

滑坡地表形变监测系统供电规范

团体标准编制说明

一、工作简况

1.任务来源

滑坡地表形变监测系统是地质灾害监测预警体系的核心组成部分，其长期、稳定、可靠的运行直接关系到监测数据的连续性和预警响应的时效性。供电系统是监测设备在野外无人值守条件下持续工作的能量命脉。然而，当前滑坡监测站点供电系统普遍面临野外环境恶劣、供电故障率高、维护保障困难等突出问题，电源选型不规范、接口标准不统一、环境适应性不足、运维管理缺乏依据等现象较为常见，严重制约了监测系统整体效能的发挥。

为解决上述问题，统一滑坡地表形变监测系统供电设计、选型、安装、防护与运维的技术要求，提升供电系统的可靠性和可维护性，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、武汉大势智慧科技有限公司、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

武汉大势智慧科技有限公司

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。提出供电系统

“模块化、冗余化、高适应性”的总体设计理念，统筹协调各参编单位的分工协作，组织多轮技术研讨和意见征求，对标准全文进行技术定稿。负责供电系统组成与要求、通用技术要求、供电设备类型与选型等章节的编写，在系统架构设计、高可靠性与不间断性指标确定、主备电源选型原则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，负责电源接口标准与电气接口参数的研究与制定。在物理接口选型、航空插头针脚定义、电压/电流匹配范围计算、防反接与防短路保护协调机制设计等方面开展了深入系统的研究工作。负责起草电源接口与连接要求章节的全部技术内容，并对附录 A 航空插头针脚定义表进行标准化设计。在航空插头接触件额定电流倍数确定、多路输出负载均衡要求、短路保护选择性协调等关键技术参数的设定上提供了理论支撑。

毛帅，来自湖北省地质局第三地质大队。主要参与电源管理单元功能定义与电能存储模块选型的研究与编写工作。在蓄电池充放电智能管理策略、太阳能充电控制算法、蓄电池组容量计算及后备时长要求等方面提供了技术支撑。负责起草电能存储模块、蓄电池组选型要求等技术内容，并对蓄电池循环使用寿命、高低温环境下容量衰减特性等关键指标进行了技术论证与试验验证。

陈兵，来自湖北省地质局第三地质大队。主要参与使用环境与防护要求章节的研究与编制工作。结合湖北省多处滑坡监测站点供电设备的长期运行数据与故障统计，在温度与湿度工作范围界定、高低温启动性能要求、凝露防护与排水设计等方面提供了翔实的实测依据。负责起草使用环境、防腐蚀等级等章节内容，并参与防动物啃咬措施的结构设计要求制定，为标准的野外环境适应性提供了实践支撑。

蔡恒昊，来自武汉鑫华兴建设工程有限公司。主要参与电源接口施工工艺与现场连接要求的编写及野外验证工作。在防水接头成对配置与防误插设计、电缆压接与焊接工艺要求、进线孔封堵施工规范等方面提出了多项可操作的技术条款。负责起草物理接口标准中连接要求的具体内容，并组织协调多个站点的供电系统试点安装与工艺验证，为标准技术条款的现场可施工性提供了实施保障。

张永权，来自中国地质大学（武汉）。参与电源电信号特征的研究设计与试验验证工作。在电压波动容限的分级设定、主备电源切换瞬态响应特性测试、纹波系数测量条件与方法的确定等方面开展了具体研究工作。负责起草电压容限和纹波系数章节中测量方法与验证要求的技术内容，并对不同输出类型纹波系数限值的实验室测试验证提供了数据支撑。

张俊荣，来自中国地质大学（武汉）。参与电源管理单元功能及蓄电池充放电管理策略的研究与优化工作。在太阳能充电控制算法优化、蓄电池温度补偿充电控制策略以及过充过放保护阈值设定等方面提供了技术支持。参与起草电源管理单元功能要求和蓄电池组选型要求等技术内容，并协助完成了蓄电池充放电测试方法和健康状态判定标准的试验验证。

吴斐，来自重庆大学。主要参与防护要求与防雷接地相关内容的编写工作。在外部防雷措施中接闪器与引下线的材料规格要求、内部防雷措施中三级浪涌保护器的级联配合、接地电阻阻值要求及等电位连接设计等方面提供了系统的技术方案。负责起草防雷接地章节的全部技术内容，并对高土壤电阻率地区接地电阻放宽条件进行了理论论证与案例分析。

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,为供电系统典型故障模式统计、不同供电方式适用条件分析以及巡检频次分级的确定提供了大量一线素材。参与起草日常巡检项目与异常处理流程等章节内容,并在标准征求意见阶段负责意见征集和汇总整理工作。

葛明峰,来自中国地质大学(武汉)。参与供电系统通用技术要求的研究与论证工作。在系统高可靠性指标设定、不间断供电切换时间确定、负载适应性要求验证等方面开展了研究工作。参与起草高可靠性、不间断性及负载适应性等技术条款,并对平均无故障时间、切换中断时间等关键性能指标的合理性进行了技术论证。

文龙,来自中国地质大学(武汉)。参与维护保养与检修相关章节的编写工作。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、定期维护项目确定及故障排查流程设计等方面提供了技术指导。负责起草日常巡检频次分级和故障检修流程等章节内容,并对故障排查逐级流程的可操作性进行了实践审查。

甘金强,来自中国地质大学(武汉)。参与电源转换设备及电信号特征的技术验证与测试工作。在实验室环境内对 AC/DC 适配器、DC/DC 变换器的转换效率、输出电压稳定性及纹波抑制能力进行了系统测试,为供电设备选型条款中转换效率与输出纹波要求的参数确定提供了实验数据支撑。参与起草 AC/DC 适配器和 DC/DC 变换器选型要求等技术内容。

袁青松,来自河南省地质研究院。主要参与维护保养记录表格的设计与附录编制工作。在电源系统巡检记录表、蓄电池性能衰减记录表、接地电阻测试记录表及设备更换记录表等附录的设计中,充分考虑了野外运维的实际需求和记录追溯的完整性要求。负责起草附录 B 至附录 E 的表格框架和记录字段设计,并对设备更换记录的全生命周期档案管理要求进行了规范化设计。

张栋,来自河南省地质研究院。主要参与电源管理单元状态监测功能及远程通信上报要求的研究与编写工作。在实时状态监测参数确定、本地告警与远程通信上报机制设计以及保护动作告警与记录要求等方面提供了专业支撑。参与起草电源管理单元功能要求中状态监测与告警上报等技术内容,并对防反接与防短路保护协同告警机制进行了技术细化。

吕笑,来自湖北高通空间技术有限责任公司。参与供电系统远程监测与数据管理相关内容的研究与编写工作。在电源管理单元远程通信协议适配、状态监测数据格式设计及与监测平台的数据接口兼容性等方面提供了技术支持。参与起草电源管理单元远程通信上报功能要求,并对保护动作记录与远程上报的技术条款进行了可实现性验证。

曹斌,来自武汉大势智慧科技有限公司。参与防动物啃咬措施及相关防护材料要求的研究与编写工作。在电缆防啃咬防护方案选择、防鼠挡板与防爬措施设计、驱避措施的适用性评估等方面提供了实践依据。负责起草防动物啃咬措施章节的全部技术内容,并对表 8 所列防护材料的性能要求进行了适用性验证。

二、制定(修订)标准的必要性和意义

滑坡地表形变监测系统长期部署于偏远山区、峡谷等无人值守的野外环境,供电保障是其持续运行的核心瓶颈。当前,滑坡监测供电系统普遍存在设计不规范、接口不统一、环境适应性不足等问题,不同厂商的电源管理单元、蓄电池组、防水接头及电气接口参数彼此各异,现场安装接线时常因反接、短路或防护失效

而导致设备损坏乃至站点瘫痪。同时，缺乏针对野外极端温度、高湿凝露、盐雾腐蚀、雷击及动物啃咬等恶劣条件的系统性防护与运维规范，使得大量站点在连续阴雨、雷雨季节或冬季低温期因供电故障而陷入监测盲区。

本规范的制定，旨在从供电系统的架构组成、设备选型、接口标准、电能质量、环境适应性、防护措施及维护检修等全流程建立统一技术准则，填补地质灾害监测领域供电保障标准化的空白。通过明确高可靠性与不间断性指标、规范电压容限与纹波系数限值、细化防雷接地与防动物啃咬设计、建立科学可操作的巡检与故障处理流程，为滑坡监测供电系统的设计、安装、验收和精准运维提供权威依据，从而有效降低因供电失效导致的监测中断风险，延长设备使用寿命，降低全生命周期运维成本，切实提升我国滑坡灾害监测预警的可靠性与效能，为保障人民生命财产安全提供坚实的技术支撑。

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，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及电源供电领域的相关标准，重点研究了 GB/T 40112-2021 地质灾害危险性评估规范、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，同时参考了通信基站、环境监测站等野外无人值守设施供电系统的技术资料。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项目现场，对太阳能供电、市电接入及纯蓄电池供电等不同供电方式下的站点进行实地调研，统计了光伏板输出衰减、蓄电池容量衰减、防水接头老化、电缆啃咬破坏等典型故障模式，收集一线运维经验二百余条，为标准技术指标的确立奠定了扎实的实践基础。

2025 年 4 月至 6 月，起草组在总结调研成果的基础上，形成了标准草案初稿。编写过程中召开了五次内部技术讨论会，围绕系统架构设计、主备电源切换策略、电压容限与纹波系数限值、极端环境温度界限、防雷接地层级配合、防动物啃咬材料选择等核心技术问题进行了深入研讨。经过多轮修改，确定了规范的适用范围、供电系统组成与要求、供电设备类型与选型、电源接口与连接要求、电源电信号特征、使用环境、防护要求、维护保养与检修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的关键技术指标和测试方法，开展了系统的试验验证工作。对 AC/DC 适配器、DC/DC 变换器、电源管理单元等模块在不同温度、湿度和输入浪涌条件下的输出电压稳定性、纹波系数及保护动作时间进行了测试。在湖北省多个滑坡监测站点，对选定的太阳能供电系统和蓄电池组按照本规范规定的巡检项目、充放电测试流程和容量评估方法进行了为期两个月的现场试点运行，积累充放电曲线和保护动作记录逾千条，验证了技术指标的合理性和试验方法的可操作性。验证过程中发现的几点不足，如部分蓄电池在极低温环境下容量衰减超出预期、防雷保护级间配合需明确安装距离等，均经起草组讨论后对标准条款进行了调整和完善。

2025年10月至2026年1月，起草组根据验证结果对草案初稿进行了全面修改，形成标准征求意见稿，并正式发函向相关单位征求意见。征求意见范围涵盖科研院所、高等院校、设备制造企业、监测系统集成商和基层运维管理单位等共计20家单位。征求意见期间，共收到各类反馈意见34条，涉及蓄电池组后备时长设定、电压纹波系数分级、防腐蚀等级划分、防动物啃咬材料选型、巡检周期设定等多个方面。

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共性的意见予以采纳，对相关条款做出相应修改；对存在分歧的意见，经起草组集体讨论后予以部分采纳或说明理由，并向提出意见的单位反馈处理情况。经过系统的意见处理工作，标准征求意见稿共修改条款六十余处，形成了标准送审稿。

四、制定(修订)标准的原则和依据

本标准制定遵循可靠性优先、系统性、可操作性与环境适应性相统一的原则，立足滑坡监测站点无人值守野外环境的实际运行条件，从系统架构设计到设备选型、从接口规范到电信号特征、从防护要求到运维流程，构建覆盖供电系统全生命周期的完整技术闭环。各项技术条款力求具体量化和可直接执行，关键性能指标如电压容限、纹波系数、切换时间、防护等级、接地电阻值、巡检周期等均给出明确数值或等级，并配套相应的试验方法和记录表格，确保设计、施工、运维各环节有据可依。

在技术依据方面，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》为核心支撑，供电系统架构及配置要求与上述标准对监测预警设备供电保障能力的规定保持一致，蓄电池组容量计算、后备时长及充放电性能检测方法与之相衔接。同时，规范中设备高低温工作界限、蓄电池容量衰减规律、电压波动适应范围、防雷接地实测数据等关键参数，均来源于起草组在湖北、河南、重庆等多省市滑坡监测站点的长期调研数据和为期数月的现场试点验证成果，并经实验室环境下的系统测试复核，确保技术指标的设定既有理论依据又经实践检验。在程序依据方面，本规范严格遵循团体标准管理的相关规定和程序要求，历经调研、起草、验证、征求意见和技术审查等阶段，确保编制工作的合法性和规范性。

五、与现行有关法律、法规和标准的关系

从法律法规层面，本规范以上位法律法规为根本依据，不与之冲突。国务院《地质灾害防治条例》要求加强地质灾害监测网络建设和动态监测，鼓励和支持相关科学研究和先进技术推广。规范涉及的供电系统设计、安装和运维管理要求，为该条例在监测设备供电保障层面提供了具体的技术支撑。

从标准层面，本规范与现行行业标准协调配套。规范性引用文件中直接引用了GB/T 40112-2021、DZ/T 0460-2023和DZ/T 0439-2023。其中，供电系统架构及配置要求满足DZ/T 0460-2023对地质灾害自动化监测预警设备供电保障的规定；蓄电池组容量计算、后备时长及充放电性能检测方法符合DZ/T 0439-2023中关于备用电源检测的技术要求。规范在供电系统的细分技术领域做了深化和补充，是对地质灾害监测预警标准体系的有益完善。

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)。

(1) 通用技术要求方面。平均无故障时间达到 3 年的规定，基于起草组对 30 余个不同类型供电站点近五年故障记录的统计，合理设计并采用冗余方案的太阳能供电系统能够稳定达到该水平。切换中断时间 $\leq 100\text{ms}$ （关键站点），源于对主流电源管理单元切换速度的实测，该时间远小于监测设备电源保持时间，可确保不引起复位。150%额定负载电流启动承受能力，根据典型裂缝计、GNSS 接收机等设备启动瞬态电流特性确定。

(2) 电能质量指标方面。稳态电压容限对核心设备规定 $\pm 5\%$ ，辅助设备 $\pm 10\%$ ，是基于当前主流监测设备内部电源模块的输入电压容许范围调研，并留有安全裕度。纹波系数精密供电 $\leq 1.0\%$ （峰-峰值），标准供电 $\leq 3.0\%$ ，充电输出 $\leq 5.0\%$ ，通过对比不同纹波水平对 GNSS 测量精度和数据采集器模拟采样信噪比的影响试验确定，测试数据表明 1%以下纹波时测量精度衰减可忽略。

(3) 使用环境参数方面。工作温度范围电源管理单元 $-40^{\circ}\text{C}\sim +70^{\circ}\text{C}$ ，蓄电池组因化学体系不同分类型规定，系搜集整理了我国滑坡多发区近二十年气象数据中的极端气温记录，并参考了元器件的工业级温度等级。同时进行的电压输出高低温循环试验表明在此范围内各项电气性能符合要求。湿度 5%~95%并允许凝露，是基于山区高湿、温差剧变的实际情况和三防处理电路板高湿绝缘电阻测试结果。

(4) 防护要求方面。机箱防护等级不低于 IP67，电缆接头不低于 IP68，是根据站点可能浸水或长期处于饱和湿度环境的实际情况确定。防腐蚀等级划分和中性盐雾试验时间参照了 ISO 12944 大气环境腐蚀性分级标准，并与我国不同滑坡区域的腐蚀条件相匹配。接地电阻不大于 10Ω ，特殊情况不大于 30Ω ，在典型站点进行了接地电阻测试，结果表明多数站点通过常规接地措施可达到 10Ω 以下，高土壤电阻率地区通过增加接地极或使用降阻剂后可控制在 30Ω 以内。防动物啃咬措施的电缆埋深、保护管壁厚、防虫网孔径等参数，系根据多年野外施工经验和松鼠、鼠类等常见啃咬动物的破坏能力制定。

(5) 蓄电池组后备时长 72 小时的要求。综合了我国滑坡灾区典型连续阴雨天气时长统计和运维队伍抵达偏远站点所需的平均响应时间，并参照了 DZ/T 0439-2023 中备用电源检测的技术导向。

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和现场两阶段。实验室阶段，完成了电源管理单元在 -40°C 至 $+70^{\circ}\text{C}$ 温度循环下的输出电压稳定性测试，纹波系数在全负载范围内的扫频测试，以及输出短路、输入反接保护的响应时间测试。现场试点阶段，在十六处滑坡监测站实际运行了规定的日常巡检和蓄电池季度充放电测试流程，验证

了附录表格的适用性。结果表明，规范所提各项技术指标可测、可达，判定规则合理。预期本规范实施后，可明显降低滑坡监测站点供电系统故障率，延长蓄电池有效服役时间，减少因供电失效导致的监测数据缺测和无效出勤维修次数，经济效益和安全效益显著。

七、分歧意见的处理过程、依据和结果

征求意见阶段共收集到几个主要方面的分歧意见，经讨论均已妥善处理。

第一，关于蓄电池组后备时长 72 小时的要求。有意见认为部分日照资源丰富的地区可适当降低至 48 小时，以节约成本。起草组综合分析认为，连续阴雨天气的不确定性较大，且滑坡监测核心站点对供电保障要求极高，维持 72 小时的基本要求，但允许在光照资源极充足且有快速运维保障的条件下，经风险评估后适度调整，并在条文注中给出指引。

第二，关于航空插头接触件额定电流不应低于实际负载电流 1.5 倍的条款。有企业意见提出 1.3 倍即可满足安全要求。起草组结合野外振动环境下接触电阻可能增大的情况，并参考同类环境军用连接器选型惯例，维持 1.5 倍的要求，以保证长期运行可靠性。

第三，关于光伏板清洁频次，部分运维单位认为每月一次在多雨区过频。起草组在维持一般区域每月一次的基础上，采纳了多雨区域可根据降雨情况适当延长但不超过 2 个月的建议，使条款更具弹性。

第四，关于接地电阻值，部分单位建议山区统一放宽至 30Ω 。经讨论，起草组坚持一般站点 10Ω 的要求，仅在高土壤电阻率地区且采取降阻措施后仍不达标时允许放宽至 30Ω ，并强化了接地装置质量和等电位连接要求。

八、采用国际标准或国外先进标准情况

起草组在编制过程中参考了 IEC 61000 系列电磁兼容标准中关于电压波动和纹波测量方法的部分内容，以及 IEC 60529 外壳防护等级标准，但未直接采用具体技术条款。规范中所有技术参数和要求均是结合我国滑坡监测供电系统的实际需求和试验验证数据自主制定，符合我国地质灾害防治领域的国情和技术条件。

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滑坡监测设备制造商、系统集成商、工程施工单位和各级运维管理单位开展标准宣贯培训。引导设备制造商按照规范要求设计和标识电源接口、完善保护功能。建议监测项目在招标和验收时引用本规范中的技术要求，将电源接口标准、环境适应性试验报告和防雷接地测试记录等纳入验收文件。运维管理单位应将日常巡检、蓄电池充放电测试纳入日常管理制度，并统一使用本规范附录的记录表格。同时建立标准应用反馈机制，持续收集实施中的经验与问题，为标准复审和修订积累依据。

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	表 4 中铅酸蓄电池工作温度下限“-20℃”过于保守，部分胶体电池可在-30℃下放电	采纳。修改为“铅酸蓄电池（普通）-20℃；铅酸蓄电池（胶体）-30℃；磷酸铁锂电池-30℃”，并在注中说明低温下容量衰减比例
		9.2 第（5）条接地线截面积“不应小于 10mm ² ”，部分小型站点设备功率极小，建议适当减小	未采纳。接地线截面积以满足故障电流泄放和机械强度要求为准，与设备功率无直接关系，维持原要求
2	重庆大学/李瑞	10.2.1 放电测试中“当蓄电池组电压下降至终止电压或放电时间达到 72h”建议明确规定各类电池终止电压值	采纳。已在 10.2.1 中补充“铅酸蓄电池 12V 系统终止电压为 10.5V，24V 系统为 21.0V；磷酸铁锂 12V 系统终止电压为 10.0V”
		6.2.1 中电压瞬态响应恢复时间“不应大于 500ms”对部分精密设备偏长，建议缩短或分级	部分采纳。维持通用要求 500ms，同时增加“对 GNSS 接收机等精密监测设备，恢复时间不应大于 200ms”的专项要求
3	河南省地质研究院/张栋	建议在 4.1.2 电源管理单元功能中增加“远程固件升级”功能要求，以便后续功能优化	部分采纳。在 4.1.2 第（7）条远程通信上报功能中补充“宜具备远程参数配置与固件升级能力”的建议性条款，不作强制要求
		10.3.2 第（3）条设备更换记录“保存期限不应少于设备设计寿命”建议延长至设备退役后 N 年	采纳。修改为“保存期限不应少于设备设计寿命，且自设备退役之日起延后保存不少于 3 年”
		附录 B 至附录 E 表格均缺少“记录编号”字段，不便于档案管理和追溯	采纳。在所有附录表格的首行增加“记录编号”字段
4	中国地质调查局长沙自然资源综合调查中心/王超	9.3 第（2）条直埋电缆保护管“镀锌钢管壁厚不应小于 2.5mm”对抗压强度无明确对应关系，建议增加环刚度要求	采纳。已修改为“镀锌钢管壁厚不应小于 2.5mm（公称壁厚），且环刚度不应低于 8kN/m ² ”
5	武汉鑫华兴建设工程有限公司/方彪	4.2.1 中“平均无故障时间应达到 3 年”的表述建议明确是 MTBF 指标，并补	采纳。已将表述修改为“平均无故障间隔时间（MTBF）应不低于 26,280

		充置信度条件	小时(3年),置信度 60%”,并在条文注中说明统计条件
		蓄电池更换后废旧电池的处理未做规定,建议增加环保处置要求	采纳。在 10.3.2 第(1)条更换原则后增加“废旧蓄电池应按照《废铅蓄电池处理污染控制技术规范》或相关锂电池回收管理规定交由具备资质的单位集中回收,严禁随意丢弃或混入生活垃圾”
6	武汉大势智慧科技有限公司/曹斌	标准中涉及电气安全、高处作业和野外作业的内容,未提及作业人员安全防护要求	采纳。在第 10 章增加 10.4 条“作业安全要求”,规定“供电系统安装、巡检、维护及故障检修作业应遵守电气安全工作规程及高处作业安全管理规定,作业人员应穿戴绝缘鞋、安全帽等防护装备,雷雨天气严禁进行室外电气作业”
		表 11 电源故障排查流程中未包含“太阳能充电控制器故障”这一常见故障点	采纳。在表 11 步骤 3 和步骤 4 之间增加排查项:“太阳能充电控制器:检查控制器工作状态指示灯及输入输出电压,异常则更换或旁路测试”
7	中国地质大学(北京)/孔令融	6.2.2 中输出支路短路保护动作时间“100ms 内”是否考虑与总输出保护的级差配合	采纳。已在 6.2.2 第(4)条中补充“支路保护动作时间宜不大于 50ms,总输出保护动作时间宜为 100ms~200ms,确保选择性配合”
8	武汉摩鸣科技有限公司/许新建	6.2.2 第(2)条“同一支路 1 小时内连续 3 次保护动作应锁定”过于严格,建议增加人工远程判断环节	部分采纳。修改为“同一支路 1 小时内连续 3 次保护动作后,系统应自动锁定并上报,经运维人员远程或现场确认后方可复位”
9	湖北高通空间技术有限公司/刘鹏	7.1 中“周期性电压波动峰值不应超过标称值的±5%”建议明确波动频率范围	采纳。已在条文中补充“周期性电压波动指频率在 0.1Hz 至 1kHz 范围内的电压波动分量”
10	湖北省地质局第三地质	7.2 表 3 中精密供电纹波	部分采纳。维持 1.0%限值,

	大队/刘仕奔	系数“ $\leq 1.0\%$ (峰-峰值)” 在实测中难以在所有工况下达到，建议增加测试条件说明	同时在测量条件中补充“在 20MHz 带宽限制下测量”的说明，并注明“瞬态负载切换工况除外”
		表 1 中蓄电池循环使用寿命“ ≥ 2000 次（80%深度放电）”对铅酸电池偏严，建议分电池类型设定	采纳。已将表 1 拆分为铅酸电池和磷酸铁锂电池两档，铅酸电池循环寿命调整为“ ≥ 800 次（80%深度放电）”，磷酸铁锂电池维持“ ≥ 2000 次”
11	信正光电科技（武汉）有限公司/王刚	9.2 第（3）条第一级浪涌保护器“标称放电电流不应小于 20kA（10/350 μ s）”对部分仅有太阳能供电的站点要求过高	部分采纳。维持有市电引入站点 20kA 要求，纯太阳能供电无架空线引入的站点调整为“不应小于 12.5kA（10/350 μ s）”
		表 9 日常巡检项目中“蓄电池电压不低于标称电压的 90%”是否区分铅酸和锂电，且未考虑温度修正	采纳。修改为“蓄电池组端电压：铅酸不低于标称电压的 90%（25℃基准）；磷酸铁锂由电池管理系统读取单体电压，不得低于保护阈值”，并在注中补充温度修正说明
12	武汉泰达光电科技有限公司/宋信强	10.2.2 光伏板清洁用水“水温不应超过 60℃”是否需要考虑冬季结冰问题	采纳。补充“冬季环境温度低于 0℃时，清洁用水宜加热至 5℃~30℃，避免光伏板表面结冰，且严禁在光伏板表面积雪或覆冰时使用热水直接冲洗”
13	武汉昂格科技有限公司/刘礼刚	标准正文未涉及通信中断期间电源管理单元的数据缓存与补传功能，建议补充	部分采纳。在 4.1.2 条中增加“当通信中断时，电源管理单元应具备不少于 30 天的本地状态数据缓存能力，通信恢复后自动补传”的建议性条款
		第 8 章使用环境和第 9 章防护要求的各项试验方法在正文中描述不够集中，建议统一试验条件	部分采纳。在标准正文后增加资料性附录“试验方法汇总”，将温度循环、湿度、盐雾、防护等级、接地电阻等试验条件集中列示，方便检测机构使用
14	中国地质调查局海口海洋地质调查中心/许洁	建议在 10.1 巡检项目中增加“太阳能电池板支架稳固性检查”项目	采纳。在表 9 巡检项目中增加“支架稳固性：检查支架有无松动、倾斜、锈

			标准未涉及临时站点或可移动站点的供电要求，是否需要覆盖	蚀，紧固螺栓力矩是否达标” 未采纳。本规范适用范围已在第1章中明确限定为固定式滑坡监测站点，临时站点可参照使用但不在强制范围内
			10.1 第（1）条恶劣环境站点巡检频次“每周不少于1次”是否所有恶劣站点均适用，建议按可达性分级	部分采纳。保留每周1次基本要求，补充“对于交通极为不便、单程超过8h的站点，经管理单位批准后巡检频次可调整为每周1次，但雷雨季节仍按每周1次执行”
15	华北水利水电大学/郑文龙		9.3 第（4）条化学驱避中“环保型驱鼠剂”表述不够明确，建议禁止使用有毒有害化学药剂	采纳。修改为“化学驱避仅可使用经国家农药管理部门登记的环境友好型生物制剂，严禁使用有机磷、有机氯类等有毒有害化学药剂”
			8.1 第（3）条低温冷启动“-40℃静置8h后正常启动”在极寒地区仍不够严苛，建议延长至24h	部分采纳。维持8h基本要求，同时增加条文注“在历史极端低温低于-40℃的地区，冷启动静置时间宜延长至24h”
16	三峡大学/宋琨		表7中C5腐蚀等级机箱“316L不锈钢”采购成本高，建议增加等同耐蚀性能的铝合金表面处理方案	采纳。在表7注中补充“经阳极氧化并封闭处理的5系或6系铝合金，经1,000h中性盐雾试验合格后，可作为C5等级的替代材料”
17	上海德帆自动化机电设备有限公司/张伟		4.1.2 电源管理单元中“实时状态监测”的参数列表建议增加“累计放电安时数”用于蓄电池寿命评估	采纳。在4.1.2第（6）条状态监测参数中增加“蓄电池累计充放电安时数”
18	腾焰装备（十堰）有限公司/董位		表2中核心监测设备稳态容限±5%对于12VDC设备过于苛刻，部分GNSS接收机容许±10%	未采纳。经试验验证，主流GNSS接收机在±5%电压波动范围内性能稳定，±10%时部分设备定位精度已出现可测量劣化，维持原限值
19	苏州特姆莱智能科技有限公司/蒲鑫		7.2 第（2）条电流纹波系数“蓄电池充电回路不应	未采纳。经充电效率与电池寿命关联试验，5%以上

20	贵州省地矿局 111 地质队/秦世夕	大于 5.0%”对 MPPT 控制器输出偏严，建议放宽至 8%	电流纹波将加速蓄电池容量衰减，维持原限值
		建议在 5.1.2 太阳能供电系统选型中补充光伏板最小功率计算的具体公式或参考方法	采纳。已在 5.1.2 中增加条文注，给出光伏板最小功率的参考计算公式及本地最不利季节日照时数的取值原则
		6.1.2 航空插头接触件“额定电流应不低于实际负载电流的 1.5 倍”是否考虑高温降额	采纳。已在条文中补充“在最高工作温度+70℃条件下，降额后的额定电流仍应满足 1.5 倍要求”