

附件 2

《堤防隐患探地雷达与瞬变电磁雷达组合
探测规程》
(征求意见稿)
编制说明

主编单位： 中国水利水电科学研究院
北京国电经纬工程技术股份有限公司
二〇二六年十月

目 录

一、工作简况	1
1.1 任务来源	1
1.2 编制目的	1
1.3 主要工作过程	2
1.4 主要编制单位及其所做的工作	2
二、确定团体标准主要技术内容依据	5
2.1 标准编制原则	5
2.2 标准技术指标确定的依据	6
2.3 标准制定的主要内容	8
三、主要试验(或验证)的分析、综述报告和预期效益	9
3.1 技术方法的确定过程	9
3.2 综述报告	11
3.3 预期效益	13
四、标准中涉及的知识产权情况说明	14
五、采用国际标准和国外先进标准的情况	14
六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系	15
七、重大分歧意见的处理经过和依据	15
八、贯彻标准的要求和措施建议	15
九、废止现行相关标准的建议	15
十、其他应予说明的事项	15

编制说明

一、工作简况

1.1 任务来源

本标准由中国水利企业协会批准编制。根据“中国水利企业协会关于批准团体标准《堤防隐患探地雷达与瞬变电磁雷达组合探测规程》立项的通知（中水企〔2025〕11号）”“中国水利企业协会关于明确团体标准《堤防隐患探地雷达与瞬变电磁雷达组合探测规程》编制任务的函（中水企函〔2025〕28号）”，编制本标准。

1.2 编制目的

本标准编制旨在解决现有堤防隐患探测通用及行业标准针对性不足、物探方法单一、组合探测技术缺失、作业流程不规范导致隐患识别不准、成果可靠性不足、检测质量参差不齐及采购与招标依据不统一等痛点。通过制定权威团体标准，填补堤防隐患探地雷达与瞬变电磁雷达组合探测技术标准空白，明确设备要求、工作流程、技术指标、数据处理、资料解释与质量评价方法，为各级水利工程探测、防汛安全检查、堤防除险加固及物资与服务采购招标提供统一依据，有效降低重复检测成本与社会运行成本。同时，标准落实国家防灾减灾救灾与水利工程安全运行规划要求，引导物探产业向高端化、集成化、标准化转型，遏制以次充好、作业不规范等现象，提升堤防隐患识别

精度、探测效率与工程安全保障能力，从而更好地保护人民群众生命财产安全，并间接促进水利工程长效运维与生态安全效益。

1.3 主要工作过程

2025 年 2 月，中国水利水电科学研究院组织有关单位，成立标准编制组，启动标准编制工作。

2025 年 2 月—4 月，收集国内外相关标准及研究资料。开展标准编制前期调研和意见征询工作，与头部生产企业、检测单位和应用单位等进行深入沟通。确定工作计划，起草标准编制大纲，完成标准初稿。

2025 年 4 月 17 日，中国水利企业协会在北京组织召开立项审查会，批准标准立项，并明确将原拟标准名称《堤防组合雷达探测规程》修改为《堤防隐患探地雷达与瞬变电磁雷达组合探测规程》。

2025 年 4 月—5 月，编制组主编单位根据立项会评审专家对意见对《堤防隐患探地雷达与瞬变电磁雷达组合探测规程》初稿进行了修改，完善标准编制内容。

2025 年 6 月—2026 年 8 月，编制组进一步对标准进行完善修改，形成《堤防隐患探地雷达与瞬变电磁雷达组合探测规程》征求意见稿。

1.4 主要编制单位及其所做的工作

本标准由中国水利水电科学研究院与北京国电经纬工程技术股份有限公司联合主编，北京中水润科认证有限责任公司、山东智洋上

水信息技术有限公司、北京市市政工程研究院、广东省北江流域管理局、浙江省钱塘江流域管理中心、南水北调集团北京京水建设集团有限公司、中国安能一局广西安澜科技发展有限公司参与编制。

各参编单位有关技术人员多次共同调研和研讨，反复斟酌确定标准的相关技术内容和章节，完成标准编制工作。

各参编单位及人员的具体分工如表 1 所示。

表 1 编制单位人员分工表

主要编制单位	主要起草人员	主要负责工作
中国水利水电科学研究院	钱 峰	主持标准整体编制工作，负责技术路线确立、组织架构设计及全过程统筹协调。
	吴泽斌	负责构建标准整体框架，审核标准全部章节内容及关键技术指标。
	王 帆	负责标准全文的格式统一、文字校对；负责第 8 章 8.2 节中具体技术指标的细化编写。
	张大伟	负责第 3 章术语和符号的编写与校核。
	鲁明达	负责第 4 章 4.1 节中具体技术指标的细化编写。
	宋文龙	负责第 8 章 8.5 节中具体技术指标的细化编写。
	柴福鑫	负责第 8 章 8.4 节中具体技术指标的细化编写。
	穆 杰	负责第 4 章 4.2 节中具体技术指标的细化编写。
	王玮琦	负责第 5 章 5.1 节中具体技术指标的细化编写。

主要编制单位	主要起草人员	主要负责工作
	毕吴瑕	负责第 5 章 5.3 节中具体技术指标的细化编写。
	林文青	负责第 5 章 5.6 节中具体技术指标的细化编写。
	祁 昕	负责第 5 章 5.5 节中具体技术指标的细化编写。
	张延逸	负责第 5 章 5.7 节中具体技术指标的细化编写。
	侯伟亚	负责第 5 章 5.4 节中具体技术指标的细化编写。
	严 俊	负责第 5 章 5.2 节中具体技术指标的细化编写。
	刘 顺	负责第 9 章 9.2 节中具体技术指标的细化编写。
北京国电经纬工程技术股份有限公司	王 伟	负责第 9 章 9.3 节中具体技术指标的细化编写。
	阮跃东	负责第 6 章 6.3 节中具体技术指标的细化编写。
	方 坤	负责第 6 章 6.1 节中具体技术指标的细化编写。
	李世浩	负责第 6 章 6.4 节中具体技术指标的细化编写。
	谭 珂	负责第 6 章 6.5 节中具体技术指标的细化编写。
	赵京利	负责第 6 章 6.2 节中具体技术指标的细化编写。
北京中水润科认证有限责任公司	田艳哲	负责第 6 章 6.7 节中具体技术指标的细化编写。
	刘行刚	负责第 6 章 6.6 节中具体技术指标的细化编写。
	盖红星	负责第 6 章 6.8 节中具体技术指标的细化编写。

主要编制单位	主要起草人员	主要负责工作
山东智洋上水信息技术有限公司	沈乃政	负责第 9 章 9.1 节中具体技术指标的细化编写。
中水北方勘测设计研究有限责任公司	王志豪	负责第 7 章 7.1 节中具体技术指标的细化编写。
	李国瑞	负责第 7 章 7.2 节中具体技术指标的细化编写。
	刘占兴	负责第 7 章 7.6 节中具体技术指标的细化编写。
中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司	李永铭	负责第 4 章 4.3 节中具体技术指标的细化编写。
	杨 冶	负责第 4 章 4.4 节中具体技术指标的细化编写。
中水东北勘测设计研究有限责任公司	王春阳	负责第 7 章 7.5 节中具体技术指标的细化编写。
	宋伟健	负责第 7 章 7.4 节中具体技术指标的细化编写。
	陈 鑫	负责第 7 章 7.3 节中具体技术指标的细化编写。
中国南水北调集团水网智慧科技有限公司	刘 琴	负责第 8 章 8.6 节中具体技术指标的细化编写。
	侯召成	负责第 8 章 8.3 节中具体技术指标的细化编写。
	郑 钧	负责第 8 章 8.1 节中具体技术指标的细化编写。

二、确定团体标准主要技术内容依据

2.1 标准编制原则

(1) 适用性原则

本标准聚焦探地雷达与瞬变电磁雷达组合探测在堤防隐患诊断

场景中的技术应用，相关技术内容和要求紧贴堤防工程实际、水文地质条件与现场作业环境，确保标准在水利物探行业内具有明确的适用范围和实用价值。

（2）可操作性原则

针对探测流程、设备参数、数据处理及成果解译等各项技术和性能要求，明确现场作业方法、质量检查规则与成果评价依据，确保检测与施工单位的可操作性。

（3）统一性原则

统一性是对标准编写及表达方式的最基本的要求，确保标准的内部统一，标准的结构、文体和术语保持一致。

（4）协调性原则

协调性强调的是标准之间的整体协调，与已发布的国标、行标保持协调。

（5）规范性原则

按照 GB/T1.1—2020《标准化工作导则第 1 部分:标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

2.2 标准技术指标确定的依据

2.2.1 范围确定

本标准规定了应用探地雷达与瞬变电磁组合雷达进行堤防隐患探测的方案设计、工作方法、数据采集、资料处理与解释、质量评价及报告编写等技术要求。

本标准适用于江河湖海堤防应用探地雷达与瞬变电磁组合雷达进行隐患探测，探测各类目标体的深度在 20m 以内，在工作中除应符合本技术规程外，尚应符合国家、行业现行有关标准的规定。

2.2.2 规范性引用文件的确定

下列文件对于本文件的应用必不可少。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 50286 堤防工程设计规范

SL/T 291.1 水利水电工程勘探规程第一部分：物探

SL 436 堤防隐患探测规程

SL 734 水利工程质量检测技术规范

SL 713 水工混凝土结构缺陷检测技术规程

NB/T 10133 水电工程探地雷达检测技术规程

SL/T 79-1 堤防工程安全监测技术规程

DB33/T 852 海塘工程安全评价导则

SL 188 堤防工程地质勘察规范

2.2.3 技术指标确定的依据

该标准的技术指标是参考《堤防工程设计规范》(GB 50286)、《堤防隐患探测规程》(SL 436)、《水利水电工程勘探规程 第一部分：物探》(SL/T 291.1)、《水电工程探地雷达检测技术规程》(NB/T 10133)等国家与行业现行标准，对堤防隐患探测现有技术要求进行补充和完善，并根据堤防工程现场探测、数据采集、处理解译及成果验证的实

际技术文件要求明确了指标的检验检测与质量评价方法。

具体而言，标准在现有物探与堤防检测技术指标的基础上，增加了探地雷达与瞬变电磁雷达组合探测工作装置、设备性能参数、时窗与采样率、叠加次数、定位精度、图像解译特征、隐患识别判定、质量检查与误差控制等要求，并统一了作业流程与验证方法，以解决原有标准中组合探测无对应技术指标、方法不适用、评价依据不统一等问题。

2.3 标准制定的主要内容

本标准包括 9 个章节：

1 范围：规定了堤防隐患探地雷达与瞬变电磁雷达组合探测的方案设计、工作方法、数据采集、资料处理解释、质量评价及报告编写等全流程技术要求，明确适用于江河湖海堤防 20m 以内各类隐患探测。

2 规范性引用文件：列出了 GB 50286、SL 436、SL/T 291.1、NB/T 10133 等 9 项国家标准与水利行业标准，作为本文件术语、方法、精度与质量控制的依据。

3 术语与定义：界定了堤防隐患、探地雷达、瞬变电磁雷达、组合雷达、可控时窗、视电阻率、异常区域等关键专业术语及其具体含义。

4 基本规定：明确应用对象、使用条件、工作装置与工作流程，确定普查与详查阶段要求、测线布设原则与作业基本要求。

5 探测系统：规定探地雷达、瞬变电磁雷达、高精度定位、高清摄像、移动平台及综合数据处理平台的组成、性能指标与配置要求，给出天线频率、探测深度、时窗范围、动态范围、定位精度等关键参数限值。

6 方案设计：明确工作任务、资料收集、现场踏勘、方法有效性分析、方法试验、工作参数选择、工作精度及方案编写要求，给出参数计算公式与配置原则。

7 探测：规定探测准备、数据采集、数据处理、资料解释与验证、质量检查与评价的作业要求，统一现场操作、异常判定、误差控制与质量等级标准。

8 成果：明确雷达数据解译、隐患位置信息、异常定位与验证、成因分析及处置建议、探测报告编制等成果要求，规范成果输出与验证流程。

9 堤防隐患信息管理：规定隐患数据库建设、信息管理系统功能、数据格式、编码规则与安全要求，支撑堤防隐患信息化管理。

三、主要试验(或验证)的分析、综述报告和预期效益

3.1 技术方法的确定过程

堤防隐患探测作为堤防工程安全运行的关键技术环节，其探测精度与可靠性直接关系到渗漏、管涌、裂缝、脱空等险情的早期识别与应急处置。长期以来，我国堤防隐患探测多采用单一物探方法，缺乏针对堤防复杂工况（分层填筑、含水率不均、地下水位波动、堤身结

构多样)的探地雷达与瞬变电磁雷达组合探测专用技术体系与验证方法,导致隐患识别准确率不一、成果规范性不足、现场可操作性不强。

为确立科学、适用、可落地的技术方法,编制组开展了以下工作:

(1)文献与标准梳理:系统分析了 GB 50286《堤防工程设计规范》、SL 436《堤防隐患探测规程》、SL/T 291.1《水利水电工程勘探规程 第一部分:物探》、NB/T 10133《水电工程探地雷达检测技术规程》等相关标准。发现现有规范对探地雷达、瞬变电磁雷达分别提出技术要求,但缺少组合探测的工作流程、参数匹配、异常印证、质量评价与成果输出等系统性规定,部分关键指标如可控时窗、叠加次数、定位精度、采样间距等缺乏统一量化要求。

(2)工况调研与需求分析:编制组深入全国多省区江河湖海堤防现场、水利工程管理单位及物探检测机构调研,并与一线探测人员、地质专家、堤防管理人员座谈。调研发现,堤防隐患探测面临三大核心难题:一是单一方法识别局限性,探地雷达对空洞、脱空敏感但对低阻含水区分辨不足,瞬变电磁雷达对渗漏、高含水区域敏感但分辨率有限;二是现场干扰复杂,金属管线、高压线路、路面铺装、堤身不均匀易造成假异常;三是成果不统一,不同单位参数设置、解译标准、验证方式差异大,难以作为招标采购与加固设计依据。

(3)试验方法比选与验证:

组合探测模式:编制组对比了“先后探测、分别解译”与“同步采集、联合解译”两种模式,结合堤防快速巡检需求,最终确定同步移动、同点采集、联合解译的组合探测方法,明确探地雷达采用剖面

法、瞬变电磁雷达采用重叠回线/中心回线装置，实现优势互补。

参数匹配试验：针对不同深度隐患，开展多组天线频率、时窗、采样率、发射电流、叠加次数对比试验，确定堤防 20m 以浅探测的最优参数组合，明确天线频率、回线边长与探测深度的对应关系，解决参数设置盲目性问题。

异常印证方法：建立“雷达图像异常+视电阻率异常+定位信息+现场工况”的四级印证规则，明确洞穴、裂缝、松软层、渗漏、管涌等典型隐患的联合响应特征，提升隐患识别准确率。

质量控制方法：通过重复性试验、一致性试验、对比验证试验，确定探测误差、深度误差、定位精度、信噪比等控制指标，形成可量化、可考核的质量评价体系。

（4）指标阈值确定：基于全国多个典型堤防断面的实测数据、钻孔验证结果及多家检测单位设备性能比对，结合现行行业标准指标，确定了动态范围、可控时窗、定位精度、叠加次数、采样间隔、异常验证准确率等关键指标阈值，既保证探测可靠性，又适配主流设备性能与工程应用现状。

3.2 综述报告

本标准编制工作严格遵循团体标准制定程序，主要经历了立项审查、起草调研、专家咨询及意见处理四个关键阶段。各阶段共收集意见建议 40 余条，编制组对所有意见均进行了认真研究、逐条分析，并充分吸纳合理内容。具体情况如下：

（一）立项审查阶段

2025 年 4 月 17 日，中国水利企业协会组织召开立项审查会。专家组一致认为标准立项必要，填补了行业空白。

主要意见：建议将标准名称由《堤防组合雷达探测规程》修改为《堤防隐患探地雷达与瞬变电磁雷达组合探测规程》，以更准确反映标准属性；强调要做好与国标、行标的衔接。

处理情况：编制组完全采纳，已修改标准名称，并在编制过程中重点梳理了与 SL 436、SL/T 291.1、NB/T 10133 的异同，统一了作业流程与验证方法，以解决原有标准中组合探测无对应技术指标、方法不适用、评价依据不统一等问题。

（二）起草调研与初稿形成阶段

2025 年 2 月至 12 月，编制组完成了资料收集、大纲起草及多轮内部研讨。

主要工作：编制组深入全国多省区江河湖海堤防现场、水利工程管理单位及物探检测机构调研，收集了不同堤型、不同隐患类型的探地雷达与瞬变电磁雷达组合探测实测数据与工程案例；完成了标准框架搭建、技术条款论证及标准初稿、征求意见稿的编写。

主要意见及处理情况：

（1）关于使用条件：应明确需避免的积水积雪深度。

处理：采纳。考虑到 1cm 的浅水可能严重干扰雷达信号，4.2.1 明确探测工作应避免在路面有超过 1cm 深的积水或积雪时进行。

（2）关于移动平台及辅助设备：需明确移动平台的各项参数。

处理：采纳。补充平台的移动速度、垂向承载能力与横向牵引力。

（3）关于瞬变电磁雷达的装置形式：需详细说明或通过示意图展示。

处理：采纳。增加了图 1 至图 5 对装置形式进行直观展示。

（4）关于信息管理系统：专家建议充分考虑国产化要求，根据国家信创要求修改完善。

处理：采纳。明确信息管理系统宜选用国产地理信息系统平台，并具备二次开发接口，满足后续地理信息应用开发需要。

（5）其他意见处理：对于加快标准发布、探索纳入政府采购及认证体系等建议，编制组已在“贯彻标准要求”章节中制定了相应的宣贯和实施计划。

3.3 预期效益

开展《堤防隐患探地雷达与瞬变电磁雷达组合探测规程》的编制与实施，将产生显著的社会、经济和行业效益：

（1）提升堤防安全与防汛减灾能力

通过统一组合探测技术要求、隐患识别指标与质量评价体系，大幅提高洞穴、裂缝、渗漏、管涌、脱空等堤防隐患的检出率与定位精度，实现险情早发现、早处置，提升堤防工程运行安全与汛期防灾减灾保障水平，切实保护人民群众生命财产安全。

（2）规范探测市场，降低社会综合成本

解决当前因方法不统一、参数不规范、解译不一致导致的探测质

量参差不齐、低价无序竞争等问题，为各级水利部门、建设单位、检测机构提供权威技术依据，减少重复勘探、误判漏判与无效检测，显著降低工程勘察、隐患排查与除险加固的综合成本。

（3）推动物探行业技术升级与高质量发展

引导堤防物探从单一方法向多技术融合、智能化、标准化方向转型，促进高精度雷达、同步采集、联合解译、三维成像等新技术装备应用，提升检测行业整体技术水平与服务能力，推动水利工程物探领域高质量发展。

（4）完善水利工程应急与探测标准体系

填补我国堤防隐患探地雷达与瞬变电磁雷达组合探测标准空白，与 SL 436、SL/T 291.1 等现有标准衔接互补，为堤防隐患普查、详查、应急探测、工程验收提供全流程技术支撑，也为其他水利工程隐患探测标准制定提供示范与借鉴。

四、标准中涉及的知识产权情况说明

本标准不存在涉及相关专利的情况。

五、采用国际标准和国外先进标准的情况

本标准未采用国际标准和国外先进标准。

六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准不违反相关法律法规及强制性国家标准。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在编写过程中尚无重大意见分歧。

八、贯彻标准的要求和措施建议

本标准经过征求意见、审查、直至完成报批后，建议由中国水利企业协会、标准主要起草单位和各有关部门共同组织开展标准宣贯工作，制定相应的实施方法，使本标准得以推广应用。

九、废止现行相关标准的建议

本标准为首次制定，无代替的标准。

十、其他应予说明的事项

本团体标准编制经费预算总额为 20 万元，全部由自筹资金解决。截至 2026 年 8 月 25 日，累计支出 5.27 万元，结余 14.73 万元。各项经费支出均在预算范围内，具体情况详见表 2。

表 2 团体标准编制经费使用情况

序号	项目	预算经费 (万元)	已用经费 (万元)	剩余经费 (万元)	备注
1	资料费	0.5	0	0.5	购买相关文献资料
2	差旅费	3.5	2.05	1.45	调研、参编人员集中研讨、宣贯的差旅费

3	印刷费	3.5	0	3.5	出版费、印刷费、复印费等
4	会议费	2	0.57	1.43	立项、征求意见稿、送审稿等审查会议；编制单位、主编与参编协调分工、内部研讨会议等
5	咨询费	3.6	2.19	1.41	会议评审专家费、内审专家费
6	劳务费	2	0.46	1.54	参与编写人员人工费
7	宣贯费	4.5	0	4.5	标准宣贯
8	其他	0.4	0	0.4	材料及不可预见费
	合计	20	5.27	14.73	