

乌江流域不同观测站面雨量一致性检验和差异分析

邢博^{1,2} 姚智¹ 赵鲁强³ 龚淑娟¹

(1 中国气象局华风气象传媒集团有限责任公司, 北京 100081; 2 中国地质环境监测院, 北京 100081;

3 中国气象局公共气象服务中心, 北京 100081)

摘要: 利用乌江流域国家级地面气象观测站(国家站)、区域自动气象观测站(自动站)、水利行业水文雨量站(雨量站)2015—2017年汛期逐日观测降水量资料,用泰森多边形法计算得到3种观测站面雨量,定量分析三者的一致性和差异,并基于分析结果建立了3种观测站面雨量之间差异阈值库。结果显示:3种观测站面雨量总体变化趋势基本一致,自动站面雨量与国家站面雨量的相关性最好,雨量站面雨量与国家站面雨量的相关性次之,自动站面雨量与雨量站面雨量的相关性略差。对于无降水和小雨量级,自动站更倾向于出现小雨;对于中雨和大雨量级,国家站更倾向于出现中雨。对于小雨、中雨、大雨3个量级,3种观测站的观测资料计算得到的面雨量在5—6月和9—10月占比一致,在7—8月占比有所差异;而在暴雨量级上,3种观测站面雨量在9—10月的占比分布一致,在5—8月的占比有各自特征。研究结果为不同测站面雨量的研究和应用提供参考。

关键词: 面雨量, 相关关系, 差异, 国家级地面气象观测站, 区域自动气象观测站, 水利行业水文雨量站, 乌江流域, 阈值库

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2022.03.008

Consistency Check and Variation Analysis of Area Rainfall among Different Kinds of Observation Stations in WuJiang River Basin

Xing Bo^{1,2}, Yao Zhi¹, Zhao Luqiang³, Gong Shujuan¹

(1 Huafeng Meteorological Media Group, Beijing 100081 2 China Institute of Geo-Environment Monitoring, Beijing 100081

3 China Meteorological Administration Public Meteorological Service Centre, Beijing 100081)

Abstract: Based on daily precipitation observation data from national surface meteorological observation stations, regional automatic meteorological observation stations and rainfall stations for water conservancy industry in flood season from 2015 to 2017, three kinds of area rainfall for different observation stations are calculated in Thiessen polygon method. Area rainfall_N, area rainfall_A and area rainfall_R are short for area rainfall calculated from national surface meteorological observation stations, regional automatic meteorological observation stations and rainfall stations for water conservancy industry data in following abstract. This paper quantitatively analyzes consistency and variation among above three kinds of area rainfall data. Finally, threshold databases among above three kinds of area rainfall data are found. The results show that the general trends of three kinds of area rainfall data in the range of time are consistent. Area rainfall_A strongly correlates with area rainfall_N. Area rainfall_R moderately correlates with area rainfall_N. Area rainfall_A relatively weakly correlates with area rainfall_R. There are less none rain and more light rain for area rainfall_A, and more moderate rain and less heavy rain for area rainfall_N. The respective proportion of light rain, moderate rain and heavy rain for three kinds of area rainfall data are identical from May to July and from September to October, and different from June to August. The proportions of torrential rain for three kinds of area rainfall data are identical from September to October, and have own characteristics from May to August. The results give reference for research and application based on different observation station area rainfall.

Keywords: area rainfall, correlation, variation, national surface meteorological observation station, regional automatic meteorological observation station, rainfall station for water conservancy industry, Wujiang River basin, threshold database

收稿日期: 2021年1月22日; 修回日期: 2021年4月25日

第一作者: 邢博(1987—), Email: xbxfr@163.com

通信作者: 姚智(1969—), Email: yao-zhi@163.com

资助信息: 国家重点研发计划(2018YFC1505503-1); 国铁集团科技研究开发计划重点课题(N2021T006, N2021G002); 2019—2020年度三峡气象信息和预报服务(2019ZY0013); 区域电站气象预报服务委托(2020ZY0023)

0 引言

降水量是气象部门和水文部门重要的观测要素之一, 存在较强的空间异质性^[1]。面雨量是针对特定流域计算出来的降水量, 为水文学上一个重要参量^[2]。面雨量对于流域水资源管理、洪水预报以及防洪抗旱指挥工作至关重要, 是紧密联系气象和水文两大领域研究和应用的纽带。对于面雨量的获取一般有两种方

式：利用常规资料（站点观测降水量）估算面雨量和利用非常规资料（卫星、雷达）估算面雨量^[3]。利用站点观测降水量估算面雨量方法直观简单、计算量小、可自动化运行，目前广泛应用于气象、水文业务中。而利用卫星、雷达等非常规资料估算面雨量是按一定的关系式换算的结果来间接估算面雨量，与站点观测降水量相比有较大出入，因此在使用时仍要与传统的常规观测数据相结合并经过校正后才能使用。

气象部门对于降水量的观测有国家级地面气象观测站和区域自动气象观测站。国家级地面气象观测站包括国家基准气候站、国家基本气象站和国家一般气象站。区域自动气象观测站是在国家级观测站布局的基础上，根据中小尺度灾害性天气预警、大中城市、特殊地区和专属经济区的气象和环境预报服务的需要而建设的观测站^[4]。除气象观测站网以外，水利行业观测站网也对降水量进行观测，基本水文测站中的水文雨量站主要测降水量。

除了气象观测站和水文观测站可以获取降水量信息外，随着航天技术和通信技术的发展，卫星雷达的反演资料也被用来估算降水。所以，不同的数据源得到或计算出的降水量有所差异。近些年，已有学者对不同降水观测源的降水资料差异进行分析。余敏^[5]、赵洪岩等^[6]、马辉等^[7]对称重式雨量计、翻斗式雨量计、虹吸式雨量计等不同雨量设备所测降水量结果进行差异对比和误差分析；李力等^[8]对Parsivel降水粒子谱仪与观测站雨量资料进行对比分析；李雁等^[9]按不同降水量级，确立了天气雷达组网与国家级气象站两类设备降水观测差值的阈值参数，建立了天气雷达与地面自动气象站降水观测结果的一致性实时校验技术。罗布坚参等^[10]和刘鹏等^[11]分别对西藏高原测站降水、中国南部台站雨量计观测降水与TRMM上搭载的测雨雷达估测降水的一致性和气候分布异同进行评估。刘涛等^[12]通过SPSS软件和数据极值延续性分析，将新旧型两套自动气象站的降水等气象要素资料进行了数据的一致性研究。杨旭等^[13]以国家气象信息中心发布的日降水数据作为基准，采用评价卫星降水数据精度的方法，对三峡集团的遥测雨量站日降水数据进行评价。杨庆等^[14]对比分析了新疆地区气象站和水文站的降水资料。

为了了解由国家级地面气象观测站、区域自动气象观测站、水文观测站网3种测站观测的降水量数据计算得到的面雨量之间的差异，本文选取乌江流域为研究区域，从面雨量的日尺度和月尺度方面，分析不同面雨量等级的时间分布特征，最终建立了3种观

测站网降水观测资料计算得到的面雨量差异阈值参数库，为由不同观测站网的降水观测资料计算得到的面雨量的一致性研究和应用提供参考。

1 研究区域与数据资料

1.1 研究区域

本文所选研究区域为长江上游南岸最大的支流、典型的山区流域——乌江流域^[15]。乌江流域跨贵州省北部和西部、重庆东南部以及湖北西南部，以西安1980坐标系投影计算（下同），乌江流域面积87739 km²，约占贵州面积的1/3、重庆面积的1/4以及湖北面积的不到1/10（图1）。乌江中游至下游有3个主要支流，分别为龙河、芙蓉江和郁江。龙河发源于鄂渝交界处，集水面积为2842 km²；芙蓉江是乌江下游左岸的大支流，集水面积约8087 km²；郁江是乌江下游右岸最大的一级支流，集水面积约为4715 km²。由于乌江流域山区地形特殊，洪涝灾害频发，严重威胁着流域沿线电站电网的正常运行和人民群众的生命财产安全。

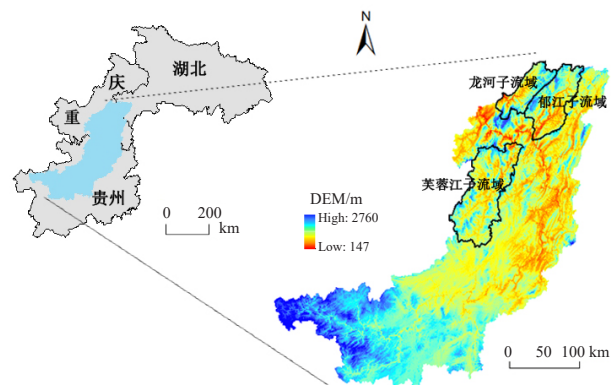


图1 乌江流域DEM

Fig. 1 DEM map of Wujiang River basin

1.2 数据资料

本文所使用的降水数据来自乌江流域内的以下观测站网：国家级地面气象观测站（以下简称“国家站”）46个、区域自动气象观测站（以下简称“自动站”）840个、水文观测站网中的雨量站（以下简称“雨量站”）270个，3种观测站网每个站的控制面积分别约为1907 km²、104 km²、325 km²，3种观测站网在乌江流域的空间分布如图2所示。乌江流域中游至下游3个子流域内各自分布的3种观测站点数量如表1所示。选取时间段为2015—2017年汛期（5月1日—10月31日）。国家站的降水量为24 h降水观测值；自动站的降水量采用逐小时降水观测值累加成为24 h累计降水量；雨量站的降水量采用逐3 h降水观测值累加成为

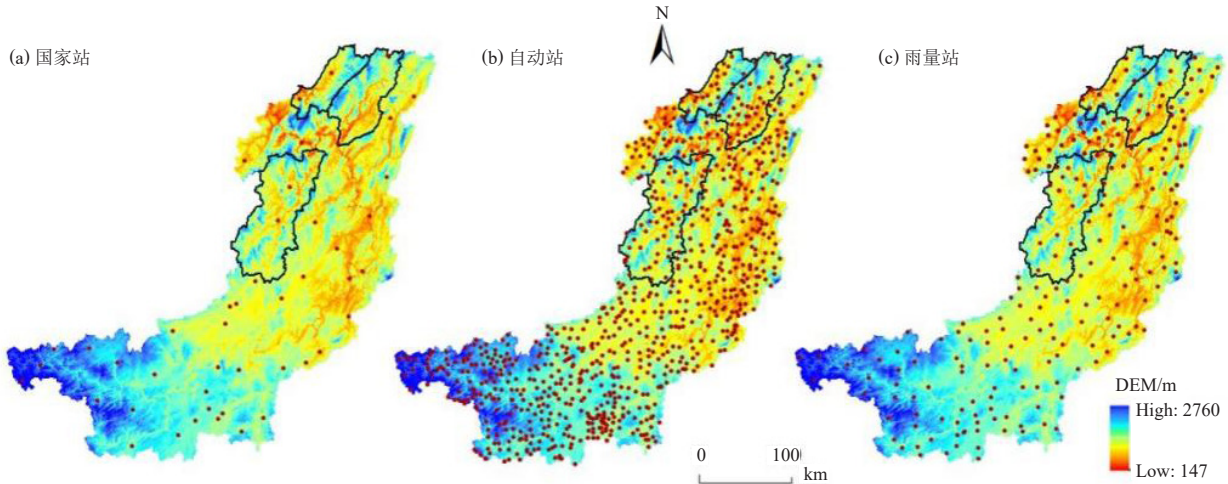


图2 乌江流域观测站分布

Fig. 2 Observation stations distribution in Wujiang River basin

24 h累计降水量。在3种观测站网各观测站24 h（每日08时至次日08时）累计降水量的基础上，均采用泰森多边形法^[16-19]计算流域面雨量，面雨量等级划分^[20]如表2。

表1 子流域内3种观测站点情况表

Table 1 Sub-basin observation stations distribution

子流域	国家站数量	自动站数量	雨量站数量
龙河子流域	2	21	16
芙蓉江子流域	2	56	17
郁江子流域	2	37	21

表2 江河流域面雨量等级划分表

Table 2 Area rainfall grades for river basin

江河流域面雨量等级	12 h面雨量值/mm	24 h面雨量值/mm
小雨	0.1~2.9	0.1~5.9
中雨	3.0~9.9	6.0~14.9
大雨	10.0~19.9	15.0~29.9
暴雨	20.0~39.9	30.0~59.9
大暴雨	40.0~80.0	60.0~150.0
特大暴雨	>80.0	>150.0

1.3 评价方法

1.3.1 差异评价方法

采用定量指标评价方法评价流域面雨量的差异，计算方法如下：

$$E_i = OBS2_i - OBS1_i, i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

$$AE_i = |OBS2_i - OBS1_i|, i = 1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

$$ME = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{n}, \quad (3)$$

$$MAE = \sum_{i=1}^n \frac{AE_i}{n}, \quad (4)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (OBS1_i - \overline{OBS1})(OBS2_i - \overline{OBS2})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (OBS1_i - \overline{OBS1})^2 \sum_{i=1}^n (OBS2_i - \overline{OBS2})^2}}. \quad (5)$$

其中： $OBS1_i$ 和 $OBS2_i$ 分别表示流域第*i*日两种观测站的面雨量（以下简称为“XXX面雨量”，如：国家站面雨量）， $OBS2_i$ 站数据以 $OBS1_i$ 站数据为基准做比较； $\overline{OBS1}$ 表示面雨量的均值。 E_i 是误差（error, E），本研究中，3种数据均为实况观测资料，在经过质量控制的前提下，使用时不存在对错与否，所以本研究中不以误差来描述，均称为差异，其他变量同理； AE_i 是绝对差异（absolute error, AE）， ME 是平均差异（mean error, ME）， MAE 是绝对平均差异（mean absolute error, MAE）， R^2 是相关系数。其中， ME 反映了两种观测站面雨量数据的差异大小； MAE 反映了两种观测站面雨量数据的平均绝对差异大小； R^2 反映了两种观测站面雨量数据的相关程度。

1.3.2 阈值评价方法

李雁等^[9]验证了3倍标准差法对于检验降水观测结果的准确性和可靠性，所以本研究采用3倍标准差法来建立3种观测站面雨量之间差异的阈值参数库。标准差*s*的计算方法如公式（6）。

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (AE_i - MAE)^2}. \quad (6)$$

2 结果分析

2.1 日尺度面雨量相关性

在日尺度上，3种观测站面雨量总体变化趋势一致（图3），但年均值大小具有年际差异（表3）：2015年，面雨量年均值最大为国家站（4.20 mm），最小为

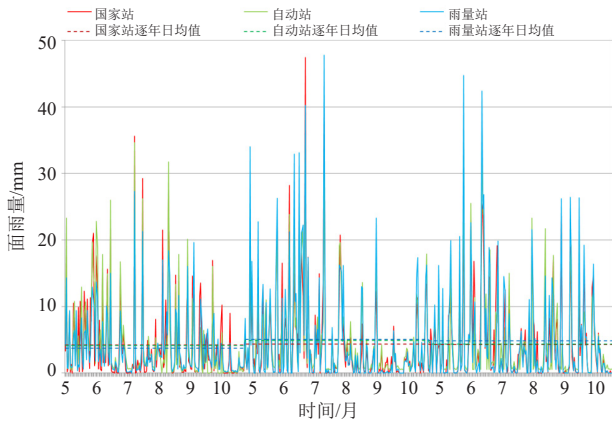


图3 2015—2017年汛期面雨量日变化

Fig. 3 Daily area rainfall during flood season from 2015 to 2017

表3 不同观测站逐年日均面雨量 (单位: mm)

Table 3 Daily mean area rainfall for different observation stations year by year (unit: mm)

时间	国家站	自动站	雨量站
2015	4.20	4.11	3.68
2016	4.35	4.86	5.00
2017	4.29	4.30	4.82
3年平均	4.28	4.42	4.50

雨量站 (3.68 mm); 2016年, 面雨量年均值最大为雨量站 (5.00 mm), 最小为国家站 (4.35 mm); 2017年, 面雨量年均值最大为雨量站 (4.82 mm), 国家站和自动站面雨量年均值相差甚小 (分别为4.29 mm和4.30 mm)。日尺度面雨量相关关系中 (图4), 3种观测站面雨量之间的相关性相差不大, 呈现自动站与国家站的相关性 ($R^2=0.7725$) > 雨量站与国家站的相关性 ($R^2=0.7685$) > 自动站与雨量站的相关性 ($R^2=0.7613$)。自动站与国家站的平均差异 ($ME=0.15$) 居中, 平均绝对差异 ($MAE=1.79$) 最小; 雨量站与国家站的平均差异 ($ME=0.23$) 最大, 平均绝对差异 ($MAE=1.87$) 居中。自动站与雨量站的平均差异 ($ME=-0.08$) 最小, 平均绝对差异 ($MAE=1.89$) 最大。

对于平均差异的月变化, 5—6月, 自动站与雨量站平均差异较小, 8—10月, 自动站与国家站平均差异较小 (图5a)。对于平均绝对差异的月变化, 任何两种观测站的平均绝对差异最大值均出现在6月, 最小值出现在10月, 次小值出现在7月 (图5b)。任何两种观测站平均绝对差异在5月、7月和10月较为接近, 在9月差别略大。从整个汛期来看, 5—7月, 自动站与国家站的平均绝对差异、自动站与雨量站的平均绝对差异二者较为接近; 7—10月, 自动站与国家站的平均绝对差异、雨量站与国家站的平均绝对差异二者较为接近 (表4)。

不同测站间面雨量的相关性具有区域差异, 对

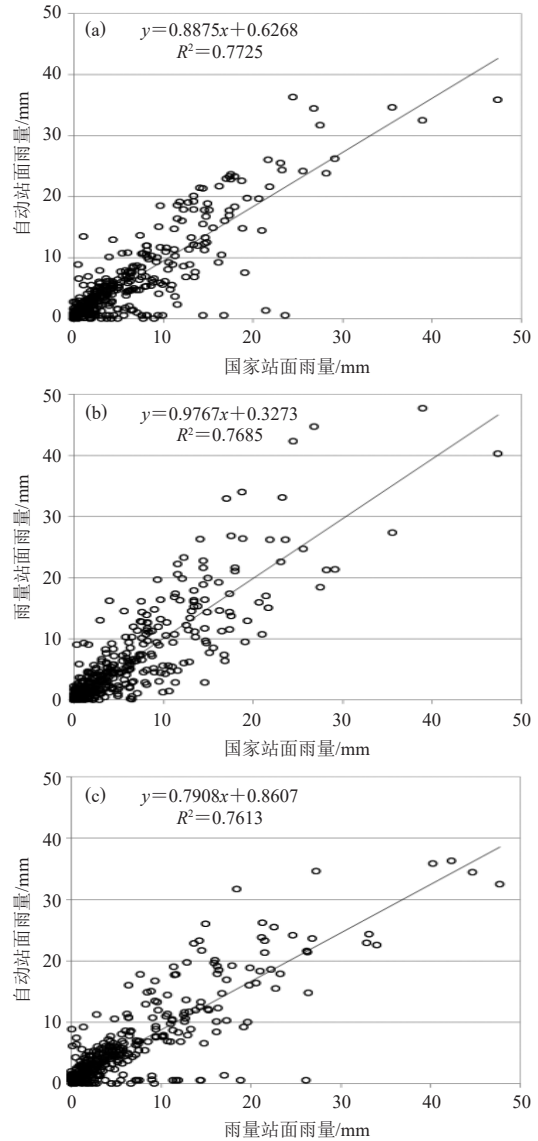


图4 不同观测站日尺度面雨量相关关系

Fig. 4 Relationship among daily area rainfall from different observation stations

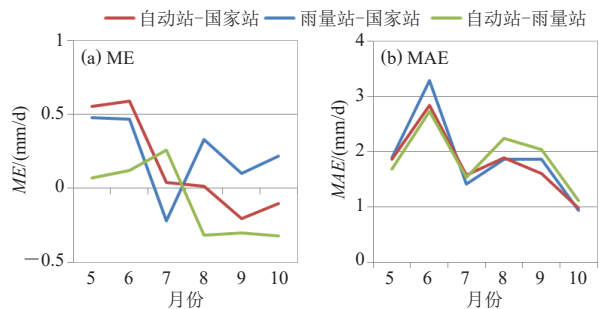


图5 ME和MAE的月变化

Fig. 5 Monthly change of ME and MAE

比日尺度自动站面雨量和国家站面雨量的相关性 (图6) 可以发现, 芙蓉江子流域自动站和国家站相关性 ($R^2=0.8109$) 要高于全流域自动站和国家站的相关

表4 面雨量差异值的月变化
Table 4 Monthly change of area rainfall variation

月份	n	ME/mm			MAE/mm		
		自动站- 国家站	雨量站- 国家站	自动站- 雨量站	自动站- 国家站	雨量站- 国家站	自动站- 雨量站
5	88	0.55	0.48	0.07	1.86	1.89	1.69
6	90	0.59	0.47	0.12	2.84	3.29	2.73
7	93	0.04	-0.22	0.26	1.57	1.41	1.53
8	93	0.01	0.33	-0.32	1.89	1.87	2.24
9	90	-0.20	0.10	-0.30	1.60	1.87	2.04
10	93	-0.10	0.22	-0.32	0.98	0.93	1.12

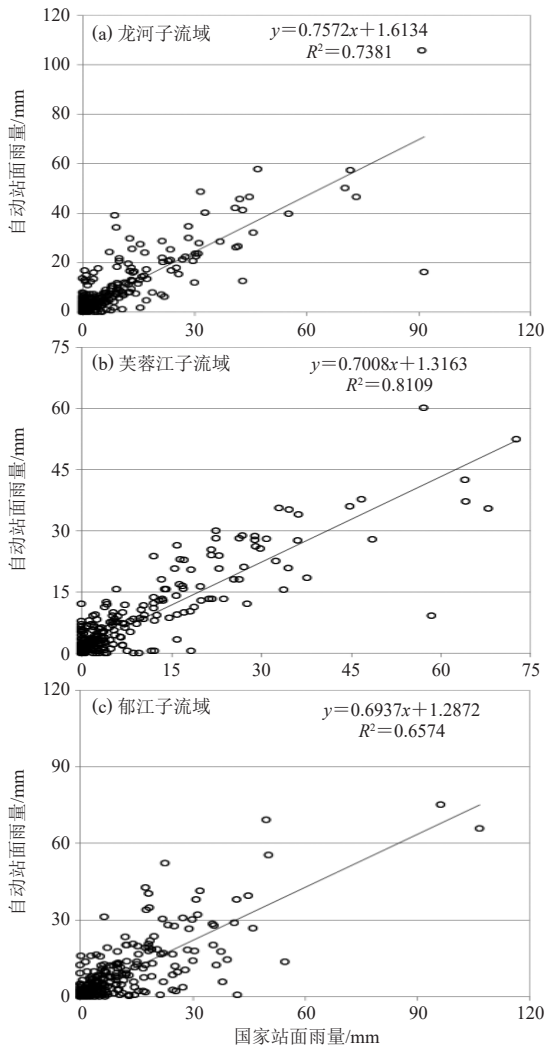


图6 不同流域自动站和国家站日尺度面雨量相关关系
Fig. 6 Relationship between daily area rainfall from national weather observation stations and automatic observation stations in different sub-basins

性($R^2=0.7725$), 平均差异 ($ME=0.39$) 和平均绝对差异 ($MAE=2.31$) 高于全流域 ($ME=0.15$, $MAE=1.79$); 对于龙河子流域 ($R^2=0.7381$) 和郁江子流域 ($R^2=0.6574$), 自动站和国家站的相关性低于全流域的自动站和国家站的相关性; 龙河子流域自动站和国家

站的平均差异 ($ME=0.07$) 低于全流域, 平均绝对差异 ($MAE=2.80$) 高于全流域; 郁江子流域自动站和国家站的平均差异 ($ME=0.77$) 和平均绝对差异 ($MAE=3.29$) 均高于全流域。

2.2 月尺度面雨量相关性

在月尺度上, 3种观测站面雨量总体变化趋势一致且数值接近(图7), 每年汛期的月累计面雨量最大值均出现在6月, 2015年和2017年月累计面雨量最小值均出现在10月, 2016年出现在9月。年均值有所差异: 2015年汛期, 国家站平均月累计面雨量最大(125.42), 自动站次之(122.52), 雨量站最小(109.90); 2016年和2017年汛期, 雨量站平均月累计面雨量最大(分别为153.20和147.86), 自动站次之(分别为148.95和132.00), 国家站最小(分别为133.27和131.55)。3种观测站月累计面雨量之间的相关性相差不大(图8), 相比较而言, 雨量站与国家站的相关性最高($R^2=0.8992$), 自动站与国家站的相关性次之($R^2=0.8822$), 自动站与雨量站的相关性略低($R^2=0.8222$)。差异性上, 自动站与国家站的平均差异 ($ME=6.91$) 最大, 平均绝对差异 ($MAE=18.32$) 居中; 雨量站与国家站的平均差异 ($ME=4.41$) 居中, 平均绝对差异 ($MAE=17.39$) 最小; 自动站与雨量站的平均差异 ($ME=-2.50$) 最小, 平均绝对差异 ($MAE=22.00$) 最大。

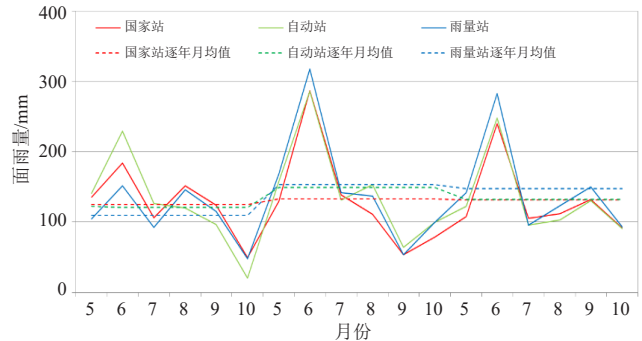


图7 2015—2017汛期月累计面雨量变化
Fig. 7 Monthly area rainfall during flood season from 2015 to 2017

由日尺度扩展到月尺度时, 3种观测站面雨量相互之间的相关性均有所提高: 相比较而言, 雨量站与国家站相关性提高幅度最大(0.1307), 自动站与国家站相关性提高幅度次之(0.1097), 自动站与雨量站相关性提高幅度略小(0.0609)。自动站和雨量站的平均差异在日尺度和月尺度上均为最小, 二者的平均绝对差异在日尺度和月尺度上均为最大。

不同测站间月累计面雨量的相关性也具有区域差

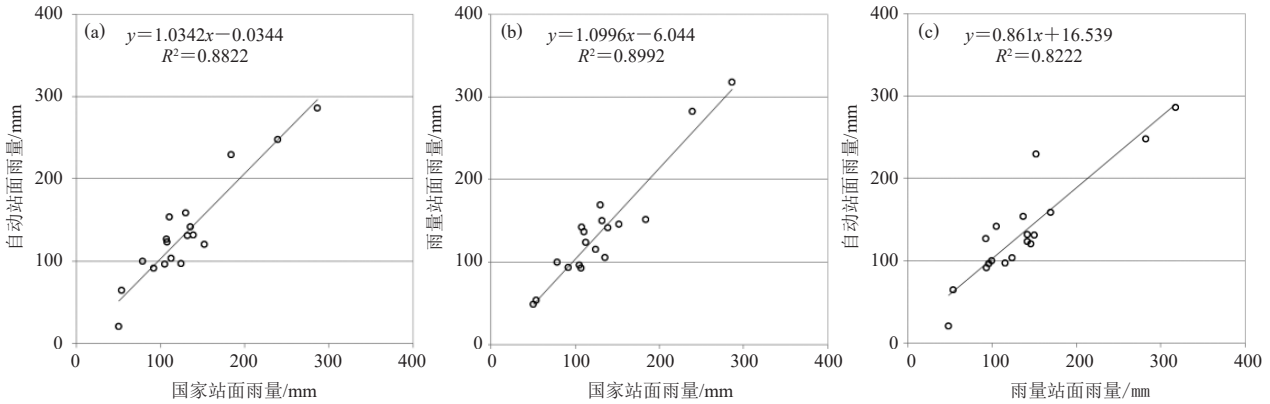


图8 不同观测站月尺度面雨量相关关系

Fig. 8 Relationship among monthly area rainfall from different observation stations

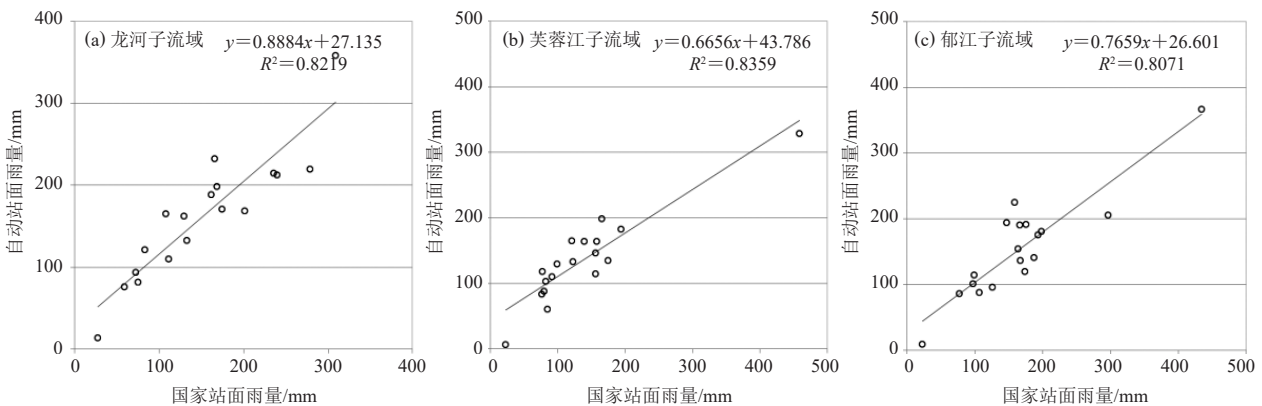


图9 不同子流域自动站和国家站月尺度面雨量相关关系

Fig. 9 Relationship between monthly area rainfall from national weather observation stations and automatic observation stations in different basins

异(图9)。3个子流域自动站和国家站相关性均低于全流域自动站和国家站相关性。平均差异上,芙蓉江子流域的自动站和国家站平均差异($ME=1.86$)小于全流域($ME=6.91$);龙河子流域($ME=-10.18$)和郁江子流域($ME=12.28$)自动站和国家站平均差异高于全流域。绝对平均差异上,3个子流域的自动站和国家站均高于全流域。

由日尺度扩展到月尺度时,3个子流域自动站和国家站的相关性均有所提高。相比较而言,月尺度上,郁江子流域自动站与国家站相关性提高幅度最大(0.1497),龙河子流域自动站与国家站相关性提高幅度次之(0.0832),芙蓉江子流域自动站与国家站相关性提高幅度略小(0.0250)。

2.3 面雨量量级分析

对于无降水和小雨量级,国家站和雨量站相当;与国家站和雨量站相比,自动站观测得到的无降水较少(2.93%),而小雨相对较多(74.41%)。对于中雨和大雨量级,自动站和雨量站相当,国家站在中雨量级上相对较多,在大雨量级上相对较少。在暴雨量级

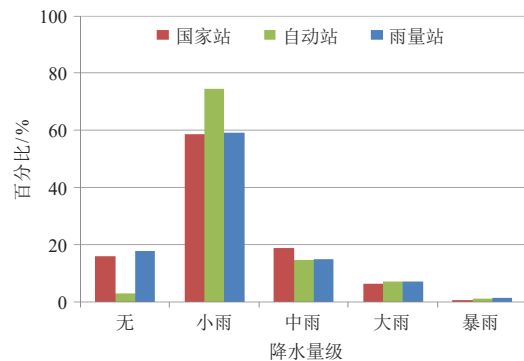


图10 不同观测站面雨量量级分布

Fig. 10 Distribution graph of area rainfall grades from different observation stations

上,国家站相对较少、自动站居中,雨量站相对较多(图10)。换言之,对于无降水和小雨量级,自动站更倾向于出现小雨。对于中雨和大雨量级,国家站更倾向于出现中雨。

2.4 不同面雨量量级在各月的占比分布

对于无降水量级,国家站和雨量站在各月份的占比分布基本一致,自动站与上述二者差异较大。对于

小雨量级, 3种观测站在各月份的占比基本一致, 均为6月出现小雨量级最少, 5月次少; 但出现小雨量级最多的月份略有差异, 国家站8月出现小雨量级最多, 自动站7月出现小雨量级最多, 雨量站10月出现小雨量级最多。对于中雨量级, 3种观测站在各月份的占比基本一致, 均为6月出现中雨量级最多, 5月次多(自动站5月和6月持平), 9月或10月最少。对于大雨量级, 3种观测站在各月的占比分布较为一致, 均为6月出现大雨量级最多, 8月或9月次多(雨量站8月和9月持平), 10月出现大雨量级最少(雨量站7月和10月持平, 均为最少); 对于暴雨量级, 3种观测站在各月的占比分布有所差异: 国家站暴雨量级出现在6月和7月, 其中7月最多; 自动站面雨量暴雨量级6—8月, 6月最多, 8月最少; 雨量站暴雨量级出现在5—7月, 其中6月最多, 5月和7月持平; 3种观测站的暴雨量级均未出现在9月和10月(图11)。

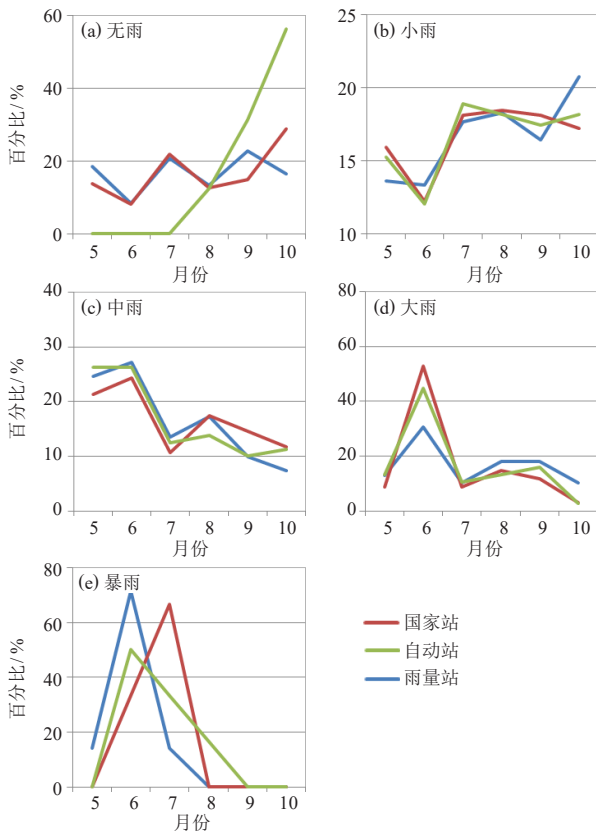


图11 不同观测站各面雨量量级在各月的占比分布

Fig. 11 The respective proportion of area rainfall grades from different observation stations in each month

2.5 各测站面雨量差异阈值参数库

表5显示了自动站与国家站各月面雨量差值序列的标准差, 利用3倍标准差法建立小雨、中雨、大雨、暴雨共4个面雨量量级逐月的阈值参数库。同理表6、

表5 自动站-国家站面雨量差异阈值库
Table 5 Variation threshold database between automatic weather observation station and national weather observation station

月份	小雨		中雨		大雨		暴雨	
	标准差	阈值	标准差	阈值	标准差	阈值	标准差	阈值
5月	1.82	5.47	2.36	7.09	1.21	3.64	/	/
6月	2.26	6.77	3.40	10.21	4.27	12.82	/	/
7月	1.04	3.13	1.88	5.64	5.82	17.47	3.89	11.67
8月	1.14	3.41	2.68	8.03	7.45	22.35	/	/
9月	0.76	2.27	2.65	7.96	10.80	32.39	/	/
10月	0.63	1.90	2.89	8.67	/	/	/	/

表6 雨量站-国家站面雨量差异阈值库
Table 6 Variation threshold database between rainfall station and national weather observation station

月份	小雨		中雨		大雨		暴雨	
	标准差	阈值	标准差	阈值	标准差	阈值	标准差	阈值
5月	1.93	5.80	3.02	9.07	6.52	19.56	/	/
6月	1.56	4.69	2.57	7.71	5.10	15.31	/	/
7月	1.32	3.96	3.23	9.69	5.10	15.30	0.31	0.93
8月	0.40	1.21	2.05	6.15	2.72	8.15	/	/
9月	1.15	3.45	4.16	12.48	3.31	9.93	/	/
10月	1.27	3.81	2.44	7.33	/	/	/	/

表7 自动站-雨量站面雨量差异阈值库
Table 7 Variation threshold database between automatic weather observation station and rainfall station

月份	小雨		中雨		大雨		暴雨	
	标准差	阈值	标准差	阈值	标准差	阈值	标准差	阈值
5月	0.86	2.58	3.11	9.34	2.60	7.79	/	/
6月	1.27	3.80	2.85	8.56	5.11	15.34	2.56	7.69
7月	1.23	3.70	3.80	11.41	2.86	8.59	/	/
8月	0.83	2.48	3.82	11.46	5.58	16.73	/	/
9月	1.80	5.42	3.02	9.05	8.15	24.44	/	/
10月	1.00	3.01	3.07	9.20	3.61	10.84	/	/

表7分别是雨量站与国家站、自动站与雨量站各月的面雨量差值序列的标准差以及据此建立的4个面雨量量级逐月的阈值参数库。由于暴雨量级的面雨量出现次数有限, 如若数据稀缺, 暂不提供阈值参数, 表中以缺省(/)表示。

3 结论与讨论

本文将国家站、自动站、雨量站实况观测降水按泰森多边形法计算成面雨量, 通过分析3种观测站面雨量的一致性和差异可知:

1) 无论是日尺度还是月尺度, 3种观测站面雨量总体变化趋势基本一致, 自动站与国家站相关性最高, 雨量站与国家站相关性次之, 自动站与雨量站相关性略差。自动站与雨量站的平均差异最小, 平均

绝对差异均为最大。不同观测站点雨量之间存在差异,是因为不同观测体系站点的稀疏程度不同和布设规律不同:气象地面观测站设在能较好地反映本地较大范围的气象要素特点的地方,避免局部地形的影响^[4, 21]。而水文测站多分布在山沟河网一带的降水增幅地区,降水量观测会出现偏大的现象,其布设反映流域雨情和水情的变化^[22],对洪水预报起到一定的预警作用^[23]。

2) 对于不同的流域,当流域的地势较平缓时,自动站和国家站的相关性较好;当流域上下游落差较大时,自动站和国家站的相关性略差。乌江流域地形特殊,属于山区流域,3个子流域中,龙河子流域和郁江子流域的上下游落差大,而芙蓉江子流域相对地势平缓。有研究^[24]发现,对于山区水系,当局地出现短时强降水时,国家站雨量相对高密度站网面雨量的误差高达10倍以上。这也正是芙蓉江子流域自动站和国家站相关性高于龙河子流域、郁江子流域、乌江全流域的重要原因。

3) 对于无降水和小雨量级,自动站更倾向于出现小雨。对于中雨和大雨量级,国家站更倾向于出现中雨。对于小雨、中雨、大雨3个量级,3种观测站雨量在5—6月和9—10月占比较为一致,在资料的选取和应用上,可选择性较大;在7—8月占比有所差异,在资料的选取和应用上要进行对比和校正。而在暴雨量级上,3种观测站雨量在9—10月的占比分布一致,在5—8月的占比有各自特征,在资料的选取和应用上需加以甄别和侧重。

4) 国家站建站较早,大部分可追溯到1951年,且降水观测数据的时间间隔为1 h,更适合用于对长时间序列和高时间分辨率有严格要求的研究工作和业务运行,建议用于水动力学模型。但是国家站数量有限,自动站弥补了国家站空间分布稀疏的不足,更适合用于对气象数据的空间分布有严格要求的研究工作和业务运行,建议用于分布式水文模型^[25]。水文观测站网的站点密度高^[26],但由于雨量站多采用“无人值守,有人看管”的运行模式^[27],所以使用前要进行严格的质量控制^[28]以剔除异常值。本研究建立了乌江流域国家站、自动站、雨量站3种观测站雨量之间差异阈值库,当数据使用者有至少两套数据可供选择时,可以比较两套数据的差异,对应到差异阈值库进行核

查,如果两套数据的差异大于阈值库数值,要对数据的准确性进行核对。如若几套数据差异较小,可多源数据融合使用相互补充,能够更客观反映流域降水的空间分布。

参考文献

- [1] 张晓红,陈兴,罗连升,等. 1960—2008年淮河流域面雨量时空变化及径流响应. 资源科学, 2016, 37(10): 2051-2058.
- [2] 董官臣,冶林茂,符长锋. 面雨量在天气预报中的应用. 气象, 2000, 26(1): 9-13.
- [3] 徐晶,姚学祥. 流域面雨量估算技术综述. 气象, 2007, 33(7): 15-21.
- [4] 中国气象局. 地面气象观测规范. 北京: 气象出版社, 2003: 1-2.
- [5] 余敏. 旧州水文站自动测报与人工观测降水量对比分析. 水利信息化, 2010, (3): 62-64.
- [6] 赵洪岩,白国营. 固态存储雨量计与虹吸式雨量计降水资料初步对比分析. 北京水务, 2013, (2): 54-57.
- [7] 马辉,舒栋才,李薇. 黔南州不同雨量观测精度与降水特征值的对比分析. 水文, 2016, 36(4): 76-79.
- [8] 李力,姜有山,蔡凝昊,等. Parsivel降水粒子谱仪与观测站雨量计的对比分析. 气象, 2018, 44(3): 434-441.
- [9] 李雁,张乐坚,梁海河,等. 天气雷达与地面自动站降水观测一致性校验分析. 气象科技, 2013, 41(3): 436-442.
- [10] 罗布坚参,翟盘茂,假拉,等. 西藏高原测站降水与TRMM估测降水一致性评估. 气象, 2015, 41(9): 1119-1125.
- [11] 刘鹏,傅云飞,冯沙,等. 中国南方地基雨量计观测与星载测雨雷达探测降水的比较分析. 气象学报, 2010, 68(6): 822-835.
- [12] 刘涛,丁媛媛. 新旧型自动气象站气象数据一致性分析. 安徽农业科学, 2015, 43(18): 225-227.
- [13] 杨旭,刘志武,李波. 多源降水数据在长江上游流域比较研究. 长江流域资源与环境, 2016, 25(1): 131-139.
- [14] 杨庆,马柱国. 新疆不同降水观测资料的比较及其差异的可能原因. 气候与环境研究, 2014, 19(4): 452-462.
- [15] 吉廷艳,胡跃文,夏晓玲,等. 基于最新加密观测资料的乌江流域强降水天气特征分析. 安徽农业科学, 2014, 42(32): 11415-11419.
- [16] 詹道江,叶守泽. 工程水文学. 北京: 中国水利水电出版社, 1987: 73-74.
- [17] 徐晶,林建,姚学祥,等. 七大江河流域面雨量计算方法及应用. 气象, 2001, 27(11): 13-17.
- [18] 毕宝贵,徐晶,林建. 面雨量计算方法及其在海河流域的应用. 气象, 2003, 29(8): 39-42.
- [19] 郁淑华. 面雨量计算方法的比较分析. 四川气象, 2001, 21(3): 3-5.
- [20] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 江河流域面雨量等级(GB/T 20486—2006). 北京: 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会, 2006.
- [21] 何春祿. 气象站观测场选址与建设. 现代农业科技, 2011, 19: 43-44.
- [22] 丁义,朱成涛,蹇德平. 雅砻江流域水文站网规划与建设. 人民长江, 2013, 44(增): 1-3.
- [23] 卢小明. 中小河流水文站查勘选址的技术分析. 中国科技纵横, 2014, 182: 237.
- [24] 尉英华,东高红,徐妹. 海河流域不同地形站网密度对面雨量精度的影响. 气象与环境学报, 2014, 30(6): 76-80.
- [25] 包红军,王莉莉,沈学顺,等. 气象水文耦合的洪水预报研究进展. 气象, 2016, 42(9): 1045-1057.
- [26] 李显凤,周自江,李志鹏,等. 基于江西省水文资料对中国融合降水产品的质量评估. 气象, 2017, 43(12): 1534-1546.
- [27] 杜丽云,李三平. 国家基本雨量站“无人值守、有人看管”管理模式研究. 华东科技: 学术版, 2016(8): 107-108.
- [28] 张乐坚,俞小鼎,李峰,等. 地面降水的多源数据辅助质量控制方法. 气象, 2016, 42(3): 363-371.