7/2004 本栏目由中国气象局国家气候中心协办

我国近 50 年旱涝灾害时空变化及监测预警服务

张 强 高 歌
(中国气象局国家气候中心,高级工程师 北京 100081)

〔摘要〕 本文根据近 50 年来旱涝灾害灾情统计资料,分析了我国干旱、洪涝灾害的时空分布特征及其变化趋势。统计结果表明:近 50 年来,特别是 20 世纪 80 年代以来,受全球气候变化的影响,我国降水呈现南方偏多、北方偏少的变化趋势,致使我国干旱灾害发生频率增加的同时洪涝灾害也不断增加,农作物受灾和成灾面积增加趋势明显,损失日趋严重。此外,为做好防灾减灾服务,及时向政府有关单位提供旱涝监测实况信息,国家气候中心自 1995 年开始开发了实时逐日旱涝监测预警系统。该系统利用全国 600 个基本气象站点的降水量、气温、湿度等气象观测资料和未来 7 天降水预报资料进行统计,确定气象干旱监测、预警指标,并结合气象部门农业气象站土壤湿度监测资料和卫星遥感干旱监测结果,发布《中国旱涝气候公报》,为政府有关部门和社会公众服务。

〔关键词〕 干旱 洪涝 变化特点 监测 〔中图分类号〕 P4 P7 〔文章编号〕1000-7857(2004)07-0021-04

THE SPATIAL AND TEMPORAL FEATURES OF DROUGHT AND FLOOD DISASTERS IN THE PAST 50 YEARS AND MONITORING AND WARNING SERVICES IN CHINA

ZHANG Qiang GAO Ge
(National Climate Center, CMA, Beijing 100081, China)

Abstract: In the context of statistic data of drought and flood disasters in the past 50 years, the spatial and temporal features of drought and flood disasters and their changing tendencies were analyzed. The result shows in the past 50 years , particularly starting from 1980s. the precipitation has been increasing in the east of China while the precipitation has been decreasing in the north of China. When the frequency of drought increased, the flood also increased. The crop areas stricken and affected by drought and flood increased clearly and economic losses became huger and huger. In order to prevent and mitigate disasters and provide timely drought and flood monitoring information to government and users, National Climate Center has been developing the daily drought and flood monitoring and warning system since 1995. The operational system has set up the drought monitoring and warning index, based on the meteorological observation data from 600 stations in China and forecast data with 7 days in advance. Based on the index and the soil moisture observed by agricultural and meteorological stations and drought result from satellite remote sensing into account, the Monitoring Bulletin of Drought and Flood in China are released for relative departments of the government and the public.

Key Words: drought, flood, feature, monitor

模式本身的误差造成的。利用多模式的超级集合预报,可以减弱模式系统误差对预测结果的影响。多模式超级集合结果从理论和实际预测试验上都优于单模式结果和简单集合的平均结果,它是未来模式预测的一个发展方向。

(本文所介绍的动力气候模式预测业务系统是"我国短期气候预测系统加强研究" 课题——"短期气候预测综合动力模式系统业务化"(96-908-06-3)的成果,谨向参与该项研究的所有人员表示衷心感谢。)

参 考 文 献

[1] 董敏,陈嘉滨,季仲贞等. 季节预测大气模式研制和应用进展[A]. 见:国家"九五"重中之重 96-908 项目办公室编. 短期气候预测业务动力模式的研制[C].北京:气象出版社,2000. 63~69

[2] Jin X. Z., Zhang X. H., Zhou T. J. Fundamental framework and experiments of the third Generation of IAP/LASG world ocean general circulation model[J]. Adv. Atmos. Sci., 1999, 16(2):197~215

[3] 张学洪,赵其庚,杨修群,俞永强,金向泽,刘钦政. 海洋环流-海冰模式和海气耦合研究进展[A]. 见:国家"九五"重中之重 96-908 项目办公室编. 短期气候预测业务动力模式的研制[C]. 北京:气象出版社,2000. 161~169

[4] 陈桂英,黄嘉佑,王会军. 现有短期气候预测方法的检验、评估和集成研究——短期气候监测、预测、服务综合业务系统的研制[M]. 北京:气象出版社,2000. 3~12

[5] 丁一汇,刘一鸣,宋永加,李清泉. 我国短期气候动力预测模式系统的研究及试验[J]. 气候与环境研究. 2002,7(2):236~246

[6] 罗勇,赵宗慈. NCAR RegCM2 对东亚区域气候的模拟试验[J]. 应用气象学报. 1997, 8(增刊):124~133

[7] 龚建东,李维京,张培群,陈丽娟. 月动力延伸集合预报业务系统的建立与发展——动力延伸预报方法研究[M]. 北京:气象出版社,2000

(责任编辑 苏 青)

1 引言

近几十年来，世界各地自然灾害频繁发生，大范围的异常气候事件时有出现，给人民的生命财产和社会经济带来严重损失，也给世界的粮食、水资源和能源安全造成了一系列危机。干旱、洪涝是气候灾害中最主要的灾害，尤其是干旱，因其出现频率高、持续时间长、波及范围大，对国民经济特别是对农业生产有严重影响，故历来被人们关注。据联合国环境计划署估计，全球有 35%的土地和 20%的人口受到干旱和沙漠化的威胁，每年的沙漠化面积多达 600 万公顷，给农业生产造成的损失约 260 亿美元[1]。我国是个旱涝灾害频繁而又严重的国家，平均 2~3 年就发生一次极为严重的灾害[2-4]，尽管我国的农田水利设施在不断完善、灌溉面积不断扩大，但干旱成灾面积仍在增加。20 世纪 50 年代的平均成灾面积为 518 万公顷，60 年代为 799 万公顷，70 年代增至 856 万公顷，80 年代达 1 129 万公顷，90 年代高达 1 194 万公顷；进入 21 世纪后，2000~2003 年 4 年干旱平均成灾面积达 1 960 万公顷[5-6]。为了及时、有效地监测旱涝气候灾害的发生、发展，客观、准确地为有关部门提供旱涝灾害强度、范围等信息，国家气候中心研制开发了旱涝气候监测业务系统，开始逐日滚动实时监测[7]，并于 1995 年 6 月起不定期发布《中国旱涝气候公报》，2004 年 2 月起每周通过中央电视台向社会发布干旱监测、预警。

2 干旱灾害时空分布特征

干旱是指因水分的收与支或供与求不平衡而形成的水分短缺现象。我国地处东亚，季风气候明显，年际之间季风的不稳定性是造成我国干旱频繁发生的主要原因之一[8]。据不完全统计，从公元前 206 年到 1949 年的 2 155 年间，我国发生过的较大旱灾有 1 056 次，平均每 2 年就发生 1 次大旱[2-4]。干旱在我国影响面广、灾情重。如 1928~1929 年陕西大旱，全境 940 万人中受灾死亡达 250 万人。新中国成立后，政府十分重视抗旱工作，修建了大量的蓄水、灌溉工程。但由于气候、经济发展及人口增长等原因，干旱仍时有发生，并有进一步加重的趋势。根据历年旱灾受灾面积统计，1949~2003 年平均每年受旱面积约 2 231.6 万公顷，约占各种气象灾害受灾面积总和的 60%，其中平均成灾面积（减产 3 成以上）978 万公顷，占全国总播种面积的 6.7%。因旱灾造成每年损失粮食 100 亿公斤，其中，1959~1961 年 3 年连旱，农作物受旱面积达 10 980 万公顷，减产粮食 611.5 亿公斤[9-10]。

2.1 干旱的年际变化

降水的周期波动，也引起干旱发生阶段性变化。图 1 是 1949~2003 年全国历年干旱受灾和成灾面积直方图，由此可以看出，干旱逐年之间的变化较大，近 50 年来干旱造成的损失有上升趋势：上世纪 50 年代受旱面积最小，60 年代比 50 年代有了明显的增加，70 年代比 50 年代增加约 1 倍，80 年代和 90 年代也基本保持增长趋势。受旱面积存在 3 个明显的低值期，即 1949~1957 年、1963~1970 年、1982~1984 年，每年受旱面积一般在 2 000 万公顷以下；还有 4 个高值期，即 1959~1962 年、1971~1981 年、1986~1989 年和 1999~2002 年，每年受旱面积一般在 2 500 万公顷以上。近 50 年来的几个严重干旱年都发生在这 4 个高值阶段，如 1960 年、1961 年、1978 年、2000 年、2001 年等，这几个严重干旱年的受旱面积均在 3 500 万公顷以上。

受全球气候变化的影响，自 20 世纪 80 年代以来，我国降水分布不均，呈现南方偏多、北方偏少态势。特别是 20 世纪 90 年代后期以来，大致以长江、淮河为界，我国南、北降水量变化方向相

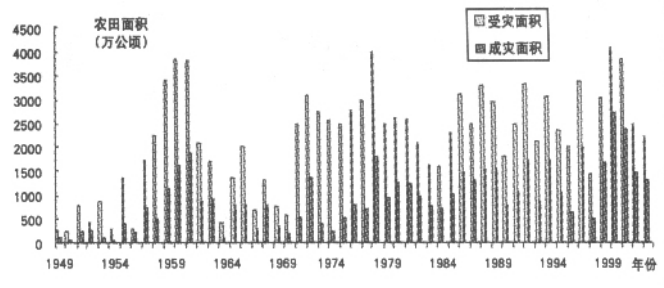

图 1 1949~2003 年中国历年干旱灾害面积变化图

反，北方各流域降水量都在减少，其中，黄河流域降水量减少最明显，减少 15%以上[11]。我国降水南多北少同时出现的局面，使得北方干旱缺水，南方洪涝灾害频繁。例如：黄河从 20 世纪 70 年代开始频繁断流，最严重的 1997 年，受大旱影响其下游的利津水文站全年断流时间长达 226 天，最长断流河段超过 700 公里。黄河断流，对该流域的人民生活和工农业生产及生态环境造成严重影响。1999~2002 年我国北方又连续 4 年发生了严重干旱，其中，2000 年和 2001 年受灾面积分别超过和接近 4 000 万公顷。2000 年，发生了建国以来最为严重的旱灾，全国农作物受灾面积达 4 054 万公顷，其中成灾 2 678 万公顷、绝收 800 万公顷，因旱灾损失粮食近 600 亿公斤、经济作物损失 510 亿元，其影响超过了 1959~1961 年 3 年大自然灾害时期。

2.2 干旱发生的区域分布特点

干旱在我国分布虽最为广泛，但各地受旱程度不一。由 1951~2000 年资料统计，我国有 5 个明显的干旱中心。

2.2.1 东北干旱区 该区纬度高、气温低、农作物生长期较短，因常受低气压影响，降水较稳定，干旱发生频率相对低些，多数年份干旱属于一般性干旱。50 年中大部地区干旱出现次数达 15~25 次，西部地区为 15~23 次，加上水土流失较严重和灌溉条件差，旱情严重。该区干旱主要出现在 4~8 月的春、夏季节，一般春季出现干旱的概率为 66%、夏季为 50%。

2.2.2 黄淮海干旱区（西北东部和华北） 本区降水较少、变率大，是我国最大的干旱区，干旱发生次数居全国之首。近 50 年中，大部地区的干旱发生次数 30~40 次，其中华北平原最多，有 40~45 次，水资源短缺状况仅次于西北干旱区。该区在作物生长期间的 3~10 月均可能出现干旱，往往是春旱、春夏连旱或夏旱、夏秋连旱，少数年份的局部地区还出现春夏秋连旱，但以春旱为主，几乎每年都有不同程度的春旱发生。

2.2.3 长江流域地区 该区 3~11 月均可出现干旱，但主要集中在夏季和秋季。本区属亚热带湿润季风气候，雨量较丰沛，但降水不均，干旱经常发生。50 年中有 41 年出现不同范围、不同程度的干旱。以 7~9 月出现机会最多，伏旱危害最大。

2.2.4 华南地区 本区一年四季均可出现干旱，但由于华南地区雨季来得早，夏秋季节常有台风降水，故干旱主要出现在秋末和冬季及前春。多数年份干旱持续 3~4 个月，最长达 7~8 个月。1951~2000 年 50 年中有 40 年出现过干旱，几乎每年都有不同程度、不同范围的干旱出现。

2.2.5 西南地区 本区干旱范围较小，干旱一般从上年的 10 月或 11 月开始，到下年的 4 月或 5 月，个别年份的局部地区持续到 6 月份；但主要干旱出现在冬春季节，出现概率约为 78%。

3 洪涝灾害分布特征

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。由于降水在季节上的分布极不均匀,全年降水大多集中在下半年,降水年际变化又十分明显,因而造成的洪涝灾害甚为频繁,是影响我国国计民生的严重气象灾害之一。据不完全统计,从公元前 206 年到 1949 年的 2 155 年间,我国发生过较大水灾 1 092 次,大约每 2 年就发生 1 次[2-4]。据 1950~2003 年资料统计,我国受洪涝灾害的农田面积平均每年为 956.1 万公顷;严重雨涝年份,农田受灾面积可达 1 500 万公顷以上。例如,1954 年是 20 世纪最严重的洪涝灾害之一,这一年全国雨涝面积达 1 600 万公顷,其中仅长江流域就有 317 万公顷耕地被淹没、3.3 万人丧生。1963 年全国雨涝面积达 1 400 万公顷,其中仅海河流域就有 407 万公顷受灾、粮食减产 30 多亿公斤、房屋倒塌 1 450 万间[12]。又如,2003 年淮河又一次经历了全流域性的大洪水,仅江苏、安徽两省的直接经济损失就达 330 亿元之巨[6]。所以洪涝是仅次于干旱的影响我国农业生产的主要自然灾害。

3.1 洪涝的年际变化

根据 1950–2003 年历年的全国洪涝受灾和成灾面积变化图(图 2)可以看出,近 50 多年来,我国洪涝的发生呈明显的阶段性。大体上是 20 世纪 50 年代至 60 年代中前期洪涝面积较大,60 年代中期至 80 年代初期洪涝面积较小,80 年代中前期至今洪涝面积又趋增加;特别是 80 年代末以来增加趋势更为明显,其中 20 世纪 90 年代洪涝灾害最严重,平均洪涝面积达 15 314 万公顷,是 1950~2003 年平均洪涝受灾面积(956 万公顷)的 1.6 倍,是解放后前 30 年(1950~1979 年)平均洪涝受灾面积(714 万公顷)的 2.1 倍。进入 21 世纪后,洪涝灾害略有下降,但 2003 年淮河、黄河等流域再次发生严重洪涝灾害,暴雨洪涝使 2 亿人(次)受灾,因灾死亡 1 400 多人;农作物受灾面积 1 900 多万公顷,其中成灾 1 200 多万公顷、绝收 400 多万公顷、房屋倒塌 240 多万间、直接经济损失 1 100 多亿元[6]。

3.2 洪涝的地理分布特点

洪涝的地理分布有明显的地域性,不但各个地区之间,就是同一地区的不同地方之间也存在相当大的差异。据近 50 年各站的洪涝次数统计分析,可将全国大致划分为多涝区、次多涝区、少涝区和基本无涝区 4 种类型。

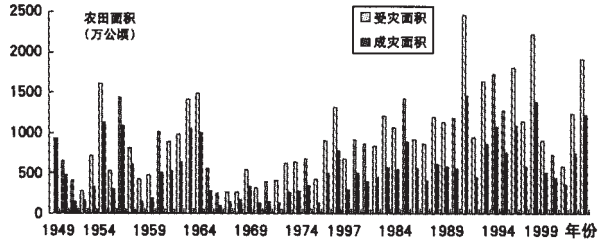

图 2 1949~2003 年中国历年洪涝灾害面积变化图

(1)多涝区主要包括:东南沿海地区,是全国受涝次数最多,范围也最大的地区,雨涝主要发生在 4~11 月份,以 5~9 月最多,1951~2000 年共受涝 20~36 次,其中广东沿海为多涝中心,受涝达 30~40 次;湘赣地区,雨涝主要集中于 5~7 月,1951~2000 年共受涝 20~25 次;淮河流域,雨涝主要集中于 6~7 月,1951~2000 年共受涝 20~25 次。

(2)次多涝区主要包括:长江中下游地区,5~7 月雨涝最多,1951~2000 年共受涝 15~20 次;南岭、武夷山地区,5~7 月雨涝最多,1951~2000 年共受涝 10~15 次;海河和黄河下游地区,6~8 月雨涝最多,1951~2000 年共受涝 10~15 次;四川盆地,7~9 月雨涝最多,1951~2000 年共受涝 8~13 次;辽河、松花江地区:包括辽宁大部、黑龙江南部等地,1951~2000 年共受涝 8~13 次,6~8 月雨涝最多。

(3)少涝区主要包括:云贵高原地区,包括云、贵两省大部及川南、桂西等地,1951~2000 年共受涝 3~8 次;黄土高原地区,包括陕、晋、宁 3 省区大部及冀北、陇东、陇南、豫西、内蒙古河套等地,1951~2000 年共受涝 3~6 次;东北地区,包括黑、吉两省大部及内蒙古大兴安岭一带,共受涝 3~6 次。

(4)基本无涝区主要包括:西北大部、青藏高原及内蒙古大部地区。这些地区 50 年中未出现过较大范围的洪涝灾害,即使出现洪涝,也是局地性的,且次数少,是全国基本无洪涝的地区。

洪涝总的分布特点是东部多,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。新中国成立以来,我国经历了 1954 年长江大洪水、1958 年 7 月黄河流域暴雨和大洪水、1963 年 8 月河北大洪水,尤其是 1975 年 8 月河南省的特大暴雨洪涝。近年来,有 1991 年淮河流域洪涝,1998 年长江全流域洪涝、松花江流域洪涝,1999 年长江流域洪涝和 2003 年淮河流域洪涝,等等。这些洪涝灾害造成了重大的经济损失和人员伤亡。

4 旱涝灾害监测、预警系统及服务

为了减轻旱涝灾害的影响和损失,建立旱涝灾害实时监测、预警系统是非常必要的。开展旱涝监测、预警、评估业务,应在干旱、洪涝发生之前进行预测、预警;在干旱、洪涝发生过程中,不断实时监测干旱的强度、发展态势以及对人民生活生产的影响,及时向有关政府部门提供干旱、洪涝可能发生的区域、时间和危害程度以及防汛抗旱和减灾对策措施,为防灾减灾服务。

4.1 旱涝灾害监测、预警系统

旱涝气候监测、预警系统主要结构及流程如图 3 所示。主要功能包括实时资料接收、质量检查、旱涝信息统计、旱涝信息数据库管理、图形分析、旱涝动态监测和预警分析等。

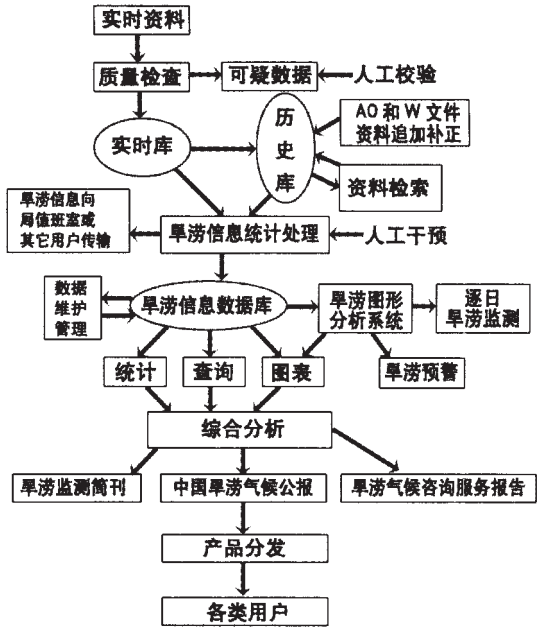

图 3 旱涝气候监测、预警分析业务流程

4.2 旱涝监测、预警指标确定方法

利用全国 600 个基本气象站点的降水量、气温、湿度等气象

观测资料和未来 7 天降水预报资料进行统计，确定气象干旱监测、预警指标，并结合气象部门农业气象站的土壤湿度监测资料和卫星 AVHRR 资料的干旱监测结果，综合确定干旱的发生、发展、持续、缓解情况，制作、发布有关信息。

某 t 日单站气象干旱的计算方法如下：

$$k_1=Z_t-\alpha E_{\Delta t}+\frac{1}{3n(3n+1)}\sum_{i=1}^{3n}\beta k_i \quad k_1=Z_t-\alpha E_{\Delta t}+\frac{1}{3n(3n+1)}\sum_{i=1}^{3n}\beta k_i$$

式中：Z_t 为最近 n 天标准化降水指数；蒸散量标准化变量 $E_{\Delta it}=\frac{E_t-\overline{E}}{\sigma_E}$，蒸散量 Et 采用桑斯威特法计算，α 为蒸散量权重系数，取 0.2；n 为某 i 日向前滚动天数，n 根据季节变化确定（一般冬季为 50 天，春秋为 40 天，夏季为 30 天），i 为从 t 日向前推的天数，权重系数 β=(3n−i)/3n。如果测站处于常年降水量少于 250 毫米的干旱地区，或测站处于近 10 天平均最高气温低于 5℃的地区，不作干旱监测预警。其指标的旱涝等级划分方法见表 1。

表 1 K 指标的旱涝等级划分方法

K 值	近 10 天降水量 R_{10}/30 天降水量 R_{30}(mm)	旱涝等级	类型
$k_t>2.0$	并 $R_{10}>200$ 或 $R_{30}>400$	0	特涝
$1.5<k_t\leq2.0$		1	重涝
$1.0<k_t\leq1.5$		2	中涝
$0.5<k_t\leq1.0$	并 $R_{10}>50$ 和 $R_{30}>150$	3	轻涝
$-0.5\leq k_t\leq0.5$		4	正常
$-1.0\leq k_t<-0.5$	并 $R_{10}<50$	5	轻旱
$-1.5\leq k_t<-1.0$		6	中旱
$-2.0\leq k_t<-1.5$		7	重旱
$k_t<-2.0$		8	特旱

4.3 数据库及其管理系统

该系统主要由 3 个资料数据库组成，它们分别是：(1)基本气候资料数据库，包括降水量、降水量日数、平均气温、最高和最低气温、日照时数、相对湿度、风速、蒸发量等气象要素；(2)指标、参数数据库，包括常用方法计算的气象干旱洪涝指标（距平百分率、标准化偏差、Z 指数等）、农业干湿指标（土壤湿度、水分供求差、相对蒸散量等）和作物需水系数等；(3)旱涝灾情数据库，包括干土层厚、各层土壤相对湿度、受旱面积、受涝面积等灾害情报。

数据管理主要功能有：各类数据库的维护、输入、修改、扩充等功能。基本气候数据库，具有按日、旬、月方式进行数据的自动接收追加功能；基本统计运算功能，可按时间、站点、要素等方式浏览查询；对各种数据填图打印、表格输出的功能。

4.4 旱涝监测、预警分析

旱涝监测、预警以指数方法为主要依据，并参考农业气象站的“旬 10cm、20cm”土壤相对湿度、卫星 AVHRR 资料干旱监测和最近 30 天降水量距平百分率等信息资料。当全国出现较大范围（一般 2 省以上地区）干旱或洪涝时，或干旱或洪涝持续发展时，或大范围干旱或洪涝缓解时，将发布旱涝《中国旱涝气候公报》产品，及时向政府有关单位提供旱涝监测实况信息，提醒人们做好防洪抗旱工作。旱涝公报产品发至各部委政府决策机构，以及气象、农林、海洋、商贸、军事等领域的业务和科研部门。同时，每周在中央电视台向公众发布干旱监测、预警信息（图 4）。

5 应用服务效果

“旱涝气候监测、预警系统”自 1995 年 10 月边建设、边业务服务以来，运行正常，稳定可靠。目前它除了直接进行全国范围内

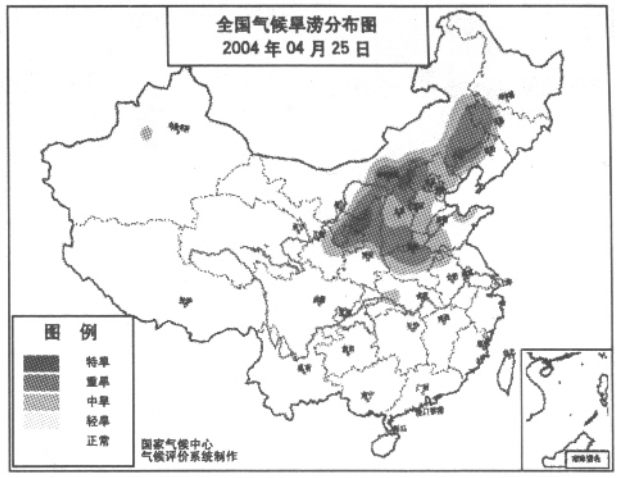

图 4 2004 年 4 月 25 日监测的我国旱涝分布图

的实时旱涝监测和为《中国旱涝气候公报》提供所需的全部资料图表信息外，还可为旱涝预测、旱涝评价和旱涝研究提供服务。旱涝公报产品应用范围涉及气象、农林、海洋、商贸、军事等领域的业务和科研部门以及中央各级政府决策机构，仅《公报》用户就达 250 多个。此外，1997 年 7 月起，旱涝气候监测、预警系统通过网络向农业部提供实时旱涝信息。2004 年 2 月起每周在中央电视台发布干旱监测、预警信息。旱涝气候监测、预警系统近几年在监测 1996~1997 年东北、华北冬春夏连旱，1999~2002 年北方连续 4 年干旱，2003 年南方特大伏秋连旱，1998 年长江、东北特大洪涝，2003 年淮河严重洪涝等重大干旱、洪涝灾害中，发挥了重要的作用，取得了良好效果。

参 考 文 献

[1] 国家科委全国重大自然灾害综合研究组. 中国重大自然灾害及减灾对策（分论）[M]. 北京：科学出版社，1993

[2] 中央气象局气象科学研究院. 中国近 500 年旱涝分布图集.北京：地图出版社，1981

[3]张德二，刘传志. 中国近 500 年旱涝分布图集续补（1980~1992 年）[J]. 气象，1993，19(11)：41~46

[4]张德二，李小泉，梁有叶. 中国近 500 年旱涝分布图集的再续补（1993~2000 年）[J]. 应用气象学报，2003，14(3)

[5]冯佩芝，李翠金，李小泉等. 中国主要气象灾害分析[M]. 北京：气象出版社，1985

[6]国家气候中心. 全国气候影响评价（1983~2003 年）[M]. 北京：气象出版社，2004

[7]张强，庄丽莉，王有民等. 旱涝监测及其图形分析系统[J]. 应用气象学报，1998，9(4)：508~511.

[8]盛承禹等. 中国气候总论[M]. 北京：科学出版社，1986

[9]张鸿祺等主编. 灾难医学[M]. 北京：中国协和医科大学、北京医科大学联合出版社，1993

[10]国家统计局、民政部编. 中国灾情报告 1949~1995[M]. 北京：中国统计出版社，1995

[11]中国气象局. 中华人民共和国气候图集[M]. 北京：气象出版社，2002

[12]国家防汛抗旱总指挥部办公室，水利部南京水文水资源研究所. 中国水旱灾害[M]. 北京：中国水利水电出版社，1997.12

（责任编辑 肖庆山）