

自动土壤水分站资料质量控制及其相关关系分析

单新兰¹, 张吉周¹, 李新庆¹, 张磊² (1. 宁夏气象信息中心, 宁夏银川 750002; 2. 宁夏气象科研所, 宁夏银川 750002)

摘要 以距离自动土壤水分站最近的人工观测地段的历史土壤水分资料为依据, 开展对应的自动土壤水分站观测资料的质量控制阈值研究。统计有土壤水分观测任务的各台站近 30 年 10~50 cm 深度 5 个层次人工观测的土壤重量含水率最大、最小值, 且分析与本站凋萎湿度和田间持水量的相关性, 作为自动土壤水分站所属区域片上的极值, 完成区域极值检查规则的定义。通过分析人工站历年极值序列的均方差确定条件阈值范围和安全指标, 实现该区域内自动土壤水分站资料的实时质量控制; 通过邻近站资料对比、时序检查等自检方法完成人工干预质量控制。

关键词 土壤水分; 质量控制; 阈值; 相关关系

中图分类号 P413.2; S152.7 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)03-236-02

Quality Control of Automatic Soil Moisture Data and Correlation Analysis

SHAN Xin-lan, ZHANG Ji-zhou, LI Xin-qing et al (Ningxia Meteorological Information Center, Yinchuan, Ningxia 750002)

Abstract Based on soil moisture data of artificial observation section nearest automatic soil water station, the corresponding soil moisture station data quality control threshold was carried out. The maximum and minimum soil moisture content of 5 levels artificial observation in 10-50 cm depth in recent 30 years of each station were studied, the correlation with wilting moisture and field capacity was analyzed. Through analysis of the mean square deviation of artificial station historical extreme sequence determined the threshold value range and safety indicators, to implement the regional soil water station observation data of automatic quality control.

Key words Soil moisture; Quality control; Threshold; Correlation

土壤水分观测资料是开展防灾减灾气象决策服务以及农业干旱监测、预警与防御的重要依据。自动土壤水分站开展土壤水分监测具有实时性及连续性强、获取方便、节省人力等特点, 在各省区得到快速发展。宁夏气象局在全区共建成了 24 套 DZN-3 型自动土壤水分观测站, 有 22 套仪器安装在固定地段, 2 套仪器安装在作物地段, 均已能自动开展土壤水分的连续观测^[1]。

自动土壤水分站的生产厂商没有提供相应的资料质量控制、数据分析应用系统, 资料质控、分析、应用尚未深入开展, 造成自动土壤水分观测资料的业务应用受到较大限制, 急需探讨适合宁夏农业气象业务应用的资料质量控制方法及开发相应的应用软件系统。根据中国气象局对各类气象资料的传输考核办法及资料共享应用的实时性要求, 以“传输时效和资料共享时效不受影响”为原则, 开展自动土壤水分资料质量控制阈值研究工作。笔者在此以距离自动土壤水分站最近的人工观测地段的历史土壤水分资料为依据, 开展对应的自动土壤水分站观测资料的质量控制阈值研究。

1 自动土壤水分站实时资料质量控制规则定义

1.1 质量控制原则及流程 以“传输时效和资料共享时效不受影响, 保障原始资料库安全”为设计原则, 采用 Microsoft SQL Server 2008 完成质量控制应用数据库设计与实现。采用 C# 设计后台数据入库软件, 实现自动土壤水分站实时资料质控数据自动入库。研究自动土壤水分观测资料质量控制方法, 确定阈值范围和安全指标、数据实时监控和自动标注、人工干预处理流程。初步建立软件自动处理和人工干预

相结合的质量控制业务流程, 将台站极值检查、区域极值检查、时序检查(内部一致性)在资料入库后共享前完成, 质量控制对象为资料要素库。

1.2 质量控制规则定义

1.2.1 实时数据资料库要素质控规则。DZN-3 型自动土壤水分观测仪器是一种利用频域反射法原理测定土壤体积含水量的自动化测量仪器。根据土壤水文、物理常数和相关公式可计算出土壤重量含水率 $W(\%)$ 、土壤相对湿度 $(\%)$ 、土壤水分总贮存量 (mm) 和土壤有效水分贮存量 (mm) , 具体规定见《自动站土壤水分观测规范》^[2]。以上实时要素数据均保存在中心站服务器内。

通过自动土壤水分资料和相应地点的土壤水分人工观测资料分析, 以完成自动土壤水分站小时整点平均土壤水分重量含水率要素值为质量控制索引要素即可。平均土壤水分重量含水率气候极值规则的定义根据地形、灌溉条件分布, 结合自动站位置分布等。历史极值采用历年土壤水分人工观测历史资料, 以人工固定观测地段为中心, 土壤水分自动站区域片内经纬度靠近人工站划分, 实现自动站区域极值规则的定义。

1.2.2 质量控制方法时序及控制结果和对应的质控码。质量控制方法有界限极值、区域极值检查、时间一致性检查、内部一致性检查^[3]。质量控制时序包括刻度界限极值检查、区域极值检查、时间一致性检查、内部一致性检查(10~50 cm 5 个深度层次)。根据所用质量控制方法, 确定: 可用、可疑、不可用 3 种质量控制结果, 对应的质量控制码分别为 2、3、4(0, 未处理; 1, 空记录)。自动土壤水分观测数据质量控制流程如图 1 所示。

2 自动土壤水分站实时质量控制方法内容

实时资料质量控制主要包括完成自动土壤水分站观测数据理论刻度值 0~100% 范围内的界限值检查及所在区域

基金项目 宁夏气象局 2012-2014 项目“宁夏农业气象自动土壤水分站资料质量控制及应用研究”。

作者简介 单新兰(1962-), 女, 宁夏银川人, 高级工程师, 从事气象观测数据应用研究。

收稿日期 2014-12-04

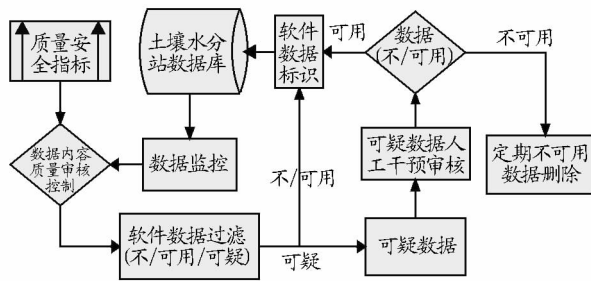


图1 自动土壤水分数据质量控制流程

内的阈值检查,针对土壤 10~50 cm 深度 5 个土层的实时整点平均土壤重量含水率 W 。

2.1 实时数据检查 资料入库后主要完成台站极值、时变检查、内部检查。质量控制结果包括未处理、空记录、可用、可疑(超出阈值范围)、不可用(超出理论刻度范围及资料长期没有任何变化)五类。

2.2 缺测值检查 根据要素所在位置完成缺测值检查,缺测用“1”表示。将检查出的缺测记录写入日志文件,并做异常数据的备份。

2.3 人工干预检查 未通过实时检查的疑问数据,自动预警,提醒人工干预:正确性认定或记录删除。根据土壤水分阈值范围和安全指标,对数据内容进行质量检查,确定已入库数据为可用、不可用(资料长期没有任何变化属不可用的资料)、可疑 3 种状态。对于可疑数据进行人工干预审核(图 2)。采用本站与周边邻近站当前时次至前 8 个时次要素变化曲线值对比判断,曲线长期没有任何变化、急剧下降的情况属于不可用的资料范畴,如果上下层出现高低起伏巨大的情况,层次间没有关联首先查看降水量情况,根据经验判断是否也属于可疑数据。用要素时序变化线与邻近站点比较自检确定不可用数据的,进行定期删除。

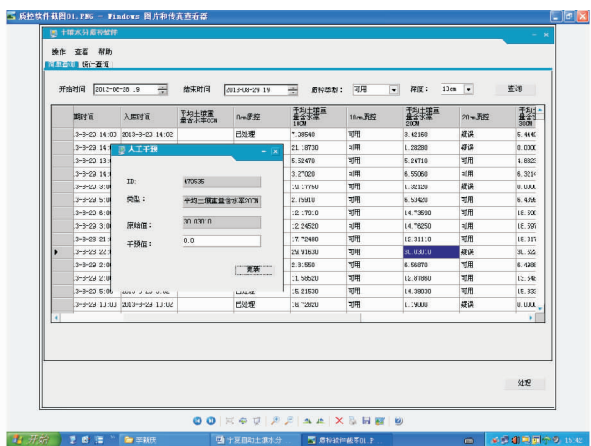


图2 人工干预疑误数据界面

3 自动土壤水分站实时质量控制阈值的安全性

3.1 人工站极值规则 根据宁夏行政区划、地形分布、小气候特点,通过干旱及灌溉条件和土壤湿度的关系,结合自动站点分布位置定义,在空间上有相关性,即经度、纬度接近,选择了宁夏有人工土壤水分观测任务的 14 个站点。统计各站历年 30 年 10~50 cm 5 个层次的平均土壤重量含水率的

最大值 W_{\max} 、最小值 W_{\min} ,且考虑本站土壤水文特性值、《农业气象观测规范》观测允许误差范围,作为所属区域片上的极值,完成区域极值检查规则的定义,实现该区域片上所有自动站点观测极值的检查。

3.2 质量控制阈值安全性确定 由于自动土壤水分站建站采集资料时间短,资料无法形成有效的极值序列。因此,自动站极值以邻近的人工土壤水分观测资料历史极值为基础,考虑其所处地理位置、探测环境、灌溉等因素,根据本站凋萎湿度和田间持水量(f_c)、《农业气象观测规范》所需允许的测量 $\pm 5\%$ 误差^[4] 范围等进行订正后作为该自动站质量控制极值与可选择均方差倍数的条件阈值范围,其计算公式为: $W = W_{\max} + 5\% W_{\max} + X | S_{\max} |$ 、 $W = W_{\min} - 5\% W_{\min} - X | S_{\min} |$ (当 $W_{\min} > f_c$ 、 $W_{\min} = f_c$),其中, S 为历年极值序列的均方差。自动站阈值的确定则是在人工观测站点气候界限值的基础上,采用极值序列标准差的倍数作为界限值的参考订正依据^[5],结合强降水天气影响,通过分析实测情况生成气候界限值指标。

3.3 阈值界限检查

3.3.1 理论刻度范围界限值检查。 平均土壤重量含水率 W 刻度界限值范围在 0% ~ 100%,超越范围的数据判为错误(资料不可用),规则为: $0 < W < 100\%$ 正确,否则错误。

3.3.2 自动站区域极值检查。 区域极值的确定是人工观测站点气候极值的基础上,采用极值序列均方差 S 的 X 倍作为界限值的参考订正依据,形成土壤水分区域条件阈值,质量检查算法如表 1 所示。

表1 小时土壤含水率界限值、极值检查算法

方法名称	算法	质量控制码
界限	$W > 100$	$F(W) = 4$
检查	$W < 0$	$F(W) = 4$
极值	$W > W_{\max} + 5\% W_{\max} + X S_{\max} $	$F(W) = 3$
检查	$W < W_{\min} - 5\% W_{\min} - X S_{\min} $	$F(W) = 3$

4 质量控制阈值测试结果

各省自动土壤水分实时质量控制工作在探索中,初步实现了显性错误质量控制。由于所借鉴的经验少,在此质量控制阈值的确定方法主要借鉴了李志鹏等利用地面区域站资料极值序列获取自动站数据实时质控阈值经验^[5]。

根据质量控制阈值安全性确定的土壤重量含水率阈值计算模式为:极值 $\pm 5\%$ 极值 $\pm X \times$ 序列均方差;通过计算获取的质量控制阈值进行了测试检查,资料时段为 2012 年 9 月 10 日 11:00 ~ 2013 年 9 月 27 日 13:00,总记录 291 393 条。

4.1 疑误数据测试结果 计算模式中当 X 取 1,即 1 倍的偏差值时疑误数据结果与 X 取 2 即两倍的偏差值,不同深度层次相差 0.01% ~ 0.90%; $X = 3$ 时结果为 0.01% ~ 3.08% (表 2)。

4.2 错误数据测试结果 错误数据测试到一个站点 10 cm 值个别时次 $> 100\%$ 判断为错误记录,占总记录 0.006%。通过表 2 结果分析表明,选取人工观测站极值序列偏差值参加

(下转第 243 页)

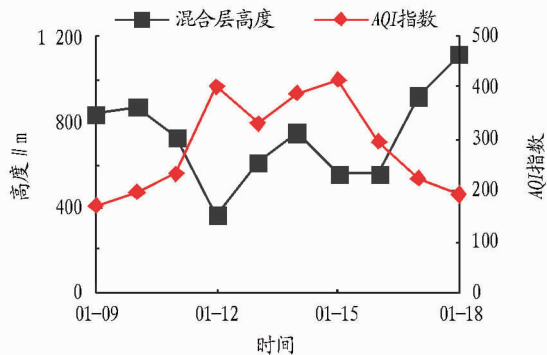


图8 2013年1月9~18日长春市混合层高度及AQI指数对比

3.6 霾与通风指数的关系 通风系数是反映大气边界层内通风情况的物理量,值越小越不利于污染物扩散。此次持续霾发生期间,长春市边界层内通风系数较小。从9~18日边界层通风系数和空气质量AQI指数对比(图9)可以看出,通风系数越小空气质量AQI指数越高,空气污染越重。9、10日边界层通风系数 $>3\ 000\ \text{m}^2/\text{s}$,AQI指数低于200;11日通风系数减小至 $2\ 500\ \text{m}^2/\text{s}$ 以下,AQI指数上升,开始出现重度污染天气;12~16日期间,通风系数均在 $3\ 000\ \text{m}^2/\text{s}$,AQI指数均高于200,特别是12和15日,通风系数很小,分别为 780 和 $1\ 116\ \text{m}^2/\text{s}$,而AQI指数分别达403和417;17日通风系数

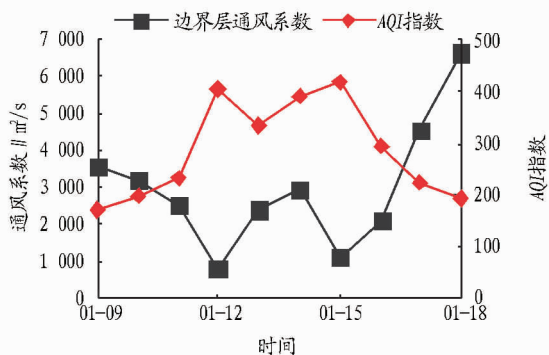


图9 2013年1月9~18日长春市通风系数及AQI指数对比图

(上接第237页)

计算阈值是可行和安全的。

表2 疑误数据占总记录百分率

深度 cm	$X_1=1$ 时 百分率//%	$X_2=2$ 时 百分率//%	$X_3=3$ 时 百分率//%	无偏差 %	X_1-X_3 时 百分率//%
10	19.06	18.28	17.83	24.50	1.23
20	6.13	6.12	6.12	9.30	0.01
30	15.16	14.18	12.08	17.00	3.08
40	11.36	11.07	10.67	12.70	0.69
50	11.35	10.73	10.14	13.10	1.21

5 小结

(1) 土壤水分自动站资料仅局限于本地应用入库前的质量控制,而上传中国气象局的资料没有进行质控。

(2) 资料随降水因子时变检查尚未考虑,土壤水分自动

增大,AQI指数开始大幅度降低,18日随着通风系数进一步增大至 $6\ 000\ \text{m}^2/\text{s}$ 以上,AQI指数下降至200以下。

4 结论

(1) 高压脊前不断有弱槽扰动,但冷空气弱,小幅度冷暖变化频繁,当高空回暖时,由于地面夜间辐射降温强,地面温度仍然较低,致使大气逆温强,逆温层厚;加之地面气压梯度小,导致持续静稳天气。持续静稳天气严重抑制了污染物的扩散,引发了持续霾天气。

(2) 混合层高度持续低于 $800\ \text{m}$,大气湍流交换能力持续偏弱,导致霾天气持续。

(3) 边界层内风速小,通风能力弱,通风系数持续 $<3\ 000\ \text{m}^2/\text{s}$,空气水平流动慢使污染物水平扩散能力差,也是导致此次霾的重要原因。

参考文献

- [1] 郝明辉. 浅谈雾霾天气形成的前期原因与防治对策[J]. 能源与环境科学,2013(2):176.
- [2] 金均,吴建,蔡菊珍,等. 杭州市灰霾天气基本特征及成因分析[J]. 环境污染与防治,2010,32(5):61-63.
- [3] 郭新彤,魏红英. 大气 $\text{PM}_{2.5}$ 对健康影响的研究进展[J]. 科学通报,2013,58(13):1171-1177.
- [4] 陈仁杰,阙海东. 雾霾污染与人体健康[J]. 自然杂志,2013,35(5):342-344.
- [5] 吴庆梅,张胜军. 一次雾霾天气过程的污染影响因子分析[J]. 气象与环境科学,2010,33(1):12-16.
- [6] 王淑英,张小玲. 北京地区 PM_{10} 污染的气象特征[J]. 应用气象学报,2002,13(S1):177-184.
- [7] 陈训来,冯业荣,王安宇,等. 珠江三角洲城市群灰霾天气主要污染物的数值研究[J]. 中山大学学报:自然科学版,2007,46(4):103-107.
- [8] 靳利梅,史军. 上海市雾霾天气气候特征分析[J]. 高原气象,2008,27(S1):138-143.
- [9] 孟庆珍,冯艺. 成都大气混合层厚度的计算和分析[J]. 成都气象学院学报,1996(1):73-81.
- [10] 赵桂香,杜莉,卫丽萍,等. 一次持续性区域雾霾天气的综合分析[J]. 干旱区研究,2011,28(5):871-878.
- [11] 王丽. 郑州市雾霾天气的低空气象要素特征分析[J]. 河南科技,2013(2):173.
- [12] 叶堤,王飞,陈德蓉. 重庆市多年大气混合层厚度变化特征及其对空气质量的影响分析[J]. 气象与环境学报,2008(4):41-44.
- [13] 杨静,李霞,李秦,等. 乌鲁木齐近30a大气稳定性和混合层高度变化特征及与空气污染的关系[J]. 干旱区地理,2011,34(5):747-752.

站无降水要素采集也是解决此问题的难点。

(3) 宁夏土壤水分自动站业务根据需求在增设安装,因此,质量控制工作同样需要根据实际情况补充完善,更需要投入业务试运行检验优化。

参考文献

- [1] 宁夏自动土壤水分观测站试运行评估报告[R]. 宁夏气象局,2012:1-7.
- [2] 自动土壤水分规范(试行)[S]. 中国气象局综合观测司,2010:1-3.
- [3] 孙林花,李仲龙,杨斌,等. 甘肃省区域站实时气象资料质量控制与问题分析[C]//第二届全国气象观测技术经验交流会文集. 北京,2012:39-44.
- [4] 国家气象局. 农业气象观测规范(上卷)[M]. 北京:气象出版社,1993:78-83.
- [5] 李志鹏,张玮,黄少平,等. 自动气象站数据实时质量控制业务软件设计与实现[J]. 气象,2012,38(3):373-375.