



第一章 遥感空间大数据绪论

张 杰

中国农业大学信息与电气工程学院
数据科学与工程系



jiezhang@cau.edu.cn

东区信电楼749室

课程内容

第一章 遥感空间大数据绪论

第二章 遥感数据图像处理

第三章 遥感信息智能提取及应用

实验1 遥感大数据综合实验

第四章 GIS空间大数据绪论

第五章 空间数据的获取与处理

第六章 空间数据分析及应用

实验2 GIS空间数据综合实验

本章提纲

第一节 电磁波谱及遥感物理基础

第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

第三节 地物反射光谱/地物波谱特征

第四节 颜色性质和色光的混合

第五节 真彩色与假彩色影像

第一节 电磁波及遥感物理基础

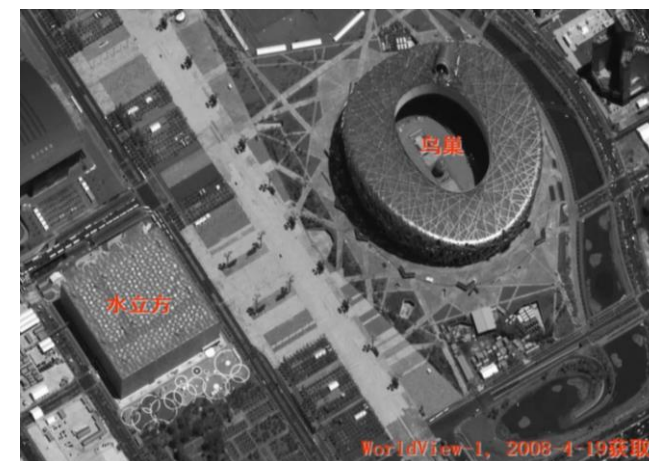
- **遥感 Remote Sensing:**

遥远的感知，是在**不直接接触**的情况下，对**目标或自然现象**远距离探测和感知的一门**空间探测技术**。

具体指在**高空和外层空间**的各种平台上，运用各种**传感器**获取反映**地表特征**的各种数据，通过传输、变换和处理，提取有用信息，实现研究地物空间形状、位置、性质、变化及其与环境的相互关系。

1858年世界上第一张航空像片；1956年第一颗地球卫星发射成功。

遥感系统采集影像数据+遥感数据分析和处理+遥感应用研究



第一节 电磁波及遥感物理基础

遥感分类：

(一) 按遥感对象分：

- (1) 宇宙遥感：探测对象是宇宙中的天体和其他物质。
- (2) 地球遥感：探测对象是地球和其他的事物。

(二) 按遥感平台分：

- (1) 航天遥感：平台处于海拔高度大于80km的空中，如火箭、人造卫星、宇宙飞船、航天飞机等。
- (2) 航空遥感：平台处于海拔高度小于80km的空中，如飞机、气球等。
- (3) 地面遥感：平台处于地面。如三脚架、遥感车、塔、船等。

第一节 电磁波及遥感物理基础

(三) 按传播媒介分：

- (1) 电磁波遥感：以可见光、红外、微波、紫外线较为常见（利用不同的工作波段）。
- (2) 声波遥感：适于探测海水和海底情况，一般用超声波。
- (3) 力场遥感：重力场、磁力场、电力场等，适用于物理探矿。
- (4) 地震波遥感：探测地层构造和探矿。

(四) 按传感器工作方式分：

- (1) **被动遥感**：传感器本身不发射任何人工探测信号，只能被动地接受来自对象的信息。
- (2) **主动遥感**：传感器本身带有电磁波的辐射源，工作时向目标发射信号，接收目标物反射这种辐射波的强度。如使用闪光灯的摄影和侧视雷达。

(五) 按应用领域分等

第一节 电磁波及遥感物理基础

遥感技术是建立在物体电磁波辐射理论基础上的。由于不同物体具有各自的电磁波反射或辐射特性，才可能应用遥感技术探测和研究远距离的物体。**理解并掌握地物的电磁波发射、反射、散射特性，电磁波的传输特性，大气层对电磁波传播的影响是正确解译遥感数据的基础。**

第一节 电磁波及遥感物理基础

遥感之所以能够根据收集到的电磁波判断地物目标和自然现象，因为一切物体，具有完全不同的电磁波的反射或发射辐射特征。因此，遥感技术是建立在物体反射或发射电磁波的原理之上的。

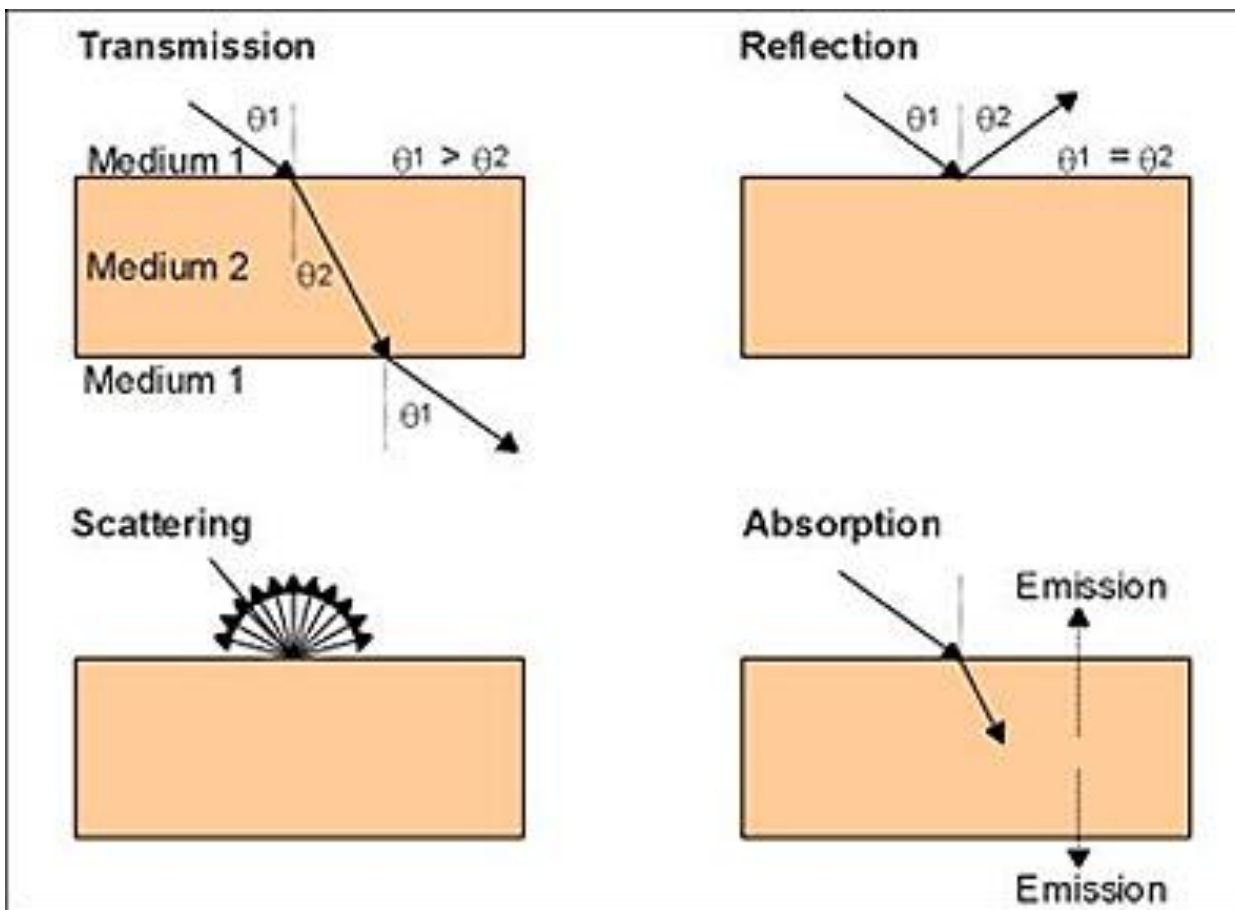
电磁波

- 波：是振动在空间的传播。如声波、水波、地震波等。
- 机械波：振动的是弹性媒质中质点的位移矢量。
- 电磁波：电场矢量和磁场矢量在空间的传播。1887年由赫兹试验证实。
- **电磁波是交互变化的电磁振动在空间的传播。**当电磁振荡进入空间时，变化的磁场激发了变化了的电场，使电磁振荡在空间传播，形成电磁波。电磁波也称电磁辐射。
- 电磁波是横波，波的振动方向与波的传播方向垂直，传播速度为 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ，不需要媒质也能传播，与物质发生作用时会有反射、吸收、透射、散射等，并遵循同一规律。

第一节 电磁波及遥感物理基础

电磁波与电磁波的传输特性

Transmittance, Absorptance, and Reflectance

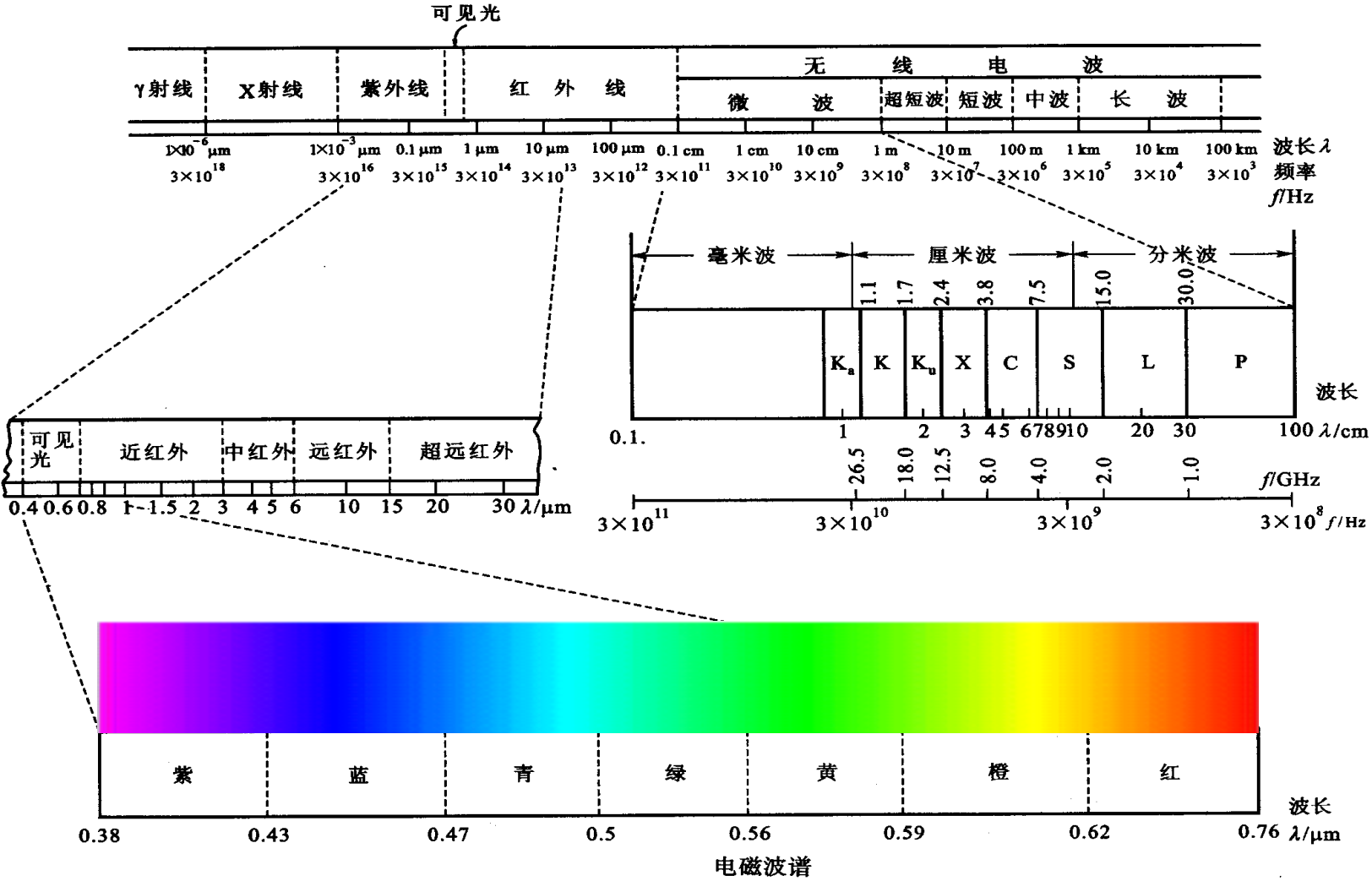


More commonly the **nature** of the object's surface (owing to microscopic roughness) causes light/beam of photons to be scattered in all directions.

第一节 电磁波及遥感物理基础

电磁波谱

定义：按照电磁波的波长（频率的大小）长短，依次排列成的图表，称为电磁波谱。



第一节 电磁波及遥感物理基础

- 波长范围不同的电磁波具有不同的特点。电磁波谱的划分主要是根据不同波长电磁波的特性来进行的。
- 遥感应用的光谱范围

名称		波长范围		
紫外线		0.001—0.38μm		紫 0.38—0.43μm
可见光		0.38—0.76μm		蓝 0.43—0.47μm
红外线	近红外	0.76—3.0μm		青 0.47—0.50μm
	中红外	3—6μm		绿 0.50—0.56μm
	远红外	6—15μm		黄 0.56—0.59μm
	超远红外	15—1000μm		橙 0.59—0.62μm
微波	毫米波	1—10mm		红 0.62—0.76μm
	厘米波	1—10cm		
	分米波	10cm—1m		

第一节 电磁波及遥感物理基础

紫外线

- 波长 $0.01 \sim 0.38 \mu\text{m}$ 。
- 波长小于 $0.28 \mu\text{m}$ 的紫外线，被臭氧层及其它成份吸收。
- 只有波长 $0.28 \sim 0.38 \mu\text{m}$ 的紫外线，能部分穿过大气层，但散射严重，只有部分投射到地面，并使感光材料所感应，可作为遥感工作波段，称为**摄影紫外**。现已开始用于**监测气体污染及水体的油污染**。

第一节 电磁波及遥感物理基础

可见光

- 波长 $0.38\sim 0.76\ \mu\text{m}$
- 是人眼可见, 可以用棱镜分解为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种色光;
- 在太阳辐射能中所占比例高;
- 能透过大气层;
- 而地面物体对七色光多具有其特征的反射和吸收特性,故信息量最大;
- 可用摄影、扫描等各种方式成像, **是遥感最常用的波段。**
- **可见光波段的遥感技术最成熟**, 但仍然有很大潜力。当前分辨能力最好的遥感资料, 仍然是在可见光波段内。

第一节 电磁波及遥感物理基础

红外线

- 波长 $0.76 — 1000(\mu\text{m})$ 。可分为**近红外** ($0.76 — 3 \mu\text{m}$) , **中红外** ($3 — 6 \mu\text{m}$) , **远红外** ($6 — 15 \mu\text{m}$) , **超远红外** ($15 — 1000 \mu\text{m}$) 波段
- **近红外**波段是地表层反射太阳的红外辐射, 故又称**反射红外**。
- 其中靠近可见光红光的 $0.76 — 1.3$ 波段 μm 可使胶片感光, 故又称**摄影红外**。
- 而**中远红外**是地表物体发射的红外线, 故称**热红外**。热红外只能用扫描方式, 经过光电信号的转换才能成象。
- 红外是一个很有发展潜力的遥感波段。

第一节 电磁波及遥感物理基础

微波

- 波长1mm—1m。是一个很宽的波段。可分为毫米波（1—10毫米）、厘米波（1—10cm）和分米波（1—10分米）。
- **微波的特点是能穿透云雾和一定厚度的植被、冰层和土壤，可获得其它波段无法获得的信息；**
- **具有全天候的工作能力；**
- **可以主动和被动方式成像。**
- **因此在遥感技术上是很有潜力的一个波段。**

第一节 电磁波及遥感物理基础

电磁波与电磁波的传输特性

电磁波谱 波段划分并不是唯一的

- 紫外线：波长范围为 $0.01 \sim 0.38 \mu\text{m}$ ，太阳光谱中，只有 $0.3 \sim 0.38 \mu\text{m}$ 波长的光到达地面，对油污染敏感，但探测高度在2000 m以下。
- 可见光：波长范围： $0.38 \sim 0.76 \mu\text{m}$ ，人眼对可见光有敏锐的感觉，是遥感技术应用中的重要波段。
- 红外线：波长范围为 $0.76 \sim 1000 \mu\text{m}$ ，根据性质分为近红外、中红外、远红外和超远红外。
- 微波：波长范围为 $1 \text{ mm} \sim 1 \text{ m}$ ，**穿透性好，不受云雾的影响。**

可见光：蓝色大约为 $0.4 \sim 0.5 \mu\text{m}$ ，绿色为 $0.5 \sim 0.6 \mu\text{m}$ ，红色为 $0.6 \sim 0.7 \mu\text{m}$

近红外： $0.76 \sim 3.0 \mu\text{m}$ ，与可见光相似。

中红外： $3.0 \sim 6.0 \mu\text{m}$ ，地面“常”温下的辐射波长，有热感，又叫热红外。

远红外： $6.0 \sim 15.0 \mu\text{m}$ ，地面常温下的辐射波长，有热感，又叫热红外。

超远红外： $15.0 \sim 1\,000 \mu\text{m}$ ，多被大气吸收，遥感探测器一般无法探测。

第一节 电磁波及遥感物理基础

- **电磁辐射：**

辐射源：能够向外辐射电磁波的物体。任何物体都能够吸收其他物体对它的辐射，也能向外辐射电磁波。

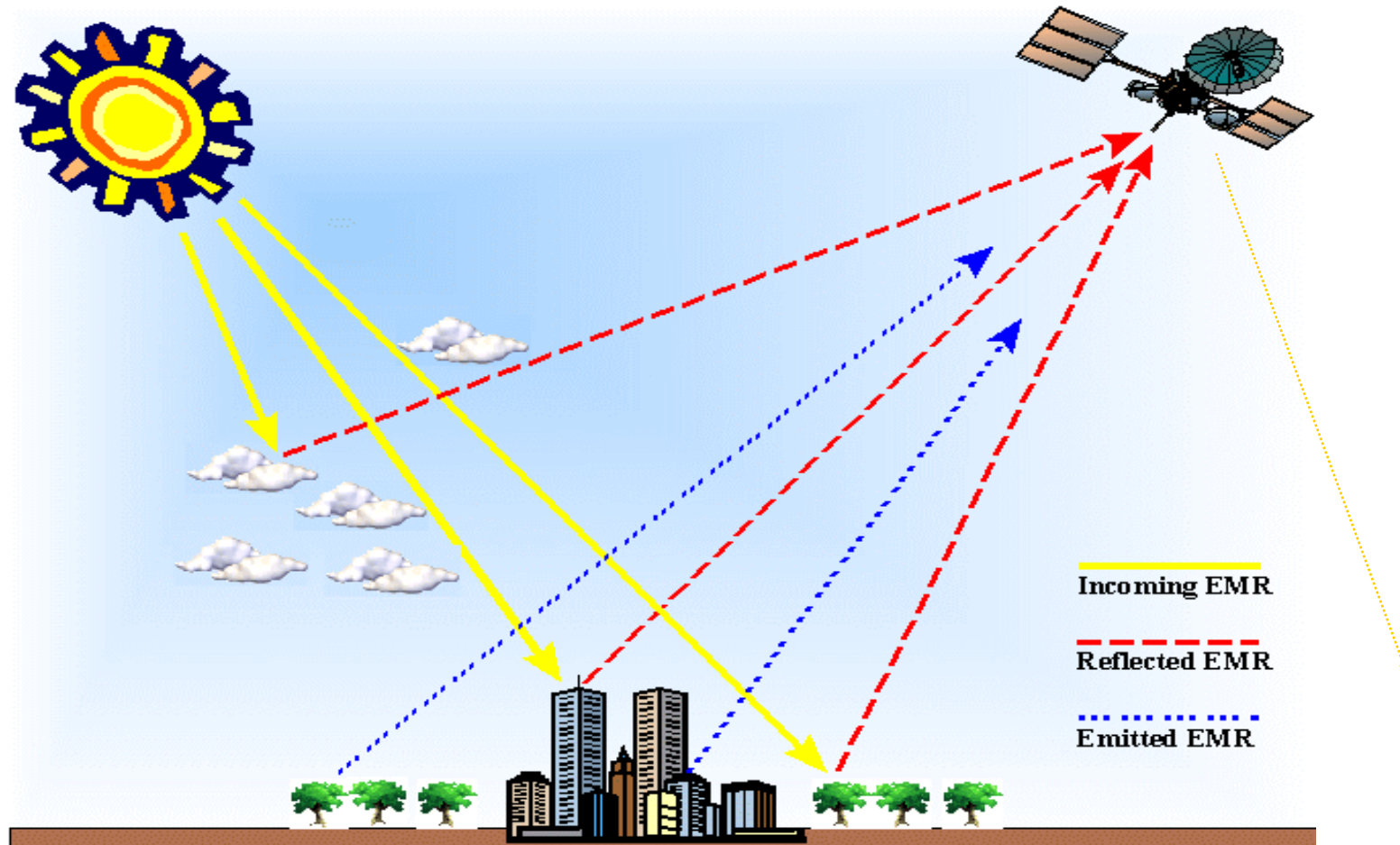
自然辐射源：

太阳辐射：可见光及近红外遥感的重要辐射源

地球电磁辐射：远红外遥感的重要辐射源

人工辐射源：人为发射，如微波雷达辐射源，激光雷达辐射源等

第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响



EMR: Electromagnetic radiation 电磁辐射

第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

大气分层和组成

km			(通讯卫星气象卫星 36 000 km)
35 000	外大气层	质子层	H ⁺
		氦层	He ⁺⁺
1 000	电离层	散逸层	600~800 ℃ (资源卫星、气象卫星 800~900 km)
400		热层	F 电离层 230℃ 10 ⁴ 电子/cm ³
300			10 ¹⁰ 分子/cm ³ (航天飞机 200~250 km, 侦察卫星 150~200 km)
110			E 电离层 10 ⁸ 电子/cm ³
100		中间层	1.3 × 10 ¹⁴ 分子/cm ³
80	平流层	冷层	D 电离层 -55~-75℃ 10 ¹² 分子/cm ³
35		暖层	70~100℃ 4 × 10 ¹⁶ 分子/cm ³ (气球)
30			O ₃ 层 4 × 10 ¹⁷ 分子/cm ³
25		同温层	-55℃ 1.8 × 10 ¹⁸ 分子/cm ³ (气球、喷气式飞机)
12	对流层	上层	-55℃ 8.6 × 10 ¹⁸ 分子/cm ³
6		中层	(飞机)
2		下层	5~10℃ 2.7 × 10 ¹⁹ 分子/cm ³ (一般飞机、气球)

第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

大气分层和组成

大气厚度约为1000km, 从地面到大气上界, 可垂直分为4层:

- **对流层**: 高度在7 ~ 12 km, 温度随高度而降低, 空气明显垂直对流, 天气变化频繁, 航空遥感主要在该层内。上界随纬度和季节而变化。
- **平流层**: 高度在12 ~ 50 km, 没有对流和天气现象。底部为同温层 (航空遥感活动层), 同温层以上为暖层, 温度由于臭氧层对紫外线的强吸收而逐渐升高。
- **电离层**: 高度在50 ~ 1 000 km, 大气中的 O_2 、 N_2 受紫外线照射而电离, 对遥感波段是透明的, 是陆地卫星活动空间。
- **大气外层**: 800 ~ 35 000 km, 空气极稀薄, 对卫星基本上没有影响。

第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

大气分层和组成

- 大气是由多种气体及气溶胶所组成的混合物。
- 气体： N_2 ， O_2 ， H_2O ， CO_2 ， CO ， CH_4 ， O_3 。
- 气溶胶：悬浮在气体介质中的固态或液态颗粒所组成的气态分散系统，气溶胶颗粒大小通常在 $0.01 \sim 10 \mu m$ 之间。
- 大气的成分可分为常定成分（ N_2 ， O_2 ， CO_2 等）与可变成分两个部分（水汽，气溶胶）。

第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

大气分层和组成

气 体		体积混合比 ($\times 10^{-2}$)	分子半径 (\AA)
氮	N_2	78.09	0.70*
氧	O_2	20.95	0.66*
氩	Ar	0.93	1.54
二氧化碳	CO_2	0.03	1.15
氖	Ne	1.8×10^{-3}	1.12
氦	He	5.2×10^{-4}	0.93
甲烷	CH_4	2×10^{-4}	
氪	Kr	10^{-4}	1.69
氢	H_2	5×10^{-5}	0.32*
氧化二氮	N_2O	5×10^{-5}	
氙	Xe	8×10^{-6}	1.90
臭氧	O_3	10^{-6}	
水蒸气	H_2O	$\begin{cases} 10 & (\text{对流层}) \\ 10^{-4} & (\text{平流层}) \end{cases}$	
二氧化硫	SO_2	10^{-4}	

第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

大气分层和组成

不变成份	{	N ₂	78.084%
		O ₂	20.946%
		CO ₂ 、A ₅ 及其它稀有气体 1%±	
可变成份	{	水（气态）	(H ₂ O)
		水（液态、固态）	(H ₂ O)
		臭氧	O ₃
		尘埃、工业污染	盐粒、陆地尘埃、碳粒、氨气、 一氧化碳、硫化氢、氧化硫等。

第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

大气分层和组成

悬浮微粒径

冰晶、盐晶	半径 $0.1-1\mu m$
水分子	半径约 $2.8\mu m$
雾滴	半径约 $0.5-80\mu m$
雨滴	半径约 $100-1000\mu m$
烟尘	半径约 $0.1-100\mu m$ 近地面稍大

气溶胶：大气中悬浮的大量固态和液态微粒，包括灰尘、烟尘、盐晶、水晶和水滴等，直径为 $0.01-30\mu m$ ，统称为气溶胶。

第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

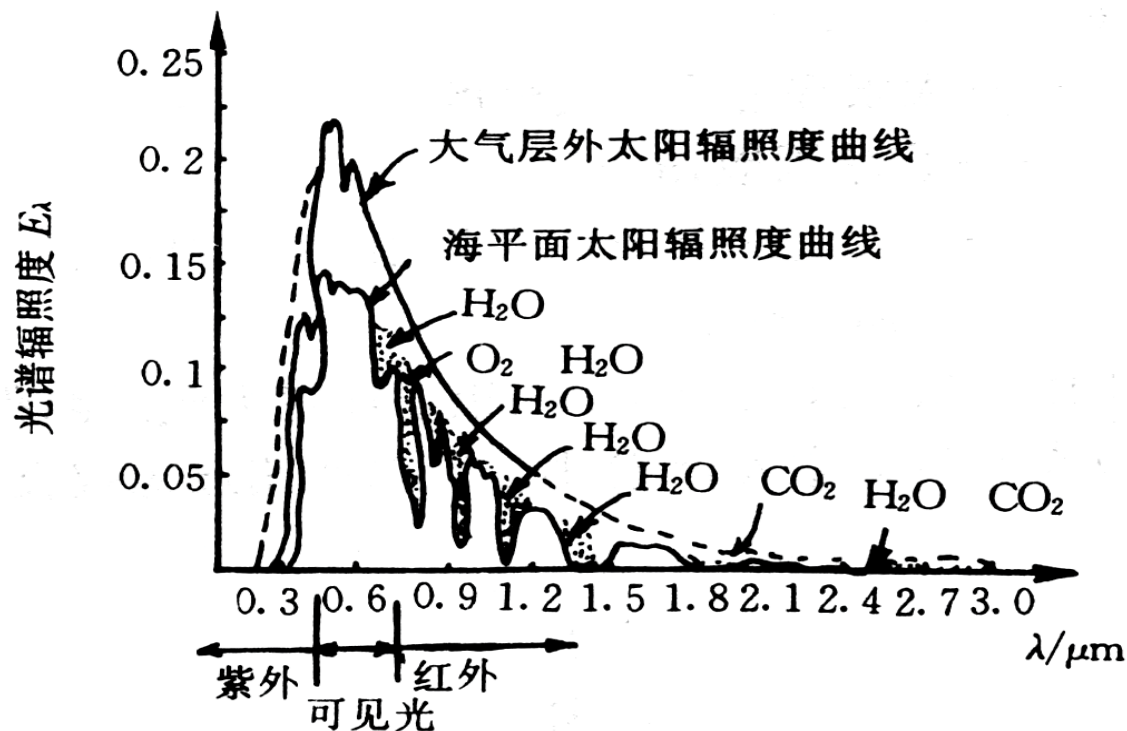
大气反射

主要是大气中的云层，大的尘埃。云量越多、云层越厚，反射越强。对地球温度有调节作用。

大气对太阳辐射的衰减总体规律

大气吸收15%， 散射和反射42%，
其余43% 太阳辐射到达地面。

又一说：大气吸收17%， 散射22%，
反射30%， 其余31% 太阳辐射到达地面。



第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

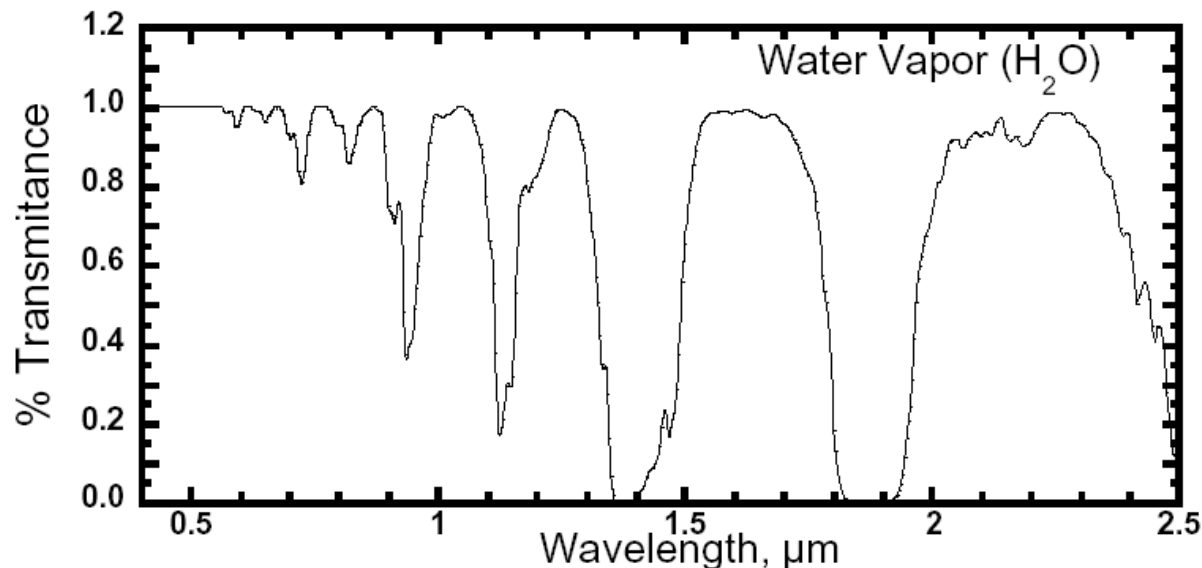
大气吸收

大气吸收电磁辐射的主要物质是：水、二氧化碳和臭氧。

- 水：分为气态水和液态水

水汽吸收电磁辐射的波段范围较宽，从可见光、红外直至微波，都有水汽的吸收带。

液态水的吸收更强，主要在长波方向。

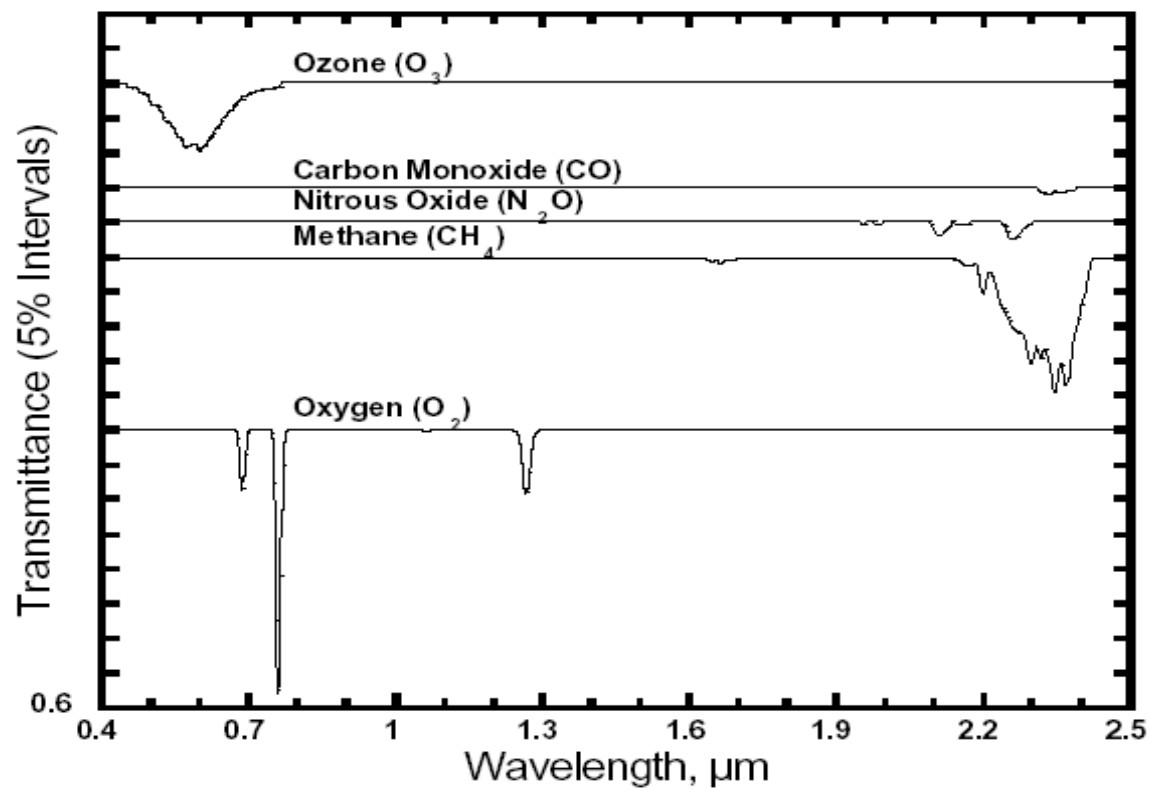


Transmission spectrum of water vapor for typical atmospheric conditions.

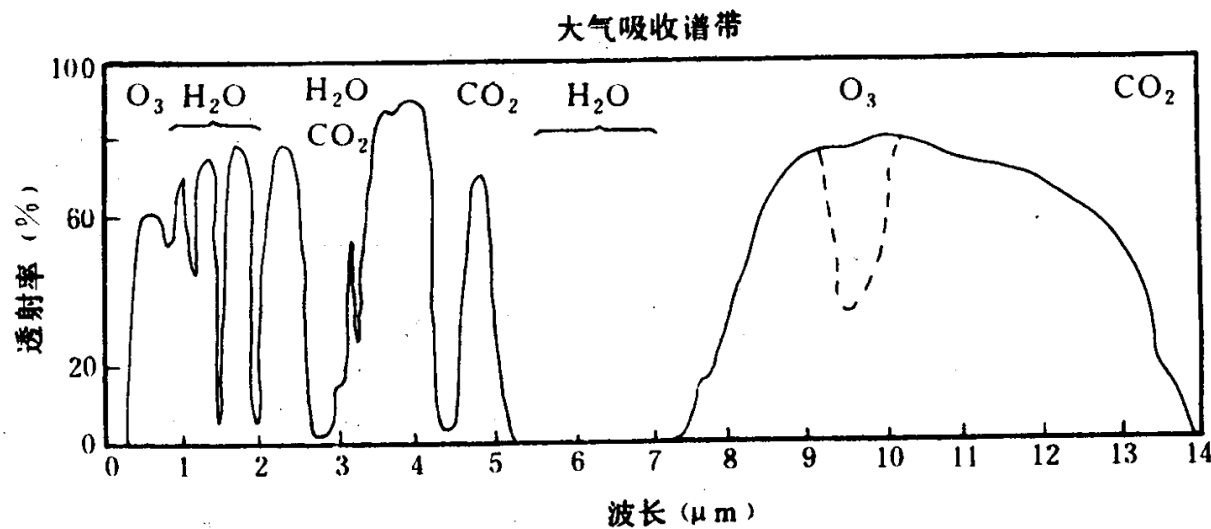
第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

大气吸收电磁辐射的主要物质是：水、二氧化碳和臭氧。

- 臭氧 紫外线
- 其它吸收电磁波的物质 氧气主要吸收波长小于 $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 的，尘埃吸收作用很少。



Transmission spectrum of various gases for a typical atmospheric conditions.



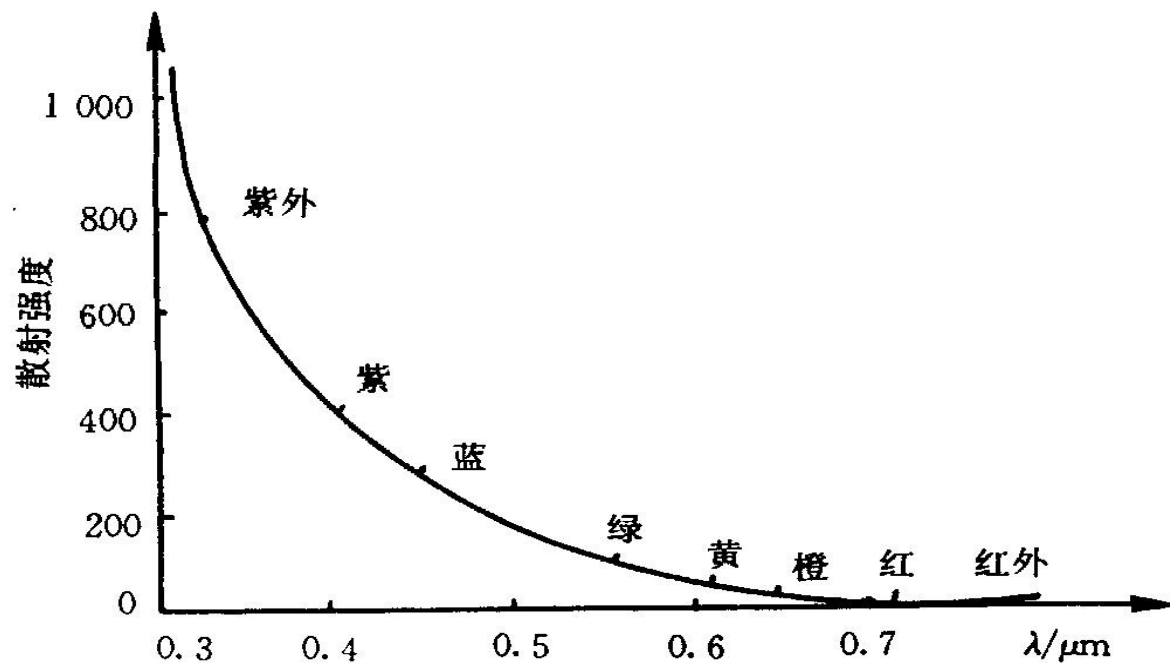
第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

大气散射类型

太阳辐射通过大气层时，受到大气中气体分子的散射和大气中固体、微粒、液体的散射。

散射：电磁波与物质相互作用后电磁波偏离原来的传播方向的一种现象。

- ❖ 大气的散射是太阳辐射衰减的主要原因。
- ❖ 对遥感图像来说，降低了传感器接收数据的质量，造成图像模糊不清。



第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

- 散射的性质和强度取决于微粒的半径 r 与电磁波长 λ 两者之间的关系
引入比例因子 x :

$$x=2\pi r/\lambda$$

式中: r —微粒半径; λ —电磁波的长

- **x 称散射尺度参数, 其值大小决定了散射的性质:**

$X < 0.1$ 瑞利散射

$0.1 < X < 3$ 米氏散射

$X > 3$ 无选择散射

第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

大气散射

瑞利散射 (Rayleigh Scattering)

质点的直径 $d \ll \lambda$ (电磁波波长) 时, 一般认为 ($d < \lambda/10$)

$$I_{\lambda} \propto \frac{1}{\lambda^4}$$

大气中的气体分子, 晴朗的天空为蓝色。

第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

大气散射

瑞利散射 (Rayleigh Scattering)

瑞利散射（也称分子散射）的条件是介质中的不均匀颗粒的直径 a 远小于入射电磁波波长，散射强度与波长的四次方成反比。

不均匀颗粒的直径

小于十分之一

入射波长

瑞利散射

空气质量好的时候

第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

大气散射

米氏散射 (Mie Scattering)

质点直径和电磁波波长差不多时 ($d \approx \lambda$)

$$I_{\lambda} \propto \frac{1}{\lambda^2}$$

主要是大其中的气溶胶引起的散射。云、雾等的悬浮粒子的直径和0.76 – 15 μm 之间的红外线波长差不多，需要注意。

第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

大气散射

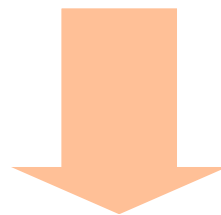
米氏散射 (Mie Scattering)

米氏散射：大气中的气溶胶颗粒，云滴，雨云滴等的直径与入射光的波长相似或大于入射光的波长时发生的散射。

不均匀颗粒的直径

同数量级

入射波长



米氏散射

较少的时候

第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

大气散射

非选择性散射 (Nonselective-scattering)

当质点直径大于电磁波波长时 ($d \gg \lambda$)，散射率与波长没有关系，任何波长的散射强度相同。

人看到的云和雾是白色的，就是非选择性散射的结果。

第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

大气散射

均匀散射：

均匀散射：大气粒子的直径比波长大得多时发生的散射，散射强度与波长无关，在符合无选择散射的条件波段中，任何波长的散射强度相同。

不均匀颗粒的直径

\gg

入射波长

均匀散射

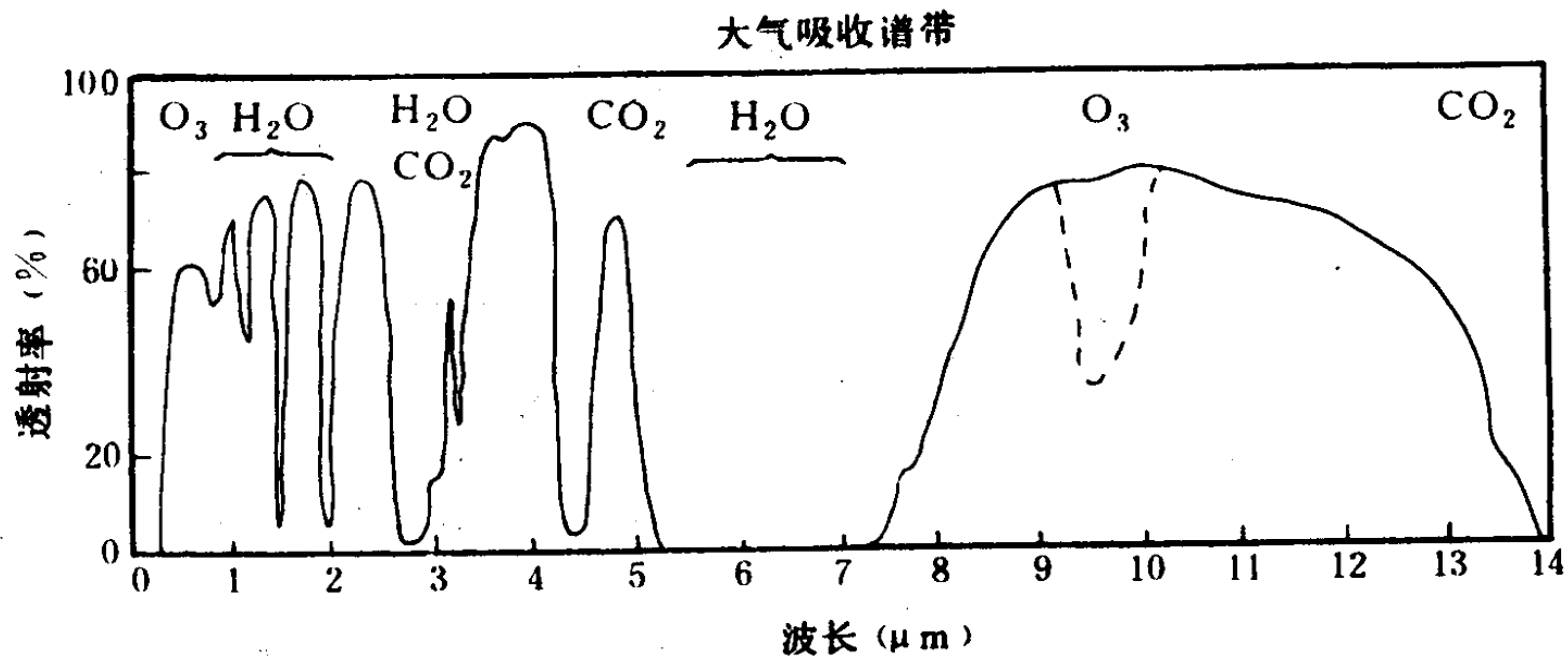
雨天、或空气质量差的时候

第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

大气窗口

电磁波在大气中传输过程中吸收和散射很小，透射率很高的波段。

大气屏障



要获得地面的信息，必须在大气窗口中选择遥感波段。

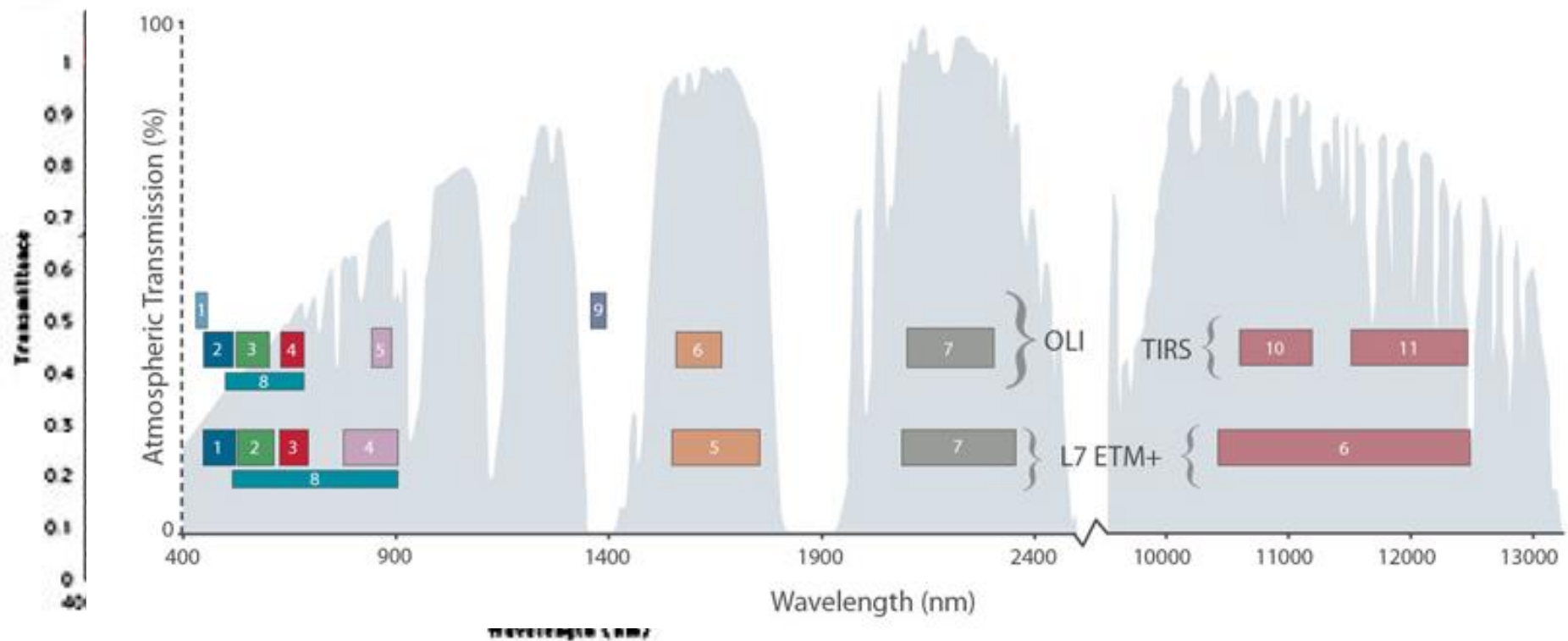
第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

常用大气窗口

- $0.3 - 1.4 \mu\text{m}$: 包括全部可见光 (95%)，部分紫外光 (70%)，部分近红外光 (80%)。摄影和扫描成像的方式在白天感测和记录目标电磁波辐射信息。
- $1.4 - 2.5 \mu\text{m}$: 近红外窗口，60% - 95%。白天日照条件好的时候，扫描成像。
- $3.5 - 5.5 \mu\text{m}$: 中红外窗口，60% - 70%，白天夜间，扫描成像记录。
- $8 - 14 \mu\text{m}$: 热红外窗口，超过80%，白天夜间，扫描记录。
- $1.4 - 300 \text{ mm}$: 微波窗口，白天夜间，扫描记录。不受大气干扰，采用雷达成像或微波辐射计监测。

第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

Landsat TM



- 大气窗口对遥感波段选择的意义

遥感工作波段选择要考虑两个因素：

- 1) 电磁波能量 注意是电磁波能量谱的积分量
- 2) 大气窗口

第三节 地物光谱特征

- ❖ **地物波谱**：地物的电磁波响应特性随电磁波长改变而变化的规律，称为地表物体波谱，简称地物波谱。
- ❖ **地物波谱特性**：地物波谱随波长变化而变化的特性，是电磁辐射与地物相互作用的一种表现。
- ❖ **地物波谱的作用**：不同类型的地物，其电磁波响应的特性不同，因此地物波谱特征是遥感识别地物的基础。

波谱信息是一切其它遥感信息的基础

第三节 地物光谱特征

地物的发射光谱

地物的发射率（比辐射率）随波长变化的规律，称为地物的发射光谱。地物发射率的不同是红外遥感技术的重要依据。

$$\varepsilon_{\lambda} = \alpha_{\lambda}$$

地物的透射光谱

透明物体：具有透射一定波长电磁波能力的物体。

透射率(τ_{λ})：入射光透过物体的能量与入射总能量之比。

举例

- 1) 水体在蓝绿波段，混水1-2 m，一般水体10-20 m。
- 2) 微波对地物具有明显的透射能力，由入射波的波长决定。

第三节 地物光谱特征

(一) **反射率**：是指地物对某一波段电磁波的反射能量与入射电能量之比，其数值用百分率表示。

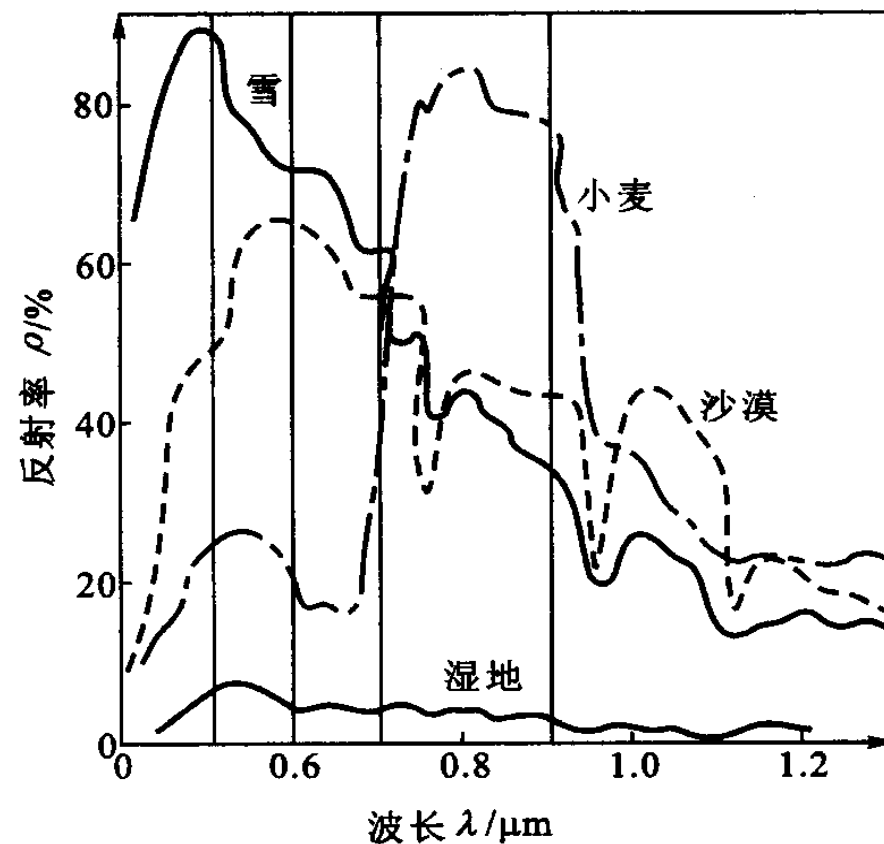
(二) **反射光谱**：地物的反射率随入射波长变化的规律，叫做地物反射光谱。按地物反射率随波长变化绘成的曲线（横轴为波长，纵轴为反射率）称为地物反射光谱曲线。

不同地物由于物质组成及其内部结构不同具有不同的反射光谱特性，因而可以根据遥感传感器所接收到的电磁波光谱特征的差异来识别不同地物，这是遥感的基本出发点。

第三节 地物光谱特征

❖**地物反射波谱**：是研究可见光至近红外波段上地物反射率随波长的变化规律。

❖**表示方法**：一般采用二维几何空间内的曲线表示，横坐标表示波长，纵坐标表示反射率。



雪、沙漠、湿地、小麦反射波谱曲线

第三节 地物光谱特征

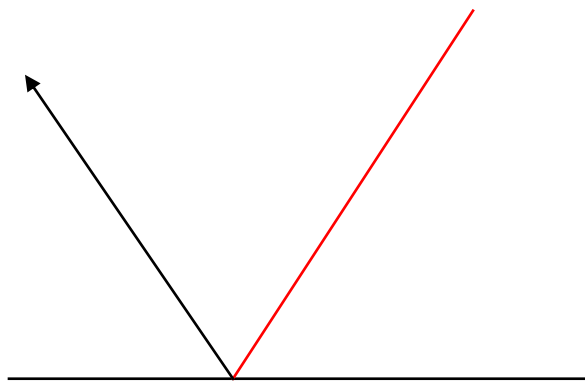
决定反射波谱特征的基本因素

1. 物体的组成成份
2. 结构
3. 表面状态
4. 所处环境

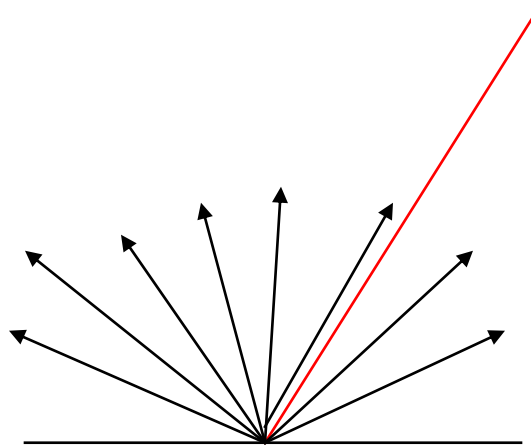
在漫反射情况下，物质组成和结构是影响反射光谱的主要因素。

第三节 地物光谱特征

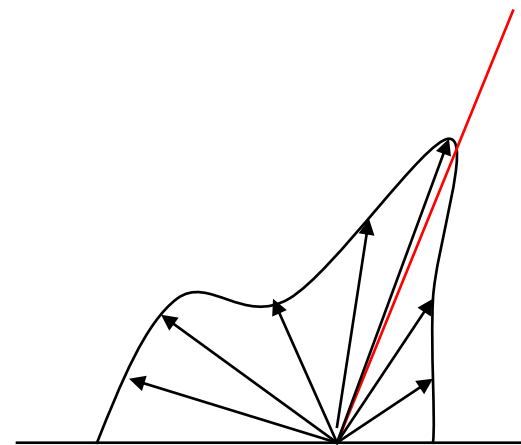
地物表面构造对反射的影响



镜面反射



漫反射



混合反射

- 不同界面可产生不同反射，同一界面对不同波长的入射电磁波也可能产生不同的反射。例如平坦的沙地表面，对可见光将产生漫反射，而对微波则可能产生镜面反射。
- 在实际遥感当中，以混合反射最为常见。

第三节 地物光谱特征

反射波谱的测量方法：

采用0.3—2.5的光辐射计来测量，测定的方法是将地物与已知反射率的白板（标准板）相比较，求出地物反射率R

$$R = \frac{L}{L_0} R_0$$

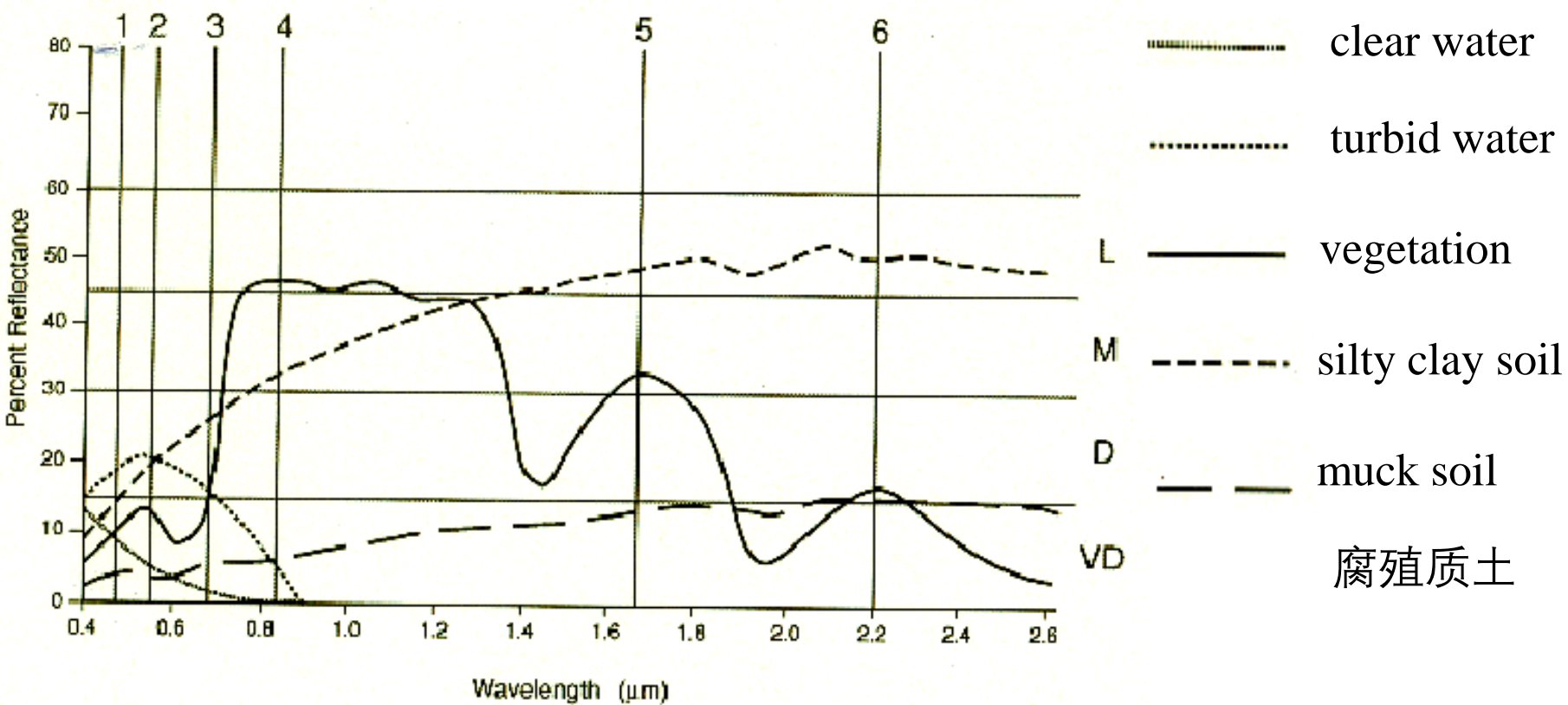
L—测得地物反射辐亮度； R_0 —白板反射率（已知）； L_0 —测得白板反射辐亮度；



第三节 地物光谱特征

地物的反射光谱曲线

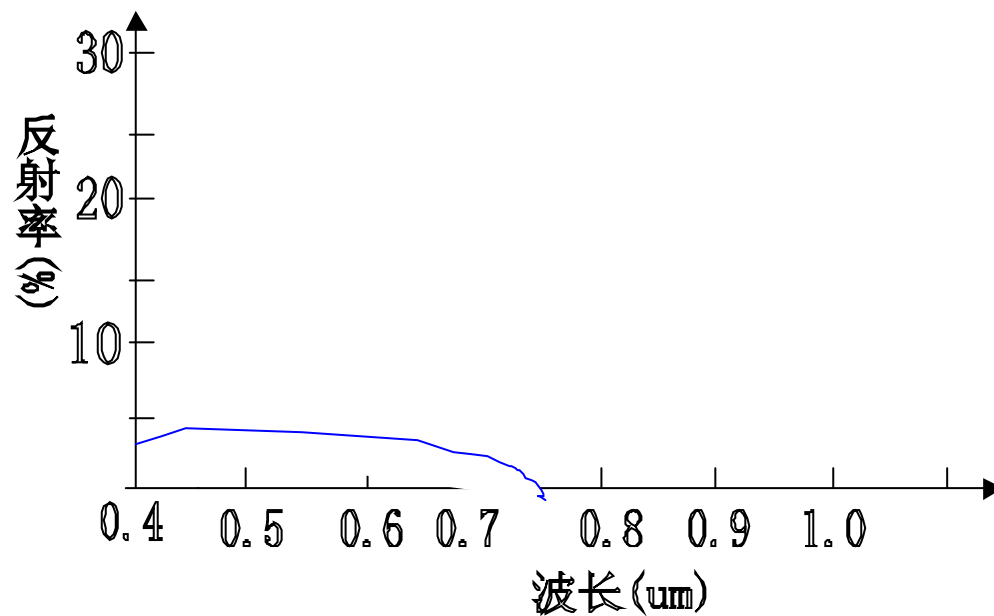
不同地物的反射光谱曲线



第三节 地物光谱特征

水体的波谱特征(清洁的深水)

- 反射率在各波段内都低（一般在3%左右），在可见光部分为4-5%，在0.6处降至2-3%，到0.75以后的近红外波段，水成了全吸收体。

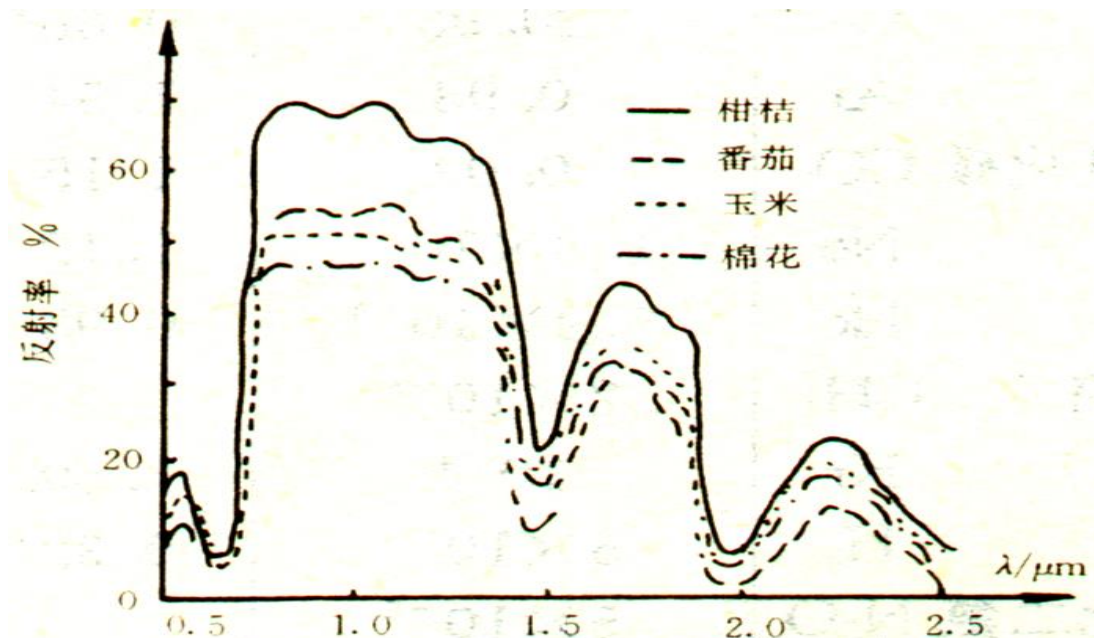


水体反射光谱曲线

第三节 地物光谱特征

不同植被的反射光谱曲线

- 1) 不同种类的植物均具有相似的反射波谱曲线
- 2) 可见光区域，由于叶绿素的强烈吸收，植物的反射、透射率均低，仅在0.55附近有一10-20%的反射峰而呈绿色。
- 3) 近红外区域，在0.7—1.3之间形成50-60%的强反射峰，由于不同种植物的叶内细胞结构差异大，不同种植物的反射率在该波段具有最大的差值，故是区分植物种类的最低波段。
- 4) 1.45、1.95、2.7为中心的三个吸收带为水吸收带

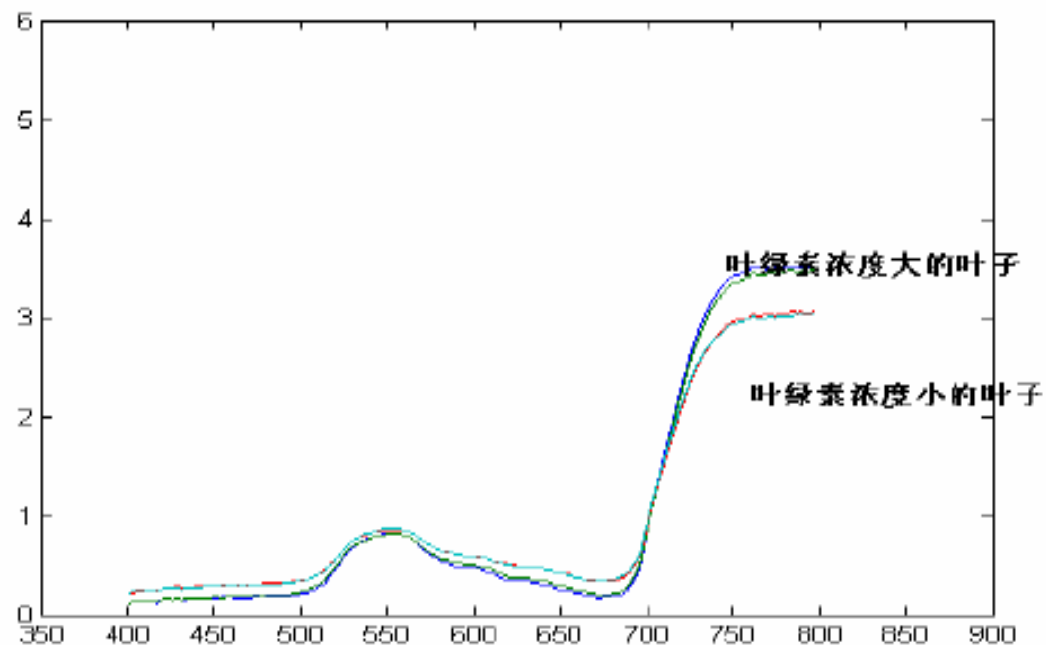


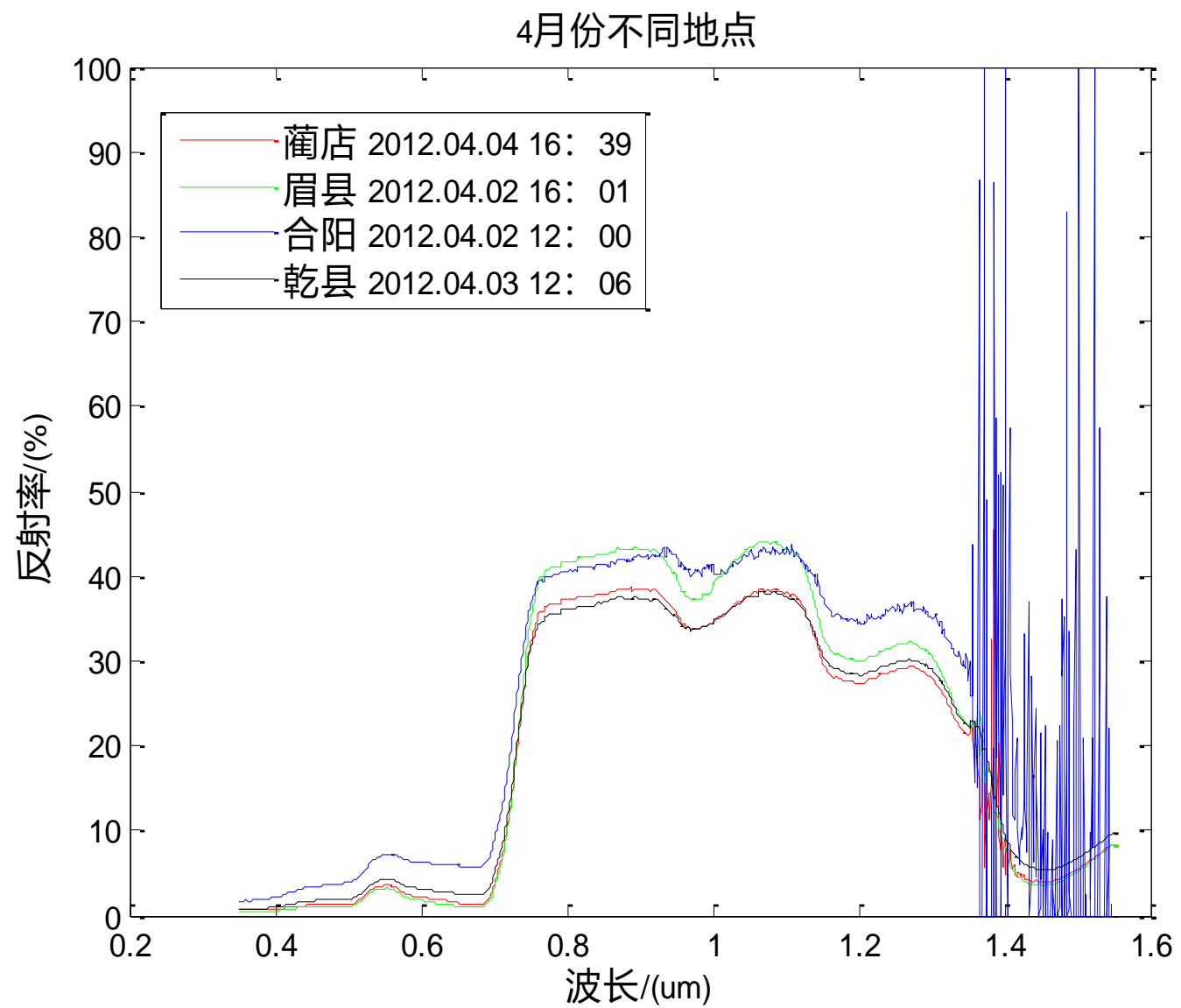
第三节 地物光谱特征

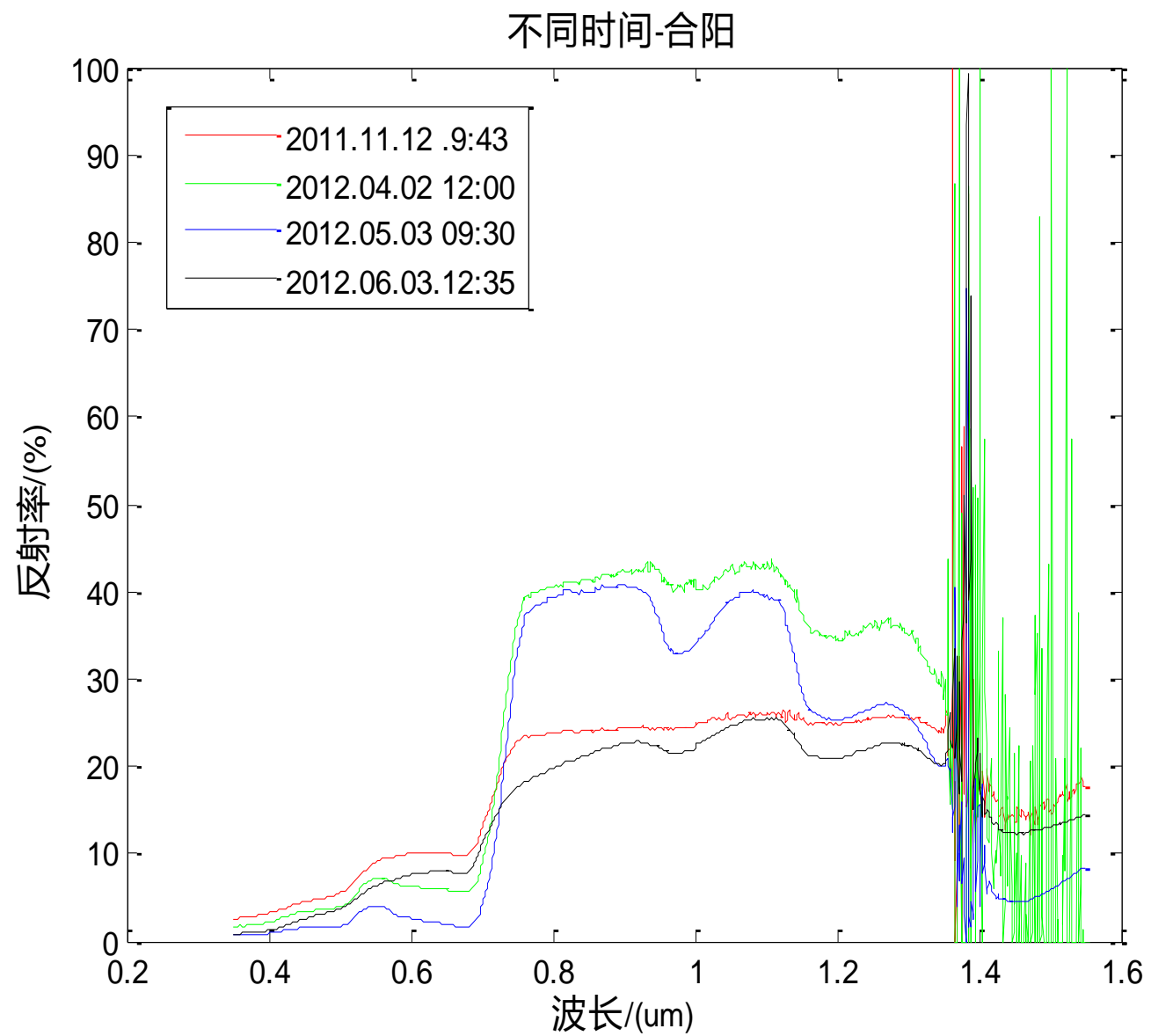
影响植被波谱特征的主要因素

- ❖ 植物类型
- ❖ 植物生长季节
- ❖ 病虫害影响等

植被波谱特征大同小异，根据这些差异可以区分植被类型、生长状态等。







第三节 地物光谱特征

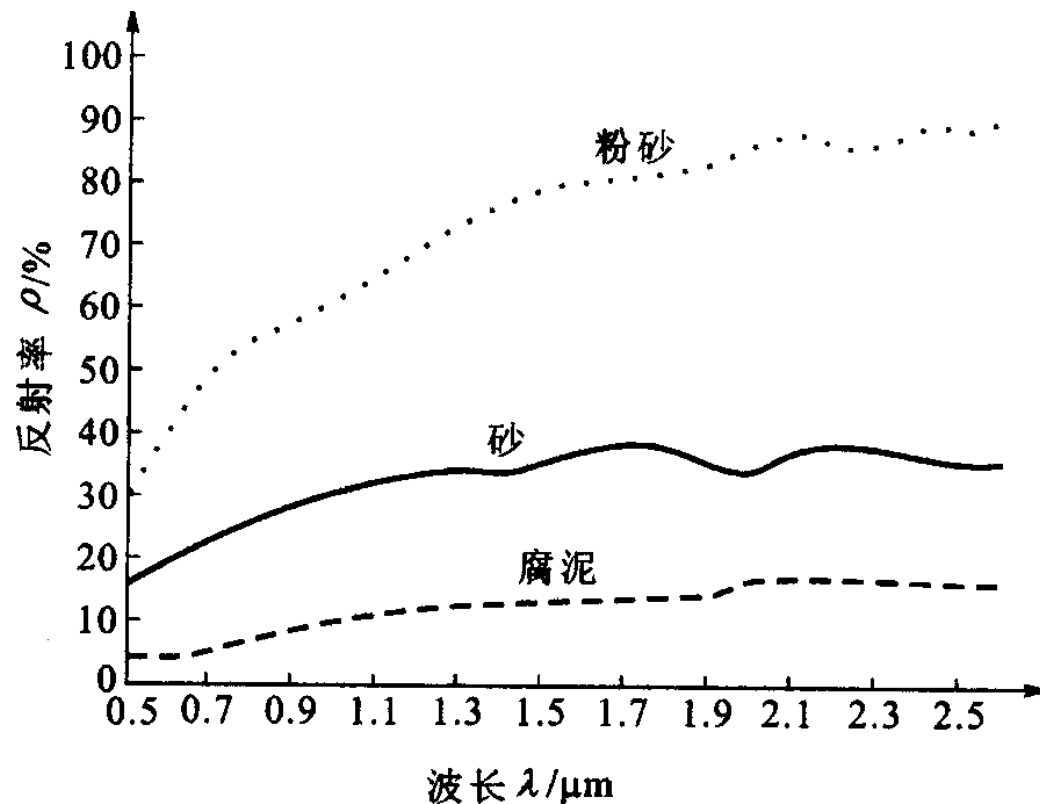
土壤的波谱特征

- ❖ 自然状态下土壤表面的反射曲线呈比较平滑的特征，没有明显的反射峰和吸收谷。
- ❖ 在干燥条件下，土壤的波谱特征主要与成土矿物（原生矿物和此生矿物）和土壤有机质有关。
- ❖ 土壤含水量增加，土壤的反射率就会下降，在水的各个吸收带（ $1.4\mu\text{m}$ 、 $1.9\mu\text{m}$ 、 $2.7\mu\text{m}$ 处附近区间），反射率的下降尤为明显。

第三节 地物光谱特征

土壤的反射光谱曲线

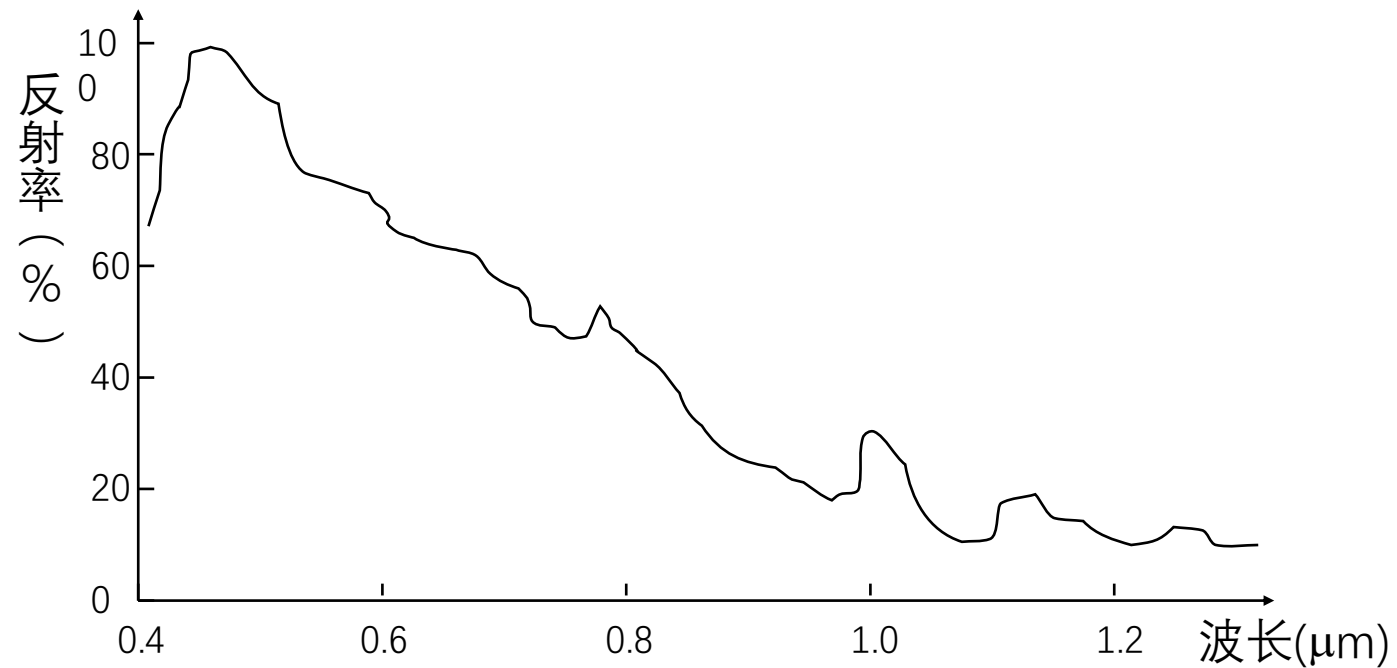
- 反射率：与土壤质地、有机质含量、氧化含量和含水量及盐份等因素有关；粉砂>砂土>腐质土。
- 反射光谱曲线由可见光到红外呈舒缓向上的缓倾延伸



三种土壤的反射波谱曲线

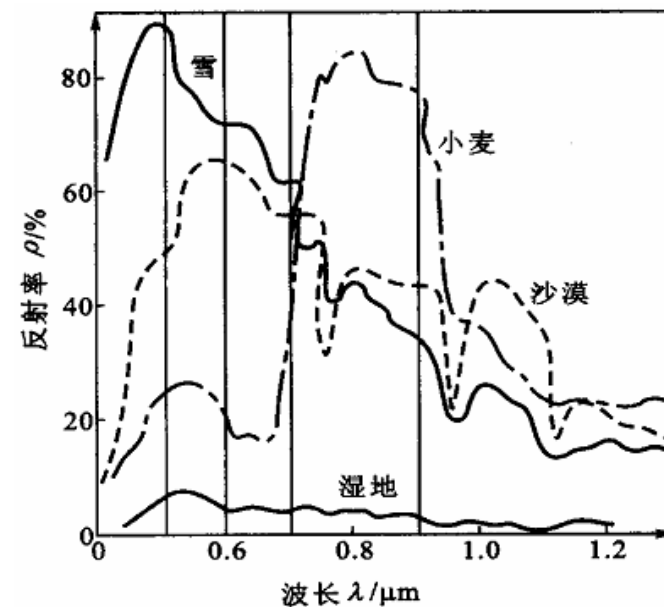
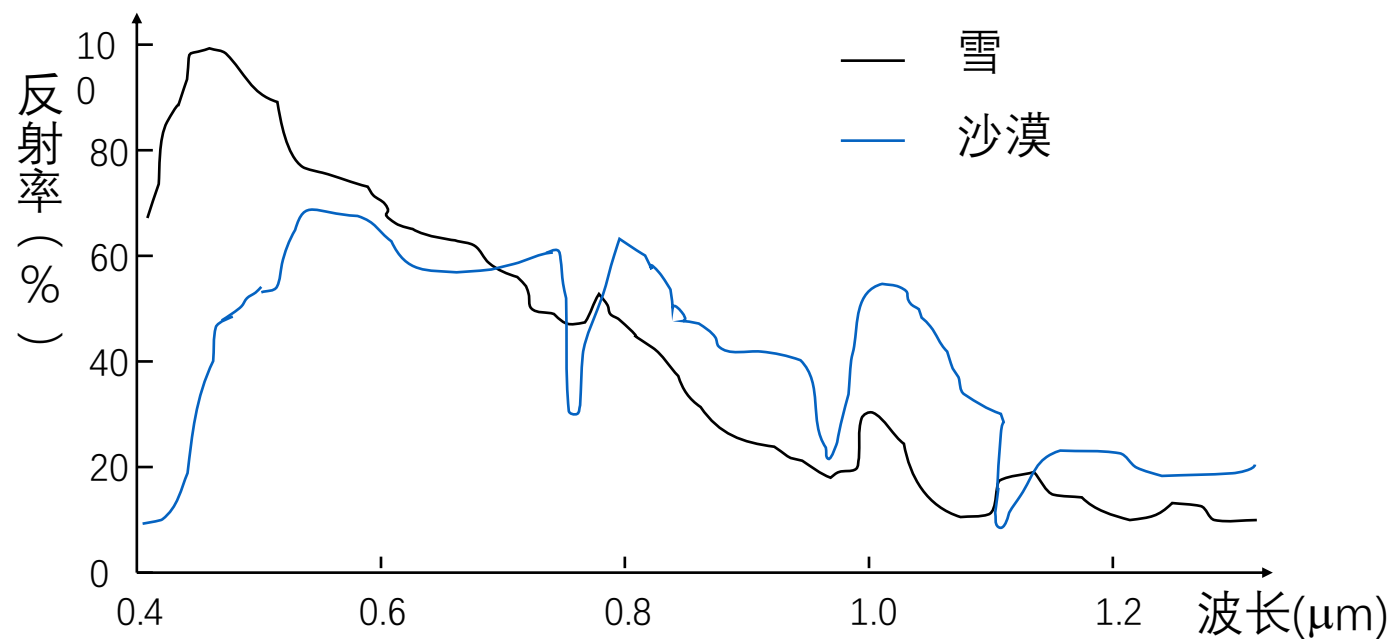
第三节 地物光谱特征

雪：在 $0.4\mu\text{m} \sim 0.6\mu\text{m}$ 波段有一个很强的反射峰，反射率几乎接近百分百，所以颜色接近于白色，随波长增加反射率逐渐降低，进入近红外波段吸收逐渐增强，而变成了吸收体。



第三节 地物光谱特征

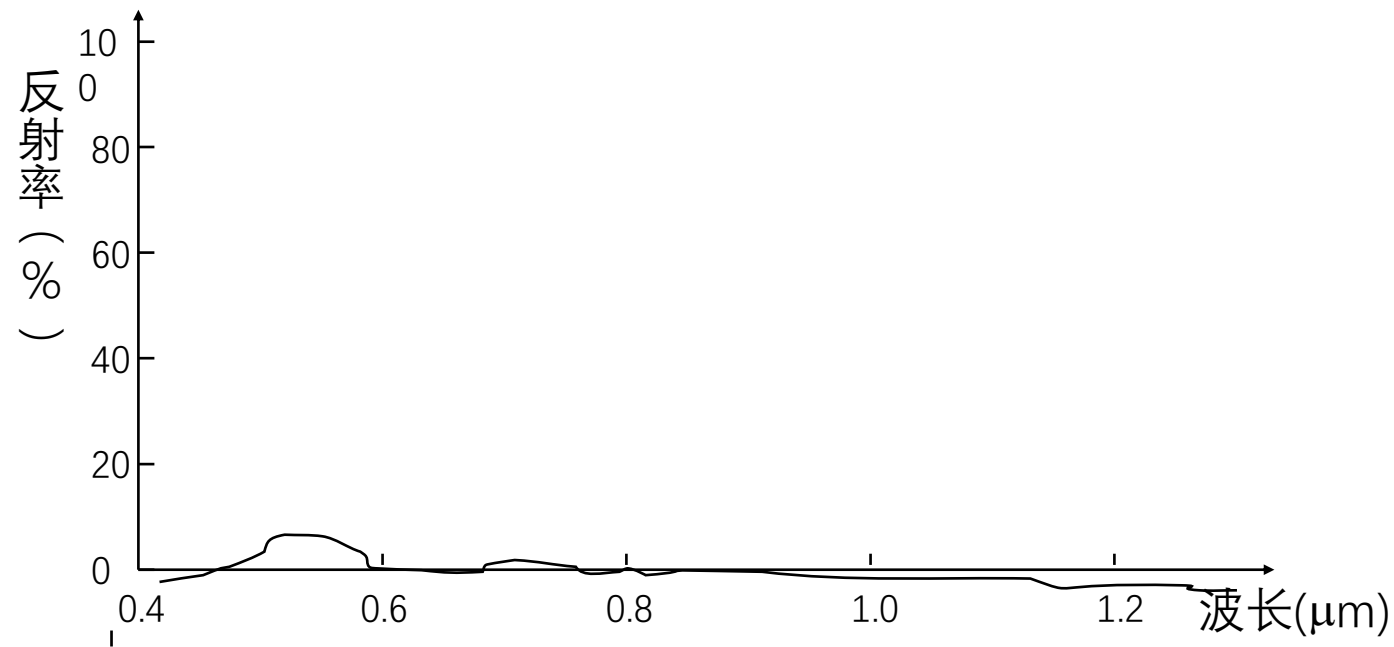
沙漠：在橙红光波段 $0.6\mu\text{m}$ 附近有一个强反射峰，所以呈现出橙红色，在波长达到 $0.8\mu\text{m}$ 以上的长波范围，其反射率比雪还强。



雪、沙漠、湿地、小麦反射波谱曲线

第三节 地物光谱特征

湿地：湿地在整个波长范围内的反射率均较低，反射率与含水量有关，当含水量增加时，其反射率就会下降，因此在影像上，其色调呈深暗色调



第三节 地物光谱特征

应用地物波谱特征需要注意的问题

- ❖ 绝大部分地物的波谱值具有一定的变幅，它们的波谱特征不是一条曲线，而是具有一定宽度的曲带。
- ❖ 地物存在“同物异谱”和“异物同谱”现象。“同物异谱”是指两个类型的个体地物，在某个波段上波谱特征不同；“异物同谱”是指不同类型的地物具有相同的波谱特征。需要加其他辅助信息进一步进行判断。

第四节 颜色性质和色光的混合

颜色性质和颜色立体

颜色性质

当我们观看黑白电视机或黑白显示器时，我们所**观察**到的就是消色差光，观察消色差光不会产生红、绿、蓝等感觉，光量是消色差光的惟一属性。如果从物理学中能量的角度讨论光量，可以用术语强度(Intensity)和光强度(Luminance)；如果从心理学中观察到的亮度来描述，可以用术语**亮度**(Brightness, **辉度**)。

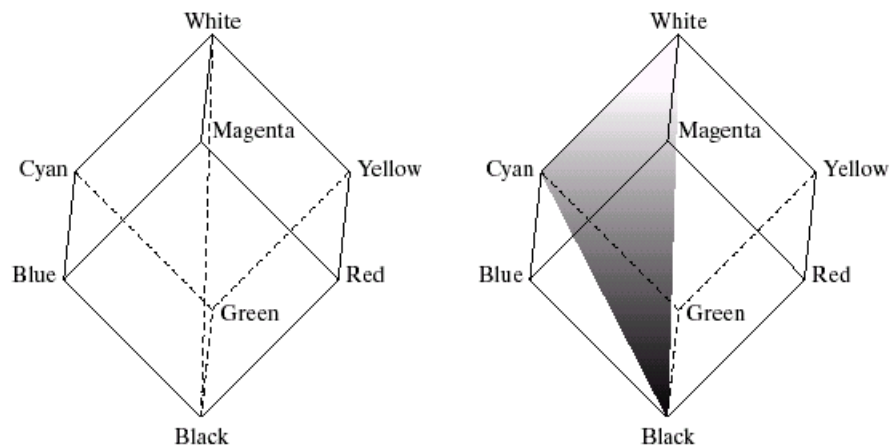
由于彩色刺激产生的**视觉**感受要比消色差光丰富的多，讨论**彩色**通常涉及三个量：**色调(Hue)**、**饱和度(Saturation)**与**明度 (Lightness)**。色调区别不同颜色，与主波长的属性有关；饱和度指颜色的纯洁度，即一种颜色距等亮度的有多远。红色的饱和度高，粉红色的饱和度相对较低。明度在非彩色的含义上体现了所观察到的一个反射体的亮度。**第四个术语亮度(Brightness)**，用来替代明度，指观察到的自然光（即发光不是反光）体的亮度。

第四节 颜色性质和色光的混合

颜色性质和颜色立体

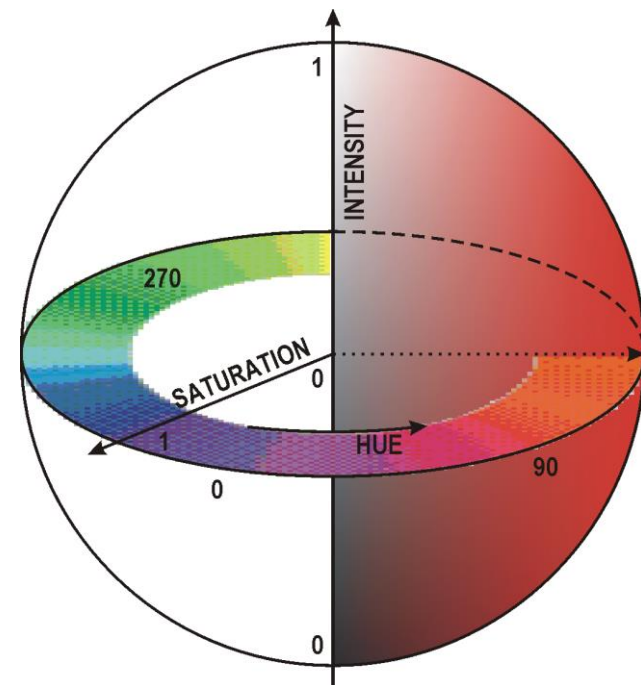
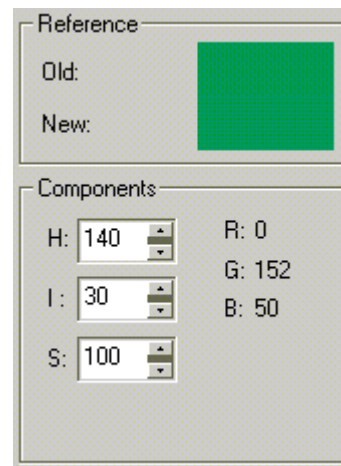
颜色立体

IHS模型 or HSI模型



a b

FIGURE 6.12 Conceptual relationships between the RGB and HSI color models.



- Color defined by intensity, hue, and saturation
 - Intensity: **Brightness** along a gray-level scale (明度)
 - Hue: **Color** (色调)
 - Saturation: Depth of **color** (饱和度)

色调相等

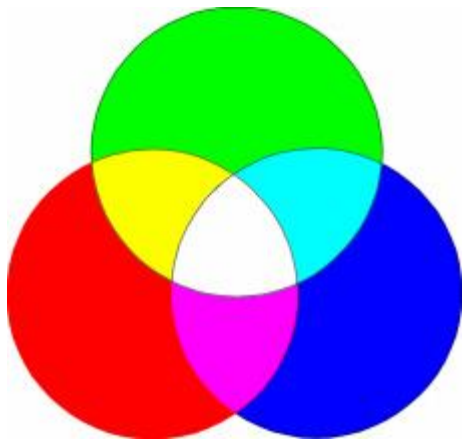
Cyan ['saɪən] 青色; 蓝绿色

Magenta [mə'dʒɛntə] 品红, 洋红

第四节 颜色性质和色光的混合

加色法和减色法

三原色与加色法



Additive Color Model (RGB)

加原色相加产生减原色

三原色：任何一种单色光不能通过其它两种混合而成。即红、绿、蓝。

两种原色按照等量叠加得到一种补色。

三原色等量叠加得到 白光。

如果两种色光叠加后得到 白光（黑光），则称这两种色为互补色。

非互补色不等量叠加得到两者之间的中间色。

红（多）+ 绿（少）= 橙色

红（少）+ 绿（多）= 黄绿色

第四节 颜色性质和色光的混合

加色法和减色法

减色法

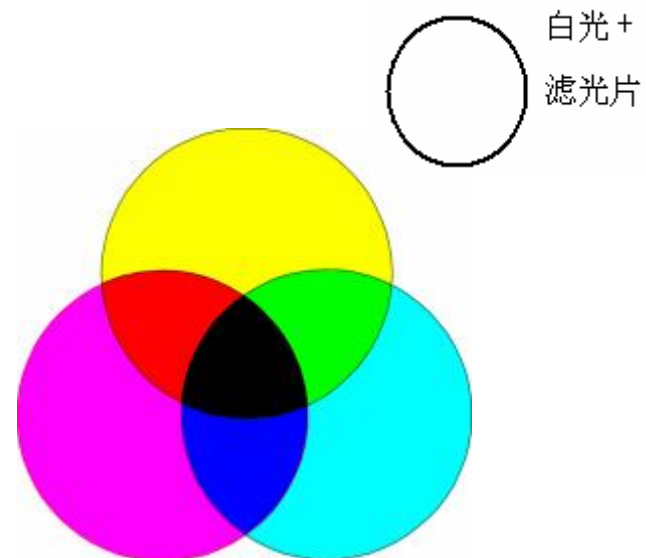
一般用于颜料的配制、彩色印刷、彩色相片的染印等。

颜料的颜色是由于染料选择性吸收了白光中的某些波长，反射出白光中未被吸收的色光而产生。

黄 = 白 - 蓝 = 红 + 绿 = 黄

青 = 白 - 红 = 蓝 + 绿 = 青

三种颜料等量混合，白光中的红、绿、蓝全部被吸收，所以呈现黑色



Subtractive Color Model (CYM)

黄色滤光片吸收蓝光($Y=1-B$)

品红色滤光片吸收绿光

青色滤光片吸收红光

第四节 颜色性质和色光的混合

第四节小结:

彩色模型又称彩色空间或彩色系统，是在某些标准下用通常可接受的方式简化彩色规范。彩色模型是坐标系统和子空间的规范，位于系统的每种颜色都由单个点组成。

彩色模型都是面向硬件的或是面向应用的。

RGB: Monitor, 与数字影像显示与目视解译有关

CMY、CMYK: Printer

IHS: 符合于人描述和解释颜色的方式。把影像分成彩色和灰度信息，更适用于多灰度处理技术。

第五节 真彩色和假彩色影像

数字图像

Data

→ 影像（image，影象、图像、图象）是对客观对象的一种相似性的描述或写真，它包含被描述或写真对象的信息，是最重要的信息源之一。

根据人眼的视觉特点可分为：可见影像和不可见影像；

根据光谱波段的多少可分为：单波段、多波段、高波段和超波段影像；

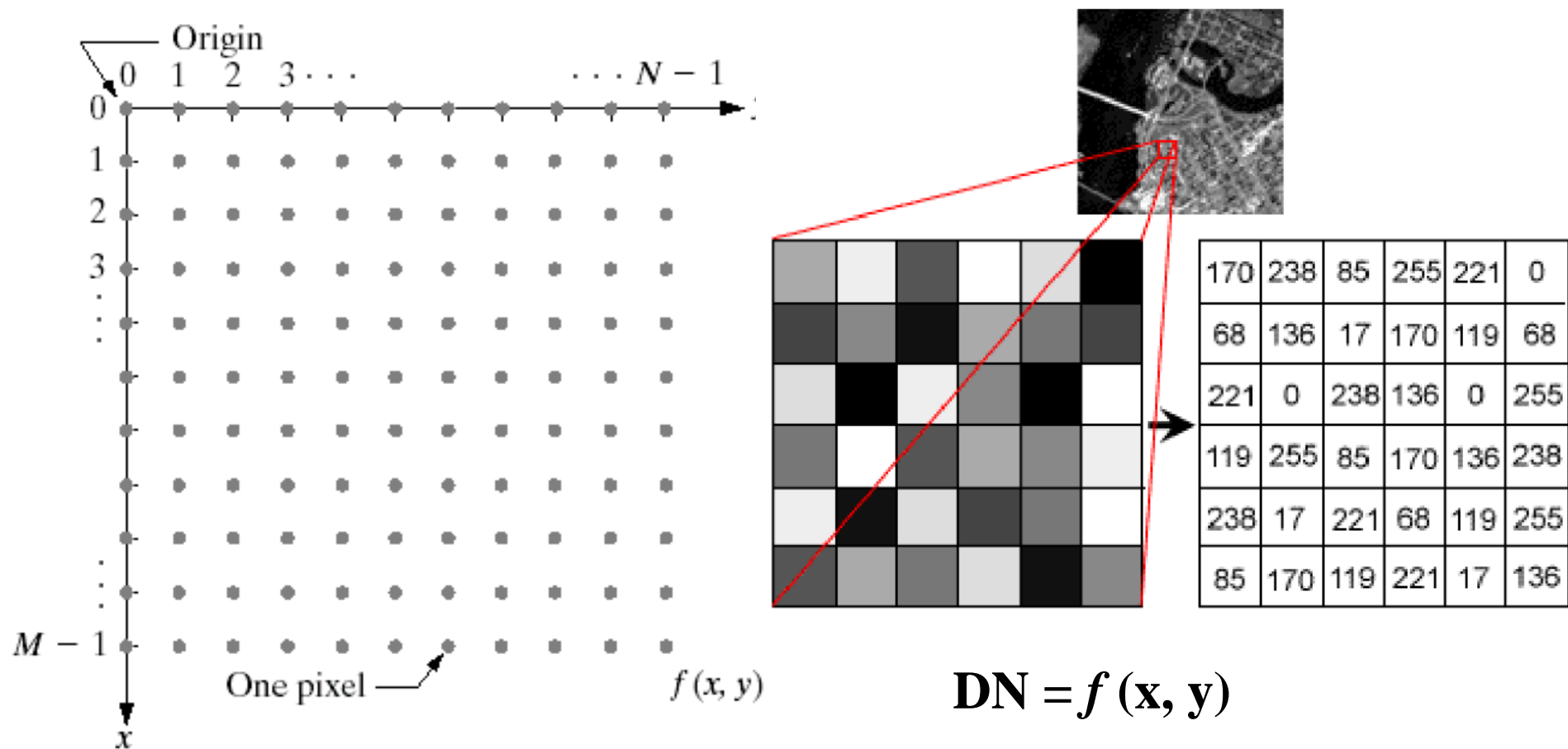
根据影像的明暗程度和空间坐标的连续性可分为：数字（digital）影像和模拟（analog）影像（光学影像）；

遥感数字影像是以数字形式表述的遥感影像。

像素（Pixel）：空间位置特性和属性；空间（几何）分辨率。DN (Digital Number)，数字值、灰度值、亮度值

第五节 真彩色和假彩色影像

数字图像



当 x, y 和 DN 为有限、离散的数值时，称该影像为数字影像。

第五节 真彩色和假彩色影像

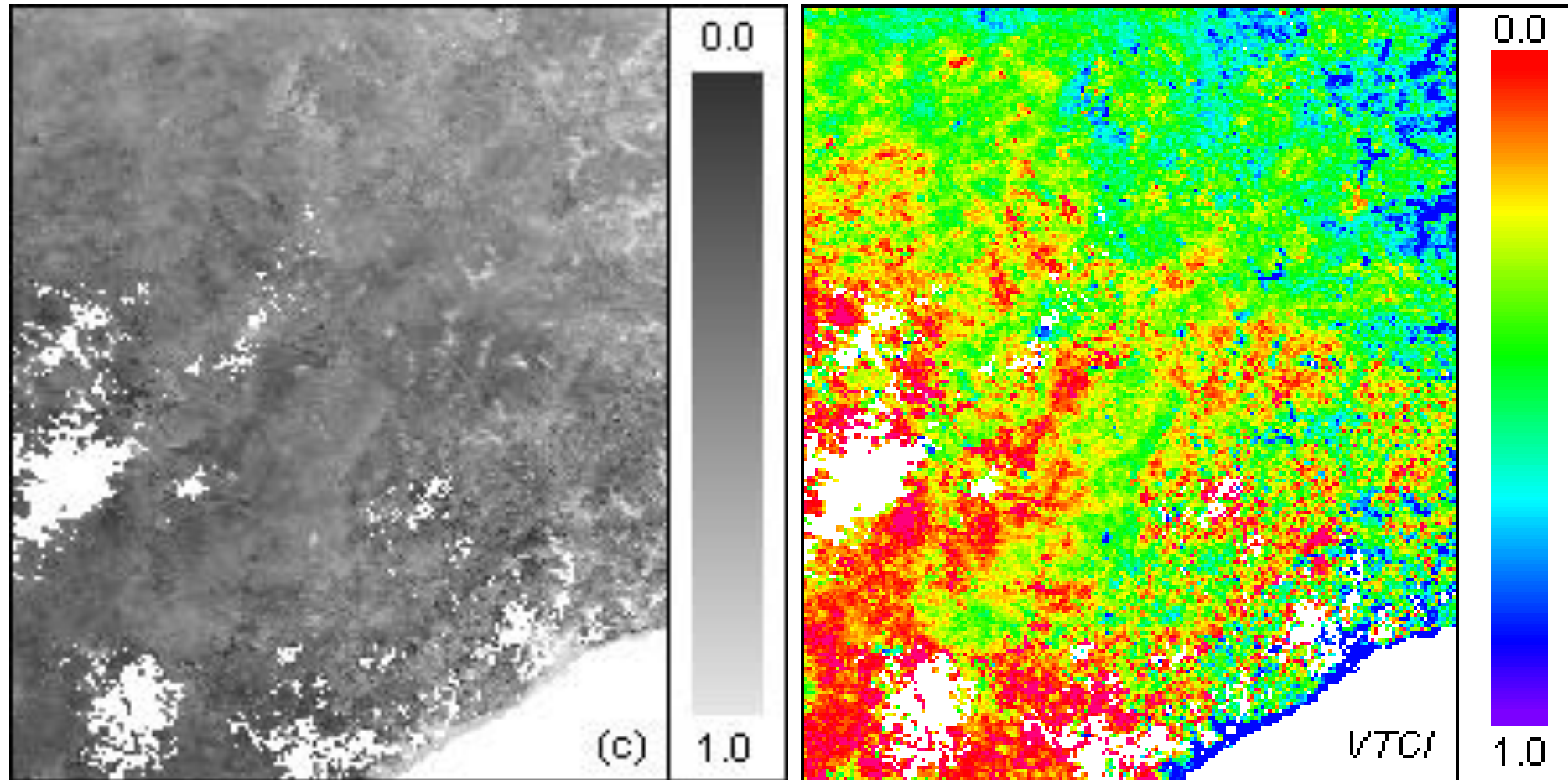
遥感影像的彩色合成方案

遥感影像彩色合成包括伪彩色合成、真彩色合成、假彩色合成。

- **伪彩色合成**是把单波段灰度影像中的不同灰度级按特定的函数关系变换成彩色，然后进行彩色影像显示的方法，主要通过**密度分割法**来实现。
- **真彩色合成**：即在彩色合成中选择的波段的波长与红绿蓝的波长相同或相近，得到的影像颜色与真彩色近似的合成方式。例如，**将TM影像的3、2、1波段分别赋予红、绿、蓝三色**，由于赋予的颜色与原波段的颜色相同，可以得到近似的真彩色影像。
- **假彩色合成**：是最常用的一种合成方法，对于多波段遥感影像，选取其中的**任意3个波段**，分别赋予红、绿、蓝三种原色，即可在屏幕上合成彩色影像。但**所合成的彩色影像并不表示地物真实的颜色**。假彩色合成选用的波段应该以地物的光谱特征作为出发点，不同的波段合成方式，用来突出不同的地物信息。

第五节 真彩色和假彩色影像

伪彩色处理 (pseudo-color composite)



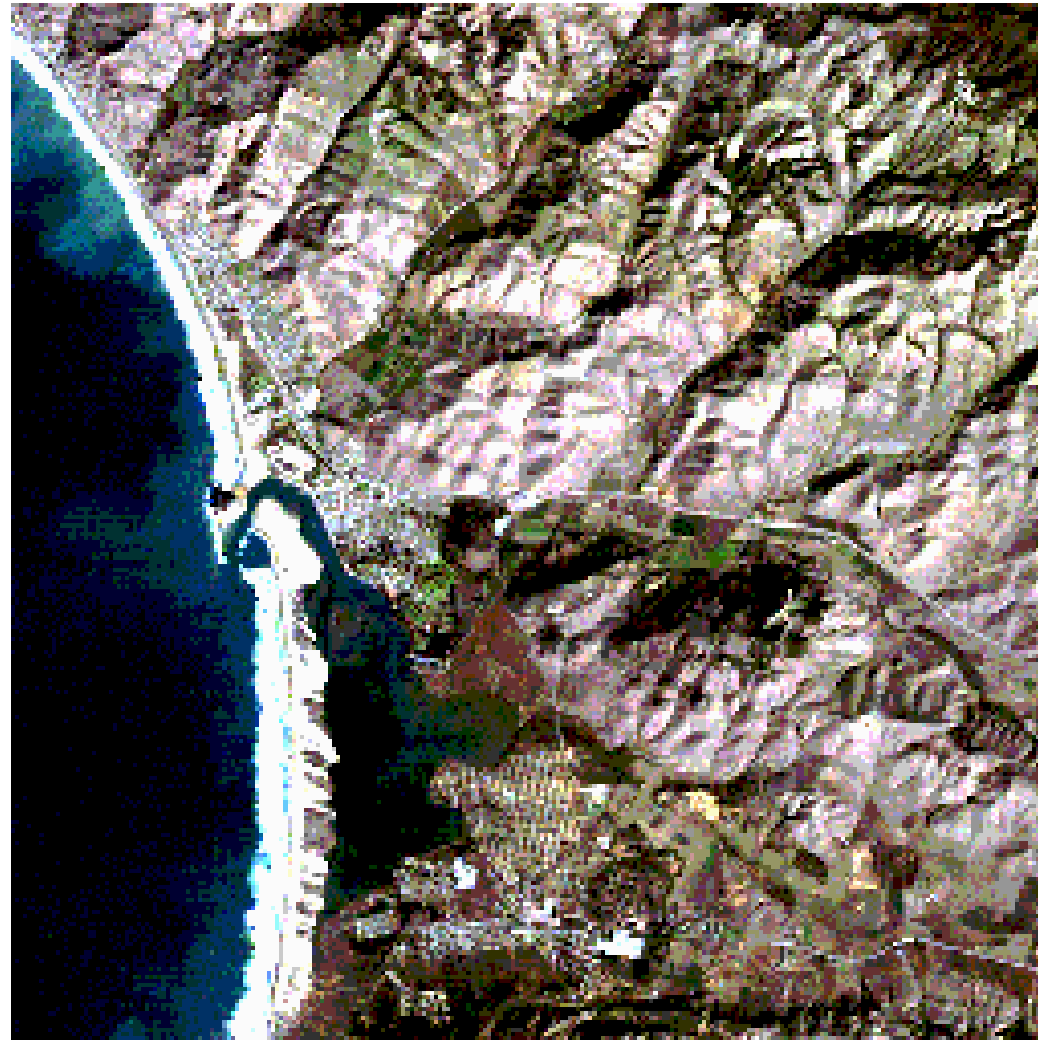
第五节 真彩色和假彩色影像

真彩色影像的生成

“真彩色”/全彩色
合成 (quasi-natural
color composite)

Morro Bay, CA

quasi-natural color
Landsat TM 3, 2, 1



第五节 真彩色和假彩色影像

假彩色影像的生成

假彩色合成 (false color composite)

Morro Bay, CA

Landsat TM 4, 3, 2



本章小结

第一节 电磁波谱及遥感物理基础

第二节 太阳辐射及大气对辐射的影响

第三节 地物反射光谱/地物波谱特征

第四节 颜色性质和色光的混合

第五节 真彩色与假彩色影像

本章思考

1. 何谓电磁波谱？试述其划分依据及谱段的特性。
2. 大气散射有那几种类型？每种类型产生的条件及各自有什么特点？
3. 可见光遥感与微波遥感的区别是什么？
4. 影响地物波谱的主要因素是什么？是如何影响的？
5. 为什么卫星遥感解译必须了解地物反射波谱特征？
6. 如何理解大气窗口对于遥感探测的重要意义？
7. 试述水体、植被和土壤的波谱特征。

谢 谢!