

# 青藏高原东北侧局地冰雹统计特征 及对特殊雹云单体的讨论

刘治国<sup>1</sup>, 王鹏祥<sup>1</sup>, 杨建才<sup>1</sup>, 闫红霞<sup>2</sup>, 毛玉琴<sup>3</sup>, 程 鹏<sup>1</sup>

(1. 兰州中心气象台, 甘肃 兰州 730020; 2. 兰州市第十四中学, 甘肃 兰州 730000;

3. 甘肃省山丹县气象局, 甘肃 山丹 734100)

**摘要:**以 3D - Bames 方案插值的新一代天气雷达反射率因子等高平面资料, 用垂直累积液态含水量 (Vertically Integrated Liquid Water Content, 简称: V L) 的理论模式计算单体的 V L, 用 V L 与单体顶高度之比计算单体的 V L 密度 (Vertically Integrated Liquid Water Content Density, 简称: V LD), 采用统计方法对青藏高原东北侧局地冰雹的日变化和大小分布特征以及地面最大冰雹直径 (简称: Rmax) 与单体在降雹过程中的最大 V L (简称: V Lmax) 和最大 V LD (简称: V LDmax) 之间的关系进行了统计。结果表明: (1) 青藏高原东北侧局地降雹主要以中冰雹为主 (直径在 5 ~ 20 mm 之间), 其次是小冰雹 (直径 < 5 mm, 现称为霰), 出现大冰雹 (直径 > 20 mm) 的概率很小; (2) 从冰雹的日变化特征看, 青藏高原东北侧局地降雹主要出现在下午到傍晚, 期间存在 2 个降雹高峰时段。第一个主要集中在 13: 00 ~ 18: 00, 其中以 15: 00 ~ 16: 00 出现的概率最高, 另一个主要集中在 20: 00 ~ 21: 00, 日内其余时间降雹概率很小, 此结论与陈乾<sup>[1]</sup>等研究区域性冰雹发现的午后傍晚双峰型特征基本吻合, 但在出现时段上稍有偏早; (3) V Lmax 和 V LDmax 从总体趋势上看与 Rmax 之间均存在正相关关系, 但 V LDmax 比 V Lmax 与 Rmax 之间的相关性更好; 相同大小的冰雹所对应的雹云单体的 V LDmax 虽然存在一定的差异, 但差异不大, 一般维持在  $0.1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$  以内; (4) 雷达观测静锥区和单体强回波区倾斜或悬垂回波等是影响 V Lmax 和 V LDmax 与 Rmax 之间出现负相关的 2 个主要因素。

**关键词:**青藏高原东北侧; 局地冰雹; 统计特征; 讨论  
**中图分类号:** P468.0 **文献标识码:** A

## 引 言

冰雹是强对流单体的产物, 是青藏高原东北侧夏季仅次于干旱的一种灾害性天气<sup>[1]</sup>, 因此重视冰雹的研究、对减少地方经济损失、保护人民生命财产安全具有十分重要的意义。近年来, 国内外不少学者对区域性冰雹预报开展了大量的研究工作, 在冰雹的天气形势预报<sup>[2-3]</sup>、物理量参数预报<sup>[4-5]</sup>和相关统计预报<sup>[6-7]</sup>等方面取得了一系列成果。但冰雹具有影响范围小、持续时间短、突发性强等特点, 因此重视局地冰雹的研究具有十分重要的意义。

随着雷达技术的不断发展, 其探测项目和时空

分辨率不断提高, 目前数字雷达已成为研究局地冰雹的主要工具之一<sup>[8]</sup>。20 世纪 70 年代, Greene 等<sup>[9-10]</sup>提出了一种新的利用数字雷达回波资料计算的预报因子: V L。80 年代各国雷达气象学者进一步发展和完善了使用 V L 作为预报因子的研究, 在强对流天气预报方面取得了较大成绩<sup>[11-13]</sup>, 但他们的研究主要侧重于 V L 与地面降水的关系。对于将 V L 用于冰雹的研究, 据美国 Oklahoma 州的统计, V L 如果大大高于相应季节对流风暴的平均 V L 值, 则发生大冰雹的可能性很大<sup>[14]</sup>。20 世纪 90 年代, Amburn 等<sup>[15]</sup>在定义 V L 与风暴顶高度之比为 V LD 之后的研究表明, 如果 V LD 超过  $4 \text{ g} \cdot$

收稿日期: 2007 - 08 - 27; 改回日期: 2007 - 09 - 07

基金项目: 中国气象局项目 (CMATG2007Z08); 甘肃省气象局项目 (2006RA - 3) (2007 - 18) 和国家自然科学基金 (40475011) 共同资助

作者简介: 刘治国 (1977 - ), 男, 重庆市人, 工程师, 主要从事短期天气预报和雷达气象学研究. E - mail: liuzg@gma.gov.cn

$m^{-3}$ , 则肯定会产生直径  $>20\text{ mm}$  的大冰雹, 但他们的结论主要是在美国个例基础上总结出来的, 对于青藏高原东北侧的局地冰雹, 目前国内尚很少有人进行相关研究, 因此本文对青藏高原东北侧局地冰雹日变化和大小分布特征以及  $R_{max}$  与  $V L_{max}$  和  $V L D_{max}$  之间的关系进行了统计, 以期开展局地冰雹预报预警提供参考。

### 1 资料说明与选取

本文研究区是青藏高原东北侧 (兰州新一代天气雷达为圆心, 半径  $150\text{ km}$ , 图略)。所选雷达资料样本包括 2004 ~ 2006 年主要降雹时段 (5 ~ 8 月) 研

究区域内 54 个局地雹云单体共 218 份 VPPI 资料, 资料时间间隔均为  $5 \sim 6\text{ min}$ 。地面降雹实况来自各县气象局上报兰州中心气象台的冰雹灾情材料或危险天气报, 全文所用时间均为北京时。具体选择的局地雹云单体个例及对应地面最大降雹直径实况见表 1。

表中 No 表示单体序号, 按照地面最大冰雹直径由小到大的顺序排列; Name 表示单体名称, 按照其发生的时间及影响地面降雹的主要站点进行命名 (其中时间用 6 位数表示, 前 2 位表示年, 中间 2 位表示月, 后 2 位表示日),  $R_{max}$  表示地面最大冰雹直径 (单位:  $\text{mm}$ )。

表 1 雹云单体个例及对应地面最大降雹实况表

Tab 1 The hailcloud cells and the corresponding  $R_{max}$  of maximal hails on the ground

No	Name	$R_{max}/\text{mm}$	No	Name	$R_{max}/\text{mm}$	No	Name	$R_{max}/\text{mm}$
1	050625榆中	2	2	040515康乐	3	3	050620会宁	3
4	050625皋兰	3	5	050524榆中	3	6	040609和政	4
7	050617会宁	4	8	050625永登	4	9	050823永登	4
10	060521康乐	4	11	060724临夏	4	12	040820天祝	4
13	040716榆中	4	14	050629榆中	4	15	060712西固	4
16	050823永登	5	17	050524广河	5	18	050617东乡	5
19	050621定西	5	20	050716永靖	5	21	060709漳县	5
22	040515河口	5	23	040709榆中	5	24	050625西固	5
25	050606广河	6	26	050629永靖	6	27	050606和政	7
28	050727和政	7	29	050531和政	8	30	050531渭源	8
31	050625临夏	8	32	040605景泰	8	33	050530陇西	8
34	050530漳县	8	35	050625漳县	8	36	040716永登	9
37	040810东乡	9	38	040717皋兰	10	39	050628永登	10
40	050716天祝	10	41	040818西固	10	42	040716皋兰	12
43	050524定西	12	44	040727永登	15	45	040818靖远	15
46	050621会宁	15	47	050527康乐	20	48	060725永登	20
49	040818榆中	20	50	040818定西	25	51	060713临洮	25
52	040818榆中	25	53	060525陇西	30	54	060803榆中	35

### 2 计算方法

$V L$  在计算中被定义为液态水混合比的垂直积分 (单位:  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ), 液态水混合比是通过雷达测量的反射率因子和雨滴之间的经验关系<sup>[14]</sup>进行计算:

$$M = 3.44 \times 10^{-6} Z^{\frac{4}{7}} \quad (1)$$

由于雷达 VPPI 资料在高度上不连续, 直接垂直积分误差较大, 因此利用 3D - Barnes 插值方案<sup>[16]</sup>将雷达 VPPI 资料插值为 40 层反射率因子等高平面资料 (高度间隔  $0.5\text{ km}$ 、水平网格  $2\text{ km} \times 2\text{ km}$ ), 将  $V L$  的积分形式以离散求和的方式进行计算。

$$V L = 3.44 \times 10^{-6} \sum_{i=1}^{n-1} [(Z_i + Z_{i+1}) / 2]^{\frac{4}{7}} h \quad (2)$$

式中  $Z_i, Z_{i+1}, h$  和  $n$  分别为反射率因子等高平面资料中相邻 2 层的反射率因子、垂直高度和资料层数。

$V L D$  在计算中被定义为  $V L$  与单体顶高度 ( $H$ ) 之比 (单位:  $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ), 其基本公式为:

$$V L D = \frac{V L}{H} \quad (3)$$

将 (2) 式带入 (3) 式可得  $V L D$  的计算公式为:

$$V L D = \frac{3.44 \times 10^{-6} \sum_{i=1}^{n-1} [(Z_i + Z_{i+1}) / 2]^{\frac{4}{7}} h}{H} \quad (4)$$

### 3 结果分析与讨论

#### 3.1 青藏高原东北侧局地冰雹日变化特征

众所周知,降雹以 1 d 为周期,有明显的日变化特征,虽然降雹多在午后出现,但随海拔和地形不同而有所差异。陈乾<sup>[1]</sup>等利用 1951~1980 年青海、甘肃和宁夏南部共 127 站区域性冰雹资料对青藏高原东北部降雹日变化特征进行了 3 类分型(午后型、傍晚型和午后傍晚双峰型)。然而青藏高原东北侧局地冰雹的日变化特征是否也符合上述 3 类分型?为此对青藏高原东北侧 2004~2006 年 5~8 月 54 例局地冰雹的日变化特征进行了统计(以地面开始降雹的时间计时),并绘制了日变化特征柱状图(图 1),因所选资料在 0:00~12:00 之间没有出现降雹,因此图 1 从 12:00 开始统计。

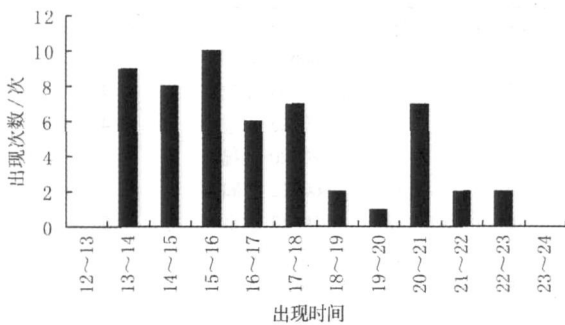


图 1 青藏高原东北侧局地冰雹的日变化特征  
Fig 1 The daily variation character of local hail on the northeast Tibetan Plateau

从图中可知,青藏高原东北侧局地冰雹主要出现在下午到傍晚,期间存在 2 个降雹高峰时段。第一个主要集中在 13:00~18:00,共出现了 40 次,占总次数的 74.1%,其中以 15:00~16:00 出现的次数最多,共出现了 10 次,占总次数的 18.5%,这主要是由于青藏高原东北侧 5~8 月地面最高温度主要出现在 15:00~16:00,此时地面温度高,局地对流发展旺盛,地面容易出现降雹;另一个主要集中在 20:00~21:00,共出现了 7 次,占总次数的 13.0%;18:00~20:00 和 21:00~23:00 虽然也有降雹,但降雹次数相对较少;局地冰雹在其余时间基本不会发生。由此可见,青藏高原东北侧局地冰雹的日变化特征虽然与陈乾<sup>[1]</sup>等研究的午后傍晚双峰型特征基本吻合,但在出现时段上稍有偏早。

#### 3.2 青藏高原东北侧局地冰雹大小的统计特征

冰雹的危害决定于雹块大小、持续时间长短,大

冰雹冲击动能大,如果降雹时间较长,农作物受害就重。安徽省利用 1965~1982 年的冰雹资料统计发现,冰雹大小一般在 5~15 mm 之间,降雹持续时间在 10 min 以内的占总次数的 81.6%;据陈乾<sup>[1]</sup>等的统计发现,西北地区一般降雹持续时间为 5~10 min,但对冰雹大小尚未分析。为此对青藏高原东北侧 2004~2006 年 5~8 月的 54 例局地冰雹大小进行了统计(图 2)。

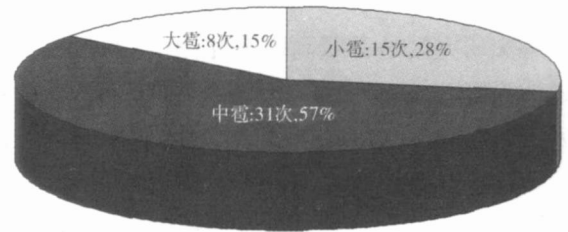


图 2 青藏高原东北侧局地冰雹大小的统计特征  
Fig 2 The statistical character of local hail size on the northeast Tibetan Plateau

从图 2 中看出,青藏高原东北侧 54 例局地冰雹过程中共出现了 31 次中冰雹(直径在 5~20 mm 之间),占总次数的 57.4%;出现小冰雹(直径 < 5 mm) 15 次,占总次数的 27.8%;出现大冰雹(直径 20 mm) 8 次,占总次数的 14.8%。由此可见,青藏高原东北侧局地冰雹主要以中冰雹为主,其次是小冰雹,大冰雹出现的次数很少。初步分析其原因认为:青藏高原东北侧地形复杂,地表裸露,气温差异大,局部地方容易形成强烈上升气流而产生局地冰雹天气,但是由于平均海拔较高,对流抬升高度相对较低,低层能量积蓄较少,局地对流发展相对高度不会太高,从而导致青藏高原东北侧局地出现大冰雹的概率很小。

#### 3.3 冰雹最大直径与 VLmax 和 VLDmax 之间的关系对比

美国对 WSR-88D 雷达产品应用情况调查表明,VL 是在冰雹识别业务中应用次数最多的产品之一<sup>[8]</sup>。Amburn<sup>[15]</sup>等利用美国 Oklahoma 州的资料统计得出如果 VLD 超过  $3.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$  时会出现冰雹,且该指标在美国 Oklahoma 州能探测到 90% 的冰雹现象,笔者曾用 VL 变化率特征对冰雹单体进行了识别,技术得分达到了 89.5%。然而对于青藏高原东北侧局地冰雹大小与 VLmax 及 VLDmax 又有怎样的关系?为此对 2004~2006 年 5~8 月青

藏高原东北侧的 50 个 (剔除距离雷达 30 km 以内的 15 号、22 号、24 号和 41 号 4 个单体) 局地雹云单体在降雹过程中  $V_{Lmax}$  和  $V_{LDmax}$  与对应地面最大冰雹直径之间的关系进行了初步分析 (图 3)。

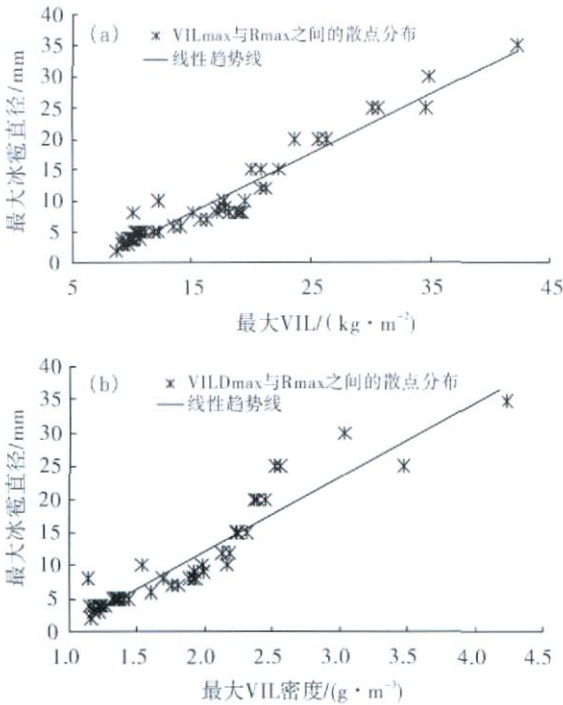


图 3  $V_{Lmax}$  (a) 及  $V_{LDmax}$  (b) 与  $R_{max}$  之间的对应关系  
 Fig 3 The corresponding relation between  $V_{Lmax}$  (a),  $V_{LDmax}$  (b) and  $R_{max}$

无论是  $V_{Lmax}$  还是  $V_{LDmax}$ , 从总体分布趋势上看: 与对应地面最大冰雹直径之间均存在一定的正相关关系, 即雹云单体  $V_{Lmax}$  或  $V_{LDmax}$  越大, 对应地面的降雹直径就越大。但是详细分析图又不难发现, 无论是  $V_{Lmax}$  还是  $V_{LDmax}$ , 在与对应地面最大冰雹直径之间总体的正相关关系中均存在一些特殊单体 (在两者之间的关系中表现为负相关的单体称为特殊单体, 表现为正相关的单体称为一般单体)。为了更好地比较  $V_{Lmax}$  和  $V_{LDmax}$  与对应地面最大降雹直径之间的相关性, 我们对  $V_{Lmax}$  和  $V_{LDmax}$  与  $R_{max}$  之间的关系进行了详细分析。从出现特殊单体的个数比较,  $V_{Lmax}$  与对应地面最大降雹直径之间的关系中出现了 13 个特殊单体 (12 号、14 号、18 号、19 号、21 号、32 号、33 号、36 号、37 号、39 号、40 号、45 号和 46 号), 而  $V_{LDmax}$  与  $R_{max}$  之间的关系中却只出现了 10 个

特殊单体 (7 号、12 号、14 号、32 号、33 号、37 号、39 号、40 号、43 号和 53 号); 从  $V_{Lmax}$  和  $V_{LDmax}$  与  $R_{max}$  之间的相关性比较,  $V_{Lmax}$  与  $R_{max}$  之间的相关系数为 0.94, 而  $V_{LDmax}$  之间的相关系数却达到了 0.97。由此可见,  $V_{LDmax}$  比  $V_{Lmax}$  与对应地面最大降雹直径之间的相关性更好。

### 3.4 相同大小冰雹所对应的单体 $V_{LDmax}$ 的差量特征

不同大小的冰雹所对应单体的  $V_{LDmax}$  与对应地面最大降雹直径之间存在一定的正相关关系, 然而相同大小冰雹所对应的单体的  $V_{LDmax}$  又存在怎样的差量特征? 为此提取了 2004 ~ 2006 年 5 ~ 8 月的 41 例一般雹云单体在降雹过程中的  $V_{LDmax}$ , 结合地面出现的最大冰雹直径绘制了相同大小冰雹所对应单体在降雹过程中的  $V_{Lmax}$  的最大差量柱状图 (图 4), 图中横坐标表示地面出现的最大降雹直径, 其中缺直径为 1 mm、11 mm、13 ~ 14 mm、16 ~ 19 mm、21 ~ 24 mm、26 ~ 34 mm 和 35 mm 以上的冰雹资料, 纵坐标表示相同大小冰雹所对应单体  $V_{LDmax}$  的最大差量 (对应相同冰雹大小的单体个例只有 1 例时, 规定其最大差量为  $0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ ), 柱状正上方数值表示出现相同冰雹大小的雹云单体的个数。

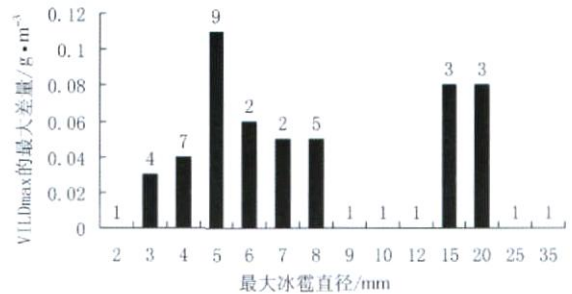


图 4 相同大小冰雹所对应单体的  $V_{LDmax}$  的最大差量  
 Fig 4 The maximal dispersion of  $V_{LDmax}$  for hail cloud cells corresponding to the same size hailstone

从图 4 中看出: 虽然相同大小冰雹所对应的单体在降雹过程中的  $V_{LDmax}$  存在一定的差异, 但差异不大, 基本维持在  $0.1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$  以内, 只有直径为 5 mm 的冰雹所对应单体的  $V_{LDmax}$  最大差值为  $0.11 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ 。由此可见, 相同大小冰雹所对应单体在

\* 刘治国, 杨建才, 陶健红, 等. 青藏高原东北侧强对流单体最大垂直累积液态含水量的演变特征及其在冰雹单体识别中的应用, 高原气象, 待发表。

降雹过程中的  $V_{LDmax}$  的差异较小,同时也证明了  $V_{LDmax}$  与最大冰雹直径之间的正相关关系的可靠性。

#### 4 特殊单体的讨论

受雷达观测静锥区影响,在雷达近(远)距离处的单体其顶(低)层可能无法观测,即雷达 VPP 资料中高(低)层无  $Z$  值资料,导致利用垂直累积的方法计算雷达近(远)距离处单体的  $V_L$  可能出现比真实  $V_L$  偏小的缺陷<sup>[17]</sup>,从而影响单体  $V_{Lmax}$  与对应地面最大冰雹直径的正相关关系,甚至可能出现负相关现象。对照图 3a 中 13 个特殊单体出现的位置,其中 12 号、21 号、32 号、33 号和 40 号单体出现在距雷达远距离范围内,14 号单体出现在距雷达近距离范围内,由此可见,雷达观测静锥区是影响  $V_{Lmax}$  与最大冰雹直径之间出现负相关的主要原因之一。对于雷达中间距离范围内的 7 个特殊单体(18 号、19 号、36 号、37 号、39 号、45 号和 46 号单体),笔者<sup>[17]</sup>曾指出,雷达中间距离范围内的单体,虽然受雷达观测静锥区的影响不大,但由于雷达 VPP 资料在高度上不连续,直接垂直积分可能产生较大误差,我们在计算过程中采用了 3D-Barnes 方案对资料进行了处理,但是资料处理过程中也可能产生一定的误差;同时,由于局地雹云单体常常是在强垂直风切变条件下产生<sup>[18]</sup>,因此其垂直结构常常出现倾斜等现象,直接沿垂直方向进行累积可能低估单体真实  $V_L$  数值,因此在雷达中间距离范围内也可能出现特殊单体。

在实际 RH 扫描中发现,单体在降雹过程中具有强回波区主要集中在中低层且底层接地的特征,而  $V_{LD}$  是  $V_L$  与单体顶高度之比,反映的是单体在观测高度范围内沿垂直方向的平均  $V_L$  特征。对于雷达近距离处的单体虽然其顶层可能无法观测导致  $V_L$  偏小,但观测到的单体顶高度也会偏小, $V_{LD}$  反映的是单体中低层的平均  $V_L$  特征,因此可以代表实际雹云单体的  $V_{LD}$  特征;对于雷达远距离处的单体,由于其底层可能无法观测,因此  $V_{LD}$  反映的是单体中高层的平均  $V_L$  特征,由于单体在降雹过程中的强回波区主要集中在中低层,因此  $V_{LD}$  可能不能代表实际雹云单体的  $V_{LD}$  特征,导致  $V_{LD}$  偏小,所以在  $V_{LDmax}$  与对应地面最大降雹直径之间的关系中仍可能出现特殊单体,如 12 号、32 号、33 号、40 号和 53 号单体。

在  $V_{LDmax}$  与最大冰雹直径之间的关系中,虽然可以利用雷达观测静锥区解释雷达远距离范围内出现的特殊单体,但是在雷达中间距离和近距离范围内仍然还存在一些特殊单体(雷达近距离范围内的 14 号单体,雷达中间距离的 7 号、37 号、39 号、43 号单体)。同时还存在另一类特殊现象,即出现相同大小冰雹的雹云单体,在雷达近距离范围内比在雷达中间距离范围内的  $V_{LDmax}$  偏大很多。如 50 号、51 号和 52 号单体所对应地面最大冰雹直径均为 25 mm,但在雷达中间距离范围内的 50 号和 51 号单体在降雹过程中的  $V_{LDmax}$  分别为  $2.52 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$  和  $2.56 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ ,在雷达近距离范围内的 52 号单体却为  $3.47 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ 。对于上述特殊现象,用雷达观测静锥区或资料本身误差对单体  $V_{LD}$  计算的

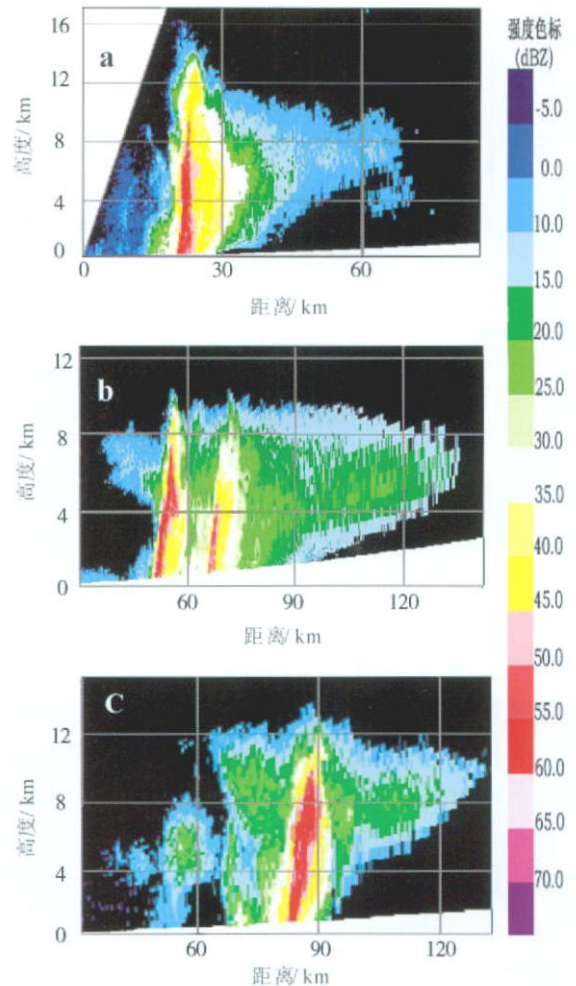


图 5 单体反射率的垂直剖面:(a)52号单体沿  $129.4^\circ$  方位角的垂直剖面,(b)50号单体沿  $104.5^\circ$  方位角的垂直剖面,(c)51号单体沿  $179^\circ$  方位角的垂直剖面

Fig 5 The cross-section of reflectivity along  $129.4^\circ$  for No 52 cell (a), along  $104.6^\circ$  for No 50 cell (b) and along  $179^\circ$  for No 51 cell (c)

影响解释,则50号和51号单体的 $VLD_{max}$ 应该与 $3.47\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ 接近或偏大,但计算结果却相反,为此对50号、51号和52号单体进行了详细分析。结果发现:52号单体的垂直结构基本沿垂直方向分布,且没有出现悬垂回波(图5a)。因此利用(4)式计算的 $VLD$ 基本能够反应单体 $VLD$ 的真实特征;而50号和51号单体在降雹过程中均出现了明显的倾斜现象,且存在悬垂回波(图5b和5c)。因此直接利用(4)式计算的 $VLD$ 不能反应实际单体 $VLD$ 的真实特征,往往比实际单体的 $VLD$ 偏小,从而导致出现上述特殊现象。为了说明单体强回波区倾斜或悬垂回波等对 $VLD$ 计算的影响,我们对50号和51号单体的 $VLD_{max}$ 进行了重新计算,将(4)式中的垂直积分改为沿强回波区(48 dBZ以上)方向进行倾斜积分后计算得到50号和51号单体的 $VLD_{max}$ 分别为 $3.55\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ 和 $3.61\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ ,与52号单体的 $VLD_{max}$ 十分接近。由此说明单体强回波区倾斜或悬垂回波等是影响单体 $VLD_{max}$ 与对应地面最大降雹直径之间出现负相关的又一主要因素之一。这与Ambum等<sup>[15]</sup>指出的用 $V_L$ 与风暴顶高度之比计算单体 $VLD$ 会低估一些移动较快或有倾斜雹杆的单体的真实 $VLD$ 数值的结论相吻合,同时也可以解释 $VLD_{max}$ 与最大冰雹直径之间的关系,在雷达中间距离和近距离范围内存在的一些特殊单体。

## 5 结果与讨论

(1)青藏高原东北侧局地冰雹主要出现在下午到傍晚,期间存在2个降雹高峰时段,第一时段主要集中在13:00~18:00,其中以15:00~16:00出现的概率最高;另一时段主要集中在20:00~21:00。其余时间降雹概率很小,这比陈乾<sup>[1]</sup>等研究区域性冰雹发现的午后傍晚双峰型出现的时段稍有偏早。

(2)受特殊地形、下垫面和海拔高度等的影响,青藏高原东北侧局地降雹主要以中冰雹为主,其次是小冰雹,出现大冰雹的概率很小。

(3)从总体趋势上看,无论是 $V_{Lmax}$ 还是 $VLD_{max}$ ,与 $R_{max}$ 之间均存在一定的正相关关系,但 $VLD_{max}$ 比 $V_{Lmax}$ 与 $R_{max}$ 之间的相关性更好;相同大小的冰雹所对应的一般雹云单体的 $VLD_{max}$ 虽然存在一定的差异,但差异不大,一般维持在 $0.1\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ 以内。

(4)通过对 $R_{max}$ 与 $V_{Lmax}$ 及 $VLD_{max}$ 之间关系中出现的特殊单体的讨论发现,雷达观测静锥

区和单体强回波区倾斜或悬垂回波等是影响 $R_{max}$ 与 $V_{Lmax}$ 和 $VLD_{max}$ 之间出现负相关的2个主要因素。

本文只对青藏高原东北侧3a的54个雹云单体个例进行了统计分析,缺乏更长时间的资料积累和对更大区域的相关研究,我们将随着资料的不断积累而进一步完善。另外,文中只对出现特殊单体的原因进行了讨论,对如何改善出现的误差没有进行详细研究,我们将在随后的研究中再进一步探讨。

### 参考文献:

- [1] 白肇辉,徐国昌,孙学筠,等. 中国西北天气[M]. 北京:气象出版社,1988. 258-372
- [2] 殷雪莲,董安祥,丁荣. 张掖市降雹特征及短期预报[J]. 高原气象,2004,23(6):804-809.
- [3] 王锡稳,冀兰芝,张新荣,等. 甘肃冰雹天气个例分析与预报方法研究[M]. 北京:气象出版社,2005. 25-26
- [4] 陈乾,朱阳生. 甘肃冰雹的分类及其诊断分析[A]. 强对流天气文集[C]. 北京:气象出版社,1983. 15-24.
- [5] 刘玉玲,李耀东,张方友,等. 与冰雹预报有关的几个新物理参数[J]. 航空气象科技,1998(6):4-12
- [6] 刘全根. 平凉地区的冰雹及其与环境要素的关系[J]. 高原气象,1982,1(1):53-62
- [7] 廖远程,周跃武,卢俊山,等. 露点与温度露点差对降雹的指示意义[J]. 甘肃气象,1998,24(11):40-43.
- [8] 胡明宝,高太长,汤达章. 多普勒天气雷达资料分析与应用[M]. 北京:解放军出版社,2000. 146-150.
- [9] Greene D R, Clark R A. An indicator of explosive development in severe storms[A]. 7th conference of severe local storms[C]. Missouri, 1971, 125-133.
- [10] Greene D R. A Comparison of Echo Predictability Constant Elevation vs V L Radar data Patterns[R]. 15th Conf on Radar Meteor Champaign - Urbana, IL: AMS, 1972, 111-116
- [11] Thielen J, Boudevillain B, Andrieu H. A radar data based short-term rainfall prediction model for urban areas—a simulation using meso-scale meteorological modeling[J]. Journal of hydrology, 2000, 239: 97-114.
- [12] 潘江,张培昌. 利用垂直累积含水量估测降水[J]. 南京气象学院学报,2000,23(1):87-92
- [13] 梁明珠,胡志群,夏文梅,等. V L中心区自动识别、跟踪和临近预报[J]. 南京气象学院学报,2005,28(2):205-212
- [14] 俞小鼎,王迎春,陈明轩,等. 新一代天气雷达与强对流天气预警[J]. 高原气象,2005,24(3):456-464.
- [15] Ambum S A, Wolf P L. V L density as a hail indicator[J]. W A F, 1997, (12):473-478
- [16] 杨毅,邱崇践. 多普勒雷达资料格点化方案的比较研究[J]. 干旱气象,2005,2(2):6-10.
- [17] 刘治国,王锡稳,冀兰芝,等. 雷达V L在局地强对流天气应用中应注意的几个问题[J]. 干旱气象,2006,24(4):40-44.
- [18] 俞小鼎,熊廷南,姚秀萍,等. 新一代天气雷达原理与应用讲义[Z]. 中国气象局培训中心印制,2001. 196-214.

## Statistical Character of Local Hail and Discussion About Special Hail Cloud Cell on the Northeast of Tibetan Plateau

LIU Zhiguo<sup>1</sup>, WANG Pengxiang<sup>1</sup>, YANG Jancai<sup>1</sup>, YAN Hongxia<sup>2</sup>, MAO Yuqin<sup>3</sup>, CHEN Peng<sup>1</sup>

(1. Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou 730020, China; 2. No. 14 Middle School of Lanzhou, Lanzhou 730000, China; 3. Shandan Meteorological Station of Gansu Province, Shandan 734100, China)

**Abstract:** Based on constant altitude plane data of reflectivity factor from new generation weather radar which are interpolated with 3D-Barnes scheme, vertically integrated liquid water content (VL) of hail cloud cell calculated with its theoretical model, vertically integrated liquid water content density (VLD) calculated by the ratio of VL value to top height of hail cloud cell, the daily variation character, size distribution and the relations between the maximum diameter of hail on the ground (Rmax) and VLmax, as well as VLDmax of hail cloud cell during hail fall on the northeast of Tibetan Plateau are studied with statistic method. Results are as follows: (1) On the northeast part of Tibetan Plateau, hail fall was mainly in middle size hailstones (diameter range: 5 - 20 mm), and then smaller size hailstones (diameter less than 5 mm), larger hailstones (diameter more than 20 mm) occurred less; (2) Local hail fall occurred mainly in the afternoon and evening, and there are two peak periods which are from 15:00 to 16:00 and from 20:00 to 21:00, and this result is accordant to the former research of Chen Qian et al. on the whole but earlier in occurring period; (3) As a whole, there is a positive correlation between Rmax and VLmax or VLDmax, but the correlation between VLDmax and Rmax is better; some difference exists in VLDmax values of hail cloud cells corresponding to the same size hail but it is small and less than  $0.1 \text{ g m}^{-3}$ ; (4) The cone of silence for radar detecting, strong echo area leaning and echo overhanging of hail cloud cell are major factors which resulted in negative correlation between Rmax and VLmax or VLDmax.

**Key words:** Northeast Tibetan Plateau; local hail; statistical character; discussion

## 第二届“干旱气候变化与可持续发展国际 学术研讨会 在兰召开

2007年9月12~14日第二届“干旱气候变化与可持续发展国际学术研讨会”(ISACS)在甘肃省兰州市召开,会议由中国气象局(CMA)、国家自然科学基金委员会(NSFC)和甘肃省人民政府共同主办。

这次大型国际会议聚集了中国、澳大利亚、美国、俄罗斯、加拿大、韩国、以色列、蒙古、法国、印度、新西兰等11个国家的近200名专家学者,就干旱区气候变化对生态环境及社会发展的影响、干旱气候监测预测及评估技术、干旱区陆面过程特征及模拟、沙尘气溶胶对天气气候的影响、干旱区环境蠕变问题、干旱区气候资源和水资源合理利用等领域的科学问题及科研成果进行了广泛深入的交流与研讨。

中国气象学会理事长秦大河院士,国家气候中心丁一汇院士,中科院青藏高原研究所姚檀栋研究员,澳大利亚 Monash 大学教授 Michael Manton,美国国家气候资料中心教授、IPCC 项目首席科学家 Pavel Groisman 等国际知名科学家在大会上作了精彩的学术报告。

干旱问题不仅是全球地球科学界研究的焦点科学问题之一,同时也是世界各国政府和社会公众关注的重大热点问题。干旱气候变化引起的沙漠化和生态退化及其对自然环境和人类社会产生的影响等重大科学问题已日益引起国际社会的高度重视及各国政府和社会公众的广泛关注,此次会议的召开,对进一步加强国内外干旱研究成果与信息交流,促进干旱气象领域的国际合作起到重要作用。