

# 吉林省太阳辐射变化规律及太阳能资源利用研究

廉士欢<sup>1</sup> 靳英华<sup>2</sup> 彭聪<sup>2</sup>

(1. 东北师范大学教育科学学院, 吉林 长春 130024; 2. 东北师范大学城市与环境科学学院, 吉林 长春 130024)

**摘要:**为揭示吉林省的太阳能资源变化规律,利用线性回归分析和线性相关分析及M-K检验法对1960年以来长春、延吉代表站的太阳总辐射资料进行研究。结果表明:吉林省的年平均太阳总辐射为4 787.4 MJ/m<sup>2</sup>·a,夏季太阳总辐射最大,春季次之,冬季最小。吉林省年平均太阳总辐射在波动中下降,且下降趋势不显著,20世纪60年代太阳总辐射较高,80年代达到最低值,90年代以后小幅度回升。春、秋、冬季的太阳总辐射呈不同程度的下降趋势,冬季太阳总辐射下降趋势显著,夏季呈显著增加。吉林省年日照时数在空间分布上呈现出由西向东逐渐减少的地域分布差异;而在时间上也呈现出由春季到冬季依次减少的分布特征。吉林省的太阳能资源总量丰富,变化趋势不显著,这对于利用太阳能资源是十分有利的。

**关键词:**太阳总辐射;变化规律;太阳能利用;吉林

**中图分类号:**P422.1<sup>+</sup>5 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-503X(2009)03-0030-05

## 1 引言

气候变化是当今全球共同面临的重大课题,特别是全球变暖目前已成为世人关注的一个焦点。IPCC第4次报告指出,上个世纪最后20多年来全球增暖显著,而上世纪90年代,则是自有观测记录以来温度最高的10 a<sup>[1]</sup>。龚道溢和王绍武的研究表明,最近20 a,东亚包括中国是全球变暖速率最高的地区,中国气温回升迅猛,且上个世纪90年代也是近50年以来最暖的10 a<sup>[2]</sup>。但是,由于气候变化是一个复杂的科学问题,人类在对气候变化本身的认识以及影响、适应和减缓气候变化等问题方面还存在很多未知的领域。在此背景下,地面太阳辐射作为反映气候变化的一个重要信号,自然是值得关注的(陈志华. 1957—2000年中国地面太阳辐射状况的研究[D]. 北京:中国科学院研究生院大气物理研究所,2005)。

目前的研究表明,从国际地球物理年建立地面太阳辐射观测网以来,到上世纪80年代末,全球地面太阳辐射普遍呈现出下降的趋势(陈志华. 1957—2000年中国地面太阳辐射状况的研究[D]. 北京:中国科学院研究生院大气物理研究所,2005)。在全球尺度上, Stanhill 和 Moreshet<sup>[3]</sup>对200个台站1958—1985年的总辐射数据进行了分析,发现平均减少量为5.3%。Gilgen等<sup>[4]</sup>利用GEBA中1 500个站的资料分析了地面总辐射的区域变化,分析结果表明,

在亚洲、非洲,欧洲和北美的大部分地区都出现了总辐射减少的趋势,平均减少趋势达2%/10 a。对于中国太阳辐射资料的分析研究,查良松<sup>[5]</sup>、李晓文等<sup>[6]</sup>分析了中国地区1957—1992年和1960—1990年间地面总辐射、直接辐射和散射辐射年平均距平及季节变化特征。这些研究的共同结论是:中国大部分地区的太阳总辐射和直接辐射呈减少趋势,并推测大气中悬浮粒子浓度的增加可能是造成这种趋势的主要原因之一。Zhang等<sup>[7]</sup>分析了中国沪宁杭3个城市40 a的太阳辐射变化趋势,得出了太阳总辐射和直接辐射减少、散射辐射略微增加的结论。

人类对太阳能的利用虽然已有3 000多年的历史,但对太阳能的重视程度加强是在1992年6月联合国“世界环境与发展大会”在巴西召开之后,世界各国加强了对清洁能源技术的研究开发。目前人们对太阳能的利用主要有两种方式:一是光热利用;二是光电利用和光化学利用。光热利用的形式主要有地膜、塑料大棚、干燥器、蒸馏、供暖、太阳能热水系统、空调制冷、制盐、工业用热、聚焦型太阳灶、焊接机和高温炉等;光电利用的形式主要有太阳能电池、太阳能电站、太阳能汽车、太阳能家电、太阳能净化空气和水等<sup>[8-9]</sup>。

太阳辐射是地球—大气系统最重要的能量来源,也是产生大气运动和天气变化的原始动力,它从根本上决定着地球—大气的热状况。然而,我国太阳能总辐射观测站点稀疏,太阳总辐射资料缺乏<sup>[10]</sup>,因而,太阳能总辐射的研究比较少。本文研究的目

收稿日期:2008-10-04;修订日期:2008-12-15。

作者简介:廉士欢,女,1983年生,在读研究生,主要从事课程与教学论的研究。

通信作者:靳英华,副教授, E-mail: jinyh796@nenu.edu.cn。

的是探讨太阳总辐射的变化趋势及其变化格局。选用吉林省2个代表站点近46 a的太阳总辐射资料和29个站点50 a的日照时数资料揭示全球气候变化情景下太阳总辐射的变化趋势及其变化格局,这对于理解全球气候变化将有积极意义,为吉林省充分利用太阳能资源提供理论参考。

## 2 资料与方法

选取1960—2005年吉林省长春、延吉2个气象站逐月太阳总辐射观测资料;1951—2000年长春、延吉、白城等29个气象台站逐旬日照时数观测资料。经检查,实测资料无缺失,无波动较大的数据,资料的准确性较高。数据经处理后生成逐季序列,以及年平均序列。采用一元线性回归和Matlab小波分析,分析了近46 a吉林省太阳总辐射的多时间尺度变化特征和突变点特征;采用Mann-Kendall非参数检验统计方法对吉林省太阳总辐射进行了突变点检验。

## 3 结果分析

### 3.1 太阳总辐射的变化特征

#### 3.1.1 太阳总辐射的年际和年代际变化

1960—2005年吉林省年平均太阳总辐射变化趋势在波动中下降,采用Mann-Kendall检验法对该时间序列作突变检验,没有发生突变,下降趋势不显著( $P < 0.05$ ) (图1)。近46 a来吉林省太阳总辐射平

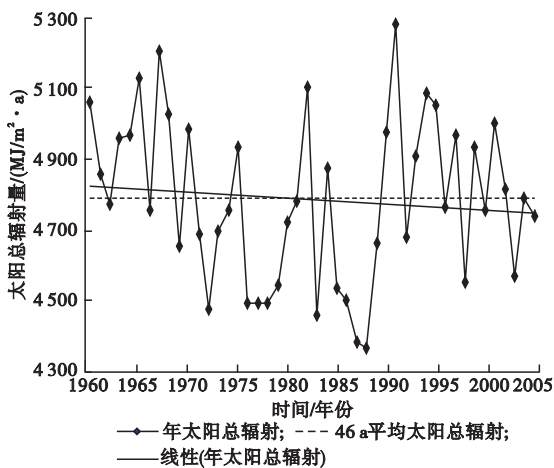


图1 1960—2005年吉林省年平均太阳总辐射变化曲线  
均值为 $4\ 787.4\text{ MJ/m}^2 \cdot \text{a}$ ,最大值出现在1991年为 $5\ 276.2\text{ MJ/m}^2 \cdot \text{a}$ ,最小值出现在1988年为 $4\ 363.4\text{ MJ/m}^2 \cdot \text{a}$ 。

20世纪60年代是太阳总辐射最高的10 a,80年代是太阳总辐射最低的10 a。20世纪60年代太阳总辐射较大,而且年际间波动较小,在有记录的10 a中有7 a太阳总辐射高于近46 a平均值;随后的70年代,太阳总辐射明显下降,10 a中有8 a低于平均

值,年际间波动比较大;80年代太阳总辐射继续下降,年际间波动与70年代基本相似,波动幅度较大;90年代太阳总辐射总体有所回升,且年际间波动幅度不大。近46 a来年平均太阳总辐射最大值出现在20世纪90年代,90年代的10 a间太阳总辐射有7 a高于平均值;21世纪以来,年平均太阳总辐射回升幅度减小,低于平均值。

#### 3.1.2 太阳总辐射季节变化

1960—2005年吉林省夏季太阳总辐射最大为 $1\ 573.3\text{ MJ/m}^2$ ,春季次之为 $1\ 524.0\text{ MJ/m}^2$ ,秋季为 $997.8\text{ MJ/m}^2$ ,冬季最小为 $690.8\text{ MJ/m}^2$ 。

近46 a来吉林省春、秋、冬季的太阳总辐射呈不同程度的下降趋势,且冬季下降趋势显著( $P > 0.05$ ) (图2)。春季除20世纪60年代太阳总辐射较高外,70—80年代太阳总辐射低于平均值的年份较多,特别在1988年太阳总辐射降到了近46 a来的最低点,90年代以来春季的太阳总辐射有所回升。秋季太阳总辐射围绕平均值在波动中下降,且年际间的波动幅度较大。冬季下降幅度最大且下降趋势显著,突变点出现在1995年。60年代太阳总辐射相对较高,均高于平均值,70年代开始下降直至90年代以后才略有所回升,围绕平均值上下波动。夏季太阳总辐射呈增加趋势,但增加趋势不显著。60年代太阳总辐射基本围绕平均值上下波动,70年代至80年代末期大多数年份太阳总辐射低于夏季平均值,90年代以来太阳总辐射有所回升,但在1998年出现了近46 a来夏季的最低值。

#### 3.1.3 太阳总辐射月变化

吉林省太阳总辐射的月平均变化曲线呈单峰型(图3),太阳总辐射的最大值出现在5月,最小值出现在12月。

由一元线性回归分析可知,7—9月吉林省太阳总辐射变化呈增加趋势,10月—翌年6月太阳总辐射呈减少趋势;且8月增加趋势显著( $P > 0.05$ ),突变点出现在1992年;1月减小趋势显著( $P < 0.05$ ),突变点出现在1998年。6—7月、10—11月变化速率逐渐增加,12月变化速率最小。

### 3.2 日照时数变化特征

吉林省年日照时数在空间分布上呈现出由西向东逐渐减少的地域分布差异;而在时间上也呈现出由春季到冬季依次减少的分布特征(表1);且各地春季与冬季的日照时数相差较大,春季比冬季的日照时数多200 h。

从吉林省日照分布可以看出(图4),吉林省的日照由东部向西部呈逐渐增加的趋势,吉林省西部地区日照普遍较多,中部的安图日照较少,东部的白山和图

们为全省日照最少的地区,仅为2 188.8—2 275.0 h/a,

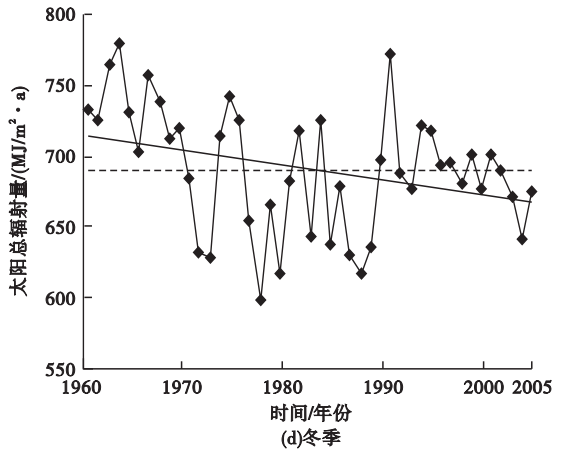
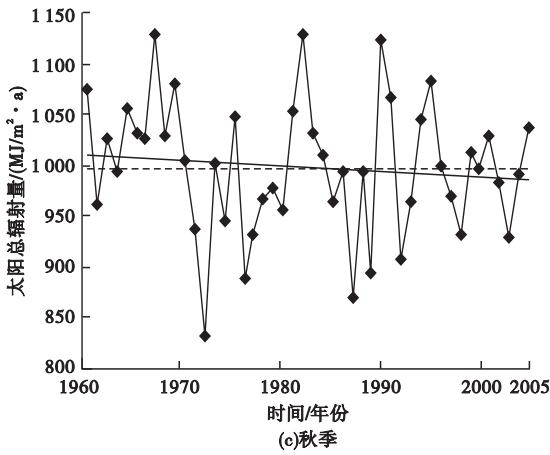
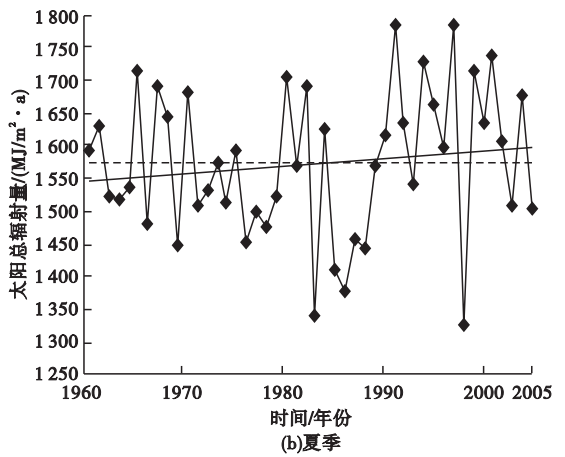
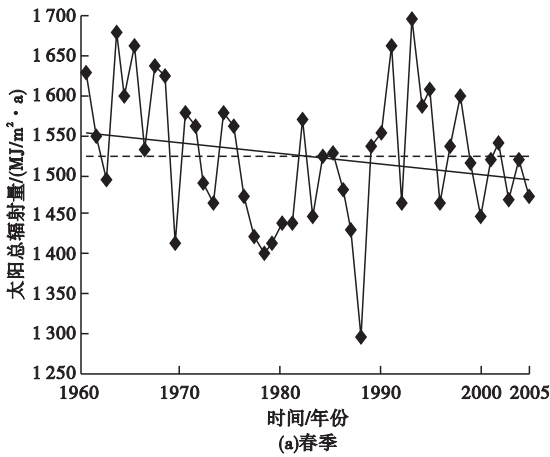
表1 吉林省日照时数统计 h

项目	东部日照时数	中部日照时数	西部日照时数
年合计	2 323.7	2 435.6	2 863.5
春季	678.9	690.9	798.9
夏季	564.7	650.5	785.1
秋季	562.2	579.7	681.0
冬季	512.8	514.6	593.1

而东部的和龙、龙井和汪清日照较多。

### 3.3 太阳总辐射利用

本文对吉林省太阳总辐射的变化规律的研究与全球范围和我国对太阳辐射的研究结果一致,即太阳总辐射呈现减少的趋势;但全球范围和我国的研究表明,太阳总辐射呈显著的减少趋势,而吉林省的太阳总辐射呈不显著的减少趋势。



◆ 季太阳总辐射; ---- 46 a平均季太阳总辐射; —— 线性(季太阳总辐射)

图2 吉林省各季太阳总辐射变化曲线

能源和环境问题,推动经济社会可持续发展,提供了

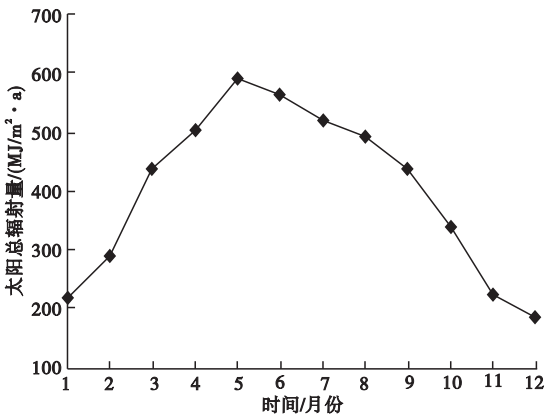


图3 吉林省太阳总辐射逐月平均变化曲线

太阳能是一种取之不尽用之不竭的清洁能源,在我国能源短缺的情况下,开发利用太阳能,为解决

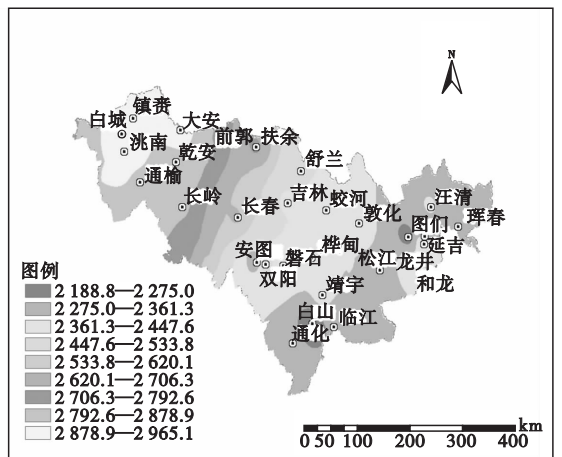


图4 吉林省日照时数分布

现实的可能和光明的前景<sup>[11]</sup>。因此,研究开发利用太阳能将有深远的意义。

吉林是我国温带最北省份之一,在全国气候区划中属于中温带大陆性季风气候。吉林省太阳总辐射平均值为 $4\ 787.4\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ ,全年日照时数为 $2\ 200\text{—}3\ 000\text{ h}$ ,日照百分率为 $60\%$ 左右<sup>[12]</sup>,属于光照资源中等地区。由于太阳总辐射资料的限制,故不能比较吉林省东中西部地区的太阳总辐射。吉林省东部日照时数为 $2\ 323.7\text{ h}/\text{a}$ ,中部日照时数为 $2\ 435.6\text{ h}/\text{a}$ ,而西部日照时数为 $2\ 863.5\text{ h}/\text{a}$ 。由此可知,吉林省的太阳总辐射为东部较少,中部较多,西部最多。吉林省夏季太阳总辐射最大,春季次之,冬季最小;春、秋、冬季的太阳总辐射呈不同程度的下降趋势,夏季太阳总辐射呈增加趋势。针对这一状况,近几十年来,吉林省对太阳能的利用进行了研究和推广工作,并有了一定的进展。目前,吉林省能太阳能的利用主要有以下几个方面:一是太阳能日光温室,利用玻璃、薄膜等材料,建设太阳能日光温室,主要用于反季节种、养业的生产;二是建筑被动式太阳能保温房,改善农村居住条件,节省冬季采暖用能;三是利用太阳能热水器和太阳灶,为生活提供水和热能;四是太阳能光伏发电,利用光伏转换技术,将太阳能转换为独立的电源,主要用于城乡居民生产和生活方面,如太阳能路灯、草坪灯等。

目前,吉林省太阳能的利用,基本上仍以加热生活用水和太阳能日光温室为主且主要集中在城市、中心乡镇。吉林省东部和西部地区是太阳能资源丰富的地区,也是风能最为丰富的地区,经济和农业发展均较落后。为此,建议对这些地区特别是西部地区,加大、加快气候资源中太阳能、风能的开发利用,同时有利于经济可持续发展和生态环境保护,带动相关产业的崛起和发展<sup>[13]</sup>。中部日照时数较西部少,这是由于中部城市较多,各种污染排放于大气中,污染物颗粒和增加的云量对阳光具有一定的吸收和散射能力,减小了太阳直射到地面的辐射强度和日照时数。因此,如果中部地区大力加强太阳能资源的开发和利用,将有助于减少大气污染,并能提高太阳辐射强度和日照时数,形成良性循环。

从目前的技术水平和经济来看,太阳能利用还有很大的市场潜力可挖,特别是吉林省属太阳能资源中等地区,除推广以上几种利用形式外,要加大太阳能开发利用的研究力度,并引进国内外先进技术和设施,将太阳能开发利用技术从生活领域向生产领域开拓,大力培育和扶持太阳能开发利用产业,使太阳能开发利用向深层次、高水平发展。

## 4 结论

综上所述,近46 a来吉林省太阳总辐射发生了如下的变化。

(1)近46 a来吉林省年平均太阳总辐射在波动中下降,且下降趋势不显著,其中20世纪60年代太阳总辐射较高,70年代开始下降,80年代达到最低值,90年代以后小幅度回升。

(2)吉林省夏季太阳总辐射最大,春季次之,冬季最小。春、秋、冬季的太阳总辐射呈不同程度的下降趋势,且冬季下降趋势显著,夏季太阳总辐射呈增加趋势。

(3)吉林省太阳总辐射的月平均变化曲线呈单峰型,太阳总辐射的最大值出现在5月,最小值出现在12月;7—9月太阳总辐射呈增加趋势,10月至翌年6月呈减少趋势;且8月增加趋势显著,1月减小趋势显著。

(4)吉林省年日照时数在空间分布上呈现出由西向东逐渐减少的地域分布差异;而在时间上也呈现出由春季到冬季依次减少的分布特征。

(5)吉林省太阳能资源较丰富,在全球气候变化背景下年太阳辐射总量无显著下降,特别是夏季增加趋势显著,可大力拓展太阳能资源的开发利用。

## 参考文献

- [1] IPCC. Climate Change 2001: The Scientific Basis [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- [2] 龚道溢,王绍武. 1998年:近百年以来中国最暖的一年[J]. 气象, 1998, 25(8): 1-3.
- [3] Stanhill G, Moreshet S. Global radiation climate changes: The world radiation network [J]. Climate Change, 1992(21): 57-75.
- [4] Gilgen H, Wild M, Ohmura A. Means and trends of shortwave irradiance at the surface estimated from global energy balance archive data [J]. Journal of Climate, 1998, 11(8): 2042-2061.
- [5] 查良松. 我国地面太阳辐射量的时空变化研究[J]. 地理科学, 1996, 16(3): 232-237.
- [6] 李晓文,李维亮,周秀骥. 中国近30年太阳辐射状况研究[J]. 应用气象学报, 1998, 2(1): 24-31.
- [7] Zhang Y L, Qin B Q, Chen W M. Analysis of 40 year records of solar radiation data in Shanghai, Nanjing and Hangzhou in Eastern China [J]. Theoretical and Applied Climatology, 2004(78): 217-227.
- [8] 赵利勇,胡明辅,杨贞妮. 太阳能利用技术与发展[J]. 能源与环境, 2007(4): 55-57.
- [9] 缪仁杰,李淑兰. 太阳能利用现状与发展前景[J]. 应用能源技术, 2007, 113(5): 28-33.

- [10] 于华深, 蔺娜, 于杨. 辽宁省太阳能资源分布及区划初探[J]. 气象与环境学报, 2008, 24(2): 18-22.
- [11] 詹国平, 吉律. 阿里地区太阳能资源的开发利用及对策探析[J]. 西藏科技, 2008(3): 39-42.
- [12] 孔静芬, 金花. 吉林省太阳能利用的现状与分析对策[J]. 农业与技术, 2000, 20(4): 11-13.
- [13] 杨淑群, 詹兆渝, 范雄. 四川省太阳能资源分布特征及其开发利用建议[J]. 四川气象, 2007, 27(2): 15-17.

## Variation of solar radiation and utilization of solar energy resources in Jilin province

LIAN Shi-huan<sup>1</sup> JIN Ying-hua<sup>2</sup> PENG Cong<sup>2</sup>

(1. Institute of Educational Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024, China; 2. College of Urban and Environmental Science, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

**Abstract:** The solar radiation data from 1960 to 2005 in Changchun weather station and Yanji weather station in Jilin province were analyzed by linear regression analysis, linear correlation analysis and Mann-Kendall test in order to reveal the variation of solar energy resources. The results indicate that the mean annual solar radiation in Jilin province is  $4787.4 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{a}$ . The solar radiation is strong in summer, followed in spring and winter. The mean annual solar radiation is fluctuant and has a decreasing trend, while the trend is not obvious. The solar radiation is higher in 1960s and is lower in 1980s, and returns to the normal in 1990s. The solar radiation decreases in spring, autumn and winter, especially in winter, while it increases in summer. The spatial distribution of annual sunshine duration decreases from the west to the east, and its temporal distribution decreases from spring to winter. In generally, total solar energy resources are rich and the change trend is not significant, which is benefit for the utilization of the solar energy resources in Jilin province.

**Key words:** Solar radiation; Variation; Solar energy utilization; Jilin province