

退墒曲线在墒情数据过滤及预报方面的应用

顾李华

(安徽省水文局,安徽 合肥 230022)

摘要:在对历史干旱年的墒情数据进行大量分析的基础上,利用土壤退墒曲线,滤除自动监测的异常值,使自动墒情站数据的可靠性得到保证。在满足生产精度,充分发挥自动监测作用的同时,减少了干旱期间人工加密监测的频次,节约了监测成本。同时利用退墒曲线可对连续无雨条件下,今后一段时间内的墒情进行预测,从而为抗旱决策提供依据。

关键词:墒情;自动监测;干旱;减灾;预测

中图分类号:S423

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2016)01-0080-04

1 引言

目前国内根据监测土壤含水率仪器设备的不同,将监测的方式分为:人工取土烘干监测和自动墒情监测,其中自动监测又可分为人工便携式和固定埋设^[1]。

传统的墒情监测人工取土烘干法,是在 $105^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 条件下,将野外大田中的原状土壤烘干至恒重时,计算失去的水分质量和达恒重后干土质量的比值,以百分数表示。是直接测量土壤水分的一种方法,也是测定土壤含水量国内外通用的标准方法。人工取土烘干法,精度高但耗时长,一般测一次需要6~10h。因此一般进行旬测,数据采集频次较低。

固定埋设的自动墒情监测,是在野外大田里,埋设土壤水分传感器,拟合出土壤水分传感器输出电信号与土壤含水量对应关系,得出土壤含水量。完全不需要人工,数据采集频次高、快速便捷,是今后墒情监测的主要手段^[2-4]。

随着水文信息化的发展,各级政府对抗旱减灾工作的关注度越来越高,相应的对墒情监测频次、数据准确性的要求也越来越高,人工监测墒情信息的频次已远远满足不了各级防汛抗旱指挥部门对墒情信息的需求。但目前应用的一些自动墒情监测设备,性能不够稳定,导致报出的数据可靠性偏低,满足不了生产精度要求。为了解决两者的矛盾,在分析退墒曲线的基础上对自动墒情监测数据进行过滤,使其精度满足生产要求,

从而减少了在干旱期间人工加密监测的频次。同时利用退墒曲线可对连续无雨条件下,今后一段时间内的墒情进行预测,为防旱减灾决策提供支撑。

2 土壤蒸发过程及退墒曲线的适用范围

根据土壤蒸发原理^[5],土壤蒸发过程是土壤失去水分的主要过程。土壤蒸发过程大体上可分为三个阶段。第一阶段:当土壤含水量大于田间持水量时,土壤中的水分可以通过毛管作用源源不断地供给土壤蒸发,这种情况属于充分供水条件下的土壤蒸发。第二阶段:随着土壤蒸发的不断进行,土壤含水量不断减小。当土壤含水量小于田间持水量后,土壤中毛管链接状态将逐步遭到破坏,通过毛管输送到土壤表面的水分也因此而不断减少。在这种情况下,由于土壤含水量不断减小,供给土壤蒸发的水分会越来越少,以致土壤蒸发量将随着土壤含水量的减小而减小,这一阶段要持续到土壤含水量减至毛管断裂含水量即凋萎含水量为止。第三阶段:土壤中的毛管水不再呈连续状态存在于土壤中,依靠毛管作用向土壤表面输送水分的机制将遭到完全破坏。此后,土壤水分只能以膜状水或气态水形式向土壤表面移动。由于这种仅依靠分子扩散而进行水分输移的速度十分缓慢,数量也很小,故在土壤含水量小于凋萎含水量以后,土壤蒸发必然很小而且比较稳定。本退墒曲线研究主要在第二阶段,这也是抗旱工作最关心的土壤含水量阶段。

收稿日期:2015-02-03

作者简介:顾李华(1981-),男,江苏海安人,工程师,硕士,主要从事墒情分析与预报。E-mail:gulihua81@163.com

3 退墒曲线

3.1 退墒曲线原理

根据蒸发原理^[5],在无雨天气下土壤耕作层含水量逐步消退于蒸散发,蒸散发消退量与土壤含水量呈正比,基本符合 API 模型^[6]的土壤含水量指标前期影响雨量计算方法,可借用 API 模型的前期影响雨量计算方法计算土壤耕作层含水量消退,计算式为:

$$\theta_{t+n} = (\alpha_{t+1}\alpha_{t+2}\cdots\alpha_{t+n})\theta_t \quad (1)$$

式中: θ_t 为第 t 天土壤含水率; θ_{t+n} 为第 $t+n$ 天土壤含水率; $\alpha_{t+1}\sim\alpha_{t+n}$ 为 $t+1\sim t+n$ 天的衰减系数。

理论上每日的衰减系数都不一样,但在实际分析时不可能得到每日的含水率,分析时可假设连续两次监测含水率间隔时段内每日的衰减系数一样,所以可将式(1)简化为:

$$\theta_{t+n} = \alpha^n \theta_t \quad (2)$$

式中: α 为 $t+1\sim t+n$ 天的平均衰减系数。

3.2 衰减系数的计算

- (1)选择典型干旱年份,摘录连续无雨日的时段。
- (2)根据相邻两次人工监测含水率的日期,计算出间隔天数。

(3)将间隔天数内的衰减系数简化为 $\alpha = \sqrt[n]{\theta_{t+n}/\theta_t}$,计算出相邻两次监测日之间的平均衰减系数。

3.3 退墒曲线的生成

- (1)将计算出来的一系列衰减系数,按照季节(春秋、冬、夏)分组;
- (2)将每组的衰减系数和对应的土壤含水率画出散点图,通过点群中心画出关系线。

最终安徽省综合分析了 14 个区域或站点的 42 条退墒曲线。图 1 为代表江淮丘陵区的山南站退墒曲线。

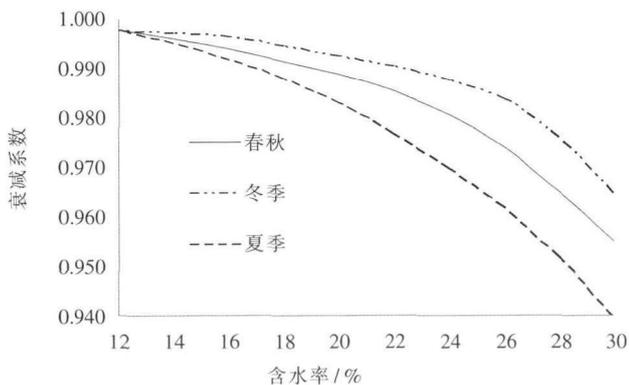


图 1 山南站退墒曲线

Fig.1 Recession curve of soil moisture at the Shannan station

由图 1 可知:衰减系数与季节(气温)、土壤含水量的大小有直接关系,土壤含水量越高,可供蒸发的水份越多,衰减系数越小;气温越高蒸发能力越强,衰减系数越小。

3.4 退墒曲线率定结果的验证

选取山南站未参与率定的无降雨时段,2013 年 7 月 11 日~8 月 6 日、10 月 1 日~11 月 1 日,2014 年 9 月 11 日~10 月 21 日进行验证,根据各时段测得的首次的含水率,利用退墒系数逐日计算含水率,然后与此期间的实测值进行对比,如图 2 所示。

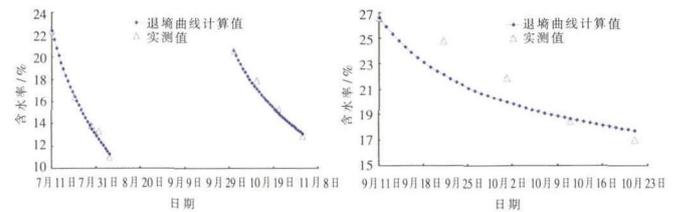


图 2 山南站退墒曲线计算值与实测值对比图

Fig.2 Comparison between measured values and calculated values from the recession curve of the soil moisture at the Shannan station

分析的 11 个点据,绝对误差的平均值为 1.5%,符合土壤墒情监测规范中绝对误差均值 2%的监测精度要求,能够满足生产应用。

4 应用

4.1 过滤自动监测数据

首先将自动墒情站与人工站、雨量站按照就近原则建立对应关系。

数据过滤按照如下原则进行:

(1)判断自动监测的含水率是否在合理区间内(安徽省取 8~40),如果不在此区间内,则认为数据异常,用退墒曲线值代替。

(2)判断含水率是否小于田持,如果大于田持值,则等待人工确认;小于田持值则认为合理,进入下一步判断。

(3)判断前一天是否有有效降雨,如有降雨且大于前日的含水率,则认为数据可靠;如有降雨但小于前日的含水率则认为数据异常,等待人工干预。如果无有效降雨,则与人工或者退墒曲线计算出的含水率比较,如果误差在一定范围内,则认为可靠;否则用人工或者退墒曲线计算出的含水率代替入库。具体流程见图 3。

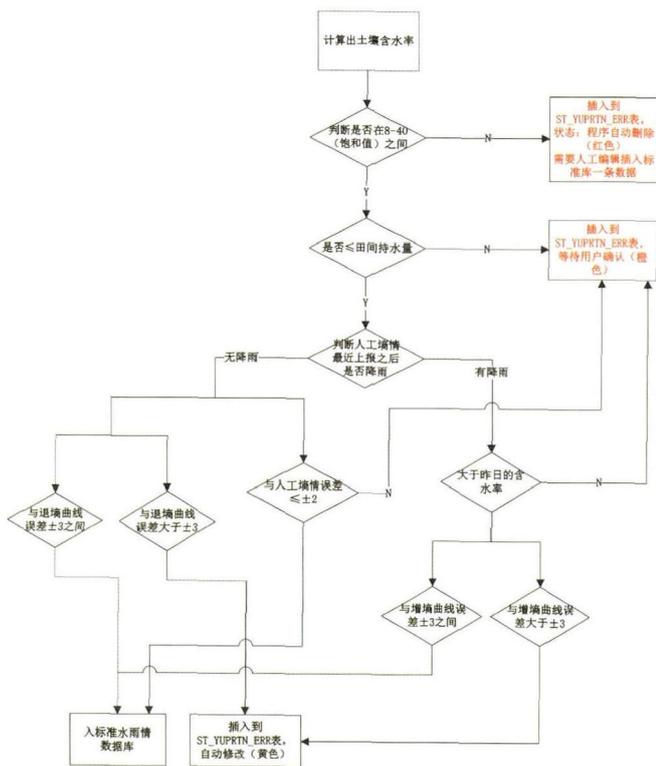


图3 自动墒情监测数据过滤流程图

Fig.3 The workflow of the automatic monitored data filtering for soil moisture

对安徽省2014年6月21日的墒情监测数据进行分析,人工监测的相对湿度分布图上可知除淮北亳州北部及东至、岳西轻旱外,其他地区土壤相对湿度基本适宜。但是自动监测站数据显示有多个局部干旱面,与现实情况不符(见图4)。



图4 自动监测过滤前相对湿度分布图

Fig.4 The relative humidity distribution before automatic monitored data filtering

过滤后的相对湿度分布图见图5,其旱情趋势基本与人工监测分布图相符,过滤效果较好。



图5 自动监测过滤后的相对湿度分布图

Fig.5 The relative humidity distribution after the automatic monitored data filtering

4.2 墒情预测

退墒曲线除了能实时校正、过滤自动墒情监测数据的异常值外,还能对连续无降雨条件下,近期一段时间内的土壤墒情情况进行预测。本次预测以2013年7月下旬至8月中旬安徽省干旱期间的墒情数据为例。

2013年7月1日以来全省主要雨量站平均最长连续无雨天数18d。其中淮河以北19d,江淮之间23d,长江以南21d。受持续高温少雨天气影响,土壤失墒较快,江淮分水岭一带局部出现轻旱。长江以南池州、芜湖、宣城出现轻旱,黄山出现中度干旱(见图6)。根据8月6日实测含水率,用退墒曲线预测8月9日的墒情,由预测结果判断:淮河以南,特别是合肥以南到长江以北大部分地区出现轻旱,局部中度干旱;长江以南普遍出现中度干旱,局部重旱(见图7)。图8为8月9日实测墒情图,两图对比可知,利用退墒曲线预测的墒情发展趋势与实际情况基本吻合。

5 小结

退墒曲线的分析较为繁琐,既有经验成分亦有技术含量,但意义重大,可列为墒情的基础性研究工作。通过退墒曲线对自动监测数据的过滤,使得自动墒情数据能够满足生产需要,充分发挥了国家防汛抗旱指

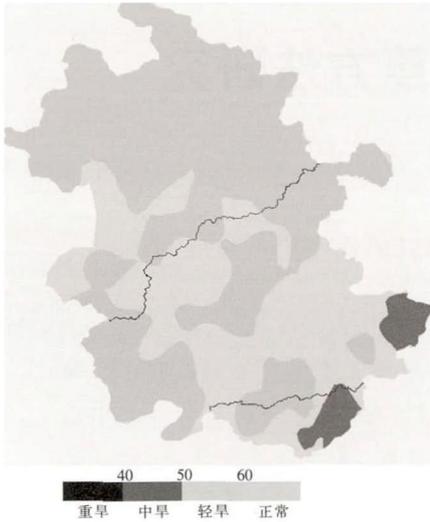


图6 8月6日实测相对湿度分布图

Fig.6 The distribution of the observed humidity on August 6



图7 8月9日预测相对湿度分布图

Fig.7 The distribution of the forecasted humidity on August 9

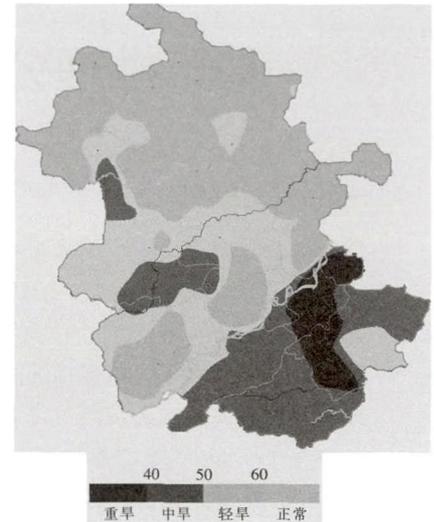


图8 8月9日实测相对湿度分布图

Fig.8 The distribution of observed humidity on August 9

挥系统建设一期的墒情自动监测的作用,减少了干旱期间人工加密监测的频次,节省了大量的人力物力。利用退墒曲线对连续无雨条件下,短期时间内的墒情进行预测,效果较好,可应用于生产,为各级政府防旱减灾决策提供支撑。

参考文献:

- [1] SL364-2015, 土壤墒情监测规范 [S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2015. (SL364-2015, Technical Standard for Soil Moisture Monitoring [S]. (in Chinese))
- [2] 章树安, 王爱平. 旱情监测与评价进展研究与思考[J]. 水文, 2010, 30(3):15-21. (ZHANG Shuan, WANG Aiping. Research and thinking on drought monitoring and evaluation of progress [J]. Journal of China Hydrology, 2010, 30(3):15-21. (in Chinese))

- [3] 章树安, 章雨乾. 土壤水分监测技术方法应用比较研究[J]. 水文, 2013, 33(2):25-28. (ZHANG Shuan, ZHANG Yuqian. Comparative study on the application of technology and methods for monitoring soil moisture[J]. Journal of China Hydrology, 2013, 30(2):25-28. (in Chinese))
- [4] 王光生, 杨建青, 邓英春. 关于土壤墒情自动监测精度的探讨[J]. 水文, 2013, 33(5):7-9. (WANG Guangsheng, YANG Jianqing, DENG Yingchun. Study on automatic monitoring accuracy of soil moisture[J]. Journal of China Hydrology, 2013, 33(5):7-9. (in Chinese))
- [5] 芮孝芳. 水文学原理 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007. (RUI Xiaofang. Principle of Hydrology[M]. Beijing: China WaterPower Press, 2007. (in Chinese))
- [6] 徐宗学. 水文模型[M]. 北京: 科学出版社, 2009. (XU Zongxue. Hydrological Model [M]. Beijing: Science Press, 2009. (in Chinese))

Application of Soil Moisture Recession Curve in Automatic Monitored Data Filtering and Soil Moisture Forecasting

GU Lihua

(Hydrology Bureau of Anhui Province, Hefei 230022, China)

Abstract: Based on a large number of data analysis of historical drought years of soil moisture, using the soil moisture recession curve, the abnormal values of automatic monitoring were filtered to ensure the reliability of the automatic monitored moisture data, which can meet the requirement of the production precision, so as to reduce the frequency of manual monitoring, and save the cost of monitoring. Otherwise, the soil moisture recession curve can be used to forecast soil moisture under the condition of no rain.

Key words: soil moisture; automatic monitoring; drought; reduce disaster; prediction