

仕版社区气候变化

脆弱性评估与风险分析

广东佛山顺德区



千禾社区基金会

Harmony Community Foundation

你/身/边/的/公/益/基/金/会



中国农业科学院

CHINESE ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES

气候变化脆弱性评估与风险分析

广东佛山顺德区仕版社区

2020年8月

全球气候变化是人类共同面临的巨大挑战。IPCC 第五次评估报告指出,近百年来全球气候正在发生以变暖为主要特征的变化。中国人口众多,人均资源禀赋较差,气候条件复杂,生态环境脆弱,是易受气候变化不利影响的国家。气候变化关系经济社会发展全局,对维护国家经济安全、能源安全、生态安全、粮食安全以及人民生命财产安全至关重要。针对气候变化所带来的平均态变化和极端气候事件变化,全球诸多研究机构一直在开展不同领域的气候变化影响评估、脆弱性分析与风险评估,尤其是近年来气候变化风险研究越来越受到关注。

一、佛山仕版社区概况

仕版社区位于广东省佛山市顺德区伦教街道西南部,紧靠伦教新城,辖区面积约 4.06 平方公里,以龙洲路为界,北边是工厂和民居,南面是农田示范区,到勒流南水牌坊是仕版工业区。仕版社区属于五级村级行政区,下设五个自然村,分别为梁家、彩虹、位阳、三续和巢云。

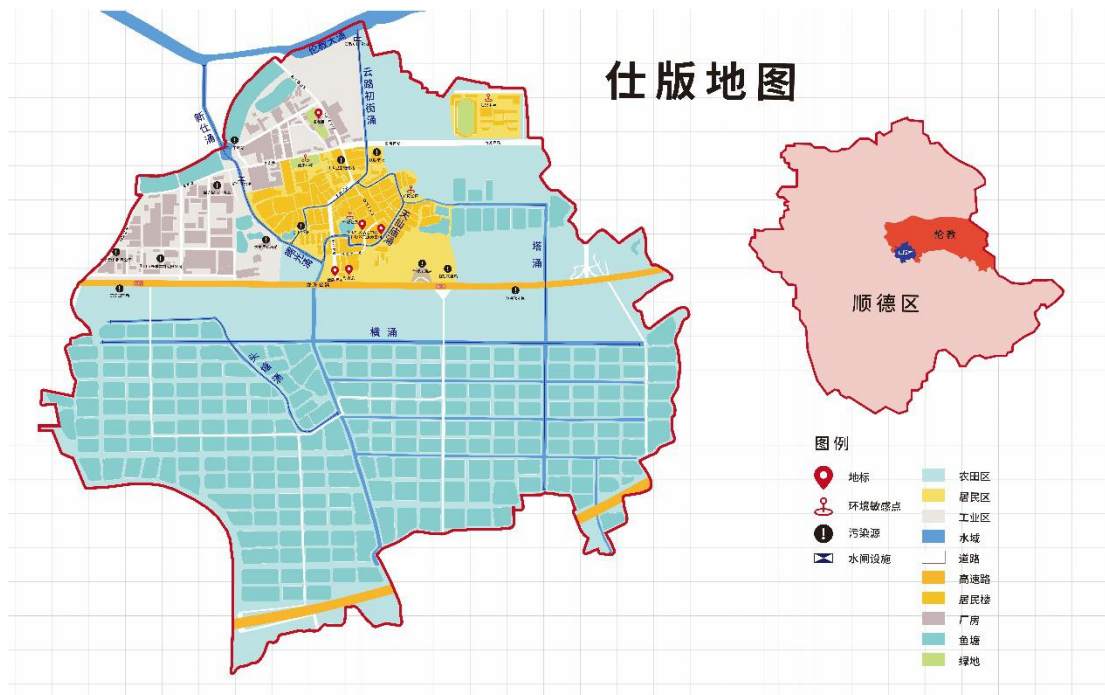


图 1 广东省佛山市顺德区伦教街道仕版社区地图

1.1 气候水文特征

顺德地处珠江三角洲腹地，绝大部分地区位于北回归线以南，气候类型为南亚热带海洋性季风气候，温暖多雨。全年无霜期达 350 天以上，降水充沛。年降水量在 1600 毫米以上，少有冰雹，终年无雪。降水有明显的季节变化，主要集中在 4—9 月，约占全年降水量的 80%，尤其在夏季，常常伴随着台风登陆出现大雨到特大暴雨的降水过程。因而，洪、涝、旱是影响顺德的主要自然灾害。冬季的寒潮及早春的低温阴雨也对农业生产构成一定的影响。此外，对顺德影响较大还有台风带来的风灾，这里平均每年要受 2—3 次台风带来的狂风侵袭，多集中于 7—9 月间，风力可达 12 级以上。冬无严寒，夏无酷暑，气候宜人。年平均气温 21.9℃，土地平坦、肥沃，河网密布，水资源丰富，四季常青，生机盎然。

顺德境内河流纵横，水网交织。主要河道有 16 条、段，总长 756 公里。主要河流依地势从西北流向东南，河面宽度一般为 200 至 300 米，水深 5 至 10 米。主要水道有西江干流、平洲水道、眉焦河、南沙河等。多数河流河床较深，利于通航、灌溉、养殖及发电。伦教大涌流经仕版社区北部，将仕版社区与新塘村分离，从伦教大涌起始，两条主要河涌新仕涌和云路初街涌流经仕版工业区及村居，而根据村民称呼习惯和河涌分化，仕版社区内还有曙光涌，天仙庙涌，塔涌，头

塘涌等河涌。仕版社区内河涌均为双向涌或断头涌，河涌平均宽度和水深都不大，流速较缓，且新仕涌与云路初街涌在与伦敦大涌相连处都设有水闸，水体交换能力比较差。另外河涌水位受伦敦大涌水位涨落影响较大，而顺德水道全程均受潮汐影响，属混合潮中的非正规半日周潮型。

1.2 人口组成与年龄结构

根据 2018 年最新数据，仕版社区目前居住人口大约有 7300 人。仕版社区本地家庭一共有 987 户，共 3969 人；其中男女比例约为 1925:2044，1-17 岁约有 832 人，18-59 岁约有 2376 人，60 岁以上约有 761 人。流动人口登记在册为 3339 人。据流动人口管理站（流管站，在村委办公）表示，一年中流动人口最常显示的总人数的数据约为 3500 人。目前，流动人口的男女比例约为 1958:1381，1-17 岁约有 120 人，18-59 岁约有 3111 人，60 岁以上约有 108 人。

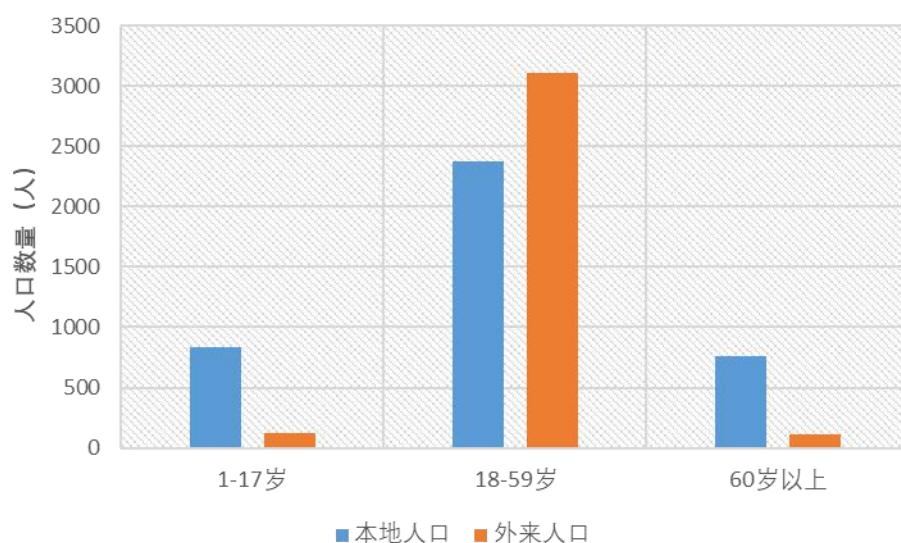


图 2 仕版社区人口组成与年龄结构

1.3 社会经济状况

仕版社区以农业为主，工业比重小。当地曾以传统的桑基和蕉基鱼塘作为主要的农业生产方式，围绕这一生态链而来的甘蔗、桑、蕉、鱼，成为了仕版社区的四大农产物。随着桑基鱼塘逐渐被现代农业所替代，仕版社区在 1999 年开始第一轮的基础塘整治，这一轮的基塘改造重新规划了鱼塘的布局，也重新构筑了堤

基。

仕版社区农田示范区总体为“3分田基7分水面”，有将近2500亩的220多口鱼塘、700亩的70多个花卉种植场。其中，鱼，是仕版社区四大农产物中唯一保留下来并名声在外的产物。吻鱼，学名长吻鮠，俗称江团，是淡水食用鱼中的经济价值较高的品种，占据了仕版80%左右的水产养殖比例。每个鱼塘约6-10亩，投包的价格从3000元/亩至10000元/亩不等。除了吻鱼外，仕版村民还养殖了鳊鱼、太阳鱼等品种，甚至也会在塘边种植蕉、蔬果，散养家禽。

仕版社区因拥有桑基鱼塘、蕉基鱼塘、居民小区、原始村落和工业区等形态丰富的区域，被顺德区环境保护检测站选为农村质量环境试点之一。仕版社区也是顺德区最早授牌的广东省农田示范区，截至2017年4月，顺德区人民政府将常教社区、仕版和新塘村共计3680.10亩土地划分为“基本农田保护区”，实行“五不准”保护原则——不准非农建设（法律规定除外）；不准以退耕还林为名违反土地利用总体规划减少基本农田面积；不准占用基本农田进行植树造林，发展林果业；不准在基本农田内挖塘养鱼和进行畜禽养殖，以及其他严重破坏耕地作层的生产经营活动；不准占用基本农田进行绿色通道和绿色隔离带建设。

2017年，仕版土地承包的集体经济总收入约为1900万元（近几年的收入都相近）。仕版村股东有3000多人。每年农业上的集体收入，股份社除了留出股份社6名成员的工资、环卫队保洁费、股东医疗保险的购买外，其余基本上都是用作股东的股份分红。村民每年所得分红大约3000元/股，每个股东根据年龄可获得1-3股不等。

二、气候变化特征

2.1 珠三角地区气候变化基本特征

在全球气候系统变暖的大背景下，中国是气候变暖特征最显著的国家之一。1901-2013年，中国地表年平均气温呈显著上升趋势，并伴随明显的年代际变化特征，过去百年间（1914-2013年），中国地表年平均气温的增幅为0.91℃，不同气候区升温幅度差异明显。中国八大区域地表年平均气温均呈显著线性上升趋势，

但区域差异较大，青藏地区增温速率最大，平均每 10 年升高 0.37℃；西南地区升温相对较缓，平均每 10 年升高 0.14℃。近百年中国平均年降水量表现出显著的年际和年代际变化特征，无明显线性变化趋势。中国不同气候区年降水量均表现出明显的年代际变化特征，近年来北方降水偏多，而西南和华中地区降水持续偏少。西北太平洋和南海台风生成个数趋于减少，登陆中国的台风比例趋于增高；区域性高温事件、强降水事件和气象干旱事件频次趋多，区域性低温事件频次显著减少。

珠三角地处中国华南，处于对气候变化敏感的南海季风区，气温高，年降水量充沛，但时空分布不均，降水强度大，利用率低，季节性、区域性干旱频发。该地区平均气温自 20 世纪 80 年代后期开始波动上升，增温速率为 0.15℃/10a，20 世纪 90 年代后期以来升温更加显著。从季节分布看，冬季平均气温的上升趋势最为显著，秋季次之，春夏季增温速率较低。

珠江流域径流量增加，但旱涝频发，咸潮加剧。受气候变暖、降水不均、流域干旱等因素的影响，珠江流域年降水没有明显增加或减少的趋势，水面蒸发和潜在蒸散均显著变小，珠江流域径流总量呈增加态势。广东特别是珠江三角洲地区咸潮呈加剧之势，咸潮活动越来越频繁、持续时间增加、上溯范围越来越大、强度趋于严重、影响越来越广。

珠三角地区早稻生长季的降水量增加，日照时数减少，影响水稻生产的低温灾害有所减轻；主要植物、动物的春季物候期提前，秋季物候期推迟，气候带有加速北移趋向，广东省北热带面积有所增加，中亚热带面积有所减少；双季稻中高适宜种植区面积增加，水稻生育期缩短，产量波动增大；复种指数增加，病虫害影响加重。

海平面持续上升，对沿海经济发展和生态、环境产生不利影响。一是风暴潮灾害程度和发生几率增大；二是沿海城市内涝频发，河流入海口日益淤积，河床抬高，严重影响航道、港口正常运行；三是海岸侵蚀加剧；四是红树林和珊瑚礁生态系统退化。

改革开放以来，珠三角地区经济发展迅猛，城市化进程显著，形成了包括广州、东莞、珠海、香港以及澳门等的城市群。城市化不仅改变了下垫面以及城市上空的热力学特性，还使各种废、热气排放量不断增加，导致热岛效应进一步增强。珠三角的热岛强度（指城市和周边地区的温差值）呈逐年增强的趋势，年平

均热岛强度已从 1983 年的 0.1°C 上升到目前高达 $0.6^{\circ}\text{C}\sim 0.7^{\circ}\text{C}$ ，每年高于或等于 35°C 的高温日数均在 30 天以上。同时城市化使其上空成云致雨的凝结核的状况发生了改变，对区域降水有增雨效应，珠三角城市群不仅降水量明显多于周边地区，而且更易诱发强雷暴性降雨天气，加剧城市内涝，威胁城市安全。同时城市化加剧了大气中的灰霾现象，1981-2008 年灰霾天数超过 100 天的就有 19 年，且呈现逐年增多的趋势，已经严重威胁了城市人民健康和经济的可持续发展。

2.2 珠三角地区未来气候变化趋势

根据全球模式和区域气候模式的预估结果，在 RCPs 情景下，21 世纪华南区域地表气温将继续上升。与 1971-2000 年的 30 年平均值相比，2031-2040 年华南区域年平均气温可能增暖 $0.8\sim 1.1^{\circ}\text{C}$ ，2051-2060 年可能增暖 $1.3\sim 1.8^{\circ}\text{C}$ ，2091-2100 年可能增暖 $1.9\sim 3.4^{\circ}\text{C}$ ；区域年降水量也呈增加趋势，2031-2040 年、2051-2060 年、2091-2100 年全区年平均降水量可能增加 $0\sim 1.0\%$ 、 $1.0\sim 6.0\%$ 和 $6.0\sim 7.0\%$ 。

未来极端温度和降水事件将会更多地影响华南区域。暖日、暖夜增加，冷日和冷夜减少。极端降水频次和极端降水量有所增加，以春季和夏季最为明显。未来小雨降水将会减少，而大雨、暴雨和大暴雨降水将会增加。由于气候变暖，海温升高，水分蒸发增加，水蒸气凝结释放出的热量给台风提供了更多的能量，导致台风强度增强，台风最大风速增加，破坏性更强，移动路径异常，风暴潮等次生灾害可能更加严重，防御难度加大。

未来气候变化情景下，地表水资源量呈增加态势，但极端水文事件增多。综合考虑水资源变化、人口和社会经济发展等因素，未来华南区域季节性缺水频率增加，对水资源配置和管理提出了新的挑战。

未来气候变化影响下，农业气象灾害频发，气候带加速北移，产量不稳定性增大。在高排放情景下，如果不采用新的改良品种，2050 年左右华南区域的水稻产量可能下降 7.1%，而且产量会趋于两极化，高产年和低产年的概率会明显增加（周曙东&朱红根, 2010）。同时气候变暖将使华南粘虫、稻飞虱的繁殖增加 1~2 代，增大虫源和病源，一些目前局限在热带的病原和寄生组织可能会蔓延到亚热带地区。

海平面继续上升，将进一步加剧对沿海地区经济发展和生态、环境的影响。预计到 2040 年中国南海海平面较 2009 年将上升 73~127mm，气候变化和海平面上升将增加强风暴潮的影响频率，加大沿海低地、岛屿和滩涂淹没的面积，延伸海水入侵的距离，增加海岸侵蚀的强度和范围，加剧红树林和珊瑚礁的退化。海平面升高的影响主要表现在以下方面：抬升风暴潮位。对一些重要工程如大亚湾核电站、琼州海峡跨海工程、港珠澳大桥、海堤等的影响不可低估；淹没低地，造成该地区部分低地被淹没；加剧海岸侵蚀和海水入侵，使海滩和湿地受损，目前已存在的水质将更加恶化；对某些海洋生物种群造成威胁，阻碍鱼类的正常洄游，影响种群正常生长。海水温度升高以及 CO₂ 浓度增加，将导致沿岸红树林、珊瑚礁的破坏。

在气候变化背景下，受海平面上升以及风暴潮、台风、暴雨等灾害的影响，珠三角城市群濒海的广州等城市将成为受洪水威胁和低地被淹没的高风险区。海平面上升和地面沉降相叠加，使相对海平面上升加快，导致潮位升高，海水沿江河上溯距离增加，或入侵陆地地下淡水层的范围扩大。同时随着海平面上升和台风、风暴潮等海洋灾害加剧，沿海城市海岸侵蚀加剧，使海滩、码头、护岸堤坝、防护林受到破坏和威胁。同时，未来气候变暖会造成干旱频次和强度的增加以及水质的变化，一方面导致城市供水资源的减少，另一方面高温天气导致城市群需水量的增加，使城市供水更加紧张。对气候变化敏感的传染性疾病，如心血管病、疟疾、登革热和中暑等疾病发生的程度和范围将有所增加。城市电力供需矛盾加剧。珠江口及沿海城镇将面临海平面升高的直接威胁。

2.3 珠三角地区台风时空变化趋势

广东省位于太平洋西岸、濒临南海，是西太平洋台风登陆我国的主要地区，平均每年登陆我国的台风 9.5 个，其中广东最多，有 3.5 个(占 37%)，海南、台湾次之，各有 2.5 个(占 26%)和 2.1 个(占 22%)，登陆我国沿海其他 6 省(区)共 1.4 个(占 15%)。

登陆广东的台风，其源地可划分为菲律宾以东的太平洋和菲律宾以西的南海两个部分。根据《1949 年-1980 年西北太平洋台风基本资料集》和 1981-2009 年

《台风（热带气旋）年鉴》资料统计，从广东全省来说，在 218 个登陆台风中，来自太平洋的有 146 个，占 67%，来自南海的有 72 个，占 33%；根据资料统计，来自太平洋的热带低压与热带风暴并不比来自南海的更多，但来自太平洋的强热带风暴与台风则明显多于南海，这充分说明台风强度越强，来自太平洋的比重也越大，如强热带风暴和台风达 65.6%和 85.5%；反之，强度越弱，其来自太平洋的比重则相对减少，如热带低压和热带风暴分别占 45.7%和 58%。换言之，登陆广东的台风来自太平洋的不仅所占比重大，而且强度也较强。

对各个岸段来说，来自太平洋的台风比重较大。在粤西沿海登陆的 91 个台风中，来自太平洋的有 57 个，占 62.6%，来自南海的有 34 个，占 37.4%；在珠江三角洲登陆的 80 个台风中，来自太平洋的有 54 个，占 67.5%，来自南海的有 26 个，占 32.5%，其比例和全省比较接近；在粤东沿海登陆的 47 个台风中，来自太平洋的有 35 个，占 74.5%，来自南海的有 12 个，占 25.5%。

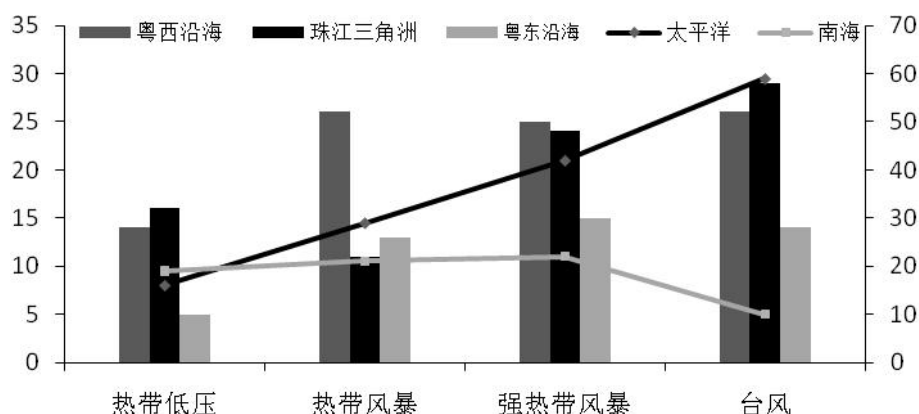


图 3 不同源地热带风暴登陆广东不同岸段的分布情况

台风形成后，除有少数在原地作短暂停留或来回摆动外，多数是朝着某个方向移动。把台风中心位置按时间先后顺序用线连结起来，便成为台风路径。台风路径大致分为正常路径和复杂路径两类，前者移向、移速随时间变化较小，路径较为平直光滑，后者移向、移速多变，路径曲折。登陆广东的台风主要来自西北太平洋和南海，在这个范围洋面上生成的台风主要有三条路径：西北偏西路径(西行型)、西北转东北路径(转折型)及北上路径(北上型)。

自 1949-2009 年的 61 年间，共有 218 个台风登陆广东，平均每年 3.57 个；其中热带低压最少，仅 35 个，年平均 0.57 个，占全部登陆台风的 16.1%；热带风暴次之，有 50 个，年平均 0.82 个，占 22.9%；强热带风暴，有 64 个，年平均

1.05 个，占 29.4%；台风最多，有 69 个，年平均 1.13 个，占 31.7%。可见，登陆广东的台风不仅数量多，而且强度强，强热带风暴及台风占 6 成以上。

在登陆的 218 个台风中，以登陆粤西沿海为最多，有 91 个，占 41.7%；珠江三角洲次之，有 80 个，占 36.7%；粤东沿海最少，仅 47 个，占 21.6%。如按不同台风等级来看，各岸段的分布多寡差别并不大，但不同等级台风占各岸段台风总数的比例差别较大。热带低压在珠江三角洲占 20%，粤西沿海为 15.4%，粤东沿海则为 10.6%；热带风暴在粤西沿海占 28.6%，珠江三角洲为 13.8%，粤东沿海为 27.7%；强热带风暴及台风在粤西沿海占 27.5%和 28.6%，珠江三角洲为 30%和 36.3%，粤东沿海也达到 31.9%和 29.8%。粤西沿海的强热带风暴以上(即强热带风暴及台风之和)的比重仅 56%，明显低于全省平均水平 61%，而珠江三角洲和粤东沿海则分别为 66.3%和 61.7%；台风的比重粤西沿海和粤东沿海为 28.6%和 29.8%，低于全省平均水平 31.7%，而珠江三角洲则为 36.3%。可见，粤西沿海的台风总次数居全省 3 个岸段的首位，但从总体水平来说，强度较弱；粤东沿海除热带风暴稍多于珠江三角洲外，其余等级均属最少，但从总体水平来说，强度较强；珠江三角洲除热带风暴最少外，热带低压与台风登陆次数均居全省首位，强热带风暴次数居中，其热带低压、强热带风暴和台风的比重均较大。

6-10 月为台风盛行期，尤其集中于 7-9 月 3 个月，6-10 月登陆的台风占全年的比重，全省为 93.6%，粤西沿海为 96.7%，珠江三角洲为 90%，粤东沿海为 93.6%；7-9 月占全年的比重，全省为 74.8%，粤西沿海为 75.8%，珠江三角洲为 72.5%，粤东沿海为 76.6%。按不同源地登陆台风来看，其集中程度，对全省来说差别不大；粤西沿海则南海台风的集中程度更高，珠江三角洲则太平洋台风集中程度更高，南海台风的集中程度明显降低，而粤东沿海 6-10 月南海台风的集中程度也明显降低。全省登陆台风以 7 月为最多，其次为 8 月；粤西沿海以 8 月为最多，其次为 7 月，珠江三角洲也以 8 月为最多，7 月和 8 月次之，粤东沿海则以 7 月为最多，9 月次之。按不同源地登陆台风来看，太平洋台风，全省以 7 月为最多，其次为 9 月，粤西沿海以 7 月为最多，其次为 8 月；珠江三角洲 8 月最多，其次为 7 月，粤东沿海以 7 月为最多，其次为 9 月；南海台风，全省以 8 月为最多，7 月、9 月次之，粤西沿海、珠江三角洲均以 8 月为最多，粤东沿海则以 7 月为最多。至于各个等级台风在全省和各岸段的年内分布情况参见表 2-5、2-6，不再赘述；但热带低压，来自太平洋的只在 7、8 月登陆粤西沿海，来自南海的只在

9月登陆粤东沿海；来自南海的热带风暴只在8月登陆珠江三角洲；来自南海的台风这么多年来一次也未登陆粤东沿海。

以地级市而言，湛江市最多有53个，阳江市次之有27个，江门市(台山)与深圳市(含香港)各21个，珠海市(含澳门)20个，汕尾市19个，茂名市16个，揭阳市(惠来)13个，汕头市12个，惠州市10个。这10个市的登陆台风在10个或10个以上，其中属于粤西沿海岸段的有3个市，珠江三角洲岸段的也有4个市，属于粤东沿海岸段的有3个市；如以珠江口为界，以西有5个市，以东有5个市；但登陆台风总数西部沿海明显多于东部沿海。台风登陆地点基本集中在4个地区，自西而东为雷州半岛、阳江—台山、珠江口两侧以及汕尾—惠来，其登陆台风个数分别为53个、48个、41个和32个，占全省登陆218个台风的24%、22%、19%和15%。粤西沿海、珠江三角洲及粤东沿海三个岸段登陆台风的分布情况前已述及。如以珠江口为界，珠江口以西有138个，占全省63%，珠江口以东有80个，占37%。按不同台风等级来看，珠江口以西以强热带风暴最多，占本岸段台风总数的30.4%，其次是台风，占26.8%，热带风暴和热带低压分别占23.2%和19.6%；珠江口以东，则强度越强，比重越大，热带低压占10%，热带风暴占22.5%，强热带风暴占27.5%，台风达40%。从总体来看，珠江口以西的台风总数约占全省2/3，其中热带风暴以上登陆台风比珠江口以东岸段多39次，虽然珠江口以西热带低压所占比重高出珠江口以东将近10%，但珠江口以西台风强度仍比珠江口以东大很多。

台风登陆次数西多东少，台风总体强度西强东弱的分布趋势，与地理纬度、大气环流系统的平均位置有密切关系，也与广东省海岸呈东东北-西西南走向有关。

2.4 佛山顺德气候变化特征

佛山位于广东中部，雨热同季，春多湿冷，夏长无酷热，秋冬暖而晴旱，享有优越的气候资源的同时，又频频受到气象灾害的困扰。佛山是珠三角的核心城市之一，正处于城市化、工业化快速发展时期。伴随经济的快速发展，城市化过程使得下垫面性质改变，全球气候也在不断变化，这些都使得各种灾害性天气的发生愈加频繁。而由于经济的高度发展，各种灾害性天气所带来的损失也越来越

大。灰霾现象日趋严重，高温日数明显增加，持续高温加剧，低温、低温阴雨天气明显减少等等。

2.4.1 气候变化观测事实

佛山多年平均气温为 22.5℃，近 60 年来气温变化呈现持续上升趋势，其升温幅度远远高于广东省平均升幅。从 1981-2017 年佛山顺德区气象资料分析可以发现，近 40 年来佛山顺德区平均气温 22.86℃，比佛山整个地区高出 0.36℃。20 世纪 80 年代至 90 年代中期，佛山顺德区平均温度为 22.09℃；20 世纪 90 年代后期至 21 世纪 10 年代，佛山顺德区平均温度上升至 23.44℃，相对于上个阶段升温达到 1.35℃；由此可见，在全球变暖背景下佛山顺德区增温趋势显著。

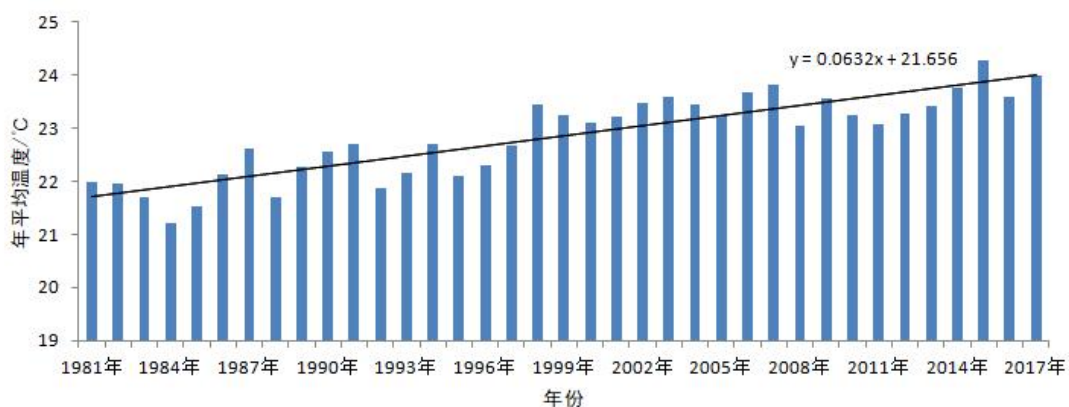


图 4 1981-2017 年佛山顺德区年平均气温变化趋势

从高温日数来看，佛山顺德区超过 35℃ 的高温天数呈现出更为剧烈的上升趋势。20 世纪 80 年代至 90 年代中期，超过 35℃ 的高温天数年平均达到 12.8 天，尤其在 80 年代全年高温天数往往不超过 10 天；20 世纪 90 年代后期至 21 世纪 10 年代，超过 35℃ 的年平均高温天数增加到 30.8 天，相对于上个时段高温天数增加了 1.4 倍；2010 年以来，超过 35℃ 的年平均高温天数达到 42 天，相对于 20 世纪 80 年代高温天数增加了 2.3 倍；尤其在 2014 年，超过 35℃ 的高温天数创造了近 40 年的最高值，达到 66 天。由此可见，随着全球变暖佛山顺德区面临的高温热浪威胁越来越严重，这不仅会对种植业、养殖业造成显著影响，还会对城镇居民的身体健康及生活生计带来巨大冲击。

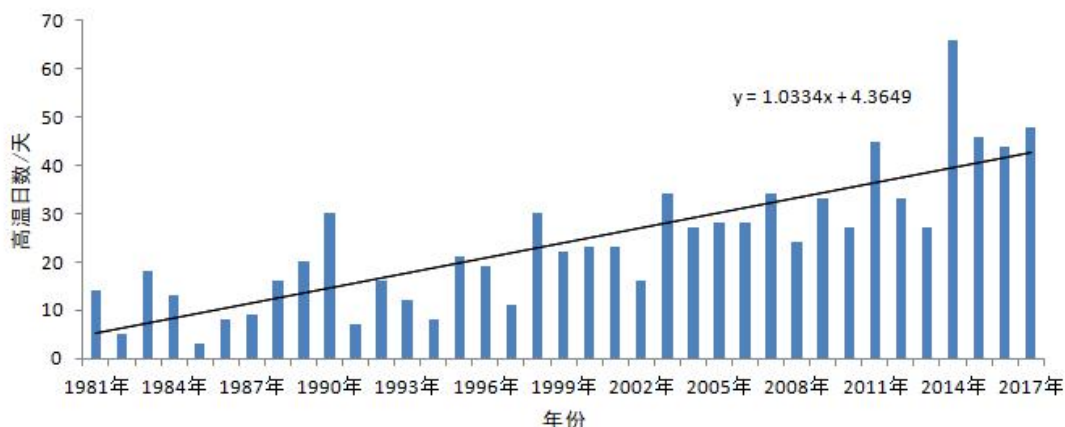


图 5 1981-2017 年佛山顺德区年平均高温天数变化趋势

从年降雨日数与年降水量来看，近 40 年来佛山顺德区降水呈现相对稳定的状态，降水日数有一定程度的下降，降水量呈现出轻微的上升趋势。佛山顺德区多年平均降水日数达到 144 天，1981-2017 年降水日数低于 110 天的年份仅有 2003 年，降水日数低于 130 天的仅有 6 年，降水日数大于 150 天的年份达到 17 年，因此佛山顺德区降水常年比较稳定，而且年际波动较小；佛山顺德区多年平均降水量为 1718mm，其中年降水量低于 1300mm 的年份有 4 年，年降水量低于 1800mm 的年份有 25 年，年降水量大于 2000mm 的年份有 7 年，近 40 年最大年降水量发生在 2008 年，达到 2403mm，由此可见，该区降水常年非常充沛，但降水有明显的季节变化，主要集中在 4-9 月，约占全年降水量的 80%，尤其在夏季，常常伴随着台风登陆出现大雨到特大暴雨的降水过程。

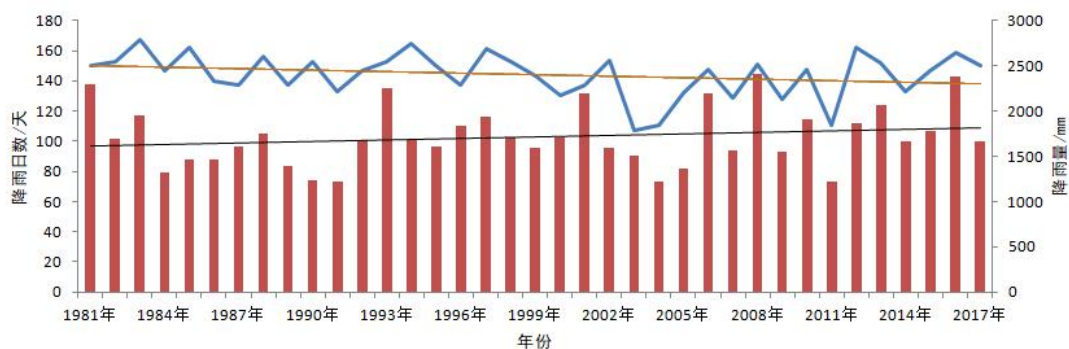


图 6 1981-2017 年佛山顺德区年平均降雨日数与降雨量变化趋势

从暴雨日数来看，近 40 年佛山顺德区暴雨发生频次呈现逐步增加的趋势。在全年均有可能出现暴雨，其中 5-6 月暴雨日数最多，4 月和 7-9 月次之。佛山顺德区多年平均暴雨日数达到 7.4 天，1981-2017 年年暴雨日数超过 10 天的年份达到 8 年，其中 2016 年暴雨日数达到 16 天，是近四十年来的最大值；年暴雨日

数小于 5 天的年份有 9 年，其中小于 3 天的年份仅有 1 年，1990 年暴雨日数仅有 1 天，是近四十年来的最小值。结合单日最大暴雨量来看，1981-2017 年佛山顺德区最大单日暴雨达到了 257.8mm，该次特大暴雨发生在 2008 年，比多年平均单日最大暴雨量高出了 130mm，近四十年来单日最大暴雨呈现轻微增加趋势，变化并不显著，大多年份单日最大暴雨量在 100mm-150mm 之间。结合相关数据进一步分析发现，近四十年来年暴雨日总雨量呈现显著增加趋势，暴雨日总雨量占全年降雨量的多年平均比例为 32.2%，其中 1993 年暴雨日总雨量所占比例最高，达到 47.8%，近四十年暴雨日总雨量占全年降雨量的比例大多分布在 20%-40%之间，近五年来暴雨日总雨量占比平均达到 37.4%。综合暴雨日数、最大单日暴雨量、暴雨日总雨量三个指标来看，近四十年来佛山顺德区暴雨呈现出频次增加、强度加大、暴发趋向集中的特征，由于佛山受台风影响显著，暴雨往往伴随台风发生，因此佛山顺德区暴雨呈现出的变化特征与近几十年来登陆广东省的台风发展变化趋势具有很高的相关性。

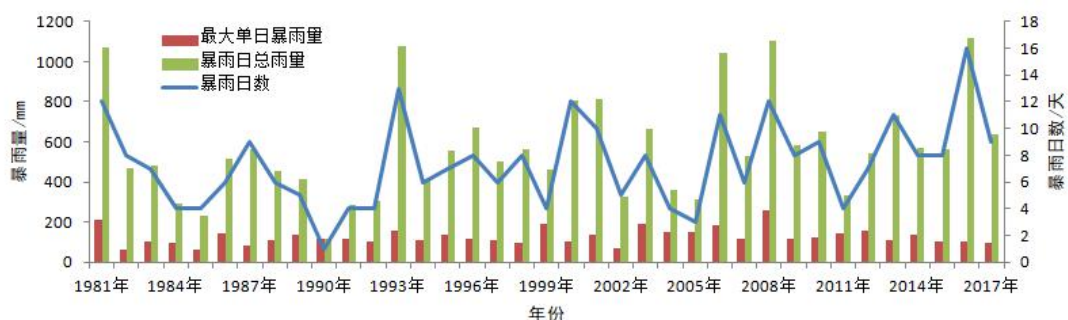


图 7 1981-2017 年佛山顺德区年暴雨天数及暴雨量变化趋势

2.4.2 未来气候变化趋势

根据全球气候研究趋势，预测未来气候的变化，首先需要构建未来温室气体排放的情景，气候变暖的程度是和温室气体的排放水平直接联系在一起。本报告对未来极端气候事件的分析，则是基于英国气象局 Hadley（哈德雷）气候中心发展的区域气候模式系统 PRECIS(Providing Regional Climates for Impacts Studies)(Yinlong Xu et al., 2006) 模拟的 RCPs 温室气体假设 (RCP2.6/4.5/8.5) 下的高分辨率 (25km×25km) 气候情景数据。这 3 个情景可以代表一系列 21 世纪的典型气候政策，RCP2.6 为极低强迫水平的减缓情景，RCP4.5 为中等稳定化情景，RCP8.5 为温室气体排放的高情景。从目前全球排放水平来看，RCP2.6 气候情景已经基本无法实现，失去了预估未来气候变化趋势的

实际意义，因此，在本报告中选取 RCP4.5 与 RCP8.5 两个气候情景对未来佛山顺德区气候变化进行预估。

基于区域气候模式系统 PRECIS，模拟 2020-2050 时段 RCP（4.5，8.5）情景下佛山顺德区气候变化趋势。根据分析可以看出，佛山顺德地区未来 30 年在不同气候情景下温度均呈现显著上升趋势，RCP8.5 情景下该区域升温幅度明显高于 RCP4.5 情景。在 RCP8.5 情景下，佛山顺德区年平均最高温度在 21 世纪中期将达到 29℃左右，年平均最低气温上升至 21℃以上，年平均气温也达到 24℃以上，比 20 世纪 80 年代年平均温度上升 1-1.5℃左右；在 RCP4.5 情景下，佛山顺德区年平均最高温度在 21 世纪中期将达到 28℃左右，年平均最低气温上升至 21℃左右，年平均气温也达到 24℃，比 20 世纪 80 年代年平均温度上升 0.5-1℃左右；对比佛山顺德区未来与历史气候状况，无论年平均温度、年平均最高温度、年平均最低温度，都呈现出明显上升趋势，其中最高温度上升趋势比最低温度上升趋势更为显著。随着整个区域温度上升，尤其是最高温度的明显增加，佛山顺德区未来 30 年面临的高温热浪事件可能呈现出加剧的态势，而低温冷害事件则会降低。



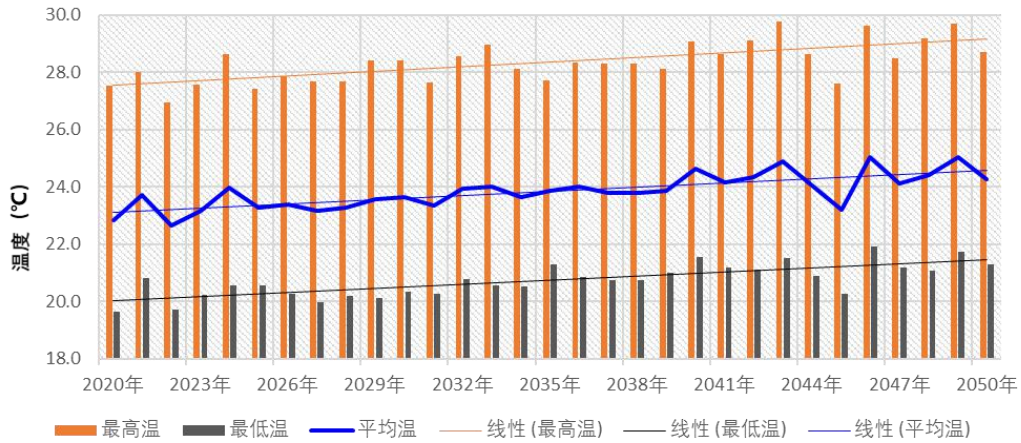


图 8 RCP4.5（上）与 RCP8.5（下）情景下佛山顺德区温度变化趋势

从高温日数与高温频次来看，未来 30 年佛山顺德区超过 35℃ 的高温天数也呈现出显著的上升趋势。RCP4.5 情景下，未来 30 年佛山顺德区超过 35℃ 的年平均高温天数达到 37 天；21 世纪 30 年代之前，超过 35℃ 的高温天数年平均达到 21 天，比 20 世纪 90 年代多出 9 天左右，热浪频次年平均 3 次左右；21 世纪 30 年代至 50 年代，超过 35℃ 的高温天数年平均达到 48.8 天，比 21 世纪 10 年代多出 18 天，热浪频次年平均超过 6.6 次；尤其在 21 世纪 30 年代高温天数最高达到了 87 天，热浪频次最高达到 9 次；RCP8.5 情景下，未来 30 年佛山顺德区超过 35℃ 的年平均高温天数达到 46 天；21 世纪 30 年代之前，超过 35℃ 的高温天数年平均达到 38 天，比 RCP4.5 情景下同时期热浪天数多出 17 天左右，热浪频次年平均 5.7 次左右；21 世纪 30 年代至 50 年代，超过 35℃ 的高温天数年平均达到 51.4 天，比 21 世纪 10 年代多出 20 天，热浪频次年平均超过 5.9 次；尤其在 21 世纪 50 年代初高温天数最高达到了 80 天，热浪频次最高达到 10 次。对比 RCP4.5 情景与 RCP8.5 情景，RCP8.5 情景下高温热浪灾害更为严重，但热浪频次并未明显增加，这表明在 RCP8.5 情景下高温热浪灾害强度增加显著，每次热浪持续时间明显高于 RCP4.5 情景下高温热浪。

通过分析可以发现，随着全球变暖，未来 30 年佛山顺德区平均温度上升趋势明显，其可能面临的高温热浪灾害也呈现出愈演愈烈的趋势，当地居民的生产生活将面临更为严重的威胁，对于当地种植业、养殖业可能造成更大的损失，对居民身体健康以及生活生计造成巨大冲击。

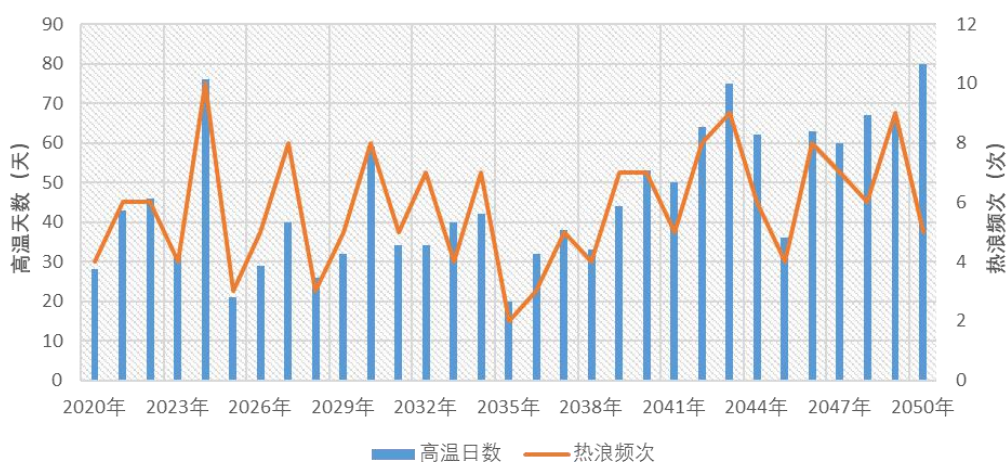
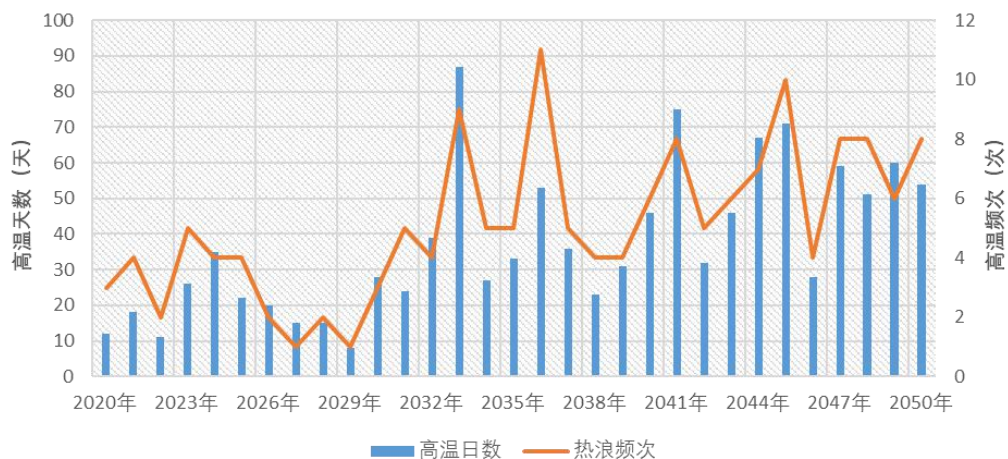


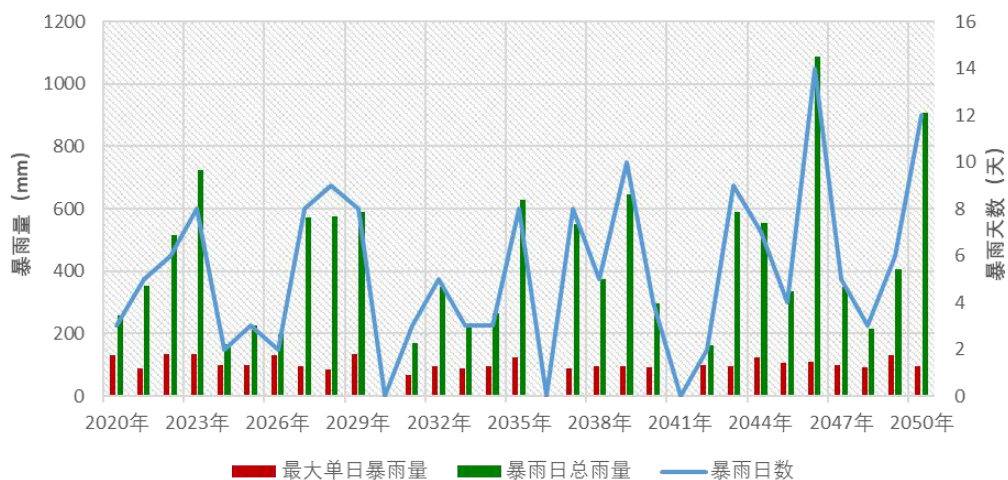
图9 RCP4.5（上）与RCP8.5（下）情景下佛山顺德区高温热浪变化趋势

从暴雨日数来看，未来30年佛山顺德区暴雨日数总体上比1981-2017年呈现出一定的减少趋势。在RCP4.5情景下，未来30年佛山顺德区多年平均暴雨日数为5.3天，比1981-2017年暴雨日数减少了2天左右；未来暴雨日数超过10天的年份仅有3年，比1981-2017年少5年；未来暴雨日数最多的年份达到14天，比1981-2017年少2天；年暴雨日数小于5天的年份有13年，比1981-2017年多4年，其中没有暴雨发生年份有2年。从未来30年暴雨日数的变化趋势来看，RCP4.5情景下未来30年整体呈现出上升趋势。在RCP8.5情景下，未来30年佛山顺德区多年平均暴雨日数为5.1天，比RCP4.5情景下暴雨日数有所减少；未来暴雨日数超过10天的年份仅有1年，比RCP4.5情景下少2年；未来暴雨日数最多的年份也达到14天，年暴雨日数小于5天的年份有13年，都与RCP4.5情景下持平。从未来30年暴雨日数的变化趋势来看，RCP4.5情景下未来30年整体呈现出上升趋势。

结合暴雨量来看，在RCP4.5情景下，相对于1981-2017年未来30年佛山顺

德区暴雨量总体上呈现出减少趋势，在 RCP8.5 情景下，相对于 1981-2017 年未来 30 年佛山顺德区暴雨量总体上也呈现出减少趋势。在 RCP4.5 情景下，未来 30 年佛山顺德区最大单日暴雨仅为 135.5mm，比 1981-2017 年佛山顺德区最大单日暴雨减少 120mm 左右，多年平均最大单日暴雨为 94.4mm，比 1981-2017 年佛山顺德区多年平均最大单日暴雨减少 20mm 以上；未来 30 年单日最大暴雨量在 90-130mm 之间波动，其中有 2 个年份没有>50mm 的暴雨发生；未来 30 年暴雨日总雨量占全年降雨量的多年平均比例为 19.3%，其中最高达到 41%，未来 30 年暴雨日总雨量占全年降雨量的比例大多分布在 15%-30%之间。在 RCP4.5 情景下，未来 30 年佛山顺德区暴雨量从 2020 年至 2050 年呈现出一定的上升趋势。在 RCP8.5 情景下，未来 30 年佛山顺德区最大单日暴雨仅为 133.8mm，基本与 RCP4.5 情景下最大单日暴雨量持平，多年平均最大单日暴雨为 104.4mm，比 RCP4.5 情景下多年平均最大单日暴雨量多 10mm；未来 30 年单日最大暴雨量在 90-130mm 之间波动，其中有 2 个年份没有>50mm 的暴雨发生；未来 30 年暴雨日总雨量占全年降雨量的多年平均比例为 19.7%，大多分布在 20%-30%之间，其中最高达到 42.7%。在 RCP8.5 情景下，未来 30 年佛山顺德区暴雨量从 2020 年至 2050 年呈现出一定的先下降后上升的趋势，其中 21 世纪 30 年代中期达到最高值。

综合暴雨日数、最大单日暴雨量、暴雨日总雨量三个指标来看，未来 30 年佛山顺德区暴雨总体上呈现出频次下降、强度降低的特征，对于当地种植业与水产养殖业的发展有一定的利好趋势。



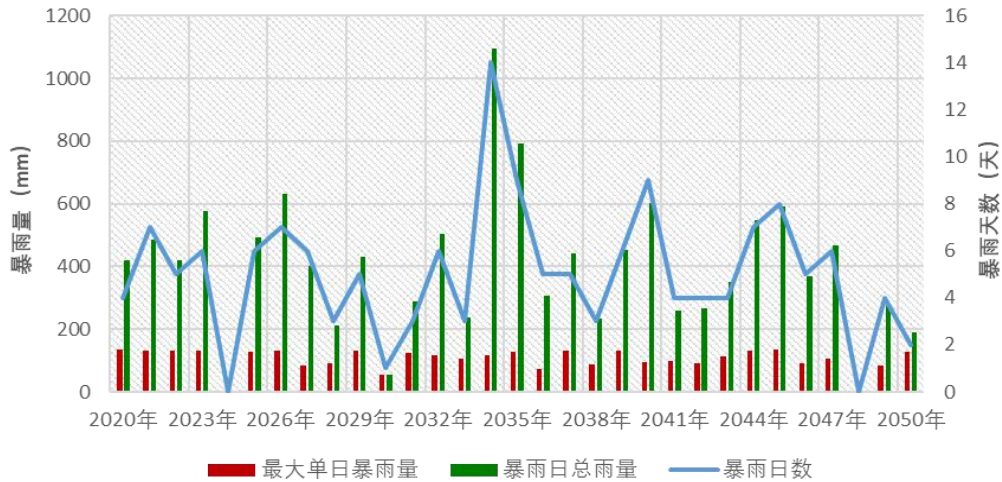


图 10 RCP4.5（上）与 RCP8.5（下）情景下佛山顺德区暴雨变化趋势

从低温冷害来看，未来 30 年佛山顺德区低温冷害日数呈现显著下降趋势。在 RCP4.5 情景下，2020-2050 年多年平均最低气温 $<5^{\circ}\text{C}$ 天数为 3.8 天，多年平均日均气温 $<10^{\circ}\text{C}$ 天数为 9.2 天；2020-2039 年多年平均最低气温 $<5^{\circ}\text{C}$ 天数为 4.1 天，2040-2050 年多年平均最低气温 $<5^{\circ}\text{C}$ 天数为 3.5 天，最低气温日数呈现显著下降趋势；2020-2039 年多年平均日均气温 $<10^{\circ}\text{C}$ 天数为 9.8 天，2040-2050 年多年平均日均气温 $<10^{\circ}\text{C}$ 天数为 8.1 天，日均低温天气日数也呈现出明显降低态势；未来 30 年最低气温 $<5^{\circ}\text{C}$ 天数超过 5 天的年份为 9 年，日均气温 $<10^{\circ}\text{C}$ 天数超过 10 天的年份达到 11 年，其中有 3 年没有最低气温 $<5^{\circ}\text{C}$ 的气象灾害发生。在 RCP8.5 情景下，2020-2050 年多年平均最低气温 $<5^{\circ}\text{C}$ 天数为 2.7 天，比 RCP4.5 情景下最低气温 $<5^{\circ}\text{C}$ 天数减少近 1.5 天；未来 30 年多年平均日均气温 $<10^{\circ}\text{C}$ 天数为 7.1 天，比 RCP4.5 情景下减少 2 天以上；2020-2039 年多年平均最低气温 $<5^{\circ}\text{C}$ 天数为 3.1 天，2040-2050 年多年平均最低气温 $<5^{\circ}\text{C}$ 天数为 2 天，相比于 RCP4.5 情景两个时段均减少 1 天；2020-2039 年多年平均日均气温 $<10^{\circ}\text{C}$ 天数为 8.6 天，2040-2050 年多年平均日均气温 $<10^{\circ}\text{C}$ 天数为 4.5 天，相比于 RCP4.5 情景两个时段分别减少 1 天、3.6 天；在 RCP8.5 情景下低温冷害呈现出更为显著的下降趋势。未来 30 年最低气温 $<5^{\circ}\text{C}$ 天数超过 5 天的年份为 5 年，日均气温 $<10^{\circ}\text{C}$ 天数超过 10 天的年份达到 7 年，其中有 5 年没有最低气温 $<5^{\circ}\text{C}$ 的气象灾害发生。

综合最低气温 $<5^{\circ}\text{C}$ 日数与日均气温 $<10^{\circ}\text{C}$ 日数两个低温冷害指标，佛山顺德区未来 30 年低温冷害呈现出显著下降趋势，并且 RCP8.5 情景下低温冷害减少态势比 RCP4.5 情景更为剧烈，对当地种植业与养殖业的不利影响将显著减轻。

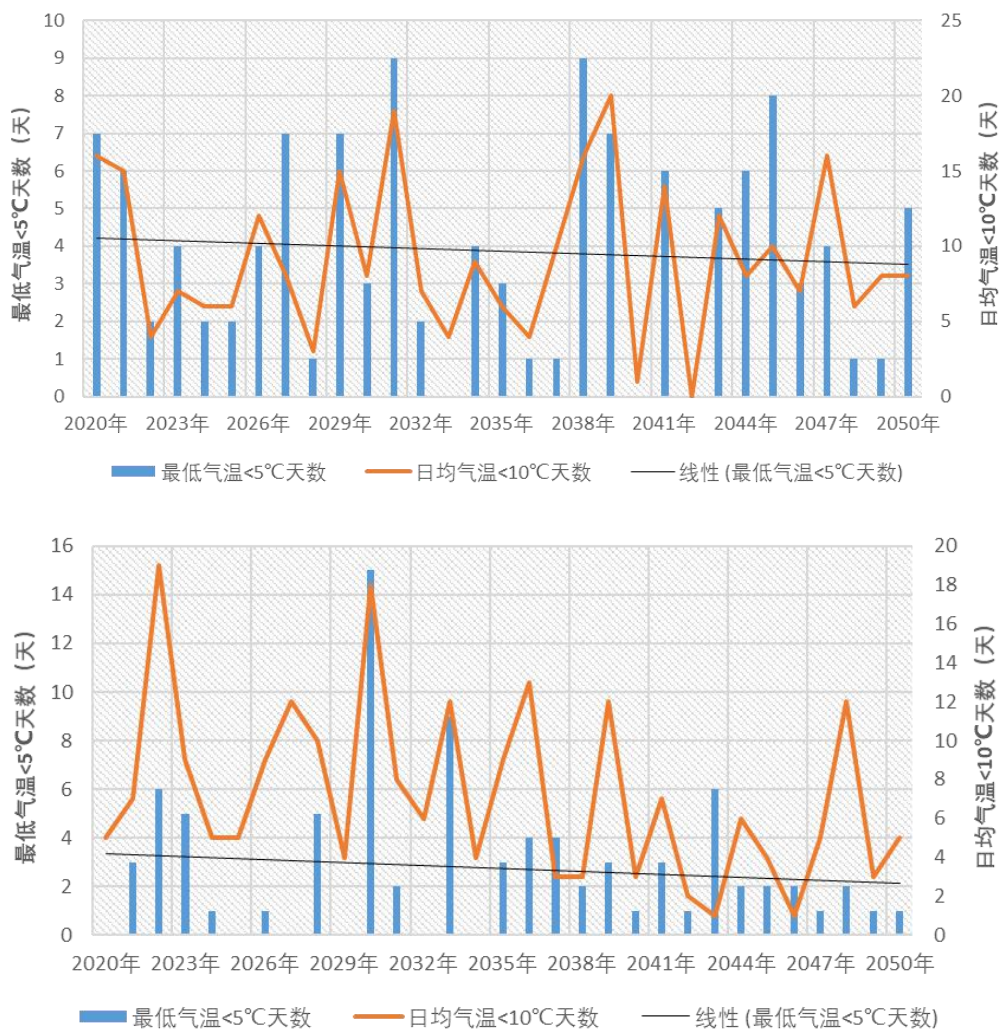


图 11 RCP4.5 (上) 与 RCP8.5 (下) 情景下佛山顺德区低温冷害变化趋势

三、仕版社区气候脆弱性与风险评估

气候变化往往表现为长时间尺度（30 年以上）、大空间范围的气候状态变化。由于气候变化会导致各种极端气候事件的频次与强度发生改变，也就是灾害胁迫产生变化，因此在气候变化背景下不同灾害的危险性也在随之改变；另一方面，在不同区域受极端气候事件胁迫的各种承灾体，随着社会经济的发展，其暴露度、敏感性与适应能力也在发生变化；因此，在极端气候事件危险性与承灾体脆弱性共同作用下，由气候变化导致的气候风险将呈现出新的特征。本研究聚焦于广东省佛山市顺德区伦教街道仕版社区，通过文献调研、问卷设计、实地调研、数据分析等方法手段，开展研究区极端气候事件危险性分析，揭示该地区关键气候灾

害危险性变化特征，结合仕版社区特色筛选气候变化影响下研究区脆弱性因子，开展脆弱性分析揭示气候变化影响下广东佛山顺德区仕版社区关键脆弱性，最终对广东佛山顺德区仕版社区关键气候灾害风险进行辨识解析。在对珠三角地区气候变化与佛山顺德气候变化事实、未来趋势分析的基础上，本章对广东省佛山市顺德区伦教街道仕版社区脆弱性与风险进行了评估。

3.1 仕版社区气候脆弱性问卷设计

广东省佛山市顺德区伦教街道仕版社区是一个面积仅有 4 平方公里的行政村，从气候角度来看，其空间尺度十分小，对于气候变化导致的极端气候事件而言，基本无法进一步辨识在仕版社区内气候相关灾害在空间上的差异性，也就是对于气候灾害并不适宜在如此小的行政单元上进行危险性空间区划，但可以对仕版社区面临的气候相关灾害强度与频次进行定量分析。从仕版社区农业脆弱性角度来看，仕版社区农业主要以鱼塘养殖与花木种植为主，为了更有效的识别种植业与养殖业面对气候相关灾害的脆弱方面，本研究从主要承灾体的暴露度、敏感性、适应能力三个方面进行了仕版社区气候脆弱性识别，通过问卷调查的方式，与当地养殖专业户、种植专业户进行了一对一访谈，深入挖掘近几十年来仕版社区所遭受的各种气候灾害以及其对当地鱼塘养殖与花木种植的具体影响，当地农户如何应对各种气候灾害。根据仕版社区的基本特征，本研究从基础设施、基本建设、社会、经济、制度、管理、法律、法规等方面设计了调查访谈问卷，包含十个相关问题。

- 仕版社区内鱼塘养殖与花木种植方面防御气候相关灾害的基础设施是否完备？有哪些改进或提升的空间？未来有哪些改进设想？
- 在当地抵御气候相关灾害的日常管理措施有哪些？在哪些环节投入时间、人力物力最大？最关注哪些方面？
- 当地鱼塘养殖与花木种植方面的生产活动中是否有可信赖的气候灾害防御标准？如何获取的相关标准？
- 当地鱼塘养殖与花木种植方面的生产活动中是否有足够的成熟技术或者新技术，从而降低成本，增加收入？这些技术通过何种方式获取？
- 影响当地鱼塘养殖与花木种植方面生产活动的法律法规、地方政策有哪

些？平时是否关注？如何获取？

- 在当地关于鱼塘养殖与花木种植方面的市场信息通过何种渠道获取？一般采取什么产品销售策略，避免损失，增加收入？
- 当地农户是否为鱼塘养殖与花木种植方面的生产经营活动购买商业保险？若当地存在相关保险，您是否了解其是以何种方式运作？
- 当地鱼塘养殖农户与花木种植农户一般通过哪些渠道获取气候相关灾害的详细信息？如何获取？
- 当地鱼塘养殖农户与花木种植农户是否参加了种植或养殖合作社组织？是否可以有效降低生产损失风险？
- 当地各级政府（包括社区、区县、市）对鱼塘养殖与花木种植方面的生产经营活动有哪些帮助和阻力？建议如何改进？

3.2 仕版社区气候脆弱指标筛选

依托仕版社区北斗星社会工作服务中心人员以及千禾基金项目负责人员的大力协助，本研究通过调查问卷对当地鱼塘养殖农户与花木种植农户开展了一对一访谈。在 2019 年 5 月 26-30 日期间，研究团队对仕版社区养殖户、种植户、鱼药店、政府工作人员进行了访谈，其中 4 户鱼塘养殖户、2 户花木种植户、1 家鱼药店以及 1 位仕版社区村委会领导。

通过深入访谈，本研究筛选了仕版社区气候脆弱性因子，包括暴露度、敏感性、适应能力三个指标；其中暴露度主要涉及鱼塘养殖面积、花木种植面积、香蕉种植面积等因子；敏感性指标主要包含鱼苗种类、水质状况、饲料与鱼药质量、鱼塘状况、花木种类、花木树龄、土壤状况、地形地貌等因子；适应能力指标主要包括人力投入、养鱼技术、种植技术掌握程度、饲料、药物、肥料等成本投入、鱼塘基础建设投入、抗灾减灾技术经验、市场信息掌握程度、政府扶持力度等因子。由于脆弱性因子的差异，不同鱼塘养殖户与花木种植户在面对气候相关灾害时所体现出的脆弱程度也出现较大差别。

表 1 仕版社区鱼塘养殖与花木种植气候脆弱性因子

脆弱性指标	类别	因子
暴露度	鱼塘养殖	鱼塘养殖面积

	花木种植	花木种植面积
		香蕉种植面积
敏感性	鱼塘养殖	鱼苗种类
		水质状况
		饲料质量
		鱼药质量
		鱼塘状况
	花木种植	花木种类
		花木树龄
		土壤状况
		地形地貌
适应能力	鱼塘养殖	人力投入
		养鱼技术掌握程度
		饲料、药物等成本投入
		经验丰富程度
		鱼塘基础建设投入
		政府扶持力度
		市场信息掌握程度
	花木种植	人力投入
		种植技术
		肥料、药物投入
		抗灾减灾技术经验
		市场信息掌握程度
		政府扶持力度

针对上述脆弱性指标与因子，结合问卷调研的一对一访谈记录，本报告深入梳理了仕版社区典型鱼塘养殖户与花木种植户面临气候相关灾害过程中所呈现出的不同脆弱性。

从暴露度指标来看，目前仕版社区农业领域主要以鱼塘养殖与花木种植为主，传统的桑基和蕉基鱼塘作为主的农业生产方式已经被现代农业所替代，而过去仕版村的四大农产物-甘蔗、桑、蕉、鱼，也已经被鱼、花木取代。而对鱼塘养殖与花木种植，高温、暴雨、台风、低温冷害是主要气候灾害，其暴露程度主要体

现在鱼塘的养殖面积与花木（包括香蕉）种植的种植面积上。目前，仕版村农田示范区总体为“3分田基7分水面”，有将近2500亩的220多口鱼塘、700亩的70多个花卉种植场。

从敏感性指标来看，对于鱼塘养殖，鱼苗种类、水质状况、饲料与鱼药质量、鱼塘状况等因子是导致鱼塘养殖面临气候相关灾害时的敏感与否的关键因子。在仕版社区，随着市场需求的变化，鱼塘养殖已经由过去的四大“家鱼”为主，转为以江团和鲈鱼养殖为主，两种鱼对气候的敏感程度不同，江团相对鲈鱼，对气候适应能力更强一些，但两者都对气候的剧烈波动非常敏感。同时，鱼塘水质决定了鱼类是否容易生病，由于每天大量鱼饲料的投入，以及日常气压水温的变化，鱼塘水需定期进行更换，否则容易导致鱼塘水质变差，鱼类易生疾病导致大量死亡，每个月需对鱼塘更换2-3次水。由于鱼类生病是鱼塘养殖面临的巨大威胁，因此对于饲料质量与鱼药质量的要求非常高，温度变化与湿度变化会引起饲料变质，会引起鱼类体质变差，而由气候波动导致的鱼类易染病毒或疾病爆发规律变化，及时对症下药非常关键，否则会损失惨重。鱼塘的基础状况，包括位置、堤围、底泥等方面，在面临暴雨、台风等灾害时，呈现出不同的敏感性，也决定了鱼塘的租赁价格。

对于花木种植，花木种类、花木树龄、土壤状况、地形地貌则是影响花木面对气候灾害时敏感程度的关键因子。仕版社区，近年来以花木种植为主，过去的甘蔗、香蕉、桑树则逐渐稀少，不同花木的特征导致其面临气候灾害的抗灾能力不同，有的枝干粗壮，有的花叶脆弱；而花木的树龄也是影响其敏感性的因素之一，花木苗期与壮年期抵御气候灾害的能力差别非常大；同时，花木种植的土壤状况对花木的成长非常重要，气候波动导致的暴雨洪涝会导致土壤含水量过饱和，长期涝渍状态会导致花木根系腐烂，最终造成花木凋零；花木园区的地形地貌也是影响花木成长的关键因素，暴雨洪涝往往造成地势低洼的地块积水，进而影响花木的生长。

从适应能力指标来看，花木种植与鱼塘养殖具有很大的相似性，两者都非常依赖于人类的大量人力、物力投入，只有适应能力得到保障，花木种植与鱼塘养殖才能有效抵御气候相关灾害的威胁，最终形成可观的效益。由于社会经济的发展，为了追逐经济效益，目前仕版社区已经逐渐放弃了过去桑基鱼塘的生态环保模式，而采用更激进的方式进行农业生产，鱼塘养殖追求高密度、大投入、高药

量、高饲料、高产出、高周转，花木种植也聚焦于高肥料、大密度、高药量、高产出；因此面对气候变化带来的极端气候事件冲击时，目前仕版社区农业失去了过去的抗灾模式-以鱼类、花木的自适应为基础，以人类的技术与基础设施建设为保障；目前主要依靠农户用更大的投入来抵御气候风险，而鱼塘、花木园的自然系统生态保障功能逐渐丧失。由于鱼塘中鱼类养殖密度过高，导致其面对气候波动带来的致病、死亡风险剧增，农户需要投入更大的人力、更长的时间密切关注鱼塘中鱼类的状态，鱼类各种疾病爆发更为频繁，农户对鱼塘的施药量也不断增加，这就导致了恶性循环；高经济效益驱动-高密度养殖-气候波动加剧致病风险-高人力、高成本投入-鱼塘生态环境恶化-鱼类致病风险进一步加剧-获取经济效益的风险增大。除了上述农业发展模式，养殖技术与种植技术经验的获取与消化吸收，对于农户提升抵御气候灾害能力，具有显著影响。对于花木种植，在气候灾害发生前、发生过程中、发生后的不同阶段，都有丰富的应对技术与措施可以采取，从而降低气候灾害带来的损失，若农户能够充分掌握相应技术与知识，则可以极大提高花木种植成功率，保障其经济效益。另一方面，政府的扶持对于鱼塘养殖与花木种植都非常重要，当农户单独面对气候变化时，其风险往往非常高，但政府通过基础设施建设、知识技能培训、合作社联盟组织、资金借贷机制创新、大灾保险托底等方式，可以有效提升农户的适应能力，对整个仕版社区的农业应对气候变化具有重要的意义。

表 2 仕版社区鱼塘养殖与花木种植面对不同灾害的气候脆弱性

气候脆弱性		暴雨	高温	低温冷害	台风
鱼塘养殖	暴露度	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲△
	敏感性	▲▲▲▲	▲▲	▲▲	▲▲▲△
	适应能力	▲▲▲	▲▲	▲▲	▲▲△
	脆弱性	★★★★★	★★★	★★★	★★★★★
花木种植	暴露度	▲▲▲△	▲▲▲△	▲▲▲△	▲▲▲▲
	敏感性	▲▲▲▲	▲▲	▲▲△	▲▲▲▲
	适应能力	▲▲△	▲▲△	▲▲	▲▲▲
	脆弱性	★★★★★	★★	★★★	★★★★★

基于调查问卷对当地鱼塘养殖农户与花木种植农户的一对一访谈记录,结合已筛选的仕版社区鱼塘养殖与花木种植气候脆弱性因子,本研究对当地鱼塘养殖与花木种植面临不同灾害的气候脆弱性进行了定性分析(见表2)。对于鱼塘养殖而言,其面对暴雨灾害的脆弱性最大,面对台风灾害的脆弱性次之,面对高温灾害与低温冷害的脆弱性相对较低;对于花木种植而言,其面对台风灾害的脆弱性最大,面对暴雨灾害的脆弱性次之,面对低温冷害的脆弱性较低,面对高温灾害的脆弱性相对最低。

3.3 仕版社区气候风险辨识

仕版社区面临的气候风险主要来自两个方面,一方面是仕版社区农业所面临的气候相关灾害,另一方面则是仕版社区鱼塘养殖与花木种植面临气候灾害时自身的脆弱性,两者相互作用形成了仕版社区气候风险。

从前文分析结果来看,佛山顺德区近60年来气温变化呈现持续上升趋势,其升温幅度远远高于广东省平均升幅,未来30年无论年平均温度、年平均最高温度、年平均最低温度,都将继续上升,其中最高温度上升趋势比最低温度上升趋势更为显著;过去40年来超过35℃的高温天数呈现出显著的增加态势,未来30年佛山顺德区高温天数与热浪频次都将明显增加,高温热浪灾害将呈现出愈演愈烈的趋势;而低温冷害日数在未来30年将相应的呈现出显著下降趋势;另一方面,近四十年来佛山顺德区暴雨呈现出频次增加、强度加大、暴发趋向集中的特征,而未来30年佛山顺德区暴雨总体上将呈现出频次下降、强度降低的趋势;根据诸多研究,未来我国广东沿海地区台风将呈现出频次下降、强度增大的趋势。由此可见,仕版社区作为顺德区的一个行政村,其面临的气候灾害危险性呈现出不同的变化趋势,高温热浪危险性将越来越大,暴雨灾害与低温冷害危险性有下降的趋势,而台风灾害危险性则有一定的增加趋势。

从脆弱性方面来看,仕版社区农业主要以鱼塘养殖与花木种植为主,结合当地实际情况,本研究筛选了仕版社区气候脆弱性因子,包括暴露度、敏感性、适应能力三个指标;其中暴露度主要涉及鱼塘养殖面积、花木种植面积、香蕉种植面积等因子;敏感性指标主要包含鱼苗种类、水质状况、饲料与鱼药质量、鱼塘状况、花木种类、花木树龄、土壤状况、地形地貌等因子;适应能力指标主要包

括人力投入、养鱼技术、种植技术掌握程度、饲料、药物、肥料等成本投入、鱼塘基础建设投入、抗灾减灾技术经验、市场信息掌握程度、政府扶持力度等因子。对于鱼塘养殖而言，其面对暴雨灾害的脆弱性最大，面对台风灾害的脆弱性次之，面对高温灾害与低温冷害的脆弱性相对较低；对于花木种植而言，其面对台风灾害的脆弱性最大，面对暴雨灾害的脆弱性次之，面对低温冷害的脆弱性较低，面对高温灾害的脆弱性相对最低。

结合仕版社区气候灾害危险性与脆弱性，初步对仕版社区农业面临的气候风险进行评估（见表3）。对于仕版社区鱼塘养殖，暴雨风险最为突出，虽然未来暴雨强度与频次有下降趋势，但暴雨对水产养殖的整体威胁仍然最大；台风灾害导致的减产风险次之，由于未来台风呈现出频次减少、强度增大趋势，目前仕版社区的鱼塘基础防御设施需进一步更新升级，以应对未来更具破坏力的台风灾害；高温热浪随着全球变暖将越来越严重，水产养殖应增强应对高温技术储备，否则可能导致鱼类损失风险增加；由于低温冷害的减少，其带来的威胁也逐步降低，其对水产养殖带来的减产风险也相对较低。对于花木种植，台风灾害带来的风险最为显著，对台风的灾前预防，采取更为有效的措施降低花木倒伏，才能应对未来更为剧烈的台风胁迫；暴雨灾害虽然在未来有下降趋势，但其对花木种植的影响仍较为突出，暴雨造成树木的花、枝叶脱落，低洼积水造成花木的淹没，根系受损，因此未来暴雨风险仍不可小觑；未来高温灾害上升趋势明显，尤其与干旱并发时，对花木生长将产生显著影响，因此增强应对高温干旱的技术储备是未来的必然选择；低温冷害整体呈现下降趋势，但在整体变暖背景下，突发性的低温冷害仍会对花木生长造成较大影响，因此对于低温冷害的预警预报显得更为重要。

表3 仕版社区农业气候风险评估

气候风险	暴雨危险性	高温危险性	低温冷害危险性	台风危险性
鱼塘养殖脆弱性	★★★★☆	★★★★☆	★★	★★★★☆
花木种植脆弱性	★★★★☆	★★★	★★★	★★★★★

综上所述，在气候变暖背景下，广东佛山顺德仕版社区农业所面临的暴雨、台风、高温、低温风险将呈现出新的变化，为了保障仕版社区农户的生产生计，针对仕版社区自身的脆弱性方面，凝练适应技术措施，探索适应途径，提升适应气候变化能力，成为仕版社区应对未来气候变化的必然选择。

四、适应建议

（一）结合仕版社区中长期发展规划，将适应气候变化与社区发展有机融合在一起。从仕版社区近期发展目标来看，需要聚焦在增量适应层面，探索技术培训、成立合作社、加入行业协会等不同措施，改善当地农户知识储备不足、技术不规范、抗市场风险能力弱的问题。从中期发展目标来看，需要重点主要关注仕版社区极端气候预警救灾网络建设、农业基础设施建设、产业链拓展等方面，降低社区脆弱性，提升当地社区的整体抗风险能力。从长期发展目标来看，仕版社区具有一定转型适应的潜力，目前文化旅游产业已经初现端倪，随着气候灾害威胁的日益加重，通过产业转型升级，可以有效提升当地应对气候风险的能力；另一方面，逐步建立商业保险机制，可以实现极端气候风险转移。

（二）加强村委会与股份社的组织协调能力，提升仕版社区整体适应能力。针对当地气候变化的事实、对鱼类养殖和花木种植的影响，组织鱼类养殖专家对仕版社区养殖户进行培训，组织农林业专家对花木种植户进行培训，为当地农业从业者提供技术支持。同时，充分调动当地社区服务中心的积极性，开展气候变化科学认识普及活动，活动设计力求生动形象、简明易懂，提出的适应措施建议农民易于接受、可操作性强，取得更好的效果。

（三）建立渔农合作社或行业协会，加强仕版农户自身应对能力。气候变化导致仕版地区高温加剧、暴雨频发等外在胁迫呈现出增大趋势，同时仕版社区渔农养殖经验参差不齐，导致仕版水产养殖呈现出鱼病暴发频繁，鱼类品质没保障，议价能力弱等一系列问题，通过建立渔农合作社或行业协会，可以有效组织渔农开展各种学习互助活动，形成统一养殖规范标准，提升仕版鱼塘养殖水平；试点示范集装箱式淡水养殖新模式，从提升产量、降低成本、减少环境污染等角度探索形成稳定成熟的水产养殖新技术体系；控制养殖密度与鱼药使用量，提升鱼塘生态环境质量；避免相互恶性竞争，提高与中间商议价能力；打造仕版鱼塘养殖共有品牌，提升仕版养殖的价值。

（四）构建极端气候灾害预警救灾协作网络，实现社区对气候风险的全过程应对。气候变化导致的多种灾害对仕版社区的农业、群众生活、社区环境、工业等都造成不同程度的威胁，因此仅依靠一家一户或某个群体采取措施应对，往

往事倍功半，必须集合各个组织及全体民众的力量，才能真正改善当地社区的适应气候变化能力。依托村委会、股份社、合作社等不同基层组织，发动水产养殖户、花木种植户、其他社区成员共同参与，构建针对关键气候灾害的预警救灾协作网络，编制不同灾害应急预案，实现预警信息统一发布、应急措施有序开展、抢险救灾重点突出、灾后救助及时高效、灾情信息标准化记录，从整个灾害过程着手，分环节、分步骤、分节点的落实整个协作网络中不同主体（村干部、社区成员、社区服务人员等）的责任和义务，整合形成合力应对气候灾害风险。

（五）加强农业基础设施建设，改善仕版农业应对气候变化基底面貌。在本项目进行的调研中，目前仕版社区农业发展的基础设施是 20 年前建设的，基本满足过去的需求，对于过去 20 年仕版鱼塘养殖产业的发展起到了非常重要的作用，奠定了目前仕版社区农业发展基本格局；随着气候变化导致的极端气候事件变化，现有的农业基础设施对抵御未来气候相关灾害的能力出现不足。因此，今后适应气候变化的农业基础设施建设要重点考虑气候变化在当地实际呈现出的新特征、未来的关键气候风险和紧迫气候，以及社会经济情况，还要考虑这些基础设施的维护和安全运行、发挥农业基础设施在适应气候变化中的作用。

（六）养殖产业链延伸，从全产业链角度降低气候风险。通过调研可以发现，仕版社区以鱼塘养殖为主，但鱼类加工企业基本没有，这就导致当地的产业链太短，无法形成上下游产业有效互补，制约了鱼塘养殖的市场与利润空间，当地渔农抵御气候灾害风险与市场波动的能力就相对较弱。随着气候变化，高温、暴雨、台风等气候灾害在未来呈现出更大的不确定性，由此导致的鱼塘养殖风险进一步加剧，因此拓展当地产业链，可以强化仕版社区养殖业市场地位，从全产业链层面有效降低气候风险损失。

（七）推广商业保险机制，实现极端气候风险转移。由于气候变化，气候相关灾害造成的损失不断加剧。当台风、暴雨等巨灾发生，鱼塘养殖户与花木种植户会遭受严重的生命财产损失，由于前期投入较大，若发生严重损失，可能使农户血本无归，失去继续经营的能力；现有的普通农业保险已经无法满足当地农户可持续发展的需求，越来越显示出建立巨灾保险机制的重要性和紧迫性。出台专门的法律法规文件支持巨灾保险的发展，结合当地气候复杂多变的特点设计多样化的巨灾险种，完善适应气候变化的巨灾保险工作大有可为。

