


# 中国旱灾风险防范研究

主 编 范一大

副主编 郑大玮 王志强 夏 军

 气象出版社  
China Meteorological Press

## 《中国旱灾风险防范研究》编写委员会

- |      |     |     |     |     |     |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 主 编  | 范一大 |     |     |     |     |
| 副主编  | 郑大玮 | 王志强 | 夏 军 |     |     |
| 委 员  | 董治宝 | 刘连友 | 潘学标 | 陈 海 | 马柱国 |
|      | 王纪华 | 王 国 | 周立华 | 邓祥征 | 刘三超 |
|      | 师春香 | 李素菊 | 李 军 | 潘志华 | 魏玉荣 |
| 贡献专家 | 王昂生 | 吕 娟 | 李茂松 | 苗红军 | 吴炳方 |
|      | 武建军 | 舒立福 |     |     |     |
| 咨询专家 | 史培军 | 于沪宁 | 卢志光 | 刘良明 | 刘颖秋 |
|      | 朱小祥 | 陆光明 | 严昌荣 | 李晓兵 | 祝昌汉 |
|      | 黄朝迎 | 程晓陶 | 陶毓汾 | 潘耀忠 | 阚凤敏 |

# 序

全球气候变化已经成为关系人类社会可持续发展的重要问题。在许多国家,气候变化正在放大风险,增加灾害带来的损失,世界各国都日益感受到其带来的严峻挑战。近百年来地球气候系统正经历着一次以变暖为主要特征的显著变化,2014年11月,政府间气候变化专门委员会(IPCC)发布了第五次评估报告综合报告,报告显示:过去50年极端天气事件呈现不断增多、增强的趋势,预计未来极端事件将更加频繁。联合国秘书长潘基文对气候变暖问题也指出:“科学已经晓谕,其信息毫不含糊,领导者必须采取行动,时间并不对我们有利。”目前,水资源、生态系统、粮食生产和人类健康等领域都证实了气候变化的影响,未来气候变化影响的风险更加广泛。人类对气候的干扰越大,面临的风险就越高,气候变暖问题已经得到世界各国政府的广泛关注。

中国正经历着气候变暖的影响。1913年以来,我国地表平均温度上升了 $0.91^{\circ}\text{C}$ ,极端天气气候事件和灾害也趋多趋强。中国是典型的季风气候国家,降水南多北少,旱涝分明,气候的异常波动常带来严重旱涝灾害。中国区域性和阶段性干旱影响也呈加剧趋势,东北地区中等以上干旱日数增加37%,西北地区东部和华北地区增加16%,西南地区增加10%。近年来,全国重大干旱事件频繁发生,严重威胁人畜饮水安全和粮食安全,农作物受旱面积年均达2443万ha。同时,中国城市干旱问题也日趋严重,缺水城市400多个,其中严重缺水城市114个,水资源短缺将严重制约着中国城镇化的进程。

中国政府一直高度重视粮食安全和防灾减灾工作,已初步形成了中国特色的灾害风险管理体系,防灾减灾能力全面提升,灾害监测预警水平不断提高,应对极端事件和灾害成效显著。近年来国家各涉旱相关部委共同采取措施应对旱灾,开展了旱灾监测预警、旱灾损失评估、旱灾救助、抗旱水利、抗旱育种等大量工作,建立健全了应对旱灾的管理机制和法制,整体应对旱灾能力明显增强。适应气候变化,加强灾害风险防范,是降低灾害风险的重要手段。《中国旱灾风险防范研究》一书的内容,正是对全社会提高灾害风险防范能力、适应气候变化影响、降低灾害风险的有益支撑。

本书对中国应对旱灾科技成果和实践经验进行了较为全面的研究和总结,具有较强的科学性和实用性。“防灾减灾,科学应对”,本书对增进各级政府的旱灾风险防范认识水平,制定相关政策提供了重要科学参考,也对提升社会各界灾害风险防范和应对气候变化的意识有重要的实践价值和现实意义。

最后,也希望本书能出版英译本,这将有助于将中国应对旱灾方面的技术、知识、经验在国际社会进行推广和交流,为世界各国应对旱灾工作提供重要参考,也为提升我国在应对气候变化领域的国际影响和推动国际减轻旱灾风险与消除贫困方面的工作起到积极作用。

秦大河

国家减灾委专家委主任  
中国科学院院士

# 前 言

全球气候变化是当今国际社会最为关注的问题之一。随着人口数量增加、资源短缺、环境条件恶化,干旱灾害因其发生频率高、影响范围广,对社会经济造成的影响也日趋严重,直接威胁人类生存与发展,日益受到各国政府的广泛关注。全球陆地面积的 1/3 被归为干旱或半干旱地区,近一半的国家处在严重干旱发生的高风险区。据世界气象组织的统计,在各类自然灾害造成的总损失中气象灾害引起的损失约占 85%,而干旱又占气象灾害损失的 50%左右。第五次 IPCC 评估报告中指出:1880—2012 年,全球地表温度上升了 0.85℃。在全球气候变暖、极端干旱事件有所增加的背景下,旱灾发生的频率将有可能增加,其对人类社会造成影响的深度和广度将有可能进一步增大。

干旱灾害对全球粮食安全有着重大影响。粮食安全问题关系到人类的生存和国家的稳定,一直是各国政府工作的重中之重。据统计,2000 年以来全球粮食产量一直在温和增长,中国粮食产量在经历了 1999—2003 年的连续下降后,2004—2009 年的产量在稳步回升。但是随着人口数量的增加和生活水平的提高,加上耕地不断减少和全球气候变化等因素的影响,粮食安全问题仍然长期存在。

中国是遭受旱灾影响较为严重的国家。近年来华北地区、内蒙古中东部、长江及黄淮中下游、西南地区先后发生严重的春夏连旱、秋冬春连旱、夏秋连旱,对这些地区的粮食安全和人畜饮水安全都造成严重影响。同时中国也是有着几千年抗旱历史经验的农业大国,在减轻旱灾风险和适应农业旱灾方面有很好的科学研究成果和实践经验。

2005 年,民政部与联合国国际减灾战略组织(UNISDR)共同签署合作备忘录,决定依托民政部国家减灾中心成立国际减轻旱灾风险中心,加强中国与联合国在旱灾风险防范方面的合作,推动中国和国际社会在《2005—2015 年兵庫行动框架》(HFA)下旱灾风险防范工作的开展。本书就是作者在组织开展国际减轻旱灾风险中心工作的过程中,在全面系统地总结和研究中国旱灾风险防范的科学研究和技术实践经验的基础上,集国内气象、水利、农业、生态、自然地理、自然灾害、社会经济、灾害遥感等不同领域旱灾专家之智,撰写而成。

本书全面研究了中国不同区域的旱灾成因及早灾发生的空间分异规律,评估了旱灾对中国社会、经济和人民生计的影响,分析了中国旱灾风险防范工作的理论技术和实践经验,阐述了中国旱灾风险防范的管理体制和有关政策,总结了各地旱灾风险防范的成功案例,介绍了中国在旱灾风险防范领域国际合作与交流的进展。这将为国家旱灾风险防范政策的制定提供重要参考,有助于推动中国与国际社会在旱情与减灾信息、技术、知识、经验等方面的交流与合作。

本书也对中国旱灾风险防范的科技成果和实践经验进行了深入研究,并对卫星遥感等高新技术的应用进展进行了探讨。近期基于高分辨率对地观测系统的灾害监测与评估信息服务应用示范系统的建设,将为中国旱灾的预警、监测和评估起到重要的技术支撑作用。

本书由范一大总体设计。第1章由范一大、王志强、郑大玮、李素菊撰写;第2章由刘连友、王志强、夏军、马柱国、王国、李素菊撰写;第3章由范一大、潘学标、夏军、邓祥征、王纪华、周立华、潘志华、魏玉荣撰写;第4章由夏军、王志强、师春香、王国、郑大玮撰写;第5章由董治宝、王志强、陈海、潘学标、夏军、李军、周立华、刘三超、潘志华撰写;第6章由郑大玮、陈海、王国、李军、周立华、潘学标撰写;第7章由郑大玮、李素菊、王志强、范一大、马柱国、刘连友撰写。王志强、郑大玮承担了全书录入、编排、校对等工作;王志强、李素菊承担了本书编写过程中的协调联络工作。

在本书的编写过程中,国家减灾委员会专家委副主任史培军教授、联合国国际减灾战略高级协调员阚凤敏女士给予了大力的支持,苗红军、陶毓汾、陆光明、刘颖秋、黄朝迎、王昂生、吴炳方、武建军、吕娟、李茂松、舒立福等专家提出了很多建设性的意见,来红州、关妍、和海霞、刘明、马云飞、刘晓光等帮助收集整理资料,在此一并致谢。

2015年3月,在日本仙台举行的第三次联合国世界减灾大会,正式通过了《2015—2030年仙台减灾框架》(HFA2),为未来15年全球应对气候变化、促进可持续发展、推动世界减灾战略实施给出了方向。本书是第一次对中国旱灾风险防范方面的科学技术、工作实践和成功实践的较全面的分析与研究,将为中国和国际社会在2015年后国际减灾框架时代开展旱灾风险防范工作提供重要参考。同时,随着中国和国际减灾工作的不断推进和发展,可编制《中国减轻旱灾风险国家报告》,以更好地推动中国和国际社会旱灾风险防范工作的开展,为中国和国际社会的减灾行动做出积极贡献。

限于时间及水平,书中难免出现差错,欢迎广大专家读者批评斧正。

编者

2016年1月

# 目 录

序

前 言

<b>第 1 章 中国减轻旱灾风险概述</b> .....	( 1 )
1.1 干旱与旱灾概述 .....	( 1 )
1.2 旱灾的基本特征与发生概况 .....	( 6 )
1.3 国际社会和中国减轻旱灾的努力 .....	( 8 )
参考文献 .....	( 11 )
<b>第 2 章 中国旱灾的时空特征及规律</b> .....	( 12 )
2.1 中国的旱灾与抗旱 .....	( 12 )
2.2 中国旱灾的分布特征和规律 .....	( 20 )
2.3 中国旱灾的影响因素 .....	( 26 )
参考文献 .....	( 31 )
<b>第 3 章 旱灾对中国社会经济发展的影响</b> .....	( 32 )
3.1 干旱对水资源的影响 .....	( 32 )
3.2 旱灾对农业的影响 .....	( 35 )
3.3 旱灾对林业的影响 .....	( 43 )
3.4 旱灾对畜牧养殖业的影响 .....	( 44 )
3.5 旱灾对生态环境的影响 .....	( 50 )
3.6 旱灾对区域社会经济的影响 .....	( 53 )
3.7 旱灾对人民生活的影响 .....	( 57 )
参考文献 .....	( 59 )
<b>第 4 章 中国应对旱灾的体制、机制与法制</b> .....	( 61 )
4.1 旱灾风险防范的管理体制 .....	( 61 )
4.2 应对旱灾的政策与法制 .....	( 66 )
4.3 旱灾风险防范的应急机制 .....	( 77 )

4.4	旱灾风险防范的协调管理 .....	( 81 )
4.5	中国的抗旱战略 .....	( 83 )
	参考文献 .....	( 86 )
<b>第 5 章</b>	<b>中国旱灾风险防范的能力建设 .....</b>	<b>( 88 )</b>
5.1	旱灾风险防范的监测和预警 .....	( 88 )
5.2	应对旱灾风险的水利工程与措施 .....	( 97 )
5.3	非常规水资源的开发利用 .....	( 105 )
5.4	应对旱灾风险的农业措施 .....	( 107 )
5.5	应对旱灾风险的生态环境建设 .....	( 124 )
5.6	城市与区域抗旱能力建设 .....	( 128 )
5.7	旱灾的救助与保险 .....	( 131 )
	参考文献 .....	( 135 )
<b>第 6 章</b>	<b>中国旱灾风险防范的成功实践 .....</b>	<b>( 136 )</b>
6.1	传统农业抗旱范例 .....	( 136 )
6.2	抗旱农田基本建设的范例 .....	( 143 )
6.3	现代旱作节水农业的范例 .....	( 145 )
6.4	旱区生态环境建设范例 .....	( 154 )
6.5	抗旱水资源管理范例 .....	( 157 )
6.6	旱灾风险防范的科技进步 .....	( 161 )
	参考文献 .....	( 165 )
<b>第 7 章</b>	<b>中国应对未来旱灾风险的前景 .....</b>	<b>( 167 )</b>
7.1	中国旱灾承灾体的脆弱性分析 .....	( 167 )
7.2	气候变化与中国未来的旱灾风险 .....	( 172 )
7.3	中国应对旱灾风险存在的问题 .....	( 177 )
7.4	中国减轻旱灾风险的中长期重大行动 .....	( 180 )
7.5	应对未来旱灾风险的合作机制 .....	( 184 )
7.6	结语 .....	( 188 )
	参考文献 .....	( 190 )

# 第1章 中国减轻旱灾风险概述

## 1.1 干旱与旱灾概述

### 1.1.1 干旱及其类型

#### 1.1.1.1 干旱

干旱(drought)指当降水量显著低于正常记录水平时出现的一种现象。它造成严重的水文学不平衡,对土地资源生产系统产生严重影响(IPCC,2001)。中国学者提出,干旱指因水分的收入与支出或供求不平衡而形成的持续的水分短缺现象。这种水分的短缺可以表现为降水量的不足、土壤水分的缺乏或江河湖泊水位偏低等(张强等,2009)。

#### 1.1.1.2 干旱的分类

按照致灾因子、承载体性质、灾害程度和发生季节,干旱有不同的分类方法。

(1)按照致灾因子,可分为气象干旱、土壤干旱和水文干旱。

气象干旱指某一时段由于蒸发量和降水量的收支不平衡,水分支出大于水分收入而造成水分短缺现象。

土壤干旱指土壤水分不能满足植物根系吸收和正常蒸腾所需而造成的干旱。

水文干旱指河道径流量、水库蓄水量和地下水等可利用水资源的数量与常年相比明显短缺的现象。

虽然气象干旱、土壤干旱与水文干旱都是由于长时期降水不足所造成,但它们之间并不完全一致。例如,中国北方冬季多风少雪空气干燥,但如上年夏季降水充沛,土壤底墒充足,加上形成冻土后的聚墒效应,土壤不会显旱;而西北干旱区的河川径流主要来自高山融雪,水量与春夏升温速率密切相关,春季阴湿年反而径流偏小。

(2)从承灾体的角度可分为农业干旱与社会经济干旱。

农业干旱指由于长时期降水偏少或缺少灌溉,土壤水分不足,使作物生长受抑,减产甚至绝收,或牧草生长不良,牲畜缺乏饮水甚至死亡的农业灾害。对于种植业,农业干旱与土壤干旱的发生基本一致,但作物开花期和某些蔬菜、浆果对空气干燥十分敏感,单纯的大气干旱也能造成明显危害。

社会经济干旱是指区域可利用水资源数量不能满足需求总量而造成区域社会和经济重大损害的现象,其中发生在城市系统的通常称为城市干旱。

由于城市供水主要来自河川径流、水库蓄水或地下水,往往更多地受到上年和上游降水影响;而除灌区外,农业是否受旱主要取决于当年降水量与蒸发、蒸腾量。因此,同一地区城市干旱与农业干旱不一定同步,但发生特大干旱时一般同步。

(3)按照灾害严重程度,可分为轻度干旱、中度干旱、重度干旱和特大干旱等。

(4)按照干旱的发生季节,可分为春旱、夏旱、秋旱、冬旱、连季旱(如春夏旱、夏秋旱、秋冬旱等)、全年大旱和连年大旱等。

**春旱:**一般指3—5月份发生的干旱。春季是越冬作物返青、生长发育和春播作物播种出苗季节。特别是北方十年九春旱,春雨贵如油,如果降水量比常年再偏少,易发生严重干旱,不仅影响夏粮产量,还影响秋作物的播种和苗期生长。

**夏旱:**一般指6—8月发生的干旱,三伏期间发生的干旱又称伏旱。夏季为晚秋作物播种和秋作物生长发育最旺盛季节,初夏还是夏收作物灌浆收获期,气温高、蒸发大,干旱会影响作物生长以致减产。夏旱还造成土壤底墒不足,影响到越冬作物的秋播,水库、塘坝蓄水不足还将给冬春农业和城市用水造成困难。

**秋旱:**一般指9—11月发生的干旱。对作物成熟和越冬作物播种出苗不利,不仅影响当年秋粮产量,还影响下一年的夏粮生产。

**冬旱:**一般指12月至次年2月发生的干旱,主要影响农作物越冬和来年春播。

跨季节干旱的危害更大,北方以春夏连旱,南方以夏秋连旱,西南以冬春连旱发生频率较高。北方有些年份甚至发生春夏秋连旱甚至全年或连年大旱。

## 1.1.2 干旱、旱情与旱灾

### 1.1.2.1 干旱与旱灾

干旱与旱灾相互联系又有所区别。干旱是指一种气候或水文现象,而旱灾则指缺水对人类、经济活动造成危害的一种自然灾害。干旱主要是由气候、水文和地形等因素形成,在常年降水稀少的干旱气候区,或季风气候区的旱季,或发生异常气候时都可以出现干旱现象。旱灾一方面由持续少雨引起,另一方面又与人类活动有着密切关系。常年气候干旱地区如人口稀少,人均水资源较充足或利用效率较高,或通过水利工程引进区域外水资源,也可以不发生旱灾。相反,在气候较湿润和水源较多地区,如果人口过于密集且经济活动耗水过多,也有可能发生旱灾。作为自然现象的干旱,是旱灾的主要致灾因子;而作为自然灾害的旱灾,则是干旱作用于承灾体所造成的承灾体损害。

### 1.1.2.2 干旱与干燥

干旱也不等于干燥(arid)。干燥是指一个地区常年降水稀少和水源不足的气候与水文条件,或空气中严重缺乏水汽的天气状况。但干燥地区或天气不一定都发生干旱,湿润和半湿润气候区也可以发生干旱,如江南的夏季就经常发生伏旱。

### 1.1.2.3 干旱与旱情

旱情指干旱或旱灾的发生、发展、时空分布、动态变化情况及其对经济、社会、生态的

综合影响。

狭义的旱情指在作物生育期内,由于降水少、河流及其他水资源短缺,土壤含水量降低,在农作物某一生长阶段由于供水量少于其需水量而影响作物正常生长,使农业生产和农民生活受到的影响。中国地域辽阔,自然条件差异很大,难以用同一标准来衡量旱情。各地原则上是以包括天然降水、土壤含水量、作物长势和水利条件等四项因素的综合指标对旱情进行综合评估。

作物生育期内由于降水偏少或灌溉水源短缺使土壤含水量降低,导致作物某一生长阶段的供水量少于需水量,从而影响正常生长,使农业生产和农村生活受到影响,称为受旱。受到旱灾影响的作物面积称为受旱面积。中国灾情统计制度规定,受灾面积指因灾减产 11%~30% 的农田面积,成灾面积指因灾减产 31%~80% 的农田面积,绝收面积指因灾减产 81% 以上的农田面积。

根据不同受旱程度将旱情分为轻旱和重旱。在旱作区,轻旱指因旱不能适时播种,出苗率低于 8 成,叶片出现萎蔫,影响作物正常生长。其中土壤相对湿度(含水量占田间持水量百分数)下降到 60% 以下为旱象露头;50% 以下为旱情发展。重旱指土壤相对湿度低于 40%,播种困难,出苗不足 6 成,对作物生长影响较大,有叶片枯萎和死苗现象,影响产量。在稻作区,轻旱指适时整田和栽插秧苗有困难,插秧后各生育期不能及时按需供水,稻田脱水开始干裂,影响水稻正常生长;重旱指供水严重不足,稻田干裂,对禾苗生长有明显影响,出现枯萎现象。

### 1.1.3 干旱和旱灾的形成

#### 1.1.3.1 干旱和半干旱气候的形成

干旱气候的形成与地理位置、地形、大气环流等有关。

远离海洋的内陆由于缺乏水汽输送,年降水量很少。如新疆各向距离海洋都在三千里以上,南部年降水量仅有 50 mm 左右,吐鲁番盆地南部仅有 5 mm,有些年份甚至滴雨不下。

地形对水汽输送影响很大。距今二三百万年前青藏高原隆起到平均海拔 4000 m,阻断了印度洋水汽向北输送,导致中国西北地区进一步干旱化。青藏高原作为巨大的地面热源形成大气上升运动,作为补偿在高原周围又形成下沉气候。青藏高原还迫使中纬度西风急流分为两支绕过高原,其中北支呈顺时针方向旋转,进一步强化了下沉气流和辐散作用,不利于降水形成。中国干旱气候区的年降水量一般在 200 mm 以下,广布沙漠与戈壁,农业生产只能在有水源的绿洲依靠灌溉进行。在西北干旱气候区到东部季风气候区之间的过渡带则形成半干旱气候,年降水量 200~500 mm,天然植被以草原为主,其中年降水量 350 mm 以下地区已不适宜旱作农业生产,以放牧业为主。

中低纬度大陆西岸虽然近海,但终年盛行离岸的西风,也能形成干旱气候,形成的沙漠甚至能延伸到海边。

### 1.1.3.2 季节性干旱的形成

季节性干旱主要发生在存在明显雨季与旱季的季风气候地区。季风是由于海洋和陆地的热力差异造成的。夏季陆地升温迅速成为低压区,气流从海洋吹向陆地,降水充沛;冬季陆地降温明显形成高压区,气流从陆地吹向海洋,降水稀少。但在为地中海气候型的中低纬度大陆西岸,夏季被副热带高压控制炎热少雨,冬季盛行西风环流温和多雨,呈现与季风气候相反的季节性干旱特征。

中国位于世界上最大的陆地——欧亚大陆,并与最大的海洋——太平洋相连,形成世界上最强盛和最典型的东亚季风气候,中国东部季风气候区在一年中存在雨季和旱季之分。北方干旱主要发生在冬半年,南方由于受夏季风控制时间较长,干旱时段较短,但盛夏被副热带高压笼罩常发生伏旱。有些年份夏季风势力较弱水汽供应不足,北方可发生春夏连旱。但如夏季风过强,则长江流域伏旱特别严重。

### 1.1.3.3 旱灾的形成

旱灾形成是干旱气候环境与承灾体脆弱性及易损性相互作用的结果。在同样的干旱条件下,缺乏灌溉或种植制度及作物品种的适应性差,就可以导致减产;而采取灌溉措施或采用适应干旱环境的种植制度或作物品种,就不一定形成旱灾。不合理的人类活动如破坏生态环境,对水资源的掠夺性开发或无序争夺,农业生产管理决策不当都有可能人为地加重旱灾。

## 1.1.4 风险与旱灾风险

### 1.1.4.1 风险的概念

目前对于风险(risk)有多种解释,如风险指损失的可能性,取决于致灾因子、脆弱性和暴露性等三个因素,其中任何一个因素改变,风险就会相应地增加或减少(D. Crichton, 1999)。自然灾害风险指未来若干年内可能达到的灾害程度及其发生的可能性,风险=危险性×暴露性×脆弱性×防灾减灾能力(张继权等,2004)。风险是由致灾因子引起的损失的期望价值,风险是致灾因子、暴露性、脆弱性的函数(ADRC,2005)。

对于灾害风险主要包括:①损失的可能性;②致灾因子、脆弱性和暴露性三个主要因素;③特定区域和特定时段内,特定灾害对于承灾体造成损失的期望值。灾害风险形成与灾害发生发展过程可以用图 1-1 表述。

### 1.1.4.2 旱灾风险及其形成

旱灾风险的形成因素包括旱灾致灾因子、旱灾承灾体脆弱性和减灾能力。前者为旱灾的自然属性,后者为社会属性。承灾体的暴露性以自然生态系统最强;农业由于主要在露天生产也有很强的暴露性;以室内工作为主的制造业和服务业暴露性较低,除需水量较大的少数产业外旱灾风险相对较小。当承灾体暴露于旱灾致灾源影响下而造成受旱损失的可能性,就形成了旱灾风险。

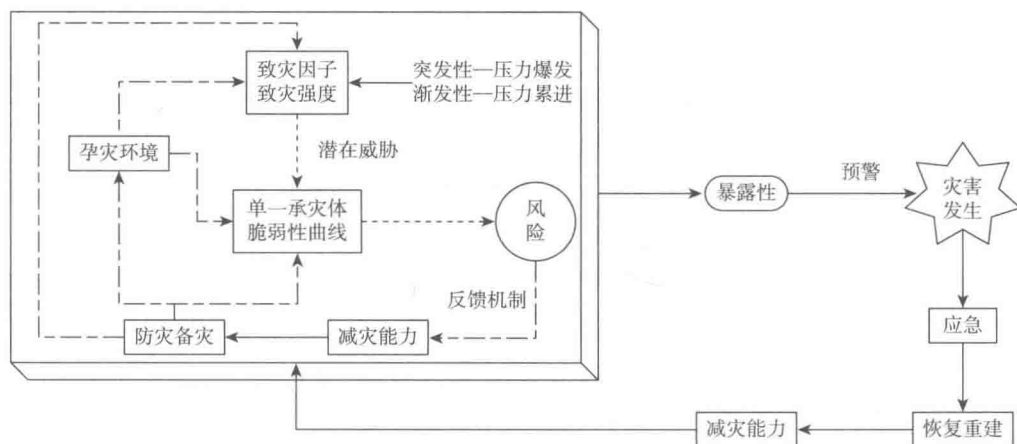


图 1-1 灾害风险形成与灾害发生发展过程(王志强,2008)

根据灾害系统理论,综合旱灾风险可分为旱灾致灾因子、旱灾承灾体、旱灾暴露性、旱灾减灾能力等几个部分。气象干旱、水文干旱是旱灾的自然属性,属致灾因子范畴;农业干旱和社会经济干旱则更多包含旱灾的社会属性,涉及旱灾承灾体、旱灾暴露性和旱灾减灾能力。

#### 1.1.4.3 旱灾的风险因子

旱灾风险可分解为旱灾致灾因素和减轻致灾因素强度的能力;旱灾承灾体和降低承灾体脆弱性的能力;旱灾暴露性及减灾能力。旱灾风险评价理论模型体系包括旱灾致灾强度、旱灾自然脆弱性和旱灾暴露性几方面内容(王志强,2008)。农业旱灾风险形成框架可以用图 1-2 表示。

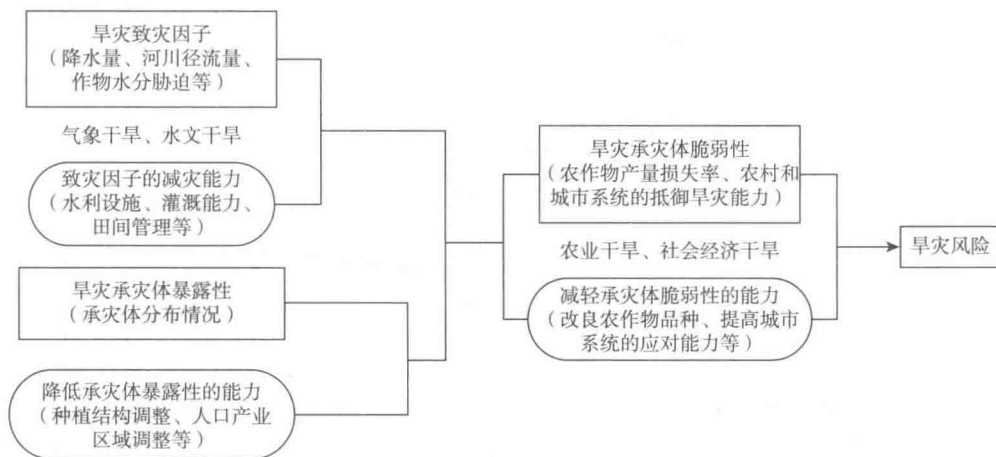


图 1-2 农业旱灾风险形成概念框架(王志强,2008)

旱灾致灾因子中,致灾因素为正,减轻致灾因素强度的能力为负。前者一般可用气象干旱因子、干旱持续时间、水分胁迫或亏缺三个方面描述和刻画;后者为社会属性,在农业

生产中通过人为田间管理措施来减轻致灾因素的效应,包括灌溉、施肥、土壤培肥、耕作栽培和种植制度等。

旱灾承灾体因素包括旱灾承灾体脆弱性和降低承灾体脆弱性的能力。旱灾承灾体包括农业系统,二、三产业,城乡社区等社会集合。脆弱性是指某种农作物或社会集合容易遭受致灾因子危害的程度。农作物的脆弱性既受到其遗传特性的影响,也与生育前期环境条件的诱导有关;社会集合的脆弱性主要取决于自身承受干旱的能力。脆弱性是致灾因子强度的函数,同一承灾体在受到同一致灾因子的不同强度作用下,其脆弱性大小并不相同。降低承灾体脆弱性的能力体现在改良作物品种或改善农业系统结构、增强社会集合系统自身应对能力等。

旱灾的暴露性是指旱灾致灾因素与承灾体在时间和空间上能够相互作用的机会。若二者在时间上错离(如干旱发生时作物已收获)或在空间上隔绝(如高标准温室和畜舍),则暴露性将不存在或极低,旱灾风险为零或极小。

从承灾体的角度减轻旱灾风险的途径,一是提高减轻致灾因素强度的能力,二是增强降低承灾体脆弱性的能力,三是避免或减少暴露性。

对于种植业,旱灾承灾体即农作物的脆弱性由其遗传特性和前期生育状况共同决定。不同种类和品种在同等强度的干旱作用下,其脆弱性大小不同,有些作物与品种不耐旱,有些则更为耐旱。干旱发生前的作物生长状况对于脆弱性也有很大影响。如苗期根系发育较好,又经过适当的抗旱锻炼,抵御干旱的能力就更强。相反,如生长前期徒长,根系发育不良,即使是轻度干旱也会造成严重的枯萎和减产。旱灾致灾因子的致灾能力由多种自然因素和人为因素共同决定。承灾体与致灾因子能否发生相互作用而成灾又取决于承灾体的暴露性,只有当旱灾致灾因子、承灾体、暴露性三者同时具备时,旱灾才会发生。

## 1.2 旱灾的基本特征与发生概况

### 1.2.1 旱灾的基本特征

旱灾除与其他自然灾害一样,具有破坏性、周期性、连锁性等特征外,还具有与一般自然灾害不同的若干特征。

#### (1) 累积性和隐蔽性

与冰雹、霜冻、山洪等突发型灾害不同,旱灾是一种典型的累积型灾害,通常是持续相当长一段时期的降水量偏少和空气干燥,导致土壤水分不断下降和可利用水源不断减少,以致作物生长受到抑制,人畜饮水困难,工农业生产受到影响。由于旱灾的形成需要一个不断累积的过程,因而在其初期具有一定的隐蔽性。

#### (2) 持续性

干旱一旦形成,通常会持续相当长时间,甚至形成连季干旱或连年大旱,水资源不足地区更需要有长期抗旱的准备。

### (3) 季节性

绝大多数旱灾的发生具有一定的季节性。在季风气候区,多数旱灾发生在冬半年,但地中海型气候区以夏季干旱为主。农业生产上的旱灾还与农事活动有关。农闲季节对于作物无所谓旱灾,但作物旺盛生长期即使具有相当数量的降水,只要不能满足作物需求,仍然会发生旱灾。

### (4) 频发性

与其他灾害相比,旱灾的发生频率特别高。中国北方的春季有“十年九旱”之说,长江流域几乎每年都有部分地区发生伏旱。

### (5) 广域性

旱灾影响的范围要比一般自然灾害大得多。洪涝虽然也能造成严重损失,对于局地甚至是毁灭性的,但绝大多数洪涝的成灾范围要比旱灾小。因此,近几十年中国的偏涝年往往全国粮食总产量增加,而减产年大多是全国偏旱年。

### (6) 长链性

与其他自然灾害相比,旱灾具有特别长和复杂的灾害链,其危害特别严重且影响深远。这是由于水分不但是农业的命脉,而且是人类最基本的生存要素。旱灾导致水资源的匮乏,除影响农业、工业和服务业外,还影响到城市功能运行、人民生活与生态环境,不但影响当年,还可影响下年甚至多年。上游旱灾导致径流减少还会影响到中下游。在经济全球化的背景下,一些国家的大面积严重旱灾还会对世界粮食安全、农产品贸易甚至全球经济产生很大影响。

### (7) 相对性

旱灾的相对性源于不同承灾体对于干旱环境的适应能力不同。同等程度的干旱对于谷子等耐旱作物可能不会造成明显影响,但对于喜湿的蔬菜、水稻等影响极大。干旱年由于光照充足和气温日较差大,灌溉农田的产量往往高于正常年份。同等程度的旱灾,在现代社会虽能造成减产和经济损失,但一般不会造成饥荒和死亡;而在古代社会和当代最不发达国家,干旱却是造成饥荒和人口大量死亡的主要原因。由于农业生产与城市区域水分供需平衡的特点不同,农业干旱的发生与城市干旱也不一定同步。

### (8) 突消性

旱灾虽然是较长时间累积形成并持续相当长时间,但却可以在一场暴雨或连阴雨之后突然解除,甚至迅速走向反面,需要由抗旱立即转为防汛。

由于上述特征,旱灾几乎是所有自然灾害中最为复杂的,脱离实际的抗旱措施往往事倍功半甚至事与愿违,必须遵循自然规律与经济规律,实行科学抗旱。

## 1.2.2 世界旱灾概况

旱灾是世界上发生最普遍、波及范围最广的自然灾害,估计全球有近半地区受到严重干旱的影响,尤其是发展中国家和欠发达地区。全球每年因干旱造成的经济损失高达(60~80)亿美元。人类历史上有些古代文明的灭绝,与干旱和水源枯竭有关,如古希腊、古巴比伦、古玛雅、古楼兰等。干旱还是古代造成饥荒和人口大量死亡的主要原因,如

1199年的埃及,1898年和1943年的印度,1627—1640年和1876—1879年的中国,都曾发生过死亡上百万甚至上千万人的干旱与饥荒。近百年来影响最为严重的一次旱灾是1968—1985年在非洲撒哈拉沙漠以南萨赫勒地区发生的大旱,遍及36个国家的近一亿人口,干旱导致的饥荒造成约200万人死亡。

世界上旱灾最严重的地区并不是最干旱气候区,干旱气候区只在有水源的绿洲才有入居住和有经济活动。持续性干旱一般发生在半干旱气候区,如非洲撒哈拉沙漠以南地区、南部非洲、澳大利亚东南部、巴西东北部、中国的黄土高原和东北西部等。由于水资源不足和气候干燥,严重的旱灾可延续数年。季节性干旱主要发生在季风气候区的旱季,以中国和印度最为典型。进入雨季,干旱一般都能缓解或解除;但如发生在作物生育的关键期则造成严重的减产。世界上的非季风气候区在气候异常年份也可发生相当严重的旱灾,特别是地中海气候区的夏季。

根据联合国的评估报告,世界上干旱受灾人口最多的国家是中国和印度,平均每年都在两三亿,其次是印尼和美国,超过0.5亿人口。但从受灾人口比例看,撒哈拉沙漠以南和加勒比海地区的许多国家都在30%以上(ISDR,2009),是干旱严重区域。

与其他自然灾害相比,干旱是世界上发生面积最大,对社会经济影响最为深远,尤其对农业生产和生态环境危害最大的自然灾害。气候变化导致全球有些地区的降水减少或蒸发加大而使干旱加剧。对于边境河流和流经多国的河流,两岸及上下游国家之间对有限水资源的争夺将成为新的国际纠纷热点。干旱导致的土地荒漠化还使灾民逃离家乡成为生态难民,如2000年东非就有几十万人因干旱而背井离乡。

### 1.3 国际社会和中国减轻旱灾的努力

#### 1.3.1 中国减轻旱灾的努力

中国是世界上自然灾害最严重的国家之一,尤以旱灾发生的范围广,历时长,危害大。据文献记载,公元前206—公元1949年中国曾发生旱灾1056次。其中16世纪至19世纪受旱范围在200个县以上的大旱有8次。在中国,既有面积广的干旱、半干旱气候区,存在常年水资源紧缺甚至日益枯竭的问题;也存在东部半湿润和湿润气候区明显的季节性干旱,北方尤为严重。为减轻旱灾风险,中国政府和人民做了长期艰苦的努力。

中国早在距今三千年的商周时期就有了井田沟洫之制,秦汉时期修筑了都江堰、郑国渠等大型灌溉工程,唐宋以后北方的井灌、淤灌和南方的塘堰、湖田都有很大发展,畜力或龙骨水车成为抗旱浇灌的主要提水工具。古代先民还创造出许多抗旱保墒耕作栽培技术,选育了许多抗旱农家品种。从周代起就建立了储粮备荒的救灾管理体系,古代荒政除灾年赈济外,还实行减轻赋税和以工代赈,上述做法和经验至今仍具有重要借鉴价值。但从总体上看,由于生产力水平低下,对于旱灾风险的承受能力还很脆弱,历史上仍多次发生导致严重饥荒死亡和生产力破坏的特大旱灾事件。

1949年以来,新中国政府在减轻旱灾风险方面做出了巨大努力,成立了各级抗旱管

理机构,实施了一大批水源建设与节水工程,研究推广了抗旱增产技术,积累了丰富的抗旱经验。中国以占全球约6%的淡水资源和9%的耕地,解决了占世界21%人口的生存与发展。特别是改革开放以来的30多年,以年均1%的低用水增长率支撑了年均近10%的高经济增长率;在连续30年保持农田灌溉用水量零增长或负增长的情况下,粮食产量提高了50%以上。1991年以来平均每年抗旱浇地3053万ha,挽回粮食损失4059万t,解决2603万人、2042万头大牲畜的临时饮水困难(国家防汛抗旱总指挥部办公室,2008)。

### 1.3.2 中国减轻旱灾的主要成就

#### 1.3.2.1 重大工程建设

截止到2008年年底,已建成水库86353座,总库容6924亿 $m^3$ 。机电井522.6万眼。修建了一批输水工程。农田有效灌溉面积从1949年的1600万ha扩大到5847万ha,占世界1/5。节水灌溉面积达到2443.6万ha,占灌溉面积比例为41.8%(水利部,2008年)。全国纳入节水统计的349个城市1996—2005年共节水327.4亿 $m^3$ 。到2009年已提前6年实现联合国千年宣言确定的饮水不安全人口比例降低一半的目标。2001—2004年建设基本农田233.3万ha,截止到2008年已建成淤地坝19840座。

#### 1.3.2.2 科学研究成果

新中国成立以来,涌现了一大批抗旱相关科技成果并被广泛应用,初步建立了节水农业与旱作农业的技术集成体系,有力地支撑了中国的农业抗旱减灾,除水利工程外,主要抗旱农业科技成果如下(科学技术部,2008;薛亮等,2002)。

针对中国干旱气候特征、旱区气候与农业资源、旱灾发生时空分布规律、旱灾风险分析评估、作物干旱生理机制等开展了大量基础性研究。在抗旱节水领域实施了一系列重大研发项目,其中大田作物非充分灌溉、调亏灌溉及作物控制性根系分区交替灌溉理论与技术研究领域居国际领先水平(山仑等,2004)。

各地育成一批抗旱丰产新品种,根据旱情合理安排不同抗旱性的作物和品种,通过调整种植结构以适应干旱条件,取得显著减灾效益。形成具有中国特色,在不同土壤水分条件下抗旱播种的配套技术与耕作保墒技术体系。各种先进节水灌溉方式大面积推广,并创造出膜下滴灌和日光温室等适合国情的节水灌溉和栽培模式。自动化无限灌溉控制系统示范效果良好。雨水集流,中水、微咸水和海水等非常规水资源开发利用技术取得突破并大面积推广。水肥耦合、覆盖、保护性耕作与化学抗旱技术在旱作农业中得到了广泛应用。

#### 1.3.2.3 抗旱工作的主要经验

##### (1) 坚持实行行政首长负责制

抗旱关系国计民生,涉及方方面面,是复杂的系统工程,行政首长对于组织指挥各部门和动员全社会的力量抗旱负有不可推卸的责任。

##### (2) 坚持以防为主,常备不懈

中国的旱灾发生频繁,但目前还很难对旱灾发生的时间、地点和程度做出准确的长期