文章编号:1674-7070(2011)01-0047-06

香港地区加权平均温度特征分析

王晓英[1,2]　宋连春[2]　戴仔强[3]　曹云昌[2]

摘要

利用香港 King's Park 探空站(站号45004)2003—2009 年探空资料回归了大气加权平均温度 T_m、地面温度 T_s、气压 e_s 和水汽压 P_s 的线性公式. 通过比较分析发现 T_m-T_s 单因素回归结果和 T_m-T_s、e_s、P_s 多因素回归结果没有显著差异,但基于本地化探空数据的回归公式精度比 Bevis 公式高;增加样本数回归分析并不能显著提高公式精度,采用最近一月探空数据回归公式即可很好地由 T_s 拟合下年 T_m,拟合均方根误差(F-RMS)为 1.946 K;用 2003 年数据回归出的经验公式 $T_m = 113.29 + 0.5\ 863T_s$ 去拟合 2004—2009 年的数据,拟合均方根误差基本没有差异,因此某地 T_m-T_s 经验公式一次回归可长期使用. 通过对全国 83 个国际交换站 2009 年探空数据回归得出我国大陆地区最新 T_m-T_s 经验公式为 $T_m = 53.244 + 0.783T_s$,该一般公式拟合均方根误差与本站数据回归剩余均方根误差(R_{RMS})相当,可代替本地公式广泛使用.

关键词

大气加权平均温度;地面温度;地基 GPS 气象学;湿延迟

中图分类号 O153.3

文献标志码 A

0　引言

水汽是大气中活跃多变的成分,分布极不均匀,时空变化很大. 水汽的相位变化与降水直接相关,在大气能量传输、天气系统演变、地气系统的辐射收支及全球气候变化中也都有着重要的作用[1-5]. 常规大气探测手段的时空分辨率限制了对水汽的时变特性和空间分布的认识,使得我们对全球水汽场和水汽能量循环缺乏详尽的了解,水汽三维分布信息的欠缺影响了数值天气预报模式初始湿度场的精度和数值天气预报的准确度[6-10].

当 GPS 卫星信号穿越中性大气时,由于大气成分的折射而产生信号时延. 这项在测绘学科被视为误差源而设法消除的量,在气象学科中却被作为有用信号而获得了新的广泛应用. 地基 GPS 技术为探测大气水汽提供了一种新的手段,它具有实时连续性、不受天气状况影响、精度高等特点,是传统大气观测手段的有力补充[6]. 在地基 GPS 气象学中,GPS 定位时可同时解算获得精确对流层天顶总延迟(Zenith Total Delay,ZTD),利用一定的模型根据地面气象参数计算得出对流层天顶干延迟(Zenith Hydrostatic Delay,ZHD),天顶总延迟减去天顶干延迟可得天顶湿延迟(Zenith Wet Delay,ZWD,记其量值为 D_{zw}). 在由 ZWD 求得对流层中综合水汽含量(Precipitable Water Vapor,PWV,记其量值为 P_{wv})时,转换系数 Π 的精度至关重要.

$$P_{wv} = \Pi \times D_{zw}. \tag{1}$$

式(1)中:P_{wv} 和 D_{zw} 单位均为 mm;$\Pi = \dfrac{10^6}{\rho_v R_w (k'_2 + k_3/T_m)}$,其中 ρ_v 为液态水的密度,其值为 1 g/cm^3,$k'_2 = k_2 - k_1 \dfrac{R_d}{R_w} = 16.581$,$k_1$、$k_2$、$k_3$ 为大气折射率试验常数,分别取值为 7.604、64.790 K/hPa 和 3.776×10^5 K^2/hPa,R_d,R_w 分别为干空气和水汽的气体常数,其值分别为 0.287 j·g^{-1}k^{-1},0.462 j·g^{-1}k^{-1},T_m 为大气加权平均温度,其理论计算公式为

$$T_m = \frac{\int (e/T)\,\mathrm{d}z}{\int (e/T^2)\,\mathrm{d}z}. \tag{2}$$

以往的研究证明,大气加权平均温度 T_m 值的相对误差和转换因

收稿日期 2010-06-21

资助项目 中国气象局项目(DJZD20081001);南京信息工程大学科研基金(S810823-2001,S8109008001)

作者简介

王晓英,女,博士,主要研究 GPS 气象学. wyzhwxl@163.com.

1　南京信息工程大学　遥感学院,南京,210044

2　中国气象局　气象探测中心,北京,100081

3　中国电子科技集团　第 28 研究所 2 部,南京,210007

子 Π 的相对误差是基本相同的. 利用 GPS 湿延迟推算大气水汽含量时,T_m 起了重要作用,在由 ZHD 到 PWV 转换过程中,最大的可能误差是 Π 的估计上,而只有准确确定 T_m 值,才能确保转换因子 Π 的精度[11].

在确定 T_m 方法中,由于气象探空站点分布稀疏,数值预报产品的应用也受到一定的限制,目前一般采用经验方法. Bevis 等[1]对美国北纬 27°—65°范围内的 8 718 次探空记录,回归出 $T_m = 70.2 + 0.72T_s$,均方差为 4.74 K,其中 T_s 为地面大气温度. 这种方法的最大优点是估算 T_m 简便,只有一个参量 T_s,且由 T_s 的地理和季节变化反映出了 T_m 的地理和季节变化. 我国也陆续开展了诸多对 T_m 与 T_s 及各种气象要素关系的研究. 李建国等[12]回归分析出了适合我国东部地区(20 ~ 50°N,100 ~ 130°E)逐月 T_m-T_s 关系式. 于胜杰等[13]发现利用 Bevis 回归公式得到的水汽加权平均温度 T_m 的精度与测站的海拔高度间存在着很强的线性关系,根据这种相关性,对其进行与高度相关的改进,改进后的回归公式可以应用于中国任何地区的水汽加权平均温度的计算. 王勇等[14]建立了适合武汉地区的 T_m-T_s 关系式. 李国翠等[15]建立了华北地区基于地面气象要素的单因子和多因子回归方程. 吕弋培等[16]建立了成都地区的大气加权平均温度模型.

本文拟讨论如下问题:1)T_m-T_s 单因素模型和 T_m-T_s、e_s(地面水汽压)、P_s(地面气压)多因素模型差异;2)回归模型样本选择多长时间最优;3)基于中国大陆 83 个国际探空交换站 2009 年探空数据回归得出我国大陆地区最新 T_m-T_s 经验公式及其适用性验证.

1 香港探空站数据(2003—2009)统计结果

1.1 香港加权平均温度回归模型

相比较内地探空站 10 多层数据、高度 15 km 左右而言,香港探空数据(站号 45004)层数较多,数据获取充分,一般为 80 层左右,高达 20 km. 我们利用 LINUX 系统 Curl 命令批量下载了该站 2003—2009 年总体探空数据,T_m 计算方法为

$$T_m = \frac{\sum_1^n \overline{\left(\frac{e_i}{T_i}\right)}\Delta h_i}{\sum_1^n \overline{\left(\frac{e_i}{T_i^2}\right)}\Delta h_i}. \tag{3}$$

式中 $\overline{\left(\frac{e_i}{T_i}\right)} = \left(\frac{\frac{e_i}{T_i} + \frac{e_{i-1}}{T_{i-1}}}{2}\right)$, $\overline{\left(\frac{e_i}{T_i^2}\right)} = \left(\frac{\frac{e_i}{T_i^2} + \frac{e_{i-1}}{T_{i-1}^2}}{2}\right)$, Δh_i 是第 i 层大气的厚度,e_i、T_i 分别是第 i 层大气层顶的水汽压和温度,而 e_{i-1}、T_{i-1} 分别是第 i 层大气层底的水汽压和温度.

通过 Matlab 统计分析了香港本地加权平均温度计算模型,具体结果见表 1 和 2.

表 1 香港 2003—2009 探空站数据统计分析结果

Table 1 Statistical analysis results of sounding data from 2003 to 2009 in HongKong

公式	剩余均方差/K
单因素公式($T_m = 115.13 + 0.58T_s$)	1.914
多因素公式($T_m = 88.85 + 0.49T_s + 0.10e_s - 0.05P_s$)	1.892
Bevis 公式($T_m = 70.2 + 0.72T_s$)	3.802

注:样本数均为 5 055.

表 2 T_m 与地面温湿压 T_s、e_s 和 P_s 相关系数

Table 2 Correlation coefficients between T_m and surface atmospheric temperature T_s, vapor pressure e_s and pressure P_s

因素	相关系数
T_m-T_s	0.848
T_m-e_s	0.809
T_m-P_s	−0.700

注:p 值均为 0,样本数均为 5 055.

从表 1、2 可看出,适合香港地区的本地化加权平均温度单因素和多因素计算模型回归剩余均方差差值为 0.022 K,不会对由地基 GPS 天顶湿延迟转化为 PW 造成显著差异;T_m 与地面温湿压 T_s、e_s 和 P_s 参数相关性均通过显著性检验. 基于本地化探空数据求取的经验公式精度比 Bevis 公式高.

1.2 回归样本选择

为了验证加权平均温度本地化计算模型的拟合精度,同时讨论在求取本地化 T_m 计算模型时应该选取几年数据最好,分别以逐年增加样本数据方式拟合了香港地区的加权平均温度计算模型,并应用这些模型拟合了 2009 年 T_m,统计结果见表 3 和 4.

从表 3 和表 4 可看出,采用 1 个月、2 个月、3 个月、半年、1 年和多年数据回归加权平均温度计算模型去拟合下年 T_m,单因素、多因素模型拟合均方差均较小,在 1.9 K 左右,较优于 Bevis 公式;单因素和多因素回归模型拟合均方差差异小于 0.5 K.

表 3 单因素 T_m 拟合统计结果

Table 3 Statistical results of single-factor T_m prediction

回归使用时间范围	样本数	回归函数	回归均方根误差/K	拟合均方根误差/K 本地化公式	Bevis 公式
2008 年 12 月	62	$T_m = 131.79 + 0.520T_s$	2.570	1.946	2.040
2008 年 11—12 月	122	$T_m = 94.503 + 0.649T_s$	2.205	1.940	
2008 年 10—12 月	184	$T_m = 96.301 + 0.643T_s$	2.196	1.935	
2008 年 7—12 月	368	$T_m = 108.32 + 0.602T_s$	1.966	1.914	
2008 年 4—12 月	549	$T_m = 106.81 + 0.606T_s$	1.996	1.915	
2008 年 1—12 月	727	$T_m = 115.99 + 0.575T_s$	2.015	1.913	
2007—2008 年	1 446	$T_m = 118.61 + 0.566T_s$	1.938	1.915	
2006—2008 年	2 160	$T_m = 121.86 + 0.556T_s$	1.894	1.919	
2005—2008 年	2 865	$T_m = 115.96 + 0.576T_s$	1.947	1.913	
2004—2008 年	3 595	$T_m = 116.09 + 0.575T_s$	1.918	1.913	
2003—2008 年	4 325	$T_m = 115.56 + 0.577T_s$	1.914	1.913	

表 4 多因素 T_m 拟合统计结果

Table 4 Statistical results of multi-factor T_m prediction

回归使用时间范围	样本数	回归函数多因素	拟合均方根误差/K 本地化公式	Bevis 公式
2008 年 12 月	62	$T_m = 535.48 + 0.11T_s + 0.21e_s - 0.28P_s$	2.234	2.040
2008 年 11—12 月	122	$T_m = 522.34 + 0.26T_s + 0.11e_s - 0.31P_s$	2.300	
2008 年 10—12 月	184	$T_m = 197.67 + 0.35T_s + 0.17e_s - 0.02P_s$	1.874	
2008 年 7—12 月	368	$T_m = 15.165 + 0.63T_s + 0.05e_s + 0.08P_s$	1.915	
2008 年 4—12 月	549	$T_m = -37.69 + 0.68T_s + 0.04e_s + 0.12P_s$	1.946	
2008 年 1—12 月	727	$T_m = 28.65 + 0.54T_s + 0.09e_s + 0.09P_s$	1.901	
2007—2008 年	1 446	$T_m = 66.08 + 0.50T_s + 0.10e_s + 0.07P_s$	1.888	
2006—2008 年	2 160	$T_m = 63.88 + 0.50T_s + 0.09e_s + 0.07P_s$	1.900	
2005—2008 年	2 865	$T_m = 91.32 + 0.46T_s + 0.13e_s + 0.06P_s$	1.874	
2004—2008 年	3 595	$T_m = 89.81 + 0.47T_s + 0.11e_s + 0.05P_s$	1.876	
2003—2008 年	4 325	$T_m = 81.14 + 0.50T_s + 0.10e_s + 0.06P_s$	1.880	

1.3 回归模型的时间敏感性分析

用 2003 年数据回归出的经验公式 $T_m = 113.29 + 0.586\,3T_s$ 去拟合 2004—2009 年的数据,拟合均方根误差结果见表 5.

表 5 单因素模型的时间敏感性分析结果

Table 5 Statistical results about the time sensitivity of the single-factor model

拟合年份	样本数	拟合均方根误差/K	Bevis 公式
2004	730	1.804	1.961
2005	705	2.085	2.138
2006	714	1.805	2.020
2007	719	1.860	2.023
2008	727	2.016	2.168
2009	730	1.912	2.040

从表 5 可以看出,基于 2003 年探空数据回归得到的 T_m-T_s 模型 $T_m = 113.29 + 0.5863\ T_s$ 对于 2004—2009 年的数据拟合均方根误差基本没有差异,因此某地 T_m-T_s 经验公式一次建立可长期使用.

2 中国大陆 83 个国际交换探空站数据统计

2.1 中国大陆 T_m-T_s 经验公式建立

为了得到适合中国大陆地区的 T_m-T_s 经验公式,基于前面的分析结果,我们下载了 83 个中国国际交换探空站 2009 年的数据,利用 60 138 个样本数回归出了适合中国大陆地区的 T_m-T_s 经验公式为 $T_m = 53.244 + 0.783T_s$,回归剩余均方差为 4.459 K,T_m 和 T_s 相关系数达 0.9105,且通过显著相关性检验. 图 1 为回归散点图.

将 83 个探空站 2009 年数据各自处理获得每站加权平均温度计算模型,通过对每站模型系数 a,b ($T_m = a + b \cdot T_s$)值和相应的经度、纬度和海拔位势高度求相关系数,得出结果见表 6(样本数 83). 从表 6 可看出 a、b 与经度相关系数要大于纬度相关系数,从相关性假设检验结果看,a、b 与经度、纬度显著相关,而 a、b 与海拔高度没有通过显著相关性检验.

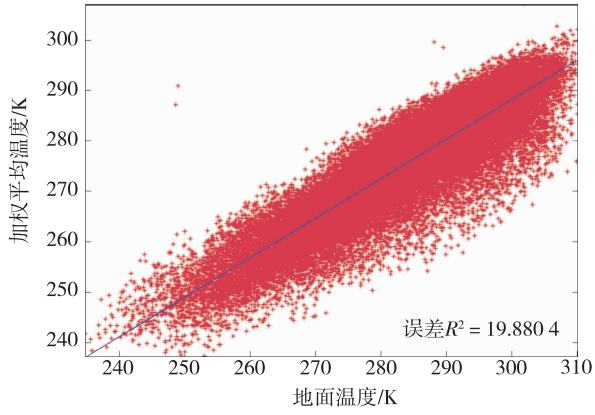

图 1　全国 83 个探空站 T_m-T_s(K)散点图

Fig. 1　T_m-T_s(K) scatter diagram of Chinese 83 sounding stations

2.2　一般公式代替本地化公式比较分析

为了分析采取中国大陆一般公式 $T_m = 53.244 + 0.783T_s$ 代替各探空站本地化公式的模型误差大小,分别选取各气候区某个探空站做比较,结果见表 7. 从中可看出每站本地数据回归均方差与公式 $T_m = 53.244 + 0.783T_s$ 拟合均方差差值较小,均不超过 1 K.

3　结论

通过对香港站 2003—2009 年和中国大陆 83 个国际交换站 2009 年探空数据的分析,得出以下基本结论.

1) 得出了香港地区单因素 T_m-T_s 经验公式 $T_m = 115.13 + 0.58T_s$,均方差为 1.914 K;多因素 T_m-T_s、e_s、P_s 经验公式为 $T_m = 88.85 + 0.49T_s + 0.10e_s - 0.05P_s$,均方差为 1.892 K,精度均优于 Bevis 公式.

2) 香港地区 2003—2009 年单、多因素回归经验公式均方差差值为 0.022 K,不会对由地基 GPS 天顶湿延迟转化为 PW 造成显著差异,基于简化实用需要,采取多因素回归 T_m-T_s、e_s、P_s 经验公式没有必要,可用单因素简化公式 $T_m = 115.13 + 0.58T_s$ 代替多因素公式使用.

3) 采用最近 1 个月、3 个月、半年、1 年和多年数据回归加权平均温度计算模型去拟合下年 T_m 拟合均方差差异小于 0.01 K,因此使用多年探空数据回归计算不能显著提高模型精度,使用最近一月探空数据回归分析本地 T_m-T_s 经验公式即可.

4) 用 2003 年数据回归出的经验公式 $T_m = 113.29 + 0.586\,3T_s$ 去拟合 2004—2009 年的数据,拟合均方根误差基本没有差异,因此某地 T_m-T_s 经验公式一次回归可长期使用.

表 6　a、b 与纬度、经度和海拔位势高度相关系数统计

Table 5　Correlation coefficients between a, b, latitude, longitude and geopotential height

要素	a	b	纬度/(°)	经度/(°)	海拔/m
a	1	−0.996 88	−0.432 6	−0.558 86	0.269 75
b		1	0.380 67	0.599 18	−0.320 24
纬度/(°)			1	−0.060 04	0.074 865
经度/(°)				1	−0.601 21
海拔/m					1

表 7　2009 年数据拟合比较结果

Table 6　Comparison results of 2009 data regression

气候区	站名	站号	2009 本地数据拟合结果	回归均方差/K	一般公式均方差/K
青藏高原高寒气候	那曲	55299	$T_m = 67.01 + 0.72T_s$	4.645	4.687
温带大陆性气候	乌鲁木齐	51463	$T_m = 102.42 + 0.60T_s$	3.120	3.966
温带季风气候	北京	54511	$T_m = 34.05 + 0.85T_s$	4.579	4.641
亚热带季风气候	桂林	57957	$T_m = 101.65 + 0.63T_s$	2.507	2.833
热带季风气候	海口	59758	$T_m = 117.90 + 0.58T_s$	2.447	2.608

5)中国大陆地区 T_m-T_s 经验公式为 $T_m = 53.244 + 0.783T_s$,各气候区每站本地数据回归均方差与中国大陆一般公式拟合均方差差值均较小,那曲站差值 0.042 K,乌鲁木齐站差值 0.846 K,北京站差值 0.062 K,桂林站差值 0.326 K,海口站差值 0.161 K,均不超过 1 K,因此该公式可代替本地化公式广泛使用.

参考文献
References

[1] Bevis M,Businger S,Herring T A,et al. GPS meteorology:Remote sensing of atmospheric water vapor using the global positioning system[J]. Journal of Geophysical Research,1992,97 (D14):15787-15801

[2] Rocken C,Hove T V,Johnson J,et al. GPS/STORM-GPS sensing of atmospheric water vapor for meteorology[J]. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology,1994,12(3):468-478

[3] 梁丰,李成才,王迎春,等. 应用区域地基全球定位系统观测分析北京地区大气总水汽量[J]. 大气科学,2003,27(2):236-244
LIANG Feng,LI Chengcai,WANG Yingchun,et al. An analysis of atmospheric water based on regional ground-based GPS network in Beijing[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences,2003,27(2):236-244

[4] 谷晓平,王长耀,蒋国华. 地基 GPS 遥感大气水汽含量及在气象上的应用[J]. 气象科学,2005,25(5):543-550
GU Xiaoping,WANG Changyao,JIANG Guohua. The research on remote sensing water vapor by ground-based GPS and its application to weather prediction[J]. Scientia Meteorologica Sinica,2005,25(5):543-550

[5] 毕研盟,毛节泰,刘晓阳,等. 应用地基 GPS 遥感倾斜路径方向大气水汽总量[J]. 地球物理学报,2006,49(2):335-342
BI Yanmeng,MAO Jietai,LIU Xiaoyang,et al. Remote sensing of the amount of water vapor along the slant path using the ground-based GPS[J]. Chinese Journal of Geophysics,2006,49(2):335-342

[6] 宋淑丽. 地基 GPS 网对水汽三维分布的监测及其在气象学中的应用[D]. 中国科学院上海天文台,2004
SONG Shuli. Monitor water vapour three-dimensional distribution using ground-based GPS network and its usage in meteorology[D]. Chinese Academy of Science,Shang-Hai Astronomical Observation,2004

[7] Cao Y C,Chen Y Q,Li P W. Wet refractivity tomography with an improved Kalman-filter method[J]. Advances in Atmospheric Sciences,2006,23(5):693-699

[8] 曹云昌,方宗义,夏青. GPS 遥感的大气可降水量与局地降水关系的初步分析[J]. 应用气象学报,2005,16(1):54-59
CAO Yunchang,FANG Zongyi,XIA Qing. Relationship between GPS precipitable water vapor and precipitation[J]. Quaterly Journal of Applied Meteorology,2005,16(1):54-59

[9] 曹云昌,方宗义,李成才,等. 利用 GPS 和云图资料监测北京地区中小尺度降水的研究[J]. 高原气象,2005,24(1):91-96
CAO Yunchang,FANG Zongyi,LI Chengcai,et al. Test on monitoring meso-and micro-scale precipitation in Beijing using GPS data and satellite image[J]. Plateau Meteorology,2005,24(1):91-96

[10] 曹云昌,陈永奇,李炳华,等. 利用地基 GPS 测量大气水汽廓线的方法[J]. 气象科技,2006,34(3):241-245
CAO Yunchang,CHEN Yongqi,LI Binghua,et al. Approaches to atmospheric water vapor profile sounding by GPS[J]. Meteorological Science and Technology,2006,34(3):241-245

[11] 刘旭春,王艳秋,张正禄,等. 地基 GPS 遥感大气水汽含量中加权平均温度获取方法的比较分析[J]. 北京建筑工程学院学报,2006,22(2):38-40
LIU Xuchun,WANG Yanqiu,ZHANG Zhenglu,et al. Analyzing and comparing the ways of gaining local weighted average temperature in remote sensing atmosphere precipitable water vapor by using ground-based GPS[J]. Journal of Beijing Institute of Civil Engineering and Architecture,2006,22(2):38-40

[12] 李建国,毛节泰,李成才,等. 使用全球定位系统遥感水汽分布原理和中国东部地区加权"平均温度"的回归分析[J]. 气象学报,1999,57(3):283-292
LI Jianguo,MAO Jietai,LI Chengcai,et al. The approach to remote sensing of water vapor based on GPS and linear regression T_m in eastern region of China[J]. Acta Meteorologica Sinica,1999,57(3):283-292

[13] 于胜杰,柳林涛. 水汽加权平均温度回归公式的验证与分析[J]. 武汉大学学报:信息科学版,2009,34(6):741-744
YU Shengjie,LIU Lintao. Validation and analysis of the water-vapor-weighted mean temperature from T_m-T_s relationship[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University,2009,34(6):741-744

[14] 王勇,柳林涛,郝晓光,等. 武汉地区 GPS 气象网应用研究[J]. 测绘学报,2007,36(2):141-145
WANG Yong,LIU Lintao,HAO Xiaoguang,et al. The application study of the GPS meteorology network in Wuhan region[J]. Acta Geodaeticaet Cartographica Sinica,2007,36(2):141-145

[15] 李国翠,李国平,杜成华,等. 华北地区地基 GPS 水汽反演中加权平均温度模型研究[J]. 南京气象学院学报,2009,32(1):80-86
LI Guocui,LI Guoping,DU Chenghua,et al. Weighted mean temperature models for mapping zenith wet delay onto precipitable water in North China[J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology,2009,32(1):80-86

[16] 吕弋培,殷海涛,黄丁发,等. 成都地区大气平均温度建模及其在 GPS/PWV 计算中的应用研究[J]. 测绘科学,2008,33(4):103-105

LU Yipei, YIN Haitao, HUANG Dingfa, et al. Modeling of weighted mean atmospheric temperature and application in GPS/PWV of Chengdu region[J]. Science of Surveying and Mapping, 2008, 33(4): 103-105

[17] 岳迎春,陈春明,俞艳. GPS 技术遥感南极大气水汽含量的研究[J]. 测绘科学,2008,33(5):81-82
YUE Yingchun, CHEN Chunming, Yuyan. Study on remote sensing atmospheric water vapor content in antarctic using GPS technology[J]. Science of Surveying and Mapping, 2008, 33(5): 81-82

[18] 周国君,潘雄. GPS 水汽遥感中加权平均温度获取方法研究[J]. 测绘与空间地理信息,2006,29(4):14-16
ZHOU Guojun, PAN Xiong. Research of method on obtaining affiliating scale average temperature based on remote sensing atmosphere vapour using GPS[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2006, 29(4): 14-16

Feature analysis of weighted mean temperature T_m in Hong Kong

WANG Xiaoying[1,2] SONG Lianchun[2] DAI Ziqiang[3] CAO Yunchang[2]

1 School of Remote Sensing, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

2 Meteorological Observation Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081

3 The 2th Department of 28th Research Institute, China Electronics Technology Group Corporation, Nanjing 210007

Abstract We made linear regression to get the empirical formula of T_m and T_s, e_s, P_s using HongKong King's Park sounding station (number 45004) data from 2003 to 2009, in which T_m means weighted atmospheric mean temperature, T_s means surface temperature, e_s means surface water vapor pressure and P_s means surface atmospheric pressure. It concludes that there is no significant difference between one-factor and multi-factor regression results, but the precision of regression formula based on local sounding data is higher than that of Bevis formula; the precision of regression formula can't be significantly increased by annually adding sample numbers. It is sufficient to forecast T_m by T_s using sounding data of last month and the fitting root mean square is 2.031 K. Fitting root mean square (F-RMS) changes little when using T_m-T_s model ($T_m = 113.29 + 0.586\,3T_s$) based on data of year 2003 to compute data from 2004 to 2009, so once the T_m-T_s model is set up, it can be used for long time. The T_m-T_s model ($T_m = 53.244 + 0.783T_s$) is set up using 83 exchanging sounding stations data of year 2009, which can be used to compute T_m of five stations from different climatic regions. It can be seen that the precision is almost the same with that computed using local data, so the T_m-T_s model ($T_m = 53.244 + 0.783T_s$) can be used widely in China.

Key words atmospheric weighting mean temperature; surface temperature; ground-based GPS meteorology; wet delay