ICS 65.020.01
B 04

NY

中华人民共和国农业行业标准

NY/T 2739.1—2015

农作物低温冷害遥感监测技术规范 第1部分:总则

Technical specification on remote sensing monitoring for crop cold injury—Part 1:General principles

2015-05-21 发布　　2015-08-01 实施

中华人民共和国农业部 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　农作物低温冷害遥感监测处理流程 …… 2
6　数据源 …… 3
7　日平均气温遥感估算 …… 4
8　农作物低温冷害等级确定 …… 4
9　农作物低温冷害等级专题图制作和报告编写 …… 4
附录A(资料性附录)　MODIS LST和FY3 LST日值遥感数据产品介绍 …… 6
附录B(资料性附录)　MODIS LST日平均气温遥感估算方法 …… 8
参考文献 …… 11

前　言

NY/T 2739《农作物低温冷害遥感监测技术规范》为系列标准：

——第1部分：总则；

——第2部分：北方水稻延迟型冷害；

——第3部分：北方春玉米延迟型冷害。

本部分是NY/T 2739的第1部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分由农业部发展计划司提出。

本部分由中国农业科学院农业资源与农业区划研究所归口。

本部分起草单位：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、浙江大学、中国气象科学研究院。

本部分主要起草人：姚艳敏、刘佳、黄敬峰、王利民、滕飞、周清波、霍志国、陈仲新、毛飞、黄然、邓辉。

农作物低温冷害遥感监测技术规范 第1部分：总则

1 范围

本部分规定了农作物低温冷害遥感监测的流程、内容、技术方法、质量控制以及成果报告编写的基本准则。

本部分适用于农作物延迟型冷害卫星遥感监测工作。采用其他数据源开展农作物延迟型冷害监测工作可参照执行。

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(全部) 国家基本比例尺地图图式

GB/T 27959—2011 南方水稻、油菜和柑橘低温灾害

GB/T 28923.1—2012 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 28923.3—2012 自然灾害遥感专题图产品制作要求 第3部分：风险评估专题图产品

NY/T 2284.2—2012 玉米灾害田间调查及分级技术规范 第2部分：玉米冷害

NY/T 2285—2012 水稻冷害田间调查及分级技术规范

NY/T 2739.2 农作物低温冷害遥感监测技术规范 第2部分：北方水稻延迟型冷害

NY/T 2739.3 农作物低温冷害遥感监测技术规范 第3部分：北方春玉米延迟型冷害

QX/T 101—2009 水稻、玉米冷害等级

QX/T 233—2014 气象数据库存储管理命名

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

冷害 cold injury

在农作物生长季节，生育期的重要阶段气温比要求的偏低(但仍在0℃以上)，引起农作物发育期延迟，或使生殖器官的生理机能受到损害，造成农业减产的低温灾害。

注：冷害一般可分为三种类型：延迟型冷害、障碍型冷害和混合型冷害。

[GB/T 27959—2011，定义2.5]

3.2

延迟型冷害 growth-delaying type cold injury

农作物生育期间遇较长时间0℃以上相对低温，削弱植株的光合作用，减少养分的吸收，影响光合产物和矿质养分的运转，使农作物生育期明显延迟，不能正常成熟而减产的一种冷害类型。

[NY/T 2285—2012，定义2.2.1.1]

3.3

气温　air temperature

表示空气冷热程度的物理量。

注：本部分中气温用摄氏度(℃)表示。我国气象台(站)一般所指的气温，是百叶箱中离地面约1.5m高处的温度表或温度计测得的空气温度。它基本上代表了当地的气温。

[QX/T 101—2009，定义2.1]

3.4

陆地表面温度　land surface temperature

LST

由辐射测定的地面温度。

注：对于裸地，地面温度是指裸露土壤表面的温度(即0cm温度)；对于浓密植被覆盖地区，地面温度是指植被冠层的温度；对于稀疏植被覆盖地区，地面温度是指植被冠层、植物体和土壤表面温度的平均值。

3.5

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]

3.6

农作物低温冷害遥感监测　remote sensing monitoring for crop cold injury

基于卫星遥感影像反演的日平均气温，依据农作物低温冷害气象指标，进行农作物全生育期或关键生育时期的低温冷害监测。

4　缩略语

下列缩略语适用于本文件。

DEM：数字高程模型(Digital Elevation Model)；

FY：中国风云系列气象卫星(Feng Yun)；

HDF：层次型数据格式(Hierarchical Data Format)；

LST：陆地表面温度(Land Surface Temperature)；

MAE：平均绝对误差(mean absolute error)；

MODIS：中分辨率成像光谱仪(MODerate resolution Imaging Spectrometer)；

QA：质量保证(Quality Assurance)；

TIFF：标签图像文件格式(Tagged Image File Format)。

5　农作物低温冷害遥感监测处理流程

基于气象台站日平均气温数据和遥感陆地表面温度(LST)日值数据进行日平均气温遥感估算；然后基于农作物冷害等级气象指标、农作物种植面积空间分布图、农作物生育期空间分布图进行农作物低温冷害指标计算，确定农作物低温冷害等级；编制农作物低温冷害遥感监测报告。

农作物低温冷害遥感监测处理流程见图1。

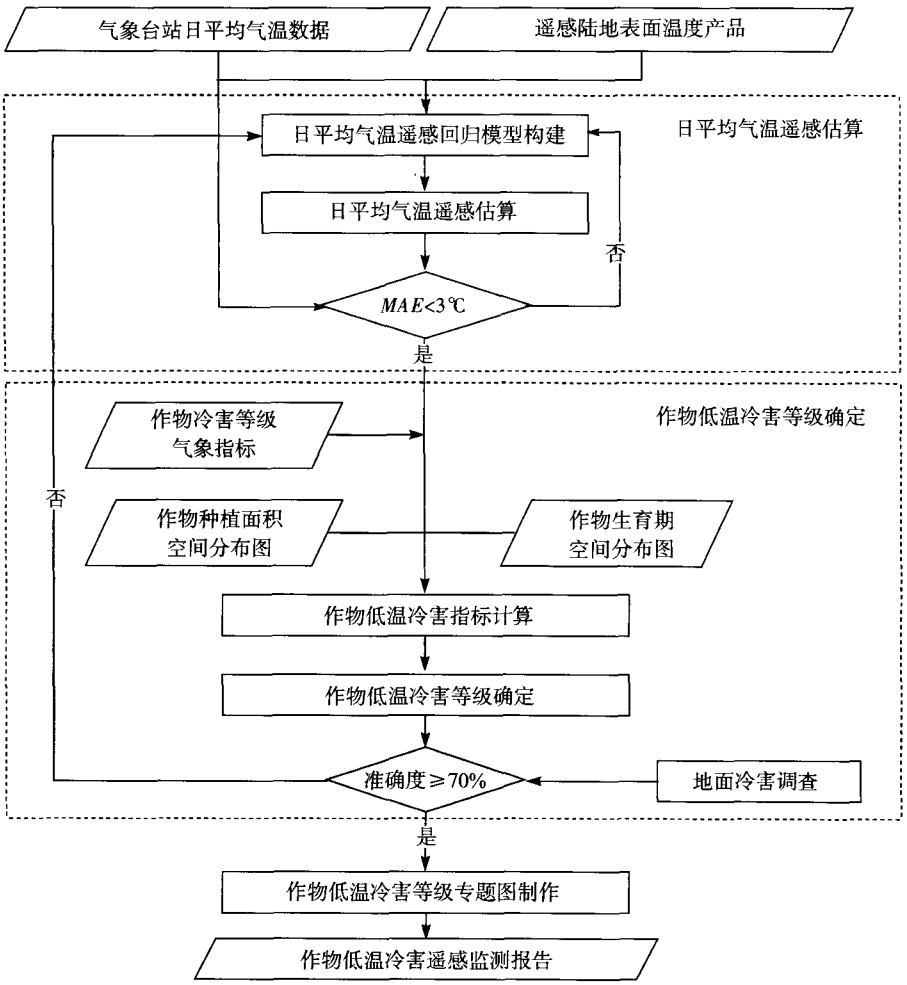


图 1　农作物低温冷害遥感监测处理流程图

6　数据源

6.1　影像数据

6.1.1　陆地表面温度(LST)遥感数据

选择覆盖监测区域的当年和前 5 年遥感影像 LST 日值数据。例如 MODIS 影像的 MOD11A1、MYD11A1,我国风云系列气象卫星(FY)LST 日值数据等。MODIS 和 FY 的 LST 数据产品介绍参见附录 A。

影像时相范围:农作物播种期至收获期。

6.1.2　坐标投影系统

平面坐标系应采用国家规定的统一坐标系,见 GB/T 15968—2008 3.2.1。其中 1∶10 000～1∶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　气象站点数据

收集整理覆盖监测区域的当年、近 30 年气象站点观测数据,包括:站点的经纬度坐标、海拔高度、逐日的平均气温、最高气温、最低气温、地表温度、日照,用于日平均气温遥感估算建模及精度验证。

有关气象数据的数据格式和处理说明见 QX/T 233—2014。

6.3 其他数据

其他数据包括：

a) 监测区域农作物空间分布图或耕地分布图。

b) 监测区域农作物全生育期和不同生育时期空间分布图。

c) 监测区域相关的地形图、DEM 数据、行政区划数据。

d) 监测区域历年农作物低温冷害灾情资料、农业统计资料、社会经济资料。

7 日平均气温遥感估算

日平均气温遥感估算的一般方法是，首先对 LST 数据进行预处理，选择有效 LST 数据，去除质量差的数据；然后建立气象站点日平均气温与 LST 回归模型，估算日平均气温数据；对数据进行平均绝对误差(*MAE*)质量控制后，再通过时间融合、空间插值的方法，获得像元缺失的日平均气温数据；最终得到监测区域日平均气温空间分布图。

附录 B 给出了基于 MODIS LST 数据估算日平均气温的方法。

8 农作物低温冷害等级确定

8.1 农作物低温冷害指标计算

农作物低温冷害指标计算步骤如下：

a) 利用 9.1 估算的日平均气温数据对照监测农作物生育期空间分布图进行分割，形成农作物全生育期和不同生育时期的日平均气温数据。

b) 计算农作物低温冷害指标。农作物低温冷害监测包括全生育期监测和不同生育时期监测。进行农作物全生育期低温冷害监测时，逐像元计算近 5 年农作物全生育期≥10℃气温的平均值，再与监测当年≥10℃平均气温相减，计算距平；或者逐像元计算近 5 年 5 月～9 月的≥10℃月平均气温之和的平均值，再与监测当年 5 月～9 月≥10℃的月平均气温之和相减，计算距平。进行农作物不同生育时期低温冷害监测时，逐像元计算近 5 年农作物不同生育时期≥10℃气温的平均值，再与监测当年农作物不同生育时期≥10℃气温相减，计算距平。

8.2 农作物低温冷害等级确定

依据农作物全生育期或不同生育时期低温冷害等级气象指标(见 NY/T 2739.2 附录 A 和 NY/T 2739.3 附录 A)，计算确定农作物低温冷害等级。

8.3 地面冷害调查

在监测区域范围内，对于每个农作物低温冷害等级均匀布点至少 10 个样区进行农作物低温冷害调查。农作物低温冷害地面调查方法见 NY/T 2284.2—2012 和 NY/T 2285—2012。

8.4 准确度计算

将地面冷害调查的样区与对应的遥感监测区域进行比较，按照式(1)计算准确度，将准确度≥70%的监测结果定为合格。

$$A = \frac{R}{D} \times 100 \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：

A——准确度，单位为百分率(%)；

R——遥感监测发生农作物低温冷害的地块数，单位为个；

D——地面冷害调查发生农作物低温冷害的地块数，单位为个。

9 农作物低温冷害等级专题图制作和报告编写

9.1 农作物低温冷害遥感监测专题图制作

农作物低温冷害遥感监测专题图要素包括图名、图例、比例尺、冷害等级、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 完成，农作物低温冷害等级分布图的制作方式按 GB/T 28923.1—2012 和 GB/T 28923.3—2012 完成。

9.2 农作物低温冷害遥感监测报告编写

农作物低温冷害遥感监测报告内容包括描述低温冷害发生时间范围、卫星及传感器、病害等级及比例、各冷害等级的面积及比例等与遥感监测结果的有关信息。统计表格包括根据遥感监测结果获取冷害分布范围、冷害等级面积及比例等信息。图片信息包括说明灾情信息需提供的照片信息。

附 录 A
（资料性附录）
MODIS LST 和 FY3 LST 日值遥感数据产品介绍

A.1 MODIS LST 日值遥感数据产品

A.1.1 MODIS LST 日值遥感数据产品

MOD11A1 产品(Terra MODIS 星)是日值 MOD11_L2 产品通过利用重叠区权重组合制图生成的 LST 三级产品。Aqua MODIS 星生产的对应产品，仅以 MYD 字母开头代替 MOD 命名，即 MYD11A1（表 A.1）。

表 A.1 MODIS LST 日值遥感产品技术指标

产品类型	级别	标称数据阵列	空间分辨率	时间分辨率	地图投影
MOD11A1	L3	1 200 行×1 200 列	1km(实际 0.928km)	d	Integerized Sinusoidal or Sinusoidal（等面积正弦曲线投影）
MYD11A1	L3	1 200 行×1 200 列	1km(实际 0.928km)	d	Integerized Sinusoidal or Sinusoidal（等面积正弦曲线投影）

A.1.2 MODIS LST 日值遥感数据产品质量控制数据集

MODIS LST 日值遥感数据产品的科学数据集包括白天与夜间地表温度(LST_Day_1km，LST_Night_1km)、白天与夜间地表温度和发射率的质量控制(QC_Day，QC_Night)、31 波段和 32 波段发射率(Emis_31，Emis_32)、白天与夜间地表温度观测时间(Day_view_time，Night_view_time)、白天与夜间地表温度观测天顶角(Day_view_angle，Night_view_angle)、白天与夜间有效覆盖度(day clear-sky coverage，night clear-sky coverage)12 层。其中，质量控制数据集(QC)是对产品每个像元 LST 及发射率反演质量的详细说明。质量控制判断依据见表 A.2。

表 A.2 MODIS LST 日值遥感数据产品中质量控制判断

位	属性名称	判断说明
1 & 0	强制性 QA 标记	00＝生成 LST、质量好、不需要更详细的质量检查 01＝生成 LST、其他质量、建议检查更详细的质量 10＝受到云影响未生成 LST 11＝由于云影响以外的原因未生成 LST
3 & 2	数据质量标记	00＝数据质量良好 01＝参考其他质量数据 10＝未定 11＝未定
5 & 4	发射率误差标记	00＝发射率的平均误差≤0.01 01＝发射率的平均误差≤0.02 10＝发射率的平均误差≤0.04 11＝发射率的平均误差＞0.04
7 & 8	LST 误差标记	00＝LST 平均反演误差≤1K 01＝LST 平均反演误差≤2K 10＝LST 平均反演误差≤3K 11＝LST 平均反演误差＞3K

A.2 FY3 LST 日值遥感数据产品介绍

我国风云三号极轨气象卫星由2颗卫星组成，即FY-3A卫星和FY-3B卫星。其中FY-3A卫星反射时间是2008年5月27日，FY-3B发射时间为2010年11月5日。第三颗风云三号气象卫星发射时间为2013年9月23日。FY3 LST日值遥感数据产品指标见表A.3。

表A.3 FY3 LST产品技术指标

产品名称	空间分辨率	覆盖范围	精度	频次	处理时间，分
MOD11_L2	1 km/25 km/50 km×85 km	全球	1.5 K—2.5 K	2次/日候旬月	10/30

附 录 B
（资料性附录）
MODIS LST 日平均气温遥感估算方法

B.1 MODIS LST 日平均气温遥感估算流程

MODIS LST 日平均气温遥感估算流程如图 B.1 所示。

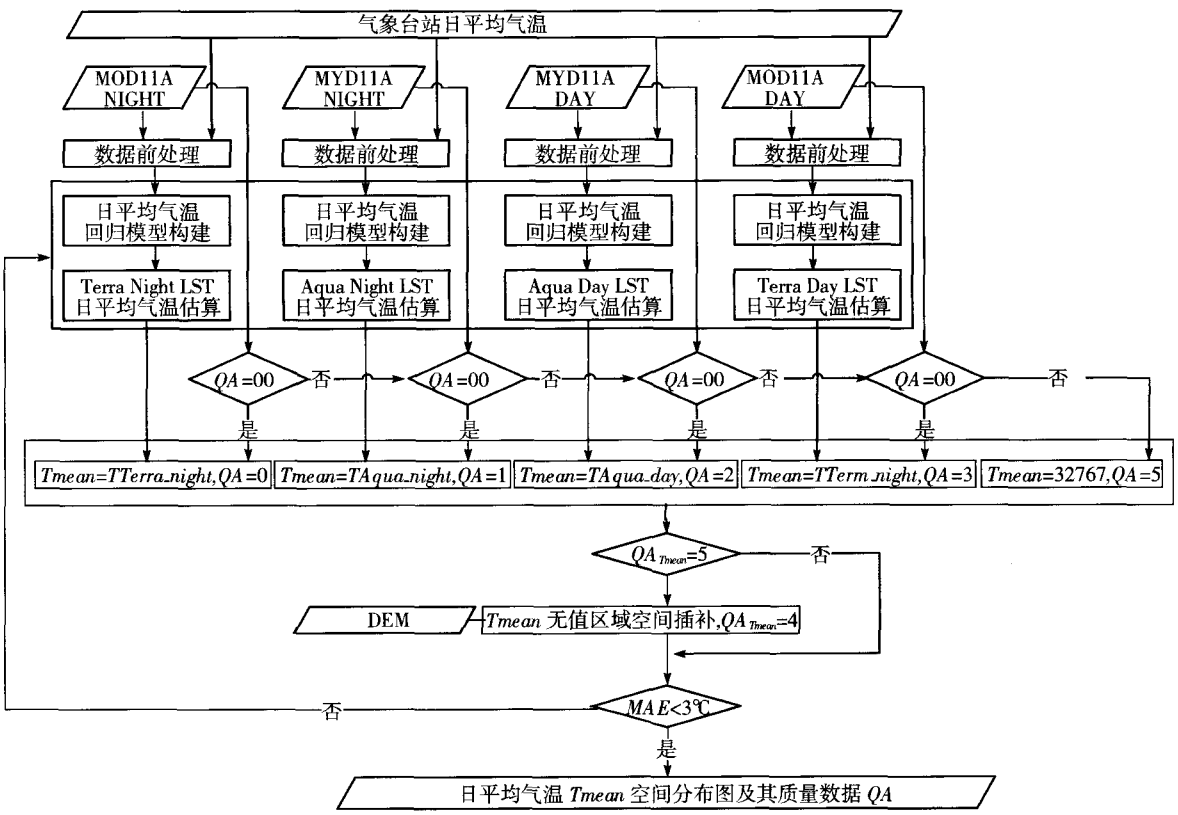


图 B.1 MODIS LST 日平均气温遥感估算总体流程

B.2 MODIS LST 数据前处理

B.2.1 投影变换和数据格式转换

将 4 种 MODIS LST 日值遥感数据产品（MOD11A DAY、MOD11A NIGHT、MYD11A DAY、MYD11A NIGHT）映射到指定地图投影坐标下进行投影和格式转换前处理。处理方法是：将覆盖研究区域的 MODIS LST 遥感数据在处理软件支持下进行图像剪切或镶嵌；通过最邻近重采样法将 LST 数据的等面积正弦曲线投影（Sinusoidal）转换成我国相应比例尺要求的投影；再将 HDF 格式的数据存储成易于多平台处理分析的 TIFF 格式。

影像几何校正、镶嵌等前处理及质量要求参照 GB/T 15968—2008 第 3 章、第 5 章的规定执行。

B.2.2 无效数据剔除

为保证 LST 数据质量，需要滤除受云污染和反演精度低（气温反演精度≥1 K）等质量不可靠的

LST 像元，只保留每期 LST 数据中质量标记为“良好”($QA=0$)的有效像元值，将质量较差的数据标记为“−100”。

B.2.3 温度换算

按照式(B.1)将 LST 数据的原始热力学温度 T 转化为摄氏度 t。

$$T = t + 273.15 \quad \cdots\cdots (B.1)$$

式中：

T——原始热力学温度，单位为开尔文(K)；

t——摄氏度，单位为摄氏度(℃)。

B.3 基于有效 LST 像元的日平均气温估算

B.3.1 概述

选择利用监测年份不同平台和过境时间的 4 种 MODIS LST 日值数据分别估算平均气温，同时结合局部窗口空间插补方法填补时间融合后仍空缺的像元值，形成基于有效 LST 像元的日平均气温数据。

B.3.2 日平均气温回归模型构建

a) 利用监测区域至少 30 个气象站点经纬度信息，在遥感处理软件中建立气象站点空间分布图，提取气象站点处的 LST 像元值。

b) 采用多元统计方法，对除监测年以外的 4 种 MODIS LST 数据分别建立以气象台站日平均气温为因变量、有效 LST 数据为自变量的回归模型。由于农作物种植区不同季节下垫面发生变化，按照春、夏、秋、冬分别建立日平均气温回归模型(见表 B.1)。选择决定系数(R^2)最大的模型作为最优估算模型，对平均气温进行统计拟合。

表 B.1 基于有效 LST 像元的平均气温遥感估算

卫星	季节	时间	过境时间	计算公式
Terra	春	3月1日至5月31日	6:01～18:00	平均气温与 LST 关系模型 1
	夏	6月1日至8月31日	6:01～18:00	平均气温与 LST 关系模型 2
	秋	9月1日至11月30日	6:01～18:00	平均气温与 LST 关系模型 3
	冬	12月1日至2月29日	6:01～18:00	平均气温与 LST 关系模型 4
Terra	春	3月1日至5月31日	18:01～6:00	平均气温与 LST 关系模型 5
	夏	6月1日至8月31日	18:01～6:00	平均气温与 LST 关系模型 6
	秋	9月1日至11月30日	18:01～6:00	平均气温与 LST 关系模型 7
	冬	12月1日至2月29日	18:01～6:00	平均气温与 LST 关系模型 8
Aqua	春	3月1日至5月31日	6:01～18:00	平均气温与 LST 关系模型 9
	夏	6月1日至8月31日	6:01～18:00	平均气温与 LST 关系模型 10
	秋	9月1日至11月30日	6:01～18:00	平均气温与 LST 关系模型 11
	冬	12月1日至2月29日	6:01～18:00	平均气温与 LST 关系模型 12
Aqua	春	3月1日至5月31日	18:01～6:00	平均气温与 LST 关系模型 13
	夏	6月1日至8月31日	18:01～6:00	平均气温与 LST 关系模型 14
	秋	9月1日至11月30日	18:01～6:00	平均气温与 LST 关系模型 15
	冬	12月1日至2月29日	18:01～6:00	平均气温与 LST 关系模型 16

B.3.3 日平均气温计算

利用 B.3.2 构建的日平均气温回归模型，对 4 种 MODIS LST 数据分别估算日平均气温。

B.4 日平均气温插补

B.4.1 概述

采用 B.3 获得的 LST 日平均气温数据，还包括一些日平均气温空值数据。因此，需要采用时间域融合和空间插值方法进行缺失数据的插补，保证日平均气温数据的完整性。

B.4.2 时间域融合

以 Terra MODIS 卫星夜晚的有效像元日平均气温估算结果为基准，通过 LST 产品的 QA 数据获取空值区域，依次从 Aqua 卫星夜晚、Aqua 卫星白天、Terra 卫星白天的日平均气温估算结果获取平均气温值，生成日平均气温遥感产品的质量(QA)数据。计算过程见表 B.2。

表 B.2 日平均气温缺失数据时间域融合方法

融合顺序	晴空日平均气温遥感数据	过境时间	日平均气温融合值	*QA* 值
1	*TTerra_night*	18:01～6:00	*TTerra_night*	0
2	*TAqua_night*	18:01～6:00	*TAqua_night*，当 *TTerra_night* 为无效值	1
3	*TAqua_day*	6:01～18:00	*TAqua_day*，当 *TTerra_night* 和 *TAqua_night* 都为无效值	2
4	*TTerra_day*	6:01～18:00	*TTerra_day*，当 *TTerra_night*、*TAqua_night* 和 *TAqua_day* 都为无效值	3
5	插补得到的气温		当 *TTerra_night*、*TAqua_night*、*TAqua_day* 和 *TTerra_day* 都为无效值	4
6	无数据区			5
注：*LSTterra_day*、*LSTterra_night* 分别为 Terra MODIS 白天和夜间过境观测的 LST 影像；*LSTaqua_day*、*LSTaqua_night*，分别为 Aqua MODIS 白天和夜间过境观测的 LST 影像。				

B.4.3 空间域插补

经时间融合的日平均气温数据仍会残留缺失的像元，需进一步结合 DEM 的温度垂直梯度重建法对山区、云覆盖等原因造成的气温像元缺失值进行插补。

经时间域融合和空间域插补处理后，即可得到日平均气温遥感估算数据。若仍存在像元无值，则 *QA* 值标记为 5。

B.5 质量控制

对日平均气温遥感估算数据进行两种类型的质量评价。

a) 检查影像是否还存在无效值。若还存在，应返回 B.3 进行检查和处理。

b) 采用地面台站实际观测平均气温数据对遥感估算的平均气温数据进行数值上的精度检验。以平均绝对误差(*MAE*)<3℃为合格，见式(B.2)。

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n} | (x_i - y_i) |}{n} \quad \cdots\cdots (B.2)$$

式中：

MAE——平均绝对误差，单位为摄氏度(℃)；

x_i ——实际观测值，单位为摄氏度(℃)；

y_i ——遥感估算值，单位为摄氏度(℃)；

n ——样本容量，单位为个。

参考文献

[1]GB/T 14950—2009 摄影测量与遥感术语

[2]GB/T 27959—2011 南方水稻、油菜和柑橘低温灾害

[3]QX/T 101—2009 水稻、玉米冷害等级

[4]张丽文.2013. 基于GIS和遥感的东北地区水稻冷害风险区划与监测研究[D]. 杭州:浙江大学.

[5]Lin S, Moore N J, Messina J P, et al. 2012. Evaluation of estimating daily maximum and minimum air temperature with MODIS data in east Africa[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation(18):128-140.

[6]Neteler M. 2010. Estimating Daily Land Surface Temperatures in Mountainous Environments by Reconstructed MODIS LST Data[J]. Remote Sensing,2(1):333-351.

[7]Shen S H, Leptoukh G G. 2011. Estimation of surface air temperature over central and eastern Eurasia from MODIS land surface temperature[J]. Environmental Research Letters(6).

[8]Zhengming Wang. 1999. MODIS Land-Surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document (LST ATBD) Version 3.3[OL]. http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod11.pdf.

[9]Zhengming Wang. 2006. MODIS Land Surface Temperature Products Users' Guide[OL]. www.icess.ucsb.edu/modis/LstUsrGuide/MODIS_LST_products_Users_guide.pdf.