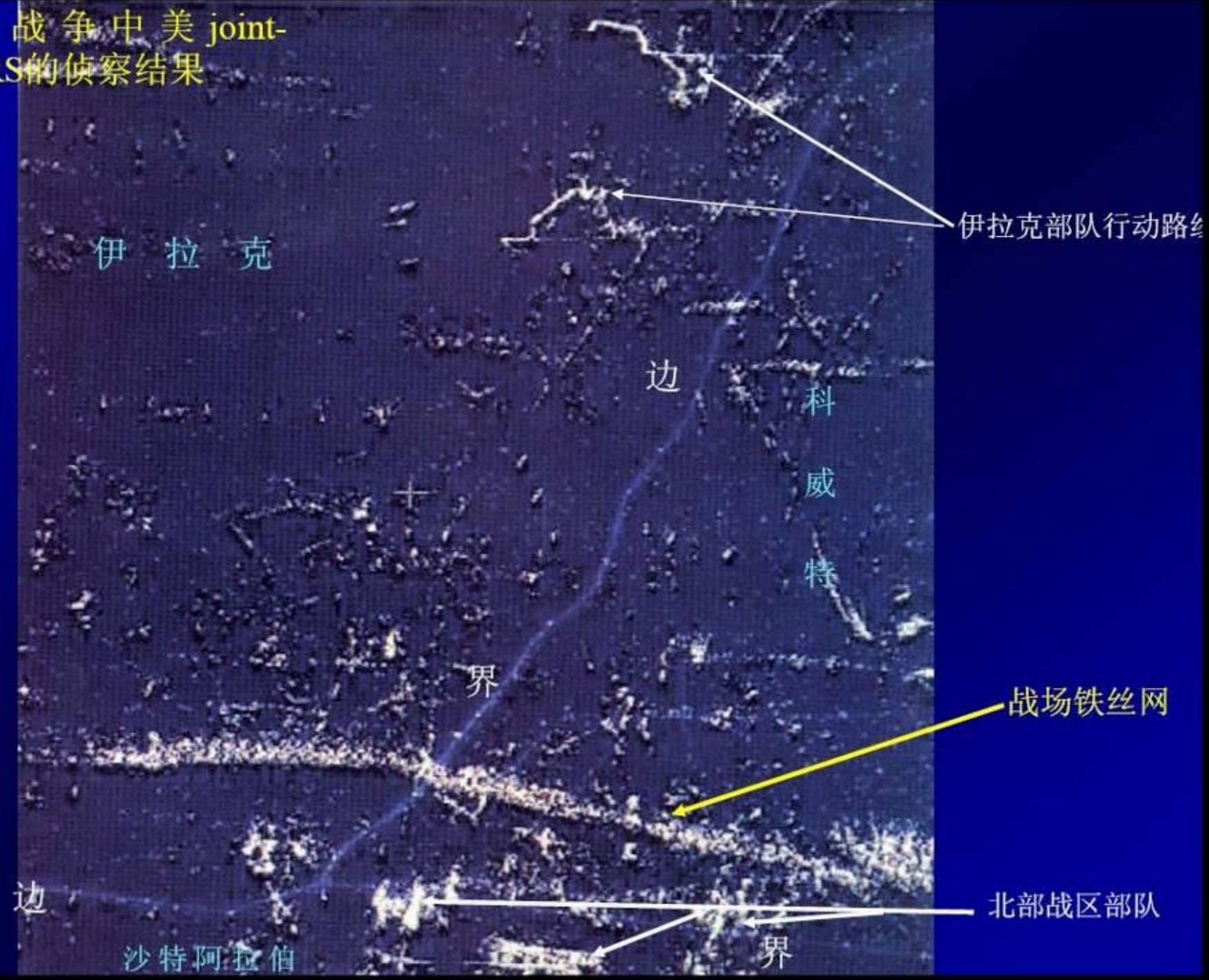


海湾战争中美 joint-STARS 的侦察结果





049

048

047

045

044

041

040

039

036

035

037

038

033

032

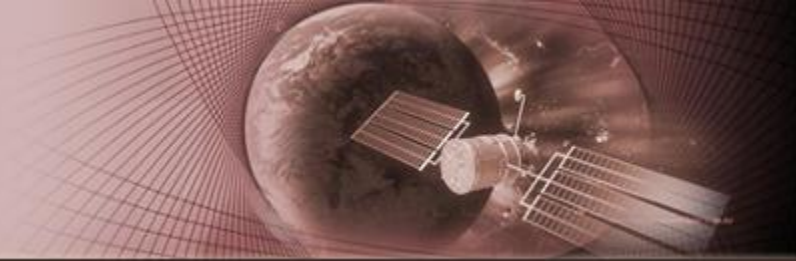
034

眼

东界山

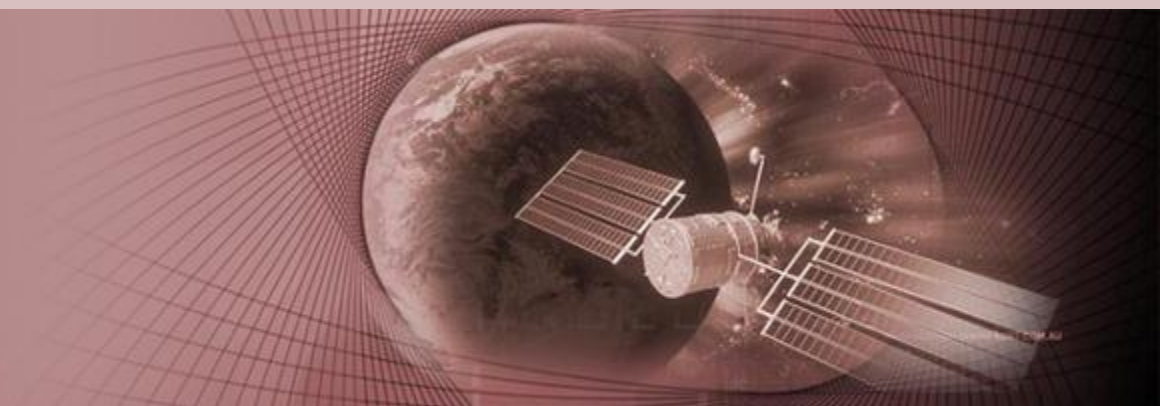
高家山

思考问题

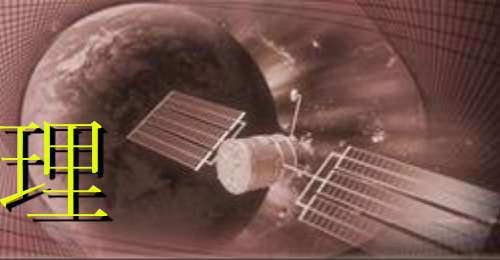


- (1) 遥感含义？
- (2) 遥感的分类？
- (3) 遥感有那些特点？
- (4) 遥感地质学的研究对象、研究内容和研究方法？
- (5) 遥感发展趋势有哪些？

第二节 电磁辐射基本原理



第二节 电磁辐射基本原理

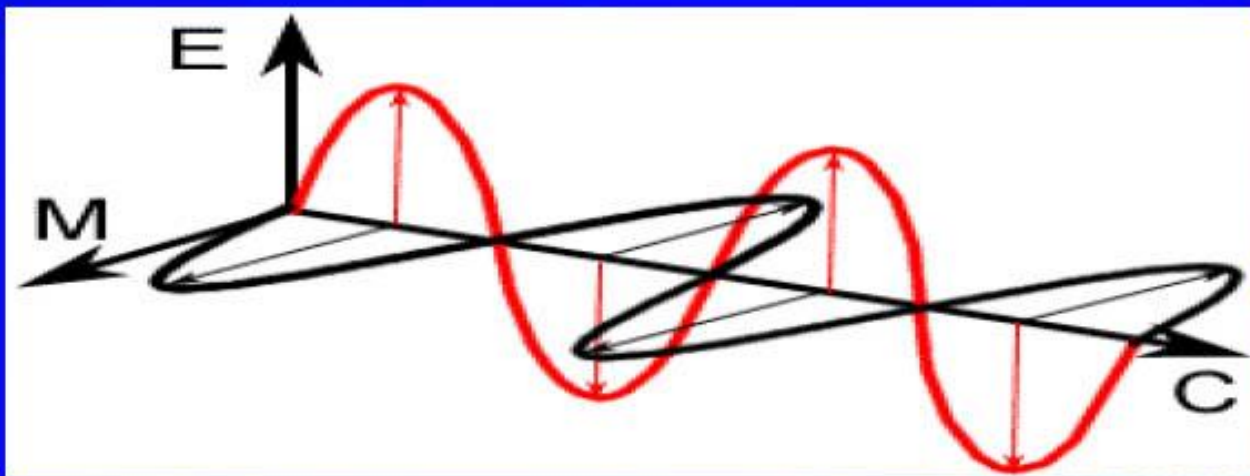


1. 电磁辐射
2. 电磁辐射源
3. 地物的电磁辐射特性
4. 电磁辐射的大气传输

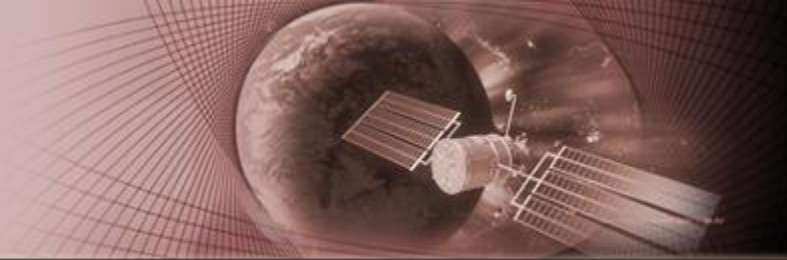
1. 电磁辐射

电磁波: 当电磁振荡进入空间, 变化的磁场激发了涡旋电场, 变化的电场又激发了涡旋磁场, 使电磁振荡在空间传播

电磁波在传播中遵循波的反射, 折射, 衍射, 干涉, 吸收, 散射等传播规律



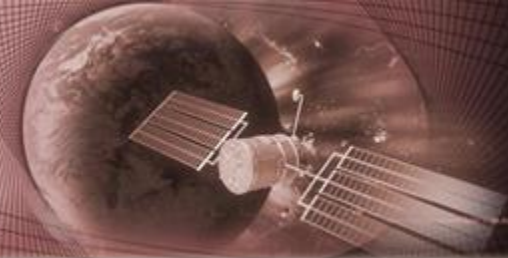
1.电磁波谱



波段		波长
长波		$>3000\text{m}$
中波和短波		$10-3000\text{m}$
超短波		$1-10\text{m}$
微波		$1\text{mm}-1\text{m}$
红外波段	超远红外	$15-1000\ \mu\text{m}$
	远红外	$6-15\ \mu\text{m}$
	中红外	$3-6\ \mu\text{m}$
	近红外	$0.76-3\ \mu\text{m}$
可见光		$0.38-0.76\ \mu\text{m}$
紫外线		$10^{-3}-3.8\times 10^{-3}\ \mu\text{m}$
X射线		$10^{-6}-10^{-3}\ \mu\text{m}$
γ 射线		$< 10^{-6}\ \mu\text{m}$

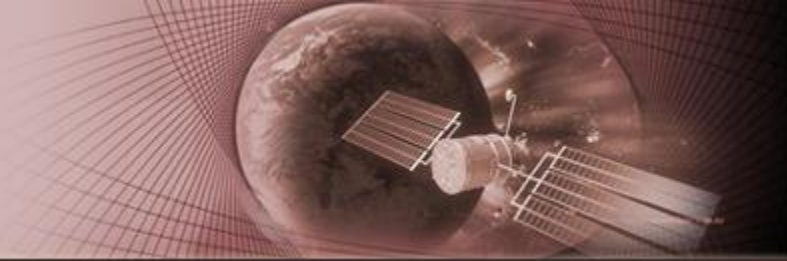
名称	英文	波长范围（微米）
近红外/短波红外	NIR/SW IR	$0.75\sim 3$
红外/中波红外	MWIR	$3\sim 6$
远红外/长波红外/热红外	LWIR/T IR	$6\sim 15$
极远红外		$15\sim 1000$

1.电磁波谱



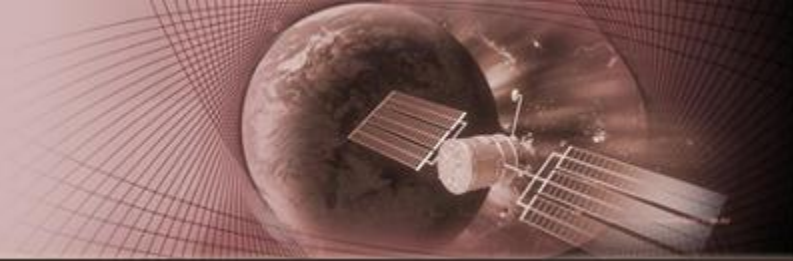
- **宇宙射线**：这是来自天体具有很大能量和贯穿能力的电磁波，人工还无法产生它，在遥感上也**未能用上的波段**。
- **γ -射线**：是能量很高的波段。**航空物探**放射性测量所记录的就是由含放射性元素的矿物所辐射出来的 γ 射线。
- **X-射线**：宇宙中来的X-射线，被大气层全部吸收，**不能用于遥感**工作。
- **紫外线**：波长在0.01~0.38微米。波长小于0.28微米的紫外线，在通过大气层时被臭氧层及其它成分吸收。只有**波长0.28~0.38微米**的紫外线，部分能穿过大气层，但散射严重，只有部分投射到地面，可以作为遥感的辐射源，称为摄影紫外。用于环境监测。

1.电磁波谱



- **可见光**：波长在0.38~0.76微米，是人们视觉能见到的电磁波，可以用棱镜分为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种色光。这个波段可以用摄影、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范围内。

1.电磁波谱



- **红外线**：红外线波段细分为**近红外波段**（ $0.76\sim 3$ 微米）、**中红外**（ $3\sim 6$ 微米）、**远红外**（ $6\sim 15$ 微米）、**超红外**（ $15\sim 1000$ 微米）。

近红外是地球表层反射太阳的红外辐射，故又称**反射红外**。其中靠近可见光的 $0.76\sim 1.3$ 微米波段可以使胶片感光，故又称摄影红外。

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像。红外是一个很有发展潜力的遥感的波段。

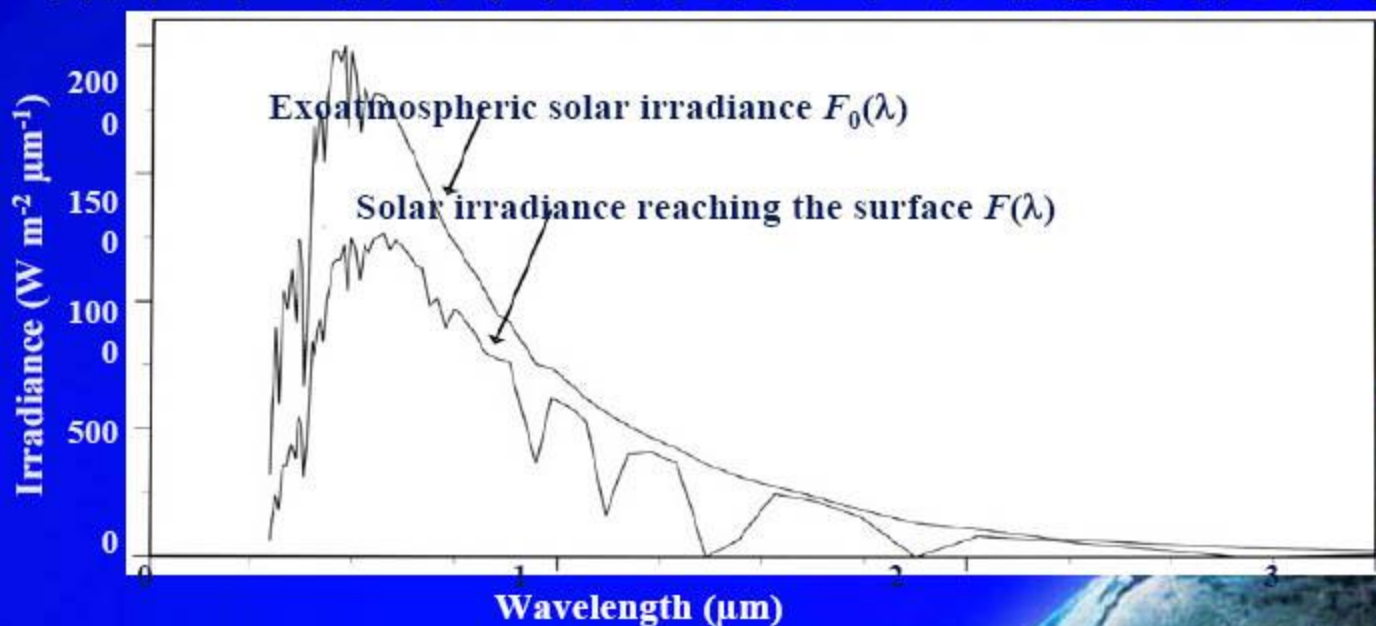
- **微波**：波长 $1\text{mm}\sim 1\text{m}$ 。是一个很宽的波段。微波波长较长，能**穿透云雾**而不受天气、昼夜的影响，可以主动或被动方式成像

2.电磁辐射源

(1) 天然电磁辐射源（太阳—地球）

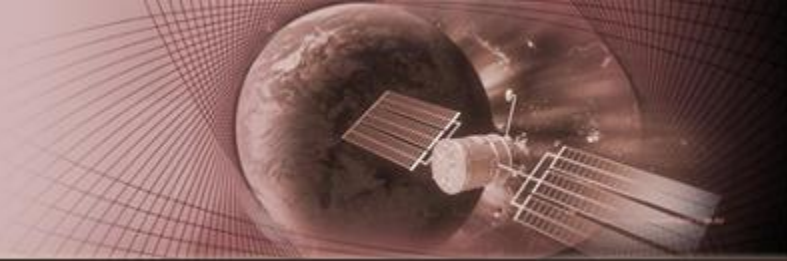
太阳发出的电磁波辐射

太阳辐射在从近紫外到中红外这一波段内能量最集中而且相对来说最稳定，太阳强度变化最小



太阳辐照度分布曲线

2.电磁辐射源



(2) 人工电磁辐射源（雷达—激光）

波 段	波 长 λ (cm)	频 率 $\nu = c\lambda^{-1}$ [MHz]
Ka	0.8 ~ 1.1	40000 ~ 26500
K	1.1 ~ 1.7	26500 ~ 18000
Ku	1.7 ~ 2.4	18000 ~ 12500
X	2.4 ~ 3.8	12500 ~ 8000
C	3.8 ~ 7.5	8000 ~ 4000
S	7.5 ~ 15	4000 ~ 2000
L	15 ~ 30	2000 ~ 1000
P	30 ~ 100	1000 ~ 300

雷达波段划分

3. 地物的电磁辐射特性



自然界中地物与电磁波的相互作用主要表现为反射、发射、吸收和透射几种形式。

镜面反射

漫反射

混合反射

以上均为相对而言

3. 地物的电磁辐射特性

物体在同一时间、空间条件下，其反射、发射、吸收和透射电磁波的特性是波长的函数。当我们将这种函数关系用曲线的形式表现出来时，就形成了地物电磁波波谱，简称地物波谱。

地物的波谱反射率随波长变化的规律称为地物反射波谱特性。某地物反射率随波长变化的曲线称为该地物的反射波谱曲线。有时也把这种曲线形态称之为反射波谱特征。

发射波谱特征？ ？ ？ ？

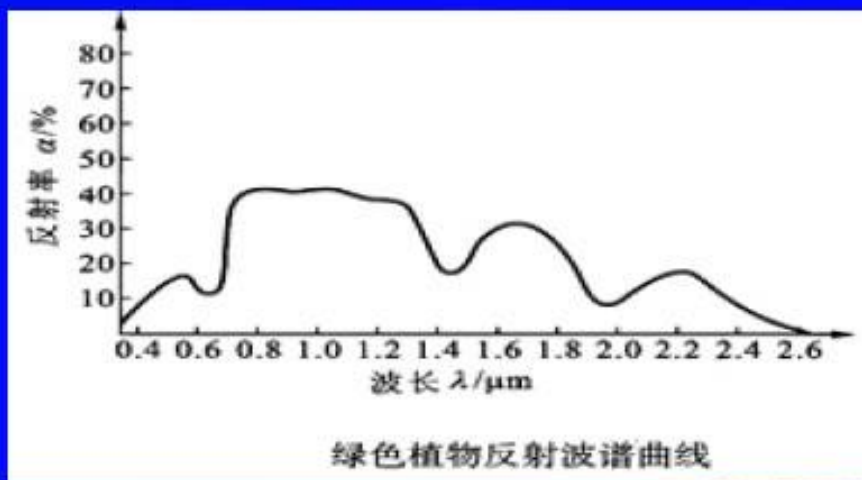
3. 地物的电磁辐射特性

植被

可见光波段：在0.45微米附近区间（蓝色波段）有一个吸收谷，在0.55微米附近区间（绿色波段）有一个反射峰，在0.67微米附近区间（红色波段）有一个吸收谷

近红外波段：从0.76 μm 处反射率迅速增大，形成一个爬升的“陡坡”，至1.1 μm 附近有一峰值，反射率最大可达50%，形成植被的独有特征

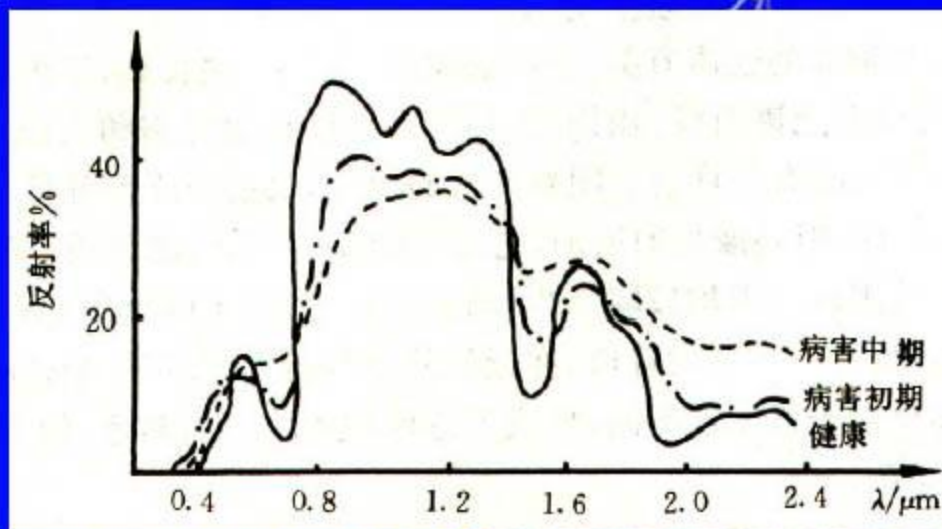
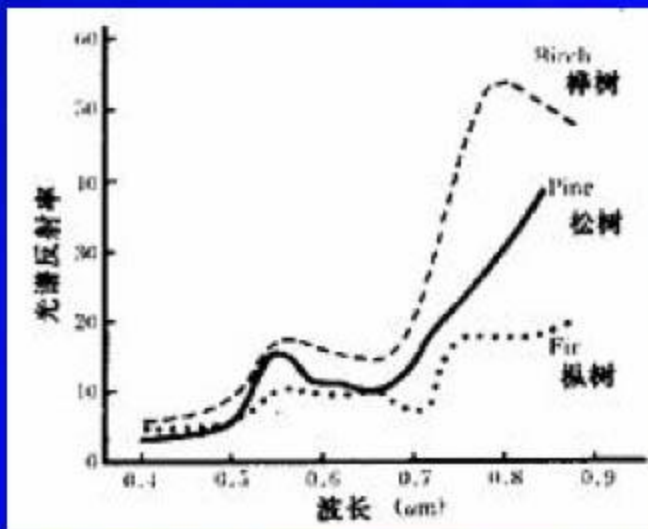
中红外波段：1.5-1.9微米光谱区反射率增大，在1.45 μm ，1.95 μm 和2.7 μm 为中心的附近区间受到绿色植物含水量的影响，反射率下降，形成低谷



3. 地物的电磁辐射特性

影响植被波谱特征的主要因素

- 植物类型
- 植被生长季节
- 植被生长状态（病虫害影响）



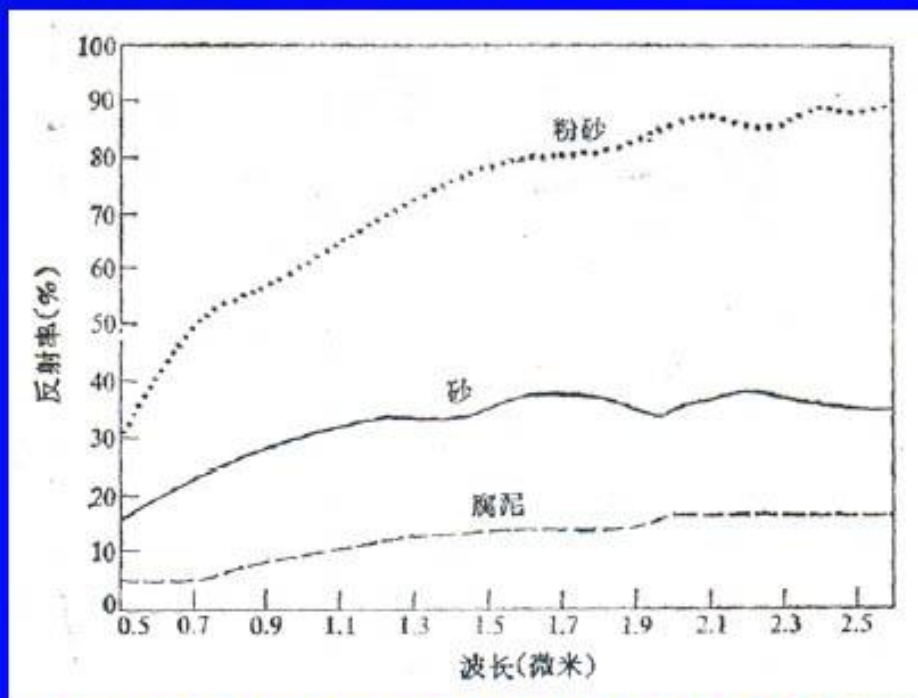
不同植被类型的光谱反射率 病虫害对于植物光谱反射率的影响

3. 地物的电磁辐射特性

土壤

自然状态下土壤表面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（原生矿物和次生矿物）和土壤有机质有关



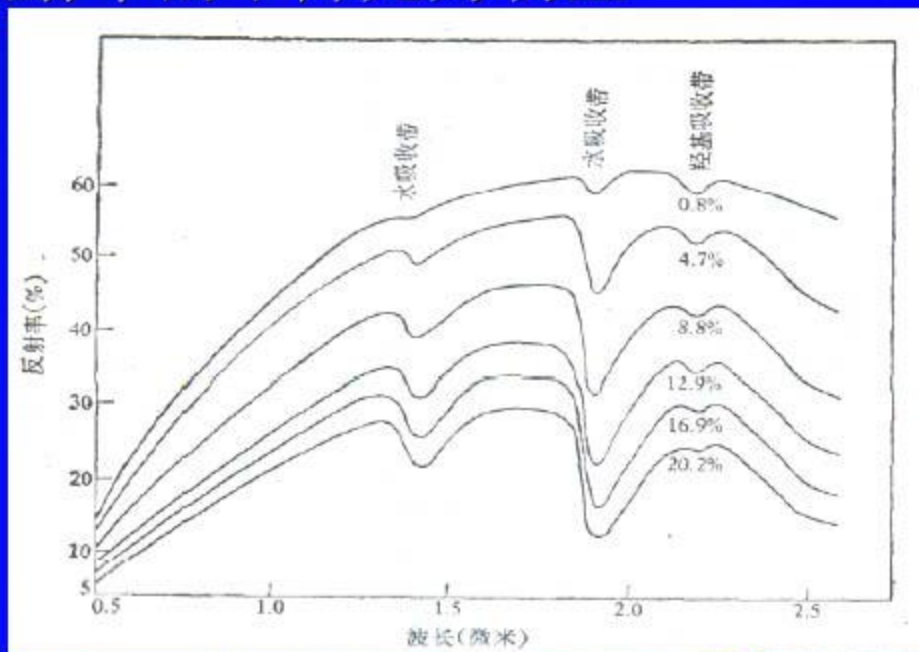
三种不同类型土壤在干燥环境下的反射光谱曲线

3. 地物的电磁辐射特性

不同含水量

对土壤反射光谱率的影响

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（1.4，1.9和2.7微米处附近区间），反射率的下降尤为明显



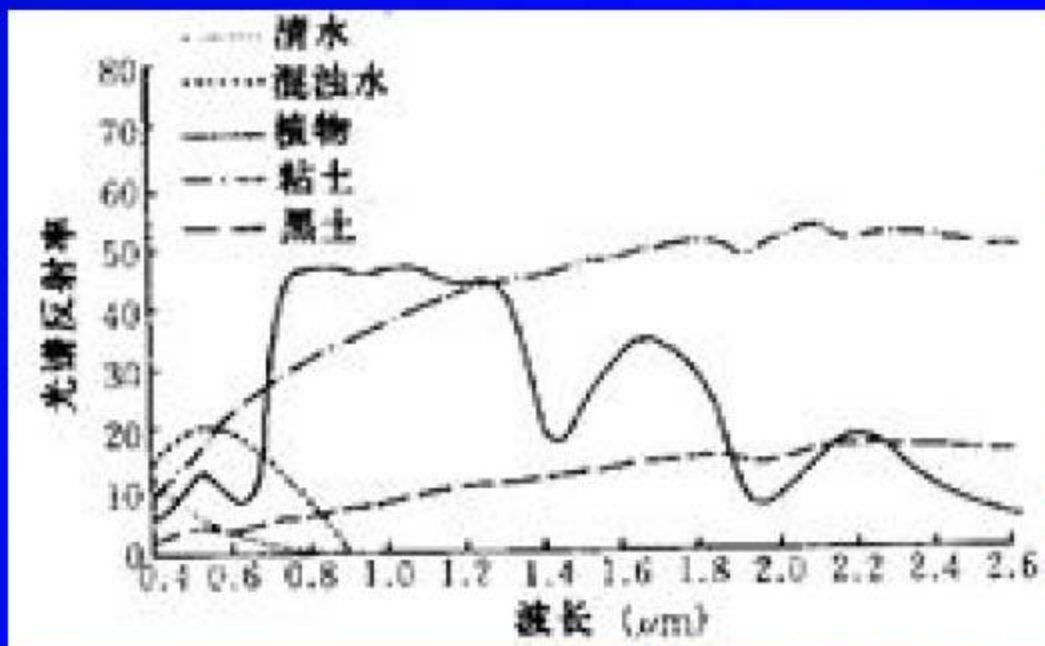
粉砂土壤不同含水量情况下的光谱反射率曲线图

3. 地物的电磁辐射特性

水体

水体的波谱特征

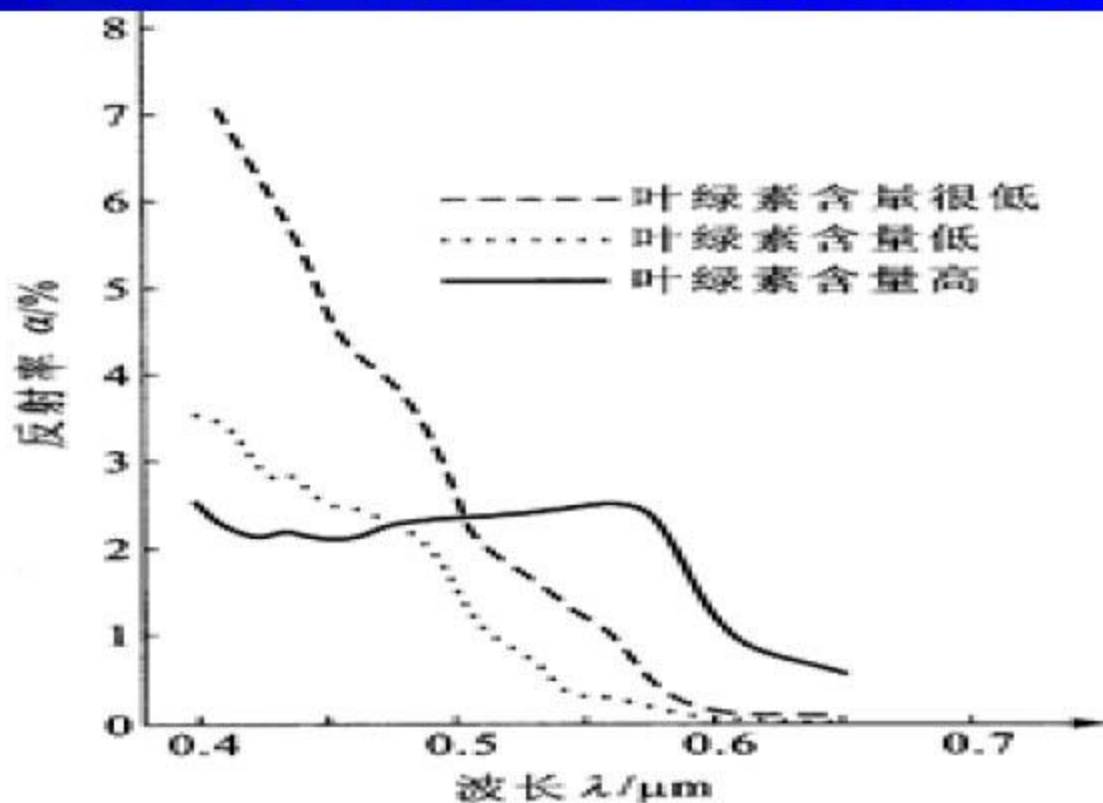
纯净水体的反射主要在可见光中的蓝绿光波段，可见光其它波段反射很低，在近红外和中红外波段纯净的自然水体的反射率很低，几乎趋近于零



水体的波谱反射率曲线

3. 地物的电磁辐射特性

不同叶绿素含量时水体的波谱曲线



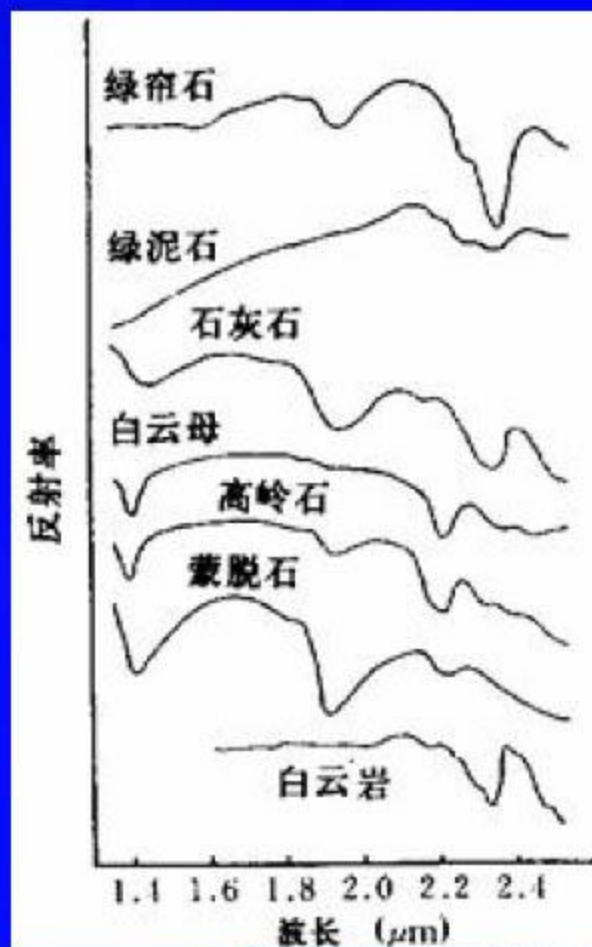
具有不同叶绿素浓度的海水的波谱曲线

3. 地物的电磁辐射特性

岩石矿物的波谱曲线

- 矿物成分
- 矿物含量
- 物质结构

岩石的光谱反射率



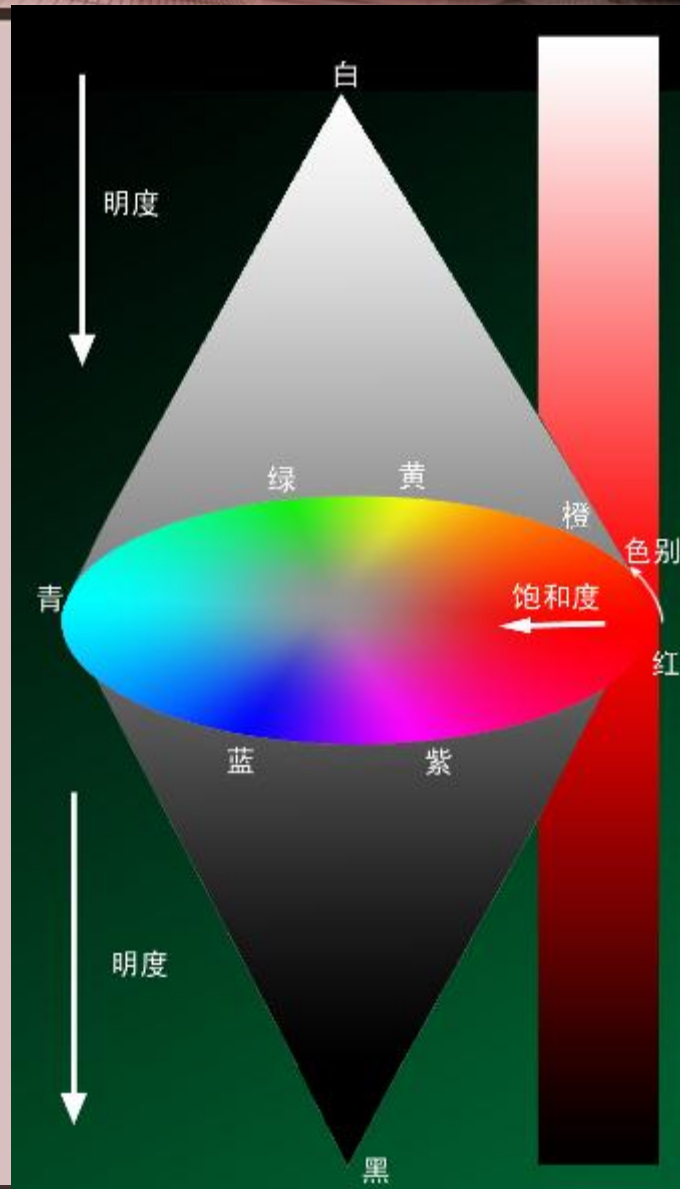
3. 地物的电磁辐射特性

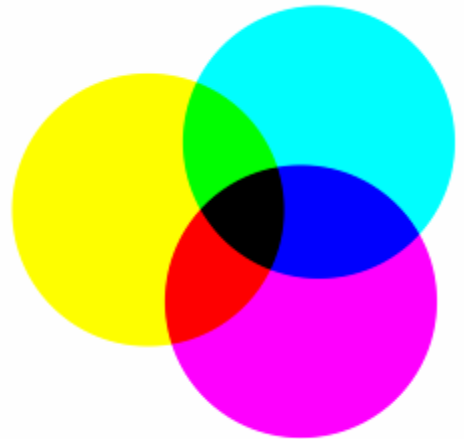
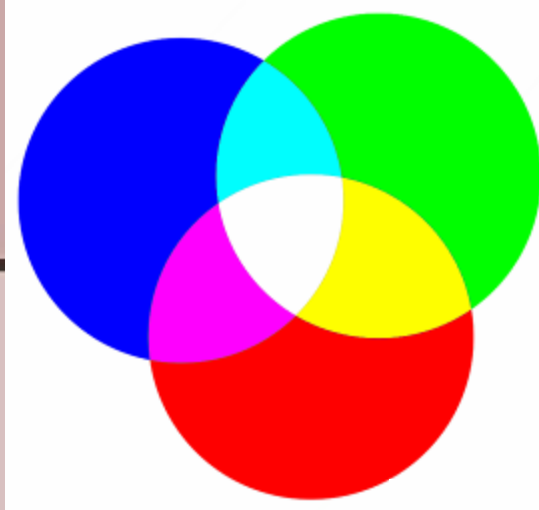
地物颜色与反射光谱特性的关系

视杆细胞

视锥细胞——感蓝单元，感绿单元，感红单元

彩色三要素（色度（别），明度，饱和度）





•由色光相加和相减实验得知：

—红 (R)，绿 (G)，蓝 (B)
色光两两相加即可合成三种
间色光。

• $R+G=Y$ (黄光)

• $G+B=C$ (青光)

• $B+R=M$ (品红)

—两种色光相加成为白色的，
这两色称为互补色，互补色
也可由白光减去三基色得到。

• $R+C=白$

• $B+Y=白$

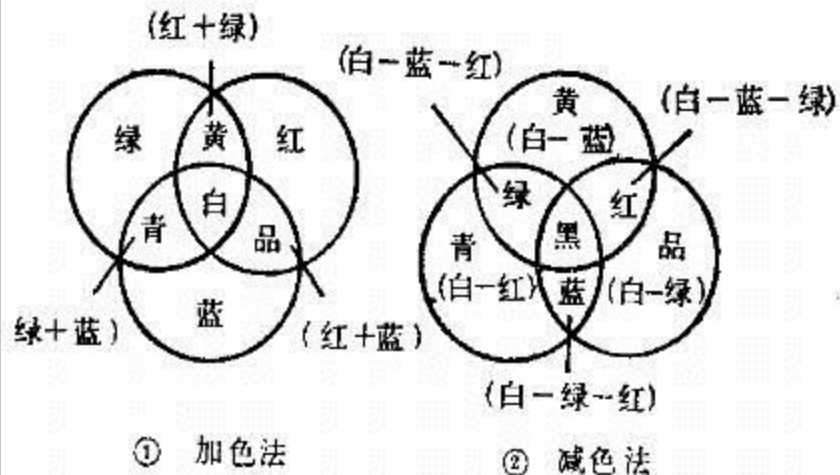
• $G+M=白$

—两种间色光相加得复色光。

• $Y+M=R$

• $C+M=B$

• $Y+C=G$



① 加色法

② 减色法



3. 地物的电磁辐射特性

颜色分**消色**（非彩色即黑白）与**彩色**

消色体：物体对白光没有分解能力，不能进行选择吸收和反射，只能对固定比例的太阳光作全吸收、全反射或部分吸收、部分反射而呈现黑—灰—白。

彩色体：物体对入射的白光有分解能力，并对不同波长的色光选择性吸收和反射。反射什么色光，物体就呈现什么颜色。

4.电磁辐射的大气传输

大气影响:

散射实质上是电磁波穿过大气层时，遇到各种微粒时所发生的一种衍射现象。散射有由较小的空气分之引起的瑞利散射；和由较粗大的微粒所引起的米氏散射。

米氏散射是大气中粒径比波长大的颗粒所引起，其散射能力与波长无关，因此它对各种波长的色都发生散射，而使天空中呈现一片灰蒙蒙的颜色。天空中有薄云时，米氏散射最明显。这种散射使所形成的图像反差小，图像模糊。

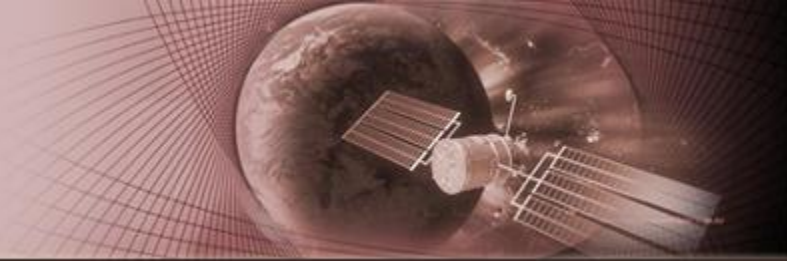
4.电磁辐射的大气传输

瑞利散射是由比光波波长还要小的气体分子质点引起的。散射能力与光波波长的四次方成反比，波长愈短的电磁波，散射愈强烈；如雨过天晴或秋高气爽时，就因空中较粗微粒比较少，青蓝色光散射显得更为突出，天空一片蔚蓝。瑞利散射的结果，减弱了太阳投射到地表的能量，使地面的紫外线极弱而不能作为遥感可用波段；使到达地表可见光的辐射波长峰值向波长较长的一侧移动，当电磁波波长大于1毫米时，瑞利散射可以忽略不计。

4. 电磁辐射的大气传输

- 由于大气对电磁波的选择性吸收，使大气在不同波段对电磁波的衰减程度各不相同。因而大气对电磁波衰减较小，透射率较高的波段叫大气窗口。
 - 由于“大气窗口”效应和探测技术水平限制，目前遥感技术只利用了有限的几个波段（窗口），其中最重要的波段为：
 - 可见光（ $0.39\text{--}0.76\mu\text{m}$ ）和近红外（ $0.76\text{--}2.5\mu\text{m}$ ）波段：这是地物对太阳辐射的强反射波段，所用的传感器主要是照（摄）相机或多波段扫描仪等；
 - 中红外（ $3\text{--}5\mu\text{m}$ ）波段：主要接收地物对太阳辐射的反射能量和自身的热辐射能量，所用的传感器主要是红外扫描仪等；
 - 热红外（ $8\text{--}14\mu\text{m}$ ）波段：主要接收地物自身的热辐射能量，所用的传感器主要是热红外扫描仪等；
 - 微波（ $8\text{--}1000\text{mm}$ ）波段：可分为主动和被动两种接收方式。主动式微波传感器通常包括侧视雷达、散射计和高度计；被动式微波传感器采用微波辐射计，包括扫描成像和非扫描成像等类型。

小结



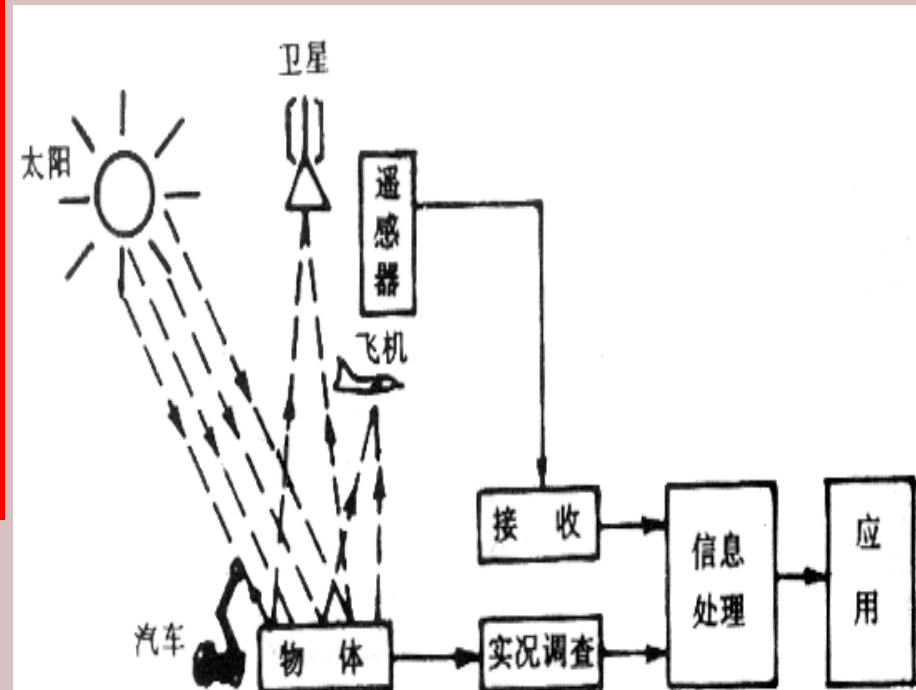
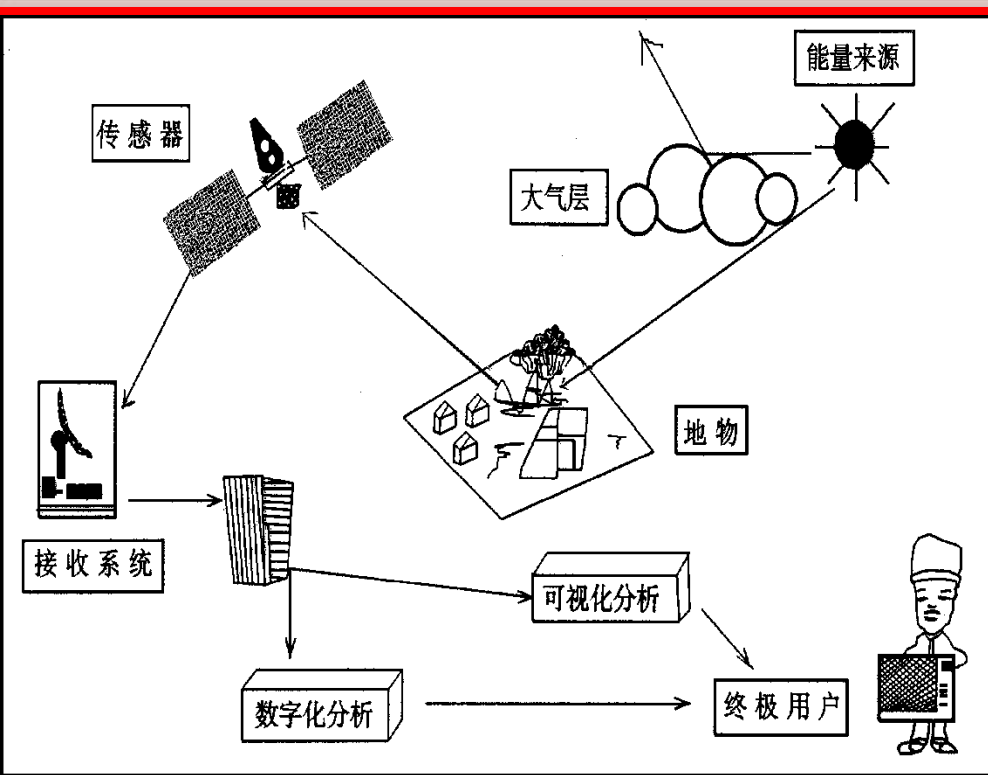
- (1) 电磁波波长范围的划分？
- (2) 电磁波与地物的作用方式有哪些？
- (3) 如何理解地物的电磁波特性？
- (4) 自然界四大地物的电磁波谱曲线？
- (5) 如何理解电磁波谱与颜色之间关系？
- (6) 米氏散射和瑞丽散射？
- (7) 大气窗口？

第三节 遥感工作系统及图像特性



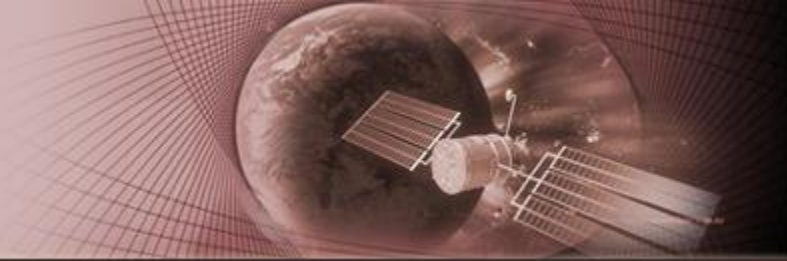
第三节 遥感工作系统及图像特性

1. 遥感工作系统
2. 图像类型
3. 航空图像特性
4. 可见光—反射红外图像
5. 远红外图像特性
6. 侧视雷达特性
7. 资源卫星图像特性



遥感系统的组成

1.遥感工作系统

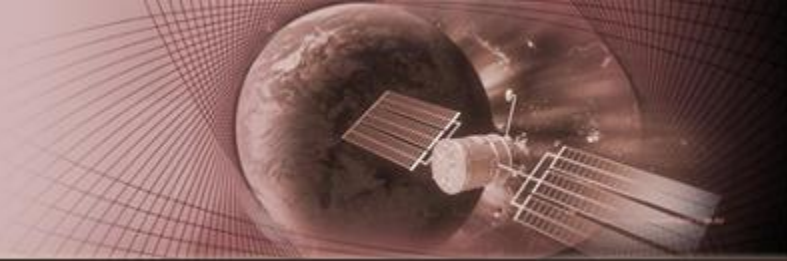


整个系统分为**星载（机载）分系统**和**地面分系统**两大部分。

星载（机载）分系统由**遥感平台和传感器**组成，负责从高空收集地物的电磁辐射信息，是遥感工作系统的核心。

地面分系统由**遥感测试系统和地面控制处理系统**两部分组成，前者负责地物波谱测试研究和地面实况调查，后者负责对星载（机载）分系统的控制，遥感数据接收和处理等具体工作。

1.遥感工作系统

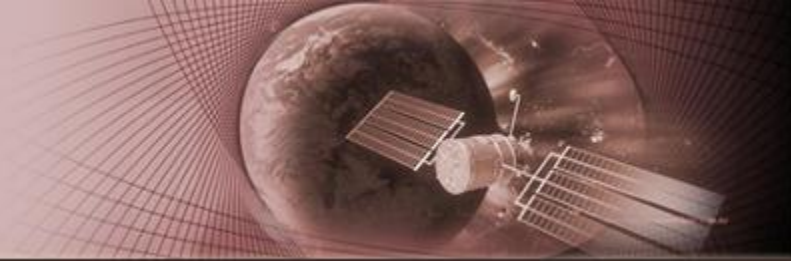


遥感测试系统:

主要任务是对地物进行波谱测试研究工作。内容如下:

- (1) 测试地物对太阳辐射的反射特性。
- (2) 测试地物自身的发射特性。
- (3) 测试地物的微波辐射特性。

1.遥感工作系统



遥感平台

(1) 近地面平台

三角架，遥感塔，遥感车，遥感船

(2) 航空平台

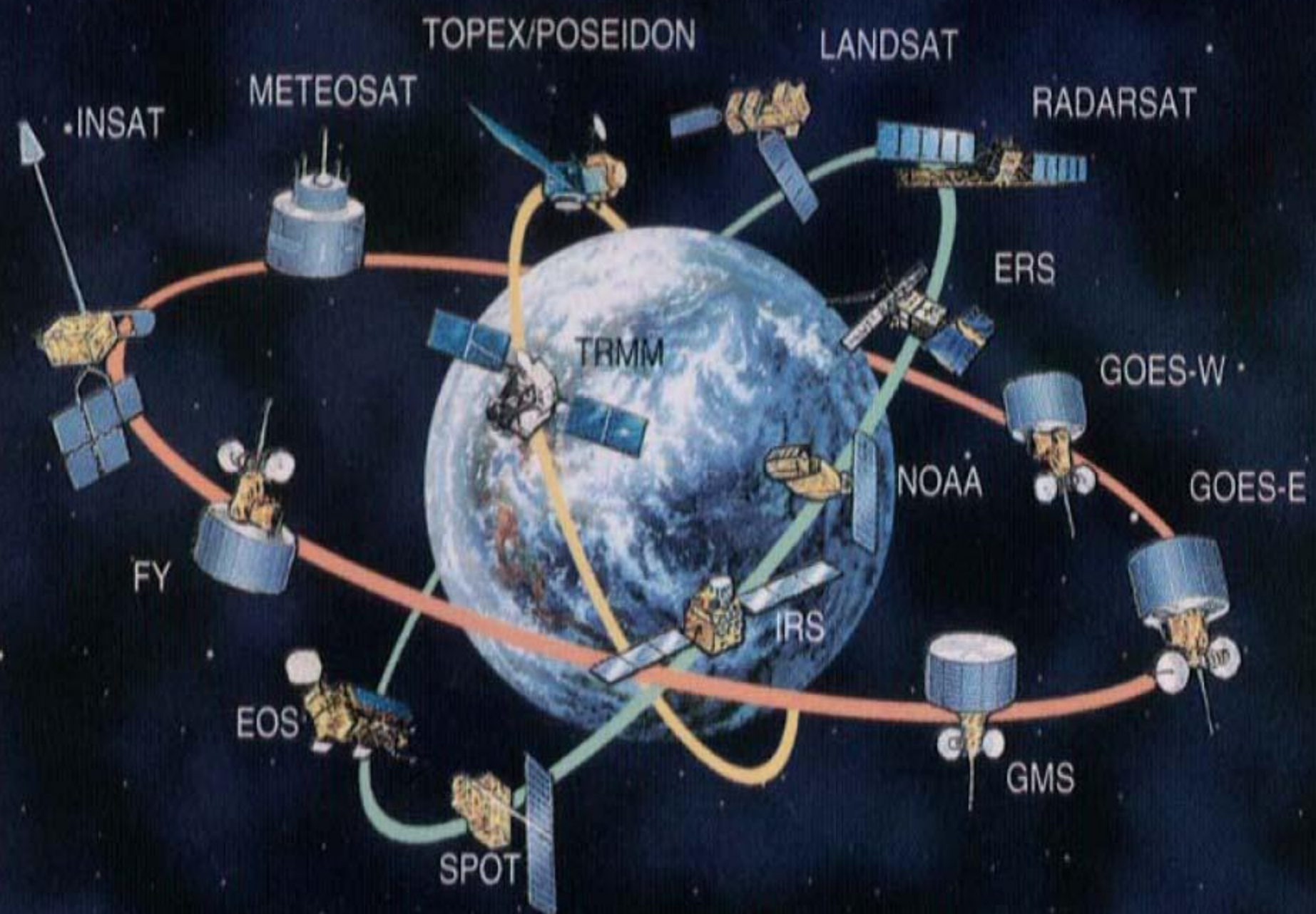
飞机—低空平台（2KM），中空平台（2—6KM），高空平台（12KM左右）

气球（12—40KM）

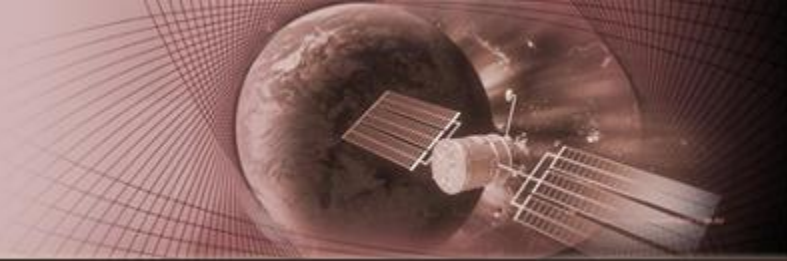
(3) 航天平台

卫星，火箭，航天飞机

空间对地观测系统



1.遥感工作系统

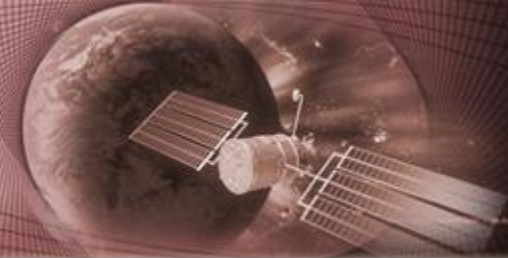


遥感传感器

各种传感器包括收集系统、探测系统、信号转化系统和记录系统。

- (1) 航空摄像机
- (2) 红外扫描仪
- (3) 成像雷达
- (4) 多波段扫描仪 (MSS, TM)
- (5) 固体扫描仪 (SPOT)

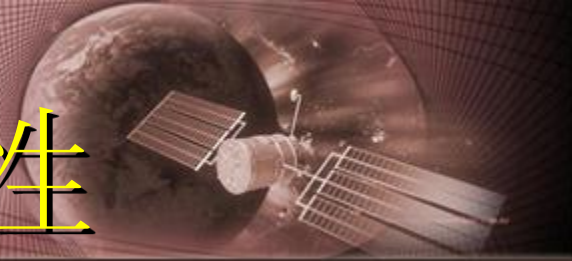
2. 图像类别



成像方式		工作波段	实例
光学 摄影 像片	常规摄影像片	黑白全色像片（可见光） 天然彩色像片（可见光）	航空像片 航天像片
	非常规摄影像片	黑白红外像片（近红外） 彩色红外像片（近红外） 紫外像片（紫外） 多波段像片（紫外—近红外） 全景像片（可见光—近红外）	
扫描 图 像	电子扫描图像	电视摄像图像（可见光）	RBV图像
	光机扫描图像	红外扫描图像（中、远红外） 多波段扫描图像（紫外—远红外） 超多波段扫描图像（可见光—近红外）	热红外图像,MSS、TM 图像， 成像波谱仪图像
	固体自扫描图像	固体自扫描图像（可见光—近红外）	SPOT HRV图像
	天线扫描图像	成像雷达图像（微波）	合成孔径雷达图像 (SAR)



3.航空图像空间特性



(1) 航空摄影种类

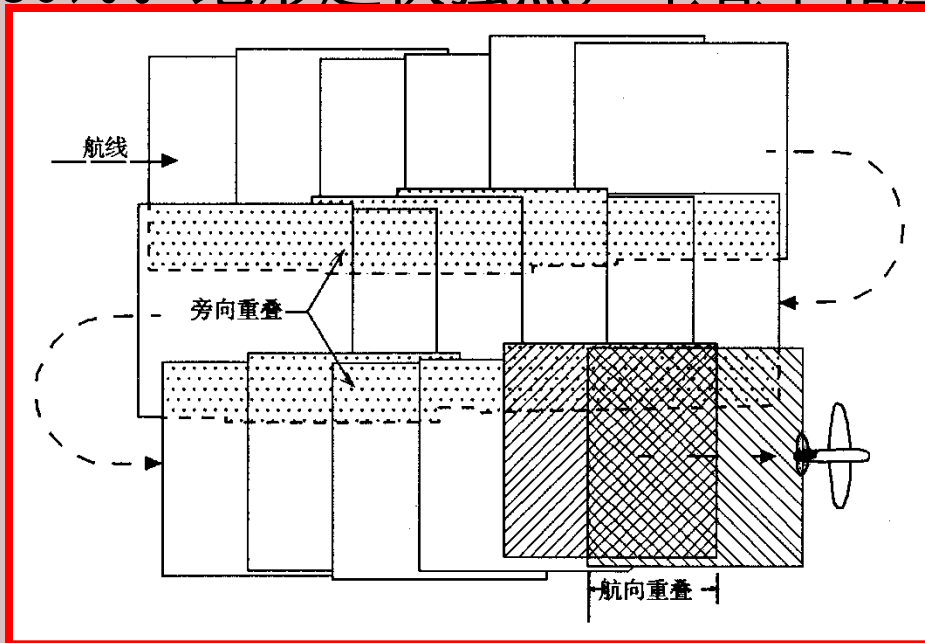
航摄机主光轴与垂直线关系—垂直航空摄影，倾斜航空摄影

航空像片简关系—单张，单航线，
面积

感光材料与电磁波段—全色黑白，彩色，黑白红外，彩色红外，紫外，多波段

3.航空图像空间特性

为保证连续覆盖和像对立体观察，相邻像片间需要有部分影像重叠；沿航线方向称**航向重叠**，重叠率要求达到60%或不少于53%，具有这种重叠关系的两张相邻像片称**立体像对**；两条相邻航线间的影像重叠称**旁向重叠**，重叠率通常为20%—30%。地形起伏强烈，重叠率相应要加大。

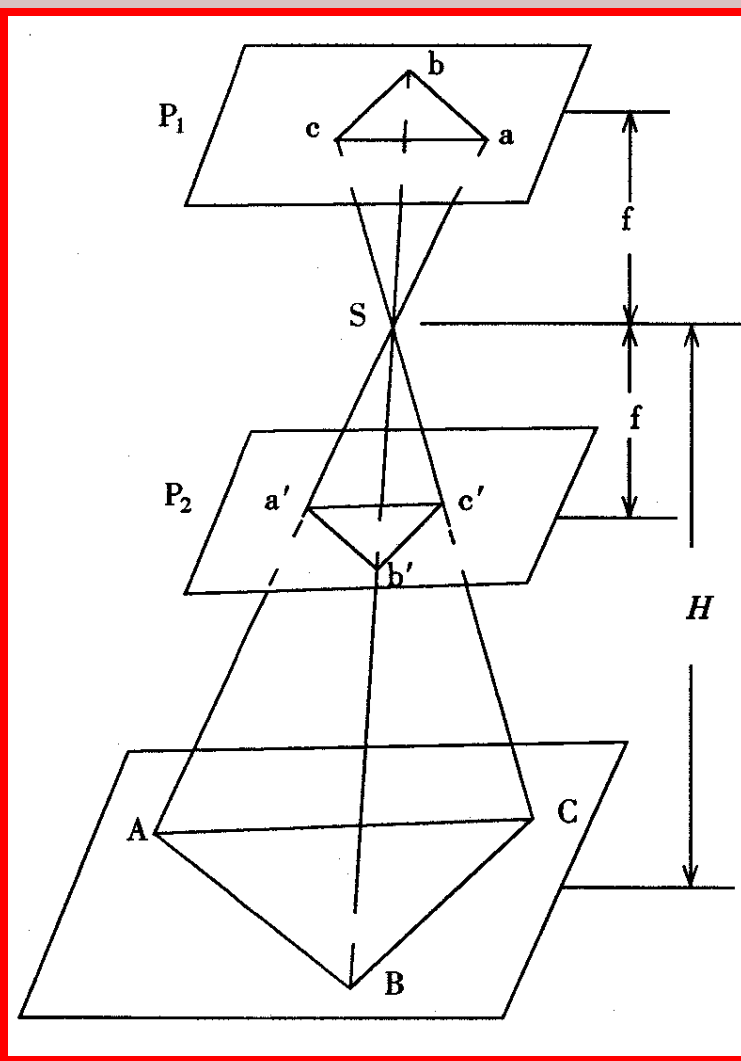


3. 航空图像空间特性

(2) 中心投影成像

遥感影像均经光学系统聚焦成像，透镜的成像规律和遥感器成像方式决定了遥感影像的投影性质。不同投影性质会产生不同性质的影像几何畸变。

中心投影：如图，地面上各地物点的投影光线（Aa、Bb、Cc）都通过一个固定点（S），投射到投影面（P1、P2）上形成的透视影像称中心投影，S称投影中心（透镜中心）。帧幅摄影像片即为地面的中心投影。投影中心位于投影面与地物之间时，投影面（P1）上的透视影像称负像，P1称**负片（底片）**；在投影中心与地物之间的投影面（P2）上的影像称正像，P2又称**正片（像片）**。航空摄影机主光轴与像平面的交点称像主点；过投影中心的铅垂线与像平面的交点称像底点。



3.航空图像空间特性

- 中心投影与正射投影（地形图）的区别：

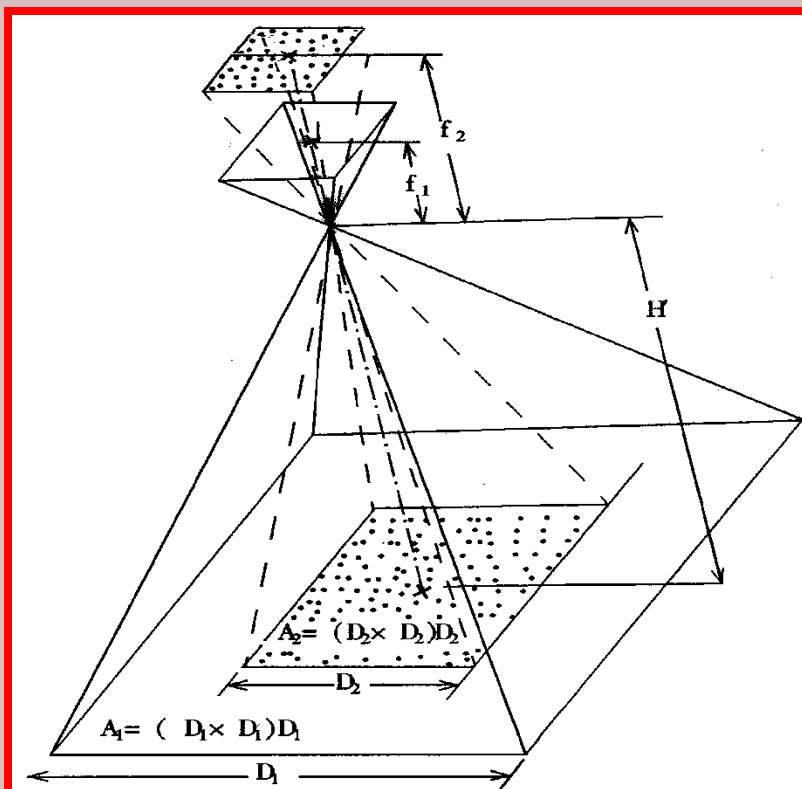
- 中心投影比例尺随航高变化而变化；正射投影的比例尺与高程无关。

- 中心投影地形起伏时像点产生位移；正射投影地形起伏时像点位不受影响。

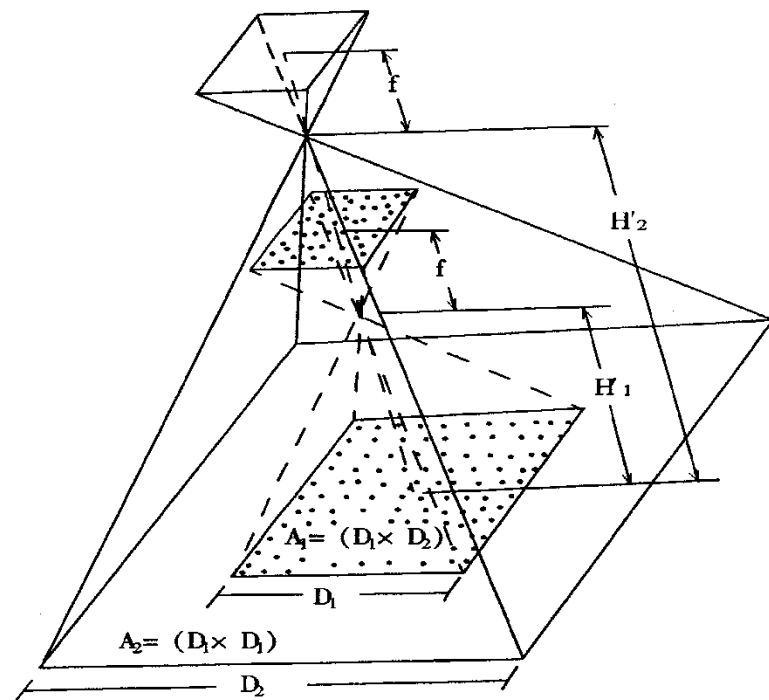
3. 航空图像空间特性

(3) 水平像片比例尺

平坦地面的水平航空像片，影像比例尺处处一致，且与线段的方向及长短无关，为 $1/m = f/H$ ，航高一定，焦距越长，影像比例尺越大，地面覆盖范围越小；焦距一定，航高越大，影像比例尺越小，地面覆盖范围越大。



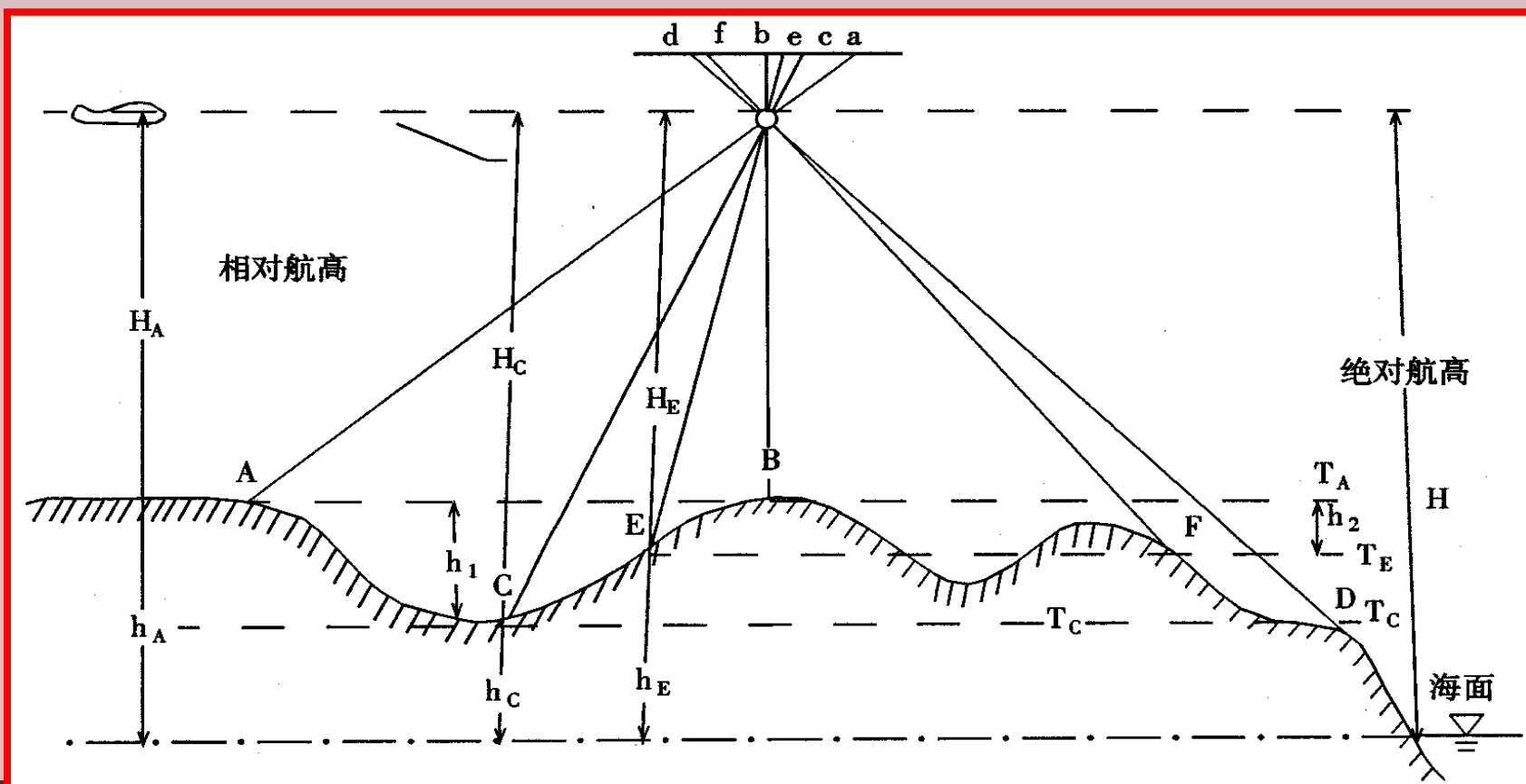
焦距对地面覆盖范围的



航高对地面覆盖范围的影响

3. 航空图像空间特性

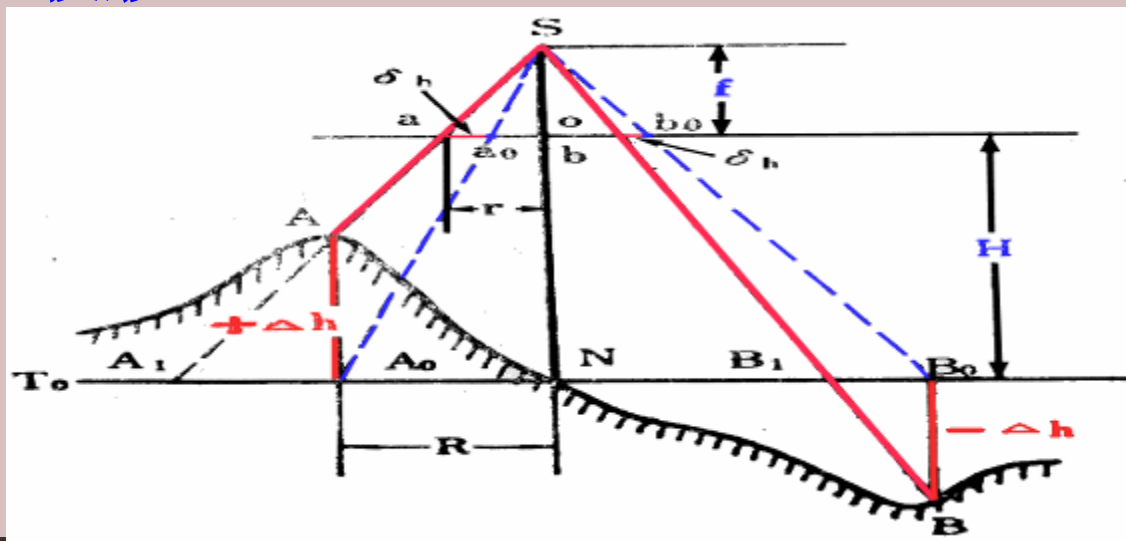
在地形起伏地区，由于各影像点相对航高不一致，不同高程处的地物影像比例尺不同，高差越大，相对航高差越大，比例尺差别越大，只有在同一高程上的地物，影像比例尺才相同。因此，地形起伏地区的航空像片比例尺只能概略表示。航摄技术鉴定书提供的航高为航测高差仪记录的像底点的航高，用此航高计算的比例尺称主比例尺，通常以主比例尺代表像片比例尺。



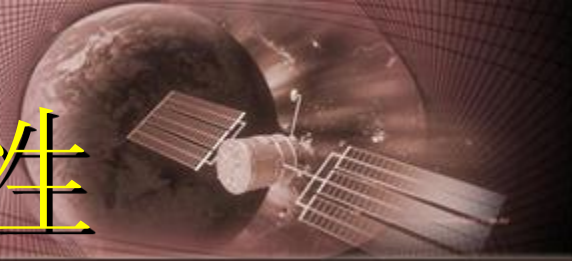
3. 航空图像空间特性

(4) 像点位移

根据中心投影的原理，由于地形起伏，任何高于或低于基准面的地面点投影在水平像片上的像点，相对于在基准面上垂直投影的像点，都有位置移动。由中心投影造成，在地面上平面坐标相同但高程不同的点，在像片面上的像点坐标不同，这种像点位置的移动，称像点位移（投影差）。



3.航空图像空间特性



像点位移规律:

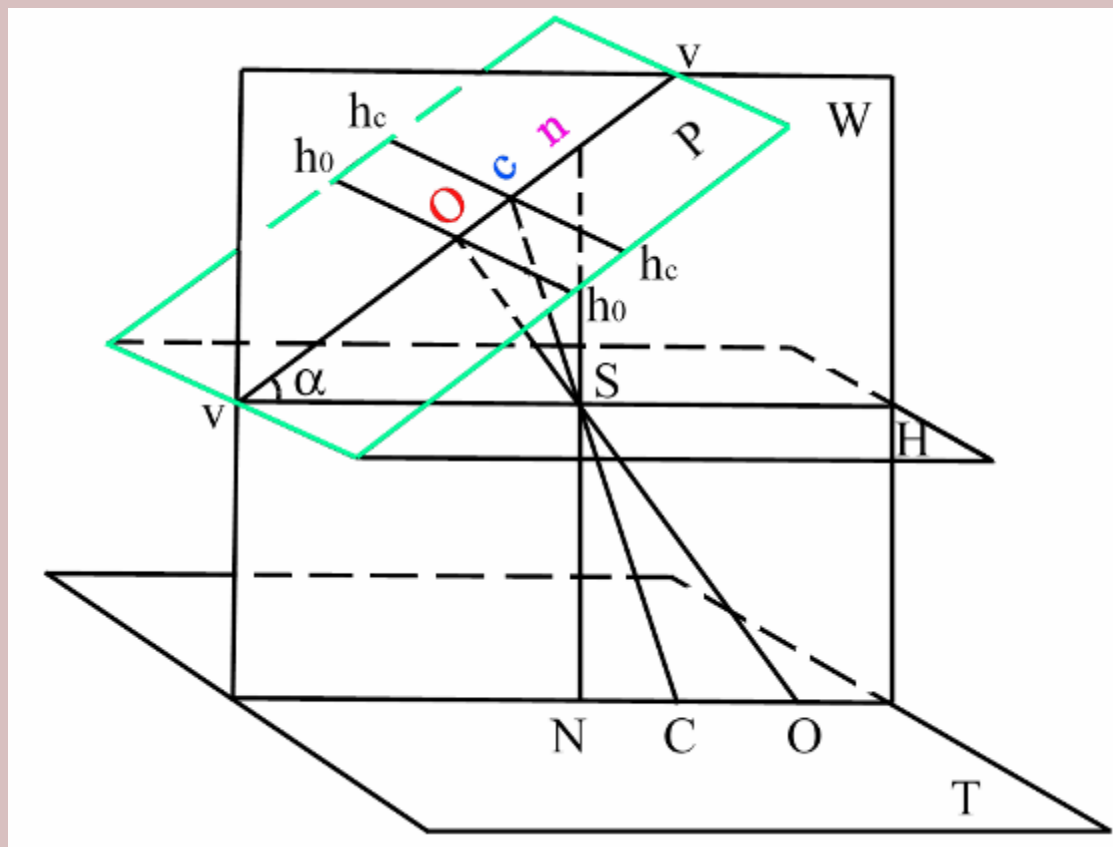
(A) 投影差与向径成正比，像点距像底点愈远，投影差愈大，在像底点处 $r=0$ （像点到像底点的距离）、 $\delta_h=0$ （投影差）。

(B) 投影差与高（程）差成正比，高差愈大，投影差也愈大；正起伏像点背离像底点向外移，反之负起伏像点向像底点方向位。

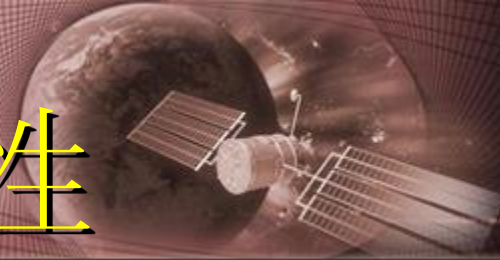
(C) 投影差与航高成反比，即航高愈大，投影差愈小。

3. 航空图像空间特性

- 航空像片上的特别点和线
- 像主点 (O)
- 像底点 (n)
- 等角点 (c)
- 主纵线 (v v)
- 主横线 (h_0h_0)
- 等比线 (h_ch_c)



3.航空图像空间特性



像主点 (o) : 摄影机主光轴 S_0 与像面交点。

像底点 (n) : 过 S 点的铅垂线与像面的交点。

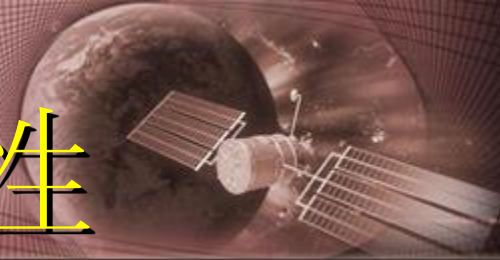
等角点 (c) : 主光轴与铅垂线夹角的平分线与像面的交点。

主纵线 ($v\ v$) : 包含主光轴与主垂线的平面 (主垂面) 与像面的交点。

主横线 (h_0h_0) : 垂直主纵线且通过像主点的直线。

等比线 ($hchc$) : 通过像等交点且垂直于主纵线的直线。

3.航空图像空间特性



(5) 影像分辨率

地面分辨率

(6) 航空像片的注记

框标：框标相连交点为像主点。

压平线：像片靠近边缘处的“井”字形细直线。

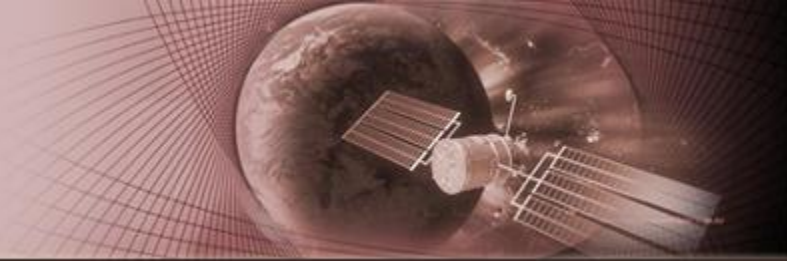
水准器：摄影瞬间像片倾斜情况。

时表：记录摄影时间。

气压计：记录摄影瞬间的气压或高程

其他注记：摄影仪器类型、出厂号、镜头焦距、摄影日期、底片编号或像片编号等。

小结



- (1) 遥感工作系统由哪几部分组成？
- (2) 怎么才能构成立体像对？
- (3) 中心投影与正射投影的差异？
- (4) 像点位移概念及其规律？
- (5) 影像分辨率和地面分辨率的区别在哪些地方？

4. 可见光—反射红外图像特性

可见光—反射红外：记录的是地球表面对太阳辐射能的反射辐射能。反射红外**波段**0.76—3.0 μm 。

(1) 黑白全色片：对整个可见光波段的各感光乳胶层具有均匀的响应。

黑白红外片：仅对近红外波段的感光乳胶层有响应。

多用于高分辨率摄影测量中，侧重几何方面的分析。