

基于我国紫外线指数时空分布特征的防晒产品使用研究

白天杰^{1,2}

¹成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都

²中海油信息科技有限公司北京海洋信息化科技中心, 北京

收稿日期: 2021年10月25日; 录用日期: 2021年11月22日; 发布日期: 2021年11月29日

摘要

本文基于2016年1月至2020年12月欧洲航天局TEMIS的逐日地表紫外线指数数据分析了我国地表紫外线时空分布特征和我国主要城市群地表紫外线时空分布特征。并结合WHO相关防晒标准, 给出了基于我国紫外线指数时空分布特征的防晒产品科学使用指南。主要结论如下: 1) 我国紫外线指数分布同期高纬地区低于低纬地区; 西部地区整体高于东部整体, 青藏高原四季紫外线指数都高于四周地区。夏季七月全年紫外线指数最高, 冬季十二月全年紫外线指数最低, 春季紫外线指数高于秋季紫外线指数。2) 我国七大城市群中的主要城市, 除北京外, 上海、深圳等城市每年需涂抹SPF15+防晒产品的天数均超过一半。3) 针对室外活动, 夏季, 北京市和上海市每月分别有24天和27天需涂抹SPF15+防晒产品。冬季, 北京十二月有24天左右出门无需防晒, 一、二月有超过15天无需防晒; 上海每月只有2~3天出门无需防晒。深圳市全年都建议至少使用SPF15+防护等级防晒产品。四月至八月其紫外线指数均值可长期维持在11 (25 nW/m²)以上, 外出需加强防晒工作。

关键词

紫外线指数, 时空分布, 防晒, 城市

Study on the Use of Sunscreen Products Based on the Spatial and Temporal Distribution Characteristics of UV Index in China

Tianjie Bai^{1,2}

¹School of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan

²Beijing Marine Information Technology Center, CNOOC Information Technology Co., Ltd., Beijing

文章引用: 白天杰. 基于我国紫外线指数时空分布特征的防晒产品使用研究[J]. 自然科学, 2021, 9(6): 985-1002.
DOI: 10.12677/ojns.2021.96107

Abstract

In this paper, we analyze the spatial and temporal distribution characteristics of surface UV in China and that in major urban groups in China based on the daily surface UV index data from TEMIS of European Space Agency from January 2016 to December 2020. And combined with WHO related sun protection standards, a scientific use guide of sun protection products based on the spatial and temporal distribution characteristics of UV index in China was given. The main conclusions are as follows: 1) The distribution of UV index in China is lower in high latitudes than in low latitudes during the same period; the western region as a whole is higher than the eastern region as a whole, and the Qinghai-Tibet Plateau is a special region whose UV index is higher than the surrounding areas in all four seasons. The annual UV index is highest in July in summer and lowest in December in winter, and the spring UV index is significantly higher than the autumn UV index. 2) The major cities in China's seven major city clusters, except Beijing, Shanghai, Zhengzhou, Xi'an, Wuhan, Chengdu and Shenzhen all need to apply SPF15+ sunscreen products for more than half of the days each year. 3) For outdoor activities, in summer, Beijing and Shanghai need to apply SPF15+ sunscreen products for 24 and 27 days per month, respectively. In winter, Beijing has about 24 days in December when you go out without sun protection and more than 15 days in January and February when you don't need sun protection; Shanghai has only 2~3 days per month when you go out without sun protection measures. In Shenzhen, it is recommended to use at least SPF15+ sunscreen products throughout the year. Especially from April to August, the average UV index can remain above 11 (25 mW/m²) for a long period of time, and sun protection should be strengthened when going out.

Keywords

UV Index, Spatial and Temporal Distribution, Sun Protection, City

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

1.1. 研究背景

随着我国经济发展,人们开始意识到防晒对于健康和自身外貌的作用。根据 CBNDData 于天猫美妆共同发布《2019 防晒品类趋势洞察》显示,防晒产品在总体美妆市场的份额逐年上升,人们对防晒越来越重视。95 后是防晒产品的主要消费者,消费者人数销售额占比接近四成,消费主体呈年轻化。在地域上,一二线城市是主要的防晒产品需求点。

1.1.1. 紫外线与紫外线指数

当前市场上的防晒产品主要针对紫外线辐射(UV, Ultraviolet Radiation)。紫外线辐射的波长范围在 100~400 nm 之间,按波长可划分为波长范围在 315~400 nm 的长波紫外线(UVA),波长范围在 280~315 nm 的中波紫外线(UVB)和波长范围在 100~280 nm 的短波紫外线(UVC)。地表紫外线主要来自太阳辐射,有很小部分来自工业,商业和娱乐场所等人工源。地表紫外线强度主要和太阳天顶角,大气臭氧,云,气

溶胶等有关。其中大气臭氧是十分重要的因素[1] [2]。由于臭氧自身的特性,对于波长越短的紫外线,其吸收能力越强,反之,吸收越弱。因此 UVA 可占到地表紫外线的 95%, UVB 可占到地表紫外线的 5%, UVC 大部分在臭氧层中被吸收,无法到达地表[3]。UVA 和 UVB 都可对人皮肤造成伤害。UVA 部分可能导致皮肤光老化,或者联合 UVB 共同产生作用。UVB 部分可能对人的皮肤产生致红斑效应,导致 DNA 突变及产生皮肤癌。UVB 相比于 UVA 对皮肤的伤害更大,同剂量的 UVB 对皮肤损害程度约是同剂量 UVA 的 800~1000 倍。

通常可以用红斑有效辐照度来表示紫外线对人皮肤的损害的强度。红斑有效辐照度是通过紫外线辐射的光谱辐照度和紫外线红斑效应参照谱加权乘积对波长进行积分得到的。其中紫外线红斑效应谱为不同波长的紫外线照射裸露皮肤后产生红斑效应的强弱关系[4]。

为方便的定量描述紫外线强度,世界卫生组织(WHO),联合国环境署,世界气象组织等在 2002 年发布了《紫外线指数指南》,其中给出了一种指数化的表示方法,即紫外线指数(UVI),其大小为红斑有效辐射值的四十倍,如图 1。未来,将气象信息指数化,以更加简洁的提供给大多数人使用将是一种有潜力的发展方向[5] [6]。

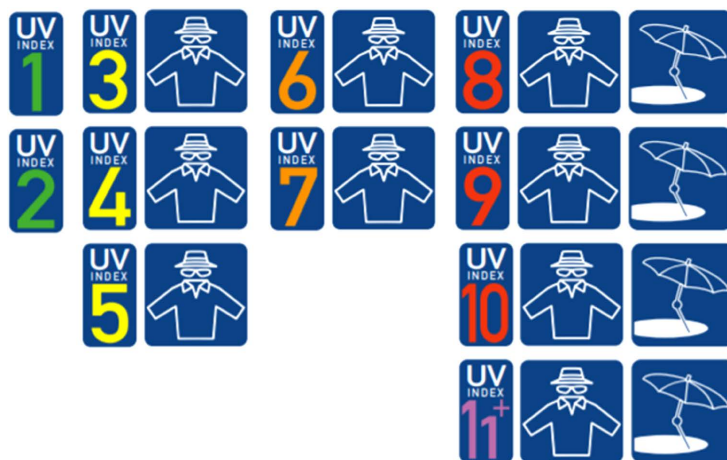


Figure 1. UV index sun protection symbols issued by the World Health Organization
图 1. 世界卫生组织发布的紫外线指数防晒符号

1.1.2. 防晒产品的 SPF 值

SPF 值(Sun Protection Factor)是一种主流的防晒护肤产品紫外线防护等级表示方法。SPF 值表示的是使用了防晒护肤产品的皮肤产生 MED 所需时间和未使用任何防晒护肤产品的皮肤产生 MED 所需时间之比。其中 MED (Minimal Erythema Dose)为最小红斑量,表示在此受试者的皮肤上造成明显红斑所需的最短紫外线照射时长或最低紫外线强度(J/m^2)。每个受试者皮肤特性不同, MED 对每个受试者的数值也不相同。

例如防晒指数为 SPF50 的防晒霜产品,理论上可以使受太阳直射 10 分钟后出现红斑效应的人在涂抹防晒霜后 500 分钟后才出现红斑效应。但在实际生活中,人们可能会遇到流汗,出油或其他稀释,刮蹭防晒霜的情况,所以真实防护时间可能减少许多[7]。

1.2. 研究现状

在以往的研究里,基于中国生态系统研究网络(CERN) 2005~2014 年的紫外辐射数据的研究中,通过分析各典型站不同晴空条件下紫外辐射与晴空指数(K_s , 入射到水平面的太阳总辐射量与天文辐射之比)

和太阳仰角的关系，建立了一个紫外辐射的经验估算模型。该模型提供了准确的紫外辐射数据，平均均方根误差为 14.31%。将该估算模型与混合模型相结合，重新计算了中国气象局 724 个常规气象站 1961~2014 年的逐日紫外辐射历史数据。再利用重建的历史数据，得到了不同气候区日紫外线辐射的空间分布和时间变化。结论为中国北方的紫外线辐射比中国南方多，中国西部的紫外线辐射比中国东部多。青藏高原的紫外辐射最大(0.66mj_m-2d-1)。1961 年至 1984 年，青藏高原紫外辐射呈先增后减的趋势，与全国及其他地区的总体趋势不符[8]。在青藏高原地区，海拔高度对当地的紫外线指数有明显的影响，在海拔 4000m 以上的测站紫外线指数有时可达 12，相较于海拔较低的拉萨地区平均高出 25% [9]。在基于 TEMIS (2002/07 至 2016/06)的地表紫外线指数数据的研究中，分析得出“中国总体紫外线指数分布西部高于东部，南部高于北部。在时间分布上每年紫外线指数最大值出现在六月，而最小值出现在一月。在季节上呈夏季紫外线指数大，冬季紫外线指数小的特点[10]。

相较于我国，国外对于防晒的研究和宣传相对较早。加拿大早自 1992 年就开始了紫外线指数的预报，并指导国民进行合理的防晒以维护皮肤健康[11]。在我国，人们可以通过中央气象台的网站查询到部分重点城市当日分时段的紫外线情况，以更好地进行防晒，如图 2。但目前利用中国的长期紫外线指数时空变化特征来给予城市市民合理健康的防晒建议的相关研究较少，这也是本文此次研究的重点。



Figure 2. UV conditions in major cities at 17:00 on April 1, 2019 released by NMC
图 2. 中央气象台发布的 2019 年 4 月 1 日 17 时重点城市紫外线情况

1.3. 研究意义

防晒对于人们的皮肤健康十分重要，同时人们也愈加重视日常生活工作中的防晒。而紫外线指数可以简洁的量化紫外线强度，对于防晒有指导作用。紫外线指数的时空分布与防晒相结合进行的研究，不论对消费者个人的选购，使用还是防晒产品的生产厂家的生产，销售都十分有意义[12]。

对于每个人来说，了解自己所在地区的紫外线强度和紫外线强度随时间的变化，不但可以更好地在生活和工作中更好地保护自己免受紫外线侵害，同时还能帮助自身更好地选购适合自己所在区域和所处季节的防晒产品。

如常用来表示防晒产品对 UVB(中波紫外线)防护效力的 FPS 值, 其各 FPS 值对应的 UVB 遮蔽率如图一所示。可以明显看出防晒产品 FPS 值的增加与 UVB 遮蔽率的增长并不成正比。例如 SPF25 的防晒产品中波紫外线遮蔽率为 $[(25-1)/25]*100\% = 96\%$, SPF50 的防晒产品中波紫外线遮蔽率为 $[(50-1)/50]*100\% = 98\%$, 其遮蔽率相较于 SPF25 的防晒产品只提升了 2% 的遮蔽率, 如图 3。选择防晒产品不得盲目选择防晒等级高的产品, 防护等级越高往往代表着产品中防晒剂含量更多或者产品成分更加复杂。不适当的使用可能会对使用者的皮肤造成更大的刺激, 长久使用会增加皮肤负担, 甚至对皮肤的健康造成各种不良的影响[13]。

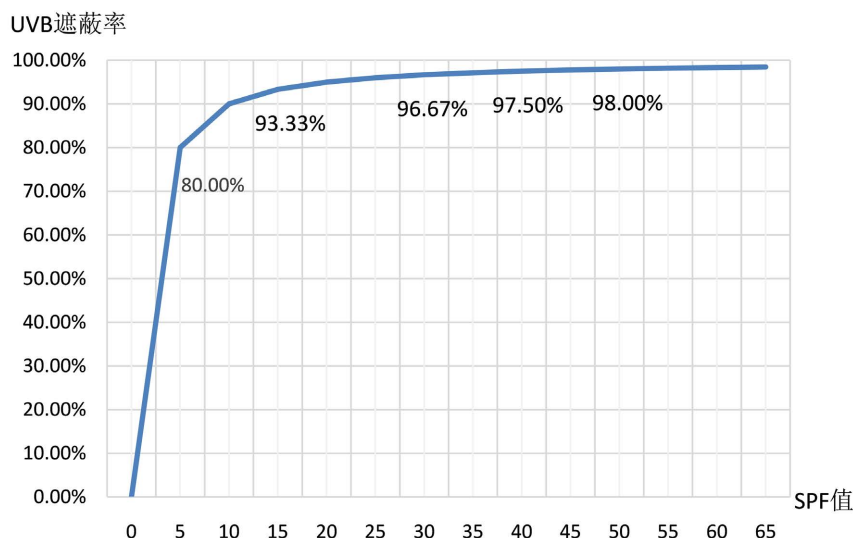


Figure 3. UVB coverage rate corresponding to each FPS value of sunscreen products
图 3. 防晒产品各 FPS 值对应的 UVB 遮蔽率

因此同时研究紫外线指数时空分布特征和其对防晒产品的对应关系, 可以使防晒产品的生产企业更加了解消费者科学的真实的所需产品, 在不同地区不同季节更加精准地提供科学的防晒产品。对于人们的健康, 社会的发展有积极作用的用[14]。

之前的关于我国紫外线指数时空分布特征的相关研究, 着重于对大范围区 2019 域的研究。且缺少“我国紫外线指数时空分布特征”和“防晒产品使用建议”相关联的研究。本文使用了截至 2020 年 12 月的最新紫外线指数数据, 且加入了最新的 GOME-2B 卫星采集的数据。在研究中不仅于对华北、华东、青藏高原等大范围区域进行了研究, 且由于一、二线城市是我国防晒产品的主要消费市场, 主要增长市场, 本文还选取了我国部分主要城市进行了重点分析研究。本文吸收了前人“紫外线时空分布”和“健康防晒”相关研究成果, 研究重点在于如何利用紫外线指数时空分布特征给予人们更好的防晒产品使用建议。

2. 资料与方法

2.1. 资料概况

紫外线指数资料

文中使用数据来自欧洲航天局的 TEMIS (Tropospheric Emission Monitoring Internet Service) 网站。TEMIS 网站中有对其提供的紫外线指数数据的具体介绍, 可登录其网址 <https://www.temis.nl> 查看。

此数据产品利用了 GOME-2A (2012/04/01 至 2019/03/20) 和 GOME-2B (2019/03/21 至今) 卫星提供的全球臭氧数据, 并使用了 Allaart 等人(2004)提出的参数化方法计算紫外线指数。即利用当地太阳正午辐射

和当地当地的全球同化臭氧场数据，代入一个经验模型，计算出初步的全球地表紫外线辐照度。之后针对变化的日地距离，地表反照率，地表高度，大气气溶胶的存在四点影响因素将数据进行调整，最终得到全球的紫外线指数数据[15] [16]。

TEMIS 网站上提供了逐日的全球紫外线指数数据下载，如图 4 所示。下载到的数据文件格式为 hdf4 格式。该文件包含了当日的紫外线指数数据。经度范围为 179.875°W 至 179.875°E，共分为 1440 列，经度步长为 0.25°。纬度范围为 89.875°N 至 89.875°S，共分为 720 行，纬度步长为 0.25°。计算中太阳系数指定为 1.034236，臭氧标度系数指定为 0.1。地表反照率为基于 GOME-2A (2012/04/01 至 2019/03/20)或 GOME-2B (2019/03/21 至今)卫星 340 nm 处 $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 地表反照率。紫外线指数单位为“1 UV index unit equals 25 mW/m^2 ” (1 紫外线指数单位等于 25 mW/m^2)。

文中所使用数据，时间跨度为 2016 年 01 月 01 日至 2020 年 12 月 12 日。

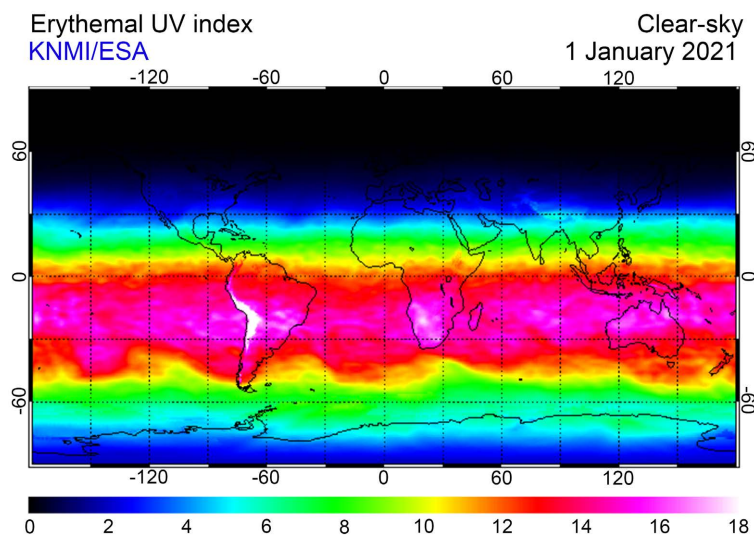


Figure 4. Global UV index data available on TEMIS (Date 1/Jan./2021)

图 4. TEMIS 上提供的全球紫外线指数数据，图中为 2021 年 1 月 1 日数据

选择城市应人口较多，消费能力较强，对防晒产品购买意愿较高。

本文根据 2018 年 11 月 18 日，中共中央、国务院发布的《中共中央 国务院关于建立更加有效的区域协调发展新机制的意见》中“以京津冀城市群、长三角城市群、粤港澳大湾区、成渝城市群、长江中游城市群、中原城市群、关中平原城市群等城市群推动国家重大区域战略融合发展。”考虑到未来我国主要人口将在我国的几个主要城市群中生活工作，且目前城镇人群对防晒产品消费和使用更多。本文选取了京津冀城市群中的北京，长三角城市群中的上海，粤港澳大湾区中的深圳，成渝城市群中的成都，长江中游城市群中的武汉，中原城市群中的郑州，关中平原城市群中的西安。另外增加了东北地区辽中南城市群的沈阳和位于我国最南端和最北端的城市规模相对较大的两个城市，三亚和哈尔滨。

同时，由于京津冀城市群，长三角城市群，粤港澳城市群作为我国经济规模前三的城市群，选取其中的北京，上海和深圳作具体研究对象。

2.2. 研究方法

2.2.1. 数据处理

本文使用里来自 TEMIS 的 hdf4 格式的 2016 年 01 月 01 日至 2020 年 12 月 12 日逐日紫外线指数资料。之后使用了 NCL (The NCAR Command Language)对紫外线指数数据进行了数据的可视化和数据提取

处理。NCL 是一种十分适合处理气象数据的高级语言，它可以直接读取 hdf, nc 等格式的气象资料，十分便于进行科学数据处理和数据可视化。

首先将五年的逐日紫外线指数资料，按月份求平均得到一至十二月的各月份的月平均值，按季节求平均得到四季的平均值，按年求平均得到年平均值。以用来分析中国紫外线指数时空分布特征。

之后提取北京，上海，深圳，成都，武汉，郑州，西安，沈阳，哈尔滨，三亚十个城市的经纬度上的逐日紫外线指数数据。结合世界卫生组织(2002)辐射防晒标准，处理数据得到各城市各紫外线暴露等级五年来累计天数。则得到所需数据，用于之后研究中的分析和制图。

2.2.2. 研究与划分方法

首先通过得到的全球月份紫外线指数平均数据，进行绘图。得到中国 2016 年至 2020 年一至十二月月平均紫外线指数分布图。分析我国整体上的紫外线指数时空分布情况。

之后使用具体城市数据，进行对城市群及城市紫外线指数与防晒相结合的研究。本文致力于将紫外线指数的时空分布与个人防晒相结合进行研究，以使得研究成果可以更好地在人们实际生活中得到应用。根据世界卫生组织(2002)辐射防晒标准和美国环境保护署提出的相关防晒防晒建议可以使紫外线指数与防晒措施，防晒产品选择相关联，如表 1 [17]。

Table 1. UV index protection table for each level according to WHO standards and U.S. Environmental Protection Agency sun protection recommendations

表 1. 根据 WHO (世界卫生组织)标准及美国环境保护署防晒建议制作的各等级紫外线指数防护表

紫外线指数	皮肤直接暴露风险程度	防晒建议	皮肤暴露情况下出现红斑效应时间	推荐防晒指数
0~2	低风险	对一般人危害较小，但是应注意雪地和水面可能会造成紫外线指数翻倍。易受紫外线灼伤人群应注意防晒。	100~180 分钟	可不使用
3~5	中度风险	需要进行防晒，可涂抹防晒霜或遮挡防晒；避免中午太阳直射时出门。	60~100 分钟	适当使用
6~7	高风险	应至少涂抹 SPF15+的防晒霜出门；避免在上午 10 点至下午四点时间段内外出；尤其应注意眼部的防护，可佩戴防晒眼睛或使用其他遮挡措施。	30~60 分钟	SPF15+
8~10	很高风险	应至少涂抹 SPF15+的防晒霜出门；尽量多的使用防晒产品，如遮阳伞，防晒衣，防晒镜等。	20~30 分钟	SPF15+
11 以上	极高风险	普通人很容易被紫外线。灼伤建议多在室内活动工作，如需出门应尽量多的使用上述的防晒手段。	20 分钟以内	SPF30+

之后根据表 1，进行可用于实际生活的防晒研究。如上海市 2016 年 01 月 01 日紫外线指数为 3.009，可知今日皮肤直接暴露风险程度为中度，需要进行简单的防晒，且避免中午太阳直射时出门。

分析多年整个一月数据，则可帮助人们了解一月整体紫外线指数等级如何，大多数时间应采取哪些防晒措施，适合使用何种防护等级防晒产品。在本月若未采取防晒措施，大约多久后皮肤可能会被灼伤。之后研究全年数据，可知该地区全年整体处于何种防晒等级。如三亚市，全年紫外线等级指数都处于高及以上，建议三亚市民朋友全年做好防晒，选购防晒产品直接选择 SPF15 以上的产品。

3. 研究结果

3.1. 中国紫外线指数时空分布

从图 5 中可得结论，在 2016 年至 2020 年我国全年同时期的紫外线指数分布南方一般情况下要高于

北方。但是青藏高原是一个特殊地区，青藏高原地区紫外线指数全年都要高于其附近地区，相较于全国其他地区不符合紫外线指数由北向南逐渐递增的规律，但在青藏高原地区内部，紫外线指数分布依旧符合由北向南逐渐递增的规律。同时受到青藏高原及其附近地区紫外线指数偏高影响。我国整体上同时期的西部地区紫外线指数要高于中国东部地区。

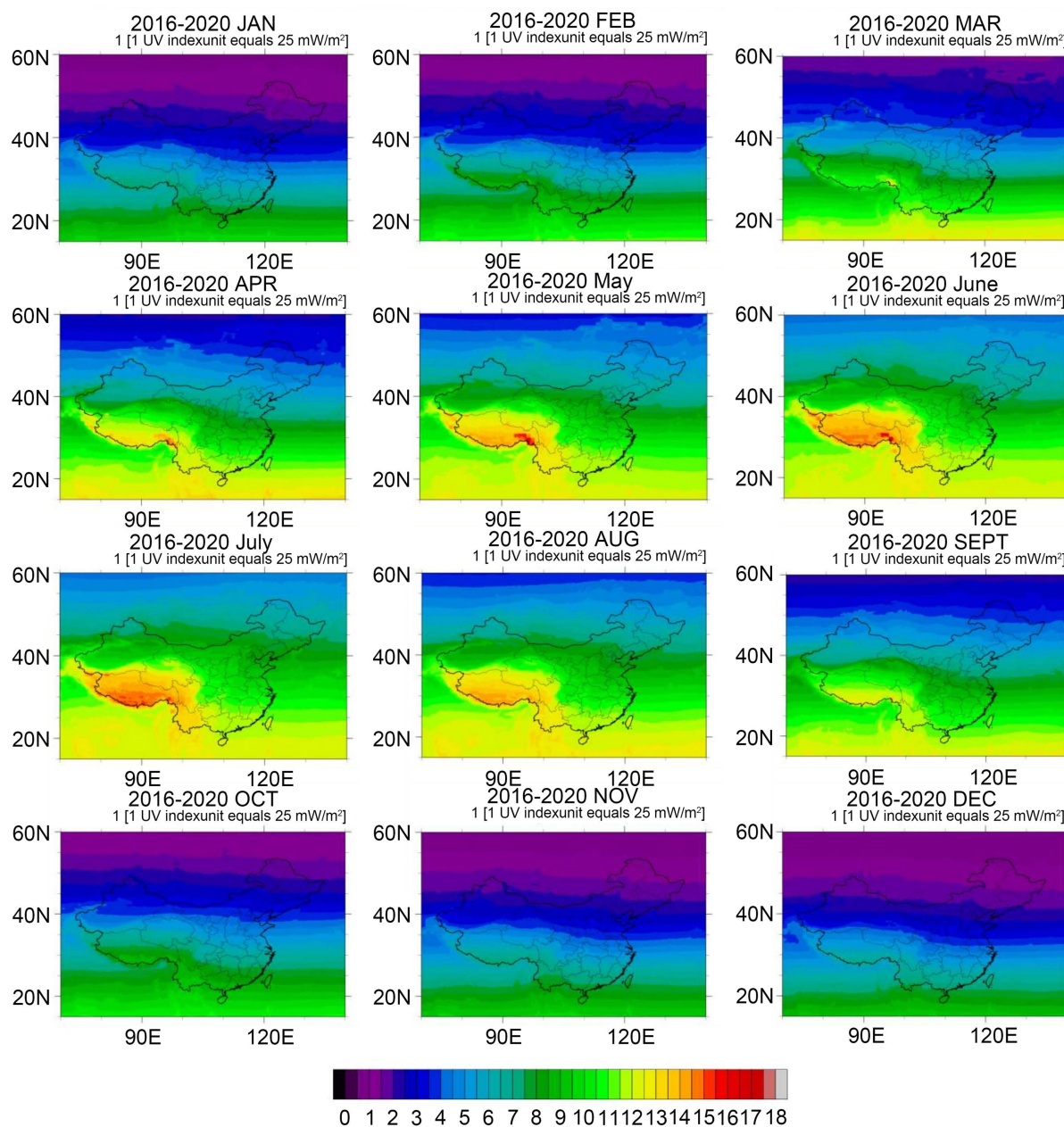


Figure 5. Distribution of monthly average UV index from 2016 to 2020 over China

图 5. 我国 2016 年至 2020 年月平均紫外线指数分布

从时间上看，我国紫外线指数随时间变化明显。在 2016 年至 2020 年间我国紫外线指数分布夏季最高，七月平均紫外线指数最高的月份。之后全国紫外线指数随时间递减，紫外线指数始终呈阶梯状逐渐南移，直至冬季。冬季紫外线指数数值为全年最低的季节，十二月为月平均紫外线指数最低的月份。十二月之后，全

国紫外线指数阶梯开始北上，全国紫外线指数随时间不断增加，直至七月达到最高。春季和秋季的平均紫外线指数位于夏季和冬季之间，但春季全国平均紫外线指数要高于秋季全国平均紫外线指数。

3.2. 中国主要城市群及城市紫外线指数分布特征

在表 2 中选取了中国的十个城市，城市选取综合考虑了经济，人口，地理和城市群发展，且一个地区尽量只选取一个城市，列出了其各紫外线等级统计天数。

图 6 中可以看到，在我国主要城市群中，大部分城市全年超过三分之二时间紫外线暴露等级达到中即以上，外出时应适当防晒使用防晒产品。

Table 2. Total number of days for each UV exposure level in selected major cities in China from 2016 to 2020

表 2. 中国部分主要城市 2016~2020 年各紫外线暴露等级总计天数

天数 城市	紫外线暴露等级				
	低 (0~2)	中 (3~5)	高 (6~7)	很高 (8~10)	极高 (11 以上)
哈尔滨	840	430	406	150	0
沈阳	699	444	359	324	0
北京	604	429	285	507	1
郑州	376	445	270	632	103
西安	255	467	233	438	433
上海	38	590	276	601	321
武汉	47	572	281	567	359
成都	32	558	247	439	550
深圳	0	32	422	428	944
三亚	0	0	237	468	1121

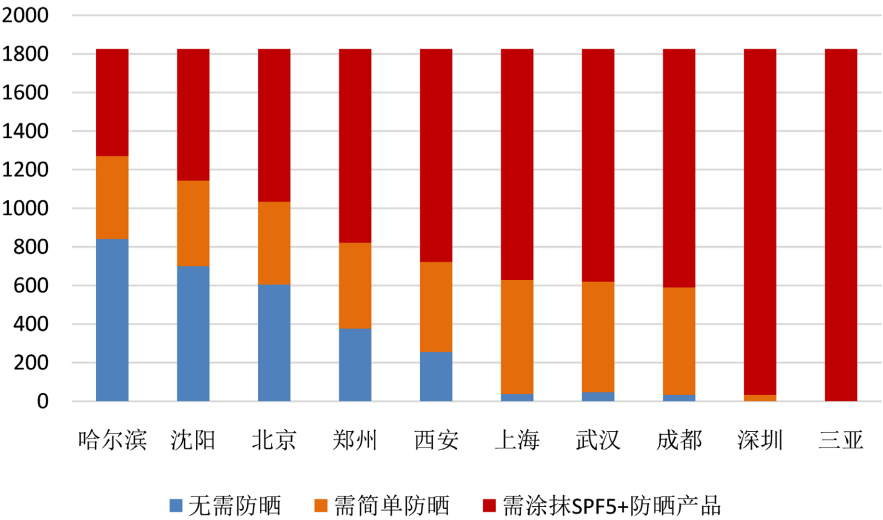


Figure 6. Percentage of days without sun protection, requiring simple sun protection, and requiring SPF15+ sun protection products by city from 2016 to 2020

图 6. 各城市 2016 年至 2020 年无需防晒、需简单防晒、需涂抹 SPF15+防晒产品天数占比

在京津冀城市群、长三角城市群、粤港澳大湾区、成渝城市群、长江中游城市群、中原城市群、关中平原城市群七大城市群中，只有北京的紫外线暴露等级高及以上的天数达不到一半以上，其他城市均有一半以上天数达到紫外线暴露等级高及以上，出门时按照世界卫生组织建议应涂抹 SPF15+防晒等级的防晒产品。在七个主要城市群中粤港澳大湾区中的深圳紫外线指数达到 11 以上，暴露等级极高的天数达到了一半以上。若不采取防晒措施，人在户外 20 分钟之内就将被晒伤，建议使用 SPF30+的防晒产品。三亚在五年时间的所有天数紫外线暴露等级都在高及以上，应建议全年每天都做好较好的防晒措施后再出门，选择防晒霜产品的防护等级全年都应不低于 SPF15。哈尔滨作为我国维度较高的较大城市，全年紫外线指数相对较低。全年有一小半天数，无需防晒就可出门，如图 6。

3.3. 北京、上海及深圳的季节性防晒产品使用建议

京津冀城市群，长三角城市群，粤港澳城市群是我国目前规模最大的城市群，人口数量众多，经济相对发达，城市率相对较高，人们相对比较注重生活和工作中的防晒，因此会对防晒产品有更多需求从中分别选取北京，上海，深圳做具体研究分析。同时也可以给城市群内其他城市带来参考。

3.3.1. 北京

本文以北纬 39°54'，东经 116°23'作为北京市地理坐标。统计北京各月份各紫外线等级天数如表 3。

Table 3. Total number of days of exposure level by month in Beijing from 2016 to 2020
表 3. 北京 2016~2020 年各月份暴露等级总计天数

天数 月份	紫外线暴露等级				
	低 (0~2)	中 (3~5)	高 (6~7)	很高 (8~10)	极高 (11 以上)
一月	102	38	5	10	0
二月	89	40	5	10	0
三月	23	115	7	10	0
四月	15	49	71	15	0
五月	14	7	69	65	0
六月	14	9	35	92	0
七月	14	10	7	123	1
八月	14	9	26	106	0
九月	14	46	74	16	0
十月	61	77	9	8	0
十一月	126	7	10	7	0
十二月	131	9	7	8	0

表中修改了缺少或明显错误的值，修改为临近两天的中值。

春季北京市季节平均紫外线指数为 5.89，如图 7。紫外线指数在春季有明显的增强过程。人们应在这个季节逐步加强自身的防晒措施。三月平均有 27 天人们只需简单进行防晒，避免正午出门。四月有一半天数需要涂抹 SPF15+的防晒霜出门。五月紫外线指数达到高及以上的天数已与夏季相当，至少有 25 天需要涂抹 SPF15+的防晒霜出门。

夏季北京及其周边地区紫外线全年最高，北京市夏季平均紫外线指数为 8.03，如图 7。六月，七月，八月中每个月至少有 24 天需要涂抹涂抹 SPF15+ 的防晒霜出门。这三个月中每月至少有 4 天可只需简单防晒或不需要采取防晒措施。北京很少出现极高的紫外线指数，在过去五年中仅在七月出现过一天。

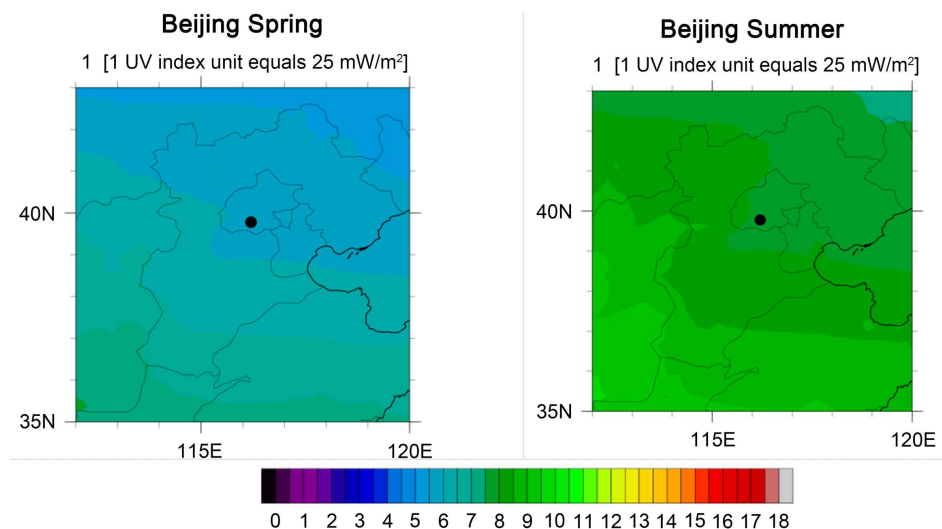


Figure 7. Average UV index distribution in Beijing, Tianjin and Hebei in spring and summer

图 7. 京津冀春、夏两季平均紫外线指数分布

秋季北京及其周边区域紫外线指数为 4.12，低于春季季节平均值，如图 8。九月北京仍有平均 18 天，即一半以上天数处于高紫外线指数，出门应涂抹 SPF15+ 防晒产品和太阳镜，遮阳伞等。十月和十一月紫外线指数明显下降。平均每月有 27 天以上处在紫外线指数中及以下，外出只用作简单防晒。而十一月更是平均有 25 天外可无需防晒。

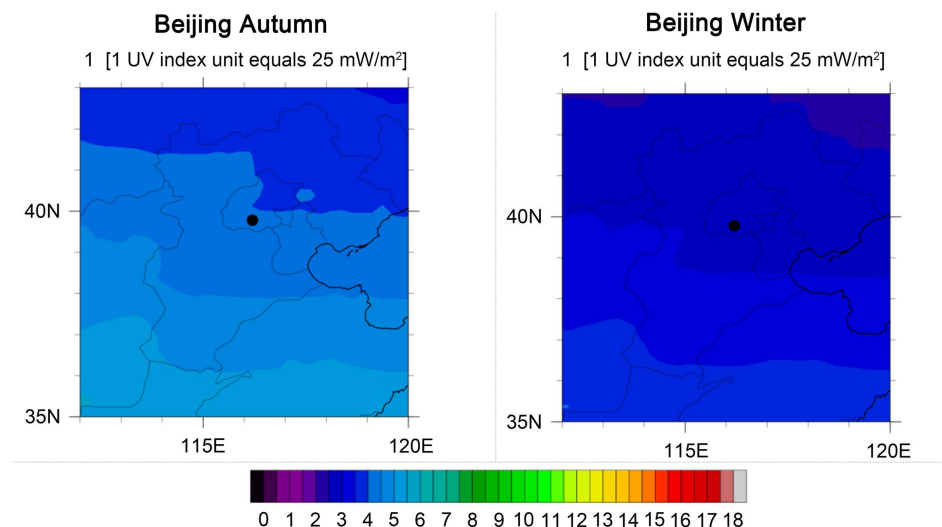


Figure 8. Average UV index distribution in Beijing, Tianjin and Hebei in autumn and winter

图 8. 京津冀秋、冬两季平均紫外线指数分布

冬季北京市季节平均紫外线指数为全年最低，平均季节紫外线指数为 2.84，如图 8。十二月平均有 26 天外无需采用防晒措施。一月，二月紫外线指数回升，每月平均有一周时间，紫外线指数等级为中，

应采取简单防晒。但每月依旧有一半以上天数处于无需防晒。应注意即使是冬季，北京每月依旧会出现 2~3 天紫外线指数高或很高的天气，冬季并非无需使用防晒霜。

全年来看，北京市有 43%的天数需在外出时涂抹 SPF15+的防晒产品，约 157 天，而全年外出需防晒的天数共占约 67%，约为 245 天。如图 9。

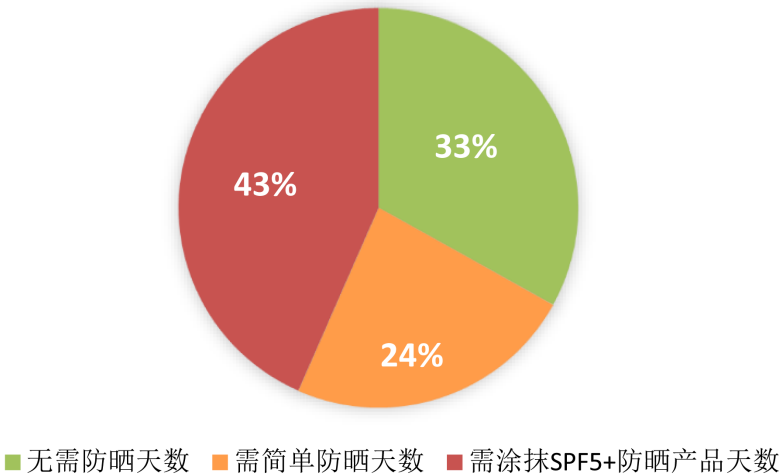


Figure 9. The percentage of days in Beijing without sun protection, with simple sun protection and SPF15+ sun protection products

图 9. 北京全年无需防晒，需简单防晒，需使用 SPF15+防晒产品天数占比

图 10 表现了北京市全年月均值紫外线的变化，七月月均值最高，十二月月均值最低。三月均值相比二月增长了 63.16%为全年最高。紫外线指数数值增加最高的月份为四月，相较于前一个月其紫外线指数增加了 1.70。十月均值相比九月下跌了 39.54%，相较于上月紫外线指数下跌了 2.42。北京，人们应注意在二至四月增加使用 SPF15+的防晒，而九到十月则相反。

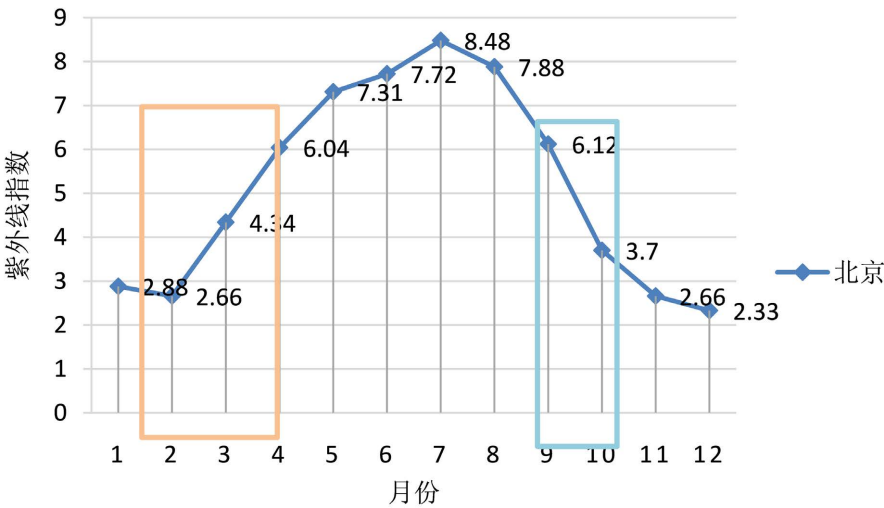


Figure 10. Monthly average UV index of Beijing

图 10. 北京全年各月平均紫外线指数

3.3.2. 上海

本文以北纬 31°22'，东经 121°48'作为上海市地理坐标。统计上海各月份各紫外线等级天数如表 4。

Table 4. Total number of days of exposure level by month in Beijing from 2016 to 2020
表 4. 北京 2016~2020 年各月份暴露等级总计天数

天数 月份	紫外线暴露等级				
	低 (0~2)	中 (3~5)	高 (6~7)	很高 (8~10)	极高 (11 以上)
一月	14	92	31	14	4
二月	0	102	22	12	5
三月	0	33	87	28	7
四月	1	13	20	104	12
五月	2	13	7	94	39
六月	2	13	5	66	64
七月	0	15	6	64	70
八月	2	12	8	83	50
九月	2	13	17	111	7
十月	7	65	61	17	5
十一月	10	116	6	14	4
十二月	18	114	5	11	7

表中修改了缺少或明显错误的值，修改为临近两天的中值。

上海春季平均紫外线指数为 8.50。如图 11。上海春季几乎没有紫外线指数为低的天数。整个春季都应进行防晒。每月都有三分之二左右的天数外出至少涂抹 SPF15 防护等级的防晒产品。三月，四月，五月每月达到极高紫外线暴露等级的天数分别为一天，两天和八天，建议室内活动。

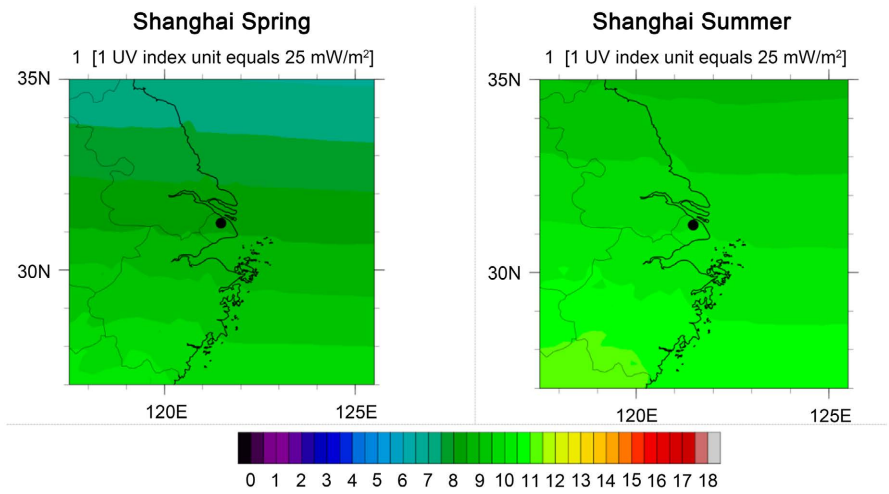


Figure 11. Average UV index distribution in the Yangtze River Delta region in spring and summer
图 11. 长三角地区春、夏两季平均紫外线指数分布

夏季上海市的季节平均紫外线指数全年最高，为 10.04，如图 11。六月，七月，八月都有三分之一的天数人在室外无防护下 20 分钟之内就会被紫外线灼伤，出现红斑效应。建议出门尽量避开紫外线指数较强的时段尽可能多的采取防晒措施。每月有 27 天以上，建议至少使用 SPF15 的防晒产品。

秋季上海市的季节平均紫外线指数达 6.56, 如图 12。秋季上海极高紫外线指数天气迅速减少, 每月只有一天左右。九月上海市仍有三分之二为很高等级紫外线指数。十月仍有一半天数外出需要至少涂抹 SPF15 的防晒产品出门。到十一月, 平均有为 25 天, 只需作简单防晒措施避免正午出门即可。

冬季上海的季节平均紫外线指数全年最低, 为 5.11, 如图 12。在十二, 一, 二月中每个月都有二到三天的不需要进行防晒气。冬季上海市每月有二十天左右日常只需简单防晒即可。一月和二月紫外线暴露等级高及以上的天数开始增多。有一周以上的时间出行应涂抹 SPF15+ 防护等级的防晒产品。在冬季, 上海市每月仍有一天左右达到了极高的紫外线暴露等级, 不建议出门。

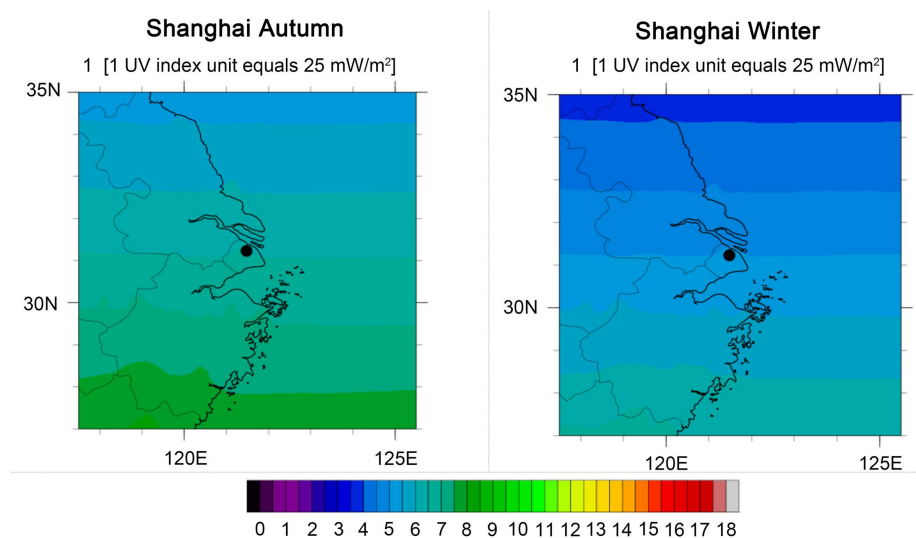


Figure 12. Average UV index distribution in the Yangtze River Delta region in autumn and winter

图 12. 长三角地区秋、冬两季平均紫外线指数分布

上海市几乎全年都建议在出门时采取适当防晒措施。一年中约有 241 天出门需至少涂抹 SPF15+ 防晒产品, 其中有 66 天, 不建议外出。如图 13。三月紫外线指数均值相比四月增长了 46.73%, 数值增长了 2.29, 全年最高。十月均值下降了 2.47, 相比九月降幅 28.49%, 为全年跌幅最大。在上海生活的人们应注意在二至三月增加 SPF15+ 防晒产品的使用, 在三至四月增加更多的物理防晒, 如遮阳伞等。而在九至十月人们可以减少遮阳伞等产品的使用, 如图 14。

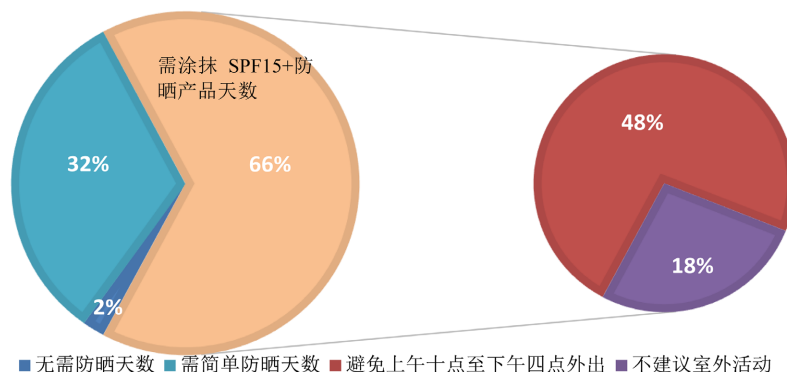


Figure 13. The proportion of days in Shanghai without sun protection, simple sun protection, SPF15+ sun protection, and the proportion of days when SPF15+ sun protection is needed to avoid strong UV rays and not recommended to go out

图 13. 上海全年无需防晒, 需简单防晒, 需使用 SPF15+ 防晒产品天数占比, 及需使用 SPF15+ 防晒产品天数中避免强紫外线时间外出和不建议外出天数占比

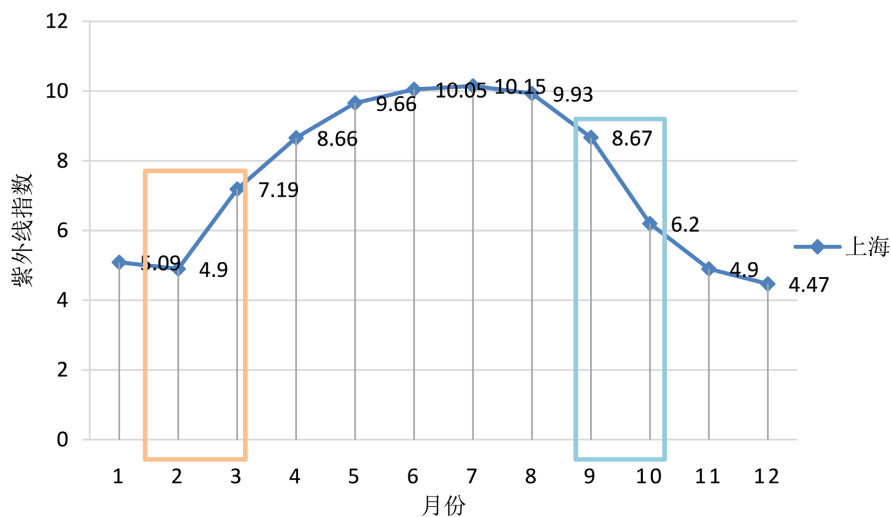


Figure 14. Monthly average UV index in Shanghai

图 14. 上海全年各月平均紫外线指数

3.3.3. 深圳

本文以北纬 N22°38', 东经 E114°05'作为深圳市地理坐标。统计深圳各月份各紫外线等级天数如表 5。

Table 5. Shenzhen total number of days of line exposure level from 2016 to 2020 by month

表 5. 深圳 2016~2020 年各月份暴露等级总计天数

紫外线暴露等级		低 (0~2)	中 (3~5)	高 (6~7)	很高 (8~10)	极高 (11 以上)
天数	月份					
	一月	0	14	80	45	16
	二月	0	1	18	105	17
	三月	0	1	11	65	78
	四月	0	1	10	14	125
	五月	0	2	8	19	126
	六月	0	2	8	9	131
	七月	0	2	9	10	134
	八月	0	2	9	10	134
	九月	0	1	10	45	94
	十月	0	9	43	84	19
	十一月	0	5	110	18	17
	十二月	0	15	112	11	17

表中修改了缺少或明显错误的值，修改为临近两天的中值。

从图 15, 图 16 中, 可以看到, 相较于京津冀地区和长三角地区, 粤港澳地区全年的紫外线指数波动相对较小, 但紫外线指数均值相对更高。

深圳市在春夏两季中, 三月紫外线指数相对较弱, 有一半天数出门应至少涂抹 SPF15 防护等级的防

晒产品。且紫外线指数达到很高等级时，人们应在出门时尽可能多的采取防晒措施，如使用遮阳伞，太阳镜，防晒衣等。三月的另半天数，紫外线指数等级达到了极高，不建议出门。

四月至八月深圳市大部分天数都处在极高的紫外线指数等级，不建议出门活动，应多在室内生活或工作。

进入秋季，深圳市紫外线等级有明显下降。九月深圳市仍有 60%的天数不建议出门活动。十月至十一月，每月只有三至四天，不建议出门，但其余时间应在出门时采取较高的防晒措施。

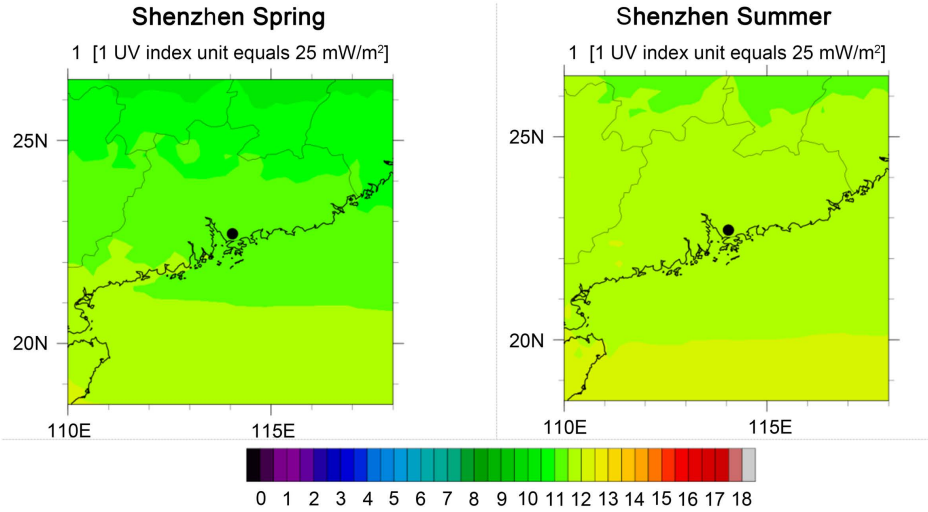


Figure 15. Average UV index distribution in Guangdong, Hong Kong and Macau in spring and summer
图 15. 粤港澳地区春、夏两季平均紫外线指数分布

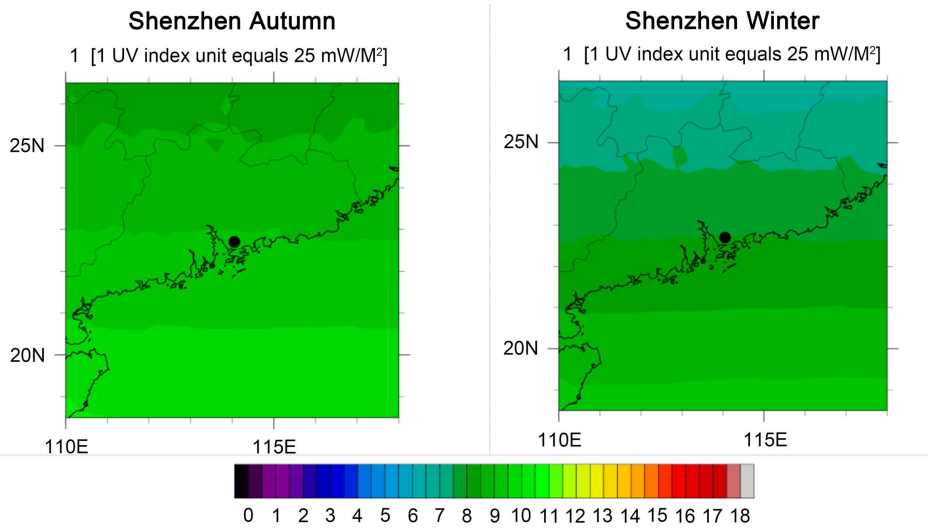


Figure 16. Average UV index distribution in Guangdong, Hong Kong and Macau in autumn and winter
图 16. 粤港澳地区秋、冬两季平均紫外线指数分布

冬季深圳市紫外线指数全年最低。但依旧全部天数都建议出门时采取对应的防晒措施。除十二月和一月每月有三天左右时间出门时可只采取简单防晒，其余时间，出门时都应使用 SPF15+防晒产品出门。

深圳市几乎全年都建议使用 SPF15+防护等级的防晒产品，其中更是有全年一半以上的天数不建议外出活动，如图 17。相比于北京和上海，深圳的全年紫外线指数变化的波动较小，在四月至八月中，在月

均紫外线指数没有大的波动，且紫外线指数数值很高。

三月深圳市紫外线指数相比二月增长了 37.58%，月均紫外线指数数值增长了 2.95，为全年最高。十月，在指数相比九月下降了 19.84%，紫外线指数数值下降了 2.19，为全年降幅最大，如图 18。

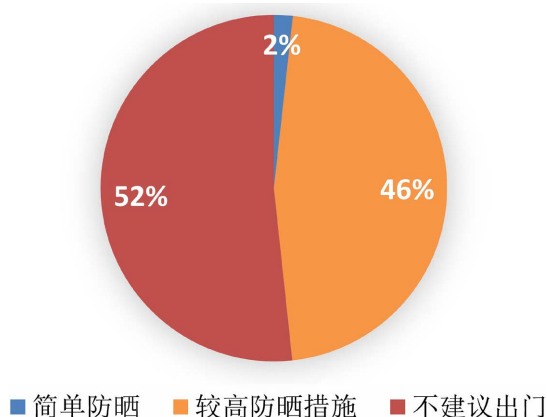


Figure 17. The percentage of days throughout the year that require simple sun protection and higher sun protection, requiring SPF15+ sun protection products in Shenzhen

图 17. 深圳全年需简单防晒，需较高防晒措施，需使用 SPF15+防晒产品天数占比

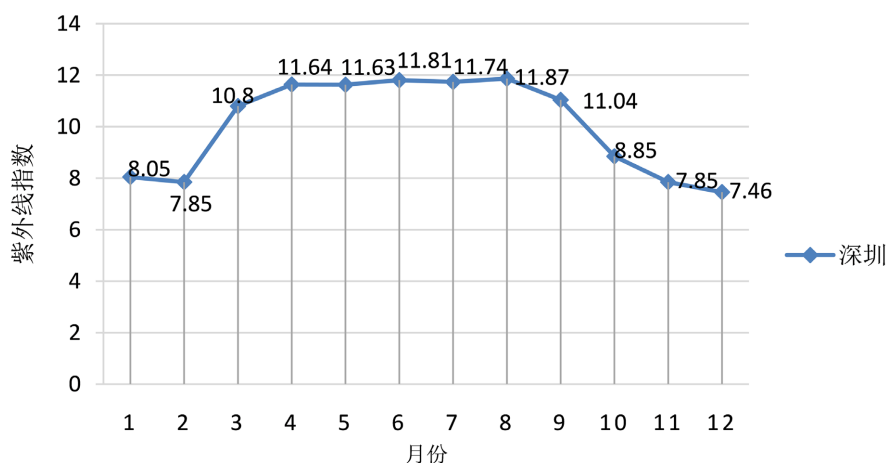


Figure 18. Monthly average UV index of Shenzhen

图 18. 深圳全年各月平均紫外线指数

4. 结论与展望

4.1. 主要结论

本文基于欧洲航天局 TEMIS 的逐日地表紫外线指数数据分析了我国地表紫外线时空分布特征和我国主要城市群地表紫外线时空分布特征。并结合 WHO 相关防晒标准，给出了基于我国紫外线指数时空分布特征的防晒产品科学使用指南。主要结论如下：

1) 我国全年同期低纬地区紫外线指数高于高纬地区，西部整体高于东部整体。青藏高原地区紫外线指数始终高于其周边地区。其内部紫外线指数分布南部高于北部。我国紫外线指数随时间变化明显，夏季最高，七月为全年紫外线最高月份；冬季最低，十二月为年紫外线指数最低的月份。春季紫外线指数高于秋季。

2) 在我国七大大城市群中的主要城市中, 除北京外, 上海、深圳等城市每年需涂抹 SPF15+防晒产品的天数超过一半。三亚全年 60%以上天数紫外线指数为极高, 而哈尔滨市年半天数外出无需防晒。

3) 针对室外活动, 夏季, 北京市和上海市每月分别有 24 天和 27 天需涂抹 SPF15+防晒产品。冬季, 北京十二月有 24 天左右出门无需防晒, 一月二月有超过 15 天无需防晒; 上海每月只有 2~3 天出门无需防晒。深圳市几乎全年都应在外出时涂抹 SPF15+防晒产品。四到八月紫外线指数极高, 大部分天数宜室内生活工作。

4.2. 存在的问题与展望

本文主要针对紫外线辐射中的对皮肤危害最强的 UVB (中波紫外线辐射)的防晒进行了研究。UVA (长波紫外线辐射紫外线)是主要对人皮肤晒黑影响最大的波段。在防晒品方面有针对防晒黑, 即对 UVA 防护能力强弱相对应的防护指数 PA 值(Protection Grade of UVA)和 PFA 值(Protection Factor of UVA)。但紫外线指数本身就是以 UVB 诱发红斑效应有效辐射值的四十倍所定义的, 与 UVA 没有明确联系。在之后, 可以寻找新的相关资料, 研究对于 UVA 防晒的科学选购建议。

参考文献

- [1] 刘晶淼, 丁裕国, 黄永德, 等. 太阳紫外辐射强度与气象要素的相关分析[J]. 高原气象, 2003, 22(1): 45-50.
- [2] 王普才, 吴北婴. 影响地面紫外辐射的因素分析[J]. 大气科学, 1999, 23(1): 1-8.
- [3] Bais, A.F., Mckenzie, R.L., Bernhard, G., et al. (2011) Ozone Depletion and Climate Change: Impacts on UV Radiation. *Photochemical & Photo Biological Sciences: Official Journal of the European Photochemistry Association & the European Society for Photobiology*, **10**, 182. <https://doi.org/10.1039/c0pp90034f>
- [4] 杨洁, 王炳忠, 张保洲, 等. GB/T 2005-2007. 紫外红斑效应参照谱、标准红斑剂量和紫外指数[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [5] 穆璐, 李菁, 于金. 打造生活气象指数产品化应用体系[C]//第35届中国气象学会年会 S14 大数据, 互联网, 融媒体时代气象服务的创新与变革——第八届气象服务发展论坛. 中国气象学会, 2018: 7.
- [6] 严明良, 缪启龙, 沈树勤, 刘新华, 沈兴建. 人体健康气象指数的设计及预报技术探讨[J]. 气象科学, 2008, 28(6): 678-682.
- [7] 杨漫君, 陈维捷, 李佼洋, 蔡志岗. 防晒霜的紫外光谱分析及防护持久性评估[J]. 物理实验, 2016, 36(4): 41-45.
- [8] Liu, H., Hu, B., Zhang, L., Zhao, X.J., Shang, K.Z., Wang, Y.S. and Wang, J. (2017) Ultraviolet Radiation over China: Spatial Distribution and Trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **76**, 1371-1383. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.102>
- [9] 陈树, 郑向东, 林伟立, 张勇, 扎西达瓦, 祁栋林. 西藏当雄地基紫外线指数观测研究[J]. 应用气象学报, 2015, 26(4): 482-491.
- [10] 罗燕萍. 中国地表紫外线指数时空分布变化特征及影响因素分析[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质大学, 2018.
- [11] Minister of Supply and Services Canada (2000) The UV Index-A Canadian First, Internet.
- [12] 邓静. 防晒化妆品市场发展现状[J]. 日用化学品科学, 2018, 41(6): 10-16.
- [13] Nash, J.F., 等. 防晒产品 UVA 防御效果检测和标识方法的回顾[C]//中国香料香精化妆品工业协会. 2004 年中国化妆品学术研讨会论文集. 中国香料香精化妆品工业协会, 2004: 11 p.
- [14] 郑利, 余雯静, 沈洁. 防晒化妆品功能与安全性评估研究[J]. 中外医疗, 2009, 28(28): 120-121.
- [15] Allaart, M., Weele, M.V., Fortuin, P., et al. (2010) An Empirical Model to Predict the UV-Index Based on Solar Zenith Angles and Total Ozone. *Meteorological Applications*, **11**, 59-65. <https://doi.org/10.1017/S1350482703001130>
- [16] Zempila, M.M., Geffen, J.V., Taylor, M., et al. (2017) TEMIS UV Product Validation Using NILU-UV Ground-Based Measurements in Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **17**, 7157-7174. <https://doi.org/10.5194/acp-17-7157-2017>
- [17] 张庆阳, 张沅, 胡英. 国外紫外线指数预报概况[J]. 气象, 2000, 26(11): 57-58+66.