

湖南省降水强度等级标准探讨

蔡荣辉¹, 姚蓉¹, 李巧媛^{1*}, 唐佳¹, 苏涛¹, 欧小锋², 王晓雷¹

(1. 湖南省气象台, 湖南长沙 410118; 2. 湖南省怀化市气象局, 湖南怀化 418000)

摘要 在依据我国相关法律、法规, 并查阅国内外相关标准基础上, 结合暴雨及其灾害影响的相关研究成果, 初步选择 24 h 降水量、24 h 内最大小时雨量、降水序列百分位 3 个因子来确定单站降水强度指数, 再与降水区域指数相结合确定降水强度等级, 最终将降水强度等级划分为四级, 由强到弱依次为 I 级(极端降水)、II 级(特强降水)、III 级(强降水)、IV 级(较强降水)。根据选择的降水强度等级标准, 对 2016 年 7 月 1—4 日降水过程进行检验, 结果表明标准选择客观、可用; 2016 年 1 月 1 日—9 月 10 日湖南省逐日降水强度等级结果也表明初步设置的标准能客观评价降水强度等级。该标准的应用不仅能有效监测和评估洪涝灾害的影响程度, 还能政府部门科学进行防汛救灾提供参考作用。

关键词 降水强度; 等级标准; 湖南省

中图分类号 S161.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)04-0156-03

Discussion on the Standard of Precipitation Intensity Level in Hunan Province

CAI Rong-hui, YAO Rong, LI Qiao-yuan et al (Hunan Province Meteorological Observatory, Changsha, Hunan 410118)

Abstract Based on the relevant laws and regulations of China, combining with the internal and overseas standard and the related research results of rainstorm and its disaster impact, this study preliminary selected 24-hour precipitation, maximum hour precipitation and percentile of precipitation sequence to determine precipitation intensity index for single station. The precipitation intensity level that was determined by precipitation intensity index and area index was divided into four grades: level I (extreme precipitation), level II (extra heavy rainfall), level III (heavy rainfall) and level IV (strong precipitation). According to the precipitation intensity level standard, the results of the examination of precipitation process during July 1-4, 2016 showed that the standard was objective and available. The test of daily precipitation from January 1 to September 10, 2016 using this standard also gave the same result. The application of this standard will not only effectively monitor and assess the impact of flood disasters, but also provide a good reference for flood control and disaster relief for government departments.

Key words Precipitation intensity; Grade standard; Hunan Province

近年来, 在全球气候变暖的背景下, 各地洪涝灾害严重。最近几十年强降水事件的发生频率明显上升, 并且这种趋势会进一步发展^[1-2]。江南、华南地处亚热带季风气候区, 地理环境复杂, 气候多变, 洪涝灾害频发。同时, 受台风登陆后减弱的低气压也能导致我国沿海或内陆部分省份强降水的发生。由于对流性短时强降水强、累计雨量大、影响范围广, 常带来山洪、地质灾害及流域洪水, 给国民经济带来了严重损失。如 2005 年新邵太子庙乡特大山洪暴雨, 2006 年“碧利斯”、2007 年“圣帕”台风暴雨。尤其在 2016 年 5—7 月, 我国南、北方多省出现了大范围暴雨、大暴雨或特大暴雨, 强降水事件造成了较大的财产损失和人员伤亡。

在全球气候变化的背景下, 湖南省的降水也有强降水、极端降水增加的趋势。张剑明等^[3]研究湖南省极端暴雨事件表明, 1960—2009 年湖南省极端降水事件增多、强度增大; 李巧媛等^[4-5]研究表明, 湖南省近几十年来大量级降水(大雨以上量级)均有增加的趋势, 大暴雨的发生频率明显上升, 并且这种趋势会进一步维持。对于降水的极端性和致灾因子等, 已有较多研究, 并取得一定成果^[6-10]。湖南省内强降水的致灾能力差异成因十分复杂^[7]。强降雨是导致包括湖南在内的中国南方山洪灾害的主要致灾因子^[9], 李婷婷等^[10]采用最大 3 日降雨量为指标来衡量一次降雨的致灾能力, 研究了湘水流域的山洪灾害成因与防治。上述研究表

明, 降水强度等级不仅与降水量级有关, 还与降水范围有着重要的联系, 不同降水强度与山洪和地质灾害的发生有较好的相关性, 强降水影响范围的大小是衡量洪涝灾害的一项重要指标。然而, 目前为止全国对于降水强度等级尚无统一的标准, 很难客观评价每次降水事件的强度和等级, 影响了对暴雨灾害的评估, 增加了政府部门科学组织防汛救灾工作的难度。因此, 开展降水强度等级标准的研究迫在眉睫。开展湖南降水强度等级标准的相关研究, 不仅能监测和评估洪涝灾害的影响程度, 还能对政府部门进行防汛救灾工作提供科学依据, 对防灾减灾、促进经济发展具有重要的科学意义和应用价值, 并能针对性地指导公众生活、农业生产等相关活动。

1 降水强度分级标准

1.1 降水强度等级分级标准说明 该标准划分在按照国家有关法律、法规原则下, 根据气象行业实际情况, 参考当地 24 h 降水量级划分标准、24 h 最大降水量及最大小时雨量与灾害的关系, 同时考虑影响区域范围大小和南北方降水差异, 确定 24 h 最大日降水量、最大小时降水量、降水量百分位、站点降水最大降水量级站次等作为降水强度等级主要影响指标。

该标准根据《中华人民共和国标准化法》《中华人民共和国标准化法实施条例》《中华人民共和国气象法》及有关法律、法规、规章, 按 GB/T1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分: 标准的结构和编写规则》、GB/T1.2—2009《标准化工作导则 第 2 部分: 标准的制定方法》中的原则要求及相关领域有关标准进行编写^[11-18]。

基金项目 湖南省气象局重点课题(XQKJ15A002, XQKJ16A002); 中国气象局预报员专项(CMAYBY2016-048)。

作者简介 蔡荣辉(1970—), 男, 湖南宜章人, 高级工程师, 硕士, 从事中短期天气预报、气象灾害等研究。* 通讯作者, 高级工程师, 博士, 从事环境变化及其响应研究。

收稿日期 2017-11-06

1.2 单站降水强度指标研究

1.2.1 基于日降水量强度等级指数。24 h 累计降水量 h_1 的大小能直接反映出该站降水的强弱,依据湖南省气象部门降水强度的划分(表 1),将其应用到降水强度指数 I_{h_1} 公式(1)中,其强度指数分为 1~4 级。

$$I_{h_1} = \begin{cases} 1 & (50 > h_1 \geq 25) \\ 2 & (100 > h_1 \geq 50) \\ 3 & (200 > h_1 \geq 100) \\ 4 & (h_1 \geq 200) \end{cases} \quad (1)$$

其中, I_{h_1} 为 24 h 降雨量强度指数,指某站 08:00—次日 08:00 或 20:00—次日 20:00 累积降雨量相应等级指数。

表 1 湖南地方标准降雨等级

Table 1 Local standard rainfall level in Hunan mm		
降水等级 Precipitation level	12 h 降水量 12 h precipitation	24 h 降水量 24 h precipitation
小雨 Light rain	0.1~4.9	0.1~9.9
中雨 Moderate rain	5.0~14.9	10.0~24.9
大雨 Heavy rain	15.0~29.9	25.0~49.9
暴雨 Rainstorm	30.0~69.9	50.0~99.9
大暴雨 Heavy rainstorm	70.0~120.0	100.0~200.0
特大暴雨 Torrential rain	≥120.0	≥200.0

1.2.2 基于小时最大降水量强度等级指数。 h_2 为某一站 24 h 内最大小时降水量。该标准之所以引入小时最大降水量,一是因为结合了湖南省气象部门暴雨预警降水量,二是由历史资料统计的降水型地质灾害小时雨量阈值等作为参考依据。最终确定 I_{h_2} 强度指数为 1~4 级,具体见公式(2)。

$$I_{h_2} = \begin{cases} 1 & (40 > h_2 \geq 20) \\ 2 & (60 > h_2 \geq 40) \\ 3 & (80 > h_2 \geq 60) \\ 4 & (h_2 \geq 80) \end{cases} \quad (2)$$

式中, I_{h_2} 为 24 h 内小时降雨强度指数,指某站 08:00—次日 08:00 或 20:00—次日 20:00 最大小时雨量相应等级指数。

1.2.3 基于降水量百分位强度等级指数。 h_3 为某一站降水序列百分位,指某一站 24 h 降水量在该站历史上的排序。该因子的引入,不仅能反映出不同站点的历史排序,还能反映出降水的极端性,同时能体现出南北方降水用固定的量级所不能全面刻画的差异,如一些少雨区年降水量还不足南方一天的降水量等问题。根据公式(3),确定 I_{h_3} 强度指数为 1~4 级。

$$I_{h_3} = \begin{cases} 1 & (20 > h_3 \geq 15) \\ 2 & (15 > h_3 \geq 10) \\ 3 & (10 > h_3 \geq 5) \\ 4 & (5 > h_3 \geq 1) \end{cases} \quad (3)$$

式中, I_{h_3} 为 24 h 内单站多年历史降水序列百分位降水强度指数,指某站 08:00—次日 08:00 或 20:00—次日 20:00 降水序列百分位相应等级指数。

1.2.4 单站降水强度等级指数。单站降水强度指数 I_h 与降水量级和降水速率有关,表征着降水活动的极端性,为了全

面考虑单站降水强度,该标准通过比较 24 h 累计降水的强度指数 I_{h_1} (公式 1)、24 h 最大降水的强度指数 I_{h_2} (公式 2) 和单站降水序列百分位指数 I_{h_3} (公式 3),选取其中最大的指数作为单站降水强度指数 I_h (公式 4)。这就意味着单站降水强度指数综合考虑了累计降水量、小时雨量和降水极端性 3 项指标,并将单站降水强度指数划分为 4 个等级:降水强度指数 1 对应为较强降水;2 对应为强降水;3 对应为特强降水;4 对应为极端降水。

$$I_h = \max(h_1 + h_2 + h_3) \quad (4)$$

1.3 降水区域等级指标研究 降水区域指数 I_d 表征降水过程中,强降水的发生范围和影响区域,这也是讨论一次降水过程重要性和评价其强度等级的标准之一。该标准利用降水量级发生的站次数来划分降水区域指数,发生站数越多,指数越大。在单站降水强度确定后,降水范围越大,其影响范围也更大,致灾性也更强。根据实际工作经验与多地区暴雨过程等划分原则,确定 I_d 区域指数为 0~4 级,具体见公式 5。

$$I_d = \begin{cases} 0 & (5 > d \geq 1) \\ 1 & (10 > d \geq 5) \\ 2 & (15 > d \geq 10) \\ 3 & (30 > d \geq 15) \\ 4 & (d \geq 30) \end{cases} \quad (5)$$

式中, d 为不同降水量级站次。 I_d 为降水区域指数,在相应的时间范围内出现相应级别降雨则赋予相应的指数值。

1.4 降水强度等级 区域降水强度指数 I_s 是由不同降水量级站次所代表的降水区域指数 I_d 与单站降水强度等级指数 I_h 之和组成。由此说明,区域降水强度指数不仅考虑了单站降水量级及极端性,还充分考虑了影响范围大小。用单站降水强度和降水范围来综合衡量降水等级的大小,两项对降水强度都有较好的正相关关系。同时满足这 2 个条件作为降水强度等级各级别的下限,降水等级指数可用下式表示:

$$I_s = I_h + I_d \quad (6)$$

计算得出降水等级指数 I_s ,是表征单站降水强度和降水影响范围的综合指数,并将其进行分级, I_s 指数为 1 和 2 时,判断为较强降水; I_s 指数为 3 和 4 时,判断为强降水; I_s 指数为 5 和 6 时,判断为特强降水; I_s 指数为 7 和 8 时,判断为极端降水。单站降水强度指数和降水等级指数所对应的降水等级如表 2 所示。

2 汛期降水强度等级标准检验

2.1 2016 年 6 月 30 日—7 月 4 日降水过程检验 2016 年 6 月 30 日—7 月 4 日湖南出现了一次持续暴雨和大暴雨过程,此次降水过程具有持续时间长、降水强度大、累积雨量大、致灾性强特点。6 月 30 日 20:00—7 月 6 日 14:00,湘西、湘中以北出现了持续性强降雨,共 1 761 个乡镇累计降雨量超过 100 mm,其中 760 个乡镇累计降雨量超过 200 mm,37 个乡镇累计降雨量超过 400 mm,6 个乡镇累计降雨量超过 500 mm;1 h 最大雨强为 96.3 mm(怀化鹤城凉亭坳 7 月 3 日 22:00—23:00)。

为了解制定的降水强度等级标准是否能合理,根据初步

确定的降水强度等级划分标准,对 2016 年 7 月 1—4 日影响湖南省强降水过程的降水强度各项指数进行了计算,最后得出了此次强降水过程中每一天的降水强度等级(表 3)。由表 3 可见,2016 年 7 月 1 日和 4 日湖南的降水强度达到了特强等级标准,7 月 2、3 日湖南的降水强度达到了极端降水标准。

表 2 降水强度等级划分

Table 2 Precipitation intensity level classification

等级 Level	单站降水强度指数 I_h Single station precipitation intensity index I_h	降水等级指数 I_s Precipitation level index I_s
I级(极端降水) Level I (extreme precipitation)	4	7、8
II级(特强降水) Level II (extra heavy rainfall)	3	5、6
III级(强降水) Level III (heavy rainfall)	2	3、4
IV级(较强降水) Level IV (strong precipitation)	1	1、2

表 3 2016 年 7 月 1—4 日湖南降水强度等级

Table 3 Level of precipitation intensity in Hunan from July 1—4, 2016

日期 Date	I_{h_1}	I_{h_2}	I_{h_3}	I_d	I_s	降水强度等级 Precipitation intensity level
07—01	3	3	4	2	6	II
07—02	3	4	4	3	7	I
07—03	4	4	4	4	8	I
07—04	3	3	4	1	5	II

从过程本身的发展特征来看,根据标准划分得到的结果是合理的,与事实吻合。从过程的影响来看,此次强降水过程是湖南 2016 年汛期最强的一次降水过程,造成了严重的灾害,资水流域出现了超记录的水位,洞庭湖出现了超警戒水位且高居不下,是 1998 年以来湖南最严重的汛情。

2.2 2016 年 1 月 1 日—9 月 30 日降水过程检验 对湖南省 2016 年 1 月 1 日—9 月 30 日的降水的分析结果显示,全省共有 232 d 出现了降雨(84.98%),其中共有 191 d 的降水强度在 I~IV(75.49%)。降水强度为 I 级的降水共出现了 5 d,分别是 5 月 19 日、6 月 15 日、7 月 2 日、7 月 3 日和 9 月 9 日,其中 7 月 3 日 I_{h_1} 、 I_{h_2} 、 I_{h_3} 3 个指数均为 4(最强)。II 级降水的分布中,可以比较清楚地对应相应的降水过程,包括 3 月 19—22 日、5 月 6—7 日、6 月 2—3 日、10—11 日、27—28 日、7 月 1—4 日、13—18 日、8 月 6—10 日、9 月 9—10 日,与业务实际相比较,降水过程中影响范围大、降雨强度大的降水过程有较好的体现,但是实际决策气象服务中服务的次数更多。另外,一次特强降水过程中常常只有其中的某一天达到了特强降水级别,特强降水等级在时间上的持续性较差,这与 2016 年湖南强对流性质降水比较多、降水局地性较强等也有较好的对应。III 级降水的数量最多,高达 129 d,其中主要由 I_{h_3} 的数值较大造成降水强度等级高,此种结构与决策气象服务的

实际相差较大,且造成工作中不能抓住重点,因此指数还有待进一步调整。IV 级降水虽然只有 30 d,但这与 I_{h_3} 的低阈值关系非常大。

通过对 2016 年前期降水的强度等级划分检验可知,初步设置的湖南省降水强度等级划分标准总体可行,但是对其中心百分位指数的确定方法还要进一步修正。

3 结语

(1)降水强度等级标准的研究,不仅遵循了国家法律法规、参考了相关标准,还解决了全国无统一标准且以主观判断降水强度等级的现状,对实际工作具有较好的指导作用。

(2)24 h 最大日降水量、最大小时降水量,降水量百分位、站点降水最大降水量级站次是降水强度等级主要影响指标。并最终确定了降水强度等级标准分为 4 级,分别对应了较强降水、强降水、特强降水和极端降水。

(3)利用该标准对 2016 年 7 月 1—4 日暴雨、大暴雨过程以及 1 月 1 日—9 月 10 日降水过程检验表明,该标准能客观评价降水强度等级,不仅兼顾了科学性、客观性和适应性,且可操作性较强。

(4)该标准适应于国家级、省级及地市级气象台站对于降水强度等级的划分,并在一定程度上解决了南北方降水差异所带来的影响,但因标准中最大小时降水量及降水量百分位各地存在一定差异,在实际应用过程中需灵活掌握。

参考文献

[1] 张顺谦,马振峰. 1961—2009 年四川强降水变化的时空特征[J]. 安徽农业科学,2011,39(23):14202—14207.

[2] 李欣,郑广芬,纳丽,等. 宁夏近 50 年极端强降水事件的时空变化分析[J]. 安徽农业科学,2013,41(8):3533—3535.

[3] 张剑明,廖玉芳,段丽洁,等. 1960—2009 年湖南省暴雨极端事件的气候特征[J]. 地理科学进展,2011,30(11):1395—1402.

[4] 李巧媛. 1962—2011 年湖南各量级降水的年变化特征[J]. 干旱气象,2012,30(3):353—359.

[5] 李巧媛,唐明晖. 1962—2011 年湖南省大暴雨时空分布特征[J]. 气象与环境学报,2013,29(3):52—57.

[6] 陈静静,姚蓉,文强,等. 湖南省降雨型地质灾害致灾雨量阈值分析[J]. 灾害学,2014,29(2):42—47.

[7] 许霖,姚蓉,李巧媛,等. 湖南盛夏两次连续性暴雨过程对比分析[J]. 气象与环境学报,2015,31(3):15—22.

[8] 罗伯良,张超,林浩. 近 40 年湖南省极端强降水气候变化趋势与突变特征[J]. 气象,2008,34(1):80—85.

[9] 彭珂珊. “98”洪涝灾害的深层次原因系统分析[J]. 云南地理环境研究,1998,10(2):14—24.

[10] 李婷婷,沈彦. 湘水流域山洪灾害成因机制分析与防治[J]. 云南地理环境研究,2006,18(2):28—32.

[11] 湖南省质量技术监督局. 湖南极端降水事件监测方法与判别指标:DB 43/T835—2013[S]. [出版地不详]:[出版者不详],2013.

[12] 湖南省质量技术监督局. 天气术语:DB 43/T232—2004[S]. [出版地不详]:[出版者不详],2004.

[13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 中国气象局的降水量等级:GB/T 28592—2012[S]. 北京:中国标准出版社,2012.

[14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 临近天气预报:GB/T 28594—2012[S]. 北京:中国标准出版社,2012.

[15] 海南省气象台. 短期天气预报:GB/T 21984—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.

[16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 灾害性天气预报警报指南:GB/T 27966—2011[S]. 北京:中国标准出版社,2011.

[17] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 中期天气预报:GB/T 27956—2011[S]. 北京:中国标准出版社,2011.

[18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 江河流域面雨量等级:GB/T 20486—2006[S]. 北京:中国标准出版社,2006.