

北京气象学会团体标准

《集合预报基础产品制作方法指南》编制说明

一、工作简况

1. 任务来源

本文件由北京气象学会提出并归口，按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。本标准项目于 2022 年 12 月由北京气象学会批准立项，项目编号为 T/BMS-01—2022。项目由中国气象局地球系统数值预报中心牵头起草，计划名称为《集合预报基础产品制作方法指南》。

2. 协作单位

国家气象中心

3. 主要工作过程

(1) 立项阶段

2022 年 8-9 月，中国气象局地球系统数值预报中心标准起草人员搜集整理各方面的资料、行政法规文件、国内外相关标准与技术规范，开展一系列调研工作，形成了本团体标准项目的框架设定和内容安排，填报了《集合预报基础产品制作方法指南》气象标准项目申请表，成立项目编制组。2022 年 10-11 月，项目编制组认真听取各方对标准的技术指导意见，将意见修改整合为标准草案。2022 年 12 月，编制组将草案提交给北京气象学会团体标准技术委员会。2022 年 12 月 23-29 日，北京气象学会团体标准技术委员会组织了 13 位评审专家对项目进行了立项函审，并批准立项。12 月 30 日北京气象学会对立项结果进行了公示。

(2) 起草及征求意见阶段

2023 年 1 - 3 月，标准立项预研讨会后，项目编制组根据专家们提出的宝贵意见和建议，对标准草案进行了逐一修改、补充和完善，形成了征求意见稿。与此同时，起草了标准编制说明。

2023 年 4-6 月，在北京气象学会的组织下，采取函审、会议等方式征集到 103 条改进意见，采纳 101 条，对未采纳的 2 条也给出了具体说明。形成征求意见稿汇总表。

2023 年 7 月，按照专家意见对标准正文和编制说明的科学性阐述、格式、内容等方面进行了修改，形成送审稿。

(3) 审查情况

2023 年 8 月 1 日，北京气象学会团体标准技术委员会组织召开技术审查会，形成标准送审稿。11 位专家提出 26 条审查意见，全部采纳。

4. 主要起草人员及分工

本标准的主要起草小组人员组成有：高丽、陈静、邓国、姚国华、李晓莉、郭楠楠、李妮娜、唐健、田华、王秋萍。具体任务分工如下：

姓名	职称	工作单位	主要职责分工
高丽	研究员	中国气象局地球系统数值预报中心	项目负责人，负责标准制订全面工作，包括标准版本编制、组织和研讨、以及标准工作的推进；
陈静	研究员	中国气象局地球系统数值预报中心	主要参加人，负责标准方案技术把关
邓国	正研级高工	中国气象局地球系统数值预报中心	主要参加人，负责标准方案技术把关
李晓莉	正研级高工	中国气象局地球系统数值预报中心	主要参加人，负责标准方案技术把关
田华	高工	中国气象局地球系统数值预报中心	参加人，参与校对工作
唐健	高工	国家气象中心	参加人，参与标准内容的讨论
郭楠楠	工程师	国家气象中心	参加人，参与标准内容的讨论
李妮娜	工程师	国家气象中心	参加人，参与标准内容的讨论
姚国华	研究生	成都信息工程大学	主要参加人，参与标准文档编写、修订及项目推进具体工作
王秋萍	研究生	成都信息工程大学	参加人，参与校对工作

二、标准编制原则和确定标准主要内容的论据

1. 编制原则

本标准的编制遵循以下原则：

(1) 科学性

数值预报由于初值误差，大气的混沌特性以及数值模式本身在物理上、数学上的近似误差等，使得预报存在很大不确定性，因此，用确定性动力学方式无法完全描述大气的真实演变过程，以集合方法为基础的集合预报才是预报发展的本质要求，也是数值预报发展的重要方向。目前，欧洲中期天气预报中心（以下简称 ECMWF）、美国环境预报中心（以下简称 NCEP）和我国的业务集合预报系统已经发展了近三十年，集合产品应用已经在所有数值预报产品中占据相当大的比重，并因其能量化预报的不确定性而成为业务预报的重要保障之一。为了推动集合预报在我国的应用，中国气象局成立了集合预报团队，经过近二十多年的集合预报应用和反馈，集合产品已经成为国内各主要天气预报平台的重要数据来源之一，在应用过程中对用户需求和产品意见的评议意

见已经在产品更新完善中得以采纳和体现。世界气象组织（以下简称 WMO）已经自 2012 年起已经发布了多个版本的集合预报后处理导引文件为全球集合预报应用提供指引，但是对于我国而言，面对的是更多集合来源的数据如何应用的问题。由于目前我国尚欠缺集合预报应用相关方面的参考和标准，因而迫切需要建立集合产品规范来指导实际的集合预报应用。

（2）协调性

本标准聚焦集合预报产品，在制定过程中充分考虑了与已有或在研的产品类标准的协调性。在已发布的气象行业标准《气象资料分类与编码》（QX/T-102-2009）和在研气象行业标准《气象资料二级分类与编码数值预报产品》中侧重于从生产机构、生成数值模式、空间分辨率、时间属性和编码方式等产品属性角度规范数值预报产品，但内容均未涉及集合预报，这与集合预报应用发展历史较短有关。气象行业标准《基本气象资料和产品使用规范》（QX/T 453-2018）包含的气象资料和产品的使用，但没有涉及产品内容。气象行业标准《公共气象服务产品文件命名规范》（QX/T 378-2017）中提到了等级降水预报概率进入公共服务产品库的命名方式，但没有给出不同等级对应的阈值取值。国家标准《数值天气预报产品检验规范》（GB/T34303-2017）中提到集合离散度，但是作为集合预报模式的检验指标之一，但不是作为集合产品而提出，本文采用的集合离散度的计算方法与国标中内容保持一致。

（3）适用性

本标准适用于集合数值预报产品应用及预报信息提取。其中邮票图、面条图、集合平均、集合离散度、集合众位数，以及等级概率等各种类型的集合信息呈现方式可以适用于温度、降水、风速、等压面位势高度、总云量等众多模式直接输出或加工输出的变量或要素，不同变量的类型选取需要依据实际应用需求而有所取舍和侧重。本标准也给出了数值模式输出的过程累计型和瞬变状态型两类预报变量的处理方式。本标准中不同类型产品的计算方法是基于单一时间标识和单一空间标识点上存在多个集合成员预报的情形，实际应用中需要考虑时空域上的拓展。

（4）可操作性

本标准主要目的是为基于集合预报来源的数据提供应用规范和指导，因而一方面要考虑是否能够从不同角度提取集合预报系统反映的完整预报信息，也就是保证集合预报基础产品的表征意义要明确；另一方面要与 WMO 以及欧洲中心用户手册中产品部分的表述保持一致，也就是保证产品的计算方法合理。计算方法是基于集合成员作为控制样本，因而在实际应用中便于将其拓展到空间范围和不同的预报时长和预报时效。标准附录里也给出范例可以作为应用情景下的参照。

2. 确定标准主要内容的依据

WMO在2021年发布的《集合后处理导引》(WMO-No. 1254)和ECMWF官网上的预报用户指导(<https://confluence.ecmwf.int/display/FUG/Basic+ENS+Products>)都已经给出了集合预报产品的定义和相关用法指导,而我国的业务集合产品主要以国家级业务中心和研发团队主导,经历了近二十多年的实际应用,已经参与到北京2008年奥运会、北京2022年冬奥会等众多国际国内大型赛事活动和国际资料交换的数据共享计划中,同时也成为各主要天气预报业务平台的基础产品之一,集合预报产品应用已经具备一定的应用经验。但是,目前仍然面临着集合应用范围正在逐步扩大和需求逐渐增多,但可供参考借鉴的标准和规范却相对匮乏的现状问题。因此,基于国际上对于集合预报产品的规范作为依据,结合我国集合应用实践,提出了本标准,旨在为满足不同需求的集合预报的使用提供规范。

标准内容设置的基本思路是:一方面,既能较为全面地体现集合预报系统产生的预报信息的各个维度,包括但不限于这些产品。另一方面,又能结合现有国家标准,以天气预报团体中最常用预报要素(定量降水和大风)作为典型预报对象,给出集合预报最具实际应用价值的等级概率集合产品的制作规范。

本标准包括的主要内容有第1章范围、第2章规范性引用文件、第3章术语和定义、第4章集合预报基础产品和计算方法、第5章常用预报变量等级概率产品制作方法和附录。

其中第2章规范性引用文件有GB/T 28592-2012 降水量等级和GB/T 28591-2012 风力等级,在标准正文第5章中提到的12小时和24小时累计降水和风力等级概率阈值设定分别参考了两个国标,但与实际预报中各等级区间阈值的概念略有不同,集合预报中等级是指达到或超过区间阈值最低值的情形。例如国标中24小时累计降水大雨定义是降水量25.0至49.9毫米,但在集合预报中是指达到或超过25.0毫米大雨量级的概率。此外,3小时和6小时累计降水等级由于缺少相关标准,等级概率阈值参照气象预报中预报惯例给出。

第3章术语和定义中集合预报、集合产品、等级概率、集合平均、集合离散度、集合中位数和集合众位数等术语的定义与阐述,由于集合预报相关术语尚属较新词汇,未包含在《大气科学词典》中,仅参考WMO用户导引和ECMWF用户手册的中文翻译,以及全国集合预报团队的应用手册内容给出。

第4章参考ECMWF预报用户指导中基本集合产品类别,结合我国业务集合应用实践经验,规定了三大类共五种基础产品内容,为了便于直观认识,附录基于现有中国气象局业务全球集合预报系统(CMA Global Ensemble Prediction System,以下简称CMA-GEPS)和区域集合预报系

统（CMA Regional Ensemble Prediction System，以下简称CMA-REPS）给出了产品样例。基础产品计算公式方法采用与国际集合预报应用规范中相同的方法。

第5章依据天气预报团体中最常用的两个预报变量定量降水和10米风速的国际标准，给出了各自的预处理方法，其中10米风速在模式输出中属于瞬变变量，可以直接使用，而累计定量降水在模式输出中属于随着预报时长逐渐累计的变量，因而需要依据不同预报需求进行预处理。累计定量降水等级概率阈值设定参照第2章规范性引用文件GB/T 28592-2012 降水量等级中部分参数设置和业务预报惯例，选取3小时、6小时、12小时和24小时累计时段达到或超过小雨、中雨、大雨、暴雨和大暴雨共五个等级。10米风速等级概率阈值设定参照第2章规范性引用文件GB/T 28591-2012 风力等级中的部分参数设置，选取了达到或超过4级、5级、6级、8级、10级和12级大风共六个等级，这里不考虑实际风力等级对应的影响。

三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

1. 应用情况说明

集合预报产品离不开产生它的系统。通常，集合预报系统的类型可以依据时空分辨率来划分，有全球集合预报系统、区域集合预报系统和对流尺度的集合预报系统。全球集合预报系统以全球模式为主体，覆盖全球范围，当前各大主要业务中心的业务全球集合预报系统的水平分辨率最高可达15~30公里，预报时间长达15（或16）天，主要用于提供集合指导预报产品。区域集合预报系统的模式主体是区域模式，主要覆盖某一特定区域，分辨率可达几公里至十几公里，预报时效为1~3天，侧重于要素预报产品。对流尺度的集合预报系统是近些年发展很快的一类模式系统，其对于物理过程参数化要求比较高，重点在于捕捉对流尺度天气活动的不确定性。

基于上述三类主要的集合预报系统，在各种专业气象服务和环境预报需求的驱动下也相应延伸出各自的集合预报系统，比如海浪集合预报系统、台风/飓风集合预报系统、雾霾/沙尘集合预报系统等。但无论哪种时空分辨率的预报系统，能够产生的集合预报基础产品是一样的，本标准内容涉及到的产品的共性部分。

CMA-GEPS 模式水平分辨率为0.5度（约50公里），每天进行两次起报（00UTC和12UTC），预报长度为15天。包含控制预报在内，共产生31个集合成员的预报。CMA-REPS 模式水平分辨率为0.1度（约10公里），每天进行两次起报（00UTC和12UTC），预报长度为72小时。包含控制预报在内，共产生15个集合成员的预报。

集合预报基础产品内容包含如下：

(1) 直接展示的集合预报产品

邮票图和面条图是最直接的产品展示方式。

邮票图产品由所有集合预报成员预报结果绘制在同一张图形上，用户可以通过其了解集合系统提供的所有可能发生的情况，从而估计未来天气演变的可能性。然而，邮票图的缺陷是提供了太多的原始信息而没有对有效信息进行提取和整合，因此很难在短时间内被完全“消化”。图 1 给出了 CMA-GEPS 业务区域集合预报华南地区 24 小时累计降水邮票图样例。

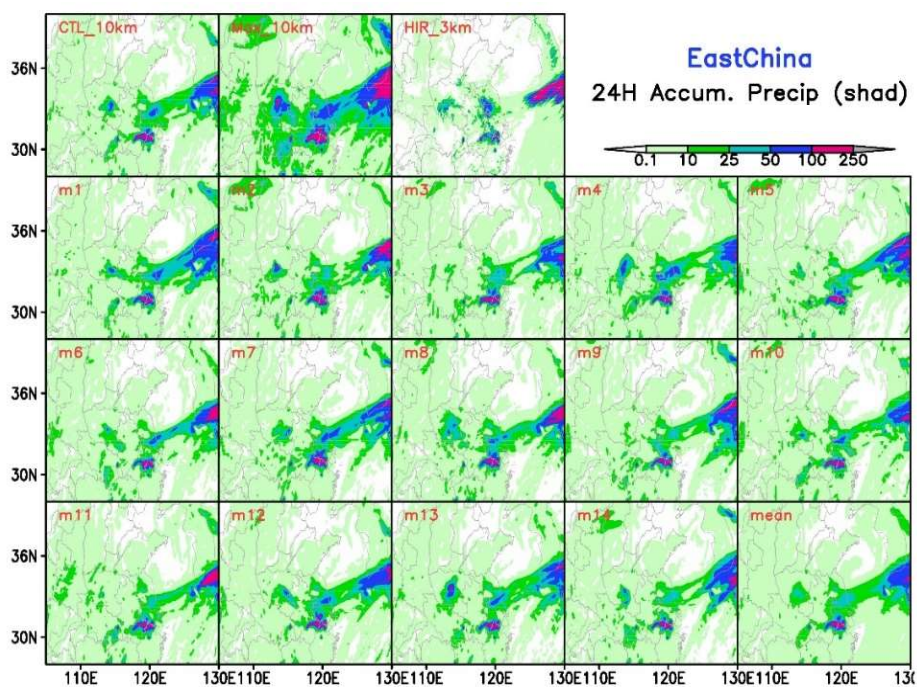


图 1. CMA-GEPS 业务全球集合预报 24 小时累计降水量邮票图例（单位：毫米）

面条图产品是在同一张图形上绘制出所有集合成员对于某一气象变量的特征等值线。如果图上等值线较紧密，表示集合成员对该气象变量的预报较为一致；反之若图上等值线较为分散，则表示集合成员对该变量的预报存在较大分歧。图 2 给出了 CMA-GEPS 业务全球集合预报 500 百帕位势高度面条图样例，图中显示了夏季中国南方最重要的天气系统副热带高压的集合预报结果。

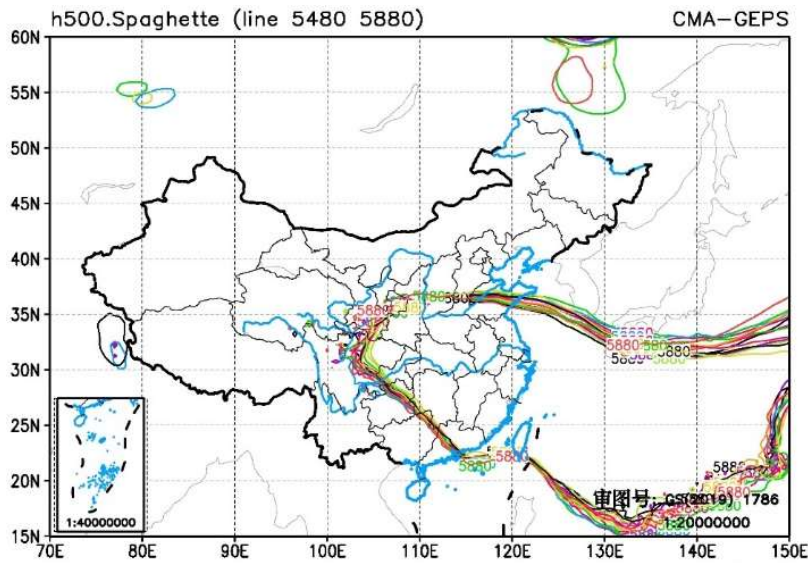


图 2. CMA-GEPS 业务全球集合预报 500 百帕位势高度面条图例（不同颜色代表不同成员）

(2) 集合预报提供的单个预报产品

集合平均是对集合成员预报值的算术平均，代表集合预报产品的第一级信息。一般情形下，平均计算能把预报中的随机信息过滤掉，给出系统的总体预报表现。各种检验评分证明集合平均通常优于控制预报，因为它过滤掉了集合成员的不确定因素并且简便的展示出了预报中的可预报要素。集合平均能够让预报员对天气要素的预报更有信心，但是也不能完全依赖它。由于平滑作用，集合平均值几乎很少能够捕捉到极端天气，也不反映模式的相空间轨迹，特别应该注意在大气不稳定而可能出现分叉等多平衡态的情形下，平均意义上的预报往往无能为力甚至误导。离散度代表了集合预报系统的第二级信息，可以用各成员同其控制预报场或集合平均值的均方根误差来表示。离散度可以衡量预报的不确定性或者集合成员相对于集合平均的波动幅度。在一定程度上，离散度还可以代表模式的预报技巧，一般来说，离散度小，集合成员预报的一致性较高；离散度大，集合成员预报的较为分散，但并不意味着预报不合理，而是反映出该预报存在很大不确定性。图 3 给出了 CMA-GEPS 业务全球集合预报北半球 500 百帕位势高度集合平均和集合离散度图样例。

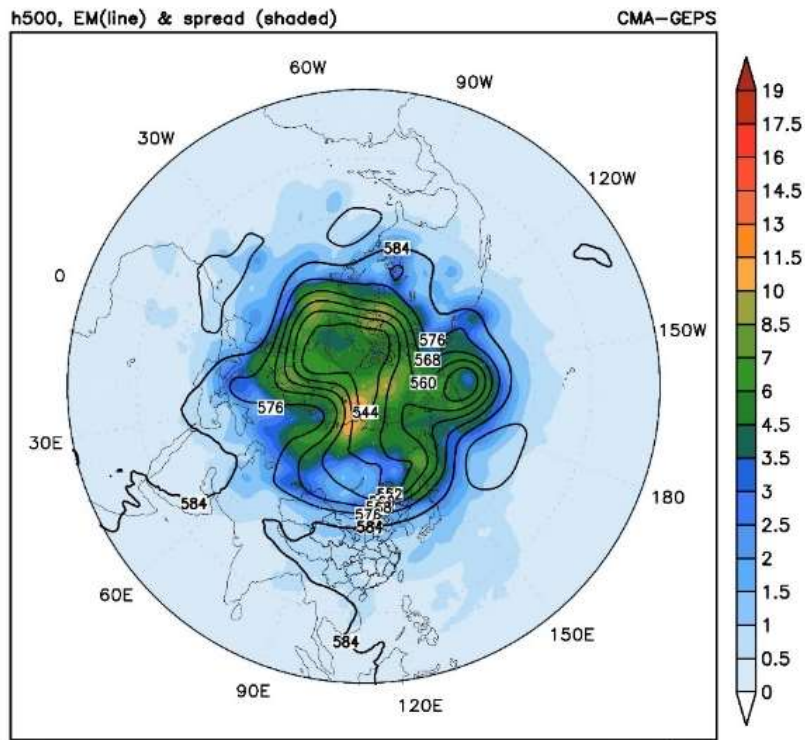


图 3. CMA-GEPS 业务全球集合预报北半球 500 百帕位势高度集合平均

和集合离散度图例（黑色等值线为集合平均，填色为集合离散度，色标单位是位势米）

集合分位数产品是每个空间格点上控制预报和集合成员的预报结果按照从小到大的顺序进行排序之后，就可以按照排序之后相应位置上的预报结果计为集合分位数。常用的集合分位数产品包含集合成员最大值、最小值和中位数等。分位数预报在一定程度上可以反映预报的偏差。集合成员最大值和最小值反映集合预报系统能够预报的范围，也可以理解为预报发散程度的另一种度量。图 4 给出了 CMA-GEPS 业务全球集合预报 24 小时累计降水最大值图样例。

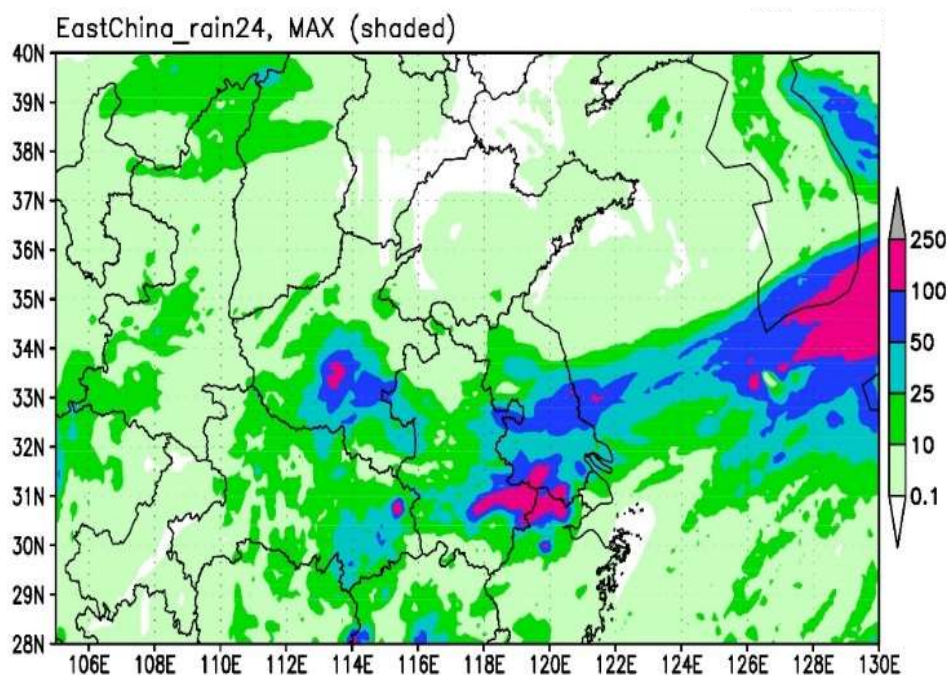


图 4. CMA-GEPS 业务全球集合预报 24 小时累计降水量最大值图例（单位：毫米）

集合众位数是反映大多数预报成员预报结果的一种表现方式。对于集合成员个数较小的预报系统而言，聚类分析显得失去其意义，而众位数可以作为集合预报系统的聚类产品的替代方案。当然，从另一个角度来看，它也仅仅是后处理产品之一，并不意味着一些小众成员没有发生的可能性，实际使用应结合其他产品一起使用。众位数根据 Pearson 关于算术平均值、中位数和众位数之间关系表达采用经验公式得到。图 5 给出了 CMA-GEPS 业务全球集合预报 24 小时累计降水众位数图样例。

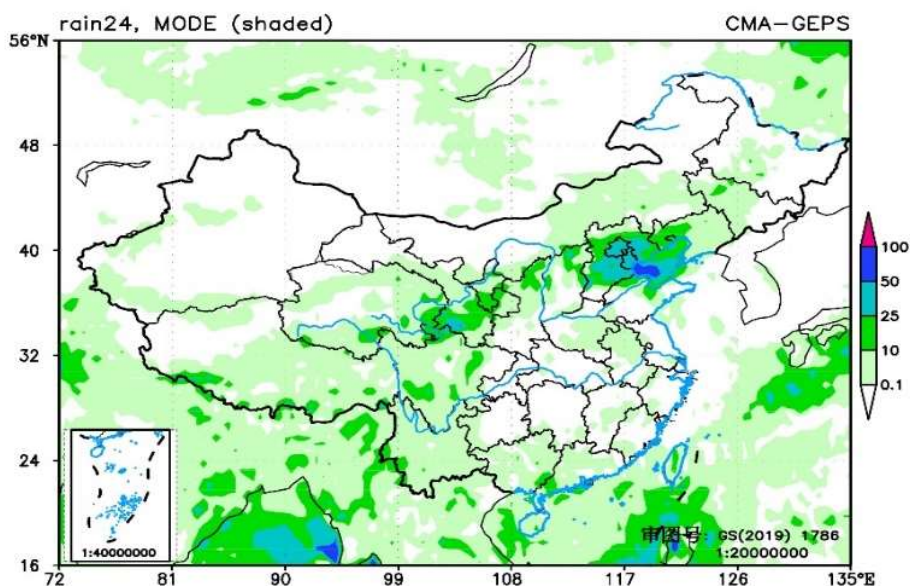


图 5. CMA-GEPS 业务全球集合预报 24 小时累计降水量众位数图例（单位：毫米）

(3) 集合等级概率预报产品

概率产品是集合预报的优势所在，其核心有两个，一是选取合适的要素作为对象，其次是选择该要素合适的取值作为临界阈值。对于某个特定预报对象，可以从所有集合成员预报中计算其发生的相对频率作为概率。概率分布包含了集合预报系统所能提供的全部信息，最大程度地包含实际大气可能发生的种种情况，因而它是表达集合预报最全面的方法之一。此外，概率预报对于分岔而出现的多平衡态的天气状态也能很好地表达出来（如概率密度的多峰分布）。

临界阈值的选择通常参考业务上气象要素等级划分标准和预报员经验确定。概率产品的阈值有时会受时间和空间所限，具体用法还要在实际预报中摸索经验。比如夏季预报员的关注点在发生高温的概率、而冬季预报员则关注低温概率。图 6 给出了 CMA-GEPS 业务全球集合预报 24 小时累计降水中雨等级概率图样例。

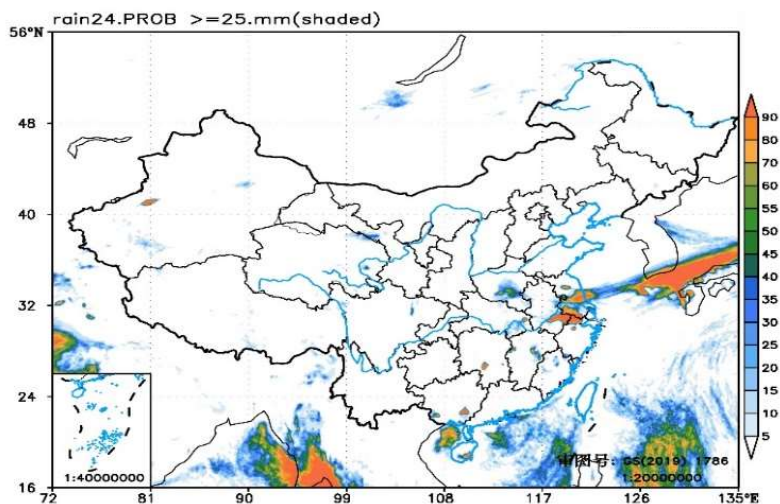


图 6. CMA-GEPS 业务全球集合预报 24 小时累计降水中雨等级概率图例（单位：%）

2. 预期的经济效果

集合预报基础产品标准的制定将为规范数值集合预报产品，有效利用集合信息，为各类专业预报服务提供有价值的决策参考依据，是适应我国气象业务保障和高质量发展趋势，为满足气象防灾减灾和有关部门气象服务保障需求而提出的。本标准的应用和实施将为数值模式系统应用和集合后处理技术推广等提供技术指导，为保证和提升预报预测能力提供支撑，具有可预见的重要效益，推广应用前景广阔。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

本标准依据世界气象组织 WMO 专门针对集合预报后处理应用给出的导引内容和 ECMWF 官网上预报用户指导而提出，内容上和 WMO-No. 1254 保持一致。

五、与现行有关法律、法规和标准的关系

本标准与现行有关法律、法规和强制性标准没有矛盾冲突。

六、重大分歧意见的处理过程及依据

无。

七、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

建议本标准为推荐性标准。

八、贯彻标准的要求和措施建议

本标准实施后，建议相关主管部门组织加强该标准的宣传力度，推动该标准在集合预报工作中的应用。

为强化本标准的应用实施，多途径、多渠道发挥好本标准的作用和效益，在该标准发布实施后，拟选取主要应用单位作为推广宣贯的责任单位。在组织层面上，通过发布本标准应用和实施的通知、公告，向使用本标准的潜在单位和部门广泛宣传；在信息传播手段上，通过在线平台开设本标准相关的网课，以及纳入定期开展的气象标准应用培训课程，进行专业培训和介绍，扩大标准宣贯和传播的力度。同时建立本标准实施应用和反馈机制，开通反馈渠道，通过电话、通用气象标准信息服务平台网站等多种途径广泛收集应用意见，指定固定人员收集信息和归档，组织开展本标准应用调查评估活动。

九、废止现行有关标准的建议

本标准是新起草的标准，无其他标准被代替或废止。

十、其它应予说明的事项。

无。