

青海湖地区大气顶净辐射与主要植被可能蒸散关系的研究

周筠珺 周立华

(中国科学院兰州高原大气物理研究所, 兰州, 730000) (中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001)

摘 要

本文根据 1978~1988 年 NOAA 系列卫星辐射收支资料(卫星资料取值为距地面观测站最近的网格点的值)及同期青海湖环湖地区观测站的地面资料,用统计的方法分析研究了青海湖地区大气顶净辐射与主要植被的可能蒸散的相关性,并建立了二者的回归方程。

关键词 青海湖; 大气顶净辐射; 植被可能蒸散

植被的可能蒸散是热量与水分两个重要生态因子量的综合,所以可以作为植被类型及其环境数量指标。众所周知,某时段内的可能蒸散与该时段内的可能蒸发成正比,在植被的可能蒸发计算方法中,国内多采用 Penman 与 Thornthwaite 的计算法(裴步祥, 1989)。用 Thornthwaite 法的计算结果冬半年多偏低而夏半年则多偏高,而使可能蒸发的月值产生较大的误差,为此笔者采用 Penman 法计算可能蒸发,决定可能蒸发的主导因素是地表辐射平衡与土壤湿润程度,在一定程度上,可能蒸发又取决于地表辐射平衡。现在气象卫星观测资料则更好地为分析地表辐射提供了新方法。Pinker 等(Pinker, 1985)利用卫星辐射收支资料分析了美国和加拿大地区推算地表辐射平衡的有关问题,认为大气顶净辐射与地表辐射平衡之间存在着一定的物理关系,笔者利用上述原理找出大气顶净辐射与植被可能蒸散方面的关系,以求通过大气顶净辐射推论植被类型及其环境,拟在预测植被类型演化方面探求一个植被-气候分类的新方法,以便在研究植被与气候间的相关性和确定其数学量化指标时能提高准确率。本文根据 1978~1988 年 NOAA 系列卫星辐射收支资料(卫星资料取值为距地面观测站最近的网格点的值)和地面观测站气象资料对青海湖环湖地区的大气顶净辐射与这一地区主要植被可能蒸散的关系进行分析研究,并根据青海湖环湖地区大气顶净辐射与主要植被可能蒸散之间的相关性建立二者的回归方程。

* 本文于 1997 年 10 月 5 日收到。

青海湖是我国第一大湖，位于青藏高原东北隅，在青海海北与海南两州的交界地区，介于北纬 $36^{\circ} 32' \sim 37^{\circ} 15'$ ，东经 $99^{\circ} 36' \sim 100^{\circ} 47'$ （图 1），东西长约 109km，南北宽约 65km。1988 年湖水位海拔 3195.59m，湖水面积 4304.5km^2 ，湖水容积 $738.8 \times 10^9\text{m}^3$ ，平均水深 16m，最大水深 27m。在青海湖东面，从北向南有尕斯海、新尕斯海和耳海三个较大的泻湖，其中尕斯海面积最大，约 48km^2 。湖中有海心山和三块石（孤插山）两个小岛，青海湖属新构造断陷湖泊。

青海湖地区的地势西北高东南低，四周群山环绕，为一封闭的高原盆地。气候属我国东部季风区，西北干旱区和西南部青藏高寒区的交汇地带，并因自身的“湖泊效应”具有明显的地区性气候特点。本区由半干旱气候向干旱气候过渡。青海湖地区直接流入湖内的河流长于 5km 者约 50 余条，但多数为季节性河流。本区地带性土壤为栗钙土，高山地区多为高山草甸土和高山灌丛草甸土。在湖滨低洼地区有少量的草甸土和沼泽草甸土，在北部尚有少量的风沙土。

植被在青海湖环湖平原主要为芨芨草 (*Achnatherum splendens*) 草原，在大部分山地多为高山嵩草 (*Kobresia pygmaea*) 为主的高寒草甸，在阴坡有少量的云杉林和高寒灌丛，阳坡散生着较少的圆柏林，沙地分布着一些荒漠植被，在青海湖西部边缘至柴达木东部则由草原植被向荒漠化草原过渡，至茶卡低平地带多出现荒漠植被。

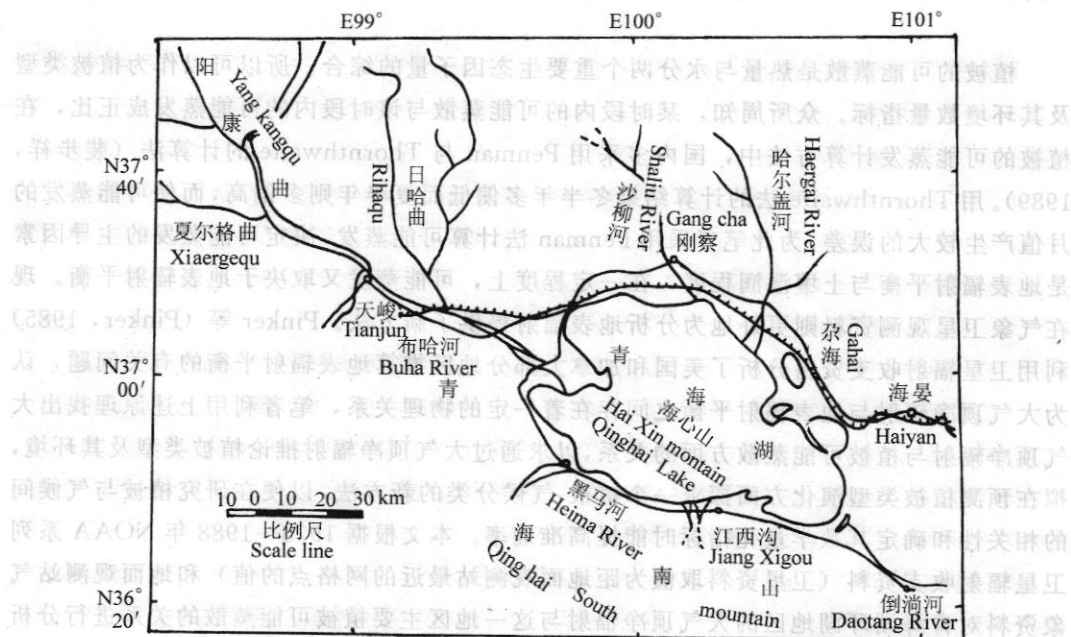


图 1 青海湖地理位置

Fig. 1 The location of Qinghai Lake

基本公式

在土壤足够湿润的情况下,发育期*i*内(时段*t*)的可能蒸散为:

$$PE_i = \theta(E_o)_t \quad (1)$$

式中 θ 为蒸散系数, $(E_o)_t$ 为时段*t*的可能蒸发。

根据 Penman 公式补充修改得出的日可能蒸发的计算式为:

$$E_o = \frac{\Delta N_g + 0.16\gamma(1 + 0.41V)(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma} \quad (2)$$

$$\gamma = \frac{0.46}{10} \frac{z}{18400(1 + \alpha T_a)} \quad (3)$$

$$\Delta = \frac{e_a}{273 + T_a} \left(\frac{6463}{273 + T_a} - 3.927 \right) \quad (4)$$

$$N_g = (Q + q)[1 + 0.098(\lg Z - 2)](0.202 + 0.643 \frac{n}{N'}) (1 - A) - S\delta T^4(0.39 - 0.058e_d)(0.1 + 0.9 \frac{n}{N'}) \quad (5)$$

式中, N_g 为地表辐射平衡, V 为气象站 10m 高处测定的风速, Z 为海拔高度, α 为气体膨胀系数, T_a 为测站空气温度, e_a 为气温时饱和水气压, e_d 为空气水气压, $e_a - e_d$ 为空气湿度饱和差, A 为地表反射率, $(Q + q)$ 为晴天可能总辐射, n/N' 为实际日照百分率, n/N 为可能日照百分率, S 为灰体系数, δ 为辐射定律常数, T 为绝对温度。

而大气顶净辐射 N_p , 整层的大气净辐射 N_a 与地表辐射平衡 N_g 之间的关系为:

$$N_g = N_p - N_a \quad (6)$$

如果不考虑大气层净辐射的变化对地表辐射平衡的作用, 即假定 $N_a = \text{常数}$, 则 N_g 的简化式为:

$$N_g = a + bN_p \quad (7)$$

式中 a 和 b 为模型系数, 与观测资料及模型形式有关。

$$N_p = Q_p(1 - \alpha_p) - OLR \quad (8)$$

式中 Q_p 为天文总辐射, α_p 为行星反射率, OLR 为地气系统向外长波辐射。

Pinker (1985) 等曾利用加拿大和美国部分地区的资料对上式进行了实验, 表明大气顶净辐射与地表辐射平衡有很好的相关性。本文据此, 根据青海湖地区的资料分析研究了这一地区主要植被可能蒸散与大气顶净辐射的相关关系, 从而建立计算可能蒸散的气候学方法。

资料及其处理

本文根据 1978~1988 年 NOAA 系列卫星逐日辐射资料 (由美国国家气候中心卫星资料服务处的卫星资料产品得到) 与青海湖环湖地区天峻、茶卡、共和、江西沟、刚察和海晏观测站同期的地面气象资料, 利用 Penman 公式计算植被的可能蒸散 (称为可能蒸

散的实测值)。所用植被资料依据 1:250 万青海省植被图(周立华等, 1991)。在分析大气顶辐射收支与植被的可能蒸散时, 卫星资料取值距地面观测站最近的网格点之值。

回归方程的拟定

1. 主要植被的可能蒸散

笔者对青海湖分布最广泛面积最大具有代表性的主要植被类型——芨芨草原和高山嵩草高寒草甸进行分析研究, 草原植被地面资料以刚察、天峻、茶卡和共和观测站为代表, 嵩草高寒草甸以海晏、江西沟观测站为代表。其结果如表 1:

表 1 青海湖地区主要植被平均可能蒸散 单位 (mm)

Table 1 The average potential evapotranspiration of main vegetation types in Qinghai Lake district

植 被 Vegetation	季 节 Season	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter	年 Year
草 原 Steppe		238.4	414.8	146.9	40.8	840.9
高寒草甸 Frigid alpine meadow		221.0	370.2	133.3	34.8	759.3

由表 1 可以看出, 无论草原还是高寒草甸平均可能蒸散值均依夏季为最大, 其值分别为 414.8mm 和 370.2mm, 而以冬季为最小, 其值分别是 40.8mm 和 34.8mm, 草原与高寒草甸的平均可能蒸散值相比较, 相差最大的季节是夏季为 44.6mm, 而相差最小的季节是冬季为 6mm。

芨芨草草原为丛生禾草草原, 植株较为高大, 蒸散面积相对较大, 生长于海拔较低的湖滨地带, 温度相对较高。而以高山嵩草为主的高寒草甸, 虽然密度较大, 但植株低矮, 蒸散面积较小, 且海拔高温度低, 因此夏季二者相差较大。冬季这两种植物均为枯萎期, 高山和湖滨气温都较低, 差别远没有夏季明显, 与之对应二者的蒸散相差也较小。

2. 青海湖地区主要观测站的大气顶净辐射的平均值

由 NOAA 系列卫星 1978~1988 年的辐射收支资料得出的青海湖地区的主要观测站大气顶净辐射值如表 2。

由表 2 可知, 各主要观测站大气顶净辐射值, 春夏两季均为正值, 而秋冬两季皆为负值。在春夏两季中以夏季为最大, 在秋冬两季中则以冬季为最小。就观测站而言, 共和夏季最高为 $220\text{J/s} \cdot \text{m}^2$, 江西沟的冬季值最低为 $-168\text{J/s} \cdot \text{m}^2$ 。由此看来, 青海湖地区大气顶净辐射的空间局部性差异及季节性差异较大。

表 2 青海湖地区主要观测站大气顶净辐射 单位 (J/s · m²)

Table 2 The planetary net radiation of main observation stations in Qinghai Lake area (J/s · m²)

测 站 Station	季 节 Season	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter
	刚察 Gangcha		140	185	-40
天峻 Tianjun		145	195	-45	-140
茶卡 Chaka		160	195	-25	-135
共和 Gonghe		151	220	-25	-110
海晏 Haiyan		135	188	-66	-150
江西沟 Jiangxigou		150	182	-78	-168

3. 回归方程的拟定

现通过一元线性回归分析, 分别建立表示草原及高寒草甸四季可能蒸散与大气顶净辐射关系的回归方程于下, 其中:

样本数 (N) = 观测站数 × 年数; 用 PE_{si} ($i=1, 2, 3, 4$) 代表草原可能蒸散; PE_{mi} ($i=1, 2, 3, 4$) 代表高寒草甸可能蒸散; 1、2、3、4 分别表示春、夏、秋、冬四季; Np 为大气顶净辐射; r 为相关系数。

草原可能蒸散回归方程如下:

$$PE_{s1} = 236.8493 + 0.0065Np \quad r=0.8584 \quad N=40 \quad (9.1)$$

$$PE_{s2} = 412.0669 + 0.0135Np \quad r=0.8342 \quad N=40 \quad (9.2)$$

$$PE_{s3} = 136.2236 + 0.0727Np \quad r=0.8796 \quad N=40 \quad (9.3)$$

$$PE_{s4} = 41.5176 + 0.0052Np \quad r=0.8782 \quad N=40 \quad (9.4)$$

高寒草甸可能蒸散回归方程如下:

$$PE_{m1} = 223.0476 + 0.0011Np \quad r=0.8301 \quad N=20 \quad (10.1)$$

$$PE_{m2} = 368.9547 + 0.002Np \quad r=0.7875 \quad N=20 \quad (10.2)$$

$$PE_{m3} = 130.6351 + 0.0088Np \quad r=0.8796 \quad N=20 \quad (10.3)$$

$$PE_{m4} = 35.8882 + 0.0019Np \quad r=0.8012 \quad N=20 \quad (10.4)$$

以上各式通过 0.05 信度水平检验, 比较各季回归系数, 其变化非常规律, 为此 (9) 式和 (10) 式分别可以作为推算草原与高寒草甸可能蒸散的气候学计算方法, 从式中可以看到, 草原的可能蒸散与大气顶净辐射的相关系数比高寒草甸的可能蒸散与大气顶净辐射的稍高一些, 从各季之间来比较, 秋季相关系数最大, 夏季相关系数最小, 这是由于夏季盛行对流云的原因, 因为云对辐射具有很大的影响。

图 2a、2b 分别给出了草原和高寒草甸 1978~1988 年平均实测可能蒸散值与由 (9)、

(10) 式计算得到的可能蒸散值的对比结果，图中计算值与实测值较为一致。

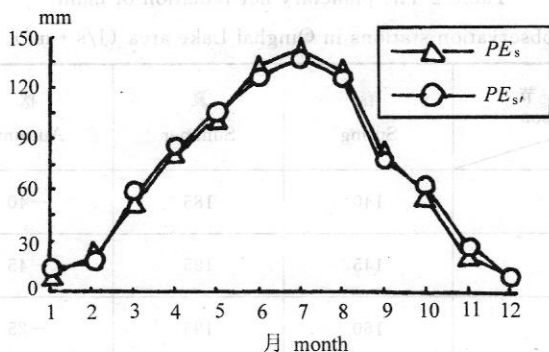


图 2a 草原可能蒸散计算值与实测值的比较 (PE_s 为实测值, PE_s' 为计算值)

Fig. 2a The value of potential evapotranspiration of steppe from regression prediction equation and observation (PE_s from observation, PE_s' from regression prediction equations)

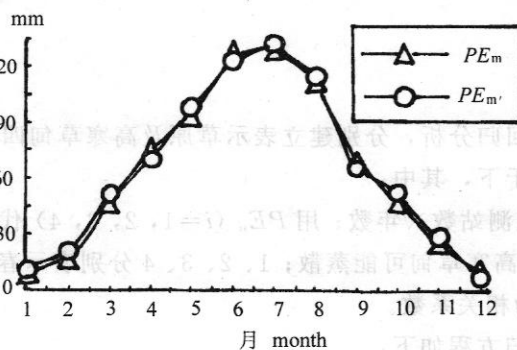


图 2b 高寒草甸可能蒸散计算值与实测值的比较 (PE_m 为实测值, PE_m' 为计算值)

Fig. 2b The value of potential evapotranspiration of frigid alpine meadow from regression prediction equations and observation (PE_m from observation, PE_m' from regression prediction equations)

结 论

根据 1978~1988 年的青海湖地区地面观测资料与同期的 NOAA 系列卫星辐射收支资料 (与地面观测站最近的网格点) 得到的结果可知, 大气顶净辐射与主要植被可能蒸散的相关性较好, 据此相关性利用卫星辐射收支观测资料直接估算主要植被的可能蒸散, 这对利用卫星气象资料在植被-气候分类研究方面具有重要的意义。

为了能使回归方程具有更好的代表性, 尚需解决观测站不足或资料时段不够长等问题, 另外利用卫星观测资料计算植被的可能蒸散, 最好有地面实测资料作校准。

参 考 文 献

周立华、孙世洲、陈桂琛、彭敏、陈实、魏振铎、王令让、赵京、黄荣福、梁寅芳、罗霄、苟新京, 1991, 青海省植

被图 (1: 250 万), 中国地图出版社。
裴步祥, 1989, 蒸发与蒸散的测定与计算, 气象出版社。
Pinker, R. T., Q. A. Ewing, J. P. Tarplay, 1985, The relationship between the planetary and surface net radiation, J. Clim. Appl. Meteor., 24: 1262~1268.

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE PLANETARY NET RADIATION AND THE POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION OF MAIN VEGETATION TYPES IN QINGHAI LAKE AREA

Zhou Junjun

(Lanzhou Institute of Plateau Atmospheric Physics, The Chinese Academy of Science, Lanzhou, 730000)

Zhou Lihua

(Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of Science, Xining, 810001)

Abstract

Qinghai Lake is the largest one in China. It locates in the northeastern Qinghai—Xizang (Tibet) Plateau. The main vegetation types in Qinghai Lake area are steppe and frigid alpine meadow. In the paper, utilizing the NOAA series satellites radiation budget data and the surface data of observation stations in Qinghai Lake area during 1978 to 1988, the relations of the planetary net radiation and the potential evapotranspiration of main vegetation types in Qinghai Lake area were studied and the regression prediction equations were given. The results showed that the coefficient of correlation between two factors is very high.

Key words: Qinghai Lake Area; Planetary net radiation; Potential evapotranspiration

自然地理

中国科学院西北高原生物研究所, 青海湖地区主要植被类型与行星净辐射和潜在蒸散的关系。本文利用 NOAA 卫星辐射收支数据及 1978—1988 年青海湖地区地面观测站的气象数据, 研究了行星净辐射与主要植被类型潜在蒸散的关系, 并给出了回归预测方程。结果表明, 两因子之间的相关系数很高。

中国科学院西北高原生物研究所, 青海湖地区主要植被类型与行星净辐射和潜在蒸散的关系。本文利用 NOAA 卫星辐射收支数据及 1978—1988 年青海湖地区地面观测站的气象数据, 研究了行星净辐射与主要植被类型潜在蒸散的关系, 并给出了回归预测方程。结果表明, 两因子之间的相关系数很高。