东太平洋克拉里昂－克利帕顿断裂区多金属结核保留区的气象状况和预报规律

李健[1,2]，郭敬天[1,2]，黎舸[1,2]，刘清容[1,2]

（1. 国家海洋局北海预报中心　青岛　266061；2. 山东省海洋生态环境与防灾减灾重点实验室　青岛　266061）

摘要：为保障我国大洋矿产资源的勘探和开采，文章根据我国于 2017 年对东太平洋克拉里昂－克利帕顿断裂区多金属结核保留区开展首次调查的志愿船观测数据，结合实际天气和预报过程，在对观测数据进行处理和分析的基础上，总结调查期间该保留区的气象状况和预报规律。研究结果表明：受冷高压及其外围的影响，保留区风向和风速变化较大，在预报过程中须实时关注冷空气的中心位置、走向和持续时间，适时调整作业方案；保留区气压与天气系统吻合较好，气温和湿度受降水影响，且降水频繁；除 10 月可能受到飓风影响外，保留区 11 月风速通常比 10 月大。

关键词：多金属结核保留区；大洋勘探；海洋气象；天气预报；船舶观测

中图分类号：P456.1；P458.3；P47　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1005－9857(2018)12－0061－05

Meteorological Conditions and Forecasting Rules of Clarion-Clipperton Fracture Zone in Eastern Pacific

LI Jian[1,2], GUO Jingtian[1,2], LI Ge[1,2], LIU Qingrong[1,2]

(1. North China Sea Marine Forecasting Center, SOA, Qingdao 266061, China; 2. Shandong Provincial Key Laboratory of Marine Ecological Environment and Disaster Prevention and Mitigation, Qingdao 266061, China)

Abstract: The meteorological conditions and forecasting rules of the reserved area during the investigation period were summarized based on the measured data of volunteer ship in the first survey of polymetallic nodules in the Clarion-Clipperton fracture zone in the East Pacific in 2017, combined with the actual weather and forecasting process. The results showed that the wind direction and wind speed of the reserved area varied greatly due to the influence of cold high pressure and its periphery. In the forecasting process, the central position, strike and duration of the cold air should be paid attention to in real time, and the operation plan should be adjusted in time. The system is in good agreement between the pressure and weather of the reserved area, the temperature and humidity are affected by precipitation, and precipitation is frequent. In the reserved area

收稿日期：2018-06-16；**修订日期：**2018-12-03

基金项目：国家重点研发计划资助项目“重大海洋动力灾害致灾机理、风险评估、应对技术研究及示范应用”(2016YFC1402000)；中国科学院海洋环流与波动重点实验室开放研究基金项目(KLOCW1608).

作者简介：李健，工程师，硕士，研究方向为风暴潮预报

the wind speed in November is usually larger than that in October except affected by hurricanes.

Key words: Clarion-Clipperton Fracture Zone, Ocean exploration, Marine meteorology, Weather forecast, Ship monitoring

0 引言

随着人口增长和科技进步，全球对矿产尤其是铜、铁、锰、钴和镍等多金属的需求不断扩大。多金属广泛分布于锰铁结核结壳中，而广阔的大洋中存在大量达到开采和利用品位的结核结壳。自 1965 年大洋多金属结核结壳的重要资源价值被发现和提出后，世界各国尤其是前苏联、日本、美国、德国、法国和印度等都在此研究领域投入大量的资金和力量。除具有重要的资源价值外，大洋多金属结核结壳还记录了地球海洋环境的变迁，因此成为近几十年来海洋科学研究的焦点[1]。

我国于 2017 年获得东太平洋克拉里昂－克利帕顿断裂区多金属结核保留区（以下简称保留区），同年中国五矿集团公司与国际海底管理局签署多金属结核勘探合同[2]，并开始首次调查任务。保留区位于东太平洋克拉里昂－克利帕顿断裂区，面积近 7.3 万 km^2，蕴藏亿吨级的锰、钴、镍和铜等金属矿产资源，不仅具有重要的勘探和开采价值，而且对于生物多样性等的研究具有重要意义[3]。我国首次保留区调查任务主要采用声磁学测波、海底采样和志愿船观测等方式，对保留区的地形、矿产分布和水文气象等要素进行调查，为日后的勘探和开采工作做准备，同时填补此区域调查数据的空白。

志愿船观测是大洋调查的重要数据来源[4]，是由商船、交通船和渔船等从事海上活动的船舶志愿承担的工作，即通过安装船舶自动观测设备，以获取近海、中远海和远洋航线的海洋观测资料[5]。志愿船观测是大洋气象的主要观测手段，对建设“智慧海洋”（海洋立体观测监测网）发挥至关重要的作用。早在 1853 年，世界主要航海国家就召开了首次正式的国际气象会议，旨在克服航海困难并确立海上天气观测计划，其中船上气象观测资料（志愿船观测系统）为天气预报提供重要支持[6]；20 世纪初期无线电通信技术的发展使志愿船到岸基的观测资料传输成为可能；随着世界气象组织（WMO）和联合国教科文组织政府间海洋学会（IOC）与各航海团体的合作日益紧密，志愿船观测系统越来越规范，国际海洋学和海洋气象联合技术委员会（JCOMM）于 2001 年确立志愿船观测计划。作为 WMO 和 IOC 成员国以及联合国常任理事国，我国理应履行 JCOMM 的志愿船观测计划，志愿船观测系统将有更好的发展前景。本研究利用志愿船观测系统实测记录的气象数据和天气图，总结保留区的气象状况和预报规律，为后续研究和作业提供参考。

1 设备和数据

1.1 志愿船自动测报系统

XZC2-2SC 型志愿船自动测报仪（以下简称测报仪）是自动观测海洋气象水文的智能设备，同时支持人工观测数据的录入和存储，由山东省科学院海洋仪器仪表研究所研发和维护。测报仪可应用于远洋运输船、商船、渔船、海洋调查船、交通船和海军舰艇等从事海上活动的船舶，可自动观测船舶所在区域的海洋气象（风向、风速、气压、气温和相对湿度）和海洋水文（表层海水温度）等要素，也可应用于海上石油平台和海洋观测站。

测报仪的测量参数包括：风速的测量范围为 0～70.0 m/s，精度为±(0.5±0.05)m/s；风向的测量范围为 0°～360°，精度为±5°；温度的测量范围为 －50℃～50℃，精度为±0.3℃；湿度的测量范围为 0～100%，精度为±4%；气压的测量范围为 800～1 100 hPa，精度为±1 hPa；记录时间分辨率为 1 min，输出数据分辨率为 1 h。

本研究的位置为保留区及其附近区域（180°W—135°W，5°N—25°N），时间为 2017 年 9 月 15 日至 11 月15 日。

1.2 再分析气压数据

再分析气压数据来自美国环境预报中心的 NECP FNL 资料，其分辨率较高，同时融合大量的观测和卫星反演资料，已被广泛应用于大气数值模

式和天气气候研究[7-8]。NECP 提供 FNL 数据的时间范围是 1999 年 7 月至今，空间范围是全球，最小时间步长为 6 h，空间分辨率是 1°×1°。

2　保留区气象状况和预报要点

志愿船航行期间(2017 年 9 月 13 日过 180°W，9 月 20 日接近保留区，均采用世界时)主要受副热带高压和间歇性气压波动的影响，以东风为主，平均风力为 5 级，最大风力为 7 级。大风过程在天气图和再分析气压分布图中未反映密集等压线，仅表现为短时波动，即等压线骤变区域会出现短时阵风，在预报过程中须格外关注(图 1)。

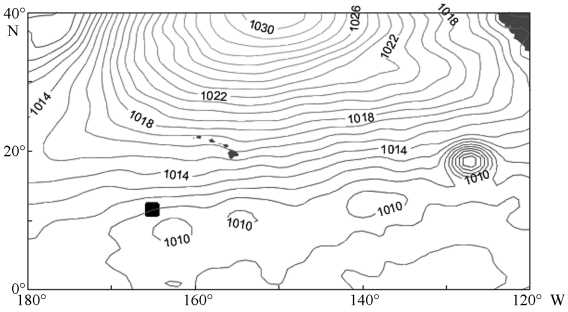

图 1　9 月 18 日 12 时海表面再分析气压分布
(方块为船舶位置)

志愿船在保留区期间(9 月 20 日至 11 月 12 日)，除 10 月中旬冷空气较强外，总体天气状况良好，且前半段天气状况(9 月至 10 月初)优于后半段(10 月中旬至 11 月上旬)。其中，9 月 14－19 日，受副高和间歇性气压波动影响，以东北风为主，阵风较大；9 月 20 日至 10 月 4 日，受频繁气压波动影响，出现少数较大阵风(29 日)；10 月 4—8 日，受冷高压影响，以北风为主；10 月 8—15 日，受弱气旋下部和冷高压后部影响，风力较小，船舶停靠泊位；10 月15 日至 11 月 6 日，受冷高压下移和高抬影响，以北风为主，风力较大；11 月 7—12 日，受信风和冷高压外围影响，以东风为主，风力较小。

2.1　9 月 20 日至 10 月 4 日

调查船位于保留区西部，主要受频繁气压波动影响，风速较小，平均约为 4.4 m/s，最大不超过 6 级；风向分布均匀，以南向为主，东北向和东南向次之，西西南向最少。对于此种风向变化频繁的天气系统，在预报过程中需注意船舶位置和气旋移动速度等情况，及时确定转风时刻，以便适时调整航向，保障作业安全。

2.2　10 月 4—8 日

调查船位于保留区北部，主要受 2017 年第 1 股冷高压外围影响，由于其中心位置偏北，总体风速较小，均在 11 m/s 以下，平均为 7.1 m/s，5～6 级风占比约为 50%；风向以北向至东北向为主。预报时需注意船舶位置和冷空气中心位置，秋冬交际时的实际风速通常比预报图所反映的大。

2.3　10 月 19 日至 11 月 6 日

调查船主要位于保留区中东部，受 2017 年第 2 股较强冷高压影响，风速较大，最大达 8 级，平均为 7.7 m/s；风向以偏北向为主，其中北北东向最多，其次是北向，西向至西南向最少(几乎为 0)。此次冷高压持续时间较长、影响范围较广(多次影响低纬度地区)以及等压线形成的槽系统变化复杂(出现 2 次以上横槽转竖现象，并与多股高纬度弱高压合并)。冷空气经历生成－北抬西移－系统挤压南下－北抬西移减弱－合并冷空气－系统挤压南下－消失的长时间过程，整个过程一直盘旋在东太平洋海面，持续超过 20 d，主要演变过程包括 4 个阶段。

(1)10 月初，副热带高压逐渐减弱，高压系统由西向东移动，逐渐在东太平洋高纬度地区堆积；10 月11 日，太平洋高纬度地区冷高压主体正式形成；10 月 13 日，受高纬度天气系统挤压，冷高压主体闭合并开始南下；10 月 17 日，冷高压主体与弱高压合并，受高空和北方低压共同影响，冷高压出现横槽转竖现象；10 月 20 日，高空引导气流呈平直稳定状态，冷高压中心在中纬度得以维持，其外围影响保留区，风速较大，最大达 8 级。为阐述方便，以下将此次冷高压主体称为目标高压。

(2)500 hPa 高空形成槽脊明显结构，受低压槽前部影响，目标高压东移北上并逐渐减弱，保留区风速较小；10 月 25 日，靠近北美大陆的高空区域存在短波槽，诱使目标高压吸收东移弱高压并加强南移，以至外围再次影响保留区。

(3)随着时间的推移，受高空高压脊后部影响，中纬度形成气旋，挤压目标高压并使其减弱北上；

至 10 月 30 日前后，高空又以短波槽系统为主，致使目标高压再次吸收东移高压系统并加强；同时，受西南中纬度气旋北上影响，目标高压再次出现横槽转竖现象，形成南北影响范围较广的竖槽高压系统，并再次影响低纬度保留区，风速达 5 级。这一过程（高纬度吸收西来高压系统）一直持续到 11 月 5 日前后。

(4)目标高压中心逐渐减弱，并向北美大陆移动；11 月 7 日前后，目标高压在低纬度消失，宣告此次冷空气过程结束。

此次影响保留区的冷高压与影响西北太平洋的冷高压有明显不同：西北太平洋冷高压通常持续 3～5 d，然后向东向或东南向移动[9-10]，而保留区冷高压出现多股冷高压在东太平洋堆积的现象，其诱导高空形式为短波槽，导致目标高压不断吸收东移弱高压并维持较高压强，从而不易消失。该过程除与季节和地理位置有关外，还可能与陆地和海洋的比热容有关：受地球自转等因素的影响，天气系统应自西向东移动（如欧亚大陆的冷空气移动）；由于北半球进入冬天，陆地的比热容较小，更易降温并形成冷气团，而海洋的比热容较大，温度变化不明显并形成暖气团，冷、暖气团交汇易产生由冷指向暖的系统趋势，即向西移动趋势；向西移动趋势与地球自转等引起的向东移动趋势相结合，导致冷空气在东太平洋海面堆积。

针对上述冷高压外围影响保留区的情况，在预报过程中须实时关注冷空气的中心位置、走向和持续时间，及时判断冷空气的影响范围以及保留区风速和风向，适时调整作业方案。

2.4 11 月 7—12 日

保留区主要受信风和冷空气外围影响，风速较小，最大为 5 级，平均为 6.5 m/s；风向以东北东向为主，其次是东向，其余风向接近于 0。11 月 12 日，调查船离开保留区，继续受信风影响，总体风速较小。

3 其他气象状况

此次调查任务还获得保留区气压、气温和湿度的数据。气压主要在 1 006～1 015 hPa 变化，除受船舶位置影响外，与天气系统吻合较好，即冷空气南下期间气压较高，冷空气北抬期间气压降低。气温和湿度日变化剧烈，其中气温为 23℃～31℃，湿度为 60%～100%；气温平稳时湿度下降，气温波动下降时湿度上升。结合实际天气情况，本研究认为气温和湿度变化与降水密切相关，即降水影响气温[11]和湿度分布。保留区降水频繁（实际降水情况与湿度曲线波动情况相对应），低纬度小气旋会引起频繁的短时降水，冷空气影响期间降水减少，冷空气上抬后降水又增多。

为进一步了解保留区的气象状况，本研究利用欧洲中期天气预报中心的历史数据，统计 2013—2015 年 10—11 月保留区的风向和最大风速（表 1）。

表 1 保留区的风向和最大风速

年份	10 月			11 月		
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
2013	东风 5 级	转风 4 级	偏东风 4～5 级	东北风 5～6 级	偏东风 6～7 级	东北风 7～8 级
2014	转风 4 级	飓风	偏东风 5～6 级	东北风 7～8 级	偏东风 5 级	偏东风 6～7 级
2015	飓风	飓风	飓风	偏东风 6～7 级	东北风 7～8 级	偏东风 6～7 级

由表 1 可以看出，保留区 10 月可能受到飓风影响，但没有飓风期间风速较小；11 月主要受冷高压外围影响，风速通常比 10 月大。

4 结语

我国于 2017 年对东太平洋克拉里昂－克利帕顿断裂区多金属结核保留区进行首次调查。本研究通过此次调查志愿船观测获取的真实气象资料，

结合预报的实际经历，利用滤波平滑等手段对实测数据进行处理，同时参考再分析和数值预报等资料，对调查期间保留区的气象状况和预报规律进行总结，以备今后勘探和开采工作使用和参考。

参考文献

[1] 邓大伟.多金属结核和结壳的相态分析研究及其应用[D].长春：吉林大学，2004.

[2] 李向阳.我国深海多金属结核采矿试验之初论[J].海洋开发与管理，2017，34(1)：63－66.

[3] 程景广，于敏，戴晓风，等.东太平洋结核区可培养细菌的多样性研究[J].中国海洋大学学报(自然科学版)，2017，47(6)：42－52.

[4] 张欢，韩春花，杨锦坤，等.中国大洋数据共享现状与展望[J].海洋开发与管理，2017，34(3)：3－11.

[5] 刘家沂.我国志愿船管理现状及发展战略措施[J].海洋开发与管理，2008，25(1)：21－24.

[6] 刘家沂.国际志愿观测船计划[J].海洋开发与管理，2008，25(2)：18－22.

[7] 李葳.NECP FNL 资料解码及数据格式转换[J].气象与减灾研究，2011，34(1)：63－68.

[8] 高山，江崇波，刘桂艳，等.WRF 模式在“大洋一号”随船预报中的应用[J].海洋预报，2015，32(1)：46－52.

[9] 林锡贵，张庆荣，蔡亲炳.秋、冬季赤道西太平洋海面气象特征初析[J].海洋与湖沼，1992(4)：371－378.

[10] MO D X，HOU Y J，LI J，et al.Study on the storm surges induced by cold waves in the Northern East China Sea[J].Journal of Marine Systems，2016，160：26－39.

[11] 林锡贵.10 月份赤道西太平洋海面气象特征[J].海洋预报，1993，10(4)：37－46.

丰富、直观和实用的海洋底栖动物图谱

——《黄渤海常见底栖动物图谱》书评

全球海洋生活着超过 40 万种海洋生物，占地球生物物种总数的 80%以上。海洋底栖生物是栖息在海洋水域基底表面或内部的动物和植物，其中海洋底栖动物的种类分布十分广泛。我国海域面积广阔，拥有热带、亚热带和温带海洋环境以及独特的洋流体系，海洋底栖动物的物种多样性极高。

《黄渤海常见底栖动物图谱》在众多学者开展鉴定和分类研究工作的基础上，精选黄、渤海较常见的底栖动物，收录实体彩色照片 1 459 张，物种共计 635 种，隶属 13 门、27 纲、71 目、254 科，包括环节动物门 140 种、软体动物门 193 种、节肢动物门 221 种、棘皮动物门 27 种以及其他门类 54 种。书中所用的标本主要来源于国家海洋局北海环境监测中心近年来在黄、渤海开展的海洋生物多样性监测、近海典型生态系统监测和海洋保护区监测等项目，标本分布范围为我国近海 35°N－41°N，采样工具为采泥器和底拖网；许多标本保持原有的体色和光泽，部分污损标本来源于黄、渤海实验挂板和海水养殖浮筏等人工设施的附着生物。

值得一提的是，目前我国海洋底栖动物鉴定和分类资料中的图片多为编著者根据标本样貌手工绘制而成，而《黄渤海常见底栖动物图谱》中的所有图片均为显微拍摄的实体彩色照片，无疑更加直观和易对照。本书图文并重，图片力争还原实物本色，同时标注每种动物的比例尺，书前的目录和书后的索引便于快速查阅种群。

《黄渤海常见底栖动物图谱》的出版对于我国北部海区底栖动物的鉴定和分类研究具有重要意义，其所载丰富、直观和实用的高质量内容，可为读者开展相关研究提供极大的便利。(海洋出版社　张荣)