

水利业务“四预”基本技术要求（试行）

中华人民共和国水利部

2022 年 3 月

前 言

国家“十四五”规划纲要明确提出“构建智慧水利体系，以流域为单元提升水情测报和智能调度能力”。国家“十四五”新型基础设施建设规划明确提出“要推动大江大河大湖数字孪生、智慧化模拟和智能业务应用建设”。水利部高度重视智慧水利建设，将推进智慧水利建设作为推动新阶段水利高质量发展的最显著标志和六条实施路径之一，提出“要加快构建具有‘四预’（预报、预警、预演、预案）功能的智慧水利体系”。2021年，水利部印发了《关于大力推进智慧水利建设的指导意见》《智慧水利建设顶层设计》《“十四五”智慧水利建设规划》《“十四五”期间推进智慧水利建设实施方案》等系列文件，明确要求“在业务需求分析的基础上，重点梳理‘2+N’业务的‘四预’流程”，“加强水利设施智慧化改造与建设、数字孪生流域、数字孪生水利工程、‘四预’技术要求等标准制定”，构建智能化业务应用和管理体系。2021年12月23日，水利部召开推进数字孪生流域建设工作会议，要求大力推进数字孪生流域建设，聚焦“2+N”水利业务应用，实现“四预”全覆盖，并尽快出台《水利业务“四预”基本技术要求》。

水利业务“四预”是智慧水利建设的重要组成部分，是数字孪生流域建设的出发点和落脚点，也是检验数字孪生流域建设成果的主要标准。《水利业务“四预”基本技术要求

（试行）》重点针对是什么、建什么、怎么建等问题，细化水利业务“四预”功能的主要内容、技术要求等，并以流域防洪“四预”为例将其主要技术要求以附表方式列出。水资源管理调配、水利工程建设和运行管理、河湖管理、水土保持、农村水利水电等其他“2+N”水利业务“四预”基本技术要求可参照编制。

目 录

1. 目的和范围	1
1.1 编制目的	1
1.2 适用范围	1
2. 编制依据	1
3. 编制要求	3
3.1 总体要求	3
3.2 技术框架	3
4. 基本内涵	6
4.1 预报	6
4.2 预警	6
4.3 预演	6
4.4 预案	6
5. 主要内容及技术要求	7
5.1 预报	7
5.2 预警	9
5.3 预演	11
5.4 预案	13
附表：流域防洪“四预”基本技术要求	14

1. 目的和范围

1.1 编制目的

为规范水利业务“四预”工作，指导具有“四预”功能的“2+N”水利智能业务应用建设，依据《关于大力推进智慧水利建设的指导意见》《智慧水利建设顶层设计》《“十四五”智慧水利建设规划》《“十四五”期间推进智慧水利建设实施方案》等文件要求，特编制《水利业务“四预”基本技术要求（试行）》（以下简称《技术要求》）。

1.2 适用范围

《技术要求》适用于指导各级水行政主管部门开展“2+N”水利业务“四预”工作。《技术要求》以流域防洪“四预”为例提出具体的功能技术要求，见附表。其他“2+N”业务“四预”技术要求可参照编制。

《技术要求》为试行版本，将视实际情况适时调整完善。

2. 编制依据

——《中华人民共和国防洪法》

——《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》

——《关于大力推进智慧水利建设的指导意见》（水信息〔2021〕323号）

——《智慧水利建设顶层设计》（水信息〔2021〕323号）

——《“十四五”智慧水利建设规划》（水信息〔2021〕323号）

- 《“十四五”期间推进智慧水利建设实施方案》（水信息〔2021〕365号）
- 《水情预警发布管理办法（试行）》（国汛〔2013〕1号）
- 《全国洪水作业预报工作管理办法》（办水文〔2018〕152号）
- 《关于加强水文情报预报工作的指导意见》（水文〔2019〕203号）
- 《水利部水旱灾害防御应急响应工作规程（试行）》（水防〔2019〕205号）
- 《山洪灾害监测预警监督检查办法（试行）》（水防〔2020〕114号）
- 《河湖生态流量监测预警技术指南（试行）》（办水文〔2021〕138号）
- 《水资源调度管理办法》（水调管〔2021〕314号）
- 《水文情报预报规范》（GB/T 22482-2008）
- 《水资源规划规范》（GB/T 51051-2014）
- 《洪水调度方案编制导则》（SL 596-2012）
- 《水库调度规程编制导则》（SL 706-2015）
- 《水情预警信号》（SL 758-2018）
- 《洪水预报方案编制技术规定（试行）》（信水情〔2019〕200号）

3. 编制要求

3.1 总体要求

(1) 坚持系统观念。遵循大系统设计、分系统建设、模块化链接的要求，在数字孪生流域基础上，贯通水利业务“四预”全链条，统一技术架构、技术标准，实现水利业务“四预”功能有机集成。

(2) 坚持预字当先。聚焦水利业务“四预”关键环节，加强水利专业模型技术攻关，提高精准度，延长预见期，实现对物理流域全要素和水利治理管理活动全过程的前瞻预演，确保风险提前发现、预警提前发布、方案提前制定、措施提前实施。

(3) 坚持智慧引领。按照“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”要求，加强数字孪生、大数据、人工智能等新一代信息技术与水利业务“四预”的深度融合，提高水利业务“四预”的数字化、网络化、智能化水平。

3.2 技术框架

水利业务“四预”功能基于智慧水利总体框架，在数字孪生流域基础上建设。预报、预警、预演、预案四者环环相扣、层层递进。其中，预报是基础，对水位、流量、水量、地下水位、墒情、泥沙、冰情、水质、台风暴潮、淹没影响、位移形变等水安全要素进行预测预报，提高预报精度，延长预见期，为预警工作赢得先机；预警是前哨，及时把预警信息直达水利工作一线和受影响区域的社会公众，安排部署工程巡查、工程调度、人员转移等工作，提高预警时效性、精

准度，为启动预演工作提供指引；预演是关键，合理确定水利业务应用的调度目标、预演节点、边界条件等，在数字孪生流域中对典型历史事件场景下的水利工程调度进行精准复演，确保所构建的模型系统准确，对设计、规划或未来预报场景下的水利工程运用进行模拟仿真，具备“正向”“逆向”功能，及时发现问题，科学制定和优化调度方案；预案是目的，依据预演确定的方案，考虑水利工程最新工况、经济社会情况，确定工程调度运用、非工程措施和组织实施方式，确保预案的可操作性。通过水利业务“四预”功能的建设，保持数字孪生流域与物理流域交互的精准性、同步性、及时性，实现“预报精准化、预警超前化、预演数字化、预案科学化”的“2+N”智能水利业务应用，有力支撑智慧水利体系 1.0 版建设。水利业务“四预”技术框架见图 1。

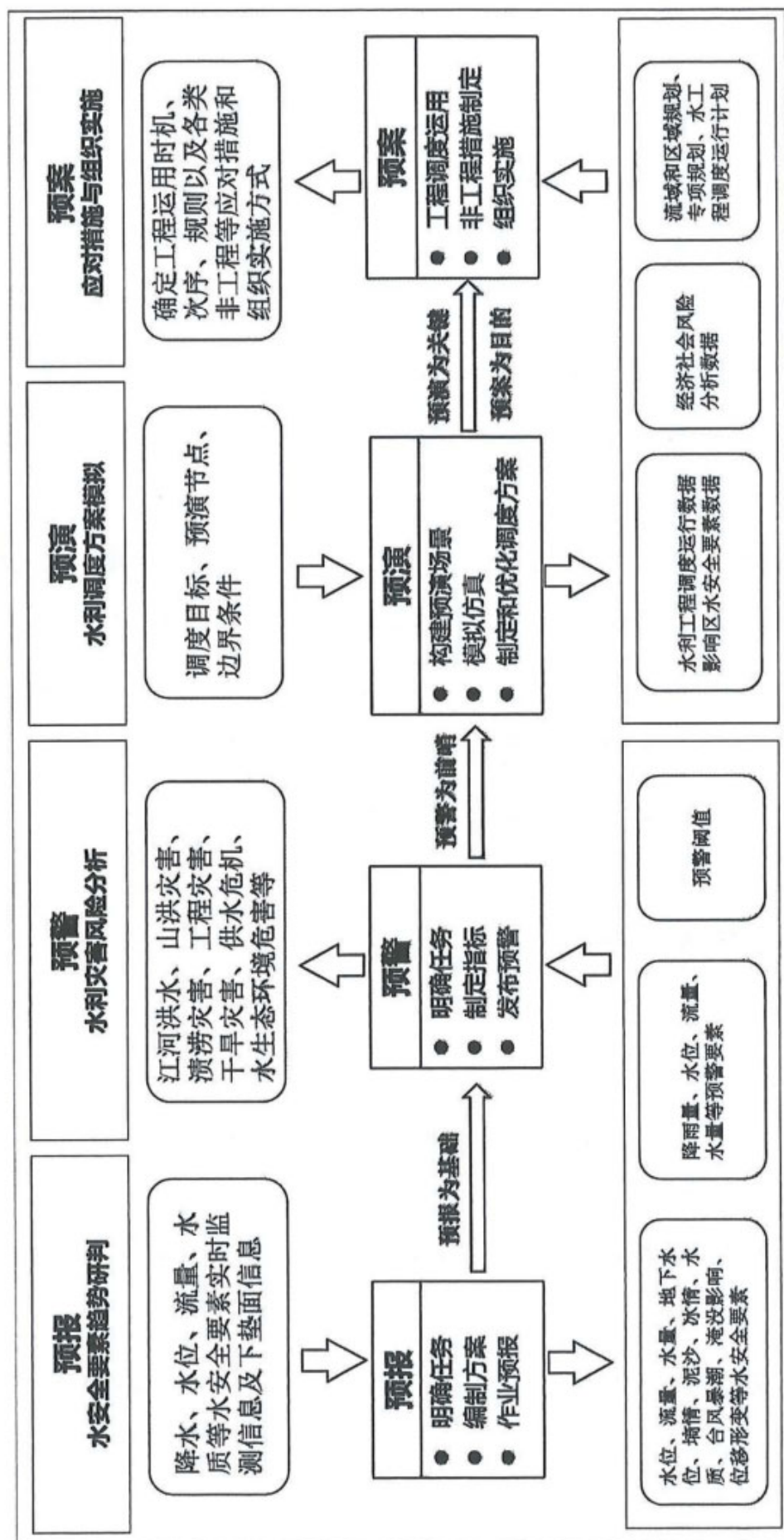


图 1 水利业务“四预”技术框架图

4. 基本内涵

4.1 预报

根据业务需求，遵循客观规律，在总结分析典型历史事件和及时掌握现状的基础上，采用基于机理揭示和规律把握、数理统计和数据挖掘技术等数学模型方法，对水安全要素发展趋势做出不同预见期（短期、中期、长期等）的定量或定性分析，提高预报精度、延长预见期。

4.2 预警

根据水利工作和社会公众的需求，制定水灾害风险指标和阈值，拓宽预警信息发布渠道，及时把预警信息直达水利工作一线，为采取工程巡查、工程调度、人员转移等响应措施提供指引；及时把预警信息直达受影响区域的社会公众，为提前采取防灾避险措施提供信息服务。

4.3 预演

在数字孪生流域中对典型历史事件、设计、规划或未来预报场景下的水利工程调度进行模拟仿真，正向预演出风险形势和影响，逆向推演出水利工程安全运行限制条件，及时发现问题，迭代优化方案，制定防风险措施。

4.4 预案

依据预演确定的方案，考虑水利工程最新工况、经济社会情况，确定水利工程运用次序、时机、规则，制定非工程措施，落实调度机构、权限及责任，明确信息报送流程及方式等，确保预案的可操作性。

5. 主要内容及技术要求

《技术要求》规定了水利业务“四预”关键环节的主要内容和技术要求。其中预报主要包括明确任务、编制方案、作业预报等，预警主要包括明确任务、制定指标、发布预警等，预演主要包括构建预演场景、模拟仿真、制定和优化调度方案等，预案主要包括工程调度运用、非工程措施制定、组织实施等。

5.1 预报

预报功能主要包括：明确任务、编制方案、作业预报等。

5.1.1 明确任务

针对不同水利业务需求及预报目标，确定流域或区域、河湖、水利工程等作为预报对象，相应设定水位、流量、水量、地下水位、墒情、泥沙、冰情、水质、台风暴潮、淹没影响、位移形变等作为预报要素。预报对象应明晰，预报要素应量化，可制作发布短期、中期、长期等不同预见期的预报成果。

5.1.2 编制方案

包括收集资料、构建预报拓扑、选择模型、确定参数、评定方案等。

(1) 收集资料。应基于数据底板，获取能反映预报对象和预报要素历史演变客观规律的系列资料 and 重要特征资料。应对所收集的资料进行质量控制，充分考虑监测站网密度和信息报送情况，满足可靠性、一致性、代表性的要求。

(2) 构建预报拓扑。根据预报任务，以流域或区域为

单元，以水文测站、水利工程、影响区域等为节点构建预报拓扑关系。应明确各节点的水力联系。

（3）选择模型。从水利专业模型平台中选择基于机理揭示和规律把握、数理统计和数据挖掘技术等数学模型方法。应充分考虑模型的适应性，发挥多种模型嵌套融合作用，进行多模型方法参证分析。

（4）确定参数。参数可依据流域或区域下垫面特征直接确定，或依据典型历史事件资料进行率定确定。参数率定应采用智能优选和人工优选相结合的方式。参数应进行敏感性、合理性、可靠性分析，并将最新资料实时滚动纳入模型参数确定。

（5）方案评定。对不同的预报要素应选择合适的指标进行方案精度评定。方案精度应根据相关规定和要求进行等级划分，并提出适用条件。

5.1.3 作业预报

包括制作预报、预报会商、成果发布等。

（1）制作预报。依托预报系统开展作业预报，尽量缩短作业时间，提高时效性。预报系统应采用模块化、微服务、云计算等技术，具有界面友好、响应速度快、运行稳定可靠等特点。制作预报时宜利用多种模型，充分考虑专家经验、历史相似案例，并对多种预报方案进行比较优选。

（2）预报会商。根据规定或需求，组织相关部门进行预报联合会商，充分吸纳各方意见，减少预报不确定性。预报会商应明确边界条件，考虑不确定因素及最不利情况，最

终形成综合意见。

(3) 成果发布。依据相关规定，及时将预报成果报送有关部门，并按照职责权限向社会统一发布。

5.2 预警

预警功能主要包括：明确任务、制定指标、发布预警等。

5.2.1 明确任务

包括行业预警、社会预警等。

(1) 行业预警。面向水利行业，应按照规定的权限和程序，通过传真、蓝信、电话、办公自动化系统、预警信息汇集平台等渠道及时将预警信息直达防御工作一线，满足水行政主管部门应急处置需求。应确保行业预警的权威性、时效性、安全性。

(2) 社会预警。面向社会公众，应按照预警发布管理办法，充分利用信息化技术，采用“线下”“线上”相结合的方式，打通预警信息“最后一公里”，满足社会公众应急避险需求。应确保社会预警全覆盖，不漏一人、不留死角。应编制预警防御指南，确保通俗易懂，指导社会公众做好应对工作。

5.2.2 制定指标

包括确定预警要素、预警等级、预警阈值等。

(1) 预警要素。根据江河洪水、山洪灾害、渍涝灾害、工程灾害、干旱灾害、冰凌灾害、供水危机、水域空间占用、水生态环境危害等水利灾害风险事件，确定降雨量、水位、流量、水量等预警要素。预警要素的实时和预报信息应便于

获取，能及时反映风险事件的实际状况和变化趋势。

（2）预警等级。针对预警不同要素、不同量级，运用定量和定性分析相结合的方法，制定科学合理的等级划分标准，规范相应预警信号的定义、术语、图式和描述等。预警等级应由低至高依次划分，并与相关防御预案、应急响应规程等相协调。

（3）预警阈值。根据预警不同量级、发展态势以及可能造成的危害程度，应明确不同等级预警要素的阈值范围。预警阈值范围应科学合理、简单易行、可操作性强。

5.2.3 发布预警

包括规范流程、内容编制、信息发布等。

（1）规范流程。制定预警发布管理办法，规范预警信息编制、审核、发布、撤销等权限及流程，明确预警发布主体、发布权限、撤销权限、审核流程、发布渠道、发布内容、时限要求和监督检查等。

（2）内容编制。包括发生原因、影响范围、持续时间、预警等级、防御建议等。其中，影响范围应细化至具体的流域水系及区域、地点等，持续时间应考虑预报预测、应对能力、经济社会等因素进行综合确定。预警内容应明确具体，通俗易懂。

（3）信息发布。按照预警发布管理办法，依托预警发布平台，及时发布预警信息。预警发布后应立即采取工程巡查、工程调度、人员转移等措施。预警发布平台应满足预警信息汇集高效性、发布流程规范性、信息传达快速性、监督

检查便捷性等要求。应积极利用三大电信运营商实现预警全覆盖，打通预警发布“最后一公里”。

5.3 预演

预演功能主要包括：构建预演场景、模拟仿真、制定和优化调度方案。

5.3.1 构建预演场景

包括确定调度目标、预演节点、边界条件等。

(1) 调度目标。针对江河洪水、山洪灾害、渍涝灾害、工程灾害、干旱灾害、冰凌灾害、供水危机、水域空间占用、水生态环境危害等水灾害风险事件，应预设不同类型、不同量级的预演场景，确定保护对象、防护标准等。调度目标应合理、可行，与现有的规划等相协调。

(2) 预演节点。依据调度目标，确定参与调度的监测站点、水利工程等。参与调度的水利工程应守住安全底线，实现多目标协调优化，最大程度地减少灾害损失。

(3) 边界条件。依据保护对象主要特征、经济社会发展需要、生态环境保护要求、水利工程现状条件等，确定参与调度的水利工程运行边界，明确安全运行阈值范围等。边界条件应量化。

5.3.2 模拟仿真

包括资料准备、模拟计算、仿真可视化等。

(1) 资料准备。基于数据底板，收集、整理预演相关基本资料，包括气象水文、经济社会、河湖蓄泄能力、水利工程和非工程措施现状情况以及相关规程、方案、计划等。

对所收集的资料应进行合理性和可靠性的分析评价。

(2) 模拟计算。在数字孪生流域和数字孪生水利工程基础上,实现预报与调度的动态交互和耦合模拟。应既可对典型历史事件水利工程调度运用进行精准复演,确保所构建的模型系统正确性,也可对设计、规划或未来预测预报的场景进行前瞻预演。应具备“正向”与“逆向”功能,“正向”功能应预演出风险形势和影响,“逆向”功能应推演出水利工程安全运行限制条件,及时发现问题,制定和优化调度方案。

(3) 仿真可视化。调用模拟仿真引擎和可视化模型,进行水灾害或风险事件的发展变化和水利工程调度运用过程的可视化模拟,实现水安全要素的实时、动态展示。应采用先进的虚拟现实、增强现实等技术手段,实现对物理流域全要素和水利治理管理活动全过程的高保真和轻量化展示。

5.3.3 制定和优化调度方案

包括确定方案、制定防风险措施等。

(1) 确定方案。在模拟计算成果基础上,结合水利工程运行状况、经济社会发展现状等,参考水利调度规则、典型历史案例,利用专家经验和智能分析等,优化确定水利工程运行调度方案。

(2) 制定防风险措施。针对确定的调度方案,提前发现风险和问题,及时采取防风险措施。防风险措施应充分考虑可能出现的最不利情况,守住安全底线,并做到提前制定、超前部署。

5.4 预案

预案功能主要包括水利工程调度运用、非工程措施制定、组织实施等。

5.4.1 工程调度运用

主要包括各类水利工程的运用次序、时机、规则等。应根据预演确定的方案，考虑水利工程最新工况、经济社会情况，明确规定各类水利工程的具体运用方式，确保现实性及可操作性。

5.4.2 非工程措施制定

主要包括值班值守、物料设备配置、查险抢险人员配备、技术专家队伍组建及受影响人员转移等应对措施。其中，物料设备应提前预置，调用和供应应及时通畅。人员转移措施应按照就近就便原则，明确转移方式和路线。水利工程应明确巡查防守措施，出现险情应及时果断处理。

5.4.3 组织实施

主要包括落实水利工程调度运用、物料设备调配、查险抢险、人员转移等措施的执行机构、权限和职责，分类分级明确信息报送内容、方式和要求。

附表：流域防洪“四预”基本技术要求

1. 流域防洪预报基本技术要求

功能描述		主要内容		指标参数或技术要求
紧扣“降雨—产流—汇流—演进”预报环节，加强气象水文、预报调度耦合，建立以流域为单元的短中长期预报体系；建立洪水预报模型参数定数机制，实时滚动分析已发生的洪水规律，提高洪水预报精度，延长洪水预见期。	明确任务	根据预报目标，确定预报对象和要素、精度和预见期等要求。		1. 预报对象包括水文站和水库、大坝、堤防、蓄滞洪区等水利工程。 2. 预报要素包括洪峰水位（流量）及峰现时间、洪量、水位（流量）过程等。 3. 根据预报要求进行确定性预报、集合预报或风险预报，预报精度应满足防洪要求。 4. 应充分利用降雨数值预报成果，延长洪水预见期。
		收集资料	包括水文气象资料、大断面资料、防洪特征值、数字高程资料、土地利用资料、水位流量关系曲线、水位库容和泄流能力曲线等。	1. 应至少每5年进行一次流域查勘，了解掌握流域下垫面及水利工程变化情况；发生较大洪水后，应及时进行流域查勘。 2. 水文气象资料长度不少于10年，应包括大、中、小洪水场次；场次洪水资料在湿润地区和干旱地区应分别不少于50次、25次；如资料系列无法满足上述要求，应收集建站以来所有资料。 3. 资料质量应通过可靠性、一致性、代表性审查。
	编制方案	构建预报拓扑	以流域为单元，以水文站、水利工程等为节点，构建流域水文预报的拓扑关系。	1. 有防洪任务的水利工程节点应纳入拓扑关系。 2. 水文站、水利工程等预报节点的水力联系应明确。
		选择模型	从水利专业模型平台选择合适的洪水预报模型，包括集总式水文模型、分布式水文模型、水动力学模型、大数据分析模型等。	1. 基于机理揭示和规律把握的水文模型应符合流域水文特性，能够客观反映流域产汇流、洪水演进规律。 2. 统筹运用好基于机理揭示和规律把握的数学模型、基于数理统计和数据挖掘技术的数学模型，实现多模型方法参证分析。
		确定参数	根据流域地形地貌、土地利用等下垫面资料及水利工程情况直接确定模型参数，或根据历史洪水资料，对水文模型参数进行率定。	1. 参数确定应智能优选和人工优选相结合，应对参数进行敏感性、合理性、可靠性分析。 2. 对于无资料地区，应根据流域空间分布特性，移植具有相似水文条件的邻近流域参数。 3. 应将已发生的洪水实时滚动纳入模型参数率定。
作业预报		评定方案	对不同预报要素（如洪峰流量、洪水过程等），选择相应的评价指标（如合格率或确定性系数）进行精度评定，并提出适用条件。	1. 精度评定应使用参与洪水预报方案编制的全部资料，精度检验应使用未参与洪水预报方案编制的资料（不少于2年）。 2. 洪峰水位（流量）、峰现时间、洪量等要素应使用合格率指标评定，洪水过程应使用确定性系数指标评定。 3. 方案精度等级按精度评定合格率划分为甲、乙、丙三级，当检验精度等级低于方案精度等级时，分析原因后无法增加资料再检验的，方案应降级使用。 4. 应按照方案评定结果明确适用条件。洪水预报方案精度达甲、乙两个等级，可用于发布正式预报；方案精度达丙级，可用于参考性预报；方案精度丙级以下，只能用于参考性估报。
		制作预报	依托预报系统，考虑降雨预报及水利工程运用情况，开展洪水预报。	1. 预报系统应具备自动预报、人机交互、多模型选择、多方案参证等功能，应具有界面友好、响应速度快、运行稳定可靠等特点。 2. 制作预报应利用多种模型并充分考虑专家经验、历史相似洪水，应针对多种预报方案进行比较优选。 3. 制作预报应提高时效性，一般应在1.5小时内完成。
		预报会商	应根据规定或需求，组织相关水文机构进行洪水预报联合会商。	1. 应根据水情发展程度，明确会商启动条件。 2. 应明确预报降雨、水利工程运用等边界条件，以及不确定因素。 3. 应形成明确的综合意见。
		成果发布	依据相关规定，对预报成果进行统一发布。	1. 发布前应严格履行审核、签发等程序。 2. 应及时报送防御部门。 3. 应按照规定权限向社会统一发布。

2. 流域防洪预警基本技术要求

功能描述		主要内容		指标参数或技术要求
明确预警任务，制定预警指标，规范预警发布，及时将预警信息直达水旱灾害防御一线，直达受影响区域社会公众，预警发布后及时采取工程巡查、工程调度、人员转移等响应措施。	明确任务	行业预警	面向水利行业，发布强降雨过程、江河洪水、山洪灾害风险等预警，直达防御工作一线。	1. 强降雨过程、江河洪水预警信息应及时直达水利防御部门、工程管理部门。 2. 水库暴雨洪水预警信息应及时直达“三个责任人”。 3. 山洪灾害风险预警信息应及时直达山洪灾害防御责任人和监测预警人员。 4. 应采用传真、蓝信、电话等“线上”预警渠道，确保信息权威性、及时性、安全性。
		社会预警	面向社会公众，发布江河洪水、山洪灾害风险等预警，打通预警发布“最后一公里”。	1. 应由职能部门统一权威发布，确保信息统一、准确、可靠。 2. 宜采用短信、微信、APP、移动通信、网站、电视、广播等线上预警渠道，结合敲锣打鼓等传统线下渠道，确保预警全覆盖。 3. 应编制预警防御指南，确保通俗易懂，指导社会公众做好应对工作。
		预警要素	根据防御要求，选择降雨量、水位、流量、水量等预警要素。	1. 应根据水文站点、水库等预警对象，选择合适的预警要素。 2. 预警要素应具有较好的报讯条件，宜选择具有预报能力的要素。
	制定指标	预警等级	依据洪水量级及发展态势，以及可能造成的危害程度划分预警级别。	1. 江河湖库洪水预警等级由低至高依次为蓝色预警、黄色预警、橙色预警、红色预警，分别对应小洪水、中洪水、大洪水、特大洪水。 2. 山洪灾害风险预警等级由低至高依次为蓝色预警、黄色预警、橙色预警、红色预警，分别对应低（可能发生）、中（可能性较大）、高（可能性大）、极高（可能性很大）。
		预警阈值	确定预警要素不同预警等级的预警阈值范围。	1. 江河洪水预警宜参照警戒水位（流量）、保证水位（流量）、防洪高水位、设计水位等防汛指标以及历史最高水位（最大流量）等特征值指标，按四级预警来划分确定。 2. 山洪灾害风险预警应采用 1-24 小时网格（或区域）降雨量，考虑前期降雨或土壤含水量状态等，按四级预警来划分确定。
		规范流程	明确预警信息编制、审核、发布、撤销等权限及流程。	1. 应制定预警发布管理办法，包括但不限于发布单位、发布时间、发布流程、预警指标表、预警内容等。 2. 江河洪水预警由水文机构按照管理权限向行业统一发布，其中红色和橙色两级洪水预警发布需经同级水旱灾害防御部门审核。 3. 强降雨过程、水库暴雨洪水、山洪灾害风险预警按照管理权限向行业、社会统一发布。
	发布预警	内容编制	包括发生原因、影响范围、持续时间、预警等级、预防建议等。	1. 预警内容应明确简洁、通俗易懂，避免使用专业性太强的术语。 2. 预警应根据洪水防御要求及预测的雨水情。 3. 预警影响范围应具体到流域水系或行政区域、地点等，满足直达水利防御一线及受影响区域社会公众的需求。
		信息发布	按照预警发布管理办法，依托预警汇集发布平台及时发布预警，及时安排部署应对措施。	1. 预警应根据实测或预报的雨水情滚动发布，充分发挥“以测补报”的作用。 2. 预警应根据洪水防御要求尽量提前发布。 3. 预警发布宜通过电信运营商等渠道实现全覆盖。 4. 预警发布后应及时采取工程巡查、工程调度、人员转移等措施。 5. 预警汇集发布平台宜具备高效汇集、及时发布、流程规范、统计查询、个性订阅、主动推送等功能。

3. 流域防洪预演基本技术要求

功能描述	主要内容		指标参数或技术要求
	调度目标	主要内容	
基于流域防洪数字孪生系统，对已发生的洪水进行精细化预演，验证模型准确性，再对可能发生的洪水进行模拟计算，制定调度方案，提前发现问题，采取防范措施，确保安全、合理、可行。	构建预演场景	通过对预测预报的水情进行模拟，提早发布预警，确定保护对象及防护标准。	1. 应与防洪规划相协调，依据洪水调度方案预案确定调度目标。 2. 确保重点、兼顾一般，尽可能使防洪与综合利用目标相结合。 3. 应考虑历史典型洪水、设计洪水、预测预报水情、防洪工程工况等合理设定调度目标。
	预演节点	确定要纳入调度场景的水文测站以及水库、堤防、闸坝、蓄滞洪区等防洪工程。	1. 一般情况下，首先利用堤防挡水，充分发挥河道的滞洪作用。 2. 针对超过河道现状泄洪能力的洪水，应充分发挥水库的拦洪错峰和削峰作用，适时运用蓄滞洪区分蓄洪水，以保障重要保护对象的防洪安全。 3. 针对超标洪水，从整体利益出发，按照牺牲局部、保重点的原则，可采取放弃局部地区等非蓄措施，放弃相对较低标准的地方，主动承担速度风险，保障重要堤防安全。
	边界条件	包括洪水预报的边界条件以及河道、堤防、水库、蓄滞洪区等防洪控制节点的控制运用指标。	1. 洪水预报应有过程预报，满足预报的精度要求。 2. 工程的控制运用指标应在数据底板中规则化、数字化，并以水位、流量等方式进行量化。 3. 工程的控制运用指标应与工程设计指标相衔接，并根据最新工况进行复核确定。
	资料准备	由数据底板获取调度目标和节点相关的气象水文资料、经济社会资料、堤防水库蓄滞洪区等工程资料。	1. 气象水文资料应包括有关降雨、水位、流量等实测资料以及历史暴雨洪水、冰凌洪水、风storm等。 2. 经济社会资料应包括流域或区域社会经济现状指标、各防洪保护区、蓄滞洪区、泛洪区等。 3. 工程资料应包括堤防、水库、蓄滞洪区、分洪道、涵闸和泵站等工程设施资料以及河道或堤防的警戒水位、保证水位、经批准的防御洪水方案、水库调度规程、政策法规等非工程措施现状资料。 4. 应对资料的合理性、可靠性等进行分析评价。
模拟仿真	模拟计算	基于预演场景的调度目标、节点、边界条件等，对洪水过程进行模拟计算。	1. 洪水预报调度计算模型应经审定，并用两场以上已经发生的典型历史洪水进行复盖验证，满足精度要求后方可使用。 2. 应具备对可能发生的预测预报水情进行工情险情灾情前瞻性预演的功能。 3. 应具备发现问题、风险评估、迭代优化等功能，可实现多目标协调优化。 4. 模拟计算应具备双向预演功能，正向预演洪水风险形势和影响，逆向推演水利工程运用的安全水位等。
	仿真可视化	进行水文灾害或风险事件的发展变化和水利工程进度运用过程的可视化模拟。	1. 应在数字孪生流域和数字孪生水利工程基础上调用数字孪生可视化模型，应采用先进的虚拟现实、增强现实等技术，增强现实等技术。 2. 应实现预演全过程的仿真，包括洪水演进、洪水淹没、堤防挡水、分洪道行洪、水库调度运用、泵站排涝、蓄滞洪区进退洪及扒口复堵等过程的展示。 3. 应具备二、三维全时空、轻量化展示功能，实现数字孪生流域模拟过程和流域物理过程高保真。
	制定和验证调度方案	在问题发现、风险评估、迭代优化的基础上，考虑防洪工程最新的运行工况、经济社会情况等，确定最佳方案，确保合理、可行。	1. 应统筹协调上下游、左右岸、干支流的关系，充分发挥防洪体系整体效益。 2. 宜参考历史洪水调度案例。 3. 宜充分考虑专家经验，采用智能分析模型辅助决策。
制定防洪风险措施	制定防洪风险措施	针对确定的调度方案，提前发现风险和问题，及时采取防洪风险措施。	1. 应充分考虑可能出现的最不利情况，守住安全底线。 2. 应提早制定防洪风险措施，做到超前部署。

4. 流域防洪预案基本技术要求

功能描述		主要内容		指标参数或技术要求
依据预案确定的方案，考虑水利工程最新社会经济状况，确定防洪工程运用、人员转移等非工程措施并组织实施，确保预案的可操作性。	工程调度运用	明确河道堤防、水库及蓄滞洪区等水利工程的运用次序、时机、规则等。		1. 河道堤防、水库、蓄滞洪区等水利工程运用应具体明确，确保现实性和可操作性。 2. 应合理利用堤防、分洪道、水闸、泵站等河道工程措施，充分发挥河道的行洪与调蓄作用。 3. 水库防洪调度应保证水库自身防洪安全的前提下，表出水库运用的时机和方式，明确不同条件下的控制水位和泄量。 4. 蓄滞洪区如建有进洪闸、退洪闸，应明确调度规则，如需临时扒口运用，应明确扒口的地点、口门宽度和时机。
	非工程措施制定	包括值班值守、防汛物料设备配置、查险抢险人员配备、技术专家队伍组建、受影响人员转移等措施。		1. 应提前预置储备防洪物料及设备，运输、调用及供应过程应及时、通畅。 2. 人员转移避险措施应实行就近就便原则，转移方式和路线应明确，应在规定时间内将受灾群众全部转移完毕，确保人员安全。 3. 应切实落实水利工程施工巡查防守措施，一旦出现险情应及时果断处理。
	组织实施	包括落实执行机构、权限和职责，明确信息报送要求等。		1. 应明确各类防洪工程调度方案提出、审批、报备和实施等环节责任单位。 2. 应明确工程巡查、工程调度、工程转移等相应责任主体和组织实施单位。 3. 信息报送应分类表述、分级报送，明确防洪工程调度上报内容、方式和要求。