

团体标准  
《泥石流泥位流速毫米波雷达监测技术规程》  
编制说明

2023年07月

# 《泥石流泥位流速毫米波雷达监测技术规程》编制说明

## 一、标准制定的必要性

泥石流是指由于降水（暴雨、冰川、积雪融化水）在沟谷或山坡上产生的一种挟带大量泥砂、石块和巨砾等固体物质的特殊洪流。其汇水、汇砂过程十分复杂，是各种自然和（或）人为因素综合作用的产物。泥石流具有突然性以及流速快，流量大，物质容量大和破坏力强等特点。我国是世界上受泥石流灾害威胁最为严重的国家之一，泥石流灾害严重威胁国民经济和社会的可持续发展。泥石流成因复杂、量大面广、治理成本高，目前还没有全面大规模的有效治理手段，因此泥石流监测预警成为一种重要的减灾手段。

泥石流监测预警可分为接触式预警仪器和非接触式预警仪器。接触式预警仪器预先布设在泥石流沟道或山坡上，通过仪器监测应力、应变或位移等物理量的变化来判断泥石流是否发生并估计其规模。接触式预警仪器虽然可以直接获得泥石流发生时的各种力学物理量，但仍然存在需要人工预先埋置、接触点易损坏、造价过高等问题。非接触式预警仪器一般在不接触泥石流体的情况下，根据泥石流的影像、声音、振动等信息判断泥石流的发生情况并估计其规模。常见的非接触式泥石流预警仪器包括摄像机、泥位计等。摄像机可以获得监测点的直观影响，通过图像数据处理，可以自动识别泥石流的发生与运动情况，但作为预警仪器其设备耗电量大，对图像处理设备要求也高，同时夜间或雨雪天气对成像效果影响较大。泥位计可以更准确的获得监测点的泥位流速信息，但泥位计需要部署在监测点的正上方，且只能单点监测，无法快捷有效的形成区域性监测。综上所述，现需要新的能够实现全天时、全天候、非接触式、大面积监测装备来替代现有的传感器监测模式。

毫米波雷达传感器兼具较高的距离和速度分辨率以及一定的角分辨能力，在无人驾驶、智能家居、智能安防等众多领域得到了广泛应用。毫米波雷达回波信号经过处理后可以获得距离多普勒图、距离角度图、点云等多种形式的的数据。其中，点云数据可以同时反映出目标的位置、形状、速度与电磁散射特性，且基于点云数据进行目标识别的方法对存储量、计算量的需求相对较小，因此点云数据在无人驾驶领域应用广泛。

目前，国内外与泥石流监测相关的标准并不多见，其中，T/CAGHP 034-2018 泥石流泥位雷达监测技术规程，规定了泥石流泥位雷达监测设备组成、监测设备技术参数原则、监测设备选址原则、监测设备施工原则、监测设备运行维护要求等内容，适用于采用雷达技术的泥石流泥位专业监测。《崩塌滑坡泥石流监测规程》DZ/T 0223—2004，规定了崩塌、

滑坡（含崩滑危岩体，统称崩滑体）变形和泥石流活动的监测内容、监测方法、监测点网布设、检测资料整理等技术要求，以及变形破坏或活动预报等。适用于已经发生过且可能继续或再次发生崩滑变形破坏和泥石流活动的监测，以及有可能发生崩滑的自然或人工的斜坡变形破坏和泥石流活动的沟槽（或斜坡）的监测。毫米波二维成像雷达尚未在泥石流监测领域展开应用，其相关标准也并未制定。

泥石流泥位流速毫米波监测雷达技术规程的建立，可有效补充当前泥石流雷达监测标准，为更好的监测泥石流的发生及产生的危害提供技术和数据支撑，从而更好的保障泥石流多发区人民的生命财产安全。

## 二、标准编制原则及依据

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》要求进行编写。

参照相关法律、法规和规定，在编制过程中着重考虑了科学性、适用性和可操作性。

## 三、主要试验情况分析

### 1. 实验场景及测试验证设备介绍

泥石流是的一种挟带大量泥砂、石块和巨砾等固体物质的特殊洪流，因此在物料制作与配比上以泥水混合比为0.6作为基准，由于泥石流速度快、冲击力大的特性，实验场景具有一定的倾斜坡度，如图2所示为倾斜角度为 $12^{\circ}$ ；为了同步设备的泥石流，在沟槽上端设计闸门用于起动泥石流，详细见下图所示；由于泥石流设备主要测试不同距离处的泥石流速度、高度值，因此本实验借助传统的传感器用于测速度的高速相机PIV和用于测高度的超声波测距仪进行数值比对验证，高速相机PIV和超声波测距仪的布设位置及安装过程如下图1、2所示；



(1) 相机和超声波测距仪布设示意图 (2) 毫米波雷达布设示意图

图1 设备分布图

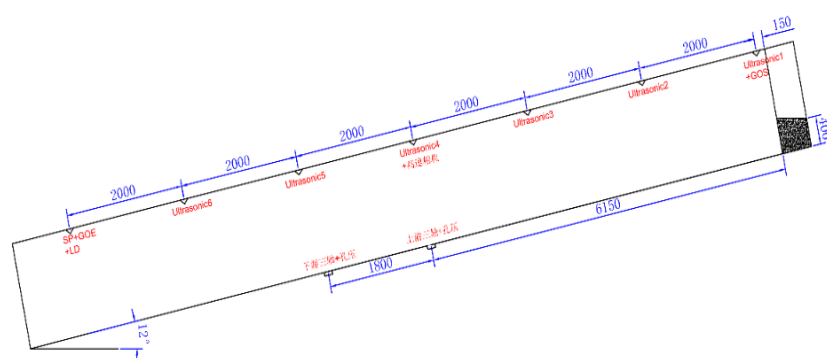


图2 水槽示意图

上图中的设备说明：

Ultrasonic：超声波测距仪（用于测量泥石流流龙头高度）

流通区高速相机：用于分析PIV表面流速

LD：毫米波雷达

## 2. 实验数据分析说明

超声波测距仪与微波雷达对泥石流高度测试结果对比如下图所示：

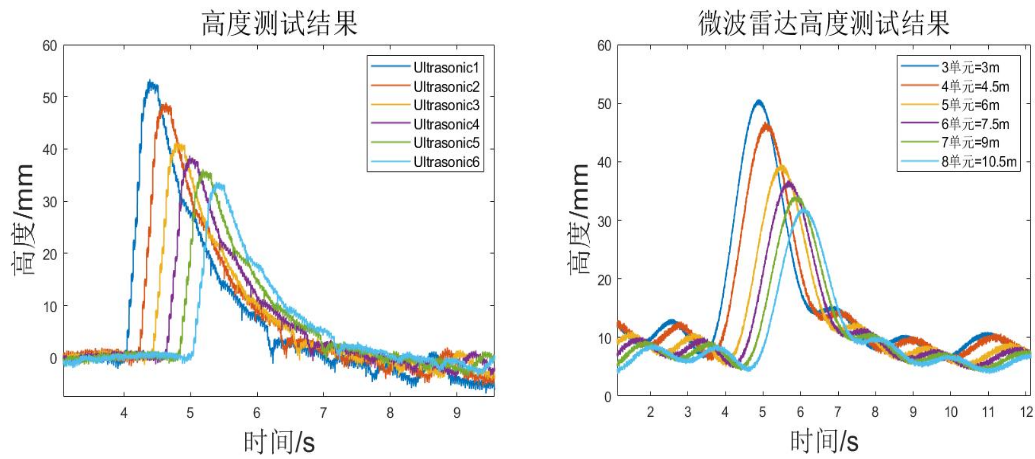


图3 高度测量对比图

相同位置超声波测距仪与微波雷达测高数据的误差分析表：

| 超声波测量位置  | Ultrasonic1 | Ultrasonic2 | Ultrasonic3 | Ultrasonic4 | Ultrasonic5 | Ultrasonic6 |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 微波雷达测量位置 | 3单元         | 4单元         | 5单元         | 6单元         | 7单元         | 8单元         |
| 误差值/mm   | 1.33        | 1.36        | 1.43        | 1.49        | 1.58        | 2.02        |

相机PIV表面测速与微波雷达泥石流流速度测试结果对比如下图所示：

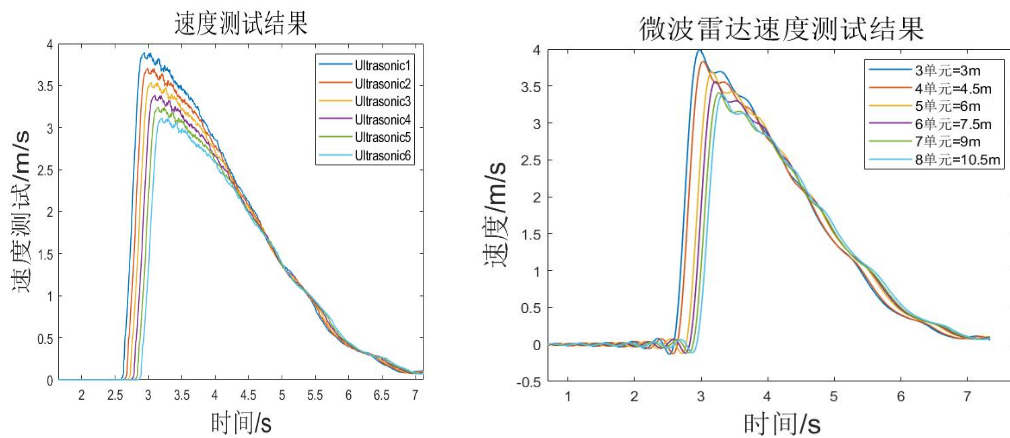


图4 速度测试结果对比图

相同位置相机PIV测速仪与微波雷达测速数据的误差分析表：

| 超声波测量位置  | Ultrasonic1 | Ultrasonic2 | Ultrasonic3 | Ultrasonic4 | Ultrasonic5 | Ultrasonic6 |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 微波雷达测量位置 | 3单元         | 4单元         | 5单元         | 6单元         | 7单元         | 8单元         |
| 误差值/m/s  | 0.132       | 0.154       | 0.176       | 0.189       | 0.2         | 0.213       |

### 3. 实验结论：

毫米波雷达经过与传统测量泥石流设备（包括超声波测距仪和相机PIV）数据趋势曲线对照和误差数值分析比对表明毫米波雷达能够准确监测泥石流的速度与高度信息；由于传统的泥石流测量设备-超声波测距仪只能测量单一距离单元，相机PIV测速法测量的距离范围有限，然而，毫米波雷达设备能够弥补上述传感器的缺陷，只需要一台设备即可同时测量大范围、远距离、多个点位的泥石流速度与高度信息。因此该设备是一款行业创新性的泥石流测量设备；

## 四、项目背景及工作情况

### （一）任务来源

根据《中国国际科技促进会标准化工作委员会团体标准管理办法》的有关规定，经中国国际科技促进会标准化工作委员会及相关专家技术审核，由内蒙古方向图科技有限公司制定《泥石流泥位流速毫米波监测雷达技术规程》标准，项目计划编号CI2023237。

### （二）标准起草单位

本标准的主要起草单位是内蒙古方向图科技有限公司、中国地质环境监测院（自然资源部地质灾害技术指导中心）、特力惠信息科技股份有限公司、中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所、雅安市地灾防治与生态修复中心、内蒙古工业大学。

### （三）标准研制过程及相关工作计划

2022年1-6月，成立规程编制小组，广泛收集、整理泥石流泥位流速测量相关技术的国内外标准和相关文献，进行调研工作，初步拟定方案，完成准备工作。

2022年7-12月，形成泥石流泥位流速毫米波雷达监测技术规程初稿。

2023年1-5月，结合野外测试，补充完善泥石流泥位流速毫米波雷达监测技术规程。

2023年6-7月，依据GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第一部分：标准的结构和编写规则》、GB 20001.4-2015《标准编写规则 第4部分：试验方法标准》，团体标准立项通知公示后，编写人员根据工作计划分工和编写要求开展了相关工作。在标准起草期间，编制小组主编单位及参编单位组织了数次内部研讨会，经过多次修改，于2023年7月下旬完成标准初

稿及编制说明撰写。完成了本标准的征求意见稿及标准编制说明。

2023年x月向业界数十家单位的专家发送《征求意见稿》，汇总各方意见并对本标准进行修改，完成了本标准的送审稿。

计划2023年x月，对送审稿的审查意见，经实验补充和数据、资料的补充，进一步修订并完善了送审稿。

计划2023年x月，根据评审会议评审委员会成员的审查意见，对标准文本的格式进行修订，完成了标准报批稿。

## 五、标准制定的基本原则

标准编制过程中，遵循了以下基本原则：

- 1) 标准需要具有行业特点，指标及其对应的分析方法要积极参照采用国家标准和行业标准。
- 2) 标准能够体现出产品的具有关键共性的技术要素。
- 3) 标准能够为产品的开发、改进指出明确的方向。
- 4) 标准需要具有科学性、先进性和可操作性。
- 5) 要能够结合行业实际情况和产品特点。
- 6) 与相关标准法规协调一致。
- 7) 促进行业健康发展与技术进步。

## 六、标准主要内容

本规程规定了泥石流泥位流速雷达监测设备组成、监测设备技术参数要求、监测设备选址要求、监测设备施工标准、监测设备运行维护要求等内容。

本规程适用于采用毫米波雷达成像技术的泥石流泥位流速专业监测。

主要技术内容包括监测目的、监测对象、监测设备组成和技术要求、监测设备的选址、安装施工标准、运行维护等内容。

## 七、与有关法律法规和强制性标准的关系

遵守和符合相关法律法规和强制性标准要求。规范性引用文件包括：

依据GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第一部分：标准的结构和编写规则》

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》，

GB20001.4-2015《标准编写规则 第4部分：试验方法标准》要求进行编写。

参照相关法律、法规和规定，在编制过程中着重考虑了科学性、适用性和可操作性。

本标准规范性引用文件包括：

GB 1499.2-2007 钢筋混凝土用钢

GB 4208-2008 外壳防护等级（IP代码）

GB 50204-2002 混凝土结构工程施工质量验收规范

GB 50343-2004 建筑物电子信息系统防雷技术规范

DZ/T 0220-2006 泥石流灾害防治工程勘测规范

DZ/T 0221-2006 崩塌、滑坡、泥石流监测规范

## 八、重大意见分歧的处理依据和结果

本标准起草过程中没有重大分歧意见。

## 九、后续贯彻措施

为贯彻落实国家现行的法律法规和规范化工作的有关规定，进一步推进实施技术规范战略，持续大力宣传和推广泥石流泥位流速毫米波监测雷达技术，加强质量基础设施规范协同并强化规范实施与监督，促进地质灾害应急规范化活动的开展，及时组织开展规范的宣传贯彻工作。为地面监测雷达产品规范化生产提供经验，参与国内、国际规范化活动提供更及时、更专业、更权威的服务，通过规范引领，助力我国的地面监测雷达研究突破技术壁垒，为信息科技行业发展提供支撑。

（1）积极开展服务企业规范化试点工作，引导企业按服务规范经营，强化服务水平和服务质量，支撑产业发展，促进科技进步，提升科技成果转化，提高经济效益、社会效益、生态效益。

（2）将规范宣传作为一项重要任务，加大对技术规范制定者、实施者、受益者等不同类型主体的技术规范知识普及宣传力度。通过技术规范宣传，增强公众对技术规范的认识，提高全社会规范化意识，形成“讲规范、学规范、用规范、做规范”的良好氛围。

（3）组建适合推进规范化的专业队伍，建立技术规范人才培养、评价和激励机制，吸纳和引进既懂规范又懂技术的复合型人才，建设一支高素质的技术规范人才队伍，建立生产地面监测雷达产品等信息科技行业相关规范库。

建议本标准发布之日起半年内实施。

标准编制小组

2023年 07 月