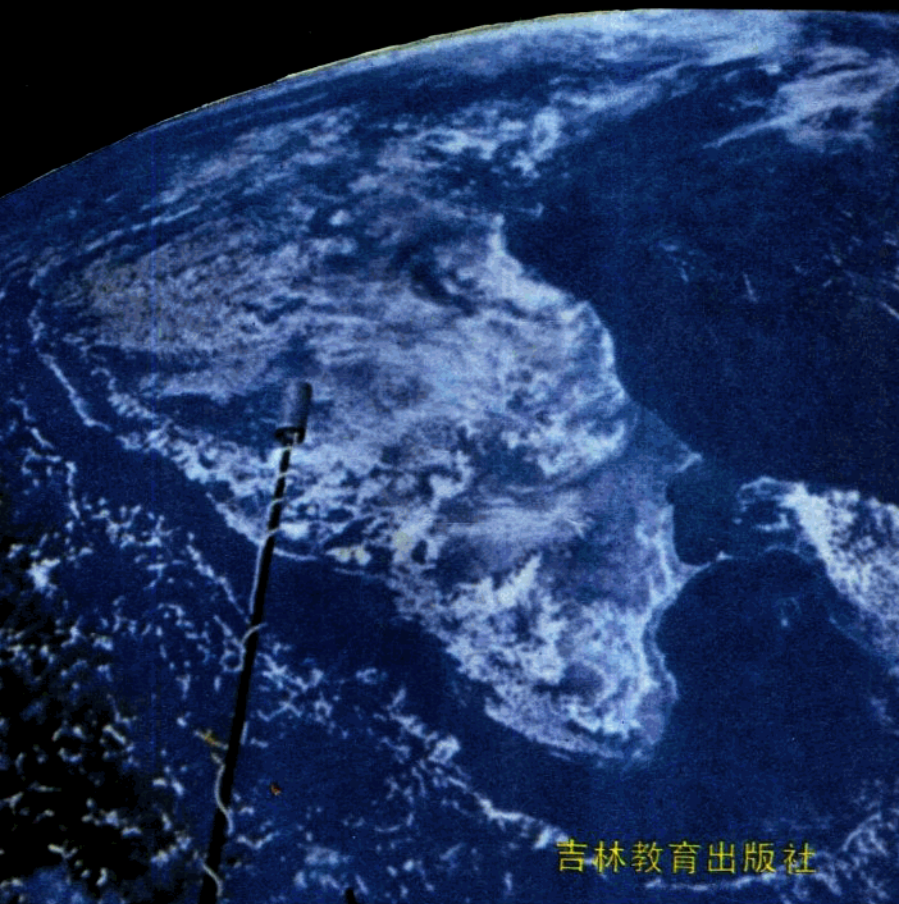


《金字塔》丛书

遥感的魔力

葛碧如 戴昌达 胡德永 编著



吉林教育出版社

献给国际空间年

1992年是国际空间年，这是人类吹响了向空间进军的新的号角，旨在团结、协作，更广泛、更深入地去认识空间，研究、应用空间，使人类尽快地进入新的空间时代。为此，我们中国空间科学学会在国际空间年中国筹委会支持下，聘请了在科普创作和空间研究中有较深造诣的科学家杨兆德、熊延龄、李良、欧阳自远、葛碧如、戴昌达、胡德永等，组织编写了《神秘的空间城》、《恐龙绝灭之谜》、《遥感的魔力》三本科普读物，谨向国际空间年献礼。

这三本科普读物以科学性为依据，融知识性和趣味性为一体，用通俗的语言，以深入浅出的表达形式，向读者展示了茫茫空间中的一斑。当然，这仅仅是无垠苍穹中的三颗小星星，但我们寄希望于通过这三个小光点能给读者以启迪。

中国空间科学学会

1992年8月

前 言

遥意指遥远，感意指感知。一般人认识事物都要近距离看见、摸到、听到、闻到才知其为何物，当科学发展到相当水平时，对某些事物可以在遥远的距离外对其加以认识，这就产生了遥感科学。

当从亚运村约60余米高的楼上向南举目望去，可看到多半个北京城，而坐在飞机上从5 000米高处看地面，于是整个北京城和它的郊区、密云水库、怀柔水库都尽收眼底，要是在地球资源卫星上，从705千米高处看地球，则一眼就可以从北京看到天津和山西去了。古语说“站得高看得远”，这就是遥感科学的一大特点，它的视野辽阔，可以宏观地认识事物，正像一个人站在灶边看锅台，比一只蚂蚁爬在锅盖上上看锅台要明白得多。目前站得最高的有气象卫星，它可从36 000千米高处看全球，使人真正地比神话里的“千里眼”还看得远。

月亮绕地球飞行。人们很久以前就梦寐以求地想到月亮上去看世界，于是编了个神话，送嫦娥飞向月宫，可是却回不来了，她看到了些什么，凡人也不知道。如今，科学发达了，造一个卫星绕地球转，从卫星上看世界，今天看一眼，过几时再绕回原地看一眼，并把所见到的所有细节都精确地用电磁波数字信号准确无误地发回地面，于是那里发生了什

么变化也了如指掌。能快速大范围地进行动态监测也是遥感科学的特点之一。海湾战争时，美国及其多国部队就是靠卫星提供伊拉克军队部署和调动的情报而制定作战计划并取得胜利的。

原子内电子的运动产生电磁波。根据它的波长和频率特性而排成的波谱由 γ 射线到无线电波，人眼可见的只是属于其中可见光波段的物质。科学仪器的进步，能使人们认识一些肉眼看不见的东西。例如，根据红外波段晚上能发现军事目标，在沙漠里能发现石油和地下水。运用遥感技术使人长了“慧眼”，变成了“夜光眼”、“千里眼”。

遥感所收集到的电磁波信息包罗万象，有天上的、地下的、陆上的、海洋的、民用的、军用的、林业的、农业的、地质的、环境的等等，可供各行各业的专家分析使用。他们把从卫星上发回的不同波段的数字信号，经过计算机处理，变成各种专业图像，派生许多用途。本书企图用深入浅出的语言向广大读者介绍这门年仅三十余岁的年青而朝气蓬勃的科学，尤其是向未接触过遥感科学的青少年介绍遥感的神奇魔力，以吸引有兴趣者来探索科学的奥秘，同时向广大接触遥感科学不多的热心读者介绍这门新技术的应用价值和魔力。

遥感科学跨几大科学领域，可以说是高、精、尖现代科学技术的集中代表。它的理论基础是电磁波，属于物理学领域，牵涉到波动学、量子力学等基础理论。它的实现范围是宇宙空间，属空间科学领域，牵涉到大气科学、天文学、空间技术等高科技。它的手段是现代电子技术、光学技术、计算机技术，属高技术科学领域。高深的数学始终活跃在以上

各领域。遥感科学的应用范围已深入到军事、气象、海洋、林业、农业、牧业、渔业、地质、水利、铁路建设、灾害预防、环境保护等方面，属军事科学、地球科学领域。可见遥感科学之出现是整个人类各学科总体水平之提高和相互巧妙协同合作的产物，它代表了人类的智慧、科学的进步，它能为创造人类的美好未来服务。

遥感科学为世界各国科学家所瞩目。美国在这方面的成就一直领先。美国建立了环境卫星系列，在全世界设置了21个陆地卫星地面接收站，航天飞机起飞了，空间实验站建立了。前苏联也发射了一系列地球环境观测卫星，在太空与美国合作进行飞船对接等活动。法国发射斯波特卫星，建立地面接收站和图像处理中心。日本已发射6颗地球观测卫星、3颗气象卫星，有自己的卫星地面接收站和图像处理系统。我国也十分重视空间技术和遥感科学，已发射了数颗卫星，建立了地面站。英国、加拿大、印度、泰国、墨西哥、瑞典等国也大力发展遥感科学，遥感已成为全球性活动。

遥感科学已走过由低级到高级的发展阶段，由最初的地面平台近距离遥感发展到航空遥感。航天遥感处于目前遥感科学的尖端。本书介绍航天遥感，从遥感的原理说起，扼要介绍遥感的技术，着重介绍遥感在各种领域的应用，充分展示其不同于各学科传统方法的一面，以显示出科技进步的魔力。

目 录

●什么是遥感

- 一、遥感和电磁波…………… (1)
- 二、物体对电磁波的作用…………… (5)
- 三、大气对电磁波的作用…………… (8)
- 四、遥感方式及遥感系统…………… (12)

●碧空慧眼

- 一、遥感平台及其发展…………… (17)
- 二、巡天千里眼——遥感器综述…………… (23)

●土地有多少 产量早知道

- 一、土地是最重要的基础资源…………… (36)
- 二、土地资源勘测技术发展的三个阶段…………… (37)
- 三、遥感调查土地资源的基本内容与原理…………… (40)
- 四、作物长势监测与估产…………… (44)

●探测植物病虫害和火灾的“火眼金睛”

- 一、病虫害和火灾是阻碍农林牧业发展的妖魔鬼怪…………… (50)
- 二、遥感探测植物病虫害的基本原理…………… (52)
- 三、航空遥感识别受害植物的成功实例…………… (54)

四、卫星遥感监测松毛虫害的成功试验·····	(56)
五、虫源基地环境要素的遥感分析·····	(60)
六、植物害虫活动行为的遥感监测·····	(61)
七、卫星遥感监测大兴安岭林火全过程·····	(63)
八、林火灾情评估及灾后林木恢复变化分析·····	(68)

●水资源清查和洪涝灾害监测立奇功

一、水域分布与面积调查·····	(70)
二、水域演变的监测与分析·····	(73)
三、地下水的遥感研究·····	(81)
四、洪涝灾情的实时监测与评估·····	(83)

●直观、多样的卫星图

一、新型的影像图·····	(89)
二、计算机使影像图变幻无穷·····	(90)
三、内容广泛的专题图·····	(91)
四、卫星测距·····	(95)

●遥知地下宝藏

一、岩石的影像·····	(98)
二、卫星发现的地壳结构·····	(100)
三、巧用电磁波谱特性·····	(105)

●热红外遥感探秘

一、物质的热特性·····	(113)
---------------	---------

二、热红外图像·····	(114)
三、找地热能源·····	(116)
四、探隐伏构造·····	(117)
五、查城市热岛·····	(119)
六、测煤田自燃·····	(120)
七、遥感海面温度·····	(120)
八、规划管理火电厂·····	(121)
九、监测森林和草原火灾·····	(122)

●卫星监测大气和海洋

一、天气变幻可遥测·····	(123)
二、卫星测海面·····	(129)

●遥感在工程建设中当尖兵

一、铁路建设的尖兵·····	(133)
二、遥感帮助选新港·····	(136)
三、核电站稳定吗·····	(138)

●海湾战争中的遥感技术

一、遥感在现代战争中的作用·····	(139)
二、严密的侦察卫星网·····	(140)
三、快速预警系统·····	(145)
四、自动、精确搜索攻击目标的新武器·····	(148)

● 什么是遥感

在我国的民间，有很多美丽的神话故事和神话人物，其中，家喻户晓而又最受人们喜爱的是猴王孙悟空。“西游记”中写道，孙悟空出世时，目运金光，惊动了天上的玉皇大帝，于是玉帝派了千里眼、顺风耳两人出外查看。这两人站在高空施展神通，很快就探明了花果山上发生的事情。这个故事说明了千里眼、顺风耳两人的神通广大，他们用自己的眼睛和耳朵可以“看见”和“听见”很远很远的地方所发生的事情。这种“神通”到今天已变成了现实。用科学的语言讲，“顺风耳”叫做“遥测”，而“千里眼”则叫做“遥感”。

“西游记”上的这位千里眼，可算是中国的第一位“遥感专家”了。

通过这个故事，我们已基本上明白了遥感的含义，所谓“遥感”，就是从天上远距离地观测地球表面上的各种事物。然而，地球表面上的事物是非常复杂的：有巍峨的群山，蜿蜒的河流，地下埋藏着丰富的矿藏，地上肥沃的土地上生长着各种农作物，还有茂密的森林、美丽的城市和村庄等这些复杂的、千变万化的事物。“遥感”是怎样观察和认识它们的呢？这就是本章所要介绍的内容。

一、遥感和电磁波

在一个平静的湖面上，我们扔进一块小石头，这时，会

看到在石头落水的地方，产生一圈又一圈的水纹逐渐由中心向外扩散，在物理学中，把这种水纹叫做波。同时，在石头落水时，我们还能听到“扑通”的声音，这种声音也是一种波。这种波通过空气传到我们的耳中，叫做声波。

在物理学中，我们学习过电磁振荡，由电磁振荡产生的波，叫做电磁波。无线电广播、电视广播、通讯及控制很远的地方的火箭和卫星的飞行信号，都是要通过电磁波来传播的，这都是人们早已知道的知识。

电磁波的类型很多，无线电广播用的是无线电波，电视和雷达用的是微波，医院透视用的x光机用的是x射线，人眼能看到的太阳光、灯光是可见光波，还有人眼看不见的紫外线、红外线等等。不同的辐射源产生的电磁波是不同的，如果把电磁波按波长大小排列画成图表，就可以看清电磁波这个家族的全貌了。把这个表称之为“电磁波谱”(图1)。与遥感有关

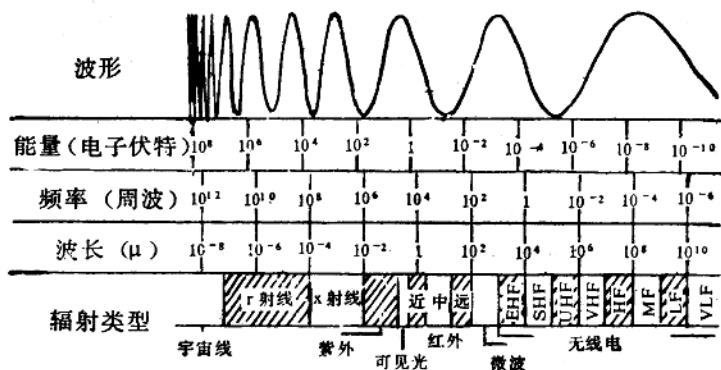


图1 电磁波谱

的只是这个家族中的一小部分，即从紫外到微波这一范围。
把这一范围再分得细一些，那就是：

紫外线波段：0.28微米~0.38微米

可见光波段：0.38微米~0.76微米

其中 紫色光：0.38微米~0.43微米

蓝色光：0.43微米~0.47微米

青色光：0.47微米~0.50微米

绿色光：0.50微米~0.56微米

黄色光：0.56微米~0.59微米

橙色光：0.59微米~0.62微米

红色光：0.62微米~0.76微米

红外线波段：0.76微米~1 000微米（1毫米）

其中：近红外波段：0.76微米~3.0微米

中红外波段：3.0微米~7.0微米

远红外波段：7.0微米~15.0微米

超远红外波段：15.0微米~1毫米

微波波段：1.0毫米~1米

其中：毫米波：1毫米~10毫米（1厘米）

厘米波：1厘米~10厘米

分米波：10厘米~1米

太阳是一个表面温度约6 000K的巨大的炽热发光体，有着极其巨大的能量。因此，它是一个极其强大的电磁波辐射源。地球虽然只能接收到太阳辐射能量的极少极少的一点点（二十二亿分之一），但已经是照射到地球表面的最强大的电磁波了。图2表示太阳辐射的能量分布。

光谱辐照度 (瓦/米²微米)

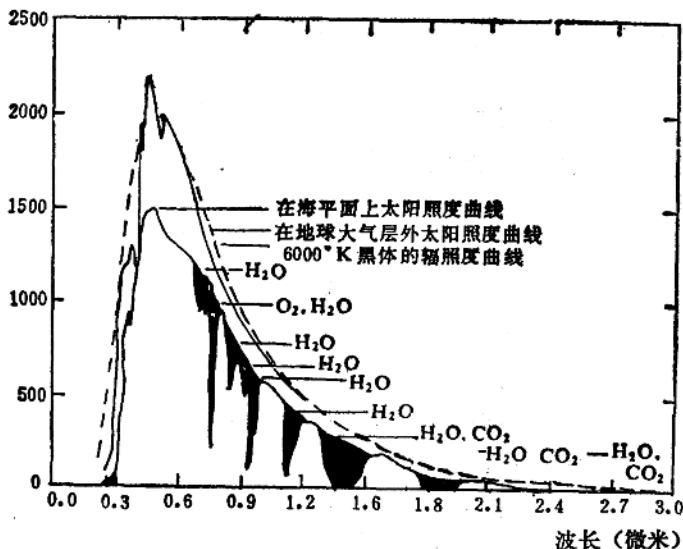


图2 在地球上太阳的光谱辐照度分布

利用地球上的各种物体对太阳辐射(可见光到近红外范围)的吸收特性和反射特性的差异来探测物体的属性,这就是当前遥感的最重要组成部分——光学遥感。

图2中,太阳电磁辐射的能量分布表明太阳辐射的能量主要集中在可见光到近红外范围,从远红外到微波这样一个宽的波段范围,太阳照射到地球上的能量已很弱了,在远红外范围,即波长8~12微米区域,遥感所探测到的是物体本身辐射的电磁波,也就是物体本身的温度信息。对物体温度信息的遥感,是光学遥感的组成部分。

除光学遥感外,遥感的另一个重要的组成部分是微波遥

感。在微波区域，太阳的辐射能量非常微弱。人们从实践中认识到，可以制造一个人工的微波辐射源——雷达，利用这个辐射源来照射物体，从不同物体对微波辐射的选择性反射（散射）来探测物体的属性，称为主动式微波遥感。

二、物体对电磁波的作用

今天，人们已不难理解物体为什么会有颜色了。物理学中的知识说明，白色的光线是由红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等众多颜色的光组成，当一个物体仅反射红光而对其他颜色的光都吸收时，我们看到的这个物体是红色的，当它对所有光都吸收时，物体就显示为黑色，反之，如果它反射所有颜色的光，则物体显示为白色，不同的物体会显示不同的颜色，自然界的这一奇妙特性，使我们生活的环境变得绚丽多彩。

自然界的这种特性，是仅存在于可见光范围，还是也存在于电磁波谱的其他范围呢？科学家为揭开这一秘密，开始在更宽的波段范围研究物体对电磁波的反射、吸收特性。

这种研究开始于第二次世界大战期间。那时航空技术的发展已使交战双方都能广泛地进行空中侦察，以了解敌人的兵力和武器的部署，帮助分析敌人的意图并确定自己的作战方案。但是，战争的实践使交战双方都懂得如何对自己的兵力和武器进行伪装：给大炮披上了绿色的伪装网、军车上插了绿色的树枝、士兵穿着草绿色的军装。这样，在飞机上看来，地面上是丛丛树林，片片草地，真假难辨。于是战争的

需要提出了对伪装和反伪装的研究，这就是研究不同伪装品对电磁波谱的反射特性。这一研究有了一个重要的发现：这些人眼和一般彩色摄影都确认为是绿色的伪装物品，在波长0.50微米到0.56微米的绿色范围，都有较强的反射，但是，自0.68微米以后，差异表现出来了，绿色的布、漆等物质，反射率较低，而活着的（或新鲜的）树叶、草和农作物的绿叶，反射率发生跳跃式的突变，变为很高的反射率，而那些较为陈旧或者枯干的枝叶，其反射率也较低（如图3）。问题清楚了，人们研制出对红外光线敏感的黑白红外胶片和彩色红外胶片，用这种胶片进行航空侦察摄影，伪装现出了原形：活着的、生长良好的植物，在彩色红外摄影胶片上变成了红色。绿色的伪装布变成了蓝色，那些插在汽车上的死了的树的枝叶则变成了桔黄色，这种彩色照片称为假彩色照片。

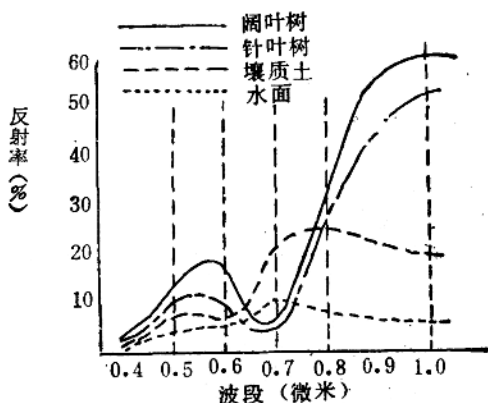


图3 几种物体的光谱反射特性

不同物体对电磁波谱的反射（或辐射）特性不同，用波

长和反射率表征的这种曲线称为物体的光谱特性（或波谱特性）曲线。

物体的光谱特性（或波谱特性）研究，是遥感的重要的基础研究。广泛地测量和分析各种物体反射（或辐射）电磁波的差异性，就能够合理地选择遥感手段并从所得到的遥感图像中正确地发现它们和识别它们。

测量物体的光谱特性，是用一种称之为“光谱辐射计”的仪器。物体反射的太阳光经过光谱辐射计镜头及内部的分光系统，把太阳光按一定宽度的波长区间分割开来，顺序地被光电器件接收并转换成电信号而被记录下来（书前彩图1）。计算出各个波长区间的反射率值，画出曲线就是物体的光谱

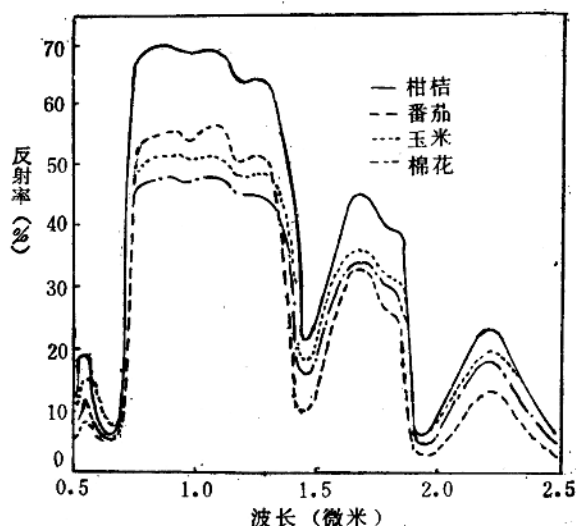


图4 柑桔、番茄、玉米、棉花的光谱反射特性曲线

特性曲线。图4为依据这种野外测量到的几种不同作物的光谱特性曲线。

光谱辐射计有很多种类型，最新型的可以测量波长宽度为几个毫微米（1毫微米等于十亿分之一米）的辐射信号，可以在一个很宽的光谱范围内同时测量出数百个数据并可靠地记录下来。这样，不同的物体光谱特性的细微差别也可以被发现。这种信息具有重要的应用价值。

三、大气对电磁波的作用

在地球周围，包围着一层由很多看不见的气体组成的气体圈，叫做大气圈。大气圈主要是由氮和氧组成的，它们占大气总量的99%。其他还有水蒸气、二氧化碳、臭氧等。

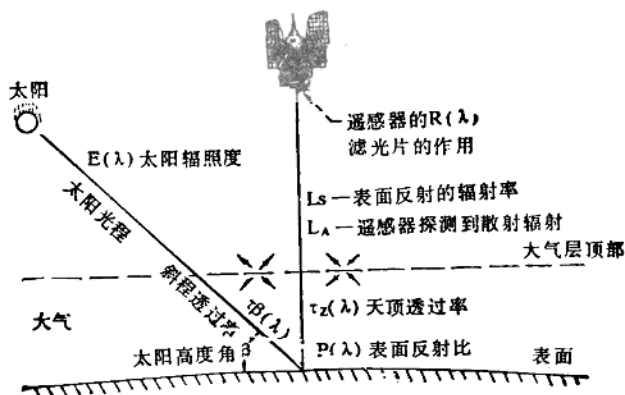


图5 大气对卫星遥感的影响

地球表面上如果没有大气，一切生物都将不复存在。因此，大气是保证地球上一切生物生存的基本物质。但对遥感来说，它就成为不受欢迎的了，图5是卫星遥感的示意图，它表明了大气对遥感的作用。

大气对电磁波的作用，主要表现为对电磁波的选择性吸收和散射。水汽、二氧化碳、臭氧等对电磁波将产生吸收作用；而云、雾、雨滴、尘埃、冰粒等将会对电磁波产生反射（散射）。

水汽、二氧化碳、臭氧对电磁波的吸收是选择性吸收，因而使大气在不同的波段对电磁波的衰减程度不同，即电磁波在某些波段能较好地透过，在另一些波段透过就很困难，有一些波段乃至完全不能透过，能较好透过大气的电磁波段叫做大气窗口（如图6）。

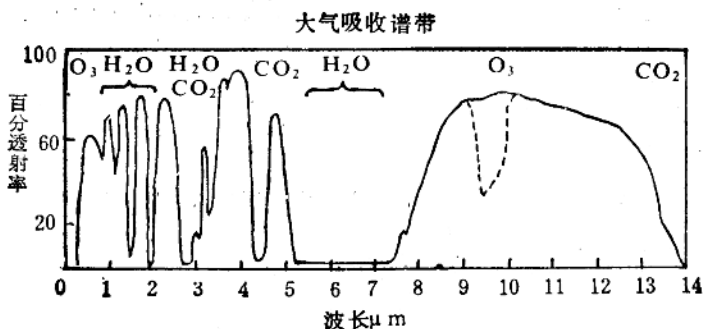


图6 大气窗口分布

大气对电磁波的散射作用，其实质是电磁波穿过大气，