

ICS 33.200

A 77

团体标准

T/CWEC XXX—2023

土壤含水量遥感监测技术规范

Technical specification for remote sensing monitoring of soil water
content

(征求意见稿)

请将你们发现的有关专利的内容和支持性文件随意见一并返回

2023-X-XX 发布

2023-XX-XX 实施

中国水利企业协会 发布

目次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 基本要求与技术流程	2
5.1 基本要求	2
5.2 技术流程	3
6 数据准备与处理	4
6.1 数据源	4
6.2 数据处理	5
7 光学遥感土壤含水量遥感反演	5
7.1 表观热惯量法	5
7.2 植被供水指数法	6
7.3 植被指数地表温度回归模型法	6
8 SAR 遥感土壤含水量反演	6
8.1 Dubois 模型法	6
8.2 水云模型法	7
9 精度评价	8
10 遥感监测专题图和报告编制	8
10.1 土壤含水量遥感监测专题图	8
10.2 土壤含水量遥感监测报告	9
附录 A (资料性) 用于土壤含水量监测的常用的光学卫星	10
附录 B (资料性) 用于土壤含水量监测的在轨常用雷达卫星	11
附录 C (资料性) EOS/MODIS 数据相关遥感指标计算	12
参考文献	14

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国水利企业协会提出并归口。

本文件起草单位：中国水利水电科学研究院、黑龙江省水利科学研究院、华北水利水电大学、江西省水利科学院、江苏省水利科学研究院、内蒙古自治区水文水资源中心、地卫二空间技术（杭州）有限公司、福建水利电力职业技术学院、北京河湖智慧水利技术中心、广东聚晟建设工程有限公司。

本文件起草人：黄诗峰、马建威、刘文锴、臧文斌、孙亚勇、侯松岩、许小华、王冬梅、庞文台、董路、罗火钱、郑文生、辛景峰、黄瑞锋。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国水利企业协会。

本文件为首次发布。

土壤含水量遥感监测技术规范

1 范围

本文件规定了基于光学和合成孔径雷达卫星遥感的土壤含水量监测基本要求与技术流程、数据准备与处理、光学遥感土壤含水量反演、合成孔径雷达遥感土壤含水量反演、精度评价、遥感监测专题图和报告编制等，采用其他数据源开展土壤含水量监测可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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/T 14950 摄影测量与遥感术语

GB/T 15968 遥感影像平面图制作规范

GB/T 20257.3 国家基本比例尺地图图式 第3部分：1:25000 1:50000 1:100000地形图图式

GB/T 20257.4 国家基本比例尺地图图式 第4部分：1:250000 1:500 000 1:1000000地形图图式

GB/T 28923.1 自然灾害遥感专题图产品制作要求 第1部分：分类、编码与制图

GB/T 36296 遥感产品真实性检验导则

GB/T 39468 陆地定量遥感产品真实性检验通用方法

GB/T 40039 土壤水分遥感产品真实性检验

3 术语和定义

GB/T 14950界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

土壤含水量 soil water content

本文件特指土壤体积含水量，即指每单位体积土壤的液态水体积，以 cm^3/cm^3 表示。

本文件中，光学遥感反演的土壤含水量深度为0~20 cm，基于C波段合成孔径雷达数据反演的土壤含水量深度为0~5cm，基于L波段合成孔径雷达数据反演的土壤含水量深度为0~10cm。

3.2

归一化差值植被指数 normalized different vegetation index, NDVI

近红外波段反射率和可见光红光波段反射率之差与二者之和的比值。

3.3

地表温度 land surface temperature, LST

指地表与空气交界处的温度。

本文件特指卫星传感器测得的亮度温度,经过大气校正和地表发射率修正后得到的数值,单位为 K。

3.4

地表温度日较差 daily range of land surface temperature

指一日内某地地表最高温度与最低温度之差。

本文件特指卫星传感器能获得的白天最高地表温度和夜间最低地表温度的图像亮度温度的差值,单位为 K。

3.5

雷达后向散射系数 radar backscattering coefficients

指单位面积上的雷达散射截面,后向散射系数越大,表示目标的回波越强。

3.6

土壤介电常数 soil dielectric constant

指介质电场衰减能力特性的常数,由实部和虚部构成,大小主要取决于实部,即取决于土壤含水量,土壤介电常数的测定可被用于确定土壤含水量。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ATI: 表观热惯量指数 (Apparent Thermal Inertia Index)

ABE: 地表反照率 (Albedo)

MODIS: 中分辨率成像光谱仪 (Moderate Resolution Imaging Spectrometer)

NDVI: 归一化差值植被指数 (Normalized Difference Vegetation Index)

LST: 地表温度 (land surface temperature)

VSWI: 植被供水指数 (Vegetation Supply Water Index)

SAR: 合成孔径雷达 (Synthetic Aperture Radar)

RMSE: 均方根误差 (root mean square error)

5 基本要求与技术流程

5.1 基本要求

5.1.1 空间基准

- a) 坐标系统：2000国家大地坐标系（CGCS2000）。
- b) 高程基准：1985国家高程基准。
- c) 投影方式：省级及以上尺度宜采用阿尔伯斯投影，省级以下尺度宜采用高斯-克吕格投影。

5.1.2 监测时间和频次

- a) 监测时间：应选择地表未冻融的时段开展土壤含水量遥感监测。
- b) 监测频次：10天一次，特殊情况下可加密监测至1~3天1次。

5.2 技术流程

土壤含水量反演主要技术流程包括数据处理、遥感监测指标计算、土壤含水量反演、精度评价、监测报告制作。

- a) 对卫星数据完成预处理后，进一步根据卫星遥感数据类型进行土壤含水量遥感监测；
 - b) 采用光学遥感反演模型时，根据作物种植类型分布图以及作物生育时期数据，计算监测区域土壤含水量遥感监测指标，包括表观热惯量指数（ATI）或植被供水指数（VSWI）。处在苗期生长的作物区域，宜采用ATI模型；处在苗期生长以后的作物区域，宜采用VSWI模型；植被指数地表温度回归模型则可在整个生育期内适用。
 - c) 采用SAR遥感反演模型时，根据SAR的极化方式以及辅助数据情况，选择Dubois模型或者水云模型。
 - d) 结合土壤含水量地面调查数据，反演估测监测区域土壤含水量；
 - e) 对反演结果进行精度评价；
 - f) 编制土壤含水量遥感监测报告。
- 土壤含水量遥感监测处理流程见图 1。

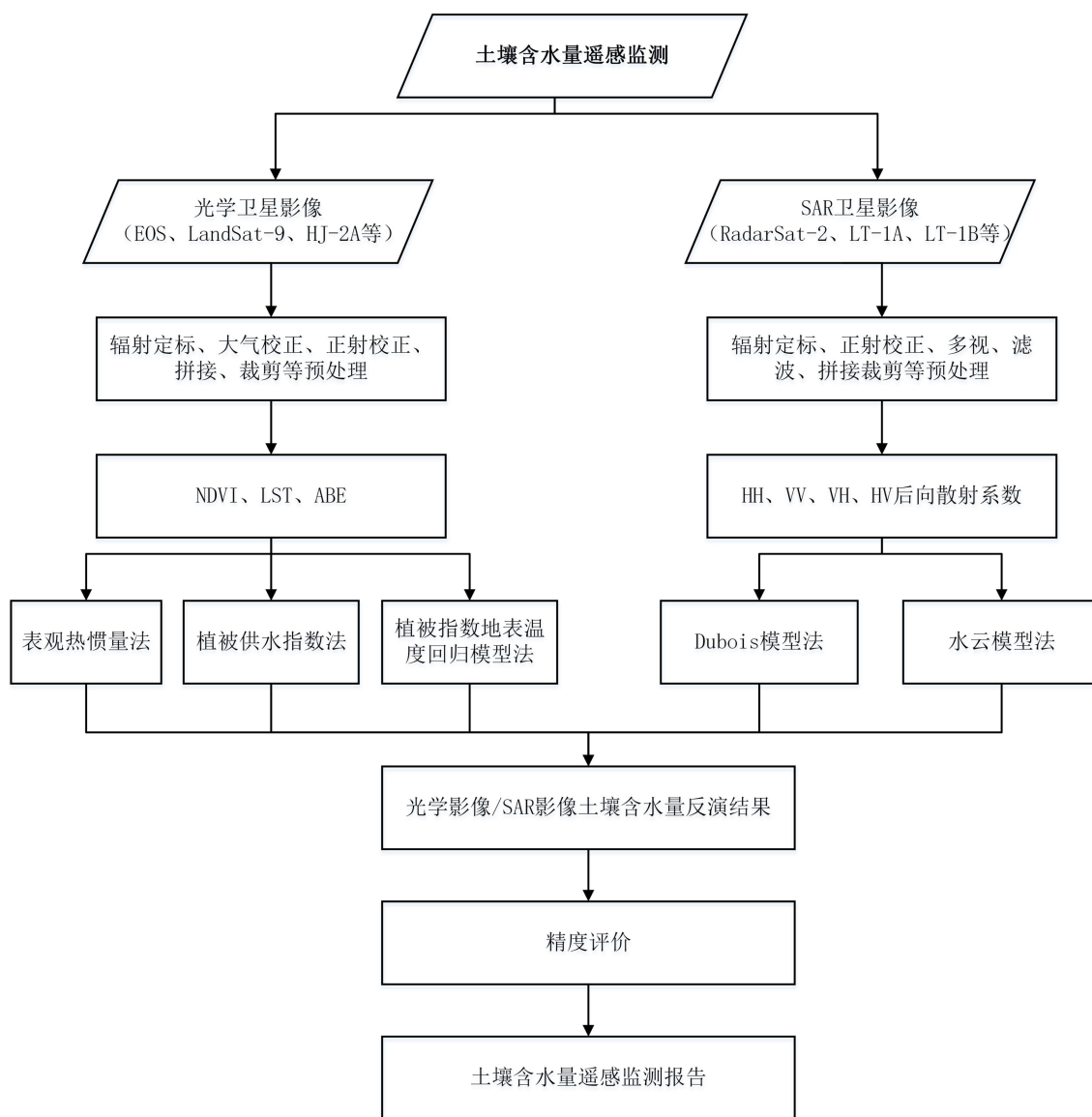


图1 土壤含水量遥感监测技术流程图

6 数据准备与处理

6.1 数据源

6.1.1 卫星遥感数据

土壤含水量遥感监测可选用光学遥感数据或SAR卫星遥感数据。

a) 光学卫星遥感数据应具有红光(620nm~760nm)、近红外(760nm~1250nm)、热红外(10.0 μm~14.0 μm)等波段,空间分辨率应优于1千米,云或浓雾量小于等于10%,常见的用于土壤含水量反演的光学卫星数据见附录A。

b) SAR卫星遥感数据宜选用L波段或C波段数据，空间分辨率应优于100米，常见的用于土壤含水量反演的SAR数据见附录B。

6.1.2 土壤含水量地面观测数据

地面观测的土壤含水量数据，包括观测点经纬度坐标、海拔高度、5、10、20厘米深度的土壤含水量等，地面观测样本应不少于30个，按照2:1的比例分为模型率定数据集和精度验证数据集。

6.1.3 其他辅助数据

包括行政区划、土地利用、土壤类型等数据。

6.2 数据处理

光学卫星遥感影像应经过辐射定标、大气校正、投影转换、几何纠正、配准、图像拼接与裁剪、云和阴影去除等处理。光学遥感影像存在云或阴影时，可采用多波段阈值法识别云和阴影，将其标识为无效数据像元，不再参与监测计算。

SAR卫星遥感数据应经过辐射定标、多视、滤波、多普勒地形校正，最终得到后向散射数据和本地入射角数据。

对于来自不同卫星传感器或同一传感器不同空间分辨率的遥感影像，应根据监测成果要求，将其统一到同一投影、同一空间分辨率。

遥感影像纠正、融合、镶嵌、增强等预处理及质量要求参照GB/T 15968第3章、第5章执行。

7 光学遥感土壤含水量反演

光学遥感土壤含水量反演方法主要包括3种：表观热惯量法、植被供水指数法、植被指数地表温度回归模型法。

7.1 表观热惯量法

按照公式(1)计算ATI，获得监测区域ATI空间分布图。

$$ATI = (1 - ABE) / \Delta T \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ABE——地表反照率，以百分数(%)表示；

ΔT ——每日最高温度、最低温度温差，单位为开(K)。

根据采用的卫星数据，选择适宜的方法计算ABE和 ΔT 。其中采用EOS/MODIS数据计算ABE和 ΔT 参见附录C。

通过公式(2)来估算土壤含水量：

$$W = a + b \times ATI \quad (2)$$

式中， W 为估算土壤含水量， ATI 为表观热惯量， a 、 b 为系数，针对不同地区和不同地表覆盖类型，根据土壤含水量地面观测值分别拟合 a 、 b 系数。

7.2 植被供水指数法

植被供水指数与土壤含水量密切相关，按照公式（3）可以计算 $VSWI$ ，获得监测区域 $VSWI$ 空间分布图。

$$VSWI = \frac{NDVI}{LST} \quad (3)$$

式中：

LST ——地表温度，单位为开（K）；

$NDVI$ ——归一化差值植被指数（无量纲）。

根据采用的卫星数据，选择适宜的方法计算 LST 和 $NDVI$ 。其中采用 MODIS 数据计算 ABE 和 ΔT 参见附录 C。

按照公式（4）反演估算土壤含水量，获得监测区域土壤含水量空间分布图。

$$W = a + b \times VSWI \quad (4)$$

式中， W 为遥感反演估算的土壤含水量， $VSWI$ 为植被供水指数， a 、 b 为系数，针对不同地区、不同土壤和不同作物类型，根据土壤含水量地面观测值分别拟合 a 、 b 系数。

7.3 植被指数地表温度回归模型法

植被指数地表温度回归模型法是利用 $NDVI$ 和 LST 的多元回归方程计算土壤含水量，计算公式如下：

$$W = \sum_{i=0}^{i=2} \sum_{j=0}^{j=2} a_{ij} NDVI^{(i)} LST^{(j)} \quad (5)$$

利用遥感影像数据计算地表温度 LST 和 $NDVI$ ，结合土壤含水量观测数据，根据土壤类型的不同分别拟合得到公式中各个系数 a_{00} 至 a_{22} 共计9个系数，然后利用拟合得到的系数和土壤类型图，反演得到土壤含水量分布。

8 SAR 遥感土壤含水量反演

SAR遥感土壤含水量反演方法主要包括2种：Dubois模型法、水云模型法。

8.1 Dubois模型法

对于全极化雷达数据，可选用Dubois模型，基于HH和VV极化后向散射系数和本地入射角，公式联立即可同时反演得到土壤介电常数实部 ϵ ，见公式（8）。基于土壤介电常数实部 ϵ ，结合土壤质

地数据,可根据 Topp 等介电常数模型,将土壤介电常数转为土壤含水量,见公式(9),也可采用 Mironov 模型或 Dobson 模型等其他介电常数模型。Dubois 模型的使用条件为 SAR 数据的本地入射角大于等于 30° 、土壤含水量小于等于 $0.35\text{cm}^3/\text{cm}^3$ 、 ks 小于等于 2.5cm , k 为自由空间波数 ($k=2\pi/\lambda$, λ 为 SAR 波长), s 为均方根高度。

$$\sigma_{vv}^0 = 10^{-2.35} \left[\frac{\cos^3 \theta}{\sin^3 \theta} \right] \cdot 10^{0.046 \varepsilon \tan \theta} \cdot (ks \cdot \sin \theta)^{1.1} \cdot \lambda^{0.7} \quad (6)$$

$$\sigma_{hh}^0 = 10^{-2.75} \left[\frac{\cos^{1.5} \theta}{\sin^5 \theta} \right] \cdot 10^{0.028 \varepsilon \tan \theta} \cdot (ks \cdot \sin \theta)^{1.4} \cdot \lambda^{0.7} \quad (7)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{3.36 \tan \theta} \{14\sigma_{vv}^0(\text{DB}) - 11\sigma_{hh}^0(\text{DB}) + 26.5 - 255 \lg(\cos \theta) - 130 \lg \sin \theta - 21 \lg \lambda\} \quad (8)$$

$$W = -5.3 \times 10^{-2} + 2.92 \times 10^{-2} \varepsilon - 5.5 \times 10^{-4} \varepsilon^2 + 4.3 \times 10^{-4} \varepsilon^3 \quad (9)$$

8.2 水云模型法

对于单极化、双极化、全极化雷达数据,可选用水云模型开展土壤含水量反演,水云模型的表达式为:

$$\sigma_{pp}^t = \sigma_{pp}^v + L_{pp}^2 \sigma_{pp}^s \quad (10)$$

式中: σ_{pp}^t 为总后向散射; σ_{pp}^v 为冠层直接后向散射; σ_{pp}^s 为地表直接后向散射; L_{pp}^2 为冠层双程消光系数。其中

$$\sigma_{pp}^v = A \cdot m_{veg} \cdot \cos(\theta) \cdot (1 - L_{pp}^2) \quad (11)$$

$$L_{pp}^2 = \exp(-2B \cdot m_{veg} \cdot \sec(\theta)) \quad (12)$$

式中: A 、 B 分别为依赖于植被类型和频率的参数, m_{veg} 为植被参数,可以选用植被含水量、NDVI 或叶面积指数。得到地表直接后向散射后,可通过地表直接后向散射与土壤含水量的线性拟合关系反演土壤含水量,土壤含水量最终反演公式如下:

$$W = m \times \frac{(\sigma_{pp}^t - A \cdot m_{veg} \times \cos(\theta) (1 - \exp(-2B \cdot m_{veg} \times \sec(\theta))))}{\exp(-2B \cdot m_{veg} \times \sec(\theta))} + n \quad (13)$$

式中: A 、 B 、 m 、 n 可以通过实测数据拟合得到。对于 C 波段 SAR 数据,水云模型法适用于植被含水量小于等于 $2\text{kg}/\text{m}^2$ 的区域,对于 L 波段 SAR 数据,水云模型法适用于植被含水量小于等于 $5\text{kg}/\text{m}^2$ 的

区域。

9 精度评价

土壤含水量遥感监测结果精度评价按GB/T 40039进行，采用直接检验法进行精度评价。

a) 像元尺度相对真值确定。根据待检土壤含水量遥感产品的空间分辨率、验证区土壤含水量空间异质性以及样本的空间代表性,按照GB/T39468中4.4.1选择对应情形和方法,将样本测量值尺度转换为与待检土壤水分遥感产品像元分辨率和空间一致的相对真值。

b) 准确度评价。按照GB/T 36296中6.1规定的采用RMSE指标定量表达待检土壤水分遥感产品的准确度。RMSE计算方法参见GB/T36296附录A.6。

c) RMSE满足小于等于 $0.06 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ ，即可认为土壤含水量反演精度合格，RMSE满足小于等于 $0.04 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ ，即可认为土壤含水量反演精度良好。

10 遥感监测专题图和报告编制

10.1 土壤含水量遥感监测专题图

10.1.1 专题图输出要求

土壤含水量遥感反演成果采用Geotiff格式，专题图采用Jpeg格式。

专题图的基础图层为土壤含水量遥感反演成果，可叠加行政区域界线、居民点分布数据以及河流、湖泊、水库等地理要素，比例尺不小于1:250000，地理要素的符号式样和色值参照GB/T 20257.4的对应要素项。

10.1.2 专题图编码与命名要求

土壤含水量遥感监测专题图分类按照GB/T28923.1第4.4执行，产品分类编码为0199。

土壤含水量遥感监测专题图图名的命名格式为：监测时间+监测地点+土壤含水量遥感反演专题图，如2022年6月1日吉林省土壤含水量遥感反演专题图，图名字体按照GB/T28923.1第6.2.2执行。

10.1.3 专题图制图规范要求

专题图的制图规范按照GB/T28923.1第6章执行，具体要求如下：

- a) 制图内容包括必备要素和可选要素，图名、外图廓与内图廓、图例、比例尺、指北针、编制单位与制图时间为必备要素，坐标网线及注记、缩略图、地图投影等为可选要素；
- b) 专题图以A4、A3、A0为标准尺寸。制图样式以A4为基准，具体参照GB/T28923.1-2012第6.1，其他尺寸专题图制作可依此基准按比例适当缩放；

- c) 整饰与注记的主要内容包括图名、内外轮廓线、坐标网线及注记、制作单位、坐标系、比例尺等，具体样式可依比例尺按照GB/T 20257.3和GB/T 20257.4的规定执行；
- d) 图例一般位于内轮廓线左下角内，背景色为白色。轮廓线样式和字体可按照GB/T28923.1第6.2.3执行；
- e) 指北针样式按照GB/T28923.1第6.2.5执行；
- f) 制图单位与制图时间字体、文字位置按照GB/T28923.1第6.2.7执行；
- g) 坐标网线及注记、缩略图按照GB/T28923.1第6.2.5执行。

10.2土壤含水量遥感监测报告

土壤含水量遥感监测报告大纲包括监测背景、监测时间、监测数据与方法、监测结果、结论和附件（包括图、表格等）。

报告附加信息包括报告所属期数（如XXXX年XXX期）、监测单位、制作时间、报告编写人、审核人和报送单位。

报告标题格式为监测区域+监测内容，如全国土壤含水量遥感监测报告。报告输出格式采用WORD格式（*.doc）或WPS格式（.wps）。

附录 A
(资料性)

用于土壤含水量监测的常用的光学卫星（含热红外波段）

表 A.1 常用光学卫星相关参数表

卫星	传感器	发射时间	运行状态
Aqua	MODIS	2002年5月4日	在轨运行
Terra	MODIS	1999年12月18日	在轨运行
LandSat 8	OLI, TIRS	2013年2月11日	在轨运行
LandSat 9	OLI-2, TIRS-2	2021年9月27日	在轨运行
NPP	VIIRS	2011年10月28日	在轨运行
NOAA-19	AVHRR/3	2009年2月6日	在轨运行
FY-3D	MERSI-2	2017年11月15日	在轨运行
FY-3F	MERSI-3	2023年8月3日	在轨运行
HJ-2A/2B	CCD、HIS、IRS	2020年09月27日	在轨运行
SDGSAT-1	CCD、TIRS	2021年11月5日	在轨运行

附录 B
(资料性)

用于土壤含水量监测的在轨常用雷达卫星

表 B.1 在轨常用 SAR 卫星相关参数表

卫星	工作波段(波长/cm)	极化方式	入射角/°	空间分辨率 (m)	成像范围 (km)
Radarsat-2	C(5.55)	HH/VV/HV	10-60	1-100	45-500
Radarsat Constellation Mission	C(5.55)	HH/VV/HV	10-60	1-100	20-500
ALOS-2 PALSAR	L(23.6)	HH/VV/HV	8-60	1-100m	25-350
Sentinel-1A/B	C(5.55)	VV/VH	18-46	5-40	20-410
GF-3、GF-3B、GF-3C	C(5.55)	HH/VV/HV	10-60	1-500	10-650
LT-1A、LT-1B	L(23.6)	HH/VV/HV	10-60	3-30	30-400

中国水利企业协会

附录 C (资料性)

EOS/MODIS数据相关参数计算

C.1 ABE 计算

按照公式 (C.1) 计算 ABE 。

$$ABE=0.16CH_1+0.291CH_2+0.243CH_3+0.116CH_4+0.112CH_5+0.081CH_7-0.0015 \quad (C.1)$$

式中：

CH_1 、 CH_2 、 CH_3 、 CH_4 、 CH_5 、 CH_7 ——MODIS 数据第 1、第 2、第 3、第 4、第 5、第 7 通道的反射率（无量纲）。

C.2 地表温度差 ΔT 计算

按照公式 (C.2) 和公式 (C.3) 计算 ΔT 。采用 MODIS 数据第 31 波段的亮度温度差代替实际地表温度差。

$$\Delta T = 2 \frac{T(t_1) - T(t_2)}{\sin\left(\frac{\pi t_1}{12} + \omega\right) - \sin\left(\frac{\pi t_2}{12} + \omega\right)} \quad (C.2)$$

$$\omega = \cos^{-1}(-\text{tg} \phi \text{tg} \delta) \quad (C.3)$$

式中：

$T(t_1)$ —— t_1 时间的亮度温度，单位为开 (K)；

$T(t_2)$ —— t_2 时间的亮度温度，单位为开 (K)；

ϕ ——当地纬度，单位为度 (°)；

δ ——太阳赤纬，单位为度 (°)。

C.3 亮度温度 $T_i(t)$ 计算

按照公式 (A.4) 计算 $T_i(t)$ 。

$$T_i(t) = \frac{K_{i,2}}{\ln\left(1 + \frac{K_{i,1}}{I_i}\right)} \quad (C.4)$$

式中：

$T_i(t)$ —— t 时间 MODIS 数据第 i ($i=31,32$) 波段的亮度温度，单位为开 (K)；

I_i ——MODIS 数据第 i ($i=31,32$) 波段的辐射亮度，单位为瓦每平方米球面度微米 ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$)；

$K_{i,1}$ ——常量。对于 $i=31$ 波段， $K_{31,1}=729.541636 W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$ ；对于 $i=32$ 波段， $K_{32,1}=474.684780$

$W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$;

$K_{i,2}$ ——常量。对于 $i=31$ 波段, $K_{31,2}=1304.41387K$; 对于 $i=32$ 波段, $K_{31,2}=1196.978785K$ 。

C.4 LST 计算

$$T_s = 1.0346T_{31} + 2.5779(T_{31} - T_{32}) - 10.05 \quad (C.5)$$

式中:

T_{31} ——MODIS 数据第 31 波段 (远红外波段) 的亮度温度, 单位为开 (K);

T_{32} ——MODIS 数据第 32 波段 (远红外波段) 的亮度温度, 单位为开 (K)。

C.5 NDVI 计算

按照公式 (C.6) 计算基于 MODIS 数据的 $NDVI$ 。

$$NDVI = (CH_2 - CH_1) / (CH_2 + CH_1) \quad (C.6)$$

式中:

CH_1 ——MODIS 数据第 1 通道的反射率 (无量纲);

CH_2 ——MODIS 数据第 2 通道的反射率 (无量纲)。

参考文献

- [1] LY-T 1662.3-2008 卫星遥感影像数据标准
 - [2] NY/T 3528-2019 耕地土壤墒情遥感监测规范
 - [3] NY/T 3921-2021 面向农业遥感的土壤墒情和作物长势地面监测技术规程
 - [4] SL 73.7-2013 防汛抗旱用图图式
 - [5] SL 750-2017 水旱灾害遥感监测评估技术规范
 - [6] SL/T 364-2015 土壤墒情监测规范
-

中国水利企业协会

《土壤含水量遥感监测技术规范》

(征求意见稿)

编制说明

主编单位： 中国水利水电科学研究院

2023年8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 协作单位	2
1.4 主要工作过程	3
1.5 团体标准主要起草人及其所做的工作	4
二、确定团体标准主要技术内容的论据	5
2.1 确定前提及过程	5
2.2 主要技术内容	5
2.3 文件章节主要内容	5
三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果	6
3.1 主要试验（或验证）的分析及综述报告	6
3.2 技术经济论证	7
3.3 预期经济效果	7
四、采用国际标准的程度及水平的简要说明	8
五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系	8
六、重大分歧意见的处理经过和依据	8
七、涉及专利情况说明	10
八、贯彻团体标准的要求和措施建议	10
九、代替或废止现行有关标准的建议	10
十、其他说明事项	10

编制说明

一、工作简况

1.1 任务来源

根据中国水利企业协会 2022 年 7 月 19 日“关于批准团体标准《土壤含水量遥感监测技术规范》《江河湖库水体面积卫星遥感监测技术规范》立项的通知”（中水企〔2022〕19 号）、“关于明确团体标准《土壤含水量遥感监测技术规范》《江河湖库水体面积卫星遥感监测技术规范》编制任务的函”（中水企函〔2022〕66 号），编制本标准。

1.2 编制目的

干旱灾害是我国主要的自然灾害之一，受全球气候变化和人口增长、经济发展、城镇化进程加快等因素影响，近年来区域性严重干旱呈现频次增加、范围扩大、损失加重趋势。旱情监测是抗旱减灾体系重要组成部分，而土壤含水量是旱情监测的重要指标之一。由于地面土壤含水量监测站只能反映离散的点状信息，具有空间分布不均匀、数据获取速度慢的缺点，而土壤含水量遥感监测则具有覆盖范围大、探测周期短、现时性强、费用成本低等特点，能快速、准确、动态地获取大范围地表土壤含水量信息，遥感技术已经成为大范围土壤水分监测的重要手段。

土壤含水量遥感反演作为水利遥感的重要应用领域，目前水利行

业还没有统一的相关标准，采用的卫星数据源、遥感模型以及计算方法各不相同，给对比分析评价带来不确定性，在业务应用中受到严重影响。随着国产卫星遥感监测数据源的日益丰富，对统一卫星遥感监测产品规范提出了更加迫切的需求。制定土壤含水量遥感监测标准，将对推动旱情遥感监测业务化意义重大。

本标准规定了基于光学和合成孔径雷达卫星遥感的土壤含水量监测基本要求与技术流程、数据准备与处理、光学遥感土壤含水量遥感反演、合成孔径雷达遥感土壤含水量反演、精度评价、遥感监测专题图和报告编制等，采用其他数据源开展土壤含水量监测可参照执行。标准的编制充分考虑了土壤含水量遥感监测所采用的模型的普适性、成熟性和可操作性。本标准的制定，可用于指导基于遥感数据的土壤含水量反演，对进一步开展大范围农作物旱情精准监测评估具有重要意义和应用价值。

1.3 协作单位

本标准主编单位：中国水利水电科学研究院

本标准参编单位：黑龙江省水利科学研究院

华北水利水电大学

江西省水利科学院

江苏省水利科学研究院

内蒙古自治区水文水资源中心

地卫二空间技术（杭州）有限公司

福建水利电力职业技术学院

北京河湖智慧水利技术中心

广东聚晟建设工程有限公司

1.4 主要工作过程

2022年5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。

2022年7月1日，形成《土壤含水量遥感监测技术规范》草案。

2022年7月15日，中国水利企业协会组织专家对《土壤含水量遥感监测技术规范》进行了立项审查。

2022年7月19日，中国水利企业协会对《土壤含水量遥感监测技术规范》进行了立项批准。

2022年8月-11月，编制组经过多次技术调研、研讨和修订，形成《土壤含水量遥感监测技术规范》初稿，并向各参编单位征求意见。

2022年12月10日，形成《土壤含水量遥感监测技术规范》（初稿）。

2022年12月15日，中国水利水电科学研究院在北京组织召开团体标准《土壤含水量遥感监测技术规范》（初稿）专家咨询会，专家提出了修改完善意见。

2023年1-2023年7月，编制组根据专家咨询意见，形成征求意见稿初稿，后再次向参编单位征求意见，根据参编单位意见修改后完成《土壤含水量遥感监测技术规范》（征求意见稿）。

1.5 团体标准主要起草人及其所做的工作

本标准主要起草人包括：黄诗峰、马建威、刘文锴、臧文斌、孙亚勇、侯松岩、许小华、王冬梅、庞文台、董路、罗火钱、郑文生、辛景峰、黄瑞锋。

起草人员对标准编制涉及的内容进行了多次调研和研讨，共同确定了相关技术内容并编制了各章节的内容，完成了初稿、征求意见稿。

表 1 编制单位主要起草人员分工情况表

编制单位	主要起草人	主要工作
中国水利水电科学研究院	黄诗峰	负责标准起草、组织、协调和审核工作，负责编写第 1、2、3、4 章。
	马建威	负责收集相关标准以及国内外相关情况调研，参与编写第 7 章、第 8 章，参与编写标准编制说明等。
	臧文斌	负责标准制定过程中的征询意见，调研汇总国内外相关情况工作，参与编写第 3、4、5 章，参与编写标准编制说明等。
	孙亚勇	参与收集相关标准以及国内外相关情况调研，参与编写第 7 章、第 8 章。
	辛景峰	参与收集相关标准以及国内外相关情况调研，参与编写第 7 章。
黑龙江省水利科学研究院	侯松岩、郑文生	参与土壤含水量光学遥感监测模型的确 定，参与编写第 5 章、第 7 章。
华北水利水电大学	刘文锴	参与土壤含水量光学遥感监测模型的确 定，参与编写第 5 章、第 7 章。
江西省水利科学院	许小华	参与土壤含水量 SAR 遥感监测模型的确 定，参与编写第 6 章、第 8 章。
江苏省水利科学研 究院	王冬梅	参与土壤含水量 SAR 遥感监测模型的确 定，参与编写第 6 章、第 8 章。
内蒙古自治区水文 水资源中心	庞文台	参与土壤含水量遥感监测结果精度评价 方法的确定和遥感监测专题图和报告编 制，参与编写第 9 章、第 10 章。
地卫二空间技术(杭 州)有限公司	董路	参与土壤含水量遥感监测中数据准备于 处理的确 定，参与编写第 5 章，第 6 章。
福建水利电力职业 技术学院	罗火钱	参与土壤含水量遥感监测中数据准备于 处理的确 定，参与编写第 5 章，第 6 章。
广东聚晟建设工程	黄瑞锋	参与土壤含水量遥感监测结果精度评价

编制单位	主要起草人	主要工作
有限公司		方法的确定，参与编写第9章。

二、确定团体标准主要技术内容的论据

2.1 确定前提及过程

充分考虑当前国内外土壤含水量遥感监测方法、模型的现状，以及水利、农业等行业用户需求，并在多次调研、讨论的基础上确定了本标准的各项技术内容。标准编制过程中，就技术参数和要求在行业内开展了广泛的调研，确保技术参数和要求的普适性、成熟性和可操作性，符合当前土壤含水量遥感监测的技术发展水平。

2.2 主要技术内容

本标准规定了基于光学和合成孔径雷达卫星遥感的土壤含水量监测基本要求与技术流程、数据准备与处理、光学遥感土壤含水量遥感反演、合成孔径雷达遥感土壤含水量反演、精度评价、遥感监测专题图和报告编制等，采用其他数据源开展土壤含水量监测可参照执行。

2.3 文件章节主要内容

(1) 范围，规定了《土壤含水量遥感监测技术规范》团体标准的适用范围。

(2) 规范性引用文件，规定了《土壤含水量遥感监测技术规范》团体标准中涉及的规范性引用文件。

(3) 术语和定义，规定了《土壤含水量遥感监测技术规范》团体标准中使用的术语和定义。

(4) 缩略语，规定了《土壤含水量遥感监测技术规范》团体标准中需要使用的缩略语。

(5) 基本要求与技术流程，规定了土壤含水量遥感监测的基本要求和流程。

(6) 数据准备与处理，规定了土壤含水量遥感监测前的数据准备与处理，数据准备包括卫星遥感数据、土壤含水量地面观测数据、其他辅助数据，数据处理包括光学卫星遥感数据处理和合成孔径雷达卫星数据处理。

(7) 光学遥感土壤含水量遥感反演，规定了 3 种光学遥感土壤含水量反演模型，包括表观热惯量法、植被供水指数法、植被指数地表温度回归模型法。

(8) 合成孔径雷达遥感土壤含水量反演，规定了 2 种合成孔径雷达遥感土壤含水量反演模型，包括 Dubois 模型法、水云模型法。

(9) 精度评价，规定了对土壤含水量遥感监测结果开展精度评价的内容。

(10) 遥感监测专题图和报告编制，规定了根据土壤含水量遥感监测结果进行专题图绘制和报告编制的内容

三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

3.1 主要试验（或验证）的分析及综述报告

参编单位已经在多年的土壤含水量遥感反演和旱情监测工作中积累了宝贵经验。基于本标准中的土壤含水量量监测模型，实现了区域的土壤含水量反演和旱情监测。编写组通过对各国内外土壤含水量

遥感反演模型进行分类分析，对标准内容的科学合理性进行了验证，结果表明本团体标准所确定的技术要求是适用的。

3.2 技术经济论证

本标准针对土壤含水量遥感反演，制定基本要求与技术流程、数据准备与处理、光学遥感土壤含水量遥感反演、合成孔径雷达遥感土壤含水量反演、精度评价、遥感监测专题图和报告编制等。本标准最终为土壤含水量遥感反演和旱情监测服务，意义重大。本标准核心技术内容涉及的光学数据、合成孔径雷达数据，以及光学遥感土壤含水量遥感反演模型和合成孔径雷达遥感土壤含水量反演模型已在生产实践中应用，集合这些已有的国内外卫星遥感数据和土壤含水量反演模型，技术和经济上可行。

3.3 预期经济效果

本标准规定了基于光学和合成孔径雷达卫星遥感的土壤含水量监测基本要求与技术流程、数据准备与处理、光学遥感土壤含水量遥感反演、合成孔径雷达遥感土壤含水量反演、精度评价、遥感监测专题图和报告编制等，采用其他数据源开展土壤含水量监测可参照执行。标准的编制充分考虑了土壤含水量遥感监测所采用的模型的普适性、成熟性和可操作性。本标准的制定，可用于指导基于遥感数据的土壤含水量反演，对开展大范围农作物旱情精准监测评估具有重要意义和应用价值。同时，本标准的制定，对于提升旱情监测能力、科学指导抗旱和灌溉，提高水资源利用效率，减轻灾害损失至关重要，将发挥

重大的社会和经济效益。

四、采用国际标准的程度及水平的简要说明

国际上尚无适用于土壤含水量遥感监测技术规范的相关标准，故本团体标准没有采用国际标准。

五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本团体标准为国内外首次编制。国内外缺少针对“土壤含水量遥感监测技术规范”的标准。本标准制定过程中，依据了标准的各组成部分的相关标准，保持了与相关标准的一致性，且严格遵守有关的现行法律、法规和强制性国家标准的要求，在本团体标准中第二章“规范性引用文件”中对涉及的各标准进行了引用。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧意见。

标准编制过程中，专家意见收集与采纳情况如下：

(1) 2022年7月15日，召开团体标准《土壤含水量遥感监测技术规范》团体标准立项审查会，专家组一致同意标准立项，并提出了3条总体意见，其中采纳3条，部分采纳0条，未采纳0条。

意见 1：土壤含水量是气候、水文、生态、农业等领域的主要参数，土壤含水量遥感监测是智慧水利建设重要工作，是抗旱减灾、节水灌溉、农业生产的决策依据，编制《土壤含水量遥感监测技术规范》

十分必要。

处理情况：采纳，编制组根据专家意见，组织申请单位，进一步编制、修订和完善标准内容，形成《土壤含水量遥感监测技术规范（初稿）》。

意见 2：申请单位提交的标准初稿目标明确、针对性强、框架结构合理、技术路线清晰。

处理情况：采纳，编制组根据专家意见，按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第一部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求，进一步明确了各模型的适用范围，优化技术路线，完善标准内容。

意见 3：申请单位具有比较丰富的技术基础和实践经验，能够胜任本标准的编制工作。

处理情况：采纳，编制组经过多次技术调研、研讨、召开专家咨询会和修订，形成《土壤含水量遥感监测技术规范（初稿）》。

(2) 2022 年 12 月 15 日，召开团体标准《土壤含水量遥感监测技术规范（初稿）》咨询会，5 位专家提出 2 条总体意见，其中采纳 2 条，部分采纳 0 条，未采纳 0 条。

意见 1：由中国水利水电科学研究院牵头，联合黑龙江省水利科学研究院、华北水利水电大学、江西省水利科学院等单位提交的《土壤含水量遥感监测技术规范（初稿）》，结构完整、内容全面、分类清晰，技术路线合理。

处理情况：采纳，编制组根据专家意见，进一步完善标准内容，经过多次技术调研、研讨、召开专家咨询会和修订，形成《土壤含水

量遥感监测技术规范》（征求意见稿）。

意见 2：建议根据专家意见，进一步优化标准文本，规范体例格式，增加有关技术内容，加强与相关标准衔接，完善编制说明。

处理情况：采纳，编制组按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第一部分：标准化文件的结构和起草规则》和专家意见，对本团体标准的体例格式及标准用语进行了规范，进一步优化了标准文本，将土壤含水量反演方法分别按光学和合成孔径雷达单独成章，增加了基本要求与技术流程章节，增加了附录，完善了编制说明。

七、涉及专利情况说明

本团体标准不存在涉及相关专利的情况。

八、贯彻团体标准的要求和措施建议

该团体标准发布后，建议中国水利企业协会、主编单位组织邀请科研、高校、公司、第三方测试等机构举办培训班，并在协会、相关会议或论坛上介绍该团体标准的内容，对此标准进行宣贯，使各方熟悉和应用此标准，促进该标准的广泛应用。

九、代替或废止现行有关标准的建议

无。

十、其他说明事项

无。