

突发性灾害天气的结构预测与应急对策

欧阳首承¹, 谢娜², 郝丽萍²

(1. 成都信息工程学院, 成都 610041; 2. 成都市气象局, 成都 610071)

[摘要] 以 $V-3\theta$ 图的非规则信息结构分别分析了北京 2004 年 7 月 10 日和上海 7 月 12 日出现的突发性强对流降水、风暴和川东北的区域性特大暴雨天气过程的结构特征, 并简单地讨论了突发灾害天气的预测原理和分析、预测方法。结果表明, 局地强对流降水天气或区域性大暴雨在 $V-3\theta$ 图的结构上事先有明显的征兆而可预测; 并作为有效的防灾、减灾和相应城市建设应考虑的排水、储水和防风等的特殊性应急措施。

[关键词] 溃变; 结构分析; 突发性强对流; 防灾措施

[中图分类号] P42; G201; O236 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742 (2005) 09-0009-05

1 引言

强对流天气习惯上被传统方法称为突发性灾害天气, 主要是局地的天气激烈变化现象, 包括冰雹、龙卷、大风、沙尘暴的黑风暴和强降水。强对流降水的降水量变化或非均匀程度均较大, 且几个或十几个小时内就可以达到大暴雨或特大暴雨的强度。因其区域性小且降水强度变化大, 对城市交通或中、小型水库有破坏性作用, 并且突发性是未发生事件的非初值自相似问题, 不能应用外推法。这正是传统气象科学基本原理和方法体系所不能解决的本质性问题。

2004 年汛期以来相继发生了北京、上海等局部地区的强降水和风暴, 及川东北的区域性的突发性大或特大暴雨。因其突发性 and 措施的非及时性, 又引起了人们的关注和忧虑, 因为过程雨量 100~200 mm 的暴雨或 10 级左右的大风, 作为大都市的城市建设或规划应当有相应的应急措施。实际上, 此类灾害性强降水天气在历史上已多次出现。例如 1998 年 7 月武汉市的突发性暴雨, 其过程雨量达 250 多毫米, 成为当地破记录的强降水, 因采

用传统方法而漏报了。但用结构预测方法以服务方式及时地改进了预报结果, 而达到了有效预测和服务, 并取得了实际的社会、经济效益, 受到了武汉市民和当地政府的好评。为此笔者以溃变原理的 $V-3\theta$ 图分析了这两次城市强对流天气和川东北的区域性特大暴雨, 并讨论了与其相应的有关应急措施问题。

2 溃变原理

溃变理论是研究物质损伤、老化和破坏过程变化的转折性理论, 属于演化科学^[1]。其中破坏过程即为崩溃性的非初值自相似问题, 而称为溃变, 也称为转折性变化。按演化的溃变原理, 天气问题是物质变化的“易坏产品”而属于非惯性系问题; “耐用产品”是惯性系的设计、制造的估算方法问题^[2]。为此, 易坏产品应该有其相应的理论和方法。物质演化的老化到死亡(转折性)过程, 按溃变原理应当首先体现在物质结构机制的变化上。为此演化的溃变分析立足于物质结构, 并将数量信息按数码信号转换为物理相空间的结构信息, 以非规则信息的结构处理演化的转折性变化。简言之, 演

[收稿日期] 2004-10-24; **修回日期** 2004-11-14

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目 (60172013)

[作者简介] 欧阳首承 (1939-), 男, 广东番禺市人, 成都信息工程学院教授

化的溃变问题是研究物质的损伤、老化和死亡(转折性)问题,也可以说,物质结构的机制变化应当分析物质结构,其不同于传统方法的是以物质结构方式包括了惯性系“力”的来源和力的变化。重要的是演化问题不仅是物质的基本问题,也是当代科学遗漏的而且是惯性系所不能解决的问题,故气象问题的实质上涉及了当代科学体系的观念性变革。

3 结构分析法及 $V-3\theta$ 图

按溃变理论所设计的 $V-3\theta$ 图主要是以结构方式揭示非规则信息的结构特征及其作用^[1,2]。结构预测方法是针对天气演化转折性过程中的灾害天气预测设计的,并以 θ (位势温度) 曲线结构形态体现了相当于 $P-T$ 相空间的斜率。作为具体的操作说明,数量分析不能处理数量不稳定问题。因为数量不稳定增长可导致数量 $\rightarrow \infty$, 故传统的数量分析以稳定性限制了数量不稳定的增长。但数量 $\rightarrow \infty$ 在结构的相空间中可以斜率方式垂直于横坐标 T 轴,而欧几里得空间的数量 $\rightarrow \infty$ 正好是曲率空间的转折性变化^[2]。为此, $V-3\theta$ 图可以 θ 线准垂直于 T 轴预示转折性变化,而巧妙地解决了被认为是非常困难的天气转折性变化,即物质“物极必反”的溃变问题。所谓突发性的实质就是激烈的转折性而不能外推,但配合滚流方向的改变可先于天气转折性变化而能预测天气的突发性变化。

物质结构及其变化既是力的来源也先于力的变化,并非规则信息所构成的结构特征,也是物质结构特征的体现,配合以风的方向为主的信息序,比以气压为主的信息序可以争取了预测时间。其超低温的非规则信息的意义和作用和滚流方向等都是实践中发现的。溃变原理及其结构分析方法是以前为基础形成的理论、方法体系。这也是成都市气象台引进溃变软件后在信息无错情的条件下,可以预报出大暴雨或特大暴雨等灾害天气的原因^[3]。

$V-3\theta$ 图的 V 是探空资料中的风矢量,含有风向、风速,并设置在 θ^* 线上。 $V-3\theta$ 图中的 3θ 则分别是 $\theta, \theta_{\text{sed}}, \theta^*$ 在垂直方向上构成相空间 $P-T$ 坐标的三条曲线,即为每一测站的垂直剖面图。 θ 是位温, $\theta_{\text{sed}}, \theta^*$ 体现大气的水汽分布状态也是结构特征,并可以此确定灾害天气的程度或称谓量的预报,详见文献^[1,2]。

4 突发性对流天气的结构特征

突发的局地小尺度天气预报,目前国内、外还是个难题,还有专家认为至少 20~50 年解决不了。其理由是:其尺度小,突发性强和目前的观测系统的分辨率低,依靠雷达监测一般只能提前几个小时甚至几分钟。但根据溃变原理,任何物质的突然变化都有个积累过程并可反映在非规则信息上,只要其非规则信息构成物理机制性(相当于具有 6 h 生命史中、小尺度系统)就可以利用 $V-3\theta$ 图提前 6~24 h 做出准确地预报。因为物理机制性结构特征在 $V-3\theta$ 图上清晰地显示这种天气现象发生前的结构特征及其变化,并与一般的区域性暴雨结构特征有明显的不同。

作为强对流天气的预测应注意:

1) 除了 3 条 θ 曲线的非均匀结构的特征外,较突出的是 θ_{sed} 和 θ^* 与 T 轴成钝角,可在强对流天气发生前区别于暴雨(暴雨呈准直角),但发生于顺滚流的条件是一致的;

2) 大气超低温不是单站或个别地区的局部现象,预测分析中除了注意超低温现象之外,还要注意大气中低空 3 条 θ 曲线的配合,即超低温可称为强对流天气发生的必要条件,但不是充分条件。

4.1 城市突发灾害天气

4.1.1 2004 年 7 月 10 日北京市的强降水过程
2004 年 7 月 10 日下午,北京市出现了一次强对流降水天气过程。降雨的局地性较强,分布不均,降雨主要集中在市中心和城南地区,如天安门降雨量为 104 mm,门头沟降雨量为 84 mm,石景山降雨量为 74 mm,但北部的延庆、密云和平谷地区基本上没有降雨。这场局地暴雨使诸多立交桥的下水道积水,使全市交通瘫痪达 4 h。

7 月 10 日北京的局地强降水过程在天气图上没有明显的天气系统,但在 7 月 9 日 20 时和 10 日 08 时的 $V-3\theta$ 图上已经可以看出其结构的非规则和变化了(见图 1 和图 2),7 月 9 日 20 时已出现对流层整体不稳定的顺滚流,只是水汽分布还不具备降水条件,但到了 10 日 08 时的 $V-3\theta$ 图已经是强降水前的结构特征了。即使由 7 月 10 日 08 点的 $V-3\theta$ 图也可以见到风矢量的结构,除了地面有弱东北风的日变化影响外,低层大气为西南风,700 Pa 以上为西北风,整层为顺滚流;超低温为降水的薄层结构特征;水汽分布已具备对流降水的

条件，低空湿度加大，高空干燥（500 hPa 以上已几乎没有水汽）； θ 曲线低层呈左弓形与 T 轴成 75° 锐角且有几层折拐，按气象学的习惯说法是气层结构不稳定且能量充沛。

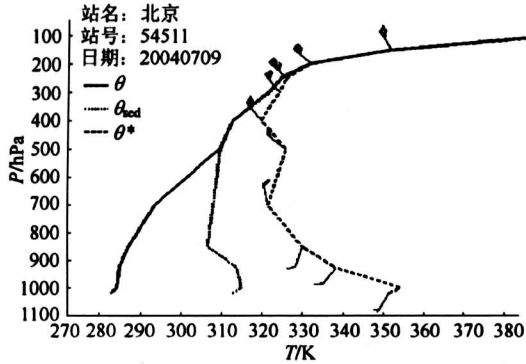


图 1 2004 年 7 月 9 日 20 时北京市的 $V-3\theta$ 图
Fig.1 $V-3\theta$ chart of Beijing
at 2004-07-09-20

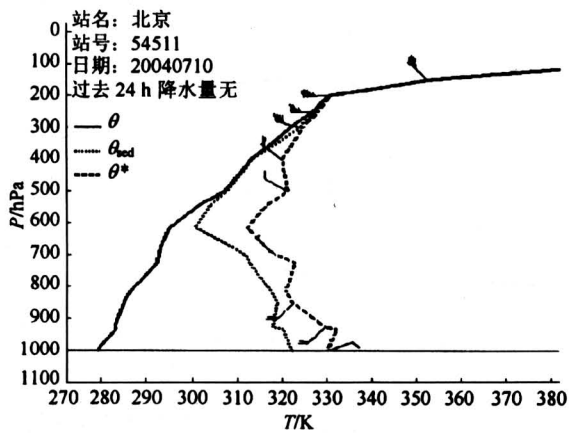


图 2 2004 年 7 月 10 日 08 时北京市的 $V-3\theta$ 图
Fig.2 $V-3\theta$ chart of Beijing
at 2004-07-10-08

θ_{sed} , θ^* 曲线在中低空与 T 轴成钝角，多折拐（这正是强积雨云发展的特征）。作为水汽源，邢台、太原到北京地区为一致的西南气流，水汽通道已打开，即北京地区的降水有后备水汽源。所以北京市区 6~24 h 内应当有一次明显的局地强降水过程。由 7 月 10 日 20 时的 $V-3\theta$ 图（见图 3）可以看到，尽管结构中还有些不稳定，但高空已转为西南风、低层为西北风的逆滚流结构；低空水汽减少、高空水汽增多；700~600 hPa 高度出现层云结构（其中含有冷层云，并应注意出现冷层云也是对流天气的特征）。顺便说明，如对照 9 日 20 时

（图 1）、10 日 08 时（图 2）和 10 日 20 时（图 3）的三张 $V-3\theta$ 图，不难看到整个过程的大气结构是变化的，并对流发生的前后有明显的结构差别。所以气象问题是演化的非惯性系问题，其天气现象随大气的结构不同而不同，不是物质不变的外推法所能解决的。作为结构分析，由图 3 中还可以看到 θ_{sed} , θ^* 曲线在中低空与 T 轴成准平行的直角且有折拐，说明仍有对流云团和层云结构，超低温没有明显减弱，但因 400~300 hPa 的曲线右倾（温度升高）而抑制了中、低空大气的对流活动，即分析 $V-3\theta$ 图要注意结构的细小差别方能掌握该方法，并且流场的方向变化是首先注意的问题。

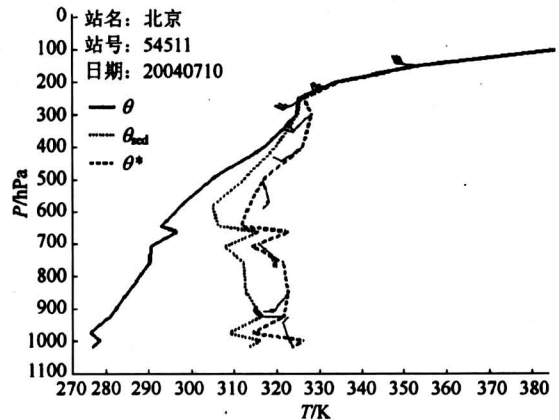


图 3 2004 年 7 月 10 日 20 时北京市的 $V-3\theta$ 图
Fig.3 $V-3\theta$ chart of Beijing
at 2004-07-10-20

为了便于读者理解和运用 $V-3\theta$ 图分析、预报突发性局地强对流天气，附带列出 1998 年 7 月 20 日 08 时武汉市的 $V-3\theta$ 结构图（见图 4）。显然，北京 2004 年 7 月 10 日 08 时的 $V-3\theta$ 图与 1998 年 7 月 20 日 08 时武汉市的 $V-3\theta$ 图结构非常相似，结构机制的相似是原理相同的体现。只是北京在滚流强度和水汽分布上不如武汉。

由图 4 中可以明显地看出，武汉市的水汽辐合层很高，达到 500 hPa 以上，比 2004 年北京 7 月 10 日强降水的水汽条件要充分许多。所以，1998 年 7 月 20 日武汉市时段日雨量的降雨量就已经是 159 mm 了，而 2004 年 7 月 10 日北京地区最大降雨量点才为 104 mm。所以分析 $V-3\theta$ 图，不仅要注意其滚流、超低温的情况，也要仔细分析冷空气及水汽通道等条件，这样不仅可以把握灾害天气的类型，也能较准确地预报出其强度。作为北京市强降水的预测征兆，至少在 20 h 前就有反映，

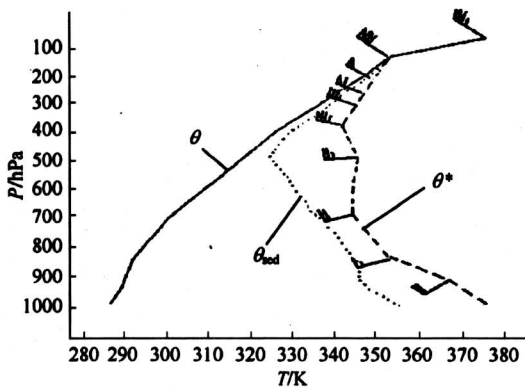


图 4 1998 年 7 月 20 日 08 时武汉市的 V-3θ 图
Fig.4 V-3θ chart of Wuhan
at 1998-07-20-08

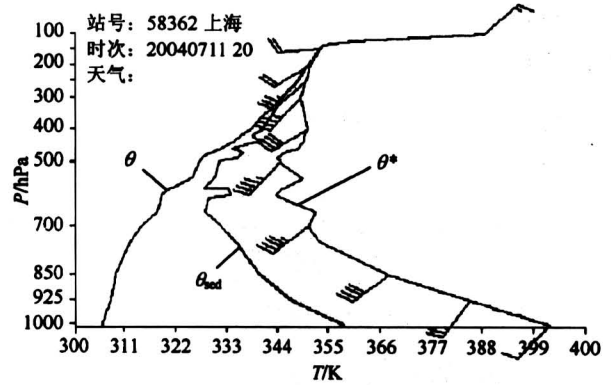


图 6 2004 年 7 月 11 日 20 时上海站的 V-3θ 图
Fig.6 V-3θ chart of Shanghai
at 2004-07-11-20

即使作为保守的正式预报也可以提前 6~8 h。

4.1.2 2004 年 7 月 12 日上海市风暴、雷阵雨过程 7 月 12 日 16 时 20 分狂风暴雨突然袭击上海，不到 1 h 的最高降水量达到 30 mm，最大风力达到 11 级，这场突如其来的风暴、雷阵雨，使嘉定、普陀、浦东等地区均不同程度受到灾害影响，全市共死亡 7 人，40 多人受伤。由图 5 可以看出此次过程是对流层的整体强西南风顺滚流的对流天气，并由 7 月 11 日 20 时已经显示了强风暴的结构机制信息。即西南风整体顺滚流已经形成（见图 6），并低空与近地层大气为强烈不稳定。其中 θ 曲线的中、低空与 T 轴已几乎成 80°角； θ^* 曲线与 T 轴可达 140°的钝角；并超低温成陡角结构状，即超低温很强。但由于水汽条件差，此次对流过程应当以强风天气为主，其中因 700~500 hPa 间有水汽集中现象（图 5），应当伴有雷阵雨。

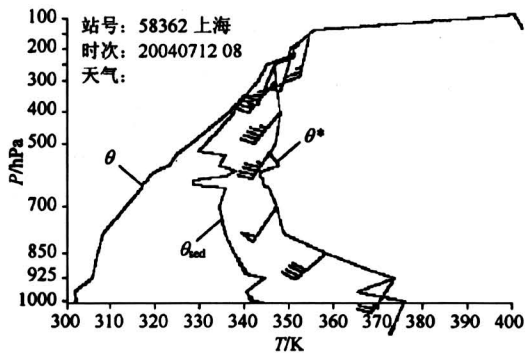


图 5 2004 年 7 月 12 日 08 时上海站的 V-3θ 图
Fig.5 V-3θ chart of Shanghai
at 1998-07-12-08

作为预测，在具体分析中应结合风源分析其邻近观测站的风结构和水汽分布。此次上海暴风雨天气应当比北京的强降水更易预测，因为其结构特征和西南大风的顺滚流是非常明显的，并可提前 20 h 以上。

4.2 区域性突发特大暴雨

区域性突发大暴雨或特大暴雨尽管在范围和维持时间上比城市突发性对流天气的范围大和维持时间相对说来较长，但一般说来其影响范围可达 200~300 km²；时间尺度可在 24~48 h 左右。此类天气也一直是气象的难题，更是区、县站预报亟待解决的问题。

2004 年 9 月上旬四川的川东北达州到重庆北部的开县一带，曾出现日降水量达 200~340 mm 的特大暴雨引发的泥石流，导致了重大经济损失和人员伤亡。图 7 是 2004 年 9 月 2 日 08 时的达州站 V-3θ 图，会运用结构预测方法的预报员完全可以预测出此次大暴雨或特大暴雨过程。因为此图是典型大暴雨-特大暴雨的结构，其强盛的顺滚流配合水汽的辐合层已达到 400 hPa 以上，至少要发生大暴雨以上的暴雨。即使运用云图也可见到此次过程的明显性（见图 8 中部的灰色云图），其对流云团正好笼罩四川的川东北和重庆的北部。作为突发性云团的云团形成要比结构的 V-3θ 图信息迟 24 h，并按云图不能给出降水的量级。但按 V-3θ 图信息的水汽源和辐合层的厚度可以预报出灾害暴雨量的量级。也可以说在无错情的条件下，以目前的探空站网利用 V-3θ 图的非规则信息可以做到 200~300 km² 范围内的大暴雨以上暴雨量预报，并体现了结构变化可发生于事件之前。

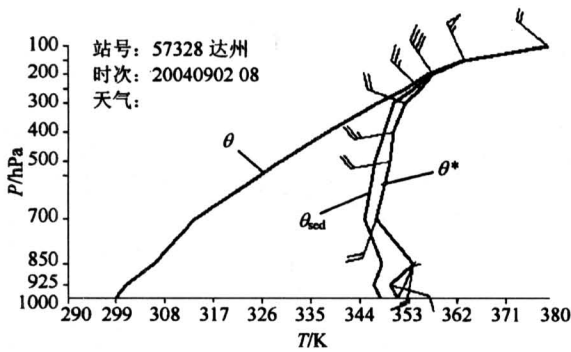


图 7 2004 年 9 月 2 日 08 时达州站的 V-3θ 图

Fig.7 V-3θ chart of Dazhou
at 2004-09-02-08

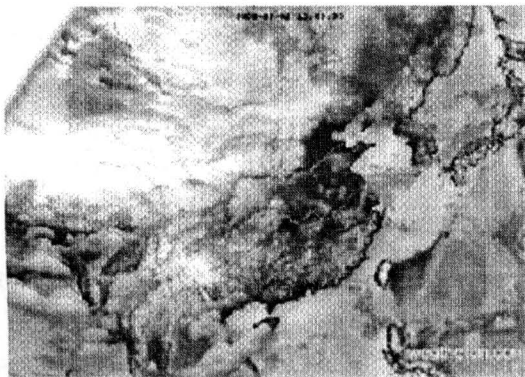


图 8 2004 年 9 月 3 日 12 时的云图

Fig.8 Cloud chart at 2004-09-03-12

5 讨论

1) 作为预报问题, 城市突发性对流天气或区域性突发大暴雨是结构演化的非惯性系问题, 因结构分析方法中含有特殊的非规则或小概率信息, 故可以预测突发性灾害天气。因为天气演化的转换也是能量转换, 必然有个能量积累的过程。所谓的“突发性”无非是在惯性系下, 按适应性的数量稳定性; 或平稳序列性的规则化或大概率化, 消除了非规则或小概率信息而不能预测突发性。即“突发”不是无缘无故的, 而是人为的认识观念导致伪造信息的结果, 或者说: 不可能利用大概率化信息得出小概率事件。此外, 针对突发性对流天气应有个小尺度信息的分辨率问题, 但也毋须站网的高密度布局。即使是具有 6 h 生命史的小尺度突发性对流天气, 按每 100 km 设置探空站网也足够了。其

探空资料的特性层(非规则)信息可很大程度上弥补分辨率的不足, 不过重庆市辖区的探空站布局是不充分的, 因为由重庆到湖北的宜昌市间的很大范围(超过 300 km)内是无测站的盲区。

2) 作为经济建设的防灾、减灾, 正确的天气预测无疑是需要的, 但真正有效地作到长效性防灾、减灾, 其应急的防护措施更是必要的, 尤其针对 1 000 万人口以上的大城市更为需要。对于城市突发性强降水除了必备的排洪手段之外, 应有常年的备用蓄水措施。“城乡一体化”不应立足于比拼高楼大厦, 应考虑城市森林、湿地和备用储水湖泊的规划或措施^[4], 并针对特殊需要(如局地沙尘暴的黑风暴、森林防火等)可考虑局部减弱对流层顶附近超低温的强度措施而局部削弱大气对流强度^[1], 达到减缓灾害强度的目的。即在掌握大气对流机理的基础上实施有效的长效式防灾、减灾, 充分认识实际的非规则信息的物理意义是演化问题必备的基本工作。此外, 密集、高耸的城市混凝土建筑可导致下垫面非规则的“石漠化”, 不仅是城市生态环境失衡的标志, 也是引发局地突发强对流天气的因素。

3) 作为认识问题, 气象问题涉及了物质变化的演化问题。所讨论三次突发天气过程, 实质上已经说明了气象问题是演化科学的问题。只运用外推方法的业务台站是不能给出正确预测的, 并应当注意到沿用惯性系方法是不能解决非初值的转折性变化问题的。牛顿以来的 300 年恰恰是以惯性系为体系的理论和初值外推的方法体系, 即惯性系体系本身没有涉及物质的演化, 也就谈不到演化的转折性和必然不能分析突发性。何况宇宙万物都是演化的, 所以演化科学是基础性的并具有变革性。

参考文献

- [1] 欧阳首承. 天气演化与结构预测[M]. 北京: 气象出版社, 1998
- [2] 欧阳首承, D. 麦克内尔, 林 益. 走进非规则[M]. 北京: 气象出版社, 2002
- [3] 陈祯烈, 郝丽萍, 周莉蓉, 等. 成都市“7.30”区域性暴雨、大暴雨过程演变原理分析[J]. 四川气象, 2003, 83(1): 7~9
- [4] 陈刚毅, 欧阳伯麟, 袁东升, 等. 系统的稳定性和不稳定性[J]. 中国工程科学, 2005, 7(8): 41~46

(下转第 39 页)

Dynamic Simulation and Optimization of Rubber Suspension System of Articulated Dump Truck

Xu Zhihua¹, Sun Qinghong¹, Sun Beibei¹, Ma Zhu², Li Suoyun², Wang HuaJun²

(1. *Department of Mechanical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China;*

2. *Xuzhou Construction Machinery Group Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu 221006, China*)

[**Abstract**] Virtual prototyping technology has been used to analyze the dynamic characteristics of rubber spring suspension of AD250 articulated dump truck. Multi-body dynamics simulation of the ride comfort has been performed under different velocity and different load. The results of analysis are consistent with experiment results, which shows the correctness of the model. Results indicate that the good and constant ride comfort can be satisfied under different load because of the nonlinear properties of rubber springs of front suspension. Rear suspension system under light load has higher supporting frequency than under deadweight. The results provide a basis for the parameter optimization of rubber spring suspension.

[**Key words**] articulated dump trucks; suspension; rubber spring; dynamics; nonlinear

(cont. from p. 13)

Structure Analysis, Forecasting and Urgent Measure for Surprised Severe Weather

OuYang Shoucheng¹, Xie Na², Hao Liping²

(1. *Chengdu University of Information and Technology, Chengdu 610041, China;*

2. *Chengdu Meteorology Bureau, Chengdu 610071, China*)

[**Abstract**] In this paper the structure characteristics of surprised rain gust and storm in Beijing and Shanghai and heavy rain gust in NE Sichuan are analyzed, and the surprised severe weather is discussed by V-3 θ chard. The results showed that the surprised weather can be forecast. Facilities for water drainage water storage and windbreak should be allocated.

[**Key words**] blown-ups; structure analysis; surprised severe weather; taking precautions against severe weather