



第五届全国中尺度气象学论坛（银川）

灾害性天气发生发展及致灾特征分论坛



大别山涡的关键统计特征研究

傅慎明 张敬萍 孙建华

中国科学院大气物理研究所

(*fusm@mail.iap.ac.cn)



中国科学院大气物理研究所

Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences

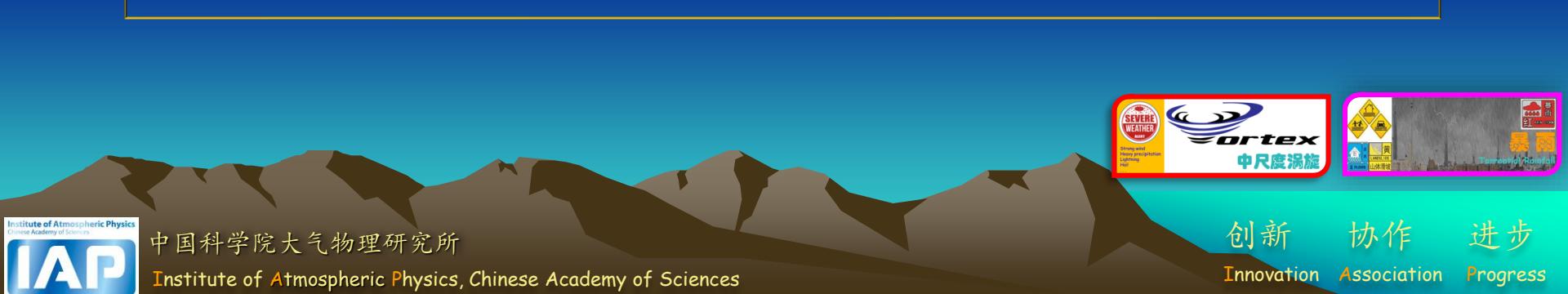
2023年8月10日



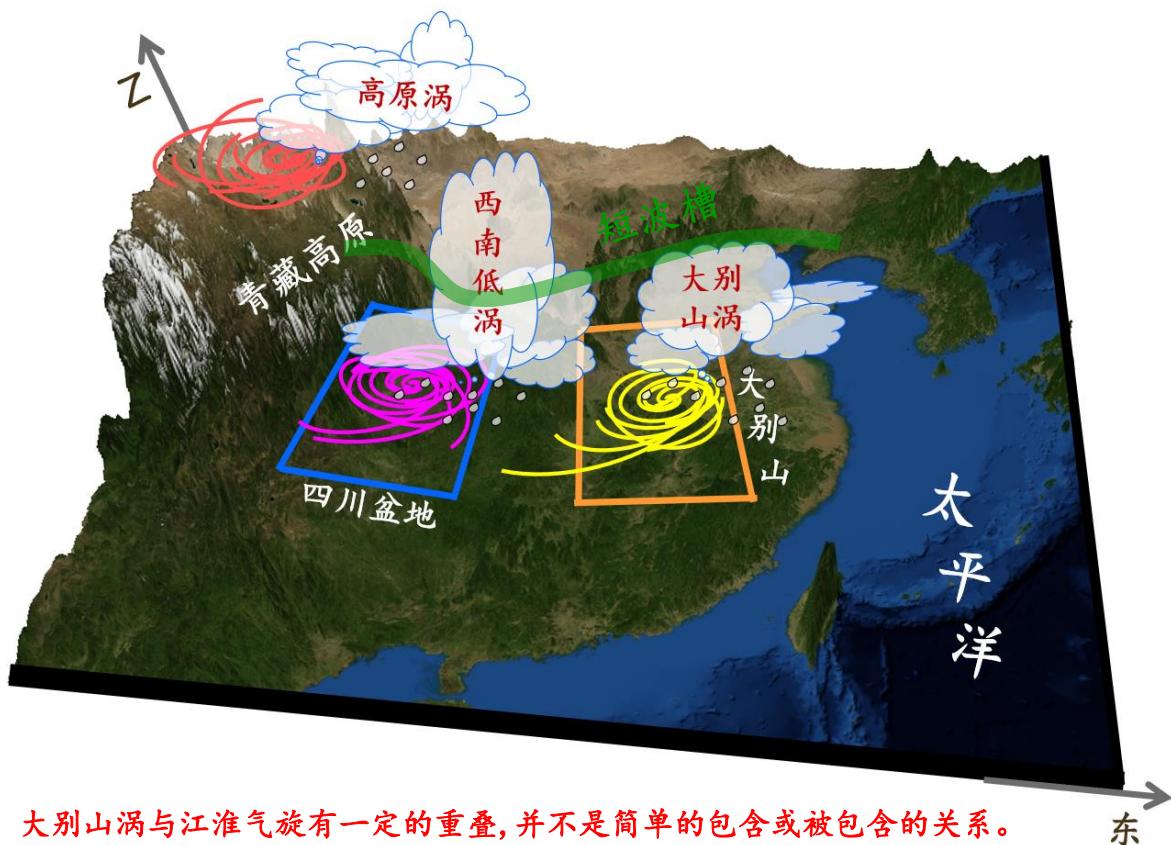
汇报提纲



- 研究背景及意义
- 大别山涡活动数据集构建
- 大别山涡的时空分布特征
- 大别山涡的分类研究
- 相关参考文献



我国频发的三类中尺度涡旋



三类典型中尺度涡旋

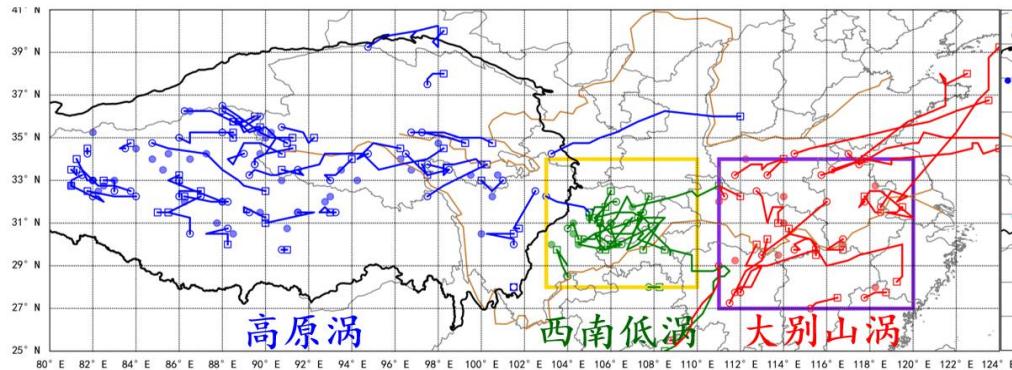
- 生成于青藏高原的高原涡(叶笃正和高由禧, 1979);
月频数在25个以上;
- 生成于四川盆地及其周边的西南低涡(卢敬华等, 1986);
月频数在13个以上;
- 生成于大别山及其周边的大别山涡(Fu et al., 2016);
月频数在12个以上;

Fu et al. (2022, GRL)

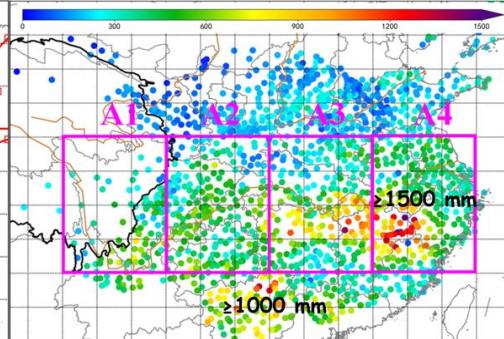


三类中尺度涡旋的灾害

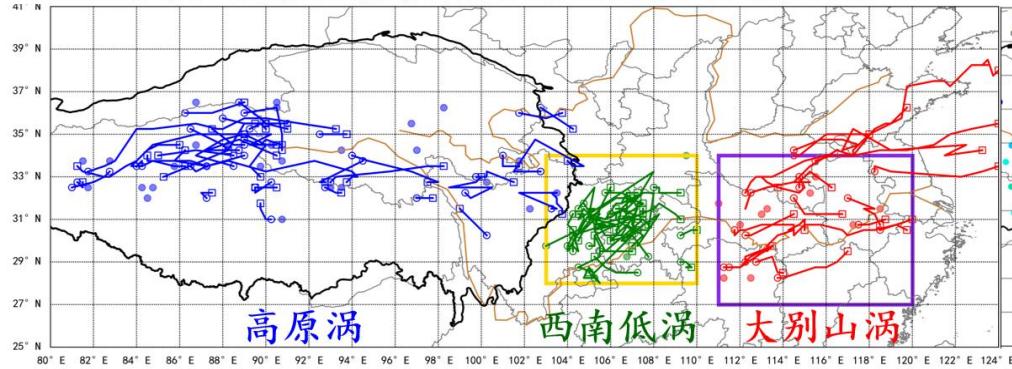
1998年7-8月三类中尺度涡旋轨迹及生消位置



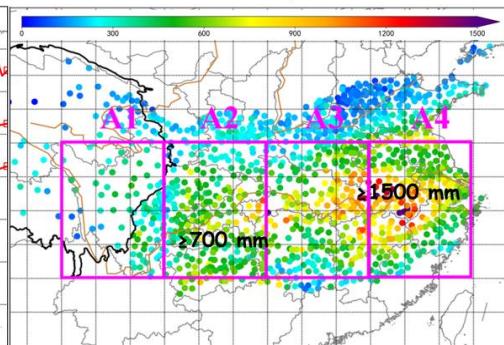
涡旋产生的累积降水 (mm)



2020年7-8月三类中尺度涡旋轨迹及生消位置



涡旋产生的累积降水 (mm)



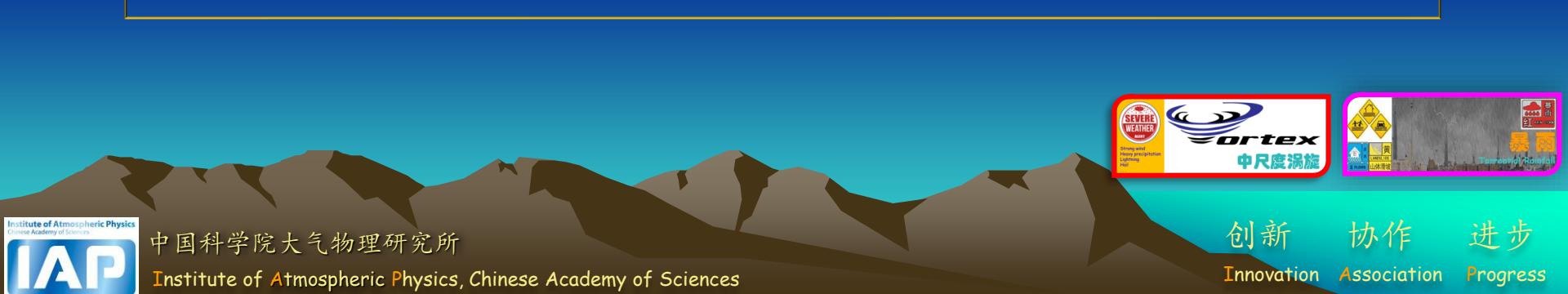
1998与2020两次长江洪灾期间，三类中尺度涡旋均十分活跃，是造成洪灾的主导系统。其中大别山涡的生成频数较多，且移动距离较长，覆盖范围较广。它们在长江下游引发的降水强度很大，部分地区累积降水超过1500 mm，造成的洪灾极为严重。



汇报提纲



- 研究背景及意义
- 大别山涡活动数据集构建
- 大别山涡的时空分布特征
- 大别山涡的分类研究
- 相关参考文献



创新 协作 进步
Innovation Association Progress



研究时段与数据



研究数据：逐小时、水平分辨率0.25度、垂直37层的ERA5
再分析数据 (Hersbach et al., 2020)；
研究时段：1979年~2020年共42个暖季（5-9月）；

The screenshot shows a user interface for selecting ERA5 data. At the top, it displays logos for Copernicus (European Commission), ECMWF, and Climate Change Service. Below is a red navigation bar with links: Home, Search, Datasets, Applications, Your requests, Toolbox, Support, and Live.

The main content area is titled "ERA5 hourly data on single levels from 1959 to present". It features a grid of checkboxes for years from 1977 to 2022. A "Select all" and "Clear all" button is located at the bottom right of this section.

Below this is a "Month" section with checkboxes for January (checked), July (checked), February (unchecked), August (unchecked), March (unchecked), September (unchecked), April (unchecked), October (unchecked), May (unchecked), November (unchecked), June (checked), and December (unchecked). A "Select all" and "Clear all" button is also here.

The next section is "Day" with checkboxes for days of the month: 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31. A "Clear all" button is at the bottom right.

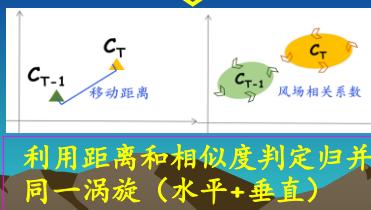
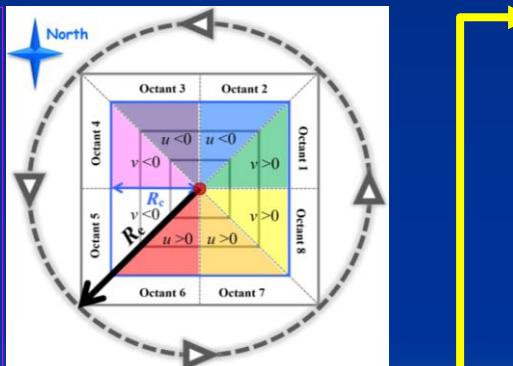
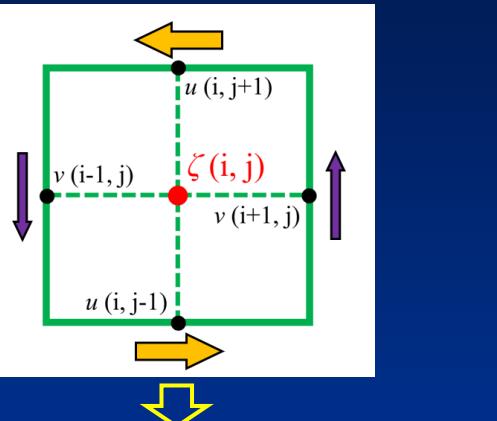
The final section is "Time" with checkboxes for hours: 00:00, 01:00, 02:00, 03:00, 04:00, 05:00, 06:00, 07:00, 08:00, 09:00, 10:00, 11:00, 12:00, 13:00, 14:00, 15:00, 16:00, 17:00, 18:00, 19:00, 20:00, 21:00, 22:00, 23:00. A "Clear all" button is at the bottom right.



大别山涡

利用限制
涡度识别
涡心

利用
客观
算法
剔除
伪涡
旋



证书号 第 4972560 号



发明专利证书

发明名称：气象领域识别涡旋的方法、装置、存储介质及电子设备

发明人：张敬萍;傅慎明;汤欢;孙建华;李万莉;张元春

专利号：ZL 2021 1 0525677.7

专利申请日：2021 年 05 月 14 日

专利权人：中国科学院大气物理研究所

地址：100000 北京市朝阳区德胜门外祁家豁子华严里 40 号

授权公告日：2022 年 03 月 04 日 授权公告号：CN 113177505 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



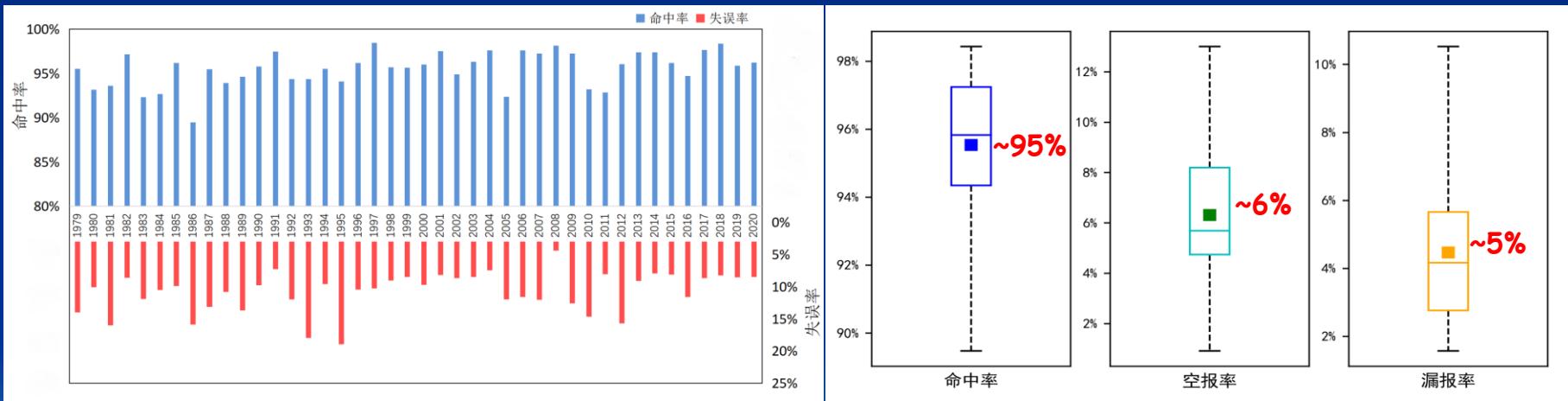
第 1 页 (共 2 页)

其他事项参见续页



大别山涡客观识别的准确率

对42个暖季共36357个时次大别山涡的统计结果进行评估发现，新发展的中尺度涡旋客观识别算法命中率在89%~99%之间，平均为~95%；平均空识别率为~6%；平均漏识别率为~5%。总体而言，识别效果超过了现有的主流识别方法。



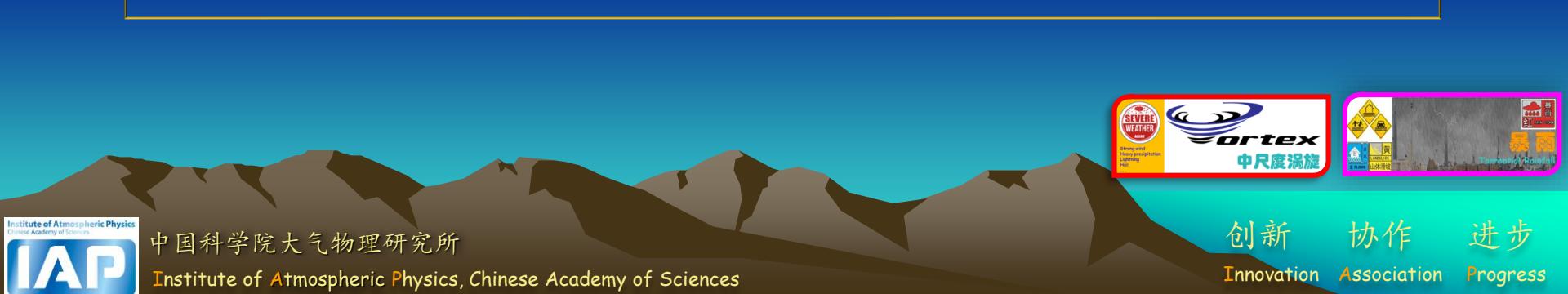
命中率 = 算法识别数/真实涡旋数；空报率（空识别率） = 空识别涡旋数/真实涡旋数
漏报率（漏识别率） = 漏识别涡旋数/真实涡旋数



汇报提纲

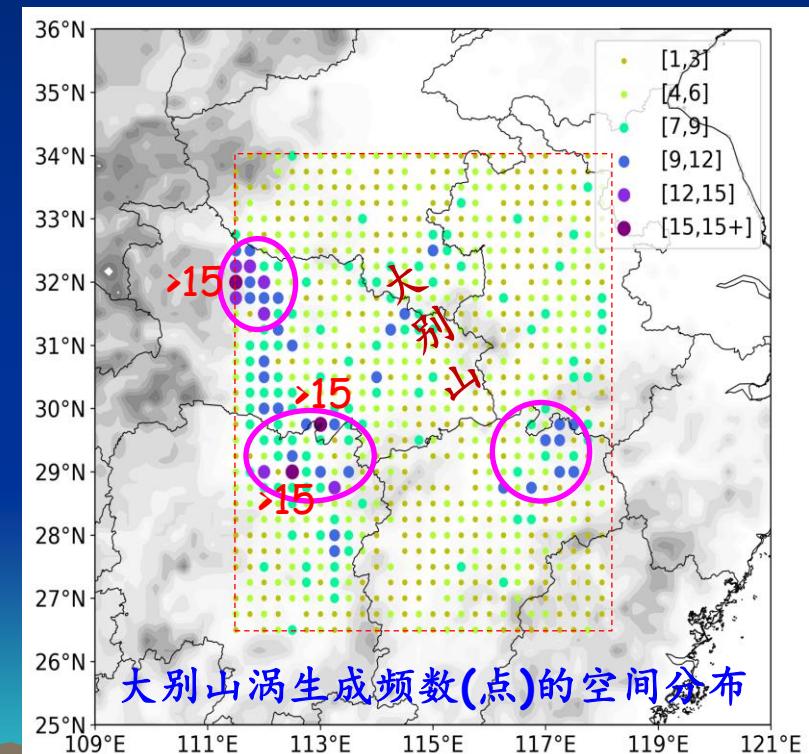
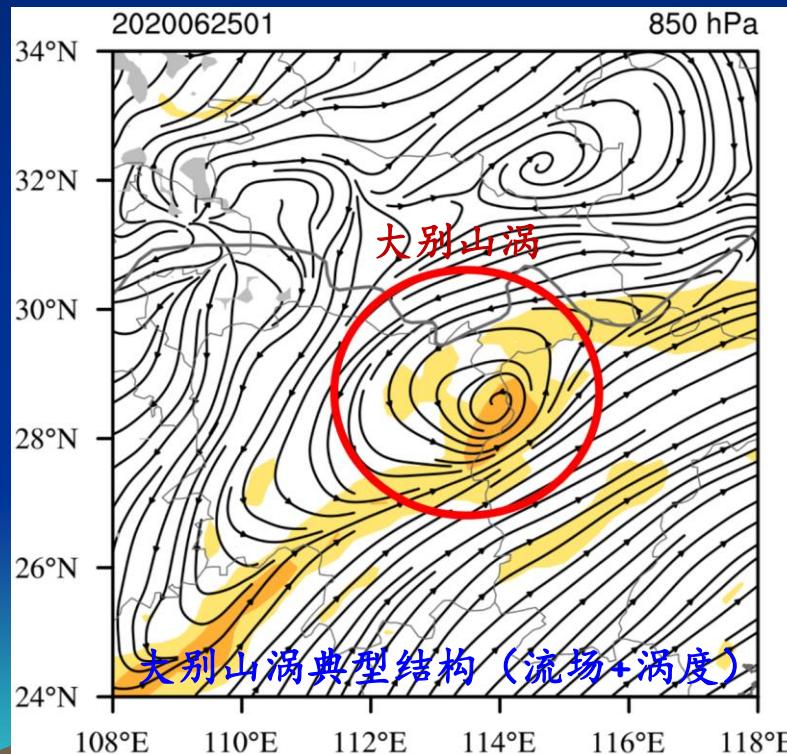


- 研究背景及意义
- 大别山涡活动数据集构建
- 大别山涡的时空分布特征
- 大别山涡的分类研究
- 相关参考文献



空间分布特征

近42个暖季，大别山及其周边地区共生成大别山涡3722例，其生成位置遍布在识别区（ $26.5\text{-}34^{\circ}\text{N}, 111.5\text{-}118^{\circ}\text{E}$ ）内，以湖北西北部、湘鄂交界以及赣皖交界处为多，最高局地频数达15个以上。





年频数变化特征



近42个暖季，共识别确认3722例大别山涡，平均每个暖季发生88.6个，合每天0.6个；近42年其呈现出不显著的线性增长趋势。

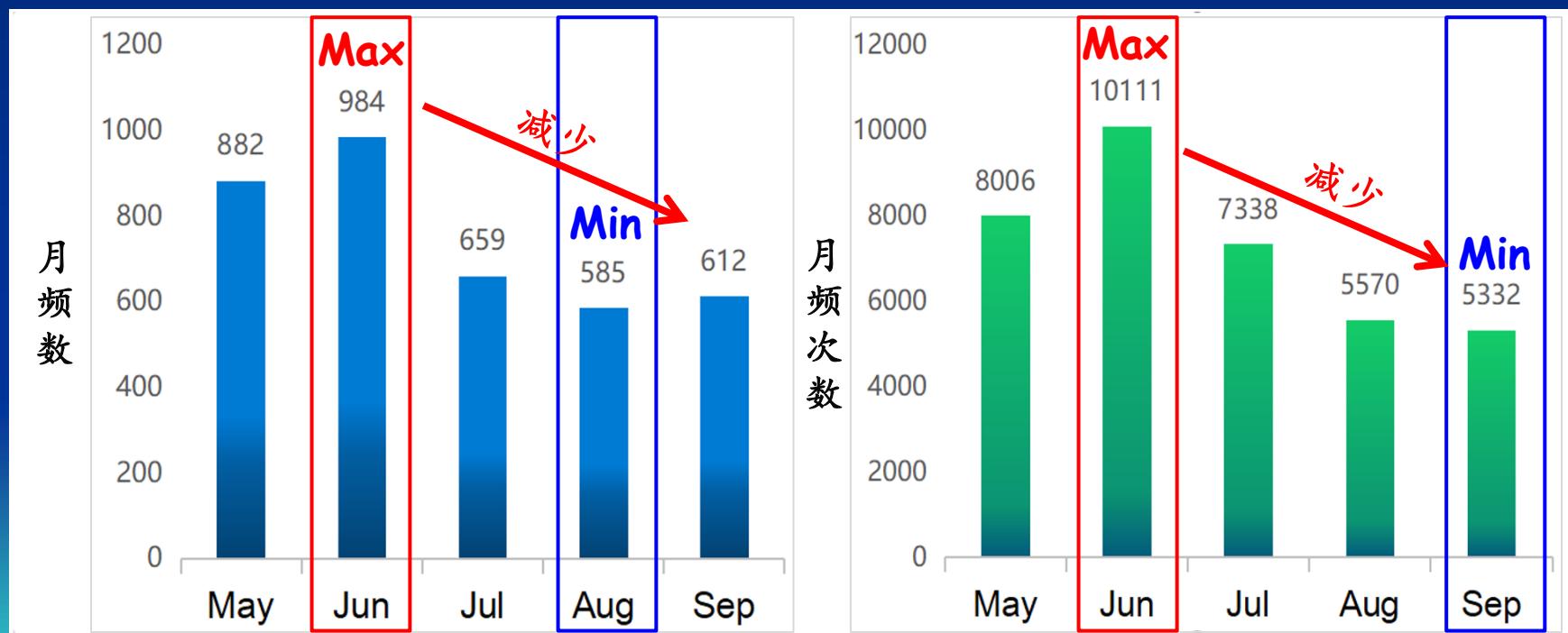


近42个暖季，大别山涡共发生36357时次，平均每个暖季865.6小时，占暖季总时长的~23.6%，近42年其呈现出不显著的线性变化趋势。



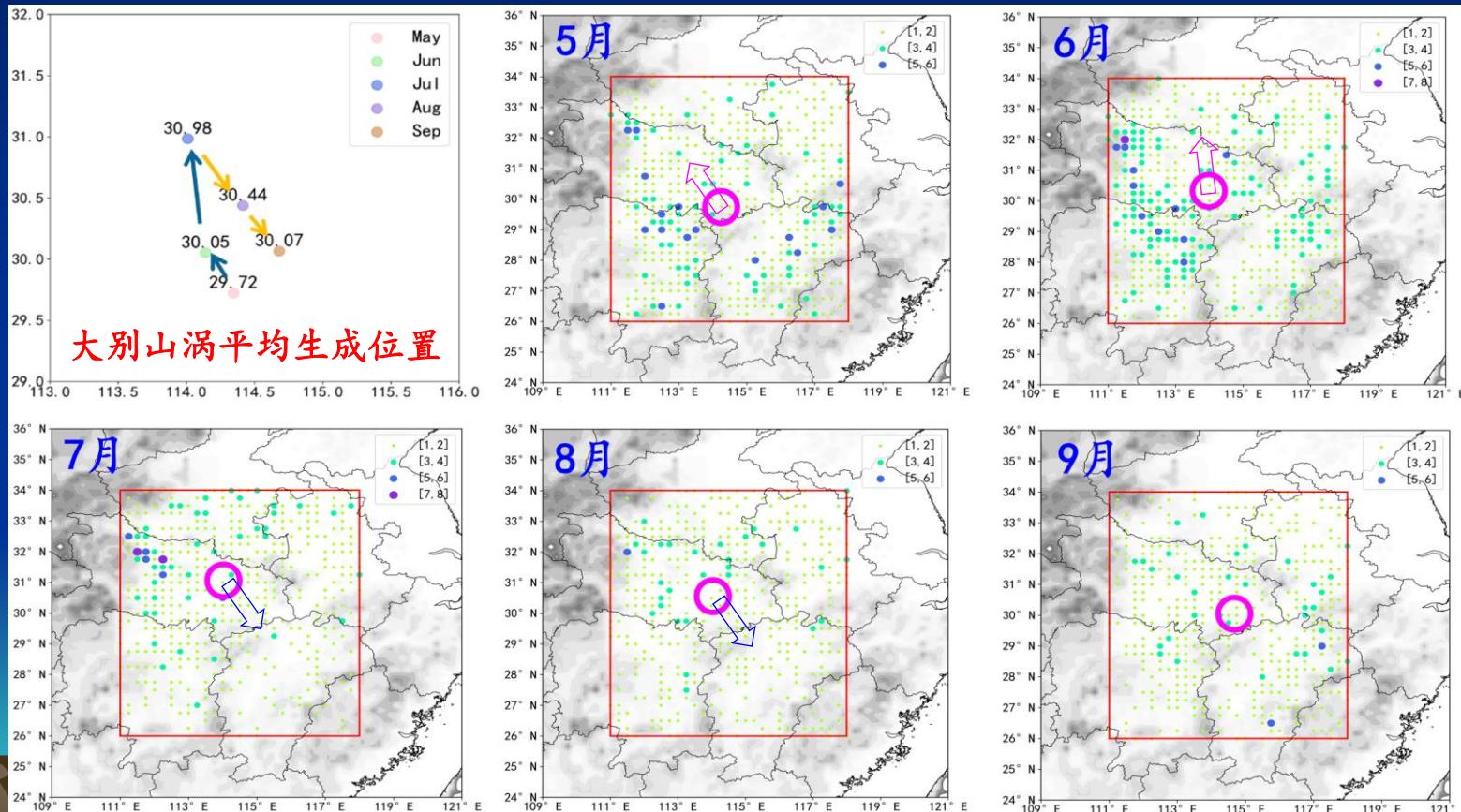
大别山涡的月变化特征

大别山涡呈现出显著的月变化特征，其在6月份生成数目最多，日均出现0.78个，出现频次数也为最高，日均8小时；5月位居第二；进入7月后开始减少，最低月频数与月频次数分别出现在8月与9月，两个最小值之所以出现在不同的月份，主要是因为8月生成的大别山涡生命史更长。



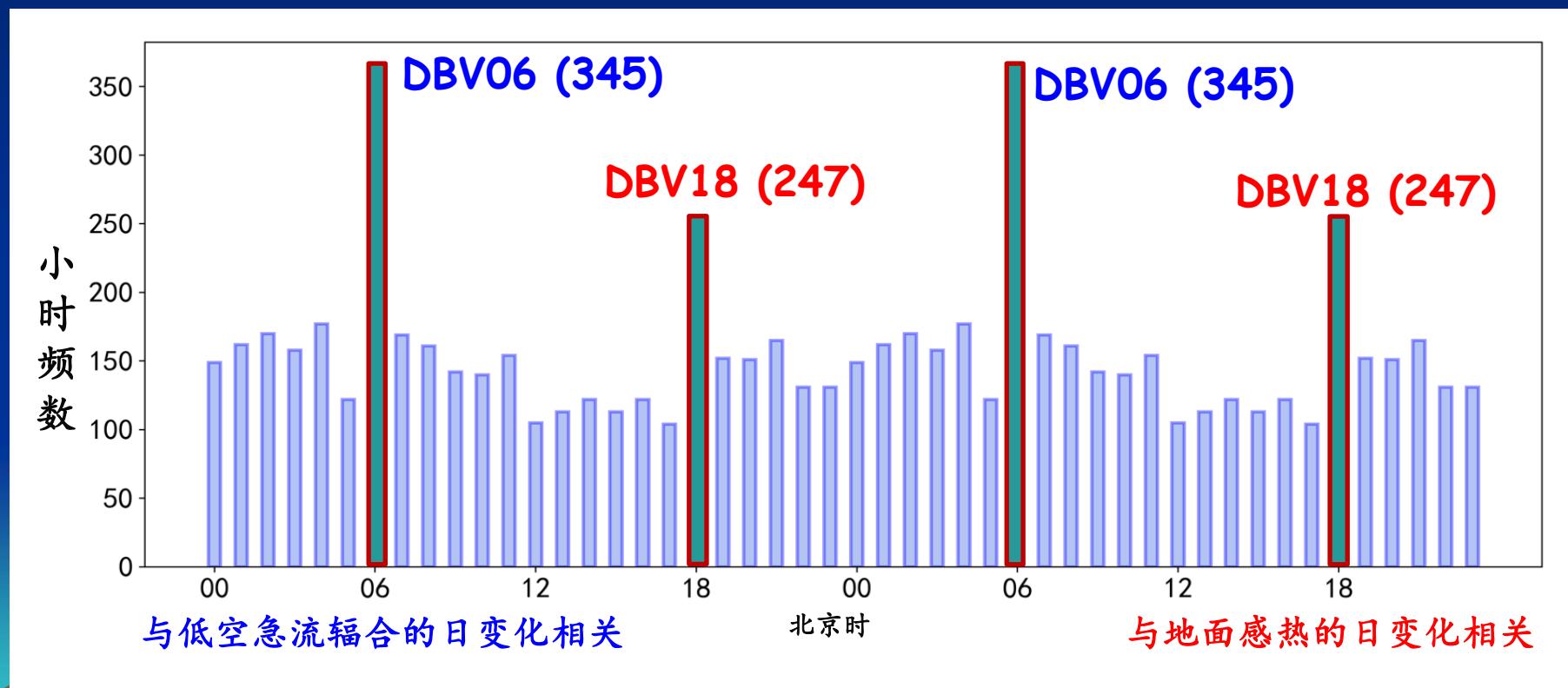
涡旋生成位置的月变化

将每个月份大别山涡的生成位置进行平均得到其平均生成位置，该生成位置随着季节的变化而进退，与副高平均位置的变化一致；其在5月至7月总体向西北方向移动，从7月到9月转向为向东南方向移动；

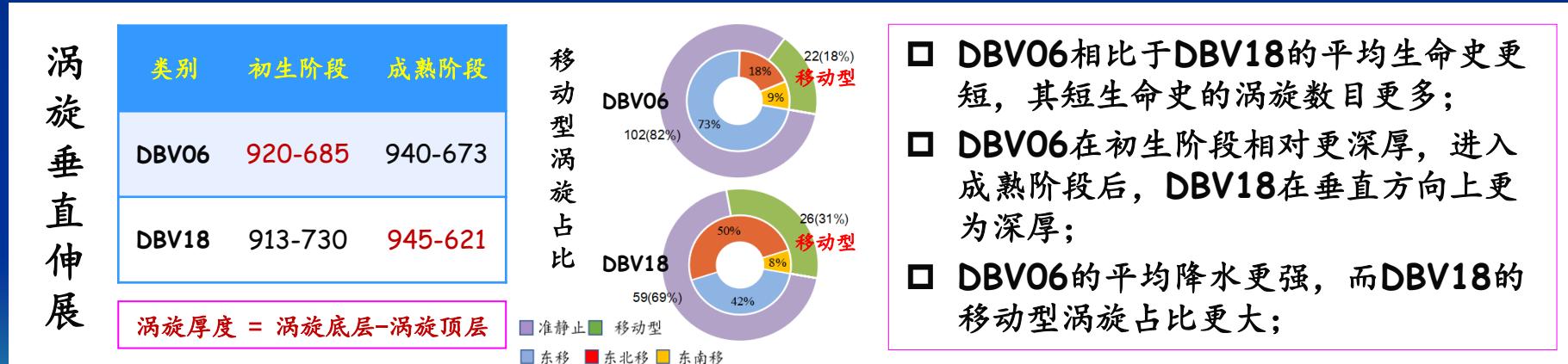
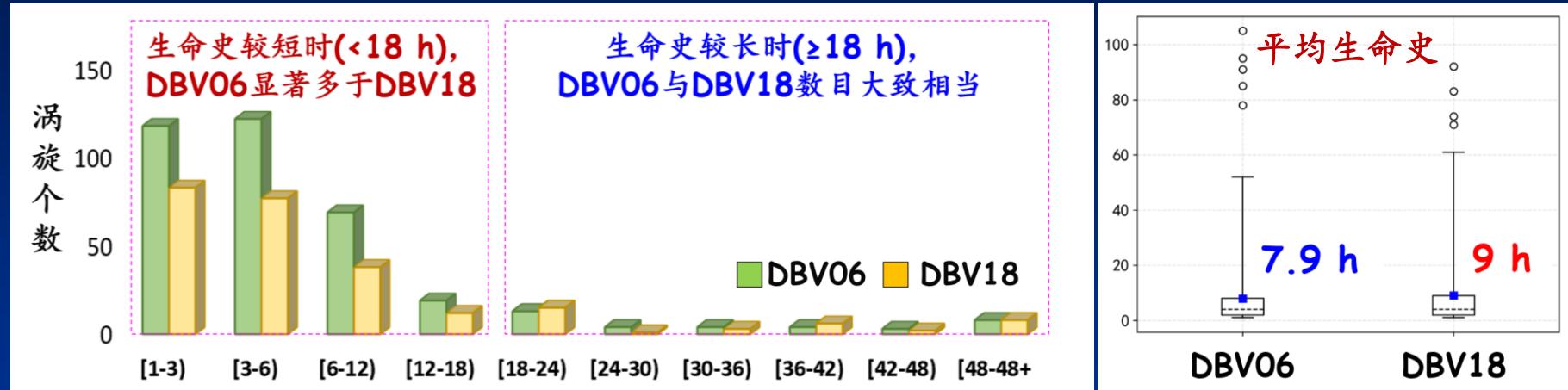


大别山涡的日变化

大别山涡的生成数呈现出显著的日变化特征，其主要呈双峰结构，一个峰值在清晨北京时06时达到，涡旋生成数占所有涡旋的9.3%；另一个峰值在午后北京时18时达到，占所有涡旋的6.6%。此两类涡旋的性质显著不同。



两类大别山涡的对比

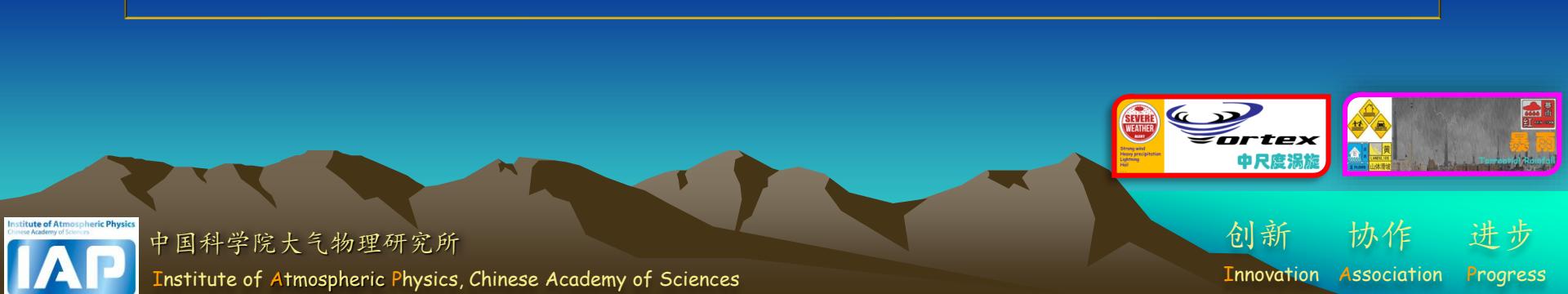




汇报提纲

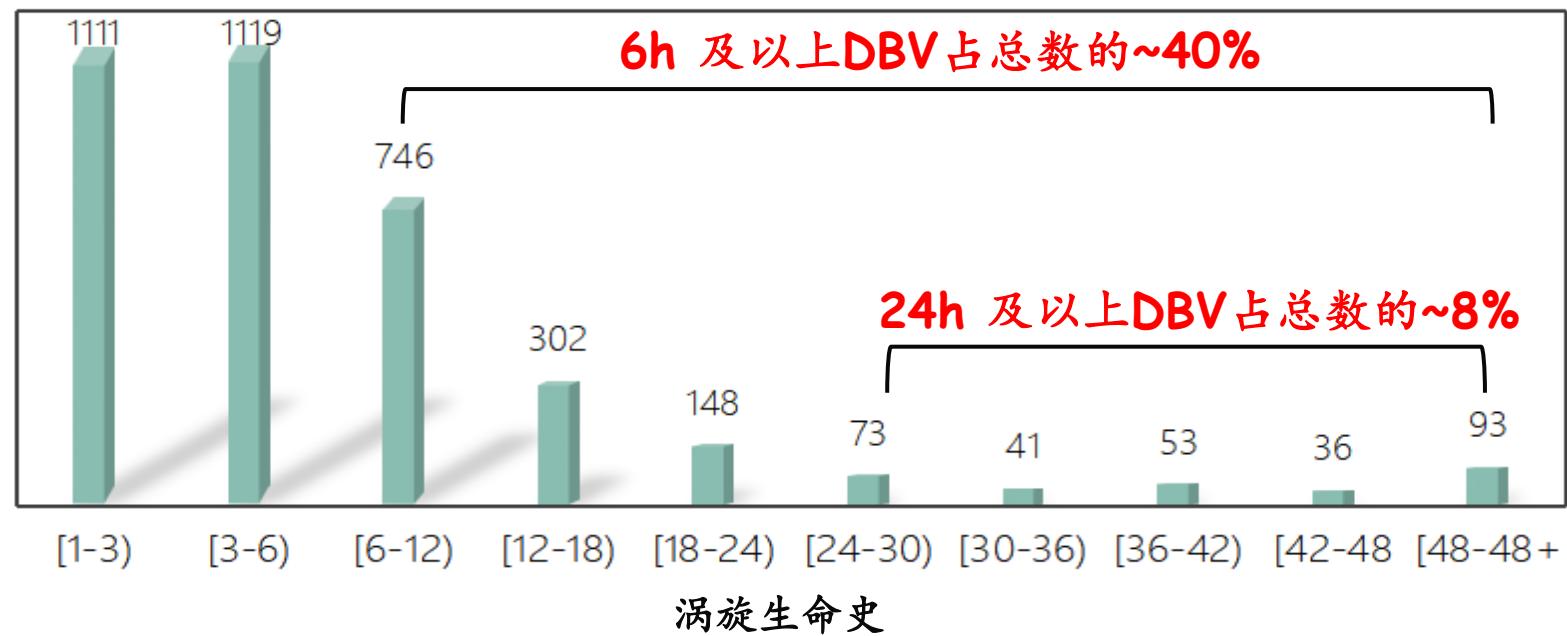


- 研究背景及意义
- 大别山涡活动数据集构建
- 大别山涡的时空分布特征
- 大别山涡的分类研究
- 相关参考文献



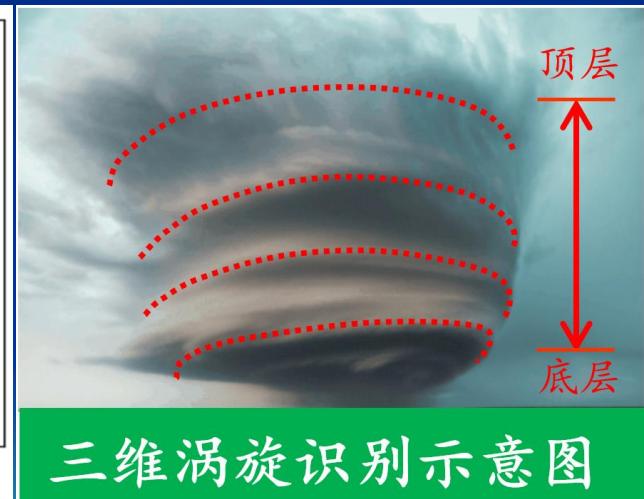
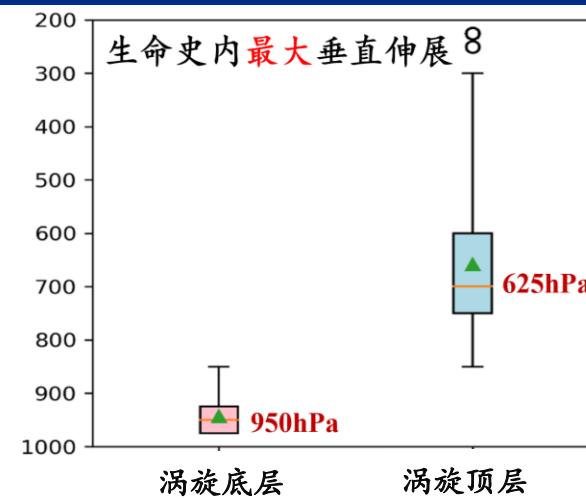
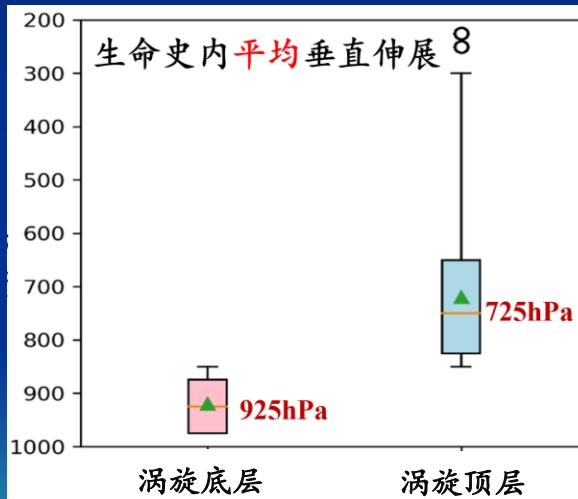
大别山涡的生命史分布

绝大多数的大别山涡生命史不足6 h，生命在6 h及以上的大别山涡仅占涡旋总数的~40%；生命史在1天及以上的涡旋占比仅为~8%；生命史在48 h及以上的涡旋共有93例，它们都引发了暴雨。



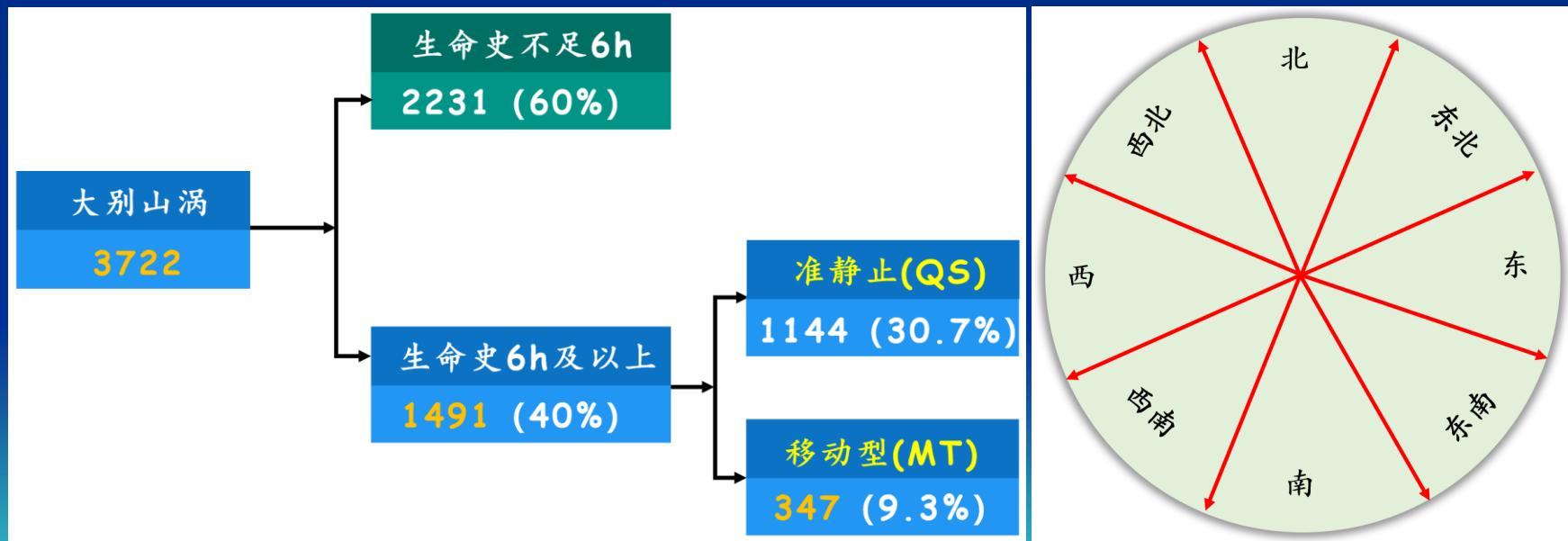
大别山涡的三维伸展

利用三维识别算法对生命史在6小时及以上的大别山涡进行了垂直范围判别，发现此类涡旋生命史内的平均伸展在 $925 \text{ hPa} \sim 725 \text{ hPa}$ 之间，中心约位于 850 hPa ，是对流层低层的一类浅薄中尺度涡旋；大别山涡生命史内的平均最大垂直伸展为 $950 \text{ hPa} \sim 625 \text{ hPa}$ ，顶层约位于对流层中层；部分极端个例的涡旋顶层可达对流层顶；

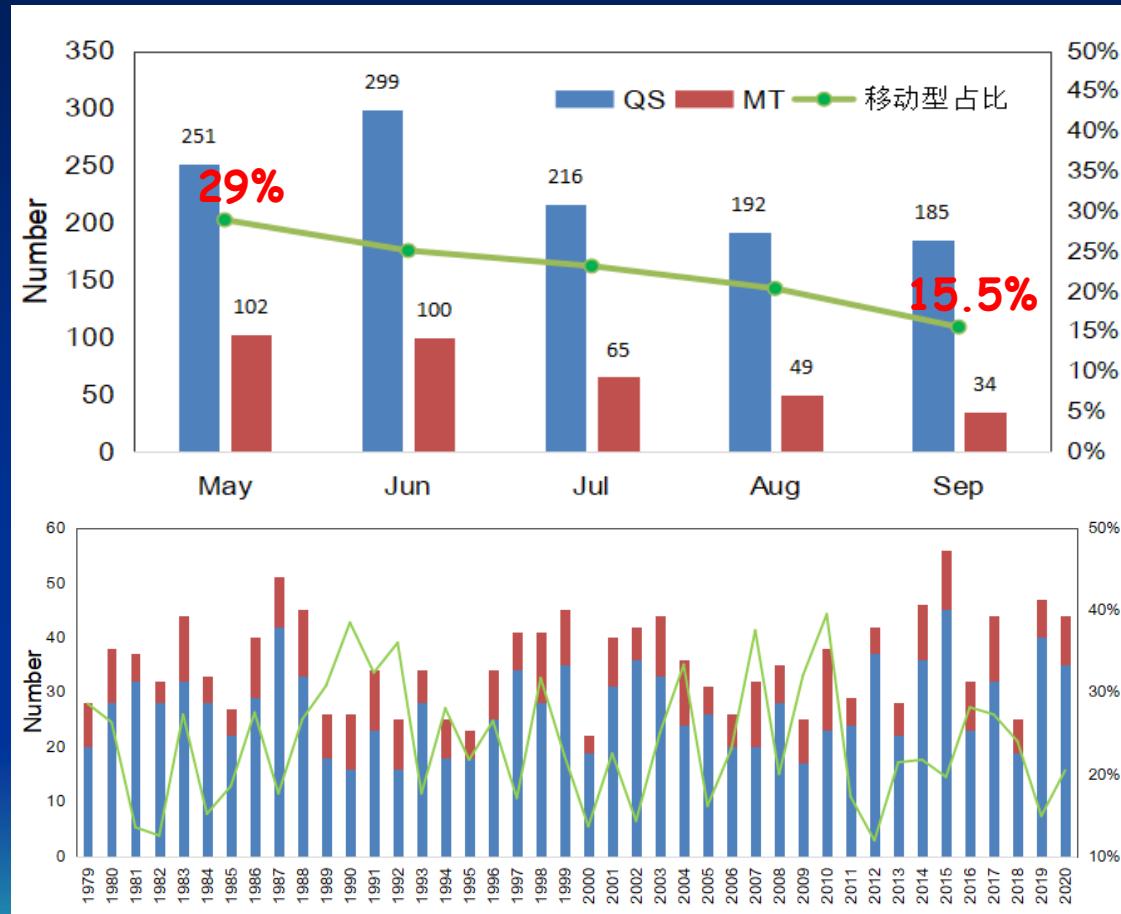


大别山涡的划分

将大别山涡首先按照生命史时长划分为两个部分；对生命史在6 h及以上的涡旋再次进行划分，若涡旋满足移动距离大于 3° 且移出源地，则将之划分为移动型涡旋，余下的则划归为准静止型涡旋；对移动涡旋再按照45度的方位角划分为8个方向；总体而言，大别山涡以准静止型为主，其占所有涡旋的30.7%，移动型涡旋仅为347例，占比约为9.3%；



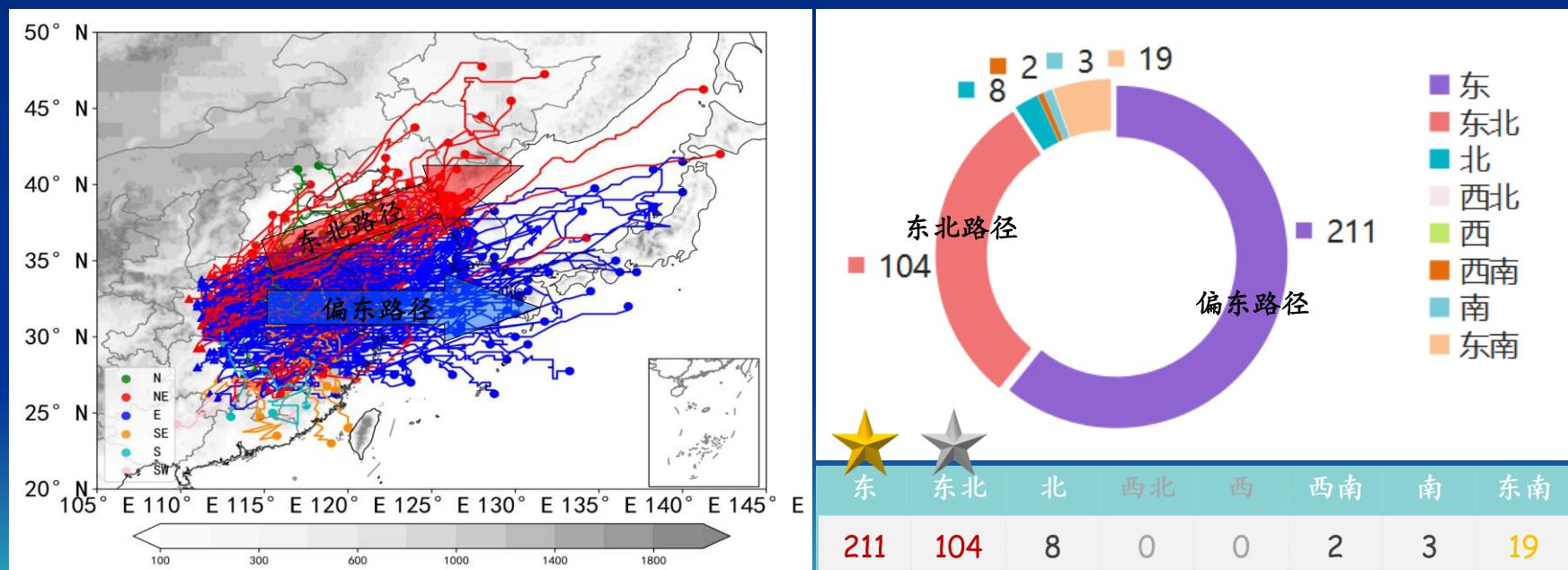
移动型与准静止型的时间演变特征



- 5-9月移动型大别山涡的数目与占比逐月递减，其中5月份移动型涡旋占比约为29%，而9月份占比仅为15.5%，大别山涡移动性的变化与背景场引导气流的月变化有关；
- 移动型大别山涡平均每个暖季生成约8.3个，移动型逐年占比分布在11.9% ~ 39.5%；

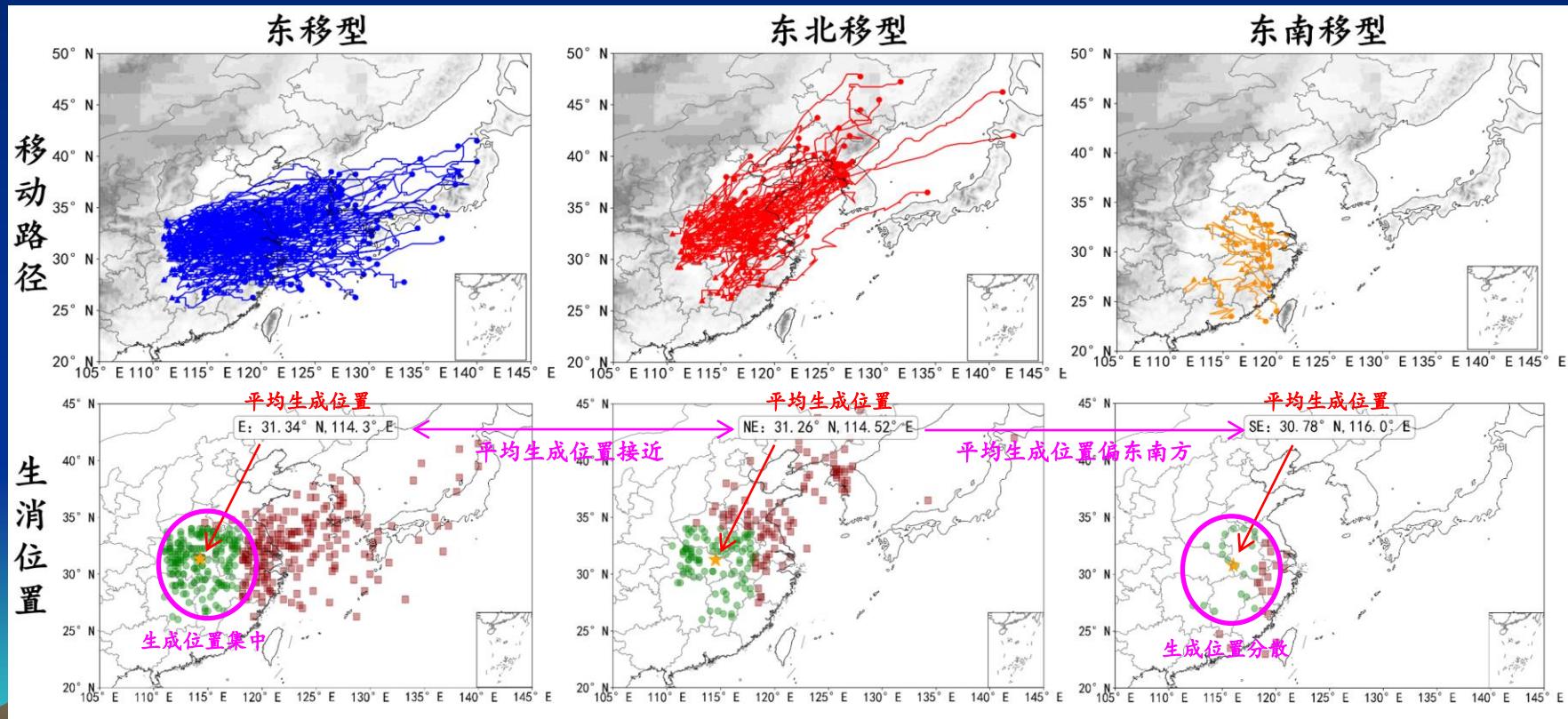
移动型大别山涡的路径

所有347例移动型大别山涡中，有211例属于偏东路径，占比60.8%，其可以直接影响日本；有104例为东北路径，占比30.0%，其可以直接影响朝鲜半岛和我国东北，东南路径涡旋数为19例，可以影响我国台湾；西北与偏西路径的大别山涡数为0；



大别山涡的生消位置

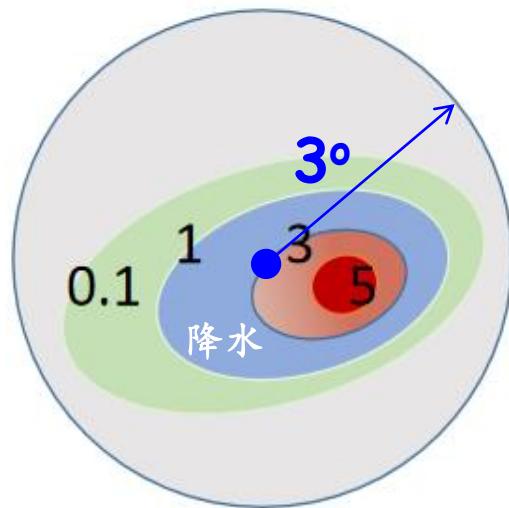
东移型大别山涡个例的生成位置最集中，东南移型则最分散，就平均而言，东移型、东北移型大别山涡的平均生成位置相近，均位于湖北省的东北部，就个例而言，宜昌也是一个重要源区；东南移型大别山涡的平均生成位置较上述两类更偏东南方，其主要位于皖鄂交界处；



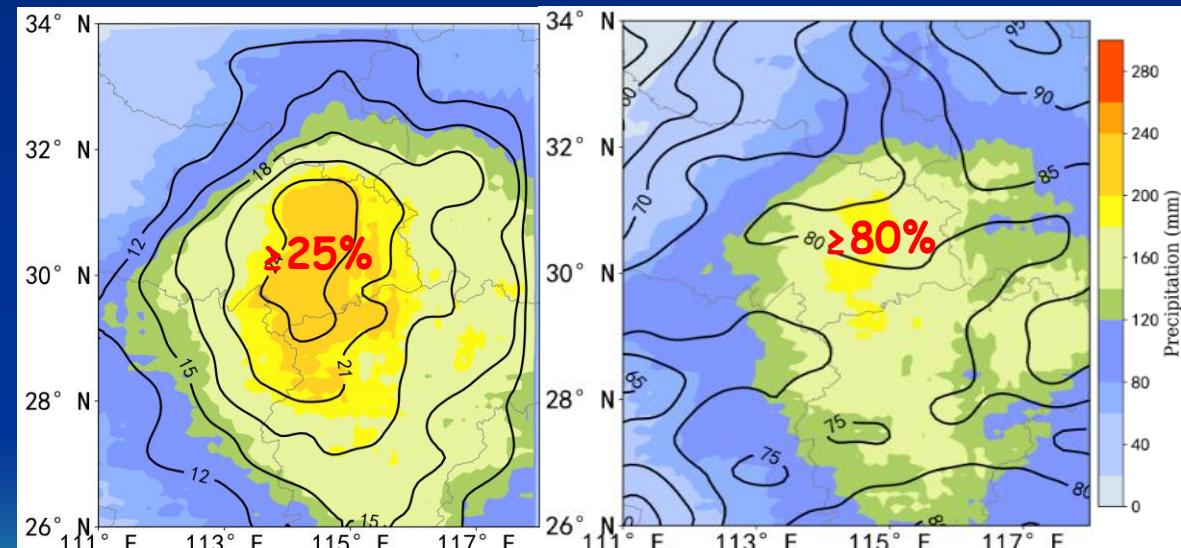
大别山涡的降水贡献

以大别山涡中心为圆心，半径为 3° 的范围作为涡旋的影响区域，区域内小时降水量大于 0.1 mm 的部分计为大别山涡影响降水。

就暖季平均状态而言，在大别山涡源区内，涡旋所引发的降水在每个暖季可达 240 mm ；涡旋在源地中部所引发的降水占暖季总降水的 25% 以上，生命史较长的大别山涡的降水贡献较大，在部分地区超过大别山涡总降水的 80% 。



涡旋有效降水示意图

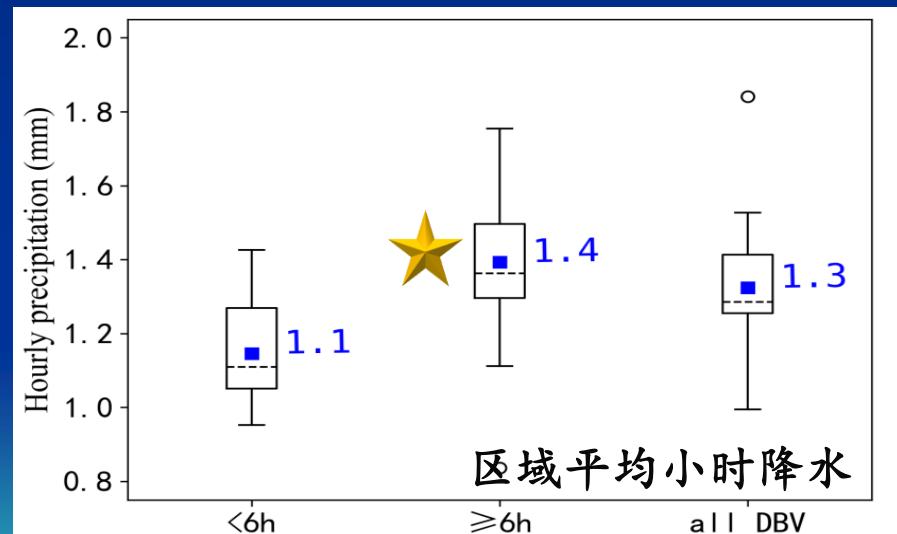
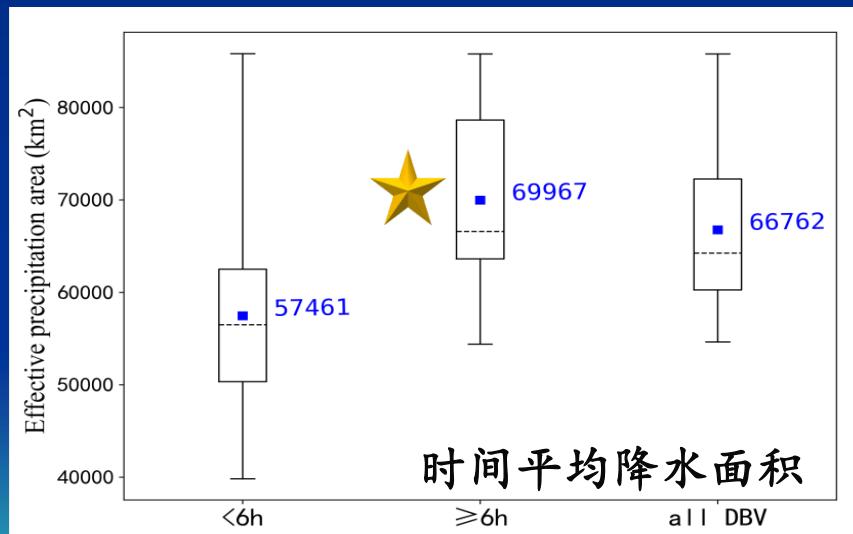


大别山涡影响降水(填色: mm)
大别山涡降水贡献率(等值线: %)

≥6h大别山涡影响降水(填色: mm)
≥6h大别山涡降水贡献率(等值线: %)

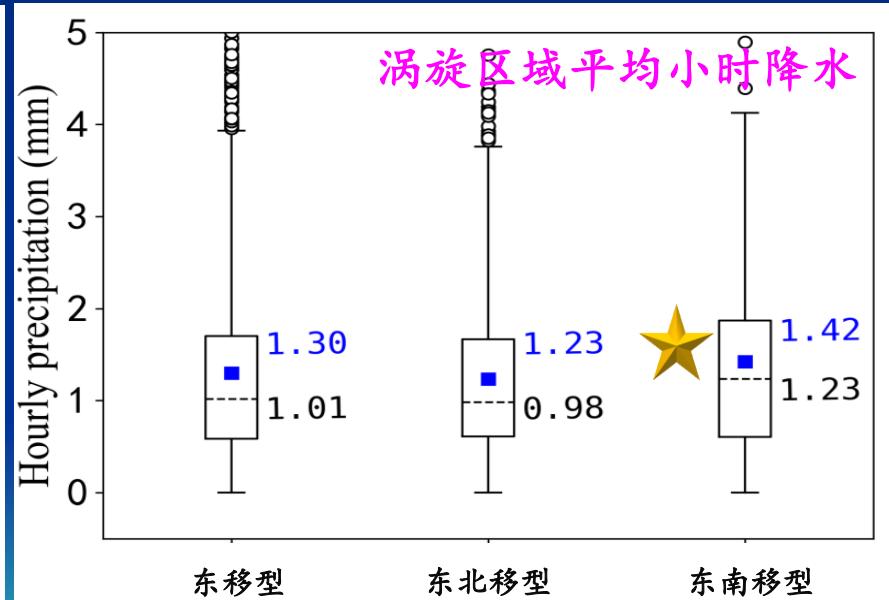
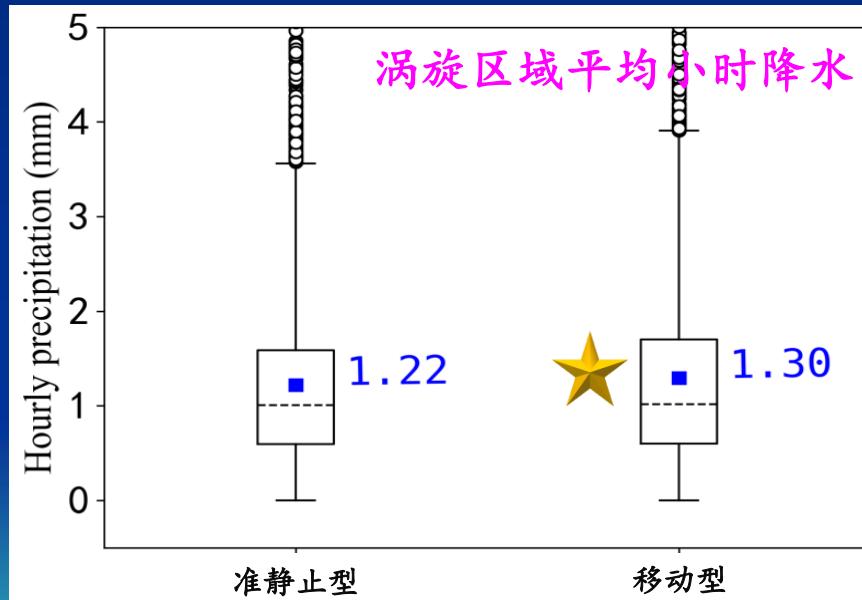
大别山涡的降水特征

- 计算大别山涡生命史内其影响降水的总面积并对涡旋总频次数进行平均发现，较长生命史大别山涡的平均影响降水面积更大，平均可达 **69967 km²**；
- 计算大别山涡生命史内其影响小时降水的区域平均值发现，较长生命史大别山涡的平均小时降水更强，其区域平均值约为 **1.4 mm/h**；



大别山涡的降水特征

- 准静止型大别山涡引发的小时降水强度低于移动型大别山涡；
- 东南移型大别山涡引发的降水强度最强，东移型次之，均强于东北移型大别山涡，这与水汽由南向北递减的基本分布相一致；

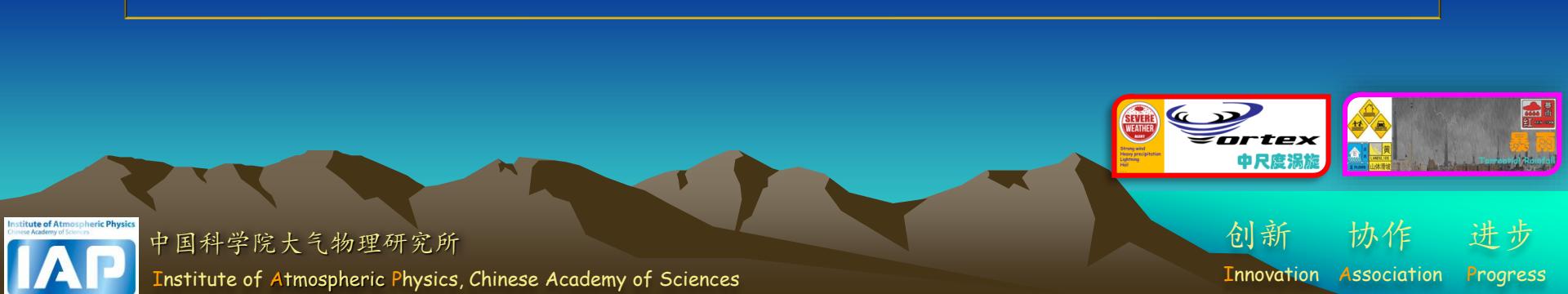




汇报提纲



- 研究背景及意义
- 大别山涡活动数据集构建
- 大别山涡的时空分布特征
- 大别山涡的分类研究
- 相关参考文献





参考文献



- (1) Fu S.-M., J.-P. Zhang, J.-H. Sun, and T.-B. Zhao, 2016: Composite analysis of long-lived mesoscale vortices over the middle reaches of the Yangtze River valley: Octant features and evolution mechanisms. *J. Climate*, 29, 761-781.
- (2) Fu, S.-M., J.-H. Sun, Y.-L. Luo, and Y.-C. Zhang, 2017: Formation of long-lived summertime mesoscale vortices over central east China: Semi-idealized simulations based on a 14-year vortex statistic. *J. Atmos. Sci.*, 74, 3955-3979
- (3) Fu, S.-M., J.-P. Zhang, H. Tang, L.-Z. Jiang, and J.-H. Sun, 2020: A new mesoscale-vortex identification metric: Restricted vorticity and its application. *Environ. Res. Lett.*, 15, 124053
- (4) Fu, S.-M., H. Tang, J.-H. Sun, T.-B. Zhao, W.-L. Li, 2022: Historical rankings and vortices' activities of the extreme Mei-yu seasons: Contrast 2020 to previous Mei-yu seasons. *Geophys. Res. Lett.*, 49, e2021GL096590.
- (5) 张敬萍, 靳双龙, 冯双磊, 韩洪, 傅慎明, 2022: 中尺度涡旋客观识别与三维追踪的新方法及其效果评估. *大气科学*, doi:10.3878/j.issn.1006-9895.2111.21127.
- (6) Zhang, Z.-P., S.-M. Fu, and J.-H. Sun, 2023: On the statistical features of the mesoscale vortices over the lower reaches of the Yangtze River Basin. (prepared)



创新 协作 进步
Innovation Association Progress



博学 慎思 明辨 笃行

敬请各位老师斧正！

衷心感谢！

