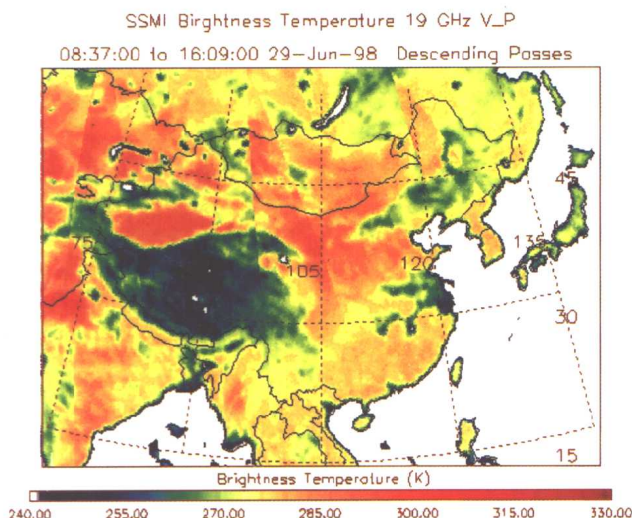


气象卫星业务产品 释用手册

主 编 董超华

副主编 章国材 邢福源 冯玉蓉

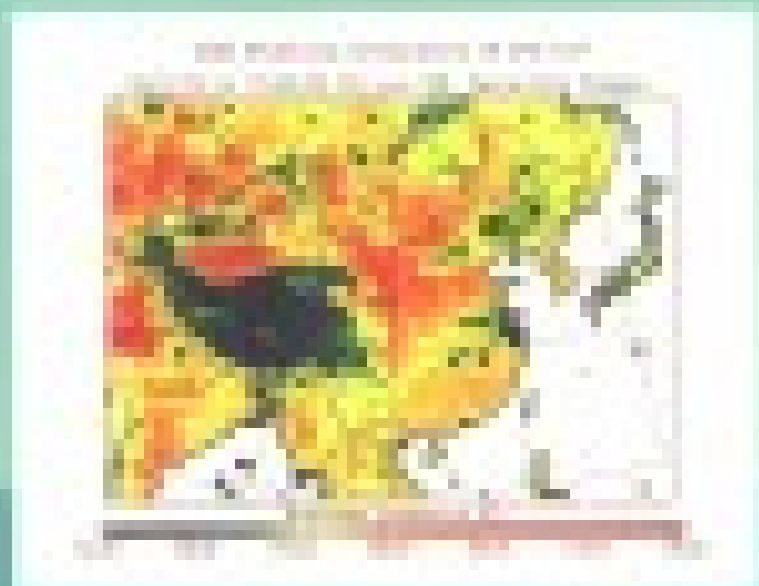


气象出版社

气象卫星业务产品 释用手册

主 编 王 毅

副主编 沈国明 傅维群 冯建刚



气象出版社

气象卫星业务产品 释 用 手 册

主 编:董超华

副主编:章国材 邢福源 冯玉蓉

气象出版社

内 容 简 介

国家卫星气象中心多年来实时接收国内外极轨气象卫星资料和静止气象卫星资料,这些资料经处理形成了多种气象卫星业务产品,并通过中国气象局“9210”卫星通信系统广播。本书说明了各个产品的名称、定义、生成原理、生成过程和典型应用实例。这些内容对于从事卫星气象及天气预报、气候预测、环境监测的教学、科研、业务与服务的科技工作者,以及相应专业大学本科生都有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

气象卫星业务产品释用手册/董超华主编. - 北京:气象出版社,1999.4

ISBN 7-5029-2697-6

I. 气… II. 董… III. 气象卫星-气象资料-手册 IV. P405

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 09666 号

气象卫星业务产品释用手册

主编:董超华

副主编:章国材 邢福源 冯玉蓉

责任编辑:宋 钢 终审:周诗健

封面设计:王 冲 责任技编:刘祥玉 责任校对:李 军

* * *

气象出版社出版

(北京市海淀区白石桥路 46 号 邮政编码:100081)

北京凯通印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行 全国各地新华书店经销

* * *

开本:787×1092 1/32 印张:9 字数:200 千字

1999 年 4 月第一版 1999 年 4 月第一次印刷

印数:1~4300

ISBN 7-5029-2697-6/P·0946

定价:30.00 元

《气象卫星业务产品释用手册》

编委会

主 编:董超华

副主编:章国材 邢福源 冯玉蓉

编 委:(按姓氏笔划排序)

纪才汉	刘 诚	刘玉洁	李 毅	邱康睦
杨 军	张文建	孟 婵	郑明忠	郭陆军
崔玉玺				

撰稿人员:(按姓氏笔划排序)

马 岚	方 翔	方宗义	王大昌	王丽波
王保华	冯玉蓉	冉茂农	成伟玲	江吉喜
刘 诚	刘 健	刘玉洁	刘瑞云	许健民
邢福源	阴立新	朱小祥	陈维英	陆 风
陆仁宝	陆文杰	李亚君	沈树勤	吴 晓
吴雪宝	肖乾广	杨 军	张凤英	张文建
张其松	范天锡	郑新江	赵长海	郭 炜
董超华	黎光清	樊昌尧		

1699/17 13

序

近年来气象卫星的资料已经广泛应用于许多领域。怎样有效地释用这些资料,这是卫星资料使用者最关注的问题。中国气象局国家卫星气象中心编著的《气象卫星业务产品释用手册》,目的在于说明如何正确、有效地应用各种气象卫星业务的产品。手册分别概述了 18 种气象卫星产品的释用,对每种产品释用的说明包括产品的名称、定义、生成原理、生成过程(步骤)、主要特点,以及产品的实例及典型应用。各个不同领域的使用者仔细阅读本书后,可以了解他所应用的产品是根据什么原理,哪些步骤得到的,以及产品的可使用范围和精度。这便于在使用中避免盲目性,并能正确、有效地使用各种产品。

近年来在我的研究中,经常应用射出长波辐射(OLR)、海面温度(SST)、卫星亮温(TBB)、卫星积雪覆盖以及卫星导风(CMW)等资料。但我对于这些资料的释用并不完全明白。因此,在使用时往往有一定盲目性。阅读本手册后,才明白怎样正确地应用这些资料。我相信其他领域的使用者在阅读本手册后,一定也像我一样得益匪浅。

手册的附录也值得仔细阅读。附录介绍了气象卫星和卫星仪器的光谱通道特征,卫星资料预处理方法和数据格式,以及气象卫星业务分发产品及其格式规范。使用者了解附录的内容,对各种产品的释用很有帮助。

我预期这本手册的出版,将受到广大气象卫星资料使用者的热烈欢迎。

陶诗言

1999 年 3 月

编者的话

1960年4月1日美国发射成功世界第一颗气象卫星,至今已有整整39年的历史了。39年来,世界气象卫星事业发展迅速,经历了从试验到业务,从极轨卫星到静止卫星,从单项仪器观测到多项仪器观测,从获取地球大气与环境信息到获取空间环境信息,从获取白天信息到获取昼夜信息以至全天时、全天候信息,从获取区域信息到获取全球信息,从获取定性观测资料到获取定量观测数据,从观测功能到兼有数据收集转发、救援呼叫等通信功能,从提供天气、环境实时观测产品到生成气候、环境综合加工产品等各个阶段。气象卫星资料的应用已从大气、环境变化扩展到国民经济众多部门。目前,美国极轨气象卫星已经发展到第五代,静止气象卫星已经发展到第三代,预计在今后五到十年左右的时间内,世界气象卫星观测技术将有一个新的飞跃性的发展。我国的卫星气象和气象卫星事业,也有了长足的进步。自1970年起至今,我国一直不断接收利用美国极轨气象卫星的实时观测资料,后来又接收利用日本静止气象卫星的转发观测资料。1988年和1990年,我国先后成功发射了FY-1A和FY-1B两颗试验型极轨气象卫星;1997年我国又成功发射了FY-2A试验型静止气象卫星。今后我国还将发射FY-1和FY-2后续卫星、发展新一代极轨和静止气象卫星;以逐步跟上世界气象卫星的进步,逐步满足国内国际对我国气象卫星的需求。

这本《气象卫星业务产品释用手册》包括两大部分,一是气象卫星监测产品,计有射出长波辐射、海面温度、大气探测参数、云风矢量、台风指导报、积雪覆盖、海冰、火情、水情、植被、干旱、大雾、沙尘暴、河口泥沙、城市热岛效应以及气象卫

星亮度温度、云图、高分辨率环境监测数据集;给出了各种产品的名称、定义、生成原理、生成过程、主要特点及其应用实例。二是与上述监测产品生成、释义有关的若干附录。增加附录内容,一为读者提供一些背景知识,二为简化各产品处理过程叙述,三为方便用户接收利用中国气象局 9210 卫星通信系统分发的气象卫星业务产品。应该说明,虽然今后一个阶段,世界和我国的气象卫星将有一个很大的发展,但是本手册所提供的气象卫星观测数据处理的基本原理、基本方法及其产品基本格式,仍会是基本不变、基本适用的。

本手册介绍的业务产品,都是国家卫星气象中心业务运行系统生成的,产品所需资料来源于北京、广州和乌鲁木齐三个气象卫星地面站直接接收的美国 NOAA 系列极轨气象卫星、位于东经 140° 的日本 GMS 系列静止气象卫星,还有我国的 FY-1A、1B 极轨气象卫星与定点于东经 105° 的 FY-2A 静止气象卫星。产品应用举例多为参加本书编撰同志的研究结果。虽然这些产品不是全球覆盖,产品积累时间也有一定局限,但从本手册的应用实例已可看出,这类空间观测平台不受天时地理人为因素制约,而可提供连续的均一空间分辨率和质量标准一致的遥感资料。这些资料大大地弥补了高山、荒漠、海洋常规观测资料的不足,是提高天气预报、气候预测和环境变化监测的有效途径。

遥感是一门年轻的学科,无论是从卫星资料中提取所需信息的方法,还是将这些信息应用到其它学科或技术领域,都不可避免的要涉及到广泛的专业基础,跨越传统的科学和技术。此手册的出版,意在抛砖引玉。我们相信,随着气象卫星观测技术的不断提高和信息反演理论与同化分析技术的不断发展,以及各个方面对气象卫星应用服务要求的继续推动,气

象卫星遥感业务产品及其应用,定会不断扩展、深入和提高。

中国科学院院士、气象界资深科学家陶诗言先生为本手册作序,中国工程院院士许健民和国家卫星气象中心研究员方宗义、范天锡对本手册提出了宝贵的修改意见,江苏省气象台的周曾奎、冯民学、韩桂荣、张菊芳、陈必云和朱定真等同志也参加了本手册的部分撰稿工作,在此我们一并表示感谢。

由于作者和编者的知识经验水平所限,本手册从内容到形式,疏漏不妥之处在所难免,恳请读者不吝指教。

编 者

1999 年 3 月

封一：1998年我国洪水 期的微波图像

这是利用1998年6月29日三颗美国国防气象卫星(F11, F13和F14)星载特种微波成像仪(SSM/I)通道1(19 GHz, 垂直极化)观测资料, 经处理得到的覆盖中国区域的亮度温度分布图。此时正值长江第一次洪峰期, 在云层遮蔽下, 红外和可见光云图难以观测到云下的洪水区域, 而微波亮度温度图像则可以清楚地显示出我国长江、淮河、嫩江和松花江流域的洪水区域和我国青藏高原的寒冷下垫面(图中蓝色区域)。

封四：全球可降水 总量分布图

这是利用新近发射的
NOAA-15卫星星载先进
微波探测器(AMSU-A)
1998年12月20日的全球
观测数据反演的可降水总
量分布图。在海洋冷的微
波辐射背景下，用AMSU
反演可降水总量可以获得
较高的精度。

目 录

序

编者的话

气象卫星射出长波辐射监测产品	(1)
气象卫星海面温度监测产品	(13)
气象卫星大气探测产品	(31)
静止气象卫星导风产品	(55)
气象卫星台风指导报产品	(67)
气象卫星积雪覆盖监测产品	(81)
气象卫星海冰监测产品	(91)
气象卫星火情监测产品	(103)
气象卫星水情监测产品	(129)
气象卫星植被监测产品	(147)
气象卫星干旱监测产品	(155)
气象卫星雾监测产品	(163)
气象卫星沙尘暴监测产品	(169)
气象卫星河口泥沙监测产品	(175)

气象卫星城市热岛效应监测产品	(181)
气象卫星辐射亮度温度产品	(187)
气象卫星云图产品	(199)
气象卫星环境监测数据集产品	(203)
附录 1 业务气象卫星和遥感探测器综述	(211)
附录 2 AVHRR/HRPT 资料预处理方法及 1B 数据格式	(221)
附录 3 TOVS/TIP/HRPT 资料预处理方法及 1B 数据格式	(234)
附录 4 气象卫星分发产品及其格式规范	(239)
参考文献	(269)

气象卫星射出长波辐射监测产品

1. 产品名称

气象卫星射出长波辐射监测产品(简称 OLR)

2. 产品定义

气象卫星射出长波辐射监测产品,是指利用气象卫星若干长波窄光谱波段的遥感探测资料计算得到的地球-大气系统透过大气层顶向宇宙空间发射的长波($4\sim 120\mu\text{m}$)辐射能量数据,并生成相应的信息产品,简称 OLR。

3. 产品生成原理

可以利用极轨气象卫星,也可利用静止气象卫星观测数据,反演求得射出长波辐射产品。如, NOAA-6~NOAA-14 卫星携带有 5 个光谱通道的 AVHRR 甚高分辨率扫描辐射计(详见附录 1),其中的第 4 通道($10.5\sim 11.5\mu\text{m}$)或第 5 通道($11.5\sim 12.5\mu\text{m}$)资料可用来估算 OLR;GMS-5 卫星的自旋扫描辐射计有 4 个光谱通道(详见附录 1),其中的通道 3 (IR1: $10.5\sim 11.5\mu\text{m}$)、通道 4 (IR2: $11.5\sim 12.5\mu\text{m}$),和水汽通道(WV: $6.5\sim 7.0\mu\text{m}$)的探测数据也可用来计算 OLR。由于 OLR 应是总的长波辐射通量,红外窗区所测的长波辐射只是总的长波辐射的一部分,因此,为了由单个窗区通道的测值计算出整个长波辐射通量密度,则必须建立窄波段辐射率向宽波段辐射通量密度的转换模式。利用正演的办法,即用各

种天气状况下的大气温度、湿度廓线,模拟计算出大气层顶各光谱波段的射出辐射率,进而计算出长波辐射通量密度,从而得出卫星在特定波段的辐射率测值与辐射通量密度值之间的经验关系式。由此便可得到我们所需要的 OLR 值。

4. 产品生成过程

4.1 用极轨气象卫星探测数据计算 OLR

4.1.1 数据定标

由于气象卫星携带的扫描辐射仪观测到的辐射能量是以计数值形式记录的,因此首先要对卫星计数值进行定标处理,以换算成相应的辐射率值,换算公式如下:

$$R_{(\theta)} = A_i I_i + D_i \quad (1)$$

①式中, $R_{(\theta)}$ 为卫星在天顶角 θ 处观测到的辐射率值, θ 是卫星即时位置的天顶角,脚标 i 表示辐射计通道序号,如 AVHRR 通道序号 i , I_i 为 i 通道的计数值, A_i 和 D_i 分别表示 i 通道的斜率和截距(称定标系数,计算过程参见附录 2)。

4.1.2 辐射率值的临边变暗订正及其等效亮度温度的计算

由于地球曲率和卫星观测角度的变化及大气吸收效应的作用,使得偏离卫星星下点处的辐射测值偏低,产生临边变暗现象,偏离星下点越远,临边变暗现象越严重。为了使得在不同天顶角的观测数据能互相比,就需要对观测数据进行临边变暗订正。临边变暗订正的公式如下:

$$R_{(0)} = R_{(\theta)} + [a_1 + a_2 R_{(\theta)}] * (\sec\theta - 1) + [\beta_1 + \beta_2 R_{(\theta)}] * (\sec\theta - 1)^2 \quad (2)$$

②式中, $R_{(0)}$ 为订正到星下点(卫星天顶角 $\theta = 0$) 的辐射率值, $R_{(\theta)}$ 同①式之 $R_{(\theta)}$, $a_1, a_2, \beta_1, \beta_2$ 为经验回归系数,随不

同卫星而异。

将经过订正的辐射率值代入普朗克公式,便可得到地表-大气放射辐射的等效亮度温度 T_B ,即

$$T_B = \frac{c_2 \nu_0}{l_n \left(\frac{c_1 \nu_0}{R_{(0)}} + 1 \right)} \quad (3)$$

③式中, ν_0 为选定大气红外窗区通道的中心波数, c_1, c_2 为普朗克常数。

4.1.3 辐射通量等效亮度温度的计算

由大气红外窗区通道的辐射等效亮度温度推算长波辐射通量,其通量等效亮度温度的计算模式,是经过统计回归分析而建立的。计算公式如下:

$$T_F = a + bT_B + cT_B^2 \quad (4)$$

④式中, T_F 为长波辐射通量等效亮度温度, T_B 同③式之 T_B , a, b, c 为经验回归系数,因不同卫星而异。

4.1.4 辐射通量密度的计算

根据斯特藩-玻尔兹曼定律,长波辐射通量密度可以用辐射通量等效亮度温度来计算,其计算公式为:

$$F = \delta T_F^4 \quad (5)$$

⑤式中, F 为所求射出长波辐射通量密度,通常简称为射出(或向外、或外逸)长波辐射(OLR), T_F 同④式中之 T_F , δ 是斯特藩-玻尔兹曼常数。

4.2 用静止气象卫星观测数据计算 OLR

4.2.1 通道中心波长处辐射率的计算

用静止气象卫星,如 GMS-5 之扫描辐射仪红外通道 1、2 和水汽通道的测值求得的地-气放射辐射等效亮度温度 T_B 之后,可分别计算各个通道中心波长处的辐射率值,其计

算公式如下:

$$R_i = \frac{c_1 \nu_i}{e^{c_2/T_B} - 1.0} \quad (6)$$

⑥式中, R_i 是通道 i 辐射率值, 单位: $10^{-3} \text{W}/(\text{M}^2 \cdot \text{球面度} \cdot \text{cm}^{-1})$, i 是各相关通道序号, ν_i 是通道 i 的中心波数, c_1, c_2 是普朗克常数。

4.2.2 窄光谱通道范围内辐射率的计算

将中心波长处的辐射率值转换成为地球大气在静止气象卫星(如上述 GMS-5)之三个通道光谱范围内的辐射率, 相应计算公式如下:

$$\left. \begin{aligned} N_1(\theta) &= \int_{\nu_1}^{\nu_2} R_1(\theta) d\nu = \frac{B_1}{A_1} R_1(\theta) \\ N_2(\theta) &= \int_{\nu_1}^{\nu_2} R_2(\theta) d\nu = \frac{B_2}{A_2} R_2(\theta) \\ N_3(\theta) &= \int_{\nu_1}^{\nu_2} R_3(\theta) d\nu = \frac{B_3}{A_3} R_3(\theta) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

⑦式中, $N_1(\theta), N_2(\theta), N_3(\theta)$ 分别是上述红外通道 1、红外通道 2 和水汽通道(记为 3)在卫星天顶角为 θ 处的大气顶射出窄波段辐射率, ν_1, ν_2 分别为各通道上、下限波长或波数。

4.2.3 辐射率测值的临边变暗订正

静止气象卫星辐射率测值也要作临边变暗订正。把红外通道和水汽通道非天顶处的窄波段射出辐射率转变成天顶处的窄波段射出辐射率, 其计算公式如下:

$$\left. \begin{aligned} N_1(0) &= N_1(\theta)/(1.0 + e_1\theta + e_2\theta^2 + e_3\theta^3) \\ N_2(0) &= N_2(\theta)/(1.0 + f_1\theta + f_2\theta^2 + f_3\theta^3) \\ N_3(0) &= N_3(\theta)/(1.0 + g_1\theta + g_2\theta^2 + g_3\theta^3) \end{aligned} \right\} \quad (8)$$