

可降水量与地面水汽压力的关系^①

张学文

(中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 830002)

提 要

根据对 308 组不同地点不同季节的气候数据分析, 证实可降水量 W 与地面水汽压力 e 存在良好线性关系, 其公式是 $W = 1.74e$ 。

关键词: 可降水量 水汽压力 统计

引 言

大气中的水分集中在对流层。对流层空气柱中水汽总量也称为可降水量 (precipitable water), 过去它是利用探空气象数据计算出来的。20 世纪 90 年代后期出现了利用 GPS (全球定位系统) 计算气柱含水量的新方法^[1]。它不必利用探空气球就可以得到实时的含水量, 但需要地面设备。可降水量可以用于大气水分研究^[2], 天气预报^[3,4] 和大气辐射研究。

计算对流层气柱的总含水量 W , 理论做

法是利用探空气球观测得到的对流层各个高度的比湿 q 对大气压力 p 进行铅直积分, 即有

$$W = \int (q/g) dp$$

这里 g 是地球的重力加速度。积分从地面到对流层上界。实际计算时可以用各个标准等压面上的比湿值进行差分计算以代替积分。20 世纪 60 年代初我们利用 1959 年新疆的探空资料计算了新疆的大气含水量^[5,6]。文献[2]归纳了 20 世纪国内外计算

^① 本研究得到新疆气象局研究项目资助。

大气平均含水量的主要成果。关于大气含水量的基本气候情况已经比较清楚。

计算大气含水量的方法依赖探空观测数据。如果当地没有探空资料就无法知道大气含水量。利用地面气象资料推算大气含水量是一个很好的思路。文献[7、8]研究了1992、1993年每日08时(北京时)我国的20个气象站的大气含水量与地面水汽压的关系。作者们发现,地面水汽压力 e 与气柱含水量 W (可降水量)存在良好的线性关系。写成公式就是 $W = a + be$,这里的 a 、 b 对每个气象站是固定的常数,但是不同的气象站,它们的数值有差别。作者们发现 W 、 e 的相关系数相当高,一般在0.93以上。而 b 值一般为0.15~0.23(W 以厘米水柱厚度为单位, e 用hPa为单位)。

本文用了100多个探空气象站的气候资料做类似分析,发现各地的资料可以并入一个经验公式中。这为没有探空资料地区的可降水量计算带来了方便。

1 资料

文献[2]给出了我国114个探空气象站计算出来的大气含水量数据。这些资料是四季代表月份(1、4、7、10月)的多年平均值(时段不详估计为1961~1970)。我们又收集到新疆气象站1951~1980年的月平均地面水汽压力资料和全国一部分站的1961~1990年地面月平均水汽压力资料。把具有地面多年月平均水汽压力数据与气柱含水量对应数据并列起来,我们共计有308对不同站点、不同季节的数据。

2 可降水量 W 与水汽压力 e 的线性关系

在一张平面直角坐标图上,以月平均地面水汽压力 e 为横坐标,以对应月的气柱含水量(可降水量)为纵坐标,把这308对数据点到图上,就得到了一张有308个点的图1。

图1显示出这些数据点集中在一条直线附近。利用软件求得了对应的直线方程,它

显示大气含水量 W (可降水量)与地面水汽压力 e 符合下面的公式

$$W = 1.7442e \quad (1)$$

公式中的含水量 W 以mm为单位,水汽压力 e 以hPa为单位。

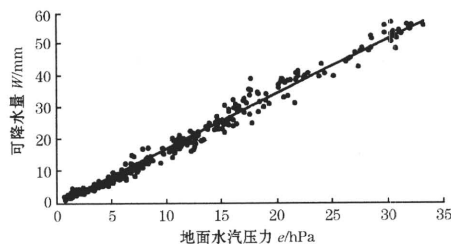


图1 地面水汽压力 e 与可降水量 W 的关系

这些数据点包括了北到海拉尔南到西沙群岛,东到上海西到喀什这些不同位置的数据,也包括了春夏秋冬不同的季节背景以及从海平面到海拔为4534m的气象站的数据。图1显示不同地区(不同高度)不同季节的数据都很好地符合一个非常简单的公式,而且公式(直线)与实际数据点吻合得很好。

电脑软件还提供一个描述经验公式与资料的拟合程度的指标 R^2 (决定系数),它的值越接近1,拟合就越好。本公式对应的 R^2 值是0.9842,它非常接近于1。

考虑到资料来源、计算方法等因素的影响,估计上面公式中的常数1.7442至多有3位有效数据。实际应用时简化为下式比较妥当,即

$$W = 1.74e \quad (2)$$

所以把地面水汽压力 e (以hPa为单位)乘以1.74就得到了气柱总含水量 W (以毫米水柱厚度为单位)。

这个公式使那些没有探空资料的地区也可以轻易地得到可降水量(气柱含水量)的计算值,而且它与实际值(气候平均值)的偏差不大。由于地面气象资料比高空气象资料密很多,所以很多地方都可以利用这个公式计算大气柱的可降水量。

3 讨论与结论

(1)全国任何一个地方,地面月平均水汽压力 e (hPa)与当月当地大气的气柱含水量 W (mm 水柱高度,也称为可降水量)之间存在良好的线性关系,公式是 $W = 1.74e$ 。

(2)以上结果是通过 308 对分布在全国(四季、不同高度、经纬度)的资料分析得到的。图 1 中的 308 个点集中在一条直线附近 ($R^2 = 0.9842$)体现了这个关系很精确。

(3)文献[7]为每个气象站单独给出一个公式。但是无法用于没有探空气象站的地方。文献[8]向全国用一个公式的方向做了努力,但是公式的规定条件比较多。本文用全国各地探空资料建立统一的线性公式。它的结果简单而精度不低。这就使它可以直接、方便地用于中国任何没有探空气象站而仅有地面气象资料的地方。另外,我们的公式中没有文献[7、8]的公式中的常数项(a),从物理学分析也是比较合理的。

(4)对比显示我们的公式计算的可降水量比文献[7、8]略小。估计是可降水量的积分高度的差别引起的,对此要另外探讨。

(5)本经验公式与湿绝热大气(发生大降水时)的水汽压力与可降水量的理论关系在水汽压力小于 16hPa 时也十分一致,但是在水汽压力更大时经验公式计算的含水量偏小^[9]。

(6)气柱的可降水量关系着大气辐射能力的计算,它对大气水分研究也有用。如果把它用于天气分析,可以根据大量地面气象站的湿度数据方便地知道对流层全层的水分情况和运动。这显然对天气预告、降水量预告有帮助。气象预告人员应当在具有可降水量(现在就是地面水汽压力)的情报资料基础上积累天气预告经验。

致谢:感谢杨莲梅、李霞同志在本工作中给予的帮助。

参考文献

- 1 Randolph H. Ware, et al. Suominet: A real-time National GPS Network for Atmospheric Research and Education. Bulletin of the American Meteorological Society, 2000, 81 (4): 677—694.
- 2 刘国纬. 水文循环的大气过程, 北京: 科学出版社, 1997: 66—98.
- 3 杨红梅等. 用 GPS 资料分析华南暴雨的水汽特征. 气象, 2002, 28(5): 17—21.
- 4 杨红梅等. 用单站探空资料分析对流层气柱水汽总量. 气象, 1998, 24(9): 8—11.
- 5 张学文. 新疆的水分平衡和水分循环, 新疆气象论文选(二), 1962: 63—81.
- 6 张学文. 新疆的空中水. 新疆气象, 1988, (7): 1—7.
- 7 杨景梅等. 我国可降水量同地面水汽压的经验表达式. 大气科学, 1996, 20(5): 620—626.
- 8 杨景梅等. 用地面湿度参数计算我国整层大气可降水量及有效水汽含量方法的研究, 大气科学, 2002, 26(1): 9—22.

A Relationship between Precipitable Water and Surface Vapor Pressure

Zhang Xuewen

(Urumqi Institute of Desert Meteorology, 830002)

Abstract

Base on the analysis of 308 counples of climatic data at different site and in different season, it is found that there is a nice relationship between the precipitable water (W) and the surface vapor pressure (e). The equation is $W = 1.74e$.

Key Words: precipitable water surface vapor pressure statistics