

# 《高频微波局地降水监测设备》

( 征求意见稿  送审稿  报批稿)

## 编制说明

主编单位：                     河海大学                    

2023 年 7 月 26 日

# 目 录

一、工作简况.....	1
1.1 任务来源.....	1
1.2 任务背景.....	1
1.3 主要工作过程.....	2
1.4 主要起草人及其所做的工作.....	3
二、主要内容说明及来源依据.....	5
2.1 主要内容说明.....	5
2.2 来源依据.....	5
2.3 主要试验、验证及试行结果分析.....	6
三、专利情况说明.....	9
四、与相关标准的关系分析.....	10
4.1 与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况。.....	10
4.2 与国内相关标准协调性分析.....	10
五、重大分歧或重难点的处理经过和依据.....	10
六、预期效益（报批阶段填写）.....	10
6.1 经济效益.....	10
6.2 社会效益.....	11
6.3 生态环境效益.....	11
七、其他说明事项.....	11

# 编制说明

## 一、工作简况

### 1.1 任务来源

2022年6月，中国水利学会根据《中国水利学会团体标准管理办法》相关规定，经过立项论证，公示后以《关于批准<无线微波降雨密集监测网络系统>等4项标准立项的通知》（水学〔2022〕88号），批准该标准立项。

本标准的主编单位为河海大学；参编单位为长江水利委员会水文局、黄河水利委员会水文局、水利部南京水利水文自动化研究所、江西省水文监测中心、中国长江电力股份有限公司、中国长江三峡集团有限公司科学技术研究院、江苏亨通河海科技有限公司、北京金水信息技术发展有限公司、中水北方勘测设计研究有限责任公司、中电科普天科技股份有限公司、北京慧图科技（集团）股份有限公司、山东省水文中心。

### 1.2 任务背景

降雨是水文循环的关键环节，直接影响着径流、蒸散发等水文循环要素及水资源量的时空分布，极端降雨事件也往往是洪涝、滑坡等自然灾害的主要诱因。因此高精度、高时空分辨率的降雨动态监测资料，是实现水旱灾害防治、水资源管理与调配等智慧水利应用的重要前提。

高频微波局地降水监测设备，是利用无线电磁波在传输过程中，由途经的降水事件所造成的能量衰减反演链路沿程平均降水强度的技术，能够捕捉复杂地形区域的局地降水信息。目前，国内利用高频微波局地降水监测设备来测量降水的技术已初步成熟，通过部分区域的试点应用，验证了该技术的可行性和降水测量准确性。该方法具有时空分辨率高、空间代表性好、覆盖范围广、维护成本低等优点，可以作为雨量计、天气雷达等常规降水测量手段的补充。然而，在本标准起草之前，国内尚无该技术相关标准规范，各研究机构在仪器集成、数据管理、测雨算法等方面也未形成统一意见，限制了本技术的快速、健康发展和相关产品的有效、广泛应用。

为此，河海大学联合南京水利水文自动化研究所、江西省水文监测中心等单

位，基于大量的无线微波降水监测试点应用经验，制定《高频微波局地降水监测设备》这一团体技术标准，旨在为高频微波局地降水监测设备的生产、安装、布设、使用提供参考依据，以用于局地降水强度的监测，为智慧水利信息基础设施中的水利感知网、水利信息网提供数据支撑，为流域防洪、水资源管理与调配等“2+N”水利业务应用提供可靠输入，为水利新发展阶段的智慧水利建设提供高精度数据底板。

### **1.3 主要工作过程**

#### **1.3.1 组建标准编制组**

河海大学作为标准编制技术牵头机构，于 2022 年 1 月组建了由南京水利水文自动化研究所、江西省水文监测中心等行业专家及一线人员组成的标准编制工作组，制定了标准编制工作方案，开展标准编制工作。

#### **1.3.2 文献和资料收集**

标准编制组对相关领域的技术文献、行业报告、标准文件等进行广泛调研和收集。参考了相关的国家或行业标准，如《水文仪器术语及符号》（GB/T 19677-2005）、《水文仪器可靠性技术要求》（GB/T 18185-2014）、《陆地移动业务和固定业务传播特性 第 3 部分：视距微波接力通信系统传播特性》（GB/T 14617.3-2012）、《降水量监测规范》（SL 21-2015）等相关标准和资料。标准编制组按照标准编制依据和原则，对上述资料进行了认真分析、学习和研讨，初步理顺了标准编制的方向和思路。

#### **1.3.3 初稿编制**

通过技术调研、专家咨询、技术应用与示范、工作讨论等方式，编制组提出标准编制方案和技术路线，结合收集到的资料，形成了高频微波局地降水监测设备设计思路。在此基础上，参照 GB/T 1.2—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》的要求，编写了《无线微波降雨密集监测网络系统》标准初稿。

#### **1.3.4 立项申请**

2022 年 3 月，标准编制工作组依据《中国水利学会团体标准管理办法》相关规定，完成了团体标准初稿和立项申请材料，提交中国水利学会。2022 年 4 月 8 日，中国水利学会在北京组织了该标准立项论证审查，审查专家一致同意该标

准立项，同时提出了修改意见及建议。2022年6月15日，水利学会发布该标准立项通知。立项论证专家意见及建议主要包括：

(1) 无线微波降雨监测作为一种新的雨量监测方式，技术相对成熟，且有较大市场需求。该标准提出了无线微波降雨监测的设备、组网、算法等技术要求，可填补该领域标准空白，因此编制该标准是必要的。

(2) 该标准适用范围与定位基本明确，框架结构基本合理。

(3) 建议：

- 1) 进一步明确标准定位和适用范围，并相应修改标准名称；
- 2) 按照技术指南类标准编写；
- 3) 做好与水利、通讯类等相关标准的协调与衔接。

### **1.3.5 形成征求意见稿**

根据立项论证专家意见，标准编制工作组逐条讨论处理，对标准初稿进行了多次讨论、修改，于2023年5月形成征求意见稿，完成征求意见阶段材料（征求意见稿和编制说明），于2023年8月提交中国水利学会。

## **1.4 主要起草人及其所做的工作**

### **1.4.1 起草单位**

本标准起草工作由河海大学牵头负责。

### **1.4.2 任务分配介绍**

中国水利学会作为主管单位负责指导与协调标准的编制工作。

河海大学作为标准起草的主要单位，主要负责标准文本起草、反馈意见处理、与编制单位之间的沟通交流等工作。

南京水利水文自动化研究所、江西省水文监测中心负责各相关资料分析整理，参与文本的讨论，技术支持，会议召集等工作。

各参编单位主要负责标准中相关指标的复核工作。

### **1.4.3 主要起草人**

河海大学：杨涛、师鹏飞、郭凯、冯仲恺

长江水利委员会水文局：周波、赵昕

黄河水利委员会水文局：张家军、叶繁

水利部南京水利水文自动化研究所：高军

江西省水文监测中心：谢彪，尧俊辉，王钦钊

中国长江电力股份有限公司：鲍正风、周保红、曹辉、刘帅、张玉松

中国长江三峡集团有限公司科学技术研究院：戴会超、惠二青

江苏亨通河海科技有限公司：王超、赵可玉

北京金水信息技术发展有限公司：周扬，肖凤林

中水北方勘测设计研究有限责任公司：谢津平、吴正桥、贾文利

中电科普天科技股份有限公司：石安危、张金龙

北京慧图科技（集团）股份有限公司：曾国雄，唐宗仁

山东省水文中心：高伟、衣学军

## 二、主要内容说明及来源依据

### 2.1 主要内容说明

本标准共包括 7 章，说明如下：

#### 1.范围。

概括了本文件的主要技术内容，明确了本文件的标准化对象:高频微波局地降水监测设备。界定了本文件使用的“适用界限”。适用于频段处于 15~50GHz 的微波设备,针对海拔高度在 0~4000 米之间的降水事件的监测,可应用于水文、气象、交通、应急、农业、保险等领域的实时降水监测。

#### 2.规范性引用文件

本文件规范引用了 4 项国家、行业标准的相关内容。

#### 3.术语和定义

对“高频微波”、“雨衰”、“微波链路”、“干湿期判别”、“基础衰减”、“极化方式”给出了定义。

#### 4.目标、原则和要求

对高频微波局地降水监测设备的组成、标准化原则等方面给出了基础性、通用性的规定。

#### 5.设备设施

对设备设施的分类、组成、技术指标，配套设施的技术要求，仪器设备的属性信息等方面作出规定。

#### 6.设备的安装与布设

对设备的安装方式、布设要求、运行与维护等方面作出规定。

#### 7.降水强度计算与分析

对监测数据格式要求、计算与分析要求作出规定，给出了微波衰减、干湿期判别、基础衰减修正、降水强度计算、参数校正的参考计算方法。

### 2.2 来源依据

《水文仪器术语及符号》(GB/T 19677-2005)、《水文仪器可靠性技术要求》(GB/T 18185-2014)、《陆地移动业务和固定业务传播特性 第 3 部分:视距微波接力通信系统传播特性》(GB/T 14617.3-2012)、《降水量监测规范》(SL 21-

2015)。

### 2.3 主要试验、验证及试行结果分析

该标准涉及的试验主要包括：

#### 2.3.1 江阴试验站

河海大学与中国移动公司合作，选取江阴市月城镇作为示范区（图 1），已安装 50 套商用微波实时测雨设备，构建了智能雨量监测系统，测试运行状况良好。

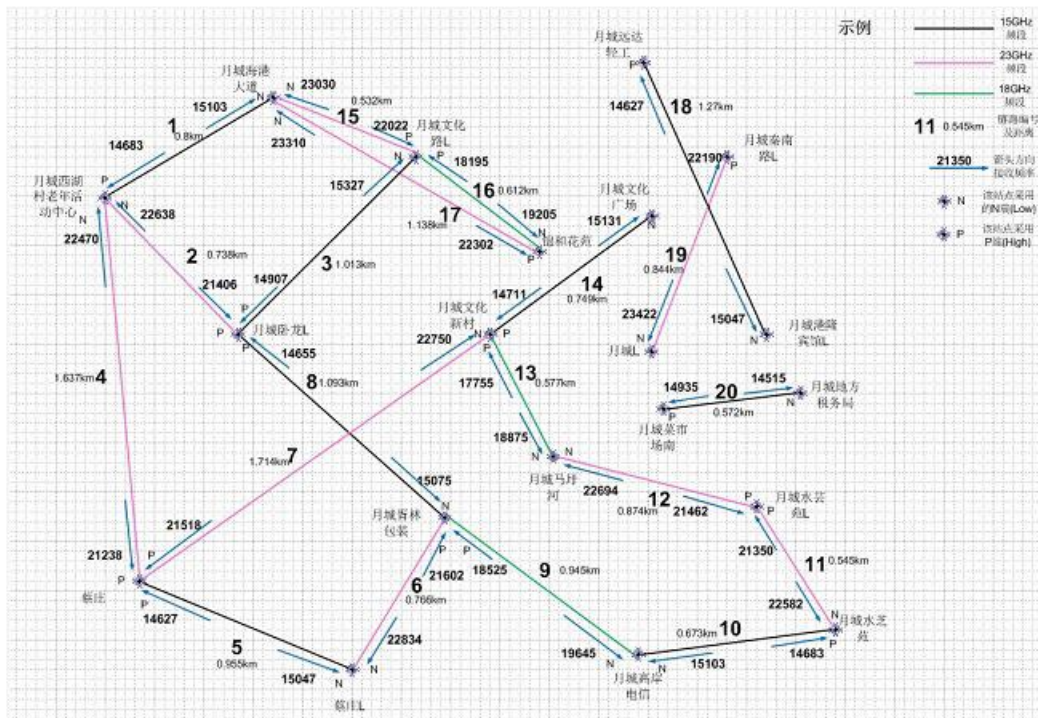


图 1 江阴市超高频无线微波监测网络规划

#### 2.3.2 南京试验站

在中国气象局与南京气象局的联合支持下，河海大学于 2020 年在南京国家基准气候站与江心洲地面气象观测场建设两条百米级高频无线微波链路（图 2），为精细化降雨监测提供支撑。链路均临近实测雨量站(<20m)，实测雨量站可提供 1min/次的实测降雨数据（表 1）。



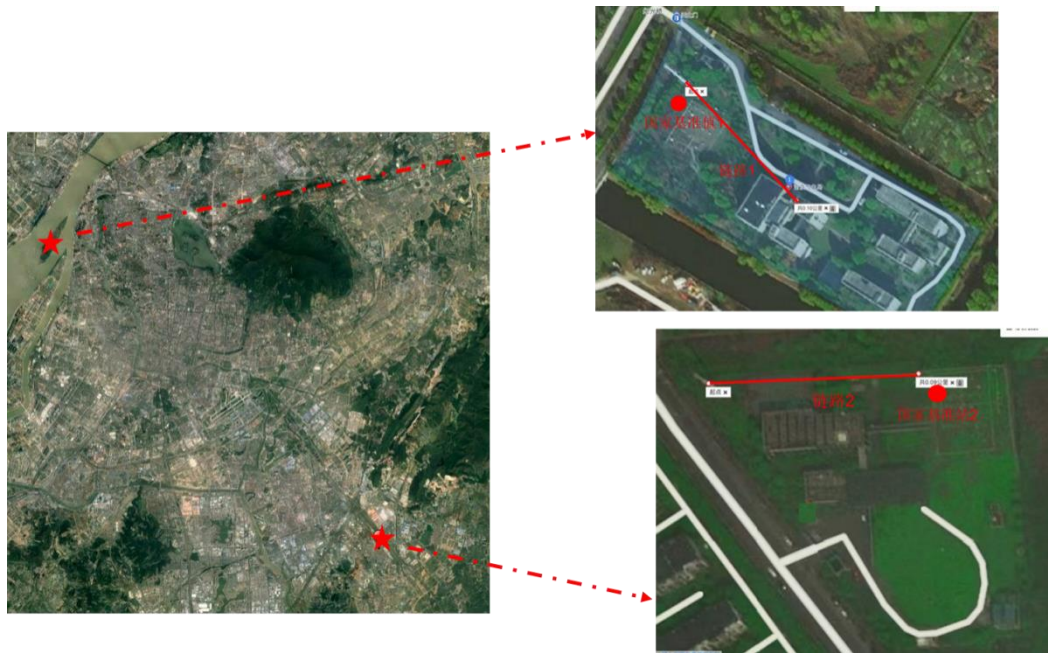


图 2 南京实验站布局图

表 1 南京实验站基本情况

链路	江心洲站	江宁站
类型	对向双频	对向双频
频率	17.97Ghz/18.98Ghz	14.67Ghz/15.09Ghz
信号采样频率	20s	20s
长度	~100m	~90m
地点	江心洲南京气象局	南京江宁
临近基准站	江心洲地面气象观测场	南京国家基准气候站

### 2.3.3 南昌试验站

试验区面积约 100km<sup>2</sup>，包含 2 个雨量站(红谷、前湖)、3 个水文站(外洲、南昌、象湖)和 6 个内涝积水易发地区(图 3)。根据所选高频微波设备的工作频率，结合区域监测需求及高频无线微波监测网络的布设原则，建设了 10 条链路，各链路长度在 1~6km 之间，可为试验区提供精细化降雨监测结果。2021 年根据地面雨量站比对，微波反演降雨平均精度 85%-90%，效果良好，可实现分钟级降水监测，在中雨、大雨、暴雨监测应用中，效果尤为明显。

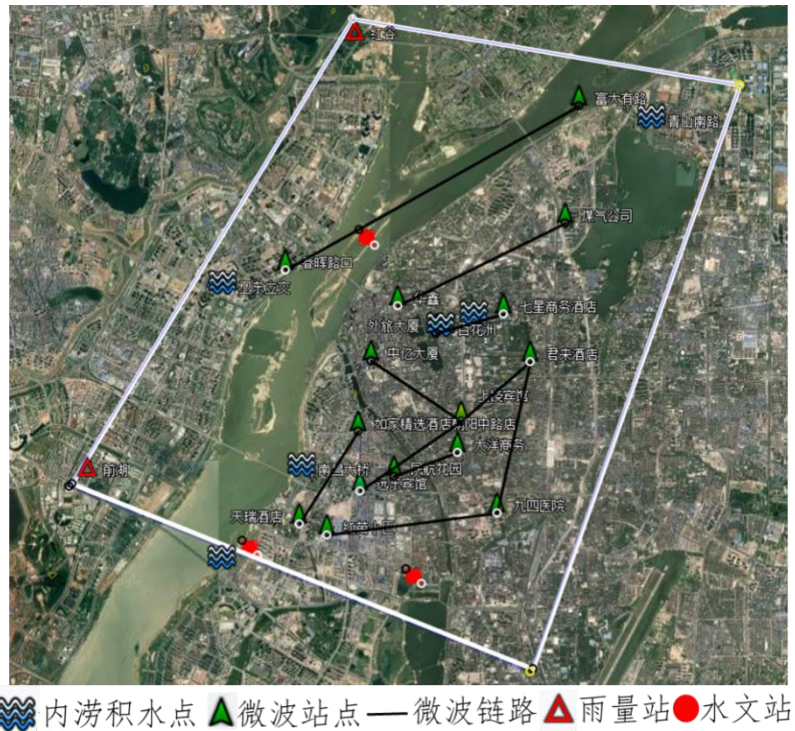


图 3 南昌试验区微波链路规划示意图

### 2.3.4 温州市综合试验区

在温州市气象局支持下，主编单位将在温州建设 1000 条面向气象综合探测的高频无线微波链路，为精细化水文气象监测提供支撑，该工程为全世界规模最大、气象监测要素最为齐全、水文气象精细化水平最高的无线微波链路物联网。温州市人口集中、交通发达，对精细化降雨监测的需求较高。铁塔资源丰富，各类铁塔数量合计 1000 余处。依托密集分布的铁塔资源，可实现高密度的测量站建设目标，将高频微波设备直接架设于铁塔上方，可解决取电、放置高度等问题。链路均临近气象局实测雨量站，实测雨量站可提供 1min/次的实测降雨数据。



图 4 温州试验站示意图

### 三、专利情况说明

编制团队近年根据无线微波密集监测研究的需求，通过诸多改进，申报并获得了多项国家发明专利，包括高频无线微波在雨、雪、雹、雾中衰减机理与数据重建理论、面向水文气象智能感知的高频微波通信芯片关键理论方法和水文气象密集监测网构建与智慧应用关键技术等三个方面，具有自主知识产权，所研发的装置在理论应用和科研中发挥了极大的作用。其中以下专利（表2）的研发思路对本标准的编制具有指导意义。

表2 无线微波降雨密集监测技术的相关专利

序号	专利名称	完成单位	主要发明人
1	一种基于微波衰减特征响应指纹识别的城市降雨反演方法	河海大学	杨涛, 郑鑫, 秦友伟
2	基于适应度优化的无线微波测雨链路规划方法	河海大学	杨涛, 秦友伟, 郑鑫
3	链路长短可调的微波雨衰规律人工降雨实验方法	河海大学	杨涛, 郑鑫, 秦友伟
4	基于无线微波衰减特征迁移学习的浓雾监测方法	河海大学	杨涛, 郑鑫, 李振亚
5	基于半监督域适应的雨、雪、冰雹分类监测方法	河海大学	杨涛, 宋莹, 郑鑫
6	基于领域自适应的微波衰减的大气 PM2.5 监测方法	河海大学	杨涛, 郑鑫, 师鹏飞
7	一种基于湿天线成因判别的无线微波监测露水强度方法	河海大学	杨涛, 郑鑫, 陈志远
8	通过微波链路网格化自适应可变尺度反演大气能见度的方法	河海大学	杨涛, 郑鑫, 洪岱
9	一种基于空间降雨数据的毫米波测雨模型参数获取方法	河海大学	杨涛, 郑鑫, 薛东凡
10	适用于复杂场景的毫米波网络降雨反演模型构建方法	河海大学	郑鑫, 杨涛, 师鹏飞
11	一种快速收敛的超高频微波降雨数据离散化方法	河海大学	杨涛, 郑鑫, 洪岱
12	一种逐级式线聚合降雨数据尺度转换方法	河海大学	杨涛, 郑鑫, 洪岱
13	超高频无线微波数据驱动的露点-霜点温度场重构方法	河海大学	宋莹、杨涛, 郑鑫
14	一种用于超高频微波的时空协同干湿增强判别方法	河海大学	杨涛, 郑鑫, 洪岱
15	基于频率精度映射的毫米波衰减信号采集系统及方法	河海大学	杨涛, 薛冬凡, 郑鑫

## 四、与相关标准的关系分析

### 4.1 与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况。

标准检索未见国外相关标准可用于对比。

与国外（如以色列等）相关机构使用的仪器设备进行对比，该标准定义的降水监测设备能够很好的捕捉降水带来的微波能量衰减行为，用于降水的监测活动。

### 4.2 与国内相关标准协调性分析

本标准在编制过程中主要参考了《水文仪器术语及符号》(GB/T 19677-2005)、《水文仪器可靠性技术要求》(GB/T 18185-2014)、《陆地移动业务和固定业务传播特性 第3部分：视距微波接力通信系统传播特性》(GB/T 14617.3-2012)、《降水量监测规范》(SL 21-2015)等。以上标准对水文仪器术语、视距微波原理、降雨量监测数据格式及单位等方面进行了详细规范与指导。本标准系首次制定，与本行业现有的其他标准协调配套，因此，本标准与暂行标准不存在冲突关系。

## 五、重大分歧或重难点的处理经过和依据

无。

## 六、预期效益（报批阶段填写）

### 6.1 经济效益

我国现有国家级与省级气象站 10 万余个，但我国通信基站密度很高，无线通信基站数量高达 600 万个，如果能全部挖掘利用，将能够产生巨大的经济效益。本标准的编制，将促进相关产业的快速、健康发展和有效、广泛应用。按照每个芯片天线 2 千元的批量生产价格，专业芯片与天线就可带来 120 亿的销售额。软件方面，假设每个县安装一套软件平台系统，每个软件平台系统 50 万元，全国大约 3 千个县，预计可带来 15 亿销售额。在海量数据运维、增值服务以及产业延伸方面，按照 1 个省（直辖市）每年水利、农业、交通、住建、能源、环保、应急、保险等 10 个重点行业增值服务费用 10 亿计算，全国每年服务费合计 340 亿。生产、建设、运维全部加起来可打造出一个 460 亿级产值的上下游新兴产业

链，推动水利产业升级。

## **6.2 社会效益**

降雨监测设施，是关乎国计民生的基础设施，是实现水旱灾害防治、水资源管理与调配等智慧水利应用的重要前提。在全球气候变化影响下，极端天气气候事件频发，本标准的编制，将从根本上提高降雨监测预报的精细化、精准化、智能化水平，为社会生产生活提供指导，提高风险预估水平及风险防控能力，从而节约生产生活成本、提升社会运行效率、减少灾害带来的生命财产损失。

## **6.3 生态环境效益**

我国水资源分布不均匀是导致水资源短缺的重要原因之一。本标准的编制，将有效提高地区水资源利用率，促进生态环境健康发展。高时空分辨率精准降雨监测预报数据，能够精细化反演降雨的空间不均匀性，提高地区雨水资源化利用挖掘能力，减少不必要的供水、补水，实现水资源精细化、网格化利用和管理。同时，为城市地下管网的空间布局提供结构化建设意见，为环境污染源追踪、污染风险评估等提供高精度降雨数据底板。

## **七、其他说明事项**

编制单位及编制组成员承诺：本标准提案提交水利协会后，在未征得水利协会同意前，不会向其他社会团体和有权发布团体标准的机构提交本标准提案。