

国家“九五”重中之重科技项目中国短期气候预测系统的研究

96-908-05-03 专题 —— 西北地区干旱预测系统研究

ZHONGGUO XIBEI GANHAN

中国西北干旱

QIHOU BIANHUA YU YUCE YANJIU

气候变化与预测研究

第一卷

主编：谢金南

气象出版社

国家“九五”重中之重科技项目中国短期气候预测系统的研究

National Key Project(1996—2000)

Studies on Short-Term Climate Prediction System in China

96-908-05-03 专题——西北地区干旱预测系统研究

96-908-05-03 Sub-project——Studies on the Drought Prediction System in Northwest China

中国西北干旱气候变化与预测研究

The Research on Change and Prediction of Drought Climate in Northwest China

第一卷

(Volume I)

主 编:谢金南

副主编:罗哲贤 李栋梁

王宝灵 马镜娴

Chief Editor: XIE Jinnan

Co-Editors: LUO Zhexian, LI Dongliang,

WANG Baoling, MA Jingxian

气象出版社

China Meteorological Press

内容提要

本书第一卷收集了 54 篇论文,系 96-908-05-03 专题“西北地区干旱预测系统研究”的主要成果之一。内容包括“西北地区干旱预测系统研究”专题研究成果综述;干旱气候变化特征;重大干旱事件分析;干旱形成机制的研究;干旱预测强信号的问题等 5 个方面。这些研究成果不仅具有较高的学术价值,而且具有较好的实用性。该书可供从事气象、生态、水利、环保、农业、林业、牧业等工作的领导和科技、业务、生产、教学人员阅读,也可供相关学科的大中专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国西北干旱气候变化与预测研究(第一卷)/谢金南主编.北京:气象出版社,2000.11

ISBN 7-5029-3054-X

I. 中… II. 谢… III. ①干旱—气候变化—研究—西北地区②干旱—气候展望—研究—西北地区 IV. P468.24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 72706 号

中国西北干旱气候变化与预测研究(第一卷)

主编:谢金南

责任编辑:吴向东 王红雨 吴庭芳 终审:周诗健

封面设计:沈辉 责任技编:吴庭芳 责任校对:寇红薇 张若军

气象出版社出版

(北京海淀区中关村南大街 46 号 邮编:100081)

北京宏远兴旺印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行 全国各地新华书店经销

开本:787×1092 1/16 印张:22.625 字数:576 千字

2000 年 11 月第 1 版 2000 年 11 月第 1 次印刷

印数:1~1000

ISBN 7-5029-3054-X/P·1062

全套定价:136.00 元(本卷定价:46.50 元)

西北地区干旱预测系统研究

Study of the Drought Prediction System in Northwest China

研究概述 Introduction to the Study

“西北地区干旱预测系统研究”专题由甘肃、青海、新疆、宁夏、陕西五省(区)和南京气象学院协作共同完成。本专题研究了干旱气候变化特征及其对西部大开发的影响、干旱年际变化强信号、重大干旱事件、青藏高原下垫面的影响、干旱预测模型和对国民经济影响的评估技术与对策等。在此基础上,建立一套短期气候预测业务系统,为决策部门和社会用户提供优质服务。

The subproject, “Study of the Drought Prediction System in Northwest China”, belongs to the National Key Project and is jointly completed by Meteorological Bureaus of Gansu, Qinghai, Xinjiang, Ningxia and Shaanxi Provinces and Autonomous Regions and Nanjing Institute of Meteorology. The subproject investigates the feature of arid climatic changes and its effects on the great development over Northwest China, the strong signals of inter-annual changes of drought, major drought events, the impact of Qinghai-Xizang Plateau underlying surface, drought prediction models, the assessing technic of effect on local economy as well as the strategy of controlling drought. On the basis of these investigations, the operation al system of a set of short-term climatic prediction is, finally, set up and provides with better services for local government and social public.



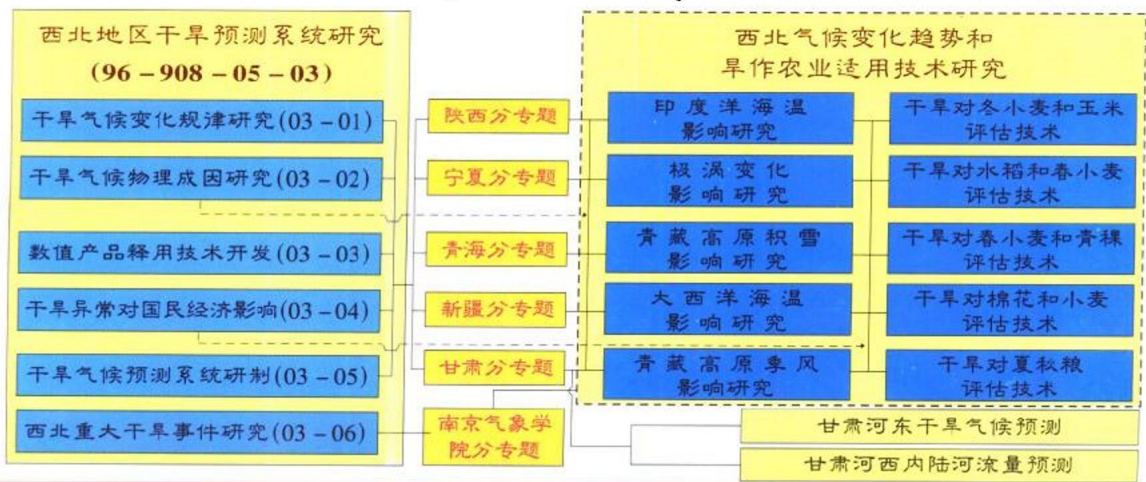
专题召开4次西北五省(区)工作研讨会和6次学术交流会
The subproject group held four working meetings and six workshops on Northwest China drought climate in past five years.



专题汇编三本阶段性成果论文集,完成260篇论文
Three collecting papers and 260 papers totally on Northwest China climate have been already published.

“西北地区干旱预测系统研究”专题研究结构图

Framework of the Drought Prediction System in Northwest China

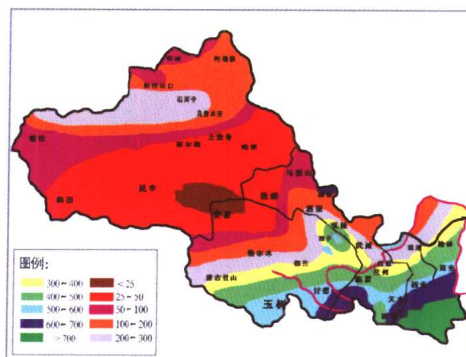


西北地区干旱气候变化的物理成因与预测信号的研究

Study of the Physical Mechanism and Prediction Signals of Drought Short-term Climate in Northwest China

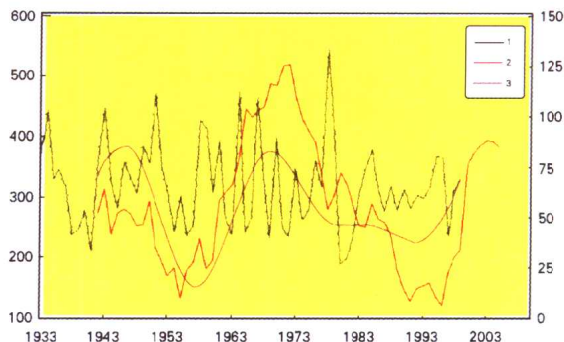
本专题研究了西北地区干旱气候灾害发生发展的物理过程和预测信号。研究了相应于持续性干旱流型和间歇性的干旱流型的基本气流特征。青藏高原的感热、季风和积雪对干旱形成有重要影响。海温、厄尔尼诺事件和台风影响西北地区降水量的多寡。大气环流、东亚季风和地热涡对干旱时空分布有直接作用。天文因素和年代际气候变化是干旱短期气候预测的重要背景。

In the project the physics processes causing drought climate disasters and prediction signals have been studied. The features of basic current, which corresponds to the flow patterns of continuous drought and the intermittent ones, have been studied too. The sensible heat, monsoon and snows over Qinghai - Xizang Plateau have largely effects on the formation of drought climate. Sea surface temperature, El Nino and typhoon result also in large precipitation departure from the normal. Atmosphere general circulation, East Asian monsoon and underground hot vortex may play immediate role in spatial and temporal distribution of drought. Astronomical factors and interannual climate variations are the background of short-term predicting for drought climate.

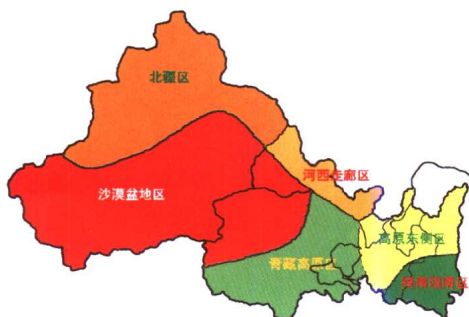


▲西北地区年降水量空间分布

Spatial Distribution of Annual Precipitation in Northwest China



▲兰州年降水量(1)及其准3年周期振幅(3)的周期拟合与延伸(2)
Observed Annual Precipitation (1) and Its Periodic Fitting and Extended - range (2) of Quasi-triennial Periodic Amplitude (3) in Lanzhou



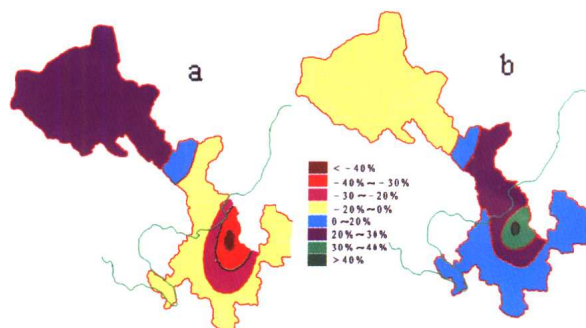
▲西北干旱分区

Dividing of Various Subareas of Northwest China Arid Area



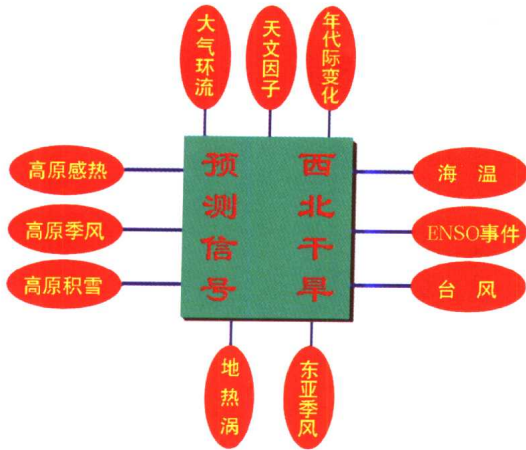
▲影响西北地区降水的地热涡分布

Geographical Distribution of Underground Hot Vortex
Inflecting the Precipitation in Northwest China



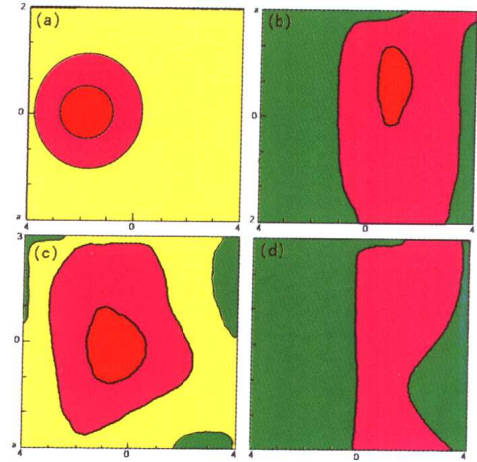
▲台风对降水量的影响(a 少台风年; b 多台风年)

Distribution of Annual Precipitation Anomaly Percent in Less
(a) or More (b) Typhoon Years



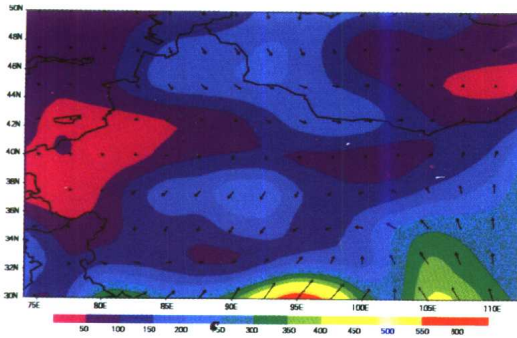
↑ 西北干旱预测信号

The Predictive Signals of Drought Climate in Northwest China



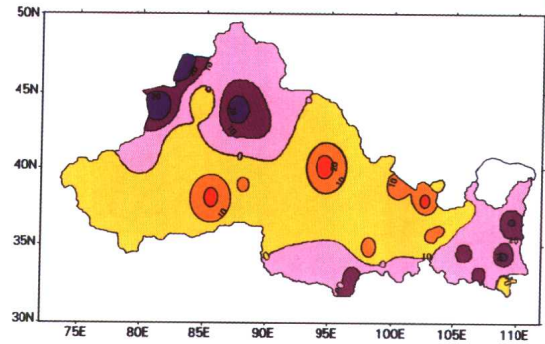
↑ 数值试验中局域流型的形成和崩溃

Formation and Dissipation of Local Circulation Pattern in Numerical Experiment



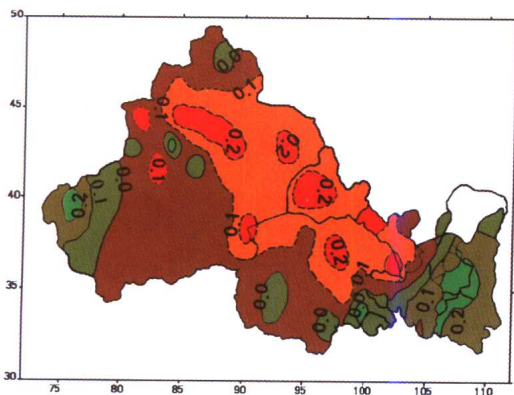
↑ 西北地区7月整层大气水汽输送

Mean Water Vapor Transfer in the Whole Atmosphere over Northwest China in July



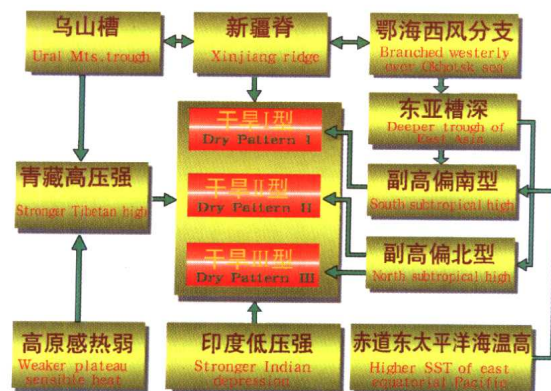
↑ 东亚夏季风指数与西北夏季降水相关图

Correlation between East Asian Summer Monsoon Index and Summer Precipitation in Northwest China



↑ 1月青藏高原季风指数与西北年降水量相关图

Correlation between January Plateau Monsoon Index and Annual Precipitation in Northwest China



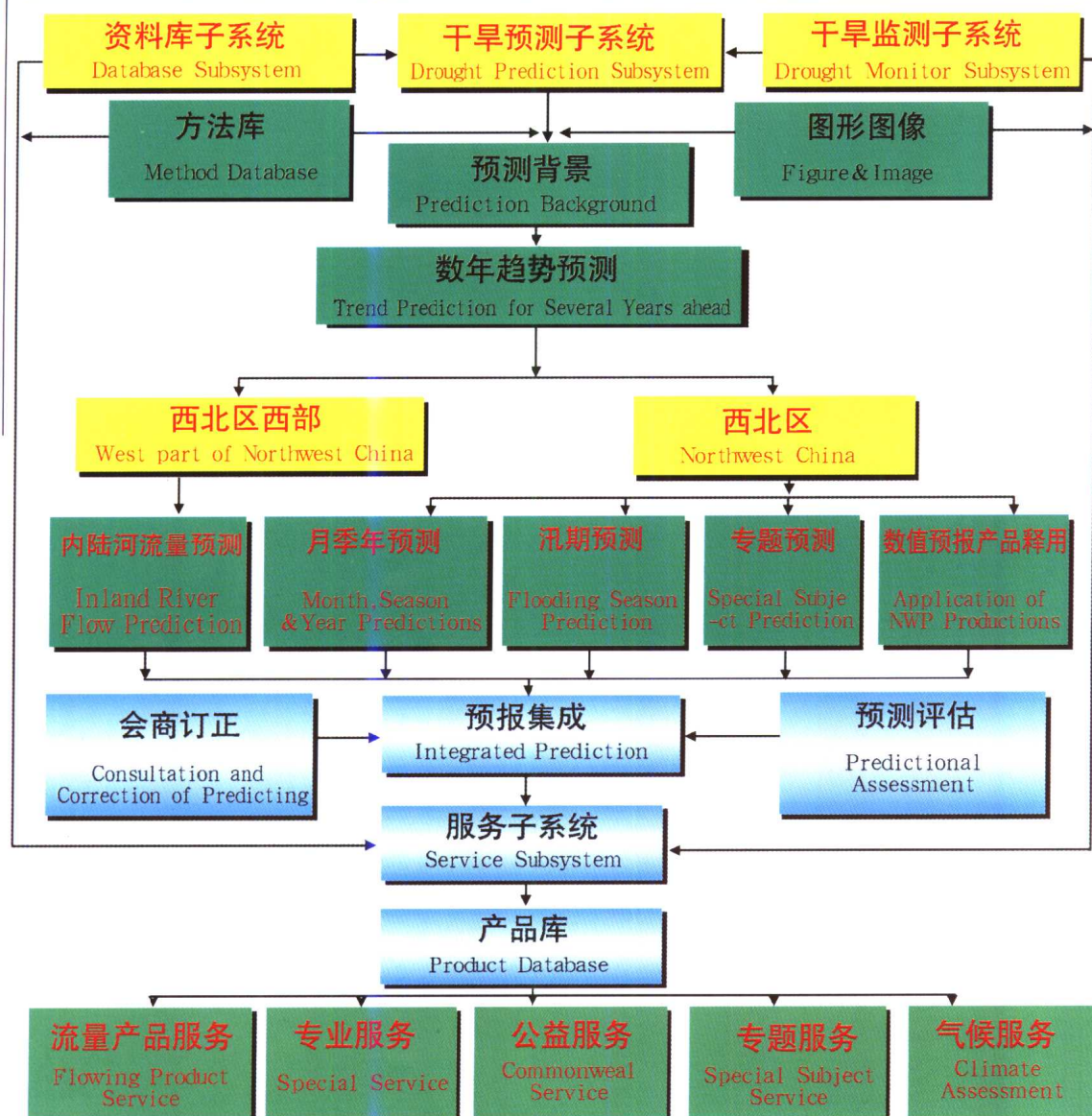
↑ 西北地区干旱概念模型

Conceptual Model for Drought in Northwest China

西北干旱监测预测服务综合业务系统结构图

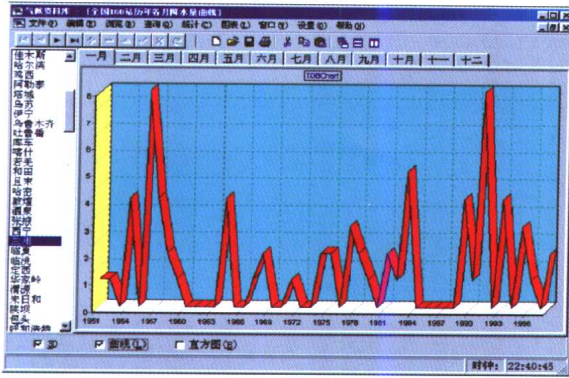
The Frame Chart of Drought, Monitoring and Prediction Operational System in Northwest

China

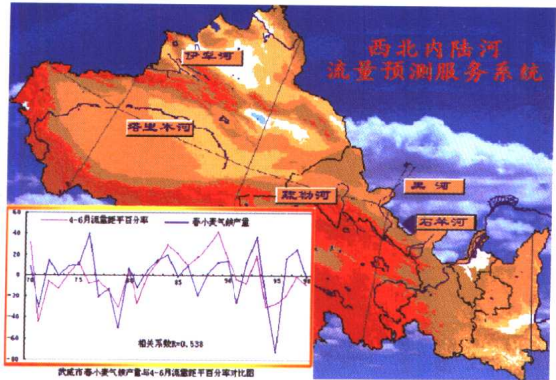


“西北地区干旱监测预测服务综合业务系统”具有较好物理基础、较强监测预测服务能力和较高自动化水平。该系统包括资料库、监测、预测和服务四个子系统，并对西北区西部内陆河流量具备监测、预测能力，其服务功能延伸到地市级。

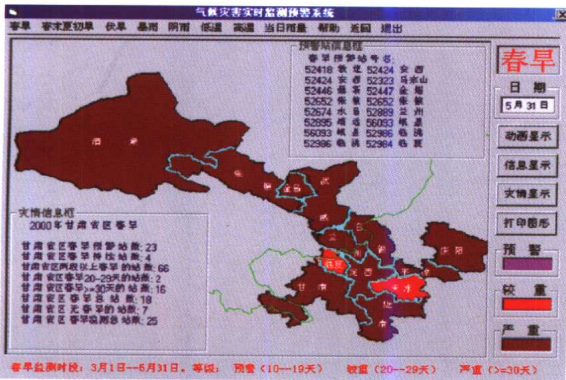
“The integrated operational system of drought monitor, prediction and service in Northwest China” possesses better physical basis, quite good performance of monitor and prediction, higher level of automation. The system includes four subsystems: database, monitor, prediction and service. The system has also the ability of monitoring and predicting flow flux of inland river in west part of Northwest China. The system can extend into Prefecture - City level in province.



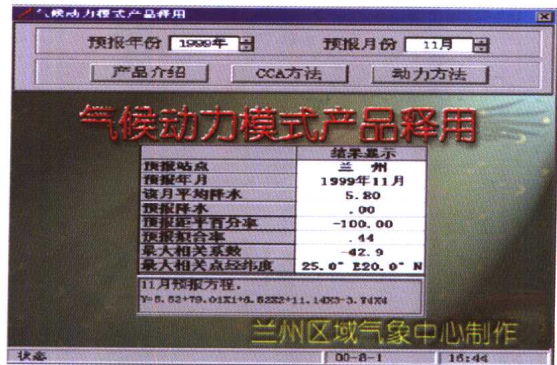
↑ 资料库子系统
Database Subsystem



↑ 内陆河流量预测子系统
The Flow Prediction Subsystem of Inland River



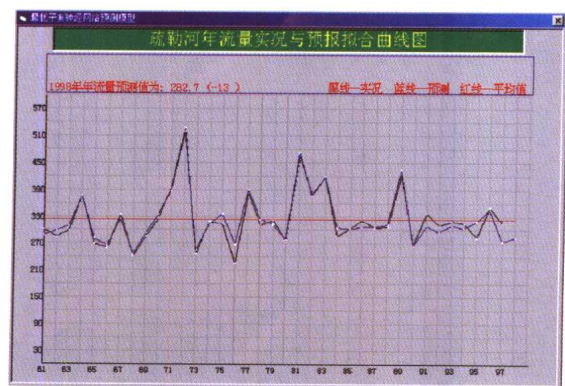
↑ 干旱监测子系统
The Drought Monitoring Subsystem



↑ 数值预报产品释用子系统
Reexplanation and Reanalysis of Numerical Forecasting Products



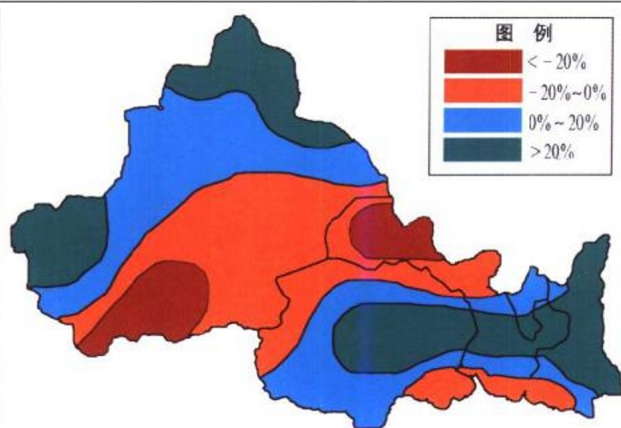
↑ 汛期预测子系统
Flooding Season Prediction Subsystem



↑ 用最优子集神经网络预测的疏勒河年流量与实测流量的拟合曲线
The Observed Flow (Black Line) and Fitted Flow (Blue Line) Curve of Shule River in Annual by Artificial Neural Network Model

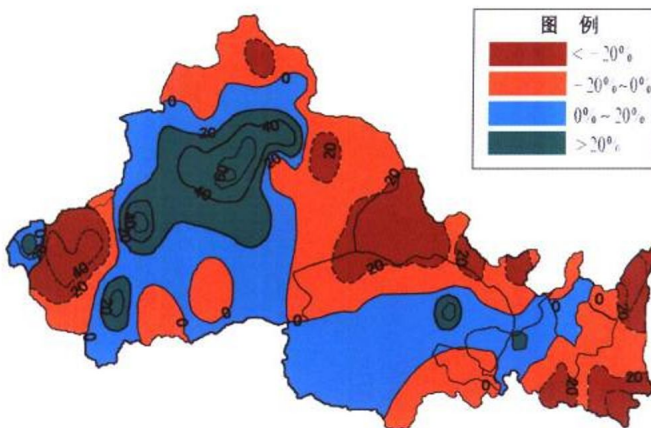
预测和服务效益

The Benefits of Prediction and Service

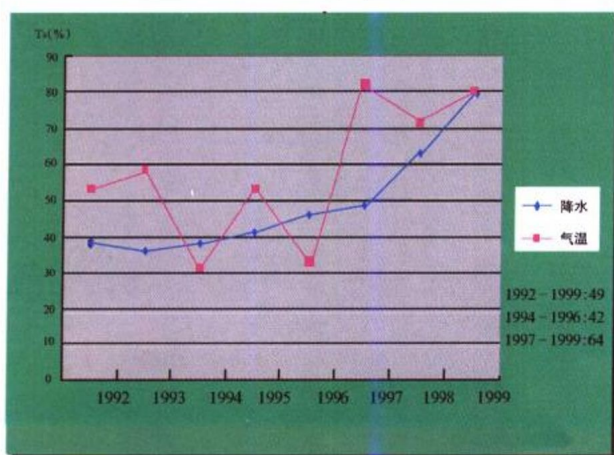


↑ 1999 年西北汛期降水距平百分率预测图
Predicting Percentage Abnormal for Rainfall in
Summer (June - August) 1999

The drought prediction operational system in Northwest China includes six parts: public welfare service, policy-making service, special subject and special line service, climate impact assessment, data of flow in inland river service. This system provides with more products of service for party committees, governments and agricultural sections. This system has been routinely used in operationally predicting for precipitation during the period of flooding seasons from 1997 to 1999 and obtained better social and economical benefits as well.



↑ 1999 年西北汛期降水距平百分率实况图
Real Percentage Abnormal for Rainfall in Summer (June - August) 1999



1992 ~ 1999 年兰州中心气象台气候预测准确率 (夏季 6 ~ 8 月的 T_s)

The predicting skill (T_s) for precipitation (the blue line) and temperature (the red line) in Gansu from 1992 to 1999.

干旱对农业生产的影响及对策

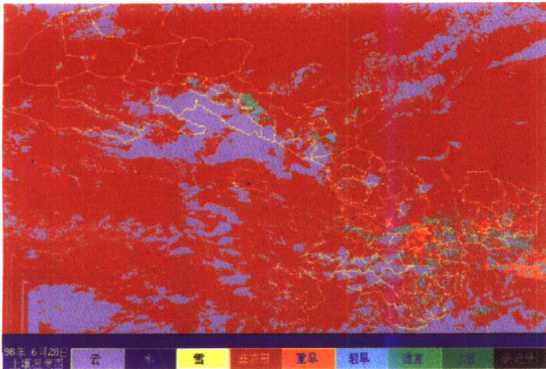
The Effects of Drought on Agriculture and Countermeasures

该专题在干旱监测预警、对农业影响评估以及抗旱对策措施等方面进行了研究,实现了以卫星遥感和地基组成的立体干旱监测预警体系。推广了小麦垄膜沟植、小麦-玉米垄种沟盖地膜带田、人工集雨补灌等多种抗旱技术,实施人工增雨作业,为充分利用自然降水,趋利避害作出贡献。

Monitoring and early warning of drought, the evaluation of influence of drought on agriculture, drought-resistant counter plots and otherwise were studied in this subject, the system of monitoring and early warning of drought consists of satellite remote sensing and ground-based observing. In order to contribute to making full of using the nature precipitation and to lightening the drought damage as large as possible, many techniques and measurements lightening drought damage, such as the furrow-culturing wheat and ridge-covering with plastic film, wheat planted in ridge and corn planted in furrow with plastic film mulching, artificial rain water harvesting as well as artificial precipitation enhancements are taken and spreaded.

▼ 卫星遥感监测干旱

Monitoring Farmland Drought with Satellite Remote Sensing



▲ 小麦垄膜沟植种植技术

The Planting Technology of Furrow-culturing Wheat and Ridge-covering with Plastic Film Mulching



▲ LG-1 大型称重式蒸渗计监测农田蒸散

Monitoring Farmland Evapotranspiration with LG-1 Large Weighing Lysimeter

▼ 小麦-玉米垄种沟盖地膜带田

Wheat Planted in Ridge and Corn in Furrow with Plastic Film Mulching



▼ 不同集水面观测试验

The Test of Observation on Different Artificial
Rainwater Harvesting Surface



▲ 节水灌溉技术

The Technology of Water-saving Irrigation

► 火箭人工增雨

Artificial Precipitation Enhancement with Rocket



▼ 飞机人工增雨

Artificial Precipitation Enhancement with Airplane Seeding



参加专题和配套课题的科研工作负责人员名单

96-908-05-03 专题“西北地区干旱预测系统研究”

主持人:谢金南 副主持人:朱炳瑗

配套课题“西北气候变化趋势和旱作农业适用技术研究”

主持人:谢金南 副主持人:李栋梁

专题和配套课题办公室负责人:邓振镛

工作人员:郭慧 张毅 施重义

05-03-01 子专题“干旱指标的确定与干旱气候变化规律的研究”主持人:王宝灵

05-03-02 子专题“干旱气候预测中的物理过程与预测信号的研究”主持人:李栋梁

05-03-03 子专题“动力气候数值预测产品释用技术的开发和应用”主持人:董安祥

05-03-04 子专题“干旱气候异常对国民经济影响评估及其对策研究”主持人:柯晓新 尹东

05-03-05 子专题“西北干旱气候预测服务综合业务系统的研制”主持人:朱炳瑗

05-03-06 子专题“西北重大干旱事件预测技术的研究”主持人:谢金南 罗哲贤

05-03-07 子专题“甘肃河东干旱预测及其对农业生产影响的研究”主持人:李栋梁

05-03-08 子专题“甘肃河西内陆河流量预测及其对农业生产影响的研究”主持人:冯建英

05-03 专题南京气象学院分专题负责人:罗哲贤

配套课题南京气象学院分课题负责人:罗哲贤

05-03 专题青海分专题负责人:阳燮 周陆生 王莘

配套课题青海分课题负责人:周陆生 秦宁生 张国胜

05-03 专题陕西分专题负责人:李兆元 刘耀武

配套课题陕西分课题负责人:李兆元 刘耀武

05-03 专题新疆分专题负责人:史玉光 袁玉江

配套课题新疆分课题负责人:史玉光 袁玉江

05-03 专题宁夏分专题负责人:梁旭 王连喜

配套课题宁夏分课题负责人:梁旭 王连喜

序 言

我国的干旱半干旱地区约占全国总面积的 47%，主要位于西北地区。与其它地区相比，西北地区的气候变化非常复杂，它包含西风带气候区、高原气候区、东南季风区及季风的边缘区域。干旱化是当前人类面临的重大问题之一，西部大开发的关键是水资源，干旱短期气候预测具有重大的经济、社会和政治意义，西北地区广大气象工作者曾多次组织干旱课题研究，取得了一批成果，打下了良好的基础。

“九五”期间(1996~2000 年)，在国家重中之重科技项目下设专题(96-908-05-03)和中国气象局配套课题的框架内，西北干旱气候的研究取得了重要进展，计完成论文 260 多篇。本文集是部分论文的汇编；从总的布局上大体分为三个部分。首先是西北干旱规律的研究，包括干旱气候特征，重大干旱事件特征，干旱强信号和形成机制问题。其次，介绍了干旱预测方法、预测模型和干旱监测预测服务系统。最后，叙述了西北地区水资源和干旱影响评估的新结果。

这些研究与以往的工作相比，确有创新。目前处于国内干旱气候研究的前沿。为了把创新点说清楚，我在这里简要回顾干旱气候研究的历程。

20 世纪 50 年代到 80 年代中期，干旱问题的主要着眼点是：干旱环流的分型及演变特征；区域降水量的韵律性和周期性；海温和高原热状况异常等。

80 年代后期，我在兰州举行的全国第一次干旱学术会议上做了一个报告，内容是南半球季风活动对西北干旱的影响。在会议技术总结报告中，我曾经进一步向与会代表提出了一些问题。这些问题是：从大气环流到全球变化的转变；人类活动影响和干旱预测背景的变化；干旱数值模拟和形成理论的研究等。后来，这些问题在“八五”期间(1991~1995 年)立项研究，已做出很好的结果。

本论文集反映了“九五”(1996~2000 年)期间的新进展，我认为，其创新点在于：(1)建成了西北干旱研究历史上第一个现代化的干旱监测预测服务系统。(2)提出了百年尺度、年代际尺度和年际尺度异常干旱的气候信号。最强的干旱信号是高原下垫面热状况(含感热、积雪和季风)，厄尔尼诺事件和台风活动；其次是南亚高压、西太平洋副热带高压的活动以及区域降水量自身演变的特点。(3)取得了干旱区域水循环和干旱影响评估方面的新结果。

这些创新标志着西北干旱气候的研究已经进入了一个新的阶段。在专题研究过程中，既出成果，又出人才，年轻的科技人员得到锻炼和成长，形成了科研攻关中一支重要的生力军。这是值得庆幸的。

我希望西北五省(区)气象局的气象科技工作者，继续跟踪世界科学前沿，勇于创新，在干旱气候的物理成因研究方面，不断采用新技术，新方法，尤其在动力气候模式与物理统计方法相结合的预测技术方法创新上下功夫，不断提高干旱短期气候预测技巧，更好地为西部大开发

服务。

我相信,本文集的出版定能对我国西北干旱气候研究起到积极的推动作用,为西部大开发和西北经济持续发展做出贡献。本文集不仅对从事短期气候预测的业务人员,而且对政府农、林、水利、计划、规划部门的同志,都有重要的参考价值。



2000年9月14日

前 言

本文集为“九五”国家重中之重 96-908 科技项目“我国短期气候预测系统”05 课题(区域气象中心短期气候预测业务系统的建立与产品应用研究)03 专题(西北地区干旱预测系统研究)和中国气象局配套课题“西北气候变化趋势和旱作农业适用技术研究”的主要成果之一。由兰州区域气象中心所属的西北五省(区)(甘肃、陕西、宁夏、青海、新疆)气象局和南京气象学院等 6 个单位共同承担完成,甘肃省气象局科教处承担组织管理和协调工作,参加的科技人员达 130 多人。

经过 4 年多的努力,现已建成了一个具有物理基础的现代化的西北干旱短期气候预测业务系统。该系统不仅能制作客观的干旱短期气候预测,而且能够及时科学评估干旱对农牧业生产和水资源的影响,及时提供防灾减灾的对策服务产品。这样,就为区域内各省(区)人民政府在制定国民经济计划和防灾减灾决策等方面提供依据,为促进社会经济的持续、快速和健康发展提供优质服务。达到了预定的攻关目标,圆满完成了配套课题合同规定的各项任务。该专题和配套课题自 1996 年 8 月正式启动以来,完成论文 260 多篇,其中有 130 多篇已正式发表在各类中高级核心期刊上。现从这些论文中选择 168 篇汇编成文集,分三卷出版。

第一卷的主要内容是:

- (1)简要综述西北地区干旱气候变化与预测研究的创新性成果。
- (2)干旱气候变化特征。给出了西北地区干旱气候变化的重要特征、规律性、干旱分区与指标,以及西北地区原有预测方法的再研究等方面的成果。
- (3)重大干旱事件的分析。重点揭示了 90 年代出现在西北地区东部的几次特大干旱事件的发生、发展及其主要特征。
- (4)干旱形成机制的研究成果。分别从干旱流型、台风活动、青藏高原热力异常及季风变化、ENSO 循环、地热涡活动等方面加以阐述。
- (5)干旱预测强信号的问题。指出:青藏高原下垫面热力作用、厄尔尼诺和台风、中高纬度大气活动中心的变化是西北干旱的强信号。

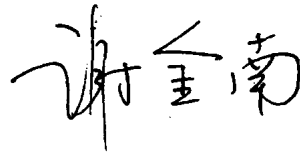
第二卷包括以下内容:

- (1)西北干旱预测方法与预测模型,这是科研成果的实际业务转化的一个重要环节。
- (2)西北干旱短期气候预测业务系统的研制与应用。该系统技术含量高,表达方式新,使用操作方便,业务运行稳定,区域特色清晰,数据库内容丰富,对异常干旱有较强的预测能力和服务能力。经实际应用取得了明显的业务效益、经济效益和社会效益。
- (3)水资源和内陆河流量特征。这涉及到西北地区经济发展的水分支撑条件,具有很大的应用潜力。

(4)干旱气候对国民经济的影响评估和对策研究。这部分成果可为党政部门决策提供参考依据。

第三卷反映了陕西、宁夏、青海、新疆省(区)等分专题和分课题最新的研究成果,主要涉及各省(区)气象局短期气候预测业务系统的研制以及干旱等灾害的规律和成因等问题,值得一读。

本文集是在 96-908-05-03 专题、配套课题和甘肃、陕西、宁夏、青海、新疆各省(区)科委的支持下,西北五省(区)气象局和南京气象学院等 6 个分专题和分课题共同努力完成的。文集编委会是由各分专题和子专题负责人组成。在编审出版过程中,中国科学院寒区旱区环境与工程研究所的汤懋苍、钱正安两位研究员(博导)、西北师范大学董宏儒教授、兰州气象学校邓国伦高级讲师对入选论文给予认真审阅和精心修改,气象出版社的吴向东先生为保证出版质量付出了辛勤劳动,在此一并致以衷心的感谢。

A handwritten signature in black ink, reading '谢金南' (Xie Jinan) from right to left.

2000 年 11 月

目 录

(第一卷)

序

前言

“西北地区干旱预测系统研究”专题研究成果综述..... 谢金南(1)

干旱气候变化特征

- 西北地区中、东部降水趋势的初步研究 谢金南 周嘉陵(9)
- 西北地区东部降水量年际和年代际变化的若干特征 马镜娴 戴彩娣(16)
- 西北地区降水量年代际变化的研究 黄玉霞 李栋梁 董安祥 罗哲贤(22)
- 季风边缘区域气候变化的观测研究 张广周 马镜娴 谢金南(25)
- 青藏高原东北侧汛期降水若干研究 王宝灵 谢金南 吴国雄 俞亚勋(29)
- 中国西北地区 6 月降水量最近 30 年明显递增..... 王宝灵(39)
- 中国西北地区年平均气温的气候特征及异常研究 李栋梁(43)
- 中国春末夏初降水量异常的气候类型 李栋梁 王文 蔡晓军(50)
- 西北区降水异常的时空特征分析 赵庆云 李栋梁 李耀辉(55)
- 中国西北地区秋季降水异常的特征分析 李耀辉 李栋梁 赵庆云(60)
- 中国西北地区春季降水异常的特征分析 李耀辉 李栋梁 赵庆云(70)
- 甘肃省气候的年代际变化特征 朱炳瑗 林纾 陆登荣(74)
- 甘肃省中东部地区最近 520 年旱涝长期演变中的突变现象 韦志刚 王宝灵(79)
- 近 525 年甘肃省旱涝的气候背景分析 韩永翔 姚辉 姚志华(84)

重大干旱事件分析

- 天水干旱若干问题的初步研究 马镜娴 李艳(89)
- 西北地区历史上几次严重的干旱灾害及分析 董安祥 郝惠玲 向军(93)
- 1995 年中国西北东部特大干旱的气候诊断与卫星监测
..... 郭锐 李栋梁 蔡晓军 卢俊山 郭江勇(97)
- 1997 年甘肃省特大干旱事件的诊断分析
..... 白虎志 谢金南 王宝灵 刘德祥 赵红岩(102)
- 青藏高原东北侧 1997 年春夏大旱的 500 hPa 环流异常诊断分析.....
..... 俞亚勋 王宝灵 郭慧(108)
- 甘肃省河东地区近 4 年少雨干旱的事实分析
..... 刘德祥 王宝灵 蔡忠兰 瞿汶 白虎志(115)

干旱形成机制的研究

- 基本气流在局域流型演化过程中的作用..... 罗哲贤 谢金南 马镜娴(121)