

<<现代大气光学>>

图书基本信息

书名：<<现代大气光学>>

13位ISBN编号：9787030329585

10位ISBN编号：7030329589

出版时间：2011-1

出版时间：科学出版社

作者：饶瑞中

页数：608

版权说明：本站所提供下载的PDF图书仅提供预览和简介，请支持正版图书。

更多资源请访问：<http://www.tushu007.com>

<<现代大气光学>>

内容概要

本书全面阐述现代大气光学的研究内容和方法，主要包括大气的光学性质、大气折射、分子吸收和散射、气溶胶粒子光散射、光在混浊大气中的传播、光在湍流大气中的传播、大气中的成像，以及大气性质的光学探测方法和技术。

本书为大气辐射和天文观测等基础研究以及激光大气传输、光学遥感技术、环境光学监测技术、自适应光学技术、自由空间光通信等先进光电工程应用提供基础数据、应用模式和基本工具。

本书反映了大气光学研究的重要进展，可以作为大气光学及相关研究的教材和有益参考书。

本书的读者对象包括：物理、光学类的研究生、高年级本科生、高等院校教师，光学、遥感、大气物理、天文等相关研究领域科研人员，光电工程类科技工作者、技术人员。

<<现代大气光学>>

书籍目录

引言

- 0.1 古老而又年轻的学科
- 0.2 大气对光学的影响举例
- 0.3 现代大气光学概念
- 0.4 大气分子吸收及其应用
- 0.5 气溶胶粒子光学特性、混浊介质光传播和大气探测
- 0.6 大气湍流光学性质及其应用
- 0.7 激光大气传输
- 0.8 大气光学模式和应用软件
- 0.9 本书的撰写动机

第1章 光学基本参量和基本规律

1.0 引言

1.1 光波基本参量与基本类型

- 1.1.1 基本光学量
- 1.1.2 偏振及Stokes参量
- 1.1.3 光场的相位及其奇性
- 1.1.4 光波的基本类型

1.2 光学辐射及其基本定律

- 1.2.1 光辐射及谱线特征
- 1.2.2 黑体辐射定律
- 1.2.3 电偶极辐射

1.3 光波基本传播规律

- 1.3.1 波动方程
- 1.3.2 光的直线传播:几何光学近似
- 1.3.3 Huygens-Fresnel原理与衍射
- 1.3.4 孔径衍射
- 1.3.5 粒子的光散射
- 1.3.6 辐射传输方程

1.4 光学系统的像差与光学质量

- 1.4.1 相位的Zernike多项式表达与像差
- 1.4.2 光学质量评价方法

1.5 自然光源

- 1.5.1 天球坐标系和太阳与地球间的几何关系
- 1.5.2 太阳辐射及月球的反射
- 1.5.3 恒星辐射

1.6 地表的反射与辐射特性

- 1.6.1 非均匀界面的反射特性及双向反射分布函数BRDF
- 1.6.2 典型地表的反射特性
- 1.6.3 典型地表的辐射特性

1.7 小结

参考文献

第2章 大气的基本物理特性

2.0 引言

2.1 大气成分与结构

2.1.1 大气成分

<<现代大气光学>>

- 2.1.2 大气结构
- 2.2 云、雾粒子和雨滴
- 2.3 大气气溶胶粒子
- 2.4 大气中的风结构
- 2.5 大气湍流及大气边界层
- 2.6 大气特性的随机性及其定量描述
- 参考文献
- 第3章 大气的光学特性及其应用模式
- 3.0 引言
- 3.1 标准大气及应用模式
- 3.1.1 美国标准大气及模式大气
- 3.1.2 大气折射率及高度廓线
- 3.2 大气气体分子的吸收光谱特性
- 3.2.1 大气主要吸收气体分子的结构
- 3.2.2 紫外大气分子吸收特征
- 3.2.3 可见和近红外大气分子吸收特征
- 3.2.4 红外大气分子吸收特征
- 3.2.5 大气分子吸收光谱参数数据库HITRAN
- 3.3 大气气溶胶粒子光学特性及其应用模式
- 3.4 云、雾粒子和雨滴的光学特性及其应用模式
- 3.5 大气湍流的光学特性及其应用模式
- 参考文献
- 第4章 大气分子对光的折射、散射和吸收
- 4.0 引言
- 4.1 球面平行大气中的折射
- 4.1.1 大气中的光线轨迹
- 4.1.2 天文折射
- 4.1.3 空气质量
- 4.1.4 大气延迟
- 4.1.5 落日形变(曙暮光)
- 4.2 地面非均匀大气中的折射
- 4.2.1 海市蜃楼
- 4.2.2 大地测量
- 4.3 大气分子的Rayleigh散射
- 4.3.1 Rayleigh散射
- 4.3.2 退偏振修正
- 4.3.3 模式大气的Rayleigh散射特性
- 4.4 大气分子的吸收
- 4.4.1 单谱线吸收
- 4.4.2 分立谱线吸收的逐线积分方法
- 4.4.3 大气分子吸收的谱带模式
- 4.4.4 大气分子吸收计算的光谱映射方法
- 4.5 非均匀路径的大气分子吸收
- 4.5.1 等效谱带模式
- 4.5.2 相关k分布方法
- 4.5.3 MODTRAN方案
- 参考文献

<<现代大气光学>>

第5章 大气云雾和气溶胶粒子的光散射

5.0 引言

5.1 球体粒子的光散射——Mie理论

5.1.1 入射光和散射光的球谐函数展开

5.1.2 散射光的分布和散射参量

5.1.3 Mie散射的数值计算方法

5.1.4 双层球体粒子的光散射特性

5.1.5 水云、雾和雨滴的光散射特性

5.2 无限长圆柱粒子的光散射

5.3 旋转对称粒子的光散射

5.3.1 T矩阵与扩展边界条件法

5.3.2 T矩阵在旋转对称粒子散射问题中的应用

5.4 旋转对称椭球粒子的散射特性

5.5 规则冰晶大粒子的光散射特性

5.6 任意形状粒子的光散射

5.7 非均匀粒子光散射的等效性

5.7.1 非均匀粒子光散射等效性的分析方法

5.7.2 外混合球形粒子光散射的等效性

5.7.3 内混合球形粒子光散射的等效性

5.8 小结

参考文献

第6章 大气辐射传输理论与算法

6.0 引言

6.1 大气中的辐射传输方程及其形式解

6.1.1 平行平面大气中的辐射传输方程

6.1.2 平行平面大气中的辐射传输的边界条件

6.1.3 大气辐射传输方程的形式解

6.1.4 单次散射近似解

6.2 散射相函数及辐射传输方程的离散化

6.2.1 散射相函数的Legendre多项式展开

6.2.2 辐射传输方程的离散化

6.3 辐射传输方程的二流近似及相关近似解

6.3.1 二流近似解的基本形式

6.3.2 Eddington近似解

6.3.3 相函数 函数化后的近似解

6.3.4 广义二流近似解的通用形式

6.4 辐射传输的离散坐标(DISORT)算法

6.4.1 单一均匀介质的DISORT算法

6.4.2 分层均匀介质的DISORT算法

6.5 光谱辐射亮度的精确求解

6.5.1 散射相函数的 $-M$ 处理方法

6.5.2 光谱辐射亮度的修正方法

6.6 常用算法软件和标准谱辐射传输问题

6.6.1 常用算法软件

6.6.2 DISORT

6.6.3 标准辐射传输问题

6.6.4 LOWTRAN/MODTAN/FASCODE

<<现代大气光学>>

6.7 小结

参考文献

第7章 混浊大气中的辐射传输问题

7.0 引言

7.1 激光的大气透过率

7.2 红外大气透过率和辐射量修正

7.3 天空背景辐射亮度

7.3.1 可见光天空背景辐射亮度

7.3.2 可见光天空背景辐射亮度光谱特征

7.3.2 可见光天空背景辐射亮度光谱特征

7.3.4 强吸收波段的地球大气背景辐射亮度

7.3.5 地球大气背景辐射的偏振特性

7.4 大气中的视觉和大气能见度

7.4.1 均匀大气中的视觉问题

7.4.2 气象视距和大气能见度

7.4.3 非均匀大气中的能见度问题

7.5 大气中的辐射收支平衡

7.6 小结

参考文献

第8章 湍流大气中光传播的分析方法

8.0 引言

8.1 湍流大气光传播的定性分析

8.1.1 大气湍流对光传播影响的重要性

8.1.2 相位和到达角起伏的启发式分析

8.1.3 空间相干性的启发式分析

8.1.4 光强起伏的启发式分析

8.2 抛物型方程和光传播的数值模拟

8.2.1 抛物型方程

8.2.2 多层相位屏数值模拟

8.2.3 湍流相位屏的构造

8.2.4 光传播模拟的数值问题

8.2.5 平面波、球面波、Gauss光束和非理想波型的模拟

8.2.6 数值模拟典型结果

8.3 几何光学近似、Rytov近似和谱分析方法

8.3.1 几何光学近似及谱分解法

8.3.2 Rytov微扰近似及谱分解法

8.4 Markov近似和场的统计矩方程

8.5 Huygens-Fresnel相位近似法

8.6 球面波和Gauss光束的情况

8.7 小结

参考文献

附录A 随机函数的谱分解

第9章 湍流大气中的光传播效应

9.0 引言

9.1 空间相干性退化和相位起伏

9.1.1 空间相干性退化

9.1.2 相位起伏

<<现代大气光学>>

9.2 到达角起伏

9.2.1 干涉仪中的到达角起伏

9.2.2 孔径上的相位起伏和到达角起伏

9.3 相位校正与自适应光学技术

9.3.1 湍流大气光传播的相位校正原理

9.3.2 湍流大气光传播的相位校正技术

9.4 光强起伏(闪烁效应)

9.4.1 弱起伏条件下的闪烁效应

9.4.2 强起伏条件下的闪烁效应

9.4.3 闪烁强度的普适模型

9.4.4 有限面积上的光强起伏及孔径平均

9.5 光波起伏的概率分布与分形特征

9.5.1 光波起伏的概率分布特征

9.5.2 光强起伏的间歇性特征

9.6 光波起伏的时间频谱特征

9.6.1 光波起伏的时间频谱

9.6.2 光波起伏频谱的高频幂律的拟合方法

9.6.3 湍流谱形状的影响

9.6.4 Gauss光束的光波起伏频谱特征

9.6.5 有限孔径和饱和情况下的光波起伏频谱

9.7 激光束传播效应

9.7.1 激光束的漂移

9.7.2 激光束的扩展

9.7.3 光强图像的光学质量与特征尺度

9.7.4 光斑的分形结构与相位奇点

9.7.5 聚焦光束的焦移

参考文献

第10章 高能激光大气传输的热晕及综合效应

10.0 引言

10.1 热晕效应的物理图像

10.2 热晕的流体力学模型

10.3 简单情况下的热晕解析解

10.3.1 瞬变热晕时的密度时间演化特征

10.3.2 柱坐标系下求解密度变化

10.3.3 热晕时的相位变化

10.3.4 热晕光斑的基本特征

10.4 热晕的数值模拟方法

10.4.1 瞬变热晕的数值模拟方法

10.4.2 稳态热晕的数值模拟方法

10.4.3 热晕模拟的数值问题

10.5 热晕效应的定标规律

10.5.1 纯热晕效应的经验公式

10.5.2 热晕和湍流的相互作用

10.5.3 热晕效应的相位校正

10.6 高能激光大气传输的综合效果

参考文献

第11章 混浊和湍流大气中的光学成像

<<现代大气光学>>

11.0 引言

11.1 大气介质与成像系统的调制传递函数

11.1.1 光场相干函数与成像系统的调制传递函数

11.1.2 背景光下大气介质中的成像

11.2 大气湍流介质的光学传递函数与图像分辨率

11.2.1 大气湍流介质的光学传递函数

11.2.2 湍流大气中望远镜的分辨本领

11.3 大气混沌介质的调制传递函数

11.3.1 大气混沌介质调制传递函数的近似解析结果

11.3.2 大气混沌介质调制传递函数的数值计算结果

11.3.3 大气混沌介质调制传递函数的实测结果

11.3.4 混沌介质调制传递函数的一般形式

11.4 图像大气影响的修正方法和技术

11.4.1 自适应光学实时校正技术

11.4.2 图像处理方法

11.4.3 基于成像过程的大气影响修正技术

11.5 小结

参考文献

第12章 大气探测的光学方法与技术

12.0 引言

12.1 光学遥感技术中的反演方法

12.1.1 反演问题的数学模型

12.1.2 线性约束反演方法

12.2 大气吸收光谱和透过率测量技术

12.2.1 长程高分辨率大气吸收光谱测量技术

12.2.2 高分辨率大气吸收光谱测量方法

12.2.3 实际大气透过率和吸收光谱测量技术

12.2.4 利用太阳辐射测量整层大气光学厚度

12.3 大气气溶胶粒子光散射技术

12.3.1 大气气溶胶粒子尺度散射测量技术:光学粒子计数器

12.3.2 大气介质散射特性测量技术:能见度仪、积分和极角浊度计

12.3.3 从散射相函数反演大气气溶胶粒子谱分布

12.4 大气后向散射技术:激光雷达

12.4.1 激光雷达工作原理

12.4.2 激光雷达方程求解方法

12.4.3 差分激光雷达探测大气吸收气体成分

12.4.4 通过硬件技术求解激光雷达方程

12.4.5 Doppler测风激光雷达技术

12.5 大气湍流特性测量技术

12.5.1 局域湍流强度测量技术:温度脉动法和折射率脉动法

12.5.2 路径平均的湍流强度测量技术:闪烁法和到达角起伏法

12.5.3 湍流功率谱和特征尺度的测量技术

12.5.4 大气湍流强度廓线的测量

12.6 小结

参考文献

章节摘录

第1章光学基本参量和基本规律 1.0引言 作为大气光学主要内容的大气光学性质、光波大气传输、大气光学探测及其在相关学科的应用基本涉及了光波的各种物理本质(如波长、强度、相位、偏振)、各种传播规律(如折射、反射和衍射),以及光波和物质作用的基本物理过程(如吸收和散射等)。

大气可以划分为由微粒组成的离散混浊大气介质和由热运动分子构成的“连续”湍流大气介质。

大气气体分子对短波长光波有明显的散射作用,即Rayleigh散射 蔚蓝色天空的成因。

它最重要的光学性质就是光谱吸收特性,不同的气体成分有不同的吸收特征。

尘埃粒子一般称为气溶胶粒子,根据其起源的不同光学性质有明显的差异。

作为流体的大气,由于温度等要素的微弱起伏,导致空气密度(折射率)的微弱起伏,从而形成了光学湍流,对定向光传播产生重要影响。

对两种影响的处理方法也有差异:混浊介质中的光传播主要以光强为研究对象,其主题是辐射传输方程的求解;湍流介质中的定向光传播问题主要以光场的电矢量为研究对象,其主题是波传播方程的求解。

对于混浊大气的辐射传输问题,在短波范围内,其光源就是太阳;而在长波范围,光源则是作为灰体的地球和大气本身。

辐射光谱亮度和通量密度则是两个人们最关注的物理量。

决定这一过程的是基于吸收和散射的辐射传输方程。

对于光波的定向大气传播问题,除在成像问题中所涉及的是自然的光源外,在其他应用中大都是人造光源。

平面波和球面波是两种理想化的波型,激光出现后,Gauss光束成为一种实际应用最广泛的波型。

在光传播的实际应用中,能量的集中度和成像质量是评价光学系统品质和传播介质对光波影响的两个主要的因素。

决定这一过程的是基于电磁场传播的傍轴近似抛物型方程。

地表对光的反射是大气中的光传播问题和大气辐射传输问题中的重要边界条件,在一般的书籍中对这一问题都没有过多的讨论,本书特别给予了较为详细的论述。

本书采用国际单位制,但各种物理量的单位在各种文献中,特别是早期的文献中各不相同。

在不影响理解的前提下,我们在叙述中采用一个特定的常用单位。

但在所有的公式计算中一律以国际单位制表述。

1.1光波基本参量与基本类型 1.1.1基本光学量 光波是波长位于特定范围内的电磁波,这个特定的波段范围通常包括紫外、可见光和红外。

作为第一个基本参量的波长(wavelength),不同的文献中在表述时采用了不同的单位,常见的有微米和纳米等。

本书一律以微米(m)来叙述。

在吸收光谱问题中,常常以波长的倒数即波数(wavenumber) σ^{-1} 来表示光谱位置,其单位通常采用 cm^{-1} ,对应的波长为 $10000/\sigma(\text{m})$ 。

在电磁波动方程中一般都用角波数 $k = 2\pi/\lambda$,它一般也被称为波数。

另外一般也常用 $\omega = 2\pi\nu$ 表示电磁波的频率。

这些都易引起混淆,为避免这一情况的发生,本书只采用 σ^{-1} 的表达方式。

由于电磁波是横波,沿z方向(单位矢量为k)传播的光场的电矢量E位于垂直于传播方向的(x,y)平面内。若以yz为参考平面,则电矢量的x分量(单位矢量为i)为垂直于参考平面的分量 E_x ,y分量(单位矢量为j)为平行于参考平面的分量 E_y 。电矢量的任一分量E可由振幅(amplitude)A与相位(phase)S或波前(wave-front)S来表达,波前定义为传播路径的长度(常以波长为单位),而相位S正比于传播路径的长度与波长的比值 $E = E_1 + iE_2 = A \exp[iS] = A \exp[ik \cdot r]$ (1.1.2) 光强为 $I = E \cdot E = A^2$ (1.1.3) 在定向光传播问题中,由于光源一般是单色光,且传播方向局限在很小的方向范围内,通常使用光强描述光的能量。

光强(irradiance)I一般定义为单位面积内通过的光功率,单位为 W/m^2 。

<<现代大气光学>>

在辐射传输等问题中,由于光源具有宽广的光谱范围,光波一般充满空间各个方向,所以通常使用光谱强度(或光谱辐射亮度)描述光波的能量。

光谱辐射亮度(radiance) I 定义为单位波长间隔的光波在单位立体角内通过单位面积的功率,单位为 $W/(m^2 \cdot sr)$ 。

光谱辐射亮度也常常定义为单位波数间隔的光波在单位立体角内通过单位面积的功率 $I_\nu = 2\pi I$,单位为 $W/(m^2 \cdot sr)$ 。

立体角(solid angle)为以观测点为球心对应于一个特定方向上的球面积与半径平方的比值,其单位为球面度(sr)。

在球坐标系中如果以 μ 和 α 分别表示天顶角(zenith angle)和方位角(azimuthal angle),则微分立体角元为 $d\Omega = \sin\mu d\mu d\alpha$ (1.1.4) 如图1.1.1所示。

因而,全空间的立体角为 4π ,半空间的立体角为 2π 。

图1.1.1球坐标系中的方位角和微分立体角元 来自半空间各个方向入射到观测平面单位面积内的光功率是其法线分量的积分,称为单色辐照度(monochromatic irradiance) $F = \int I \cos\mu d\Omega = 2\pi \int_0^{\pi/2} I \cos\mu \sin\mu d\mu$ (1.1.5) 其单位为 W/m^2 。

在辐射传输问题中,一般使用天顶角的余弦 $\mu = \cos\theta$ 进行计算分析。

对光波涵盖的光谱区内的单色辐照度进行积分,即得到辐照度(irradiance) $F = \int F_\nu d\nu$ (1.1.6) 请注意,这里的辐照度 F 对应于定向光传播问题中的光强 I 。

由于各自研究方向的习惯问题,采用了不同的符号。

1.1.2偏振及Stokes参量 电磁波的偏振(polarization)状态是其携带的重要信息,如果两个分量具有同样的相位,则电磁波是线(linear)偏振的;如果两个分量的相位相差 π 且振幅相等,则电磁波是圆(circular)偏振的;在一般具有固定相位差的情况下是椭圆(elliptical)偏振的;如果两个分量的相位差是完全随机的,则电磁波是非偏振的。

通过一组四个Stokes参量,可以完成确定电磁波的偏振状态。

它们的定义为(Bohren and Hu, 1983) $I = E_x^2 + E_y^2$ (1.1.7a) $Q = E_x^2 - E_y^2$

$U = E_x E_y \cos\delta$ (1.1.7b) $V = 2E_x E_y \sin\delta$ (1.1.7c) 式中, I 为两个分量的光强之和; Q 为两个分量的光强之差。

这四个量可以通过光强测量配合一个线偏振器和一个 $1/4$ 波带片来确定。

由于只有三个独立的参数 A, δ, S ,四个参量满足 $I^2 = Q^2 + U^2 + V^2$ (1.1.8) 上述Stokes参量都是针对单色(monochromatic)光而言的,对有一定宽度的准单色(quasi-monochromatic)光,(1.1.7)各式都应该理解为定义在平均意义上,此时 $I^2 > Q^2 + U^2 + V^2$ (1.1.9) 在测得Stokes参量的情况下,我们可以求得电磁波中偏振分量的含量,即偏振度(degree of polarization)为 $P = \sqrt{Q^2 + U^2 + V^2} / I$ (1.1.10) 式中,线偏振分量的偏振度为 $P_l = \sqrt{Q^2 + U^2} / I$ (1.1.11) 圆偏振分量的偏振度为 $P_c = V / I$ (1.1.12) 如果该值为正,则圆偏振分量是右旋的(朝向光源看,电矢量顺时针旋转);如果该值为负,则圆偏振分量是左旋的;如果该值为零,则没有圆偏振分量。

线偏振分量的方向角度(线偏振分量和平行分量按顺时针方向的夹角)由下式确定: $\theta = \arctan(U/Q)$ (1.1.13) 偏振的椭率(ellipticity)为 $\epsilon = \arctan(V/\sqrt{Q^2 + U^2})$ (1.1.14) 如果电磁波是非偏振的,则 $Q = U = V = 0$ 。

由于Stokes参量都是对应于光强性质的量,当多束光波沿同一方向非相干叠加(即各光束间没有固定的相位关系)传播时,总光束的Stokes参量是各束光的Stokes参量之和。

1.1.3光场的相位及其奇性 由式(1.1.2)可得空间任意一点的电磁场的相位的主值 $S(\mathbf{r}, t) = \arctan(E_2(\mathbf{r}, t)/E_1(\mathbf{r}, t))$ (1.1.15) 位于 (\mathbf{r}, t) 。

由于 $E(\mathbf{r}, t)$ 是时空位置的平滑单值函数,因此沿着一个时空回路 C ,相位 S 的改变只能是 $2m$ (m 是整数)。

如果 m 不为零,让回路 C 收缩到一个非常小的区域而使 m 不变,那么相位 S 的变化速率将趋于无穷大,因而回路 C 包围了一个奇点。

场 E 的平滑性使得相位的奇点只能出现在 $E(\mathbf{r}, t) = 0$ 的位置,此处相位 S 具有不确定的值。

m 一般称为相位奇点的拓扑荷(topological charge)。

如果二维平面内的光场具有相位奇性,当它和均匀光场进行干涉时,相位奇点处的干涉条纹就会出现分岔现象。

<<现代大气光学>>

相位奇点并不仅仅是数学或物理上的理论现象,它也表现在现实世界中,图1.1.2为一张大漠沙浪的照片,就是一幅绝妙的有相位奇点的干涉条纹图(饶瑞中,2005)。

图1.1.2大漠沙浪 相位奇性的自然表现 由于相位奇点处的干涉条纹会出现分岔,故相位奇点一般被称作相位歧点(branchpoint)。

相位歧点一般是成对出现的(拓扑荷具有相反的符号)。

在相位歧点存在的情况下,为了获得最简单的单值相位分布,可将相邻的异性歧点连接起来[连线称作削线(branchcut)],在削线的两侧相位出现跃变,如图1.1.3所示(FriedandVaughn,1992)。

相位代表了光波的局域传播方向,光波的等相位面(波前)的法线方向与光波的能流方向一致。

显而易见,在光强为零的相位歧点处能流成为涡旋。

图1.1.4是半无穷大平面衍射的光强分布和能流方向分布图(BornandWolf,1999)。

因此,二维平面内的一个相位歧点对应于三维空间的一条光学涡丝。

在复杂光场中,相位歧点不止一处,一般通称为光学涡旋。

图1.1.3光场中的相位歧点及削线 图1.1.4半无穷大平面衍射的能流方向 一个光学涡旋的振幅轮廓函数可以有多种形式。

版权说明

本站所提供下载的PDF图书仅提供预览和简介，请支持正版图书。

更多资源请访问:<http://www.tushu007.com>