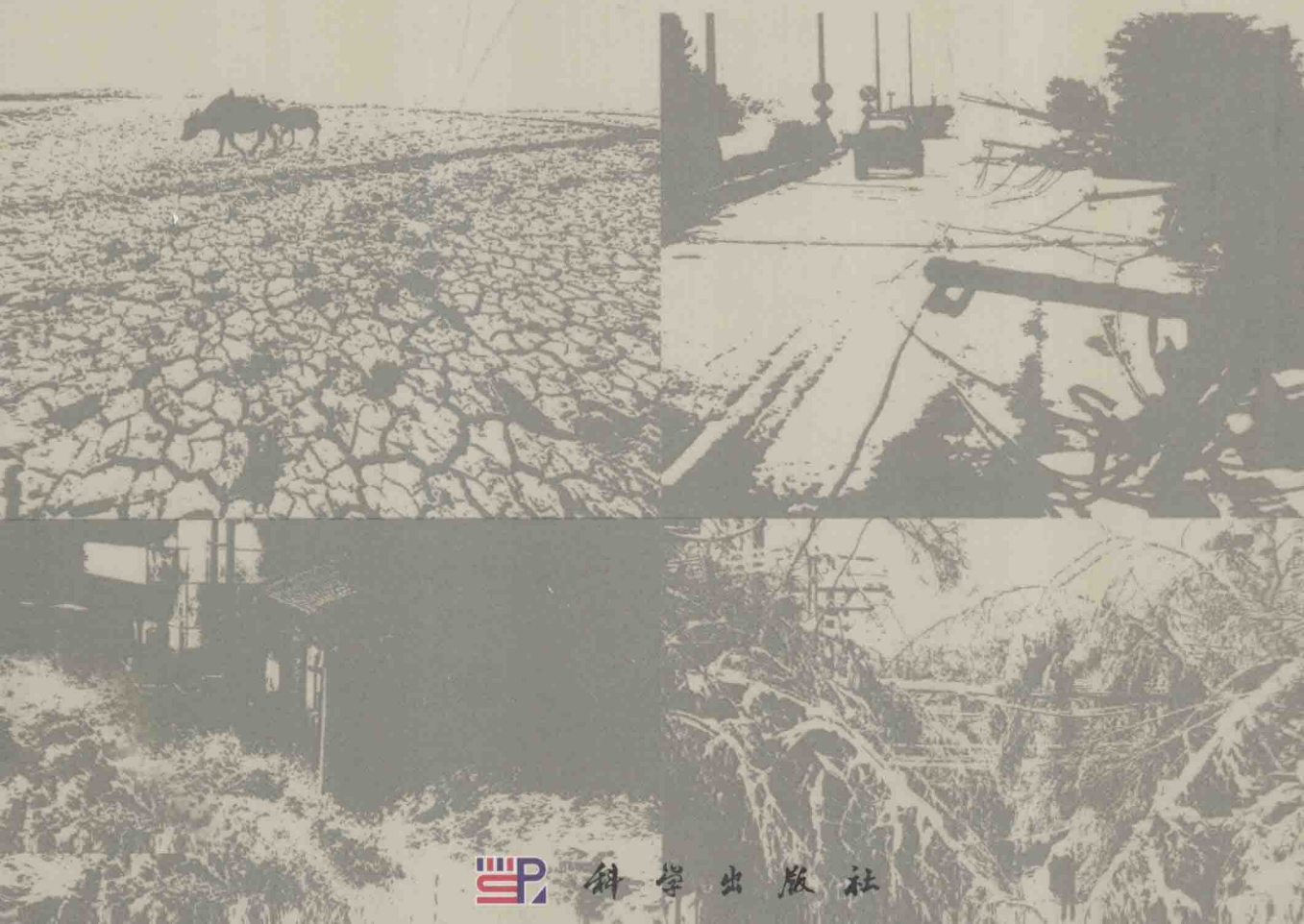




中国自然灾害风险研究报告
中国科学院地理科学与资源研究所战略研究系列报告

中国重大气象水文 灾害风险格局与防范

吴绍洪 潘 韬 杨勤业 等著



科学出版社



中国自然灾害风险研究报告

中国科学院地理科学与资源研究所战略研究系列报告

中国重大气象水文灾害风险格局与防范

吴绍洪 潘 韬 杨勤业 等 著

中国科学院地理科学与资源研究所自主部署创新项目

国家科技支撑计划课题 (2012BAC19B10、2013BAK05B04)

资助

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本报告为中国科学院地理科学与资源研究所战略研究系列报告之一。针对近年来我国在气候变化背景下频率与强度不断增加的气象水文灾害及其风险,基于大量文献资料与统计数据,在地理信息技术与模型支撑下,全面分析了中国气象水文灾害风险孕灾环境及形成因素,比较系统地揭示了过去几十年里中国气象水文灾害的时空格局和发生机制。通过气候情景模拟与分析,以风险管理理论为基础,评估了未来百年的中国主要气象水文灾害的风险特征,同时提出了相关的风险防范建议。

本书可供地理科学、灾害科学、全球变化、风险管理、生态、农业、气象等领域的政府公务人员、科研和工程技术人员、企业管理人员以及高等院校的师生等参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国重大气象水文灾害风险格局与防范/吴绍洪等著. —北京:科学出版社, 2014. 3

(中国自然灾害风险研究报告·中国科学院地理科学与资源研究所战略研究系列报告)

ISBN 978-7-03-040233-2

I. ①中… II. ①吴… III. ①气象灾害-灾害防治-研究-中国②水灾-灾害防治-研究-中国 IV. ①P429②P426. 616

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第048304号

责任编辑:朱海燕 李秋艳/责任校对:郭瑞芝

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2014年3月第一次印刷 印张:8 1/2

字数:210 000

定价:79.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

我国地处东亚季风区，受地理位置、地貌及气候特征等因素影响，灾害种类繁多，是世界上气象水文灾害频发的国家之一。这类灾害危及人民生命财产安全，给经济社会可持续发展带来了严重影响。在全球气候变化背景下，极端天气气候灾害事件的强度不断增大，几十年甚至百年一遇的极端干旱、异常强降水或低温事件频繁出现，如 2008 年南方地区的低温雨雪冰冻灾害、2010 年的西南干旱及 2011 年的长江中下游地区干旱等。一般年份，气象水文灾害占自然灾害的 70% 以上。其中，旱涝灾害给我国带来的经济损失最为严重，造成的农作物受灾面积可占到气象水文灾害造成的农作物总受灾面积的 80% 左右。20 世纪 90 年代，气象水文灾害每年约造成 200 亿 kg 的粮食损失和 2000 亿元以上的经济损失，这在 90 年代中后期可占到国家 GDP 的 3%~6%。气象水文灾害对国家安全、社会经济、生态与环境、人类健康和人民生命财产都产生了重大影响。

气象水文灾害在当前气候变化研究中正越来越多地受到关注。一方面，气象水文灾害往往和统计意义上不常发生的小概率事件（极端天气气候事件）有关，而极端天气气候事件的变化是全球变化研究的焦点问题之一。另一方面，气象水文灾害对人类社会有直接而巨大的影响，并且正在呈多发之势，影响还在不断增加。根据 IPCC（政府间气候变化专门委员会）第四次评估报告的描述，对 20 世纪后期观测到的极端天气气候事件评估结果包括：1960 年以来已观测到极端温度的大范围变化，冷昼、冷夜和霜冻的发生频率已减小，而热昼、热夜和热浪的发生频率已增加；大多数陆地上的强降水事件发生频率有所上升，自 20 世纪 70 年代以来，在更大范围地区，尤其是热带和副热带，观测到了强度更强、持续更长的干旱。

当前，我国确定了以人为本、协调发展，建设创新型国家和建设社会主义新农村的发展战略，以期全面实现小康社会的发展目标。中国正以和平发展与和谐发展的模式融入经济全球化的进程中，与全球的发展已密不可分。全球气候变化的综合影响已成为我国实现上述发展目标的关键影响因素之一。气候变化风险防范是从科学发展观的高度对全球气候变化风险进行控制、减轻和适应等方面的综合风险管理研究，促进全球气候变化高风险行业和地区综合风险防范体系建设，对我国高风险地区防范提出响应技术体系和应对措施示范，为国家可持续发展服务，并实现人与自然、人与社会的和谐

发展。

在此背景下，中国科学院地理科学与资源研究所组织相关研究团队，在国家“十一五”科技支撑项目“中国重大自然灾害风险等级综合评估技术研究”、中国科学院知识创新工程方向项目群“中国重大自然灾害区域风险评估与灾后重建规划方法论研究”、国家“十一五”国家科技支撑计划课题“综合全球环境变化与全球化风险防范关键技术研究”和“十二五”国家科技支撑计划项目“重点领域气候变化影响与风险评估技术研究与应用”等研究积累的基础上，编写了本研究报告，作为中国科学院地理科学与资源研究所战略研究报告系列的一个组成部分。本研究报告力图揭示过去几十年里中国气象水文灾害的时空格局、发生机制以及未来风险特征，同时提出了相关的风险防范建议。本书的出版可以为我国在气候变化背景下的气象水文灾害风险管理与防范提供部分决策参考依据。

参加本书撰写的人员包括吴绍洪、潘韬、杨勤业、郑景云、贺山峰、李炳元、戴尔阜、吴文祥、尹云鹤、赵东升、殷洁、刘浩龙、郭灵辉和刘文政。同时，本书的编写得到了中国科学院地理科学与资源研究所战略研究报告领导小组、科学顾问以及编辑委员会的大力支持。科学出版社在书稿的编写和修订过程中提出了宝贵意见。在此一并表示衷心的感谢。

限于水平，本书难免有疏漏和不足之处，恳请批评指正。

吴绍洪

2013年11月

目 录

前言

摘要	1
0.1 中国气象水文灾害孕灾环境脆弱	1
0.2 过去 20 年中国气象水文灾害频次多、损失重	2
0.3 未来中国气象水文灾害风险的特点	3
0.4 气象水文灾害风险防范对策与建议	5
第 1 章 中国气象水文灾害风险孕灾环境	8
1.1 疆域辽阔, 自然地理区位特殊	8
1.2 季风明显, 气候类型复杂	8
1.3 地势西高东低, 呈三级阶梯分布	9
1.4 自然历史过程影响现代自然环境的形成	11
1.5 人类活动与自然环境的巨大相互影响	12
第 2 章 气象水文灾害风险的形成因素	14
2.1 自然因素	14
2.2 人文因素	16
2.3 综合特征	18
第 3 章 中国气象水文灾害时空特征	19
3.1 各主要灾种的时空分布	19
3.2 自然灾害的组合与分区	29
第 4 章 中国气象水文灾害危险性 & 脆弱性评价	35
4.1 影响人员健康与生命安全	35
4.2 致使房屋受损、倒塌	37
4.3 影响各行业及国民经济整体的正常运行	38
4.4 致使资源环境系统更加脆弱	40
4.5 其他影响	41
第 5 章 近 20 年重大气象水文灾害时空演变	42
5.1 灾害发展形势	42
5.2 损失情况	47
5.3 原因分析	59
第 6 章 中国高温灾害风险等级时空格局	64
6.1 未来气候情景下高温致灾危险性	64
6.2 未来气候情景下高温承灾体易损性	74
6.3 未来气候情景下高温灾害风险等级	78

第7章 中国洪涝灾害风险等级时空格局	82
7.1 未来气候情景下洪涝致灾危险性	82
7.2 未来气候情景下洪涝承灾体易损性	92
7.3 未来气候情景下洪涝灾害风险等级	95
第8章 中国干旱灾害风险等级时空格局	99
8.1 未来气候情景下干旱致灾危险性	99
8.2 未来气候情景下干旱承灾体易损性	106
8.3 未来气候情景下干旱灾害风险等级	110
第9章 综合气象水文灾害风险评估与管理防范	114
9.1 气候变化情景下综合气象水文灾害风险等级	114
9.2 气象水文灾害综合减灾与风险管理防范	119
参考文献	127

摘 要

我国地处东亚季风区，受地理位置、地貌及气候特征等因素影响，灾害种类繁多，是世界上气象水文灾害频发的国家之一，这类灾害危及人民生命财产安全，给经济社会发展可持续发展带来了严重影响。近年来，在气候持续变化的背景下，我国经济社会发展频繁遭受极端天气气候事件的严重影响，平均每年因气象水文灾害死亡人数超过 3900 人，造成经济损失超过 2200 亿元。2012 年，我国因气象水文灾害直接经济损失高达 3358.2 亿元。因此，科学认识我国气象水文灾害发生的历史时空格局和未来的发展趋势，可以为社会经济持续发展，避免或减轻自然灾害，以及为较长时期的社会、经济发展规划提供科学依据。

0.1 中国气象水文灾害孕灾环境脆弱

中国位于全球最大陆地——欧亚大陆的东部和全球最大海洋——太平洋的西岸，西南面距离印度洋不远，季风气候显著，加以青藏高原高大地势的影响，形成了强盛的季风环流。季风在年内的交替与进退，使我国的气候呈现出由东部海洋性湿润气候至西部大陆性干旱气候间的水平变化。

中国的气候特点直接决定了中国大多数气象水文灾害的地理分布差异。第一，温度及降水的纬向变化及行星风带的纬向变化使得北方地区易发生干旱、雪灾、低温冷冻和大风等灾害，而南方则易发生洪涝、季节性干旱及霜冻等灾害。第二，由于受季风气候的控制，降水呈现出由沿海到内地衰减的经向变化，中国的洪涝灾害主要分布于年最大 24 小时 50mm 降雨等值线以东（即燕山、太行山、伏牛山、武陵山和苗岭以东）的地区，而台风（包括热带气旋）、暴雨与风暴潮的多发区则是东南沿海地区。第三，受复杂地形和下垫面影响导致的中、小尺度天气系统较为发达。中国的大多数山地垂直气候带内，特别是青藏高原和第二级阶梯内的大兴安岭、冀晋山地、豫西山地和云贵高原山地等还常常出现冰雹灾害。

中国气候的特点及长期变化状况还控制着气象灾害的年内及年际分布特征。一方面，气象灾害的季节性由之而产生。另一方面，气象灾害的多年分布规律（阶段性多发及少发）也由之而产生。此外，旱涝等气象灾害的空间分布格局也可能因气候的变化而发生变化。在东部季风区水过多或水不足成为区域农业生产的首要问题，暴雨洪涝经常引起自然灾害。西北干旱区远离海洋，降水本来就少，干旱更是频繁。受灾面积还有随时间增长的趋势，地区之间存在着明显的差异。

中国的河流及湖泊数量多，分布不均匀。其中，绝大多数河流及河川径流量都分布在东南部的的外流河流域，而少数的河流及河川径流量则分布在西北内陆及藏北高原等内流河区域。由于下垫面性质与陆地表面的差异，河流及湖泊水体对洪涝、低温冻害及大

风等气象灾害具有十分重要的影响。

0.2 过去 20 年中国气象水文灾害频次多、损失重

洪涝、干旱、台风、低温冷冻、雹灾、雪灾和沙尘暴等是中国常发的主要气象水文灾害。其中,又以洪涝、干旱和台风等灾害的影响最大,在过去 20 年(1989~2008 年)里,其发生的频率、强度均有加大的趋势,并且造成严重的损失。

1. 灾害发生频繁且居高不下

我国近 20 年气象水文灾害频发,20 年一共发生有记录的气象水文灾害 1945 次。其中,洪涝灾害 1186 次,平均每年发生近 60 次;旱灾共 463 次,平均每年 23 次;登陆台风 113 次,平均每年将近 6 次;2001~2008 年,雪灾和低温冻害 183 次,平均每年发生将近 23 次。

2. 气象水文灾害损失严重且有年代际特征

在总共有记录的 1945 次气象水文灾害中,共造成农作物受灾面积 8.0486 亿 hm^2 ;死亡人口 3.6289 万人,倒塌房屋 3091 万间。

其中,洪涝灾害累计造成受灾人口 25.7373 亿,超过 2.8 万人死亡;受灾面积 2.32 亿 hm^2 ,成灾面积 1.025 亿 hm^2 ;房屋倒塌 2610 万间;直接经济损失总计达 11052 亿元。

干旱灾害累计受灾人口 3.7515 亿;直接经济损失超过 1000 亿元;农作物受灾面积累计超过 5 亿 hm^2 ,成灾面积累计 2.662 亿 hm^2 ,绝收面积 5393 万 hm^2 。此外,还造成 4.6385 亿人饮水困难;3.2217 亿头牲畜饮水困难。

登陆台风共造成 6.1930 亿人次受灾,死亡人数 7900 人;造成 5334 万 hm^2 农作物受灾,农作物绝收面积在有记录的 11 年中达到 297 万 hm^2 。在有记录的 15 个年份中,倒塌房屋共 459 万间;直接经济损失 5216 亿元,年均直接经济损失约为 275 亿元。

雪灾和低温冻害在进入 21 世纪以来呈上升的趋势。2001~2008 年的雪灾和低温冻害使农作物的受灾面积达 1936 万 hm^2 ,绝收面积 161 万 hm^2 ;受灾人口约 1.2672 亿,死亡人数 148 人;倒塌房屋超过 22 万间;牲畜受灾 4307 万头,死亡 220 万头;直接经济损失 792 亿元。

近 20 年气象水文灾害明显分为两个年代际,前段为 1989~1998 年,后段为 1999~2008 年。洪涝灾害前段(1989~1998 年)是相对频次较低的时段,峰值出现在 20 世纪 90 年代的中期,总共发生 400 次。后段(1999~2008 年)洪涝灾害发生频次迅速上升,共发生 786 次,有三个年份在 160 次左右。灾害损失正好相反,前十年累计受灾人口占 61%,而后十年占 39%;前十年死亡人口占 78%,后十年占 22%;前十年直接经济损失占 66%,后十年占 34%。

干旱有类似的特点,前十年发生 279 次,数量相对高,但呈下降趋势;后十年发生 184 次,虽频次略低一些,但却呈上升趋势。

近 20 年台风所造成的损失亦呈两个年代际的差异,前十年以 1994 年为峰值;后十年以 2005 年和 2006 年为峰值。前十年 62 次,后十年共 51 次。虽然前十年次数多,但趋势在减弱,而后十年的发生频次和强度都在上升。前后年代对比,人和物的损失在降低,直接经济损失在增加。

雪灾和低温冻害进入 21 世纪以来的情况与台风相似,人和物的损失有降低趋势,直接经济损失有扩大趋势。

3. 灾害形势严峻的原因

我国地处东亚季风区,气候变率大,暴雨、台风和干旱等极端事件时常发生,气候无常使致灾因子容易引发灾害。我国三级阶梯的地势与大江、大河纵横交错,湖泊星罗棋布的格局,使得多种气象水文灾害的危机四伏。这些构成了我国高度危险性的孕灾环境。

除自然因素外,人类活动和社会经济发展也是中国气象灾害发生的重要诱因。人口的不断增长带来巨大的资源和环境压力;人类活动影响土地利用,造成环境恶化,引发多种灾害。20 世纪 80 年代以来,中国人口增长和经济发展迅速:1978~2008 年我国平均人口增长率超过 10%,从 1978 年的 9.6259 亿人增长到 2008 年的 13.2802 亿人;同时 GDP 更是呈指数上升之势,从 1978 年的 3645 亿元增加到 2008 年的 31 405 亿元。这在某种程度上导致自然灾害损失居高不下。

此外,全球变化也推动了灾害发生和损失加剧。1956~2008 年,南、北方各大河流域暴雨日数变化趋势差异明显。除西南诸河流域外,南方流域(淮河、长江、珠江和东南诸河)暴雨日数均呈上升趋势;北方外流河流域(松花江、辽河、海河和黄河)暴雨日数则均呈减少趋势。气象干旱面积的长期变化,北方江河流域大多表现出增加的趋势:海河流域干旱化趋势最为突出;辽河流域、海河流域和黄河流域在 20 世纪 90 年代中后期至 21 世纪前期连续数年出现大范围气象干旱,为历史罕见。南方大多数的江河流域气象干旱面积的变化趋势不明显,只有西南诸河流域有显著的减少趋势。南涝北旱格局明显。西北太平洋热带气旋在 20 世纪 60 年代中后期强度较小,进入 20 世纪七八十年代后有所增大。从 1951~2004 年登陆中国的强台风和超强台风频数看,一般呈显著减少趋势,但进入 21 世纪之后又有加强之势。

0.3 未来中国气象水文灾害风险的特点

气候变化是当前“风险社会”中人类面临的最突出的风险问题之一。越来越多的证据表明,以全球变暖为主要特征的气候变化已经不可避免。预计 21 世纪,中国是气候变暖最显著的国家之一,与基准时段相比,2011~2020 年为 1.16℃,2041~2050 年为 2.20℃,2071~2080 年为 3.20℃,相应地降水增加状况分别为 3.7%、7.0% 和

10.2%。面对气候变化已经和即将造成的各种影响与风险,迫切需要进行系统的气候变化综合风险管理。研究以1961~1990年为基准时段,未来情景分为近期(1991~2020年)、中期(2021~2050年)和远期(2051~2080年)。高温、洪涝和干旱将是三种最主要的可预见的气象水文灾害,所选指标均以各时段30年平均值进行探讨。

1. 各主要灾种都将发展

总体上,随着人口的增长和经济的发展,中国未来气候变化情景下高温、洪涝和干旱等主要灾种的危险程度都将有所增加,并且范围进一步扩大。

(1) 高温危险性。选取高温日数(日最高温度大于等于 35°C)和热浪日数(至少持续3天,日最高温度不低于1961~1990年样本概率分布第97.5个百分位温度值,同时该值不低于 32°C)作为致灾因子指标综合考虑高温致灾危险性。分别对年平均高温日数和热浪日数进行归一化处理,然后利用GIS对两者进行等权重叠加,再将叠加后的数值标准化到0~1,即为高温致灾危险度,致灾危险性划分为10个等级。

(2) 洪涝危险性。选取暴雨日数、最大三日降水量、高程、坡度和距河湖距离(河湖缓冲区)五个指标对中国各流域洪涝致灾危险性进行评价。

(3) 干旱危险性。采用地表湿润指数(降水量/潜在蒸散)作为变量来评价干旱致灾危险性。以各年地表湿润指数(W_i)与1961~1990年平均地表湿润指数($\bar{W}$)之差为标准,按1961~1990年地表湿润指数标准差(s)来划分干旱等级,建立干旱指标(k)。

(4) 易损程度。定量评估气候变化背景下,高温、洪涝和干旱等主要灾种对中国人口与社会经济发展的可能影响。采用自然暴露量和灾损敏感性两个方面来刻画承灾体易损程度。选择人口密度、GDP密度和耕地面积百分比作为承灾体自然暴露量的代用指标,分别指示人员、社会财富和农业生产。

将各单元洪涝致灾危险度和承灾体易损度评估结果进行叠加(相乘),即可得到各时期洪涝灾害损失风险。对综合灾害风险值进行归一化即得到综合灾害风险指数,根据风险指数值将我国综合气象水文灾害风险划分为十级。

在近期,我国综合气象水文灾害风险变化不大,一方面致灾危险性有所增大,另一方面承灾体易损度随着耕地面积减少而有所减小。全国综合气象水文灾害风险度平均值为0.1346。中期时,致灾危险度和承灾体易损度进一步增大,综合气象水文灾害风险也随之增加。这一时期全国综合气象水文灾害风险度平均值为0.1720。到了远期,处于综合气象水文灾害Ⅰ级与Ⅱ级风险的地区将超过全国总面积的13.78%,县域个数增加到919个,全国综合气象水文灾害风险度平均值也增加到0.2208。上海市和天津市将可能成为未来我国综合气象水文灾害风险最高的地区。

2. 总体影响可能很严重

(1) 近期。没有 I 级（最高）风险区域。II 级风险区域，其影响人口为 3.76 亿，影响 GDP 达到 9763 亿美元。这是由于 II 级风险区主要集中在东部发达地区。III 级到 VI 风险区域影响人口约为 7.4 亿，达到 50% 以上，是影响的主体区域；影响 GDP 总量约为 7426 亿美元。VII ~ X 级风险的区域影响人口约为 1.47 亿，GDP 总量约为 2399 亿美元。

(2) 中期。风险最高（I 级）区域影响人口增加到 73 万，影响 GDP 总量约为 75.8 亿美元。II 级风险影响区域的人口为 6.7 亿，接近 50%；GDP 总量约为 6.4 万亿美元。III 级到 VI 风险区域影响人口约为 6.3 亿，GDP 总量约为 5.1 万亿美元。VII ~ X 级风险的区域人口约为 8 千万，影响 GDP 总量约为 5304 亿美元。

(3) 远期。I 级风险区域面积继续增加，影响人口也增加到 1572 万，影响 GDP 为 3031 亿美元。II 级风险区域影响人口也达到 8.78 亿，GDP 为 16 万亿美元。III 级到 VI 风险区域影响人口约为 4.5 亿，影响 GDP 总量约为 7.6 万亿美元。VII ~ X 级风险的区域人口约为 4900 万，影响 GDP 总量约为 7065 亿美元。

0.4 气象水文灾害风险防范对策与建议

1. 灾害的防、抗和救

1) 灾前防御管理

(1) 提高灾害前期的监测、预报和预警水平。

掌握气象灾害发生的内在规律性，通过实时监测并做出准确的预测预报，是防灾减灾工作取得主动、获得成效的重要前提。它直接决定着应急管理的各项准备如何合理分配，调度抢险、应急救援如何快速到位，是开展应急部署、应急动员和启动应急响应的重要依据。

因此，气象灾害系统应急管理的核心内容之一就是努力做到灾害预报预警的“准”和“早”，同时建立灾害风险信息社会发布机制，实现灾害管理部门、媒体和广大公众的信息共享与信息对等。

(2) 科学实施灾情与未来风险评估。

提前进行风险规避和部署防御措施，在对常规年份风险评估的基础上，结合每一次的灾害预测预报情况，对可能的灾情和影响进行预估，尽可能全面和符合实际。制作不同时段的风险分析图。有重点地进行风险规避，提前采取措施降低风险等级。采取更加积极主动的方式，把大量的应对措施和应急资源有针对性地落实在灾前，提早进入“防、避、抢、救”的应急状态，有效防灾减灾。

(3) 积极开展社会公众宣传，提高全民防灾减灾意识。

气象水文灾害的影响和破坏往往涉及面广、持续时间长和危害性大。既关系到每个

人的生命财产安全又关系到社会公共安全。应急管理工作需要动员广大的社会力量投入到灾前、灾中和灾后的各个阶段,构建自保、互助的公共安全社会体系。

实施公众教育,广泛、深入地宣传各类公共安全知识和最新的应急管理动态,增强公众的忧患意识、社会责任意识,促使公众掌握突发事件的预警信息、安全避险知识和应急防范措施。提高公众自救、互救能力和全社会的自我防范意识,形成全民动员、预防为主和全社会防灾减灾的良好社会体系是保障安全并有效减灾的重要方面。

2) 强化初期灾害管理

从气象灾害发生演变过程看,灾害的生成、升级或扩大往往在短时间内完成。抓住灾害发生初期最宝贵、最有效的防控时机,以最小的代价消除或延缓灾害的进一步发展,是应急管理过程中的关键环节。

这期间应急管理工作必须在快速、准确获取现场情报的基础上,做到指挥决策果断,防范措施到位,抢险队伍来之能战、战之能胜,后勤保障坚实有力。

3) 完善应急联动管理

在应急管理中,灾害发生后的管理是动态管理。除了提早准备,先期处置外,还必须建立一套快速响应的联动网络,防范灾情扩大和可能的各种次生、衍生灾害。相关部门、各专业队伍紧密联动,各负其责,及时开展抢险救援工作。事件信息要快速共享,各防控人员要在第一时间进入戒备状态;指挥中心要迅速作出决策,实时指挥调度;抢险队伍和物资保障单位要立即出动,最快到达现场救援;新闻报道要及时准确。要形成统一指挥、功能齐全、反应灵敏及运转高效的应急联动系统。

2. 风险防范适用技术、风险管理(控制)和风险转移

1) 未来气象水文灾害风险防范工程技术措施

(1) 干旱灾害风险防范技术。

针对未来干旱灾害风险,必须采取积极工程措施,有效减少干旱损失,促进经济持续、健康及快速发展。下面是几类重要的工程措施。

A. 跨流域调水工程。建设跨流域调水工程,可以实现水资源的优化配置,为当地提供稳定可靠的水源,改善生态环境,促进经济社会的可持续发展。

B. 灌排工程。针对降水丰富而季节性不均匀的区域,兴修排灌工程,是缓解流域内的季节性缺水的重要措施。

C. 拦截和蓄存雨水工程。对于缺水区域,则应该因地制宜,采取各种措施拦截和蓄存雨水、收集雾水,在旱季提供水资源。

D. 其他国家层面的技术系统。包括旱灾监测、预警和预报技术系统,人工增雨,科学的灌溉技术。

(2) 洪涝风险防范技术。

水利工程主要是指兴建水库、修筑堤防、整治河道、开辟分洪区和开挖分洪道等,

以防止洪水灾害的发生。

A. 城市雨洪调蓄。为减轻和预防洪涝给城市居民带来生命与财产威胁,应考虑提高防洪标准、加快城市防洪工程建设、改善生态环境、科学使用防洪设施和减少地面沉降等因素,加快建立现代化防洪体系。

B. 洪涝灾害监测和预警预报技术。攻克短期气候预测世界性的难题,应运用雷达测雨、卫星云图和全球气象数值模型等新技术,逐渐加长预报的预见期,不断提高精度。

(3) 高温风险防范技术。

A. 高温监测技术。开展高温热浪地面常规基本气象要素(空气温湿度)和特殊要素(室内温湿度、体温以及皮肤温度)观测。

B. 高温预测技术。采用天气系统分析法、统计预报法、中尺度数值模式以及预报模型等方法预报高温天气。

C. 工程类高温风险防范技术。工程类减灾技术主要是减缓城市热岛效应,缓解高温热浪。

2) 风险控制——监测预报和预警技术

气象水文灾害的监测、预警和预报技术是减少灾害损失的关键,也是最有效的风险控制方法。灾害有无预警是造成损失多寡的关键因素。对可能发生的自然灾害进行监测、预警和预报是有效进行高风险区风险控制的重要手段。未来中国需进一步进行气象水文灾害高风险区灾害监测和预警预报系统建设,综合运用多种科技手段提高灾害监测预警、预报能力,及时向各级政府部门、企事业单位和社会公众发布信息,使各有关部门对灾情监测、研判和预报工作进一步加强,为抗灾救灾决策提供有力支持,有效提高防灾减灾效益。

3) 风险转移——保险

在全球气候变暖大背景下,极端恶劣天气的发生频率和强度都有可能加大。严峻的气象水文灾害形势要求保险业开展灾害保险,以最大限度地降低气象水文灾害的风险。保险作为防灾减损的一项重要的非工程措施,可以通过在时间、空间上分摊风险,增强社会整体的承灾能力,在防御灾害、灾后救助及补偿和减少灾害损失方面发挥重要作用。洪水保险是按契约方式集合相同风险的多数单位,用合理的计算方式聚资,建立保险基金,以应对可能发生的洪灾损失,实行互助的一种经济补偿制。我国需要扩大保险业务范围、保险灾害区划,使全社会都来协助减灾救灾。洪水保险的实施将对中国防洪减灾事业的发展产生重大的作用。它将改变中国现有的洪灾补偿救助机制,并最终成为推进中国防洪减灾战略的有力手段。

第 1 章 中国气象水文灾害风险孕灾环境

“自然灾害”指危及人类生命财产和生存条件安全的各类事件。自然灾害具有自然和社会的双重属性。其发生的实质是地球系统自然环境变化作用于人类社会的结果，既包括了自然因素的作用，也包括了人类社会，特别是人类社会承受或适应自然环境变化能力的作用。自然灾害风险的含义，一是某种程度自然灾害发生的可能性，二是因某种自然灾害给人类社会可能导致的危害。其中，前者一般称为致险可能性；后者则可称为风险损失，即因受致险因子威胁，某种受险对象可能遭受的损失大小。

中国是一个自然灾害极其频繁的国家。中国的自然灾害种类多、分布广和发生频次高与极其复杂的自然环境和人文背景密切相关。

1.1 疆域辽阔，自然地理区位特殊

中国的疆域辽阔，陆地面积约为 960 万 km^2 ，约占地球陆地总面积的 6.5%，仅次于俄罗斯和加拿大，居世界第三位。中国领土东西之间的距离大约为 5200km，南北之间的距离达到 5500km。辽阔的国土为各种自然地理过程提供了空间基础，并为各个自然地理要素的表现以及各类自然资源的蕴藏提供了场所，呈现出多样的自然环境和丰富的自然资源；同时，也为自然灾害的孕育和发展提供了空间。

中国位于全球最大陆地——欧亚大陆的东部和全球最大海洋——太平洋的西岸，西南面距离印度洋不远，季风气候显著，加以青藏高原高大地势的影响，形成了强盛的季风环流。季风在年内的交替与进退，对中国自然地理环境的形成及地域差异起着非常重要的作用，使之呈现出由东部海洋性湿润气候至西部大陆性干旱气候间的水平变化，自然景观经度方向的干湿差异颇为显著。此外，中国大陆东海岸的地理位置，使得西风带影响微弱，大陆性的气候特点即使在东部季风区也有表现。

中国国土约有 98% 位于 $20^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ ，温带和亚热带的土地面积广大，约占全国总面积的 80%。在行星风系影响下，亚热带在世界大多数地区属干燥少雨的回归信风带，往往形成广阔的荒漠带或干草原。但受季风影响，中国大部分地区夏半年雨热同季，温度和水分条件配合较好，成为中国重要的农业生产基地。

1.2 季风明显，气候类型复杂

中国气候有三个基本特点。一是气候类型多样，不仅有温带、亚热带和热带各种气候带，而且中国地形复杂、山脉纵横，使气候的地带性规律更加复杂化，往往在不同范围内形成不同尺度的气候差异。二是大陆性季风气候明显，冬、夏盛行风向有显著的变化，季风在一年之中的交替与进退，对于中国自然地理环境的形成和地域差异以及自然

灾害的形成与发展,起着非常重要的作用。三是水热条件的空间变化很大。东部地区温度基本上是自南向北降低。西部地区的温度分布,在很大程度上受地形和地势因素的支配。青藏高原地势高,随着地势和纬度的降低,气温由西北向东南逐渐升高。季风的更替使这种温度变化更为复杂。大气中的水汽,主要来自暖湿的海洋季风,全国降水量的分布大致与距离海洋的远近成比例:距离海洋愈远,降水愈少,气候愈干旱。旱作农业收成不稳定和没有灌溉就没有农耕的区域占国土面积的52.5%。东部季风区虽然受季风的惠泽,但是,夏季季风每年来临的迟早、强弱以及持续时间的长短等条件不同,变异是经常发生的。因此,水过多或水不足引起的洪涝和干旱也就成为季风区域农业生产的首要问题。旱涝、低温冻害、台风和冰雹等气候灾害发生的频率高,影响范围广,防灾减灾的任务繁重。

1.3 地势西高东低,呈三级阶梯分布

中国的地质构造特征,在南北方向上有明显的地域差异。北面有天山—阴山纬向构造带。中间的一条,称昆仑—秦岭纬向构造带,它与天山—阴山纬向构造带间称为塔里木—中朝地块。南面的一条,在西部叫雅鲁藏布江—印度河新生代板块缝合线,在东部则称南岭纬向构造带。其北与昆仑—秦岭纬向构造带之间,东部称扬子地块。

中国大陆在东西方向也有三条显著的北北东向(近南北向)地质构造界线,将中国大陆从东到西分为近南北走向的若干地带。其中最巨大的一条为走向南北的贺兰山—川滇构造带,其东为地质历史悠久的地台区,其西为活动最强的地槽区。该带的东面有两条显著的北北东向构造隆起带,相伴有紫荆关深断裂。最东面的一条为长白山—辽东半岛、山东半岛—东南沿海诸山脉组成的构造隆起带,即新华夏第一隆起带。

南北分区、东西分带纵横交错的结果,使中国大陆构成了具有显著特征的经纬格局。其中最具界定性的构造是东西向的秦岭—昆仑构造带和南北向的贺兰—川滇构造带,它们把中国大陆分割为四个特点不同的区域。东北区即华北地台区,基底最老,但新生代以来活动强烈。东南区即扬子地台区,相对而言为现代最稳定的地区。西北区即塔里木地块与柴达木地块区,为具有古老基底而中新代活动强烈的地区,特别是盆地边缘运动的强度大于华北。

除了走向近东西和近南北的构造外,北东与北西向构造,特别是断裂,也十分发育。它们交织在一起,便形成了十分复杂的地质构造格网。这些对区域性或局地性灾害的分布,尤其对地震起着重要的控制作用。

中国的地质构造轮廓与地壳构造运动直接决定了中国巨地貌的差异。中国地势西高东低,自西向东逐级下降,形成一个层层降低的阶梯状斜面,成为中国地貌总轮廓的显著特征。从青藏高原向东到东部沿海平原,可以分为三大阶梯。第一阶梯为青藏高原,平均海拔在4000m以上。高原周围耸立着一系列高大山脉,南侧是平均海拔在6000m以上的喜马拉雅山,北侧是昆仑山、阿尔金山和祁连山,东边为岷山、邛崃山和横断山等,地势以巨大落差降低与第二级阶梯相连。第二阶梯北起大兴安岭、太行山,经巫山

至雪峰山以西,大致为海拔 1000~2000m 的广阔的高原和盆地,主要包括塔里木盆地、准噶尔盆地、四川盆地、内蒙古高原、鄂尔多斯高原、黄土高原和云贵高原等。其间也分布着一些高大山地,如阴山、六盘山、吕梁山、秦岭和大巴山等。第二级阶梯边缘的大兴安岭至雪峰山一线以东,是第三级阶梯,多为海拔在 500m 以下的平原和丘陵。自北而南分布着东北平原、华北平原和长江中下游平原,海拔多在 200m 以下,是中国重要的农业基地,人口、城镇密集,工业基础雄厚,是交通便捷的经济区。长江以南为低山丘陵。此外,海岸线以东的中国近海大陆架,一般海水深度不到 200m,可以看作为中国地势的第四级阶梯。地貌作为下垫面在一定程度上制约了各地气候的变化,从而对植被和土壤的分布起到重要控制作用,成为气象、海洋和生物灾害分布的控制因素。

中国地貌复杂多样,海陆差异,三大陆地形阶梯,以及各种内外营力形成的基本地貌类型和繁多的微地貌等,从不同尺度对自然灾害及其空间分布产生重要的影响。海陆布局还决定了台风、风暴潮以及赤潮等沿海灾害的分布。大陆地貌格局控制着大气要素的区域差异,也决定了相关灾害的宏观空间分布。

中国是一个多山的国家,山地、高原和丘陵的面积总和约占全国土地总面积的 65%。陆地的大部分地区,山脉交错呈网格状,其间为各种形状和大小的高原、盆地或平原。大陆边缘,弧状、岛弧状山地与大陆架及平原和丘陵相间分布。中国陆地的平均海拔高,海拔 500m 以下的区域仅占全国土地总面积的 25.2%,海拔 3000m 以上的占 25.9%。全球超过 8000m 以上的山峰有 12 座,中国就有 7 座。而且不仅平均海拔高,相对高差也很大,山地灾害亦频发。

青藏高原隆升对中国自然地理环境影响深刻。全新世初期,青藏高原及其周围山地剧烈隆升,达到海拔 4000m 以上,现代蒙古—西伯利亚高压中心以及中国季风气候系统全面形成,中国整个自然地理环境也发生了东部季风区、西北干旱区和青藏高原区的分化。现在的青藏高原主要从热力和动力两个方面影响中国各地的气候。在热力方面,青藏高原与同高程自由大气之间的温度差异,类似于海陆之间的差异。冬季,在高原上出现冷高压,夏季出现热低压,周围的同高度自由大气则分别为相对的低气压和高气压。这样就产生了独特的高原季风现象:冬季时,高原东侧平原的上空产生东北风,从而加强了由于海陆分布而引起的东北季风;夏季时,青藏高原热低压长轴所在的位置在 32°N 附近,这就大大地破坏了亚热带高压带,加强了高空东侧上空的西南季风,并增加了东部地区的降水。高原季风的存,对西北地区干旱气候的继续加深有重要作用。除了高原本身阻碍了印度洋的水汽向北输送外,夏季高原季风的北界正好位于新疆、甘肃荒漠地带的中心,是青藏热低压上空向四周流出气流下沉的地区,从而加剧了这些地区的干旱程度。

青藏高原的动力作用主要表现在对气流的屏障和分流作用上。冬季西风气流经过高原时在高原西侧停滞并被分成南北两支,到高原东侧再重新会合到一起。这种分流作用实际上是将西风带向南扩展了 5~10 个纬度。夏季,西风带北移,高原南侧的南支西风也就消失。青藏高原对对流层低空气流的屏障作用还使蒙古高原一带在冬季受暖平流的影响较少,有利于当地冷空气的堆积和蒙古—西伯利亚冷高压的加强;夏季则保护了印