

马卫民, 褚晓春, 王力群. 神舟七号飞船发射海上测控气象保障分析[J]. 气象, 2010, 36(12): 35-40.

神舟七号飞船发射海上测控气象保障分析^{*}

马卫民 褚晓春 王力群

中国卫星海上测控部技术部, 江苏江阴 214431

提 要: 随着我国航天测控、远洋运输等不同行业海洋气象保障需求的不断增加, 包括南太平洋、南北印度洋在内的远洋气象保障业务越来越重要。目前, 国内相应的专业气象部门, 对这一区域气象保障和规律了解不多, 为了给相关研究和保障提供参考, 文章通过神舟七号飞船发射海上气象保障经历, 介绍了南半球, 尤其是西南太平洋区域海浪和海面风场的气候特征, 以及南半球行星尺度和天气尺度系统的活动情况, 结合实际保障中天气个例的分析, 指出南半球海上气象保障要从以下几方面加以重视: 注重欧洲格点报和 NWW3(第三代全球海浪数值模式)模式海浪数值预报 3 天的预报趋势; 关注南太平洋地区冷高压于源地生成后的活动; 重视斐济海西北—东南走向的行星尺度锋面的变化; 分析是否有热带低压同冷高压相配合。

关键词: 西南太平洋, 行星尺度, 天气系统, 气象保障

Analysis on Application of Meteorological Support to the Ship over the Pacific Ocean for the Launch of SZ-7

MA Weimin CHU Xiaochun WANG Liquan

China Satellite Maritime Tracking and Control Department in Jiangsu, Jiangyin 214431

Abstract: With the developing of China aerospace tracking & control, the application of meteorological support to ocean ship, becomes more and more important, especially in the India Ocean and the South Pacific Ocean. On the contrary, we knew little about the weathers there which could bring strong winds and big waves over those areas. In the study, by using related climate data, some analyses are conducted on active behaviors of several weather systems and weather cases, which were different from ones in the Northern Hemisphere. Also in this paper, some advices are proposed to weather man in order to help them providing more accurate weather prediction to the navigating ship.

Key words: Southwest Pacific Ocean, planetary-scale, weather system, meteorological support

引 言

西南太平洋, 特别是斐济海到新西兰东北部海域, 气象条件复杂多变, 天气系统除明显的南北半球差异外, 还有许多特殊之处, 如少云低压时常出现、热带气旋从锋面云系中突发生成、横跨大洋中部的西北—东南辐合带和相应的云系东移诱导气旋的生成。这一区域气象资料较少, 国内专业气象部门保障经验不多, 大大增加了相应船舶航行气象保障的难度。同时这一海域又是国际远洋运输及科学考察

活动的重要地区, 所以总结以往航行保障经验, 分析研究其天气变化的规律, 非常必要。

某航天测量船因为任务的需要, 经常前往南太平洋执行神舟飞船海上作业任务。在 2008 年前往西南太平洋测控海域执行神舟七号发射测控任务的 60 天的海上航行中, 测量船克服海况差、气象条件复杂多变以及船舶动力设备老化、故障较多的重重困难, 尤其是在作业期间, 海况恶劣、不得不多次调整测量工况和海区的情况下, 完成了神舟七号载人航天飞船发射海上测控任务。因时值 9 月下旬, 正是南半球冬春交替的季节, 平均海况较差。气象条

* 江苏省高“333 人才工程”项目资助

2009 年 8 月 18 日收稿; 2010 年 4 月 14 日收修定稿

第一作者: 马卫民, 主要从事海洋气象预报及研究. Email: rise_ma@hotmail.com

件的复杂多变为海上作业的完成增加了难度。然而由于这次执行任务过程中,气象保障及时准确,船舶机动迅速果断,在整个航渡期间,没有遭遇 3.5 m 以上大浪和 9 级以上的大风袭击,既保证了人员设备的安全,也圆满完成了神舟七号海上测控任务。文章从相关气候条件和保障经验方面进行了船舶航行气象保障分析。

1 春季南太平洋区域气象要素统计特征

南北半球由于所处地理位置的不同,自然季节正好与北半球相反,9—10 月为南半球春季。从气候规律方面来看,不管是南北半球,其夏季在没有台风等低值系统影响的情况下海况较好。相反在冬季,因为冷空气频繁地向低纬度陆地和海洋表面侵袭,常常带来持续性的大风、大浪天气。另外一个显著特点是:南半球由于海洋面积广阔、海水深、岛屿少,以及冷空气相对较强且大风持续时间较长等原

因,南半球的风、浪往往比北半球同纬度海域风、浪大,南半球洋面上有涌浪大、风浪小的特点,即出现涌大浪小的现象。根据《全球海洋气候图集》^[1]对南半球西南太平洋区域共 50 年风、浪等气候要素进行了统计,以供保障参考。

西南太平洋 9 月平均风浪分布图表明(图 1a), 1.5 m 平均风浪等值线从新西兰以东向北扩散,这是南半球冷空气向北侵袭的结果。在赤道新几内亚附近有一大于 1.0 m 的相对大浪区,是辐合带云系长期作用的结果。在涌浪分布图(图 1b)中,有相同的分布规律。不同的是,新西兰以东出现 3.0 m 以上的大浪区,2.5 m 和 2.0 m 的涌浪线明显向北推进,2.0 m 的涌浪线已北压到 20°S 以北。同时新西兰以西也出现 2.5 m 大涌浪区,是澳大利亚以南冷空气影响的结果。从图 1 可看出,9 月份在新西兰东北部海域平均涌浪 2.5 m 以上,平均风浪 1.5 m 以上。如果认为涌浪和风浪同时存在,按照有效波高公式计算,其最大平均有效波高可达 2.9 m,说明 9 月份此海域海况极为恶劣。

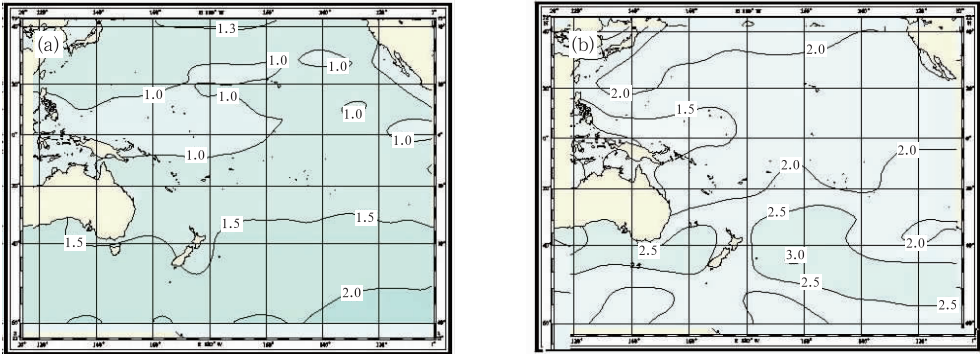


图 1 西南太平洋 9 月平均风浪(a)、涌浪(b)统计图
Fig. 1 September mean waves in Southwest Pacific Ocean for (a) wind waves, and (b) ocean swell (unit: m)

从《全球海洋气候图集》50 年资料统计结果看,作业海区西南太平洋大风区的分布(图 2)和南半球

西风带分布形状较为一致。不论是大于 8 级还是大于 6 级的大风,在斐济海处都有一个相对的大值区,

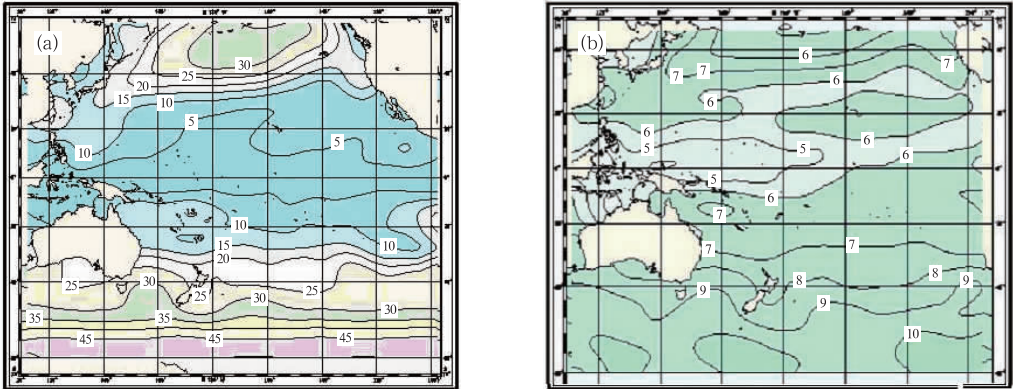


图 2 西南太平洋 9 月大于 6 级平均风速(a)和大于 8 级平均风速(b)频率统计图
Fig. 2 September statistical frequency of great wind in Southwest Pacific Ocean for (a) over Beaufort scale 6, and (b) over Beaufort scale 8

这是南半球第二辐合带以及温带气旋共同影响所产生的结果。频率为 15% 和 20% 的 6 级大风线均在新西兰以北 30°S 附近, 相应的区域, 8 级大风的分布概率均在 7%~9%。

2 区域主要天气系统及特征

气候要素值的大小常常取决影响当地的主要天气系统。由于近年来气候变化异常、海上气候资料缺乏、小尺度系统被平滑等原因, 仅仅掌握海区的平均气候变化规律不足以为航船舶提供良好的气象保障。其弥补的办法就是, 掌握主要天气系统演变规律的同时, 关注大尺度天气系统背景下诱导而产生的中小尺度天气系统发展变化特性, 对局地性的天气系统给予足够的重视。按照有关资料文献^[1-2]和 20 多年远洋航海气象保障经验总结, 每年春季影响西南太平洋作业海区的天气系统和特点存在以下几方面特征。

2.1 绕极气旋频繁出现

南半球高纬度的绕极气旋是冬半年西南太平洋最主要的天气系统之一。图 2 中出现的大风区, 除斐济海附近的, 主要是由于西风带和绕极气旋影响而形成的。因南半球洋面广阔, 少陆地高山, 所以西风带非常强劲, 绕极气旋频繁而且强度极大, 这是南半球洋面风大涌浪较高的主要原因。绕极气旋对西南太平洋中低纬区域的影响主要是通过其携带的冷锋一次次向北输送冷空气, 并将大风和涌浪传到中低纬洋面, 气旋的中心和主体一般在 20°S 以南的高纬地区。南极高纬度地区周围往往排列着 5~6 个绕极气旋(图 3)。

2.2 冷高压或冷空气交替出现

影响南太平洋某测量船测控区域的冷高压和冷

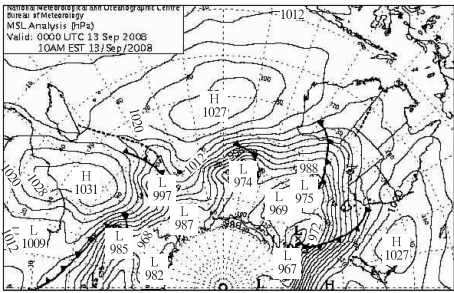


图 3 2008 年 9 月 13 日 00 Z 南半球海面平均气压场分析图(澳大利亚传真图)
Fig. 3 Mean sea level pressure chart in the Southern Hemisphere at 00 Z 13 September 2008 (unit: hPa)

空气常常分为两种: 一是来自澳大利亚的冷高压, 另一个是来自南极高纬度的冷空气。来自澳大利亚大陆的冷性高压和北半球冷高压没明显差别, 移动方向是以向东的分量为主, 个别自西南向东北方向移动, 这在新西兰气象局地面形势预报图(图略)上表现较为明显。来自南半球高纬度地区的冷空气和北半球相应的天气系统有所不同。这些冷空气常常不以明显闭合的高压等值线出现, 多数以低值系统后的相对高压或者仅仅以绕极气旋中心向北延伸的强冷锋为引导, 从南向北扩散。因此预报的着眼点应该是极地气旋和其形成的冷锋, 在海浪图上表现为高纬度地区低值中心 10 m 以上的大浪区向低纬地区扩散。

2.3 行星尺度锋面诱发气旋产生

南半球西南太平洋特有的、位于澳大利亚西北部、呈西北东南走向的超长尺度风速风向切变、多云的低压带(图 4), 是南太平洋赤道以南显著的辐合带^[2]。它从印度尼西亚向东南方向伸展, 从新几内亚东部顶端伸展到 30°S、130°W 海域, 夏半年较活跃, 是一个与赤道辐合带有别的第二辐合带, 或南太平洋辐合带, 它对南太平洋区域天气预报极为重要,

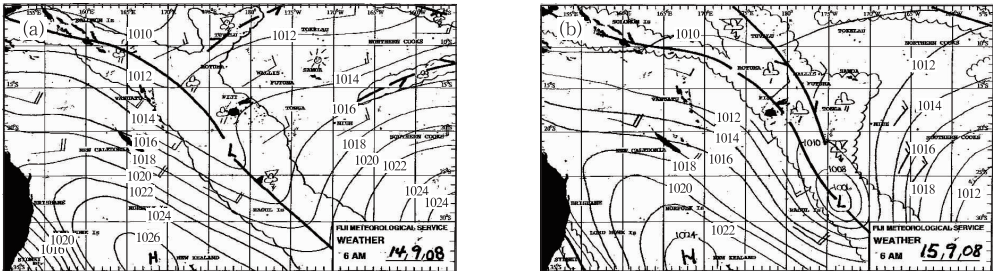


图 4 斐济海域 2008 年 9 月 14 日 02 Z(a)和 15 日 02 Z(b)海面气压图
Fig. 4 The sea surface pressure charts in Fiji area at (a) 02 Z 14 September 2008 and (b) 02 Z 15 September 2008 (unit: hPa)

但这一系统在有关文献中论述不多。

行星尺度锋面和热带辐合带一样,在云图上常常表现为一个长达数千千米的长云带。行星尺度锋面发展强烈时,通常伴有 7~8 级大风。同时,在行星尺度锋面东西移动和发展过程中,常常会诱发产生一些低压系统(见图 4),进一步发展成温带气旋或热带气旋。由于第二辐合带的长期存在,再加上不断有低压系统的产生,导致斐济海附近洋面为一区域性大浪中心。

2.4 温带气旋和热带气旋同时出现

新西兰北部附近海域的温带气旋是一个极为重要的天气系统。从新几内亚到斐济海的行星尺度锋面,其西部经常为东南到东风,东部表现为北到东北风,随着其辐合的加强及向东推移,通常从其中诱发出温带气旋。如在夏季有时会形成热带气旋。另外一种温带气旋是从澳大利亚大陆生成向海区移动,但这种温带气旋较前者少^[3-4]。

文献[2]给出了这一区域气旋移动概率特征。在珊瑚海,总的趋势是,在 15°S 附近以北的区域,西南移动具有高频率,而在 15°S 附近以南,转向东南向移动。而由于西南太平洋高压的阻挡,一般气旋移至 30°S 会逐渐减弱,并转向东移动,最终衰亡^[3-4]。而当新西兰北岛以西高压减弱并与东南太平洋副高之间距离较远,留有较大空隙时,温带气旋就会在新西兰以东洋面沿高压间的空隙继续向东南移动,对任务作业海域造成较大影响。

西南太平洋 9 月份热带气旋生成的可能性很小,从多年统计资料看只有不到 1% 的概率,因此该季节受其影响较小。

2.5 切断低压

切断低压常常形成于新西兰北部或东北部海区,它常常是由于冷高压势力较强,南部高纬度低压槽向北部低纬推进时,形成切断低压(图略)。它和温带气旋相比,强度往往比较弱,范围不大,位置偏南,生命史相对较短。从多次保障经验来看,移动速度也不大。但如果船舶接近其中心附近,尤其是在其靠近高压一侧气压梯度大,风速也会达到 8~9 级,浪高 3 m 以上。

3 西南太平洋神舟七号海上测控气象保障

某测量船参加神舟七号任务时间接近南半球的

冬季,作业期间的海况较差,但由于预报及时准确,船舶机动迅速果断,20 多天时间中,曾经先后 5~6 次调整船舶航行计划和作业海域,整个任务期间,虽然经历了 3 次天气过程影响,却始终没有受到较大的风浪袭击。

3.1 在斐济海附近航行过程中成功规避了一温带气旋

测量船前往作业海域的 9 月中旬,澳大利亚东部受中等强度冷空气过程影响,14 日,中心气压 1026 hPa。高空形势场上,在 30°S、180° 附近出现高空冷涡。这种高低空天气形势配置场极易在地面诱发出强烈的温带气旋系统。值得注意的是,处于斐济海、新西兰东北部的温带气旋在云图上对流云发展并不强烈,反而和北半球冷高压云系有一定程度的相似。只是在气旋东北部处的行星尺度辐合带处,对流极为旺盛。14 日 20 时(07 Z),地面分析图上新西兰东北部出现低压,中心最低气压 1009 hPa,同时时间的卫星云图上已经明显有一条锋面存在(图略),云系呈西北—东南走向,靠近低压附近的云系表现为螺旋状。此时,温带气旋已经形成。其后,在高空 500 hPa 偏西气流引导下,该温带气旋向偏东方向移动。由于下游有阻塞高压存在,因此它的移动比较缓慢。至 15 日 20 时(07 Z),其中心位于 30°S、170°W 附近(图 5),同时高空 500 hPa 形势图中也存在一个低涡,表明从地面到高空都是低压区,该温带气旋已相当深厚。

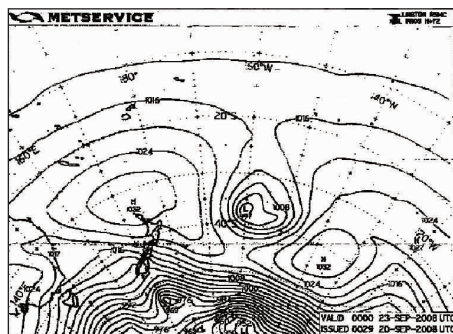


图 5 发展中的温带气旋(中心在 160°W 处)海平面气压场形势图(惠灵顿地面传真)
Fig. 5 The sea surface pressure field over Southwest Pacific Ocean on 20 September 2008, in which an extratropical cyclone centered at 160°W was developing

由于温带气旋前方气压梯度很大,风浪很大,给测量船顺利到达任务海区带来较大的影响。温带气

旋当时的移动速度大约为 $28\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ，之后将加速向东南移动，如果测量船若按原计划航行，15 日必将从后方进入低压内部，航行安全将面临威胁。16 日左右该温带气旋发展到最强，风速增大到 8~9 级，阵风 10 级，浪高 4~5 m，这种海况是非常危险的。考虑到该温带气旋后期将加速向东南方向移动，其后方的涌浪也将随之加速消退，测量船决定尾随气旋减速行驶，至 16 日后期，气旋影响范围远离航行海域，船舶加速，从而顺利地规避了这个温带气旋。

3.2 规避原定作业海域一次温带气旋过程

9 月 21 日，位于 25°S 、 170°W 附近的低压中心出现闭合等压线，低压发展并缓慢东南移动；23 日，气旋强烈发展，中心气压降至 997 hPa，位置在 38°S 、 160°W 附近，气旋中心最大浪高大于 4 m。受其影响，作业海域风力可达 7~8 级，阵风 9 级，整个过程中浪高可达 4 m 左右。预计从 24 日作业海域风力 7~8 级，浪高 3.5 m 左右。若某测量船于 24 日船时 00 时（23 日 11 Z）开始向作业海域行进，航线海域浪高虽较 23 日有所减弱，但仍可达 3.5 m 左右（船时：船舶为了方便作业制定的内部时间系统，大致相当于船舶所在海区当地时）。

经过天气会商，气旋未来趋势为：先向东移动发展，然后向东南快速移动。此时测量船面临的选择有两种可能：保持船速，向南航行到南半球较高纬度，达到作业海区；向东航行，尾随其后，择机向南到达作业海区。第一种方案虽然航程短，但有遭遇气旋中心大浪区的可能。考虑到船舶老龄化严重，不便在大风浪中长期航行，所以采取了第二种机动方案。在之后的航行中，机动阶段海浪高 3 m 的时间不足 2 个小时，船舶得以较理想速度行驶，结果测量船顺利到达预定海域进行第一天的作业任务。

3.3 规避南半球高纬冷空气大浪区的影响

9 月 27 日 12 Z（图 6），欧洲格点报显示 500 hPa 上的短波槽自西向东移动迅速，冷空气顺势而下，28 日 12 Z（图 7），槽 A 赶上槽 B，两个短波槽合二为一，在 170°W 附近基本形成了一个延伸至 20°S 左右的长波大槽。冷空气大量沉积，在低纬度集聚到一定程度后大风浪便随之产生，冷空气引起的大浪区快速向北扩散。至 27 日 13 Z（图略），4 m 浪区已十分接近某测量船作业海域，且不同等级浪区之间间隔较小，递减梯度较大，船舶的航行安全也很

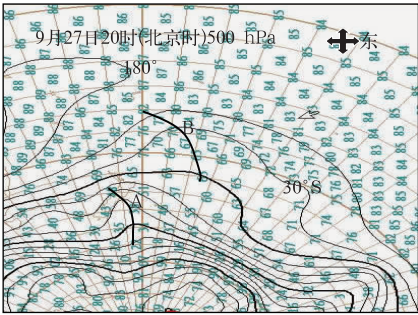


图 6 2008 年 9 月 27 日 12 Z 格点报 500 hPa 形势图

Fig. 6 The 500 hPa height field over Southwest Pacific at 12 Z 27 September 2008

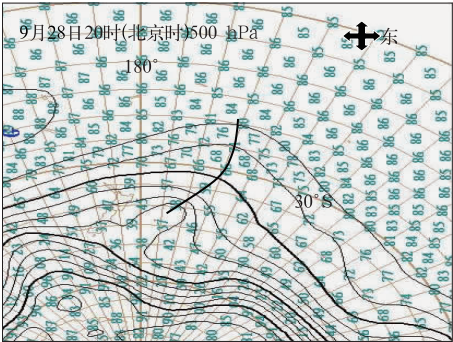


图 7 2008 年 9 月 28 日 12 Z 格点报 500 hPa 形势图

Fig. 7 As in Fig. 6, but for 12 Z 28 September 2008

难得到保障。根据当时的实际情况，对船方向进行调整，且在第一天作业完毕时及时向西移动一个经度，赶到西部相对较好海况区域，结束后再次立即全速航行向西机动，从而规避了冷空气所引起 3~4 m 的大浪。结果证明，这样调整后的航行对船舶海上作业没有任何影响。作业结束后，船舶继续向西航行 3 个经度执行第三天的作业任务。至此，测量船在作业期间顺利规避了这次强冷空气过程影响。

4 春季西南太平洋区域气象保障几点经验

综合气候规律和多次西南太平洋测控及航渡的气象保障经验，可确定南太平洋冬末到夏初，气象条件复杂多变，天气系统演变较快，海况较为恶劣，虽然如此，只要认真分析气象资料，采取正确及时的船舶机动方法，能够完成好海上作业任务。通过总结多次西南太平洋航行气象保障经历，在复杂气象条

件下的船舶气象保障有以下几方面经验。

(1) 9 月份西南太平洋天气变化异常迅速,对于欧洲格点报和 NWW3 模式海浪数值预报,虽然总体趋势比较准确,但 3 天以后不太可靠,常常出现后期预报结果普遍偏大的现象,而且时间越长,正误差越大。有时 2~3 天内海浪预报中 2~3 m 浪高值在实际中 3 天后有可能会完全消失。欧洲中心格点报上早期出现的低压系统(如 9 月 24—27 日新西兰东北曾预报过的小低压)有时也会在短时间内突然消失。

(2) 南太平洋地区冷高压从源地生成后,向东移动速度很快,移动的高压北部海区往往会诱生出一个温带气旋或低压。形成后的低压经常会沿着一条弱静止锋由西北向东南方向移动。其移动方向和南太平洋副高等天气系统有关。有时温带气旋的诱生与斐济海西北—东南走向的行星尺度锋面的变化有关。

(3) 要重视斐济海西北—东南走向的行星尺度锋面的变化,重视其诱生低压的特点。这一行星尺度锋面,或叫作南半球第二辐合带有时会发生东西方向的移动。移动的同时常常生成温带气旋或低压。由它派生形成的低压,有时对流云可能并没有辐合带本身的对流强烈,云图上表现为不是密实浓白的大片对流云。由于西南太平洋第二辐合带常常诱生低压,所以常常在斐济海一带形成地方性大风浪,对过往船舶产生一定的影响。

(4) 冷高压若和热带低压相配合,它们之间气

压梯度较大处往往会出现大风浪。在这种情况下,船舶必须及时果断执行机动航行方案。由于船舶接收的新西兰气象局资料没有风力要素预报,为了客观地得到海面风速,可以采用简化地转风经验公式计算风速,因为海表摩擦力小,所在的海域位于中纬度地区,由此公式求出的风速经检验误差较小^[5]。

总之,由于西南太平洋上天气系统生成快,消失也快,要充分利用海面实测观测资料和收到的各种气象信息,综合分析,重点掌握冷空气和热带低压的活动规律。特别是当它们一起出现,共同影响航行作业海区时,要沉着冷静,仔细分析,找出最佳的避让路径。强度较大的天气系统或海浪中心值较大、梯度较大时,往往数值预报误差或者变化较小。对于传播较远的、大浪区边沿的海浪预报值,往往变化较大。这常常是海浪预报中导致预报失误的重要因素。

参考文献

- [1] 马生春,潘剑翔,马继瑞,等. 全球海洋气候图集[M]. 北京:解放军出版社, 2000:146-169.
- [2] 林之光,孙安健,谢清华,等. 三大洋气候[M]. 西安:陕西人民出版社, 1991:19-90.
- [3] 朱帅,马卫民. 西南太平洋温带气旋统计分析[J]. 海洋预报, 2001,18(3):58.
- [4] 俞世华,陈信雄,马卫民. 航天测控气象保障[M]. 北京:国防工业出版社, 2001:128.
- [5] 滕军. 1 月份南半球测控海域风速计算方法[J]. 军事气象, 2002(1).