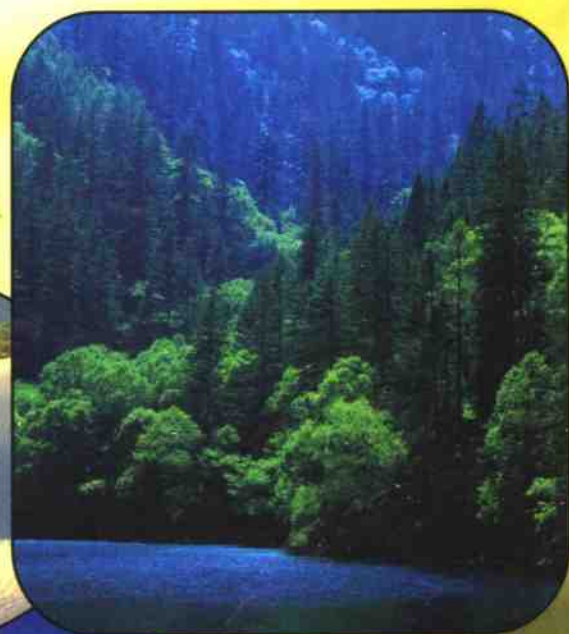


防沙治沙与生态环境建设 实务全书

— 扬尘、扬沙、沙尘暴防治指南

主编：冯道

FANGSHA ZHISHA



SHIWU
QUANSHU



SHENGTAI
HUANJING
JIAN SHE

吉林科学技术出版社

防沙治沙与生态环境建设实务全书

——扬尘、扬沙、沙尘暴防治指南

中 卷

吉林科学技术出版社

第十八章 荒漠化监测与评价

第一节 荒漠化监测

一、荒漠化监测的概念及目的

荒漠化监测是人类对全球或某一地区的干旱、半干旱及亚湿润干旱区因气候变动、人类活动及其他因素引发的土地退化现象,采取某些技术手段就人类所关心的、可以反映土地退化现象的某些指标进行定期、不定期观测,并以某种媒介形式进行公布的活动。从上述关于荒漠化监测的定义来看,荒漠化监测必须解决“在什么地方、什么范围、采取什么指标、应用什么方法、什么时间、观测时间间隔多长、结果如何表述、结果如何评价”等一系列问题,既要回答“某种荒漠化类型发生在何地、面积如何、发生发展速度怎样”的现状问题,还要回答“将来如何、现行防治荒漠化工程效益如何?”等趋势及防治方略问题。通过监测,可以及时、准确地了解和掌握荒漠化土地的现状、动态及其防治所需要的信息;向各级政府和计划部门提供宏观决策的依据;为防治荒漠化及防沙治沙制定和调整政策、计划和规划,保护、改良和合理利用国土资源,实现可持续发展战略提供基础数据;同时,也是履行《联合国防治荒漠化的公约》,开展国际交流与合作的需要。应该说明的是,鉴于荒漠化监测是刚刚开始研究的工作,本章内容将来尚须作大量补充与完善。

二、荒漠化监测的对象、范围及内容

荒漠化监测的对象取决于监测之目的。我们进行荒漠化监测的目的,一方面在于及时把握荒漠化的动态变化过程,更主要的还在于及时、准确地把握荒漠化对生态、经济、社会的影响,适时地调整我们的生产活动,防止和治理荒漠化,实现可持续发展。为此,荒漠化监测的对象就应该包括荒漠化本身及其荒漠化防治工程,以及与此相联系的生态、经济和社会的各个方面。或者说是监测荒漠化的正(逆)过程、影响因素和综合效应。

监测的范围原则上在荒漠化潜在发生区,即《联合国防治荒漠化公约》中荒漠化定义所规定的干旱、半干旱和亚湿润干旱区内进行,考虑到我国荒漠化的发生特点及防治

的需要,极端干旱区也应作为监测的范围之一。

荒漠化是由于气候变异与人类活动等种种因素作用下造成的干旱、半干旱和亚湿润干旱区的土地退化,而土地是由土壤、植被、其他生物区系和在该系统中发挥作用的生态和水文过程组成的陆地生物生产力系统。荒漠化监测是对整个土地系统的监测,所以,荒漠化监测所包括的内容可归纳为生物物理和社会影响2个方面,具体分为:

土壤方面:包括土壤类型,土层厚度,土壤结皮,土壤质地,土壤结构,土壤 pH 值,土壤含盐量,土壤有机质含量,土壤氮、磷、钾含量,土壤风蚀量;

植被方面:包括植被类型,群落种类组成与结构,覆盖度,生产力,生物量,指示性植物;

水文方面:包括水源补给,水质,地下水水位,土壤含水量,地表水域,沼泽化程度,排水能力;

地质地貌:包括地貌类型,基岩出露与类型,沉积物质,海拔高度,坡度,坡向,侵蚀与切割程度;

气候气象:包括日照时数,无霜期,温度(平均温度、极端温度、积温),湿度,风(平均风速、起沙风速、沙尘暴、风向),降水(平均降水量、降水变率、大雨或暴雨),蒸发量;

社会经济:包括土地利用状况(农林牧比例、灌溉方式、耕作方式、城市化、旅游、开矿、工程项目),土地利用强度(土地利用效率、土地生产力、人口密度、牲畜密度、土地垦殖率、防护措施),能源条件,交通条件,人民生活水平,受教育程度。

三、荒漠化监测的理论与技术基础

如上所述,荒漠化监测是对地球表面或其上的某一地区的荒漠化现象进行定期或不定期的观测,最终以某种媒介形式进行表述、评价的行为,因而,荒漠化监测(特别是遥感监测)必然涉及地球形状、地球参数、地图投影系、比例尺与分幅、“3S”技术等一一系列问题。因此,我们首先从与荒漠化监测相关的几个问题入手,逐渐过渡到荒漠化监测问题本身。

(一) 地球形状

“天圆地方”,是过去因人类活动空间有限而得出的对宇宙形状的基本知识。这种认识在北京天坛、地坛的建筑格局上有突出反映。人类关于地球是圆的认识可以上溯至公元 300 年前的古希腊。地球表面既有海拔 8000 多米的山峰又有深愈万米的海沟,认识和表述地球的形状确实不易。现在的地球形状是由大地水准面决定的。所谓的大地水准面是指假设将海水引入陆地后形成的有一定水面高的面,实质上是一重力等势面(此时的平均海面为海拔 0m),其形状为如图 18-1(a)所示的西洋梨形。但这种形状是一种不易为数学公式所表述的形状,因而用椭球体进行近似[图 18-1(b)]。在用椭球体

对地球进行近似时, 南极有 -16m 、北极有 $+27\text{m}$ 的误差, 但这点误差若与地球的平均半径 (6370km) 相比是微乎其微的 [图 18-1 (c)]。这样, 作为地图对象的地球形状就成为以沿椭圆短轴为转轴旋转而成的椭球面。这一形状既是地图学的基础, 也是我们进行荒漠化监测的基础。

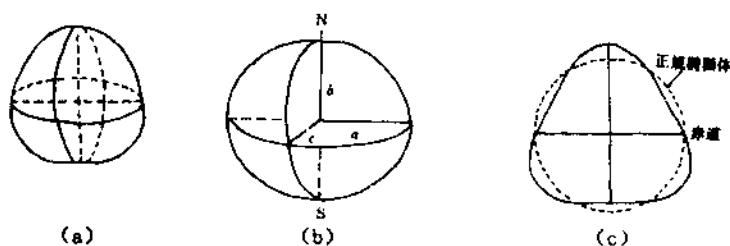


图 18-1 地球形状及其近似

(a) 西洋梨形 (b) 椭圆形 (c) 西洋梨形与椭圆形的比较

(二) 地球参数

在近似地确认了地球形状之后, 就可以用地球参数 (长半轴 a , 短半轴 b , 离心率 e , 扁平率 f) 来描述地球形状了。一般地, 世界各国都是以自己的国家为中心测定和计算地球参数的, 迄今为止的地球参数如表 18-1 所示。其中, 国际测量、地球物理学联盟 (IUGG) 采用的是 1980 年利用人造地球卫星测得的测地基准地球参数, 而美国的 GPS 则采用了 WGS-84 地球参数。

表 18-1 各种地球椭圆体的形状参数

测算者	发表年代	长半轴 $a(\text{m})$	短半轴 $b(\text{m})$	扁平率 f	离心率 e
Delambre	1800	6375563.00	6356103.00	327.623998	0.07807203
Ebereslo	1810	6377304.00	6356103.00	300.802038	0.08147294
Ebereslo	1830	6377276.35	6356075.41	300.801700	0.08147298
Bessel	1841	6377397.16	6356078.96	299.152813	0.08169683
Clarke	1866	6378206.40	6356584.00	294.981427	0.08227147
Clarke	1880	6378249.15	6356515.00	293.466300	0.08248315
Harkness	1891	6377972.00	6356727.00	300.200000	0.08155303
Helmerl	1901	6378200.00	6356818.00	298.300000	0.08181366
Hayford	1906	6378388.00	6356912.00	297.000745	0.08199179
Willisch	1915	6378372.00	6356896.00	297.000000	0.08199189
国际基准椭圆	1924	6378388.00	6356912.00	297.000000	0.08199179
Heiskanen	1926	6378397.00	6356921.00	297.000000	0.08199173
Krassowskij	1940, 1942	6378245.00	6356863.00	298.299738	0.08181337

续表

测算者	发表年代	长半轴 a (m)	短半轴 b (m)	扁平率 f	离心率 e
Fisher	1960	6378163.00	6356781.29	298.300000	0.08181333
IAU - 64	1964	6378160.00	6356775.00	298.250000	0.08181964
IAU - 67	1967	6378160.00	6356774.52	298.247167	0.08182057
WGS - 72	1972	6378135.00	6356750.52	298.260000	0.08181881
NWL - 9D	1973	6378145.00	6356759.77	298.250000	0.08182018
SAO - SE3	1973	6378140.00	6356755.22	298.256000	0.08181936
IAU - 76	1976	6378140.00	6356755.29	298.257000	0.08181922
GRS - 80	1980	6378137.00	6356755.00	298.257000	0.08181406
GRS - 80 改订	1984	6378136.00	6356751.03	298.257000	0.08181974
WGS - 84	1986	6378137.00	6356752.31	298.257223	0.08181919

此外,即使是在选定了地球椭球体之后,也还存在一个选定的椭球体如何与实际地球匹配、定位的问题。因此,在从事荒漠化监测,特别是国际间的荒漠化监测工作时,不仅要注意各国所采用的基准椭球体(Reference ellipsoid),而且还要注意该基准椭球体与地球的相对位置关系。以日本为例,日本采用的是 Bessel (1841) 椭球体,并使该椭球体在与实际地球匹配、定位时满足下述 3 个条件:

(1) 使通过位于东京麻布旧东京天文台测地原点的垂直线与 Bessel 椭球体上通过北纬 $35^{\circ}39'17.5148''$ 、东经 $139^{\circ}44'40.5020''$ 点的垂直线相一致;

(2) 使从旧天文台至千叶县鹿野山旧三角点的方位角等于 Bessel 椭球体上同名点的方位角 ($156^{\circ}25'28.442''$);

(3) 使东京三宅坂旧陆地测量部院内(现东京都千代田区衣田町 1-1 屋崎纪念公园内)的水准测量原点下的 24.4140m 通过 Bessel 椭球体的表面。

在荒漠化监测、资源调查等涉及制图的工作中,一般是按如下原则考虑和选择地球形状和参数的:

(1) 绘制世界地图、各大洲地图等以广泛地域为对象区域的小比例尺地图时,可视地球半径为 6370km 的球体;

(2) 绘制 100km^2 以内地域的单幅地图时,可将地表面作平面处理;

(3) 绘制中、大比例尺地图时,一张图幅的对象地域虽然狭小,但如果需要对广大地区进行地图拼接时就得将地球作为椭球体考虑。对于必须保证精度的小比例尺地图,也需如此处理。

(三) 地图投影

地图是将呈球面的地球表面在片面上进行表示的一种图示形式。地球是一个平均半

径大 6370km 的庞大球体, 如果只是考察地球表面上相当狭小的某一范围时, 是可以近似作为平片面处理的。假如当地球上的距离与平面上距离的误差在 $1/1000000$, 而且这一误差又是可以接受的话, 那么直径约 20km 的范围就可以当做平面处理。但当多张这样的地图进行拼接以形成某个省、某个国家、某大陆乃至世界地图时, 就像把一个乒乓球破开、压平时必然产生破裂或褶皱一样, 地球的形状、大小和相互关系无法得以正确表示, 必然产生许多误差。尽可能减少误差以便将地物的形状、位置在平面上进行表示的方法, 称为地图投影。

在将地球上的地物状况在平面上表示时, 必须有可以反映地物相互关系的标准。在地图投影中, 是用经纬度作为标准的。也就是说, 根据某一地点的经纬度和某一关系式(投影公式)来求算平面上相应点的纵横坐标。地图投影就是在平面上将地球上的经纬线加以表示的一种方法。

1. 地图投影变形

在地图投影时, 把球面上的经纬线网转换到投影平面上, 转换后的地图上的经纬线网格必然产生变形, 这种变形称为地图投影变形。这种变形主要反映在 3 个方面, 即长度变形、面积变形和角度变形。

长度变形指投影后地图上不同地点和不同方位上的地球表面实际距离与相应图面距离的比值(比例)各不相同, 从而无法从地图上量算和比较不同地点和不同方位的景物之间的距离的变形。对于反映广大区域的小比例尺地图来说, 在投影中心(中央经线、基准纬线、基准大圆、基准小圆)处可以获得正确的比例尺, 而在其他区域就得不到正确的比例尺。离原点越远, 长度变形越大; 即使是同点, 不同方向上的长度变形也是各异的。

面积变形指投影所得地图上的面积比例随地点而改变, 其结果是导致不能在地图上量算和比较景物所占的面积。

角度变形是指地图上角度同相应景物在球面上的相应角度不相等, 例如在地球仪上成直角的经线和纬线, 在地图上经纬线不成直角。

要完全消除投影变形是不可能的。投影时只能根据地图的应用目的, 牺牲上述 3 个变形中某个方面的精度要求, 设计、开发或选择可保证地图应用精度要求的地图投影方法。为此, 目前的地图投影法已多达千种以上。一般地, 大型地理信息系统软件都支持几种常用的地图投影法, 市面上也有专门进行地图投影转换的软件出售。

2. 地图投影的分类

虽然地图投影方法很多, 但我们可以根据地图投影的某种特征进行分类。下面概要介绍几种常用的分类方法。

(1) 根据地图投影变形性质的分类

①等距离投影 长度变形为一的投影方法。然而, 理论上并不存在可以完全满足这

一条件的投影方法。一般说的等距离投影,实质上是指某类特定的线(如全部经线,全部纬线,或者是以某个特定的点为中心的线束)长度与地表实际距离相等的投影方法。

②等面积投影 保证投影前后面积相等的投影方法,在地图上可完全满足这种等面积要求。

③等角投影 可确保投影前后任意两条线段构成的角度不产生变形的投影方法,因为可保证投影前后的形状不变,而又称为正形投影。地图上亦可完全满足这种等面积要求。

④任意投影 等距离、等面积、等角度投影以外的其他投影方法,投影前后同时存在着长度、角度和面积的变形。既可以不考虑图的性质,进行简单投影,又可以对上述3类投影方法进行若干变更后进行投影,还可以对狭小范围进行近视的正投影。任意投影虽然存在各种变形,但各种变形比较均衡。

对等距离、等面积、等角度投影而言,等距离要求只能在地图上的一小部分内实现,即使是在等角、等面积图中也可以实现。但等角、等面积条件却不可能在同一张图上实现,等角、等面积要求互相冲突,等面积的获取是以牺牲等角为代价;反之,等角的获得又以牺牲等面积为代价的。

(2) 根据投影面与球面位置关系的分类 在地图投影中,首先将不可展的球面投影到一个可展的曲面上,然后将曲面展开成平面,从而得到不同投影。其中,投影曲面可以是圆柱面、圆锥面及平面(曲率为0的曲面);投影面和地球的位置关系既可以是投影面同地轴垂直又可以是重合或斜向相交。根据投影面与地球表面的相交关系,可对地图投影进行如下分类。

①方位投影 投影面是一个与地球面相切或相割的平面。其中正轴方位投影的投影面和地轴垂直,横轴方位投影的投影面和地轴平行,斜轴方位投影的投影面同除地轴和赤道直径以外的任一直径垂直。

②圆柱投影 用一个圆柱面包围地球体,并使之相切或相割,然后根据某种条件将地面上的经纬网点投影到圆柱面上,最后沿柱面的一条母线切开,将其展成平面面得的投影。其中,正轴圆柱投影的圆柱轴同地轴重合,横轴圆柱投影的圆柱轴同赤道直径重合,斜轴圆柱投影的圆柱轴同地轴和赤道直径以外的任一直径重合。我们所用的高斯-克吕格投影即属于此类。

③圆锥投影 将一圆锥面与地球体相切或相割,并根据某种条件将地球的经纬网投影到此圆锥面上,然后沿圆锥的一条母线切开展面而得到的投影。其中,正轴圆锥投影的圆锥轴同地轴重合,横轴圆锥投影的圆锥轴同赤道直径重合,斜轴圆锥投影的圆锥轴同地轴和赤道直径以外的任一直径重合。

3. 地图投影的选择

采用什么样的投影方法作图,是制图工程中必须最初决定的内容。选择投影方法时

必须考虑地图的应用目的、比例尺、对称地域的形状、面积、纬度等因素,此外,也需考虑投影计算、经纬线作图难易、展开后编辑工作是否便利等因素。不管是多么理想的投影方法,如果它计算繁复、经纬线形状复杂以至于影响以后的编辑工作,那么也不能采取这样的投影方法。当然,如果是应用计算机制图就另当别论。此时,应主要考虑投影方法的适宜性。

(1) 根据比例尺进行选择

①大、中比例尺地图 由于作图范围是几乎可以不考虑图形变形的狭小区域,国土基本图、地形图、地势图、城市规划图、比例尺在 $1/10000 \sim 1/20000$ 的地图、以及测量中所用的平面直角坐标等,可主要应用横轴圆柱等角投影法(横轴麦卡托投影)或多面体投影法。日本以前的地形图多用多面体投影法,现在则主要使用国际横轴麦卡托投影法(UTM, Universal Trans - action Method, 横轴麦卡托投影法的一种)。

②小比例尺地图 $1/500000$ 以下的地图、大区地图、省区地图、国土态势系列地图、 $1/1000000$ 的国际地图等,一般应用多圆锥投影、等角圆锥投影等。

(2) 根据地图使用目的进行选择 地图,一般可分为一般地图与特殊地图两类。对于一般地图,可在考虑地图比例尺、对象区域形状、纬度等条件的基础上选择投影方法;但对于特殊地图就必须选择特殊的投影方法。如:

- ①航空图 等角圆锥投影、等角圆锥投影等;
- ②航海图(海图) 麦卡托投影;
- ③大圈航海图、无线方位探索图 心射投影;
- ④统计图 各种等面积投影方法。

4. 投影转换

实际从事荒漠化监测工作时,在下述一些情形下可能要进行投影转化:

(1) 从事跨区域的荒漠化监测工作,而不同的区域又采用的是不同的投影系时。此时,为了综合制图,就需要把不同的投影系统一到某一种投影系上;

(2) 监测中拟使用不同时期的图形资料,而两个或几个时期的地图投影又不同,此时也需要进行投影系转化,投影系统一后才能混合使用这些资料;

(3) 当监测是由小区域的大比例尺做起,最后汇总到省(自治区)乃至全国一级时,也必须进行投影系的转换工作;

(4) GPS 使用的是地心坐标系(WGS - 84),使用时如果所用的接受器没有将 WGS - 84 坐标转换为你正在使用的坐标,也必须进行坐标转换;

(5) 虽然同为卫星定位系统,但美国的 GPS(WGS - 84)与前苏联的 GLONASS(SGS - 85)却采用的是不同的坐标系。当需要同时使用这两种全球定位系统以提高精度时,就需要进行投影系的转换工作。

5. 我国主要应用的投影方法:高斯 - 克吕格投影

高斯-克吕格投影是等角横切圆柱投影。它假设一个椭圆柱面横切在椭球面的一条子午线（中央经线）上，椭圆柱的中心轴通过地球椭球中心，然后按等角条件将中央经线两侧一定正负差范围内的区域投影到椭圆柱面上，再将椭圆柱面展平而得到的投影。其投影坐标关系为，以中央经线的投影作为 X 轴，赤道投影作为 Y 轴，两轴交点 O 为原点，其经线和纬线的投影均为曲线。

这种投影中的中央经线投影为直线，其长度等于球面实际长度，没有变形，其余经线为向极点收敛的弧线，距中央线越远，变形越大。为使边缘变形不致过大，采用分带投影的方法。以 6° 投影带为例，赤道上边缘部分的最大长度变形不大于 0.14%，面积最大变形不大于 0.27%。我国处于中纬度地带，其变形数值更小。因为 6° 带是从西向东每 6° 为一带，全球共分 60 个带，依次编号 1~60。我国位于 13~23 带之间。

高斯-克吕格投影的主要优点为：

- (1) 等角性质，适于系列比例尺地图的编制与使用；
- (2) 经纬网与直角坐标的偏差不大，便于阅读使用；
- (3) 计算工作量小，直角坐标和子午收敛角值只需计算一个带，全球可通用。

因此，我国各种大中比例尺地形图均采用该投影方法。其中 1/10000 地形图采用 3° 带，1/25000~1/500000 地形图采用 6° 带。此外，目前世界大多数国家的地形图也都使用此种投影方法。

(四) 比例尺与地图分幅

按比例尺的大小可以将地图分为大、中、小比例尺 3 类，具体标准如下所示：

大比例尺地图：比例尺大于或等于 1:100 000 的地图；

中比例尺地图：比例尺在 1:100 000 到 1:1 000 000 的地图；

小比例尺地图：比例尺在小于或等于 1:1 000 000 的地图。

基本比例尺地形图的分幅、编号是在国际规定的 1:1 000 000 地形图基础上，按经纬度进行分幅和编号的。

1. 1:1 000 000 地图的分幅与编号

1:1 000 000 国际标准图幅按纬差 4°，经差 6° 划分，即从赤道起向两极，每纬差 6° 为一列，依次用字母 A、B、C、D、…S 表示；经度从 180° 算起自西向东，每经差 6° 为一行，依次用 1、2、3、…60 表示。

编号的书写顺序是列号在前、行号在后，二者之间划一短线。比如：北京在 1/1000000 地图上处于第 J 列、第 50 行，故其编号为 J-50。

2. 1/500000、1/200000 和 1/100000 地图的分幅与编号

这 3 种比例尺地图的分幅、编号是在 1/1000000 地图的基础上按一定经差和纬差进行划分的，划分后分别在 1/1000000 地图的分幅编号后加上各自的代号；

- (1) 1/500000 地图 按经差 3°，纬差 2° 进行划分，即 1 幅 1/1000000 的地图可划分

为4幅1/500000的地图,后缀编号为A、B、C、D等,如J-50-A;

(2) 1/200000 地图 按经差 1° 、纬差 $40'$ 划分,共可划分出36幅图。后缀编号是用带括号的自然数序列(1到36)从左到右、从上到下排列的。如J-50-(3);

(3) 1/100000 地图 按经差 $30'$ 、纬差 $20'$ 进行划分,共可划出144幅图。后缀编号是用不带括号的自然数序列(1到144)从左到右、从上到下排列的。如J-50-5。

3. 1/50000、1/25000、1/10000 地图的分幅与编号

这3种比例尺的地图都是在1/100000地图的基础上按一定经差和纬差划分,然后分别在该1/100000地图分幅编号的后面加上各自的分幅编号的。

(1) 1/50000 地图 将1幅1/100000的地图划分为4幅1/50000的地图,然后在该1/100000地图编号的后面缀以A、B、C、D等,如J-50-B;

(2) 1/25000 地图 将1幅1/50000地图划分为4幅1/25000的地图,然后在该1/50000地图编号的后面缀以1、2、3、4等,如J-50-B-4;

(3) 1/10000 地图 将1幅1/100000地图划分为64幅1/10000的地图,然后在该1/100000地图编号的后面缀以带括号的1、2、3、...64。如J-50-5-(15)。

我国的基本比例尺地形图就是按上述方法分幅、编号的。

四、荒漠化监测的方法

荒漠化监测可以分为地面监测、空中监测和卫星监测3种方法。地面监测又称人工监测,后两种方法又称遥感监测。

(一) 地面监测

地面采样技术是生态专家传统采用的技术,它主要是通过人工地面观察、测量和建立生态监测站的方法进行。目前这些技术仍是非常重要的,主要原因有以下3点:为了提供详细的情况;为了提供“地面一真实”测定结果,其结果可用来建立飞机和卫星提供的大部分遥感数据的准确性;用来帮助解释这些数据。迄今仍然存在某些只有从地面对它们进行监测才有最好效果的属性。这些属性包括降雨量、土壤湿度以及其他许多环境与社会因素。人工方法的缺点是,需要动用大批人力物力,时间长,进度慢,受主观影响较大。

(二) 遥感监测

1. 遥感及其基本原理

遥感,顾名思义,就是遥远的感知。它是利用某种装置,在不与被研究对象直接接触的情况下,获得它们的数据,并通过处理、分析,最后提取和应用其研究对象信息的一种技术。遥感的主要技术组成系统有遥感平台、传感器和遥感信息的接收处理部分。

一切物体都具有反射、发射、透射和吸收电磁波的性能,但是不同的物体这种性能是不一样的。遥感就是使用传感器通过成像或非成像技术,获取从目标物辐射或反射的

电磁波信息,从而根据不同物体的波谱特征对物体进行分析、判定。图 18-2 为遥感基本方法的具体流程。

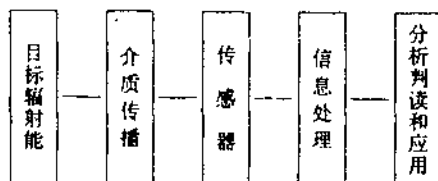


图 18-2 遥感基本方法流程示意图

2. 遥感平台

遥感平台是传感器的运载工具,现代遥感技术系统的遥感平台,主要是航空遥感平台和航天遥感平台。

飞机是航空遥感的主要平台。遥感飞机有专门设计的,也有根据需要进行改装的。由于航空遥感具有机动灵活、观测范围比地面监测宽阔、测量精度高、资料回收较容易等特点,因此,得到比较广泛的应用,特别适合于局部地区的观测和荒漠化监测。

卫星是航天遥感的主要平台。目前用于地球观测的遥感卫星主要有美国的陆地卫星(Landsat)、法国的 SPOT 卫星和美国的 NOAA 卫星等。航天遥感的突出特点就是高度高,观测范围大,监测速度快,而且传统方法无法观测的现象还可以用卫星遥感进行观测,大大开阔了人们的眼界,加深了对某些自然现象的认识,这种方法适用于大范围的荒漠化监测。它的缺点是技术复杂,对传感器要求高,几何精度不如空中遥感。随着传感器分辨力的不断提高,卫星监测的地位将会更加重要。

(1) 陆地卫星 1972 年美国发射了第一颗地球观测卫星,称为地球资源卫星(ERTS),1975 年发射的第二颗卫星对第一颗卫星发射后的原计划作了改变,故更名为陆地卫星。从 1972 年到 1993 年共发射了 6 颗陆地卫星。陆地卫星的轨道是与太阳同步的近极地圆形轨道,卫星通过地球上某一点的时间总是相同的,每幅图像的覆盖面积是 $185\text{km} \times 185\text{km}$,相邻卫星的前后重叠为 10%,侧向重叠的大小与景所在的地理位置有关,向两极方向重叠增加,赤道处的侧向重叠为 14%,到极圈时的侧向重叠为 71%。陆地卫星 1~3 号 18d(绕地球 251 圈)、陆地卫星 4~6 号 16d(绕地球 233 圈)对全球的向阳面全部覆盖一遍。从理论上讲,除南北极附近以外的任何地区,18/16d 都可以拍摄或扫描一遍,但由于云层掩盖,通常需要好几个 18/16d 才能取得覆盖全球一遍的质量好的图像。

(2) SPOT 卫星 SPOT 卫星是法国空间研究中心研制的高性能地球观测卫星,1986 年发射了 SPOT1 号,1990 年发射了 SPOT2 号,1993 年发射了 SPOT3 号,现都在运行。SPOT 卫星的轨道也是太阳同步圆形近极地轨道,回归天数为 26d。一景 SPOT 卫星数据

对应的地面的实际面积是 $60\text{km} \times 60\text{km}$ 。由于 SPOT 图像可以通过不同的观测角观测同一地区，所以，能够获得高质量的立体图像。可以对地面进行立体观测，这是陆地卫星无法比拟的。

(3) NOAA 卫星 NOAA 卫星是美国海洋大气局的第三代气象观测卫星，1960 ~ 1967 年的气象卫星称为 TIROS 系列，1970 ~ 1976 年的第二代为 TTOS 系列。NOAA 卫星的轨道是接近正圆的太阳同步极轨道，应用目的主要是日常的气象业务，在森林火灾监测中也具有突出的功能。

3. 传感器

传感器是接收和记录地物反射或发射电磁波信息的遥感装置。按其工作方式可以划分为主动方式和被动方式两类，主动方式传感器在遥感中是先向目标物发射电磁波，然后传感器再接收地物的反射回波；被动方式传感器在遥感中不发射电磁波，而仅仅接收来自地物本身电磁波辐射。如果按照扫描方式划分，传感器可以分为扫描方式和非扫描方式；按照记录结果划分，又可以分为图像方式和非图像方式。图 18-3 为传感器归类图，下面介绍几种常见的传感器。

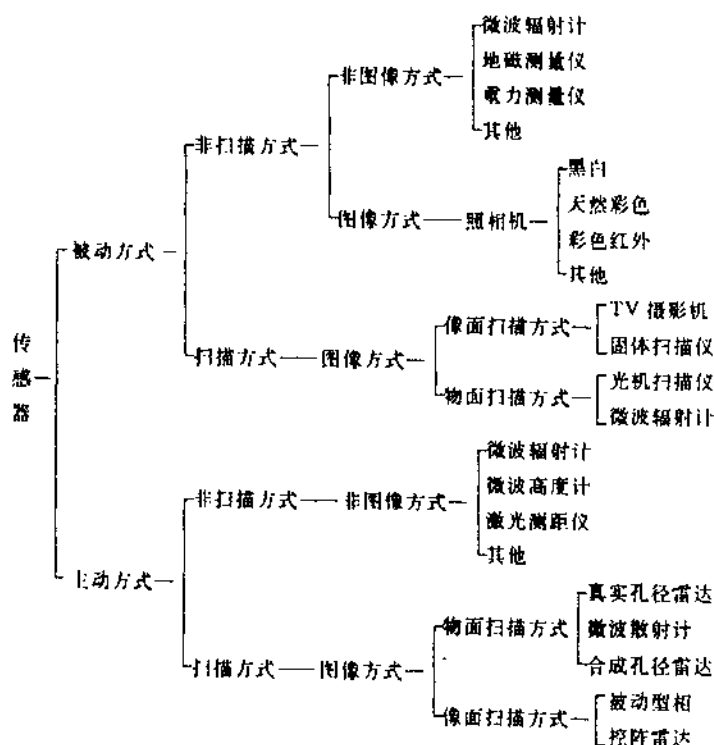


图 18-3 传感器分类

(1) 陆地卫星的 RBV RBV 是陆地卫星 1、2、3 上携带的一套传感器，其全称是反

束光导管电视摄像机系统,工作波长范围是 $0.474 \sim 0.830\mu\text{m}$ 。RBV 在陆地卫星 1、2 上有 3 个波段,分别是:

RBV1 波段:蓝绿波段,其工作波长是 $0.474 \sim 0.575\mu\text{m}$;

RBV2 波段:红黄波段,其工作波长是 $0.580 \sim 0.680\mu\text{m}$;

RBV3 波段:摄影红外波段,其工作波长是 $0.690 \sim 0.830\mu\text{m}$ 。

陆地卫星 3 上的 RBV 传感器是全色的,只有一个工作波段,其波长范围是 $0.50 \sim 0.705\mu\text{m}$ 。陆地卫星 1、2 携带的 RBV 的空间分辨率为 80m,陆地卫星 3 上的 RBV 全色图像的空间分辨率为 40m。

由于 RBV 波长范围与下面将要介绍 MSS 传感器波段工作范围大致相同,而且 RBV 的成像质量又远不如 MSS 成像质量,所以陆地卫星 4 上取消了这种传感器。

(2) 陆地卫星的 MSS

MSS 多光谱扫描仪是陆地卫星 1~5 上都携带的遥感传感器,其数字产品是 MSS 磁带,地面分辨率是 80m。陆地卫星具有 4、5、6、7 共 4 个波段,分别是:

MSS4 波段:蓝绿波段,其工作波长是 $0.5 \sim 0.6\mu\text{m}$;

MSS5 波段:红黄波段,其工作波长是 $0.6 \sim 0.7\mu\text{m}$;

MSS6 波段:摄影红外波段,其工作波长是 $0.7 \sim 0.8\mu\text{m}$;

MSS7 波段:摄影红外波段,其工作波长是 $0.8 \sim 1.1\mu\text{m}$ 。

一景 MSS 影像数据大约包含有 2340 条扫描线,每条扫描线又大约有 3240 个像元点,而一景 MSS 影像对应的实际地面面积是 $185\text{km} \times 185\text{km}$,所以,像元点的实际大小对应地面为 $79\text{m} \times 57\text{m}$ (地面站处理后提供给用户的产品像元大小为 $757\text{m} \times 57\text{m}$)。

(3) 陆地卫星的 TM TM 专题绘图仪是陆地卫星 4、5 所携带的一种遥感传感器,其数字产品是 TM 磁带,TM 的波谱范围比 MSS 大、工作波段多,TM 有 7 个波段,分别是:

TM1 波段:蓝波段,其工作波长是 $0.45 \sim 0.5\mu\text{m}$;

TM2 波段:绿波段,其工作波长是 $0.52 \sim 0.6\mu\text{m}$;

TM3 波段:红波段,其工作波长是 $0.63 \sim 0.69\mu\text{m}$;

TM4 波段:近红外波段,其工作波长是 $0.76 \sim 0.94\mu\text{m}$;

TM5 波段:中红外波段,其工作波长是 $1.55 \sim 12.5\mu\text{m}$;

TM6 波段:热红外波段,其工作波长是 $10.4 \sim 1.75\mu\text{m}$;

TM7 波段:中红外波段,其工作波长是 $2.08 \sim 2.35\mu\text{m}$ 。

TM 每个波段范围较窄,因而波谱分辨率比 MSS 图像高,TM 空间分辨率为 30m,高于 MSS 的地面分辨率。

(4) SPOT 卫星的 HRV 可见光图像扫描仪 HRV 是一种线阵列推扫式扫描仪,其数字产品是 SPOT 图像磁带。SPOT 图像分全色图像与多光谱图像两种,全色图像的地面分

分辨率是 10m, 多光谱图像的地面分辨率是 20m。一景 SPOT 数据对应地面 $60\text{km} \times 60\text{km}$ 范围大小, 辐射量化级为 8 个比特, 即其量化级位 256 级。SPOT 图像共有 3 个波段:

SPOT1 波段: 绿光可见光波段, 其工作波长是 $0.5 \sim 0.59\mu\text{m}$;

SPOT2 波段: 红光可见光波段, 其工作波长是 $0.61 \sim 0.68\mu\text{m}$;

SPOT3 波段: 近红外波段, 其工作波长是 $0.79 \sim 0.89\mu\text{m}$ 。

(5) 成像光谱仪 成像光谱仪通常是由航空遥感平台 (例如飞机) 所携带的一种传感器, 成像光谱仪基本上还属于多光谱扫描仪 MSS, 与陆地卫星上的 MSS 的差别在于成像光谱仪的空间分辨率更高, 成像光谱仪的波谱分辨率更是陆地卫星上的 MSS 所不能比拟的, 成像光谱仪的波段很窄, 波段数目可多达 256 个。

4. 遥感图像数据处理

传感器所获得的遥感信息通过直接传输或视频传输的方式被地面接收后, 必须对原始数据进行多方面处理才能满足需要。这种处理包括图像数据的恢复与增强两个方面。恢复是指对传感器输出的信号进行辐射校正、几何校正、数据压缩和管理等手段, 将其转换成胶片、影像或计算机兼容磁带 (CCT), 以供用户分析研究。这种处理的专业性很强, 往往作为传感器工作系统中一个必不可少的环节来完成, 因此, 和用户的关系不大。增强是为了获得更加清晰的高质量图像、发掘遥感图像的信息潜在、突出和显示目标物的影像特征而采取的光学或计算机的图像处理技术。其中包括彩色合成、密度分割、边缘增强、反差增强、专题抽取、空间和走向滤波、影像相减、比值处理等具体方法。

(1) 彩色合成 是一种光学处理技术。它是把几张 (一般是 3 张) 同景不同波段的同步成像的黑白多光谱透明正片, 分别加上特定的红、绿、蓝等滤光镜, 通过光学系统使它们在同一平面上严格重叠在一起而形成彩色影像。如果彩色影像上的物体呈现的色调与它们的天然色彩一致, 就称为真彩色相片; 否则称为假彩色相片。真彩色相片是配以与分色片相同波段的滤光镜合成的; 假彩色相片是配以与分色片不同波段的滤光镜合成的。非标准假彩色的色别是任意的, 可根据目视解译的需要进行选择。进行彩色合成的方法很多, 常用的有: 彩色合成仪合成法、三次曝光法、彩色套印法、印染法、Diaz 透明胶片叠置法等。

(2) 密度分割 在遥感影像上, 某些目标特性, 如水体中的泥沙、水体深度、污染物浓度等, 与影像密度 (灰度) 有良好的对应关系, 而影像密度值差异太小, 或者密度值在空间连续变化, 没有明显界线, 这时借助密度分割仪或计算机将不同密度水平区分开, 并以不同的颜色表示, 就叫做密度分割。其分割的等级可以根据影像级差大小加以选择, 最多达 64 级, 分级的方法可以是线形的 (即等密度分割), 也可以是对数方式的。

(3) 边缘增强 边界在影像中表现为密度 (灰度) 发生突变的地方, 它是一个物体

与另一个物体，一种现象和另一种现象的界线，是重要的解译标志。边缘增强就是使各种界线突出出来，为解译提供方便。值得注意的是，增强的边界没有选择性，对解译者来说并非都有价值。边缘增强可以采用光学的方法，也可以采用计算机的方法。光学的方法是将同一张影像的正负片叠合在一起，然后使其中一张向某个方向错动一小段距离，将组合片曝光印像或投影在屏幕上，得到的影像在密度发生突变的地方将出现一条界线，而其余的部分呈均一的色调。计算机处理是在那些像之间灰度值变化超过事先确定阈值的地方，用线条或一种灰度在图像上表示出来，就得到了边界线。

(4) 反差增强 一景原始陆地卫星图像的亮度值范围往往是比较小的，这使得图像模糊不清。为使图像中各物体的亮度界线更加分明，图像的可辨性更好，常采用扩大原始图像反差的方法来占满整个亮度范围。在计算机中只要知道原始亮度的上下界限，再给出将要扩展的亮度范围，其余像元亮度值通过线性内插就可以很容易完成。光学处理方法是把需要增强的低反差影像，用高反差胶片或相纸拷贝，在高反差的显影液中显影制成拷贝片，反复拷贝几次，就可以得到反差明显增强的影像。

5. 遥感图像的目视解译技术

遥感监测中，传感器所获得的信息最终记录在感光胶片或磁带上，这些信息经过一定的处理、加工就可以进行应用。胶片上记录的图像直观逼真，便于进行目视解译；磁带上记录的数据精确稳定，便于存储和计算机处理。图像和数据可通过图数转换或数图转换实现相互转化，但最终数据要转换成图像才能进行目视解译。

(1) 目视解译标志 目视解译是根据人的知识与经验，运用各种手段和方法对图像进行辨认，从而识别影像的实际内容和属性，并定性或定量地提取目标的形态、构造、功能等有关信息，最后把它们汇总在底图上的过程。在图像解译时，为了提高判读的准确性、减少判读人员的误差，必须掌握图像的解译标志，其中包括形状、大小、阴影、颜色或色调、纹理和图形以及位置、布局和分辨率等。下面分别叙述之。

①形状 目标物不同，在图像上呈现的形状就不一样。有些物体的形状是非常独特的，因此，只要根据形状这个标志即可从图像上把它们识别出来，但有时要从垂直拍摄的图像上看出物体的形状，这对判读者来说就显得特别困难。

②大小 一个物体的大小是识别物体本身的最有用标志之一，判读者可以不考虑可能识别的全部面积组合。而在识别比例尺变化的图像时，判读者则必须经常测量所感兴趣的物体。

③颜色和色调 不同的物体会反射、发射和透射不同数量和不同波长的能量。这些差异以颜色、色调和密度的形式记录在图像上。几乎在所有的情况下，惟有物体与物体之间的色差或物体与背景之间的色差才是最重要的。实际上，如果背景与物体的边缘之间没有色调与色彩的差别，那就不可能得到图像。在黑白影像上，没有色彩的差异，物体呈现不同的灰度；真彩色摄影图像给判读者提供了熟悉的所研究的物体自然色的图

像，因而判读比较容易。

④阴影 可分为本影和落影两种。本影是摄影的地物未被太阳光直接照射到的阴暗部分所形成的阴影，有助于获得立体感；落影是地物投射到地面上的影子在图像上的构像，根据落影可测量物体的高度、楼房的层数、桥梁的孔径及结构类型等。

⑤纹理 也叫结构。图像上的纹理是由一组组物体的色调重复出现而构成的，这些物体往往太小，单独识别是看不出来的。对某些物体来说，纹理是指它们给视觉印象造成的粗糙度和平滑度，它是判读的一个重要依据。在区别图像上的各种环境现象时，纹理起着重要的作用。

⑥图案 图案是地面物体的形状、大小、阴影、色调所形成的影像的组合。尽管只凭肉眼观看，尤其从几千米高空（或更高）观看地物特征还很难，但从空中得到的轮廓却是了解某种地物特征和功能的重要线索。

⑦位置与布局 在自然界中任何事物都不是孤立存在的，而是与周围事物密切联系着的。因此，在判读过程中，要深入分析地物之间的相互关系，才能得出正确的结论。如通往山坡耕地中的狭长白线至田边突然中断，则可能为田间小道或灌溉渠道。

⑧分辨率 分辨率为能把一个景像内的物体区分开来提供了重要的标志，而且又能以直接的方式予以确定和测量，因此清晰度就成了衡量难以辨识的图像的主要标志。

(2) 目视解译方法 遥感图像所对应的地理环境是一个错综复杂的大系统。这个系统是多层次、多要素且不断运动变化的。各子系统既互相独立又相互联系、相互依存。要认识它们，必须灵活运用各种直接和间接的解译标志，才能得出合乎实际的解译结果。关于解译标志的运用，可归纳出以下几种方法：

①直接判读法 直接通过遥感图像的解译标志，就能确定目标物的类型和属性的方法。一般具有明显形状、色调特征的地物和自然现象，例如河流、湖泊、房屋、居民区等均可用直接判读法辨认。

②对比分析法 将要解译的遥感图像，与另一已知的遥感图像样片进行对照，确定目标物属性的方法。它还包括不同种类的遥感图像的对比（如卫片与航片）和同一时相不同波段的图像的对比。

③逻辑推理法 它是借助各种地物或自然现象之间的内在联系，用逻辑推理方法，间接判断目标物的类型和属性的方法。显然，进行逻辑推理的过程中，判读人员的专业知识与经验是很重要的。判读人员的知识和经验愈丰富，就能从容易被人们忽视或难于发现的潜在或微小的图像差异中，寻找出目标物的依据来，从而提取出更多的有用信息。

上述几种方法在具体运用中很难完全分开，总是交错在一起的，只不过在解译过程中某一方法占主导地位而已。

(3) 目视解译程序 遥感图像的目视解译可分为资料准备阶段、初步解译阶段、野