

过去 4000 年中国降水与森林变化的数量关系

樊宝敏*, 李智勇

(中国林业科学研究院林业科技信息研究所, 北京 100091)

摘要: 历史时期陆地森林覆被的变化是影响气候变化的重要因素。通过应用历史回推、理论推导和统计分析方法, 研究了过去 4000a 中国降水与森林变化的数量关系。结果表明: 近 4000a 来全国年均降水量由 918mm, 下降为 20 世纪 70—80 年代的 612mm, 再提高到 21 世纪初的 628mm。全国森林厚度约由 9.38mm, 减少到 20 世纪 70 年代的 1.03mm, 再恢复到 21 世纪初的 1.58mm。由于森林相对农田、草原、城市等土地利用类型具有更强大的蒸散作用, 加之中国东南季风的特殊气候动力条件, 致使中国的森林对降水有重要影响。森林厚度每变化 1mm, 则影响降水变化 37mm。中国 20 世纪 70—90 年代出现的罗布泊干涸、青海湖水位降至历史低点、黄河断流、土地沙漠化扩大等气候干旱现象不是偶然的, 从大尺度上说, 是我国近 4000a 来森林资源破坏达于极点而导致气候干旱化达于极点的必然结果。历史上森林破坏时空上的不均匀性可能导致了气候变化的阶段性和突变, 280—1230 年, 受人口南迁和人口数量增长的影响, 中国南方亚热带和热带森林受到大规模破坏, 致使在此期间中国气候表现为持续干旱化。可见我国南方森林影响全国尤其是北方气候变化的作用值得重视。治理中国北方地区的沙漠化在根本上要靠森林资源的增加, 不仅要提高森林覆盖率, 更要增加森林厚度。中国土地沙漠化加剧的主要原因在于气候的干旱化, 而气候干旱化的主要原因则是中国森林资源的减少。在未来, 只要中国森林的厚度增加了, 全国年均降水量就会增加起来, 中国的沙漠化就会得到治理, 西北地区大面积土地的生产潜力就会逐渐得到挖掘和发挥。

关键词: 降水; 森林; 数量关系; 中国

Quantitative relationship between precipitation and forest changes in the past 4000 years in China

FAN Baomin*, LI Zhiyong

Research Institute of Forestry Policy and Information, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

Abstract: The changes in terrestrial forest vegetation at different historic periods are an important factor related to climate change. With forest thickness as the indicator to measure the change in forest vegetation, the paper studied the quantitative relationship between forest changes and precipitation in the past 4000 years in China by historical data deduction, theoretical derivation and statistical analyses. The results showed that in the past 4000 years the average annual precipitation in China had decreased from 918mm to 612mm in the 1970s—1980s, and then increased to 628mm in the early 21st century, while the forest thickness had decreased from 9.38mm to 1.03mm in the 1970s, and then rose to 1.58 mm at the beginning of the 21st century. As forests have a stronger evapotranspiration capacity compared with other land uses such as farmland, grassland and urban land, and China is located in the area under the special southeast monsoon climate at that, it may be concluded that the forests in China have imposed great impact on precipitation change. Generally, every 1mm change in forest thickness can lead to 37mm change in precipitation. In such sense, the frequent droughts in the 1970s—1990s did not occur by chance, e. g. Luobu Lake dried up, the historically lowest water level appeared at Qinhai Lake, the Yellow River has saw zero water flow for 22 times, more severe land desertification, etc. At a large scale, these drought can be regarded as necessary results since the extreme forest destruction in the past 4000 years has triggered the climate change and finally the aridification. The heterogeneity of deforestation in temporal and spatial

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项资助项目(200804001;200904005)

收稿日期: 2009-09-28; **修订日期:** 2010-05-24

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: fanbm@caf.ac.cn

dimension in history may lead to the phase-based occurrence and mutation of climate change. Between the years of 280 DC — 1230 DC, the subtropical and tropical forests in the southern part of China had suffered from the large-scale destruction as a result of population migration to the south and demographic growth, and then there appeared a continuous aridification. This example demonstrates that much more attention should be paid to the impact of forests in southern China on climate change in the whole country, especially in the northern part. Aridification has resulted from the decline of forest vegetation, while it is a major factor to worsen land desertification in China. Therefore, to combat the desertification in northern China, it is necessary to vigorously increase forest resources in terms of both the forest coverage and the forest thickness. It is expected that in the future, as long as the forest thickness increases, the average precipitation per year will rise, the desertification in China will be controlled, and the production potential of large-area land in northwestern China will be tapped and developed gradually.

Key Words: precipitation; forest; quantitative relationship; China

关于中国降水与森林之间的关系问题,在学术界已经讨论了长达一个多世纪,然而仍悬而未决。之所以有如此大的争议,是因为在许多学者看来影响降水的因子很多,这个问题解决起来十分复杂。此问题对于正确认识森林在中国可持续发展中的作用十分重要,能否作出科学的回答,将会影响中国林业乃至经济社会的长远发展。中国历史悠久,文献丰富,有条件从数千年长跨度的历史视角研究气候(包括温度、降水等)变化与森林变迁的相互关系。目前,对中国历史时期气候变化^[1-3]、森林变化^[4-11]的研究都已取得不少进展,对现代中国森林资源和降水情况也通过连续的调查和观测积累了较长期和系统的数据,关于森林与降水关系^[12-17]的研究也取得不少重要成果,这就为进一步研究它们间的关系提供了基础资料和可能性。与 1981—1982 年黄秉维^[18-22]在《地理知识》等期刊上谈论森林的作用时相比,27a 后的今天所掌握的关于森林和降水的资料以及成果更加丰富。

1 研究资料与方法

1.1 资料来源

研究中国过去 4000a 降水与森林的关系,主要依据三方面的资料:考古资料、历史文献资料 and 现代研究成果。夏代(公元前 2070—前 1600 年)是中国历史上的第 1 个朝代,它主要是传说的时代,没有留下文字记载,对这段时期的研究主要依据已取得的考古资料和成果,当然考古成果也可应用于其他时期。我国有文字记载的历史始于商代(公元前 1600—前 1046 年),此后历史文献逐渐积累,记载也越来越详细,因此历史文献资料就成为研究的重要依据。关于历史时期气候变化、森林变迁、降水与森林的关系问题,现代已取得不少研究成果,也是人们进一步研究的基础资料。

降水数据和资料。古代降水资料主要参考施雅风等^[23-24]、张丕远^[2-3]、王铮等^[25]的研究成果,并且结合竺可桢^[1]、樊宝敏等以往关于森林生态变迁^[11,26]、竹类历史分布区的变迁^[27]的有关成果进行估算。现代降水资料,主要来自中央气象局全国地面气象观测数据^[28],并参考张丕远^[3]、许秀娟等^[29]、左洪超等^[30]研究成果。

森林资源数据和资料。古代森林资源资料主要来自樊宝敏等“中国历代森林覆盖率的探讨”一文的估算^[31],还参考了凌大燮^[4]、赵冈^[7]、马忠良等^[8]、陈嵘^[5]、张钧成^[6]、熊大桐^[9]的研究成果。现代森林资源数据,主要来自林业部门组织的第一次至第七次全国森林资源清查数据^[32-35]。

1.2 研究方法

以全国和 4000a 的降水和森林作为研究对象,做超大尺度研究。为克服黄秉维^[22]提出的“要设计足以确切证明森林致雨的试验研究,有几乎不能克服的困难”的困难,必须将中国近 4000a 所发生的地表覆被与气候变迁作为一次大的实验过程。在这个过程中,人类活动充当了地表和生态变迁的重要驱动力。本研究对象的范围采用了超大尺度,空间上为中国国土 960 万 km²的地域范围,时间上为中国人类活动最活跃的近 4000a

的历史区间,以千年变化为尺度。借助历史文献、考古资料和研究成果,研究全国范围近 4000a 整体的降水和森林资源数量变化,统计分析两者的变化规律及其相互关系。

用全国年平均降水量反映全国的降水状况。以历史时期典型地区的降水状况推算全国的降水变化。据全国年平均降水量值,在地图上可绘出一条与全国平均值相同的等降水线(其中在线的中心可得到与全国平均值相等的中心点),位于这条线上的地区、或靠近中心点的地区就是典型地区。这条线就是现代 648mm 的等降水线,它通过西安、北京两地,而中心点就是西安市。因此,选取北京、西安两市为代表,考察它们过去 4000a 间降水变化,可大致了解中国历史降水变化情况。由于青海湖所处的特殊地理位置,它也是反映全国历史降水变化趋势的较为理想的地点,虽然此地的降水量低于全国平均水平。竹、梅、桑、云杉、象、竹鼠等生物分布区的变迁也能反映降水的变化。

用森林厚度衡量全国森林资源变化。由于森林覆盖率指标只能反映一个地区森林的面积和相对数量,在评价森林资源丰富程度方面存在局限性。传统评价森林质量的指标——森林单位面积蓄积量,主要从森林本身来体现的。为了反映一个国家或地区森林资源多寡的真实情况,特提出森林厚度的指标^[36],它是指一个国家或地区森林和树木活立木总蓄积量除以扣除湿地后的国土面积所得的商,计量单位用 mm。我国现代的森林厚度可以准确计算出来,古代的森林厚度也可根据已取得的研究成果进行估算。例如,据第七次全国森林资源清查^[35],我国的活立木总蓄积为 145.54 亿 m^3 ,我国扣除湿地后的国土面积为 921.78 万 km^2 ,由此两者相除可计算出我国目前的森林厚度为 1.58mm。至于近 4000a 某历史时期的森林厚度则需要进行科学估算。先是对当时的森林覆盖率进行估算^[31]。然后在考虑到古代森林质量与今日相比应该比较高的情况下,再估算当时的活立木总蓄积,进而得到某时期的森林厚度。例如,清初(1644 年)森林覆盖率估算值为 21%,与今日森林覆盖率 20.36% 很接近,但由于森林质量高,若按高出今日 0.8 倍计,因目前单位覆盖率蓄积为 7.15 亿 m^3 ,则清初单位覆盖率蓄积为 12.86 亿 m^3 ,故清初活立木总蓄积为 270 亿 m^3 ,则算得森林厚度为 2.93mm。同理,可估算出其他时期的森林厚度。

这样以来,中国近 4000a 森林与降水的关系就变成全国森林厚度与降水量、mm 与 mm 的关系,进而使定量地研究两者的关系成为可能和简单化。

2 结果与分析

2.1 过去 4000a 中国的降水变化

施雅风等^[24]研究了中国全新世大暖期鼎盛阶段(7.2—6.0kaBP)的气候与环境指出,根据植被带的变动,大暖期中国的降水较现代丰沛。在内蒙古中东部降水量比今多 100mm;岱海降水高于现代 40%,达到年 600mm;白洋淀降水高于现代 450mm;青海湖年降水 600—650mm,高于现代 70%—80%;鄂尔多斯地区年降水 250—650mm,而现代为 200—450mm。梁幼林等研究^[37]认为 5000aBP 郟城全年降水量要较今高出(460 ± 140)mm。山西省襄汾县陶寺村的建筑基址,被有的学者认为是五帝时代的尧都,据放射性碳素断代,其年代约在公元前 2500—前 1900 年,考古发现有竹鼠遗骸^[38]。竹鼠是亚热带动物,今天分布于江南多竹地区。据此推算,4000aBP 全国平均降水量约高出现代(按年均 612mm 计算)50%,即达到 918mm。

施雅风等^[23]研究指出,4—3kaBP 气候仍然比较暖湿。4kaBP 左右,甘肃齐家文化遗址出现降温和变干,东部出现大洪水灾害。传说大禹治水,组织人民与自然灾害顽强斗争取得巨大成功。现存于南方热带的亚洲象(*Elephas maximus*)尚能生存在 41°N 的河北阳原。许多地区的孢粉资料表明,大暖期的植物特征一直保留到 3kaBP 后才逐渐衰退。据此推算,3000aBP 全国平均降水量约高出现代 40%,即达到 857mm。

在 3kaBP 左右,商末周初时期,气候开始转冷变干。据研究,3—2kaBP 的气候比现在要温暖^[1]。尽管这段时期相对全新世最温暖时期的气候环境开始变得相对寒冷干旱,但总的气候状况仍比现在温暖湿润。竹类对年均温度、极端最低温度、降水量、土壤水分都有较高的要求。如毛竹要求的年均气温为 14—21 °C,1 月份平均气温 1—8 °C,极端最低气温 -14—-16 °C,年降水量 800—1 900 mm。竹类分布区的变化是气候变化的重要证据。在反映黄河流域情况的先秦古籍中经常提到竹子。据研究^[27],春秋战国时期,黄河以北的淇河两

岸(今河南淇县)盛产竹子。韩国(今河北固安县东南)已把笋作为食品。齐国(今山东)临淄一带多竹。山东汶河流域产竹子。西汉时期,陕西关中地区有大面积竹林。河南省黄河以北的地方也有成片的竹子,而且可能是比较大的毛竹(*Phyllostachys pubescens*)。秦汉时期,西安一带河流交错,素有“八水绕长安”之说。司马相如在《上林赋》中赞叹道:“荡荡兮,八川分流”。有学者推算^[39],全新世最温暖的时期,陕西年均降水量比现在高出 250 mm 左右,秦汉时期,平均年降水量仍比现在高出 50—100 mm 左右。据推算,2000aBP 全国平均降水量约高出现代 32%,即达到 808mm。

王铮等对近 2000a 的降水变化作了定量分析,研究得出了中国湿润曲线(图 1),发现在近 2000a 中,中国总的趋势是在变干,降水在减少,在 280 年之前,气候以湿润类型为主;280—1230 年气候由湿润向干旱转变;1230 年之后,气候稳定在较干旱的水平上^[3]。

其实,从 1230 年以来,中国降水仍然在减少。据研究,1730—1991 年间,以北京、天津、保定、太原、郑州、开封、南阳 7 个站点为代表的华北地区,气候越来越趋向干旱化,降水变化表现为波动式减少^[3]。1000aBP 全国平均降水量约高出现代 20%,达到 734mm。300aBP 全国平均降水量约高出现代 10%,达到 673mm。

研究 1951—2000 年间全国降水变化发现,全国平均降水量在 20 世纪 70 年代减小到极小值点,从 70 年代到 2000 年间没有明显的变化趋势^[30,40]。20 世纪 70—90 年代,全国年均降水量为 612mm。1951—1999 年,我国北方大部分地区降水量减少,气候干旱化加剧^[41]。黄河流域降水量的减少,作为重要原因导致了黄河下游 1972—1999 年有 21a 出现断流,累计 1092d。20 世纪 70、80、90 年代的断流天数分别为 86、105、901d;平均断流河长分别达 242、256、392km;入海年径流量分别为 575、313、284 亿 m^3 ^[42]。90 年代断流程度严重与中下游地区引水量加大有重要关系。

现代中国的年均降水量为 $6.2 \times 10^{12} m^3$ ^[43],相当于 648 mm。2008 年全国平均降水量为 649.8mm,比常年同期偏多 38.1mm,为 1999 年以来同期最大值。

湖泊作为降水和有效降水的历史和现代记录,能反映出气候变化的时空特征。气候干旱化所导致的湖泊水位下降和面积萎缩,已经在很大范围内显现。自汉唐以来,鄂尔多斯高原上的许多湖泊沼泽逐步干涸消失^[44]。根据历史资料和专家的考证,在远古时期,淮河以北太行山以东地区,到处都有湖泊,大小相杂,数以百计,而现今湖泊变小或消失。西北地区的干旱化表现得更明显。如,罗布泊历史时期最大水域达 5 000km²以上。20 世纪 60 年代因塔里木河下游断流,罗布泊渐渐干涸,1972 年底彻底干涸^[45]。我国青海湖水位自汉代以来大约下降了 100m。在过去 500a 曾有过较大的升降波动,但出现直线式下降趋势却是在近百年,特别是 1908—1986 年下降了约 11 m,湖面缩小了 676 km²。然而自 2004 年以来,青海湖水体面积持续增长。2008 年 6 月至 7 月中旬,由于青海湖周边地区降水较往年偏多 13%,使青海湖水体面积较 2004 年同期增加了 131.69 km²^[46]。这是近年来全国的平均降水量在增长的信号。

综合现有关于过去 4000a 来降水变化的资料,可以估算我国历史时期的降水变化趋势(图 2)。

2.2 过去 4000a 中国森林资源的变化

中国历史上曾经是一个多林的国家,这已经得到学术界的广泛承认。关于历史不同时期的森林资源数量,有许多学者开展过研究。据凌大燮^[4]的推算,公元前 2700 年我国森林覆盖率为 49.6%。赵冈^[7]推算远古时期我国森林覆盖率至少为 56%。马忠良等^[8]推算,在公元前 2000 年的原始社会,全国森林覆盖率高达 64%。

在已有研究成果的基础上,樊宝敏等^[31]运用历史文献分析和回推法,估算了中国历代的森林覆盖率,结

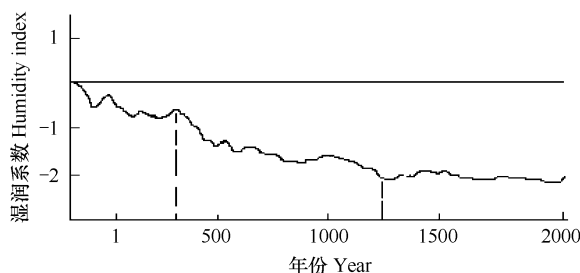


图 1 近 2000a 中国湿润状况变化^[3]

Fig. 1 Change of humidity status in near 2000a in China

论为:在 4079aBP 夏代建立时的森林覆盖率约为 60%。随着历史的发展,人口不断增长,受火猎、开垦、薪炭、建筑、战争等人为因素的影响,森林资源日趋减少。到 2200aBP 的战国末期森林覆盖率降为 46%,到 1100aBP 的唐代约为 33%,到 600aBP 的元代为 26%,到 160aBP 后约降为 17%,到新中国成立前夕降为 12.5%。新中国成立后,大力开展人工造林,森林覆盖率有所增长,到 2004—2008 年达 20.36%,但森林资源的质量却仍然较差。历史时期森林覆盖率和人口变化趋势见图 3。

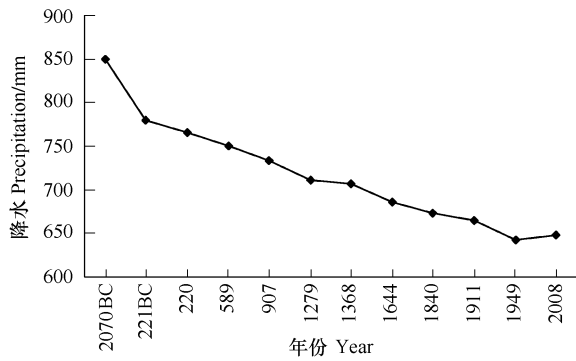


图 2 近 4000a 中国降水变化趋势
Fig. 2 Precipitation change since 4000aBP in China

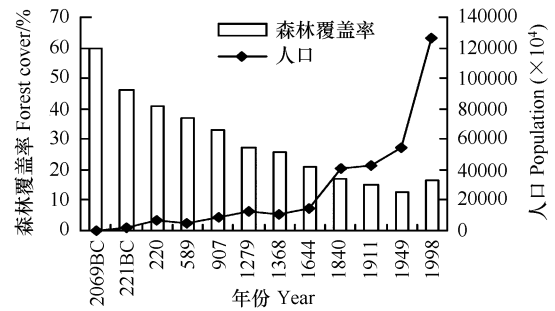


图 3 中国历代森林覆盖率和人口变化
Fig. 3 Changing of forest cover and population in history

中国的森林资源主要分布于湿润和半湿润地区,大致在年降水量 400mm 等值线以东以南地区。当然这条线古今是不同的。在今天,400mm 等降水线在漠河-大兴安岭-吕梁山-六盘山-青藏高原东南缘一线。此线以西多为草原和荒漠,仅在新疆阿尔泰山和天山山脉大于 300mm 与 400mm 等降水线的高山区有少量的森林。

我国各个历史时期,由于人口、战争、政治、经济和社会发展的不平衡性,森林资源受到破坏的程度在时间上是不均匀的。通常是当人口增殖、社会稳定、经济发展时,则森林受到破坏的程度就严重。当发生战争、天灾之后人口锐减时,则森林容易得到恢复。同时,由于人口、政治中心和活动区域的变化,森林资源受破坏的地区也有很大变化。在 4000a 的历史时期,前 2000a,森林破坏的地区大部集中在黄河流域;后 2000a,毁林地区逐渐扩展到长江流域,再到华南、东北和西南诸偏远地区,最后则是遍布全国所有林区。

通过计算和估算,新中国成立以来全国的森林厚度变化、过去 4000a 间森林厚度变化情况见表 1,图 4。由表 1、图 4 可知,在过去 4000a 间,中国的森林厚度总体上一直在降低,大约由夏代初(公元前 2070 年)的 9.38 mm 左右,降到新中国成立时(1949 年)的 1.26 mm。在此 4020a 间,森林厚度共减少了 8.12 mm,即平均每年减少约 2 μm 。汉代之前,森林厚度处于 6 mm 以上;魏晋至明代中期,处于 6—3 mm 之间;明末至今,处在不足 3 mm 的水平。

表 1 新中国不同时期的森林厚度
Table 1 Forest thickness during 1949—2008 in China

时期 Year	森林覆盖率 Forest coverage/%	活立木蓄积量 Total stocking wood/($\times 10^8 \text{ m}^3$)	森林厚度 Forest thickness/mm
1949	12.5	116.00	1.26
1950—1962	11.8	110.24	1.20
1973—1976	12.7	95.32	1.03
1977—1981	12.0	102.61	1.11
1984—1988	12.98	105.72	1.15
1989—1993	13.92	117.85	1.28
1994—1998	16.55	124.90	1.35
1998—2003	18.21	136.20	1.48
2004—2008	20.36	145.54	1.58

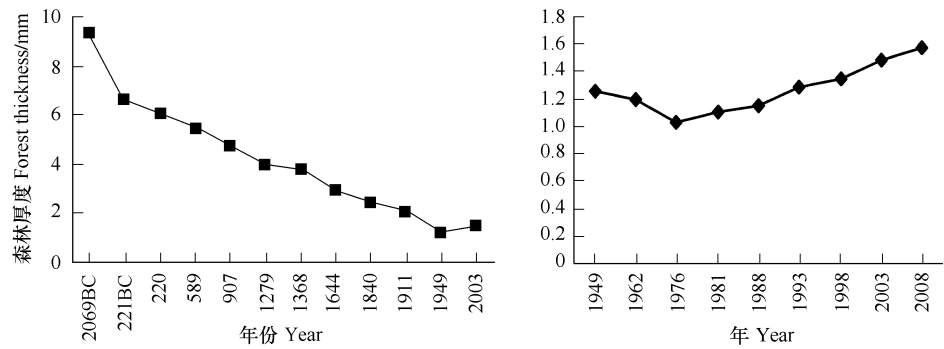


图 4 中国历史上森林厚度的变化趋势
Fig. 4 Changing trend of forest thickness in China

新中国成立以来的 60a 间,森林资源总量处于较低水平,森林厚度处于 1.03—1.58mm 范围,其间也有变化(表 1),建国之初为 1.26mm,之后不断降低,20 世纪 70 年代降至 1.03mm 的极小值,此后缓慢增长,2004—2008 年达到 1.58mm。

2.3 中国降水与森林的数量关系

由上述分析,可得到过去 4000a 中国降水与森林变化结果(表 2,图 5)。

表 2 过去 4000a 中国降水与森林变化情况估算
Table 2 Estimated changing of precipitation and forest during past 4000 years in China

时期 Stage	年均降水量 Annual mean precipitation /mm	森林覆盖率 Forest coverage/%	森林厚度 Forest thickness/mm
夏代之前 (1.8M aBP—2070BC)	980—918	64—60	11.07—9.38
夏代至战国 (2069BC—221BC)	918—818	60—46	9.38—6.65
秦汉 (221BC—220)	818—798	46—41	6.65—6.10
魏晋南北朝 (220—589)	798—775	41—37	6.10—5.47
隋唐 (589—907)	775—751	37—33	5.47—4.81
五代辽宋金夏 (907—1279)	751—719	33—27	4.81—3.94
元 (1279—1368)	719—713	27—26	3.94—3.78
明 (1368—1644)	713—682	26—21	3.78—2.93
清前期 (1644—1840)	682—664	21—17	2.93—2.44
清后期 (1840—1911)	664—653	17—15	2.44—2.15
民国 (1911—1949)	653—620	15—12.5	2.15—1.26
新中国 (1949—2008)	620—650	12.5—20.36	1.26—1.58

由分析可知,过去 4000a 中国森林变化和降水变化表现出高度的同步性。公元前 2070 年至 20 世纪 70 年代,森林资源逐渐减少,全国降水量逐渐降低;20 世纪 70—90 年代森林资源达于有史以来的最少值,同样气候的干旱化也达于最严重,全国平均降水量达于极小值;从 1987 年国家实施森林采伐限额制度以来,森林面积和蓄积出现双增长,全国降水量也逐步提高,黄河 1999 年之后不再断流,青海湖水位 2004 年之后不仅不再下降,而且逐年上升。我国的沙漠化也由扩张表现为不断退缩。1998—2003 年间,监测区沙化土地面积年均减少 4.26%—5.34%^[47]。

因此,过去 4000a 中国降水和森林之间的变化关系,可表达为图 6。

由图 6 可见,(1)即使中国没有森林,中国仍然会有平均约 570mm 左右的降水。然而,这种情况下 400mm 等降水线要比现今的情况偏东南约 50mm 的等降水线距离。干旱地区的范围会扩展,沙漠化将会加剧。(2)现代森林对降水的贡献约为 58mm,占总降水量的 9%。(3)森林厚度每增加 1mm,降水将增

加 37mm。

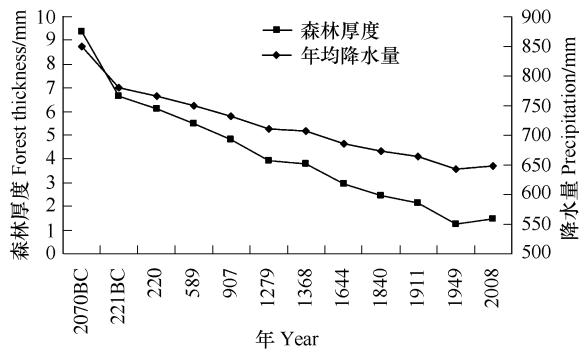


图5 中国历史时期降水与森林变化趋势

Fig. 5 Trends of precipitation and forest changing in Chinese historic periods

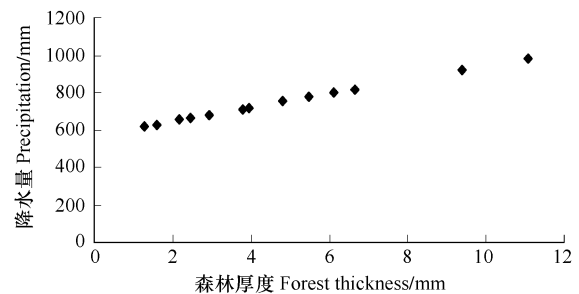


图6 中国降水与森林关系

Fig. 6 The relationship of precipitation and in China

那么,对于中国而言,森林影响降水的机理何在呢?

需要说明的是,森林影响降水的机理,可能是个“黑箱”,或许只能认识其中一部分。但是这并不妨碍总结两者的关系,只要认识到每当森林遭受大规模破坏(不管是自然还是人为原因)时,降水就会减少;相反,不管什么原因(或者由于人类的培育,或者由于自然力的恢复)森林得到了大面积的繁育时,降水就会增加。这就说明两者具有密切的因果关系,就足以利用这一规律为人类改善自己的生存环境服务了。当然人们会尽可能去探求这其中的奥秘,使黑箱逐步变为灰箱。

为此,樊宝敏等^[48-49]曾撰文解释中国森林影响降水的奥秘。核心观点为:中国以 400 mm 等降水线划分为东南半壁和西北半壁。森林主要分布于降水多于 400mm 的东南半壁,沙漠或沙地则主要分布在西北半壁的干旱地区。森林具有强大的蒸散作用,其蒸发力通常大于其他类型土地^①,中国东南半壁的森林数量(质量)会影响天空中的云的数量。东南半壁上空的云在春夏时节东南季风的作用下,会飘移到西北半壁上空并伴随着地形的抬升形成降水(雨、雪等)。即:东南半壁森林愈茂盛则西北半壁降水愈充沛,相反则导致西北半壁气候干旱化。中国历史事实表明,人类活动引起东南半壁森林破坏导致了西北半壁降水减少、气候干旱、沙漠扩张。同样,20 世纪 80 年代以来的森林恢复也正在促使气候逐渐由干旱向湿润化转变。

3 结论与讨论

3.1 中国森林对降水的影响

许多观测和理论研究表明^[50-53],陆地表面森林覆被的变化是影响气候变化的重要因素。通过对过去 4000a 来中国森林与降水变化的分析,可以发现,森林影响降水的程度,大体上为森林厚度每增加或减少 1mm,则影响降水增加或减少 37mm。相当于每增加 92.2 亿 m^3 的森林蓄积量^②,则降水量增加 3537 亿 m^3 (相当于 20 世纪 70 年代黄河年入海径流量的 6.1 倍),相当于现代降水量(612mm)的 6%。可见,中国近 40a 来出现的黄河断流、青海湖水面的下降、罗布泊的干涸、沙漠化的加剧不是偶然的,都与森林资源的减少有着密切的关系。从大尺度上说,20 世纪 70—90 年代,是我国近 4000a 来气候干旱化的极点,降水量的最低谷,是森林资源严重匮乏的必然结果。主要表现在:(1)1972 年罗布泊彻底干涸;(2)20 世纪 70 年代以来,黄河出现历史上少有的断流,在短短的几十年里,黄河入海径流总量锐减了一多半。进入 90 年代之后,断流现象更为

① 据研究^[13],森林的总蒸散量与湖泊等自由水面的蒸发量几乎相同,且通常大于灌丛、草地和农田;更大于城市地区的蒸发量;

② 中国目前林分平均单位面积蓄积量为 $84.73 m^3/hm^2$,是世界平均水平的 74%,而世界林业先进国家,如德国达 $268 m^3/hm^2$,奥地利 $295 m^3/hm^2$,匈牙利 $380 m^3/hm^2$,日本 $171 m^3/hm^2$ 。俄罗斯也超过 $100 m^3/hm^2$ 。若按 $100 m^3/hm^2$ 计算,中国 1mm 的森林厚度相当于 0.92 亿 hm^2 森林,或森林覆盖率 9.6 个百分点。若按 $150 m^3/hm^2$ 计算,则 1mm 的森林厚度相当于 0.61 亿 hm^2 森林,或森林覆盖率 6.4 个百分点

严重。(3)根据国家统计局资料,1950—1995 年的旱灾每 10a 平均的年成灾面积,20 世纪 90 年代比 50 年代干旱增加了 4 倍^[13];(4)全国沙漠化面积呈逐年扩大的趋势。在 20 世纪 50 年代到 70 年代沙化面积每年只扩大 1560 km²;80 年代平均每年扩大 2100 km²;90 年代发展到每年扩大 2460 km²,相当于每年损失一个中等县的土地面积;(5)沙尘暴为害加剧。据统计 20 世纪 50 年代至世纪末造成重大损失的有 70 多次,其中 50 年代发生 5 次;60 年代发生 8 次;70 年代发生 13 次;80 年代发生 19 次;90 年代发生 23 次。此外,国内 20 世纪 80 年代所发生的一场关于森林作用的大论战^[18,19-21,54],从时间上说也并非偶然,体现了我国气候不断干旱化所引发的学术界的一场深刻反思。

3.2 我国南方森林对气候变化的重要作用

历史上森林破坏时空上的不均匀性可能导致了气候变化的阶段性和突变。张丕远等^[2]研究发现,中国近 2000a 来的气候演变表现出阶段性特征,280—1230 年间中国气候迅速变干。气候变化的阶段性和突变除了太阳活动的因素之外,可能与该时期森林破坏时空上的不均匀性有关。在历史上,由于受人口增长和人类活动的影响,森林资源不断减少。公元 280 年之前,森林资源比较丰富,森林减少的速度相对缓慢,同时森林受破坏的区域主要集中在秦岭和淮河以北的北方地区。在 280—1230 年间,森林资源减少的速度加快,森林覆盖率大约由 40% 减少到 27%,森林厚度也大约由 6mm 下降到 4mm 左右,与以往不同的是我国南方亚热带和热带森林资源受到大规模破坏,致使气候突变、出现持续干旱化。西晋盛时(280 年)人口为 4500 万。西晋“永嘉之乱”北方游牧民族徙入中原、北方大批汉族人口南移,黄河中上游地区的森林和草原植被得到不同程度的恢复。而南方则相反,人口急剧增长,长江流域森林在平地和低山丘陵区开始遭受严重破坏^[55]。280—450 年成为降水减少最迅速的一个时期^[25],即可能与此有关。五代十国时期,经济文化的重心从黄河流域转移到长江流域,以淮河、秦岭为界,南方人口开始超过北方。宋代在南方开垦大量农田,并兴修水利工程,农业生产有较大发展。宋徽宗大观年间,人口已突破 1 亿,为中国人口增长的第二个高峰期。南宋初年(1126—1145 年),出现了第二次北人南迁的高潮。此期,森林破坏的地区重点是长江流域、珠江流域和西南地区的天然林,中原地区已基本上无林可采。由于南方和北方森林的大面积消失,北方地区气候严重干旱化,毛乌素沙地、科尔沁沙地严重沙化。研究表明,1050—1230 年为又一个降水减少迅速时期^[25]。这充分表明中国南方亚热带和热带的常绿性森林由于其常年巨大的蒸散作用可能相比较北方森林而言对保持全国尤其是北方地区的湿润气候具有更为重要作用。在东汉以后黄河出现了一个长期安流的局面^[56],不仅与黄河中上游地区的林草植被得到不同程度的恢复有关,也与气候持续干旱化有关。关于森林、温度双重因素影响降水的问题,以及中国不同地区的森林破坏或恢复影响区域气候变化的问题,都有待深入研究。

3.3 森林与中国北方土地沙漠化的治理

认识了中国气候干旱化的原因所在,就找到了治理沙漠化的根本途径。近 4000a 来中国沙漠化加剧的主要原因不在于青藏高原隆起,不在于气候变暖,也不在于太阳活动,而在于气候的干旱化(或者说降水量的减少),而气候干旱化的主要原因则是中国森林资源的减少,森林资源的多少主要不是看覆盖率,而是看其厚度。可以相信,在未来,只要中国森林的厚度提高了,气候就会变得湿润起来,中国各地的降水就会增加起来,中国的沙漠化就会得到治理,西北地区大面积处于“休眠”状态土地的生产潜力就会逐渐得到挖掘和发挥。因此,在中国,某种程度上不要过于担心东部地区树栽得过多,随着东南半壁森林的增加,西北半壁发挥土地生产潜力的条件也将随之改善,大片因干旱缺水而得不到利用的土地将随着降水量的增加而逐步得到开发利用,为人类造福。虽然气候变暖有助于增加降水,但 20 世纪增加(0.6 ± 0.2)℃ 的温度,在中国并没有抵消因森林减少所导致的气候干旱化和沙漠化。因此,为了治理沙漠化,需要在气候变暖有利于气候湿润化的大背景下,大力培育森林资源促进降水增加,使双管齐下形成合力才能达到事半功倍治理沙漠化的目的。

致谢:中国林业科学研究院亚热带林业研究所张建锋研究员和林业科技信息研究所陈洁编辑对本文写作给予帮助;硕士生江娟协助相关数据分析,特此致谢。

References:

- [1] Zhu K Z. A primary study on the climatic fluctuations during the last 5,000 years in China. *Science in China*, 1973, (1): 168-189.
- [2] Zhang P Y, Wang Z, Liu X L, Zhang S H. The climatic revolution phrase during 2000 years in China. *Science in China*, 1994, 24(9): 998-1008.
- [3] Zhang P Y. *The Climatic Variation in Chinese History*. Jinan: Shandong Science Press, 1996.
- [4] Ling D X. The vicissitude of forest resources in China. *Agriculture History in China*, 1983, (2): 26-36.
- [5] Chen R. *The History Information of Forest Resources in China*. Beijing: Chinese Forestry Publishing House, 1983.
- [6] Zhang J C. *The Ancient History of Forestry in China Pre-Qin*. Taipei: Chinese Developing Fund Committee, 1995.
- [7] Zhao G. *The Vicissitude of Eco-environment in Chinese History*. Beijing: China Environmental Science Press, 1996.
- [8] Ma Z L, Song Z Q, Zhang Q H. *The Vicissitude of Forest in China*. Beijing: Chinese Forestry Publishing House, 1997.
- [9] Xiong D T. The vicissitude of forestry in China. //Wu Z L ed. *Forest in China*. Beijing: Chinese Forestry Publishing House, 1997: 157-158.
- [10] He F N, Ge Q S, Dai J H, Lin S S. The vicissitude of forest during the 300 years in China. *Journal of Geographical Sciences*, 2007, 62(1): 30-40.
- [11] Fan B M, Li Z Y. *The Discussion of Eco-history of Forest in China*. Beijing: Science Press, 2008.
- [12] Ge Q S, Zhao M C, Zhang X Q, Zheng J Y, Sun H N, Zhang P Y. Statistical analysis about the changes of forest resource and precipitation in China over the past 50 years. *Journal of Natural Resources*, 2001, 16(5): 413-419.
- [13] Zhou X F. *Eco-environment and Forestry in China*. Beijing: Chinese Forestry Publishing House, 1999.
- [14] Zhou X F. *The Eco-function and Management Method of Forestry*. Beijing: Chinese Forestry Publishing House, 1999.
- [15] Ma X H. *Forest Hydrology*. Beijing: Chinese Forestry Publishing House, 1993.
- [16] Liu S R, Wen Y G, Wang B. *The Eco-function of Eco-system of Chinese Forest*. Beijing: Chinese Forestry Publishing House, 1996.
- [17] Liu S R, Chang J G, Sun P S. Forest hydrology: Forest and water in a context of global change. *Journal of Plant Ecology*, 2007, 31(5): 753-756.
- [18] Huang B W. Evaluate the function of forestry. *Geographic Science*, 1981, (1): 1-3.
- [19] Huang B W. Talk about the function of forestry again. *Geographic Science*, 1982, (2): 1-3, 30.
- [20] Huang B W. Talk about the function of forestry again. *Geographic Science*, 1982, (3): 1-3.
- [21] Huang B W. Talk about the function of forestry again. *Geographic Science*, 1982, (4): 1-3.
- [22] Huang B W. The problems of the function of forest as to environment. *China Water Resources*, 1982, (4): 29-32.
- [23] Shi Y F, Kong Z C, Wang S M, Tang L Y, Wang F B, Yao T D, Zhao X T, Zhang P Y, Shi S H. The climatic fluctuation and important issues in China. *Science in China, Serise B*, 1992, (12): 1300-1308.
- [24] Shi Y F, Kong Z C, Wang S M, Tang L Y, Wang F B, Yao T D, Zhao X T, Zhang P Y, Shi S H. The climate and environment in China. *Science in China, Serise B*, 1993, 23(8): 865-873.
- [25] Wang Z, Li H Q, Kong X D, Zhang Z Y. The historic mirror of the impact to Chinese agriculture when the earth become warm. *The Development of Natural Science*, 2005, 15(6): 706-713.
- [26] Fan B M, Li Z Y. Study on bamboo distribution in yellow river drainage area in history. *Scientia Silvae Sinicae*, 2005, 41(3): 75-81.
- [27] Fan B M. The eco-environment and forestry resources in Pre-Qin. *Academic Research*, 2007, (12): 112-117.
- [28] Central Weather Bureau. *The Observation Information from Central Weather Bureau (1950—1980)*. Beijing: Central Weather Bureau, 1983.
- [29] Xu X J, Jiang J, Jia Z K, Wang J. An analysis of annual precipitation during past 70 years in western Guanzhong. *Agricultural Research in The Arid Areas*, 2001, 19(4): 110-114.
- [30] Zuo H C, Wu X M, Lu S H. Variations trend of yearly mean air temperature and precipitation in China in the last 50 years. *Plateau Meteorology*, 2004, 23(2): 238-244.
- [31] Fan B M, Dong Y. Percentage of forest cover in different historic periods of China, *Journal of Beijing Forestry University*, 2001, 23(4): 60-65.
- [32] State Forestry Administration. *Report on Forestry Resource in China*. Beijing: Chinese Forestry Publishing House, 2005.
- [33] Forest resource and policy management sector. *A Survey of Forest Resources in Modern China(1949—1993)*, Beijing: Ministry of Forestry, 1996.
- [34] Forest resource management sector. *Statistics of Forest Resources in China(1994—1998)*, Beijing: State Forestry Administration, 2000.
- [35] State Forestry Administration. *Report of Forest Resources in China: the Seventh Check*. Beijing: Chinese Forestry Publishing House, 2009.
- [36] Fan B M, Li Z Y. A new indicator for modern forestry development: forest thickness. *Forest Resources Management*, 2009(2): 1-5.
- [37] Liang Y L, Wang X C, Kong Z C, Du N Q, The use of discriminant analysis in renewing the climate. *Journals of Science*, 1991, (22): 1731-1734.
- [38] Wang S C. The migration and meaning of Yao's political center//Jie X G ed. *Study on Xiangfen-Taosi-Site*. Beijing: Science Press, 2007.

- [39] Li X Z, Wei J W, Lu H Y, Wu N Q. Climatic record of Holocene nearby the Qin-figurine-pit and the climate of Qin-Han dynasty//Museum of Qin-figurine edited. Study on Qin-figurine and Qin culture. Xi'an; Shanxi People's Press, 2000.
- [40] Chen Y. An Analysis on indices of climate change in China. Bimonthly of Xinjiang Meteorology, 2001,24(2):13-15.
- [41] Lu Q, Yang Y L, Wu B. Reasons for severe sand disasters and its controlling countermeasures//Lu Q, Yang Y L eds. Alarm Records of Dust Devils in the World. Beijing: China Environment Science Press House, 2001:207-234.
- [42] Zhang R Y, Yang X L. The analysis and historic retrospect of discontinuous flow of Yellow River. Yellow River, 1998,(10):38-40.
- [43] A Group of Chinese Academy of Engineering of Stratagem Study on Water Resources of Chinese Sustainable Development in 21st Century'. Comprehensive report of stratagem study on water resources of Chinese sustainable development. China Engineering Science, 2000,2(8):1-17.
- [44] Zhu S G. The Management and Environment Vicissitude of the Loess Plateau. Zhengzhou: The Publisher of Water Conservancy of Yellow River,1999.
- [45] Zhang Y. Lop Nor and sustainable development. Environment Herald, 2001,(5):45-46.
- [46] Kang W H. The area of Qinghai Lake rose to 46 km². The Journal of Chinese Land Resources. 2008-09-10.
- [47] State Forestry Key Program Benefit Survey Center. 2004' Survey Report of State Forestry Key Program Benefits. Beijing: Chinese Forestry Publishing House, 2005
- [48] Fan B M, Dong Y, Zhang J C, Yin J Y. Effects on flood and drought since the destruction of forest in China. Scientia Silvae Sinicae, 2003,(3):136-142.
- [49] Fan B M, Li Z Y. Forest, Evapotranspiration, climate and desert: Effects on desertification since the change of forests in China. Scientia Silvae Sinicae, 2005,41(2):154-159.
- [50] Fu Z B, Yuan H L. A dummy experiment on the effects for East-Asia summer climate after the restoration of natural vegetation. Chinese Science Bulletin, 2001,46(8):691-695.
- [51] Wang Z F. Forestry Meteorology. Beijing: Chinese Forestry Publishing House,1993.
- [52] Baumgartner A. Effects of deforestation and afforestation on climate. Geojournal, 1984, 8(3): 283-288.
- [53] Pitman A, Pielke R S, Avissar R. The role of the land surface in weather and climate: does the land surface matter?. IGBP Newsletter, 1999,39:4-11.
- [54] Wang Z R, Huang B X. Knowing the function of forest definitely: Discuss with Mr. Huang Bingwei. Geographic Knowledge,1981,(8):1-3,6.
- [55] Zhou H W. A historical survey on the changes of the forest in the Yangtze River Basin. Agricultural History of China, 1999,18(4):3-14.
- [56] Tan Q X. Why had the Yellow River kept clam for a long time after Donghan Dynasty. Academic Monthly,1962,(2):23-35.

参考文献:

- [1] 竺可桢. 中国近五千年来气候变迁的初步研究. 中国科学,1973,(1):168-189.
- [2] 张丕远,王铮,刘啸雷,张时煌. 中国近 2000 年来气候演变的阶段性. 中国科学,1994,24(9):998-1008.
- [3] 张丕远. 中国历史气候变化. 济南:山东科技出版社,1996.
- [4] 凌大燮. 我国森林资源的变迁. 中国农史,1983(2):26-36.
- [5] 陈嵘. 中国森林史料. 北京:中国林业出版社,1983.
- [6] 张钧成. 中国古代林业史·先秦篇. 台北:中华发展基金管理委员会,1995.
- [7] 赵冈. 中国历史上生态环境之变迁. 北京:中国环境科学出版社,1996.
- [8] 马忠良,宋朝枢,张清华. 中国森林的变迁. 北京:中国林业出版社,1997.
- [9] 熊大桐. 中国森林的历史变迁//吴中伦. 中国森林. 北京:中国林业出版社,1997:157-158.
- [10] 何凡能,葛全胜,戴君虎,林珊珊. 近 300 年来中国森林的变迁. 地理学报,2007,62(1):30-40.
- [11] 樊宝敏,李智勇. 中国森林生态史引论. 北京:科学出版社,2008.
- [12] 葛全胜,赵名茶,张雪芹,郑景云,孙惠南,张丕远. 过去 50 年中国森林资源和降水变化的统计分析. 自然资源学报, 2001,16(5):413-419.
- [13] 周晓峰. 中国森林与生态环境. 北京:中国林业出版社,1999.
- [14] 周晓峰. 森林生态功能与经营途径. 北京:中国林业出版社,1999.
- [15] 马雪华. 森林水文学. 北京:中国林业出版社,1993.
- [16] 刘世荣,温远光,王兵. 中国森林生态系统水文生态功能规律. 北京:中国林业出版社,1996.
- [17] 刘世荣,常建国,孙鹏森. 森林水文学:全球变化背景下的森林与水的关系. 植物生态学报,2007,31(5):753-756.
- [18] 黄秉维. 确切地估计森林的作用. 地理知识,1981,(1):1-3.
- [19] 黄秉维. 再谈森林的作用. 地理知识,1982,(2):1-3,30.

- [20] 黄秉维. 再谈森林的作用. 地理知识, 1982, (3): 1-3.
- [21] 黄秉维. 再谈森林的作用. 地理知识, 1982, (4): 1-3.
- [22] 黄秉维. 森林对环境作用的几个问题. 中国水利, 1982, (4): 29-32.
- [23] 施雅风, 孔昭宸, 王苏民, 唐领余, 王富葆, 姚檀栋, 赵希涛, 张丕远, 施少华. 中国全新世大暖期的气候波动与重要事件. 中国科学(B 辑), 1992, (12): 1300-1308.
- [24] 施雅风, 孔昭宸, 王苏民, 唐领余, 王富葆, 姚檀栋, 赵希涛, 张丕远, 施少华. 中国全新世大暖期鼎盛阶段的气候与环境. 中国科学(B 辑), 1993, 23(8): 865-873.
- [25] 王铮, 黎华群, 孔祥德, 张正远. 气候变暖对中国农业影响的历史借鉴. 自然科学进展, 2005, 15(6): 706-713.
- [26] 樊宝敏, 李智勇. 黄河流域竹类资源历史分布状况研究. 林业科学, 2005, 41(3): 75-81.
- [27] 樊宝敏. 先秦时期的森林资源与生态环境. 学术研究, 2007, (12): 112-117.
- [28] 中央气象局. 中国地面气象观测资料(1950—1980). 北京: 中央气象局, 1983.
- [29] 许秀娟, 蒋骏, 贾志宽, 王健. 关中西部近 70 年降水序列的分析. 干旱地区农业研究, 2001, 19(4): 110-114.
- [30] 左洪超, 吴晓鸣, 吕世华. 中国近 50 年气温及降水量的变化趋势分析. 高原气象, 2004, 23(2): 238-244.
- [31] 樊宝敏, 董源. 中国历代森林覆盖率的探讨. 北京林业大学学报, 2001, 23(4): 60-65.
- [32] 国家林业局. 2005 中国森林资源报告. 北京: 中国林业出版社, 2005.
- [33] 林业部资源和林政管理司. 当代中国森林资源概况(1949—1993 年). 北京: 国家林业部, 1996.
- [34] 国家林业局森林资源管理司. 全国森林资源统计(1994—1998). 北京: 国家林业局, 2000.
- [35] 国家林业局. 中国森林资源报告——第七次全国森林资源清查. 北京: 中国林业出版社, 2009.
- [36] 樊宝敏, 李智勇. 衡量现代林业发展的新标尺: 森林厚度. 林业资源管理, 2009, (2): 1-5.
- [37] 梁幼林, 王晓春, 孔昭宸, 杜乃秋. 逐步判别分析在恢复气候上的应用. 科学通报, 1991, (22): 1731-1734.
- [38] 王守春. 尧的政治中心的迁移及其意义//解希恭. 襄汾陶寺遗址研究. 北京: 科学出版社, 2007.
- [39] 李秀珍, 魏京武, 吕厚远, 吴乃琴. 秦兵马俑坑附近剖面全新世气候记录及春秋—秦汉历史时期气候环境//秦俑博物馆编. 秦俑秦文化研究——秦俑学第五届学术讨论会论文集. 西安: 陕西人民出版社, 2000.
- [40] 陈颖. 中国气候变化指数分析. 新疆气象, 2001, 24(2): 13-15.
- [41] 卢琦, 杨有林, 吴波. 中国风沙灾害加剧成因与防沙止漠科技对策//卢琦, 杨有林. 全球沙尘暴警世录. 北京: 中国环境科学出版社, 2001: 207-234.
- [42] 张汝翼, 杨旭临. 黄河断流的历史回顾与简析. 人民黄河, 1998, (10): 38-40.
- [43] 中国工程院“21 世纪中国可持续发展水资源战略研究”项目组. 中国可持续发展水资源战略研究综合报告. 中国工程科学, 2000, 2(8): 1-17.
- [44] 朱士光. 黄土高原地区环境变迁及其治理. 郑州: 黄河水利出版社, 1999.
- [45] 张园. 罗布泊与可持续发展. 环境导报, 2001, (5): 45-46.
- [46] 康维海. 青海湖面积同比增加 46 平方公里. 中国国土资源报. 2008-09-10.
- [47] 国家林业重点工程社会经济效益测报中心, 国家林业局发展计划与资金管理司. 2004 国家林业重点生态工程社会经济效益监测报告. 北京: 中国林业出版社, 2005.
- [48] 樊宝敏, 董源, 张钧成, 印嘉佑. 中国历史上森林破坏对水旱灾害的影响. 林业科学, 2003, (3): 136-142.
- [49] 樊宝敏, 李智勇. 森林·蒸散·气候·沙漠——试论中国森林变迁对沙漠演替的影响. 林业科学, 2005, 41(2): 154-159.
- [50] 符淙斌, 袁慧玲. 恢复自然植被对东亚夏季气候和环境影响的一个虚拟试验. 科学通报, 2001, 46(8): 691-695.
- [51] 王正非. 森林气象学. 北京: 中国林业出版社, 1993.
- [54] 汪振儒, 黄伯璇. 确切地认识森林的作用——与黄秉维先生商榷. 地理知识, 1981, (8): 1-3, 6.
- [55] 周宏伟. 长江流域森林变迁的历史考察. 中国农史, 1999, 18(4): 3-14.
- [56] 谭其骧. 何以黄河在东汉以后会出现一个长期安流的局面. 学术月刊, 1962, (2): 23-35.