近 40 年华北及华东局部主要气候资源要素的时空变异性

杨彦武[1] , 于 强[1] , 王 靖[2]
(1. 中国科学院地理科学与资源研究所 ,北京 100101 ;2. 南京气象学院应用气象系 ,南京 210044)

摘要:该文利用时空数据模型引入时间维 ,在 GIS 平台上分析了我国华北地区和华东部分地区 1961 年～2000 年温度、降水和日照时数的时空变化规律 ,以及三者的相互联系。结果表明 ,华北地区北部温度变化不大 ,而南部和华东部分地区温度升高明显 ,10 年平均气温大约升高 0. 5 ℃/40 年 ;华北地区降水呈东南高西北低的特点 ,并有明显的年代际变化 ,华北南部和北部的降水变化存在一定的反相关关系 ,华北北部降水减少 ,而东南部降水却呈上升势头 ;华北地区和华东部分地区的日照时数都有明显的降低。对三者的关系进行了定性分析 ,华北中北部温度和降水的关系为暖干型 ,而南部和华东地区为暖湿型 ;华北中北部日照时数的降低主要是因为大气污染加剧而引起 ,而华北东南部和华东部分地区是由于降水的增加 ,即云量的增加和晴天日数的减少而导致日照时数的降低。对温度、降水和日照时数时空变化规律的分析有助于对未来气候变化做出合理的预测 ,并制定相应的对策。

关键词:日照时数; 温度; 降水; 时空变异性; 华北
中图分类号:S16. 202 ;205 **文献标识码**:A **文章编号**:1007 - 7588(2004) 04 - 0045 - 06

1 前言

华北地区处于东亚季风气候区 ,温度和降水的年际和年代际变化很大 ,旱涝灾害频繁 ,并且地区差异性很大。从 80 年代以来 ,科学家对华北地区温度和降水的时空变化规律作了大量的研究[1～4] ,研究表明从 70 年代以来 ,华北地区温度上升 ,而降水除华北东南部外 ,呈下降趋势。本文在以往研究的基础上 ,主要讨论我国华北地区和华东部分地区近 40 年 (1960 年～2000 年) 来温度、降水和日照时数的时空变化规律以及它们三者的关系。对近几十年温度、降水和日照时数时空变异性的研究有助于对未来气候变化及其对农业的影响作出准确的预测。

气候资源要素的时空变化学要借助于地理信息系统的空间信息处理功能。空间信息科学自起初的理论萌芽和雏形系统建立起 ,经历了 60 年代的开拓期 ,70 年代的巩固发展时期 ,80 年代的技术大发展时期 ,90 年代的用户时代 ,在理论研究和实际应用方面都得到了长足的发展 ,随着 GIS、GPS、RS 和因特网等现代信息技术的发展及其相互之间的渗透和融合 ,逐渐形成了以 GIS 为中心的集成化技术体系 ,为解决区域范围更广、复杂性更高的现代空间性问题提供了新的方法和技术支持。然而 ,传统的 GIS 只是静态地描述实体对象 ,即对某一个或者几个时刻的对象状态进行孤立的数据备份 ,也就是称之为“快照 ”的系统行为。这样以来 ,一方面随着系统的运行和数据更新 ,造成了大量的数据冗余 ;另一方面 ,又割裂了实体对象在时间序列上的演变过程和时间关系。系统所描述的实体对象的演变和作用过程变得模糊 ,系统既不能对过去进行基于时间序列的统计、分析 ,也不能预报其未来的行为及状态[5] 。

用来表达现实世界的计算机系统最关键的问题就是表示时间[6] 。建立全新的时空数据模型是当今 GIS 科学领域的热门话题之一 , 但是考虑到现今已经有大量的所谓的“静态 ”GIS 系统在处理、分析

收稿日期:2003 - 09 - 05 ;**修订日期**:2004 - 04 - 04
基金项目:国家自然科学基金重大项目(编号:49890330) 。
作者简介:杨彦武(1977～) ,男 ,陕西合阳人 ,硕士 ,主要研究方向为地理信息系统、时空分析模型等。

© 1995-2004 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

大量的空间数据,所以设法在传统 GIS 系统中引入"时间"是更为经济、合理的做法。近 20 年年来,将时间引入 GIS 一直是很活跃的研究领域之一。综合国内外的关于时态 GIS 的研究现状,总的来说,现有两种发展时态 GIS 和进行时空分析的方法:①在现有的 GIS 功能的基础上,借助一些时空数据模型的思想方法,发展一些有限的时空数据分析功能,用于某种特定的时空现象[7~10];②建立一套完整的时空数据模型和时空分析方法是另外一种选择[11~15],强调一种全新的时空观念,而不是建立在传统 GIS 的基础上,从而不会受到其功能制约。前一种方法的依据是,目前各个领域都普遍应用传统的 GIS 进行空间数据的处理,每天都有大量的传统 GIS 系统在运行,处理大量的专业数据和分析操作。要完全建立一套新的时空理论、系统来代替现有的所有运行中的静态 GIS 系统实际上是不可行的。然而,后一种观念,强调从长远的观点来看,简单地给传统的 GIS 系统加入一些有限的时空数据处理功能,或多或少地受现有系统功能的制约,不能完全解决实际生产和科研中遇到的所有时空性问题。Yuan 在概念层次上介绍了一个系统框架,这个框架是基于来自现有的 3 个时空数据模型,即时空对象模型、ESTDM 和 Ogeomorph 模型,在这个概念框架中,在 Arc/Info 平台上分析了降水的时空变化。本研究仅对日照时数、温度、降水气候资源的时空分布进行分析,数据量小,不会牵涉到不同现象之间的相互作用,所需时空分析方法相对简单,所以沿用第一种观念来组织工作,基于简单的"快照"时空数据模型,在现有的空间信息系统平台(ArcView 3.1)上,扩展一些简单的时空分析功能进行日照时数、温度、降水变异性分析。

2 研究地区概况

研究区域(28°N～42°N,111°E～122°E)包括华北平原华东的部分地区(图 1)。华北平原是中国最大的平原,在农业和经济发展中具有非常重要的地位,面积 $20.1\times10^4\ km^2$ (34°N～42°N,113°E～119°E),包括北京和天津 2 个直辖市、河北省、山东省以及河南省北部。除华北外,研究区域还包括安徽省、江苏省和山西省的部分地区。季风是影响华北平原及华东局部地区气候的重要因素。本地区气候受干、湿季风影响,使得冬季和夏季气温差异显著。本区属温带大陆性季风型气候,冬季西伯利亚高压带来高纬度地区的干冷空气,引起强劲的西北风,气候寒冷,雨雪量甚小,春季干旱风沙严重,夏季在东南季风(来自海洋的暖湿气流)影响下高温多雨。秋季凉爽而光照时间长。可以概括为冬冷少雨雪,春旱多风,夏热雨集中,秋爽日照长。年平均气温在 1.5 ℃～14 ℃之间,由西北向东南逐渐增高,年最低气温出现在一月份,最低可达 - 35 ℃,最高气温出现在七月份,最高在 38 ℃左右,全年大于 10 ℃积温在2 000 ℃～4 600 ℃之间,日照时数为2 400 h～3 100 h,无霜期由西北向东南递增,为 150 天～220 天[16]。

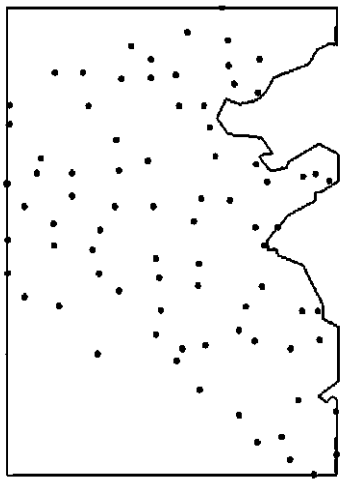

图 1 研究区域(华北及华东部分地区)内气象台站的分布情况

Fig. 1 Distribution of meteorological stations study area (north China and part of east China)

3 资料及其处理过程

3.1 资料来源

华北地区及华东局部共分布有 93 个县级气象台站,本文所涉资料包括其中 81 个气象站点(图 1)1961 年～2000 年的日照时数、温度、降水的整编资料及各站点的经纬度等。

3.2 资料处理过程

数据的输入、编辑、处理、分析工作全部在 ArcView GIS 平台上完成,工作流程见图 2。首先,从原始的文本文件中读入数据,每次可以读入一年或者几年的日照时数、温度、降水数据,每年的数据对应一个

© 1995-2004 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

数据表(ID,区站号,1st,2nd,…,365th);然后,抽取每天或者计算某一时段的日照时数、温度、降水的空间分布时,要求从另外一个数据文件或者手工输入站点的经度和纬度,形成的数据表示为(ID,区站号,日照时数,温度,降水,经度,纬度)。后面的工作就可以应用 ArcView 进行可视化时空及分析操作,生成散点图,然后选择空间插值方法拟合为面域数据,或者生成等值线图。并且,可以选择不同的时段,不同的时间比例尺来分析日照时数、温度、降水的时空分布状况。本文主要针对不同年代间的变化进行分析处理,时间尺度为 10 年,计算得到日照时数、温度、降水的每个年代的平均值及空间分布,分析其空间分布和时间变化。为了方便后续类似资料处理工作的开展,以上工作流程中的每一处理步骤都以 ArcView 的二次开发语言 Avenue 编写了相应的处理模块。

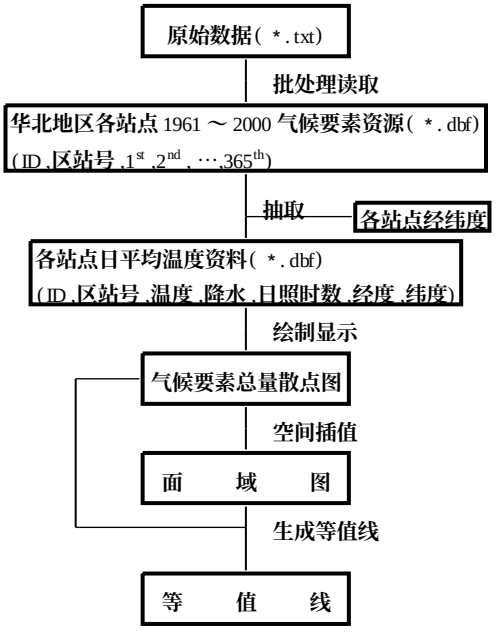

图 2　资料处理工作流程

Fig. 2　Flow chart of data processing

4　温度、降水、日照时数时空变异性

在 Arcview GIS 平台上开发出一个用于表示和分析日照时数、温度、降水时空变化的计算机系统,该系统在传统静态 GIS 的基础上引入时间概念,在关系型数据库中组织数据。系统在可以完成基本的空间统计功能之外,可以进行多时间、空间尺度的降水变化分析。

以 10 年为时间尺度的该地区气温变化状况如图 3 所示。自 1960 年起 40 年来本区西北气温变化普遍不大,而东南沿海则气温有明显的升高趋势,尤其是 90 年代,10 年平均气温大于 16 ℃的地区范围明显扩大,呈向北延伸的趋势。自 80 年代以来,河北省青龙以东地区,山东中部地区气温有升高的趋势,前者 10 年平均气温跨过 8.5 ℃界限,后者 10 年平均气温跨过 11 ℃线。

图 4 为 10 年时间尺度的该地区降水年总量变化状况。总体来看,该地区年降水总量变化不大,但局部地区变化明显,如河北省遵化、承德地区的降水年总量自 80 年代以来大于 650mm 的区域逐渐减小,山东省临沂地区的降水年总量 90 年代明显减小,降水年总量从 80 年代 650mm 以上降到 90 年代 650mm 以下,而华东沿海的浙江省年降水总量却一直呈上升趋势。此外,华北地区降水存在着显著的年代际变化,从 60 年代起,华北地区降水量呈持续减少趋势,特别是山东东部地区降水量明显减少。华北平原夏季降水的年代际变化与夏季东亚—西太平洋地区上空的 500hpa 位势高度场以及西太平洋副热带高压脊线的位置的年代变化密切相关,70 年代以来,西太平洋副热带高压位置偏南,不利于水汽输送到华北平原,因此使得华北夏季降水偏少。同时,华北平原地区之间存在明显的差异性,华北南部和北部的降水变化存在一定的反相关关系,60 年代以来,华北北部降水减少,而东南部降水却呈上升势头。

该地区日照时数 10 年平均年总量变化状况(图 5)的空间分布也呈现明显的纬度地带性,同时受海洋作用影响,北部日照时数多,南部日照时数少,并且从南向北梯级式降低,沿海地区的日照时数明显高于内陆地区。从时间角度来分析,南部特别是华东部分地区的年日照时数总数从 60 年代到 90 年代一直在减小,而西北部分地区的年日照时数总数也有减少的趋势。从 80 年代到 90 年代,北部地区日照时数明显减小。

综合定性分析温度、降水、日照时数时空变异性之间的关系,可以作为分析研究地区的生态环境

© 1995-2004 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd.　All rights reserved.

变化的依据。降水和气温的关系是最近几十年研究的很多,但没有一致结论的问题,大量的研究表明,降水和气温的关系不是绝对对应的,也即气温高时降水可多可少[17]。从研究区域多年(10 年)平均气温分布图和研究区域多年(10 年)平均降水分布图(图 4)可以看出,不同地区气温和降水的关系不同,东南沿海主要为暖湿型,气温逐渐升高,降水持续增加。而华北北部及中部主要为暖干型,气温增加而降水减少。因此,未来气候变暖会对我国华北地区及其附近产生不利的影响,华北北部降水会减少,旱情严重,而华北东南部降水增加,会产生涝害。但由于温度的变化不是降水变化的直接原因,因此未来降水的变化如何需要进一步的研究。

日照时数是评价一个地区辐射资源的一个很重要的气候要素。从研究区域多年(10 年)日照时数分布图,可以看出从 60 年代起,华北地区及其附近区域,日照时数普遍减少。但对华北平原不同地

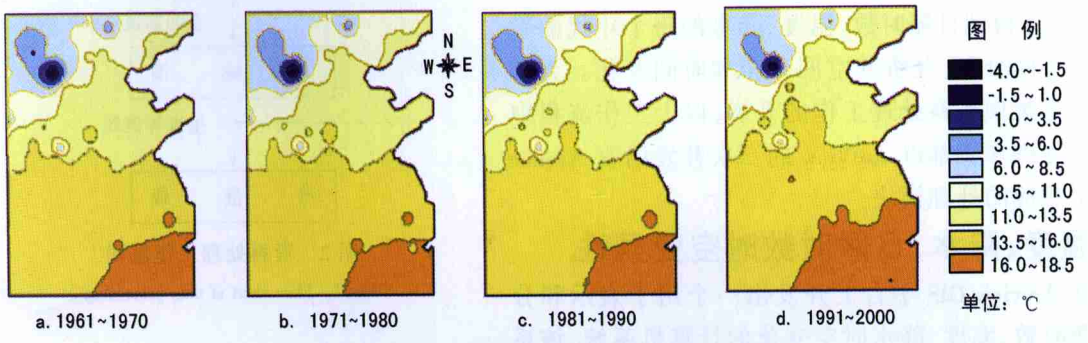

图3 华北地区和华东部分地区不同年代平均气温分布

Fig. 3 Average air temperature distribution within last 40 years in North China and part of East China

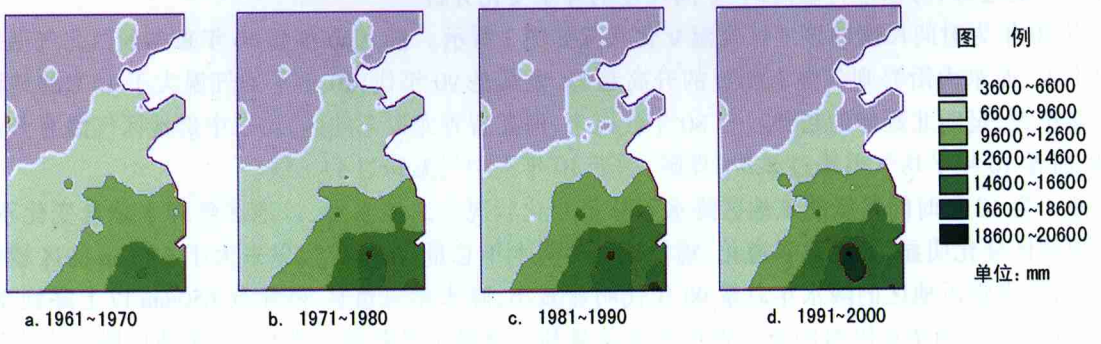

图4 华北地区和华东部分地区不同年代降水总量分布

Fig. 4 Precipitation distribution within last 40 years in North China and part of East China

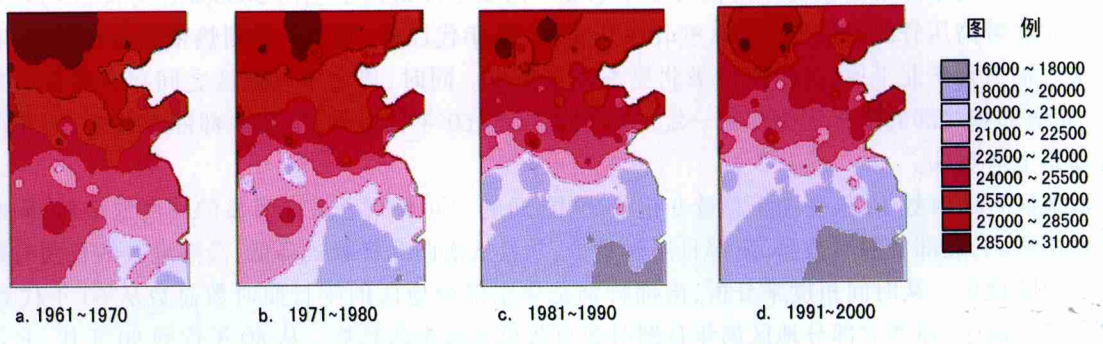

图5 华北地区和华东部分地区不同年代日照时数总量分布

Fig. 5 Sunsgine hours distribution within last 40 years in North China and part of East China

© 1995-2004 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

区日照时数减少的原因可能不同,对于东南沿海地区,由于降雨的增加,也即低云量增加和晴天日数的减少,导致日照时数的减少。而对于华北平原北部大部分地区,日照时数的减少,主要是大气污染造成的。从 60 年代起,华北地区工业迅速发展,由工厂、汽车排放到空气中的烟尘、废气、微粒等逐渐增多,使大气中的气溶胶逐渐增加,对太阳光线有削弱作用,导致日照时数的降低。一般,日照时数和降雨有着直接的反相关关系,日照时数随降水的增加而减少,但是在华北北部,由于近 40 年来,大气污染加剧,空气气溶胶浓度增加,雾日增多,能见度降低,使日照时数降低,但对于降水影响不大,因而,降水与日照时数的联系发生改变,降雨减少导致的日照时数增加远小于大气污染导致的日照时数的减少程度。

从原理上来讲,日照时数减少会导致气温的下降,因为日照时数减少,太阳辐射减小,气温会降低。但对于北半球来说,由于大气中温室气体的增加,温室效应导致了气温的增加。

5　讨论及工作展望

从以上的分析可以看出,华北地区降水总量从 60 年代起呈下降趋势,这主要与气候变暖和西太副高位置偏南有关[1],但地区间变化有差异,华北平原降水呈东南向西北递减的趋势;东南沿海和西北部年降水变率大,易发生涝和旱灾害;中部年际降水变率小,降水稳定。

本文介绍了我们在 Arcview GIS 平台上以 Avenue 语言开发的小型时空分析系统,在系统在传统的静态 GIS 基础上引入时间概念,在关系型数据库中组织现有 1960 年到 2000 年的日照时数、温度、降水资料,表示、分析华北及周围地区日照时数、温度、降水的时空变化。下一步工作将考虑在现有系统中连接一个简单的生长潜力模型(仅考虑光、温、水 3 种气象要素),为作物生长模型在区域应用提供技术基础。

参考文献　(References):

[1] 张庆云. 1880 年以来华北降水及水资源的变化[J]. 高原气象,1999,18(4): 486～495. [ZHANG Qing-yun. Variation of the precipitation and water resources in North China since 1880 [J]. *Plateau Meteorology*, 1999, 18(4): 486～495.]

[2] 陈隆勋. 中国近 45 年来气候变化的研究[J]. 气象学报,1998,56(3): 257～271. [CHEN Long-xun. Climate change in China in recent 45 years [J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 1998,56(3): 257～271.]

[3] 韦志刚. 80 年代以来华北地区气候和水量变化的分析研究[J]. 高原气象,1999,18(4): 525～534. [WEI Zhi-gang. Analysis and research on relationship between climatic and runoff variation since 1980s in North China [J]. *Plateau Meteorology*, 1999,18(4): 525～534.]

[4] 王绍武. 近百年气候变化与变率的诊断研究[J]. 气象学报,1994,52(3): 261～273. [WANG Shao-wu. Diagnostic studies on the climate change and variability in the period of 1880～1980[J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 1994,52(3): 261～273.]

[5] 张祖勋,黄明智. 时态 GIS 的概念、功能和应用[J]. 测绘通报, 1995(2): 12～14. [ZHANG Zu-xun, HUANG Ming-zhi. Concept, functionality and application of Temporal GIS[J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 1995(2): 1～14.]

[6] Allen J. F. Time and time again: the many ways to represent time[J]. *International Journal of Intelligent Systems*, 1991, 6(4): 341～355.

[7] Christakos, G. Spatiotemporal information systems in soil and environmental sciences[J]. *Geoderma*, 1998, 85(2～3): 141～179.

[8] Christakos, G. Serre M.L. Spatiotemporal analyis of environmental exposure-health effect associations[J]. *Journal of Exposure Analysis and Environmental epidemiology*, 2000, (10): 168～187.

[9] Hogeweg Drs. Spatio-temporal visualization and analysis[J]. *Geoinformatics*, 2001, (4): 32～35.

[10] Yuan, M. Representing complex geographic phenomena with both object and field-like properties[J]. *Cartography and Geographic Information Science*, 2001, 28(2): 83～96.

[11] Langran, G. and Chrisman, N. R. A framework for temporal geographic information[J]. *Cartographical*, 1988, 25(3): 1～14.

[12] Langran, G. Time in Geographic Information System[M]. Taylor & Francis. London, 1992.

[13] Worboys, M. F. A unified model for spatial and temporal information[J]. *The Computer Journal*, 1994, 37(1): 26～34.

[14] Peuquet, D. J. It's about time: a conceptual framework for the representation of temporal dynamics in geographic information systems[J].

© 1995-2004 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

Annals of the Association of American Geographers, 1994, 84(3): 441～462.

[15] Peuquet, D. J. and Duan, N. An event - based spatiotemporal data model (ESTDM) for temporal analysis of geographical data [J]. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1995, 9(1): 7～24.

[16] 崔读昌. 中国农业气候学[M]. 浙江:浙江科学技术出版社, 1998. 241～247. [CUI Du-chang. Chinese Agroclimatology [M]. Zhejiang: Zhejiang Science & Technology Press, 1998. 241～247.]

[17] 施雅风. 中国历史气候变化[M]. 山东:山东科学技术出版社, 1996. 443～467. [SHI Ya-feng. Chinese Historical Climatic Changes [M]. Shandong: Shandong Science & Technology Press, 1996. 443～467.]

Spatio-Temporal Variations of Principal Climatic Factors in North China and Part of East China within Past 40 Years

YANG Yan-wu[1], YU Qiang[1], WANG Jing[2]

(1. *Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing* 100101, *China*;
2. *Department of Applied Meteorology, Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing* 210044, *China*)

Abstract: This paper introduces temporal dimension analysis upon the conventional GIS platform. The spatial and temporal variations of air temperature, precipitation, and sunshine hours, and their relationships are analyzed in North China and some areas in East China within the past 40 years from 1960 to 2000. The results show that while average temperature in the north part of North China changes little, that in the south and some areas in East China increases obviously; the annual average temperature increases 0.5 ℃/40 year; And the precipitation in the northwest part of north China is higher than that in the southeast part; and inter-annual changes are obvious. The precipitation changes in the north and south part of North China show different trends. The precipitation in the north decreases, but it increases in the south. With regard to spatial distribution of sunshine hours, it is high in the northwest and low in the southeast in the study area; along the temporal dimension, i. e. from 1960s' to 1990s', it has decreased more or less in the study area, especially, the sunshine hours has decreased obviously in the north part of North China. The outcome of the qualitative analysis shows the relation among the three climatic factors, the relation between average temperature and precipitation is a warm-dry type in the central and north part of North China; nonetheless it is a warm-humid type in south part and the areas of East China. The decrease in sunshine hours in the center and north part of North China is attributed to serious air pollution, while the decrease in sunshine hours in the south part of North China and the areas of East China is ascribed to the increase in precipitation, that means, increase in clouds and decrease in number of sunshine day has resulted in the decrease in sunshine hours. The analysis of spatial and temporal variations of air temperature, precipitation, and sunshine hours will be helpful to rational prediction of changes in climate, and corresponding decision-making.

Key words: Sunshine hours; Temperature; Precipitation; Spatial and temporal variations; North China

© 1995-2004 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.