

# 陕西省 2016 年自动土壤水分数据质量分析

王雯燕<sup>1</sup>,唐文哲<sup>1</sup>,吴东丽<sup>2</sup>,李晓冬<sup>1</sup>,徐军昶<sup>1</sup>

(1. 西安市气象局,西安 710016;2. 中国气象局气象探测中心,北京 100081)

**摘要:**采用数据缺测检查、范围(极值)检查、数据时变检查、物理常数检查和僵尸数据检查等方法,对陕西 2016 年 53 套固定地段土壤水分观测 10~30 cm 土层的体积含水量数据进行质量控制和原因分析。结果表明:各站缺测率均小于 0.5%,最大为 0.33%,最小为 0.03%;1 h 缺测时长最多,占比为 64.4%;通信问题是短时缺测主要原因。范围检查检出数据为 0 的异常记录 131 h,主要由该层传感器故障或因连接线松动、脱落造成,没有检出小于 0 或大于 55%的记录。时变检查 10、20、30 cm 土层分别检出异常记录 41、22、26 h,其中,10 cm 土层检出率最高;突变主要是由于传感器防护管周围土壤发生龟裂或下陷。物理常数检查有 17 站发生一层或多层数据异常,其中,53735 等站三个土层全部出现异常,而且异常记录较多,异常站点随土层加深而减少。僵尸检查没有发现异常。物理常数检查异常表明这些地方的土壤结构和生态功能可能正在发生变化,需要进一步加强监测。

**关键词:**土壤水分;体积含水量;数据质量;异常

**中图分类号:**S152.7

**文献标识码:**A

土壤水分是表征地表土壤干湿程度的物理量,是政府部门进行农业生产和作物布局决策的关键指标,同时也是生态系统研究、干旱预报的重要指标。路兴花<sup>[1]</sup>、王克勤<sup>[2]</sup>、黄志刚<sup>[3]</sup>等分别开展了土壤水分对水稻、苹果、杜仲生长的影响研究;王春娟等<sup>[4]</sup>分析了宝鸡地区农田土壤水分周年变化特征及冬小麦干旱指标。土壤水分观测是气象部门较早开展的业务化运行项目之一。胡伟等<sup>[5]</sup>利用数理统计方法确定江西各站不同土层土壤水分界定质量的阈值。吴冬丽等<sup>[6]</sup>用范围检查、时变检查和持续性检查等方法对全国 2012、2013、2014 年 10 cm 层的土壤水分进行质量控制。许伟峰等<sup>[7]</sup>尝试通过分析渭南 8 个土壤水分观测站的土壤、仪器、环境误差,以期得到提高数据质量的方法和建议。准确的数据是从事科学研究的基础,对自然状态下土壤水分观测数据实施质量控制,并对异常数据产生原因进行统计分析,

为促进数据质量提高和农业气象服务提供理论指导。

## 1 资料和方法

陕西土壤水分观测站全部使用河南省气象科学研究所与中国电子科技集团公司第 27 研究所共同研制生产的 GStar-I (DZN2)型自动土壤水分观测仪,主要观测地表至 100 cm 土层深度每隔 10 cm 的不同层次土壤含水情况,获取的数据有:土壤体积含水量(SWC)、土壤相对湿度(SRH)、土壤质量含水率(SMC)、土壤有效水分贮存量(SWA)等。其中,土壤体积含水量是直接测量得到,其余三个数据是利用土壤体积含水量计算反演获得。测站布设位置根据业务需要分为两种:一是固定地段,安装在气象观测场,观测自然状态下地表土壤含水状况,全省建设 53 套;二是作物地段,安装在农业大田,用于观测农作物各个生长阶段的土壤含水量,全省建设 21 套。0~30 cm

**收稿日期:**2018-12-24

**作者简介:**王雯燕(1972—),女,汉族,陕西大荔人,硕士,高工,从事综合观测数据质量控制和应用。

**基金项目:**中国气象局农业气象保障与应用技术重点开放实验室基金(AMF201606)

土层是决定地表反照率、辐射、地表的关键层次,以 2016 年陕西省固定地段 10~30 cm 土壤体积含水量资料为对象进行质量控制和分析研究,数据来源于中国气象局统一的数据环境(CIMISS)。

质量控制方法依据土壤湿度变化规律和不同土壤类型饱和含水量的特点,采用数据缺测检查、范围(极值)检查、数据时变检查、物理常数检查和僵尸数据检查等,统计土壤水分数据存在的问题,问题数据的标准见表 1。

表 1 问题数据统计方法及具体标准

统计方法	问题数据标准
数据缺测检查	体积含水量失测 $\geq 1$ h
范围(极值)检查	体积含水量 $\leq 0$ 或 $> 55\%$
数据时变检查	适用于表层,体积含水量突降 20%
僵尸数据检查	体积含水量 5 d 不变
物理常数检查	$0 < \text{体积含水量} < \text{凋萎湿度} \times \text{容重} / 2$

## 2 结果分析

### 2.1 数据缺测检查

以 h 为单位,每站全年记录数共 8 784 h。对全省 53 个固定地段土壤水分站缺测情况进行统计发现,各站土壤水分观测数据缺测率均小于 0.5%,各站缺测情况如图 1 所示。最大为 0.33%,为 57037 站,全年缺测累计 29 h;最小为 0.03%,为 57055 站,缺测 3 h。缺测时长中,最多的是 1 h,占缺测总时长的 64.4%;其次为 2 h,占比为 26%;其余为 3 h 及以上时长缺测。

分析造成数据缺测的原因,主要有四种情况:一是设备供电系统故障,断电造成数据缺失;二是采集器故障,如采集器的接线端子松动或主机板故障;三是通讯问题,如采集器串口与电脑连线断开,采集器与传感器联系断开,或者电脑与中心站网络传输故障;四是传感器故障。其中,通信问题是短时间缺测主要原因,供电系统故障和设备传感器故障是造成较长时间缺测的主要原因。

### 2.2 范围(极值)检查

陕西土壤类型有砂质土、黏质土、壤土。以 10 cm 土壤为例,壤土最多,约占 80%;砂质土最

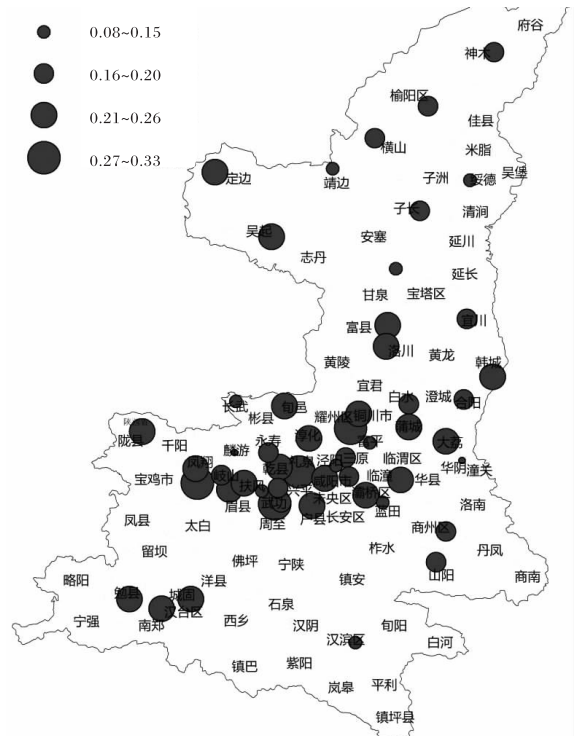


图 1 2016 年陕西 53 个固定地段 10~30 cm 土壤水分缺测率/%

少,只有三站。不同类型土壤的体积含水量不同,其中砂质土含水量最低;黏质土含水量最高,饱和含水量为 51%~55%。以土壤体积含水量 $\leq 0$  或  $> 55\%$ 作为质量控制标准,对 2016 年土壤水分小时观测数据进行范围(极值)检查,共检出数据为 0 的异常记录 131 h,详情见表 2,没有检出 $< 0$  或  $> 55\%$ 的记录。

由表 2 可知,57032 站 10 cm 层、53950 站 30 cm 层数据为 0 的记录持续时间最长,均为 26 h;其次是 57034 站 30 cm 层,有 23 h。出现这种情况主要是由该层传感器发生故障,或连接线松动、脱落造成。也有三层土壤体积含水量数据同时为 0 的情况,如 57128 等 3 站,这是由于传感器更换后继续沿用原来的标定参数,没有及时导入原配置文件或重新标定该参数导致。

### 2.3 数据时变检查

自然状态下土壤含水量具有连续性的变化特征,数据时变检查就是根据事物发展规律,利用观测数据动态变化的趋势和一致性对数据质量进行

表 2 2016 年陕西

土层深度/cm	区站号	日期	发生时间	累计时间/h
10	57029	1月17日	17:00	1
	57041	3月9日	03:00—09:00	6
	57128	6月27日—28日	18:00—次日08:00	13
	57032	6月29日—30日	02:00—次日03:00	26
	53931	9月18日	01:00	1
20	57029	1月17日	17:00	1
	57128	6月27日—28日	18:00—次日08:00	13
	53931	9月18日	01:00	1
30	57029	1月17日	17:00	1
	57034	6月11日—12日	11:00—次日09:00	23
	53950	6月2日	05:00	1
	53950	6月23日—24日	00:00—次日01:00	26
	57128	6月27日—28日	18:00—次日08:00	13
	53931	9月16日	18:00—19:00	2
	53931	9月17日	08:00、10:00	2
	53931	9月18日	01:00	1

研判的一种统计学方法。影响土壤含水量变化的主要天气过程有降雨和干旱,不同量级的降水对土壤含水量影响不同,持续性强降水会造成土壤表层水分数据增大,但变化规律较难把握,因此,时变检查以观测较为平稳的突降序列作为量化指标,规定体积含水量小时观测数据突降 20% 作为检测异常记录的标准。2016 年 10、20、30 cm 土层检出异常记录分别为 41、22、26 h,小时突降率最大值出现在 20 cm 层。

突降通常是由于传感器防护管周围的土壤发生龟裂或下陷,导致传感器防护管与土壤之间产生缝隙,缝隙的大小、深度和长度的发展影响着不同土层观测数据的变化。异常记录中,单层突降 10 cm 层检出率最高,这是由于 10 cm 层靠近地表,受天气影响较大,故而检出时次较多。任意两相邻土层同时检出异常记录 10 h,占比 22.5%,多为更换故障传感器引起。10~30 cm 层同时检出异常 9 h,占比 30%。其中,53725 站 7 月 25 日 02 时,3 个土层小时突降率均较大,分别为 75%、70%、73%,说明观测设备和土壤裂隙自表层开始,裂隙向下延伸,影响至更深

土层观测数据。

#### 2.4 物理常数检查

土壤的物理变化包括土壤结构、容重、水分状况等物理性质的变化<sup>[8]</sup>,凋萎湿度和容重是反映土壤性质的重要物理常数,利用这两个典型常数计算值作为物理检查的标准,即

$$\text{物理常数} = \text{凋萎湿度} \times \text{容重} / 2. \quad (1)$$

土壤体积含水量小于物理常数即定义为异常。物理常数检查结果如表 3 所示。由表 3 可以看出,53 站中共有 17 站检出异常。其中,单层异常的台站最多,也有台站出现两层甚至三层异常。如 57030、57143、53735 等三站,不但三层全部检出异常,并且异常记录较多,53735 站异常记录累计达到 11 348 h,57143 站为 8 630 h。各层中,10 cm 层有 11 站记录异常,20 cm 层有 8 站,30 cm 层有 6 站,异常站点数随着土层加深而减少。

#### 2.5 僵尸数据检查

土壤体积含水量监测值连续 5 d 没有发生变化称之为僵尸数据,2016 年数据质量控制没有发现此类问题。

表 3 2016 年陕西固定地段物理常

区站号	台站 0~30 cm 异常记录累计时间 h		
	10 cm	20 cm	30 cm
53845	231	—	—
57033	3 141	—	—
53748	1 183	—	—
57031	1 935	792	—
57030	1 595	563	607
57143	4 578	2 060	1 992
57043	431	—	—
53740	514	—	—
53735	5 744	5 582	22
57055	500	—	—
53948	267	—	—
53646	—	205	—
57033	—	839	—
53942	—	1 008	—
57038	—	2 315	4
53651	—	—	115
57022	—	—	3 861

### 3 结论与讨论

(1)2016 年土壤水分观测数据全年缺测率均小于 0.5%，最大为 0.33%，最小为 0.04%；1 h 缺测时长最多，占比为 64.4%。通信问题是短时缺测主要原因，供电系统或设备传感器故障是造成较长时间缺测的主要原因。

(2)范围(极值)检查检出土壤体积含水量为 0 的异常记录 131 h，主要由传感器故障，或连接线松动、脱落造成。没有检出土壤体积含水量小于 0 或大于 55%的记录。

(3)数据时变检查 10、20、30 cm 土层，分别检出异常记录 41、22、26 h，其中，10 cm 土层检出率最高；突变主要是由于传感器防护管周围土壤发生龟裂或下陷。

据异常；53735 等站三个土层全部异常，且异常记录较多；异常站点随土层加深而减少。僵尸数据检查未发现异常。

(5)所用质控方法中，数据缺测、范围极值、数据时变和僵尸检查等操作较为简单，台站实时监控易于实施，异常记录容易得到及时处理；物理常数检查很少使用，但非常重要。近年来，由于人类生产活动的影响，有些地方的土壤结构和生态功能发生了变化，物理常数异常的台站需要进一步加强土壤水分监测，同时结合其他数据深入分析研究，为地方作物布局和农业生产提供科学依据。

#### 参考文献：

- [1] 路兴花,吴良欢,庞林江. 不同土壤水分含量对水稻水分利用特征的影响[J]. 中国水稻科学,2009, 23(2):186-190.
- [2] 王克勤,王斌瑞. 土壤水分对金矮生苹果光合速率的影响[J]. 生态学报,2002, 22(2):206-214.
- [3] 黄志刚,李峰瑞,曹云,等. 南方红壤丘陵区杜仲人工林土壤水分动态[J]. 应用气象学报,2007,18 (9): 1937-1944.
- [4] 王春娟,张义芳,李建军. 宝鸡地区农田土壤水分周年变化特征及冬小麦干旱指标[J]. 陕西气象, 2010(1):22-25.
- [5] 胡伟,熊凌云,熊雄,等. 自动土壤水分数据质量控制中的阈值确定[J]. 气象水文海洋仪器,2012(3): 14-16.
- [6] 吴东丽,曹婷婷,薛红喜. 自动土壤水分观测数据质量控制方法及其应用[J]. 土壤科学,2016, 4 (1): 1-10.
- [7] 许伟峰,尹贞铃,张丽娟,等. GStar-I 型自动土壤水分仪误差原因分析[J]. 陕西气象,2015 (4): 42-45.
- [8] 秦钟,周兆德. 土壤物理性质变化简析[J]. 海南大学学报(自然科学版),2002, 20(4):379-385.