ICS 07.040
CCS A77

TB

团　　体　　标　　准

T/CSGPC XXX—XXXX

地表太阳辐射遥感产品规范

Specifications for surface solar radiation product from satellite remote sensing imagery

（征求意见稿）

（本稿完成时间：2022 年 11 月 17 日）

XXXX - XX - XX 发布　　XXXX - XX - XX 实施

中国测绘学会　　发布

目　　次

目次 I
前言 II
引言 IV
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 产品分级 2
6 SSR 产品生产流程 3
7 命名规则 5
8 产品构成 6
9 技术要求 9
10 产品检查 9
附　录　A（资料性）SSR 输入参数打分表 11
附　录　B （资料性） 常用的地表太阳辐射估算方法 12
附　录　C （资料性） 常用的地表太阳辐射产品累积积分方法 15
附　录　D （资料性） 地表太阳辐射产品元数据集 17
参考文献 21

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》的规则起草。

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。

本文件由中国测绘学会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引　　言

地表太阳辐射(Surface Shortwave Radiation，SSR）一般指0.2-3 μm的电磁辐射能量。地表太阳辐射在地表能量平衡中起着重要作用，是维持地球生态系统平衡及演化，以及地表生物、物理和化学过程最主要的能量来源，也是各种大气现象和物理过程的基本动力。太阳辐射穿越大气到达地表的过程会受到大气不同组分的吸收、散射、折射等影响，从而使得到达地表的太阳辐射时空变化较大。地面观测站点仅能获取一定范围内太阳辐射的变化情形，而对于地形及气候复杂地区，如青藏高原、两极地区或广袤的海洋则难以实现数据的实时测量，卫星遥感技术是获取区域或全球地表太阳辐射的有效手段。

实际应用中，不同领域的研究人员获取地表太阳辐射时可能会采取不同的处理方法和流程，包括采用多种极轨和静止卫星数据，不同的遥感反演模型，或采用不同的合成方法以获取多种时间尺度的地表太阳辐射产品等，从而导致不同数据源和方法生产的地表太阳辐射质量各异，限制了地表太阳辐射产品实际应用的有效性和可靠性。本标准针对上述问题，对由遥感影像数据计算下地表太阳辐射产品中的产品类别、产品生产流程、以及产品构成等进行规范，以保证地表太阳辐射产品在遥感研究和应用中的一致性。

地表太阳辐射遥感产品规范

1 范围

本文件规定了利用光学卫星遥感影像数据制作地表太阳辐射产品的基本技术要求、生产流程、命名规则和产品构成。

本文件适用于光学卫星遥感影像地表太阳辐射产品的生产和使用，利用其它数据源生产的地表太阳辐射产品也可比照本文件。

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 35652 **瓦片地图服务**

GB/T 37151 **基于地形图标准分幅的遥感影像产品规范**

GB/T 39608 **基础地理信息数字成果元数据**

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

直接辐射 direct radiation

从日面及其周围一小立体角内发出的辐射。

[GB/T 31163-2014, 定义5.11]

3.2

散射辐射 diffuse radiation

太阳辐射被空气分子、云和空气中的各种微粒分散成无方向性的、但不改变其单色组成的辐射。

[GB/T 31163-2014, 定义5.14]

3.3

总辐射 global radiation

水平面从上方2π立体角范围内接收到的直接辐射和散射辐射之和。

[GB/T 31163-2014, 定义5.15]

3.4

卫星遥感影像地表太阳辐射产品 surface solar radiation product from satellite remote sensing imagery

由卫星遥感影像数据生产的元数据集、地表接收到的太阳辐射数据集和辅助数据集组成

的集合统称。

3.5

辐射通量 radiant flux

也称辐射功率或辐照功率，指单位时间内通过某一表面的辐射能量，单位为瓦(W)。

[GB/T 36299-2018，定义2.6]

3.6

辐射照度 irradiance

也称辐照度，指照射到表面一点处的面元上的辐射能通量除以该面元的面积，单位为瓦每平方米(W/m^2)。

[GB/T 310236-93，定义6-16]

3.7

辐照量 irradiation

在给定时间段内辐照度的积分总量。单位为焦耳每平方米(J/m^2)。

[GB/T 31163-2014，定义 6.5]

3.8

景 scene

根据卫星遥感器特征，将遥感影像数据按照规定的行数和列数进行裁切后的图像计数单位。

[GB/T 36301-2018，定义3.1.4]

3.9

瓦片 tile

将几何校正后的单景遥感影像产品或者多景遥感影像合成产品，按照规定的行数和列数进行裁切后，形成的具有固定空间参考基准的图像计数单位。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

SSR 地表太阳辐射(surface solar radiation)

5 产品分级

对于不同种类的SSR产品，依据其记录的时间尺度的不同，划分为两个级别，即分景瞬时SSR产品(L2级)、瓦片瞬时SSR产品(L3级)和一段时间内累积的SSR产品(L4级)。具体的SSR产品分级框架如图1所示。

图 1　SSR 产品级别框架

5.1 2级产品

L2级产品是卫星成像时刻按景方式存储的瞬时SSR产品，其空间分辨率与L1级遥感图像的分辨率一致。

5.2 3级产品

L3级产品是在L2级产品的基础上，进行裁切和重投影后的，依照一定规则进行编号和分幅的瞬时SSR瓦片产品。L3级产品各像元间具有一致的空间分辨率。

5.3 4级产品

L4级产品是在L3级产品的基础上，在某个特定时间段内对SSR进行积分，计算得到的具有一致空间分辨率的，以瓦片方式保存的辐照量产品。依照积分时间段可以分为每小时SSR辐照量产品、每日SSR辐照量产品、每月SSR辐照量产品等。

6　SSR 产品生产流程

6.1瞬时SSR辐照度产品生产

6.1.1　总体流程

瞬时地表太阳辐射估算流程见图 2：

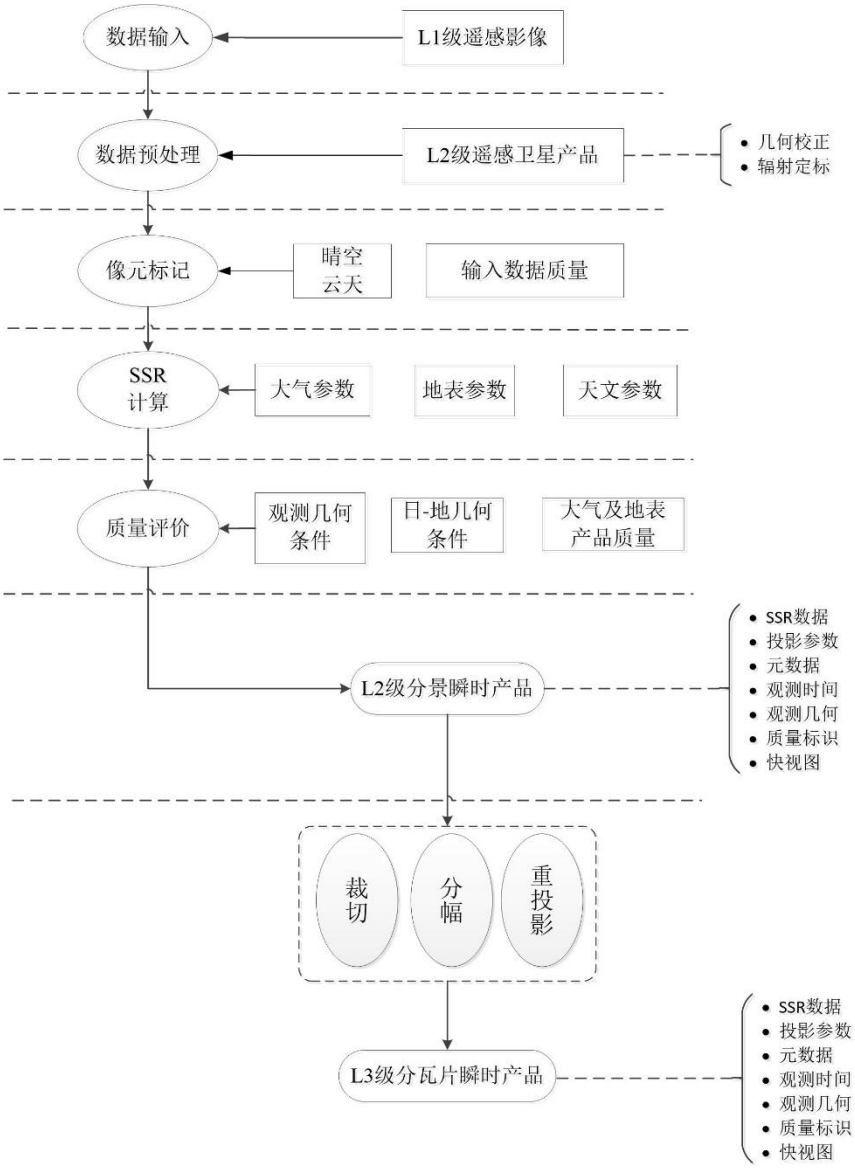

图 2　瞬时 SSR 产品生产流程

6.1.2　输入数据准备

用于计算 SSR 的光学遥感影像数据，应为经过辐射定标和几何校正的 L2 级数据；除 L2 级数据外，还应准备成像时间、经纬度、观测几何条件、日-地几何条件、云及阴影标识、地表高程、坡度坡向等辅助数据。

6.1.3　瞬时 SSR 计算

利用波段辐照度数据和辅助数据按照 SSR 计算方法计算相应的 L2 级 SSR 产品。常用的 SSR 计算方法参见附录 B。

6.1.4　瞬时 SSR 产品输出

瞬时 SSR 产品应记录：

a)瞬时 SSR 数据；

b)投影参数；

c)观测时间及观测几何；

d)用于描述 SSR 数据源、生产信息、产品标识等元数据；
e)质量标识。

6.2累积SSR辐照量产品生产

6.2.1总体流程

累积地表太阳辐射估算流程见图3。

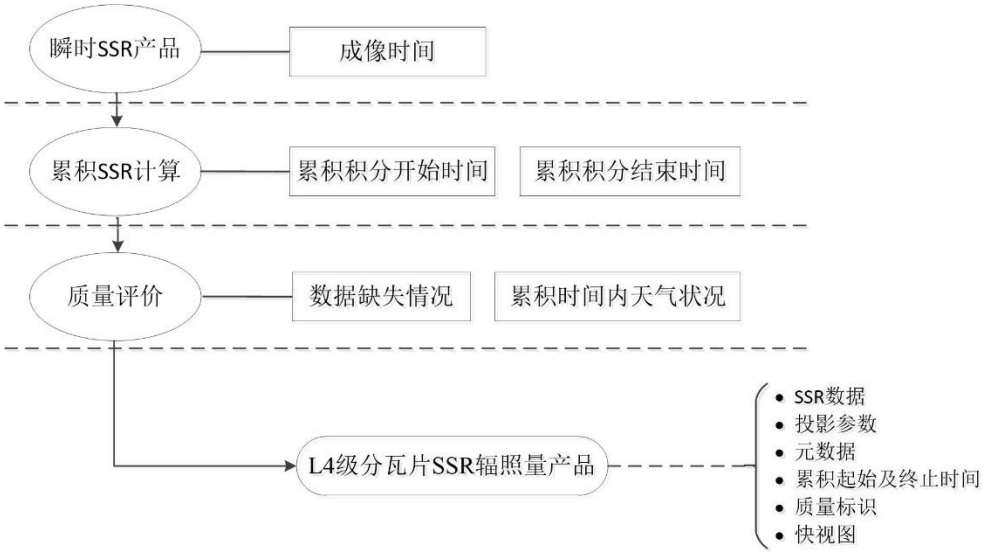

图 3　累积 SSR 产品生产流程

6.2.2输入数据准备

输入数据包括：起始及终止时间段内用于计算累积 SSR 的瞬时 SSR 数据文件、入射几何条件文件及质量标记文件。

6.2.3累积 SSR 辐照量产品计算

利用瞬时 SSR 产品按照累积 SSR 计算方法计算累积 SSR。若累积时间段内数据缺失或无效，则累积 SSR 以无效值填充。

常用的累积 SSR 计算方法参见附录 C。累积 SSR 辐照量产品质量标记采用输入的瞬时 SSR 产品的像元质量标记平均值求得。

6.2.4累积 SSR辐照量产品输出

累积 SSR 产品应记录：
a)累积瞬时 SSR 数据；
b)投影参数；
c)累积起始及终止时间；
d)用于描述 SSR 数据源、生产信息、产品标识等元数据；
e)质量标识。

7　命名规则

7.1 名称组成

SSR 产品的命名应包括产品名称和扩展名两部分。产品名称应包含但不限于以下要素，且各要素排列顺序可变。命名总体表现形式如下：

数据集名称_产品代码_卫星和传感器标识_产品空间分辨率_产品标识时间_地理覆盖范围_版本号.扩展名。

7.2 名称要求

产品名称各要素要求如下：

a) 产品名称：卫星遥感影像SSR产品的简称，例如地表太阳辐射数据集用“SSR”标识；直射辐射数据集用“Dir”标识；散射辐射数据集用“Dif”标识；
b) 卫星和传感器标识：生产SSR产品的卫星和传感器标识，主要对地观测卫星及其传感器名称标识参见GB/T 37151中附录B；
c) 产品级别标识：标明SSR产品对应的级别，采用第6章的规定；
d) 产品空间分辨率：产品采用卫星遥感影像上能够识别的两个相邻地物的最小距离，单位为米(m)；
e) 产品时间标识：对于瞬时SSR产品，记录产品的获取时间，格式为年月日小时分钟(YYYYMMDDHHMM)；对于累积SSR产品，记录累积起止时间(YYYYMMDDHHMMHHMM-YYYYMMDDHHMM)；
f) 地理覆盖范围：对于分瓦片组织的产品按照GB/T 35652中第5.1节规定记录行列号；对于分幅组织的产品按照GB/T 37151中第6.2节规定记录分幅编号；对于未分块组织的产品根据实际情况记录全球或区域标识；
g) 产品版本号：产品生产的版本信息；
h) 扩展名：
i) 产品的扩展名由产品文件格式决定，包括但不限于HDF、HDF5、NETCDF、GEOTIFF。

示例1：以搭载在Himawari-8卫星上的可见光和红外扫描辐射计(Advanced Himawari-8 Imager)载荷作为数据源,生产并发布的L3级瞬时SSR瓦片产品，产品编号为H24V05，数据获取时间为2022年1月1日12：00，版本号为V1.0。

SSR-H8-AHI_L3_202201011200_H24V05_1000m_V1.0.HDF_

示例2：以搭载在Himawari-8卫星上的可见光和红外扫描辐射计(Advanced Himawari-8 Imager)载荷作为数据源,生产并发布的L4级1小时SSR瓦片产品，产品编号为H24V05，累积SSR数据时间为2022年1月1日12：00至2022年1月1日13：00，版本号为V1.0。

SSR-H8-AHI_L4_202201011200-202201011300_H24V05_1000m_V1.0.HDF

8 产品构成

SSR产品由三部分构成：地表太阳辐射数据集、辅助数据集和元数据集。

8.1 地表太阳辐射数据集

用于记录SSR计算结果。数据以栅格形式组织，栅格大小即遥感影像像元大小，应在元数据集中记录。数据存储时可乘以缩放转换系数，结果以整型记录。

SSR数据集可包括直射地表太阳辐射、散射地表太阳辐射和总地表太阳辐射。SSR数据集的构成见表1。

表 1 地表太阳辐射数据集构成

栅格数据文件名称	数据类型	缩放转换	单位		有效值范围	填充值
			瞬时SSR	累积SSR		
总地表太阳辐射	INT 32	100	W/m^2	J/m^2	0-140000 (累积地表太阳辐射产品有效范围由累积时长决定）	-1
直接地表太阳辐射	INT 32	100	W/m^2	J/m^2	0-140000 (累积地表太阳辐射产品有效范围由累积时长决定）	-1
散射地表太阳辐射	INT 32	100	W/m^2	J/m^2	0-140000 (累积地表太阳辐射产品有效范围由累积时长决定）	-1

8.2 辅助数据集

SSR产品辅助数据集包括栅格数据和文本数据两种。其中，以栅格形式存储的数据可以有多个，每个数据存在的约束条件见表1。像元大小在不特别说明的情况下应与地表太阳辐射数据集一致且一一对应。以文本形式存储的数据包括算法说明文档及真实性检验报告等。辅助数据集的构成见表2但不限于表2所列项。

表 2 辅助数据集构成

名称	数据格式	数据类型	约束/条件		备注
			瞬时 SSR 产品	累积 SSR 产品	
产品质量标记数据	栅格	16 位整型	M	M	
累积积分时间选择数据	栅格	16 位整型		M	
经纬度数据集	栅格	字符型或浮点型	C/当无投影时必填	C/当无投影时必填	经纬度数据集共有两层，一层记录逐像元经度，一层记录逐像元纬度。当以度分秒形式记录时数据类型为字符型，当以度的形式记录时数据类型可为浮点型
观测天顶角	栅格	INT 16	M		
观测方位角	栅格	INT 16	M		
太阳天顶	栅格	INT 16	M		

角					
太阳方位角	栅格	INT 16	M		
快视图	栅格	8 位整型	O	O	像元大小可大于地表太阳辐射数据集
算法说明文档	文本	字符型	O	O	
用户手册	文本	字符型	O	O	
真实性检验报告	文本	字符型	O	O	
注：对于约束条件列描述符的说明如下： M（必选）——辅助数据集应当选用； C（条件必选）——说明辅助数据集是否选用条件，当条件满足时，该辅助数据集必选； O（可选）——辅助数据集可以选用，也可以不选用。					

a) 产品质量标记数据：逐像元记录从输入遥感影像及其辅助数据集中提取的云、冰雪、采用算法、卫星观测角度等信息，并判断地表太阳辐射估算结果的有效性和合理性。若当前时刻该像元太阳高度角小于0°，则不计算SSR，并赋零值；若当前时刻该像元太阳高度角大于0°，则根据反演算法策略及输入数据，在质量标识文件中对像元质量进行标记。对有效的SSR数据可采用质量打分模型，根据输入数据的质量标记文件、观测几何条件、入射几何条件、大气-地表状况等信息，给出各项具体评分，像元各参数分值总和即为该像元的质量评价分值，并根据分值划分SSR数据的质量等级,具体质量等级如表3所示。输入数据的评分可参考附录A。

表 3　地表太阳辐射遥感产品质量等级

等级	DSR 分值	有效性
优	0	产品已生产，质量优良，可放心使用
良	1	产品已生产，质量良好，使用时需检查质量标记
中	2	产品已生产，但存在较大不确定性，需谨慎使用
差	3	原始数据缺失或其它原因导致产品缺失

b) 累积积分时间选择数据：记录多时相累积积分日期的选择，用一年中的第几天-第几天（Day Of Year，DOY）或一天中的第几小时-第几小时表示；
c) 经纬度数据集：逐像元记录地表太阳辐射数据集经纬度信息；
d) 快视图：对地表太阳辐射数据集重采样生成的低分辨率用于预览产品状况的图片；
e) 算法说明文档：详细记录地表太阳辐射产品生产算法及流程等信息的文档；
f) 用户手册：记录地表太阳辐射产品构成、使用方法、获取途径等信息的文档；
g) 真实性检验报告：记录地表太阳辐射产品准确度和不确定度评价过程和结果的文档。

8.3 元数据集

应符合GB/T 39608第4章的相关规定记录产品标识信息、地理信息、生产信息、质量信息、分发信息。元数据集记录规范见附录C。

累积SSR产品需在元数据集生产信息中记录累积积分开始时间、结束时间、积分算法的选择及其版权信息。

9 技术要求

9.1 时间信息

应采用公元纪年，时间宜采用格林威治时间。

9.2 地理信息

9.2.1 坐标系和投影

应在SSR数据集或元数据集中包含影像坐标系和投影信息。当SSR数据集以地图形式发布时，应符合GB/T 37151中第6.1节的相关规定。当SSR数据集未投影时，应在辅助数据集中包含经纬度数据集。

9.2.2 地面覆盖范围

应在地表太阳辐射数据集或元数据集中包含影像的地理覆盖范围信息。当地表太阳辐射数据集以分块的形式组织时，应在元数据集中包含影像的分块编号，相应元数据应逐块描述。

9.3..质量信息

9.3.1 产品准确度

在元数据集中记录平均误差、均方根误差、相关系数SSR产品准确度评价指标结果。

9.3.2 产品不确定度

在元数据集中记录SSR产品标准差不确定度评价指标结果。

9.3.3 产品连续性

别计算质量标记中“已经生产SSR，质量好，可放心使用”，“未生产SSR”和云掩膜（包括“水云”、“冰云”、“不确定云相态”、“可能存在多层云”和“可能存在混合云”）的像元数占像元总数的比例，在元数据集中记录优质数据比例、无效值的比例和云覆盖比例。

10 产品检查

应在产品生产后，公开发布或交付用户前进行。检查项应包括但不限于表4所列项。

表 4 SSR 产品检查项

检查项	检查内容	证实方法
产品命名	产品名称	应符合7要求
产品构成	SSR数据集	所有产品是否存在；应符合8.1要求
	产品质量标记数据	所有产品是否存在；应符合8.2 a)要求
	累积积分时间选择数据	对于累积SSR产品，是否存在；应符合8.2 b)要求
	经纬度数据	对于未投影产品，是否存在；应符合8.2 c)要求
	元数据集	所有产品是否存在；应符合8.3要求及附录C规范
时间信息	时间记录	应符合9.1要求
地理信息	坐标系和投影	应符合9.2.1要求
	地理覆盖范围	应符合9.2.2要求

质量信息	产品准确度	应符合9.3.1要求
	产品不确定度	应符合9.3.2要求
	产品连续性	应符合9.3.3要求

附　录　A　(资料性) SSR 输入参数打分表

（资料性）

表A　SSR输入参数打分表

参数名称		状况	值
	--	输入参数为空值	10
大气参数	无云	晴空无云	0
	有云	薄云-气溶胶可能存在误识别	1
		可能存在混合相态云	2
		可能存在多层云	3
		厚云	3
地表参数	地形	平坦地表	0
		起伏地表	1
太阳-卫星几何	太阳天顶角	太阳天顶角＞65°	4
	观测天顶角	观测天顶角＞65°	4

附　录　B

附　录　C（资料性）

附　录　D常用的地表太阳辐射估算方法

D.1　概述

到达地表的总太阳辐射主要受以下几个因子的影响：（1）天文因子：太阳常数、日地距离、太阳赤纬、太阳时角，上述因子可以利用日-地天文关系较为精确的计算；（2）地理因子：纬度、海拔高度、坡度、坡向、周围地形，除纬度外其它各项因子的影响较为复杂，且与栅格单元的空间尺度关系密切；（3）大气因子：云、水汽含量、臭氧含量、气溶胶等。这类因子是影响地表太阳辐射最大，也是难以精确表达和获取的参量。

地表太阳辐射产品的生产依次包括输入数据的准备、地表太阳辐射产品计算、产品输出和产品检查。其中，输入的遥感影像数据应经过几何校正、辐射定标、大气校正等预处理。地表太阳辐射估算方法包含但不限于：经验方法、辐射传输参数化方法、查找表法、机器学习方法以及间接方法。产品输出应符合本文件第9章产品构成要求，产品检查应符合本文件第11章规定。

D.2　经验方法

经验方法是基于地表常规气象资料的实测值与影像观测值的大量统计样本建立的统计模型，如根据日照百分率、云量以及常规气象观测因子等。这类模型以Heliosat为代表，Cano最先提出了基于云指数的Heliosat方法，用于估算云天下太阳辐射(Cano et al.,1986)，后人在其基础上有所改进(Muller et al.,2004)，如今已发展至第三代—Heliosat-3，并应用于欧洲多个气候研究项目中；地表太阳辐射量可以表示为晴空总辐射量与晴空指数的关系式：

$G_h = k_{ch} \times G_{ch}$(B.1)　　(B.1)

G_h 为实际太阳辐射，G_{ch} 为晴空条件下的太阳辐射，K_{ch} 为晴空指数(clear-sky index)。

经验方法的优点是方便快捷，但由于其不具有物理意义，只是简单的统计含义，缺少确切的模型表达，因而只能在单点范围内使用，难以外推至区域或全球范围。。

D.3　辐射传输参数化方法

将复杂的大气传输模型进行简化和参数化，根据卫星传感器观测通道和仪器的特点有针对性地建立相对简单的辐射传输参数化模型，直接计算SSR。

参数化方法基于大气辐射传输模型，大量的模拟数据或机载、星载及观测数据等，建立关键大气/地表变量与下行短波辐射的参数关系式。地表接收到的太阳辐射（I）可以表示为：

$$I = \frac{I_0(\tau_b^{clr}+\tau_d^{clr})\tau^{cld}}{1-\rho_g\rho_a} \tag{B.2}$$

$$I_0 = E_0(\frac{d}{d_0})^2\cos(\mu_0) \tag{B.3}$$

式中：I_0为大气层顶的入射辐射量，E_0为太阳常数，d为日-地距离，d_0为日-地间平均距离，μ_0 为太阳天顶角，τ_b^{clr}为晴空直接辐射透过率，τ_d^{clr}为晴空散射辐射透过率，τ^{cld}为云天透过率。。

晴空条件下大气直散射透过率参数化方案可以表示为：

$$\tau_b^{clr} = \tau_o\tau_w\tau_g\tau_a\tau_r \tag{B.4}$$

$$\tau_d^{clr} = \tau_r^{clr} + \tau_a^{clr} \tag{B.5}$$

下标o，w，g，a，r分别指臭氧、大气水汽、混合气体、气溶胶以及瑞利散射导致的直接辐射透过率，τ_r^{clr}及τ_a^{clr}分别指由瑞利散射和气溶胶散射导致的散射辐射透过率

根据所采用的输入参数不同，该基本关系式或简或繁。由于该方法具有一定的物理基础，且计算方便快捷，不需要对辐射传输方程进行求解，因而很多卫星产品或气候模式多采用这种方法。其缺点是参数方程中各参数的确定大多是基于局地的观测资料或经验系数，推广至其它区域或全球尺度时可能需要重新进行标定。

D.4 查找表法

对于表面平滑的朗伯体，一定的太阳天顶角μ_0，波谱下行辐射可以通过下式来表达(Liang et al., 2006)：

$$F(\mu_0) = F_0(\mu_0) + \frac{r_s\bar{\rho}}{1-\bar{\rho}}\mu_0 E_0\gamma(\mu_0) \tag{B.6}$$

其中$\mu_0=\cos(\theta_0)$，θ_0为太阳天顶角，$F_0(\mu_0)$是下行辐射中不包括地面反射的部分，r_s为地表反射率，$\bar{\rho}$为大气球面反照率，E_0为大气层顶部太阳辐照度，$r(\mu_0)$为透过率。

查找表算法基本思想：利用大气辐射传输模型，首先假定N种大气条件，建立不同大气和地表状况（包括地表高程，气溶胶光学厚度，太阳高度、云、水汽含量、地表反照率）与大气层顶的表观反照率之间的关系，对于给定的任意输入参数，采用对查找表的N×M组数据的降维处理，逐变量插值的方法实现地表太阳辐射的计算。查找表的基本结构如表B.1所示。

表 B.1 查找表结构

太阳天顶角	气溶胶模式	水汽含量	AOD	地表反照率	地表高程	云	SSR
…		…	…	…	…		…
…		…	…	…	…		…

查找表方法建立在用遥感数据反演大气参数的基础上，并且其算法原理是建立在辐射传输模型的理论基础之上。查找表算法使得辐射传输模型实用化，但是查找表替代辐射传输方程的方法，是牺牲一定精度的代价来换取计算速度，因此查找表的步长及参数设置决定了查找的速度及计算精度。

D.5 机器学习方法

机器学习方法的基本思想是：通过训练集，不断识别特征即建模，最后形成有效的模型的过程。即利用地面测量太阳辐射数据与遥感反演或测量的大气参数作为输入，对模型进行训练拟合，并最终得到地表太阳辐射产品。常用的机器学习方法包括随机森林(Random Forest, RF)、人工神经网络(Artificial Neural Network, ANN)和和支持向量机(Support Vector Machine, SVM)等。。

随机森林是2001年由Breiman开发的一种基于套袋的方法，其基本组成单元是决策树，且不同决策树之间没有关联。在任务进行时，将新的输入样本进入，让森林中的每一棵决策树分别进行判断和分类，每个决策树会得到一个自己的分类结果，决策树的分类结果中哪一个分类最多，那么随机森林就会把这个结果当做最终的结果。随机森林的训练速度较快，可以并行处理，实现简单，可以平衡误差，但在某些噪音较大的分类或回归问题上会过拟合。

人工神经网络模型已经有BP、RBF、MLP、GRNN等几十种结构。以BP神经网络为例，其由输入层、隐含层和输出层组成，对于正向传播过程，输入模式从输入层经隐含单元层逐层处理，并最终传递至输出层，每一层神经元的状态只影响下一层神经元。经过权值、阈值、激活函数运算后，得到一个输出值，将其与期望样本值进行比较，若偏差大于阈值，则从输出开始反向传播该偏差，将误差信号沿原来的连接通路返回，修改各神经元的权值，在网络输出与期望输出差值小于阈值或循环次数大于阈值事终止循环。人工神经网络的突出优点就是具有很强的非线性映射能力和柔性的网络结构，缺点是学习速度慢，即使是一个简单的问题，一般也需要几百次甚至上千次的学习才能收敛，且容易陷入局部极小值。支撑向量机模型是一种二类分类模型，其基本模型定义为特征空间上的间隔最大的线性分类器，其学习策略便是间隔最大化，最终可转化为一个凸二次规划问题的求解。给定一组训练实例，每个训练实例被标记为属于两个类别中的一个或另一个，SVM训练算法创建一个将新的实例分配给两个类别之一的模型，使其成为非概率二元线性分类器。SVM模型是将实例表示为空间中的点，这样映射就使得单独类别的实例被尽可能宽的明显的间隔分开。然后，将新的实例映射到同一空间，并基于它们落在间隔的哪一侧来预测所属类别。SVM模型可以解决小样本下机器学习问题，且无局部极小值问题(相对于神经网络等算法)，无需依赖整个数据，泛化能力比较强。但当观测样本很多时，效率并不是很高，对非线性问题没有通用解决方案，有时候很难找到一个合适的核函数。

附　录　E

附　录　F（资料性）

附　录　G常用的地表太阳辐射产品累积积分方法

G.1　相邻时刻的瞬时值计算小时累积值

由相邻时刻的瞬时值计算小时累积值，由式(C.1)表示：

$$W_s = \Delta T \frac{(I_1 + I_2)}{2} \qquad \text{(C.1)}$$

式中：

W_s ——小时累积地表太阳辐射值，单位：焦耳每平方米，J/ m^2；

ΔT ——积分时间，单位：秒；

I_1——本小时的瞬时地表太阳辐射值，单位：瓦特每平方米，W/m^2；

I_2——下一小时的瞬时地表太阳辐射值，单位：瓦特每平方米，W/m^2。

G.2　由一个时刻的瞬时值计算日累积值

直接辐射积分公式由式(C.2，C.3)表示：

$$E_{dir} = E_{s,dir,n} \cos(\frac{\theta - \theta_n}{\pi / 2 - \theta_n} \times \frac{\pi}{2})] \cos\theta / \cos\theta_n \qquad \text{(C.2)}$$

$$E_{day,dir} = \frac{E_{dif,n}}{D} \int_0^D \cos(\frac{\theta - \theta_n}{\pi / 2 - \theta_n} \times \frac{\pi}{2})] \cos\theta / \cos\theta_n dt \qquad \text{(C.3)}$$

散射辐射积分公式由式(C.4，C.5)表示：

$$E_{dif} = E_{dif,n} \cos(\frac{\theta - \theta_n}{\pi / 2 - \theta_n} \times \frac{\pi}{2}) \qquad \text{(C.4)}$$

$$E_{day,dif} = \frac{E_{dif,n}}{D}\int_0^D \cos(\frac{\theta-\theta_n}{\pi/2-\theta_n}\times\frac{\pi}{2})dt \quad \text{(C.5)}$$

式中：

E_{dir}——太阳天顶角为θ时的瞬时太阳直射辐射，单位：瓦特每平方米，W/m²；

$E_{s,dir,n}$——当地时间正午时的瞬时太阳直射辐射，单位：瓦特每平方米，W/m²；

θ_n——当地时间正午时的太阳天顶角；

D——日长，单位：秒；

$E_{day,dir}$——日累积的太阳直射辐射， 单位：焦耳每平方米，J/ m²；

E_{dif}——太阳天顶角为θ时的瞬时太阳散射辐射，单位：瓦特每平方米，W/m²；

$E_{dif,n}$——当地时间正午时的瞬时太阳散射辐射，单位：瓦特每平方米，W/m²；

$E_{day,dif}$——日累积的太阳散射辐射，单位：焦耳每平方米，J/m²。

附　录　H

附　录　I（资料性）

附　录　J地表太阳辐射产品元数据集

地表太阳辐射产品元数据集用于记录标识信息(名称、分类等)、地理信息（经纬度、投影等）、生产信息（数据源、算法等）、质量信息（云覆盖、精度等）、分发信息（生产、出版等）。元数据集应包含但不限于表C.1所列项，可依实际情况增加条目。

表 D.1　地表太阳辐射元数据集数据项

编号	数据项	数值类型	域值	约束/条件
标识信息				
1	产品名称	字符型	小于 255 个字符，符合本文件 6.1 要求	M
1.1	地表太阳辐射数据集名称	字符型	小于 255 个字符，应包含产品名称	C/当地表太阳辐射数据集单独存储时必填
1.2	地表太阳辐射数据单位	字符型	小于 255 个字符，应包含产品名称	C/当地表太阳辐射数据集单独存储时必填
1.3	地表太阳辐射数据比例因子	字符型	小于 255 个字符，应包含产品名称	C/当地表太阳辐射数据集单独存储时必填
1.4	地表太阳辐射数据增益系数	字符型	小于 255 个字符，应包含产品名称	C/当地表太阳辐射数据集单独存储时必填
1.2	产品质量标记数据名称	字符型	小于 255 个字符，应包含产品名称	C/当产品质量标记数据单独存储时必填
1.3	累积积分时间选择数据名称	字符型	小于 255 个字符，应包含产品名称	C/当累积积分时间选择数据单独存储时必填
1.4	图幅编号	字符型	小于 255 个字符	C/当地表太阳辐射数据集以分块的形式组织时必填
1.5	经度数据名称	字符型	小于 255 个字符，应包含产品名称	C/当经度数据单独存储时必填
1.6	纬度数据名称	字符型	小于 255 个字符，应包含产品名称	C/当纬度数据单独存储时必填
1.7	元数据名称	字符型	小于 255 个字符，应包含产品名称	M
2	产品分类	8 位整型	0：瞬时地表太阳辐射产品 1：累积地表太阳辐射产品	M

3	产品标识时间	字符型	YYYYMMDD/HHMMSS	M
4	产品像元大小	字符型	小于 255 个字符，单位为米或度，需注明	M
5	图幅宽度	整型	按像元标记	M
6	图幅高度	整型	按像元标记	M
地理信息				
7	分块编号	字符型	文本	C/当产品分块组织时必填
8	坐标系	8 位整型	0：WGS84 1：CGCS 2000 2：北京 54 3：西安 80 4：其它	C/当有坐标系时必填
8.1	角度单位	字符型	小于 255 个字符	C/当坐标系为“其它”时必填
8.2	本初子午线	字符型	小于 255 个字符，单位为度分秒或度，需注明	C/当坐标系为“其它”时必填
8.3	原点	字符型	小于 255 个字符	C/当坐标系为“其它”时必填
8.4	方位	字符型	小于 255 个字符	C/当坐标系为“其它”时必填
8.5	长半轴	32 位整型	单位为米	C/当坐标系为“其它”时必填
8.6	短半轴	32 位整型	单位为米	C/当坐标系为“其它”时必填
8.7	扁率	32 位整型	单位为米	C/当坐标系为“其它”时必填
9	地图投影	字符型	小于 255 个字符	C/当有投影时必填
9.1	经度范围	字符型	经度范围格式 dddmmss,dddmmss	M
9.2	纬度范围	字符型	纬度范围格式 dddmmss,ddmmss	M
9.1	左上角经度或 X 坐标	字符型或浮点型	经度：度°分’秒”或度° 坐标：浮点数	M
9.2	左上角纬度或 Y 坐标	字符型或浮点型	纬度：度°分’秒”或度° 坐标：浮点数	M
9.3	左下角经度或 X 坐标	字符型或浮点型	经度：度°分’秒”或度° 坐标：浮点数	M
9.4	左下角纬度或 Y 坐标	字符型或浮点型	纬度：度°分’秒”或度° 坐标：浮点数	M
9.5	右上角经度或 X 坐标	字符型或浮点型	经度：度°分’秒”或度° 坐标：浮点数	M
9.6	右上角纬度或 Y 坐标	字符型或浮点型	纬度：度°分’秒”或度° 坐标：浮点数	M
9.7	右下角经度或 X 坐标	字符型或浮点型	经度：度°分’秒”或度° 坐标：浮点数	M

9.8	右下角纬度或 Y 坐标	字符型或浮点型	纬度：度°分’秒”或度° 坐标：浮点数	M
生产信息				
10	卫星传感器个数	8 位整型		M
11	卫星名称	字符型	小于 255 个字符	M
12	传感器名称	字符型	小于 255 个字符	M
13	数据源名称	字符型	小于 255 个字符	M
14	地表太阳辐射估算算法	8 位整型	0：半经验方法 1：辐射传输参数化方法 2：查找表法 3：间接方法 4：机器学习方法 5：	M
15	估算算法版权信息	字符型	小于 255 个字符	O
16	累积积分开始时间	字符型	YYYYMMDD/HHMMSS	C/累积地表太阳辐射产品必填
17	累积积分结束时间	字符型	YYYYMMDD/HHMMSS	C/累积地表太阳辐射产品必填
18	累积积分算法版权信息	字符型	小于 255 个字符	O
质量信息				
19	优质数据比例	8 位整型	百分比表示	M
20	无效值的比例	8 位整型	百分比表示	M
21	云覆盖比例	8 位整型	百分比表示	M
22	质量检验源	字符型	小于 255 个字符	M
23	匹配样本数量	整型	单位为个	M
23.1	产品均方根误差	浮点型		M
23.2	相关系数	浮点型		M
23.4	产品不确定度(标准差）	浮点型		M
分发信息				
24	产品生产时间	字符型	YYYYMMDD	M
25	产品发布时间	字符型	YYYYMMDD	M
26	版权单位名称	字符型	小于 255 个字符	M
27	版权人名称	字符型	小于 255 个字符	O
28	生产单位名称	字符型	小于 255 个字符	M
29	生产者名称	字符型	小于 255 个字符	O
产品图幅接合表信息				
30.1	图幅接合表中西北图幅名称	字符型	小于 255 个字符	C/当地表太阳辐射数据集以分块的形式组织时必填
30.2	图幅接合表中北图幅名称	字符型	小于 255 个字符	C/当地表太阳辐射数据集以分块的形式组织时必填
30.3	图幅接合表中东北图幅名称	字符型	小于 255 个字符	C/当地表太阳辐射数据集以分块的形式组织时必填

30.4	图幅接合表中西图幅名称	字符型	小于 255 个字符	C/当地表太阳辐射数据集以分块的形式组织时必填
30.5	图幅接合表中东图幅名称	字符型	小于 255 个字符	C/当地表太阳辐射数据集以分块的形式组织时必填
30.6	图幅接合表中西南图幅名称	字符型	小于 255 个字符	C/当地表太阳辐射数据集以分块的形式组织时必填
30.7	图幅接合表中南图幅名称	字符型	小于 255 个字符	C/当地表太阳辐射数据集以分块的形式组织时必填
30.8	图幅接合表中东南图幅名称	字符型	小于 255 个字符	C/当地表太阳辐射数据集以分块的形式组织时必填

注 1：对于约束条件列描述符的说明如下：

M（必选）——元数据元素应当选用；

C（条件必选）——说明数据元素是否选用条件，当条件满足时，该数据元素必选；

O（可选）——数据元素可以选用，也可以不选用。

注 2：对于域值列描述符的说明如下：

YYYY（年）——用 4 位整数标识年份　　HH——用 2 位整数标识小时

MM（月）——用 2 位整数标识月份　　MM——用 2 位整数标识分钟

DD（日）——用 2 位整数标识日期　　SS——用 2 位整数标识秒

ddd（度）——用 3 位整数标识度

mm——用 2 位整数标识分

ss——用 2 位整数标识秒

注 3：“优质数据比例、无效值的比例、云覆盖比例”根据表 3 中相应 bit 位数值统计得到。

参 考 文 献

[1] GB/T 30115—2013　卫星遥感影像植被指数产品规范
[2]GB/T 31156—2014　太阳能资源测量 总辐射
[3]GB/T 31163—2014　太阳能资源术语
[4]GB/T 33698—2017　太阳能资源测量 直接辐射
[5]GB/T 36299—2018　光学遥感辐射传输基本术语
[6]GB/T 41539—2022　卫星遥感影像地表温度产品规范