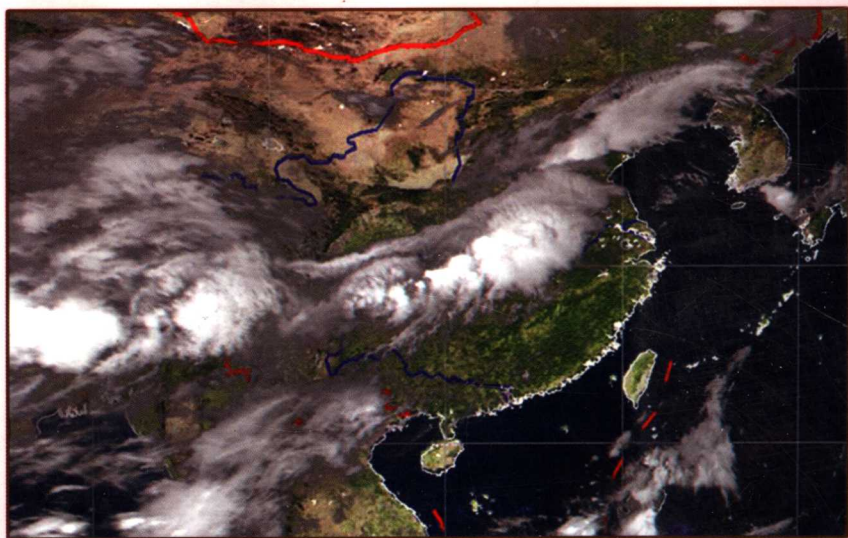


中国天气气候异常成因研究 ——2003年

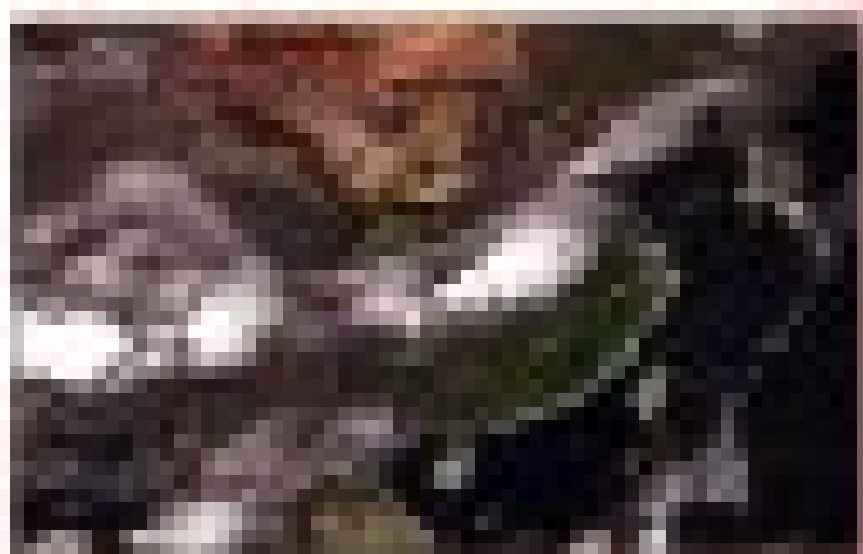
张庆云 王会军 林朝晖 等著
孙建华 张小玲 卫 捷



气象出版社

中国天气气候异常成因研究 ——2003年

中国天气气候异常成因研究
——2003年



气象出版社

中国天气气候异常成因研究

——2003 年

张庆云 王会军 林朝晖 等著
孙建华 张小玲 卫 捷

内容简介

2003 年夏季, 淮河出现流域性大洪水, 渭河出现了 40 年来罕见的暴雨、大暴雨降水过程, 黄河中下游及汉江出现罕见秋汛; 江南和华南北部出现了历时一个多月、局地近 2 个月罕见高温、热浪天气。本书对 2003 年这些极端异常天气气候事件的气候背景、大尺度环流、天气尺度系统、中尺度低涡发生发展、对流性强降水以及准静止锋的动力、热力结构等进行了分析、模拟、预测与检验。

本书深入浅出, 理论联系实际, 对提高我国短期气候预测能力, 改善天气预报有重要应用价值, 可供气象、水文部门业务工作者、高等院校师生和大气科学研究者阅读、参考。

图书在版编目 (CIP)

中国天气气候异常成因研究——2003 年/张庆云等著. —北京: 气象出版社, 2004, 8
ISBN 7-5029-3812-5

I. 中… II. 张… III. 气候异常-研究-中国-2003 IV. P46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 074358 号

中国天气气候异常成因研究 ——2003 年 张庆云等著

责任编辑: 李太宇 张锐锐 终审: 陈云峰 封面设计: 张建永

出版: 气象出版社

发行: 新华书店总店北京发行所 全国各地新华书店经销

出版社地址: 北京海淀区中关村南大街 46 号 邮政编码: 100081

出版社电话: 68406262

传真号码: 62176428

出版社网社: <http://qxcbs.cma.gov.cn>

电子邮箱: ams@cma.gov.cn

印刷: 北京市金瀑印刷有限责任公司

开本: 787×1092 1/16

版次: 2004 年 8 月第一版

印张: 11.25

印次: 2004 年 8 月第一次印刷

定价: 35.00 元

ISBN 7-5029-3812-5/P·1343



中国科学院院士陶诗言先生

序

2003 年，在我国乃至全球（至少在北半球）是天气和气候灾害频发且很严重的一年。暮春至初秋，造成严重灾害的天气极端事件连续不断，此起彼伏。先是，5 月至 6 月上旬南亚持续高温，热浪熏人，继而六、七、八这三个月在西欧和南欧持续地受到了前所未有的高温侵袭；此后在中国长江以南直至华南广大地区从 7 月中旬开始一直是持续的高温酷暑，历时一个多月，有些地方甚至超过两个月。在酷暑区，无论是欧洲或亚洲，都有不少时间气温超过人们难以忍受的 40°C 以上。长时间的高温还使这些地区伴随着严重的干旱，有些地方甚至滴雨未下。可是在我国还有另一番景象，先是 6 月下旬至 7 月中旬，淮河流域发生了多起连续而异常强烈的大暴雨；后在 8 月下旬至 9 月上旬及 10 月中旬在渭河流域出现历史上罕见的大暴雨，在上述两流域都先后造成极严重的洪灾。此外，我国北方直至日本，夏天则经历了持续低温（凉夏）。如此异常的恶劣天气和气候状态，使我国乃至世界都蒙受了巨大的损失，备受人们普遍和高度关注。

气象学、气候学和作为研究大气圈整体的大气科学，其对象和任务重点就是要掌握天气和气候变化的规律，作出满足社会人群需要的预报和服务，尤其是认识和掌握造成灾害的天气和气候并及时地、正确地作出预测预报。可是现代的大气科学发展所达到的水平，仍犹未尽如人意以保障人们的需求。即使在今天，人们能够利用多普勒雷达较精细地监测雷雨的结构，利用卫星监测全球的大气和海洋，利用巨型计算机对“超海量”的资料进行适时的收集、处理、分析、计算，以作出天气预报和气候预测。但一来这个观测网还远非万全的，而是或疏而有漏，或密而时有不察；二来天气和气候的变化是如此多端而且极为复杂，其机理、其方程至今尚处于认识不够的阶段，规律性也就尚未很好掌握了；更何况复杂系统必有混沌行为，就是说必有一些情况（尽管也许不多）是在某种程度上不可能预测得准的。科学发展到现代，人们仍然不得不承认确有“天有不测风云”的时候，尤其是当一些“罕见”（即“极端的”）的天气和气候灾害出现时，常有猝不及防或预报方法不灵的尴尬。无论在中国，还是在国际上，对 2003 年出现的诸多极端天气和气候事件的预报预测，就有些不尽如人意之处。例如对我国南方的夏秋持续严重高温干旱，无论我国还是世界上的研究和预测中心都没报好。人们虽然可以笑骂气象工作者的“无能”，气象

学工作者也可无奈地自我原谅和辩解，但这毕竟是气象工作者的耻辱，我们应该洗刷。极端的天气和气候状态以及相关的灾害的出现，也许是“天赐良机”——让我们探悉其形构、洞识其机理、掌握其规律，变坏事为好事。我们应该抓住机遇，加强工作，深入研究，及时总结。一旦掌握了这些类型，今后就不应再放过了。

呈献给读者的这本专著，正是对 2003 年在我国出现的极端天气和气候事件的及时研究总结。也许尚是初步的，但可起到抛砖引玉的作用。这本专著的作者们属于一个长期坚持不懈、专心致志地从事灾害性天气和气候研究和预报的研究者集体。他们勤奋，认真负责，好学深思，勇于探索。从本专著各章中就可见到，既用到了国际上现代的最新资料、概念、分析技术和方法，更系统地用到我国的尤其是作者们自己发展和创造的最新理论、技术和方法。一个可贵之处是：作者们不崇洋、不自封，择善而从，实事求是。另一个可贵之处是作者们继承了理论联系实际的传统，长期投身于实际问题的调研之中而又勇于深入浅出，从中感悟和抽象出理论和方法，并应用到解决实际问题中去，检验和修正它们，以达到可有效地实用和解决问题的地步。他们深知对于研究工作者来说，其成果能够在实际中应用、来为人民服务（或曰为人民谋福利）是最高奖赏，人生的最大幸福也莫过于此。也许正是由于这些可贵之处，作者们能从实际出发，有什么问题就研究什么问题，不区分天气和气候领域，不拘泥于资料分析还是诊断研究，不区分机理和理论，不割裂研究与预报预测应用，把资料、分析、机理、概念、理论、模式研制、数值试验和预报预测理论方法和解决实际应用问题有机贯串起来，熔于一炉，环环相扣。本专著中反映了这些特点，处处可见。

授业引导，继承发扬，这是师生之情谊与责任，也是学术研究发展的必经途径。今值上述研究者集体的主帅之一陶诗言院士八十五华诞之喜，作为他的学生和再传学生们，作者们谨以本专著作为献礼，以示庆贺。作者们表示：学生们不敏，未能尽得老师的真传精髓，未解和谬误之处大概难免，还请老师翁择瑕敲打，但愿本专著还算得上是合格的交卷就尚可心安了。来日方长，今后学生们定当自己鞭策激励，奋发前进，不负所望。

这些同样也正是我们中国的气象学和大气科学的传统。溯自中国科学院大气物理研究所的前身即原中央研究院的气象研究所，于 1928 年成立之日起，就铸造和坚持这个传统。中国广大气象工作者群体更是如此。中国的气象学工

作，从设立台站起，到天气气候分析、天气预报、大气科学各领域的发展，应用和建立相应的各项业务，一路披荆斩棘，艰苦奋斗向前进，尤其是解放后得到政府和人民的大力支持，气象发展一日千里，中国气象事业在国际上已取得一定的地位了。我国的大气科学事业工作者，历来有团结协同合作的精神，中央和地方气象局和各研究部门、教育部门有良好的协作关系。协作紧密时实际业务问题就解决得顺利些和好些，协作不够紧密时则难免有些问题解决得不尽如人意。相信我国气象界今后会团结合作得更好。

鄙人久处这个集体之中，深受这个优秀传统的熏陶，虽未有什么建树，但喜我国气象界代有才人，坚持优良传统，与时俱进，敢于碰硬，解决实际问题。作者们要求鄙人为本书作序，也就乐于从命了。至于鄙人的观点是否正确，就连同本书内容一起，恭请读者批评指正。

曾庆存

2004年6月

本书受以下项目资助:

1. 中国科学院奥运科技项目“北京夏季异常天气预测关键技术及应急措施研究”, 项目编号: KACX1-02
2. 中国科学院大气物理研究所所长基金
3. 中国科学院知识创新工程重要方向项目“中高纬气候和两半球气候相互作用研究”, 项目编号: KZCX3-SW-221
4. 中国科学院知识创新工程重要方向项目“亚洲季风区海-陆-气相互作用对我国气候变化的影响”(批准号: ZKCX2-SW-210)

目 录

序

第一章 绪论	1
第二章 2003 年夏季气候灾害和极端天气事件概况	7
2.1 夏季中国天气气候灾害	9
2.2 北半球夏季极端天气气候事件	11
参考文献	12
第三章 2003 年夏季大气环流及海温概况	13
3.1 2003 年夏季东亚大气环流特征	15
3.2 海温	18
参考文献	20
第四章 淮河流域暴雨过程的诊断分析及模拟	21
4.1 2003 年淮河流域梅雨期环流与典型旱涝年环流的对比分析	23
4.1.1 2003 年江淮梅雨期欧亚环流特征	26
4.1.2 2003、1954 和 1991 年淮河流域梅雨期降水及天气学模型比较	31
4.1.3 2003 年淮河流域梅雨期环流与典型旱涝年环流的对比分析	37
4.2 2003 年 6 月 29 日~7 月 11 日淮河流域强降水分析	40
4.2.1 淮河流域三次强降雨过程	41
4.2.2 淮河流域强降雨时段环流特征	42
4.2.3 淮河流域强降雨的天气学模型	44
4.3 7 月 3~5 日大暴雨过程的分析和模拟	51
4.3.1 7 月 3~5 日大暴雨过程中尺度系统及环流背景	51
4.3.2 中尺度低涡发生发展分析	58
4.3.3 7 月 4~5 日对流性强降水的动力学诊断分析	61
4.3.4 7 月 4~5 日大暴雨过程的模拟及分析	67
4.3.5 结论	80
4.4 2003 年夏季江淮梅雨的预测与检验	81
4.5 小结	85
参考文献	86
第五章 渭河、黄河中下游秋汛洪水及其成因分析	89
5.1 气候和水文背景	91
5.2 雨情和水情分析	92
5.3 8 月 21 日~9 月 6 日持续性降水成因分析	95
5.3.1 大尺度环流背景分析	95

5.3.2 物理成因分析	99
5.4 8 月 25 日渭河大暴雨分析	106
5.5 结论和讨论	111
参考文献	112
第六章 2003 年夏季我国气候异常的背景及环流分析	113
6.1 夏季中高纬度阻塞异常	115
6.2 中纬度高空急流	119
6.3 西太平洋副热带高压	123
6.4 中低纬度夏季风环流	126
6.5 暖池上空大气对流活动	128
6.6 2003 年与 1991 年夏季气候异常对比分析	131
6.7 小结	135
参考文献	136
第七章 2003 年汛期气候异常的实时预测	139
7.1 热带太平洋海温异常及其预测	141
7.1.1 海温实况演变	141
7.1.2 热带太平洋地区海温异常的预报	144
7.2 汛期旱涝趋势的跨季度数值预测及其检验	146
7.2.1 实时预测试验设计	147
7.2.2 2003 年夏季气候异常的数值预测及检验	147
7.2.3 补充预测结果分析	153
7.2.4 汛期旱涝数值预测小结	154
7.3 集成预测及其检验	155
7.3.1 集成预测结果与观测实况的比较	155
7.3.2 2003 年夏季跨季度降水集成预报的思路	157
7.4 2003 年夏季旱涝趋势预测小结	160
7.4.1 热带外海温异常在实时预测中的作用	160
7.4.2 全球观测海温对 2003 年东亚夏季气候异常的影响	162
7.4.3 集成季度气候预测的研究方向	163
参考文献	164
第八章 总结与对策	167
参考文献	170

第一章 绪 论

张庆云 王会军

我国地处东亚季风区,受地理位置、地形地貌及气候特征等因素影响,是气象灾害频发国之一。频发多样的气象灾害给人民生命财产及社会可持续发展带来了严重影响。暴雨洪涝灾害是夏半年我国的严重气象灾害之一。暴雨通常是指 24 小时降水量 ≥ 50 mm 的降水事件。对于降水过程持续数日且其累积降水量 ≥ 400 mm 称为大暴雨过程,累积降水量 ≥ 800 mm 则称为特大暴雨过程。洪涝通常是指由于江河洪水泛滥淹没田地和城乡,或因长期降雨等产生积水或径流淹没低洼土地,造成农业或其它财产损失和人员伤亡的一种灾害。洪涝灾害都是由持续性暴雨造成。某区域降水的多少取决于降水率 R 的大小和 D 持续的长短,如果降水率 R 大, D 持续时间长,则易出现由暴雨引发的洪涝灾害。根据洪涝表现形式及危害程度的不同,可分为洪灾、涝灾、湿害。我国洪涝灾害分布特点是:东部多,西部少;沿海地区多,内陆地区少;平原丘陵多,高原少;山脉东、南坡多,西北坡少。最容易发生雨涝的地区是华南、长江中下游、淮河,其次是汉水、黄河中下游、辽河流域等地。洪涝灾害在华南、江南主要集中在 5~7 月份,长江中下游和淮河流域主要集中在 6、7 月份,华北、东北、西北地区主要集中在 7、8 月份,西南地区主要集中在 6~8 月份。

根据史料统计,从公元前 206 年至 1949 年的 2155 年当中,全国各地较大的洪涝灾害有 1092 次,平均每两年 1 次。据 1950~2002 年资料统计,我国平均每年洪涝受灾农作物面积为 937.6 万 hm^2 。1954 年是建国以来长江全流域洪涝灾害最严重的一年,全国受灾农作物面积达 1600 万 hm^2 ,其后还发生了 1958 年 7 月黄河中游大洪水,1963 年 8 月海河大洪水以及 1975 年 8 月河南驻马店特大暴雨洪涝。20 世纪 90 年代以来,我国洪涝灾害频数明显增加,如 1991 年淮河、太湖流域大洪水,1994 年华南特大暴雨,1995 年鄱阳湖水系大水,1996 年洞庭湖水系、长江流域、海河流域洪涝,1998 年珠江、长江全流域、嫩江—松花江流域大洪水,1999 年长江下游及太湖流域洪涝以及 2003 年淮河流域大洪水等,都是中国近五十多年来最严重的洪涝灾害。暴雨洪涝不但造成人民生命财产的巨大损失,引起水土流失、滑坡、泥石流等灾害,破坏农业生态环境、经济,还带来一系列的社会、环境等问题。

2003 年中国的水旱灾害都较为严重,农作物受灾面积、因灾死亡人数、倒塌房屋及直接经济损失等几项主要指标分别高于 2002 年同期 56%、31%、110%和 60%。农作物受灾面积达 7.6 亿亩 (5070.1 万 hm^2),成灾面积 4.7 亿亩* (3157.5 万 hm^2),绝收面积 9978 万亩 (665.2 万 hm^2)。2003 年夏淮河发生的全流域性大洪水,梅雨期降雨总量、过程持续时间总体上虽不及 1991 年与 1954 年,但由于降雨中心偏北,安徽淮北西部、河南中东部降雨量接近 1991 年总雨量,部分测站超过了 1991 年。据水文气象中心分析,淮河中游各主要控制站 30 天洪量小于 1954 年,大于 1991 年,为 1949 年以来仅次于 1954 年的第 2 位流域性大洪水。2003 年淮河流域梅雨期降水的主要特点是持续性暴雨多,降水集中,从而形成全流域性大洪水。从 6 月 29 日至 7 月 11 日,安徽北部、河南东南部等地降水总量普遍比常年同期偏多 1~2 倍;局地偏多 2~3 倍,引发了淮河干流第一次洪水过程,淮河干流王家坝以下河段最大流量全线超过 1991 年最大流量。7 月中旬,淮河干流发生第二次洪水

* 1 亩=1/15 hm^2

过程,淮河干流润河集至鲁台子河段最大流量均超过 1991 年最大流量。7 月下旬,淮河干流发生第三次洪水过程,但王家坝至鲁台子河段最高水位明显小于第一、二次洪水。

2003 年 7 月中旬,随着梅雨的结束,长江流域进入高温酷暑,江南和华南地区出现了历时一个多月,局地近两个月的持续高温(日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$)天气。南方地区的高温天气范围之广、持续时间之长、温度之高为历史同期罕见,各地最高气温的记录不断被打破,不少地方最高气温屡超历史极值。黄淮南部、长江中下游地区、华南北部及四川东部、重庆等地夏季极端最高气温都达到了 $38^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$;浙江中部和西南部、福建北部、江西中部等地高达 $40^{\circ}\text{C}\sim 43^{\circ}\text{C}$,7 月 31 日浙江雨水的最高温度为 43.2°C ,在全国的高温记录上仅次于吐鲁番的历史极值 47.7°C 。整个夏季(6 月至 8 月),南方地区 38°C 以上高温日数为 1961 年以来的极大值。浙江、福建、江西大部以及江苏、安徽、广东、广西等地的局部地区极端最高气温超过了历史同期极值。持续高温给各行业及人们正常生活等造成不同程度的影响。

2003 年 8 月下旬和 9 月黄河干支流频繁出现强降水,渭河、黄河中下游出现秋汛洪水,渭河中下游水位全线超过历史最高水位,出现了 50 年一遇的大洪水。8 月 21 日~9 月 6 日,渭河流域、黄河中下游地区出现了 3 次较大面积的暴雨过程。第 1 次强降水发生在 8 月 25 日,泾河支流马莲河庆阳水文站 26 日 1 时 6 分洪峰流量 $4010\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$,为 1951 年建站以来第 3 位大洪水,泾河张家山水文站(陕西泾阳)26 日 22 时 42 分洪峰流量 $4010\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$,超过警戒流量($3000\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$) $1010\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$;第 2 次强降水发生在 8 月 28~29 日,渭河中游控制站咸阳水文站 30 日 21 时洪峰流量 $5340\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$,为 1931 年建站以来第 4 位大洪水,31 日 10 时临潼水文站洪峰水位 358.34 m ,超过历史最高洪水位(358.03 m ,1981 年) 0.31 m ,9 月 1 日 10 时华县水文站水位涨至 342.76 m ,超过历史最高洪水位(342.25 m ,1996 年) 0.51 m 。第 3 次强降水发生在 9 月 5 日,9 月 6 日洛河卢氏水文站出现 $1310\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ 洪水,伊河东湾水文站出现 $1440\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ 洪水,9 月 7 日黄河三门峡站出现洪峰流量 $3100\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ 洪水。9 月 8 日花园口出现当年最大洪峰流量 $2660\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ 。

2003 年夏季发生在我国的这些极端异常的天气气候事件,给我国国民经济造成严重损失,对人民生活产生了较大影响。这些极端天气气候事件的发生与大气外部强迫因子和大气内部动力过程异常有关。暴雨的发生、发展有其特殊的环流条件,暴雨的发生是不同天气尺度系统相互作用造成。在稳定的大形势背景下,短波槽、低涡、气旋等天气尺度系统的活动,造成一次次的短期暴雨过程;在一定的天气尺度系统的背景下,许多中、小尺度系统发生、发展造成一次次的短时暴雨过程。行星尺度、天气尺度和中小尺度系统的共同作用造成了持续性的暴雨过程。当天气尺度的系统移动缓慢或停滞时,就容易形成特大暴雨,引发洪涝。然而这些基本的大尺度环流条件每年夏季都可能出现,但江淮流域并不是年年都发生由持续性暴雨引发的洪涝灾害,可见江淮流域暴雨洪涝灾害的发生有其特殊的天气气候条件。那么究竟什么样的天气气候条件造成 2003 年夏季江淮流域暴雨洪涝灾害以及渭河秋汛大暴雨过程,这是短期气候预测急需解决的重要问题,也是短期气候预测中的一个难点。

在 2003 年即将结束的时候,王会军所长建议,应对 2003 年发生在我国的这些极端异

常天气气候事件的成因机理进行全面深入研究,以便提高对极端异常天气气候事件的预测能力。因此本论著不仅对 2003 年夏季淮河流域大洪水、渭河秋汛大暴雨过程的气候背景、大尺度环流、天气尺度系统活动、中尺度低涡发生发展、对流性强降水以及准静止锋的动力热力结构等进行了系统的研究,给出梅雨期淮河流域强降水的天气学模型,还对 2003 年汛期气候进行了跨季度的气候预测及检验并对暴雨过程进行了模拟、试验、预报与检验。

本论著由陶诗言先生从事天气气候学研究方面的有关学生们完成,本书在完善过程中得益于陶诗言先生的赐教。2004 年欣逢陶诗言先生八十五华诞,王会军所长提议,以此书献给尊敬的陶诗言先生八十五华诞,敬祝先生健康长寿。

本书付梓仓促,错误在所难免,敬请读者指正。各章节的作者如下:

第一章:张庆云 王会军

第二章:张庆云 彭京备

第三章:彭京备 张庆云 周广庆

第四章:孙建华 张小玲 卫捷 高守亭 周玉淑 赵思雄

第五章:张小玲 卫捷 孙建华

第六章:林中达 陆日宇

第七章:林朝晖 王会军 郎咸梅 陈红 卫捷

第八章:王会军 郎咸梅

参考文献

科学时报. 2004-1-7, 中国气象局盘点 2003 年我国十大气候事件

张庆云, 陶诗言, 张顺利. 2001, 1998 年嫩江、松花江流域持续性暴雨的环流条件, 大气科学, 25(4), 567~576

张庆云, 陶诗言, 张顺利. 2003, 夏季长江流域暴雨洪涝灾害的天气气候条件, 大气科学, 27(6), 1018~1030

中国气象局. 2003 年, 气象聚焦

中国气象局国家气候中心. 2003, 全国气候影响评价

中国气象局国家气候中心. 2003, 月气候监测公报

民政部负责人. 2003 年 10 月 8 日召开的国务院新闻办记者招待会

