

太阳选址全国日照条件分析*

钱璇^{1†} 姚永强¹ 李俊荣¹ 周云贺¹ 王红帅^{1,2}
刘立勇¹ 尹佳¹

(1 中国科学院国家天文台 北京 100012)

(2 中国科学院研究生院 北京 100049)

摘要 利用国家气象信息中心气象资料室整编的中国 756 个基本、基准气象站在 1971~2000 年间的日照时数和日照百分率年值、月值数据集,研究了全国范围的日照条件,结合 1951~2008 年间我国云量、水汽要素资料,分析了影响日照的因素. 研究结果表明,我国日照时数和日照百分率的分布形势一致,东南少而西北多,从东南向西北递增. 在我国东部地区日照时数由南向北逐步递增,西部地区日照条件整体好于东部,符合常规. 藏西南狮泉河一带日照条件最优; 40° N 纬度带附近和藏南地区次之,江南华南、四川盆地以及云贵高原东部地区的日照条件较差; 其余地区日照条件居中. 日照时数受云量、水汽要素的影响,呈负相关关系.

关键词 大气效应, 方法: 数据分析, 方法: 统计

中图分类号: P 182; **文献标识码:** A

1 引言

日照是指太阳在一个地区实际照射的时数. 日照条件在建筑、农业、气象、天文等诸多领域都有着重要的科研和使用价值. 日照时数、日照百分率是气候学中计算太阳辐射的主要参数,其分布规律是表征太阳辐射强弱和反应气候变化的主要气象要素,也是衡量一个地区太阳能资源分布的重要指标.

日照时数定义为太阳直接辐照度达到或超过 120 w/m^2 的时间总和,以 h 为单位. 可照时数是指太阳中心从出现在一地的东方地平线到进入西方地平线,其直线光线在无地物、云、雾等任何遮蔽条件下照射到地面所经历的时间. 日照时数应小于可照时数,日照百分率即为日照时数与可照时数的比率,规范取整数.

日照条件通常受到地形、天气等多种因素的影响,气象要素中的云量、水汽等要素都对地区的日照时数有很大的影响. 杜军等^[1]研究了西藏地区近 35 yr 的日照时数的变化特征及其影响因素,得出近 35 yr 来西藏地区年日照时数表现为极显著减少趋势的结

2011-09-28 收到原稿, 2011-11-23 收到修改稿

* 国家自然科学基金 (11103042, 10903014, 11073031) 和中国科学院国家天文台青年人才基金 (0835032002) 项目共同资助

† qianxuan@nao.cas.cn

论. 郭艳岭等^[2]分析了 1965~2005 年间河北省日照时数的时空分布特征及其影响因子, 发现河北省的日照时数存在明显的地域特征, 且呈现显著下降的趋势. 何斌方等^[3]研究了安徽省 50 yr 的日照时数的变化特征及影响因素, 结果表明安徽省的日照时数大致呈纬向分布, 分布形式为北高南低, 且显著减少. 陈少勇等^[4]研究了中国西北地区近 47 yr 日照时数的气候变化特征, 发现我国西北地区的日照时数从东南向西北减少, 甘、青、新交界区是西北地区日照的高值区, 冬季日照最少, 夏季最多, 春季多于秋季.

日照时数是太阳天文选址观测中的重要物理量, 直接决定了对太阳观测的有效时间. 前期的关于日照时数研究工作多是针对小范围地区进行分析, 缺乏全国范围不同地区日照条件的系统对比. 本文结合太阳选址的需求, 针对全国范围的日照时数及日照百分率的分布特征进行研究, 进一步选取具体站点分析其地方日照条件的变化特征, 为太阳选址工作提供科学依据.

2 资料与考察台站

本文所用的资料选用由中国气象局国家气象信息中心气象资料室整编的 756 个基本、基准气象站, 1951~2008 年间的中国气候资料年值和月值数据集, 其中日照时数及日照百分率使用的是 756 个基本、基准气象站 1971~2000 年间的中国气候资料年值和月值数据集. 图 1 给出了全国 756 个基本、基准气象站的分布情况, 其中 10 个实黑圆点为所选具体代表站点.

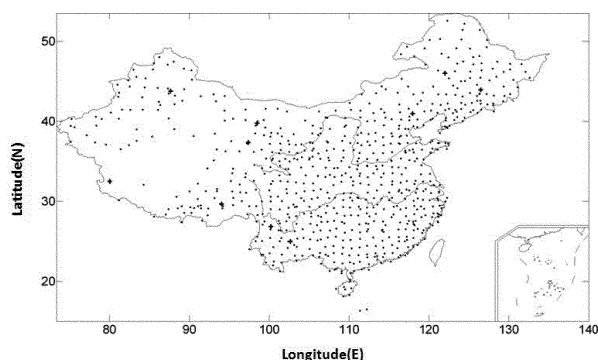


图 1 中国地面 756 个基本、基准气象站分布示意图

Fig. 1 The distribution of 756 principal and reference climatological stations selected in China

从全国不同区域中选出 10 个具体台站分析其日照条件的时变特征, 所选的这 10 个台站是经过多方面考察的, 日照时数均在 2 000 h 以上的可行区域中, 优先选择各区域中优选地区、临近天文台站或是天文候选点的台站, 其次选择最能代表其整个区域特征的台站. 图 1 中的实心黑点均为这 10 个具体台站的分布情况. 表 1 给出了这 10 个台站的经纬度、海拔高度等相关信息. 各要素的数据库记录精度为: 日照时数 0.1 h, 日照百分率 1%. 数据库资料及各要素的观测说明可参考文献 [5]. 在季节变化分析中, 按常规定义

3~5 月为春季、6~8 月为夏季、9~11 月为秋季、12~2 月为冬季.

表 1 考察台站信息

Table 1 The information of the selected stations				
Station	Latitude	Longitude	Height(m)	Province
Lasa	29° 40′	94° 08′	3648.9	Tibet
Shiquanhe	32° 30′	80° 05′	4278	Tibet
Lijiang	26° 52′	100° 13′	2392.4	Yunnan
Kunming	25° 00′	102° 39′	1886.5	Yunnan
Chengde	40° 59′	117° 57′	385.9	Hebei
Wulumuqi	43° 47′	87° 39′	935	Xinjiang
Delingha	37° 22′	97° 22′	2981.5	Qinghai
Jilin	43° 57′	126° 28′	183.4	Jilin
Wulanhaote	46° 05′	122° 03′	274.7	Neimenggu
Jiuquan	39° 46′	98° 29′	1477.2	Gansu

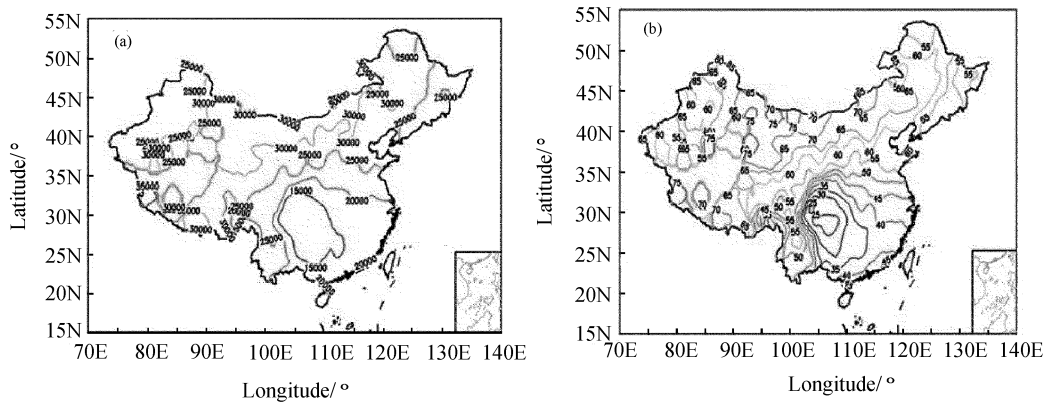


图 2 中国地区 1971~2000 年间. (a) 日照时数、(b) 日照百分率空间分布图. 日照时数单位为 0.1 h, 日照百分率单位为 1%

Fig. 2 The distribution of sunshine duration (a) and percentage (b) from 1971 to 2000 all over China. The sunshine duration unit is 0.1 h, and the sunshine percentage unit is 1%

3 日照条件空间分布特征

我国幅员辽阔, 地形复杂, 地区气候差异大, 日照时数差异很大, 其变化也不尽一致. 图 2(a)、(b) 分别为 1971~2000 年间年均日照时数和年均日照百分率的空间分布图.

我国日照时数和日照百分率的分布形势一致, 东南少而西北多, 从东南向西北递增, 在我国东部地区日照时数由南向北逐步递增, 东南沿海、四川盆地及云贵高原等地日照较少, 年均日照时数在 2 000 h 以下, 日照百分率在 50% 以下, 西部地区整体多于东部, 仅在青藏高原东南部存在一个小低值区, 年均日照时数 1 500 h 左右, 日照百分率在 35% 左右. 在 40° N 附近为日照时数的一个高值带, 西起于塔里木盆地中部, 经内蒙古向东延

伸到北京及其以北的华北北部和东北西部地区,日照时数在 3 000 h 左右,日照百分率在 60~70% 之间,藏西南为另一个日照时数的高值区,日照时数在 3 000 h 以上,日照百分率在 70% 以上. 大致在秦岭淮河以北和青藏、云贵高原东坡以西的高原地区,平均日照时数都在 2 200 h 以上,年均日照百分率在 50% 以上;在纬度 36° 以北的地区,日照时数基本都在 2 500 h 以上,日照百分率 55% 以上;锡林浩特、呼和浩特、银川、西宁、拉萨一线以西的内陆地区,年平均日照时数普遍在 2 500 h 以上,年均日照百分率大都在 60% 以上,是中国日照最多的地区,其中局部地区甚至可以达到 3300~3500 h 以上,如藏西南的阿里地区狮泉河一带,日照时数在 3 500 h 特征线的包围内,日照百分率也达到了 70% 以上.

淮河、秦岭以南,青藏和云贵高原东坡以东的地区,年平均日照时数多在 2 000 h 以下,年均日照百分率在 40% 以下,是我国日照较少的地区,其中青藏高原东南部、四川盆地及贵州大部分地区是少日照的中心地区,年平均日照时数不到 1 500 h,其中在四川盆地西坡、川东南、黔西北、鄂西南交界地区年平均日照时数约在 1 200 h 以下,有些地方甚至不足 1 000 h.

太阳观测已经进入了高分辨率时代,研制几米级别的大口径地面太阳望远镜在我国势在必行,地面大口径太阳望远镜的运行严重依赖于观测条件,因而,在我国西部进行太阳观测资源的普查及科学选址很有意义. 结合目前已有太阳观测的昆明附近抚仙湖地区、北京怀柔地区,及定点观测的西藏阿里地区和大香格里拉地区,进行日照条件的比对. 从图 2 可以看到,藏西南的阿里地区年均日照时数在 3 000 h 以上,年均日照百分率也在 60% 以上,狮泉河一带更是在 3 500 h 特征线的包围内,狮泉河一带的日照百分率均在 70% 以上;大香格里拉一带,年均日照时数在 2000~2500 h 的范围内,日照百分率在 50% 特征线的包围内;昆明抚仙湖一带的日照时数在 1500~2000 h 之间,日照百分率在 40% 左右;怀柔一带的年均日照时数在 2500~3000 h 特征线的包围内,日照百分率在 60% 左右. 由此可以得出,青藏高原西南部的阿里地区日照条件最优越,是进行太阳观测选址的优选地区.

4 日照条件时变特征

选取 1 月、4 月、7 月、10 月分别为冬、春、夏、秋四季的代表月份,图 3 给出了这 4 个月份的日照时数的空间分布情况. 各季节中,全国地区的日照时数分布形势与年均日照时数分布形势大体一致,东南向日照少,西北地区日照时数多,从东南向西北递增. 一年四季中,夏季日照多,冬季最少,春季日照时数略多于冬季. 冬、夏季日照时数显著减少的范围较大,春秋两季显著减少的范围较小.

从 1 月份的日照图中我们可以看到,冬季全国日照偏少,分布总趋势依旧是自东南向西北递增,四川盆地冬季日照最少,小于 100 h,新疆中部向其东北延伸一带、青藏高原南部沿其东北方向至内蒙古一线及云南南部日照较多, 200 h 以上. 7 月全国日照普遍偏多,日照时数基本都在 140 h 以上,新疆北部地区日照时数大都在 300 h 以上,四川盆地、云贵高原一带日照偏少, 200 h 以下. 对比 4 月和 10 月的日照图,日照时数的空

间分布呈现出了一定的冬季到春季的季节过渡性, 4 月份日照时数增多, 基本都在 100 h 以上, 35°N 以北及青藏高原地区日照时数基本都在 200 h 以上, 日照较多, 其余地区日照时数基本在 200 h 以下. 到秋季 10 月份, 35°N 以北地区日照时数基本都在 200 h 以上, 日照较多, 青藏高原以东为我国秋季日照偏少的地区, 都在 200 h 以下. 1 yr 中, 40°N 以北尤其是新疆地区日照时数变化大, 青藏高原东部沿其东北方向至内蒙古一线, 日照较多且季节变化范围较小.

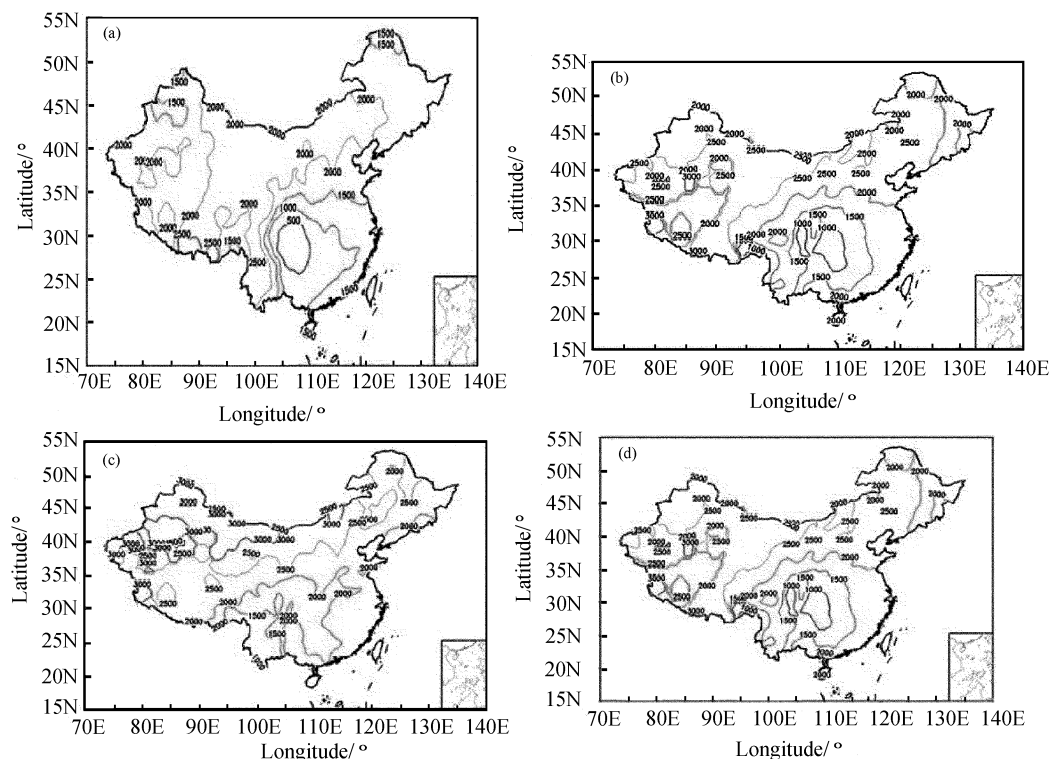


图 3 中国地区 1971-2000 年 1 月、4 月、7 月、10 月日照时数空间分布图, 单位 0.1h

Fig. 3 The distribution of seasonal sunshine duration from 1971 to 2000 all over China, (a) January, (b) April, (c) July, (d) October. The sunshine duration unit is 0.1 h

表 2 考察台站日照条件统计信息

Table 2 The sunshine statistics of the selected stations

Station	Sunshine duration/h		Sunshine percentage/%	
	Average	Spring/Summer/Autumn/Winter	Average	Spring/Summer/Autumn/Winter
Lasa	2990.1	257.2/234.8/259.4/245.4	68	65.7/56/75.3/77.3
Shiquanhe	3553.9	312.8/322.9/298.6/250.4	80	79.7/76/86.3/80.3
Lijiang	2463.4	235.6/148.6/186.9/250	56	60.7/36/54.3/77.3
Kunming	2197.6	237.5/134.7/145.7/214.7	50	61.7/33/42/66
Chengde	2745.8	258.6/241.7/223.3/191.7	62	64/54.3/66/65.3
Wulumuqi	2523.3	237.3/294.1/204.8/104.9	57	58/65/60/36.3
Delingha	3127.9	275/274.9/261.2/231.5	71	69/63.3/77/77
Jilin	2314.3	222.1/213.6/182.6/153.1	52	54.7/47/54.7/53.7
Wulanhaote	2875.2	271.6/266.6/226.8/193.5	65	66.3/58/68/69.3
Jiuquan	3030.7	264.3/279.7/253.2/213	68	65.7/63.3/75/72.3

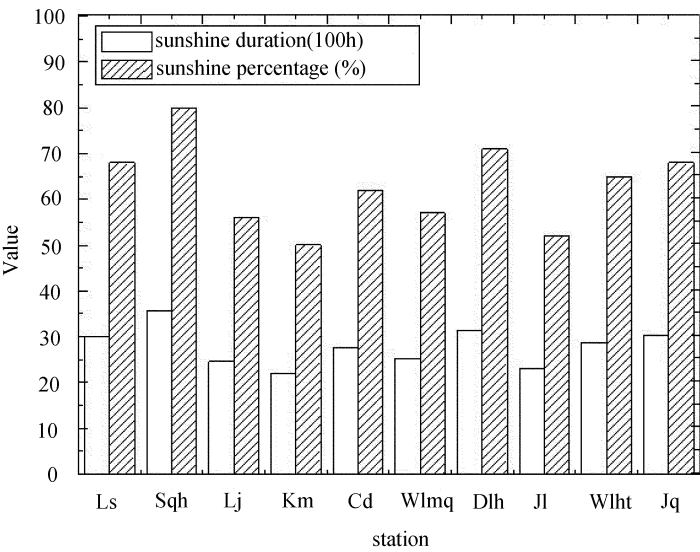


图 4 具体台站日照条件对比 (图中台站 Ls- 拉萨, Sqh- 狮泉河, Lj- 丽江, Km- 昆明, Cd- 承德, Wlmq- 乌鲁木齐, Dlh- 德令哈, Jl- 吉林, Wlht- 乌兰浩特, Jq- 酒泉.)

Fig.4 The comparision of sunshine conditions of the ten stations

表 2 给出了所选 10 个具体地区的日照时数及日照百分率的相关统计信息, 分析其日照时数及日照百分率的常年变化和季节变化, 总结地区的日照条件的时变规律. 昆明、吉林地区的年均日照偏少, 狮泉河、德令哈日照较多. 季节中, 夏季日照最多, 冬季最少, 春季多于秋季.

图 4 给出了这 10 个具体台站日照条件的比较, 可以很明显的看出, 狮泉河地区日照条件最优, 年均日照时数最多, 达到了 3 500 h 以上, 日照百分率也达到了 80%; 其次是青海德令哈地区, 日照时数在 3 000 h 以上, 日照百分率达到了 70%; 西藏拉萨、酒泉地

区的日照时数在 3 000 h 左右,日照百分率都达到了 68%;昆明、吉林、丽江地区的年均日照时数在 2 500 h 以下,日照百分率在 56% 以下。

图 5 给出了这 10 个地区日照时数及日照百分率的季节变化趋势图。从图中可以看出,狮泉河地区的日照最多,月均日照时数在 240 h 以上,6 月份日照时数最多,350 h 左右,日照百分率在 70% 以上,7 月日照百分率较小,70% 左右,秋季日照百分率较大,85% 左右。其次是乌兰浩特、拉萨、酒泉、德令哈,月均日照时数在 200 h 以上,日照百分率在 60% 以上。

季节中,多数地区在 4、5 月份日照时数偏多,随后开始进入雨季,受降水影响日照时数下降。丽江、昆明地区夏季日照时数最少,这是由于其地理位置位于我国阴雨湿润地区,水汽充足,云量较多,日照时数的低值期正处于其雨季中。新疆乌鲁木齐处于我国干燥地区,全年降水偏少,无明显的干湿季之分,夏季日照时数最多,280 h 左右,冬季最少,120 h 左右,春季多于秋季。乌鲁木齐、丽江、昆明地区的日照条件季节变化相对较大。

而日照百分率,更能反映云、雾、水等条件的影响,更能反映有效的可观测时间。夏季,日照百分率普遍最小,冬季较大,这是由于夏季阴云天气出现较多,降水也多,致使日照百分率下降较其他季节明显,由于 90 年代以后雨季结束时间的推迟,秋初日照百分率也较小,随着雨季的结束,日照百分率逐渐回升。新疆乌鲁木齐地区,全年气候干旱,没有明显的干季、雨季之分,其日照百分率季节变化趋势较其他地区正好相反,夏季 8 月份值最大,冬季较小,季节变化幅度较大,丽江和昆明地区的日照百分率的季节变化幅度也偏大。

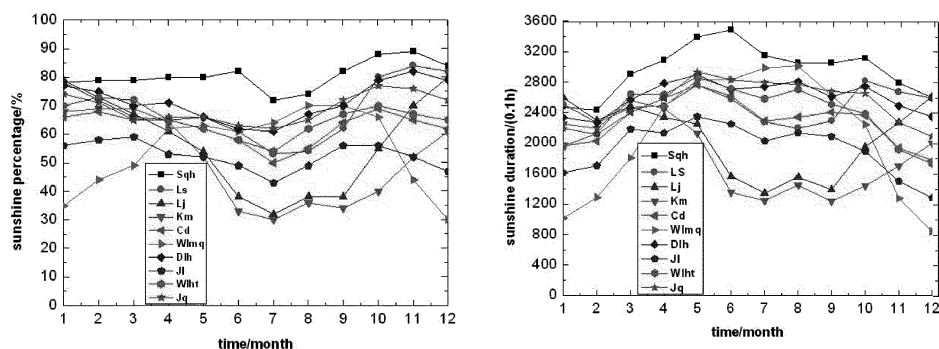


图 5 日照时数及日照百分率的季节变化趋势 (图中台站 Ls- 拉萨, Sqh- 狮泉河, Lj- 丽江, Km- 昆明, Cd- 承德, Wlmq- 乌鲁木齐, Dlh- 德令哈, Jl- 吉林, Wlht- 乌兰浩特, Jq- 酒泉。)

Fig. 5 The seasonal variation of sunshine duration and percentage

5 日照条件同其他气象要素的关系

影响太阳辐射最主要的两个因子为太阳高度角和大气透明度。就某一具体地区而言,

1 yr 中太阳高度角的变化是相对稳定的, 因此, 季节及年日照时数的变化主要跟大气透明度有关. 大气透明度最易受到云量的影响, 同时也受大气中的水汽含量及大气气溶胶含量等因子的影响, 因此, 在这里重点分析云量和水汽要素对日照的影响.

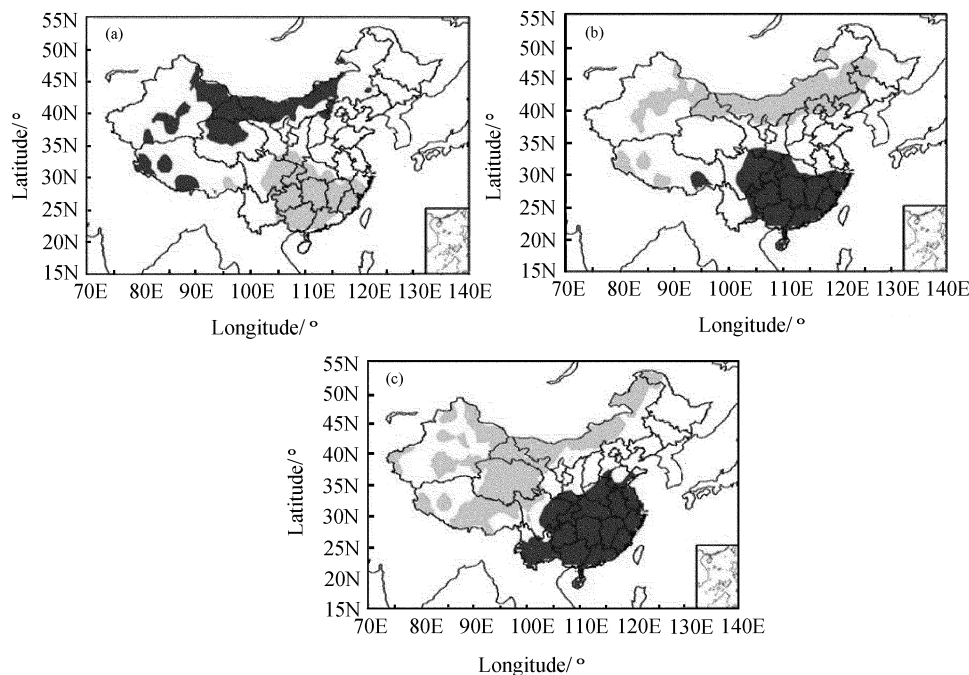


图 6 日照时数与云量、水汽压分布对比. (a) 日照时数 (深色区域为日照时数大于 3 000 h, 浅色区域小于 2 000 h), (b) 云量 (浅色区域云量小于 4.5 成, 深色区域大于 6.5 成), (c) 水汽压 (浅色区域水汽压小于 6 hPa, 深色区域大于 12 hPa)

Fig. 6 The comparison of sunshine duration and cloudiness, water vapor. (a) sunshine duration (the sunshine duration is more than 3000h in the dark areas, and less than 2000h in the light areas), (b) cloudiness (the cloudiness is more than 65% in the dark areas, and less than 45% in the light areas), (c) water vapor (the water vapor is more than 12 hPa in the dark areas, and less than 6hPa in the light areas)

图 6 给出了我国日照时数与云量、水汽压分布的对比情况, 浅色区域为小值区, 深色为大值区. 由图 6(a)~(b) 我们可以发现, 云量与日照时数呈现出显著的负相关性. 日照时数多的区域, 云量偏少, 图 6(a) 中深色区域主要集中在我国华北、新疆东部、新疆中部及南部、青藏高原西南部及南部部分区域, 日照时数较多, 大于 3 000 h, 对应 (b) 中浅色区域, 云量小于 4.5 成, 云较少. (a) 中浅色区域主要集中在我国华南、青藏高原东南部、四川盆地、云贵高原大部分地区, 日照时数小于 2 000 h, 日照偏少, 对应 (b) 中深色大值区, 云量大于 6.5 成, 云量较多.

参考文献 [6-8], 结合之前全国地区太阳选址云量条件的调查分析, 我国东部地区云量由南向北递减, 日照时数呈现递增趋势, 东南沿海、四川盆地及云贵高原地区云量最多, 日照最少, 西部云量整体小于东部, 而日照时数则是西部地区多于东部, 在青藏高

原东南部存在一个小高值区, 该区域受从印度洋上吹来的西南暖湿气流的影响, 水汽充足, 云量较多, 日照偏少. 40°N 附近有一个云量低值带, 其最西端开始于塔里木盆地中部, 经内蒙古向东延伸到北京及其以北的华北北部和东北西部, 在此附近日照较多, 藏西南为另一个云量低值区, 日照也较多, 这两个区域为我国云量最少、日照最多的地带.

水汽压是大气中水分的分压强, 是描述水汽绝对含量的物理量. 天文选址观测中关注的大气水汽含量与水汽压的关系较为密切, 杨景梅等^[9]给出了我国大气水汽含量同地面水汽压之间的经验关系式. 我国东南沿海地区水汽压较大, 西北内陆地区水汽压偏小, 整个北方地区水汽压均较小. 藏西南向东北方向延伸到青海北部, 水汽压值较小, 由此向东南方向迅速增大. 从图 5 中可以看出, 云量与水汽具有一定的相关性, 通常水汽压较小的区域云量也较少, 水汽压与日照时数间也呈现出负相关性, 日照时数多的地区, 水汽压较小, 日照时数少的区域水汽压较大.

6 结论

本文利用国家气象信息中心气象资料室整编的中国地面基本、基准气象站的年资料和月资料数据集, 对中国地区的日照时数和日照百分率要素进行了分析, 得到如下结论:

(1) 我国日照时数和日照百分率的分布形势一致, 东南少而西北多, 从东南向西北递增, 在我国东部地区日照时数由南向北逐步递增, 东南沿海、四川盆地及云贵高原等地日照较少, 西部地区日照条件整体高于东部, 仅在青藏高原东南部存在一个小低值区, 在 40°N 附近为日照时数的一个高值带, 藏西南为另一个日照时数的高值区.

(2) 各季节中, 全国地区日照时数分布形势与年均日照时数分布形势一致, 东南方向日照时数少, 西北地区日照多, 从东南向西北递增. 一年四季中, 夏季日照时数最多, 冬季最少, 春季日照时数略多于秋季. 冬、夏季日照时数显著减少的范围较大, 春秋季节显著减少的范围较小. 日照百分率在夏秋季节进入雨季后减少明显, 冬季较大.

(3) 日照条件的变化与许多因子有关, 日照时数与云量、水汽要素呈现出负相关关系. 云量、水汽要素的值增加时, 大气透明度小, 云与水汽粒子等对太阳辐射发生吸收、反射、散射等, 使得到达地面的太阳辐射相对减少, 从而使日照时数相应减少. 大气透明度增加, 大气中粒子数量减少, 使太阳辐射发生吸收、反射、散射等的几率减少, 使到达地面的太阳辐射相对增加, 从而使日照时数相应增加, 日照百分率增大, 反之亦然.

致谢 感谢国家气象信息中心气象资料室数据共享服务室提供了大量整理归档的气象资料.

参 考 文 献

- [1] 杜军, 边多, 胡军, 等. 地理学报, 2007, 62: 492
- [2] 郭艳岭, 邱新法, 张素云. 干旱气象, 2010, 28: 297
- [3] 何彬方, 冯妍, 唐为安, 等. 自然资源学报, 2009, 24: 1275
- [4] 陈少勇, 张康林, 邢晓斌, 等. 自然资源学报, 2010, 25: 1142
- [5] 中国气象局. 地面气象观测规范. 北京: 气象出版社, 2003: 81-83
- [6] 张永婧, 姚永强, 钱璇, 等. 中国科学, 2010, 40: 1302

- [7] 钱璇, 姚永强, 刘立勇, 等. 中国天文气象条件的时变特征, 中国科学, 2011, 41: 896
[8] 钱璇, 姚永强, 李俊荣, 等. 大型地面太阳望远镜选址云量调查, 天文学报 (已接受)
[9] 杨景梅, 邱金桓. 大气科学, 1996, 20: 620

The Analysis of Sunshine Conditions over China in Site Survey for Large Solar Telescope

QIAN Xuan¹ YAO Yong-qiang¹ LI Jun-rong¹ ZHOU Yun-he¹

WANG Hong-shuai^{1,2} LIU Li-yong¹ YIN Jia¹

(1 *National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012*)

(2 *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049*)

ABSTRACT The sunshine conditions over China are analyzed, by using the yearly and monthly data sets of sunshine duration and percentage, from 756 principal and reference climatological stations for the period of 1971-2000. With the statistics of cloudiness, the water vapor from 1951 to 2008, the factors affecting the sunshine are also analyzed. The results show that, the distribution of sunshine duration and percentage are consistent. The values of sunshine duration and percentage in the southeast are small, and large in the northwest, and the values increase from southeast to northwest. The sunshine duration in eastern area of China increases from south to north, and the sunshine conditions in western area are better than in the east, which is consistent with the common sense. For the sunshine conditions, the southwest of Tibet is the best, followed up by the 40 ° N latitude band and south Tibet; South of Yangzi River, South China, the Sichuan basin as well as the area in east of Yunnan-Guizhou Plateau have worse sunshine conditions; the conditions of other regions are just all right. Sunshine duration is influenced by the cloud and water vapor, and it has a negative correlation with them.

Key words atmospheric effects, methods: data analysis, methods: statistical