

陆杰英,孙丽颖,王春林,等. 1979—2020年粤北和珠三角地区夏季降水结构对比分析[J]. 气象研究与应用,2022,43(2):23–28.
Lu Jieying, Sun Liying, Wang Chunlin, et al. Comparative analysis of summer precipitation structure in northern Guangdong and the Pearl River Delta from 1979 to 2020[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2022, 43(2): 23–28.

1979—2020年粤北和珠三角地区夏季降水结构对比分析

陆杰英¹, 孙丽颖¹, 王春林^{2,3*}, 翟志宏², 吴健达¹

(1.广东省广州市增城区气象局, 广州 511300; 2.广州市气候与农业气象中心, 广州 511430;

3.环珠江口气候环境与空气质量变化野外科学观测研究站, 广东 珠海 519082)

摘要: 利用1979—2020年粤北和珠三角地区30个气象站逐日降水资料,通过计算降水集中度指数 Q ,分析了广东省粤北和珠三角地区夏季降水的结构。结果表明:(1)粤北和珠三角地区夏季降水空间分布呈北低南高态势, Q 值为0.2~0.4,降水结构粤北比珠三角集中;两地降水量均呈增多趋势,珠三角中部增速最明显为 $30\text{mm}\cdot(10\text{a})^{-1}$, Q 指数则呈下降趋势。(2)日雨量 $\geq 1\text{mm}$ 雨日呈增多趋势,广州增速最大($2\text{d}\cdot(10\text{a})^{-1}$);持续多日降水过程珠三角呈增加趋势,粤北相反。(3)日雨量 $\geq 25\text{mm}$ 雨日呈增加趋势,广州增速最大($0.92\text{d}\cdot(10\text{a})^{-1}$),珠三角以雨日 $< 3\text{d}$ 降水过程占主导,粤北相反。(4)粤北日雨量 $\geq 50\text{mm}$ 日数及雨日 $\geq 3\text{d}$ 降水过程呈增加趋势,珠三角 $< 3\text{d}$ 降水过程呈增加趋势。粤北和珠三角夏季降水结构差异明显,存在反相分布现象。

关键词: 粤北;珠三角;持续性降水;降水结构

中图分类号: P426

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2022.2.04

引言

广东省珠三角地区面积 $417\times 10^4\text{km}^2$,由西北江三角洲和东江三角洲组成,地形呈现大喇叭口,是广东最大的平原,较容易出现中尺度天气系统的影响。而清远、佛冈和从化一带是这个喇叭口地形的北端,在喇叭口地形作用下,由边界层内北上的偏南气流常产生辐合,容易出现极端性强降水。粤北地区则主要以山地为主,且北临对夏季超低空偏南暖湿气流在迎风坡起抬升作用的岭南山脉,叠加喇叭口地形的狭管效应、绕流以及摩擦作用引起气流辐合上升,加剧了降水系统上升运动,使得降水持续、雨强增大,导致粤北地区的清远成为广东省三个多雨中心之一^[1]。

西太平洋副热带高压、南亚高压、西南低涡、热带气旋、ITCZ、东风波等是影响广东夏季的主要天气系统^[2-5],但由于广东省内南北距离差异较大,受

天气系统影响的程度因地而异,导致降水时空分布不均,降水结构地理差异较大,从而使得强降水中心地区频繁遭受暴雨袭击,衍生的洪涝、泥石流和山体滑坡等气象灾害对当地的经济建设、生产及人民生命财产安全造成极大的破坏^[6]。近年来较多学者如凌新良等^[7]、薛羽君等^[8]研究广东省夏半年降水敏感区域以及广东省年季降水量时空变化分布特征等,主要集中在研究广东省大范围的降水时空分布较多,但针对从平原过度到粤北山区的夏季降水结构分析研究较少。为此,本文主要利用降水集中度指数 Q ,分析1979—2020年广东粤北和珠三角地区夏季降水的分布特征和变化趋势,通过对日雨量 $\geq 1\text{mm}$ 、 $\geq 25\text{mm}$ 和 $\geq 50\text{mm}$ 三个降水量级的降水日数、降水时间及其变化趋势,对比分析粤北与珠三角地区夏季降水结构。

1 资料与方法

文中粤北地区是指韶关和清远地区(15个气象

收稿日期: 2022-04-11

基金项目: 广东省农业科技创新及推广项目(2020KJ102)、广州市气象局都市气候与农业气象创新团队项目

作者简介: 陆杰英(1982—)女,广东省佛山市人,工程师,研究方向:应用气象。E-mail:20139478@qq.com

* 通讯作者: 王春林,正研级高级工程师,研究方向:应用气象、生态气象。E-mail:444217124@qq.com

站),珠三角地区是指广州、佛山、东莞、中山、深圳、惠州地区(15个气象站)。1979—2020年上述地区共30个气象站的逐日降水观测数据来自广东省气象信息中心。

采用信息熵^[9]的概念研究广东1979—2020年逐日降水对降水总量的Q指数来表征粤北与珠三角地区降水集中程度的对比分析。Li等^[10]定义单站降水量时间分配特征的降水集中度Q指数表达式如下:

$$Q=1+\sum_{n=1}^N \frac{1}{\ln N} \cdot [P(x_n) \cdot \ln P(x_n)] \quad (1)$$

式中N为夏季(6月至8月)总日数, $P(x_n)$ 为第n日的降水量对夏季降水总量的贡献率。Q值较小表示降水分散在多数雨日,当Q=0时,表示全年降水均匀分布在每一天;反之,Q较大时表示降水集中在少数雨日,Q=1时,表示全年降水都集中在某一天内。另外,定义不同持续时间过程发生的频次占所有持续性降水过程发生的总频次的百分率为不同持续时间过程出现概率。定义不同持续时间降水过程对所有雨日的贡献率为M,表达式如下:

$$M_i = \frac{n_i \cdot d_i}{D} \cdot 100\% \quad (2)$$

其中d为不同持续时间降水过程持续的天数,D为总雨日,n为不同持续时间降水过程发生的频次, $i=1,2,\dots,11$ 。

本研究将日雨量 $\geq 1\text{mm}$ 定义为雨日,将连续2d及以上雨日定义为持续性降水过程。按照中央气象台对降水强度的分类标准,选取1mm、25mm、50mm为临界值,将日雨量 $\geq 1\text{mm}$ 的持续天数分成11类(1~10d和 $\geq 11\text{d}$),将日雨量 $\geq 25\text{mm}$ 的持续天数分成5类(1~4d和 $\geq 5\text{d}$),将日雨量 $\geq 50\text{mm}$ 的持续天数分成1d、2d和 $\geq 3\text{d}$ 。采用Kendall's tau等级相关系数非参数检验^[11],来评估降水不同参数的线性趋势。

2 结果与分析

2.1 粤北和珠三角降水集中度特征

2.1.1 空间分布变化特征

从1979—2020年粤北和珠三角地区夏季总降水量、Q指数、降水总量线性趋势变化分布以及Q指数线性趋势变化分布(图略)分析得出,1979—2020年,粤北和珠三角夏季大部分地区总降水量在800~1000mm之间,其中珠三角西面的花都、番禺、

顺德、三水、南海以及粤北地区的西南部连山、连南、阳山、翁源、英德、新丰夏季降水量在600~800mm之间,粤北东北部在400~600mm之间,总体呈现平原地区的珠三角降水较多,山地为主的粤北地区降水略少一些。粤北和珠三角地区Q值在0.2~0.4之间,而Li等^[6]研究指出全国夏季Q值在0.1~0.8之间,相较而言粤北和珠三角地区夏季降水结构较为分散,其中珠三角地区Q值为0.2~0.3,而粤北地区Q值为0.3~0.4,可见粤北地区的降水比珠三角集中。

1979—2020年,两地区夏季降水量均呈逐渐增多态势(占比为93.3%),其中珠三角中部增加最明显为 $30\text{mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$,只有个别站点呈减少趋势,而珠三角地区以及粤北的佛冈、新丰、英德、翁源、南雄、仁化、曲江Q指数呈减少趋势,降水呈分散趋势;值得注意的是,粤北的连州、连南、连山、阳山地区Q指数呈增加趋势,降水量也是增加趋势,表明出现强降水或者极端降水的概率呈增加趋势。这与曾志平^[12]指出的“三连一阳”地区强降水有增加趋势,降水更加集中,易发生洪涝灾害的结论相吻合。

2.1.2 趋势变化特征

由图1(a)可知,粤北和珠三角地区Q指数在0.27~0.34之间,平均值0.29;夏季年平均降水量在429.3~1123.4mm之间,均值为749.5mm。降水量呈增加趋势,而Q指数整体却呈现下降趋势,表明了夏季粤北和珠三角地区降水结构趋于分散,出现持续性降水的几率有增加趋势。这与李丽平等^[13]利用Morlet小波分析方法研究得到的华南整体夏季降水量呈增多趋势,雨涝范围也呈增大趋势的结论一致。

将粤北和珠三角地区作单独分析,从图1(b)和图1(c)可知,珠三角夏季年平均降水量在475.9~1367.9mm之间,均值为855mm,而粤北夏季年平均降雨量在382.7~1116.4mm之间,均值为649.3mm。无论是粤北还是珠三角夏季降水量均呈增加趋势,且珠三角更为明显。两个地区的Q指数均呈下降趋势,但珠三角下降趋势更加明显,而粤北仅是略微下降,表明珠三角比粤北地区出现持续性降水过程多,这与邹贤菊等^[14]指出的珠三角地区汛期各等级降水量均呈增加趋势,降水日数与其降水量变化趋势一致的结论一致。

2.2 粤北和珠三角不同强度降水的变化

2.2.1 日雨量 $\geq 1\text{mm}$ 的降水特征

图2(a)给出了不同持续时间降水过程的概率和贡献率,对于日雨量 $\geq 1\text{mm}$ 持续1~3d雨日发生

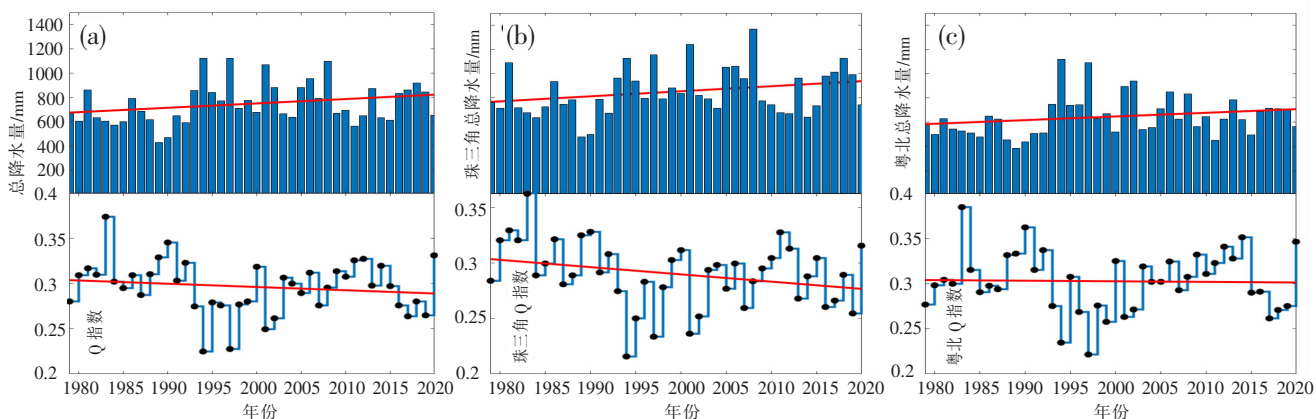
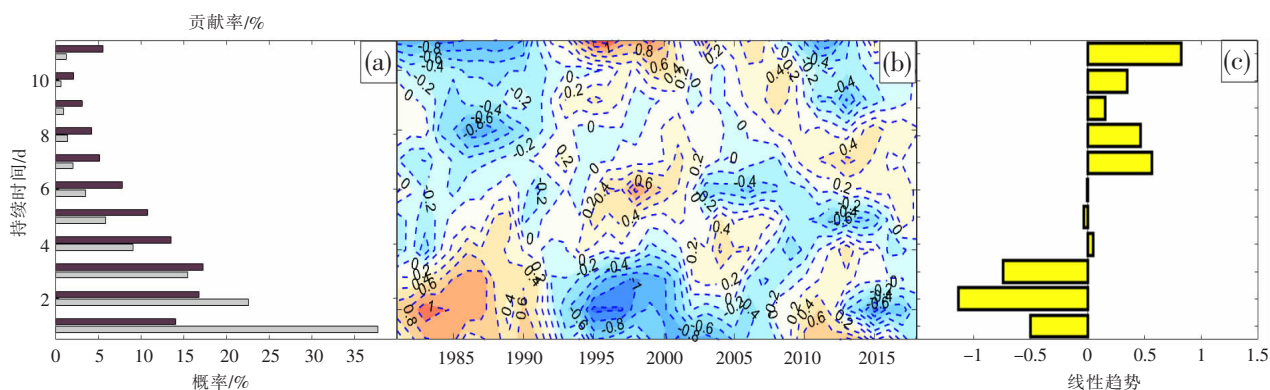


图1 1979—2020年粤北和珠三角地区年平均降水量、Q指数及其趋势变化

(a)粤北和珠三角地区;(b)珠三角地区;(c)粤北

概率超过 50%,持续 11d 雨日发生概率<1%。持续 1~3d 雨日的贡献率约为 48%,持续 4~7d 雨日的贡献率为 37%,持续超过 7d 的降水过程贡献率约为 15%。从图 2(b)看出持续雨日为 1~10d 和 ≥ 11 d 贡献率的时间演变,1992 年前雨日<3d 的贡献值为正异常,而雨日 ≥ 3 d 的贡献值为负异常,说明 1992 年前雨日<3d 的短时间持续降水过程贡献较大,但在 1992—2008 年期间的情况与 1992 年前完全相反,2008 年以后两种类型降水呈交替出现态势。从图 2(c)可以看出雨日 ≤ 6 d 的降水过程为减少趋势,雨日>6d 为增加趋势。

从 1979—2020 粤北和珠三角地区雨日变化趋势的空间分布(图略)可知,除了清远、博罗、深圳三个城市外,其余地区的雨日都呈现增多趋势,广州增速最大达 $2\text{d}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 。从雨日<3d 变化趋势来看,大部分城市都呈减少趋势,只有乐昌、翁源、连山、增城、惠阳、中山、惠州 7 个城市呈增加趋势。雨日 ≥ 3 d 珠三角大部分呈增加趋势,粤北大部分呈减少趋势,番禺增速最大达 $0.53\text{d}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 。综合分析可知,粤北和珠三角雨日>6d 的长时间持续性降水过程呈逐渐增多态势,总雨日也呈增多趋势,珠三角比粤北增加趋势更为明显。

图2 (a)1979—2020 粤北和珠三角夏季日雨量 $\geq 1\text{mm}$ 持续雨日为 1~10d 和 ≥ 11 d 的出现概率(灰线)及其贡献率(黑线)、(b)持续雨日为 1~10d 和 ≥ 11 d 贡献率的时间演变、(c)持续雨日为 1~10d 和 ≥ 11 d 的趋势变化(单位: $\% (10\text{a})^{-1}$)

2.2.2 日雨量 $\geq 25\text{mm}$ 的降水特征

由图 3(a)可知,雨日为 1d 的概率达 75.9%,其对总雨日的贡献率为 56.8%,持续 1~2d 降水过程的贡献率超过 90%,日雨量 $\geq 25\text{mm}$ 降水持续时间与贡献率成反比,降水持续时间越短,其贡献越大。从图 3(b)年际变化图分析可知,1992 年前持续 1d 雨

日的贡献值为正异常,1992—2008 年期间的情况与 1992 年相反,而在 2009 年以后持续 1d 雨日的贡献值又为正异常,表明 2009 年以后粤北和珠三角地区日雨量 $\geq 25\text{mm}$ 的降水过程是以 1d 的短时间降水过程为主。从降水过程的变化趋势图 3(c)来看,1d 的短时间降水过程呈现减少趋势,雨日 ≥ 2 d 的持续

性降水过程呈增加趋势。

除了清远以外,粤北和珠三角地区日雨量 $\geq 25\text{mm}$ 的雨日均呈增加趋势,其中广州最明显,增速达 $1.3\text{d}\cdot(10\text{a})^{-1}$,其次是曲江为 $0.9\text{d}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 。雨日 $<3\text{d}$ 变化趋势珠三角增速值比粤北大,最大增速的广州为 $0.92\text{d}\cdot(10\text{a})^{-1}$;而雨日 $\geq 3\text{d}$ 的降水过程则是粤北大部分地区呈增加趋势,珠三角有 $2/3$ 地区呈减少

趋势。综上所述可见,珠三角地区日雨量 $\geq 25\text{mm}$ 的雨日以及短时间持续性降水都呈增加趋势,表现较为明显的城市是广州;而粤北地区长时间持续性降水过程呈增加趋势。这也表明了珠三角地区夏季日雨量 $\geq 25\text{mm}$ 是以雨日 $<3\text{d}$ 的短时间持续性降水占主导,而粤北则以雨日 $\geq 3\text{d}$ 的长时间持续性降水过程为主,这也许跟两者地形差异有着密切关系。

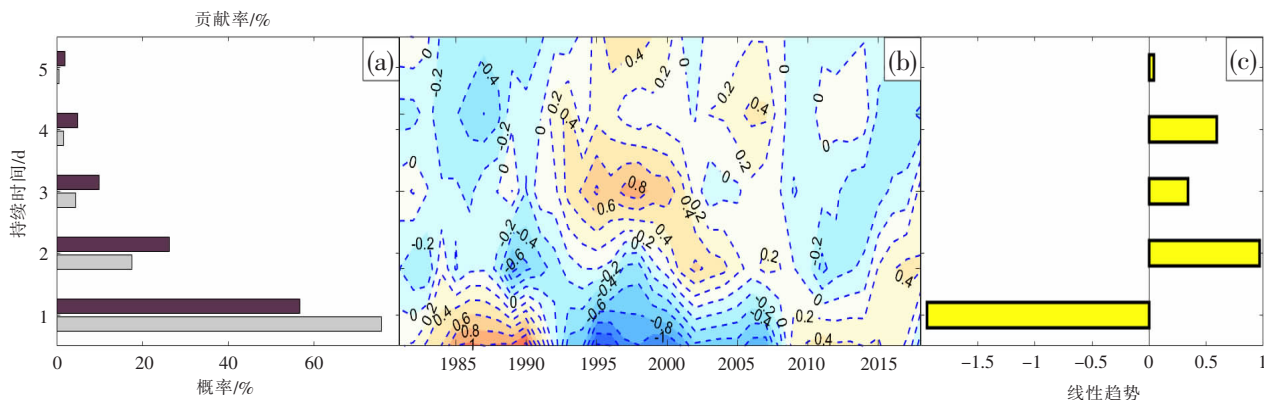


图3 (a)1979—2020 粤北和珠三角夏季日雨量 $\geq 25\text{mm}$ 持续雨日为1~4d和 $\geq 5\text{d}$ 的出现概率(灰线)及其贡献率(黑线)、(b)持续雨日为1~4d和 $\geq 4\text{d}$ 贡献率的时间演变、(c)持续雨日为1~4d和 $\geq 4\text{d}$ 的趋势变化(单位: $\%(10\text{a})^{-1}$)

2.2.3 日雨量 $\geq 50\text{mm}$ 的降水特征

图4(a)可见,日雨量 $\geq 50\text{mm}$ 持续1d降水过程出现的概率为86%,其对总雨日的贡献率达74%。持续1~2d降水过程的贡献率超过90%。从图4(b)年际变化可知,1979—2020年期间日雨量 $\geq 50\text{mm}$ 且雨日持续1d的降水过程贡献值为正异常存在交替出现现象,且无明显周期变化;而在2007年以后雨日持续1d降水过程的贡献值呈现正异常趋势,表明2007年以后粤北和珠三角地区日雨量 $\geq 50\text{mm}$ 是以雨日为1d的短时间降水过程为主。从降水过程的变化趋势图4(c)来看,1d的短时间降水过程呈现减

少趋势, $\geq 2\text{d}$ 的持续性降水过程呈增加趋势。

粤北日雨量 $\geq 50\text{mm}$ 的雨日增加趋势比珠三角地区明显。最明显增速为连州($11.9\text{d}\cdot(10\text{a})^{-1}$),其次是连南、乐昌分别为 $9.3\text{d}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 和 $9.1\text{d}\cdot(10\text{a})^{-1}$;而雨日 $<3\text{d}$ 短时间持续性降水过程变化趋势则是珠三角增速值比粤北地区大,增速最大为广州($0.44\text{d}\cdot(10\text{a})^{-1}$);而从雨日 $\geq 3\text{d}$ 的长时间持续性降水过程来看,粤北大部分地区呈增加趋势,珠三角有 $1/2$ 的地区呈现减少趋势。综上所述可见,粤北日雨量 $\geq 50\text{mm}$ 的日数以及雨日 $\geq 3\text{d}$ 长时间持续性降水过程都呈增加趋势,而珠三角雨日 $<3\text{d}$ 短时间持续性降水过程增

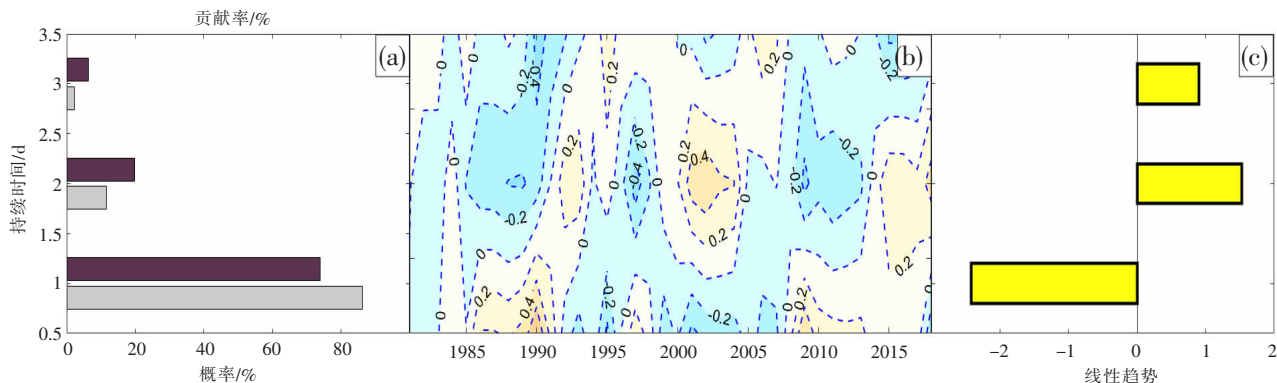


图4 (a)1979—2020 粤北和珠三角夏季日雨量 $\geq 50\text{mm}$ 持续雨日为1d、2d和 $\geq 3\text{d}$ 的出现概率(灰线)及其贡献率(黑线)、(b)持续雨日为1d、2d和 $\geq 3\text{d}$ 贡献率的时间演变、(c)持续雨日为1d、2d和 $\geq 3\text{d}$ 的趋势变化(单位: $\%(10\text{a})^{-1}$)

加趋势明显。表明虽然同属于广东省中部的两个地区,但夏季降水气候特征差异明显,降水结构特征呈现反相分布现象。

4 结论与讨论

利用 1979—2020 年广东粤北和珠三角地区的逐日降水资料,通过计算其降水集中度,分别研究区域内日雨量 $\geq 1\text{mm}$ 、 $\geq 25\text{mm}$ 、 $\geq 50\text{mm}$ 各量级降水的雨日、持续时间及其变化趋势,分析了粤北和珠三角地区夏季降水结构的变化特征。主要结论如下:

(1)粤北和珠三角地区 Q 值在 0.2~0.4 之间,降水结构粤北比珠三角相对集中。两地夏季降水量呈逐渐增加态势,珠三角中部增速最明显为 $30\text{mm}\cdot(10\text{a})^{-1}$;两地持续 1d 的降水过程逐渐减少,持续多日的降水过程逐渐增加。夏季两地持续性降水趋于明显,且珠三角比粤北地区出现持续性降水过程更多。

(2) 两地日雨量 $\geq 1\text{mm}$ 、 $\geq 25\text{mm}$ 和 $\geq 50\text{mm}$ 的雨日均呈增多趋势,日雨量 $\geq 1\text{mm}$ 珠三角长时间持续性降水过程呈增加趋势,粤北则相反。日雨量 $\geq 25\text{mm}$ 珠三角以雨日 $<3\text{d}$ 的短时间持续性降水占主导,粤北则趋向于雨日 $\geq 3\text{d}$ 的长时间持续性降水过程;日雨量 $\geq 50\text{mm}$ 粤北雨日以及雨日 $\geq 3\text{d}$ 的长时间持续性降水过程均呈增加趋势,珠三角雨日 $<3\text{d}$ 降水过程增加趋势明显,两者夏季降水结构、夏季降水气候特征差异明显,存在反相分布现象。

1979—2020 年,粤北和珠三角地区降水日数、降水概率、降水贡献率都呈现不同程度的变化特征,其降水结构呈现南北反相分布现象,影响两者降水结构的差异可能除了平原与山地地形差异外,也许还与全球气候变化对其影响存在差异有关系。但值得关注的是,珠三角地区夏季日雨量 $\geq 25\text{mm}$ 和 $\geq 50\text{mm}$ 均以雨日 $<3\text{d}$ 的短时间持续性降水过程占主导,当地应以防御短时强降水、短时高影响天气为主要抓手,提高气象预警提前量,积极采取措施应对城市内涝;而粤北地区则以雨日 $\geq 3\text{d}$ 的长时间持续性降水过程为主,气象部门要提高延伸预报的正确率,

各级政府部门应积极采取措施防御持续性降水过程引发的山体滑坡等地质灾害。

参考文献:

- [1] 广东省气象局《广东省天气预报技术手册》编写组.广东省天气预报技术手册[M].北京,气象出版社,2006.
- [2] 林锦冰,郑瑶娜,陈泳峰,等.揭阳市降水气候特征及其与厄尔尼诺/拉尼娜事件的关系[J].气象研究与应用,2020,41(1):11–15.
- [3] 刘璐,张峰.一种短历时降雨综合评估方法在广州市的应用[J].气象研究与应用,2020,41(1):35–40.
- [4] 梁振清,陈生.基于深度学习和雷达观测的华南短临预报精度评估[J].气象研究与应用,2020,41(1):41–47.
- [5] 钱维宏,陈绿文,栗晗.中期模式扰动量在广州—东莞极端暴雨中的解释应用[J].气象研究与应用,2020,41(2):7–13.
- [6] 林爱兰,李春晖,谷德军,等.广东省持续性干旱事件的变化及其成因[J].热带气象学报,2010,26(6):641–650.
- [7] 凌良新,章鹰,陈往溪.广东年、季降水量时空变化分布特征[J].广东气象,2008,30(6):24–27.
- [8] 薛羽君,董航宇,陈莉,等.广东省夏半年降水敏感区域分析[J].气象研究与应用,2014,35(3):5–10,126.
- [9] Shannon C E.A Mathematical Theory of Communication [J].Bell System Technical Journal,2014,27(3):379–423.
- [10] Li H, Zhai P M, Lu E, et al. Changes in Temporal Concentration Property of Summer Precipitation in China during 1961–2010 Based on a New Index [J]. Journal of Meteorological Research,2017,31(2):336–349.
- [11] Sen P K. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau [J]. Journal of the American Statistical Association,1968,63(324):1379–1389.
- [12] 曾志平.1979—2015 年清远市汛期极端降水时空变化特征分析[J].人民珠江,2019,40(5):50–55.
- [13] 李丽平,白婷.华南夏季多年平均降水低频特征及其与低频水汽输送关系[J].大气科学学报,2014,37(3):323–332.
- [14] 邹贤菊,宋晓猛,刘翠善,等.珠江三角洲地区汛期降水时空演变特征[J].水利水电技术(中英文),2021,52(6):21–32.

Comparative analysis of summer precipitation structure in northern Guangdong and the Pearl River Delta from 1979 to 2020

Lu Jieying¹, Sun Liying¹, Wang Chunlin^{2,3*}, Zhai Zhihong², Wu Jianda¹

(1. Zengcheng District Meteorological Bureau, Guangzhou 511300, China; 2. Guangzhou Climate and Agrometeorological Center, Guangzhou 5114303, China; 3. Field Scientific Observation and Research Station for Climate, Environment and Air Quality Changes Around the Pearl River Estuary, Guangdong Zhuhai 519082, China)

Abstract: Using the daily precipitation data of 30 meteorological stations in northern Guangdong and the Pearl River Delta from 1979 to 2020, and calculating the precipitation concentration index Q , the structure of summer precipitation in northern Guangdong and the Pearl River Delta was analyzed. The results show that (1) the spatial distribution of summer precipitation in northern Guangdong and the Pearl River Delta is lower in the north and higher in the south, with a Q value of 0.2~0.4, and the precipitation structure in northern Guangdong is more concentrated than that in the Pearl River Delta. The precipitation in both places show an increasing trend. The most obvious growth rate in the middle is $30\text{mm}\cdot(10\text{a})^{-1}$, and the Q index shows a downward trend. (2) The rainy days with daily rainfall $\geq 1\text{mm}$ show an increasing trend, and the maximum growth rate in Guangzhou is $2\text{d}\cdot(10\text{a})^{-1}$; the continuous multi-day rainfall process in the Pearl River Delta shows an increasing trend, and the opposite in northern Guangdong. (3) The rainy days with daily rainfall $\geq 25\text{mm}$ show an increasing trend, the maximum in Guangzhou is $0.92\text{d}\cdot(10\text{a})^{-1}$, the precipitation process of the Pearl River Delta is dominated by the rainy days $< 3\text{d}$, and the opposite in northern Guangdong. (4) The number of days with daily rainfall $\geq 50\text{mm}$ in northern Guangdong and the precipitation process of rainy days $\geq 3\text{d}$ show an increasing trend, and the precipitation process that less than 3d in the Pearl River Delta show an increasing trend. There are obvious differences in the summer precipitation structure between northern Guangdong and the Pearl River Delta, and there is an opposite phase distribution phenomenon.

Key words: North Guangdong; the Pearl River Delta; continuous precipitation; precipitation structure