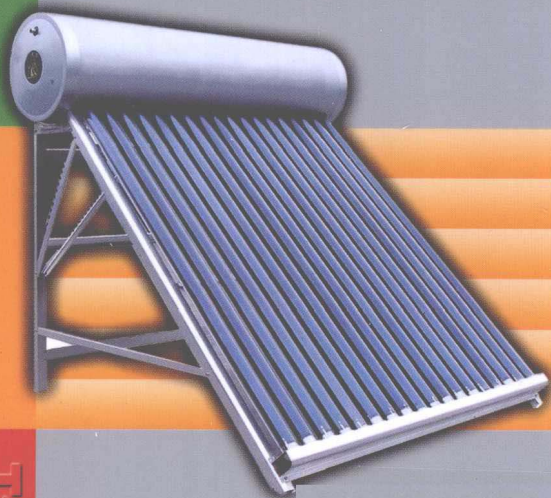


可再生能源建筑应用与建筑节能系列丛书

太阳能与建筑一体化工程施工技术

Taiyangneng Yu Jianzhuyitihuagongcheng Shigongjishu



张希舜 主 编
邱 庆 张庆功 副主编

Taiyangneng Yu Jianzhuyitihuagongcheng Shigongjishu

中国建筑工业出版社

可再生能源建筑应用与建筑节能系列丛书

太阳能与建筑一体化工程施工技术

张希舜 主编

邱 庆 张庆功 副主编

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

太阳能与建筑一体化工程施工技术/张希舜主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2013. 1
可再生能源建筑应用与建筑节能系列丛书
ISBN 978-7-112-14846-2

I. ①太… II. ①张… III. ①太阳能建筑-建筑工程-工程施工 IV. ①TU29

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 051825 号

本书为作者历年的心血总结。作者针对太阳能与建筑一体化工程施工中的诸多问题, 进行了详细说明与解答。全书共包括: 太阳能基本知识、太阳能与建筑一体化简介、太阳能建筑一体化设计、建筑太阳能技术、法律法规和附录等内容。

本书可供相关的工程技术人员阅读使用。

* * *

责任编辑: 酆锁林 张伯熙

责任设计: 张 虹

责任校对: 王誉欣 赵 颖

可再生能源建筑应用与建筑节能系列丛书
太阳能与建筑一体化工程施工技术

张希舜 主编

邱 庆 张庆功 副主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/16 印张: 18 字数: 448 千字

2013 年 4 月第一版 2013 年 4 月第一次印刷

定价: 42.00 元

ISBN 978-7-112-14846-2
(22922)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

作者简介

张希舜毕业于同济大学，从事建筑业半个多世纪，长期工作在建筑施工第一线。建筑行业之中的老兵，工学学士，研究员。曾获山东省城乡建设系统劳动模范，山东省暨济南市工程质量管理先进个人、科技进步先进工作者，全省为经济建设服务先进个人，全国建筑业优秀项目管理者，济南市保泉节水十佳市民，济南市优秀提案工作者、人民信息员，九三学社山东省暨济南市双文明先进个人、十佳社员等荣誉。曾任济南市政协委员、文史委员，中共济南市纪委特邀监察员，济南市历下区政协常务委员，九三学社济南市常务委员、历下区主任委员，济南一建集团公司副总工程师，济南建工总承包集团总工程师等职务，积累了丰富的施工经验与资料。现为山东省暨济南市科学技术专家、评标专家，山东省科技创新人才、山东建筑学会施工专业委员会暨总工程师委员会委员，山东省安监局安全评审专家，济南市政协社情民意信息员暨特邀文史委员等。

主编主要作品

《建筑施工综合利用粉煤灰技术》	山东建筑学会，1996年
《钢筋工》	中国建筑工业出版社，2003年
《张希舜政协提案集》	济南市政协，2003年
《建设者文路》	吉林人民出版社，2004年
《技术论文与施工工法》	中国文史出版社，2005年
《自然科学向导——凝固的艺术（建筑卷施工部分）》	山东科学技术出版社，2006年
《建筑工程施工工长系列手册》	中国建筑工业出版社，2007年
《张希舜政协提案集（二）》	济南市政协，2008年
《建筑者情怀》（张希舜诗文集二）	中国广播电视出版社，2008年
《建筑工程安全文明施工组织设计》	中国建筑工业出版社，2009年
《钢筋工工长手册》	中国建筑工业出版社，2010年
《建筑工程施工工法编写指导》	中国建筑工业出版社，2010年
《建筑业科技示范工程创建指南》	山东科学技术出版社，2010年
《建筑精品工程创建指南》	山东科学技术出版社，2011年

并在《建筑》、《施工技术》、《新型建筑材料》、《建筑技术开发》、《城市建设理论研究》、《山东建筑大学学报》等专业期刊上发表论文160余篇。编写建筑工程施工工法86项。

历任施工队长、技术处长、总工程师等职务，并在山东建筑大学、济南大学、山东广播电视大学、山东城建学院、山东农业干部管理学院、山东省建设管理局技师培训中心、山东建筑学会、济南市劳动局技能培训中心、济南安培学校等单位兼职讲授建筑施工、工程质量、施工组织与管理、建筑安全、工程造价、体系认证、施工工法、建筑材料、科技进步、技能操作等课程。

本书编委会

主 编	张希舜					
副 主 编	邱 庆	张庆功				
技术指导	王重杰	薛一冰	郭 民	刁乃仁		
编 审	嵇 飙	张大同	李振申	李桂珍		
顾 问	张广奎	王润晓	张洪峰	李 伟		
参编人员	杨德基	张志强	马玉杰	马玉荃	张庆萍	张庆莉
	张庆熠	张庆鑫	张希望	张玉珠	张世文	张孔雁
	张建军	张大同	王东升	王华玲	卢 辰	卢景平
	史 军	叶红先	吕 雷	吕 剑	李文东	田汝明
	李晓峰	李玉华	邱 新	邱 力	邱 天	赵 鑫
	赵得铭	赵仲和	房桂芹	胡雪晶	沈志耀	吴 岷
	罗姝红	林 峰	林凡庆	于法师	刘 洋	徐国宝
	徐世忠	徐红美	徐彦华	徐艳凤	裴书伟	柴 磊
	梁平原	王 镇	闫玉本	季 迪	姚国芳	丛福祥
	李 乐	刘兆磊	白云阁	王 旭	韩学庆	魏金明
	程助远	樊兆鹏	成 军	高毛红	高 健	

前 言

世界经济的迅速发展以及对常规能源的过度开采,既造成了全球能源的严重匮乏,又使人类的生存环境受到严重污染和破坏,生态与自然受到严重威胁。其中,建筑工程在施工与长期使用中需要大量能源供应,以我国为例已占到我国目前能源总消耗量的40%左右,是能源消耗大户,成为环境污染的重灾行业。为此,必须加大对建筑能耗的控制,并开发利用新型无污染、可再生的持续清洁能源。太阳能作为可再生的清洁能源,已受到世界各国的高度重视,特别是太阳能与建筑作为统一体的有机结合,既有利于建筑工程施工与长期使用的能源保障,节省常规能源,减轻对生态环境的破坏,又有利于生态绿色建筑的开发建设,为人类提供更加舒适、健康的生存环境,使建筑工程与自然、生态环境完美结合,和谐共存。

我国自20世纪90年代开始,就加大了对太阳能与建筑一体化的研究与应用。随着政府对太阳能与建筑一体化的重视与扶持,太阳能建筑工程得到了长足的发展,取得了显著成效和成功经验。而且今后一个时期,将全面强制推行太阳能在建筑工程中广泛应用。为了实现国家“十二五”期间资源能耗比“十一五”末期下降20%的目标,改善能源结构,保障能源安全,保护生态环境,实现经济社会的可持续发展,必须加大开发利用太阳能新型能源的力度,促使太阳能与建筑一体化的迅速发展,加快太阳能与建筑一体化的进程。

因此,广大建筑施工人员学习、掌握与太阳能相关的施工技术显得十分迫切,十分重要。尤其是近年来,太阳能与建筑一体化的设计与研发已日臻成熟,但施工技术相对落后,许多施工技术人员对其还比较陌生。又由于太阳能与建筑一体化是融建筑、结构、设备、安装、装饰等为一体的系统性工程,涉及土建、采暖、空调、热水、发电、导光、强电、弱电、智能化等若干个专业技术领域,也给施工技术人员造成一定难度。更由于太阳能技术发展很快,产品更新换代迅速,也给施工带来许多困难,出现了一些施工质量通病,加之目前尚缺乏全面完善的施工规范与质量检验标准,直接影响到建筑工程的竣工验收,以及太阳能与建筑一体化的全面实施。

针对太阳能与建筑一体化工程施工中的诸多技术问题,本人通过多项工程的施工,在资料收集与工程实践中,总结归纳出了较为全面、系统的建筑太阳能工程方面的施工技术,系统整理了相关技术标准。特别是收集了大量工程实例与生产厂家的产品说明与样品,并亲自走访与考察了力诺、皇明、桑乐、五星、史密斯、清华阳光、中科蓝天、天威英利、龙尼索拉津能、尚拓、京普等太阳能品牌企业。同时,通过大量工程实践编写了一些实用性、可直接操作使用的建筑太阳能技术施工工法。特供广大建筑工程施工技术人员参考、借鉴并采用。

由于建筑太阳能技术属于动态发展技术,加之国家从多方面大力鼓励推动建筑太阳能的应用与发展,国内外对建筑太阳能技术的开发利用,更是迅速飞跃发展,因此建筑太阳能技术不断创新、发展、换代升级。书中所收集到的资料远远跟不上新技术的产生,而作者本人也因能力有限,难以及时获取更多技术信息,书中错误缺漏也在所难免,恳请读者批评指正,并及时将相关信息反馈于我,真诚希望本书能起到抛砖引玉的作用,共同为建筑太阳能技术的推广、应用与发展作出贡献,为盼。在本书的编写过程中编者得到各界人士的大力支持与帮助,在此特表示衷心感谢。

目 录

第 1 章 太阳能基本常识	1
1.1 什么是太阳能	1
1.2 太阳能原理	1
1.3 太阳运行规律	2
1.3.1 太阳运行规律的描述	2
1.3.2 太阳高度角和方位角	3
1.4 太阳辐射	4
1.5 我国太阳能资源情况	8
1.5.1 我国太阳能资源分布特点	8
1.5.2 我国太阳能资源分布	9
第 2 章 太阳能与建筑一体化简介	13
2.1 什么是太阳能与建筑一体化	13
2.2 应用技术适用对象	13
2.3 太阳能应用发展	14
2.3.1 数字太阳能	14
2.3.2 太阳能充电器	15
2.3.3 法律、法规	15
2.4 致力于打造“低碳国度”	15
2.4.1 北京出台指导意见	15
2.4.2 太阳能下乡进程	16
2.4.3 太阳能热利用产业发展	16
2.4.4 政府推动太阳能与建筑结合	19
2.5 建筑应用太阳能的意义	19
2.6 太阳能技术与激励政策	19
2.6.1 太阳能的应用类型	19
2.6.2 我国太阳能技术的应用	20
2.6.3 国际激励政策	21
2.6.4 我国太阳能激励政策	23
2.6.5 国内外发展综述	24
2.6.6 主要技术内容	24
2.6.7 技术指标与技术措施	25
2.6.8 适用范围与应用前景	25
第 3 章 太阳能建筑一体化设计	26
3.1 规划设计要求	26
3.1.1 设计原则	26
3.1.2 设计要点	26

3.2 建筑设计要求	30
3.2.1 设计原则	30
3.2.2 设计要点	31
3.3 太阳能建筑一体化设计	33
3.3.1 设计原则	33
3.3.2 设计要点	34
第4章 建筑太阳能技术	35
4.1 光热技术	35
4.1.1 技术简介	35
4.1.2 施工设计工法	46
4.1.3 技术标准	80
4.1.4 应用手册	81
4.2 太阳能供暖技术	90
4.2.1 技术简介	90
4.2.2 太阳能热泵	97
4.2.3 施工工法	101
4.3 光空调技术	112
4.3.1 技术简介	112
4.3.2 施工工法	113
4.4 太阳能与地热能技术	119
4.4.1 技术简介	119
4.4.2 地热能与太阳能的综合利用	121
4.4.3 太阳能与地源热泵耦合系统节能评价方法	126
4.5 光电技术	129
4.5.1 技术简介	129
4.5.2 施工工法	137
4.5.3 技术标准	174
4.6 光电热技术	211
4.6.1 技术简介	211
4.6.2 施工工法	213
4.7 太阳能光导照明技术	218
4.7.1 技术简介	218
4.7.2 施工工法	220
4.7.3 技术标准	228
4.8 光纤照明技术	233
4.8.1 技术简介	233
4.8.2 施工工法	255
第5章 法律法规	258
5.1 关于加快推进太阳能光电建筑应用的实施意见	258
5.2 财政部关于印发《太阳能光电建筑应用财政补助资金管理暂行办法》的通知	259
5.3 太阳能光电建筑应用示范项目申报指南	261
5.4 威海市人民政府关于印发《威海市民用建筑领域太阳能热水系统推广应用管理规定》	

的通知	262
5.5 关于印发可再生能源建筑应用城市示范实施方案的通知	265
5.6 关于印发山东省太阳能产业发展规划（2009—2011 年）的通知	267
5.7 山东省太阳能产业发展规划	267
5.8 关于修订《山东省太阳能集热系统财政补贴资金使用管理暂行办法》的通知	271
5.9 财政部关于印发《太阳能光电建筑应用财政补助资金管理暂行办法》的通知	273
5.10 关于印发可再生能源建筑应用城市示范实施方案的通知	275
附录：可再生能源建筑应用城市示范实施方案编写提纲	278
参考文献	279

第1章 太阳能基本常识

1.1 什么是太阳能

太阳自古以来就被认为是万物之主。太阳内部氢聚变成氦的原子核反应，不停地释放出巨大的能量并向宇宙空间辐射，这就是太阳能。太阳能的范围非常大，地球上的风能、水能、海洋温差能、波浪能和生物质能，以及部分潮汐能都来源于太阳。太阳能取之不尽，用之不竭，对环境无污染，不产生公害，被誉为最理想的能源。

太阳能是最重要的基本能源，太阳每秒钟释放出来的能量是 3.73×10^{17} MJ，相当于每秒钟燃烧 1.28 亿 t 标准煤所释放出来的能量，辐射到地球上的能量只有它的 22 亿分之一，每秒钟照射到地球上的能量就相当于 500 万 t 标准煤。如果连续照射 40min，便可满足全人类一年的能量需求。太阳内部的这种核聚变反应可以维持很长时间，据估计约有几十亿至几百亿年，相对于人类的有限生存时间而言，太阳能可以说是取之不尽、用之不竭的，也是安全可靠、健康环保的能源。

1.2 太阳能原理

太阳能是太阳内部连续不断的核聚变反应过程产生的能量。地球轨道上的平均太阳辐射强度为 1367 kW/m^2 。地球赤道的周长为 40000km，从而可计算出，地球获得的能量可达 173000TW。在海平面上的标准峰值强度为 1 km^2 ，地球表面某一点 24h 的年平均辐射强度为 0.20 kW/m^2 ，相当于 102000TW 的能量，人类依赖这些能量维持生存，其中包括所有其他形式的可再生能源（地热能资源除外），虽然太阳能资源总量相当于现在人类所利用的能源的一万多倍，但太阳能的能量密度低，而且它因地而异，因时而变，这是开发利用太阳能面临的主要问题，太阳能的这些特点会使它在整个能源体系中的作用受到一定的限制。

尽管太阳能辐射到地球大气层的能量仅为其总辐射能量的 22 亿分之一，但已高达 173000TW。地球上的风能、水能、海洋温差能、波浪能和生物质能以及部分潮汐能都是来源于太阳；即使是地球上的化石燃料（如煤、石油、天然气等）从根本上说也是远古以来贮存下来的太阳能，所以广义的太阳能所包括的范围非常大，狭义的太阳能则限于太阳辐射能的光热、光电和光化学的直接转换。

太阳能既是一次性能源，又是可再生能源。它资源丰富，既可免费使用，又无需运输，对环境无任何污染，为人类创造了一种新的生活形态，使社会及人类进入了一个节约能源、减少污染的时代。建筑是能耗大户且也是应用太阳能的用武之地，因此建筑太阳能有着广阔的应用前景与十分重要的技术经济与生态环保意义。如图 1.2-1 所示。



图 1.2-1 建筑太阳能

1.3 太阳运行规律

1.3.1 太阳运行规律的描述

地球绕地轴自转同时绕太阳公转，地球公转的轨道平面成为黄道面。由于地轴是倾斜的，与黄道面成 $66^{\circ}33'$ 的交角；而且在公转运行中，这个交角和地轴的倾斜方向都是不变的，这样就使太阳光线的直射范围在南北纬 $23^{\circ}27'$ 之间作周期性变化。

1. 赤纬

地球在公转中，阳光直射地球的变动范围用赤纬 δ 表示。赤纬即太阳光线与地球赤道面的夹角，它是随着地球在公转轨道上的位置即日期的不同而变化的。赤纬从赤道面算起，向北为正，向南为负。

图 1.3-1~图 1.3-4 是地球在公转轨道上的几个典型位置：春分 ($\delta=0^{\circ}$)，夏至 ($\delta=+23^{\circ}27'$)，秋分 ($\delta=0^{\circ}$)，冬至 ($\delta=-23^{\circ}27'$)。春分时 (约在 3 月 21 日)，太阳光与地球赤道面平行，赤纬 $\delta=0^{\circ}$ ，阳光直射赤道，正好切过两极，南北半球昼夜均等长。春分以后，赤纬逐渐增加，到夏至时 (约在 6 月 22 日)，赤纬 $\delta=+23^{\circ}27'$ 达到最大值，太阳光线直射地球北纬 $23^{\circ}27'$ ，即北回归线上。随后，赤纬又逐渐减小，秋分日 (约 9 月 22 日)，赤纬 $\delta=0^{\circ}$ 。当阳光继续南移，到冬至日时 (约 12 月 22 日)，阳光直射南纬 $23^{\circ}27'$ ，赤纬 $\delta=-23^{\circ}27'$ ，此时情况恰好与夏至日相反。冬至日以后，阳光又逐渐北移至赤道。如此周而复始。

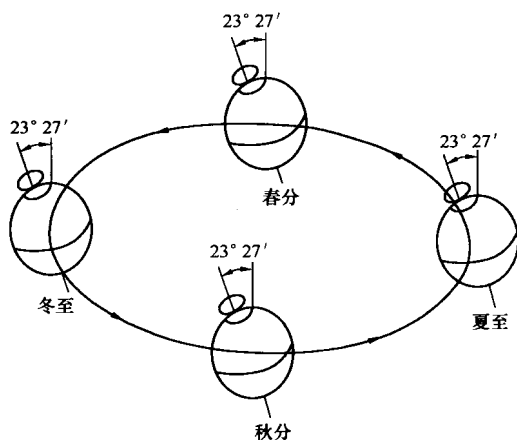


图 1.3-1 地球有恒定的倾角

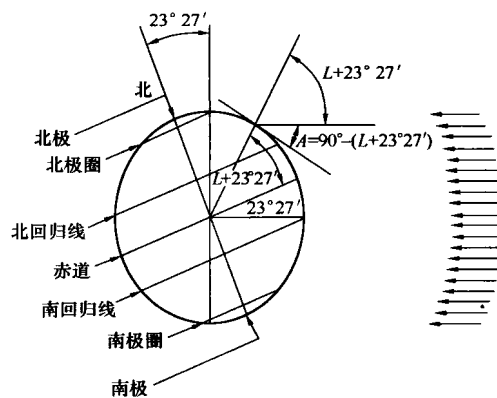


图 1.3-2 夏至

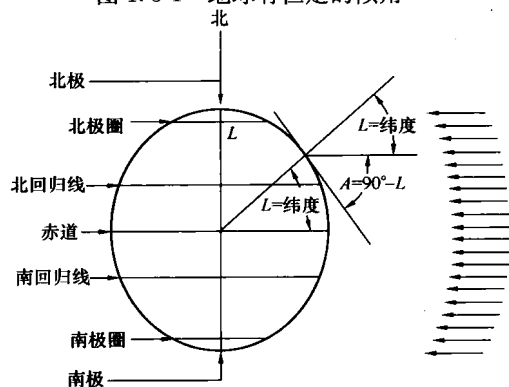


图 1.3-3 春、秋分

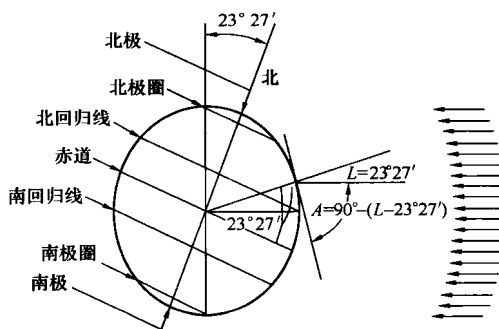


图 1.3-4 冬至

一年中逐日的赤纬可用 Peter J. Iumde 等人建议的公式 (1.3-1) 粗略计算:

$$\delta = 23.45 \times \sin \left[\left(\frac{N-80}{370} \right) \times 360 \right] \quad (1.3-1)$$

式中 δ ——赤纬 ($^{\circ}$);

N ——从元旦开始计算的天数 (天)。

2. 时角

不同的时角可表示在一天里不同时间的太阳位置, 以其所在时区的角度表示, 即 1h 相当于时角 15° 。并规定, 以太阳在观测点正南向, 即当地时间正午 12 时的时角为 0° , 这时的时圈为当地的子午圈; 对应于上午的时角 (12 时以前) 为负值, 下午的时角为正值。时角的计算采用公式 (1.3-2):

$$t = 15(h - 12) \quad (1.3-2)$$

式中 t ——时角 ($^{\circ}$);

h ——时间, 按当地太阳时计算 (h)。

3. 太阳时与标准时

在上述公式中, 时角 (t) 所用的时间为观测点的当地太阳时, 或称“真太阳时”。太阳在当地正南时为 12 时, 地球自转一周又回到正南时为一天。

此外, 各地区所采用的标准时间是各国按所处地理经度位置以某一中心子午线的时间为标准时。我国标准时是以东经 120° 作为北京时间的标准。国际上在 1884 年经过各国协议, 以穿过英国伦敦格林尼治天文台的经线为本初经线, 是经度的零度线, 由此向东和向西各分为 180° , 称为东经和西经。

当地太阳时与标准时之间的转换关系如公式 1.3-3 所示。

$$T_0 = T_m + 4(L_0 - L_m) \quad (1.3-3)$$

式中 T_0 ——标准时间 (时, 分);

T_m ——地方平均太阳时 (时, 分);

L_m ——当地子午圈所处的经度 ($^{\circ}$);

L_0 ——标准时间子午圈所处的经度 ($^{\circ}$);

4——换算系数 (%)。由于地球自转一周按 24h 计, 地球的经度分 360° , 所以每转过经度 1° 为 4min, 地方经度在中心经度以西时, 经度每差 1° , 地方时比标准时提前 4min; 在中心经度以东时, 经度每差 1° , 地方时比标准时推后 4min。

1.3.2 太阳高度角和方位角

人在地平面观测太阳位置, 可以用高度角和方位角表示太阳位置, 如图 1.3-5 所示, 太阳光线与地平面夹角 (h) 称为太阳高度角, 太阳光线在地平面的投影线与地平面正南方向所夹的角 (A) 称为太阳方位角。

任何一个地区, 在日出、日落时, 太阳高度角为零; 一天中在正午, 即当地太阳时为 12 点的时候, 高度角最大, 在北半球此时的太阳位于正南。太阳方位角以正南为 0° , 顺时针方向的角度为正值, 表示太阳位于下午的范围; 逆时针方向的角度为负值, 表示太阳位于上午的范围。在任何一天里, 上、下午的位置对称于中午, 例如上午 10 点和下午 2 点对称, 两个时间的太阳高度角和方位角的数值相同, 只是方位角的符号相反。

影响太阳高度角 (h) 和方位角 (A) 的因素有三个, 即赤纬、时角和地理纬度。其计算公式如式 (1.3-4)、式 (1.3-5) 所示:

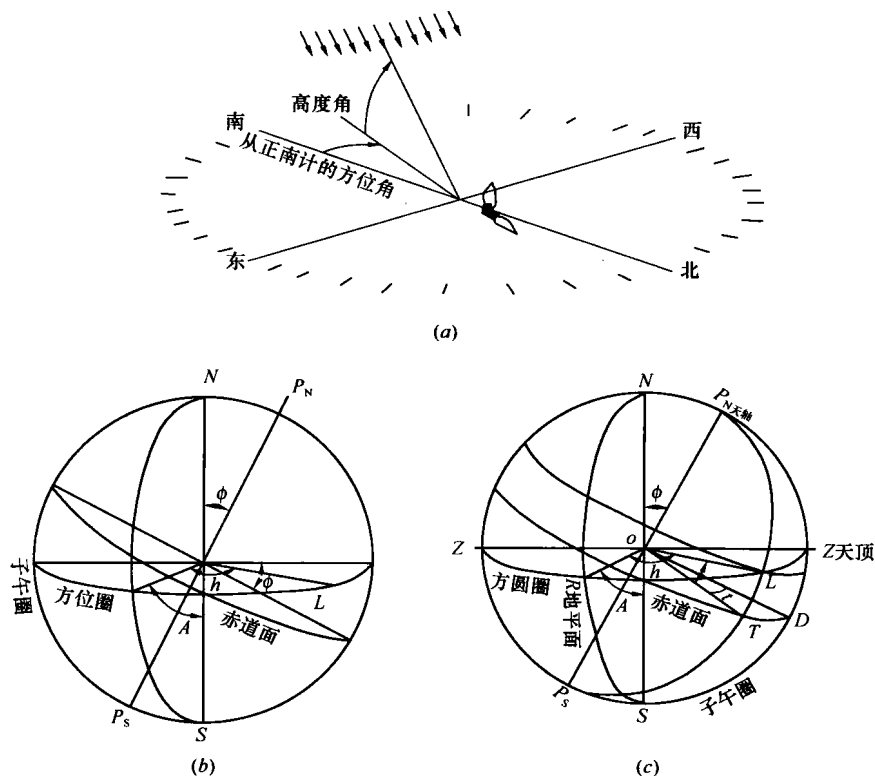


图 1.3-5 太阳高度角和方位角

$$\sin h = \sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos t \quad (1.3-4)$$

$$\cos A = (\sin h \cdot \sin \phi - \sin \delta) / (\cos h \cdot \cos \phi) \quad (1.3-5)$$

正午时太阳方位在正南，其方位角为 0° 。这时的高度角计算式可简化为式 (1.3-6)、式 (1.3-7)：

$$h = 90^\circ - (\phi - \delta) \text{ (当 } \phi > \delta \text{ 时)} \quad (1.3-6)$$

$$h = 90^\circ - (\delta - \phi) \text{ (当 } \phi < \delta \text{ 时)} \quad (1.3-7)$$

日出、日落时间的时角及其方位角的计算式为式 (1.3-8)、式 (1.3-9)：

$$\cos t = -\tan \phi \cdot \tan \delta \text{ (太阳高度角 } h=0^\circ) \quad (1.3-8)$$

$$\cos A = -\sin \delta / \cos \phi \text{ (太阳高度角 } h=0^\circ) \quad (1.3-9)$$

式中 δ ——赤纬 ($^\circ$)；

ϕ ——纬度 ($^\circ$)；

t ——时角 ($^\circ$)。

1.4 太 阳 辐 射

太阳辐射热是地表大气热过程的主要能源，也是对建筑物影响较大的一个参数。日照和遮阳是建筑设计中最关键的因素，这都是针对太阳辐射的。特别是太阳能建筑的设计，必须仔细考虑可作为能源使用的太阳辐射热。

1. 直射辐射、散射辐射和总辐射

当太阳的射线到达大气层时，其中一部分能量被大气中的臭氧、水蒸气、二氧化碳和尘埃等吸收；另一部分被云层中的尘埃、冰晶、微小水珠及各种气体分子等反射或折射而形成漫反射，这一部分辐射能中的一部分返回到宇宙中去，另一部分到达地面。我们把改变原来方向而到达地

面的这部分太阳辐射称为“散射辐射”，其余未被吸收和散射的太阳辐射能仍按原来的方向，透过大气层直达地面，故称此部分为“直射辐射”。直射辐射和散射辐射之和称为“总辐射”。

2. 太阳常数

由于地球以椭圆形轨道绕太阳运行，因此太阳与地球之间的距离不是一个常数，而且一年里每天的日地距离也不一样。众所周知，某一点的辐射强度与距辐射源的距离的平方成反比，这意味着地球大气上方的太阳辐射强度会随着日地距离不同而异。然而，由于日地间的距离太大（平均距离为 $1.5 \times 10^8 \text{ km}$ ），所以地球大气层外的太阳辐射强度几乎是一个常数。因此，把太阳常数定义为：在太阳与地球的平均距离处，垂直于入射光线的大气界面单位面积上的热辐射流。通常用 I 表示。从理论上计算得该常数 $I = 1395.6 \text{ W/m}^2$ ，称为天文太阳常数，用实测分析决定的太阳常数 $I = 1256 \text{ W/m}^2$ ，称为气象太阳常数。

3. 理想大气总辐射

理想大气总辐射是指太阳辐射能通过理想大气到达接受面上的太阳辐射能，一般给出水平面上的数值，通常用 I_t 表示。表 1.4-1 是各月大气层外边界处太阳辐射强度。

所谓“理想大气”又叫“干洁大气”，就其成分而言，除了没有水汽和各种微粒杂质外，与实际大气并无区别。理想大气中使日照削弱的因素是臭氧、氧和二氧化碳的选择性吸收以及空气分子的散射。

根据日地平均距离，计算得出我国有关的各纬度、各等压面高度上理想大气中的月总辐射量，见表 1.4-1。

各月大气层外边界处太阳辐射强度 I_0

表 1.4-1

月 份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
$I_0 \text{ (W/m}^2\text{)}$	1419	1407	1391	1367	1347	1329	1321	1328	1343	1363	1385	1406
$I_0 \text{ (kcal/(m}^2 \cdot \text{h))}$	1220	1212	1197	1176	1159	1144	1137	1143	1156	1173	1193	1209

4. 大气质量

大气质量是指太阳辐射穿过大气层所通过的路程。如图 1.4-1 所示，A 为地球海平面上的一点，当太阳在天顶位置 S 时，太阳辐射穿过大气层到达 A 点的路径为 OA。太阳位于 S' 点时，其穿过大气层到达 A 点的路径为 O'A，斜 O'A 与 OA 之比就称为大气质量。它表示太阳辐射穿过地球大气的路径与太阳垂直入射时的路径之比，通常以符号 m 表示，并设定标准大气压和 0°C 时海平面上太阳垂直入射时，大气质量 $m=1$ 。可知，大气质量 m 的计算见式 (1.4-1)：

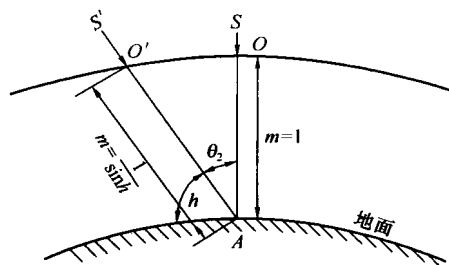


图 1.4-1

$$m = \frac{O'A}{OA} = \sec \theta = \frac{1}{\sin h} \quad (1.4-1)$$

式中 h ——太阳的高度角。

5. 辐射换热

由于任何物体都具有发射辐射和对外来辐射吸收反射的能力，所以在空间内任意两个相互分离的物体，彼此间就会产生辐射换热，如图 1.4-2 所示。如果两个物体的温度不同，则较热的物体向外辐射而去的热量比吸收外来辐射而得到的热量多，较冷的物体则相反，这样，在两个物体之间就形成了辐射换热。应注意的是，即使两个物体温度相同，它们也在进行着辐射换热，只是处于动态平衡状态（图 1.4-3）。

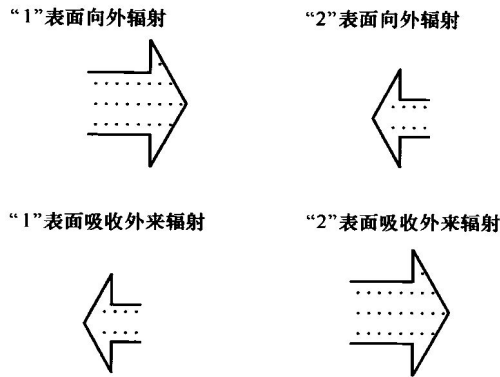


图 1.4-2

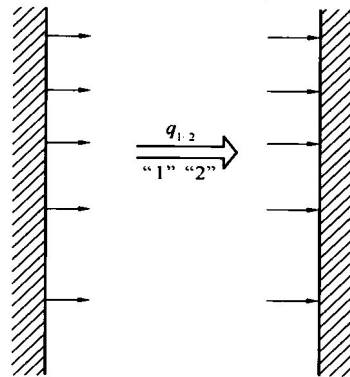


图 1.4-3 表面之间的辐射换热

两表面的辐射换热量取决于表面的温度，表面发射和吸收辐射的能力，以及它们之间的相互位置。

任意相对位置的两表面，若不计两表面之间的多次反射，仅考虑第一次吸收，则表面辐射换热量的通式为：

$$\left. \begin{aligned} Q_{1,2} &= a_r(\theta_1 - \theta_2)F \\ \text{或} \quad q_{1,2} &= a_r(\theta_1 - \theta_2) \end{aligned} \right\} \quad (1.4-2)$$

式中 a_r ——辐射换热系数 ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)；

θ_1 ——“1”表面温度 ($^{\circ}\text{C}$)；

θ_2 ——“2”表面温度 ($^{\circ}\text{C}$)；

F ——辐射表面面积 (m^2)。

6. 太阳能转换方式

(1) 光能转热能

利用一些物质作为媒介，可以充分吸收太阳能并将其有效地转换为人类可直接或间接使用的热能，如利用太阳能加热水，用于采暖供热，如图 1.4-4、图 1.4-5 所示。



图 1.4-4 集中式太阳能集热器

产生热能的多少取决于采热管的数量与效能，以及热媒的质量。太阳能光热系统由太阳能光热管、支架、控制器等组成。

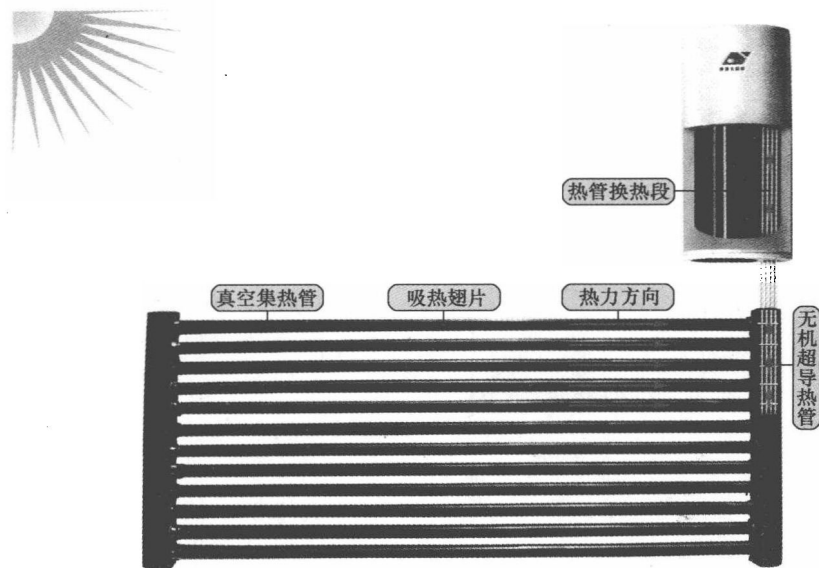


图 1.4-5 壁挂式太阳能集热器

1) 太阳能光热管：是太阳能光能转换为热能的核心部分，通过光热管将吸收的太阳光热使光热管内介质升温。

2) 支架：作为固定集热器的设施，或固定于屋面或挂于墙面。

3) 控制器：主要用于控制水温及外源电能的转入。

(2) 光能转电能

由于一些物质能把光能转换为电能，如硅晶体等半导体就可以通过光把原子内部的电子激发而产生电势能，这种电势能经过特殊装置的处理、储存、输送就能成为人类使用的电能（图 1.4-6、图 1.4-7）。

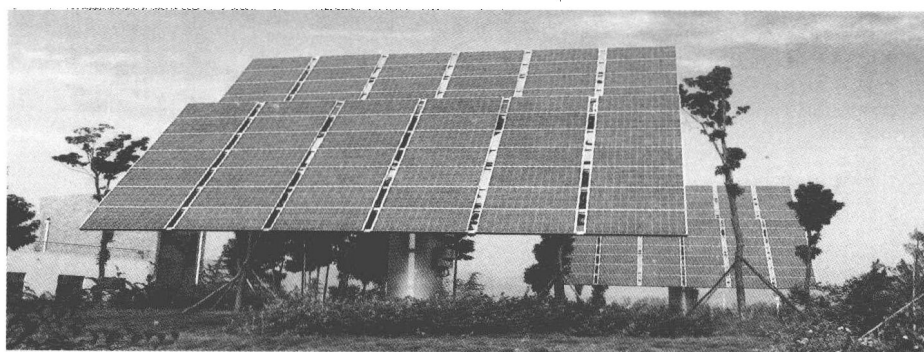


图 1.4-6 太阳能光伏板

产生电能的多少取决于采光板的太阳能电池的采光面积与电池板的光转电质量。太阳能发电系统由太阳能电池组件、太阳能控制器、蓄电池（组）组成。如负载工作电压为交流 220V，还需要配置相应的逆变器。

1) 太阳能电池组件：太阳能电池组件是太阳能发电系统中的核心部分，其作用是将太阳的辐射能量转换为电能。

2) 太阳能控制器：太阳能控制器的作用是控制整个系统的工作状态，并对蓄电池起到过充电保护、过放电保护的作用。

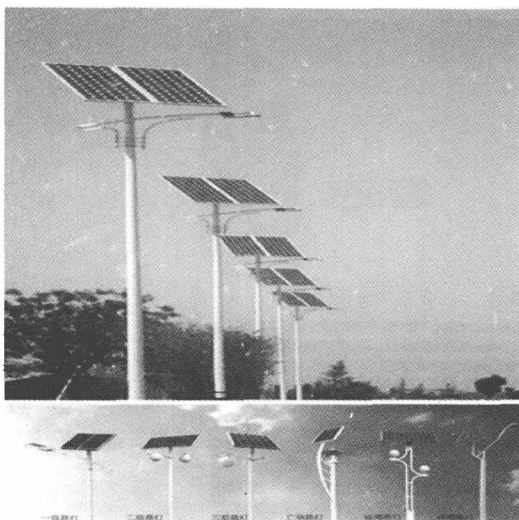


图 1.4-7 太阳能光电照明

(3) 利用光能照明

太阳光是最好的照明，为了更有效地发挥太阳自然光的照明作用，可通过专用设施将光引入建筑物室内或通过专用光缆将光引入建筑物或构筑物内的技术称为光导技术。如图 1.4-8、图 1.4-9 所示。



图 1.4-8 太阳能光导照明

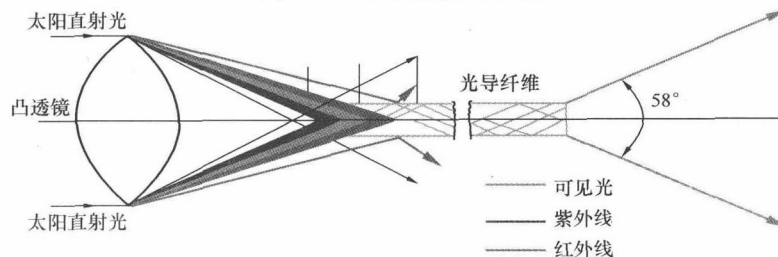


图 1.4-9 太阳能光纤照明

1.5 我国太阳能资源情况

1.5.1 我国太阳能资源分布特点

中国太阳能资源分布的主要特点是：太阳能的高值中心和低值中心都处于北纬 $22^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 这一