

中国地质调查局地质调查技术标准

DD2014—14

机载成像高光谱遥感数据获取 技术规程

中国地质调查局

2014年7月

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语与定义	1
4 总则	2
4.1 目的任务	2
4.2 工作程序	2
5 仪器设备选用	2
5.1 基本要求	2
5.1.1 高光谱成像光谱仪性能指标	2
5.1.2 机载平台	2
5.1.3 空间定位与姿态测量设备	2
5.2 安装与检查	2
6 飞行方案设计	3
6.1 资料收集	3
6.2 飞行基本参数确定	3
6.2.1 空间分辨率	3
6.2.2 光谱采样间隔	3
6.2.3 飞行高度	3
6.2.4 飞行速度	4
6.3 测区航线设计	4
6.3.1 测区分区	4
6.3.2 航线敷设参数计算	4
6.3.3 测区航线敷设	4
6.4 定标场选择	5
6.4.1 在飞行测量前，应根据以下要求选择定标场：	5
6.5 基站布设	5
6.6 飞行方案编写、审批	5
7 飞行测量	5
7.1 基本要求	5
7.2 准备工作	5
7.2.1 资料准备	5
7.2.2 仪器设备准备与安装	5
7.2.3 人员准备	6
7.3 机上数据采集	6

7.4	地面定位数据获取.....	6
7.5	地面定标光谱测量.....	6
7.6	原始数据质量检查.....	6
8	数据产品分级、检查与制作.....	7
8.1	数据产品分级.....	7
8.2	数据产品.....	7
8.2.1	0级数据产品.....	7
8.2.2	1级数据产品.....	7
8.2.3	2级数据产品.....	7
8.2.4	3级数据产品.....	8
8.2.5	4A级数据产品.....	8
8.2.6	4B级数据产品.....	8
8.3	数据产品检查.....	8
8.3.2	数据产品质量检查方法.....	8
8.3.3	数据产品质量要求.....	9
9	资料移交.....	9
附录A	(资料性附录) 成像光谱峰值信噪比计算公式.....	10
附录B	(规范性附录) 成像光谱仪室内定标.....	11
附录C	(规范性附录) 航空飞行方案设计用表用图.....	13
附录D	(规范性附录) 飞行设计方案大纲.....	16
附录E	(规范性附录) 飞行记录及数据产品信息表.....	17
附录F	(规范性附录) 飞行测量总结报告.....	18
	参考文献.....	19

前 言

本标准依据GB/T1.1-2009《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》给出的规则编写。

本标准由中国地质调查局提出和归口管理。

本标准起草单位：核工业北京地质研究院。

本标准主要起草人：赵英俊、秦 凯、宫宝昌、孙雨、田 丰、裴承凯、周家晶。

本标准由中国地质调查局负责解释。

机载成像高光谱遥感数据获取技术规程

1 范围

本标准规定了机载成像高光谱遥感数据获取中仪器设备选用、飞行方案设计、飞行测量、数据产品制作、质量检查和资料移交的基本要求。

本标准适用于地质调查、矿产勘查、地质环境监测领域中的机载成像高光谱遥感数据获取，谱段范围为可见光-短波红外。其它地学领域的机载成像高光谱遥感数据获取工作可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 19294-2003 航空摄影技术设计规范

GB/T 27919-2011 IMU/GPS 辅助航空摄影技术规范

3 术语与定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

光谱带宽 spectral band width

从单色器射出的单色光谱线强度轮廓曲线的二分之一高度处的谱带宽度。

3.2

高光谱遥感 hyperspectral remote sensing

光谱分辨率达到 $10^{-2}\lambda$ 量级以上，可获取地物连续且完整的光谱数据的遥感技术。

3.3

机载成像高光谱遥感 airborne imaging spectroscopy

以飞机为平台的高光谱图像及相关数据获取、处理及应用的遥感技术。

3.4

瞬时视场 instantaneous field of view (IFOV)

仪器的光敏探测单元投影所张的立体角。

4 总则

4.1 目的任务

通过机载成像高光谱测量，获取高光谱遥感数据，制作数据产品，为地质调查、矿产勘查、地质环境监测领域的应用与研究提供高光谱遥感数据产品。

4.2 工作程序

机载成像高光谱遥感数据获取的基本工作程序：仪器设备选用、飞行方案设计、飞行测量、数据产品制作、质量检查和资料移交。

5 仪器设备选用

5.1 基本要求

5.1.1 高光谱成像光谱仪性能指标

根据目标任务，选择符合要求、性能稳定的机载成像光谱仪，其性能应满足以下要求：

- a) 谱段范围应为 400 nm~2450 nm；
- b) 波段光谱带宽应优于 20 nm；
- c) 瞬时视场优于 3 mrad；
- d) 信噪比应在实验室定标条件下测定，依据本规程附录 A 公式计算，峰值信噪比优于 1000:1；
- e) 波段中心波长位置精度应优于 2 nm；
- f) 成像光谱仪性能稳定，至少一年定标一次，其性能参数应通过室内标定，定标方法和要求见本规程附录 B。

5.1.2 机载平台

- 5.1.2.1 应有足够的载荷与空间以满足安装和操作机载成像光谱仪及相关设备的要求。
- 5.1.2.2 具备安装机载成像光谱仪镜头的窗口，并提供机载成像光谱仪所需的稳定电源。
- 5.1.2.3 应能安装卫星导航定位系统接收机，保证信号接收正常。
- 5.1.2.4 飞机的飞行速度、高度应满足机载成像高光谱数据获取的技术要求。
- 5.1.2.5 在海拔 4000 m 以上地区作业，应选择密封舱飞机，并在镜头窗口加装光学玻璃，其光学参数应满足高光谱设备数据采集要求。数据采集前，光学玻璃与仪器一起进行室内定标。

5.1.3 空间定位与姿态测量设备

- 5.1.3.1 应具备与机载成像光谱仪配套的空间定位与姿态测量系统，设备应符合相关标准的规定。
- 5.1.3.2 如需要对卫星导航定位系统数据进行差分计算，应具备地面卫星导航定位系统基站设备或者开通卫星导航定位实时差分服务。
- 5.1.3.3 如需要更高的几何精度，应采用地面卫星导航定位系统实时差分测量或其它方法获取地面控制点。

5.2 安装与检查

- 5.2.1 安装前确保机上电源能够持续稳定供电，电流、电压满足设备正常工作需要。
- 5.2.2 按照仪器设备操作手册安装传感器、控制系统、空间定位与姿态测量系统。
- 5.2.3 检查传感器镜头是否受到遮挡或其它影响，记录镜头安装的方向；检查控制系统安装稳固并便于操作；检查电缆连接是否正确。
- 5.2.4 完成安装后，进行仪器设备的运行测试，检查仪器设备运行、数据记录和存储是否正常。
- 5.2.5 起飞前检查传感器及其它设备状态，确保仪器设备正常工作。

6 飞行方案设计

6.1 资料收集

- 6.1.1 收集测区地理、地形、地质和气象等数据与资料，为飞行航线部署提供依据。
- 6.1.2 飞行设计底图应是满足任务需要的相应比例尺地形图、遥感影像图或数字高程模型（DEM），设计底图图比例尺选择依据 GB/T 19294-2003 中表 1 确定。

表1

成图比例尺	设计用图比例尺
$\geq 1:1000$	1:10000 或 1:10000 DEM
$\geq 1:10000$	1:25000~1:50000 或 1:50000 DEM
$\geq 1:100000$	1:100000~1:250000 或 1:50000 DEM、1:100000 DEM、1:250000 DEM

6.2 飞行基本参数确定

6.2.1 空间分辨率

空间分辨率应根据不同测区的探测地质目标大小和地形特点,在确保满足遥感制图比例尺要求和数据精度的前提下,本着有利于缩短成图周期、降低成本、提高测量综合效益的原则,依据表2确定。

表2

遥感影像图比例尺	空间分辨率
1:1000	优于 0.5 m
1:10000	优于 1 m
1:100000	优于 2.5m
1:1000000	优于 5m

6.2.2 光谱采样间隔

根据测区探测地质目标的特征光谱确定光谱采样间隔,波谱采样间隔应小于 20 nm。

6.2.3 飞行高度

飞行高度(相对航高、绝对航高)根据6.2.1所确定的空间分辨率和机载成像光谱仪的瞬时视场确定,计算公式见附录C。

6.2.4 飞行速度

飞行速度(地速)根据空间分辨率和机载成像光谱仪的扫描速率确定,计算公式见附录C。

6.3 测区航线设计

6.3.1 测区分区

6.3.1.1 测区分区原则:

- 应根据测区大小、形状、地形条件等因素并结合地质应用需求进行合理分区;
- 当测区过长时,按照地面卫星导航定位基站有效控制范围和气象条件等因素进行合理分区;
- 当地形高差大时,按照测区高差不大于四分之一相对航高(以分区的平均高程为基准)进行分区设计。

6.3.1.2 根据测区分区原则，在设计底图上将测区划分为若干个分区，并按从左到右、自上而下的顺序进行编号。

6.3.2 航线敷设参数计算

6.3.2.1 航线敷设原则：

- a) 航线一般沿测区长轴方向敷设，或综合考虑地质地貌条件、工作效率和具体工作需要等因素而定；
- b) 航带旁向重叠率一般为 20% ~ 30%，具体应根据测区地形情况和飞行条件选择
- c) 位于测区边缘的首末航线应设计在测区边界线上或边界线外；

6.3.2.2 航线参数计算主要内容（见附录 C 中表 C.1）包括：

- a) 分区面积；
- b) 航带条数；
- c) 航带长度；
- d) 分区平均平面高程；
- e) 分区平均平面高差；
- f) 各分区的绝对航高；
- g) 航带幅宽；
- h) 航带间隔；
- i) 每条航线起始点、进入点、飞出点和终止点的坐标（经纬度）。

6.3.2.3 应按航线计算领航数据，填写领航数据表（见附录 C 中表 C.2）。

6.3.2.4 预计飞行工作量（见附录 C 中表 C.3）应包括以下内容：

- a) 测区飞行时间；
- b) 飞行架次；
- c) 一次往返飞行平均时间；
- d) 往返飞行总时间；
- e) 气象飞行时间；
- f) 飞行总时间。

6.3.3 测区航线敷设

6.3.3.1 根据航线敷设原则和参数，一般采用地形图或遥感图为底图，进行航线敷设。

6.3.3.2 航线敷设图内容（航线敷设图样图见附录 C 中图 C.1）包括：

- a) 测区代号；
- b) 分区编号；
- c) 航线及编号；
- d) 测区角点坐标；
- e) 重要城镇、河流、湖泊；
- f) 国界及禁飞区；
- g) 航线长度。

6.4 定标场选择

6.4.1 在飞行测量前，应根据以下要求选择定标场：

- a) 应选择位置固定的明暗地物或定标布作为定标场；

- b) 明暗地物定标场应分别选择物质成分单一、地形平坦、光谱特性均匀、面积不小于 5×5 个像元的两类地物作为明暗地物；
 - c) 定标布应分别选择反射特性均匀、面积不小于 5×5 个像元的黑布、白布或灰布，在 $350 \text{ nm} \sim 2500 \text{ nm}$ 的波段范围内，白布反射率大于 0.7，黑布反射率小于 0.3，并保证黑白布位置固定、表面平整。
- 6.4.2 根据定标场位置、地形起伏和飞行效率等，单独设计定标场航线。
- 6.4.3 计算定标场航线起始点和终止点的坐标（经纬度），应保证航线经过定标场。

6.5 基站布设

基站的布设和测量应符合GB/T 27919-2011的规定。

6.6 飞行方案编写、审批

在6.1-6.5设计的基础上，按附录D的大纲编写飞行方案，并经委托方审批同意后，方可执行。

7 飞行测量

7.1 基本要求

- 7.1.1 高光谱设备每次拆卸安装，或设备各部件相对关系发生改变后，均应重新进行检校飞行。
- 7.1.2 在航线内航高变化不应超过相对航高的 5%，分区内实际航高不应超过设计航高的 5%。
- 7.1.3 在一条航线内，飞行上升、下降的速率不应大于 10m/s 。
- 7.1.4 航线弯曲度不大于 3%。
- 7.1.5 航线飞行俯仰角一般不大于 3° 。
- 7.1.6 航线飞行侧翻角一般不大于 6° 。
- 7.1.7 飞行环境条件应满足：
 - a) 太阳高度角应大于 30° ；
 - b) 晴空，大气洁净，能见度高。

7.2 准备工作

7.2.1 资料准备

飞行测量工作应按飞行设计方案要求准备航线敷设图、航空飞行主要技术参数表和领航数据表。

7.2.2 仪器设备准备与安装

- 7.2.2.1 检查仪器中心波长位置和辐射值偏移量，若中心波长位置偏移大于 2nm 、辐射值偏移量大于 5%，应进行实验室定标。
- 7.2.2.2 仪器设备的准备和安装按照本规程5.1、5.2执行。

7.2.3 人员准备

飞行测量工作组人员不少于4人；地面工作组人员不少于2人；地面定标测量和基站布设工作组人员不少于4人。

7.3 机上数据采集

- 7.3.1 飞机引擎启动后，接通电源，启动仪器设备，检查设备状态是否正常，并按照设计要求，设置相关技术参数。

- 7.3.2 根据机上定位设备的需要，在起飞前静止状态下采集定位数据。
- 7.3.3 飞机起飞后，打开镜头窗口遮挡板。
- 7.3.4 进入测线前 2km 开始记录数据，并检查记录状态，监测仪器状态；根据信号强弱调整相关参数；
- 7.3.5 数据采集过程中，操作人员应监测航迹、航高、航速是否符合要求，同时监测气象条件（云量、能见度），填写飞行记录表（见附录 E 中表 E.1）。如不符合设计要求，及时进行补飞，补飞按原设计要求进行。
- 7.3.6 飞出测线 2km 后停止记录数据。
- 7.3.7 每架次数据采集应进行定标场航线的飞行，获取定标场数据。
- 7.3.8 飞行结束后，根据机上定位设备的需要，在静止状态下收集满足定位要求的数据后，关闭仪器，取出存储硬盘，及时备份数据并清空数据记录硬盘，为下一架次测量存储做好准备。

7.4 地面定位数据获取

使用地面卫星导航定位基站数据做后差分计算时，飞行前半小时应打开地面基站，在卫星导航定位基站搜索卫星成功后（至少8颗卫星），采用静态测量模式记录数据，数据记录频率应高于1赫兹。飞行结束半小时后停止记录，关闭地面基站，导出基站数据并备份。

7.5 地面定标光谱测量

- 7.5.1 飞行测量过程中，应进行明暗地物或黑白布辐射定标场的同步或准同步地面光谱测量，同一测区宜采用同一光谱仪。
- 7.5.2 测点应均匀分布于定标场，每一定标场地光谱测量至少选取 80 个测点。
- 7.5.3 地面光谱测量应符合岩矿波谱测试的相关规定。
- 7.5.4 测量过程中应记录采集点位置、时间和对应的架次及航带；测量完成后，备份光谱数据。

7.6 原始数据质量检查

- 7.6.1 应对每架次数据及时进行飞行质量和数据质量检查。
 - 7.6.1.1 飞行质量检查：
 - a) 飞行记录表是否清晰、准确、完整，内容是否齐全，检查飞行记录中的参数设置与飞行设计是否一致；
 - b) 飞行航迹数据是否满足飞行方案设计要求；
 - 7.6.1.2 数据质量检查：
 - a) 工作区范围内数据采集是否完整，是否有漏洞；
 - b) 原始数据图像是否清晰、检查图像亮度是否有过饱和或者过暗的现象；
 - c) 统计各条带的云量、阴影的百分比是否符合要求，单航带云和阴影面积应小于 10%；
 - d) 图像重建波谱与实测地物光谱、特定地物光谱曲线进行对比，是否存在明显异常；
- 7.6.2 对下述飞行质量不合格航带要及时补飞或重飞。
 - a) 工作区范围内数据采集不完整或有漏洞，应补飞；
 - b) 原始数据图像不清晰，图像亮度有过饱和或者过暗的现象，应重飞；
 - c) 单航带云和阴影面积大于 10%，应重飞；

8 数据产品分级、检查与制作

8.1 数据产品分级

数据产品分级见表3。

表3

产品分级	产品名称	产品说明
0级	原始数据产品	未经任何处理的飞行原始数据，辅助数据。
1级	系统辐射校正产品	经系统辐射校正的数据。
2级	系统几何校正产品	经系统辐射校正、系统几何校正和投影变换的数据。
3级	正射校正产品	经系统辐射校正、系统几何校正、正射校正和几何精校正的数据。
4A级	反射率数据产品	经系统辐射校正、辐射定标和反射光谱重建的数据。
4B级	正射校正反射率数据产品	经系统辐射校正、系统几何校正、正射校正、几何精校正、辐射定标和反射光谱重建的数据。

8.2 数据产品

8.2.1 0级数据产品

原始数据，包括：原始图像数据、航线航迹数据与日志文件、数据说明。

8.2.2 1级数据产品

8.2.2.1 对原始图像数据进行初步处理，主要包括去除暗电流、内部散射、帧转换损失、电子偏置无效辐射值的影响。

8.2.2.2 根据传感器定标参数，将经过初步处理的机载高光谱数据 DN 值转换为辐射亮度值的公式为：

$$SR_i = DN_i \times g_i \dots\dots\dots (1)$$

式中：

SR_i —— 波段 i 的辐亮度值，该值经过校正（去除暗电流、内部散射、帧转换损失、电子偏置）；

DN_i —— 波段 i 的像元灰度值；

g_i —— 定标的校正参数。

8.2.3 2级数据产品

8.2.3.1 将机上定位与姿态测量数据与地面卫星导航定位基站数据或其它定位数据结合，进行差分处理，生成图像几何校正所需要的空间定位与姿态测量文件，文件一般包含以下信息：时间、经度（x 值）、纬度（y 值）、高程（z 值）、俯仰、侧滚、旋偏。

8.2.3.2 根据空间定位与姿态测量文件，将 1 级数据产品赋予坐标信息，进行几何畸变的校正处理，生成系统几何校正图像。

8.2.4 3级数据产品

在 1 级数据产品基础上，利用空间定位与姿态测量文件结合数字高程模型（DEM）进行正射校正，消除地形因素对图像的影响，选取图像控制点，进行几何精校正。

8.2.5 4A 级数据产品

8.2.5.1 在 1 级数据产品的基础上，对数据进行反射光谱重建，生成反射率数据。

8.2.5.2 光谱重建一般采用经验线性法或模型反演法：

- a) 经验线性法是利用定标场的高光谱辐射亮度数据与地面光谱测试数据，建立反射率与图像的辐射亮度的经验线性关系，计算出转换系数 (k) 和偏移量 (b)，从而将相同或类似条件下获取的航空高光谱辐射亮度数据转为反射率数据。经验线性法计算公式为：

$$R = k \times L + b \dots\dots\dots (2)$$

式中：

R —— 图像的反射率；

k —— 转换系数；

L —— 图像的辐射亮度；

b —— 偏移量。

- b) 模型反演法是基于大气传输方程，通过某些假设对其中的参数进行固定和简化，模拟出近似的大气状况，进而计算出每个波长的辐射在太阳、大气、地物和传感器之间传输时的变化，最后根据每个像元的辐射亮度计算出对应的反射率。

8.2.6 4B 级数据产品

在 4A 级数据产品的基础上，对数据进行反射光谱重建，生成反射率数据。

8.3 数据产品检查

8.3.1 采用自检和同行业专家抽检两种方式进行质量检查，自检率 100%，抽检率不得低于 30%，对检查发现的问题必须及时修正，检查完成后填写数据产品信息表（见附录 E 中表 E.2）。

8.3.2 数据产品质量检查方法

8.3.2.1 0 级产品：目视检查原始数据图像是否清晰、完整，获取图像直方图，目视检查图像直方图是否正常。在每条航线选取 10 个以上均匀分布的检查点，获取检查点的光谱曲线，目视检查光谱曲线是否连续、平滑；统计每条航线云和阴影的面积，检查数据日志信息是否完整。

8.3.2.2 1 级产品：目视检查图像是否清晰，获取图像的直方图，目视检查图像直方图是否正常。在每条航线选取 10 个以上均匀分布的检查点，获取检查点的光谱曲线，目视检查光谱曲线是否连续、平滑。

8.3.2.3 2 级产品：在每条航线选取 10 个以上均匀分布的检查点，获取检查点的光谱曲线，目视检查光谱曲线是否连续、平滑。

8.3.2.4 3 级产品：对镶嵌数据选择均匀分布的检查点 10 个以上，进行了误差统计，计算镶嵌中误差和容差。

8.3.2.5 4A 级产品：在每条航线选取 10 个以上均匀分布的检查点，获取检查点的光谱曲线与地面光谱或光谱库中光谱进行对比检查。

8.3.2.6 4B 级产品：对镶嵌数据选择均匀分布的检查点 10 个以上，进行了误差统计，计算镶嵌中误差和容差。

8.3.3 数据产品质量要求

8.3.3.1 0 级产品：合格产品为预览过程中的原始数据图像清晰、亮度正常；光谱曲线连续、平滑；云和阴影面积应小于 10%，没有出现漏洞；数据日志信息完整、准确。如以上内容有不符项为不合格产品，需要进行重飞。

8.3.3.2 1级产品：合格产品为图像清晰完整，图像的光谱和直方图处于正常合理的范围。如以上内容有不符合项为不合格产品，需要重新进行系统辐射校正。

8.3.3.3 2级产品：合格产品为图像清晰完整，图像的光谱和直方图处于正常合理的范围；单条带图像中的地物目标没有严重的变形和缺失。如以上内容有不符合项为不合格产品，需要重新进行系统几何校正。

8.3.3.4 3级产品：合格产品为图像清晰完整，图像的光谱和直方图处于正常合理的范围。镶嵌后图像中的地物目标没有严重的变形和缺失，镶嵌几何中误差小于5个像元。如以上内容有不符合项为不合格产品，需要重新进行地形校正和几何精校正。

8.3.3.5 4A级产品：合格产品为图像清晰完整，图像的光谱和直方图处于正常合理的范围。与地面光谱或数据库中的标准光谱的形态和变化趋势一致，特征谱带清晰可辨，谱带位置和谱带特征无明显变异。如以上内容有不符合项为不合格产品，需要重新进行大气校正和光谱重建。

8.3.3.6 4B级产品：合格产品为满足L 4A级产品质量要求，且镶嵌后图像中的地物目标没有严重的变形和缺失，镶嵌几何中误差小于5个像元。如以上内容有不符合项为不合格产品，需要重新进行系统几何校正、地形校正和几何校正。

9 资料移交

移交资料包括以下内容：

- a) 符合质量要求的数据产品与数据产品信息表（见附录E中表E.2）；
- b) 飞行方案（包括航线敷设图、航空飞行主要技术参数表和领航数据表）；
- c) 飞行记录；
- d) 检查记录；
- e) 产品清单。
- f) 飞行测量总结报告（报告提纲见附录F）。

附 录 A
(资料性附录)
成像光谱峰值信噪比计算公式

本附录适用于实验室内去除背景噪声后，直接成像方式成像光谱仪的峰值信噪比计算，傅利叶等其他成像方式可根据仪器成像的具体参数和算法计算。

成像光谱峰值信噪比计算公式：

$$SNR = \frac{FW}{\sqrt{FW + N_{floor}^2}} \dots\dots\dots (A. 1)$$

式中：

SNR ——信噪比；

FW ——图像像元达到饱和前（峰值）的最大信号；

N_{floor} ——系统噪声，没有真实信号输入时，传感器的暗电流等所产生的信号。

FW 的计算公式：

$$FW = (K - \bar{x}_{min})G \dots\dots\dots (A. 2)$$

式中：

K ——图像像元达到饱和前平均信号（DN值）；

\bar{x}_{min} ——电子偏置最小信号均值；

G ——系统增益。

N_{floor} 的计算公式：

$$N_{floor} = G\sqrt{S_{\bar{x}_{min}}^2} \dots\dots\dots (A. 3)$$

式中：

G ——系统增益

$S_{\bar{x}_{min}}$ ——系统本身产生的最小信号均值

附 录 B
(规范性附录)
成像光谱仪室内定标

B.1 适用条件

本附录适用于可见光-短波红外推扫式成像光谱仪定标。

B.2 定标设备要求

B.2.1 定标可选择积分球作为光源容器，定标选择光源应为严格标定的光源。

B.2.2 建议光谱灯包括以下八种：氦、氢、氧、汞、氙、氫、氦、氖。

B.3 成像光谱仪性能测试

B.3.1 测试定标相关参数。一般需要获取的定标参数有：电子偏置最小信号均值(\bar{x}_{\min})、系统增益(G)、峰值信噪比(SNR)等。

B.3.2 将测试参数与设备出厂参数进行比较，变化量应小于5%，否则需进行成像光谱仪的检查和维修。

B.4 光谱定标

B.4.1 应用标准光源，采集标准光源光谱数据。

B.4.2 根据采集的标准光谱数据，拟合出所有高光谱探测像元的中心波长。

B.5 辐射定标

B.5.1 采集标准光源光谱数据，进行逐波段数据处理，根据辐射亮度输入值与传感器输出DN值的关系公式：

$$L_j(\lambda_i) = a_{ji} DN_{(j,i)} + b_{ji} \dots \dots \dots (B.1)$$

式中：

$L_j(\lambda_i)$ ——第j组第i波段辐射亮度输入值；

$DN_{(j,i)}$ ——第j组第i波段图像灰度输出值；

a_{ji}, b_{ji} ——第j组第i波段辐射定标系数。

测得的多组成像光谱仪输出值和标准光源在该波段中心波长处的光谱亮度值做线性拟合后，得出各波段最佳的定标系数 a_{ji}, b_{ji} 。

B.5.2 定标完成后填写表B.1定标结果记录表。

表B.1 定标结果记录表

定标操作员		记录时间	年 月 日	
检查人员		检查日期	年 月 日	
传感器名称、型号				
光谱波段范围/ (nm~nm)				
系统增益/ (e-/DN)				
电子偏置				
信噪比				
光谱定标精度 (nm)				
辐射定标精度/ (%)				
校正参数				

附 录 C
(规范性附录)
航空飞行方案设计用表用图

航空飞行方案的用表主要包括：航空飞行主要技术参数表、领航数据表、飞行时间计算表，见表C. 1~表C. 3，航线敷设图见图C. 1。

表C. 1 航空飞行设计主要技术参数表

测区代号：		成像光谱仪型号：
飞行机型：		光谱波段范围：
项目	参数	
分区编号		<p>(1) 根据划分的分区图上量测计算；</p> <p>(2) $h_{\text{平均平面}} = \frac{h_{\text{高平面}} + h_{\text{低平面}}}{2}$；</p> <p>(3) $h_{\text{高差}} = h_{\text{高平}} - h_{\text{平均平面}}$；</p> <p>(4) 飞行速度 s 根据空间分辨率 D、机载成像光谱仪的扫描速率 FT 确定：$s = \frac{D}{FT}$；</p> <p>(5) 相对航高根据空间分辨率、机载成像光谱仪的视场角等确定：$H = \frac{D ((n_pixels)/2)}{\tan(FOV/2)}$</p> <p>式中：$H$ —— 相对航高，D —— 垂直飞行方向空间分辨率，n_pixels —— 成像光谱仪像元数，FOV —— 视场角；</p> <p>(6) $h_{\text{绝对}} = h_{\text{平均平面}} + h_{\text{相对}}$；</p> <p>(7) 根据垂直飞行方向空间分辨率 D 和机载成像光谱仪视场角下的空间像元数$\#Looks$ 确定：$Swath\ Width = (D) (\#Looks)$</p> <p>(8) 航带间隔=$Swath\ Width \times (1 - L_y)$，$L_y$为旁向重叠率；</p> <p>(9) 航带条数等于分区宽度除以航线间隔，测区边界分区加一条线。</p>
面积	(1) km ²	
宽度	m	
空间分辨率	m	
光谱采样间隔	nm	
平均平面高程	(2) m	
平均平面上的高差	(3) m	
飞行地速	(4) km/h	
相对航高	(5) m	
绝对航高	(6) m	
航带旁向重叠度	%	
航带幅宽	(7) m	
航带间隔	(8) m	
航带条数	(9)条	
设计人：		审核人：
		技术负责人：

表C.2 设计领航数据表

测区代号:		绝对航高: m		飞行地速: km/h		
航线号	测区分区号	西端/南端		东端/北端		航线长度(m)
		纬度(°)	经度(°)	纬度(°)	经度(°)	
设计人:		审核人:		技术负责人:		

表C.3 设计飞行时间计算表

测区代号:		飞机机型:		使用机场:	
序号	项目	数量	计算方法		
1	测区飞行时间	h	测区飞行时间等于若干个分区飞行时间之和;分区飞行时间等于分区面积除以航线间隔乘以1.2系数再除以飞机地速;		
2	日平均测区飞行时间	h	日平均测区飞行时间统一按2h计算;		
3	飞行架次	次	飞行架次等于测区飞行时间除以日平均测区飞行时间		
4	到达测区平均距离	km			
5	一次往返飞行平均时间	h	一次往返飞行平均时间等于2倍到达测区平均距离除以巡航速度加上爬高速度;		
6	往返飞行总时间	h	往返飞行总时间等于③乘以④;		
7	辅助飞行时间	h			
	a) 试验飞行时间(定位参数获取等)	h			
	b) 气象飞行时间	h	气象飞行时间等于测区飞行时间乘以百分之十五;		
	c) 调机飞行时间	h			
8	飞行总时间	h	飞行总时间等于①加⑤加辅助飞行时间		
9	预计停车场时间	日			
设计人:		审核人:		技术负责人:	

测区代号：××

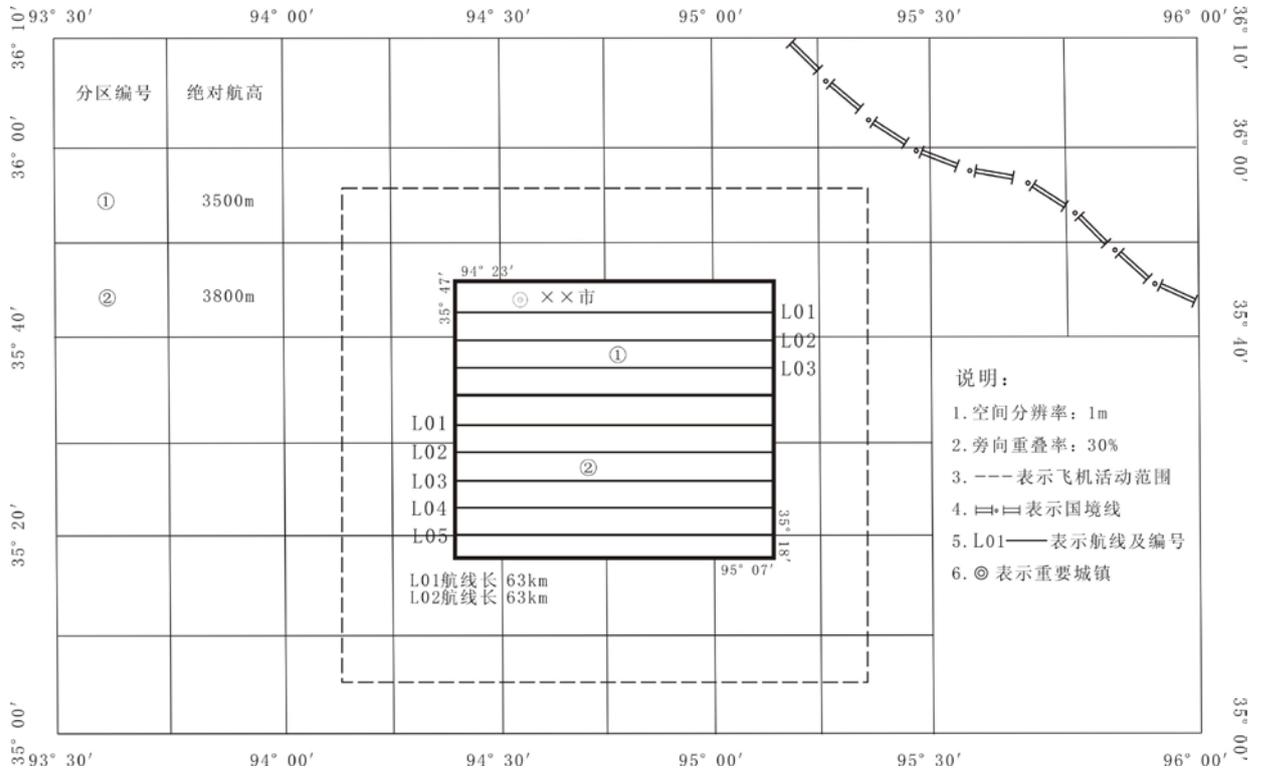


图 C.1 航线敷设样图

附录 D
(规范性附录)
飞行设计方案大纲

- 第一章 前言
 - 第一节 项目基本概况
 - 第二节 编制设计依据
- 第二章 资料收集与准备
 - 第一节 飞行设计底图制作
 - 第二节 仪器与机载平台的准备
- 第三章 飞行方案设计
 - 第一节 飞行方案主要参数计算
 - 第二节 测区航线设计
- 第四章 定位辅助工作设计
 - 第一节 地面定标场设计
 - 第二节 基站设置与工作方法
- 第五章 人员组成与保障措施
- 第六章 经费预算
- 附图 航线敷设图

附 录 E
(规范性附录)
飞行记录及数据产品信息表

飞行记录及数据产品信息表见表E. 1和表E. 2

表 E. 1 航空高光谱数据获取飞行记录表

测区名称：飞行	测区代号：	分区编号：
起飞时间：点分	着陆时间： 点 分	日 期： 年 月 日
天气情况：晴 / 多云	能 见 度： km	温 度： °C
飞 行 员：	飞机编号：	操 作 员：

序号	航线号	飞行方向	地速 km/h	航高 m	扫描 速率 ms	空间 分辨率 m	光谱 分辨率 nm	备注

表 E. 2 数据产品信息表

数据获取操作员：	提交原始数据时间：
数据处理人员：	提交数据产品时间：
数据检查人员：	检查数据产品时间：

产品编号	光谱范围 $\mu\text{m}\sim\mu\text{m}$	光谱分辨率 nm	空间分辨率 m	数据格式	存储介质	产品级别	坐标范围

附录 F
(规范性附录)
飞行设计方案大纲

第一章 前言

第一节 项目来源

第二节 任务目标

第三节 任务完成情况

第四节 测量工作概况（起止时间，人员分工）

第五节 工区概况（位置、交通、地形、人文等）

第二章 飞行测量方法技术

第一节 飞行测量

第二节 地面同步测量

第四章 飞行测量数据产品

第一节 数据产品制作

第二节 数据产品检查

第五章 结论与建议

第一节 结论

第二节 建议

第三节 存在的问题

附图 飞行测量实际材料图等

参 考 文 献

- [1] 童庆禧, 张兵, 郑兰芬. 高光谱遥感-原理、技术与应用. 高等教育出版社. 2006
 - [2] GB 3101—93 有关量、单位和符号的一般原则
 - [3] GB 3102.6—93 光及有关电磁辐射的量 and 单位
 - [4] DZ/T 物探化探遥感勘查技术规程规范编写规定
 - [5] 王锦地, 张立新, 柳钦火, 张兵, 尹球. 中国典型地物波谱知识库. 科学出版社. 2009
-