

# 基于 ISCCP\_D2 数据资料对我国近十年低云变化特征研究

张婷婷 (山东省滨州市气象局, 山东滨州 256600)

**摘要** 利用国际卫星云气候计划(ISCCP)1999年12月~2009年11月的D2云气候资料集,分析了我国地区低云量、低云云水路径以及低云云光学厚度的年、季分布特征及变化趋势。结果表明,近十年来我国大部分地区的低云量分布呈减少趋势,不同地区有所差异,春夏季低云量高于秋冬季节;年平均低云云水含量及低云光学厚度的空间上全国分布相对平均,沿海略高于内陆,新疆西北部及黑龙江北部相对丰富,两者的年际变化比较大,总体呈下降趋势,初春(3~4月)较低,其他月份相对平均。

**关键词** 中国地区;低云量;云光学厚度;云水含量;ISCCP

**中图分类号** S161 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)36-12995-03

云是大气中水汽凝结凝华成的水滴冰晶或它们混合组成的悬浮在空中的可见的聚合物。云对于全球地球气候系统辐射能量的收支和水循环起着重要调节作用,也是影响气候的重要因子之一。同时云也是人工影响天气催化作业的主要对象。低云是降水的主要云系,研究低云的变化有助于研究区域的温度、降水变化及特殊天气的成因,因此对于低云时空变化特征的研究显得尤为重要<sup>[1]</sup>。

1983年启动的国际卫星云气候计划(International Satellite Cloud Climatology Project,简称ISCCP)整合了可覆盖全球的极轨卫星和多颗静止卫星的探测数据,积累了超过20年的持续云观测资料,提供了迄今为止最权威的全球尺度云量信息。利用这些卫星资料,国内外学者相继开展了从云空间分布到时间演化、从微物理特性到宏观结构等多方面的研究,并取得了长足进步<sup>[2]</sup>。笔者主要从低云量、云水含量及云光学厚度3个方面对整个中国地区的低云特征变化进行了研究。

## 1 资料与方法

ISCCP云参数产品D2数据是集自1983年7月1日至2009年,源自多颗静止与极轨卫星,为8个时次(08:00、11:00、14:00、17:00、20:00、23:00、次日02:00、05:00)的月平均值、分辨率为280 km、BIN格式的综合云气候资料。D2数据资料中的云是按照云顶气压和光学厚度进行分类的,云顶气压>680 hPa的为低云,680~440 hPa定义为中云,<440 hPa定义为高云。

收集了中国地区(70°~140°E、15°~55°N)1999年12月~2009年11月的ISCCP\_D2数据资料,其中包含了低云量、云光学厚度及云水含量3种参量数据信息,并使用MATLAB软件将其绘制成填色图<sup>[3-4]</sup>。数据资料中有一些数据是无效的,不参与数值的平均计算以及图像绘制过程,图像为缺失。ISCCP所测定低云是取得云顶气压高于680 hPa,青藏高原地区气压较低,因此低云量的值无法测定,故图像缺失。

## 2 结果与分析

### 2.1 低云量的时空分布特征

#### 2.1.1 空间分布

由图1可见,低云量的分布是由东北向

西南逐渐减少,由沿海地区向内陆不断减少。只有东北部地区及海岸线以东的洋面上的平均低云量在20%以上,东海、南海区域出现了高于30%的量,西北、中东部地区的平均低云量在10%~20%,而在青藏高原、云贵高原、四川盆地地区平均低云量相对较低。

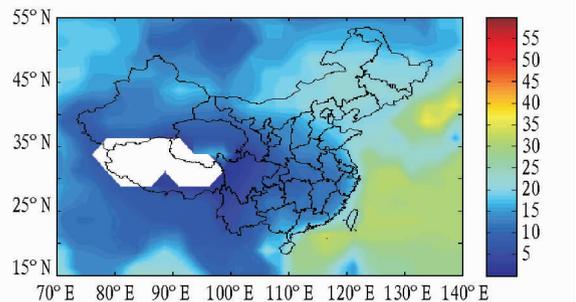


图1 中国地区年平均低云量空间分布(单位:%)

年平均低云量的这种分布形势与我国的地形有着较明显的关系。南下的帕米尔高原的水汽受到昆仑山脉的阻隔,来自孟加拉湾及印度洋的水汽受到一系列东西方向山脉(如喜马拉雅山脉、唐古拉山脉、冈底斯山脉)的阻隔,使得在青藏高原一带的平均低云量为最少区域。高原山脉对于南下的气流的抬升作用,较易形成低云,尤其是在暖季,因此,在高原北侧有着明显的与高原边界相对一致的云界。海洋与陆地相比,水汽更为丰富,是低云形成的有利条件,因此东部地区出现与东海岸线一致的云界。

**2.1.2 年变化特征。**由图2可知,低云量的变化总体呈减少趋势,减少10%左右。但在不同的地区低云量情况却有所差异。中部地区为明显的减少趋势,其中黄土高原地区的减少最为显著,东北、西北及云南地区有明显的增长趋势,其他地区变化不明显。

**2.1.3 月变化特征。**从中国地区近10年月平均云量的基本情况(图3)可看出,12月~次年2月的低云量最少,在20%以下,1月出现极小值;3~4月在20%~25%;6~8月份增长显著,8月份出现极大值;9~11月份持续减少,在11月达21%左右。由此可见,夏季(6~8月)低云量上升趋势最快,秋季(9~11月)低云量下降趋势最为明显,下降7%左右,冬季(12月~次年2月)的低云量最少。其原因可能是由于夏季温度较高,上升气流强,是低云形成的有利条件,低云量相对较多,而冬季温度较低,抑制对流发展,不利于低云

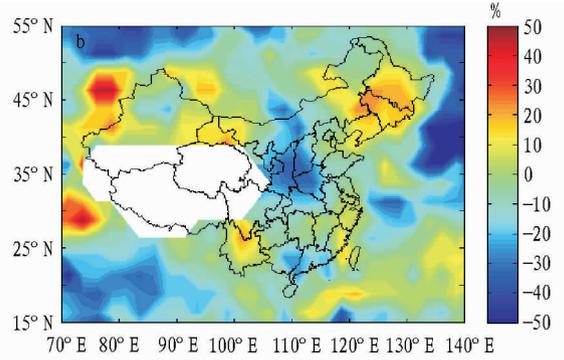
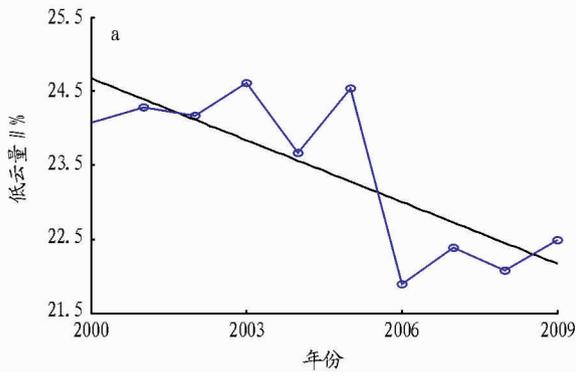


图2 2000~2009年中国地区平均低云量的年际变化(a)和年均增减情况的空间分布(b)

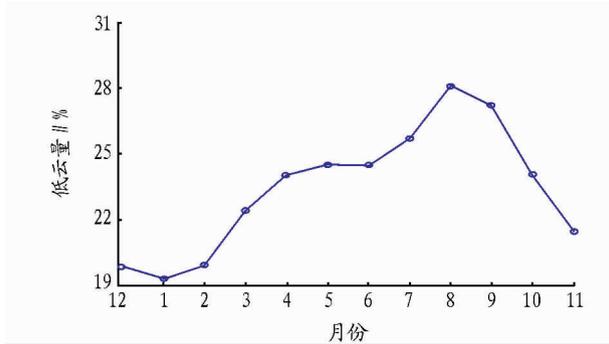


图3 2000~2009年中国地区低云量月平均情况

的形成。

### 2.2 低云云水含量的时空变化特征

**2.2.1 空间分布特征。**从中国地区低云年平均云水含量的空间分布情况(图4)可以看出,我国大部分地区的低云(主要为水云,由于冰云的云光学厚度和云水含量在我国南部大部分地区为无效数据,此文不对其再做分析)云水含量在 $300 \sim 350 \text{ g/m}^2$ ,且沿海高于内陆,黑龙江中北部地区以及新疆北疆地区超过了 $350 \text{ g/m}^2$ ,在我国黄土高原、云南地区以及青藏高原周边地区(有效数据区域)的低云云水含量相对较低,在 $250 \text{ g/m}^2$ 以上。这可能是由于南下的帕米尔高原的水汽以及沿海地方的水汽较多引起的。

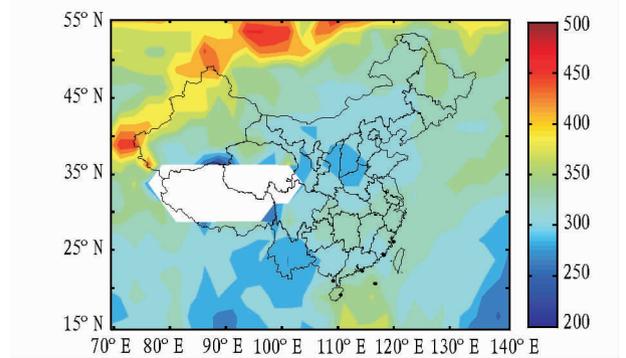


图4 中国地区年平均低云云水含量空间分布(单位: $\text{g/m}^2$ )

**2.2.2 年变化特征。**由图5可知,低云云水含量的年际变化相对来说是比较大的,2000~2002年低云云水含量呈明显的下降趋势,下降约17.4%,2002~2005年有明显回升,2005年达到极大值,2005~2006年呈急速下降趋势,下降了约12.0%,2006~2009年呈平稳的上升趋势。但综合十年状况来说,总体呈下降趋势,下降4%左右。从变化趋势空间分布上来看,不同地区变化有所差异。我国中东部地区为增长趋势,且沿海相对内陆增长趋势更为迅速,在新疆大部分地区、青藏高原的周边地区(有效数据区域)为减少趋势。

**2.2.3 月变化特征。**从我国地区低云云水含量的月平均情

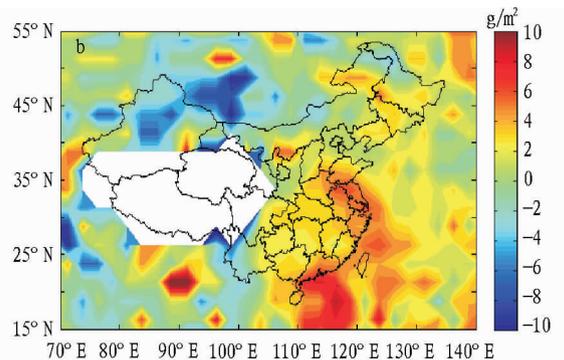
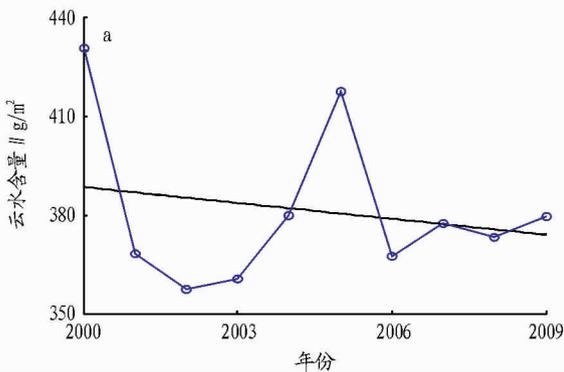


图5 2000~2009年中国地区年平均低云云水含量的年际变化(a)和年均增减情况的空间变化(b)

况(图6)可看出,12月~次年1月,云水含量在 $260 \text{ g/m}^2$ 以上,3~4月份相对较少,在4月份出现了极小值,5~8月均在 $280 \text{ g/m}^2$ 以上,9月份有所回落,变化不大;10~11月份增长至 $300 \text{ g/m}^2$ 以上,在11月份出现极大值。

### 2.3 年平均低云云光学厚度的时空变化特征

**2.3.1 空间分布。**从中国地区低云(水云)云光学厚度的空间分布情况(图7)可以看到,我国大部分地区的云光学厚度在40~45,沿海相对中部内陆稍微高一点,我国新疆大部

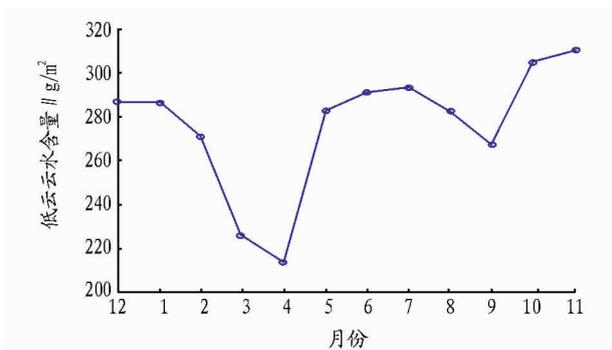


图 6 2000 ~ 2009 年中国地区低云(水云)云水含量月变化

分地区、黑龙江北部地区以及南海地区的云光学厚度较高, 达 50。与低云云水含量空间分布(图 4)进行比较, 低云云光学厚度年平均空间分布与其相对一致。

**2.3.2 年变化特征。**由图 8 可见, 低云云光学厚度的年际变化较大, 2000 ~ 2002 年呈明显下降趋势, 下降了约 17.5%, 2002 ~ 2005 年呈明显上升趋势, 2005 年出现极大值, 上升约 17.3%, 2005 ~ 2006 年再次呈急剧下降趋势, 2006 ~ 2009 年

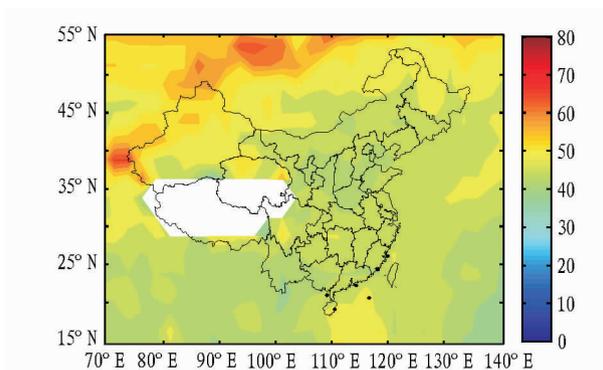


图 7 中国地区年平均低云云光学厚度空间分布

呈稳定上升趋势。总体来看, 年际波动性较大, 但总体呈下降趋势, 下降幅度为 3% 左右。其年际变化形势与云水含量的变化是一致的。从空间上来看, 其空间变化情况也因地区有所差异, 基本与低云年平均云水含量的空间变化相符合, 再次印证了低云光学厚度与低云云水含量之间的关系为正相关。

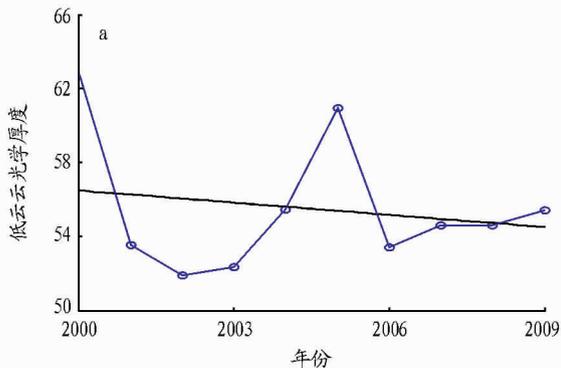
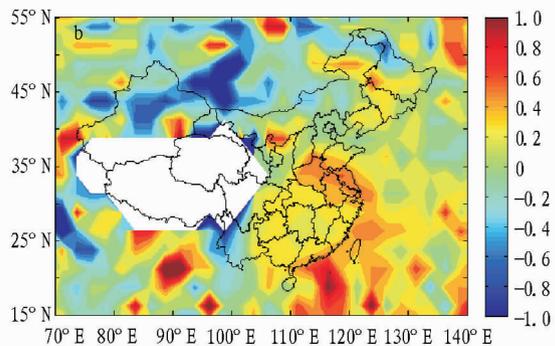


图 8 2000 ~ 2009 年中国地区年平均低云云光学厚度的年际变化(a)和年均增减情况空间分布(b)



**2.3.3 月变化特征。**从中国地区近十年低云光学厚度月平均情况(图 9)可看出, 12 月 ~ 次年 1 月份低云云光学厚度在 40 以上, 3 ~ 4 月份云光学厚度相对较小, 在 4 月份出现了极小值; 5 ~ 8 月云光学厚度较大, 均在 40 以上, 9 月份回落到 40 以下, 相对稳定; 10 ~ 11 月份, 增加接近至 45, 在 10 月份出现一个极大值。

关系。近十年内, 低云量的变化总体呈减少趋势, 但在不同的地区却有所差异。从月变化来说, 夏季(6 ~ 8 月)低云量上升趋势最快, 秋季(9 ~ 11 月)低云量下降趋势最为明显, 下降 7% 左右, 冬季(12 月 ~ 次年 2 月)的低云量最少。

(2) 我国低云年平均云水含量的空间上全国分布相对平均, 沿海略高于内陆。年际变化也比较大, 但总体呈下降趋势, 下降幅度约为 4%。不同地区低云云水含量的变化有所差异。从月变化来说, 初春(3 ~ 4 月)较低, 其他月份相对平均。

(3) 低云云光学厚度的空间分布相对平均, 沿海略高于内陆。年际变化也相对较大, 总体呈下降趋势, 下降幅度为 3% 左右。在变化趋势的空间分布上, 不同地区变化有所差异, 除新疆中北部地区、黑龙江北部地区, 我国其他绝大部分地区为增长趋势。从月变化来说, 初春(3 ~ 4 月)较低, 其他月份相对平均。

(4) 通过对比分析三者的空间分布以及变化趋势情况, 由于云水路径是有云光学厚度来计算的, 因此可以发现低云云水含量和云光学厚度无论是从时间序列的变化来看还是

(下转第 13011 页)

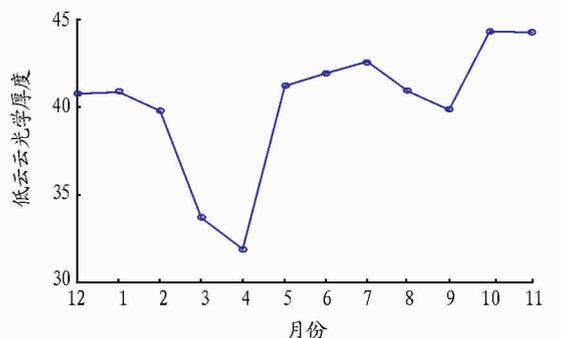


图 9 2000 ~ 2009 年中国地区低云(水云)云光学厚度月变化

### 3 结论与展望

(1) 我国低云量分布由东北向西南逐渐减少, 由沿海向内陆不断减少。这种分布形势与我国的地形有着较明显的

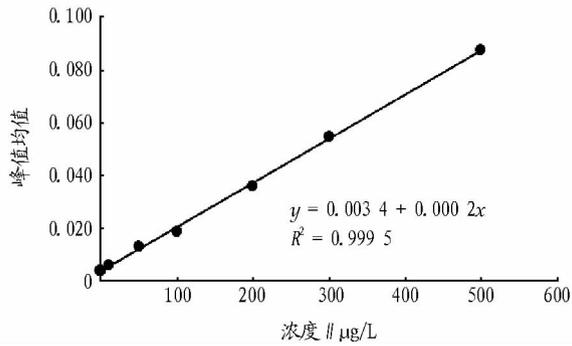


图1 挥发酚标准曲线

表1 挥发酚标准曲线

标准曲线	浓度 // $\mu\text{g/L}$	峰值均值	相关系数
1	0	0.003 7	0.999 5
2	10	0.005 7	
3	50	0.012 6	
4	100	0.018 6	
5	200	0.035 9	
6	300	0.054 6	
7	500	0.087 7	

表2 精密度和准确度测定结果( $n=7$ )

浓度	测定平均值	标准偏差	相对标准
$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$	偏差 // %
200	190.3	5.70	3.00
400	382.6	11.45	2.99

定。测定结果显示,挥发酚浓度范围在 18.60 ~ 141.0  $\mu\text{g/L}$ , 图 3 表明并未出现奇异值、极值等异常值,详细结果见表 3。

表3 环境水样测定结果

水样	浓度 // $\mu\text{g/L}$	水样	浓度 // $\mu\text{g/L}$
S1	18.60	S6	22.17
S2	14.53	S7	141.00
S3	19.88	S8	9.18
S4	93.82	S9	79.66
S5	122.40	S10	45.96

(上接第 12997 页)

从空间分布来看均十分一致,而两者与低云量的关系,在图像上看并没有特别明显的相关性。

(5) 由于文中资料是从卫星上获取,其反演出的结果在空间和时间上的分辨率还不是十分令人满意。另外,低云在青藏高原地区的数据为无效值,使绘制图像出现缺失,对分析整个低云有一定影响。因此,今后可以结合其他的云量资料,如地面资料等来进一步分析中国地区云的多个特征参量的变化趋势。

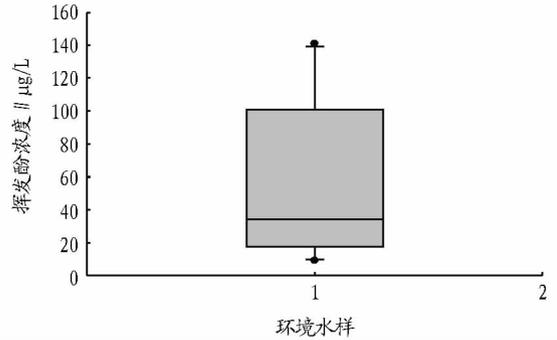


图3 环境水样挥发酚浓度分布

### 3 结论

与传统实验室挥发酚测定方法相比,MobiChem™ 便携式化学分析仪在测定精密度和准确度满足相关要求的前提下,标准曲线呈现出良好的线性相关性。此外,在环境水样测定中,可用于 ppb 浓度级监测,并大大缩短了分析所需时间(1 个样品测定时间 15 min),且携带方便,可用于突发性污染事故应急监测及现场督查工作,有效地填补了突发性污染事故应急监测及现场督查工作中挥发酚项目快速测试的空白。此外,此法试剂用量少,废液排放少,明显降低了人体接触毒性及二次污染,符合有毒有害污染物测定低消耗的发展要求。

### 参考文献

- [1] 国家环境保护局水和废水监测分析方法编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京:中国环境科学出版社,2002:458.
- [2] 郑素琴. SKALAR San + 型连续流动分析仪测定水中挥发酚的方法研究[J]. 水利科技与经济,2011,17(7):26-29.
- [3] 刘红霞,李琼. 环境介质中挥发酚的监测技术现状与展望[J]. 环境科学与管理,2012,37(6):132-137.
- [4] 王明璐,尹继宇. 4-氨基安替比林萃取光度法测定水中挥发酚的不确定度评定[J]. 环境科技,2009,22(S1):34-35.
- [5] 刘俊. 水中挥发酚的现场快速测定[J]. 资源环境与工程,2013,27(3):325-327.
- [6] 钟明霞. 连续流动分析仪法快速测定水中挥发酚的研究[J]. 环境科学导刊,2007,26(S1):89-91.
- [7] 权瑞. 水中挥发酚的快速测定研究[J]. 河南科学,2008,26(5):546-548.

### 参考文献

- [1] 牛晓瑞,王淑瑜. 华北地区低云量的变化特征及其影响因子分析[J]. 高原气象,2012,31(5):1340-1347.
- [2] ROSSOW W B, SCHIFFER R A. Advances in Understanding Clouds from ISCCP[J]. Bulletin of the American Meteorological Society,1999,80(11):2261-2287.
- [3] 白龙,雷惠,张翀. 用 MATLAB 读取 HDF 格式数据的使用方法[J]. 仪器仪表学报,2010,31(8):434-438.
- [4] 陈林,牛生杰,仲凌志. MATLAB 对基于 HDF 格式的 MODIS 1B 数据的提取与方法与实现[J]. 气象科学,2006,26(6):676-681.