

美国国家飓风中心的机构和业务

Robert C. Sheets

(美国国家飓风中心)

1. 引言

位于佛罗里达州迈阿密的国家飓风中心(NHC)是美国国家气象局下属的三个中心之一。其它两个分别是位于密苏里州堪萨斯城的国家强风暴预报中心(NSSFC)和位于华盛顿特区最早成立的国家气象中心(NMC)。NHC的职责不光限于提供热带气旋即飓风的预报和警报,还包括热带分析、气象咨询和公众预报,并为国内及国际需要的用户提供一年的海洋和航空预报。责任区包括北大西洋、东北太平洋的热带和副热带地区、加勒比海、墨西哥湾及临近陆地。

虽然NHC有多种业务,但以飓风预报和警报系统最有名。这些系统由于以往飓风造成的巨大生命和财产损失而引人注目。更使人放心不下的是在美国和西半球其它易受台风袭击地区的人口不断增长,结果使飓风潜在的损失也与日俱增。当今美国的飓风问题主要包括以下三个方面:(1)预报技术改进的速度远不及易受飓风袭击地区人口增长的速度。美国沿海各州受飓风影响地区的常住人口比本世纪增长了2~3倍,因此在受到飓风威胁时,疏散这些地区的人口一年比一年更困难,这种情况导致了为安全疏散而要求预报时效越来越长,但不幸的是这样的延伸预报不确定性也同时增加;(2)为飓风登陆而采取的预防措施花费是昂贵的。当预报飓风以正常路径登陆时,警报区的海岸线长约300英里,若是在墨西哥湾海岸,无论飓风登陆与否,平均来说预防措施花费将超过5千万美元。由于预报上很大的不确定性而使警报范围扩大20%,花费将会增加一千

万美元。再者,由于强度上的不确定性使其划分到强飓风类,那么用于人口疏散和预防的花销还将增加。要是把象休斯顿、新奥尔良、坦帕、迈阿密或其它主要沿海城市包括进去,那开销将大大超过一千万美元。所以NHC要认真考虑经济因素和维护其在公众中的信誉;(3)80~90%居住在飓风影响地区的人从未体验过飓风中心经过的情景,许多人只有弱飓风或飓风边缘扫过时的体会,这就对风暴的潜在损失形成了假印象,将会导致巨大的损失。这三方面也将是NHC不断提高飓风预报、警报和相关系统的动力。

2. 现时机构

NHC由四个处组成,即飓风专家预报处、热带卫星分析和预报处、技术开发和应用处、通讯绘图和计算机业务处。通讯绘图和计算机业务处主要支持上述两个分析和预报单位的工作,并作为向用户单位提供专业产品的接口。技术开发和应用处为改进分析和预报、提高业务效益服务,它特别注重于统计和统计动力分析与预报技术,而大规模的数值模拟工作则由其它部门来做。此外,随着风暴潮模式的深入应用,灾情分析程序不断得到发展,它用来确定与热带气旋有关的受灾区域及程度。

NHC的职员在六十年代末七十年代初曾超过100人,之后由于填图、图表分析都实现了自动化,一度减到37人。从1987年开始,由于现代化需要和国家气象局的机构调整,增加了许多业务,职员也增至现在的40人。

3. 热带分析、预报和有关产品

NHC 的产品有两类。第一类包括考虑海气相互影响导出的气象和海洋分析产品及 NHC 对其负责地区日常发布的航空、航海预报；第二类是对逐个热带气旋发布的预报和警报。NHC 的责任区包括 140°W 以东从 32°N 到赤道的大西洋和太平洋的热带和副热带地区。这一区域包括加勒比海、墨西哥湾和邻近的大陆地区。而且热带和副热带气旋移到较高纬度后, NHC 仍有预报和警报任务。除本国任务外, 在世界气象组织赞助下, NHC 被指定为区域专业气象中心。在日常业务基础上对国内和国际用户一年四季提供加勒比海、南美北部、中美洲和北美的分析、预报和指导产品。此外, 当热带气旋发生时, NHC 直接负责向本地区国内用户(包括国防部和国务院)发布这些系统的预报和警报。并且, 按照与世界气象组织第四区协飓风业务计划协议, NHC 为成员国提供主要的预报指导产品。直接为一些国家提供警报并作为周围其它国家的后援。下面介绍第一类产品, 第二类产品介绍包括在热带气旋预报和警报过程里。

NHC 对其负责地区进行几种常规分析, 并把分析和指导产品分发到国内和国际范围。这些产品包括对整个地区的热带天气讨论和每 6 小时发布一次卫星判释信息 (SIMS)。SIMS 有整个地区的一般资料和波多黎各、美国维尔京群岛、佛罗里达半岛和墨西哥湾北部地区专门的中尺度讨论。另外, 每 6 小时完成和传送一次地面天气图分析及每隔 12 小时(主要依据卫星得出的资料)完成和发送一次近地面、200 百帕、切变、深层平均、低层和高层平均全部系列图。同时, 与一般的海温分析一起, 每周对墨西哥湾海流和海表温度进行三次详细的分析, 并通过电话系统传给海洋用户。

海洋预报产品包括对责任区每 6 小时发布一次的海洋表层预报。航空产品包括对世

界范围, 特别是责任区和圣胡安、迈阿密、休斯顿和奥克兰(30°N 以南)飞行情报区的各种天气现象预报。

4. 热带气旋预报和警报过程

(1) 风暴来临前

热带气旋预报和警报过程远始于事件发生之前。过程第一步是确定海岸线上易受灾害的地区。这要利用 Jelesnianski 的 SLOSH 模式来完成。这一模式的应用分几步。首先是海盆研究, 就是把模式用于特定海盆。这一步由国家气象局技术开发实验室来做。下一步涉及模式与历史飓风资料对比试验。仔细研究过去影响本地区的每个飓风和重现它们的路径、风和气压场分布以及水位状况, 然后利用模式对每一种飓风形势进行运算, 把水涨和水落的预报值与历史值作比较。

下一阶段是对海盆进行现场详细的侦察, 校验实际陆地高程和障碍物(如州际公路), 以修改从地形图上推出的数据。调整模式使之与实际地形相一致。之后模式接受最后一次试验, 并移交给 NHC 进行业务运行。

然后, NHC 再模拟特定海盆的各种风暴情况。一海盆风暴模拟数可从 250 个到 500 个以上, 结果可得到各种风暴情况下潜在风暴潮最大水位的包络图。这些图都是由包括给定强度和移向的一族风暴组成。它们的登陆点有一段距离, 这是考虑到路径预报上的不确定性。下一步是根据这些预报洪水区制定撤离计划。这些计划包括对运输能力分析、防护分析和人口情况的研究。此项工作由美国陆军工程部和地方及州政府完成。计划执行前, 当地国家气象预报台、地方和州政府、联邦紧急事件处理机构和工程兵办公室出席由 NHC 召开的基于 SLOSH 产品应用的专题讨论会, 把各种不同飓风下所需的撤离或疏导时间问题确定下来, 由 NOAA、联邦紧急事件处理机构、工程部队及某些州和地方政府为这一协作计划提供资金。

(2) 预报工具和技术

用于热带气旋预报的工具具有标准半球天气和次天气尺度的地面和规定层的气象分析,以及由国家气象中心全球、半球和区域模式及欧洲中期天气预报中心得出的天气和次天气尺度形势预报。NHC有许多专门分析包括前面提到的200百帕层分析和北大西洋、东北太平洋热带和副热带海洋地区低层流线和等风速线分析。这些分析吸取了由地球同步卫星导出的低层和高层云漂移风场与飞行报告和常规高空探测相结合的优点。其它分析包括低层、高层和深层平均气流、水平风的垂直切变以及从西非西部向西经加勒比海和中美选择出的高空观测的时间剖面。这些分析提供了可能与热带波动有关环流的强度、高度的时间序列(Frank, 1974)。过去20年大西洋海区全部热带风暴的近60%都可追踪到非洲海岸的热带波(Avila和Clark, 1989)。

历史零散地记下了早期一些热带气旋路径预报方法,如观察气压变化和高空风。Hebert(WMO, 1979)叙述了几种经验方法,包括地面地转风引导、消除热带气旋后中层高度场和标准等压面上风场的变化(Miller和Chase, 1966)等。基于气候和持续性基础上的统计方法在20世纪50年代后期和60年代早期被用来做气旋移动预报(Veigas等1962; Hope和Neumann, 1970)。到70年代后期, NHC采用了7种主要的热带气旋路径预报模式。它们是HURRAN模式(Hope和Neumann, 1970),一个基于自1886年以来大西洋所有热带气旋路径基础上的相似模式; CLIPER模式(Neumann, 1972),利用取自气候和持续性预报因子的回归方程模式; NHC 67(Miller等, 1968),用来自气候、持续性和观测位势高度资料为预报因子的回归方程模式; NHC 72(Neumann等, 1972),利用CLIPER模式输出结果和实测位势高度资料作为预报因子的回归方程模式; NHC 73(Neumann和Lawrence, 1975),

相似于NHC 72, 预报因子中加进了数值预报的位势高度场资料; SANBAR (Sanders等, 1975),以整个对流层气压权重平均风场为基础的正压模式; MFM模式(可移动的细网格, Hovermale和Livezey, 1977),为垂直方向10层,水平格距60公里的斜压模式。SANBAR和MFM模式适用于大西洋和太平洋东部海区,而统计和统计动力模式在太平洋东部使用需要单独开发(Neumann和Leftwich, 1977, Leftwich和Neumann, 1977)。Neumann和Pelissier(1981)的文章提供有关这些模式在大西洋海区执行的业务评价。

80年代后期引进了两个新的模式(NHC 83, Neumann, 1988; BAM. Holland, 1983),并对SANBAR模式进行了改进。此外,国家气象中心开发了一个新的模式,QLM模式(准拉格朗日模式, Mathur, 1988),以替换MFM。NHC83借用了NHC73的特点,但它的主要预报因子是国家气象中心中期预报模式(MRF)得出的深层平均地转高度场。在5年试验时期,此模式执行情况大大超过所有其它模式。因此,在1988年, NHC67、NHC72、NHC73模式已退出业务使用。图1表示1983到1987年对同一类例子几个模式的执行情况。图中给出了相对于认为没有预报技巧的CLIPER模式的百分误差。负数表示比CLIPER方法好。此处, NHC83表现得最好。Holland建立的beta平流模式(BAM)也证明在许多个例中取得好结果。准拉格朗日模式1988年效果不佳,经一些修改后,1989年飓风季节对一些难以预报形势看上去报得很好。

两个统计模式被用来预报热带气旋强度变化。它们是SHIFOR(Jarvinen和Neumann, 1979)和SPIKE模式。SPIKE是SHIFOR的改进,采用了厚度值(Pike, 1985)。这些模式在大西洋和东太平洋海区至今仍在使用之中。

(3) 预报过程

实际热带气旋路径和强度预报包括几个

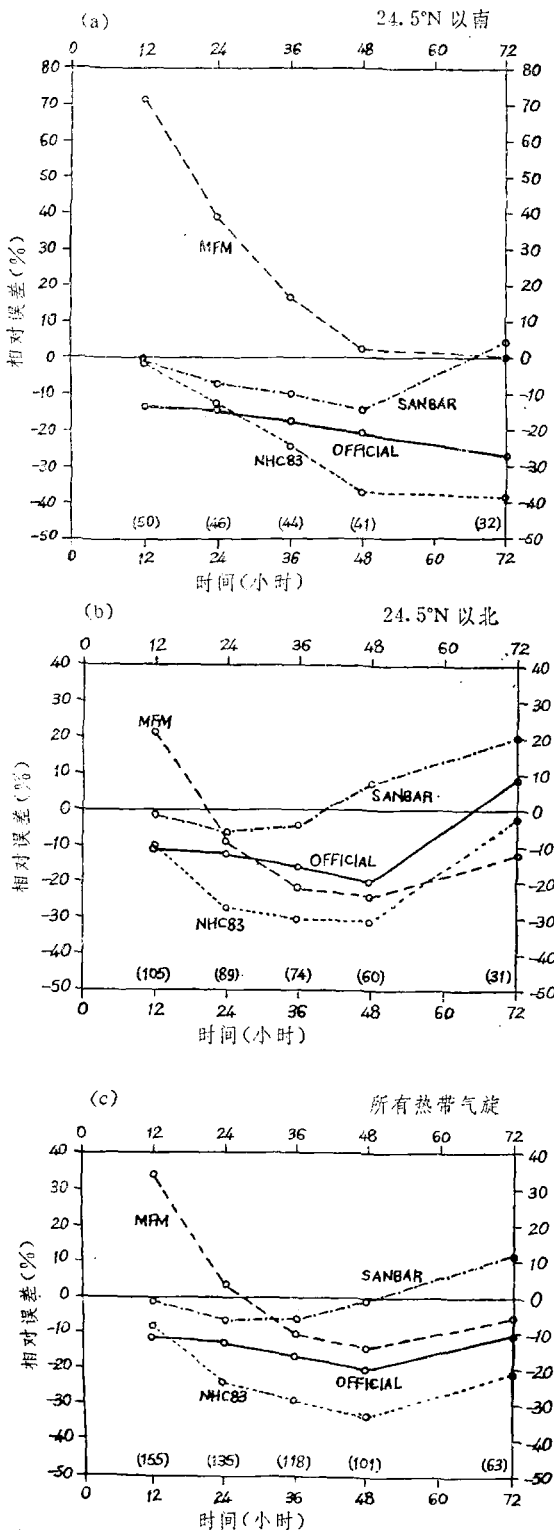


图 1 在大西洋地区，选取的热带气旋路径预报模式相对于CLIPER模式的运行情况统计。据热带气旋最初位置分为(a) 24.5°N以南 (b) 24.5°N以北 (c) 所有热带气旋。统计时段从1983年到1987年。(Demaria等1990)

步骤并涉及国家气象局的其它单位。环境气流场的引导作用从前面谈到的 NHC 专门分析中得到。此外，对动画显示的卫星云图进行分析以便对流型变化进行定性估计。在干湿气流地区特别要注意动画显示的水汽图像。环境场预报主要以国家气象中心的全球、半球和区域模式结果为指导，其次参考 ECMWF 和英国气象局 (UKMO) 的模式结果。

下一步是对热带气旋本身做详细分析。这些分析使用所有可用的资料，包括卫星、侦察飞机、浮标、雷达以及船舶观测，以确定热带气旋现在和过去的移动情况及风和气压场分布等。这些资料又是上述数值模式的初始场。除 QLM 模式外的所有模式都在 NHC 的计算机上运行或与国家气象中心的计算机相连。对大西洋和东太平洋海域的每次热带气旋路径预报通常同时有 5 到 7 个路径模式进行运行。此外，每次两个强度预报模式 (SHIFOR 和 SPIKE) 也同时运行。NHC 飓风专家处将利用所有这些资料，以便做出热带气旋 72 小时内路径、强度和风场分布预报。国家气象中心预报员主要根据国家气象中心模式指导做出独立的路径预报。同样，在那些受热带气旋影响的地区工作的国家气象预报台的预报员，有时也主要根据大尺度场指导和当地情况做出他们的独立预报。此外，如果热带气旋将要袭击美国的某一海岸地区，NHC 就启用适合这个特定区域的 SL-OSH 模式以预报热带气旋的路径和强度。由于预报上的不确定性，事实上它可能是针对一族风暴的情形。

(4) 预报中气象、水文部门的协调

由一名国家气象中心预报员 (大尺度模式专家)、可能受影响地区的地方国家气象预报台的预报员 (当地气象、水文、社会问题专家) 和 NHC 飓风专家 (飓风各方面都内行) 利用国家气象局的电话进行会商。此外，必要时还有国家气象中心暴雨室和国家强风暴预报中心 (龙卷风专家) 预报员参加。通

常其他收听讨论情况的有国家气象局总部、南区或东区有关人员及在诺福克和杰克逊维尔的海军有关人员。所有独立的路径预报都由NHC记录在案并对每种预报后面的合理性进行讨论。NHC对路径预报有最后决定权。接下来的讨论中心是可能发布警报的潜在影响和警报发布的时间和地区。如果认为有必要发布监视报告或警报，初步的时间和地区要确定下来。

(5) 警报

实际警报过程包括三个主要组织之间的高度协调和配合：(a) 国家气象局气象员，他们的法定任务是保护人民生命和财产需要而确定预报与警报有关的气象水文条件；(b) 地方和州政府，他们决定要做出什么样的响应；(c) 新闻媒介，它们通过与公众的联系提供使警报有效的手段。这一过程并非始于事件发生时，而是在每年飓风季节前由三方制定出有关的程序和计划。

在监视和警报决策过程中有三个主要因子。第一，为保护人民的生命并使财产损失减少到最低限度必须提供足够的疏导时间。第二，为了避免预防工作中大量的耗资和公众自满情绪，必须使超过实际情况的过强的警报降低到最低点。第三个因素是选择最佳响应。对于受飓风影响的地区来说，理想的忠告过程是逐步提高受飓风的威胁，尽量避免警报时断时续和警报区域不断改变。

实际警报过程的第一步是如上所述气象部门间的协调。下一步涉及地方和州行政官员。NHC预报员利用国家警报系统热线与受影响的州和地方行政官员进行电话讨论。一些州下面的几乎所有县的紧急事件处理办公室都与国家警报系统直接相连，而另一些州下面的县仅与本州警报系统相连。行政官员可得到计划警戒区的简要情况，包括警戒范围和时间以及预计会遭受到的情况。这些官员也把信息反馈给NHC，以便对警报区、警报时间及警报强调的内容做一些调整。地方和区域国家气象局预报台也参加电话会

商。这些预报台的预报员与各自的地方和州行政官员密切配合以改进NHC的警报，使之更详细，适于地方使用。

警报过程的最后一步是及时把警报传送到用户单位。宣传工具在这方面起了非常重要的作用。与飓风袭击有关的事件是作为一个警报过程，并非一件新闻。因此做了各种努力来排除商业性新闻媒介在这一过程中的竞争。这样印有相关警报在内的热带气旋信息就通过一个分发系统进行传送，使得每一个用户几乎同时收到。地方气象预报台在此之后再发送它们为不同用户而制做的特别信息报告。通常在事先协议的基础上可在NHC或有时在受影响地区的地方预报台建立一套电子媒介工具(包括印刷工具)。通过先进的通讯网络，区域与地方台站的人员并肩工作，共享设备，互相帮助，以确保可能的最佳产品有效、及时地传给公众。作为系统的一部分，广播员或通讯员很快就会意识到在使受威胁地区人们产生积极反应的过程中他们所具有的敏感作用和职责。

与卫星通讯相连接电子共享设备可使国家气象局为潜在影响区直接、迅速、有规律地传送信息。这一系统减少了在它使用之前经常出现的混乱状况。那时印刷的气象报告受到各种解释和加工，使得谣言四起，当地居民纷纷寻求各种途径以便得到正确信息。可是不同来源的信息通常又互相矛盾。如1977年热带风暴Babe就是这种矛盾信息的最好例证。现在的系统使得公众可直接从警报源得到信息。虽然它仍不能根除上述问题，象1988年飓风Gilbert过程中，加尔维斯顿、休斯顿、得克萨斯地区出现了矛盾的信息，但很显然该系统在警报和响应过程中有了巨大改进。这一警报系统的有效性可从过去几十年飓风袭击美国造成损失的下降趋势里明显地得到证实。

5. 未来的飓风预报和警报业务

预报员和数值模式一直受到热带和副热

带定量资料短缺的限制。因此各种分析都需要人工定性的判断。下一代地球静止业务环境卫星(GOES)系列卫星预计会比现在所用的地球同步卫星提供更准确、分辨率更高的探测资料,此系列的第一颗卫星计划于1991年发射。预计对极轨卫星系统也有相似的改进。然而,对分析者有用的多数资料事实上仍是定性的。因此,预计热带和副热带地区的最佳可能分析方案是:在人工修改后的初始客观分析基础上,进行人机结合的多层次分析。尽管相当困难,为了动力的一致性,此方案还应包括四维检验。NHC目前正在研制这一方案。这些新的探测能力和这种新的分析方法将会提高热带和副热带地区大尺度流型的初始分析和预报。然而,很可能这些分析和预报的正确性仍落后于具有很多定量资料的中纬度。

模式专家指出:在热带气旋、气旋周围环境场及通常的热带和副热带地区,这种改进的初始场对热带气旋路径和强度预报的改进效果显著。作者认为较长时间预报(36—72小时)的主要改进可能只通过改变动力模式就可达到。全球、半球和区域模式在最近几年风暴运动预报中已表现出大有希望。但注意到一些极好的预报,仍然缺乏连续性。这些模式目前在做72小时预报时都劣于统计动力模式,而最近几年它们之间的差距已缩小。此外这些动力模式经常对难以预报的形势提供最佳指导。

统计动力模式可能在以后几年的热带气旋路径预报中仍为最佳方案。预报时效可一直到36小时或更长。从改进的NHC 83(以后称为NHC 90)结果来看,以后几年若使用此类模式可使热带气旋路径预报误差减少10—20%,这取决于相关动力模式的表现。

除上面提及的模式外,中尺度模式,如国家气象中心开发和测试的新ETA(环境技术应用)协作系统模式(Mesinger等,1988),表现得很有前途。可望这些模式和前面提到的区域和半球动力模式能在热带气旋运动和

强度预报中表现出一定技巧,眼下这种技巧非常缺乏。

对热带气旋及其周围的观测方法仍在不断改进。新的卫星技术包括装在极轨卫星上的空军专用微波传感器和图像系统。此系统对改进降水估计(Olson等,1989)和对大雨区外围小于30—50海里/小时的地面风估计(Rappaport,1989)都很有希望。微波传感器也提供一种改变了的雷达图像,这种图像有助于热带气旋中心定位(Veldon等,1989)。用于监视远离陆地的飓风内部对流活动的闪电探测系统也即将投入使用(Lyons等,1989)。这些系统可用于追踪对流带和飓风眼墙的移动,或许也可推断强度变化。新型飞机具有空军改进后的气象侦察机的能力,就是前面提到的卫星传送资料,这使得详细风场能实时进行业务使用,进行潜在风暴潮计算和潜在损失的警报。此外这些系统具有利用质量场提供改进的气旋路径能力(Sheets,1986)。此系统在显著改进12—36小时的预报上也已显示了很强的潜在能力。

现时业务侦察飞机提供了飓风核心区有价值的资料。然而由于它们是在航线上不规则时间间隔上投放测风仪而得到的,因而只限于航线和航线以下。这些飞机的飞行速度也慢。多普勒雷达目前是NOAA研究飞机业务的主要部分。这些系统可提供飞行路线上几英里范围内全部的资料场。即使遥感技术在继续提高,飓风核心区卫星遥感器的应用也是相当有限的,部分原因是由于从400英里轨道高度或以上来的资料分辨率很差。或许这种型式的传感器可改用于快速、很高飞行的喷气式飞机。这样通过飞机飞越风暴和卫星对风暴周围的监视可得到理想的资料集。并且飞机由单一式或直角式穿过热带气旋能快速提供全部资料场。这使得有更多时间对环境取样供模式使用,并有助于校准粗糙的卫星资料。快速飞机做出反应的时间很短,减少了由于资料延迟而取消已部署的飞行次数。所有这些因素的结合,不仅意味着

资料覆盖面将有很大的改进,而且与拥有老式飞机的大量侦察中队相当,只要有4到5架特殊装备的飞机就可满足大西洋业务资料的需要。

为下一代天气雷达系统(NEXRAD)装配的多普勒设备将使飓风警报能力提高到新的阶段。这些系统计划在90年代早期和中期沿墨西哥湾和美国大西洋沿岸安装。多普勒雷达将提供更多所需的热带气旋风场及移到内陆后气旋变化情况的资料。它的这些和其它方面的能力将会使飓风警报做得更好。可以想象警报内有警报,也就是说,象今天一样,飓风警报是为沿岸广阔地区发布的,以便在强风和暴雨来临之前有足够的撤离和准备时间。随后地方预报员利用NEXRAD系统发布雨带、强风和龙卷风可能移向的短时警报。这使得非彻底的应急准备也能保持安全状态,直到更恶劣的情况出现。

当飓风接近海岸时,除通常有关的强风和风暴潮问题以外,大片地区常出现暴雨和洪水,并向内陆延伸。NEXRAD系统将有助于改进降水量预报,并为内河洪涝提供较

好的警报,就如1972年飓风Agnes那样。

要改进观测系统并提高有关的分析、预报和警报项目需要对各种来源的大量不同类型的资料进行有效的存取、处理和分析。这些资料也提供了改进数值模式预报的机会。在苏特兰、马里兰国家气象中心计划安装的7级计算机将使得下一代飓风预报模式能在业务中使用。最后必须给用户能提供能产生最佳期望响应的产品。先进的天气情报处理系统将是完成这一任务的主要工具。地方、州和联邦政府及私人工业需要的关键性气象资料可用图形显示或其它存取输送方式传递给用户,如警报区域、沿岸洪涝预报、预报的降水、概率图等都可做出来供用户使用。为用户提供一致的产品,将减少混乱并使警报、撤离过程更有效。

薛秋芳、薛建康编译自«The National Hurricane Center-Past, Present, and Future», Weather and Forecasting, Vol.5, No.2, 1990. 范永祥 校