肖潺，叶殿秀，陈昊明. 中国大陆雨涝时空特征[J]. 灾害学，2017，32(1)：85－89. [XIAO Chan，YE Dianxiu and CHEN Haoming. Temporal and spatial characteristics of waterlogging over mainland China [J]. Journal of Catastrophology，2017，32(1)：85－89. doi：10.3969/j.issn.1000－811X.2017.01.015.]

中国大陆雨涝时空特征*

肖 潺[1]，叶殿秀[1]，陈昊明[2]

（1. 中国气象局国家气候中心，北京 100081；2. 中国气象科学研究院，北京 100081）

摘 要：利用气象台站观测逐日降水资料，对中国大陆雨涝频率基本特征进行了分析；在此基础上，结合农作物雨涝受灾面积统计数据对雨涝指标进行了初步评估。分析表明，我国雨涝主要集中在夏季，在华南沿海和海南等地秋季雨涝频率也较高。每年农作物雨涝受灾面积与每年雨涝站率有极好的正相关，表明雨涝指标比较符合实际。针对中国大陆雨涝灾害流域特征明显，对七大江河流域的雨涝及其变化特征进行了分析。就流域而言，长江、珠江、淮河流域年雨涝站率较高，黄河流域最低；流域雨涝长期变化趋势不显著，但存在较为显著的年代际演变。

关键词：降水；雨涝；时空特征；变化特征；受灾面积；流域

中图分类号：X43；P426　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1000－811X(2017)01－0085－05

doi：10.3969/j.issn.1000－811X.2017.01.015

我国具有典型季风气候特点，降水时空差异特征显著，旱涝灾害突出。每年旱涝灾害均给我国带来较大的经济损失，根据中国气象局国家气候中心统计，2001－2015 年期间，干旱和洪涝造成的年平均损失分别高达 642 亿元和 1 103 亿元，分别占总气象灾害的 25%、44%。与旱灾不同的是，涝灾往往还会造成较大人员伤亡。以 2015 年为例，据民政部统计，全年全国因洪涝及地质灾害造成的死亡人数高达 701 人，占气象灾害造成的死亡失踪总人口的 79.5%。因此，加强洪涝灾害研究具有很强的现实意义。

与此同时，我国雨涝灾害流域性特征明显，直接表现就是影响较大的洪水基本都是流域性的。从南到北，珠江、长江、淮河、黄河、海河、辽河及松花江等七大江河流域，其面积约占国土总面积的 45%，承载的人口高达全国的 77%，耕地面积占全国的 80%。大量人口和耕地高度集中在流域区域，特别是许多重要城市和经济带(比如长江三角洲、珠江三角洲)密集分布于流域下游。流域雨涝研究的重要性不言而喻。以往研究多侧重于流域降水特征或部分区域或流域雨涝特征分析，且采用指标多种多样，如陈峪等[1]分析了中国十大流域年降水量时空变化特征；同时陈峪等[2]还从年最大日降水量、年暴雨日数等方面分析了各大流域的多年平均状况及长期变化趋势；任国玉等[3]分析了各流域的降水气候学特征。关于雨涝研究，刘敏等[4]、沙万英等[5]考虑短期降水和长期降水距平两种降水指标相结合分析了湖北和中国南部沿海地区雨涝灾害时空特征；王志伟等[6]用 Z 指数来分析南方雨涝特征；杨晓静等[7]基于标准化降水指数分析了云南省近 55 年旱涝演变特征。在流域的雨涝分析方面，张勇等[8]分析了黄河和长江流域的雨涝变化特征。而同时针对七大流域雨涝变化特征的研究较少，尤其是利用较长时间序列分析的雨涝特征更少。本文基于高密度台站的最新(至 2015 年)降水观测资料，采用目前国家气候中心业务中使用的雨涝指标，对全国雨涝特征进行了分析，并与农作物受灾面积进行了比较，最后以流域为落脚点，对各流域的雨涝变化特征进行了初步分析。

1 雨涝过程定义及资料介绍

雨涝是指长时间降水过多或区域性的暴雨及局地性短时强降水引起江河洪水泛滥，淹没农田和城乡，或产生积水或径流淹没低洼土地，造成农业或其他财产损失和人员伤亡的一种气象灾害。考虑到雨涝是经历了一段时间的降水过程形成的

* 收稿日期：2016－06－24　　修回日期：2016－08－31
基金项目：国家自然科学基金(41405089)；中国气象局气象关键技术集成与应用项目(CMAGJ2015Z12)
第一作者简介：肖潺(1981－)，男，湖南长沙人，博士，高级工程师，主要从事气候影响评估、气象灾害风险管理工作.
E-mail：xiaochan@cma.gov.cn

灾害，早期，全国逐日资料又无法实时收集、统计的情况下，国家级雨涝评估业务是基于气候的旬报资料开展的，即根据旬内降水情况判断是否达到雨涝标准[9]。本文研究中采用的雨涝标准是从最早旬报分析基础上发展而来的，也是目前国家气候中心业务中使用的标准，即连续 10 d 降水总量 250 mm(东北地区 200 mm，华南地区 300 mm)以上或 20 d 降水总量 350 mm(东北地区 300 mm，华南地区 400 mm)以上统计为一个雨涝过程[10]。凡一年(季)中有一次雨涝过程出现，则将该年(季)统计为一个雨涝年(季)。年(季)雨涝频率为雨涝年(季)数占总统计年(季)数的百分比。为了表征区域(或流域)内的雨涝情况，定义年(季)雨涝站率为区域(或流域)内年(季)雨涝站数占区域(或流域)总站数的百分比。

本分析采用的是中国气象局国家气象信息中心整编的中国大陆地区 2 467 站地面气象观测站(基准站、基本站、一般站)从建站至 2015 年的逐日降水资料。在整编资料过程中，国家气象信息中心对台站观测的资料有一套严格的质量控制过程和方法[11]。由于许多台站是在 1961 年开始观测，考虑到记录的完整性和可比性，本文主要分析了 1961 年以来的雨涝灾害发生情况。雨涝造成的农作物受灾面积等灾情资料来源于农业部中国种植业信息网(http：//202. 127. 42. 157/moazzys/zaiqing. aspx)以及中国主要气象灾害分析[9]。

2 雨涝频率特征

中国大部地区均遭受过雨涝灾害，图 1 分别给出了全年及春、夏、秋各季节的雨涝频率分布(因为冬季中国大陆降水十分稀少，雨涝极少，因而不作讨论)。从图 1a 可以看出，中国大陆雨涝主要集中在东部和南部地区，雨涝年频率 5% 的分界线与气候区划[12]中的半干旱区和半湿润区的分界线比较吻合，这说明雨涝与降水气候特征密切联系，主要发生在湿润区与半湿润区。雨涝频率高的地区主要位于江南和华南地区，年雨涝频率多在 30% 以上，其中江西东北部、广东广西沿海以及海南等地区超过 50%。

春季雨涝(图 1b)主要发生在中国江南、华南一带，雨涝年频率一般在 5% 以上，气候上对应于江南春季连阴雨和华南前汛期降水。春季雨涝年频率高发区主要是位于江西、广东的大部地区，超过 20%。春季雨涝除了在江南和华南地区外，在西藏东南部和云南西北部的横断山脉中西部地区也存在雨涝高频区，雨涝频率在 5% ~20%，这一地区有着显著的春雨特征，当地称之为桃花汛[13]，主要成因是春季迅速增强的西风，在地形的作用下辐合抬升，常常形成丰沛降水[14]，且该地区地形复杂，此时雨涝极易引发地质灾害。从图 1b 还可以看出，在位于横断山脉东侧的云南中北部雨涝频率则低很多，春季该地区还时常出现季节性干旱，这与春季盛行的西风气流在翻过横断山脉后在该地区下沉，不利于形成降水有关[15]。

夏季是中国降水最集中的季节，也是雨涝发生频率最高、范围最广的季节，夏季雨涝频率(图 1c)5% 分界线与全年雨涝频率 5% 分界线的位置大致相同，也表明大多数地区雨涝主要发生在夏季。江淮、江汉东部、江南、华南及云南南部、贵州东部、重庆东南部、辽宁、吉林东南部等地雨涝频率超过 20%，华南沿海、江西北部的部分地区达 50% 以上。

随着季节推进，雨带南移，秋季雨涝(图 1d)范围明显减少。广东南部、浙江南部等地雨涝频率有 10% ~20%，海南雨涝频率最高，超过 30%，也超过了海南的夏季雨涝频率，这与我国南海地区显著的秋雨有关[16]，秋季来自低纬度的天气系统与南下的冷空气配合，常形成集中降水，大部分地区秋季降水超过夏季，即南海秋雨。另一个秋雨雨涝的多发区是位于陕西南部、四川东北部的华西地区，该区域是典型的华西秋雨区，许多站点也能观测到秋季降水超过夏季成为全年降水最多的季节。

为了表征中国大陆整体雨涝情况的逐年演变，图 2 红色线条给出了中国大陆逐年雨涝站率的演变情况，就多年平均而言，雨涝站率为 17. 23%。图 2 蓝色线条给出了每年农作物受灾面积的演变情况，平均而言，每年洪涝受灾面积有 955×10^4 hm^2。从 1961 -2015 年雨涝站率和雨涝受灾面积的逐年演变来看，雨涝受灾面积与雨涝站率有很好的正相关，两者相关系数达到了 0. 45，这表明，现行雨涝指标能很大程度上反映出雨涝受灾面积的变化情况。同时，也可看出，在 1980 年前雨涝受灾面积与雨涝站率的相关关系没有后期的高，后期 1981 -2015 年两者相关系数能达到 0. 57，这可能与后期统计的受灾面积更为规范有关。图 2 还可以看出，上世纪 90 年代是中国大陆雨涝最频发的时段，雨涝站率最高的 1998 年，当年发生了罕见的长江、松花江流域性特大洪水，而受灾面积最大的为 1991 年，当年在江淮地区发生了特大暴雨洪涝。

3 七大流域雨涝特征

上述分析给出了中国大陆的整体雨涝特征。由于中国大陆具有西高东低的地势分布特征，故全国大江大河多源于西部，流向东部。而中国大陆降水，特别是主雨带的移动是从南到北，雨带维持时也大多呈东西走向，因而雨带进退与流域

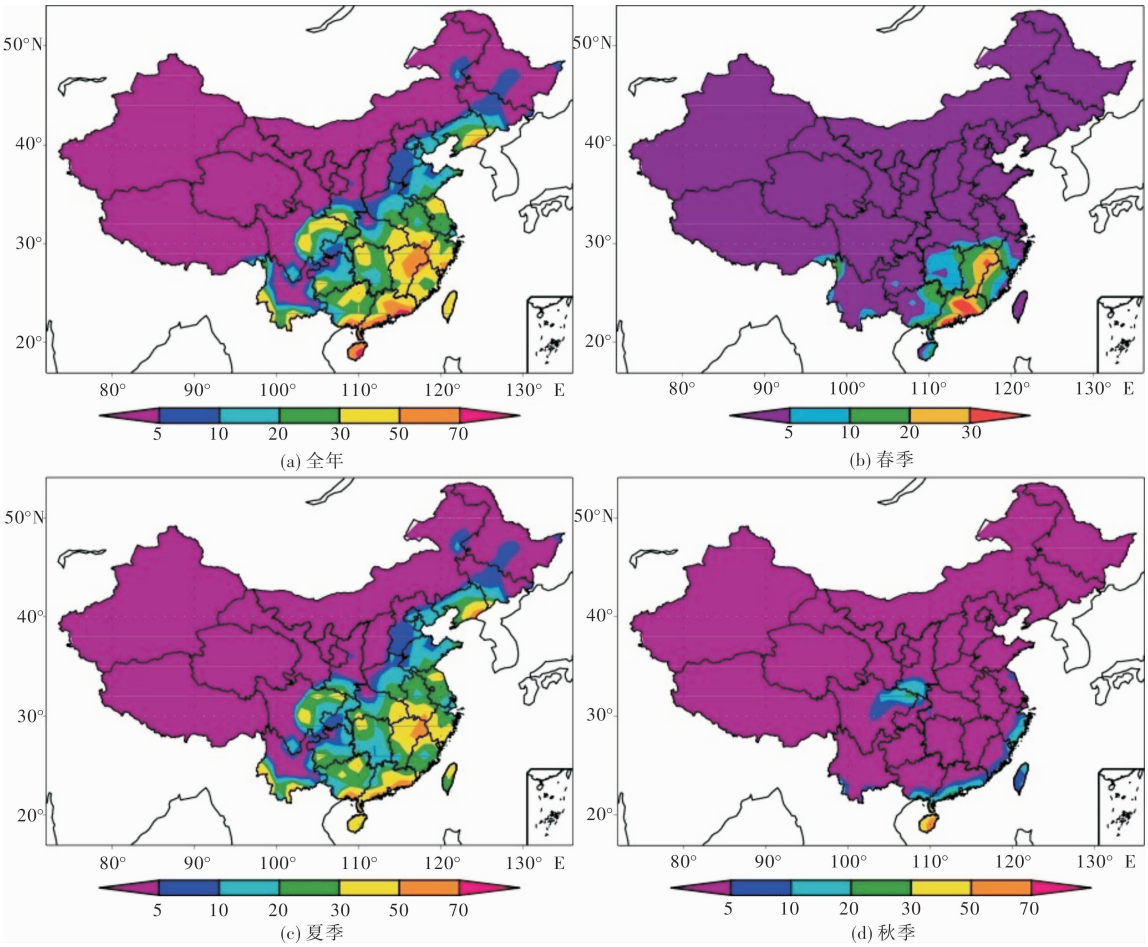


图 1　1961－2015 年中国大陆雨涝频率分布(单位:%)

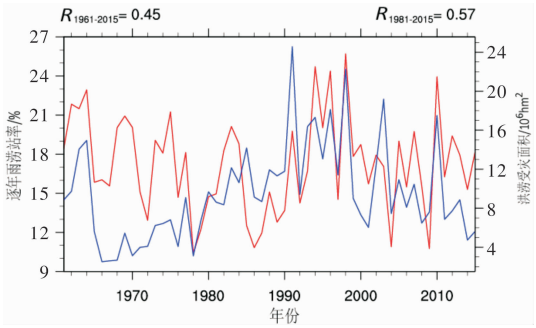


图 2　1961－2015 年中国大陆逐年雨涝站率(红色)与农作物洪涝受灾面积(蓝色)变化

洪涝密切关联，雨涝灾害流域特征明显，以下针对七大江河流域的雨涝及其变化特征进行了分析。图 3 分别给出了从南到北，珠江、长江、淮河、黄河、海河、辽河、松花江七大流域逐年雨涝站率变化情况。雨涝站率最高的为珠江(图 3a)、长江(图 3b)和淮河(图 3c)三大流域，多年平均年雨涝站率分别为 29.2%、23.3% 和 21.2%；辽河流域(图 3f)次之，多年平均年雨涝站率为 14.9%；海河流域(图 3e)和松花江流域(图 3g)再次之，分别为 8.2% 和 5.1%；雨涝站率最低的为黄河流域(图 3d)，多年平均年雨涝站率为 2.3%，这也部分与黄河流域上游处于干旱半干旱区，雨涝主要集中于中下游[8]有关。

就各大流域雨涝站率的演变趋势而言(图 3 中细实线)，珠江、长江、淮河、黄河流域呈增加趋势，海河、辽河、松花江流域呈现下降趋势，但是总体而言，趋势特征不显著，除了海河流域外，其余流域的线性趋势都没有达到 90% 信度水平。

与趋势特征不明显相比，各流域雨涝站率呈现比较明显的年代际演变特征，图 3 中粗实线是雨涝站率的 9 年滑动平均，珠江流域(图 3a)自 1960 年代中期以来，呈下降趋势，在 1990 年代初达到低点，之后明显增加，陆文秀等[17]在分析珠江流域降水变化趋势时发现 1990 年代初是发生显著突变时段，这与雨涝站率变化转换相吻合。之后，珠江流域雨涝站率从 1990 年代后期略呈略微减少趋势后，滑动平均雨涝站率维持在 30% 左右。长江流域(图 3b)雨涝站率自 1960 年代中期以来，呈下降趋势，1970 年代、1980 年代雨涝站率较低，1990 年代转入雨涝较多的时期，雨涝站率在 1998、1999 年达到最高，特别是 1998 年发生了全流域性的特大洪水，进入 21 世纪，长江流域的雨涝站率

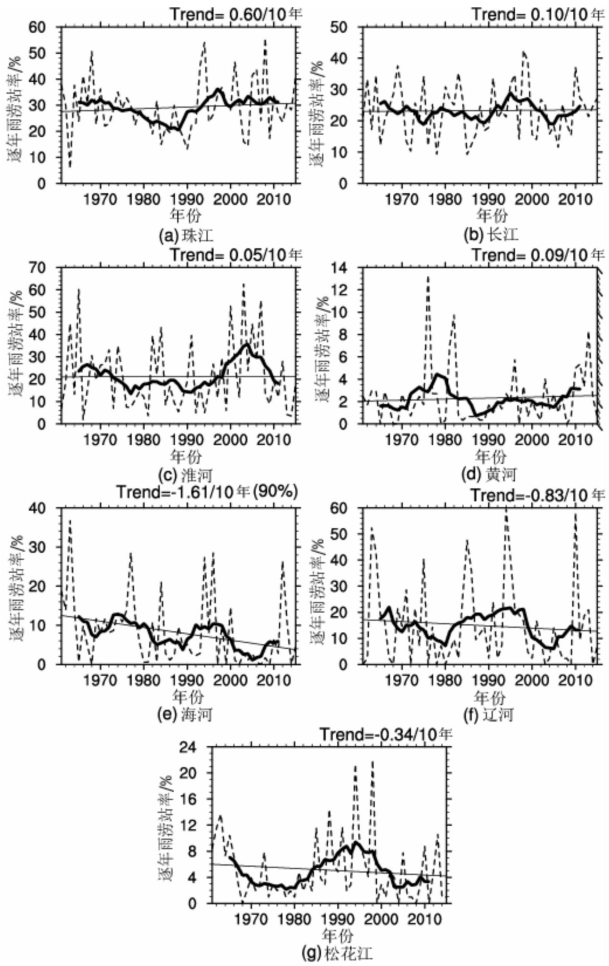


图 3 1961 – 2015 年七大流域逐年雨涝站率(虚线)

注:粗实线为 9 年滑动平均,细实线为线性趋势。图题线性趋势后括号内标注 90% 的为线性趋势达到了 90% 信度水平。

又处于偏低水平。淮河流域(图 3c)雨涝站率自 1960 年代中期以来,呈下降趋势,1970 年代初期进入雨涝站率较低时期,直到 1990 年代末,雨涝站率呈显著增加趋势,淮河流域迅速进入了雨涝较多时期,期间发生了 2003 年、2007 年两次较大的流域性洪水。关于淮河流域 1990 年代末雨涝站率的明显增加,这与谢五三等[18]在研究淮河流域暴雨特征时,认为其暴雨量在 2000 年前后经历了一次由少到多的突变的分析相一致。黄河流域(图 3d)整体雨涝站率较低,1970 年代中期至 1980 年代中期是其相对较高的时期,之后转入较低时期,最近在 2010 年前后转入较多时期。海河流域(图 3e)是七大流域中仅有的雨涝站率趋势达到 90% 信度水平的流域,气候趋势为 – 1.61%/10 年,从年代际变化特征上看,是呈现波动式下降趋势的。

辽河流域(图 3f)雨涝站率自 1960 年代中期开始呈下降趋势,至 1980 年代又开始呈增加趋势,在 1980 年代中期至 1990 年代是年雨涝站率偏高时期,1990 年代末迅速下降后在 2005 年开始略有回升。松花江流域(图 3g)雨涝站率自 1960 年代中期开始呈下降趋势,1970 年代是其雨涝站率偏低时期,从 1980 年代开始回升,1980 年代中期到 1990 年代是其雨涝站率最高的时期,在 1990 年代末期,雨涝站率逐渐下降,本世纪以来,松花江流域雨涝站率总体处于偏低水平。

由图 2 给出的全国雨涝情况可以看出 1990 年代是 1961 – 2015 年期间雨涝最多的时期,结合图 3 的流域年代际演变可以看出,在 1990 年代这一时期,主要对应是珠江、长江、辽河、松花江流域偏多的时期。

关于流域的季节雨涝特征,图 4 给出了 1961 – 2015 年多年平均的各流域春、夏、秋的季节雨涝站率。可以看出,七大流域雨涝最集中的季节都在夏季,特别是黄河、海河、辽河、松花江流域,除夏季外,其他季节的雨涝站率不足 1%。春季是仅次于夏季的雨涝多发季节,雨涝站率最高的珠江流域,达 10%,其次是长江流域,为 4.2%,主要分布于长江下游地区(图 1b);秋季雨涝站率珠江流域和长江流域分别为 2.7% 和 2.6%,淮河流域 1.3%。

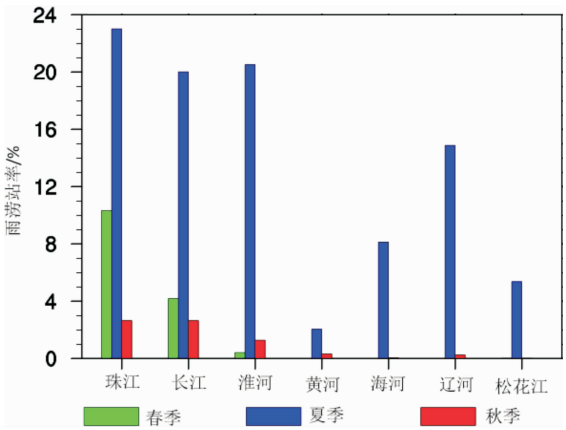


图 4 1961 – 2015 年平均七大流域春、夏和秋季雨涝站率

4 结论与讨论

本文利用全国高密度的气象台站观测的逐日降水资料,对我国更新时期的(至 2015 年)雨涝基本特征进行了分析,结果表明,我国主要的雨涝季节集中在夏季,这与我国的季风性大陆性气候特点密切相关,在区域上,华南沿海和海南等地秋季雨涝也较为频繁。同时根据同期农作物雨涝灾害统计数据,分析了其与中国大陆年雨涝站率的关系,两者具有较好的正相关,表明现行国家级业务单位采用的雨涝指标能较好地表征区域范围的雨涝影响变化,具有实际应用价值。

在分析流域雨涝特征时,发现长江、珠江、淮河流域年雨涝站频次较高,黄河流域最低。各流域近 50 多年的雨涝站率演变虽有趋势变化特征,

但总体而言，趋势变化特征不显著，这其中伴随更为明显的是年代际演变特征。

本文只是针对我国七大流域的总体雨涝程度、雨涝特征进行初步分析。实际上，流域的雨涝特征是极为复杂的，特别是阶段性，区域性特征，不仅与流域的气候状况有关，还与河流流经地区地形地貌特征密切联系，这些都值得下一步深入细致分析。

参考文献：

[1] 陈峪，高歌，任国玉，等. 中国十大流域近 40 多年降水量时空变化特征[J]. 自然资源学报，2005，20(5)：637－643.

[2] 陈峪，陈鲜艳，任国玉. 中国主要河流流域极端降水变化特征[J]. 气候变化研究进展，2010，6(4)：265－269.

[3] 任国玉，战云健，任玉玉，等. 中国大陆降水时空变异规律——I. 气候学特征[J]. 水科学进展，2015，26(3)：299－310.

[4] 刘敏，李书睿，倪国裕，等. 湖北省雨涝灾害的指标和时空分布特征[J]. 长江流域资源与环境，1995，4(2)：149－153.

[5] 沙万英，李克让，尹思明. 中国南部沿海地区雨涝灾害时空特征及趋势预测[J]. 自然灾害学报，1997，6 (1)：70－81.

[6] 王志伟，翟盘茂，唐红玉，等. 中国南方近半个世纪的雨涝变化特征[J]. 自然灾害学报，2005，14 (3)：56－60.

[7] 杨晓静，，左德鹏，徐宗学. 基于标准化降水指数的云南省近 55 年旱涝演变特征 [J]. 资源科学，2014，36(3)：473－480.

[8] 张勇，张强，叶殿秀，等. 1951－2006 年黄河和长江流域雨涝变化分析[J]，气候变化研究进展，2009，5(4)：226－230.

[9] 冯佩芝，李翠金，李小泉. 中国主要气象灾害分析(1951－1980 年)[M]. 北京：气象出版社，1985.

[10] 中国气象局. 中国灾害性天气气候图集[M]. 北京：气象出版社，2007.

[11] 国家气象信息中心. 中国国家级地面气象站基本气象要素日值数据集(V3.0)评估报告[M]. 北京：国家气象信息中心，2012.

[12] 郑景云，尹云鹤，李炳元. 中国气候区划新方案[J]. 地理学报，2010，65(1)：3－12.

[13] 许美玲，段旭，杞明辉，等. 云南省天气预报员手册[M]. 北京：气象出版社，2011.

[14] 肖潺，宇如聪，原韦华，等. 横断山脉中西部降水的季节演变特征[J]. 气象学报，2013，71(4)：643－651.

[15] LI Jian，YU Rucong，YUAN Weihua et al. Early spring dry spell in the southeastern margin of the Tibetan Plateau[J]. J Meteor Soc Japan，2011，89(1)：1－13.

[16] 肖潺，原韦华，李建，等. 南海秋雨气候特征分析[J]. 气候与环境研究，2013，18(6)：693－700.

[17] 陆文秀，刘丙军，陈俊凡，等. 近 50 年来珠江流域降水变化趋势分析[J]. 自然资源学报，2014，29(1)：80－90.

[18] 谢五三，王胜. 近 40 年淮河流域暴雨特征分析[J]. 暴雨灾害，2010，29(4)：377－380.

Temporal and Spatial Characteristics of Waterlogging over Mainland China

XIAO Chan[1]，YE Dianxiu[1] and CHEN Haoming[2]

(1. *Beijing Climate Center*，*China Meteorological Administration*，*Beijing* 100081，*China*；
2. *Chinese Academy of Meteorological Science*，*Beijing*100081，*China*)

Abstract：The characteristics of the waterlogging over mainland China are analyzed by using the daily station rain gauge data. The results show that waterlogging mainly occurs in summer over most regions of China，while often occurs in southern coastal area and Hainan province in autumn. Using the agricultural disaster statistics data，the waterlogging indexes are further accessed. A strong correlation is found between annual waterlogging station rate and annual floods affected crop area. This suggests that the waterlogging indexes have practical implications. Because the floods always bound up with river basin，the waterlogging and its change characteristics are also analyzed. Higher waterlogging station rate is found over river basins of Yangtze River，Pearl River and Huai River basin and the lowest is over Yellow river basin. The interdecadal variation of waterlogging is obvious，but the trend is not significant.

Key words：precipitation；waterlogging；temporal and spatial characteristics；variation features；affected area；river basin