

## 鄂尔多斯市区域自动站土壤相对湿度反演研究

张彩云<sup>1,2</sup>, 郑玉峰<sup>2</sup>, 张翼超<sup>2</sup>

(1. 南京信息工程大学公共管理学院, 江苏南京 210044; 2. 内蒙古鄂尔多斯市气象局, 内蒙古鄂尔多斯 017000)

**摘要** 通过鄂尔多斯市 2006~2010 年 3~10 月每旬土壤相对湿度数据与降水量、平均气温、上一旬土壤相对湿度数据建立相关模型, 根据鄂尔多斯市的地形及土壤类型特点将该市建成的 121 个区域自动站气温、降水数据附值于土壤相对湿度模型, 从而反演出区域自动站土壤相对湿度数据。研究结果有效解决了该市区域面积大而土壤墒情监测站点少缺乏代表性的问题, 为区域自动站资料的应用、干旱监测等提供了新的思路和方法。

**关键词** 区域自动站; 降水; 气温; 土壤相对湿度; 鄂尔多斯市

**中图分类号** S161.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)02-00736-03

## Study on Soil Relative Moisture Inversion of Regional Automatic Station in Erdos City

ZHANG Cai-yun et al (Public Administration Institute, Nanjing University of Information Science and Engineering, Nanjing, Jiangsu 210044)

**Abstract** The interrelated model was established with data of every ten days relative soil moisture, precipitation, mean temperature and former ten days relative soil moisture of Mar.-Oct. from 2006 to 2010 in Erdos. Based on terrain and soil type, 121 regional automatic stations were built. Use the relative soil moisture modeling, we inverted 121 regional automatic stations, relative soil moisture. The results effectively solved the problem of large region area but lack of monitoring station of soil relative moisture in Erdos, and provided new thoughts and methods for application of regional automatic station and drought monitoring.

**Key words** Regional automatic station; Precipitation; Temperature; Soil relative moisture; Erdos City

土壤水分是影响土壤生产力的基本因素之一, 尤其在干旱半干旱地区, 土壤水份不仅是农业生产的重要基础物质, 也是建立生态系统结构和功能的关键因子<sup>[1]</sup>。因此, 分析土壤水分变化规律, 适时进行土壤墒情预测, 对于指导农牧业生产、合理调配水资源、干旱评估、监测均有重要作用。国内外专家从不同角度、运用不同方法, 对土壤水分监测和预报研究方面做了大量工作, 取得了一些成果<sup>[2-3]</sup>。目前, 土层水量平衡模型<sup>[4]</sup>、土壤水动力模型<sup>[5]</sup>、时间序列模型<sup>[6]</sup>、人工神经网络模型<sup>[7]</sup>以及遥感卫星<sup>[8-9]</sup>在研究土壤墒情预测模型上得到广泛的应用。土层水量平衡模型、土壤水动力学模型虽然理论成熟, 但由于影响因子较多, 获得参数困难, 应用起来不便。人工神经网络模型不需要建立数学模型就能解决许多复杂的非线性关系, 成为一种反映土壤水分变化新的研究方法。另外, 一些影响土壤墒情的主要气象因子也被应用建立预测模型, 此方法简单易行, 并能对农业生产起到决策与指导意义<sup>[10]</sup>。

鄂尔多斯属于干旱半干旱气候区, 十年九旱的气候特征决定干旱监测是每年气象服务的重点。鄂尔多斯市辖 7 旗(达拉特旗、准格尔旗、伊金霍洛旗、乌审旗、鄂托克旗、鄂托克前旗、杭锦旗) 1 区(东胜区), 国土总面积 8.7 km<sup>2</sup>, 目前有土壤墒情监测站 8 个, 有限的测站无法客观反映该市真实的旱情。如果加密建设土壤墒情监测站, 无疑会加大人力、物力、财力等方面投入。该市目前有 121 个区域自动站, 且每年仍在不断增建, 考虑到土壤墒情与降水量、气温等气象要素关系密切, 如何将各区域站的气象要素数据通过特定方法反演

成土壤相对湿度数据, 为今后土壤墒情分析提供较为可靠的加密数据, 是该项研究的初衷, 也是该项研究的最终目的。该研究尝试从影响土壤墒情的关键气象因子与逐旬土壤墒情关系着手, 运用数学统计方法建立动态预测模型, 并用检验合格的数学模型预测未来土壤墒情发展, 达到指导农牧业生产的目的。

## 1 资料与方法

**1.1 资料来源** 选用鄂尔多斯市 7 旗 1 区 8 个观测站 2005~2010 年 3~10 月逐日降水量、平均气温、风、蒸发量、日照时数、土壤相对湿度、区域自动站日降水量、日平均气温数据。土壤相对湿度数据为该市各旗区生态与农业气象监测站每旬逢八监测的数据, 笔者采用 0~20 cm 平均值。区域自动站数据来源于华创升达公司的“数据分析应用终端-CAWSANYWHERE v2.4”系统数据库。

**1.2 研究方法** 以土壤湿度观测数据为依据的土壤墒情调查方法是最常用的农业干旱监测方法之一<sup>[11]</sup>, 也是最能直接反映当地干旱程度的指标之一。但由于现有的土壤湿度观测站点少, 观测间隔时间较长等原因, 土壤湿度观测资料远不能满足干旱评估的需要。近年来鄂尔多斯市建成了百多个区域自动站, 观测精度大大提高, 这些精密的资料为区域土壤墒情监测提供了可能和保障。笔者运用多元逐步回归的方法筛选出对土壤墒情有明显影响的气象因子, 建立数学模型, 然后通过数学模型用就近原则反演出区域自动站的土壤墒情。

**1.2.1 资料的处理。**通过计算逐旬土壤相对湿度与各气象因子的相关系数, 可以看出影响鄂尔多斯市土壤墒情的相对湿度主要为气温、降水以及上一旬土壤相对湿度。前期土壤墒情是直接关系当前墒情的主要因素, 在降水、蒸发等自然因素相同情况下, 后期土壤墒情会由于前期土壤墒情的不同

**作者简介** 张彩云(1980-)女, 内蒙古乌兰察布盟商都县人, 助理工程师, 硕士, 从事应用气象、气候变化研究, E-mail: caiyun.zhang@126.com

**收稿日期** 2012-11-14

而不同,因此前期土壤墒情是开展后期预报的关键。降水是直接影 响当前墒情的又一决定性因素,降水量小,原来的土壤含水率会越来越小,反之,会越来越湿润。气温、日照、风力是蒸发的直接影响因子,因此通过逐步回归方法筛选出的预报因子是可行的。笔者试图在降水、气温与土壤相对湿度之间建立相关数学模型。考虑到土壤墒情受季节影响较大的因素,将 2006~2010 年 3~10 月每旬土壤湿度、降水量、平均气温数据分为 3 类,即春季(3~5 月)、夏季(6~8 月)、秋

季(9~10 月),这样春季的数据序列为 5(年)×3(月)×3(旬)=45 个,夏季的数据序列为 5(年)×3(月)×3(旬)=45 个,秋季的数据序列为 5(年)×2(月)×3(旬)=30 个。

**1.2.2 站点分类。**目前鄂尔多斯市有达拉特旗、准格尔旗、伊金霍洛旗、乌审旗、鄂托克旗、鄂托克前旗、杭锦旗、东胜区 8 个土壤湿度监测站,有 121 个区域自动站(图 1),因此在土壤湿度反演研究时利用就近原则和土壤类型特点分为 8 个区域。



图 1 鄂尔多斯市土壤湿度监测站及区域自动站分布

表 1 鄂尔多斯市土壤相对湿度反演模型

观测站	季节	模型	相关系数 <i>r</i>
东胜	春季	$Y = 11.749 + 0.708Y_{上} + 1.083R$	0.773
	夏季	$Y = 92.714 + 0.151Y_{上} + 0.513R - 2.566T$	0.619
	秋季	$Y = 24.513 + 0.643Y_{上} + 0.259R$	0.661
达拉特旗	春季	$Y = 31.009 + 0.575Y_{上} + 1.285R - 1.014T$	0.840
	夏季	$Y = 26.135 + 0.393Y_{上} + 0.502R$	0.675
	秋季	$Y = 21.074 + 0.612Y_{上} + 0.823R$	0.694
准格尔旗	春季	$Y = 15.600 + 0.696Y_{上} + 0.761R$	0.910
	夏季	$Y = 13.644 + 0.616Y_{上} + 0.488R$	0.668
	秋季	$Y = 22.103 + 0.523Y_{上} + 0.358R$	0.728
伊金霍洛旗	春季	$Y = 12.695 + 0.572Y_{上} + 1.017R$	0.770
	夏季	$Y = 17.066 + 0.188Y_{上} + 0.982R$	0.769
	秋季	$Y = 32.577 + 0.484Y_{上} + 0.718R - 1.280T$	0.728
乌审旗	春季	$Y = 4.100 + 0.867Y_{上} + 0.541R$	0.779
	夏季	$Y = 27.468 + 0.350Y_{上} + 0.687R$	0.627
	秋季	$Y = 47.568 + 0.404Y_{上} + 0.313R$	0.652
杭锦旗	春季	$Y = 20.234 + 0.198Y_{上} + 1.096R$	0.624
	夏季	$Y = 6.771 + 0.421Y_{上} + 0.691R$	0.787
	秋季	$Y = 20.353 + 0.468Y_{上} + 1.397R - 1.083T$	0.880
鄂托克旗	春季	$Y = 6.557 + 0.660Y_{上} + 0.687R$	0.816
	夏季	$Y = 16.385 + 0.095Y_{上} + 0.899R$	0.812
	秋季	$Y = 13.046 + 0.767Y_{上} + 0.856R$	0.780
鄂托克前旗	春季	$Y = 33.912 + 0.263Y_{上} + 1.483R - 1.047T$	0.801
	夏季	$Y = 19.280 + 0.050Y_{上} + 0.922R$	0.724
	秋季	$Y = 16.999 + 0.435Y_{上} + 1.220R$	0.801

注:Y 为当前土壤相对湿度,  $Y_{上}$  为上一旬土壤相对湿度, R 为降水量, T 为平均气温。

## 2 结果与分析

**2.1 土壤相对湿度模型的建立** 通过 2006~2010 年 3~10 月每旬土壤相对湿度数据与降水量、平均气温、上一旬土壤相对湿度进行逐步回归分析,结果表明(表 1),达拉特旗春季、东胜夏季、伊金霍洛旗秋季、杭锦旗秋季、鄂托克前旗春季土壤湿度与上一旬土壤湿度、降水量、平均气温相关性较高,其余站点及季节土壤湿度与平均气温相关性不大,仅与上一旬土壤湿度、降水量有显著相关。

**2.2 模拟检验** 对 2011 年鄂托克旗 5 月上旬(春季)、7 月上旬(夏季)、9 月上旬(秋季)、伊金霍洛旗 5 月中旬(春季)、7 月中旬(夏季)、9 月中旬(秋季)和准格尔旗 5 月下旬(春季)、7 月下旬(夏季)、9 月下旬(秋季)土壤湿度根据上述模型进行模拟计算,并与实测值进行对比分析,结果显示模拟值的绝对误差在 5% 以内(表 2),说明利用区域自动站降水、气温要素以及前一句土壤相对湿度反演区域自动站土壤相对湿度是可行的。

表 2 鄂托克旗、伊金霍洛旗和准格尔旗 2011 年土壤相对湿度实测与模拟值 %

观测站	季节	实测值	模拟值	差值
鄂托克旗	春季	14	19	5
	夏季	30	25	-5
	秋季	60	62	2
伊金霍洛旗	春季	29	33	4
	夏季	35	31	-4
	秋季	36	39	3
准格尔旗	春季	66	68	2
	夏季	43	47	3
	秋季	42	46	4

## 3 结论

经过后期的观测实践,从土壤相对湿度的模拟结果来

(上接第 725 页)

(2) 多普勒天气雷达监测超级单体风暴是造成此次强对流天气过程中降雹的主要原因。超级单体风暴的基本反射率因子维持在 60 dBz 以上,起始高度约 6 km,随着风暴的发展,强反射率因子核心迅速下降到地面,形成降雹。

(3) 此次过程中,垂直累积液态水含量(VIL)值在降雹前 11 min 出现明显跃增,VWP 低层偏东风随高度逆转为东北风,出现明显冷平流,可以作为提前预警冰雹的线索。

### 参考文献

- [1] 姜俊玲,魏鸣,王日东.一次多单体风暴的多普勒雷达特征分析[J].海洋预报,2007,24(2):60-66.
- [2] 金伟福,刘敦训.冷涡条件下雷云的雷达回波分析及冰雹预报[J].气象,1997(11):46-51.
- [3] LIU Y,DU C,WANG Q. Analysis on the hail climate and radar characteristics in Linyi City[J]. Meteorological and Environmental Research,2010,1

看,采用当前土壤墒情模型公式预测的土壤相对湿度的准确性在 90% 以上,所以利用区域自动站降水、气温要素以及前一句土壤相对湿度反演区域自动站土壤相对湿度是可行的,既大大提高了土壤墒情分析的精度,又能实现土壤墒情的动态监测,在农业气象服务中具有较强的可操作性、实用性以及简易性。为进一步提高鄂尔多斯市的气象干旱监测服务能力以及今后干旱分析评估提供了较为可靠的加密数据。

### 参考文献

- [1] 白天路,杨勤科,申佳.黄土高原丘陵沟壑小流域土壤水分垂直分布变异特征及影响因素[J].生态学杂志,2009,28(12):2508-2514.
- [2] ANDREAS WEIMANN. DLR-German Aerospace Center Institute of Space Sensor Technology Washington; IEEE,1998. Inverting a Microwave Backscattering Model by the Use of a Neural Network for the Estimation of Soil Moisture[C]//Proceeding of the International Geoscience and Remote Sensing Symposium,Seattle,1998,washington; IEEE,1998.
- [3] 蒋洪庚,夏自强,陈海芳.区域土壤墒情模型研究[J].河海大学学报,2000,28(5):21-24.
- [4] 游松材,邸苏闯.黄土高原地区 1961-2000 年间土壤水分变化模拟与分析[J].自然资源学报,2010,25(7):1206-1217.
- [5] 林耀明.黄淮海地区土壤水分动态模拟模型[J].自然资源学报,1997,12(1):72-77.
- [6] 孟凯,赵军.土壤水分变化趋势预测[J].农业系统科学与综合研究,1993,9(1):39-40,43.
- [7] 宰松梅,郭冬冬,韩启彪,等.基于神经网络理论的土壤水分预测研究[J].中国农学通报,2011,27(8):280-283.
- [8] 郑宁,严平,孙秀邦,等.基于 NOAA/AVHRR 卫星数据的淮北地区干旱监测[J].中国农学通报,2009,25(1):256-259.
- [9] 张红卫,陈怀亮,周官辉,等.归一化多波段干旱指数在农田干旱监测中的应用[J].科技导报,2009,27(11):23-26.
- [10] 马晓刚.基于秋季降水量的春播关键期土壤墒情预测[J].中国农业气象,2008,29(1):56-57.
- [11] 周羽,冯明.利用自动站逐日降水量实时估测土壤墒情[J].中国农业气象,2009,30(S2):230-232.
- [12] 厉玉昇,申双和.非饱和土壤水分运动一维数值模拟研究[J].华北农学报,2011(S1):295-297.
- [13] 李莉,匡昭敏,罗永明,等.基于 AMSR-E 数据的土壤湿度监测研究[J].安徽农业科学,2011,39(36):22420-22422.
- [14] (12):71-74,78.
- [4] 张飒.华北冷涡影响山东降雹的成因分析[J].山东气象,1997(1):27-34.
- [5] 刘英杰,曹兴锋,朱义青,等.临沂地区一次冰雹过程的中尺度特征分析[J].安徽农业科学,2011,39(27):16867-16870.
- [6] 王在文,郑永光,刘还珠,等.蒙古冷涡影响下的北京降雹天气特征分析[J].高原气象,2010(3):763-777.
- [7] 曹钢锋,张善君,朱官忠,等.山东天气分析与预报[M].北京:气象出版社,1988:185-189.
- [8] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等.天气学原理和方法[M].4版.北京:气象出版社,2000:409-410.
- [9] 俞小鼎,姚秀萍,熊延南,等.多普勒天气雷达原理与业务应用[M].北京:气象出版社,2006:101-103.
- [10] 刁秀广,朱君鉴,黄秀韶,等. VIL 和 VIL 密度在冰雹云判据中的应用[J].高原气象,2008,27(5):1131-1139.
- [11] 吴爱敏.强对流天气的多普勒雷达 VWP 资料特征分析[C]//中国气象学会 2007 年年会天气预报预警和影响评估技术分会论文集:广州:[出版者不详],2007.