数据平台是浙江省政府数字化转型的标志性成果，是打破信息孤岛、实现数据共享的重要抓手，通过数字资源供给侧改革，为全方位、全过程、全领域数字化改革提供强大动力和支撑。一体化智能化公共数据平台紧紧围绕数字化改革总目标，按照“以用促建、共建共享”的原则，打造健壮稳定、集约高效、自主可控、安全可信、开放兼容的一体化智能化公共数据平台，建设完善基础设施、数据资源、应用支撑、业务应用、政策制度、标准规范、组织保障、政务网络安全“四横四纵”八大体系和“浙里办”“浙政钉”两大终端。

浙江省公共数据平台根据《省市两级公共数据平台建设导则》，由省级公共数据平台和市级公共数据平台组成。省级平台负责全省公共数据归集、治理、共享、开放和安全管理，建设五大基础库、大数据处理分析系统、开放域系统等基础设施，支撑全省政府数字化转型，助力省域、市域治理现代化；市级平台具备市域范围内个性化数据的归集、治理、共享、开放和安全管理能力，负责本地物

联网感知数据库和其他特色专题数据库建设，支撑市域治理现代化。

台州市公共数据平台的数据资源能力部分于 2020 年 7 月份快速建成全省最新标准的市级公共数据平台，目前累计归集数据 83 亿条，申请使用省级接口 2315 个，开通批量数据空间 29 个，调用数据 13 亿次，支撑保障市县两级各类应用 202 个；9 月底部署浙江省最新版本的中枢系统，至今已接入部门数 22 个、API（应用接口）数 156 个、日均调用 API 次数 2 万次；11 月上线最新界面的市级数字驾驶舱，梳理接入 552 项数据指标，涵盖市级党政部门、群团组织、重点国企等近 50 家单位。

本项目基于台州市一体化智能化公共数据平台提供业务协同和数据协同功能。跨部门的数据调用和系统交互依靠现有的公共数据平台进行调阅访问。

3.3 存在的问题和差距

按照《水利部关于开展数字孪生流域建设先行先试工作的通知》和《数字孪生流域建设技术大纲》的要求，椒江流域数字化发展目前依然存在突出短板，与流域“四预”智慧水利体系存在较大差距。

3.3.1 洪潮防御可视化预演程度弱

通过《椒灵江流域洪水预报调度一体化项目》建设，流域范围内的洪水预报调度水平有较大提升，但《椒灵江流域洪水预报调度一体化项目》更多在于提升整个流域洪水预报调度算法的精度和预

见期，对于未来降雨带来的河道水位上涨，将导致多少范围被淹没，淹没区域的人口、农田、基建设施有多少，均缺乏有效统计和可视化展示手段。此外，缺乏基于二、三维底图，对不同方案的淹没范围、淹没损失、洪峰演进等进行直观比较，无法给决策者提供直观的参考建议。

3.3.2 临海古城缺乏内涝淹没分析模型

临海古城，由于地势较低，在台风暴雨等工况下，历史上曾经发生过河道水位倒灌进古城的情形，当河道水位倒灌后，对古城造成的淹没时序、淹没后果，缺乏相应的计算分析模型和可视化模拟模型，无法为决策者提供参考。

由于临海古城经济较为发达，城区内学校、医院等重点保护对象多，对模型预报精度要求高，而模型计算精度受限于地形数据的精细程度，临海古城缺乏高精度地形数据，现有地形数据无法支撑业务需求。

3.3.3 生态流量监控存在短板

“生态流量”是指为保障河流环境生态功能，维持水资源可持续开发利用，而不至于发生生态环境恶化所必须保证下游河道的小流量。其主要作用是保证河流所需要的自净扩散能力，不因流量及水流形态发生巨大变化，造成水体污染；维持下游河道内水生生物的生存和水生态系统的固有平衡；保证下游沿岸居民生活取水、农

业生产取水等基本需求。

根据水利部、环保部门对生态流量泄放的要求，需要对水电站、水库生态流量下泄情况进行在线监控。椒江流域内有众多小水电，且多为私人所有，在生态流量监控上存在较大难度。目前，部分小水电布置了流量计用以监控生态流量是否按规泄放，但仍有部分小水电无流量计监测设备，需要基于已有视频摄像头，采用 AI 识别的算法，辅助管理者进行生态流量监控。

3.3.4 算力、算法亟需加强

算力、算法是数字孪生高效稳定运行的重要支撑，数字孪生椒江流域已入选水利部先行先试项目，对标水利部《数字孪生流域建设技术大纲（试行）》（水信息[2022]147号），椒江流域算力、算法（包括模型平台与知识平台）亟需加强。

在模型平台方面，水利部技术大纲提出，要按照“标准化、模块化、云服务”的要求，进行模型平台开发，实现各类模型的通用化封装及模型接口的标准化，以微服务方式提供统一调用服务。椒江流域缺乏对各类模型统一封装、统一调用的模型平台。

在知识平台方面，水利部技术大纲提出，要利用知识图谱和机器学习等技术实现对水利对象关联关系和水利规律等知识的抽取、管理和组合应用，为数字孪生流域提供智能内核，支撑正向智能推理和反向溯因分析，主要包括水利知识和水利知识引擎。其中，水利知识提供描述原理、规律、规则、经验、技能、方法等的信息，

水利知识引擎是组织知识、进行推理的技术工具，水利知识经过知识引擎组织、推理后形成支撑研判、决策的信息。椒江流域缺乏对各类知识进行高效利用和自学习的知识平台。

3.4 项目建设的意义和必要性

3.4.1 是流域生态保护和高质量发展国家战略的明确要求

党中央高度重视网络安全和信息化，把信息化作为我国抢占新一轮发展制高点、构筑国际竞争新优势的契机，不断推进理论创新和实践创新，提出了一系列新思想新观点新论断。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标的建议》提出，要加强数字社会、数字政府建设，提升公共服务、社会治理等数字化智能化水平。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》明确要求，构建智慧水利体系，以流域为单元提升水情测报和智能调度能力。国家“十四五”新型基础设施建设规划明确提出，要推动大江大河大湖数字孪生、智慧化模拟和智能业务应用建设。2021 年 10 月，中共中央、国务院印发《流域生态保护和高质量发展规划纲要》，明确了流域生态保护和高质量发展的总体要求和主要任务，明确指出要运用物联网、卫星遥感、无人机等技术手段，强化对水文、气象、地灾、雨情、凌情、旱情等状况的动态监测和科学分析，搭建综合数字化平台，实现数据资源跨地区跨部门互通共享，对数字孪生建

设提出了更加具体明确的要求。

3.4.2 是水利高质量发展的强力驱动

水利部党组全面落实“十六字”治水思路，指出智慧水利是水利高质量发展的显著标志，要把推进智慧水利建设作为重要抓手和平台，推动水利数字化、网络化、智能化工作再上新台阶，以数字赋能水旱灾害防御、水资源集约节约利用、水资源优化配置、大江大河大湖生态保护治理。智慧水利建设被提到前所未有的高度，迎来重大机遇。我们按照“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”的要求，加强数字化转型，加快构建智慧水利体系，提高“四预”能力，为新阶段水利高质量发展提供有力支撑与强力驱动。同时，强化流域治理管理，实现流域统一规划、统一治理、统一调度、统一管理，必须由数字孪生流域作技术支撑。党组已经明确了新阶段流域水利高质量发展的主题，提出了提升流域水安全保障能力要实施“八大行动”，其中要求加强数字孪生建设，提升科学精准决策支撑能力。新时代幸福河建设的伟大号召，对信息化提出了新需求，也为数字孪生的发展带来了新机遇。

数字孪生流域建设按照“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”总要求，以数字化、网络化、智能化为主线，以数字化场景、智慧化模拟、精准化决策为路径，通过在水利一张图基础上建设完善优化数据底板、模型平台及提升相应信息基础设施能力，逐步建成大江大河大湖及主要支流、重点流域和重点区域的数字孪生

流域，支撑“四预”功能实现和“2+N”智能应用运行，加快构建智慧水利体系，提升水利决策与管理的科学化、精准化、高效化能力和水平，为新阶段水利高质量发展提供有力支撑和强力驱动。

3.4.3 是智慧水利建设的核心与关键

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》明确提出：构建智慧水利体系，以流域为单元提升水情测报和智能调度能力。水利部党组高度重视智慧水利建设，提出智慧水利是新阶段水利高质量发展的最显著标志和六条实施路径之一，要加快构建具有“四预”（预警、预报、预演、预案）功能的智慧水利体系。近期，水利部先后出台《关于大力推进智慧水利建设的指导意见》《智慧水利建设顶层设计》《“十四五”智慧水利建设规划》《“十四五”期间推进智慧水利建设实施方案》等系列重要文件，全面部署智慧水利建设，并将数字孪生流域建设作为构建智慧水利体系、实现“四预”的核心和关键。

数字孪生流域是以物理流域为单元、时空数据为底座、数学模型为核心、水利知识为驱动，对物理流域全要素和水利治理管理活动全过程的数字化映射、智能化模拟，实现与物理流域同步仿真运行、虚实交互、迭代优化。数字孪生流域是智慧水利建设的核心与关键。

3.4.4 是省数字化改革的根本要求

浙江省全面推动政府数字化改革，数字孪生流域建设是浙江水利厅贯彻落实党中央、水利部、省委决策部署，实现高质量发展、竞争力提升、现代化先行和共同富裕的关键赛道，也是贯彻省委数字化改革的根本要求。根据浙江省委省政府统一部署，2022年浙江省数字化改革重点聚焦城市数字孪生、领域大脑建设，流域数字孪生、水利大脑建设恰逢其时。

本次项目是全省数字化改革重大应用“一本账 S₁”的“九龙联动治水应用”的重要组成部分，同时也将作为台州市水利数字化改革的重要抓手，通过数字孪生流域建设，提升水利决策与管理的科学化、精准化、高效化能力和水平，快速打造开放、共享、动态的流域数字孪生平台。

3.4.5 是适应现代信息技术发展形势的必然要求

近年来，信息技术发展和新技术应用带来很多新变革。总书记深刻指出“没有信息化就没有现代化”，要求“必须敏锐抓住信息化发展的历史机遇”。随着云计算、大数据、人工智能等新一代信息技术快速发展，推动业务发展向数字化、网络化、智能化转变的技术条件已经具备。在数字化方面，现代空间对地观测的新技术不断涌现，卫星遥感、航空遥感、无人机倾斜摄影、智能传感器、物联网等现代遥感和监测技术，为流域水系、水利工程、水利管理运行体系动态在线监测提供了先进感知手段；在网络化方面，信息网

络技术的迅猛发展和移动智能终端的广泛应用，互联网特别是移动互联网以其泛在、连接、智能、普惠等突出优势，成为流域管理创新发展新领域、信息获取新渠道、决策支持新平台；在智能化方面，理论建模、技术创新、软硬件升级的整体推进正在引发链式突破，为实现水利智能分析研判和科学高效决策提供技术驱动。我们要切实增强使命感、责任感、紧迫感，抢抓发展机遇，充分发挥新一代信息技术的支撑驱动作用，强化信息技术与水利业务深度融合，加快推进数字孪生建设，推动新阶段水利高质量发展。

3.4.6 是强化流域治理管理的迫切要求

强化流域治理管理，实现流域统一规划、统一治理、统一调度、统一管理，必须由数字孪生流域作技术支撑。统一规划需要在数字孪生流域中，将流域自然本底特征、经济社会发展需要、生态环境保护要求等作为条件或约束，对规划内容、指标等要素预演分析，全面、快速比对不同规划方案的目标、效果和影响，确定最优规划方案，提高规划的科学性、合理性、可行性，实现流域综合规划、专项规划、区域规划衔接协调。统一治理需要在数字孪生流域中预演工程项目建设方案，评估工程与规划方案的符合性，分析工程对周边环境和流域整体影响，辅助确定工程布局、规模标准、运行方式、实施优先序等指标。统一调度需要在数字孪生流域中预演洪水行进路径、洪峰、洪量、过程，动态调整防洪调度方案；根据流域内不同区域生产、生活、生态对水位、水量、水质等指标的要求，

预演工程体系调度，动态调整和优化水资源调度方案；发电、航运、生态、泥沙等调度方案也都需要在数字孪生流域中预演，确保工程体系多目标联合调度整体最优。统一管理需要通过数字孪生流域动态掌握水资源利用、河湖“四乱”、河湖水系连通、复苏河湖生态环境、生产建设项目水土流失、水利设施毁坏等情况，实现权威存证、精准定位、影响分析，加强信息共享和业务协同，支撑上下游、左右岸、干支流联防联控联治，为依法实施流域统一管理提供技术支持。

3.5 项目可行性分析

3.5.1 试点流域选择的可行性

椒江流域是沿海独流入海的受洪潮涝多重影响的典型流域，流域面积较小流域范围较为独立，从试点范围和试点难度上具有一定的可行性。椒江流域形状为三角形，干支流呈树状分布，大多与山脉走向平行。河流源短流急，降水汇流快，洪水暴涨暴落。椒江上游属山溪性河流，中、下游为感潮河流。椒江流域“麻雀虽小，五脏俱全”，在流域水文特性的多样性和全面性上较为突出，选择椒江流域作为试点流域对沿海独流入海典型流域的数字孪生建设具有较好的示范性作用。

椒江流域地处东南沿海，历史上易受台风侵扰，洪水灾害频发，多年的流域防洪减灾工作已促使椒江流域具有了一定的信息化建设的基础，流域范围内水（潮）位、水文测站较多，实时水雨情数据

库已基本建立，水文水动力模型、风暴潮模型及水库调度模型经过多年运转，已基本实现对重要断面或站点的实时预报功能，诸多水利数字模型将对椒江数字孪生流域的建立起到较好的支撑作用。

流域内的水利工程是流域的骨干组成部分，流域洪潮防御的具体措施最终落脚在水利工程的调度上，本项目选择朱溪水库、永宁江闸做为数字孪生水利工程试点对象。数字孪生永宁江由黄岩区水利局专门设立项目落实实施，数字孪生朱溪水库由台州市朱溪水库开发有限公司专门设立项目落实实施，以上2个项目均已完成招投标。永宁江流域2022年底可提供流域数据底板、流域防洪业务应用，2023年完成数字孪生永宁江建设；朱溪水库计划于2022年底完成BIM模型建设，2023年完成基于BIM的数字孪生业务应用。

3.5.2 技术支撑的可行性

台州水利信息化建设已积累一定的算力、算法、算据资源，基于现有资源和台州市政务云，提升算力、算法、算据资源，构建具有预报、预警、预演、预案功能的数字孪生椒江建设，实现孪生流域与物理流域同步仿真运行、虚实交互、迭代优化，为流域水利智能业务应用提供数字化场景和智慧化模拟支撑。

(1) 算力

算力是数字孪生流域高效稳定运行的重要支撑。台州市水利局目前现有业务应用均已上云部署，已在政务云建成水利数据仓，基于台州市政务云算力资源，建成面向各级水利部门的业务应用平台，

已通过政务外网（VPN2）和水利专网（VPN3），实现各级各部门的网络联通。结合现有通信网络设施、水利数据仓及基础环境现状，依托于台州市政务云资源，根据智慧化模拟、精准化决策需要，优化提升计算、通信、会商等硬件资源，能够达到具备高效快速、安全可靠的算力水平。计算资源方面，在已有云资源基础上，改造提升高性能并行计算、AI 计算设施，增扩存储设施，形成具备分布式协同的高性能算力，满足精细化时空分析、海量数据挖掘分析、大场景渲染展示、超大规模方程组迭代解算等情景所需的计算需求；通信网络方面，现有通讯模式包含光纤专线、4G、北斗通信等各类方式，重要站点建设了两种以上通讯方式进行备份，在此基础上，充分利用北斗、5G 等新一代网络技术，扩展延伸通信各级节点，扩展感知网、工控网，优化业务网，能够快速实现无盲区无死角泛在智联，满足各类信息及时高效传输，保障监测站网在极端恶劣环境下的安全可靠传输。

（2）算法

算法是物理流域自然规律的数学表达，是构建数字孪生流域的关键。在椒江洪水预报调度一体化平台建设过程中，已建设了降雨径流预报模型、新安江三水源水文模型、一维水动力模型、二维水动力模型、水文水动力耦合模型、风暴潮模型以及水库调度模型等多项水利模型，充分利用现有模型算法成果，在流域数据底板的基础上，构建多级协同的模型平台并迭代优化，确保数字孪生流域模拟过程和流域物理过程实现高保真，开展智慧化模拟，支撑水安全

要素的精准化决策需求。模型算法方面，创新升级现有模型，充分利用大数据、人工智能等新一代信息技术，融合流域多源信息，升级改造产汇流、土壤侵蚀、水沙输移、水资源调配、工程调度等模型，开展全链路、网格化、分布式的升级改造，研发新一代通用性水利专业模型；仿真可视化模型方面，构建自然地理、干支流水系、水利工程、经济社会等场景的可视化模型，通过模拟仿真推演、可视化呈现、轻量化展示等技术手段，实时渲染展现物理实体、业务流程，展现流域全貌大场景及工程细节，实现物理流域在数字孪生流域中的同步直观形象表达。知识方面，台州水利信息化建设已积累大量的水利知识，利用知识图谱、机器学习等人工智能技术进行梳理串联，构建方案预案、调度规则、历史案例等内容的水利业务知识库，实现“数据感知-智能识别-知识图谱构建-深度学习-智能决策”的循环，推动数字孪生自我优化运行，为即时和精准决策提供支撑。

（3）算据

算据是物理流域及其影响区域的数字化表达，是构建数字孪生流域的基础。台州目前已建设水雨情监测站点 664 个，已有全市河道水域数据、水库、山塘、水闸、堤防等各类水利工程基本信息，结合椒江流域数字孪生建设需求和监测设施设备现状，进一步优化站网布局，补充监测手段，及时更新数据底板，保持与物理流域的精准性、同步性、及时性。水利感知网方面，在已有监测站网基础上，增设监测要素、增加监测频次，升级改造传统监测系统，推动

信息采集系统提标升级；强化卫星、无人机、无人船等遥测遥感手段，及时获取更新数字地形、植被覆盖、下垫面变化、土壤侵蚀、水文大断面等信息；提升无人船、水下机器人、声学多普勒流速剖面仪等监测装备能力，有效支撑数字孪生流域建设和运行。数据底板方面，已建成全市水利一张图，实现各类水利空间要素在地图上的叠加展示，在此基础上完善水利一张图和系统流域水利专题图，接入水利工程实体场景，定制满足水旱灾害防御、水资源管理调配、水土保持监管、水利工程运行管理等数字化场景的业务应用。

（4）数字孪生关键技术

数字孪生流域，是数字孪生技术与水融合的新的发展路径，是数字流域、智慧水利发展的更高层级，它将信息空间上构建的水利虚拟映像叠加在水利物理空间上，重塑水利基础设施，形成虚实结合、孪生互动的水利发展新形态。流域的信息内容多种多样，其中主要是与地理位置有关的空间信息，它们是数字流域的主体信息成分，是数字流域空间分析的基础，是流域数字化、智慧化建设的首要工作。其主要用到以下关键技术：

航空摄影测量与遥感技术：航空摄影测量、卫星遥感技术是流域数据的一种重要获取手段，是流域数字化的重要支撑技术。卫星遥感技术具有获取信息丰富、快速和可持续观测的优势，可以大尺度、快速获取流域整体面貌，结合航空摄影测量技术获得的激光点云和航测影像可实现重点区域进行定期更新，保证流域数据的时效性，从而全面了解流域地势地貌、植被、水利工程分布、水系、水

资源时空分布、流域水文气象、流域洪涝旱灾等情况。通过共享自然资源厅遥感影像、基础地理数据，综合利用网络公开地图数据，为全流域三维场景构建提供基础底图。

无人机倾斜摄影测量技术：倾斜摄影测量技术是国际测绘领域近年来发展起来的一项新技术，它颠覆了传统正射影像只能从垂直角度拍摄的局限，通过在同一飞行平台上搭载多台传感器，同时从 1 个垂直、4 个倾斜等不同角度采集影像，通过 ContextCapture、PhotoMesh 等实景建模软件，可得到全要素、可量测的三维模型成果。倾斜摄影测量技术克服了传统航空摄影技术只能从垂直角度进行拍摄的局限性，能更加真实地反映地面的实际情况。

水下多波束探测技术：多波束测深系统，又称为多波束测深仪、条带测深仪或多波束测深声呐等，是一种多传感器的复杂组合系统，高度集成了现代信号处理技术、高性能计算机技术、高分辨显示技术、高精度导航定位技术、数字化传感器技术等相关高新技术。与单波束回声测深仪相比，多波束测深系统具有测量范围大、测量速度快、精度和效率高的优点，它把测深技术从点、线扩展到面，并进一步发展到立体测深和自动成图，特别适合进行大面积的水下地形探测。

BIM 三维建模技术：BIM 技术是一种多维(三维空间、思维时间、五维成本、N 维更多应用) 模型信息集成技术，可以使工程建设项目的参与方以信息模型为载体，共享数据、信息和知识。BIM 技术为工程数字化建造和数字化管理提供了新的思路和

途径，推动水利工程全生命周期的创新，是工程设计技术发展的必然趋势。

多源异构模型汇聚与整合技术：流域空间地理信息模型是多维度、多类型、多专业、多格式的模型信息集成载体，包括二维、三维不同类型的矢量、栅格、场景、实景三维模型、BIM 模型、数值计算模型等，各类模型基于不同软件创建，数据格式多样，数据应用需求各异，利用多源异构模型汇聚与整合技术，可以实现数据间的无缝集成与融合以及数据价值的最大化。具体实现路径包括空间位置配准、数据格式转换、模型融合处理。国内超图、飞渡、51world 等厂家均已具备多源异构模型汇聚与整合技术。

水利行业中，最近的数字孪生长江、智慧黄河、淮河“四预”试点和演练、永定河“四预”智慧防洪系统建设、珠江流域抗旱抑咸“四预”系统等成功应用，均取得了很好的示范引领效果。

因此数字孪生技术在椒江流域的应用是可行的。

3.5.3 业务及运维保障可行性分析

运行维护内容包括系统（操作系统、数据库系统、中间件系统）和应用管理、安全管理、故障管理、技术支持管理等。运行维护工作主要包括基础软件管理维护、系统软件升级维护、数据更新与数据库管理维护、技术应用服务与培训等。

在运维保障方面台州市水利局经过多年来的信息化建设，已具有相关技术团体，能确保系统得到良好的运维。

综上，项目实施是可行的。

第四章 项目需求分析

4.1 与政务职能相关的社会问题和政务目标分析

4.1.1 政务目标分析

4.1.1.1 流域洪潮防御

1、精准预报，提升新形势下防汛质效

预报精准度不足，不足以支撑防汛智慧化辅助决策业务开展。本项目建设结合已有的椒江流域洪水预报调度一体化平台，基于已建设的水雨情监测、工情监测、视频监控等数据资源，开发多源信息融合的预报方案提升洪水预报精度，延长洪水预见期。

2、风险自动识别，智能预警提示，构建自动预警体系

实现以台风为驱动因子，以防御台风为典型场景，综合降雨预报、洪水预报、风暴潮预报等影响因子，基于预警规则的数字化管理、各类专业分析模型，将预警等级、预警对象与预报相结合，形成跨部门、跨层级防汛防台风险的自动识别与智能预警。

并扩展防洪风险影响和薄弱环节判别、主要江河风险防控目标自动识别，对整体防汛形式进行动态关联自动研判，结合实时预报和未来雨量自动识别风险，并结合预案知识管理提出处置建议，提高决策效率。

3、动态调度预演，辅助精细科学防汛决策

采集流域下垫面数据以及干流水下地形资料，考虑到椒江河段

受上游来水、区间入流、下游潮水顶托等多重影响，时常发生洪水漫溢，淹没两岸城镇，因此建立多维耦合洪水演进模型及淹没模型，基于三维场景构建洪水演进及淹没动态，实现椒江流域干流多方案洪水过程模拟及两岸淹没分析。

结合椒江流域数字孪生底板构建流域大场景建设、静动态水面生成、基于 BIM 技术的闸泵和水库三维建模仿真、水工建筑物的运行控制及三维仿真、椒江流域天气模拟、地物建模及仿真模拟等预演场景信息，分析展现洪涝灾害的潜在发生范围及程度。

4、预案知识化管理，辅助业务开展

日常管理、应急调度等业务多依赖历史和人工经验，辅助决策智能化不足。通过知识化、场景化、智能预案建设，实现预案的结构化分解和知识化管理，将预案与具体业务场景相结合，自动提取预案内容，实现业务应用提示、辅助研判，对接预演成果，自动生成避险建议。

4.1.1.2 水资源管理与调配

4.1.1.2.1 生态流量管控

生态流量管控是生态文明建设战略的重要任务，是推进水治理体系和治理能力现代化的重要举措。建立目标合理、责任明确、保障有力、监管有效的生态流量保障体系，加强椒江流域水生态保护修复，有效遏制各类河湖水资源和水生态等突出问题。通过接入已有生态流量监控和预警系统，实现生态流量管控的过程可视化智能

监管。

4.1.1.2.2 水库水资源兴利调度

根据水库的特征水位、水位库容曲线、汛前水位等基本信息，结合未来降雨及洪潮预报，在确保水库安全的前提下，分析水库调度后的可使用水资源量，合理调节水库防洪和兴利库容，提高汛末蓄满率，充分利用洪水资源，辅助水资源调度决策。

4.1.1.2.3 水利工程运行管理

水利工程标准化管理方面：接入台州市水管平台已有水利工程标准化管理业务数据，包括巡视检查、维修养护、安全鉴定、防洪调度、应急管理，结合 L2 级数据底板进行全局可视化展示，实现椒江流域范围内水利工程标准化工作落实情况的监管。

水利工程安全监测方面：接入台州水利数据仓的水库工程安全监测数据，提供综合展示、查询功能，辅助水库工程安全监测预警。

试点工程数字化场景方面：打造朱溪水库的数字化应用场景，为后续其他水利工程数字孪生建设提供经验。

4.2 用户分析

按照统一的平台和统一的用户标准进行建设。构建椒江数字孪生流域统一工作平台，以浙政钉和浙里九龙联动治水为用户入口，并与台州市水管理平台的用户权限进行对接。

根据建设任务及应用需求，对用户进行分类和权限管理，见下表。

用户分类及权限管理

用户	主要用途	使用区间	权限
省级	查看方案成果	椒江流域	查看、编辑、计算
台州市水利局	计算、上传方案、 查看方案成果	椒江流域	查看、编辑、计算、 审核、签发
台州市水文中心	计算、查看方案成果	椒江流域	查看、编辑、计算
黄岩区水利局	计算、上传方案、 查看方案成果	永宁江	查看、编辑、计算、 审核
朱溪水库开发有限公司	计算、上传方案、 查看方案成果	朱溪水库	查看、编辑、计算、 审核
台州市其余地区	计算、查看方案成果	根据所在区控制使用范围	查看、编辑、计算

4.3 业务工作、业务流程、业务量分析

4.3.1 业务流程分析

4.3.1.1 流域洪潮防御

在椒江的试点干支流区段（支流：永宁江；干流：灵江、椒江），考虑到朱溪水库投运后向长潭水库供水，长潭水库下游接永宁江，永宁江汇入椒江干流，永宁江与椒江交汇处设永宁江闸，集排涝、灌溉、挡潮等功能于一体，是永宁江水系主要排涝出口。因

此椒江干流流域洪潮防御综合调度要考虑牛头山水库、朱溪水库、长潭水库、永宁江闸的调度方式。

洪潮防御核心业务在 2022 年末具备“四预”功能。预报方面，集成“降水—产流—汇流—演进”全过程模型，实现重要的断面的长预见期、高精度的洪水预报，包括永安溪柏枝岙站、始丰溪沙段站、椒江西门站、临海站、椒江口海门站等。预警方面，扩展洪潮防御风险影响和薄弱环节判别、主要江河风险防控目标自动识别，分不同预警对象自动预警，预警信息直达一线。预演方面，扩展模拟计算和动态仿真，并实现可视化展示，预演成果辅助决策，辅助预案制定。预案方面，集成各类洪潮防御方案、调度规则和专家经验等，扩展方案自动生成、场景化业务自动预案提取、多方案比选等功能。远期随着基础设施的不断完善，平台系统的迭代更新，将椒江流域试点的“四预”成果，推广应用至整个椒江流域，完成椒江流域数字孪生防洪核心业务“四预”能力的全面建设，业务应用的数字化、网络化、智能化取得突破性进展。

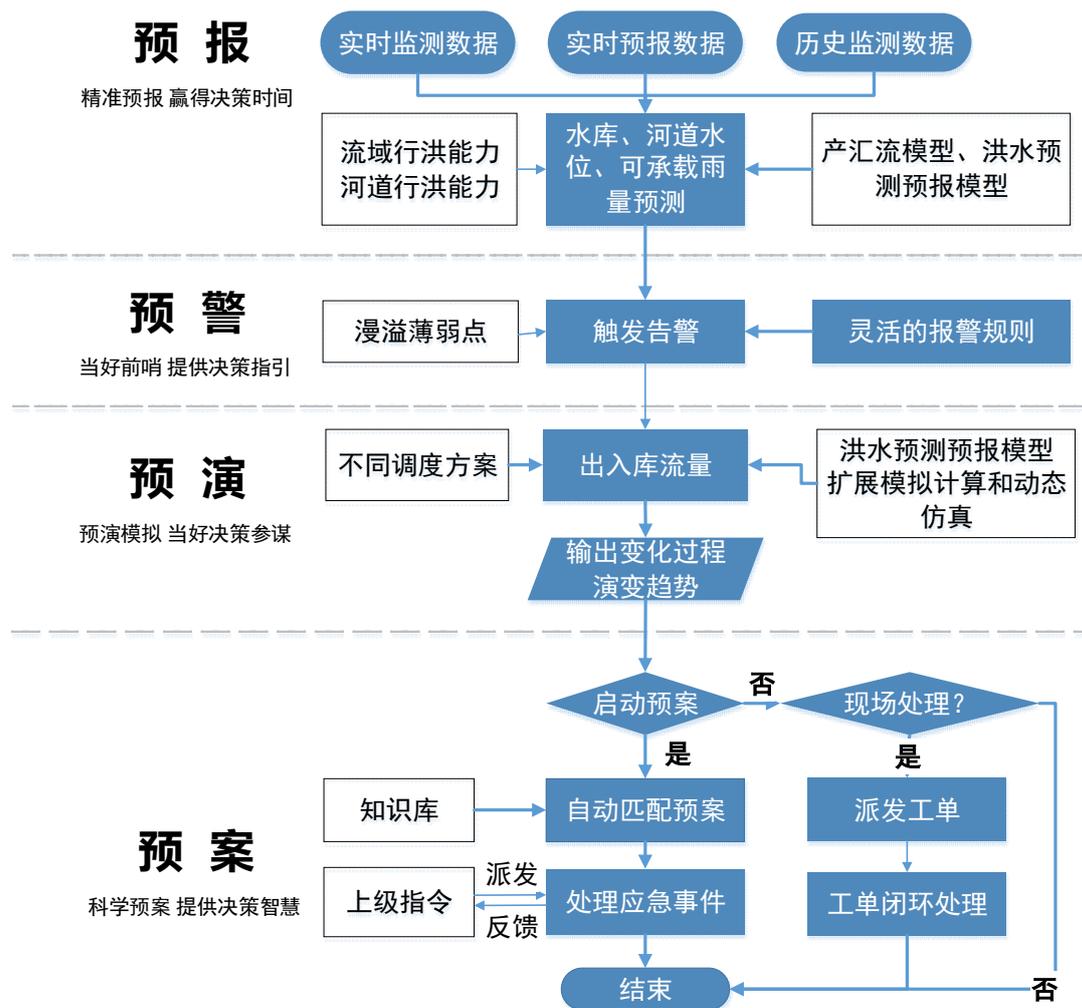


图 4.2-1 流域洪潮防御应用“四预”流程图

4.3.1.2 水资源管理与调配

4.3.1.2.1 生态流量管控

对椒江流域内生态流量进行监控和预警，通过已建生态流量管控系统，接入相关数据，监控河道流量情况和预警情况，从而达到生态流量流管控的目的。

4.3.1.2.2 水库水资源兴利调度

根据水库的特征水位、水位库容曲线、汛前水位等基本信息，结合未来降雨及洪潮预报，在确保水库安全的前提下，分析水库调度后的可使用水资源量，合理调节水库防洪和兴利库容，提高汛末蓄满率，充分利用洪水资源，辅助水资源调度决策。

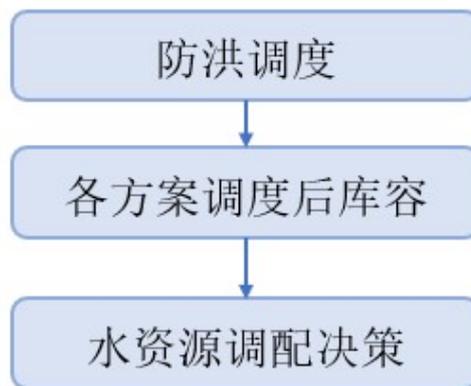


图 4.2-2 水库水资源兴利调度流程图

4.3.1.3 水利工程运行管理

1、水利工程标准化管理

按照水利部《关于推进水利工程标准化管理的指导意见》《水利工程标准化管理评价办法》，充分利用信息平台和管理工具，从工程状况、安全管理、运行管护、管理保障和信息化建设等方面，实现水利工程全过程标准化管理，规范管理行为，提高管理能力。

台州市水利局已建有台州市水管平台，系统部署在台州市政务云，本项目将接入标准化管理业务数据。

2、水利工程安全监测

汇聚接入椒江流域水库工程安全监测数据、视频监控数据，基于水库工程实时监测预警数据以及工程标准化管理过程所发现的工程隐患，以水库工程安全监测预警、水库工程安全运行大数据分析等模型为驱动，调用知识库和工程安全监测模型，提供预报、预警。

3、试点工程数字化场景

打造朱溪水库、永宁江大闸数字化应用场景。以数字化场景、智慧化模拟、精准化决策为路径，以水、安全、管理为主线，以工程数据为基础，利用 GIS+BIM 技术构建水库数字化工程模型，通过数据挂载实现设备数据、监测数据、台账数据、岗位职责等与工程实体的关联，并融合 AI 识别能力，实现工程精细化、智能化的运维协同；通过提升工程效益，达到高效、精准的工程管护目的。

(1) 针对工程结构特点、安全隐患与薄弱环节，构建安全性态预测、安全风险预警、安全状态预演、安全处置预案等功能，实现工程安全智能分析预警，守住工程安全底线。

(2) 根据工程防洪、发电、供水、生态等调度规则，突出预报、预警、预演、预案等重点环节，构建数字化场景，强化超前精准预报、灾害预警通报、调度模拟预演、预案优化修正等功能，支撑工程防洪兴利智能调度，提升工程多目标调度效益。

4.3.2 业务量分析

用户按 2000 人计，非汛期每日至少登陆 2 次，汛期每日至少 3 次，遇台风时还会加密使用，遇应急事件，通过本平台进行会商。

系统每 1 小时根据洪水预测预报模型自动计算水库、河道重要断面的水位、流量；视频监控每 10min 进行一次 AI 识别；水库水位、河道水位、雨量站每 15min（汛期加密至 5min）监测 1 次并进行超限判断。预计每年将产生 5000 条预警数据，按照水文测站 95 处、视频 100 路等计算，预计每年将产生 1000 万条业务数据。

4.4 信息量传输量和存储量分析与预测

1、网络流量分析

在网络流量分析中，政务外网主干带宽为 1000Mbps，服务器端带宽为 10000Mbps，网络出口带宽为 1000Mbps。考虑到网络传输中存在额外信息及少量碰撞延迟的情况，在计算出网络传输时间后，再将其放大 1.5 倍。

2、传输量和存储量分析

本次数字孪生椒江建设系统用户人数约 2000 人。按照基础数据库、监测数据库、业务数据库和地理空间数据库进行传输量和存储量分析。

（1）基础数据库

主要包括流域、水利工程基础数据，椒江流域共有 17 座水库、125 座水闸、流域面积 6603 km²，按照 150 座水利工程考虑，每座水利工程每年上传 20 张基础照片（每张照片按 5MB 估计）、30 个文档（每个文档按 2MB 估计）、以及其他基本信息（每个工程按照 50MB 估计），1 年存储需要 31.5GB。

（2）监测数据

主要包括水雨情、工情监测数据，台州市全市已累计建设水文测站共计 664 处；已建设 17 座水库、125 座水闸；按照 700 个水文站、150 座水利工程估计，1 个水文测站 1 年 20MB、1 座水利工程 1 年 50MB 计算，1 年存储需要 21.5GB。

（3）业务数据

业务数据包括监测数据分析、场景预演、现场照片、文档等，监测数据分析同监测数据量，每年按照 21.5GB 估计，场景预演按照 30 个场景计，每个场景约 100MB，现场照片按照每天上传 100 张（每张照片按 5MB 估计）、文档按照每天上传 30 个（每个文档按 2MB 估计），业务数据 1 年存储需要 228.9GB。

（4）地理空间数据

倾斜摄影 1 平方公里数据量约为 2GB，本项目计划采集 20 平方公里，共计约 40GB；遥感 DOM、DEM 每平方公里数据量约为 0.2GB，本项目计划采集 6603 平方公里，共计约 1321GB；BIM 数据量 1 个工程约 5GB，本次按照 3 个工程估计，约为 15GB。综上，地理空间数据每年约 1400GB。

综上，除地理空间数据外，其余数据增量每年约 300GB，考虑到采用分布式数据库，备份系数为 2，预计数据每年增量为 600G。地理空间数据每 2 年更新一次，按 5 年预计，故本项目数据存储量约为 6T。

4.5 数据结构与信息资源共享需求分析

4.5.1 数据流程分析

1、收集

收集是数字孪生体系架构中的底层基础，在一个完备的数字孪生系统中，对运行环境和数字孪生组成部件自身状态数据的获取，是实现物理对象与其数字孪生系统间全要素、全业务、全流程精准映射与实时交互的重要一环。因此，数字孪生体系对感知技术提出更高要求，为了建立全域全时段的物联感知体系，并实现物理对象运行态势的多维度、多层次精准监测，感知技术不但需要更精确可靠的物理测量技术，还需考虑感知数据间的协同交互，明确物体在全域的空间位置及唯一标识，并确保设备可信可控。椒江流域基于感知基站的数据收集，形成水文数据归集在知识平台，被水利专业模型所调用。通过加强遥感、高清视频、无人机、遥控船、机器人等新型监测手段，以及感知终端的智能升级和新一代物联通信技术应用，提升水利管理活动的动态感知能力，满足水利业务对数据和信息在空间尺度、时间频次等方面的不同需求。实时感知数据方面则是作为演进、调度和实时安全识别预警的输入。对接省级平台数据，将省级平台数据中椒江相关纳入流域平台展示和利用。

2、传递

网络是数字孪生体系架构的基础设施，在数字孪生系统中，网络可以对物理运行环境和数字孪生组成部件自身信息交互进行实时

传输，是实现物理对象与其数字孪生系统间实时交互、相互影响的前提。网络既可以为数字孪生系统的状态数据提供增强能力的传输基础，满足业务对超低时延、高可靠、精同步、高并发等关键特性的演进需求，也可以助推物理网络自身实现高效率创新，有效降低网络传输设施的部署成本和运营效率。

伴随物联网技术的兴起，通信模式不断更新，网络承载的业务类型、网络所服务的对象、连接到网络的设备类型等呈现出多样化发展，要求网络具有较高灵活性；同时，伴随移动网络深入楼宇、医院、商超、工业园区等场景，物理运行环境对确定性数据传输、广泛的设备信息采集、高速率数据上传、极限数量设备连接等需求愈加强烈，这也相应要求物理运行环境必须打破以前“黑盒”和“盲哑”的状态，让现场设备、机器和系统能够更加透明和智能。因此，数字孪生体系架构需要更加丰富和强大的网络接入技术，以实现物理网络的极简化和智慧化运维。

充分利用现有各级国家电子政务外网和水利业务网，通过租赁专线、自建光纤、卫星通信等多种方式，扩展网络覆盖范围，提高网络带宽，为各级水利主管部门之间、监测终端与数据平台之间提供互联互通的传输通道，支持日常通信传输和应急通信服务保障。

3、处理

数字孪生的建模是将物理世界的对象数字化和模型化的过程。通过建模将物理对象表达为计算机和网络所能识别的数字模型，对物理世界或问题的理解进行简化和模型化。数字孪生建模需要完成

从多领域多学科角度模型融合以实现物理对象各领域特征的全面刻画，建模后的虚拟对象会表征实体对象的状态、模拟实体对象在现实环境中的行为、分析物理对象的未来发展趋势。建立物理对象的数字化建模技术是实现数字孪生的源头和核心技术，也是“数字化”阶段的核心。而模型实现方法研究主要涉及建模语言和模型开发工具等，关注如何从技术上实现数字孪生模型。在模型实现方法上，相关技术方法和工具呈多元化发展趋势。当前，数字孪生建模语言主要有 Modelica、AutomationML、UML、SysML 及 XML 等。一些模型采用通用建模工具如 CAD 等开发，更多模型的开发是基于专用建模工具如 FlexSim 和 Qfsm 等。

数字孪生体系中的仿真作为一种在线数字仿真技术，将包含了确定性规律和完整机理的模型转化成软件的方式来模拟物理世界。只要模型正确，并拥有了完整的输入信息和环境数据，就可以基本正确地反映物理世界的特性和参数，验证和确认对物理世界或问题理解的正确性和有效性。从仿真的视角，数字孪生技术中的仿真属于一种在线数字仿真技术，可以将数字孪生理解为：针对物理实体建立相对应的虚拟模型，并模拟物理实体在真实环境下的行为。和传统的仿真技术相比，更强调物理系统和信息系统之间的虚实共融和实时交互，是贯穿全生命周期的高频次并不断循环迭代的仿真过程。因此仿真技术不再仅仅用于降低测试成本。通过打造数字孪生，仿真技术的应用将扩展到各个运营领域，甚至涵盖产品的健康管理、远程诊断、智能维护、共享服务等应用。基于数字孪生可对物理对

象通过模型进行分析、预测、诊断、训练等（即仿真），并将仿真结果反馈给物理对象，从而帮助对物理对象进行优化和决策。因此仿真技术是创建和运行数字孪生体、保证数字孪生体与对应物理实体实现有效闭环的核心技术。

通过将不同类型的数据进行分类处理，并进行数据识别，分类与模型进行关联，历史水文数据作为模型经验库用以率定参数，实时感知数据作为计算模型的实时输入，对流域自然感知边界实测数据接入计算模型，对于预警模型则全天运行，自动判别。业务相关的预演，是实行人机交互输入，将输出结果进行保存。

4、存储

数据存储是对各类结构化和非数据化数据的存储数据量大小进行估算和预测。本项目采用系统上运行 5 年时间为一个周期进行数据量的估算和存储。

4.5.2 信息资源需求分析

项目数据主要包括基础数据、气象、水文、监测、业务等数据资源，按照数据开放共享的管理规定，基于台州市水管理平台，建立数据共享机制。按行业不同划分为行业内共享和行业外共享。对行业外的共享需求，通过平台数据服务实现水利部门与市气象局、市自然资源与规划局和市应急局等部门的数据共享；对行业内的共享需求，基于平台数据服务实现与流域委、省水利厅、市水文站、市水利局及下属各级水管理单位的数据共享，见图 4.4-1。

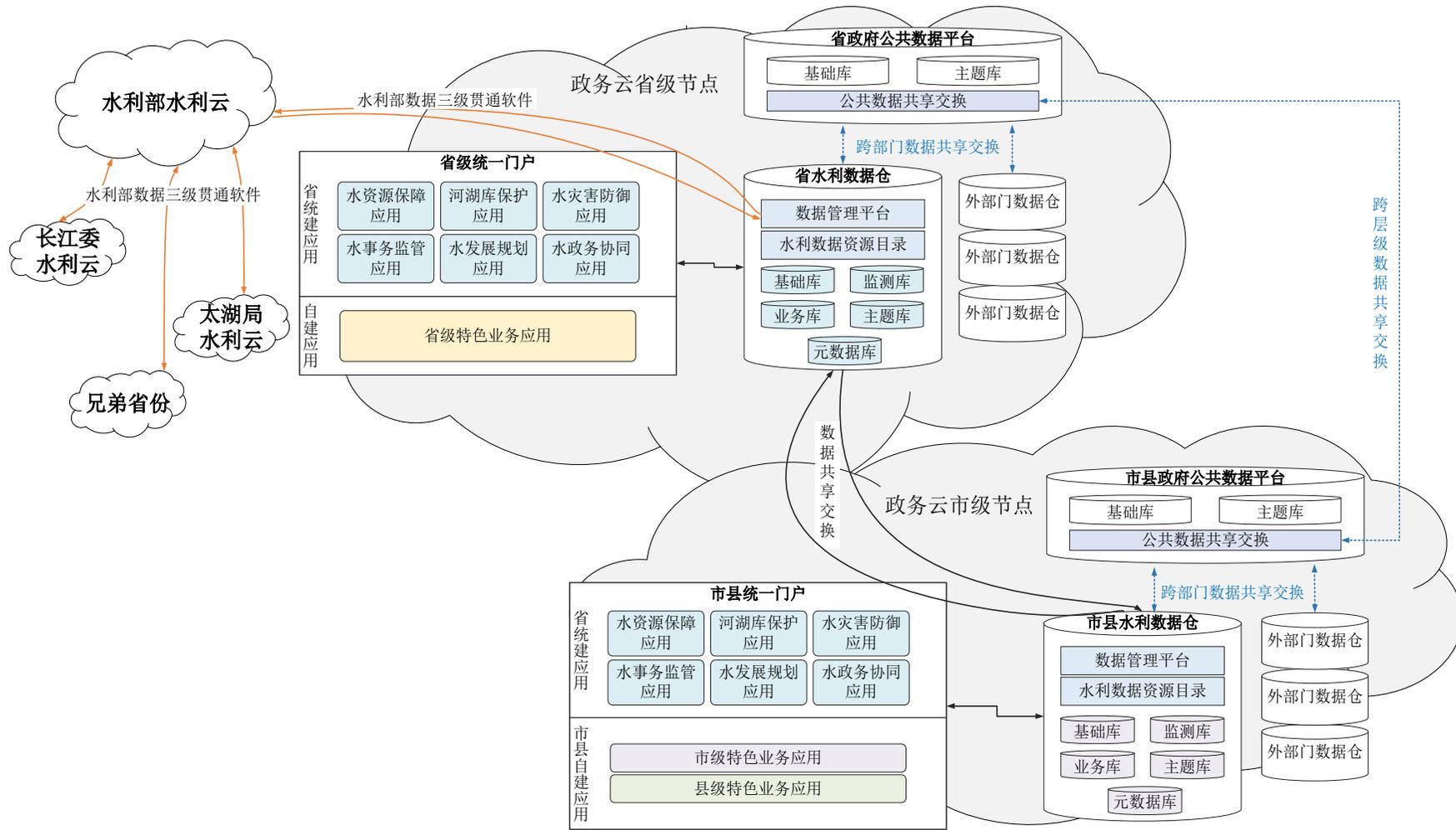


图 4.4-1 信息共享框架图

4.5.3 本项目共享的数据清单

表 4.4-1 共享的数据清单

序号	数据资源类别	输出内容项	更新频次
1	数据底板	水利工程模型	按需
2		流域基础数据	
3		流域监测数据	
4		业务管理数据	
5	水利专业模型	产汇流的水文模型	按需
6		洪水演进的一二维模型	
7		水库优化调度模型	
8		工程安全预警分析模型	
9	智能化模型	智能 AI 识别模型	按需
10	知识平台	工程调度知识图谱	按需
11		业务规则	
12		专家经验	

4.5.4 需其他单位共享的数据资源信息

需其他单位共享的数据资源信息见

表 4.4-2 同级跨部门共享清单

序号	数据资源类别	数据项	数据来源
1	基础地理	地理空间数据（地类覆盖、交通道路）	自然资源和规划局
2		地质灾害隐患点（名称、地理坐标、风险类型、等级）	
3		承灾体信息（威胁户数、人口、地理坐标）	
4		地质灾害巡查责任人信息（姓名、手机号）	
5		地质灾害实时预警信息（灾害点、预警对象、时间、预警等级、预警内容）	
6		地质灾害防范区雨量、位移、变形等监测数据	
7	社会经济	人口、企业、GDP 等	经信局、发改委
8	气象预报	气象预报数据（未来 1h、3h、6h、24h 网格预报数据）	气象局
9		实时更新的暴雨预警、地灾气象预警、山洪气象预警信息	
10	应急管理	基层防汛责任人（包括县、乡、村三级责任人体系，姓名、手机号，需确认是否有山洪预警责任人和转移责任人）	应急管理局
11		基层防汛防台形势图（村名、形势图）	
12		应转移人数	
13		实时转移人数（安置点人数、投亲靠友人数）	
14		安置点（名称、地理坐标、容纳人数、管理员、手机号）	
15		安置点视频监控（位置、视频流）	
16		物资仓库（名称、地理坐标、面积、物资、管理员、手机号）	
17		抢险队伍（名称、主管单位、队伍类型、地址、人数、负责人、手机号、主要救援装备）	
18		老弱妇幼等重点关注人群（姓名、人数、责任人及手机号）	
19		应急响应信息（响应类型、响应等级、启动时间）	

20	船舶信息（航线、实时位置、进/出港报告）
21	道路信息（国道省道公路路网基本情况、交通信息）
22	景区信息（名称、地理坐标、管理员、手机号）

（2）跨层级数据共享清单

表 4.4-3 跨层级共享清单

序号	数据资源类别	共享内容	来源
1	数据底板	L1 级地理空间数据	水利部
2		L2 级地理空间数据	流域机构/省级部门
3	水文水动力模型	降雨预报	水利部/流域机构
4		洪水预报	
5		水资源及开发利用评价	水利部
6		水资源承载力与配置	
7		水资源调度	
8		用水效率评价	
9		水库淤积模拟	
10		河口海岸水沙模拟	
11	智能识别模型	河湖四乱遥感识别	水利部/流域机构
12	知识平台	水利对象关联	水利部/流域机构/省级
13		业务规则	
14		专家经验	

4.6 系统功能及性能需求分析

4.6.1 系统功能需求分析

4.6.1.1 数字孪生平台需求分析

数字孪生平台主要由数据底板、模型平台、知识平台等构成。

数字孪生平台各组成部分功能与关联为：数据底板汇聚水利信息网传输的各类数据，经处理后为模型平台和知识平台提供数据服务；模型平台利用数据底板成果，以水利专业模型分析物理流域的要素变化、活动规律和相互关系，通过智能识别模型提升水利感知能力，利用模拟仿真引擎模拟物理流域的运行状态和发展趋势，并将以上结果通过可视化模型动态呈现；知识平台汇集数据底板产生的相关数据、模型平台的分析计算结果，经水利知识引擎处理形成知识图谱服务水利业务应用。

数字孪生平台基于信息化基础设施，利用云计算、物联网、大数据、人工智能、遥感、数字仿真等技术，对物理流域全要素和水利治理管理活动全过程进行数字映射、智能模拟和前瞻预演，支撑水利业务“四预”功能实现。

4.6.1.1.1 数据底板

数据底板应在水利一张图基础上升级扩展，完善数据类型、数据范围、数据质量，优化数据融合、分析计算等功能。主要包括数据资源、数据模型和数据引擎等内容。椒江流域建设 L2 级数据底

板。

4.6.1.1.2 模型平台

按照“标准化、模块化、云服务”的要求，制定模型平台开发、模型调用、共享和接口等技术标准，保障各类模型的通用化封装及模型接口的标准化，以微服务方式提供统一调用服务，供各级单位进行调用。主要包括水利专业模型、智能识别模型、可视化模型和模拟仿真引擎。

4.6.1.1.3 知识平台

知识平台利用知识图谱和机器学习等技术实现对水利对象关联关系和水利规律等知识的抽取、管理和组合应用，为数字孪生流域提供智能内核，支撑正向智能推理和反向溯因分析，主要包括水利知识和水利知识引擎。其中，水利知识提供描述原理、规律、规则、经验、技能、方法等的信息，水利知识引擎是组织知识、进行推理的技术工具，水利知识经知识引擎组织、推理后形成支撑研判、决策的信息。知识平台应关联到可视化模型和模拟仿真引擎，实现各类知识和推理结果的可视化。

4.6.1.2 业务应用功能需求分析

4.6.1.2.1 流域防洪业务应用

基于 L2 级数据底板、水利专业模型及知识库，全面提高椒江

流域重点水库科学防洪和防洪抗灾的能力，减轻洪水灾害损失，保护人民生命财产安全，保证防汛工程和防范。系统包括但不限于以下功能：洪水预报模型选择、模型参数率定、定时自动洪水预报、人机交互洪水预报、河网水动力洪水演进模型建立、规则调度模型建立、调度方案在线仿真模拟以及历史洪水调度分析等。

1、在预报方面：

(1) 基于 L2 级数据底板，对水雨情监测、台风监测进行展示。

(2) 基于调度预案知识库，编制椒江流域洪水预报方案，构建椒江干流及永宁江支流干流洪水一二维水动力演进模型，对临海古城易涝重点区域，构建二维水动力演进模型，研发朱溪水库、永宁江大闸的单库防洪调度模型，以及朱溪水库、长潭水库、永宁江大闸的联合防洪优化调度模型。

(3) 基于 L2 级数据底板、水利专业模型、二三维可视化模型，开发椒江流域洪水预报调度模拟系统，系统具备界面友好、响应速度快、运行稳定可靠等特点；制作预报利用多种模型并充分考虑专家经验、历史相似洪水，针对多种预报方案进行比选；实现 30 分钟内完成预报制作，洪水预报精度满足《水文情报预报规范》(GB/T 22482-2008)乙等以上要求，洪水预见期增长 3 天以上。

2、在预警方面：

(1) 开展流域强降雨、河道水位超警、漫溢点淹没影响等水安全要素洪水预警，依据预警等级和预警类型设定的预警阈值或预

警信号。

(2) 开发预警发布系统，依据实测或预报的雨水情滚动发布；依据洪水防御要求尽量提前发布；发布通过电信运营商等渠道实现全覆盖；系统应具备高效汇集、及时发布、流程规范等特点。

(3) 编制预警发布管理办法，结合流域或区域内预警类型的特点，明确预警发布内容、发布主体、责任范围、审核流程、发布方式、监督检查等内容。

3、在预演方面：

(1) 构建水库调度与椒江干流漫溢点防洪预演方案，依据漫溢点控制水位要求建立水库调度边界条件和运行限制条件。

(2) 开发洪水预演系统，具备双向预演功能，实现二、三维全时空、轻量化展示，具备30分钟内完成实时洪水预报、洪水淹没分析、动态渲染展示的功能，实现数字孪生流域模拟过程与流域物理过程高保真。

4、在预案方面：

依据预演确定方案，考虑水利工程最新工况、经济社会情况，确定防洪工程运用、人员转移等非工程措施并组织实施，具备可操作性。

4.6.1.2.2 水资源管理与调配应用

1、生态流量管控

通过接入椒江流域生态流量监测系统数据，对流域内生态流量

进行监控和预警的展示，达到生态流量管控的目的。

2、水库水资源兴利调度

结合未来降雨与调度情况，分析水库调度后的可利用水资源量，并动态展示调度后的库容，提供有效的决策支持。

4.6.1.2.3 水利工程运行管理应用

水利工程标准化管理方面：水利工程标准化管理涉及的业务包括巡视检查、维修保养、控制运行、防汛管理、应急管理。台州市水利局建有台州市水管理平台水利工程标准化管理系统，已基本实现水利工程标准化管理，本次重点集成标准化管理系统业务数据，并结合数据底板进行展示。

水利工程安全运行方面：汇聚各类监测数据、图像监控系统以及各类分析成果等，通过空间地理数据底板进行一张图展示，快速传递预警信息，保障异常或问题的及时消除。

试点工程数字化场景：打造永宁江大闸和朱溪水库数字化应用场景，构建 BIM+GIS+IoT 专题场景，集成展示水工建筑物、监测设备设施、动态监测数据、重要监测成果、工程安全隐患及监测预警提醒等信息，结合安全监测分析、安全预警、监视分析等模型，实现设施设备运行、巡检、检修等业务应用场景。

4.6.1.2.4 综合展示

综合展示包括综合首页和水利一张图提升。

综合首页应综合展示流域关键信息。水利一张图提升应基于L2级数据底板，实现基础地理、水利专题、涉水建筑等多源数据融合和图属一体化管理，进一步完善具有水利特色、全市统一的水利电子地图，为全市水利业务提供统一地图服务、空间拓扑分析等空间地理支撑。

4.6.1.2.5 大屏端应用

应建设椒江流域数据大屏，实现水雨情监测、洪潮预报、防汛形势研判、预警发布、防洪调度、抢险支持、水资源管理与调度，以及水利工程运行管理等功能。

4.6.1.2.6 移动端应用

移动应用按照“浙政钉应用设计规范”、“浙政钉应用接口设计规范”和“浙政钉应用验收规范”进行建设，包括一张图、水雨情监测、洪潮预报、防汛形势研判、防洪调度、抢险支持、水资源管理与调度，水利工程运行管理等功能模块。

4.6.1.3 业务系统集成及数据融合

业务系统集成及数据融合主要是对数字孪生永宁江闸应用系统和数字孪生朱溪水库应用系统进行集成和数据融合。

4.6.2 系统性能需求分析

本项目建设的各应用系统之间联系紧密，需要进行数据或功能

的相互调用，所以应用系统的性能要求较高，在性能上，对处理性能应满足如下要求：

1、稳定性指标

(1) 系统有效工作时间： $\geq 99.9\%$

(2) 系统故障恢复时间不超过 30 分钟。

(3) 不出现以下情况：无故退出系统；发生系统不可控制的故障提示；因系统故障导致操作系统或机器无法正常操作。

2、并发支持指标

系统并发数支持指标： ≥ 500 个；

3、响应指标

(1) 数据对接接口：平均响应时间 $\leq 5s$ （500 名并发用户）；

(2) 简单事务处理(包含各类信息录入、修改、查询业务、主要页面平均响应时间等) $\leq 3s$ （500 名并发用户）；

(3) 信息录入、修改型简单事务：平均响应时间 $\leq 3s$ （500 名并发用户）；

(4) 复杂事务处理 $\leq 5s$ （500 名并发用户）；

(5) 各类固定统计报表形成时间： $\leq 5s$ 。

4、其他性能需求

根据椒江流域数字孪生系统的业务需求和信息化目标，需要实现提前 72 小时的洪水预报，并在半小时内完成洪水预报模型计算和一二维水动力模型的三维演进渲染，系统主要性能要求如下：

(1) 可靠性与稳定性

系统部署依托的硬件设施、网络、配电及软件系统应具备高度可靠性与稳定性。

（2）容错性与自适应性

对使用人员操作过程中出现的错误或可能导致信息丢失的操作，能校核纠正或给予正确的操作提示。对于多选项信息按使用频度为用户预置缺省值。

（3）易维护性

系统的数据和业务维护方便、快捷。各类数据易于汇集，异常数据易于剔除，管理信息易于上报。业务流程能够根据管理模式进行修改、完善。

（4）安全性

保障各类运行数据和管理信息的安全性，不易被侵入和干扰，不能被窃取或破坏。

（5）适应性

平台在操作方式、运行环境、与其他软件的接口等发生变化时，应具有适应能力。

（6）可扩展性

系统从规模、功能上易于扩展和升级，应制定可行的解决方案，预留相应的接口。

4.7 安全需求分析

根据《国家信息化领导小组关于加强信息安全保障工作的意见》

和《信息系统安全等级保护基本要求》等文件要求，结合平台系统自身特点，制定平台信息安全体系，包括信息安全技术保障体系和信息安全管理保障体系两部分内容。其中，信息安全技术保障要求按照不同等级从物理安全、网络安全、数据和应用安全等方面做了不同的要求，信息安全管理保障要求按照不同等级从安全管理机构、安全管理制度、人员安全管理、系统建设管理和安全运维管理等方面做不同的要求。通过整个体系建设，充分保障平台各项应用的信息安全，形成一个信息安全保障的完整闭环。

（一）安全等级分析

（1）业务信息受到破坏时所侵害客体的确定：椒江流域数字孪生系统的业务信息受到破坏时，其影响侵害的客体为影响国家机关、企业单位和个人的生产工作秩序，即客体为“社会秩序、公共利益”。

（2）信息受到破坏后对侵害客体的侵害程度的确定：椒江流域数字孪生系统业务信息造成破坏后，可能造成社会秩序和公共利益，带来严重的损害。因此，系统受到破坏后对客体造成侵害的程度为严重损害。

（3）业务信息安全等级的确定：根据系统信息受到破坏时所侵害的客体以及侵害程度，确定本系统的业务信息安全等级为三级。

（二）系统服务安全保护等级的确定

（1）系统服务描述：椒江流域数字孪生系统的服务对象为浙江省水利厅、台州市水利局及下属各区县水利局、黄岩区永宁江事

务中心、台州市朱溪水库开发有限公司等。

(2) 系统服务受到破坏时所侵害客体的确定：椒江流域数字孪生系统的用户对象为省级政府监管部门、台州市水利局、水文中心及基层水利管理组织，所以系统服务受到破坏是所侵害的客体为“社会秩序和公共利益”。

(3) 系统服务受到破坏后对侵害客体的侵害程度的确定：即对象受到破坏后对客体造成侵害的程度为“造成严重损害”。

(4) 系统服务安全等级的确定：根据系统服务受到破坏时所侵害的客体以及侵害程度，确定本系统的系统服务安全等级为三级。

(三) 安全保护等级的确定

信息系统的安全保护等级由业务信息安全等级和系统服务安全等级较高者决定，最终建议椒江流域数字孪生系统安全保护等级为第三级。

4.8 数据安全需求分析

数字孪生流域建设过程中，随着海量数据的不断汇聚，数据价值不断提升，新技术不断涌现和应用，数据面临新的安全风险。要高度关注数字孪生流域的数据安全，确保数据处于有效保护和合法利用的状态，具备保障持续安全状态的能力。

4.8.1 通用要求

应开展数据分类分级，按照满足科学性、稳定性、实用性和

扩展性原则，识别和建立一般、重要、核心数据清单，严格权限控制。应严格按照 GB/T 25058-2019 开展数字孪生流域建设的等级保护对象定级与备案、总体安全规划、安全设计与实施、安全运行与维护、定级对象终止等网络安全等级保护工作。应开展数据安全风险监控，全面监控数据采集、存储、使用、加工、传输、提供等全生命周期安全。

构建全市水利一张网，实现业务系统与 IPv6、区块链技术融合应用，确保业务系统和关键信息基础设施安全可控。依托现有水利业务网和国家电子政务外网，进一步完善业务网络，实现水利部、流域管理机构及各级水行政主管部门与相关单位的全面互联。依托水利骨干网，开展水利信息网通信能力提升建设，优化调整网络结构，通信网络尽量采用国家和社会资源，根据实际需要适当扩容，不足的地方再辅以自建资源，骨干网接入部分应进行适配改造以支持 IPv6 应用。

4.8.2 数据采集

应遵循确保安全原则，对采集的数据进行分类分级标识，并对不同类型和级别的数据实施相应的安全管理策略和技术保障措施。对数据采集环境、设施和技术采取必要的安全管控措施。

4.8.3 数据存储

应采用符合 GM/T 0054-2018 等技术标准规定的密码技术，确

保数据存储安全，不被非法访问、窃取、删除、修改等。应建立数据存储冗余策略和管理制度，定期对数据进行备份，实现重要数据备份与恢复。

4.8.4 数据使用

应依据个人信息和重要数据保护的法律法规要求，明确数据使用的目的和范围；应遵循最小授权原则，提供数据细粒度访问控制机制。

4.8.5 数据加工

应对数据加工过程进行风险评估，避免处理结果中包含可恢复的敏感数据；应遵循可审计原则，记录和管理数据加工过程中的操作信息。

4.8.6 数据传输

应采用符合 GM/T 0054-2018 等技术标准规定的密码技术，确保数据传输过程中的保密性和完整性；应具备监控数据传输过程的能力，发现问题能及时告警并进行阻断。

4.8.7 数据提供

在数据提供前，应对数据进行风险评估，确保数据提供后的风险可控，并明确数据接收方的数据保护责任；在数据提供前，对数据的敏感性进行评估，根据评估结果对需要提供的敏感信息进行脱

敏处理。

4.9 项目网络安全情况分析

本项目将在台州市政务云上申请云主机。台州市政务云配套较为完整的安全体系，可以基本满足项目建设的安全需要。同时项目建设完成后将进行信息系统安全等级保护（三级）测评备案，确保系统运行安全。运维人员统一通过堡垒机进行运维服务，保障网络安全。

第五章 项目建设方案

5.1 总体思路

5.1.1 建设原则

在全面贯彻习近平总书记“十六字”治水思路和网络强国重要思想，遵循“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”、“认识到位、数据到位、建设到位、应用到位、安全到位”的总要求，以数字化、网络化、智能化为主线，加快构建具有预报、预警、预演、预案的“四预”功能的智慧水利体系，支撑和驱动浙江水利高质量发展的总体指导思想下，椒江数字孪生流域建设应坚持以下五个原则。

1、坚持利旧与基建原则

按照“整合已建、统筹在建、规范新建”的要求，注重信息化资源整合与共建公用，充分利用现有的信息采集、网络通信、计算存储等基础设施及国家新型基础设施，实现水利信息化资源集约节约利用和共享，避免重复建设，完善基础设施建设。

2、坚持信息完备共享原则

数字化是基础，扩大数据感知范围和监测要素，完善台州水利一张图。在此基础上，逐步实现与外部数据共享体系与应用，丰富水利业务和经济社会信息，实现水利业务数据跨行业、跨业务、跨

层级调用共享。

3、坚持统筹设计、协同建设原则

以椒江数字孪生流域建设先行先试试点工程为核心，统筹山洪灾害系统、水利工程标准化管理系统等信息化平台摸索流域防洪业务核心本质，以“统筹设计、协同建设”的视角推进数字孪生流域建设。做好与台州市域空间治理平台等已建系统的协同对接，确保可扩充和可升级。

4、坚持网络安全可控原则

网络安全是底线，要加快构建全市水利一张网，实现业务系统与 IPv6、区块链技术融合应用，确保业务系统和关键信息基础设施安全可控。

5、坚持投入产出高效原则

按照“确有必要、可以持续”原则，集约、节约利用台州市政务云资源与社会资源，承接并用好水利部、流域机构、省水利厅统建业务系统，联通市内相关行业平台，协同推进，力求投资收益最大化

5.1.2 技术路线

5.1.2.1 整体技术路线

综合利用倾斜摄影、实景建模、数值仿真、BIM+GIS 等多种技术手段，构建集水下地形模型、实景三维模型、三维地形模型、数值计算模型等多源异构模型为一体的流域空间地理信息模型。利

用空间位置配准、数据格式转换、模型融合等多种技术手段，解决多源异构模型的汇聚与整合。围绕不同维度、不同场景、不同业务模块建设需求，构建具有不同场景尺度的流域数字孪生基底，满足流域多样化的信息管理需求。其技术路线如下：

(1) 收集流域内已有的数据模型，一方面充分利用政府公共数据平台，实现水利与自然资源、生态环境、交通运输、农业农村等跨部门数据共享；另一方面充分利用网络资料，开展流域影像、地形数据获取，建立“大尺度”流域空间地理信息模型雏形。

(2) 开展流域防洪重点河段数据获取，利用无人机倾斜摄影测量、水下多波束探测、BIM 三维建模等技术手段，建立“小尺度”高精度三维模型。

(3) 模型集成处理，利用空间位置配准、数据格式转换、模型融合等多种技术手段，进行模型集成融合，实现流域内多源异构模型的汇聚与整合。

(4) 围绕不同维度、不同场景、不同业务模块建设需求，构建具有不同场景尺度流域数字孪生基底，综合应用场景组织与调度、动态渲染等技术手段实现不同尺度场景的无缝切换。

(5) 以三维数字流域场景为依托，结合空间分析、虚拟仿真、场景漫游等技术开展在洪水演进、河口江道冲淤变化、江道河床变化、防洪形势研判等业务领域新型应用模式探究，提高流域防洪减灾管理水平。

数字孪生椒江建设关键技术包括遥感建模、倾斜摄影、BIM

建模、大数据技术等。

5.1.2.2 遥感建模

遥感建模技术路线，主要分为卫星影像的获取、影像的处理、数据发布调用等流程，具体步骤如下：

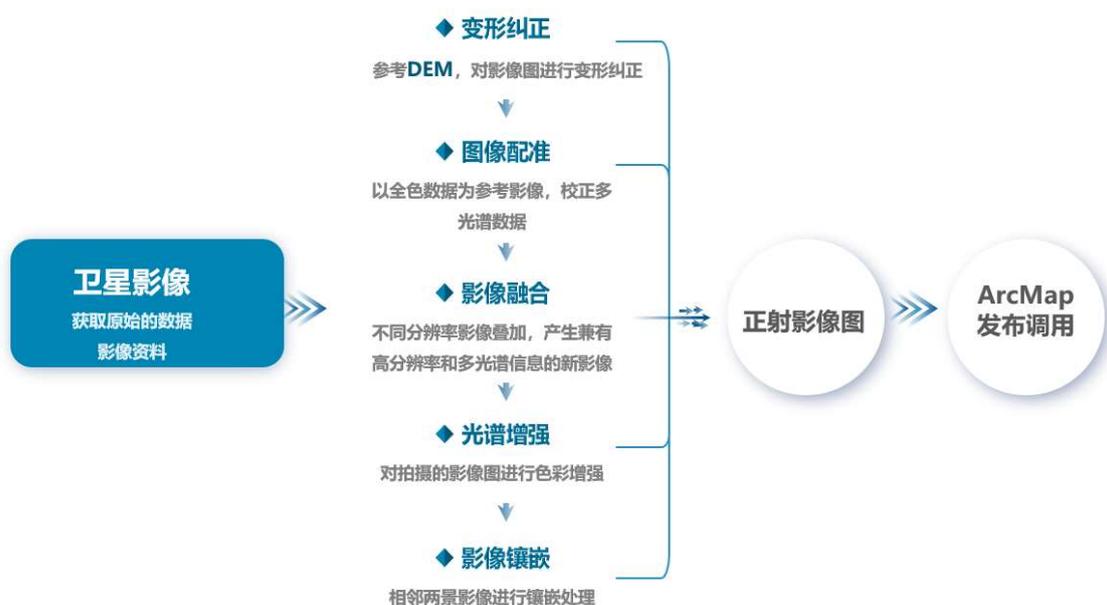


图 5.1.3 遥感建模技术路线

1、卫星影像获取

原始影像数据选用中国高分卫星拍摄的影像数据。

2、数据处理

(1) 变形纠正

由于传感器本身、外部因素、处理过程中等原因，导致影像内部几何变形，因此参照 DEM 对扫描处理的数字化的航空相片或遥感图像（单色或彩色），逐个像元纠正，保证原始图片的准确性。

(2) 图像配准

对全色影像图进行检查，与地形图叠加显示，在精度满足标准的情况下，以全色数据为参影像，校正多光谱数据。影像空间配准的目的在于消除由不同传感器得到的影像在拍摄角度、时相及分辨率等方面的差异。

（3）影像融合

影像融合是把不同分辨率的影像通过一定的算法，产生兼有高分辨率和多光谱信息的新影像。高分卫星同时搭载全色传感器和多光谱传感器，为了获取更高精度的新影像，对全色传感器获取的高精度的影像和多光谱传感器获取的彩色影像进行融合。

（4）光谱增强

卫星影像拍摄受环境影响较大（季节、天气、气温），故对数据进行光谱增强处理已达到最佳的视觉效果。主要对朱溪水库部分影像进行绿色增强处理、云雾处理、云层处理、阴影处理等。



图 5.1.3-2 影像云雾处理前后对比

（5）影像镶嵌

椒江流域遥感建模范围广，原始影像图分布在多张影像上，为

了获取一个单一的、更大的、更复杂的全维场景，对椒江流域相邻场景影像进行镶嵌处理。首先，确定一幅参考图像，其次将所有影像图依据参考图像的基准进行镶嵌处理，输出一张全维场景图像。

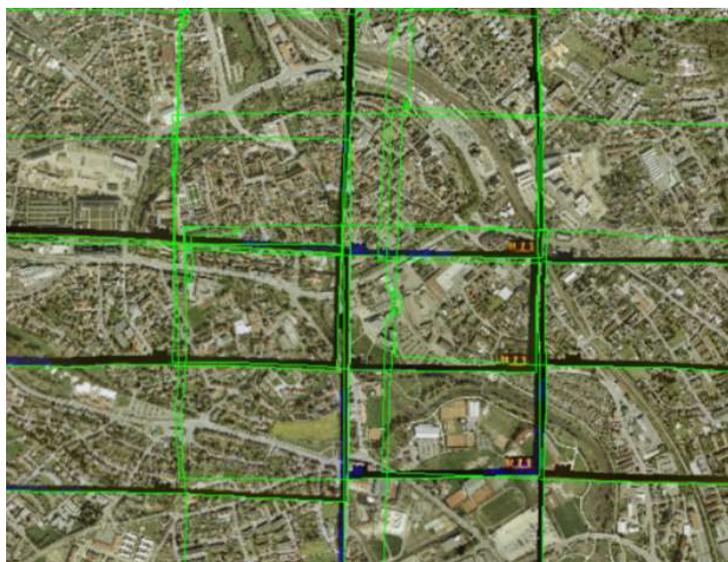


图 5.1.3-3 影像镶嵌示意图

(6) 发布调用

通过上述步骤的处理，最终得到椒江流域的正射影像图（DOM），结合 ArcMap 进行发布，最终得到可供 WEB 端调用的高清遥感影像模型。

5.1.2.3 倾斜摄影

倾斜摄影建模流程，主要流程包含无人机倾斜摄影流程、倾斜摄影建模软件建模流程、模型发布流程。

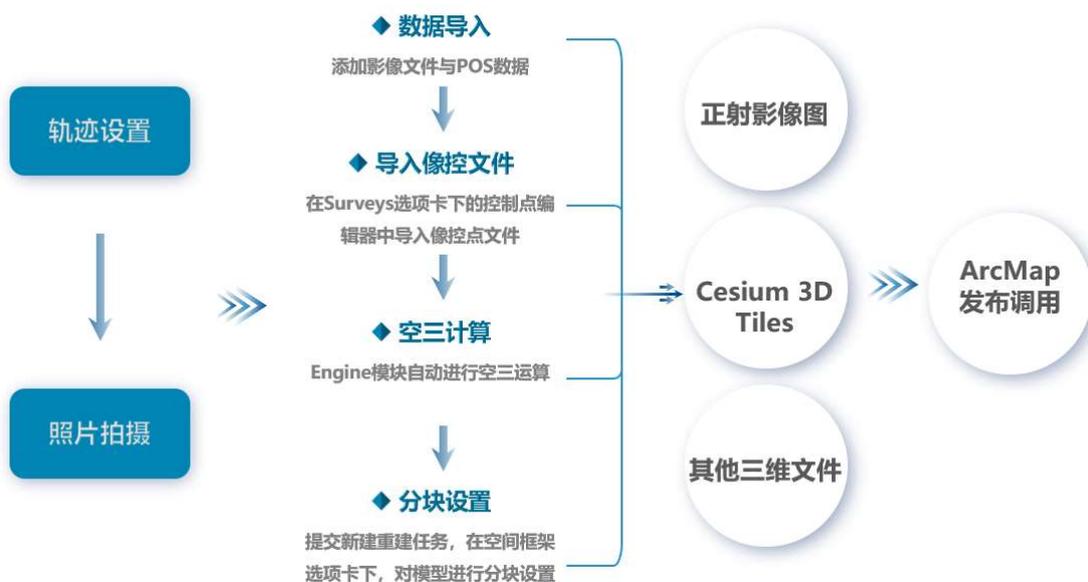


图 5.1.3-4 倾斜摄影建模流程

1、无人机拍照流程

(1) 轨迹绘制

倾斜摄影轨迹绘制至关重要，直接影响到航拍成果的精度，传统做法需要操作者精确控制飞行高度，并根据相机分辨率计算照片重复率，操作复杂、效率低，而 DJI GS Pro 能智能规划航线与操作点，并根据用户设定的相机参数自动计算出合适的相片重复率，从而整体拍摄过程更加高效。



图 5.1.3-5 航线设置方案对比

(2) 照片拍摄

航线设定好之后，使用无人机，对需要实景建模的施工场地进行拍摄。拍摄时尽量选择在无风的晴天，远离信号塔、高压线等障碍物。

2、建模软件处理流程

目前，ContextCapture、PhotoScan 以及 Pix4Dmapper 是主流的倾斜摄影建模软件，根据本项目的具体要求及软件建模效果对比，拟采用 ContextCapture 作为本次倾斜摄影建模软件。

(1) 数据导入

导入无人机拍摄的影像数据及 POS 数据，并检查影像文件的完整性。

(2) 导入像控文件

在 Surveys 选项卡下的控制点编辑器中导入像控点文件（txt 或 csv 格式），为了避免长距离几何失真和提高控制精度，每个控制点定位 3 张以上像片。

(3) 空三计算

激活 Engine 模块，软件自动进行空三运算。

(4) 分块设置

提交新建重建任务，在空间框架选项卡下，对模型进行分块设置，本次实验平面切块的网格大小 250m，共计 9 个瓦片。

3、模型发布流程

选择模型输出格式、贴图质量、坐标系、建模范围以及输出路径，通过 ArcMap 进行发布调用。



图 5.1.3-6 无人机倾斜摄影效果图

5.1.2.4 BIM 建模

BIM 建模的技术路线如下：



图 5.1.3-7 BIM 建模技术路线

1、平台选择

目前，比较常用的 BIM 平台有国外 Autodesk 公司的 Revit 平

台、Bentley 公司的 MicroStation 平台、Graphisoft 公司的 ArchiCAD 平台，以及 Dassault 公司的 CATIA 平台等。国内的如鲁班、广联达、探索者等 BIM 平台也在越来越多的大型项目中推广使用。本项目选择国内平台作为 BIM 核心建模平台。

2、建模方式选择

BIM 技术的一个重要特点就是协同，针对项目特点设定合适的协同方式可以提高团队建模工作效率和模型质量。本项目建模协同要求较高，因此采用选用工作集方式作为本项目的建模方式。



图 5.1.3-8 建模方式优缺点对比图

3、BIM 建模步骤

建立各专业协同工作环境，部署协同工作平台，制定建模流程与建模标准。在协同工作平台划分各专业工作任务与权限，保证各专业模型与图纸的吻合度以及协同建模的效率。

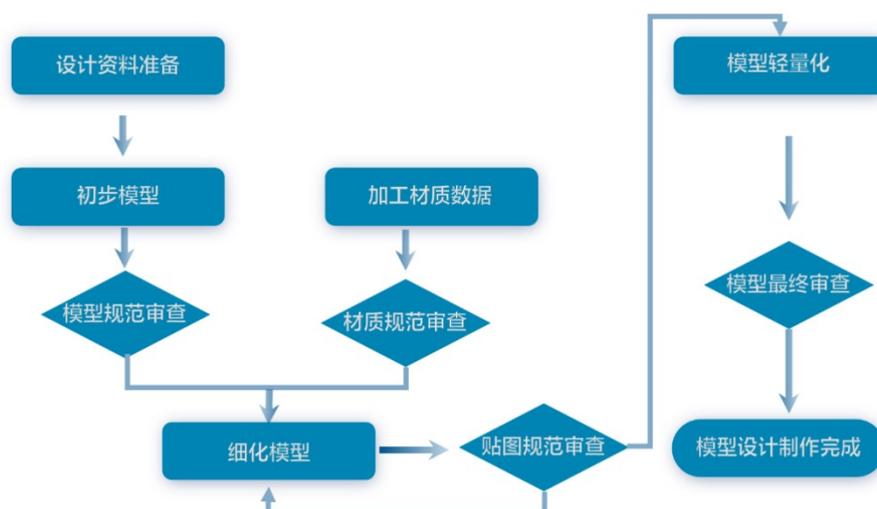


图 5.1.3-9 水利建筑物建模流程图

5.1.2.5 微服务架构技术

系统采用分布式、去中心化的微服务架构理念，支持开放系统与开发者之间实时协作、迭代演进的架构与设计，实现传统一体化的大型应用分解为充分解耦的、开发运维一体化的、支持互联网开放标准的，以及跨进程和领域边界的微服务。

随着虚拟化和容器技术发展的不断深入，容器化微服务技术逐渐渗透到云计算的各个层面，系统从开发、部署到运维整个过程都基于服务化。微服务架构成为一种架构风格和设计模式，该模式提倡将应用分割成一系列细小的服务，每个服务专注于单一业务功能，运行于独立的进程中，进而使得服务之间边界清晰，并可以采用轻量级通信机制（如 HTTP/REST）相互沟通、配合来实现完整的应用，满足业务和用户的需求。

采用微服务架构能够让不同主系统之间、同一主系统不同子系

统之间进行了解耦，解耦后可以根据具体的业务访问情况，对相应微服务进行更有针对性的扩展。Web 应用和微服务通过在分布式缓存中统一保存会话信息实现了应用的无状态，这样就可以很方便地通过水平增加资源，部署新的应用来实现系统总体服务请求能力的不断扩展。

5.1.2.6 云平台技术

系统建设采用云计算架构，能够将应用软件解耦，实现无论是现有系统，还是未来要开发的系统，底层架构（中间件、数据库等）灵活搭建，减少重复投资，充分提高 IT 资源利用率。并能通过系统的建设沉淀优秀的服务资产，形成增值业务服务层，利用这种微服务+轻应用的方式对外提供服务。底层资源服务层则是利用稳定的容器组件，为上层的应用与服务交付提供支撑平台，并支持容器集群的调度与分发。预置了丰富的公共服务能力与开发工具箱，可以大大降低对后台引擎级服务的投入，做到定制化应用的快速开发，形成持续交付、持续集成、协同开发的应用快速交付能力。

5.1.2.7 大数据技术

系统采用大数据框架技术搭建和部署。系统支持开发分布式程序。要求采用的大数据框架技术具有高容错性的特点，提供高传输率来访问应用程序的数据。提供高并发查询服务，以及基于海量信息的数据加工处理和统计分析查询。

5.1.2.8 遵循 XML 标准的数据交换

XML 是 eXtensibleMarkupLanguage（可扩展的标记语言）的缩写，是 W3C 组织于 1998 年 2 月发布的一种标记语言标准。XML 解决了在不同平台/系统之间的数据结构/模式的差异，使得数据层在 XML 技术的支持下得到统一。在国际互联网上，服务器与服务器之间、服务器与浏览器之间有大量的数据需要交换，特别是在电子商务、公共卫生、远程教育、电子金融等领域中。这些被交换的数据，都被要求对数据的内容和表现方式进行说明，用 XML 标记语言处理这类工作最为合适。

5.1.2.9 基于 Webservices 的接口集成

Webservices 技术已经开始广泛用于不同网站之间的应用系统协作，随着 Webservices 相关技术标准的日渐成熟，大型系统架构设计中将越来越多地考虑 Webservices 因素。Webservices 技术具有下列优点：

（1）松散耦合：SOAP 是面向消息的，消息的格式为 XML，这就确保了连接的两端能正确地理解消息的内容。连接中的任何一方均可更改执行机制，却不影响应用程序的正常运行。

（2）实时整合：WEB 服务的协作在系统运行时实时绑定。服务请求方描述所需服务的性能，并通过服务代理方提供的应用程序接口找到相应的服务，用返回的服务描述文档中的信息最终绑定。服务的动态搜索、绑定和面向消息的服务连接使 WEB 应用程序实

时整合。这样的系统也提高了自调节、自适应能力及强壮性。

(3) 通过封装减少复杂性：系统中任何对象、组件对外都封装成由 WSDL 描述的服务，屏蔽了业务逻辑的复杂性、开发平台的异构性、后台技术的多样性；同时能在运行时替换服务的后台实现，增加了灵活性。

(4) 可扩展性：通过使用类似的服务描述可实现服务的升级、扩展。

(5) 向下兼容性：现有的 WEB 应用程序在面向服务的体系结构相当于服务提供方的角色，因而对现有的模块接口用 WSDL 进行封装，并在 WEB 服务器与后台实现之间设置中间件，该中间件负责建立 SOAP 请求与后台实现之间的通道；最后把服务的描述在互联网上发布，就能实现向新系统的转变，有效保护已有资源。

(6) 互操作性：依靠 SOAP（简单对象存取协议），任何 Web 服务都可以与其它 Web 服务进行交互，避免了在 CORBA、DCOM 和 J2EE 等规定的相关协议之间转换的麻烦。可以使用任何语言来编写 Web 服务，开发者无需更改他们的开发环境就可生产和使用 Web 服务。

(7) 普遍性：Web 服务使用 HTTP 和 XML 进行通信。因此，任何支持这些技术的设备都可以拥有和访问 Web 服务。

(8) 低进入屏障：Web 服务背后的概念易于理解，并且来自 IBM 和微软这样的供应商的免费工具箱能够让开发者快速创建和部署 Web 服务。此外，其中的某些工具箱还可以让已有的 COM

组件和 JavaBean 方便地成为 Web 服务。

5.1.3 部署方式

椒江流域数字孪生平台系统部署在台州市政务云上，和台州市其他部门的数据共享通过台州市一体化智能化公共数据平台数据交互通道来实现，和浙江省其他部门的数据共享过浙江省一体化智能化公共数据平台数据回流到台州市一体化智能化公共数据平台后再进行数据交互通道来实现。

5.2 建设目标

充分运用云计算、大数据、人工智能、物联网、数字孪生等新一代信息技术，推进水利场景数字化、模拟精准化、决策智慧化，实现洪潮防御的智能高效、水资源调配管理的精准实时、水利工程运行安全的超前预警、水生态环境状况监控的全面覆盖，构建数字化、网络化、智能化的智慧水利体系，为水利现代化提供有力支撑和强力驱动。

在洪潮防御方面，伴随台州水文防汛 5+1 工程建设完成，雨量站实现监测密度达到 $9\text{km}^2/\text{站}$ 。水位站实现山丘区 50km^2 以上流域面积的河流 $10\text{km}/\text{站}$ ，大、中、小型水库全覆盖，城镇居民集聚区全覆盖。流量站实现全自动测流，数据实时获取。基于水文监测能力提升，气象定量降雨成果的应用，以流域为单元，进一步融合上下游水文模型、水动力模型、风暴潮模型，改变上游暴雨洪水、

下游潮位分析预报相互割裂的状况，提高了应对“利奇马”类似台风椒江流域洪、潮、暴雨双碰头、三碰头场景下的流域预报能力，改变椒江下游赶潮河段洪水预报依靠人工经验，缺乏预报手段的情况。为整个流域构建更精细化、智能化的预报模型，提高预见期和准确性。增加了椒江下游的4个关键预报断面，预报时间从原来预报24小时提高到预报至少30小时，预报期延长6小时以上，断面流量预报准确度从原来的80%提高至85%，预报准确度提升5%以上。通过三维倾斜摄影、BIM建模等，构建了防洪预报、调度、预演等可视化场景，方便了防汛决策业务推演。

在水资源调配管理方面，加强了枯水期水库水源地、河道断面的水文预报能力，构建重要水库水源地（供水端）、自来水厂（需水端）的水源供水调度场景，支撑调度实时监测、供需预报、红线预警等业务应用，增强了流域水资源动态感知能力和调配能力。

在水利工程安全方面，提升水利工程安全监测能力，基于监测数据，智能评估工程安全性。基于工程安全的前提，结合洪水预报，优化工程防洪调度。以流域为单元，开展水工程防洪联合调度，最大可能发挥水利工程的防洪减灾及水资源保障能力，做好四预推演。

在生态流量监管方面，通过接入椒江流域生态流量监测系统数据，对流域内生态流量进行监控和预警的展示，达到生态流量管控的目的。科学合理开展水利工程调度，强化流域生态流量保障能力。

计划用2年左右时间，在椒江流域主要干支流开展数字孪生流域建设先行先试，加强数字孪生、物联网、大数据、人工智能、

5G 等新一代信息技术与水利业务深度融合，按照“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”的要求，遵循“数字化场景、智慧化模拟、精准化决策”总体路径和省数字化改革有关要求，坚持整合共享、急用先建、融合创新等原则，建成具有预报、预警、预演、预案（“四预”）功能的数“智”流域治理体系，赋能洪潮防御、水资源管理与调配等，打造省内乃至全国数字孪生流域样板，总结形成可复制可推广“椒江”经验，为新阶段水利高质量发展提供有力支撑和强力驱动。

同时，在朱溪水库开展数字孪生工程建设先行先试，通过建设库区流域范围内的卫星影像、倾斜摄影、BIM 建模数据底板，升级扩展三维展示、数据融合、分析计算、动态场景等功能，以支撑“四预”功能实现和智能应用运行，提升朱溪水库水利决策与管理的科学化、精准化、高效化能力和水平。

——2022 年。完善数据底板，围绕椒江流域易涝区域，按照重点区域全覆盖、高频次、高精度数据需求，从数据感知监测与数据交互组织的角度完善流域数据底座，为模型计算提供数据支撑；完善模型平台，完善升级水文预报模型、水动力学模型、水工程调度模型等，融合机理模型、数据驱动智能模型平台，拓展提升模型算力，为构建业务应用提供算法支持；

初步实现具有基本“四预”功能的椒江智慧洪潮防御应用，为流域水利工程安全运行和优化调度提供超前、快速、精准的决策支撑。

——2023年。建设水利知识库、调度规则库、应急预案库等经验知识库与水利智能引擎，构建流域和工程知识图谱，实现基于知识图谱和防洪需求驱动的智慧调度，为构建数字孪生椒江提供“智力”支持；基本实现水资源管理调配、工程运行安全管理智能业务应用，提升数字孪生椒江建设智能化应用水平。

5.3 建设任务

5.3.1 数字孪生平台建设

5.3.1.1 数据底板建设

基于现有台州市域空间治理平台、智慧水利平台等成果，按照水利部《数字孪生流域建设技术大纲》要求，完善椒江L2级数据底板，重点建设椒江流域空间卫星遥感分辨率5m精度DEM和1m精度DOM流域L2级，采集洪水重点演进区域5cm倾斜摄影和水下地形L2数据底板；构建典型水库的BIM模型，完整体现水库设施设备的空间几何信息、物理信息等。

5.3.1.2 模型平台

完善并集成水文预报模型、水动力学模型、水工程调度模型共三大类模型，进行构件化改造、标准化封装；新建典型工程安全分析预警模型和可视化模型。

5.3.1.3 知识平台

建设知识平台。建设预报调度方案库、历史场景模式库、业务规则库、专家经验库等，为椒江水利业务智能应用的知识积累、经验提炼和分析研判等基础能力支撑。

5.3.2 专业应用

按照“精准化预报、自动化预警、可视化预演、场景化智能预案”的要求建设业务应用体系，构建一站式防洪防潮新体验，实现快速响应功能；结合生态流量管控系统和水库调度成果，建设水资源管理与调度应用；接入台州市水管平台标准化管理数据成果，开展水利工程安全运行管理的初步业务应用，通过构建典型工程安全分析预警模型及 BIM 模型，打造典型工程 BIM 业务应用场景。

建设任务包括：流域防洪业务应用、水资源管理与调配应用、水利工程运行管理应用、综合展示、大屏端应用和移动端应用。

5.3.3 业务系统集成及数据融合

业务系统集成及数据融合主要是对数字孪生永宁江闸应用系统和数字孪生朱溪水库应用系统进行集成和数据融合。

5.4 总体设计方案

5.4.1 设计原则

为保证本项目建设能够科学、高效地进行，应遵循如下具体的

原则：

（1）可靠性：系统应保证长期安全运行。系统中的软硬件及信息资源要满足可靠性设计要求，充分考虑利用台州市政务云资源；

（2）标准性：系统采用的信息分类编码和数据接口标准必须严格执行国家有关渔业和渔港管理相关标准和行业标准；

（3）开放性：系统涉及原有各系统数据库，需要提供开放的接口。要具有多平台的兼容性，系统在处理能力、数据存储容量和数据接口等方面具有良好的互操作性和扩展性，以保证今后系统能够平滑升级；

（4）成熟性：在注重先进性的同时，系统设计和开发平台应采用业界公认成熟，并具备在类似项目建设有过成功实施经验的技术和服务；

（5）安全性：系统应具有切实可行的安全保护措施。对计算机犯罪和病毒具有强有力的防范能力。保证数据传输可靠，防止数据丢失和被破坏，确保数据安全；

（6）容错性：系统应具有较高的容错能力，要有较高的抗干扰性。对各类用户的误操作要有提示和自动消除能力；

（7）可扩充性：系统的软硬件应具有扩充升级的余地，保护以往的投资，系统在设计过程尽量考虑今后的变化，编码、功能和数据库应易于扩充，以满足将来的发展需要，为以后的变化预留一定的接口；

（8）实用性：充分考虑现实需要，以及现行管理体制、管理

模式、业务流程及人员结构的现状；

(9) 高效性：从实际情况出发设计系统的结构和功能，紧密结合实际应用需要，保证系统最大限度的符合用户实际应用的要求，同时采用统一风格的界面和操作方式，使系统易学易用，操作简单。

5.4.2 总体架构

按照统一的平台和统一的用户标准进行建设。构建椒江流域数字孪生流域统一工作平台，以浙政钉和浙里九龙联动治水为用户入口，并与台州市水管理平台的用户权限进行对接。

充分融合卫星遥感、物联网、大数据、云计算、人工智能、数字孪生等技术，以“天空地水一体化”感知体系为基础，利用基础设施、数据资源和应用支撑相关资源，实现“数字孪生场景化应用、预报调度一体化模拟、四预过程智能化决策”，建设信息基础设施、数字孪生流域平台和“2+1”智能业务应用，形成椒江数字孪生流域的总体框架，见图 5.4-1。

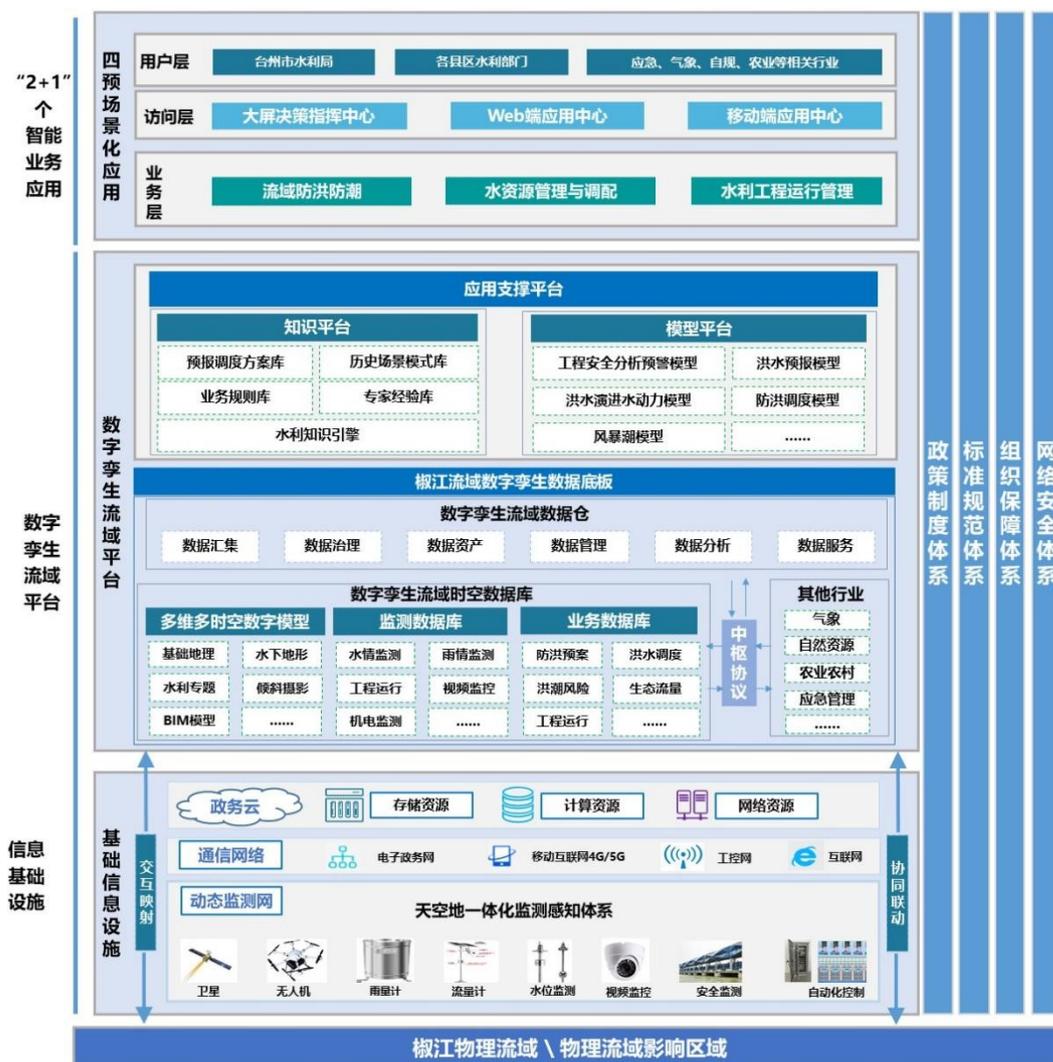


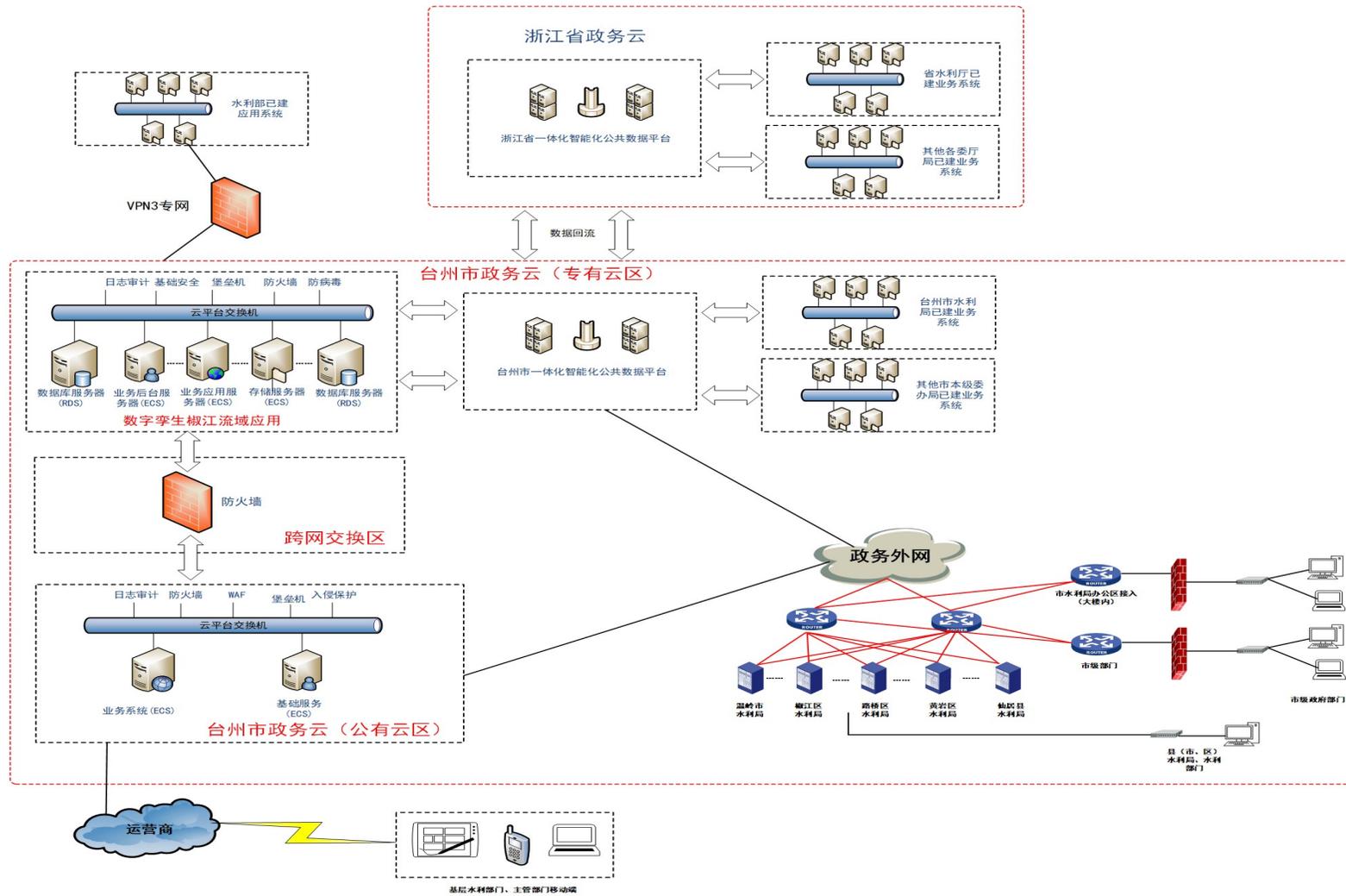
图 5.4-1 数字孪生椒江建设总体框架

系统主体架构采用 B/S 架构进行设计，满足国产化适配需求。总体架构包括基础设施体系、数据资源体系、业务支撑体系、业务应用体系等内容，以及政策制度体系、标准规范体系、组织保障体系和网络安全体系。

5.4.3 网络架构

椒江流域数字孪生平台系统部署在台州市政务云上，和台州市其他部门的数据共享通过台州市一体化智能化公共数据平台数据交

互通道来实现，和浙江省其他部门的数据共享过浙江省一体化智能化公共数据平台数据回流到台州市一体化智能化公共数据平台后再进行数据交互通道来实现。与水利部的系统通过水利专网来实现系统、数据对接。具体部署构架如下图所示：



图表 1 网络架构图

5.5 与数字化改革总体框架的关系

5.5.1 一体化智能化公共数据平台利用情况

5.5.1.1 基础设施

根据本项目的用户数量、并发规模和数据量并结合同类项目经验对本平台的计算资源和存储资源进行测算。本项目的计算资源主要申请台州市政务云资源。其中政务云公有云区需要 2 台，政务云专有云区需要 8 台。

云类型	服务器	配置要求	操作系统	数量	用途
政务云专有云区	数据库服务器	8 CPU, 32 GB, 1 TB	信创操作系统	2 台	数据库服务器
	业务后台服务器	8 CPU, 16 GB, 500B	信创操作系统	3 台	业务后台服务器
	存储服务器	8 CPU, 16 GB, 1 TB	信创操作系统	1 台	存储服务器
	GPU 服务器	CPU: 1 颗 6248R, 24 核 48 线程; 内存: 128G; 硬盘: 1T 固态+4T; 显卡: RTX3090-24G	信创操作系统	2 台	三维渲染 GPU 服务器
政务云公有云区	业务应用服务器	8CPU, 16GB, 500GB	信创操作系统	1 台	业务系统
	基础服务服务器	8CPU, 16GB, 1 TB	信创操作系统	1 台	基础服务

5.5.1.2 数据资源

本项目通过一体化智能化公共数据平台融合其他职能部门已归集的共享数据源信息。数据资源清单如下：

序号	数据资源类别	数据项	数据来源
1	基础地理	地类覆盖	一体化智能化公共数据平台
2		交通道路	
3	社会经济	人口、企业、GDP 等	一体化智能化公共数据平台
4	行政区域	行政区划	一体化智能化公共数据平台
5	气象预报	时段内的降雨预报	一体化智能化公共数据平台

5.5.2 两端建设情况

5.5.2.1 浙政钉应用

移动端应用基于浙政钉进行开发。政府端用户采用浙政钉用户体系，基于 PC 端和浙政钉应用访问系统。支持 IPV6 访问。

5.5.3 组件建设情况

1、组件利用情况：基于 IRS 提供的公共组件进行应用支撑建设，包括可信身份认证（本地化服务）、浙江政务服务网法人用户单点登录、浙江政务服务网个人用户单点登录、政务服务电子归档公共技术服务、浙政钉—组织架构和用户体系、浙政钉—消息通知

等组件。

2、组件建设情况：本项目预计不会产生组件。如产生组件将按照 IRS 组件建设规范要求建设和上架。

5.5.4 与九龙联动治水的关系

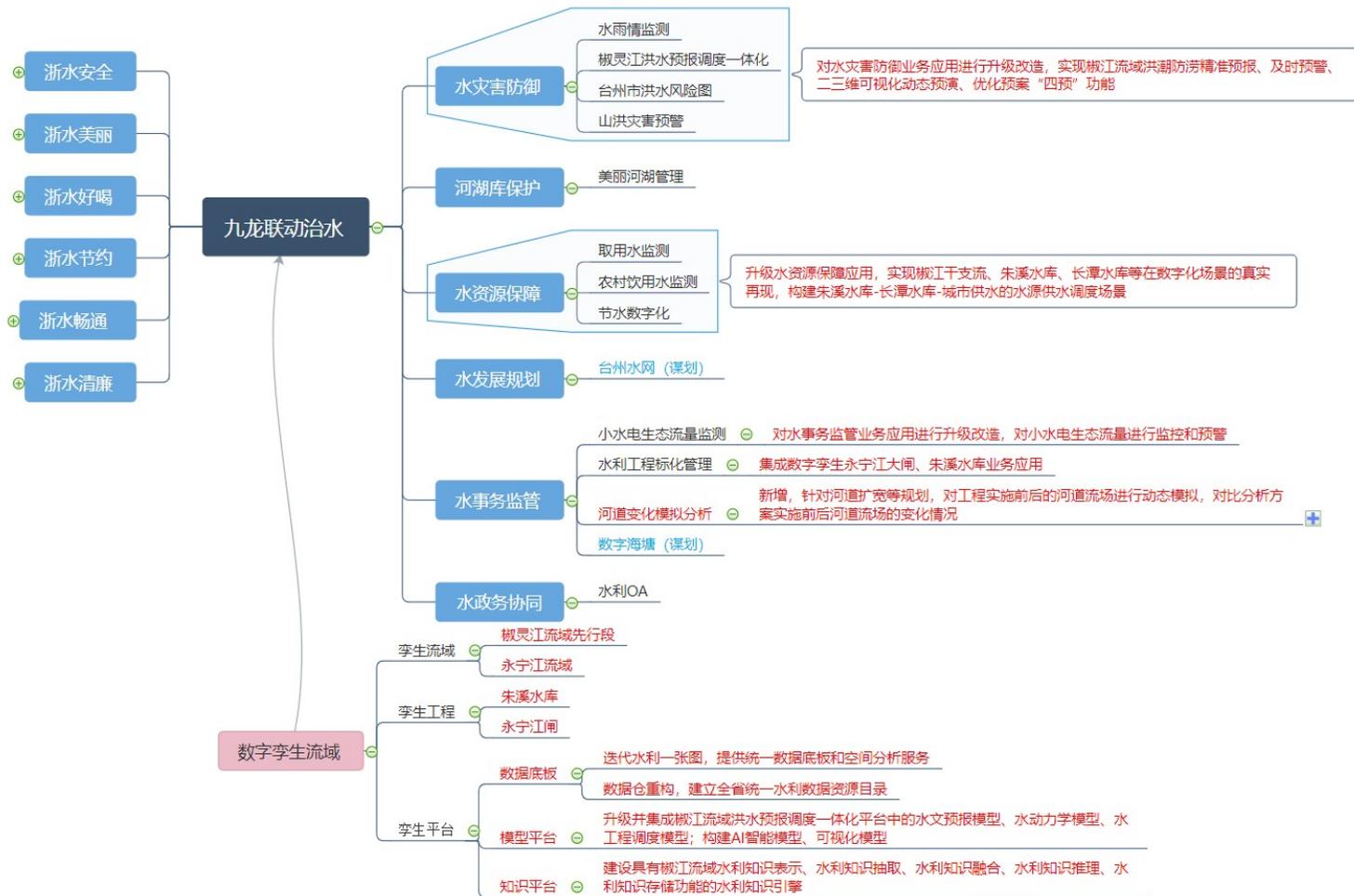
浙江省水利厅以“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”治水思路为指引，以构建浙江水网为基础，以河湖长制为抓手，以数字化改革中全面推动浙水安澜总目标，建设了浙里九龙联动治水应用。该应用用户范围面向全省水利部门，目前已整合吸收“河湖管护”“饮水安全”、“洪涝防治”、“引水调水”、“污水防治”、“节水用水”等应用。

台州市水管理平台为九龙联动治水的应用平台，“数字孪生流域”作为九龙联动治水的重要组成部分，主要用于构建数字孪生数据底板，本项目业务应用基于台州市水管理平台打造。

5.5.5 与预报调度系统的关系

		预报调度系统	数字孪生系统
一、数据底板			
1	分辨率	低，为统计区域内水位容积关系用，及大尺度二维模型实用	高，即用于统计水位容积关系，又做高时空分辨率二维模型及风险模型的基础信息
2	要素属性	不关联	关联
3	社会要素	不考虑	考虑：高分辨率二维模型，在挂接受淹区地物社会属性的情况下，模拟社会要素的洪水风险
二、模型平台			

1	分辨率	低，区域要素 200*200 网格	高，区域要素模型网格小于 20m
2	预报要素	水文断面（点）	水文断面（点）+区域要素 （面）
3	风险要素	不考虑	各类受淹要素风险模拟
4	数据更新	相对静态，线下更新。断面或二维区域均为定期或按需更新	动态、实时调整。如破堤、溃口需在线上实时更新
5	预报成果	水文部门确定的点要素的水位流量过程	点要素水位流量过程+面要素动态淹水范围+受淹区社会对象的风险等级



数字孪生椒江建设与九龙联动治水的关系

5.6 应用系统建设方案

5.6.1 数字孪生平台

5.6.1.1 数据底板

5.6.1.1.1 数据资源

本项目的实施总体上采用卫星遥感数据后处理以及倾斜摄影、激光雷达扫描相结合的方式，利用倾斜摄影数据建立重点区域实景三维模型，利用机载激光雷达数据生产水上数字高程模型测绘产品，利用 GNSS RTK+单波束无人船测量方式和人工方式进行河道横断面测量。

5.6.1.1.1.1 流域遥感影像数据（DOM）

（1）采集范围及精度

在浙江省水利厅建设的浙江省水利一张图 L2 级数据底板的基础上，补充椒江流域 6603km² 范围内的空间卫星遥感分辨率 5m 精度的影像数据，增加优于 1m 精度的 DOM 影像数据，构建流域基础数据底板。

（2）工作内容

1) 影像融合

国产遥感卫星高分系列、资源系列同一传感器获取的全色和多

光谱数据配准精度低，需要分别正射纠正后融合，部分国外商业卫星同一传感器全色和多光谱数据配准精度高，可以先融合后正射纠正。影像融合按下列作业方法进行：

1. 在不破坏原有色调层次的基础上分别对全色影像和多光谱影像进行去模糊、去云雾等增强预处理；
2. 根据影像的灰度动态范围确定融合算法进行融合；
3. 融合后的影像应能反映细部特征，纹理清晰，色彩明亮；
4. 融合方法：NNDiffusePanSharpening 算法融合结果在色彩方面与多光谱基本保持一致，融合结果的纹理信息也保持的很好。



融合前后影像对比

2) 正射纠正

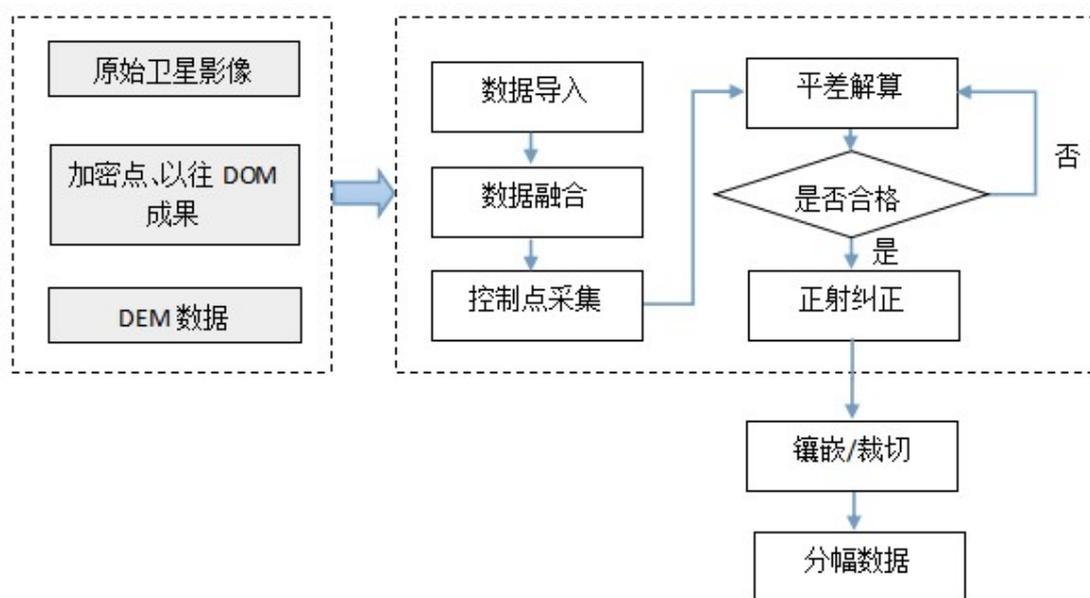
利用基础控制资料和数字高程模型，通过使用有理函数模型（RPC 模型）对融合后的影像进行投影差改正和地理编码。

单景纠正：采用有理函数模型，基于控制点资料和立体像对采集获得的 DEM 数据对遥感影像进行正射纠正。

1. 纠正模型：有理函数模型。
2. 控制点选取：准确判读、转刺控制点。

3. 重采样：采样间隔为原始影像的像元大小，方法采用双线性内插或三次卷积内插法。
4. 当一景影像跨两个投影带时，须进行跨带处理，将控制点转换到任意投影带中，对跨带影像在不同投影带分别进行正射纠正。并通过重投影转换检查其纠正精度。
5. 以参考资料作为检查基础，检查工作区 DOM 成果的纠正精度，如果正射纠正精度超限，查明超限原因，并进行必要的返工，直至满足要求为止。

工作区纠正：若工作区内的数据可以涉及多景影像时，可进行区域网平差，应用物理模型或有理函数模型进行整体纠正，下图为区域网平差处理流程。



区域网平差纠正流程

1. 纠正模型：严格物理模型或有理函数模型。
2. 控制点选取：将控制点准确转刺到影像上，并根据分布情况进行取舍。

3. 连接点选取：在相邻景重叠区域内，选取不少于 3 个同名像点作为连接点，景与景之间重叠较大时要选双排点。连接点中误差控制在 2 个像素以内。
4. 精度检查：对控制点和连接点超过限差的要进行检查、剔除，发现误差超限的点位，应先通过设置其为检查点方式重新解算，如解算通过，则通过平差解算；如果纠正精度超限，查找超限原因，则应考虑在误差较大的点位附近换点或增补点加以解决,并进行必要的返工，直至满足要求为止。

3) 影像增强

去薄雾处理：降低多光谱影像和全色影像因薄雾造成的模糊程度。

对比度/色彩饱和度调整：采用滤波和直方图拉伸的方法，对影像的对比度和色彩饱和度进行调整。

匀光处理：采用直方图均衡化和直方图匹配方法，用非线性对比拉伸重新分配像元值，使一幅图像的直方图与参照图像的直方图相匹配，达到分景或分幅图像的色彩均衡。

锐化处理：在不影响图像专题信息的前提下，增强整个图像的清晰度。



影像色彩调整

4) 影像镶嵌

通过镶嵌线对融合后的 DOM 影像进行镶嵌处理，并对镶嵌后的影像进行检查。

镶嵌前检查：镶嵌前精度检查主要是通过影像叠加显示、量测、目视观察等方法进行。具体要求及方法如下：

a. 相邻景的同一线性地物是否保持连续，如接边误差不超限，出现线性地物连接错位现象时，应进行局部纠正；接边超限时应查明原因，并进行必要的返工。

b. 时相相同或相近的镶嵌影像纹理、色彩应自然过渡；时相差距较大、地物特征差异明显的镶嵌影像，允许存在光谱差异，但同一地块内光谱特征应尽量一致

镶嵌原则：根据工作区影像成果情况，保证在重叠区域合理使用各种影像资料：

- a. 前期制作成果优先于后期制作成果；
- b. 高分辨率成果优先于低分辨率成果；

c. 同期成果影像质量好的成果优先于质量相对差的成果（影像质量包括光谱信息、噪声、斑点、饱和度、云雪覆盖等方面）。

镶嵌线选择：镶嵌线应尽量选取线状地物或地块边界等明显分界线，以便使镶嵌图像中的拼缝尽可能地消除，使不同时相影像镶嵌时保证同一地块内纹理、色彩自然过渡,有利于判读。

5) 影像分幅

按 GB/T13989-2012 国家基本比例尺地形图分幅和编号，对镶嵌后 DOM 进行分幅裁切，裁切范围为分幅边界外扩 1 公里，未满幅的区域保持 NoData。

6) 质量检查

质量检查主要内容见下表。

质量检查主要内容

正射影像数据		
基本要求	文件名称 数据格式	文件名命名格式与名称的正确性； 数据格式、数据组织是否符合规定；
数学精度	数学基础 平面精度	空间定位参考系是否正确； 影像文件的定位点、栅格坐标与地理定位坐标等是否正确；

正射影像数据		
影像质量	反差 灰度 色彩 清晰度 分辨率 外观质量	影像分辨率的正确性； 影像色调是否均匀、反差是否适中； 影像的接边重叠带是否模糊； 影像模型边缘灰度是否平滑过渡； 模型接边和图幅接边是否存在裂缝或重叠； 影像是否存在图像处理所留下的如斑点、划痕、折裂、黄迹等缺陷； 彩色影像色彩的真实性，影像是否清晰。
附件质量	文档资料 元数据	文档簿各项内容填写的齐全、正确性； 元数据文件内容的正确、完整性。

5.6.1.1.1.2 流域数字高程数据（DEM）

（1）采集范围和精度

补充椒江流域 6603km² 范围内 5m × 5m 格网的地形数据（DEM），构建流域基础数据底板。

（2）工作内容

1) 卫星数据源检查

原始卫星影像的质量情况，将直接影响 DEM 成果的精度及数据生产的工作量，所以需提前对原始卫星影像进行质量检查。

① 检查内容

范围内是否有云、雪、雾覆盖的情况；

范围内的影像是否有坏线、溢出等问题；

对于存在上述两种问题的数据，需要寻求替换数据。

② 检查方法

用 LPS、ARCGIS 等软件对原始影像进行粗纠正，使其能与作业区范围套合；

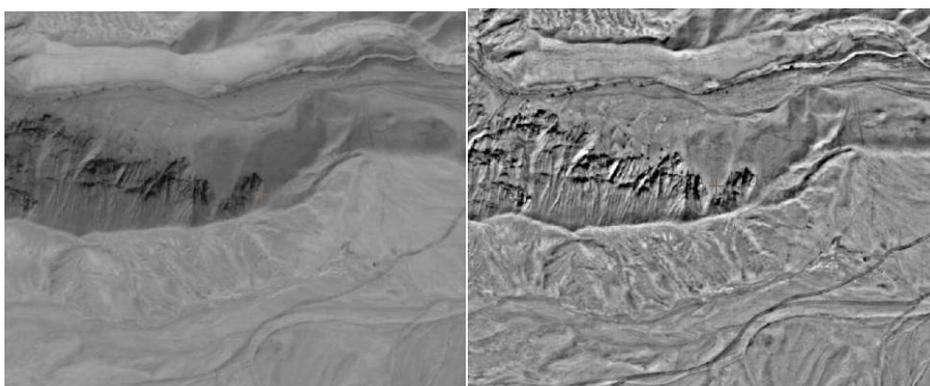
用矢量 SHP 文件将有云、雪、雾的区域圈出，并在属性表中添加“备注”字段，对标记进行描述，包括对应的数据景号、问题描述等。

2) 控制资料检查

对所提供控制点位置的合理性、坐标的正确性进行检查。如控制点不能满足内业生产要求，则需进行外业补测或重测。

3) 数据预处理

为了提高软件在同名特征的匹配精度，需要对原始卫星影像进行增强处理。主要是对全色影像的明暗度、对比度、均匀度等进行调整处理，一方面提高地物的亮度，另一方面增加地物的对比度，使地物边界更清晰。



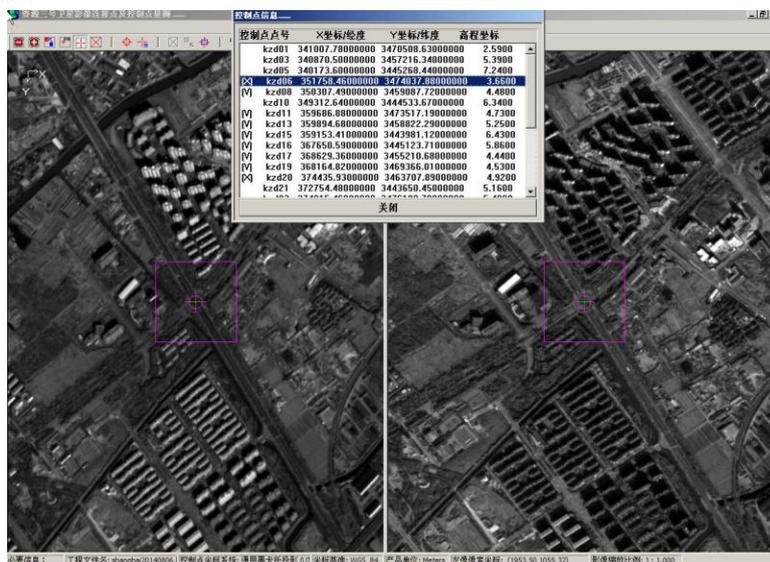
预处理前影像/预处理后影像

4) 像点量测

① 像点量测

像点量测一是将控制点转刺到工程的立体模型的相应位置上，另外是要在相邻接像对间量测连接点。

像控点量测，是依据控制点的相关信息，将对应的点位准确转刺到立体像对相应位置的过程。一般的摄影测量或平差软件均提供了粗定位的功能，可先通过该功能初步找到控制点的大致范围，再在范围范围内部准确量测控制点位置，具体如下图所示：



像控点量测界面

控制点量测要求：

需尽可能准确地量测控制点位，要求左右片及多度重叠的像对同名点位位置一致，并可通过立体观测的方式进行微调；

对于在立体上无法准确判读位置的控制点，可作为连接点保留，暂不做控制点使用；

尽量保留立体模型连接处的控制点使用，使其即可作控制点也可作连接点使用；

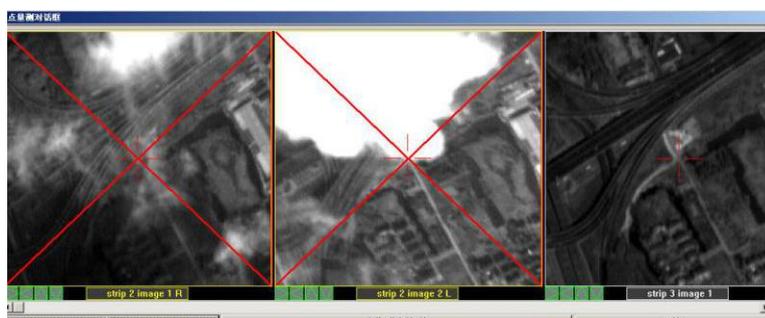
控制点选取时需成对出现，对于只在一张影像上显示的控制点

或不成对出现的控制点，需要进行控制点的删除处理；



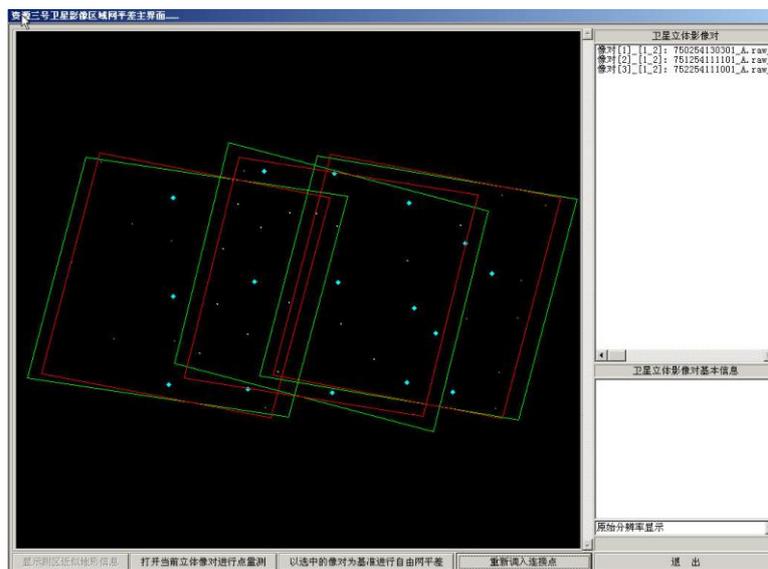
无用像控点处理

对于被云雾覆盖而无法判断准确点位的控制点，需要剔除；



无用像控点处理

连接点量测，在模型间量测一定数量的连接点，可以在一定程度上减小像点坐标的偶然误差。可以连接点量测可采用两种方法，一是手动量测，另外一种是采用软件自动生成。



连接点量测

5) 平差解算

平差解算主要是指利用量测的 GPS 控制点及连接点，进行区域网平差。区域网平差主要有三种方法：（1）航带法；（2）独立模型法；（3）光束法。

航带法：以航带模型为基本平差单元，根据控制点的坐标与内业坐标相等，连接点的内业坐标相等，按照非线性改正公式列出误差方程，在整个区域内进行统一平差，解出各航带的非线性改正系数，计算出加密点地面坐标。

独立模型法：以各自建立的单模型为基本平差单元，根据控制点的坐标与内业坐标相等，连接点的内业坐标相等，按照三维空间相似变换列出误差方程，在整个区域内进行统一平差，解出各模型的绝对定向参数，并计算出加密点地面坐标。

光束法：以每个光束（像片）作为基本平差单元，根据控制点的坐标与内业坐标相等、加密点的内业坐标相等，按照共线条件方程列出误差方程，在全区域内统一进行平差处理，解算出每张像片的外方位元素，然后按多片前方交会计算出加密点地面坐标。

对于卫星影像一般采用 RPC 模型+光束法区域网平差方法。有理多项式模型代替相机模型，用以拟合内外方位元素，这个多项式的系数就是 RPC(Rational Polynomial Coefficient)，不同的 RPC 用来拟合不同的瞬时像机姿态。RPC 随影像而不同。

平差结果注意事项：平差结果满足项目规定的误差要求，既平

差结果中误差小于 2 个像素以内，最大误差为中误差的 2 位。若中误差超限或个别点位误差超过最大误差要求，需对该控制点检查，直至满足要求为止；控制点分布合理，有足够的连接点。如果无法解算或解算结果全部为 0，可能时控制点数量不足或某一航带的原始数据有问题。

6) 影像匹配与编辑

影像匹配是对平差后的立体像对进行影像匹配并最终生产工作区内 DEM 成果的过程。其工作主要由核线生成、匹配种子点线量测、影像匹配及立体编辑几部分组成。

7) 近似核线生成

根据平差定向结果解算，生成近似核线影像。

8) 匹配种子点线量测

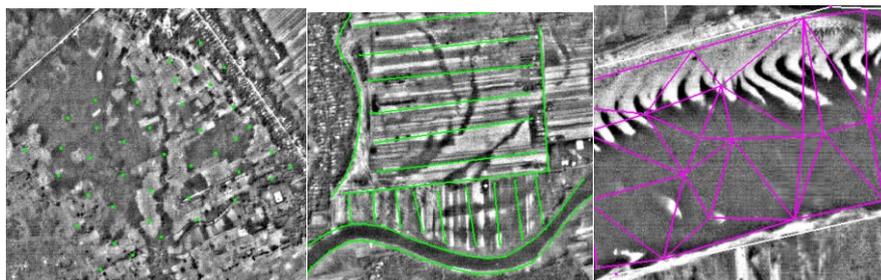
通过匹配种子点线量测模块，检查模型是否存在视差，如果出现视差，需要查明原因，修改点位、添加连接点并重新定向。

视差检查及处理：打开匹配种子点量测工具，在影像的四角处滑动鼠标的滚轮调整高程，如果无论怎么调十字丝都不能切准地面，则说明影像存在视差。

对存在视差的立体像对的控制点及连接点逐一检查，确保点位量测准确，同时在有视差的区域可适当增加连接点的数量，一般可对视差问题改善明显。

匹配种子点线量测：生成近似核线影像后可进行匹配种子点线量测操作，通过检查、添加、删除种子点、线，以得到更好的匹配

效果。



(a) 量测点 (b) 量测线 (c) 量测三角网

匹配种子点线量测

需要重点处理的区域:

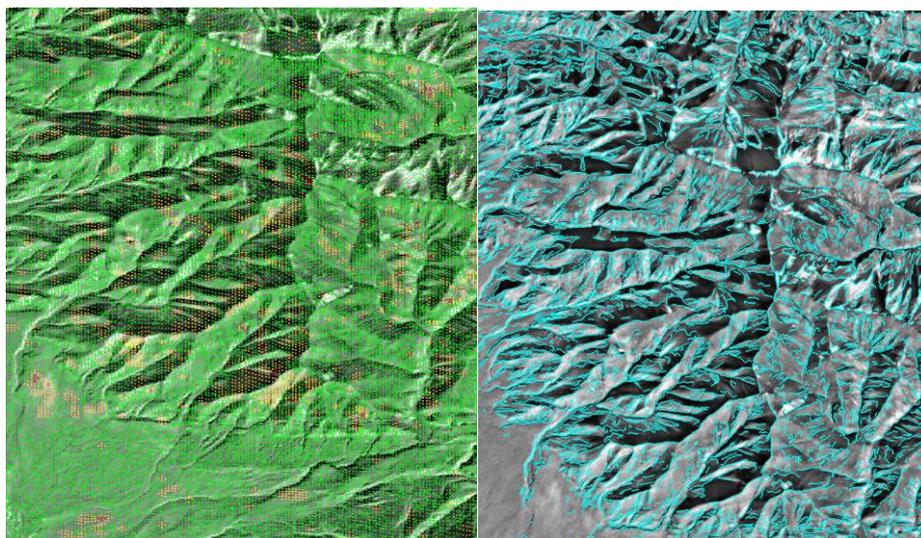
较大的湖池或较宽的河流等大面积的无纹理区域，在面内加点，以构成三角网；

有云遮挡的地方，需要增加特征线表示整体山形，总体山形表示出来即可；

陡峭的山地需要在山脊及山沟的地方加线。

9) 高精度匹配及编辑

高精度匹配：基于多影像(多目视觉)，多匹配特征的高精度影像匹配算法，可以高效可靠地获取大范围成像区域的高精度地形信息。



(a) 特征点 (b) 特征线

特征点与特征线

DEM 编辑：受到卫星数据、实地地形地貌等因素的影响，仍然存在一部分 DEM 匹配精度不高或错误的情况，这部分的 DEM 就需要进行人工立体编辑。

10) DEM 分幅

按照 GB/T13989 分幅标准及编号对 DEM 成果进行分幅裁切，标准分幅内图廓外接矩形外扩 100 像素范围裁切标准分幅影像，图幅内数据保证完整。

11) 质量检查

DEM 质量检查包括了数据的正确性、完整性、一致性、数学基础、拓扑关系、位置精度、属性精度、接边精度等内容的检查。具体如下：

① DEM 数据检查

- 检查 DEM 数据文件是否缺少，名称是否正确、数据能否打开。
- 检查数学基础是否正确，包括平面坐标系、高程基准、投影

及参数等，数据的有效值范围等是否正确。

- DEM 粗差检查。检查因矢量数据高程值错误而产生的 DEM 错误，包括等高线、高程点、面状水体、添加的特征点或特征线的错误，特别是大于 3 倍等高距以上的粗差。另外，软件内插产生的错误，如少数象元为空值或错误值等。
- DEM 与矢量数据一致性检查。DEM 是否与矢量数据的高程严格相关，如果修改了矢量数据，DEM 也必须相应修改。同时检查 DEM 内插的方法和参数是否合理，可以保证 DEM 与矢量数据的高程严格相关。
- DEM 接边检查。DEM 的有效值范围是否相接或重叠，有无漏洞。重叠部分 DEM 的高程误差是否在规定的限差范围内。

元数据检查

- 检查元数据文件是否缺少，名称是否正确、数据能否打开。
- 检查所有数据项的定义是否正确、有无遗漏或多余，顺序是否正确。

检查所有元数据项的值是否正确，特别是图号、图幅的经纬度范围、坐标系及坐标值、高程基准等重点项。

5.6.1.1.1.3 易涝区域倾斜摄影数据

(1) 采集范围及精度

临海古城，由于地势较低，在台风暴雨等工况下，历史上曾经发生过河道水位倒灌进古城的情形，当河道水位倒灌后，对古城造

成的淹没时序、淹没后果，缺乏相应的计算分析模型和可视化模拟模型，无法为决策者提供参考。

由于临海古城经济较为发达，城区内学校、医院等重点保护对象多，对模型预报精度要求高，而模型计算精度受限于地形数据的精细程度，临海古城缺乏高精度地形数据，现有地形数据无法支撑业务需求。

本次选取试点流域内临海古城如下易涝区域范围约 20km²，采集构建水动力演进模型必须的 5cm 分辨率的航空倾斜摄影数据。

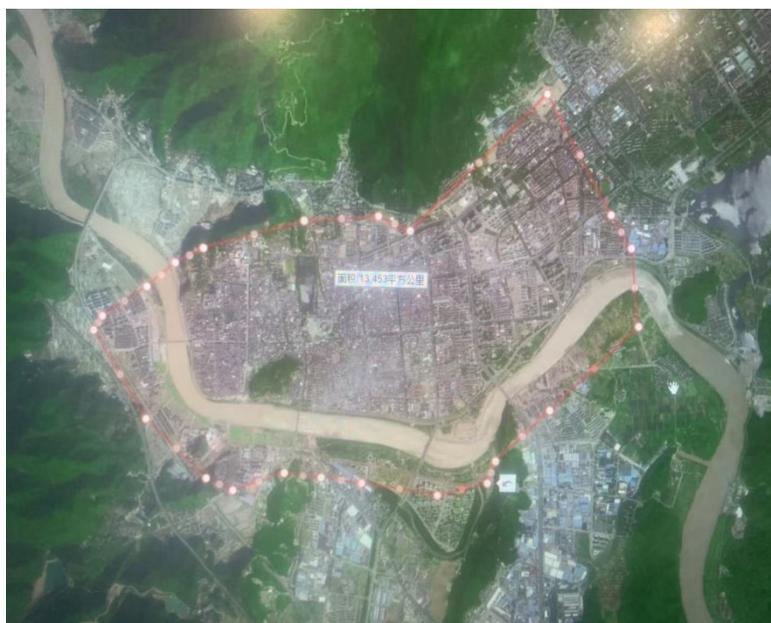
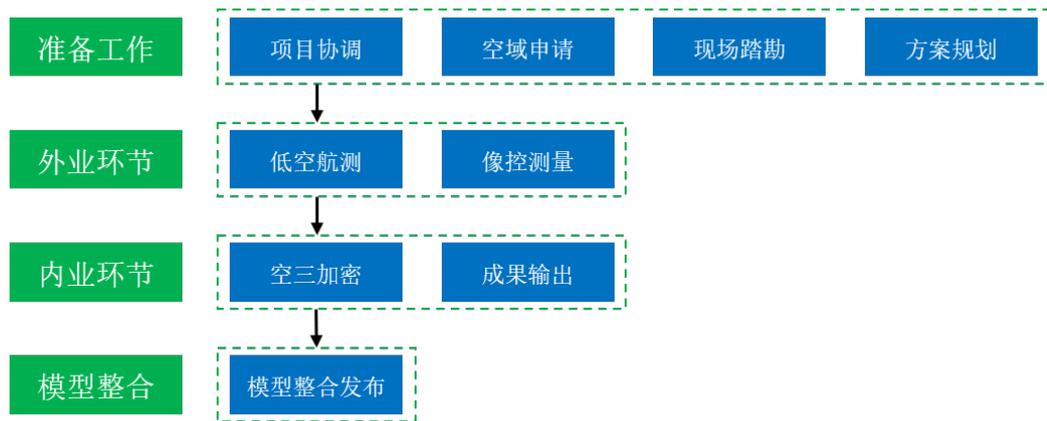


图 5.6-1 倾斜摄影范围示意图

(2) 工作内容

倾斜摄影三维模型总体技术方案主要为准备工作、外业和内业工作，其对应的实施流程，具体包括：技术方案制定、控制测量、航空摄影、空三加密、实景三维制作、模型修饰、质量检查、模型整合、模型发布等工序。



1) 数据采集

起降点选择：根据摄区地形分布特点、航摄设备对环境条件的要求，选择无人机起降点与备用起降点。

飞行平台及航摄仪选择：根据椒江重点河段和周边地形特点及空域管理的要求，采用固定翼或旋翼无人机分别搭载五镜头倾斜航摄仪及机载激光雷达进行数据采集。

航摄分区划分：根据空域协调情况、相关文件“技术指标”的规定，将本测区按平原和丘陵划分为多个摄区。

航摄范围覆盖：为保证倾斜模型的完整性，在倾斜数据与激光点云获取中，在测区边界范围外扩一个相对航高，以保证影像均覆盖全测区范围；在获取点云区域，确保点云数据覆盖边界完整。

航线设计：根据倾斜摄影测量的特殊性，以及地形条件和专业测绘的特定要求敷设航线。

按事先规划好的航线进行数据采集，并对数据进行预处理。包括如下内容：

①航空摄影团队就位。航摄团队主要由项目负责人和各小组组成，各小组在航摄作业前确保人员就位、职责明确，确保航摄作业

顺利进行。

②空域协调：在取得空域审批后，密切关注测区天气情况，在有适合航摄天气时。飞行组应当于飞行前一日 15:00 时前，向所在机场或者起降场地的飞行管制部门提出飞行计划申请，并在起飞前 1 小时、30 分钟、10 分钟几个时间节点与管制部门确认空域情况。在飞行过程也要于管制部门实时保持沟通，确保飞行安全。

③气象准备。针对本项目测区天气变化特点，特在航摄组中设立气象预报员，负责气象预报工作，保障航摄作业的天气条件。

④气象预报员保持与本地气象局、民航气象预报台等单位的密切合作，特别要发挥兼职气象员的作用，每天按时提供当天的云层和雨量信息，供现场指挥负责人及早判断当天是否有作业的机会。

⑤起飞前须校准气压高度计、GNSS 大地高、地形图海拔高程三者之间差异，确保飞行实时高度控制与设计航高不出现较大系统性偏差；

⑥技术人员在航摄过程中时刻关注航摄仪状态，及时与地相关人员沟通；

⑦影像匀光匀色处理，使用专门软件，对数字图像进行图像处理，通过处理，消除成像条件（天气条件、光照条件、硬件条件等）对数字影像的各类影响；

⑧影像清晰、层次丰富、反差适中、色调均匀，相同地物的色调基本一致，同一张像片应色彩均匀，相邻航带之间色彩过渡自然。

⑨摄影应避免阴云、浓阴影与烟雾。在任何像片的主要点，或

者在其相邻照片上的对应位置上都不应该有阴云、大团云阴影与烟雾，不得有任何单块云、密云阴影或烟雾使地物变得模糊的面积超过像片的 3%。整个航摄过程中实时地进行航摄像片的质量检查，对于不符合要求的产品进行补摄或重摄，确保最后送到用户手中的是高质量的航摄资料。每架次飞行结束后及时填写航摄飞行记录表。

2) 数据处理

倾斜摄影模型以所见即所得的方式真实反映建模区域原貌，所有地形、地物形状都是真实的。

数据采集后对边缘数据进行剔除，减小模型生产复杂度。对被降雨、雾、霾及移动物体污染的数据进行清洗，限制数据污染的影响范围。模型生产前对数据统一正畸，矫正拍摄中造成的图像畸变，尤其是图像边缘的弯曲。

3) 文件命名

纹理贴图文件要与模型名称相结合，采用“模型名称+编号”的形式进行统一编码。

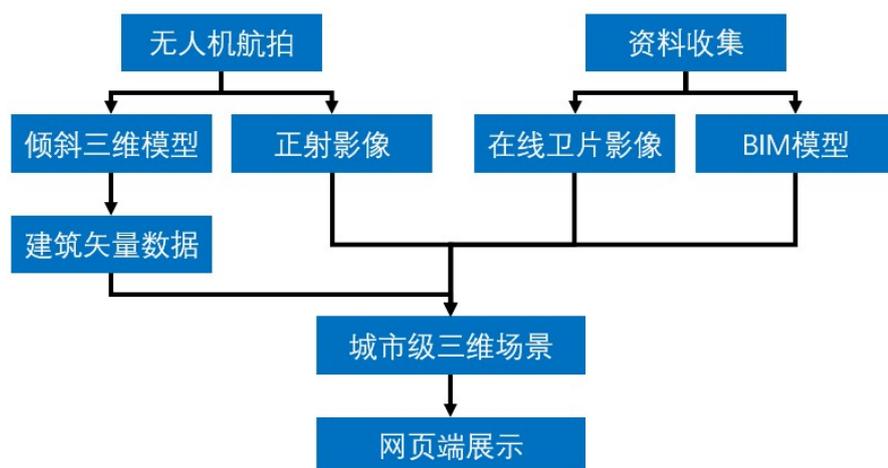
4) LOD 分级

对倾斜摄影模型进行 LOD 分级，在不影响对应屏幕投影像素下级别的模型画面视觉效果的前提下，通过逐次简化模型的细节与贴图的尺寸来减少模型的几何复杂性和贴图大小，从而提效率。设置建模区域内每组 Tile 的范围以及每组 Tile 的精度，利用倾斜摄影自动建模软件，以及分布式集群的计算能力，将各组数据进行压缩，最大程度的保留原始数据的精度，同时减少后续渲染工作的负

载。

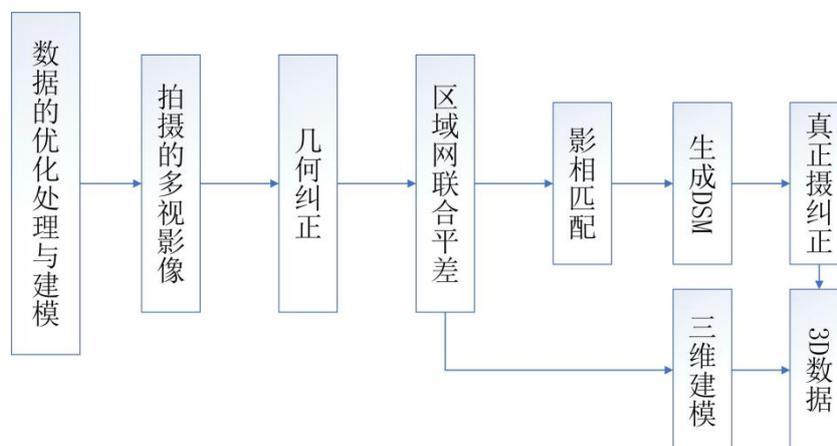
5) 模型获取流程

三维实景模型通过采用低空无人机倾斜摄影测量技术获取高清影像数据，利用全自动实景建模软件生成高分辨率倾斜摄影三维模型，通过动态单体化技术完成标准性建筑物单体化处理，再利用专业软件完成模型整合和网络轻量发布，实现多层次模型在线的快速渲染和展示，展现建模区域的现状地理风貌。为保证生产的模型具有真实的空间三维坐标信息，与现有倾斜摄影实景三维模型在坐标系 CGCS2000 下整合。



倾斜影像测量的原理是通过具有一定倾角的倾斜航摄相机获取的，具有如下的特点：(1)可以获取多个视点和视角的影像，从而得到更为详尽的侧面信息，能够反映地物真实的情况，并能够对地物进行量测；(2)具有较高的分辨率和较大的视场角；(3)同一地物具有多重分辨率的影像；(4)倾斜影像地物遮挡现象较突出；(5)高性价比和高效率。针对这些特点，倾斜摄影测量技术通常包括影像预处理、区域网联合平差、多视影像匹配、90DSM生成、真正射

纠正、三维建模等关键内容。倾斜摄影测量的关键技术有：(1) 多视影像联合平差(2) 多视影像密集匹配(3) 数字表面模型生成和正射影像纠正。



6) 倾斜数据交付标准

《倾斜模型交付标准》主要针对以下内容进行约束与规范：

质量检查要求内容：包括影像重叠度、影像倾斜角、影像旋偏角、航线弯曲度、行高保持、摄区覆盖保证、影像质量。

交付要求内容：影像编号、影像存储、成果内容、垂直影像和倾斜影像、垂直浏览影像、航摄像片中心点坐标数据，IMU/GNSS相关数据。

文档资料内容：倾斜航空摄影技术设计书、飞行记录、倾斜数字航摄仪技术参数检定报告、航摄批文、航线与像片结合图、摄区范围完成情况图、航摄成果资料移交书。

5.6.1.1.1.4 重点区域水上数字高程数据

为精细化推演椒江干流洪水演进情况，提高洪水预测预报模型

计算精度，采集椒江下游（三江村~椒江入海口，始丰溪汇合断面以下）约 70km 长度河道的水上地形高程，往河道 2 侧各延伸 1.5km，共计约 210 km²。采集精度为 2m 网格间距。

DEM 的工作内容同 5.6.1.1.1.2 节。

5.6.1.1.1.5 水下地形断面

（1）采集范围和精度

为精细化推演椒江干流洪水演进情况，提高洪水预测预报模型计算精度，采用无人船+单波束采集重点断面水下地形，采样间距 1000m，约 70 个断面。

（2）工作内容

河道横断面布设尽量避开死水区、回水区、排污口，设置在干支流、顺直河道、河床稳定、水流平稳、水面宽阔、无浅滩的河段；尽量利用现有的水文测验断面、水尺断面，以便利用水文资料；重要城镇、工矿企业部位、坝址、桥址、码头、洪水漫溢点等部位按需要进行加密。

河道横断面依照布设原则在已测带状地形图上进行初步设计，现场采用人工加 GNSS-RTK、无人测深船相结合的方式来测量断面变化点的三维坐标值，通过处理断面数据，绘制出断面图。时值夏季丰水期，椒江水量增大，断面测绘时必须保证人员和设备的安全。岸上和浅水区可采用人工方式测量，深水区 and 流速流量大的河段，采用无人船方式测量，无人船也无法工作的河段，也可考虑快

艇或其他测量方式。

1) 横断面布设

重点河段横断面，布设间距一般选择 0.5 ~ 5km 之间，此工程采用 1km 间隔，部分河段按要求进行加密；测量比例尺为 1:200，断面原则上和河道呈正交状态。大部分横断面从本次岸上 DEM 获得，水下横断面为实测成果（1:200 精度）。

重点河段特殊区域的横断面，每隔 500m 布设一处断面，测量比例尺为 1: 200。断面原则上和河道呈正交状态。

河道横断面长度不小于地形图绘制宽度，岸上部分断面点间距小于 5m，水下部分断面点间距小于 4m；断面点平面位置中误差岸上不大于 $\pm 0.5\text{m}$ ，水下不大于 $\pm 0.75\text{m}$ ；断面点高程中误差不大于 $\pm 0.33\text{m}$ 。

2) 横断面测量及成图

①横断面测量

测量过程中，遇河道明显拐弯、宽窄突变、比降明显变化及已建、在建工程或规划设计水利工程起始、末端等位置，适当加测断面。遇河道较窄位置，按照正常测量比例尺要求，测点难以反映现场地形特征，根据现场情况适当增加测点密度。

横断面测量采用 GNSS-RTK、单波束无人船相结合的测量方式进行外业数据的采集，断面测点密度能反应地形的变化，对于地形及地物属性无变化处，两点最大间距不超过地形图上 3cm。

横断面水下测量采用 GNSS-RTK 和单波束测深仪相结合的方

式进行水下断面点的测量。断面点的采集要能正确反映水下地形的变化，每条断面水下地形点不能少于4~5点，河道较宽时，按照地形变化增加水下点的测量。作业前在水深较浅的地方对测深仪和探杆所测量的水深加以比较验证。

② 横断面成图

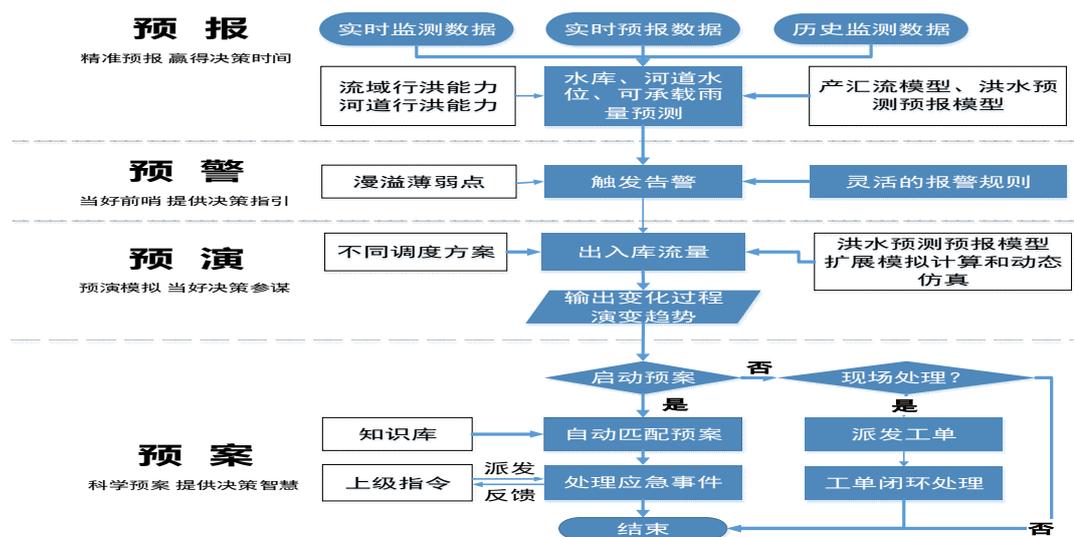
横断面的命名方式为“K+河道里程”，编号沿河流流向从上游往下游以河道里程递增编号。

将野外数据采集的数据，展绘到已测的地形图上，利用断面采集软件进行断面数据生成，并绘制断面图。绘制河道断面图时符合下列要求：

a.根据横断面的长度和比高，合理选择制图比例尺。

b.一张图上绘制多条断面时，按里程的先后顺序，由左至右，由上往下排列。

生成的断面图如下。



3) 河道断面测量精度

横断面点测量精度要符合《水利水电工程测量规范》（SL 197-2013）3.0.5 条 4 款、5 款中地形点的相关规定。

使用 GNSS-RTK 和单波束无人船相结合的方法测量横断面，对施测的数据要 100%的内业检查和抽取 10%的数据进行外业检查，检查点要分布均匀，能够真实的反映断面的测量精度。

5.6.1.1.1.6 永宁江等数据底板接入与融合

永宁江、朱溪水库数据底板由黄岩区水利局、朱溪水库自行采集，本项目需要接入永宁江大闸和朱溪水库 BIM 模型、朱溪水库倾斜摄影数据等可视化模型。

可视化模型包括构建水利工程周边自然背景（如不同季节白天黑夜、不同量级风雨雪雾、日照变化、光影、水体等背景）可视化渲染模型，工程上下游流场动态可视化拟态模型（如库尾、坝前、坝下、溢洪道等重点区域），水利机电设备操控运行模型（如发电机组开启、关闭、停机状态），水利工程监测与安全运行模型等，能够基于真实数据，实现对枢纽、库区、厂区的真实可视化仿真模拟。

根据 GB/T 51301 建筑信息模型设计交付标准（2019-06-01 发布实施），建筑信息模型包含的最小模型单元应有模型精细度等级衡量，模型精细度基本等级划分应符合下表的规定。

表 5.6-1 水电工程信息模型精细度等级划分表

等级	简称	所包含的最小单元模型	应用场景
1.0级模型精细度	LOD1.0	项目级模型单元	/
2.0级模型精细度	LOD2.0	功能级模型单元	全要素场景展示，调度大场景仿真模拟，设备资产管理，一般设备状态管理，大坝安全监测管理，应急指挥可视化等
3.0级模型精细度	LOD3.0	构件级模型单元	
4.0级模型精细度	LOD4.0	零部件级模型单元	核心发供电设备检修模拟仿真，运行模拟仿真，重要发供电设备状态管理等

典型水库 BIM 模型按照 T/CWHIDA 0007—2020 编码体系构建并进行编码。对于大坝、溢洪道等，构建功能级模型单元（≥

LOD2.0)，集成坐标定位、占位尺寸及材质等属性信息，完整体现工程建筑物结构的几何信息、物理信息等。对于闸门、发电机、水轮机等主要机电设备，构建构件级模型单元（ \geq LOD3.0），并集成设备编码、机电设备状态监测、安全监测数据等信息及功能级模型单元属性信息，完整体现工程重点部位实时运行工况与状态，支撑 BIM 数据与物理工程的同步性、孪生性。

表 5.6-2 BIM 模型构建范围与精度

建模对象	建模要求	建模精度
大坝	按部位建模	LOD3.0
泄水建筑物	按部位建模	LOD3.0
发电引水建筑物	按部位建模	LOD3.0
灌溉渠道	按部位建模	LOD3.0
厂房建筑物	按部位建模	LOD3.0
监测点位	按仪器建模	LOD3.0
视频监控点位	按点位建模	LOD3.0
水轮机组及相关机电设备	零部件可拆卸、虚拟检修，构件级全生命周期信息展示	LOD4.0
闸门及启闭设备	开度动画展示、构建级全生命周期信息展示	LOD4.0

BIM 属性信息应满足《水利水电工程设计信息模型交付标准》（T/CWHIDA 0006-2019），具体要求如下：

①模型单元应以几何信息和属性信息描述工程对象的设计信息，可使用二维图形、文字、文档、多媒体等补充和增强表达设计信息；

②当模型单元的几何信息与属性信息细度不一致时，应优先采信属性信息；

③应选取适宜的信息深度体现模型单元属性信息；

④属性宜包括中文字段名称、编码、数据类型、数据格式、计量单位、值域、约束条件。

表 5.6-3 模型属性要求

模型等级	属性组	宜包含的属性信息	备注
LOD3.0	项目标识	项目名称、简称、地点、阶段、建设依据、建筑物组成、坐标、交通、采用的坐标体系、高程基准、库容、工程效益指标、淹没损失及工程永久占地、	针对主要核心建筑物，构件模型不做要求

		特征水位等等	
	工程等别和建筑物级别	工程等级、库容，以及发电、供水、灌溉、防洪等指标	
	基本描述	名称、编号、类型、功能说明	
	编码信息	编码、编码执行标准等	
	从属定位	项目所属的单位工程、分部工程、单元工程名称及其编号、编码	
	坐标定位	可按照平面坐标系或地理坐标系或投影坐标系分项描述	
	结构组成	主要组件	

		名称、 材质、 尺寸等 属性	
	关 联关系	关 联模型 单元的 名称、 编号、 编码以 及关联 关系类 型	
	设 计参数	结 构和设 备的设 计性能 指标	
	工 程图纸	图 纸编 号、图 纸名称	
LOD4.0	技 术要求	材 料要 求、施 工要 求、安 装要求 等	
	机 电设备 安装信 息	至 少宜包 括下列 属性信 息： 有效 期、 制造 商、供 应商、 实际尺 寸、产 品认 证、制 造标	

		准、安 装方式	
--	--	------------	--

注：LOD4.0 级模型的属性应包含 LOD3.0 级的所有属性信息。

5.6.1.1.2 数据模型

通过建立对象与对象之间的关联关系，从而实现对象属性、业务等数据的关联。本次承接椒江流域 L2 数据底板，建设椒江流域数据模型，数据模型包括水利数据模型和水利网格模型。

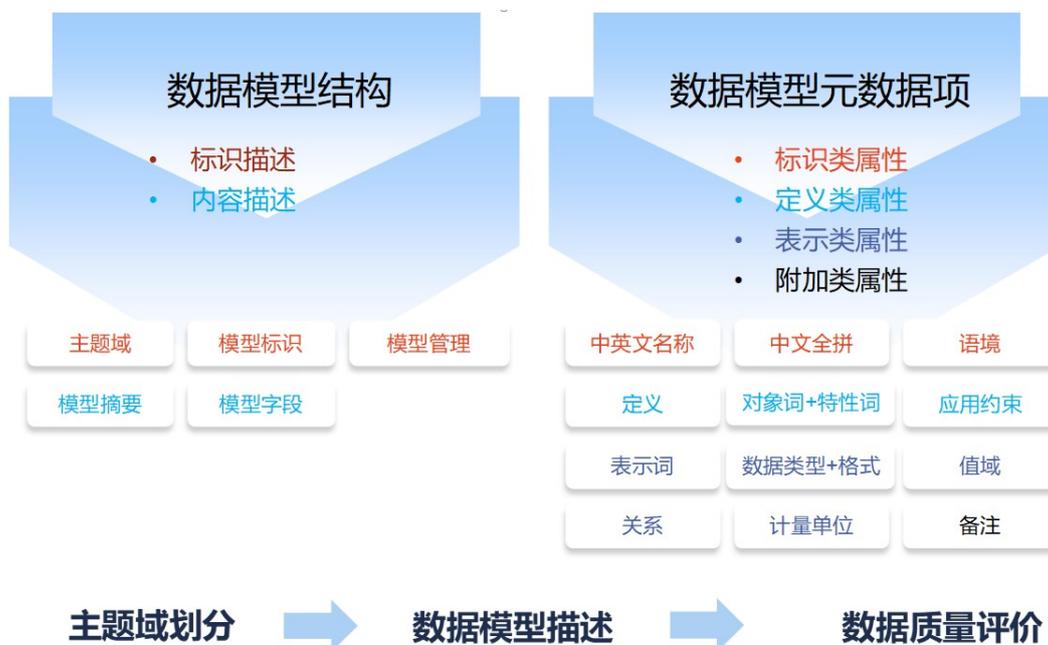


图 5.6-2 数据模型描述

进一步完善水利数据模型，梳理系统相关工程类型并统一建立对应的数据字典及体系。根据数据资源需求，梳理分析基础数据类型及组成构建基于水利基础数据的元数据库；分析业务应用场景，构建基于监测数据的监测数据库，并进行数据筛选及组织；梳理分析跨行业部门数据内容，形成互联互通数据清单，完成公共数据的

横向打通；分析业务需求，构建基于业务场景的业务数据库，作为数据共享基础。该数据模型作为业务系统、孪生平台、大屏系统及移动系统数据支撑基础，并为各个平台场景提供数据服务。面向水利业务多目标、多层次的复杂需求，基于框架稳定、扩展有序、语义统一的水利对象分类体系，通过完整描述水利对象的空间、基础属性、实时运行状态、关系等信息，构建具有空间特征、业务特征和关系特征一体化组织的水利数据模型，形成描述水利信息全貌的模型体系，为水信息统一管理奠定基础。

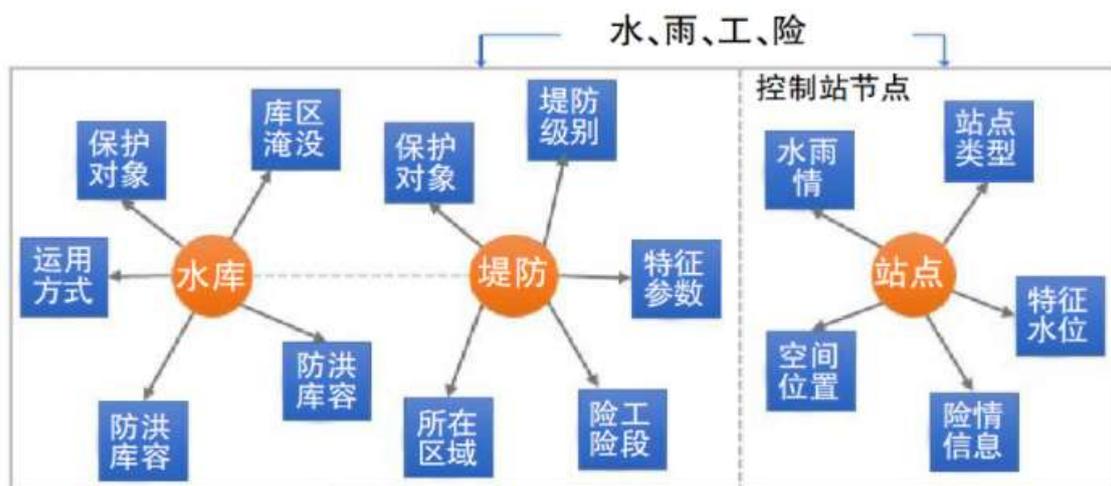


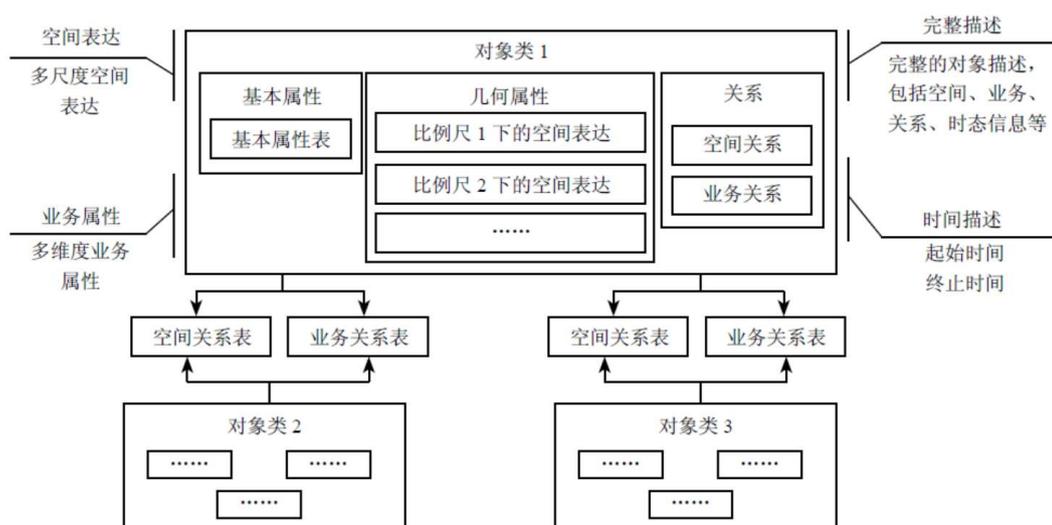
图 5.6-3 水利数据模型示意

水利数据模型是面向水利业务应用多目标、多层次复杂需求，构建的完整描述水利对象的空间特征、业务特征、关系特征和时间特征一体化组织的数据模型。水利数据模型设计即水利地理实体设计，地理实体是描述现实世界中独立存在的空间实体或现象，具有唯一的地理实体标识。地理实体的基本属性包括地理实体类码、类名、代码、名称及位置标志点等，地理实体由地理实体类码和代码 2 个属性唯一确定，即地理实体标识。通过地理实体标识实现地理

实体与相关社会经济、自然资源等各类专题信息的挂接，以及建立地理实体之间的关联，从而实现空间、属性、关系的一体化管理。

水利数据模型通过对水利对象多尺度空间表达、多维度业务属性、多重空间关系与时态特征的完整描述，使面向对象的数据组织能适应面向事件的对象重组、面向过程的时态追踪等多种应用需要，实现数据成果由静态数据库变为可维护的时态数据库，水利数据模型组织结构如图所示。

根据椒江流域特点，构建水库、海塘、堤防、水闸等水利对象数据模型。



5.6.1.1.3 地理空间数据采集与处理

将接入的基础地理数据、高程影像、倾斜摄影、BIM 模型等数据在数字孪生平台中进行精细化处理，选取关键的示范区域进行整体场景的精修，为业务场景的呈现提供支撑。

对于倾斜摄影、BIM 模型等三维数据需要通过统一的数据融合工具，进行数据的汇聚、发布和展示，在数据发布过程中进行数

据空间信息、属性信息的预处理和配置，确保三维数据在统一的标准体系下进行处理。

5.6.1.1.3.1 地理信息数据加工

原始卫星影像的质量情况，将直接影响 DEM 成果的精度及数据生产的工作量，所以需提前对原始卫星影像进行质量检查。检查内容包括范围内是否有云、雪、雾覆盖的情况；范围内的影像是否有坏线、溢出等问题；对于存在上述两种问题的数据，需要寻求替换数据。

为了提高软件在同名特征的匹配精度，需要对原始卫星影像进行增强处理。主要是对全色影像的明暗度、对比度、均匀度等进行调整处理，一方面提高地物的亮度，另一方面增加地物的对比度，使地物边界更清晰。

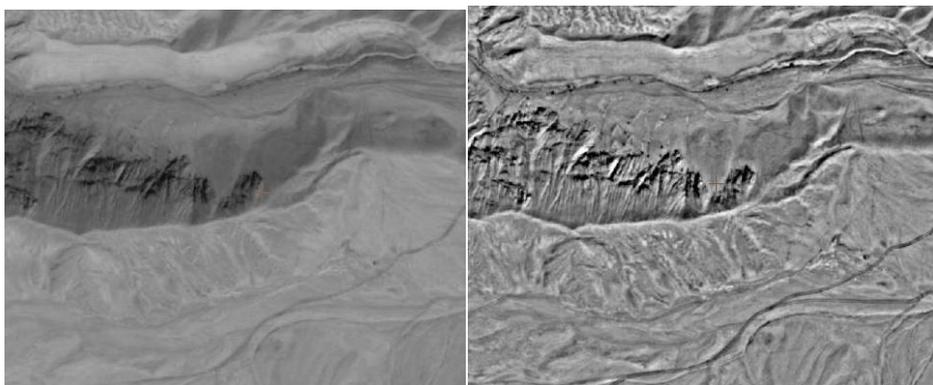


图 1 预处理前影像 图 2 预处理后影像

DEM 质量检查包括了数据的正确性、完整性、一致性、数学基础、拓扑关系、位置精度、属性精度、接边精度等内容的检查。

具体如下：

1) DEM 数据检查

检查 DEM 数据文件是否缺少，名称是否正确、数据能否打开。

检查数学基础是否正确，包括平面坐标系、高程基准、投影及参数等，数据的有效值范围等是否正确。

DEM 粗差检查。检查因矢量数据高程值错误而产生的 DEM 错误，包括等高线、高程点、面状水体、添加的特征点或特征线的错误，特别是大于 3 倍等高距以上的粗差。另外,软件内插产生的错误，如少数象元为空值或错误值等。

DEM 与矢量数据一致性检查。DEM 是否与矢量数据的高程严格相关，如果修改了矢量数据，DEM 也必须相应修改。同时检查 DEM 内插的方法和参数是否合理，可以保证 DEM 与矢量数据的高程严格相关。

DEM 接边检查。DEM 的有效值范围是否相接或重叠，有无漏洞。重叠部分 DEM 的高程误差是否在规定的限差范围内。

2) 元数据检查

检查元数据文件是否缺少，名称是否正确、数据能否打开。

检查所有数据项的定义是否正确、有无遗漏或多余，顺序是否正确。

检查所有元数据项的值是否正确，特别是图号、图幅的经纬度范围、坐标系及坐标值、高程基准等重点项。

数据检查后，对遥感数据进行融合。国产遥感卫星高分系列、资源系列同一传感器获取的全色和多光谱数据配准精度低，需要分

别正射纠正后融合，部分国外商业卫星同一传感器全色和多光谱数据配准精度高，可以先融合后正射纠正。影像融合按下列作业方法进行：

在不破坏原有色调层次的基础上分别对全色影像和多光谱影像进行去模糊、去云雾等增强预处理；

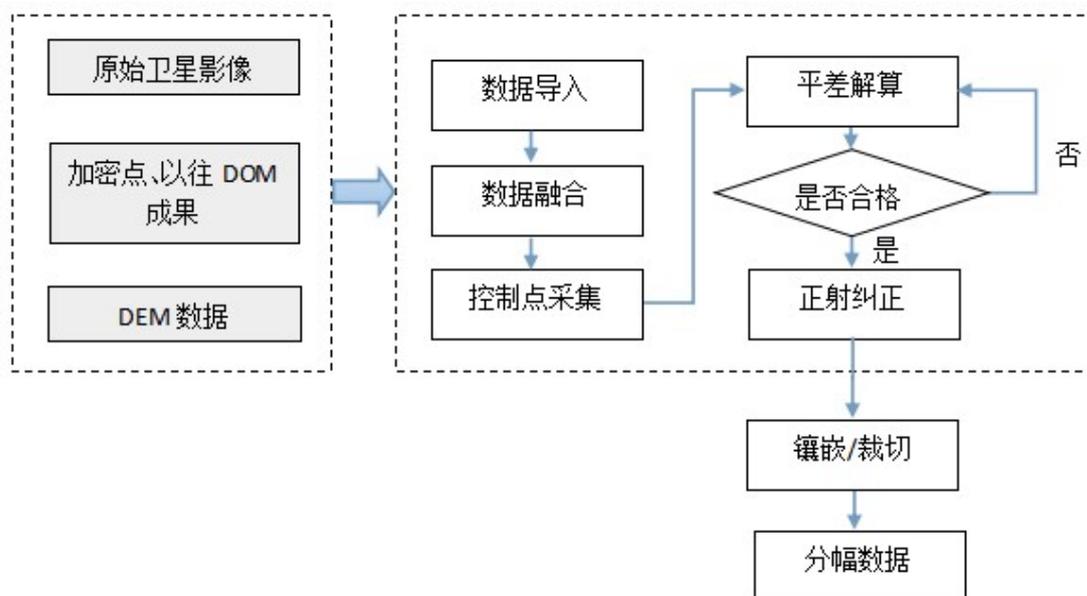
根据影像的灰度动态范围确定融合算法进行融合；

融合后的影像应能反映细部特征，纹理清晰，色彩明亮；

融合方法：NNDiffusePanSharpening 算法融合结果在色彩方面与多光谱基本保持一致，融合结果的纹理信息也保持的很好。

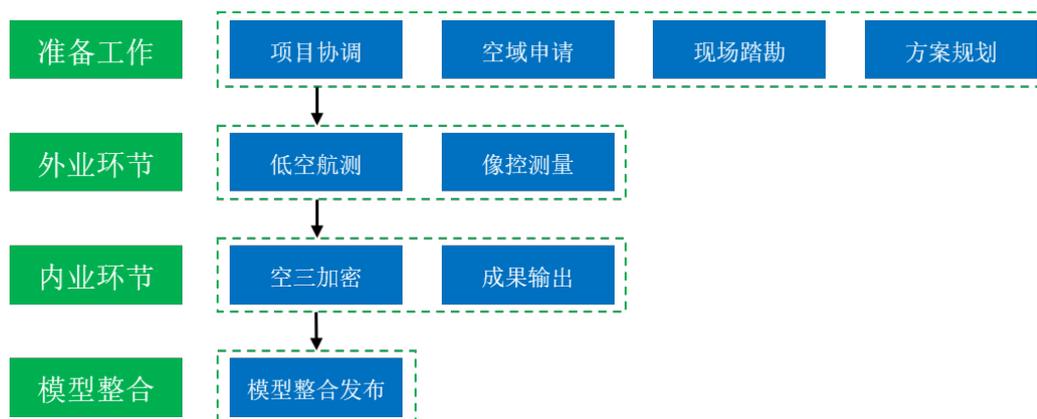


图 3 融合前后影像对比



5.6.1.1.3.2 倾斜摄影三维模型数据加工

倾斜摄影三维模型总体技术方案主要为准备工作、外业和内业工作，其对应的实施流程，具体包括：技术方案制定、控制测量、航空摄影、空三加密、实景三维制作、模型修饰、质量检查、模型整合、模型发布等工序。



(1) 数据处理

倾斜摄影模型以所见即所得的方式真实反映建模区域原貌，所有地形、地物形状都是真实的。

数据采集后对边缘数据进行剔除，减小模型生产复杂度。对被降雨、雾、霾及移动物体污染的数据进行清洗，限制数据污染的影响范围。模型生产前对数据统一正畸，矫正拍摄中造成的图像畸变，尤其是图像边缘的弯曲。

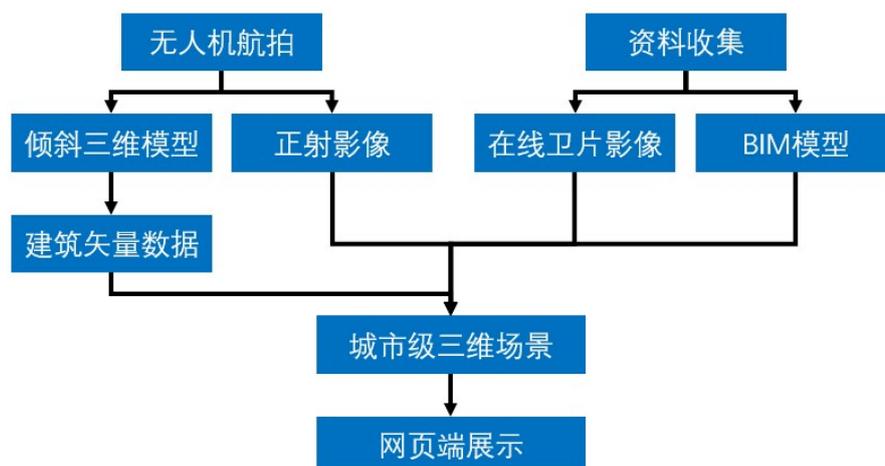
(2) LOD 分级

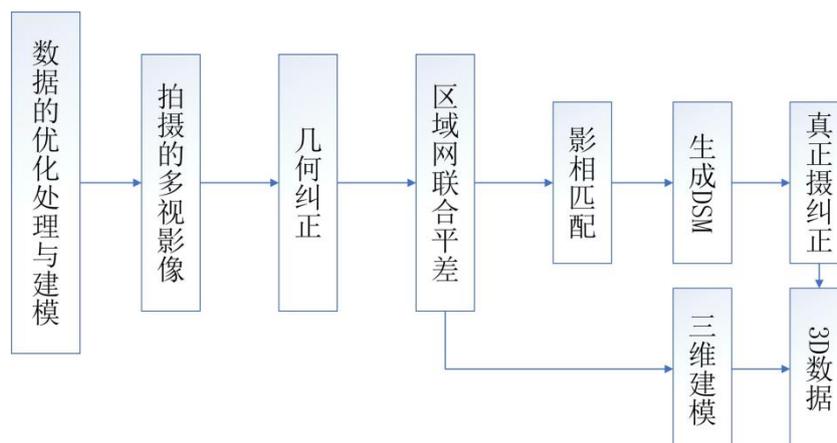
对倾斜摄影模型进行 LOD 分级，在不影响对应屏幕投影像素下级别的模型画面视觉效果的前提下，通过逐次简化模型的细节与贴图的大小来减少模型的几何复杂性和贴图大小，从而提高效率。设

置建模区域内每组 Tile 的范围以及每组 Tile 的精度，利用倾斜摄影自动建模软件，以及分布式集群的计算能力，将各组数据进行压缩，最大程度的保留原始数据的精度，同时减少后续渲染工作的负载。

(3) 模型获取流程

三维实景模型通过采用低空无人机倾斜摄影测量技术获取高清影像数据，利用全自动实景建模软件生成高分辨率倾斜摄影三维模型，通过动态单体化技术完成标准性建筑物单体化处理，再利用专业软件完成模型整合和网络轻量发布，实现多层次模型在线的快速渲染和展示，展现建模区域的现状地理风貌。为保证生产的模型具有真实的空间三维坐标信息，与现有倾斜摄影实景三维模型在坐标系 CGCS2000 下整合。





5.6.1.1.3.3 空间数据融合加工

基于完成治理加工的多源空间及地理信息数据，结合数字孪生引擎的核心功能，实现多源异构数据的合并组装，推动各类数据的无缝融合。进一步支撑水利数据底板的构建。

5.6.1.1.4 数据引擎

数据引擎主要包括数据汇聚、数据治理、数据挖掘、数据服务等内容。椒江流域数据引擎基于台州市水利数据仓进行完善升级。

1、数据汇聚

分析梳理数据资源及业务应用需求，明确数据输入输出及数据流向，完成已建系统数据接入数据底板，形成全要素数据资源库，包括基础数据库、监测数据库、业务数据库，并分析各库的数据流转关系，确定各库的主数据及外联数据，为数据治理与数据服务做准备。数据汇聚实现各类数据资源的统一管控，满足数据治理与挖掘和各类重要业务的要求，为知识平台和模型平台提供数据支撑。

台州市水利数据仓已汇聚有：

- (1) 省级水利数据仓同步至台州市水利数据仓的水利基础数据；
- (2) 台州市自有的水利基础数据，包括江河湖泊、水利工程、各类监测站点、山洪灾害等对象的基础数据；
- (3) 水雨情、取用水等实时监测数据，巡查记录、运行台账等业务数据；
- (4) 各类水利对象的空间位置数据，如经纬度、高程。

本次需要汇聚的数据主要有：

- (1) 永宁江流域新建监测站点基本数据和监测数据；
- (2) 朱溪水库为新建工程，需汇聚其基本信息、监测站点监测数据；
- (3) 永宁江闸、朱溪水库构建数字孪生需要新采集的二三维地理空间数据和 BIM 模型；
- (4) 本次业务系统产生的业务数据，如 AI 识别数据、古城淹没分析、预演方案、综合调度优化预案等。

2、数据治理

基于台州市水利数据仓，对本次新采集的数字孪生流域多维多源时空数据数据进行统一、规范管理，完成本次椒江“2+N”业务的全要素数据治理，形成全要素大数据支撑能力，提升数据的规范性、可用性，从数据底层保障数据安全。

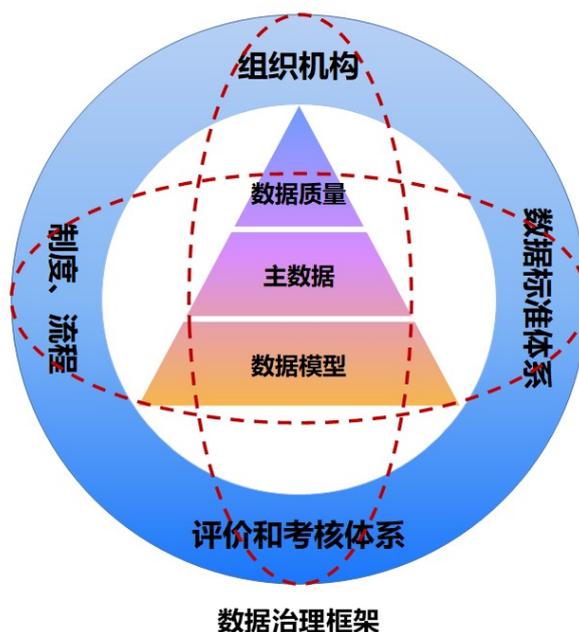


图 5.6-4 数据治理框架

推广应用水利数据标准。基于水利部发布的标准和行业规范，开展椒江流域水利数据建设和数据资产的高效管理，紧密围绕“2+N”业务，以元数据为驱动，重点围绕椒江流域基础地理数据、重要水利工程基础数据、水工程安全监测数据、水文水资源监测数据、水质水生态监测数据、遥感影像数据、山洪监测数据等，构建完整的数据管理和数据服务体系。

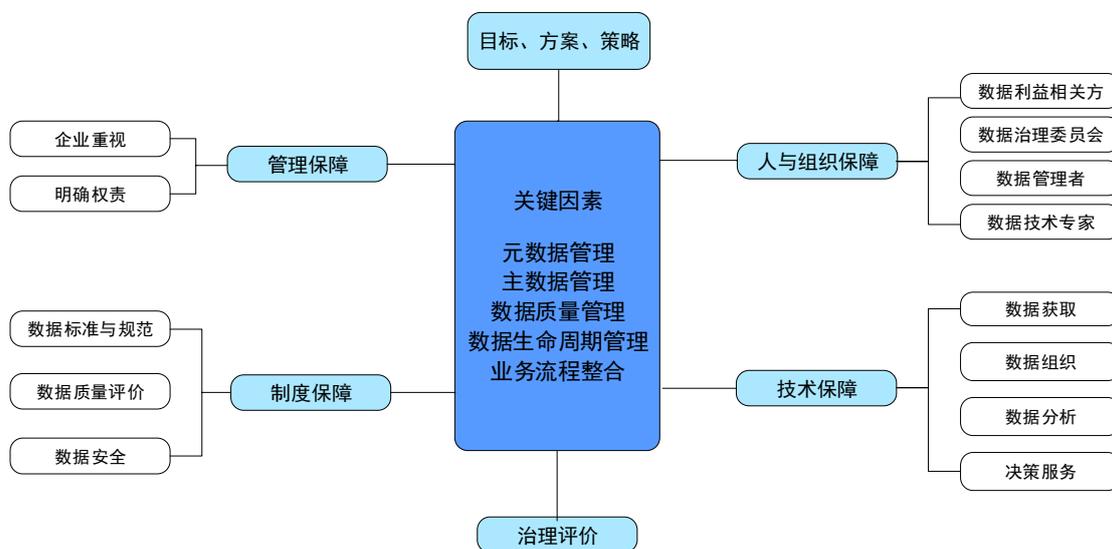


图 5.6-5 数据治理体系

建立数据质量评价体系。基于水利数据质量评价体系，结合椒江流域数据资源目录，明确数据管理权责，对数据采集、数据存储、数据处理、数据应用、数据销毁的全生命周期中各类数据质量问题进行分析，推动椒江流域数据责任单位形成各级联动的数据质量改进方式，通过“2+N”的业务应用进一步提高数据质量，避免数据冗余、重复和不一致。



图 5.6-6 数据质量评价体系

数据开发管理。构建标签库，实现基于标签的组装，快速形成检索与分析结论。针对椒江流域基础地理数据、重要水利工程基础数据、水文水资源监测数据、水环境水生态监测数据、水工程安全监测数据、山洪灾害数据、遥感影像等数据的业务特点及展现特征，构建数据分析模块，实现数据访问可视化分析。构建应用环境和组件，满足椒江流域自主打造个性化数据产品的需求。构建大数据关联分析，实现智能推荐、态势分析、预测决策。

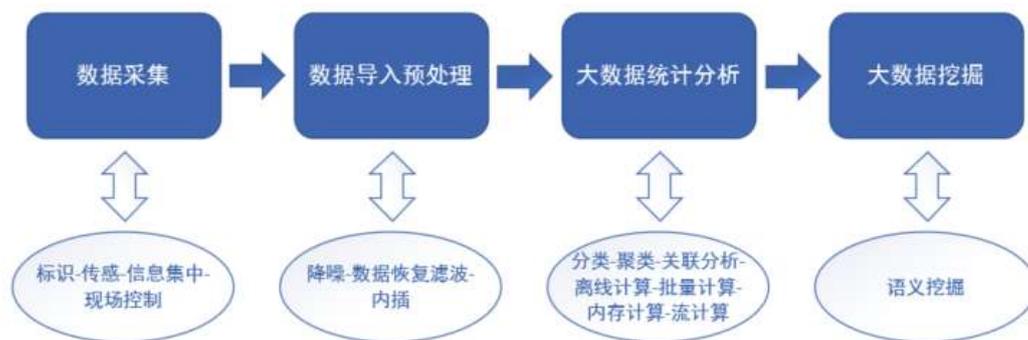


图 5.6-7 数据开发流程

数据安全。数据安全主要解决数据在存储、访问、交换、备份、废弃等过程中的安全问题。基于数据资源目录开展数据分级、标识，对数据分级标注，制定椒江流域数据分级管理规定，从数据应用、数据安全审计、数据保密、访问权限管理、数字水印、区块链、数据备份、数据销毁等方面开展数据安全管理。

(3) 数据挖掘

基于台州市水利数据仓，在对数据资源进行数据治理形成数据资产后，利用大数据分析方法和 AI 技术，运用统计学、机器学习、模式识别等方法，在资产化的数据资源中发现物理流域全要素之间存在的关系、揭示水利治理管理活动全过程的规律，并通过图形、图像、地图、动画等方式展现，并提供各类分析能力，包括描述性、诊断性、预测性和因果性分析等，根据四预要求，对历史洪涝、台风灾害等水灾害场景进行模拟复盘，提出类似情况下解决方案，致力降低社会、经济损失，形成成果并为知识库及模型库奠定基础。数据挖掘的成果将进一步推进数字孪生流域大数据的整合完善，形成更高质量的数据资产，并由数据共享服务分享给其他业务系统，

实现数据价值。

(4) 数据服务

结合数字孪生流域相关数据的采集和管理特点，按照基础地理信息数据、遥感影像数据、规划类数据、管理类数据、社会经济类数据、三维模型数据、业务专题数据分层建立数据资源体系，统一管理全流域数字孪生流域基础地理信息数据、流域现状数据和规划管理数据。



图 5.6-8 数据服务架构图

根据数据资源形态和数字孪生流域业务应用建设需求，采用面向对象的数据库设计方法，利用数字孪生多维时空数据管理中心统一存储所有流数据、结构化和非结构化数据，对其开展存储结构设计，并对经过数据校验和数据清理后的各类数据提供存储资源管理。针对业务系统、孪生底座、大屏及移动端多平台应用及需求，提供统一、合理的数据服务，加强各平台的数据优美性及稳定性。整合基础数据库、监测数据库、业务数据库、地理空间数据库等数据资

源，确定数据关联关系，提供多元合一的接口服务，提升平台健壮性。结合数字孪生流域业务应用实施数据清洗、治理和融合，应用大数据分析技术挖掘和利用数据，将分散的数字孪生流域大数据逐步整合为高质量、高价值的数字资产，完善数据资源目录服务，通过对这些服务的统一授权和统一管理，提供全流域统一的数据共享服务。

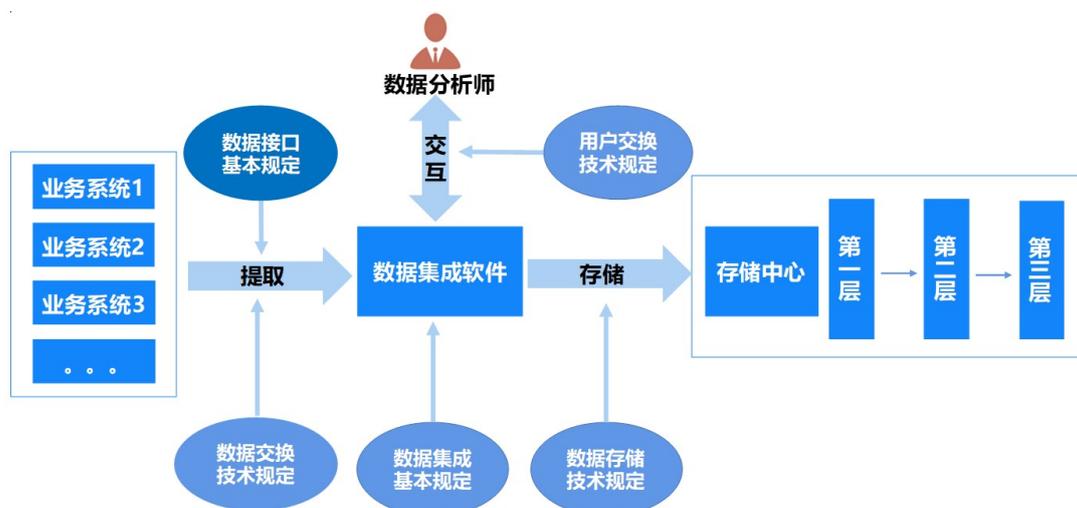


图 5.6-9 数据服务与集成体系

5.6.1.2 模型平台

5.6.1.2.1 水利专业模型

根据核心业务需求，针对预报、预警、预演、预案业务相关的洪水预报预警、三维演进、联合调度所需的水利专业模型进行建设。水利专业模型为模拟仿真提供其运行所需遵循的基本规律，可以独立使用，也可以利用水利模型库装配能力，实现自主可控、灵活组装生成新模型。本次规划建设内容包括完善并集成椒江流域洪水预

报调度一体化平台中的水文预报模型、水动力学模型、风暴潮预报模型、水工程调度模型共四大类模型。水文预报模型：

水文预报模型能够为防洪调度及水资源管理与调配等业务提供气象、洪水、径流等预报支撑，根据模型现状与业务新需求，本次规划建设内容包括水文产汇流模型、马斯京根演算模型人工神经网络模型等模型，从加强人类活动影响下的产汇流规律研究、优化模型参数、模拟结果智能化订正、提高预报效率等方面进行提升。基于椒江雨量站、水位站及在线测流站的数量增多，在预报断面或者沿程水位站断面应用数据同化、实时校正技术，通过实测水位、流量，进一步校正预报值，提高预报精度。

水动力学模型：水动力学模型为水旱灾害防御、水资源管理与调配等业务提供洪水演进计算等方面支持，根据模型现状与业务需求，本次规划建设包括河道一维非恒定水动力学模型、二维水动力学模型，支持 GPU 并行计算，实现分钟级应用计算，提高计算速度、进一步细化耦合过程机理等方面进行能力提升。

风暴潮预报模型：风暴潮漫滩数值预报模型,通过对风暴潮潮位过程及漫滩淹没范围的计算,可以实现对风暴潮增水过程的实时预报。风暴潮预报模型主要是用来预报河口地区的潮位过程及风浪影响。因台风造成的潮位雍高对椒江洪水宣泄造成顶托作用，因此有必要增加了椒江口至外海的风暴潮模型。将上游水文模型、下游水动力模型、河口风暴潮模型、区间入流计算模型、水利工程的调度模型等耦合，形成流域整体性的水文水动力模型。对“利奇马”

之类双碰头、三碰头类的台风，预报能力得到提升。同时反应下游赶潮河道上的风暴潮影响，从人工经验预报模式，向智能预报转变。

水工程调度模型：水工程调度模型为水旱灾害防御、水资源管理与调配业务提供水库调节计算、河道演进模拟、调度方案生成及比选等方面支持。根据模型现状与业务需求，本次规划建设内容包括水库调度、水资源管理调度等模型，以及灾情评估类辅助调度决策模型。模型从实现预报调度一体化、加强实时校正能力、完善模型算法、提高计算速度等方面进行提升。

(1) 椒灵江干流下游段

流域数学模型是描述流域产汇流、洪水运动规律的一种重要技术手段，目前，通过椒江流域洪水预报调度一体化平台建设，已经建成了覆盖全流域产汇流的水文模型、洪水演进的一、二维模型、用于河口风暴潮（天文潮）预报的风暴潮模型、水库优化调度模型等。上述模型，可以独立使用，也可以利用水利模型库装配能力，实现自主可控、灵活组装生成新模型、构建新方案。

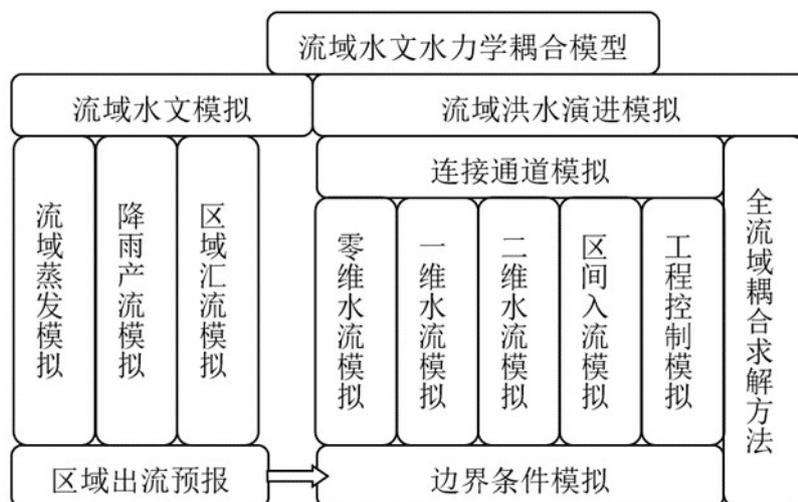


图 5.6-10 流域水文水动力耦合模型框架图

1) 山丘区水文模型

水文模型为可为洪水预报、水资源计算等提供来水量计算服务，根据山区、平原等不同的地形特点，又可采用山丘区水文模型如新安江模型、平原区水文模型如基于四种下垫面类型的产流模型等。

山区水文模型产流模拟有降雨径流相关模型、新安江模型、TopModel 模型等，椒江流域洪水预报系统中，对于山丘区产流，采用理论明确、技术成熟、对南方地区较为适用的三水源新安江模型，汇流模拟有马斯京根法。

新安江（三水源）模型的流程图见下图。图中输入为降雨 P 和水面蒸发 EM ，输出为流域出口断面流量 Q 和流域蒸散发量 E 。方框内是状态变量，方框外是模型参数。模型主要由四部分组成，即蒸散发计算、产流量计算、水源划分和汇流计算。

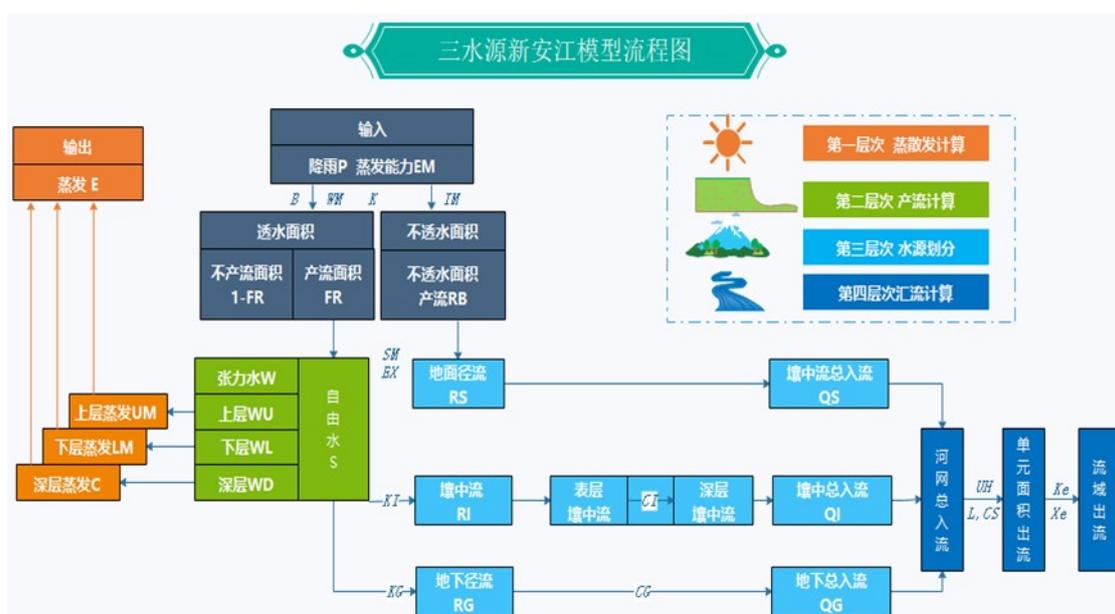


图 5.6-11 新安江模型示意图

在椒江流域洪水预报系统中，考虑预报断面分布、小流域自然分水岭等因素，划分了 273 个水文计算单元，如图所示：

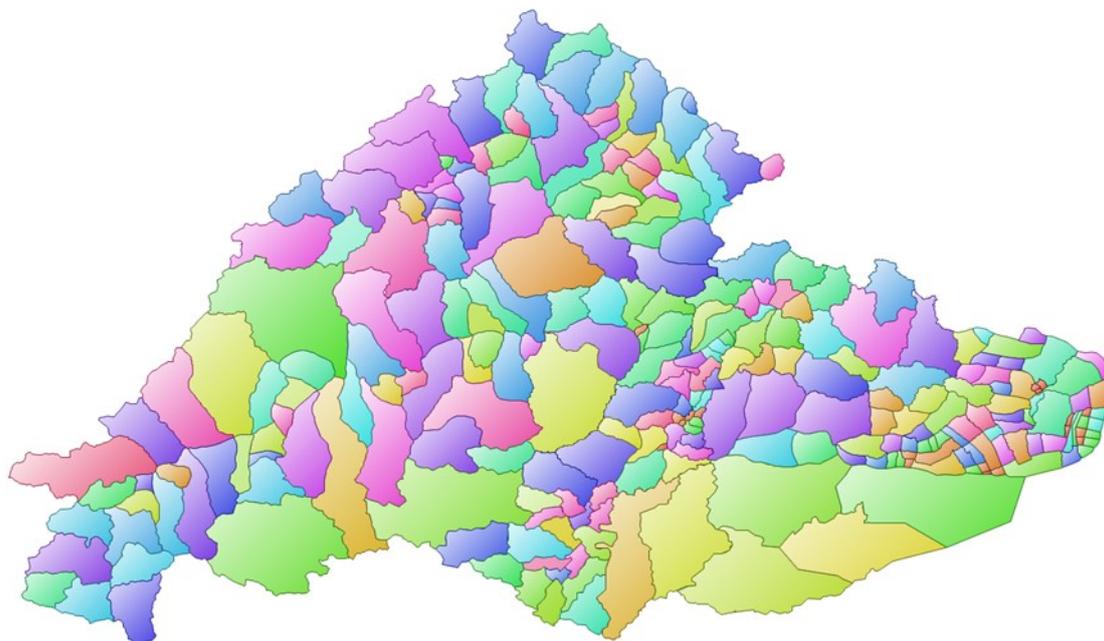


图 5.6-12 椒流域水文模型计算单元划分

模型的率定、验证等参照相关规范执行。

2) 平原区水文模型

由于不同下垫面具有不同的产流规律，本流域下垫面分成四类：水面、水田、旱地和城镇道路。

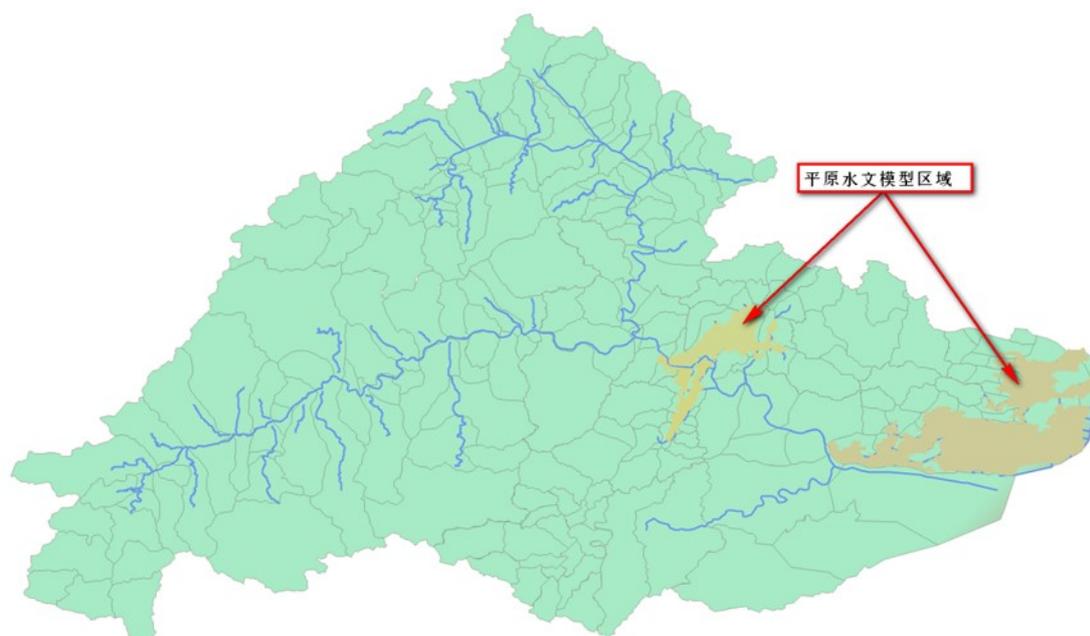


图 5.6-13 椒江流域平原区水文模型计算单元划分

3) 零维调蓄模型

椒江流域内水塘、低洼地众多，许多河道交汇处有较大的水面。当水位变化时，由于水面积较大，对水流的调蓄作用不可忽略，必须加以模拟。因此，把这些水面归结于某些节点上，认为这些节点是可调蓄节点，调蓄面积为水域面积。此类要素的概化是在地形图上量算水位—容积（面积）关系，并在建模时与相应的主干河道进行连通。

对于水塘、小的湖泊零维区域，对洪水行为的影响主要表现在水量的交换，动量交换可以忽略，反映洪水行为的指标是水位，水位的变化规律必须遵循水量守恒原理，流入区域的净水量等于区域内的蓄量增量，利用水量平衡原理可得

(2) 永宁江流域

通过区域内水文资料、基础地理资料、历史洪水资料、工程调

度资料以及水下地形资料的收集，接入实时水雨情数据和气象预报数据，实现模型的构建。

①水文模型。水文学模型，主要是利用产汇流原理，根据设计暴雨的时空分布特定及不同的下垫面条件，计算不同分区的流量过程、净雨过程，同时根据雨量水位遭遇情况，提供与设计暴雨对应的水位下边界过程，本次建模范围从长潭水库坝址至永宁江大闸，包括西江平原区间汇水面积。

②水动力模型。永宁江主要洪水来源为上游干流洪水（长潭水库泄洪）和区间暴雨导致的支流洪水。根据永宁江流域洪水来源情况，模型覆盖永宁江流域长潭水库至永宁江闸之间流域面积 445 平方公里范围的河网。

③洪水风险分析模型。据历史洪水资料的收集情况，选定 2013 年“菲特”台风和 2019 年“利奇马”台风作为典型洪水方案。根据《浙江省椒江流域综合规划》、《浙江省温黄平原水利规划》的有关内容，黄岩城区防洪标准为 50 年一遇，城镇防洪标准为 20 年一遇。设计洪水分析方案应针对 5 年、10 年、20 年、50 年设计暴雨洪水进行分析。同时，为评估超标准暴雨洪水所造成的洪涝灾害，增加 100 年一遇设计标准的暴雨洪水方案。

5.6.1.2.2 智能模型

智能识别模型将人工智能与水利特定业务场景相结合，实现对水利对象特征的自动识别，进一步提升水利感知能力。本次建设主

要应用视觉智能模型，识别相关水事事件，如大坝、水闸等工程建筑物保护范围内人员入侵识别，溢洪道、闸门前漂浮物阻水等。

通过赋予视频监控系统 AI 视觉能力，对视频图像中的各类事件问题自动分析、抓拍，可做到主动预警，从以往“被动”监控升级为主动智能分析预警，推送预警数据到业务系统，从而更有效地协助处理各类事件。AI 视觉能力应与当地水利专业模型进行整合集成，实现共用共享。

① 识别事件

人员面部识别：应支持运用图像识别能力进行人员面部识别，对管理处关键位置的人员信息进行实时识别监控。当发现未登记人员时，则产生告警事件，并推送告警事件对应的位置及时间。

人员行为识别：应支持运用图像识别能力进行人员行为，识别工作人员是否穿着工作服、佩戴安全帽，以及现场是否存在明火、烟雾以及吸烟行为的识别。当发现异常情况时，则产生告警事件，并推送告警事件对应的位置及时间。

水面漂浮物识别：应支持运用图像识别能力进行水面漂浮物识别。发现河道水面存在漂浮物时，则产生告警事件，并推送告警事件对应的位置及时间。

暴露垃圾识别：应支持运用图像识别能力进行暴露垃圾（白色垃圾、建筑垃圾等）识别。当发现河道在成片暴露垃圾时，则产生告警事件，并推送告警事件对应的位置及时间。

区域入侵识别：利用图像识别能力对区域入侵控制范围内进行

人员入侵识别。当发生入侵事件时，产生实时告警事件，并推送事件对应的位置及告警时间。

人流识别：利用图像识别能力对指定区域进行人员人数识别记录，统计不同时段、位置的人流状况。

②功能服务

智能识别：应基于深度学习的技术，对人员面部识别、人员行为识别、水面漂浮物、暴露垃圾、区域入侵等信息进行智能识别，进行事件照片、事件类型、事件时间等消息等相关信息的记录。

事件联动：应支持通过开放的规则定义实现场景化的事件应用，实现在“特定条件”下需要执行“特定动作”。提供事件配置、分发、上报、联动等功能。

模型管理：应提供模型管理、模型下发、智能分析配置、抓图计划配置。通过将 AI 模型下发至设备，为设备通道配置智能分析任务，使设备拥有针对特定对象和场景的智能分析能力，能够解决碎片化场景下的智能分析问题。

图片搜索：应实现事件图像内容索引，快速从图片或视频库中，根据样例定位相同相似图片或视频。

5.6.1.2.3 模拟仿真可视化模型

成熟稳定的数字模拟仿真引擎主要包含仿真数据对接、仿真任务管理、仿真模型接入与演练、仿真接口等功能。基于仿真引擎，可以实现现实事件的快速衍生与复原，从结构化及非结构化文件如

文本、视频中抽取各类信息，进行数据挖掘与知识图谱构建。

(1) 水流体物理模型通用仿真。基于数字孪生引擎的核心渲染能力，结合数学、物理、仿真模拟、流体力学和几何学等多学科知识，构建孪生场景水流体物理模型。基于空间数据底板实现的水仿真模拟。完全依照数字孪生基础引擎及空间场景进行孪生场景的水体流体仿真。实现同一水体不同场景地形状态的模拟，实现真实的水体可视化展示及应用。

(2) 三维数字流场可视化仿真模型。融合水动力模型专业模型运算结果数据，基于孪生仿真能力，实现流域数字化流场仿真模拟效果，构建流域多场景模态可视化表达，如：水流、流速、旋涡等物理现实水特效。

(3) 三维场景淹没可视化仿真模型。基于水动力模型专业模型运算结果数据结合孪生仿真能力，实现河道涨水漫溢物理现实表达效果，结合空间拓扑分析算法模型，叠加人口、经济、区域等指标数据，支撑淹没分析业务下的科学化分析及预演预测预报。

(4) 三维场景洪水演进可视化仿真模型。基于水专业模型的计算结果数据及水物理通用模型的算法驱动，以数字孪生引擎仿真能力支撑，构建洪水演进可视化模拟，实现对洪水洪峰及时查看、过水淹没的场景分析、水利工程受力影响分析等的水业务应用支撑。

(5) 三维场景水利工程防洪调度可视化仿真模型。集成水利工程的运管数据、监测数据及基础数据，将即有关联数据与数字孪生仿真引擎驱动构建的空间数字孪生体挂接，实现多层次数据贯通。

以数学算法模型为支撑，构建水利工程不同开度、不同闸门流量下的仿真可视化模型一一映射关系。驱动水利工程防洪调度业务下闸门启闭及水流的仿真效果。

5.6.1.3 知识平台

参照水利部《“十四五”智慧水利建设规划》，《数字孪生流域建设技术大纲》、《水利业务“四预”功能基本技术要求》等技术指导文件，依托 L2 级浙江省数据底板（浙江省水利一张图）和部分 L3 级数据底板，构建数字孪生椒江知识平台。椒江流域数字孪生平台知识库基于水利部、省级、太湖流域知识库的基础上进行扩展，包括历史场景与预报调度方案、业务规则、专家经验，预计数据量 1GB 左右。

5.6.1.3.1 水利知识库系统

通过建立以水利知识为支撑的水利知识库系统，让水利行业及相关人员更快捷、高效地获取最新的知识和信息，不仅使水利知识服务得到充分应用，更能在一定程度上缩短水利及相关行业的工作人员，查询最新水利信息的时间。水利知识库系统是水利知识与信息技术融合的产物，水利知识定期传输到服务平台，所需人员在平台上获取信息，形成一体化线上获取模式。

椒江水利知识库系统需建设可进行全新水利知识新建、发布、使用、更新、过期、归档的生命周期管理，依托智能搜索引擎能力，

具备知识快速检索能力，采用自然语言“问答式”语义的一键直达，让广大知识库使用人员搜寻到自己想要了解的水利知识，实现“专家级”、“更懂你”的智能检索服务。水利知识库系统可实现对用户输入的水利数据信息进行自动化“理解”处理，并对已有知识匹配使用的能力，在已有知识中寻找可以匹配回复的答案。

椒江水利知识库系统建设涵盖法律法规、标准规范、方案预案、调度规则、历史案例等专项内容，作为实体流域与数字流域孪生的补充。主要包括建设预报调度方案库、历史场景模式库、业务规则库、专家经验库。



图 5.6-14 椒江水利知识库系统

表 5.6-5 知识库总体内容

序号	建设内容	建设主体	指标参数或技术要求
1	预报调度方案库	市级水利部门	水文气象等特点、水工程参数、工程影响区域范围等，结合降雨预报、洪水预报、水量预报、工程安全监测等参数
2	历史	市	基本雨量站特征值及频率

	史场景模式库	级水利部门	分析资料	
			基本水文站特征值及频率分析资料	
			历史洪水调查资料	
			历史台风库	
3	业务规则库	市级水利部门	大中型水库控运计划	
			水库大坝安全管理应急预案	
			大中型水闸控运计划	
			流域超标准洪水防御方案	
			流域洪水预报调度规则	
			小流域山洪灾害预警预报规则	
4	专家经验库	市级水利部门	预报专家库	
			调度专家库	
			抢险专家库	

(1) 建设预报调度方案库

根据椒江流域水文气象等特点、水工程参数、工程影响区域范围等，结合降雨预报、洪水预报、水量预报、工程安全监测等信息，通过数据汇聚和数据治理，形成调度方案规则集；对历史典型洪水预报、重要城区段防洪应急预案、水资源调度预案的信息通过水利知识引擎进行处理，构建预报调度方案库；业务人员可在知识库上基于智能搜索引擎检索到相关知识，并可基于专家经验进行水利工程调度反演，典型预报调度过程、相似要素筛选、专家经验搜索比对，对水雨情、防洪风险进行预报、预警，制定预案。

(2) 构建历史场景模式库

以业务应用为目标，相关人员可通过智能搜索引擎挖掘历史相

似性场景，通过推演分析不同场景下的演变态势，对同类事件决策提供知识化依据。椒江流域历史场景模式库基于数字孪生流域 L3 数据底板，承接部分 L2 数据底板，建设包括基本雨量站特征值及频率分析资料、基本水文站特征值及频率分析资料、历史洪水调查资料、历史台风库以及其他场景模式。

（3）构建业务规则库

通过将水利工程调度业务文档内容调用水利知识引擎进行结构化处理，通过将水利知识引擎进行处理，最终形成一系列可组合应用的结构化规则集，通过水利知识库实现椒江的水利工程调度方案等包含的规则进行系统化、可视化、标签化的管理。其主要工作内容包括大中型水库控运计划、水库大坝安全管理应急预案、大中型水闸控运计划、流域超标准洪水防御方案、流域洪水预报调度规则和抗旱应急预案等进行知识的采编、知识搜索、知识浏览、知识统计等规则管理等。

（4）构建知识化专家经验库

结合椒江流域历史典型水旱灾害防御，整理台州市预报、调度和抢险等专家资源库。借用水利数字模型对重点河段历史场景预报调度进行经验挖掘，在经验验证、经验修正的基础上比选生成方案，通过智能搜索引擎能力调用在线专家研判，形成科学、合理、高效的应急预案。

5.6.1.3.2 水利知识引擎

基于椒江流域数据底板，构建椒江流域知识平台。依靠计算机学习和推理，搭建数据语义服务、知识图谱服务、知识推理服务，实现专家经验标准化表达、水利工程群精细调度、预报调度一体化智能化目标。建设具有椒江流域水利知识表示、水利知识抽取、水利知识融合、水利知识推理、水利知识存储功能的水利知识引擎。

水利知识图谱构建流程如下：椒江流域知识图谱属于垂直领域水利行业的基础水利引擎能力，需要结合流域特征进行构建。知识图谱构建基于领域特征结构化处理、实体化链接、语义化表示项目、用户等本地数据进而构建知识图谱以多层次关联实体及关系、挖掘隐性知识，依托知识图谱增量更新特点实现推荐数据规模扩大时保证数据质量稳定性、推荐效率及系统健壮性。



图 5.6-15 知识图谱构建流程

定义知识建模、知识表示方法进行模式层构建并动态更新模式，具体用知识图谱概念结构（公理、规则及约束条件）细粒度描述、规范化处理（定义、规约及可视化）实体概念、属性及关系并结合行业标准、人工规则构建分类知识体系进而建模知识图谱概念模式，按水利行业和椒江流域特点、资源属性定义知识表示方法以支持知识图谱构建、推理及应用。

通过知识抽取、加工、更新、存储进行数据层构建：知识抽取包括实体识别（结合包装器自动提取开放链接数据中实体及其属性）

和知识融合（基于机器学习等技术对预处理后的知识单元进行实体消歧、对齐（标识唯一化）和链接，基于映射机制统一提取、规范表示第三方知识库、结构化数据中知识及关联），知识加工通过本体构建、质量评估（量化知识置信度）和知识推理（基于逻辑、子图推理结合图谱关系挖掘潜在实体关联、发现隐性知识以补全知识图谱）处理信息抽取结果以构建知识体系并统一管理，知识更新基于日志周期性、增量式调整并按需扩展知识图谱。

5.6.2 专业应用

5.6.2.1 椒江流域防洪业务应用

通过先行先试项目建设，在椒江干流下游段（三江村~椒江口）和试点支流永宁江，以及 20km² 重点防洪易涝区开展具有“四预”功能的数字孪生流域示范。依托洪潮防御核心业务，带动流域水利工程运行管理和水资源管理与调配业务的初步应用。利用水利知识引擎，全面调用知识平台具体体现在以下四个方面：预报方面，集成“降水—产流—汇流—演进”全过程模型，动态实现未来 3 天洪水预报，力争开展 7 天、10 天的中长期洪水预报。预警方面，扩展防洪风险影响和薄弱环节判别、主要河流风险防控目标自动识别，分不同预警对象自动预警，预警信息直达一线。预演方面，重点关注超标准洪水的模拟计算和动态仿真，并实现可视化展示，预演成果辅助决策，辅助预案制定。预案方面，集成各类防洪方案、调度规则和专家经验等，扩展方案自动生成、场景化业务自动预案提取、

多方案比选等功能。

5.6.2.1.1 流域洪潮预报

5.6.2.1.1.1 水雨情监测分析

基于椒江流域多维空间数字底板，结合空间地理信息，整合共享水利、气象、海洋和交通等部门水雨情监测和视频监控信息，为政府部门、企事业单位和社会公众提供水雨情信息、监视和分析。逐小时动态更新水雨情信息。实现流域站点逐小时动态更新实时监测水位信息。

(1) 水雨情信息

社会公众和专业人员可获取水位站、雨量站等单站信息。实现对实时监测要素的在线跟踪定位和信息检索。主要包括实时降雨、实时水位、报讯流量的信息。

实时降雨信息：划分为雨量站、水库站、河道站、闸坝站以及潮位站等类型，分区域或流域，不同时段（从前1小时到前3天，或者任意自定义的时间段）雨情信息。通过GIS地图实时了解站点对应的降雨情况，快速定位。

实时水位信息：提供对水情、工情各类信息的水位信息，可在GIS地图上快速定位站点位置，分级显示。

报讯流量信息：提供对水文站报讯的实测流量、水库出库流量、闸坝过闸流量等信息，对应站点可在GIS地图上快速定位，分级显示。

(2) 水雨情监视

为专业部门及值守工作人员提供监视界面，动态监视各个水情站点，以图表方式展示实时水雨情信息，并在地图上对站点、河段或区域进行分级显示。水雨情监视从内容上可分为雨情信息与水情信息，其中水情信息包括水库水情、河道水情、闸坝水情和潮汐水情；雨情信息包括全区最新的降雨信息。

降雨监视：时段降雨，雨量监视。

水库监视：根据水库类型，对水位超汛限、征地线、移民线、防洪高水位进行监视。

江河水位监视：监视水位涨落过程。

(3) 水雨情分析

降雨分析：结合防汛应用需求，制作降雨空间分布，分流域、区域形成等值线图（人工判别，初步筛选）。

洪水分析：通过对历史数据库极值的检索，针对某一场洪水，检索出其水位、流量等在历史上的排位和相应信息。

5.6.2.1.1.2 台风监测展示

目前，台风监测主要依靠以气象卫星、多普勒天气雷达、地面自动气象观测站为基础的对台风进行全方位实时监测的综合探测体系。在台风监测预报服务中，借助于风云系列气象卫星获取的每15分钟一次的高质量卫星图像，不仅可以掌握台风的业务定位定强信息，而且还可以了解台风未来的动态和降雨信息；沿海多普勒

天气雷达网获取的每 6 分钟一次的监测产品则为实时掌握台风定位及强度变化、降水强度和落区的实时监测以及临近预报提供了重要保障；而地面自动气象观测站获取的每 10 分钟一次的地面观测信息则使获取台风风雨影响和业务定位的准确监测信息成为可能，准确的风雨监测信息还可对雷达短时降雨预报进行验证，将其同化到数值预报模式中有助于改善台风数值预报的效果，提高预报精度。

5.6.2.1.1.3 流域洪潮预报

本次流域洪潮预报将在已建的模型基础上进行优化，通过多方法多路径的预报方式提升预报精度，延长预报预见期。

根据雨量站实时降雨数据和气象降雨预报等产品，实现短中期洪水预报及潮位预报；结合定量和定性预报，联动会商，联动校正，提高椒江流域洪潮预报精度。包括预报基础信息维护、历史水文数据智能管理、预报模型方案集成、预报模型参数率定、自动预报、人工交互预报、分析会商优选发布、洪水影响分析等功能。

(1) 预报基础信息维护

预报基础信息维护是对预报站和预报河段本身基础特征信息的维护，以及预报模型所涉及的依据站点、水利工程、流域信息等的维护功能。

(2) 历史水文数据智能管理

高效精准的洪水预报分析需要完善的数据资源底层支撑，对水情特征信息进行整理、提取和入库，建立流域水文特征的数据处理

模型，梳理流域水文特征值。对全流域水文测站建站以来记录的历史雨洪资料，以及位置、基面、采集项目等多项基础信息进行调查和梳理，构建模型对特征信息进行智能化挖掘，实现定期自动管理更新。

（3）多方案预报模型库构建

搭建预报模型算法是开展预报的核心手段，每种算法模型都有一定的适用范围，针对不同的预报站点，需要结合流域下垫面条件、洪水传播特性，进行定制化优选算法选取适用的水文模型。针对椒江流域内山区、平原和缺资料地区等不同下垫面和资料条件，针对性构建和集成经验模型、水文分布式模型、马斯京根河道汇流、地貌单位线等多种模型算法，建立洪水预报算法模型库。将流域现有预报模型数字化，开发形成统一的接口加入预报模型算法库。建立算法水文模型管理工具，采用完全模块化结构，规范化和标准化、接口化的输入输出格式，供专业人员以搭积木方式，自由组合多种算法，构建完整的产、汇流预报模型。

（4）预报方案编制

根据预报对象所处的河段、流域的地理地貌和河道地形特点，以及洪水特征，通过组件拖拉预报对象需要的要素特点的方式，编制洪水预报方案。

（5）预报模型参数率定

通过历史资料的模拟分析，对预报方案中的模型参数进行率定。

（6）洪潮自动预报

通过自动或定时洪水预报实现无人值守预报，并根据预报成果进行预警，以应对突发性洪水的风险。

（7）洪潮人机交互预报

通过自动提取预报方案所需的实时预报数据，研究不同预报方案的标准化接口，展示不同类型预报方案的输出成果，实现参数输入、模型计算、结果输出的实时交互预报功能。

（8）分析会商优选发布

提供不同模型方案分析、统计、优选等功能，协助预报员对预报成果进行修改调整、会商、发布。



图 5.6-16 洪水预报洪峰过程预演示意图

5.6.2.1.2 自动化预警

5.6.2.1.2.1 防汛形势综合研判

（1）预警监测

1) 潮位监测

在数字孪生应用（L2 精度）上，展示椒江入海口潮位站实时

监测信息。包括潮位站名称、潮位站当前潮位。

2) 雨量监测

在数字孪生应用（L2 精度）上，展示椒江流域雨量站监测信息。包括雨量站名称、柱状图展示 24 内每小时降雨量。当监测的雨量达到预警阈值，雨量站点以高亮闪烁进行预警提示。

3) 河道水位监测

在数字孪生应用（L2 精度）上，展示椒江流域河道水位站监测信息。包括河道站名称、位置、当前水位、警戒水位、保证水位信息。当监测的河道水位达到警戒水位或者保正水位，河道水位站点以高亮闪烁进行预警提示。

4) 水库水位监测

在数字孪生应用（L2 精度）上，展示椒江流域水库水位实时监测信息。包括站名、位置、当前水位、汛限水位。当监测的水库水位达到汛限水位，水库水位站点以高亮闪烁进行预警提示。

5) 重要保护对象风险监测

根据村庄、乡镇相绑定的水位站监测数据，来判定村庄、乡镇的风险等级，按照红色、橙色、黄色、蓝色、绿色作为五种风险等级，并通过数字孪生应用（L2 精度）进行展示。

(2) 预警统计

1) 干流洪水预警统计

针对实时预警信息，统计椒江干流雨量超警、河道超警、水库超汛、村庄风险数量。

2) 干流防洪风险区域清单

根据干流防洪预警信息，系统生成堤防风险清单和重要保护对象风险清单。包括堤防名称、风险村镇名称、风险等级。

(3) 水利工程安全分析

每年入汛前，结合对流域内水利工程安全情况、在建水利工程情况、汛前检查、河道形势、水库蓄水能力、涉水工程安全情况等方面进行分析，综合评估上中下游各段的防洪形势变化及薄弱环节。结合基础流域监测数据与洪水预报模块，形成防汛研判报告，研判报告以动态的汛前研判综合展示页面展现。

(4) 动态研判预警

建立动态研判预警机制，结合预案知识化管理，将现有的流域相关工程进行数字化管理，并与沿程水位建立关联关系，结合预报和实测水位值，调用预案内容，对流域内可能存在的风险进行识别，并给出风险处置建议，结合人机交互方案预报进行沙盘式风险演变过程模拟，实现流域整体式动态智能研判，风险自动识别。动态研判机制也可结合各类风险自动识别模型，对不同类型风险进行实时研判。

5.6.2.1.2.2 视频监视告警

在预防洪涝灾害日常安全运行管理方面，结合基础监测数据与预报数据，分析安全情况，结合 AI 图像识别等智慧化手段，识别路面车辆、水中船舶、沿岸人群在辖区内活动情况，自动发出预警，

保障人民群众生命财产安全。同时，综合水利部门、港航部门等预报信息，打通部门信息壁垒，实现洪涝预报信息标准化，达到全网发布，精准管控的目的。收集流域内水利工程相关信息，评估堤防、水闸、海塘等水利工程安全情况。对防洪防潮有较大影响的涉水工程，根据其汛期施工方案，结合水动力模型，预先研判对河道行洪的防汛影响。在防汛应急决策指挥调度方面，对重点保护区堤防安全、工程险情、险工险段进行防潮风险分析，评估堤防保护片内淹没情况，自动判断启动相关预案并发布信息，提供最符合险情实际的抢险技术方案和物资、队伍组织方案，为防洪防潮决策提供支持。

5.6.2.1.2.3 预警发布

（1）预警规则研究

实现流域堤防风险五色预警规则的设置，当水位达到不同高度时对应不同的风险等级，并以红色、橙色、黄色、蓝色、绿色作为预警五种等级颜色。洪水预警发布分为专业预警发布和向社会公众的预警发布。

建立预警规则的基础数据库，并提供建立预警规则数据库的工具，对不同区域工具可以直接复用性，提高管理效率。建立自动预警提示机制，并自动生成预警单初稿，并实现预警单与测站的自动关联。实现预警一键发布和自动预警提示。

（2）预警消息模板

能够进行模块添加、修改和删除等操作，定义预警信息的模板。

能够对模板的名称和内容进行编辑，然后保存使用。

（3）预警发布

该功能主要用来进行预警的发送，用户可以选择接收人，编辑消息内容，将预演消息发送给接收人。

（4）预警人员管理

实现预警信息与干流各管控区域相关负责人员的绑定，可进行预警接收人员的增加、删除、修改和查询功能。

（5）预警发布接口

该接口提供将预警信息与应急管理部门信息系统的对接，让应急管理部门及时了解椒江流域洪水风险区域。

（6）预警信息管理

提供洪水预警相关各类信息查询的综合汇总功能，实现相关信息均可以由本平台实现查看与对接。提供历史预警的查询与回溯，实现操作留痕与系统统计、分析。

自动接入上级部门的预警信息，并进行数字化管理，建立历史预警信息库，并结合洪水预警数字化规则库进行匹配关联，用以挖掘流域内预警数据价值。

5.6.2.1.3 可视化预演

在收集整理分析资料的基础上，开展干流河道精建模、临海古城精细化建模。采用“利奇马”等场次洪水，对模型进行检验率定，并制作历史洪水推演场景。

基于倾斜摄影的三维平台，融合水利模型计算结果，对河道洪水、地表满溢洪水进行三维可视化表达。提供人机交互窗口，可对历史洪水、实时（预报）洪水、预想调度方案等进行实时计算、可视化预演展示。

5.6.2.1.3.1 干流洪水演进及淹没模拟

通过接入实测水位数据、工程运行状态数据、降雨数据、实测流速等，结合椒江流域数字孪生底板，根据流域下垫面数据以及干流水下地形资料，建立二三维重要河段洪水演进及两岸重要保护对象淹没模型，实现椒江流域洪水过程模拟、临海市江北古城墙内淹没模拟，包括洪峰到达时间、洪水淹没水深、淹没范围等，分析展现洪涝灾害的潜在发生范围及程度。

对重点关注河段的洪水三维演进，主要以河流、堤防、保护区、保护对象、实时水位、预报水位展示保护对象和工程与洪水的关系。研发河网水动力洪水演进模型，并与洪水预报水文模型进行集成耦合。集成主要河道、地形、水文边界、下垫面、水利设施等综合信息，构建流域洪水一维水动力演进模型。利用演进模型中的水位~体积关系，分析流域内河网的实际洪水槽蓄能力。

采用河网水动力洪水演进模型，对本区域河道编制洪水演进方案，并对河网进行数学建模，利用已编制方案对洪水演进情况进行动态模拟。综合考虑流域内河道、水库、闸、坝、桥梁等涉水工程的影响，对水文预报成果与洪水演进模型进行集成，通过模型模拟

生成由点至线、由静态至动态的洪水演进时空分布过程。

对构建的椒江流域干流重点河段实景三维模型和河网水动力洪水演进模型进行系统化集成，将洪水演进的时空变化动态过程在实景三维模型进行实时展示，通过三维化、可视化、智能化、动态化的展示形式，展现特定量级或实测洪水在流域的实际演进情况，实时反映不同场次洪水条件下河道沿线重要保护对象的动态淹没（包括淹没范围、深度、持续时间等）情况，从而为预警预报、辅助决策和防灾减灾提供精准的决策依据。



图 5.6-17 洪水演进及三维展示流程图

（1）历史洪水演进模拟

基于椒江流域历史洪水及历史台风强降雨事件的降雨、水位、流量、淹没范围等数据（如浙江遭遇 2013 年“菲特”台风、2015 年“灿鸿”台风、2019 年“利奇马”台风和 2021 年的“烟花”台风等

遭受的洪水数据），依托三维仿真模型，实现历史洪水淹没情况的可视化模拟，直观展现不同组合工况下的整个洪水过程，模拟河道和重点闸泵的水位、流量以及沿岸淹没范围的演进动态，对比分析不同调度方案的洪水淹没情况差异和演进过程差异，实现对历史洪水的综合分析，为同量级洪水及台风防御提供决策依据。

（2）预报洪水演进模拟

结合洪水预报模型，当发生或即将发生降雨时，利用多源降雨预报信息、雷达与遥感多源降雨信息，根据降雨或预设降雨，结合水文水动力模型，自动快速模拟河道水位变化、沿线工程运行状态、水位变化情况、快速上涨风险点等内容，以及利用数字孪生技术进行高精度还原，动态展示洪水在河道演进过程，并对于最不利状态单独出具可视化内容，同时结合两岸地形、建筑物、农田、灌区等土地情况，针对防洪薄弱的临海市江北古城墙段，动态展示此处可能发生的洪涝灾害状况，包括灾害程度、受灾损失等，实现椒江流域沿线监测、预报、预警、预演的模拟展示。

（3）水工程调度方案推演

基于水文监测信息、洪水预报结果等，针对多种水库、闸门的联合调度方案，快速启动水文水动力模型进行计算，分析不同调度方案下的河道关键断面洪峰水位、洪峰流量，分析河道洪水涨落变化及堤防沿程危险点，动态展示河道两岸发生的淹没情况，分析统计淹没面积、影响人口等。可视化展示特定调度方案的推演结果，提供决策支持信息。

5.6.2.1.3.2 古城洪涝风险分析

本模块建设范围主要为临海古城平原地区。古城洪涝风险分析模块以椒江干流水位（预报水位）、古城区域降雨（预报降雨）等为数据源，基于城市下垫面高精度地形、DEM 数据，利用一二维水动力数值模型、城市内涝分析模型等，分析及预演古城范围内的河道洪水淹没、内涝洪水淹没，逐时段地展示洪水动态淹没的过程，实时绘制最大淹没范围、淹没水深、淹没历时、洪水到达时间等不同的洪水风险图；分析及预警受影响的居民社区、学校、医院等居民点或重要设施，实时绘制避险转移路径等。

1) 洪涝风险分析

根据预报降雨、上游预报断面流量过程、下游预报潮位过程等，利用已开发的椒江干流洪水演进模型、精细化的古城二维地表水动力模型，古城内涝分析模型等，预警临海古城平原区未来 1-24 小时发生洪涝风险的可能性。在遇到台风或大暴雨时，能够提前 1-12 小时预报预演临海古城平原区洪涝淹没状况；能够提前 12-24 小时预报临海古城外椒江断面水位、流量。

针对 2019 年利奇马台风的实际水雨工情，能够模拟整个洪涝过程。针对洪水从城门冲入城内的情况，系统能够提供每段堤防、闸门突发险情溃决的情况下，能够进行人机交互操作，快速进行模拟洪水演进及淹没情况，并分析受影响社区、居民区及相关人员等。

2) 实时洪涝风险图绘制

能够根据预报降雨、洪水等，实时绘制洪涝风险图，包括并不限于洪水到达时间、洪水淹没水深、洪水淹没历时等。

能够针对重要设施或重点居民区，分析洪水淹没过程，洪水到达时间等，能够查看最大淹没水深、地坪高程、淹没面积等要素。进行预报预警和避险转移。

3) 三维场景展示

基于古城的三维场景，实现洪涝淹没及洪水演进的动态展示。搭建数字孪生古城，在古城实现物理流域和数字流域的水情信息全要素、动态、实时、畅通交互和深度融合。

5.6.2.1.3.3 指挥调度预演

结合灾害普查数据，利用三维沙盘场景化交互计算，进行预泄预排分析、单独调度分析预演、库（群）河联合调度分析和溃坝溃堤预演分析，综合考虑实际防洪过程中的时空动态性、不确定性、非线性、高维、多要素耦合联动等特征，利用气象、水文、监测、规划、数学模型模拟、复杂系统优化、不确定性分析、信息化等多个交叉学科的专业技术，同时满足水库安全、防洪保护对象、行洪安全、水库蓄水等不同调度目标，实现精细化、实时性、动态性的流域调度决策作业，提升防汛减灾质效。

(1) 预泄预排分析预演

结合气象预报降雨，对降雨可能造成的洪涝风险进行预判分析，提出本场景下的水库预泄、闸泵预排的措施，以及人员避险转移建

议等。

当预报流域遭受风暴潮袭击或流域性强降雨时，应充分考虑洪水规律、降雨和洪水预报、实时水情、拦蓄能力及泄量条件,对大中型水库和平原河网联合采取预泄预排措施，降低水库、河道水位。预泄预排工作视预报预见期和预报精度酌定预泄水量及预泄方式。

洪水预泄预排针对水库和河网防汛需求，在洪水到来之前，进行预泄预排，先腾出部分库容，迎接洪水，降低起调水位。由于椒江流域河道密集，上游并联串联水库众多，需要在调度目标函数和约束条件基础上，增加调度目标函数：预泄水量，同时考虑约束条件：预泄时间约束。预泄水量结合气象暴雨中心分布、雨峰过程分布、水库实时蓄水容量、承洪能力等因素进行预演分析，预泄时间约束指开闸预泄到洪水入库后接近预泄流量的时间，与预泄时间内的入库流量和洪水预见期有关。通过目标函数及约束条件的更新，利用流域计算模型，计算迭代预泄预排方案。

（2）洪涝影响分析预演

结合数字孪生三维场景，通过干流水位、干流危急程度评估、干流漫堤分析、道路受淹分析等进行区域洪涝影响分析，对洪水影响的水位、流量、流速、水深、超警时长等因素等进行综合分析评估，对洪水可能影响到的 GDP、人口、堤防、下游行洪工程、学校、医院、电力基站、通讯基站、地下空间等对象进行影响分析，分析影响的损失、时长、水深、范围等要素，在数字孪生底板上进行过程预演和特征值的统计分析。

（3）干流洪水风险预演

结合洪水演进预报模型的耦合成果，调度管理人员通过系统中流程化的作业过程进行水流演进模拟方案的计算，在系统中进行相关方案条件的配置，系统调用后台模型进行水流演进模拟结合干流洪水预报结果，来分析危急程度。根据椒江流域河网水系特性，依据主干河道断面与上下游水位站间的距离，以线性插值方法确定主干河道沿程水面线，并与沿线堤防高程比较，得到堤防的危急程度，分析评估干流受行洪影响、河道最高水位、超警戒水位持续时间等信息，并对该预警信息进行共享，同时系统根据预案自动分析需要加固加高堤防的措施和堤段，以及加高的高度和需要的人员、车辆、物资等信息，以及洪峰过境时间，加高加固堤防的时间窗口等信息，助力专家决策科学化。

（4）设计超标准洪涝影响预演

椒江流域中，上下游、干支流、左右岸、城乡间因保护对象不同，各类防洪、排涝工程设计中采用的洪水标准是不同的，而随着经济社会的发展，由于保护对象的升级，需提高设防标准。超标洪水的发生，往往与极端天气形势相关联，对具体区域而言具有一定的稀遇性，但也不排除短期重现的可能。一个流域或区域会否形成超标洪水，不仅与预报的降雨量有关，而且与雨强、雨型分布、雨区走向、干支流洪峰是否遭遇等多重因素有关。

浙江省除遭遇台风暴雨，还受到梅汛暴雨和短历时强对流天气影响，根据长系列资料分析 100 年一遇、200 年一遇、1000 年一遇

等不同设计工况的超标准洪涝计算，对区域防洪分析和防洪工程成效分析具有辅助作用。

在系统中通过输入模型计算参数来模拟不同设计工况，对雨强时间空间分布、洪峰遭遇进行调整来进行设计超标准洪涝演进计算和影响分析的在线预演，系统结合三维数字孪生底板对干流和重要保护对象进行分析。

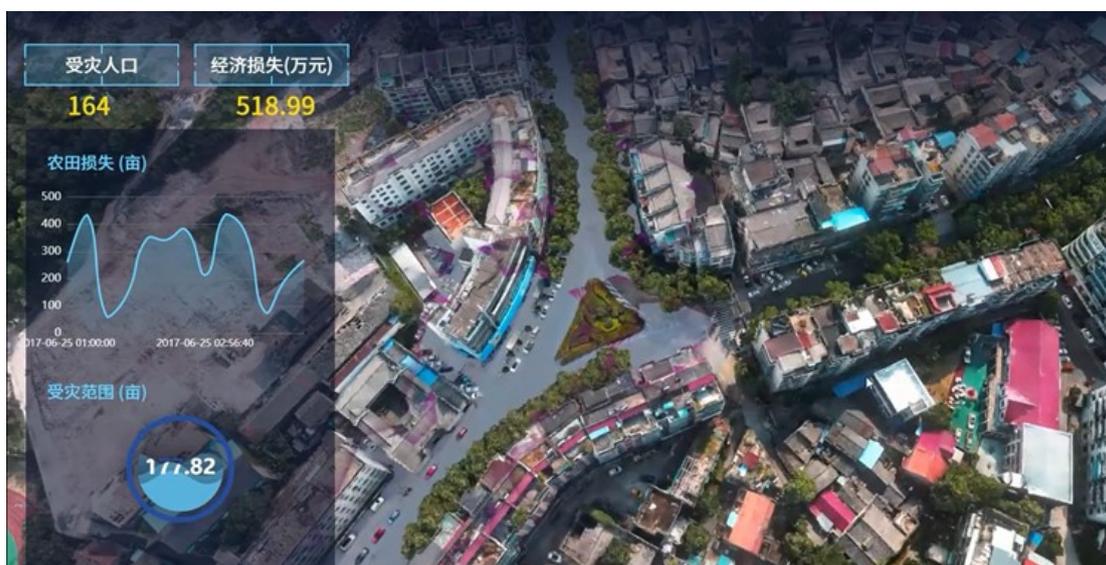


图 5.6-18 洪涝影响分析预演示意图

5.6.2.1.4 场景化智能预案

(1) 防洪预案编辑

该模块提供椒江流域防洪预案的电子化处理。提供新建预案的编制、修改、删除、导出功能。通过知识化、场景化智能预案建设，实现预案的结构化分解和知识化管理，将预案与具体业务场景相结合，自动提取预案内容，实现业务应用提示、辅助研判。

(2) 流域防洪预案审核管理

当椒江流域防洪预案编制提交后，系统能够将审核事务自动流转至审核人员，审核人员在审核操作中可以在线查看具体预案文本。具体审核人员可通过操作对提交的预案进行审核，审核分为通过、退回两种操作方式，并可录入审核意见。

（3）流域防洪预案人员管理

该模块提供椒江流域各负责区域相关预案执行人员的管理功能，实现与预案执行人员的绑定，预案执行人员的增加、删除、修改和查询功能。

（4）流域防洪预案信息发布

该模块提供椒江流域防洪预案启动后信息发布功能。管理人员选择启动相关预案，经领导通过系统审批同意后，向相关负责人发布预案信息。

（5）流域防洪抢险措施指导

当椒江流域防洪启动预案时，系统自动关联椒江流域防洪预案中的抢险措施，根据不同预警等级，提供用户相应的预警响应措施，指导用户进行应急响应工作。

（6）流域防洪信息关联

对接台州市水管理平台现有物资管理、抢险支持系统，打通上报渠道，物资管理与调配一体化。并建设椒江区域内人群转移避险功能，进一步实现一键避险。并通过和场景化智能预案关联，实现抢险技术方案制定智能化，提升抢险支持辅助决策能力。

系统根据椒江流域防洪预警情况，自动在电子地图中关联展示

离预警区域最近的水利工程、抢险队伍、防汛物资仓库等，并提供详细信息查询功能，为领导进行指挥调度和决策提供信息支持。

(7) 流域防洪预案执行监管

该模块可查看相关现场处置人员通过移动应用端接收到流域防洪预警预案信息后的信息反馈，以及执行过程中各节点的任务反馈。可查看包括处置人员预警预案信息接收情况，现场险情处置情况，风险隐患上报等信息的查看。同时灾害风险解除后所现场处置人员上报的执行总结，以便预案管理人员总结经验，更新维护当前预案。

(8) 流域防洪协同指挥

当椒江流域出现预警、应急响应等信息时，通过推送相关预警信息至相关单位，实现各相关成员单位快速会商。

5.6.2.2 水资源管理与调配应用

5.6.2.2.1 生态流量管控

生态基流流量管控系统需要对椒江流域内生态流量进行监控和预警，主要接入已有的生态流量监控系统数据，进行流量数据的展示和预警的展示。

5.6.2.2.2 水库水资源兴利调度

通过仿真模拟等可视化技术，实现椒江干支流、朱溪水库、长潭水库等在数字化场景的真实再现，构建朱溪水库-长潭水库-城市供水的水源供水调度场景，支撑水源联通概化展示、调度实时监测、

供需预报、红线预警等业务应用。

预报预泄是实现汛限水位动态控制的重要方法。将水库预泄过程分为兴利预泄和防洪预泄两个阶段，预报无雨日内按兴利流量下泄，预报有较大来水时水库转入防洪预泄，尽快将超蓄水量下泄。结合未来降雨及洪潮预报，在确保水库安全的前提下，分析水库调度后的可使用水资源量，给出不同情景下水库汛限水位动态控制方案，确定动态控制域上限，以合理调节水库防洪和兴利库容，提高汛末蓄满率，充分利用洪水资源，辅助水资源调度决策。

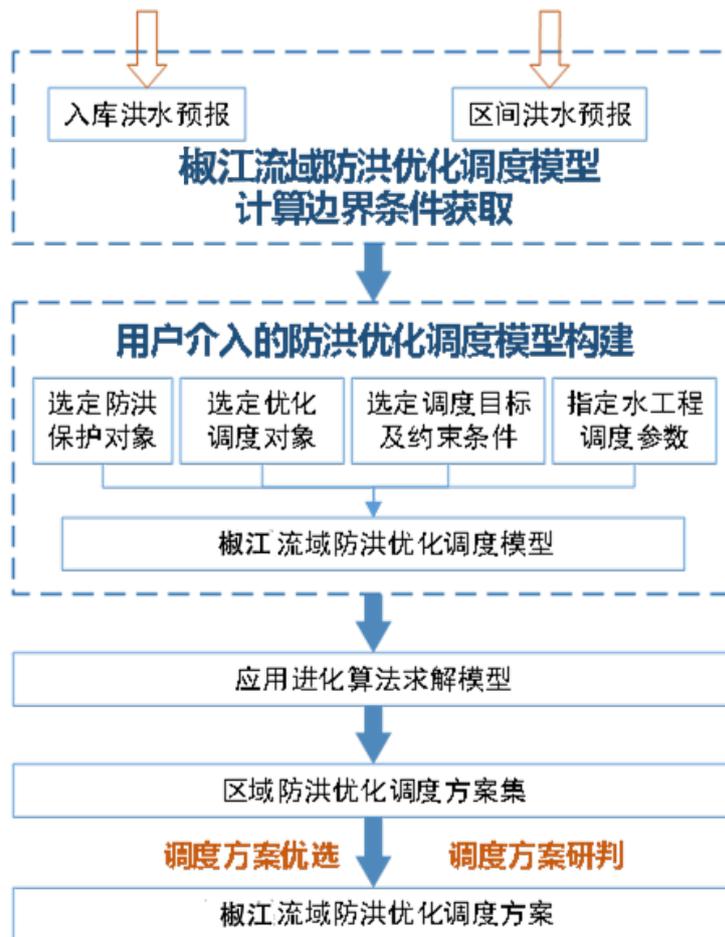


图 5.6-19 水库水资源兴利调度图

5.6.2.3 水利工程运行管理应用

5.6.2.3.1 椒江流域水利工程运行管理

5.6.2.3.1.1 标准化管理

台州市水管平台已基本实现水利工程标准化管理，本次重点集成标准化管理系统业务数据，并结合数据底板进行展示，展示内容涵盖工程安全检查、维修养护、防汛管理、注册登记、安全鉴定等重要业务信息。基于水库基础信息和地理信息系统，提供查询、统计等功能，为水库运行管理提供数据支撑、业务保障、决策支持。

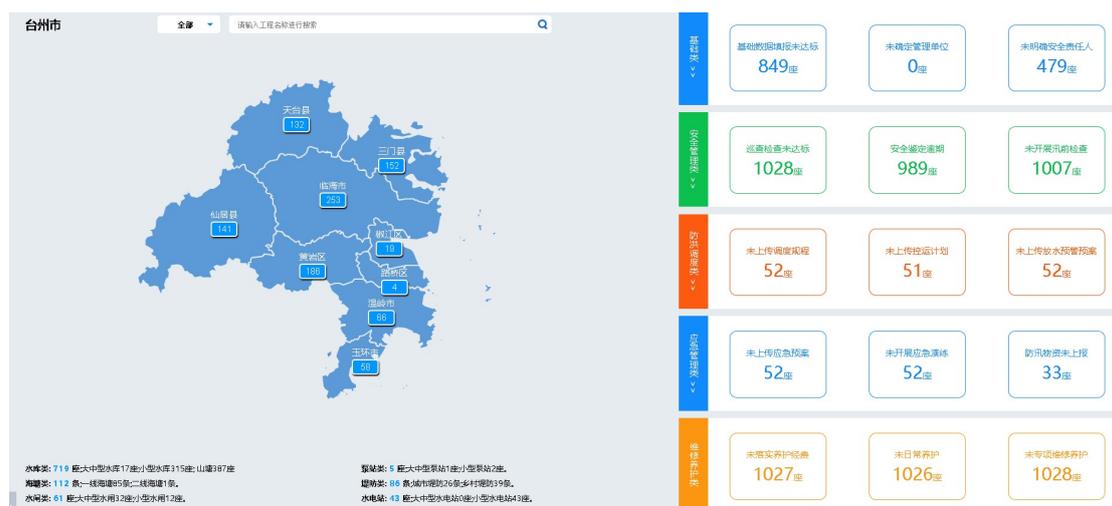


图 5.6-20 水利工程标准化管理一张图

5.6.2.3.1.2 工程安全监测

对于已经接入台州水利数据仓的椒江流域水利工程，通过椒江流域数字孪生平台展示水库大坝、水闸工程变形、渗流等安全监测数据，并对监测数据进行分析和预测，进而对流域水利工程安全状

态进行评价，同时能够将安全预警信息通过平台推送、短信发送等方式及时发布至相关人员，保障信息能够及时、准确的通知相关人员，确保实时掌握堤防运行工况，发现异常及时采取措施处置。

(1) 在线监测

实时展示各水利工程重要部位最新监测数据及预警数据，帮助用户掌握实时运行状态。展示内容包括监测数据、过程线、预警信息、监测设备完好率、缺测率等内容。

(2) 图形制作

可以定制并生成各种需要的图形，包括过程线、分布图、断面图、测斜图等。绘制时支持图幅、坐标轴、线性、颜色、标记等各类属性自定义设置。绘制图形应为矢量图，支持缩放，能够导出成图片或导出到 word。所有定制均可通过可视化的操作完成，具有较好的易用性。

5.6.2.3.1.3 河道变化模拟分析

通过对灵江、椒江干流河道建立平面二维、三维数学模型，针对河道扩宽等规划，对工程实施前后的河道流场进行动态模拟，对比分析方案实施前后河道流场的变化情况。

5.6.2.3.2 永宁江流域水利工程运行管理

永宁江流域试验段主要聚焦流域防洪、水利工程运行管理，具体功能设计如下。

(1) 工程数字一张图。以 BIM 和 GIS 为基底，将工程数字化管理和流域一张图汇总切换展示，分别叠加动态数据，包括：实时水雨情、安全监测、视频、闸门、设备基础信息（包括设备档案等资料）。二维 GIS 还叠加静态数据，包括工程基础数据如：河流、湖泊、水利工程（水库、水闸、堤防、山塘、水塘、泵站）、防洪保护区、形势研判数据如：薄弱环节、风险点、隐患点、易灾易涝区域、水库纳蓄、历史洪水淹没图。三维叠加业务应用场景展示，包括全局状态总览、虚拟化巡查巡检、工单元素话操作、调度过程仿真、预警精准联动。

(2) 防汛调度。防汛调度模块定位为实现永宁江流域防汛形势实时研判，一键研判防汛形势风险与薄弱环节。利用水文水动力模型，综合研判工程安全、纳蓄能力、行洪能力，动态分析洪水风险。实现永宁江流域防汛的智慧决策，为调度指挥提供有力的数值分析保障。

(3) 运行管理。运行管理模块的定位是在满足浙江省水利工程标准化运行管理要求下，结合永宁江流域水利工程运行管理实际情况及现有标化管理系统成果，进行工程标准化运行管理建设，实现数据整合和高贴合度功能升级，将各项运行管理业务电子化。即是给永宁江事务所中心打造实用的一套运行管理系统。

(4) 安全管护。安全管护模块定位为通过对闸门的监测、视频监控及空间管护的分析，提升永宁江流域工程安全维护及生命活动管护的能力，助力于永宁江事务所管理人员进行日常安全管护工

作。

(5) 应急管理。通过构建应急预案、应急响应、应急演练、应急评估、防汛物资管理、工程保护等模块支撑流域内突发应急情况，安全管护模块定位为通过对闸门的监测、视频监控及空间管护的分析，提升永宁江事务所对永宁江流域工程安全维护及生命活动管护的能力。

(6) 数字档案。数字档案模块定位为为永宁江事务所中心在工程生命周期中形成的具体保存价值的文件、资料进行归档的模块。提供科学的档案管理机制，助于增强永宁江事务所中心技术和知识的储备，在关键时刻发挥档案的依据和凭证作用。

5.6.2.3.3 朱溪水库运行管理

以朱溪水库为试点功能，其数字化场景的具体功能设计如下：

1) 智慧数字化运维。利用精细化数字模型为运维对象，打通数字化运维对象与构件的关联关系，建立对象差异化的在线运维管理机制、运维评价机制，并将各类运维痕迹（台账、记录）与数字模型共生共长，在此基础上形成工程动态健康码管理机制，实现水库日常运维业务的数字化、可视化、精细化管理，保障工程运行安全、提高管理效率、降低运维成本、实现运营提质增效。

2) 智能空间管控。利用 AI 智能图像识别能力、无人机巡查系统，构建水库智能空间管控功能，能通过识别算法对特定物体、行为进行识别抓拍，能联动平台应用进行弹窗报警，针对不同区域构

建不同识别内容及异常记录管理、预警、处置等应用，便于水库管理人员及时了解各空间安全状况，更直观、迅速地反应现场图像和声光报警情况，实现节约管理成本、提升监管效能、保障区域安全、消除潜在隐患等目标。

3) 智能监测分析。结合朱溪水库管理对象特点，基于工程安全运行、供水等水资源保障、生态流量保障等工程管理要求，建立涵盖工程安全、水雨情、水资源等的监测分析系统，实现在线监测、在线分析、在线预警、在线管控等目标，保障工程的安全稳定运行。

4) 智慧调度决策。建立水库智慧调度决策系统，在气象、水雨情预报基础上，依据水库不同调度目标、不同决策场景的需求，通过智慧调度决策分析，为朱溪水库提供科学合理、优化可靠的调度决策依据，为工程安全稳定、经济运行提供可能。

5) 综合指挥。在各单一业务应用系统的基础上，以各运管业务事项为核心，提炼融合相关数据信息，呈现可视化更强、可交互性更优越的主题式综合指挥场景，以满足管理人员综合指挥的目的，实现信息的及时掌握，业务的随时处理，并提供丰富的可视化效果。

5.6.2.4 综合展示

5.6.2.4.1 综合首页

综合首页展示流域防洪防潮和水资源管理与调度等应用的重要信息和整体统计数据，包括基于水利底图的重要站点水雨情、各县区雨量统计、重要河道和水库站点的水位、大中型水库的纳蓄能力、

值班信息、重要咨询和待办任务等内容。

5.6.2.4.2 水利一张图展示

以浙江省水利一张图（L2级数据底板）为基础底图，以国产超图GIS平台为技术支撑，逐步完善台州市椒江流域河流水系和涉河涉堤建筑物等，实现基础地理、水利专题、涉水建筑等多源数据融合和图属一体化管理，进一步完善具有水利特色、全市统一的水利电子地图，为全市水利业务提供统一地图服务、空间拓扑分析等空间地理支撑。同时提供图层分析工具，包括标绘、数据导出、多图对比和测量，对图层进行精准分析，辅助决策。

5.6.2.5 大屏端应用

数据大屏主要由八个页面组成，包括水雨情监测、洪潮预报、防汛形势研判、预警发布、防洪调度、抢险支持、水资源管理与调度，以及水利工程运行管理。

5.6.2.5.1 水雨情监测

水雨情监测页面展示近24小时面雨量、重点断面水位、大中型水库水位等内容；以及显示当前降雨、水库水情、河道水情、降雨预报、雷达云图和台风路径等信息，其中台风路径接入浙江省水利厅台风路径实时发布系统。

5.6.2.5.2 洪潮预报

洪水预报页面主要展示洪水预报过程线水位数据。洪潮预报主要为重点河道断面的未来 1 天，3 天，7 天的潮位、水位和流量趋势预报。

通过自动或定时洪水预报实现无人值守预报，并根据预报成果进行预警，以应对突发性洪水的风险。

通过自动提取预报方案所需的实时预报数据，研究不同预报方案的标准化接口，展示不同类型预报方案的输出成果，实现参数输入、模型计算、结果输出的实时交互预报功能。

提供不同模型方案分析、统计、优选等功能，协助预报员对预报成果进行修改调整、会商、发布。

5.6.2.5.3 防汛形势研判

防汛形势研判页面主要展示水库纳蓄能力、实时风险、防洪保护区等数据。

进入模块后默认在地图上以聚合的形式展示所有的水库工程，并标注水库的名称。展示水库类型、安全鉴定等级、工程等级、工程规模、防洪高水位、正常蓄水位、台汛期汛限水位、防洪限制水位库容、总库容、防洪库容、坝址控制流域面积、水库所在位置以及调度权限等信息。

5.6.2.5.4 预警发布

预警发布页面主要展示洪水预警数据。地图上对应的标注可展示详细信息。提供历史预警的查询与回溯，实现操作留痕与系统统计、分析。

建立自动预警提示机制，并自动生成预警单初稿，并实现预警单与测站的自动关联。实现预警一键发布和自动预警提示。

对主要站点开展洪水作业预报预警，当预警站水位达到设定预警标准水位时，及时启动或调整相应的洪水预警信号。

5.6.2.5.5 防洪调度

防洪调度页面主要由水库纳蓄能力、水库断面状态统计图和当前水库下泄数据、概化图、水库调度令、联合调度和水库水位库容关系曲线组成。

系统概化图展示整个椒江流域大中型水库的上下游关系。防洪调度一张图页面可在地图上展示椒江流域大中型水库，并展示泄流列表数据，包括当前泄流水库数量统计、水库名称、实时水位、调度操作等。

5.6.2.5.6 抢险支持

抢险支持页面主要由流域内物资仓库、抢险队伍和抢险专家分布图组成。

物资统计部分主要包括流域内重点物资统计和分类物资统计。

仓库队伍统计主要包括抢险仓库数量统计、抢险队伍数量统计。抢险支持一张图页面地图默认展示用户当前地理位置对应的行政区划下的仓库、队伍分布情况。地图上显示仓库、队伍按钮，点击相应的按钮可以取消显示/显示地图上的仓库、队伍。

5.6.2.5.7 水资源管理与调度

主要展示生态流量数据的监控和预警信息，以及汛前汛末水库水位和水量的对比信息。

5.6.2.5.8 水利工程运行管理

接入朱溪水库、永宁江大闸的大屏应用，以 BIM 和 GIS 为基底，将工程数字化管理和流域一张图汇总切换展示，分别叠加动态数据，包括：实时水雨情、安全监测、视频、闸门、设备基础信息（包括设备档案等资料）。二维 GIS 还叠加静态数据，包括工程基础数据如：河流、湖泊、水利工程（水库、水闸、堤防、山塘、水塘、泵站）、防洪保护区、形势研判数据如：薄弱环节、风险点、隐患点、易灾易涝区域、水库纳蓄、历史洪水淹没图。

5.6.2.6 移动端应用

移动端按照“浙政钉应用设计规范”、“浙政钉应用接口设计规范”和“浙政钉应用验收规范”进行建设，并完成浙政钉上架部署。

移动应用主要由九个模块组成，包括一张图、水雨情监测、洪潮预报、防汛形势研判、防洪调度、抢险支持、水资源管理与调度，水利工程运行管理，以及我的模块。

5.6.2.6.1 一张图

(1) 首页

一张图主要包含水库、堤防等要素。进入一张图后，根据当前的定位展示周边的要素并且可以通过切换更多来筛选地图展示的内容。当前一张图主要展示水库、堤防要素。

(2) 大中型水库

大中型水库列表页面主要分为头部筛选功能和下方筛选结果列表展示。列表根据水库的规模分类展示，每一类都可折叠。点击筛选可根据水库规模、行政区划、安全鉴定等级对水库进行组合筛选，点击确定按钮返回筛选结果，点击重置按钮，清空筛选要素。

(3) 小型水库

小型水库列表页面根据行政区划划分小型水库，每个行政区划后面显示具体的小型水库数量。

(4) 堤防

点击首页堤防图层的全部堤防按钮可以跳转到堤防列表页面。堤防列表页面头部为筛选功能，筛选可根据堤防等级、行政区划组合筛选。

(5) 水闸工程

水闸工程列表页面显示流域水闸工程及基本信息。

5.6.2.6.2 水雨情监测

水雨情监测主要包括水雨情统计页面、水雨情一张图展示页面、洪水预警页面等。

5.6.2.6.3 洪潮预报

洪水预报页面主要展示洪水预报过程线水位数据。洪潮预报主要为重点河道断面的未来 1 天，3 天，7 天的潮位、水位和流量趋势预报。

通过自动或定时洪水预报实现无人值守预报，并根据预报成果进行预警，以应对突发性洪水的风险。

5.6.2.6.4 防汛形势研判

(1) 首页

防汛形势研判首页分为水库统计信息和防洪保护区统计信息。

(2) 研判一张图页面

进入模块后默认在地图上以聚合的形式展示所有的水库工程，并标注水库的名称。

(3) 列表页

通过点击首页页面下部的列表头部的全部大中型水库文字，可以跳转到相应的列表页。点击弹出筛选条件，目前可根据水库规模

大 I 型、大 II 型、中型以及水库安全鉴定等级一类、二类、三类。

(4) 详情页

详情页主要展示水库的一些静态属性，主要包括水库类型、安全鉴定等级、工程等级、工程规模、防洪高水位、正常蓄水位、台汛期汛限水位、防洪限制水位库容、总库容、防洪库容、坝址控制流域面积、水库所在位置以及调度权限等。

(5) 防汛安全检查

防汛安全检查分为打卡、上报、汇总、审核 4 个流程节点以及详情页面。打卡页面主要包括工程名称、工程类型、检查类型、检查组长、检查期限、检查组成员、任务描述等 8 项基本信息的内容，其中需要在地图上展示工程的地理位置。打卡页面除基本信息外，还需要展示当前打卡情况，在打卡页面可以现场拍照上传，确认后可以点击确认打卡按钮记录实时打卡位置。

5.6.2.6.5 防洪调度

(1) 系统概化图

系统概化图为联合调度移动端首页，展示整个椒江流域大中型水库的上下游关系。

(2) 防洪调度一张图页面

进入防洪调度一张图页面可在地图上展示椒江流域大中型水库，并展示泄流列表数据，包括当前泄流水库数量统计、水库名称、实时水位、调度操作等。

(3) 调度令管理

调度令列表根据年份进行倒序展示，每一条列表数据展示调度令发布时间及调度水库。点击每一个调度令文件可展示调度令详情，包括调度令名称、编号、签发人、发往单位、发出时间、调度内容、抄送单位等。每一个调度令都经过拟稿人拟定调度令名称、编号、发往单位、发出时间、调度内容、抄送单位后发送签发人进行审核，审核通过后将该调度令签。

5.6.2.6.6 抢险支持

(1) 物资统计

物资统计部分主要包括流域内重点物资统计和分类物资统计。

(2) 仓库、队伍统计

仓库队伍统计主要包括抢险仓库数量统计、抢险队伍数量统计。

(3) 抢险支持一张图页面

地图默认展示用户当前地理位置对应的行政区划下的仓库、队伍分布情况。地图上显示仓库、队伍按钮，点击相应的按钮可以取消显示/显示地图上的仓库、队伍。

5.6.2.6.7 水资源管理与调度

水资源管理与调度主要用于：1) 查询生态流量数据的监控和预警信息，当出现监测异常时，接收异常信息提醒。2) 查询汛前汛末水库水位和水量信息。

5.6.2.6.8 水利工程运行管理

水利工程运行管理主要用于查询工程基本信息、巡视检查、维修保养、安全鉴定、监测数据（如水库、渗流等）等信息，当出现监测异常时，接收异常信息提醒。

5.6.2.6.9 我的模块

我的模块主要包括用户基本信息展示、我的反馈、我的任务、关于等。

（1）基本信息展示

展示当前用户基本信息。

（2）我的反馈

为用户反馈入口，可新增用户反馈、展示反馈列表、查看反馈详情等。为用户任务入口，可处理流程中的任务、查看任务详情等。

（3）我的任务

分为未处理和已处理。未处理任务即待办任务。我的任务列表右上角为任务类型，目前包括山洪预警、洪水预警、防汛安全检查、调度令 4 种，可通过任务类型筛选任务列表展示的内容。已处理任务列表页展示内容与未处理任务列表页相同，点击单元格进入任务详情页面。

（4）关于

展示为当前应用版本信息。

5.6.2.6.10 浙政钉上架

1、上架自查

为保证应用上线的平稳运营，不造成运营风险，应用上线之前需要执行安全自查。

(1) 说明应用的可见范围；

(2) 通讯录读取。

2、上架审批

应用开发测试完毕后，根据“浙政钉”要求，填写上架申请表，并提供相应的审批材料，并配合业主单位负责人员发起上架申请。

3、接入稳定性监控平台

所有上架到“浙政钉”的应用需要接入稳定性监控平台。

接入方式：小程序上架自动接入，微应用上架审批通过后，接入代码会连同 `appkey` 一起给到申请人，需要将接入代码加入应用的 HTML 页面（单页应用添加首页，非单页应用每个页面都需要添加）。

稳定性平台会监控应用的一些性能指标，不涉及业务数据的监控。

4、压测

应用的压测主要考虑压测数据接口，压测的 URL 跟应用域名地址保持一致，压测的并发量不低于 50。

5、应用免登

需要打通免登功能。将用户信息保存在前端缓存（`dd.setStorage`）或者 `cookie` 中，避免每次进入应用都调用钉钉接口进行免登。

用户表中新增字段用于存储钉钉的 `userId`。用户免登失败，可以跳转到一个登录页或者无权限的提示页面，避免白屏出现。

5.6.3 业务系统集成及数据融合

主要是对数字孪生永宁江闸应用系统和数字孪生朱溪水库应用系统进行集成和数据融合。

（1）集成数字孪生永宁江闸应用系统

集成以下功能：

1) 工程数字一张图。以 **BIM** 和 **GIS** 为基底，将工程数字化管理和流域一张图汇总切换展示，分别叠加动态数据，包括：实时水雨情、安全监测、视频、闸门、设备基础信息（包括设备档案等资料）。二维 **GIS** 还叠加静态数据，包括工程基础数据如：河流、湖泊、水利工程（水库、水闸、堤防、山塘、水塘、泵站）、防洪保护区、形势研判数据如：薄弱环节、风险点、隐患点、易灾易涝区域、水库纳蓄、历史洪水淹没图。三维叠加业务应用场景展示，包括全局状态总览、虚拟化巡查巡检、工单元素话操作、调度过程仿真、预警精准联动。

2) 防汛调度。防汛调度模块定位为实现在永宁江流域防汛形势实时研判，一键研判防汛形势风险与薄弱环节。利用水文水动力模型，综合研判工程安全、纳蓄能力、行洪能力，动态分析洪水风险。

实现永宁江流域防汛的智慧决策，为调度指挥提供有力的数值分析保障。

3) 运行管理。运行管理模块的定位是在满足浙江省水利工程标准化运行管理要求下，结合永宁江流域水利工程运行管理实际情况及现有标化管理系统成果，进行工程标准化运行管理建设，实现数据整合和高贴合度功能升级，将各项运行管理业务电子化。即是给永宁江事务所中心打造实用的一套运行管理系统。

4) 安全管护。安全管护模块定位为通过对闸门的监测、视频监控及空间管护的分析，提升永宁江流域工程安全维护及生命活动管护的能力，助力于永宁江事务所管理人员进行日常安全管护工作。

5) 应急管理。通过构建应急预案、应急响应、应急演练、应急评估、防汛物资管理、工程保护等模块支撑流域内突发应急情况，安全管护模块定位为通过对闸门的监测、视频监控及空间管护的分析，提升永宁江事务所对永宁江流域工程安全维护及生命活动管护的能力。

6) 数字档案。数字档案模块定位为为永宁江事务所中心在工程生命周期中形成的具体保存价值的文件、资料进行归档的模块。提供科学的档案管理机制，助于增强永宁江事务所中心技术和知识的储备，在关键时刻发挥档案的依据和凭证作用。

(2) 集成数字孪生朱溪水库应用系统

集成以下功能：

1) 智慧数字化运维。利用精细化数字模型为运维对象，打通

数字化运维对象与构件的关联关系，建立对象差异化的在线运维管理机制、运维评价机制，并将各类运维痕迹（台账、记录）与数字模型共生共长，在此基础上形成工程动态健康码管理机制，实现水库日常运维业务的数字化、可视化、精细化管理，保障工程运行安全、提高管理效率、降低运维成本、实现运营提质增效。

2) 智能空间管控。利用 AI 智能图像识别能力、无人机巡查系统，构建水库智能空间管控功能，能通过识别算法对特定物体、行为进行识别抓拍，能联动平台应用进行弹窗报警，针对不同区域构建不同识别内容及异常记录管理、预警、处置等应用，便于水库管理人员及时了解各空间安全状况，更直观、迅速地反应现场图像和声光报警情况，实现节约管理成本、提升监管效能、保障区域安全、消除潜在隐患等目标。

3) 智能监测分析。结合朱溪水库管理对象特点，基于工程安全运行、供水等水资源保障、生态流量保障等工程管理要求，建立涵盖工程安全、水雨情、水资源等的监测分析系统，实现在线监测、在线分析、在线预警、在线管控等目标，保障工程的安全稳定运行。

4) 智慧调度决策。建立水库智慧调度决策系统，在气象、水雨情预报基础上，依据水库不同调度目标、不同决策场景的需求，通过智慧调度决策分析，为朱溪水库提供科学合理、优化可靠的调度决策依据，为工程安全稳定、经济运行提供可能。

5) 综合指挥。在各单一业务应用系统的基础上，以各运管业务事项为核心，提炼融合相关数据信息，呈现可视化更强、可交互

性更优越的主题式综合指挥场景，以满足管理人员综合指挥的目的，实现信息的及时掌握，业务的随时处理，并提供丰富的可视化效果。

（3）数据融合

对永宁江流域 L2 级数据底板、永宁江大坝 BIM 模型、朱溪水库 BIM 模型进行融合，构建完整的先行先试段椒江流域 L2 级数据底板。

5.7 数据共享及中心数据库建设方案

5.7.1 数据归集及接入

5.7.1.1 数据归集及接入范围

数据归集主要针对于两大类的数据进行操作，一类是对浙江省、台州市一体化智能化平台上的公共数据进行申请、治理然后离线同步归集至数据库中，另一类是在政务外网上与相关的数据进行的定时交换。

通过两大类的数据的归集，实现数据池和各业务系统的有机结合，实现数据的采集、转换、传输、融合和加载。解决跨部门跨业务的数据共享。

数据归集的目录如下：

（1）同级跨部门数据共享清单

表 5.7-1 同级跨部门共享清单

序号	数据资源类别	数据项	数据来源
1	基础地理	地理空间数据（地类覆盖、交通道路）	自然资源
2		地质灾害隐患点（名称、地理坐标、风险类型、等级）	
3		承灾体信息（威胁户数、人口、地理坐标）	
4		地质灾害巡查责任人信息（姓名、手机号）	
5		地质灾害实时预警信息（灾害点、预警对象、时间、预警等级、预警内容）	
6		地质灾害防范区雨量、位移、变形等监测数据	
7	社会经济	人口、企业、GDP 等	经信、发改
8	气象预报	气象预报数据（未来 1h、3h、6h、24h 网格预报数据）	气象
9		实时更新的暴雨预警、地灾气象预警、山洪气象预警信息	
10	应急管理	基层防汛责任人（包括县、乡、村三级责任人体系，姓名、手机号，需确认是否有山洪预警责任人和转移责任人）	应急管理部门
11		基层防汛防台形势图（村名、形势图）	
12		应转移人数	
13		实时转移人数（安置点人数、投亲靠友人数）	
14		安置点（名称、地理坐标、容纳人数、管理员、手机号）	
15		安置点视频监控（位置、视频流）	
16		物资仓库（名称、地理坐标、面积、物资、管理员、手机号）	
17		抢险队伍（名称、主管单位、队伍类型、地址、人数、负责人、手机号、主要救援装备）	
18		老弱妇幼等重点关注人群（姓名、人数、责任人及手机号）	
19		应急响应信息（响应类型、响应等级、启动时间）	
20		船舶信息（航线、实时位置、进/出港报告）	

21		道路信息（国道省道公路路网基本情况、交通信息）	
22		景区信息（名称、地理坐标、管理员、手机号）	

(2) 跨层级数据共享清单

表 5.7-2 跨层级共享清单

序号	共享对象/方式			共享数据分类	共享数据成果	更新频次
	省内	流域委	水利部			
数据底板						
1	1、根据业务权限和需求，面向行业内、外提供数据共享服务 2、API 接口共享			流域遥感影像数据底板 (DOM)	椒江流域范围，优于 1m 精度； 朱溪水库保护范围，优于 1m 精度	按需更新
2				流域数字高程数据底板 (DEM)	椒江流域范围，5m × 5m 精度； 朱溪水库工程为主体的流域范围 (168.9km ²)，格网大小优于 2m	按需更新
3				重点区域倾斜摄影数据底板	临海古城 (总面积 20km ²)，精度 5cm 朱溪水库坝区、管理区及库区，精度优于 3cm 分辨率	按需更新
4				重点河段水上地形	1:2000 重点河段 (总面积 220km ²)	按需更新
5				重点河段水下地形	重点河段 (长度: 70km)，采样间距 1000m	按需更新

序号	共享对象/方式			共享数据分类	共享数据成果	更新频次
	省内	流域委	水利部			
7				工程土建、综合管网、机电设备等 BIM 模型	朱溪水库、永宁江大坝 2 个重点水利工程 LOD2.0	按需更新
8				闸门、发电机、水轮机等关键机电设备 BIM 模型	朱溪水库、永宁江大坝 2 个重点水利工程 LOD3.0	按需更新
水利感知网						
9	1、根据业务权限和需求，面向行业内、外提供数据共享服务 2、API 接口共享			水旱灾害防御	新增水位站 6 处，改造水位站 8 处，新增永宁江闸专业水文站 1 处，永宁江闸闸下潮位站 1 处； 朱溪水库 9 个遥测站（6 个雨量站，1 个雨量、水位、蒸发站，2 个水位、流量站；雨量站设于苗寮、板彭、溪上、梅岙、外田厂、大洪；雨量、水位、蒸发站设于水库坝上；水位、流量站设于防洪控制断面的下回头水文站和水库坝下）。	实时更新
10				工程建设与运行管理	永宁江大坝工程观测数据	实时更新

序号	共享对象/方式			共享数据分类	共享数据成果	更新频次
	省内	流域委	水利部			
					朱溪水库拦河坝、发电厂房、输水堰坝及输水隧洞等主要建筑物的观测数据	
11				水资源管理	朱溪水库库区水量监测数据	实时更新
12				水资源节约与保护	朱溪水库输水隧洞的首端和尾端各建设 10 参数固定水质站共 2 个	实时更新
模型平台						
13	1、根据业务权限和需求，面向行业内、外提供数据共享服务 2、API 接口共享	构建水利专业模型	水文预报模型	山丘区水文模型	建模范围 1：灵江、始丰溪、永安溪三江交汇口至椒江河口 建模范围 2：长潭水库坝址至永宁江大闸，包括西江平原区间汇水面积	按需更新
						按需更新
			水动力学模型	一维水动力演进模型	椒江干流一维河道水动力模型模拟干流河道洪水演进过程； 永宁江流域长潭水库至永宁江闸之间流域面积 445 平方公里范围的河网	按需更新
				二维水动	易涝区二维模型构建模拟降雨后区域淹没情况	按需更新

序号	共享对象/方式			共享数据分类	共享数据成果	更新频次	
	省内	流域委	水利部				
				力演进模型			
				水工程调度模型	包括里石门水库、下岸水库以及牛头山水库，建立联合调度模型； 朱溪水库洪水预测预报调度模型	按需更新	
				风暴潮预报模型	椒江河口，模拟计算河口及毗邻区域风暴潮潮位	按需更新	
				水资源调度模型	来水预报模型	朱溪水库可供水量预测；未来年、旬、月时段需水量预测	按需更新
					调度模型	基于水源地来水预测和需水预测的结果，对朱溪水库的总体水量平衡进行估计和分析，形成水源地中长期水量调度方案	按需更新
				工程安全综合预警模型	共享工程安全综合预警模型分析结果	按需更新	
14			调用智能识别模型	视觉智能模型，识别相关水事事件，如大坝、水闸等工程建筑	按需更新		

序号	共享对象/方式			共享数据分类	共享数据成果	更新频次
	省内	流域委	水利部			
					物保护范围内人员入侵识别，溢洪道、闸门前漂浮物阻水等结果	
水利知识平台						
16	1、根据业务权限和需求，面向行业内、外提供数据共享服务 2、API 接口共享			构建椒江知识库	水利对象基础信息及相互关系、洪水预报调度方案、防洪预案、超标洪水应急预案、防洪工程调度规则、流域防洪经验等	按需更新
业务应用						
17	1、根据业务权限和需求，面向行业内和行业外提供数据共享服务			流域防洪业务应用	1、共享全省水文站网监测信息、水利工程调度信息、山洪监测信息。 2、共享椒江干流、临海古城、永宁江流域洪水预报、洪水演进及工程调度预案成果。	按需更新

序号	共享对象/方式			共享数据分类	共享数据成果	更新频次
	省内	流域委	水利部			
	2、API 接口共享			水资源管理与调配应用	1、生态流量管控：对椒江流域内生态流量监控系统数据进行共享。 2、水库水资源调度：构建朱溪水库-长潭水库-城市供水的水源供水调度场景，支撑水源联通概化展示、调度实时监测、供需预报、红线预警等业务应用。	按需更新
				水库工程运行管理	1、工程安全检查、维修保养、防汛管理、注册登记、安全鉴定等重要业务信息。 2、流域重要水利工程安全监测数据。 3、朱溪水库、永宁江大闸运行性态预测、风险预警、状态预演、处置预案成果。 4、朱溪水库、永宁江大闸 BIM 应用成果，包括基于 BIM 的设施设备运维管理、基于 BIM 的设施设备告警、基于 BIM 的视频巡检。	按需更新

5.7.1.2 数据归集方式

系统中用数据同步与数据交换结合的模式进行归集，数据同步解决源系统原始数据在不影响业务系统性能的前提下的增量数据实时捕获；数据交换则在数据池端实现数据转换清洗，实现高可用的数据资源。

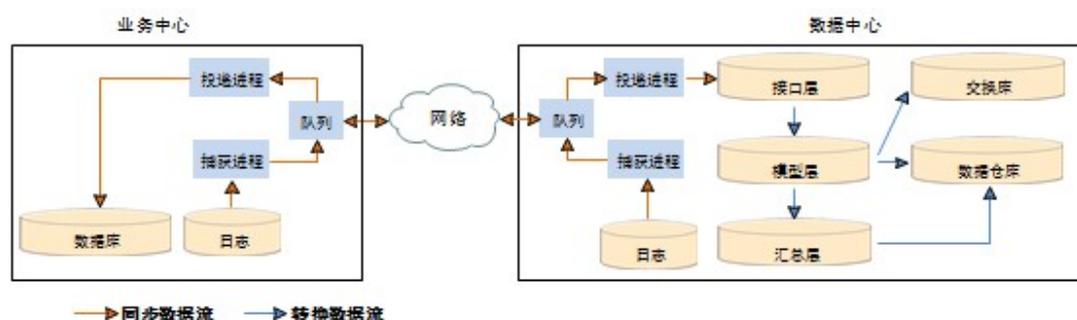
5.7.1.2.1 归集方式

5.7.1.2.1.1 数据同步

针对部署在电子政务外资源共享区（VPN2）的业务数据库，通过直接采集生产数据库数据（或生产数据库镜像库）的方式进行采集。首次采集采用全量方式抽取，由于全量抽取对网络和生产库会带来一定的压力，全量抽取一般安排在非工作时段进行。后续通过采集数据库日志方式，实时抽取生产库增量数据。

1、数据实时同步技术

数据实时复制可以实现可靠的、实时的、异构系统间的数据捕获、路由、转换、传输，并确保事务一致性。复制过程通过对多个独立构件组合、配置形成不同的解决方案，每个构件完成自己的任务，每个任务包括：捕获，追踪文件和投递三种功能。



数据实时同步的关键构件包括：

（1）捕获构件：捕获构件置于源数据库内，实时监控事务活动。捕获构件从事务日志中将增、删、改操作的结果读出并准备将其发布。支持主流的数据库，包括 ORACLE、MS SQL、IBM DB2、SYBASE 等，也支持主流系统，包括 WINDOWS、LINUX、UNIX 等。

捕获构件通过传输已提交的事务来减少网络压力，并且通过将事务的组合化和压缩化提高传输性能。

（2）追踪文件构件：追踪文件构件是系统队列机构的一部分，可以在源端和目的端。构件包含主点上的变更数据操作信息，并将这些信息存储成系统独立的数据格式。在数据库外确保异构性、高可靠性和最少数据丢失。因为没有附加的表或者额外的查询用于捕获数据，从而最小化的影响源系统。系统首先读取系统日志，然后将捕获的数据移动到数据库外部的追踪文件构件上，从而为递送到目标数据库做准备。

追踪文件记录最新的变化数据，即使在源端或者目标端出现掉电情况，电力恢复后也可以马上应用到目标数据库上。

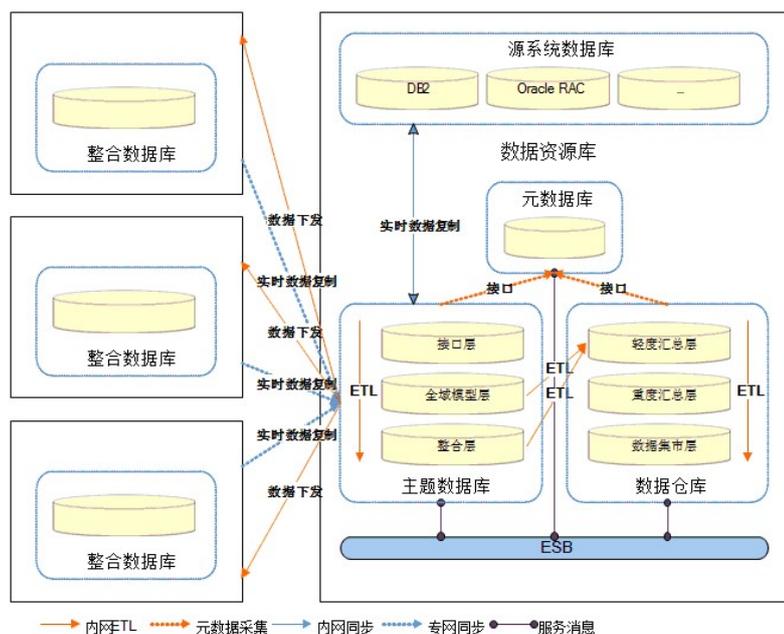
（3）投递构件：系统投递构件从追踪文件构件中获取到最新变化的数据，并且将这些数据通过 SQL 语句的方式应用到目标数据库上。投递构件可以确保事务的顺序不会交错，并且确保事务的一致性和参照完整性。

5.7.1.2.1.2 数据交换

通过台州市公共数据平台数据交换系统获取相关数据，主要为

基础数据，包括自然资源与空间地理数据库、气象预报、社会经济等。

数据交换体系是实现数据池和各业务系统的有机结合，实现数据的采集、转换、传输、融合和加载。解决跨部门跨业务的数据共享。数据交换体系架构如下图所示：



1、源系统数据采集：

源系统是指用户原有的业务应用系统，其包含的数据是数据池的主要数据来源，因此源系统数据采集是全层数据交换最基础与核心的环节。

源系统的采集采用数据同步与数据交换结合的模式，数据同步解决源系统原始数据在不影响业务系统性能的前提下的增量数据实时捕获；数据交换则在数据池端实现数据转换清洗，实现高可用的数据资源。

2、源系统数据推送：

通过对源系统的数据推送，可是实现系统间的数据共享与主数据管理。源系统的数据提供可通过批量数据转换的模式也可通过数据服务调用的模式。

5.7.1.2.1.3 数据文件采集

提供统一入口，实现文件数据的上传和导入，系统可以对数据文件进行解析。支持常用的数据文件格式包括 XML\EXCEL 等数据文件，支持文件断点续传。

5.7.1.2.2 归集作业

1、批量数据归集

将数据通过输入步骤“excel 输入”获取到数据，再进行简单的字段处理为历史数据添加 id 唯一标识（由于 id 随机生成，为避免 id 变动导致事件重复导入，此操作对于每一张 excel 表只执行一次）

2、数据每日导入

由于数据类型或者上游数据的推送时间、技术等方面限制，对于部分数据的接入不需要或者无法做到实时接入的效果。在交换程序中采取了每日定时交换的方式。

5.7.1.2.3 数据加载

（1）ETL 总体策略

ETL 加载策略可分为以下几种：

ETL，即先对数据进行抽取，然后对数据进行转换，最后将数

据加载到数据仓库系统；

ELT，即先抽取数据，然后将抽取的源数据加载到数据仓库系统，最后在数据仓库系统中对数据进行转换；

ETLT，融合了以上两种策略的优点，将数据转换贯穿到整个过程，及在抽取过程中、抽取后、加载过程中、加载后都执行数据转换工作。

（2）数据抽取

由于源系统是通过数据实时复制系统以数据同步的模式采集至主题数据库的接口层，因此数据转换工作的抽取部分是从主题数据库的接口层至模型层，然后再利用 ETL 工具中大数据量加载工具，进行转换前的加载准备工作。

（3）数据转换和加载

将主题数据库接口层的数据按照全层数据模型的要求，进行数据的转换、清洗、拆分、合并等处理，保证来自不同系统、不同格式的数据的一致性和完整性。

（4）ETL 任务设计

ETL 任务调度存在两种调度方式，一个是时间驱动，另一种是数据驱动。在平台中，由于源系统抽取的时间不可能一致，因此利用单独的时间驱动是不可行的，而利用数据驱动则需要每个源系统都需要提供一个日结（每日处理结束）接口，对于一些源系统可能已经有明确的时间，无需日结标志。因此平台会通过前期的调研决定最终任务流程的方式。时间和数据驱动同时并存是通常的做法。

ETL 任务可以定时触发。定时的时间窗口可以满足一次性触发，按周期频次触发等等。在时间驱动中，会设定 Timeout 时间，

在超过这个时间之后，本天的处理失败，发出邮件进行提示，需要人工干预。

5.7.2 数据治理服务

5.7.2.1 数据清洗

数据清洗指对各部门业务系统抽取需归集到平台的基础地理、社会经济、气象预报、应急管理数据进行清洗处理，数据清洗主要是针对源数据库中出现二义性、重复、不完整、违反业务或逻辑规则等问题的数据进行统一的处理，一般包括如：NULL 值处理，日期格式转换，数据类型转换等。

数据清洗主要在平台原始库中进行操作。在进行数据整合之前先定义数据的清洗规则，并对符合清洗规则的数据设置数据的错误级别。当进行数据整合过程中遇到符合清洗规则的数据时，将把这些业务数据置为问题数据，并根据错误的严重程度进行归类。对出现的问题数据进行标记后存入问题数据库中，经确认后再决定是通过清洗转换后入库，还是直接放弃，抑或以其他方式处理。对于清洗前后的数据还需进行一致性检查，以保证清洗结果集的质量。

数据清洗过程中，将会删除带有缺失值的行记录（整行删除）或者列字段（整列删除），减少缺失数据记录对总体数据的影响。

5.7.2.2 数据去重

数据去重主要对结构化数据采用同一时间窗口比对、基于哈希算法比对等方式去除重复数据。数据去重主要包括匹配和重复记录

消除两部分：

1、匹配

通过建立查询条件，在其它记录中寻找相似的记录，发现重复记录。包括地理位置数据、人员通讯信息等。

2、消除重复记录

根据匹配结果进行处理，根据设定的去重规则，删除部分记录或者合并多个记录为一个完整信息的记录。

同时数据源中可能由于未设置主键或者系统业务本身或公共数据池归集时未采取去重操作，会存在数据上报、统计时重复的情况。在清洗过程中需要进行提前处理，通过单向量/多列完全重复比较判断和其他方法进行重复列去重。

5.7.2.3 数据补全

当数据存在缺失情况时，除了对其进行清洗操作外，还可以通过缺失值处理方式。通过统计法、模型法、专家补全等方法将缺失的数据补上，从而形成完整的数据记录。主要是对人员的基础数据、评价数据、事件数据等相关数据项进行补全。

5.7.2.4 数据转换

由于归集的数据来自于多个部门多平台所开发的系统。不同系统有不同的数据结构定义，数据汇聚在一起后就会产生数据格式不规范统一、数据命名不规范统一、数据编码不规范统一、数据标识不规范统一。这样的数据是无法支撑业务应用需要的，因此将不规范的数值改为规范这一步不可或缺，通过设置统一标准如国标、地

方安全标准等对字段进行值转换。涉及数据转换的数据包括但不限于地址数据、通讯信息等

5.7.2.5 数据关联

数据关联需要完成在不同数据集之间的关联，实现在不同数据集的联动，为数据治理、业务应用的需求提供支撑。需根据标准数据元、数据字典形成原始数据与标准体系的关联，需实现数据表与表、字段与字段之间的关联。将同源信息加以整合，提高信息的唯一性和时效性。

5.7.2.6 数据比对

通过数据比对，实现对两个数据集中的数据内容、数据格式的比较核查，找出相同的数据或不同的数据。针对不一致的数据，系统需要制定数据比对的规则，确定数据采信的原则，设置数据置信度，根据数据比对的结果，通过自动或人工方式对数据进行纠正。主要涉及人的基本信息、人物关系、社会关联等相关信息。

5.7.2.7 数据标识

数据标识通过识别数据然后打上标签，然后提供给人工智能算法模型。标签规则库提供标签的定义、内容、版本、关联等，通过读取标签规则库的内容，对数据进行映射，通过人工或智能的方式实现对数据打标，通过标签设计提升数据的价值密度，并为上层应用提供支撑。

5.7.2.8 数据质量分析

主要针对准确性、完整性和一致性对数据值的质量进行分析。通常情况下，原始数据中都会存在不完整（有缺失值）、不一致、数据异常等问题，这些脏数据会降低数据的质量，影响数据分析的结果。

在进行数据分析之前，检测原始数据中是否存在脏数据，并对数据进行清洗、集成、转换等处理以提高数据的质量，同时对数据质量问题收集和评估：

在生产数据基础上，收集数据质量问题，生成数据质量问题数据记录。

设置数据质量问题评估规则，按问题等级和紧迫性分级，确定优先解决的数据质量问题。

5.7.3 数据管理服务

5.7.3.1 脱敏服务

考虑到数字孪生平台数据的敏感性，涉及用户的多样性，根据部分数据可用不可见的原则，部署数据脱敏系统，对本系统数据库敏感数据进行数据脱敏。

数据脱敏系统是面向敏感数据进行数据自动发现、数据脱敏的专业的数据安全脱敏产品。可实现自动化发现源数据中的敏感数据，并对敏感数据按需进行漂白、变形、遮盖等处理，避免敏感信息泄露。同时又能保证脱敏后的输出数据能够保持数据的一致性和业务的关联性。数据脱敏系统详细功能如下：

1、基本要求

系统要求具有静态脱敏和动态脱敏的能力，能实现敏感数据识别、脱敏结果管控、脱敏操作审计和脱敏系统安全等功能。

具有丰富的脱敏算法，包括随机映射、固定映射、遮盖填充、范围内随机、浮动、归零、截取、时间偏移等功能。

2、保持数据特征和业务规则、数据关联性

数据脱敏不仅仅执行数据漂白，而且在脱敏后需要保持数据特征，保证开发、测试以及大数据利用类业务不会受到脱敏的影响，达成脱敏前后的一致性。

3、保持数据特征

数据脱敏前后必须保证数据特征的保持，比如身份证号码由十七位数字本体码和一位校验码组成，分别为区域地址码（6位）、出生日期（8位）、顺序码（3位）和校验码（1位）。身份证号码脱敏规则需要保证脱敏后保持身份证号码的特征信息。

4、保持数据之间的一致性

在实际业务中，数据和数据之间具有一定的关联性。比如出生年月字段或者年龄字段和身份证出生日期之间的关系。身份证信息脱敏后需要保证出生年月字段和身份证出生日期之间的一致性。

5、保持业务规则的关联性

保持数据业务规则不变是数据脱敏的时候要数据关联性以及业务语义不变等，其中数据关联性包括主外键关联性、关联字段的业务语义关联性等。特别是高度敏感的账户类主体数据往往会贯穿主体的所有关系和行为信息，需要保证所有这些相关主体信息的一致性。

6、多次脱敏之间的数据一致性

相同的数据进行多次脱敏，或者在不同的测试系统进行脱敏需要保障每次脱敏的数据保持一致性。多次脱敏的一致性保证才可以保障业务系统数据变更的持续一致性以及广义业务的持续一致性。

7、脱敏数据的可追溯、可审计报表，满足监管要求

脱敏系统应内置丰富的报表样式（柱形图、仪表盘等），提供审计依据，满足监管部门要求。

8、灵活的数据脱敏分发方式

由于数据脱敏场景多样性，数据脱敏的分发方式应支持数据库到数据库、数据库到文件、文件到文件、文件到数据库这四种完全不落地的脱敏方式，并且不需要在生产系统和本地安装任何客户端。

5.7.3.2 数据库内部权限管控

数据库内部权限管控主要是实现运维过程中的细粒度的权限管控及事后审计问题。其主要目标自然是实现运维人员、开发人员、业务操作人员的管理。包括运维人员、开发人员、业务操作人员的正确识别，避免非运维人员利用运维工具访问。对敏感数据进行定义与分级分类，对特权账户进行统一管理，防止敏感数据被越权。同时为避免数据库运维过程中的误操作行为，建立危险操作访问控制与数据恢复机制。

5.7.3.3 数据资源维护

对进入风险库的数据进行管理。明确每项数据资源的管理属性，包括所有权、修改权、使用权；标识资源的创建日期、修改日期和

其他标识性属性。

数据资源维护是管理员对系统中的数据资源进行管理的工具。系统对用户需要区别开放的数据都需要在资源信息维护表中记录。未在数据资源表中记录的数据将不参与数据权限过滤，即系统所有用户默认拥有这些未记录数据的数据权限。数据资源表需要记录数据字段的中文名称、对应的表名、字段名、资源开放状态等基本信息。数据信息维护提供数据资源的增、删、改、查等基本操作。

通过按照管理树图的方式、按照资源的分类和访问权限来维护资源。可以维护资源的属性结构和属性信息，提供资源的创建、权限管理、维护、清除和资源备份恢复功能。

通过建立操作日志，将操作逐项地记录到操作日志中。通过日志管理，在发生误操作时可以方便的进行回退处理，而且也可以跟踪一些违规操作。

5.7.3.4 信息授权管理

为保证信息安全，信息需经管理员和信息提供部门分配信息开放级别；信息需求部门申请查询授权，信息提供部门审批授权以及查看授权信息数据。

针对其他部门的相关应用，需要申请数据接口进行数据共享应用时，需在平台注册应用，通过系统管理员审批后，获取应用授权码，关联已提交申请的数据资源接口服务，调用接口数据。系统提供接口调用监控、接口访问权限、访问时限等功能。

5.7.3.5 运行监控

实时监控数据采集过程中运行状况，在系统出现状况时能快速的定位问题。提供对部署在服务器里的任务流程、转换流程的运行状态、运行结果、日志、执行性能进行查看。

实时监控数据共享运行情况，包括使用部门、频率、操作内容、数据流量、运行状态、非法使用。

5.7.3.6 分级分类

本项目涉及各类高度敏感的数据，为确保数据安全使用，需要对数据进行分级分类，根据《DB33_T 2351-2021(L1) 数字化改革公共数据分类分级指南》要求进行开发。

5.7.3.6.1 数据源全面梳理

主要针对数字孪生相关数据源对应的数据表、数据项、数据文件等数据内容进行梳理，整理和识别已收集的全部数据资源，对数据进行合并统一，形成数据资源列表。

在数据资源梳理阶段，需要收集组织信息，具体如下所示：

(1) 数据基础信息调研：资源提供方、所属目录资源分类、信息资源摘要、所属系统名称、信息资源格式、数据保存位置、数据量大小、主题分类、重点领域分类、更新周期、共享方式、英文表名、数据类型、中文名称、字段描述等 20 余项信息。

(2) 数据安全等级：目前的数据级别、级别标识、影响范围、影响程度以及判断标准等。

(3) 信息资源格式：电子文件、电子表格、数据库、图形图

像、流媒体、其他等。

以上信息收集完成、字段含义识别完成之后，形成数据资源列表。

5.7.3.6.2 数据分类分级规范制定

数据分类分级基于前期梳理完成的数据资源，按照业务属性和数据重要程度等多方面因素进行细分。数据分类分级可参考对应模型，数据分类分级模型具有数据分类、数据分级和行业实践三个维度。数据分类一般分为重要数据、个人信息数据和其他业务数据的大类，数据分级一般分为合规性等级、敏感性等级和风险控制等级的大类，行业实践是提供对应行业可参考的分类分级标准或指南。

从业务条线出发，首先对业务细分，根据来源、用途、内容、业务以及管理对数据进行归类，了解梳理数据有多种角度，如简单分类、隐私分类、变更分类、业务分类等，基于实际需求和管理需求，划分业务子类。其次对数据细分，形成从总到分的树形逻辑体系结构，按照实际需求进行细分，完成数据分类。最后，对分类后的数据确定级别，同时，推荐考虑确定数据形态。

5.7.3.6.3 数据分类分级策略制定

数据分类和数据分级规范制定完成后，分类分级工作并没有结束，而是后续策略制定和落地的开始。

分类和分级后，需要结合国家政策、行业及自身特点，确定数据分类分级策略，将分类和分级进行对应，形成数据分类分级策略，通常是表单的方式提供，根据组织的实际需求，制定数据分类分级

管理规范，为组织分类分级管理提供依据，为后续的业务应用奠定基础。对于未发布标准指南的行业，可联合多行业内组织制定行业数据分类分级标准。最后分类分级可转化出数据安全防护规则，进而符合合规要求，提供精细化的防护策略。

5.7.3.6.4 数据分级分类实施

本次分类分级项目实施过程中，开发单位可通过数据分级分类工具自动并快速识别数据源，处理分类分级标签，通过智能识别+人工审核修改的方式实现数据分类分级。实现每条数据按级别和类别进行标记和归类。

5.7.3.6.5 分级分类结果核对

数据分类分级的结果需要进行人工复核，复核过程涉及大量的人工操作，需要专业的具备数据治理能力的人员进行数据复核，同时还需要和各业务部门进行数据沟通，确定分类分级结果的准确性和可用性。

5.7.3.7 数据血缘管理

依靠 ODPS 及 DataWorks 服务或者数据仓本身具备的数据地图功能。在维数据分析中，对多源异构的数据经过清洗，ETL 相关操作之后，形成相互关联的数据形态，同时便于我们找寻所需要的数据。

同时根据数据血缘管理，可以反向根据数据产生的链路来定位到来源数据有异常并继续向前回溯，直至定位问题。

5.7.4 数据共享及开放服务

数据共享及开放服务主要用于可以控制和允许的情况下让外部或者内部人员访问。为各部门、单位提供大数据建设、管理及应用服务。

1、数据集选择。选取将要开放的数据集是数据开放与共享的第一步，涉及到政府数据或者个人数据，需要数据的发布者事先制定数据开放的标准以及对数据进行分级处理。

2、开放许可协议。限制第三方在没有被许可授权的情况下对数据使用加工。在选择好待发布的数据集后，对这些数据集应用相关的许可协议。

3、数据发现与获取。选择好数据开放协议后，数据发布者可将数据集发布到相应服务中。数据发布者应当保证数据是可访问可获取的，且能提供机器能够访问的文件格式。

数据资源共享是通过服务对外提供的，系统总共提供 3 种方式：

数据服务方式：针对应用系统或者外单位需要调阅数据，则直接提供符合 SDO 规范的 Web Service 数据服务，实现对数据的基本查询。如果此项数据服务具有业务流程要求，则提供符合 SCA 规范的 Web Service 应用服务实现包含业务的数据查询。 Web Service 可以用 SOAP 以及 REST 两种服务形式提供，默认使用 REST 方式提供。

目录方式：对于不能直接访问数据库的需求，则通过把业务所需的数据输出到相关目录供相关单位查阅的方式，此方式在内外网数据调阅的时候比较常用（因为要通过摆渡设备交换数据）。

Portlet web 组件方式：系统支持一种特殊形式的服务，符合 SCA 规范，这些服务支持被门户以页面组件的形式调用，并在门户中直接展示，这些服务包含多维分析展示服务、表单展示服务、GIS 展示服务等。

5.7.4.1 共建共享要求

按照《数字孪生流域共建共享管理办法（试行）》，本项目共建共享要求如下：

（1）共建要求。在数据底板方面，本项目负责椒江干流下游段、永宁江流域（长潭水库坝址以下）L2 级数据底板构建，以及永宁江闸、朱溪水库等重要水利工程 L3 级数据底板构建。在模型平台方面，本项目负责建设椒江流域模型平台，开发适用于椒江流域的水文水动力模型、可视化模型、智能化模型，以及永宁江闸强排工程一体化综合管理平台。在知识平台方面，本项目负责建设椒江流域知识平台，建设调度预案库、工作规则库、历史场景库、专家知识库，开发工程调度知识图谱。

（2）共享要求。按要求及时梳理形成水利信息资源，完成资源目录的编制、审核、发布与维护更新，按时汇交目录，同时以数据交换、调用服务、离线拷贝等方式提供共享数据，并做好数据与服务的运行维护工作，确保数据可用性。

5.7.4.2 输出共享清单

表 5.7-3 跨层级数据共享清单

序号	数据资源类别	输出内容项	更新频次
----	--------	-------	------

序号	数据资源类别	输出内容项	更新频次
1	数据底板	水利工程模型	按需
2		流域基础数据	
3		流域监测数据	
4		业务管理数据	
5	水利专业模型	产汇流的水文模型	按需
6		洪水演进的一二维模型	
7		水库优化调度模型	
8		工程安全预警分析模型	
9	智能化模型	智能 AI 识别模型	按需
10	知识平台	工程调度知识图谱	按需
11		业务规则	
12		专家经验	

5.7.5 中心数据库建设

基于台州市水利数据仓，在现有数据基础上，梳理需归集的椒江流域洪潮防御相关业务数据，补充收集涉及的基础数据，建设椒江流域洪潮专题数据库，包括基础数据库、监测数据库、业务数据库和地理空间数据库等内容。

5.7.5.1 已有数据资源

(1) 基础数据

台州市水利数据仓基础数据库数据根据来源分为两类：一是省

级水利数据仓同步至台州市水利数据仓的水利基础数据；二是台州市自有的水利基础数据。

台州市水利基础库主要包括以下对象的基础数据：

1) 江河湖泊

主要包括流域基本信息、分区信息、流域名录等流域信息；河流河口位置、所属流域信息、河源位置、河流基本信息、河流名录表等河流信息；湖泊进湖水系、出湖水系、湖泊基本特征、水位面积与容积关系、湖泊名录等湖泊基本信息。

2) 水利工程

主要包括水库、山塘、水电站、水文测站、堤防、海塘、水闸、泵站、农村供水工程、橡胶坝、渡槽、涵洞、灌区等各类水利工程的名称、特征值、所在地、管理单位、管理责任人、工程图片等相关信息。

3) 各类监测站点

主要包括水文监测站、水土保持监测站、水生态监测站、水量监测站、水事影像监视点等的名称、所在地、基本特征参数、管理责任人等信息。

4) 山洪灾害

主要包括山洪灾害防治对象名录、山洪灾害防治重要村落名录、河流断面测量成果、监测站点名录、山洪灾害调查评价空间数据等。

5) 其他水利对象信息

主要包括水资源分区、水功能区、河湖管理范围、采砂分区、岸线功能分区、河段、堤段、险工险段、水源地、取水口等信息。

(2) 业务数据

台州市水利业务库主要包括水资源保障、河湖库保护、水灾害防御、水事务监管、水发展规划、水政务协同等各类业务信息。

1) 水资源保障

如取水户日水量、取水户小时水量、取水许可量、供水水源水质、实时供水量、生态流量、引调水量等。

2) 河湖库保护

如水域变化、河长巡河、巡河问题及处理、美丽河湖建设、涉河涉堤许可、涉河涉堤项目建设、涉河涉堤项目事中事后监管等。

3) 水灾害防御

如实时水雨情、气象数值预报、山洪预警信息、台风信息、洪水风险信息、水利工程调度、洪水预报预警、险情处置、防汛值班、度汛方案等。

4) 水事务监管

如水利工程质量监督、水土保持监管、水利工程建设、水利建设市场监督管理、水利工程运行管理、工程验收资料等。

5) 水发展规划

如各类水利规划成果、重大水利项目建设进展、水利建设投资进展等。

6) 水政务协同

如水利相关公文流转、政务网办件信息、政务公开信息、绩效考核、水利事项交督办、岗位资格管理等。

(3) 主题库数据

主要包括防汛、水利工程管理、河湖库管理、工程建设管理、水资源管理等各类主题数据。

1) 防汛主题数据

如面雨量统计、日雨量统计、雨量等值线、水位超警戒统计、水位超保证统计、山洪预报预警统计、山洪实时预警统计、预警短信发送统计等。

2) 水利工程管理主题数据

如水利工程巡查率、水利工程安全鉴定超期、水库超汛限、水库预泄水量、水库溢洪统计、工程隐患处理率、工程标准化创建率等。

3) 河湖库管理主题数据

如基本水面率、水域面积变化率、采砂量统计、划界工作完成率、涉河涉堤审批率、河湖问题整改率、河湖长巡河率等。

4) 工程建设管理主题数据

如工程建设进度、工程量、投资完成数额统计；工程质量检测次数、检测率、问题整改率等。

5) 水资源管理主题数据

如用水总量统计、取水进度预警、重点取水户取水量统计、区域水资源量、重要断面水质统计分析、供水水源水质统计分析等。

(4) 空间库数据

包括水库、堤防、海塘、水闸、泵站、山塘、灌区、农村饮用水、水电站等水利工程位置；河流水系空间数据、湖泊空间数据、水利工程管理范围线和保护范围线；巡查轨迹、防洪保护区、山洪灾害防治村落位置、山洪风险区、水雨情站点等空间数据。

5.7.5.2 新建数据资源

(1) 基础数据库

1) 水利工程数据: 基于水平台数据仓已有工程数据, 补充收集包括椒江流域、灵江、椒江、永宁江、各个水利工程等水利对象的主要属性数据和空间数据。如河流水系、水库特征水位、特征库容、各类特征曲线, 水库参数等, 泵站设计抽水能力、设计水位、设计扬程和装机容量, 闸的泄流能力等设计参数。

2) 防御对象数据: 主要包括椒江流域山洪防御村落、干流防洪保护区等名称、地理坐标、类型等数据。

3) 防御措施数据: 应急安置点、物资仓库、抢险队伍等防御措施信息。

(2) 监测数据库

1) 雨情数据: 归集实时雨情监测数据, 共享汇集未来 1h、3h、6h、24h 网格气象预报数据等。

2) 水(潮)情数据: 椒江流域主要河道水位站、水库水位站、沿海潮位站实时监测数据以及相关预报数据。

3) 工情数据: 水库、水闸等水利工程变形、渗流、应力应变等实施监测数据以及相关预报数据。

4) 气象预警数据: 主要包括实时更新的台风路径、暴雨预警、地灾气象预警、山洪气象预警信息等。

(3) 业务数据库

1) 水利专业模型数据库: 主要包括模型方法、计算参数、边界条件、计算结果。

2) AI 数据库: 包括 AI 模型、识别场景、识别源数据、识别结果。

3) 知识平台数据库: 包括工程调度、专家经验、应急预案数据。

4) 洪潮防御数据库: 干流洪水演进及淹没模拟、古城洪涝风险分析、指挥调度预演等数据库, 如淹没范围、淹没水深、淹没历时、洪水到达时间等。

5) 水资源管理与调配数据库: 生态流量管控、水库兴利调度、水库水资源调度数据库。

6) 水利工程运行管理数据库: 标准化管理、河道变化模拟分析、工程安全四预数据库。

(4) 地理空间数据库

1) 自然地理数据: 基于水平台数据仓已有基础数据, 补充收集本次数字孪生椒江建设涉及的水系图, 地形图等基本信息;

2) GIS 数据: 椒江流域、试点工程卫星遥感 DOM 数据、倾斜摄影数据、DEM 数据;

3) BIM 数据: 朱溪水库、永宁江大闸 BIM 数据。

5.8 项目边界与接口设计方案

5.8.1 与台州市水管理平台的边界

椒江流域数字孪生流域统一工作平台, 以浙政钉和浙里九龙联动治水为用户入口, 并与台州市水管理平台的用户权限进行对接。

台州市水管理平台为九龙联动治水的应用平台, “数字孪生流

域”作为九龙联动治水的重要组成部分，主要用于构建数字孪生数据底板，本项目业务应用基于台州市水管理平台打造。所需的监测数据，包括水文、水资源、水灾害、水利工程等水利业务的监测数据，如降雨、台风、水位、潮位、洪峰流量、生态流量等可通过台州市水管理平台水利数据仓获取。

5.8.2 统一接口及系统对接建设

与台州市一体化智能化公共数据平台进行对接，实现数据归集和交互功能。通过系统对接实现与市公共数据平台基础域、共享域、开放域的对接，实现目录归集与推送、数据共享目录推送、数据共享申请、数据开放数据对接等。

5.9 信创适配设计方案

本期项目建设的数字孪生椒江建设先行先试应用要根据信创的需求进行适配，本期只做终端适配。信创中间件，数据库等方面的产品及适配不在本期实施范围内。

根据信创终端、操作系统和信创浏览器的要求，对页面的布局、页面的元素、表格的样式、系统空间进行适配改造。主要包括浏览器渲染引擎优化、JS 解析引擎优化、控件参数优化等。通过上述优化满足信创终端系统访问的要求。

5.9.1 适配国产操作系统

本项目除了对 Windows 系统适用外，PC 端还支持国产操作系

统，目前国产操作系统包括有：UOS 统信操作系统、深度操作系统（deepin）、中标麒麟、银河麒麟、中兴新支点等。

本项目计划适配 UOS 统信操作系统，具体以实际采购为准。

5.9.2 适配国产浏览器

本项目 PC 端建设需适配国产浏览器，同时兼容主流浏览器（火狐浏览器、谷歌浏览器、360 浏览器），保障信创和非信创浏览器的终端用户正常操作使用。

5.10 系统运维方案

项目建成后提供一年的免费维护期。

系统维护包括应用软件修改和升级服务、故障处理、故障修复、应急服务等内容。

（1）由于用户业务调整或者软件原有 BUG，需要对应用软件系统进行适应性修改、优化和升级；

（2）部署更新应用软件系统；

（3）根据更新的重要程度，确定升级的时间，准备应急方案；

（4）升级应用软件系统，并观察运行情况。

1、系统维护

对系统进行优化运行维护，对于在系统运行过程中，由于不可测原因引起的系统故障，给予快速响应，保证系统正常工作和系统安全稳定运行。

2、定期巡检

根据平台的运行情况，制定巡检计划，包括巡检内容、周期、巡检人员的安排、巡检的应急处置机制。定期对系统运行情况进行巡检，预防重大问题发生，通过定期巡检发现存在的问题或潜在的问题，并及时解决。巡检时记录系统运行日志、系统维护日志等。

3、软件 Bug 修复

软件 bug 修复包含因系统缺陷导致的各种 bug 修护，因误操作导致的数据错误的维护。维护工程师因根据 bug 原因的优先级，及时进行修复。

4、重要活动支持

重要活动支持主要是指当用户方遇有重要活动，需要确保系统正常运转时，技术支持人员应到现场进行技术支持。

5、功能完善

运维期间，若上级要求相关字段功能迭代的，中标单位要配合免费给予更新。

第六章 安全建设方案

本项目参照信息安全等保三级对整个项目的安全体系进行设计，项目安全体系建设分为技术安全要求和管理安全要求两大部分。

技术安全要求：基础环境安全、应用安全、数据安全等；其中基础环境安全由台州市政务云平台提供保障。

管理安全要求：安全管理制度、安全管理机构、人员安全管理、安全运维管理以及用户数据与应用权限等。

6.1 等保定级测评

根据国家等级保护相关标准，对本项目范围内的软件系统进行安全等级保护测评工作。

本项目应邀请具有等保测评资质的第三方机构对系统开展测评。测评范围包括对安全物理环境、安全通信网络、安全区域边界、安全计算环境、安全管理中心；安全管理制度、安全管理机构、安全管理人员、安全建设管理、安全运维管理等方面进行安全测评。

6.2 信息系统安全风险分析

本系统平台所面临的安全风险包括：

（1）网络安全风险

平台将面临多种来自网络的攻击，如非法用户访问、多种不安全服务的开放、邮件炸弹、木马程序攻击等，任何一种攻击都可能导致整个网络系统的瘫痪或造成重要数据的泄漏。

（2）系统安全风险

当前的操作系统、数据库软件等支撑软件由于代码庞大及软件设计、实现的欠缺，不可避免的出现各种各样的安全漏洞，为黑客入侵和病毒破坏等提供了可乘之机。

（3）应用安全风险

首先，平台在应用层面将面临众多技术风险，如身份伪造、信息泄密、信息篡改、抵赖行为、虚假信息等；同时，应用层安全与平台自身业务紧密联系，脱离业务需求，也会带来安全不适的风险。

（4）数据管理风险

平台的核心内容是数据，所以平台存在重要数据泄露的风险。

（5）管理安全风险

管理是整个系统安全得到保证的重要组成部分，责权不明、管理混乱、安全管理制度不健全或缺乏预防性、操作性等都可能引起管理安全的风险。

为了使本系统平台能够有效应对以上所描述的安全威胁和风险，必须依据一系列有关信息安全的政策法规，从组织管理、技术保障、政策环境、标准体系、人才培养等方面着手，通过各个层面的安全建设，形成有效的安全防护能力、隐患发现能力和应急反应能力，建立起可靠的安全运行环境和安全的业务系统。

6.3 技术安全设计

6.3.1 物理环境安全

本项目的安全物理环境依托台州市统一的政务外网网络计算环境和互联网环境，依托政务云所在的机房提供物理访问控制、防盗

窃和防破坏、防雷击、防火、防水和防潮、防静电、温湿度控制、电力供应、电磁防护等一系列物理安全措施，保障系统运行的稳定、持久运行。目前台州市政务云所在的物理环境安全现状已可以满足《GB/T 22239-2019 信息安全技术网络安全等级保护基本要求》信息系统安全等级保护三级的要求。

6.3.2 通信网络安全

本项目所依赖的网络为主要为台州市政务外网和互联网，政务外网主要依托台州市政务云机房提供的现有网络安全设备。

本项目要求提供相关 IDC 服务商提供网络安全防护服务，包括提供区域边界防护，实现对区域网络的边界保护、区域划分、身份认证、访问控制、安全审计、入侵防范、恶意代码防范等。

6.3.3 区域边界安全

本项目区域边界的安全按照等保三级要求进行设计。

(1) 边界防护

通过部署数据安全交换通道、边界防火墙、网关、WAF、IPS 等安全设备进行防护。

(2) 访问控制

通过可信接入代理、可信环境感知、可信 API 等实现访问控制。

(3) 入侵防范

通过边界安全网关、防火墙、IPS 等设备实现。

(4) 恶意代码和垃圾邮件防范

通过边界安全网关、防火墙、终端安全防护等设备实现。

(5) 安全审计

通过部署日志审计等方式实现。

6.3.4 计算环境安全

本项目计算环境主要为：云主机。主机的安全设计如下：

为了达到等保三级要求，提供可靠有效的云主机安全防护措施，可利用台州市政务云的云防火墙、安全组、Web 应用防火墙、云主机安全防护、云综合日志审计、堡垒机、云综合漏洞扫描服务。

云防火墙及安全组通过对云主机 IP、端口下发访问策略及 ACL 策略。有效的起到对流量的进出控制，对云主机起到防护作用。

Web 应用防火墙保障网站业务安全，防止网站业务被攻击及网站被篡改。

云主机安全防护、系统漏洞扫描服务对云主机进行病毒查杀、入侵防护、主机加固及系统漏洞扫描，保护云主机系统及业务安全。

云综合日志审计服务提供资产的统一监控管理，保证资产的安全。

堡垒机作为系统运维唯一入口，统一管理身份信息。进一步加固业务系统的安全。

6.3.5 应用安全设计

6.3.5.1 身份鉴别

本项目采用“浙政钉”统一的用户认证体系，实现同浙政钉的用户信息进行管理，实现浙政钉同安全协同系统的融合。

6.3.5.2 访问控制

为了避免越权非法使用应用系统的文件、数据库等资源，为用户分配相应的权限，通过角色控制用户的权限，各用户仅拥有所需的最小权限。采用的措施主要包括：

1、启用访问控制功能：制定严格的访问控制安全策略，根据策略控制用户对应用系统的访问，特别是文件操作、数据库访问等，控制粒度主体为用户级、客体为文件或数据库表级。

2、权限控制：对于制定的访问控制规则要能清楚的覆盖资源访问相关的主体、客体及它们之间的操作。对于不同的用户授权原则是进行能够完成工作的最小化授权，避免授权范围过大，并在它们之间形成相互制约的关系。

3、账号管理：严格限制默认帐户的访问权限，重命名默认帐户，修改默认口令；及时删除多余的、过期的帐户，避免共享帐户的存在。

4、访问控制的实现主要采取两种方式：采用安全操作系统，或对操作系统进行安全增强改造。

6.3.5.3 安全审计

对登录用户所有操作进行审计。系统安全审计包含主机审计和应用审计两个层面，本项目中主机审计由台州市政务云安全保障，应用审计主要包括：

- 1、审计功能记录系统重要安全事件的日期、时间、发起者信息、类型、描述和结果等，并保护好审计结果，阻止非法删除、修改或覆盖审计记录。同时能够对记录数据进行统计、查询、分析及生成审计报告。

- 2、数据库启用自身日志对用户操作进行审计，并覆盖到所有用户。

- 3、对审计记录进行全量备份，定期对数据实施异地备份，审计记录留存时间需满足法律法规要求。

6.3.5.4 软件容错

为提高软件可靠性，需提供足够的冗余信息和算法程序，使系统在实际运行时能够及时发现程序设计错误，采取补救措施，保证整个计算机系统的正常运行。包括：

- 1、提供数据有效性检验功能，保证通过人机接口输入或通过通信接口输入的数据格式或长度符合系统设定要求；

- 2、具备自保护功能，在故障发生时，应用系统应能够自动保存当前所有状态，确保系统能够进行恢复。

6.3.5.5 可信验证

基于可信根对通信设备的系统引导程序、系统程序、重要配置

参数和通信应用程序等进行可信验证。在应用程序的关键执行环节进行动态可信验证。

6.3.5.6 数据完整性与保密性

为保证通信过程数据的完整性和保密性，降低非法篡改或信息泄露风险，需选用 SSL VPN、https 协议、ssh 协议进行传输。

6.3.5.7 个人信息保护

仅采集和保存业务必需的用户个人信息；禁止未授权访问和非法使用用户个人信息。个人信息保护方面，数据库收集用户的姓名、联系方式、电子邮件等信息，且限制管理员和业务管理单位可查看。

6.3.5.8 资源控制

为保证应用系统正常的为用户提供服务，必须进行资源控制，否则会出现资源耗尽、服务质量下降甚至服务中断等后果。通过对应用系统进行开发或配置来达到控制的目标，包括：

1、会话自动结束：当应用系统的通信双方中的一方在一段时间内未作任何响应，另一方应能够及时检测并自动结束会话，释放资源；

2、会话限制：对应用系统的最大并发会话连接数进行限制，对一个时间段内可能的并发会话连接数进行限制，同时对单个帐户的多重并发会话进行限制，设定相关阈值，保证系统可用性。

3、登录条件限制：通过设定终端接入方式、网络地址范围等条件限制终端登录。

- 4、超时锁定：根据安全策略设置登录终端的操作超时锁定。
- 5、用户可用资源阈值：限制单个用户对系统资源的最大或最小使用限度，保障正常合理的资源占用。
- 6、对系统的服务水平降低到预先规定的最小值进行检测和报警。
- 7、提供服务优先级设定功能，并在安装后根据安全策略设定访问帐户或请求进程的优先级，根据优先级分配系统资源。

6.3.6 数据安全设计

本项目涉及大量的数据，部分数据较为敏感，针对该特点，数据安全从数据存储、数据传输、数据访问和数据共享等多个层面进行全面的安全设计，详细数据安全设计如下。

6.3.6.1 数据存储安全

6.3.6.1.1 存储环境安全

数据存储环境安全由政务云整体进行保障。

6.3.6.1.2 存储软件安全

为确保从底层数据库软件上确保数据存储和应用的安全，需对数据库软件的安全进行措施与保障，包括：

- 1、选择安全性控制好的企业级数据库平台软件；
- 2、由台州市政务云整体安排，定期进行安全和漏洞扫描；
- 3、安装相应的补丁，解决相应安全问题；
- 4、关闭相应的服务，修改数据库用户的默认密码；

5、设置数据库用户的操作权限，确保从底层数据库用户上避免应用软件功能上导致的错误删除等安全意外。

6.3.6.1.3 数据备份与恢复

为了保障数据本身的安全，避免误删除、误操作以及数据库回滚等情况造成的严重后果，对数据建立备份与恢复机制。数据备份可为用户提供一个安全区域，对最近的数据实施备份操作，当出现任何问题如误删除某些文件或者硬盘发生故障时，用户可以恢复自己的数据。

数据备份支持按周、两周、月等周期，数据范围支持全量和增量方式，具体的策略待实施时基于数据量、数据情况进行制定。

6.3.6.2 数据传输安全

数据传输过程中安全也格外重要，通过数据加密、压缩等方式来保障数据传输过程中的安全。具体采用的方式由实施具体数据对象、数据情况来决定。

6.3.6.2.1 数据加密

数据传输前对数据的标识和敏感部分进行加密。数据加密算法采用改进后的保密性更强的算法进行加密，支持对称性加密算法和非对称性加密算法。

6.3.6.2.2 数据解密

在数据发送到应用端后进行数据解密。数据解密是为了方便业

务应用对数据的使用，如果在服务器上都是密文数据，反而不方便数据加工。数据解密主要对数据的标示和敏感部位进行解密。

6.3.6.2.3 数据压缩

在数据传输前，对数据进行压缩再传输到对应服务器上，方便数据传输的高效。同时，在服务器端，可以将实时性较弱的数据或者使用频率相对较少的数据进行压缩存储，即使是要对压缩部分的数据进行离线计算或者关键报表生成。

6.3.6.2.4 数据解压缩

解压缩和上文的压缩是一个相反的过程。在数据传输后使用阶段，对传输到服务器的压缩数据进行解压缩。数据解压缩后数据可以直接被应用端进行调取和使用。

6.3.6.3 数据访问安全

数据访问安全由基于数据管理的权限进行安全控制，本访问主要是针对数据管理等内部人员设置的安全控制。

6.3.6.3.1 访问控制权限

访问控制权限主要是在两个方面：

对操作系统上的用户和用户组的访问控制权限。可以通过更改用户和用户组的权限以实现对用户的访问控制。

对 IP 地址的访问控制权限。确保只有政务外网的用户可以进行访问，互联网的用户可以通过 VPN 进行访问。

6.3.6.3.2 数据权限控制

详细注明来源。通过制定数据分类分级目录，并且明确数据来源的主要部门和配合部门。每一条数据都要标注审核数据和待审核数据。

数据更新和废止要及时。数据主管部门在发布数据时需要注明数据的有效期和更新周期，确保数据在有效期内使用，并保证及时更新。

6.3.6.4 数据共享安全

数据共享安全基于数据服务的权限能力进行安全控制，本共享主要是针对数据服务、数据调用等外部使用设置的安全控制。

6.3.6.4.1 分级分类共享

在管理中对数据进行分类，注重数据的管理策略，依据不同的类型进行安全管理，有助于资源分配更加合理。

基于数据实时性重点的防护策略

针对实时数据应该进行重点防护，实时数据的价值一般比较高，实时数据的丢失会造成严重的损失。应该单独划分分区，对实时性强的数据进行单独配置，加强实时数据的安全配置。

基于数据领域分类的防护策略

每个领域的的数据都有其独有的特征和不同的防护措施，根据数据类型不同对数据采用不同的防护手段，有利于数据分门别类的管理。

6.3.6.4.2 数据脱敏

根据需要提供数据替代、数据混洗、数值变换、数据加密、数据遮挡等脱敏形式。

6.3.6.4.3 数据服务安全

平台应用层的关键在于数据安全管控服务层，在数据安全管控服务层中需确定五种服务，以确保数据服务平台的安全可靠。

(1) 数据可用不可见服务

保证提供给用户的数据是可用不可见的。确保用户可以正常的使用数据、加工数据、开发数据。同时要保证用户不会泄露数据。

(2) 用户操作日志服务

记录用户的操作日志，对用户行为进行审核，以发现用户的可疑行为。如果用户数据丢失，也可根据操作日志恢复用户的数据。

(3) 数据脱敏服务

对敏感数据进行脱敏，保护用户数据的敏感部分不泄露，确保用户的利益。

(4) 数据安全服务

基于平台应用层的措施，对数据提供安全保障，确保数据开放和数据开发的安全。

(5) 安全审计分析服务

安全设计分析服务主要包括三点，对存储服务器的海量数据信息运用数据挖掘算法；将当前的信息与规则进行对比，发现异常行为；将原有的审计规定进行定期的关联分析。

6.3.6.5 数据应用安全

(1) 安全审计报表

通过 shell 编程可以在固定时间内提交审计报表，在通过报表内容对安全进行加固，有利于安全防护。

(2) 安全预警服务

通过确定安全预警的规则，转化成安全因子库，结合历史数据和监听数据，形成预警功能模块。从而判定用户行为是否需要预警。

(3) 访问控制权限

依据访问控制层的确定的理论基础，在平台层设计访问控制权限列表，完成对用户和 IP 的访问控制。

(4) 安全防护工具

安全防护工具主要包括服务器硬件和系统软件手段设计。服务器方面主要包括硬件的提升、充足网络带宽的网络、采用高性能网络设备等多种方式。系统软件手段着重实现服务器安全防护。

(5) 安全检测手段

通过确定安全预警的规则，转化成安全因子库，结合历史数据和监听数据，形成预警功能模块，进而对用户进行安全监测。

(6) 数据资产管理

数据资源管理负责相关安全策略的配置和分发，通过规定客户端通常进行何种操作，以怎样的方式达到对数据资产进行保护的的目的。

可以通过设置禁止复制某种固定格式的文件。或者禁止未授权用户打开某些标密的文档等策略以防止数据资产信息的泄露。

(7) 登录安全管理

对登录的用户名和密码进行审核，如果连续三次输入密码错误，需要将用户账号暂时加锁。

(8) 数据权限设置

根据 RBAC 模型系统管理中定义角色或用户，并分配完功能级权限后才能在这里进行数据权限分配。

(9) 数据可用不可见策略

基于支撑层的数据可用不可见原理，就数据共享而言，共享数据分割发布，通过改变共享数据的分布特性，隐藏原有数据的特征以及数据形态。对敏感数据的标示进行匿名化和转换。

(10) 操作日志服务

操作日志服务主要针对服务器管理人员。管理人员需对预警操作的相关日志进行审核操作，确定用户是否存在危险、是否应该对用户的操作进行提醒或是否限制用户行为。

6.4 管理安全设计

本项目将按照等保三级要求加强安全管理制度建设，在现有的安全管理制度基础上完善安全管理体系，明确各业务部门负责各自应用的安全管理，做好安全配置，台州市水利局做好项目安全的总体管理，本项目共建单位部门做好各自数据安全管理工作。加强对项目建设单位项目管理人员、项目中标单位开发人员和实施人员的安全培训和教育。

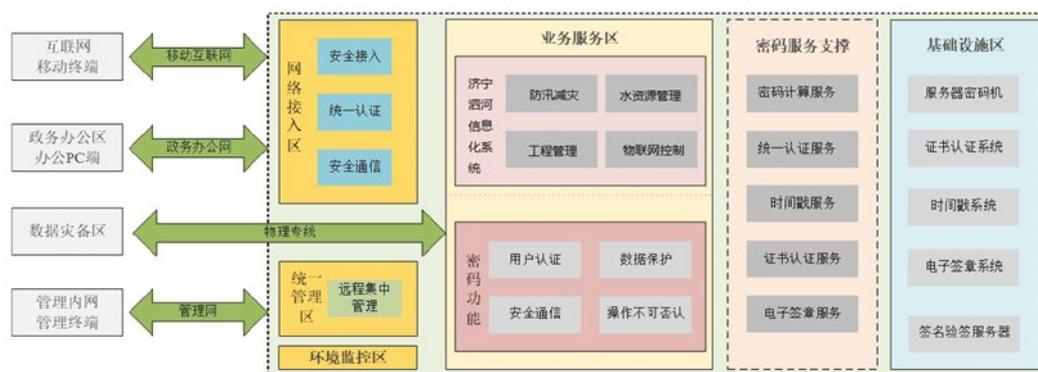
6.5 密码应用评测

6.5.1 密码应用现状分析

在《GM/T0054-2018 信息系统密码应用基本要求》以及《中华人民共和国密码法》颁布之前，信息系统对密码技术应用没有统一的要求，这样就导致信息系统密码应用方式五花八门，有些信息系统只是部分应用了密码技术，有些信息系统没有应用密码技术等，所有的这些情况对信息系统的安全造成很大的影响。因此需要统一的安全解决方案为信息系统提供基于密码技术的加固服务。

6.5.2 总体方案架构

总体方案架构如下：



信息系统密码应用总体框架

本方案主要针对现有信息系统进行商用密码应用安全性评估改造进行设计，通过在现有信息系统中部署独立的、可替换的商密产品或者安全系统，信息系统本身不用改动或者少量改动，从而完成信息系统密码应用改造，满足《信息系统密码应用基本要求》的要

求，从而顺利通过信息系统商用密码应用安全性评估。

密码资源层是方案提供的各类商密产品/安全系统，各产品/系统之间相互独立，部署之后只需简单的配置或者少量开发即可为信息系统提供密码技术支持服务，并满足密评要求。技术支撑层是密码资源层各类密码产品/系统提供的密码技术以及相应的解决方案。方案中提到的商密产品/安全系统，如果原信息系统已经部署了相关产品，可以采用信息系统现有产品。

6.5.3 总体方案组成

本方案涉及的商密产品或者安全系统如下：

(1) 数字证书认证系统

数字证书认证系统（CA 系统）用于为待改造信息系统（以下简称：系统）以及方案中的其他安全设备/安全系统签发国密算法的数字证书，企业或者机构内部的多个信息系统可以共用一套 CA 系统，本次系统采用浙江省统一用户管理及身份认证平台的要求进行数字认证系统建设。

(2) 密钥管理系统

密钥管理系统（KMS）用于为系统以及方案中的文件加密、数据库加密、磁盘加密、安全视频监控系统等提供密钥的全生命周期管理，包括：生成、存储、分发、导入、导出、使用、备份、恢复、归档与销毁等过程以及相应策略管理。

(3) IPSEC VPN/SSL VPN

IPSec VPN 主要是通过两个 IPSec VPN 网关或者 IPSec VPN 客户端与 IPSec VPN 网关之间建立一个安全通道，通道连接的是

两个网络，通道之间传输的数据都是加密的，IPSec VPN 客户端与 IPSec VPN 网关与信息系统之间基本没有关联性。SSL VPN 提供前端 SSL 卸载；支持单双向 SSL，支持 SM2、SM3、SM4 算法。

（4）运维审计系统

运维审计系统（堡垒机）针对内部的网络设备和服务器进行保护，对此类资产的常用访问方式进行监控和审计。例如对字符终端、图形终端等访问方式进行监控和审计，实现对用户运维过程的标准化管理，满足企业内部网络对核心资源的访问安全的要求。

（5）身份认证网关（SSL 应用安全网关）

身份认证网关是基于 PKI 技术开发的硬件产品，主要满足用户对基于证书的高强度身份认证安全需求。面向多个应用系统，提供集中、统一的安全认证服务，形成统一的、高安全的身份验证中心。

（6）服务器密码机

密码机作为部署在应用服务器端的重要安全设备，实现密钥生成、管理和高速签名、验证签名、数据的加密、数据的解密等操作，对身份认证、数据加密解密等方面业务有着很强的支撑作用。

（7）运维审计系统

运维管理员与运维审计系统之间建立 SSL 通道；管理日志支持完整性保护。

（8）国密浏览器

支持商用密码算法；支持我国网络自主信任体系；支持我国关于密码的相关规范。

（9）密码服务客户端

移动 APP 安全 SDK 工具；IOS,安卓平台各一套，包含定制化开发费用。

（10）签名验签服务器

支持签名验签功能，支持 SM2、SM3、SM4 算法。

6.5.4 方案说明

（1）安全门禁系统

安全门禁系统对重要物理区域（如计算机集中办公区、设备机房等）出入人员的身份进行鉴别，对人员进出记录等数据进行保护，并利用电子门禁系统自身机制完成电子门禁记录数据完整性保护。

（2）安全视频监控系统

安全视频监控系统基于《GB 35114-2017 公共安全视频监控联网信息安全技术要求》、《GB/T 28181-2016 公共安全视频监控系统信息传输、交换、控制技术要求》等规范进行设计，通过在机房以及其他重要安全区域部署具备安全功能的摄像机，保证摄像机的自身安全，支持防盗链、防篡改、防窃听等安全功能，并通过对录像文件进行数字签名和加密保证录像文件的机密性和完整性。后端部署监控管理系统，具备身份认证、数据解密等安全功能，对摄像机、用户等接入设备，进行身份认证、避免非法接入，对录像文件进行安全加密存储，避免信息泄露。

（3）网络和通信安全

本系统不需要保留自己的用户体系，公众用户的登录、注册、找回密码、实名认证等基础功能都采用浙江省统一用户管理及身份

认证平台提供的统一接口。

数字证书认证系统为身份认证网关以及各用户终端签发国密的数字证书，身份认证网关的私钥存储在设备内容，由设备内的硬件密码卡保护，用户终端的私钥存储在 USB Key 或密码服务客户端中。用户在终端登录时首先通过国密浏览器/网关客户端与身份认证网关进行基于国密数字证书的身份认证，身份认证成功后用户终端与身份认证网关建立 TLS 通道，所有信息系统的通信报文都通过 TLS 通道传输到身份认证网关，由身份认证网关转发给应用服务器。该部署方式主要解决如下问题：

用于终端与应用服务器的身份认证；

通过基于国密算法的通道加密技术实现防截获、防假冒和防重用，保证用户的鉴别信息传输过程中的机密性和用户终端身份的真实性；

通过基于国密算法通道加密技术保证通信过程中数据的完整性；

通过基于国密算法通道加密技术保证通信过程中整个报文的机密性。

（4）信息系统设备集中管理

针对内部核心服务器、网络设备以及安全设备的集中管理和安全保护，我们通过在内网部署运维安全审计系统，对此类资产的常用访问方式进行集中管理、统一监控和统一审计，例如对字符终端、图形终端等访问方式进行监控和审计，实现对用户行为的控制、追踪、判定，满足企业内部网络对安全性的要求。并且不改变网络拓扑，安装调试过程简单，可按照企业网络架构的实际情况灵活接入。

运维安全审计系统部署在被管理服务器的访问路径上，通过防火墙或者交换机的访问控制策略限定只能由运维安全审计系统直接访问服务器的远程维护端口。维护人员维护被管理服务器或者网络设备时，首先以 WEB 方式登录运维安全审计系统，然后通过运维安全审计系统上展现的访问资源列表直接访问授权资源。通过运维安全审计系统可以实现在资源管理过程中的单点登录、集中账号管理、身份认证、资源授权、访问控制、操作审计等安全功能。

（5）设备和计算安全

1) 用户身份标识和鉴别设计

通过在信息系统内网部署身份认证网关，在用户终端部署身份认证网关客户端或者国密算法浏览器，为网关和客户端签发国密算法数字证书，作为用户和网关的身份鉴别信息，用户端和网关端在建立安全通道之前会进行基于数字证书的身份认证，从而实现登录用户身份标识和鉴别，各节点的数字证书定期更新，从而达到用户鉴别信息的定期更换。

2) 传输数据安全性设计

通过用户端和身份认证网关之间建立安全通道，所有的鉴别信息、控制信息和敏感信息都通过安全通道传输，可以保证传输的上述信息的机密性、完整性和不可否认性等。

3) 重要程序或文件完整性保护

方案提供一组基于密码机的签名/验签组件，信息系统签名中心在重要程序或者文件发布时对程序/文件进行基于国密算法的数字签名，系统在程序运行过程或者文件使用过程中，定期验证程序/文件的签名，一旦发现验证失败，立即终止使用等。

4) 日志记录完整性保护

a) 信息系统调用签名/验签组件的签名功能，在记录日志时对日志记录进行数字签名，并把签名值和日志记录共同保存。

b) 在信息系统内部网络部署日志审计系统，由日志审计系统对日志记录进行签名，信息系统的日志记录重定向到日志审计系统内部存储，日志审计系统自行对每条日志记录进行签名。

(6) 应用和数据安全

应用和数据安全层面主要集中针对信息系统中的关键业务应用和重要数据的身份鉴别、数据安全、重要应用程序方面，其中，重要数据包括但不限于以下（鉴别数据、重要业务数据、重要审计数据、重要配置数据、重要视频数据和重要用户信息、重要可执行程序文件）。

1) 关键业务应用载体，为安全计算环境中涉及的终端和服务端器计算资源。

2) 关键数据载体，包括但不限于以下：与应用同环境下的数据库、独立数据库、配置文件、视频文件、可执行程序文件以及所处介质载体等。

为满足以上密码应用要求，可采用的实施方式包括：

a) 用户身份标识和鉴别设计

通过在信息系统内网部署身份认证网关，在用户终端部署身份认证网关客户端或者国密算法浏览器，为网关和客户端签发国密算法数字证书，作为用户和网关的身份鉴别信息，用户端和网关端在建立安全通道之前会进行基于数字证书的身份认证，从而实现登录用户身份标识和鉴别，各节点的数字证书定期更新，从而达到用户

鉴别信息的定期更换。

b) 传输数据安全性设计

通过用户端和身份认证网关之间建立安全通道，所有的鉴别信息、控制信息和敏感信息都通过安全通道传输，可以保证传输的上述信息的机密性、完整性和不可否认性等。

c) 重要程序或文件完整性保护

方案提供一组基于密码机的签名/验签组件，信息系统签名中心在重要程序或者文件发布时对程序/文件进行基于国密算法的数字签名，系统在程序运行过程或者文件使用过程中，定期验证程序/文件的签名，一旦发现验证失败，立即终止使用等。

d) 日志记录完整性保护

信息系统调用签名/验签组件的签名功能，在记录日志时对日志记录进行数字签名，并把签名值和日志记录共同保存。

在信息系统内部网络部署日志审计系统，由日志审计系统对日志记录进行签名，信息系统的日志记录重定向到日志审计系统内部存储，日志审计系统自行对每条日志记录进行签名。

e) 存储数据的安全性

针对存储在不同介质的数据采用不同的解决方案，对于存储在磁盘、数据库等介质中的数据，可以通过部署磁盘加密或者数据库加密组件，不需要信息系统程序做任何改动就可以把数据以密文方式存储，加密数据库或者磁盘的密钥等信息由密钥管理系统进行集中管理。

(7) 安全密钥管理

本方案设计考虑应用层面、数据层面的密钥体系，根据信息系

统内各计算环境、业务环境实际建设情况，搭建统一密钥管理系统，保证密钥全生命周期的安全性，保证密钥（除公钥外）不被非授权的访问、使用、泄露、修改和替换，应保证公钥不被非授权的修改和替换，明确密钥的生成、存储、分发、导入、导出、使用、备份、恢复、归档与销毁等环节涉及的实现方式；可采用的实施方式如下：

部署 KMS 密钥管理系统，提供密钥全生命周期管理，配置密钥使用策略访问权限和密钥加解密与签名验证等功能。KMS 系统作为信息系统的密码基础设施资源，须支持包括对称密钥、非对称密钥、数字证书和认证令牌等多种加密对象，支持多种标准加密接口类型和密钥管理互操作协议，通过互操作性对接信息系统内的统一身份认证平台、统一日志管理平台、文件、存储、数据库加密系统等加密组件，实现一站式、统一、统筹的密钥管理机制。

（8）安全管理

1) 安全管理制度

建设单位应建立相应的密码安全管理制度和操作规范，覆盖密码建设、运维、人员、设备、密钥等密码管理相关内容。相关制度可针对密码保障系统单独制定，也可在已有的信息系统安全管理相关制度规范中体现。制度的制定、修订、发布需要有明确的流程。

2) 人员管理

建设单位应建立相应的人员管理制度，包括以下几个方面：

a) 根据信息系统密码管理相关工作的需要设立密码管理及操作相关岗位，合理选拔、配备人员；

b) 责任单位需要建立信息系统密码管理工作涉及的人员管理

相关制度，至少包括岗位责任制度、考核制度、培训制度、人员保密和调离制度；

c) 人员选拔、工作执行、考核、培训、调离等需要有相关的执行记录。

3) 实施要求

a) 项目实施单位应协助客户单位组织编制形成密码应用方案，明确信息系统现状、密码应用需求、密码应用技术方案、密钥管理、安全管理、实施计划和密码产品及服务列表等内容，并通过专家或密评机构的评审；

b) 选用密码管理部门核准的密码产品、许可的密码服务，遵循上述方案进行密码应用的建设，通过安全性评估后投入运行；

c) 信息系统投入运行后，客户单位委托测评机构定期开展密评，根据评估意见进行整改。

4) 应急管理

在密码应用方案中明确应急处置方案，分析潜在的意外事件并制定一套或多套应急处置预案，明确应急处理人员角色和职责、应急事件通告规则、损失评估程序等。

第七章 项目招标方案

7.1 招标范围

数字孪生椒江建设先行先试项目包括软件产品采购、软件系统需求调研、设计开发、安装部署、培训等软件开发及服务内容进行招标。

7.2 招标方式

本项目的招标范围和方式将严格按照台州市关于政府采购的各项规定和要求。采用公开招标的方式进行。

7.3 招标组织形式

根据市财政局批复办理招标事宜。采购内容包括软件开发、配套软件产品。

第八章 环保、消防、职业安全、职业卫生和节能

8.1 环境影响和环保措施

为了落实科学发展观和可持续发展战略，本项目将坚决贯彻执行《中华人民共和国环境影响评价法》，预防和控制对环境造成的不良影响。

本项目是信息化建设项目，属于无污染工程，建设运行过程中不产生有害废气、废水、废渣等物质，对环境不会造成影响。

8.2 消防措施

在项目建设中，将遵循“预防为主，消防结合”的方针，严格贯彻执行国家《建筑设计防火规划》。

8.3 职业安全和卫生措施

依据《中华人民共和国安全生产法》，对本项目技术人员提供以下劳动保护：

（1）在政务云机房部署系统时，按政务云机房要求做好安全防护。

（2）本项目开发周期涉及夏季高温时段，做好防暑降温工作。

（3）根据新冠疫情防控工作要求，为本项目技术人员提供口罩、消毒液等卫生防护器具。

8.4 节能目标及措施

本项目建设依靠现有电力能源供应系统来运行。在项目实施中，将严格遵守国家相关规定，控制能耗。根据国家和部门颁发的规范和标准，计划采取的节能措施有：尽量选择具有节能环保特征的信息技术、产品和解决方案；运维过程中，定期对设备、管线进行检查和维护，确保设备正常运行和减少能源浪费；加强节能管理和教育工作，增强内部工作人员的节能意识。

第九章 项目组织机构和人员培训

9.1 项目管理机构及人员配置

9.1.1 项目管理机构

9.1.1.1 项目建设领导小组

项目涉及范围广，涉及用户多，为做好项目协调工作，建议建立工作协调机制，成立数字孪生椒江建设先行先试领导小组，办公室设在台州市水利局，小组成员由台州市水利局（办公室、规划计划科技处、行政审批处、建设与监督处、河湖与水利工程管理处、防汛抗旱事务中心、农村水利与水保中心、水利发展规划研究中心等）、黄岩区水利局、黄岩区永宁江事务中心、台州市朱溪水库开发有限公司、台州市水利水电勘测设计院有限公司等相关同志组成。建立各相关部门共同参与的工作机制，协调解决工作推进中的重点难点问题。专班通过例行会议对接需求，同步项目信息，保障项目稳步推进。

项目建成后，建议设置专门的运营团体，用于后续项目的具体运营，包括数据共享、应用升级和系统推广等。

9.1.1.2 项目实施机构

项目实施机构为台州市水利局，在项目具体实施过程中，需要会同其他职能部门、市大数据局做好项目实施各项管理工作：

1、项目工作办公室

项目工作办公室设在台州市水利局，负责项目日常决策与管理的机构，具体负责项目的总体设计和技术路线的制定，项目实施过程中的日常管理工作，技术资料的收集与系统数据保密及安全方面的工作，组织制定各类技术和运行规范，负责对运行系统实施全流程分环节的质量检查等。

2、监理单位

经过规范的招标程序，由项目领导小组聘请有大型信息系统工程监理资质的第三方为项目监理单位，具体承担项目建设的监理工作，确保项目建设的质量、进度和投资合理，全程参与项目控制。

3、项目实施小组

项目中标单位成立项目实施小组，负责需求调研、软件开发、数据库设计和软件部署、测试和培训。

4、其他单位

等保测评单位和第三方测评单位根据要求，做好安全测评和系统测评。

9.2 人员培训方案

9.2.1 培训对象及内容

本项目培训对象划分为四种类型：系统管理员、领导、相关部门、基层管理组织等。根据不同用户制定不同的培训计划和培训内容。

1、系统管理员

系统管理员主要负责系统的软、硬件日常维护，保证系统的正

常运转。

(1) 培训目的:

系统的掌握系统管理和维护知识, 并提供全面的技术保障。

掌握部门(单位)机构设置、人员账号建立、内部授权等操作步骤。

(2) 培训重点:

熟悉整个系统的硬件和软件结构、系统的配置;

能进行相关模型的搭建和配置;

能进行数据库的运行和监管;

熟练掌握系统基本组成及原理;

熟练掌握系统的操作与运行管理;

熟练掌握权限、用户配置等系统管理;

熟练掌握系统的安装、检测、维护;

熟练掌握排除故障的基本技术;

熟练掌握部门机构设置、人员账号建立、内部授权等操作步骤。

2、各单位、各级领导

(1) 培训目的:

掌握流域防洪业务应用、水资源管理与调配应用和水利工程运行管理应用等应用模块相关功能的操作

(2) 培训重点:

熟练掌握流域防洪业务应用、水资源管理与调配应用和水利工程运行管理应用、综合展示等模块的操作;

3、普通用户

(1) 培训目的:

通过系统培训掌握系统基本应用，能利用本系统开展业务工作。

(2) 培训重点:

熟悉系统业务功能以及在系统使用中可能涉及的数据、功能和模块;

掌握计算机基本操作，能利用系统进行日常业务办理;

了解信息安全和标准化知识，树立安全意识和标准化观念;

熟练掌握系统登录、应用操作等基础操作功能。

9.2.2 培训方式

培训采用三种培训方式：项目培训（集中授课培训）、实践培训（跟项目）、视频及书面培训。

1、项目培训（集中授课培训）

一般提供系统的理论学习，并根据不同课程加以实验环境下的实际操作，使用户快速了解系统功能。学习过程中提供完备的中文学习资料，如有问题，随问随答。根据用户的不同需求，将培训分为普通应用型和高级管理型。该培训类型主要针对政府部门和终端用户等。

2、实践培训

实践培训是针对系统管理员，是在整个项目的实施过程中，由实施单位、用户单位的一名或多名系统管理员对项目进行全方位参与。通过跟项目，系统管理员会对系统有着深刻的理解，在日后的系统管理中，能够熟练使用应用软件、发挥系统应用的能力。

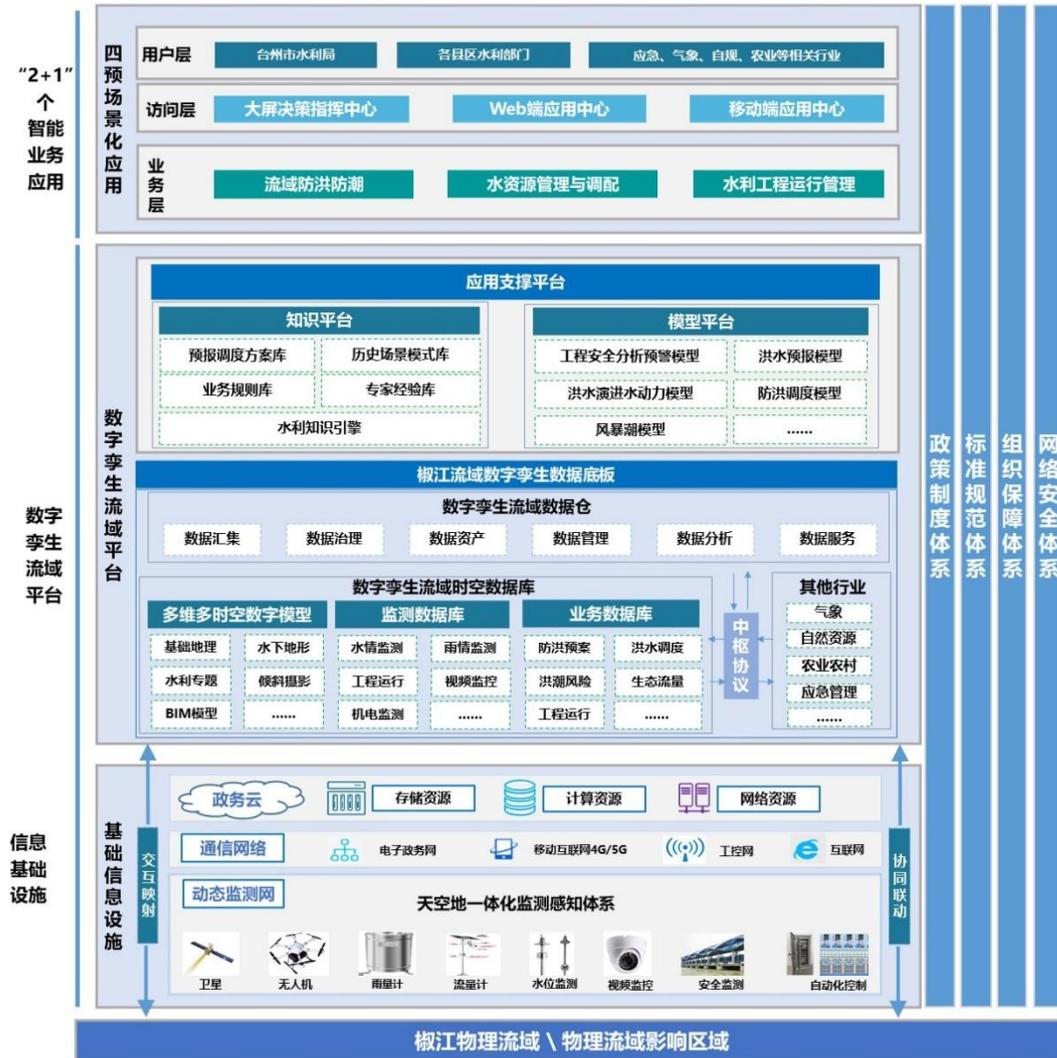
3、视频及书面培训

主要是针对基层管理组织或不便于在现场参加培训的向下通过

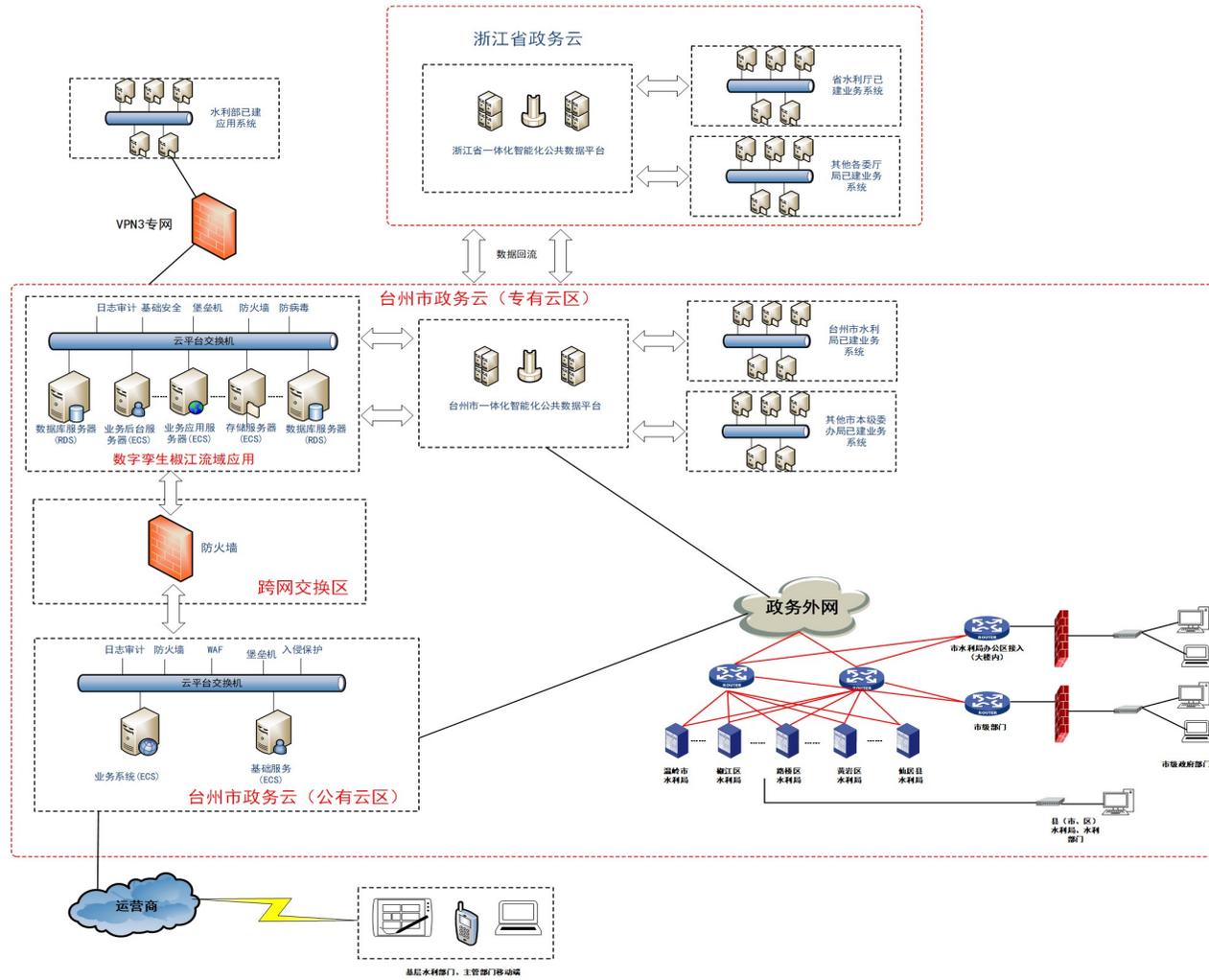
门户发布相关培训视频和操作手册，用户可以通过视频和操作手册学习掌握相关技巧。

附图：

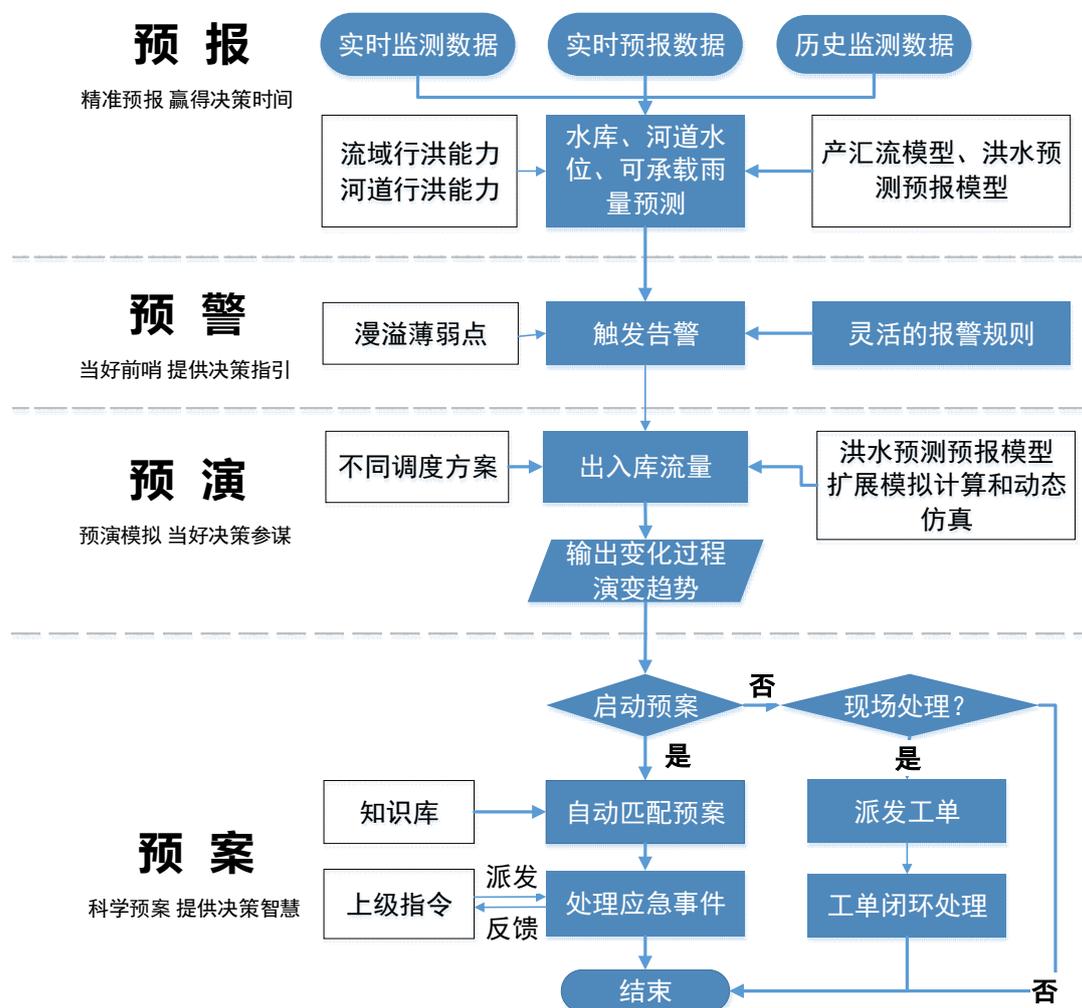
1、系统总体框架图



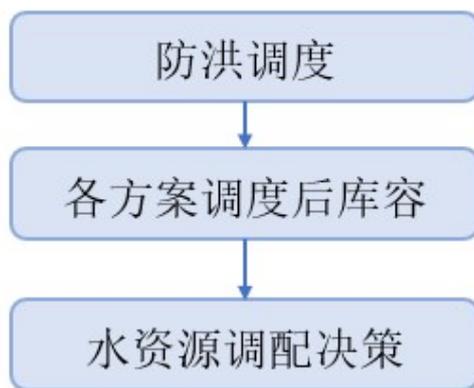
2、系统网络拓扑图



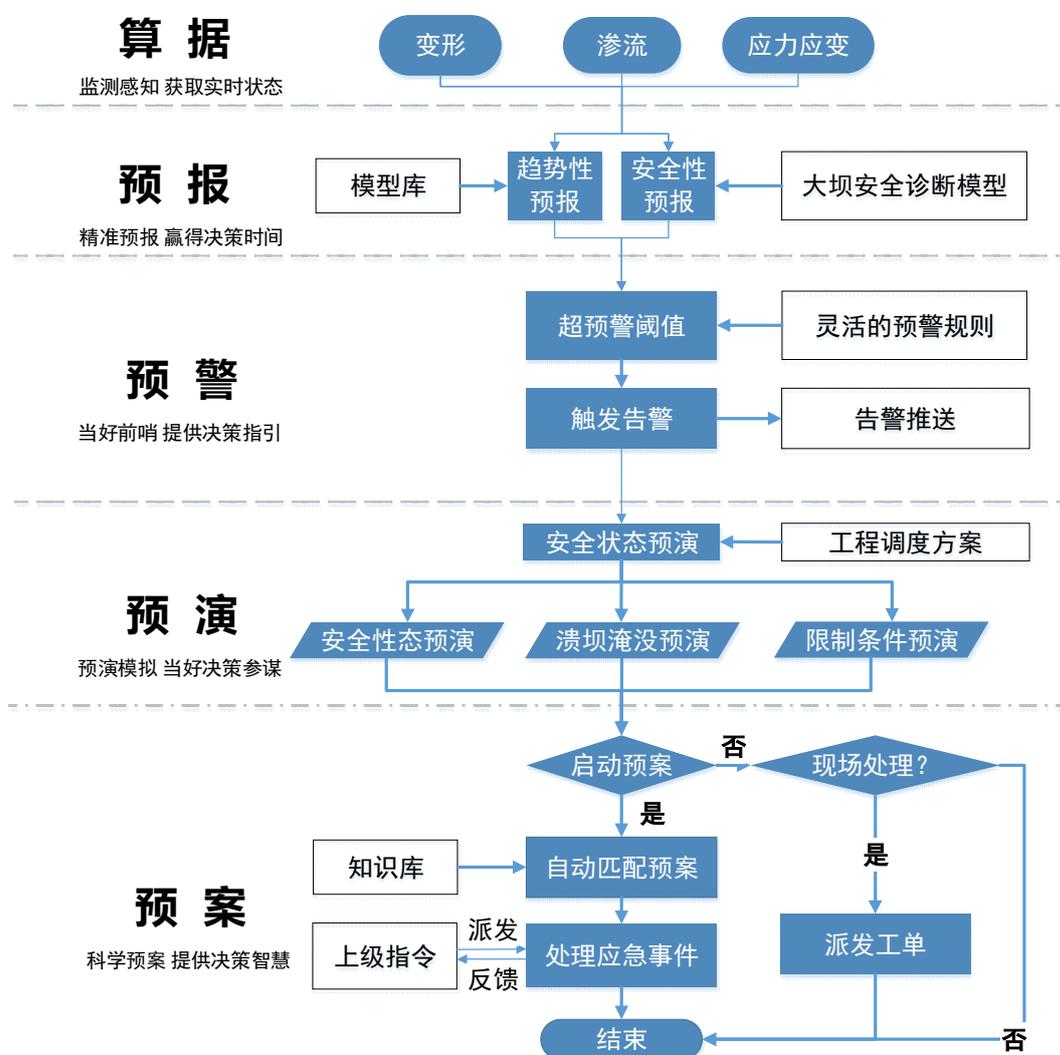
3、系统业务流程图



洪潮防御四预流程图



水库水资源兴利调度流程图



工程安全四预流程图