

遥感基本概念

一切地面目标，由于种类及其所处环境条件的差异，因而具有**反射或辐射不同波长电磁波信息的特性**，遥感正是利用地面目标反射或辐射电磁波的固有特性，通过观察目标的电磁波信息，获取目标的信息，完成远距离识别物体的技术。

应用遥感器“遥远”地采集目标对象的数据（电磁波特性和特性），并通过对数据的分析来获取和揭示有关地物目标、或地区、或现象的信息（特征及其变化）的一门科学和技术。

遥感（Remote Sensing）作为一门综合技术是美国学者在1960年提出来的。1962年美国召开的《国际环境科学遥感研讨会》上这一名词被正式通过。为了比较全面地描述这种技术和方法，Pruitt把遥感定义为“以摄影方法或以非摄影方式获得被探测目标的图象或数据的技术”。从现实意义看，一般我们称遥感是一种远距离目标，通过非直接接触而判定、测量并分析目标性质的技术。

遥感系统分类

按遥感平台划分

- **地面遥感** 是以近地表的载体作为遥感平台的探测技术。如汽车、三脚架、气球和车船等。地面遥感是获得成像或非成像方式的数据，由于它与地面其他观测数据具有绝对同步关系，为构建地表物理模型奠定基础。
- **航空遥感** 是以飞机为平台从空中对目标地物进行探测的技术。主要的特点是沿航线分幅获取地面目标地物，因此其灵活性大，所获得的图像比例尺大，分辨率高，主要为地方尺度的遥感提供数据。
- **航天（卫星）遥感** 是以卫星、火箭以及航天飞机为平台，从外层空间对目标地物进行探测的技术系统。航天遥感是20世纪70年代发展起来的现代遥感技术。
- **航宇遥感** 是以宇宙飞船为平台对宇宙星际的目标进行探测遥感技术。随着运载火箭技术的不断发展，人类逐步从地球环境向宇宙星际环境的延伸，从而实现了月球、火星等星际环境的遥测。

遥感系统分类

按探测的电磁波段划分

- **紫外遥感** 传感器采集和记录目标物在紫外波段的辐射能量，由于太阳辐射能量到达地面的紫外波能量非常弱，因此可用波段非常窄。
- **可见光遥感** 传感器仅采集与记录目标物在可见光波段的反射能量。
- **红外遥感** 传感采集并记录目标地物在电磁波红外波段的反射或辐射能量。
- **微波遥感** 传感器采集并记录目标地物在微波波段反射能量，所用传感器主要包括微波辐射计、雷达、高度计等。
- **高光谱遥感** 高光谱遥感是近年发展起来的新的遥感探测技术，它是将某一波长范围内，以小于10nm波长间隔对地观察，探测地表某目标地物的反射或发射能量的探测技术。

遥感系统分类

按电磁辐射源划分

- **被动遥感 (Passive) / 无源遥感**：指传感器探测和记录目标地物的太阳辐射的反射或是目标地物自身发射的热辐射和微波的能量。其输入能量是太阳自然辐源而非人工辐射源。
- **主动遥感 (Active) / 有源遥感**：指传感器带有电磁波发射装置，在探测过程中，向目标地物发射电磁波辐射能量，然后接收和记录目标物反射或散射回来的电磁波的遥感。根据探测目标选择不同的波长和发射方式，微波、激光。包括干涉雷达、合成孔径雷达等。

遥感系统分类

按应用的领域划分



遥感的特点与优势



遥感的特点与优势

- **空间尺度：**宏观-数量-质量
- **时间尺度：**动态-过程-演化
- **管理尺度：**国家-省级-地级市-县市区-乡镇-村

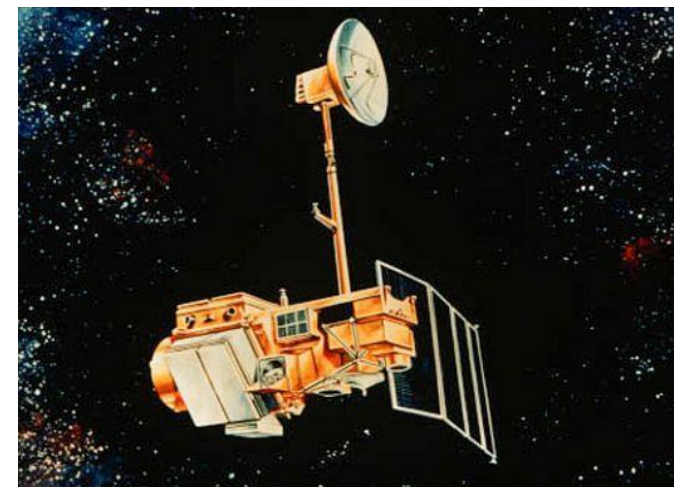


遥感的发展过程

- 无记录的地面遥感阶段（1608-1838）
- 有记录的地面遥感阶段（1839-1857）：摄影技术的出现
- 空中摄影遥感阶段（1858-1956）
- 航天遥感阶段（1957-）

遥感的发展过程 航天遥感阶段

1972年7月首次发射升空的美国地球资源系列卫星(Landsat)在40多年的时间里是世界上历时最长、拍摄最为广泛的地球空间观测卫星，并帮助科学家调查研究地球上的资源、预报自然灾害、观察城市扩张等。



中国遥感事业发展

- 系统航空摄影是从上世纪50年代开始
- 20世纪70年代遥感有了长足进步
- 1970东方红人造卫星，风云气象卫星相继发射；1999年中巴资源卫星，成为第一颗资源卫星。
- 1986年建成遥感卫星地面站，接收美国，法国，加拿大和中巴卫星等数据。
- 广泛探索和应用试验：**云南腾冲遥感综合试验**，**天津-渤海湾环境遥感试验**和**二滩水能开发遥感试验**（中国航天遥感发展的三大战役）

中国遥感事业发展

云南腾冲遥感综合试验:遥感界的“黄埔军校”

腾冲航空遥感在我国是一次规模最大、学科最多、涉及技术和应用领域极为广泛的综合性的遥感试验，是我国遥感新领域迈出具有历史意义的第一步，开创了技术集成与知识创新的先河，在我国遥感发展史上具有里程碑意义。在设备的研制和检验、应用技术与方法的实践与探索、人才的教育与培训等方面成为我国遥感的奠基与示范工程，从此国家的遥感事业乘风破浪、一路远航。腾冲航空遥感试验被誉为中国遥感的“黄埔一期”。

1978年12月至1980年底，经国务院和中央军委批准由中国科学院牵头国内16个部委所属68个单位、50多门学科、700余名科技人员参加的腾冲地区进行了我国第一次大规模多学科综合性航空遥感技术应用试验（简称7802工程）。“地质博物馆”之称，地质、地貌、水文以及生物多样性等条件非常好，是一个十分理想的遥感试验基地

遥感概论 基础原理

电磁波与电磁辐射

- 电磁波是电磁振动的传播。电磁振荡在空间传播，形成电磁波，也称电磁辐射
- 电磁波是横波，质点的震动方向与波的传播方向垂直
- 电磁波在真空中以光速传播

- 满足方程：

$$f \cdot \lambda = c \text{ (波动性)}$$

$$E = h \cdot f \text{ (粒子性)}$$

具有波粒二象性



麦克斯韦 (1831-1879)



普朗克 (1858-1947)



爱因斯坦 (1879-1955)

- 电磁波具有波粒二象性：在传播过程中，主要表现为波动性；与物质相互作用时，主要表现为粒子性。

电磁波与电磁辐射

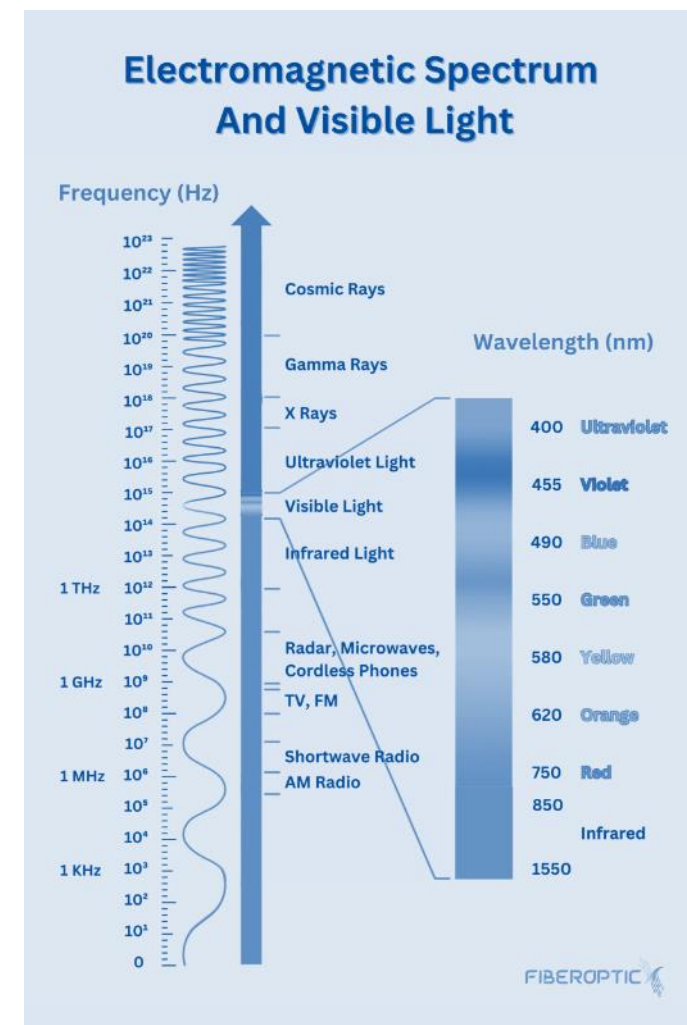
◆ 粒子性（光电效应是最好的说明）

把电磁波作为粒子对待时，能量：

$$E = hf = hc/\lambda$$

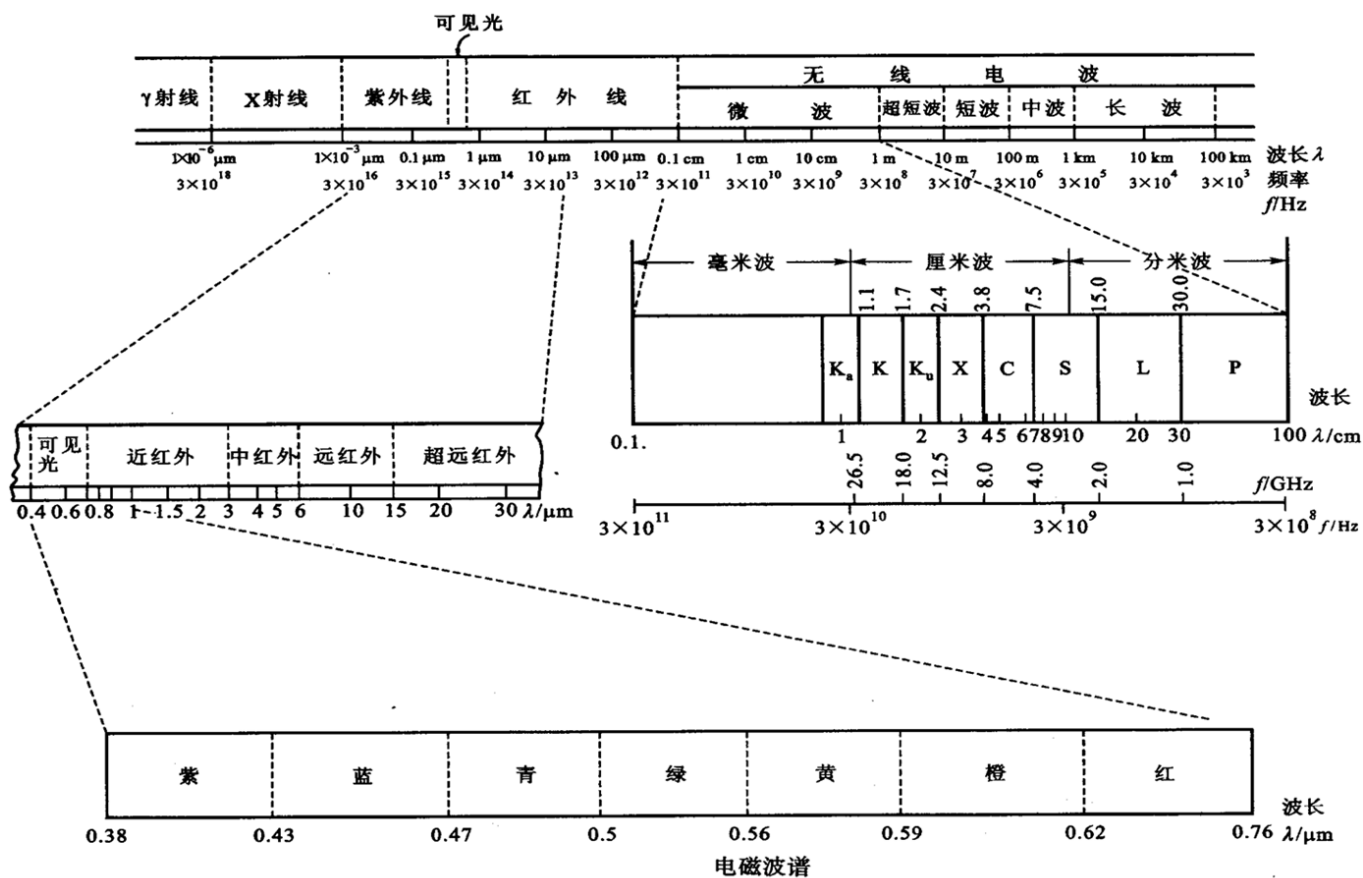
h , Plank's constant ($6.626 * 10^{-34}$ J•s)

辐射能量跟波长成反比。对于遥感有重要意义。地表特征的微波辐射要比波长相对较短的热红外辐射更难感应。热红外辐射比可见光难探测。

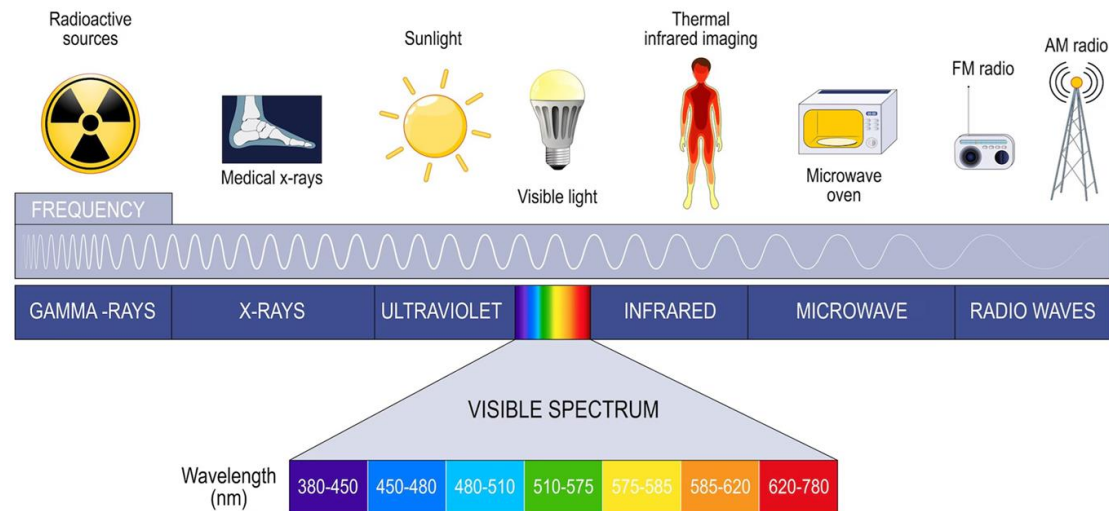


遥感概论 基础原理

电磁波谱与电磁辐射



Electromagnetic spectrum



遥感概论 基础原理

电磁波谱与电磁辐射-红外波段

- **红外(Infrared, IR)**

反射红外 (reflective IR) : $0.7-3.0\mu\text{m}$

热红外(Thermal IR): $3.0-100\mu\text{m}$

- **以往用法:**

近红外: $0.7-1.1\mu\text{m}$

中红外: $1.1-3.0\mu\text{m}$

远红外: $8.0-100\mu\text{m}$

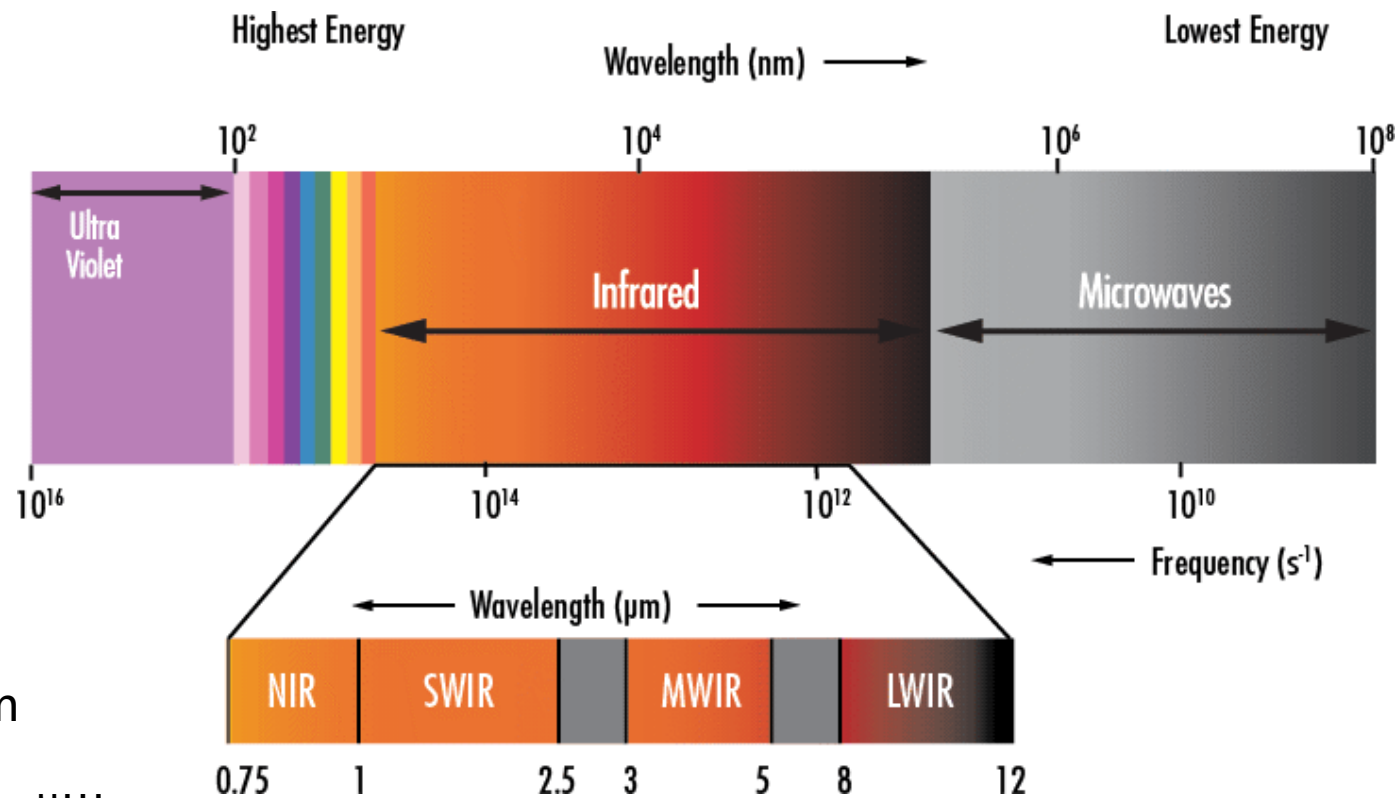
- **目前遥感界习惯用法:**

近红外 (NIR, near-infrared) : $0.7-1.1\mu\text{m}$

短波红外(SWIR, shortwave IR) : $1.1-3.0\mu\text{m}$

中红外(MWIR, Mid wave IR): $3.0-6.0 (8.0)\mu\text{m}$

热红外(TIR, Thermal IR): $8.0-15\mu\text{m}$



遥感概论

基础原理

电磁波谱与电磁辐射-微波

微波遥感按照是否发射微波信号一般可以分为两类：**主动微波遥感**和**被动微波遥感**。主动微波遥感又称**雷达遥感**，其是通过接收遥感器发射的电磁波信号来实现目标探测的一种手段。主动微波遥感主要包括**微波高度计**、**微波散射计**和**合成孔径雷达（SAR）**三种类型的遥感器，也包括通常使用的降雨雷达。被动微波遥感又称**微波辐射计**遥感，是指直接接收目标的自然微波辐射来提取目标信息的一种遥感手段。被动微波遥感按频谱特性可以分为两类：**探测仪**和**成像仪**。

遥感概论 基础原理

微波-合成孔径雷达干涉测量技术 (InSAR)

InSAR（全称Interferometric Synthetic Aperture Radar）技术作为一种新兴的**主动式微波遥感技术**，凭借其可以穿过大气层，全天时、全天候获取监测目标的形变信息等特性，已在地表形变监测、滑坡、人工建筑物形变信息提取等多种领域展开了成功应用。

遥感概论

基础原理

电磁波谱与电磁辐射-微波

微波遥感常用波段符号:

P: 30-100cm

L: 15-30cm

S: 7.5-15cm

C: 3.75-7.5cm

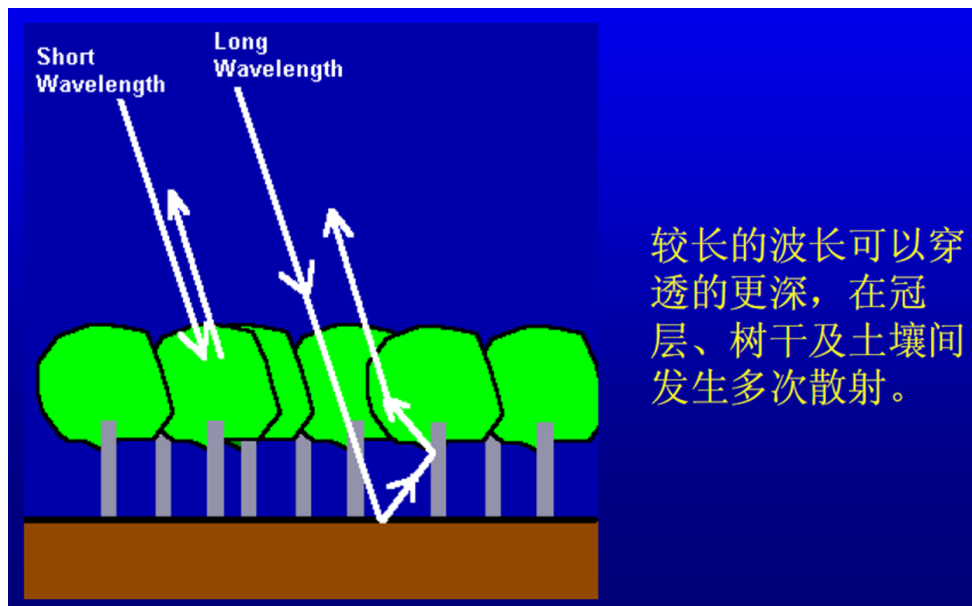
X: 2.4-3.75cm

Ku: 1.57(1.7)-2.4cm

K: 1.1-1.57(1.7)cm

Ka: 0.75-1.1cm

- 地球资源应用中常用波段: X、C、L
- 云雨穿透性很强
- 全天候工作
- 对地表面穿透性较强
- 具有某些独特的探测能力 (土壤水分、地下测量)



遥感概论 基础原理

电磁辐射的度量

电磁辐射是电磁波传递能量的过程，是能量的一种动态形式，只有当它与物质相互作用（包括发射、吸收、反射、透射）时才表现出来。用辐射能量 Q (J) 表示。

(1) 辐射通量 Φ (辐射功率 Radiant Flux)

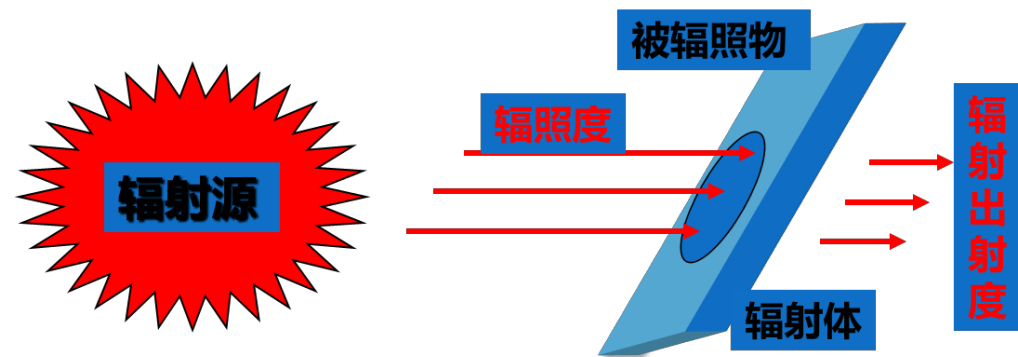
在单位时间内通过某一面积的辐射能量称为辐射通量 ($W=J/S$) $\Phi=dW/dt$

(2) 辐射出射度 M (辐射通量密度 Radiant Emittance)

面辐射源物体单位面积上发出的辐射通量 (W/m^2) $M=d\Phi/ds$

(3) 辐射照度 I (辐照度 Irradiance)

照射到物体单位面积上辐射通量 (W/m^2) $E=d\Phi/ds$



遥感概论 基础原理

电磁辐射的度量

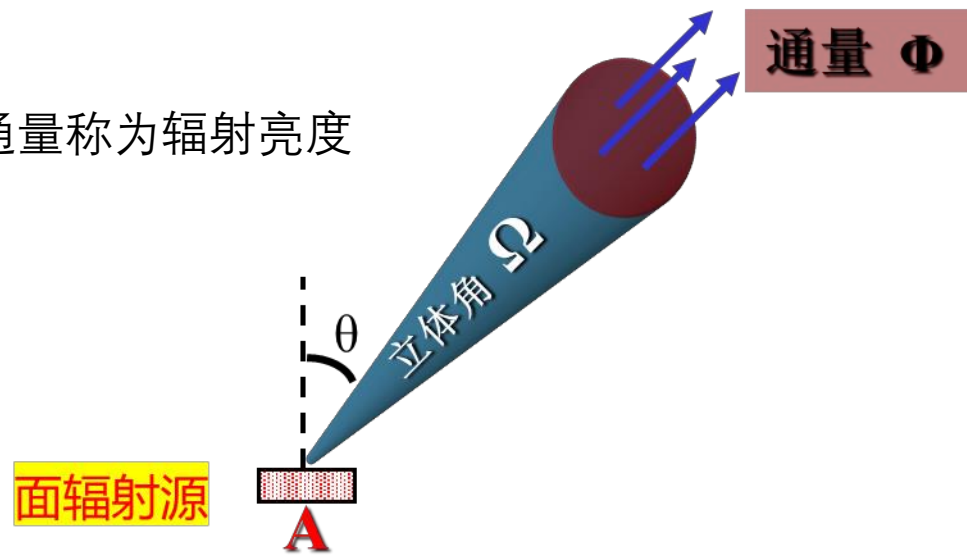
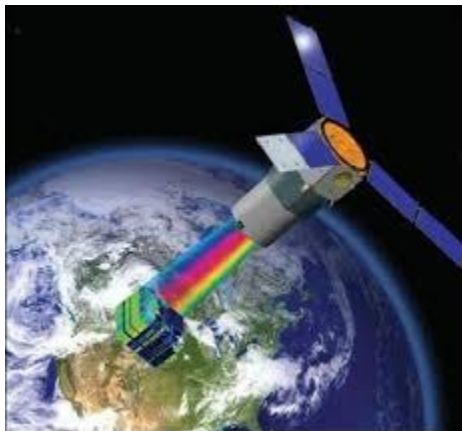
(4) 辐射强度 I (Radiant Intensity)

是描述点辐射源的辐射特性的，指在某一方向上单位立体角内的辐射通量

(5) 辐射亮度 L (辐亮度 Radiance)

面辐射源，在某一方向，单位投影表面、单位立体角内的辐射通量称为辐射亮度

遥感观测的是哪个物理量？



遥感概论 基础原理

电磁辐射定律-黑体辐射

地物发射电磁波的能力以**发射率**作为衡量标准；地物的**发射率是以黑体辐射作为参照标准**。

黑体：是一个假设的理想辐射体。能全部吸收各种波长的辐射能而不发生反射，折射和透射的物体。

自然界的物体仅接近于黑体。电磁辐射遵守以下物理定律：

(1) 普朗克定律

$$M_{\lambda}(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1}$$

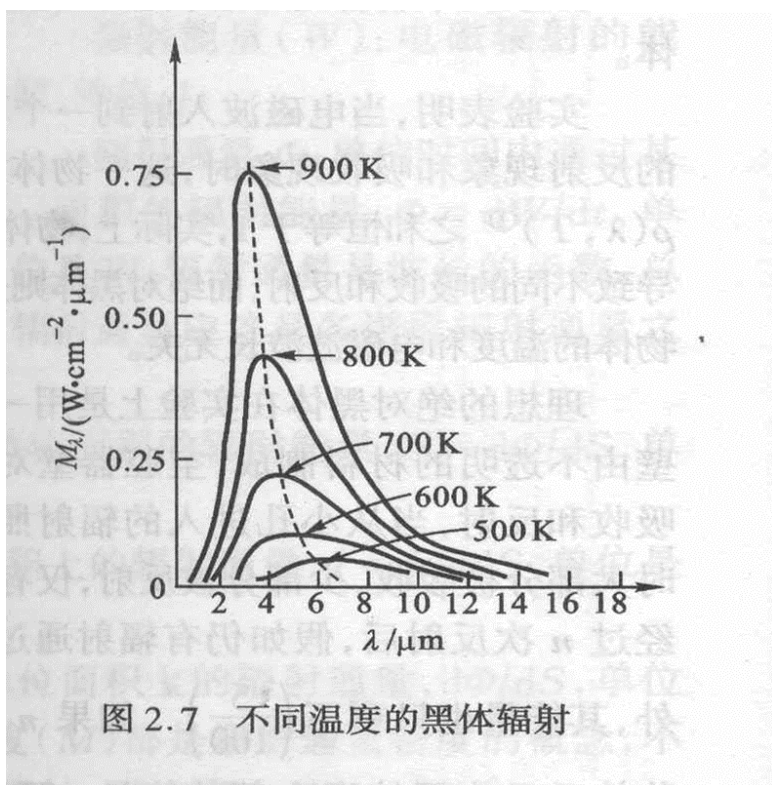
普朗克辐射定律是热辐射理论中最基本的定律。表明黑体辐射只取决于**温度与波长**，与发射角和内部特征无关。

电磁辐射定律-黑体辐射

(2) 斯忒藩—玻尔兹曼定律

$$M = \sigma T^4$$

- 任一物体辐射能量的大小是物体表面温度的函数。辐射温度越高，发射的辐射总能量越大。
- 不同温度黑体辐射曲线形态像是，但能量峰值随温度升高向短波方向移动



遥感概论 基础原理

电磁辐射定律-黑体辐射

(3) 维恩位移定律

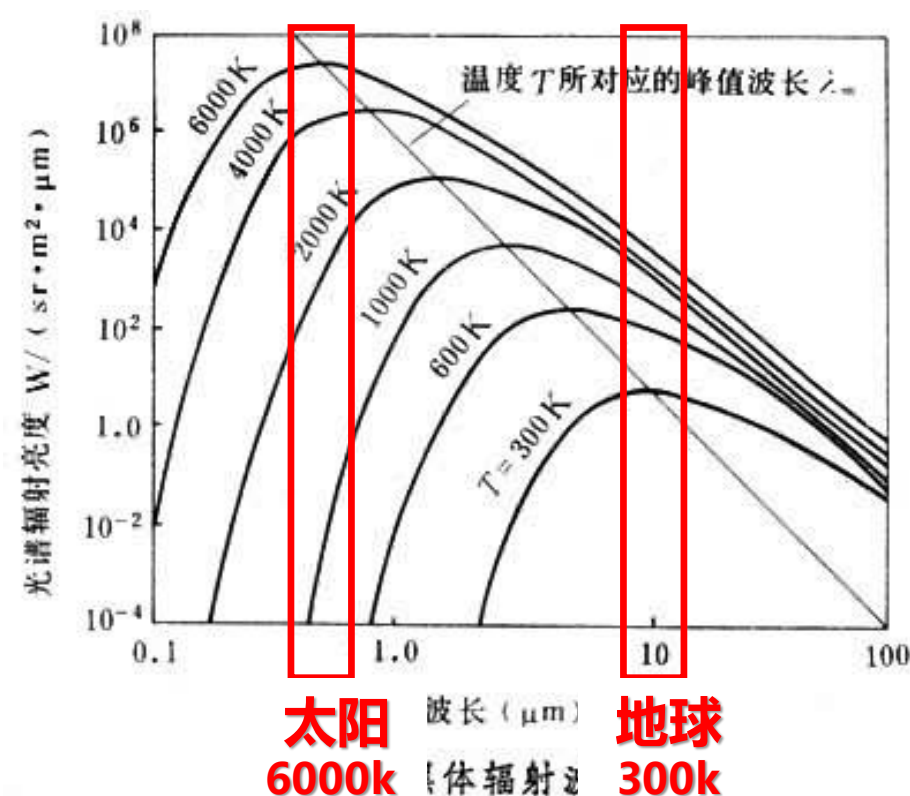
$$\lambda_{\max} T = 2.898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$

描述了物体辐射最大能量的峰值波长与温度的定量关系。

黑体最大辐射强度对应的波长与绝对温度成反比。峰值

波长随温度的增加向短波方向移动。

温度T/K	300	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000
波长 $\lambda_{\max}/\mu\text{m}$	9.66	5.80	2.90	1.45	0.97	0.72	0.58	0.48	0.41



电磁辐射-黑体辐射

(4) 基尔霍夫定律

在任一给定的温度下，辐射出射度(辐射通量密度)与吸收率之比对任何材料都是常数，并等于该温度下黑体的辐射通量密度。即：

$$M_1 / \alpha = M_2 \quad \alpha \text{为吸收率}$$

发射率定义： $\epsilon_\lambda = M_1 / M_2$ 所以： $\epsilon_\lambda = \alpha$

即，一个物体的波谱发射率等于它的波谱吸收率，好的吸收体也是好的发射体。

物体的发射率是温度和波长的函数。

遥感概论

基础原理

电磁辐射-实际物体的辐射

黑体的概念是采用一个简便的理论工具来描述辐射原理。**实际物体的辐射不同于绝对黑体的辐射，在相同温度下，实际物体的辐射出射度（辐射通量密度）比绝对黑体的要低。**把实际物体作为辐射源，研究其辐射特性，将其与黑体进行比较。从而引出“比辐射率”的概念。

地物发射某一波长的辐射出射度（辐射通量密度） M_1 与同温下黑体在同一波长上的辐射出射度 M_2 之比，称比辐射率（也称地物发射率），即：

$$\varepsilon_{\lambda} = M_1 / M_2$$

- **比辐射率是一个无量纲的量**，其值介于0和1之间，它是波长的函数。
- **比辐射率是地物本身内在的一种物理属性**，是物体发射能力的表征，不仅依赖于地物的组成成分，于物体的表明状态（粗糙度）及物理性质（介电常数、含水量等）都有关。

遥感概论

基础原理

电磁辐射-实际物体的辐射

常温下， λ 为8-14 μm 自然物体的比辐射率（或发射率）

物体	温度	比辐射率	物体	温度	比辐射率
橡木平板	常温*	0.90	石英	常温	0.627
蒸馏水	常温	0.96	长石	常温	0.819
光滑的冰	-10℃	0.96	花岗岩	常温	0.780
雪	10℃	0.85	玄武岩	常温	0.906
沙	常温	0.90	大理石	常温	0.942
柏油路	常温	0.93	麦地	常温	0.93
土路	常温	0.83	稻田	常温	0.89
混凝土	常温	0.90	黑土	常温	0.87
粗钢板	常温	0.82	黄粘土	常温	0.85
炭	常温	0.81	草地	常温	0.84
铸铁	常温	0.21	腐殖土	常温	0.64
铝(光面)	常温	0.04	灌木	常温	0.98

太阳辐射及大气对辐射的影响-太阳常数

指在距太阳一个天文单位距离处不受大气影响情况下，在垂直于太阳辐射方向上，单位面积单位时间黑体所接受的太阳辐射能量：

$$I_{\odot} = 1.36 \times 10^3 \text{ Wm}^{-2}$$

可认为太阳常数是在大气顶端接受的太阳能量。

由太阳常数和已知的日地距离可以

计算出太阳的总辐射通量：

$$3.826 \times 10^{26} \text{ W}$$

遥感概论

基础原理

太阳辐射-太阳光谱及辐射能量分布特征

- 太阳辐射的大部分能量集中在**近紫外-中红外**，占97.5%。主要是可见光波段，约43.5%，其次是近红外波段。
- 太阳辐射主要是**短波辐射**，在此光谱区间强度变化很小，当做稳定的辐射源。
- 微波能量分布很少，受到太阳黑子及耀斑的影响，强度变化很大，影响无线电通讯。

波长/纳米	波段名称	能量比例%
<10	γ、x 射线	0.02
10—200	远紫外	
200—310	中紫外	1.95
310—380	近紫外	5.32
380—760	可见光	43.50
760—1500	近红外	36.80
1500—5600	中红外	12.00
5600—1000000	远红外	0.41
>1000000	微波	

太阳辐射-地球表面的太阳辐射能量

达到地球大气外边界的太阳辐射，约30%被云层或其他大气成分反射返回太空；约有17%的太阳入射辐射被地球大气吸收；还有22%被散射并成为漫射辐射到地球表面；只有31%作为直射太阳辐射达到地球表面。

- 太阳辐射的光谱是连续光谱，相当于6000 K的黑体辐射；
- 太阳辐射的能量主要集中在可见光，最大辐射强度位于波长0.47 μm 左右；
- 经过大气层的太阳辐射有很大的衰减；
- 各波段的衰减是不均衡的。

遥感概论

基础原理

大气对太阳辐射的影响-大气层次与大气成分

■ **大气层次：**一般认为大气厚度约为1000km,从地面到大气上界,可垂直分为：**对流层、平流层、电离层和大气外层。**

■ **大气主要成分是分子和悬浮微粒。**

分子主要是 N_2 和 O_2 , 约占99%; 其余1%主要是 O_3 , CO_2 , H_2O , N_2O , CH_4 , NH_3 等。其它微粒主要有:烟,尘埃,雾霾,小水滴,气溶胶。

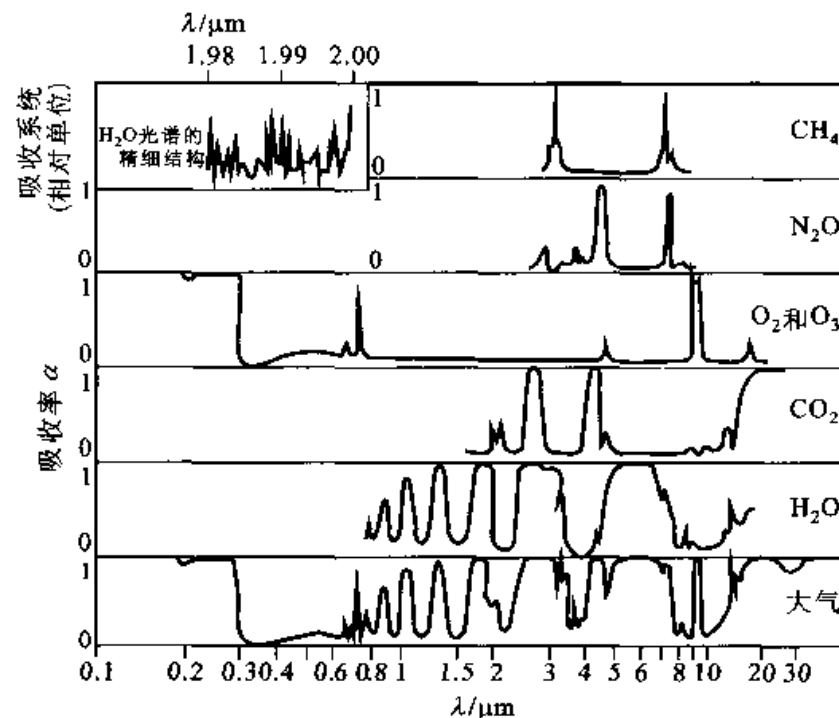
气溶胶为悬浮在大气中的多种固体微粒和液体微小粒子,有的来源于自然界,有的来源于人类活动。主要集中在0-4km范围的大气层中。

遥感概论 基础原理

大气对太阳辐射的影响-大气吸收

电磁辐射穿过大气时，受到大气分子等的吸收作用而使能量衰减。**臭氧、二氧化碳和水汽对太阳辐射能量的吸收最有效。这些气体以特定的波长范围吸收电磁能量**，对遥感系统影响很大。大气的选择性吸收，不仅使能量衰减、气温升高、而且使太阳发射的连续光谱中的某些波段不能传播到地表。

- 臭氧：主要集中在20-30km的平流层，除紫外区域，在0.6和9.6有吸收带，对地球平衡起重要作用，阻碍低层大气的辐射传输。
- 二氧化碳：主要分布在低层大气，在中-远红区段有强吸收带（2.7, 4.3, 14.5）。
- 水汽：含量随时间、地点的变化很大。吸收辐射是其他大气组分的好几倍。（2.5-3.0; 5.5-7.0以及27以上）。



遥感概论 基础原理

大气对太阳辐射的影响-大气窗口

大气分子的吸收使得大气的透过率下降。考虑到各种气体吸收的综合影响，仅有某些波段大气的吸收作用相对较弱，透过率较高。这些使能量较易透过的波段叫**大气窗口**。大气窗口的位置、范围及有效性取决于大气中主要吸收气体的吸收光谱。对于大气遥感而言，这些吸收波段可以提供大气自身的温度、水汽、臭氧等随高度的分布等状态信息，是大气科学研究的重要信息源。

大气对太阳辐射的影响-大气散射

- 辐射在传播过程中遇到小微粒而是传播方向改变，并向各个方向散开。
- 散射使原传播方向的辐射强度减弱，产生天空散射光，增加其他各方向的辐射。一部分上行被空中传感器接收，一部分下行到达地表。散射强度依赖于微粒的大小、含量、辐射波长和能量传播穿过的大气厚度。



散射类型与以下因素有关：

- 入射电磁波的波长；
- 气体分子、颗粒和水滴的大小

遥感概论 基础原理

大气散射-瑞利散射 (Rayleigh scattering)

- **原因：**由大气中原子、分子引起；
- **条件：**粒子直径比波长小很多；
- **特点：**散射强度与波长的四次方成反比，即 $I \propto \lambda^{-4}$

紫外线是红光散射的30倍，蓝光是红外线散射的1万倍。

瑞利散射对可见光影响很大是造成遥感图像辐射畸变、图像模糊的主要原因。

大气散射-米氏散射 (Mie)

- **原因：**大气中的微粒如烟、尘埃、小水滴及气溶胶等引起的散射；
- **条件：**粒子直径与辐射的波长相当；
- **特点：**散射强度与波长的二次方成反比，即 $I \propto \lambda^{-2}$

米氏散射的强度受气候影响大，且散射光的向前方向比向后方向的散射强度更强，方向性较明显。

云、雾的粒子大小与红外线的波长接近，云雾对红外线（ $0.76-15 \mu\text{m}$ ）的散射主要氏米氏散射。

大气散射-无选择散射

- **原因：** 散射强度与波长无关，任何波长的散射强度相同；
- **条件：** 发生在大气粒子的直径比波长大得多时；大气中云、雾、水滴和尘埃等属于此类。他们一般直径5-100 μm 。
- **特点：** 无选择散射同等地散射所有可见光、近红外波段。
云、雾呈现白色、灰色。

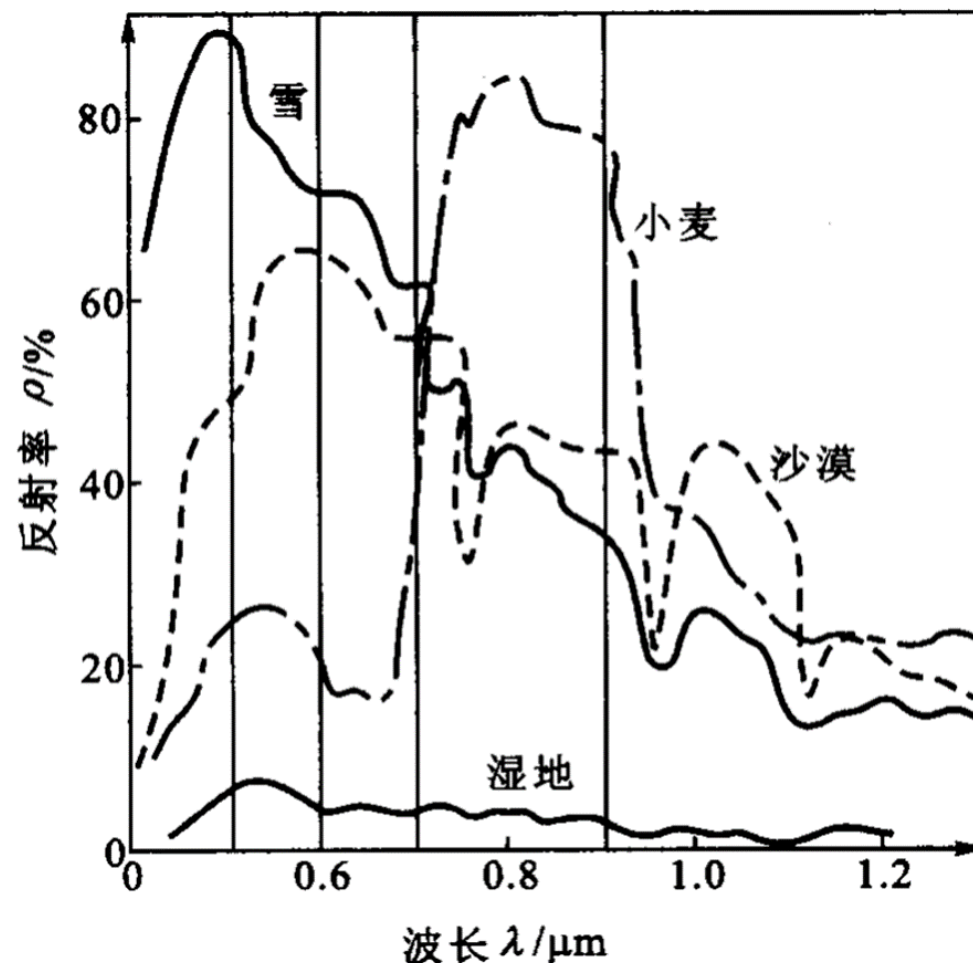
地物反射波谱特征

反射率表征物体对电磁波谱的反射能力，可以测定的。

地物的反射的辐射能量 P_ρ 与总入射能量 P_0 的比，称为

反射率 (ρ) : $\rho = (P_\rho / P_0) \times 100\%$ 。

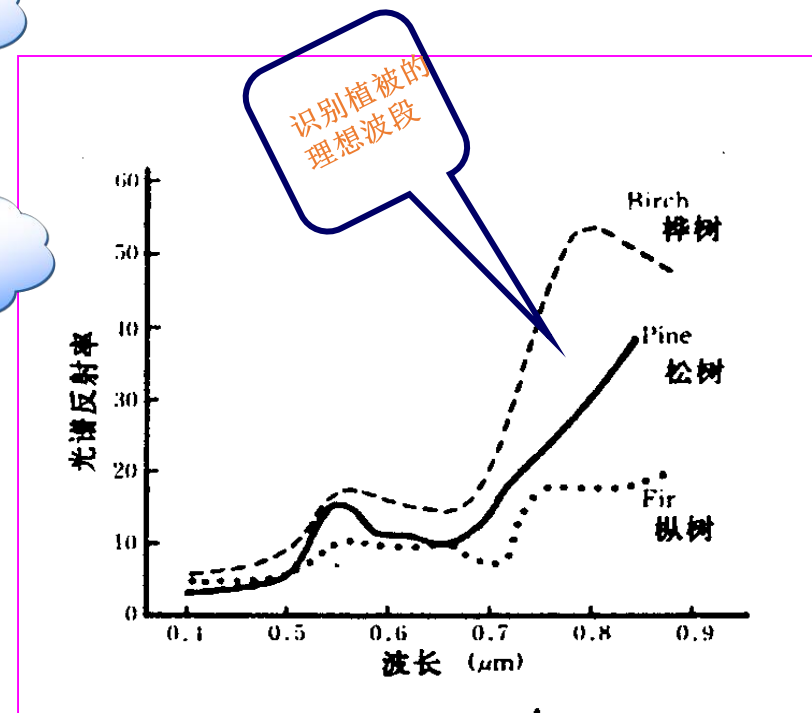
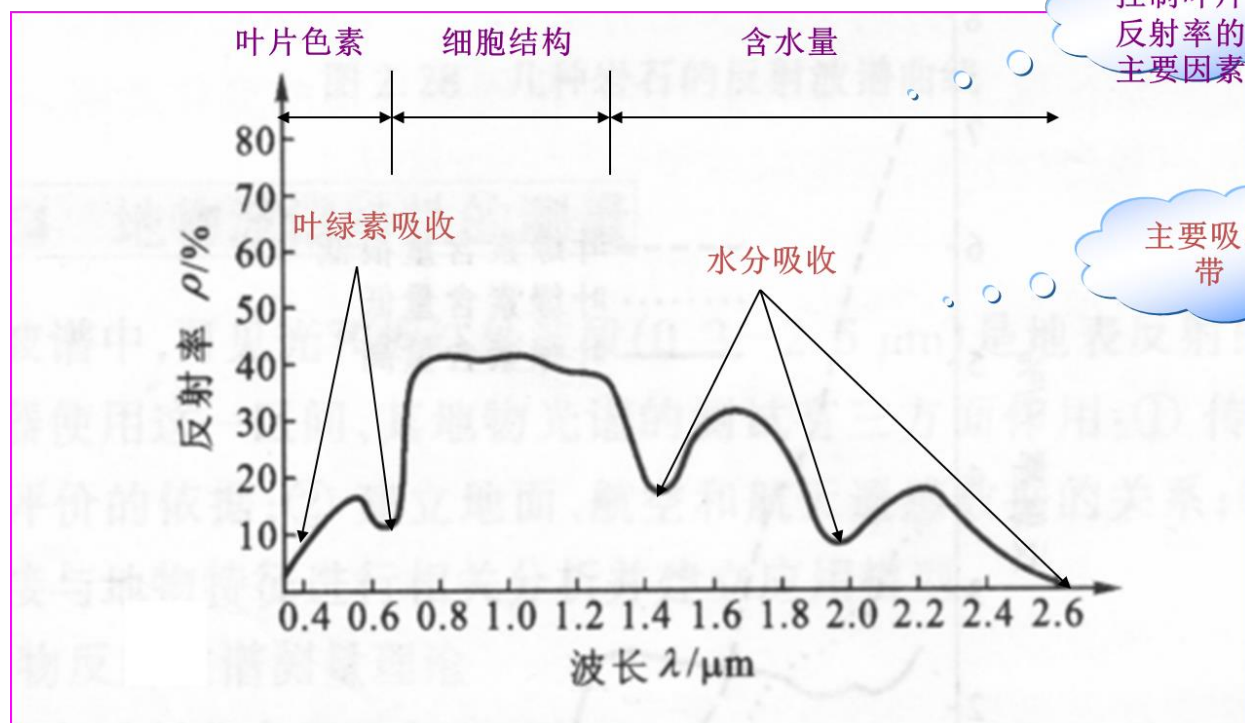
反射波谱：地物反射波谱指地物反射率随波长的变化规律。横坐标表示波长，纵坐标表示反射率。



遥感概论 基础原理

地物反射波谱特征-植被

植被反射波谱受植物类型、植物生长季节、病虫害影响等因素影响。植被反射波谱特征大同小异，根据这些差异可以区分植被类型、生长状态等。



地物反射波谱特征-植被

植被反射波谱受植物类型、植物生长季节、病虫害影响等因素影响。植被反射波谱特征大同小异，根据这些差异可以区分植被类型、生长状态等。

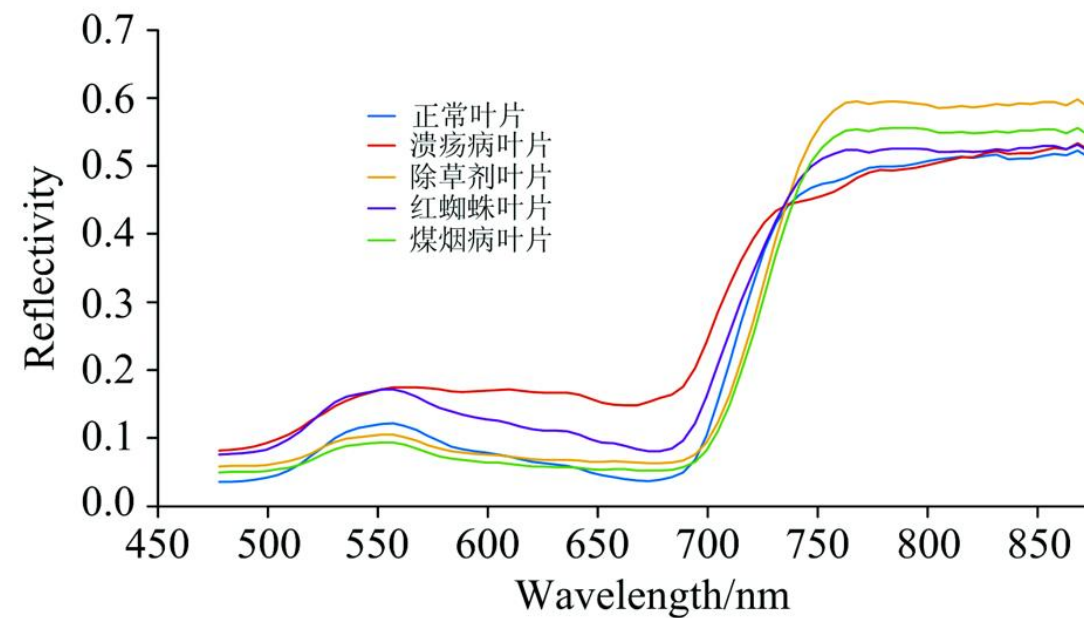


表 1 作物病虫害探测相关光谱响应波段位置

Table 1 Locations of response wave band for correlated spectroscopy of crop diseases and pests detection

植物	病原	光谱响应波段/nm
小麦	白粉病 (powdery mildew)	490, 510, 516, 540, 780, 1 300
小麦	全蚀病 (take-all disease)	
小麦	赤霉病 (fusarium head blight)	550, 568, 605, 623, 660, 697, 715, 733
小麦	条锈病 (yellow rust)	680, 725, 750
小麦	条锈病 (yellow rust)	630~687, 740~890, 976~1 350
小麦	条锈病 (yellow rust)	560~670
水稻	褐飞虱 (brown planthopper)	737~925
水稻	褐飞虱 (brown planthopper)	426
水稻	稻纵卷叶螟 (leaffolder)	
水稻	稻颖枯病 (glume blight disease)	450~850
水稻	稻瘟病 (rice panicles blast)	430~530, 580~680, 1 480~2 000
番茄	潜叶蛾 (leaf miner)	800~1 100, 1 450, 1 900
番茄	晚疫病 (late blight disease)	700~750, 750~930, 950~1 030, 1 040~1 130
番茄	细菌性叶斑病 (xanthomonas perforans)	395, 633~635, 750~760
洋葱	酸皮病 (sour skin disease)	1 150~1 280
芹菜	菌核病 (sclerotinia rot disease)	566~567, 677, 711~712, 757, 1 109~1 110, 1 203
黄瓜	炭疽病菌 (colletotrichum orbiculare)	380~450, 750~1 200
葡萄	卷叶病 (leafroll disease)	752, 684, 970

地物反射波谱特征-植被指数

植被指数是反映绿色植被的相对丰度和活性的辐射量值，被用作描述植被生理状况，估测土地覆盖面积的大小、植物光合能力、叶面积指数、生物量、植被生产力等。目前有20余种，常用的包括归一化植被指数（NDVI）、比值植被指数（RVI）、差值植被指数（DVI）、正交植被指数（PVI）、土壤调节植被指数（SAVI）、修正的土壤调节植被指数（MSAVI）等。

表1 植被指数计算公式

植被指数	计算公式
NDVI	$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$
RVI	$RVI = \frac{NIR}{R}$
DVI	$DVI = NIR - R$
PVI	$PVI = \frac{NIR - 10.489R - 6.604}{\sqrt{1 + 10.489^2}}$
EVI	$EVI = 2.5 \frac{NIR - R}{NIR + 6R - 7.5B + 1}$
GNDVI	$GNDVI = \frac{NIR - G}{NIR + G}$
RDVI	$RDVI = \frac{NIR - R}{\sqrt{NIR + R}}$
SAVI	$SAVI = \frac{NIR - R}{(NIR + R + L)}(1 + L), L = 0.5$
OSAVI	$OSAVI = \frac{NIR - R}{NIR + R + 0.16}$
NLI	$NLI = \frac{NIR^2 - R}{NIR^2 + R}$

注：NIR为近红外波段反射率，R为红外波段反射率，G为绿光波段反射率，B为蓝光波段反射率，L为土壤调节系数。

遥感影像分辨率

1) 空间分辨率：地面分辨率或空间分辨率 (spatial resolution)

可以识别的最小地面距离或最小目标物的大小。或者针对遥感传感器或影像而言，影像上能独立区分的最小单元的尺寸或大小，或区分两个目标的最小角度或线性距离。有三种表示方法：

像素 (Pixel)

线对数

瞬间视场 (IFOV)

遥感影像分辨率

2) 光谱分辨率 (spectral resolution)

遥感信息的**多波段特征**用光谱分辨率来描述。指传感器所设置的波段数量的多少、各波段的波长位置及波长间隔等，即选择的**通道数**、每个通道的**中心波长**、**带宽**，这三个因素共同决定光谱分辨率。

空间分辨率与光谱分辨率是相互矛盾和相互制约的。

遥感影像分辨率

3) 辐射分辨率 (radiant resolution)

任何影像目标的识别，最终依赖于探测目标和特征的亮度差异。有两个前提条件：地物本身有充足的对比度；传感器有能力记录下这个对比度。辐射分辨率：**指传感器对光谱信号强弱的敏感程度和区分能力，即探测器的灵敏度-传感器感测元件在接收光谱信号时能分辨的最小辐射度差，或指对两个不同辐射源的辐射量的分辨能力。**一般用灰度表示。

遥感影像分辨率

4) 时间分辨率 (temporal resolution)

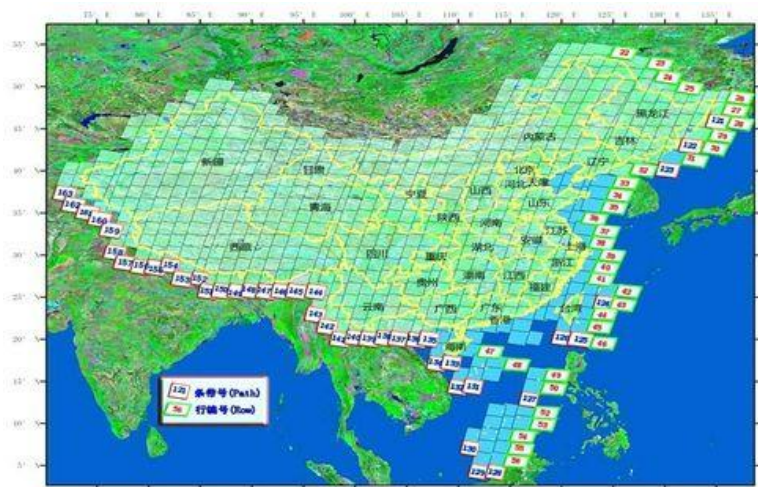
是同一地区遥感影像最小间隔时间的一项指标，又称回归周期。它由遥感平台、即飞行器的轨道高度、轨道倾角、运行周期、轨道间隔、偏移系数等参数决定。



遥感图像处理基础-主要卫星遥感平台

中等分辨率卫星数据 Landsat系列卫星数据

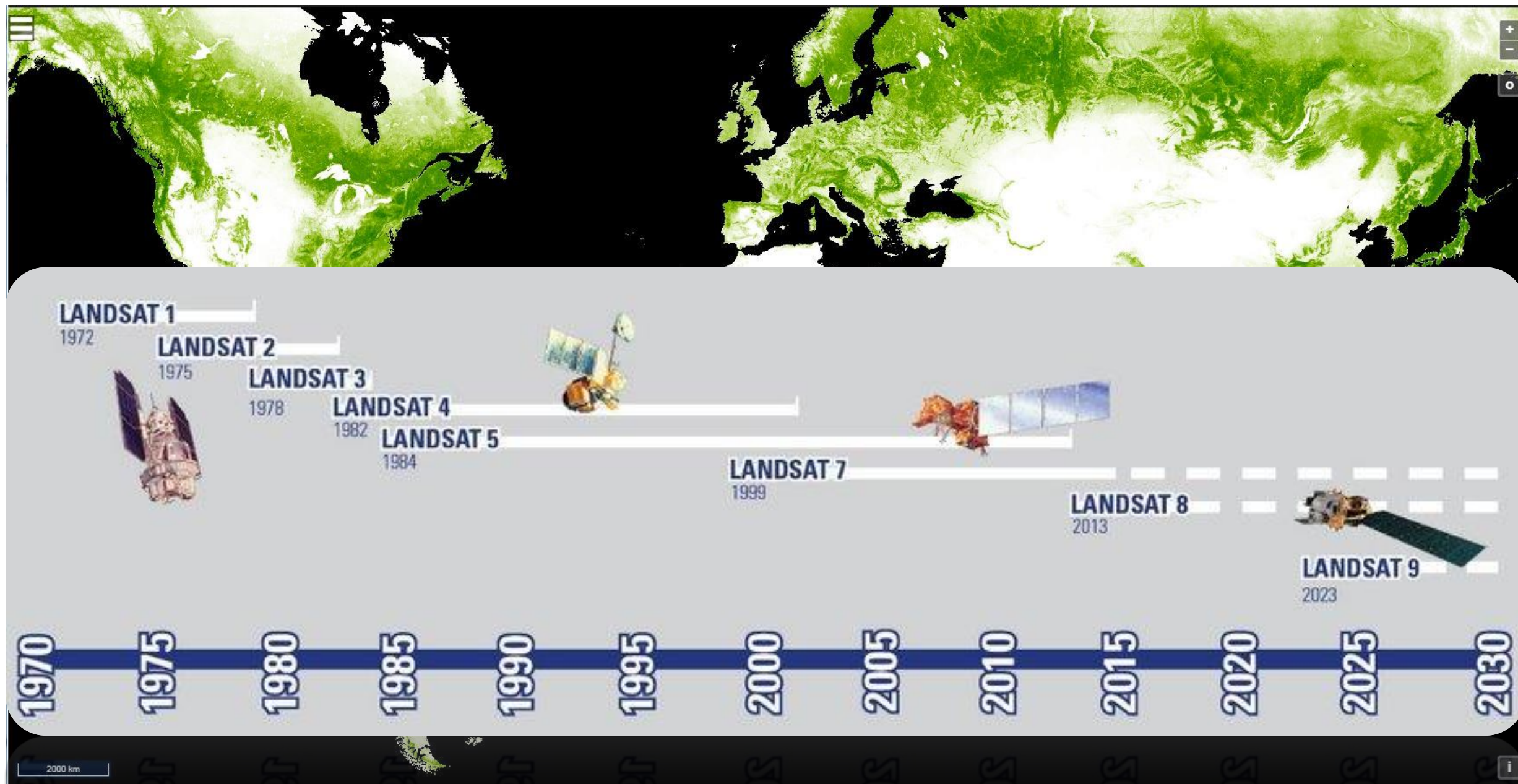
美国NASA的陆地卫星(Landsat)计划，从1972年至今 已发射8颗。 “从全球角度来看，我们拥有关于地球状况的最客观的、最全面的数据，这些数据对我们的工作起到了无可替代的帮助作用。”



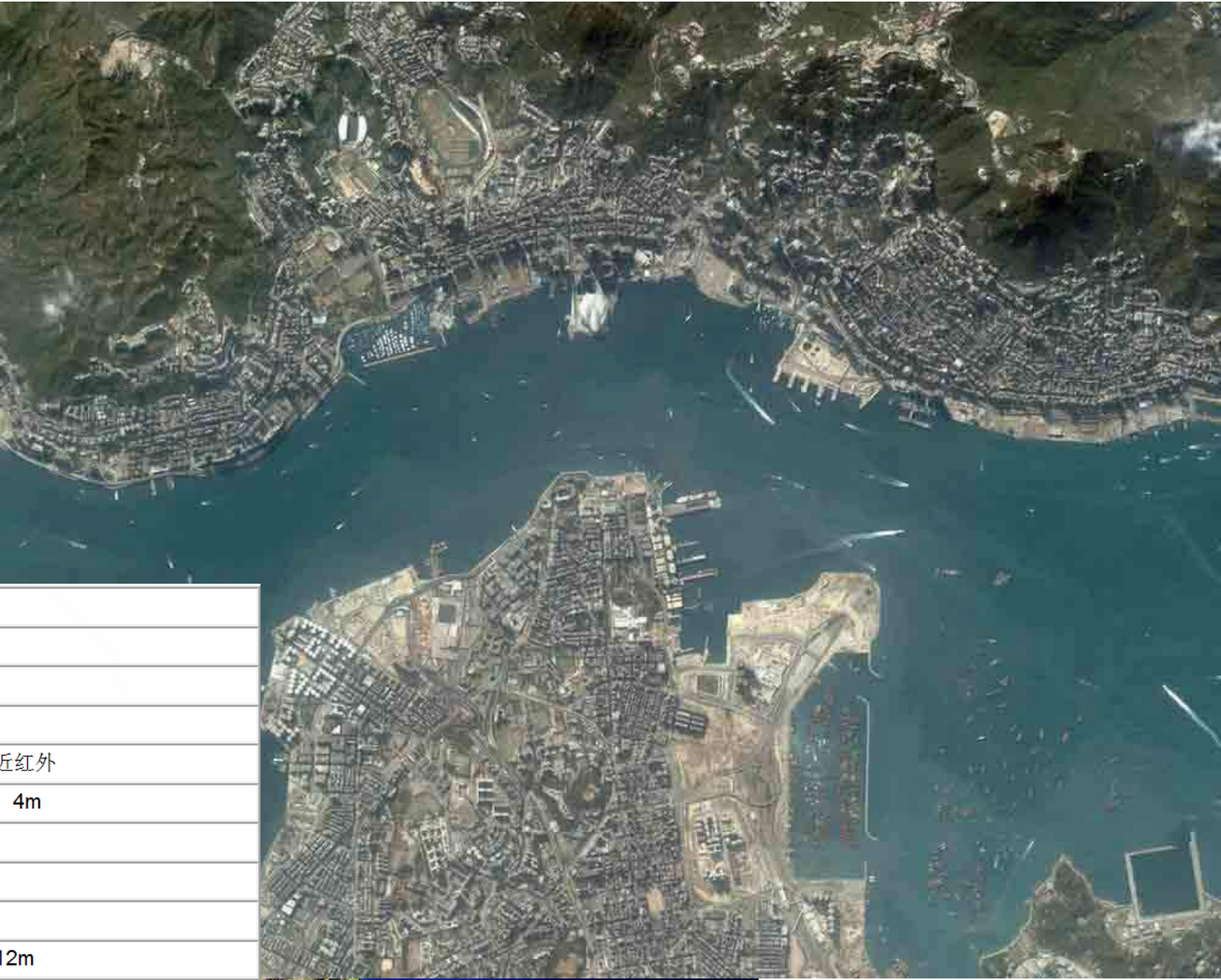
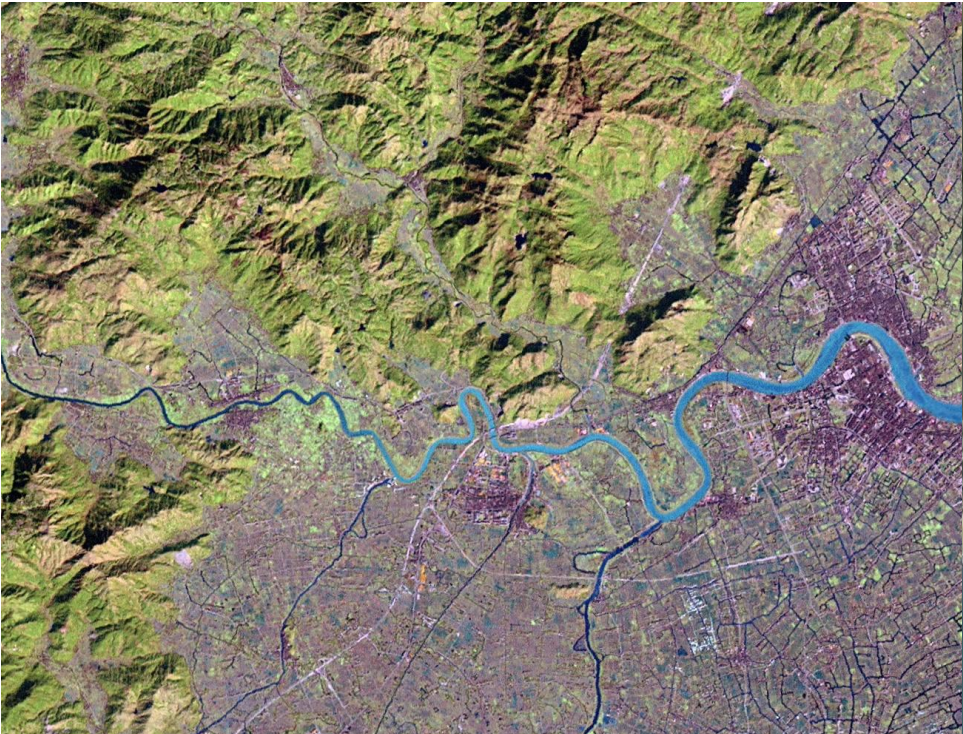
卫星参数	LandSat1	LandSat2	LandSat3	LandSat4	LandSat5	LandSat6	LandSat7	LandSat8 [4]
发射时间	1972.7.23	1975.1.22	1978.3.5	1982.7.16	1984.3.1	1993.10.5	1999.4.15	2013.2.11
卫星高度	920km	920km	920km	705km	705km	发射失败	705km	705km
半主轴	7285.438 km	7285.989 km	7285.776 km	7083.465 km	7285.438 km	7285.438 km		
倾角	99.125度 [5]	99.125度	99.125度	98.22度	98.22度 [6]	98.2度		98.2度 (轻微右倾) [4]
经过赤道的时间	8:50a.m.	9:03a.m.	6:31a.m.	9:45a.m.	9:30a.m.	10:00a.m.		10:00am ± 15分 [4]
覆盖周期	18天	18天	18天	16天	16天	16天	16天	16天
扫幅宽度	185km	185km	185km	185km	185km	185km	185×170	170km × 180km [4]
波段数	4	4	4	7	7	8	8	11
机载传感器	MSS	MSS	MSS	MSS、TM	MSS、TM	ETM+	ETM+	OLI、TIRS

中等分辨率卫星数据

Landsat系列卫星数据



高分辨率卫星数据 IKONOS卫星数据



IKONOS基本参数	
发射日期	1999年09月
轨道高度	681km
任务寿命	7年
成像波段	全色、红、绿、蓝、近红外
分辨率	全色：1m 多光谱：4m
动态范围	每像元11 bit
成像带宽	星下点处11km
重访周期	3天
定位精度（圆误差）	无地面控制点时：12m

高分辨率卫星数据

QIUCKBIRD卫星数据



WorldView-1



WorldView-2



WorldView-3



2001年10月

482km

13年

全色、红、绿、蓝、近红外

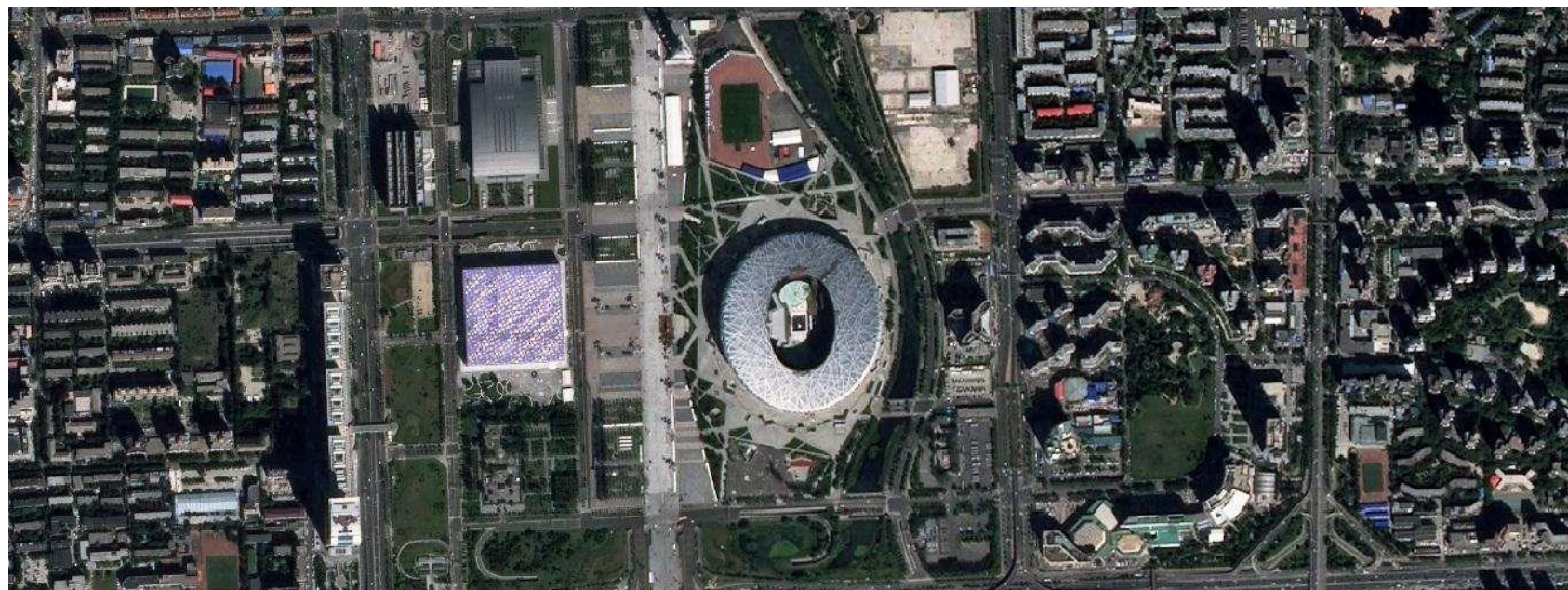
全色: 0.61m 多光谱: 2.62m

每像元11 bit

星下点处18.0km

2.5-5.6天

无地面控制点时: 17--23m



高分辨率卫星数据 WorldView-2卫星数据



Country : Singapore
Area : Marina District
Sensor : Worldview-2
Acquisition Date : April 30, 2010
Resolution (GSD): 0.5 Meter



WorldView-2基本参数

发射日期	2009年10月
轨道高度	770km
任务寿命	7.25年
成像波段	全色、红、绿、蓝、近红外、红边、海岸、黄、近红外2
分辨率	全色: 0.46m 多光谱: 1.85m
动态范围	每像元11 bit
成像带宽	星下点处16.4km
重访周期	1.0m成像1.1天 0.52m成像3.7天
定位精度(圆误差)	无地面控制点时: 4.6--10.7m 有地面控制点时: 2m

Copyright © DigitalGlobe 2011. All Rights Reserved

高分辨率卫星数据

WorldView-3卫星数据



Area
Sensor
Resolution

Pudong, Shanghai
WorldView-3
30cm

2014年发射

全色波段: **0.31m**/ 多光谱: 1.24m/ 短红外: 3.7m

全色: 450-800 nm; **8个多光谱; 8个SWIR波段和12个CAVIS波段**

幅宽13.1km/轨道高度617km/重访周期1天



www.satimagingcorp.com