

基于RS的鄂尔多斯北部盆地地表蒸发量的计算

卢 娜, 万 力

LU Na, WAN Li

1. 中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100083

1. Xi'an Center of China Geological Survey, Xi'an 710054, Shannxi, China

2. China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China

摘要:蒸发是鄂尔多斯北部盆地地下水排泄的重要途径,是水资源评价中的一项重要内容。为了计算鄂尔多斯北部盆地的蒸发量,为地下水数值模型的建立提供参数,采用了遥感方法计算蒸发量。应用美国国家海洋与大气管理局的NOAA/AVHRR卫星图像数据,根据SEBS模型计算了研究区的日蒸发量,并用气象站的蒸发观测数据对遥感计算结果进行标定,得到全年的蒸发总量。这种方法使遥感计算蒸发量由科学研究向应用前进了一步。

关键词:蒸发;遥感;气象站;鄂尔多斯北部

中图分类号:P512.3

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2008)08-1165-03

Lu N, Wan L. Calculation of the amount of surface evapotranspiration in the northern Ordos basin, China, based on remote sensing. *Geological Bulletin of China*, 2008, 27(8):1165-1167

Abstract: Evapotranspiration is the primary way of groundwater discharge in the north of the Ordos basin and an important content of water resource assessments. In order to calculate the evapotranspiration amount and provide parameters for the groundwater numerical model, the remote sensing (RS) approach was used for calculation. By adopting the NOAA/AVHRR data from NASA, United States, and according to the model of SEBS, the author calculated the daily evapotranspiration in the study area, and used the observation data from weather stations to calibrate the results of RS calculation and finally got the total yearly evapotranspiration amount. This method promotes evapotranspiration calculation by RS from research to application.

Key words: evapotranspiration; remote sensing; weather station; northern Ordos

陆面蒸发是地表热量平衡的组成部分,又是水量平衡的组成部分。鄂尔多斯北部盆地为沙漠高原,地势舒缓,湖泊众多,植物蒸腾和地面蒸发是地下水的主要排泄方式。长期以来,一直缺乏理论上合理、实践上可操作性强的关于西北干旱一半干旱地区土、水、植物蒸发量分析的行之有效的办法。

目前计算陆面蒸发的方法主要有水量平衡法、水热平衡法、折算系数法、互补相关模型、彭曼-蒙蒂斯(Penman-Monteith)模型等^[1]。传统的蒸发量计算方法,如阿维扬诺夫公式、水量均衡法、折算系数法等或以点代面,或依靠经验,在应用上存在局限性。随着遥感技术的发展,特别是多时相、高分辨率、

多频谱和倾斜角度的卫星所获得的遥感资料,能够较客观地反映下垫面的几何结构和热湿状况,尤其是可以表现出陆面和下垫面的干湿差异,使遥感方法在区域蒸发计算方面更具有明显的优越性。20世纪后期,随着遥感技术的发展和地表能量交换与物质迁移过程研究的深入,国内外广泛开展了基于遥感技术的蒸发量研究,取得了一系列成果^[2-4]。目前提出的模型主要有:①SVAT(soil-vegetation-atmosphere transfer)模型,是基于能量平衡和不同过程的参数化来模拟土壤-植被-大气间的物质和能量传输的模型。②S-SEBI(simplified surface energy balance index)模型,由Roerink等^[5]于1999年提出。它不需要

收稿日期:2008-06-02;修订日期:2008-06-20

地调项目:中国地质调查局项目《鄂尔多斯盆地地下水勘查》(编号:1212010331302)资助。

作者简介:卢娜(1981-),女,硕士,水文学及水资源专业,从事水资源与生态方面的研究工作。E-mail:luna8232@gmail.com

更多的地面气象数据,只要遥感数据就可以计算能量的各分量。首先通过遥感数据计算净辐射,随后通过植被和表面特征的经验关系计算土壤的热通量。感热和潜热不能独立得到,但可通过在一幅遥感图像中找到极干和极湿的像元得到蒸发比。③SEBS (surface energy balance system)模型,是荷兰学者Su在2001年提出的。Roerink等^[9]利用Land TM图像根据S-SEBI模型计算了意大利托斯卡纳区Piano di Rosia地区的蒸发量。詹志明等^[6]利用NOAA/AVHRR图像,根据SEBS模型计算了陇东黄土高原地区的蒸发量。

前人利用遥感影像计算的蒸发比或日蒸发量在实际应用中价值不高。因此本文根据SEBS模型利用NOAA/AVHRR卫星图像,计算研究区的日蒸发量后,根据气象站的观测数据进行标定,得到年蒸发量。文中所用的蒸发量为蒸发蒸腾总量。

1 研究区概况

鄂尔多斯盆地位于中国西北地区东部,北部盆地是指大致沿长城一线以北的沙漠高原,地理坐标为东经105°30′~112°10′、北纬37°30′~40°,面积8.1×10⁴km²。区内由沙漠和波状高原地貌单元构成,地势总体较平缓;多年平均降水量在150~600 mm之间,蒸发度总体较大,多年平均蒸发度(以口径20 mm蒸发皿计)一般在1000~2000 mm之间。研究区中部为闭流区,总面积约4.1×10⁴km²,闭流区内湖泊星罗棋布,地下水埋藏较浅,蒸发是地下水排泄的主要方式。

2 计算方法

计算中采用了SEBS模型。该模型理论体系严密,考虑因素全面合理,有较佳的使用效果。计算过程包括4方面:①确定一系列地表物理参数如反照率、比辐射率、温度、植被覆盖度等(Su et al., 1999);②建立热传导粗糙度模型(Su et al., 2001);③利用总体相似理论(BAS)(Brutsaert, 1999)确定摩擦速度、显热通量和奥布霍夫稳定度;④利用地表能量平衡指数(SE-BI)(Menenti等, 1993)计算蒸发比。

地球表面任意点处的能量平衡通常可以表示为:

$$R_n = G_0 + H + \lambda E$$

式中 R_n 为净辐射通量, G_0 为土壤热通量, H 为湍流显热通量, λE 为湍流潜热通量(地表蒸发所用的能量)。因此,得到净辐射通量、土壤热通量、湍流显热通量后即可得到湍流潜热通量,进而得到蒸发量。净辐射

通量、土壤热通量、湍流显热通量均可借助其他参数通过遥感影像计算得出。

3 蒸发量计算

本文计算采用的遥感数据是NOAA/AVHRR数据。NOAA/AVHRR是地球资源遥感资料的主要来源之一,NOAA系列气象卫星是美国国家海洋与大气管理局的第三代气象观测卫星,它携带AVHRR(高级甚高级分辨率辐射计)传感器,空间分辨率为1.1 km,满足计算精度要求,数据还可以从网络上免费下载。由于研究区内9月份天空云量少,9月的蒸发量可代表全年的平均水平,因此本文主要采用了2002年9月的数据。计算过程中首先计算日蒸发量,然后利用日蒸发量,结合气象站的蒸发量观测数据,得到年蒸发总量。

3.1 日蒸发量计算

日蒸发量计算采用中国地质大学(北京)万力教授编写的SEBS程序。该程序采用IDL语言编写,外挂于ENVI软件平台下。计算过程分为4步。①提取研究区范围内的高程、坡度和坡向。该高程数据从美国地质调查局网站下载,空间分辨率为1.1km,与AVHRR图像的空间分辨率一致。②利用原始数据与高程数据计算基础数据,包括第一波段和第二波段的反射率,第四波段和第五波段的地表温度(绝对温度),传感器的天顶角和方位角。③根据卫星过境时间、气象能见度、实际水蒸气含量、高程数据和基础数据计算地表物理数据,包括总辐射、反照率、植被指数、比辐射率和地表温度(摄氏度)。这些参数均可通过遥感图像获取。④利用气象站的参数:气象站高程、气温、风速、相对湿度、压强、边界层厚度和地表物理数据、高程数据、基础数据,计算净辐射通量、土壤热通量、显热通量、潜热通量、蒸发比和日蒸发量。

3.2 年蒸发量计算

在遥感图像计算的日蒸发量分布图上可以直观清晰地看到蒸发量在区域上的分布趋势。但是由于遥感计算是一种间接的方法,加之研究区域过大,下垫面差异明显,而且在计算过程中只采用了一个气象站的数据,不能控制整个区域,因此得到的蒸发量不精确。再者,由于卫星过境时间、云层覆盖等因素的限制,未能下载到全年各日的图像,不能通过累加逐日蒸发量直接得到全年的蒸发总量。为了得到年蒸发量需要采用间接的途径,本文采用气象站的蒸

发量数据对遥感计算结果进行标定。

气象站给出的蒸发量是AM3-200小型蒸发皿的数据。此数据与实际的大水面蒸发量存在差异,因此采用了鄂尔多斯盆地蒸发强度的试验结果对蒸发量数据进行校正。由于水温上升较快等因素的影响,200 mm的小型蒸发皿蒸发量比E601蒸发皿的蒸发量要偏大。鄂尔多斯市东胜气象站(该站为国家基准站)为了掌握2种蒸发皿所测蒸发量的差异,在2000—2001年间进行了专门的对比试验,平均折算系数为0.47。位于鄂尔多斯风沙滩地中西部的鄂前旗气象站系国家基本站,也做过类似的试验,平均折算系数为0.58。河南乡原位试验场于2005年7月12日早6点至18日晚10点做了同样的对比试验,平均折算系数为0.503。

以东胜气象站、鄂前旗气象站和河南原位试验场的试验结果为基础,以距离的倒数为权,采用加权平均值的方法可算得位于鄂尔多斯风沙滩地上10个气象站由AM3-200测得的蒸发量换算至E601蒸发皿的蒸发量的折算系数。折算系数的平均值为0.485。

由E601的蒸发量换算至大面积水面的蒸发量,根据美国和前苏联的试验结果,折算系数为0.9与0.91,中国目前尚未公布公认的数据,采用0.9这个值,因此在鄂尔多斯风沙滩地地区,由气象站提供的蒸发量(AM3-200蒸发皿)需乘以约0.43的系数。

距离鄂托克旗气象站1个像元(约1.1 km)处有一个湖泊,因此鄂托克旗气象站的蒸发量数据可以代表该湖泊的蒸发量。由气象站蒸发数据到大水面蒸发的折算系数为0.43,以鄂托克旗气象站9月的平均日蒸发数据乘以折算系数得到的大水面蒸发量作为湖泊的蒸发量,以此为基准值,调整遥感计算所采用的气象参数,使利用9月份遥感图像计算的鄂托克旗附近湖泊的蒸发量达到此值,区域上其他地区的蒸发量也进一步接近实际值。这样就得到9月的日平均蒸发量,乘以天数得到9月的月蒸发量。

为了得到年蒸发总量,需利用气象站观测的蒸发数据进一步对遥感计算结果进行标定。标定中以9月份的气象站观测数据为基础,将1985—2004年每年各月的蒸发量与9月蒸发量对比,得到折算系数,将20个折算系数取算术平均值,得到平均折算系数。将遥感图像计算所得的9月的月蒸发量乘以平均折算系数得到其他各月的蒸发量。累加后得到全年蒸发量(图1)。鄂尔多斯盆地北部(白于山以

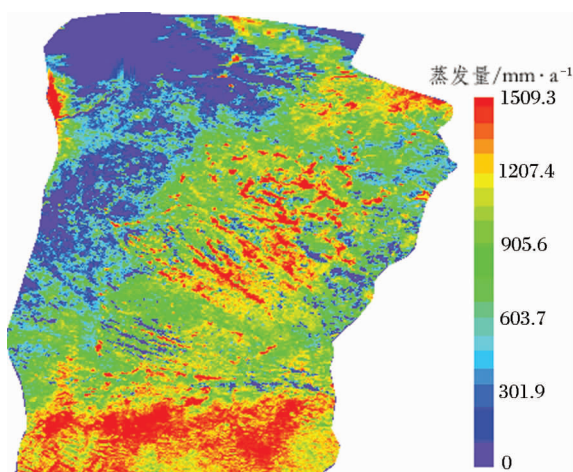


图1 鄂尔多斯北部盆地年蒸发量分布图

Fig. 1 Distribution of the yearly evapotranspiration loss in the northern Ordos basin

北,约北纬 $37^{\circ}30'$)的年蒸发量为 $1.13 \times 10^{11} \text{ m}^3$ 。

结语:利用气象站的观测数据对遥感计算结果进行标定得到年蒸发量,为地下水均衡计算中蒸发量的计算提供了新方法,也为地下水数值模拟提供了重要参数。利用NOAA/AVHRR数据计算区域蒸发量可以很好地反映蒸发量在区域上的分布规律,但在蒸发量的绝对值上不精确。采用气象站的观测数据对遥感计算结果进行标定是解决此问题的一种思路。由于研究区过大,用来进行标定的气象站的数量过少,本文的计算结果依然不准确。在面积较小、气象站分布广的区域此方法会取得较好的结果。尽管本次计算结果在数值上不精确,但是将气象站观测数据与遥感计算方法相结合,为蒸发量的计算提供了新思路。

致谢:对胡伏生教授的指导表示衷心的感谢!

参考文献:

- [1]钱学伟,李秀珍.陆面蒸发计算方法述评[J].水文,1996,(6):24-30.
- [2]陈云浩,李晓兵,史培军.非均匀陆面条件下区域蒸散量计算的遥感模型[J].气象学报,2002,60(4):508-512.
- [3]颜春燕.非单一地表对AVHRR图像计算所得蒸散的影响分析[J].遥感学报,2001,5(2):81-85.
- [4]Idso S B, Jackson R D, Reginato R J. Estimating evaporation: a technique adaptable to remote sensing[J]. Science, 1975, 189:991-992.
- [5]Roerink G J, Su Z, Menenti M. S-SEBI—A simple remote sensing algorithm to estimate the surface[J]. Phys. Chem. Earth(B), 2000, 25(2):147-157.
- [6]詹志明,冯兆东,秦其明.陇西黄土高原陆面蒸散的遥感研究[J].地理与地理信息科学,2004,20(1):16-19.