

高等学校教学参考用书

建筑节能技术教程

(用 于 建 筑 学 及 其 它 相 关 专 业)

房志勇 等编著

中国建材工业出版社

高等学校教学参考用书

建筑节能技术教程

(用于建筑学专业及其它相关专业)

房心勇编著



中国建材工业出版社

(京)新登字 177 号

图书在版编目(CIP)数据

建筑节能技术教程/房志勇等主编. -北京:中国建材工业出版社,1997.6
ISBN 7-80090-609-4

I. 建… II. 房… III. 建筑-节能-教材 IV. TU111.4
中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 10553 号

建筑节能技术教程

房志勇 主编

*

中国建材工业出版社出版(北京海淀区三里河路 11 号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国人民公安大学出版社印刷厂

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:12.75 插页: 字数:346 千字

1997 年 6 月第 1 版 1997 年 6 月第 1 次印刷

印数:1—5000 册 定价:26.00 元

ISBN 7-80090-609-4/TU·134

加 强 建 筑 节 能 教 育
促 进 建 设 事 业 可 持
续 发 展

集 行 索 題



序

全世界人口正以每4天约100万的速度而快速增长。中国前些年每年增长约1700万,今后也不会低于此数,每三年的增长量就相当于全法国的人口总数。一个现代人所需用能已是一个古代人的几十倍乃至几百倍。能源已是威胁到地球全人类及其相关生物生存的大课题。

各行各业都在加强节能,而建筑节能乃整体节能工程中的大户。对全民,首要是对相关专业的教师、学生、建筑师、规划师、工程师以及管理者和决策者进行建筑节能教育,乃是刻不容缓的大事。但目前即使在有关大专院校建筑节能的系统教育也不普及,更缺乏有针对性而又内容较全的教材著作。形势所迫及有关决策已表明,大力加强建筑节能教育势必从速进行。

在此背景下,本书作者们积多年对建筑节能的研究和建筑设计、建筑技术教学与实际工作的经验,在发表多篇论著的基础上,又通力合作、悉心钻研,完成了《建筑节能技术教程》这一新著,实是一大喜事。

考虑到即将跨入21世纪的前景,作者在撰写本书时,对现有有关著作进行了参长弃短的借鉴思考,着眼于建筑节能的系统教育及其与相关专业(如建筑、环境等)、相关课程(如建筑设计等)以及实际工作需要的关联,做到了:取材丰富、先进;理论系统、计算简化;图文并茂,不仅文字论述流畅,更有特色的是以图解进行有关原理、方法的说明,令人兴趣顿然醒困而生。书中,作者还从建筑师对实际问题传统性的设计思想进行了结合建筑节能思考的补新,得出了适应节能要求的新思路,这是对传统设计思想的一个具新陈代谢意义的革新。

从建筑节能教育来说,本书乃当前最佳可选教材。对建筑管理、房地产事业有关人员也确有参考、启发之益。

祝愿建筑节能工作取得更大的发展。

夏 云

1997.3

前 言

能源问题是当前世界各国普遍重视的问题,并已被列为人类面临的四大生存问题之一。由于新能源的开发在短期尚难起到缓解能源供应紧张局面的作用,故自 70 年代以来,世界各国均投入大量的人力、物力进行节能研究。我国亦将节约能源作为经济工作的一项长期任务,并将能源问题列为我国经济建设的战略重点。

在全世界的能源消耗中,无论是发达国家还是发展中国家,建筑能耗在总能耗中所占的比重都是很大的,约为 25%至 40%。因此,世界各国又都将建筑节能工作列为节能工作中的重点。我国的建筑节能工作自《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》等一系列国家法规颁布以来,已进入全面实施阶段,尤其是 90 年代以来,更是取得了长足的进展。但是,与世界发达国家相比,还有相当大的差距。这不仅表现在我国单位建筑面积能耗还很高及能源利用率很低(我国为 28%,欧美平均近 50%,日本为 57%),也表现在我国对建筑设计中的节能问题的系统研究较少,同时,也表现在我国的建筑节能教育尚很缺乏。

令人感到欣慰的是,目前国内许多高校已开设了建筑节能课程,且国家有关部门已将对建筑、暖通从业人员进行全员建筑节能培训列为建筑行业管理指标之一。相信这些有益的工作定会对我国建筑节能工作的发展起到积极地推动作用。为了适应教学及节能培训的需要,我们本着普及基本知识、强调系统意识、解决具体问题、适应实际需要的原则,编写了这本《建筑节能技术教程》。书中从建筑节能的基本原理、建筑节能的基本方法入手,从建筑围护结构、采暖、制冷、通风、照明等多方面全方位的研讨节能问题,并重点介绍了在建筑设计过程中实现节能意图的种种途径与方法。本书可以作为建筑、暖通专业的教学用书及节能培训教材,亦可供建筑设计、暖通等相关专业科技人员参考,也可供建筑管理、房地产开发人员阅读。

本书由房志勇主编,汪琪美主审。各章编者分工如下:林川,第 4、11、15 章;张大玉、欧阳文,第 3、16、18 章;其余各章由房志勇编写。另外,杨金铎、姜中光教授及孙明博士、曹丽娟女士在本书的编写过程曾给予很多帮助并协助作了大量的工作,谨此致谢。

限于我们的水平,书中缺点和谬误在所难免,恳请广大读者指正。

作者 1997.3 于
北京建筑工程学院

内 容 提 要

能源问题是世人十分关注的四大生存问题之一,也是我国经济工作中的战略重点之一。而建筑节能因建筑能耗占总耗能量的 40% 以上,则更是重点之中的重点。本书以日照、传热学、舒适度等为基础,分析建筑节能的基本原理及基本方法,并重点介绍了在建筑设计中节能的途径和方法,对当前国内外建筑节能研究的成果,也作了适当介绍。本书可作为建筑、暖通等专业的教学用书及节能培训教材,可供建筑设计、暖通等专业的科技人员参考,亦可供建筑管理、房地产开发人员参考。

目 录

第一篇 建筑节能的基本原理

第一章 日照的基本知识

1.1 太阳能	(1)
1.2 地球围绕太阳运转的基本规律	(2)
1.3 地球的赤纬和节气	(3)
1.4 日照角度和大气层对太阳辐射通量的影响	(4)
1.5 太阳的高度角和方位角	(5)
1.6 真太阳时间和地方标准时间	(6)
1.7 真北和磁北	(8)

第二章 传热学的基本知识

2.1 房屋与热流的关系	(9)
2.2 传热	(11)
2.2.1 稳态传热方程	(11)
2.2.2 传热与绝热	(12)
2.3 空气间层的传热	(16)
2.3.1 空气间层的辐射换热	(18)
2.3.2 有热桥的空气间层	(20)
2.4 墙体开口部分的传热	(22)
2.5 换气损失	(24)

第三章 微环境舒适度的基本概念

3.1 人体的热平衡	(27)
3.2 节能与居住条件	(29)
3.3 “健康建筑”的概念	(29)

第四章 建筑节能的基本原理

4.1 建筑节能与节能设计的原则	(32)
4.1.1 建筑节能原则	(32)
4.1.2 建筑节能设计原则	(33)
4.1.3 建筑节能设计标准	(33)

第二篇 建筑节能的基本方法

第五章 房屋各部位的绝热

5.1 屋顶的绝热	(36)
5.1.1 日照条件下屋顶的温度变化	(36)
5.1.2 屋顶外侧绝热的优点	(36)
5.1.3 绝热材料与防水层的位置	(38)
5.1.4 坡屋顶的绝热	(39)
5.2 墙壁的绝热	(40)
5.2.1 墙壁与太阳辐射的关系	(40)
5.2.2 绝热与供暖	(41)
5.2.3 绝热与内表面结露	(43)
5.2.4 绝热与内部结露	(44)
5.2.5 内外侧绝热的基本区别	(45)
5.3 地面的绝热	(45)
5.4 门窗的绝热	(46)
5.4.1 窗玻璃的传热	(46)
5.4.2 窗用材料与建筑节能	(48)
5.4.3 可动式隔热层(活动隔热层)	(52)
第六章 采暖的节能方法	
6.1 采暖节能的原理	(54)
6.2 采暖的节能方法	(55)
6.2.1 促进辐射热进入室内	(55)
6.2.2 抑制辐射热损失	(57)
6.2.3 抑制导热热损失	(58)
6.2.4 抑制对流热损失	(59)
6.2.5 蓄热效果的利用	(61)
6.2.6 对条件变化的适应	(62)
第七章 制冷的节能	
7.1 制冷节能的原理	(65)
7.2 制冷的节能方法	(66)
7.2.1 抑制辐射热进入室内	(66)
7.2.2 抑制导热传热进入室内	(69)
7.2.3 抑制对流热进入室内	(70)
7.2.4 促进辐射热从室内散失	(70)
7.2.5 促进导热散热	(71)
7.2.6 促进对流散热	(72)
7.2.7 蓄热效果的利用	(73)
第八章 通(送)风的节能	
8.1 通风节能的原理	(75)
8.2 通风的节能方法	(76)
8.2.1 控制作用因素的产生	(76)
8.2.2 控制气流的扩散和传播	(76)

8.2.3 稀释	(77)
第九章 照明的节能	
9.1 照明节能的原理	(79)
9.2 照明的节能方法	(79)
9.2.1 防止光损失	(79)
9.2.2 利用太阳照射和天空光	(80)
9.2.3 提高照明设备的效率	(81)
9.2.4 降低照度标准	(82)

第三篇 建筑设计与建筑节能

第十章 建筑设计与节能的基本关系

10.1 建筑平面设计与节能的关系	(83)
10.1.1 建筑平面形状与节能的关系	(83)
10.1.2 建筑长度与节能的关系	(83)
10.1.3 建筑宽度与节能的关系	(83)
10.1.4 建筑幢深与节能的关系	(84)
10.1.5 建筑平面布局与节能的关系	(84)
10.2 建筑体型与节能的关系	(85)
10.2.1 围护结构面积与节能的关系	(85)
10.2.2 表面面积系数及变化规律	(85)
10.2.3 建筑体型与节能的关系	(86)
10.2.4 最低耗能体型的选择	(89)
10.3 建筑体量与节能的关系	(89)
10.3.1 总建筑面积与节能的关系	(89)
10.3.2 建筑层数与节能的关系	(89)
10.4 建筑规划与节能的关系	(90)
10.4.1 建筑朝向与节能的关系	(90)
10.4.2 建筑间距与节能的关系	(97)
10.4.3 建筑密度与节能的关系	(98)
10.5 窗的设计与节能的关系	(98)
10.5.1 窗墙比、玻璃层数及朝向对节能的影响	(99)
10.5.2 附加物对窗节能效果的影响	(100)
10.5.3 不同气候区窗的设计	(102)
10.5.4 改进窗户热工性能的措施	(103)
10.6 节能计算中一些具体问题的处理	(104)
10.6.1 面积和体积的计算	(104)
10.6.2 传热系数的计算	(104)

第十一章 强化建筑物自然通风的途径

11.1 利用环境条件.....	(108)
11.1.1 地形.....	(108)
11.1.2 树木.....	(108)
11.2 朝向、门窗位置等因素的影响	(111)
11.2.1 体形.....	(111)
11.2.2 门窗.....	(111)
11.2.3 朝向.....	(112)
11.2.4 其它.....	(113)
第十二章 促使建筑物降温的措施	
12.1 绿化的影响.....	(119)
12.1.1 场地的热反射.....	(119)
12.1.2 绿化的作用.....	(119)
12.1.3 爬墙植物的效用.....	(120)
12.1.4 示例.....	(121)
12.2 遮阳的设置.....	(123)
12.2.1 设于室内的遮阳.....	(123)
12.2.2 设于室外的遮阳.....	(125)
12.2.3 与透光材料一体的遮阳.....	(125)
12.3 围护结构隔热、降温问题	(126)
12.3.1 使暴露于阳光下的围护结构面积为最小.....	(126)
12.3.2 对围护结构进行隔热降温的一些设计措施.....	(128)
第十三章 利于提高室温的方法	
13.1 玻璃窗的设置.....	(132)
13.1.1 方位.....	(132)
13.1.2 间接日照.....	(132)
13.1.3 天窗的设计.....	(133)
13.2 采用高蓄热性材料.....	(133)
13.3 集热设施的设置.....	(134)
13.3.1 集热设施的类型.....	(134)
13.3.2 设置中需注意问题.....	(136)
第十四章 围护结构保温问题	
14.1 环境因素的影响.....	(141)
14.1.1 挡风墙.....	(141)
14.1.2 挡风树丛.....	(141)
14.2 建筑体形的影响.....	(142)
14.3 围护结构面积的限制.....	(144)
14.4 利用屋顶层保温.....	(145)
14.5 地下室的处理.....	(146)
14.6 材料与构造方面的措施.....	(148)
14.6.1 选用合适的材料.....	(148)

14.6.2	设置隔汽层·····	(149)
14.6.3	隔热渗透构造处理·····	(149)
14.6.4	延迟散热材料的应用·····	(151)

第四篇 其它建筑节能方法

第十五章 太阳能建筑

15.1	主动式采暖系统·····	(153)
15.2	被动式采暖系统·····	(154)
15.2.1	间接得热系统·····	(154)
15.2.2	直接得热系统·····	(157)
15.3	太阳房范例·····	(159)
15.3.1	直接得热系统示例 (英格兰、乔治街学校太阳房) ·····	(159)
15.3.2	附加日光间太阳房示例 (美国、新墨西哥州、住宅)·····	(159)

第十六章 掩土建筑

16.1	引论·····	(161)
16.2	覆土建筑·····	(163)
16.3	中国窑洞·····	(164)
16.3.1	概论·····	(164)
16.3.2	简介·····	(166)

第十七章 建筑绿化

17.1	建筑绿化的含义及作用·····	(167)
17.1.1	改善局部热气候·····	(167)
17.1.2	调节空气湿度·····	(168)
17.1.3	降低城市噪声污染·····	(168)
17.1.4	控制区域气流路径·····	(169)
17.1.5	防止灰尘侵袭·····	(169)
17.2	建筑绿化的基本方法·····	(169)
17.2.1	临街绿化·····	(169)
17.2.2	楼间绿化·····	(170)
17.2.3	楼旁绿化·····	(170)
17.2.4	绿化建筑·····	(171)
17.3	温室化的意义与方法·····	(172)

第十八章 其它措施

18.1	透明隔热墙·····	(174)
18.1.1	透明隔热墙原理·····	(174)
18.1.2	透明隔热墙构造·····	(174)

18.2 利用土层维持室温稳定	(175)
18.3 草泥屋顶	(177)
18.4 自然空调式建筑	(178)
附录一:不同地区采暖居住建筑各部分围护结构传热系数限值	(181)
附录二:全国主要城镇采暖期有关参数及建筑物耗热量、采暖耗煤量指标	(182)
附录三:围护结构传热系数的修正系数 ϵ_1 值	(186)
附录四:外墙平均传热系数的计算	(187)

第一篇

建筑节能的基本原理

第一章 日照的基本知识

为了使现代建筑设计更好地利用再生能源,首先应该明确,究竟有哪些再生能源可供我们利用。不用说,世界上最大的可供利用的再生能源莫过于太阳能。至于其它一些再生能源,如光能、水能、风能等,虽也同样能为现代建筑服务,但归根结蒂,这些能源的本身还是由太阳能所产生的。因此,我们提倡“现代建筑设计应该更好地利用再生能源”,说到底,就是应该更好地利用太阳能的问题。为此,在展开本书的主要内容之前,首先应对太阳能以及日地关系等基本知识作一简单的介绍。

1.1 太 阳 能

太阳能是地球最主要的天然能量的源泉。太阳能以辐射的方式不断地向地球以及其它星球输送能量,太阳辐射波穿过地球外围的大气层,把太阳能输送到地球表面上来。

太阳辐射的波长范围很广,从零到无穷大。但波长在很大和很小的部分内,能量都很小;绝大部分能量集中在波长为 $0.15\sim 4\mu\text{m}$ 之间,占太阳辐射总能量的 99%。其中可见光区(波长 $= 0.4\sim 0.76\mu\text{m}$)占 50%,红外线区(波长 $> 0.76\mu\text{m}$)占 43%,紫外线区(波长 $< 0.4\mu\text{m}$)占 7%。辐射能量最大的波长为 $0.475\mu\text{m}$ (即在可见光区的青、蓝色区内)(图 1-1)。

太阳辐射通量在到达地球大气层的上界时,其辐射强度(垂直于太阳光线平面的太阳辐射能)约为 $1354\text{W}/\text{m}^2$ 。但地球外围存在着一圈大气层,太阳辐射进入地球表面之前,必须通过大气层。太阳辐射能在遇到大气层的各种成分时,一部分被反射回宇宙空间,一部分被吸收,还有一部分被散射,使地球表面的太阳辐射能,不论在量上还是在质(光谱的组成)上都发生不同程度的减弱和变化。因此,太阳的总辐射到达地面上的实际数量,是一个牵涉很多因素的复杂问题,它是随时间、地点和条件的变化而变化的。表 1-1 为太阳辐射在一天内的分布和日总量示例。

太阳辐射强度在一天中的变化

表 1-1

辐射强度	时 间														备注
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
垂直面上的直接辐射	460	621	788	858	900	942	942	942	907	872	802	683	481	265	(1)单位: W/m ² (2)以北京 6 月为例
水平面上的直接辐射	83.7	216	418	593	732	851	893	900	809	690	537	342	153	41.8	
散 射 辐 射	48.8	83.7	83.7	90.7	112	97.7	105	97.7	97.7	105	105	97.7	76.7	41.8	
水平面上的总辐射	132	300	502	684	844	949	998	998	907	795	642	434	230	83.7	

辐射能力(卡/厘米²分)

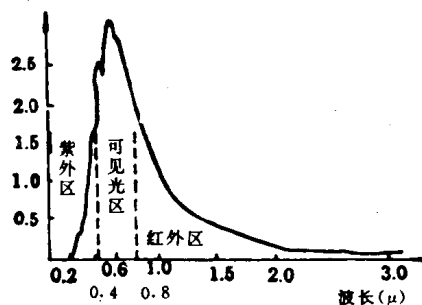


图 1-1 大气层上界的太阳辐射光谱图

1.2 地球围绕太阳运转的基本规律

在研究建筑的日照问题时,由于处于不同时间、不同地区和不同条件下的建筑物对日照的需要量各不一样。如当严冬季节,人们为了保暖的需要,往往希望尽量把阳光引入室内;而当炎暑时,则建筑物的设计除了应考虑良好的自然通风外,还应尽量防止或减少阳光直接射入室内。因此,当我们为了满足以上的要求进行设计时,我们必须首先掌握该一地区不同日期和不同时间太阳照射的角度。为了研究这个问题,首先应从地球围绕太阳运转的基本规律谈起。

我们知道,地球是在不断地自转,又不断地围绕太阳进行公转,故太阳对地球上每一地点的日照角度,每日、每时都是在有规律地改变着的。地球围绕太阳公转是循着一个偏心率很小的椭圆形轨道前进的,这个椭圆形的轨道面,一般叫做黄道面。太阳位于椭圆的两个焦点中的一个焦点上,其公转周期为一年。地球距太阳的近日点为 147,000,000km(一月初),距太阳的远日点为 152,003,000km(七月初),平均为 149,500,000km。

地球除围绕太阳公转外,还以一天为周期地进行自转,这就造成了昼夜的交替。另外,地球的赤道面与公转的黄道面之间是呈一定角度倾斜的,其倾斜角为 $23^{\circ}27'$,这也是地球的自转轴与它围绕太阳的公转轴之间所形成的倾斜角。这个倾斜角在地球的自转和公转过程中是始终不变的——它总是指向天球的北极(天球的北极在北极星附近)。地球自转轴的这种倾斜性及其方向的长期不变性产生了地球上各个地区的不同季节的变化。图 1-2 为地球自转并围绕太阳公转的运行示意图。

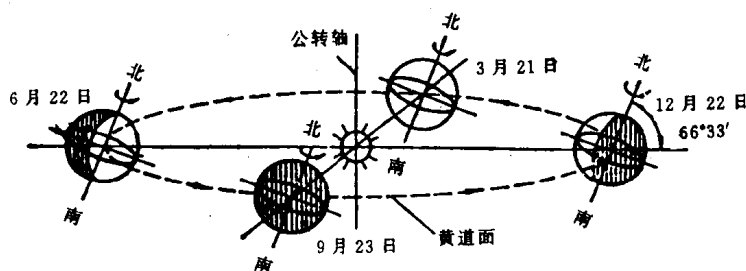


图 1-2 地球自转及公转轨迹示意图

从图 1-2 可以看出,地球在黄道面上公转时的不断变化的位置与相应的日期是每年都一

样的;如当 6 月 22 日(夏至)这天时,地球自转轴的北端向围绕太阳的公转轴倾斜,其倾斜度为 $23^{\circ}27'$;因此,这天,地球赤道以北的地区是日照时间为最长、照射面积也是最大的一天。当 12 月 22 日(冬至)那天时,则地球自转轴的北端(北极)向围绕太阳的公转轴偏离 $23^{\circ}27'$;因此,在这一天,地球赤道以北的地区是日照时间最短,也是照射面积最小的一天。(赤道以南的情况恰好与上述情况相反)表 1-2 为不同纬度夏、冬两至日的白昼时数比较表。

不同纬度夏、冬两至日白昼时数比较表

表 1-2

北 纬	夏至日白昼时数	冬至日白昼时数
$66^{\circ}33'$	24 时 0 分	0 时 0 分
60°	18 时 30 分	5 时 30 分
55°	17 时 7 分	6 时 53 分
50°	16 时 9 分	7 时 51 分
45°	15 时 26 分	8 时 34 分
40°	14 时 51 分	9 时 9 分
35°	14 时 22 分	9 时 38 分
30°	13 时 56 分	10 时 4 分
25°	13 时 34 分	10 时 26 分
20°	13 时 13 分	10 时 47 分
15°	12 时 53 分	11 时 7 分
10°	12 时 35 分	11 时 25 分
5°	12 时 17 分	11 时 43 分
0°	12 时 0 分	12 时 0 分
南 纬	冬至日白昼时数	夏至日白昼时数

当 3 月 21 日(春分)和 9 月 23 日(秋分)这两天,地球自转轴的两极与太阳的中心距离相等,在这两天,地球的赤道地区,在正午时刻受到的阳光都是垂直下来的——即太阳的高度角为 90° 。赤道以外的其它地区,正午时的太阳高度角都小于 90° 。另外,在这两天,地球上任何地区的白昼时间都为 12 小时。赤道南、北地区的日照面积都完全相等。

前面提到,赤道以北的地区,在夏至那天是日照时数最多的一天,冬至那天又是日照时数最少的一天。但这两天却并不是同一地区在全年里最热和最冷的时间。根据一般经验,最热和最冷的时期往往出现在夏至和冬至以后一个月左右的时间,这是由于地球是个庞大的物体,当它受到不同辐射量的阳光照射而使它的表面气温发生变化时,都需要有一相当的时期。

从图 1-2 又可看出,当冬至那天时,南纬 $23^{\circ}27'$ 一线中午时刻的阳光都垂直于地面(高度角 $=90^{\circ}$),当夏至那天时,北纬 $23^{\circ}27'$ 一线中午时刻的阳光都垂直于地面(高度角 $=90^{\circ}$),此二线在地球上称做南、北回归线。另外,当冬至那天时,北纬 $66^{\circ}33'$ 以北的地区整天见不到太阳。但当夏至那天时,此线以北的地区却又整天整夜能有阳光照射。因此,北纬 $66^{\circ}33'$ 一线称做北极圈。同理,南纬 $66^{\circ}33'$ 一线称做南极圈。

1.3 地球的赤纬和节气

前面谈及的这些现象,已经基本说明了地球围绕太阳轨道运转的周期性的基本规律。事实上,这个周期性的基本规律不仅体现在夏至、冬至、春分、秋分这四天,而且是对一年中任何一天都是具备的。就是说,在一年中的任何一天,正午时刻的阳光垂直射到地球上的某一具体的纬度都是永远不变的,如夏至日为 $+23^{\circ}27'$ (北纬 $23^{\circ}27'$);春、秋分为 $\pm 0^{\circ}00'$ (赤道)、冬至日为 $-23^{\circ}27'$ (南纬 $23^{\circ}27'$) 等等。这个在一年中的某一天被阳光垂直照射到的纬度即叫做赤纬。表

1-3 为我国古代历法早已规定的二十四个节气的大致日期及其相应的赤纬度数。表中所列的“平均时差”一项待留到“真太阳时与地方标准时的关系”的一节里再作详细解释。为了更清楚地说明图 1-1 所叙述的各种自然现象,可以从图 1-3 得到进一步的理解,我们知道,地球是围绕太阳而转的,但从日照的观点来看,不妨也可假设地球不动,而是太阳围绕地球不断在作螺旋状的圆周运动,其旋转的上下极限为 $\pm 23^{\circ}27'$,在一年的周期中,阳光从 $+23^{\circ}27'$ 逐日下转到 $-23^{\circ}27'$,然后又重新回升到原来的位置。整个周期一共转圈 365.25 次。在太阳的逐日运转过程中,太阳相对于地球上某一点的位置,也就是地球上的该点观测到的太阳的角度。

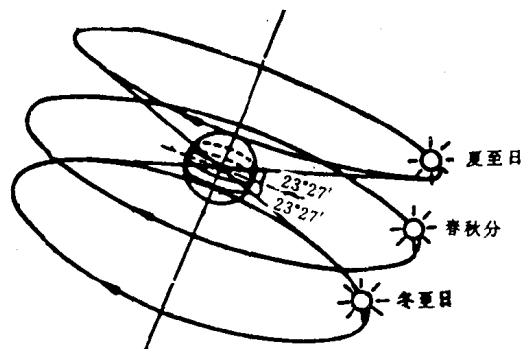


图 1-3 日照绕地球运转迹图

节气、赤纬及平均时差表

表 1-3

节 气	日 期	赤 纬	平均时差	节 气	日 期	赤 纬	平均时差
小 寒	1 月 6 日	$-22^{\circ}36'$	$-5'27''$	小 暑	7 月 8 日	$+22^{\circ}35'$	$-4'47''$
大 寒	1 月 20 日	$-20^{\circ}06'$	$-14'04''$	大 暑	7 月 23 日	$+20^{\circ}16'$	$-6'22''$
立 春	2 月 4 日	$-16^{\circ}30'$	$-13'54''$	立 秋	8 月 8 日	$+16^{\circ}25'$	$-5'42''$
雨 水	2 月 19 日	$-11^{\circ}37'$	$-14'00''$	处 暑	8 月 23 日	$+11^{\circ}26'$	$-2'37''$
惊 蛰	3 月 6 日	$-6^{\circ}02'$	$-11'36''$	白 露	9 月 8 日	$+6^{\circ}03'$	$+1'58''$
春 分	3 月 21 日	$\pm 0^{\circ}00'$	$-7'34''$	秋 分	9 月 23 日	$\pm 0^{\circ}00'$	$+7'35''$
清 明	4 月 5 日	$+5^{\circ}43'$	$-3'04''$	寒 露	10 月 9 日	$-5^{\circ}54'$	$+12'25''$
谷 雨	4 月 21 日	$+11^{\circ}32'$	$+1'04''$	霜 降	10 月 24 日	$-11^{\circ}25'$	$+15'37''$
立 夏	5 月 6 日	$+16^{\circ}6'$	$+3'20''$	立 冬	11 月 8 日	$-16^{\circ}18'$	$+16'18''$
小 满	5 月 22 日	$+20^{\circ}12'$	$+3'30''$	小 雪	11 月 23 日	$+20^{\circ}09'$	$+13'51''$
芒 种	6 月 6 日	$+22^{\circ}33'$	$+1'38''$	大 雪	12 月 8 日	$-22^{\circ}37'$	$+8'33''$
夏 至	6 月 22 日	$+23^{\circ}27'$	$-1'38''$	冬 至	12 月 22 日	$-23^{\circ}27'$	$-1'55''$

1.4 日照角度和大气层对太阳辐射通量的影响

在本章开始时曾提到,太阳辐射的通量在到达地球大气层的上界时,其密度(垂直于太阳光线平面的太阳辐射能 $S_{\perp}$)约为 $1354\text{W}/\text{m}^2$,但当太阳对某处发生倾斜照射时,设倾斜角为 Q ,则其幅射通量 S_Q 应为 $S_{\perp} \cdot \sin\theta$,即:

$$S_Q = S_{\perp} \cdot \sin\theta$$

从公式可以看出,当太阳与该点平面的倾斜角愈小时,其辐射通量也就愈小。

另外,在本章开始时还曾提到,由于地球周围被一层厚厚的大气层所包围,这层大气层可在一定程度上对太阳辐射能予以吸收、反射和散射;因此,当阳光射到地面时,它的强度不仅受到太阳倾斜角的影响,而且还受它所穿过的大气层的影响。当早晨和傍晚时,由于阳光必须穿过的大气层厚度要比它在中午时刻所穿过的大气层的厚度大得多(图 1-4),这就进一步降低了太阳幅射的通量。这说明为什么每天早、晚的日照强度没有当天中午时刻的日照强度大(参考表 1-1)。