

# 日总辐射推算模型在中国的适用性研究

于 瑛<sup>1,2</sup>, 杨 柳<sup>2</sup>, 霍旭杰<sup>2</sup>, 袁 岫<sup>2</sup>

(1. 西安建筑科技大学机电学院, 西安 710055; 2. 西安建筑科技大学建筑学院, 西安 710055)

**摘 要:** 归纳了经验模型的类型并基于中国数据状况提出3大类8种模型形式用于比较和分析。选择覆盖中国5个建筑气候区的7个典型台站2000~2013年的数据,引入相关系数 $R^2$ 和均方根误差(RMSE)作为衡量标准完成模型适用性研究。研究发现在晴空指数较高的地区可以选择基于日照时数的模型(模型2),随着晴空指数的降低,二参数(模型6)及三参数(模型8)模型的推算结果优于单参数模型(模型2)。研究为在不同地域选择适当的日总辐射推算模型提供依据。

**关键词:** 太阳能; 太阳总辐射; 经验模型; 误差分析

**中图分类号:** TU119<sup>+</sup>.2

**文献标识码:** A

## 0 引 言

地球接收到的太阳辐射是大自然最主要的可再生能源之一。当前太阳辐射的广泛应用,尤其是在光伏发电、农业生产和建筑节能设计等方面的应用,对太阳辐射数据提出了更高的要求。对于建筑设计,太阳辐射有着重要意义,是引起建筑光热反应、影响人体热舒适和建筑能耗不可或缺的气象参数。然而,鉴于太阳辐射观测设备成本、维护费用及设备校准等方面的原因,实测的太阳辐射数据远远不能满足要求。事实上,记录太阳辐射数据的气象台站的数量远少于记录温度、降水、太阳时长和相对湿度的台站。这种矛盾在发展中国家尤为明显,我国地面辐射观测台站仅有约98个,约为地面气象观测站数量的4%,太阳辐射数据的匮乏严重制约了低能耗建筑设计的发展,所以选用适当的模型,利用其他气象和地理参数推算太阳辐射数据已成为目前国际上广泛使用的方法。

水平面日总辐射数据是各类太阳辐射数据中最基础的也是应用最为广泛的一类数据,对于该类数据的推算模型,众多学者做了大量研究,见诸报道的方法大致分为模型法、空间插值法、数字高程法以及基于智能算法的软算法4类,以下主要论

述模型法及其分类。

## 1 太阳总辐射模型类型

模型法是通过与太阳辐射关系密切的气象参数来估计太阳总辐射的方法,目前已提出的各种关系模型根据气象参数的不同主要可分为基于日照时数、基于云量、基于温度、基于其他气象参数4类。

### 1.1 基于日照时数

基于日照时数的太阳总辐射模型最早是在1924年由Angstrom提出的,该模型揭示了同一地区日总辐射和相应的晴天日总辐射的比值与日照时数和最大可能日照时数比值之间呈现线性关系<sup>[1]</sup>。1940年Prescott对此模型作了修正,习惯称为Angstrom-Prescott(AP)模型。该修正模型用天文日总辐射代替了晴天总辐射,更便于应用,见公式(1)<sup>[2]</sup>。

$$\frac{G}{G_0} = a + b \left( \frac{S}{S_0} \right) \quad (1)$$

式中, $G$ ——日总辐射量; $G_0$ ——天文日总辐射量; $S$ ——日照时数; $S_0$ ——最大可能日照时数; $a$ 、 $b$ ——回归系数。 $G_0$ 和 $S_0$ 可通过公式计算得到。

AP模型计算简单,是目前应用最广泛的太阳

收稿日期: 2016-06-06

基金项目: 国家自然科学基金杰出青年科学基金(51325803); 国家自然科学基金青年项目(51608423); 陕西省自然科学基金面上项目(2017JM5127)

通信作者: 杨 柳(1970—), 女, 博士、教授, 主要从事建筑气候与节能方面的研究。626224056@qq.com

总辐射推算模型,除 AP 模型中  $\frac{G}{G_0}$  和  $\frac{S}{S_0}$  的线性关系外,后续有学者提出关于二者之间的二次、三次多项式、权重、对数及指数等非线性关系模型<sup>[3-7]</sup>。

### 1.2 基于云量

云量影响到达地球表面的太阳辐射量,而且气象卫星可有规律地观测到云量数据,所以很多模型是根据观测到的云量和云的类型推算日太阳总辐射的。该类模型主要是建立  $\frac{G}{G_0}$  和日平均云量之间的一次~三次多项式模型<sup>[8]</sup>。

### 1.3 基于温度

温度是气象站中记录最完整的参数,所以建立空气温度与太阳总辐射之间的推算模型是非常实用的。该类模型主要包括 Hargreaves 和 Samani 在 1982 年提出的 Hargreaves 模型<sup>[9]</sup>和 1984 年 Bristow 和 Campbell 提出的 Bristow-Campbell(BC)模型<sup>[10]</sup>,建立了  $\frac{G}{G_0}$  与气温日较差  $\Delta T$  之间的幂、指数函数关系。

### 1.4 基于其他气象参数

准确推算某个地区的太阳辐射值需要该地区长期的气象数据,这对于许多欠发达地区或发展中国家仍然难以保证,所以除应用较多的利用日照时数、云量和大气温度推算太阳辐射的模型外,很多学者也在探索利用其他一个或几个气象参数,如降雨量、相对湿度、露点温度、土壤温度、蒸发量和大气压等来推测太阳总辐射量,或以上的某个参数与日照时数、云量或大气温度相结合建立太阳辐射推算模型<sup>[11-13]</sup>。

以上 4 类都是常用的太阳总辐射的推算模型,一般认为基于日照时数的模型精度要高于基于云量和温度的模型<sup>[14,15]</sup>,在应用时具体选择哪种模型主要取决于当地实测气象参数的状况。

## 2 我国的研究现状

我国对于日总辐射推算模型的研究最早可追溯到 1963 年,左大康等<sup>[16]</sup>利用 AP 模型估计月总辐射量得到满意的结果。后续的研究主要集中在对各类推算模型的修正及其在不同时间尺度、不同地

域范围中的适用性研究,如陈仁生等根据我国 1961~1998 年的数据提出了利用其他气象因子、地理及天文参数对 AP 模型进行修正,得到 45 个台站月平均日太阳总辐射量的推算模型<sup>[17]</sup>及 86 个台站日总辐射量推算模型<sup>[18]</sup>,除研究独立台站的推算模型,也有学者着重于区域太阳辐射的变化规律及其模型的研究,例如对西藏、青海、云南等太阳能资源较丰富地区都有相关研究见诸报道。

不同应用领域要求不同时间尺度的太阳辐射数据,推算不同时间尺度辐射数据的模型也有差异。目前绝大多数推算模型都是由国外学者立足于本地的气候数据提出来的,适应性结论也是通过当地数据验证得到的,这些模型在我国的适应性需进一步研究,而且我国幅员辽阔地形复杂地区气候差异大,不同地区模型的适应性也不尽相同,我国的气象及辐射数据现状又制约了部分模型的使用,所以根据我国实际数据状况,提出满足建筑热环境设计需要的日总辐射推算模型,并对模型进行地域适应性研究,是本文要解决的问题。

## 3 数据状况与质量控制

本文所用到的数据来自中国国家气象中心气象与辐射日值数据集,同一台站的气象数据与太阳辐射数据记录的起始时间不尽相同,一般气象数据年限要长于辐射数据,于是在建模时要使用二者共有记录的年限。用于建模的数据对数量对于模型系数有影响,Liu 就建模数据对数量对于 AP 模型系数的影响研究发现,超过 5 a 的数据即可获得稳定的模型系数<sup>[19]</sup>;文献[20]中比较了用 40、30 和 10 a 数据得到的模型系数,发现并不是使用的数据越多就会得到越精确的模型,使用近 10 a 数据的结果要优于使用持续时间更长的数据对。综上所述,本文选用 2000~2009 年 10 a 的数据进行建模,使用 2010~2013 年 4 a 的数据作为模型验证。

国家气象中心的日值气象数据集包括日平均温度、相对湿度、日最高、最低温度、日照时数、平均大气压、风速等参数,每个台站数据记录的完整程度不一,前期数据处理发现温度参数(日最高、最低温度,平均温度)、平均气压、以及日照时数在各气象台站中记录相对完整,所以选择以上 3 类参数作为输入量推算日太阳总辐射在我国绝大多数地区

是切实可行的。

数据质量控制是数据应用的前提,国家气象中心在发布数据之前已经进行了质量控制,但控制规则过于简单不能满足需要。针对应用需要,本文制定以下质量控制原则<sup>[21]</sup>:1)对于缺测或漏测的数据国家气象中心均以 32766 或 32744 代替,于是当参数中出现 32766 或 32744 则应剔除;2)若实测水平面日总辐射值/天文日总辐射值(即晴空指数)大于等于 1.000 或小于 0.015,则剔除该日的辐射观测数

据。需要注意的是,由于建模需要一一对应的数据对,所以当某个参数被剔除后还需删除当日的其他参数数据。

## 4 模型分析

### 4.1 模型选择

根据上述数据状况,本文选择 3 类共 8 种模型,分别以日照时数、日较差及多气象因子为输入量,见表 1。

表 1 推算日总辐射的 8 个推算模型  
Table 1 8 models estimating daily global radiation

类型	编 号	回归公式
基于日照时数 预测模型	模型 1:AP 模型 <sup>[2]</sup>	$\frac{G}{G_0}=a+b\left(\frac{S}{S_0}\right)$
	模型 2:Ogelman 模型 <sup>[3]</sup>	$\frac{G}{G_0}=a+b\left(\frac{S}{S_0}\right)+c\left(\frac{S}{S_0}\right)^2$
	模型 3:Samuel 模型 <sup>[4]</sup>	$\frac{G}{G_0}=a+b\left(\frac{S}{S_0}\right)+c\left(\frac{S}{S_0}\right)^2+d\left(\frac{S}{S_0}\right)^3$
基于温度 预测模型	模型 4:Hargreaves 模型 <sup>[9]</sup>	$\frac{G}{G_0}=a(T_{\max}-T_{\min})^{0.5}$
	模型 5:BC 模型 <sup>[10]</sup>	$\frac{G}{G_0}=a[1-\exp(-b(\Delta T)^c)]$
基于多个气象因子 预测模型	模型 6:Chen 模型 <sup>[18]</sup>	$\frac{G}{G_0}=a+b\ln(T_{\max}-T_{\min})+c\left(\frac{S}{S_0}\right)^d$
	模型 7:Liu 模型 <sup>[22]</sup>	$\frac{G}{G_0}=a+\left(b+c\frac{1}{E}\right)\frac{S}{S_0}$
	模型 8:综合模型 <sup>[22]</sup>	$\frac{G}{G_0}=a+b\ln(T_{\max}-T_{\min})+\left(c+d\frac{1}{E}\right)\frac{S}{S_0}$

注:  $E$ —日平均气压, hPa。

### 4.2 模型评价方法

为了比较上述 8 个模型的优劣,引入 2 个误差评价指标,分别为均方根误差(RMSE)和相关系数  $R^2$ ,定义为:

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n(I_{p,i}-I_i)^2}\tag{2}$$

$$R^2=1-\frac{\sum_{i=1}^n(I_i-I_{p,i})^2}{\sum_{i=1}^n(I_i-\bar{I})^2}\tag{3}$$

$RMSE$  代表数据在回归曲线周围的分散程度; $R^2$  值在 0~1 之间,  $R^2$  越接近于 1 则回归模型与实测数据的拟合程度越高。

### 4.3 模型适应性分析

文献[23]以月平均日晴空指数为依据,采用聚类的方法对我国进行太阳辐射气候分区,共分为 7 个区,各区域内太阳辐射特性相似。本文在每个区域中选择一个典型台站,基本信息见表 2。如表 3 所示,对每个台站依次使用上述 8 个模型推算日总辐射量,选择 2000~2009 年 10 a 数据回归得到模型系数,并计算相关系数  $R^2$ ,  $R^2$  值越接近 1 则说明模型的拟合程度越高,对于真实数据关系的代表性越强。使用 2010~2013 年数据进行误差分析,如表 3 所示,均方根误差  $RMSE$  及其百分率  $RMSE\%$  越小则说明模型的精度越高,模型的适用性越好。

表 2 7 个台站基本信息  
Table 2 Basic information of 7 stations

台站号	台站	所属区域	经度/(°)	纬度/(°)	海拔/m	日平均晴空指数
55228	狮泉河	I	80.08	32.50	4279	0.741
51463	乌鲁木齐	IIA	87.65	43.80	947	0.486
55591	拉萨	IIB	91.44	29.67	3650	0.643
50953	哈尔滨	IIIA	126.77	45.75	143	0.485
56778	昆明	IIIB	102.68	25.02	1897	0.495
59948	三亚	IV	109.52	18.23	7	0.483
57816	贵阳	V	106.73	26.58	1223	0.336

表 3 相关系数  $R^2$ 、日晴空指数推算均方根误差及均方根误差百分率  
Table 3 Correlation index  $R^2$ , root mean square error(RMSE) and root mean square error percentage (RMSE%) of estimation about daily clearness index

台站	模型 1			模型 2			模型 3			模型 4		
	$R^2$	RMSE	RMSE%	$R^2$	RMSE	RMSE%	$R^2$	RMSE	RMSE%	$R^2$	RMSE	RMSE%
狮泉河	0.79	0.07	9.88	0.79	0.07	9.92	0.79	0.11	14.57	0.38	0.11	15.01
乌鲁木齐	0.81	0.09	18.47	0.81	0.11	22.97	0.82	0.11	22.98	0.22	0.15	29.74
拉萨	0.85	0.05	8.20	0.85	0.05	8.22	0.85	0.05	8.27	0.44	0.09	14.33
哈尔滨	0.83	0.09	19.29	0.83	0.09	19.11	0.84	0.09	19.23	0.23	0.15	29.40
昆明	0.90	0.06	12.34	0.90	0.06	12.33	0.91	0.06	11.85	0.54	0.13	26.58
三亚	0.87	0.11	21.85	0.87	0.11	21.71	0.87	0.10	21.54	0.22	0.16	33.09
贵阳	0.82	0.10	30.59	0.85	0.10	28.81	0.86	0.10	28.42	0.51	0.15	49.80

台站	模型 5			模型 6			模型 7			模型 8		
	$R^2$	RMSE	RMSE%	$R^2$	RMSE	RMSE%	$R^2$	RMSE	RMSE%	$R^2$	RMSE	RMSE%
狮泉河	0.41	0.11	14.78	0.80	0.09	12.3	0.79	0.07	9.86	0.80	0.07	9.46
乌鲁木齐	0.27	0.15	29.16	0.81	0.11	22.5	0.81	0.11	23.00	0.81	0.11	22.60
拉萨	0.48	0.09	13.81	0.86	0.05	8.08	0.85	0.05	8.24	0.85	0.05	8.10
哈尔滨	0.25	0.14	29.21	0.84	0.09	18.9	0.83	0.09	19.2	0.84	0.09	18.60
昆明	0.70	0.11	22.22	0.91	0.06	11.8	0.90	0.06	12.3	0.90	0.06	11.80
三亚	0.26	0.15	31.25	0.87	0.11	23.4	0.86	0.11	22.5	0.87	0.10	20.50
贵阳	0.67	0.13	42.58	0.88	0.09	26.5	0.81	0.10	30.6	0.86	0.09	27.60

分析表 3 数据可发现：

1)从相关系数  $R^2$  角度分析,第二类模型——基于温度的推算模型 Hargreaves 模型(模型 4)、BC 模型(模型 5))的相关系数  $R^2$  明显低于其他两类推算模型,如图 1 所示。对其他 2 类模型的相关系数进行统计分析,如图 2 所示,可看出综合模型(模型 8)整体拟合程度要高于其他模型,Chen 模型(模型 6)次之,其他 4 个模型之间并无明显差异。

2)从误差角度分析,图 3、图 4 分别为 8 个推算模型的日晴空指数推算均方根误差及其百分率对比图,从模型大类来看,第 2 类模型推算值的均方根误差及其百分率远高于其他 2 类模型,对其他两类模型推算值的 RMSE%作进一步的统计分析,如图 5 所示,从图中可看出第一类模型中 Ogelmal 模型(模型 2)的推算精度略高于 AP 模型(模型 1)和 Samuel 模型(模型 3),综合分析可看出 6 个模型中综合模



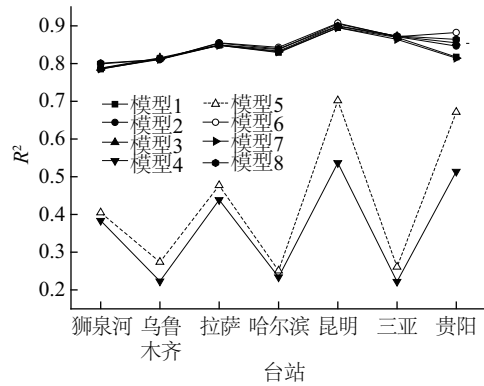
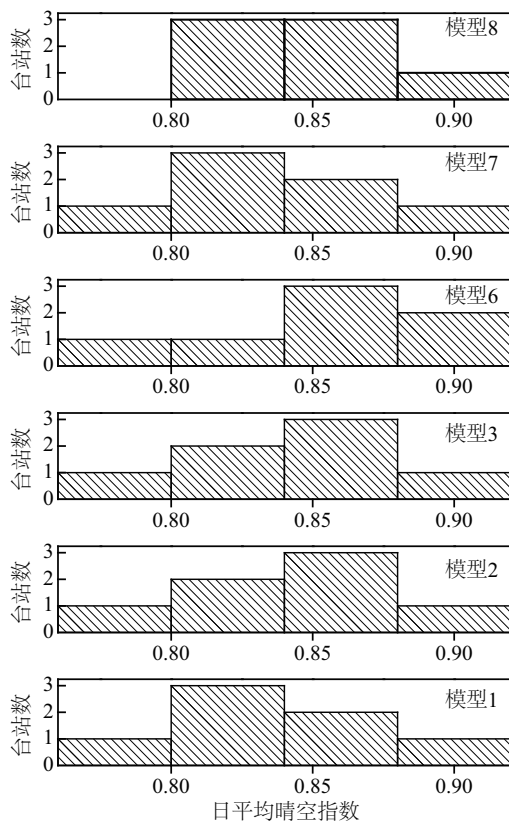
图1 8个模型的相关系数 $R^2$ 

Fig. 1 The correlation index of 8 models



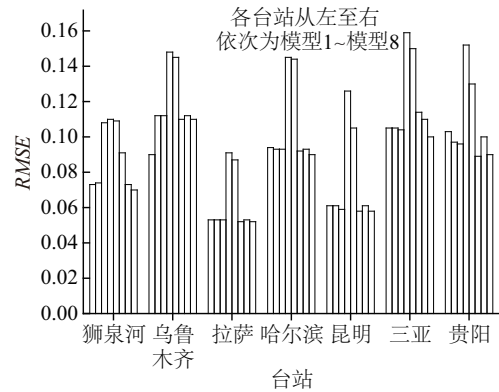
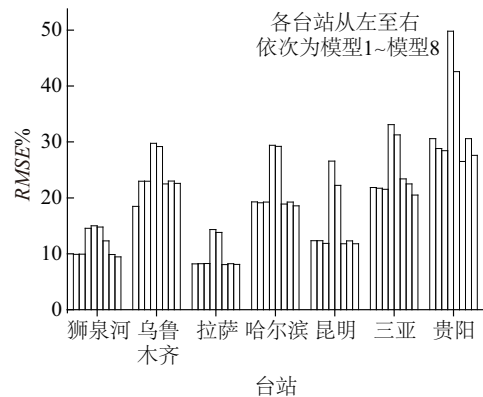
注:图中第1类模型指模型1~模型3;第3类模型指模型6~模型8。

图5同上。

图2 第一、三类模型 $R^2$ 统计图Fig. 2  $R^2$  statistical chart of No.1, 3 kinds of model

型(模型8)的均方根误差百分率最低,推算精度最高。

3)从台站角度分析,图4中狮泉河与拉萨的整体推算误差百分率最低,贵阳最高,其他4个台站基本持平,昆明略低。从表2中7个台站累年日平均晴空指数可以看出狮泉河与拉萨的日均晴空指数

图3 日晴空指数推算 $RMSE$ 对比图Fig. 3 Comparison chart of estimation  $RMSE$  about daily clearness index图4 日晴空指数推算 $RMSE\%$ 对比图Fig. 4 Comparison chart of estimation  $RMSE\%$  about daily clearness index

较高,贵阳最低,其他4个台站无明显差异。结合图3分析,发现除了第二类模型所带来的推算误差特别大以外,其他模型日晴空指数的推算误差集中在0.052~0.114之间,狮泉河、拉萨和昆明较小,其他44个台站差异不大。可见,推算误差百分率的大小和日均晴空指数有直接关系,日均晴空指数较大的地区推算误差百分率较低,推算精度高,反之亦然。

## 5 结论

日总辐射数据是进行建筑热环境设计所需的基础数据,该数据会随气候的变化而产生变化,适用模型也会产生相应的变化,本文选择2000年以后的数据作为建模与验证数据,能够反映出近期太阳辐射状况。在不同辐射区选择的7个典型台站也具有较强的地域代表性,通过误差分析方法,可

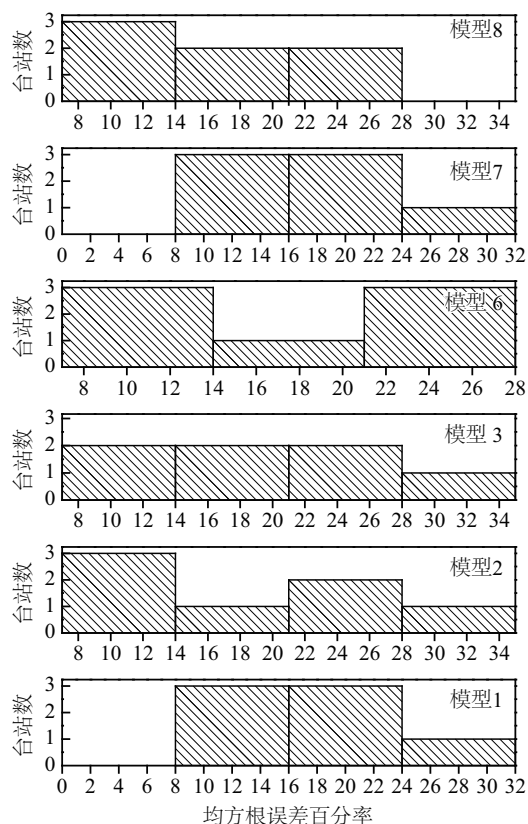


图5 第一、三类模型推算RMSE%统计图

Fig. 5 RMSE% statistical chart of No.1, 3 kinds of model

得出以下结论,该结论能为我国其他台站推算模型的选择提供依据。

1)从模型角度分析,基于日照时数的日总辐射推算模型优于基于日较差的推算模型;在日照时数的基础上再引入其他气象因子的多因子推算模型整体上优于基于日照时数的单一因子推算模型。应用中,选择推算模型主要基于不同台站实测数据的状况,如果该台站晴空指数数据状况良好,建议选择模型2;若晴空指数与日较差数据状况良好,则建议选择模型6;若晴空指数、日较差和日平均气压数据状况均良好,则建议选择模型8。但不排除个别台站也有例外,如本文中分析的乌鲁木齐站,模型1推算结果优于模型6与模型8,那么与乌鲁木齐气候及太阳辐射相似的周边其他台站是否也有相似情况,尚待进一步研究。

2)从台站角度分析,各台站的日晴空指数推算均方根误差差异不大,造成其百分率有明显差异主要在于各台站晴空指数的差异,累年日均晴空指数较高的台站均方根误差百分率较低,反之较高,典型台站如狮泉河、贵阳。7个典型台站中,贵阳的累

年日均晴空指数最低,推算误差百分率为27.6%,数值偏高,除贵阳外,其他台站的均方根误差均在要求范围之内。在建筑热工分区中,贵阳属于温和气候区,根据热工设计要求一般不考虑夏季防热,只考虑部分地区冬季保温,而该地区太阳总辐射量是全国最小的地区之一,不适于利用被动式太阳能采暖<sup>[24]</sup>,所以太阳辐射对当地建筑设计影响不大。

### [参考文献]

- [1] Angstrom A. Report to the international commission for solar research on actinometric investigations of solar and atmospheric radiation [J]. Solar and Terrestrial Radiation, 1924, 50(210): 121—126.
- [2] Prescott J A. Evaporation from water surface in relation to solar radiation [J]. Transactions of the Royal Society, 1940, 46(3): 114—118.
- [3] Ogelman H, Ecevit A, Tasdemiroglu E. A new method for estimating solar radiation from bright sunshine data [J]. Solar Energy, 1984, 33(6): 619—625.
- [4] Samuel T D M A. Estimation of global radiation for Sri Lanka [J]. Solar Energy, 1991, 47(5): 333—337.
- [5] Coppolino S. A new correlation between clearness index and relative sunshine [J]. Renewable Energy, 1994, 4(4): 417—423.
- [6] Ampratwum D B, Dorvlo A S S. Estimation of solar radiation from the number of sunshine hours [J]. Applied Energy, 1999, 63(6): 161—167.
- [7] Almorox J, Hontoria C. Global solar radiation estimation using sunshine duration in Spain [J]. Energy Conversion and Management, 2004, 45(7): 1529—1535.
- [8] Black J N. The distribution of solar radiation over the earth's surface [J]. Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Serie B, 1956, 7(2): 165—189.
- [9] Argreaves G H, Samani Z A. Estimating potential evapotranspiration [J]. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 1982, 108(3): 223—30.
- [10] Bristow K L, Campbell G S. On the relationship between incoming solar radiation and daily maximum and minimum temperature [J]. Agriculture and Forest Meteorology, 1984, 31(4): 159—166.
- [11] Thornton P E, Running S W. An improved algorithm for estimating incident daily solar radiation from measurements of temperature, humidity, and precipitation [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 1999, 93(5): 211—228.
- [12] Swartman R K, Ogunlade O. Solar radiation estimates

- from common parameters [J]. *Solar Energy*, 1967, 11 (8): 170—172.
- [13] Ojoso J O, Komolafe L K. Models for estimating solar radiation availability in south western Nigeria [J]. *Nigerian Journal of Solar Energy*, 1987, 6(6): 69—77.
- [14] Iziomon M G, Mayer H. Assessment of some global solar radiation parameterizations [J]. *Original Research Article Journal of Atmospheric and Solar- Terrestrial Physics*, 2002, 64(7): 1631—1643.
- [15] Pohlert T. Use of empirical global radiation models for maize growth simulation [J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2004, 126(5): 47—58.
- [16] 左大康, 王懿贤, 陈建绥. 中国地区太阳总辐射的空间分布特征 [J]. *气象学报*, 1963, 33(1): 78—96.
- [16] Zuo Dakang, Wang Yixian, Chen Jiansui. Characteristics of the distribution of total radiation in China [J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 1963, 33(1): 78—96.
- [17] Chen Rensheng, Eris K, Lu Shihua, et al. New methods to estimate global radiation based on meteorological data in China [J]. *Energy Conversion and Management*, 2006, 47(2): 2991—2998.
- [18] Chen Rensheng, Eris K, Yang Jianping, et al. Validation of five global radiation models with measured daily data in China [J]. *Energy Convers Manage*, 2004, 45(5): 1759—1769.
- [19] Liu Xiaoying, Mei Xurong, Li Yuzhong, et al. Calibration of the Ångström-Prescott coefficients ( $a$ ,  $b$ ) under different time scales and their impacts in estimating global solar radiation in the Yellow River basin [J]. *Agriculture and forest Meteorology*, 2009, 149(6): 697—710.
- [20] Liu Jiandong. Changes in the relationship between solar radiation and sunshine duration in large cities of China [J]. *Energy*, 2015, 82(7): 589—600.
- [21] Muneer T, Fairouz F. Quality control of solar radiation and sunshine measurements—Lessons learnt from processing worldwide databases [J]. *Building Service Engineering*, 2002, 23(3): 151—166.
- [22] Liu Jiandong. Observation and calculation of the solar radiation on the Tibetan Plateau [J]. *Energy Conversion and Management*, 2012, 57(6): 23—32.
- [23] Lau C C S, Lam J C, Liu Yang. Climate classification and passive solar design implication in China [J]. *Energy Conversion and Management*, 2007, 48(7): 2006—2015.
- [24] 赵玉芬. 考虑太阳辐射影响的建筑设计策略研究 [D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2013.
- [24] Zhao Yufen. Research on architecture design strategy considering the influences of solar radiation [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2013.

## ANALYSIS OF DAILY GLOBAL RADIATION ESTIMATION MODELS APPLICABILITY IN CHINA

Yu Ying<sup>1,2</sup>, Yang Liu<sup>2</sup>, Huo Xujie<sup>2</sup>, Yuan Shen<sup>2</sup>

(1. School of Mechanical and Electrical Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China;

2. School of Architecture, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China;)

**Abstract:** Daily global radiation on horizontal is one of the key parameters for the building thermal environment analysis. At present, the measured data can't meet the design requirements, so prediction models have become the main way for acquirement of radiation data. This paper summarized the type of empirical models and selected 8 typical models based on measured data status in China for comparison and analysis. Measurement made during 2000-2013 from 7 measuring stations covering 5 climate zones across China were gathered and analyzed. The coefficient of determination ( $R^2$ ) and root mean square error ( $RMSE$ ) were chosen for model applicability. It was found that the model based sunshine hours(model 2) give a good estimation in high clearness index( $K_t$ ) area, and with  $K_t$  decreasing, two-parameter (model 6) and three-parameter(model 8) model give better estimation than one-parameter model (model 2).

**Keywords:** solar energy; global solar radiation; empirical model model; error analysis