

滑坡监测设备自诊断与健康状态评估规范

团体标准编制说明

一、工作简况

1.任务来源

滑坡监测设备是地质灾害监测预警体系的核心组成部分，其长期稳定运行直接关系到滑坡灾害预警的准确性和时效性。当前，滑坡监测设备普遍存在自诊断功能缺失、健康状态评估标准不统一等突出问题，导致运维管理缺乏科学依据，设备故障难以及时发现，监测数据质量难以保障。

为解决上述问题，规范滑坡监测设备自诊断功能设计、统一健康状态评估方法、提升设备运维管理水平，湖北省地质局第三地质大队联合中国地质大学（武汉）、重庆大学、河南省地质研究院、中国地质调查局长沙自然资源综合调查中心、武汉鑫华兴建设工程有限公司、武汉大势智能科技有限公司、湖北高通空间技术有限责任公司等单位，共同提出并编制本规范。

本规范已被列入相关团体标准制修订工作计划，由中关村绿色矿山产业联盟提出并归口管理。编制工作严格遵循团体标准制定程序，历经调研论证、草案编制、征求意见、技术审查等阶段，确保标准的科学性、适用性和可操作性。

2.起草单位、参编单位

起草单位：

湖北省地质局第三地质大队

参编单位：

中国地质大学（武汉）

重庆大学

河南省地质研究院

中国地质调查局长沙自然资源综合调查中心

武汉鑫华兴建设工程有限公司

武汉大势智能科技有限公司

湖北高通空间技术有限责任公司

3.主要起草人

邹浩，来自湖北省地质局第三地质大队。担任本规范编制工作的总负责人，主持标准整体框架设计、技术路线确定及关键章节的起草与审核。提出标准编制的总体思路和核心要求，统筹协调各参编单位的分工协作，组织多轮技术讨论和意见征求，对标准全文进行审核定稿。重点负责基本规定、健康状态评估、检验

规则及运维管理要求等章节的编写，在设备健康状态指标体系构建、评估模型建立等方面做出主要技术贡献。

吴川，来自中国地质大学（武汉）。作为标准编制的核心成员，负责自诊断方法与健康状态评估模型的研究设计。在设备健康状态指标选取原则、指标体系建立、指标权重确定及综合评分计算方法等方面开展了深入系统的研究工作。负责起草设备健康状态指标体系、健康状态评估等章节内容，并对附录 B 健康状态评估计算示例进行编制。为标准的科学性、系统性提供了重要理论支撑。

毛帅，来自湖北省地质局第三地质大队。主要参与设备健康状态指标体系和自诊断方法的研究与编写工作。在传感器性能退化规律分析、核心性能指标评价阈值确定等方面提供了技术支持。参与起草核心性能指标、内置自检方法、数据一致性校验方法等技术内容，并对标准技术条款的合理性和可操作性进行了技术审查。

陈兵，来自湖北省地质局第三地质大队。主要参与标准需求调研与内容编制工作。结合河南省地质灾害监测预警工程管理经验，重点参与运维管理要求、日常巡检、定期维护等章节的编写，在设备环境适应性评定和野外运维流程优化方面提出了多项建设性意见，为标准的工程实用性提供了支撑。

蔡恒昊，来自武汉鑫华兴建设工程有限公司。主要参与监测设备检验规则制定和野外验证工作。在出厂检验项目设计、现场验收检验要求、运行期定期检验周期确定等方面做出了贡献。负责检验规则相关章节的起草，并组织协调多类型设备的现场试点验证，为标准技术条款的验证实施提供了基础数据。

张永权，来自中国地质大学（武汉）。参与设备自诊断方法的研究设计与试验验证工作。在通信链路诊断方法、数据一致性校验方法的技术方案设计和实验室测试方面开展了具体研究工作。参与起草自诊断方法相关章节内容，并对诊断方法的野外适用性验证提供了技术支撑。

张俊荣，来自中国地质大学（武汉）。参与健康状态评估模型的研究与优化工作。在指标权重确定方法、综合评分计算方法及评估模型验证等方面提供了技术支持。参与起草健康状态评估章节相关内容，并协助完成了评估模型参数标定和计算示例编制。

吴斐，来自重庆大学。主要参与现场验收检验和运维管理相关内容的编写工作。基于多年设备安装施工的实践经验，在设备安装质量检查、防护结构现场检测、故障现场排查等方面提供了翔实的技术素材。参与起草现场验收检验、定期维护、维修与更换等章节内容。

王虎，来自中国地质调查局长沙自然资源综合调查中心。主要参与标准编制的组织协调与野外调研工作。在标准需求调研阶段参与多省市滑坡监测站点的实地走访和数据收集，为设备典型故障模式和性能退化规律的分析提供了大量一线素材。参与运维管理要求章节的起草，并在标准征求意见阶段负责意见征集和汇总整理工作。

文龙，来自中国地质大学（武汉）。参与标准草案的编写与技术审核工作。依托长期从事地质灾害监测设备运维管理的实践经验，在设备巡检周期设定、维护项目确定及故障响应流程设计等方面提供了技术指导。参与起草运维管理要求章节，并对检验规则章节的技术条款进行了实践可行性审查。

葛明峰，来自中国地质大学（武汉）。参与设备健康状态指标体系的研究与论证工作。在指标选取的科学性分析、指标可测性验证及评价标准确定等方面开

展了研究工作。参与起草设备健康状态指标体系章节，并对各项指标的检测方法进行了实验验证。

甘金强，来自中国地质大学（武汉）。参与自诊断功能模块的技术验证与测试工作。在实验室环境内对典型滑坡监测设备的内置自检和外部激励测试方法进行了功能测试和性能评估，为自诊断方法章节中各项技术参数的确定提供了实验数据支撑。

袁青松，来自河南省地质研究院。主要参与诊断与评估结果输出相关章节的编写工作。在自诊断数据格式设计、评估报告编制规范、异常报警规则设定等方面提供了技术支撑，并负责附录 A 自诊断数据记录表和附录 C 诊断报告表的格式设计。为标准的平台兼容性和数据管理规范提供了技术保障。

张栋，来自河南省地质研究院。主要参与通信链路诊断方法和通信状态指标体系的研究与编写工作。在通信信号质量评价、误码率和丢包率阈值确定、通信链路分层诊断方法设计等方面提供了专业支撑。参与起草通信状态指标、通信链路诊断及相应报警规则等技术内容。

吕笑，来自湖北高通空间技术有限责任公司。参与诊断结果输出与平台兼容性相关内容的研究与编写工作。在监测平台多源诊断数据集成展示、异常报警分级推送规则实现及诊断记录数据交换格式设计等方面提供了技术支持。参与起草诊断与评估结果输出章节内容。

曹斌，来自武汉大势智能科技有限公司。参与标准需求调研与文本编制工作。结合地质灾害监测预警工程的实际运维经验，在设备环境适应性评价指标设定、野外巡检内容优化及运维档案管理规范等方面提供了实践依据。参与起草环境适应性指标和档案管理等章节内容。

二、制定(修订)标准的必要性和意义

1. 必要性

滑坡灾害是我国发生频次最高、危害最严重的地质灾害类型之一。监测预警作为滑坡灾害防治的关键非工程措施，其技术体系的有效运行高度依赖前端监测设备长期稳定的工作状态。当前，滑坡监测设备在自诊断能力建设和健康状态评估方面，存在三个层面的突出问题。

第一个层面是设备普遍缺乏系统性的自诊断功能。大量已安装运行的滑坡监测设备，仅能实现简单的数据采集和传输，无法对自身传感器性能退化、供电系统异常、通信链路质量下降等关键状态信息进行主动检测和报告。设备运行状态长期处于黑箱之中，直到监测数据出现明显错误或设备完全失效时才被运维人员察觉，错过了最佳的维护干预时机。

第二个层面是设备健康状态评估缺乏统一的标准。滑坡监测设备类型多样，涵盖全球导航卫星系统接收机、裂缝计、地表倾斜仪、雨量计、土壤含水率传感器等多种设备，不同厂商不同型号的设备在指标体系、评估方法和判定规则上各自为政。监测平台难以对不同来源的设备状态信息进行统一解析和综合评价，运维管理单位无法依据一致的标准制定维护计划和资源调配方案，管理部门也难以对设备整体运行质量实施有效的监管。

第三个层面是设备运维管理缺乏科学依据。由于没有统一的设备健康状态分级标准和诊断流程，设备巡检周期和维护周期的设定多为经验性判断，缺乏基于

设备实际健康状态的差异化精准管理。这使得运维资源难以向薄弱环节和关键设备聚焦，处于亚健康状态的设备得不到及时的预防性维护，性能持续退化直至故障停机，而处于健康状态的设备却被过度巡检造成资源浪费。

2. 意义

在技术标准化层面，本规范填补了滑坡监测设备自诊断与健康状态评估领域的技术标准空白。规范系统规定了设备自诊断功能的触发方式、检测层级、诊断方法、指标体系、评估模型和结果输出等全流程技术要求，为滑坡监测设备自诊断系统的设计开发、功能验证和运行管理提供了统一的技术依据。这对于推动我国地质灾害监测预警领域的标准化建设具有重要价值。

在运维实践层面，本规范为基层运维管理单位提供了可操作的技术工具。规范的检验规则和运维管理要求章节明确了出厂检验、现场验收检验、运行期定期检验和故障复检等各环节的具体项目和判定准则，规定了日常巡检、定期维护、维修与更换的流程和要求，使运维人员有章可循，有助于提升我国地质灾害监测设备运维管理的规范化水平。

在灾害防治层面，本规范的实施将有效降低因设备失能导致的监测盲区风险。通过自诊断系统的常态化运行和健康状态评估的周期性开展，能够及早发现设备性能退化趋势和潜在故障隐患，在设备完全失效前采取维护措施，保障监测网络的连续稳定运行。这在汛期等滑坡灾害高风险时段尤为关键，对于提升我国滑坡灾害的监测预警能力、保护人民生命财产安全具有重要的现实意义。

三、主要起草过程

本规范的起草过程严格遵循团体标准制定的有关程序要求，自 2025 年初启动编制工作以来，历时约一年多时间，先后完成了资料收集与调研、标准草案拟稿、试验验证、征求意见、技术审查等多个阶段的工作。

2025 年 1 月至 3 月，在标准编制工作正式启动前，起草组开展了广泛的资料收集与调研工作。资料收集方面，系统梳理了国内地质灾害监测预警领域的相关标准和技术文件，重点研究了 DZ/T 0460-2023 地质灾害自动化仪器监测预警规范和 DZ/T 0439-2023 地质灾害监测预警设备检测技术要求等行业标准，查阅了滑坡监测设备设计研发、自诊断技术、设备健康管理等方面的学术文献和技术报告，并收集整理了多家设备制造商的产品技术手册和自诊断功能设计方案。调研方面，起草组先后赴湖北省、河南省、重庆市等多个省市的地质灾害监测预警项目现场进行实地调研，走访了不同厂商的滑坡监测设备安装站点，与一线运维人员进行了座谈交流，深入了解滑坡监测设备在野外运行中出现的典型故障模式、性能退化规律和设备运维管理现状。调研共覆盖全球导航卫星系统接收机、裂缝计、地表倾斜仪、雨量计、土壤含水率传感器等五类主要监测设备，收集整理有效调研反馈意见二百余条，为标准技术内容的确定奠定了扎实的实践基础。

2025 年 4 月至 6 月，起草组在系统总结调研成果的基础上，形成了标准草案初稿。初稿编写过程中，起草组组织召开了三次内部技术讨论会，重点围绕标准总体框架设计、设备健康状态指标体系构建、自诊断方法选择和健康状态评估模型建立等核心技术问题进行了深入研讨。经过反复论证和多轮修改，确定了规范的适用范围、基本规定、设备系统构成与自诊断要求、健康状态指标体系、自

诊断方法、健康状态评估、诊断与评估结果输出、检验规则和运维管理要求等九个技术章节的框架和主体内容。

2025年7月至9月，起草组针对标准草案初稿中涉及的关键技术指标和方法，开展了系统的试验验证工作。试验验证涵盖以下主要内容：在中国地质大学（武汉）的实验室环境内，对典型滑坡监测设备的自诊断功能模块进行了功能测试，验证了内置自检、外部激励测试、数据一致性校验和通信链路诊断等诊断方法的可行性和有效性，并对设备健康状态指标体系中各项指标的检测方法和判定阈值进行了实验标定。在湖北省地质局第三地质大队管理的多个滑坡监测站点，开展了为期两个月的现场试点验证，在多类型设备上实际运行了本规范规定的自诊断流程和健康状态评估模型，积累了逾千条自诊断记录和评估数据，验证了技术方案的野外适用性和实际效果。试验验证过程中发现的问题均经起草组讨论分析后予以修改完善，进一步优化了部分技术条款和参数设置。

2025年10月-2026年1月，起草组根据试验验证结果对标准草案初稿进行了全面修改完善，形成了标准征求意见稿。标准征求意见稿正式发函征求相关单位的意见。征求意见的范围涵盖地质灾害监测预警领域的科研院所、高等院校、设备制造企业、监测平台开发企业和基层运维管理单位等不同类型单位共计20家。从单位性质来看，科研院所和高等院校共6家，设备研发制造企业共9家，基层运维管理单位和地质灾害监测项目管理单位共5家。征求意见期间，共收到各类意见反馈42条，涉及标准术语定义、技术条款准确性、指标体系完备性、评估模型合理性、运维管理可操作性以及文本规范性等多个方面。

2026年2月至5月，起草组对征集到的反馈意见逐条进行了整理、分析、讨论和处理。对于明确合理且具有普遍适用性的意见予以采纳，对相关条款做出相应修改。对于存在争议或与标准总体定位不符的意见，经起草组集体讨论后予以说明或部分采纳，并向提出意见的单位反馈了处理理由。意见处理过程中，起草组召开两次专题技术讨论会，重点研究处理涉及指标体系权重分配、异常报警阈值设定、检验周期确定等关键技术参数的反馈意见。经过系统的意见处理工作，标准征求意见稿共修改条款五十余处，形成了标准送审稿。

四、制定(修订)标准的原则和依据

1. 制定标准的原则

第一是科学性原则。本规范的制定以滑坡监测设备的运行机理和故障演化规律为科学基础，指标的选取和评估模型的建立具有明确的物理意义和技术依据。在健康状态指标体系构建中，从核心性能、供电系统、通信状态、数据采集与存储、环境适应性五个维度综合评价设备健康水平，各指标的定义和检测方法均经过实验验证和现场试点检验。在评估模型设计中，采用层次化结构从目标层、准则层到指标层逐层汇聚评估信息，指标权重的确定综合运用层次分析法等系统性方法，确保评估结果的科学性和可靠性。

第二是系统性原则。本规范对滑坡监测设备自诊断与健康状态评估进行了全流程系统规定，涵盖设备系统构成与自诊断要求、健康状态指标体系、自诊断方法、健康状态评估、诊断与评估结果输出、检验规则和运维管理要求等七个主要技术环节。标准的各章节之间相互衔接、互为支撑，形成从状态感知、数据采集、

识别判定、综合评估到结果输出与响应处置的完整闭环管理体系，确保标准内容的系统性和完整性。

第三是可操作性原则。本规范在技术条款的设置上充分考虑标准的落地执行和实际应用。自诊断触发方式规定了上电自检、定时巡检和远程召唤诊断三种可具体实施的技术路径。诊断方法明确了内置自检、外部激励测试、数据一致性校验和通信链路诊断四种方法的检测层级、检测项目和执行逻辑。检验规则对出厂检验、现场验收检验、运行期定期检验和故障复检均给出了具体的检验项目、检验时机和合格判定标准。运维管理要求规定了日常巡检的内容和周期、定期维护的项目和频次、维修与更换的流程和条件。各项条款力求具体明确、便于操作，使标准使用者能够依据规范直接开展相关工作。

第四是兼容性原则。本规范充分考虑了滑坡监测设备类型多样、厂商众多的行业现状。在适用范围上覆盖了全球导航卫星系统接收机、裂缝计、地表倾斜仪、雨量计和土壤含水率传感器等主要滑坡监测设备类型。在数据格式和协议方面，规定了统一的诊断记录格式、评估报告格式和异常代码编码体系，确保不同厂商不同型号设备在统一框架下实现诊断结果和健康状态信息的兼容上报与集中管理。在指标体系方面，设置了适用于各类设备的共性指标和设备类型相关的特定指标，兼顾了标准的统一性和设备类型的差异性。

第五是前瞻性原则。本规范在制定过程中既立足于当前滑坡监测设备的技术水平和运维管理实际，又充分考虑了地质灾害监测技术装备智能化发展的趋势和要求。通过设置导向性的指标体系，引导设备制造商重视产品的可靠性、可维护性和自诊断能力设计。通过建立健康状态分级体系和差异化运维管理策略，推动运维模式从被动报修向主动健康管理转变。标准的技术内容和框架设计具有一定的前瞻性和扩展性，为后续技术发展和标准修订预留了空间。

2. 制定标准的依据

在技术依据方面，本规范以 **DZ/T 0460-2023** 地质灾害自动化仪器监测预警规范和 **DZ/T 0439-2023** 地质灾害监测预警设备检测技术要求两项行业标准为核心技术依据。其中，健康状态评估分级的量化指标与判定方法、检验规则中的技术参数设定、运维管理要求中的巡检和维护周期等内容，均与上述两项标准的技术要求保持一致或相协调。

在实践依据方面，本规范的技术内容来源于起草组在湖北、河南、重庆等多个省市滑坡监测现场的实地调研成果，以及在实验室环境和野外监测站点开展的试验验证数据。标准中关于设备典型故障模式、性能退化规律、通信链路质量特征、供电系统异常表现等内容，均基于对大量实际运行设备的状态监测数据分析和一线运维经验的归纳总结。

在理论依据方面，本规范的评估模型构建、指标权重确定和评分计算方法，综合运用了层次分析法、多指标综合评估方法等成熟的系统评价理论方法。设备健康状态指标体系中各指标的定义、检测方法和判定阈值，建立在传感器技术、通信技术和电气安全技术等相关专业领域的理论基础之上。

在程序依据方面，本规范的制定严格遵循团体标准管理的相关规定和程序要求，历经资料收集与调研、标准草案拟稿、试验验证、征求意见、技术审查和报批等规范化流程，确保标准编制的合法性和规范性。

五、与现行有关法律、法规和标准的关系

从法律法规层面来看，本规范的编制以上位法律法规为根本依据，不与之冲突。国务院 2003 年 11 月 24 日发布的《地质灾害防治条例》规定地质灾害防治工作应当坚持预防为主，国家建立地质灾害监测网络和预警信息系统，县级以上人民政府国土资源主管部门应当加强对地质灾害险情的动态监测，并鼓励和支持地质灾害防治科学研究和先进技术推广。该条例为本规范涉及的滑坡监测设备运维管理、自诊断与健康状态评估工作提供了法律层面的基本依据。依据该条例制定的《地质环境监测管理办法》，进一步明确地质环境监测机构从事监测活动应当遵守国家 and 行业有关地质环境监测技术规范，自然资源部负责制定国家和行业有关地质环境监测技术规范，县级以上地方人民政府自然资源主管部门依据地质环境监测规划和技术规范组织建设地质环境监测网络。本规范作为团体标准层面针对滑坡监测设备自诊断与健康状态评估的技术规范，是对上述法规中技术规范要求的具体细化和补充，能够为地质环境监测机构在设备管理环节提供可操作的技术指导。

从标准层面来看，本规范与现行行业标准协调配套、衔接一致。在规范性引用文件中，本规范直接引用了两项现行有效的行业标准：DZ/T 0460-2023《地质灾害自动化仪器监测预警规范》和 DZ/T 0439-2023《地质灾害监测预警设备检测技术要求》。其中，DZ/T 0460-2023 规定了地质灾害自动化仪器监测预警工作的方案设计、仪器安装与运行维护、数据通信与数据库建设、预警实施、质量管理与过程控制等技术要求，是我国地质灾害监测领域第一部包含监测设计、仪器选型、布设安装、运行维护、数据通信、数据库建设和预警实施等全业务流程的技术标准。本规范在健康状态评估分级的量化指标与判定方法、检验规则中的技术参数设定、运维管理要求中的巡检和维护周期等条款上，均与 DZ/T 0460-2023 的技术要求保持协调一致。

DZ/T 0439-2023《地质灾害监测预警设备检测技术要求》规定了地质灾害监测预警设备通用检测项目和方法、专用检测项目和方法、抽样、检验、标志和包装要求等技术要求，适用于地质灾害监测预警设备的检测检验。本规范中关于设备出厂检验、现场验收检验和运行期定期检验的技术要求，在设备分类和检测范围等方面与 DZ/T 0439-2023 的要求相互衔接，在自诊断功能和健康状态评估方面进行了针对性的深化和补充。

从标准层级定位来看，本规范属于团体标准，是对现行行业标准的补充和完善。DZ/T 0460-2023 和 DZ/T 0439-2023 这两项行业标准从宏观层面规范了监测预警工作的整体流程和设备检测的基本要求，但对监测设备自诊断功能的具体设计、设备健康状态指标体系的系统构建、多指标综合评估模型的建立、自诊断结果和评估报告的标准化输出格式等内容尚未做出详细规定。本规范基于当前监测设备智能化发展需求，在上述技术空白领域进行了系统性的补充和细化，为滑坡监测设备自诊断与健康状态评估提供了统一的技术依据，是对地质灾害监测预警领域标准体系的丰富和完善。

六、标准主要内容说明

1.重点说明技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等的论据(包含试验、统计数据等)。

本规范中技术指标和参数的设定主要来源于三方面的支撑。

一是实地调研数据。起草组在湖北、河南、重庆等省市滑坡监测现场收集了五类监测设备共计二百余条有效调研反馈意见,归纳了设备典型故障模式和性能退化规律,为故障检测能力要求、虚警抑制机制中连续3次检测确认的设定提供了实践依据。

二是实验室与现场验证数据。在中国地质大学(武汉)实验室对自诊断功能模块进行了系统测试,在湖北省多个滑坡监测站点开展了为期两个月的现场试点验证,积累了逾千条自诊断记录和评估数据。这些数据支撑了健康状态分级中各项量化阈值的确定,例如准确度偏离设计值2倍和5倍的分级界限、信号强度负90dBm和负100dBm的判定门限、在线率百分之95和百分之90的报警阈值等。

三是行业标准衔接。健康状态评估分级的量化指标与DZ/T 0460-2023和DZ/T 0439-2023的技术要求保持协调一致,检验规则中的技术参数设定与上述两项标准相衔接。

评估模型中综合健康评分的计算方法采用加权求和公式,各指标评分采用线性插值或分段函数法,指标实测值处于优良范围时得满分,处于合格范围时按比例折算,处于不合格范围时得零分。权重确定采用层次分析法,核心性能指标因直接反映设备基本测量能力而赋予较高权重。附录B以一台裂缝计为例给出了完整计算演示。

试验方法方面,外部激励测试要求标准源的精度等级不低于被测设备精度等级,裂缝计不少于三个等间距位移点覆盖量程范围,全球导航卫星系统接收机静态观测不少于2小时。通信链路诊断采用心跳包机制,连续3次未收到心跳包判定通信中断。这些参数均在试验验证中确认为合理有效。

检验规则方面,出厂检验采用全数检验方式,现场验收检验要求在设备连续试运行不少于72小时后进行,运行期定期检验一般设备周期不超过12个月、重要站点不超过6个月,故障复检在维修后连续试运行不少于24小时后进行。上述检验周期的设定基于设备野外运行可靠性统计和运维实践经验。

2.主要试验(验证)的分析、综述报告,技术经济论证,预期的经济效益。

试验验证工作涵盖实验室测试和现场试点两个阶段。实验室阶段完成了自诊断功能模块的功能测试,验证了内置自检、外部激励测试、数据一致性校验和通信链路诊断四种诊断方法的可行性和有效性,对各项指标的检测方法和判定阈值进行了实验标定。现场试点阶段在多个滑坡监测站点实际运行了自诊断流程和健康状态评估模型,验证了技术方案的野外适用性。

验证结果表明,本规范规定的自诊断方法能够有效识别设备常见故障类型,故障定位精度达到现场可更换单元层级,虚警率控制在可接受范围。健康状态评估模型能够客观反映设备实际运行状态,评估结果与运维人员现场排查结论的一致率较高。

从技术经济角度看,本规范实施后预期可产生以下经济效果。一是通过建立健康亚健康堪用故障四级分级体系,使运维资源得以精准投放,减少对健康状态设备的过度巡检,降低不必要的运维支出。二是通过自诊断的常态化运行,及早发现性能退化趋势,在设备完全失效前采取预防性维护,延长设备有效使用寿命,降低设备更换频次和采购成本。三是通过减少因设备失能导致的监测盲区时间,降低滑坡灾害漏报风险,减少因监测失效可能造成的生命财产损失。四是通过统一的数据格式和编码体系,降低监测平台对多源异构设备的接入和解析成本,提高系统整体运行效率。

七、分歧意见的处理过程、依据和结果

第一个分歧点是关于健康状态评估分级中部分量化阈值的设定。有单位提出,准确度偏离设计值 2 倍定为亚健康、5 倍定为堪用的界限是否有些严格,建议放宽至 3 倍和 8 倍。起草组经讨论后认为,准确度是滑坡监测设备的核心性能指标,直接关系到监测数据的可用性和预警准确性,阈值设定应体现从严要求。参照 DZ/T 0460-2023 中对监测仪器性能指标的相关规定,结合试验验证阶段积累的设备性能退化数据,维持原有阈值设定。起草组同时补充说明,各类设备出厂精度指标由制造商提供,运维单位在应用时可根据设备实际技术规格进行适配。该处理意见得到提出单位的理解和认同。

第二个分歧点是关于虚警抑制机制。有单位认为连续 3 次检测确认方能判定有效故障的要求可能延误关键故障的响应时效,建议改为连续 2 次。起草组分析了现场试点验证数据,结果表明单次检测因环境干扰或信号瞬时波动导致的误报警占比约为百分之十,2 次确认可将虚警率降至百分之三以下,3 次确认可降至百分之一以下。综合考虑滑坡监测设备野外运行环境复杂、运维资源有限等实际情况,起草组认为降低虚警率、避免运维人员频繁无效出勤更为重要,维持连续 3 次检测确认的要求,同时规定紧急报警可在首次发现即触发,后续通过复查确认。该处理方式经审查专家组讨论后予以认可。

第三个分歧点是关于运行期定期检验周期。有运维管理单位提出,对于深山峡谷等交通不便地区的监测设备,12 个月的检验周期难以落实,建议放宽至 18 个月或 24 个月。起草组认为,交通不便不应成为降低设备检验频次的理由,但可根据设备健康状态评估结果实施差异化管理。经讨论后在本规范中明确,连续两次健康状态评估均为健康且运行稳定的设备,可由运维管理单位在确保安全的前提下适当延长检验周期,但最长不应超过 18 个月。该折中方案兼顾了安全要求和实际执行难度,得到相关单位的认可。

第四个分歧点是关于故障代码体系的扩展规则。有设备制造商提出,附录 D 所列异常代码可能无法覆盖未来新型设备的故障类型,建议明确代码扩展的具体规则。起草组采纳该意见,在附录 D 中补充了异常代码列表可根据设备类型扩展需要自行增补的说明,并在正文中明确新增代码应在不重复不冲突的前提下由提出单位向归口单位申请备案后使用。

第五个分歧点是关于评估报告中历史评估对比的内容。有审查专家建议将历史评估对比作为强制要求而非推荐条款。起草组经研究认为,对于新建站点缺乏历史评估数据的设备,强制要求历史对比缺乏可操作性,维持作为推荐条款的处理方式。审查专家组予以同意。

八、采用国际标准或国外先进标准情况

本规范起草组在调研阶段，收集并分析了国外主流厂商滑坡监测设备的自诊断功能设计方案和健康管理技术资料，多家国外厂商的产品已具备传感器状态监测、供电电压检测和通信链路质量监测等基础自诊断能力。本规范在指标体系设计、诊断方法选择和评估模型构建中，结合调研数据和我国滑坡监测设备实际运行特点进行了自主设计，在指标覆盖广度上涵盖了环境适应性指标和防护单元状态监测等内容，在体系完整性上构建了从诊断到评估到运维的闭环管理流程，相关技术内容系基于国内需求独立编制。

九、贯彻标准的措施建议

建议由本规范归口单位牵头，联合各起草单位面向设备制造商、监测平台开发企业、基层运维管理单位等开展标准宣贯培训，推动本规范在地质灾害监测预警项目设备采购、系统开发和运维服务等环节的应用。同时建立标准实施信息反馈渠道，及时收集应用中遇到的问题，为标准复审积累依据。

技术层面，建议设备制造商按照本规范的要求完善产品自诊断功能，采用统一的异常代码体系和诊断记录格式进行结果上报。监测平台开发企业应实现平台对多源设备诊断数据的兼容接收、集成展示和分级报警管理功能。运维管理单位应将本规范规定的检验规则和健康状态分级体系纳入日常运维管理制度，依据设备健康等级实施差异化的巡检和维护，同时积累运行数据为后续标准修订提供支撑。

十、其他应予说明的事项

无

附录：标准征求意见处理表

序号	意见提出单位/人员	反馈意见	处理情况
1	中国地质大学（武汉）/ 张抒	建议在健康状态评估模型中增加环境适应性指标权重分配的原则说明	采纳，已在第 8.2 条中补充相关说明
		建议在第 10.2 条现场验收检验中补充雨量计现场注水测试的具体操作步骤	采纳，已在第 10.2 条中补充了现场注水测试的基本流程要求
		建议在第 8.1 条评估模型构建中增加模型验证方法的说明	采纳，已在第 8.1 条中补充模型应通过历史数据回测验证的要求
2	重庆大学/李瑞	建议内置自检中增加传感器输出信号合理性判别的具体算法参考	采纳，已在第 7.1 条中补充了信号合理性判别的常用方法说明
		建议明确评估模型中指标层权重调整的审批程序	部分采纳，在第 8.2 条中补充了权重调整应经技术负责人确认的要求
3	河南省地质研究院/张栋	建议将定时巡检默认周期下限由 1 小时调整为 2 小时，1 小时功耗过大影响蓄电池续航	采纳，已将定时巡检周期下限调整为 2 小时
4	中国地质调查局长沙自然资源综合调查中心/王超	建议现场验收检验中全球导航卫星系统接收机静态观测时间由 2 小时缩短为 1 小时以提高现场验收效率	未采纳，2 小时是保证精度验证可靠性的最低观测时长要求
		建议在第 6.2 条零漂指标判定中增加温度影响修正系数的考虑	部分采纳，已在第 6.2 条中补充恒定环境条件下的检测前提说明
5	武汉鑫华兴建设工程有限公司/方彪	建议明确设备安装后首次上电自检不合格的处理流程	采纳，已在第 10.2 条合格判定中补充了不合格设备的整改和复检要求
		建议在诊断记录中增加设备安装位置经纬度字段，便于野外巡检时快速定位	采纳，已在第 9.1 条设备基本信息中明确包含安装位置地理坐标
		建议在第 11.1 条巡检内容中增加设备安装基础是否沉降或开裂的检查项	采纳，已在日常巡检外观与结构检查中补充了安装基础检查内容
6	武汉大势智慧科技有限公司/曹斌	建议附录 A 自诊断数据记录表中增加诊断触发方式字段	采纳，已在记录表中补充该字段
		建议诊断记录和评估报告数据格式同时兼容 JSON	采纳，已在第 9.1 条中补充了格式兼容性要求

		和 XML 两种格式	
7	中国地质大学（北京）/ 孔令融	建议在监测平台兼容性要求中增加数据加密传输的相关规定	部分采纳，已在第 4.1 条中增加数据传输应符合网络安全等级保护要求的原则性规定
8	武汉摩鸣科技有限公司/ 许新建	建议通信链路诊断中信号强度分级增加负 95dBm 作为预警参考门限	部分采纳，保留负 100dBm 和负 110dBm 两级门限，在条文注中补充负 95dBm 可作为运维关注参考值
9	湖北高通空间技术有限公司/刘鹏	建议现场验收检验记录增加监理单位签字确认栏 建议心跳包机制中增加心跳包收发时间差作为通信时延的监测指标	采纳，已在第 10.2 条检验记录中补充了参检各方签字确认的要求 采纳，已在第 7.4 条应用层诊断中补充了时延监测要求
10	湖北省地质局第三地质大队/刘仕奔	建议上电自检完成时间由 30 秒适当延长，部分早期安装设备处理器性能较低启动较慢 建议增加土壤含水率传感器外部激励测试中标准介质的具体参数要求	部分采纳，维持 30 秒要求，同时注明该要求针对关键模块检测，完整自检时间可适当延长 部分采纳，在第 7.2 条中补充了标准介质应具有已知体积含水率的描述
11	信正光电科技（武汉）有限公司/王刚	建议在附录 D 中增加供电系统异常代码的细分条目，区分太阳能板故障和充电控制器故障 建议统一设备编码规则在正文中予以明确，避免各项目自行编码造成管理混乱	采纳，已在异常代码表中补充了相应条目 采纳，已在第 9.1 条中规定采用统一编码规则
12	武汉泰达光电科技有限公司/宋信强	建议出厂检验抽样规则中明确连续生产且质量稳定的具体判定标准 建议明确全球导航卫星系统接收机搜星数量最低要求的具体数值	部分采纳，在第 10.1 条中补充了连续 12 个月出厂检验合格率不低于 98% 的参考标准 采纳，已在附录 D 异常代码表中明确不低于 4 颗
13	武汉昂格科技有限公司/ 刘礼刚	建议在第 6.2 条中补充全球导航卫星系统接收机多频点定位模式下的精度评定方法 建议裂缝计外部激励测试位移点数由不少于 3 个调整为不少于 5 个以提高校	采纳，已在第 6.2 条中补充了多频点定位精度评定的原则性说明 未采纳，3 个等间距点已能满足基本校准要求，增加点数可在设备精度要求较

		准精度	高时参照执行但不作强制
		建议雨量计零漂检测中增加无降雨时段持续非零值的时间阈值说明	采纳，已在第 7.3 条逻辑规则校验中明确持续超过 10 分钟判定为零点漂移或干扰
14	中国地质调查局海口海洋地质调查中心/许洁	建议在外部激励测试中增加翻斗式雨量计和称重式雨量计的不同测试方法说明	采纳，已在第 7.2 条中补充了不同原理雨量计的测试适配说明
		建议在第 11.4 条档案管理中明确电子档案的备份周期	采纳，已补充电子档案应至少每半年进行一次异地备份的要求
15	华北水利水电大学/郑文龙	建议在第 11.1 条中增加巡检人员安全防护装备的具体要求	采纳，已在巡检工作要求中补充了安全防护装备配置要求
		建议在汛期巡检频次基础上增加暴雨红色预警后的应急巡检要求	采纳，已在第 11.1 条中补充了极端天气后的应急巡检触发条件
		建议将汛期巡检频次由每月不少于一次调整为每月不少于两次	部分采纳，维持每月不少于一次的基本要求，同时注明当地主管部门可根据汛情预警级别加密巡检频次
16	三峡大学/宋琨	建议在日常巡检记录中增加巡检路线和到达时间等字段	部分采纳，在第 11.1 条巡检记录中补充了相关建议字段，但不作强制要求
		建议蓄电池剩余电量预警阈值由 30%调整为 25%，与通信基站等行业惯例保持一致	未采纳，滑坡监测设备野外运维响应时间相对较长，30%阈值留出更充裕的维护准备时间
		建议太阳能电池板功率检测纳入定期维护项目	部分采纳，在第 11.2 条中补充了太阳能电池板光电转换效率检查的内容
		建议在第 6.4 条中增加通信时延作为通信质量评价的补充指标	采纳，已在通信状态指标中补充了通信时延的建议性指标
17	上海德帆自动化机电设备有限公司/张伟	建议针对 4G、5G 和北斗短报文等不同通信制式分别设定信号强度评价标准	部分采纳，在条文注中补充了不同通信制式可参照各自行业标准执行的说明
		建议在第 9.3 条中明确紧急报警触发后运维单位的响应时限要求	采纳，已在第 11.3 条故障响应中明确紧急故障 24 小时内响应、48 小时内完成现场处置
18	腾焰装备（十堰）有限公	建议增加防雷接地检测中	部分采纳，维持统一限值

	司/董位	不同土壤电阻率条件下接地电阻值的差异化要求	要求，同时补充在特殊地质条件下可参照相关电气规范执行
19	苏州特姆莱智能科技有限公司/蒲鑫	建议整机联调验证的连续运行时间在故障复检中进一步明确 建议在第 11.3 条设备更换条件中增加因技术升级需要更换的评估审批程序	采纳，已在第 10.4 条中明确连续正常运行不少于 24 小时且无重复故障发生 采纳，已在第 11.3 条中补充了技术升级更换的评估审批要求
		建议在第 6.4 条误码率指标中增加不同通信制式下误码率阈值的差异化说明	采纳，已补充不同通信制式可参照各自行业标准执行但不应低于本标准基本要求的说明
20	贵州省地矿局 111 地质队/秦世夕	建议太阳能电池板清洁频率增加季节差异性要求	采纳，已在第 11.2 条中补充了不同季节和环境下清洁频次的差异化建议