

贵州年最大小时雨强时空分布变化特征

吴兴洋 兰方信 李从英 支亚京

(贵州省气象信息中心, 贵阳 550002)

摘要 应用贵州现有自记降水、自动降水观测资料, 统计分析了贵州 1954—2017 年国家气象站累年最大小时雨强、年最大小时雨强的时空分布特征, 1968—2017 年 50 年年最大小时雨强变化。结果表明, 贵州年最大小时雨强分布于 13.6~117.4 mm·h⁻¹ 之间, 累年最大小时雨强在 53.0~117.4 mm·h⁻¹ 之间。贵州西南部、中西部、东北部, 东南部都出现了小时最大雨强 100 mm·h⁻¹ 以上的区域, 西南部为小时雨强最强区域。贵州强降雨 3—11 月均有发生, 集中出现在 5—8 月, 6 月强降雨最多, 贵州强降雨具有明显的夜发性特征, 出现时间集中于午夜前后 2 h 左右, 前半夜多于后半夜, 午间时间是出现最少时段。贵州小时雨强增大与减小趋势都不明显, 在东南面、南部、西部有弱增大趋势, 东北和西北面呈弱减小趋势。

关键词 贵州; 年最大小时雨强; 强降雨; 特征

中图分类号: P467 **DOI**: 10.19517/j.1671-6345.20190338 **文献标识码**: A

引言

暴雨及短时强降水引发的直接和次生灾害是最严重的自然灾害之一。人们一直在研究暴雨及短时强降水的激发机制、成因和过程, 期望提高降水量预测的准确度, 制定防御此类灾害的措施。2017—2018 年, 全国开展了降水自记纸的数字化工作, 取得了自记降水记录的分钟、小时降水量数据, 为城市防洪、水利工程提供了宝贵的雨强参考数据, 为研究强降水天气过程提供了精细的基础数据。

限于降水资料的时间尺度, 对于降水的研究, 过去以年、季、月、日时间尺度为主。徐新创^[1]等(2014)利用我国 756 个气象观测站 1961—2010 年 50 年逐日降水资料, 分析了中国不同等级降水(小雨、中雨、大雨、暴雨及年均降水)强度的年际、年代际的变化趋势。宇如聪^[2-3]等(2013, 2016)应用中国 2394 个国家级地面气象站 2000—2013 年 5—10 月逐小时降水数据得出了中国大陆暖季降水过程的演变特征。张波^[4]等(2017)利用 1961—2012 年贵州省 81 个气象观测站的逐日降水资料, 分析了贵州省近 52 年来最大日降水量的时空分布特征及变化趋势。白淑英^[5]等(2015)利用 1961—2010 年贵州

省 81 个气象站的逐日降水量资料, 探讨了贵州省不同强度降水日数的时空演变规律和突变特征。

以往关于小时强降水及降水量气候特征、变化趋势研究, 多数以正点逐时降水量为基础数据, 也未考虑观测站位置迁移和观测仪器的更替。正点小时统计的日降水量、小时雨强与自然降雨过程统计的日降水量、小时雨强常有差异。当一次降雨过程的强降雨时段跨时、跨日时, 通常正点雨量要小于过程雨量, 小时雨强有时差异较大(沈才元^[6]等, 1995)。一次降雨过程的最大小时雨强, 只有从 00 min 开始, 59 min 结束, 正点统计的小时最大雨强与过程小时最大雨强才完全一致, 只有自然降雨过程从当日 08:00 或者 20:00 开始, 次日 07:59 或者 19:59 以前结束, 两种统计方法的日降水量才一致, 显然, 这种情况是极少的。毛冬艳^[7]等(2018)利用西南地区国家级地面气象站逐小时和日降水数据集资料, 对该地区短时强降水的气候特征和近 30 年短时强降水和强暴雨的变化趋势进行了分析。彭芳^[8]等(2012)利用贵州区域 84 个国家站 1991—2009 年汛期(4—9 月)逐小时降水量资料, 分析了贵州汛期短时降水时空分布特征。上述研究应用降雨过程起始到终止的小时、分钟雨量数据研究, 结果将更全面客观。

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

作者简介: 吴兴洋, 男, 1966, 副高, 主要从事气象资料质量控制、应用及评估, Email: wxyl10wxy@aliyun.com

收稿日期: 2019 年 7 月 22 日; 定稿日期: 2019 年 10 月 29 日

姚莉^[9-10]等(2009)应用全国 485 站 1991—2005 年降水过程统计的小时雨强,研究了中国大陆 1 h 雨强的时空分布特征,指出长江以南大部地区 1 h 雨强的最大值一般都在 $60\sim 80\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$,云南、贵州、广西西部、四川南部雨强频数最大值的时段分布多为后半夜等。该研究,应用资料年代较短,其结果的代表性不够全面和准确。

精细化气象预报业务、暴雨过程及机制研究必须用到小时、分钟雨强。练继建^[11]等 2018;刘楠漪^[12]等 2017;江锦红^[13]等 2010;徐晶^[14]等 2009;李中平^[15]等 2008 的研究指出:山洪预警服务密切依赖于实时雨量和未来 1 h 最大雨强预估。暴雨强度公式研制(段燕楠^[16]等, 2017;郭渠^[17]等, 2015;许拯民^[18]等, 2014;)、水利工程、海绵城市等规划设计,通常要用到一地累年(至少是最近一个气候周期 30 年,年代越近越长越好)最大小时雨强。一些特大山洪泥石流灾害、城市内涝事件都证明较大的短时雨强是致灾的主要因素。如甘肃舟曲 2010 年 8 月 8 日特大山洪泥石流灾害,其中舟曲县城北部山区三眼峪、罗家峪流域突降暴雨,过程降水量达 96.77 mm ,30 min 雨量达 77.3 mm (刘传正^[19]等,2011)。贵州省望谟县“2011 年 6 月 6 日”特大洪涝泥石流灾害,12 h 内共有 11 个乡镇降水量达到暴雨雨量,其中打易镇 10 h 降水量 315.0 mm ,最大小时雨强 $105.9\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ (马煜^[20]等,2012),打尖乡 9 h 降水量 308.9 mm ,01:00、02:00 小时降水量分别达 93.4 mm 、 98.4 mm 。2012 年北京“7·21”特大暴雨灾害,全市过程降雨平均降水量达 160.0 mm (顾孝天^[21]等,2013),平谷挂甲峪最大小时雨强 $100.3\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ (尤焕苓^[22]等,2014)。

贵州地处青藏高原东南部,位于副热带东亚季风区,受孟加拉湾和南海暖湿气流的影响,降水量及降雨强度的时空变化很大,夏季时常发生高强度的暴雨天气。作为全国唯一没有平原支撑的省份,山地和丘陵占全省总面积的 92.5% ,复杂的地理环境及西高东低的地形,山洪灾害高危险区面积占到全省面积的 53.32% ,排在全国第 4 位(赵刚^[23]等, 2016)。气象预报、服务及其他行业对一地多年小时最大雨强信息都有迫切的现实需求。基于此,应用历史降水自记纸数字化成果和自动观测降雨数据,进行了止于 2017 年贵州省有记录的年最大小时雨强时空分布、变化趋势分析,给出相关结果,为各方提供具体的参考信息。

1 资料与方法

小时雨强是自记或自动雨量计连续记录 60 min 的降水量,年最大小时雨强是一个气象观测站一年中降雨天气 1 h 降水量记录的最大值。累年最大、最小年最大小时雨强分别是 从一站有自记、自动观测起始年份至 2017 年中所有年最大小时雨强中统计出的最大值和最小值。资料经过严格的质量控制,自动观测年最大小时雨强来自于审核归档的月降水分钟数据文件。虹吸雨量计观测的年最大小时雨强来自于降水迹线提取的标准分钟雨量统计出的最大 1 h 降水量^[24-25]。降水迹线提取数据与当时观测员读取正点小时数据对比,误差不超过 2% ,同时 08:00—08:00 或者 20:00—20:00 累计雨量与对应人工定时观测雨量误差不超过 3% 。年最大小时雨强、时空分布分析,应用了最近 50 年(1968—2017 年)降水观测记录,年最大小时雨强平均值是有完整记录年份的 50 年平均值。进行 1968—2017 年为期 50 年小时雨强变化趋势分析,考虑了观测仪器换型,参考了任芝花^[26]等对仪器换型引起降水量差异的分析,本省对降水观测系统换型的评估结果,对自动观测雨量数据按观测值的 98.6% 计入。对观测站年最大小时雨强序列采用平均值加标准差和 0.05 显著性检验判定异常降雨天气出现情况,如果累年年最大小时雨强超过其序列平均值与 3 倍标准差之和(高度异常值)或者未通过显著性检验,说明该站该年出现了异常强降雨天气。

2 贵州年最大小时雨强的时空分布

2.1 累年最大小时雨强空间分布

与降水量相关的工程(水利工程、城市防洪等)设计都要参考多年出现的日最大降水量和最大小时雨强。图 1 显示,贵州国家气象站止于 2017 年的累年最大小时雨强,均超过 $50\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$,雨量介于 $53.0\sim 117.4\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 之间。与姚莉等的研究结果比较,贵州一半县份气象站测到的小时雨强大于其得出的结果 $60\sim 80\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$,共有 40 个国家观测站一小时雨强的最大值都超过 $80\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。累年最大小时雨强呈现出以中部为主轴,从西南到东北,最大小时雨强向两侧由大到小,纬度遵循从南到北、地势由低到高而由强到弱的变化。西南部以望谟为中心,中西部以安顺为中心,东北部以印江为中心,

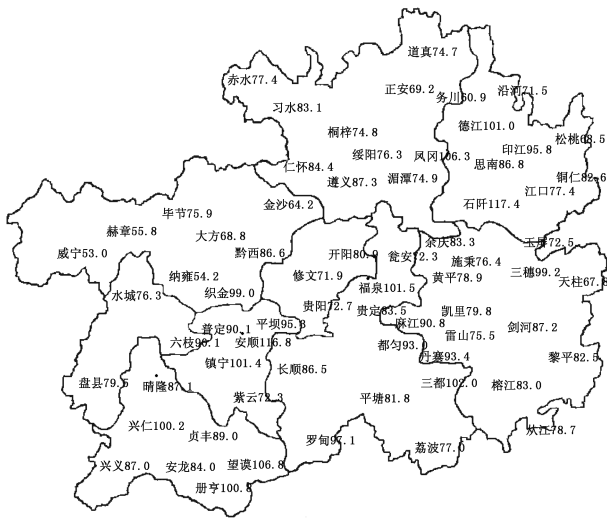


图 1 1954—2017 年贵州国家气象站累年最大小时雨强(mm·h⁻¹)

东南部以丹寨为中心,出现了年最大小时雨强达 100 mm·h⁻¹的强降雨区。小时雨强低值区域集中在毕节西北部、遵义北部。贵州国家气象站现有观测资料观测到全省最大小时雨强发生在 2014 年 6 月

4 日石阡县城的一场特大灾害性暴雨天气过程。此次天气过程持续降雨 20 h,石阡国家气象站记录的过程降水量达到 295.4 mm,其中 01:45—02:44,小时雨强达到 117.4 mm·h⁻¹,石阡全县受灾 154800 余人,紧急转移 40990 余人,农作物受灾 3300 余公顷,成灾 1820 余公顷,绝收 140 余公顷,房屋倒塌 90 户 205 间,房屋严重损毁 138 户 318 间,房屋一般损毁 257 户 447 间,导致致 4 人死亡、2 人失踪。

2.2 累年最大小时雨强年际分布及其平均值

表 1 是贵州累年最大小时雨强出现情况,1960—2017 年,全省累年最大小时雨强平均值 80.79 mm·h⁻¹,各年代平均值超过 75 mm·h⁻¹。至 2017 年,贵州现有观测记录有 38 站累年最大小时雨强出现在本世纪,雨强平均值 79.92 mm·h⁻¹,其中 29 站累年最大小时雨强大于 70 mm·h⁻¹,这些台站主要分布在贵州中南部,反映出这些地方 21 世纪强降水天气的降水强度有所增强。20 世纪 60—70 年代出现的未被刷新的记录都是雨强较大的记录,小时雨强平均值超过 90 mm·h⁻¹。

表 1 贵州省国家气象站 1960—2017 年累年最大小时雨强出现年代及其平均值

	1960—1969	1970—1979	1980—1989	1990—1999	2000—2009	2010—2017	1960—2017
站数	6	6	18	16	15	23	84
雨强平均值/(mm·h ⁻¹)	93.4	91.4	76.8	78.7	82.3	78.4	80.79

2.3 50 年年最大小时雨强的空分布

至 2017 年,贵州省国家气象站现有小时雨强记录达 50 年(1968—2017 年)共 49 站,站点分布及各站 50 年年最大小时雨强平均值如图 2 所示,平均值分布在 32.2(赫章)~56.2(望谟)mm·h⁻¹之间。年最大小时雨强出现月份频数如图 3 所示,从图 3 看出贵州年最大小时雨强 3—11 月皆有出现,以 6 月最多,接近 1/3,与毛冬艳等对西南地区贵州的分析结果一致,集中出现在 5—8 月,4 个月合计超过 8 成,占比 84.4%,其他月出现比例 9 月 8.2%,4 月 4.9%,10 月 2.1%,3 月出现 8 次,11 月仅出现 1 次,同毛冬艳等^[7]的结果(4—10 月)有差异。贵州强降雨以西南部最多最强,非毛冬艳等得出的东南部结论。这与彭芳等^[8]应用贵州 1991—2009 汛期(4—9 月)逐小时降水量资料分析贵州强降水时空特征结论一致,即贵州强降水在西南部、东北部是高

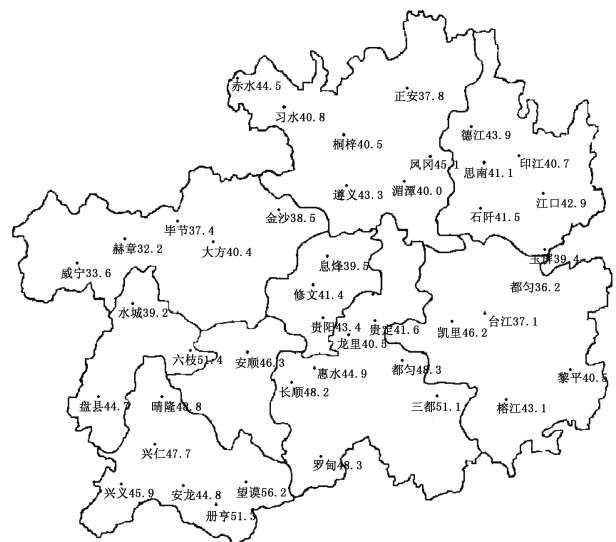


图 2 1968—2017 年贵州国家气象站 50 年最大年小时雨强平均值(mm·h⁻¹)

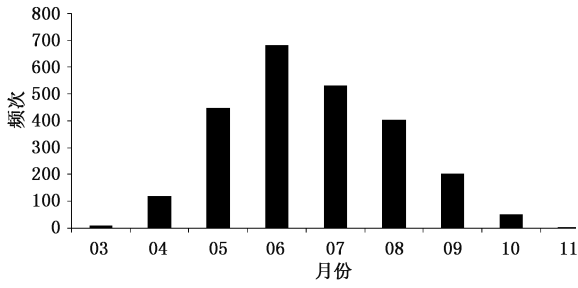


图 3 1968—2017 年贵州国家气象站 50 年最大小时雨强出现月份频数

值区域、西北部是明显的低值区域,最强中心在西南部望谟站。

图 4 是 1968—2017 年各年最大小时雨强出现时间频数图,出现时间指一次降雨天气过程从开始到结束,滚动计时 60 min 降水量。如:一次降雨天气从 21:18 开始至次日 00:35 结束,21:18 至 22:17 为第 1 个小时,依次滚动计时 60 min 降水量,其中 22:45—23:44 1 h 降水量最大,则发生时间为 23:00,出现时间为 24:00。从图中看出,年最大小时雨强出现较多时段是午夜时间 23:00 至次日 02:00,午间时间 10:00—13:00 较少发生。统计发现,夜间(21:00 至次日 08:00)出现,占比 66.7%。同时贵州雨强最大值出现时间主要分布于午夜前后,前半夜多于后半夜,这与姚莉、彭芳等的研究结果有差异。

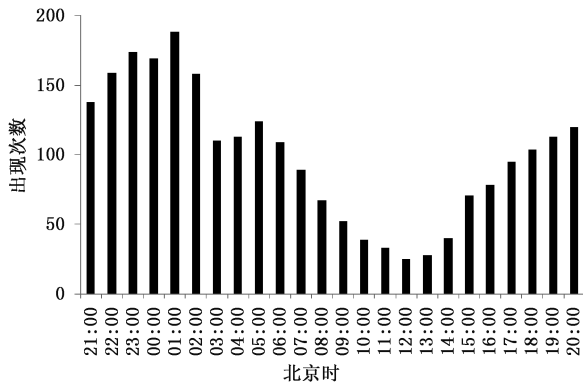


图 4 1968—2017 年贵州 49 个国家气象站 50 年最大小时雨强出现时间频数

50 年累年年最大小时雨强各月雨量情况如图 5 所示,4—9 月累年年最大小时雨强达到 $100 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上,其他月份最大小时雨强都达到国家行业标准的短时强降水(1 h 雨量 $10.1 \sim 20 \text{ mm}$)级别,各月 50 年累年年最大小时雨强平均值 4—10 月差

异不大,数值在 $41.8 \sim 45.1 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 之间,3 月平均值 $35.8 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$,11 月 $28.7 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

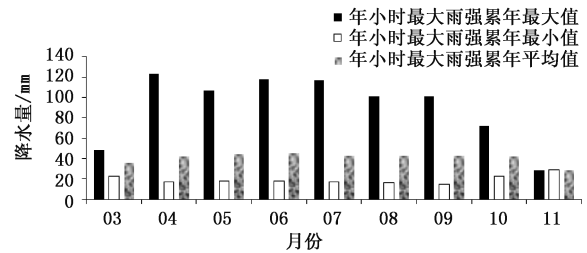


图 5 1968—2017 年贵州国家气象站 50 年最大小时雨强、累年最大、最小及平均值各月分布

图 6 是年最大 1 h 雨强不同量级降水量的频数分布情况,99%以上年最大小时雨强超过 $20.0 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$,达到短时强降雨级别, $30.0 \sim 50.0 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 占比超过 1/3。图 7 是不同强度雨强在白天与夜间出现的分布情况,除 $20 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 以下小时雨强白天较夜间出现较多外,其他强度都是夜间多于白天,小时雨强越大,夜间占比越高。

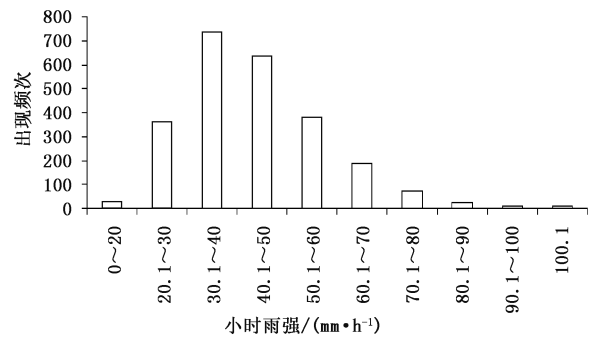


图 6 1968—2017 年贵州国家气象站 50 年年最大小时雨强各级别降水量分布频数

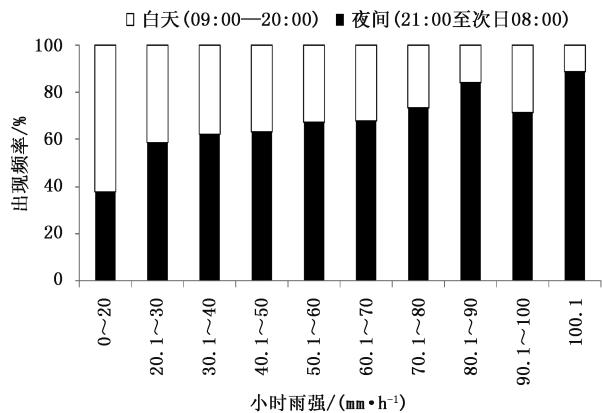


图 7 1968—2017 年贵州国家气象站 50 年年最大小时雨强各级别降水量出现时间分布频率

3 贵州年最大小时雨强与年最大降水量一致性

最大日降水量与最大小时雨强同时发生的降水天气常常导致山洪暴发、城市内涝等气象灾害发生。为此有必要对年最大小时雨强与年最大日降水量(年最大日降雨量是观测站一年中以气象日界 20:00—20:00 累计降水量的最大值)出现在同一次天气过程即一致性进行统计分析。1968—2017 年期间, 贵州有完整记录的观测站, 年最大一日降水量和年最大小时雨强发生在同一次天气过程, 结果见图 8 所示, 一致率最低 28%, 最高 60%, 平均值 43%。

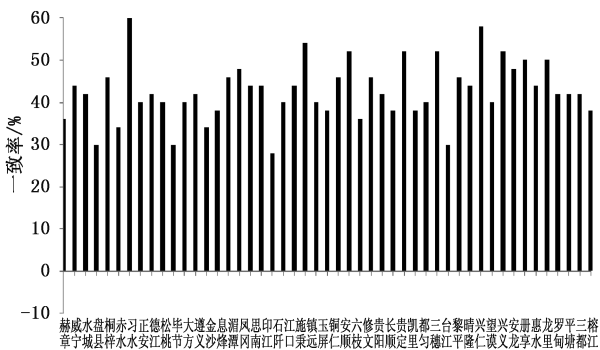


图 8 1968—2017 年贵州国家气象站 50 年年最大小时雨强和年最大日降水量一致率

为了比较特大暴雨天气小时雨强分布不同导致的灾害差异, 表 2 列出贵阳市“1996·7·2”^[27]和“2014·7·16”特大暴雨天气的相关资料。表中 1996 年 7 月 2 日最大小时雨强来自于降水自记纸记录, 过程降水量来自于人工定时观测记录; 2014 年 7 月 16 日最大小时雨强、过程降水量来自于自动观测记录, 过程降水量指的是降雨开始至结束, 小时(不间断)降水量均大于 0.2 mm 的累计值。

表 2 贵阳市“1996·7·2”和“2014·7·16”暴雨天气日降水量、最大小时雨强及灾情

时间	日降水量 mm	过程降水量 mm	最大小时雨强 mm·h ⁻¹	南明河最高水位 m	城区最高水深 m	农业受灾面积 10 ⁴ hm ²
1996-07-02	197.3	215.2	71.9	1052.9	3	成灾 44.27 绝收 9.25
2014-07-16	201.7	201.4	43.2	1049.6	1.2	成灾 13.35 绝收 1.73

图 9、图 10 分别是上述两次天气的正点小时降

水量、降雨过程小时累计降水量分布图。图 9 看出, “1996·7·2”特大暴雨天气正点最大小时降水量 59.1 mm, 小于过程最大小时雨强 71.9 mm·h⁻¹, 降水自记纸提取分钟数据显示, 最强降雨始于 04:39, 此前已累计降水量 74.5 mm, 到 05:39, 累计降水量达到 146.4 mm, 灾害随之发生, 图 10 表明, 自 06:00 起过程累计降水量超过 150 mm, 直至 21:00, 过程累计降水量达到 207.4 mm, 自记纸观测降水量累计值比人工观测值小 7.8 mm, 源于虹吸雨量计观测误差。“2014·7·16”特大暴雨天气正点最大小时雨量 32.0 mm, 过程最大小时雨强 43.2 mm·h⁻¹, 自动观测分钟记录显示, 最强降雨始于 08:35, 此前已累计降雨 36.6 mm, 至 11:00, 累计降水量超过 108.8 mm, 直到 15:00, 累计降水量超过 151.2 mm, 过程降水量最大 201.4 mm。两次天气过程降水量差异很小, 降雨过程差异较大, 导致灾害不在一个级别。主要原因在于前者最强降雨时段发生在较大的累计降水量之后, 且强度大, 导致城市泄水能力不足, 雨水涌入街道, 随着降雨时间的延长, 低洼处积水越来越深, 形成严重的城市内涝。耕地含水量过饱和后, 旱地被淹, 坡地土壤与作物被冲毁, 造成严重的农业灾害。

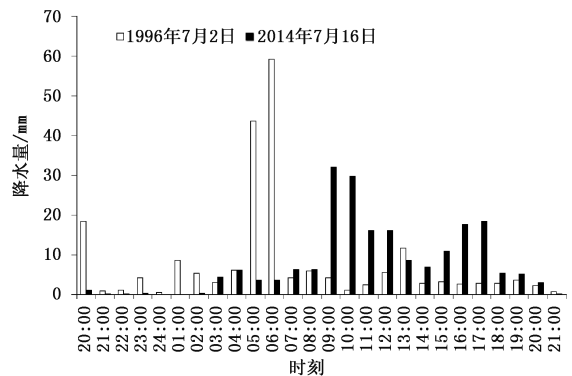


图 9 贵阳两次特大暴雨天气小时降水量

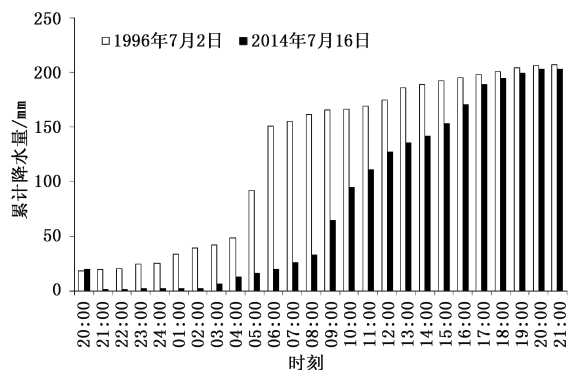


图 10 贵阳两次特大暴雨天气过程累计降水量

4 显著性检验

降雨是一个时空分布不均匀的气象要素,在贵州山区,表现更加明显,素有十里不同天之说。为了分析不同区域年最大小时雨强的变化,基于详实的台站历史沿革资料和观测资料完整性、连续性,1968—2017 年间,贵州国家气象站站点未迁移(或平移不超过 55 m,高度变化不超过 3 m)的台站,仅有 18 个站点,其中兴义 1969 年无资料。考虑到区域代表性,中部增加开阳站(1971—2017 年),1968—1970 年无观测资料;北面增加正安(1968—2016 年),2017 年迁站;东部增加石阡、三穗两站,石阡(1971—2017 年),1968—1970 年无观测资料;三穗 2000 年迁站,海拔高度增加 16.4 m,向西南方向迁移 128 m;南部增加独山站,1985 年 8 月起,观测场增高 41.1 m,共 22 个站参与变化趋势分析。

为了检验一个观测站累年最大小时雨强与其他年份年最大小时雨强相比是否差异显著,采用差异性和显著水平 0.05 显著性检验,结果显示 84 个站中只有 2 个站(关岭和白云记录偏少)累年年最大小时雨强通过了显著性检验,其他台站的累年最大小时雨强都未通过检验,差异性分析结果一致,见图 11 所示,图中以 \checkmark 、 \times 符号表示。图中同时标注了上述其中 22 站年最大小时雨强的变化趋势,以 +、- 符号表示,+号表示增大,-号表示减小,反映出

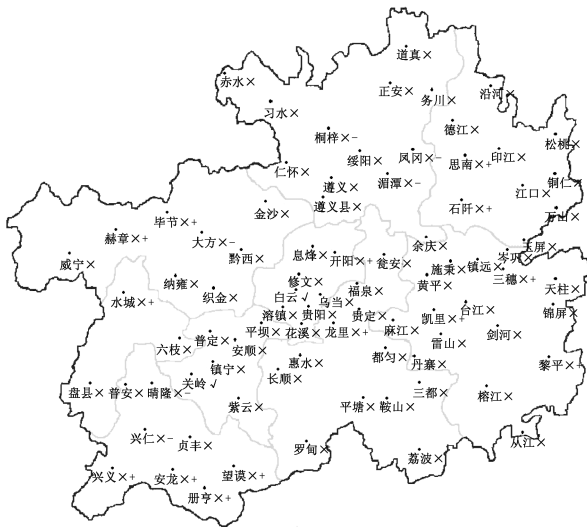


图 11 贵州国家气象站年最大小时雨强变化及其显著性检验

(图中 \checkmark 号表示通过了显著性检验, \times 表示未通过显著性检验, + 号表示小时雨强增大, - 号表示小时雨强减小)

贵州年最大小时雨强在东南面、南部、西部呈弱增大趋势,东北和西北面呈弱减小趋势。与张志才等应用贵州 18 个站 1961—2004 年降雨资料对其降雨变化趋势与极值特征分析的研究结论对比,相同之处最大降雨强度由南向北递减,西南部地区出现暴雨中心;不同之处在于本文结论是年最大小时降雨强度并无明显上升趋势。

5 结论

本文给出了贵州国家气象站建站至 2017 年现有资料的累年最大小时雨强值,统计得出年最大日降水量与年最大小时雨强出现在同一次天气过程的比例仅 43%。强降水具有明显的夜发性,午夜前后 2 h 左右为出现的峰值时段,主要结论如下。

贵州国家气象站年最大小时雨强呈现出短时强降雨特征,累年最大小时雨强在 $53.0 \sim 117.4 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 之间。

在贵州西南部、中西部、东北部,东南部都出现了小时最大雨强 $100 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上的区域。以中部为轴线,从西南到东北,最大小时雨强向两侧由大到小,纬度遵循从南到北、地势由低到高而由强到弱的变化。

贵州年最大小时雨强集中出现在每年的 5—8 月,但 3 月、11 月也偶有出现,以 6 月最多,降水强度分布于 $13.6 \sim 117.4 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 之间。

贵州年最大小时雨强出现时间以午夜前后 2 h 左右居多,前半夜多于后半夜,正午时段前后 2 h 出现较少。

贵州境内年最大小时雨强不同区域变化趋势不完全一致,增大与减小趋势都不明显,在东南面、南部、西部有弱增大趋势,东北和西北面呈弱减小趋势。

贵州小时雨强大于 $90.0 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 的记录,主要出现在 20 世纪 60—70 年代,表明 $90.0 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上小时雨强是贵州大多数地方 50 年一遇的记录。

文中对 1996 年 7 月 2 日和 2014 年 7 月 16 日贵阳两次特大暴雨天气灾害的对比分析表明,对贵州历史暴雨天气的研究重点应放在过程降水量和小时雨强同时出现且异常偏大的强降雨天气上,其成果对指导未来贵州暴雨预报、山洪灾害防御有很好的指导意义。

贵州山地环境及其强降雨特征,提醒各部门在

每年的主汛期(5—8月)要时刻做好暴雨、山洪灾害预警工作,人民群众自身也要时刻关注政府部门发布的相关预警信息。文中资料对于山洪灾害防御、水利工程、城市规划设计等有参考性和指导性,因未精细化到各月最大小时雨强的分析,对气象预报、气候分析的指导性不够。白云观测资料仅有19年,累年最大小时雨强 $57.9\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$,由于资料年份较少,其累年数据代表性隐藏着偏小的风险,应谨慎应用。

参考文献

- [1] 徐新创,张学珍,戴尔阜,等. 1961—2010年中国降水强度变化趋势及其对降水量影响分析[J]. 地理研究, 2014, 33(7): 1335-1347.
- [2] 宇如聪,原韦华,李建. 降水过程的不对称性[J]. 科学通报, 2013, 58(15): 1385 - 1392.
- [3] 宇如聪,李建. 中国大陆日降水峰值时间位相的区域特征分析[J]. 气象学报, 2016, 74(1): 18-30.
- [4] 张波,谷晓平,古书鸿. 贵州省最大日降雨量时空分布及重现期估算[J]. 水土保持研究, 2017, 24(1): 167-172.
- [5] 白淑英,莫婷,史建桥,等. 近50年贵州不同强度降水日数时空变化分析[J]. 南水北调与水利科技, 2015, 13(2): 220-224.
- [6] 沈才元,张一民,罗莹. 江苏省自记暴雨资料分析[J]. 气象科学, 1995, 15(3): 237-244.
- [7] 毛冬艳,曹艳察,朱文剑,等. 西南地区短时强降水的气候特征分析[J]. 气象, 2018, 44(8): 1042-1050.
- [8] 彭芳,吴古会,杜小玲. 贵州省汛期短时降水时空特征分析[J]. 气象, 2012, 38(3): 307-313.
- [9] 姚莉,李小泉,张立梅. 我国1小时雨强的时空分布特征[J]. 气象, 2009, 35(2): 80-87.
- [10] 姚莉,赵声蓉,赵翠光,等. 我国中东部逐时雨强时空分布及重现期的估算[J]. 地理学报, 2010, 65(3): 293-300.
- [11] 练继建,杨伟超,等. 山洪灾害预警研究进展与展望[J]. 水力发电学报, 2018(5): 1-14.
- [12] 李中平,毕宏伟,张明波. 我国山洪灾害高易发降雨区分布研究[J]. 人民长江, 2008, 39(17): 61-63.
- [13] 刘檣漪,程维明,孙东亚,等. 中国历史山洪灾害分布特征研究[J]. 地球信息科学学报, 2017, 19(12): 1557-1566.
- [14] 江锦红,邵利萍. 基于降雨观测资料的山洪预警标准[J]. 水利学报, 2010, 41(4): 458-463.
- [15] 徐晶,李伟华. 台风强降雨诱发地质灾害的雨量特征分析[J]. 气象, 2009, 35(8): 42-48.
- [16] 刘传正,苗天宝,陈红旗,等. 甘肃舟曲2010年8月8日特大山洪泥石流灾害的基本特征及成因[J]. 地质通报, 2011, 30(1): 141-150.
- [17] 马煜,余斌,亢星,等. 贵州望谟“20110606”泥石流灾害成因及启动类型[J]. 现代地质, 2012, 26(4): 817-822.
- [18] 顾孝天,李宁,周扬,等. 北京“7·21”暴雨引发的城市内涝灾害防御思考[J]. 自然灾害学报, 2013, 22(2): 1-6.
- [19] 尤焕苓,任国玉,吴方,等. 北京“7·21”特大暴雨过程时空特征解析[J]. 气象科技, 2014, 42(5): 856-864.
- [20] 赵刚,庞博,徐宗学,等. 中国山洪灾害危险性评价[J]. 水利学报, 2016, 47(9): 1133-1152.
- [21] 段燕楠,王赞,杨芳园. 昆明市暴雨强度公式推算与对比[J]. 气象科技, 2017, 45(1): 86-90.
- [22] 郭渠,廖代强,孙佳,等. 重庆主城区暴雨强度公式推算和应用探讨[J]. 气象, 2015, 41(3): 336-345.
- [23] 许拯民,荆燕燕. 关于城市暴雨强度公式推求的研究[J]. 水文, 2014, 34(3): 53-56.
- [24] 王伯民,吕勇平,张强. 降水自记纸彩色扫描数字化处理系统[J]. 应用气象学报, 2004, 15(6): 737-744.
- [25] 中国气象局. 中华人民共和国气象行业标准 GB/T31165-2014[S]. 北京:中国标准出版社, 2014.
- [26] 任芝花,冯明农,张洪政,等. 自动与人工观测降雨量的差异及相关性[J]. 应用气象学报, 2007, 18(3): 358-364.
- [27] 徐亚敏,毛荣华. 贵州省1996年“7.2”致洪暴雨成因分析[J]. 贵州水力发电, 1997(1): 3-6.

Spatiotemporal Characteristics and Variation Trends of Annual Maximum Rainfall Intensity in Guizhou

WU Xingyang LAN Fangxin LI Congying ZHI Yajing

(Guizhou Meteorological Information Center, Guiyang 550002)

Abstract: Based on the existing data of self-recorded and automatic precipitation in Guizhou, the temporal and spatial distribution characteristics of the annual maximum rainfall intensity, the maximum rainfall intensity during 1954—2017 in national meteorological stations in Guizhou, and the variation trends of rain

intensity from 1968 to 2017 are statistically analyzed. The results show that the annual rain intensity in Guizhou was between 13.6 mm to 117.4 mm per hour, and the maximum of the years in Guizhou was between 53.0 mm to 117.4 mm per hour. The hourly maximum rainfall intensity in the southwest, midwest, northeast, and southeast areas were all over 100 mm per hour. The southwest had the strongest rainfall intensity. The heavy rainfall in Guizhou occurred from March to November, mainly between May and August, while the heaviest rainfall happened in June. The heavy rainfall in Guizhou was characterized by obvious night occurrence, usually around 02:00 at midnight, more in the first half of the night than in the second half. The occurrence frequency at noontime was the least. The increase/decrease trend of rain intensity in Guizhou was not obvious, with the slight increases in southeast, south and west, and the slight decreases in northeast and northwest.

Keywords: Guizhou; annual maximum rain intensity; heavy precipitation; spatial and temporal distribution