

太阳高度角和日出日落时刻太阳方位角 一年变化范围的计算

王国安¹, 米鸿涛², 邓天宏², 李亚男³, 李兰霞⁴

(1 河南省气候中心, 郑州 450003 2 河南省气象局, 郑州 450003

3 叶县气象局, 河南 叶县 467200 4 宜阳县气象局, 河南 宜阳 471600)

摘要: 介绍了太阳位置的确定方法, 并通过计算给出了全省气象观测台站的日出、日落方向的太阳方位角变化结果以及每个台站一年中正午时刻太阳高度角变化范围。

关键词: 日照; 辐射; 太阳高度角; 太阳方位角; 变化范围

中图分类号: P412.14

文献标识码: B

文章编号: 1673-7148(2007)增刊-0161-04

引言

气象探测环境直接关系到气象探测基本数据的代表性、准确性、比较性, 关系到天气气候预测和气象服务的准确性和针对性。为使气象探测资料更加准确、科学、高效地为社会发展、经济建设、国防建设和人民生活服务, 中国气象局令第7号颁发了《气象探测环境和设施保护办法》, 自2004年10月1日起施行。其中, 对太阳辐射和日照的保护标准要求, 在日出、日落方向的障碍物的高度角 $\leq 5^\circ$, 四周障碍物不得遮挡仪器感应面。由于太阳高度角和方位角天天在变化, 为了切实保护探测环境, 做好台站建设规划, 每个台站都应计算出这个变化范围。

1 日照的测量

日照是指太阳在一地实际照射的时数, 也称实照时数。可照时数是指测站在无任何遮蔽条件下, 太阳中心从某地东方地平线到进入西方地平线, 其光线照射到地面所经历的时间^[1]。由于一般情况下测站地平线上均有高度角不同的障碍物围绕, 以及日出、日落时受大气层影响, 太阳直接辐射度小等原因, 实照时数总是小于可照时数。

目前测量日照有轨迹法和辐照度法两种。无论采取何种方法, 测量仪器的安装都应当选择在开阔

的终年从日出到日没都能受到阳光照射的地方。

2 影响日照记录的因素

若要测得准确的日照记录, 就必须对影响日照的因素进行全面分析。影响因素主要有测量方法、仪器安装、环境影响等。

在操作方法正确的前提下, 测量方法对记录的影响是相对稳定的, 即如果存在真实记录, 那么真实记录与日照记录的误差是可订正的。

仪器安装的水平、南北方位、纬度是否准确, 对记录的影响是比较大的, 可通过定期检查予以纠正。

测站的环境影响是决定记录是否具有代表性的关键。所以规定: “观测场四周障碍物的影子应不会投射到日照和辐射观测仪器的受光面上, 附近没有反射阳光强的物体”。因此, 为了解在测站选址或当周围障碍物变化时, 是否对日照产生影响, 就必须计算一年中太阳方位和高度角的变化情况。

3 太阳位置的确定

3.1 天文背景知识

虽然地球绕太阳运行, 但相对来说, 在地球上观察到的却是太阳在天空中移动。为了确切地描述太阳在天空中的移动与位置, 假定地球不动, 以地球为中心, 以任意长为半径作一假想球面, 天空中包括太

阳在内的一切星体,均在这个球面上绕地轴转动,这个假想的球体称为天球。延长地轴线与天球相交的两点称为天极, P_N 为北天极, P_S 为南天极, $P_N P_S$ 即为天轴。扩展地球赤道面与天球相交所成的圆 QQ' 称为天球赤道(图 1)。由于黄道面(地球运行的轨道面,也就是太阳视运行的轨道面)与天轴的夹角为 $66^{\circ}33'$,则黄道面与天球赤道面夹角为 $23^{\circ}27'$,太阳沿着天球黄道周而复始地绕地球运行^[2]。

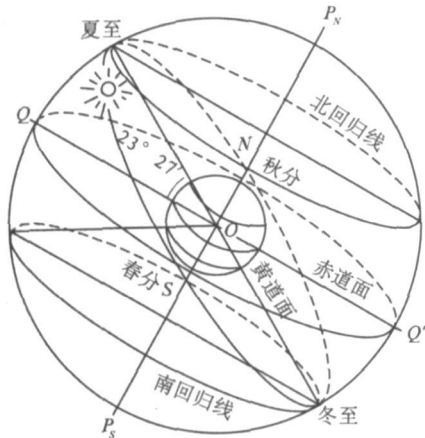


图 1 黄道在天球上的位置

太阳在天球上的位置每日、每时都有变化。为了确定其位置,常用赤道坐标系和地平坐标系从不同角度来表示。

赤道坐标系是把地球上的经、纬度坐标系扩展至天球,在地球上与赤道面平行的纬度圈,在天球上则叫赤纬圈;在地球上通过南北极的经度圈,在天球上叫做时圈。以赤纬 δ 和时角 Ω 表示太阳的位置(见图 2)。所谓时角,是指太阳所在的时圈与通过南点的时圈构成的夹角,单位为度。自天球北极看,顺时针方向为正,逆时针方向为负。时角表示太阳的方位,因为天球在一天 24 h 内旋转 360° ,所以每小时旋转 15° 。

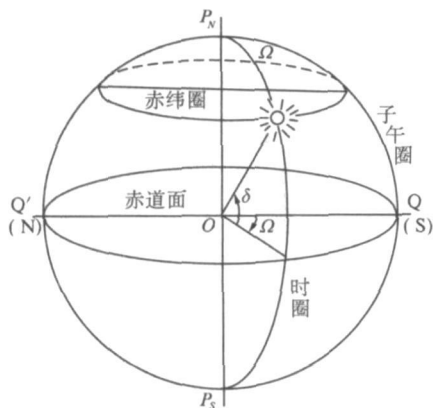


图 2 赤道坐标系—赤纬和时角

地平坐标系是以地平圈为基圈,用太阳高度角 h 和方位角 A 来确定太阳在天球中的位置(见图 3)。所谓太阳高度角是指太阳直射光线与地平面间的夹角。太阳方位角是指太阳直射光线在地平面上的投影线与地平面正南向所夹的角,通常以南点 S 为 0° ,向西为正值,向东为负值。

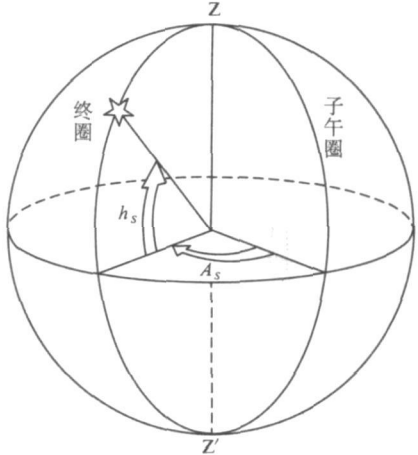


图 3 地平坐标系—高度角与方位角

任何一个地区,在日出、日没时,太阳高度角 $h=0^{\circ}$;一天中的正午,即真太阳时 12 时,太阳高度角最大,此时太阳位于正南(北半球),即太阳方位角 $A=0^{\circ}$ (或 180°)。

任何一天内,按真太阳时,上、下午太阳的位置对称于正午。例如 15:15 对称于 08:45,二者太阳高度角和方位角的数值相同,只是方位角的符号相反,上午偏东,方位角为负值;下午偏西,方位角为正值。

我们总是从地球某一地点的地平面上观察太阳的运行,因此观察点的地理纬度是确定的。假如以 $30^{\circ}N$ 地区为例,选定春分、夏至、秋分和冬至 4 个代表日来观察太阳运行的规律,便能从图 4 中看到:

①春分日和秋分日,太阳从正东方升起,12 时到达子午线,方位正南,然后从正西日没,且昼夜时段平分。

②夏至日,太阳从东北方升起,绕过东南向,12 时到达子午线上,方位正南,然后经西南向到西北向日没。在一年之中的昼间时段最长、夜间时段最短;正午太阳高度角最大。

③冬至日,太阳从东南方升起,12 时到达子午线,方位正南,然后在西南向日没,且在一年之中昼间时段最短、夜间时段最长。就正午而言,一年中该日的太阳高度角最小。

由于地理纬度的不同,从地平面观察到的太阳

视轨迹亦不一样, 因此, 太阳的准确位置应按太阳高度角与太阳方位角来确定。

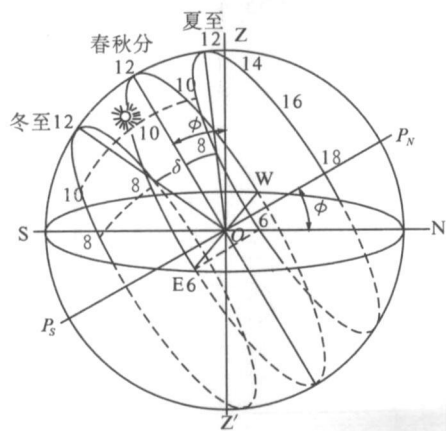


图 4 某地太阳视轨迹

3.2 太阳高度角和方位角的计算

由以上分析得知, 某地(测站)在夏至日这一天的方位角是一年中的最大值, 冬至日是一年中太阳高度角最小值。了解了这两个特殊日子的太阳高度角和方位角, 就能够清楚地知道一年中太阳光线对该地(观测场)的覆盖情况。

h_s 和 A 的计算公式分别为^[1]

$$\sin h_s = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \Omega$$
$$\cos A = \frac{(\sin \delta \cdot \cos \varphi - \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \Omega)}{\sin h_s}$$

日出、日落时刻的太阳方位角计算公式采用 $\cos A = -\sin \delta / \cos \varphi$ 。式中: φ 为当地纬度, 取一位小数; δ 为太阳赤纬, 可由《规范》^[1] 附录 7 表 7.1 查得; Ω

为太阳时角, $\Omega = (TT - 12) \times 15^\circ$, TT 为真太阳时, $TT = C_T + I_e + E_q$, C_T 为北京时, I_e 为经度订正 (4 min/度), 如果地方子午圈在北京子午圈的东边, 则 I_e 为正, 反之为负, E_q 为时差, 可由《规范》附录 7 表 7.1 查得。

计算时应注意三角函数中角度的单位, 比如《规范》中的日角 Q 的单位是度, 要化为弧度必须乘以 $\pi / 180$ 。

3.3 河南各测站太阳高度角和方位角变化范围

为便于各站评估本站障碍物对日照等的影响程度, 采取以上方法, 使用 2006 年 1 月的测站参数, 对全省台站正午太阳高度角、日出日落时刻方位角的变化范围进行了计算 (见表 1, 表 1 附英文摘要后), 供参照使用。

4 结 语

对于已经受到障碍物严重影响的测站, 在搬迁站址之前, 应进行光、风等要素的影响评估。比如, 对于日光影响方面, 应考虑绘制日光遮蔽阴影图, 即障碍物阴影区, 作为该站的运行终结, 以便更科学地记载台站的实际情况。

参考文献

[1] 中国气象局. 地面气象观测规范 [S]. 北京: 气象出版社, 2003 133
[2] 西安建筑科技大学. 建筑物理 [M]. 3 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004

Calculation of the Change Range of the Sun High Angle and the Azimuth of Sunrise and Sunset in One Year

Wang Guo'an, Mi Hongtao, Deng Tianhong, Li Ya'nan, Li Lanxia

- (1. Henan Provincial Climatic Center, Zhengzhou 450003, China
- 2. Henan Provincial Meteorological Bureau, Zhengzhou 450003, China
- 3. Yexian Meteorological Bureau, Yexian 467200, China
- 4. Yiyang Meteorological Bureau, Yiyang 471600, China

Abstract: This paper makes an introduction to the determination of the sun position. It also provides the change result of the azimuth of sunrise and sunset in the whole provincial meteorological observatory and stations by calculation. The change range of the sun high angle at each station at noon in one year is gotten.

Key words: sunshine; radiation; high angle of the sun; azimuth of the sun; change range

表 1 河南省气象台站一年中正午时刻太阳高度角和日出日落时刻太阳方位角变化范围

台站名	经度 / °E	纬度 / °N	正午高度角 / °	日落方位角 / °	台站名	经度 / °E	纬度 / °N	正午高度角 / °	日落方位角 / °
林州	113.49	36.04	30.49~77.37	60.52~119.48	太康	114.51	34.04	32.49~79.37	61.30~118.70
安阳	114.24	36.03	30.51~77.39	60.52~119.47	西峡	111.30	33.18	33.26~80.14	61.58~118.42
沁阳	112.55	35.07	31.44~78.32	60.90~119.10	嵩县	112.05	34.09	32.41~79.29	61.27~118.73
淇县	114.11	35.37	30.94~77.82	60.70~119.30	内乡	111.52	33.03	33.51~80.39	61.67~118.33
济源	112.38	35.05	31.47~78.36	60.91~119.09	鲁山	112.53	33.45	32.81~79.69	61.42~118.58
博爱	113.03	35.11	31.37~78.26	60.87~119.13	镇平	112.14	33.03	33.51~80.39	61.67~118.33
焦作	113.16	35.14	31.32~78.21	60.85~119.15	南召	112.25	33.29	33.07~79.96	61.51~118.49
封丘	114.25	35.02	31.52~78.41	60.93~119.07	舞钢	113.32	33.20	33.22~80.11	61.57~118.43
修武	113.25	35.14	31.32~78.21	60.85~119.15	南阳	112.35	33.02	33.52~80.41	61.67~118.33
辉县	113.49	35.27	31.11~77.99	60.77~119.23	方城	113.00	33.17	33.27~80.16	61.58~118.42
新乡	113.53	35.19	31.24~78.12	60.82~119.18	郟县	113.12	33.59	32.57~79.46	61.33~118.67
武陟	113.25	35.06	31.46~78.34	60.91~119.09	宝丰	113.03	33.53	32.67~79.56	61.37~118.63
获嘉	113.40	35.16	31.29~78.17	60.84~119.16	襄城	113.30	33.51	32.71~79.59	61.38~118.62
原阳	113.57	35.03	31.51~78.39	60.93~119.07	临颍	113.55	33.48	32.76~79.64	61.40~118.60
鹤壁	114.10	35.54	30.66~77.54	60.59~119.41	叶县	113.22	33.38	32.92~79.81	61.46~118.54
汤阴	114.21	35.56	30.62~77.51	60.57~119.43	舞阳	113.35	33.27	33.11~79.99	61.52~118.48
浚县	114.33	35.41	30.87~77.76	60.67~119.33	漯河	114.00	33.35	32.97~79.86	61.48~118.52
内黄	114.55	35.56	30.62~77.51	60.57~119.43	社旗	112.56	33.04	33.49~80.37	61.66~118.34
卫辉	114.04	35.23	31.17~78.06	60.79~119.21	西平	114.02	33.22	33.19~80.07	61.55~118.45
滑县	114.30	35.33	31.01~77.89	60.73~119.27	遂平	113.57	33.08	33.42~80.31	61.64~118.36
延津	114.11	35.09	31.41~78.29	60.89~119.11	泛区	114.24	33.45	32.81~79.69	61.42~118.58
长垣	114.39	35.12	31.36~78.24	60.87~119.13	通许	114.29	34.29	32.07~78.96	61.14~118.86
台前	115.52	35.59	30.57~77.46	60.55~119.45	淮阳	114.51	33.44	32.82~79.71	61.42~118.58
濮阳	115.01	35.42	30.86~77.74	60.67~119.33	西华	114.31	33.47	32.77~79.66	61.40~118.60
南乐	115.10	36.05	30.47~77.36	60.51~119.49	上蔡	114.16	33.17	33.27~80.16	61.58~118.42
清丰	115.07	35.54	30.66~77.54	60.59~119.41	周口	114.37	33.37	32.94~79.82	61.46~118.54
范县	115.29	35.51	30.71~77.59	60.61~119.39	项城	114.53	33.27	33.11~79.99	61.52~118.48
三门峡	111.12	34.48	31.76~78.64	61.02~118.98	汝南	114.20	33.00	33.56~80.44	61.68~118.32
灵宝	110.51	34.32	32.02~78.91	61.12~118.88	商水	114.37	33.33	33.01~79.89	61.49~118.51
渑池	111.46	34.46	31.79~78.67	61.04~118.96	淅川	111.30	33.08	33.42~80.31	61.64~118.36
宜阳	112.11	34.30	32.06~78.94	61.14~118.86	新野	112.23	32.33	34.01~80.89	61.84~118.16
洛宁	111.40	34.23	32.17~79.06	61.18~118.82	唐河	112.51	32.41	33.87~80.76	61.79~118.21
卢氏	111.02	34.03	32.51~79.39	61.31~118.69	邓州	112.07	32.42	33.86~80.74	61.79~118.21
新安	112.07	34.44	31.82~78.71	61.05~118.95	泌阳	113.18	32.42	33.86~80.74	61.79~118.21
孟津	112.26	34.49	31.74~78.62	61.02~118.98	桐柏	113.25	32.23	34.17~81.06	61.90~118.10
孟州	112.45	34.55	31.64~78.52	60.98~119.02	驻马店	114.01	33.00	33.56~80.44	61.68~118.32
洛阳	112.28	34.38	31.92~78.81	61.09~118.91	平舆	114.38	32.58	33.59~80.47	61.69~118.30
伊川	112.25	34.25	32.14~79.02	61.17~118.83	新蔡	114.59	32.44	33.82~80.71	61.78~118.22
汝州	112.50	34.11	32.37~79.26	61.26~118.74	确山	114.01	32.50	33.72~80.61	61.74~118.26
偃师	112.49	34.43	31.84~78.72	61.05~118.95	正阳	114.21	32.37	33.94~80.82	61.82~118.18
栾川	111.36	33.47	32.77~79.66	61.40~118.60	息县	114.44	32.21	34.21~81.09	61.91~118.09
汝阳	112.28	34.09	32.41~79.29	61.27~118.73	信阳	114.03	32.08	34.42~81.31	61.98~118.02
温县	113.06	34.57	31.61~78.49	60.96~119.04	罗山	114.33	32.13	34.34~81.22	61.95~118.05
巩义	112.58	34.44	31.82~78.71	61.05~118.95	光山	114.54	32.01	34.54~81.42	62.02~117.98
荥阳	113.26	34.48	31.76~78.64	61.02~118.98	鸡公山	114.04	31.48	34.76~81.64	62.09~117.91
登封	113.01	34.28	32.09~78.97	61.15~118.85	新县	114.51	31.38	34.92~81.81	62.14~117.85
郑州	113.39	34.43	31.84~78.72	61.05~118.95	睢县	115.06	34.26	32.12~79.01	61.16~118.84
嵩山	113.03	34.30	32.06~78.94	61.14~118.86	民权	115.09	34.39	31.91~78.79	61.08~118.92
新密	113.22	34.33	32.01~78.89	61.12~118.88	商丘	115.40	34.27	32.11~78.99	61.16~118.84
新郑	113.43	34.23	32.17~79.06	61.18~118.82	虞城	115.53	34.23	32.17~79.06	61.18~118.82
长葛	113.48	34.12	32.36~79.24	61.25~118.75	柘城	115.18	34.04	32.49~79.37	61.30~118.70
禹州	113.30	34.09	32.41~79.29	61.27~118.73	宁陵	115.20	34.28	32.09~78.97	61.15~118.85
许昌	113.52	34.02	32.52~79.41	61.31~118.69	夏邑	116.08	34.15	32.31~79.19	61.23~118.77
中牟	113.58	34.43	31.84~78.72	61.05~118.95	郸城	115.10	33.39	32.91~79.79	61.45~118.55
开封	114.18	34.47	31.77~78.66	61.03~118.97	鹿邑	115.29	33.52	32.69~79.57	61.37~118.63
兰考	114.49	34.51	31.71~78.59	61.00~119.00	沈丘	115.04	33.24	33.16~80.04	61.54~118.46
尉氏	114.13	34.24	32.16~79.04	61.17~118.82	永城	116.27	33.58	32.59~79.47	61.34~118.66
鄢陵	114.09	34.07	32.44~79.32	61.28~118.72	淮滨	115.26	32.28	34.09~80.97	61.87~118.13
杞县	114.47	34.32	32.02~78.91	61.12~118.88	潢川	115.02	32.09	34.41~81.29	61.97~118.03
城市站	113.40	34.49	31.74~78.62	61.02~118.98	固始	115.37	32.10	34.39~81.27	61.97~118.03
扶沟	114.24	34.05	32.47~79.36	61.29~118.71	商城	115.23	31.48	34.76~81.64	62.09~117.91

注:表中太阳高度角是指当地正午时刻(真太阳时 12 时)太阳高度角的变化范围;太阳方位角是指以正南为 0°,顺时针方向为正,日落点的太阳方位角变化范围,日出一侧的方位角变化范围与此相等,符号相反。城市站指郑州市气候生态环境监测站。