



国防科工委“十五”规划教材·光学工程

辐射度 光度与色度及其测量

金伟其 胡威捷 编著

北京理工大学出版社

北京航空航天大学出版社 西北工业大学出版社
哈尔滨工业大学出版社 哈尔滨工程大学出版社

内容简介

本书依据教学指导委员会审定的大纲编写,适合光学/光电类专业:电子科学与技术、测控技术及仪器、光电信息工程等专业本科生必修的专业基础课程教材。书中内容的编排遵循专业基础课程的教学要求,以辐射度学、光度学和色度学的基本概念、原理、物理量的相互转换关系、计算分析方法以及测量仪器与测试计量方法为主,培养学生利用相关理论、技术和仪器解决实际问题的能力。

图书在版编目(CIP)数据

辐射度 光度与色度及其测量/金伟其,胡威捷编著. —北京:北京理工大学出版社,2006.6

国防科工委“十五”规划教材. 光学工程

ISBN 7-5640-0658-7

I. 辐… II. ①金… ②胡… III. ①辐射度测量-高等学校-教材②光度学-测量-高等学校-教材③色度学-测量-高等学校-教材 IV. O432

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 015813 号

辐射度 光度与色度及其测量

金伟其 胡威捷编著

责任编辑 刘志实

责任校对 陈玉梅

北京理工大学出版社出版发行

北京市海淀区中关村南大街 5 号(100081)

电话:010-68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

<http://www.bitpress.com.cn>

E-mail:chiefeditor@bitpress.com.cn

北京圣瑞伦印刷厂印制 各地新华书店经销

开本:787×960 1/16

印张:22.75 字数:464 千字

2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷

印数:2000 册.

ISBN 7-5640-0658-7 定价:35.00 元

国防科工委“十五”规划教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主 任:张华祝

副主任:王泽山 陈懋章 屠森林

编 委:王 祁 王文生 王泽山 田 蔚 史仪凯

乔少杰 仲顺安 张华祝 张近乐 张耀春

杨志宏 肖锦清 苏秀华 辛玖林 陈光禔

陈国平 陈懋章 庞思勤 武博祎 金鸿章

贺安之 夏人伟 徐德民 聂 宏 贾宝山

郭黎利 屠森林 崔锐捷 黄文良 葛小春



总 序

国防科技工业是国家战略性产业,是国防现代化的重要工业和技术基础,也是国民经济发展和科学技术现代化的重要推动力量。半个多世纪以来,在党中央、国务院的正确领导和亲切关怀下,国防科技工业广大干部职工在知识的传承、科技的攀登与时代的洗礼中,取得了举世瞩目的辉煌成就。研制、生产了大量武器装备,满足了我军由单一陆军,发展成为包括空军、海军、第二炮兵和其他技术兵种在内的合成军队的需要,特别是在尖端技术方面,成功地掌握了原子弹、氢弹、洲际导弹、人造卫星和核潜艇技术,使我军拥有了一批克敌制胜的高技术武器装备,使我国成为世界上少数几个独立掌握核技术和外层空间技术的国家之一。国防科技工业沿着独立自主、自力更生的发展道路,建立了专业门类基本齐全,科研、试验、生产手段基本配套的国防科技工业体系,奠定了进行国防现代化建设最重要的物质基础;掌握了大量新技术、新工艺,研制了许多新设备、新材料,以“两弹一星”、“神舟”号载人航天为代表的国防尖端技术,大大提高了国家的科技水平和竞争力,使中国在世界高科技领域占有了一席之地。十一届三中全会以来,伴随着改革开放的伟大实践,国防科技工业适时地实行战略转移,大量军工技术转向民用,为发展国民经济作出了重要贡献。

国防科技工业是知识密集型产业,国防科技工业发展中的一切问题归根到底都是人才问题。50多年来,国防科技工业培养和造就了一支以“两弹一星”元勋为代表的优秀的科技人才队伍,他们具有强烈的爱国主义思想和艰苦奋斗、无私奉献的精神,勇挑重担,敢于攻关,为攀登国防科技高峰进行了创造性劳动,成为推动我国科技进步的重要力量。面向新世纪的机遇与挑战,高等院校在培养国防科技人才,生产和传播国防科技新知识、新思想,攻克国防基础科研和高技术研究难题当中,具有不可替代的作用。国防科工委高度重视,积极探索,锐意改革,大力推进国防科技教育特别是高等教育事业的发展。

高等院校国防特色专业教材及专著是国防科技人才培养当中重要的知识载体和教学工具,但受种种客观因素的影响,现有的教材与专著整体上已落后于当今国防科技的发展水平,不适应国防现代化的形势要求,对国防科技高层次人才的培养造成了相当不利的影响。为尽快改变这种状况,建立起质量上乘、品种齐



全、特点突出、适应当代国防科技发展的国防特色专业教材体系,国防科工委全额资助编写、出版 200 种国防特色专业重点教材和专著。为保证教材及专著的质量,在广泛动员全国相关专业领域的专家学者竞投编著工作的基础上,以陈懋章、王泽山、陈一坚院士为代表的 100 多位专家、学者,对经各单位精选的近 550 种教材和专著进行了严格的评审,评选出近 200 种教材和学术专著,覆盖航空宇航科学与技术、控制科学与工程、仪器科学与工程、信息与通信技术、电子科学与技术、力学、材料科学与工程、机械工程、电气工程、兵器科学与技术、船舶与海洋工程、动力机械及工程热物理、光学工程、化学工程与技术、核科学与技术等学科领域。一批长期从事国防特色学科教学和科研工作的两院院士、资深专家和一线教师成为编著者,他们分别来自清华大学、北京航空航天大学、北京理工大学、中北大学(原华北工学院)、沈阳航空工业学院、哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学、上海交通大学、南京航空航天大学、南京理工大学、苏州大学、华东船舶工业学院、东华理工学院、电子科技大学、西南交通大学、西北工业大学、西安交通大学等,具有较为广泛的代表性。在全面振兴国防科技工业的伟大事业中,国防特色专业重点教材和专著的出版,将为国防科技创新人才的培养起到积极的促进作用。

党的十六大提出,进入 21 世纪,我国进入了全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的新的发展阶段。全面建设小康社会的宏伟目标,对国防科技工业发展提出了新的更高的要求。推动经济与社会发展,提升国防实力,需要造就宏大的人才队伍,而教育是奠基的柱石。全面振兴国防科技工业必须始终把发展作为第一要务,落实科教兴国和人才强国战略,推动国防科技工业走新型工业化道路,加快国防科技工业科技创新步伐。国防科技工业为有志青年展示才华,实现志向,提供了缤纷的舞台,希望广大青年学子刻苦学习科学文化知识,树立正确的世界观、人生观、价值观,努力担当起振兴国防科技工业、振兴中华的历史重任,创造出无愧于祖国和人民的业绩。祖国的未来无限美好,国防科技工业的明天将再创辉煌。

张华祝



前 言

《辐射度 光度与色度及其测量》是国防科工委“十五”规划的重点教材,是依据教学指导委员会审定的大纲编写的。

辐射度学、光度学及色度学(以下简称“三度学”)是现代光电信息转换、传输、存储、显示、测量与计量技术的基础,正如“应用光学”和“波动光学”构成光学技术的基础那样,“三度学”已成为现代光学/光电信息工程的基础。

在以往的教学或常见的教材中,辐射度学/光度学与色度学通常是分离的。在许多培养方案中仅在某些课程中部分涉及辐射度学和光度学的概念,由于内容分散,加之学时有限,往往难以使学生全面地掌握相关的理论和技术,不仅影响后续技术课程的学习,而且影响学生对仪器的正确使用以及今后的灵活应用。而色度学在本科课程中更少涉及,系统讲授的课程大多安排在研究生阶段,但也较少涉及相关的实验仪器和技术的介绍。随着光电信息技术、图像技术的发展和应用的扩展,“三度学”及其测量技术已成为光电技术领域科研和应用人员必备的专业基础知识与技术。为此,全面系统有效地学习“三度学”的知识和技术成为适应社会需求的发展趋势。

鉴于以上情况,我们一直希望能以“三度学”为基本教学内容,开设专门的课程,这一思想也得到一些相关院校老师的肯定。在国防科工委“十五”重点教材规划中,本教材的编写计划得到了支持。教材的主要目的是使读者掌握“三度学”的基本概念、原理、物理量的相互转换关系、计算分析方法、测量仪器与测试计量方法等,培养学生利用相关知识、技术和仪器解决实际问题的能力,并结合军用和民用领域的应用需求,介绍三度学技术发展的前沿和应用实例,增强读者为振兴祖国经济,特别是提高国防科技水平的责任感和使命感。因此,教材的编写力求简明扼要地说明有关的原理和分析计算方法,并通过实验更深切地学习和理解有关的测量方法、仪器使用和测试技巧。

教材主要在我校原《辐射度学和光度学》(车念曾, 阎达远, 北京理工大学出版社, 1990)、《色度学》(汤顺青, 北京理工大学出版社, 1990)和《微光与红外成像技术》(张敬贤, 李玉丹, 金伟其, 北京理工大学出版社, 1995)基础上,收集有关理



论和技术的新进展以及近年来的新型测试仪器及其应用,重新进行整体构思和内容增补编写而成。教材的第1章有关人眼颜色视觉部分和第5章、第10章由北京理工大学胡威捷执笔编写,其余部分由北京理工大学金伟其执笔编写,全书由金伟其统稿。

本教材适合光学/光电类专业:电子科学与技术、测控技术及仪器、光电信息工程等专业本科生和跨专业研究生选用,也可作为科研人员和工程技术人员的学习和工作参考用书。课程建议64学时,其中36学时为课堂讲授,28学时为测量实验。

本教材承蒙南京理工大学贺安之教授和北京理工大学高稚允教授主审,由北京理工大学教材编审室审定。在此作者向他们致以诚挚的谢意,并向引为本书内容和参考资料的作者、译者表示由衷的感谢。

因时间所限,加之辐射度学、光度学及色度学是一门重要的工程基础学科,技术发展迅速,应用广泛渗透到各个领域,因此,要编写一本全面、完整、成熟的教材是比较困难的。鉴于作者的学识与水平,书中的缺欠、遗漏在所难免,对此,诚恳地希望广大读者予以批评指正。

最后,作者感谢国防科工委“十五”重点教材规划委员会和北京理工大学出版社,使这一教材得到出版。

作 者

2005年12月

目 录

第一篇 基础篇

绪论	3
第 1 章 辐射度量、光辐射度量基础	6
1.1 辐射度量	6
1.2 光度量	9
1.3 人眼视觉特性	10
1.4 朗伯辐射体及其辐射特性	28
1.5 几种典型光辐射量的计算公式	30
第 2 章 热辐射定律及辐射源	34
2.1 黑体辐射的基本定律	34
2.2 黑体辐射的计算	38
2.3 辐射体的温度	39
2.4 辐射源	44
第 3 章 光辐射探测器	73
3.1 光辐射探测器的性能参数	74
3.2 光电探测器	80
3.3 热探测器	89
第 4 章 辐射在空间中的传输	93
4.1 光辐射能在空间的传输	93
4.2 光辐射在传输介质界面的反射与透射	99
4.3 光辐射能在介质中传输时的吸收和散射	104
第 5 章 色度学的技术基础	112
5.1 颜色的基本术语	112
5.2 颜色匹配	113
5.3 CIE 1931 标准色度系统	117
5.4 CIE 1964 补充标准色度系统	123
5.5 CIE 色度计算方法	125
5.6 均匀颜色空间	129
5.7 同色异谱程度的评价	141



5.8 CIE 光源显色指数计算方法	146
5.9 其他表色系统	149

第二篇 仪器与实验篇

第 6 章 辐射测量的基本仪器	161
6.1 光度导轨	161
6.2 积分球	163
6.3 单色仪	166
6.4 分光光度计和光谱辐射计	175
6.5 傅里叶变换光谱辐射计	177
第 7 章 光辐射测量系统的性能及其测量	181
7.1 测量系统的响应度	182
7.2 测量系统的光谱响应	186
7.3 测量系统的视场响应	190
7.4 测量系统的线性响应	193
7.5 测量系统的偏振响应	197
第 8 章 光度量的测量	201
8.1 发光强度的测量	201
8.2 光通量的测量	206
8.3 照度的测量	211
8.4 亮度的测量	214
第 9 章 辐射度量的测量	220
9.1 光谱辐射度量的测量	220
9.2 总辐射度量的测量	226
9.3 辐射温度的测量	229
第 10 章 色度的测量及其仪器	235
10.1 分光测色仪器	235
10.2 CM-1000 型电脑配色系统设计实例*	242
10.3 色度计	245
10.4 光源颜色特性的测量	248
10.5 荧光材料的颜色测量	250
10.6 白度的测量	252
第 11 章 辐射度、光度与色度的应用	256
11.1 材料特性的测量	256
11.2 探测器特性的测量	270



11.3 光学系统中杂散光的分析和计算	273
11.4 辐射测温仪	279
11.5 卫星多光谱扫描系统	284
11.6 建筑用低辐射玻璃	293
附表 1 黑体函数表	296
附表 2 色度参数表	298
附表 3 辐射计算表	326
附表 4 孟塞尔新标系统颜色样品的 CIE 色坐标	339
主要参考文献	351

第一篇

基 础 篇

绪 论

辐射度学是一门研究电磁辐射能测量的科学。辐射度学的基本概念和定律适用整个电磁波段的辐射测量,但对于电磁辐射的不同频段,由于其特殊性,又往往有不同的测量手段和方法。本书主要限于阐述电磁辐射光学谱段内辐射能的计算与测量。

光学谱段一般是指包括从波长为 0.1 nm 左右的 X 射线到约 0.1 cm 的极远红外的范围(图 0-1)。波长小于 0.1 nm 是 γ 射线,波长大于 0.1 cm 则属于微波和无线电波。在光学谱段内,可按照波长分为 X 射线、远紫外、近紫外、可见光、近红外、短波红外、中波红外、长波红外和远红外。可见光谱段,即辐射能对人眼能产生目视刺激而形成光亮感和色感的谱段,一般是指波长从 $0.38\sim 0.76\text{ }\mu\text{m}$ 。

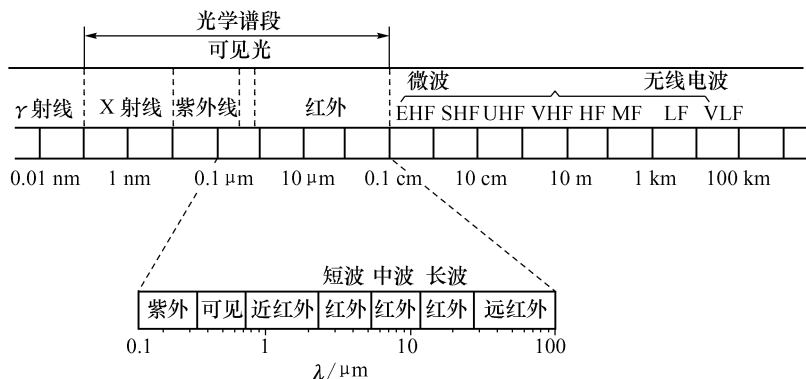


图 0-1 电磁频谱

使人眼产生总的目视刺激的度量是光度学的研究范畴。光度学除了包括光辐射能的客观度量外,还应考虑人眼视觉的生理和感觉印象等心理因素。就光度量作为物理量度量来说,可认为光度量是用具有“标准人眼”视觉响应的探测器对辐射能的度量。但仅仅把光度测量局限在“物理量的度量”这一点是不够的,人眼的生理、心理因素常常对光度测量有着很大的影响。

使人眼产生色感刺激的度量是色度学的研究范畴,研究人眼辨认物体的明亮程度、颜色类别和颜色的纯洁度(明度、色调、饱和度),是一门以光学、光化学、视觉生理和视觉心理等学科为基础的综合性科学,也是一门以大量实验为基础的实验性科学,解决对颜色的定量描述和测量问题。

辐射度学和光度学系统的研究可认为是从 18 世纪中期研究光辐射的目视效应开始。法国的 Bouguer 在 1727 年提出光度学的概念,为光度学的实践奠定了基础。1760 年 Lamber 提



出了光度学的基本定律,如照明可加性定律,照度的平方反比定律,余弦定律等。光度学的发展是与当时照明光源的进步密切相关的。光源由蜡烛、戊烷气灯到 1879 年 Edisen 发明的白炽灯,积极推动了光度学的发展。光度基准也由火焰灯发展到 Violle 提出的用凝固温度时的铂作为光强度的基准,并为 1889 年国际电工会议所采纳。

在这期间,Hershel 在 1800 年测量太阳光通过棱镜色散在不同光谱位置上目视和液体升温的效应而发现了红外辐射,次年 Ritter 发现了紫外辐射,这样,辐射度学的研究领域逐步扩大。19 世纪上半叶制造出第一个热电偶,并用于测量辐射热。Becquerel 发现了光伏效应。19 世纪中叶,Kirchhoff 和 Stewart 提出了黑体的概念。直到 1900 年,在大量实验和理论分析的基础上,才由 Planck 导出了描述黑体辐射能量和光谱分布的物理定律。此后,随着温度测量精度的提高,普朗克常数和玻尔兹曼(Boltzmann)常数已可准确地求到仅有 1% 的误差了。

除了普朗克定律和量子理论这两个辐射度学对物理学最基本的贡献外,在 19 世纪的后 20 年,Langley 研制了辐射热计,开始研究大气辐射。当时热电偶的响应度也大大地提高,Angstrom 于 1893 年做出了第一台标准探测计——电标定辐射热计。许多科学家用它来测量黑体总辐射能和温度的关系。

20 世纪初,辐射度学和光度学在许多科学研究和应用领域,如分子物理、光谱化学分析、视觉、照明等,得到了广泛的应用,使其明显地从物理学中分支出来。当时气体放电灯、充气白炽灯等相继问世,白炽灯在 1914 年也已用作辐照度标准光源。1920 年在光度学中已使用具有一定色温的标准灯。此后,人眼明视觉光谱光视效率和色度系统都有了国际标准。20 世纪中期,光电探测器开始应用到光辐射探测;开始研究光辐射在吸收、散射介质中的传输。辐射度学在大气物理,红外、紫外分光光度测量,色度的质量检查中都有广泛的应用。

色度学最早开创于牛顿的颜色环概念。19 世纪,Grassmann、Maxwell、Helmholtz 等对色度学的发展做出了巨大的贡献。Guild、Judd、Macadam、Stiles、Wright 和 Wyszecki 等科学家的研究奠定了现代色度学基础。从 1931 年国际照明委员会 CIE 色度学系统建立以来,色度学在工业、农业、科学技术和文化事业等部门获得广泛的应用,指导着彩色电视、彩色摄影、彩色印刷、染料、纺织、造纸、交通信号和照明技术的发展和运用。

近年来辐射度学、光度学和色度学的发展特别迅速。光源的种类日新月异地发展着,其发光效率与颜色得到了很大的改善,光辐射探测器品种大大增加,性能显著提高,各种测试方法、技术以及仪器不断提出并得到实现,使辐射度量和光度量物理测量的精确度大为提高,应用领域也不断扩展。

在信息技术飞速发展的今天,辐射度量、光度量以及色度量的评价和测量已成为光电信息获取的基础,因此,光电技术不论是在军事领域,还是在空间技术、医学和生命科学、工业和农业等领域均具有重要的地位,获得了广泛的应用,同时这些应用也对学科的发展不断提出新的课题,大大促进有关的研究以及在测量技术、设备、方法上的进步。

我国在辐射度学、光度学以及色度学的理论和计量技术方面已取得了显著的成绩,国家和



国防计量部门已建立了光通量、光强度、照度、亮度、色度等一系列标准,在一些研究所、大学和企业均有相关的专业实验室正在进行专门的研究。有关的标准以及计量和测量手段已达到或接近国际水平,很多方面已实现了与国际标准的接轨。更为重要的是,随着信息技术的发展,与信息化改造机械化的步伐不断加大,国防、工业、医学等领域的技术进步迫切需要有关测试和计量技术的进步,推动了我国辐射度、光度以及色度计量的标准化,提高计量的精确性以及计量对科学研究、生产的监督等起到越来越大的作用,同时,社会需求也为企业和个人的发展提供了广泛的空间和舞台。在这种背景下,学习和掌握辐射度学、光度学以及色度学的理论和有关测量技术更显重要和迫切。

第 1 章 辐射度量、光辐射度量基础

辐射度量是用能量单位描述辐射能的客观物理量。光度量是光辐射能为平均人眼接受所引起的视觉刺激大小的度量,即光度量是具有平均人眼视觉响应特性的人眼所接收到的辐射量的度量。因此,辐射度量和光度量都可定量地描述辐射能强度,但辐射度量是辐射能本身的客观度量,是纯粹的物理量;而光度量则还包括了生理学、心理学的概念在内。

1.1 辐射度量

1.1.1 立体角

立体角 Ω 是描述辐射能向空间发射、传输或被某一表面接收时的发散或会聚的角度(如图 1-1 所示),定义为:以锥体的基点为球心作一球表面,锥体在球表面上所截取部分的表面积 dS 和球半径 r 平方之比

$$d\Omega = \frac{dS}{r^2} = \frac{r^2 \sin \theta d\theta d\varphi}{r^2} = \sin \theta d\theta d\varphi \quad (1-1)$$

式中, θ 为天顶角; φ 为方位角; $d\theta d\varphi$ 分别为其增量。立体角的单位是球面度(sr)。

在平面图形上,常用角度来描述两条或一束射线的发散和会聚的程度,而辐射能是以电磁波的形式向其所在的空间传输,因此需要用立体角来描述辐射能在传输中发散和会聚的空间角度。

对于半径为 r 的球,其表面积等于 $4\pi r^2$,所以一个光源向整个空间发出辐射能或者一个物体从整个空间接收辐射能时,其对应的立体角为 4π 球面度,而半球空间所张的立体角为 2π 球面度。在 θ, φ 角度范围内的立体角

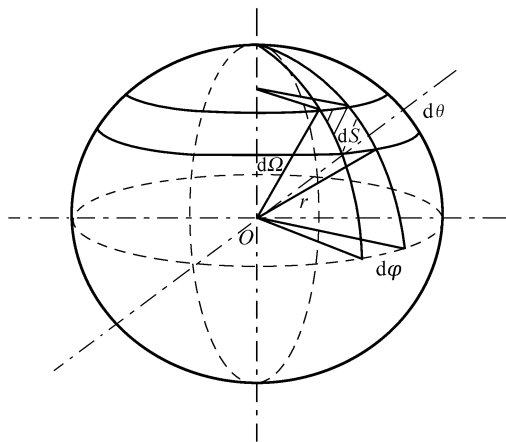


图 1-1 立体角的概念

$$\Omega = \int_{\theta} \int_{\varphi} \sin \theta d\theta d\varphi \quad (1-2)$$

求空间一任意表面 S 对空间某一点 O 所张的立体角,可由 O 点向空间表面 S 的外边缘作一系列射线,由射线所围成的空间角即为表面 S 对 O 点所张的立体角。因而不问空间表面的凹凸如何,只要对同一 O 点所作射线束围成的空间角是相同的,那么它们就有相同的立体角。



1.1.2 辐射度量的名称、定义、符号及单位(GB 3102.6—1982)

很长时间以来,国际上所采用的辐射度量和光度量的名称、单位、符号等很不统一。国际照明委员会(CIE)在 1970 年推荐采用的辐射度量和光度量单位基本上和国际单位制(SI)一致,并在后来为越来越多的国家(包括我国)所采纳。

表 1-1 列出了基本的辐射度量的名称、符号、定义方程及单位名称、符号。

表 1-1 基本辐射度量的名称、符号和定义方程

量的名称	符号	定义方程	单位名称	单位符号
辐(射)能	Q, W		焦(耳)	J
辐(射)能密度	w	$w = dQ/dv$	焦(耳)每立方米	J/m^3
辐射通量,辐(射)功率	Φ, P	$\Phi = dQ/dt$	瓦(特)	W
辐射强度	I	$I = d\Phi/d\Omega$	瓦(特)每球面度	W/sr
辐(射)亮度,辐射度	L	$L = d^2\Phi/d\Omega dA \cos\theta = dI/dA \cos\theta$	瓦(特)每球面度平方米	$W/(sr \cdot m^2)$
辐射出射度	M	$M = d\Phi/dA$	瓦(特)每平方米	W/m^2
辐(射)照度	E	$E = d\Phi/dA$	瓦(特)每平方米	W/m^2
辐射发射率	ϵ	$\epsilon = M/M_0$	—	—
吸收比	α	$\alpha = \Phi_a/\Phi_i$	—	—
反射比	ρ	$\rho = \Phi_r/\Phi_i$	—	—
透射比	τ	$\tau = \Phi_s/\Phi_i$	—	—
注: M_0 是黑体的辐射出射度; Φ_i 是入射辐射通量; Φ_a 、 Φ_r 和 Φ_s 分别是吸收、反射和透射的辐射通量				

1. 辐射能(Q)

辐射能简称辐能,描述以辐射的形式发射、传输或接收的能量,单位焦耳(J)。

当描述辐射能量在一段时间内积累时,用辐能来表示,例如:地球吸收太阳的辐射能,又向宇宙空间发射辐射能,使地球在宇宙中具有一定的平均温度,则用辐能来描述地球辐射能量的吸收辐射平衡情况。

为进一步描述辐射能随时间、空间、方向等的分布特性,分别用以下辐射度量来表示。

2. 辐能密度(w)

辐能密度定义为单位体积元内的辐射能,即

$$w = \frac{dQ}{dv}$$

3. 辐射通量(Φ, P)

辐射通量定义为以辐射的形式发射、传输或接收的功率,用以描述辐能的时间特性。实际应用中,对于连续辐射体或接收体,以单位时间内的辐射能,即辐射通量表示。因此,辐射通量



是一个十分重要的辐射度量。例如,许多光源的发射特性;许多辐射接收器的响应值不取决于辐射能的时间积累值,而取决于辐射通量的大小。

$$\Phi = \frac{dQ}{dt}$$

4. 辐射强度(I)

辐射强度定义为在给定传输方向上的单位立体角内光源发出的辐射通量,即

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$$

辐射强度描述了光源辐射的方向特性,且对点光源的辐射强度描述具有更重要的意义。

所谓点光源是相对扩展源而言,即光源发光部分的尺寸比起实际辐射传输距离小得多时,把其近似认为是一个点光源,在辐射传输计算,测量上不会引起明显的误差。点光源向空间辐射球面波。如果在传输介质内没有损失(反射、散射、吸收),那么在给定方向上某一立体角内,不论辐射能传输距离有多远,其辐射通量是不变的。

大多数光源向空间各个方向发出的辐射通量往往是不均匀的,因此辐射强度提供了描述光源在空间某个方向上发射辐射通量大小和分布的可能。图 1-2 是一种钨丝白炽灯的辐射强度分布特性。

5. 辐亮度(L)

辐亮度定义为光源在垂直其辐射传输方向上单位表面积单位立体角内发出的辐射通量,即

$$L = \frac{d^2\Phi}{d\Omega dA \cos\theta} = \frac{dI}{dA \cos\theta}$$

辐亮度在光辐射的传输和测量中具有重要作用,是光源微面元在垂直传输方向辐射强度特性的描述。例如,描述螺旋灯丝白炽灯时,由于描述灯丝每一局部表面(灯丝、灯丝之间的空隙)的发射特性常常是没有实用意义的,而把它作为一个整体,即一个点光源,描述在给定观测方向上的辐射强度;而在描述天空辐射特性时,希望知道其各部分的辐射特性,则用辐亮度可描述天空各部分辐亮度分布的特性。

6. 辐射出射度(M)

辐射出射度定义为离开光源表面单位面元的辐射通量,即

$$M = \frac{d\Phi}{dA}$$

面元所对应的立体角是辐射的整个半球空间。例如,太阳表面的辐射出射度指太阳表面

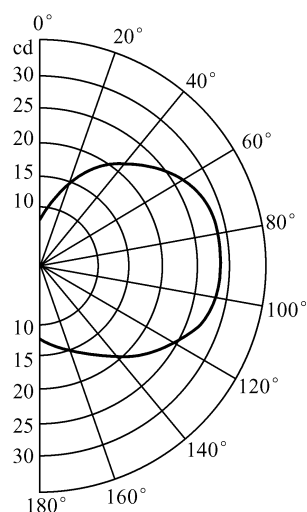


图 1-2 钨丝白炽灯辐射强度的空间分布