

前言

欢迎翻开《探寻海洋环境与导航密码》，一同踏上这段穿越风浪、探索自然规律与人类智慧交织的科学航程。

提到“海洋环境与导航”，人们往往会想到波涛汹涌的大海、闪烁的灯塔，或是指引方向的指南针与罗盘。然而，真正的海上导航远不止于此——它融合了气象学、海洋学、地理信息科学等众多学科，是理论与实践相结合的智慧结晶。从气温、降雨到海水温度、盐度，从风暴、潮汐到涌浪、内波，每一个海洋环境要素都在潜移默化地影响着船舶与飞机的航迹。

本书将带领读者从基础的海洋气象与水文特征出发，逐步揭示这些自然要素如何塑造并影响人类的航行与探索。无论是早期的帆船如何借助信风横渡大洋，还是现代导航系统如何在大风大浪的干扰中保持精确定位，背后都蕴藏着深刻的科学原理与惊人的工程智慧。

为了让读者更好地理解这些复杂现象的内在逻辑，本书力求以通俗易懂的语言阐释专业知识，结合生动的实例、丰富的插图与典型的科学案例，带领读者循着科学家的足迹，一步步揭开海洋环境对导航的深远影响。

当然，这本书的意义不仅在于普及知识，更希望能激发读者对海洋科学与导航技术的热爱，培养探索精神。科学并不遥远，它就在我们的日常生活之中，从天气预报到飞行航线规划，从渔业生产到卫星遥感监测，无不与海洋环境密切相关。期待有一天，读者能够从这本书中汲取灵感，在未来的学习或科研中，进一步探索海洋的奥秘，为国家的海洋强国建设贡献力量。

这本书不仅是一部科学读物，更是带你走进蓝色星球深处、领略大自然的钥匙。愿每一位读者在阅读的过程中，既能收获知识，更能感受到科学探索的乐趣，怀揣对浩瀚海洋的敬畏与热爱，开启属于自己的探索之旅。

编 者

目 录

第1章

我是谁

1.1 我对日常生活与海上活动的影响	2
1.2 海洋环境中的大气运动	4
1.2.1 大气垂直结构	4
1.2.2 大气受热过程和大气运动	9
1.2.3 常见的天气系统	13
1.2.4 气压带和风带	17
1.3 海洋环境中的海洋运动	20
1.3.1 洋 流	20
1.3.2 洋流对自然环境的影响	22
1.4 海洋环境中的海气相互作用	24
1.4.1 海—气相互作用与全球水热平衡	24
1.4.2 海陆分布对气压带和风带的影响	26
1.4.3 厄尔尼诺和拉尼娜现象	27
1.4.4 台风现象	29

第2章

我对海上航空导航的影响

2.1 飞行气象条件	32
2.1.1 能见度：迷雾中的挑战	32
2.1.2 风：海上的隐形推手	34
2.1.3 温度与湿度：微妙的平衡	36
2.1.4 气压：高空的考验	40

2.2 大气的怪脾气：强对流与雷暴	41
2.2.1 强对流与雷暴的形成原理	41
2.2.2 强对流与雷暴对海上飞行的影响	43
2.3 大气的冷漠：积冰	46
2.3.1 飞机积冰的产生原理	47
2.3.2 飞机积冰的现象	48
2.3.3 飞机积冰的形成条件	48
2.3.4 飞机积冰对飞机的影响	49
2.4 大气中的隐形杀手：低空风切变	50
2.4.1 低空风切变的产生原理	50
2.4.2 低空风切变的现象	52
2.4.3 低空风切变的形成条件	53
2.4.4 低空风切变对飞机的影响	54
2.5 如何探索我的怪脾气	55
2.5.1 地面气象站	55
2.5.2 浮标系统	56
2.5.3 探空气球和无线电探空仪	58
2.6 如何利用我的怪脾气	59
2.6.1 文学典故中的气象智慧	59
2.6.2 现代战争中的气象科技	60

第3章

我对航海导航的影响

3.1 海洋的脉动（潮汐）	64
3.1.1 潮汐现象	64
3.1.2 潮汐对航海的影响	67
3.2 海洋的流动（海流）	68
3.2.1 海流的分类	70

3.2.2 世界海洋表层海流	72
3.2.3 海流对航海导航的影响	74
3.3 海洋的“浪”漫（海浪）	78
3.3.1 海浪的类别	79
3.3.2 海浪的表示方式	81
3.3.3 海浪中的“魔鬼”——内波	87
3.3.4 海浪中的“巨无霸”——海啸	90
3.3.5 海浪对航海导航的影响	92
3.4 海洋的“血液”（海水温盐密）	96
3.4.1 海洋的“体温”	96
3.4.2 海洋的“调味剂”	99
3.4.3 海洋的“体重秤”	104
3.4.4 海水温盐密对航海导航的影响	108
3.5 基于海洋环境的航海导航	111
结束语	117



第1章

我是谁

如果把海洋想象成一个躺在地球表面的“蓝色巨人”，那海洋水文环境就是它奔流不息的“血液”，流动的海水里藏着太多关键信息，每一个变化都像“血液指标”一样，反映着海洋的状态。你可能听过“海水温度”“盐度”“海流”“海浪”这些词，它们都是水文环境的“核心成员”，它们共同构成了海洋的“动态密码”，每一个都和航海导航紧紧绑在一起。如果说水文环境是海洋的“血液”，那气象环境就是海洋的“情绪”，它管着海上的风、雨、雾、雷暴，直接决定了船只、飞机在海上“出门”要不要带“伞”。对导航来说，气象环境的影响更直接：一阵突如其来的大风，可能让小船晃得像婴儿的“摇篮”，船员站都站不稳；一场浓得化不开的海雾，能让万吨巨轮变成“睁眼瞎”，连前方的灯塔都看不见。当然，海洋环境这个“大家庭”里，不只有水文、气象这两个“顶流成员”，还有海底地形等“低调高手”，它们不像风、浪那样一眼就能看见，平时安安静静待在“角落”里，但对航海导航也很重要。

看到这里，你应该明白“我是谁”了吧？我（海洋环境）是一个由气象、水文、海底地形等组成的“超级系统”，我既是海洋生物的“生活背景板”，鱼在哪儿游、珊瑚在哪儿长，都得看我脸色；更是海上导航的“黄金搭档”，海上的飞机、船舶往哪儿开、开多快、能不能安全到达，都得跟着我的变化调整。我身上哪怕一点小变动，比如海流偏了几度、雾浓了几分，都可能影响船只的航向、速度，甚至安全。

接下来的章节会更深入地聊聊我身上的“特点”，比如海流怎么帮船“搭顺风车”、海雾怎么让导航“失灵”，我具体是怎么影响航海导航的？船员们又有哪些“小妙招”，能读懂我这些“小心思”，平平安安在海上航行？相信看完这些，你会对“海洋环境与导航的密码”有更清晰的认识。

1.1 我对日常生活与海上活动的影响

海洋广阔无垠，蕴藏着无数奥秘。从古至今，人类探索海洋的旅程就像是一场大型“开盲盒”——有惊喜，也有惊吓。

早期航海主要靠经验和运气，以 1519 年麦哲伦的环球航行为例：船队穿越大西洋时，在南美洲南端的海峡被大风浪折腾得够呛；可进入南纬 30° 附近的某片海域时，风完全不见了，太阳晒得甲板滚烫，船员差点被晒成“咸鱼干”；再往前，东南信风吹起，船队像搭上了“顺风车”一样前行；而到了赤道，风又突然“罢工”，船队只能无奈地随波漂流。可见，风和洋流才是真正的“航海调度员”。



在人类历史上，海洋环境曾多次左右战争的走向。元军东征日本，因遭遇强台风而损失惨重，最终导致远征失败。明代郑成功精准预判潮汐规律，成功收复台湾。进入近代，海洋环境依旧影响战争的胜负。1941年，日本舰队躲在冷锋后偷袭珍珠港。1944年诺曼底登陆，盟军气象学家精准判断天气，选在6月6日成功突袭，让德军措手不及。同样在1944年，美国第三舰队在菲律宾作战时遭遇台风，舰队蒙受了巨大损失。



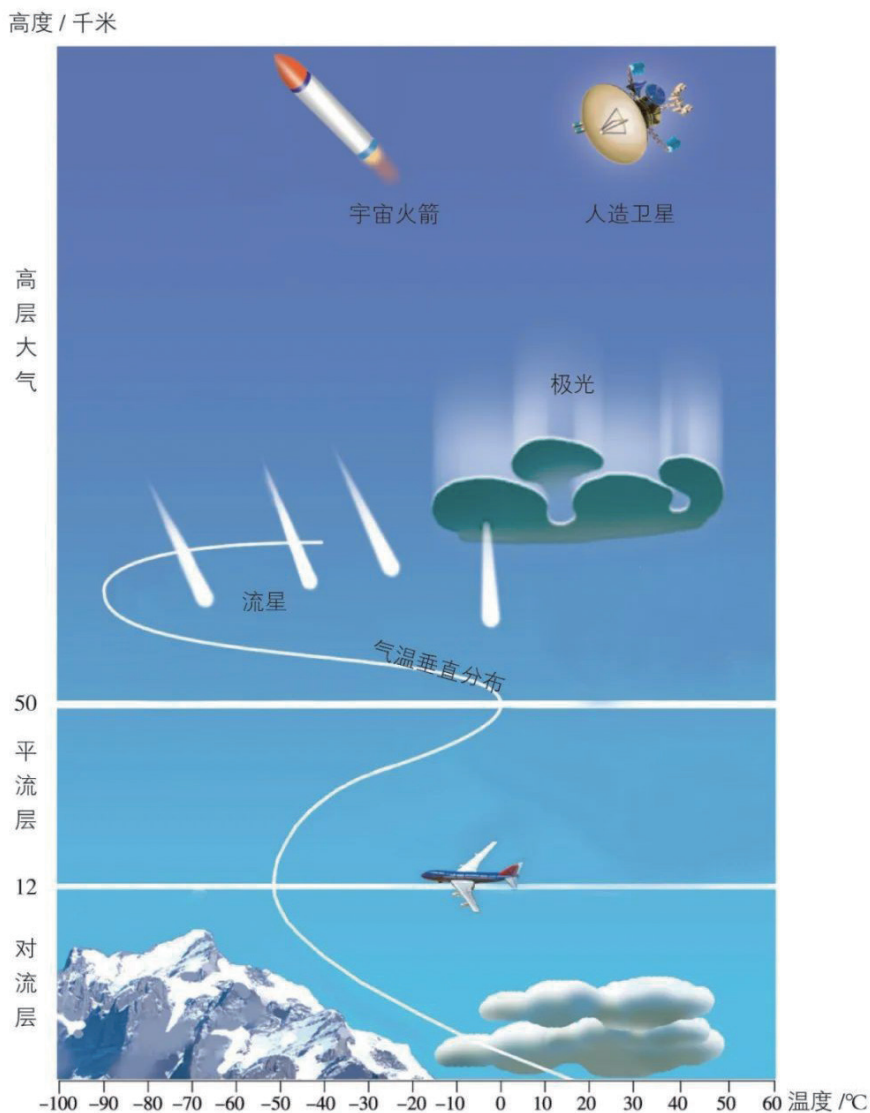
海洋环境不仅关系到航行安全，更能左右战争的胜败。如今，科学家们借助卫星、浮标等高科技设备，精准预测风浪的变化趋势，让人类在探索海洋的征程上更具底气。

1.2 海洋环境中的大气运动

1.2.1 大气垂直结构

地球的大气层，就像是地球的“羽毛”，轻轻地覆盖在地面上。

它不仅是人类赖以呼吸的空气来源，更是一台精密的“气候调节机器”，能够帮助调节地球温度，维系全球生态的平衡。大气层从下至上主要分为对流层、平流层和高层大气。



1. 对流层——天气现象发生层

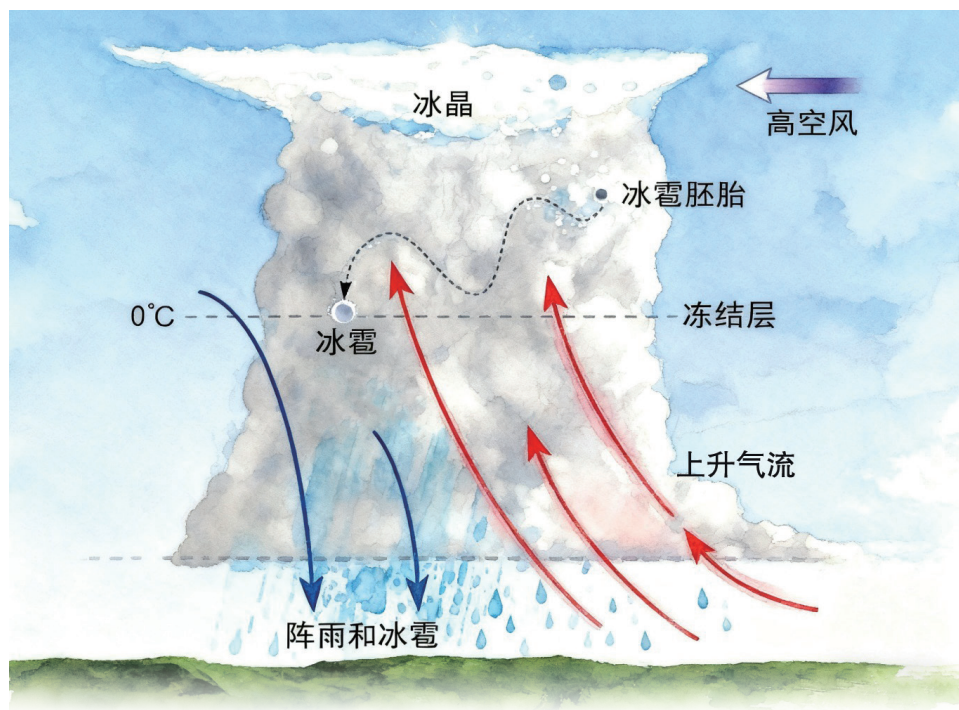
对流层是大气层中最底部的一层，堪称地球的大气“运动场”。这一层不仅是空气的集合体，更是大气中最活跃的区域。对流层几乎聚集了地球大气 75% 的质量和 90% 以上的水汽。正因为如此，大部分

天气现象都发生在这里——从云朵、雨滴到雪花、雾霾，都是对流层“上演”的自然景象。

对流层的高度并非固定不变，会随纬度不同而变化。在热带地区，气温较高，空气上升更为猛烈，对流层高度可达 17 至 18 千米；而在寒冷的高纬度地区，这一层的高度仅为 8 至 9 千米，宛如“低矮的天花板”。

在对流层内，气温会随着高度的增加逐渐降低，到了层顶，温度会降至约 -60°C ，仿佛给大气盖上了一层厚厚的冰盖。对流层底部温暖、顶部寒冷的温差特征，推动了大量气流的形成与大气运动。暖空气携带水汽持续向上攀升，随着气温下降，这些水汽会凝结成云，最终形成降水。

云、雨、雾、雪等常见天气现象，都是这层大气的“杰作”。也正因为对流层含有这么多水汽和杂质，空气中的污染物也多集中在这里。这一层大气不仅与天气变化密切相关，更直接影响着人类的日常生活。人们的身边，正是对流层的“底部”，它让人们得以呼吸新鲜空气，感受四季的更迭。



2. 平流层——航空飞行层

平流层，听起来像是科幻电影中的一个神秘区域，实际上它位于对流层之上，范围从对流层的顶部一直延伸到 50 至 55 千米的高空。平流层就像是给地球加装了一个“高级防护罩”。为何这么说呢？因为在平流层，气温随着高度升高而升高，这跟人们习惯的“高处冷、低处热”完全不一样。这其实是由于平流层中的臭氧吸收了大量太阳紫外线，并将其转化为内能。

说到臭氧层，它堪称地球的“超级护盾”。平流层中距地面 22 到 27 千米范围内，臭氧含量最高，称为“臭氧层”，是地球上最强的“天然防晒霜”！臭氧层的作用远不止防晒，更是地球上生命得以存续的关键保障。如果没有它，紫外线会毫不留情地直接“晒”到地球表面。想象一下，植物受到过量紫外线的影响，光合作用受阻，无法正常合成养分，进而出现叶片枯萎、生长停滞的现象，这会导致全球粮食产量骤减，甚至可能引发粮食安全危机。海洋中的浮游生物会大量死亡，包括人类在内的陆地动物会出现皮肤的严重灼伤。此外，城市中的高楼大厦、桥梁等建筑的材料，长期经紫外线照射会加速老化、变脆易裂，从而产生安全隐患。

平流层的大气与对流层的截然不同，这里没有那么多的云朵和雨水。你可以把它理解为一个“性格温和”的区域——因为平流层呈现上部热、下部冷的温度分布，空气几乎不会发生剧烈对流。这里的空气干燥洁净、透明度高，能见度极佳，因此各类飞行器都偏爱在此空域平稳飞行。



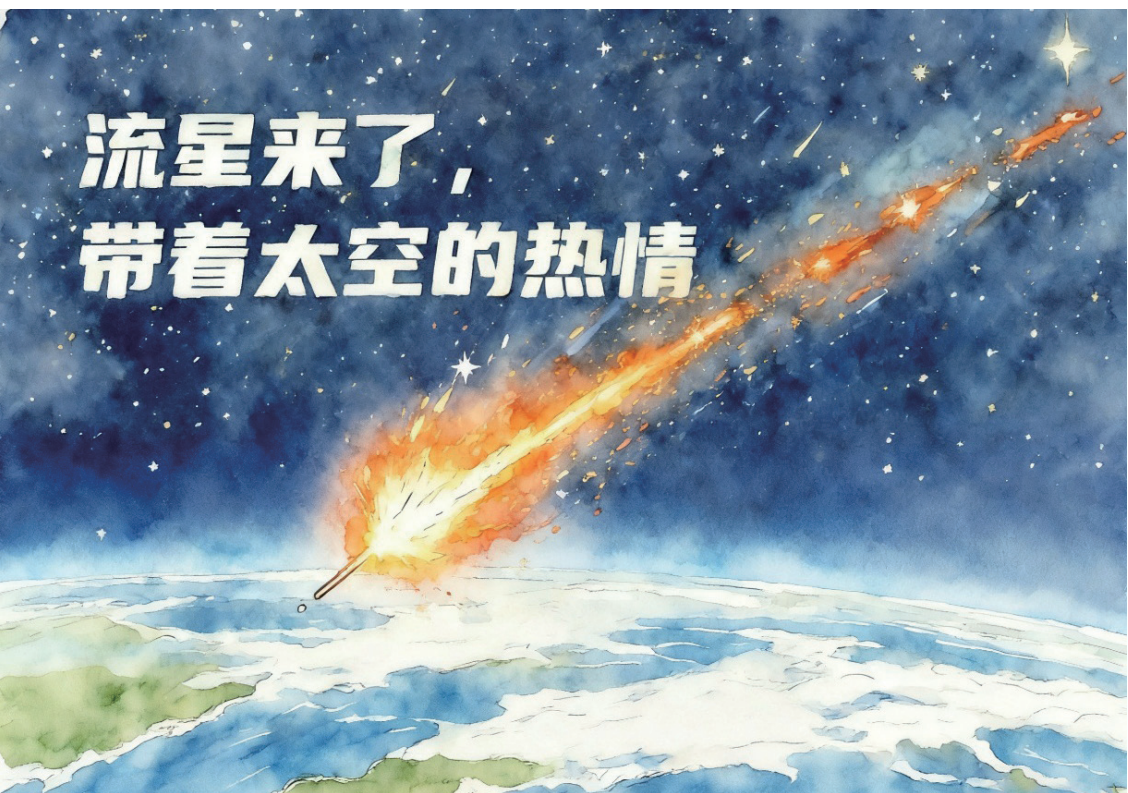
3. 高层大气

高层大气，是地球大气的“最终关卡”，位于平流层之上。它有点像地球大气的“顶楼”，从平流层顶部往上，由于没有臭氧层吸收紫外线，气温会开始下降。然而，随着高度的增加，太阳的紫外线被大气层进一步吸收，气温再次升高，甚至在300千米的高空，温度可以达到1000℃以上——简直像置身于“高温熔炉”中！

在高层大气的80到120千米的范围内，流星体会像“下雨”一样闯入地球大气，并燃烧形成美丽的流星。其实这些流星并不来自地球，而是自太空，一不小心就撞进了大气层，瞬间因摩擦变得炙热发光。人们看到的大部分流星都是来自这个区域，堪称地球上最酷炫的“夜空演出”。

此外，在80到500千米的高空，还有一个神秘的区域——电离层。这里的大气处于高度电离状态，能反射无线电波，因此对无线电通信至关重要。如果没有电离层，人们日常依赖的很多通信信号可能无法正常传输。

不过，在高层大气中，空气密度极低，几乎可以说是“稀薄得像水蒸气”。在2000~3000千米的高空，空气密度已经与星际空间相差



无几。这个区域的空气分子因高速运动，时常散逸到宇宙空间，因此这一高度被称为地球大气的“上界”。可以说，在这里，地球仿佛敞开了最后的“大气天窗”，让剩余的大气向着宇宙自由飘散。

1.2.2 大气受热过程和大气运动

大气就像一座热闹非凡的“能量大工厂”，其中的物理过程像是一场场精彩的能量“魔术秀”，始终伴随着能量的神奇转换。而太阳辐射，无疑是为这座工厂供能的“超级能量站”，更是地球大气最重要的能量来源。

太阳辐射长途跋涉奔向地球，必须穿过像一床厚棉被似的大气层。在这段旅程中，仅有一小部分或是被大气这个“调皮鬼”吸收，或是像“皮球”一样被反射出去，大部分则成功“闯关”，抵达地球表面。

到达地球表面的太阳辐射，一部分被地面像“贪吃鬼”般吸收，另一部分则被地面像“扔飞盘”一样反射出去。地面吸收辐射后，像被点燃的“小火炉”开始升温，接着摇身一变，以长波辐射这种独特的“能量快递”形式，把热量一股脑儿传递给近地面大气。近地面大



气收到这份“热量大礼”后，又通过对流、传导这些“能量接力棒”，一层一层地把能量往上送。

瞧瞧大气的受热过程，大气对太阳短波辐射就像面对不喜欢的食物，吸收得少之又少，因此短波辐射能像个灵活的“小飞侠”，轻轻松松穿透大气，落到地面；但大气对地面长波辐射却像见到珍宝一样，吸收了大部分并紧紧“攥在手里”。正因如此，地面长波辐射妥妥地成为近地面大气主要又直接的“热供应站”，对流层大气的热量，也大多是从这儿来的。

1. 大气热力环流

有一种特殊的空气环流，叫大气热力环流。它堪称大气运动家族里的“基础款游戏”。当地面受热均匀的时候，空气就像乖巧的小绵羊，安安静静，没有上升或下沉的动静。可一旦A地被太阳格外“眷顾”（接收到大量热量），而B、C两地“待遇”稍差（接收到的热量较少），A地近地面的空气就会像被吹胀的气球般膨胀上升，一路汇聚到上空“扎堆”，导致该区域空气密度增大，形成高压区；而B、C两地的空气，则像泄了气的皮球一样收缩下沉，其上空空气密度随之变小，成为低压区。紧接着，空气便开始流动：从气压较高的A地上空，像一群急着搬家的小鸟，朝着气压较低的B、C两地上空涌去。

