

## 辽东短时特大暴雨过程中 2 个 MCC 云团的特征和环境场分析

孙连强, 李慧琳, 王浩, 李倩, 徐璐璐 (辽宁省丹东市气象局, 辽宁丹东 118000)

**摘要** 选取我国 FY-2C 卫星加密图像产品、T213 数值模式分析产品以及地面和高空观测资料, 运用卫星形态学和天气诊断分析方法, 对 2005 年 8 月 12~13 日辽宁短时特大暴雨过程中 2 个中尺度对流复合体(MCC)云团的特征、差异及其在云团形态、天气系统和物理量 3 种环境场进行了对比分析。结果表明, 2 个 MCC 云团是直接影响系统; 因传播方式明显不同, 2 个 MCC 在云团特征、天气现象和造成灾害 3 方面明显不同; MCC 云团所处的云场中, 各成员通过热力和动力相互作用, 促使 MCC 影响辽宁; MCC 的产生和发展与各纬带内不同尺度的天气系统密切相关; MCC 云团的物理量场具有特殊性。

**关键词** 短时特大暴雨; 中尺度对流复合体(MCC); 环境场

**中图分类号** S161.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)28-13680-04

### Analysis on Physical Field and Characteristics of Two MCCs during Short-time Rainstorm Process in Eastern Liaoning Province

SUN Lian-qiang et al (Meteorological Bureau of Dandong in Liaoning province, Dandong, Liaoning 118000)

**Abstract** Based on chinese FY-2C geosynchronous satellite images, T213 numerical model products and conventional meteorological observation material in surface and aerological stations, by using satellitic morphology and synoptic diagnosis, the article contrastively analyzed the characteristics, differences and in three physical fields as satellitic morphology, weather system, physical variables of two MCCs. The result showed that two MCCs are directly influencing weather system; because of the notable differences in the mode of transmission, two MCCs are obviously different in the characteristics of satellitic morphology, weather phenomena and meteorological disaster; by thermal and dynamic interaction in the members of cloud fields, MCC impelled Liaoning province; the emergence and development of MCC closely related weather system of several scales in different latitudes; the physical quantity fields of MCC are special.

**Key words** Short-time rainstorm; MCC; Physical fields

中尺度对流复合体(MCC)是一种椭圆形的、生命史较长且高度有组织的中- $\alpha$  尺度对流系统, 常常是造成短时特强暴雨的元凶, 一般还伴随强雷电、龙卷风和冰雹, 因此 MCC 能引起多种气象灾害并发, 给人们的生命和财产造成重大损失<sup>[1]</sup>。2005 年 8 月 12 日 8:00 至 13 日下午 15:00 辽宁省自西向东先后受 2 个 MCC 袭击, 产生了短时特大暴雨、短时大风和罕见的大范围强雷电天气, 引起了山体滑坡、泥石流、强雷击事件和风灾, 在灾情最严重的辽东地区, 还引发了百年一遇的特大洪水。MCC 影响期间共造成 19 人死亡, 34 人失踪, 重伤 46 人, 紧急转移安置人口 35.8 万人, 累计 262 万人受灾, 各种农业及其他经济损失累计达 77.01 亿元。笔者选取中国 FY-2C 卫星 30 min 间隔的云图、中国 T213 数值模式客观分析场等资料, 运用云团形态学分析和天气学诊断分析方法, 分析了上述 2 个 MCC 云团的特征、差异及其形成和发展共同背景, 概括了 3 个概念模式。

#### 1 2 个 MCC 云团的演变及其引发的灾害性天气概况

2005 年 8 月 12 日 8:00 的 FY-2C 红外卫星云图显示, 在京津地区有 2 个直径大约为 150 km 的中- $\beta$  尺度云团生成(图 1A)。11:30 这 2 个云团合并成椭圆形的中- $\alpha$  尺度暴雨云团(命名为 MCC-A, 下一个为 MCC-B), 长轴直径达 350 km, 此后 MCC-A 不断加强, 面积不断扩大, 亮温不断降低, 在 12:00 开始影响辽西地区。15:30(图 1B), 云顶亮温达到 -88 °C, 最低值在云团中心, 卷云盖的形状呈辐散状, 这种特征一直维持到 18:00。14:30 到 15:30 喀左县南哨镇五道营子村一组遭到龙卷风袭击, 300 棵直径 30 cm 的树木或被连根拔起或被折断; 凌源市及葫芦岛市建昌县遭到强雷暴、地面大风、短时大暴雨袭击, 建昌县 6 h 降水量达到 103 mm,

此时 MCC-A 达到最强。19:00 MCC-A 开始分裂成 2 个中- $\beta$  尺度云团并减弱(图 1C)东移。在其经过盘山县高升镇和大荒镇时带来了短时暴雨和雷雨大风, 有 400 棵树木被连根拔起。之后 2 个中- $\beta$  尺度云团减弱东移, 在 8 月 13 日 0:00 消失。从云团演变上看, MCC-A 有如下特征: ①云团向前传播, 即相对于对流层中层平均风而言, 新生对流是生成在原有 MCC 的下风方向; ②冷温度中心一直保持在云团中心; ③卷云罩呈辐散状; ④保持较快的移动, 没有出现明显的准静止状态; ⑤以短时局地性大暴雨、强雷暴、短时大风和短时龙卷风天气为主; ⑥MCC-A 生命史约为 8 h。

8 月 13 日 0:00, 在辽北的康平县有一中- $\beta$  尺度云团生成(图 1D)并迅速增强, 30 min 后云顶亮温已达 -81 °C(图 1E), -52 °C 以下亮温面积达到 6 万多 km<sup>2</sup>, MCC-B 生成。在之后的 15 h 内, 它一直由西北向东南方向缓慢移动。FY-2C 加密云图显示在它呈准静止状态时(图 1E、F、G), 不断有新生单体在其西南部生成并很快融合到云团中, 图 1E 中如箭头所指在 MCC-B 西南部外流边界处有新生成一单体(即 7 号)云团, 之后很快融合到 MCC-B 中, 这一点与文献[2]的论述一致。13 日 15:00 它减弱移出辽宁省(图 1H)。MCC-B 先后主要影响了辽东 8 个县, 带来了以短时特大暴雨为主并伴随大范围强雷暴天气, 导致了严重的洪涝灾害、强雷击事件和地质灾害。其中清源县 13 日 4:00~7:00 的 3 h 内降雨量达 142.2 mm, 为短时特强暴雨。县内 8 座桥梁被洪水冲坏。抚顺市因为强雷电造成市区大范围停电, 本溪市因强雷击造成通讯线路中断和市区局部停电停水。分析 FYi-2C 加密卫星图像资料, MCC-B 云团与 MCC-A 有如下差异: ①其低亮温中心和最大亮温梯度在云团的西及西南部; ②MCC-B 云团向后传播, 即相对于对流层中层平均风而言, 新生对流是生成在原有 MCC 的上风方向; ③卷云罩为楔型并向下风方向延伸, 尖部朝向西南部, 即新生单体的生成处; ④在移动过程中呈连续准静止状态的时间约 6 h; ⑤天气现

**基金项目** 辽宁省气象局“青年新秀”专项基金。

**作者简介** 孙连强(1973-), 男, 辽宁丹东人, 硕士, 副研级高级工程师, 从事天气预防和农业气象研究。

**收稿日期** 2009-05-31

象剧烈,以区域性特大暴雨和强雷电为主要特征;⑥生命史长达 15 h。

值得注意的是,2 个 MCC 在云图特征上存在明显差异,

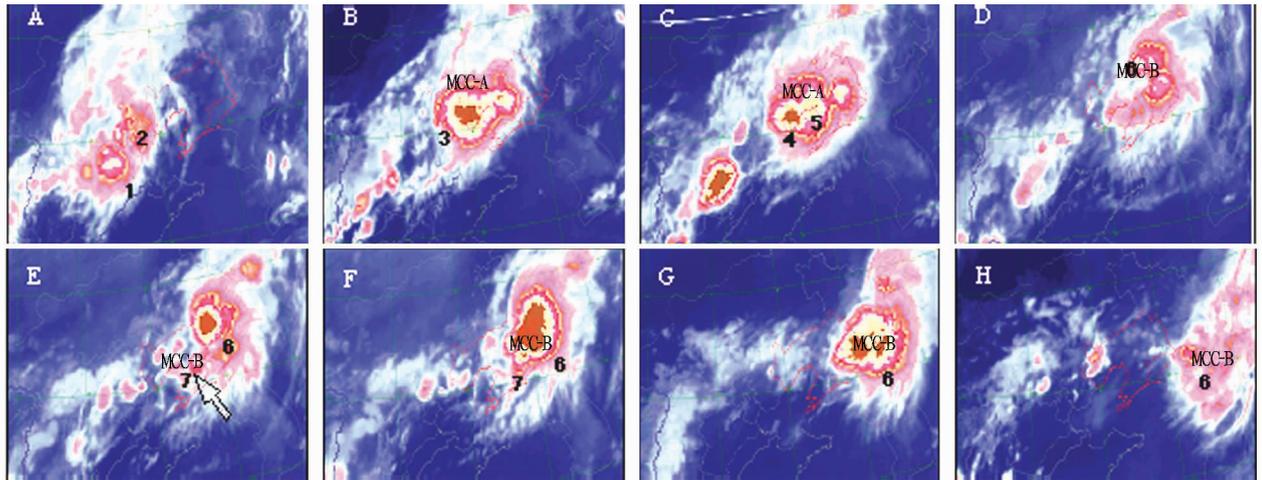


图1 MCC-A 和 MCC-B 云团演变情况

Fig. 1 Development situation of MCC-A and MCC-B clouds

## 2 MCC 云团的环境云场分析

**2.1 MCC 云团的环境云系成员** 8月12日14:00的FY-2C 红外云图和500 hPa 高度场叠加图(图2)显示,位于东南沿海的副热带高压(副高)和蒙古高压控制区为无云区,两者之间是由不同尺度的短波槽云系组成的波状高空槽云带,该云带由多层云系组成,2种主要云系是卷云和中尺度对流云团,华北的高空槽卷云羽的下部是MCC-B(白色箭头所指处)。孟加拉湾东北部到青藏高原东部是热带季风云涌;副高南部是发展强盛的ITCZ云带,上有2个热带风暴云系沿着副高南缘向西移动。

**2.2 MCC 环境云系成员相互作用的定性分析** MCC-A 和 MCC-B 影响辽宁期间,中低纬和热带地区的云系一直保持比较稳定的分布形势(图2)和特点,云系成员之间通过热力和动力等方式相互作用,直接或间接地影响MCC云团的生成、发展、成熟及消亡。热带辐合带云系发展强盛,上有热带低压或台风云系活动。菲律宾附近的台风云系向北扩展,副高对应的黑色高温晴空区向北凸起,其边缘在辽东半岛南部海岸至黄河中下游一线,整体呈倒“V”字形且 $\geq 20^\circ\text{C}$ 的亮温区域宽广,表明副高强盛偏北。高空槽云带被限制在西风带大陆弱蒙古冷高压和副高这2个晴空区之间,高空槽卷云羽向副高一侧呈反气旋性弯曲。孟加拉湾季风云涌和不稳定暖湿气流进入到高空槽云带与副高晴空区西北侧之间,该区域内有不同尺度的中尺度对流系统(MCS)云团生成和发展,其间伴随低空急流和切变线,华北的高空槽云系出现反气旋式的卷云羽,表明高空槽已经形成低空强辐合、高空强辐散的强迫机制,为促使该槽底部的晴空区生成中尺度对流复合体MCC-A 和 MCC-B 云团创造了外部环境条件。

**2.3 MCC 云团的环境云场概念模式** 根据1996年7月24日、1989年7月18日和此次共3个MCC云团影响辽宁的环境云场特征,从云图形态学的角度并结合天气动力学分析,初步总结出有利于MCC云团影响辽宁地区的云场分布概念模式。其云场有以下成员组成:①ITCZ云带;②副高晴空区;③加拉东北移热带季风云涌;④多个高空槽云系组成的高空

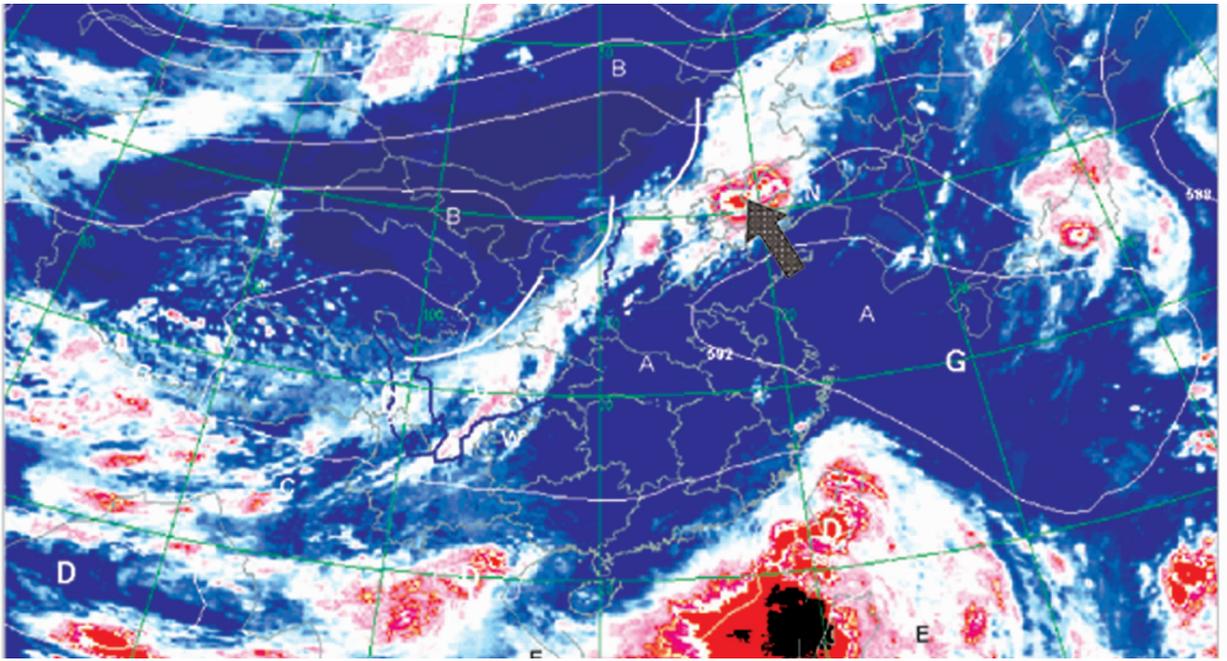
因而引起的天气及灾情也明显不同:MCC-A 在辽西引起的暴雨强度相对较小而风灾较严重;MCC-B 在辽东引起的暴雨强度较大、雷电强而风灾较小。

槽云带;⑤中尺度对流云团活动带;⑥西风带弱冷高压晴空区。在该概念模式下,这些环境云系成员将通过动力和热力机制相互作用,促使MCC云团形成。研究2001~2005年的云图资料得到500 hPa短波槽底部经过辽宁中部,同时副高晴空区边缘在山东半岛。则MCC主要影响辽宁中南部东西带状区域;500 hPa短波槽底部经过辽宁北部而副高晴空区边缘在沈阳-锦州一线则MCC主要影响辽宁中北部东西向带状区域。

## 3 MCC 云团的天气背景分析

**3.1 MCC 与天气系统的关系** MCC云团发生、发展、传播和消亡与一定天气背景密切相关。8月12日8:00至13日20:00各尺度天气系统有如下特征:①100~400 hPa等压面上,青藏高原向东北地区伸出一狭长高压脊,2个MCC生成在脊区等高线曲率最大处;②300 hPa距MCC云团以北 $5^\circ$ 纬距处有一高空急流轴;③MCC云团生成在200 hPa风场呈反气旋辐散区内;④500 hPa副高脊线稳定维持在 $35^\circ\text{N}$ ;⑤500和700 hPa槽重合且较弱,MCC生成在短波槽前偏南的地方;⑥850 hPa有一东西向的切变线,MCC生成在切变线南缘暖区中;⑦850和925 hPa图上,副高晴空区和切变线之间存在一支与300 hPa急流近于平行的低空偏南风急流,MCC产生在急流轴左前方风场呈气旋性弯曲处。

**3.2 2个MCC云团的传播方式与高、低层流场的关系** 在相同的大尺度天气形势下,2个MCC云团所处的天气尺度环境存在2点最明显的不同:①在MCC-A生成和发展中,低层冷空气一直处在其西北部,低层暖湿空气从其南部进入MCC-A(图3A、B),而在MCC-B生成和发展中,冷空气已经移到其东北部或东部,低层暖湿空气从其西部进入MCC-B(图3C);②MCC-A生成和发展在300 hPa流线相对平直的环境中,而MCC-B生成和发展在300 hPa流线反气旋发散的环境中,因以上差异,MCC-B在辽东的向后传播甚至达到准静止状态,比MCC-A在辽西多停留了近7 h,引起强降水、强雷击影响时间的延长,加重了洪水和雷电灾害的程度。



注:细白色线为位势高度,单位:位势 10 m;粗白色线为高空槽线;A-A 为副高晴空区,B-B 为弱冷高压晴空区,C-C 为季风云涌,E-E 为 ITCZ 云系,W 和 N 分别是副高晴空区的西脊点和北脊点。

Notes:light white line represents geopotential height(unit:10gpm);bold white line represents upper trough;A - A area represents the clear sky controlled by subtropic high;B - B area represents the clear sky controlled by feeble cold high;C - C area represents monsoon cloud swell;E - E area represents ITCZ;W and N represents respectively western and nothern ridge point of subtropic high.

图 2 8 月 12 日 14:00 的 FY-2C 红外云图和我国 T213 数值分析产品 500 hPa 高度场等值线叠加情况

Fig. 2 Superposition chart of 500 hPa T213 model and cloud image of FY-2C at 14 pm on Aug. 12 th

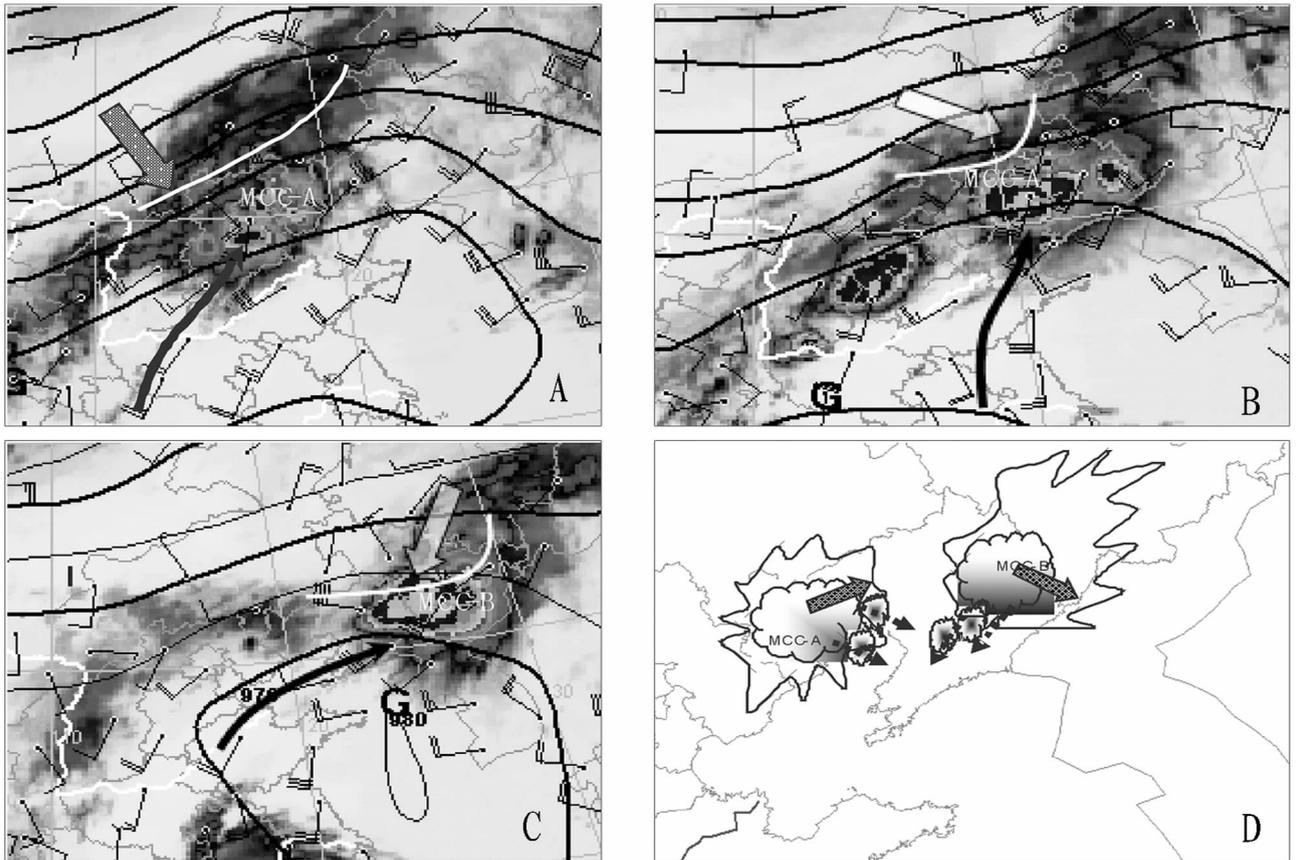


图 3 2 个 MCC 云团的传播方式及其与高、低层流场的关系

Fig. 3 The relationship between the transmission way of two MCC clouds and wind fields of low to upper sky

**3.3 有利于辽宁受 MCC 影响的天气形势概念模式** MCC-A 和 MCC-B 是由各类天气系统经过相互作用而形成的,特别是高、中、低纬各类尺度天气系统的耦合非常明显。总结 1996 年 7 月 24 日、1989 年 7 月 18 日和此次共 3 个 MCC 云团影响辽宁的天气形势特征,得到了有利于 MCC 发展的天气形势概念模式。

#### 4 MCC 云团的物理量场分析

**4.1 物理量场分析** 经过 MCC 中心的南北向垂直速度剖面图显示直到 200 hPa 都为上升气流,上升速度中心在 500 hPa;200 hPa 的辐散和 850 hPa 的辐合对应明显;500 hPa 的涡度及其平流明显较一般天气系统偏小;温度场则呈现出对流层中、下层暖且有很强很厚的暖平流,400 和 500 hPa 附近为暖中心,高层 200 hPa 以上为冷中心的分布特征;云团下部为中尺度冷高压。

**4.2 能量、稳定度和水汽输送分析** MCC 是在大气极不稳定而环境强迫作用较弱的情况下产生的<sup>[2]</sup>。8 月 12~13 日,副高西部深厚的西南气流极不稳定,高能暖湿舌一直伸展到对流层中层,在 850 hPa 图上  $\theta_{se}$  高值轴起始于 ITCZ,经四川直至东北地区,MCC 云团生成于河北北部中心值为 96 °C 高能舌的前部。500 hPa 的  $\theta_{se}$  高值轴则起始于孟加拉湾,与 850 hPa  $\theta_{se}$  高值轴走向一致,但数值普遍比 850 hPa  $\theta_{se}$  低 15 °C。这支气流的 SSI 指数较低,K 指数较高,分别达到不稳定的标准。在 MCC 西南部 850 hPa 高度上存在一支很强的水汽输送带,该输送带在对流层中层及以下都表现得很

明显。

**4.3 有利于 MCC 影响辽宁的物理量场概念模式** 由以上 MCC 物理量场分析,并总结了历史上的 3 次 MCC 影响辽宁的特征,得到了有利于 MCC 影响辽宁的物理量场分布概念模式,辽宁处于低空急流的前端。

#### 5 小结与讨论

(1) 2 个中- $\alpha$  尺度 MCC 云团是造成辽东短时特大暴雨的直接影响系统;2 个中- $\alpha$  尺度 MCC 云团因传播方式的明显不同,两者的云图特征、天气现象及造成的灾害也不同;2 个 MCC 产生和发展的云场背景具有一定的特征;2 个 MCC 的产生和发展高、中、低纬各类尺度的天气系统的分布形势密切相关。

(2) MCC 云团的物理量场具有其特殊性。

(3) 总结得到的 3 个概念模式,有利于进一步加深对北方地区 MCC 云团的认识和理解。

(4) 主要从卫星云图和天气学诊断分析 2 方面对辽东短时特大暴雨过程中 2 个 MCC 云团的特征、差异和环境场作了分析,今后将继续以上工作,以期对 MCC 的监测和预报提供更多线索。

#### 参考文献

- [1] 陆汉城,杨国祥. 中尺度天气原理和预报[M]. 北京:气象出版社,2004: 117-118.
- [2] M·J·巴德. 卫星与雷达图象在天气预报中的应用[M]. 卢乃锰,等译. 北京:科学出版社,1998.

(上接第 13670 页)

用使触杀率达到一定的数值,随着时间的延长乙醇浸提液中的触杀活性物质继续起作用。乙酸乙酯浸提液对油松毛虫的触杀作用表现不明显,可能是具有触杀活性的物质不溶于乙酸乙酯或少量溶解导致现象不显著。同时,该试验应用均匀设计法进行试验设计和分析处理数据缩短了研究的周期,减少了试验次数,提高了结果的准确性。该结果为利用东北雷公藤进一步研究和开发新型的森林病虫害防治植物源农药奠定了基础。

#### 参考文献

- [1] 顾地周,车喜全,朱俊义,等. 独角莲不同提取液对大豆蚜虫的生物活性及活性浓度的初步筛选[J]. 大豆科学,2008,27(6):1010-1014.
- [2] 顾地周,车喜全,王立斌,等. 半夏提取液对大豆蚜虫生物活性及活性剂量的初步筛选[J]. 农药,2008,47(12):927-929.
- [3] 顾地周,车喜全,赵玉敏. 白藜不同提取液对菜缢管蚜的生物活性研究[J]. 长江蔬菜,2008(10):69-71.
- [4] 刘利,刘春雷,顾地周,等. 节蓼不同提取液对白背飞虱的生物活性研究[J]. 安徽农业科学,2008,36(31):13756-13757.
- [5] 方开泰. 均匀设计——数论方法在试验设计中的应用[J]. 应用数学学报,1980,3(4):363-372.