

中华人民共和国农业行业标准

NY/T 3528—2019

耕地土壤墒情遥感监测规范

Specification for remote sensing monitoring of soil moisture in cropland

2019-12-27 发布

2020-04-01 实施



中华人民共和国农业农村部 发布



本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由农业农村部发展规划司提出。

本标准由中国农业科学院农业资源与农业区划研究所归口。

本标准起草单位：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所。

本标准主要起草人：王利民、刘佳、姚艳敏、邓辉、唐鹏钦、滕飞、杨福刚、杨玲波、季富华。

耕地土壤墒情遥感监测规范

1 范围

本标准规定了耕地土壤墒情遥感监测处理流程、技术方法、质量控制以及成果报告编写的基本要求。

本标准适用于基于卫星遥感数据的耕地土壤墒情监测业务工作。采用其他数据源开展耕地土壤墒情监测可参照执行。

对于长时间处于土壤饱和含水量状态的水田,不适于本标准确定的范围。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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—2009 摄影测量与遥感术语
- GB/T 15968—2008 遥感影像平面图制作规范
- GB/T 20257(所有部分) 国家基本比例尺地图图式
- 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 30115—2013 卫星遥感影像植被指数产品规范
- GB/T 32136—2015 农业干旱等级
- NY/T 1782—2009 农田土壤墒情监测技术规范
- SL 364—2015 土壤墒情监测规范
- SL 568—2012 土壤墒情评价指标

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

土壤墒情 **soil moisture condition**

影响作物生育的土壤水分条件。

[SL 568—2012,定义 2.1]

3.2

土壤重量含水量 **gravimetric soil moisture content**

土壤保持的水分质量与其干土质量的比值,以百分数表示。

[SL 364—2015,定义 3.11]

3.3

土壤田间持水量 **field capacity**

土壤毛管悬着水达到最大数量时的土壤含水量,以重量百分数表示。

[SL 568—2012,定义 2.3]

3.4

土壤相对湿度 **relative soil moisture**

土壤重量含水量与土壤田间持水量的比值,以百分数表示。

3.5

土壤墒情等级 **levels of soil moisture**

农田土壤含水量对作物不同生育阶段水分需求的满足程度。

[NY/T 1782—2009, 定义 3.1]

3.6

遥感 remote sensing

不接触物体本身,用传感器收集目标物的电磁波信息,经处理、分析后,识别目标物,揭示其几何、物理特征和相互关系及其变化规律的现代科学技术。

[GB/T 14950—2009, 定义 3.1]

3.7

归一化差值植被指数 normalized difference 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。

3.8

作物冠层温度 crop canopy temperature

农田作物层不同高度叶和茎以及土壤表面温度的平均值。

3.9

辐射亮度 radiance

单位投影面积、单位立体角上的辐射通量。

[GB/T 30115—2013, 定义 3.2]

3.10

亮度温度 brightness temperature

当一个物体的辐射亮度与某一黑体的辐射亮度相同时,该黑体的物理温度则为该物体的亮度温度。

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)

EOS: 地球观测系统(earth observation system)

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)

NOAA: 美国国家海洋与大气管理局(national oceanic and atmospheric administration)

VSWI: 植被供水指数(vegetation supply water index)

5 监测处理流程

对卫星数据完成预处理后,按以下处理流程进行耕地土壤墒情遥感监测:

- 根据作物种植类型分布图以及作物生育时期数据,计算监测区域耕地土壤墒情遥感监测指标,包括表观热惯量指数(ATI)和植被供水指数(VSWI),或者其他干旱指数。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。
- 结合土壤墒情地面调查数据,反演估测监测区域土壤相对湿度。
- 确定监测区域耕地土壤墒情等级,并进行结果验证。
- 制作耕地土壤墒情评价等级专题图。
- 编制耕地土壤墒情遥感监测报告。

耕地土壤墒情遥感监测处理流程见图 1。



图1 耕地土壤墒情遥感监测处理流程

6 数据源和数据预处理

6.1 遥感数据

6.1.1 遥感数据的选择

遥感数据的选择要求如下：

- 应选择具有红光波段(620 nm~760 nm)、近红外波段(760 nm~1 250 nm)、热红外波段(10.0 μm~14.0 μm)范围的卫星影像数据。例如,中国风云3号系列极轨气象卫星(FY-3)、美国NOAA极轨气象卫星以及EOS/MODIS等卫星影像数据。
- 根据所确定的制图区域,收集监测时间范围内的卫星影像数据。
- 覆盖制图区域的卫星影像数据云或浓雾量不超过10%。

6.1.2 遥感数据预处理

耕地土壤墒情监测前,遥感数据应经过以下处理：

- 根据不同的传感器选择相应的辐射定标参数进行遥感影像数据辐射定标,并进行大气校正。
- 影像数据需进行几何校正,配准误差在1个像元之内。
- 涉及多时相、多景遥感影像数据预处理时,应实现无缝镶嵌。
- 影像数据应通过剪裁或掩膜处理,获取所监测区域内的遥感影像数据。
- 遥感影像平面坐标系应采用国家规定的统一坐标系,见GB/T 15968—2008的3.2.1。其中1:(10 000~500 000)遥感影像平面图的投影采用高斯-克吕格投影;1:1 000 000遥感影像平面图的投影采用正轴等角圆锥投影。

6.2 地面土壤墒情监测数据

收集整理覆盖监测区域、监测时间的地面土壤墒情监测数据,至少包括:监测点的经纬度坐标、海拔、10 cm~20 cm层次的土壤含水量,用于土壤相对湿度遥感反演估算和耕地土壤墒情等级确定精度验证。

地面土壤墒情监测点空间分布宜采用格网均匀布设方式,监测区域内每种作物类型监测点数量应满足统计模型估计的基本要求。有关地面土壤墒情监测点的设置、土壤湿度测定方法、数据采集要求、数据格式和处理说明等内容见NY/T 1782—2009。

6.3 其他数据

其他数据至少应包括：

- a) 监测区域作物种植类型分布图或耕地分布图，比例尺宜优于遥感影像出图比例尺；
- b) 监测区域行政区划数据；
- c) 监测区域作物不同生育时期资料。

7 土壤墒情遥感监测指标计算

7.1 表观热惯量指数(ATI)

处在苗期生长的作物区域，宜采用 ATI 模型。按照式(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：

ATI ——表观热惯量指数，单位为开分之一(K⁻¹)；

ABE ——地表全波段反照率，单位为百分号(%)；

ΔT ——每日最高地表温度和最低地表温度的温差，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 MODIS 数据计算 ABE 和 ΔT 参见附录 A。

7.2 植被供水指数(VSWI)

7.2.1 VSWI 的计算公式

处在苗期生长以后的作物区域，宜采用 VSWI 模型。按照式(2)计算 VSWI，获得监测区域 VSWI 空间分布图。

$$VSWI = NDVI / T_c \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

VSWI ——植被供水指数，单位为开分之一(K⁻¹)；

NDVI ——监测时段的归一化差值植被指数，无量纲；

T_c ——作物冠层温度，单位为开(K)。

7.2.2 作物冠层温度(T_c)

可以采用地表温度(T_s)代替冠层温度(T_c)。采用 MODIS 数据计算地表温度 T_s 参见附录 A。附录 B 可用于反演地表温度的典型红外传感器及谱段参见附录 B。

7.2.3 归一化差值植被指数(NDVI)

按照式(3)计算 NDVI，获得监测区域 NDVI 空间分布图。详细的 NDVI 处理流程见 GB/T 30115—2013。其中，采用 MODIS 数据计算 NDVI 参见附录 A。

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

NDVI ——监测时段的归一化差值植被指数，无量纲；

NIR ——近红外波段反射率，无量纲；

R ——可见光红光波段反射率，无量纲。

8 土壤相对湿度遥感反演估算

土壤相对湿度是耕地土壤墒情等级划分的指标，能直接反映作物可利用水分的状况。本标准采用的土壤相对湿度土层厚度取 10 cm~20 cm。按照式(4)反演估算土壤相对湿度，获得监测区域土壤相对湿度空间分布图。

$$SHI = a \times X + b \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

SHI ——遥感反演估算的土壤相对湿度，单位为百分号(%)；

X ——ATI 或 VSWI 值，单位为开分之一(K⁻¹)；

a 、 b ——系数。应针对不同地区 and 不同作物类型,根据土壤墒情地面观测值拟合 a 、 b 系数。

9 耕地土壤墒情等级确定

耕地土壤墒情划分 5 个等级:湿润(1 级墒情)、正常(2 级墒情)、轻旱(3 级墒情)、中旱(4 级墒情)和重旱(5 级墒情)。耕地土壤墒情等级划分标准见表 1。根据表 1 确定监测区域土壤墒情等级,并进行各等级的统计汇总。

表 1 耕地土壤墒情等级划分表

土壤墒情等级	土壤相对湿度(SHI)	土壤墒情对作物旱情影响程度
湿润(1 级)	$80\% < SHI < 100\%$	土壤相对湿度适宜农作物相应生长,地表湿润,无旱象
正常(2 级)	$60\% < SHI \leq 80\%$	土壤相对湿度适宜农作物相应生长,地表正常,无旱象
轻旱(3 级)	$50\% < SHI \leq 60\%$	土壤相对湿度导致农作物生长发育受到较轻微程度影响,地表蒸发量较小,近地表空气干燥
中旱(4 级)	$40\% < SHI \leq 50\%$	土壤相对湿度导致农作物生长发育受到较大程度影响,能够导致减产,土壤表面干燥,作物叶片有萎蔫现象
重旱(5 级)	$SHI \leq 40\%$	土壤相对湿度导致农作物生长发育受到阻碍,能够导致农作物绝收,土壤出现较厚的干土层,作物叶片萎蔫或干枯,果实脱落

10 等级精度计算

耕地土壤墒情遥感监测结果等级精度计算方法如下:

- a) 在监测区域范围内,对同期地面观测土壤湿度的样点计算土壤相对湿度,按照表 1 进行分级。地面观测样点土壤相对湿度计算方法参见附录 C。
- b) 将地面观测样点土壤相对湿度分级结果与对应的遥感监测区域耕地土壤墒情等级分布图同名像点进行比较,按照式(5)计算等级精度,将等级精度 $\geq 80\%$ 的监测结果定为合格。

$$A = \frac{R}{n} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- A ——等级精度,单位为百分号(%);
- R ——遥感监测与地面观测样点比较土壤墒情分级正确点的数据,单位为个;
- n ——地面土壤墒情观测样点数,单位为个。

11 耕地土壤墒情遥感监测专题图制作和报告编写

11.1 专题图制作

耕地土壤墒情遥感监测专题图要素包括图名、图例、比例尺、耕地土壤墒情等级、行政区划地理信息等。其中,基本地图要素制作方式按 GB/T 20257—2017 的规定完成,耕地土壤墒情等级分布图的制作方式按 GB/T 28923.1—2012 的规定完成。

11.2 监测报告编写

耕地土壤墒情遥感监测报告内容包括采用的卫星及传感器、监测时间范围、耕地土壤墒情等级及比例等遥感监测结果信息,统计表格包括根据遥感监测结果获取的耕地土壤墒情等级和比例等信息。

附录 A
(资料性附录)
EOS/MODIS 数据相关参数计算

A.1 MODIS 亮度温度计算

按照式(A.1)计算亮度温度。

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

式中:

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

$K_{i,2}$ ——常量, 单位为开(K); 对于 $i=31$ 波段, $K_{31,2}=1\,304.413\,87$; 对于 $i=32$ 波段, $K_{32,2}=1\,196.978\,785$;

$K_{i,1}$ ——常量, 单位为瓦每平方米球面度微米 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m})$]; 对于 $i=31$ 波段, $K_{31,1}=729.541636$; 对于 $i=32$ 波段, $K_{32,1}=474.684\,780$;

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

具体内容可参见参考文献[2]。

A.2 地表温度计算

采用劈窗算法计算地表温度, 见式(A.2)。

$$T_s = A_0 + A_1 T_{31} - A_2 T_{32} \quad \text{..... (A. 2)}$$

式中:

T_s ——地表温度, 单位为开(K);

A_0, A_1, A_2 ——与地表比辐射率、大气透过率等参数相关的系数, 均无量纲, 具体计算过程参见参考文献[3]。

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)。

也可以直接采用 MODIS 温度产品参与后续计算。

A.3 地表全波段反照率计算

按照式(A.3)计算地表全波段反照率。

$$\begin{aligned} ABE = & 0.16CH_1 + 0.291CH_2 + 0.243CH_3 + 0.116CH_4 \\ & + 0.112CH_5 + 0.081CH_7 - 0.0015 \quad \text{..... (A. 3)} \end{aligned}$$

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。

具体计算过程可参见参考文献[4]。

A.4 地表温差(ΔT)计算

按照式(A.4)和式(A.5)计算地表温差 ΔT 。

$$\Delta T = 2 \frac{T_c(t_1) - T_c(t_2)}{\sin\left(\frac{\pi t_1}{12} + \omega\right) - \sin\left(\frac{\pi t_2}{12} + \omega\right)} \dots\dots\dots (\text{A. } 4)$$

$$\omega = \cos^{-1}(-\tan\phi \tan\delta) \dots\dots\dots (\text{A. } 5)$$

式中:

ΔT ——每日最高地表温度和最低地表温度的温差,单位为开(K);

$T_c(t_1)$ —— t_1 时间的地表温度,单位为开(K);

$T_c(t_2)$ —— t_2 时间的地表温度,单位为开(K);

ω ——中间变量,无特殊含义,无量纲;

ϕ ——弧度制表示的当地纬度,单位为 rad,单位通常可省略;

δ ——弧度制表示的太阳赤纬,单位为 rad,单位通常可省略。

具体计算过程可参见参考文献[5],根据不同的数据获取条件,也可以采用亮度温度代替地表温度计算温度差。

A.5 NDVI 计算

按照式(A. 6)计算基于 MODIS 数据的 NDVI。

$$NDVI = (CH_2 - CH_1) / (CH_2 + CH_1) \dots\dots\dots (\text{A. } 6)$$

式中:

NDVI ——监测时段的归一化差值植被指数,无量纲;

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。

附 录 B
(资料性附录)

可用于反演地表温度的典型红外传感器及谱段

可用于反演地表温度的典型红外传感器及谱段见表 B.1。根据传感器的波段设置,对应的地表温度反演方法可以分为单波段算法、多波段算法和分裂窗算法 3 类。

表 B.1 可用于反演地表温度的典型红外传感器及谱段

传感器	波段	光谱范围, μm	主要算法
Landsat 8/TIRS	10,11	10.60~11.19 11.50~12.51	单波段算法
HJ-1/IRS	4	10.50~12.50	单波段算法
FY-3/MERSI	5	中心波长:11.25	单波段算法
EOS/ASTER	10,11,12,13,14	8.125~8.475 8.475~8.825 8.925~9.275 10.25~10.95 10.95~11.65	多波段算法
NOAA/AVHRR	3,4,5	3.55~3.93 10.50~11.30 11.50~12.50	分裂窗算法 多波段算法
EOS/MODIS	20,22,23,29,31,32,33	3.66~3.84 3.929~3.989 4.02~4.08 8.4~8.7 10.78~11.28 11.77~12.27 13.185~13.485	分裂窗算法 多波段算法
FY-3/VIRR	3,4,5	3.55~3.93 10.3~11.3 11.5~12.5	分裂窗算法 多波段算法

附 录 C
(资料性附录)
土壤相对湿度计算方法

C.1 土壤重量含水量

土壤重量含水量(w)的计算参见 GB/T 32136—2015 中附录 E。

C.2 土壤田间持水量

土壤田间持水量(f_c)的计算参见 GB/T 32136—2015 中附录 E。

C.3 土壤相对湿度

地面样点土壤相对湿度按式(C.1)计算。

$$SHI = \frac{w}{f_c} \times 100 \dots\dots\dots (C. 1)$$

式中:

SHI ——监测土层土壤相对湿度,单位为百分号(%);

w ——监测土层土壤重量含水量,单位为百分号(%);

f_c ——监测土层土壤田间持水量,单位为百分号(%)。

参 考 文 献

- [1]Price J C.The potential of remotely sensed thermal infrared data to infer surface soil moisture and evaporation[J].Water Resources Research,1980,16(4):787-795.
 - [2]覃志豪,高懋芳,秦晓敏,等. 农业旱灾监测中的地表温度遥感反演方法——以 MODIS 数据为例[J].自然灾害学报,2005,14(4):64-71.
 - [3]姜立鹏,覃志豪,谢雯. MODIS 数据地表温度反演分裂窗算法的 IDL 实现[J].测绘与空间地理信息,2006,29(3):114-117.
 - [4]Liang S L. Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I algorithms[J].Remote Sensing of Environment,2000(76):213-238.
 - [5]宋扬,房世波,梁瀚月,等.基于 MODIS 数据的农业干旱遥感指数对比和应用[J].国土资源遥感,2017,29(2):215-220.
 - [6]梁顺林,李小文,王锦地,等. 定量遥感:理念与算法[M]. 北京:科学出版社,2013
 - [7]刘玉洁,杨忠东. MODIS 遥感信息处理原理与算法[M]. 北京:科学出版社,2001.
 - [8]唐华俊,周清波,姚艳敏.农业空间信息标准与规范[M]. 北京:中国农业出版社,2016.
-



中华人民共和国
农业行业标准
耕地土壤墒情遥感监测规范

NY/T 3528—2019

* * *

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码: 100125 网址: www.ccap.com.cn)

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

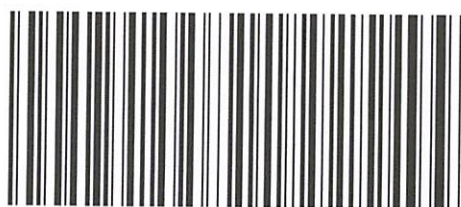
* * *

开本 880mm×1230mm 1/16 印张 1 字数 20 千字

2020 年 3 月第 1 版 2020 年 3 月北京第 1 次印刷

书号: 16109·8029

定价: 24.00 元



NY/T 3528—2019

版权专有 侵权必究

举报电话: (010) 59194261