

招标项目技术、服务和其他要求

前提：本章中标注“★”的条款为本项目的实质性要求，投标人应完全满足，未响应或不满足按无效投标处理。

一、项目概述

面对严峻的水旱灾害防御形势，以习近平总书记“两个坚持、三个转变”防灾减灾救灾理念为指导，按照省政府第77次常务会议部署和厅党组新时期四川水利高质量发展“3226”总体工作思路，省水利厅谋划和推动了“4+7”水利防汛减灾能力提升工作，在分析当前薄弱环节基础上，提出了水旱灾害防御能力提升建设方案（2022-2023年）。主要任务包括重点江河动态洪水风险图编制、岷江流域水库群联合调度方案编制与运用管理、山洪灾害高风险区预警模型开发、重点江河湖库抗旱应急水量调度预案及早限水位（流量）确定等4个方面。

在厅信息化总体框架下，充分利用水旱灾害风险普查、山洪灾害调查评价和洪水风险图编制等数据成果，利用已建站点监测的降雨、水情及洪水预报等实时信息，结合防汛减灾工作实际需求，针对省内4大重点江河流域，构建洪水动态推演模型库，编制动态洪水风险图，开发与之匹配的动态推演模型工具，实现重点江河流域上下游洪水实时计算、动态预警、分区评估、影响分析、损失评估、避洪转移分析和动态展示；并以重点防洪保护区金堂县城区为试点，开展数字孪生平台示范建设，以提升洪水灾害早期识别和监测预报预警能力，为洪水灾害风险评估、早期应对提供基础支撑；在全省范围内选择山洪灾害严重的15个县，共计52个小流域，开展山洪灾害高风险区预警模型开发，省级风险预警模型完善，提升预警预报精度；在分析当前岷江流域水库调度问题的基础上，运用传统水文学、水力学与现代计算技术相结合，提出岷江流域20座水库联合发电、防洪、抗旱、蓄水、消落、生态以及多目标优化调度方案，形成可借鉴推广的水库群联合调度方案，提升岷江流域青衣江、大渡河、岷江干流的水旱灾害防御能力，为岷江流域科学管理提供有力支撑；在全省范围内选择有代表性的沱江流域、涪江流域、都江堰灌区及黑龙滩水库4个流域、区域作为试点，开展抗旱应急水量调度预案编制工作，形成不同类型的、特点鲜明的抗旱应急水量调度预案文本，供全省其他地区参考借鉴。本项目根据早限水位（流量）确定要求，结合我省实际情况，在分析点位选取上考虑长期存在着严重的季节性缺水、工程性缺水、水质

环境性缺水问题的流域和断面；重点关注城市生活、生产、生态用水需求；关注有通航、取水保证的河流和河段；充分利用流域多年干旱统计分析成果；重点分析有农业灌溉、企业生产、饮水安全以及下游应急补水需求的水库。

通过项目实施，提升重点地区水旱灾害现代化水平和综合防灾减灾能力，总结形成可复制推广的思路、方法和机制，用于逐步提升全省水旱灾害防御能力。

二、标的名称及所属行业

包号	服务内容（标的名称）	所属行业
包 1	四川省重点江河动态洪水风险图编制	其他未列明行业
包 2	岷江流域水库群联合调度方案编制与运用管理	其他未列明行业
包 3	四川省山洪灾害高风险区预警模型开发	其他未列明行业
包 4	四川省重点湖库抗旱应急水量调度和旱限水位（流量）确定	其他未列明行业

三、服务要求

★包1：四川省重点江河动态洪水风险图编制

以习近平总书记新时代防灾减灾理念、水利部智慧水利建设和四川省十四五规划等思想为指引，在厅信息化总体框架下，充分利用水旱灾害风险普查、山洪灾害调查评价和洪水风险图编制等数据成果，利用已建站点监测的降雨、水情及洪水预报等实时信息，结合防汛减灾工作实际需求，针对省内岷江、大渡河、沱江、渠江 4 条重要江河流域，构建洪水动态推演模型库，编制动态洪水风险图，开发与之匹配的动态推演模型工具，实现重点江河流域上下游洪水实时计算、动态预警、分区评估、影响分析、损失评估、避洪转移分析和动态展示；并以重点防洪保护区为试点，开展数字孪生平台示范建设，以提升洪水灾害早期识别和监测预报预警能力，为洪水灾害风险评估、早期应对提供基础支撑，促进提高洪水灾害防御水平，有效防范和化解洪水灾害风险，逐步完善洪水灾害防御社会管理体系。

根据省内各流域防洪情势、人口资产分布，按照轻重缓急原则，四川重点江河动态洪水风险图编制优先安排平原区和东部低山丘陵等人口稠密、洪灾频发的流域，建

设范围为岷江（含长江干流宜宾段，下同）、大渡河（县级以上重要城市，下同）、沱江（含长江干流泸州段，下同）、渠江等 4 条重点江河干流及主要支流沿岸重点地区。其中，控制性水库溃坝洪水风险图涵盖岷江、大渡河、沱江、渠江等 4 条重要江河流域大（二）型以上水库，共计 23 座。数字孪生平台示范应用范围为重点防洪保护区金堂县城区。四川重点江河动态洪水风险图编制：

1、流域基础资料收集处理、复核与补充测量

在前期洪水风险图编制、水旱灾害风险普查和山洪灾害调查评价等数据成果基础上，面向四川省 4 条重点江河动态洪水风险图编制需求，收集、整理和复核重点流域洪水风险图编制所需的基础地理、水文、工程、社会经济、历史洪水、洪水灾害等数据，并组织现场考察，了解工程、社会经济变化情况和历史洪水灾害情况，同时收集水库相关数据水库资料（水位库容关系、调度规则、大坝构筑物等），在此基础上整理得到洪水风险图编制和洪水影响分析所需的水文、工程和社会经济资料，形成完整数据集，为重点江河动态洪水风险图编制和推演分析模型构建提供数据支撑。对于局部重要城市及防洪保护区，不能满足动态洪水风险图编制和推演模型构建要求的区域及河段，需要对地形及河道断面等开展补充测量。

2、建模范围分析与确定

以流域和省级防洪规划为基础，按照四川省 4 条重点江河干支流洪水防御与洪水调度关键控制节点，合理划分模型编制单元，确定单元所有上游入流边界及下游控制边界、单元覆盖面积、洪水可能淹没范围等。重点江河上下游编制单元各模型并行运行，开展洪水实时分析和信息实时传输交互，相互关联形成统一推演分析模式。

其中一维水动力模型建模范围覆盖四川境内岷江、大渡河、沱江与渠江干流及主要支流，二维水动力模型建模范围覆盖沿岸重点区域（重点防洪保护区、有防洪任务的县级以上重点防洪城市及部分重要乡镇），平原区根据城市建成区分布和河流水系交互关系，可以考虑连片形成一个编制单元。对于流域单元上游无水库控制或预报节点的较大面积的产汇流区域，建立水文模型，为下游一维水动力模型提供边界条件。水文模型覆盖岷江、大渡河、沱江与渠江流域内无水库控制或预报节点的全部产汇流区域。

3、洪水动态推演模型库构建

面向数字孪生流域构建需求，开发流域上下游一体化洪水动态推演模型库，涵盖

分布式水文模型、一二维耦合水动力模型、溃坝分析模型、预警转移模型、洪水影响与损失评估模型、防洪物资调用模型和防洪调度效益分析模型等，实现四大江河流域多维模型嵌套和组合。

3.1 洪水演进分析模型（含溃坝模型）

（1）模型选择

根据四大江河干支流洪水组合及各编制单元特点，选择适宜的水文、水动力洪水分析模型及建模平台。为满足项目动态推演分析模型工具、数字孪生平台示范应用等定制化开发和计算效率的需求，洪水分析模型优先选择定制开发性较好的软件产品。

（2）流域分布式水文模型构建及耦合

对于流域单元上游无水库控制或预报节点的较大面积的产汇流区域，通过地形数据资料划分小流域，建立分布式产汇流水文预报模型，同时建立单元内部的区间降雨产汇流模型，根据预报或实测降雨，实时计算入流洪水或区间洪水汇流过程。

（3）重点地区一二维耦合水动力模型构建

构建重点地区一二维水动力耦合模型。对于编制单元内的河网建立一维水动力学模型，采用一维非恒定流方法模拟，并对河系中控制水流运动的堰、闸、排洪口门等进行合理概化。对于城镇保护区范围（城区范围）建立二维水动力学模型，采用二维非恒定流方法模拟。

（4）控制性水库溃坝分析模型构建

基于重点江河各控制性水库相关区域情况，研究溃坝洪水因素，建立水库溃坝洪水分析模型，水库溃坝分析模型构建范围包括溃坝洪水可能影响的下游区域，模型上边界条件为水库最大泄量或溃坝流量过程，可不考虑与沿程区间来水的组合。其中控制性水库溃坝洪水风险图涵盖岷江、大渡河、沱江、渠江等 4 条重要江河流域大（二）型以上水库，共计 23 座，包括，岷江流域（6 座）：紫坪铺、毛尔盖、狮子坪、舟坝、黑龙滩、小井沟；大渡河流域（10 座）：铜街子、瀑布沟、龚嘴、大岗山、猴子岩、泸定、龙头石、黄金坪、长河坝、冶勒；沱江流域（1 座）：三岔；渠江流域（6 座）：江口、富流滩、宝石桥、风滩、双滩、红鱼洞。

（5）模型率定和验证

对于具备实测洪水资料的区域，选择实际洪水资料进行模型参数率定后，选择至少两场其他实际洪水资料进行模型验证，以保证洪水预报预警与实时风险分析成果的

精度。

验证结果与实际洪水的最大水位误差（实测水位与计算水位之差绝对值的最大值） $\leq 20\text{cm}$ ；

最大流量相对误差（实测流量与计算流量之差的绝对值/实测流量） $\leq 5\%$ 。

将淹没面积、淹没水深等计算结果与实测资料进行综合对比，分析计算结果的合理性。

缺乏实测洪水资料的河道或区域，参考采用其他类似河流或区域率定合格的参数。

3.2 流域预警转移模型

基于洪水风险分析得到的淹没范围、淹没水深、洪水流速和洪水到达时间等基础信息，结合洪水淹没范围内人口分布及其构成、转移道路、安全设施、区外安置点等信息开展避洪转移分析，构建预警转移模型。

3.3 洪水影响与损失评估模型

基于 GIS 平台，利用收集的流域各类地形地物资料、社会经济统计资料、洪水风险图编制成果和历史洪灾统计资料，以实时洪水分析淹没结果为依据，构建流域洪水影响与损失评估模型，统计乡镇以上各行政区洪水影响和损失。

3.4 防汛抢险物资调用模型

基于洪水风险分析得到的淹没范围、淹没水深、洪水流速和洪水到达时间等基础信息，结合洪水淹没范围内人口分布及其构成、转移道路、安全设施、防汛抢险物资仓库分布、防汛抢险物资类型、车辆类型等信息开展调运分析，构建防汛抢险物资调用模型，制定调运线路和调运量的防洪物资调运方案，以便能够更好的解决防洪物资的调运问题。

3.5 防洪调度效益分析模型

基于重点江河各编制单元在不同频率设计洪水下的洪水淹没风险图，以及各编制单元现状防洪体系存在的薄弱环节，提出拟规划的防洪能力提升措施，总体上包括河道整治工程（堤防、清淤疏浚、扩卡等）、水库工程建设等工程措施，以及防汛调度指挥、防汛预案预演等非工程措施。拟通过构建防洪效益分析模型，评估规划的防洪能力提升措施将来可能产生的防洪效益。

3.6 四大江河多维模型嵌套与组合

面向洪水风险图编制和动态分析推演模型工具应用需求，根据流域干支流分布状

况和洪水汇流演进特点，以流域上下游为整体，按照重点江河干支流洪水防御与洪水调度关键控制节点，合理划分编制单元，确定单元所有上游入流边界及下游控制边界，实现流域多个单元的水文、水动力、预警转移等多维模型的嵌套耦合，形成统一的推演分析模式。根据流域重要防洪区社会经济状况、道路及安置区等基础设施分布和防洪抢险需求，构建预警转移模型、洪水影响与损失评估模型、防洪物资抢险调用模型和防洪调度效益分析模型。

4、流域洪水风险图编制

4.1 洪水方案设定及分析计算

洪水风险分析主要是在洪水来源分析的基础上，制定洪水分析方案，并利用已建立的水动力模型，经过参数率定验证和各种方案的洪水分析工作，获得淹没范围、水深、流速、洪水到达时间、洪水演进过程等特征信息。

4.2 影响分析及损失评估

针对不同洪水分析方案计算结果处理得到淹没范围、淹没水深、淹没历时等要素数据（淹没图层），结合淹没区涉及行政区的社会经济指标和情况，利用洪水影响与损失评估模型开展分析，主要内容包括淹没面积、淹没居民地面积、淹没耕地面积、受影响公路长度、受影响铁路长度、受影响重点单位个数等，其他指标还有分行政区的受影响人口、受影响 GDP 以及总经济损失等。

4.3 避洪转移分析方案制定

重点江河干流及主要支流沿岸重点地区人口多、产值高，为了保障人民生命财产安全、最大限度减少洪水风险灾害损失，需要进行避险转移分析。

根据洪水风险分析得到的淹没范围、淹没水深、洪水流速和洪水到达时间等基础信息，结合人口分布及其构成、交通道路、安置条件等信息，开展避洪转移分析，为防汛减灾决策提供相关依据。

根据洪水风险分析成果划分危险区、确定转移单元，需要调查范围内行政区划、人口分布、居住状况、交通设施等信息。

根据洪水演进过程和淹没情况以及转移人员、安置点和转移道路分布情况，分析确定避洪转移路线和转移时机，可就近安置避洪，也可根据条件安排异地避洪转移。

4.4 计算成果检验评估

整理分析不同洪水分析方案的计算成果并评估其完整性和规范性。分别按照各区

域及其不同的计算方案，将基础数据信息、洪水计算分析成果、洪水影响评价分析成果进行整理，根据《洪水风险图地图数据分类编码与结构要求》，对基础地理数据进行规范性检查；根据《洪水风险图编制导则》、《洪水风险图编制技术细则》、《避洪转移图编制技术要求》和《洪水风险图制图技术要求》等技术规范的要求，对重点江河各编制单元的洪水分析计算成果、洪水损失评估成果以及避洪转移成果进行整理、完整性和规范性评估。检查合格后，将相关数据入库。

4.5 洪水风险图绘制

在洪水计算分析和洪水影响评价的基础上，开展洪水风险图绘制，主要包括单一要素和复合要素的洪水风险图，其中避洪转移图为复合要素洪水风险图中的一种。

洪水风险图应包括区域内的地理信息、社会经济信息，洪水要素及其分级、洪水影响信息等。绘制内容包括到达时间图、淹没历时图、淹没水深图、淹没图、淹没范围图以及避洪转移图。其中，淹没水深图、淹没图、到达时间图、淹没历时图属于单一要素的基本风险图，针对每个洪水方案进行编制；淹没范围图和避洪转移图属于复合要素的专题风险图，每个编制区域只编制一套。

5、动态管理与应用模型工具开发

运用洪水实时推演与动态展示模型开发工具，结合单元实际，建设洪水实时推演与动态展示模型工具，包括：建立与实时雨情、水情、工程调度模型工具的接口，在线获取实时数据；构建前处理和人机交互模块，按模型工具运行要求处理实时数据，建立具有未来雨水情预测、工程调度、溃堤（坝）、临时抢险防御措施设置等功能的人机交互界面；构建计算结果处理和动态展示模块；集成前处理模块、后处理模块、水文水力学计算模型和动态展示模块，形成一体化的实用模型工具。流域实时洪涝分析预警模型工具同时预留与各县市防汛指挥模型工具的数据交换和调用接口，通过定义规范的数据接口和通用的服务 API，基于数据共享交换服务平台，将洪水分析预警信息发布至各市县监测预警平台、微信公众号、手机 APP 等用户。能够实时将预警信息推送至山洪灾害预警模型工具，并进行动态展示预警。

6、数字孪生平台示范应用

选择沱江上游金堂县城区作为重要防洪保护区数字孪生平台试点。金堂县位于成都市东北部，县城素有“千里沱江第一城”之称，北河、中河、毗河穿城而过汇成沱江，下游的金堂峡为川西水网仅有的三处出口之一，汛期洪水集中，金堂县历来都是

成都市及四川省防洪重点城镇。主要任务包括：

(1) 数字流场构建：根据防洪业务对空间数据的需要，采用不同精度和类型的L1-L3级数据构建数字流场，构建金堂县城区及上下游河道数字流场。

(2) 数字孪生模型库构建：以三皇庙水文站集水面积为产汇流计算单元，构建沱江上游流域分布式水文模型；城区洪水影响分析模型直接采用本项目洪水动态推演模型库中的相关模型。

(3) 三维渲染仿真引擎接口定制及三维场景构建：包括三维渲染仿真引擎购置及接口定制，以及金堂县城区三维仿真场景构建。

(4) 数字孪生平台建设：面向数字孪生流域构建需求，在沱江流域动态管理与应用模型工具的基础上，设计并构建具有“预报、预警、预演、预案”四预功能的金堂县城区数字孪生平台。

7、成果提交

(1) 基础资料数据集

在水旱灾害风险普查、山洪灾害调查评价和洪水风险图编制等数据成果基础上，进行复核、加工处理以及补充测量等，最终得到重点江河水文、工程和社会经济资料，形成完整数据集。

(2) 重点地区洪水风险图

岷江、大渡河、沱江与渠江等4条重要江河沿岸重点地区洪水风险图。

(3) 避洪转移图

岷江、大渡河、沱江与渠江等4条重要江河沿岸重点地区避洪转移图。

(4) 控制性水库溃坝风险图

岷江、大渡河、沱江与渠江等4条重要流域23座大（二）型以上水库溃坝风险图。

(5) 重点流域精细化耦合洪水推演模型

岷江、大渡河、沱江与渠江等4条重要流域精细化耦合洪水推演模型，包括洪水演进分析模型（含水库溃坝分析模型）、预警转移模型、洪水影响与损失评估模型、防汛抢险物资调用模型、效益分析模型等。

(6) 动态推演分析模型工具与集成应用

重点江河动态推演分析模型与管理应用工具，包括普查数据展示、汛期查询监视、动态分析推演、避险转移分析、预警发布、损失评估、物资调用、效益分析等功能模

块。

(7) 数字孪生平台示范应用

重点防洪保护区金堂县城区数字孪生平台，包含预报、预警、预演和预案“四预”的功能。

以上成果不一概而论，采购人可根据项目具体情况要求供应商提供相应资料，供应商应及时向采购人提供。

8、工作量清单

本项目涉及的主要工作量，包括岷江、大渡河、沱江与渠江流域资料收集处理与补测，洪水推演模型库构建与流域洪水风险图编制；动态推演分析模型工具与集成应用；数字孪生平台示范应用等相关工作等相关工作。投标人根据前述的工作内容、技术方法与要求、成果要求等，细化工程量清单中的各项内容进行报价。

工程量清单

序号	项目名称	明细内容及工作量分析	单位	数量	备注
1	岷江流域	流域编制河长约 670 km，重点防洪区编制面积约 2610km ²			
1.1	资料收集处理与补测				
-1	基础地理信息	充分利用流域现有基础数据成果，并补充收集和加工处理。	项	1	
-2	河道断面复核与补充测量	河道断面统一高程基准复核匹配、插补和标准化处理平均 3 个断面/km（重要城镇加密测量）。	项	1	
1.2	洪水推演模型库构建				
-1	洪水演进分析模型（含水库溃坝分析模型）	流域重点防洪区及控制性水库耦合洪水演进模型构建	项	1	
-2	预警转移模型	流域沿岸重点防洪区预警转移模型构建	项	1	
-3	影响与损失评估模型	流域沿岸重点防洪区洪水影响与损失评估模型构建	项	1	
-4	防洪物资调用模型	流域沿岸重点防洪区防洪物资调用模型构建	项	1	
-5	效益分析模型	流域沿岸重点防洪区效益分析模型构建	项	1	

序号	项目名称	明细内容及工作量分析	单位	数量	备注
1.3	流域洪水风险图编制				
-1	洪水淹没图绘制	洪水淹没范围图、流速图、淹没历时图、到达时间图等	套	1	
-2	避洪转移图绘制	流域重点防洪区（城市）避洪转移图绘制	套	1	
-3	水库溃坝风险图编制	流域6座大二以上控制性水库溃坝风险图编制	套	1	
2	大渡河	流域编制河长约361 km，重点防洪区编制面积约384km ²			
2.1	资料收集处理与补测				
-1	基础地理信息	充分利用流域现有基础数据成果，并补充收集和加工处理。	项	1	
-2	河道断面复核与补充测量	平均3个断面/km（重要城镇加密测量）。	项	1	
2.2	洪水推演模型库构建				
-1	洪水演进分析模型（含水库溃坝分析模型）	流域重点防洪区及控制性水库耦合洪水演进模型构建	项	1	
-2	预警转移模型	流域沿岸重点防洪区预警转移模型构建	项	1	
-3	影响与损失评估模型	流域沿岸重点防洪区洪水影响与损失评估模型构建	项	1	
-4	防洪物资调用模型	流域沿岸重点防洪区防洪物资调用模型构建	项	1	
-5	效益分析模型	流域沿岸重点防洪区效益分析模型构建	项	1	
2.3	流域洪水风险图编制				
-1	洪水淹没图绘制	洪水淹没范围图、流速图、淹没历时图、到达时间图等	套	1	

序号	项目名称	明细内容及工作量分析	单位	数量	备注
-2	避洪转移图绘制	流域重点防洪区（城市）避洪转移图绘制	套	1	
-3	水库溃坝风险图编制	流域 10 座大二以上控制性水库溃坝风险图编制	套	1	
3	沱江流域	流域编制河长约 1050 km，重点防洪区编制面积约 2549km ²			
3.1	资料收集处理与补测				
-1	基础地理信息	充分利用流域现有基础数据成果，并补充收集和加工处理。	项	1	
-2	河道断面复核与补充测量	平均 3 个断面/km（重要城镇加密测量）。	项	1	
3.2	洪水推演模型库构建				
-1	洪水演进分析模型（含水库溃坝分析模型）	流域重点防洪区及控制性水库耦合洪水演进模型构建	项	1	
-2	预警转移模型	流域沿岸重点防洪区预警转移模型构建	项	1	
-3	影响与损失评估模型	流域沿岸重点防洪区洪水影响与损失评估模型构建	项	1	
-4	防洪物资调用模型	流域沿岸重点防洪区防洪物资调用模型构建	项	1	
-5	效益分析模型	流域沿岸重点防洪区效益分析模型构建	项	1	
3.3	流域洪水风险图编制				
-1	洪水淹没图绘制	洪水淹没范围图、流速图、淹没历时图、到达时间图等	套	1	
-2	避洪转移图绘制	流域重点防洪区（城市）避洪转移图绘制	套	1	
-3	水库溃坝风险图编制	流域 1 座大二以上控制性水库溃坝风险图编制	套	1	
4	渠江	流域编制河长约 1404 km，重点防洪区编制面积约 403km ²			

序号	项目名称	明细内容及工作量分析	单位	数量	备注
4.1	资料收集处理与补测				
-1	基础地理信息	充分利用流域现有基础数据成果，并补充收集和加工处理。	项	1	
-2	河道断面复核与补充测量	平均3个断面/km（重要城镇加密测量）。	项	1	
4.2	洪水推演模型库构建				
-1	洪水演进分析模型（含水库溃坝分析模型）	流域重点防洪区及控制性水库耦合洪水演进模型构建	项	1	
-2	预警转移模型	流域沿岸重点防洪区预警转移模型构建	项	1	
-3	洪水影响与损失评估模型	流域沿岸重点防洪区洪水影响与损失评估模型构建	项	1	
-4	防洪物资调用模型	流域沿岸重点防洪区防洪物资调用模型构建	项	1	
-5	效益分析模型	流域沿岸重点防洪区效益分析模型构建	项	1	
4.3	流域洪水风险图编制				
-1	洪水淹没图绘制	洪水淹没范围图、流速图、淹没历时图、到达时间图等	套	1	
-2	避洪转移图绘制	流域重点防洪区（城市）避洪转移图绘制	套	1	
-3	水库溃坝风险图编制	流域6座大二以上控制性水库溃坝风险图编制	套	1	
5	动态推演分析模型工具与集成应用				
5.1	普查数据展示模块	风险普查数据集成管理和动态化改造	套	1	
5.2	汛期查询监视	河道、水库、闸坝等水雨情监视查询	套	1	

序号	项目名称	明细内容及工作量分析	单位	数量	备注
5.3	动态分析推演模块	洪水淹没风险分析推演	套	1	
5.4	避险转移分析模块	人员避险转移分析与转移安置	套	1	
5.5	预警发布模块	预警产品生成与信息发布模块(河道、淹没、调度产品)	套	1	
5.6	损失评估模块	洪水影响与损失评估模块	套	1	
5.7	物资调用模块	防洪物资调用模块	套	1	
5.8	效益分析模块	情境效益分析模块	套	1	
6	数字孪生平台示范应用				
6.1	沱江上游金堂县城区数字孪生平台试点				
-1	数字流场构建	购买或实测分辨率优于1米DOM遥感影像数据、DOM/DEM/DSM数据、水下地形及断面数据等	项	1	
-2	水利模型构建	构建沱江上游流域分布式水文模型；城区洪水影响分析模型直接采用本项目洪水动态推演模型库中的相关模型。	项	1	
-3	数字孪生平台建设	沱江流域金堂县城区数字孪生平台建设	项	1	

注：最终实施工程数量以实际发生为准。

★包2：岷江流域水库群联合调度方案编制与运用管理

1、服务内容名称：

岷江流域水库群联合调度方案编制与运用管理

2、项目主要内容

保证完成采购人规定的任务。若工作过程中因政策变化采购人须要调整或变更部分任务内容，中标人亦应完成。项目主要有以下八个方面内容（包括但不限于）：

- (1) 岷江流域水库群联合调度方案编制
- (2) 岷江流域水库群联合防洪调度方案编制
- (3) 岷江流域水库群联合蓄水调度方案编制

- (4) 岷江流域水库群联合消落调度方案编制
- (5) 岷江流域水库群水资源多目标综合利用调度方案编制
- (6) 岷江流域水库群联合应急调度方案编制
- (7) 岷江流域水库联合调度管理办法编制
- (8) 岷江流域水库群联合调度管理模型

3、项目执行技术参数及标准

- (1) 《防洪标准》(GB 50201-2014);
- (2) 《水利工程设计概(估)算编制规定》(水总(2014) 429号);
- (3) 《工程测量规范》(GB 50026-2016);
- (4) 《水利水电工程水文计算规范》(SL/T 278—2020);
- (5) 大中型水电站水库调度规范(GB17261-1998);
- (6) 长江流域控制性水工程联合调度管理办法。

4、工作流程及技术要求

4.1 编制《岷江流域水库群联合调度方案》

(1) 岷江流域水库群基本情况

调查分析岷江流域大渡河、青衣江、岷江干流的自然地理情况，分析流域水文气象特征、径流特性和暴雨洪水特性，总结流域水库群建设及规划情况，分析流域沿岸地区人类经济和社会活动情况，调查梳理岷江流域大渡河、青衣江、岷江干流各个水库的综合利用需求，总结归纳岷江流域水库群目前调度管理存在的主要问题。

(2) 水库群联合调度原则和目标

根据《长江保护法》和《岷江流域综合规划》，明确岷江流域水库群联合调度的主要原则。结合岷江流域各个水库的综合利用需求，明确岷江流域水库群防洪、抗旱、蓄水、消落、发电、供水、灌溉、生态与航运等方面的联合调度目标。

(3) 水库群联合调度方案

1) 联合防洪调度方案

分析岷江流域大渡河、青衣江、岷江干流的暴雨洪水特性，以岷江流域沿岸城乡防洪安全和成昆铁路沙坪段、河心洲、金马河等重点防护对象的防洪安全为目标，编制联合防洪预泄调度方案、错峰调度方案、补偿调度方案，编制极端洪水情况下岷江流域骨干水库联合防洪优化调度方案，分析水库群联合防洪调度对沿线城乡的防洪作

用，制定岷江流域水库群联合防洪调度规则。

2) 联合蓄水调度方案

挖掘大渡河、青衣江、岷江干流的径流特征以及大渡河、青衣江、岷江干流之间径流的同步性、相关性、互补性规律，分析“引大济岷”投运前后两种情况下岷江流域水库群联合蓄水时机和蓄水次序，编制岷江流域水库群联合蓄水方案。

3) 联合消落调度方案

调查分析双江口、瀑布沟、紫坪铺等水库枯期生态、灌溉、供水、发电、航运等用水需求，挖掘大渡河、青衣江、岷江干流的枯期径流特征及其同步性、相关性、互补性规律，分析“引大济岷”投运前后两种情况下岷江流域水库群联合消落深度和进程控制方式，编制岷江流域水库群联合消落方案。

4) 水资源多目标综合利用调度方案

调查分析双江口、瀑布沟、紫坪铺等水库发电-灌溉供水、发电-生态补水、发电-防洪等多目标用水需求的协同性与矛盾性，分析“引大济岷”投运前后两种情况下岷江流域水库群多目标协同调度运行方式，编制岷江流域水库群水资源多目标综合利用调度方案。

5) 联合应急调度方案

分析岷江流域大渡河、青衣江、岷江干流的超标洪水不同遭遇场景，编制岷江流域水库群超标洪水联合应急调度方案；分析地震等地质灾害引发溃坝时洪水演进规律，编制地质灾害引发溃坝时的岷江流域水库群应急调度方案；分析岷江流域出现特大干旱情时的供水需求，编制岷江流域水库群特大旱情联合应急调度方案。

4.2 编制《岷江流域水库群联合防洪调度方案专题》

(1) 岷江流域防洪现状调查

1) 现状防洪能力评估

调研整理并分析评估岷江流域沿岸马尔康、丹巴、泸定、石棉、汉源、河心洲、成昆线、金马河等主要防护对象目前的防洪标准和防洪能力，计算岷江流域各防洪控制断面的防洪安全泄量。

2) 现有水库防洪调度方式分析

收集整理岷江流域青衣江、大渡河和岷江干流梯级各水库的防洪调度方式，梳理岷江流域紫坪铺、瀑布沟等水库的目前主要防洪任务，分析紫坪铺、瀑布沟水库目前

的防洪调度规则和防洪调度方式，剖析总结目前岷江流域水库群单库防洪调度存在的主要问题。

（2）岷江流域洪水特性研究

1) 暴雨洪水特性分析

收集整理并分析大渡河、青衣江、岷江干流实测暴雨洪水特性，调查计算岷江流域历史洪水及其重现期，开展大渡河、青衣江、岷江干流设计洪水控制站实测洪水资料的插补与延长分析，研究大渡河、青衣江、岷江干流不同控制断面的设计洪水过程及其特征参数。

2) 洪水地区组成分析

结合岷江流域大渡河、青衣江、岷江干流不同控制断面的设计洪水资料，统计分析岷江流域不同控制断面的洪峰流量、一日洪量、三日洪量、七日洪量等不同洪水特征指标，研究岷江流域大渡河、青衣江、岷江干流不同控制断面的洪水地区组成。

3) 大渡河、青衣江、岷江干流洪水遭遇分析

统计分析大渡河、青衣江、岷江干流不同控制站或控制性水库的洪水频次，计算大渡河、青衣江、岷江干流不同控制断面的洪水传播时间，开展大渡河、青衣江、岷江干流遭遇洪水洪量分析，提出大渡河、青衣江、岷江干流成灾洪水遭遇规律。

（3）岷江流域水库群联合防洪调度方案编制

1) 制定预泄调度方案

根据岷江干流洪水预报成果和紫坪铺水库的泄洪能力，拟定多种紫坪铺水库防洪预泄调度方案，并通过不同预泄调度方案的调度效果对比分析，研究制定紫坪铺水库防洪预泄调度方案，确定紫坪铺水库的预泄调度运行方式。

2) 制定错峰调度方案

根据岷江流域大渡河、青衣江、岷江干流洪水遭遇规律，分析双江口、瀑布沟、紫坪铺等水库的蓄洪时机、拦蓄洪量，并通过不同错峰调度方案的调度效果对比分析，研究制定岷江流域梯级水库群联合错峰调度方案，确定梯级各水库的错峰调度运行方式。

3) 制定补偿调度方案

根据双江口、瀑布沟、紫坪铺水库防洪库容启用次序，拟定多种流域梯级水库群补偿调度方案，并通过不同补偿调度方案的调度效果对比分析，研究制定岷江流域梯

级水库群联合补偿调度方案，确定梯级各水库的补偿调度运行方式。

4) 分析极端洪水情况下多库运用条件

针对大渡河、青衣江、岷江干流洪水遭遇等极端洪水过程，编制岷江流域骨干水库联合防洪优化调度方案，挖掘极端暴雨洪水条件下岷江流域水库群的防洪潜力，分析水库群联合防洪调度对沿线马尔康、丹巴、泸定、石棉、汉源、河心洲、成昆线、金马河等防护对象的防洪作用。

5) 制定联合防洪调度规则

明确岷江流域水库群联合防洪调度的防洪任务，分析水库群联合预泄调度、联合错峰调度、联合补偿调度方案、联合防洪优化方案的启用条件，分析计算岷江流域各个水库防洪库容的动用和释放时机，编制岷江流域水库群联合防洪调度方案，制定岷江流域水库群联合防洪调度规则。

4.3 编制《岷江流域水库群联合蓄水调度方案专题》

(1) 径流资料整理与规律性分析

1) 资料整理

收集整理紫坪铺、双江口、猴子岩、瀑布沟等水库电站长系列汛期、平水期月、旬等入库径流、蓄水期水量运用需求、现有蓄水期调度方式等基础数据。

2) 三江径流洪水特性分析

分析岷江干流、大渡河、青衣江代表性水库或断面汛期径流特征，包括河道汛期流量变化趋势、年内占比、水量变幅、洪水特点、径流周期变化等来水演变规律，以及大渡河、岷江干流、青衣江流域间径流同步性、相关性、互补性、丰枯变化规律等，重点开展逐旬分期汛期洪水分析，研究三江汛期径流互补特性，分析紫坪铺、双江口、瀑布沟等水库联合运行提前蓄水的水量条件。

(2) 水库联合蓄水方案编制

1) 水库联合蓄水时机确定

在分析大渡河、岷江、青衣江三流域蓄水期径流互补特性规律基础上，拟定双江口、猴子岩、长河坝、大岗山、瀑布沟、紫坪铺、毛尔盖、狮子坪等调节性电站的以旬为时段的各种蓄水次序及时机。分流域按梯级水库联合调度模式，依据保障防洪需求，提高蓄满率的原则，制定联合蓄水调度时机规则；考虑双江口水库与下游瀑布沟水库、岷江紫坪铺水库联合水量调度作用，综合分析确定联合蓄水时机规则；考虑引

大济岷调水方案对紫坪铺、瀑布沟等大型调节性水库调度方式的影响，结合流域发电效益、防洪功能、蓄满率要求等因素，分析确定考虑引大济岷调水方案的蓄水时机与蓄水次序规则。并进一步研究丰水年、平水年、枯水年、特枯年份的考虑流域来水量大小的最优蓄水时机与次序，形成流域骨干水库联合蓄水时机的动态控制规则。

2) 洪水资源化利用控制规则

根据三江逐旬分期洪水互补性规律，并分析引大济岷调水工程投运前对分期洪水流域间互补规律影响，考虑引大济岷投运前后两种情况，研究紫坪铺、双江口、瀑布沟水库汛限水位动态联合控制规则。

(3) 联合蓄水调度效益与风险分析

1) 联合蓄水调度效益分析

考虑引大济岷投运前后两种情况，分析不同蓄水方案下的水库蓄满率、供水保证率、增发电量、减少弃水量等综合利用效益，并梳理分析引大济岷调水对流域水库群蓄水运行方式在水库蓄满、供水保障、发电运行等方面的影响。

2) 蓄水期联合调度风险分析

考虑引大济岷投运前后两种情况，分析不同蓄水方案下的水库防洪风险。分析双江口、瀑布沟、紫坪铺等大型骨干工程汛末水库蓄满风险，河道流量与水位等生态、航运需求保障风险，以及流域各电站平均出力、时段电量等电力指标完成率风险。

(4) 联合蓄水调度方案

考虑引大济岷投运前后两种情况，根据联合蓄水时机动态控制方式与引导洪水资源化利用的汛限水位动态控制规则，在满足水库和流域防洪及生态安全的条件下，结合灌溉、供水等需求，编制岷江流域水库群联合蓄水调度方案。

4.4 编制《岷江流域水库群联合消落调度方案专题》

(1) 径流资料整理与非汛期来水规律分析

1) 径流资料整理

调研收集紫坪铺、双江口、瀑布沟、猴子岩等流域骨干水库非汛期生态、灌溉、供水、航运、发电等用水总量及需求过程。收集整理流域骨干水库非汛期长系列月、旬等入库及区间径流资料。分析目前单库水量调度运用方式及存在问题。

2) 非汛期来水规律性分析

分析岷江干流、大渡河、青衣江代表性水库或断面非汛期径流特征，包括河道非

汛期流量变化趋势、年内占比、水量变幅、月、旬时段径流周期变化等来水演变规律。解析大渡河、岷江干流、青衣江流域间枯期径流同步性、相关性、互补性、丰枯变化等规律。

(2) 联合消落进程控制方案编制

在分析大渡河、岷江、青衣江三流域非汛期径流互补特性规律基础上，拟定双江口、猴子岩、长河坝、大岗山、瀑布沟、紫坪铺、毛尔盖、狮子坪等调节性水库过渡期的消落深度方案。考虑枯期水库发电、航运、生态、供水等综合利用效益，提出水库联合消落进程控制方案。

(3) 消落方案效益与风险分析

1) 联合消落调度效益分析

分别面向联合消落调度水位控制方案与考虑引大济岷调水的消落调度水位控制方案，从发电运行、生态保障、航运需求、灌溉供水等方面分析消落调度方式的效益，并重点对比分析引大济岷调水后联合消落调度方案在发电、航运、灌溉供水、生态流量以及对其它电站运行方式影响等方面的差异性。

2) 枯期联合调度风险分析

分别面向联合消落调度水位控制方案与考虑引大济岷调水的水位控制方案，分析不同消落深度下对汛期防洪调度影响，分析枯水期联合调度下岷江、大渡河等河道生态流量保障风险、航运需求保障风险等，重点分析枯期末时段流域各电站平均出力、时段电量等电力可靠性风险。

4.5 编制《岷江流域水库群水资源多目标综合利用调度方案专题》

(1) 水库群综合利用需求分析

1) 资料整理

调查收集岷江流域骨干水库发电、防洪、航运、灌溉需水、农村人畜需水、乡镇需水、城市需水、小型水需充囤、大中型水需充囤、农村人畜、城镇生活生产、生态补水等综合利用用水需求。

2) 用水需求协同性与矛盾性分析

分析紫坪铺、双江口、瀑布沟等骨干水库发电-灌溉供水、发电-生态补水、发电-防洪等多目标用水需求的在水量分配与时空分布的协同性与矛盾性。

(2) 紫坪铺发电-供水多目标协同调度方案编制

1) 紫坪铺发电-供水协同调度方案

考虑紫坪铺水库灌溉、生活生产、城市用水等综合用水需求与发电目标的协同，编制紫坪铺水库协同调度方案，系统分析调水方案发电、航运、供水、防洪、生态等综合效益与调度风险，以及紫坪铺水库协同调度方案对流域其它电站的运行方式的影响。

2) 考虑引大济岷调水的发电-灌溉供水协同调度方案

分析引大济岷调度方式对紫坪铺水库径流特性与综合用水需求的影响，考虑紫坪铺水库灌溉供水需求与发电目标的协同，编制发电-供水多目标协同调度方案。

(3) 发电-生态协同调度方案

考虑岷江干流、大渡河、青衣江流域生态环境保护用水需求发电目标的协同，编制流域水库发电-生态多目标协同调度方案，重点分析调水方案下发电、生态等综合效益与骨干水库蓄满率、枯期出力保证率等调度风险。分析引大济岷调水方案对流域生态用水需求的影响，编制发电-生态多目标协同调度方案。

4.6 编制《岷江流域水库群联合应急调度方案专题》

(1) 超标洪水应急调度方案

1) 超标洪水资料整理和分析

调研收集双江口、猴子岩、长河坝、瀑布沟、紫坪铺等水库超标洪水、历史洪水、可能最大暴雨、可能最大洪水等资料，分析超标洪水发生的量级、发生的时间、频率等特性，对超标洪水的表现形式、识别方法开展研究。

2) 应急调度方案编制

分析各流域区间超标洪水不同遭遇组合情况，考虑超标洪水发生时各个水库所处不同水位，构建不同场景集、不同边界条件的调度情况，进行优化计算得到应急调度结果集，通过提炼分析，总结应急调度方案规则。

(2) 地震等地质灾害引发溃坝时的应急调度方案

1) 资料整理分析

调研收集分析岷江流域骨干水库坝址附近历史地震级别、地震范围、地震损失、地震烈度、地震能量、地震响应等资料。

2) 应急调度方案编制

假定遭遇地质灾害时不用场景，例如长河坝或瀑布沟或其他调节能力较差水库发

生溃坝组合，各水库闸门、溢洪道等泄洪设置损毁程度组合，溃坝发生时水库所处水位组合不同，分析溃坝洪水演进过程，考虑区间来水不同情况，构建不同场景集、不同边界优化条件，进行优化计算得到应急调度结果集，通过提炼分析，总结应急调度方案规则。

（3）特大旱情应急调度

1) 资料整理分析

调研收集分析岷江流域历史干旱、受灾情况、受灾损失等资料，对特大干旱的表现形式、识别方法开展研究。

2) 干旱要素分析

研究流域内出现特大干旱年或连续枯水年的次数、成因和旱灾特征，分析干旱发生的频率及对应的来水情况，进行供水水量、用水水量、缺水情势等干旱要素分析。

3) 应急调度方案编制

根据干旱发生时水库所处水位不同，考虑区间来水不同情况，构建不同场景集、不同边界优化条件，进行优化计算得到应急调度结果集，通过提炼分析，总结应急调度方案规则。

4.7 编制《岷江流域水库联合调度管理办法》

编写《岷江流域水库联合调度管理办法》，主要包括以下章节：

第一章 总则

编写管理办法制定的依据，管理办法适用的范围等内容。

第二章 联合调度方案管理

提出各种联合调度方案制定的原则、时间、方式，方案审定的流程、批准的程序等。

第三章 协调协商机制

提出全面建立跨行业、跨部门的协调协商机制。

第四章 风险控制机制

提出水库群联合调度管理风险控制机制，明确不同风险情况下的决策主体。

第五章 效益均衡机制

提出岷江流域不同业主在统一调度过程中效益均衡机制，明确增加利益在各利益相关方中的分配方法，为全局优化调度而造成的损失在各利益相关方中的分摊方法。

第六章 信息共享机制

分析岷江流域水情预报系统建设情况及水情预测分析工作要求，提出上下游生产信息沟通协调机制，明确各水库应公开共享的信息种类、公开时间、公开方式等。

第七章 公众参与机制

提出社会公众在联合调度管理中的责任、地位，参与方式等。

第八章 附则

明确该调度管理实施办法的实施日期，解释权归属等内容。

4.8 岷江流域水库群联合调度管理模型

(1) 联合调度模型研制

1) 联合防洪调度模型

结合岷江流域各水库入库洪水及区间洪水预报成果，考虑梯级水库群防洪安全的水位约束、上下游水库间的流量平衡约束、河道流量的传播时间、沿岸各防洪控制点的防洪安全约束，分别构建岷江流域水库群联合预泄调度模型、联合错峰调度模型和联合补偿调度模型。针对大渡河、青衣江、岷江干流洪水遭遇等极端洪水过程，以沿岸不同防洪控制点最大洪峰流量最小化为目标函数，构建岷江流域骨干水库群联合防洪优化调度模型。

2) 联合蓄水模型

根据岷江流域水库联合蓄水时机动态控制规则及分期洪水分析结果，考虑蓄水期水库联合运行综合效益最大化，协同响应水量调度需求、航运影响、供水效益等因素，建立岷江流域水库群联合蓄水调度模型。

建立岷江水库群联合蓄水优化调度模型的约束条件，包括水量平衡约束、水库运行参数约束、电站运行参数约束、电力系统运行约束、航运需求约束等多个方面。

3) 联合消落模型

根据岷江流域双江口、瀑布沟、紫坪铺等骨干水库联合消落深度动态控制规则，考虑枯期水库发电、航运、生态、供水等综合利用效益最大，建立岷江流域联合消落调度模型。

建立对应优化调度模型的约束条件，包括水量平衡约束、水库运行参数约束、电站运行参数约束、电力系统运行约束、航运需求约束、灌溉供水需求等多个方面。

4) 多目标综合调度模型

考虑紫坪铺水库灌溉、生活生产、城市用水等综合用水需求与发电目标的协同，建立紫坪铺水库供水-发电多目标综合调度模型。考虑岷江干流、大渡河、青衣江流域生态环境保护用水需求发电目标的协同，兼顾航运、供水等用水需求，建立岷江流域水库群联合运行生态-发电多目标综合调度模型。

5) 联合应急调度模型

A、地震等地质灾害引起的溃坝应急调度模型

假定双江口、瀑布沟、紫坪铺水库处于不同水位，考虑瀑布沟、紫坪铺或其他调节能力较差水库发生溃坝，基于不同水库闸门等泄洪设施假定不同损毁情况，考虑防洪库容约束、水库水量平衡约束、水库水位约束、出库流量约束、流量平衡等约束条件，假定不同下泄设施不同破坏条件。选取最小洪灾损失作为目标函数，构建地震等地质灾害引起的溃坝应急调度模型。

B、特大洪水应急调度模型

分析双江口、瀑布沟、紫坪铺等控制性水库区间超标洪水组成，考虑防洪库容约束、水库水量平衡约束、水库水位约束、出库流量约束、流量平衡等约束条件。选取最小成灾损失作为目标函数，构建特大洪水应急调度模型。

C、特大旱情应急调度模型

结合双江口、瀑布沟、紫坪铺等区域旱情规律，考虑水库水量平衡约束、水库水位约束、出库流量约束、流量平衡等约束条件。选取最小旱灾损失作为目标函数，构建特大旱情应急调度模型。

6) 模型智能求解算法

研究选择适用于岷江流域水库群各种调度模型求解方法，传统的采用基于遗传、粒子群、差分进化的多目标优化算法各有利弊，分析各方法在模型求解中的可行性。岷江流域水库众多，水力电力联系复杂，其模型求解相比于梯级水电优化调度模型更加复杂、计算维度更多，结合大数据、人工智能最新进展，研究适用于岷江各调度模型的智能求解算法，提高模型求解的效果。

(2) 联合调度模型开发及实现

联合调度模型开发依靠数字化、信息化、智能化、大数据等技术，实现不同调度方案模型化、人机交互和动态四预展示。

提供产品应包含以下功能：

1) 资料管理

该模块开发的主要设计目标是：对其他模块提供基本的数据支持，主要包括系统各模块所需的公共基础数据（包括水库特征水位、特征库容与曲线、水库综合用水需求、水文资料等），实现现有水情、水文气象预报、山洪应急监测等平台的信息有效交互。

2) 水库群防洪调度决策

根据调度对象不同动态加载不同拓扑结构水库群（例如进行大渡河流域调度、青衣江流域调度等），匹配不同调度目标智能选取优化算法，生成水库群防洪调度方案。

3) 汛期联合蓄水决策

根据调度对象不同动态加载不同拓扑结构水库群（例如进行大渡河流域调度、青衣江流域调度等），匹配不同调度目标智能选取优化算法，生成汛期联合蓄水计划。

4) 枯期消落决策

根据调度对象不同动态加载不同拓扑结构水库群（例如进行大渡河流域调度、青衣江流域调度等），匹配不同调度目标智能选取优化算法，生成枯期联合消落方案。

5) 联合多目标决策

根据调度对象不同动态加载不同拓扑结构水库群（例如进行大渡河流域调度、青衣江流域调度等），匹配不同调度目标智能选取优化算法，生成紫坪铺发电-供水协同调度方案、流域水库群发电-生态多目标协同调度方案。

6) 应急调度决策

根据调度对象不同动态加载不同拓扑结构水库群（例如进行大渡河流域调度、青衣江流域调度等），匹配不同调度目标智能选取优化算法，生成适用于不同应急调度场景的联合方案。

5、成果提交

5.1 主报告

- (1)《岷江流域水库群联合调度方案》
- (2)《岷江流域水库群联合防洪调度方案专题》
- (3)《岷江流域水库群联合蓄水调度方案专题》
- (4)《岷江流域水库群联合消落调度方案专题》
- (5)《岷江流域水库群水资源多目标综合利用调度方案专题》

(6)《岷江流域水库群联合应急调度方案专题》

(7)《岷江流域水库联合调度管理办法》

5.2 模型开发

提交《岷江流域水库群联合调度管理模型》1套，通过联合调度管理模型的应用实施，可实现岷江流域大渡河、青衣江、岷江干流水库群的联合防洪、联合蓄水、联合消落、水资源多目标综合利用和应急调度决策，充分发挥水库群的综合利用效益，提高岷江流域水库群的科学调度管理水平，软件主要包含如下功能：

(1) 防洪形势分析

能从防汛抗旱综合数据库中提取相关实时、预报、历史水雨情和灾情，判断洪水规模、特点、发展态势，掌握各调度河段、水库及蓄滞洪区的工情、险情信息。

(2) 调度方案制定

开发实时调度结果的输入输出接口，同时可对模块各节点参数进行设置并保存，制定实时防洪调度方案。

(3) 调度成果可视化

对生成的防洪调度成果采用直观、生动的形式进行展现，各单位可基于所掌握的图形库资源，进行二维可视化手段进行展现。

(4) 调度成果评价比较

对所提供的调度成果，向灾情评估系统提交可能受影响的区域及淹没水深，获得灾情评估系统反馈的可能受影响的人、财、物损失，根据预先设定的调度目标，评价比较各调度成果的可行性。

(5) 调度成果管理

对生成的防洪调度成果进行管理，应具有编写备注或者处理意见、查询、统计分析等主要功能。

(6) 与四川省水旱灾害防御信息系统集成

通过与四川省水旱灾害防御信息系统集成，调度系统将防汛预案及方案自动推送到四川省水旱灾害防御信息系统，通过电子地图，为各类用户提供对水雨情、气象、工情、旱情、洪水预报、实时灾情、天气雷达及防洪形势分析等数据库的信息查询服务，使决策人员无需在各个业务系统中进行切换，就能获取各种防汛业务的综合信息，实现信息资源的“一张图”、“一张表”的数据展示。

包3：四川省山洪灾害高风险区预警模型开发

1、基础资料收集整理及审核汇集

1.1 基础资料收集整理

从 15 个山洪灾害高风险标准化示范试点项目、小流域山洪灾害防御能力提升项目 52 条小流域中收集整理以下资料。

(1) 资料收集

- 1) 河道 1:2000 地形图收集整理
- 2) 河道大断面测量成果收集整理
- 3) 流域数字正射影像 DOM、DEM 收集整理
- 4) 重点区域三维建模成果收集整理
- 5) 小流域基础数据提取
- 6) 小流域土壤、植被等信息提取
- 7) 其他基础数据整理
- 8) 山洪灾害补充调查成果

(2) 工作底图制作

工作底图一是建立涉水要素与流域水系拓扑关系和编码，二是建立防护对象、预警对象和流域水系及监测站点之间拓扑关系，三是建立风险致灾要素与预警对象关联关系等。制作项目所涉流域基础要素工作底图，内容包括涉水要素（浅色背景地形、水系、交通路线、桥梁、沿河居民点 BIM、重要堤坝、易壅水或漫堤位置等）、流域水系拓扑关系及编码（13-19 级），建立保护对象、预警对象和流域水系及监测站点之间拓扑关系，建立山洪风险致灾要素与预警对象关联关系等。成果满足《实景三维中国建设技术大纲(2021 版)》（自然资源部，2021 年 8 月）《智慧水利数字孪生基础底座技术指南》《水利空间要素图式与表达规范》（SL730-2015），按照 ESRI 的 Personal Geodatabase 格式存放，比例尺不应低于 1:1 万，并配置 MXD 地图文档。

1.2 数据成果审核汇集

(1) 审核汇集要求

参照《全国山洪灾害调查评价成果审核汇集方案》和《四川省山洪灾害高风险区标准化示范试点建设技术要点（试行）》的要求，对 15 个示范县共 52 个山洪高风险区

的相关调查、测量、监测等数据进行审核汇集并在省级和水利部归档。要求入库：

- 1) 河道 1:2000 地形
- 2) 河道大断面
- 3) 流域数字正射影像 DOM、DEM
- 4) 重点区域三维建模
- 5) 小流域基础数据
- 6) 小流域土壤植被等
- 7) 山洪灾害补充调查成果等。

(2) 审核汇集流程

接收到县级上报数据后，首先按省级审核规则进行复核，然后从数量、密度对比离群点分析三方面进行数据质量检查。检查完成之后出具数据质量检查报告，如检查结果不符合要求，省级节点按照质量检查报告中错误描述进行数据补充、修改和完善。完成之后再次进行数据上报，直至数据质量检查合格。

(3) 审核汇集内容

52 条小流域流域，报送资料分为：

1) 现场调查数据需报送成果内容包括：属性数据库、空间数据、多媒体数据，现场调查的表格存储在数据库中，空间数据以 shp 形式存放在一个文件夹中，多媒体资料包括照片及其索引文件，存放于一个文件夹中，文档资料包括山洪灾害调查报告、沿河村落断面测量和居民户高程测量报告、历史山洪灾害调查报告、数据审核汇集报告等，存放于一个文件夹中。

现场调查数据报送成果表内容

序号	表名称	表标识符	对应《山洪灾害调查技术要求》中要求内容
1	基本情况统计汇总表	IA_C_ADSUMINFO	C01 基本情况统计汇总表
2	行政区划总体情况表	IA_C_ADINFO	C02 行政区划总体情况表
3	社会经济情况表	IA_C_VLGESTAT	C03 社会经济情况表
4	居民家庭财产分类对照表	IA_C_ASSETSLEVEL	C04 居民家庭财产分类对照表
5	农村住房情况典型户样本表	IA_C_HOSCLASSIFY	C05 农村住房情况典型户样本表
6	居民住房类型对照表	IA_C_HOUSECATEGORY	C06 居民住房类型对照表
7	防治区基本情况调查成果汇总表	IA_C_PREVAD	C07 防治区基本情况调查成果汇总表
8	危险区基本情况调查成果汇总表	IA_C_DANAD	C08 危险区基本情况调查成果汇总表

	表		
9	防治区行政区与小流域关系对照表	IA_C_WSADCD	C09 防治区行政区与小流域关系对照表
10	防治区企事业单位汇总表	IA_C_BSNSSINFO	C10 防治区企事业单位汇总表
11	小流域名称和出口位置汇总表	IA_C_WATA	C11 小流域名称和出口位置汇总表
12	历史山洪灾害情况汇总表	IA_C_HSFWATER	C12 历史山洪灾害情况汇总表
13	历史山洪灾害现场调查记录表	IA_C_HFDFTS	C13 历史山洪灾害现场调查记录表
14	重要沿河村落居民户调查成果表	IA_C_FLRVVLG	C15 重要沿河村落居民户调查成果表
15	重要城（集）镇居民调查成果表	IA_C_DTRESIDENT	C16 重要城（集）镇居民调查成果表
16	需防洪治理山洪沟基本情况成果表	IA_C_GULLY	C17 需防洪治理山洪沟基本情况成果表
17	自动监测站点汇总表	IA_C_STINFO	C18 自动监测站点汇总表
18	无线预警广播站汇总表	IA_C_WBRINFO	C19 无线预警广播站汇总表
19	简易雨量站汇总表	IA_C_SRSTINFO	C20 简易雨量站汇总表
20	简易水位站汇总表	IA_C_SWSTINFO	C21 简易水位站汇总表
21	防治区水库工程汇总表	IA_C_RS	C22 防治区水库工程汇总表
22	防治区水闸工程汇总表	IA_C_SLUICE	C23 防治区水闸工程汇总表
23	防治区堤防工程汇总表	IA_C_DIKE	C24 防治区堤防工程汇总表
24	塘（堰）坝工程调查成果汇总表	IA_C_DAMINFO	C25 塘（堰）坝工程调查成果汇总表
25	路涵工程调查成果汇总表	IA_C_CULVERT	C26 路涵工程调查成果汇总表
26	桥梁工程调查成果汇总表	IA_C_BRIDGE	C27 桥梁工程调查成果汇总表
27	沟道纵断面成果表	IA_M_VSURFACE	7.3-1 XXX村所在沟道纵断面成果表
28	沟道纵断面测量点表	IA_M_VSPPOINT	7.3-1 XXX村所在沟道纵断面成果表
29	沟道历史洪痕测量点表	IA_M_HSFM	7.3-2 XXX村所在沟道历史洪痕成果表
30	沟道横断面成果表	IA_M_HSURFACE	7.3-3 XXX村所在沟道横断面测量成果表
31	沟道横断面测量点表	IA_M_HSPPOINT	7.3-3 XXX村所在沟道横断面测量成果表

现场调查多媒体数据分类表

序号	多媒体数据分类	对应《山洪灾害调查技术要求》中要求内容
1	城(集)镇居民户	5.2.10 拍摄照片对象
2	村貌	5.2.10 拍摄照片对象
3	房屋分类	5.2.10 拍摄照片对象
4	横断面	5.2.10 拍摄照片对象
5	纵断面	5.2.10 拍摄照片对象

6	历史洪痕	5.2.10 拍摄照片对象
7	路涵工程	5.2.10 拍摄照片对象
8	企事业单位	5.2.10 拍摄照片对象
9	桥梁工程	5.2.10 拍摄照片对象
10	塘(堰)坝工程	5.2.10 拍摄照片对象
11	沿河村落居民	5.2.10 拍摄照片对象

2) 报送本次高风险山洪流域防御能力提升建设的成果内容, 包括: 补测整编生产的流域高分辨率遥感影像和地形、纵横断面测量成果、新设站网分布等。

山洪灾害矢量数据图层名称表

序号	图层名称	图层标识符	对应《山洪灾害调查技术要求》中要求内容
1	行政区划图层	TABZQ	5.2.10 标绘对象
2	居民居住地轮廓图层	FZCLK	5.2.10 标绘对象
3	企事业单位图层	BSNSSINFO	5.2.10 标绘对象
4	危险区图层	DANAD	5.2.10 标绘对象
5	安置点图层	PLACEMENT	5.2.10 标绘对象
6	转移路线图层	TRANSFER	5.2.10 标绘对象
7	历史山洪灾害图层	HSFWATER	5.2.10 标绘对象
8	需防洪治理山洪沟图层	GULLY	5.2.10 标绘对象
9	自动监测站图层	STINFO	5.2.10 标绘对象
10	无线预警广播站图层	WBRINFO	5.2.10 标绘对象
11	简易雨量站图层	SRSTINFO	5.2.10 标绘对象
12	简易水位站图层	SWSTINFO	5.2.10 标绘对象
13	塘(堰)坝工程图层	DAMINFO	5.2.10 标绘对象
14	路涵工程图层	CULVERT	5.2.10 标绘对象
15	桥梁工程图层	BRIDGE	5.2.10 标绘对象
16	水库工程图层	RESERVOIR	5.2.10 标绘对象
17	水闸工程图层	SLUICE	5.2.10 标绘对象
18	堤防工程图层	DIKE	5.2.10 标绘对象
19	沿河村落居民户图层	FLRVVLG	5.2.10 标绘对象
20	重要城(集)镇居民户图层	DTRESIDENT	5.2.10 标绘对象
21	沟道纵断面图层	VSURFACE	5.2.10 标绘对象
22	沟道横断面图层	HSURFACE	5.2.10 标绘对象
23	历史洪痕测量点图层	LSHH	5.2.10 标绘对象

(4) 数据报送方法

网络条件良好的县区, 可以采用在线报送方式; 若网络条件限制, 可以采用离线报送方式。

(5) 数据审核

审核侧重宏观上对数据质量进行评定，主要包括：（1）数量对比检查调查数量的合理性；（2）密度对比检查空间数据分布合理性；（3）离群点分析检查表格数据的分布情况。利用审核规则，检查数据是否合格，一方面，利用软件提供的统计表格，通过跨区对比，结合具体情况，人工判断数据质量。

已建非工程措施项目进度表作为依据之一，相关对象调查数据要与其保持一致性。调查数据需要满足分析评价的要求，因而要审核相关数据的可用性，包括水文调查数据是否配套、断面测量结果是否符合要求等。

审核内容：采用省级数据审核规则，对数据质量进行复核。从规范性、完整性、一致性、合理性几个方面对数据进行复核。针对山洪灾害调查评价成果数据的构成及特点，将检查内容分为总体检查、调查表检查、空间数据检查和成果间一致性检查。将调查的社会经济、监测站点等调查数据与统计年鉴和已有非工程措施项目建设进度表数据进行对比，判断调查对象数量的合理性。统计防治区数量、分析评价对象数量，以及占行政区总数的比例，评估调查评价工作的质量与合理性。

结果反馈：省级审核完成之后，生成质量检查报告，报告详细描述成果批次、上报时间、审核时间、审核结果等信息。审核报告对本批次数据从数量合理性、密度合理性、离群点分析以及统计表等方面进行评估，给出质量检查结果，如不符合规范要求，参照质量检查报告，对数据进行补充、完善、修改后，再次进行上报，直到数据质量符合要求。

2、山洪灾害防治算法建设

基于小流域特征参数基础数据和山洪灾害防御算法基础，开发建设分布式水文模型、山洪沟道水动力学模型、可视化与仿真模型、风险评估模型和预报预警模型。

收集示范流域或邻近流域涉及水文站的流量或水位观测资料，若场次洪水资料，应全部收集；并收集项目流域内及邻近雨量站（包括水文和气象系统）降雨资料，需收集到最详尽的时间分辨率。

结合每处山洪灾害高风险区具体特征，在详细阐述每个高风险区拟采用模型/方法的依据及背景条件的基础上采用适宜模型/方法进行算法建设。包括确定山洪类别、模型选取、数据处理、参数率定、精度和可靠性分析。具体如下：

（1）确定山洪类别：初步按流域面积划定山洪类别，分为两大类，即流域面积不小于 50km² 的溪河型山洪，流域面积小于 50km² 的溪沟型山洪。特定区域该面积阈值

可适当调整。

(2) 模型选取：结合具体高风险区小流域成灾特点，构建多种不同模型进行预报预警。针对溪河型山洪，构建含分布式水文模型的至少两种水文模型的水位/流量预报方案；针对溪沟型山洪，至少构建两种雨量/水位预警方案。同时对于河道有重点防护对象的区域，构建山洪沟道水动力学模型、可视化与仿真模型建设和风险评估模型。

(3) 数据处理：按照建模要求，进一步收集整理高风险区山洪灾害调查评价成果、水文气象数据。整理前期和预案确定的沿河村落、集镇和城镇等防灾对象名录及其山洪灾害调查评价雨量、水位（流量）预警指标等成果。对收集的资料进行适宜性评估，并进行现场必要的补充测量。

(4) 参数率定：结合区域先验知识，给定模型主要参数初值或范围，采用适宜的算法率定参数，包括定义洪水场次、模拟洪水过程和参数优化等。对于无资料地区，采用参数区域化方法：包括移植法、回归法等。结合高风险区具体成灾特征，说明采用参数区域化方法的依据。

(5) 精度和可靠性分析：通过模型计算结果与历史山洪灾害事件实际资料或灾害调查资料对比分析，分析命中率、误报率和漏报率等，验证模型精度与可靠性；分析流域几何特征、气候条件、地形地貌、土地利用和植被类型、土壤质地类型、行洪能力等因素对模型模拟和预报预警指标的影响。

2.1 分布式水文模型建设

构建具有物理机制的山区暴雨山洪分布式水文模型，精细化模拟四川省山洪产汇流过程。根据流域不同地点水文气象属性和下垫面特征等要素信息的差异，将流域划分成多个小的单元，每一个单元均可用对应的一组特性值来反映其流域特征，从机理上考虑降雨和下垫面条件空间分布不均匀对暴雨洪水形成影响的功能。通过分布式建设，可以实现在任一有防护对象区域的模拟和预报。同时基于分布式水文模型模拟，开展山洪沟流域实时动态临界雨量/水位实现预警。

2.2 山洪沟道水动力学模型建设

山洪沟道水动力学模型需兼顾效率与精度，拟采用三维、二维及一维水动力模型相结合的方式计算洪水演进，计算结果在河道实景三维模型中进行动态可视化呈现。对于流域尺度的河网，洪水演进采用一维圣维南方程进行模拟；一般山区河流洪水演进可采用基于浅水方程的二维水动力学或垂线分层拟三维模型计算，在发生急剧变化

河道（突然展宽或者收缩、桥涵、支流汇入等）加密重点模拟；局部尺度洪水与结构物相互作用采用基于 Navier-Stokes 三维紊流模型进行仿真模拟。

2.3 可视化与仿真模型建设

基于计算流体力学仿真（CFD）、建筑信息模型（BIM）及地理信息系统（GIS）等技术，根据收集的县级三维建模成果，构建山洪可视化与仿真模型。

（1）山区流域地形及建筑地理场景构建

采用 DEM 数据结合 GIS 系统构建山区流域地形，水平方向格网尺寸优于 5m，高程精度不低于 0.5m~10m；采用倾斜摄影技术及 BIM 技术构建河道周边人工建筑三维模型，分辨率不低于 0.2m，人口密集等重点区域分辨率不低于 0.1m。

（2）可视化与仿真模型建设

可视化与仿真模型以三维洪水演进数值模拟为底层核心技术，采用实景三维技术进行洪水演进计算结果的渲染与效果呈现，构建以山洪预演为核心功能的多物理过程展示平台，模拟实景三维地形下的降雨、产汇流及洪水传播过程等。

2.4 风险评估模型建设

耦合山区河道实景三维模型及洪水演进模型，建立山洪三维场景风险评估模型。基于已有水文资料，结合历史水灾及局部地形等资料和 DEM 数据，通过山洪预演模型开展情景分析，动态模拟山区流域洪水淹没范围、淹没水深、进水房屋分布等，进行山洪风险评估。模拟不同降雨条件下，保护对象受淹深度。根据模拟预演的洪水位、可能淹没范围、淹没水深等，分析山洪灾害风险，作为制定避险预案的基础。

2.5 预报预警模型建设

基于分布式水文模型等多种模型构建山洪沟流域预报预警模型，实现实时动态雨量预警。

结合成灾水位或设计暴雨洪水，同时将不同初始土壤含水量情况纳入考虑，构建基于分布式水文模型等的动态临界雨量预警方法。根据成灾水位，采用比降面积法、曼宁公式或水位流量关系等方法，推算出成灾水位对应的流量值，通过模型反算洪水洪峰达到该流量值时，各个预警时段设计暴雨的雨量，即为防灾对象的临界雨量。根据临界雨量和预警响应时间，同时考虑防灾对象所处小流同时域特征、产汇流特性（预警响应时间）、沟道形态、洪水特性和监测站点位置等因素，综合分析确定对应准备转移和立即转移两级预警的预警指标。

3、山洪预演模型构建

预演功能由情景设定、影响分析、三维仿真、可视化展示与推演会商四部分构成。

3.1 情景设定

以城镇和重要集镇、重要基础设施（如生命线工程、变电站、医院、学校、养老院、核设施等）为对象，通过实时和预设情景，识别和排查潜在的风险隐患点，针对性开展防御措施部署。预演时，结合当前暴雨洪水发展态势，设定不同情境，包括未来降雨的定量设置、主流汇合顶托、桥梁壅水、水沙淤积、束窄河段壅水、塘闸坝群蓄滞堵溃、雨水同向（逆向）等，需要充分考虑山洪灾害发生的不确定性和复合放大效应。

3.2 影响分析

在设定的不同情景下，调用水文水动力模型计算，进行山洪过程模拟和影响范围与程度分析。软件系统能展示或查看暴雨过程和不同河段的洪水过程，以及城镇、重要集镇、重要基础设施（生命线工程、变电站、医院、学校、养老院、核设施等）的淹没过程、淹没范围图、淹没深度图，分析确定淹没区域内不同水深范围的风险点列表和人员分布等。

3.3 三维仿真

实现三维可视化模型与真实数据的映射，利用仿真技术将洪水演进过程和影响利用可视化模型模拟展示出来。主要包括以下六个方面的功能：

（1）场景制作：基于三维引擎创建地形，加载可视化模型，实现模型与场景环境融合。

（2）数据操纵：将空间实体和属性一一对应建立三维数据仿真库，同时提供相应数学模型，为建模提供各类地理参数。

（3）可视化映射：将过滤以后的数据加载在模型上，形成可视化对象模型，模型以信息链的形式表示，存放在仿真数据库中，再以仿真数据库为基础进行仿真，实现模拟运算。

（4）加载发布：将可视化模型发布为可显示的图像，利用仿真引擎的动画和图形技术，实现仿真过程的可视化表达。

（5）与物联网监测数据联动：实现与物联网平台通信，加载各类物联网监测数据并在三维场景中展示。

(6) 情景预演：根据预设的情景，在三维场景中使用模型模拟山洪灾害演进过程，与降雨和流量等信息进行对应，实现洪水淹没场景的三维可视化展示。

3.4 可视化展示与推演会商

基于可视化模型，应能将设定的情景和影响分析结果进行三维可视化展示，并根据影响分析结果动态调整设定的情景，开展推演会商，得到不同情景下的风险点和可能受影响人员情况。

可加载通用的三维模型文件，及利用卫星遥感影像、无人机影像和高精度 DEM 数据构建山洪灾害防御重点区域的可视化数字场景，制作具有定位、标绘、分析及浏览查询等功能的可视化三维模型，实现山洪演进过程的可视化展示。

基于可能情景，推演会商可采取的预警手段、转移避险组织方式、应急救援对策等，辅助山洪灾害防御决策。

4、山洪预案模型构建

预案功能由防御预案、预演措施、预案可视化三部分构成。

4.1 防御预案

应具备对小流域范围内的县、乡、村既定山洪灾害防御预案的上传、下载、删除、查询、统计、查阅等功能，并具备汛前督促有关单位更新预案的功能。

针对基层防御预案操作性不强等问题和山洪威胁区域发生变化等情况，在开展山洪灾害危险区排查、预警预报分析、损失评估分析的基础上，构建山洪实时防御预案，重点是编制“两张电子预案图”。

根据调查成果和计算成果，能够实时生成两张图预案，在达到预警指标时能自动生成电子预案。电子预案主要包括以下两个内容：

第一张电子预案图为“组织、责任体系图”。通过实时雨水情分析计算，动态反映出当前的预警指标、威胁对象、威胁户数、危险源等；对应通知到相应的山洪灾害危险区行政责任人、监测巡查责任人、预警转移责任人；快速形成由村书记、村副主任、村文书、小组组长组成的防汛救灾应急小组，及时组织转移、抢险救灾工作。

第二张电子预案图为“预警转移流程图”。根据降雨和山洪情况，提出针对性防御措施。通过降雨预报，结合前期降雨、下垫面土壤含水量等信息，计算得到动态临界预警指标；根据动态洪水演进计算成果，预判受威胁区域及受威胁程度，确定需转移的人数；结合实时淹没情况及可能的转移路线，快速决策最佳转移线路。根据第一张

电子预案，由受威胁区防汛救灾应急小组组织人员转移，并执行抢险救灾及后续保障措施。

4.2 预演措施

根据不同情境下的预演结果动态调整的针对性措施，包括预置救援力量、关闭景区、提醒人员减少出行、停业停课停工（三停）、组织人员转移避险、脆弱地点（养老院、医院、学校）脆弱人群（老弱病残孕、留守儿童妇女）采取特殊帮扶措施等。

支持将不同情景下防灾减灾针对性措施导入系统的功能，自动生成不同风险预警等级条件下，各级防灾减灾部门应采取的措施。

4.5 预案可视化

具备在三维场景中实现预演预案的可视化，直观展示不同等级危险区范围、转移路线和安置点信息，以及不同量级暴雨山洪情景下的分批转移避险方案等信息。

5、高风险区标准化建设

5.1 技术标准编制

结合开展的四川省山洪灾害高风险区标准化示范试点建设工作，总结高风险区标准化建设经验，形成相应的技术规范，即《山洪灾害风险隐患调查及影响分析技术要求》、《山洪灾害防御“四预”系统开发建设技术要求》、《山洪灾害监测预警测雨雷达站建设和应用技术要求》。

（1）山洪灾害风险隐患调查及影响分析技术要求

1) 跨沟路基或桥涵调查

路基调查针对跨沟/河的乡道、县道、省道等交通路线的路基类别、阻水、溃决等特性，编制开展调查的基础资料需求、技术路线、相关方法和流程、成果要求，相关说明材料。

桥涵调查针对山洪沟/河的桥梁和涵洞阻水及溃决等特性，编制开展调查的基础资料需求、技术路线、相关方法和流程、成果要求，相关说明材料。

2) 沟滩占地碍洪物调查

包括施工场地调查、房屋调查、其他建筑调查三个部分。

施工场地调查针对山洪沟沟滩中施工场地的阻水及可能受害情况，编制开展调查的基础资料需求、技术路线、相关方法和流程、以及成果要求，相关说明材料。

房屋调查针对山洪沟沟滩中的可能妨碍行洪并可能遭受洪水灾害的房屋，编制开

展调查的基础资料需求、技术路线、相关方法和流程、以及成果要求，相关说明材料。

其他建筑调查主要编制对山洪沟沟滩中的可能妨碍行洪并可能遭受洪水灾害的其他建筑物进行调查的基础资料需求、技术路线、相关方法和流程、以及成果要求，相关说明材料。

3) 干支流汇流和内涝外洪顶托调查

干支流汇流调查针对山洪沟干支流交汇对山丘区重点城集镇、沿河村落、重要经济活动区、旅游景区等可能影响山洪预警或造成洪水灾害的情形，编制开展调查的基础资料需求、技术路线、相关方法和流程、以及成果要求，相关说明材料。

内涝及外洪顶托调查针对山丘区重点城集镇、沿河村落、重要经济活动区、旅游景区等内涝入外洪顶托的影响山洪预警且加重山洪灾害程度的情形，编制开展调查的基础资料需求、技术路线、相关方法和流程、以及成果要求，相关说明材料。

4) 隐患影响分析

包括跨沟路基或桥涵影响分析、沟滩占地碍洪物影响分析、干支流汇流和内涝外洪顶托分析三部分内容。

跨沟路基或桥涵影响分析包括面向山丘区重点城集镇、沿河村落、重要经济活动区、旅游景区等保护对象，分析跨沟路基或桥涵阻水或溃决等可能产生的影响，编制工析工作的基础资料需求、技术路线、相关方法和流程、以及成果要求等内容，相关说明材料。

沟滩占地碍洪物影响分析针对山丘区沟滩内的施工场地、房屋以及其他建筑物，影响行洪及可能受害的情形开展分析，编制分析工作的基础资料需求、技术路线、相关方法和流程、以及成果要求等内容，相关说明材料。

干支流汇流和内涝外洪顶托分析针对山丘区重点城集镇、沿河村落、重要经济活动区、旅游景区等干支流汇流以及内涝入外洪顶托的影响山洪预警且加重山洪灾害程度的情形，开展山洪预警影响相关分析，编制开展分析工作的基础资料需求、技术路线、相关方法和流程、以及成果要求等内容，相关说明材料。

(2) 山洪灾害防御“四预”系统开发建设技术要求

1) 框架及组成

包括总体框架和系统组成。

总体框架主要内容为描述山洪灾害防御“四预”系统的总体框架、层次结构、技

术体系，系统与现有四川省水旱灾害防御信息系统的关系，与监测体系、预警体系、计算平台的联系和交互关系。

系统组成主要是针对总体框架中的层次结构和主要组成部分，描述其作用、功能、主要建设内容，以及与其他部分的关系。

2) 数字孪生平台

包括数据平台、模型平台、可视化平台和计算平台四个部分。

数据平台针对山洪灾害防御“四预”系统的数据需求，编制地理空间数据底板、专题数据集、观测数据集的类别、要素分类、精度要求、格式要求等

模型平台针对山洪灾害防御“四预”系统的模拟分析计算需求，编制分布式山洪水文模拟模型、一二维耦合水动力模型、多阶段递进式预警模型和风险评估模型的组成、建模方法、参数率定方法、结果检验方法和性能指标，以及不同模型之间的耦合。

可视化平台针对山洪灾害防御“四预”系统的三维可视化和虚实交互需求，编制数字孪生可视化平台的技术架构、数字化场景集成方法、动态展示与要素实时过程集成方法，可视化平台的性能指标等。

计算平台针对山洪灾害防御“四预”系统的算力要求，编制存储资源、计算资源、网络资源的配置原则、计算方法等。

3) 四预业务系统

包括四预体系、预报、预警、预演、预案五部分内容

四预体系描述山洪灾害防御“四预”业务应用体系，及“四预”业务之间的逻辑关系。

预报提出预报的建设内容、模型遴选、参数率定、模型集成方法，预报计算引擎结构、并行计算技术和预报结果展示、统计分析等要求。

预警明确多阶段递进式山洪预警体系框架，提出气象风险预警、临近预报预警和暴雨洪水实时动态预警的预警方法、预警信息生成、预警信息发布技术方法和要求。

预演明确山洪灾害防御预演的内容，提出山洪灾害防御预案的情景设置、模拟计算、仿真可视化、避险转移方案制定技术方法。

预案具备根据动态的山洪监测预报预警结果和不同情境下的预演结果动态调整针对性措施的能力，能明确可能影响的乡镇、村庄、人口等范围以及需采取的防御措施，并提出预案数字化、可视化的方案。

4) 信息集成共享

主要内容为提出信息集成共享总体要求、技术路线和具体技术方法。

5) 系统运行管理

提出“四预”系统运行管理要求、系统安全要求等

(3) 山洪灾害监测预警测雨雷达站建设和应用技术要求

1) 山洪灾害监测预警测雨雷达设备选型

包括测雨雷达设备型号、测雨雷达设备技术指标两部分内容。

测雨雷达设备型号根据山洪灾害监测预警需求、现有测雨雷达设备型号特点和测量精度，开展对于测雨雷达设备型号及工作体制的对比分析、选型论证，编制设备选型的基础资料需求、相关方法和流程，相关说明材料。

测雨雷达设备技术指标根据山洪灾害监测预警对于时间、空间和精度要求，开展测雨雷达探测范围、测量范围、参数测量精度等技术指标的分析论证，编制测雨雷达总体设备及分系统技术指标。

2) 山洪灾害监测预警测雨雷达建设安装

包括站点布设现场环境、设备组网条件和设备运行维护要求三部分内容。

站点布设现场环境针对测雨雷达设备安装环境要求，分析测雨雷达设备选址安装条件等，编写雷达站点选址和布局要求、基础环境需求、布设流程。

设备组网条件编制对多部雷达设备组网布局及协同观测控制的技术要求、技术路线、最优化组网方案及分析流程。

设备运行维护要求主要编制对测雨雷达设备运行维护、定期巡检的方法、流程和相关要求。

3) 山洪灾害监测预报预警测雨雷达系统软件

包括测雨雷达设备控制及状态监控软件、测雨雷达多模式观测信号处理软件和山洪灾害监测预报预警测雨雷达产品应用软件三部分内容。

测雨雷达设备控制及状态监控软件针对雷达设备运行及状态监控，编制雷达系统工作模式、参数设置和资源管控、网络连接状态、雷达运行状态、雷达各分模块工作状态实时监控的软件要求。

测雨雷达多模式观测信号处理软件针对雷达数据质量控制与处理，编制雷达基础数据信号处理、质量控制、一次数据产品的精度要求及相关说明。

山洪灾害监测预报预警测雨雷达产品应用软件针对山洪灾害监测预报预警业务化应用需求，编制对于高精度降水反演算法和临近预报算法集成、二次气象数据产品生成、数据产品标准化管理功能模块开发，标准化算法接口、基于测雨雷达产品的山洪监测预报预警模型等内容的技术要求、技术路线、相关方法和流程等。

4) 山洪灾害监测预报预警测雨雷达产品及应用

包括雷达监测产品、数据接入共享、软件模块集成三部分内容。

雷达监测产品编制对于测雨雷达一次数据产品、二次数据产品的时效、预见期、产品内容、产品标准化格式等方面的具体要求。

数据接入共享编制接入山洪预报预警模型所需的基础数据及多源监测数据内容、数据库设计要求、雷达数据产品共享工作的内容和要求。

软件模块集成编制关于山洪灾害监测预报预警测雨雷达产品软件模块接入山洪灾害监测预警平台、产品制作和发布、用户管理等方面的内容和要求，相关说明材料。

5.2 监测预警标准编制

结合开展的四川省山洪灾害高风险区标准化示范试点建设工作，针对每个高风险区的具体特点，初步实现四个标准化，即山洪监测的标准化、山洪灾害预警预报策略的标准化、山洪模拟的标准化和山洪灾害防治体系的标准化。

(1) 山洪灾害防御监测站点标准编制

水雨情的准确监测是山洪灾害预警的基础，强化示范流域水雨情站点布设和完善，是本次山洪灾害高风险区标准化建设的重要内容之一。监测站点建设内容，包括自动雨量站、自动雨量水位站、自动流量站、视频水位流量站、雨量土壤墒情站、蒸发站等。将在现有站网基础上进行完善布设，现有和新设站点都纳入相应站网密度和代表性评估，避免观测不足和重复布站。

自动雨量站、自动雨量水位站、自动流量站、雨量土壤墒情站、蒸发站的布设原则需符合《水文站网规划技术导则》(SL 34-2013)。视频水位流量站需符合《安全防范视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求》(GB/T-28181)。

结合所选预警模型，应重点给出雨量站、水位站布设的指导意见。

雨量站布设考虑分区控制、流域控制、地形控制等原则，同时充分考虑通信、交通等运行管理维护条件。在山洪灾害防治区内的行政村、自然村设立简易监测雨量站，在山洪灾害防治区内的暴雨高发区乡镇设立自动监测雨量站。并将已有的水文、气象

等部门自动监测雨量站纳入本系统站网，其监测信息相应进入县级监测预警平台。

水位监测站应考虑不同流域面积、山洪灾害影响程度、影响范围和保护范围重要程度等实际情况因地制宜确定。在山洪易发溪河两岸居住的村组上游控制段和水库坝前设立简易监测水位站，在山洪易发溪河两岸居住的乡镇上游控制段和重点水库坝前设立自动监测水位站。布设地点应考虑预警时效、影响区域、控制范围等因素综合确定，并应考虑通信、交通等运行管理维护条件。已有的自动监测水位站应纳入本系统站网，其监测信息应进入县级监测预警平台。

(2) 山洪灾害预警预报策略标准编制

结合开展的四川省山洪灾害高风险区标准化示范试点建设工作，针对每个高风险区的具体特点，标准化山洪预警预报策略，主要步骤为：

- 1) 根据示范流域地形地貌、水文气象条件，预判示范流域山洪成因类型；
- 2) 收集示范流域已有雨水情、山洪灾害资料，分析示范流域山洪特点；
- 3) 依据示范流域面积，选择不少于 2 种有针对性的预警预报模型，进而根据已有数据初率模型参数；
- 4) 根据新增雨水情资料校正模型参数，分析示范流域动态预警预报指标；
- 5) 以示范流域检验结果修订区域预警指标；
- 6) “点面”（示范流域——区域）交互，循环反馈形成可靠的预警级别。

对于模型模拟的标准，不同的模型、方法和技术对问题的理解和抽象都有一套自己的逻辑；不同的计算对象，根据其自身特点采用不同的简化方法或求解假定，对应的基本方程或数值方法也有多种分类；甚至对于相同的计算对象，不同的模型之间、模型与工具之间，都有不同的组织、表达、行为方式，这些都导致了模型之间缺乏统一的标准规范，通用性低，不同的模型难以协同起来进行山洪预警、预报、预演、预案的全过程模拟。

为了模型之间数据交互，需制定一套覆盖流域雨水情数字模型各个物理过程的标准化接口，通过对各种代表水文学模型和常用 GIS 软件的对象进行分析，剖析其共性与独特性，并在此基础上进行对象的抽象化，提炼各抽象对象的数据交换标准化接口。可以择优选用实现标准化接口模型，从而提高模型的通用性，减少重复开发。

(3) 山洪灾害防治体系标准编制

山洪灾害防治体系标准化主要包括危险区划分、分级管理、监测预警流程、群测

群防体系等内容。

结合四川省山洪区域的不同特点，对危险区划分的划分依据、指标体系建立提出明确的要求。对极高风险区、高风险区、中风险区、低风险区提出不同的分级管理措施。通过雨水情监测及分析计算，建立流程化的预警预报系统。提出群测群防体系的具体要求及措施。

(4) 山洪灾害防治小流域三维模拟标准编制

针对山洪灾害防治的特定需求模板，遵循数字孪生流域和实景三维中国建设总体框架，开展以小流域为对象的三维模拟标准制定，包括分级数据底板的标准要求，模型库的标准要求，知识库的标准要求和三维模拟精度与可视化的标准要求等。

6、省级风险等级预警模型完善

6.1 省级山洪灾害风险等级预警分析

(1) 四川省山洪灾害风险区划图制作

通过对四川省山洪灾害孕育的降雨、地形地貌、河网水系、社会经济指标等主要影响因子进行分析，构建四川省山洪灾害风险性指标评价体系，利用层次分析法(AHP)确定指标权重，基于地理信息系统(GIS)叠加分析，制作四川省山洪灾害风险区划图。成果须通过四川省水利厅组织的专家评审。

(2) 四川省山洪灾害风险等级预警指标选取

现有山洪灾害风险预警指标为24h降雨量指标，分别对应可能发生山洪（蓝色）、较大可能发生山洪（黄色）、极大可能发生山洪（橙色）、极可能发生山洪（红色）4个风险等级的预警。相应等级预警指标的确定以小流域5年、10年、20年、50年一遇设计暴雨为降雨量阈值基准。本次主要通过增加全省24h降水数据的基础上，以现有四川省水文分区等为基础，通过对分区内站点24h暴雨样本统计特征值的分析，划分暴雨参数均质区，运用区域线性矩法估算各频率下不同历时设计暴雨量，并采用蒙特卡洛方法构造90%的暴雨频率置信区间，采用综合考虑距离、高程、坡向、坡度等信息的空间插值方法，制作全省5km网格点雨量不同频率分布，并综合考虑小流域内防灾对象的现状防洪能力、地形地貌、前期降雨或土壤含水量状态等对四川省山洪灾害风险等级预警模型进行升级。

四川省水旱灾害防御信息系统采用24h预报降雨，定时（建议每日一次）驱动山洪灾害动态预警指标分析模型进行分析，遇大暴雨时可进行加密分析。当24h预报降

雨量超过小流域相应等级预警指标时，分析确定山洪灾害可能发生的空间区域和对应的风险级别，支撑省级水行政主管部门利用电视、广播和网络等新媒体向社会公众提供未来 24h 山洪灾害风险信息服务。

(3) 四川省山洪灾害风险等级预警指标分析方法

以小流域为单元，采用设计暴雨分析方法分析确定临界雨量，结合小流域内防灾对象的现状防洪能力、前期降雨或土壤含水量状态等，综合确定山洪灾害风险预警指标。

假定雨洪同频，分析计算小流域不同频率设计暴雨量，作为不同风险等级的临界雨量阈值。能初步分析确定 2 年~5 年一遇设计暴雨范围内对应可能发生山洪灾害（蓝色），5 年~20 年一遇设计暴雨范围内对应较大可能发生山洪灾害（黄色），20 年~50 年一遇设计暴雨范围内对应极大可能发生山洪灾害（橙色），大于 50 年一遇设计暴雨为极可能发生山洪灾害（红色）。在此基础上，根据小流域内防灾对象的防洪能力、前期降雨或土壤含水量状态，动态修正上述临界雨量，得到小流域山洪灾害风险预警指标。

6.2 四川省山洪灾害短历时风险预警

(1) 山洪灾害短历时风险预警指标选取

基于气象或水文站点实测雨量信息，实时滚动预警选取 1、2、3、6h 降雨量指标，以现有四川省水文分区等为基础，通过对分区内站点 1、2、3、6h 暴雨样本统计特征值的分析，划分暴雨参数均质区，运用区域线性矩法估算各频率下不同历时设计暴雨量，并采用蒙特卡洛方法构造 90% 的暴雨频率置信区间，采用综合考虑距离、高程、坡向、坡度等信息的空间插值方法，制作全省 5km 网格点 1、2、3、6h 雨量不同频率分布，并综合考虑小流域内防灾对象的现状防洪能力、地形地貌、前期降雨或土壤含水量状态等构建四川省山洪灾害短历时风险预警模型，并制作针对防灾对象的准备转移和立即转移 2 个等级的预警和对应面向社会公众进行山洪灾害风险信息服务的预警。

实际应用时，当 1h 累积降雨量达到 1h 临界警戒雨量时就发布预警，如果 1h 累积降雨量未达到 1h 临界雨量，那么继续对降雨进行监测，检查 2h 累积降雨量是否达到 2h 临界雨量，如果达到就发布预警，如果没有达到，则继续监测 3h 累积降雨，依次类推，直到完成 6h 累积降雨的监测为止。

四川省水旱灾害防御信息系统根据实测降雨，定时（建议每日两次）驱动山洪灾害动态预警指标分析模型，遇大暴雨时可进行加密分析。当实测降雨量超过相应等级

预警指标时，综合分析确定防灾对象动态预警指标和预警等级，支撑省级水行政主管部门及时发布预警信息给县级山洪灾害防御部门，县级山洪灾害防御部分结合当地实际情况进行山洪防御。

（2）山洪灾害短历时风险预警指标分析方法

利用山洪灾害调查评价成果，根据土壤较干、一般以及较湿三种典型土壤含水量情况下防灾对象临界雨量，以及小流域当前土壤含水量信息，开发防灾对象临界雨量滚动分析模型，插值计算当前土壤含水量下的临界雨量。

沿河村落、集镇和城镇等防灾对象因所在河段形态不同，洪水位上涨与淹没情势会有很大差别，这些特性对山洪灾害预警、转移响应时间等都有一定影响。考虑防灾对象所处河段河谷形态、洪水位上涨速率、预警响应时间和站点位置等因素，在临界雨量的基础上综合确定准备转移和立即转移的预警指标。需利用该预警指标进行暴雨洪水复核校正，以避免与成灾水位及相应的暴雨洪水频率差异过大。

一般情况下，临界雨量即为立即转移指标，可通过临界雨量折减法确定准备转移指标，具体如下：

在计算洪水过程线上，按成灾流量出现前 30 分钟左右对应的流量，反算相应的时段雨量，即为准备转移指标；

以控制断面平滩流量反算相应时段雨量，即为准备转移指标。

（3）山洪灾害短历时预警指标检验分析

利用防灾对象历史降水与流量极值资料，以及典型洪水过程气象水文资料，建立 5 个时间尺度的山洪灾害气象风险 2 个等级预警组合指标，并利用多组独立洪水样本，对不同时间尺度气象风险预警组合指标进行应用检验，以检验不同阶段动态预警方法应用于山洪灾害气象风险预警的可行性。

同时，需及时总结山洪灾害事件及预警效果，开展预警指标检验复核工作，调整预警指标值。

7、山洪灾害防御“四预”功能实现

山洪灾害防御“四预”功能实现包括（1）高风险区山洪灾害风险预报预警功能实现、高风险区山洪灾害风险预演功能实现和高风险区山洪灾害风险预案功能实现组成的“四预”功能实现；（2）省级山洪灾害风险预警功能实现；（3）山洪灾害危险区责任人补助发放功能实现三部分内容。

7.1 总体技术要求

(1) 技术选型

为适应本次建设内容中模型的多样化、跨专业的特点，选用微服务的架构来进行各功能模块的实现，微服务框架选择使用 Spring Cloud，采用分布式调度方式实现各功能模块的效率和质量最优化。

(2) 微服务注册与配置中心

采用 nacos 为分布式服务发现和配置管理工具，nacos 内置了服务注册与发现框架、分布一致性协议实现、健康检查、Key/Value 存储、多数据中心方案。

(3) 数据存储功能模块实现

数据存储功能 PostgreSQL 作为模型数据存储库。

(4) GIS 功能模块实现

GIS 功能模块选择 GeoServer。

(5) 功能模块接口要求

此次实现的功能需无缝对接部署到四川省水旱灾害防御信息系统里，作为其子功能模块，因此，需对目前系统中的相关接口进行分析，需要分析的接口有实时雨情查询接口、实时水情查询接口、等值线面生成接口、洪水风险图淹没面接口、工情查询接口、短信发送接口、短信回复接口。对这些接口分析安全性、实用性以及扩展性进行全方位分析。

分析四川省水旱灾害防御信息系统现有功能和业务需求，对功能模块中目前还没有的接口，但是在今后的实际应用中可能会调用的接口进行提预判，分析其适用场景。

1) 功能模块接口标准要求

①雨情查询接口功能要求

依据四川省水旱灾害防御信息系统现有雨水情，结合 52 个小流域的雨量站点数据，规范雨水情查询接口，并与现有四川省水旱灾害防御信息系统中雨情接口一致，标准中应当对同步共享平台的时段最新降雨查询、时段累计降雨、日降雨、暴雨加报、单站历史降雨、多站历史降雨等查询接口进行定义，明确输入参数、输出数据格式和接口实现，并能自定义选择全省、各地市州、区市县或者不同流域不同时段站点的雨量值，实时生成面雨量等值线，给出各等值线的属性值，且能自定义不同时段不同等值线的属性查询功能。

②水情查询接口功能实现

水情信息的查询被引用到应急管理系统、预警管理子系统、洪水风险图应用与管理等多个系统中，同雨情查询一样属于山洪灾害监测预警信息管理类系统中的核心功能。应当对同步共享平台的河道最新水情、水库最新水情、单站河道历史水情、单站水库历史水情以及测站基本信息等查询接口进行定义，明确输入参数、输出数据格式和接口开发，并与现有四川省水旱灾害防御信息系统中雨情接口一致。

③流域下垫面基础数据查询接口功能实现

本次将对约 52 个试点流域进行全流域基础数据采集和整理，包括卫星影像、大比例尺地形图、土地利用、土壤类型等流域下垫面基础数据，本次建设任务中需要对上述基础数据进行分门别类，以行政区划和小流域为主线，制定流程性的接口标准，方便同步共享平台中的系统能够快速接入调查评价数据，为业务系统提供有力的数据支撑。

2) 接口管理功能

接口管理要实现接口注册、接口修改、接口查询、接口调用情况统计及数据库服务转换等内容，要实现对各个业务对外提供的接口服务在这里进行统一管理，包括接口名称、接口地址、功能描述、接口方法、接口协议、所属业务系统、管理单位等信息。其中数据库服务转换是通过配置的方式将数据库 SQL 语句直接转换成能用的 RESTFul 风格的服务功能。

企业总线是整个平台的底层核心，负责对整个平台上部署所有接口进行控制，包括代理服务生成，安全机制，服务监控，服务日志等功能。平台中所有共享的 Web 服务都需要经过服务总线进行转发。在服务总线中为每一个共享服务创建代理服务，在代理服务上附加统一的安全机制，包括用户令牌，用户令牌保证服务不会被未授权用户调用。

• 接口查询

对已经注册的服务按照所属业务功能模块（如山洪灾害监测预警管理系统功能模块）、所属分类（水雨情查询服务）进行查询，其中在操作列[详情]链接可以查看接口的详细信息。

• 接口注册

接口提供者通过接口管理功能模块提供的服务接口注册页面添加服务的基本信息、

请求参数的信息、返回结果参数的信息。

- 服务测试

软件提供接口访问测试的页面，对已注册的接口进行测试，查看返回结果是否正确。

- 接口部署

对已经注册且审核通过的接口，可通过操作列的[部署]按钮自动部署到服务总线上，部署到总线上的接口服务可以通过总线提供的代理地址来访问接口。

- 接口访问日志查询

在平台上注册的接口如果审核通过，各业务系统可以通过总线提供的代理访问地址来调用接口，总线会记录服务访问日志，包括接口访问时间、访问接口的名称、访问者名称、接口的访问情况（是否访问成功）。

7.2 高风险区山洪灾害风险预报预警功能实现

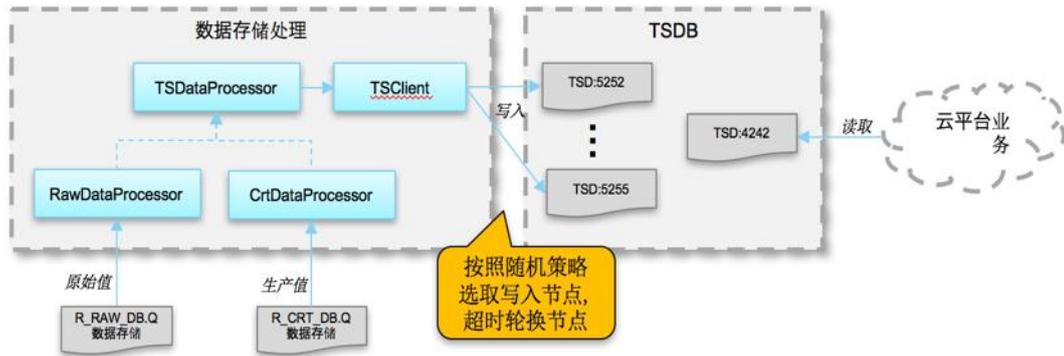
（1）数据接入功能

接入实时监测数据、流域下垫面数据、DEM 高程数据、土地利用数据、土壤含水量等。

（2）数据存储和标准化处理

对于数据平台，其所需要存储的数据既包括本次任务里新建模型所生成的数据，也包括目前四川省水旱灾害防御信息系统本身已经存储的关系型数据。而从存储技术角度，对于不同类型的数据则会分别采用 TSDB 和 SQLServer 等两种不同的技术进行存储。从整体上，根据源数据和非源数据两种类型，将数据分成了基础数据和分析数据两种。基础数据主要是指山洪灾害基础信息，比如各县、乡、村的名称和基本情况、山洪灾害影响和历史山洪灾害情况、小流域及河流基本情况、雨量和水位监测站的名称和基本情况、水库和堤防等工程的基本情况。

而模型模拟、预警预报的数据属于分析数据，具有较强的时序特征。其中，对于数据量较大的数据比较适合用 TSDB 存放；而对于相对比较固定，数据量较小，结构化特征比较强的数据则比较适合存放在关系数据库中。



集中器数据到 TSDB 的存放

对于集中器采集得到的数据，大数据平台会将其接入到 MQ 中，考虑到接入的数据中可能存在部分异常数据，对这部分数据会经过相应的处理机制之后变成规范的数据在存入大数据平台中。处理机制包括在数据接入模块之前加入一个前置机辅助人工的方式进行处理，也包括采用一定规则用自动化的方式进行处理，从大数据平台的角度，需要考虑到所有这些情况的适配，因此，在数据接入到 MQ 后，会将其转换成两个不同队列，一个是原始数据的队列（R_RAW_DB.Q），另一个则是经过预处理之后的规范数据对了（R_CRIT_DB.Q），目前采用的是根据处理规则自动处理的方式进行处理。这两个不同的数据队列都会输入到数据存储处理模块中，数据存储处理模块根据一定的写入策略，调用 TSDB 客户端将数据原始数据和规范后的生产数据写入到 TSDB 中。在写入策略的处理上，为了防止只对同一个 TSDB 节点进行不停的写入从而导致单个节点负载过重，同时又为了简化策略处理逻辑，因此，采用了随机选取节点进行写入的策略进行，如果超时还未完成写入，则再轮换另一个节点进行写入。

（3）小流域预报预警功能实现

- 1) 气象信息模块：补充测雨雷达临近预报数据的查询和展示；
- 2) 山洪灾害防治算法各功能模块：能将前述章节中的各算法模块功能实现，并无缝耦合进现有四川省水旱灾害防御信息系统中。

3) 山洪分析模块：降雨融合数据和测雨雷达临近预报数据与算法模型功能模块耦合驱动下的山洪分析；查询数据库中的实测的成灾水位、河道断面资料、比降等数据，采用曼宁公式，推求成灾流量（即临界流量）；根据模型模拟的实时降雨径流关系，反推出流域出口断面洪峰流量要达到临界流量值所需的降雨量，即临界降雨量；要求能实现各流域采用的山洪预警/预报模型，且实时计算单个小流域临界降雨量的响应时间不超过 10 分钟，采用分布式计算技术，系统激发临界雨量计算之后，能基于当前的土

壤墒情状态，在 10 分钟之内逐一计算该小流域各防灾对象的临界雨量指标，最终将用于产生小流域预警功能。

4) 小流域重点区域的洪水淹没范围和淹没深度等分析结果展示功能。

7.3 高风险区山洪灾害风险预演功能实现

预演功能须实现情景设定、影响分析、三维仿真、可视化展示与推演会商等四部分功能。

(1) 情景设定功能

以城镇和重要集镇、重要基础设施（如生命线工程、变电站、医院、学校、养老院、核设施等）为对象，通过实时和预设情景，识别和排查潜在的风险隐患点，针对性开展防御措施部署。预演时，结合当前暴雨洪水发展态势，设定不同情境，包括未来降雨的定量设置、主支流汇合顶托、桥梁壅水、水沙淤积、束窄河段壅水、塘闸坝群蓄滞堵溃、雨水同向（逆向）等，需要充分考虑山洪灾害发生的不确定性和复合放大效应。

(2) 影响分析功能

在设定的不同情景下，调用水文水动力模型计算，进行山洪过程模拟和影响范围与程度分析。软件系统能展示或查看暴雨过程和不同河段的洪水过程，以及城镇、重要集镇、重要基础设施（生命线工程、变电站、医院、学校、养老院、核设施等）的淹没过程、淹没范围图、淹没深度图，分析确定淹没区域内不同水深范围的风险点列表和人员分布等。

(3) 三维仿真功能

实现三维可视化模型与真实数据的映射，利用仿真技术将洪水演进过程和影响利用可视化模型模拟展示出来。主要包括以下六个方面的功能：

1) 场景制作：基于三维引擎创建地形，加载可视化模型，实现模型与场景环境融合。

2) 数据操纵：将空间实体和属性一一对应建立三维数据仿真库，同时提供相应数学模型，为建模提供各类地理参数。

3) 可视化映射：将过滤以后的数据加载在模型上，形成可视化对象模型，模型以信息链的形式表示，存放在仿真数据库中，再以仿真数据库为基础进行仿真，实现模拟运算。

4) 加载发布：将可视化模型发布为可显示的图像，利用仿真引擎的动画和图形技术，实现仿真过程的可视化表达。

5) 与物联网监测数据联动：实现与物联网平台通信，加载各类物联网监测数据并在三维场景中展示。

6) 情景预演：根据预设的情景，在三维场景中使用模型模拟山洪灾害演进过程，与降雨和流量等信息进行对应，实现洪水淹没场景的三维可视化展示。

(4) 可视化展示与推演会商功能

根据前述篇章的“可视化展示与推演会商模型”设计，遵循系统平台软硬件接口环境，实现可视化展示与推演会商功能，支持开展推演会商，可方便得到不同情景下的风险点和可能受影响人员情况。

7.4 高风险区山洪灾害风险预案功能实现

预案功能须实现防御预案、预演措施、预案可视化三部分功能。

(1) 防御预案动态生成功能

应具备对小流域范围内的县、乡、村既定山洪灾害防御预案的上传、下载、删除、查询、统计、查阅等功能，并具备汛前督促有关单位更新预案的功能。

针对基层防御预案操作性不强等问题和山洪威胁区域发生变化等情况，在开展山洪灾害危险区排查、预警预报分析、损失评估分析的基础上，构建山洪实时防御预案，重点是编制“两张电子预案图”。

根据调查成果和计算成果，能够实时生成两张图预案，在达到预警指标时能自动生成电子预案。电子预案主要包括以下两个内容：

第一张电子预案图为“组织、责任体系图”。通过实时雨水情分析计算，动态反映出当前的预警指标、威胁对象、威胁户数、危险源等；对应通知到相应的山洪灾害危险区行政责任人、监测巡查责任人、预警转移责任人；快速形成由村书记、村副主任、村文书、小组组长组成的防汛救灾应急小组，及时组织转移、抢险救灾工作。

第二张电子预案图为“预警转移流程图”。根据降雨和山洪情况，提出针对性防御措施。通过降雨预报，结合前期降雨、下垫面土壤含水量等信息，计算得到动态临界预警指标；根据动态洪水演进计算成果，预判受威胁区域及受威胁程度，确定需转移的人数；结合实时淹没情况及可能的转移路线，快速决策最佳转移线路。根据第一张电子预案，由受威胁区防汛救灾应急小组组织人员转移，并执行抢险救灾及后续保障

措施。

(2) 预演措施动态生成功能

根据不同情境下的预演结果动态调整的针对性措施，包括预置救援力量、关闭景区、提醒人员减少出行、停业停课停工（三停）、组织人员转移避险、脆弱地点（养老院、医院、学校）脆弱人群（老弱病残孕、留守儿童妇女）采取特殊帮扶措施等。

支持将不同情景下防灾减灾针对性措施导入系统的功能，自动生成不同风险预警等级条件下，各级防灾减灾部门应采取的措施。

(3) 预案可视化展示功能

具备在三维场景中实现预演预案的可视化，直观展示不同等级危险区范围、转移路线和安置点信息，以及不同量级暴雨山洪情景下的分批转移避险方案等信息。

7.5 省级山洪灾害风险预警功能实现

(1) 数据接入功能

- 1) 接入气象短临降水数值预报数据
- 2) 接入四川省暴雨风险阈值数据
- 3) 接入实时监测数据
- 4) 接入前期土壤含水量计算成果数据
- 5) 接入四川省山洪灾害风险等级区划数据

(2) 数据存储和标准化处理功能

1) 系统接入现有四川省水旱灾害防御信息系统后，可实时访问雨水情数据库中已经接入的气象、水文和山洪站点的雨量和水质数据数据，数据已经经过标准化处理，直接进行查询和调用。

2) 四川省暴雨风险阈值数据、前期土壤含水量计算成果数据、四川省山洪灾害风险等级区划数据等数据需要经过标准化处理，并且设计出合理的数据库表结构后进行入库操作，由于其中部分数据有动态变化，因此需要制定数据的标准格式和修改方式。

(3) 全省山洪灾害风险预警功能

根据省级风险预警模型完善的研究成果，提供输入输出接口，封装过程如下：

1) 实时监控四川省气象局向四川省防汛办传输降水数值预报产品数据通道，第一时间获知四川省气象局发布的预警信号。

2) 自动访问单点降雨量、面雨量短时临近预报数据接口以及动态临界雨量指标模

型的接口。

3) 危险区预警阈值与短临降雨预报数据进行无缝对接, 实现 1h、2h、3h、6h、12h、24h 预警预报。实际应用中当 1h 累积降雨量达到 1h 临界警戒雨量时, 就发布预警; 若 1h 累积降雨量未达到 1h 临界雨量, 那么继续对降雨进行监测, 检查 2h 累积降雨量是否达到 2h 临界雨量。若达到就发布预警, 如果没有达到, 则继续监测 3h、6h、12h 累积降雨, 依次类推, 直到完成 24h 累积降雨的监测为止。

4) 将预警过程中接入的动态临界雨量指标和短时临近降雨预报数据进行保存, 用于实际灾害发生后进行反向验证, 达到提高精度的目的。

7.6 山洪灾害危险区责任人补助发放功能实现

(1) 数据导入

按四川省水旱灾害防御信息系统危险区责任人统计名录 (具体名单以水利厅核定为准) 导入。

(2) 功能要求

1) 分级监管功能

分省、市、县分级管理, 各级管理自己辖区内的山洪灾害危险区责任人补助发放情况。

2) 审批发放流程

具有审批发放功能, 山洪灾害危险区责任人补助发放审批发放需按照水利厅要求开展。

3) 满足财政厅系统要求

在财政厅现有“一卡通”省级阳光审批基础支撑平台上构建危险区责任人履职补贴审批流程, 协调各市(州)完成发放流程的部署和调试, 实现审批发放通道。

4) 其他功能

完成水利厅要求的与本项目相关的其他功能。

8、山洪灾害防治算力建设

截至 2021 年, 全省山洪灾害自动监测站点达 12549 个, 其中山洪灾害防治项目建有 5775 万个, 共享气象站点 2747 个、水文站点 4027 个。与山洪灾害防治项目建设之初相比, 数据信息量增加 100 余倍, 最小报讯时段缩短到 5min, 监测数据入库时间缩短到 5~10min; 建成 21 个地市级和 175 个县级的山洪灾害监测预警 (或监测预警信息

管理)平台,在县级基本实现了雨水情自动监测、实时监视、预警信息生成和发布、责任人和预案管理、统计查询等功能,实现县级与省级、地市级防汛计算机网络和视频会商系统的互联互通。

按照“十四五”水旱灾害防御能力建设规划,全省山洪灾害防御采用“省级部署、多级应用”的集约化建设模式,构建全省山洪灾害防御“一库、一图、一平台”,实现“一数之源”和平台共享共用,统一防汛业务平台的登录门户、省市县三级防御信息、预警机制和功能界面。要实现全省山洪预警业务管理的精准化决策,算力建设保障。

然而,随着现有信息系统服务器设备硬件老化,设备故障频发,使用效能降低;并且传统的系统基础架构已逐渐不能满足山洪灾害防御系统较高的连续性保障需求。建设能满足山洪灾害防御连续性保障要求,同时能兼顾未来不可预测的数据增长、性能、数据治理、系统管理、成本控制等需求的算力中心是亟待解决的问题。超融合(Hyper Converged Infrastructure,或简称“HCI”)技术为传统算力及系统平台面临的困境提供了一种解决方案。

超融合基础架构是指采用软件定义技术,将计算机、存储以及网络与专用硬件解耦,实现IT基础架构的融合。该架构在同一套基于标准X86服务器的节点中融入计算、网络、存储等资源和软件定义的服务器虚拟化技术,还包括同步镜像、异步复制、连续数据保护、快照技术、缓存加速、数据删重/压缩、存储管理、数据迁移技术等元素,通过网络可以聚合多个节点,实现模块化的无缝横向扩展(Scale-Out),形成统一存储、集中管理、模块化拓展的资源池。超融合架构具有易部署、高可用、高性能、高安全性、易维护、易扩展等优点,与山洪灾害防御对算力的需求非常契合。通过超融合系统构建四川省山洪灾害防治算力中心,与现有的政务云资源进行充分融合,构建公有云+私有云的混合云计算中心,满足全省山洪预警业务管理的精准化决策的算力要求。

详细配置参数见下表。

四川省山洪灾害防治算力环境建设配置表

序号	名称	明细内容及工程量	单位	数量
----	----	----------	----	----

1	超融合服务器硬件	<ol style="list-style-type: none"> 1. 机架式服务器，高度≤2U，含上架导轨、电源、风扇 2. 配置≥2颗 intel 6326R 处理器（核数≥16核、主频≥2.9GHz） 3. 配置≥512GB DDR4 内存，≥24个内存插槽； 4. 配置≥6块 3.84TB SATRA SSD 硬盘，2块 240G SATA SSD 硬盘； 5. 配置≥1个 12Gbps SAS 阵列卡，支持 RAID 0/1/10/5/50/6/60，≥2GB 缓存； 6. 配置≥1个 VGA 接口，≥4个千兆接口、≥2个 10Gb SFP+接口（含多模光模块）； 7. 支持≥3个 PCIe4.0 插槽； 8. 配置≥4个 USB 3.0 端口； 9. 配置无代理管理工具（带独立管理端口）方便进行服务器管理； 10. 三年原厂保修服务，含首次上门安装服务。 	套	10
2	超融合软件	<p>超融合管理平台</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 需保证产品软件与硬件具有良好的兼容性； 2. 资源管理要求：通过超融合管理平台即可实现对计算、存储、网络等资源进行统一管理，所有功能无需界面跳转即可实现全部操作，真正融合、简化管理； 3. 在统一的云数据库管理界面上提供数据库性能优化工具，支持数据库的实时/历史慢 SQL 定位、慢 SQL 执行计划分析、事件统计、数据库引擎性能表现监控、计算资源使用率监控、存储资源使用率监控等功能，以及实时的会话管理、会话查杀、锁阻塞树分析、阻塞会话终止等功能 4. 支持统一管理 X86 和 ARM 资源池，在同一集群内同时支持融合型、计算型、存储型等不同类型节点，灵活调配集群的各项能力，最大化满足客户非线性资源需求，并实现利旧，保护投资； 5. 集群规模要求：集群节点数≥10节点，并支持超融合节点数为2节点时，最少扩容节点数为1，扩容时要求原有集群业务不停机，以满足依不同业务分区区域部署需求，最小化配置集群规模，以降低初始投入，并满足资源无缝、按需扩展。 6. 拓扑管理要求：支持对整个平台虚拟设备实现统一的管理，虚拟化 WEB 管理平台可以完成网络拓扑的构建，完成各类虚拟设备的自助逻辑编排，支持在管理平台上连接、开启、关闭各类虚拟设备，拓扑呈现业务流量信息，所画即所得，方便运维管理； 7. 支持纳管 VMware，支持对 VMware 虚拟机的全生命周期管理，可以为 VMware 虚拟机提供存储服务 and 备份服务，可以将 VMware 虚拟机在线迁移到平台内； 8. 配置要求：配置 20 CPU 功能授权许可； 9. 三年原厂保修服务，含软件免费升级服务。 <p>计算虚拟化</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 品牌要求：虚拟化软件非 OEM 或贴牌产品，禁止借用第三方软件的整合，以保证功能的可靠性和安全性； 2. 兼容性要求：支持现有市场上主要国内外操作系统，包括 Windows、CentOS、RedHat、SUSE、Ubuntu、中标红旗、中标麒麟、 	套	1

		<p>中标普华、深度等，</p> <ol style="list-style-type: none"> 提供虚拟机启动、暂停、恢复、休眠、重启、关闭、克隆、迁移、删除、快照等功能的批量操作； 虚拟机资源告警项支持虚拟机 CPU 利用率、内存利用率，虚拟机单网口链接 session 数过高、虚拟机过期时间，并检测异常状态持续时间，支持检测虚拟机镜像文件损坏，备份失败，虚拟机与外部网络不通的监控告警，用户可自定义告警项并支持通过邮件和短信进行告警； 支持虚拟化内核集成虚拟化安全防护功能模块为虚拟机提供防护，无需单独占用虚拟机资源安装安全防护功能模块，只需在虚拟化环境底层安装安全防护功能模块，不需要在每台虚拟机上安装，对每个虚拟机没有资源占用。 支持漏洞及版本信息巡检，推送补丁及升级信息，并支持补丁管理、更新、回滚； 基于勒索病毒攻击过程，建立多维度立体防护机制，提供事前入侵防御-事中反加密-事后检测响应的完整防护体系，展示勒索病毒处置情况，对勒索病毒及变种实现专门有效防御； 配置要求：配置 20 颗物理 CPU 虚拟化授权，20 个虚拟机杀毒软件授权； 三年原厂保修服务，含软件免费升级服务。 <p>存储虚拟化</p> <ol style="list-style-type: none"> 架构要求：采用分布式的软件定义存储架构，在通用服务器部署，把所有服务器硬盘组织成一个虚拟存储资源池，提供分布式存储服务，无需独立的元数据及控制器节点，使用超融合管理平台统一管理，无需在计算虚拟化平台上部署存储控制器，存储集群规模支持≥ 256个节点； 能力要求：同一节点同时提供服务器虚拟化及分布式块、对象、文件种存储功能，3 个节点集群即可同时提供虚拟化、分布式块、对象、文件存储服务； 支持数据重建优先级调整，可以查看数据重建任务列表信息，包括对象名称、对象类型、数据量和优先级等信息，可以点击操作中的优先级对数据重建进行优先重建，保证重要的业务优先恢复数据的安全性； 副本机制要求：支持多副本保护机制，可选择 2~3 副本，支持依据业务数据重要性进行灵活设置副本数量机制； 支持数据重建智能保护业务性能，可以对数据重建速度进行智能限速，避免数据重建过程中 IO 性能占用导致对业务的性能造成影响； 配置要求：本次配置 20 CPU 块存储功能授权，按物理 CPU 数量授权模式无容量限制许可； 三年原厂保修服务，含软件免费升级服务。 		
3	超融合业	<ol style="list-style-type: none"> 业务插槽数≥ 4，控引擎模块≥ 2，交换网板槽位数≥ 2，冗余电源、冗余风扇。主控交换卡、电源、接口模块、风扇、网板等 	套	2

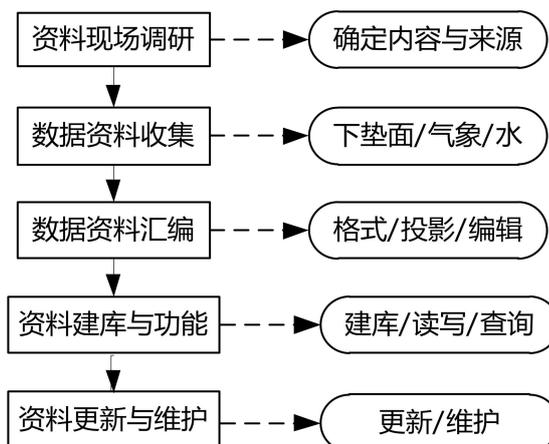
	务 交 换 机	<p>关键部件可热插拔。</p> <p>2. 交换容量$\geq 250\text{Tbps}$</p> <p>3. 转发能力$\geq 45000\text{Mpps}$</p> <p>4. 接口要求：太网支持千兆电口，千兆光口，万兆光口、万兆电口、25G 端口、40G 端口</p> <p>5. 配置要求：本次配置主控引擎≥ 2个，交换网板≥ 2个，电源≥ 2个，≥ 40端口 10G 以太网光接口及多模模块；</p> <p>6. 三年原厂保修服务，含软件免费升级服务。</p>		
4	超 融 合 后 端 交 换 机	<p>1. 性能规格：交换容量$\geq 4.5\text{Tbps}$，转发性能$\geq 2000\text{Mpp}$</p> <p>2. 端口形态：≥ 48个 10GE 端口，≥ 8个 40GE 端口；</p> <p>3. 电源风扇：支持并配置模块化双电源，冗余风扇；</p> <p>4. 配置要求：≥ 48个 10G 光模块，冗余电源、冗余风扇；</p> <p>5. 三年原厂保修服务，含软件免费升级服务。</p>	套	2
5	管 理 交 换 机	<p>1. 性能：交换容量$\geq 400\text{Gbps}$，转发性能$\geq 120\text{Mpps}$；</p> <p>2. 端口配置：≥ 48个 10/100/1000BASE-T 自适应以太网端口，≥ 4个万兆 SFP+端口（含 4 个万兆多模光模块）；</p> <p>3. 三年原厂保修服务，含软件免费升级服务。</p>	套	1
6	备 份 一 体 机	<p>1、产品形态：提供软硬件一体机产品（服务器与备份软件为同一品牌，统一运维），不接受软件+三方服务器的组合产品；</p> <p>2、硬件配置：2U12 盘位，≥ 2颗处理器，主频$\geq 2.6\text{GHz}$，总核数≥ 64，$\geq 128\text{GB}$内存，操作系统硬盘≥ 2块 600GB，≥ 2个 10GE 光口（含光模块），数据盘有效容量（Raid 后）$\geq 112\text{TB}$；</p> <p>3、软件授权：配置$\geq 112\text{TB}$后端存储容量授权，软件全功能开放；</p> <p>4、数据库备份支持：支持对 Oracle、SQL Server、MySQL、SAP HANA、GaussDB、PostgreSQL 等数据库进行在线备份保护，备份任务配置过程全部图形化操作，无需编写脚本；</p> <p>5、文件系统备份支持：支持 Redhat、SuSE、CentOS、EulerOS、中标麒麟和银河麒麟的文件系统备份恢复；</p> <p>6、虚拟化备份支持：支持对 VMware、Hyper-V、XenServer、FusionCompute 和 CAS 等主流虚拟化系统的虚拟机备份，无需在需要备份虚拟机内部安装代理。支持虚拟机自动发现，可自动将资源池或集群中新增的虚拟机纳入到备份作业中，按照既有保护策略进行保护，无需人工干预。</p> <p>7、一套备份与恢复系统，可以同时支持定时备份、持续备份、持续复制、副本数据管理，实现统一管理；</p> <p>8、持续数据保护：支持 Windows 和 Linux 卷的持续数据备份功能，支持 IO 级备份和任意时间点恢复；</p> <p>9、重复数据删除：支持源端重删，并行重删；支持全局重删。</p> <p>10、支持数据备份的集中监控和统一管理，通过单一图形界面实现对备份任务、备份资源、告警；</p> <p>11、SQL 备份与恢复：支持 SQL Server AlwaysOn Availability Groups 的备份和恢复，自动化实现恢复时可用性组移出移入操作，简化操作流程，避免人为误操作；支持 SQL Server 的合成备份和挂载恢复，支持恢复到指定的 LSN 事务日志序列号；</p>	套	1

		12、售后服务：配置3年原厂保修服务。		
7	AI 计算服务器	1、机架式服务器，高度 $\geq 4U$ ，含上架导轨、电源、风扇； 2、配置 ≥ 2 颗处理器（核数 ≥ 26 核、主频 $\geq 2.2GHz$ ）； 3、配置 $\geq 256GB$ DDR4 内存，最高速率 $\geq 3200MT/s$ ， ≥ 32 个内存插槽； 4、配置 ≥ 2 块 480GB SATA SSD， ≥ 6 块 1.92T SATA SSD； 5、配置 ≥ 1 个 12Gbps SAS 阵列卡，支持 RAID 0/1/10/5/50/6/60， $\geq 2GB$ 缓存； 6、配置 ≥ 1 个千兆管理接口、 ≥ 2 个 USB3.0 接口、 ≥ 4 个千兆接口、 ≥ 2 个 10Gb SFP+接口（含多模光模块）； 7、配置 ≥ 4 个 NVIDIA A40 GPU 模块； 8、配置 ≥ 8 个双宽 x16 插槽， ≥ 4 个单宽 X16 插槽， ≥ 1 个 OCP3.0 网卡专用插槽， ≥ 1 个阵列卡专用插槽； 9、三年原厂保修服务，含首次上门安装服务。	套	2

9、技术路线

9.1 基础资料收集整理及审核汇集

资料收集技术流程主要是资料现状调研、数据资料收集、资料整理汇编、资料建库和提供服务、资料更新与维护，技术路线图可表示为：



资料收集技术路线图

资料现状调研，应确定所需资料的详细名目和要求，摸清现有及需补充资料状况，并进一步确定所需补充资料的获取途径——包括免费共享、有偿获取、独立补测或汇编制备等。获取的原则是：优先考虑共享公用，杜绝重复建设；严格以遵循需求，避免无效的收集获取。

数据资料收集，结合资料调研实际状况，分别收集下垫面、水文、气象、社会经济（含山洪风险调查）相关资料。为提高收集效率，应充分利用省防办前期项目的相关资料，在此基础上再进行收集补充。

数据资料汇编，根据要素分类体系、数据管理的行业规范、省防办系统技术要求，

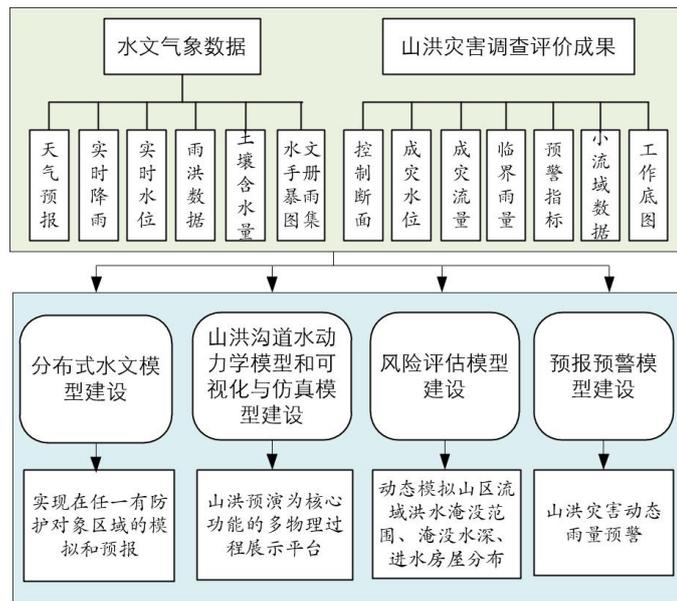
对多源空间和分空间数据进行整理汇编。制定规范的数据格式、投影标准，据此对数据格式和投影进行统一；依据空间信息管理规范和需求，对流域下垫面要素进行必要编辑和再加工；依据气象和水文分析规范和要求，对降水和水文资料进行整编，更新改进预警所需的相关频率资料。

资料建库与服务，基于省防办系统的技术标准与要求，根据关系型数据的原则，建立高风险流域预警模型的数据库；并要求同实时/预报数据服务器、各预警模型协同制定高效可行的数据通信接口；要求应能依托防办系统平台，为模型预警评估等提供数据读取、存储服务，同时也应能支持必要的查询、统计和显示等基本功能。

资料更新与维护，应制定资料更新与维护的切实可行长效机制。为此，在技术层面，应该保证数据库具有高效的开放性，能够接受数据内容的更新，甚至必要时候能够允许数据库结构内容的更新与完善，但能遵守数据服务接口的约束。

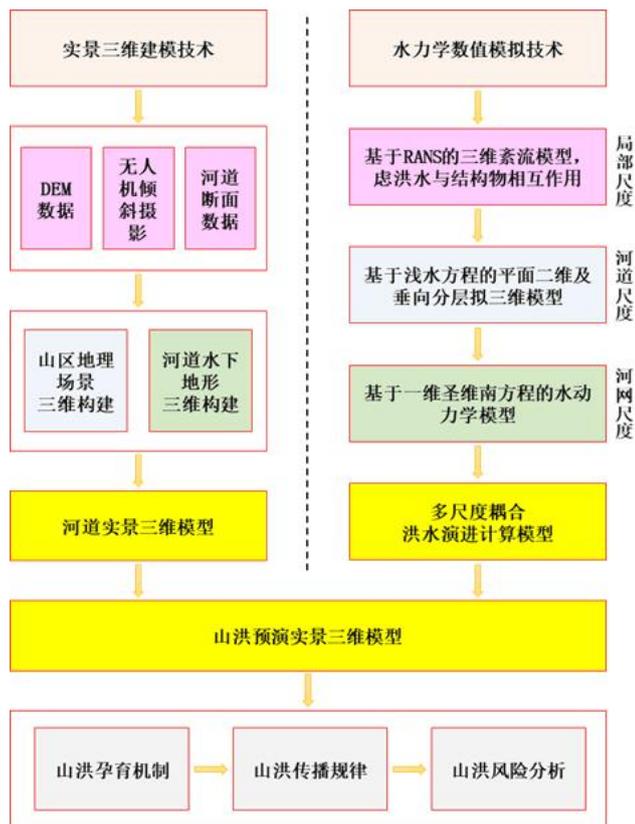
9.2 山洪灾害防治算法建设

山洪灾害防治算法建设的技术路线表示为：



山洪灾害防治算法建设技术路线图

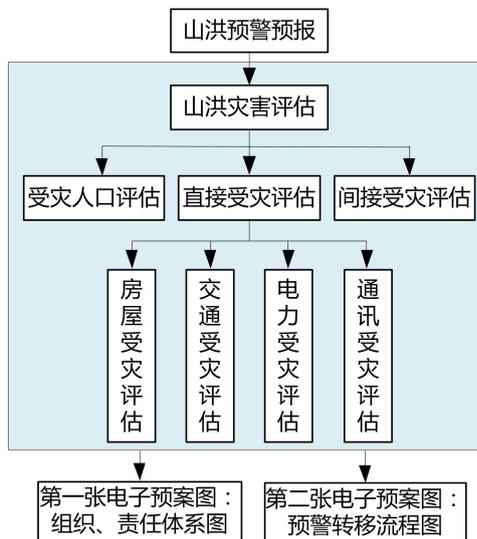
9.3 山洪预演模型构建技术路线



山洪预演模型构建技术路线图

9.4 山洪预案模型构建

山洪预案模型构建技术流程，表示为：



山洪预案模型构建技术流程

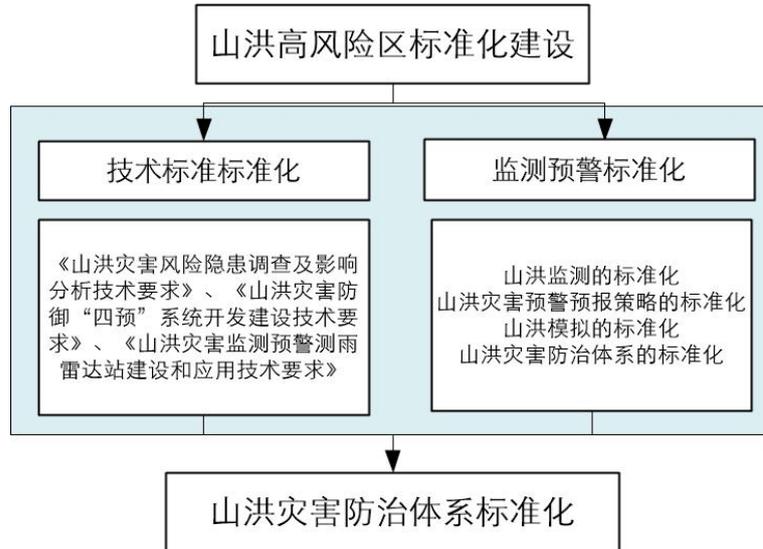
应首先根据山洪预警等信息，评估山洪灾害的主要危害特性，应评估淹没范围、淹没水深、流速、淹没时间、携沙等指标的空间分布和时间变化；然后评估受灾人口、交通、电力、通讯、厂矿、农作物等直接经济损失；并进一步评估间接受损，包括：

救援项目及费用、清淤费用、消毒费用、厂矿停工停产损失、交通中断导致损失、电力供应中断导致损失。

结合预警预报信息及受灾损失评估，构建山洪实时防御预案，重点是编制两张山洪防御电子预案图，即“组织、责任体系图电子图”、“预警转移流程图电子图”。

9.5 高风险区标准化建设

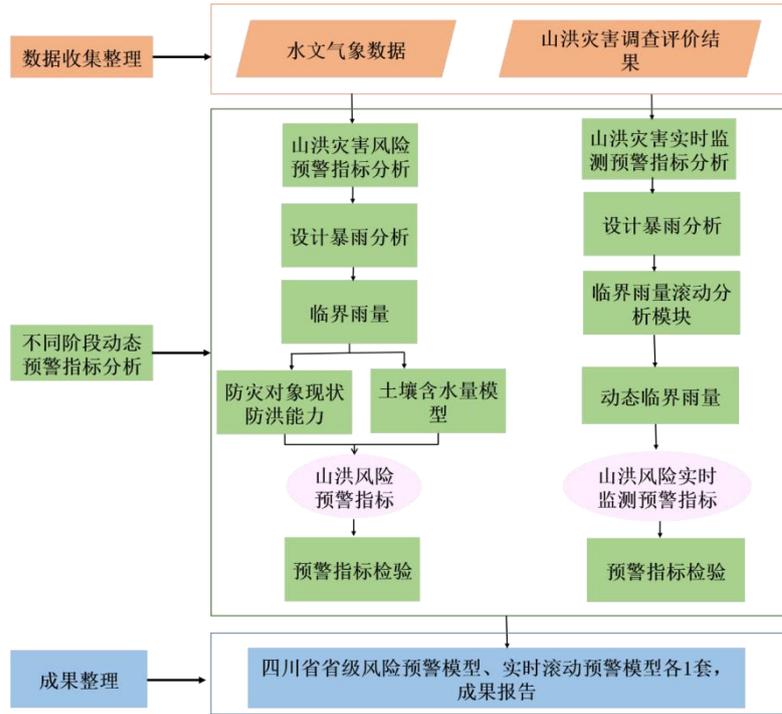
高风险区标准化建设技术流程，可表示为：



高风险区标准化建设技术流程

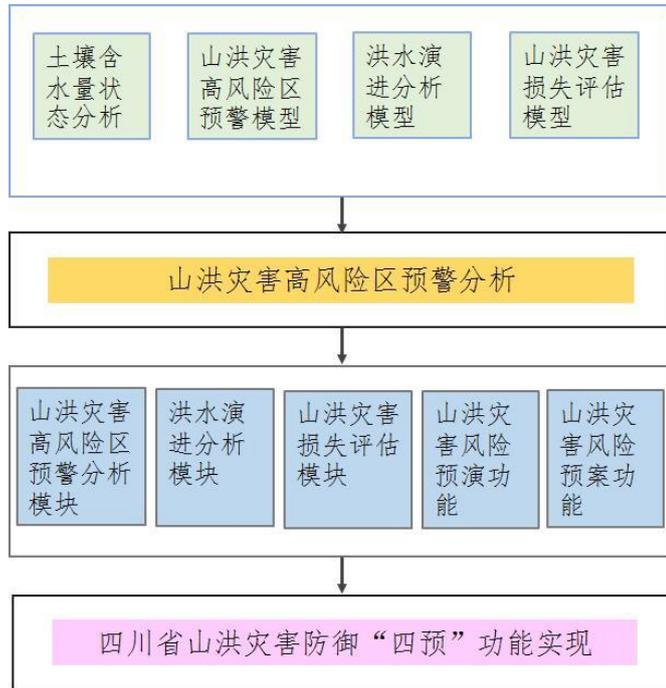
9.6 省级风险等级预警模型完善

省级风险预警模型完善项目按照数据收集整理、不同阶段动态预警指标分析、成果整理等3个阶段进行，如下图所示。



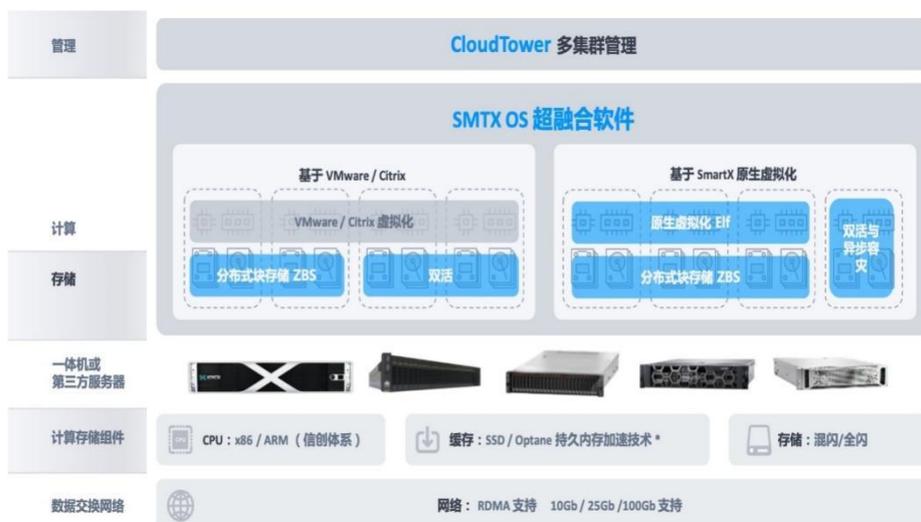
省级风险预警模型完善技术流程

9.7 山洪灾害防御“四预”功能实现



山洪灾害防御“四预”功能实现技术路线图

9.8 山洪灾害防治算力建设



山洪灾害防治算力建设技术路线图

10、主要成果

10.1 基础资料收集整理及审核汇集

(1) 成果

数据收集整编报告，一套；52 个示范流域工作底图。

(2) 指标

在内容上，满足山洪预警和受灾评估等的的数据资料需求；

基于收集、处理的全省基础数据，建立全省地理空间数据集，存放于四川省水旱灾害防御信息系统。

各数据之间要按照防灾减灾需求建立关联关系。

按照水利一张图的要求，展示山洪灾害防御专题图。

10.2 山洪灾害防治算法建设

(1) 成果

提供经优选后的预警预报模型。

(2) 指标

★参照《水文情报预报规范》(GT-22482-2008)，经三年以上实测资料验证后整体预警可靠度达到 40-60%，预报精度达到 40-60%。

10.3 山洪预演模型构建

(1) 成果

构建四川省山洪灾害高风险区河道山洪预演模型一套。

(2) 指标

山洪预演模型中流域地形水平方向格网尺寸优于 5m，高程精度不低于 0.5m~10m；河道周边人工建筑分辨率不低于 0.2m，人口密集等重点区域分辨率不低于 0.1m。

★河流流场数据与实景三维地理场景进行耦合渲染，渲染速度达到 60 帧/秒，帧分辨率不低于 1920×1080；实现用户与三维实景的交互性，交互场景下渲染速度不低于 30 帧/秒，帧分辨率不低于 1920×1080；视频输出帧数、分辨率实现用户自定义。

满足实用性、完整性、真实性、交互性。

10.4 山洪预案模型构建

(1) 成果

动态生成四川省山洪灾害危险区电子预案，满足各级山洪灾害防御指挥决策。

应具备对小流域范围内的县、乡、村既定山洪灾害防御预案的上传、下载、删除、查询、统计、查阅等功能，并具备汛前督促有关单位更新预案的功能。

(2) 指标

提出的防御预案具有针对性、操作性。

10.5 高风险区标准化建设

(1) 《山洪灾害风险隐患调查及影响分析技术要求》标准通过专家审查

(2) 《山洪灾害防御“四预”系统开发建设技术要求》标准通过专家审查

(3) 《山洪灾害监测预警测雨雷达站建设和应用技术要求》标准通过专家审查

(4) 《山洪灾害防御监测站点标准》通过专家审查

(5) 《山洪灾害预警预报策略标准》通过专家审查

(6) 《山洪灾害防治体系标准》通过专家审查

(7) 《山洪灾害防治小流域三维模拟标准》通过专家审查

10.6 省级风险等级预警模型完善

(1) 成果

1) 升级完善后的未来 24 小时省级风险预警模型，一套；

2) 升级完善后的未来 1、2、3、6 小时短历时预警模型，一套；

3) 四川省山洪灾害风险区划报告，一套；

(2) 指标

★基于 24 小时格点预报数据的四川省山洪灾害风险等级预警精度，在现有基础上相对提高 20%。

10.7 山洪灾害防御“四预”功能实现

★（1）“四预”功能全部无缝部署现有四川省水旱灾害防御信息系统。

★（2）省级山洪灾害风险预警功能全部无缝部署现有四川省水旱灾害防御信息系统。

（3）山洪灾害危险区责任人补助发放功能全部无缝部署现有四川省财政厅系统。

10.8 山洪灾害防治算力建设

四川省山洪灾害防治算力建设超融合系统满足各指标要求。

★包4：四川省重点湖库抗旱应急水量调度和旱限水位（流量）确定

（一）、四川省重点江河湖库应急水量调度预案

1、编制目的

依据各流域水资源供需、生态用水、水利工程现状以及国民经济和社会发展要求，针对可能发生的干旱缺水等危及流域(区域)供水或生态安全、需要启动应急水量调度的事件，提出编制应急水量调度预案的目的。

2、编制依据

2.1 法律法规及文件（注：本章所引用的法律法规、技术标准或参考文件，国家有新的版本的均以最新版本为准）

- （1）《中华人民共和国水法》；
- （2）《中华人民共和国防洪法》；
- （3）《中华人民共和国突发事件应对法》；
- （4）《中华人民共和国抗旱条例》；
- （5）《中华人民共和国长江保护法》；
- （6）《国家突发公共事件总体应急预案》；
- （7）《中华人民共和国城市规划法》；
- （8）《中华人民共和国河道管理条例》；
- （9）《中华人民共和国长江保护法》；
- （10）《四川省江河管理条例实施办法》；

- (11)《四川省水利工程管理条例》;
- (12)《四川省都江堰水利工程管理条例》(新修订 2020 年 1 月 1 日起施行)。

2.2 技术标准

- (1)《应急水量调度预案编制指南》(试行);
- (2)《防洪标准》(GB 50201-2014);
- (3)《水利工程水利计算规范》(SL 104-2015)。

2.3 参考文件

- (1)《四川省水资源开发利用总体规划报告》(四川省水利厅, 2001 年);
- (2)《长江流域防洪规划》(长江委, 2008 年);
- (3)《长江流域综合规划》(长江委, 2013 年);
- (4)《沱江流域水资源调度方案》(四川省水利厅, 2018 年);
- (5)《四川省沱江流域生态应急调水方案》(四川省水利厅, 2018 年);
- (6)《四川省沱江一河(湖)一策管理保护方案》(四川省环科院, 2018 年)。
- (7)《涪江流域水资源调度方案》(四川省水利厅, 2018 年);
- (8)《四川省涪江流域生态应急调水方案》(四川省水利厅, 2018 年);
- (9)《四川省涪江一河(湖)一策管理保护方案》;

3、编制原则

贯彻“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的治水思路和水利改革发展总基调,结合应急水量调度目的、水源现状和控制性工程分布情况,是应急水量调度预案编制的主要原则。应遵循以下原则:

(1)实行“节水优先”原则。水量调入地区优先采取节水、限水等应急措施,仍然无法保障用水安全时,再考虑从相邻区域或外地调水。

(2)坚持“统一调度”原则。统一指挥调度,分级分部门负责管理,电调、航调服从水调,保证应急水量调度的顺利实施。

(3)遵循“统筹兼顾”原则。优先保障生活用水,兼顾生产和生态用水,协调解决好与应急水量调度有关的地区、部门以及行业之间的关系。

(4)体现“可操作性”原则。预案内容应科学合理、明确具体,明确主要控制性指标,对做好应急水量调度工作能发挥具体指导作用。

4、现场踏勘调查

为做好应急水量调度预案，需对沱江流域、涪江流域、都江堰灌区及黑龙滩水库各相关部门进行调研，开展不同层面的座谈。调研内容主要包括：

(1) 流域（区域）经济社会及行业发展现状和发展规划及其要求；

(2) 流域（区域）供用水现状和存在的主要问题；

(3) 结合近年来发生的干旱、水污染及供水中断等情况，了解受灾情况、应急调度情况，对受灾严重的区域进行现场察看；

(4) 流域（区域）内重点保障对象的供水水源、应急备用水源供水保障情况。

(5) 对流域（区域）内外重要控制性水库、枢纽等进行现场察看；

(6) 征求相关部门对应急调度方案及应急调度管理的意见和建议。

(7) 调查输水通道，重要口门水系连通情况，闸门运行情况等。

5、基础资料收集与与数据分析计算

应急水量调度涉及范围广、行业多，要以大量基本资料为基础和依据，需要有关行业和部门积极配合。应收集并整理流域经济社会资料、涉河工程现状资料、水文气象资料、生态与环境资料、已有的规划与研究成果以及流域水量调度需要的其他资料，并进行合理性和可靠性分析，提出基本资料汇编成果。

(1) 社会经济资料

收集流域（区域）各市、县主要经济指标，分类统计、整理、分析流域和区域主要社会经济指标。包括：

各市、县 2021 年统计年鉴；

各市、县 2021 年水利工程统计资料；

各市、县 2021 年灌溉面积统计资料；

各市、县 2021 年水资源公报资料；

(2) 工程现状调查

水库工程：干、支流已有的大中型水库（含电站水库）设计和运行资料，包括库水位过程、泄流量过程、库容曲线等，以及运行中存在的问题，建筑物安全隐患等。

引提水工程：干、支流已有的引提水工程设计和运行资料，包括引提水能力，设计规模，输水通道规模、泵站规模等。

机电井：收集流域（区域）各市、县已建机电井资料，包括位置、供水能力，供水范围，实际运行情况等资料。

（3）水文气象

收集整理流域内水文气象资料（系列至 2020 年），包括：流域内主要水文站、气象站的降水、蒸发、气温、风等气象特征，干、支流各控制性水文（位）站的水位、流量、泥沙资料；流域干、支流干旱受灾、损失资料。

（4）生态与环境

收集流域（区域）内生态保护区、自然保护区等资料，收集缺水或水污染可能造成的危害等资料。

（5）地形图资料

收集流域（区域）1:250000 电子地图；

（6）干旱及其他突发事件灾害资料，包括：

- 1) 各市、县历史干旱损失统计资料；
- 2) 灾情记载、场次灾害的水文、气象数据，灾害损失等；

6、流域（区域）基本情况和事件分析

（1）基本概况

主要说明流域(区域)的气候、降水、径流等特征，重点说明水量调出地区、水量调入地区相关情况。

（2）事件分析

根据流域(区域)水资源时空分布、工程布局及供用水形势，研判可能出现的风险事件，通常包括干旱缺水及其他事件，分析各种事件可能发生的时间、影响对象、影响区域、影响程度等。

7、水量调度工程体系

包括调度工程体系、调水线路等内容。

7.1 调度工程体系

说明可能参与应急水量调度的湖泊、水库、水电站、航电枢纽、泵站、闸坝、取水设施、引调水设施等工程的名称、分布位置、规模等情况。

7.2 可能的调水线路

说明针对不同风险事件，实施应急水量调度可供选择的线路和工程规模等。

8、组织管理

(1) 组织体系

确定预案组织体系的组成结构，包括组织实施机构、执行和配合部门(单位)、监督机构。

(2) 组织实施机构

明确预案的组织实施机构及其主要职责。

(3) 执行和配合部门（单位）

明确预案的执行和配合部门（单位及其主要职责）

(4) 监督机构

明确预案监督机构及其主要职责

9、预警和应急响应

(1) 预警

明确预警的内容、等级、方式和发布的程序

(2) 应急响应

根据应急水量调度的紧急和影响程度，合理确定应急响应级别。根据应急响应级别，明确应急响应启动后有关部门和单位需采取的工作措施。

10、预案启动和实施

(1) 启动条件

应急水量调度启动条件应根据事件的具体类型、影响范围、危害程度等综合因素确定应急水量调度启动条件。

(2) 启动程序

当发生干旱缺水、咸潮影响等事件危及供水、生态安全时，有管辖权的水行政主管部门启动应急水量调度预案的程序。

(3) 编制实施方案

当发生干旱等风险事件危及供水、生态安全时，有管辖权的水行政主管部门要根

据当时工程蓄水、江河来水、水量调度需求等实际情况，针对具体风险事件编制实施此次应急水量调度的具体实施方案。

（4）审批实施方案

根据应急水量调度管理权限，明确应急水量调度实施方案的审批单位。

（5）组织实施

明确组织实施的程序和工作内容。

（5）调度结束

明确调度结束的条件和程序。

11、后期工作

（1）后期处置

明确应急水量调度所建临时工程的拆除和恢复，应急水量调度的计量计价，调水工程的维修和养护，临时征用、调用的物资、设备和设施的处置等要求。

（2）效益评估

分析评估应急水量调度所产生的经济、社会和生态效益。

（3）预案评估

明确对应急水量调度预案实施效果评估的要求。

12、保障措施

提出落实应急水量调度工作的组织领导、信息监测、安全措施、经费来源、物资安排、监督检查和宣传培训演练等保障措施。

13、主要成果

（1）报告：

《四川省沱江流域应急水量调度预案》

《四川省涪江流域应急水量调度预案》

《四川省都江堰供水区应急水量调度预案》

《四川省黑龙滩水库应急水量调度预案》

（2）图册：

《四川省沱江流域应急水量调度预案图册》

《四川省涪江流域应急水量调度预案图册》

《四川省都江堰供水区应急水量调度预案图册》

《四川省黑龙滩水库应急水量调度预案图册》

(3) 附件：

主要河流水系、湖泊、水库、水电站、闸坝、取水设施等工程基本情况统计表；
主要水情、工程报送站点表；江河流域应急水量调度对象概化图。

(二) 四川省重点江河水库旱限水位（流量）确定

1、旱限水位（流量）确定的目标

依据 2021 年《全国江河湖库旱限水位（流量）计算方法汇编》中归纳总结的全国各省份、流域机构在干旱预警指标确定工作中的成熟经验和旱限水位（流量）计算方法，结合我省实际情况选取一种或多种方法开展分析计算，确定重点江河水库旱限水位（流量），并绘制四川省重点江河水库分布图、四川省重点江河水库旱限水位（流量）特征值图。

2、旱限水位（流量）确定的范围

根据旱限水位（流量）确定要求，结合我省实际情况，在分析点位选取上考虑长期存在着严重的季节性缺水、工程性缺水、水质环境性缺水问题的流域和断面；重点关注城市生活、生产、生态用水需求；关注有通航、取水保证的河流和河段；充分利用流域多年干旱统计分析成果；重点分析有农业灌溉、企业生产、饮水安全以及下游应急补水需求的水库。

3、旱限水位（流量）确定确定的依据

3.1 政策文件：

(1) 《国家防汛抗旱应急预案》（2006 年 01 月 11 日）。

(2) 《水利部办公厅关于做好开展旱警水位（流量）确定及应用工作的通知》（办防[2022]194 号）。

3.2 标准规范：

(1) 《江河湖库旱限水位（流量）计算规范》（2021 年），中国水利水电科学研究院。

(2) 《河湖生态环境需水计算规范》（SL/Z 712）。

(3) 《水利水电工程水文计算规范》（SL 278）。

(4) 《水资源规划规范》(GB/T 51051-2014)。

(5) 《内河通航标准》(GB 50139-2014)。

(6) 《水域纳污能力计算规范》(GB/T 25173)。

3.3 依据 2021 年《全国江河湖库旱限水位（流量）计算方法汇编》中归纳总结的全国各省份、流域机构在干旱预警指标确定工作中的成熟经验和旱限水位（流量）计算方法，结合我省实际情况选取一种或多种方法开展分析计算，确定重点江河水库旱限水位（流量），并绘制四川省重点江河水库分布图、四川省重点江河水库旱限水位（流量）特征值图。

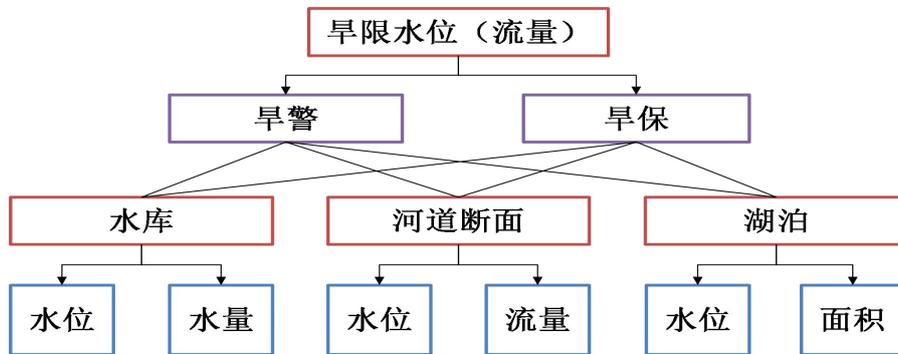
4、旱限水位（流量）确定技术路线

4.1 旱警水位（流量）

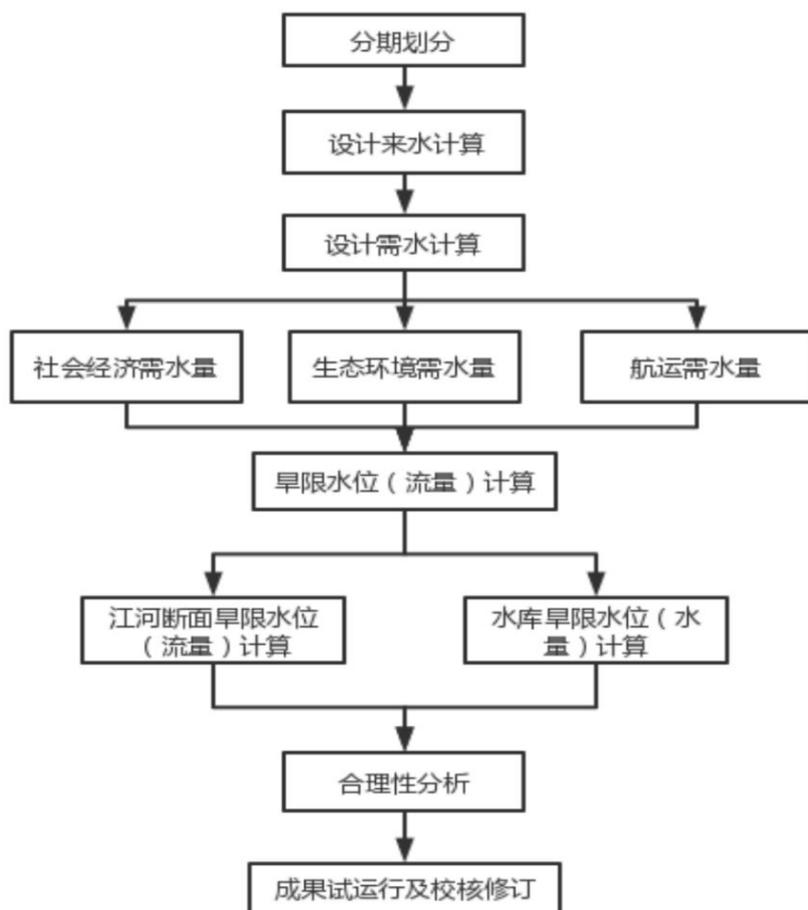
轻度干旱情况下，保障城乡生活、工农业生产、生态环境供水需求的水位（流量）阈值，对应于《国家防汛抗旱应急预案》中 IV 级抗旱应急响应启动的参考指标。

4.2 分级分类

旱限水位（流量）根据不同对象特点可以采用不同的指标形式，分级、分类指标体系如图所示。



旱限水位（流量）分类分指标分级体系图



早限水位（流量）确定技术路线图

5、早限水位（流量）确定报告的内容

四川省重点江河水库早限水位（流量）确定具体实施内容如下：

(1) 根据《四川省重点江河水库早限水位（流量）确定实施方案》，组织实施全省重点江河早限水位（流量）确定工作，审核汇集全省早限水位（流量）分析成果，并对调查、测量、分析成果进行质量控制及合理性分析复核，编制全省重点江河水库早限水位（流量）确定项目报告，绘制四川省重点江河水库分布图、四川省重点江河水库早限水位（流量）特征值图。

(2) 统筹推进全省重点江河早限水位（流量）确定工作，市（州）县跨区域调查、测量任务组织协调，组织开展全省重点江河水库早限水位（流量）宣传、培训和技术审查。

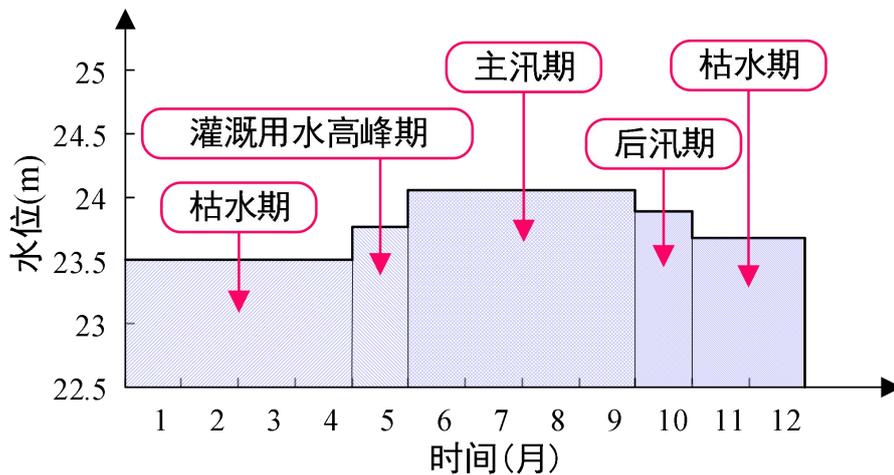
5.1 分期划分

(1) 结合抗早期生产、生活、生态用水需求的优先级和集中程度，划分早限水位

(流量)的预警分期。

(2) 旱限水位(流量)预警分期划分需结合江河湖库水文特征、社会经济需水、生态环境需水和航运需水等规律,建议划分为汛期、非汛期、农业用水关键期、生态关键期等分期。对于来水与需水分期交叉的情况,以需水分期为主。

(3) 旱限水位(流量)预警分期划分应按下图所示进行。



旱限水位(流量)预警分期划分图

5.2 设计来水计算

设计来水计算所需水文气象资料系列应大于30年,资料系列不足30年,通过插补延长得到30年水文资料。按照《水利水电工程水文计算规范》(SL/T 278—2020)要求,审查水文资料的可靠性、一致性、代表性。

(1) 对于江河断面,水文资料主要用于计算生态环境需水量和航运需水量。

(2) 对水库和湖泊,依据《水利水电工程水文计算规范》(SL/T 278—2020)得到与旱警水位(流量)和早保水位(流量)对应的设计来水过程,建议分别取一般枯水年(75%)和特枯水年(95%)的来水过程。

(3) 对于处于跨流域调水系统中的水库和湖泊,需结合引水规则确定入库径流过程。

5.3 设计需水计算

应根据不同行业需水量计算的要求,合理确定需水保障目标和计算范围,选择合适的方法进行计算。需水量可按用户特性分为社会经济用水、生态用水,有通航要求的河湖还要计算航运需水量。

(1) 对于江河断面,需要计算河道外社会经济需水量、河道内生态需水量、航运

需水量。

(2) 对于水库，需要计算社会经济需水量、水库下游生态需水量、水库下游航运需水量。

(3) 对于湖泊，需要计算湖外社会经济需水量、湖内生态需水量、湖内航运需水量。

5.4 旱限水位（流量）计算

旱限水位（流量）计算的本质是在干旱年份来水偏少的情况下，根据生活、生产、生态、航运等行业在不同干旱等级下的需水要求来设定预警指标。

旱限水位优先保障干旱时段社会经济基本用水，生态需水量、航运需水量可根据当地实际情况确定保障程度和优先级。

5.5 合理性分析

(1) 基本要求

干旱事件发生过程具有不确定性，应对旱限水位（流量）的计算结果进行合理性分析，并验证其对干旱预警的效果，作为旱限水位（流量）修正的依据。

根据实际情况采用一种或多种方法进行旱限水位（流量）结果合理性分析。

(2) 分析方法

重现期法。对比实测水位（流量）低于旱限水位（流量）的重现期与历史干旱重现期之间的差距，分析旱限水位（流量）计算结果的合理性。

一致性法。分析实测水位（流量）低于旱限水位（流量）的年份与实际干旱年份的一致性，分析旱限水位（流量）计算结果的合理性。

保证率法。针对初步确定的旱限水位（流量），采用典型年或长系列资料进行调算。对比旱限水位（流量）设置前后各行业供水保证率和破坏深度，判断计算结果的合理性。

5.6 江河断面旱限水位（流量）计算方法汇编

对目前应用较好的流域机构/省份的主要做法进行归纳，目前江河断面旱限水位（流量）计算方法主要有比例折减法、水文频率法、水量叠加法、综合约束法、分级分期综合法。其中，比例折减法和水文频率法计算简单，但要求河道内外供需关系处于一个稳定状态；水量叠加法和综合约束法能够考虑多用户的用水需求，是目前应用较多的方法，但没有考虑年内需水过程的变化，且只有单一预警级别；分级分期综合法则

是综合了前几种方法优点的一种精细化计算方法，能够适用于多种情况的江河断面，并且满足预警分级、指标分期的管理要求。

5.7 水库旱限水位（水量）计算方法汇编

对目前应用较好的流域机构/省份的主要做法进行归纳，目前水库旱限水位（水量）计算方法主要有比例折减法、水量平衡法、分级分期综合法。其中，比例折减法通过历史经验来确定干旱情况下的折减系数，操作简单，但主观性大，要求水库供需关系处于一个稳定状态；水量平衡法根据干早期水库逐月来水与用水情况确定干旱情况下水库的应蓄水量，但是并未进行分级分期的划分，全年使用一个值来预警，管理上不够精细；分级分期综合法则是综合了以上两种方法优点的一种精细化计算方法，并且满足预警分级、指标分期的管理要求。

6、四川省重点江河水库旱限水位（流量）确定成果

- (1) 84处重点江河水库旱限水位（流量）汇总表（1套）。
- (2) 四川省旱限水位（流量）成果汇集报告（1套）。
- (3) 四川省重点江河水库分布图（1张）。
- (4) 四川省重点江河水库旱限水位（流量）特征值图（1张）。

注：报告的知识产权归采购人所有，未经采购人同意，第三方不得使用。

★四、商务要求（各包适用）

序号	内容	要求
1	服务期限	自合同签订之日起270日
2	服务地点	采购人指定地点
3	报价	报价应是完成本项目所有服务内容和招标文件规定的其它全部费用
4	合同价款支付	<p>(1) 合同签订后，且采购人项目预算资金到位、中标单位提供相应票据后15日内支付合同金额的30%；</p> <p>(2) 提供初步成果合同签订生效后，且采购人项目预算资金到位、中标单位提供相应票据后15日内支付合同金额的20%；</p> <p>(3) 项目通过合同验收后，且采购人项目预算资金到位、中标单位提供相应票据后15日内支付合同金额的40%；</p> <p>(4) 项目通过最终验收后，且采购人项目预算资金到位、中标单位提供相应票据后15日内支付合同金额的10%；</p>

5	验收标准及要求	<p>严格按照《财政部关于进一步加强政府采购需求和履约验收管理的指导意见》（财库〔2016〕205号）、《政府采购需求管理办法》（财库〔2021〕22号）的要求进行验收</p>
6	<p>违约责任与解决争议的方法</p>	<p>1.违约责任</p> <p>（1）甲乙双方必须遵守本合同并执行合同中的各项规定，保证本合同的正常履行。</p> <p>（2）如因乙方工作人员在履行职务过程中的疏忽、失职、过错等故意或者过失原因给甲方造成损失或侵害，包括但不限于甲方本身的财产损失、由此而导致的甲方对任何第三方的法律责任等，乙方对此均应承担全部的赔偿责任。</p> <p>2.解决争议的方法</p> <p>（1）合同履行期间,若双方发生争议，可协商或由有关部门调解解决，协商或调解不成的，任何一方均可向甲方住所地有管辖权的人民法院提起诉讼。败诉方应当承担胜诉方为维护权利产生的诉讼费、保全费、公告费、律师费等。</p> <p>（2）如因甲方根据本合同的约定向乙方行使追偿权的，乙方同意甲方可向甲方住所地有管辖权的人民法院提起诉讼，并愿意承担甲方为实现债权产生的诉讼费、保全费、公告费、律师费、保全担保保险费等。</p>