

# 深圳气象改革发展实践与展望

王延青<sup>1</sup> 刘敦训<sup>1, 2</sup> 徐文文<sup>1</sup>

(1 深圳市气象局, 深圳 518040; 2 深圳市气象服务中心, 深圳 518040)

**摘要:** 首先, 从改革开放40年来深圳气象事业发展变化入手, 分析了深圳气象发展四个阶段的特点。其次, 形成了融入式发展、创新式发展、开放式发展等可推广的气象发展与改革的经验, 并总结梳理了在立体观测、精细预报、协同防灾、气象服务、信息发布、科技创新等六方面取得的成效, 为全国气象部门提供了特殊改革样本。最后, 从强化气象履职、优化顶层设计、发展智慧气象、应对气候变化、扩大改革开放等五个方面提出了适应“人人共享的新型城市核心愿景”的未来发展展望, 保障城市安全和可持续发展。

**关键词:** 深圳气象, 改革发展, 城市安全, 展望

**DOI:** 10.3969/j.issn.2095-1973.2019.03.011

## Reform and Development Practices and Outlook on Shenzhen Meteorology

Wang Yanqing<sup>1</sup>, Liu Dunxun<sup>1, 2</sup>, Xu Wenwen<sup>1</sup>

(1 Meteorological Bureau of Shenzhen Municipality, Shenzhen 518040

2 Shenzhen Meteorological Service Center, Shenzhen 518040)

**Abstract:** First of all, the characteristics of four stages on Shenzhen meteorological development and change in the past 40 years are analyzed. Secondly, propagated experiences of meteorological development and reform such as integrated development, innovative development and opening-up development are formed, at the same time six significant achievements are summarized in three-dimensional observation, refined forecasting, coordinated disaster prevention, meteorological services, information dissemination as well as scientific and technological innovation, which provide special reform examples to nationwide meteorological bureaus. Finally, for the aim of protecting safety and sustainable development of cities, the point of view has been taken that is “a core vision for the new cities everyone could share” with five aspects including strengthening meteorological performance, optimizing top-level design, developing intelligent meteorology, coping with climate change as well as expanding reform and opening-up.

**Keywords:** Shenzhen meteorology, reform and development, city safety, outlook

40年的改革开放, 深圳承载了“中国道路的特区探索, 中国崛起的特区担当, 中国梦想的特区模式”, 铸造了深圳城市发展的巨大成就, 从一个边陲农业县快速发展成全国六个超大城市之一, 成为中国快速城市化进程的典型范例。在此过程中, 一方面城市化产生的气候效应造成深圳极端天气频发直接影响城市安全发展, 城市气象服务成为气象工作的主要阵地<sup>[1]</sup>, 另一方面城市扩容、人口暴增又催生了公共安全、经济发展、环境保障等方面的气象服务新需求。同时, 城市现代化水平提升推动气象融入城市发展, 气象改革发展与城市发展的节奏合拍。气象积极融入智慧城市建设<sup>[2-3]</sup>, 支撑城市可持续发展是深圳气象改

革发展的总基调, 不断适应城市快速发展服务需求, 成为驱动深圳气象事业快速发展的核心动力。

### 1 改革开放中深圳气象的发展变化

2018年, 在深圳市2019.95 km<sup>2</sup>的土地上, 常住人口达1302.66万, 实际管理人口超过2000万, 国内生产总值(GDP)达24221.98亿元。深圳地域狭小, 开发强度大, 人口密度高, 产业比重大, 超大城市热岛、干岛、浑浊岛等环境问题日趋严峻, 气候容量趋于饱和, 自然环境承载力降低。在快速城市化和全球气候变化的共同作用下, 过去40年里深圳市年平均气温明显升高, 暖冬出现概率明显增加; 极端(或异常)降水事件增加, 近年来最大小时雨强不断刷新纪录, 前两名分别出现在2016和2018年(图1)。气象灾害治理面临严峻挑战, 城市安全和可持续发展对气象工作提出新需求。

收稿日期: 2018年10月10日; 修回日期: 2019年4月25日  
第一作者: 王延青(1962—), Email: wyq@weather.sz.gov.cn

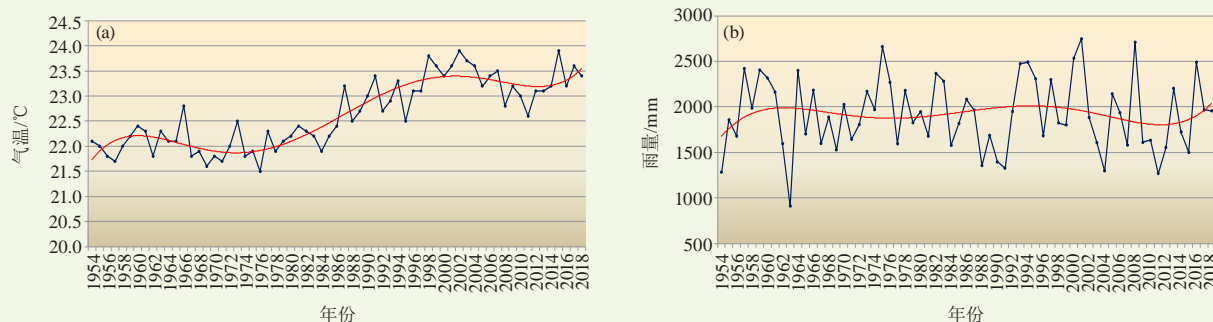


图1 1954—2018年深圳市年平均气温和年雨量变化趋势  
Fig. 1 Annual variation of temperature (a) and precipitation(b) in Shenzhen from 1954 to 2018

回顾深圳气象40年发展历程，大致可分为4个阶段：第一阶段（1982—2002年），随着特区大规模城市建设，深圳气象聚焦基础能力建设，夯实事业根基。第二阶段（2003—2009年），着力践行两个融入，依托行业支撑，聚焦城市需求，通过学习、引进、试验先进机制、技术、服务，实现深圳气象事业快速规模化发展。第三阶段（2010—2017年），作为市政府工作部门，全面依法履行气象行政职能的水平不断提升，创新适应自身发展的体制机制，实现从规模化发展向以质量效率公平为导向的转型跨越式发展。第四阶段（2018年以后），围绕习总书记对深圳提出的“朝着中国特色社会主义先行示范区的方向前行，努力创建社会主义现代化强国的城市范例”的要求，对标最高最优最好，探索机构改革和业务体制改革的新思路，实现高质量气象现代化发展新阶段。选取四个发展阶段代表年份1983、2003、2010和2018年分析（表1），城市对气象的投入不断加大，2018年相比于1983年深圳气象服务人口增加二十多倍，服务城市经济（以GDP表征）增加1846倍。气象灾害直接经济损失占GDP的比例由1983年的3.8%下降到小于0.01%。

表1 深圳城市社会经济发展与气象减灾效益对比表  
Table 1 Comparison of Social-Economic Development and Meteorological Disaster Reduction Benefits in Shenzhen

年	常住人口/ 万人	GDP /亿元	直接经济损失 /亿元	死亡人数	气象总投入(预算和 政府投资)/亿元
1983年	59.52	13.12	0.50	8	约0.01
2003年	778.27	3640.14	3.74	30	0.17
2010年	1037.20	10002.22	4.02	4	1.38
2018年	1252.83	24221.98	1.66	0	3.67

尤其是近10年，深圳气象进入高质量发展车道，中国气象局发展研究中心与新华社发布的《深圳气象发展指数报告》中对深圳气象进入第三阶段以来（即2010—2018年）的气象创新驱动指数（该指数是气象发展质量的核心指标，用气象科技创新、智慧气象发

展、开放发展等指标表征）<sup>[4]</sup>进行了评估，创新驱动指数（图2）整体逐年上升年均增长14.75%，基于气象服务公平便利性指标（智慧气象发展）发展最快，而科技创新发展、开放发展指标还有较大发展潜力，是第四阶段全面高质量发展的重点方向。

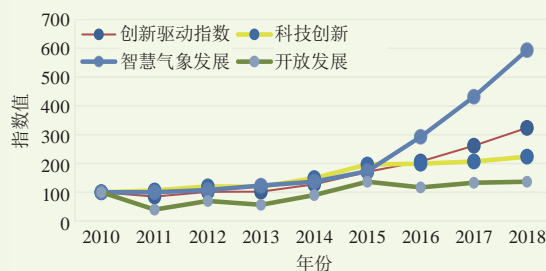


图2 深圳气象发展指数之创新驱动指数变化  
Fig. 2 Annual variation of Innovation-driven Index from Shenzhen meteorological development index

## 2 改革发展路径

深圳气象40年来，时刻围绕保障特区经济社会发展、保障城市安全的中心任务，始终坚持改革创新的深圳精神，瞄准一流气象服务，不断优化体制机制，探索深圳特色的气象发展路径。

### 2.1 融入式发展，气象与城市共同成长

在气象部门大网络大背景支撑下，对接不同阶段深圳城市定位和发展战略，融入城市安全治理、城市规划、建设管理，围绕城市低碳发展和重大公共工程建设，开展城市环境气象条件、热岛效应、通风评估、气候可行性论证等方面的研究和服务。为深圳通用机场选址、大鹏半岛生态文明建设、“云轨”建设等项目进行论证评估，为粤港澳大湾区、“东进战略”、宜居城市建设规划等重大项目建设和重要战略决策提供了技术支撑，保障安全城市、低碳城市、韧性城市建设，提升城市规划科技水平。

对接深圳智慧城市总体建设规划，提升气象科学支撑的针对性，把城市运行生命线行业、受气象影响

敏感行业的数据引进来，形成“十大行业主题库”，实现本地跨行业数据融合与增值，提升气象服务新型智慧城市的能力。同时，以标准化建设为重要手段融入其它行业，深圳是首个国家级气象服务标准化试点单位，建立《深圳市气象服务标准体系》，将服务标准体系延伸到服务使用交通、港口、旅游、水务等领域，构建标准化融合发展的气象服务新模式，发展基于影响的行业气象保障服务，使得气象服务适需可用，提升行业服务和防灾减灾质量和效益。

## 2.2 创新式发展，破解城市气象服务难点

以需求为导向，在技术创新、流程创新、机制创新、制度创新等方面下功夫，以“引进、消化、吸收、集成、再创新”为主线。城市公共安全、经济社会发展和社会发展和市民美好生活对气象服务“质”与“量”的需求倒逼我们在原有引进集成的基础上，结合深圳城市特点和气象服务堵点难点进行创新，形成需求—研究—业务—服务—问题—再研究的良性循环机制，为深圳气象现代化发展注入了活力。

在城市防灾减灾实践中不断创新发展理念。1993年两场连续大暴雨给深圳造成14.64亿元的直接经济损失和26人死亡，重创正在快速建设起步腾飞的特区。1994年深圳学习香港率先在国内推出气象灾害预警信号。2003年台风杜鹃正面袭击深圳带来了严重的伤亡事故和经济损失，在分析总结经验教训的基础上，深圳气象积极推动以预警信号为先导的部门联动、社会响应机制，并在2006年正式发布《深圳市气象灾害应急预案》，使气象灾害预警信号成为全社会启动防御气象灾害的“发令枪”和“消息树”，“政府组织、预警先导、部门联动、社会响应”机制拧紧气象防灾减灾链条。

在城市与市民的需求中不断创新技术与服务。由于深圳东西狭长，不同区域天气差异性极大，2007年深圳在全国范围内率先探索气象灾害分区预警，深圳市气象局在临近预报的技术方法上加大投入，先后研发了基于雷暴云团边界追踪技术、基于光流法的对流临近预报外推算法、基于粒子滤波法的新临近预报方法等。2012年之后通过深圳南方强天气研究重点实验室，与国内外多家机构合作开展诸多研究，利用WRF对深圳及周边的雷达资料和自动气象站资料进行了同化，开发了逐时循环同化系统(HAPS)，支撑气象灾害分区预警发布最小单元从区级到街道再到现在的5 km格点，也支撑深圳由统一预报到分区预报和格点预报。

## 2.3 开放式发展，更快更优更好地服务社会

充分依托行业内、科研院校、国际研究机构开

展交流合作，形成了“1+2+N”气象科技创新模式。“1”是组建“深圳南方强天气研究重点实验室”，以实验室为载体进行技术攻关、课题研究、业务试验，“2”是建立“中国气象局广东省区域数值天气预报重点实验室深圳研究基地”和“智慧气象应用创新平台”。一方面以实验室为平台与“N”家国家级业务单位、高新企业等建立战略合作关系，引智借力共同将最新的科技成果落地深圳应用。另一方面依靠深圳科技创新活力优势，以智慧气象应用创新平台+乐享气象系列创赛为抓手，建立政府引导、行业主导、社会参与的气象科技创新与共享机制，形成“政府主导、社会参与、人人共享”的气象服务供给模式，培育社会力量成为个性化气象服务供给的生力军。

用好政府相关政策，推进气象工作社会化。引入社会力量参与观测、预报、服务、科技研发等方面发展，以项目外包形式引进社会企业开展科技成果转化应用，以政府购买服务的形式将部分日常事务委托给深圳市防雷协会、深圳市气象防灾减灾学会等社会机构，为局内技术人员减负，集中力量做好科技研发的组织引导和决策、公众、行业气象服务。

## 3 改革发展成效

40年来，深圳气象作始终坚持“以人民为中心”的理念，始终坚持全面深化改革和扩大开放的路径，始终坚持气象现代化建设的任务，对标新需求、新要求，以提高服务效能为导向，积极为防灾减灾救灾、生态文明建设、海洋中心城市、智慧城市建设等贡献气象力量，也形成了系列改革成果。

### 3.1 立体观测实现一张网全面感知

建成“6+3”气象基地，布设182个气象观测站网，涵盖天气、气候、海洋、生态环境、天文等五大类的大城市气象综合探测体系，形成灾害天气、城市气候、环境气象三张监测网，为城市公共安全和规划建设提供服务。其中，区域自动气象站数据20 s到数据库、1 min到预报员桌面、2 min内为公众提供服务。356 m气象梯度塔观测、城市冠层立体观测、城市单元体微气候观测、延伸至离岸300 km的海气观测、空间天气观测等特种监测为提高城市精准化气象防灾减灾能力发挥了先行先试作用。

### 3.2 精细预报实现一网格全面覆盖

构建了自动追踪、分级提示、人机交互、快速制作和气候预测评估的天气气候一体化平台，形成陆海一体的精细化气象预警预报体系，面向市民提供“长期气候预测—中期逐日预报—短期逐6 h预报—24 h逐

时网格预报—临近灾害预警”无缝衔接的全链条滚动更新服务。其中，短时临近预报决策系统、逐时同化预报系统、雷暴尺度集合预报系统作为智能预报业务平台的“三剑客”，有力支撑着深圳精细化天气预警预报业务，2018年台风24小时路径误差为65 km，暴雨预警准确率80%，强对流天气预警提前量达45 min。

### 3.3 协同防灾实现一体化四级联动

不断完善气象防灾的制度建设，出台或修订《深圳市气象灾害应急预案》《深圳台风暴雨灾害防御规定》《深圳台风暴雨灾害公众防御指引》等8部政府规章或规范性文件。基于完善的制度体系，通过多年的实践，形成“一级预警、两级监管、四级联动、对点服务、社会响应”的气象灾害防御协同化管理机制。依托信息化手段，重构气象与防灾部门应急全流程，通过气象灾害协同化防灾平台实现气象灾害防御秒级响应、四级防灾部门联动、综合协调支撑。一键可知预报预警、应急启动、重点防御单位、易涝点、水库、河道、避难场所、防灾物质、灾情处置、责任人等所辖区域防灾信息，一键可自动汇总风情、雨情、灾情等数据，快速形成防御决策支撑报告。随着智慧城市的建设，已有14个气象业务服务系统一体化接入城市运行管理中心、市委总值班室、市政府总值班室、市三防指挥部等。

### 3.4 气象服务实现一站式智享生活

为城市经济社会发展和市民生产生活提供更加贴心、更加便捷、更加多样化的气象服务是我们始终践行的宗旨。决策气象服务涵盖以风险影响为导向的城市安全气象服务、以人居环境为核心的生态气候服务、以城市适应为目标的气候变化决策服务。公众气象服务的内涵从简单的预警预报向围绕市民衣、食、住、行、娱、购逐渐拓展。随着智能手机的普及和移动互联网的蓬勃发展，“@深圳天气”微信、微博、app以及“i深圳”app的“两微两端”随身气象台成为深受市民喜爱的“互联网+”气象服务，被网友誉为最接地气、最有温度的气象公共服务产品。专业气象服务覆盖供电、供水、供气、交通等城市8大生命线行业，深化基于行业影响的气象指标体系研究，打造港区强天气服务系统、城市安全地铁服务保障等服务品牌，推动气象要素融入行业生产调度、气象风险融入安全生产管控。气象行政审批和行政服务全部入驻市网上办事大厅，可实现一站式、100%全流程网上办理以及全城通办。“防雷装置设计审核”和“防雷装置竣工验收”纳入“深圳90”，并将办理时限缩减至1个工作日，精简3种申报材料。

### 3.5 信息发布实现一键式可控全局

深圳市突发事件预警信息发布体系涵盖传统媒体与新媒体共15类发布渠道，实现了与国家、省级的纵向对接，联通了全市10个（新）区、15个部门的自然灾害、公共卫生和事故灾难等22类39项公共安全信息发布链条，可以一键式3 min内完成15类渠道信息发布操作。由于深圳市实际管理人口超过2000万，而气象灾害预警信息时效有限，近年来深圳市一直致力于提升信息传输速率和覆盖面，以“互联网+”和大数据理念重构预警短信发布系统，实现1.5 h内即可覆盖包括漫游用户在内的超过2000万市民。同时，为避免信息泛滥和节约政府资源，通过对重点风险区手机用户信息的实时动态分析，可针对全市15个预设的气象高风险区和人口密集区进行定向发布和预警自动触发。

### 3.6 科技创新实现一盘棋共研共享

依托“1+2+N”气象科技创新模式，为构建完善“基础研究+技术攻关+成果转化”的科技创新生态链提供了基础条件。近10年中，深圳市气象局先后获得了国家级项目2项，省部级项目3项，中国气象局、广东省气象局行业内科研项目40项，市科技计划项目9项，研发了具有自主知识产权的强降雨短时临近预报、大风冰雹等强天气自动识别和监测预警、台风登陆降雨预估、雷暴尺度集合预报等技术，成果已经产品化并在深圳的大城市精细化预报服务中发挥了重要作用，部分成果推广至六省十市应用（图3）。业务人员在科技合作创新中开阔了国际视野，了解国际前沿气象科学技术，也培养了一支业务、科研素质兼备的人才队伍（图4）。

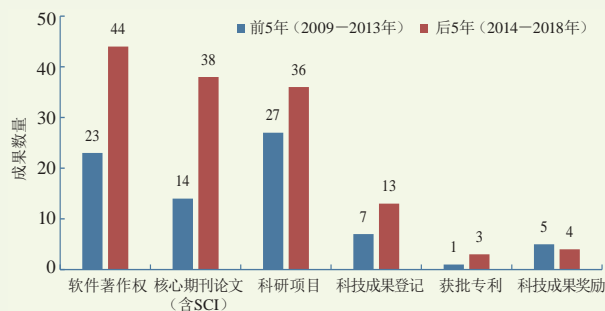


图3 近10年深圳气象科技成果  
Fig. 3 Science and technological achievements of Meteorological Bureau of Shenzhen Municipality in the past ten years

## 4 改革发展展望

对标最高最优最好，深圳气象仍然存在服务供给能力尚无法满足城市精细管理、定时定点定量精细服务和融入市民生活方方面面的个性化服务需求；另外，快速发展进程中技术研发与系统建设依赖市场带

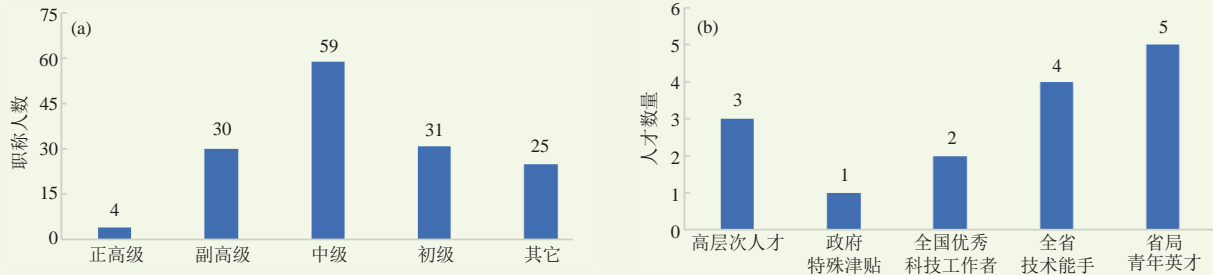


图4 深圳气象人才队伍结构

Fig. 4 Personnel structure of meteorological professionals in Meteorological Bureau of Shenzhen Municipality

来了科研与人才积淀薄弱等问题，造成未来气象事业发展动力不足，也倒逼新时期深圳气象事业的发展必须进一步加大改革开放实践。

习近平总书记关于防灾减灾救灾“两个坚持、三个转变”、打造共建共治共享的社会治理格局、生态文明体制改革以及构建人类命运共同体等方面重要论述，都为气象事业未来发展指明了方向。将深圳气象摆进国际、国家未来发展的坐标中，要坚持以人民为中心，坚持新发展理念，树立气象灾害风险管理和综合减灾意识，在灾害风险的各个维度（暴露程度、脆弱性和灾害特性）上更好地了解气象灾害风险，加强灾害风险治理<sup>[5]</sup>，充分发挥气象部门在综合防灾减灾救灾中的作用，保障城市更加安全。

#### 4.1 强化气象履职，在保障城市发展战略中发展气象事业

过去近40年里，深圳常住人口密度由295人/km<sup>2</sup>增长到2018年的6449人/km<sup>2</sup>，人口暴增、经济发展也推动气象部门履职从传统的预警预报向支撑安全示范城市、城市规划、生态文明建设、城市运行生命线、社会经济发展等转变，基于气象海量大数据的优势，开展气象+各行各业的大数据应用研究，从气象致灾机理、风险影响阈值、防范策略、可持续发展等方面提供技术支撑。

依托深圳打造粤港澳大湾区建设中科技引擎的机遇，发挥深港科技创新特别合作区体制机制和制度政策优势<sup>[6]</sup>，积极开展与港澳地区气象部门合作，吸纳国内外先进气象预警预报技术进行本地化应用改造，集中精力探索雷达跨境协同观测、短临预报和智慧气象服务技术，立足大湾区城市群辐射华南，提升陆海一体防御气象灾害能力。加强跨区域人才、资金、技术流动的体制机制创新研究，促进区域融合发展。

#### 4.2 优化顶层设计，着力建设高水平的气象现代化

2018年，深圳市委市政府提出的打造国家新型智慧城市标杆市的战略部署，气象成为智慧城市的重要组成部分，将重点打通精细化气象服务最后一公里，

解决智慧城市背景下气象业务系统集约化问题。未来将深化气象信息化顶层设计，对现有分散、割裂、小而多的业务系统进行集约化改造，建立天气、气候、天文、服务、研究核心业务一体化架构，形成以数据为主线的观测、预警、预报、服务、政务的全流程智能化支撑。以国家气候观象台建设为抓手，聚焦珠三角经济圈环境环境综合观测问题，组织开展华南沿海高密度城市精细化气候探测实验，并探索建立以智能杆气象观测为主的小微化、智能化和社会化的新型探测体系。坚持不懈发展无缝隙智能化的网格预报，构建以数值模式为基础、以资料同化和数值预报解释应用技术为支撑、以基于人工智能的短临预报为探索的客观化精准化预报技术体系，完善陆海统筹、长短结合、流程集约的智能预报业务。

#### 4.3 发展智慧气象，助力城市精准治理

在大数据时代，气象数据作为共建共治共享社会治理的基础数据，必将使防灾减灾保障更精细，使公共气象服务更加均衡。为适应物与人交流、城市能思考的发展趋势，对应保障城市安全网格化治理体系，建设网格化智能气象服务体系。目前深圳的灾害早期识别技术、基于人工智能的短临临近预报技术以及社会化智能化观测技术，已在灾害性天气过程预警预报服务中发挥了重要作用，未来将持续突破智能预报关键技术，继续推动高分辨率数值模式释用及应用，发展多源资料融合的灾害早期识别技术，以核心预报技术融合心理、社会和经济因素的决策行为科学，发展基于影响的预警服务（IBFWS）<sup>[7]</sup>。建设气象灾害主体库，完善气象决策服务模式，建设基于风险影响的陆海一体气象决策支撑平台，汇集风雨浪潮洪及其他衍生灾害信息，集约监测、预报、预警、风险预估、动态反馈流程，建立场景式决策服务新模式，解决防御决策指挥的难点问题。开发服务提供通用界面（CISD）<sup>[8]</sup>，以通用的标准整合各方信息，发展基于处理海量并发数据访问的“云+端”架构的综合在线服务平台，按位置、按需求提供气象预警、天气和气

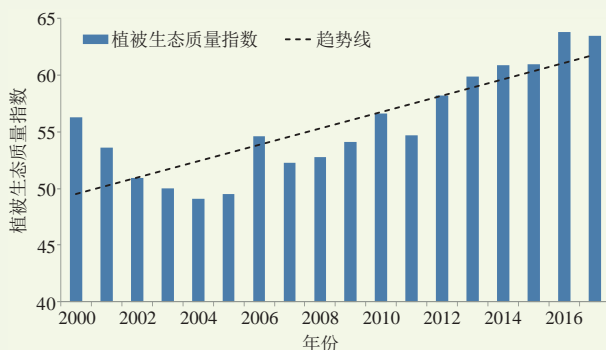


图5 2000-2017年深圳植被生态质量指数变化

Fig. 5 Changes of vegetation ecological quality index in Shenzhen from 2000 to 2017

候信息服务。

#### 4.4 聚焦生态文明，保障美丽深圳绿色发展

气候变化对海洋、沿海、陆地生态系统以及人类赖以生存的社区都将产生显著影响，成为城市安全可持续发展的重要影响因素，跟踪关注IPCC的全球气候变化评估报告，开展对深圳城市气候变化的跟踪评价，为政策制定者提供科技支撑。持续开展城市热岛强度、暴雨强度、植被生态质量指数（图5）、气候舒适度等城市气候环境的跟踪监测，以更好服务于深圳本地适应气候变化有关工作<sup>[9]</sup>。由以避害为主的气候风险管理向避害趋利并重的城市持续发展决策支撑转变，形成能有效满足人与自然和谐发展、市民对优美生态环境、优质生态产品需要的供给，为“深圳蓝”可持续行动计划、治水提质攻坚战、海绵城市建设、城市绿线蓝线划定、地下空间规划、通风廊道设计、热环境与风环境评价等有关工作提供全方位的气象服务保障。为区域发展规划及国家战略规划在深圳本地落地的有关事项提供气候可行性论证评价，为城市建设和安全运行下好先手棋。

#### 4.5 融入新一轮改革开放浪潮，当好气象行业改革试验田

以新一轮机构改革为抓手，引入气象行业业务技术体制改革的最新思路，优化职能与机构设置，以一体化为特征，打造天气与气候、业务服务和研究无缝衔接的业务架构，以信息化为主线提升现代气象业务全链条全流程智能水平。世界气象组织（WMO）和世界各国战略研究表明<sup>[10-17]</sup>，未来气象事业发展涉及更广泛的领域和学科。聚合国内外及深圳本地院校、科研机构的研究力量，走开放式路子加强基础研究，提升核心技术能力。依托深圳南方强天气研究重点实验室与国家级气候观象台，实施精准预报和智能化业

务为目标的研究型业务，促进基础研究+科技创新+业务服务的深度融合，建立突出预报质量、服务效益、科技成果攻关和转化的绩效考核体系，引导科研人员凝练业务、服务中的科学问题，开展基于动机科学研究，有针对性解决业务、服务中的难题，提高科技对业务服务的贡献率。

大珠三角城市群区域一体化是未来发展的必然趋势，区域内网络型城市体系的建立将打破等级化的城市发展观念、营造更密切的区域合作氛围具有更重要意义。对照“标准+”战略要求，实施WMO标准《国家气象和水务部门实施质量管理体系指南》，开展业务质量体系认证。以创新的思维、共享的理念构建产学研用深度融合的智慧气象服务共同体生态体系，运营公共-私营参与（PPE）机制，打造WMO城市智慧气象服务示范，使气象服务更加深入基层，气象服务更贴近百姓。完善国际气象信息交换与共享机制，参与全球气象治理，提升海上丝绸之路气象保障能力，参与中国-东南亚极端天气联合监测预警合作及海洋气象联合观测，参与大湾区与“一带一路”沿线国家和地区的双向开放、信息交换、资源共享，不断提升国际化水平。

#### 参考文献

- [1] 谢璞, 李青春, 梁旭东. 大城市气象服务需求与关键技术. 气象科技进展, 2011(1): 25-29.
- [2] 陈振林, 上海城市气象灾害风险管理的实践与思考. 气象科技进展, 2017(6): 54-58.
- [3] Amorim J H, Asker C, Belusic D, et al. Integrated urban services for European cities: The Stockholm case. WMO Bulletin, 2018, 67(2): 33-40.
- [4] 李栋, 王喆, 肖芳, 等. 《中国气象发展指数(MDI)》研究与测评. 气象软科学, 2017(3): 12-24.
- [5] 2015-2030年仙台减少灾害风险框架. 联合国公告, 2015.
- [6] 深化粤港澳合作推进大湾区建设框架协议. 国家发展和改革委员会、广东省人民政府、香港特别行政区政府、澳门特别行政区政府, 2017.
- [7] 杜钧, 薛明, 研发中的美国强天气(龙卷、大冰雹和局地强降水)预报系统FACETs. 气象科技进展, 2018, 8(2): 6-7.
- [8] 开发服务提供通用界面的概念文件. WMO第70届执行理事会决定11(EC-70), 2018.
- [9] IPCC第六次评估报告特别报告《全球变暖1.5℃》. 联合国环境规划署, 2018.
- [10] 国际气象战略规划研究. 中国气象局气象干部培训学院, 中国气象局图书馆.
- [11] 陈鹏飞, 李博, 译. ECMWF 2016-2025年战略. 科技信息快递, 2016(9): 11-28.
- [12] 张军, 袁煜. 新世纪以来中国与英日气象发展规划对比. 探索者, 2019(1): 50-55.
- [13] 深圳市可持续发展规划(2017-2030年). 深圳市人民政府, 2018.
- [14] Transforming our world by 2030: A new agenda for global action. 联合国报告, 2015.
- [15] 文越. 国外灾害监测预警预报经验及启示. 中国减灾, 2018, 8: 22-25.
- [16] 朱定真, 李强. 美国天气公司应用云服务的经验与借鉴. 气象科技进展, 2017(3): 22-28.
- [17] Burton I. Adaptation policy frameworks for climate change: developing strategies, policies and measures. & Development Programme United Nations. B. Lim (Ed.). Cambridge: Cambridge University Press. 2005.