

西南低压槽影响下的海南岛地闪活动特征

劳小青^{1,3} 韦传波^{2,3} 周方聪^{1,3}

(1 海南省气象灾害防御技术中心, 海口 570203; 2 海南省琼中县气象局, 琼中 572926;

3 海南省南海气象防灾减灾重点实验室, 海口 570203)

摘要: 采用2010—2018年的海南岛天气分型资料和闪电定位数据, 统计分析海南岛在西南低压槽影响下地闪发生概率的时空分布特征, 结果显示: 在西南低压槽天气影响下, 海南岛地闪主要出现在4—9月; 地闪发生概率月分布曲线呈双峰特性, 以8月为主峰、5月为次峰, 00—12时(北京时, 下同)的地闪发生概率月分布曲线与全天不同, 呈逐月上升特征; 地闪发生概率和地闪次数时段分布曲线呈单峰特性, 峰值均出现在15—18时, 除12—21时外其他时段的地闪发生概率和地闪次数都很低, 控制过程的后期比前期的闪发生概率和地闪次数略高; 00—12时各时段海南岛地闪发生概率中心分布在东南沿海, 概率中心值在5%以下, 12—21时各时段地闪发生概率中心分布在北部内陆, 概率中心由白沙中部向澄迈东部移动, 移向呈西南—东北向, 15—18时概率中心在澄迈南部达到最大值40%, 21时以后概率中心分布在屯昌境内, 中心值在5%以下; 7—9月各时段的地闪发生概率均比4—6月高, 但地闪次数峰值比4—6月少, 两者各时段的地闪发生概率的空间分布完全一致。

关键词: 西南低压槽, 地闪, 特征

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2021.04.003

Activity Characteristics of CG Lightning in Hainan Island under the Influence of Southwest Low Pressure Trough

Lao Xiaoqing^{1,3}, Wei Chuanbo^{2,3}, Zhou Fangcong^{1,3}

(1 Meteorological Disaster Prevention Technology Center of Hainan Province, Haikou 570203

2 Qiongzong County Meteorological Bureau of Hainan Province, Qiongzong 572926

3 Key Laboratory of South China Sea Meteorological Disaster Prevention and Mitigation of Hainan Province, Haikou 570203)

Abstract: The spatial and temporal distribution characteristics of the occurrence probability of CG lightning under the influence of southwest low pressure trough were analyzed using the data of weather classification and lightning location from 2010 to 2018 over Hainan Island. The results are as follows: CG lightning mainly appeared from April to September; the monthly distribution curve of the occurrence probability of CG lightning shows a bimodal characteristic, the main peak is in August and the second peak is in May; the monthly distribution curve of the occurrence probability of CG lightning at 00—12 BT is different from that of the whole day, it is mainly characterized by monthly rise; the time period distribution curve of the occurrence probability and the number of CG lightning show single peak characteristics, both peaks occurred between 15 and 18 BT, except for 12—21 BT, the occurrence probability and number of CG lightning at other time periods are very low, the probability of occurrence and the number of CG lightning are slightly higher in the later stage of the control process than in the earlier stage; for 00 to 12 BT, the occurrence probability center of CG lightning was distributed in the southeast coast, the central value of probability is below 5%, the probability center of CG lightning is distributed in the north of inland from 12 to 21 BT, the probability center moves from the middle of Baisha to the east of Chengmai, the direction of movement is from southwest to northeast, the probability center reaches a maximum of 40% in the south of Chengmai; the occurrence probability of CG lightning in each period from July to September is higher than that in April to June, the peak number of CG lightning in July to September is fewer than that in April to June, the both of the spatial distribution of the probability center of CG lightning in each time period is completely consistent.

Keyword: the southwest low-pressure trough, CG lightning, characteristics

0 引言

雷电对经济建设和人民生命财产有很大危害,

特别是对航空、电力、渔业、种植等行业影响巨大, 对其进行有效的监测、预报和研究具有十分重要的社会、经济和科学价值^[1]。西南低压槽天气系统一年四季都会影响海南, 但主要集中在4—8月, 是春夏季影响海南的主要天气系统之一。在西南低压槽影响下, 冬季以晴好天气为主, 春季会出现高温、局部降水天气, 夏、秋季低压中心在北部湾附近, 海南处在低压

收稿日期: 2019年9月10日; 修回日期: 2020年5月27日
 第一作者: 劳小青(1967—), Email: 572125667@qq.com
 资助信息: 海南省气象局科技创新项目(HNQXJS201807);
 海南省自然科学基金项目(2017CXTD014)

槽顶部, 辐合气流较强, 大部分地区会出现雷阵雨天气^[2]。西南低压槽天气给人最深的印象就是闷热, 所以对西南低压槽的研究方向多集中在高温方面, 王良淼等^[3]在分析广西近40年高温天气气候特征时认为, 副热带高压、西南低压槽和热带气旋是造成广西高温天气的3个最主要的影响系统; 符式红等^[4]分析2014年5—6月海南岛持续高温成因后认为, 在西南低压槽控制下, 海南岛处中南半岛长山山脉背风波的下沉区, 压缩增温效应是造成高温天气的主要原因。虽然在西南低压槽控制下, 海南岛天气主要特征以高温天气为主, 但在海南岛西北部内陆由于午后热量堆积和地形因素作用常有对流天气产生。辛吉武等^[5]在分析海南儋州雷暴天气特征时认为, 西南低压槽是热带低值系统中在儋州产生雷暴几率最大的天气系统。在西南低压槽影响下的局地强对流天气过程是中小尺度系统, 雷暴云的时空分布随机性较大, 在24、48 h的短期预报中很难作出较准确的时空预报, 较精细的预报只能在3 h短时临近预报中通过雷达资料外推方法来实现, 但由于外推的时效也很难超过两个体扫时间, 往往造成预报结论不稳定, 给用户使用带来很大困惑。本文的目的是通过对闪电定位数据时空概率统计, 分析在西南低压槽控制下, 海南岛地闪活动的时空分布特征, 为闪电、降水天气过程的路径预报提供天气气候上的参考。

1 资料和方法

1.1 资料

1.1.1 天气分型资料

天气分型资料来自海南省气象台每日对外发布的天气形势分析。天气系统分型以下面3个标准确定西南低压槽(以下简称“系统”)影响海南^[2]: 1) 主力在我国西南地区(常被冷空气南压到中印半岛北部); 2) 850 hPa(约1500 m)高空, 本岛处于槽前脊后, 本岛西北部吹气旋性的西南风, 东南部吹反气旋性的东南风; 3) 湛江以南无锋面, 海南附近气压梯度大。

1.1.2 闪电数据

闪电数据来自海南省ADTD闪电定位系统。海南省ADTD闪电定位系统是探测地闪的甚低频闪电监测系统, 探测距离可达300 km, 定位精度500 m。始建于2007年, 在海南岛上设有5个探测基站, 分别设海口、三亚、东方、琼海、琼中等5个市县气象站内, 站点呈东西南北中分布, 站间距在150 km以内。2010—2018年, 除2012年有部分闪电数据缺失外其他年份的数据保留完整。

1.2 数据处理方法

闪电数据在统计之前要做必要的质检和前期处理, 首先剔除数据中的继后回击, 然后采用30 dBz回波距离对误测数据进行甄别筛选, 再利用地图边界提取出海南岛范围内的地闪数据, 为保证定位精度只保留3、4站定位的数据。

为排除闪电资料的定位精度不高、探测效率低等缺陷, 采用了概率统计方法。以下统计和地闪发生概率计算都将涉及到地闪日的概念, 此处地闪日的概念定义为: 当天只要有一个及以上的地闪落在某一特定区域内, 则称当天为这一特定区域的一个地闪日。海南岛地闪发生概率的计算按系统影响日期统计出某个时段海南岛有多少个地闪日, 再除以系统的影响天数, 即为该时段海南岛的地闪发生概率。地闪发生概率的空间分布则按40 km×40 km的采样网格对地闪日进行采样, 再分别除以系统影响天数得到格点概率, 然后对格点值采用克里金(Kriging)插值法进行插值得到概率的格点文件。

2 结果与分析

2.1 系统影响天数和地闪次数

由表1可见, 海南岛从1—9月均可受系统的影响, 但主要在2—8月。从统计结果看, 在系统影响下, 8年时间里海南岛出现地闪日共253 d、地闪小时共1435个、地闪次数共84153次, 其中4—9月的地闪日、地闪小时、地闪次数分别占各自总数的96.0%、98.1%、99.1%, 可见系统对地闪的影响主要在4—9月。一次天气系统的控制时间内也称为一次系统的控制过程, 在4—9月系统控制下的393 d里共经历73个控制过程, 平均每个过程时间为5.4 d。

表1 2010—2018年各月西南低压槽影响天数及相关地闪数据
Table 1 Influence days of the southwest low pressure trough from 2010 to 2018 and related CG lightning summaries

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
影响天数/d	3	25	50	80	95	80	60	23	5	0	0	0
地闪日/d	0	3	7	28	78	61	50	22	4	0	0	0
地闪小时/h	0	5	22	153	432	365	290	146	22	0	0	0
地闪次数	0	7	769	8588	34939	19264	11687	4363	4537	0	0	0

2.2 时间变化特征

2.2.1 月分布

利用系统影响资料和对应的地闪数据, 按系统影响日期统计出各月的地闪日, 再除以相应月的系统影响天数, 可得到4—9月的地闪发生概率(图1)。

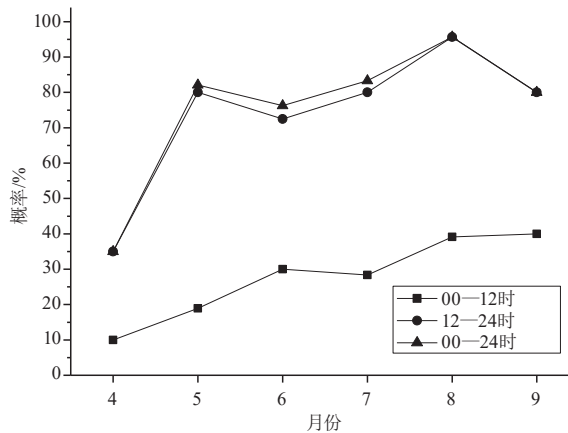


图1 地闪发生概率月分布

Fig. 1 Monthly distribution of occurrence probability of CG lightning

00—24时地闪发生概率月分布曲线呈双峰特征，主峰出现在8月，高达95.7%，次峰在5月，为82.1%，4月闪电发生概率最低，为35.0%，6月为阶段低谷，为76.3%。可见，7—9月的地闪发生概率明显要高于4—6月，这是因为7月以后系统主力南移，其槽可伸至南海西部，海南处于低压槽顶部，辐合气流较强，更容易出现强对流天气^[2]。

00—12时概率曲线是一条较平顺的上升曲线，7月稍微下探，4月概率最低（10%），9月最高（39.1%）。与12—24时曲线走向明显不同。

12—24时的概率曲线与00—24时的曲线几乎是一致的，主峰出现在8月，高达95.7%，次峰在5月，为80.0%，4月闪电发生概率最低，为35.0%，6月为阶段低谷，为72.5%。

2.2.2 时段分布

利用系统影响资料和对应的地闪数据，按系统影响日期统计各时段的地闪日，再除以系统影响天数，即得到各时段的地闪发生概率（图2a）。从表1分析中得到，系统控制的平均过程时间为5.4 d，将控制过程分为过程中的前2天和过程中的后2天，比较一下过程前期与过程后期的地闪发生概率和地闪日均次数。

由图2b可见，在系统影响下，海南岛地闪发生次数时段分布曲线呈单峰特征，与概率曲线相似，在21—12时各时段的地闪次数均在6次以下，12时以后开始上升，特别是15时以后急速上升，峰值出现在15—18时，峰值达151次，18时以后开始下降，21时以后地闪次数又回到6次以下。

对比图2a和2b还可发现，18—21时海南岛地闪发生的概率为全天的第2高值，而地闪次数却与12—15时相当，这种不协调性说明两点，18—21时雷暴过程

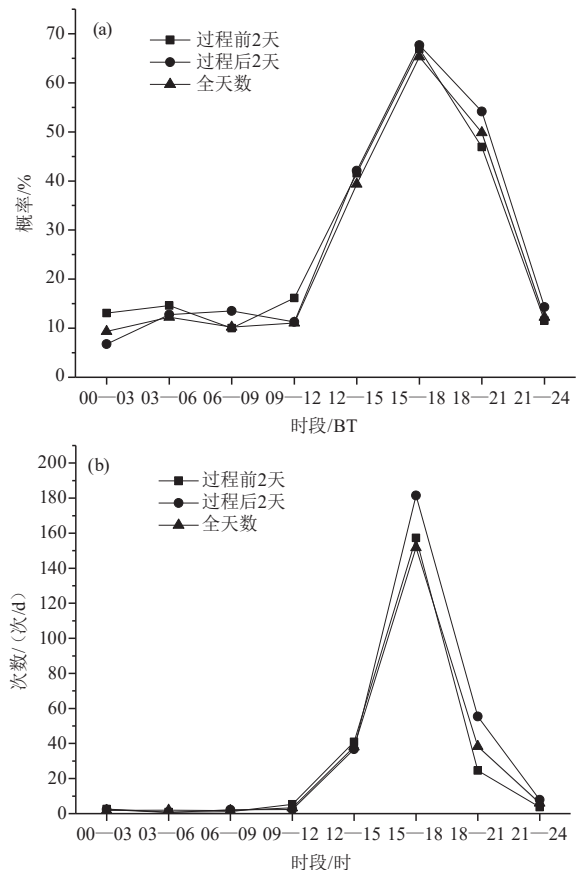


图2 地闪发生概率 (a) 和地闪日均次数 (b) 的时段分布
Fig. 2 Occurrence probability distribution and frequency of CG lightning in every 3 hours during a day

已处衰亡期，地闪发生次数明显减少；经过18—21时衰亡期的雷暴过程比经过12—15时生长期的要多，意味着有部分雷暴过程的生成时间在15时之后。

在系统影响下，除了7—9月比4—6月更容易产生雷暴天气外，还存在以下区别：4—6月的雷暴过程比7—9月的雷暴过程在高峰期15—18时产生的地闪更多，7—9月的雷暴过程的持续时间相对较长或者部分雷暴过程生成时间相对滞后。原因分析，7月以后太阳辐射减少，热力条件下降，海风减弱，对雷暴的剧烈程度造成影响，导致地闪次数减少；下半年随着太阳辐射减少、气温下降，雷暴云产生的时间也会相应推后。

2.3 空间变化特征

利用系统影响资料和对应的地闪数据，按系统影响日期以40 km×40 km为网格统计各网格各时段的地闪日，再除以系统影响天数得到格点概率，然后用Kriging插值法对格点值进行插值处理，即得到各时段地闪发生概率的空间分布（图3）。

在00—12时，各时段的地闪发生概率中心主要分

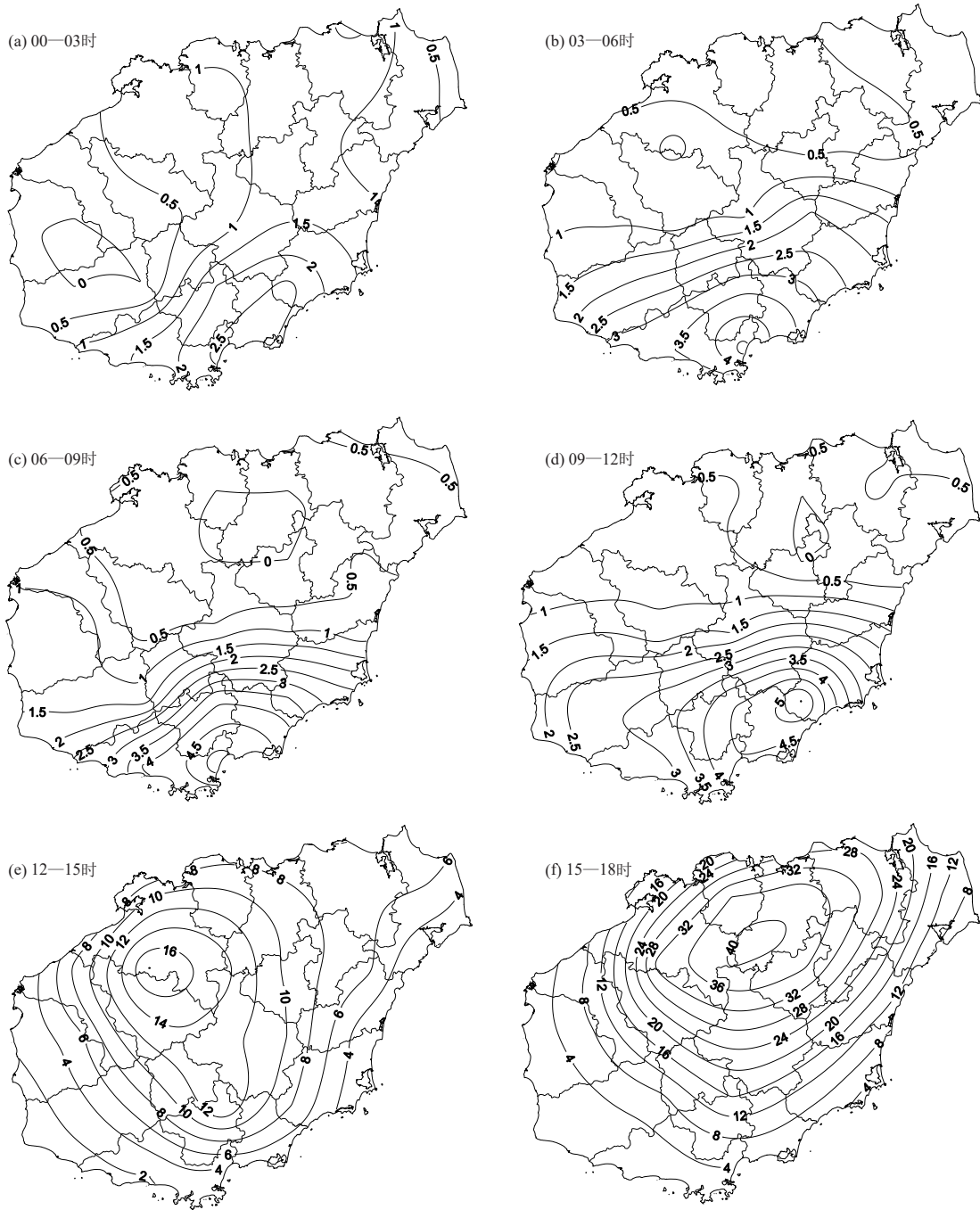


图3 各时段(a~f)地闪发生概率分布(单位: %)

Fig. 3 Occurrence probability distribution of CG lightning in every 3 hours (a~f) during a day (unit: %)

布在海南岛东南部,即在三亚、陵水、万宁南部等东南沿海一带,最大概率为5%左右,从三亚的海棠湾至万宁的牛岭是概率高值区。从等值线变化来看,雷暴过程少动或移动缓慢,随时间推移部分会向西北扩展,从前面地闪次数时段分布分析来看,雷暴过程较弱,地闪发生次数较少。原因分析,在系统影响下,海南岛东南部低空吹东南背景风,夜间与陆风汇合引起动力抬升,但由于没有白天的热力条件,陆风又较

弱,对流发展受限,因此夜间的雷雨过程发展缓慢、弱小。太阳出来后,南部的群山产生的谷风对雷雨云有维持作用,因此从08—12时在南部山区会有零散的地闪发生(图3a~3d)。

12—15时在白沙与儋州的交界处有一个15%的概率中心,与12时之前的东南沿海高值区相隔甚远。新高值中心的出现说明,在系统影响下海南岛午后雷暴过程在白沙与儋州的交界处生成的概率最大,原因在

于夏季海南岛西北部在12—14时海风达到最强,与西南背景风形成风场辐合切变,加上午后优越的热力条件和山区地形由于受热不均引起的扰动,极易触发强对流发生^[7-10](图3e)。

15—18时概率中心移到澄迈南部,中心值上升到40%,这是全天各时段的最大概率值,说明在15—18时在澄迈的南部最容易出现雷暴天气,配合地闪次数,此时段也是雷暴过程最强盛、地闪发生最猛烈的阶段(图3f)。

18—21时概率中心移到澄迈的东部边界,中心值降到了25%,说明在此时段雷暴过程进入到衰亡阶段,地闪发生逐步减少(图略)。

21—24时,概率中心出现在屯昌北部,概率中心值只剩4%。过了21时,大部分雷暴过程已东移入海消亡,只有极少数雷暴过程能停留在陆上延续到21时之后,而这些雷暴过程往往生成较晚,且发展较弱(图略)。

如果把12—21时的地闪发生概率中心串连起来,那么从白沙的中部到澄迈的东部再延伸海南岛东部海面就是午后雷暴过程最大概率经过的路线,呈西南—东北走向,这与系统影响下海南岛西北部背景风的风向吻合。

综合以上分析再结合地闪次数随时段变化的情况可以得到,在系统影响下,地闪集中发生午后,主要发生海南岛北部内陆;夜间至上午地闪发生很少,主要分布在海南岛东南部沿海。

3 结论

1) 海南岛1—9月均可受系统影响,但地闪活动主要在4—9月。

2) 在系统影响下,海南岛地闪发生概率月分布曲线呈双峰特征,主峰在8月,次峰在5月,00—12时的地闪概率月分布曲线则与全天曲线不同,呈逐月上

升特征。

3) 在系统影响下,海南岛地闪发生概率和地闪平均次数的时段分布曲线均呈单峰特征,两者峰值同时出现在15—18时,除了12—21时其他时段的地闪发生概率和地闪次数都很低。系统控制过程的前2天的地闪发生概率和地闪次数均比后2天的略低。7—9月的地闪发生概率在各个时段都要比4—6月高,但4—6月地闪发生次数的峰值比7—9月高。

4) 00—12时各时段的地闪发生概率中心分布在东南沿海,概率中心值在5%以下;12—21时各时段的地闪发生概率中心分布在北部内陆,概率中心由白沙县中部向澄迈县东部移动,移动方向呈西南—东北向,15—18时概率中心在澄迈县南部达到最高值40%,再继续往东北移动则开始减弱;21时以后概率中心分布在屯昌县境内,中心值在5%以下。4—6月各时段概率中心的空间分布与7—9月的完全一致,但7—9月的概率中心值要比4—6月的大。

参考文献

- [1] 许小峰. 雷电灾害与监测预报. 气象, 2004, 30(12): 17-21.
- [2] 王春乙. 海南气候. 北京: 气象出版社, 2014.
- [3] 王良森, 李菁. 近四十年广西大范围高温天气气候特征. 广西气象, 2006, 27(增刊1): 68-70.
- [4] 符式红, 郑艳. 2014年海南岛持续性异常高温成因分析. 气象研究与应用, 2017, 38(2): 27-30.
- [5] 辛吉武, 许向春, 蔡杏尧. 海南儋州雷暴天气气候特征分析. 气象, 2008, 34(1): 100-106.
- [6] 郭冬艳, 翟盘茂, 姜涛, 等. 海南夏季雷暴时空分布特征及成因. 气象科技, 2011, 39(5): 562-568.
- [7] 郭冬艳, 辛吉武, 吴胜安, 等. 海南雷暴气候特征及大气环流背景分析. 气象科技, 2008, 36(4): 404-409.
- [8] 郭冬艳. 海南雷暴分布特征及形成条件分析. 兰州: 兰州大学硕士学位论文, 2008.
- [9] Guo D Y, Chen Y L, Cai Q B. Nowcasting CG lightning activity for Hainan Island during the spring and summer seasons. 23rd International Lightning Detection Conference, 5th International Lightning Meteorology Conference, 2014.
- [10] 王静, 苗峻峰, 冯文. 海南岛沿海近地面风时空分布特征的观测分析. 南京信息工程大学学报(自然科学版), 2016, 8(3): 226-238.