

发展论坛文集

2012

极端天气事件与公共气象服务

主编：端义宏 孙健

极端天气事件与公共气象服务
发展论坛文集
(2012)

主 编：端义宏 孙 健



内 容 简 介

本书汇集了第十四届中国科协年分会会场“极端天气事件与公共气象服务发展论坛”的报告和论文,涵盖了极端天气事件特征及形成机理研究、极端天气过程分析及预报着眼点、极端天气监测技术、气象信息服务、公众气象服务、专业气象服务等领域的一些研究方法和研究成果,展示了近年来各级气象部门天气预报业务和公共气象服务发展取得的成绩。可供从事天气气候、公共气象服务和气象防灾减灾业务、管理和研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

极端天气事件与公共气象服务发展论坛文集. 2012/端义宏,孙健主编.

—北京:气象出版社, 2013. 8

ISBN 978-7-5029-5735-3

I. ①极… II. ①端… III. ①气候异常-中国-文集
②气象服务-中国-文集 IV. ①P4-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 134888 号

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:张锐锐

封面设计:易普锐

责任校对:华 鲁

印 刷:北京京华虎彩印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:700 千字

版 次:2013 年 8 月第 1 版

定 价:98.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:汪勤模

责任技编:吴庭芳

印 张:27.25

印 次:2013 年 8 月第 1 次印刷

编委会

主 编:端义宏 孙 健

副主编:翟盘茂 姚学祥

编 委:裴顺强 谌 芸 高兴龙

张伟明 李根娥 雷 婷

前 言

为深入落实科学发展观,调动和激发广大科技工作者的创新热情和创造活力,进一步激励广大科技工作者积极投身创新型国家建设,2012年9月8—10日,中国科学技术协会和河北省人民政府在河北省石家庄市共同举办了第十四届中国科协年会。“极端天气事件与公共气象服务发展论坛”是本届科协年会的分会会场,也是中国科学技术协会首次组织以“极端天气事件与公共气象服务发展”为主题的分会会场。中国气象学会理事长、中国科学院院士秦大河在致辞中说:“全球变暖不仅导致地球表面温度升高,还造成生物圈等圈层发生相应的变化,极端天气气候事件增多,讨论极端天气气候事件与公共气象服务的发展十分必要。因此,各级气象部门与各领域的科学家应积极共商极端天气气候事件与公共气象服务的相关问题。”

“极端天气事件与公共气象服务发展论坛”由中国气象学会承办,中国气象学会公共气象服务委员会和天气学委员会、中国农学会、中国地质学会、中国航空学会、河北省气象局、河北省气象学会共同协办。论坛集中了极端天气气候事件特征及形成机理研究、极端天气气候事件预测方法及评估技术、气象灾害防御与应急管理、气象信息服务、公众气象服务与专业气象服务等方面的最新研究方法和研究成果,充分展示了近年来极端天气气候事件研究与预报业务、公共气象服务发展取得的成绩,提出要把应对极端天气气候事件作为重点工作,把自然灾害预测预报、防灾减灾工作作为关系经济社会发展全局的一项重要工作,要从传统的天气预报转变到气象灾害预报、预警,加强综合减灾和

灾害风险管理能力建设,不断提高气象防灾、减灾综合能力。

这次论坛共收到极端天气事件特征及形成机理研究、极端天气过程分析及预报着眼点、极端天气监测技术研究、气象信息服务、公众气象服务与专业气象服务等领域论文 166 篇,入选论文 108 篇,全文收录论文 60 篇,大会报告 44 个。为全面反映此次论坛的成果,我们组织编辑、出版了论坛文集。为方便读者查阅,文集分为天气篇和服务篇两部分。希望能为推进和完善现代气象预报服务体系提供一些思路和借鉴。

编者

2012 年 12 月于北京

目 录

前言

天气篇

“0911”华北暴雪微物理降水形成机制的数值研究	杨文霞(3)
新型监测资料在山西局地大暴雨中的应用分析	杨 东 吴林栋 等(10)
基于皮尔逊Ⅲ型分布的暴雨强度公式的推求研究	向 亮 郝立生 等(15)
基于 GIS 的江西省 2012 年 5 月 12 日暴雨过程分析	洪浩源(22)
2011 年影响山东半岛两次台风暴雨过程的对比分析	江敦双(27)
气候变化背景下环胶州湾城市气候环境特征分析	田咏梅 马 艳 等(34)
2011 年长江中下游地区旱涝急转成因初探	魏 香(40)
近 20 年亚欧地区 500 hPa 高度场极端环流特征分析	单 权(46)
2011 年江苏梅雨期暴雨特征分析	尹东屏 张 备 等(54)
基于 C_i 指数分析近 40 年安顺干旱特征	吴哲红 詹沛刚 等(63)
基于 BP 神经网络的鼎新机场大风预测模型研究	闫 炎 苗 涛(70)
对超级单体风暴导致北京“6·23”极端降水事件的分析	张文龙 王迎春 等(75)
城市热岛效应对西安站地面气温趋势的影响	庞文保 高红燕 等(80)
中国南方冬季极端降水事件的年际变化特征	楚 甜 许克宁 等(88)
不同冷空气强度对云南初夏两次强降水天气过程的影响及其水汽特征分析	董海萍 赵思雄 等(94)
2009 年河北初冬暴雪天气过程分析	时青格 付桂琴(100)
2011 年 8 月中旬一次强降雨的卫星资料特征分析	康文英 陈瑞敏 等(107)
2012 年 2 月 22 日浦东机场低云天气分析	钱 凌 王燕雄(117)
全球气候变暖对西北太平洋热带气旋频数的影响	李 就 余丹丹 等(125)
江淮流域三次致涝大暴雨过程的对比分析	康建鹏 范 文 等(133)
2009 年初夏东北冷涡异常活动的大尺度环境条件及其成因	王 宁 陈长胜 等(140)
河南省龙卷风灾害的时空分布特点	申占营(148)
热带扰动引发的华南极端暴雨统计特征及其成因初探	徐 珺 毕宝贵 等(154)
区域气候模式 RegCM3 对华东地区汛期极端事件的 20 年回报试验	董广涛 陈葆德 等(160)
冷涡背景下京津冀连续降雹统计分析	张 仙 湛 芸(165)
冷涡背景下中尺度对流系统的统计分析	王 磊 湛 芸(172)

服务篇

国家突发公共事件预警信息发布系统设计	孙 健 裴顺强 等(181)
基于 GIS 的甘肃省陇南市暴雨灾害风险区划	苏军锋 肖志强 等(190)
东北三省玉米霜冻灾害风险评估及区划	王晾晾 连 萍(197)
东北地区大豆霜冻灾害气候风险区划	连 萍 王晾晾(204)
以间接经济损失评估为基础构建新型自然灾害救助体系的思考	吴先华 郭 际(209)
“4·12”森林灭火飞机增雨效果分析	孙玉稳 孙 霞 等(218)
温带风暴潮灾害应急管理专家系统研究	林 波(227)
黔东北地区特大干旱评估及应对措施	杨秀勋(232)
专业服务类网站信息优势分析及中国兴农网信息建设思考	牛 璐 柳 晶 等(239)
山西电力气象服务效益评估初探	侯润兰 张 荣 等(246)
极端天气事件多发背景下的气象防灾减灾典型案例研究	姚秀萍 王丽娟 等(252)
基于动态风险分析的云南特大干旱灾害事件的应急反应	彭贵芬 刘盈曦(264)
上海台风、大雾和高温灾害链的建立和分析	居丽丽 穆海振(274)
基于贝叶斯原理的降水预报偏差订正及水文试验	梁 莉 赵琳娜 等(280)
降水概率预报在淮河流域的水文预报试验	赵琳娜 刘 莹 等(292)
不同下垫面大风过程风切变指数的研究	王丙兰 宋丽莉 等(298)
基于水文集合模式的流域洪涝预报技术	包红军 赵琳娜 等(303)
基于 GIS 的高速铁路大风风险区划研究	王 志 田 华 等(309)
利用区域自动站资料对黔东南烤烟种植气候适宜性及精细区划归类分析	顾 欣 田 楠 等(316)
基于浏览量分析的中国兴农网发展建议	贺 楠 柳 晶 等(325)
滑坡泥石流概率预报模型	张国平(331)
全国优秀涉农网站对比分析及几点思考	柳 晶 白静玉 等(337)
上海台风灾害风险评估与区划研究	史 军 穆海振 等(343)
中国 1961—2010 年月平均温度的破纪录事件的时空分布	李 超 杨霏云 等(348)
气象媒体资源在公共气象服务中的应用	高 原(355)
全国气温观测数据格点化方法研究与系统应用	唐千红 曹之玉 等(361)
不同气象政务微博影响力的比对研究	尹焰寅 刘 茜 等(368)
公众气象服务满意度测评量表的设计与检验——以东北地区为例	王丽娟 姚秀萍(375)
省级公众气象服务效益评价探索——以河北省为例	张晓美 吕明辉 等(382)
中国黄淮地区夏季 50 年降水特征分析	董航宇 赵琳娜 等(388)
山西近 50 年初霜冻的时空分布及其突变特征	李 芬 秦春英 等(398)
基于负载平衡调整的中国天气网访问性能优化	李雁鹏 兰海波(406)
在极端天气事件中提高舆论引导能力	余晓芬 周 毅 等(414)
气象服务社会化模式下服务型人才的战略思考	范 静 郑 欧 等(420)

天气篇

“0911”华北暴雪微物理降水形成机制的数值研究

杨文霞^{1, 2}

(1. 河北省人工影响天气办公室, 石家庄 050021; 2. 河北省气象与生态环境重点实验室, 石家庄 050021)

摘 要:使用带有详细微物理过程的 ARPS 模式, 对“0911”华北暴雪进行三重嵌套细网格模拟, 利用模拟结果分析了造成本次暴雪天气过程的主要微物理降水机制, 结果表明: 云中 6 km 高度水汽凝结产生丰富的过冷水, 使贝吉龙过程和雪的凝华增长过程异常活跃, 这是造成本次暴雪过程的原因之一。数值试验结果表明, 由于较高温度下雨水接触雪使其成霰的微物理过程导致冰相粒子尺度在 0~−5℃ 温度区快速增长。

关键词:大气科学; 华北; 暴雪; 云微物理

引 言

在全球气候变暖的背景下, 大气中能量分布也发生了变化, 海洋和大气循环、大气中温度场分布出现了紊乱, 使得天气气候发展规律被打乱, 极端天气事件变得越来越频繁。2009 年 11 月, 华北地区出现了有气象记录以来的特大暴雪天气, 据统计, 9—13 日河北省共有 82 站出现 10 mm 以上的降雪, 其中石家庄地区有 8 站超过 50 mm, 石家庄测站降雪最多为 93.3 mm。受降雪天气影响, 石家庄大部分地区、邢台西部、邯郸西部累计积雪深度超过 30 cm, 石家庄市积雪最深达 55 cm。据河北省民政部门统计, 此次暴雪共致 328.4 万人受灾, 直接经济损失达 15.2743 亿元。

这次极端天气事件发生在 10 月下旬到 11 月上旬北半球环流指数明显偏高、全国大部分地区异常偏暖的背景下, 暴雪伴随剧烈降温天气^[1]; 10 月 30 日到 11 月 2 日, 西风环流指数变化曲线处于低值区域。500 hPa 天气图上西伯利亚地区为一高压脊, 鄂霍次克海地区为低涡区并与南掉的极涡打通, 鄂霍次克海低压横槽转竖, 东亚大槽建立, 冷空气沿槽后脊前偏北气流大举南下形成入秋以来最强冷空气入侵中国北方地区, 京津地区提前一个月出现降雪天气^[2]。侯瑞钦等^[3]分析了本次暴雪的天气成因, 张迎新等^[4]使用 MM5 数值试验结果分析了中小尺度地形对本次降雪的影响, 吴伟等^[5]对本次暴雪过程进行了数值模拟研究, 诊断分析结果表明, 700 hPa 西南低空急流对水汽的输送使得华北地区成为高湿度区, 为强降雪的发生提供了充足的水汽条件。由于低空辐合, 高空辐散, 导致上升运动加强以及低层正涡度中心的产生和维持, 由此产生的垂直方向上水汽凝结是此次暴雪的形成机制。借助 CloudSat 卫星的星载云廓线雷达(CPR)资料对比分析模拟的雪水和冰水含量。但是对本次极端天气过程微物理降水形成机制的研究还不多见, 回流天气是造成华北冬、春、秋季节较强降水的主要天气类

资助课题: 河北省气象局科研项目(11ky23), 公益性行业(气象)科研专项(201206051)。

型^[6~9],也是人工增雨作业的主要对象之一^[10],研究本次暴雪的云微物理过程,对开发空中云水资源、提高极端天气预报准确率都有积极意义。

本文利用 ARPS 中尺度模式,对本次暴雪过程进行三重嵌套单向模拟,以 2009 年 11 月 11 日 00:00 UTC 河北中南部 6 h 累积强降水中心为例,分析本次暴雪过程的云微物理降水形成机制。

1 模拟方案及模拟效果检验

1.1 模拟方案设计

利用修改后的高分辨率非静力平衡 ARPS(Advanced Regional Prediction System)模式,用 NCEP 逐 6 h 全球最终分析资料(FNL)与 Micaps 系统下全球地面资料和探空资料进行资料同化,作为初始场和边界条件,进行三重嵌套细网格模拟,网格格距分别为 27、9 和 3 km,在 3 km 模拟时关闭积云对流参数化方案,仅采用 Lin-Tao 显式云微物理方案,输出水凝物场及云中各种粒子源项微物理过程产生量和它们的时间、空间累积量等,这对研究云系微观过程和降水机理有重要作用。

本研究采用三重单向嵌套数值模拟,主要参数如下:

第一层,中心(40°N , 116.5°E),格距:27 km $\times$ 27 km $\times$ 500 m,格点:77 $\times$ 77 $\times$ 43

第二层,中心(38°N , 116°E),格距:9 km $\times$ 9 km $\times$ 500 m,格点:177 $\times$ 157 $\times$ 43

第三层,中心(38°N , 116°E),格距:3 km $\times$ 3 km $\times$ 500 m,格点:157 $\times$ 177 $\times$ 43

其中第一层模拟区域包括整个天气系统主要发展移动区域,第二层模拟区域包括整个华北地区,第三层模拟区域集中在河北省中南部,这种选择有利于提高数值模拟效果。模拟时间为 2009 年 11 月 9 日 06:00 UTC 至 2009 年 11 月 11 日 06:00 UTC,每 6 h 输出一次模拟结果。

1.2 模拟效果检验

将模拟的风场与 NCEP/NCAR 全球最终分析资料(FNL)风场 U 、 V 分速度场强度进行对比检验(图略)。2009 年 11 月 9 日 06:00 UTC 河北中南部地面为负的 U 风速控制,中心达到 -7 m/s ,模拟的风场移动比实况较慢;9 日 12:00 UTC -7 m/s 中心范围增大并移动到天津、冀东一带;9 日 18:00 UTC -6 m/s 风速等值线斜穿过河北中南部,模拟结果与实况非常一致;10 日 00:00 UTC 的模拟结果与实况非常一致,10 日 06:00 UTC—11 日 00:00 UTC 模拟的 U 风速较实况偏弱, V 风速的对比分析类似,综合分析表明,模式较好地模拟出河北中南部的风场。

将 2009 年 11 月 10 日 00:00 UTC 模拟的云顶高度和雷达回波对比(图 1),可以看出,经过强降水中心的云顶高度在 8 km 以下,与雷达观测情况基本一致。

将模拟的 6 h 累积降水量与观测资料进行对比检验(图略),呈现如下特点:模拟的降水落区较观测值移动快,模拟的降水强度偏弱,10 日 12:00 UTC 是 6 h 累积降水量最大的时次,强降水中心达到 16 mm,但是模拟的强降水中心强度仅为 8 mm,说明普通的模拟方法对极端天气过程的模拟效果较差,可调整模式初始水汽场和侧边界提高模拟准确率。图 2 为 2009 年

11月11日00:00 UTC模拟的6 h 累积降水量与观测资料对比检验,由图2可见,模式较好地模拟出了降水落区和强降水中心强度,选择本时次8 mm 强降水中心(37°N,115°E)进行微物理降水形成机制研究。

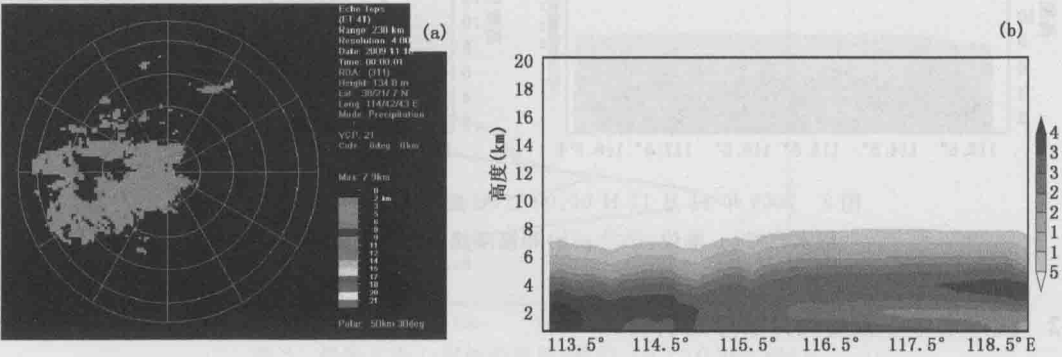


图1 2009年11月10日00:00 UTC模拟的云顶高度和雷达回波对比
(a. 雷达回波顶高, b. 经过强降水中心沿 39.8°N 的水汽剖面(单位: 10^{-5} g/g))

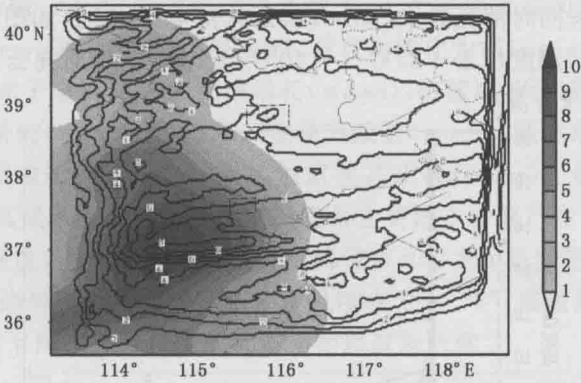


图2 2009年11月11日00:00 UTC模拟的6 h 累积降水量和观测资料对比(单位:mm)
(等值线为模式结果,填色图为观测结果,虚线方框为湿地)

2 强降水中心微物理降水形成机制分析

2.1 水汽场和温度场垂直结构特征

沿2009年11月11日00:00 UTC 8 mm 强降水中心(37°N,115°E)做经向剖面,分析水汽场和温度场垂直结构(图3)。由图3可见,水汽主要位于8 km 高度以下,水汽含量自低层向高层逐渐减小,8 km 高度位于-35℃附近,0℃层位于地面至1 km 高度,云中过冷水汽含量丰富。

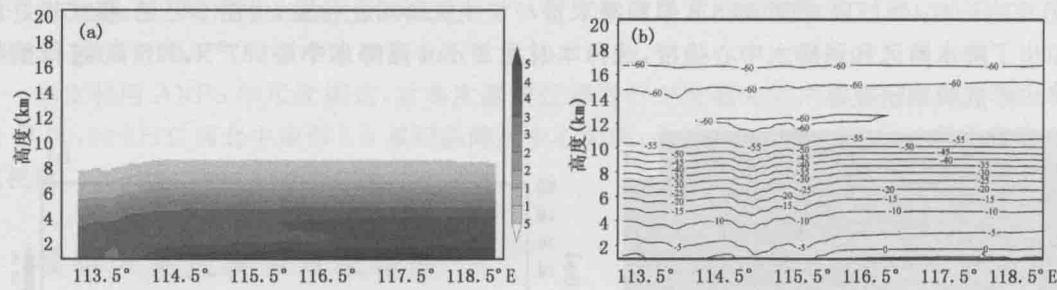


图3 2009年11月11日00:00 UTC经过强降水中心(沿37°N)的水汽场(a,单位: 10^{-5} g/g)和温度场(b,单位: $^{\circ}\text{C}$)垂直剖面

2.2 强降水中心微物理降水形成机制

2.2.1 冰晶形成机制

ARPS模式 Lin-Tao 冰相微物理方案中冰晶的微物理增长过程包括:云水均质核化(pihom),云冰凝华增长同时消耗云水(pidw)和云冰初生(pint)。如图4所示,云水均质核化峰值出现在8 km高度,温度位于 $-35^{\circ}\text{C} \sim -40^{\circ}\text{C}$,云冰产生后消耗云水凝华增长,非均质核化(pint)峰值约位于6 km高度。

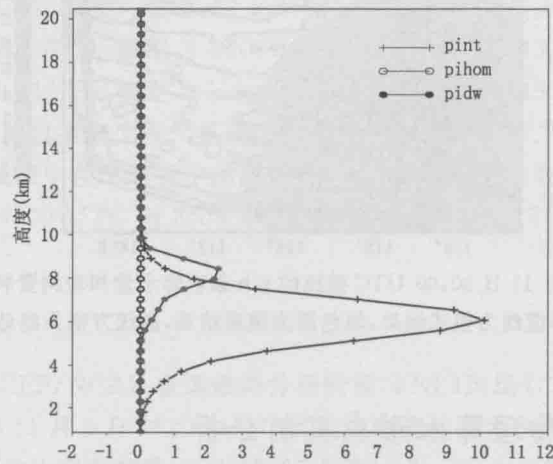


图4 强降水中心冰晶形成机制(单位: 10^{-5} g/(kg·s))

2.2.2 雪形成机制

层状云中冰晶在下落过程中长大成雪,ARPS模式中雪的形成和增长主要有9个过程:冰晶向雪的自动转化(psaut),冰晶通过贝吉龙过程凝华增长成雪(psfi);云水通过贝吉龙过程凝华繁生形成雪(psfw);冰晶接触雨水转化为雪(piacr);雨水收集冰晶产生雪(praci);雪的凝华增长(psdep)、雪收集冰晶增长(psaci)、雪撞冻雨水增长(psacr)和雪撞冻云水增长(psacw)。图5为强降水中心点的雪形成机制,由图5可见,冰晶通过贝吉龙过程生长为雪和雪的凝华增长是雪形成的两个重要微物理机制,贝吉龙过程的峰值位于6 km高度,雪凝华增长峰值位于5 km高度附近,贝吉龙过程和雪的凝华增长异常活跃,峰值分别达到 250×10^{-5} g/(kg·s)和 430×10^{-5} g/(kg·s)。

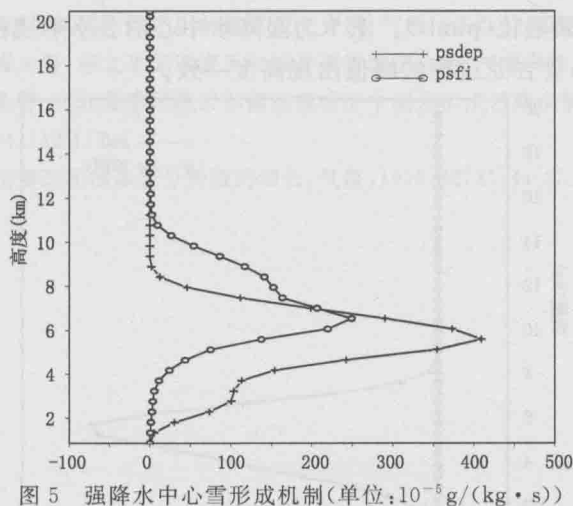


图5 强降水中心雪形成机制(单位: $10^{-5} \text{ g}/(\text{kg} \cdot \text{s})$)

2.2.3 霰形成机制

雪继续生长会成为霰, ARPS 数值模式中考虑了 14 个霰的形成和增长微物理过程: 冰晶接触雨水使其成霰(piacr), 雨水冻结为霰(pgfr), 雪自动转化为霰(pgaut), 雨水收集云冰转化成霰(praci), 霰收集云冰干增长(dgaci)和湿增长(wgaci), 霰撞冻云滴增长(dgacw), 霰撞冻雨水干增长(dgacr)和湿增长(wgacr), 雪撞冻云水使其成霰(psacr), 霰收集雪增长(pgacs), 霰收集雪干增长(dgacs)和湿增长(wgacs), 雨水接触雪使其成霰(pracs)。如图 6 所示, 霰收集雪干增长、雨水接触雪使其成霰和霰撞冻云滴增长是最主要的 3 种霰产生机制, 霰收集雪干增长峰值位于 4~4.5 km 高度, 雨水接触雪使其成霰峰值位于 2 km 高度附近, 温度位于 -5°C 附近, 杨文霞等^[11]用雷达高显资料观测到冰相粒子尺度在 $0 \sim -5^{\circ}\text{C}$ 温度区间快速增长, 数值试验表明这是由较高温度下雨水接触雪使其成霰微物理过程所致。

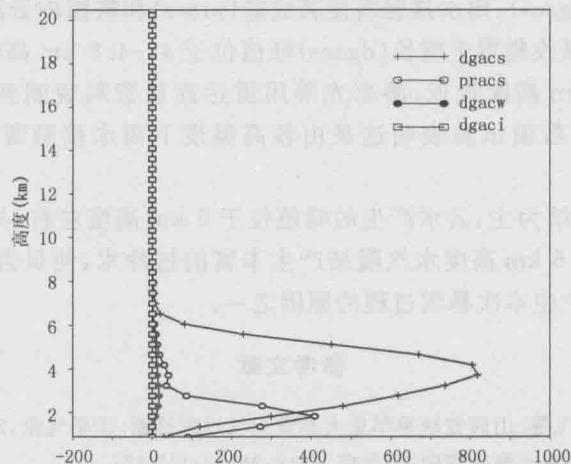


图6 强降水中心霰形成机制(单位: $10^{-5} \text{ g}/(\text{kg} \cdot \text{s})$)

2.2.4 云水形成机制

冷云中冰相粒子的增长以消耗过冷云水和过冷水汽作为基础, ARPS 模式 Lin-Tao 冰相微物理方案中云水微物理增长主要包括两个微物理过程: 水汽凝结(蒸发)(cnd, >0 时为凝

结, <0 时为蒸发)和冰晶融化(pimlt)。图 7 为强降水中心的云水形成机制。云水产生的峰值位于 6 km 高度左右,与贝吉龙过程的峰值出现高度一致。

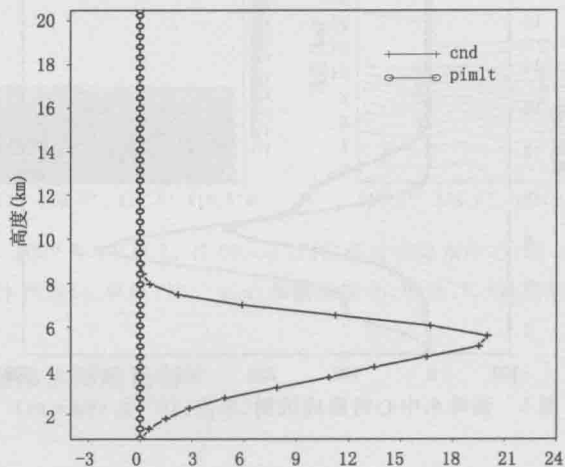


图 7 强降水中心云水形成机制(单位: $10^{-5} \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)

3 小 结

云冰初生(pint)和云水均质核化(pihom)是本次暴雪过程产生冰晶的主要微物理机制,云水均质核化过程(pihom)峰值发生在 8 km 高度,温度为 $-35^{\circ}\text{C} \sim -40^{\circ}\text{C}$,云冰初生峰值约出现在 6 km 高度。

雪形成机制以冰晶通过贝吉龙过程生长为雪,雪晶通过凝华过程进一步增长为主,贝吉龙过程的峰值位于 6 km 高度,雪凝华增长峰值位于 5 km 高度附近。

霰收集雪干增长(dgacs)、雨水接触雪使其成霰(pracs)和霰撞冻云滴增长(dgacw)是最主要的 3 种霰产生机制,霰收集雪干增长(dgacs)峰值位于 4~4.5 km 高度,雨水接触雪使其成霰(pracs)峰值位于 2 km 高度附近,游来光等用雷达高显资料观测到冰相粒子尺度在 $0 \sim -5^{\circ}\text{C}$ 温度区快速增长,数值试验表明这是由较高温度下雨水接触雪使其成霰微物理过程所致。

云水形成以水汽凝结为主,云水产生的峰值位于 6 km 高度左右,与冰晶贝吉龙过程的峰值出现高度一致。云中 6 km 高度水汽凝结产生丰富的过冷水,使贝吉龙过程和雪的凝华增长过程异常活跃,这是产生本次暴雪过程的原因之一。

参考文献

- [1] 刘耀文,张红英,史云飞等. 山西省秋季罕见大暴雪天气过程诊断. 干旱气象,2010,**28**(3):332-337.
- [2] 王文东.“芭玛”登陆海南京津出现降雪. 气象,2012,**36**(1):119-123.
- [3] 侯瑞钦,张迎新,范俊红等. 2009 年深秋河北省特大暴雪天气成因分析. 气象,2011,**37**(11):1352-1359.
- [4] 张迎新,姚学祥,侯瑞钦等. 2009 年秋季冀中南暴雪过程的地形作用分析. 气象,2011,**37**(7):857-862.
- [5] 吴伟,邓莲堂,王式功.“0911”华北暴雪的数值模拟及云微物理特征分析. 气象,2011,**37**(8):991-998.
- [6] 李青春,程丛兰,高华等. 北京一次冬季回流暴雪天气过程的数值分析. 气象,2011,**37**(11):1380-1388.
- [7] 周雪松,谈哲敏. 华北回流暴雪发展机理个例研究. 气象,2008,**37**(1):18-26.

- [8] 赵桂香, 一次回流与倒槽共同作用产生的暴雪天气分析. 气象, 2007, **33**(11): 41-48.
- [9] 张守保, 张迎新, 杜青文等. 华北平原回流天气综合形势特征分析. 气象科技, 2008, **36**(1): 25-30.
- [10] 吴志会, 段英, 石安英等. 河北春季回流云系微物理特征个例分析 // 云降水物理和人工增雨技术研究. 北京: 气象出版社, 1994: 112-117.
- [11] 杨文霞, 马翠平. 利用雷达回波参数分析雪的增长. 气象, 1996, **22**(2): 44-47.