

纪念 2005 年世界气象日

大气水资源与可持续发展^①

任国玉 高 歌

(中国气象局国家气候中心气候研究开放实验室, 北京 100081)

提 要

合理开发利用陆地淡水资源是保证社会经济可持续发展的重要条件。大气水资源决定了地表和地下水资源的数量与质量。我国大气水资源存在着明显的空间分布差异和时间变化特征,其年代以上时间尺度的变化尤其引人注目。开展系统的大气水资源普查和区划、监测和预测大气水资源的多尺度变化、加强相关组织和机构建设,可以为水资源规划和管理提供有力支持,促进社会经济可持续发展。

关键词: 大气水资源 气候 气候变化 可持续发展

今年世界气象日的主题是:天气、气候、水与可持续发展。这个主题反映了天气和气候在陆地水资源形成、演化过程中的关键作用,反映了天气和气候通过水资源对经济可持续发展的影响,同时也表明了世界气象组织对天气、气候与水资源和可持续发展之间联系的密切关注。

实现陆地淡水资源的可持续利用,支撑和保障社会经济的可持续发展,是世界各国共同面临的全球性紧迫任务,受到 WMO 及世界各国气象工作者的关注^[1-2]。进入 21 世纪,水资源的研究、规划、开发和管理对于发展中国家摆脱贫困、实现社会经济稳步发展尤其紧迫。我国北方和西部淡水资源短缺,全国 600 多座城市中多数供水不足,100 多座严重缺水。水资源短缺已经成为中国尤其是北方和西部地区可持续发展的严重制约因素。为实现我国经济社会的持续健康发展,迫切需要合理开发利用水资源。

陆地淡水资源由大气水、地表水和地下水三个部分组成。大气水包含大气中的水汽及其派生的液态水和固态水的总和。常见的

天气气候现象如云、雾、雨、雪、霜等是大气水的存在形式。降雨和降雪合称大气降水,是大气中的水汽向地表输送的主要方式和途径,也是陆地水资源最活跃、最易变的环节。大气降水是地表水和地下水的最终补给来源。海洋和陆地的蒸发是水循环中的关键环节,是大气水资源的基本来源。陆地上的大气降水和蒸发存在着明显的空间和时间变化规律。这种时空变化规律对于一个地区地表和地下水资源的分布和演化起着决定作用,也是一个地区气候条件形成的基本组成要素。

1 我国大气水资源的空间分布规律

据估计,中国大陆上空多年平均水汽输入总量约为 $18.2 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 输出总量约为 $15.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 每年净输入量约为 $2.4 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。但我国大气中水汽含量的空间分布十分不均匀。从平均情况看,我国大气中水汽含量随着纬度的增加而减少,随着地形的增高而减少,并且有明显的季节性变化。东南部地区水汽含量比西北部地区大。由于高原及其以南的山脉的阻挡,使得西北地区西部

^① 科技部“十五”科技攻关项目课题“全球与中国气候变化的检测和预测(2001BA611B-01)”和水利部“全国水资源综合规划”专题研究项目“气候变化对我国水资源情势的影响与对策”资助。

受夏季风影响很弱,大气中水汽含量最少。

我国的总云量总体上南方多于北方,东部地区多于西部地区^[4]。长江以南地区的年平均总云量都在60%以上,西南地区云量更多。我国川黔和藏南一江两河地区(雅鲁藏布江、年楚河、拉萨河)的多云中心常年存在,其中川黔地区为全国云量最多中心,年平均云量在80%以上,藏南一江两河地区的年平均云量在70%以上。天山山脉以北的北疆地区总云量也较多,年平均云量大约在60%左右。我国东北平原、西北、华北平原北部、内蒙古以及青藏高原西部和北部年平均总云量较少,都在60%以下,其中,青藏高原西部、南疆的塔里木盆地和内蒙古西部的阿拉善高原常年少云,年平均总云量都在50%以下,是全国云量最少的地区。

我国的大气降水量多年平均值与全球平均大体接近,但空间分布非常不均匀(图1)。我国大气降水量总的分布趋势是由东南沿海向西北内陆逐渐减少,等雨量线大致呈东北—西南走向。400mm年降水量等值线大体沿大兴安岭西麓南下,经通辽、张家口、大同、兰州、玉树至拉萨附近,将我国分成东西两大部分。此线以北和以西地区,年降水量一般比较匮乏,其中西北内陆地区干燥少雨,年降水量在200mm以下,地带性植被为草原和荒漠,雨量最少的柴达木盆地和塔里木盆地,年降水量不足50mm,成为世界上最少雨的地区之一^[4]。我国长江以北地区面积占国土面积60%以上,年平均降水量却不到全国的

20%;西北地区面积约占国土面积的36%,年平均降水量仅占全国的9.5%。

降水量分布的上述分布规律决定了我国自然条件和社会经济条件的地带性特点,是国家从宏观层次上建设生态区域、保护环境和发展经济的重要自然法则。我国北方尤其是西北地区水资源极度匮乏,成为阻碍当地社会经济可持续发展的一大瓶颈,是任何区域发展规划中不得不考虑的关键因子。北方水少,而南方水多,也是国家实行南水北调工程的基本依据。

2 我国大气水资源的时间变化特征

我国大气降水量的季节分配很不均匀,不同地区雨季差异明显^[4]。我国江南地区多春雨,每年3、4月份开始,江南两湖地区降水量明显增多,4月下旬开始,华南沿海春雨盛行,5~6月,雨区遍及江南各地;长江中、下游地区一般在6月中、下旬至7月上、中旬进入梅雨季节;北方的雨季一般出现在夏季7~8月,其中华北地区雨季降水量约占全年的70%;青藏高原的雨季是6~9月,雨季降水量约占全年的95%。我国大部分地区冬季降水量最少,其中东北、华北、黄土高原、青藏高原等地区的冬季降水量不足全年的5%。北方只有新疆阿尔泰山区和天山西段冬雪较多,降水量约占全年的20%左右。

我国的暴雨天气也具有明显的季节性,主要出现在夏季;暴雨的季节变化还存在着明显的集中期,而且集中期随地区而异,每年4月华南进入前汛期暴雨,6月中旬到7月上旬是长江中下游梅雨期暴雨,华北暴雨主要集中在7、8月份,8~10月间海南岛则会发生秋季暴雨。

由于北方地区降水多集中在生长季节里,降水集中程度远比世界同纬度地区高,形成明显的雨热同季现象^[5],使全年有限的降水发挥了更大的生态作用,有利于植物和作物的生长发育,对于生态建设和农业生产具有重要实际意义。降水量以及暴雨季节分配的地区差异对于我国其他经济活动和洪涝灾害防御工作也有重要影响。每年的5~9月是我国各大江河最容易发生洪水的时期,对防洪减灾工作带来巨大压力。

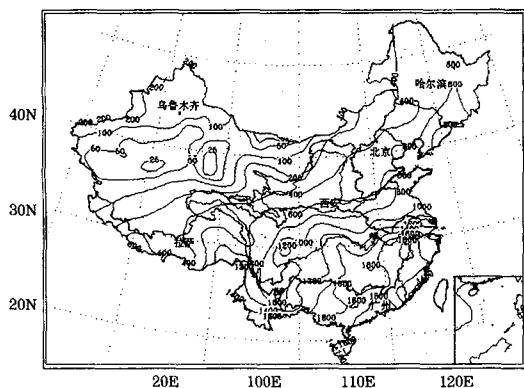


图1 中国年降水量分布(mm)
(1971~2000年平均)

我国大气降水的年际和年代际变率比较大,特别是华北地区和黄河中下游流域,年降水变率很大^[6],降水稳定性差(图2)。西北的盆地和荒漠地区年降水变率更大,但西北内陆山区的降水变率一般小于同纬度的东部地区,降水反而较为稳定。大气降水的变率大,再加上降水量季节分配不均,是我国旱涝灾害频繁出现的重要原因。

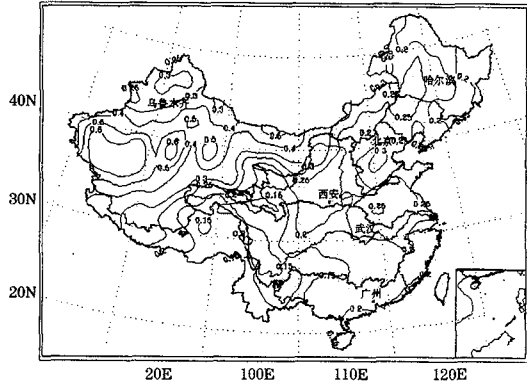


图2 中国年降水量变差系数分布(1971~2000年)

我国大气降水的多年代和长期趋势变化也十分明显^[7~11]。在过去的50年里,包括黄河流域和海、滦河流域在内的华北和东北南部地区年降水量呈现明显减少趋势,减少最明显的地区是山东半岛和辽东半岛等环渤海地区(图3)。华北地区的强降水日数也趋于减少,最长持续无降水日数则趋于增长。由于这种趋势变化,我国北方广大地区面临着严重干旱和缺水的威胁。另一方面,1950年代以来长江中下游地区和东南沿海地区降水量则呈上升趋势,极端强降水日数趋于增多,洪水发生频率不断增加^[8,12]。自20世纪90年代初以来,我国北旱南涝的局面尤其明显,防洪形势日趋严重^[13]。我国的西部,包括青藏高原和新疆大部分地区,近50年来降水量呈现明显增多趋势^[9]。西部大部分地区降水增多,特别是山区的降水趋于增多,对于我国西部经济开发和生态建设应该是一个好消息。

我国一些地区近100年期间甚至更长历史时期内降水量也经历了显著变化。近100年来我国东部地区年降水量略有减少,其中华北北部、东北地区 and 关中地区减少趋势比

较明显,而华北南部和华南地区呈增加趋势。我国西北近100年来的降水也呈现增加趋势。

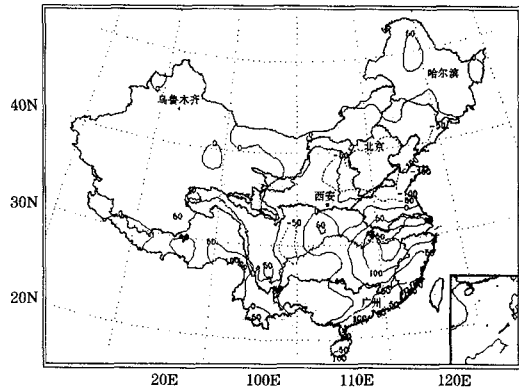


图3 中国年降水量变化趋势空间特征
(1980~2000年与1956~1979年年降水量之差)

此外,近50年我国大部分地区的日照时间、水面蒸发量、平均风速和总云量都经历了显著的下降过程,这种下降主要发生在20世纪70年代中期以后。日照时间减少最明显的地区是我国东部,特别是华北和华东地区;水面蒸发量下降最明显的地区也在华北、华东和西北地区;风速减少最明显的地区出现在我国西北;总云量减少在内蒙古中西部、东北东部、华北大部以及我国西部个别地点最为显著^[14]。近50年我国平均最大积雪深度呈一定程度增加趋势。这些气候要素变化,特别是水面蒸发量、云量和积雪的变化,对于水资源规划和管理同样具有重要意义,值得密切关注。

3 结论和建议

大气水资源是决定地表和地下水资源数量与质量的主要控制因子。我国大气水资源既存在明显的空间分布差异,也遵循着各种时间尺度的时间变化规律。这种时空异质性特征对水资源规划和管理提出了严峻挑战。应对这种挑战需要开展系统的大气水资源普查和区划,监测和预测大气水资源的多尺度变化,加强相关组织和机构建设,为促进可持续发展保驾护航。

在过去的半个世纪,我国对于大气水资源空间分布特征进行了广泛调查,获得了大量成果。但由于观测资料和分析工具的限

制,这种调查不论从广度还是深度上看都还是不够的,急需开展新的普查工作,并在此基础上开展我国大气水资源区划工作。大气水资源普查和区域工作的必要性也源自明显的气候变化事实,它使得过去对我国大气水资源空间分布规律的认识显然已经落后了。

大气水资源的时间演化可能同人类活动引起的气候变化有关^[15],也可能是东亚季风系统自然振荡的结果。中国未来的气候仍将发生变化,大气水资源特别是大气降水的变化不可避免^[15~17]。这些变化将直接关系到我国21世纪水资源的开发、利用和管理,关系到国家可持续发展^[18]。今后也需要对我国大气水资源变化进行系统监测和科学研究,预测、预估不同时间尺度降水和蒸发等气候要素的趋势,为国家水资源规划和管理提供科技支持。

致谢:作者感谢翟盘茂、姚展予、郭军、陈峪、张莉提供部分材料。

参考文献

- 1 章淹. 气象与水文工作为减免自然灾害而努力. 气象, 1990, 16(3): 31~35.
- 2 丁一汇, 张锦, 宋亚芳. 天气、气候极端事件的变化及其与气候变暖的联系. 气象, 2002, 29(3): 3~7.
- 3 信息时代的天气、水和气候. 气象, 2003, 30(3): 3~16.
- 4 张家诚. 中国气候总论. 北京: 气象出版社, 1991.
- 5 任国玉. 一个表示降水年内分配的新方法. 中国农业气象, 1988, 9(4): 1~4.
- 6 叶笃正, 黄荣辉. 黄河长江流域旱涝规律和成因研究. 济南: 山东科学技术出版社, 1996. 1~53; 366~371.
- 7 翟盘茂, 任福民等. 中国降水极端值变化趋势检测. 气象学报, 1999, 57(2): 208~216.
- 8 任国玉, 吴虹, 陈正洪. 中国降水变化趋势的空间特征. 应用气象学报, 2000, 11(3): 322~330.
- 9 王绍武, 董光荣. 中国西部环境特征及其演变. 秦大河主编, 中国西部环境演变评估(第一卷). 北京: 科学出版社, 2002. 29~70.
- 10 钱维宏, 陈德亮, 林祥等. 全球变化下的中国区域气温-降水趋势. 气候变化通讯, 2004, 3(3): 8~9.
- 11 高歌, 李维京, 张强. 华北地区气候变化对水资源的影响及2003年水资源预评估. 气象, 2003, 29(8): 26~30.
- 12 Zhai Panmao, Zhang Xuebin, Wan Hui et al. Trends in Total Precipitation and Frequency of Daily Precipitation Extremes over China, J. Climat, 2005(in press).
- 13 国家气候中心. '98中国大洪水与气候异常. 北京: 气象出版社, 1998.
- 14 王伯民, 刘小宁, 王颖等. 中国云分布研究. 北京: 课题技术报告, 2004.
- 15 Houghton, J. T., Ding, Y. H., et al., Eds. Climate Change 2001: The Scientific Basis (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2001), 2001. 896.
- 16 秦大河, 丁一汇, 苏纪兰主编. 中国气候与环境演变(上卷). 北京: 科学出版社, (印刷中).
- 17 McCarthy, J., O. F. Canzian, N. Leary, et al. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2001), 2001. 1050.
- 18 中国水利规划设计总院. 全国水资源综合规划水资源调查评价. 北京: 全国水资源综合规划系列成果之一, 2004.

Atmospheric Water Resource and Sustainable Development

Ren Guoyu Gao Ge

(Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, CMA, Beijing 100081)

Abstract

Rational use of terrestrial water resource can guarantee the sustainable development of regional society and economy. The quality and quantity of terrestrial water resource are in large extent determined by atmospheric water resource, which consists of atmospheric moisture, clouds, fog and atmospheric precipitation. Evident spatial-temporal variation exists in atmospheric water resource, and the decadal and centennial change of atmospheric water resource is attracting more attention from scientific community. In order to provide sufficient support for regional planning and management of water resource, climatologists should focus more on investigation of atmospheric water resource, monitoring and prediction of atmospheric water resource and invention of institutions in the coming decade.

Key Words: atmospheric water resource climate climate change sustainable development