

# 东海海区各季节昼夜云的特征分析

安洁

(空军装备研究院航空气象防化研究所, 北京 100085)

**摘 要:** 利用2007—2010年CloudSat二级产品中的2B-GEOPROF和2B-GROPROF-Lidar数据,对东海海区各季节、昼夜的云量、云高分布特征做了统计分析。结果表明:云量的季节性和地域性差异较大,总云量以春、夏两季居多,秋、冬季节较少,而低云量则以冬季最多,夏季最少。台湾岛及其以东至123°E海域终年多云,年平均总云量在65%以上,年平均低云量在45%以上。昼夜变化较为明显,大部分区域夜间18时年平均云量比白天06时略偏多,海上年平均总云量06时约为50%~60%,18时增加到55%~70%;平均最低云底高和平均最高云顶高的水平分布趋势相近:夏季云层最高,春秋季节次之,冬季云层最低。从年平均云高分布来看:06时,台湾岛及其东北海域是云层的低值区,沿琉球群岛区域是相对的高值区,而18时沿海地区云层升高,海上云层明显压低,琉球群岛北部海域骤变成低值区。

**关键词:** 东海海区; CloudSat资料; 云量; 云高

**中图分类号:** P732.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2017)04-0076-08

## 1 引言

云是制约航空飞行的重要气象要素之一,云量、云高等云参数在天气分析预报和航空气象方面有重要应用。云量对于地气系统的辐射收支和大气的辐射平衡具有重要的影响<sup>[1]</sup>。云的垂直结构反映了云体内部热力和动力以及云-降水物理过程,对降水物理过程和降水机制等过程有着非常密切的关系。因此,准确掌握云的特征可以更好地理解云对气候系统及天气变化的影响,对安全完成飞行任务具有重要意义。

目前,常规的观探测手段仅能提供云顶或云底的信息,无法提供垂直方向上云的三维结构。2006年由美国航天航空管理局(National Aeronautics and Space Administration, NASA)成功发射入太空的太阳极轨云观测卫星CloudSat,由于载有毫米波测云雷达,首次实现了在全球尺度上对云的垂直探测,

获得许多有关云的最新气象数据。数据产品的水平分辨率为1.1 km×1.3 km,垂直方向有125个距离库,代表气柱高度约240 m,即垂直探测的高度大约为30 km。国内外学者对此进行了广泛的研究<sup>[2-8]</sup>,但研究多集中在陆地,针对海域的云特征研究较少。彭杰等<sup>[9]</sup>用该资料对东亚地区云垂直结构做了研究,此研究包括了东亚海洋(含东中国海以及部分西太平洋,且以后者为主),并称该处为EO区域,但仅给出了该区域总体的云状况。EO区域虽包括了东海区域,但前者面积要较后者大数倍,故前者总体云状况不能代表后者。因此研究相关海域的云量水平分以及云垂直结构等特征,有利于提高对海域云特征机理的认识,可为气候、天气模式中精确描述海区云的垂直结构提供重要的参考依据,对于进一步改进加强海上云预报具有重要意义。为此本文依据上述卫星资料对东海防空识别区以1°×1°的网格做了各季节昼夜云分布特征分析。

收稿日期: 2016-10-15; 修回日期: 2016-12-30。

基金项目: 国家重点基础研究发展“973”项目(2013CB956203)。

作者简介: 安洁(1979-),女,工程师,博士,主要从事海上航空天气预报。E-mail: anjie\_1029@163.com

## 2 资料和方法

本文使用2007—2010年CloudSat二级产品中的2B-GEOPROF和2B-GROPROF-Lidar数据。其中,2B-GEOPROF主要是来源于卫星上搭载的94 GHz毫米波雷达(CPR)的探测信息,2B-GROPROF-Lidar整合了CPR的信息和CALIPO激光雷达(搭载在与CloudSat同轨道的CALIPSO卫星上)的信息,结合两者可同时发挥毫米波雷达和激光雷达的优点。

在研究中首先编程读取CloudSat资料中的相关信息,包括时间、经纬度、高度、雷达反射率因子、云遮盖、云层数、不同云层的云顶高和云底高、云判别有有效值等;其次将CloudSat数据按所研究海域的经纬度划分为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 的网格,对网格内的数据进行整合,作为各统计要素的格点值;最后分季节、分时段分别统计东海海区内云的各类参数的时空分布特征。其中,春季为3—5月,夏季为6—8月,秋季为9—11月,冬季为12月—次年2月。由于卫星经过研究区域的时段集中在05—06时(世界时,下同)和17—18时两个时段,文中以下主要分析这两个时段的云变化特征。

文中云量的提取采用彭杰等<sup>[9]</sup>、张华等<sup>[10]</sup>所使用的方法,首先利用折中阈值法判断该扫描点下是否

有云存在,即当每个扫描格点的数据满足 $\text{Radar\_Reflectivity} \geq -30 \text{ dBZ}$ 和 $\text{CPR\_Cloud\_ask} \geq 20$ ;或者 $\text{Radar\_Reflectivity} \geq -30 \text{ dBZ}$ 和 $\text{CPR\_Cloud\_mask} < 20$ 和 $\text{CloudFraction} \geq 99\%$ 时,判定为该扫描格点有云存在,否则扫描格点无云存在。然后,根据有云廓线数计算出云量。即将研究区域内有云廓线数除以总的观测廓线数作为研究区域内CloudSat的平均云量,文中所有云量均以百分比表示。

## 3 分析和讨论

### 3.1 云量

#### 3.1.1 总云量

从多年平均(2007—2010年,以下简称年平均)总云量水平分布可见(见图1),整个研究区域内年平均总云量在50%~70%之间,其中台湾岛及其以东至 $123^{\circ}\text{E}$ 海域终年多云,年平均总云量在65%以上,这是由于台湾中央山脉较高,而台湾以东上述海域既在低纬又处于黑潮中的缘故。大部分研究区域18时年平均总云量比06时略偏多,海上年平均总云量06时约为50%~60%,18时增加到55%~70%。总云量的季节性变化较为明显(见图2),总体而言,春、夏两季总云量较多,秋、冬季节较少。除台湾岛及其以东上述海域终年多云外,其他区域

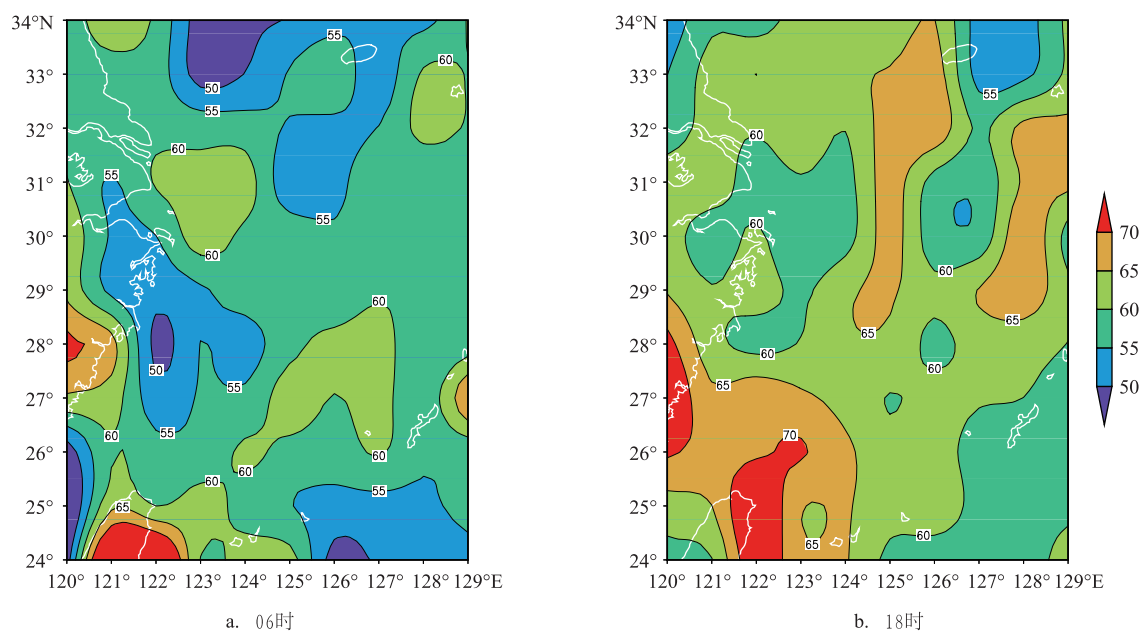


图1 2007—2010年年平均总云量时空分布特征(单位:%)

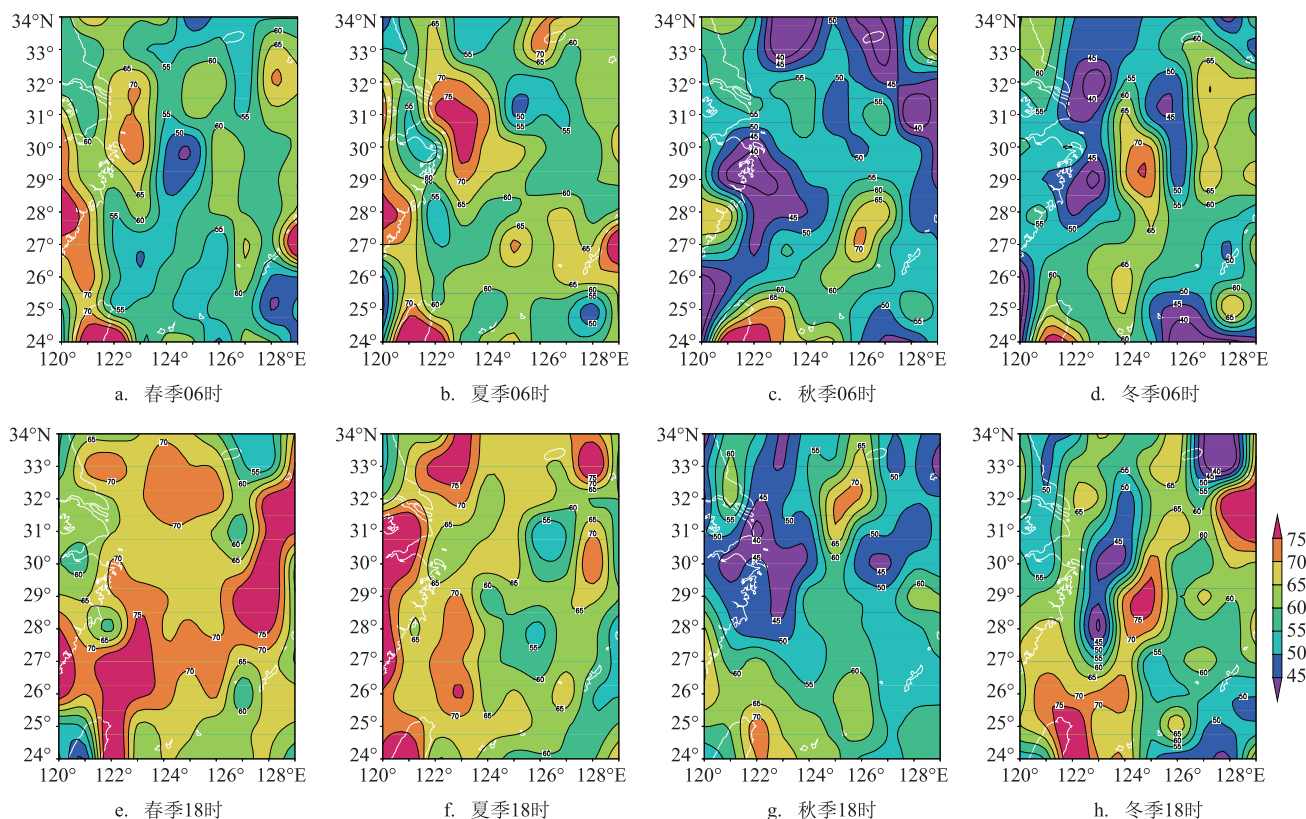


图2 2007—2010年不同季节平均总云量分布特征(单位:%)

平均总云量的日变化较为明显。

春季,06时,总云量多集中在近海沿岸,有二个大值区(平均总云量在60%以上),其中一个沿东部沿海地区直到台湾岛,呈近似南北走向,另一个大值区在琉球群岛北部。18时,海上总云量明显增多,平均总云量可达65%以上,特别是在(123.5°E, 27°N)附近,由06时的低值区猛增为高值区,平均总云量在75%以上,而琉球群岛北部地区多云区域也进一步扩大。

夏季,06时,多云量区域向东部海上扩展,海上平均总云量较春季增多,在舟山群岛附近区域是云量的大值区,平均总云量可达75%以上,而杭州湾出现一个云量的低值区,平均总云量在55%以下。18时,平均总云量大致呈现西多东少分布,舟山群岛附近云量较06时有所减少,南部沿海云量较06时有所增加;18时在123°E以东洋面,较春季云量明显减少,云量多在60%以下。

秋季,平均总云量昼夜变化不明显,总云量较其他几个季节都要少。杭州湾以南(122°E, 29°N)

附近的区域平均总云量不足40%;在(126°E, 27°N)附近的东北-西南走向海域,是总云量相对较多的区域,在55%以上。

冬季,平均总云量昼夜都大致成南北向带状相间分布,东西方向云量变化较剧烈。06时,近岸海域上云量偏少,平均总云量在50%以下;而在(124°E, 29°N)周围,有一个平均总云量达70%以上的云量高值区。18时海上云量要较06时略偏多。

在本文研究区域中造成以上总云量分布的主要原因是:春、夏季中午前后陆面较海面温度高,在海岸附近易有上升运动造成水汽凝结,造成该处云量较多,这种情况夏季尤甚;春、夏季夜间,气温降低,因海上水汽较多,这对水汽凝结更加有利,故海上云量明显增多。夏季加之位于槽前副高西侧,水汽十分充沛,云量更加要多。秋季则秋高气爽水汽较少,云量也少。冬季昼夜海温都比陆温要高,这与春、夏季中午前后相反,故近岸海域上云量偏少;冬季18时海上云量较多的理由同春、夏季。

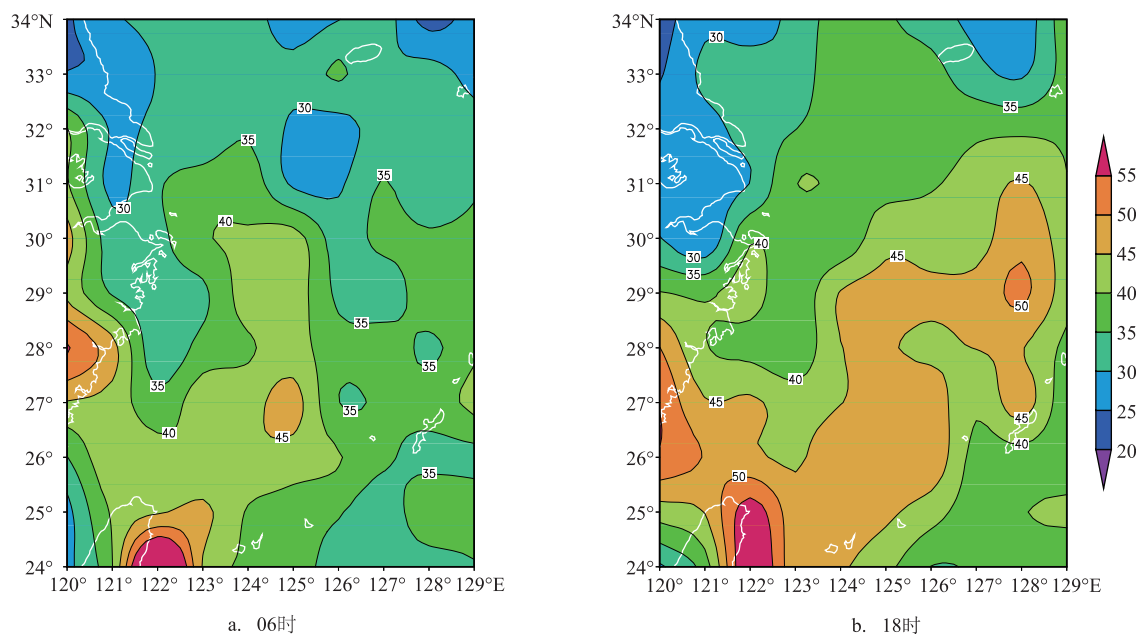


图3 2007—2010年年平均低云量时空分布特征(单位:%)

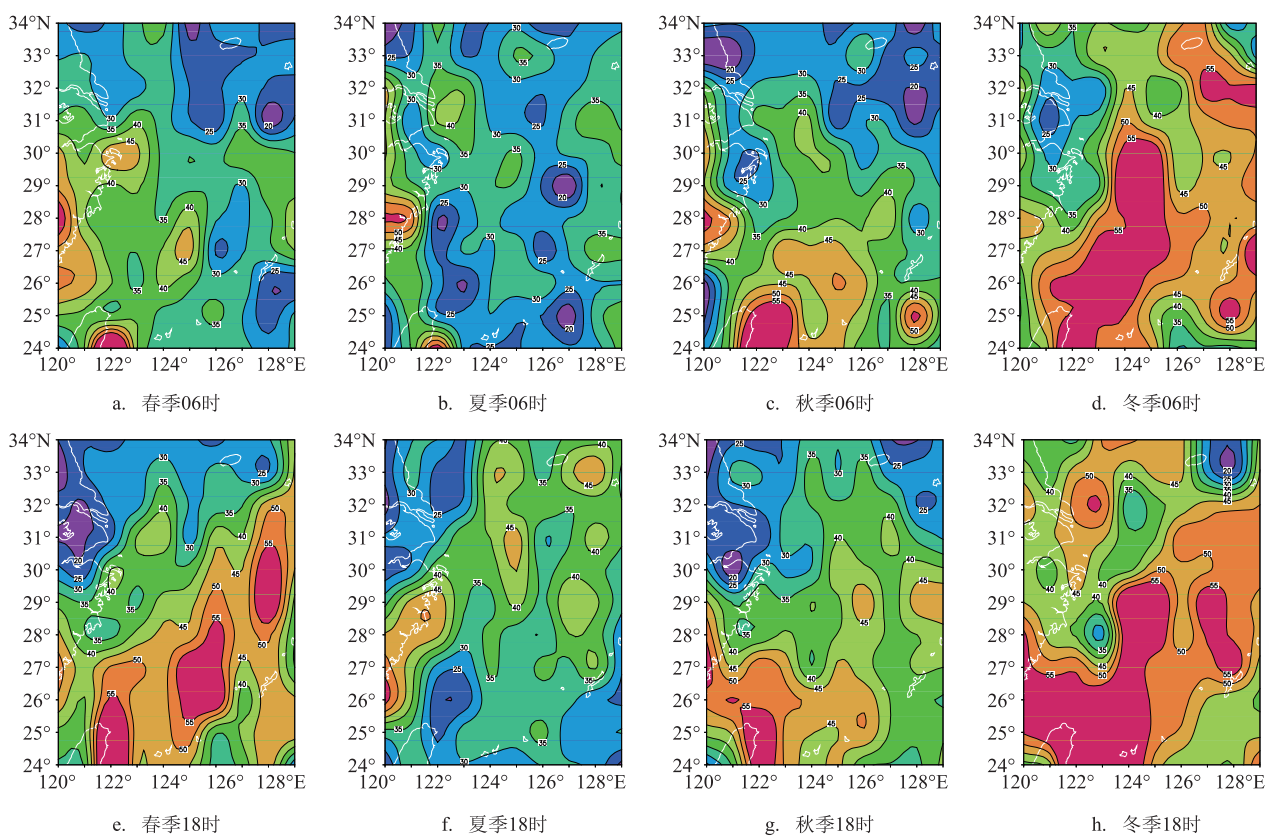


图4 2007—2010年不同季节平均低云量分布特征(单位:%)



### 3.1.2 低云量

从多年平均低云量水平分布可见(见图3),整个研究区域内年平均低云量约为30%~50%,由北向南逐渐增多,台湾岛以东地区低云量最多,在45%以上。昼夜年平均低云量的地理分布特征近似,18时年平均低云量比06时稍多。

低云量的季节性变化也较为明显(见图4),总体而言,夏季低云量最少,冬季低云量最高。春、夏两季海上18时明显比06时云量多,其他季节昼夜变化不大。具体而言:在本文研究区域中,春季,06时,东南部近海沿岸-台湾岛以东地区低云较多,平均低云量可达45%以上,海上低云相对较少;18时,海上低云剧增,从台湾岛向东北方向扩展,低云量从30%猛增到50%以上。夏季,低云量比春季有所减少,特别是海上,06时平均低云量在30%以下,18时在40%以下。秋季,低云量呈“南多北少”分布,南部地区(28°N以南)低云量较夏季有所增加,平均低云量在40%以上,台湾岛以东地区可达50%以上,而北部地区平均低云量在30%以下。昼夜云量变化不大。冬季,低云量较秋季明显增多,海上低云比陆地多。大部分区域平均低云量在40%以上,南部海域可达55%以上。

## 3.2 云高

### 3.2.1 最低云底高

从多年平均最低云底高水平分布可见(见图

5),昼夜变化较为明显:06时,有一条自台湾岛向东北和西北蔓延呈“Y”字形分布的低值区,年平均最低云底高在2 400~3 000 m,而沿琉球群岛区域是相对的高值区,年平均最低云底高在3 500~4 000 m。18时,沿海地区云层升高,而海上云层明显压低,沿琉球群岛北部区域骤变成低值区,年平均最低云底高降至2 100 m左右。

最低云底高的季节性变化十分明显(见图6),整体而言,夏季平均最低云底高最高,春、秋季次之,冬季最低。不同季节里最低云底高的地域性变化也十分明显:春季,大部分海域平均最低云底高在3 000 m左右;06时呈“东高西低”的分布,125°E以东海区云层较高,平均最低云底高在4 000 m以上;18时则呈现“西北高东南低”的分布,我国长江口以北沿岸地区平均最低云底高可达5 000 m,而在琉球群岛附近区域,平均最低云底高只有1 000 m左右。夏季,06时云层最高,海上平均最低云底高几乎都在4 000 m以上,最高处可达7 000 m以上,到了18时,海上云层降低,平均最低云底高约3 000~4 000 m左右,但台湾岛到琉球群岛一线依旧是云底高的大值区;另外,在长江口以北沿岸地区,云层较06时进一步升高,平均最低云底高可达到6 000 m左右。秋季,平均最低云底高分布趋势与春季相近,但较春季稍低。冬季,云层最低,除我国长江口沿岸地区平均最低云底高2 000—3 000 m

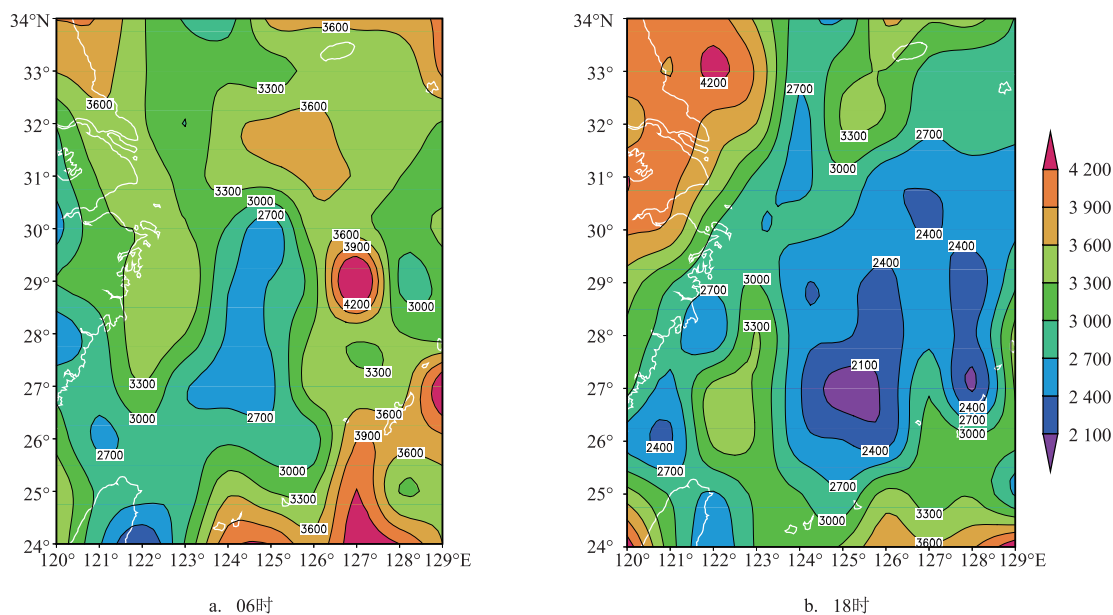


图5 2007—2010年年平均最低云底高时空分布特征(单位:m)

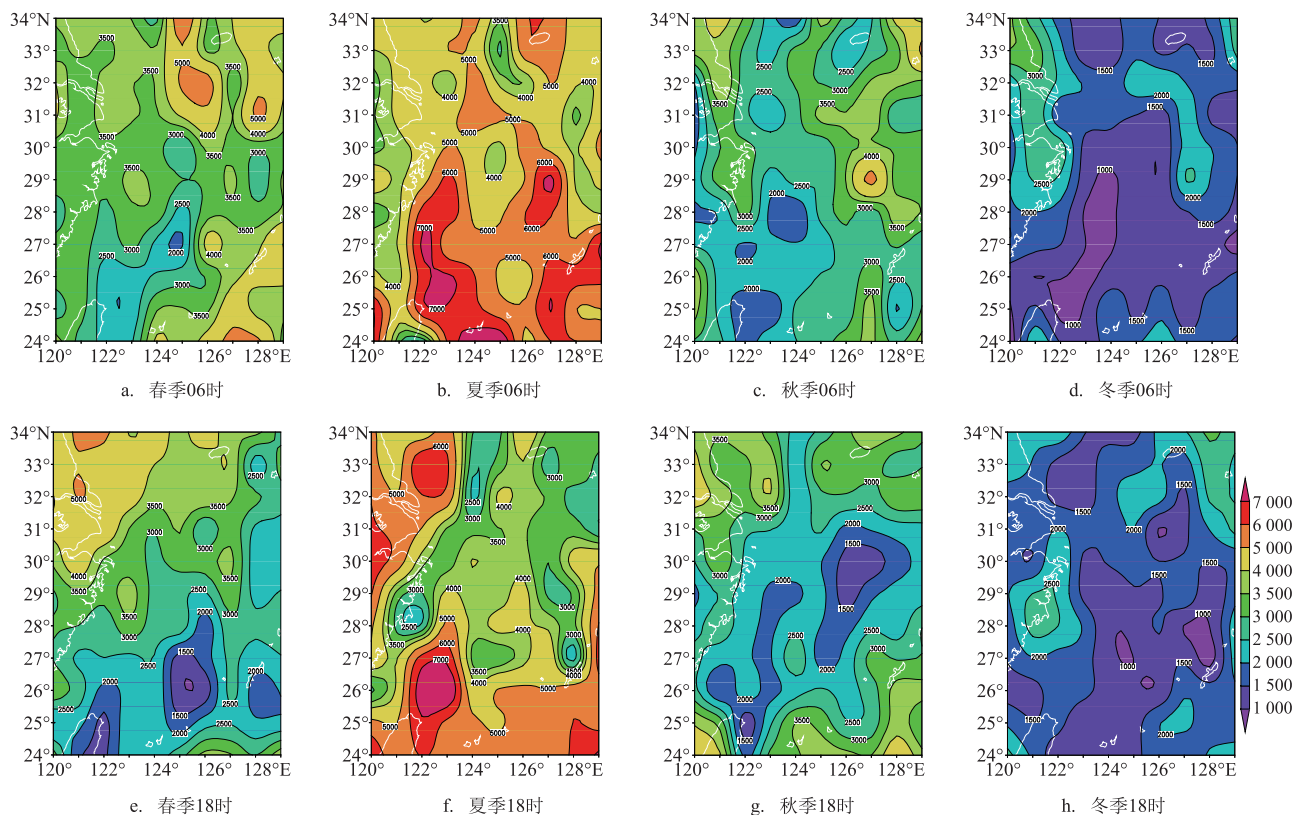


图6 2007—2010年不同季节平均最低云底高分布特征(单位:m)

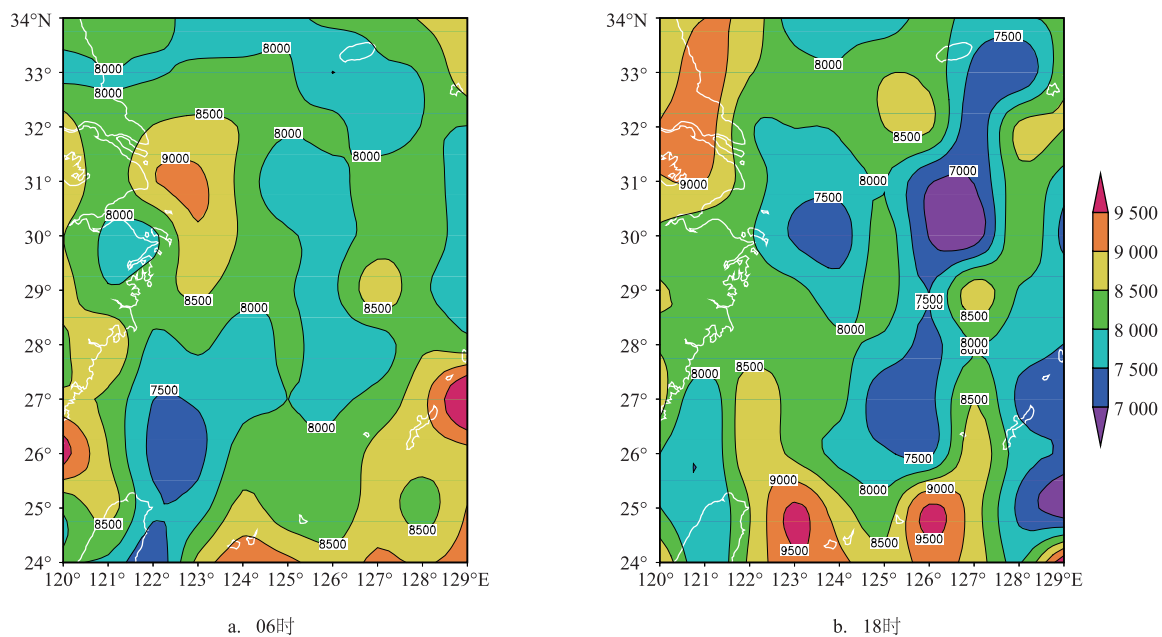


图7 2007—2010年年平均最高云顶高时空分布特征(单位:m)

以外,海上大部分区域均在2000 m以下,部分区域低至1 000 m以下。

### 3.2.2 最高云顶高

从多年平均最高云顶高水平分布可见(见图

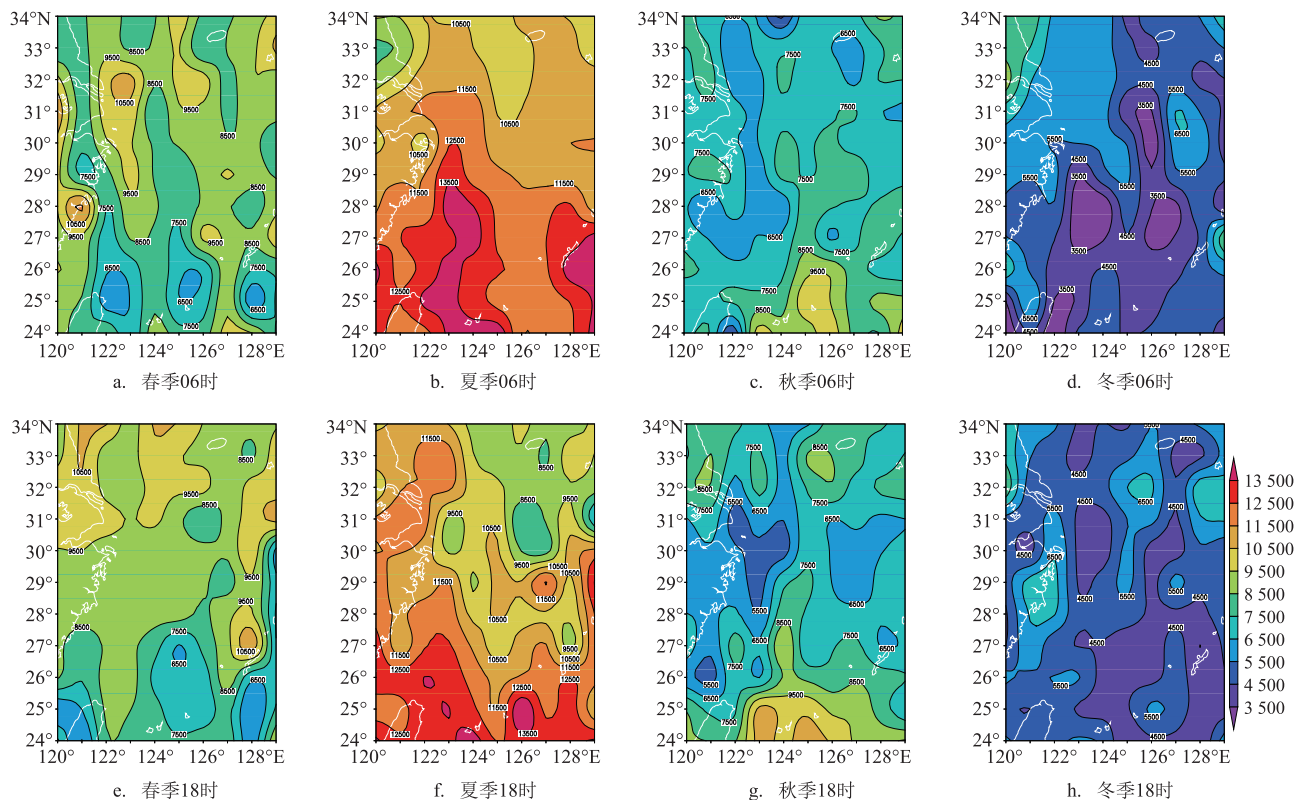


图8 不同季节平均最高云顶高分布特征(单位:m)

7): 平均最高云顶高在 7 500~9 000 m, 海上较沿海、群岛地区低, 18 时海上较 06 时低。06 时, 在我国长江口近海区和琉球群岛是高值区, 年平均最高云顶高在 8 500~9 500 m, 而海上大部分区域相对较低, 年平均最高云顶高在 8 500 m 以下, 特别是台湾岛东北方向, 云顶高不足 7 500 m。18 时, 海上大部分区域最高云顶高明显降低, 特别是沿 27°N 纬线和琉球群岛以东海域, 年平均最高云顶高降至 7 000 m 以下; 但沿台湾岛-琉球群岛一线, 最高云顶高比 06 时增高, 最大值在 9 500 m 以上。

最高云顶高的季节性变化十分明显(见图 8), 总的说来, 夏季云层最高, 春秋季次之, 冬季云层最低。春季, 平均最高云顶高呈“北高南低”的分布, 南部地区在 7 500 m 以下, 最低区域可达 6 000 m。北部地区在 8 500 m 以上, 高值区可达到 10 500 m。夏季, 平均最高云顶高也是呈“北高南低”的分布, 但整体云顶高较春季明显增高, 特别是 06 时, 整个区域均在 10 000 m 以上, 南部地区可达到 13 500 m 以上; 18 时, 在东北区域平均最高云顶高有所降低, 平均在 8 000~9 500 m 高度。秋季, 平均最高云顶高又开始

降低, 南部琉球群岛地区平均最高云顶高在 10 000 m 上下, 而长江口及其以北地区, 平均最高云顶高在 5 000~6 000 m。冬季, 平均最高云顶高继续降低, 大部分区域降到 6 000 m 以下, 特别是在 06 时, 在 27—28°N 区域, 平均最高云顶高降到 3 500 m 以下。

#### 4 小结

文章利用 2007—2010 年 CloudSat 二级产品中的 2B-GEOPROF 和 2B-GROPROF-Lidar 数据, 统计分析东海海区及周边区域的云量、云高的时空分布特征, 结果如下:

(1) 云量的季节性和地域性差异较大: 总云量以春、夏两季居多, 秋、冬季节较少, 而低云量则以冬季居多, 夏季较少; 从年平均云量分布来看, 台湾岛及其以东地区终年多云, 年平均总云量在 65% 以上, 年平均低云量在 45% 以上。昼夜变化较为明显, 大部分区域 18 时年平均云量比 06 时略偏多, 海上年平均总云量 06 时约为 50%~60%, 18 时增加到 55%~70%;

(2) 平均最低云底高和平均最高云顶高的水平

分布趋势近似:夏季云层最高,春秋季次之,冬季云层最低,从年平均云高分布来看,昼夜变化较为明显,06时,台湾岛及其东北海域是云层的低值区,沿琉球群岛区域是相对的高值区,而18时沿海地区云层升高,海上云层明显压低,琉球群岛北部海域骤变成低值区。

云层数目、云间晴空厚度等云垂直参数的变化特征对天气预报和航空飞行也有着重要的制约作用,这些工作将在后续的文章中进行详细地分析和阐述。

#### 参考文献:

- [1] 刘瑞霞,刘玉洁,杜秉玉. 中国天气气候特征的分析[J]. 应用气象学报,2004,15(4):468-476.
- [2] Stephens G. L. et al. CloudSat mission: performance and early science after the first year of operation[J]. Journal of Geophysical Research. 2008, 113: D00A18, doi:10.1029/2008JD009982.
- [3] Sassen K, Wang Z. Classifying clouds around the globe with the CloudSat radar: 1-year of result[J]. Geophys. Res. Lett. 2008, 35, L04805, doi:10.1029/2007GL032591.
- [4] Luo Y L, Zhang R H, Wang H. Comparing Occurrences and Vertical Structures of Hydrometeors between the Eastern China and the Indian Monsoon Region Using CloudSat/CALIPSO Data [J]. J. Climate,,2009, 22: 1052-1064.
- [5] Mace G G. et al. A description of hydrometeor layer occurrence statistics derived from the first year of merged CloudSat and CALIPSO data[J]. Journal of Geophysical Research,2009, 114, D00A26, doi:10.1029/2007JD009755.
- [6] 王胜杰, 何文英, 陈洪滨, 等. 利用 CloudSat 资料分析青藏高原、高原南坡及南亚季风区云高度的统计特征量[J]. 高原气象, 2010, 29(1): 1-9.
- [7] 王帅辉, 韩志刚, 姚志刚. 基于 CloudSat 和 ISCCP 资料的中国及周边地区云量分布的对比分析[J]. 大气科学, 2010, 34(4): 767-779.
- [8] 张晓, 段克勤, 石培宏, 等. 基于 CloudSat 卫星资料分析青藏高原东部夏季云的垂直结构 [J]. 大气科学, 2015, 39 (6): 1073-1080.
- [9] 彭杰, 张华, 沈新勇. 东亚地区云垂直结构的 CloudSat 卫星观测研究 [J]. 大气科学, 2013, 37 (1): 91-100.
- [10] 张华, 彭杰, 荆现文, 等. 东亚地区云的垂直重叠特性及其对云辐射强迫的影响[J]. 中国科学, 地球科学, 2013, 43(4): 523-535.

## Seasonal structure characteristics of day and night cloud in the East China Sea Zone

AN Jie

(Institute of Aeronautical Meteorology, Air Force Academy of Equipment, Beijing 100085 China)

**Abstract:** Abstract: That the spatial and temporal distribution characteristics of cloud cover and cloud height in the East China Sea Zone in each season or day and night is analyzed using the 2B-GEOPROF and 2B-GROPROF-Lidar data of CloudSat from 2007 to 2010. The results show that the cloud cover and cloud height has evident seasonal and regional differences, with a more quantity of total cloud cover in spring and summer and a less in autumn and winter. While, there is a more low-level cloud cover in winter and a less in summer.. It is cloudy all the year round from Taiwan island and east of Taiwan island to 123° E, the yearly average total cloud cover is more than 65%, and the yearly average low-level cloud cover is more than 45%. The cloud cover has obvious differences between day and night. The yearly average total cloud cover is more at 18 UTC than at 6 UTC in most area. Above the sea, the yearly average total cloud cover is above 50% ~60% at 6 UTC, and 55% ~70% at 18 UTC. Average minimum cloud base height and average maximum cloud top height are highest in summer and lowest in winter. At 6 UTC, the area with low values of cloud height is in the region from Taiwan Island to its north-east sea area, and the area with high values is in the region of the Ryukyu Islands. But at 18 UTC, the cloud rise in coastal area, and bring down on the sea, and the new area with low values of cloud height is at the north of the Ryukyu Islands.

**Key words:** the East China Sea Zone; CloudSat data; cloud cover; cloud height