

制作极轨气象卫星云图定位 网格的一个新方法

王 振 会

提 要

本文介绍一个计算极轨气象卫星云图定位网格的新方法,提高了计算效率,且不需要分析等值线,避免了网格制作中因分析等经纬线而带来的定位误差。

以往的极轨气象卫星云图定位网格制作方法^[1]中,把一条扫描线 $Q'Q$ (图1、图2)分成若干个相等的间隔,其中第 m 个分点位于 E 点,对应天底角为 η ,大圆弧为 δ 。

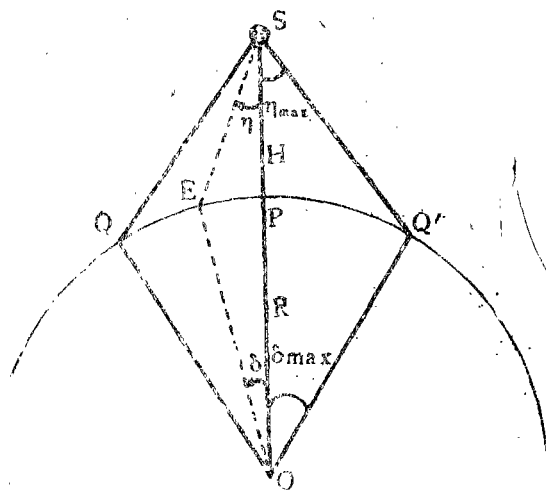


图1

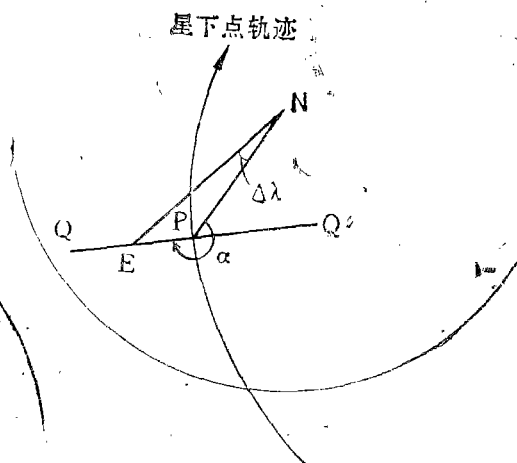


图2

根据星下点 P 的经度 λ_s 和纬度 φ_s 、 E 点大圆弧 δ 和方位角 α ,由下两式解出 E 点的经纬度 (λ, φ)

$$\sin \varphi = \sin \varphi_s \cos \delta + \cos \varphi_s \sin \delta \cos \alpha \quad (1)$$

1987年4月15日收到, 7月22日收到修改稿

•南京气象学院大气物理系编, 卫星气象讲义

$$\sin \Delta \lambda = \sin \delta \sin \alpha / \cos \varphi \quad (2)$$

其中 $\Delta \lambda = \lambda - \lambda_s$ 为 E 与 P 的经度差。一般地, 以升交点 ($\varphi_s = 0$) 为基准, 星下点每隔 5° 取一条扫描线, 每条扫描线上取分点个数 $M = 20$, 计算出每个点的经纬度, 然后分析等经度线和等纬度线, 得到定位网格。为了提高网格制作精度, 必需多取扫描线、增加分点数, 且不能用线性内插法分析等值线。前两个要求在今天是不难办到的, 因为可以使用计算机来完成。但是, 如何正确地分析等值线, 却是很难解决的问题。增加分点数, 有助于分析等值线, 但这既不能从根本上解决问题, 也增加了无效的计算量, 因为很多分点的值在分析等值线时并不起很大的作用。为此, 本文提出网格制作的新方法。

一、基本 原 理

由球面三角形 NPE 的余弦定理

$$\operatorname{ctg} \delta \cos \varphi_s = \sin \varphi_s \cos \alpha + \sin \alpha \operatorname{ctg} \Delta \lambda \quad (3)$$

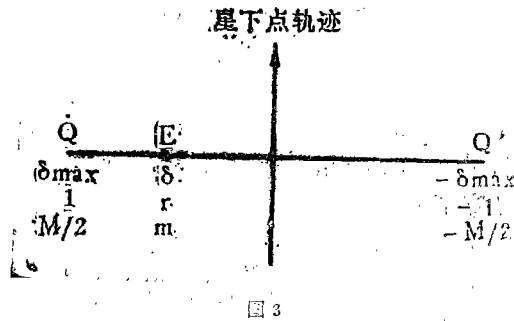
或者

$$\operatorname{ctg} \delta = (\sin \varphi_s \cos \alpha + \sin \alpha \operatorname{ctg} \Delta \lambda) / \cos \varphi_s \quad (4)$$

在给定的扫描线 $Q'Q$ 上, (4) 式描述了点 E 的经度 λ 与其大圆弧 δ 的关系, 而 (1) 式则描述 E 点纬度 φ 与大圆弧 δ 的关系。因此, 在星下点附近、扫描线 $Q'Q$ 上, 任给一点 E, 其经度 λ_E 通过 (4) 式与其大圆弧 δ_E 对应; 任给一点 F, 其纬度 φ_F 通过 (1) 式与大圆弧 δ_F 对应。因而, 只要根据制作网格所需要的等经纬度线, 在星下点附近取经度 λ_E 和纬度 φ_F 的一系列值, 就可以利用 (1) 和 (4), 求出这些等值线的经纬度值所对应的大圆弧 δ_E 和 δ_F 。

把等经纬度线在一条扫描线 $Q'Q$ 上的 δ 值 (包括 δ_E 和 δ_F) 转化为在图象扫描线上的线性坐标 r (图 3), 对于象素分辨率均匀的图象扫描线

$$r = \delta / \delta_{\max} \quad (5)$$



$$\delta_{\max} = \arcsin \left(\sin \eta_{\max} \cdot \frac{R+H}{R} \right) - \eta_{\max} \quad (6)$$

对于象素分辨率不均匀的图象扫描线

$$r = \eta / \eta_{\max} \quad (7)$$

$$\eta = \arctg \left(\frac{R}{R+H} \sin \delta / \left(1 - \frac{R}{R+H} \cos \delta \right) \right) \quad (8)$$

其中 R 是地球半径, H 是卫星高度, $\delta_{\max}$ 是最大天底角 $\eta_{\max}$ 对应的最大大圆弧。(6) 式和

(8)式都是根据图1中平面三角形SEO的正弦定理推导出的。据式(5)和(7),扫描线由Q'端到Q端,对应的 r 从-1到+1。根据 $m=r \times M/2$,又可转换为分点坐标值。

二、具体计算与网格制作

对于TIROS-N系列卫星, $\eta_{\max}=55.4^\circ$, $\delta_{\max}=13.707^\circ$, $|\varphi_S|_{\max}=81.1^\circ$, $H=860$ km, 轨道倾角 $i=98.9^\circ$ (精确的轨道参数可查轨道报), 高分辨率云图扫描线像素分辨率是不均匀的, 而低分辨率云图扫描线像素分辨率可以认为是均匀的。根据式(4)和(1), 可以得到适合于计算机计算大圆弧 δ 的计算公式为

$$\delta_E = \begin{cases} 0, & \text{若 } \Delta\lambda = 0 \\ \pm(90-i), & \text{若 } \varphi_S = \pm 81.1^\circ \\ \arctg(\cos\varphi_S/\sin\varphi_S \cos\alpha), & \text{若 } \Delta\lambda = 90^\circ \\ \arctg(\cos\varphi_S/(\sin\varphi_S \cos\alpha + \sin\alpha/\tg\Delta\lambda)), & \text{其它} \end{cases} \quad (9)$$

$$\delta_F = \begin{cases} 0, & \text{若 } C = A \\ \arcsin(C/B), & \text{若 } A = 0, B \neq 0 \\ \arctg(-A/B), & \text{若 } C = 0, A \neq 0 \\ \arcsin(B/C), & \text{若 } A^2 + B^2 - C^2 = 0 \\ \text{舍去}, & \text{若 } A^2 + B^2 - C^2 < 0 \\ \arcsin((BC \pm \sqrt{A^2(A^2 + B^2 - C^2)})/(A^2 + B^2)), & \text{其它} \end{cases} \quad (10)$$

其中 $A = \sin\varphi_S$, $B = \cos\varphi_S \cos\alpha$, $C = \sin\varphi_F$ 。各解 δ_E 或 δ_F 取值合理的标准是 $|\delta| \leq \delta_{\max}$ 。在自星下点沿扫描线向两侧计算网格经纬度线的位置时, 此标准用来判断对一条扫描线的计算是否完成。

从星下点 $\varphi_S = 0^\circ$ 到 $\varphi_S = 81.1^\circ$, 每间隔 5° 取一条扫描线, 共有18条扫描线。若按以往算法, 每线取20等分, 则需计算出720个经纬度值, 才能作网格。而采用新方法, 网格的经纬度间隔分别取 5° , 只需要计算187个数, 计算机时间大约为原方法的一半。若对高纬度的经度间隔取大一些, 则所用机时更少。但更重要的是, 新方法计算出的是网格的经纬度等值线在一条扫描线上的线性坐标位置, 从根本上消除了“分析”等值线所带来的误差, 这一优点在图象的边缘显得更为重要。由于新方法作网格不需要进行等值线分析, 这不论对于网格的手工制作还是计算机制作都带来极大的方便。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院大气物理所, 卫星云图的接收和分析, 科学出版社, 1971。

A NEW METHOD OF DRAWING THE GEOGRAPHIC REFERENCING GRID FOR APT AND HRPT DATA

Wang Zhenhui

ABSTRACT

Given in this paper is a new method of drawing the geographic referencing grid for APT and HRPT data transmitted by the orbital weather satellite. By using this method computing efficiency can be increased without having to analyze longitude and latitude contours and thus errors in geographic referencing due to contour analysis can be eliminated.