

香港天文台公共气象服务发展

■ 宋文娟 李立信 韩启光

粤港澳三方气象部门多年来亦一直合作无间，不断提升区内气象服务，并获得丰硕成果。三方共同建立了海岛自动气象站、闪电定位网络、大珠三角天气网站、数值预报合作平台、以及互相交换气象信息、数据和科研成果。

香港天文台负责为香港特别行政区监测及预测天气，并就与天气有关的各种灾害向民众发出警报，从而减少因恶劣天气引致的人命和财物损失，及对经济和社会活动的影响。天文台亦监测和评估香港的辐射水平，以及为广大市民和航海、航空、工业及工程行业提供气象和地球物理服务。天文台在2016—2017年度设有约310个职位，开支约为2.9亿港元。

科技日新月异，近年民众对气象服务的要求日益提高，社交媒体迅速普及。这些改变成就了气象服务创新的机遇，同时亦带来前所未有的挑战。面对这些机遇和挑战，香港天文台的公共气象服务近年来不断发展，与时俱进，务求尽量贴近民众的要求。本文扼要地对天文台公共天气服务各领域的最新进展做出介绍和讨论。

1 公众及专门服务、防灾及质量管理

天文台能不断扩展公众天气服务，有赖近年天气观测和预报技术的不断提升。就天气观测而言，天文台在2015年引入双偏振雷达，对提高技术以更准确地分辨香港附近出现的冰雹和计算降雨率有积极的作用。随着日本新一代地球静止卫星葵花-8升空和业务化，天文台亦更新了卫星接收系统，接收更频密多频道的卫星照片，对监测强对流发展和热带气旋的走向和发展很有帮助。籍着观测手段的更新和提升，预报员能更及时和准确地判断恶劣天气的变化，为提供恶劣天气警报打下坚实的基础。

在预报技术方面，天文台正积极研究和测试葵花-8数据在模式同化及临近预报方面的应用，希望结果对恶劣天气的短临预测有帮助。整体而言，数值天气预报模式的过往的改进对提升天气预报的准确度提供了机遇。比如说，全球模式的中期预报的准确度近

年有所提升，天文台透过模式数据的后处理，能减低模式的系统性偏差，从而提高天文台的中期预报的准确率，使天文台能够把本地天气预报延长至9天。客观验证显示，2014年开始提供的第8至第9天天气预报的平均准确度为80%左右，相当于再早数年第6至第7天天气预报的水平。另一方面，天文台亦积极应用数值天气预报模式的集合预报以及多模式的集合预报，这对于预测热带气旋路径有很大的帮助，客观验证显示在2015年推出的第4至第5天热带气旋路径预报的准确度，已相当于2003年初次推出第3天预报时的水平。

除了提高热带气旋和对流天气预测的能力，天文台亦就市民关心的天气提供新的服务。比如，天文台近年在情况未达到须要发出天气警告时，为市民提供特别天气提示。特别是，在一些气温高、湿度大或风势弱等的情况下，纵使天气条件未达发出酷热天气警告的水平，天文台会按情况发出“炎热天气特别提示”，提醒市民要保持警惕，以防中暑。在暴雨方面，天文台也增设了类似服务，当香港个别地区雨势相当大，有可能引致个别区域出现严重水浸并构成危险，虽然当时雨势未扩展至香港广泛地区并达至须要发出红色或黑色暴雨警告信号^①的水平时，天文台会发出“局部地区大雨报告”，提醒市民有关地区可能已经因大雨而引致水浸，以做出相应的防御措施。

在恶劣天气情况之下，天文台与一些政府部门及有关决策部门进行密切联系和磋商。例如当天气恶劣时，天文台会与教育局保持紧密联系，提供最新天气变化的评估，以便他们可以决定学校是否须要停课。每当出现大雨时，天文台会与土力工程处磋商发出山泥倾泻警告，亦与渠务署保持紧密联系并提供雨量数据，以便他们适时调配资源进行预防及舒缓水浸措

^① 当发出红色/黑色暴雨警告时，表示香港广泛地区已录得或预料会有每小时雨量超过50/70mm的大雨，且雨势可能持续，旨在忠告市民大雨将引致道路严重水淹并造成交通挤塞。

施。天文台亦会向运输署提供发出热带气旋信号的概率评估，以协助他们就不同天气情况的交通需求做出协调，让各大运输营运者适当和有效率地暂停或恢复运输服务，尽量减少交通混乱。天文台亦为航空、航海、渔民、公用事业、工程界及其他特殊用户提供专门气象服务。通过特别安排，天文台为大型活动，包括烟花汇演和体育盛事如奥运马术比赛及东亚运动会等，提供适合的定时定点天气服务，务求令户外活动能够应天气情况顺利举行，同时又保障所有参与人士的安全。

为了让市民更清楚和更有效地利用天文台的产品和服务，公众教育是不可或缺的。天文台最近更推出“天气随笔”网页^①（图1），提供一个新的平台，以轻松的形式和深入浅出的笔触，用精简的文字谈论各种与天气有关的话题，增加民众对这方面的了解和兴趣，亦可以适时的把热门的天气信息与市民分享。在极端天气将会变得更频繁的将来，天文台会继续推动公众教育，走进学校及社群，增强社会防灾减灾意识。



图1 “天气随笔”网页

现今公众已能从多种渠道包括社交网络取得天气信息，对预报时间及空间尺度有更高的需求，并期望天气警告能更贴近日常生活或运作。天文台会在未来发展多灾种及基于影响和基于风险评估的公众天气服务，以及无缝天气预报服务，即揉合临近、短期、中

期以至长期的天气预报，以满足各界在未来的需要。由于科学本身的限制，天气预报难以百分之百准确，在提高预报时间及空间精度的同时，天文台也计划提供预报不确定性等的相关信息。除此之外，在“以人为本”的服务理念下，天文台会开拓新的领域，例如参考社会科学元素，进一步提升服务，更加贴近时代及市民的步伐。

为保障预测服务的水平，天文台定期检视所发出的预报的准确率。天文台利用客观评分方法，验证每天发出的天气预测，近年的预报大约有90%属于准确。另外，天文台每年亦定期委任独立调查公司进行公众意见调查，以了解市民对天文台发出的天气预测之准确程度及整体服务水平的意见。近年市民给予天文台的整体服务水平的平均分数为7分以上（10分为满分）。

此外，天文台不断加强质量管理，确保气象服务符合相关要求和标准，同时使服务水平和相关运作的效率持续优化。天文台的航空气象服务在2002年起取得ISO9001标准认证，是亚太区首个（亦是世界首批）取得此项认证的航空气象服务单位。天文台在航空气象服务方面一直与不同用户保持紧密合作，不断改进，持续为航空界提供高水平的服务。过去数年，天文台更主动通过世界气象组织，为不同成员国提供航空气象质量管理以及人员能力评估等方面的支持。

除了航空气象服务外，天文台近期已经实施公众天气预测和警告服务的质量管理系统，亦刚进行了ISO9001标准认证，以保障预测及警告服务的可靠性，增加公众对天文台公众天气服务的信心。ISO9001标准的核心，是要求机构能经常检视服务的需求，以及机构面对的风险和机会，不断改进和更新服务，这正是天文台务求提升服务质量的强大动力。

2 智能电话服务和大数据应用

2.1 智能电话服务

香港地方不大，但人口稠密、地形复杂，加上位于沿岸地区，很多时候各区天气有着明显差异。近年智能电话的普及，提供了发展个人化天气服务的机遇，让市民获得贴身的服务。因此，香港天文台于2010推出智能电话应用程序“我的天文台”，为用户提供定点天气服务。“我的天文台”运用智能电话定位技术，提供用户邻近气象站所录得实时天气观测资料。利用云端通信技术，“我的天文台”提供适时的天气警告通知服务，让用户及早采取相应的预防措施

① “天气随笔”网址：http://gb.weather.gov.hk/forecaster_blog/index_uc.htm

施。结合天文台先进的临近天气预报技术和云端通信技术，发展了“定点降雨预报”通知服务，当有雨区接近用户所在位置时，市民通过“我的天文台”便会自动收到通知，特别方便户外工作或活动人士以早作准备。近日“我的天文台”更扩展至可穿戴平台上，进一步提升用户体验。

过去数年，“我的天文台”已经取代天文台网页，成为市民主要获得天气资讯的渠道。“我的天文台”的浏览量，由2011年的18亿页次，激增至2016年的853亿页次。在2016年，“我的天文台”及天文台网页合计的浏览页数更突破了1000亿（图2）。而截至2016年底，“我的天文台”的总下载次数已超过600万（图3），预期“我的天文台”在未来一段时间仍是天文台重点发展服务之一。

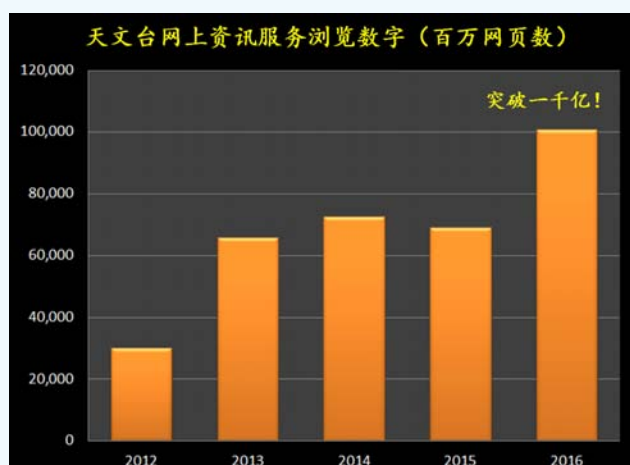


图2 天文台网上资讯服务浏览量 (单位: 100万网页次)

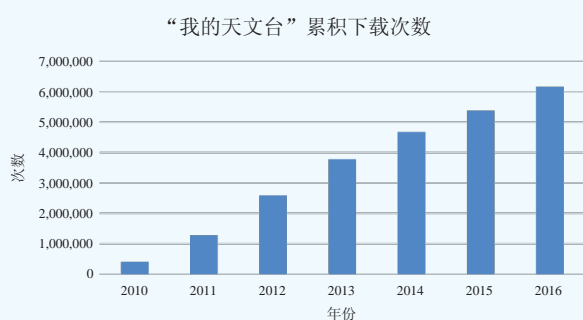


图3 “我的天文台” 每年的总下载次数

展望未来，“我的天文台”将加强在社交平台上的服务，包括结合一些大众常用的社交平台去分享“我的天文台”里不同的天气资讯和发展一些适时天气通知服务。未来天文台继续重点加强临近天气预报服务，包括发展“定点闪电预报”通知服务，亦会借助大数据分析用户使用“我的天文台”的习惯及运用人工智能技术来提供更贴身的个性化天气服务。

2.2 大数据应用

现今大数据已成为气象服务不断创新和完善的重要支撑，亦是服务发展的大趋势。天文台拥有不同类型的大数据如气象卫星数据、电脑模式数据，以及经互联网收集的流动用户行为数据。天文台将会研究运用这些大数据发展以下三方面新的气象服务。

1) 积极研究应用气象大数据在不同领域发展新服务。天文台正推动一项降雨量对道路交通影响的研究。香港道路车多交通繁忙，在下雨天时主要干道就容易出现交通拥挤。该项研究通过使用大数据分析方法来挖掘雨量站数据与道路上行车速度的关系和特征（图4）。然后建立预测模型并使用临近降雨预报作为因子，预测未来道路行车速度受降雨影响的严重程度。这项研究的目的是提供在恶劣天气下可能出现交通拥挤的预警，让交通部门及早做出安排及部署以疏导交通，例如提示驾驶者使用其他道路，并在适当时候向公众提供相关信息。市民在出门时亦可得知交通情况而适当准备上班或上学行程。

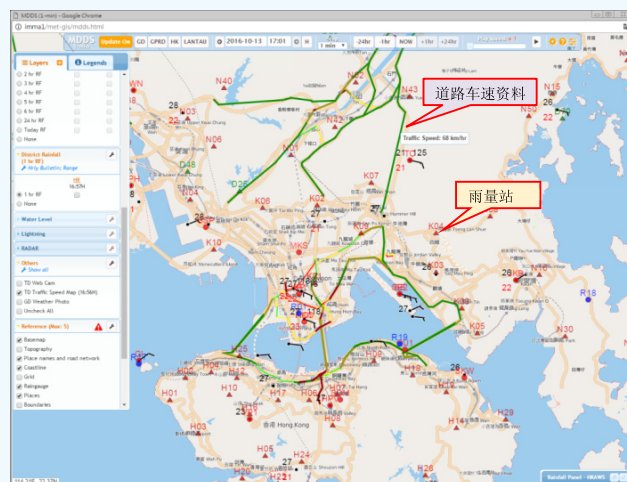


图4 研究透过地理信息系统来分析雨量站及道路车速的关系

2) 分析智能电话应用程序“我的天文台”的用户行为数据，发展更个人化的流动气象服务。由于“我的天文台”广受市民欢迎，该应用程序每月收集到的用户行为数据量超过1.8TB。天文台计划使用大数据分析方法来了解用户使用“我的天文台”的习惯，如在不同时间、位置及天气情况下，与应用程序内各项服务使用量的关系。当这些用户行为信息被挖掘出来，就可利用人工智能去提供更贴身的个性化天气服务，例如在不同的天气情况下（基于实况或预报），为用户推介“我的天文台”内最适用的服务，更可根据个别用户的使用习惯，在得到用户授权情况下，提供合适的天气信息推送服务。

3) 向公众进一步开放气象数据服务，推动社会

上不同行业共同挖掘气象大数据的运用和价值。天文台将建设气象数据应用程序编程接口（Application Programming Interface, API），再以方便公众广为发放和再使用的数字形式提供气象数据，这可增加社会在使用该数据时所得到的价值。气象数据越得到广泛应用，其用途便越具弹性，能为社会带来的效益也越大。建设开放数据API接口的目的是不仅为使公众更方便快捷地获取气象数据信息，促进气象数据在大数据分析应用中的价值挖掘，同时也为防灾减灾和适应气候变化提供强有力的数据支撑，将天气影响量化。

3 临近预报

香港天文台的“小涡旋”临近预报系统自1998年业务运行以来，一直在技术、产品和应用方面不断演进。“小涡旋”预报产品基于雷达反射率，数据来自两台多普勒天气雷达。由于暴雨发展瞬息万变以及雷达的覆盖范围有限，“小涡旋”最有效的预报往往只局限于前一两小时。近年通过参与SWAN (Severe Weather Automatic Nowcasting)相关的工作项目，以及与广东省气象局交换雷达数据，成功将广东省雷达反射率拼图数据应用到“小涡旋”定量降水估计（QPE）上，加上利用卫星红外及可见光通道数据，开发了覆盖范围更广的QPE新算法，以制作出多遥感、大范围且高分辨率的雨量分析。对于如飑线及热

带气旋等大范围而持续的暴雨过程，新数据与技术可以有效提高降雨预报时效。天文台亦开发了“协同克里金”（co-Kriging）QPE模块，实现融合香港雨量数据及雷达反射率数据的QPE及雨量数据质量控制；同时，通过应用图形处理器（GPU）计算机系统，实时运算覆盖香港和珠江三角洲的雨量分析。

对于雷达回波追踪方案，“小涡旋”临近预报系统自2010年起采用多尺度光流变分法，其表现比基于相关系数的回波追踪法更好。为进一步改善追踪飑线移动的表现，天文台发展了一个采用空间平滑法和容许灵活调整光流变分参数的增强方案——“实时雷达回波光流变分法”（Real-time Optical-flow by Variational method for Echoes of Radar, ROVER），并根据历史数据来调节方案中的参数，提升降雨预测表现（图5）。此外，天文台正试验实时运行含36个ROVER成员的“小涡旋集合暴雨临近预报系统”，协助预报员评估未来6h出现暴雨的机会。在ROVER的基础上，“小涡旋”亦增加一套热带气旋降雨的回波追踪处理方案，有效改善过往在较长预报时效时，热带气旋雨带出现扭曲变形的情况，有助于提升热带气旋降雨预报的准确度（图6）。

在支持业务暴雨警告运作与公众天气服务方面，“小涡旋”除提供包括暴雨、冰雹、闪电、狂风等恶

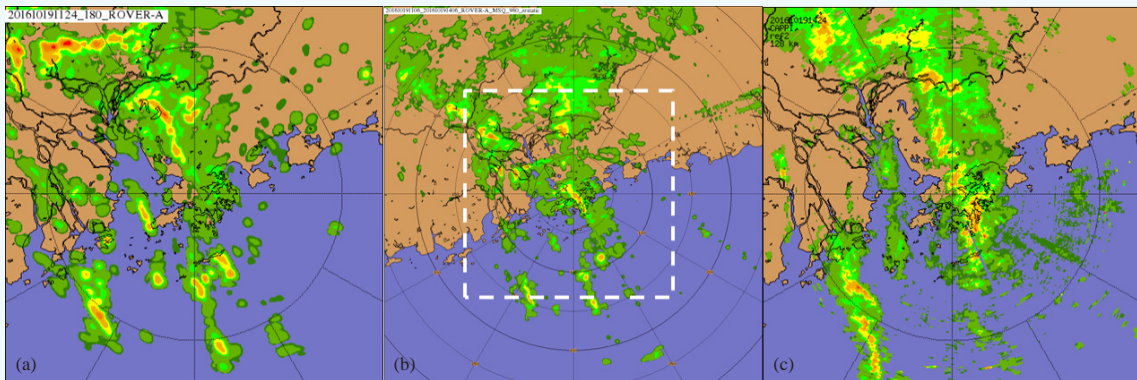


图5 使用香港雷达数据的2h反射率预报（a），基于多遥感分析的预测（b），以及实况雷达反射率（c）

劣天气警告数据以支持预报员发出恶劣天气警告外，亦输出供公众使用的降雨临近预报产品，当中包括通过地理信息系统（GIS）平台发放的“珠江三角洲地区降雨临近预报”^①。2012年9月开始，“小涡旋”更通过香港天文台的智能电话应用程序“我的天文台”，利用文字、天气图示序列及降雨动画形式提供定点降雨预报，并根据用户的设定自动发出提示信息

（图7），让用户轻松掌握身处位置或指定地点未来2h的降雨情况。天文台于2012年亦新增“特别天气提示”，为支持预报员编制信息及提高工作效率，以便即时通过网站、智能电话应用程序和社交媒体发放，“小涡旋”提供一套应对大雨的特别天气提示自动编制系统，该系统根据雨量计录得的数据、“小涡旋”定量降雨预报、雷暴和雷雨大风的情况、以及预报员

① 网址：http://gb.weather.gov.hk/nowcast/prd/api/index_uc.htm。

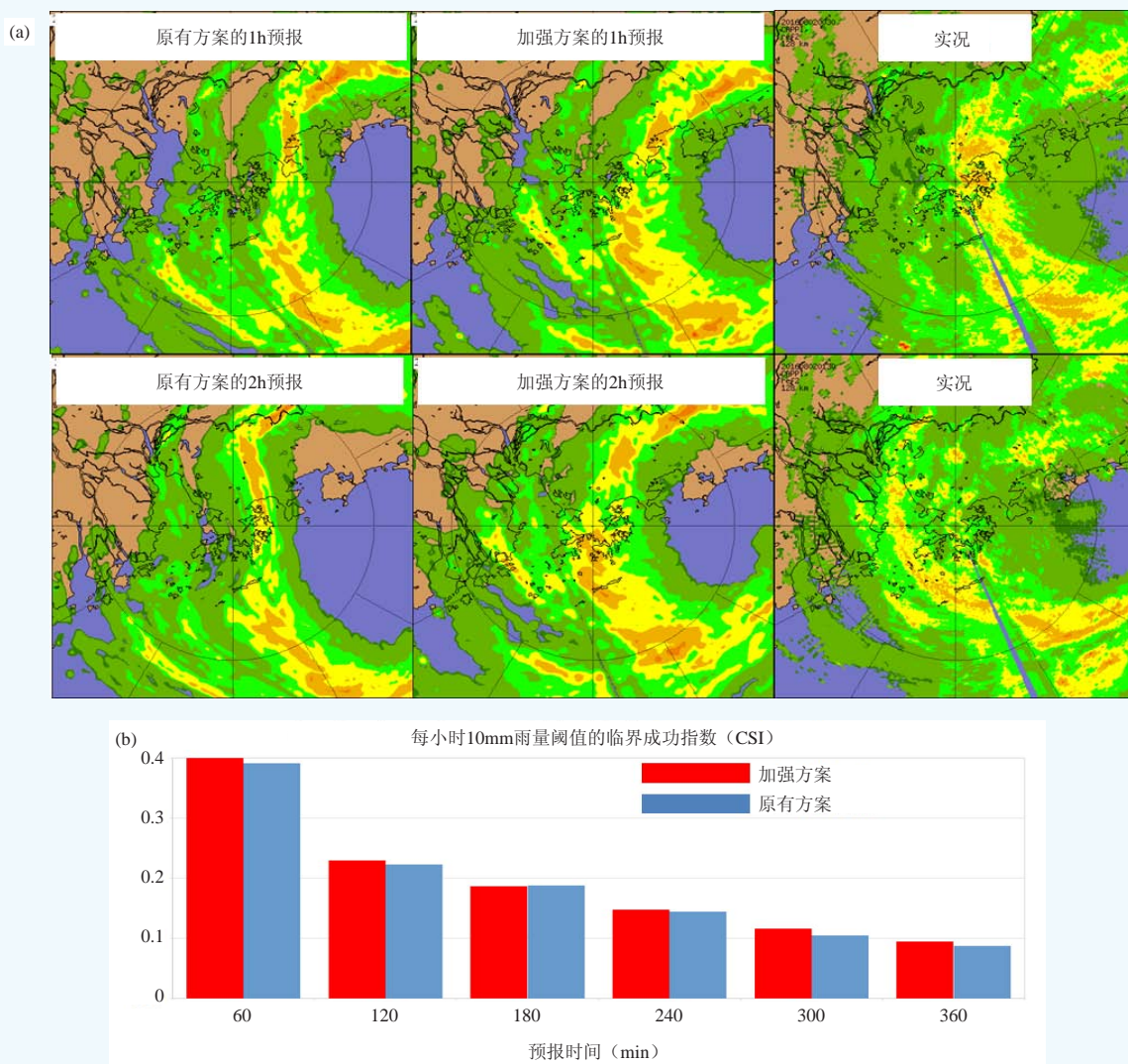


图6 比较原有方案与加强版回波追踪方案的反射率预报 (a) 以及预测表现 (b)

自选的天气状况描述，自动编成完整可用的分区降雨报告和预报，经预报员检视后可用作发放相关信息。



图7 “我的天文台” 定点降雨预报

近年，天文台积极推展临近预报的交流合作，除与澳门、深圳、珠海、广东省气象局定期交流和举行“小涡旋”培训工作外，近期亦推出“小涡旋”社群版本，以供内地和海外气象部门应用及共同开发降雨临近预报技术。“小涡旋”日后亦会加强数据的应用，譬如利用双偏振雷达、气象卫星、GPS/PWV等遥感数据，进一步提升对香港和珠三角区域的临近预报，以及中尺度天气过程的分析与预测。

4 数值天气预报

4.1 数值天气预报模式

香港天文台现时业务运行两套数值天气预报模式，分别为“大气综合快速循环预报模式系统” (AIR-NHM) 和“航空预报模式” (AVM)，以支援不同时间、空间尺度的业务预报和气象服务需要 (图8)。

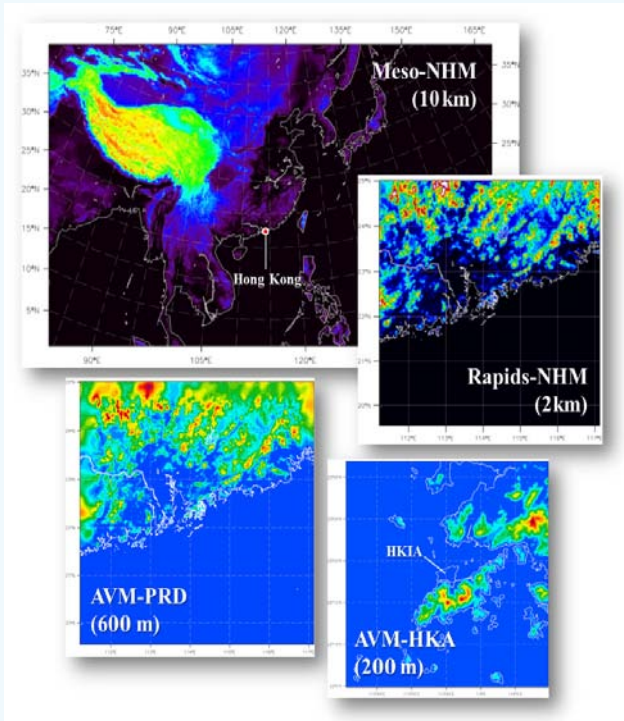


图8 香港天文台业务运行的数值预报模式范围示意图

AIR-NHM自2010年起投入运作，是基于日本气象厅（JMA）非流体静力模式（NHM）的中尺度预报系统，其中包括Meso-NHM和RAPIDS-NHM两个预报范围。外范围的Meso-NHM水平分辨率为10km，每3h运行一次，针对未来72h内影响香港及华南地区的中尺度天气系统，如暴雨、热带气旋等的短时预测。Meso-NHM的预报区域于2015年得到扩展，增加覆盖西北太平洋和青藏高原的范围，提升对热带气旋路径和寒潮强度的预报能力。此外，Meso-NHM的对流参数化方案于2016年中由原来的Kain-Fritsch方案改为现在被ECMWF-IFS采用的Tiedtke方案，有助于改善Meso-NHM在强对流天气和热带气旋方面的表现（图9）。AIR-NHM内范围的RAPIDS-NHM水平分辨率为2km，覆盖华南沿岸及南海北部，每小时运行一次并提供未来12~15h预报。由于RAPIDS-NHM水平分辨率较高，而且配以“3+1维变分法”逐时同化天气雷达反射率数据，有助于捕捉影响广东地区的中小尺度暴雨天气。

AVM自2014年底开始业务运行，是以WRF模式为基础的高分辨率预报系统。其中包括AVM-PRD和AVM-HKA两个预报范围，分别覆盖珠三角和香港国际机场周边地区，水平分辨率分别为600和200m，是现在世界上水平分辨率最高的业务预报模式之一。AVM除了为香港国际机场提供专门的航空预报产品（如海风和低空风切变潜势）外，亦为珠三角一带提

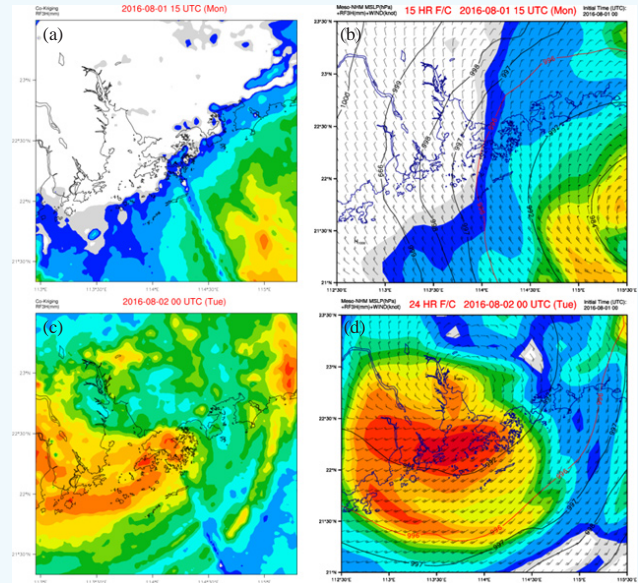


图9 Meso-NHM对2016年8月台风妮妲的降水预报 (a)和(c)为妮妲靠近珠三角期间两个不同时段之协同克里金3h累积雨量估算；(b)和(d)为Meso-NHM相对应之短时雨量预报

供未来7~9h的高精细化预报（图10），能较有效地模拟一些与复杂地理条件相关的局地天气变化。

为了进一步提升数值预报系统的表现，天文台正进行一系列研发工作，其中包括对物理过程参数化的调整和改进，加强以高分辨率模式对卫星和雷达等

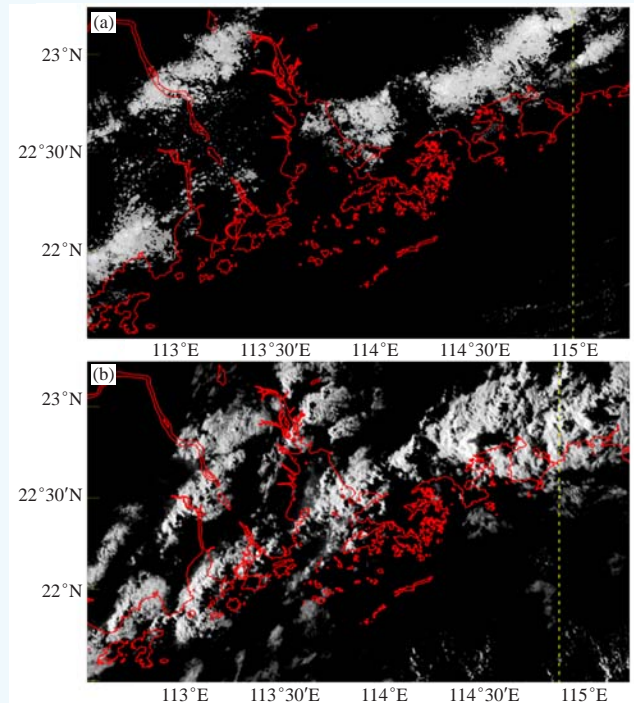


图10 香港天文台航空预报模式（AVM）的高分辨率模拟卫星云图（a）与日本气象厅Himawari-8卫星观测（b）于2016年9月由海陆风引起的局地对流个案的对比

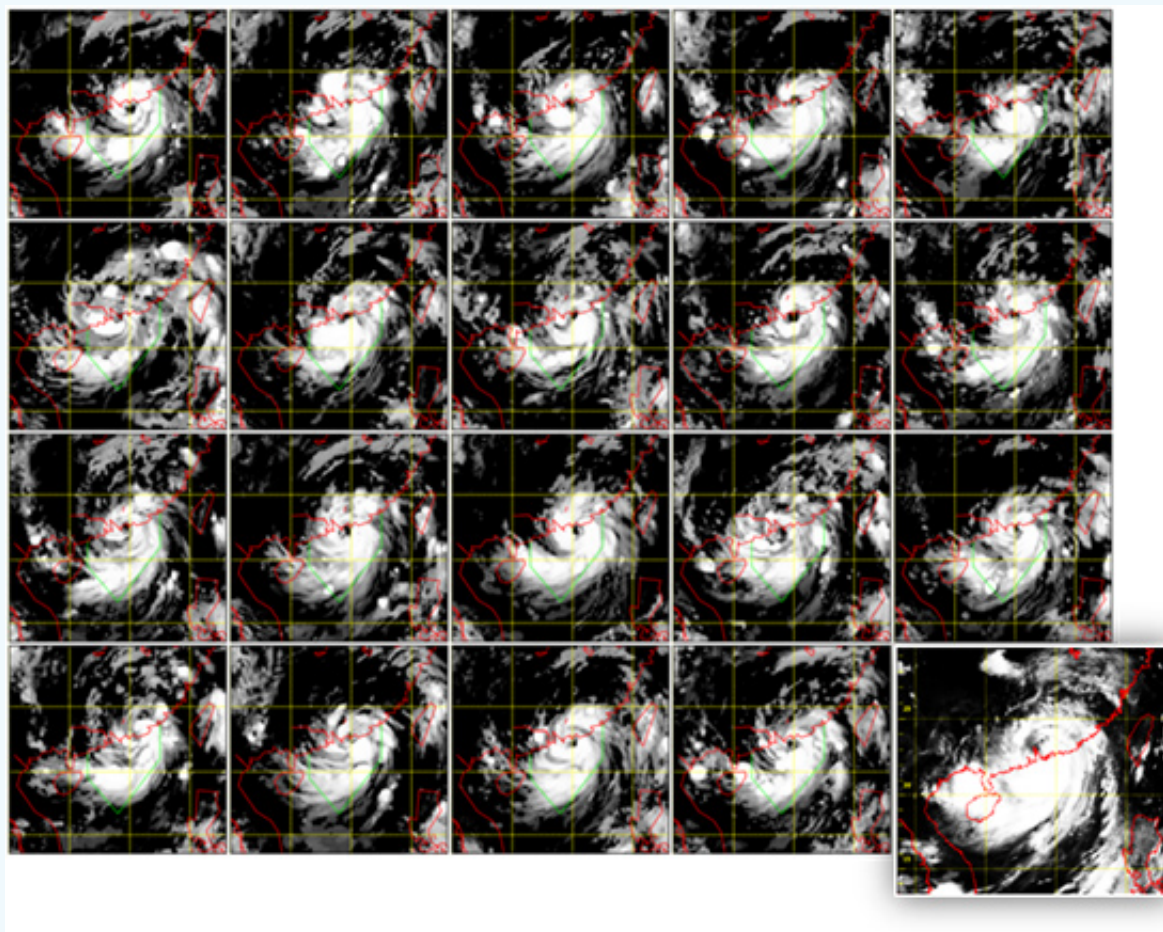


图11 香港天文台正在试行的中尺度集合预报系统的预报卫星云图邮票图
(个案为2016年台风“妮妲”，右下为日本气象厅Himawari-8卫星观测)

遥感观测数据进行同化，并引入以集合预报为基础的先同化技术来改善模式初始条件。此外，天文台于2014年下旬开始试行一套以动力降尺度为基础的中尺度集合预报系统，提供各个可能出现的天气情境以作业预报参考（图11），对一些路径多变的热带气旋和过程复杂的暴雨有一定预示作用，亦为迈向以多灾种天气影响评估为核心的新一代气象服务奠下基础。

以上研发工作的成果将陆续并入业务运行的系统内，相信能更有效支持公共气象服务以及其他专门用户的需要。

4.2 数值天气预报的后处理与应用

天文台一直采用各大全球预报模式中心的产品，以及运行前述的NHM模式提供短期至中期的天气预报资料。天文台近年开发了一套“客观集成预报”（Objective Consensus Forecast, OCF）系统，并于2013年12月开始试行向公众发报“自动分区天气预

报”^①（图12），随着其后不断改进，现时网站为香港和附近地区共超过250个地点提供一站式未来9d天气预测服务。自动天气预报结合了多个数值天气预报

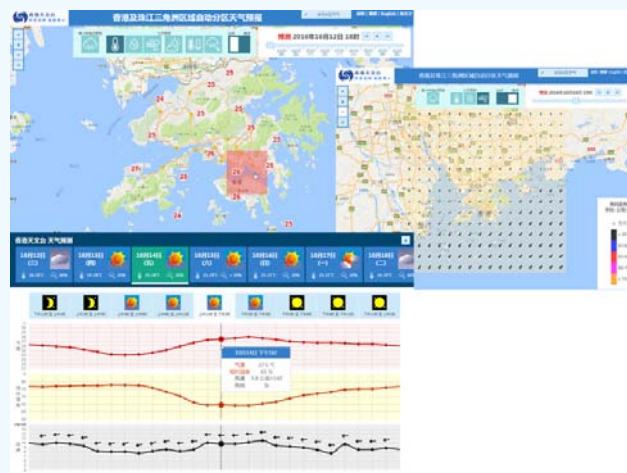


图12 “自动分区天气预报”网站

① 网址：<http://maps.weather.gov.hk/ocf/>。

模式，以及欧洲中期天气预报中心（ECMWF）集合预报系统的后处理输出，提供每小时温度、相对湿度、风向和风速预测，以及每天降雨概率预报。未来将进一步发展与数字（网格）天气以及地理信息系统的整合，加强产品的覆盖地点和区域精细化预报服务。

5 地理信息系统（GIS）应用

地理信息系统（Geographic Information System, GIS）是一门综合性的空间信息技术，近年有着迅速的发展，为各类天气及地球物理资料提供了一个整合和增值的平台。随着开放式源代码地理信息系统技术的出现，GIS技术在实用性及功能方面都有显著提升。香港天文台于2011年开始运用开放式源代码地理信息系统技术发展新一代气象分析软件系统供天气预报员使用。系统的其中一个重要功能是将各式各样的实时探测资料有条不紊地在同一个平台上显示出来，包括自动气象站数据、天气雷达图像、气象卫星云图、高空探测数据、闪电定位资料及预报模式数据等（图13）。

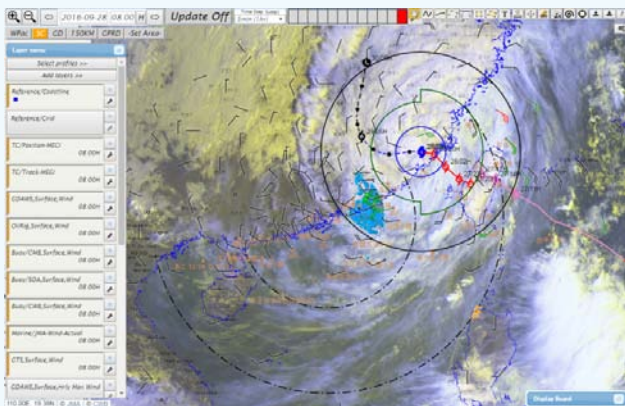


图13 新一代气象分析系统

运用同一套GIS技术，天文台于2015年12月在互联网上推出一个全新网站“地图天气”（图14），提供综合全球天气及地球物理资讯于同一GIS平台上，让公众可按自己的需要查阅。除了观测资料之外，“地图天气”亦提供在香港不同地点的天气预报、中国南海海域的海洋预报及全球地震报告等，为市民和旅客在准备和安排旅程或与天气有关的活动时提供有用的资料。除了全球的天气资料外，天文台在互联网亦为香港以至珠三角邻近地区的观测资料设立了多个专用的GIS网页以显示各类的资讯如天气照片、雷达图像、环境伽马辐射水平等。在2016年6月，天文台推出新的“指定地点闪电戒备服务”网页（图15）。该网页以GIS技术展示闪电的位置及其相关资讯，因为云对地闪电有机会影响户外人士和设施，网页备有

一个专为云对地闪电而设的戒备功能，用户可以在闪电地图上自选地点及戒备范围，当指定范围内录得闪电，网页便会自动发出警示信息，方便用户清楚辨别闪电发生的位置对户外活动可能造成的影响。用户并可以叠加雷达图像在闪电位置图上，了解闪电在雨带中的分布及移动情况，进一步掌握恶劣天气的演变。该网页更允许用户使用有GPS功能的设备，如智能电话，以自动确定用户在地图上的位置。

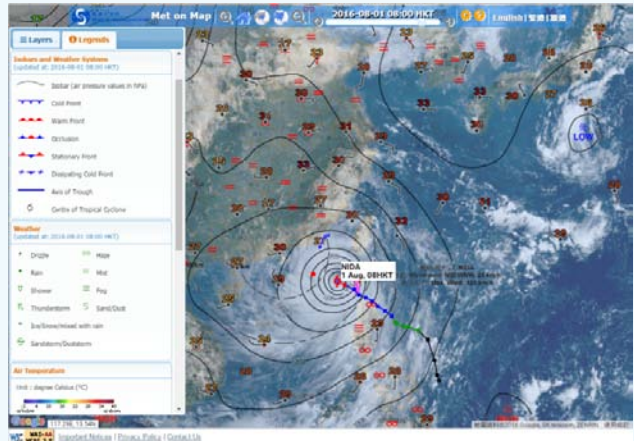


图14 “地图天气”网页

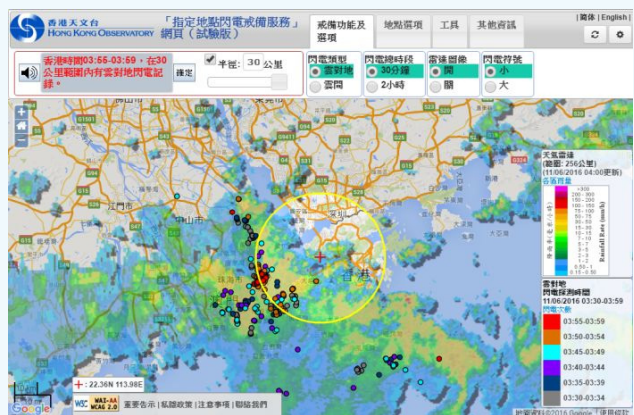


图15 “指定地点闪电戒备服务”网页

6 智能气象监测

处于大数据时代，气象资料在数据量和数据类型方面于近年均有显著增加。海量的气象资料经过收集和处理后，天气预报员便需要进行分析，并判断当前的天气系统及其相关天气变化的机制，继而进一步预测这些系统在未来的演变。在分析过程中，预报员要有效地运用他们的气象知识和经验，在紧迫的时间内制定天气预报或发出适当的天气警告。为支持预报员日益繁重的工作，天文台开发了基于专家系统技术的“智能气象监测助理”系统（图16）。透过即时分析大量的天气资料，该系统能够提醒预报员当前或将会

出现的天气情况，为预报员提供参考建议。系统有效地加强了香港天文台在天气监测方面的能力，并在海量气象观测数据和信息中获取最关键的资讯，如监测由邻近气象中心发出的天气警告（如冰雹、暴雨），邻近地区重大天气情况（如龙卷、冰雹），本地气象站出现破纪录的高低温、降雨、低湿度、日际温度变化的情况，以及天气情况或天气警告跟天气预报出现明显偏差的情况（如相对湿度偏离了预测范围；自动雨量站录得明显降雨，但天气预报中未做出降雨预报）等。“智能气象监测助理”系统有效减轻预报员在监测天气方面的负担，是预报员在提供公共天气服务时的强力后盾。展望未来，系统将进一步应用数值天气预报输出，再配合预报算法以提供自动化天气预报或提示供预报员参考。

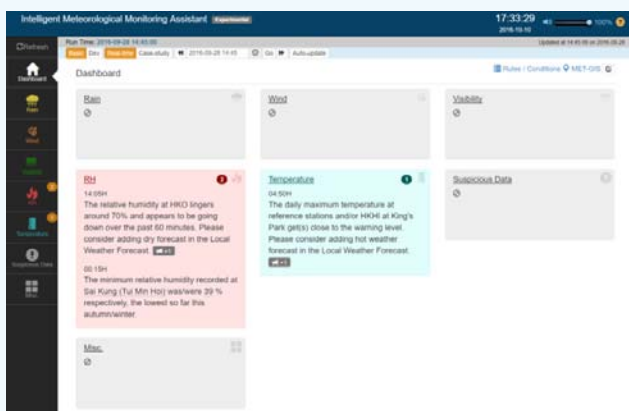


图16 “智能气象监测助理”系统

7 延伸预报

天文台除了提供9d天气预报外，亦向公众和特殊用户提供延伸预报和长期预报。长期预报在天文台有很长的历史，早在20世纪70年代，天文台就为香港水务署提供定量长期雨量预报，以支持水资源管理工作。随着市民及传媒对长期预报的需求日增，天文台于21世纪初开始向公众发布全年展望，预报内容包括香港年雨量等级和每年影响香港的热带气旋数目。为进一步改善全年展望的表现，近年天文台研究用一些大气和海洋环流前期信号，配以共识方法去预测全年雨量，验证结果显示此方法较其他方法优胜。

天文台于2000年代中期开始在网上发布季度预报，内容包括季度平均气温和总雨量等级的预测。在制作季度预报时，天文台会考虑厄尔尼诺/拉尼娜的情况及其对香港季度气候的影响，亦会参考世界各大气候预报中心和天文台从美国引入的“全球—区域”气候模式的预报产品。近年天文台尝试利用大气及海洋环流前期信号作为预报因子，配以共识方法进行预

报，结果显示这个方法对预报冬季平均温度和春夏两季的降雨量有一定技巧，能进一步改善季度预报的准确性。

为配合社会对长期预报服务的需求，同时计划将预报精细化以衔接9d天气预报，天文台于2012年开始制作以周为单位的延伸展望供内部和一些特殊用户（如花农、电力公司）参考，延伸展望提供第2至第4周平均气温和雨量等级的预测。此外，天文台正研发9d以后的延伸展望，例如寒冷天气的概率预报，务求将短、中、长期预报连接起来，达致无缝的效果。

延伸展望是科学界的前沿课题，仍有很多挑战。天文台通过不断探求和检讨，希望通过逐步提升预报水平，能增加公众对延伸预报和长期预报的信心和应用，以达到防灾减灾的目的。

8 多媒体气象服务

香港天文台从1883年成立至今，一直紧跟科技潮流与传播媒介的发展，务求以创新及最有效的方法将天气信息送到大众手中。让我们从历史角度，回顾及分析天文台在发展媒体服务方面的一些历程（图17）。

20世纪20年代，随着无线电广播开始在香港发展，天文台的天气预测于1928年开始在大气电波中广播。香港在20世纪50年代开始发展有线及无线电视广播服务。因应当时电视台的要求，天文台职员于1961年开始以兼职形式为电视天气节目提供英文稿件及天气图。1967年，电视天气撰稿服务扩展至中文电视台。

天文台洞悉先机，了解到由气象专家亲身解说天气的好处，亦因应当时电视台的要求，天文台科学主任于1987年开始主持电视天气节目。当时节目每星期播放一次。节目推出后大受欢迎，天文台的专业、亲民形象亦得以确立起来，电视台遂于1989年要求增加播出次数。为满足观众需求，天文台拣选合适的同事以兼职形式通过荧幕提供天气服务。20世纪90年代开始，天文台自行制作专业电视天气图像，并在恶劣天气情况下亦会安排特别的新闻发报会。

为进一步加强电视天气节目，天文台于2013年底推出统一及全面的免费电视天气服务，为各大电视台及公众提供天文台自行制作的常规天气节目，并每星期推出一集名为“气象冷知识”的教育环节。为了加强服务质素，天文台于2015年将专业电视天气图像系统升级，提高天气图像质量及制作效率。除了电视，相关的视频短片亦会通过天文台智能电话应用程序、天文台网页及天文台YouTube频道直接播出，方便上学及上班的市民随时随地获取最新视频天气信息。

除了上述节目外，天文台亦与香港电台电视部合

力制作《气象万千》电视纪录片系列，分别于1999、2001、2005及2014年推出，深受欢迎。其中《气象万千IV》获多个团体的支持和合作，包括中国气象局及华风气象传媒集团的鼎力协助，得以顺利完成，并扬威国际，荣获“2015年纽约国际电视电影节”（最佳环境与生态节目）银奖。天文台亦为台风委员会制作及推出有关热带气旋灾害的短片，以提高公众的防灾意识。短片于2015年在日本仙台举行的第三届联合国世界减灾大会中首播，在国际上得到广泛的支持和推广。

随着智能电话及社交媒体陆续出现，天文台将多媒体服务扩展到相关平台上，包括于2009年设立

YouTube短片广播频道、2010年开通Twitter帐户、2011年建立微博账户及增设土豆网天气短片频道、2014年开通微信账号等，通过多渠道向公众发送最新的天气信息。同年，天文台与社区人士合作建立“社区天气观测计划”Facebook群组以推广天气观测活动及征集天气云图（图18）。

媒体服务要做到尽善尽美，除了内容之外，与市民及业界持分者保持良好沟通亦是重要一环。为此，天文台早于1996年成立“天文台之友”组织，现时会员人数超过一万，成为天文台与市民直接沟通的一道重要桥梁。为加强和传媒的沟通，天文台在2014年成立“广播媒体联络组”，并不时为本地报界、电台及



图17 天文台公共气象服务发展的里程碑

The graphic features the CWOS logo at the top left, which consists of a stylized globe with a green and blue color scheme. To the right of the logo, the text '社区天气观测计划' (Community Weather Observing Scheme) is written in large blue characters, with 'Community Weather Observing Scheme (CWOS)' in smaller blue text below it. Below this header, there are three panels: 1) 'CWOS 网页版' (CWOS Website) with the URL 'www.co-win.org' and a screenshot of the website interface; 2) 'CWOS 社交网络專頁' (CWOS Social Network Page) with the URL 'www.facebook.com/icwos' and a screenshot of the Facebook page; 3) 'iPhone手机应用程序 iCWeatherOS' (iPhone mobile app iCWeatherOS) with a screenshot of the app interface. The background of the graphic is a collage of various weather-related images like sunsets, clouds, and rain.

图18 天文台与社区人士合作建立“社区天气观测计划”以推广天气观测活动

电视台的记者举办气象培训课程，加强传媒对气象的认识。

9 小结

本文扼要地介绍和讨论了不同科技领域所带来的机遇。由个人的智能电话服务到公众及专门服务，从智能气象监测到临近预报、数值天气预报，以及传媒、社交媒体都看见了科技带来的革新。天文台与时俱进，利用创新思维和大数据应用及科技，不断开发崭新的公众天气服务。

天文台一直通过《中国气象局与香港天文台气象科技长期合作安排》与中国气象局保持紧密的合作，相互交流，并每两年举行一次高层管理会，为双方的合作订下切实互惠的方向。另一方面，粤港澳三方气象部门多年来亦一直合作无间，不断提升区内气象服务，并获得丰硕成果。三方共同建立了海岛自动气象站、闪电定位网络、大珠三角天气网站、数值预报合作平台、以及互相交换气象信息、数据和科研成果。

展望未来，面对社会不断变化，科技日新月异及全球气候变化的挑战，天文台将继续精益求精，进一步加强公共天气服务，贯彻香港天文台的愿景：“以科学保障生命安全，共创美好社会，成为卓越典范”。同时，通过香港天文台与中国气象局间的友好合作及相互促进，共同向提供更贴身公共气象服务以保障公众安全的目标迈进。

致谢：感谢郑元中先生、陈世偶先生、李细明先生、黄伟健先生、杨汉贤先生、唐宇辉先生及柯铭强先生为本文提供资料，亦感谢岑智明先生及郑楚明博士为本文提供宝贵的意见。

深入阅读

- Chan P W, Hon K K, 2016. Performance of super high resolution numerical weather prediction model in forecasting terrain-disrupted airflow at the Hong Kong International Airport: case studies. *Met Apps*, 23: 101-114.
- Chan W H, Lee S M, 2015. A consensus winter temperature forecast for the Pearl Rivier Delta region. Hong Kong Observatory, reprint 1166. <http://www.hko.gov.hk/hko/publica/reprint/r1166.pdf>.
- Li P W, Wong W K, Cheung P, et al, 2014. An overview of nowcasting development, applications, and services in the Hong Kong Observatory. *J Meteorol Res*, 28: 859,doi: 10.1007/s13351-014-4048-9.
- Lun S H, Lo H Y, Pan C K, et al, 2016. Intelligent Meteorological Data Analysis System. The 30th Guangdong-Hong Kong-Macao Seminar on Meteorological Science and Technology, Guangzhou, China, 20-22 April 2016. <http://www.weather.gov.hk/publica/reprint/r1232.pdf>.
- Tong H W, Chan W H, Lee S M, 2016. A consensus approach in predicting spring and summer rainfall in Hong Kong. Hong Kong Observatory, reprint 1223.
- Yeung H Y, Man C, Chan S T, et al, 2014. Development of an operational rainfall data quality-control scheme based on radar-raingauge co-kriging analysis. *Hydrological Sciences Journal*, 59(7): 1285-1299.
- 保安局, 2015. 天灾应变计划. <http://www.sb.gov.hk/eng/emergency/ndisaster/CPND%20with%20Tamar%20Address.pdf>.
- 韩启光, 2015. 华南沿岸中尺度集合预报初探. 第29届粤港澳气象科技研讨会, 澳门, 2015年1月20—22日.
- 胡宏俊, 郑子路, 李健纲, 2013. 对应热带气旋降雨的临近预报方法. 第30届中国气象学会年会, 南京, 2013年10月23—25日.
- 胡宏俊, 杨海霖, 梁明德, 2016. 自动以日常用语表达降雨、雷暴及大风实况和降雨预测的系统. 第30届粤港澳气象科技研讨会, 广州, 2016年4月20—22日.
- 黄伟健, 周志坚, 2010. 天文台新一代数值天气预报系统. 第24届粤港澳气象科技研讨会, 深圳, 2010年1月20—22日.
- 梁恩瑜, 谭绮婷, 2016. 开发公众综合天气预报网站. 第30届粤港澳气象科技研讨会, 广州, 2016年4月20—22日.

(作者单位：香港天文台)

气象服务产业发展指数

本刊编辑部

气象服务产业发展指数涉及的指标涵盖产业内部生产要素、气象服务产业影响力和产业驱动力三个方面。

考虑到数据来源的可靠性、稳定性以及与气象产业发展的相关性，最终11项指标作为三级指标进入(右表)。

气象服务产业发展指数很好地反映了气象服务产业发展情况。从整个产业市场看，气象服务也许算不上优势产品，但与各行业资源的深度结合，将使气象资源成为具有基础性价值的产业要素。换句话说，在日益追求服务品质、力求完美的现代市场竞争环境下，“天气+”已经成为社会产业发展不可或缺的因子。

基于《中国气象报》整理

中国气象服务产业发展评价指标体系框架

	一级指标	二级指标	三级指标
1	气象服务 产业生产力指数	资本	固定资产规模
2		人力资源	从业人员素质
3		设施	专业设施覆盖
4		技术	专业技术能力
5	气象服务 产业影响力指数	经济影响	产出规模增速
6			行业收入增速
7		社会影响	预报质量检验
8			灾害经济损失
9	气象服务 产业驱动力指数	需求程度	市场需求规模
10		创新环境	科研经费投入
11		市场环境	产业景气程度