

太阳辐射能

К. Я. 康德拉捷夫 著

科学出版社

太 阳 辐 射 能

К. Я. 康德拉捷夫 著

李怀瑾 邹进上 等译
牛天任 许绍祖

科 学 出 版 社

1 9 6 2

К. Я. КОНДРАТЬЕВ
ЛУЧИСТАЯ ЭНЕРГИЯ СОЛНЦА

Гидрометеониздат, 1954

內 容 簡 介

本书系統地敘述了太阳輻射能及其在大气中的轉換問題。本书总結性地概括了有关日射測定学、太阳輻射及其轉換(散射、吸收、反射)等基本問題的近代成就。其中对日射測定理論、直接輻射、散射輻射以及总輻射的实际觀測結果和理論計算作了相当詳尽的闡述和討論。特別是綜合了苏联学者(包括作者本人)在这一方面的重要貢獻。本书对与太阳輻射能的研究有关的实际应用也給予了相当的注意。如对地球能量学(从而对大气运动規律性的研究),与农业、生物物理学、建筑等方面的研究,以及对于开展太阳能的利用諸方面的研究都有实践意义。

本书可供各大院校气象系、地球物理系的高年級学生、研究生和教师,农业、建筑以及其它与此有关的科学研究工作者参考之用。

*

*

*

太 阳 輻 射 能

К. Я. 康德拉捷夫 著

李 怀 瑾 等 譯

*

科学出版社出版 (北京朝陽門大街 117 号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

*

1962 年 3 月第 一 版

书号: 2438 字数: 528,000

1962 年 3 月第一次印刷

开本: 850 × 1168 1/32

(京) 0001—5,000

印张: 19 7/8 插頁: 3

定价: 3.35 元

目 录

緒言.....	(1)
---------	-------

第一章 輻射能 基本定义与概念

第一节 关于大气中輻射能通量的一般知識.....	(3)
第二节 輻射場的基本特征量.....	(4)
1. 輻射强度(5) 2. 輻射通量(6) 3. 輻射系数(8) 4. 吸收系数(9) 5. 反射能力(9) 6. 吸收函数(10)	
第三节 常定輻射場的輻射能传递方程.....	(10)
第四节 太阳是輻射的源泉 关于星球温度的概念.....	(13)

第二章 大气中短波輻射能通量日射測量的理論基础

第一节 測量輻射能各种方法的一般特点.....	(17)
第二节 輻射能热电測量的一般理論基础.....	(20)
第三节 直接太阳輻射通量的測量.....	(28)
1. 埃斯川姆补偿式绝对日射表(28) 2. 米赫里松相对日射表(33)	
3. 薩維諾夫-雅尼謝夫斯基热电相对日射表(41)	
第四节 总輻射和散射輻射通量的測量(雅尼謝夫斯基的天空輻射表)	(50)
第五节 反射率的測量(雅尼謝夫斯基反射率表).....	(63)

第三章 太阳輻射在大气中由于散射而引起的减弱

第一节 太阳光綫在大气中的路径.....	(68)
第二节 太阳輻射在大气中的散射.....	(81)
1. 一般概况(81) 2. 大气中光的分子散射(83) 3. 粗粒的光的散射(93) 4. 大气中光的散射規律的某些实验研究結果(102)	

第三节 大气中由于散射而引起的光的减弱的计算..... (113)

1. 大气中由散射引起的光的减弱的理论算法(113)
2. 大气中由散射引起的光的减弱的半经验算法(121)

第四章 太阳辐射在大气中由于吸收而引起的减弱

第一节 大气中太阳辐射的吸收..... (123)

1. 水汽(123)
2. 液态水(130)
3. 臭氧(132)
4. 氧(135)
5. 二氧化碳(137)
6. 灰尘(137)

第二节 大气中由于吸收太阳辐射而引起热流入量..... (139)

第三节 大气中水汽总含量的决定..... (146)

1. 测量直接太阳辐射总通量(146)
2. 用滤光器测量(148)
3. 决定大气中水汽总含量的分光镜法(149)

第五章 太阳辐射在大气中的一般减弱与透明度特征量

第一节 直接太阳辐射在大气中的一般减弱..... (154)

1. 一般关系式(154)
2. 干洁大气中直接太阳辐射的一般减弱(155)
3. 直接太阳辐射在实际大气中的减弱(159)

第二节 大气透明度的特征量..... (162)

1. 透明系数(162)
2. 有效透明系数(170)
3. 极端透明系数(172)
4. 混浊因子(176)
5. И. H. 特维尔斯基混浊因子(184)
6. Л. Г. 马霍特金公式(186)

第三节 大气透明度状况变化的某些观测数据..... (188)

1. 大气透明度的日变化(189)
2. 大气透明度的年变化(190)
3. 大气透明度的地理变化(193)
4. 大气透明度随海拔高度的变化(194)
5. 决定大气透明度的各个因子之间的关系(196)

第四节 云对太阳辐射的减弱..... (203)

第六章 太阳光谱中能量的分布和大气的谱透明度

第一节 地面上太阳光谱中能量的分布..... (209)

1. 一般特点(209)
2. 紫外光谱区(216)
3. 可见光谱区和红外光谱区(223)

第二节	大气的光谱透明度	(228)
第三节	大气外界太阳光谱中能量的分布	(241)
	1. 一般特点(241) 2. 紫外光谱区(254) 3. 红外光谱区(260)	

第七章 直接太阳辐射通量和热总量

第一节	太阳常数	(262)
	1. 一般概况(262) 2. 冗长法(263) 3. 简捷法(268)	
第二节	射到地面上的太阳辐射的理论计算	(273)
	1. 一般概况(273) 2. 在沒有大气的情况下, 射到地面上的太阳辐射(275) 3. 在实际条件下, 射到地面上的太阳辐射(279)	
第三节	直接太阳辐射通量的观测结果	(282)
	1. 直接太阳辐射通量的日变化和年变化(282) 2. 表征太阳辐射通量和大气质量联系的一般关系式(291) 3. 最大的太阳辐射通量值(299) 4. 太阳辐射通量随海拔高度的变化(302) 5. 城市对直接太阳辐射到达量的影响(307)	
第四节	可能太阳辐射总量的计算方法	(308)
第五节	实际太阳辐射总量的计算方法	(313)
	1. C. И. 薩維諾夫公式(314) 2. С. И. 西夫科夫公式(319) 3. В. Н. 烏克拉英采夫公式(320)	
第六节	太阳辐射热总量观测的和计算的结果	(322)
	1. 日太阳辐射热总量(323) 2. 月太阳辐射的热总量(330) 3. 季和年的太阳辐射热总量(334)	
第七节	坡地上的太阳辐射到达量	(339)
	1. 一般关系式(339) 2. 计算结果(342)	
第八节	大范围粗糙表面上太阳辐射到达量	(352)
	1. 凹凸表面上太阳辐射的照射(352) 2. 城市条件下的太阳辐射到达量(354)	

第八章 大气的散射辐射

第一节	碧空的散射辐射	(359)
	1. 散射辐射通量与太阳高度、大气透明度的条件和下垫面反射率	

的关系(359) 2. 散射辐射通量的日变化和年变化(363) 3. 散射辐射通量和海拔高度的关系(365) 4. 晴空直接太阳辐射通量和散射辐射通量间的关系(366)

第二节 有云天空的散射辐射..... (367)

1. 散射辐射通量和云量、云状, 太阳高度以及下垫面反射率的关系(368) 2. 散射辐射通量的日变化和年变化(371) 3. 散射辐射通量和海拔高度的关系(374) 4. 散射辐射通量的最大值; 直接太阳辐射通量和散射辐射通量值间的关系(376)

第三节 散射辐射在各个天穹带上的分布..... (379)

1. 纬向辐射(379) 2. 环日散射辐射(384)

第四节 散射辐射光谱中的能量分布..... (387)

1. 一般特征(387) 2. 散射辐射(389) 3. 总辐射(401)

第五节 借经验公式计算散射辐射总量的方法..... (406)

1. C. И. 薩維諾夫公式(406) 2. H. M. 科培洛夫公式(409)

第六节 散射辐射热总量测量的和计算的结果..... (411)

1. 日散射辐射热总量(411) 2. 月散射辐射热总量(416) 3. 年散射辐射热总量(417)

第七节 某些特殊条件下的散射辐射到达量..... (418)

1. 坡地上的散射辐射到达量(418) 2. 山脊表面的散射辐射到达量(428)

第八节 散射辐射强度和散射辐射通量的理论计算..... (428)

1. 理想大气(429) 2. 实际大气(447) 3. 云的散射辐射(452)

第九章 下垫面和云的反射率

第一节 大陆上各种下垫面的反射率..... (461)

1. 土壤表面的反射率(461) 2. 植被的反射率(463) 3. 雪和冰的反射率(465) 4. 反射率的日变化(466) 5. 反射率的年变化(470) 6. 从飞机和高空气球上测量的反射率(472)

第二节 水域的反射率..... (473)

1. 水域对直接太阳辐射的反射率(473) 2. 当有波浪的情况下水域对直接太阳辐射的反射率(478) 3. 水域对散射辐射的反射率(481)

第三节 城市的反射率..... (484)

第四节 各种光谱区的反射率..... (485)

1. 分光光度计的研究(486) 2. 借滤光器的测量(493)

第五节 云的反射率..... (497)

第六节 地球(行星)的反射率..... (500)

第七节 平均反射率值的计算方法及反射率的地理分布... (506)

第十章 总 辐 射

第一节 实测总辐射通量变化的规律性..... (511)

1. 总辐射通量的日变化和年变化(511) 2. 总辐射通量和云量以及
和太阳高度(大气质量)的关系(514)

第二节 总辐射总量的算法..... (519)

1. С. И. 薩維諾夫公式(519) 2. П. П. 庫茲明公式(524)

3. В. Н. 烏克萊英采夫公式(525) 4. Ф. 阿尔布列赫特(Альб-
рехт)公式(529) 5. 尼科列和多尔諾公式(530)

第三节 总辐射总量的观测和计算结果..... (533)

1. 总辐射日总量(533) 2. 总辐射月总量(536) 3. 总辐射的季总
量和年总量(540) 4. 总辐射的季总量和年总量的地理分布(545)

第四节 下垫面吸收的总辐射总量..... (550)

第十一章 某些特殊条件下的总辐射到达量

第一节 植被下面的总辐射到达量..... (555)

第二节 植物叶子对太阳辐射的反射、透过和吸收..... (559)

第三节 林冠下面的总辐射到达量..... (564)

第四节 透入到水、冰和雪中的辐射能..... (575)

1. 水(576) 2. 冰(585) 3. 雪(586)

第十二章 太阳辐射能的实际利用

附录..... (600)

参考文献..... (604)

索引..... (623)

緒 言

本書系統地敘述了太陽輻射能及其在大气中的轉換問題。這些問題的重要性是由它們對於地球能量學（從而對於天氣與氣候的規律性的研究）的巨大實際意義以及在不同的科學與技術部門的廣泛應用所決定的（農學、生物物理學、建築、日射測定技術等等）。

本書的基本目的首先是在於探討與土壤和大气的熱狀況的研究有關的日射測定學的問題。

在本書中特別注意所研究的各種現象的理論，這是本書的一個主要特點。本書還詳盡地敘述了觀測結果以及日射測定理論，然而實驗技術問題只是順便地、而且是非常扼要地提一提。

日射測定學的實驗研究與理論探討只是在十九世紀末葉到廿世紀初期才開始大大地發展起來。俄羅斯學者 В. А. 米赫里松 (Михельсон)、О. А. 赫沃里松 (Хвольсон)、С. И. 薩維諾夫 (Савинов)、Д. А. 斯米尔諾夫 (Смирнов) 在發展日射測定學的研究方面作出了卓越的貢獻。在偉大的十月社會主義革命以後，在我們國家內關於日射測定學的研究工作，獲得了特別廣泛的開展。如 Н. Н. 卡利金 (Калитин)、В. Г. 卡斯特羅夫 (Кастров)、Ю. Д. 雅尼謝夫斯基 (Янищевский)、В. А. 別列茲金 (Березкин)、А. Н. 高爾多夫 (Гордов)、И. Н. 亞羅斯拉夫采夫 (Ярославцев)、С. И. 西夫科夫 (Сивков)、К. Г. 特羅菲莫夫 (Трофимов) 等這樣的蘇維埃研究工作者們給日射測定學作出了巨大的貢獻。

科學院士 В. А. 阿姆巴爾楚米揚 (Амбарцумян)、В. Г. 費森科夫 (Фесенков)、В. В. 舒列金 (Шулейкин) 以及 Е. С. 庫茲涅佐夫 (Кузнецов)、И. И. 齊哈諾夫斯基 (Тихановский)、А. А. 德米特利耶夫 (Дмитриев)、К. С. 施弗林 (Шифрин)、В. В.

索波列夫 (Соболев) 所完成的基本理論研究有着重大的意义。

1938 年在我們国家內首先出版了 Н. Н. 卡利金¹⁾的日射测定学教程(到現在为止这还是唯一的)。在这本书中对于苏联和国外的多年日射观测曾經作出了总结。它的問世在当时有着非常重要的意义。然而該书的重大缺点在于它是描述性的和实验性的,而且所提供的資料也很不完善。尤其是在近 15 年来日射测定学已經远远地向前迈进了,甚至于目前 Н. Н. 卡利金的著作已不能認为相当令人滿意地反映了現有的观测資料。

正因为这些緣故便鼓励作者写成了关于太阳輻射能及其在大气中的轉換一书。本书尽可能去掉了上述缺点。必須指出,本书只是作者所从事研究工作的第一部分。目前准备出版的关于地表与大气的热輻射和輻射平衡一书應該是属于第二部分。

本书的編輯 П. Н. 特維尔斯戈伊 (Тверской) 教授对本书提供了許多宝贵的意見和批評,作者謹向他表示感謝。这些意見和批評在本人准备出版的原稿中均曾一一地加以考虑过。本人对 В. Г. 卡斯特罗夫、Ю. Д. 雅尼謝夫斯基、Л. Г. 馬霍特金 (Махоткин) 和 Е. А. 波良科娃 (Полякова) 也同样地表示謝忱,因为他們分別閱讀了原稿的各个章节,并指出了許多缺点。而这些缺点在作者最后編定本书时才得以消除。

作者非常感謝讀者对本书的批評与建議,并請將批評与建議寄往下列地点:

Ленинград. Гидрометеиздат. В. О., 2-я линия, д. 23.

1) Н. Н. Калитин. "Актинометрия." Гидрометеиздат, 1938.

第一章

辐射能 基本定义与概念

第一节 关于大气中辐射能通量的一般知识

太阳辐射能穿过大气时要发生复杂的转换。在从大气外界到达地表面的途中要发生太阳辐射能的吸收与散射。由于辐射能的散射,我们在地面上不仅可以看到来自太阳的平行光线的直接太阳辐射,而且也可以看到来自天穹各个部分的散射辐射。到达地表面的辐射能一部分被地面反射回去,因此,便产生了反射辐射通量,另一部分未被反射的直接太阳辐射和散射辐射便为地面所吸收。由于地面吸收了辐射能遂使得土壤增暖。增暖了的土壤表面便变成了向大气的热辐射的源地。大气一方面由于与地面进行热量交换(主要是乱流交换)、水汽凝结放出的潜热以及吸收太阳辐射而增暖。同时大气本身也放出向地面(大气逆辐射)的和逸入于宇宙空间的热辐射(大气外逸辐射)。因此我们将在大气中观测到辐射能通量的整个体系。

以上所列举的辐射能通量的主要特点,是在于它们具有各种不同的光谱成分。大家知道,辐射能通量的光谱成分是以辐射能随波长的分布来表征的。电磁辐射的波长通常是以下列单位来测定的:

$$\begin{aligned}1\mu(\text{微米}) &= 10^{-4}\text{厘米} = 10^{-3}\text{毫米}, \\1\text{m}\mu(\text{毫微米}) &= 10^{-7}\text{厘米} = 10^{-6}\text{毫米}, \\1\text{\AA}(\text{埃}) &= 10^{-8}\text{厘米} = 10^{-7}\text{毫米}, \\1\mu &= 10000\text{\AA} = 1000\text{m}\mu.\end{aligned}$$

因为在自然界中所见到的波长是在很大的范围内变动着的,

所有电磁光谱又分为若干区。

波长 $\lambda < 0.4\mu$ 的光谱区称为紫外区。人们常常将光谱的整个紫外区分成近紫外区 ($0.4-0.3\mu$)、远紫外区 ($0.3-0.2\mu$) 和真空紫外区 ($2 \times 10^{-1}-10^{-3}\mu$)。

可见光谱区所占有的辐射能光谱段是从 0.4 到 0.75μ 。在这个范围之内,任何波长的辐射都是肉眼可以见到的。

可见光谱中不同波长的辐射在肉眼看来可以感觉出各种不同的颜色。表 1 是各种不同颜色的波长间隔。

表 1 各种不同颜色的波长

颜色	波长 ($m\mu$)	标准波长 ($m\mu$)
紫	390—455	430
蓝	455—485	470
浅 蓝	485—505	495
绿	505—550	530
黄—绿	550—575	560
黄	575—585	580
橙	585—620	600
红	620—760	640

波长 $\lambda > 0.75\mu$ 的辐射是属于所谓红外光谱区。红外光谱通常可分为近红外区 ($0.75-25\mu$) 和远红外区 ($25-1000\mu$)。

专门研究表明:直接太阳辐射、散射辐射和反射辐射能通量的主要部分是在短波区域(主要是在可见光谱区)。因此上述辐射能通量便称为短波辐射通量。

相反地,地面的和大气的热辐射是长波辐射,因为它完全处于光谱的红外区。因此地面的和大气的热辐射通量便称为长波辐射通量。

第二节 辐射场的基本特征量

目前还没有关于辐射场的特征量的通用单位制。因为这必须视研究辐射场的那一方面而定,亦即要看是研究能量方面,还是光的方面。通常人们所利用的或者是辐射场特征量的能量单位制,或者是光度测定的单位制。关于这些单位制是彼此联系的,然而究竟利用那种单位制合适,这须视具体情况而定,因此,这些单位制之所以存在,是有许多原因的。其中最重要的原因之一是在于:当测定辐射场的能量的作用时,我们通常感兴趣的是所研究的辐

射通量完全被吸收时,单位时间内所放出的热量。在测定上述热量时,必须利用感应面是完全黑的仪器(当然是近似的,在技术上应该是可行的)。

在测定光的作用时,对于感应器来说还和某些辐射能量的传递有关。然而在这种情况下,对投射于感应器(特别是我们的肉眼)之上的辐射而言,有很大的选择性,即感应器只是在极其有限的光波间隔内有所感应。辐射场的能量作用与光的作用之间的显著差别正是证明辐射场的特征量有两种单位制(能量单位与光度测定单位)存在的主要原因之一。

正如以上所指出的,我们在以后几乎只讨论辐射场的能量作用的方面。因此我们主要是按照 E. C. 庫茲涅佐夫的著作^[1,2]来确定辐射场的基本能量学的特征量。而光度测定学的特征量的描述,可以在相应的文献中^[3,4]找到。

1. 辐射强度¹⁾ 辐射强度是辐射场的主要特征量。以后我们将以字母 I 来表示辐射强度。

辐射强度的大小决定于辐射的波长 λ , 时间 t , 所考虑的 P 点的坐标 x, y, z , 以及光线的方向 r 。

辐射强度与所有上述数值的关系通常以下列形式表示:

$$I_{\lambda}(t, P, r).$$

我们设 P 点的表面元量为 $d\sigma$ 。有一束具有各种方向的光线通过该表面元量。我们只讨论围绕一个确定方向的那一束光线,并且求在这个方向上所通过的辐射量。令 n 为 $d\sigma$ 在 P 点的法线,而 r 为通过 P 点的直线并且与法线 n 的方向成一个交角 ϑ (图1)。围绕 r 方向画出一个立体角为 $d\omega$ 的基本圆锥体,并探讨与面积 $d\sigma$ 相毗连的截面圆锥体所包围的空间。我们以 dE_{λ}

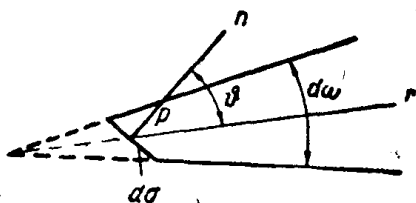


图1 关于辐射强度的确定

1) 在光度测定学中把类似的值称为亮度。

表示与光谱段 $(\lambda, \lambda + d\lambda)$ 相对应的、并在所选定的空间范围内，于时间 dt 中通过 $d\sigma$ 的辐射能量。

现在我们从下列关系式来确定 P 点在 r 方向、波长为 λ 的辐射强度值 $I_\lambda(t, P, r)$ 。

$$dE_\lambda = I_\lambda(t, P, r) \cos \vartheta d\sigma d\omega d\lambda dt. \quad (1.1)$$

因此，辐射强度 $I_\lambda(t, P, r)$ 便是单位波长间隔和单位立体角内所包含的能量，它是单位时间内通过与光线束 γ 的方向相垂直的单位面积的能量。

显然，对所有的波长积分，便获得辐射总（积分）强度

$$I = \int_0^\infty I_\lambda d\lambda. \quad (1.2)$$

在日射测定学中，测量辐射总强度的最通用的单位是 1 卡/厘米²·分·单位立体角。而 1 卡/厘米²·分 = 0.6976×10^6 尔格/厘米²·秒 = 0.0697 瓦特/厘米²。

2. 辐射通量¹⁾ 辐射场的另一个最重要的特征量是辐射通量。所谓波长为 λ 的辐射通量是指单位时间内通过单位面积（在给定的法线方向）波长为 λ 的辐射能量。根据这个定义，我们便得到通过某一面积（面积的方向是法线 n 的方向）波长为 λ 的辐射能通量的表达式如下：

$$F_{\lambda, n} = \int I_\lambda(t, P, r) \cos \vartheta d\omega, \quad (1.3)$$

式中积分可以扩展到任何 r 的方向

考虑了已知的关系式：

$$\begin{aligned} \cos \vartheta = \cos(\widehat{n, r}) &= \cos(\widehat{n, x}) \cos(\widehat{r, x}) + \\ &+ \cos(\widehat{n, y}) \cos(\widehat{r, y}) + \cos(\widehat{n, z}) \cos(\widehat{r, z}), \end{aligned}$$

则可以将公式 (1.3) 改写成下列形式：

$$F_{\lambda, n} = F_{\lambda, x} \cos(\widehat{n, x}) + F_{\lambda, y} \cos(\widehat{n, y}) + F_{\lambda, z} \cos(\widehat{n, z}), \quad (1.4)$$

1) 辐射通量有时又称为张力（напряжение）、强度（напряженность）、能量照度（энергетическая освещенность）、光度（светимость）、辐射通量密度（плотность потока）。

式中积分

$$F_{\lambda,x} = \int I_{\lambda} \cos(\widehat{r, x}) d\omega, \quad F_{\lambda,y} = \int I_{\lambda} \cos(\widehat{r, y}) d\omega,$$

$$F_{\lambda,z} = \int I_{\lambda} \cos(\widehat{r, z}) d\omega$$

分别为 OX, OY 与 OZ 坐标轴方向的辐射能通量的表达式。从等式 (1.4) 可见, $F_{\lambda,n}$ 是某一个向量 $\vec{F}_{\lambda}(F_{\lambda,x}, F_{\lambda,y}, F_{\lambda,z})$ 在面积 $d\sigma$ 的法线方向的投影。向量 $\vec{F}_{\lambda}$ 也称为辐射能通量。

与 (1.2) 相似, 辐射能总(积分)通量由下列积分来决定

$$\vec{F} = \int_0^{\infty} \vec{F}_{\lambda} d\lambda. \quad (1.5)$$

引用球坐标 ϑ 和 φ , 并考虑到 $d\omega = \sin \vartheta d\vartheta d\varphi$, 则公式 (1.3) 可改写成以下形式(即可应用于求半球的辐射通量的形式):

$$F_{\lambda,n} = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi/2} I_{\lambda}(t, P, \vartheta, \varphi) \cos \vartheta \sin \vartheta d\vartheta. \quad (1.6)$$

因此, 在一定的时间和一定的地点, 波长为 λ 的辐射能通量可以利用公式 (1.6) 中所述的对 ϑ 和 φ 积分的方法来求得。同时强度 I_{λ} 应该是已知的, 并且是坐标 ϑ 和 φ 的函数。如果 I_{λ} 与方向无关, 那末辐射场便称为各向同性。在这种情况下积分很容易完成, 因而我们便得到下列通量的表达式:

$$F_{\lambda} = \pi I_{\lambda}.$$

显然, 相似的关系式对于辐射总通量(辐射的全部通量)也是正确的:

$$F = \pi I. \quad (1.7)$$

因而在各向同性的辐射场的情况下, 通过任意方向表面的半球的通量为辐射强度的 π 倍。这个关系通常称为朗白 (Lambert) 定律。

大家知道, 只有绝对黑体辐射才严格是各向同性的。然而在以后我们看到很多实际物体的辐射, 也可以近似地认为是各向同性的。

在日射测定学中, 测量辐射通量的基本单位是 1 卡/厘米²·

分。

以上所給的輻射強度與輻射能通量的定義是屬於在任何方向傳遞的輻射擴散的情況。問題在於它們和直接太陽輻射有所不同。在直接太陽輻射情況下，應該注意，輻射強度只是在與太陽角直徑相對應的很小的立體角 $\Delta\omega$ 的範圍內才不等於零。而在 $\Delta\omega$ 範圍以外的其餘方向，直接太陽輻射強度等於零。注意到上述情況以後，類似於上面所下的定義，我們把在單位時間內穿過單位面積的太陽輻射能量稱為直接太陽輻射通量。

現在我們回過來討論關於描述輻射能與介質（輻射能在它內部的傳播）之間的相互作用的某些數量的定義問題。

3. 輻射係數 我們假定質量元量 dm 在任何方向所輻射的輻射能量都是一樣的。這時在單位時間、單位立體角 $d\omega$ 和波段 $d\lambda$ 內這些質量元量所輻射出來的輻射能量 dE'_λ 等於

$$dE'_\lambda = \eta_\lambda(t, P) d\omega dm d\lambda, \quad (1.8)$$

式中所包含的值 η_λ 稱為質量輻射係數。由定義可知，質量輻射係數在數值上等於單位時間、單位立體角、單位波長間隔內，單位質量元量所輻射出的輻射能量。

假定 η_λ 與方向無關，然後將 (1.8) 式對所有方向積分，便得到質量元量 dm 所輻射出來的波長為 λ 的總的輻射能量表达式

$$4\pi\eta_\lambda(t, P) dm d\lambda. \quad (1.9)$$

對於所有波長的全部（積分）輻射而言，我們得到質量輻射係數的積分：

$$\eta = \int_0^\infty \eta_\lambda d\lambda.$$

對於表面輻射特徵來說（更精確地說，穿過表面的輻射），人們常常引用關於輻射能力（излучательная способность）的概念。這個表面的輻射場特徵量的定義和以上所講的輻射強度的定義一樣，因此在這裡無須引證它。

在某些情況下，引用相對輻射能力 δ_λ 的概念是合適的。所謂相對輻射能力是指某物體的輻射強度和與該物體的溫度相同的絕

对黑体的辐射强度之比,它是一个无因次的量。关于相对辐射能力的概念,无论是单色辐射或者是多色辐射均可以引用。

4. 吸收系数 现在让我们来研究由于吸收而引起的辐射强度的减弱。

我们假定,在 P 与 P' 两点之间的途中,由于吸收而引起的辐射强度 $I_\lambda(t, P, r)$ 的减弱与距离 ds 和 P 点的介质密度 ρ 成比例。这时可以将辐射强度在途程 ds 中减弱的数值表示为

$$dI_\lambda(t, P, r) = -k_\lambda(t, P)I_\lambda(t, P, r)\rho ds. \quad (1.10)$$

比例系数 k_λ 称为质量吸收系数。从公式(1.10)可以看出,质量吸收系数的因次为 L^2M^{-1} 。

在日射测定学中,吸收系数通常以厘米²/克为单位。在很多情况下,人们利用体积吸收系数 α_λ 来代替质量吸收系数。

$$\alpha_\lambda = k_\lambda \rho. \quad (1.11)$$

显然,体积吸收系数的因次为 L^{-1} 。

就表面(更精确地说,表层)对于辐射能的吸收特征而言,可以引用关于吸收能力的概念。吸收能力与吸收系数不同,它是一个无因次的量,并且由下列关系式来决定:

$$dE''_\lambda = \alpha_\lambda(t, P, r)I_\lambda(t, P, r)\cos\vartheta d\sigma d\omega d\lambda dt, \quad (1.12)$$

式中 dE''_λ 为投射于表面上的辐射能 $dE_\lambda = I_\lambda(t, P, r)\cos\vartheta d\sigma d\omega d\lambda dt$ 中所吸收的辐射能量。因此,吸收能力在数值上等于表面所吸收的辐射对于投射在该表面上的辐射之比。在一般情况下,表面的吸收能力与波长有关;还与表面上所研究部分的位置、被表面所吸收的辐射线的方向以及时间有关。以后我们将研究这些因子中最重要因子的影响。

5. 反射能力 人们用反射能力 R_λ 来描述物体反射投射于它上面的辐射的性质。所谓反射能力是表示某种物体表面反射波长为 λ 的强度对于投射于表面上的同一波长的辐射强度之比。它是一个无因次量。人们在引用单色光线反射能力概念的同时,还利用一相似的量来表征同一宽度的光谱区内物体的反射性质。必须指出,这里对于反射能力所下的定义只有在光滑(镜状)表面反射