



# 陕西省短期天气预报 技术手册

Shaanxisheng

Duanqi Tianqi Yubao  
Jishu Shouce

○ 杜继稳 等 编著

气象出版社



# 陕西省短期天气预报 技 术 手 册

杜继稳等 编著

气象出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

陕西省短期天气预报技术手册/杜继稳等编著. —北京:气象出版社, 2007. 3  
ISBN 987-7-5029-4287-8

I. 陕… II. 杜… III. 天气预报-陕西省-技术手册 IV. P456-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 025892 号

出版者: **气象出版社**

地址: 北京市海淀区中关村南大街 46 号

网址: <http://cmp.cma.gov.cn> E-mail: [qxcbs@263.net](mailto:qxcbs@263.net)

邮编: 100081 电话: 总编室: 010-68407112 发行部: 010-62175925

责任编辑: 黄丽荣 章澄昌

终审: 汪勤模

封面设计: 张建勇

版式设计: 刘祥玉

责任校对: 尔边

印刷者: 北京中新伟业印刷有限公司

发行者: **气象出版社**

开本: 787×1092 1/16 印张: 25.75 字数: 659.2 千字

版次: 2007 年 3 月第一版 2007 年 3 月第一次印刷

印数: 1~1200

定价: 60.00 元

---

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等, 请与本社发行部联系调换

## 编写委员会

主 任：杜继稳

副 主 任：侯明全 梁生俊

成 员：许新田 张 弘 刘 勇 方建刚  
侯建忠 李 明 宁志谦

技术负责：杜继稳

审 改：杜继稳 梁生俊

统 稿：赵奎锋

# 执 笔 人

第 1 章:侯明全

第 2 章:侯明全

第 3 章:梁生俊

第 4 章:梁生俊

第 5 章:许新田

第 6 章:

6.1~6.6:杜继稳

6.7,6.8:侯建忠

6.9,6.10:杜继稳

第 7 章:杜继稳

第 8 章:杜继稳 王旭仙

第 9 章:

9.1~9.5:刘 勇

9.6:杜继稳

第 10 章:许新田

第 11 章:

11.1:宁志谦 梁生俊

11.2~11.4:方建刚

11.5:张 弘

11.6:侯建忠

11.7:许新田

11.8:方建刚

第 12 章:侯明全

第 13 章:李 明

第 14 章:张 弘

第 15 章:杜继稳 梁生俊

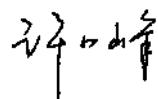
## 序 言

陕西省位于中国西北地区,因其独特的地质、植被、水文和地理位置等自然环境条件,有着特殊的天气气候规律,干旱、暴雨、冰雹、冻害、大风、沙尘暴、干热风等各类气象灾害频繁发生。近几十年来,发生过“77·7”延河、“83·7”安康汉江、1998年“7·9”商州、2002年“6·8”佛坪等特大暴雨及其洪水和山地灾害,2003年渭河流域就连续5次发生暴雨洪水灾害,都给人民生命财产造成重大损失,受到中央政府的高度重视。同时也对陕西气象业务提出严峻挑战,要求气象工作者更准确地预报重大灾害性、关键性、转折性天气,为政府防灾减灾服务,为人民群众福祉安康服务。

几十年来,陕西省几代气象科技工作者,特别是一线预报员怀着高度的责任感,围绕提高天气预报准确率这个永恒的主题,在长期预报实践中,不断揭示青藏高原东北侧天气气候变化规律,提炼预报思路,研发各类灾害性天气预报方法,积累了丰富的预报经验,取得了许多研究成果,特别是近年来,围绕业务服务领域的拓展,沿着精细化预报发展方向,采用新的观测信息和技术手段,深入研究大气变化规律,取得了许多新的成果,提炼和完善了各类灾害性天气的预报思路和业务流程。以上所有成果集中在《陕西省短期天气预报技术手册》(以下简称《手册》)中,而且参加编写本《手册》的人员均是来自一线的预报员,无疑该《手册》是陕西省广大气象科技人员、特别是预报人员长期天气研究与预报实践的工作总结,是集体智慧的结晶,在这里我向陕西省的气象科技人员,业务一线的预报员表示衷心祝贺!

在新的历史时期,全国气象部门正按照中国气象局的统一部署和要求,积极开展业务技术体制改革,着力解决影响气象事业发展的体制和机制方面的问题,全面提升气象业务的科技内涵和服务能力,实现从气象大国向气象强国的跨越。其中,天气业务作为多轨道业务的基础业务,要不断提高天气预报准确率,特别是重大灾害性、关键性、转折性天气预报能力;完善精细化、无缝隙预报业务流程,促进灾害性天气和定量降水预报的突破,完善临近预报和短时预报业务;建设突发性灾害天气预警预报体系,增强对突发事件的气象应急保障能力。完成这些目标,关键在预报员队伍整体素质的提高,本《手册》的编写出版,不仅继承过去的经验和成果,更重要的是有助于预报员队伍的培养,特别是新预报员的培养,同时有助于推动天气轨道业务的建设和进步。

《手册》虽然总结的是位于青藏高原东北侧的陕西省短期预报经验和成果，但对陕西省的预报和服务提供理论基础并给予了很好的技术指导，同时该《手册》也会对其他地区，特别是对陕西省周边地区的天气预报业务具有参考借鉴价值。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '许红' (Xu Hong).

2007年3月15日

## 前 言

陕西省位于青藏高原东北侧,处在中国大陆中部,中国大地原点位于陕西中部泾阳县永乐镇,属内陆省份。地理环境复杂,在其北侧有东西走向的阴山山脉;西侧有近南北走向的贺兰山山脉和六盘山山脉;东侧有南北走向的吕梁山山脉和太行山脉;在其南部为东西走向的秦岭山脉和大巴山脉,其中秦岭山脉为我国南北气候分界线。在地质上,北部为黄土高原的腹地,其中北部为我国毛乌素沙漠南缘和风沙滩地;中部为关中平原;南部为秦巴山地,地质条件复杂,是我国山地灾害最多的省份之一。在水文上,以秦岭为界,北为黄河水系,其中黄河最大支流——渭河横穿关中;秦岭以南为长江水系,其中长江最大的支流——汉江横穿陕南,同时陕南又是长江主要支流汉江、嘉陵江、丹江的发源地。在气候上,陕西自南向北横跨中国三个气候带,即北亚热带、暖温带、中温带,分别对应半湿润、半干旱、干旱区。正是这样特定的地质地理和生态气候环境同西风带环流的相互作用,就平均状况,不论冬、夏,使得南北气流在陕西上空交汇,不同属性气团在陕西形成对峙,各类天气系统均从不同方向影响陕西。因此使得陕西成为中国气候高度敏感区。正是这一原因造成陕西地区气象灾害种类俱全,如旱灾、暴雨洪涝、低温阴雨、连阴雨、雹灾、龙卷风、大风、沙尘暴、寒潮、霜冻、干热风、大雾等。各类气象灾害频繁发生,连年造成重大生命财产损失,而且成因独特,不同于中国其他地区,使得对该地区的天气预报难度较大。

天气预报本身是一个复杂的难题,提高天气预报准确率是所有气象工作者、特别是天气预报工作人员追求的永恒目标。尤其是天气预报的社会需求日益增长,给气象工作者带来巨大的压力,同时也带来难得的机遇。但是对大气变化规律的认识,天气预报准确率的提高,不是靠短期攻关就可以攻克,它需要一代又一代气象科技工作者的艰辛努力和不懈奋斗。正是本着这一精神,几十年来,陕西的几代气象科技工作者在长期的天气研究和预报实践中,不断揭示了青藏高原东北侧地区天气气候变化规律,积累了丰富的预报经验,取得了大量的研究成果。这些经验和成果对天气预报业务的进步发挥了积极作用。近十几年来,随着气象综合探测网的完善和提升,如卫星、雷达和自动加密气象探测技术应用,计算机和信息技术的进步,数值模拟技术的发展和运用,为气象工作者和预报员提供了前所未有的大量观测数据,陕西气象工作者抓住了各种技术融合的机遇,采用新的分析技术和方法,深入研究大气变化规律,重点关注中小尺度天气系统的演变规律,不断发现新的事实,提出新的观点,提炼和完善

预报思路及其流程,如突发性暴雨监测预警、渭河流域致洪暴雨预报、沙尘暴预报、强对流性天气监测预警、分县预报等,都是最新的研究成果。这些成果进一步推动了陕西地区天气预报业务的进步,促进了天气预报准确率的提升。因此正是陕西省几代气象人的工作,为作者编写《陕西省短期天气预报技术手册》奠定了基础,创造了条件。

当前,全省气象部门按照中国气象局的总体思路,积极开展业务技术体制改革,为了推动各轨道业务建设,建立新型的集约化、研究型、开放式业务技术体制,很有必要对天气预报技术成果、经验和方法进行全面的总结和汇编整理成册。这样做既是对过去成果和经验的继承,同时也有助于预报技术人员的培养和成长,提高陕西广大预报人员的技术素质和天气预报整体水平。

本手册共分 15 章,内容涵盖了陕西省地理、天气气候特点和各类灾害性天气,特别是高影响天气的特点及其监测、预报、预警技术和方法,以及数值预报产品解释应用技术等。本手册的编写是集体智慧的结晶,参加手册的编写人员均为来自预报一线的预报员,他们长期在预报实践中,致力于天气和预报技术研究,积累了丰富的预报经验。因此本书的编写既是作者对前人、他人工作的提炼和总结,也是对作者本人工作的总结。本手册由杜继稳提出编写大纲初稿,几经手册编写委员会全体成员的多次讨论,采用分章负责编写的方法。全书由杜继稳任技术总负责,最后由杜继稳、梁生俊审改定稿。全书由赵奎锋统稿制图。

本手册的编写得到了陕西省气象局领导和科技减灾处的关心、指导和经费支持;刘天适高级工程师、周全瑞正研级高级工程师、刘子臣正研级高级工程师对本手册的部分章节提出了宝贵的修改建议,气象出版社和黄丽荣主任对本手册的编辑出版给予了大力支持,在此一并表示衷心感谢!

由于天气预报技术复杂,涉及领域广,加上本手册编写时间仓促,参加编写的人员水平所限,错漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

《陕西省短期天气预报技术手册》编写组

2007 年 1 月

# 目 录

## 序 言

## 前 言

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 第1章 陕西地理地貌 .....        | (1)  |
| 1.1 地理环境 .....          | (1)  |
| 1.1.1 地理位置 .....        | (1)  |
| 1.1.2 山脉走向 .....        | (1)  |
| 1.2 地质地貌及植被分布 .....     | (1)  |
| 1.2.1 地质地貌 .....        | (1)  |
| 1.2.2 植被分布 .....        | (4)  |
| 1.3 地表水文 .....          | (5)  |
| 1.3.1 黄河水系 .....        | (6)  |
| 1.3.2 长江水系 .....        | (6)  |
| 1.4 行政区域 .....          | (8)  |
| 1.4.1 行政区域 .....        | (8)  |
| 1.4.2 预报区域界定 .....      | (9)  |
| 参考文献 .....              | (10) |
| 第2章 陕西气候概要 .....        | (11) |
| 2.1 陕西气候概况 .....        | (11) |
| 2.2 陕西气候特征 .....        | (12) |
| 2.2.1 气候类型多样 .....      | (12) |
| 2.2.2 冬冷夏热,四季分明 .....   | (13) |
| 2.2.3 干湿明显,旱涝灾害频繁 ..... | (14) |
| 2.3 陕西省气候分区 .....       | (14) |
| 2.3.1 气候带 .....         | (14) |
| 2.3.2 气候区 .....         | (14) |
| 2.3.3 气候区特征 .....       | (16) |
| 2.4 陕西省地貌对气候的影响 .....   | (18) |
| 2.4.1 风沙滩地 .....        | (18) |
| 2.4.2 黄土高原 .....        | (19) |
| 2.4.3 关中盆地 .....        | (19) |
| 2.4.4 秦巴山地 .....        | (19) |
| 2.4.5 汉中安康盆地 .....      | (20) |

|                           |      |
|---------------------------|------|
| 2.5 陕西省是中国气候敏感区 .....     | (20) |
| 参考文献 .....                | (20) |
| 第3章 陕西季节划分和主要气象灾害 .....   | (21) |
| 3.1 季节及其划分 .....          | (21) |
| 3.2 陕西的自然天气季节 .....       | (21) |
| 3.3 陕西的主要气象灾害 .....       | (22) |
| 3.3.1 干旱灾害 .....          | (22) |
| 3.3.2 暴雨和洪涝灾害 .....       | (23) |
| 3.3.3 沙尘暴 .....           | (24) |
| 3.3.4 寒潮和强降温(冻害) .....    | (25) |
| 3.3.5 低温阴雨(冷害) .....      | (26) |
| 3.3.6 冰雹大风 .....          | (26) |
| 3.3.7 高温 .....            | (27) |
| 3.3.8 大雾 .....            | (29) |
| 3.4 陕西的主要气象次生灾害 .....     | (29) |
| 参考文献 .....                | (30) |
| 第4章 影响陕西的主要天气系统及其特征 ..... | (32) |
| 4.1 主要影响系统概论 .....        | (32) |
| 4.2 锋 .....               | (32) |
| 4.2.1 冷锋 .....            | (32) |
| 4.2.2 暖锋 .....            | (33) |
| 4.2.3 锢囚锋 .....           | (34) |
| 4.2.4 静止锋 .....           | (34) |
| 4.3 温带气旋 .....            | (34) |
| 4.3.1 概述 .....            | (34) |
| 4.3.2 蒙古气旋 .....          | (34) |
| 4.3.3 黄河气旋 .....          | (35) |
| 4.3.4 台风(低涡) .....        | (35) |
| 4.4 涡 .....               | (36) |
| 4.4.1 西南涡 .....           | (36) |
| 4.4.2 西北涡 .....           | (37) |
| 4.4.3 青藏高原低涡 .....        | (39) |
| 4.5 高压(反气旋)系统 .....       | (41) |
| 4.5.1 概述 .....            | (41) |
| 4.5.2 蒙古冷高压 .....         | (41) |
| 4.5.3 西北太平洋副热带高压 .....    | (42) |
| 4.5.4 南亚高压 .....          | (44) |
| 4.6 低压槽系统 .....           | (45) |

|                              |      |
|------------------------------|------|
| 4.6.1 中高纬度西风槽 .....          | (45) |
| 4.6.2 南支槽 .....              | (46) |
| 4.6.3 高原槽 .....              | (46) |
| 4.6.4 东风波和地面倒槽 .....         | (47) |
| 4.7 切变线 .....                | (48) |
| 4.8 急流 .....                 | (48) |
| 4.8.1 高空急流 .....             | (49) |
| 4.8.2 高空急流对陕西省天气的影响 .....    | (49) |
| 4.8.3 低空急流 .....             | (50) |
| 参考文献 .....                   | (51) |
| <b>第5章 陕西降水特征及其预报</b> .....  | (53) |
| 5.1 降水的气候特征 .....            | (53) |
| 5.1.1 降水标准 .....             | (53) |
| 5.1.2 降水时空分布 .....           | (53) |
| 5.2 降水的环流形势 .....            | (55) |
| 5.2.1 降水环流形势 .....           | (55) |
| 5.2.2 降水天气的影响系统 .....        | (57) |
| 5.2.3 天气影响系统与降水落区 .....      | (59) |
| 5.2.4 回流天气降水 .....           | (60) |
| 5.3 降水的预报 .....              | (61) |
| 5.3.1 降水预报的一般思路 .....        | (61) |
| 5.3.2 降水条件的诊断分析 .....        | (62) |
| 参考文献 .....                   | (64) |
| <b>第6章 陕西暴雨预报</b> .....      | (65) |
| 6.1 暴雨时空分布 .....             | (65) |
| 6.1.1 暴雨标准 .....             | (65) |
| 6.1.2 暴雨空间分布 .....           | (65) |
| 6.1.3 暴雨时间分布 .....           | (66) |
| 6.1.4 暴雨的尺度特征 .....          | (69) |
| 6.2 陕西暴雨的环流背景 .....          | (69) |
| 6.2.1 陕西暴雨环流的聚类分析 .....      | (69) |
| 6.2.2 陕西暴雨的环流分型 .....        | (71) |
| 6.2.3 不同季节暴雨天气形势 .....       | (72) |
| 6.2.4 环流调整与暴雨 .....          | (75) |
| 6.2.5 西太平洋副热带高压东退的天气形势 ..... | (76) |
| 6.3 陕西暴雨的主要影响天气尺度系统 .....    | (77) |
| 6.3.1 影响陕西暴雨的天气尺度系统 .....    | (77) |
| 6.3.2 不同季节暴雨影响天气尺度系统 .....   | (78) |

|                                                      |              |
|------------------------------------------------------|--------------|
| 6.3.3 高原低值系统与陕西暴雨 .....                              | (80)         |
| <b>6.4 影响陕西暴雨的次天气尺度 <math>\Omega</math> 系统 .....</b> | <b>(85)</b>  |
| 6.4.1 次天气尺度 $\Omega$ 系统 .....                        | (85)         |
| 6.4.2 $\Omega$ 系统和暴雨落区 .....                         | (86)         |
| 6.4.3 $\Omega$ 系统的天气学意义 .....                        | (87)         |
| 6.4.4 $\Omega$ 系统的动力学意义 .....                        | (89)         |
| 6.4.5 $\Omega$ 系统与四股气流 .....                         | (90)         |
| 6.4.6 次天气尺度暴雨系统发生发展的激发条件 .....                       | (93)         |
| <b>6.5 影响陕西暴雨的各种尺度天气系统间的作用 .....</b>                 | <b>(94)</b>  |
| 6.5.1 行星尺度系统作用 .....                                 | (94)         |
| 6.5.2 天气尺度系统作用 .....                                 | (95)         |
| 6.5.3 暴雨的各种尺度天气系统相互关系和作用 .....                       | (96)         |
| <b>6.6 地形对陕西暴雨的作用 .....</b>                          | <b>(96)</b>  |
| 6.6.1 爬坡作用 .....                                     | (96)         |
| 6.6.2 狭管效应 .....                                     | (97)         |
| 6.6.3 背风波作用 .....                                    | (99)         |
| 6.6.4 地形对摩擦层顶垂直运动的影响 .....                           | (102)        |
| 6.6.5 秦岭山脉对降水的影响 .....                               | (103)        |
| <b>6.7 台风与陕西暴雨 .....</b>                             | <b>(107)</b> |
| 6.7.1 台风活动与陕西暴雨的统计关系 .....                           | (107)        |
| 6.7.2 影响台风活动的路径及区域 .....                             | (107)        |
| 6.7.3 台风影响陕西暴雨的类型 .....                              | (108)        |
| <b>6.8 卫星云图在陕西暴雨预报中应用 .....</b>                      | <b>(108)</b> |
| 6.8.1 天气尺度云系叠加模式 .....                               | (108)        |
| 6.8.2 暴雨云团 .....                                     | (110)        |
| <b>6.9 陕西暴雨各物理量场特征 .....</b>                         | <b>(113)</b> |
| 6.9.1 流场特征 .....                                     | (113)        |
| 6.9.2 湿度场特征 .....                                    | (115)        |
| 6.9.3 能量场特征 .....                                    | (117)        |
| 6.9.4 稳定度特征 .....                                    | (119)        |
| <b>6.10 陕西暴雨预报方法 .....</b>                           | <b>(119)</b> |
| 6.10.1 暴雨预报流程 .....                                  | (119)        |
| 6.10.2 陕西盛夏暴雨预报专家系统 .....                            | (121)        |
| 6.10.3 分片预报技术(以咸阳为例) .....                           | (123)        |
| 6.10.4 陕西暴雨概率预报方法 .....                              | (124)        |
| 参考文献 .....                                           | (134)        |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| <b>第7章 陕西突发性暴雨监测预警</b> .....  | (136) |
| <b>7.1 突发性暴雨定义</b> .....      | (136) |
| 7.1.1 定义 .....                | (136) |
| 7.1.2 气候特征 .....              | (136) |
| 7.1.3 降水时间分布特征 .....          | (136) |
| <b>7.2 突发性暴雨监测分析技术</b> .....  | (138) |
| 7.2.1 地面加密监测信息分析技术 .....      | (138) |
| 7.2.2 高空探测信息四维分析技术 .....      | (143) |
| 7.2.3 雷达探测信息分析技术 .....        | (147) |
| 7.2.4 卫星探测信息分析技术 .....        | (151) |
| <b>7.3 突发性暴雨主要特征</b> .....    | (153) |
| 7.3.1 高空环流特征 .....            | (153) |
| 7.3.2 高空中尺度流场特征 .....         | (157) |
| 7.3.3 物理量场特征 .....            | (161) |
| 7.3.4 地面能量场特征 .....           | (164) |
| 7.3.5 地面流场特征 .....            | (166) |
| 7.3.6 中尺度对流系统云图特征 .....       | (167) |
| <b>7.4 突发性暴雨物理成因</b> .....    | (171) |
| 7.4.1 定性分析 .....              | (171) |
| 7.4.2 数值分析 .....              | (173) |
| <b>7.5 突发性暴雨预警</b> .....      | (178) |
| 7.5.1 突发性暴雨预报着眼点 .....        | (178) |
| 7.5.2 突发性暴雨监测预警业务流程 .....     | (178) |
| 参考文献 .....                    | (181) |
| <b>第8章 陕西渭河流域致洪暴雨预报</b> ..... | (182) |
| <b>8.1 渭河流域致洪暴雨定义</b> .....   | (182) |
| 8.1.1 定义 .....                | (182) |
| 8.1.2 致洪暴雨气候特征 .....          | (183) |
| 8.1.3 洪水灾害特征 .....            | (184) |
| <b>8.2 渭河洪水与暴雨的关系</b> .....   | (185) |
| 8.2.1 渭河洪水分类 .....            | (185) |
| 8.2.2 灾害性洪水分类 .....           | (185) |
| 8.2.3 降水特征分类 .....            | (187) |
| 8.2.4 影响渭河径流的因素 .....         | (188) |
| <b>8.3 渭河流域致洪暴雨主要特征</b> ..... | (189) |
| 8.3.1 致洪暴雨分类 .....            | (189) |
| 8.3.2 致洪暴雨天气学模型 .....         | (190) |
| 8.3.3 致洪暴雨动力学特征 .....         | (193) |

|            |                       |              |
|------------|-----------------------|--------------|
| 8.3.4      | 渭河中上游致洪暴雨特征 .....     | (198)        |
| 8.3.5      | 连阴雨致洪暴雨特征 .....       | (201)        |
| <b>8.4</b> | <b>致洪暴雨预报预警 .....</b> | <b>(207)</b> |
| 8.4.1      | 雨情、水情监测系统 .....       | (207)        |
| 8.4.2      | 致洪暴雨落区预报 .....        | (208)        |
| 8.4.3      | 流域面雨量预报 .....         | (209)        |
| 8.4.4      | 流域洪水灾害等级预报 .....      | (210)        |
| 8.4.5      | 致洪暴雨预报预警业务流程 .....    | (213)        |
|            | 参考文献 .....            | (214)        |
| <b>第9章</b> | <b>陕西中尺度天气 .....</b>  | <b>(215)</b> |
| <b>9.1</b> | <b>雷暴 .....</b>       | <b>(215)</b> |
| 9.1.1      | 雷暴定义 .....            | (215)        |
| 9.1.2      | 陕西雷暴的气候统计特征 .....     | (215)        |
| 9.1.3      | 分区雷暴的时域特征 .....       | (217)        |
| <b>9.2</b> | <b>飑线 .....</b>       | <b>(218)</b> |
| 9.2.1      | 飑线定义 .....            | (218)        |
| 9.2.2      | 飑线回波的演变过程 .....       | (218)        |
| 9.2.3      | 飑线的移动 .....           | (219)        |
| 9.2.4      | 典型飑线个例分析 .....        | (219)        |
| <b>9.3</b> | <b>阵风锋 .....</b>      | <b>(222)</b> |
| 9.3.1      | 阵风锋定义 .....           | (222)        |
| 9.3.2      | 阵风锋个例分析 .....         | (222)        |
| <b>9.4</b> | <b>下击暴流 .....</b>     | <b>(227)</b> |
| 9.4.1      | 下击暴流定义 .....          | (227)        |
| 9.4.2      | 下击暴流个例分析 .....        | (227)        |
| <b>9.5</b> | <b>强风暴 .....</b>      | <b>(230)</b> |
| 9.5.1      | 产生强风暴的条件 .....        | (230)        |
| 9.5.2      | 产生强风暴的天气形势 .....      | (231)        |
| 9.5.3      | 槽前产生强对流风暴的个例分析 .....  | (232)        |
| 9.5.4      | 槽后产生局地强降水个例分析 .....   | (238)        |
| <b>9.6</b> | <b>对流性天气预报 .....</b>  | <b>(241)</b> |
| 9.6.1      | 对流性天气潜势预报 .....       | (241)        |
| 9.6.2      | 对流性天气短时预报 .....       | (246)        |
| 9.6.3      | 对流性天气临近预警 .....       | (249)        |
| 9.6.4      | 对流性天气预报业务流程 .....     | (251)        |
|            | 参考文献 .....            | (251)        |

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| <b>第10章 冰雹预报</b> .....          | (253) |
| <b>10.1 陕西冰雹的气候特征</b> .....     | (253) |
| 10.1.1 冰雹的定义 .....              | (253) |
| 10.1.2 冰雹的空间分布 .....            | (253) |
| 10.1.3 冰雹的时间分布 .....            | (253) |
| 10.1.4 连续性降雹过程的分布 .....         | (255) |
| 10.1.5 冰雹的活动路径 .....            | (255) |
| 10.1.6 山区地貌对冰雹的影响 .....         | (256) |
| <b>10.2 产生冰雹的天气和物理量特征</b> ..... | (257) |
| 10.2.1 冰雹的物理量特征 .....           | (257) |
| 10.2.2 冰雹天气的环流类型及特征 .....       | (259) |
| 10.2.3 冰雹的卫星云图特征 .....          | (261) |
| 10.2.4 冰雹的雷达回波特征 .....          | (262) |
| <b>10.3 冰雹的预报</b> .....         | (264) |
| 10.3.1 形势特点 .....               | (264) |
| 10.3.2 大气层结的主要特征 .....          | (265) |
| 10.3.3 冰雹预报的一些常用指标及参考数据 .....   | (266) |
| 10.3.4 基于数值预报产品的冰雹预报方法 .....    | (266) |
| 参考文献 .....                      | (267) |
| <b>第11章 陕西其他重要天气预报</b> .....    | (268) |
| <b>11.1 春季首场透雨预报</b> .....      | (268) |
| 11.1.1 春季首场透雨标准 .....           | (268) |
| 11.1.2 春季首场透雨的天气气候规律 .....      | (268) |
| 11.1.3 环流特征 .....               | (268) |
| 11.1.4 影响透雨的天气系统 .....          | (269) |
| 11.1.5 透雨过程中的能量特征 .....         | (269) |
| 11.1.6 春季透雨预报 .....             | (274) |
| <b>11.2 连阴雨预报</b> .....         | (274) |
| 11.2.1 连阴雨天气的标准及气候特征 .....      | (274) |
| 11.2.2 连阴雨天气的环流形势分型 .....       | (275) |
| 11.2.3 连阴雨天气的影响系统 .....         | (277) |
| 11.2.4 连阴雨天气中的暴雨 .....          | (279) |
| 11.2.5 连阴雨天气中的水汽输送 .....        | (281) |
| 11.2.6 连阴雨天气预报 .....            | (282) |
| <b>11.3 寒潮预报</b> .....          | (283) |
| 11.3.1 寒潮的标准及气候特征 .....         | (283) |
| 11.3.2 寒潮天气的冷空气路径 .....         | (283) |
| 11.3.3 寒潮天气过程及寒潮环流分型 .....      | (284) |

|             |                            |              |
|-------------|----------------------------|--------------|
| 11.3.4      | 寒潮天气与大风降水 .....            | (287)        |
| 11.3.5      | 寒潮天气预报 .....               | (287)        |
| <b>11.4</b> | <b>霜冻预报 .....</b>          | <b>(288)</b> |
| 11.4.1      | 霜冻的定义及气候特征 .....           | (288)        |
| 11.4.2      | 霜冻预报 .....                 | (290)        |
| <b>11.5</b> | <b>降雪预报 .....</b>          | <b>(290)</b> |
| 11.5.1      | 降雪的天气形势 .....              | (290)        |
| 11.5.2      | 降雪的物理量特征 .....             | (293)        |
| 11.5.3      | 降雪预报 .....                 | (294)        |
| <b>11.6</b> | <b>大雾预报 .....</b>          | <b>(295)</b> |
| 11.6.1      | 大雾的气候特征 .....              | (295)        |
| 11.6.2      | 大雾发生的环流特征及气象条件 .....       | (297)        |
| 11.6.3      | 大雾预报 .....                 | (299)        |
| <b>11.7</b> | <b>高温预报 .....</b>          | <b>(300)</b> |
| 11.7.1      | 陕西高温的气候特征 .....            | (300)        |
| 11.7.2      | 高温的天气形势 .....              | (304)        |
| 11.7.3      | 干旱对高温形成的作用 .....           | (306)        |
| 11.7.4      | 高温预报 .....                 | (306)        |
| <b>11.8</b> | <b>大风预报 .....</b>          | <b>(307)</b> |
| 11.8.1      | 大风标准与分类 .....              | (307)        |
| 11.8.2      | 大风气候特征 .....               | (307)        |
| 11.8.3      | 大风环流形势 .....               | (308)        |
| 11.8.4      | 大风预报 .....                 | (309)        |
|             | 参考文献 .....                 | (310)        |
| <b>第12章</b> | <b>沙尘暴预报 .....</b>         | <b>(312)</b> |
| <b>12.1</b> | <b>沙尘天气的定义、规定和标准 .....</b> | <b>(312)</b> |
| 12.1.1      | 沙尘天气定义 .....               | (312)        |
| 12.1.2      | 沙尘天气过程分类 .....             | (312)        |
| 12.1.3      | 沙尘天气资料与统计方法 .....          | (312)        |
| 12.1.4      | 沙尘天气预报警报发布标准 .....         | (312)        |
| <b>12.2</b> | <b>陕西沙尘暴时空分布 .....</b>     | <b>(313)</b> |
| 12.2.1      | 沙尘暴的空间分布 .....             | (313)        |
| 12.2.2      | 沙尘暴的时间分布 .....             | (313)        |
| 12.2.3      | 沙尘暴的日变化 .....              | (313)        |
| 12.2.4      | 沙尘暴的季节变化 .....             | (314)        |
| 12.2.5      | 沙尘暴的年变化 .....              | (315)        |
| <b>12.3</b> | <b>陕北沙尘暴时空变化 .....</b>     | <b>(315)</b> |
| 12.3.1      | 陕北沙尘暴年际变化 .....            | (315)        |