

招 标 文 件

(工程类)

采购项目名称：桃曲坡水库数字孪生项目

采购项目编号：TQP-SZLS-SG

陕西省桃曲坡水库灌溉中心
陕西金岸工程项目管理有限公司
2026年04月20日

第一章 招标公告

项目概况

桃曲坡水库数字孪生项目的潜在投标人应在陕西省政府采购综合管理平台项目电子化交易系统（以下简称“项目电子化交易系统”）获取招标文件，并于 2026 年 05 月 13 日 10 时 00 分（北京时间）前递交投标文件。

一、项目基本情况

项目编号：TQP-SZLS-SG

项目名称：桃曲坡水库数字孪生项目

采购方式：公开招标

预算金额：11,580,000.00 元

采购需求：详见采购需求附件

合同履行期限：

采购包 1：150 日历天内

本项目是否接受联合体投标：

采购包 1：不接受联合体投标

二、申请人的资格要求：

1. 满足《中华人民共和国政府采购法》第二十二条规定；

2. 落实政府采购政策需满足的资格要求：无。

3. 本项目的特定资格要求：

合同包 1（桃曲坡水库数字孪生项目）特定资格要求如下：

1、营业执照等主体资格证明文件：投标人应为具有独立承担民事责任能力的企业法人、事业法人、其他组织或自然人，企业法人须提供统一社会信用代码的营业执照、事业单位须提供事业单位法人证、组织机构代码证等证明文件、其他组织应提供合法证明文件、自然人参与的提供其身份证。

2、投标人应授权合法的人员参加投标：投标人应授权合法的人员参加投标，法定代表人（或单位负责人）直接参加的，须出具法定代表人（或单位负责人）身份证

明及身份证，并与营业执照上信息一致；授权代表参加的，须出具法定代表人（或单位负责人）授权委托书及被授权人身份证。

3、财务报告：提供 2024 年度或 2025 年度的财务报告（至少包括财务报告、资产负债表、利润表（或损益表）、现金流量表，成立时间至递交投标文件截止时间不足一年的可提供成立后任意时段的资产负债表），或其开标前三个月内基本存款账户开户银行出具的资信证明及基本存款账户开户信息，其他组织和自然人提供银行出具的资信证明或财务报表。

4、税收缴纳证明：提供投标文件递交截止时间前六个月内任意一月已缴纳的纳税证明或完税证明，依法免税的投标人应提供相关证明文件。

5、社保缴纳证明：提供投标文件递交截止时间前六个月内任意一月已缴存的社会保障资金缴费证明或参保证明，依法不需要缴纳社会保障资金的投标人应提供相关证明文件。

6、投标人资质条件：投标人须具备相关行政主管部门核发的电子与智能化工程专业承包二级及以上资质，建设行政主管部门颁发的有效的安全生产许可证。

7、拟派项目经理：投标人拟派项目经理须为本单位注册人员，持有机电工程专业二级及以上注册建造师证书或通信与广电工程专业一级注册建造师证书，具有有效的安全生产考核合格证书，且无在建项目（提供无在建项目承诺书）。

8、无重大违法记录：参加政府采购活动前 3 年内，在经营活动中没有重大违法记录的书面声明。

9、具有履行合同所必需的设备和专业技术能力：具有履行合同所必需的设备和专业技术能力，提供承诺书。

10、信用查询：投标人不得为“信用中国”网站（www.creditchina.gov.cn）中列入重大税收违法失信主体名单的投标人、不得为“中国执行信息公开网”网站（zxgk.court.gov.cn）中列入失信被执行人的投标人、不得为中国政府采购网（www.ccgp.gov.cn）政府采购严重违法失信行为记录名单中被财政部门禁止参加政府采购活动的投标人。

11、单位负责人为同一人或者存在直接控股、管理关系的不同投标人，不得同时

参加同一合同项下的政府采购活动：单位负责人为同一人或者存在直接控股、管理关系的不同投标人，不得同时参加同一合同项下的政府采购活动，提供书面声明。

12、非联合体投标声明：本项目不接受联合体，提供非联合体投标声明。

三、获取招标文件

时间：2026 年 04 月 20 日至 2026 年 04 月 27 日，每天上午 00:00:00 至 12:00:00，下午 12:00:00 至 23:59:59（北京时间）

途径：项目电子化交易系统（交易执行-选择项目所属区划-应标-项目投标-未获取页面）选择本项目报名参与并获取采购文件

方式：投标人有意参加本项目的，应在陕西省政府采购网（www.ccgp-shaanxi.gov.cn）登录项目电子化交易系统申请获取采购文件

售价：0 元

四、提交投标文件截止时间、开标时间和地点

时间：2026 年 05 月 13 日 10 时 00 分 00 秒（北京时间）

提交投标文件地点：项目电子化交易系统（交易执行-选择项目所属区划-应标-项目投标-已获取-投标（响应）管理）上传投标（响应）文件

开标地点：项目电子化交易系统（交易执行-选择项目所属区划-开标-供应商开标大厅）参与线上开标

五、公告期限

自本公告发布之日起 5 个工作日。

六、其他补充事宜

本项目采购过程中需要使用陕西省政府采购综合管理平台（以下简称“政府采购平台”），登录方式及地址：通过陕西省政府采购网（www.ccgp-shaanxi.gov.cn）首页供应商用户登录，供应商应当按照以下要求进行系统操作。

（一）供应商应当自行在陕西省政府采购网-办事指南查看相应的系统操作指南，并严格按照供应商操作手册要求进行系统操作。在登录、使用政府采购平台前，

应当按照要求完成供应商注册和信息完善，加入政府采购平台供应商库。

（二）供应商应当使用纳入陕西省政府采购综合管理平台数字证书互认范围的数字证书及签章（以下简称“互认的证书及签章”）进行系统操作。供应商使用互认的证书及签章在政府采购平台进行的一切操作和资料传递，以及加盖电子签章确认采购过程中制作、交换的电子数据，均属于供应商真实意思表示，由供应商对其系统操作行为和电子签章确认的事项承担法律责任。

已办理互认的证书及签章的供应商，校验互认的证书及签章有效性后，即可按照系统操作要求进行身份信息绑定、权限设置和系统操作；未办理互认的证书及签章的供应商，按要求办理互认的证书及签章并校验有效性后，按照系统操作要求进行身份信息绑定、权限设置和系统操作。互认的证书及签章的办理与校验，可查看陕西省政府采购网-办事指南。

供应商应当加强互认的证书及签章日常校验和妥善保管，确保在参加采购活动期间互认的证书及签章能够正常使用；供应商应当严格互认的证书及签章的内部授权管理，防止非授权操作。

（三）供应商应当自行准备电子化采购所需的计算机终端、软硬件及网络环境，承担因准备不足产生的不利后果。

（四）开标/开启前 30 分钟内，供应商需登录项目电子化交易系统-“供应商开标大厅”-进入开标选择对应项目包组操作签到

（五）政府采购平台技术支持：

在线客服：通过陕西省政府采购网-在线客服进行咨询

技术服务电话：029-96702

CA 及签章服务：通过陕西省政府采购网-办事指南进行查询

（六）落实政府采购政策：

（1）《政府采购促进中小企业发展管理办法》的通知（财库[2020]46 号）

（2）《国务院办公厅关于建立政府强制采购节能产品制度的通知》（国办发

〔2007〕51号）

（3）《关于调整优化节能产品、环境标志产品政府采购执行机制的通知》（财库〔2019〕9号）

（4）《关于印发环境标志产品政府采购品目清单的通知》（财库〔2019〕18号）

（5）《关于印发节能产品政府采购品目清单的通知》（财库〔2019〕19号）

（6）《财政部民政部中国残疾人联合会关于促进残疾人就业政府采购政策的通知》（财库〔2017〕141号）

（7）《关于运用政府采购政策支持乡村产业振兴的通知》（财库〔2021〕19号）

（8）《关于进一步加大政府采购支持中小企业力度的通知》（财库〔2022〕19号）

（9）陕西省财政厅关于印发《陕西省中小企业政府采购信用融资办法》（陕财办采〔2018〕23号）

（10）《陕西省财政厅关于加快推进我省中小企业政府采购信用融资工作的通知》（陕财办采〔2020〕15号）

（11）《关于进一步加强政府绿色采购有关问题的通知》（陕财办采〔2021〕29号）

（12）《陕西省财政厅关于进一步落实政府采购支持中小企业相关政策的通知》（陕财办采〔2023〕3号）

（13）《陕西省财政厅、中国人民银行西安分行关于深入推进政府采购信用融资业务的通知》（陕财办采〔2023〕5号）

（14）《财政部关于在政府采购活动中落实平等对待内外资企业有关政策的通知》（财库〔2021〕35号）

（15）其他需要落实的政府采购政策。

（七）为顺利推进政府采购电子化交易平台应用工作，（1）投标人需要在线提交所有通过电子化交易平台实施的政府采购项目的投标文件，同时，线下提交投标文

件正本 1 份、副本 2 套、电子版 1 份（U 盘 1 个，包含 word 及 PDF 格式投标文件的所有内容）。纸质投标文件建议 A4 纸双面打印，正、副本分别各自装订成册并编制目录和页码，单独密封并加盖公章。若正本和副本不符，以正本为准；若电子投标文件与纸质投标文件不一致的，以电子投标文件为准（2）线下递交文件截止时间：投标文件提交截止时间前；（3）线下递交文件地点：陕西省西咸新区沣东新城扶苏路民善雅居商业楼 A 座三楼会议室。

（八）本项目为非专门面向中小企业采购项目。

七、对本次招标提出询问，请按以下方式联系。

1. 采购人信息

名称：陕西省桃曲坡水库灌溉中心

地址：铜川市新区华原东道 9 号

联系方式：0919-3588325

2. 采购代理机构信息

名称：陕西金岸工程项目管理有限公司

地址：陕西省西咸新区沣东新城扶苏路民善雅居商业楼 A 座

联系方式：029-33819311

3. 项目联系方式

项目联系人：王幸 张梦瑶

电话：029-33819311

采购监督机构：财政厅政府采购管理处

联系人：柴老师、张老师

联系电话：029-87611715 、 029-68936154

第二章 投标人须知

2.1 投标人须知前附表

序号	应知事项	说明和要求
1	采购预算 (实质性要求)	本项目各包采购预算金额如下： 采购包 1：11,580,000.00 元 投标人的采购包投标报价高于采购包采购预算的，其投标文件将按无效处理。
2	最高限价 (实质性要求)	详见第三章。 投标人的采购包投标报价高于最高限价的，其投标文件将按无效处理。
3	评标方法	综合评分法（详见第五章）
4	是否接受联合体	不接受 如以联合体投标的，联合体各方均应当具备本招标文件要求的资格条件和能力。 （1）联合体各方均应具有承担本项目必备的条件，如相应的人力、物力、资金等。 （2）招标文件对投标人资格条件有特殊要求的，联合体各个成员都应当具备规定的相应资格条件。 （3）同一专业的单位组成的联合体，应当按照资质等级较低的单位确定联合体的资质等级。如：某联合体由三个单位组成，其中两个单位资质等级为甲级，另一单位资质等级为较甲级更低的乙级，则该联合体资质等级为乙级。
5	小微企业（监狱企业、残疾人福利单位视同小微企业）价格扣除（仅非预留份额采购项目或预留份额采购项目中的非预留部分采购包适用）	关于本项目采购包中执行小微企业（监狱企业、残疾人福利性单位视同小微企业）价格扣除情况、具体扣除比例和规则详见第五章。

6	不正当竞争预防措施 (实质性要求)	在评标过程中, 评标委员会认为投标人投标报价有可能影响产品质量或者不能诚信履约的, 评标委员会应当要求其在合理的时间内通过项目电子化交易系统进行书面说明, 必要时提交相关证明材料。投标人提交的书面说明, 应当加盖投标人公章, 在评标委员会要求的时间内通过项目电子化交易系统进行提交, 否则视为不能证明其投标报价合理性。投标人不能证明其投标报价合理性的, 评标委员会应当将其投标文件作为无效投标处理。
7	投标保证金	缴交方式: 否
8	标书费信息	免费获取
9	履约保证金 (实质性要求)	本采购包履约保证金为合同金额的 5%, 形式为基本户出具的银行保函; 说明: 合同签订前提交。
10	投标有效期 (实质性要求)	提交投标文件的截止之日起不少于 90 天。
11	招标代理服务费 (实质性要求)	本项目收取代理服务费 代理服务费用收取对象: 中标人 代理服务费收费标准: 本次代理服务费参考国家计委关于印发《招标代理服务收费管理暂行办法》的通知(计价格【2002】1980 号文) 收费标准文件, 确定人民币大写: 柒万元整(¥70000.00 元), 中标人在签订施工合同前一次性支付给招标代理人。
12	采购结果公告	采购结果将在陕西省政府采购网予以公告。
13	中标通知书	采购结果公告发布的同时, 采购人或代理机构通过项目电子化交易系统向中标投标人发出中标通知书; 中标投标人通过项目电子化交易系统获取中标通知书。
14	政府采购合同公告、备案	政府采购合同签订之日起 2 个工作日内, 采购人将政府采购合同在“陕西省政府采购网”予以公告; 政府采购合同签订之日起 7 个工作日内, 采购人将本项目采购合同通过政府采购平台进行备案。
15	进口产品	不允许
16	是否组织潜在投标人 现场考察	自行踏勘

17	特殊情况	<p>出现下列情形之一的，采购人或者采购代理机构应当终止电子化采购活动，并保留相关证明材料备查：</p> <p>（一）交易系统发生故障（包括感染病毒、应用或数据库出错）而无法正常使用的；</p> <p>（二）因组织场所停电、断网等原因，导致采购活动无法继续通过交易系统实施的；</p> <p>（三）其他无法保证电子化交易的公平、公正和安全的情况出现上述的情形，不影响采购公平、公正的，采购人或者代理机构可以待上述情形消除后继续组织采购活动；影响或者可能影响采购公平、公正的，采购人或者代理机构应当依法废标。</p>
----	------	---

2.2 总则

2.2.1 适用范围

一、本招标文件仅适用于本次公开招标采购项目。

二、本招标文件的最终解释权由陕西省桃曲坡水库灌溉中心和陕西金岸工程项目管理有限公司享有。对招标文件中投标人参加本次政府采购活动应当具备的条件，招标项目技术、服务、商务及其他要求，评标细则及标准由陕西省桃曲坡水库灌溉中心负责解释。除上述招标文件内容，其他内容由陕西金岸工程项目管理有限公司负责解释。

2.2.2 有关定义

一、“采购人”是指依法进行政府采购的各级国家机关、事业单位、团体组织。本次招标的采购人是陕西省桃曲坡水库灌溉中心。

二、“投标人”是指按照采购公告规定获取了招标文件，拟参加投标和向采购人提供货物、工程或服务的法人、其他组织或者自然人。

三、“代理机构”是指政府采购集中采购机构和从事政府采购代理业务的社会中介机构。本项目的代理机构是陕西金岸工程项目管理有限公司。

四、“网上开标”是指代理机构通过项目电子化交易系统在线完成签到、开标、唱标和记录等活动，投标人通过项目电子化交易系统在线完成投标文件解密、参与开标活动。

五、“电子评标”是指通过项目电子化交易系统在线完成资格审查小组和评审小组组建，开展资格和符合性审查、比较与评价、出具评标报告、推荐中标候选人等活动。

2.3 招标文件

2.3.1 招标文件的构成

一、招标文件是投标人准备投标文件和参加投标的依据，同时也是资格审查、评标的重要依据。招标文件用以阐明招标项目所需的资质、技术、服务及报价等要求、

招标投标程序、有关规定和注意事项以及合同主要条款等。本招标文件包括以下内容：

- （一）投标邀请；
- （二）投标人须知；
- （三）招标项目技术、服务、商务及其他要求；
- （四）资格审查；
- （五）评标办法；
- （六）投标文件格式；
- （七）拟签订采购合同文本。
- （八）技术标准要求
- （九）工程量清单

二、投标人应认真阅读和充分理解招标文件中所有的事项、格式条款和规范要求。投标人没有对招标文件全面做出实质性响应所产生的风险由投标人承担。

2.3.2 招标文件的澄清和修改

一、在投标文件提交截止时间前，采购人或者代理机构可以对已发出的招标文件进行必要的澄清或者修改。

二、澄清或者修改的内容为招标文件的组成部分，采购人或者代理机构将在陕西省政府采购网发布更正公告，投标人应及时关注本项目更正公告信息，按更正后公告要求进行响应。更正内容可能影响投标文件编制的，采购人或者代理机构将通过项目电子化交易系统发布更正后的招标文件，投标人应依据更正后的招标文件编制投标文件。若投标人未按前述要求进行投标响应的，自行承担不利后果。

2.4 投标文件

2.4.1 投标文件的语言

一、投标人提交的投标文件以及投标人与采购人或代理机构就有关投标的所有来往书面文件均须使用中文。投标文件中如附有外文资料，主要部分要对应翻译成中文并附在相关外文资料后面。未翻译的外文资料，评标委员会将其视为无效材料。

二、翻译的中文资料与外文资料如果出现差异和矛盾时，以中文为准。涉嫌提供虚假材料的按照相关法律法规处理。

三、如因未翻译而造成对投标人的不利后果，由投标人承担。

2.4.2 计量单位（实质性要求）

除招标文件中另有规定外，本项目均采用国家法定的计量单位。

2.4.3 投标货币（实质性要求）本次项目均以人民币报价。

2.4.4 知识产权（实质性要求）

一、投标人应保证在本项目中使用的任何技术、产品和服务（包括部分使用），不会产生因第三方提出侵犯其专利权、商标权或其它知识产权而引起的法律和经济纠纷，如因专利权、商标权或其它知识产权而引起法律和经济纠纷，由投标人承担所有相关责任。采购人享有本项目实施过程中产生的知识成果及知识产权。

二、投标人将在采购项目实施过程中采用自有或者第三方知识成果的，使用该知识成果后，投标人需提供开发接口和开发手册等技术资料，并承诺提供无限期支持，采购人享有使用权（含采购人委托第三方在该项目后续开发的使用权）。

三、如采用投标人所不拥有的知识产权，则在投标报价中必须包括合法使用该知识产权的相关费用。

2.4.5 投标文件的组成

投标人应当按照招标文件的要求编制投标文件。投标文件应当对招标文件提出的要求和条件作出明确响应。投标文件具体内容详见第六章。

2.4.6 投标文件格式

一、投标人应按照招标文件第六章中提供的“投标文件格式”填写相关内容。

二、对于没有格式要求的投标文件由投标人自行编写。

2.4.7 投标报价（实质性要求）

一、投标人的报价是投标人响应招标项目要求的全部工作内容的价格体现，包括投标人完成本项目所需的一切费用。

二、投标人每种货物及服务内容只允许有一个报价，并且在合同履行过程中是固定不变的，任何有选择或可调整的报价将不予接受，并按无效投标处理。

三、投标文件报价出现前后不一致的，按照招标文件第五章评标办法规定予以修正，修正后的报价经投标人通过项目电子化交易系统进行确认，并加盖投标人（法定名称）电子签章，投标人未在规定时间内确认的，其投标无效。

2.4.8 投标有效期（实质性要求）

投标有效期详见第二章“投标人须知前附表”，投标文件未明确投标有效期或者投标有效期小于“投标人须知前附表”中投标有效期要求的，其投标文件按无效处理。

2.4.9 投标文件的制作、签章和加密（实质性要求）

一、投标文件应当根据招标文件进行编制，投标人应通过陕西省政府采购网-服务专区-CA 及签章服务下载投标（响应）客户端，使用客户端编制投标文件。

二、投标人应按照客户端操作要求，对应招标文件的每项实质性要求，逐一如实响应；未如实响应或者响应内容不符合招标文件对应项的要求的，其投标文件作无效处理。

三、投标人完成投标文件编制后，应按照招标文件第一章明确的签章要求，使用互认的证书及签章对投标文件进行电子签章和加密。

四、招标文件澄清或者修改的内容可能影响投标文件编制的，代理机构将重新发布澄清或者修改后的招标文件，投标人应重新获取澄清或者修改后的招标文件，按照澄清或者修改后的招标文件进行投标文件编制、签章和加密。

2.4.10 投标文件的提交

一、（实质性要求）投标人应当在投标文件提交截止时间前，通过项目电子化交易系统完成投标文件提交。

二、在投标文件提交截止时间后，采购人或者代理机构不再接受投标人提交投标文件。投标人应充分考虑影响投标文件提交的各种因素，确保在投标文件提交截止时间前完成提交。

2.4.11 投标文件的补充、修改、撤回（实质性要求）

投标文件提交截止时间前，投标人可以补充、修改或者撤回已成功提交的投标文件；对投标文件进行补充、修改的，应当先行撤回已提交的投标文件，补充、修改后重新提交。投标人投标文件撤回后，视为未提交过投标文件。

2.5 开标、资格审查、评标和中标

2.5.1 开标及开标程序

一、本项目为网上开标项目。网上开标的开始时间为投标文件提交截止时间。成功提交或解密电子投标文件的投标人不足 3 家的，不予开标，采购人或代理机构将作废标处理。

二、开标准备工作

开标/开启前 30 分钟内，投标人需登录项目电子化交易系统-“投标人开标大厅”-进入开标选择对应项目包组操作签到，签到完成后等待代理机构开标/开启。

三、解密投标文件（实质性要求）

投标文件提交截止时间后，成功提交投标文件的投标人符合招标文件规定数量的，代理机构将启动投标文件解密程序，解密时间为 30 分钟；投标人应在规定的解密时间内，使用互认的证书及签章通过项目电子化采购系统进行投标文件解密。

四、开标

解密时间截止或者所有投标人投标文件均完成解密后（以发生在先的时间为准），由代理机构通过项目电子化交易系统对投标人名称、投标文件解密情况、投标报价进行展示。开标过程中，各方主体均应遵守互联网有关规定，不得发表与采购活

动无关的言论。投标人对开标过程和开标记录有疑义，以及认为采购人或代理机构相关工作人员有需要回避的情形的，及时向工作人员提出询问或者回避申请。采购人或代理机构对投标人提出的询问或者回避申请应当及时处理。投标人完成投标文件解密后，自主决定是否参加网上在线开标，未参加的，视同认可开标结果。

2.5.2 查询及使用信用记录

开标结束后，采购人或代理机构根据《关于在政府采购活动中查询及使用信用记录有关问题的通知》（财库〔2016〕125号）的要求，通过“信用中国”网站（www.creditchina.gov.cn）、“中国政府采购网”网站（www.ccgp.gov.cn）等渠道，查询投标人在投标文件提交截止时间前的信用记录并保存信用记录结果网页截图，拒绝列入失信被执行人名单、重大税收违法案件当事人名单、政府采购严重违法失信行为记录名单中的投标人参加本项目的采购活动。两个以上的自然人、法人或者其他组织组成一个联合体，以一个投标人的身份共同参加政府采购活动的，将对所有联合体成员进行信用记录查询，联合体成员存在不良信用记录的，视同联合体存在不良信用记录。

2.5.3 资格审查

详见招标文件第四章。

2.5.4 评标

详见招标文件第五章。

2.5.5 中标通知书

一、采购人或者评标委员会确认中标投标人后，代理机构在陕西省政府采购网发布中标结果公告、通过项目电子化交易系统发出中标通知书，中标投标人通过项目电子化交易系统获取中标通知书。

二、中标通知书是采购人和中标投标人签订政府采购合同的依据，是合同的有效组成部分。如果出现政府采购法律法规、规章制度规定的中标无效情形的，将以公告

形式宣布发出的中标通知书无效，中标通知书将自动失效，并依法重新确定中标投标人或者重新开展采购活动。

三、中标通知书对采购人和中标投标人均具有法律效力。

2.6 签订及履行合同和验收

2.6.1 签订合同

一、采购人应在中标通知书发出之日起三十日内与中标人签订采购合同。

二、采购人和中标人签订的采购合同不得对招标文件确定的事项以及中标人的投标文件作实质性修改。

2.6.2 合同分包和转包（实质性要求）

2.6.2.1 合同分包

一、投标人根据招标文件的规定和采购项目的实际情况，拟在中标后将中标项目的非主体、非关键性工作分包的，应当在投标文件中载明分包承担主体，分包承担主体应当具备相应资质条件且不得再次分包。分包投标人履行的分包项目的品牌、规格型号及技术要求等，必须与中标的品牌、规格型号及技术要求一致。

二、分包履行合同的部分应当为采购项目的非主体、非关键性工作，不属于中标人的主要合同义务。

三、采购合同实行分包履行的，中标人就采购项目和分包项目向采购人负责，分包投标人就分包项目承担责任。

四、中小企业依据《政府采购促进中小企业发展管理办法》（财库〔2020〕46号）规定的政策获取政府采购合同后，小型、微型企业不得将合同分包或转包给大型、中型企业，中型企业不得将合同分包或转包给大型企业。

采购包 1：鉴于本项目涉及专业较多，承包人如果不具备资质或生产能力实施的项目内容，经发包人同意后允许分包，但承包人分包项目需符合有关法律规定。

2.6.2.2 合同转包

一、严禁中标人将本项目转包。本项目所称转包，是指将本项目转给他人或者将本项目全部肢解以后以分包的名义分别转给他人的行为。

二、中标人转包的，视同拒绝履行政府采购合同，将依法追究法律责任。

2.6.3 采购人增加合同标的的权利采购合同履行过程中，采购人需要追加与合同标的相同的货物或者服务的，在不改变合同其他条款的前提下，可以与中标人协商签订补充合同，但所有补充合同的采购金额不得超过原合同采购金额的百分之十。

2.6.4 履行合同

一、合同一经签订，双方应严格履行合同规定的义务。

二、在合同履行过程中，如发生合同纠纷，合同双方应按照《中华人民共和国民法典》规定及合同条款约定进行处理。

2.6.5 履约验收方案

按照本项目合同书、项目技术文件、招标文件、投标文件、澄清及国家、行业相应的标准、规范、规程等为依据。验收技术要求见招标文件的技术标准要求。

2.6.6 资金支付

采购人按财政部门的相关规定及采购合同的约定进行支付。

2.7 纪律要求

2.7.1 评标活动纪律要求

采购人、代理机构应保证评标活动在严格保密的情况下进行，采购人、代理机构、投标人和评标委员会成员应当严格遵守政府采购法律法规规章制度和本项目招标文件以及代理机构现场管理规定，接受采购人委派的监督人员的监督，任何单位和个人不得非法干预和影响评标过程和结果。对各投标人的商业秘密，评标委员会成员应予以保密，不得泄露给其他投标人。对各投标人的商业秘密，评标委员会成员应予以保密，不得泄露给其他投标人。

2.7.2 投标人不得具有的情形（实质性要求）

一、有下列情形之一的，视为投标人串通投标：

- (一) 不同投标人的投标文件由同一单位或者个人编制；
- (二) 不同投标人委托同一单位或者个人办理投标事宜；
- (三) 不同投标人的投标文件载明的项目管理成员或者联系人员为同一人；
- (四) 不同投标人的投标文件异常一致或者投标报价呈规律性差异；
- (五) 不同投标人的投标文件相互混装。

二、提供虚假材料谋取中标；

三、采取不正当手段诋毁、排挤其他投标人；

四、与采购人或代理机构、其他投标人恶意串通；

五、向采购人或代理机构、评标委员会成员行贿或者提供其他不正当利益；

六、在招标过程中与采购人或代理机构进行协商谈判；

七、中标后无正当理由拒不与采购人签订政府采购合同；

八、未按照采购文件确定的事项签订政府采购合同；

九、将政府采购合同转包或者违规分包；

十、提供假冒伪劣产品；

十一、擅自变更、中止或者终止政府采购合同；

十二、拒绝有关部门的监督检查或者向监督检查部门提供虚假情况；

十三、法律法规规定的其他禁止情形；

投标人有上述情形的，按照规定追究法律责任，具备一至十一条情形之一的，其投标文件无效，或取消被确认为中标投标人的资格或认定中标无效。

2.8 询问、质疑和投诉

一、询问、质疑、投诉的接收和处理严格按照《中华人民共和国政府采购法》《中华人民共和国政府采购法实施条例》《政府采购质疑和投诉办法》等规定办理。

二、投标人询问、质疑的答复主体：

根据委托代理协议约定，投标人对招标文件中采购需求的询问、质疑由陕西金岸工程项目管理有限公司负责答复；投标人对除采购需求外的采购文件的询问、质疑由

陕西金岸工程项目管理有限公司负责答复；投标人对采购过程、采购结果的询问、质疑由陕西金岸工程项目管理有限公司负责答复。

三、投标人提出的询问，应当明确询问事项，如以书面形式提出的，应由投标人签字并加盖公章。为提高采购效率，降低社会成本，鼓励询问主体对于不损害国家及社会利益或自身合法权益的问题或情形采用询问方式处理解决（包含但不限于文字错误、标点符号、不影响投标文件的编制的情形）。

四、投标人认为采购文件、采购过程、中标或者成交结果使自己的权益受到损害的，可以在知道或者应知其权益受到损害之日起7个工作日内，以书面形式向采购人、代理机构提出质疑。投标人应在法定质疑期内一次性提出针对同一采购程序环节的质疑。投标人应知其权益受到损害之日，是指：

（一）对可以质疑的采购文件提出质疑的，为收到采购文件之日或者采购文件公告期限届满之日；

（二）对采购过程提出质疑的，为各采购程序环节结束之日；

（三）对中标或者成交结果提出质疑的，为中标或者成交结果公告期限届满之日。

五、本项目不接受在线提交质疑，投标人通过书面形式线下向采购人或代理机构提交质疑资料。

六、投标人提出质疑时应当准备的资料

（一）质疑书正本1份；（政府采购投标人质疑函范本详见附件一）

（二）法定代表人或主要负责人授权委托书1份（委托代理人办理质疑事宜的需提供）；

（三）法定代表人或主要负责人身份证复印件1份；

（四）委托代理人身份证复印件1份（委托代理人办理质疑事宜的需提供）；

（五）针对质疑事项必要的证明材料（针对招标文件提出的质疑，需提交从项目电子化交易系统获取的招标文件回执单）。

答复主体：代理机构

联系人：王幸

联系电话：029—33819311

地址：陕西省西咸新区沣东新城扶苏路民善雅居商业楼 A 座

邮编：712000

注：根据《中华人民共和国政府采购法》的规定，投标人质疑不得超出采购文件、采购过程、采购结果的范围。

七、投标人对采购人或代理机构的质疑答复不满意，或者采购人或代理机构未在规定的期限内作出答复的，投标人可以在答复期满后 15 个工作日内向同级财政部门提起投诉。投诉受理单位：本采购项目同级财政部门。（政府采购投标人投诉书范本详见附件二）

第三章 招标项目技术、服务、商务及其他要求

（注：带“★”的参数需求为实质性要求，投标人必须响应并满足的参数需求，采购人、采购代理机构应当根据项目实际需求合理设定，并明确具体要求。带“▲”号条款为允许负偏离的参数需求，若未响应或者不满足，将在综合评审中予以扣分处理。）

3.1 技术、服务标准和要求

采购包 1:

采购包预算金额（元）：11580000.00 元

采购包最高限价（元）：11578354.00 元

序号	标的名称	数量	标的金额（元）	计量单位	所属行业
1	桃曲坡水库数字孪生项目	1.00	11580000	项	建筑业

采购包 1:

投标人报价不允许超过标的金额

（招单价的）投标人报价不允许超过标的单价

一、技术、服务标准和要求：

参数性质	序号	技术参数与性能指标
	1	<p>一、工程名称：桃曲坡水库数字孪生项目</p> <p>二、工程概况</p> <p>采购内容：桃曲坡水库数字孪生项目，主要建设内容包括：实现物联感知建设、控制设施建设、视频监控建设、通信网络建设、算力平台建设、数据资源建设、孪生赋能建设、业务支撑建设、智能应用建设、网络安全建设。</p> <p>三、技术要求</p> <p>★1. 质量标准：符合国家、行业验收及本项目技术标准要求。</p> <p>投标文件的实施方案说明内容中必须对工程质量目标予以承诺或体现，否则，按未实质性响应工程质量要求处理，否决其投标。</p> <p>▲2、硬件设施、软件平台技术参数详见“第九章 工程量清</p>

		<p>单”及“第八章技术标准要求”，投标人按照招标文件要求，在投标报价（已标价工程量清单）及实施方案中予以响应。</p> <p>★3、质保期：投标人提供的设备质量保证期从信息化专项验收合格交付使用之日起开始计算不低于3年，招标人计划工期为150日历天、试运行期6个月。投标人提供的设备除专用技术规范内明确规定超过3年的以外，其余设备质量保证期均不低于3年。质量保证期内由投标人免费进行设备维护和最新版本的软件升级。投标人应保证提供终身维修服务。</p> <p>★4、运维服务要求</p> <p>（1）、本项目运维服务期不低于3年，从信息化专项验收合格交付使用之日算起。承包人在运营服务期内保证整个系统和设备的正常稳定运行，其间产生的所有运维费用包含在本次报价之中。运行维护内容包括各系统现场硬件设备运行维护、软件平台运行维护、数据分析以及数据通信服务。</p> <p>（2）、项目建成后，经招标人完工验收合格后，立即开展试运行，中标人应按合同及相关行业技术标准开展服务工作；开展数据接收与分析处理、监测平台系统的管理与维护工作，提交相关技术成果资料。</p> <p>（3）、中标人应按招标人拟定的要求，开展定期巡查、日常校验管理等工作，发现问题及时处理，并建立台账。</p> <p>（4）、中标人负责整个项目采购安装、施工及维护服务。各系统的各种组成设备的质保期期限均不低于3年。除人为因素（如被盗、破坏）、鼠害和不可抗力（如地震台风等）外，在保修期内，所有设备的维修或替换均含在总报价的。招标人无须额外支付任何费用，并由中标人提供现场服务。</p> <p>（5）运行维护期内发生故障时：1、远程即时响应：提供7×24小时技术服务电话、线上对接渠道，招标人发起故障报修、技术咨询后，15分钟内完成远程响应，第一时间开展远程排查、故障初步诊断。2、远程无法解决的硬件故障、系统故障、功能异常等问题，自报障时起算，1小时内响应，4小时内到达现场解决问题（紧急故障，无条件优先调度，最快速度抵达，不得延误）。3、一般故障5</p>
--	--	---

		<p>小时内恢复、较严重或严重故障 24 小时内恢复。如果设备故障在检修 24 小时后仍无法排除，中标人应在随后 24 小时内提供不低于故障设备规格型号档次的备用设备供招标人代替使用，直至故障设备修复，确保设备的正常使用。</p> <p>（6）、本项目涉及水利设施设备、灌区管理数据中心和综合信息化平台等内容较多，投标人必须针对本项目配备齐全的实施团队，配置人员力量充足合理。中标后现场派驻人员应与投标文件中配备的团队保持一致，在服务履约过程中项目经理不得更换，因客观原因需调整的，应书面征得招标人同意，未征得招标人同意进行更换的视为虚假承诺，由中标人承担全部责任。</p> <p>（7）运维期结束前，中标人须对招标人的人员或后期运维团队进行培训，保证培训人员能熟练掌握整个灌区信息化系统的运营和基础的维保工作；服务期结束后，承包人无条件将本项目所投入的设施设备全部完整地移交给发包人。</p> <p>（8）. 运行维护期外服务</p> <p>运行维护期外，中标人需提供以下服务：</p> <p>8.1 运行维护期过后，提供免费电话咨询服务。</p> <p>8.2 运行维护期过后，现场服务为有偿服务。</p> <p>8.3 设备更换：设备在运维期间因自身质量问题造成的损坏由中标人负责。在运行维护期过后损坏的，参照本项目相关资料价格采购及安装。</p>
--	--	---

3.2 商务要求

序号	符号标识	商务要求名称	商务要求内容
1	★	建设工期	<p>150 日历天内，实际开工时间以总监发布开工通知时间为准。</p> <p>投标文件的实施方案说明内容中必须对工程总工期要求予以承诺，并在进度计划横道图或网络图中体现，否则，按未实质性响应计划工期要求处理，否决其投标。</p>

2	★	实施地点	招标人指定地点
3	★	支付方式	分期付款
4	★	付款进度安排	<p>(1) 首付款金额为合同总价的 30%，合同签订生效且发包人收到承包人提供的履约保函（基本户银行出具，金额为合同额的 5%）后，经监理人审核出具支付证书报送发包人审批同意后 7 日内予以支付。</p> <p>(2) 第二次付款：承包人完成的项目成果达到合同价款 60%后，承包人向监理人提交符合要求的请款材料，请款材料经监理人审核并出具支付证书，报送发包人审批同意后，发包人 7 日内支付合同总价的 20%。</p> <p>(3) 第三次付款：承包人完成所有信息化设备、软件所有建设和工作内容并通过发包人组织的完工验收后，承包人向监理人提交符合要求的请款材料，请款材料经监理人审核并出具支付证书，报送发包人审批同意后，7 日内发包人支付至实际结算金额的 80%。</p> <p>(4) 尾款：本合同项目试运行满 1 月，承包人向监理人提交符合要求的请款材料，请款材料经监理人审核并出具支付证书，报发包人审批同意后，7 日内发包人支付至实际结算金额的 100%。</p>
5	★	验收、交付标准和办法	按照国家、行业验收及项目技术标准要求、招标文件、投标人的投标文件、承诺以及合同条款等。
6	★	质量保修范围和保修期	本项目实施范围内的所有产品（包含硬件和软件），质保期自 信息化专项验收合格交付使用之日起算 不低于 3 年。

3.3、其他要求：

★1、投标人应承诺：（1）本项目凡涉及 3C 产品的，投标人应承诺中标后或项目验收前提供本项目中的 3C 产品的有效 3C 认证证书；（2）本项目凡涉及信息安全产品的，投标人应承诺中标后提供有效期内的网络安全专用产品安全检测证书。

（提供单独的承诺函，格式自拟）

★2、在质保期（本项目全部硬件设备及软件平台的质保期不低于 3 年（实际质

保期以中标人投标文件中承诺期限为准）后出现的故障问题，承包人应提供保修、更换服务（更换同种品牌不低于原规格型号的新部件），并保证配品配件的供应。

★3、投标人拟采购的重要设备或关键性设备等必须承诺提供厂商原装、全新的、符合国家及招标人提出的有关质量标准的、保证运行性能良好的设备，且所采购的设备厂家在同行业中口碑良好，所采购的设备为同类产品中的主流产品，且在采购前须先征求业主的意见或采购时邀请业主及监理三方协同前往。

★4、投标文件中作出对招标人后期维护人员培养计划，并承诺对招标人指派的技术人员进行悉心培养和精诚合作，保证在运维期满时招标人指派的技术人员可实现对本项目中完成的系统实现维护工作。

5、系统版权：本项目平台系统及定制开发过程的产品产权及以上所有知识产权均归属于招标人，但在合同签订前就属于中标人或者第三方的知识产权除外，招标人不再支付任何因中标人或第三方知识产权产生的额外费用。

6、招标人向中标人提供的所有业务技术资料、文档，中标人必须对第三方保密。

7、本次合同价是投标人响应项目要求的全部工作内容的价格体现，包括投标人完成本项目所需的一切费用（包括由承包人承担的硬件设备费、备品备件、专用工具、包装、运输、装卸、安装、调试和软件开发实施项目所需的资料、调研、需求分析及软件的设计、开发、测试以及技术服务、保险、税金、利润、试运行、运行维护、人员培训、验收费、质保期内的售后服务等以及合同包含的所有风险、责任等服务范围内包含的一切费用），且本项目实施和验收阶段承包人需负责与招标人已建、在建（桃曲坡水库安全设施建设工程）项目有关设备的联调、端口接入及系统集成等工作，其费用应综合考虑在相关系统的报价中，招标人不再单独支付。

8（1）.为顺利推进政府采购电子化交易平台应用工作，投标人需要在线提交所有通过电子化交易平台实施的政府采购项目的投标文件，同时，线下提交投标文件正本1份、副本2份、电子版1份（U盘1个，包含word及PDF格式投标文件所有内容）。纸质投标文件建议A4纸双面打印，正、副本分别各自装订成册并编制目录和页码，单独密封并加盖公章。若正本和副本不符，以正本为准；若电子投标文件与纸质投标文件不一致的，以电子投标文件为准（2）.线下递交文件截止时间：

投标文件提交截止时间前；（3）.线下递交文件地点：陕西省西咸新区沣东新城扶苏路民善雅居商业楼 A 座三楼会议室。

其他未尽事宜由双方合同约定。 注：本章采购需求中标注“★”号的条款为本次采购项目的实质性要求，投标人应全部满足。

第四章 资格审查

资格审查由采购人或代理机构组建的资格审查小组依据法律法规和招标文件的规定，对投标文件中的资格证明等进行审查，以确定投标人是否具备投标资格，并出具资格审查报告。

资格审查标准及要求如下：

4.1 一般资格审查

采购包 1：

序号	资格审查要求概况	评审点具体描述
1	供应商应具备《中华人民共和国政府采购法》第二十二条规定的条件	投标人需在项目电子化交易系统中按要求填写《投标函》完成承诺并进行电子签章。
2	供应商应提供健全的财务会计制度的证明材料；	投标人需提供 2024 年度或 2025 年度的财务报告（至少包括财务报告、资产负债表、利润表（或损益表）、现金流量表，成立时间至递交投标文件截止时间不足一年的可提供成立后任意时段的资产负债表），或其开标前三个月内基本存款账户开户银行出具的资信证明及基本存款账户开户信息，其他组织和自然人提供银行出具的资信证明或财务报表。投标人需在项目电子化交易系统中按要求上传相应证明文件并进行电子签章。

4.2 特殊资格审查

采购包 1：

序号	资格审查要求概况	评审点具体描述
1	营业执照等主体资格证明文件	投标人应为具有独立承担民事责任能力的企业法人、事业法人、其他组织或自然人，企业法人须提供统一社会信用代码的营业执照、事业单位须提供事业单位法人证、组织机构代码证等证明文件、其他组织应提供合法证明文件、自然人参与的提供其身份证。
2	投标人应授权合法的人员参加投标	投标人应授权合法的人员参加投标，法定代表人（或单位负责人）直接参加的，须出具法定代表人（或单位负责人）身份证明及身份证，并与营业执照上信息

		一致；授权代表参加的，须出具法定代表人（或单位负责人）授权委托书及被授权人身份证。
3	财务报告	提供 2024 年度或 2025 年度的财务报告（至少包括财务报告、资产负债表、利润表（或损益表）、现金流量表，成立时间至递交投标文件截止时间不足一年的可提供成立后任意时段的资产负债表），或其开标前三个月内基本存款账户开户银行出具的资信证明及基本存款账户开户信息，其他组织和自然人提供银行出具的资信证明或财务报表。
4	税收缴纳证明	提供投标文件递交截止时间前六个月内任意一月已缴纳的纳税证明或完税证明，依法免税的投标人应提供相关证明文件。
5	社保缴纳证明	提供投标文件递交截止时间前六个月内任意一月已缴存的社会保障资金缴费证明或参保证明，依法不需要缴纳社会保障资金的投标人应提供相关证明文件。
6	投标人资质条件	投标人须具备电子与智能化工程专业承包二级及以上资质，建设行政主管部门颁发的有效的安全生产许可证。
7	拟派项目经理	投标人拟派项目经理须为本单位注册人员，持有机电工程专业二级及以上注册建造师证书或通信与广电工程专业一级注册建造师证书，具有有效的的安全生产考核合格证，且无在建项目（提供无在建项目承诺书）。
8	无重大违法记录	参加政府采购活动前 3 年内，在经营活动中没有重大违法记录的书面声明。
9	具有履行合同所必需的设备和专业技术能力	具有履行合同所必需的设备和专业技术能力，提供承诺书。
10	信用查询	<p>投标人不得为“信用中国”网站（www.creditchina.gov.cn）中列入重大税收违法失信主体名单的投标人、不得为“中国执行信息公开网”网站（zxgk.court.gov.cn）中列入失信被执行人的投标人、不得为中国政府采购网（www.ccgp.gov.cn）政府采购严重违法失信行为记录名单中被财政部门禁止参加政府采购活动的投标人。</p>

11	单位负责人为同一人或者存在直接控股、管理关系的不同投标人，不得同时参加同一合同项下的政府采购活动	单位负责人为同一人或者存在直接控股、管理关系的不同投标人，不得同时参加同一合同项下的政府采购活动，提供书面声明。
12	非联合体投标声明	本项目不接受联合体，提供非联合体投标声明。

4.3 落实政府采购政策资格审查

采购包 1:

序号	资格审查要求概况	评审点具体描述
1	无	

第五章 评标办法

5.1 总则

一、根据《中华人民共和国招标投标法》《中华人民共和国政府采购法》《中华人民共和国政府采购法实施条例》《陕西省政府采购评审专家管理实施办法》等法律法规，结合采购项目特点制定本评标办法。

二、评标工作由代理机构负责组织，具体评标事务由采购人或代理机构依法组建的评标委员会负责。评标委员会由采购人代表和评审专家组成。共7人组成，其中招标人代表2人，专家5人；评标专家确定方式：评标前24小时内在陕西省政府采购系统专家抽取系统中随机抽取。

三、评标工作应遵循公平、公正、科学及择优的原则，并以相同的评标程序 and 标准对待所有的投标人。

四、本项目采取电子评标，通过项目电子化交易系统完成评标工作。评标委员会成员、采购人、代理机构和投标人应当按照本招标文件规定和项目电子化交易系统操作要求开展或者参加评标活动。

五、评标过程中的书面材料往来均通过项目电子化交易系统传递，投标人通过互认的证书及签章加盖其电子印章后生效。出现无法在线签章的特殊情况，评标委员会成员可以线下签署评标报告，由代理机构对原件扫描后以附件形式上传。

六、评标过程应当独立、保密，任何单位和个人不得非法干预评标活动。投标人非法干预评标活动的，其投标文件将作无效处理；代理机构、采购人及其工作人员、采购人监督人员非法干预评标活动的，将依法追究其责任。

5.2 评标委员会

一、评审专家是采取随机方式在政府采购平台的专家库系统（以下简称专家库系统）抽取/由采购人根据《陕西省政府采购评审专家管理实施办法》（陕财办采〔2018〕20号）的规定，报主管部门同意后自行选定。

二、评标委员会成员应当满足并适应电子化采购评审的工作需要，使用已身份认证并具备签章功能的证书，登录项目电子化交易系统进入项目评审功能模块确认

身份、签到、推荐评标委员会组长。采购人代表可以使用采购人代表专用签章确认评审意见。

三、评标委员会成员获取解密后的投标文件，开展评标活动。出现应当回避的情形时，评标委员会成员应当主动回避；代理机构按规定申请补充抽取评审专家；无法及时补充抽取的，采购人或者代理机构应当封存投标人投标文件，按规定重新组建评标委员会，解封投标文件后，开展评标活动。

四、评标委员会按照招标文件规定的评标程序、评标方法和标准进行评标，并独立履行下列职责：

- （一）熟悉和理解招标文件；
- （二）审查投标人投标文件等是否满足招标文件要求，并作出评价；
- （三）根据需要要求采购组织单位对招标文件作出解释；根据需要要求投标人对投标文件有关事项作出澄清、说明或者更正；
- （四）推荐中标候选投标人，或者受采购人委托确定中标投标人；
- （五）起草评标报告并进行签署；
- （六）向采购组织单位、财政部门或者其他监督部门报告非法干预评审工作的行为
- （七）法律、法规和规章规定的其他职责。

5.3 评标方法

综合评分法

5.4 评标程序

5.4.1 熟悉和理解招标文件和停止评标

一、评标委员会正式评审前，应当对招标文件进行熟悉和理解，内容主要包括招标文件中投标人资格资质性要求、采购项目施工、服务和商务要求、评审方法和标准以及可能涉及签订政府采购合同的内容等。

二、本招标文件有下列情形之一的，评标委员会应当停止评标：

- （一）招标文件的规定存在歧义、重大缺陷的；
- （二）招标文件明显以不合理条件对投标人实行差别待遇或者歧视待遇的；

（三）采购项目属于国家规定的优先、强制采购范围，但是招标文件未依法体现优先、强制采购相关规定的；

（四）采购项目属于政府采购促进中小企业发展的范围，但是招标文件未依法体现促进中小企业发展相关规定的；

（五）招标文件规定的评标方法是综合评分法、最低评标价法之外的评标方法，或者虽然名称为综合评分法、最低评标价法，但实际上不符合国家规定；

（六）招标文件将投标人的资格条件列为评分因素的；

（七）招标文件有违反国家其他有关强制性规定的情形。

出现上述应当停止评标情形的，评标委员会应当通过项目电子化交易系统向采购组织单位提交相关说明材料，说明停止评审的情形和具体理由。除上述情形外，评标委员会不得以任何方式和理由停止评标。出现上述应当停止评标情形的，采购组织单位应当通过项目电子化交易系统书面告知参加采购活动的投标人，并说明具体原因，同时在陕西省政府采购网公告。采购组织单位认为评标委员会不应当停止评标的，可以书面报告采购项目同级财政部门依法处理，并提供相关证明材料。

5.4.2 符合性审查

评标委员会依据本招标文件的实质性要求，对符合资格的投标文件进行审查，以确定其是否满足本招标文件的实质性要求。本项目符合性审查事项，必须以本招标文件的明确规定的实质性要求作为依据。在符合性审查过程中，如果出现评标委员会成员意见不一致的情况，按照少数服从多数的原则确定，但不得违背政府采购基本原则和招标文件规定。

符合性审查标准见下表（按以下顺序审查）：

序号	符合审查要求概况	评审点具体描述
1	不正当竞争预防措施（实质性要求）	1. 在评标过程中，评标委员会认为投标人报价明显低于其他实质性响应的投标人报价，有可能影响产品质量或者不能诚信履约的，评标委员会应当要求其在合理的时间内提供成本构成书面说明，并提交相关证明材料。书面说明应当按照国家财务会计制度的规定要求，逐项就投标人提供的货物、工程和服务的主营业务成本（应根据投标人企业类型予以区别

		）、税金及附加、销售费用、管理费用、财务费用等成本构成事项详细陈述。 2. 投标人提交的相关说明和证明材料，应当加盖投标人（法定名称）电子印章，在评标委员会要求的时间内通过项目电子化交易系统进行提交，否则提交的相关证明材料无效。投标人不能证明其投标报价合理性的，评标委员会应当将其投标文件作为无效处理。
2	与项目的一致性	至少以下三处的项目名称、项目编号与本项目完全一致： （1）投标文件封面 （2）投标（响应）函 （3）法定代表人（主要负责人）委托授权书\身份证明
3	投标文件组成	投标文件应包含招标文件要求的所有内容
4	签章或盖章	签章或盖章符合招标文件要求，且无遗漏
5	投标有效期	符合招标文件的要求
6	投标报价	同时满足以下条款：（1）货币单位符合招标文件要求 （2）报价符合唯一性要求（3）未超出采购预算或最高限价
7	实质性条款响应	完全响应招标文件要求的各项技术（服务）、商务实质性条款
8	合同条款响应	完全理解并响应招标文件合同条款的要求，且未含有采购人不能接受的附加条件

以上实质性要求全部响应并满足采购需求的，则通过符合性审查；如有任意一项未响应或不满足采购需求的，则按无效投标文件处理。如果评标委员会认为投标人有任意一项不通过的，应在符合性审查表中载明不通过的具体原因。

5.4.3 解释、澄清有关问题

一、评标过程中，评标委员会认为招标文件有关事项表述不明确或需要说明的，可以提请代理机构书面解释。代理机构的解释不得改变招标文件的原义或者影响公平、公正，解释事项如果涉及投标人权益的以有利于投标人的原则进行解释。

二、对投标文件中含义不明确、同类问题表述不一致或者有明显文字和计算错误的内容，评标委员会应当要求投标人作出必要的澄清、说明或更正，并给予投标

人必要的反馈时间。投标人应当按评标委员会的要求进行澄清、说明或者更正。投标人的澄清、说明或者更正不得超出投标文件的范围或者改变投标文件的实质性内容。澄清、说明或者更正不影响投标文件的效力，有效的澄清、说明或者更正材料是投标文件的组成部分。

三、投标人的澄清、说明或者更正需进行电子签章，应当不超出投标文件的范围、不实质性改变投标文件的内容、不影响投标人的公平竞争、不导致投标文件从不响应招标文件变为响应招标文件的条件。下列内容不得澄清：

（一）投标人投标文件中不响应招标文件规定的技术参数指标和商务应答；

（二）投标人投标文件中未提供的证明其是否符合招标文件资格、符合性规定要求的相关材料。

（三）投标人投标文件中的材料因印刷、影印等不清晰而难以辨认的。

四、投标文件报价出现下列情况的，按以下原则处理：

（一）投标文件中开标一览表（报价表）内容与投标文件中相应内容不一致的，以开标一览表（报价表）为准；

（二）大写金额和小写金额不一致的，以大写金额为准，但大写金额出现文字错误，导致金额无法判断的除外；

（三）单价金额小数点或者百分比有明显错位的，以开标一览表总价为准，并修改单价；

（四）总价金额与按单价汇总金额不一致的，以单价金额计算结果为准。

同时出现两种以上不一致的，按照前款规定的顺序修正。修正后的报价经投标人确认后产生约束力，投标人不确认的，其投标无效。

五、对不同语言文本投标文件的解释发生异议的，以中文文本为准。

六、代理机构宣布评标结束前，投标人应通过项目电子化交易系统随时关注评标消息提示，及时响应评标委员会发出的澄清、说明或更正要求。投标人未能及时响应的，自行承担不利后果。评标委员会应当积极履行澄清、说明或者更正的职责，不得滥用权力。

5.4.4 比较与评价

评标委员会应当按照招标文件规定的评标细则及标准，对符合性检查合格的投标文件进行商务和技术评估，综合比较和评价。

5.4.5 复核

评分汇总结束后，评标委员会应当进行复核，对拟推荐为中标候选投标人、报价最低、投标文件被认定为无效等进行重点复核。评标结果汇总完成后，评标委员会拟出具评标报告前，代理机构应当组织不少于2名工作人员，在采购监督人员的监督之下，依据有关的法律制度和招标文件对评标结果进行复核，出具复核报告。评标结果汇总完成后，除下列情形外，任何人不得修改评标结果：

- （一）分值汇总计算错误的；
- （二）分项评分超出评分标准范围的；
- （三）评标委员会成员对客观评审因素评分不一致的；
- （四）经评标委员会认定评分畸高、畸低的。

评标报告签署前，经复核发现存在以上情形之一的，评标委员会应当当场修改评标结果，并在评标报告中记载；评标报告签署后，采购人或者代理机构发现存在以上情形 之一的，应当组织原评标委员会进行重新评标，重新评标改变评标结果的，书面报告本级财政部门。

5.4.6 确定中标候选人名单

采购包 1：按投标人综合得分从高到低进行排序，确定3名中标候选人。综合得分相同的，按投标报价由低到高顺序排列；得分且投标报价相同的，按投标人提供的优先采购产品认证证书数量由多到少顺序排列；得分且投标报价且提供的优先采购产品认证证书数量相同的并列。投标文件满足招标文件全部实质性要求，且按照评审因素的量化指标评审得分最高的投标人为排名第一的中标候选人。

5.4.7 编写评标报告

评标报告是评标委员会根据全体评标成员签字的评标记录和评标结果编写的报告，其主要内容包括：

- 一、招标公告刊登的媒体名称、开标日期和地点；
- 二、投标人名单和评标委员会成员名单；

三、评审方法和标准；

四、开标记录和评审情况及说明，包括投标无效投标人名单及原因；

五、评标结果，确定的中标候选人名单或者经采购人委托直接确定的中标人；

六、其他需要说明的情况，包括评标过程中投标人根据评标委员会要求进行的澄清、说明或者补正，评标委员会成员的更换等；

七、报价最高的投标人为中标候选人的，评标委员会应当对其报价的合理性予以特别说明。评标委员会成员应当在评标报告中签字或加盖电子签章确认，对评标过程和结果有不同意见的，应当在评标报告中写明并说明理由。签字但未写明不同意见或者未说明理由的，视同无意见。拒不签字或加盖电子签章又未另行说明其不同意见和理由的，视同同意评标结果。

5.5 评标争议处理规则

评标委员会在评标过程中，对于符合性审查、对投标人文件作无效投标处理及其他需要共同认定的事项存在争议的，应当以少数服从多数的原则作出结论，但不得违背法律法规和招标文件规定。持不同意见的评标委员会成员应当在评标报告上签署不同意见及理由，否则视为同意评标报告。持不同意见的评标委员会成员认为认定过程和结果不符合法律法规或者招标文件规定的，应当及时向采购人或代理机构书面反映。采购人或代理机构收到书面反映后，应当书面报告采购项目同级财政部门依法处理。

5.6 评标细则及标准

一、评标委员会只对通过资格审查的投标文件，根据招标文件的要求采用相同的评标程序、评分办法及标准进行评价和比较。

二、评标委员会成员应依据招标文件规定的评分标准和方法独立评审。

5.6.1 评分标准

评审因素		评审标准		
分值构成		详细评审 70.0000 分 报价得分 30.0000 分		
评审因素分类	评审项	详细描述	分值	客观/主观
详细评审	实施方案	<p>根据投标人提供的实施方案进行综合评审：包括但不限于</p> <p>①项目实施内容、重点、难点分析及解决方案（2分）；</p> <p>②项目实施工作计划安排及人员安排（2分）；</p> <p>③分项建设技术方案（物联感知、设施控制、视频监控、通信网络、算力平台、数据中心、业务支撑、孪生赋能、智能应用、网络安全）科学性、先进性、合理性、全面性，是否达到技术深度要求等方面（10分）；</p> <p>④实施进度保障（2分）；</p> <p>⑤项目质量保障方案（2分）</p> <p>⑥应急处置方案（2分），</p> <p>评审标准：方案内容的完整性、可实施性、针对性完全满足项目需求的得满分20分，以上每有一项内容缺失该项得0分，每项内容中有缺陷、错误的，每处扣1分，扣完为止。</p>	20.0	主观
	运维服务方案	<p>1、根据投标人提供的运维服务方案进行评审：包括但不限于</p> <p>①系统设备硬件运行维护方案（2分）；</p> <p>②系统平台运行维护方案（2分）；</p> <p>③运维机构和人员配置（2分）；</p> <p>④运维服务流程（2分）；</p> <p>⑤运维培训服务方案（2分）；</p> <p>⑥备品备件配置方案（2分）；</p> <p>⑦应急响应方案（1分）。</p> <p>评审标准：方案内容的完整性、可实施性、针对性完全满足项目需求的得满分13分，以上每有一项内容缺失该项得0分，每项内容中有缺陷、错误，每处扣1分，扣完为止。</p> <p>2、免费质保期（运维期）：在满足招标文件最低要求（3年）的基础上，每增加1年加1分，最高得2分，提供承诺书并加盖公章。不提供承诺的不得分。</p>	15.00	主观

技术指标和配置	主要硬件设施（※标记）技术指标和配置完全满足招标文件技术指标和配置要求，且没有负偏离的得12分，核心参数（※标记）有负偏离的每一条扣0.2分，直至总分值扣完为止。	12.00	客观
投标工期	计划工期150日历天（基准工期），投标人承诺比基准工期每提前15个日历天，得1分，本项最高得3分。	3.00	客观
项目经理	<p>①具有机电工程类/电子信息类高级及以上技术职称证书或国家人社部和工信部颁发信息系统项目管理师证书得1分；机电工程类/电子信息类中级技术职称证书或国家人社部和工信部颁发系统集成项目管理工程师证书得0.5分。</p> <p>②具有类似信息化业绩得1分。</p> <p>注：须为本单位的在职人员，投标人需提供其社保证明、有效证书扫描件、业绩证明材料（需能体现是其担任项目经理，否则不予计分）并加盖投标人公章。</p>	2.00	客观
技术负责人	<p>①具有机电工程类/电子信息类高级及以上技术职称证书或国家人社部和工信部颁发信息系统项目管理师证书得1分；机电工程类/电子信息类中级技术职称证书或国家人社部和工信部颁发系统集成项目管理工程师证书得0.5分。</p> <p>②具有类似信息化业绩得1分。</p> <p>注：须为本单位的在职人员，投标人需提供其社保证明、有效证书扫描件、业绩证明材料（需能体现是其担任技术负责人，否则不予计分）并加盖投标人公章。</p>	2.00	客观
运维负责人	<p>投标人拟派本项目的运维负责人具有电子信息类/计算机高级及以上技术职称证书或国家人社部和工信部颁发信息系统项目管理师证书得2分；电子信息类/计算机中级技术职称证书或国家人社部和工信部颁发系统集成项目管理工程师证书得1分。</p> <p>注：须为本单位的在职人员，投标人需提供其社保证明、有效证书扫描件并加盖投标人公章。</p>	2.00	客观

	项目管理机构	<p>1. 投标人拟派本项目管理机构（除项目负责人和技术负责人之外）：具备①计算机相关专业中级及以上技术职称、②电气工程相关专业中级及以上技术职称或注册电气工程师、③水利工程相关专业中级及以上技术职称、④国家人社部和工信部颁发软件设计师证书、⑤国家人社部和工信部颁发系统集成项目管理工程师或信息系统管理工程师证书、⑥国家人社部和工信部颁发信息安全类工程师证书或注册信息安全工程师证书、⑦具有BIM工程师或高级BIM工程师。</p> <p>针对前述类别的证书，每提供一类得1分。</p> <p>注：以上人员证书同一人员具有多类证书的不可重复计，须为本单位的在职人员，投标人需提供以上人员的社保证明和有效证书扫描件并加盖投标人公章。</p>	7.00	客观
	投标人业绩	<p>2023年4月1日至投标截止时间止，每完成类似信息化业绩得1分，最多得4分。</p> <p>注：提供中标通知书（若有）、合同的扫描件/复印件，并加盖投标人公章，未提供不得分。</p>	4.00	客观
	企业实力	具备有效的 CMMI 软件能力成熟度集成模型3级及以上得1分，未提供不得分。	1.00	客观
		具有有效的水文、水资源调查评价单位水平评价证书乙级及以上得1分，未提供不得分。	1.00	客观
		具有有效的信息系统建设和服务能力等级证书，良好级(CS3)及以上得1分，未提供不得分。	1.00	客观
	价格分	<p>1、价格分的评标基准价采用所有有效投标报价的算术平均值计算。有效报价指的是通过资格性审查和符合性审查的投标人的报价。</p> <p>投标总报价的偏差率计算公式偏差率=100%×(投标人报价-评标基准价)/评标基准价</p> <p>偏差率计算保留小数点后两位，小数点后第三位“四舍五入”。</p> <p>投标报价与评标基准价相比，等于评标基准价得30分，每增加1%扣1分，每减少1%扣0.5分，扣完为止。</p> <p>按插入法计算得分。</p> <p>投标总报价得分最终结果取小数点后两位，第三位四舍五入。</p> <p>2、对符合《政府采购促进中小企业发展管理办法》（财库〔2020〕46号）规定的小微企业，评标时在采用原报价进行评分的基础上增加其价格得分的3%作为其价格分，最高得满分30分。监狱企业与残疾人福利性单位视</p>	30	客观

		同小型、微型企业，享受同等价格优惠，当企业属性重复时，不重复价格优惠。		
--	--	-------------------------------------	--	--

说明：

1、评分的取值按四舍五入法，保留小数点后两位；

2、评分标准中要求提供复印件的证明材料须清晰可辨。

若采用最低评标价法的，投标文件满足招标文件全部实质性要求，且投标报价最低的投标人为中标候选人。采用最低评标价法评标时，除了算术修正和落实政府采购政策需进行的价格扣除外，不能对投标人的投标价格进行任何调整。

5.7 废标

本次政府采购活动中，出现下列情形之一的，予以废标：

一、符合专业条件的投标人或者对招标文件作实质响应的投标人不足三家的；

二、出现影响采购公正的违法、违规行为的；

三、投标人的报价均超过了采购预算，采购人不能支付的；

四、因重大变故，采购任务取消的；废标后，代理机构将在“陕西省政府采购网”上公告。对于评标过程中废标的采购项目，评标委员会应当对招标文件是否存在不合理条款进行论证，并出具书面论证意见。

5.8 定标

5.8.1 定标原则

采购人在评标报告确定的中标候选人名单中按顺序确定 1 名中标人。中标候选人并列的，由采购人采取随机抽取的方式确定中标人。

5.8.2 定标程序

一、评标委员会在项目电子化交易系统中编制评标情况，生成评标报告。

二、代理机构在评标结束之日起 2 个工作日内将评标报告送采购人。

三、采购人在收到评标报告后 5 个工作日内，按照评标报告中推荐的中标候选人顺序确定中标投标人。逾期未确认的，又不能说明合法理由的，视同按评标报告推荐的顺序确定排名第一的中标候选人为中标投标人。

四、根据确定的中标投标人，代理机构在陕西省政府采购网上发布中标结果公告，通过项目电子化交易系统向中标投标人发出中标通知书。

5.9 评审专家在政府采购活动中承担以下义务

- （一）遵守评审工作纪律；
- （二）按照客观、公正、审慎的原则，根据采购文件规定的评审程序、评审方法和评审标准进行独立评审；
- （三）不得泄露评审文件、评审情况和在评审过程中获悉的商业秘密；
- （四）及时向监督管理部门报告评审过程中的违法违规情况，包括采购组织单位向评审专家作出倾向性、误导性的解释或者说明情况，投标人行贿、提供虚假材料或者串通情况，其他非法干预评审情况等；
- （五）发现采购文件内容违反国家有关强制性规定或者存在歧义、重大缺陷导致评审工作无法进行时，停止评审并通过项目电子化交易系统向采购组织单位书面说明情况，说明停止评审的情形和具体理由；
- （六）配合答复处理投标人的询问、质疑和投诉等事项；
- （七）法律、法规和规章规定的其他义务。

5.10 评审专家在政府采购活动中应当遵守以下工作纪律

- （一）遵行《中华人民共和国政府采购法》第十二条和《中华人民共和国政府采购法实施条例》第九条及财政部关于回避的规定。
- （二）评审前，应当将通讯工具或者相关电子设备交由采购组织单位统一保管。
- （三）评审过程中，不得与外界联系，因发生不可预见情况，确实需要与外界联系的，应当在监督人员监督之下办理。
- （四）评审过程中，不得干预或者影响正常评审工作，不得发表倾向性、引导性意见，不得修改或细化采购文件确定的评审程序、评审方法、评审因素和评审标准，不得接受投标人主动提出的澄清和解释，不得征询采购人代表的意见，不得协

商评分，不得违反规定的评审格式评分和撰写评审意见，不得拒绝对自己的评审意见签字确认。

（五）在评审过程中和评审结束后，不得记录、复制或带走任何评审资料，除因配合答复处理投标人的询问、质疑和投诉等事项外，不得向外界透露评审内容。

（六）服从评审现场采购组织单位的现场秩序管理，接受评审现场监督人员的合法监督。

（七）遵守有关廉洁自律规定，不得私下接触投标人，不得收受投标人及有关业务单位和个人的财务或好处，不得接受采购组织单位的请托。

第六章 投标文件格式

详见附件：投标文件封面

详见附件：投标（响应）函

详见附件：报价函

详见附件：标的清单

详见附件：已标价工程量清单

详见附件：中小企业声明函

详见附件：残疾人福利性单位声明函

详见附件：监狱企业的证明文件

详见附件：投标人特定资格证明文件

详见附件：技术服务合同条款及其他商务要求应答表

详见附件：项目管理机构人员表

详见附件：主要人员简历表

详见附件：投标人类似项目业绩

详见附件：实施方案

详见附件：运维服务方案

详见附件：技术参数差异表

详见附件：承诺书

详见附件：陕西省政府采购投标人拒绝政府采购领域商业贿赂承诺书

详见附件：投标人认为有必要补充说明的事项

投标文件

采购项目名称：__{项目名称}__

采购项目编号：__{项目编码}__

采购包号：__{包号}__

投标人名称： {供应商名称}

日期：

投标（响应）函

致： {代理机构名称}

我单位作为 {项目名称} （项目编号： {项目编码} ）的投标（响应）供应商，自愿参与本项目政府采购活动，充分理解采购文件的要求，在此郑重声明及承诺：

- 一、我单位具有独立承担民事责任的能力；
- 二、我单位具有良好的商业信誉和健全的财务会计制度；
- 三、我单位具有履行合同所必需的设备和专业技术能力；
- 四、我单位具有依法缴纳税收和社会保障资金的良好记录；
- 五、我单位参加政府采购活动前三年内，在经营活动中没有重大违法记录；
- 六、我单位满足采购文件规定的特定条件；
- 七、我单位不存在与单位负责人为同一人或者存在直接控股、管理关系的其他供应商参与同一合同项下的政府采购活动的行为；
- 八、我单位不属于为本项目提供整体设计、规范编制或者项目管理、监理、检测等服务的供应商；
- 九、我单位不存在与其他供应商委托同一单位或者个人编制投标（响应）文件、办理投标（响应）事宜的情形；
- 十、如本项目采购过程中需要提供样品，我单位提供的样品即为中标（成交）后将要提供的产品，我单位对提供样品的性能和质量负责，因样品存在缺陷或者不符合采购文件要求导致未能中标（成交）的，我单位愿意承担相应不利后果；
- 十一、我单位一旦中标（成交），将严格按照采购文件规定交纳代理服务费、履约保证金，在约定期限内签订采购合同，并严格履行采购合同规定的责任和义务；
- 十二、我单位在本项目使用的任何技术、产品和服务（包括部分使用），不会产生因第三方提出侵犯其专利权、商标权或其它知识产权而引起的法律和经济纠纷，如因专利权、商标权或其它知识产权而引起法律和经济纠纷，由我单位承担所有相关责任；

十三、我单位为本项目实施涉及的商品包装和快递包装，均符合《商品包装政府采购需求标准（试行）》《快递包装政府采购需求标准（试行）》的要求，包装适应于远距离运输、防潮、防震、防锈和防野蛮装卸，以确保货物安全无损运抵指定地点。

十四、我单位完全接受和理解本项目采购文件规定的实质性要求；

十五、我单位承诺，响应有效期为提交响应文件截止之日起{投标（响应）有效期天数}天；

根据采购文件规定，以上承诺事项如需提供相关证明材料的，以投标（响应）文件中提供的证明材料为准。本函发出后，即对我单位产生约束力，我单位保证严格遵守本响应函的各项承诺，并对本次提交的投标（响应）文件全部内容真实性负责。如经查实上述承诺的内容事项存在虚假，我单位愿意接受以提供虚假材料谋取入围、成交的法律责任。

特此声明。

供应商名称：{供应商名称}（签章）

日 期：{当前日期}

说明：

1. 重大违法记录，是指供应商因违法经营受到刑事处罚或者责令停产停业、吊销许可证或者执照、较大数额罚款等行政处罚。根据《财政部关于〈中华人民共和国政府采购法实施条例〉第十九条第一款“较大数额罚款”具体适用问题的意见》（财库〔2022〕3号）规定，“较大数额罚款”认定为200万元以上的罚款，法律、行政法规以及国务院有关部门明确规定相关领域“较大数额罚款”标准高于200万元的，从其规定。

2. 需供应商提供的财务状况证明、履行合同所必需的设备和专业技术能力等证明材料的，按照本项目采购文件的规定提供。

报价函

 {代理机构名称} ：

1. 我方已仔细研究了{项目名称}采购文件的全部内容，愿意以人民币 ____ 元的总报价，工期 ____ 日历天，按合同约定实施和完成承包工程，修补工程中的任何缺陷，工程质量达到规定要求标准。

2. 如我方成交：

（1）我方承诺在收到成交通知书后，在规定的期限内与采购人签订合同。

（2）我方承诺按照采购文件规定的金额和方式向采购人缴纳履约保证金。

（3）我方将严格履行政府采购合同约定的责任和义务。

（4）我方愿意提供贵单位可能另外要求的，与采购报价有关的文件资料，并保证我方已提供和将要提供的文件资料是真实、准确的。

（5）我方自愿按照采购文件规定的各项要求完成工程建设项目，最后报价以《最后报价表》为准，接受采购人按照政府采购合同约定金额支付采购资金。

供应商名称： {供应商名称} （加盖公章）

通讯地址： _____

邮政编码： _____

联系电话： _____

传真： _____

日 期： {日期}

分项报价表

采购编号： {采购编号}

项目名称： {项目名称}

包号：

投标人名称： {供应商名称}

货币及单位：人民币/元

品目号	序号	工程名称	施工范围	施工工期	项目经理	执业证书信息	单价	数量	总价

注：本《响应报价表》附件只是一个示例模板，具体响应模板以供应商在投标（响应）客户端响应的为准。

投标人签章：（加盖公章）

日 期： {日期}

已标价工程量清单

1. 已标价工程量清单仅适用于采用项目单价报价，不适用于采用项目包干价或采购人固定价报价；
2. 已标价工程量清单应按工程量清单报价相关要求进行填报。

表一

工程项目总价表

项目名称：桃曲坡水库数字孪生项目

序号	项目分组名称	金额（元）	备注
一	物联感知		
二	设施控制		
三	视频监控		
四	通信网络		
五	算力平台		
六	数据资源平台		
七	孪生赋能		
八	智能应用		
九	网络安全		
	合计（A）		
十	暂列金额(B)	550000	
十一	工程保险费(C)=（A）*0.45%		
十二	招标代理服务费(D)	70000	
投标报价=（A）+（B）+（C）+（D）			

表二

已标价工程量清单

序号	项目名称	规格参数	单位	数量	单价（元）		合价（元）		备注
					设备费	安装费	设备费	安装费	

投标人：（盖章）

法定代表人或其授权代理人：（签字或盖章）

年 月 日

中小企业声明函

本公司（联合体）郑重声明，根据《政府采购促进中小企业发展管理办法》（财库〔2020〕46号）的规定，本公司（联合体）参加{采购单位名称}的{项目名称}采购活动，工程的施工单位全部为符合政策要求的中小企业。相关企业（含联合体中的中小企业、签订分包意向协议的中小企业）的具体情况如下：

1. {标的名称}，属于{采购文件中明确的所属行业}行业；承建企业为 ，从业人员 人，营业收入为 万元，资产总额为 万元，属于 ；

以上企业，不属于大企业的分支机构，不存在控股股东为大企业的情形，也不存在与大企业的负责人为同一人的情形。

本企业对上述声明内容的真实性负责。如有虚假，将依法承担相应责任。

企业名称(签章)：{供应商名称}

日 期：{当前日期}

注：

1、供应商根据《工业和信息化部、国家统计局、国家发展和改革委员会、财政部关于印发中小企业划型标准规定的通知》（工信部联企业〔2011〕300号）规定，结合自身实际，确定对应的中小企业划型。

2、从业人员、营业收入、资产总额填报上一年度数据，无上一年度数据的新成立企业从业人员、营业收入、资产总额均填0，根据提交投标（响应）文件时的实际情况填写企业类型。

3、供应商不属于中小企业的，无需提供此声明。

残疾人福利性单位声明函

本单位郑重声明，根据《财政部 民政部 中国残疾人联合会关于促进残疾人就业政府采购政策的通知》（财库〔2017〕141号）的规定，本单位为符合条件的残疾人福利性单位，且本单位参加{采购单位名称}单位的{项目名称}采购活动由本单位承建工程。

本单位对上述声明的真实性负责。如有虚假，将依法承担相应责任。

单位名称（签章）： {供应商名称}

日 期： {当前日期}

注：

1. 残疾人福利性单位视同小型、微型企业，享受预留份额、评审中价格扣除等促进中小企业发展的政府采购政策。残疾人福利性单位本身属于小型、微型企业或者监狱企业的，不重复享受政策。
2. 供应商不属于残疾人福利性单位的，不提供此声明。

监狱企业的证明

注：1、根据《司法部关于政府采购支持监狱企业发展有关问题的通知》财库〔2014〕68号，监狱企业参加政府采购活动时，应当提供由省级以上监狱管理局、戒毒管理局（含新疆生产建设兵团）出具的属于监狱企业的证明文件，并加盖单位公章。

2、监狱企业视同小型、微型企业，享受预留份额、评审中价格扣除等政府采购促进中小企业发展的政府采购政策。监狱企业属于小型、微型企业的，不重复享受政策。

投标人特定资格证明文件

1、营业执照等主体资格证明文件：投标人应为具有独立承担民事责任能力的企业法人、事业法人、其他组织或自然人，企业法人须提供统一社会信用代码的营业执照、事业单位须提供事业单位法人证、组织机构代码证等证明文件、其他组织应提供合法证明文件、自然人参与的提供其身份证。

2、投标人应授权合法的人员参加投标：投标人应授权合法的人员参加投标，法定代表人（或单位负责人）直接参加的，须出具法定代表人（或单位负责人）身份证明及身份证，并与营业执照上信息一致；授权代表参加的，须出具法定代表人（或单位负责人）授权委托书及被授权人身份证。（格式见附件一）

3、财务报告：提供2024年度或2025年度的财务报告（至少包括财务报告、资产负债表、利润表（或损益表）、现金流量表，成立时间至递交投标文件截止时间不足一年的可提供成立后任意时段的资产负债表），或其开标前三个月内基本存款账户开户银行出具的资信证明及基本存款账户开户信息，其他组织和自然人提供银行出具的资信证明或财务报表。

4、税收缴纳证明：提供投标文件递交截止时间前六个月内任意一月已缴纳的纳税证明或完税证明，依法免税的投标人应提供相关证明文件。

5、社保缴纳证明：提供投标文件递交截止时间前六个月内任意一月已缴存的社会保障资金缴费证明或参保证明，依法不需要缴纳社会保障资金的投标人应提供相关证明文件。

6、投标人资质条件：投标人须具备相关行政主管部门核发的电子与智能化工程专业承包二级及以上资质，建设行政主管部门颁发的有效的安全生产许可证。

7、拟派项目经理：投标人拟派项目经理须为本单位注册人员，持有机电工程专业二级及以上注册建造师证书或通信与广电工程专业一级注册建造师证书，具有有效的安全生产考核合格证书，且无在建项目（提供无在建项目承诺书）。（格式见附件二）

8、无重大违法记录：参加政府采购活动前3年内，在经营活动中没有重大违法记录的书面声明。（格式见附件三）

9、具有履行合同所必需的设备和专业技术能力：具有履行合同所必需的设备和专业技术能力，提供承诺书（格式见附件四）。

10、信用查询：投标人不得为“信用中国”网站（www.creditchina.gov.cn）中列入重大税收违法失信主体名单的投标人、不得为“中国执行信息公开网”网站（zxgk.court.gov.cn）中列入失信被执行人的投标人、不得为中国政府采购网（www.ccgp.gov.cn）政府采购严重违法失信行为记录名单中被财政部门禁止参加政府采购活动的投标人。

11、单位负责人为同一人或者存在直接控股、管理关系的不同投标人，不得同时参加同一合同项下的政府采购活动：单位负责人为同一人或者存在直接控股、管理关系的不同投标人，不得同时参加同一合同项下的政府采购活动，提供书面声明。（格式见附件五）

12、非联合体投标声明：本项目不接受联合体，提供非联合体投标声明。（格式见附件六）

注：以上均为各投标人必备资格要求，不得缺项。各投标人在投标时须在投标文件中附有复印件加盖公章，有格式要求，按后附格式执行，无格式要求的，其格式自拟。

附件一

法定代表人身份证明/法定代表人授权委托书

(1) 法定代表人身份证明

投标人名称：_____

统一社会信用代码：_____

注册地址：_____

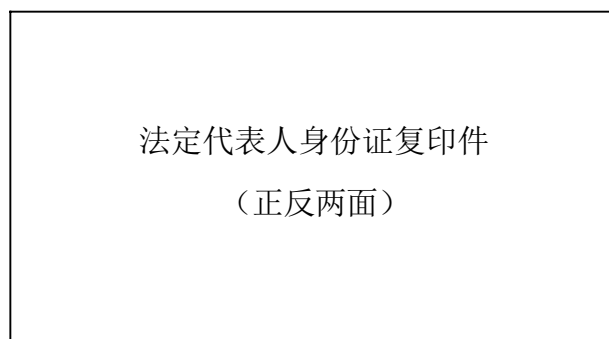
成立时间：____年__月__日；经营期限：_____

经营范围：主营：_____；兼营：_____

姓名：_____ 性别：__ 年龄：____ 系_____（投标人名称）的法定代表人。

特此证明。

附：法定代表人身份证复印件



说明：仅限法定代表人参加投标时提供。

投标人名称（盖章）：_____

日 期：_____

(2) 法定代表人授权委托书

（招标人名称）：

注册于_____（市场监督管理局名称）之_____（投标人全称）的法定代表人_____（姓名）授权_____（授权代表姓名）为我方合法委托代理人。代理人根据授权，以我方名义签署、澄清、说明、递交、撤回、修改_____（项目名称）第 包 投标文件、签订合同和处理有关事宜，其法律后果由我方承担。

代理人无转委托权。

说明：本授权委托书自签发之日起生效，授权委托书有效期自投标有效期届满之日起失效，仅限授权代表参加投标时提供。

投标人名称：_____（盖 章）

法定代表人：_____（签字或盖章）

身份证号码：_____

授权代表：_____（签 字）

身份证号码：_____

_____年____月____日

法定代表人身份证复印件
（正反两面）

授权代表身份证复印件
（正反两面）

附件二：无在建项目承诺书（格式）

无在建项目承诺书

_____（招标人名称）：

我方在此声明，我方拟派往_____（项目名称）_____（以下简称“本工程”）的项目经理_____（姓名）_____已在本单位注册，且现阶段没有担任任何在建工程的项目经理。

我方保证上述信息的真实和准确，并愿意承担因我方就此弄虚作假所引起的一切法律后果。

特此承诺。

投标人：_____（盖单位章）

法定代表人或其委托代理人：_____（签字或盖章）

_____年_____月_____日

附件三：无重大违法记录声明（格式）

无重大违法记录声明

致： （招标人名称）

我单位在此声明，参加本次政府采购活动前3年内，在经营活动中没有重大违法记录，未被列入失信被执行人、未在重大税收违法失信主体名单及政府采购严重违法失信行为记录名单中。

以上如构成虚假，自愿承担相关法律责任。

特此声明！

投标人： _____（公章）

日 期： _____

附件四：

具有履行合同所必须的设备和专业技术能力的承诺书

_____(招标人名称)_____：

_____(投标人名称)_____ 于_____年____月____日在中华人民共和国境内____
_____(详细注册地址)_____合法注册并经营，公司主营业务
为_____, 现有员工数量为_____, 其中与履行本合同
相关的专业技术人员有（_____专业能力、数量_____），本公司
郑重承诺，具有履行本合同所必需的设备和专业技术能力。

特此声明！

投标人（公章）：_____

日 期：_____

附件五：

书面声明

我方声明，不存在相关法律法规规定的禁止投标的情形。我单位的股权关系、与其他单位的管理关系和其他与本项目有关的利害关系等，作如下说明和承诺：

1. 我方在本项目投标过程中，不存在与其他投标人单位负责人为同一人或者存在直接控股、管理关系。

我方承诺以上说明真实有效，无虚假内容或隐瞒。

特此承诺。

投标人名称：_____（盖单位章）

法定代表人或授权代表：_____（签字或盖章）

_____年_____月_____日

附件六：

非联合体投标声明

_____ (招标人)：

本公司就参加 _____ 投标工作，作出郑重声明：

我公司保证参与本项目并非联合体投标，本项目由我公司独立承担。我公司违反上述保证，或本声明陈述与事实不符，经查实，我公司愿意接受公开通报，承担由此带来的法律后果。

特此声明！

声明企业：_____ （盖单位章）

法定代表人或授权代表：_____ （签字或盖章）

_____年_____月_____日

技术、服务、合同条款及其他商务要求应答表

序号	项目	响应内容	备注
1			
2			
...

注：

- 1. 本表只填写投标文件中与招标文件有偏离（包括正偏离和负偏离）的内容，投标文件中技术、服务、合同条款及其他商务要求响应与招标文件要求完全一致的，不用在此表中列出，但必须递交签章版空白表。
- 2. 投标人必须据实填写，不得虚假响应，否则将取消其评审或成交资格，并按有关规定进处罚。

投标人名称（盖章）：{请填写投标人名称

日期：XXXX 年 XX 月 XX 日

项目管理机构人员表

序号	职务	姓名	职称	执业或职业资格		
				证书名称	证书编号	证书专业

投标人名称：__{投标人名称}__

日 期：__{当前日期}__

主要人员简历表

姓名		年龄			
职称		职务		拟在本合同任职	
主要工作经历					
时间	项目名称		担任职务		发包人

注：本表及表后应附身份证复印件、社保证明和有效证书扫描件、人员业绩证明（若有）并加盖投标人公章。

投标人类似项目业绩

(2023年4月1日至投标截止时间止)

合同名称	
合同项目所在地	
发包人名称	
发包人地址	
发包人电话	
签约合同价	
开工日期	
完工日期	
承担的工作	
工程质量	
项目经理	
技术负责人	
监理人和总监理工程师以及电话	
合同项目描述	
备注	

注：1、每张表格只填写一个项目，并标明序号。

2. 本表及表后提供中标通知书（若有）、合同协议书加盖投标人公章。

投标人名称（盖章）：{请填写投标人名称}

日期： 年 月 日

实施方案

（格式、内容自定，内容包括但不限于招标文件要求）

运维服务方案

（格式、内容自定，内容包括但不限于招标文件要求）

技术参数差异表

序号	设备名称	招标参数要求	投标参数	差异说明
1				
2				
3				
			

投标人：（盖章）

法定代表人或其授权代理人：（签字或盖章）

年 月 日

注: 1、本表即为对“招标工程量清单”及“技术标准要求”进行比较和响应，投标人根据所投产品的参数，如实填写。

2、工程量清单中※标记的设备为本次项目的重要设备，必须填写此表，其中**雷达流量计、数据采集终端、GNSS接收机、无人船、全景摄像机、智能水尺球形摄像机、工控网络安全监管分析设备、工业安全隔离与信息交换网关**提供检测报告或 产品说明书或 厂家彩页等证明材料，否则，按负偏离予以扣分。

3、根据投标情况在“差异说明”项填写正偏离或负偏离（包括核心参数※偏离的条数），完全符合的填写“无差异”

承诺书

（格式自拟）

陕西省政府采购投标人拒绝政府采购领域商业贿赂承诺书

为响应党中央、国务院关于治理采购领域商业贿赂行为的号召，我公司再次承诺

:

1. 在参与采购活动中遵纪守法、诚信经营、公平竞标。
2. 不向采购人、采购代理机构和采购评审专家进行任何形式的商业贿赂以谋取交易机会。
3. 不向采购代理机构和采购人提供虚假资质文件或采用虚假应标方式参与采购市场竞争并谋取中标、成交。
4. 不采取“围标、陪标”等商业欺诈手段获取采购订单。
5. 不采取不正当手段诋毁、排挤其他投标人。
6. 不在提供商品和服务时“偷梁换柱、以次充好”损害采购人的合法权益。
7. 不与采购人、采购代理机构、采购评审专家或其他投标人恶意串通，进行质疑和投诉，维护采购市场秩序。
8. 尊重和接受采购监督管理部门的监督和采购代理机构采购要求，承担因违约行为给采购人造成的损失。
9. 不发生其他有悖于政府采购公开、公平、公正和诚信原则的行为。

承诺单位：（盖章）

全权代表：（签字）

地址：

邮编：

电话：

年 月 日

投标人廉洁承诺书

项目名称:_____

为维护公开、公平、公正的招投标市场秩序，营造风清气正的商业环境，本投标人郑重承诺严格遵守国家法律法规及廉洁自律规定，具体承诺如下：

1.1.1.1. 一、严格遵守法律法规

1. 坚决执行《中华人民共和国招标投标法》《中华人民共和国反不正当竞争法》等法律法规，杜绝任何形式的围标、串标、陪标行为。

2. 不得以任何形式向招标人、评标专家或其他相关人员提供或承诺提供财物、宴请、娱乐活动等不正当利益。

1.1.1.2. 二、规范投标行为

1. 保证投标文件内容真实、准确、完整，不伪造资质证书、业绩证明等材料。

2. 不通过第三方中介机构进行利益输送，不参与任何形式的暗箱操作。

1.1.1.3. 三、杜绝商业贿赂

1. 不得以任何名义为招标人相关工作人员或其亲戚、朋友等利益相关人支付报销应由其个人支付的费用。

2. 不通过亲属、朋友或其他关联方变相输送利益。

1.1.1.4. 四、保密与监督义务

1. 不向招标方套取评标委员会名单、投标文件评审细节等关键信息。

2. 主动配合招标人及监管部门的监督检查，如实提供相关资料。

1.1.1.5. 五、违约责任

如违反上述承诺，本投标人自愿承担以下责任：

1. 接受招标人取消投标资格、中标资格的处理；

2. 承担由此造成的经济损失及法律责任；

3. 纳入企业信用记录，接受行业通报及社会监督。

投标人（盖章）：

法定代表人或授权委托代理人（签字）：

日 期： 年 月 日

注：此承诺书无需装订到投标文件中，由投标人单独携带，递交纸质投标文件时同时递交。

投标人认为有必要补充说明的事项

- 1、依据招标文件要求，投标人认为有必要说明的其他内容。
- 2、其他可以证明投标人实力的文件。

第七章 合同条款及格式

第1节 合同协议书

（发包人名称，以下简称“发包人”）为实施（项目名称），已接受（承包人名称，以下简称“承包人”）对（项目名称）的投标，并确定其为中标人。发包人和承包人共同达成如下协议。

1. 本协议书与下列文件一起构成合同文件：

- (1) 合同协议书（包括补充协议）；
- (2) 中标通知书；
- (3) 合同谈判备忘录（如有）；
- (4) 投标（响应）函；
- (6) 合同条款；
- (7) 技术标准要求；
- (8) 招标文件；
- (9) 已标价工程量清单；
- (10) 投标文件；
- (11) 其他合同文件。

2. 上述文件互相补充和解释，如有不明确或不一致之处，以合同约定次序在先者为准。如果合同执行过程中双方达成了具有合同效力的其它协议，以达成时间在后者优先。如果图纸与文字有矛盾时则以文字为准。

3. 签约合同价

本合同价格为人民币（大写）_____元（¥_____）。

4. 承包人项目经理（项目负责人）：_____。

5. 承包人承诺按合同约定承担本合同项目的实施、完成及缺陷修复。

6. 发包人承诺按合同约定的条件、时间和方式向承包人支付合同价款。

7. 计划开工时间为____年____月____日，计划完工时间为____年____月____日。项目计划工期为_____日历天，试运行期____个月，运维期为____年。实际开工时间以招标人的通知为准。

8. 本合同书正本一式两份，副本一式陆，双方各执半数。

9. 合同未尽事宜，双方另行签订补充协议。补充协议是合同的组成部分。

10. 本合同书经双方法定代表人或授权委托代理人签名并加盖本单位公章后生效。

发包人：（盖单位公章）

承包人：（盖单位公章）

地址：

法定代表人（签字）：

委托代理人（签字）：

电话：

开户银行：

银行帐号：

时间：

地址：

法定代表人（签字）：

委托代理人（签字）：

电话：

开户银行：

银行帐号：

时间：

第2节 合同条款

1. 词语定义

“发包人”一是指陕西省桃曲坡水库灌溉中心。

“承包人”一是指_____。

“合同”一是指本合同条款第2条规定的所有文件。

“合同价格”一是指本合同条款3条规定的部分。

“生效日期”一是指合同条款33.1款中所规定的合同生效日期。

“技术资料”一是指与合同系统相关的设计、施工、安装、调试、性能验收试验、验收和技术指导等文件(包括各种文字说明、标准、各种软件),和规定的用于合同系统及设备使用单位正确运行和维护的文件。

“合同系统”一是指承包人根据合同所要供应的系统及设备、材料、商业支撑软件 and 所有其他各种物品。

“日、月、年”一是指公历的日、月、年。

“天、周”一“天”是指24小时:“周”是指7天。

“技术服务”一是指由承包人提供的与合同系统及设备有关的设计、施工、采购安装、调试、性能验收试验、验收直至最终验收证书签发相关的技术指导、技术配合、技术培训等全过程。

“现场”一为发包人安装合同系统及设备所在地。

“试运行”一是指合同系统在调试和试运行进行阶段的试运行。

“完工验收”一发包人、承包人双方按照合同要求完成建设任务后,进行的验收。

“专项验收”-在项目竣工验收前,开展信息化专项验收。

“竣工验收”一试运行阶段系统稳定正常,试运行期满,且通过验收鉴定后,对项目最终成果进行的验收。

“书面文件”一是指任何手稿、打字或印刷的有印章或签名文件。

“监理人”一是指由发包人委托负责对合同和合同系统及设备的进度和质量进行管理监督的单位,本项目为待定。

“系统及设备故障”一是指承包人因设计、制造错误或疏忽所引起的合同系统及设备(包括合同系统各功能模块、商业支撑软件、系统集成等)达不到本合同规定的性能、质量标准要求的情况。

“变更通知”一是指发包人对合同任何变更而出具的正式通知和确认文件。

“合同语言”一是指合同文件及一切往来信函所使用的语言,本合同指定为中文。

“原产地”一一指承包人承担生产和采购的部分产品的产地。

“投标文件”——指承包人为完成本合同规定的各项工作，在投标时按招标文件的要求向发包人提交的投标报价书、已标价的工程量清单及其他文件。

“中标通知书”——指发包人正式向中标人授标的通知书。

2. 合同范围

2.1 建设内容

建设内容包括：实现物联感知建设、控制设施建设、视频监控建设、通信网络建设、算力平台建设、数据资源建设、孪生赋能建设、业务支撑建设、智能应用建设、网络安全建设。

2.2 工作内容

2.2.1 承包人应完成本合同内硬件设备的采购、包装、运输、交货、安装、现场试验、调试和软件开发实施项目所需的资料、调研、需求分析及软件的设计、开发、测试以及试运行、验收、运行维护、人员培训等，并对此范围内的工作负责。

2.2.2 按本合同的要求，完成与工程有关的采购、安装与设计联络。

2.2.3 对发包人人员进行合同设备性能、组装、试验、运行和维护等方面的培训。

2.2.4 本合同文件中未说明的但与设计、制造、工厂试验、包装、运输、保管、指导安装、现场试验、验收和运行维护等相关的工作，均按相关标准执行。

2.3 凡承包人供应的合同设备必须是全新的、技术先进的并且是成熟可靠的。

3. 合同价格

3.1 本合同为_____，合同价内包含硬件设备费、备品备件、专用工具、包装、运输、装卸、安装、调试和软件开发实施项目所需的资料、调研、需求分析及软件的设计、开发、测试以及技术服务、保险、税金、利润、试运行、运行维护、人员培训、验收费、质保期内的售后服务等以及合同包含的所有风险、责任等服务范围内包含的一切费用。

3.2 本合同金额为人民币（大写）_____元（¥_____）；

3.3 在执行合同过程中，如发现有合同内容或已标价采购清单没有单列，但对于一个完整的和性能良好的数字孪生系统是必要的设备或部件或建设内容，承包人必须按合同的要求完成相关工作内容，费用已包含在合同价格中。

3.4 若发包人要求承包人完成合同范围外的工作内容，增加的费用由双方另行协商确定。

4. 支付

4.1 支付

（1）首付款金额为合同总价的 30%，合同签订生效且发包人收到承包人提供的履约

保函（基本户银行出具，金额为合同额的 5%）后，经监理人审核出具支付证书报送发包人审批同意后 7 日内予以支付。

（2）第二次付款：承包人完成的项目成果达到合同价款 60%后，承包人向监理人提交符合要求的请款材料，请款材料经监理人审核并出具支付证书，报送发包人审批同意后，发包人 7 日内支付合同总价的 20%。

（3）第三次付款：承包人完成所有信息化设备、软件所有建设和工作内容并通过发包人组织的完工验收后，承包人向监理人提交符合要求的请款材料，请款材料经监理人审核并出具支付证书，报送发包人审批同意后，7 日内发包人支付至实际结算金额的 80%。

（4）尾款：本合同项目试运行满 1 月，承包人向监理人提交符合要求的请款材料，请款材料经监理人审核并出具支付证书，报发包人审批同意后，7 日内发包人支付至实际结算金额的 100%。

4.2 支付说明

4.2.1 承包人应在每次费用支付前，按发包人批准的格式向发包人提交付款申请单，并附相应的支持性证明文件和合法税票。

4.2.2 如承包人为联合体，则每期付款资料需明确联合体各方的金额并经双方加盖公章，发包人分别向联合体各方支付当期对应的款项。联合体各方需向发包人提交符合要求的增值税专用发票。

4.2.3 根据《关于全面推开营业税改征增值税试点的通知》（财税〔2016〕36 号）规定，为有效防控税收风险，税控风险防范相关约定如下：

（1）承包人应按合同结算价款和约定的发票类型、税率提供合法有效的发票，并及时将发票送达发包人，由发包人经办人员签收确认。若发票不慎遗失，以签收凭据作为双方责任界定的依据。

签收前发票遗失，责任为承包人，损失由承包人自负；签收后，发票遗失，为发包人责任，但承包人应向发包人提供专用发票记账联复印件及主管税务机关出具的《丢失增值税专用发票已报税证明单》。

（2）发包人有权拒绝接收承包人提供的不合格发票并延迟支付合同款项，且不承担任何违约责任，承包人的各项合同义务仍按合同约定履行。不合格发票包括但不限于以下情形：未按照合同约定税率及类型开具发票；提供虚假发票；违反税法规定开具发票；提供已作废发票；开票信息模糊、错误；开票时间已超过认证期限的发票。

（3）承包人须承担提供上述不合格发票给发包人造成的相应一切法律责任，并向发包人支付合同总价 1%的违约金；承包人拒不支付违约金的，发包人有权从承包人的履约保证金中扣除；以上违约金或履约保证金不足以弥补发包人损失的，未弥补的损失承包人

应予赔偿。

4.2.4 承包人对于发包人上级主管部门的监督、审核、审计工作予以积极配合。

5. 进度要求

5.1 项目进度总体要求

项目建设工程期为_____日历天，试运行期__6__个月，运维期为_____年。

5.2 各子项进度要求应由承包人根据合同文件的进度规划于签订合同后 7 天内制订，并提交发包人批准。批准后的时间表自动成为合同文件的组成部分。

发包人有权根据项目的进度总体规划对各子项时间进度作适当调整，承包人不得提出任何附加条件。调整后的时间进度经双方签字后自动取代早期的时间进度并成为合同文件的组成部分。

5.3 发包人原因引起的工期延误

在履行合同过程中，由于发包人的下列原因造成工期延误的，承包人有权要求发包人延长工期，但发包人不再补偿任何费用。

- (1)影响工期的变更；
- (2)因发包人原因导致的暂停施工；
- (3)无正当理由未按合同约定及时支付合同款项；
- (4)发包人未及时履行合同约定的相关义务；
- (5)发包人造成工期延误的其他原因。

5.4 承包人原因引起的工期延误

由于承包人原因，未能按合同进度计划完成工作，或发包人认为承包人工作进度不能满足合同工期要求的，承包人应采取措施加快进度，并承担加快进度所增加的费用。由于承包人原因造成工期延误，承包人应支付逾期完工违约金。承包人支付逾期完工违约金，不免除承包人完成工作及修补缺陷的义务。

6. 转让与分包

6.1 未经发包人同意，承包人不得将合同权利全部或部分转让给第三人，也不得全部或部分转让合同义务。承包人不得将合同权利和义务全部转让给第三人，也不得将合同的义务全部或部分转让给第三人，法律另有规定的除外。

6.2 鉴于本项目涉及专业较多，承包人如果不具备资质或生产能力实施的项目内容，经发包人同意后允许分包，但承包人分包项目需符合有关法律规定。未经允许，擅自转让、分包，发包人有权解除合同，未支付货款不再支付。如造成损失由承包人承担赔偿责任。

7. 知识产权

7.1 承包人在项目定制化开发过程中取得的专利、软件著作权归发包人所有。项目开发成果知识产权归属：本项目开发成果的使用权、所有权、转让权、软件著作权归发包人所有，发包人对该知识产权的处置所获取的收益单独享有，但不得损害另外一方的权益，否则视为违约，守约方有权向违约方主张赔偿。承包人不得以任何方式向第三方披露、转让和许可有关的技术成果、计算机软件、技术诀窍、秘密信息、技术资料 and 文件。除本项目工作需要之外，未得到发包人的书面许可，承包人不得以任何方式商业性地利用上述资料和技术。如承包人违反本条的规定，除立即停止违约行为外，还应赔偿发包人全部的损失及消除所有的影响。

7.2 承包人提供的合同系统及设备的工艺、方案、可编译源代码、技术资料、商标、专利，若有任何侵权行为，承包人必须承担由此产生的一切经济 and 法律责任。发包人及其关联单位因此涉诉的，由承包人承担发包人承担的所有责任及费用支出，包括但不限于律师费、诉讼费、差旅费等。

8. 发包人义务

8.1 发包人按照合同约定的时间及数量向承包人移交相关资料，以及本合同项目的建设场地。

8.2 按照合同约定按时支付合同进度价款。

8.3 发包人应及时审查 and 批复承包人申报的技术方案、进度计划、变更事项等相关文件。

8.4 承包人现场维护期间，发包人负责提供办公场所及就餐便利，但费用由承包人自行承担；住宿由承包人自理。

9. 承包人义务

9.1 按要求完成合同约定的工作

承包人应按合同约定的工作内容和进度、质量要求完成所有相关工作，对本合同范围内的所有设计、软件和硬件设备，软件开发与集成等全部工程的完备性和安全可靠负责，并在质量保证期内承担缺陷修复义务。

9.2 承包人应当在合同签订之日起 5 日内建立项目部，项目部的人员、办公设施应当齐全到位。

9.3 承包人应当在合同签订之日起 15 个工作日内完成深化设计方案提交给发包人，在项目技术交底会议上讨论确定。

9.4 保证工程 and 人员的安全

承包人应采取安全措施，确保工程及其人员、建设设备、软件和硬件设备的安全，防止因工程实施造成的人身伤害 and 财产损失。

9.5 按照法律法规以及合同约定编制竣工资料，完成竣工资料立卷及归档工作，并按发包人要求的竣工资料的套数、内容、时间等要求移交发包人。

9.6 承包人严格按照合同要求采购设备产品，本合同设备产品的品牌、技术参数须报发包人同意批准后方可采购，未经发包人批准同意采购的设备产品不得进场安装。

9.7 考虑电子产品升级换代快因素，若今后某种型号因停产而无法购买时，承包人应提供经发包人同意认可的性能、指标均优于该产品的升级产品来替代投标产品，但投标综合单价不予调整。

9.8 其他义务

承包人应按照合同约定对发包人的有关技术人员进行培训。履行其他合同约定的义务。

10. 承包人人员管理

10.1 承包人项目负责人

10.1.1 承包人应按合同协议书的约定指派项目负责人，并在约定的期限内到职。承包人项目负责人 2 天内不能履行职责的，应事先征得发包人同意，并委派代表代行其职责。

10.2.2 承包人项目负责人应按合同约定以及发包人作出的指示，负责组织合同工作的实施。承包人项目负责人驻工程现场时间要满足发包人要求和项目建设需求。

10.2.3 承包人需要更换项目负责人的，应提前 14 天书面通知发包人，并征得发包人同意。通知中应当载明继任项目负责人的相关资料。未经发包人书面同意，承包人不得擅自更换项目负责人。承包人擅自更换项目负责人的视为违约，发包人将对承包人处以违约金 10 万元/人·次。

10.2.4 发包人有权书面通知承包人更换其认为不称职的项目负责人，通知中应当载明要求更换的理由。承包人应在接到更换通知的 14 天内进行更换，并将新任命的项目负责人相关资料报承包人审批。

10.2 承包人其他人员

10.2.1 承包人应在接到开始工作通知之日起 28 天内，向发包人项目管理部门提交承包人的项目管理机构以及人员安排的报告，其内容应包括项目管理机构的设置、各主要岗位的技术和管理人员安排状况。承包人的项目管理机构以及人员应与承包人投标文件载明的项目管理机构以及人员保持一致，否则将被视为承包人违约擅自更换项目管理机构人员(发包人同意承包人更换人员的除外)。发包人将对承包人处以违约金 10 万元/人·次，同时承包人还需继续配备人员直至不低于投标承诺的水平。

10.2.2 自合同签订至完工验收期间，承包人应安排人员在发包人所在地进行需求调

研、原型确认、系统开发故障处理等工作以及开展工作日志编写、会议材料起草、计划总结编制、软著申请、资料管理、支付申请等工作；承包人安排的项目管理机构人员应相对稳定，更换项目管理机构人员的，应取得发包人的同意。

10.2.3 发包人有权书面通知承包人更换其认为不称职的承包人项目管理机构人员，通知中应当载明要求更换的理由。承包人应在接到更换通知的 14 天内进行更换，并将新任命的项目管理机构人员相关资料报发包人项目管理部门审批。

11. 联合体

11.1 联合体各方应分别与发包人签订合同。联合体各方应为履行合同承担连带责任。

11.2 联合体协议经发包人确认后作为合同附件。在履行合同过程中，未经发包人同意，不得修改联合体协议。

11.3 联合体牵头人负责与发包人对接联系，并接受指示，负责组织联合体各成员全面履行合同。

12. 质量要求

符合国家、行业验收及项目技术标准要求。

13. 包装与运输

13.1 包装

承包人交付的所有合同设备的包装要符合国家最新的包装储运指示标志的规定和国家运输主管部门的规定。应具有适合长途运输多次搬运，装卸的坚固包装，不能造成运输过程中箱件破损，设备和零件散失。并应按设备特点，按需要分别加上防潮、防霉、防锈、防腐蚀的保护措施，以保证合同设备在没有任何损坏和腐蚀的情况下安全运抵合同设备安装现场。产品包装前，承包人负责按部套进行检查清理，不留异物，并保证零部件齐全。

13.2 运输

合同项下系统设备除双方另有规定必须由承包人装运至本工程安装地点。

14. 现场开箱检验

14.1 当合同设备运到现场后，承包人应开箱检验，检验合同设备的数量、规格和质量。承包人应在开箱检查前 5 天通知发包人开箱检验日期，发包人和监理人应派遣检验人员参加现场检验工作，并做好记录，由发包人、监理人和承包人三方代表签字，各执一份。如承包人未通知发包人而自行开箱，产生的后果由承包人承担。

14.2 现场检验时，如发现合同设备有任何损坏、缺陷、短少或不符合合同中规定的质量标准和规范时，必须更换后才能进行安装；若属于外观等轻微质量问题，经发包人同意后可由承包人进行修理，修理好后才能进行安装。更换或修理的费用由承包人承担。

在开箱检验时和开箱检验后，若发现合同设备在质量、数量和规格上不符合合同规定或发现合同设备的任何损坏、缺陷、短缺，发包人可向承包人进行索赔。

15. 安装、调试、试运行和验收

15.1 合同系统及设备由承包人根据技术资料、检验标准说明书进行部署、安装、调试运行和维护。

15.2 验收工作按照国家和行业有关要求进行。包括完工验收、专项验收、竣工验收。

15.2.1 完工验收

承包人按照合同要求完成除第三方测试、人员培训之外的全部建设任务后，可向发包人提出完工验收申请，由发包人组织对最后的分项内容进行验收，并做整个项目的完工验收总结。

完工验收合格后进入试运行期。

15.2.2 试运行

承包人负责试运行工作，试运行期为连续正常运行 **6个月**，并负责试运行的所有费用、风险和责任。

15.2.3 信息化专项验收

在项目竣工验收前，需开展信息化专项验收。

15.2.4 竣工验收

试运行期满，承包人可向发包人提出竣工验收申请，由发包人组织对项目最终成果进行验收。

本项目竣工验收前，承包人应按该项目验收有关规定及技术文件编制最终验收资料。竣工验收必须经发包人审定并通过档案验收。

15.3 验收产生的所有相关费用均由承包人承担，已包含在合同总价内。

15.5 完工验收或竣工验收分别三次仍未通过的，发包人有权单方解除合同，承包人需退还已支付的所有合同款项。此外，发包人将没收承包人的履约保证金，承包人向发包人支付违约金为合同总价的 10%，并赔偿发包人因此造成的全部损失(直接损失和间接损失)。

16. 服务支持

16.1 竣工验收后，承包人有义务履行其合同文件关于服务支持的承诺，为本项目提供运维服务。

16.2 按本条款规定，承包人尽快向发包人提供软件系统的升级改造或设备与材料的备品与替换件。如系统出现软硬件故障，维护人员应及时应召。

17. 培训

承包人将在发包人所在地根据项目需要，安排相关的技术人员对发包人的系统用户实施培训。培训时间、人数和地点等由发包人确定，承包人负责组织和实施。承包人派出的专家，应有专业理论和实际操作经验，能胜任培训工作。由此发生的相关费用已包含在合同总价中。

18. 质量保证

18.1 质量保证

承包人应保证按照合同规定所提供的系统是全新的、完整的、技术水平是先进的、成熟的，并按特定的标准设计的，质量是优良的。系统符合安全可靠、有效运行和易于维护的要求，贴合项目实际需求。承包人还应保证按合同所提供的系统不存在由于设计原因所造成的缺陷，或由于承包人的任何行为或不作为所造成的缺陷。

18.2 质量保质期

18.2.1 质量保质期 ____年（自信息化专项验收合格交付使用之日起计算）。保修期内，承包人的售后服务应免费。如产品发生故障，需要更换时，承包人应免费给予更换，并承担一切相关费用，包括承包人将更换的产品或部件运至发包人所在地的运保费。

18.2.2 本项目中定制开发软件涉及的源代码（含质保期内的后续升级版本）必须遵循相关标准和规范，并无条件提交给发包人。

18.2.3 质保期内所有软件免费升级服务，并为用户后续提供长期的技术支持。

18.2.4 承包人提供的货物存在质量问题，或者达不到技术要求的，根据实际情况，发包人有权选择以下办法处理：

☒ (1) 更换：由承包人承担更换货物所发生的全部费用。

☐ (2) 贬值处理：由发承包双方协议定价。

☐ (3) 退货处理：承包人应退还发包人支付的全部货款，同时应承担该货物的直接费用（包括运输、保险、检验、货款利息及银行手续费等）。

18.2.5 如在使用过程中发生质量问题，承包人在接到甲方通知后在 4 小时 到达发包人现场（紧急故障，无条件优先调度，最快速度抵达，不得延误）。

18.2.6 在维护质保期内，承包人对出现的质量及安全问题负责处理解决并承担一切费用。

18.2.7 免费保修期为____年（自信息化专项验收合格交付使用之日起算）。因人为因素出现的故障不在免费保修范围内。超过保修期的，承包人仍应负责维修，维修可收部件成本费。

18.2.8 在质量保修期内，在接到系统故障通知后：

(1)、远程即时响应：提供 7×24 小时技术服务电话、线上对接渠道，招标人发起故障报修、技术咨询后，15 分钟内完成远程响应，第一时间开展远程排查、故障初步诊断。

(2)、远程无法解决的硬件故障、系统故障、功能异常等问题，自报障时起算，承包人必须在 1 小时内响应，承包人工程师及其它相关技术人员必须在接到故障通知 4 小时内赶到现场（紧急故障，无条件优先调度，最快速度抵达，不得延误），查找原因，提出解决方案，并工作直至故障修妥完全恢复正常服务为止，要求保证系统在一般故障 5 小时内恢复、较严重或严重故障 24 小时内恢复，并需要提供确保承诺实现的措施。如果设备故障在检修 24 小时后仍无法排除，投标人应在随后 24 小时内提供不低于故障设备规格型号档次的备用设备供发包人代替使用，直至故障设备修复，确保设备的正常使用。

18.2.9 承包人须做出无推诿承诺。即承包人应提供特殊措施，无论由于哪一方产生的问题而使系统发生不正常情况时，并在得到发包人通知后，立即派工程师到场，全力协助，使系统尽快恢复正常。

19. 履约担保

19.1 履约保函开具

合同签订生效后 15 个工作日内，承包人需向发包人提交履约保证金（基本开户银行出具的银行保函），担保金额为签约合同总价的 5%，开具履约保函发生的费用由承包人自行承担。承包人应确保履约保函在本项目竣工验收前一直有效。

19.2 履约保函退还

本项目通过**专项验收**后，发包人退还承包人的履约保函，同时承包人向发包人提交实际结算金额的 3%的质量保证金（基本开户银行出具的银行保函），开具保函发生的费用由承包人自行承担。承包人应确保质量保函在本项目质保期结束前一直有效。

20. 变更

20.1 在履行合同过程中，发包人向承包人作出有关发包人要求变更指示，承包人应遵照执行。变更应在相应内容实施前提出，否则发包人应承担承包人损失。没有发包人的变更指示，承包人不得擅自变更。

20.2 变更范围

因初设方案未达完全指导项目实施的深度，承包人应在合同签订后 15 个工作日内完成项目实施深化设计方案的编制并报发包人组织评审。经评审后的实施深化设计方案工程量清单作为项目验收的最终交付标准。实施深化设计方案不属于变更，合同费用不调整。

20.3 本合同价格不因物价波动进行调整。

21. 设计联络会

为协调合同系统、设备设计、开发、安装调试及其他方面的工作，以保证合同有效及顺利实施，承包人及发包人应召开设计联络会。设计联络会由承包人承办，准备、组织和安排会议的所有费用以及发包人、特邀专家及初设单位人员参加设计联络会的相关费用已全部包含在合同总价中。

22. 违约责任

22.1 发包人违约

发包人未能按合同的约定支付合同款项，承包人应向发包人发出催款函，发包人收到催款函之日起 60 日仍未支付的，从第 60 日起计算违约金，每日违约金按合同金额万分之一计算。如因发包人使用省级财政资金支付造成支付延迟的，承包人应给予谅解，发包人不承担任何违约责任。

22.2 承包人违约

- (1) 承包人无正当理由未按合同约定要求及时组织开展本合同约定的工作。
- (2) 承包人提供的硬件产品、软件产品或服务不符合合同要求。
- (3) 承包人违法转包或违法分包本合同的项目。
- (4) 未经发包人批准，承包人将已按合同规定收货的设备或材料撤离工地。
- (5) 由于承包人原因，造成工期延误的。
- (6) 承包人在质量保证期内未按合同约定履行保修责任。
- (7) 承包人所提供的技术造成对其他人知识产权侵权的。
- (8) 质量保证期结束前系统发生了重大故障。
- (9) 其他违约行为。

22.3 承包人违约罚金

(1) 承包人发生 22.2 条第(1)、(2)、(3)款违约行为时，发包人对承包人处以违约金伍万元/项·次。承包人应立即整改并按照合同约定开展工作，如承包人拒绝整改或整改后仍然达不到合同要求，发包人有权解除合同。承包人应全部退还发包人已支付的合同款项，并支付发包人合同总价 3%的违约金。另外，发包人将没收承包人的履约保函。

(2) 承包人发生 22.2 条第(4)款违约行为时，发包人将视实际情况对承包人处以违约金伍万元/项·次。

(3) 承包人发生 22.2 条第(5)款违约行为时，每延误一天承包人需向发包人支付延期违约金罚金 5000 元/天，并无条件采取措施追赶进度，追赶进度所发生的费用由承包人承担。

(4) 承包人发生 22.2 条第(6)款违约行为时，发包人有权另行委托第三方承担保修责任，第三方保修费用从合同约定的尾款中扣除。如发包人委托第三方的费用超出尾款价款，承包人需支付发包人超出部分的金额。

(5) 承包人发生 22.2 条第(7)款违约行为时，所有的经济和法律責任由承包人承担。

(6) 承包人发生 22.2 条第(8)款违约行为时，按以下方式处理：

1) 如因承包人责任，上线试运行期间，对于新出现的重大故障问题，给予两次修正机会，第三次及以上出现，每次承包人应支付违约金 1 万元；每次故障恢复时间每超出 24 小时（不足 24 小时按 24 小时计），承包人应支付合同总价的万分之二作为违约金。

2) 如因承包人责任，上线试运行期间，对于新出现的较大故障问题，给予两次修正机会，第三次及以上出现，每次承包人应支付违约金 5000 元；每次故障恢复时间每超出 24 小时（不足 24 小时按 24 小时计），承包人应支付合同总价的万分之一作为违约金。

3) 如因承包人责任，上线试运行期间，对于新出现的一般故障问题，承包人故障恢复时间为 **5 小时以内**，则不支付违约金，如承包人未按要求时间内解决，每次故障恢复时间每超出 24 小时（不足 24 小时按 24 小时计），承包人按合同总价的万分之一支付违约金。

4) 若故障出现非承包人原因，承包人有义务协助发包人进行故障检查，承包人不承担任何責任，例如：用户终端环境设置、用户自身操作不熟练、业务流程不规范、应用户要求后台修改数据导致等非程序代码原因所产生的问题。

5) 如因承包人原因达不到投标时承诺的质量标准的，则必须无条件返工至投标时承诺的质量标准，并承担项目结算总造价 5% 的违约金。违约金不足以弥补相关损失的，承包人应继续赔偿损失。

6) 由于承包人未按设计要求和现行有关规范、标准施工，造成项目工程量增减或返工等，其責任由承包人自负。

7) 本项目在实施过程中，如承包人的项目团队素质、力量、现场管理班子、施工设备，现场文明安全施工不符合投标书的承诺，造成现场管理混乱、项目质量和进度达不到投标所承诺的要求时，发包人有权要求其调整充实施工力量，承包人必须接受，如措施不力，作违约处理，发包人可单方终止合同。

8) 承包人无法继续履行或明确表示不履行或实质上已停止履行合同，发包人可通知承包人全部解除合同，未支付的货款不再支付，同时赔偿发包人损失。

9) 自项目试运行之日起发包人对维护情况进行抽查，发现承包人维护人员未及时进行处理故障，造成影响的，应按 10000 元/次向发包人支付违约金，直至达到质保金金额为止。

10) 承包人支付违约金, 并不免除承包人按照合同继续履行其各项责任的义务。

11) 试运行开始之日承包人未按招投标文件要求安排维护人员, 负责日常维护及未派一名相关专业工程师进行每周一次维护的, 应向发包人承担合同总价款 20% 的违约金。同时发包人发出限期整改书面通知, 整改期为 5~30 天, 如承包人未在整改期内整改完毕的, 发包人有权提前终止合同, 发包人可将承包人列入失信人名单上报监管部门。

12) 承包人不履行承诺函的承诺, 发包人发出整改通知书, 整改期内承包人未完成整改的, 发包人有权提前终止合同, 终止支付合同价款, 将承包人列入失信人名单并上报监管部门。

13) 承包人未在运维期 _____ 年 (不低于 3 年) 内免费升级软件的, 发包人扣除维护质保费的 20% 作为违约金, 不再支付。同时发出限期整改书面通知, 整改期为 15~30 天, 如承包人未在整改期内整改完毕的, 发包人有权提前终止合同中相关内容, 终止支付该项目的维护质保费。同时发包人将承包人列入失信人名单并上报监管部门。

14) 承包人未进行深化设计, 由于设计缺陷导致重复施工的, 重复施工产生的所有费用由承包人承担。

22.4 承包人违约后需支付发包人的违约金, 发包人有权从任何一期应支付的合同价款中扣减。应付款项不足以支付的, 承包人应当自违约事项发生之日起 15 天内支付完毕, 否则发包人有权向承包人追偿。违约金支付后承包人有义务继续负责完成整个合同的实施。

23. 验收资料

本项目竣工验收前, 承包人应按发包人档案管理要求、本项目验收有关规定及技术文件编制最终验收资料, 且交付系统可编译源代码。竣工验收必须经发包人审定并通过档案验收。

24. 税费

24.1 根据国家有关税务的法律、法规和规定, 承包人应该交纳的和与本合同有关的税费, 由承包人承担。

24.2 **本合同价格为含税价**。承包人提供的技术资料、服务等所有税费 (包括工程保险费) 已全部包含在合同价格中, 由承包人承担。

25. 联系与联络

25.1 联系人的约定

发包人指定的联系人: _____, 联系方式: _____, 电子邮箱: _____;

承包人指定的联系人: _____, 联系方式: _____, 电子邮箱: _____。

各方变更、增加指定联系人或电子邮箱的, 应 7 日内书面通知另一方。各方认可指

定联系人在合同履行过程中的行为。

25.2 本合同实施过程中有关各方发出的与合同有关的通知、指示、要求、请求、指令、同意、意见、批准、确认、决定、证明、证书等均应以书面形式为准。特殊紧急情况下可先发口头指令，事后 36 小时内以书面形式予以确认，否则其口头指令无效。

25.3 来往文件的发出和答复

本合同有关各方，往来书面文件均应有收件人的签字或回执，并附电子文档。凡需答复的信函文件，应在收件后的 7 天内回复对方；凡需答复的图纸文件，应在收件后的 28 天内回复对方。双方另行商定的特殊情况除外。

合同双方向对方电子邮箱中发送的文件、资料等视为书面形式，对各方均具有法律效力、视为有效送达。

25.4 对方变更办公地点的，应 7 日内书面通知另一方，否则，另一方向对方发出的文件，按合同上面的地址发出，无论是否签收、退件等，即认为已经有效送达对方。

26. 合同生效和终止

26.1 合同生效条件

本合同在全部满足以下条件时开始正式生效：

- (1) 发包人已收到承包人按规定递交的履约保函。
- (2) 发包人和承包人法定代表人或授权代表人签署本合同，并加盖公章。

26.2 合同终止

合同双发全部履行完合同义务后，合同自然终止。

27. 不可抗力

不可抗力事件是指合同双方在签订合同时无法预见、无法避免及无法克服的客观事件，包括严重的自然灾害和灾难(如台风、洪水、地震、火灾和爆炸等)、战争(不论是否宣战)、叛乱、动乱等。

27.1 不可抗力的范围

27.2 不可抗力的处理

27.2.1 合同双方中的任何一方，由于不可抗力事件而影响合同的执行时，可相应延迟合同中受影响部分的履行时间，其延迟的时间相当于不可抗力事件影响的时间。

27.2.2 受到不可抗力事件影响的一方应在不可抗力事件发生后, 尽快将发生的不可抗力事件的情况书面通知对方，并在 7 天内用特快专递将有关当局出具的证明文件提交给对方审查确认，受影响的一方同时应尽量设法减少这种影响和由此而引起的延误，一旦不可抗力的影响消除后，应将此情况立即书面通知对方。

27.2.3 合同双方中的任何一方，由于不可抗力事件而影响合同的履行时，双方对由

此产生的经济损失均不得向对方提出索赔要求。承包人也不得因不可抗力事件的影响而要求调整合同总价。

27.2.4 若因不可抗力事件的影响致使合同全部或部分无法如约履行时,应由双方协商变更或解除合同。

27.2.5 若因合同一方延迟履行合同后发生不可抗力事件的,不能免除延迟履行本合同方的相应责任。

28. 解除合同

28.1 因承包人违约解除合同

28.1.1 发生下列情形时,且承包人在收到发包人的违约通知后 30 天内(或发包人书面同意的更长的时间里),未能纠正其违约,发包人可用书面形式通知承包人,解除全部或部分合同。

(1) 承包人未能在合同规定的时间内,或未能在发包人同意的延期内提交合同分项系统或硬件设备或提供服务;

(2) 对部署、调试、试运行和验收试验有重大影响的合同系统迟交 30 天、其它合同系统迟交 60 天,发包人有权部分或全部解除合同;

(3) 承包人未能履行按合同规定的其它任何责任;

(4) 承包人未经发包人同意就转让、分包合同;

(5) 承包人明确不履行合同主要义务或无能力履行合同义务。

28.1.2 在解除部分合同的情况下,发包人可按其认为合适的方式采取补救措施,承包人应承担发包人由此而多支付的费用,且承包人仍应承担被解除合同部分的违约责任。

28.2 解除合同的处理

28.2.2 发包人不承担任何由于解除合同而由第三方向承包人提出的索赔,不论直接的或间接的。

28.2.3 本合同解除时双方未了的债权和债务不受合同终止的影响,债务人应对债权人继续偿还未了的债务。

28.2.1 承包人应将将与合同有关的、应提交的文件、资料交付给发包人。

28.2.4 双方按合同规定履行完各自的义务后,本合同的权利义务即行终止。

29. 法律

本合同的解释和执行均以中华人民共和国有关的法律和法规为依据。

30. 争议与仲裁

所有在履行合同过程中以及与合同有关的争议,双方应通过友好协商解决,并签定协议书。如不能达成协议,可由向项目所在地仲裁委员会申请仲裁。

31. 合同生效及其它

31.1 本合同的生效日期以下列事件最后发生者为准：

- (1) 双方法定代表人或其授权代表在合同文件上签字盖章；
- (2) 发包人收到承包人提交合格的履约保函。

发包人将以书面形式通知承包人合同生效日期。

31.3 未经合同的另一方事先书面同意，合同中规定的合同双方的权利和义务，不得向第三方转让或转移。

31.2 合同语言应以中文为准。正本两份，双方各执一份。

31.4 承包人应确保发包人在使用合同系统及设备或任何合同设备部件时免受任何来自第三方的关于违反专利、商标或任何工业设计权的索赔。如有，承包人承担全部责任。

31.5 合同有效期自合同生效日期起至签发竣工验收证书止。

31.6 任何合同中明示在合同有效期满后有效的条款，在合同有效期满后仍然有效。

32. 其它事项

32.1 合同适用法律为中华人民共和国法律。

32.2 合同所包括的附件，是合同不可分割的一部分，具有同等的法律效力。

32.3 合同双方承担的合同义务都不得超过合同的规定，合同任何一方也不得对另一方作出有约束力的声明，陈述、许诺或行动。

32.4 合同列明了双方的责任、义务、补偿和补救条款，任何一方不承担合同规定以外的责任、义务、补偿和补救。

32.5 合同双方任何一方未取得另一方事先同意前，不得将合同项下的部分或全部权利或义务转让给第三方。

32.6 合同项下供需双方相互提供的文件、资料，双方除为履行合同的目地外，均不得提供给与合同设备和相关工程无关的第三者。

32.7 承包人应保护发包人免受所有第三方对由于使用合同项下设备、技术或其他任何部分而引起的侵犯知识产权的诉讼之害，否则，承包人承担全部赔偿责任。

32.8 承包人在工程开工后 1 个月内，需将分管档案的责任人、专职或兼职档案员名单及联系方式报送发包人，并按照国家、行业工程档案资料相关法规及时完成归档工作。承包人档案管理人员如有变动，需向发包人报备。

32.9 承包人因履行合同造成自身、发包人、第三方人身、财产损害的，由承包人承担一切法律责任。

第八章、技术标准要求

总则部分

1.1. 项目概述

1.1.1. 项目背景

近年来，国家高度重视数字化基础设施建设与智慧水利转型，明确将数字孪生作为推进水利现代化的关键抓手。党的二十大报告指出，要“加快建设数字中国”，推动“数字技术与实体经济深度融合”，将新一代信息技术作为提升传统基础设施运行效率和治理能力的重要引擎。2021年，水利部出台《关于加快推进智慧水利建设的指导意见》（水信息〔2021〕323号），提出建设“数字孪生水利”是实现智慧水利的总体目标与核心路径。2023年，水利部印发《关于加快构建现代化水库运行管理矩阵的指导意见》（水运管〔2023〕248号），明确指出：在全面推进水库工程标准化管理的基础上，强化数字赋能，加快构建以推进全覆盖、全要素、全天候、全周期“四全”管理，完善体制、机制、法治、责任制“四制（治）”体系，强化预报、预警、预演、预案“四预”措施，加强除险、体检、维护、安全“四管”工作为核心内容的现代化水库运行管理矩阵，全面提升水库运行管理精准化、信息化、现代化水平。2024年，水利部印发《关于推进水利工程建设数字孪生的指导意见》（水建设〔2024〕93号）指出，按照“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”要求，结合水利工程建设实际需求，以效能为导向，以数字化、网络化、智能化为主线，推进 BIM 技术、智能建造、智能监控、智能感知等数字孪生技术在水利工程建设领域的综合应用，深化水利工程建设全要素和全过程数字映射、智能模拟、前瞻预演，推动水利工程建设数字赋能和转型升级，实现对水利工程建设精准感知、精确分析、精细管理，提升水利工程建设质量保障、安全保障、长效运行保障的能力和水平，为新阶段水利工程建设高质量发展提供前瞻性、科学性、精准性、安全性支撑。同年，水利部又印发了《关于推进水库、水闸、蓄滞洪区运行管理数字孪生的指导意见》（水运管〔2024〕269号），进一步明确：到 2025 年，具备条件的大中型水库应基本完成数字孪生平台建设任务，实现“预报、预警、预演、预案”能力“四预”全覆盖，推动水库管理由传统“被动响应”向“主动感知、智能决策”转型。

桃曲坡水库作为陕西省重要的中型水库工程，是以防洪、供水、灌溉为主，兼顾生态调节与综合利用的多功能水利枢纽工程，服务领域广泛，社会影响深远。水库于上世

纪八十年代末建成投运，多年来有力地支撑了区域防洪灌溉和城乡、工业供水，是铜川市水资源调度体系中的关键节点。虽然水库曾于 2005 年进行了信息化建设，建立了大坝安全监测、视频监控和水情预报等基础系统，并在 2024 年实施除险加固期间新增了部分传感设备和智能化监测点位，但整体信息化水平仍停留在系统分散、感知不全、功能单一、互联互通能力较弱的阶段，远远不能满足新时代水库调度精细化、管理科学化、风险可控化的业务需求。

同时，为全面贯彻落实水利部提出的水库“矩阵化管理”新模式要求，即“横向多元协同、纵向分级监管、前后业务贯通、上下信息互通”的管理体系，桃曲坡水库在运行管理中亟需实现跨科室、跨层级、跨业务系统的深度融合，尤其是防洪调度、水量调度、大坝安全、应急响应、生态补水等关键业务的统一管控。传统的信息孤岛式系统架构已无法满足矩阵式管理中对“统一感知、智能分析、协同调度、快速响应”的综合要求，也无法实现多角色用户在同一平台上的业务贯通、流程协同与信息同步。

在此背景下，桃曲坡水库数字孪生工程紧扣国家战略与行业政策方向，立足水利行业核心业务特征和本水库运行管理的实际痛点，拟构建覆盖“实体水库—数据水库—模型水库”的一体化数字孪生平台。该平台将通过构建空间三维模型，融合实时感知设备数据，接入多源模型系统（水文预报模型、水动力模型、结构安全模型等），并搭建集成可视化展示、智能调度、风险预警、运维管理于一体的业务应用支撑系统，支撑多岗位用户的全业务链条运行。

工程建成后，将有效解决桃曲坡水库在水雨情感知不全面、调度模型不融合、运行管理不协同、应急预案不智能、系统数据不贯通等方面的问题，实现运行状态实时同步、调度方案多元演算、风险态势提前预警、决策建议自动推送、协同指挥一图呈现等多重目标，切实增强水库在防洪安全、水量优化调度、生态保护、水利工程现代化管护等方面的综合能力，为构建区域智慧水利管理新格局提供强力支撑，也为陕西省数字孪生水库工程建设提供实践样板。

1.1.2. 项目范围

本工程建设范围主要包括桃曲坡水库枢纽工程及以上流域范围（含工程），以及供水对象用水历时过程和供水量。

1.1.3. 建设目标

深入贯彻落实党中央、国务院关于加快推进数字中国、智慧水利建设的决策部署，全面落实水利部《关于加快构建现代化水库运行管理矩阵的指导意见》、《关于推进水利工程建设数字孪生的指导意见》、《关于推进水库、水闸、蓄滞洪区运行管理数字孪生的指导意见》、《关于加快推进智慧水利建设的指导意见》及《“十四五”水安全保障规划》《水利信息化发展规划》等政策精神，桃曲坡水库数字孪生工程建设旨在依托现代信息技术，推动传统水库运维模式向数字化、智能化、集成化、协同化方向转型升级，打造集“感知全面、建模精准、计算高效、推演智能、决策支撑”为一体的现代水库运行管理新范式，全面提升工程综合效能、水量优化调度效率及防洪减灾、生态保护、公共服务能力，为地方社会经济高质量发展提供坚实支撑。

聚焦桃曲坡水库灌溉中心高质量发展，以水库业务需求为导向，以技术发展为引领，运用物联网、微服务、数字孪生、人工智能等新型信息技术，构建集约高效的水库信息基础设施、汇聚融合的水库数据资源、统一赋能的水库智能中枢、覆盖全面的“2+N”水库业务智能应用、安全可控的水库网络安全防护、优化健全的水库网信保障等六大体系。以强感知、增智慧、保安全为主线，基本建成覆盖桃曲坡水库天空地水工一体化的感知网和高速互联信息网，建成全面支撑水库业务智能应用的算力中心，全面提升水库数字化、网络化、信息化水平；以构建水库流域、库区、大坝、闸室及重点区域数字水库为基础，以知识驱动、仿真推演、超前预演反馈、评估优化为重点，紧扣数字化场景、智慧化模拟、精准化决策功能实现，采用数据挖掘、机器学习、人工智能、虚拟现实、三维可视化等新型信息技术，利用专业模型和知识驱动引擎，初步建成桃曲坡数字孪生水库，推动数字孪生水库与物理水库同步仿真运行，在水库防洪、水量优化调度领域实现预报、预警、预演、预案“四预”功能，稳步推进基于数字孪生水库和智慧赋能的用水调度管理、工程运行管理、综合业务管理、应急会商决策管理和水库一张图管理，有力支撑桃曲坡水库高质量发展。实现工程运行状态的全时空可视、全要素建模、全过程推演、全方位监管，夯实水库安全运行、水量优化调度、水工程智能运维、业务精细管理、风险预警响应和辅助决策支撑的系统能力。

1.1.4. 建设内容

（1）建设物联感知体系

根据桃曲坡水库智能业务应用需求，在现有水雨情监测、大坝安全监测、闸门控制、视频监控、水质监测等监测体系基础上，充分利用气象云图、天气雷达、雨水情监

测、遥感影像、北斗 GNSS 变形监测、视频监视、无人机、无人船等手段，形成面向水库的天空地水工一体化立体感知网。

完善水情自动测报系统，增设 4 处流量监测站；新建气象卫星和天气雷达；完善大坝及溢洪道 39 处 GNSS 自动变形监测（含 2 个基点），新建水量调度管理监测 5 处流量站。

（2）完善设施控制

基于桃曲坡水库现有设施控制体系，采用可编程控制技术，对高干分水闸、低干节制闸和黄堡供水闸门等 3 处闸门进行自动化提升改造。

（3）完善视频监视

基于桃曲坡水库现有视频监视体系，采用 IP 网络视频监控技术，建设覆盖水库枢纽、库区、闸室、重要河道断面的 13 处视频监控站和视频监控平台。

（4）完善通信网络

基于水库枢纽已建设的光纤通信骨干通信网络资源，完善水库整体的网络优化，提升网络传输质量，完善物理隔离/逻辑隔离的工控网、业务网、互联网；增设部分网络安全建设，提升水库的网络安全防护等级。通信网络部分不再建设，充分利用原有通信网络资源。

（5）完善算力平台

基于桃曲坡水库现有的工控网、业务网、互联网平台，完善灌溉中心算力平台，补充部分交换、计算存储、网络安全设备和平台基础软件。建设高可靠、高性能、安全合规的运行需求。

（6）构建数据中心平台

数据中心平台是实现数字孪生水库智能业务应用的关键，贯穿数据采集、传输、汇聚、建模、归集、清洗、存储、融合、治理、入仓、编目、服务、共享等全流程服务，实现数据资源建库、数据汇聚整合、数据共享交换、服务运行监控等功能。数据资源主要包括基础数据、监测数据、业务数据、共享数据和空间数据。

（7）构建数字孪生赋能平台

数字孪生赋能平台包括数据底板、模型平台、知识平台三部分。数据底板包括水库及流域地形图、数字高程模型、数字正射影像图、倾斜摄影等空间数据建设，重点建筑

物及部位的建筑模型建设。数字底板共享水利部和陕西省 L1 级数据底板，建设覆盖水库库区的 30Km² 的 L2 级数据底板，以水库大坝、溢洪道、高放水洞、低放水洞及枢纽区闸门的高分辨率 L3 级数据底板建设为重点，构建三级数据底板有机融合多维多时空尺度数字孪生水库数字化应用场景；通过构建模型平台，建立水库水利专业模型库和智能模型库；通过构建知识平台，建立知识图谱库、历史场景库、业务规则库、专家经验库以及知识驱动业务引擎，全面提升数字孪生水库智能化支撑保障能力。

（8）构建业务支撑平台

业务支撑平台是支撑业务应用功能实现的核心，拟基于微服务技术架构，采用成熟的中间件产品，构建业务支撑平台，实现业务应用微服务组件开发部署、服务管理、业务装配、运行环境、运行服务、运行监控和服务网关等功能，为业务应用功能微服务组件的开发部署、业务应用系统装配与运行监控、系统运行安全管理提供全方位支撑。

（9）开发水库智能应用

基于现有的水库综合数据库和政务办公管理，开发桃曲坡水库智能业务应用，包括水库防洪调度、水量调配监控 2 项核心业务，水库安全管控、工程运行维护、水库综合管理、应急决策支持和水库一张图管理等重点业务智能化应用开发。

（10）完善运行支撑环境

主要有数据中心机房、会商调度中心等，包括监控中心、网络机房，展示大屏、音响扩声、数字会议、视频会议、中央控制、供电电源、动环监控、防雷接地、安全消防等，本部分不再进行重复建设，充分利用原有运行支撑环境。

（11）构建网络安全体系

完善网络安全态势感知、监测预警、纵深防御和应急响应体系，建立网络运行全流程闭环管控机制。包括网络安全、系统安全、数据安全、应用安全等。

（12）健全支撑保障体系

通过建立健全桃曲坡水库数字孪生工程建设管理体制机制、完善技术标准规范、实施技术创新战略、强化运维体系建设、加强人才培养、加大宣传交流力度，健全运维监督管理设施设备，确保数字孪生水库健康、有序、可持续发展。

1.2. 编制依据

1.2.1. 法律法规

- (1) 《中华人民共和国水法》（主席令第 74 号）；
- (2) 《中华人民共和国防汛条例》（国务院令第 86 号）；
- (3) 《中华人民共和国河道管理条例》（国务院令第 3 号）；
- (4) 《中华人民共和国水污染防治法》（主席令第 12 号）；
- (5) 《中华人民共和国行政许可法》（主席令第 7 号）；
- (6) 《中华人民共和国水文条例》（国务院令第 496 号）；
- (7) 《中华人民共和国防洪法》（2016 年 7 月 2 日修正）；
- (8) 《国家信息化发展战略纲要》（国办发〔2016〕23 号）；
- (9) 《中共中央国务院关于加快水利改革发展的决定》（2011 年中央 1 号文件）；
- (10) 《国务院关于积极推进"互联网+"行动的指导意见》（国发〔2015〕45 号）；
- (11) 《国务院关于印发促进大数据发展行动纲要的通知》（国发〔2015〕50 号）；
- (12) 《中共中央国务院关于实施乡村振兴战略的意见》（2018 年中央 1 号文件）；
- (13) 《国务院关于推进物联网有序健康发展的指导意见》（国发〔2013〕7 号）；
- (14) 《国务院关于促进云计算创新发展培育信息产业新业态的意见》（国发〔2015〕5 号）；
- (15) 《中华人民共和国网络安全法》（席令第 53 号）；
- (16) 《国家电子政务工程建设项目管理暂行办法》（发展改革委令第 55 号）；
- (17) 《国家网络安全事件应急预案》（2017 年 1 月 10 日颁布）；
- (18) 《水利网络与信息安全体系建设基本技术要求》（2010 年 4 月）等。

1.2.2. 规范标准

- (1) 《水文基础术语和符号标准》（GB/T 50095-2014）；
- (2) 《水文站网规划技术导则》（SL/T 34-2023）；
- (3) 《水文基础设施建设及技术装备标准》（SL/T 276-2022）；
- (4) 《水库调度规程编制导则》（SL706-2015）；
- (5) 《水库调度设计规范》（GB/T50587-2010）；
- (6) 《水利信息化常用术语》（SL/Z376-2007）；
- (7) 《防洪标准》（GB 50201-2014）；
- (8) 《水利水电工程等级划分及洪水标准》（SL252-2000）；

- (9) 《水文基本术语和符号标准》（GB/T 50095-2014）；
- (10) 《水利信息系统可行性研究报告编制规定》（SLZ331-2005）；
- (11) 《实时雨水情数据库表结构与标识符》（SL323-2011）；
- (12) 《实时工情数据库表结构及标识符》（SL577-2013）；
- (13) 《监测数据库表结构及标识符》（SZY 302-2017）；
- (14) 《水利对象基础数据库表结构及标识符》（SL/T 809-2021）；
- (15) 《河流湖泊数据库表结构与标识符》（ZY 05-2013）；
- (16) 《空间数据库表结构及标识符》（SZY 304-2018）；
- (17) 《多媒体数据库表结构及标识符》（SZY 305-2018）；
- (18) 《大坝安全监测数据库表结构及标识符标准》（DL/T 1321-2014）；
- (19) 《水利工程建设与管理数据库表结构及标识符》（SL700-2015）；
- (20) 《基础水文数据库表结构及标识符标准》（SL324-2016）；
- (21) 《水质数据库表结构与标识符规定》(SL325-2014)；
- (22) 《水利政务信息数据库表结构及标识符》（SL707-2015）；
- (23) 《水文数据库表结构及标识符》（SL/T 324-2019）；
- (24) 《水利工程基础信息代码编制规定》（SL213-2012）；
- (25) 《水利基础数字地图产品模式》（SLZ351-2006）；
- (26) 《水利空间要素数据字典》（SL729-2016）；
- (27) 《水文监测数据通信规约》（SL651-2014）；
- (28) 《水文自动测报系统技术规范》（GB/T41368-2022）；
- (29) 《降雨观测规范》（SL21-2015）；
- (30) 《水位观测规范》（GB/T50138-2010）；
- (31) 《水情信息编码》（SL330-2011）；
- (32) 《水文自动测报系统设备通用技术条件》（GB/T 27994-2011）
- (33) 《系统与软件工程 软件生存周期过程》（GB/T 8566-2022）；
- (34) 《计算机软件文档编制规范》(GB/T 8567-2006)；
- (35) 《信息技术软件生存周期过程指南》（GB/Z 18493-2001）；
- (36) 《信息安全技术网络安全等级保护定级指南》（GB/T 22240-2020）；

- (37) 《信息安全技术 网络安全等级保护测评过程指南》（GB/T 28449-2018）；
- (38) 《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》（GB/T 22239-2019）；
- (39) 《信息安全技术 网络安全等级保护测评要求》（GB/T 28448-2019）；
- (40) 《信息安全技术 网络安全等级保护实施指南》（GB/T 25058-2019）；
- (41) 《信息安全技术 网络安全等级保护安全设计技术要求》（GB/T 25070-2019）；
- (42) 《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）；
- (43) 《水利网络安全保护技术规范》（SL/T 803-2020）；
- (44) 《无人驾驶航空器系统行业标准（电力行业）》；
- (45) 《信息技术安全技术实体鉴别》（GB/T 15843-2023）；
- (46) 《Internet 协议的安全体系结构》（RFC1825）；
- (47) 《水利信息系统运行维护规范》（SL715-2015）；
- (48) 《数字孪生水利数据底板地理空间数据规范》（SL/T 837-2025）；
- (49) 《水利信息化项目验收规范》（SL588-2013）；
- (50) 《水利地理空间信息元数据标准》（SL420-2007）；
- (51) 《水利信息化项目验收规范》（SL588-2013）等。

1.2.3. 政策文件

- (1) 《水利信息化资源整合共享顶层设计》（2015 年 4 月）；
- (2) 《全国水文基础设施建设“十四五”规划》（2021 年 10 月）；
- (3) 水利部《智慧水利建设顶层设计》（水信息〔2021〕323 号）；
- (4) 水利部《关于大力推进智慧水利建设的指导意见》（水信息〔2021〕323 号）；
- (5) 水利部《“十四五”水利科技创新规划》（2022 年）；
- (6) 水利部《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》（水信息〔2022〕48 号）；
- (7) 《数字孪生流域建设技术大纲（试行）》（水信息〔2022〕147 号）；
- (8) 《数字孪生水网建设技术导则（试行）》（水信息〔2022〕397 号）；
- (9) 《“十四五”水安全保障规划》（2021 年 12 月）；

- (10) 《数字孪生流域可视化模型规范(试行)》(水利部, 2022 年 12 月);
- (11) 《水利业务“四预”基本技术要求(试行)》(水信息〔2022〕149 号);
- (12) 《数字孪生流域共建共享管理办法(试行)》(水信息〔2022〕146 号);
- (13) 《水利部数字孪生平台水利专业模型输入输出数据结构规范(试行)》(水利部, 2024 年 1 月);
- (14) 《国务院关于加强数字政府建设的指导意见》(国发〔2022〕14 号);
- (15) 《水利部数字孪生平台水利专业模型封装技术要求(试行)》(水利部, 2024 年 1 月);
- (16) 《构建现代化水库运行管理矩阵先行先试工作方案》(办运管〔2023〕245 号);
- (17) 《水利部关于推进水利工程配套水文设施建设的指导意见》(水文〔2023〕30 号);
- (18) 《水利部关于加快构建现代化水库运行管理矩阵的指导意见》(水运管〔2023〕248 号);
- (19) 《关于加快构建水旱灾害防御工作体系的指导意见》(2024 年 4 月);
- (20) 《关于推进水利工程建设数字孪生的指导意见》(水建设〔2024〕93 号);
- (21) 《水利部关于推进水库、水闸、蓄滞洪区运行管理数字孪生的指导意见》(水运管〔2024〕269 号);
- (22) 《陕西省智慧水利“十四五”规划》(陕西省水利厅, 2021 年 7 月);
- (23) 《陕西省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》(2021 年 1 月);
- (24) 《关于印发陕西省政务信息系统整合共享实施方案的通知》(陕政办发〔2017〕79 号);
- (25) 《陕西省人民政府办公厅关于印发<数字政府建设“十四五”规划>的通知》(陕政办发〔2021〕2 号);
- (26) 《陕西省公安厅关于进一步加强网络安全等级保护工作的通知》(陕公安网〔2018〕6 号);
- (27) 《水利部关于印发水利网络安全管理办法(试行)的通知》(水信息〔2019〕233

号)；

(28)《关于全面开展陕西水利行业网络安全等级保护工作的通知》（陕水信宣函〔2022〕13号）等。

(29)水利工程信息化(数字孪生)建设成果专业验收基本技术要求（试行）

第2章 项目总体技术要求

2.1. 建设目标

深入贯彻落实党中央、国务院关于加快推进数字中国、智慧水利建设的决策部署，全面落实水利部《关于推进水库、水闸、蓄滞洪区运行管理数字孪生的指导意见》《关于加快推进智慧水利建设的指导意见》及《“十四五”水安全保障规划》《水利信息化发展规划》等政策精神，桃曲坡水库数字孪生工程建设旨在依托现代信息技术，推动传统水库运维模式向数字化、智能化、集成化、协同化方向转型升级，打造集“感知全面、建模精准、计算高效、推演智能、决策支撑”为一体的现代水库运行管理新范式，全面提升工程综合效能、水资源配置效率及防洪减灾、生态保护、公共服务能力，为地方社会经济高质量发展提供坚实支撑。

聚焦桃曲坡水库灌溉中心高质量发展，以水库业务需求为导向，以技术发展为引领，运用物联网、微服务、数字孪生、人工智能等新型信息技术，构建集约高效的水库信息基础设施、汇聚融合的水库数据资源、统一赋能的水库智能中枢、覆盖全面的“2+N”水库业务智能应用、安全可控的水库网络安全防护、优化健全的水库网信保障等六大体系。以强感知、增智慧、保安全为主线，基本建成覆盖桃曲坡水库天空地水工一体化的感知网和高速互联信息网，建成全面支撑水库业务智能应用的算力中心，全面提升水库数字化、网络化、信息化水平；以构建水库流域、库区、大坝、闸室及重点区域数字水库为基础，以知识驱动、仿真推演、超前预演反馈、评估优化为重点，紧扣数字化场景、智慧化模拟、精准化决策功能实现，采用数据挖掘、机器学习、人工智能、虚拟现实、三维可视化等新型信息技术，利用专业模型和知识驱动引擎，初步建成桃曲坡数字孪生水库，推动数字孪生水库与物理水库同步仿真运行，在水库防洪、水资源管理与调配领域实现预报、预警、预演、预案“四预”功能，稳步推进基于数字孪生水库和智慧赋能的用水调度管理、工程运行管理、综合业务管理、应急会商决策管理和水库一张图管理，有力支撑桃曲坡水库高质量发展。实现工程运行状态的全时空可视、全要素建模、全过程推演、全方位监管，夯实水库安全运行、水资源高效调度、水工程智能运维、业务精细管理、风险预警响应和辅助决策支撑的系统能力。

2.2. 总体技术架构

2.2.1. 逻辑层次总体架构

桃曲坡水库数字孪生平台结合水库现代化管理实际需求，重点打造水库综合调度系统、供水调度系统、水雨情监测系统、工程安全监测系统、运行巡检管护系统、信息安全防护体系，形成“数据全面、资源整合、业务协同”的桃曲坡灌溉中心数字水库孪生系统，实现桃曲坡水库管理的全面信息化、智能化和精细化，提升桃曲坡水库的现代化管理水平。

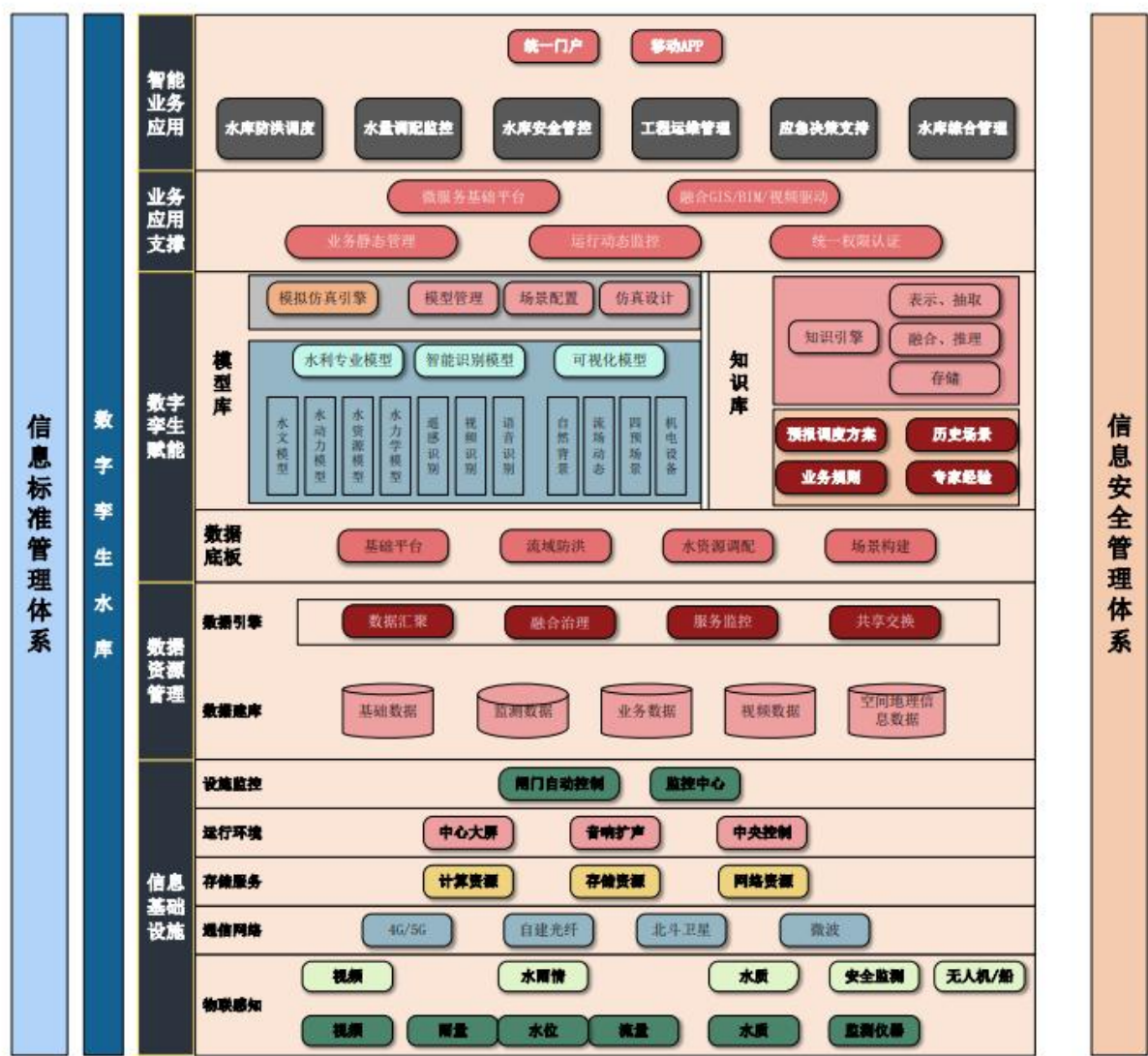


图4-1 桃曲坡水库数字孪生工程逻辑层次总体架构图

(1) 信息基础设施

信息基础设施构成系统运行的根基，涵盖了物联感知体系、设施监控体系、通信网络架构、数据存储服务能力以及运行支撑环境。通过部署水雨情、工情、水质等传感

器，结合无人机、视频监控、雷达监测等手段，实现对水库环境的全面感知；依托 5G/有线/卫星多源通信网络保障数据稳定上传；构建具备弹性扩展能力的存储与计算环境，为后续业务服务、仿真运算与模型训练提供坚实算力基础。

（2）数据资源平台

数据资源是数字孪生水库建设的“血液”，通过构建涵盖数据汇聚、数据建库、融合治理、共享交换与服务监控在内的全生命周期数据体系，推动数据资产化、规范化和高效利用。在数据汇聚层，通过接入实时与历史数据源实现跨系统集成；在建库层，构建以水情、水质、工程、视频、预案、模型等为核心的多主题数据库；通过数据融合治理实现多源数据的语义统一、关联增强与质量提升；搭建数据共享平台，支撑多维可视化、模型分析和业务调用，形成统一的数据服务总线，实现“一源多用、实时调用、统一监控”。

（3）数字孪生赋能

数字孪生赋能体系是水库从“可视化”向“可预测、可推演、可优化”迈进的核心抓手，主要包括孪生基础平台、数据底板、算法模型、仿真引擎和知识应用五大核心能力。平台基于时空数据构建三维场景，实时镜像水库运行状态；数据底板整合水文气象、工程监控、调度记录等多维信息支撑模型仿真；建立水文、调度、安全等主题模型库，实现从物理仿真到智能推演的跨越；通过接入知识图谱、专家系统、大模型等，实现业务规则提取与自动决策推荐，推动水库运行从“经验驱动”向“智能驱动”转变。

（4）业务支撑平台

为保障数字孪生水库业务应用系统稳定运行与快速演进，需建设完善的业务支撑平台体系，包括微服务基础平台、GIS/BIM/视频融合引擎、业务静态管理与动态运行监控模块。微服务架构支持弹性部署与快速迭代；GIS/BIM/视频融合引擎实现时空一体化渲染与业务联动呈现；统一权限认证体系保障用户安全接入与数据访问可控；静态管理模块用于系统参数设定、图层管理、界面配置等，动态运行监控则实现模型执行、数据采集、指标预警等全过程感知，构建统一、稳定、高效的业务运行底座。

（5）智能业务应用

围绕桃曲坡水库日常运行与应急管理需求，构建覆盖“水库防洪调度、水量调度监控、水库安全管控、工程运行维护、应急决策支持、水库综合管理”等业务应用，形成

“桌面端业务支撑、大屏端综合监控、移动端公众服务”三位一体的智能应用格局。

（6）网络安全体系

网络安全体系整个体系提供安全保证，包括基础设施安全、数据安全和应用安全等。

（7）运行保障体系

运行保障体系主要是从运行环境、建管运维、统一标准规范体系等方面，以全局思想、行业高度进行统筹谋划，有序推进桃曲坡水库的建设。

2.2.2. 测点及管理机构分布图

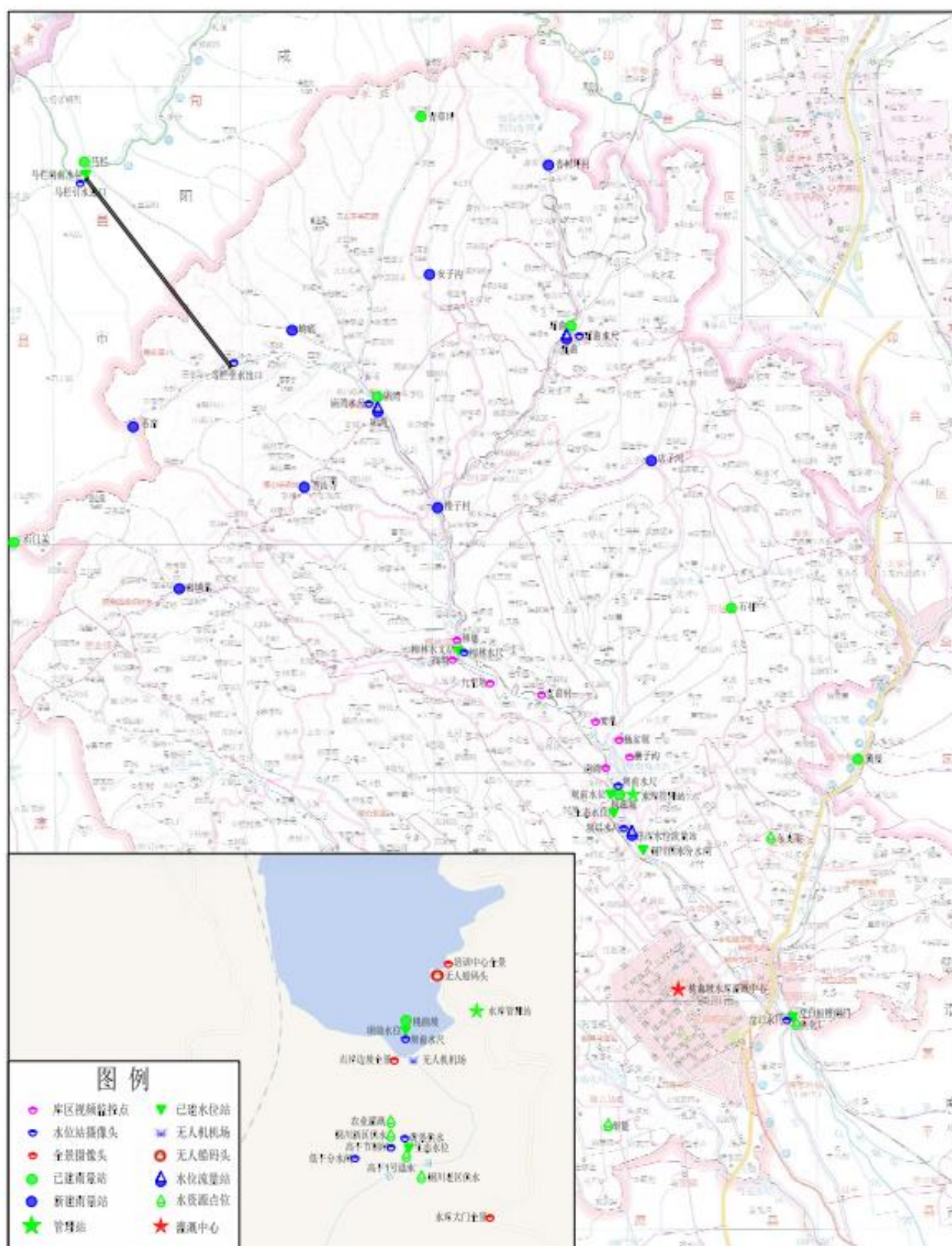


图4-2 桃曲坡水库数字孪生工程监测站点及管理机构分布图

2.2.3. 总体网络拓扑图

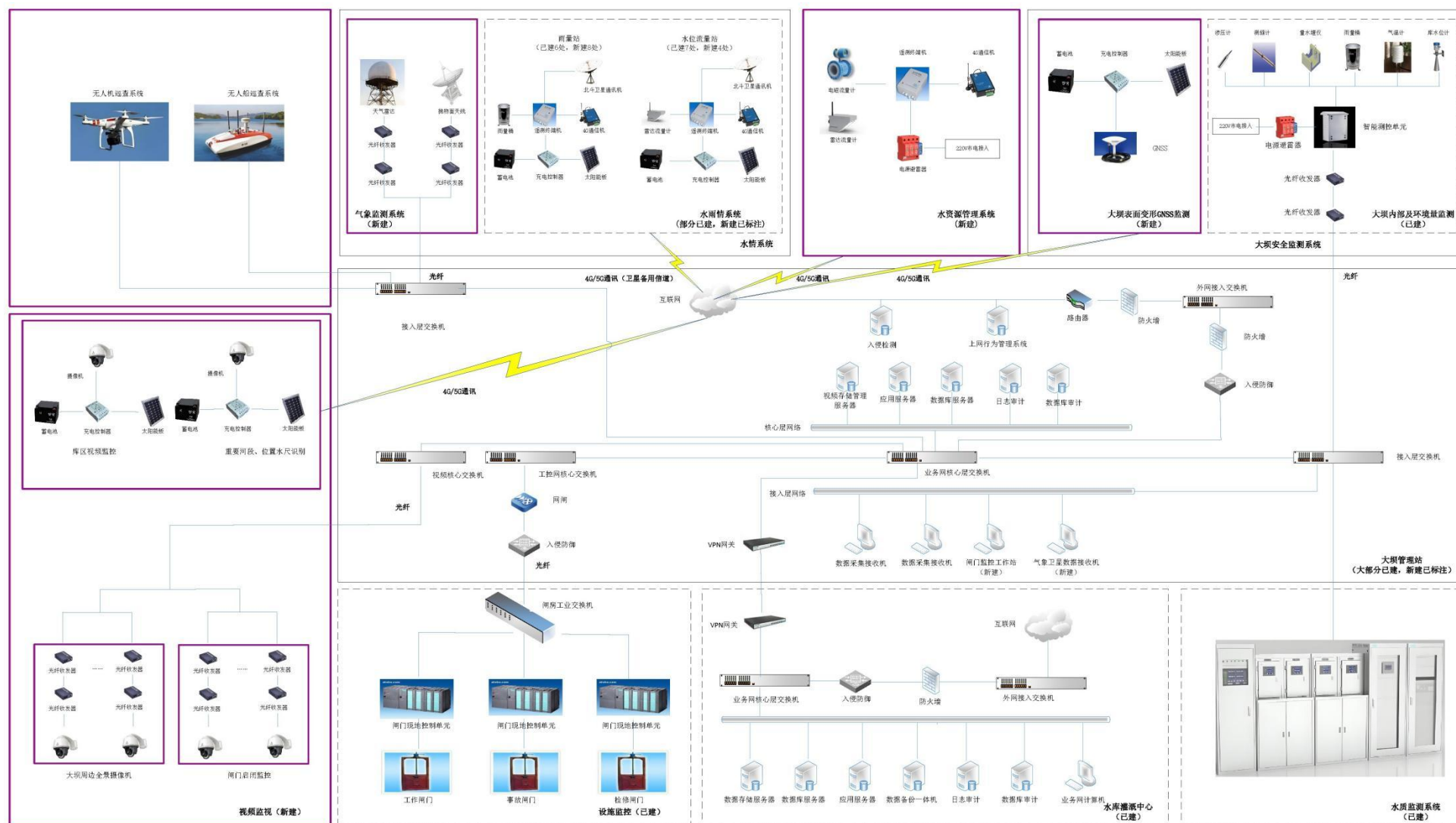


图4-3 桃曲坡水库数字孪生工程总体网络拓扑结构图

2.2.4. 调度中心网络拓扑图

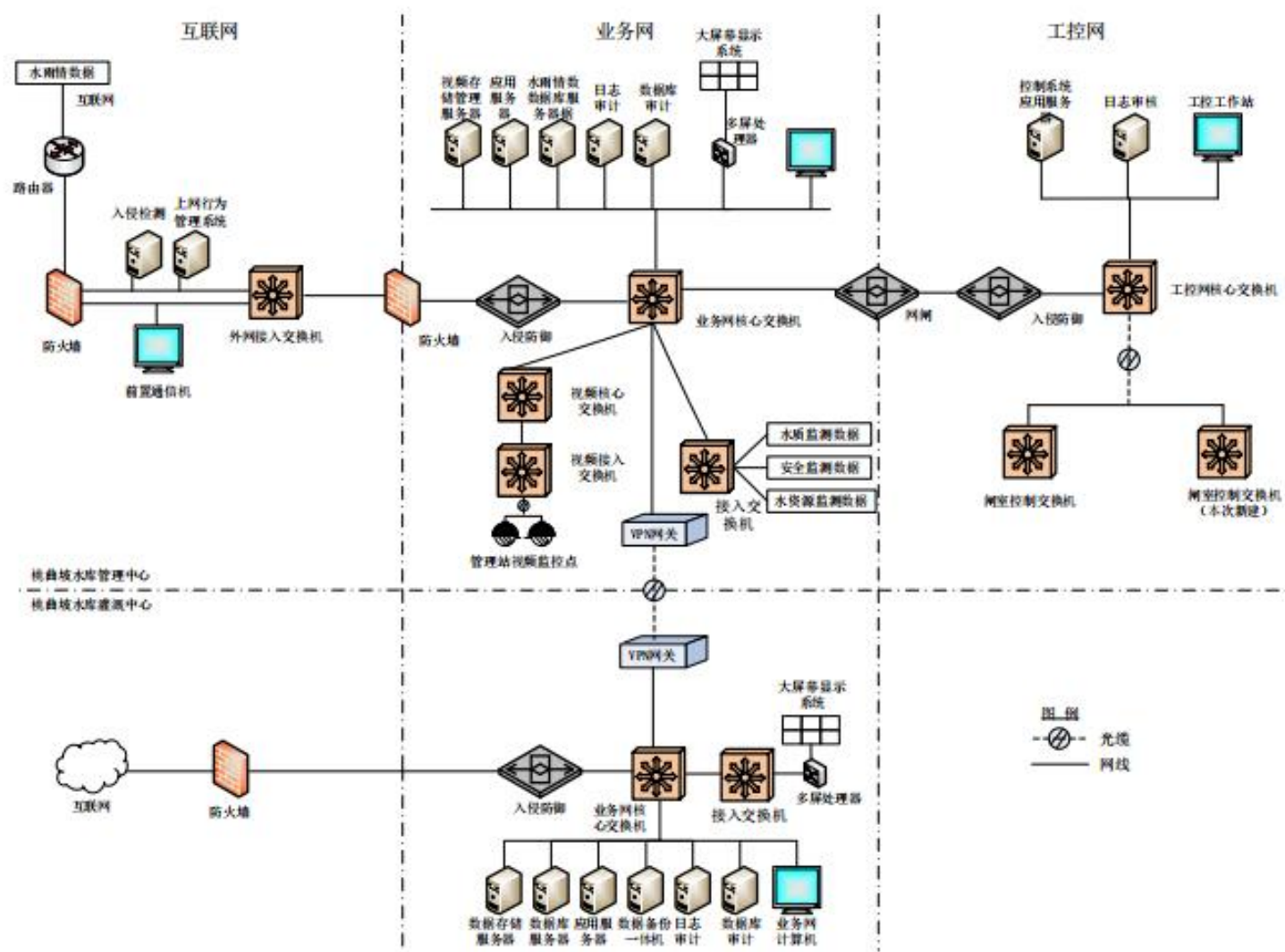


图4-4 桃曲坡水库调度中心网络拓扑结构图

2.3. 技术路线

本项目关键技术包括微服务技术、移动互联、物联网、数字孪生、AI 等技术。

2.3.1. 微服务技术

微服务架构是一种将单个应用程序分解成多个小型服务的软件架构风格。每个服务都独立运行，有自己的进程和数据库，并且可以通过轻量级通信机制（RESTful API）相互协作。微服务架构的优点包括高度可扩展性、灵活性、部署速度快等。

微服务架构实施从业务领域、服务拆分、服务通信、数据管理、服务治理、自动化部署、监控与日志、测试策略等多个方面进行规划和设计，实现高可用性、高性能、高灵活性等目标。

2.3.2. 移动互联技术

移动应用与设备服务无缝结合：通过标准的 API 访问核心移动设备功能。应用程序可以声明功能供其他应用程序使用：易与第三方控件或其他服务结合。底层框架保证底层基础应用，业务层只需处理业务逻辑代码，使得程序可拓展性高。

移动互联技术依托无线通信网络（5G、NB-IoT），为水库管理人员提供实时的移动化操作平台。通过智能手机或平板设备，管理者可以随时随地查看水雨情监测数据、设备状态和预警信息，并远程控制闸门、泵站等关键设施。同时，移动互联支持跨部门的信息共享与协同管理，打破时空限制，提高管理效率与响应速度。

2.3.3. 物联网技术

物联网是新一代信息技术的重要组成部分，也是“信息化”时代的重要发展阶段。物联网是互联网的延伸，它包括互联网及互联网上所有的资源，兼容互联网所有的应用，但物联网中所有的元素（所有的设备、资源及通信等）都是个性化和私有化的。数字孪生建设就是充分利用局部网络或互联网等通信技术把传感器、控制器、机器、人员和物等通过新的方式联在一起，形成人与物、物与物相连，实现信息化、远程管理控制和智能化的网络。

传感器技术、RFID 标签、嵌入式系统技术是物联网应用中的三大关键技术，通过 RFID、二维码、NFC 等方式对静态属性物体进行标识，动态属性物体（水库水位计、流量计、自动闸控、水质监测仪）由传感器实时传感技术进行探测，结合传感技术将模拟信号转换成数字信号统一传输至信息处理平台，基于云计算平台和智能网

络，可以依据传感器网络所获取的数据进行决策，改变对象的行为进行控制和反馈。

物联网技术通过部署各类传感器和智能设备，实现对水库及其附属设施的全面感知和动态监控。雨量计、水位计、流量计等传感设备实时采集环境与设备数据，保障监测的精度。物联网技术通过数据的实时采集与传输，构建了水库与外界的信息交互桥梁，为数据分析和自动化控制奠定基础。

2.3.4. 数字孪生技术

数字孪生技术（Digital Twin）是一种将物理世界与数字世界紧密结合的技术，通过虚拟模型在数字空间中真实反映物理实体的状态、行为和运行规律。它以物联网、传感器、大数据、人工智能和模拟仿真技术为基础，通过采集物理对象的实时数据，构建与之对应的数字模型，实现数据交互与动态映射。

数字孪生的核心特征如下：

（1）实时映射

通过传感器和通信技术，数字模型与物理实体保持实时同步，反映物理对象的当前状态和运行环境。

（2）全生命周期管理

涵盖物理对象的设计、建设、运行、维护和退役的整个生命周期，实现全程数字化跟踪与优化。

（3）动态仿真

利用虚拟模型进行模拟分析、预测评估，支持优化决策和应急预案。

（4）双向交互

数字孪生不仅接收物理实体的数据，还可以通过控制指令反向影响物理实体。

本项目中运用数字孪生技术，构建桃曲坡水库及其周边环境的虚拟镜像，实现对水库运行状态的全面感知、精准模拟和前瞻预测，为水库管理的智能化、自动化、协同化提供了强大支撑。

2.3.5. 人工智能（AI）技术

人工智能（Artificial Intelligence, AI）是通过模拟、延伸和扩展人类智能，使计算机系统具备感知、理解、推理、学习和自主决策能力的一类前沿技术。它融合了计算机科学、数据科学、神经网络、控制理论、语言学等多学科的研究成果，

并在 21 世纪迎来了以深度学习、自然语言处理、大模型训练为代表的突破式发展。AI 的核心能力包括图像识别、语音识别、自然语言理解、知识推理、机器学习与深度学习等，其发展推动了自动化、智能化从理论走向广泛实践。

以数字孪生水库为例，人工智能可在监测预警、设备管理、水情预测、风险分析等方面提供强有力的技术支撑。AI 可通过图像识别技术对边坡异常、漂浮物、入侵行为进行视频智能识别；通过机器学习算法预测来水趋势、调度效果，实现水库运行的优化管理；基于语义理解构建的知识图谱可支持业务决策、应急响应等场景应用。

第3章 项目建设内容技术标准

3.1. 物联感知

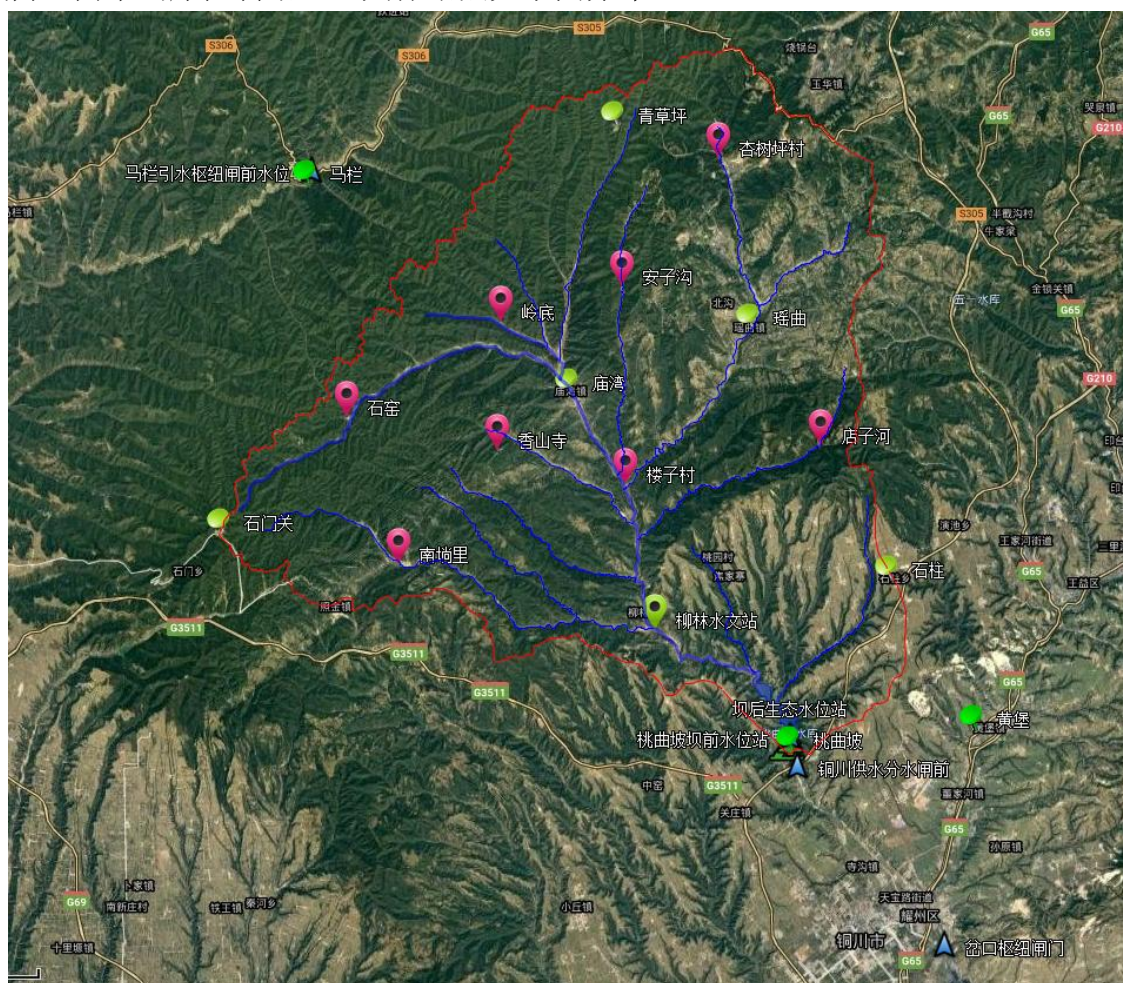
物联感知体系建设主要是在桃曲坡水库原有信息化系统建设基础上，补充、完善现有物联感知体系，建设内容主要包括水雨情监测系统、大坝安全监测系统、水量调度管理监测系统及无人机、无人船等系统的建设完善。

3.1.1. 水雨情监测系统

3.1.1.1. 水位站网规划

3.1.1.1.1. 水位站规划位置

结合桃曲坡水库水情自动测报系统已建情况及水库流域情况，按照《水文站网规划技术导则》（SL/T 34-2023）规范要求，拟在水库流域内新增 4 个水位站（两个流域内，两个出库控制站），具体站点如下图分布。



水位流量站站点分布图

具体雨量站、水位流量站点所在位置见下表。

水位流量站站点位置参数一览表

序号	站名	站类	站址	经纬度		监测项目	备注
				经度	纬度		
1	坝后水位站	水位站	桃曲坡水库坝后河道	108.9026159	34.98294621	水位流量	新建
2	庙湾水位站	水位站	铜川市耀州区庙湾镇	108.776536	35.15975782	水位流量	新建
3	瑶曲水位站	水位站	铜川市耀州区瑶曲镇	108.8822258	35.19046054	水位流量	新建
4	岔口水位站	水位站	铜川市耀州区	108.9946425	34.88956118	水位流量	新建

3.1.1.2. 水位、流量遥测站

3.1.1.2.1. 建设内容

桃曲坡水库已有 1 个共享数据入库站，为接入柳林水文站实时数据，本次拟新增 4 个水位站，分别为流域内河道控制节点瑶曲水位流量站、庙湾水位流量站、坝后出库水位及岔口水位流量站，采用雷达流量计与 4G+北斗数传终端，实现水位、流速、流量数据传输。

3.1.1.2.2. 组成结构

功能：实现流域内河道流量、坝后出库水位流量的实时采集、存储、数据处理发送等。

组成：遥测站主要由雷达流量计、遥测终端机、4G 通信模块、北斗接收终端、太阳能及蓄电池以及安装支架平台等所构成，如下图所示。



图5.1-3 水位、流量遥测站结构图

3.1.1.2.3. 站点设计

水位、流量站采用立杆和横臂结构，配置雷达流量计、通讯设备、太阳能板、蓄电池等配套设备。

雷达流量计的水位和流量测量采用平面微波技术，用多普勒雷达原理测量水流的表面流速，利用内置的微带雷达技术测量水位。依据流速-面积法，根据测得的水位换算出断面面积，再由表面流速结合断面参数换算出平均流速，通过建立圆形、矩形和梯形等明渠断面流速分布的经验公式，结合水力模型算法来求取流量；是一种非接触式的，在不改变渠道、河道、管道等边界条件下准确测量水位、流量的测量仪器。

（1）水位测量

雷达水位探头采用脉冲相参雷达（PCR）技术，微带平面天线发射极窄的微波脉冲，遇到被测物质表面，其部分能量被反射回来，被同一天线接收，发射脉冲与接收脉冲的时间间隔与天线到被测介质表面的距离成正比。由于电磁波的传播速度极高，发射脉冲与接收脉冲的时间间隔很小，相比较传统的雷达脉冲水位计，该雷达水位计采用特殊的调制解调技术，通过脉冲相参的方法，可以精确识别发射脉冲与接收脉冲的时间间隔和相位差，大大提高了测量精度；同时采用消波算法，保证测量精度的同时也具备良好的结果稳定性。

（2）流速测量

雷达流速仪采用多普勒雷达测速原理，在对水面进行测速时，雷达流速传感器向水面发射微波，遇到水面后微波将被吸收、反射，反射波的一部分被流速仪探头接收，然后转换成电信号，由测量电路处理并测出多普勒频移，再通过FFT等信号处理算法即可计算出水体的流速。

雷达流量计采用一体化全封闭结构，内部由雷达传感模块、信号调理模块等组成；全封闭结构外部提供接口用于连接供电电池（源），在现场时只需要与供电电池（源）连接即可立刻投入工作。

雷达流量计支持自报模式、应答模式和混合模式；支持数据补发功能，支持通信失败重发功能，支持对时功能。

3.1.1.2.4. 通讯方式

站点通信采用 4G 通信与北斗卫星双通道组网方式，各遥测站至中心站的通信采用 4G 为主信道，北斗卫星为备用信道，当 4G 通信发信发送失败时，则利用北斗卫星，以保证各测站在主信道出现故障时水雨情数据的传输。

利用 2024 年信息化建设配置的北斗卫星接收终端进行北斗短报文的接收，保证极端天气下的数据传输正常。

3.1.1.2.5. 供电方式

(1) 蓄电池配置计算方法

设备主要包括雷达流量计、RTU、北斗终端，设备功耗大致为 5W。

蓄电池配置容量(Ah)=设备功耗(W)×每天工作时间(小时)×阴雨天(天数)÷[设备供电电压(V)×0.7(供电效率)]

蓄电池配置容量(Ah)= $5 \times 24 \times 7 \div 12 \div 0.7 \approx 100$ (Ah)

因此配置 100AH 的蓄电池。

(2) 太阳能电池板配置计算方法

太阳能电池板在给设备供电（雷达流量计、RTU、北斗终端）的同时，还要给蓄电池充电。

当太阳能电池板给设备供电（雷达流量计、RTU）时，电池板配置功率(W1)=设备功耗(W)×每天工作时间(小时)×1.2(安全系数)÷[(每天有效日照时间)×0.7(充电效率)]；铜川日平均有效光照时间为 5.8h，每天工作时间 24h，那么电池板配置功率(W1)= $5 \times 24 \times 1.2 \div 5.8 \div 0.7 \approx 36$ (W)；

当太阳能电池板给蓄电池供电，确保蓄电池 7d 能充满电，电池板配置功率(W2)=蓄电池容量×工作电压×1.2（安全系数）÷[(每天有效日照时间)×7d(蓄电池充电所需时间)×0.7(充电效率)]，那么电池板配置功率（W2）
= $100 \times 12 \times 1.2 / (5.8 \times 7 \times 0.7) = 50.7$ W；

故太阳能板配置功率 W 总=W1+W2=86.7W。

因此配置 100W 的太阳能电池板。

3.1.1.2.6. 立杆及土建设计

水位站立杆杆体高 4m，杆体直径 $\geq 200\text{mm}$ ，悬臂长 6m，主杆壁厚 $\geq 4\text{mm}$ ，法兰盘厚度 $\geq 25\text{mm}$ ，螺栓孔数量 ≥ 6 个（M25 以上高强螺栓），杆体和机箱应进行热镀锌处理，表面喷涂户外耐候涂料。机械强度应满足抗风等级 ≥ 8 级，抗震、摆动幅度不超过 15mm。基础深度 ≥ 1.5 米，基础体积为 1.5m^3 （C25 混凝土浇筑，配钢筋笼）。

3.1.1.2.7. 防雷配套

（1）安装避雷针。避雷针的接地电阻应小于 10Ω 。但由于当地环境和土质原因，地阻降不下去，可以放宽要求。

（2）天线系统安装合适的避雷装置。

（3）交流电源增加浪涌吸收器，隔离变压器或其他防雷装置。对于室外量测站，应尽可能采用太阳能电池浮充的蓄电池供电，以避免从交流电源引入雷电。

（4）遥测终端和遥测传感器之间的室外传输电缆增加电缆保护措施和避雷设备。较长的信号传输线，水位计电缆，穿入金属管道埋入地下铺设。应尽可能使一个量测站或中继站的设备相对集中，减少室外传输电缆，尽量避免长距离的水位传送。

（5）遥测终端和遥测传感器之间的接口采用光电隔离技术/压敏电阻等浪涌吸收元件隔离或吸收雷电冲击，能有效防止信号线上引入的感应雷电对遥测终端接口的冲击。

（6）避雷地网和设备地是连在一起还是分开铺设，应根据各个站的实际情况决定，总的原则是：避雷针和站房相距较近时应铺设统一的地网，避雷针引下线和设备接地线采取一点接地法，共同接到同一地网；当两者相距较远时则应分别设计接地网。从提高避雷效果的角度来看，避雷针应远离站房将雷电引到别处，但这时避雷针的高度将要增加，而且需要另架设天线铁塔和增加一个接地地网，建设投资将大大增加。

参考《建筑物防雷设计规范》（GB50057-2022）的规定，“人工钢质垂直接地体的长度宜为 2.5m。其间距以及人工水平接地体的间距均宜为 5m，当受地方限制时可适当减小”。

4) 机架、机箱和其他部件采用不锈钢材质连接件、紧固件进行连接和紧固，各种外露的线缆采用不锈钢包塑波纹管保护。

(2) 雷达流量计设备的安装

现场安装必须保证流量计水平安装，即雷达流量计的水位探头雷达波发射方向垂直于水流方向，雷达流量计的流速探头雷达波发射方向与水流方向夹角约 35° （与垂直方向的夹角为 55° ）。

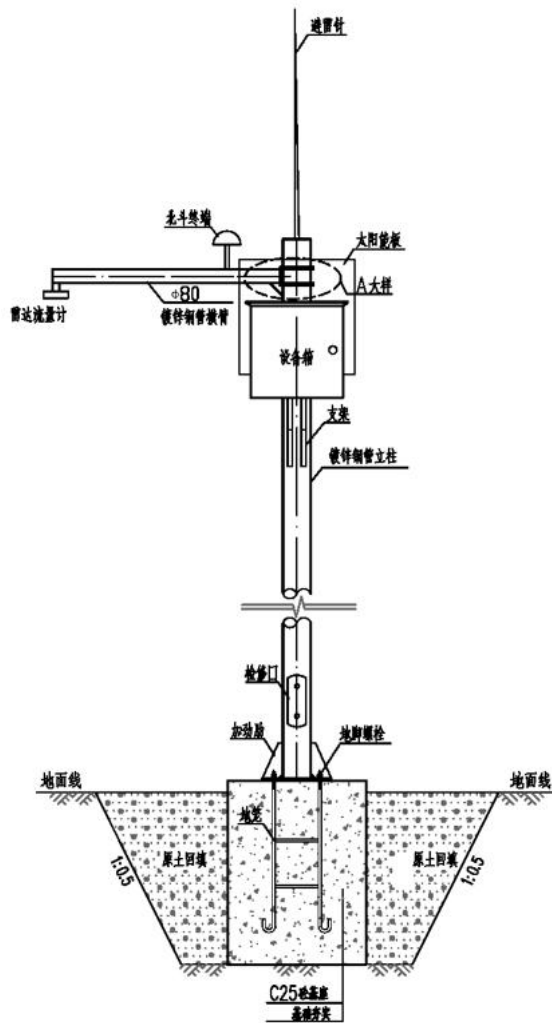


图5.1-5 水位流量站结构典型设计

3. 1. 1. 2. 9. 流量率定

为了保证雷达流量计的精度，必须对设备进行流量率定，率定工作按照水利部颁布的相关标准要求，由施工单位委托第三方对设备进行流量率定，率定结果经业主审核通过。

流量率定中涉及河道断面的测量，并采用流速仪法测量不同水位的流速，且采用洪水调查的方法测量洪痕，以实现对水位流量关系的率定。

3.1.1.2.10. 测流断面河道整治

经现场踏勘选址，按照《水文基础设施建设及技术装备标准》（SL/T 276-2022）水文测站布设原则，需对选定的4处水位、流量遥测站所在河道进行人工整治：对测流断面上下各20m范围内的河床进行整修；对局部岸坡进行整理砌护；对安装测流设备的10m重点段采用混凝土挡墙进行砌护，确保测流断面河段河势稳定、河道顺畅、断面标准，测流数据准确，设备运行安全。

序号	编号	工程或项目名称	单位	数量	备注
1		1#断面（岔口）			
1.1	1	河道整平（机械整平）	m³	1125	
2		2#断面（出库）			
2.1	1	河道整平（机械整平）	m³	541.5	
2.2	2	土石方开挖（机械开挖）	m³	442.5	
2.3	3	土石方回头（机械回填压实）	m³	211.5	
2.4	4	M7.5浆砌石	m³	207	
2.5	6	伸缩缝（高密度聚乙烯泡沫板）	m²	18	
2.6	5	平面钢模板	m²	427.5	
2.7	7	土工布（PET-150g一层）	m²	7.5	
2.8		Φ75PVC管	m	22.5	
3		3#断面（瑶曲）			
3.1	1	河道整平（机械整平）	m³	135	
4		4#断面（庙湾）			
4.1	1	河道整平（机械整平）	m³	298.5	

3.1.2. 气象卫星云图及气象雷达

根据加快构建雨水情监测预报“三道防线”的任务需求，拟在桃曲坡枢纽管理站建设一套基于气象卫星及气象雷达数据的水库气象监测系统，通过卫星云图、雷达数据与地面气象站数据融合，实现水库气象预报、灾害预警及决策支持，提升水库的智能化管理水平。

3.1.2.1. 建设内容及方案

本项目主要建设卫星云图和天气雷达数据接收处理系统，主要建设内容包括：

1、卫星数据接收站

采购气象卫星数据接收终端，可接收 FY-4、Himawari 等主流气象卫星数据。

实时获取云图、降水、温度、风速等气象要素。

2、数字天气雷达站

建设数字天气雷达站，在流域内搜索与观测、分析天气过程，对天气系统（主要包括局地强天气，积雨云、冰雹云）在云、雨移来时的分布中心及前沿进行探测，提供目标的精确方位、强度等实时数据。

3、数据处理与存储

建设数据存储服务器，支持长时间气象数据存储与历史回溯分析。

采用 AI 深度学习模型优化数据分析，提高天气预测精度。

4、云图展示与预警平台

开发 GIS+云图可视化平台，支持气象数据图层叠加、动态展示。

结合水库防洪调度系统，提供暴雨、强对流天气预警。

3.1.3. 大坝安全监测系统

3.1.3.1. 建设内容

桃曲坡水库大坝安全监测系统在 2004 年、2024 年除险加固工程时，建设了大坝安全监测系统，监测项有变形监测、渗流监测和高边坡位移监测等功能，渗流监测、环境量监测等已实现了自动化观测，坝体表面变形及右岸高边坡仍采用人工测量方式，本次将新建 GNSS 自动化变形监测系统，对大坝表面及右岸高边坡安全及潜在滑坡点进行实时监测，提高坝体的测量精度。

3.1.3.2. 站点布置

大坝及右岸溢洪道高边坡 GNSS 变形自动监测系统的监测单元包括基准站和监测站，各站点的具体布置如下：

3.1.3.2.1. GNSS 基准点

为满足本系统北斗 GNSS 变形监测系统运行，在桃曲坡水库大坝左、右岸建设 2 个参考基准站，分别位于水库大坝左、右岸稳定基岩上。

3.1.3.2.2. GNSS 变形监测点

根据《土石坝安全监测技术规范》的相关要求，并结合桃曲坡水库运行现状，在大坝表面及右岸高边坡布置 37 个 GNSS 变形监测点。其中大坝坝体表面布置 6 排测点，共 26 个测点，右岸高边坡沿马道分层布置 11 个监测点。监测点布置见下图所示。

GNSS 变形监测点位置参数一览表

序号	监测位置	测点编号	桩号 (m)	轴距(m)	备注
1	大坝	S-1-1	0+100	-18	
2		S1-1		-5	
3		S2-1		2	
4		S3-1		25	
5		S1-2	0+108	-5	
6		S2-2		2	
7		S3-2		25	
8		S-1-2	0+135	-18	
9		S1-3		-5	
10		S2-3		2	
11		S3-3		25	
12		S4-1		60	
13		S5-1		95	
14		S-1-3	0+170	-18	
15		S1-4		-5	
16		S2-4		2	
17		S3-4		25	
18		S4-2		60	
19		S5-2		95	
20		S-1-4	0+205	-18	
21		S1-5		-5	
22		S2-5		2	
23		S3-5		25	
24		S4-3	0+245	60	
25		S1-6		-5	
26		S2-6		2	
27	右岸一层	C5-1	/	/	桩号、轴距现场实

序号	监测位置	测点编号	桩号 (m)	轴距(m)	备注
	边坡平台				际为准。基点选择在坝外稳固区域。
28		C5-2	/	/	
29		C5-3	/	/	
30	右岸二层边坡平台	C6-1	/	/	
31		C6-2	/	/	
32		C6-3	/	/	
33	右岸三层边坡平台	C7-1	/	/	
34		C7-2	/	/	
35	右岸四层边坡平台	C8-1	/	/	
36		C8-2	/	/	
37	右岸五层边坡平台	C9-1	/	/	
38	左岸基点	G1	/	/	
39	右岸基点	G2	/	/	

3.1.3.3. 通信及供电

3.1.3.3.1. 站点通信

GNSS 变形自动监测站点通信采用 4G 通信组网方式。

3.1.3.3.2. 供电方式

(1) 蓄电池配置计算方法

设备主要包括 GNSS 终端，设备功耗大致为 5W。

蓄电池配置容量(Ah)=设备功耗(W)×每天工作时间(小时)×阴雨天(天数)÷[设备供电电压(V)×0.7(供电效率)]

蓄电池配置容量(Ah)=5×24×7÷12÷0.7≈100 (Ah)

因此配置 100AH 的蓄电池。

(2) 太阳能电池板配置计算方法

太阳能电池板在给设备供电（GNSS 终端）的同时，还要给蓄电池充电。

当太阳能电池板给设备供电（GNSS 终端）时，电池板配置功率(W1)=设备功耗(W)×每天工作时间(小时)×1.2(安全系数)÷[(每天有效日照时间)×0.7(充电效率)]；铜川日平均有效光照时间为 5.8h，每天工作时间 24h，那么电池板配置功率

$(W1) = 5 \times 24 \times 1.2 \div 5.8 \div 0.7 \approx 36 (W);$

当太阳能电池板给蓄电池供电，确保蓄电池 7d 能充满电，电池板配置功率 $(W2) =$
蓄电池容量 \times 工作电压 $\times 1.2$ （安全系数） $\div [($ 每天有效日照时间 $) \times 7d$ （蓄电池充电
所需时间 $) \times 0.7$ （充电效率 $)]$ ，那么电池板配置功率 $(W2)$
 $= 100 \times 12 \times 1.2 / (5.8 \times 7 \times 0.7) = 50.7 W;$

故太阳能板配置功率 $W_{总} = W1 + W2 = 86.7 W$ 。

因此配置 100W 的太阳能电池板。

3.1.3.4. 主要设备参数

1、GNSS 接收机

定位精度：

（1）静态解算精度：平面： $\pm (2.5 + 0.5 \times 10^{-6} D) \text{ mm}$ ；高程： $\pm (5.0 + 0.5 \times 10^{-6} D) \text{ mm}$ 。

（2）动态解算精度：平面： $\pm (8 + 1 \times 10^{-6} D) \text{ mm}$ ；高程： $\pm (15 + 1 \times 10^{-6} D) \text{ mm}$ 。

数据传输：

（1）支持 TCP/IP, MQTT, NTRIP Server, HTTPS 协议。

（2）支持多个数据流同时发送。

（3）输出速率： $\geq 1 \text{ Hz}$ 。

（4）网络：4G 全网通。

电源：

（1）DC 12V 适应宽电压工作 9 - 18VDC。

（2）主机功耗 $< 2 \text{ W}$ 。

（3）支持通电自启。

环境：

（1）工作温度：-40 到 75 度。

（2）存储温度：-40 到 85 度。

（3）防水防尘：等级 $\geq \text{IP68}$ 。

2、太阳能板

材质：单晶硅；

封装形式：高透钢化玻璃层压；

功率：100W；

电压：12V。

3、蓄电池

100AH/12V 免维护蓄电池；

不低于 3 年的使用寿命。

4、充电控制器

最大充电电流（50℃）：10A；

最大负载电流（50℃）：10A；

系统电压：12VDC；

防护等级：IP22。

3.1.4. 无人船巡查系统

3.1.4.1. 建设内容

根据桃曲坡水库的日常巡检、水质监测、环境监测、安全管理等需求，新建智能无人船巡检系统。该系统由无人船、智能巡检平台、数据分析软件及码头配套设施组成，具备高效、精准、智能的水库巡检能力。

3.1.4.2. 无人船巡检内容

无人船可根据水域进行分区管理，并提前规划设计好需要巡查的路线及工作频率，根据设定的路径进行日常的水域巡查及水质实时监测。在日常巡查过程中，发现水面或水质异常，无人船将通过采集的各类传感器信息、视频、水质数据等，通过 5G 或 4G 信号远程（无距离限制）实时传输到信息管理中心电脑或重要管控人员通过手机上网直接查看，以便作出及时的应对处理。

3.1.4.2.1. 自动航行与路径规划

采用 GNSS（GPS+北斗）导航系统，实现厘米级高精度定位。

支持自主巡航、手动遥控、路径规划三种模式。

配备智能避障系统，可通过激光雷达、超声波传感器识别障碍物。

支持自动返航，确保低电量或恶劣天气下的安全性。

3.1.4.2.2. 巡检与监测功能

水质监测：检测水库中的水质参数，PH 值、浊度、溶解氧、水温等，及时发现水质异常情况。

水面状况：观察水面是否存在漂浮物、油污、垃圾等，评估水库的清洁程度。

水利设施：检查水库大坝、溢洪道、取水口等水利设施的运行状态和潜在问题。

水下隐患：利用声纳传感器检测水下情况，水深、水下地形、水中物质浓度等，发现潜在的水下隐患。

3.1.4.3. 无人船部署方案

3.1.4.3.1. 智能无人船

自主导航：无人船具备先进的自主导航系统，能够按照预定的航线进行自主巡航。

传感器集成：搭载多种传感器，包括水质传感器、气象传感器、摄像头、声纳传感器等，以满足不同的巡检需求。

远程控制：操作人员可以通过远程控制软件对无人船进行调度、任务分配、航线修改等操作。

数据传输：无人船通过无线网络将收集到的数据实时传输到控制中心，或者存储在本地的数据中心。

避障功能：利用激光雷达、红外传感器等技术，实时检测周围环境，避免与障碍物发生碰撞。

预警机制：当无人船遇到紧急情况（天气突变、水质异常）时，能够及时向控制中心发送警报。

3.1.4.3.2. 码头设计

位置选择：无人船码头选在桃曲坡水库左岸现有的码头处，便于无人船的停靠和出发。

结构设计：码头具备坚固的结构，能够承受无人船的重量和停靠时的冲击力。

配套设施：码头配备充电设施、数据传输接口等，以满足无人船的充电和数据传输需求。

3.1.4.3.3. 数据传输与远程控制

支持 4G/5G、Wi-Fi、卫星通信等多种数据传输方式。

配备远程操控平台，可通过电脑端或手机 APP 远程控制。
数据自动存储至云端，支持历史数据回溯与分析。

3.1.4.3.4. 续航及动力系统

电池系统：采用高性能锂电池，单次续航可达 8-12 小时。
太阳能充电：可选配太阳能充电系统，提升续航能力。
低噪音推进系统：采用无刷直流电机，减少噪声干扰。

3.1.4.4. 无人船巡检平台

3.1.4.4.1. 巡检管理系统

任务管理：无人船任务规划、执行监控及数据分析。
实时监测：显示水质、气象、视频等实时数据。
智能分析：基于 AI 分析水库环境变化趋势。

3.1.4.4.2. 远程控制与数据传输

远程操控：手机 APP、PC 端远程控制。
数据存储与共享：自动上传至云端，支持多端访问。
警报系统：当水库参数异常时，自动推送告警信息。



3.2. 设施控制

3.2.1. 建设内容

设施控制建设主要为闸门自动控制系统建设。闸门现地控制单元主要完成数据采集与处理、事件检测、控制与调节、人机接口与通信等功能。闸门现地控制单元即可

手动实现闸门控制，也可实现与闸门监控中心进行网络数据通信，接收控制指令并对闸门发出启闭信号；并通过传感器接收闸门现场信息，向闸门监控中心反馈闸门现场运行工况、故障信号等信息。

在高干节制闸、低干分水闸、及黄堡供水闸建设闸位计、闸门荷重传感器等传感器以及PLC控制柜、开度测控仪等，实现闸门开度的实时采集和传输，并实现闸门的远程控制，进而确保水流的稳定和水库的自动化高效管理。

闸门远程控制点位表

序号	位置	设备名称	单位	数量	通信方式
1	高干节制闸	2扇工作闸	个	1	光纤
2	低干引水闸	2扇工作闸	个	1	光纤
3	黄堡供水闸	1扇工作闸	个	1	光纤



图 闸门远程控制点位位置图

3.2.2. 系统功能

(1) 数据实时采集：自动采集闸门开度、闸前水位、闸后水位、闸门起闭机限位状态、供电系统的电压及工作电流、消耗的能量，并能根据水位计算出流量；

(2) 闸门起闭控制：可实现闸门的定闸位控制、全开、全关、上升、下降、停止；

(3) 急停控制：若遇到紧急、意外情况，能够实施急停控制；

(4) 工作方式切换控制：通过硬件动作，实现远程自动控制、现场自动控制、手动操作及锁定操作等多种控制方式；

(5) 故障保护：在闸门运行过程中系统发生故障时，系统立即报警，并根据需要和实际情况自动终止当前的闸门运行操作。故障报警内容应包括：启闭机故障、闸门运行超限、闸位传感器故障、闸门下滑、闸门卡死、闸门失衡等。

3.2.3. 监控方案

闸门自动监控系统设置为二层控制结构：现地控制、管理站远程控制。

(1) 信息采集

闸门自动监控系统所有采集的信息均通过信息传输网络实时传送到管理站数据库服务器，实现资源共享，满足其它各系统的应用。

(2) 现地监控

在控制柜处于手动控制方式的情况下，利用控制柜上配备的上升、下降、停止操作按钮，操作闸门的上升、下降、停止，并通过控制柜上的闸门开度显示仪及运行指示灯监视闸门运行情况。在控制柜处于自动控制方式的情况下，通过 PLC 配备的触摸屏，实现闸门的现地自动控制。

(3) 远程监控

在现地监控站处于自动监控状态情况下，当水库枢纽管理站发出闸门控制目标流量或水位后，现地监控站将自动接收并通过自动控制系统，实施闸门自动控制。

(4) 优先级别控制

根据闸门控制的特点，优先级别最高的是现地手动控制、其次是水库枢纽管理站远程控制。

3.2.4. 通信组网

设施控制通信组网采用光纤方式，各闸室附近有光纤接口，可就近接入已建光纤网络中。

3.2.5. 闸控软件

由 PLC 编程设计软件、上位机软件构成。负责可编程控制器的管理及系统中各种数据的分析和处理等工作

具体功能描述如下：

3.2.5.1. 数据采集

① 可采集闸门开度信号

测量范围：0-5m；分辨力：1cm；

②可采集每孔闸门开关量输入：闸门行程开关限位接点、开度双路纠偏测量仪位置接点、控制开关转换接点及故障信号引入接点；

③状态量采集

a、闸门上升或下降接触器状态；

b、闸位行程开关状态；

c、启闭机油路保护装置状态；

d、操作按钮和开关状态；

e、电动机过流和缺相故障；

f、闸门上限、下限限位信号。

3.2.5.2. 闸门控制

①手动控制：将现地控制柜上的操作模式转换开关打到“手动控制”，即可通过机旁控制箱面板上面的“上升”“下降”“停止”按钮对闸门进行操作，此种模式下只有按钮限位开关参与控制。优先于“自动控制”和“远程控制”；

②自动控制：将现地控制柜上的操作模式转换开关打到“自动控制”，该状态下开度仪（纠偏）、PLC 等现场自动化设备参与逻辑控制。在闸门运行过程中，现场操作员可通过开度仪和相应指示灯实时观测闸门运行状态。当闸门出现越限（超越上、下限）、电机过流、缺相等故障时，闸门自动停止运行。“自动控制”优先于“远程控制”；

③远程控制（预留）：PLC 通过以太网接收闸门监控中心工控机的指令，自动完

成闸门的开启或关闭。

将现地控制柜上的操作模式转换开关打到“远程控制”，即可通过上位机操作闸门自动开启/关闭到指定位置。操作人员将通过计算机的操作界面发布闸门运行指令，并通过网络接口下达到相应闸门监控站的 PLC。PLC 在接到传来的控制命令后，自动启动闸门运行，并控制闸门运动到指定值。在闸门运行过程中，上位机可实时采集闸位信息及查询来自 PLC 的闸门运行状态信息，使中心站操作员在计算机上实时掌握闸位信息，以便实现定闸位控制，并可实时掌握闸门在运行过程中的状态。

④控制互锁功能：闸门控制时，二次回路中加入必要的互锁条件，同时在 PLC 程序中也加入必要的互锁条件，以防止闸门误动作。

3.2.5.3. 信号显示

在现地控制屏面板设置一些相关信号灯。

- ①闸门状态(开、关、停)指示；
- ②闸门位置(上限、下限)指示；
- ③控制屏上的开度仪实时显示闸门开度值；
- ④电机过流、缺相指示；
- ⑤控制柜电源指示；
- ⑥操作模式指示；

3.2.5.4. 数据通信

闸门现地控制单元接入就近光纤网络接口由交换机将有关信息上传。

3.2.5.5. 报警功能

在闸门运行过程中，当系统发生故障时，能够立即报警，并可根据需求和实际情况手动或自动终止当前闸门运行操作。闸门现场操作人员通过现场操作控制的相关信号灯可实时掌握故障的发生，并且故障信号通过网口上传。

常见故障内容如下：

- (1) 电机过流、缺相；
- (2) 油路故障；
- (3) 闸门运行超上下限；

闸门上限。当闸门到达最高点位置时，安装在闸门上的上位限制传感器应立即断

开主回路，同时向 PLC 发布信号，使 PLC 发布停止指令，并发布报警信号；在现场自动控制时，由开度仪发出停止命令和报警信息，或在发布报警时，手动停止当前闸门操作。

闸门下限。当闸门到达最低点位置时，安装在闸门上的下位限制传感器应立即断开主回路，同时向 PLC 发布信号，使 PLC 发布停止指令，并发布报警信号；在现场自动控制时，由开度仪发出停止命令和报警信息，或在发布报警时，手动停止当前闸门操作。

3.3. 视频监视

3.3.1. 建设内容

1、水库全景：在水库培训楼顶、右岸高边坡等点安装 270 度 AR 全景摄像机，通过 AR 全景监控对整个大坝等大范围场景进行全要素可视化的展示，利于管理人员进行全景监测，有效提升水库大坝监控的管理和使用效率，通过配合低点视频点位和传感器，帮助用户实时了解水库的运行情况，直观呈现水库运行状况；

2、智能水尺：在水库大坝人工水尺对面、柳林水文站、马栏引水进口、马栏引水出口、庙湾水位流量站、瑶曲水位流量站、岔口枢纽及坝后出库站各建设智能识别水尺球机 1 个；

3、闸室监控：在坝后新建闸门控制站闸室配置自清洁网络摄像机，其中坝后低干分水闸、高干节制闸、黄堡供水闸处设视频监控点 3 处，分别布置 1 个枪机、1 个智能球机，用于监控闸室闸门操作运行。

3.3.2. 站点布设

3.3.2.1. 大坝周边全景摄像机

安装位置 2 处，水库枢纽培训中心楼顶及坝右高边坡，就近取电，网络接入已建光纤网络，安装位置附近均有光纤通讯端口。

全景摄像头位置参数表

序号	监测点位名称	经度	纬度	监测内容
1	培训中心楼顶	108.90791	34.98995	水库周边全景
2	坝体右岸高边坡	108.90397	34.98773	水库周边全景



图5.3-1 全景摄像头布置位置图

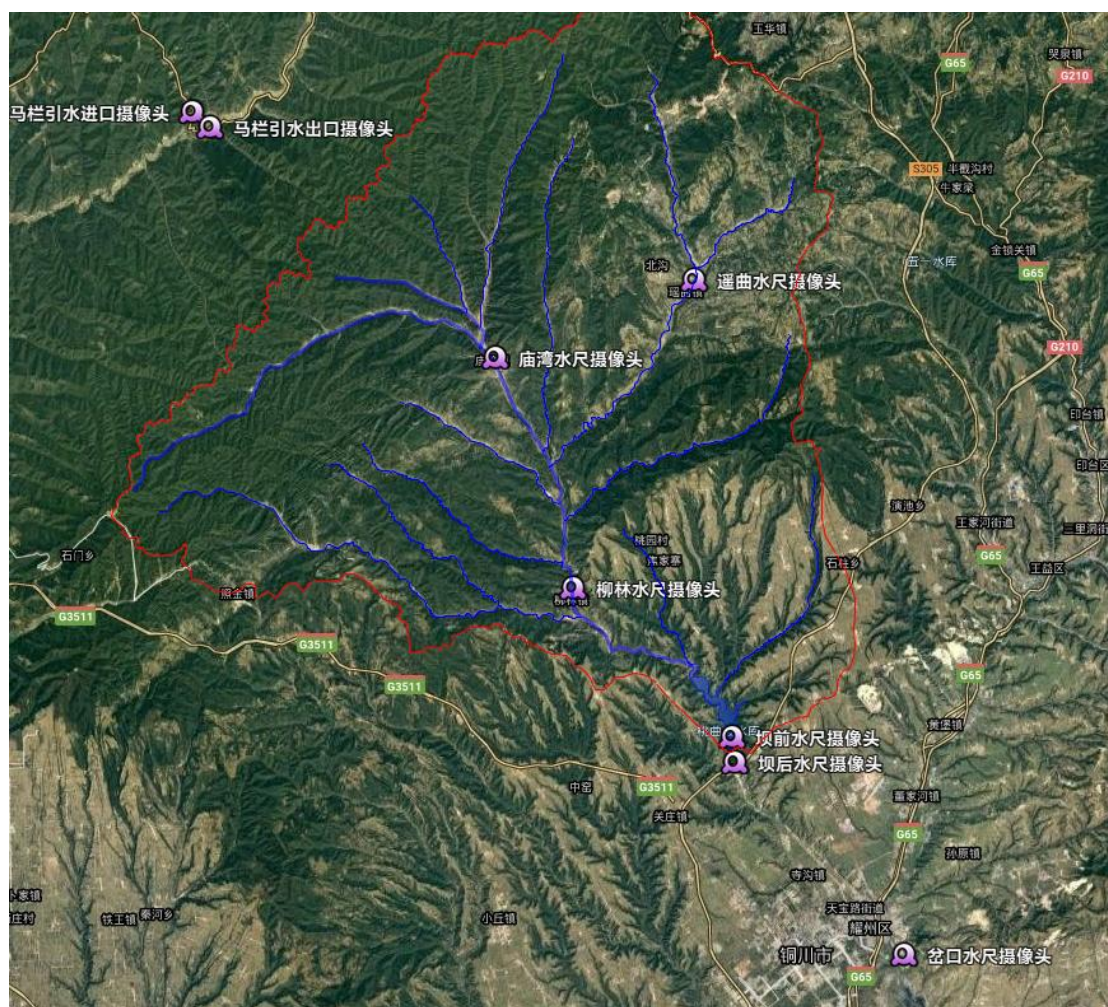
3.3.2.2.重要河段、位置水尺识别视频点位

水尺识别智能球形摄像机主要安装在水库坝前、柳林水文站、庙湾水位流量站、瑶曲水位流量站、马栏引水进口、马栏引水出口坝后出库站及岔口枢纽处，水库大坝位置采用220V市电供电，接入现有光纤网络，其它站点采用4G通信，太阳能+蓄电池浮充模式供电。

重要河段位置水尺识别视频点参数表

序号	监测点位名称	经度	纬度
1	水库坝前水尺站	108.90623	34.98850
2	柳林水文站	108.81481	35.05836
3	坝后出库站	108.90728	34.97749
4	庙湾水位站	108.77653	35.15975

5	瑶曲水位站	108.88222	35.19046
6	马栏引水进口	108.62324	35.258971
7	马栏引水出库	108.62124	35.25245
8	岔口枢纽	108.99464	34.88956



重要河段水尺识别摄像头位置布置图

3.3.2.3. 闸门启闭监控摄像点位

在水库坝后低干分水闸、高干节制闸及黄堡供水闸安装视频监控3处，每处各设球机和枪机一个，枪机主要用于拍摄固定区域画面，球机覆盖整个闸室，电源就近闸房接取，视频信号接入已建光纤网络链路。



闸室摄像头位置布置图

3.3.3. 通信组网

视频监视通信系统因地制宜结合布点位置环境和实际情况，由光纤、4G传输组成，以满足业务实际需求为前提，选取最合适的通讯接入手段，保证工程视频监控图像信息的传输，为视频图像的传输提供重要的技术支撑。

其中枢纽大坝和坝后闸室视频通讯利用原有光纤传输，数据在枢纽管理站中心机房汇聚，通过现场沟通，2024年信息化建设的光纤网络设计剩余容量能够满足本次视频站接入需求。

水库库区水源保护区及流域上游、下游河道视频监控采用4G通讯的方式，数据在枢纽管理站中心机房汇聚。

3.3.4. 视频监控管理平台

系统采用集中录像的方式存储视频数据，通过计算机网络系统将图像信息传输并存储至部署在枢纽管理站机房中心网络的视频服务器中。

视频监控管理平台服务器参数：

参数名称	参数值
系统参数	
主处理器	1颗国产化X86 CPU， ≥ 8 核， $\geq 2.8\text{GHz}$
外观高度	标准服务器机箱
硬盘	配置 ≥ 2 块2T 3.5吋 SATA热插拔机械硬盘，支持 ≥ 4 块3.5吋/2.5吋SSD/SAS/SATA硬盘
硬盘托架	≥ 2 个硬盘托架
内存	$\geq 32\text{G}$ 内存（ ≥ 2 根16GB DDR4 UDIMM 内存条）
RAID卡	支持RAID 0/1/10/1E
风扇	≥ 4 个风扇模组
BMC管理功能	BMC芯片，支持IPMI2.0、SOL、KVM Over IP、虚拟媒介等高级管理功能
操作系统	国产操作系统，
接口	
网口	≥ 4 个GE电口
接口	≥ 1 个 RJ-45 BMC管理接口； ≥ 1 个 VGA 接口； ≥ 4 个 USB 3.0 接口
PCIe接口	$\geq 2 \times \text{PCIe} \times 8$
常规参数	
认证	CCC、节能
产品尺寸	满足标准机柜
电源	1个350W交流电源模块，不支持热插拔，不支持1+1冗余 AC100—240V，50/60Hz，3A不支持直流输入
功耗	$\leq 220\text{W}$
工作温度	$+5\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +40\text{ }^{\circ}\text{C}$
工作湿度	5%~95%（非凝结）
储存温度	$-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +60\text{ }^{\circ}\text{C}$
储存湿度	5%~95%（非凝结）
安装方式	标准机架式安装，带安装导轨

基础管理	
组织管理数量	2000组织（最大层级5，单层最大20）；
逻辑组织树	≤5；
管理用户信息数量	≤1万；
管理角色信息数量	≤1000；
管理人员信息数量	≤2万（包含人员、卡片、人脸）；
管理车辆信息数量	≤2万；
分布式情况	支持，最大2个；
安全数据库	支持，默认内置；
级联管理情况	最大3层级联，上下级平台个数最大10个，最大级联管理路数：10000路，包含：ICC级联汇聚，1400级联、国标级联、部标级联、云睿级联；

视频监控管理平台软件功能：

管理人员可通过视频监控软件视频信息进行实时监视或录像回放，同时可对前端视频设备进行远程访问，并可对云台、聚焦、光圈进行控制。视频监控系统可通过移动侦测功能对摄像机监测区域进行设防，在有移动目标闯入的情况下进行声光联动报警，并在此通道可激活录像状态；实时显示的视频图像和录像资料包含通道名称和时间戳，以便在非常事件突发时能准确记录和还原事发现场的信息，以便重放时分析调查，确保水库的运行的安全。系统具有如下功能：

（1）图像采集。能够全天候全线实时采集图像信息，并能实现将任意采集通道的图像信号切换给任意监视终端，并可对切换顺序和周期进行编程控制。

（2）图像处理。图像的分割与拼接，图像的编辑，图像的嵌入与文字的叠加，图像地址、时间等符号在画面上的叠加，并可将视频图像压缩后传输到视频存储服务器。

（3）图像显示。可实时显示多个图像窗口，每个图像窗口的大小、层次和位置可任意调整设定，包括画面的自动循环显示、事件触发显示、画面的手动点播显示、画面局部放大与缩小。画面静止定格与画面捕捉。

（4）图像记录与存储。对系统中任一路图像能进行录像存储，保存记录，随时

调出，点播回放，便于及时取证。将数字图像建立成图库，方便检索和管理，满足系统对图像资源的各种需求。

(5) 自动控制。摄像机镜头根据被摄物体的照度自动控制光圈大小。对图像自动聚焦和自动背光补偿；视频通道切换控制。视频自动循环切换和事件触发切换由系统程序控制完成。切换周期通过控制软件进行设置；录像机可通过事件触发启动录像。

(6) 预置功能。可以根据事先设置好的所需监视位置和角度，并可自动扫描巡视。可预置所需监视位置和角度，报警时，摄像机能自动转动到相应预置的目标点，并自动调节好相应的光圈、焦距、变焦等参数。

(7) AI 功能。视频平台具备 AI 图像识别能力，集数据标注、算法训练、应用部署的端到端的整体系统。水库 AI 智能识别以及水库周边视频监控，将库水面漂浮物、挖沙、库区人员活动、车辆活动等信息进行 7x24h 全天候的分析、报警。

3.3.5. 立杆及土建设计

根据各视频站前端设备监控的范围、角度、场景以及现场条件来选择设备的安装方式，采取防止摄像机在不利工况下抖动的措施，要求坚固、稳定；对于室内摄像机采用挂壁方式，对于野外摄像头监控，设备的安装以立杆为主，借杆为辅，挂装、吊装相结合。立杆杆体高 6m，主杆壁厚 $\geq 4\text{mm}$ ，法兰盘厚度 $\geq 20\text{mm}$ ，螺栓孔数量 ≥ 4 个（M20 以上高强螺栓），杆体和机箱应进行热镀锌处理，表面喷涂户外耐候涂料。机械强度应满足抗风等级 ≥ 8 级，抗震、摆动幅度不超过 15mm。基础深度 ≥ 1.2 米，基础体积为 1m^3 （C25 混凝土浇筑，配钢筋笼）。

3.4. 通信网络

3.4.1. 数据通信网络

监测信息的传输依靠通信网络来实现。由于通信方式直接影响信息传输的正确性、时效性、安全性和可发展性，以及信息化建设的投资规模等，因此，通信网络建设是桃曲坡水库数字孪生项目建设重点。

桃曲坡水库已建信息化系统主要采用自建光纤+4G/5G+北斗卫星等公专结合的通信组网方案。其中 2024 年以前已完成了覆盖水库枢纽周边的光纤网络建设，目前能够满足水库枢纽区大坝安全监测、闸门控制、视频监控及水质监测等数据传输，并预

留有相应接口，本次枢纽区不再进行光纤网络建设。

3.4.2. 组网方案

原系统在枢纽管理站配置接入层交换机及核心交换机，在视频汇聚点配置视频接入交换机，在现地控制室配置工业以太网交换机，组成千兆以太网网络，通信协议采用TCP/IP。

3.4.3. 网络架构

1、业务网络

业务网络承载的调度管理及视频监视、大坝监测、水质监测等各类应用数据中，视频监控传送的是视频信号，对带宽占用较大，因此在网络配置及分配网络带宽时，应重点考虑上述视频业务需求，同时避免对监控系统发生冲击。

2、控制专网

控制专网为远程闸门监控控制系统信息提供数据承载服务，负责各个现地闸门的启闭及闸门控制信息的传输，这类信息在业务网络的应用中起到关键的作用，任何决策指令都是以监控信息为依据。

3、互联网络

互联网络承载互联网站及与外部交流、联系，需要满足工程信息的对外展示需要，也要满足日益增长的移动查询管理需求。

桃曲坡水库在 2024 年除险加固工程信息化建设中，已完成了工控网、业务网、互联网三网交换路由相关设备建设，其中枢纽管理站中心配置核心交换机 1 台、接入交换机 1 台、外网接入交换机 1 台、路由器 1 台、工控核心交换机 1 台、闸室控制交换机 3 台、视频核心交换机 1 台、视频接入交换机 5 台。

本次在已有设备的情况下，根据本次数字孪生工程设施控制和视频监视系统建设需求，拟增加 3 台闸室控制交换机和 3 台视频接入交换机。

3.5. 算力平台

为满足桃曲坡水库数字孪生工程对数据处理、模型计算、实时监测和可视化的需求，构建一个高性能、稳定、安全的算力平台至关重要。算力平台设计要求满足工控网、业务网、互联网平台“三网分离”建设高可靠、高性能、安全合规的运行需求。

3.5.1. 网络架构

3.5.1.1. 网络架构逻辑分层

根据桃曲坡水库灌溉中心的业务需求和部署环境，网络架构采用“三层逻辑结构+三网物理隔离”设计，即将系统按接入层、汇聚层、核心层进行功能划分，同时划分出工控网、业务网和互联网平台三类网络，分别对应不同用途的网络子系统。

（1）接入层

接入层负责各类终端设备、监测传感器、现场控制单元、摄像头等前端设备的数据接入。该层设备数量多、分布广，对稳定性和可扩展性要求高。常采用智能接入交换机、工业以太网交换机等设备。

接入层通过工业交换机将视频、监测数据、控制信号等分别接入到对应网络区域，并设置 VLAN 进行逻辑划分。

（2）汇聚层

汇聚层承担下沉数据的聚合、分类转发与策略执行任务，同时提供网络隔离、安全控制及业务编排能力。配置高性能三层交换机或汇聚路由器，支持 QoS、ACL、VLAN 路由等功能。

在该层部署防火墙、负载均衡设备、入侵检测系统等安全设备，同时为后续核心业务平台提供稳定、安全的数据传输通道。

（3）核心层

核心层为整个系统的“神经中枢”，负责高带宽数据传输、关键业务平台承载以及系统互联互通。部署高性能核心交换机、主备路由器与分布式调度平台。数据中心服务器、虚拟资源池、超融合集群及云网关均位于此层。

通过双核心冗余组网模式保障平台高可用性，同时设置专用的带外管理网络实现对整个系统的远程集中运维与监控。

3.5.1.2. 三网隔离设计

在数字孪生水库系统中，网络安全是重中之重。为保障监控调度中心各类业务的安全有序运行，网络设计应充分贯彻“三网分离、互通有界、纵深防御”的理念，将系

统网络划分为工业控制网、业务管理网和互联网平台三大区域，分别承载不同类型的业务系统，物理隔离、逻辑互通。

（1）工业控制网（工控网）

工控网是水库自动化运行控制的基础网络，连接各类 RTU、PLC、视频监控、压力传感器、流量计等设备，具有实时性强、数据量大、抗干扰性高等特点。工控网需采用专用工业交换设备与安全隔离设备，保证控制指令及运行数据的精准传输与安全闭环。

设计上，工控网与其他网络物理隔离，重要子网间设置工业防火墙与入侵检测系统，仅开放必要端口用于数据采集与上传。

（2）业务管理网

业务网承载管理平台、调度平台、数据中心、模型仿真平台等核心系统，汇聚感知层数据并进行综合分析、辅助决策、调度执行。业务网需提供高带宽、高可靠性和冗余设计，支撑数据实时流通与大规模并发处理。

为提高系统的业务连续性和安全性，业务网应采用虚拟局域网（VLAN）划分子网，分别承载模型计算、视频分析、调度控制等模块。配置双机热备负载均衡设备、下一代防火墙与数据库加密存储机制。

（3）互联网平台

互联网平台主要面向公众服务、移动端运维、远程管理、门户展示等应用。互联网平台应部署在独立 DMZ 区域，通过 Web 网关、安全隔离网闸与业务网进行必要交互，所有服务接口需通过 API 网关进行身份认证与数据加密。

通过上述方式，实现“三网物理隔离、逻辑互联互通、安全数据交换”，构建统一、安全、协同的网络通信体系。

3.5.1.3.裸金属、虚拟化、超融合、云计算部署方式分析

在数字孪生水库系统中，计算资源的部署方式直接影响系统的可维护性、扩展性与性能表现。根据系统不同功能需求，部署架构将融合使用以下四种计算资源模型：

（1）裸金属部署（Bare-metal）

适用于实时性与可靠性要求极高的场景，自动控制系统、数据采集网关、视频流转发节点等。裸金属服务器不经过虚拟化层，拥有完整计算资源，操作系统直接运行在硬件之上，具备性能最优、控制权完整的优势。

（2）虚拟化部署

采用主流虚拟化技术（VMware、KVM）实现资源池化，适用于业务网中的大多数管理类应用。虚拟化技术支持按需配置资源、动态迁移虚机、负载均衡与高可用容灾，是传统数据中心部署的主力方式。

（3）超融合架构（HCI）

超融合一体机将计算、存储、网络融合于统一平台，具备模块化部署、统一运维、高弹性扩展的特点，适用于资源需求集中、业务耦合度高的场景。通过横向扩展节点，即可完成计算与存储能力提升。

（4）云计算部署

结合本地私有云与上级水利信息云平台，实现混合云部署模式。将部分应用系统、门户系统、公众服务模块部署至云端，同时本地部署关键核心系统，形成“云边协同”的算力架构。

通过对桃曲坡水库调度中心网络架构的深入分析，确立了以“三网分离、三层逻辑”支撑系统稳定高效运行的整体方案。工控网保障了控制链路的实时响应与安全闭环，业务网承载多源异构数据处理与模型运行，互联网平台则拓展了系统的服务边界与公众互动能力。在此基础上，采用内裸金属部署方式。该架构不仅构建了调度中心的坚实通信骨架，更通过弹性、安全、开放的特性，为数字孪生水库的长期演进与迭代升级奠定了技术基础。

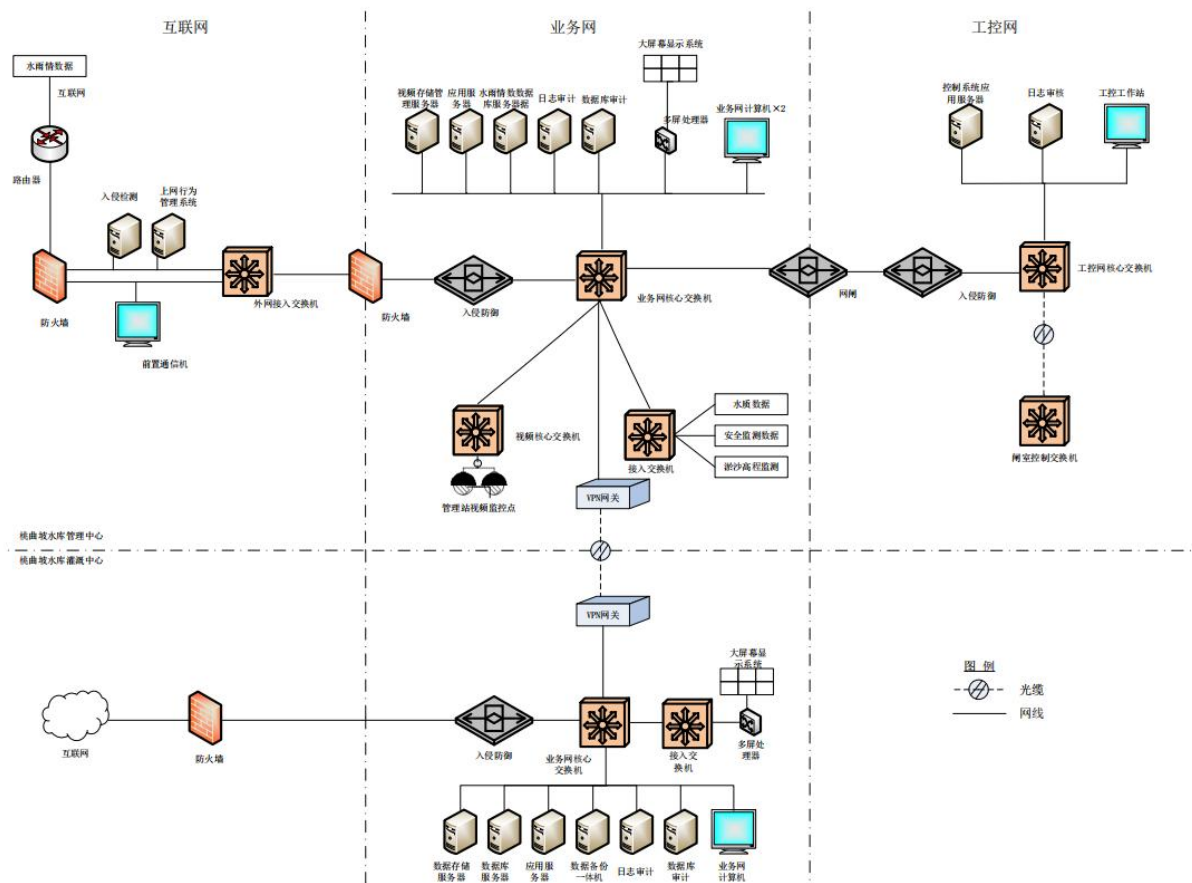


图5.5-1 桃曲坡水库调度中心网络拓扑结构图

3.5.2. 算力平台构建

为了支撑桃曲坡水库数字孪生平台的计算模型运行、实时数据流处理、视频图像识别、AI分析建模等业务，需构建稳定可靠、国产自主、安全可控的算力平台。

3.5.2.1. 三网路由交换

桃曲坡水库在2024年除险加固工程信息化建设中，已完成了工控网、业务网、互联网三网交换路由相关设备建设，其中枢纽管理站中心配置业务网核心交换机1台、接入交换机1台、外网接入交换机1台、路由器1台、工控核心交换机1台、闸室控制交换机3台、视频核心交换机1台、视频接入交换机5台。灌溉中心配置和业务网核心交换机、接入交换机、外网接入交换机等，本次不再重复建设三网路由及交换设备。

3.5.2.2. 算力平台

桃曲坡水库在前期信息化建设项目中，已建部分计算存储资源，为了提升资源的使用效率，减少投资，本次项目建设将优化已有资源，将已建的系统、数据存储更加

集约化部署，根据本次项目建设的内容，数据存储需求，将在现有服务器资源的基础上进行扩容、补充。根据对桃曲坡水库数字孪生工程对软硬件运行环境的需求，对存储及计算资源进行扩容、补充。扩容、补充的服务器资源将优先选择国产化服务器。

桃曲坡水库调度中心算力平台是数字孪生水库系统的“运算核心”，负责支撑以下计算密集型任务：

名称	功能描述
物联网采集	实时接入水位、水量、雨量、图像、控制指令等多源数据
模型计算	降雨模型、产汇流模型、洪水预报模型、水量平衡等模型计算
三维/仿真	三维GIS+BIM融合展示，联动多图层展示监控结果，利用GPU对水库泄洪、洪水演进、坝体稳定等进行分析
数据库服务器	数据资源平台、数据资源存储
应用服务	水库防洪调度、水量调度监控、水库安全管控等业务应用
存储服务	快速写入、分级存储、冷热数据分层、对象共享

依据桃曲坡数字孪生平台和业务应用平台建设内容，兼顾利旧原则，提升资源使用效率，本次仅在水库灌溉中心配置服务器8台，其中物联网数据采集工控机1台，高性能计算服务器（模型计算/三维仿真分析）各1台、数据库服务器2台、应用服务器2台，备份服务器1台。

名称	操作系统	CPU(核)	内存(G)	GPU(G)	数量
物联网采集	国产	8	32	-	1
模型计算	国产	16	256	32	1
三维仿真	国产	16	256	32	1
数据库	国产	16	256	-	2
应用平台	国产	16	128	-	2
备份服务	国产	16	256	-	1

3.5.2.3.网络安全

桃曲坡水库在 2024 年除险加固工程信息化建设中，已完成网络安全设备配置，基本能够满足数字孪生工程对网络安全的需求，具体配置情况如下：

（1）控制专网

枢纽管理站中心（枢纽管理站）和水库灌溉中心分别配置入侵防御系统 1 台，实现控制专网入侵监测及自动化、实时的执行防御策略；配置日志审计系统 1 台，实现操作运行日志审计。

（2）业务内网

枢纽管理站中心（枢纽管理站）和水库灌溉中心分别配置入侵防御系统 1 台，实现业务内网入侵监测及自动化、实时的执行防御策略；配置日志审计系统、数据库审计系统各 1 台，实现操作运行日志审计及数据库操作审计；配置数据备份一体机 1 台，实现系统数据备份。

（3）业务外网

枢纽管理站中心（枢纽管理站）和水库灌溉中心分别配置防火墙 2 台、入侵监测系统 1 台，实现业务外网网络安全。

（4）边界防护

枢纽管理站中心（枢纽管理站）和水库灌溉中心分别在控制专网与业务内网之间设置安全网闸，实现控制专网与业务内网的安全隔离，在业务内网与业务外网之间设置 1 台第二代防火墙，实现业务内网与业务外网的安全隔离。枢纽管理站与水库管理局之间配置 2 台 VPN 网关。

3.6. 数据中心

数据中心作为数字孪生水库的核心支撑，承担着数据汇聚、整合、治理与应用的重要使命。数据中心包括数据管理平台建设和数据资源建设。

3.6.1. 数据管理平台

3.6.1.1. 数据资源汇聚

数字孪生水库数据中心的数据资源汇聚系统是实现数据全量整合、高效处理与智能共享的核心基础，是数字孪生系统“数据驱动、模型赋能”的根本支撑。系统设计面向水库多维感知层、外部数据源、历史档案资料和业务系统的多源数据汇聚机制，构建支撑水库调度运行、智能预警、精细管理的数据基础能力。

1、实现多源异构数据高效接入：整合各类传感器采集数据、视频监控流、遥感

影像、气象平台数据、水利行业数据库、BIM/CAD 模型、政务信息资源、Internet 开源数据等，形成统一的数据接入架构。

2、构建标准化数据接入流程：制定多类数据采集标准、传输协议、数据字典与元数据体系，确保数据的统一规范与一致性。

3、保障数据接入的实时性与可靠性：采用多通道异步接入、边缘缓存、数据传输队列与失败重传机制，实现全天候稳定接入。

4、支撑后续建库、融合、共享等环节：通过统一接入平台，实现汇聚层与建库层的高效对接，打通数据从采集、汇聚、存储到服务的“全流程”。

3.6.1.1.1. 架构设计

数据资源汇聚系统采用“分层分域、模块解耦、统一接入、动态注册”的体系结构，主要包括以下四大功能层级：

1、数据源采集层：负责对接底层传感器网络、视频终端、水文气象监测设施、遥感设备、历史档案系统、第三方接口等各类原始数据产生源。

2、接入适配层：通过自定义协议适配器、中间件转换组件、边缘节点代理与标准接入 SDK 等工具，完成协议解析、数据预处理、编码转换等任务。

3、汇聚调度层：部署数据接入总线、调度引擎、缓存系统、接入队列等核心组件，协调各类数据的汇聚节奏、优先级与任务分发。

4、接口服务层：面向建库系统提供标准数据接口，支持 RESTful API、WebSocket、MQTT 等协议，形成稳定高效的数据接入服务端。

3.6.1.1.2. 数据接入

本系统涵盖以下主要数据类型的接入：

1、实时监测数据

来源：坝体应力应变传感器、位移计、渗压计、水位计、雨量计、风速仪、水质监测仪等。

接入方式：采用 LoRa/NB-IoT/RS485 等传输方式接入边缘节点后，通过 MQTT 协议上传至接入平台。

2、视频图像流数据

来源：大坝、闸门、溢洪道、巡检点等位置布设的高清视频监控设备。

接入方式：采用专线/5G 连接至视频网关，统一编码上传至视频平台，平台与数据中心对接元数据与分析标签。

3、气象与水文平台数据

来源：国家气象中心、省级水利信息网、遥感影像接收站。

接入方式：通过 API 调用、FTP 拉取或数据推送方式对接。

4、工程结构与模型数据

来源：BIM 模型、CAD 图纸、三维地形数据（DEM/DOM/DSM）、倾斜摄影成果。

接入方式：本地文件解析或平台对接，接入后进行格式统一与坐标转换。

5、历史档案与业务系统数据

来源：调度日志、检修记录、巡视报告、水文年鉴、工程验收文档等。

接入方式：通过数据迁移、API 抽取或文件批量导入的方式归集。

6、第三方数据与开放数据资源

来源：政府共享平台、水利部数据网、互联网开源数据平台。

接入方式：通过标准数据接口对接，定时抓取与验证。

3.6.1.1.3. 汇聚方式

（1）设备接入网关：针对不同类型的传感器和设备，部署相应的接入网关。工业物联网网关用于对接工业传感器，采用 Modbus、Profibus、ZigBee 等通信协议，将传感器数据转换为统一格式后接入数据中心。对于视频监控设备，采用视频流协议（RTSP）接入视频管理平台，再通过转码、压缩等处理后传输到数据中心。

（2）ETL 工具：对于业务系统中的结构化数据，利用 ETL（Extract、Transform、Load）工具进行抽取、转换和加载。通过配置数据源连接、数据映射规则和数据清洗规则，定期从业务系统中抽取所需数据，进行格式转换、数据标准化后加载到数据中心数据库中。对于文件形式的数据，编写脚本或采用专业文件处理工具解析文件内容，按照预定义的数据模型进行存储。

(3) 接口对接：与气象、环保等外部部门建立数据共享接口。通过 RESTful API、Web Service 等接口方式，按照约定的数据格式和交互协议，实现实时或定期的数据获取。接口对接过程中，要进行严格的身份认证和数据加密，确保数据传输的安全性。

3.6.1.2. 数据资源建库

为支撑数字孪生水库系统的高效运行和多业务协同，需构建覆盖全面、结构清晰、标准统一、动态更新的数据资源体系。数据资源建库主要实现一下功能：

- 1、构建涵盖基础数据、实时监测数据、业务处理数据、多媒体资料等的多层级、主题化数据库体系；
- 2、保障数据的统一归集、标准转换、语义一致和空间一致性；
- 3、为业务系统提供高效的数据调用和共享支撑；
- 4、实现数据资产的高可用、高安全和可追溯管理。

整个数据资源库采用“归集库+标准库+主题库”的三层架构设计，满足数据统一管理、共享复用和业务支撑的要求。

- 1、归集库：负责汇聚原始数据和异构数据源，是数据入库的第一站；
- 2、标准库：完成数据标准化处理，是数据治理、质量控制和空间一致性处理的主要载体；
- 3、主题库：以业务场景为导向进行数据重组，为应用系统提供面向主题的数据服务。

3.6.1.2.1. 归集库

归集库作为数据中心的数据基础层，用于临时存储从各个数据源采集到的原始数据。它不进行数据的结构化处理和深度分析，主要目的是提供一个统一的数据接收和存储区域，以便对原始数据进行初步的整理和分类。归集库数据内容包含各类传感器采集的原始数据、业务系统导出的原始文件、视频监控的原始视频流等，根据桃曲坡水库数字孪生工程建设实际情况，根据水雨情监测、工程安全监测、水质数据库表结构及标识符等技术标准，结合水库工程建设期和运行期需求，构建包括大坝安全监

测、水雨情监测、水质自动监测、水量管理监测库、闸门自动监控等各类实时数据归集库；接收处理各类监测站编码数据和不同规格的人工报送数据，并进行解码和规范化、标准化处理。

3.6.1.2.2. 标准库

标准库细分为七类数据库，以满足多源异构数据的集中管理需求。

(1) 基础库

基础库用于存储水库的基本地理信息、工程设施参数等基础数据，为其它业务库提供基础支撑。数据内容包含水库区域的地形地貌数据、水工建筑物基本信息、单位基本信息、行政区划、水文水系、交通、设施等底图类基础空间数据。

(2) 监测库

监测库主要存储各类传感器实时和历史监测数据，为水库运行状态分析和评估提供数据依据。数据内容：涵盖水位、流量、水质、大坝安全等实时监测数据，以及这些数据的历史记录。

(3) 业务库

业务库聚焦于水库日常管理业务相关的数据，支持各项业务流程的开展和决策分析。数据内容：包含水库的调度运行计划、工程维护记录、人员管理信息、财务管理数据等。

(4) 空间库

专门存储和管理水库相关的空间数据，满足空间分析、可视化和决策支持等需求。数据内容包括存储 DLG、DEM、DOM、DSM 、BIM 模型、倾斜摄影成果等基础空间数据，以及根据这些数据衍生出的空间分析结果。

(5) 多媒体库

管理水库相关的多媒体数据，图片、视频、音频等，为水库的宣传展示、培训和决策提供可视化的多媒体资料。数据内容：包括水库景观图片、工程设施照片、会议视频、培训音频等。

3.6.1.2.3. 主题库

业务主体库主要围绕桃曲坡水库的核心业务主题，对相关数据进行整合和分析，形成具有业务意义的主题数据集合，支持业务决策和分析。根据桃曲坡水库核心业务，主要有防洪减灾主题库、水量调配主题库、安全分析预警主题库、监测预报主题库、三维仿真资源库。

3.6.1.2.4. 数据组织管理

1. 数据元和数据目录

所有入库数据须按照统一的数据元标准编码；
建立数据资源目录系统，实现按层级、主题、类型管理数据资源；
支持元数据查询、数据资产追踪和依赖关系跟踪。

2. 数据编码规范

制定统一的数据编码规则，包括但不限于：
空间数据的图层命名规则；
监测设备编号与数据对应规则；
BIM 构件 ID 与数据库实体字段关联映射表；
文本与多媒体文件的命名与版本管理规范。

3. 数据生命周期管理

对全量数据实施生命周期管理，包括：
采集入库：数据源识别、采集方式、接口协议；
标准转换：格式统一、单位转换、坐标转换、语义规整；
质量校验：缺失值处理、空间一致性检测、时序完整性检验；
更新维护：支持增量更新、自动调度与人工修正机制；
归档与删除：对历史数据归档、非活跃数据设定淘汰机制。

3.6.1.2.5. 数据资源建库

1、空间数据建设

类型	数据形式	数据源	建设精度	坐标系
DLG（地理要素）	矢量数据	1:2000实测地形图	平面0.2m/ 高程0.3m	CGCS2000 + 1985国家高程基准

DEM（数字高程）	栅格高程数据	测绘/遥感反演	1米	同上
DOM（正射影像）	遥感影像正射矫正成果	航飞/无人机倾斜摄影	0.2米分辨率	同上
DSM（表面模型）	栅格模型，含植被/建筑物高程	Lidar激光点云+摄影测量	0.5米	同上
BIM模型	构件级建筑信息模型	Revit/CAD模型	LOD300以上	局部坐标+CGCS2000转换方案
倾斜摄影模型	三维模型（可Web可视化）	多镜头航拍/SLAM设备	5cm级面模型精度	地理绑定的WGS84空间坐标

2、实时监测数据汇聚

监测数据应接入包括水文监测、视频监控、自动化调度等系统的接口，数据入库策略包括：

- 建立实时流处理通道与缓存数据库；
- 定期落库归档至监测库与主题库；
- 实施数据分级校验和丢包检测机制；
- 设置时间同步机制，确保各类监测数据具有统一时间戳。

3、多媒体与文本资源管理

- 多媒体资料采用统一文件系统+数据库管理；
- 支持自动分类、标签化、版本管理和全文检索；

3.6.1.3. 数据融合治理

为提高数据的质量（准确性和完整性），保证数据的安全性（保密性、完整性及可用性），实现数据整合，提高数据质量，形成数据资产，实现数据增值，为数据共享交换和数据开放提供体系化支撑，驱动数据服务创新，需要完成数据治理。

基于“一数一源、一源多用”原则，汇聚全域数据，开展多源异构数据资源汇集和治理，建成水库数据资源池。

数据融合治理是实现数据可信共享和智能服务的关键保障环节。通过对接入数据进行全流程治理，可有效解决多源异构、数据孤岛、质量不一等问题，构建“统一、

规范、融合、可控”的数据资产体系。其主要功能有：

- 1、实现对水库各系统、各类数据源的统一抽取、转换、清洗和归并；
- 2、建立多源数据的质量校验机制，确保数据准确、完整、时效、一致；
- 3、通过语义融合和结构融合构建水库业务一体化数据视图；
- 4、支撑业务系统的数据服务调用和知识驱动决策。

3.6.1.3.1. 多源数据融合机制

1、数据类型融合策略

数据类型	融合方式	说明
结构化数据	通过字段映射和标准字典融合	水情平台、调度平台等来源的数据库字段一致性处理
半结构化数据	通过规则解析和格式转换	XML、JSON格式的设备报文、API接口数据
非结构化数据	通过AI辅助解析与语义标签融合	视频、图像、文本资料，通过OCR、语义分析、内容识别进行结构化
空间数据	坐标统一、图层叠加与拓扑关联	不同源DLG、DOM、BIM、倾斜摄影等空间数据通过坐标规整实现空间融合

2、关键字段匹配策略

针对不同系统间数据结构差异，建立字段标准匹配表和转换规则库：

字段重命名：将不同系统相同含义的字段统一为标准字段名；

单位换算：流量单位（m³/s ↔ L/min）、时间戳格式标准化；

编码映射：设备 ID、行政区划码、业务代码等统一映射；

空间匹配：空间数据通过拓扑叠加方式匹配位置实体（传感器位置与构筑物 BIM 节点匹配）。

3、模型驱动的语义融合

采用本体建模和语义网络技术，构建水库数字孪生的“业务-数据-实体”语义映射体系：

构建数据语义本体（Data Ontology）模型；

引入业务规则和上下文判断支持数据融合；

支持事件驱动数据联动，“雨量 > 阈值” → 联动调度规则 → 提取调度执行

数据。

3.6.1.3.2. 数据质量治理机制

1、数据质量指标体系

设定多维度质量标准：

指标维度	检测内容
完整性	记录是否缺失字段、记录是否丢失
准确性	数值是否超出合理范围，格式是否异常
一致性	多表字段间是否逻辑冲突，主键是否重复
时效性	是否在设定时限内更新
空间一致性	空间实体是否重叠或错位
语义规范性	字段值是否符合业务语义规则

2、治理规则体系与引擎

建立规则引擎平台，实现可配置的质量规则、治理流程：

可视化建模规则流程图；

支持周期性质量扫描任务；

错误数据回溯与修改建议；

质量评分结果输出至管理平台。

3、数据清洗与校正

引入数据清洗工具（Trifacta、Kettle 等）；

建立标准化模板，自动替换非法字符、统一日期格式；

提供人工审核接口支持人工干预修复；

多源冲突数据引入优先级/可信度机制，智能裁决取值。

3.6.1.4. 资源共享服务

1、共享机制建立

共享范围确定：明确数据中心的数据共享范围，根据数据的安全性、敏感性和业务需求，将数据分为公开数据、内部共享数据和受限共享数据。公开数据包括水库的基本地理信息、部分水质常规监测数据等，可向社会公众开放；内部共享数据供水库

管理部门内部不同部门之间共享使用，调度运行计划、工程维护记录等；受限共享数据仅在与外部特定部门或机构签订协议后，按照约定的方式和范围进行共享，防洪相关数据与上级水利部门共享，环境监测数据与环保部门共享。

共享条件设定：针对不同类型的共享数据，设定相应的共享条件。包括共享数据的访问权限分级；共享数据的时间范围，规定数据可共享的起止时间；共享数据的使用目的限制，明确规定数据共享只能用于特定的业务需求或研究项目。同时，要求数据共享方签订数据共享协议，明确双方的权利和义务，保障数据共享的安全性和合法性。

2、共享平台搭建

数据接口开发：根据数据共享需求，开发多种类型的数据接口。对于结构化数据，采用标准的 SQL 接口或 Web Service 接口，方便外部系统通过标准的数据库访问协议或 Web 服务调用获取共享数据；对于非结构化数据，视频、图片等，开发专门的文件下载接口或流媒体接口（HTTP - FLV、RTSP 等），支持外部系统按需获取数据。确保数据接口的安全性，采用身份认证（用户名/密码、数字证书）、访问控制列表（ACL）、数据加密（SSL/TLS）等技术，防止数据在共享过程中的非法访问和篡改。

数据共享目录构建：建立数据共享目录，清晰展示可供共享的数据资源。目录按照数据主题、数据类型、数据来源等进行分类组织，提供详细的数据元数据信息，数据的定义、格式、更新频率、共享条件等。通过可视化界面展示数据共享目录，方便共享数据的需求方快速查询和定位所需数据，提高数据共享的效率和透明度。

数据分发管理：实现数据的分发管理功能，根据共享需求方的申请和共享条件，进行数据的自动分发或按需分发。对于实时数据，可以采用消息队列等中间件技术，实现数据的实时推送；对于批量数据，提供数据下载或文件传输服务。同时，对数据分发过程进行记录和监控，确保数据分发的安全性和可追溯性。

3、共享数据交换

1) 资源共享标准

根据《水利数据交换规约》(SL/T783-2019)及水库数据库共享服务需求,制定共享数据的类别、更新频率、共享对象、共享服务的传输协议标准,并实施编码。

2) 资源目录构建

针对工程建设和运行管理各类业务应用数据资源服务需求,以及满足国家和全省水资源监控和工程安全运行监管要求,建设以主题数据库为共享服务的资源目录体系,以数据资产支撑上级监管部门、其他行业共享需求的数据产品目录,为基础数据、监测数据、业务数据、空间数据、共享数据资源提供支撑。

3) 资源目录管理

建设水库数据信息资源分类管理(多维分类、多维管理)、代码集管理、元数据管理、信息类注册管理、信息类变更管理、信息资源申请管理、资源编目任务管理、资源对象管理(对象定义、关系定义、属性定义、资源图谱)、权限控制管理(对象权限、属性权限、操作权限)等,实现数据资源目录及数据服务资源(结构化及非结构化数据)的查询、维护、分析统计、关系图谱等管控功能。

4) 资源共享接口

基于数据资源标准库和主题数据仓库的相关数据成果,通过动态配置方式,封装成标准的 Rest 数据服务接口,为数据共享应用提供服务,其中包括前已述及的基础数据共享接口、监测数据共享接口、业务数据共享接口、空间数据共享接口、主题数据共享接口、基于 BIM 模型监控管理的应用接口等。

5) 资源共享服务

建设数据资源共享服务门户,提供数据资源共享交换服务监控管理看板,实现数据资源共享交换各方的可视化管理,其中包括共享服务分类、共享服务注册、共享服务发布、共享服务浏览、共享用户管理,以及资源目录、信息资源、应用专题、共享统计、信息服务等一体化服务门户,以及数据资源共享日志管理与解析,共享服务实时监控功能;为业务应用和第三方用户提供资源共享服务的接入管理、服务注册、服务申请等管理功能。

6) 信息资源共享目录

为满足业务系统数据需求，在充分调研获取各方掌握数据资源的基础上，制定各部门可以提供共享的资源清单目录，定义信息资源的含义和具体内容，描述信息资源的管理方式。

3.6.1.5. 数据服务监控

数据服务与监控系统是保障数字孪生水库数据中心持续、稳定、高效运行的核心支撑模块，旨在实现以下功能：

- 1、为业务系统和用户提供稳定、灵活、可持续的数据服务；
- 2、实现对数据服务的运行状态、调用情况、性能瓶颈等的全面监控；
- 3、提供服务运行数据的可视化呈现、告警与诊断；
- 4、支持数据服务的生命周期管理与弹性扩展；
- 5、保证服务体系在高并发、高请求量环境下的安全与稳定运行。

3.6.1.5.1. 监测数据更新监控

监测数据更新频率和数据质量是构建仿真模型、实现动态感知的核心基础。平台需部署一套数据更新状态跟踪机制，支持对水文传感器、视频摄像头、水位站、气象站等数据源的采集时间、数据包大小、数据质量指标进行全流程采样分析。对于异常情况，长时间无数据上传、数据重复、数据漂移等，系统应立即记录事件并发出可视化预警。数据更新监控模块还应与数据接口服务紧密集成，实现接口层响应时间分析、异常调用识别和上传频次分析。通过与时间轴比对，可在平台上形成“数据流更新态势图”，直观显示各类传感设备在最近 24 小时、7 天、30 天内的上传频次、更新时间点分布和数据缺失率。对于关键指标，水位数据、坝体应力数据，平台可设置多级阈值监控规则，实现差值变化率判断、波动速率检测，形成面向水库安全运行的实时动态数据更新质量监控体系。

3.6.1.5.2. 数据服务调用监控

平台需部署服务调用链分析工具，能够追踪每次服务调用的发起方、调用路径、处理时长、结果状态，实现全路径可视化监控。此外，可设置多级告警机制，某服务单位时间内响应时间超过设定阈值、返回空数据比率高于指定标准、调用失败率上升

趋势明显等，系统将自动推送告警并支持联动通知平台运维人员。系统还需对调用热度进行统计分析，支持输出服务调用 TOP 榜、低频服务识别等数据，为运维优化与系统架构重构提供决策依据。整体监控系统要求支持高并发调用环境下的实时分析与归档管理，确保平台高效、安全、透明运行。

3.6.1.5.3. 主题数据服务监控

主题数据服务监控对核心服务的运行状态、数据准确性、服务稳定性进行持续性监控与运维保障。构建主题服务分类管理机制，将不同主题服务按功能领域（安全监测、调度决策、水资源分析等）分组监控。每个服务需具备完整的运行日志、响应记录、数据处理链路视图，确保从数据源到服务输出过程的全链路可追溯。系统应对主题服务的运行负载、响应速率、数据更新时间、调用失败率等指标建立监控阈值，一旦超过设定范围，触发对应的运维事件和风险提示。对接第三方系统（调度系统、可视化平台）时，需监控数据格式转换的正确性与接口契合度，确保跨平台服务无缝运行。此外，平台应定期输出主题服务运行状态月报、服务健康评分，为后续服务治理与优化提供数据支撑。监控系统还应支持对某一主题服务在特定时间范围内的异常行为溯源分析，帮助发现数据异常、链路中断等问题的根本原因。

3.6.1.5.4. 服务异常处置管理

服务异常处置管理支持对服务故障、超时、无响应、数据错误、调用失败等多类异常事件的自动识别与分类归档。系统需内置异常事件库，定义常见故障模式、处置策略与应急预案，实现智能匹配与处置建议推送。每当平台监测到异常事件时，应自动生成事件工单，并指派至对应责任人或处理角色，支持问题处理状态的实时跟踪（待处理、处理中、已解决等）。建设异常可视化总览界面，集中展示所有服务的异常指标状态图、异常时序分布图、频发异常服务 TOP 榜，便于管理者全面掌握系统稳定性。联动机制方面，异常事件应支持与短信、邮件、钉钉、微信等多种渠道推送，确保第一时间干预。高级配置还可集成自动重启、接口降级、流量限速等服务治理策略，实现部分故障的自动化修复与容错能力构建。

3.6.1.5.5. 数据服务日志管理

完善的数据服务日志管理实现对数据服务层、接口层、数据库层、平台层等各类服务运行日志、调用日志、异常日志、审计日志的分级采集和分类归档。系统国产日志平台（青藤、安恒）构建日志管理体系。平台需支持按关键字段（服务名称、调用IP、接口路径、操作用户、时间范围等）检索和过滤日志记录，便于快速定位问题源头。日志系统需支持结构化解析与图形化展示，结合时间轴输出调用趋势图、异常频次图、热力图等，辅助平台调优。日志保留策略方面，应根据业务级别设定保留时限（核心服务日志保留6个月以上），并支持自动归档与备份。同时，应严格控制日志访问权限，记录用户对日志的查询、导出、修改等行为，确保日志数据的完整性与安全性。该模块还能与安全审计系统联动，实时分析是否存在敏感操作或违规调用行为。

3.6.1.5.6. 数据资源监控展示

数据资源是数字孪生系统的关键资产，需构建统一的数据资源监控与展示平台，实现数据资产的可视化、可控化、可审计化管理。需整合所有结构化、非结构化、实时与历史数据资源，构建数据目录、资源地图与分布视图，对接各类数据源（遥感影像、水情数据库、模型数据集等）。系统应支持按主题、来源、格式、更新频率、使用情况等多个维度对数据资源进行分类统计，并形成“资源全景图”。每条数据资源需记录其元数据（数据名称、数据表、更新时间、权限等级、接口状态等）并在展示层可查询、可筛选、可溯源。监控展示界面应支持资源使用频率统计、资源热度排行、无调用资源识别、资源冗余度分析等功能，辅助数据治理决策。平台还应提供图表化界面，展示各类数据类型（水文、工程、调度、视频）的占比、容量、增长趋势、访问热点分布等指标，全面反映数据资源运行态势。此外，应集成数据资产安全评分机制，对高频调用、高风险数据设定更高的权限与加密策略，保障水库数据系统的安全可控运行。

3.6.2. 数据资源建设

数据资源建设包括标准库涉及的所有数据，是数字孪生水库数据中心的核数据仓储体系，其功能是：

- 1、统一数据格式与标准：对接各类数据源，统一数据编码、结构与格式，构建完整、准确、可复用的数据体系；
- 2、支撑全业务应用场景：覆盖水库管理、运行调度、风险预警、应急响应等各业务领域，满足上层平台与模型的多样化数据需求；
- 3、提升数据资产管理能力：通过归集与标准化管理，建立数据资源目录，实现数据可查、可控、可追溯；
- 4、形成基础数据底座：构建水库相关基础空间数据、监测数据、多媒体信息、结构模型等资源，为孪生体建模与三维仿真提供基础支撑。

3.6.2.1. 建设要求

3.6.2.1.1. 标准库体系架构

标准库整体架构划分为以下七大核心子库：

- 1.基础库：以 DLG、DEM、DOM、DSM、倾斜摄影、BIM 等空间地理数据为主；
- 2.监测库：集成水情、雨情、水质、气象、位移等传感器数据；
- 3.业务库：涵盖水库工程管理、调度运行、隐患治理、运维巡检等业务过程数据；
- 4.共享库：与外部单位共享的政务、行业、水文等数据集；
- 5.空间库：面向空间分析、三维建模的图层数据资源；
- 6.文本库：汇聚规章制度、管理文档、设计图纸、分析报告等结构化与非结构化文档；
- 7.多媒体库：存储与水库相关的照片、视频、监控录像、航拍图像等数据。

3.6.2.1.2. 标准库数据类型与结构

子库类型	数据类别	数据格式（建议）	说明
基础库	DOM、DEM、DSM	GeoTIFF、IMG、ASCII GRID	高分辨率遥感数据、数字高程与地貌模型
	DLG（地形图）	Shapefile、GeoJSON	按照国家1:1000或1:2000标准制图
	倾斜摄影	OSGB、3MX、Cesium 3D Tiles	面向三维建模的航拍图像数据
	BIM模型	IFC、Revit、gltf	与土工建筑结构一一对应
监测库	水位、雨量、水温等	CSV、JSON、MQTT 流式数据	实时采集并入库
	水质、泥沙浓度等	Excel、JSON	定期监测与上传

业务库	工程运行日志	PostgreSQL、Excel	日志、台账、巡检记录
	计划调度数据	CSV、数据库	与平台业务系统对接
共享库	外部水文资料	JSON、XML、Web Service	与省市水务平台或水文站点接口共享
空间库	建筑物、地形	Shapefile、GeoPackage、PostGIS	可支持空间查询、分析与展示
文本库	制度、报告、图纸等	PDF、Word、CAD	OCR支持全文检索
多媒体库	图片、视频、音频	JPG、MP4、AVI、WAV等	与监控系统、无人机平台实时对接

3.6.2.1.3. 数据分辨率与精度要求

为保障建库数据满足高质量数字孪生建模需求，推荐采用以下精度标准：

数据类别	空间分辨率 / 精度	说明
DOM	≤ 0.2米	高分辨率影像，用于水面与周边环境可视建模
DEM/DSM	≤ 0.5米	精细描述地形高程，辅助分析水库流域形变与蓄水量
倾斜摄影	≤ 5cm	构建三维真景模型（用于三维场景可视化）
BIM模型	LOD 300 或以上	满足结构构件级表达（支撑施工、维护管理）
监测数据	实时/分钟级更新	保证动态感知与模型驱动仿真响应时效
空间数据	国家测绘标准1:1000或1:2000	符合测绘规范

3.6.2.1.4. 空间参考基准统一

为保障不同来源数据的一致性与融合能力，项目数据统一采用如下空间基准：

- 空间坐标系：CGCS2000 国家大地坐标系；
- 高程基准：1985 国家高程基准；
- 时间基准：统一采用 UTC 标准时间，支持时间戳统一解析；
- 三维模型定位基准：BIM 模型、倾斜摄影模型需融合至统一坐标下，确保精确叠加；
- 地图投影方式：高斯-克吕格投影（3°）；
- 空间单位统一：所有空间数据单位统一采用米（m）。

3.6.2.2. 基础库

基础信息是整个系统的数据核心，涵盖了水系、水利工程、监测站（点）及工程管理等多方面内容。通过收集这些基础数据，不仅能构建清晰的水系结构关系，还能实现水利工程与监测站点的全面管控与分析，辅助调度与决策。

1、水系类数据

水系类数据主要收集流域内干流水系的相关信息，包含河流的源头、河口、流经区域、河道长度、流域面积、河网密度及其与其他河流的相互关系等。这些数据用于构建水系之间的关系网络，通过矢量化图层实现数字化展示，方便在 GIS 系统中直观呈现水系结构。

干流数据：指主要河流的信息，干流的名称、流经的省市区、河流长度、流域面积、河口与源头的经纬度等。

支流数据：收集与干流连接的支流数据，包括支流名称、长度、与干流的交汇点位置、支流流域面积等。

河网密度数据：通过收集流域中河流的总长度和流域面积，计算河网密度，分析流域内水文特征。

水系关系图层：基于收集到的干支流数据，建立矢量化水系图层，清晰展示水系结构及水流方向，方便进行流域水文模型构建和防洪分析。

2、水利工程类数据

水利工程类数据涵盖了区域内所有水库、大坝、渠道、闸门等水利工程的基础信息。通过收集水利工程的运行特性和位置关系，构建水利工程与河流水系之间的关联，形成完整的水利工程网络。此类数据不仅用于监控水利工程的运行状况，还能结合水系图层进行洪水风险评估和资源调度。

水库信息：包含水库名称、位置、库容（总库容、有效库容、死库容）、坝高、坝型、溢流方式、主要功能（防洪、供水、灌溉等）。

大坝信息：收集大坝的建设年限、设计标准、坝体类型、坝体材料、最大坝高、坝长、运行状况等，便于评估大坝的安全性和运行可靠性。

渠道和泵站数据：记录渠道的设计流量、长度、位置、流量和运行状况等信息，

帮助分析水资源调度能力。

闸门信息：包括闸门的型号、规格、启闭方式、底坎高程、运行状态等，用于监控水流调节设备的工作情况。

水利工程图层：基于收集到的水库、大坝、渠道和闸门等水利工程数据，建立矢量化水利工程图层，直观展示工程布局及其与水系的关系。

3、监测站（点）类数据

监测站点类数据包含区域内雨量站、水位站、流量站、气象站、视频监控点等监测设备的数据。这些站点的数据实时采集和上传，支撑整个水库、河道及流域的水文气象监测工作。通过建立监测站点与水利工程和河流水系的空间关系，可以精准评估各区域的水文状况。

雨量站数据：包含雨量站的名称、编号、位置（经纬度）、设立日期、监测频率、历史降雨量记录等，用于分析降水对流域水情的影响。

水位站数据：记录水位站的站点名称、编号、位置（经纬度）、水位量程、历史水位记录、实时水位数据等，帮助评估河流和水库的水位变化。

流量站数据：收集流量站点的流量计数器、位置、实时流量数据、历史流量数据等，用于分析河道流量变化趋势。

视频监控点数据：监控点位置信息、监控画面覆盖范围、设备型号、实时监控视频等，帮助及时发现水库及河道区域的潜在风险。

监测站点图层：根据监测站点的位置和类型，构建监测站点的矢量化图层，直观显示监测设备的分布，辅助实时监控和数据分析。

4、工程管理类数据

工程管理类数据涵盖水利工程的项目建设、运行管理等方面的信息。这类数据包括工程的规划设计、施工建设进度、质量监测、运行维护及大修记录，能够支持水利工程的全生命周期管理。

项目建设数据：包括工程的设计文件、施工进度、关键里程碑节点、验收报告等，记录水利工程从规划到竣工的全过程。

运行维护数据：记录水利工程的日常运行情况，设备巡检记录、维修保养记录、应急演练等，确保工程的正常运行。

安全评估数据：定期的安全检查报告、风险评估结果、历史隐患整改记录等，帮助保障工程的安全性。

类别	数据名称	数据说明
水系类数据	干流数据	主要河流的名称、河流长度、流域面积、源头和河口位置等信息
	支流数据	与干流相连的支流名称、长度、交汇点位置、流域面积等
	河网密度数据	流域内河流总长度和流域面积，计算河网密度
	水系关系图层	矢量化水系图层，展示干支流水系之间的关系和水流方向
水利工程类数据	水库信息	水库名称、库容、坝高、坝型、溢流方式、功能等
	大坝信息	大坝设计标准、坝体类型、最大坝高、坝长、运行状况等
	渠道和泵站数据	渠道设计流量、长度、位置，运行状况
	闸门信息	闸门型号、规格、底坎高程、启闭方式及运行状态
	水利工程图层	矢量化水利工程图层，展示水库、大坝、渠道等水利工程的分布
监测站（点）类数据	雨量站数据	雨量站名称、编号、位置、降雨量记录、监测频率
	水位站数据	水位站名称、编号、位置、水位量程、实时及历史水位记录
	流量站数据	流量站名称、编号、位置、实时及历史流量记录
	视频监控点数据	视频监控点位置信息、覆盖范围、设备型号、实时监控画面
	监测站点图层	矢量化监测站点图层，展示监测设备与水利工程及水系的关联关系
工程管理类数据	项目建设数据	工程规划设计、施工进度、验收报告等，记录工程从建设到竣工的全过程

	运行维护数据	工程日常运行巡检记录、维修保养记录、应急演练等
	安全评估数据	工程安全检查报告、风险评估结果、隐患整改记录

3.6.2.3. 监测库

监测库作为水库运行态势感知和智能决策的核心数据基础，主要汇聚实时与历史的水文、水质、气象、位移、压力、渗流、视频、雷达等多源异构监测数据。该库需满足多源数据高频入库、时空统一管理、历史溯源分析与智能关联调用等功能，为感知层采集数据向孪生仿真、智能分析、调度决策等业务模块提供支撑。

1、水雨情监测数据

水雨情监测数据包含已建和新建雨量监测站、水位监测站及流量监测站的历史与实时数据。这些数据主要通过水雨情遥测系统采集，并通过前置库进行数据交换处理。监测数据包括降雨量、水位、流量等关键水文指标，用于评估洪水风险和进行水库调度决策。

根据《实时与水情数据库表结构及标识符标准》（SL323-2011）等相关要求，建立了遥测数据库和实时雨水情数据库。遥测数据库主要记录测站基础信息、实时信息及测站设备运行状态。实时雨水情数据库则侧重于记录测站的实时水文和气象数据及其时段信息，确保数据的精确性和实时性。

数据库结构中，数据按照更新频度和性质划分为两类：

基本信息表：记录更新频度较低或基本不变的数据，包括测站的站号、站名、站址、经纬度、高程、历史最高水位等。这类数据在系统建设时录入，主要用于长期参考。

实时信息表：记录更新频度较高的实时数据，实时水位、雨量、流量及测站运行状态等。这类数据由信息采集系统自动录入，反映监测站的实时状况和水文气象要素变化。

具体数据分类如下：

基础信息

包含测站的站号、站名、站址（所在乡镇、村、组）、经纬度、高程、设立日期、类别（自动站或人工站）、所属流域及关联村庄、历史调查最高水位及其时间、实测最高水位及其时间、监测人员及其联系方式等。河流站还包括河流特征、河长、河道类型等信息。

防洪信息

包含水库和河道的防洪任务信息，水库库容曲线、河道断面信息、洪水传播时间等。这些数据帮助评估洪水来临时的风险和相应的应急反应时间，辅助防洪调度。

实时数据

包含水库和河道的实时水位、流量、降雨量、蒸发量等水文数据，以及工程调度信息。这类数据为防洪预警和水资源管理提供实时支持。

2、大坝安全监测数据

水库大坝安全监测数据主要涉及大坝、溢洪道及其它水库相关建筑物的变形、渗流、渗压等状况。通过安全监测仪器和设施的自动化监测系统，这些数据实时采集并存储在大坝安全监测信息系统数据库中。部分数据通过自动化采集设备获取，部分外观监测数据和巡视检查数据则由人工填报。

数据类别包括：

（1）河流基础信息

记录河流的集水面积、河源与河口位置、河流长度、河床坡降等特征信息，便于分析水文特性和流域水利结构的稳定性。

（2）水库基础信息

包含水库的集水面积、总库容、死库容、坝型、坝高、溢流方式、闸门底坎高程等。此类数据用于监控水库的水资源调度和安全运行。

（3）大坝工况

包含大坝的形变、渗流、渗压等数据，反映大坝在运行过程中的稳定性。实时监控这些数据可帮助预防大坝可能出现的结构性风险。

3、视频监控数据

水库库区大坝以及河道风险区的视频监控数据通过流域视频监控系统实时采集。这些数据主要用于库区安全监控、坝体巡视以及河道突发风险的预警。视频监控系统通过接口接入，确保实时画面传输至调度中心，辅助工作人员对水库和河道的风险进行实时监控和快速反应。

4、其他监测数据

其他监测数据包括水库水质监测数据、气象数据、闸门运行工况等。气象数据则来自气象台的自动监测系统，包含风速、风向、气温等数据，帮助评估未来天气对水库的影响。闸门工况数据则用于监控闸门的运行状态，确保泄洪和调水操作的安全可靠。

类别	数据名称	数据说明
水雨情监测数据	基础信息	测站站号、站名、站址、经纬度、高程、历史水位、设立日期、监测人员等
	防洪信息	水库库容曲线、河道断面信息、洪水传播时间等
	实时数据	水库和河道的实时水位、流量、降雨量、蒸发量及工程调度信息
大坝安全监测数据	河流基础信息	河流集水面积、河源与河口位置、河流长度、比降等
	水库基础信息	水库集水面积、总库容、死库容、坝型、坝高、溢流方式、闸门底坎高程等
	大坝工况	大坝形变、渗流、渗压等数据，反映大坝结构稳定性
视频监控数据	库区视频监控数据	水库库区大坝及河道风险区的视频监控数据，实时获取风险预警
其他监测数据	预警广播数据	水库预警广播系统中传递的紧急信息
	气象数据	风速、风向、气温等气象监测数据，评估天气变化对水库运行的影响
	闸门工况数据	闸门运行状态及调度信息，确保泄洪和调水安全
	水质监测	PH、溶解氧、电导率、浊度、氨氮等

3.6.2.4. 业务库

业务库是服务水库各业务系统与管理平台的数据集成核心，承担业务数据的归集、分类、存储与服务任务，支撑调度运行、工程管理、水质保障、安全监控、设备运行等多业务场景的数字化、智能化应用。业务库的建设应紧贴业务实际流程，融合已有系统数据与孪生平台新增数据，实现统一的数据标准、统一的业务视图与数据治理管理。

（1）防洪安全数据：防洪安全数据是智慧水库管理中的关键数据类型，主要用于防洪预警、洪水调度以及应急响应等。它包括以下几个具体数据类别：

降雨量数据：通过雨量计、雷达、卫星等设备获取的实时降雨量，以及历史降雨数据。这些数据用于评估流域内降雨强度及洪水发生的潜在风险。

水文监测数据：涵盖河流水位、流量、流速等实时监测数据，尤其是在汛期，这些数据对于监控河流和水库水位上涨情况至关重要。

气象预报数据：主要通过气象台、雷达、卫星等渠道获取，包括风速、风向、降水预报、气温等。这些数据用于预测未来天气条件，评估是否可能形成暴雨或洪水等极端气候事件。

洪水预警数据：基于实时的水文气象数据，通过洪水模型生成的预警信息，用于提前发布洪水风险预警和调度指令。

历史洪水数据：包括历史上发生的洪水事件的水位、流量、受灾情况等数据，为制定防洪调度方案和风险评估提供参考依据。

（2）工程安全数据：水库工程安全数据侧重于监测水库大坝的结构安全与健康状态。具体包括以下数据类别：

位移监测数据：通过布设在大坝结构上的位移传感器，实时监测坝体在水平和垂直方向的位移变化，评估大坝结构的稳定性。

应力应变数据：由应变计和压力传感器采集，用于监测大坝内部的应力和应变变化，帮助判断坝体材料是否发生了异常形变。

渗压渗流数据：通过渗压计和渗流监测设备，采集坝体内部及坝基的渗水压力和

渗流速率，防止发生坝体渗漏或渗流过大引发的结构风险。

温湿度监测数据：监测坝体内部温湿度，分析环境变化对坝体结构稳定性的影响，尤其是季节性温度变化带来的材料热胀冷缩问题。

形变监测数据：通过形变监测仪器对大坝表面及内部的形变进行实时监控，确保在发现异常时能够及时处理。

历史监测数据：记录大坝在不同运行阶段的安全状况变化，为预测未来可能的风险提供数据支持。

（3）水资源安全数据：水资源安全数据旨在优化水库的水资源调度与利用，涵盖了供水、灌溉和水生态保护等方面的数据，包括：

水量监控数据：实时监测水库的库容、水位、水流进出量等数据，确保水库能够合理调配水资源，满足下游用水需求。

水质监测数据：监控水库及上下游水体的水质状况，特别是水中的溶解氧、pH值、氨氮含量、重金属等关键指标，以保障供水安全和水生态健康。

水库调度记录：记录水库在不同时间段的放水、泄洪和调水等操作情况，支持调度决策的优化。

供水和灌溉数据：涵盖水库日常供水量、灌溉量的实时数据和历史数据，确保供水和灌溉的稳定性和可持续性。

水生态环境数据：主要包括水库及周边生态环境的监测数据，植被覆盖率、生态流量、鱼类栖息地等，确保水库运行与生态环境保护的协调发展。

上下游水文数据：包括上下游河道的流量、水位、泥沙含量等数据，确保水库调度方案既满足下游用水需求，又避免上游洪水或干旱情况的发生。

类别	数据名称	数据说明
防洪安全数据	降雨量数据	实时降雨量、历史降雨数据，用于评估洪水风险
	水文监测数据	河流水位、流量、流速，监控河流和水库水位
	气象预报数据	风速、风向、降水预报、气温，评估极端气候风险
	洪水预警数据	基于洪水模型生成的预警信息，用于防洪调度
	历史洪水数据	历史洪水事件记录，支持防洪风险评估

工程安全数据	位移监测数据	坝体水平和垂直位移，监测大坝结构稳定性
	应力应变数据	坝体内部应力应变变化，判断是否有异常形变
	渗压渗流数据	坝体渗压、渗流速率，防止结构渗漏风险
	温湿度监测数据	坝体内部温湿度，分析环境变化对结构的影响
	形变监测数据	坝体表面和内部的形变监测，确保大坝安全
	历史监测数据	大坝结构的历史安全状况记录，为未来预测提供支持
水资源安全数据	水量监控数据	水库库容、水位、流入流出水量，支持水资源调度
	水质监测数据	水质关键指标监测，保障供水安全和生态健康
	水库调度记录	调水、泄洪、放水操作记录，优化调度决策
	供水和灌溉数据	实时供水量和灌溉量数据，确保供水灌溉的稳定性
	水生态环境数据	植被覆盖率、生态流量、鱼类栖息地，保障生态环境健康
	上下游水文数据	上下游河道流量、水位、泥沙含量，确保上下游的水文安全

3.6.2.5. 空间库

空间库是数字孪生水库数据中心的重要基础设施之一，主要用于统一管理和组织各类空间地理数据，支撑数字孪生模型构建、三维可视化、遥感分析、水文模拟、调度分析、应急指挥等核心业务需求。

空间库主要汇聚与整合以下类型的数据资源：

1. 基础地理数据

DLG（数字线划图）：主要包括地形要素、行政边界、水系、道路、建筑物等二维基础数据；

DEM（数字高程模型）：提供地形起伏信息，支撑流域模拟、水动力分析等；

DOM（数字正射影像图）：高分辨率遥感影像数据，用于实景可视化与变化监测；

DSM（数字表面模型）：包含植被、建筑物高度等信息，支撑三维场景构建；

倾斜摄影数据：用于构建真实三维场景，作为三维孪生底板；

BIM 数据（含水工建筑物）：大坝、溢洪道、涵洞、闸门等结构的三维信息；
渠系管线数据（含输水涵管、观测井）：地下基础设施的空间分布信息；
水域边界线、分水岭、流域线、岸线线状要素：支撑水文空间分析；
历史遥感影像与变化数据集：用于对比分析水体范围、地形变化、岸线侵蚀等。

2. 三维模型数据

三维建筑模型（BIM-GIS 融合）；
倾斜摄影构建的三维点云和网格模型；
水下地形模型（通过声呐测绘数据构建）；
地质剖面模型（坝基剖面、地质构造）；
三维场景场站点、设备布设点（通过坐标系归一化）。

3. 空间关联业务数据

视频监控位置信息与可视域范围；
传感器布点（雨量、水位、流速、压力等）；
施工监测、病害检测点位空间标注；
预警信息空间落点（历史险情、灾害事件）；
设备检修、巡检路线与定位信息；
河道控制断面及历史水位线数据；
应急预案联动点（撤离路线、避险点）

3.6.2.6. 共享库

按照共享范围和共享需求，筛选出可共享的数据：包括部分水文监测数据、水质监测数据、水库基础地理信息等。共享数据经过严格的数据处理和审核，确保数据的准确性、完整性和一致性。共享数据的格式按照统一的标准进行转换，将水质监测数据转换为 **CSV** 格式，基础地理信息数据转换为 **Shapefile** 格式，方便外部部门和系统进行数据引用和应用开发。

外部系统通过网络调用接口，可以查询基础数据库，获取基础数据信息，并将查询到的基础数据返回成 **xml** 格式的文件。主要共享对象为信息化数据中台，包括：气

象、降雨、设备资产，以及桃曲坡水库下游单位的业务数据。

3.6.2.7. 文本库

文本库是用于存储、管理、检索和应用各类结构化与非结构化文本类信息的重要数据基础，旨在支持数字孪生水库的政策制度管理、业务文档留存、操作规程标准、历史档案追溯、智能知识推理等需求。

文本库汇聚的主要内容包括：

1. 制度规范类文档

水库运行管理制度；

水文测报规范；

应急预案、调度规程；

国家及行业技术标准（GB、SL、DL 等）；

巡检作业规范、监测规程。

2. 历史档案文档

水库工程建设资料；

图纸说明文字部分；

历年运行记录、调度日记；

水文年报、汛情日志；

专题技术报告、隐患处理档案。

3. 日常业务记录

巡查记录、问题上报；

水库会议纪要；

检查报告、评估报告；

报告生成模板、制度模板。

4. 知识性文本资料

专家咨询意见；

培训教材、学习笔记；

技术解答与 FAQ 库；
设备说明书、用户手册。

3.6.2.8. 多媒体库

多媒体库主要用于存储、管理和服务化分发各类图像、音频、视频等非结构化多媒体数据，构成水库数字孪生可视化的重要支撑，是视频监控、施工影像、水下探测、无人机巡查、培训教学、事件记录等数据的集中存储与应用平台。

文本库汇聚的主要内容包括但不限于以下几类：

1. 视频数据

实时监控视频流；
历史录像数据；
无人机巡检视频；
无人船拍摄视频；
应急演练录像；
宣传与培训视频素材。

2. 图像数据

工程建设与验收照片；
现场巡查与隐患拍摄图片；
倾斜摄影静态图；
遥感影像快照；
灾害发生时图像记录；
热成像、夜视图像。

3. 音频数据

监测设备声学信息；
通讯录音、广播录音；
培训语音资料。

3.7. 孪生赋能

数字孪生赋能是实现水库智能化管理、安全运行与优化调度的核心技术支撑。通过构建水库的数字孪生体，平台能够实时映射物理水库的状态，结合多源数据与多学科模型，为水库的规划、监测、预警、调度和应急管理提供全生命周期支持。基于数据资源平台汇聚整合的基础地理数据、基础数据、监测感知数据、业务管理数据、共享数据，以及水利数据模型、水利空间网格模型、水利工程 BIM 模型、地理信息模型等，通过建立桃曲坡水库多维多时空尺度数据模型，构建物理流域及其影响区高保真、全要素、数字化虚拟现实空间的数据流域底板，形成数字化应用场景。通过建立水利专业模型、智能算法模型、可视化模型和数字模拟仿真引擎，耦合数字化场景，构建数字孪生水库，实现数字孪生水库与物理水库实时同步仿真运行。通过建立水利知识图谱库、业务规则库、历史场景模式库和专家经验库，融合数字孪生水库，形成具备语音识别、图像与视频识别、遥感识别、自然语言处理等智能模型和分类、回归、推荐、搜索等机器学习算法为支撑的智慧水库，为智慧水库 2+N 水利业务的预报、预警、预演、预案“四预”功能实现提供全方位、智能化支持。

3.7.1. 数据底板

3.7.1.1. 数字孪生基础平台

3.7.1.1.1. 地理信息平台（GIS）

地理信息系统（GIS）平台在数字孪生水库的基础平台中起到至关重要的作用，主要负责桃曲坡水库及其流域的空间数据管理、实时数据监控、可视化展示和数据分析等功能，确保能够准确反映桃曲坡水库的地理位置、设施分布、流域状况等信息，同时为管理人员提供决策支持，通过 GIS 平台，水库管理者能够实时查看洪水风险、流域水位变化等关键信息，及时调整水资源调配和应急响应策略。

3.7.1.1.1.1. 平台的功能设计

1、空间数据管理与存储：

空间数据存储：使用空间数据库来存储和管理水库相关的空间数据，包括水库地形、流域分布、基础设施等。

数据层次化管理：GIS 平台将空间数据分为不同层次（基础地形、设施信息、实

实时监控数据等），支持层次化数据查询与访问。

2、空间数据分析与可视化：

空间分析功能：提供对流域范围、降水量、流量、水位等数据进行空间分析，支持流域划分、水流路径分析、区域内水资源分布分析等。

动态可视化展示：通过动态地图、三维地形图、热力图等方式实时显示水库、流域、风险区域等空间数据。

3、数据交互与决策支持：

多源数据集成：整合来自气象、流量监测站、卫星影像等多个数据源的实时数据，为决策者提供完整的信息支持。

决策支持系统：提供基于 GIS 平台的数据分析与结果展示，帮助水库管理人员进行水资源调度、设施维护、洪水预警等决策。

3.7.1.1.1.2. 技术要求与实现

1、技术架构：

空间数据存储与管理：进行空间数据存储，确保数据的高效存储与查询。

数据查询与分析：提供强大的空间分析和数据查询服务，支持空间数据的快速计算与分析。

2、前端展示：

进行二维地图、三维可视化展示，帮助用户进行空间数据的交互式操作。

提供数据叠加功能，将实时数据、历史数据、风险评估数据等叠加到地图上，帮助用户进行综合分析。

3、数据处理与传输：

实时数据流：实时接收来自传感器网络的数据，确保水库及流域的实时监控数据能够及时展示。

数据接入与接口：支持与各类传感器、遥感系统、气象系统的数据接口，实时接入并展示相关数据，形成完整的监控数据流。

4、云平台与分布式架构：

将 GIS 平台部署在云平台上，实现数据的云端存储和计算，保障平台的高可用性和扩展性。

采用微服务架构，通过容器化技术实现系统的可扩展性，支持水库管理系统的不断扩展与更新。

5、用户界面与交互设计：

提供直观的用户界面，包括地图操作工具、实时数据展示框架、报告生成工具等，使得管理人员能够轻松获取关键数据并进行分析。

支持交互式分析工具，绘制流域区域、设置水位预警阈值、进行历史数据对比分析等。

3.7.1.1.1.3. 地理空间数据采集

采集桃曲坡水库工程上游至柳林入库站，下游至岔口枢纽区段的约 1:1000 陆地地形图、优于 0.08 米实景三维模型各 1 份。

采集步骤如下：

1) 陆地地形图测绘

采用服务采购形式，针对本次数字孪生工程上下游管理区域，进行陆地地形图测绘。陆地地形采用无人机机载激光雷达与航空摄影测量方法进行数据采集，获取激光点云数据和陆地正射影像图，内业编辑处理得到陆地地形图；

2) 实景三维模型

主要针对水库大坝及上下游等重要区域采用实景三维拍摄的方式建立三维仿真模型。实景三维拍摄通过在同一飞行平台上搭载多台传感器，同时从垂直、倾斜等不同角度采集影像，获取地面物体更为完整准确的信息。垂直地面角度拍摄获取的影像称为正片(一组影像)，镜头朝向与地面成一定夹角拍摄获取的影像称为斜片(四组影像)。

拍摄所得三维仿真模型整合至专题图，在专题图中选定特定建筑物，即可查看对应模型，及相关工程信息。

技术指标：

- 1 比例尺：1:1000，精度 0.08m；
- 2 坐标系统：采用 CGCS2000 国家大地坐标系统，采用高斯-克吕格投影；
- 3 高程系统：采用 1985 高程基准；
- 4 拍摄方式：倾斜摄影测量；
- 5 航向、旁向重叠度满足立体观测需要，影像重叠度按航向 70%和旁向 70%进行设计；
- 6 航线弯曲度不大于 3%；
- 7 同一航线上相邻像片的航高差不应大于 20m，最大航高与最小航高之差不应大于 30m；航摄区内实际航高与设计航高之差不应大于 50m；当相对航高大于 1000m 时，其实际航高与设计航高之差不得大于设计航高的 5%(100m)；
- 8 影像应清晰，层次丰富，反差适中，色调柔和；应能辨认出与地面分辨率相适应的细小地物影像，能够建立清晰地立体模型。

3.7.1.1.2. 建筑 BIM 模型

建筑信息模型（BIM）在数字孪生水库系统中，主要用于描述水库工程设施及其周围环境的三维空间数据。BIM 模型不仅包括水库的几何形态、建筑结构和设施设备，还包括这些设施的属性数据、维护记录、生命周期管理等信息。通过 BIM 模型，可以对水库工程设施进行精细化管理、维护、性能分析及应急预案演练。

3.7.1.1.2.1. BIM 模型的功能

（1）水库工程设施建模：

水库工程设施几何建模：BIM 模型将详细描述水库的坝体、溢洪道、闸门、泵站、控制室等设施的几何形态。

设施属性信息管理：每个设施的模型中将包含详细的属性信息，建材、设计参数、安装时间、使用年限、维护周期等。

（2）结构与性能分析：

设施结构分析：通过 BIM 模型进行坝体结构分析、溢洪道抗洪分析、泵站振动分析等，评估设施的稳定性和抗灾能力。

性能仿真与预警：基于 **BIM** 模型和实时数据，进行设施的性能仿真，坝体的渗透性分析、溢洪道的排水能力等，及时发现潜在故障。

(3) 设施生命周期管理：

运营阶段管理：通过 **BIM** 模型对水库设施进行实时监控，记录设施的使用状态、维修历史、健康状况等，为日常运营和维护提供数据支持。

(4) 虚拟现实与应急演练：

虚拟现实展示：将 **BIM** 模型与虚拟现实技术结合，提供水库设施的沉浸式展示，便于管理人员进行设施的空间浏览与查看。

应急响应仿真：基于 **BIM** 模型模拟不同应急场景，帮助决策者提前预演应急响应方案。

3.7.1.1.2.2. 技术要求与实现

(1) BIM 建模工具与平台：

使用 **BIM** 建模工具进行设施的精细化建模，并进行多专业协同设计，确保不同学科的数据无缝衔接。

(2) 数据集成与管理：

BIM 模型格式：采用标准化格式存储设施的几何数据和属性信息，确保不同工具和平台之间的数据兼容性。

传感器与实时数据集成：结合实时监控传感器，将设施的实时状态反映到 **BIM** 模型中，实时更新模型。

(3) 模型精度与更新机制：

确保 **BIM** 模型的精度，尤其是在复杂水工设施的建模过程中，确保设施几何形态和性能参数的准确性。

3.7.1.1.2.3. 构建内容

水库大坝：大坝为均质土坝，坝顶高程 **792.00m**，坝高 **61m**，防浪墙高 **1m**，坝顶长 **294m**，坝顶宽 **6m**，底宽 **350m**。

溢洪道：溢洪道位于大坝右侧，由侧堰、侧槽和陡坡三部分组成。**2001** 年溢洪

道加闸工程实施后，有效堰宽（设闸孔 7 孔，闸孔单宽 10.5m）73.50m，堰顶高程 783.50m，正常蓄水位 788.50m。

高放水洞位于大坝右侧，担负农业灌溉、城市供水任务，为城门洞型无压隧洞，洞径 2×2.1m，总长 380m，进口底槛高程 762.80m，出口底板高程 762.11m，设计流量 5.5 m³/s。进口设放水塔，安装 2.2×2.1m 平板式工作和检修闸门各 1 扇，均采用 50t 螺杆式启闭机启闭。

低放水洞位于高放水洞右侧，担负灌溉、泄洪拉沙任务，为圆形有压隧洞，洞径 3m，总长 335.3m，进口底槛高程 755.00m，出口底板高程 738.65m，灌溉流量 8m³/s，泄洪最大流量 97m³/s。进口设放水塔，安装有 1 扇 3.3×3.0m 平板检修钢闸门，采用一台 125t 固定卷扬式启闭机；在出口安装 1 扇 2.5×2.85m 的弧形工作钢闸门，采用 50t 螺杆式启闭机。

另外包括水库的其它附属建筑物高干节制闸、低干分水闸、黄堡供水闸等。

利用常规 BIM 构建软件，对以上工程建筑以及闸门等机电设备进行三维模型建模，1:1 还原工程、设备几何立体形态特征以及空间位置、连接关系等。BIM 模型内容包括建筑结构和机电专业等，按照使用粒度拆分模块建模，最终形成完整统一 BIM 模型有机体。模型精细度为 LOD3.0。

3.7.1.1.3. GIS 与 BIM 融合构建

3.7.1.1.3.1. GIS 与 BIM 融合

GIS 与 BIM 的融合是数字孪生水库系统中的关键技术，能够将地理空间数据与水库设施的详细信息结合起来，形成一个完整的水库管理平台。通过 GIS 和 BIM 的融合，用户可以在空间上准确定位设施、查看设施状态、进行洪水预测和风险评估等。

3.7.1.1.3.2. GIS 与 BIM 融合的功能

（1）空间数据与建筑数据同步：

通过标准化的数据格式，确保 GIS 中获取的地理空间数据与 BIM 模型中的建筑设施信息可以无缝对接。在 BIM 模型中嵌入地理坐标，确保每个设施在地图上的准

确位置。

(2) 实时数据与设施数据融合：

将实时传感器数据叠加到 BIM 模型上，实时展示设施的运行状况。实现实时数据流的处理和显示。

(3) 多维度展示与决策支持：

结合 GIS 与 BIM 的多维度可视化展示，提供从地图、设施模型到实时数据的全面视图，帮助决策者全面了解水库的状态。

动态仿真与模拟：利用 GIS 与 BIM 融合平台进行多种应急情景的仿真与预测，支持洪水演进、设备故障、风险评估等分析。

3.7.1.1.4. 地理空间数据建设

在水库运行管理信息系统实施项目建设中包括大量以矢量数据格式存储的区域的地理地貌、供水工程等空间数据信息。这些信息是水库的依据，借助地理信息系统（GIS）存入空间数据库中。按照行业特性分为基础性公用要素、水利公有要素数据及供水工程专业要素三类。

1、基础电子地图描述国土资源的基础信息，包括行政区划图、交通设施图。

2、水利要素分布图描述水利要素分布特征，包括水系图、测站分布图、水库湖泊分布图、供水工程布置图。

3、特征要素描述水库基本情况，包括水库分布图、枢纽站信息、闸门信息、报警信息等。

本项目主要通过内部系统数据整合、部分感知采集监测数据新建、外部数据共享交换的方式，汇集数据资源，打造桃曲坡水库数据资源池。数据资源池主要包括数字高程模型（DEM）、正射影像图（DOM）、河道断面数据、三维模型等不同级别的要素数据融合，实现水库的数字化场景构建。在全国水利一张图地理空间数据（全国 2mDOM、30mDEM、库区 0.8m 等数据）的基础上，采用北斗卫星导航、卫星遥感、无人机倾斜摄影、激光雷达扫描、无人船多波束水下测量等技术，采集多区域、多尺度、多类型的地理空间数据，融合构建多时态、全要素的地理空间数字化映射。

3.7.1.1.4.1. L1 级底板

L1 级层面，属于宏观尺度数据，关注桃曲坡流域全局信息。主要使用的公开的是 DEM（数字高程数据）数据和 DOM（数字正射影像图），范围包括：桃曲坡水库枢纽位置上游约 40km 处，河系呈扇形，流域面积 830km²。采用精度为 2m 的 DOM 数据和 30m 的 DEM 数据。

3.7.1.1.4.2. L2 级底板

L2 级是在重点区域进行精细建模，属于中观尺度，包括重点区域的 DOM、DEM、倾斜摄影模型、激光点云模型、水下地形等数据，这部分数据需要采购。

范围包括桃曲坡水库枢纽以上至柳林水文站约 15km 以及下游河道至岔口枢纽约 15km 精度为 0.2m 的 DOM 数据和精度为 12.5m 的 DEM 数据。

桃曲坡水库上游至水文站及下游河道至岔口枢纽范围内采用 5cm 的倾斜摄影模型数据，还包括水库下游输水工程重点断面测量数据等。

3.7.1.1.4.3. L3 级底板

通过 BIM 软件对水库的主要建筑和设施构建 BIM 模型，包括：

水库大坝：大坝为均质土坝，坝顶高程 792.00m，坝高 61m，防浪墙高 1m，坝顶长 294m，坝顶宽 6m，底宽 350m。

溢洪道：溢洪道位于大坝右侧，由侧堰、侧槽和陡坡三部分组成。2001 年溢洪道加闸工程实施后，有效堰宽（设闸孔 7 孔，闸孔单宽 10.5m）73.50m，堰顶高程 783.50m，正常蓄水位 788.50m。

高放水洞位于大坝右侧，担负农业灌溉、城市供水任务，为城门洞型无压隧洞，洞径 2×2.1m，总长 380m，进口底槛高程 762.80m，出口底板高程 762.11m，设计流量 5.5 m³/s。进口设放水塔，安装 2.2×2.1m 平板式工作和检修闸门各 1 扇，均采用 50t 螺杆式启闭机启闭。

低放水洞位于高放水洞右侧，担负灌溉、泄洪拉沙任务，为圆形有压隧洞，洞径 3m，总长 335.3m，进口底槛高程 755.00m，出口底板高程 738.65m，灌溉流量 8m³/s，泄洪最大流量 97m³/s。进口设放水塔，安装有 1 扇 3.3×3.0m 平板检修钢闸

门，采用一台 125t 固定卷扬式启闭机；在出口安装 1 扇 2.5×2.85m 的弧形工作钢闸门，采用 50t 螺杆式启闭机。

另外包括水库的其它附属建筑物高于节制闸、低于分水闸、黄堡供水闸等。

表 5.8-1 数字底板地理空间数据精度要求

指标	要求	备注
工程管理和保护范围DEM	格网大小优于5m	
工程水工建（构）筑物DEM	格网大小优于2m	
工程管理和保护范围DOM	优于1m分辨率	
工程水工建（构）筑物DOM	优于10cm分辨率	
工程管理和保护范围倾斜摄影模型	优于8cm分辨率	
工程水工建（构）筑物倾斜摄影模型	优于3cm分辨率	
工程库区大断面和回水区重要断面水下地形	采样间隔优于1m	
淤积严重、冲淤变化明显或其他重点水下区域水下地形	采样间隔优于0.5m	
工程土建、综合管网、机电设备等BIM模型	LOD2.0	
闸门、启闭机等关键机电设备BIM模型	LOD3.0	

3.7.1.2.三维动态可视化业务场景构建

三维动态可视化业务场景是数字孪生水库工程直观展示、分析与决策的重要支撑形式。基于 CIM/BIM/GIS 融合的三维可视化业务场景，实现水库运行状态、环境特征、工程结构和业务过程的动态数字映射与实时可交互呈现。通过三维可视化的方式，支持调度指挥、会商研判、应急处置等全过程可视、可管、可控。

（1）基础地理空间基础场景

覆盖范围：流域地形、植被、水系、道路、建筑物等。

数据来源：1:500~1:2000 DLG 数据，1 米精度 DEM，0.5 米精度 DOM，倾斜摄影三维模型。

功能实现：可平移、旋转、缩放浏览，可实现图层叠加、对象点击、属性查询。

（2）水工建筑物三维场景

内容包括：主坝、副坝、溢洪道、输水管线、引水涵洞、控制闸门、调压井等。

数据类型：结构化 BIM 模型（Revit/IFC 格式）、建筑物三维点云模型。

功能实现：支持结构拆解展示、构件联动控制、维修养护模拟、运维信息叠加。

（3）水库运行动态场景

内容包括：实时水位、水温、库容、出入流量、闸门启闭状态、泵站运行工况等。

数据来源：监测平台数据接口+IoT 传感器流。

展现方式：通过水体动态变形技术展示库水实时涨落，模拟调水调度场景变化。

（4）防洪调度模拟场景

内容包括：降雨分布、水文响应、洪水演进、风险区域淹没等。

数据模型：雨洪模型（MIKE、SWMM、HEC-HMS），地形数据与栅格计算模型。

功能实现：支持多时段、多方案模拟，联动可视化淹没过程，展示预测洪峰流量与调度方案影响。

（五）水量调配与利用场景

内容包括：供水范围、水资源分布、水源地运行状态、用户用水结构等。

数据集成：调度运行模型+供需数据+用户分类信息。

功能实现：调水路径动态展示、水量分配可视追踪、资源配置效果模拟。

3.7.2. 模型平台

为实现水库工程在数字孪生环境下的智能化管理、高效调度和科学决策，构建一个集成化、智能化、模块化和可拓展的模型平台是数字孪生水库平台建设的核心任务之一。模型平台以数据底板为支撑，以专业模型为驱动，以业务需求为导向，面向水库全生命周期和流域级水资源调控全过程，支撑防洪调度、水量调配、运维管理、预警应急等典型业务场景下的模型构建、运行与应用。

模型平台建设具体体现在以下几个方面：

1、建立多类型、多专业模型融合的统一模型库体系，涵盖水文、水力、水资

源、水质、结构、调度、预警、管理等多个领域，实现算法模型、智能模型和仿真模型的全面覆盖；

2、构建模型注册、发布、配置、调度、运行和监控一体化的模型运行平台，支持模型生命周期管理、多模型协同运行与版本控制；

3、实现模型平台与数据底板、知识平台的深度融合，形成“数据+模型+知识”三位一体的智能决策支撑体系；

4、支撑不同业务部门与场景的模型调用和输出能力，满足水库运行、调度、防灾减灾、运维监管、生态评估等多种实际应用需求；

5、具备良好的开放性和可扩展性，支持未来模型的动态扩展与接入，兼容主流建模工具和 AI 框架，推动模型平台生态持续发展。

数字孪生水库模型平台的架构遵循“平台+服务+模型+接口”的建设思路，构建分层解耦、松耦合、强扩展的技术框架体系。平台采用“微服务+容器化+标准接口”技术模式，通过统一的模型引擎、调度引擎和监控模块实现模型的注册、运行、调度与管理。模型平台与数字孪生底板、知识平台、数据资源平台通过标准数据接口深度耦合，构成一体化的数字孪生支撑核心。

3.7.2.1.算法模型

算法模型是数字孪生水库平台实现智能分析、预测决策的核心构件。算法模型将构建覆盖水库业务全过程的高精度算法模型体系，提升对水文、水资源、水工、水质、水生态等要素的预测、分析和仿真能力。

3.7.2.1.1.降雨-径流模型

降雨径流模型通过对降水在地表及地下环境中的转化路径进行数学建模，模拟降雨过程中水分在流域内从降落、截留、下渗到产流与汇流的动态过程，实现对径流过程的准确预报与响应分析。

（1）原理

降雨径流模型的核心原理是水量平衡和能量平衡，即：

水量平衡通过分析流域内降水输入、蒸发蒸腾输出、蓄水变化（地表水、土壤

水、地下水）和径流输出之间的关系，构建水量守恒方程：

$$P=E+\Delta S+Q$$

其中， P 为降水， E 为蒸发蒸腾， ΔS 为蓄水变化， Q 为径流。

（2）产流机制

模型根据下垫面特性将产流划分为三种主要类型：

蓄满产流（饱和地面径流）：当土壤含水量达到田间持水量后，降水直接转化为地表径流，适用于湿润地区。

超渗产流（霍顿产流）：降水强度超过土壤下渗能力时形成地表径流，常见于干旱或半干旱地区。

混合产流：结合蓄满与超渗机制，适用于复杂地形或复合下垫面（城市-农田混合区）。

（3）汇流模拟

根据流域地形和河道网络，采用不同方法模拟径流在时空上的汇聚过程：

集总式模型：将流域视为单一单元，用概念性方法（SCS 径流曲线数法、Green-Ampt 入渗模型）计算总径流，适用于大尺度模拟。

分布式模型：将流域划分为网格单元，考虑空间异质性（地形坡度、土壤类型），通过水文物理方程逐单元计算。

（4）模型参数

模型需通过参数（曼宁系数、土壤入渗率、基流分割比例）量化复杂水文过程。参数获取依赖实地观测、率定优化算法。常见参数包括：土地利用类型（耕地、林地、水面等）、土壤类型（砂质土、壤土、黏土等）、土壤初始湿度、土壤最大持水量、地表坡度、流域面积、植被覆盖率等。参数通过遥感影像、实测调查、气象观测和地理信息系统（GIS）获取，也可由模型自动率定系统进行历史拟合优化。

根据桃曲坡水库流域情况，产流采用混合产流，汇流采用分布式模型。

3.7.2.1.2. 产、汇流模型

产汇流模型是水文模拟中用于描述降雨后水流在流域中形成地表径流并汇聚至河道或下游控制断面的关键计算工具，是连接降雨径流模型与水动力模拟的重要中间环节。其核心任务是模拟流域在降雨作用下的水分产出与迁移过程，具体包括地表产流、地下产流（基础流）、坡面汇流、沟道汇流和河道汇流等多种形式。

（1）模型原理

在模型原理方面，产汇流模型通常包括两个连续的计算过程：产流过程（**Runoff Generation**）和汇流过程（**Runoff Concentration**）。产流过程指的是降雨如何转化为有效产流的机制，包括超渗产流（当雨强超过入渗能力）和饱和产流（当土壤含水量达到饱和）两种主要类型，产流量受土壤特性、初始含水量、降雨强度、土地利用类型等因素控制。汇流过程则是指已形成的产流如何在坡面、沟渠、河道等路径中迁移汇集，其影响因素包括地表坡度、糙率、路径长度、地形阻力等。整个过程是时间与空间耦合的非线性系统，因此产汇流模型需在时空两个维度上准确建模。

（2）模型类型

从模型类型来看，产汇流模型可分为集总式模型、分布式模型和半分布式模型三类。集总式模型将整个流域视为一个统一的产汇流单元，不考虑空间差异，适合中小流域或参数获取困难的场景，典型模型单位线法（**Unit Hydrograph**）、**Muskingum** 汇流法。分布式模型将流域划分为多个空间单元（栅格或子流域），在每个单元内独立进行产流与汇流计算，具有更高的物理精度与空间分辨率，适合中大型流域精细化管理，典型 **MIKE SHE**、**SWAT**、**TOPMODEL**、**VIC** 等。半分布式模型则介于两者之间，常采用水文响应单元（**HRU**）进行建模，兼顾物理合理性与计算效率，**HEC-HMS**、**WEP**、**LISFLOOD** 等。桃曲坡水库采用分布式模型。

（2）模型参数

模型参数可归类为以下几类：

1) 产流参数：土壤入渗率、最大蓄水量、**Curve Number**（**CN** 值）、初始含水率、地表截留量等；

2) 汇流参数：地表糙率（**Manning** 系数）、坡度、流域长度、流速计算公式

（Kinematic Wave、Diffusion Wave）；

3) 空间结构参数：流域划分方式、栅格大小、水文响应单元属性、子流域边界、流向流速图等；

4) 时间控制参数：时间步长、初始时间、模拟时长、降雨输入时间序列等。

这些参数由 GIS 数据、遥感数据、水文测站数据及模型率定得到，准确的参数配置是保证模拟结果可信度的前提。

3.7.2.1.3. 洪水预报模型

洪水预报模型是数字孪生水库工程实现“防洪四预”（预报、预警、预演、预案）功能的基础支撑模块。其通过对流域降雨、地表产流、河道汇流等过程的动态模拟，结合实时气象、水文、遥感及物联网监测数据，预测未来一定时间范围内河道关键断面或水库进出流量的变化趋势，包括洪峰流量、到达时间、水位过程线等，为防洪指挥与调度决策提供科学依据。

（1）模型原理

洪水预报模型通常基于降雨径流模拟、水动力计算和时间序列分析等技术原理进行构建。其运行机制通常包括三个阶段：

首先，模型接收来自雷达降雨、雨量站或气象预报系统提供的降雨数据，并通过降雨径流模型计算有效产流；

其次，利用产汇流模型将局地径流转化为河道流量，考虑地表坡度、路径长度、汇流时延等因素；

最后，通过水动力模型进行河道或库区水位过程模拟，最终输出流量、水位、淹没范围等预测信息。

（2）模型选型

在模型选型方面，应根据洪水预报的应用场景、精度要求、数据条件和计算资源等因素进行合理选择。对于中大型流域或水库调度工程，推荐采用物理基础良好的机理分析类模型，这些模型具备较强的空间表达能力和水文响应精度，根据桃曲坡水库流域特点，建议选择陕北模型和新安江模型。

（3）模型参数

模型所需参数主要分为三类：

水文参数，包括土壤类型、初始含水率、Curve Number（CN 值）、产流系数、蒸发量、径流系数等；

水动力参数，河道糙率（Manning 系数）、断面形状、水力坡度、边界条件、水库调度规则等；

空间地理参数，数字高程模型（DEM）、土地利用图、水系图、流域边界、子流域划分、河道连接关系等。

3.7.2.1.4. 河流一维、二维水动力模型

河流一维、二维水动力模型是实现防洪减灾、水资源优化配置和流域综合治理的核心支撑模块。水动力模型通过求解水流连续性方程与动量方程，模拟水流在河道、渠道、水库等水工系统中的传播过程和动态变化，提供关键的水位、水深、流速、洪峰传播路径等定量信息。

（1）原理

水动力模型通常基于圣维南方程组（Saint-Venant Equations）构建，包括质量守恒的连续性方程和动量守恒的动量方程。在一维水动力模型中，假设河道断面水流在横向和竖向分布基本一致，仅沿主流方向（纵向）进行流动模拟，适用于长距离、断面变化缓慢、主要关注纵向水位与流量变化的情况，河道洪水演进、水库尾水影响、水位预测等。相比之下，二维水动力模型则在水平平面（X-Y 方向）上同时求解水流变化过程，适合模拟存在分流、回水、支汊汇流、滩涂漫流等复杂水流场，河漫滩淹没、水库消力池区、城市洪水淹没、桥梁冲刷等情况，具备更高空间精度与流动细节刻画能力。二维模型通常采用浅水方程（Depth-Averaged Navier-Stokes Equations）进行模拟，部分高精度需求下可进一步扩展为三维水动力模型。

（2）模型选型

一维模型计算效率高、结构清晰，适用于以纵向水位、流量为主的分析场景，防洪调度、水文演进、洪水预报等，二维模型则适用于平面水流分析需求高的复杂区

域，水库尾水回流区、堤坝漫溢等。桃曲坡水库采用一维与二维联动模型，即主河道采用一维模拟，库区或下游淹没区采用二维模拟，两者通过边界耦合实现统一计算，以兼顾效率与精度。

（2）模型参数

1）几何参数：包括河道断面形状、糙率（Manning 系数）、断面间距、岸线位置、河床高程、水工建筑物位置等；二维模型还需定义网格划分（不规则三角形或规则方格）、网格边界条件等；

2）水力参数：来水边界条件（上边界流量或水位、下边界控制水位或流速）、降雨输入、初始水位分布、蒸发损失等；

3）调度与控制参数：闸门开启规则、泄洪流程、水库调度策略等。所有参数应结合地形地貌数据、实测水文资料、遥感影像及现场调查结果进行配置与校核，确保模型计算结果的真实性与可解释性。

3.7.2.1.5. 防洪调度模型

防洪调度模型主要用于在洪水发生前、中、后不同阶段，通过模拟和优化调度策略，实现水库、河道等防洪工程的联合运行与应急响应，达到削减洪峰、延缓洪水到达时间、减轻下游灾害影响的目的。

（1）原理

防洪调度模型是建立在水文模拟、水动力分析与优化决策基础之上的集成模型体系，通常包含洪水演进模拟、调度规则设定、目标函数构建、约束条件设定与调度策略优化等关键组成部分。在既定降雨预报条件下，利用水文模型预测未来流量过程，通过水动力模型模拟河道与水库系统的水位响应，并根据调度目标（削峰、滞洪、防止溃坝）与工程能力（泄洪流量限制、库容控制、水位限高）进行调度策略的优化与推演。调度结果包括水库出流过程、闸门开启时间、水位调控曲线等关键调度信息，可为防汛指挥部门和水库运行管理单位提供实时决策参考。

（2）模型选型

根据应用场景与模型构建方法，防洪调度模型可分为规则型模型、模拟型模型与

优化型模型三类。规则型模型根据既定调度规程运行，适用于预案驱动型水库调度，模型结构简单但灵活性差。模拟型模型通过对调度过程进行水文、水动力与工况的联合仿真，可动态评估不同调度方案的响应结果，适用于调度演练与策略推演。优化型模型则引入数学优化算法（线性规划、非线性规划、遗传算法、粒子群优化、多目标进化算法等），在多种目标函数（削峰效益最大、洪水损失最小、水位控制最优等）与多约束条件下，自动寻优调度路径，是智能化水库群调度的主要方式。桃曲坡水库采用规则性模型。

（3）模型参数

1）水文参数，入库流量、设计洪水过程线、降雨预报数据、水文频率参数等，用于驱动模型仿真；

2）工程参数，包括水库的库容曲线（库容-水位-流量关系）、泄洪能力、闸门特性、溢洪道参数、坝高、调洪区容积等；

3）调度规则参数，预设调度方案、启闭闸门条件、汛限水位、预泄标准、水位调控目标等；

4）运行约束参数，出流最大限制、下游河道承洪能力、泄洪流量的最小生态流约束等；

5）优化算法参数，目标函数权重设置、收敛精度、迭代次数、种群大小等。参数配置需结合区域防洪工程体系、水库管理单位调度规程及历史调度实践，形成本地化、可实施的模型体系。

3.7.2.1.6. 调洪演算模型

调洪演算模型用于模拟和分析水库、闸坝、水道系统在遭遇暴雨洪水时的调蓄、泄洪和削峰过程，计算其对下游洪水过程的影响，评估调洪能力、洪水削减效益以及调度安全性。通过对洪水入流过程、水库调蓄特性、泄洪结构能力和调度策略等进行动态演算，生成洪水调控后的出流过程线、水位变化过程和滞洪容积，是水库防洪调度方案制定、防洪标准复核和洪水风险管理不可或缺的技术支撑。

（1）原理

调洪演算模型以水量平衡为核心基础，建立在连续性方程和坝前水力响应规律之上。其基本逻辑是：在每一个计算时间步，系统根据输入的入库洪水流量，结合水库当前水位、库容、水库调度规则、泄洪能力，计算出相应的泄流量和下一时刻的库水位，进而确定整个调洪过程的出流过程线。

（2）模型类型

调洪演算模型可分为简化模型、过程响应模型和智能优化模型三类。简化模型有逐时调洪法、库容公式法、设计洪水调洪法等适用于方案比选和初步调蓄能力分析，计算效率高、逻辑清晰；过程响应模型 MIKE HYDRO、HEC-ResSim、SWAT 调洪模块等，可模拟复杂调度策略、多工程协同、时变工况条件，适合数字孪生场景中的实时模拟和策略推演；智能优化模型则引入遗传算法、动态规划、粒子群优化、多目标规划等优化算法，在满足调度约束条件下求解最优或次优调度路径，适合用于调度方案推荐、最优泄洪路径寻优和联合调度策略设计。桃曲坡水库采用智能优化模型。

（3）模型参数

调洪演算模型需提供丰富的静态与动态输入参数。

1) 工程参数：水位-库容曲线、水位-出流曲线、闸门调节特性、溢洪道流量特性、最大允许水位和调洪限制水位等；

2) 边界条件参数：包括初始库水位、入库洪水过程线（由实测或预报提供）、下游约束条件（最大允许下泄流量）等；

3) 调度策略参数：汛限水位、预泄标准、分期调度方案、优先级分配、闸门启闭逻辑、调蓄优先级等；

4) 气象水文参数：洪水频率、设计暴雨强度、面雨量场分布等；

5) 优化目标参数：包括洪峰削减量最大、泄流过程最平稳、最小受淹面积、最大洪水调蓄效率等目标函数及其权重配置。参数的准确性直接影响调洪结果的可信度，通常需通过历史洪水资料对模型进行率定和验证。

3.7.2.1.7. 兴利调度优化模型

兴利调度优化模型是在保障防洪安全的基础上，最大程度发挥有限水资源的综合

利用效益，包括供水、灌溉、生态补水、水环境维持等多目标的协调调度。兴利调度强调“水利为民、资源高效利用”的原则，其核心在于如何在水库多目标、多约束的复杂条件下，统筹水资源配置，实现综合效益最优。

（1）原理

兴利调度优化模型基于系统工程思想与多目标优化理论，构建包括目标函数、决策变量与约束条件在内的数学模型。目标函数用于表达调度的优化目标，最大供水量、最大经济效益、最小弃水量、最小调节成本等；决策变量包括水库出流量、泄放流量、各用水区配水比例等；约束条件涵盖工程运行限制（最小生态流量、最大库容、水位控制曲线）、水资源分配规则（优先级用水）、时间步长与调度周期等。模型求解过程一般采用数学规划方法以及现代智能优化算法，针对不同规模与复杂度的调度问题选择相应求解方法。

（2）模型选型

根据桃曲坡水库多目标调度问题，采用多目标进化算法，可同时输出帕累托最优解集，供调度人员权衡选择；调度问题涉及不确定性或高频动态变化，需水预测波动、来水预测误差等场景，采用预测调度模型或强化学习模型，实现自适应与持续优化；此外，还可采用“模拟+优化”一体化模型，将水文、水动力与调度逻辑深度耦合，实现联动仿真。

（3）模型参数

1) 水库工程参数，水库有效库容、库容-水位-出流关系、水力发电参数（流量-水头-功率关系）、闸门特性等；

2) 水文水资源参数，来水过程、日均入库流量预测、历史水文序列、需水计划等；

3) 用水需求参数，包括城市、工业、农业、生态等用水类型的用水曲线、优先级、时段分配规则；

4) 调度规则参数，水位调控曲线、汛限水位、生态控制线、年运行计划等；

5) 优化算法参数，包括种群数量、迭代次数、收敛条件、多目标权重设置等。

这些参数通过历史统计、水库运行规程、水资源配置方案、现场调查与专家知识获取，也可通过模型训练进行自学习与动态修正。

3.7.2.1.8. 用水需求预测模型

用水需求预测模型是基于历史用水数据、气象信息、社会经济指标、用户行为模式等多源信息，预测未来一定周期内的各类用水需求，包括生活、工业、农业、生态等用水类型，从而为水资源调度计划、配水策略制定与应急供水保障提供科学依据。

（1）原理

用水需求预测模型依据时间序列分析、因果关系建模，通过对历史用水与外部影响因素的分析，建立未来用水需求与相关变量之间的映射关系。传统模型主要采用统计分析方法，适用于需求波动规律明确、结构稳定的场景，优点是模型透明、参数可解释性强。近年来，随着大数据和人工智能技术的快速发展，基于机器学习的预测模型逐渐成为主流，特别适用于多变量耦合、非线性波动显著、长期趋势与短期周期叠加的复杂用水需求预测问题。这些模型具有更强的泛化能力和精度优势，尤其在小时级、日级、周级等短周期预测中表现出色。

（2）模型选型

在模型选型方面，根据用水对象、预测时段、数据质量、业务需求和计算资源等进行综合判断。用于中长期区域供水规划、资源调配方案评估等宏观场景，采用回归分析、ARIMA 等传统模型，辅以专家规则和政策调控因素；用于城市生活用水、工业用户或灌溉用水的高频动态预测，推荐采用 LSTM、GRU、Transformer 等序列模型，这些模型能有效捕捉用水的周期性、突发性与趋势性。在数字孪生工程中，使用多个模型进行多尺度、多目标预测，并通过模型融合机制提升整体预测的稳健性与精度。

（3）模型参数

模型所需参数主要分为输入特征参数与模型结构参数两类：

输入特征包括历史用水数据（小时/日/月用水量）、气象数据（温度、湿度、降雨、蒸发）、社会经济数据（人口、电力负荷、产业结构、农业种植面积）、用水行

为数据（节假日、季节性波动、用水政策调整）等；

结构参数则因模型类型而异，根据模型类型确定。

3.7.2.1.9. 水量平衡模型

水量平衡模型是以质量守恒定律为基本原理，通过建立水体系统在一定时空尺度内的“输入—输出—变化量”关系，定量分析系统内部水量盈亏状态与变化趋势，是构建各种复杂水文、水力、水资源模型的前置模型和逻辑基础。

（1）原理

水量平衡模型遵循质量守恒原则，即在封闭或边界明确的系统中，单位时间内的水量变化等于系统的总输入减去总输出。该模型的核心任务在于精准识别和量化上述各项水量输入输出项，并以时间步（日、旬、月、年）对其动态过程进行积分计算，分析不同水体单元的水量平衡状态。对于自然系统，模型关注降水、产流、蒸发、地下水交换；对于工程系统（水库、调蓄池、灌区等），模型还需考虑人工调度行为。

（2）模型类型

简化经验型水量平衡模型：适用于年度尺度的水资源收支分析，水资源总量控制、灌区供需平衡、水库年调度模拟等。该类模型结构简单、参数少、易部署，代表模型有：年水量平衡法、均衡调度法等。

过程驱动型水量平衡模型：适用于中短期动态模拟，能够逐时步反映各类水文过程变化，适合用于调度仿真、水资源模拟管理等场景。

桃曲坡水库采用过程驱动型水量平衡模型。

（3）模型参数

水文气象参数：降雨量、蒸发量、温度、风速、湿度等；

水文地质参数：土壤渗透系数、储水系数、初始含水量、地下水补给系数等；

地表水文参数：产流系数、径流汇流时间、土地利用类型、流域面积；

工程参数：水库库容曲线、水位-出流关系、闸门调度规则；

用水参数：各类用户（农业、工业、生活、生态等）的需水量、时段分布、回用系数、输水损失率等。

3.7.2.1.10. 多目标优化调度模型

多目标优化调度模型是通过建立水库各类调度目标（防洪、供水、生态、灌溉等）与调度行为（泄洪、蓄水、闸门控制等）之间的定量关系，在多约束条件下寻找最优或可接受的调度策略组合。

（1）原理

多目标优化调度模型基于系统工程与最优化理论构建调度数学模型，典型结构包括：目标函数集合、决策变量集合、约束条件集合与求解方法。其中，目标函数集合用于量化不同的调度目标，“最大防洪削峰率”“最大供水保障率”“最大年发电量”“最小生态影响指数”“最小下游洪峰流量”“最小调度代价”等；决策变量包括闸门开度、水库出流量、引调水量、水位控制线、泄洪开始时机等；约束条件通常包括工程约束（最大库容、闸门能力、最小生态流量等）、水文边界条件（入流限制、上下游响应）、水资源政策约束（供水优先级）等。在求解层面，多目标优化的复杂性在于目标函数之间往往存在相互冲突，难以通过单一目标最优化方法求解，因此通常采用多目标进化算法（MOEAs）或多目标智能优化算法，NSGA-II、MOPSO、MOEA/D、Pareto 模拟退火算法、强化学习优化方法等。这些算法通过构造帕累托前沿解集，输出一系列非劣调度解方案，供调度决策者根据实际情境进行选择或决策支持系统自动推荐。

（2）模型选型

在模型选型方面，应根据系统规模、目标数量、调度复杂度、实时性要求和可接受的计算代价进行合理匹配：

解析类模型（线性/非线性规划、多目标线性规划）适用于目标数量较少、约束规则清晰、数据确定性的场景，求解速度快、可解释性强；

进化算法类模型（NSGA-II、MOPSO 等）适用于目标冲突严重、变量维度高、规则复杂、需解空间广泛搜索的场景，是当前最常用的调度优化模型类型；

基于 AI/机器学习的强化学习调度模型，适合实时性高、系统动态性强、规则动态变化的调度问题，具备“学习—适应—反馈”的能力。桃曲坡水库采用进化算法类模型。

（3）模型参数

在参数配置方面，多目标优化调度模型需进行以下核心参数设置：

目标函数权重或排序机制；

变量边界条件与离散方式；

调度周期与时间步长）；

算法控制参数（种群大小、交叉概率、变异概率、迭代次数、收敛判据）；

评估指标参数（目标均衡度、协同度、目标间偏离程度）；

策略选解方式（帕累托前沿选点规则、满意度函数、决策支持权重机制等）；

3.7.2.1.11. 安全监测统计分析模型

安全监测统计分析模型通过对各类监测指标（位移、渗流、渗压、裂缝、温湿度、水位等）的历史规律建模和实时变化分析，实现对工程运行状态的定量化描述与趋势预测。

（1）原理

安全监测统计分析模型遵循数理统计与时间序列分析的理论框架，主要基于历史数据与现时数据之间的偏离程度、趋势变化规律和多变量间的统计关系进行建模。其核心是利用常规或先进的统计方法识别各监测指标的波动特征、变化速率、异常幅度及其与外部工况（水位、温度、荷载等）的响应关系。模型不依赖物理机制，而通过数据分布特征提取与拟合模型建构，反映结构响应的经验性、关联性与稳定性。

（2）模型类型

在模型选型方面，应根据监测数据特征、分析目标和工程结构特点进行针对性配置。常见统计模型包括：

单变量时间序列模型：适用于对单点监测数据的长期趋势识别和短期预测，滑动平均模型、ARIMA 模型；

多元回归模型：适用于监测指标与水位、温度等控制因子的响应建模，线性回归、多项式回归等；

异常识别模型：适用于突变识别和超限报警，Z-score 分析、极差法、残差阈值

法等；

主成分分析（PCA）：适用于多点、多类监测数据的维度降维与模式识别，可用于构建综合安全指标；

桃曲坡水库建议采用多元回归模型。

（3）模型参数

统计窗口参数：滑动平均窗口大小、平滑因子、时间序列滞后阶数；

拟合函数参数：回归模型中的拟合阶数、变量选择方式、多元变量交互项设置等；

工况调整因子：温度修正系数、水位响应系数、时变趋势系数等；

模型性能评估参数：拟合优度（ R^2 ）、平均绝对误差（MAE）、均方根误差（RMSE）、残差自相关等。

3.7.2.1.12. 安全监测预警模型

大坝安全监测在线监测预警模型以大坝结构物理状态为核心监测对象，通过集成多源感知数据（位移、渗流、渗压、应力、应变、温湿度等）以及历史监测资料，实时评估坝体运行状态，识别潜在异常，预测安全趋势，并通过多级预警机制实现对突发结构风险的快速响应。

（1）模型原理

大坝安全在线监测预警模型一般包括三大核心功能：状态感知、趋势预测与风险预警。首先，状态感知模块通过集成传感器网络（GNSS、渗压计、倾斜计、裂缝计、渗流计等）采集坝体的实时监测数据，并对原始数据进行清洗、降噪、时间同步与空间映射等处理，构建统一的数据监测视图；其次，趋势预测模块基于历史数据和实时数据，采用统计分析模型、时序建模模型，分析监测值的变化趋势和响应规律，识别偏离正常工况的异常演化路径；最后，风险预警模块根据设定的预警指标体系（分级报警线、变化率阈值、偏移速度、温度相关修正因子等），结合专家经验规则或 AI 判别模型，输出安全等级评估与报警信息，支持预警分级响应与辅助决策。

（2）模型选型

对于桃曲坡水库坝体监测，分别采用基于阈值与统计规律的监测预警模型，包括滑动平均模型、异常差值分析、**Z-score** 偏离检测、趋势拟合分析等，结构简单、可解释性强；对于长期变形预测，可采用物理力学模型与时序建模方法等；具备异常识别、趋势预测和智能分级预警功能，适合嵌入大坝数字孪生系统中做智能融合判断。桃曲坡水库采用物理力学模型与时序建模方法。

（3）模型参数

1) 监测指标配置：确定监测项目及预警阈值，水平/垂直位移速率（mm/d）、渗压变化率（kPa/d）、渗流量（L/min）、坝体裂缝开口变化、坝基孔隙水压力等；

2) 模型算法参数：窗口大小、趋势拟合阶次、神经网络层数与激活函数、学习率、正则化系数、报警灵敏度系数等；

3) 预警分级参数：定义“正常、关注、预警、严重”四级或五级报警等级，对应设定不同的数据阈值与响应时间；

4) 边界条件与工况参数：温度修正系数、泄洪工况影响因子、水位响应系数等，用于剔除非结构性因素对监测值的扰动。

参数可基于历史数据统计结果、专家经验或模型训练方式确定，并根据运行反馈进行动态调整。

3.7.2.2.仿真模型

构建自然场景、流场动态、闸门启闭等可视化仿真模型。

1、自然场景

根据工程范围大小，选取地图服务作为自然场景基础，添加重点工程区域实景模型，并按需铺设植被树木，从而搭建较为真实且逼真的自然场景。

2、流场动态

高度还原水流流场真实性，采用水流材质或粒子系统高度仿真真实水流动态，以及水库水面场景。

3、闸门启闭

模拟溢洪道、高低放水塔、供水闸等闸门启闭过程。

3.7.2.2.1. 自然背景可视化模型

数据采集与处理：收集桃曲坡水库流域的地形地貌数据、气候数据、水文水资源数据等多维度的自然背景数据。通过遥感技术获取高分辨率的卫星影像数据，并结合现场调查采集的地理信息数据，建立完整的数据集。

场景构建与模拟：基于收集到的数据，利用地理信息系统（GIS）和三维建模软件，构建黄柏河流域的数字孪生场景。根据地形地貌、气候特征等因素，模拟不同时间尺度下的自然背景演变过程，包括地表水流、降雨分布、植被覆盖等变化情况。

可视化技术应用：利用先进的可视化技术，将模拟得到的自然背景演变结果以直观形式呈现出来。采用三维地图等技术，将流域地理信息与模拟结果结合，实现对自然背景演变过程的立体、沉浸式展示。

交互性与用户体验优化：为了提升用户体验，可在可视化模型中添加交互功能，让用户能够根据需求自由选择不同时间点或时间段、不同空间位置进行观察和比较。同时，通过图表、动画等形式展示关键数据变化趋势，帮助用户更直观地理解自然背景演变情况。

支撑业务“四预”：该模型可以为水量调度管理、防灾减灾、生态环境保护等业务提供支持。通过模拟不同预测场景下的自然背景演变，为相关部门提供科学依据，支持“四预”（预测、预警、预防、预案）工作的开展，提高对自然灾害和环境变化的应对能力。

3.7.2.2.2. 水库上下游流场动态可视化模型

数据采集与处理：首先，收集库区区域的地形地貌数据、水文水资源数据、气象数据等关键信息。利用测量数据、遥感数据等手段获取流域的地形高程、河流网络、降水数据等，为模型构建提供基础数据支持。

数值模拟建模：基于收集到的数据，采用数值水文模型对庙湾/瑶曲镇-柳林镇-大坝流域进行建模。通过对水动力学方程的数值求解，模拟洪水期间的水流动态过程，包括水位变化、流速分布等信息。

可视化模型构建：利用专业的地理信息系统（GIS）软件和可视化建模工具，构

建庙湾/瑶曲镇-柳林镇-大坝流场动态可视化模型。将数值模拟结果与地图数据融合，绘制出流域地形、河流网络等要素，同时在模型中添加洪水水位、流速等动态数据。

动态效果展示：利用计算机图形学技术和动画制作工具，实现洪水动态过程的可视化效果。通过模拟洪水随时间的变化，展示洪水庙湾/瑶曲镇-柳林镇区域-大坝的演进情况，包括水位上涨、流速变化等动态效果。

用户交互与应用：为了提高用户体验和模型的实用性，可以添加用户交互功能，让用户可以根据需求自由调整模拟参数或查看不同时间段的模拟结果。同时，将模型与实际防洪预警系统相结合，为相关部门提供实时洪水预警和应急决策支持。

3.7.2.2.3. 闸门启闭可视化模型

闸门启闭可视化模型是数字孪生水库系统中用于动态展示水利工程中闸门运行状态的三维可视化子系统，结合实时监控数据、结构建模和调度指令，实现闸门启闭动作的可视化呈现与状态交互反馈。

该模型可根据传感器提供的闸门启闭角度、开度百分比、流量数据等信息，实时驱动 3D 模型动画变化，直观反映闸门升降动作、水流状态变化及水位响应过程。

模型支持多种闸门类型（平板闸门、弧形闸门、翻板闸门等），并可与调度模拟系统联动，展示调度指令与启闭响应过程，辅助值守人员判断启闭效果与系统运行安全。

3.7.2.3. 模拟仿真驱动引擎

模拟仿真引擎驱动水利虚拟对象系统化运转，实现数字孪生流域与物理流域实时同步仿真运行。主要是利用整合、扩展、定制和集成等方式，建设模型管理、场景配置、模拟仿真等功能，驱动各类模型协同高效运算，提供交互工具，实现空间分析，保障数据应用。

需要实现天气效果、日照变化、材质体现、光影效果、水位变化等功能；能够通过对物理流域或工程进行实时渲染，达到真正意义上的将现实世界孪生仿真到虚拟世界。

渲染效果应包括但不限于天气效果、日照变化、材质体现、光影效果、水位变

化等。

(1) 天气效果模拟。对于天气效果进行晴天、多云、阴天、雾霾、小雨、中雨、大雨、小雪、中雪、大雪等渲染体现。

(2) 日照变化模拟。展示 24 小时光照效果。高端应用还包括增加夜景灯光照设变化的渲染体现。

(3) 材质体现。对于水工建筑物、主要设备设施的现有材质情况进行渲染体现。

(4) 光影效果模拟。根据流域实际的日照变化，在场景中建筑物、设施设备的光影效果进行渲染体现。

(5) 水位变化模拟。根据河流上下游及水库水文站实际的监测的水位数据，在场景中进行渲染体现，也可以对于水位历史变化进行反演。

(6) 动态泄流模拟。根据水库等水利工程开闸放水真实效果，结合泄流量数据，在场景中渲染体现，进行动态泄流模拟。

3.7.2.4.模型平台

为实现数字孪生水库平台中各类模型的统一管理、高效调度和稳定运行，需建立一套完备的模型注册、发布与运行监控机制。通过平台化手段对模型生命周期进行集中管理，确保模型资源统一纳管、灵活调用、动态更新及运行状态实时可视，为业务仿真、智能分析、应急预案提供稳定支撑。

3.7.2.4.1.模型注册与管理

(1) 模型注册

模型注册系统是模型平台的入口组件，负责接入与管理所有模型资源。

注册要素：

- 1、模型名称、模型类型（算法/仿真/智能等）；
- 2、所属领域（防洪调度、水资源配置、水质预测等）；
- 3、输入输出参数结构、计算方法、适用范围；
- 4、版本信息、模型开发单位、接口协议；
- 5、所需运行环境（硬件/软件依赖）与资源消耗评估。

注册流程：

1、提交模型元数据 → 系统自动校验 → 管理员审核 → 模型入库。

分类管理机制：

1、支持按领域、功能、开发单位、技术类型等多维分类；

2、支持标签（Tag）化管理，便于模型智能搜索与调用。

（2）模型容器化管理

为支持模型跨平台运行与高可移植性，平台将采用容器化技术（Docker、Kubernetes）：

模型以容器镜像方式注册，具备自描述与自动部署能力；

支持模型运行时环境统一封装，避免依赖冲突；

可实现模型横向扩展、负载均衡与弹性资源调度。

3.7.2.4.2. 模型发布

（1）发布机制设计

模型发布平台用于将模型资源推送到业务系统或其他服务接口中供调用。

发布方式：

1、API 发布：自动生成 RESTful API 接口，供外部系统访问；

2、微服务注册：将模型服务注册到服务治理中心（Spring Cloud、Nacos）；

3、业务系统集成：支持模型以 SDK 或组件形式嵌入业务系统。

版本控制机制：

1、支持模型多版本并行管理；

2、提供版本对比、升级、回滚能力；

3、每次发布均记录日志，支持溯源。

（2）调用方式与调度能力

调用方式：

实时调用（调度指令下发后立即模拟）；

定时运行（每日例行仿真）；

事件触发（预警阈值触发应急推演）；

手动模拟（专家模拟推演）。

并发控制与调度优化：

支持按优先级进行排队调度；

动态分配 CPU/GPU 资源，提高并发能力；

支持异步调用、任务队列缓存、并行运算调度。

3.7.2.4.3. 模型运行监控

（1）运行状态实时监控

平台通过可视化界面和监控引擎，实时掌握模型运行状态：

模型启动状态、运行进度、当前资源占用（CPU、内存、网络）；

模型输入输出数据流日志；

运行时错误、告警、异常日志采集。

（2）日志与追溯机制

模型运行日志：

启动时间、输入参数、运行耗时、输出结果路径；

错误堆栈、异常信息捕获。

日志分析功能：

支持通过 **Elasticsearch + Kibana** 等技术分析模型运行历史；

统计运行成功率、失败原因分布、资源利用率等关键指标；

支持图表分析、趋势监测、月/季度报告输出。

（3）异常预警

模型运行超过阈值时间未响应 → 超时告警；

异常输出/错误码返回 → 故障告警；

资源占用持续过高 → 性能预警；

通过平台发送短信/邮件/平台通知，实时提醒运维人员。

3.7.2.4.4. 模型运行评估与优化

（1）模型评估指标体系

为持续提升模型运行质量，构建模型评估体系：

精度评估：对比实测值与模拟值，计算误差指标（RMSE、 R^2 等）；

适用性评估：模型在多种边界条件下的稳定性与泛化能力；

性能评估：运行耗时、资源利用效率；

可靠性评估：模型运行成功率、异常恢复能力。

（2）自动化测试框架

平台内置模型测试框架，定期执行回归测试与模型性能检测：

引入标准测试用例与历史数据；

定期对模型进行自动仿真，生成评估报告；

不达标模型将标记“需修复”状态，暂停业务调用。

（3）模型优化建议生成

基于运行日志与评估报告，平台可生成模型调优建议；

参数不稳定建议收紧约束、运行时间长建议优化算法流程等；

支持引入 AI 算法对模型历史运行情况进行聚类分析，识别性能瓶颈。

（4）模型注册与运行管理平台界面设计

平台界面包括：

模型资源总览界面；

模型注册与发布工作台；

模型运行监控与日志分析面板；

模型测试与评估报告中心；

预警信息看板与通知设置界面。

3.8. 智能应用

业务应用系统通过数字孪生平台的建设，提升桃曲坡水库的综合管控能力和水库管理水平。项目建设将依托数字孪生技术、GIS（地理信息系统）技术、大数据分析及物联网（IoT）等现代信息化手段，构建高效、智能、可视化的水库管理系统。

3.8.1. 业务应用

3.8.1.1. 水库防洪调度

3.8.1.1.1. 主题数据

数字孪生水库防洪调度应用模块的数据基础需以“标准化、规范化、结构化”为核心原则，构建可支撑实时计算、仿真模拟、联调协同的统一数据体系。按照《水利信息化数据元标准》《水文数据管理规范》《水利工程信息模型（BIM）数据标准》等国家/行业标准，开展数据结构重建与主题分类。

水库防洪调度应用需从标准库中抽取以下五大类防洪调度主题数据：

1、实时监测类数据

降雨量：包括当前雨量、小时雨量、日累计降雨；

水位：包括水库水位、上游流域控制站点水位、下游断面水位；

流量：入库流量、出库流量

闸门启闭状态：各闸门开启度、启闭时间；

视频监控图像：用于验证洪水过闸实际效果；

2、静态基础类数据

水库工程设计参数：包括正常蓄水位、死水位、汛限水位、校核洪水位、库容-水位曲线、溢洪道泄洪能力等；

闸门设备参数：包括高、低放水洞闸门流量-开启度关系表、最大排泄能力、反应时间；

其它参数水库入库控制断面地形图、行政边界、水系分布图，子流域图。

3、历史洪水数据

历史洪水数据包括历史洪水典型过程线、历史调度记录、洪水灾害事件档案等；

4、风险评估数据

主要包括：淹没区划图、下游人口密度图、重要目标（学校、医院、工业区）、预警触发线（黄色、橙色、红色水位线）等。

5、知识库

主要包括水库运行调度规则、不同级别洪水对应调度策略、应急处置流程、预案版本清单、响应级别要求、专家规则与经验库；

3.8.1.1.2. 算法模型

防洪调度作为数字孪生水库中最核心的智能决策应用模块之一，依托多源数据驱动数值模型和专家知识规则体系，构建完整的“预报—演算—推演—调度—反馈”模型链。

3.8.1.1.2.1. 模型类型

类型	模型类型	主模型名称
预测类	水文预报模型	降雨径流模型、产汇流模型、洪水预报模型
演算类	调洪演算模型	调洪演算模型
演算类	洪水演进模型	河流一维、二维水动力模型
决策类	防洪调度模型	防洪调度模型、优化调度模型
决策类	风险识别模型	分析预警等级，匹配对应预案

3.8.1.1.2.2. 水文预报模型

（1）模型功能

通过降雨径流模型、产汇流模型、洪水预报模型等进行洪水预报。

（2）模型输入输出

输入：历史降雨数据、地形地貌、土地利用、初始土壤湿度、下垫面参数

输出：未来 1h~72h 的洪水过程线（单位时间流量预测）

（3）精度控制与误差修正

引入 Kalman 滤波动态修正机制

结合气象部门数值预报场（ECMWF、WRF）修正降雨预估偏差

设置“可信度等级”：模型结果置信区间、偏差警戒线标注

3.8.1.1.2.3. 调洪演算模型

（2）模型目标

输入入库流量预测过程线，结合闸门操作方案、坝体出流能力，推算库水位、出

库流量、调度节点时间等。

（2）算法结构

基于“水量连续方程”+“流量控制方程”构建离散差分演算模型

考虑库容-水位-流量三维非线性关系，采用迭代法求解（牛顿迭代、变步长搜索）

3.8.1.1.2.4. 洪水演进模型

（1）模型原理

洪水演进模型用于模拟库水调度后泄洪对下游河道、区域的影响。

（2）模型输入与输出

输入：泄洪流量过程线、河道断面、糙率、边界条件、水位初值

输出：不同时间节点下游各断面水位、流速、淹没范围、最大水深图等

（3）模拟结果精度控制

模型空间分辨率控制在 5m~30m

输出结果与历史洪水淹没图对比，进行误差回溯检验

3.8.1.1.2.5. 调度决策模型

（1）目标函数定义

调度目标函数通常为多目标优化问题：

最小化洪峰流量对下游影响（风险成本）

最大化库容利用率

最小化调度操作次数（提升可行性）

满足安全水位、不超设计流量、不破坏设备约束

（2）优化算法

启发式算法：遗传算法（GA）、粒子群优化（PSO）

多目标线性规划：适用于约束明确的水文周期调度问题

AI 辅助模型推荐系统：基于历史洪水调度结果与模型反馈建立策略库

3.8.1.1.2.6. 风险识别与预案匹配模型

结合水位预测、淹没风险等级、人群密度、经济价值等建立综合风险评分模型；
设置分级阈值（蓝色/黄色/橙色/红色预警）
自动匹配对应的调度预案，触发响应机制

3.8.1.1.2.7. 模型联动机制

模型之间以事件驱动与数据流驱动方式联动运行：

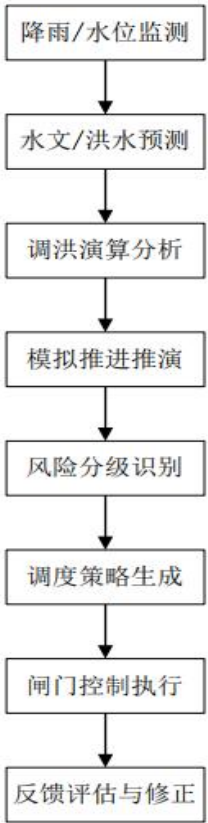
降雨预测 → 水文模型生成来水线 → 调洪演算模型推算水位 → 演进模型分析下游影响 → 决策模型生成操作方案 → 触发调度指令/预案调用

3.8.1.1.3. 业务流程

业务流程需实现从数据感知到预警推送、从模型推演到方案决策、从自动执行到调度反馈的全过程闭环控制。与此同时，人机交互界面必须兼顾操作便捷性、结果透明性与指挥协同能力。

3.8.1.1.3.1. 业务流程设计

防洪调度的业务流程划分为“感知→分析→决策→执行→反馈”五大阶段，涵盖全过程智能感知、调度方案制定、风险预警发布与处置评估。



3.8.1.1.3.2. 主要流程节点说明

阶段	内容描述
实时感知	接收雨量计、水位计、遥测站、视频监控等感知数据，每分钟更新
预报分析	水文模型预测未来3/6/12/24小时来水流量过程线
调洪演算	预测不同调度方案下的库容变化、水位变化、出流量
洪水演进	模拟泄洪路径与下游淹没情况
风险识别	与风险分级标准比对，确定预警等级（蓝黄橙红）
调度决策	系统推荐调度方案并提供多个模拟路径供人工对比
指令下发	系统自动将指令发至闸门控制系统（RTU/PLC）
效果评估	与实际水情对比，反馈至模型进行动态修正

3.8.1.1.3.3. 人机交互设计

为提升业务协同效率与系统操作体验，本模块人机交互系统遵循以下设计思路：

可视化为主：三维孪生场景展示为主，二维 GIS 图+模型图+视频图融合；

操作可控：关键决策节点需管理人员人工审核确认，防止自动误触发；

预案导向：重要风险响应直接推荐对应等级预案，支持一键启动联动执行；

结果对比：提供多方案对比分析界面，支持敏感性参数切换测试；

全局掌控：提供“水库-下游-周边”一体化态势总览；

历史可溯：全过程日志记录与回溯复盘界面支持操作审计与演练复查。

3.8.1.1.3.4. 模块化界面结构设计

模块名称	功能组件	描述
监测总览模块	实时雨量图、水位图、视频快照	展示当前水库与流域关键感知指标
预测模拟模块	降雨预报图、来水预测线、库容推演	展示水文预报、调洪演算结果
风险识别模块	风险分区图、等级提示框	实时判断当前调度方案下的风险分布
调度策略模块	方案推荐列表、敏感性对比图	展示系统生成的不同策略选项与评估

指令下达模块	闸门控制界面、自动执行按钮	支持方案审批与指令推送执行
应急预案模块	预案匹配清单、快速联动入口	匹配应对等级预案、一键启动流程
运行反馈模块	实时水位更新、模型偏差图	提供执行结果与预测结果的对比分析
日志回溯模块	操作记录表、执行轨迹图	支持调度过程回放与历史事件复盘

3.8.1.1.4. 模拟仿真

模拟仿真功能通过构建实时场景驱动的动态演示引擎，防洪调度模块可实现从静态展示到交互式决策、从历史复现到未来演化的全过程支持，增强水库在面对复杂洪水形势下的“预演”与“实战推演”能力。

精准再现：利用实时感知数据+历史数据+三维地形模型，动态再现当前水库—流域—下游的洪水态势；

多方案推演：支持多个调度策略并行仿真对比，提供决策支撑；

应急演练：支持预案匹配与事前推演，形成决策闭环；

实景互动：三维可交互环境中实现调度点选、流程拖拽、预案演示；

AI 融合：将仿真引擎与智能模型、知识规则深度融合，提升推演精度与判断能力。

3.8.1.1.4.1. 仿真类型与内容

(1) 仿真类型

类型	描述	应用场景
历史复演仿真	加载历史洪水事件数据，回放当时调度行为与响应结果	演练复盘、策略评估、教训吸取
实时联动仿真	以当前感知数据与模型输出为输入，实时同步仿真态势演进	当前态势预判与辅助指挥
预测演化仿真	以未来预测流量与气象为驱动，对未来3/6/12/24h进行推演	方案选择与预案推演
策略对比仿真	多个调度方案并行推演，输出结果评估与敏感性分析	最优调度路径决策

(2) 模拟仿真内容组成

时空数据驱动：采用统一坐标系与时间基准，融合水库 BIM、DEM/DOM、实时

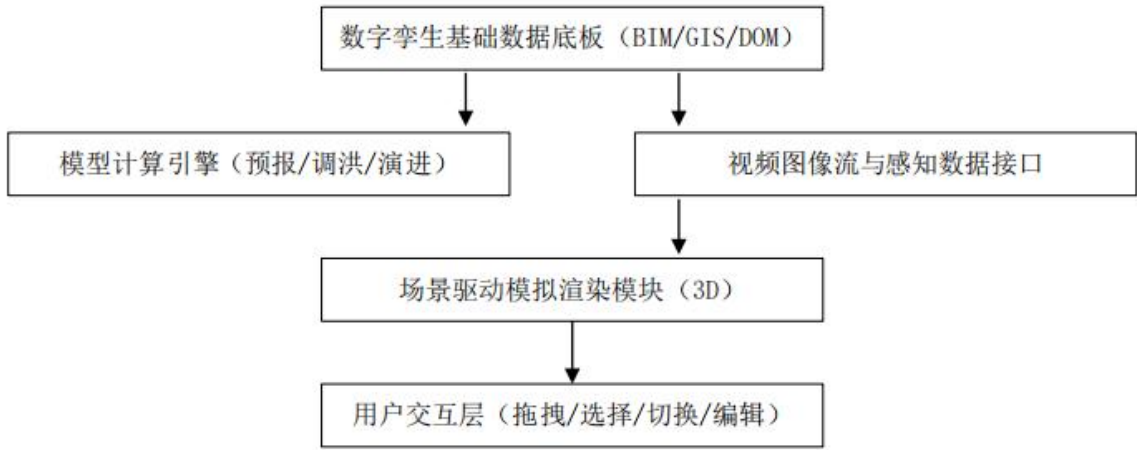
监测点位；

引擎运行内核：嵌入式仿真计算模块，支持简化水动力学/物理模型/规则驱动算法；

动态动画控制：基于 WebGL/Three.js/Unity 等 3D 图形库控制动画展示；

多层展示：支持风险区图、水位变化图、淹没范围图、流速流线图、预警图谱等图层控制；

交互控件绑定：通过鼠标/触摸屏/语音等多方式实现模型切换、参数设置、方案回退等交互。



3.8.1.1.4.2. 仿真应用场景

(1) 洪水态势演进

在库区 3D 视图中动态显示入库洪水、泄洪过程与水位上升动画；
下游地形中叠加淹没扩展区域或动态增长动画，流速线逐帧推进；
可选播放速度、时间轴控制、暂停/恢复/回退功能。

(2) 多方案对比仿真

同一场景中并行加载多个调度方案结果；
使用双屏或多窗口展示不同策略下的水位线变化、淹没范围对比；

(3) 应急推演与预案适配

模拟预设情境（强降雨+坝体位移报警）；

系统自动匹配预案，进行调度、指挥、人员疏散推演；

3.8.1.1.4.3. 交互操作与用户界面

功能按钮	描述
时间轴控制条	拖动回放模拟进度，支持标注时间点
模型切换菜单	快速选择不同模型/方案进行切换
动画图层控制	控制显示/隐藏各类仿真结果图层
注释与标注	支持添加预警点、分析线、风险区域标签
模拟参数调整	交互式修改调度流量、起调时间等参数并重新计算
截图与导出	输出当前场景图像、GIF 或视频录像

3.8.1.1.5. 前端展示

前端展示系统是连接“用户—数据—决策”的关键交互界面，是防洪调度模块中各类分析成果、推演结果、监测数据、策略建议等信息的主要承载载体。本系统围绕“多视图整合、一图统管、实时联动、智能可视”四个目标，构建具有强感知、高互动、全景化的可视化展示体系，全面支持水库管理者实现态势认知、智能研判与协同指挥。

3.8.1.1.5.1. 前端展示设计

（1）一图统管、全域展示

构建水库调度全生命周期、全空间范围的“一张图”指挥态势图，实现“上游—库区—下游—风险区”一屏展示。

（2）图文融合、智能渲染

数据图层与 3D 建模、视频图像、实时参数融合展示，动态变换与多层联动。

（3）多端同步、分权呈现

同时支持桌面端调度中心主控大屏、移动端巡检终端、WEB 端远程监管平台展示不同信息视角。

（4）仿真驱动、反馈闭环

模拟场景与实际控制系统同步反馈，演进结果实时呈现，支持图表叠加分析与实

时控制响应。

3.8.1.1.5.2. 防洪四预展示组件

（1）预报展示

降雨-径流-水位预测联动图：多图叠加展示预报时段内的区域降雨分布、流域汇流计算、库区水位变化趋势；

预测水位曲线与警戒阈值线对比图：展示水位预测走势、对应的警戒、汛限、校核水位等多级参照线；

模型预测结果组件：对接洪水预报模型、水文预报模型，展示预报准确率、偏差率、置信区间；

过程控制台：提供时间轴滑动功能，实现未来 12~72 小时预报数据的交互式回放与预测窗口滚动展示。

（2）预警展示

库区风险热力图：基于洪水预报结果叠加风险评估模型，形成空间化风险等级染色；

分区风险告警标识：对坝前水位、入库流量、出库能力、控制断面等设置多点位风险等级图标；

风险事件列表面板：按等级排序展示当前/即将达到的预警点位，联动地图闪烁与弹窗提示；

预警动态时间轴图：展示各时间点预测风险等级变化，支持回看与预测；

声光提示与多终端推送：预警触发后系统前端弹窗提示，并支持同步发送短信/微信/APP 通知。

（3）预演展示

调度路径图：模拟出库流程中闸门启闭顺序、泄流路径、水头分布动态；

洪水演进三维动画：展示库区水体扩张、河道水位演化、下泄影响范围的动态变化；

断面响应过程图：展示关键河段（坝下村镇、水文站）的流量、水位、滞后时间

过程；

- 调度方案比选动画：对不同调度方案的模拟运行结果进行图形化对比；
- 预演结果输出面板：汇总仿真时长、调度方案编号、最大库水位、最大下泄流量、受影响人口等要素。

（4）预案展示

- 数字预案目录组件：内嵌平台预案库，支持多类型预案分类浏览（工程调度、人员转移、信息发布等）；
- 预案触发推荐窗口：基于风险等级与预报结果，智能推荐可激活的调度预案版本；
- 预案执行流程图：图形化展示预案中各处置步骤、责任单位、执行时限、流程节点；
- 转移路线图与避险点显示：地图中展示人口转移路线、交通节点、避险点及容量；
- 联动反馈界面：现场任务执行人员可通过终端反馈预案落实状态，形成闭环管理。

3.8.1.1.5.3. 前端界面结构

（1）布局分区

区域	描述
主视图区	展示三维水库孪生场景 + 动态水文数据流
信息面板区	展示基础数据、模型输出参数、预警信息
控制交互区	模型选择、参数设置、方案对比、指令推送按钮
时间轴区	控制仿真时间推进、切换时间段分析
图层管理区	控制地图图层、数据图层、模型图层显隐与顺序

（2）展示模式

- 三维可视化展示（主流基于 Cesium/Unity）
- 多视角组合展示（多区块监控视图）
- 表格+图形组合展示（Echarts/AntV）

动画演示模式（自动播放/手动控制）

3.8.1.1.5.4. 图层与可视组件设计

(1) 地理图层

图层名称	内容描述
地形高程图层（DEM）	精细高程数据，用于水面模拟与淹没分析
行政区图层	显示街道、村庄、辖区边界
水文站点图层	雨量计、水位计、遥测站、感知点
河道线网图层	展示主河道及支流走向、断面分布

(2) 数据图层

实时雨量动态图（动态雨带动画）

水位变化热力图（流动带、颜色分级）

预警等级图（颜色：黄/橙/红）

闸门状态图（动态启闭动画）

入库流量曲线图 / 出库流量柱状图

模型预测输出：水位趋势线、淹没范围图

(3) 三维动态图层

三维水库实体结构（BIM 模型）与流动水面融合；

模拟溃坝或泄洪动画：流动粒子、水面起伏；

泄洪路径演进流动特效；

视频图层嵌入场景对应点位，支持点击播放。

3.8.1.1.5.5. 成果输出与展示

成果类型	展示形式
预报成果	预报特征值、水位-时间折线图、库容变化柱状图
调度结果	方案对比矩阵、启闭策略图表
风险预警	风险分布图、等级预警图、预警发布
模拟演进	淹没图层+流速图+范围动画

预案响应	响应流程图、预案执行面板
操作记录	执行日志列表、历史动画轨迹

3.8.1.1.5.6. 前端交互功能

- 地图交互：支持点选站点查看详情、双击放大区域、框选区域进行专题分析；
- 图层切换：支持图层顺序调整、透明度控制、图层开关；
- 参数调整：可视化滑块/输入框修改调度模型参数并同步运行；
- 方案比选：点击一键生成策略对比图与推荐意见；
- 日志追踪：每一次模拟操作与调度执行均可回放，生成时序化演示；
- 消息推送：预警信息、模型结果以图形+语音+弹窗形式通知用户；
- 多角色展示：根据用户权限显示不同信息层次；

3.8.1.2.水量调配监控

水量调配作为水库日常运行管理中的核心工作内容，直接关系到水库农业灌溉、城市供水、工业供水、生态用水等多项服务效能。基于数字孪生平台，构建高标准的数据体系与感知网络，为调配模型、仿真分析、优化决策提供高质量支撑，是实现科学调配、节水优先的前提保障。

3.8.1.2.1. 主题数据

3.8.1.2.1.1. 主题数据内容

结合平台已有数据底板与模型要求，水量调配模块需整合以下六类主题数据：

- （1）水源数据（供给侧）
 - 历史降雨、水位、流量数据
 - 库容-水位-出库流量曲线
 - 当前库容、水位、可供水量估算
 - 流域来水量、历史入库径流序列数据
 - 枯水、平水、丰水年典型代表数据集
- （2）用水需求数据（需求侧）
 - 农业灌溉需求量：作物需水系数、灌区面积、作物分布图

城镇生活用水：常住人口、工业用水单位指标

生态基流维持：生态河段保流目标与指标要求

下游用水权或调水协议配额

（3）用水单位属性信息

灌区分布边界、编号

城镇供水点坐标、人口规模

生态用水区域边界、警戒线

用水单位优先级（一级：人饮保障；二级：农灌生态）

（4）运行记录数据

年度调度方案、旬调计划

实际用水记录、缺水率

调水异常事件记录（停水、污染、突发调整）

（5）气象与水文影响因子

当前降雨分布及未来预报（预测需水修正）

蒸发量、气温、湿度等用于需水动态调整

3.8.1.2.1.2. 数据组织方式与标准

按照统一的空间基准（WGS84 坐标系）、时间基准（UTC+8）、元数据描述标准组织入库，构建下主题库。

库名	描述
SupplySourceLibrary	各类水源空间信息与历史径流数据
WaterDemandLibrary	不同行业/区域用水时间序列与需求强度
DispatchUnitLibrary	各调度单元编号、属性、地理信息
WaterBalanceDatabase	年度/旬调水量平衡表
TransmissionPipelineLibrary	输水线路拓扑图与 BIM 模型参数
WeatherImpactLibrary	气象影响因子与需水预测修正值

3.8.1.2.1.3. 数据更新与质量控制机制

（1）数据更新

实时数据更新频率：每 2 小时调水管网流量采样；每日更新水位/降雨/气温等；
历史数据定期汇总更新：每旬导入调度计划与执行记录；
数据校验机制：对异常偏差（突增突减、流向反转）进行边界规则校验；
与业务模型联动：调配模型计算后实时反馈数据偏差供评估修正。

（2）与其他模块数据联动机制

与 BIM/GIS 平台共享空间数据图层，支持调水路径可视化；
与调度运行模块对接，推动调配→执行→反馈闭环；
与知识平台联动匹配“历史调水场景+策略”进行智能匹配。

3.8.1.2.2. 算法模型

数字孪生水库的水量调配应用模块以智能化调度为核心目标，模型体系设计须兼顾水库供需平衡优化、调度效率提升、突发水情应对能力和科学运行的长短期融合策略。

3.8.1.2.2.1. 算法模型

水量调配业务模块需集成多种预测、分析、优化调度模型，涵盖不同时间尺度和空间层次的资源配置需求：

模型类别	模型名称	主要作用
预测类	需水预测模型	预测未来不同时段、不同用水单位的需水量
平衡类	水量平衡模型	计算供需平衡差额、识别缺水节点
优化类	优化调度模型	优化调度模型
决策类	多方案优选模型	构建调度优先级矩阵，形成最优调度建议

3.8.1.2.2.2. 需水预测模型

（1）模型功能

根据作物生长周期、城市用水历史规律、气象预测因子构建多维预测算法，输出未来各调度单元日/旬/月的需水量。

（2）模型输入/输出

输入：土壤湿度、气温、降雨、作物种类、城市人口变化等；
输出：用水预测图谱（每日/旬/月供需线）

3.8.1.2.2.3. 水量平衡模型

(1) 模型功能

按照水库时段供水能力（考虑现有水位、蒸发损失、预留库容）与用水需求总量，计算水量差值，并分析缺水风险。

(2) 计算逻辑

可供水量 = 当前库容 - 死水位库容 - 安全蓄水量 - 必留生态水量

需水总量 = Σ （各用水单元需水量）

差额 = 可供水量 - 需水总量

(3) 模拟输出

水量平衡图

调度周期内盈亏曲线

缺水预警等级图谱

3.8.1.2.2.4. 优化调度模型

(1) 模型功能

在满足多种约束前提下，通过数学优化算法获取最优的供水调配方案，实现水资源利用率最大化、缺水率最小化。

(2) 约束条件

最小生态流保障约束

闸门设备能力约束

日/旬最大供水量限制

3.8.1.2.2.5. 多目标优选模型

根据不同优化目标（安全优先、效益优先、应急优先），系统将形成多种方案，并通过以下机制优选：

指标矩阵打分（综合指标法）

用户权重调整优选方案

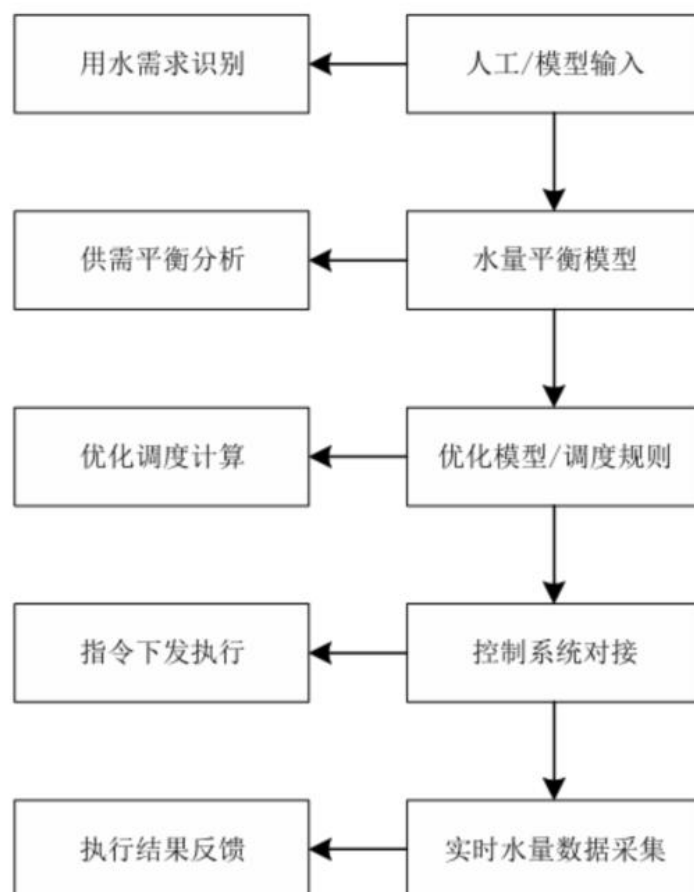
历史场景拟合优选

模拟演进结果评价（欠供风险、设备负荷、供水满意度）

3.8.1.2.3. 业务流程与人机交互

3.8.1.2.3.1. 业务流程架构

水量调配流程遵循“需求分析—供需平衡—优化分配—执行控制—反馈评估”的五步闭环设计。



水量调配业务流程设计图

3.8.1.2.3.2. 关键流程节点

（1）需求识别

人工录入与模型预测结合；

可配置优先级标签（生态保障>人饮>农灌）；

显示各类需水指标与时间段分布图；

（2）平衡分析

实时计算可供水量；

显示缺水风险图与时序曲线；

给出是否触发应急供水机制建议；

（3）方案制定与优化调度

自动生成多个调度路径（库间、泵站、输水管道选择）；

显示各路径调度成本、负荷强度；

多目标优化结果：经济最优、风险最小、综合推荐方案；

（4）执行控制

自动将调度指令下发至 RTU/PLC；

监控每条通道执行情况；

设置预警值自动报警；

（5）结果反馈与修正

实时监测是否按计划供水；

执行偏差图；

调整下一时段方案参数；

3.8.1.2.3.3. 人机交互设计

以图为主：地图+图表+表格三结合展现；

逻辑清晰：调度过程按时间线与业务分组；

结果可比：多个方案可视化对比；

自动联动：方案选择→图层变化→模型自动运行；

可审可回：全程生成执行日志，支持复盘；

3.8.1.2.4. 仿真驱动

在数字孪生水库的“智慧调配”目标框架下，仿真驱动技术不仅承担了水量调配过程中的推演与验证功能，更是支撑多方案对比、结果反馈优化、风险研判预警的重要技术支柱。

实现供需方案模拟推演，动态验证策略可行性；

重现典型调配情境，用于演练、教学与复盘；

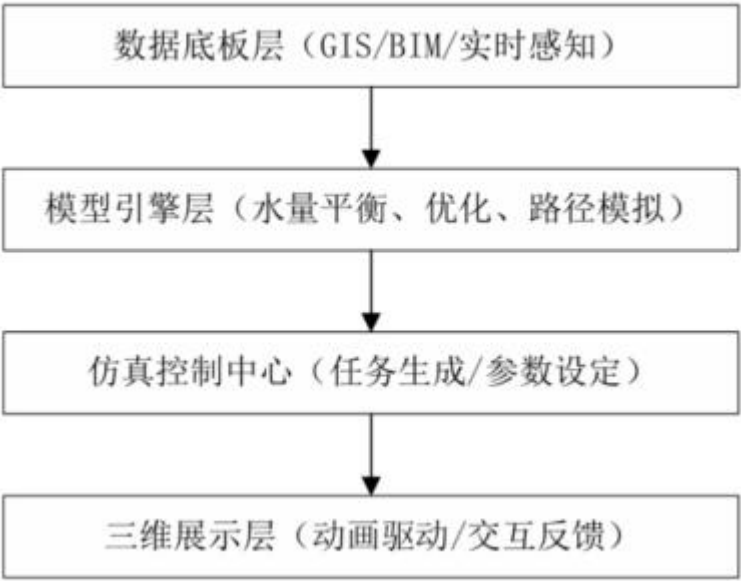
支撑多源调水联动下的调配优化与风险评估；

可视化模拟调度过程、动态显示供水变化趋势；

建立反馈闭环，将仿真结果用于模型修正和方案优化。

3.8.1.2.4.1. 仿真类型

仿真类型	主要用途	特点
历史复演仿真	重现典型年份调配过程	评估经验方案效果
实时同步仿真	根据现状数据实时模拟调水演进，模拟不同水位调配方案下水库库容变化过程；三维显示库容波动、水系流动路径、末端用水情况。	支持动态调整
策略预演仿真	不同策略下未来调度结果模拟	评估风险/收益
多方案对比仿真	并行运行多个策略仿真，对“保障灌溉优先”、“保生态流量优先”等多目标情境进行仿真对比；辅助用户依据优先级做策略取舍。	图形化对比效果最优
联合调控仿真	与上游水库进行联合调控预案	快速演练演示



3.8.1.2.4.2. 仿真应用场景

（1）供水调度演示

调入水库、闸门开启等动作以动画形式依次呈现；
动态显示各水源出水量曲线；
同步水位变化动画+区域供水指标热力图。

（2）缺水年份应急调度策略演练

设定极端干旱年历史资料；
启动应急供水预案；
显示轮供时间安排、供水缺口补偿曲线；
预警等级提示与执行演示。

（3）常规供水路径仿真对比

A、B、C 三种方案动画对比；
采用不同策略生成流量叠加图；
水资源分配公平性指标分析对比。

3.8.1.2.4.3. 功能模块构成

模块名称	功能说明
仿真任务配置器	选择调度策略、输入参数、模拟时间范围
模拟运行引擎	启动各模型运行过程，实时反馈计算结果
场景三维渲染器	展示调水路径、站点状态、水位变化动画
结果图谱管理器	输出水量分布图、供需曲线、调配优劣分析图
日志输出控制台	输出运行日志、指标变化、异常提示

3.8.1.2.5. 前端展示

水量调配系统的前端展示部分，需展示当前调配状态和调度决策过程，还通过图层、动画、交互等方式，让使用者直观感知供需格局、执行动态、水量平衡结果、仿真推演流程等。

3.8.1.2.5.1. 前端展示设计

感知一体化：融合 GIS、BIM、水务数据、视频图像，实现图表一体、空间叠加；

操作简单化：清晰导航、拖拽配置、数据联动、图层可控；

多端协同化：支持桌面、移动端、调度大屏全终端无缝对接；

智能动态化：图层随数据更新自动变化，支持实时演算动画反馈；

定制模块化：图层、指标、参数、交互按钮均可个性定制；

通过前端展示，构建“多维数据——一张图——一屏控”展示指挥视图；快速理解调度形势、查看当前供需状态；直观展示模型推演成果与优化策略；实现可交互式调度操作与方案对比。

3.8.1.2.5.2. 水量调度四预展示

（1）预报展示

流域来水预报视图：动态加载中长期气象预测+水文模型推算结果，形成流域分区入库/径流量预测图；

用水需求预测图谱：展示农业灌溉、城镇供水、生态补水等多源用水预测量，分日/旬/月级别；

水位-库容-调度量三维图：结合历年调度数据构建水库运行响应关系图，支持未来 7~30 日预测趋势叠加；

预测偏差评估面板：系统对比历史预测与实际结果，输出模型置信区间、误差分布等供人工校核。

（2）预警展示

蓄水异常图层：地图高亮当前低蓄/超蓄库区，结合预测数据提示“调水风险点”；

用水紧张区热力图：基于供需平衡模型动态渲染水源保障率较低区域；

调度时序风险图：预测在未来窗口期内调水不能满足最小生态/生活/灌溉需求的时间段；

预警等级图标标注：以红/橙/黄三级标签叠加在地图库点、取水口、重要灌区上；

异常触发通知面板：通过可视面板与图层联动自动弹窗预警原因、影响区域及建议方案。

（3）预演展示

多库联合调度动画推演组件：展示调度方案中每个水库出水、蓄水与转输过程；
动态水流路径图：以动画线流方式展示从上游到下游多库调水过程及目标灌区流量演进；

分布式调度方案对比面板：对比不同方案在用水满足率、调度耗能、生态影响上的优劣；

模型仿真参数调整控件：用户可调节调度参数（出库量、时间窗口、调水路线），实时查看模拟结果变化；

运行结果指标展示：自动计算调度后各站水位、水量满足率、应急储备余量等关键指标图表。

（4）预案展示

水资源保障预案数字化目录：展示旱情应急、突发污染调水、错峰供水等场景预案；

预案触发推荐机制：当模型识别水量短缺风险时，平台自动推荐对应调度或应急预案；

处置流程可视化组件：图形化展示调度启动、任务分发、设备控制、供水调整、公众告知等执行路径；

3.8.1.2.5.3. 展示架构与界面布局

标准前端展示界面结构如下：

区域	功能内容
中央主视图区	展示调度全景地图、三维孪生模型、水流动画
左侧控制区	模型调用、参数配置、图层切换、方案对比等
右侧信息面板	实时调度数据、图表、预警、策略建议等
下方时间轴	调配周期控制、仿真推演回放控制等

弹窗区	异常提示、历史数据查询、事件日志
-----	------------------

3.8.1.2.5.4. 图层系统设计

前端地图视图以 Cesium 3D 引擎为基础，叠加以下关键图层：

图层名称	内容描述
地形/影像图层	地形起伏、高程渲染、真实影像底图
水源点图层	水库、地下水、河道进水口等图标标记
输水线路图层	管网、渠道、泵站线路，颜色表示水量变化
需求区域图层	各用水单元按区域块状标记，颜色代表缺水/饱和
水量变化动态图层	供水变化热力图、水位变动曲面动画
模型输出图层	优化结果图表、调度路径箭头、流向粒子动画
预警图层	缺水等级图、异常提示图层

图层可自由组合叠加、切换、调整透明度、显示/隐藏。

3.8.1.2.5.5. 核心功能模块设计

（1）调度地图总览

统一地图界面展示当前调水任务分布；

支持缩放、拖动、点击查看区域详情；

GIS+BIM 三维联动（BIM 展示 + GIS 位置）。

（2）参数与策略面板

方案选择：调用当前已有的调度模型；

参数配置：调度时段、目标单位、约束条件等自定义输入；

一键运行模型 → 图层自动更新结果图谱。

（3）动画演示引擎

供水线路路径粒子流动动画；

调度动作执行顺序的“时间推演”；

模拟期间各节点水量柱状图/折线图动态联动。

（4）多方案对比模块

不同调度策略输出的指标可视化对比：

满足率

单位供水成本

用水公平性指数

调度路径效率评分

可选择以雷达图、并列柱状图、差异图等方式呈现。

(5) 预警与响应提示

缺水区域闪烁提示；

图标颜色红橙黄蓝分级；

点击跳出区域详情、建议措施、相关调水计划；

弹窗快速跳转至策略制定页面。

3.8.1.2.5.6. 成果输出与展示

成果类型	展示形式	使用对象
调度优化报告	PDF/Word 结构化报告	报告审批、专家会审
图形化调配图	SVG 高精矢量图	宣传展示、汇报演示
视频演示动画	录屏+注释+语音讲解	会议播放、科普宣传

3.8.1.2.5.7. 多语言与角色权限控制

系统支持中英文双语；

不同权限角色拥有不同操作范围：

普通用户：查看调度地图与结果；

调度员：编辑调度任务、运行模型；

管理员：管理用户、配置参数、导出成果；

操作记录自动生成日志与审计报告。

3.8.1.3.工程运行维护

水库工程运行维护涉及结构实体、机电设备、信息平台等对象，其运行数据高度动态、工况复杂。系统数据主题设计需满足以下要求：

- (1) 全面覆盖三类运维主体的静态结构数据、动态运行数据与事件响应数据；
- (2) 多源数据融合：集成传感器、巡检反馈、维保日志、模型计算结果；

(3) 标准规范统一：采用统一命名、分类、格式、单位、时间制度，兼容国标、行标；

(4) 支撑多维服务：为 AI 模型训练、业务流程调度、仿真逻辑重建提供统一数据接口。

(5) 系统围绕“设备—工况—任务—事件”构建多层数据结构，形成以空间位置、设备类型、时间维度、风险等级为核心主键的高可用数据资源池。

3.8.1.3.1. 主题数据

(1) 主体工程运维数据主题

主体工程主要包括大坝体、溢洪道、消力池、放水塔、放水洞、溢洪道右岸边坡等实体构造，其数据分为结构数据、监测数据与运维记录三类。

1、结构数据

构型信息：坝型、尺寸、混凝土等级、构造缝、坝段划分、地基类型；

布设信息：坝段编号、监测点布置、检查孔布设图；

三维模型数据：CAD 图、BIM 模型、GIS 空间要素。

2、运维记录数据

巡查日志：日常巡查表、异常标记、图像取证；

缺陷登记：裂缝、蜂窝、表面风化等问题的发现与记录；

维修任务：计划维护、应急抢修、施工封闭时间；

材料耗用记录：混凝土补强量、止水胶材料用量等。

(2) 机电设备运维数据主题

机电设备涵盖闸门启闭机、电控设备、应急发电机等，用于调节水工建筑运行与工程供电、供水。

1、设备台账数据

设备基本信息：设备编号、型号、产地、制造商、投运时间；

布置信息：安装区域、定位坐标、控制面板编号；

运行方式：自动/手动/远程控制模式；

接口协议：Modbus、DNP3、OPC、IEC 61850。

（2）实时运行数据

电气参数：电压、电流、有功功率、无功功率、频率；

机械状态：启闭位置、运行时间、温升、润滑状态；

故障报警：欠压、过载、电弧、电机过热、PLC 通信中断等；

控制日志：启停记录、操作指令、响应状态。

（3）运维管理数据

维保计划：半月/月度/季度检修任务安排；

检修记录：检修单位、故障原因、处理措施、恢复时间；

备品备件管理：易耗件库存、使用登记、采购申请记录；

能耗分析：能耗曲线、运行效率、优化建议。

（4）数字孪生系统运维数据主题

数字孪生系统是平台运行的保障，包含物联感知、通信网络、基础设施等方面。

1、感知系统运维数据

感知系统包括水工、气象、结构、图像等各类前端传感器及采集设备。需记录其编号、安装位置、在线状态、信号强度、数据质量、人工校准记录及设备更换记录。

设备离线、数据漂移、突变等异常均需打标记录并纳入维护任务机制。

2、通信网络运维数据

网络结构涵盖有线链路（光纤/工业以太网）、无线网络（NB-IoT/4G/5G）、通信接口协议（MQTT/Modbus）、VPN/公网连接等。

运维数据包括链路状态、通信延迟、丢包率、连接重试次数、通信异常事件日志等。

3、基础设施运维数据

以机房内的电力系统、UPS 电源、温湿空调、消防安防等设施为主，记录环境数据（温度、湿度、烟雾、漏水）、供电运行（电压电流、电池状态）、告警事件（断电/高温/入侵）及定期巡检维护结果。

4、其它数据

数据中心运维数据主要聚焦于物理与虚拟资源的使用状况，包括服务器 CPU、内存、磁盘负载、网络 I/O、数据库连接、容器运行状态等；算力平台运维数据则关注 AI 模型运行性能、推理响应速度、任务调度状态、GPU 资源分配等指标；孪生平台运维数据侧重于模型调用准确性、系统判定有效性与推演路径可追溯性，记录模型精度、训练版本、推理日志、联动反馈等核心数据；支撑平台运维数据涵盖接口调用成功率、认证访问日志、消息队列流转状态、配置版本变更等内容；业务应用系统运维数据则涵盖前端模块的页面响应时间、功能稳定性、用户行为路径、反馈数据等；

3.8.1.3.2. 信息设施运维

数字孪生水库工程作为融合数据采集、模型分析、仿真推演、业务驱动与可视交互的系统中枢，其自身的稳定性、连通性、响应性与智能性，是保障工程运维系统持续在线、稳定高效运行的基础。

信息设施运维业务划分为六个功能核心模块，分别是：设施资产与全景管理模块、运行状态与性能监测模块、告警中心与联动预警模块、工单管理与运维执行模块、日志审计与故障溯源模块、智能分析与辅助决策模块。

3.8.1.3.2.1. 信息设施资产与全景管理

信息设施资产与管理是整个信息设施运维的数据起点和实体基础，其目标是实现对所有信息设施对象的全面建档、精准定位、动态识别与统一管理。信息设施覆盖面广，既包括前端的感知设备水位计、雨量计、温湿度计、视频终端等，也包括通信层的交换机、路由器、防火墙、光模块等，还包括平台层的服务器、存储阵列、操作系统、中间件、数据库，甚至涵盖孪生引擎、建模系统、算法服务、API 网关及业务应用服务等逻辑设施。

在系统实现中，设施资产首先通过统一的设备接入接口录入系统，形成“设施台账”。每一项设施都具备唯一编号、分类标签、部署位置、型号参数、归属项目、运维单位、启用时间等基本属性。在此基础上，系统建立设备“生命周期管理机制”，记录设施从部署、使用、维护、升级、报废的全过程数据，形成可回溯、可追踪的资产

记录链。

除了数据层面的建模，系统还通过“设施可视化全景视图”实现资产的空间呈现与状态标记。该视图将设备映射到水库区域空间模型中，支持二维/三维切换浏览，通过图形符号、颜色编码等手段展示设施的地理位置、运行状态、设备类型、工单数、告警等级等多维信息。用户可以在地图上点击任一设备，快速查看其属性信息、运行指标、工单记录、日志摘要等内容。

资产台账模块还具有强大的分组管理与权限控制能力。支持按区域划分资产组（上坝区、下游区、主坝、溢洪道等），按系统划分（感知子系统、通信子系统、平台子系统等），并支持按运维单位、项目阶段、建设期等进行组合视图调用。系统权限则支持按角色、单位、功能模块授权，实现多级单位、多人员、多场景的管理协同。

此外，该模块还支撑设施与上下游业务对象之间的逻辑关系建模。将某传感器与其数据链路、所属服务器、最终接入的模型系统进行链式关联，从而在设施出现问题时，自动标示其影响范围与波及业务。

3.8.1.3.2.2. 运行状态与性能监测

运行状态与性能监测是实现运维“主动感知、实时监控、动态呈现”的关键支撑，目标是构建一套覆盖感知设备、通信链路、平台服务器、软件服务的实时运行监测网络，使运维人员可以通过平台随时掌握系统健康状况、性能瓶颈与资源压力。

该模块首先依托于数据采集系统，通过 SNMP、WMI、API、日志监听等多种协议与通道，持续采集各类设施的运行指标。服务器，系统可获取其 CPU 使用率、内存占用、磁盘读写速率、进程数量、网络吞吐量等；通信链路，系统可获取交换端口流量、丢包率、延迟值、链路断开次数等；数据库服务，系统可获取其连接数、执行 SQL 耗时、缓存命中率等指标。这些数据在系统内部进行清洗、归类、入库，并构建实时数据缓存区用于状态面板快速刷新。

运行状态的展示方式以“实时视图+趋势曲线+健康评分”三种方式并行。实时视图用于展示当前时刻的关键指标；趋势曲线展示近小时、近天、近周的变化趋势，识别

突变与持续升高；健康评分则将各类指标根据加权规则进行归一化处理，输出 0~100 的设备运行健康评分值，便于管理者快速判断设备优劣。

系统还支持配置“指标阈值”与“指标组合策略”，即某一指标连续超过设定值、或者多项指标共同表现异常时，触发预警或调整调度策略。某主服务器 CPU 使用率连续三分钟高于 90%且平均内存利用率大于 85%，则视为过载状态，触发接口限流或模型迁移。

3.8.1.3.2.3. 告警中心与联动预警模块

告警中心是系统中的主动防御机制，是将“状态变化”转化为“运维行为”的桥梁。系统在运行监测模块获取数据基础上，建立多维度、层级化、响应型的告警处理机制。

告警的产生分为三类：指标阈值型告警、行为模式型告警、智能算法型告警。第一类是常规设置，CPU>90%、通信链路延迟>500ms 等；第二类是系统通过行为识别机制，发现设备出现不寻常行为，设备连续断连重启、传感器数据突变、模型运行周期骤短等；第三类则基于历史数据建模后的智能判断，利用聚类或滑动平均方法识别“异常行为段”，通过自学习形成高风险告警预案。

告警一旦触发，系统将通过告警分类机制赋予“提示、一般、重要、严重、致命”等等级，配置相应通知与响应策略。通知方式包括系统弹窗、桌面推送、邮件、短信、微信/钉钉企业消息等多通道组合，确保在第一时间触达值守人员或相关责任单位。

更为关键的是，系统支持“告警联动响应”，即根据告警事件自动执行预设运维动作。举例而言，当某平台服务崩溃后，系统可自动重启服务容器，检测端口响应情况，若三次失败则升级为致命告警并派发工单。对于通信链路告警，系统可自动切换至备用链路，更新路由表，并提示现场人员检查线路物理状态。

为避免信息过载，告警中心还配置“告警聚合机制”，将同一源设备或同一类事件在短时间内的告警合并为一条主告警，减少重复通知。告警中心同时提供“事件跟踪视图”，用户可按时间轴查看某一事件触发、处理、关闭全过程，形成“告警—处置—

回执”的完整闭环记录。

3.8.1.3.2.4. 工单管理与运维执行

工单管理模块是数字孪生水库信息设施运维中实现“流程驱动型运维闭环”的核心机制。它的核心职能是将平台上的异常事件、计划任务或用户反馈通过标准化、流程化、责任化的方式转化为可执行的运维任务，并在系统内部完成任务流转、进展跟踪、结果反馈、知识沉淀等全过程处理，实现从“故障发现”到“问题解决”之间的自动联动与闭环管控。

在系统设计中，工单的触发方式多样，既可以来源于告警中心的自动触发（某设备故障告警推送自动生成工单），也可以由运维人员手动创建（计划巡检、定期升级），还可以来源于第三方集成平台或人工录入问题工单（平台用户提交的“系统登录异常”问题）。系统根据工单来源类型、紧急程度、任务内容、责任单位等属性，自动匹配合适的工单模板，并在创建时自动填充相关信息，包括设施编号、位置信息、告警编号、系统日志链接等，减少人为录入，提高准确性。

每一条工单在创建之后，会被自动分配唯一编号并进入“任务流程引擎”。系统支持配置灵活的工单流程模板，例如“自动审批→派发→执行→反馈→复核→关闭”六步流程，亦可针对特定任务简化为“三步流程”（设备例行巡检）。系统内置工作流引擎支持节点条件配置、并行/串行执行、异常中断处理、节点跳转等高级流程控制，满足大型水库工程多单位、跨层级、跨权限的协同运维需求。

在任务派发环节，系统根据运维人员的区域权限、技能等级、工作负载、响应能力等维度进行匹配派单。对于需要现场操作的工单，系统还集成了移动端支持，运维人员可通过手机接收工单任务，查看设备位置、故障描述、历史记录，现场完成操作后可直接上传拍照图片、视频记录、语音报告，填写任务回执，并提交系统审核。

整个工单执行过程中的所有操作信息、时间节点、处理内容均由系统自动记录，形成完整工单履历。系统对任务执行过程提供实时进度更新与状态提醒，任务派发超过 2 小时未接单将提醒主管；任务反馈后 24 小时内未复核将预警超时；任务执行失败可触发补单机制重新派单。

工单管理模块还具备知识积累与能力沉淀机制。每一条已完成的工单信息在归档前需填写“处理结论”与“经验总结”，这些内容将被整理入系统知识库，在后续类似问题发生时可作为处理建议自动推送。同时，系统通过对工单处理数量、响应时长、关闭率、回执满意度等维度进行统计，为管理者提供运维绩效考核依据。

综上，工单管理与运维执行模块构建了一套严谨的“任务驱动—流程闭环—责任到人—反馈追溯”的业务机制，不仅提升了信息设施问题的处理效率与规范性，更通过流程记录实现了过程控制与持续优化。

3.8.1.3.2.5. 日志审计与故障溯源

日志系统在运维管理中具有不可替代的重要作用，尤其是在数字孪生平台下，信息设施的状态异常、系统事件、用户行为、数据交互等所有细节都以日志的形式在平台各个层级留下痕迹。日志审计与故障溯源模块正是基于这一基础，构建起一整套以日志为核心的“事件回放机制”、“行为审查体系”与“智能定位能力”。

在日志采集方面，系统采用分布式日志接入架构，支持包括 Syslog、Kafka、Filebeat、Windows 日志、数据库日志、中间件日志等多种数据源的接入与解析。系统通过设定规则自动对日志内容进行结构化处理，包括时间戳提取、源 IP 识别、模块标识归属、关键事件标记等，使得日志在存储前即具备检索性与归类性。

所有日志数据将按照日志类型（系统日志、安全日志、用户行为日志、应用运行日志、设备事件日志）统一归档，并存储于集中式日志数据库中。系统设置了动态索引机制，用户可通过关键词、时间段、设备编号、操作账号、事件类别等任意维度组合进行日志筛选与回溯，快速定位目标内容。

在审计功能方面，系统对所有平台用户的登录行为、操作行为、权限变更、配置修改、工单处理等内容进行实时监控与留痕。每一条关键操作，“修改数据库连接参数”、“新增远程访问账户”、“关闭主进程服务”等操作，均会被系统记录下操作人、时间、操作内容、操作后状态等信息，并设置操作审计级别。在审计报告中，系统支持生成操作时间轴、操作频率统计图、操作分布热力图等，帮助运维监管部门评估人员行为风险。

在故障溯源方面，该模块基于日志数据建立“事件路径识别模型”。某业务系统出现异常，系统可自动回溯前 30 分钟内与该服务有关的中间件日志、数据库日志、接口调用日志、服务器系统日志，并构建“因果图谱”，标出最早出现异常的模块、出现频次最高的异常码，从而辅助技术人员快速定位问题根源。同时，该模块支持“多日志源融合”，在出现系统性故障时可跨模块、跨子系统整合分析，解决“单点定位难”的问题。

此外，日志模块也支撑平台的合规性要求，包括日志脱敏（隐藏手机号、身份证号等）、日志压缩归档（节省空间）、日志备份（冷存）及日志审查权限分级设置（防止数据泄露）等能力，确保平台在数据安全和审计合规上具备可靠保障。

3.8.1.3.2.6. 智能分析与辅助决策

随着信息设施的数字化程度日益提升，传统的“被动响应”式运维已难以满足数字孪生水库工程对“连续性、高可用、安全性、智能化”的综合要求。为此，信息设施运维引入智能分析与辅助决策模块，构建基于数据驱动的运维智能决策能力。

智能分析与辅助决策提供趋势分析功能，基于历史运行数据，对设备状态、告警事件、工单处理等指标进行时间序列建模，预测设施运行趋势和潜在风险。

系统可识别某一通信链路在每日晚高峰阶段出现负载抖动的趋势，提前生成容量扩展建议；可分析某类传感器在雨季故障率上升的规律，提示运维单位提前更换耗材。

智能分析与辅助决策具备容量预测与资源优化能力，通过对平台的计算资源、存储空间、链路带宽等指标进行趋势评估，预测未来 30 天、90 天内资源瓶颈点，辅助系统管理员制定扩容策略，避免资源崩溃影响孪生业务稳定性。

在故障方面，系统内置故障根因智能识别引擎。当发生重大事件时，平台可调用知识图谱、日志模式比对、异常码聚类等方法自动定位问题源头。当多个告警同时触发时，系统可自动比对相似工单、归因模块日志、依赖链路状态等，给出故障最可能出现的环节及对应解决方案建议，从而节省人力排查时间。

此外，系统支持构建运维绩效评估体系，以数据为依据，分析运维人员的任务响

应时间、完成效率、工单闭环率、处理准确率等，自动输出绩效评分，供管理者在人员排班、培训考核中使用。该功能亦可用于单位/部门间横向对比，提升管理透明度。

最后，平台还提供策略模拟功能，允许用户对某一配置调整或应急事件进行模拟演练。系统基于当前架构与策略逻辑模拟出调整后系统行为结果，模型切换后服务器负载变化、链路调整后的流量分布趋势、数据库切换后的响应延迟等，辅助决策者做出“有数据依据”的决策，避免人工误判带来的系统风险。

3.8.1.3.3. 前端呈现组件设计

数字孪生水库工程运行维护业务平台的前端系统，是工程实体感知、状态感知、运维管理和决策指挥的可视化中枢。系统通过构建多源数据一张图、模块组件化集成、图形化运维任务驱动、智能联动决策推荐等多种功能机制，为工程技术人员、运维管理者提供可观、可控、可操作的数字界面。

3.8.1.3.3.1. 界面布局与交互逻辑

为契合日常值班、风险监管、任务调度、故障排查等多种业务场景，系统在桌面端采用“主控面板 + 多窗口视图 + 分区导航条”的复合式界面结构布局。

（1）界面总体结构布局

系统主界面划分为以下几个核心区域：

区域名称	功能描述
顶部导航栏	展示平台 LOGO、用户信息、全局搜索、快捷入口、告警铃等通用功能
左侧菜单栏	模块导航入口，包括：监测总览、巡检管理、设备运维、隐患处置、统计分析等
中央主视图	主地图、三维模型或数据视图为核心交互区，支持图层叠加、对象点选、趋势查看等
右侧工具区	动态加载信息卡片，对象详情、设备面板、指标趋势、视频窗口等
底部任务栏	实时工单、告警信息、事件日志滚动区，可展开查看并快速跳转

（2）模块间联动机制

各区域间高度联动，实现数据驱动交互与业务过程推动：

- 地图点击监测点 → 弹出设备实时曲线窗口；
- 巡检路线选中 → 高亮当前人员轨迹并显示待办任务；
- 工单推送通知 → 自动跳转至处置界面并加载待确认信息；
- 告警列表点击 → 自动缩放至对应区域并展示风险分析图表。

（3）多角色界面适配

系统支持根据不同岗位、使用场景提供差异化界面：

用户角色	展示重点
巡检人员	巡检任务、轨迹规划、设备点检入口
运维工程师	设备状态面板、维修记录、维保任务
监测专员	实时监测曲线、异常识别模块
安全主管	风险地图、隐患趋势图、处置进度表
系统管理员	模型调用状态、平台健康指数、日志审计

3.8.1.3.3.2. 图层系统与数据可视化机制

（1）图层系统分级结构

系统图层采用“多类别并存、按需调用、图层联动”原则，划分为五大类核心图层：

图层类别	内容组成
地理基础图层	地形地貌、流域边界、道路交通、水体分布、高程阴影等
工程结构图层	大坝实体、溢洪道、排水管、消力池、边坡护坡、涵洞结构等
监测感知图层	位移点、渗压孔、裂缝计、边坡滑动监、雨量站、摄像头等
设备状态图层	各闸控设备、开关柜、配电箱、闸门启闭状态、通信设备等
运维任务图层	巡检路线、维保任务点、隐患点、已处置问题、故障事件图标等

（2）三维可视化与图层深度融合

- 1、三维 BIM+GIS 模型集成，实现“实物-位置-数据”三统一；
- 2、支持剖切、旋转、漫游、结构拆解，助力设备内部检视、结构细节排查；

3、多图层实时绑定三维对象，支持点击任意构件查看监测点、问题记录与维保记录。

3.8.1.3.3.3. 功能组件模块化设计

系统前端所有业务功能均以组件化形式实现，便于按需加载、组合展示、任务驱动，并能与后台服务、模型引擎、数据库高效联动。

(1) 核心功能组件分类一览

功能组件名称	功能定位
工程运行总览组件	展示工程结构+设备状态+监测指标+任务摘要的一张图
监测趋势视图组件	展示传感器数据变化曲线、对比趋势、异常标记等
设备状态面板	实时展示设备工作状态、电气参数、运行趋势
工单联动窗口	展示任务来源、执行情况、人员进度、现场图片等
风险评估面板	展示隐患点等级分布、处理情况、专家意见与建议
统计分析组件	图表方式展示各类运维指标趋势、问题高发统计
视频监控联动组件	结合视频流与事件记录，回看问题发生过程、调度行为等
模型结果可视组件	显示模型判定等级、置信度、趋势预测等分析输出

(2) 组件交互能力设计

- 1、点击联动：地图点选对象自动联动打开相关监测图表、工单面板或视频播放；
- 2、预警弹窗：高等级风险或失联设备自动弹窗显示、语音提示与图标闪烁；
- 3、多图对比：多个趋势图或设备参数支持并排展示、缩放对齐、时间同步；

3.8.1.3.3.4. 成果输出

前端系统不仅承担着数据展示、任务交互、风险识别等工作，更需具备将运行维护过程与分析结果以标准化形式输出给上级监管单位、协同部门与公众服务终端的能力。因此，平台需构建涵盖报表导出、图像截图、任务记录归档、智能报告生成、多终端共享与接口服务对接在内的成果输出机制，确保系统具备全方位的信息服务能力。

报表类型	内容摘要
日/周/月巡检报告	巡检路线、点位覆盖、问题记录、异常图像、签到轨迹
维保执行记录报表	工单列表、处理时长、人员分工、图像说明
隐患分析报告	风险分布图、等级趋势图、处理状态统计
监测数据异常汇总	传感器异常点数、类型占比、修复状态
绩效评价报表	完成率、响应时效、工作量统计、满意度评分

3.8.1.4.应急决策支持

3.8.1.4.1.主题数据

应急决策所依赖的数据应具备实时性、全面性、可验证性与可追溯性。系统数据主要分为以下几类：

（1）实时感知数据

由物联网传感设备实时采集，是支撑事件快速响应和智能识别的基础。

水雨情数据：降雨量、蒸发量、径流量、水位、水温等，来源于水文站、雨量站、水位计、流速仪等。

工情数据：水库大坝结构应力、变形、裂缝、渗压、渗流量、地基位移等，来源于内埋传感器、应变计、测缝计等。

视频监控数据：通过布设在重点区域的摄像头实时监控工程状态、人群活动等。

气象数据：气温、风速、湿度、大气压、雷达回波图等，来源于气象雷达站、卫星遥感系统等。

（2）历史监测数据

对系统建模、风险预警与应急评估具有重要参考价值。

历史水文记录：包括月、旬、日尺度的降水量、水位、库容、来水过程线等。

历年调度方案与效果数据：实际调度方案的执行记录及相应的结果反馈，用于模型优化与仿真验证。

工程运维日志：历次检修、巡视、故障处理记录，可用于工程隐患的预测分析。

历年应急事件数据：洪水、滑坡、溃坝、水污染事故等典型案例数据，辅助构建应急场景库。

（3）空间地理数据

以 GIS 为载体的空间信息，用于灾害演进模拟、资源分布分析与疏散路径规划。

地形地貌数据：DEM、DSM、高程点、坡度坡向等，用于洪水漫延分析与滑坡模拟。

行政边界与水系线：流域划分、村镇分布、水库库区、河道结构等，用于联动响应区域分析。

工程实体模型：坝体三维结构、管涵布设、排涝系统、闸门结构等，支持数字孪生建模。

（4）应急资源信息

支撑事件处置过程中的资源调用和保障调度。

人员信息：应急抢险队伍名单、分布、联系方式、作业能力等。

装备物资：抽水泵、应急照明、沙袋、救生衣、无人机、运输车辆等的库存、位置、状态信息。

避难场所：可容纳人数、设施完备性、道路通达性、历史使用情况等。

（5）预案规则与知识库

构建知识驱动的响应推荐能力，提升系统智能决策水平。

灾种分类：水库险情、洪水、地质灾害、水污染、管网爆裂、电力故障等应急类型。

响应流程：应急分级标准、响应时间要求、响应主体分工、信息报送机制等。

标准规范：应急响应国家标准、行业指南、技术规程、处置流程卡片。

3.8.1.4.2. 算法模型

3.8.1.4.2.1. 风险识别模型

（1）洪水风险模型

利用历史与实时水文数据，通过 HEC-HMS 或 MIKE 11 等水文模型，模拟降雨-产流-汇流过程；

基于流域面积、地形坡度、土地利用等因子构建参数化模型；

可叠加气象预报、上游来水预测，实现未来数小时至数天的洪峰预测与洪水过程模拟。

（2）综合风险评估模型

多因子加权分析模型：将水位、水势、水速、降雨、坝体监测数据输入模型，进行加权评分；

风险矩阵法：根据“发生概率 × 影响程度”进行定量评级，划分风险等级区域；

3.8.1.4.2.2. 预警分级与触发模型

（1）预警指标设定

分别为洪水预警、水库险情预警、水质污染预警、通信故障预警等设定一级、二级、三级响应指标；

系统可结合趋势判断、突变检测等方式动态识别临界阈值突破。

（2）序列预测与趋势分析

应用 LSTM（长短期记忆网络）模型对降雨、水位、水流量等关键指标进行短期时序预测；

对比预测趋势与设定阈值进行自动判断，提前预警发布。

（3）预警决策逻辑

采用规则引擎 + 模型联合触发机制，提高预警准确率；

支持多源数据融合触发，“雨量+库水位+坝体渗压”同时超过阈值时触发红色预警。

3.8.1.4.2.3. 应急调度优化模型

（1）调度目标函数设计

多目标优化模型：削峰填谷、保障下游安全、保持水库结构稳定；

可约束条件：出库流量不得超过安全泄量、闸门启闭受限于工程结构等。

（2）调度策略推荐算法

基于遗传算法或粒子群优化算法，快速筛选最优或次优调度路径；

引入博弈论策略分析，在多库联调、上下游调度中寻找均衡解；

加入模糊控制逻辑，对不确定性（未来降雨）进行柔性响应。

3.8.1.4.2.4. 响应策略自动匹配模型

构建知识图谱，建立事件类型与预案条目、响应主体、调度资源之间的语义连接；

使用 BERT 或 TextCNN 模型对事件描述进行文本向量化，实现自然语言输入下的方案智能匹配；

支持人工规则与模型推荐融合，最终生成具备可执行任务单的响应策略。

3.8.1.4.2.5. 模型训练与迭代机制

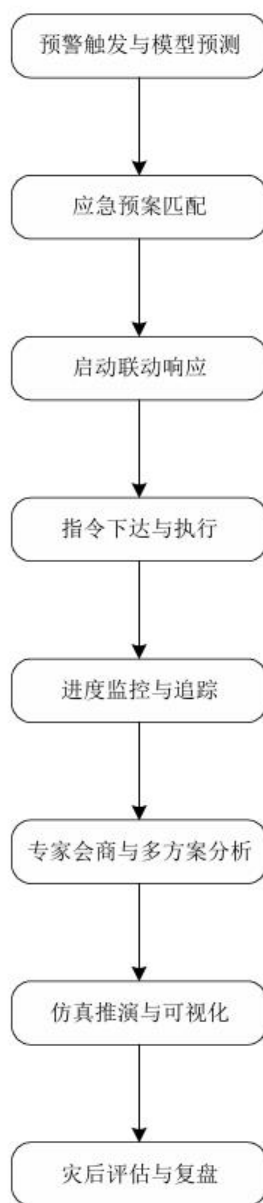
所有模型具备在线学习能力，结合事件反馈持续优化；

系统可在非应急时段进入仿真训练状态，使用历史案例反复训练模型准确性；

模型评估指标包括召回率、误报率、预测误差、响应时间等，定期生成评估报告。

3.8.1.4.3. 业务流程

数字孪生水库工程应急决策支持业务应用系统，是一个面向突发水利事件（暴雨洪水、工程险情、地质灾害等）实现“智能感知、预测预警、快速响应、协同调度、仿真推演、闭环评估”的全生命周期业务管理系统。其业务流程设计以“风险驱动 + 数据支撑 + 模型辅助 + 协同响应”为核心理念，构建全链条、可闭环、可量化、可演化的应急处置流程体系。



应急决策支持业务流程设计图

3.8.1.4.3.1. 预警触发与模型预测

当感知系统上传的数据被接收后，系统立即进入自动化的预警研判阶段。系统构建了基于多指标的预警判断机制和多模型融合的趋势预测机制，实现对灾害苗头的提前感知与风险定级。

预警判定基于以下四类指标进行：

气象类指标：降雨强度、时长、累计雨量；

水文类指标：水位、流速、入库流量、出库流量；

工程类指标：渗压、应力、应变、裂缝宽度等；

综合判据：多个指标联合异常判定逻辑。

一旦某项或多项指标超出预警阈值，系统会按照设定规则自动发布预警，并进入预案匹配阶段。

3.8.1.4.3.2. 应急预案匹配

系统内置完整的应急预案数据库，涵盖常见的水库突发情况，洪水预警响应、滑坡诱发溃坝、电力故障导致闸门失控等。预案分为三级或四级响应机制，并细化至各类场景。

系统内置规则引擎与标签化知识图谱技术，通过分析当前事件的预警等级、事件类型、空间位置、时间窗口等维度信息，智能匹配最合适的应急预案。匹配过程无需人工干预，响应效率远高于传统纸质预案系统。

匹配成功后，系统自动调取该预案涉及的各级响应单位、责任人联系方式、所需资源清单、应急路径、响应时间节点，并加载至调度控制台，进入执行准备状态。

3.8.1.4.3.3. 启动联动响应

系统完成预案匹配后，将立即启动联动响应流程，实现跨部门、跨单位的协同响应。

此阶段通过“一张图”平台触发操作按钮，调度员可实时调配包括水务、应急、公安、交通、电力等多部门资源。平台内置责任分级调度表与任务清单自动生成器，通过图层形式呈现受影响区域、关键响应路径及人员分工。

通过政务专网、短信推送、App 通知、广播终端等多种方式同步下发响应通知，确保任务分发无死角。响应启动后的每一项任务都将进入系统化流程追踪，确保闭环管理。

3.8.1.4.3.4. 指令下达与执行

调度系统根据匹配的应急预案和实时专家建议，自动生成操作指令。包括控制水库开启闸门至特定角度、调动应急救援队伍前往某区域、疏散某村落等。

系统为每一项指令建立任务执行单，由责任单位或责任人通过移动终端确认接收。指令的执行过程实时追踪，包含 GPS 定位、任务状态变更（未执行、执行中、已

完成、异常中断）等。

此外，系统将执行指令绑定至视频监控点位，实现现场图像同步浏览与存档。所有执行数据（时间、状态、路径、反馈图像）将自动记录，作为后续评估数据源。

3.8.1.4.3.5. 进度监控与追踪

在联动响应和任务执行过程中，系统需要对各项任务的完成进度和执行状态进行持续跟踪。

此阶段通过三类数据回传机制开展：

感知数据回传：闸门角度、水位变化、现场风速等；

视频图像回传：用于判断设备是否启动，人员是否到位；

任务状态回传：由责任人 App 端打卡签到或语音上报。

系统自动构建多维度任务执行监控视图，包括任务总览表、地图视图、热力图与 Gantt 图等，管理者可快速发现未完成任务、延误任务、异常终止任务等问题，及时调整资源与指令策略。

3.8.1.4.3.6. 专家会商与多方案分析

系统提供会商平台，供指挥中心调度人员与专家学者开展多方联合分析。平台支持实时数据共享、语音图像互动、文件上传、批注与会商记录归档。

同时，系统根据已有模型或仿真平台，自动生成多个响应方案。每种方案都包含资源调用量、执行时间、成本、覆盖区域、安全风险等维度指标。系统采用 AHP 层次分析、模糊评估等方法对方案进行打分排序，供指挥人员选择最优方案。

此过程为决策提供量化依据，减少主观判断误差，提升响应策略科学性。

3.8.1.4.3.7. 仿真推演与可视化

在方案选择与响应执行前，系统将利用水动力学模型、BIM 模型与空间地理信息系统，进行仿真推演，评估应急响应在不同条件下的执行效果与影响范围。

仿真系统可模拟未来降雨、水库调度、溃坝演进、洪水淹没路径与深度，支持用户交互操作、可视化路径调整、人员撤离路线设计等。

所有仿真结果可在桌面端大屏或移动端三维 GIS 中可视化展示，包括：

洪水演进动画；

水位变化曲线；

应急车辆与人员的动态运动；

不同方案的影响区域差异。

仿真结果为最终响应提供强有力的决策依据与展示效果。

3.8.1.4.3.8. 灾后评估与复盘

当应急事件结束后，系统自动进入灾后评估阶段，主要包括对响应过程、任务执行、效果达成、资源使用等方面的量化评估。

系统自动整理事件全过程数据，输出操作日志、任务完成状态、响应路径轨迹图、异常问题清单。通过与目标指标对比，系统生成评价报告，判断：

指令传达是否及时；

任务执行是否到位；

预警是否准确；

调度是否合理；

响应资源是否冗余或不足。

此评估报告将成为改进应急管理体系的重要依据。

3.8.1.4.3.9. 预案优化与版本更新

最后，系统将评估报告与事件过程数据作为输入，推送至预案管理系统进行版本优化与更新。

责任单位可根据评估结论提交预案修订建议，系统根据变更内容自动生成新版本预案，经过专家审查与管理审批后，更新至应急平台数据库中，并保留历史版本供回溯查询。

预案更新机制实现了数字孪生水库应急响应体系的持续进化能力，为未来突发事件的响应效率、决策质量和调度精度打下坚实基础。

3.8.1.4.4. 仿真驱动

仿真驱动模块是数字孪生水库工程应急决策支持系统的决策引擎与验证平台，主

要用于模拟突发事件下的水文演进过程、调度操作响应、人群行为转移和资源调配执行。通过融合多种仿真模型、配置丰富情景条件、实时接入动态数据，并实现高交互可视化控制，该模块为多方案对比、风险评估、预案检验和决策支撑提供了可靠、可控、可量化的技术支撑。

3.8.1.4.4.1. 多模型融合仿真

仿真系统通过集成多类专业模型，实现从水动力演进到人群行为响应的全面推演。其中，建立一维洪水演进模型，模拟洪水在河道系统中的传播路径、水位变化及响应时间，适用于分析水库泄洪、上游来水对下游区域的影响。在突发强降雨、闸门调度或上游洪水汇流情况下，该模型可提供断面水面线、洪峰到达时序等关键判断依据。

在二维场景下，系统使用二维水动力模型，对洪水在坝下区域、城市、村庄、农田的扩散路径、积水深度及淹没范围进行精准演算，适用于淹没风险评估和区域防护布局优化。另结合人员疏散模型，模拟个体在灾害中的行动路径与集体行为响应。水库调度响应模型则集成水文情景与控制逻辑，动态反馈调度操作（开闸、泄洪）对水位和流量的影响，实现“操作-响应-风险”全链路推演。

3.8.1.4.4.2. 场景预设与干预

系统支持构建多种应急仿真场景，包括设定初始水位、降雨强度、上游流入流量、闸门初始状态等基础参数，并可配置灾害事件类型，极端暴雨、闸门故障、堤坝溃决等。可根据预案设定各类条件，人员滞留、通信中断、道路封闭等，生成真实可信的突发事件情境，进行演练、预案测试与策略比对。

在仿真运行过程中，系统允许用户随时插入或调整干预行为，更改调度方案、切换避险路径、模拟特定设备失效或资源转移失败。模型响应机制可实时更新水动力演算结果、人群路径重新计算或任务执行状态，形成“动态演进 + 人为干预”双向联动仿真过程。该功能使仿真结果更贴近实战，更具策略验证价值。

3.8.1.4.4.3. 数据驱动模型修正

为提高仿真模型的可信度与适应性，系统设计了数据驱动模型修正机制。该机

制通过实时接入水位、流量、降雨、设备运行、人员分布等感知数据，对模型运行状态进行实时修正与调参。当实测水位与仿真预测值偏差超过设定阈值时，系统可自动调整边界条件、重设输入因子，提升仿真精度。

此外，系统引入 AI 代理模型（AI-Proxy），利用深度学习方法训练出近似预测模块，提升复杂模型运行效率，特别适用于高频仿真或大场景演练中。AI-Proxy 模型在一定条件下可独立预测趋势、判断预警等级，形成对传统模型结果的校验与补充，增强系统的智能化水平。

3.8.1.4.4.4. 高交互仿真控制

系统具备高交互性的仿真控制能力，支持用户在仿真过程中以图形化界面操作时间轴，完成仿真暂停、快进、倒退、插入事件、标记关键节点等操作，灵活调整仿真进程。时间轴与地图、图表、图像等可视模块联动展示，使用户可以同时查看仿真动画、水位变化、人员状态和资源响应情况。

系统支持多方案仿真对比，用户可在不同方案间切换分析结果，对响应方案的优劣性进行直观判断，便于辅助快速决策。

3.8.1.4.4.5. 避险疏散仿真

避险疏散仿真模块专注于模拟灾害发生后人群从危险区向安全区转移的动态过程。系统基于智能体建模技术，将每个个体设定为一个自主 Agent，具备移动能力、反应逻辑和路径选择策略。仿真过程中，个体会根据实时风险区、交通通畅性、安置点容量等因素自主判断行动路线，形成宏观上的群体疏散行为。

系统可分析不同方案下人员到达率、滞留人数、路线分布密度、转移总时间等指标，识别可能存在的疏散瓶颈和隐患区域，优化安置点布局与转移流程。同时，可设定特定人群属性（老人、小孩、伤员），模拟特殊群体的转移难度，为精细化避险方案设计提供量化支持。

3.8.1.4.4.6. 应急资源调度仿真

资源调度仿真模块面向应急响应中的物资调运、设备投送和救援力量分配问题，支持对各类资源在时间和空间维度内的模拟调度。用户可设定物资种类（沙袋、移动

泵站、通信设备）、储备地点、响应任务点与优先级，系统将基于路径最优算法、时间窗限制、调度能力等逻辑，动态生成资源调配路径和任务分配表。

系统能够模拟在道路受阻、桥梁损毁、调度重叠等条件下的任务冲突或失败风险，输出资源到位时间、调度成本、任务完成率等关键指标。支持多种策略（就近调度、统一配送、分区保障）仿真对比，为应急管理部门提供调度预案优化建议。该功能特别适用于大型联合演练、物资仓储布局验证及实战前物资资源压力评估。

3.8.1.4.5. 前端呈现组件设计

3.8.1.4.5.1. 总体展示框架设计

前端呈现层作为应急决策系统的可视化中枢，承担了“信息汇聚、一图统览、指令下达、反馈追踪”等关键交互职能。设计目标为构建多端融合、智能交互、可视联动的全景响应界面。

（1）多端展示架构

桌面端：适用于指挥大厅、值班室，提供全景可视化管理界面；

移动端：用于现场人员实时查看任务、执行命令、上传回传数据；

大屏端：用于事件展示、流程跟踪、预案推演、资源调度等场景。

（2）多图层融合视图

GIS 图层：展示基础地理、河道、水库、村镇、道路、避难所等位置分布；

三维孪生图层：还原坝体、闸门、水渠等工程实体结构；

实时监控图层：接入监控点的视频流、图像识别、AI 异常预警框图；

事件图层：高亮突发事件发生点、受影响区域、警戒范围；

资源图层：显示物资仓库、调度车辆、抢险队伍实时位置与状态。

3.8.1.4.5.2. 应急总览界面

（1）统一视图入口

首页即为总览界面，整合所有空间数据、监测数据、模型输出、预案任务等核心信息；

支持按区县/流域/水库切换视图，动态加载不同区域数据。

（2）重点信息实时联动

风险事件高亮标注，自动闪烁提示及弹窗报警；

实时数据流图、水位曲线图、风速图、降雨图可嵌套展示；

任务节点显示颜色变化表示状态（待响应/执行中/完成/超时）。

（3）时间轴回溯与仿真叠加

提供历史事件回放功能，可选择任意时间点回放洪水演进、人员撤离、调度变化

；

支持叠加仿真路径与方案对比结果，进行效果分析与辅助决策。

3.8.1.4.5.3. 操作控制与调度指令面板

（1）事件信息卡片

每个事件生成信息卡片，包含事件类型、触发时间、响应等级、责任单位、处置状态；

点击卡片可展开进入事件详情页。

（2）任务调度面板

自动生成任务清单（设备操作、资源调用、人员安排等），可勾选、签收、反馈

；

支持拖拽式任务排序与执行优先级设定。

（3）资源调用模块

点击地图中资源图标，可直接查看当前状态、剩余库存、预计到达时间等信息；

支持一键调度资源，系统自动规划最优路径并显示执行状态。

3.8.1.4.5.4. 多维数据可视化组件

（1）图表与仪表盘组件

水位-流量-降雨等指标以折线图、雷达图、热力图动态展示；

各类设备状态、应急等级、响应效率以仪表盘方式呈现。

（2）AI 识别组件

视频 AI 识别异常图像自动高亮，并在大屏图像中显示识别结果（人员聚集、工

程裂缝等)；

风险预测热区以等值图形式展示。

(3) 移动端适配组件

首页展示当前事件卡片、最新指令、待办任务等；

提供“一键回报”功能，现场人员拍照、录音、定位后可快速反馈任务结果；

提供避险导航、消息推送、地图指引等功能。

3.8.1.5. 水库综合管理

3.8.1.5.1. 主题数据

在数字孪生水库工程综合管理应用中，构建完备、动态、可共享的主题数据体系是核心支撑。系统主题数据需涵盖工程构造、运行监测、人员组织、业务流程、资产设备等多个维度，并具备实时性、完整性、语义化与可视化特征。

(1) 工程基础数据子体系

1、工程清单数据

工程基本信息：工程名称、建设时间、工程等级、设计单位、运维单位；

工程分类管理：拦河坝、水闸、溢洪道、引水渠、发电站等分类清单；

管理单元划分：每一类工程细化为可管理单元，支撑独立建模与监控。

2、结构与模型数据

结构参数：坝高、坝顶宽、底板厚度、泄洪能力、调蓄容量等；

BIM 模型数据：构件模型 ID、空间坐标、材料属性、施工日志等；

GIS 空间数据：位置坐标、边界矢量、DEM 高程数据等，实现空间定位与可视化展示。

3、建设与运维档案

施工过程记录：施工日志、监理报告、施工变更、照片资料；

运行日志：日常巡视、养护维修、检测报告、隐患记录；

管理制度：各级单位管理制度、操作规程、责任制度等文档化资料。

(2) 运行监控数据子体系

1、实时水文水工数据

库水位、水深、水温、入流量、出流量、降雨量、蒸发量；

水质指标：pH 值、溶解氧、氨氮、电导率等。

2、工程运行状态数据

闸门启闭状态、启闭时间、电机运行电流、电压、设备状态码；

供电系统运行状态、通信状态、传感器电量与信号强度。

3、预警与报警数据

超限报警、设备异常、非法入侵、视频 AI 识别异常（裂缝识别、人员滞留等）

。

（3）人员与组织数据子体系

1、人员台账

基本信息：姓名、性别、岗位、工龄、专业资质；

培训记录、奖惩记录、应急演练参与记录。

2、组织结构数据

组织架构图：按管理级别划分的水库枢纽管理处、调度中心、灌溉管理站等及中心直属科室等；

岗位职责：每一岗位对应的操作权限、任务范围、协作单位等。

3、排班与考勤数据

值班表、考勤签到记录、迟到早退记录、现场轨迹定位。

（4）业务流程数据子体系

1、作业票据与工单流程

作业票种类：电气作业、动火作业、有限空间作业、登高作业等；

工单记录：任务发起时间、接受人员、处理时长、任务完成照片与说明等。

（2、计划与任务流

年度运维计划、月度巡查任务、周排班与日作业单元排布；

可追踪任务状态：未开始、进行中、完成、超期、挂起等。

3、信息审批与协同流转

文件审批流：报修审批、物资采购审批、经费申请等；

公文管理：会议纪要、通知公告、内部发文接收状态等。

（5）资产与物资数据子体系

1、设备资产信息

编码规则：设备唯一编号、安装时间、责任人；

运维周期：检修周期、校验周期、更换计划与历史维护记录；

健康度评级：系统自动评估设备状态等级。

2、仓储物资信息

仓库清单：各库房物资种类、数量、保质期、状态；

出入库记录：操作人员、物资类别、数量、时间；

低库存预警机制，支持补货申请自动生成。

3、资产生命周期数据

安装-使用-巡检-维修-淘汰全过程；

每个阶段记录材料、成本、工时、执行人，支撑全周期追溯。

3.8.1.5.2. 工程生产运行管理

工程生产运行管理是水库或流域综合管理的核心功能之一，涉及调度、运行、监督、反馈等全流程管理。系统以调度计划为牵引、以任务流为核心、以运行数据为支撑，构建覆盖全业务链条的运行监管体系。

（1）调度计划管理

1、年度/月度/周调度计划编制

根据水文预测、用水需求、生态目标制定中长期调度计划；

编制内容包括库容控制线、日调度目标、水量分配指标等；

系统支持模板生成、数据智能填充与在线审批。

2、任务分发与节点拆解

将调度目标自动分解为多条作业任务：调蓄闸门开度设定、泵站启动、信息上报

等；

支持自定义 workflow 模板，按单位或岗位精确派工；

支持图形化任务链条编辑、执行顺序、完成条件设置。

3、计划变更与动态调整

遇有突发情况（突降暴雨、设备异常）时，可快速触发计划重排；

系统根据水情数据和设备能力自动提出调整建议；

所有变更记录留痕，可追溯原始计划、变更原因与新版本对比。

（2）生产任务执行与跟踪

1、任务执行控制台

实时展示各作业任务的进度状态（未开始/执行中/完成/延误）；

任务状态关联责任人、操作时间、反馈照片等；

支持任务催办、转派、补报与闭环签字。

2、现场作业与移动反馈

结合移动端作业助手 APP，执行人员可在现场接单、打卡、回传数据与图片；

任务完成后自动进入归档状态，生成操作日志与绩效计分记录；

异常作业任务可快速升级为“隐患事件”或“报警问题”。

3、任务异常处理机制

支持自动识别任务执行超时、未完成、数据异常等问题；

问题自动推送至调度平台，生成补救方案建议；

异常处理过程纳入绩效考核与事件闭环统计。

（3）运行状态实时监测

1、数据采集与动态展示

系统对水位、闸门、流量、电站运行参数等数据进行实时采集与展示；

支持区域总览图、参数趋势图、设备状态图等可视化模式；

设置多维度筛选条件（时间、设备、工段）快速定位问题。

2、指标预警与状态告警

设定指标上下限，自动触发黄/橙/红三级预警；
结合视频监控、AI 分析提供多模态报警支撑（人员侵入识别、现场积水检测等）；

所有预警可联动调度任务自动派发处理。

（4）生产效率与绩效评估

1、运行 KPI 体系

核心指标：调度计划达成率、任务准时完成率、故障响应时间、运行能效等；
支持按日/周/月生成多维统计图表，直观反映运行水平。

2、人员绩效绑定

将任务执行情况与人员绩效挂钩，任务完成量、及时率、质量评分；
系统自动生成月度绩效草案供审核，提升管理透明度与公平性。

3、持续优化机制

系统定期输出运行薄弱点与建议优化项；
支持专家在线评审与计划调整功能，持续完善生产运行体系。

3.8.1.5.3. 组织管理与人员排班

组织管理机制与智能化的人员调度体系通过数字化手段对组织架构、人员排班、值班考勤等环节进行系统整合，有助于提升管理规范性和响应速度与人力资源配置效率。

（1）组织架构与岗位管理

1、组织结构可视化建模

构建树状组织结构图，支持按机构、部门、班组多级分层；
每一岗位挂接职责描述、操作权限、上报层级；
支持可视化拖拽调整机构设置与岗位安排。

2、岗位职责与权限配置

设定岗位类型（运行、调度、安监、运维等）与权限模板；
每岗位可绑定对应业务功能模块与操作限制；

系统自动校验权限分配冲突与违规交叉，保障管理合规性。

3、组织绩效分析

根据岗位完成任务数、工作时长、误差率等生成绩效评分；

支持按班组、单位、区域维度生成绩效对比图；

可视化展示组织运行效率与优化建议。

（2）值班与排班

1、值班任务编排

支持按照日、周、月生成值班计划，自动排布主值、副值、后备值班人员；

自动避让法定节假日、重复排班、人员请假情况；

支持“一键生成+手工微调”排班策略。

2、班次配置与轮换机制

系统内置常见轮班规则，三班两倒、四班三运转等；

可配置个性化轮班规则，支持跨组轮换与夜班权重设定；

提供轮班公平性分析图，提示轮班不均问题。

3、排班变更与替班申请

提供移动端替班申请功能，支持审批流程流转；

所有排班变更记录留痕，生成日志档案；

支持班表导出打印、按周/月 PDF 图示化输出。

（3）考勤与在岗状态管理

1、考勤签到机制

支持刷脸、指纹、GPS 定位、NFC 等多种签到方式；

系统自动统计迟到、早退、缺勤次数，生成日报/周报；

考勤与任务执行绑定，记录每次作业的到岗时间。

2、现场在岗轨迹跟踪

通过佩戴式终端或移动 App 记录人员现场活动轨迹；

在 GIS 地图上实时标记作业人员当前工段位置；

异常轨迹报警机制（脱岗、长时间静止、出界）。

3、排班与考勤数据融合分析

对比排班计划与实际出勤，生成偏差统计报告；

分析人员工作时长与疲劳风险，支持任务调度优化建议；

按岗位、班组、时段生成人力资源效率可视化图谱。

3.8.1.5.4. 资产设备管理

资产设备管理通过数字化管理手段，实现对资产全生命周期的动态掌控，对设备状态的实时感知，对维护过程的流程化管控，是提升综合管理智能化水平的重要环节。

（1）设备台账与资产数字化建模

1、全域资产清单构建

建立全覆盖的资产台账：涵盖水闸、电气柜、传感器、闸门、通信设备等；

资产编码规范：支持分层分级、功能分类、生命周期标识；

支持批量导入、Excel 表格接入与标准化录入模板。

2、数字孪生挂接建模

结合 BIM 三维模型，设备与三维实体绑定，支持空间定位与交互操作；

每个设备关联运行参数、维护记录、视频监控、实物照片等信息；

支持点击设备模型后弹出完整信息面板，直观浏览运行状态与历史。

3、资产生命周期管理

设备状态标签：在用、待修、报废、停用等动态切换；

生命周期日志记录：安装时间、启用时间、首次故障、更换时间等全流程可追溯

；

建立维修历史档案与健康评估曲线，支撑预测性维护。

（2）运维任务计划与执行

1、维保计划编排

支持按设备类型、重要程度、运行年限自动生成年/月度保养计划；

系统内置维保模板，泵站季度巡检、电气年检等，支持自定义拓展；

计划可拆分为可派发的任务单元，关联人员与完成时限。

2、任务派发与闭环反馈

支持调度平台按角色推送任务至指定人员，任务含执行步骤、注意事项；

移动端执行反馈：现场拍照、参数录入、问题描述、结果签字；

任务完成自动归档，并同步生成设备运维记录。

3、设备故障处理流程

故障自动检测或人工上报后，形成维修任务，进入调度流程；

系统推荐历史处理方案与备件清单，提升响应效率；

故障处理过程闭环记录，支持统计分析故障频次与平均响应时间。

3.8.1.5.5. 安全与隐患治理

安全与隐患治理通过智能识别、自动预警、闭环整治、图谱分析等功能构建“事前预防—事中控制—事后复盘”的全过程安全保障体系。

（1）安全隐患识别与上报

1、多渠道隐患发现

支持人工巡查、移动 APP 随手拍、监控视频 AI 识别、传感器数据异常触发等多源上报路径；

上报信息包括隐患类型、发生位置、现场照片、关联设备、责任班组、风险等级等；

系统自动分类归档隐患，并绑定工程实体或空间位置。

2、隐患标准分类与建档

按照水利行业相关标准构建结构性、安全生产、设备运行、环境卫生等隐患分类体系；

每一隐患记录具备唯一 ID、生命周期状态、记录人、整改记录等关键信息；

建立隐患电子档案库，支持统计分析与长期回溯。

（2）风险评估与预警机制

1、风险等级自动评定

系统通过规则引擎或 AI 模型对隐患的风险等级进行自动判定（红色、橙色、黄色、蓝色）；

综合参考“可能性 × 后果严重度 × 暴露频率”进行矩阵打分；

高等级风险触发应急响应机制与值班人员推送提醒。

2、预警策略管理

支持对重点设备、关键节点设置个性化预警策略；

多维度触发条件：数据阈值越限、视频识别异常、连续报警趋势等；

预警信息可通过弹窗、短信、语音广播、APP 推送等形式精准送达。

3、风险图谱与热力分析

基于 GIS 构建风险热力图，动态反映不同区域的风险密度与类型分布；

支持时间维度动画回放，辅助发现风险演化趋势与高发区域；

可视化关联隐患、人员、设备、任务等要素，建立风险链条图谱。

（3）隐患整改闭环管理

1、自动任务生成与派单

系统根据隐患类型、位置、责任部门，自动生成整改工单；

工单内容包括整改措施建议、完成时限、验收方式、现场风险提示等；

可通过调度平台或移动端派发任务，人员接单即签收。

2、整改过程反馈与监管

整改人员通过移动端反馈进度信息、上传施工现场图片、录入整改说明；

管理人员可实时查看整改轨迹、逾期预警、进度百分比等指标；

支持中途退单、重派、延期申请与风险提示再确认流程。

3、验收归档与统计分析

整改完成后发起验收流程，系统支持线上/线下复核签字；

验收通过后隐患标记为“已闭环”，并归入隐患历史库；

支持周期性统计报表输出：隐患数量趋势图、整改及时率、高发部位排行等。

（4）安全责任追溯与考核

1、隐患关联人员与班组

每个隐患记录与发现人、整改人、验收人、责任单位建立关联关系；
任务执行情况自动同步至人员考核模块，用于安全绩效评分依据。

2、责任追溯链条回放

系统记录隐患从发现至闭环的全流程操作日志；
可按时间轴生成责任链图，显示每一关键环节的人员与行为动作；
支持责任划分分析，用于事故追责与安全问责依据。

3、安全绩效可视化呈现

系统生成安全 KPI 图表，隐患整改率、整改周期、重大隐患占比等；
支持多维对比（按班组、项目、时间段、隐患类型等）；
可生成安全管理年报或季度总结，用于汇报展示。

3.8.1.5.6. 综合报表与绩效分析

综合报表与绩效分析功能是综合管理系统的数据归集与运营评价核心，旨在实现多维数据的自动聚合、指标体系的动态构建、运营过程的全景分析，并为管理决策提供科学依据。

（1）报表模板与自动生成

1、报表模板体系构建

系统预设多种业务报表模板：运行日报、月度调度报告、维保计划完成率、隐患处置统计等；

用户可自定义报表字段、样式、分组方式，实现模板化快速部署；
报表模板支持版本控制与共享机制，提升管理协同。

2、多源数据自动汇聚

报表数据来源覆盖生产调度、资产运维、人员考勤、隐患整治、任务工单等各模块；

系统定时任务自动拉取各类数据，按设定规则填入报表字段；

遇到数据缺失或异常值时，系统自动标注并提示核查。

3、定时输出与分发机制

支持日报、周报、月报、季度报等自动生成并定时发布；

报表可导出为 Excel、PDF 等格式，自动发送至预设邮箱群组；

支持在系统内进行在线预览、审阅、签批、归档等流程管理。

（2）绩效考核与可视化分析

1、多维绩效指标体系

指标类别包括：调度执行率、工单及时率、设备可用率、隐患整改率、人员考勤合格率、工作饱和度等；

每类指标支持按月度/季度/年度生成图表，按部门/岗位/项目对比分析；

系统可对重点岗位设置权重，实现差异化考核打分。

2、可视化图表展示

报表图表支持柱状图、折线图、饼图、雷达图、堆叠面积图等多种样式；

支持拖拽式图表组件自定义仪表盘；

可配置图表联动功能，点击部门名称自动跳转至详细指标页面。

3、绩效预警与趋势预测

系统设定各类指标的预警阈值，提前发现执行偏差与绩效下滑风险；

利用历史绩效数据进行趋势预测，评估未来表现趋势；

输出绩效风险建议清单，辅助人力调度与资源优化。

3.8.1.5.7. 前端呈现组件

前端呈现组件作为综合管理系统的可视化载体，承载着多源信息的整合展示、业务流程的交互执行与管理指令的快速响应，其设计应兼具美观性、易用性与功能完备性，适配多终端、多场景的管理需求。

（1）系统界面总体布局

1、模块化界面布局

页面采用卡片式布局，分区显示任务清单、图表仪表、地图分布、视频监控等模块；

主导航支持首页、任务中心、设备中心、安全中心、人员中心等快速跳转；

所有功能区均支持折叠、拖拽、全屏、浮窗等交互。

2、响应式界面适配

兼容 PC 大屏、笔记本、移动平板、手机等多终端展示；

自适应分辨率缩放与布局重排，确保不同设备下信息展示一致；

移动端采用简化结构，保留任务接收、信息查询、数据上报等核心功能。

（2）核心功能组件设计

1、运行监控看板组件

实时显示水位、流量、设备状态、任务执行进度等指标；

图表支持趋势分析、滑动时间轴、历史数据对比切换；

动态变色标识异常状态，红色代表设备故障、橙色为数据预警。

2、地理信息图层组件

GIS 地图集成所有工程布点、设备状态、隐患分布、人员位置等信息；

支持图层开关、图例控制、风险区域高亮、点击详情弹窗等功能；

可视化展现调度任务路径、资源调配线路、视频监控点位等。

3、三维孪生模型组件

将 BIM 模型与业务数据深度融合，构建可交互的三维仿真场景；

模型中点击任一构件可查看其资产编号、运行状态、维修记录等信息；

支持模型旋转、缩放、剖切、构件隐藏与分层浏览。

4、任务工单与流程组件

列表展示待办任务、历史工单、整改任务、审核流程等；

每条工单支持指派、签收、转派、反馈、签字等操作；

状态颜色区分（蓝=待处理，绿=完成，灰=挂起）。

5、图表与仪表盘组件

支持柱状图、折线图、饼图、雷达图等多种图表样式嵌入；

自定义组合仪表盘：可拖拽添加各业务模块指标组件；

提供图表联动：点击图表触发下钻明细或地图跳转。

6、消息与预警中心组件

显示系统消息、报警通知、任务提醒、调度指令等信息流；

提供红点提醒、语音播报、闪动高亮、震动推送等多种提醒方式；

支持按时间、类型、业务模块快速筛选与查看。

3.9. 网络安全

3.9.1. 等级保护定级分析

根据等级保护对象在国家安全、经济建设、社会生活中的重要程度，以及一旦遭到破坏、丧失功能或者数据被篡改、泄露、丢失、损毁后，对国家安全，社会秩序、公共利益以及公民，法人和其他组织的合法权益的侵害程度等因素，对等级保护对象桃曲坡灌溉中心数字水库孪生系统进行定级。

依据《GB/T 22240-2020 信息安全技术 网络安全等级保护定级指南》表 2，信息受到破坏时所侵害的客体以及侵害程度，确定业务信息安全等级为第二级。

业务信息安全被破坏时所侵害的客体	对相应客体的侵害程度		
	一般损害	严重损害	特别严重损害
公民、法人和其他组织的合法权益	第一级	第二级	第二级
社会秩序、公共利益	第二级	第三级	第四级
国家安全	第三级	第四级	第五级

依据《GB/T 22240-2020 信息安全技术 网络安全等级保护定级指南》表 3，系统服务受到破坏时所侵害的客体以及侵害程度确定系统服务安全等级为第二级。

系统服务被破坏时所侵害的客体	对相应客体的侵害程度		
	一般损害	严重损害	特别严重损害
公民、法人和其他组织的合法权益	第一级	第二级	第二级

社会秩序、公共利益	第二级	第三级	第四级
国家安全	第三级	第四级	第五级

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，最终确定桃曲坡水库灌溉中心数字水库孪生系统安全保护等级为第二级。

信息系统名称	安全保护等级	业务信息安全等级	系统服务安全等级
桃曲坡灌溉中心数字水库孪生系统	第二级	第二级	第二级

3.9.2.网络安全方案设计

本方案针对当前系统的实际需求，按照等保标准建设稳定、先进、高效、可靠的网络安全防护体系，通过集中展现当前系统的整体网络安全态势，提升整体网络安全监管水平和防御能力，针对系统的特点、专业性、稳定性进行设计，结合网络安全研究和经验总结，以等级保护的“一个中心、三重防护”为整体防护思想，构建当前系统网络安全防护的技术体系，并完善安全管理体系，形成技术+管理的综合安全防护体系，满足实际安全防护需求。

本方案从实际出发，以当前系统为等级保护对象，从安全通信网络、安全区域边界、安全计算环境、安全管理中心和安全管理体系等几个维度来构建综合安全防护体系。

安全通信网络：对当前系统的访问逻辑进行梳理，优化网络结构，按照网络资产的属性与访问逻辑，合理划分网络安全域，在当前系统网络的边界部署安全隔离与访问控制措施，实现必要的边界安全防护，同时按照业务组网应用特点，保障链路通信的数据安全性。

安全区域边界：在重要的安全域边界设计部署安全隔离与访问控制措施，对重要安全域进行必要的安全防护，保证当前系统的运行安全。

安全计算环境：对全网的主机系统设计安装必要的安全管控措施，实现对主机系统必要的安全管控，保障主机系统运行安全，借助于在安全管理域内部署的主机系统

脆弱性扫描工具，实现对主机系统弱口令、漏洞的安全管理，通过主机加固措施，提升主机系统的抗攻击能力。

安全管理中心：在本单位网络中新建安全管理域，部署集中安全管理手段，实现对全网用户集中认证、权限管理与操作行为审计，同时部署综合日志审计与安全管理技术手段，建立全网安全风险的集中管理、分析、可视化与联动处置机制，部署安全威胁扫描与管理工具，全面实现全网风险的集中管理与处置，保证风险的快速感知与处置，提升安全风险的管理与处置能力。

安全管理体系：基于本单位现有的安全管理组织结构与管理措施，由专业的安全服务人员以安全咨询服务的形式，按照相关标准规范要求梳理安全管理体系内容，协助健全与完善安全管理体系相关内容，从管理上完善安全管理的体系化建设，包括日常管理以及应急保障等相关内容，以构建综合的安全防护体系，保障水利行业工控系统的安全稳定运行。

3.9.3. 安全技术措施建设

针对目前网络中存在高风险问题，对应的建设思路如下：

1、重要网络区域与非重要网络在同一子网或网段，同一子网之间无技术手段实现访问控制，重要网络区域与其他网络区域之间（包括内部区域边界和外部区域边界）无访问控制设备实施访问控制措施。将内、外网边界通过下一代防火墙进行隔离，建立单独的服务器域和安全管理网，并通过内网防火墙进行区域防护，工业网通过工业安全隔离与信息交换系统（工业网闸）连接至接口服务器或业务服务器，再通过防火墙将业务数据传输至灌溉中心平台。

2、重要数据传输保密性保护措施缺失，各视频数据在不可控网络环境中传输，部署多功能数字采集安全网关保证视频数据安全传输。

3、外部与内部网络攻击防御措施缺失，应在关键网络节点处检测、防止或限制从外部及内部发起的网络攻击行为。网络层部署入侵防御系统（或启用防火墙 IPS 模块），主机层部署主机防护（白名单+主机加固+防病毒）产品，在关键网络节点对攻击行为及恶意代码进行检测、阻断或限制。

4、网络安全审计措施缺失，应在网络边界、重要网络节点进行安全审计，审计覆盖到每个用户，对重要的用户行为和重要安全事件进行审计，对网络边界或重要网络节点的流量数据进行分析，从而形成的网络安全审计数据。网络安全审计包括网络流量审计和网络安全事件审计，其中网络流量审计主要是通过对网络流量进行统计。关联分析、识别和筛选，实现对网络中特定重要行为的审计，对各种违规的访问协议及其流量的审计，对访问敏感数据的人员行为或系统行为的审计等，针对该类型通过账号管理及运维审计系统（堡垒机）实现人员运维操作审计。网络安全事件审计检测到的网络攻击行为、恶意代码传播行为的审计，针对该类型通过入侵防御系统（或启用防火墙 IPS 模块）实现流量分析审计。

5、设备审计记录不满足保护要求，关键网络设备、关键安全设备、关键主机设备（包括操作系统、数据库等）的重要操作、安全事件日志可被非预期删除，修改或覆盖等；关键网络设备、关键安全设备、关键主机设备（包括操作系统、数据库等）的重要操作、安全事件日志的留存时间不满足法律法规规定的要求（不少于六个月）。因此部署日志审计与分析系统对日志进行统一收集和留存。

6、未划分出特定的管理区域，未建立安全的信息传输路径，对分布在网络中的安全设备或安全组件进行管控，建立安全管理中心（独立的带外管理网络）对安全设备或安全组件进行管理，对网络链路、安全设备、网络设备和服务器等运行状况进行集中监测。通过部署工控信息安全监管与分析平台实现对网络内组件的统一监测管理。

3.9.3.1.安全通信网络建设

对当前系统网络进行优化，根据网络中资产属性和访问逻辑来划分安全域，并对当前系统网络内、外网边界进行边界隔离与安全防护，保护当前系统网络免受来自外部及内部网络攻击的风险。

3.9.3.2.安全区域边界建设

针对网络中划分的安全域，按照安全域的安全权重，有针对性进行安全域的隔离与访问控制，划分单独的服务器域，并进行必要的安全防护，保护安全域运行安全，

具体技术措施如下描述。

在内、外网边界处、内网服务器域出口串行部署防火墙，实现各安全域边界隔离与访问控制，防火墙具有协议的深度解析能力，不仅仅可支持基于网络五元组的访问控制，保护各安全域系统的运行安全。

第二代防火墙支持三层串行、二层透传、单臂旁挂等多种部署方式。针对出入流量进行应用控制、安全防护、病毒检测、精准流控、可视化运维；通过自主研发的深度检测技术，实时监控现有网络环境。基于内置的入侵防御特征库，发现威胁，拦截阻断，及时保护整体网络环境。

2024 年除险加固工程已配置了防火墙等设备，本次不在考虑重复建设。

3.9.3.2.1. 工业安全隔离与信息交换系统

在工业网和内部业务网络之间部署工业安全隔离与信息交换系统，进行网络隔离与数据安全交换，来实现双网隔离与数据的安全交换，保护工控网络的安全。

工业安全隔离与信息交换系统采用“2+1”架构设计，即：内网主机、外网主机、数据摆渡部件组成，支持工控领域常见的 OPC/MODBUS/WINCC 等主流工控协议，具有物理隔离、访问控制、协议隔离、应用隔离、风险隔离等安全隔离功能，具有文件、数据库同步的安全交换能力，保证双网数据安全同步。

3.9.3.2.2. 多功能数字采集安全网关

在专线链路边界串行部署多功能数字采集安全网关，作为网络边界实现逻辑隔离和数据流访问控制，建立专用传输链路加密隧道，实现内部数据交换等多合一功能安全防护。

多功能数字采集安全网关实现了智慧数采（数据采集、协议转化、北向传输）、VPN 加密、数据内部交换、访问控制、抗拒绝服务攻击、增加节点高可用性、运行日志管理等功能。

3.9.3.3. 安全计算环境建设

网络设备、安全设备及操作系统要通过对其安全漏洞与脆弱性进行发现和管理，对可修复的漏洞进行可行性验证与修复，关闭不需要的默认账号、服务，并进行必要

的安全加固，提升抗攻击能力。

3.9.3.3.1. 主机安全卫士

针对主要服务器部署主机安全卫士。白名单的主动防御机制可占用更小的系统计算资源，实现最大的防护效能。可有效的实现主机防病毒、防第三方软件的非授权安装与使用，主机系统外接口的管控，USB 外接存储设备的认证管控、防病毒与操作行为审计，为主机系统安全运行提供必要的安全保障。运用白名单为主，灰名单、黑名单为辅的创新技术方式，监控主机的进程状态、网络端口状态、USB 端口状态，严格对主机应用进程进行管控，外接端口管控，USB 设备认证与使用管理，以及操作行为管理，强化主机的安全管理，提升主机系统抗攻击能力。

3.9.3.4. 安全管理中心建设

建立单独的安全管理网，并部署日志审计与分析系统、账号管理及运维审计系统和工控信息安全监管与分析平台，实现对网络进行统一监测管理和日志留存。

3.9.3.4.1. 日志审计与分析系统

日志审计与分析系统部署在安全管理网，通过全局监视仪表盘、统计视图、日志查询、规则关联、统计关联等功能，为不同层级的用户提供了多视角、多层次的审计视图。通过配置过滤和聚合功能消除无关数据，并且合并重复的设备日志，强大的数据压缩功能可节省昂贵的带宽。关联引擎采取了全内存运算方式保证了事件分析极高的效率和实时性，在分析速度、分析维度、灵活性、IO 抗压能力方面遥遥领先。

日志审计与分析系统采用先进的大数据处理技术，集大数据采集、建模分析、可视化为一体，实现网络中不同厂商设备的海量日志信息的高速采集及处理，灵活的对未解析日志事件处理。日志审计与分析系统通过连接检查和完整性检查，同时结合自定义的缓存功能，确保平台接收到所有数据，并对传输链的各个环节进行监控；可配置过滤和聚合功能可以消除无关数据，并且合并重复的设备日志。

2024 年除险加固工程已配置了日志审计相关设备，本次不再重复建设。

3.9.3.4.2. 账号管理及运维审计系统

账号管理及运维审计系统部署在安全管理网，作为系统运维的统一入口，实现系

统运维权限统一认证管理以及操作行为审计。

账号管理及运维审计系统是针对系统运维人员账户混乱、运维访问目标系统资源的权限不可管、运维行为不可控、无安全审计措施等实际问题而开发安全专用系统，通过运维人员账户集中管理、登录集中认证授权、操作全程审计等技手段，来实现目标系统运维可管、可控、可审计，对运维行为进行监管，做到事中告警与事后行为追溯。

3.9.3.4.3. 工控信息安全监管与分析平台

工控信息安全监管与分析平台部署在安全管理网，实现全网安全系统的状态监控、安全风险的集中收集、存储、关联分析与可视化、安全风险集中处置等集中安全管理功能。工控信息安全监管与分析平台不仅可监控安全系统的运行状态，还可以对安全系统进行安全策略配置与调整，总体实现网络安全防护体系的防护效能。

第4章 系统性能技术指标

4.1. 总体性能要求

桃曲坡水库数字孪生系统作为水库智慧管理的重要技术支撑平台，应具备高可靠性、高实时性、高稳定性和高扩展性的系统性能。系统通过整合水雨情监测、大坝安全监测、水量调度监测、视频监控、自动化控制及三维数字孪生等多类业务系统，实现对水库运行状态的实时监测、动态分析与智能决策。

为保证系统稳定运行并满足水库管理业务需求，系统性能应符合以下总体要求：

1、高可靠性要求

系统应能够在长期连续运行条件下保持稳定工作，确保关键业务系统不中断运行。系统应通过冗余部署、故障自动恢复等技术措施，提高系统运行可靠性。

2、高实时性要求

系统应具备实时数据采集与处理能力，能够快速接收各类监测数据并进行分析处理，为水库调度决策提供及时的数据支持。

3、高并发处理能力

系统应能够支持多用户同时访问，并能够在高并发访问情况下保持稳定运行。系统应满足水库调度中心、管理部门及上级主管单位的访问需求。

4、良好的扩展能力

系统架构设计应具备良好的扩展能力，能够支持未来新增监测设备、新增业务系统以及系统升级扩展。

5、良好的兼容能力

系统应支持多种数据接口标准，能够与现有水利信息系统及第三方平台进行数据共享与业务协同。

6、安全可靠运行能力

系统应在设计中充分考虑网络安全、数据安全和系统安全要求，保证系统在复杂网络环境中的安全运行。

4.2. 系统可用性指标

系统可用性是衡量系统稳定运行能力的重要指标。本工程建设的数字孪生水库系统应具备高可用运行能力，以满足水库日常运行管理及应急调度需求。

1、系统可用率

系统全年运行可用率应不低于 **99%**。在正常运行条件下，系统应能够连续稳定运行，不得出现频繁停机或系统崩溃现象。

2、系统故障恢复能力

当系统发生异常或故障时，应能够快速定位故障原因，并通过自动恢复或人工恢复方式及时恢复系统运行。关键业务系统的故障恢复时间原则上不应超过 **2** 小时。

3、系统容错能力

系统应具备一定的容错能力，在部分设备或模块出现故障时，不应影响整体系统运行。关键业务系统应采用冗余设计方式，提高系统运行可靠性。

4、系统稳定运行能力

系统在高负载运行状态下仍应保持稳定运行，不得出现严重卡顿、系统崩溃或数据丢失等问题。

4.3. 数据采集与处理性能指标

数字孪生系统的数据来源主要包括水雨情监测、大坝安全监测、视频监控、自动化控制系统及外部数据平台等。系统应具备高效的数据采集与处理能力。

1、数据采集成功率

系统监测数据采集成功率应不低于 **98%**。在通信网络正常情况下，各类监测设备采集的数据应能够按规定周期稳定上传至数据平台。

2、数据采集周期

不同类型监测数据的采集周期应根据业务需求进行设置，一般应满足以下要求：

水位数据采集周期：**1~10** 分钟

雨量数据采集周期：**5** 分钟

流量数据采集周期：**5~10** 分钟

大坝安全监测数据采集周期：**10~60** 分钟

3、数据处理能力

系统应具备实时数据处理能力，能够对监测数据进行自动处理、统计分析及存储管理。系统应支持大规模数据存储与分析，并能够满足长期数据积累需求。

系统应具备以下数据处理能力：

实时数据接收与解析

数据质量检查

数据存储与归档

数据统计分析

数据查询与展示

4、数据存储能力

系统应具备海量数据存储能力，能够长期保存水库监测数据及运行数据。系统应支持历史数据查询与统计分析。

4.4. 系统并发访问性能

桃曲坡水库数字孪生系统应支持多部门、多用户同时访问，并能够在高并发访问条件下保持稳定运行。

系统应具备以下并发访问能力：

支持不少于 200 个并发用户访问。

系统在高并发访问情况下，页面响应时间应不超过 5 秒。

系统应支持多终端访问，包括 PC 端、移动端及大屏展示系统。

系统应支持跨浏览器访问，并保证系统功能正常运行。

4.5. 系统接口性能指标

系统应提供统一的数据接口及业务接口，支持与各类业务系统及第三方平台进行数据交换。

1、接口响应时间

系统对外提供的 API 接口响应时间应不大于 3 秒。在高并发访问情况下，系统接口仍应保持较高的响应效率。

2、接口标准

系统接口应符合国家及行业相关标准，支持常见的数据交换格式，包括：

JSON

XML

HTTP/HTTPS 接口协议

系统接口应具备良好的开放性和兼容性，能够支持未来新增业务系统的接入。

3、接口安全控制

系统接口应具备安全认证机制，包括：

用户身份认证

访问权限控制

数据加密传输

通过以上措施确保系统接口数据交换的安全性和可靠性。

4.6. 三维系统性能指标

数字孪生系统的重要特点是通过三维可视化技术对水库运行状态进行直观展示，因此三维系统性能是系统建设的重要指标之一。

1、三维场景加载性能

三维系统在加载水库三维场景时，应保证较高的加载效率。系统首次加载三维场景时间应不超过 10 秒，场景切换时间应不超过 5 秒。

2、三维渲染性能

系统应支持高精度三维模型渲染，并能够实现水库工程结构、库区地形及监测设备的三维展示。系统应具备以下渲染能力：

支持大规模三维模型展示

支持高精度地形模型展示

支持三维模型分级加载

支持实时数据驱动的动态展示

3、三维交互性能

系统应支持多种三维交互功能，包括：

三维漫游

场景缩放

视角旋转

设备信息查询

数据动态展示

用户可通过三维系统直观了解水库工程运行状态，提高管理效率。

4.7. 系统可靠性指标

为保证系统稳定运行，系统建设应满足以下可靠性要求：

1. 关键服务器设备应采用冗余配置方式。
2. 系统应具备自动数据备份与恢复功能。
3. 系统应具备异常监测与报警功能。
4. 系统应具备日志记录功能，能够记录系统运行状态。

4.8. 系统扩展性能指标

数字孪生系统在设计时应充分考虑未来业务扩展需求，系统应具备良好的扩展能力。

系统扩展能力应包括：

1. 支持新增监测设备接入
2. 支持新增业务应用模块
3. 支持新增数据资源接入
4. 支持系统功能升级

系统应采用模块化设计方式，确保系统能够在未来扩展过程中保持稳定运行。

第 5 章 设备技术参数要求

5.1. 总体技术原则

桃曲坡水库数字孪生工程设备体系是支撑水库数字化、网络化、智能化运行的重要基础设施，其设备配置应满足数据采集全面化、传输实时化、处理智能化和运行可靠化的总体要求。所有设备必须符合国家、行业及水利信息化相关标准，并满足数字孪生水库建设对高精度、高稳定性和高可靠性的技术需求。

本项目设备选型遵循以下基本原则：

5.1.1. 先进性原则

所选设备应采用当前成熟可靠的先进技术，能够满足未来 5—10 年的技术发展需求。设备应支持数字化接口、网络化传输及远程管理功能，能够与数字孪生平台系统实现无缝对接。

5.1.2. 可靠性原则

设备需具备高可靠性设计，适应水库复杂环境条件，如高湿度、高温差、雷电及电磁干扰等。设备平均无故障运行时间（MTBF）应不低于 50000 小时。

5.1.3. 标准化原则

设备接口、通信协议及数据格式应符合国家及行业标准，如：

- 《水利信息化标准》
- 《水文自动测报系统技术规范》
- 《工业控制系统信息安全规范》
- 《网络安全等级保护标准》

5.1.4. 兼容性原则

设备应支持多种通信协议和标准接口，保证与现有监测系统、视频系统、数据平台之间的兼容。

5.1.5. 可扩展性原则

设备应具备扩展接口，以便未来增加监测设备、数据采集节点及智能分析模块。

5.2. 水雨情监测设备

5.2.1. 数据采集终端

- (1) 具有 RS485 接口，不少于 5 路；
- (2) 具有 RS232 接口，不少于 4 路；
- (3) 具有数字脉冲量接口，不少于 2 路；
- (4) 具有数字量 DI 采集，不少于 8 路；
- (5) 具有模拟量接口，不少于 8 路；
- (6) 具有可控制电源输出，不少于 4 路
- (7) 具有数字量 DO 继电器出口，不少于 6 路；
- (8) 具有内置全网通 DTU，支持不少于 4 个中心站；
- (9) 内置充电控制器，可直接接入太阳能电池板和蓄电池；
- (10) 具有 WIFI、蓝牙等任意一种无线接口，安装现场可使用无线通讯进行设备调试；
- (11) 直流供电范围优于 9~36V，静态职守电流（自报式工作模式）不大于 1mA，工作电流（不含通信装置）不大于 10mA。
- (12) 支持电压、电流、充电功率、温度等多种工况参数采集上报；
- (13) 具有具有人机交互显示屏，不小于 4.3 寸，分辨率不小于 128*64，可显示采集到的实时数据和工作状态；
- (14) 符合 SL651-2014《水文监测数据通讯规约》，需提供水利部水文仪器检测中心的检测报告（全项通过）；
- (15) 符合 SL180-2015《水文自动测报系统设备遥测终端机》，需提供水利部水文仪器检测中心的检测报告；
- (16) 工作环境条件优于温度-30~70℃。

5.2.2. 北斗数传终端

(1) RDSS 技术指标

工作频率：S: S1、S2C_d、S2C_p，L: Lf0、Lf1、Lf2

接收信号门限功率：北斗二号：≤-127.6dBm北斗三号:对于专用段24kbps信息帧，≤-123.8dBm；对于专用段16kbps信息帧，≤-127.5dBm；对于专用段8kbps信息帧，≤-130.0dBm

接收通道数：北斗二号：≥10 个，北斗三号：≥21 个；

发射信号功率：≥37dBm

短报文通信频率：默认 60 秒，根据北斗用户卡的频率确定

短报文长度：北斗二号：≥120 个汉字；北斗三号：≥1000 个汉字

动态特性：速度：≥300m/s 加速度：≥4g

（2）RNSS 技术指标

工作频率：BD2 B1 1561.098MHz±2.046MHz；

首次定位时间：冷启动：≤35s；热启动：≤1s

定位误差：水平 ≤10m，高程 ≤10m（95%，PDOP≤4，重点区域）

测速精度：≤0.1m/s

定位测速更新率：≥1Hz

定位模式：单 B1 定位；单 L1 定位；B1L1 兼容定位

（3）电源

供电电压: 12V~32V

待机功耗: 约 2 瓦 (24V | 85mA)

最大功耗（RDSS 发射时）: ≤18W (5W 功放，持续时间：约 1500ms)

（4）接口特性

通讯端口：不少于 1 路 RS232 串口(可定制成 422、485 接口)

通讯协议：4.0 协议和 2.1 协议

（5）环境指标

工作温度：-40℃~+70℃。

存储温度：-40℃~+85℃。

湿热：能在为+45℃，相对湿度为 95%的环境下正常工作。

外壳防护：终端防护等级≥IP67。

5.2.3. 雨量计

- (1) 承雨口内径: $\phi 200\text{mm}$; 刃口锐角: $40^\circ \sim 45^\circ$;
- (2) 分辨力: $\leq 0.5\text{mm}$;
- (3) 雨强范围: $0.01\text{mm} \sim 4\text{mm/min}$ (允许通过最大雨强 8mm/min);
- (4) 翻斗计量误差: $\leq \pm 4\%$ (在 $0.01 \sim 4\text{mm/min}$ 雨强范围)
- (5) 输出信号方式: 磁钢-干簧管式接点通断信号
- (6) 开关接点容量: D C $V \leq 12\text{V}$, $I \leq 120\text{mA}$
- (7) 接点工作次数: $\geq 1 \times 10^7$ 次
- (8) 工作环境温度: $-10 \sim +50^\circ\text{C}$
- (9) 工作环境湿度: $\leq 98\%\text{RH}$ (40°C 凝露)

5.2.4. 雷达流量计

- (1) 工作频率 24G;
- (2) 原理多普勒 CW+测距 FMCW;
- (3) 测距距离 0-40m;
- (4) 测距精度 $\leq \pm 2\text{mm}$;
- (5) 测速范围 0.08-20m/s;
- (6) 测速精度 $\leq \pm 2\%$;
- (7) 测速分辨率 $\leq 0.01\text{m/s}$;
- (8) 天线角度 $7 \times 25^\circ$;
- (9) 发射功率 $< 26\text{dBm}$;
- (10) 供电范围 DC9-32V;
- (11) 工作温度 $-40 \sim 70^\circ\text{C}$;

5.3. 气象卫星云图及气象雷达监测设备

5.3.1. 气象卫星云图

设备名称	主要性能指标
------	--------

抛物面天线	天线口径：≥3.0米； 工作频率：3.4-4.2 GHz； 天线增益：≥31.8db； 方位角范围：±180° 仰角范围：0°~90°； 自重：0.15~0.2吨； 保全风速：≥12级（朝天）
馈源	电压驻波比：VSWR≤1.1； 极化形式：线极化
窄带滤波器	通用频率：3.7-4.2 GHz 驻波比：≤1.4: 1 频带内插入损耗：≤0.5 dB 带内抑制：最小≥45 dB @ 3.65 GHz / 4.25 GHz ≥60 dB典型值@ 3.55 GHz / 4.35 GHz ≥70 dB典型值@ 3.50 GHz / 4.40 GHz
低噪声放大器及下变频器	工作频率：3.4-4.2GHz 噪声系数：NF < 0.8dB 总增益：G≥60 dB 本振频率：LO=5.15GHz 本振频稳度：<5ppm（-40~65℃，总温漂<20KHz） 电源电压：DC +13~18V 输入输出阻抗：75Ω
气象卫星数据接收机	输入频率：1002.000 MHz； 解调方式：QPSK； 符号率：2586.148ksps； 信号输出：高速网络，即插即用。
云图应用终端工作站	CPU 8核/8线程 ≥2.3 GHz 内存：≥16GB； 硬盘：≥256G SSD + 1TB机械硬盘；

	显示器≥32寸，分辨率不低于2K
卫星数据接收处理服务器	<p>机架式服务器</p> <p>CPU:1颗CPU 核心数不低于10，线程数不少于20，主频不低于2.2GHz</p> <p>内存：≥32G DDR4 2400MHz</p> <p>硬盘：≥2.4T 10K SAS * 2</p> <p>RAID：支持RAID0,1,5</p> <p>热插拔冗余电源，3年厂商保修</p>
气象卫星云图接收处理软件	<p>① 具备每10分钟自动接收气象卫星云图数据，并可实时显示最新卫星云图和卫星数据块接收状态，在接收的同时可以进行任意单通道和多通道的合成快视的功能；</p> <p>② 具备自动提取卫星参数，形成进机数据参数文件，每收到一个数据段即进行数据处理的功能；</p> <p>③ 能实现无人值守24小时自动接收和处理云图数据，具有系统监视、故障报警、多任务操作、生成及存储运行日志和常规业务报表等功能；</p> <p>④ 具有参数配置和数据显示界面功能，能设置地图显示要素及样式、产品分发地址、产品投影方式、产品显示区域及分辨率等参数，同时支持参数修改；</p> <p>⑤ 具备接收机状态监控功能。要求系统能实时监控接收机的信噪比、信号强度、数据包接收量、误码率，便于机务人员维护设备。</p> <p>⑥ 具备自动生成中国区域及用户区域静止气象卫星高分辨率投影数据和WEB图像产品的功能；具备自动生成北半球、中国区域或用户区域的红外1、红外2、红外4、水汽、可见光云图和其他9通道图象文件的功能，图像分辨率不低于1280×1024×10Bit；</p> <p>⑦ 可进行麦卡托、兰勃托投影变换，具备自动生成中国区域、用户区域的红外1、红外2、红外4、水汽、可见光云图和其他9通道</p>

	<p>图象文件的功能，图像分辨率不低于1280×1024×10Bit；</p> <p>⑧ 具备夜间自动停止接收可见光云图的功能；</p> <p>⑨ 支持JPG、BMP、GIF、PNG等多种常用图像文件格式；</p> <p>⑩ 具有红外1、红外2、红外4、水汽、可见光云图动画显示和交替显示功能，动画具有暂停、前进、后退、重启等功能；</p> <p>⑪ 具有图象放大（可区域放大或放大镜放大）、缩小和漫游显示功能；</p> <p>⑫ 能提供多种调色表选择，可进行彩色或彩色增强图像显示，提供调色表修改调试工具；</p> <p>⑬ 可获取并显示图象上任意点地理位置和图像标尺，可在图象上标注已知地理位置点；</p> <p>⑭ 可生成反映云的亮度温度状况的亮度温度产品，可在红外云图上勾划亮度温度等值线，可提取红外、水汽云图上任意位置点的云顶温度值；可显示云顶高度；生成的亮度温度产品格式为全圆盘范围，分辨率不低于 0.1度×0.1度；</p> <p>⑮ 可在3通道可见光云图上勾划反照率等值线；可提取3通道可见光图象上任意位置点云的返照率值，可计算3通道可见光云图上低于某一给定反照率云的面积；可进行3通道可见光云图太阳高度角订正处理；</p> <p>⑯ 具备生成全圆盘范围的总云量产品的功能，分辨率达到卫星传感器的观测分辨率。</p> <p>⑰ 具备进行云型和雨强分类处理和显示的功能；能生成云分类产品，包括低云、中云、高云及积雨云等特殊云种，产品分辨率可达到卫星传感器的观测分辨率；提供大范围雾、沙尘暴检测工具；</p> <p>⑱ 具有人机交互式的定量产品的处理与分析功能，可进行台风定位、台风路径显示、台风距离测算；计算红外云图上低于某一给定TBB值的云的面积；显示云顶温度，具有云块剖面显示功能；</p>
--	--

	<p>⑲ 具备生成大气运动矢量产品的功能，并能计算中小尺度天气系统发展速度和方向；</p> <p>⑳ 具备均衡化、锐化、平滑和线性拉升等图像处理的功能；</p> <p>㉑ 可叠加显示管制区域图、航路图、水系、行政边界、道路及主要城镇等地理信息；</p> <p>㉒ 可打印输出256色云图图像；</p> <p>㉓ 可通过WEB服务器实现云图资料多用户共享，中国区域、用户区域最新IR1、IR2、水汽、IR4和3通道可见光云图数据文件及其JPG图象文件可自动传输到WEB发布目录；</p> <p>㉔ 具备中国区域和用户区域降水量估算功能，区域瞬时降水强度、未来1~3小时累积降水预报数据文件和GIF图像文件可自动传输到WEB发布目录；具备自动完成投影变换、图象生成、图像存储和网络传输等功能；</p> <p>㉕ 具备历史资料滚动管理的功能，具备自动删除系统设定数目以外的历史云图文件和降水预报数据文件的功能。</p> <p>㉖ 具备系统异常自动告警功能，将告警信息通过电话语音、短信发送给维护人员。</p>
气象卫星数据综合显示与交互分析系统软件	<p>① 需要支持卫星云图与常规气象资料综合显示分析。实现地面资料与高空资料的填图显示，各种气象要素的趋势分析、等值线分析，地面及高空风的流场分析。</p> <p>② 需要支持卫星云图与数值预报资料综合显示分析。支持T231、T639、日本GPV、美国GFS、欧洲细网格等数值预报模式产品，实现相关预报要素的填值图、等值线图、填色图、流线的显示；</p> <p>③ 卫星云图与传真图资料综合显示分析；</p> <p>④ 卫星云图与重要天气预告图及高空风温图显示分析；</p>

	<p>⑤ 卫星云图与天气雷达综合显示分析；</p> <p>⑥ 卫星云图与洋面风资料综合显示；</p> <p>⑦ 需要支持台风资料显示分析；</p> <p>⑧ 需要支持产品及图像输出；</p> <p>⑨ 需要支持系统功能扩展及二次开发。</p>
定量估算降水和预报软件	<p>① 具有进行瞬时降水强度估算和显示输出功能；</p> <p>② 具有未来1小时累积降水预报和面雨量分布图显示输出功能；</p> <p>③ 具有未来2小时累积降水预报和面雨量分布图显示输出功能；</p> <p>④ 具有未来3小时累积降水预报和面雨量分布图显示输出功能；</p> <p>⑤ 具有给定区域面雨量预报统计功能。</p>
气象卫星三维云图制作软件	<p>① 具有三维地形图像数据生成功能；</p> <p>② 具有透视三维（彩色晕渲/纹理地面）云图的生成功能；</p> <p>③ 具有正射三维（彩色晕渲/纹理地面）云图的生成功能；</p> <p>④ 具有二维/三维（彩色晕渲/纹理地面）云图的动画显示功能。</p>

5.3.2. 气象雷达

天气雷达	<p>天线雷达，雷达收发系统，电缆线</p> <p>1、技术指标：</p> <p>2、雷达工作频率：X波段 9410MHZ</p> <p>3、雷达天线增益：≥36dB</p> <p>4、雷达作用范围：</p> <p>5、方位：360°搜索，</p> <p>6、仰角：0°~80°搜索</p> <p>7、强度识别：彩色显示≥16级</p>
------	--

	<p>8、方位指示误差：$\leq 0.2^\circ$（均方根值）</p> <p>9、高低指示误差：$\leq 0.2^\circ$（均方根值）</p> <p>10、工作环境：$-20^\circ\text{C} \sim +50^\circ\text{C}$</p> <p>11、探测距离（公里）$\geq 100$</p> <p>12、监测距离（公里）$\geq 100$</p> <p>13、天线直径$\geq 1.2\text{m}$</p> <p>14、发射机功率$\geq 6$千瓦</p> <p>15、天线副瓣$\leq -18$</p>
天气雷达监控软件	<p>基本强度场</p> <p>强度CAPPI（强度等高面显示）</p> <p>回波顶高</p> <p>回波底高</p> <p>合成反射率</p> <p>垂直液态含水量</p> <p>一小时累计降水量</p> <p>远程控制系统主要功能有：</p> <p>①遥控远端上电；</p> <p>②遥控雷达发射；</p> <p>③遥控高放调谐；</p> <p>④遥控接收机增益控制；</p> <p>⑤遥控调制触发控制；</p> <p>⑥遥控方位电机控制；</p> <p>⑦遥控俯仰电机控制等。</p>
天气雷达终端工作站	<p>CPU 8核/8线程2.3 GHz；</p> <p>内存：$\geq 16\text{GB}$；</p> <p>硬盘：$\geq 256\text{G SSD} + 1\text{TB}$机械硬盘；</p> <p>显示器$\geq 32$寸，分辨率不低于2K</p>

5.4. 大坝安全监测设备

1、GNSS 接收机

定位精度：

(1) 静态解算精度：平面： $\pm(2.5+0.5*10^{-6}D)$ mm；高程： $\pm(5.0+0.5*10^{-6}D)$ mm。

(2) 动态解算精度：平面： $\pm(8+1*10^{-6}D)$ mm；高程： $\pm(15+1*10^{-6}D)$ mm。

数据传输：

(1) 支持 TCP/IP, MQTT, NTRIP Server, HTTPS 协议。

(2) 支持多个数据流同时发送。

(3) 输出速率： ≥ 1 Hz。

(4) 网络：4G 全网通。

电源：

(1) DC 12V 适应宽电压工作 9 - 18VDC。

(2) 主机功耗 <2 W。

(3) 支持通电自启。

环境：

(1) 工作温度：-40 到 75 度。

(2) 存储温度：-40 到 85 度。

(3) 防水防尘：等级 \geq IP68。

2、太阳能板

材质：单晶硅；

封装形式：高透钢化玻璃层压；

功率：100W；

电压：12V。

3、蓄电池

100AH/12V 免维护蓄电池；

不低于 3 年的使用寿命。

4、充电控制器

最大充电电流（50℃）：10A；

最大负载电流（50℃）：10A；

系统电压：12VDC；

防护等级：≥IP22。

5.5. 无人船巡查设备

1、无人船

船体尺寸：≥1500mm（长）×600mm（宽）×500mm（高）

船体材质：纳米碳纤维高分子复合材料、新型复合材料

船体形状：三体船

船体自重：≤46kg

船体载重：≥42kg

防水防尘：≥IP67

吃水深度：≤9cm

月池孔径：≥23cm（可定制）

抗风浪等级：≥6 级风、≥4 级浪

可搭载设备：可根据需求搭载 ADCP、水质检测设备、水体采样设备、浅剖、侧扫、单波束测深仪、小型化多波束测深仪

安全配置：

360°高清视频辅助观察

毫米波雷达自主避障

双层船体防沉设计

开机自检

配备防撞条

船体数码电量显示

支持温度、湿度检测

浅水提醒及自主倒车驶离

指示灯可显示船体运行状况

马达嵌入式安装设计并配备防水草罩

动力方式:电驱

电池规格：33V/45Ah 高性能三元锂电池、便携式设计、智能化管理、可插拔更换

电机类型:高效涵道长寿命无刷电机

转向方式:无舵机差速转向、可倒车

安装方式:模块化插拔设计

马达功率:单马达 $\geq 850\text{W}$

最高船速: $\geq 7\text{m/s}$

续航时间: $\geq 5.5\text{h}@2\text{m/s}$ (单电池, 可选配超长续航方案)

SIM 卡:支持 eSIM 和 Nano 卡

视频通讯:4G 全网通

数据通讯:4G 全网通

遥控通讯:4G 全网通

通讯距离:4G 不限距离

主控设计:一体化主控集成设计

数据存储:多通道存储, 遥控器、船端、服务器均可存储

遥控器功能: ≥ 9.2 英寸高清显示屏, 支持不同存储空间, 可控制船体、采集数据、视频查看、切换工作模式

5.5.1. 水质传感器参数

PH

测量方法:玻璃电极法

量程范围:0~14 pH

分辨率: ≤ 0.01

精确度: $< 0.1\text{pH}$

温度

测量方法:Pt1000

应用范围:0~50℃

分辨率: ≤ 0.01

精确度: $< 0.2^\circ\text{C}$

电导

测量方法:四极式石墨电极法

量程范围:0~200000 μ S/cm（自动切换量程）

分辨率: $\leq 0.01/0.1/1$ （视量程而定）

精确度: $< 1\%$

溶解氧

测量方法:荧光法

量程范围:0~20mg/L

分辨率: ≤ 0.01

精确度: $< 0.3\text{mg/L}$

浊度

测量方法:散射法

量程范围:0~4000NTU

分辨率: $\leq 0.01/0.1$ （视量程而定）

精确度: $< 3\%$

5.5.2. 测深仪

测深参数: 0.15~160M@200KHZ

刷新频率: 1~20HZ

测深精度: $\leq 0.01\text{cm} + 0.1\%$

定位分辨率: $\leq 1\text{cm}$

5.6. 设施控制设备

5.6.1. PLC 闸门控制柜

（1）PLC 本机：柜体及附件 $\geq 2260 \times 800 \times 600\text{mm}$ ，带防腐涂层，有 CE 认证，有过电压保护功能；不少于 2 个 RS485、1 个 RJ45（支持 Modbus 协议）接口。

（2）物联网模块：可通过以太网、4G、WiFi 等方式联网。支持 PLC 程序的远程更新和在线调试/运维。可接入 OPC 服务器，实时查看设备运行状态、实现数据统

计、可视化展示等功能。支持 MQTT 转发。历史数据可保存 ≥ 60 天。

(3) 具备过流短路保护、过压/欠压保护等多重保护功能；当电压不稳定时（或大电流冲击时）、主动断电以保护核心元器件；

(4) 控制柜具备断电报警功能、远程断电重启功能；

(5) 手机端实时查看控制柜运行电流、电压、用电量曲线等数据；

(6) 控制柜具有温湿度监测及控制功能；工作温度-20 到 60℃；

(7) 满足流速、水位，闸门荷重、开度等数据的实时采集；

(8) 可进行闸门现地手动控制及远程开度闭环控制；

(9) 闸门开度及荷重相对零点可查看及配置；

(10) 具有荷重超限声光报警（静响可控），控制启闭机安全运行；

(11) 具备过电压、过电流、缺相等多重保护功能；

(12) 配置户外保温柜体、IP65 防水防尘等级；

(13) AC380V 供电，功耗 $< 180W$ ；

5.6.2. 闸门开度限位

多圈机械式绝对值编码器：6mm 实心轴，64 圈，

RS485/modbus， ≥ 10 位（1024P）；

(1) 开度四个继电器控制（上限、下限、上升、下降四个预置点）；

(2) 继电器动作预置由仪表面板的按键完成；

(3) 输出信号：RS485/modbus；

(4) 工作电压：DC24V；

5.6.3. 闸门开度测控仪

(1) 供电电源 DC24V；

(2) RS485/modbus；

(3) SSI 信号输入；

(4) 具有测量值和设定值数码显示；

(5) 不少于四个继电器动作（上限、下限、上升-自动启门、下降-自动闭门）；

(6) 继电器动作预置参数由仪表面板的按键（或远程上位机）完成，继电器动作时相应的指示灯点亮、蜂鸣器发出报警（静、响可控）功能。

5.6.4. 荷重传感器

- (1) 量程 0-15t,
- (2) 荷重传感器安装在钢丝绳上，钢丝绳直径 $\phi 28\text{mm}$ ，测量张力
- (3) 分辨率 $\leq 0.1\text{t}$,
- (4) 输出信号：4-20ma,
- (5) 含电缆线 ≥ 10 米。

5.7. 视频监控设备

5.7.1. 全景摄像机

2400 万 270 度 AR 全景摄像机全景画面由 6 个传感器拼接而成，实现 270 度的全景监控。

全景摄像机：6 个 1/1.8 " 4MP2.8mm 全景镜头，最高分辨率及帧率可达 8160×2400@30fps；视场角： \geq 水平 270°， \geq 垂直 85°；星光级照度， $\leq 0.0005\text{Lux/F1.0}$ （彩色）， $\leq 0.0001\text{Lux/F1.0}$ （黑白）。

细节摄像机：1/1.8 " 8MP Progressive Scan CMOS，最高分辨率及帧率可达 3840×2160@25fps；星光级照度， $\leq 0.0005\text{Lux/F1.5}$ （彩色）， $\leq 0.0001\text{Lux/F1.5}$ （黑白），0Lux with IR； ≥ 45 倍光学变倍， ≥ 16 倍数字变倍；水平 360°连续旋转，垂直-15°-90°（自动翻转）；采用高效红外阵列，低功耗，照射距离最远可达 500m。

系统功能：

支持区域入侵、越界、进入区域、离开区域事件侦测功能；

支持目标自动跟踪功能，通过设置智能事件规则，对设定区域内触发事件的运动目标在设定的跟踪时间内进行持续稳定跟踪，并可在跟踪过程中手动切换跟踪目标；

支持手动选择跟踪目标，在设定跟踪时间内进行持续稳定跟踪；

支持多目标自动切换跟踪，目标切换时间小于 1s；光口（FC）+电口（RJ-45）

网络接口设计；

支持基于行业平台实现 AR 立体防控；

支持移动标签相关功能，包括但不限于单兵、稽查车辆、低空布控车辆等；

具有 GPS 信号的目标，可以在监控画面上实时显示并展开业务应用；

支持全景和细节的标签映射，同一目标只需标定一次。

全景摄像机可实现对库区及周边环境的全域覆盖与全要素可视化展示。系统通过高清画面叠加水位、降雨、流量、闸门开度等关键数据，动态呈现水库全貌、设施状态与水文变化；结合 AI 识别技术，对人员入侵、漂浮物堆积、坝体异常等风险进行实时标注与预警。同时，支持三维模型联动、历史回溯、多视角切换，构建从整体鸟瞰到局部细查的立体化监控体系。

5.7.2. 水尺识别智能摄像机

传感器类型：【全景】1/1.8 " progressive scan CMOS,

【细节】1/1.8 " progressive scan CMOS

最低照度：【全景】彩色：≤0.0005 Lux @ (F1.0, AGC ON)，黑白：≤0.0001 Lux @ (F1.0, AGC ON)，0 Lux with IR；【细节】彩色：≤0.0005 Lux @ (F1.5, AGC ON)；黑白：≤0.0001 Lux @ (F1.5, AGC ON)；0 Lux with IR

光学变倍：【细节】≥32 倍

焦距：【全景】4 mm；【细节】7.1~227.2mm

视场角：【全景】≥水平 90°，垂直≥44.7°；【细节】60.2°~2.3°（广角~望远）

白光照射距离：≥30 m

补光灯距离：【全景】≥30 m；【细节】红外补光≥200 m

防补光过曝：支持

水平范围：【全景】不支持；【细节】0~360°

垂直范围：【全景】默认 12°，±5°可调；【细节】-20~90°

水平速度：【全景】不支持；【细节】水平键控速度：0.1°~160°/s,速度可设;水平预置点速度：240°/s

垂直速度：【全景】垂直键控速度可设；【细节】垂直键控速度：0.1°~120°/s, 速度可设;垂直预置点速度：200°/s

主码流帧率分辨率：50 Hz：25 fps（2560 × 1440，1920 × 1080，1280 × 960，1280 × 720）60 Hz：30 fps（2560 × 1440，1920 × 1080，1280 × 960，1280 × 720）

视频压缩标准：H.265，H.264，MJPEG

宽动态：支持 120 dB 超宽动态

陀螺仪：支持

内置扬声器：支持

网络接口：支持 100 M 网络数据,RJ45 网口,自适应网络数据

SD 卡扩展：内置 MicroSD 卡插槽，支持 MicroSD/MicroSDHC/MicroSDXC 卡，最大支持 256 GB

报警：≥7 路报警输入

报警输出：≥2 路报警输出

音频：≥1 路音频输入，音频峰值：2~2.4 V[p-p]，输入阻抗：1 kΩ ± 10%

音频输出：≥1 路音频输出，线性电平，阻抗:600Ω

RS-485：采用半双工模式，支持自适应 HIKVISION，PELCO-P 和 PELCO-D（可添加）协议

电源：DC：12 V/5 A

电源接口类型：直流供电

工作温湿度：-40 °C~70 °C；湿度小于 95%

功耗：最大功耗：≤34 W（其中【全景】加热 6 W，补外灯 3 W；【细节】加热 6 W，补外灯 6 W）

支持内置水尺读取智能算法、支持全天 24 小时自动读取标准水尺获取水位数据、支持 SL 651-2014 水文通讯规约，更好助力水位监测和预警。

支持自动视频水位识别，AI 开放平台，内置漂浮物检测、船只检测模型

水尺测量距离 ≤ 80 m，测量落差 0~40 m，分辨力 ≤ 1 cm，检测精度 $\leq \pm 2$ cm

支持闭环高精度云台，运动精度偏差小于 0.08 度

水位雨量数据上报支持《SL 651-2014 水文监测数据通信规约》、SDK 协议、ISUP 5.0 协议

支持翻斗式雨量计接入和雨量数据上报

支持定时抓图和录像功能，每个通道独立配置

支持除雾配置功能，内置加热玻璃，有效除雾

防护： $\geq IP67$ ；6000 V 防雷、防浪涌、防突波，符合 GB/T17626.2/3/4/5/6 四级标准。

智能水尺摄像机可通过图像识别技术，实时获取精准水位读数，并自动转换为结构化数据上传至平台。识别数据不仅用于水位实时展示和水情监测，还可作为洪水预警模型、水位预测模型的重要输入，驱动水库调度模拟与风险研判。同时，系统将该数据与历史水位趋势进行比对，识别异常涨水情况，辅助生成调度指令与应急响应策略。

5.7.3. 自清洁网络球形摄像机

设备具有自清洁功能，自带水箱及清洁液，雨刷联动清洁，设备自带大容量蓄水箱（ $\geq 2L$ 容量）

支持多种智能模式：隧道异常事件检测（默认）、smart 事件、道路监控、人脸抓拍、全结构化、AIOP、普通监控多种智能模式可按需切换

设备内置电动变焦镜头，操作便易，变焦过程平稳

最高分辨率可达 400 万像素，并在此分辨率下可输出 30fps 实时图像，图像更流畅，支持透雾、电子防抖，支持宽动态 120dB

支持开放型网络视频接口，ISAPI，GB/T28181，ISUP5.0，视图库

支持标准的 512 GB MicroSD/MicroSDHC/MicroSDXC 卡存储，支持 10 M/100 M 自适应网口宽动态：120 dB

调节角度：垂直： $-70^{\circ} \sim 0^{\circ}$

最低照度：彩色：≤0.0005 Lux @ (F1.0, AGC ON)

传感器类型：1/1.8" Progressive Scan CMOS

焦距&视场角：水平视场角：76.5°~53.6°，垂直视场角：40.4°~30°，对角视场角：89°~61.8°

补光距离：普通监控：≥40 m

补光灯类型：暖白光

最大分辨率：2560 × 1440

视频压缩标准：H.265/H.264/MJPEG

网络：1 个 RJ45 10 M/100M 自适应以太网口

SD 卡扩展：内置 MicroSD/MicroSDHC/MicroSDXC 插槽，最大支持 1 TB

复位：支持

音频：≥1 路输入，≥1 路输出

报警：≥2 路输入，≥2 路输出 (max、24 VDC/24 VAC, 1 A)

接口类型：外甩线

RS-485：≥1 路 RS-485 接口，半双工模式；

电源输出：DC12 V, 100 mA

在线升级：支持

电流及功耗：DC：12 V，1.58 A，最大功耗：19 W

PoE：IEEE 802.3at，Class 4，最大功耗：22.5 W

供电方式：DC：12 V ± 20%，支持防反接保护

PoE：IEEE 802.3at，Type 2，Class 4

电源接口类型：3 芯接口

存储温湿度：-30 °C~60 °C，湿度小于 95%（无凝结）

启动和工作温湿度：-30 °C~60 °C，湿度小于 95%（无凝结）

防护：≥IP67

5.7.4. 枪型摄像机

摄像机采用采用柔光透镜式补光灯，补光灯开启后，正面不可见补光灯灯珠
补光亮度均匀增加发光面积，降低聚光效果，补光柔和均匀；

设备内置电动变焦镜头，操作便易，变焦过程平稳；

传感器类型：1/2.7" Progressive Scan CMOS

最低照度：彩色：≤0.005 Lux @ (F1.2, AGC ON)

黑白：≤0.001 Lux @ (F1.2, AGC ON)，0 Lux with IR

焦距&视场角：2.7~13.5 mm：

补光距离：暖白光：最远可达 30 m 红外灯：最远可达 50 m

补光灯数量：≥4 颗

最大图像尺寸：2560 × 1440

视频压缩标准：H.265/H.264/MJPEG

网络：1 个 RJ45 10 M/100 M 自适应以太网口

SD 卡扩展：内置 MicroSD/MicroSDHC/MicroSDXC 插槽，最大支持 256 GB

音频：2 个内置麦克风

启动和工作温湿度：-30 °C~60 °C，湿度小于 95%（无凝结）

电流及功耗：DC：12 V，0.94 A，最大功耗：10.5 W

PoE：802.3af

供电方式：DC：12 V ± 20%，支持防反接保护

防护：≥IP67

5.7.5. 智能球型一体机

传感器类型：【全景】1/1.8 " progressive scan CMOS, 【细节】1/2.8"

progressive scan CMOS

最低照度：【全景】彩色：≤0.0005 Lux @ (F1.0, AGC ON)，0 Lux with
Light；【细节】彩色：≤0.005 Lux @ (F1.5, AGC ON)，黑白：≤0.001 Lux @
(F1.5, AGC ON)，0 Lux with IR

焦距：【全景】4 mm；【细节】5.9 mm~188.8 mm，≥32 倍光学变倍

补光灯距离：【全景】红外 ≥ 30 m【细节】红外 ≥ 150 m

红外波长范围：850 nm

水平范围：360°

垂直范围：-15°-90°(自动翻转)

宽动态：真宽动态

内置麦克风：支持

内置扬声器：支持

音频： ≥ 1 路音频输入，音频峰值：2-2.4V[p-p]，输入阻抗：1 k Ω \pm 10%

≥ 1 路音频输出

报警：2 路报警输入 1 路报警输出

网络接口：4G/5G； RJ45 网口；

SD 卡扩展：内置 Micro SD 卡插槽，支持 Micro SD/Micro SDHC/Micro SDXC 卡（最大支持 512GB）

供电方式：DC36V \pm 25%；32W Max

工作温湿度：-30℃-65℃；湿度小于 90%

除雾：加热玻璃除雾

防护： \geq IP66;抗干扰能力强，适用于严酷的电磁环境，符合

GB/T17626.2/3/4/5/6 四级标准。

智能球形一体机在识别到异常事件（人员入侵、漂浮物聚集、结构异常等）后，自动生成报警信息并上传至监控平台。系统依据事件类型与风险等级进行分类处理，触发对应的声光告警、短信推送和责任人通知。随后，联动调度系统调用周边摄像头或控制设备开展响应操作。值班人员接警后，通过终端查看报警图像、事件详情并进行确认、处置与反馈。处理结果与全过程数据同步归档，支持追溯分析和模型优化，构建报警识别、响应、处理、闭环的全流程管理机制。

5.7.6. 视频监控管理平台

系统采用集中录像的方式存储视频数据，通过计算机网络系统将图像信息传输并

存储至部署在枢纽管理站机房中心网络的视频服务器中。

视频监控管理平台服务器参数：

参数名称	参数值
系统参数	
主处理器	1颗国产化X86 CPU， ≥ 8 核， $\geq 2.8\text{GHz}$
外观高度	标准服务器机箱
硬盘	配置 ≥ 2 块2T 3.5吋 SATA热插拔机械硬盘，支持 ≥ 4 块3.5吋/2.5吋SSD/SAS/SATA硬盘
硬盘托架	≥ 2 个硬盘托架
内存	$\geq 32\text{G}$ 内存（ ≥ 2 根16GB DDR4 UDIMM 内存条）
RAID 卡	支持RAID 0/1/10/1E
风扇	≥ 4 个风扇模组
BMC 管理功能	BMC芯片，支持IPMI2.0、SOL、KVM Over IP、虚拟媒介等高级管理功能
操作系统	国产操作系统，
接口	
网口	≥ 4 个GE电口
接口	≥ 1 个 RJ-45 BMC管理接口； ≥ 1 个 VGA 接口； ≥ 4 个 USB 3.0 接口
PCIe 接口	$\geq 2 \times \text{PCIe} \times 8$
常规参数	
认证	CCC、节能
产品尺寸	满足标准机柜
电源	1个350W交流电源模块，不支持热插拔，不支持1+1冗余 AC100—240V，50/60Hz，3A不支持直流输入
功耗	$\leq 220\text{W}$
工作温度	$+5\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +40\text{ }^{\circ}\text{C}$
工作湿度	5%~95%（非凝结）
储存温度	$-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +60\text{ }^{\circ}\text{C}$
储存湿度	5%~95%（非凝结）

安装方式	标准机架式安装，带安装导轨
基础管理	
组织管理数量	2000组织（最大层级5，单层最大20）；
逻辑组织树	≤5；
管理用户信息数量	≤1万；
管理角色信息数量	≤1000；
管理人员信息数量	≤2万（包含人员、卡片、人脸）；
管理车辆信息数量	≤2万；
分布式情况	支持，最大2个；
安全数据库	支持，默认内置；
级联管理情况	最大3层级联，上下级平台个数最大10个，最大级联管理路数：10000路，包含：ICC级联汇聚，1400级联、国标级联、部标级联、云睿级联；

视频监控管理平台软件功能：

管理人员可通过视频监控软件视频信息进行实时监视或录像回放，同时可对前端视频设备进行远程访问，并可对云台、焦距、光圈进行控制。视频监控系统可通过移动侦测功能对摄像机监测区域进行设防，在有移动目标闯入的情况下进行声光联动报警，并在此通道可激活录像状态；实时显示的视频图像和录像资料包含通道名称和时间戳，以便在非常事件突发时能准确记录和还原事发现场的信息，以便重放时分析调查，确保水库运行的安全。系统具有如下功能：

（1）图像采集。能够全天候全线实时采集图像信息，并能实现将任意采集通道的图像信号切换给任意监视终端，并可对切换顺序和周期进行编程控制。

（2）图像处理。图像的分割与拼接，图像的编辑，图像的嵌入与文字的叠加，图像地址、时间等符号在画面上的叠加，并可将视频图像压缩后传输到视频存储服务器。

（3）图像显示。可实时显示多个图像窗口，每个图像窗口的大小、层次和位置可任意调整设定，包括画面的自动循环显示、事件触发显示、画面的手动点播显示、画面局部放大与缩小。画面静止定格与画面捕捉。

（4）图像记录与存储。对系统中任一路图像能进行录像存储，保存记录，随时

调出，点播回放，便于及时取证。将数字图像建立成图库，方便检索和管理，满足系统对图像资源的各种需求。

（5）自动控制。摄像机镜头根据被摄物体的照度自动控制光圈大小。对图像自动聚焦和自动背光补偿；视频通道切换控制。视频自动循环切换和事件触发切换由系统程序控制完成。切换周期通过控制软件进行设置；录像机可通过事件触发启动录像。

（6）预置功能。可以根据事先设置好的所需监视位置和角度，并可自动扫描巡视。可预置所需监视位置和角度，报警时，摄像机能自动转动到相应预置的目标点，并自动调节好相应的光圈、焦距、变焦等参数。

（7）AI 功能。视频平台具备 AI 图像识别能力，集数据标注、算法训练、应用部署的端到端的整体系统。水库 AI 智能识别以及水库周边视频监控，将库水面漂浮物、挖沙、库区人员活动、车辆活动等信息进行 7x24h 全天候的分析、报警。

5.7.7. 硬盘录像机

3U 机架式 32 盘位嵌入式网络硬盘录像机，整机采用短机箱设计，搭载 1+1 冗余电源

【硬件规格】

存储接口：≥32 个 SATA 接口，支持硬盘热插拔，内置 10 块 16TB 硬盘

视频接口：≥2×HDMI，≥2×VGA

网络接口：≥2×RJ45 10/100/1000Mbps 自适应以太网口

报警接口：≥32 路报警输入，≥30 路报警输出（其中支持 CTRL 12V）

反向供电：≥1 路 DC12V 1A

串行接口：≥1 路 RS-232 接口，≥1 路全双工 RS-485 接口

USB 接口：≥2×USB 2.0，≥2×USB 3.0

扩展接口：1×eSATA

【性能参数】

输入带宽：≥384Mbps

输出带宽：256Mbps

接入能力：≥64 路 H.264.H.265 格式高清码流接入

解码能力：最大支持 $\geq 32 \times 1080P$

显示能力：最大支持 8K+1080P、2×4K 异源输出

RAID 模式：RAID0、RAID1、RAID5、RAID6、RAID10，支持全局热备盘

5.7.8. 网络监控键盘

摇杆类型：四维单按键摇杆；

显示屏： ≥ 10.1 英寸 TFT LCD

控制方式：网络方式 100M/1000M

电源：DC12V/POE；

功耗： $\leq 15W$

支持 H.265/H.264、MPEG4 解码

最大解码分辨率：4 路 1080P 或 1 路 4K；

工作温度： $-10^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ ；

工作湿度：10%--90%

网络接口： ≥ 1 个；WiFi： ≥ 1 个

语音对讲输入：1 个，3.5mm 立体声；

语音对讲输出：1 个，3.5mm 立体声；

USB 接口：USB2.0/3.0（ ≥ 2 个）；

视频接口： ≥ 1 个 DVI； ≥ 1 个 HDMI

支持在触控屏上预览图像或通过 HDMI/DVI 将图像投到外接显示屏上；

支持控制视频综合平台、解码器、多屏控制器或 NVR&解码上墙一体机，直观展示电视墙布局；

支持云台控制，支持预置点、巡航设置与调用；

支持回放硬盘录像机上的录像文件，支持控制解码器回放；

支持抓图、录像功能，文件保存至 U 盘或上传至 FTP 服务器；

支持最多添加 8000 台设备，支持以 ONVIF 协议接入设备；

支持通过 excel 批量添加点位，借助 U 盘导入；

两级用户权限，支持 32 个用户，1 个 admin 管理员用户和 31 个操作员用户；

支持 U 盘升级及导入/导出配置文件；

支持接入综合安防平台；

支持语音识别，通过指定的语音指令实现快捷切换操作。

5.8. 算力平台设备

5.8.1. 操作系统

操作系统需实现完全自主可控，适配国产芯片及硬件，支持政府、企业等关键领域的安全稳定运行。

系统管理：进程调度、内存管理、文件系统支持（EXT4、XFS、Btrfs）。

安全增强：内核级防护（SELinux、AppArmor）、漏洞检测与修复。

应用兼容性：支持国产办公软件（WPS）、开发工具（GCC、Java）、数据库等。

信创生态支持：提供应用商店、容器化部署（Kubernetes 集成）。

操作技术要求：

自主可控：内核代码自主率 $\geq 90\%$ （基于 Linux 内核深度优化）。

支持国产芯片架构（龙芯 LoongArch、申威、飞腾）。

性能优化：启动时间 ≤ 10 秒（桌面版），服务器版支持 NUMA 优化。

提供轻量化版本（统信 UOS Lite）适配边缘计算。

安全合规：通过等保 2.0 三级认证，支持安全启动（Secure Boot）。

提供审计日志与入侵检测模块。

性能与兼容性

优化调度算法，降低时延（适用于实时性要求高的工业场景）。

兼容主流外设（打印机、扫描仪）及国产软件生态（WPS、永中 Office）。

生态建设

提供完善的开发工具链（编译器、调试器），支持容器化（Docker/Kubernetes）。

构建应用商店，覆盖办公、开发、行业专用软件。

5.8.2. 数据库软件

数据库软件作为数据存储与管理的核心，需满足高并发、大数据量处理、快速查

询等要求。

存储能力：支持海量数据的存储，包含结构化数据、时序数据、非结构化数据（监控视频、日志等），同时具备自动扩展和分布式存储的能力。

读写性能：应能够支持高并发读写操作，查询响应时间低于 1 秒，尤其是在实时监控数据和历史数据查询时，保证秒级响应。

数据一致性和安全性：支持事务处理，保证数据的一致性；提供强大的数据加密、权限控制及访问日志功能，确保敏感数据安全。

数据库类型支持：关系型数据库用于管理调度日志、监测记录等结构化数据。时序数据库用于存储传感器的时间序列数据，确保数据的快速读写和查询。非关系型数据库存储海量非结构化数据，支持弹性扩展和高速查询。

数据库软件技术要求：

自主可控与高可用性

自主知识产权，支持分布式架构（分库分表、多副本同步）。

兼容国产硬件（海光、兆芯）和操作系统（统信 UOS、麒麟）。

性能优化高并发处理能力（TPC-C 基准测试达标），支持 HTAP（混合事务/分析处理）。

支持内存计算、列式存储等优化技术。

安全合规

通过等保三级、分级保护认证，支持三权分立（系统管理员、安全管理员、审计员）。

数据加密（透明加密、字段级加密），支持国密算法。

兼容性与扩展性

兼容 SQL 标准（ANSI SQL 92/99），支持 Oracle/MySQL 语法兼容模式。

提供分布式事务、JSON/时序数据等扩展功能。

生态适配

支持主流中间件、开发框架（Spring Cloud）与国产大数据平台无缝集成。

5.8.3. 采集服务器

设备技术参数要求如下：

8 核国产自主可控 CPU，内存≥32G，存储≥2T+256G，电源 1*350W

5.8.4. 模型/仿真服务器

设备技术参数要求如下：

国产自主可控 CPU：(16C 2.5GHz)*2

内存：≥32G*8

固态硬盘：960G-SATA*2

机械硬盘：8T-SATA*3

阵列卡：2G 缓存

网卡：四口千兆+1 口万兆

显卡：24G*2

电源：800W*2

5.8.5. 数据库/备份服务器

设备技术参数要求如下：

国产自主可控 CPU：(16C 2.5GHz)*2

内存：≥32G*8

硬盘：2.4T-SAS*6

阵列卡：2G 缓存

网卡：双口千兆+1 口万兆

电源：800W*2

5.8.6. 应用服务器

设备技术参数要求如下：

国产自主可控 CPU：(16C 2.5GHz)*2

内存：≥32G*4

固态硬盘：1.92T-SATA*2

机械硬盘：8T SATA*3

阵列卡：2G 缓存

网卡：双口千兆+1 口万兆

电源：800W*2

5.9 网络安全

5.9.1 工控网络安全监管分析设备

硬件规格：标准机箱，标配不少于 6 个千兆电口，≥1T 硬盘，1 个 console 口，不少于 2 个 USB 口，冗余电源

性能规格：事件处理性能 ≥2000 条/秒；事件查询性能 ≤3 秒；监控设备数 ≥2000 个

软件功能：安全态势总览、资产画像、告警管理、事件管理、策略管理、主机安全卫士管理、可信配置管理、资产日志管理、统计报告、安全知识库、工单管理包含不少于 3 年质保、不少于 3 年软件更新费用

5.9.2 主机安全卫士

软件功能：主机加固、病毒查杀、白名单、可信管理、访问控制、设备管控、本体自检、日志审计、功能设置等功能。（白名单+加固+杀毒）

包含不少于 3 年质保、不少于 3 年软件更新、不少于 3 年病毒库升级费用。

5.9.3 工业安全隔离与信息交换网关

硬件规格：标准机箱，内外网标配各≥3 个千兆电口（含 1 个 HA 口），≥1 个 console 口，≥2 个 USB 口，双电源，内外网各≥1T 硬盘

性能规格：吞吐量≥500 Mbps；最大并发连接数≥100,000；最大并发视频路数≥200 路 D1 视频；最大数据库同步速率≥1,800 条/秒；

软件功能：系统架构、系统要求、系统监控、文件同步、数据库同步、视频交换、工业控制、安全浏览、防病毒、入侵检测、身份认证、安全管理、防爆力破解限制、多网隔离能力、接入方式、安全通道、路由配置、集中管理、高可用、日志审计、日志管理、日志空间管理、备份和恢复、时间配置、告警管理、系统调试、系统检测

包含不少于 3 年质保、不少于 3 年软件更新、不少于 3 年知识库升级费用

5.9.4 工控安全审计平台

硬件规格：标准机箱，≥6 千兆电+2 千兆光（不带光模块），≥1 个 console 口，≥1 个 USB 口，双电源性能规格：每秒审计速度 ≥40000 条；事件入库速率 ≥10000EPS；

支持协议类型 30+

软件功能：协议行为审计、入侵行为识别、网络攻击防护、协议自定义、资产审计管理、安全审计报告、网络接入、系统管理、规则管理、流量管理、资产管理、工控拓扑可视化、工控协议深度解析、安全事件告警、威胁感知、日志审计、报告管理

包含不少于 3 年质保、不少于 3 年软件更新、不少于 3 年知识库升级费用

5.9.5 安全运维审计平台

硬件规格：

标准机箱，标配不少于 6 个千兆电口，≥1 个 console 口，不少于 2 个 USB 口，双电源，≥1T 硬盘

性能规格：

字符并发 ≥50；图形并发 ≥25；可审计设备数：≥50

软件功能：

身份认证、资产管理、授权管理、账号管理、运维管理、操作审计、报表管理、异常告警、系统配置、高可用性

包含不少于 3 年质保、不少于 3 年软件更新费用

5.9.6 多功能数字采集安全网关

硬件规格：

DIN 导轨式，标配不少于 4 千兆电+2 千兆 COMBO(不带光模块)，≥2 对 bypass，≥1 个 console 口，≥1 个 USB 口，双电源

性能规格：

整机最大吞吐量≥ 1.6Gbps;最大并发连接数≥ 100 万;每秒新建≥ 5 万

软件功能：

工控协议深度解析、工控协议深度控制、全面攻击防护、全通模式，验证模式和防护模式的三段式运行模式、可视化界面、网络接入、多因子认证方式、系统管理、规则管理、可视化统计分析、日志管理

包含不少于 3 年质保、不少于 3 年软件更新费用

1. 智慧数采功能：

1) 数据采集：支持 Modbus-TCP、Modbus-RTU、IEC104 等数采协议；支持

配置多个采集点，采集寄存器类型和寄存器的地址；支持配置采集周期、采集的数据类型以及高低字节的交换等；支持采集原始数据的保存。

2) 协议转化：支持对采集数据转化为 MQTT 方式上传。

3) 北向传输：支持多种数据上报方式（变更上报、定时上报）；支持数据转发通道，断点续传功能，支持根据指定的属性转发方式（一对多、多对多、多对一）；支持各类主题的配置、支持用户名密码连接认证、连接时间和超时时间的配置。

2. VPN 功能：支持采用标准 IPSec 协议来实现远程接入 VPN 功能，能够实现数据加密、认证和数据防篡改满足网络的互通，WAN 口支持 DHCP Client 功能。

3. 交换功能：设备支持交换功能，连接在交换口的设备，数据做内部交换，不做转发。

4. 访问控制功能：具备工业协议深度解析能力（ModbusTCP、OPCDA、IEC104、MMS、PROFINET-IO、PNRT-DCP、ENIP、DNP3、S7 等），支持工业协议指令级防护；支持 TCP、UDP 协议及源、目的 IP 及端口的访问控制策略。

5. 抗拒绝服务攻击：支持抗 ICMP 泛洪攻击、抗 UDP 泛洪攻击、抗 SYN 泛洪攻击、抗 CC 攻击、抗超大 PING 攻击、抗 Smurf 攻击、抗 LAND 泛洪攻击、抗 TearDrop 泛洪攻击、抗端口扫描。

6. 高可用性：支持双机热备 HA 功能，保证设备的高可用性；设备初始化及运行期间，通过设备自检，可对配置文件及运行的程序有一定自恢复功能；支持 bypass 功能，保障内外网络之间的正常通信。

第6章 系统集成技术要求

6.1. 系统集成总体要求

桃曲坡水库数字孪生工程系统集成是整个工程建设的重要组成部分，是实现水库信息化、数字化和智能化管理的关键技术环节。通过系统集成，将水文监测系统、水库安全监测系统、视频监控系统、通信网络系统、数据中心系统以及数字孪生平台进行统一整合，实现各类监测数据的统一采集、统一传输、统一存储、统一分析和统一展示，形成完整的数字孪生水库管理体系。

系统集成工作必须以整体规划为基础，以先进技术为支撑，以稳定运行和长期可持续发展为目标，在系统建设过程中充分考虑水库运行管理的实际需求以及未来信息化发展的趋势。

系统集成应满足以下总体要求：

1、统一规划原则

系统建设应遵循统一规划、统一架构、统一标准的原则。在系统设计阶段，应对水库各类业务系统进行整体规划，避免各系统独立建设造成的信息孤岛问题。通过统一的数据标准、统一的通信协议以及统一的接口规范，实现系统之间的互联互通和资源共享。

2、先进可靠原则

系统应采用成熟可靠、技术先进的设备和软件平台，确保系统在复杂环境条件下长期稳定运行。所选技术方案应具备一定的前瞻性，能够满足未来 5—10 年的技术发展需求。

3、开放兼容原则

系统架构应具有开放性和兼容性，支持标准化接口和通用通信协议，能够与现有系统以及未来新增系统实现无缝集成。

4、安全可控原则

系统建设必须符合国家网络安全相关规定，建立完善的安全防护体系，包括网络安全、数据安全和系统安全。

5、可扩展性原则

系统应具备良好的扩展能力，在未来新增监测设备、业务功能或系统模块时，能够方便地进行扩展而无需大规模改造。

6.2. 感知层集成技术要求

感知层是整个系统的数据来源层，主要负责对水库运行状态进行实时监测，并采集各类基础数据。

1、感知设备类型

系统感知设备主要包括但不限于：

水位监测设备

雨量监测设备

流量监测设备

渗压监测设备

位移监测设备

裂缝监测设备

视频监控设备

气象监测设备

2、数据采集要求

所有监测设备必须具备自动数据采集功能，并满足以下要求：

支持实时数据采集

支持定时采集

支持远程数据上传

支持设备状态监测

3、数据采集精度要求

监测数据精度必须满足相关行业标准

6.3. 传输层集成技术要求

传输层主要负责将现场监测数据稳定、可靠地传输到数据中心。

1、网络通信方式

本项目通信方式可采用以下组合方式：

光纤通信

4G/5G 无线通信

微波通信

专用通信网络

根据现场实际条件选择最合适的通信方式。

2、网络拓扑结构

网络结构应采用分层结构设计：

核心层

汇聚层

接入层

该结构可以有效提高网络的可靠性和扩展能力。

3、数据传输要求

系统数据传输应满足以下要求：

数据传输延迟不超过 5 秒

数据丢包率低于 0.1%

网络可用率不低于 99.9%

6.4. 平台层集成技术要求

平台层是整个系统的数据处理中心和业务管理核心。

1、数据采集平台

数据采集平台负责统一接收来自各类监测设备的数据。

主要功能包括：

设备接入管理

数据采集管理

数据缓存处理

异常数据识别

2、数据管理平台

数据管理平台负责对采集数据进行统一管理。

主要功能包括：

数据存储

数据清洗

数据处理

数据备份

数据管理平台应支持大规模数据存储能力，并能够满足长期数据存储需求。

3、数字孪生平台

数字孪生平台是系统的核心应用平台，通过建立水库三维模型，实现水库运行状态的可视化展示和智能分析。

数字孪生平台主要功能包括：

三维场景展示

设备运行状态展示

实时数据展示

历史数据分析

预警分析

平台应支持 GIS 地图和三维模型结合展示。

6.5. 数据集成与数据治理

数据集成是系统建设的重要内容，通过建立统一的数据管理体系，实现数据资源共享。

1、数据来源

系统数据主要来源包括但不限于：

水文监测数据

安全监测数据

视频监控数据

气象数据

2、数据标准

系统数据必须遵循统一的数据标准，例如：

水利数据交换标准

空间数据标准

3、数据质量管理

系统应建立数据质量管理机制，包括：

数据校验

数据异常检测

数据清洗

6.6. 系统接口集成要求

系统应提供标准接口，以支持不同系统之间的数据交换。

1、接口类型

数据接口

服务接口

系统接口

2、接口协议

系统接口应支持以下协议：

REST API

WebService

MQTT

3、接口安全

接口访问应具备安全认证机制，包括：

身份认证

访问控制

数据加密

第7章 系统测试与验收标准

7.1. 总体要求

桃曲坡水库数字孪生工程系统建设完成后，应按照国家相关法律法规、水利行业技术规范以及本项目建设方案要求，开展系统测试、试运行及成果验收工作。系统测试与验收是保障项目建设质量、验证系统功能性能以及确保系统稳定运行的重要环节，也是项目最终交付与投入业务应用的重要依据。

根据水利信息化项目管理要求，本项目测试与验收工作应重点围绕系统功能实现情况、系统性能稳定性、数据资源接入情况以及业务应用实效等方面开展综合评估。测试与验收应遵循科学规范、客观公正、过程可追溯的原则，通过系统化测试验证系统建设成果是否达到设计目标和技术标准。

系统测试的主要目标包括：

验证系统功能模块是否满足设计要求；

验证系统技术性能指标是否达到技术规范；

检验系统数据接入、传输及处理能力；

评估系统运行稳定性和安全性；

检查系统与省级智慧水利平台的兼容性 & 数据共享能力；

验证数字孪生系统业务应用效果。

系统验收是在系统测试和试运行基础上开展的综合评价工作。验收工作应由项目建设单位组织实施，并在监理单位监督下开展，必要时邀请相关领域专家参与评审。

根据水利信息化项目管理要求，在项目竣工验收前需开展信息化专项验收，主要审查以下三个方面：

系统兼容性；

感知数据接入率；

“四预”功能实战应用能力。

专项验收通过后，方可开展项目总体竣工验收。未通过专项验收的项目不得进入最终验收阶段。

系统测试与验收完成后，应形成完整的测试报告、专项验收报告及竣工验收资料，并作为项目交付和运行管理的重要依据。

7.2. 测试与验收依据

系统测试与验收应依据国家、行业及项目相关技术标准开展，主要包括以下依据。

1. 国家相关标准

系统测试与验收应符合国家信息化工程相关规范，包括但不限于：

《信息工程监理规范》

《信息工程验收规范》

《计算机信息系统安全等级保护基本要求》

《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》

上述标准为信息系统建设质量、运行安全和验收评估提供基本依据。

2. 水利行业技术标准

作为水利信息化项目，本工程还应符合水利行业相关规范，包括：

《水利水电建设工程验收规程》（SL/T223）

《水利信息化工程验收规范》

《水文自动测报系统技术规范》

《水利工程信息化技术规范》

《水利信息系统运行维护规范》

同时应符合《水利工程信息化（数字孪生）建设成果专业验收基本技术要求（试行）》中关于信息化成果验收的相关规定。

3. 项目技术文件

系统测试与验收还应依据本项目相关技术文件，包括：

本项目招标文件技术要求

项目实施方案

系统总体设计文档

系统接口设计文档

软件系统说明书

系统测试方案

设备技术资料

所有测试与验收工作均应严格依据上述技术文件执行。

7.3. 系统测试组织与实施

1、测试组织机构

为保证系统测试工作顺利实施，应建立完善的测试组织体系。系统测试工作主要参与单位包括：

建设单位

承建单位

监理单位

第三方检测机构

专家评审组

各单位应按照职责分工共同完成系统测试工作。

2、测试职责分工

各参与单位职责如下：

建设单位

负责系统测试工作的总体组织和协调。

承建单位

负责提供系统技术支持，并配合完成系统测试与问题整改。

监理单位

负责监督测试实施过程，确保测试工作符合规范要求。

第三方检测机构

负责开展系统性能、安全性等专业检测。

专家评审组

对测试结果进行技术评审，并提出验收意见。

7.4. 系统测试内容

系统测试主要包括功能测试、性能测试、安全测试、数据接入测试和稳定性测试等内容。

1、系统功能测试

系统功能测试主要用于验证系统各业务功能是否符合设计要求，主要包括：

监测数据采集功能测试

数据传输功能测试

数据存储与管理功能测试

数字孪生可视化展示功能测试

视频监控系统功能测试

业务应用系统功能测试

通过功能测试验证系统功能模块的完整性和正确性。

2、系统性能测试

系统性能测试用于评估系统在高负载情况下的运行能力，主要包括：

系统响应时间测试

系统并发访问测试

数据处理能力测试

系统资源利用率测试

系统性能指标应满足：

系统响应时间 ≤ 3 秒

支持不少于 100 个用户同时访问

3、系统稳定性测试

稳定性测试用于验证系统长期运行能力。

测试方法：

系统连续运行不少于 72 小时；

在测试期间系统不得出现重大故障；

系统服务可用率应满足设计要求。

4、系统安全测试

系统安全测试主要验证系统安全防护能力，测试内容包括：

用户身份认证测试

权限控制测试

数据加密传输测试

网络攻击防护测试

系统漏洞扫描测试

系统安全应符合国家网络安全等级保护相关要求。

5、数据接入与接口测试

根据数字孪生水利项目管理要求，应重点开展数据接入和接口运行测试，主要包括：

数据接口类型测试

数据接口调用测试

数据传输稳定性测试

数据同步及时性测试

同时应形成连续不少于 30 天的数据接口运行日志，用于验证系统数据传输稳定性。

6、感知数据接入率测试

感知数据接入率是信息化专项验收的重要指标之一，应对感知终端接入情况进行核查，包括：

感知设备布设数量；

实际接入平台数量；

数据接入稳定性。

通过计算感知设备接入比例，评估系统数据接入完整性。

7、“四预”功能应用测试

数字孪生水利系统应具备 预报、预警、预演、预案 四项核心能力。

测试内容包括：

监测数据预测能力测试；

水情预警功能测试；

水工程调度模拟预演测试；

应急预案支撑能力测试。

重点评估系统在实际业务场景中的应用效果。

7.5. 信息化专项验收

在项目竣工验收前，应开展信息化专项验收。专项验收主要包括：

信息化系统建设完成情况及试运行情况；

与省级智慧水利平台对接测试情况；

数据接口运行核验情况；

感知数据接入率核查情况；

“四预”功能应用效果；

系统在水利业务中的实际应用情况。

专项验收形成专项验收报告，并作为项目总体竣工验收的重要依据。

7.6. 系统验收

1、验收条件

系统验收应满足以下条件：

项目建设内容全部完成；

系统测试结果符合技术标准；

信息化专项验收通过；

系统试运行时间不少于 6 个月；

技术资料完整齐全。

满足上述条件后方可组织项目竣工验收。

2、验收资料要求

系统验收时应提交完整的技术资料，包括：

项目建设总结报告

系统测试报告

信息化专项验收报告

设备技术资料

软件系统说明书

系统运维管理手册

数据接口说明文档

所有资料应统一整理归档。

第九章 工程量清单

1、工程量清单说明

1.1、工程量清单应与投标须知、合同条款、技术标准要求等招标文件内容结合起来理解、解释和使用。

1.2、本项目合同为固定单价合同，工程量清单仅是投标人投标报价的共同基础。最终结算工程量是承包人实际完成并符合技术标准和要求的工程量。

1.3、投标人须按照工程量清单，填写投标软硬件规格参数、投标单价与合价等要素，投标人根据所投产品的实际参数进行响应。

1.4、本次合同价是投标人响应项目要求的全部工作内容的价格体现，包括投标人完成本项目所需的一切费用（包括由承包人承担的硬件设备费、备品备件、专用工具、包装、运输、装卸、安装、调试和软件开发实施项目所需的资料、调研、需求分析及软件的设计、开发、测试以及技术服务、保险、税金、利润、试运行、运行维护、人员培训、验收费、质保期内的售后服务等以及合同包含的所有风险、责任等服务范围内包含的一切费用。）且本项目实施和验收阶段承包人需负责与招标人已建、在建（桃曲坡水库安全设施建设工程）项目有关设备的联调、端口接入及系统集成等工作，其费用应综合考虑在相关系统的报价中，招标人不再单独支付。

1.5、投标人**拟采购的重要设备或关键性设备**等必须承诺提供厂商原装、全新的、符合国家及招标人提出的有关质量标准的、保证运行性能良好的设备，且所采购的设备厂家在同行业中口碑良好，所采购的设备为同类产品中的主流产品，且在采购前须先征求业主的意见或采购时邀请业主及监理三方协同前往。

1.6、工程量清单中的“单价”与“合价”栏应由投标人填报。投标人还应填报工程项目总价表，并在其结尾处填写投标总报价，报价货币为人民币。

二、投标报价说明

2.1、除招标文件另有规定外，投标人不得随意增加、删除或涂改招标文件工程量清单中的任何内容。工程量清单中列明的所有需要填写的单价和合价，投标人均应填写；未填写的单价和合价，视为已包括在工程量清单的其它单价和合价中。

2.2、招标人在工程量清单中“**8.3.4 智慧运维监控管理平台**”以暂估价16万

元计列、“9.2.1 网络等级保护测评 ”以暂估价 10 万元计列，以暂估价形式计列的单价和合价，投标人应按招标文件中所给定的金额进行填报，未按照要求填报或改变暂估金额的投标文件将被否决。在项目实施阶段，费用经招标人确认后按实结算。

2.3、投标人采购的软硬件设备需考虑招标人原有设备的兼容性，需保证系统能正常运行。

2.4、暂列金额按固定价 550000 元计列，属单列资金，该项资金使用按合同有关条款执行。未按照要求填报或改变金额的投标文件将被否决。

2.5、工程保险费按工程量清单合计的 0.45%计列，工程开工后，保险费的支付金额以保险公司保单为准。

2.6、招标代理服务费按固定价 70000 元计列，未按照要求填报或改变金额的投标文件将被否决。

工程项目总价表

项目名称：桃曲坡水库数字孪生项目

序号	项目分组名称	金额（元）	备注
一	物联感知		
二	设施控制		
三	视频监控		
四	通信网络		
五	算力平台		
六	数据资源平台		
七	孪生赋能		
八	智能应用		
九	网络安全		
	合计（A）		
十	暂列金额(B)	550000	
十一	工程保险费(C)=（A）*0.45%		
十二	招标代理服务费(D)	70000	
投标报价=（A）+（B）+（C）+（D）			

注： 工程量清单以附件形式提供，投标人自行下载。