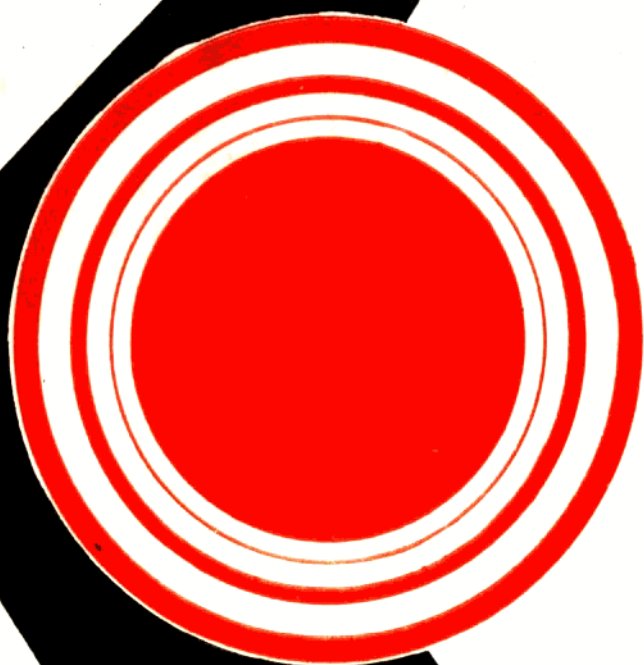


太阳能加热沥青

经德良 主编



人民交通出版社

Taiyangneng Jiare Liqing

太阳能加热沥青

经德良 主编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书介绍太阳能加热沥青的基本原理,并论述了太阳能沥青池的方案确定、总体布局、参数选择、结构设计、科学管理和经济效益等,内容新颖,简明实用。

本书适用于公路、城建、建材和化工等部门从事太阳能研究与应用的工程技术人员及有关大专院校师生,也可作为专业培训班的教材。

主编单位:湖北省交通厅公路管理局

湖北省交通职工技术协作委员会

主 编:经德良

编写人员:经德良 常世琨 吴钢玮 周邦佑 邵树人 刘国清 陈鸿略
裴芝成 胡兆德 张在兹 李道平 胡小庄 谢志宽 刘永具

太阳能加热沥青

经德良 主编

正文设计:周 元

责任校对:王淑琴

人民交通出版社出版发行
(北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本:787×1092 1/32 印张:12.5 字数:302千

1990年10月 第1版

1990年10月 第1版 第1次印刷

印数:0001—2410册 定价:7.05元

前 言

根据国家“开发与节约并重，近期把节能放在优先地位”的方针，结合交通部关于推广应用太阳能加热沥青技术的有关文件，我们编写了本书。

湖北省公路系统自1980年开始研究太阳能加热沥青，经过10年努力，通过不断探索，逐步将太阳能应用理论引入公路工程领域，形成了一种新的应用技术。它是光能转换、传热、材料、机电、土建、管理等多门学科知识的有机结合。本书较全面系统地介绍了这一新技术，就太阳能加热沥青所涉及的各方面的基础知识进行了深入浅出的阐述；对太阳能沥青池的方案确定、总体布局、参数选择、结构设计、科学管理、经济效益等方面作了较充分地论述。

本书可供公路、城建、建材、化工等部门从事太阳能研究与应用的工程技术人员及有关院校师生作为参考书，也可作为专业培训班的教材。

编写工作得到湖北省交通厅和中国公路交通职工技术协作委员会的大力支持和关怀，湖北省交通厅副厅长、省交通技术协作委员会主任刘志江同志为本书作序，在此一并致谢。

由于水平所限，时间仓促，本书难免有不足之处，恳请希望读者指正。

编 者 1989.7

序

这本书题名《太阳能加热沥青》；顾名思义，是向读者介绍太阳能加热沥青方面的基础知识和基本技术，以帮助人们认识太阳能，掌握太阳能加热沥青的有关应用理论技术，使太阳能更好地为公路建设服务。

太阳能是一种取之不尽、用之不竭，而又最清洁的能源。太阳能应用理论是一门新的学科。把太阳能应用理论引入到公路建设和养护工程中来，开发太阳能加热沥青新领域，具有重要的意义。从实践的结果看，其经济效益和社会效益均十分显著。

公路的建设和养护离不开沥青。传统的沥青加热方式，劳动条件艰苦，工作强度大。那些朴实无华、默默无闻地甘当“铺路石”的人们，为了修好路、养好路，常常头顶烈日、面对浓烟。这种状况，既有火烧烫伤的危险，又有环境污染之害，生产效率却很低，因此，必须加以改进。

湖北省公路部门从1980年开始，着手研究利用太阳能加热沥青这一新技术和新工艺，并于1981年首先在当阳、潜江两县建成太阳能沥青池。随后通过多次试验，不断改进和完善，使太阳能、远红外线加热沥青装置通过省级鉴定。1984年国家经委把这一项目在全国推广，现已开花结果。

太阳能加热沥青这一新技术的成功，结束了养护工人“肩挑背驮板车运，烟熏火烤烫伤多”的历史，是沥青加热史上一次重大的变革和技术突破。这项技术的推广应用，节约了物质能源，提高了沥青加热质量，降低了燃料成本，减少了环境污染，有助于养路机械化、电气化、工厂化的加快实现，受到社会多方关注。

为了进一步推广普及太阳能加热沥青新技术、新工艺，经德良等同志撰写了这本《太阳能加热沥青》的书。该书深入浅出，图文并茂，全面地阐述了太阳能加热沥青的基本原理，详细地介绍了加热沥青设备的整套构造、设计、工艺、使用管理等方面的知识。中华全国总工会公路运输工会和湖北省交通技协拟联合举办沥青加热培训班，决定把这本书作为培训教材。我认为该书既是一本培训教材，也是一本较好的科普读物，它的出版必将有力地推动太阳能加热沥青技术的推广，为公路建设发挥积极作用。

刘志刚

1989.10.8

目 录

第一章 概述	1
第二章 太阳能加热沥青的基本原理	5
第一节 能源分类及太阳能	5
第二节 太阳能集热器简介	19
第三节 传热学基本概念	30
第四节 沥青的理化特性	43
第五节 电工学基本概念	48
第三章 太阳能沥青池设计	53
第一节 太阳能加热沥青的特点与理论分析	53
第二节 国内外太阳能加热沥青技术概况	62
第三节 太阳能沥青池构造与功用	66
第四节 “温室型”太阳能沥青池温度特性及热平衡图	68
第五节 太阳能沥青池设计	69
第六节 太阳能沥青池的总体布局设计	85
第七节 太阳能沥青池的典型设计	85
第四章 太阳能柱状抛物面聚焦加热沥青装置设计	89
第一节 柱状抛物面聚焦加热沥青装置构造	89
第二节 柱状抛物面聚焦加热沥青装置设计	93
第三节 跟踪布置方式的选定与设计	98
第五章 沥青熬制设备的设计	103
第一节 沥青加热锅构造	103
第二节 沥青加热锅设计	106
第三节 操控电路设计	111
第六章 太阳能加热沥青的管理	124
第一节 太阳能加热沥青管理的目的和意义	124
第二节 生产管理	124
第三节 计划、质量及成本	128
第四节 安全管理	131
第五节 微机在太阳能加热沥青中的应用	133
第七章 太阳能在交通领域中的应用前景	137
第一节 太阳能光热应用	137
第二节 太阳能光电应用	138
附录 1 我国 7 个气候区的 20 个城市的年平均日照晴阴天数和云量	139
附录 2 全国主要城市太阳位置数据表	140

附录3	全国主要城市日照时数及日照百分率表.....	169
附录4	风力等级表.....	171
附录5	常用材料的导热系数〔千焦/(米·时·℃)〕.....	171
附录6	国内普通平板玻璃的若干光学性能.....	174
附录7	固体材料沿表面法线方向上辐射黑度 ϵ	175
附录8	某些材料对太阳光的吸收系数及低温辐射系数.....	176
附录9	常用材料比热表.....	176
附录10	在大气压力下干空气的物理参数.....	177
附录11	电热管主要参数资料.....	178
附录12	远红外辐射元件表面温度与辐射能量计算表.....	180
附录13	希腊字母表.....	181
附录14	电工系统图常用图形符号.....	181
附录15	传热学中主要物理量 SI 制、工程制及英制单位的换算.....	185
附录16	能量单位换算表.....	186
附图1	太阳能加热沥青装置布置示意图.....	187
附图2	四吨化油锅(内锅)图.....	188
附图3	电器工作原理图.....	189
参考资料		190

第一章 概 述

太阳能加热沥青在我国是80年代初兴起的,它是研究以太阳辐射能加热沥青的新技术,是为节约常规能源而开发的太阳能应用新领域。

当前,世界能源危机日趋严重,在我国,虽然能源资源比较丰富,但我国人口众多,能源的消耗和浪费确相当惊人,加之开采、交通运输较落后,能源的供应仍然十分紧张。近几年来,燃料动力及生活能源不足,给国民经济带来了很大损失,给人民生活带来困难。因此研究新能源的开发利用,研究能源的节约,提高能源的有效利用率是解决我国当前能源供应紧张状态的行之有效的方法和最现实的途径。

由沥青的性质可知,沥青在常温下(如在25℃时)呈固体或半固体状态,沥青在运转、输送、涂布及与其它物料混合(比如在公路修筑施工时与石料的拌和)过程中,必须将沥青的粘度降低到一定的范围。降低沥青粘度的主要方法是对沥青进行加热。

在我国,传统的沥青加热方法是燃烧煤、薪柴、渣油等可燃物,以产生热能,加热沥青。70年代,湖北省公路部门又发展了以电能加热沥青的装置。以煤、薪柴、重油为燃料及以电能为能源加热沥青,都要消耗大量的常规能源。

太阳能是巨大而清洁的能源,开发以太阳能加热沥青有着深远的意义。但由于太阳能是一种低密度的、间歇性能源,而沥青又是一种不便加热的物质,因此,对收集太阳能加热沥青就提出了更高的要求。1980年湖北省公路管理局首次提出并安排当阳县公路段做了太阳能加热沥青的小型模拟试验。通过试验,证实了太阳能加热沥青的可行性。1981年湖北省公路管理局又安排下达给当阳、潜江公路段各新建一座“太阳能、远红外线加热沥青装置”的任务,并于同年相继建成。该装置于1983年通过省级鉴定,鉴定证书表明为国内首创。

中国太阳能学会理事、湖北省太阳能学会理事长、华中工学院动力系王崇琦教授在《太阳能和远红外加热技术在公路上的应用》一书中阐述:太阳能光热转换原理经湖北省公路局有关单位将其引入,加热沥青获得成功,则十分引人注目,时至今日,尚未见到过国内外有这方面报导。

1984年中国公路学会筑路机械学会在湖北当阳县公路段举办了全国性的“太阳能、远红外线加热沥青技术培训班”,从此在全国开辟了太阳能远红外线加热沥青技术的新时期。目前,仅湖北省就已建成“太阳能加热沥青装置”100余座,其普及率达90%以上。同时已在河南、广东、广西、陕西、甘肃、湖南、福建、辽宁、山东等省推广使用。

1984年国家经委将此项目列为“国家重点技术开发项目”。

目前,大量推广的“太阳能加热沥青装置”,即通常所称的“太阳能沥青池”、“太阳能油池”,基本是采用“温室型”,该装置实质上相当于一种巨大的太阳能平板型集热器。平板型集热器吸收的太阳辐射的面积与采集太阳辐射的面积相同。它既能利用太阳的直接辐射又能利用被大气反射和散射的漫射辐射,与常用的集热器不同的是:太阳能油池不需要集热板,无需热能转换,而是以光能直接将沥青加热。太阳能油池与其它类型的集热器相比具有结构简单,不需要跟踪太阳的装置,故障少,维护、管理方便,性能可靠,寿命长等特

点,是值得推广的一种较成功的装置。

由于太阳能的能源密度低,要获得较高温度,必须将太阳光汇集起来,这样就产生了各种各样的聚焦型集热器。聚焦型集热器利用光学系统改变阳光光束方向,使入射辐射聚集在吸收表面上,以提高能源密度。对于给定的总能量,表面能源的提高也就意味着吸收表面积的减少,相应地减少了热损失。因此,与平板型集热器相比,容易提高集热器的供热温度。但是,聚焦型集热器一般不能收集占太阳总入射辐射20%~40%的漫射辐射。大多数聚焦型集热器要有跟踪太阳的装置。聚焦型集热器只有在聚焦镜几何形状精确、自动跟踪装置精度较高时才能达到较好的效果。目前由于大型聚焦器在制造精度,反光面材料的质量、及整体设计等方面尚存在不少问题,致使聚焦型加热沥青装置达不到理想效果。但是,聚焦型集热器是提高太阳能加热沥青温度的基本方式之一,应进一步开发研究。

太阳能加热沥青装置由两部分组成,即“太阳能沥青池”及“电热化油锅”。太阳能沥青池是以太阳辐射能直接对沥青加热,并贮存沥青的密封池体。当前,我国太阳能沥青池一般只能将沥青的平均温度加热到55℃左右(少数装置虽然能将沥青的温度加热到约100℃,但由于其热效率低等原因而未达到推广使用阶段),该温度离沥青的高温工艺温度(160~180℃)相差甚远,属于整个沥青加热过程中的预热阶段。为使沥青达到这一温度,必须采用其它能源(比如电能、柴、煤等常规能源)对沥青继续加热升温。在电力充足的地方,多数是利用电能。这一加热过程,是在被称为“化油锅”的金属容器内进行的。

在电力不充足的地方,一般是用煤、柴对沥青继续加热升温。在传热的方式上,现已采用导热油循环热交换的方案,它比直接以煤的燃烧加热化油锅或蒸汽锅炉的蒸气加热沥青方案更为合理,更为先进。

通过实践,太阳能加热沥青在其经济及技术指标上,有以下效益:

1.保证了化油质量

沥青的物理性质(三大指标:针入度、软化点、延度),对保证油路的使用周期起着决定性的作用。在沥青的脱水升温过程中,其物理性质受不同加热方式的影响。现将60号沥青用不同方法加热至180℃时的性质变化情况列于表1-1。

60号沥青的实验报告表

表1-1

加热方法	25℃时针入度	软化点℃	25℃时的延度(厘米)
不加热	62	49	32.7
柴煤加热	53	49.5	30.7
电能加热	56	49	32.7

从国外有关资料介绍和试验结果表明,沥青用电能加热,其粘度未发生明显变化,由于电能加热时,温度均匀、可控,改变了明火烧锅底时,沥青直接接触高温锅底的状况。从而避免了沥青在锅底形成积炭及轻质馏分过量蒸发,保证了其物理性能的稳定性。新工艺保证了化油质量,相对地延长了油路的使用周期。

2.节省能源

为便于说明问题,将新、老工艺按理论值和实际消耗值分别比较,列于表1-2。

由表1-2可看出,老工艺化1吨沥青需耗木柴800千克,折合标准煤254千克,采用新工

新、老工艺能耗对比表

表1-2

	理论计算能耗与 部颁标准比较		新老工艺化油 实际能耗比较	
	新工艺	老工艺	新工艺	老工艺
每化1吨沥青需要的能量(标准煤)	73×0.412 = 30.1千克	213千克	103×0.412 = 42.5千克	810千克柴, 折合 254.8千克标准煤
每化1吨沥青节约的能量(标准煤)	182.9千克		212千克	
节能效果	85.8%	基 数	83.3%	基 数

注: 按每度电等于412克标准煤折算。

艺后, 实际平均耗电100度左右, 相当于42千克标准煤, 节约能源80%左右, 其中太阳能代替柴、煤能量占25%左右。此外, 公路施工集中在5~9月丰水季节, 而且化油作业大多是在夜间进行, 属深夜低谷用电阶段, 避开了用电高峰负荷, 使水电资源得到了更合理的利用。

另外, 在老工艺中, 油池和桶装沥青在转运中要损失5%左右, 在脱水升温过程中, 要加入一些沥青作助燃剂用, 共损失约10%。按每年用沥青3万吨, 若全部采用新工艺化油, 可节省3千吨。

3. 降低成本

根据湖北省公路局对22个县段的调查, 化油的能源结构分三种类型: 用煤作燃料占10%, 用木柴作燃料占30%, 其它60%是以木柴和沥青为燃料的混合热源, 现将不同能源结构的化油成本情况列入表1-3。

化油成本对比表 (单位: 人民币 元)

表1-3

县 段 名 称	老 工 艺			新 工 艺			采用新工 艺后可节 省成本
	能 源 结 构	成 本	平 均	能 源 结 构	成 本	平 均	
潜江	柴、 沥青混合	64.58	65.27	太阳能及电能	26.00	20.07	45.20
当阳		66.50			14.93		
武昌		64.75			16.52		
鄂城	煤	63.28	63.28		22.84		43.21

注: 此表为1983年前统计数字。

从表1-3可看出: 老工艺化油, 成本约为65元/吨, 新工艺化油成本约为20元/吨, 两者相比, 每化1吨沥青节约成本45元左右, 成本下降60%。

4. 节省劳力, 改善劳动条件

过去, 老工艺化油的方法是在露天、高温、烟熏火烤的环境下进行的, 沥青的挖运及进出油锅等工序全部由人工操作, 工人劳动强度极大, 经常发生烫伤事故, 安全生产得不到保障。由于新工艺化油基本上实现电控操作及管道运输, 提高工效3倍。旧工艺工人在酷热和烟熏火烤的恶劣环境中工作, 还不断受到含有“3-4苯并芘”的沥青烟气的侵害(国家劳动总局(81)劳护总字64号文认定这种气体为强致癌物质), 新工艺有效地防止了有害气体对人和环境的污染, 改善了劳动条件, 保证了安全生产。

5.减少了环境污染

过去用柴和沥青作燃料时，浓烟滚滚，周围几十亩地范围内都有烟尘降落，影响农作物的生长，有害气体影响着化油工人和附近农民（居民）的身体健康。现在用新化油方法，化油不存在燃烧这一过程，因而完全消除了浓浓的黑烟，沥青的臭气浓度大大降低，基本上消除了对环境的污染。

6.便于加强管理和成本核算

采用新工艺后，能源结构、沥青的贮存、转运和加工方式都改变了，做到化油工厂化，便于对能源和生产过程的计划管理及成本核算，使生产井井有条，基本上实现了文明生产。

7.利用太阳能、电能加热沥青新工艺便于实现机械化、自动化控制

太阳能加热沥青是一门综合性的学科，发展的历史也不长，而且这段时间内由于缺少专门的太阳能加热沥青的研究机构，致使对它的基础理论研究及各种太阳能加热沥青方式的研究都比较少（国外对太阳能加热沥青报导也不多）。因此，虽然太阳能加热沥青已初步达到实用阶段并在一定范围内推广应用，有着明显的社会效益，但是，它仍然属于一门新技术，处于初级研究阶段，还有许多课题等待解决。

第二章 太阳能加热沥青的基本原理

公路运输是社会主义四化建设中的一个重要环节，汽车对各种社会物质的运输有其广泛性和灵活性的特点。随着祖国工农业生产的不断发展，对公路运输事业提出了更高的要求：一是提高公路的技术标准；二是改善路面条件，提高运输通过能力。汽车行驶在公路上的速度快慢，耗油多少及轮胎磨损等，都和公路路面的状况有关，过渡式的低级砂石路面已远不能适应车辆密度增长的要求，必须以高级路面或次高级路面即水泥混凝土路面，沥青混凝土路面，渣油表处路面等等来取代。

路面表层的建筑材料，一直是公路建设的研究课题。水泥路面固然好，但代价大，且水泥在其它工程建设中用途很大，目前还不能大量用于公路路面工程中来。随着祖国石油工业的发展，为道路提供了大量的沥青，70年代以来，油路工程大为发展，已遍及全国各地。沥青是一种热熔冷脆，又具有延伸、粘滞性的有机化合物，因此，在路面工程中用它作为石料的粘结料。但是，在沥青的贮运、融化、熬制（下称“化油”）和炒拌等生产过程中，每一道工序都需要加热，要消耗大量的常规能源。过去，沥青大都是用土油池来储存，用人工铁锹铲切或用柴、煤烟道、蒸汽管道通过油池底加热的方法来取油，凡此种种都有很多弊病。而且，公路部门线长面广，点多分散，大都就地取材，利用柴、草杂物作燃料，对生物燃料贫缺的地区，常常远距离采、运煤炭或烧渣油、柴油等。然而，自然界的生物燃料及矿物能源总是有限的，在能源日趋紧缺的情况下，加热沥青也必须寻找新的能源途径。

太阳能是取之不尽、用之不竭的能源，利用太阳辐射而产生的能量，使沥青融化后流入油锅，再用电能和其它常规能源，将其加热到工作温度（160~180℃）以供使用。这种新工艺的产生，彻底改变了化油工艺的能源结构，如第一章所述，新的化油工艺不仅保证了化油质量，而且可节省能源80%，降低成本60%，减少环境污染，改善劳动条件，使工效提高3倍以上，实现了文明生产。该装置以其优越性在公路部门迅速推广，充分显示出该装置的生命力。该装置的设计原理也可应用于建筑、化工、水工等其它工业的加热和民用生活中。

本章着重阐述与太阳能加热沥青相关的基础原理，为太阳能加热沥青的设计奠定基础。

第一节 能源分类及太阳能

一、能源分类

能源是能够转换成机械能、热能、电磁能、化学能等等各种能量的资源。它是发展农业、工业、国防、科学技术和提高人民生活的重要物质基础。自然界的能源可以根据其形成的条件，产生周期，使用性能和利用技术状况进行分类，如表2-1所示。

1. 按形成条件分

能源按形成的条件可以分为两大类：一类是自然界中以天然的形式存在的能量资源，如原煤、原油、天然气、油页岩、核燃料、植物秸秆、水能、风能、太阳能、地热能、潮汐能

钍、氘等)三种。非燃料能源中多数包含着机械能,如风能、水能、潮汐能、海流和波浪动能等;有的包含着热能,如地热能、海洋热能、余热能等;有的包含着光能,如太阳能、激光能;有的包含着电能,如电力。由此可见,能源转换所提供的形式是不同的。

从能源的资源形态而言,还可有含能体能源和过程性能源之分。含能体能源是指包含着能量的物质,燃料能源就属于这一类,这种含能体能源可以直接储存。过程性能源是指在流动过程中所产生的能量,例如风能、水能、潮汐能、海洋能等,这种过程性能源无法直接储存。

3. 按利用技术状况分

按能源利用技术状况可分为常规能源和新能源。常规能源是指在现阶段的科学技术水平条件下,人们已经广泛使用,而技术比较成熟的能源,如煤炭、石油、天然气、水能等。对于尚未得到充分利用,或在利用技术等方面还有待于完善的能源,称为新能源,如风能、太阳能、地热能、核燃料、沼气、氢能、激光和海洋能等能源。

另外,从环境保护的角度来说,人们根据能源在使用中产生的污染情况,把无污染和污染程度小的能源称之为清洁能源,如太阳能、风能、水能、气体燃料等,而把污染程度大的能源称之为非清洁能源,如煤炭、油页岩、液体燃料石油、裂变原子能等。

随着机械化、自动化、电气化程度的提高,经济和技术的发展,人口增长及生活水平的提高,能源的消费量大幅度增加。然而自然界矿物能源的储存量是有限的,这使得世界性的能源问题十分突出。因此,世界各国(特别是美国、日本等)正以巨额投资来从事新能源的开发和研究,人类又开始走向新的能源过渡时期(见图2-1)。太阳能是新能源中的一种,并在新能源中占有重要的地位。

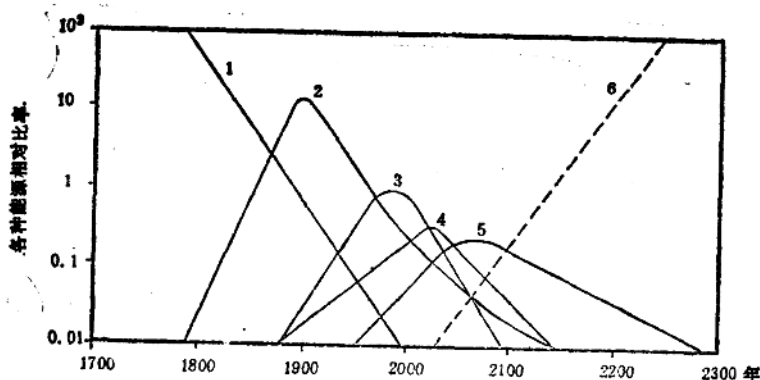


图2-1 人类历史上能源消费变更示意图

1-柴草; 2-煤炭; 3-石油; 4-天然气; 5-核裂变能; 6-太阳能、核聚变能及其它新能源

备注: ①相对比率 = $\frac{\text{该能源所占比重}}{\text{其它能源所占比重}}$; ②柴草未参加相对比率的估算。

二、太 阳 能

什么是太阳能? 太阳能就是太阳从遥远的太空辐射到地球上来的能量。

太阳是离地球最近的一颗恒星。直径为1390600公里, 表面积达 6.078×10^{12} 平方公里, 体积相当于地球体积的130万倍, 太阳是一个巨大、炽热的气态球体, 其表面温度可达6000K

左右，内部温度高达 $4 \times 10^7 \text{K}$ ，压力约为 2×10^{11} 个大气压，在这样的高温高压下，太阳进行着剧烈的热核反应并产生巨大辐射能。据推算，太阳的总辐射功率高达 3.75×10^{26} 瓦，每秒钟可以释放出 3.73×10^{26} 焦耳的能量，相当于 1.3×10^{16} 吨标准煤燃烧时产生的全部能量。据估计，一年内地球上接受的太阳辐射总能量为 6×10^{17} 千瓦小时，相当于目前全世界每年消耗总能量的2万倍。所以，太阳是个能源的宝库，太阳能可谓“取之不尽，用之不竭”。

同时，太阳能还有三大特性：一、太阳能可以避免矿物燃料燃烧时产生的有害气体的污染；第二、它可以减少能源产地与用户之间的长途运输，这些都为其它能源所不及；第三，能量密度小（每天每平方米最理想时也只能得到7~8千瓦小时的能量），并受气候和季节的影响较大，不过，这并不影响人类对丰富而又洁净的太阳能的有效开发和利用。

我国地处北半球，幅员辽阔，在这广阔的国土上，有着十分丰富的太阳能资源。据全国近七百余气象台、站长期实测积累的资料表明：我国各地太阳能年辐射总量大约在 $3.35 \times 10^6 \sim 8.37 \times 10^6$ 千焦/米²·年之间。按其年辐射量，可划分为五个类区，见表2-2。

我国太阳能资源分类表

表2-2

分 类	年 日 照 时 数	年 辐 射 量 (10000千焦/米 ²)	主 要 地 区
一类地区 (丰富区)	2800~3300	670~837 (160~200)	宁夏，甘肃北部，新疆东南部，青海、西藏西部
二类地区 (较丰富区)	3009~3200	586~670 (140~160)	河北、山西北部，新疆、内蒙和宁夏南部，甘肃中部，青海东部，西藏东南部
三类地区 (中等区)	2200~3000	502~586 (120~140)	吉林、辽宁、云南三省，山东、河北、河南，甘肃东南部，新疆，江苏，安徽北部、北京地区，山西、广东、福建南部
四类地区 (较差区)	1400~2200	419~502 (100~120)	湖北、湖南、广西、江西、浙江五省，福建、广东北部，陕西、江苏，安徽南部，黑龙江省
五类地区 (最少区)	1000~1400	335~419 (80~100)	四川、贵州地区

注：表中括号中数值单位为万千瓦/米²。

由表2-2可见，我国太阳能资源的分布情况是：西部高于东部，而且基本上是南部低于北部，也就是说，纬度小的地区，不是高于而是低于纬度大的地区。主要原因是，我国东南部受潮湿海洋性气候影响，云量大，雨水多，使地面上接受太阳能辐射总量相应减少。湖北省地处北纬30度上下之间，属太阳能较差的四类地区，据省气象局1961~1970年的10年实测资料表明：全年平均日照时数为2215小时，每平方米一年搜集的太阳能总量达502万千焦，相当于170千克标准煤的热量，所以，太阳能利用在湖北省仍有重要的意义。

三、太阳辐射强度

太阳是一个巨大的炽热球体，表面的平均温度为6000K，太阳不断地以电磁波的方式向宇宙空间辐射能量，称为太阳辐射。

当太阳辐射到达大气层时，其中一部分辐射能量被大气层中的臭氧、水蒸气、二氧化碳和尘埃等吸收（其中大部分被水蒸气吸收），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，形成漫无方向的“散射辐射”（亦称天空辐射），这其中的大部分返回到宇宙空间中去了，一部分反射到地球表面；其余未被吸收和散射的辐射线，则透过大气层沿直线继续前进，直达地面，故称为“直接辐射”（或称为直射辐射）。到达地面的直射辐射和散射辐射之和，称为太阳能总辐射。

太阳直射辐射是指太阳平行光线直接投射到地面上的能量，因而是有方向性的，并受到一系列因素的影响。散射辐射可认为是没有方向性的，但它只占总辐射的一小部分。所以，影响太阳直射辐射的因素，可以认为是影响总辐射的因素。

太阳辐射热量的大小，用辐射强度 I 表示。它是指每平方米黑体表面上，在太阳照射下，所获得的热量，单位为千瓦/米²（或瓦/米²）、千焦/(米²·时)〔或焦/(厘米²·分)〕。

四、太阳常数

地球绕太阳的运转轨道是椭圆形的。一年中，地球与太阳的距离大约相差 500 万公里，其偏心率以日-地距离变化来计算，不超过 $\pm 3\%$ 。当日-地距离等于一个天文单位距离（即为日-地间的平均距离）时，太阳的视角为 $32'$ （见图 2-2）。

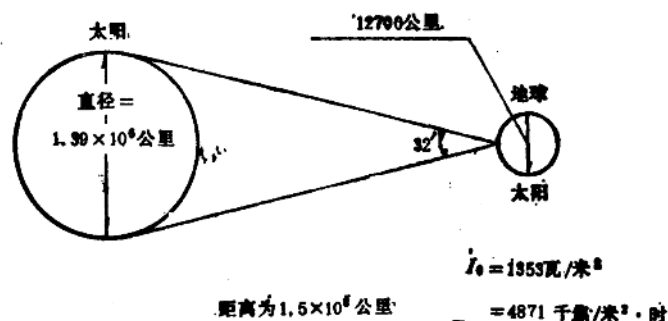


图 2-2 日地关系简图

太阳本身的特征以及它与地球之间的空间关系，使得地球大气层外的太阳辐射强度几乎是一个定值。

“太阳常数”是指在平均日地距离时，在地球大气层外，垂直于太阳辐射的表面上，单位面积单位时间内所接收到的太阳辐射能，以 I_0 表示。它是计算投射到地球表面上太阳辐射能量的依据。1956年，国际地球物理年会上决定：全世界采用标准的太阳常数取为 8.290 焦/(厘米²·分)。最近，根据宇宙飞船等观察的结果，总结了 1967~1970 年的资料，规定太阳常数的标准值为 8.12 焦/(厘米²·分)。常用的其它数值还有 1353 瓦/米²、4871 千焦/(米²·时)。

五、太阳辐射强度的影响因素

到达地面的太阳辐射强度的大小，取决于地球对太阳的相对位置，即由此处该时该地太阳的高度和大气透明度所决定。对全年来说，主要由该地区所处的地理纬度，日照时间和晴阴天数决定。

1. 太阳的视运动

地球在近似于椭圆的轨道上绕太阳运动，地球绕太阳运动的平面叫轨道平面（或黄道平

面)，如图2-3所示，在地球绕太阳运动的同时，还绕自己的轴自转，地球运动自转轴永远对轨道平面倾 66.5° ，见图2-4。

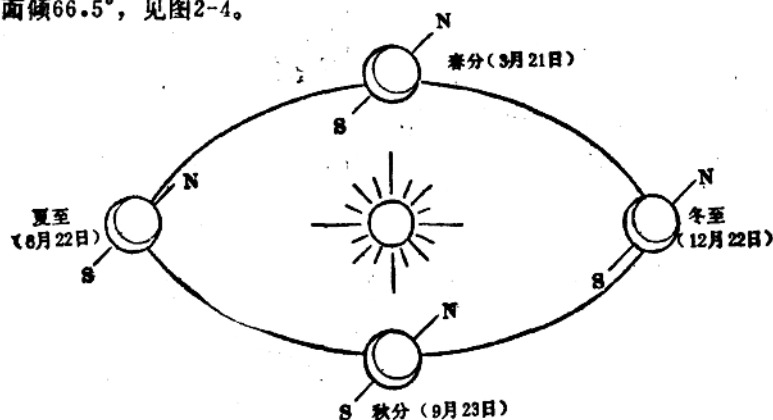


图2-3 地球对太阳的相对位置示意

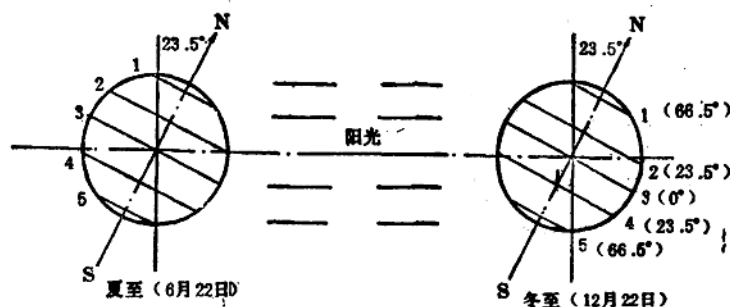


图2-4 地球倾斜与绕太阳回转的示意

1-北极圈 (66.5°)；2-北回归线 (23.5°)；3-赤道 (0°)；4-南回归线 (23.5°)；5-南极圈 (66.5°)

地球上任何一点相对于太阳的位置可以用球面坐标系统的三个参量(纬度、时角、赤纬)来确定。

如图2-5所示，北半球上任何一点 P ，纬度 φ 是指线段 OP 与 OP 在赤道平面的投影之间的夹角。

时角 ω 是指 OP 线在地球赤道平面上的投影与当地时间12点日地中心连线在赤道平面上投影之间的夹角。当地时间12点时的时间值为零。前、后每隔一小时增加 $360/24 = 15^\circ$ ，日出和日没时，时角最大。午前的小时数为负值，午后的小时数为正值。

太阳赤纬 δ 是指太阳中心与地球中心连线与此连线在赤道平面投影线之间的夹角，也就

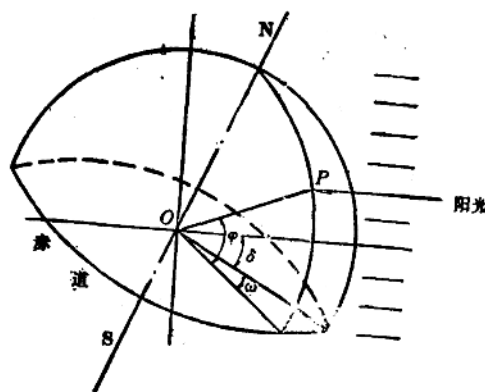


图2-5 太阳与地球间各种角度的关系