

# 21世纪海上丝绸之路海洋环境的气候变化与 风暴灾害风险探析

齐庆华<sup>1,2</sup>, 蔡榕硕<sup>1,2</sup>

(1. 国家海洋局第三海洋研究所 厦门 361005; 2. 国家海洋局海洋—大气化学与全球变化重点实验室 厦门 361005)

**摘要:**海洋环境安全是21世纪海上丝绸之路(丝路)建设的重要保障。文章简要分析了丝路海洋环境关键要素和风暴以上等级灾害性热带气旋系统(简称风暴灾害)的气候变化特征,探讨了海洋环境变化和灾害风险的可能影响,并提出了有关的研究建议。分析表明,气候变化背景下,丝路海区的海水显著变暖、热比容海平面升高明显,丝路沿海洪水、风暴潮等高水位事件发生频次可能会增加,进而对港口建设和航线通畅造成较大影响。1940—2016年间,西北太平洋风暴灾害主要集中在登陆和影响厦门以南沿海地区,其中,南海风暴灾害的路径分布自20世纪80年代后有向孟加拉湾周边地区拓展的趋势;登陆厦门以北的风暴灾害的路径分布和影响范围20年左右的趋势变化明显,近期有向南(厦门)集中推进的趋势,基于此,未来20年风暴灾害登陆路径和影响范围以向北迁移推进为主,这可能会在一定程度上有利于我国海上丝路建设的顺利开展和实施。而气候变化下强的热带气旋发生频次和登陆密集度有可能增加,随之可能带来更大的影响和损失。此外,北印度洋风暴灾害的影响范围也会向西和南扩展,以至经常影响阿拉伯半岛和索马里半岛;地中海西部海岸,在北大西洋飓风活动频次和强度增强的情景下,未来有可能存在风暴潮的威胁。今后加强开展气候变化与海洋环境灾害风险方面的观测和基础应用研究,是提升21世纪海上丝绸之路海洋环境安全保障水平的主要任务之一。

**关键词:**21世纪海上丝绸之路;海表温度;热比容海平面;热带气旋;海洋环境安全保障

中图分类号:P76

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2017)05-0067-09

## The Climate Changes of Marine Environment and Storm Risk on the 21st Century Maritime Silk Road

QI Qinghua<sup>1,2</sup>, CAI Rongshuo<sup>1,2</sup>

(1. Third Institute of Oceanography, SOA, Xiamen 361005, China;

2. Key Laboratory of Global Change and Marine-Atmospheric Chemistry, SOA, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** Marine environment security is the important guarantee for the construction of 21st

收稿日期:2016-08-08;修订日期:2017-03-24

基金项目:中国清洁生产发展机制基金项目(2014112);福建省自然科学基金面上项目(2017J01076);国家重点研发计划“全球变化及应对”重点专项(2017YFA0604900);国家海洋局第三海洋研究所基本科研业务费专项资金资助项目(海三科 20015030)。

作者简介:齐庆华,助理研究员,博士,研究方向为海陆气相互作用与气候、环境变化及灾害风险分析评估与适应对策,电子信箱:qqh\_2002@163.com

Century Maritime Silk Road (MSR). This paper briefly analyzed the characteristics of climate change in dominant sea environment elements and tropical cyclone disasters on MSR, and discussed their potential impact and risk. Some suggestions on observations and basic research were put forward for the marine environment security. The analysis showed that, under the background of climate change, ocean warming and sea level rise obviously prevailed in the main sea area of MSR, associated with the increase of coastal flooding and storm surge frequency, which may largely impact on the port construction and unobstructed navigation. From 1940 to 2016, the northwestern Pacific storm disasters mainly landed on and affected coastal area south of Xiamen city. Since the 1980s, the tropical storms in the South China Sea had a tendency to expand into the surrounding areas of the Bay of Bengal. Storm disasters landing on the north of Xiamen were subject to tendency changes of about 20 years, and recently tended to land southward. Based on this, in the next 20 years, landing path and influence scope of storm disasters are very likely to give priority to northward migration, which may to some extent, conducive to the implementation of the construction on MSR in China. However, with high degree of landing aggregation, strong tropical cyclone frequency under climate change is likely to increase, which can bring a greater impact and losses. In addition, the influence of the northern Indian Ocean storm disaster will expand westward and southward, so that often affect the Arabian Peninsula and Somalia Peninsula. The west coastal of the Mediterranean Sea, in the frequency and strength enhancement scenario of north Atlantic hurricane activity, may face higher threat of storm surge. In the future, observations and basic research on the climate change and marine environment disaster risk should be strengthened, to improve the level of maritime environment security of the 21st Century Maritime Silk Road.

**Key words:** 21st Century Maritime Silk Road, Sea surface temperature, Thermosteric sea level, Tropical cyclone, Marine environment and security

海上丝绸之路自古有之,在中国数千年的历史长河中一直是中外进行经贸与文化往来的海上大通道。随着21世纪中国的崛起和改革开放的进一步深化,这条古老的通道又开始焕发出新的活力。“21世纪海上丝绸之路”是由习近平主席分别于2013年9月访问哈萨克斯坦,在纳扎尔巴耶夫大学发表演讲和同年10月访问东盟国家时提出。当年11月,中国共产党第十八届中央委员会第三次全体会议通过《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》指出,推进丝绸之路经济带、海上丝绸之路建设,形成全方位开放新格局。这“一带一路”和长江经济带并称“两带一路”,成为国家战略。不言而喻,海上丝绸之路是丝绸之路在海上的延伸,是我国对外贸易进出口的重要通道,主要包括远东、东南亚、印度洋沿岸和中东等地区。“21世纪海上

丝绸之路”的重点方向是通过海上航运从中国沿海港口过南海到印度洋,延伸至欧洲。高效的海上航线网络是促进海上互联互通,推进海上丝绸之路建设的重要基础。显然,沿途周边海洋环境的变化和海洋灾害的发生是跨国交通运输发展的关键限制。应着力尽快对其开展广泛深入的分析探讨,从气候变化、减灾防灾和海洋环境安全保障的角度来推动国家与国家之间的跨边界流动性,为“21世纪海上丝绸之路”建设保驾护航,进而带动沿线国家的发展,以达到国家与国家之间的互利共赢、共谋社会福祉的目的。

当前,气候变化已经成为人类可持续发展的头号问题,本研究将以“21世纪海上丝绸之路”沿途海域为研究区域(简称丝路海区),基于最新的观测资料、遥感数据以及再分析数据产品,分析各主要海

域上层海洋热力状况、海表温度和海平面等海洋环境关键要素的气候变化特征。考虑到热带气旋是丝路海区最主要、最严重的致灾系统,因此,将着眼于风暴以上等级的各灾害性热带气旋系统(本文简称风暴灾害)登陆路径分布特征和变率,分析探讨其可能形成的灾害风险,并相应提出有关的适应性研究策略,进而为“21世纪海上丝绸之路”建设提供必要的科技支撑和安全服务保障。

## 1 数据和方法

文中海表温度数据取自英国气象局 Hadley 中心的再分析资料,同时,上层热含量数据和海平面异常资料由美国国家海洋与大气管理局环境信息中心(NOAA-NCEI)提供,数据分辨率为 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 。1940—2016年热带气旋数据源自美国天气信息系统。文中数据诊断分析主要采用S-EOF时空分解、相关统计分析和线性回归等方法。

## 2 丝路海区海洋环境关键要素气候变化和风险分析

历次IPCC气候变化评估报告使人们对气候变化带来的影响更加关注。气候变化对海洋及沿海和海岸带的影响主要表现为海温升高和海平面不断上升,同时,各种海洋灾害发生频率和严重程度持续增加,特别是重大灾害的突发性和密集度(一般为发生的强度等级、地点和时间上的集中程度)等增强。新近的IPCC第五次气候变化评估报告评估了气候变化对全球海洋区域环境的影响和风险。结果表明,1950—2009年,印度洋和太平洋平均海表温度分别上升了 $0.65^{\circ}\text{C}$ 和 $0.31^{\circ}\text{C}$ (很可能)<sup>[1]</sup>。

“21世纪海上丝绸之路”跨越我国南海、北印度洋以及地中海和黑海等,1940—2015年间,上述海区的海温均发生了显著的变化特征<sup>[2]</sup>。我国的长江口以南至台湾海峡南部海域升温幅度最大,1940—2015年间上升幅度在 $1.2^{\circ}\text{C}\sim 1.8^{\circ}\text{C}$ ,其次是南海的中东部,上升幅度超过了 $0.8^{\circ}\text{C}$ ,热带西太平洋海区海表温度上升幅度大部分维持在这个范围(图1A区)。北印度洋的升温主要位于赤道至南北纬 $10^{\circ}$ 范围内,以及阿拉伯海西北部沿海和孟加拉湾东部

及东南沿岸海域,1940—2015年间的升温幅度主要在 $0.6^{\circ}\text{C}\sim 1^{\circ}\text{C}$ (图1B区)。作为欧亚内陆海的地中海和黑海在1940—2015年间其水温也升高明显,尤其是地中海,存在3个主要的升温带,即东部、西部和中部,升温幅度均维持在 $0.8^{\circ}\text{C}\sim 1^{\circ}\text{C}$ ,而黑海的升温幅度相对较小(图1C区)。

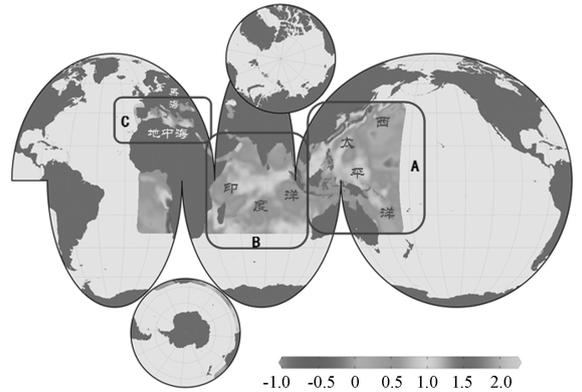


图1 1940—2015年间丝路海区海表温度的线性变化量(单位: $^{\circ}\text{C}$ )

总体上,丝路海区海表温度均出现升温,上升幅度显著,值得关注的是,我国东部沿海,缅甸、越南、阿曼、斯里兰卡和索马里等地区的沿海海表温度上升明显。赤道印度洋和热带西太平洋的大幅升温会通过海气相互作用等过程引起相关的海洋和气象灾害。尤其是,足够暖的海表温度对热带气旋的发生发展至关重要<sup>[3]</sup>,进而会严重影响海上航线运输乃至航运的安全。

海平面是气候影响海洋的主要表征指标,海平面变化主要受制于海水的体积变化和质量变化两个方面。其中,引起海水质量变化的主要原因是气候变暖导致的陆地冰(包括陆地冰川、格陵兰岛和南极冰盖)的融化。而海水的比容效应则是影响海水体积变化的主要因素。全球变暖背景下,海洋的增温是比容变化的主要贡献者。IPCC第五次评估报告指出,与海水增温相对应的热比容效应导致了海平面上升。除了海表温度的升高,1971—2010年全球海洋上层700 m海水在增暖,该时段由上层700 m海水引起的海平面上升速率为 $0.6(0.4\sim 0.8)\text{mm/a}$ ,占同期全球平均海平面上升速率的30%。而自1990年代中期后丝

路海区(主要包括西北太平洋和北印度洋)海洋上层 700 m 热含量呈现显著增加(图 2)。根据验潮站以及卫星高度计资料的最新结果,全球平均海平面 1993—2012 年间上升速率为 3.2(2.8~3.6)mm/a,其中,海水热比容引起的海平面上升速率为 1.1(0.8~1.4)mm/a<sup>[3]</sup>。

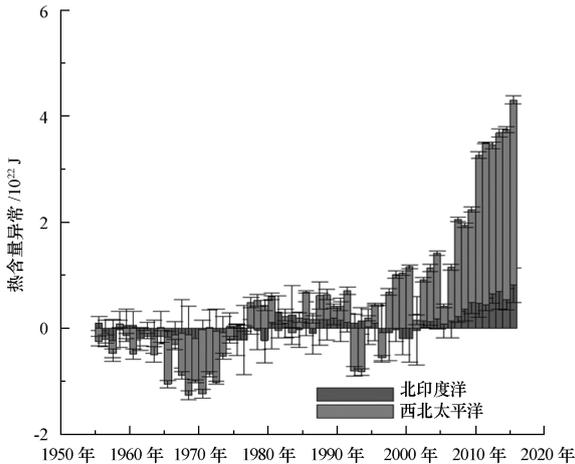


图 2 丝路主要海区海洋上层(0~700 m)热含量异常变化

鉴于气候变暖背景下热比容海平面对总体海平面上升的重要贡献,本文基于再分析数据揭示出 1955—2015 年海洋上层(0~700 m)热比容海平面的季节演变主模态(图 3)。一般的,西太平洋海平面的上升速率大于全球平均海平面上升速率,分析表明这可能与 1990 年后信风风应力的增强有关<sup>[4]</sup>。值得关注的是,中南半岛东、西海岸和澳大利亚西海岸以及我国近海沿岸热比容海平面上升明显。针对我国近海沿岸,春季、夏季和秋季主要以南海近岸热比容海平面上升为主,而冬季,则以东中国海沿海热比容海平面上升为主,这在不同季节沿海基础设施建设等经济发展活动中不容忽视。

IPCC 第五次气候变化评估报告指出,气候变暖背景下海平面上升可以导致沿海洪水、风暴潮等高水位事件,危害人们的生活生产以及社会经济的可持续发展。研究显示,即使风暴的强度没有变化,在海平面上升的背景下,极端高水位事件的频率和强度仍旧是上升的<sup>[3]</sup>。图 3 的分析结果表明,我国东南沿海、孟加拉湾北部沿海,缅甸和

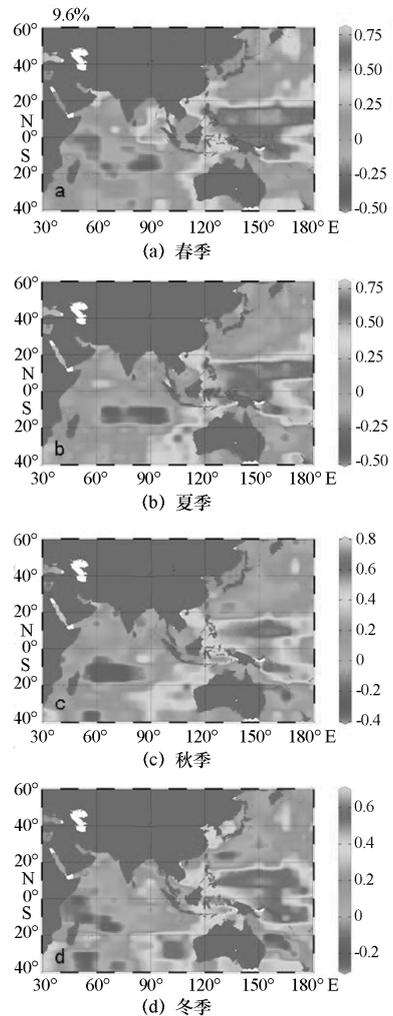


图 3 丝路海区海洋上层(0~700 m)热比容海平面季节演变主模态(无量纲特征值)

老挝西部沿海以及地中海西部是发生高水位事件的显著区域。风暴增水形成的极端高水位事件对“21 世纪海上丝绸之路”建设和经济发展可能造成较大影响。

### 3 丝路主要海区灾害性热带气旋变化和风险分析

热带气旋生成于热带或副热带海洋上,陆地东岸更集中些,主要与这里是暖流有关。它是伴有狂风暴雨的大气漩涡,在北半球沿逆时针方向旋转,在南半球沿顺时针方向旋转。伴随热带气旋而来的强烈天气变化主要有狂风、暴雨、巨浪、风暴潮和龙卷风等。热带气旋按等级包括热带低压、热带风暴、强热带风暴、台风、强台风和超强台

风。热带气旋只有发生在北太平洋西部(国际日期变更线以西,包括南海)洋面上并达到一定级别时才称为“台风”,如发生在大西洋或北太平洋东部,则称为“飓风”。据1970—1995年的历史资料统计表明,全球每年平均约有86个热带气旋发生,其中47个达到台风级别,20个达到强台风级别。全球的热带气旋源地一般包括七大海区<sup>[5]</sup>。丝路海域主要有3个热带气旋发生区:①西北太平洋海域包括南海,这里也是全年各月都可能有台风发生的唯一地区;②北印度洋,包括孟加拉湾和阿拉伯海,主要在孟加拉湾生成;③北大西洋。由于北大西洋暖流的存在,暖水层可以向北拓展至高纬度的地方,超级飓风易在暖流区达到最强,并可以到达比较高纬度地区。

西北太平洋作为“21世纪海上丝绸之路”起点所在海域,弄清其灾害性热带气旋的发生频次、路径等气候特征及变化是保障我国“21世纪海上丝绸之路”建设的重要前提之一。根据热带气旋的等级,如非特别说明,文中主要分析风暴以上等级的灾害性热带气旋变化特征。数据分析表明,1950—2016年间西北太平洋每年平均热带风暴发生总数约为27次,年最少热带风暴发生频次14次,每年最多热带风暴次数39次,年较差很大;台风次数每年平均约为16次,每年最多和最少台风次数分别为26次和5次,每年发生超级台风次数平均约为5次,最多的为每年11次。从发生的频次上看,各类灾害性热带气旋系统发生频次的年较差很大。同时,也存在着明显的年际和年代际变化。值得关注的是,几十年来西北太平洋每年发生台风次数略呈下降趋势,而超级台风次数自1970年代中期后呈增加趋势(图4(a))。在北印度洋海域,各类灾害性热带气旋系统发生的变率和趋势均比较相似,从热带风暴发生频次的变化看,1950—2016年间北印度洋每年平均热带风暴总数约为8次,年最少热带风暴发生频次为1次,每年最多热带风暴次数17次,年较差也很大,同时,1950—2016年间热带风暴20年左右的年代际的变化明显;自1990年代以来,台风和超强台风次数平均每年各约1次,从发生趋势上看发生频

次有所降低(图4(b))。然而,其未来的变化趋势仍有较大不确定性。在北大西洋海域,1950—2016年间北印度洋热带风暴年平均发生总数约为11次,年最少热带风暴发生频次为4次,每年最多热带风暴次数28次,有很大的年较差,其中,1950—2016年间飓风每年平均发生约6次,其年际变化明显;自1970年代中期至2000年代中期北大西洋海域热带风暴和飓风发生频次均有明显增加,2005年后则呈现减少趋势。另外,飓风频次的长期气候趋势不明显(图4(c))。

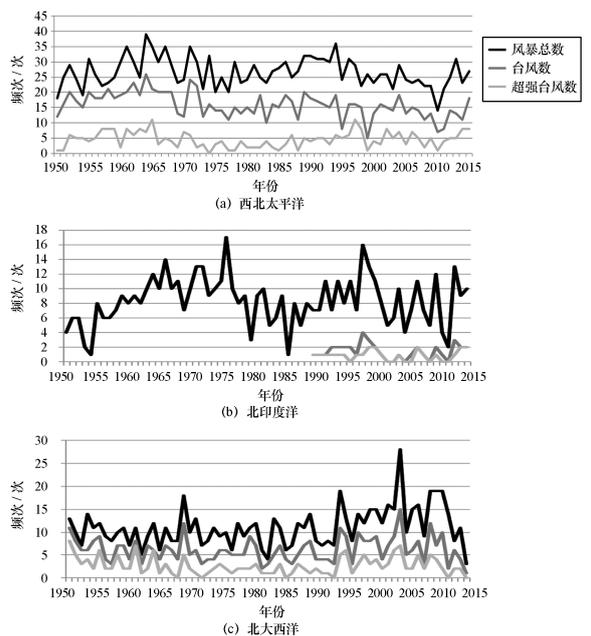


图4 1950—2016年灾害性热带气旋发生频次的变化

为分析风暴以上等级各灾害性热带气旋系统对“21世纪海上丝绸之路”建设实施的可能影响,本研究对热带风暴以上等级各灾害性热带气旋的路径进行分析,以简要探讨其致灾的可能影响范围和强度等。资料分析表明,西北太平洋热带风暴等系统影响地区包括中国、菲律宾、韩国、日本、越南和泰国,其中也可以影响印度尼西亚及太平洋上各岛,其影响范围较固定。而且,10年际变化差异不明显,只是其影响的北部范围存在一定变化,似乎说明风暴的强度和影响范围可能存在10年际的差异,这有待进一步分析。另外,分析发现,从20世纪70年代中后期,我国南海热带气旋

生成频次明显减少<sup>[6]</sup>,但强度似乎有所增加,图5中显示,南海热带风暴等灾害性系统在20世纪80年代后还会时常影响孟加拉湾东部海域及其沿海地区(图5)。

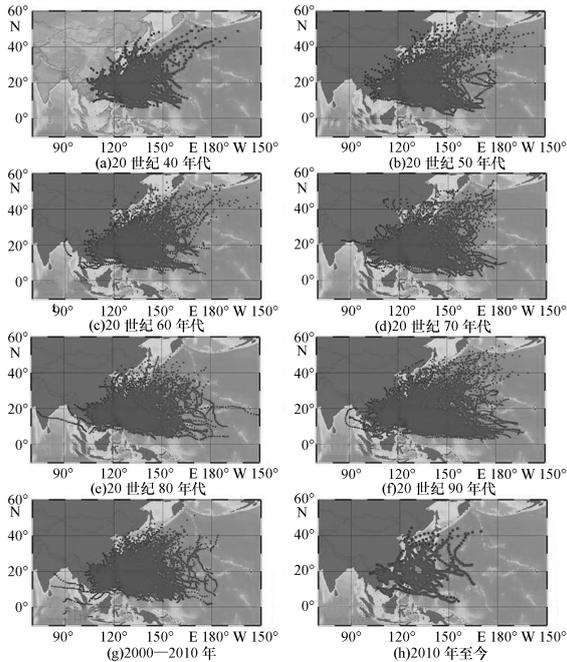


图5 1940—2016年西北太平洋风暴以上等级的热带气旋路径分布十年际变化

中国是全球最多热带气旋登陆沿海的国家之一。有关西北太平洋热带气旋的生成以及在我国的登陆情况,利用80年代之后的热带气旋资料统计表明<sup>[7]</sup>,6—10月登陆的热带气旋数量占全年的90%以上,尤其在7—9月登陆我国的热带气旋数量约占全年的80%,这3个月是登陆我国热带气旋的高发期,其中8月为登陆我国热带气旋最多的月份。本研究关注热带风暴以上等级灾害性热带气旋系统的影响,同时,鉴于海上丝绸之路的起点海域主要位于福建沿海,因此,这里大致以厦门(118.1°E, 24.5°N)为界,统计风暴以上等级热带气旋系统路径分布和影响范围,比较而言,1940—2016年,西北太平洋热带风暴以上等级各系统主要影响厦门以南沿海地区,且其灾害风险规律较不明显(图略)。而厦门以北地区有较明显变化,风暴以上等级的热带气旋登陆分布和影响范围存在明显的约20年左右趋势变化特征,这与前面的分析结果吻合。即

1960—1980年主要呈向北扩展推进趋势,而1980—2000年则向南(厦门)集中推进的趋势尤为明显,随后近20年则又向北推进(图6)。值得注意的是,这种影响台风移动路径的大尺度引导气流的变化与某些全球变暖数值试验基本一致<sup>[8]</sup>。Emanuel<sup>[9]</sup>认为热带气旋的潜在破坏力(包括热带气旋的强度、维持时间和频率),与热带地区海平面高度和全球变暖有着莫大关系。并预计,在21世纪热带气旋所造成的损失会大幅增加。有研究显示,自20世纪80年代起登陆厦门以北的台风增多,并且强度加强<sup>[7]</sup>。同时,也有文章指出,过去10年除北大西洋外,其他海域热带气旋出现的次数均有所减少,但达到四级或五级飓风强度的热带气旋数目则大量增加<sup>[10]</sup>。2010年后厦门以北风暴以上等级的热带气旋登陆点尤其呈现出向南推进的趋势,加之气候影响下热带气旋的强度有可能加大,其很可能对厦门附近地区造成更大影响(图6)。就在2016年9月15日凌晨3:05,本年度14号台风“莫兰蒂”在厦门市翔安区登陆,这是2016年全球海域最强的风暴,也是1949年以来登陆闽南最大台风,创下有气象记录以来的新高。厦门市受到重创,造成巨大经济损失。基于风暴以上等级各灾害性热带气旋系统登陆路径分布和影响范围的年代际变化和趋势特征,未来20年其影响范围可能主要趋于向厦门以北沿海地区迁移推进,这可能会在一定程度上有利于我国海上丝路建设的顺利开展和实施。

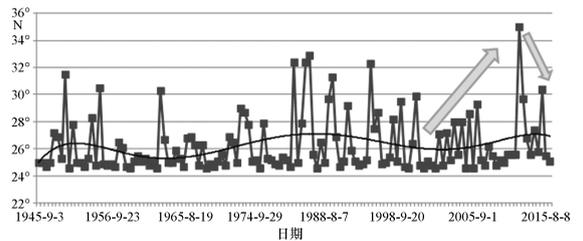


图6 1940—2016年西北太平洋风暴以上等级灾害性热带气旋登陆厦门以北沿海路径分布

近几十年来,北印度洋热带风暴等灾害性热带气旋系统路径的变化比较明显。主要影响印度、孟加拉、斯里兰卡、泰国、缅甸和巴基斯坦等国,但1980年后其影响范围逐步向西部和南部扩展,时常还会影响索马里半岛(图7)。

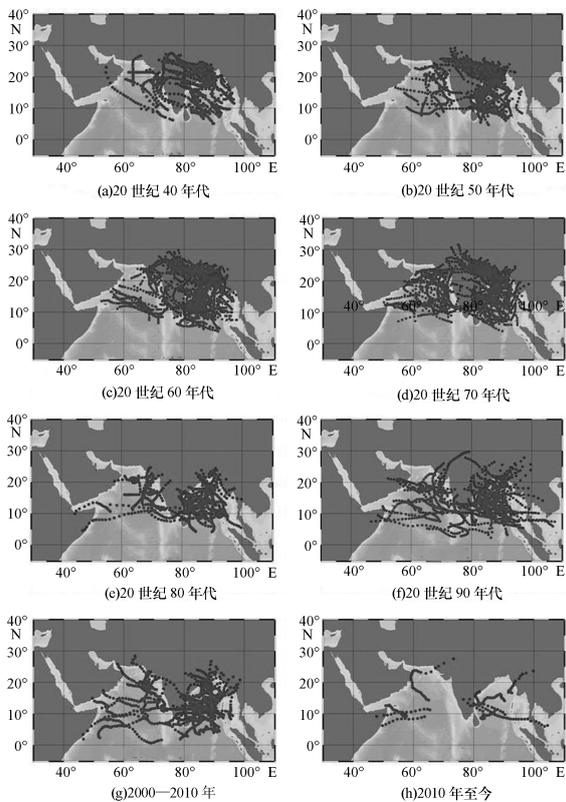


图 7 1940—2016 年北印度洋风暴以上等级灾害性热带气旋路径分布十年际变化

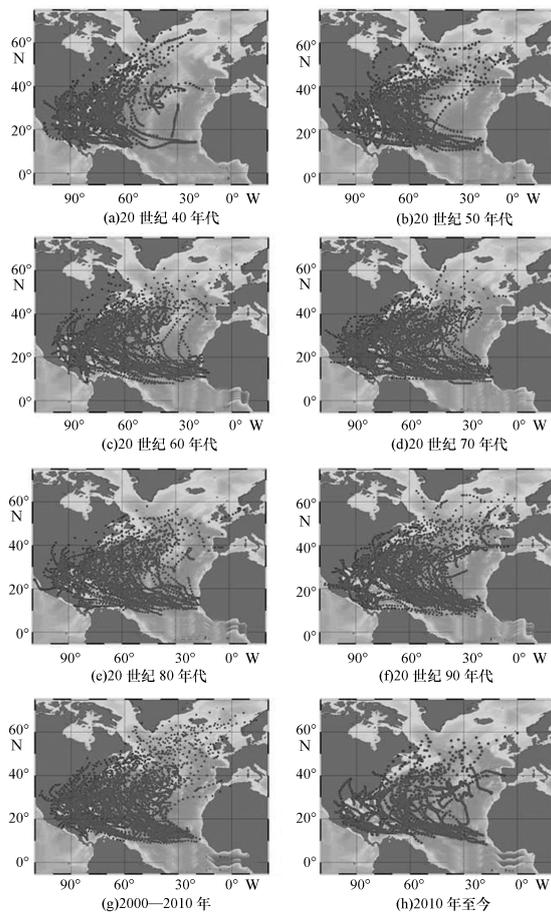


图 8 1940—2016 年北大西洋风暴以上等级灾害性热带气旋路径分布十年际变化

北大西洋热带风暴以上等级各灾害性热带气旋系统一般影响非洲西北部 and 地中海西部沿海。尤其 1990 年后更显频繁(图 8)。有研究指出<sup>[8]</sup>, 1970 年后北大西洋的飓风频次和强度都在增加, 强的飓风可引起沿海区域发生风暴潮, 严重影响沿海地区的安全。如果未来趋势保持增加, 这对非洲北部和地中海西部沿海具有较大威胁(图 8)。该研究还指出, 飓风活动(PDI, 热带气旋的破坏力指数)与海表面温度有较强的相关, 然而有关气候变化背景下全球各区域热带气旋的强度变化仍有较大争论, 尚需进一步分析研究。

#### 4 “21 世纪海上丝绸之路”海洋环境和灾害风险及安全对策探讨

在经济全球化、区域一体化的背景下, 海洋日益成为各国经济资源流动的重要通道。历史上的海上丝绸之路有 3 条航线, 分别为东海航线、南海航线和美洲航线。“21 世纪海上丝绸之路”的构建主

要围绕着南海航线展开, 它跨越我国南海、北印度洋以及地中海和黑海等海域, 所涉及的国家包括东盟十国, 南亚的印度、巴基斯坦、斯里兰卡、马尔代夫, 西亚和北非的阿拉伯联盟等。

分析表明, 气候变化背景下, 丝路海区的海洋环境关键要素, 主要是海表面温度, 已发生了显著的变化, 绝大部分海域已明显升温, 1940—2015 年间升温幅度为 0.6℃~1.2℃, 尤其是我国的东海海域、赤道印度洋和地中海等海域, 由于海洋热容量效应, 各海域的海平面上升明显, 并可能导致沿海洪水、风暴潮等高水位事件。同时, 海洋变暖背景下, 灾害性热带气旋系统也发生了一定变化, 其中强的热带气旋灾害有可能增加, 其影响范围和造成的损失也会增加。热带气旋作为一种破坏力很强的灾害性天气系统, 沿海地区对其的破坏尤其脆弱。加强对它的监测和预报, 根据所得到的各种资

料,分析热带气旋的动向,登陆的地点和时间,及时发布热带气旋预报或紧急警报,是减轻热带气旋灾害的重要措施。其中风暴以上等级各灾害性热带气旋路径预报是海洋减灾防灾和环境安全保障研究的核心。

从气候变化应对以及海洋减灾防灾和海洋环境安全考虑,为保障海上航线和沿岸设施事务安全,进而为“21世纪海上丝绸之路”建设可持续发展保驾护航,提出以下几点措施建议。

南海是21世纪海上丝绸之路的重要源头海域。应重点开展主要海区,如南海、赤道印度洋海洋环境国际联合监测,提高海洋环境和海洋气象灾害灾情分析评估、预测及预报技术,以及提高气候变化下联合致灾风险理论、方法和技术水平。

建设区域海洋观测预警减灾与搜救系统,逐步构建“21世纪海上丝绸之路”海洋环境和气象灾害安全和服务网络。

进一步开展海洋领域气候变化研究与合作。稳步推进包括海洋环境与气候变化、海洋灾害和减灾防灾以及航道安全和海上搜救等在内的海上合作与交流,加强海上互联互通和海上公共服务。其中,东盟是推进“21世纪海上丝绸之路”建设的重中之重,做好东盟范围内的“21世纪海上丝绸之路”在海洋方面的合作会对其他部分的推进产生巨大的示范效应。

## 5 结论

“海上丝绸之路”是我国古代东西方商业贸易和文化交流的重要海上通道,曾为中华文明走向世界做出过重要贡献。建设“21世纪海上丝绸之路”,将赋予“海上丝绸之路”在全球政治、贸易格局不断变化的时代内涵,是中国连接世界的新型贸易之路。构建“21世纪海上丝绸之路”涉及的内容众多,“五通”是“一路一带”战略首次提出时的核心内容,其中的道路连通、贸易畅通更是构建“21世纪海上丝绸之路”的关键和重点,主要包括海上港口互联互通,港口与腹地互联互通,陆上铁路、公路互联互通,空中航线互联互通,通信网络互联互通,能源管道互联互通。道路连通和贸易畅通的海上安全保障必然要求我们不断深入了解

丝路海区的海洋环境和海洋灾害风险,尤其是气候变化下,关键海洋环境要素的气候变化特征规律以及严重的海洋气象致灾系统带来的灾害风险变化,为实现“21世纪海上丝绸之路”的“五通”提供必要的海洋环境安全保障和科技支撑。由于气候变化影响的关键环节是引起环境要素的热力变化并通过气候系统内外相互作用出现较大幅度的异常调整,进而导致灾害性气候事件频发或突发,因此,本研究分析了气候变化背景下“21世纪海上丝绸之路”主要海区海表温度和热比容海平面的变化特征,以及风暴以上等级各类灾害性热带气旋系统发生频次和路径分布特征,根据丝路海区关键海洋环境要素的气候变化特征、灾害风险变化及可能影响,探讨了海洋领域在建设“21世纪海上丝绸之路”的过程中应关注的重点问题和主要措施。得到的结论如下。

(1)气候变化影响下,21世纪海上丝路主要海区的海水升温显著,受热比容效应影响,丝路海区海平面上升明显,随着海平面的上升,沿海洪水、风暴潮等高位事件发生频次有可能增加,进而对港口建设和航线通畅造成较大影响。

(2)海洋变暖背景下,与之相联系的各海洋气象要素变化和海洋灾害风险有可能进一步加大。其中,强的热带气旋发生频次和登陆密集度(一般指登陆地点、时间和强度等级等的集中程度)有可能增加,随后将带来更大的影响和损失。未来20年,登陆中国大陆沿海的风暴以上等级各灾害性热带气旋系统向厦门以北沿海地区迁移推进的趋势明显;同时,北印度洋风暴等灾害性热带气旋系统的影响范围也存在向西和南部扩展趋势,以至经常影响阿拉伯半岛和索马里半岛;而地中海西部海岸,在北大西洋飓风活动频次和强度增强的情景下,未来有可能存在风暴潮的威胁。

为顺利实施“21世纪海上丝绸之路”国家战略,保障其建设可持续发展,在海洋领域有必要加强开展气候变化和海洋以及海洋环境灾害安全方面的基础应用研究<sup>[11]</sup>,尤其是通过监测进行系统分析评估和未来情景的预估和预报,并积极采取国际合作等方式,提高应对气候变化和灾害风险的科技能力

和政府决策力,特别是在海洋领域的科技支撑和保障服务方面,为“21 世纪海上丝绸之路”建设提供有利的海洋环境安全保障。

### 参考文献

- [1] HOEGH-GULDBERG O, CAI R S, POLOCZANSKA E S, et al. The ocean In: climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: regional aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change[M]. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2014: 1655—1731.
- [2] 齐庆华, 蔡榕硕. 21 世纪海上丝绸之路海表温度异常与气候变率的相关性初探[J]. 海洋开发与管理, 2017, 34(4): 41—49.
- [3] STOCKER T F, QIN D, PLATTNER G K, et al. Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change[M]. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2013: 1535.
- [4] MERRIFIELD M A. A shift in western tropical Pacific sea level trends during the 1990s[J]. Journal of Climate, 2011, 24: 4126—4138.
- [5] WIKIPEDIA. Tropical cyclone [DB/OL]. (2016—03—02) [2016—06—03]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Tropical\\_cyclone](https://en.wikipedia.org/wiki/Tropical_cyclone), 2016—03—02.
- [6] 冯涛, 黄荣辉, 陈光华, 等. 近年来关于西北太平洋热带气旋和台风活动的气候学研究进展[J]. 大气科学, 2013, 37(2): 364—382.
- [7] 王磊, 陈光华, 黄荣辉. 近 30 a 登陆我国的西北太平洋热带气旋活动的时空变化特征[J]. 南京气象学院学报, 2009, 32(2): 182—188.
- [8] WU L G, WANG B. Assessing impacts of global warming on tropical cyclone tracks[J]. Journal of Climate, 2004, 17: 1686—1698.
- [9] EMANUEL K A. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years[J]. Nature, 2005, 436: 686—688.
- [10] WEBSTER P J, HOLLAND G J, CURRY J A, et al. Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment[J]. Science, 2005, 309(5742): 1844—1846.
- [11] 蔡榕硕, 齐庆华. 气候变化与全球海洋: 影响、适应和脆弱性评估之解读[J]. 气候变化研究进展, 2014, 10(3): 185—190.