

引用格式: Wu Qiong, Yang Lei, Yang Hu. Image Quality Evaluation of MWRI from FY-3B Satellite[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2012, 27(4): 542-548. [吴琼, 杨磊, 杨虎. FY-3B 微波成像仪图像质量评价[J]. 遥感技术与应用, 2012, 27(4): 542-548.]

FY-3B 微波成像仪图像质量评价

吴 琼, 杨 磊, 杨 虎
(国家卫星气象中心, 北京 100081)

摘要: 2010 年 11 月 5 日发射升空的我国新一代极轨气象卫星 FY-3B (“风云三号”B 星) 携带的微波成像仪, 可以全天候获取来自地球表面和大气的电磁辐射信息。针对在轨测试期间微波成像仪 1.7 s 和 1.8 s 两种扫描周期, 详细比较了二者图像质量的差异。在图像质量评价研究中, 使用统计方法比较了图像的动态范围; 通过功率谱计算, 对比了图像的空间纹理特征; 通过信息熵计算, 分析了图像信息量的不同; 此外, 还研究了图像的对比度以及通道间配准的情况。结果表明: 1.7 s 图像的空间纹理结构、高频图像的对比度以及通道间配准明显优于 1.8 s, 表明 1.7 s 扫描周期下的图像质量优于 1.8 s, 该结论可以作为微波成像仪仪器指标设计的参考。

关 键 词: 微波成像仪; 图像质量评价; 功率谱; 信息熵; 调制传递函数

中图分类号: P 407.8; TP 75 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0323(2012)04-0542-07

1 引 言

微波成像仪作为 FY-3B 的主载荷之一, 可以全天候实时动态跟踪监测台风等强对流天气, 获取全球海洋上空大气可降水总量、云中液态水含量、地面降水量、土壤湿度以及洪涝与干旱监测的重要信息^[1]; 利用长时间序列全球亮温数据, 可以得到全天候洋面风速、温度、冰雪覆盖、陆表温度和土壤水分等重要地球物理参数, 为灾害性天气监测、水循环研究、全球气候和环境变化研究提供重要数据。FY-3B 微波成像仪为高灵敏度全功率成像辐射计, 在 $\pm 52^\circ$ 范围内对地观测, 接收大气和地球表面的微波辐射能量。微波成像仪在 10.65~89 GHz 频段内设置了 5 个频点, 每个频点包括垂直和水平两种极化方式。89 GHz 通道对降水散射信号非常敏感, 主要用于获取地面降水信息, 23.8 GHz 为水汽吸收通道, 与其他频点观测亮温配合能够反演得到全球大气降水信息; 18.7 GHz 和 36.5 GHz 通道针对冰雪微波辐射特性设置, 利用这两个频点接收的微

波辐射亮温能够定量获取地表雪盖、雪深和雪当量信息; 低频 10.65 GHz 通道具有穿透云雨大气的能力, 并且对地表粗糙度和介电特性比较敏感, 主要用来全天候获取全球海面温度、风速、陆表温度、土壤水分含量等地球物理参数。

在轨测试期间, 仪器制造方基于遥感图像质量、扫描周期稳定性、卫星姿态等多方面的综合考虑, 设置了 1.7 s 和 1.8 s 两种扫描周期, 扫描周期的最终确定则需要建立在对在轨测试结果综合分析的基础上。对于扫描周期指标确定的理论分析不是本文的研究重点, 本文旨在通过深入开展对两种扫描周期下图像质量的对比, 为 FY-3B 微波成像仪扫描周期的最终确定做一些基础性工作。

星载遥感仪器的图像质量直接取决于遥感仪器的光学特性, 了解气象卫星遥感图像的质量是利用它进行天气分析和应用研究的基础。近年来, 遥感图像质量评价的指标及其表达方式得到了有效的发展。目前, 图像质量评价常用的指标主要包括灰度直方

图、信噪比、空间纹理、相关性、图像清晰度、信息量、地面分辨率以及调制传递函数等。国内已有学者开展了这方面的研究,杨忠东等^[2]对中巴地球资源一号卫星 CCD 图像的条纹强度、噪声、空间纹理等参数进行了估计;马德敏^[3]对高光谱图像质量评价指标如信噪比、灰度直方图、光谱曲线、相关性等进行了阐述;王钦军等^[4]对 IRS-P6 卫星 LISS3 图像的清晰度、信息量、地面分辨率等进行了多指标综合计算;郭强等^[5]对 FY-2C 卫星热红外通道的图像进行了调制传递函数 MTF (Modulation Transfer Function) 特征分析。本文主要选取直方图、信息熵、功率谱、调制传递函数和通道间配准 5 个评价指标开展不同扫描周期对微波成像仪图像质量的对比分析。

2 数据和研究区

在轨测试期间,微波成像仪在 2010 年 12 月 7 日前的扫描周期为 1.8 s,12 月 7 日后的扫描周期为 1.7 s。考虑到在功率谱、MTF 以及通道间配准的计算中都需要有明显的海陆边界信息,有必要对轨道数据进行一定的筛选。从遥感图像上看,澳大利亚南海和非洲西海的海陆边界比较清晰,选择卫星经过这两个区域的轨道数据作为本文的研究数据,其中 1.8 s 扫描周期选择的两条轨道时间为 12 月 17 日 5:05 和 14:29,1.7 s 扫描周期选择的两条轨道时间为 11 月 20 日 5:20 和 11 月 26 日 14:29,计算过程中,主要使用了微波成像仪 L1 级的亮温数据。直方图和信息熵的计算使用了 5 点的两条轨道数据,而功率谱、MTF 以及通道间配准的分析则

采用了 4 条轨道的数据。

3 研究方法和结果

3.1 直方图

一幅图像的直方图是唯一的,若图像的函数形式已知,就可以推导出其直方图。在直方图上,可以观察图像的梯度分布情况,这也是研究阈值选择问题的基础。通过分析图像的直方图,可以评价对比度增强、对比度拉伸或者灰度变换的效果;根据整个灰度区域内的灰度分布可以评价图像的动态范围。

以亮温 1 K 为间隔,统计落在间隔内的采样点数,得到亮温直方图。图 1 和图 2 分别为垂直和水平极化方式下 5 个不同频点的直方图,横坐标表示亮温,单位为 K,纵坐标表示采样点数,单位为个数。(a)~(e)分别为 10.65、18.7、23.8、36.5 和 89 GHz 对应的亮温直方图。

从直方图上看,两种扫描周期下的图像比较相似,峰值的数量以及出现的位置也大致相同。动态范围的统计结果表明,两者的动态范围基本相当,但在 89 GHz 的低温端上存在较大的差异,可能是因为选取数据的时空不一致所引起的。

3.2 信息熵

熵的概念源自物理学,熵用来描述混乱和无序。熵值越大,混乱的程度越大。在信息理论中,Shannon 把信息的产生抽象为一个概率过程,这个过程可用与直觉相一致的方法度量^[6]。变量的不确定性越大,信息熵就越大。信息熵也是系统有序化程序的一个度量,一个系统越混乱,信息熵越高。

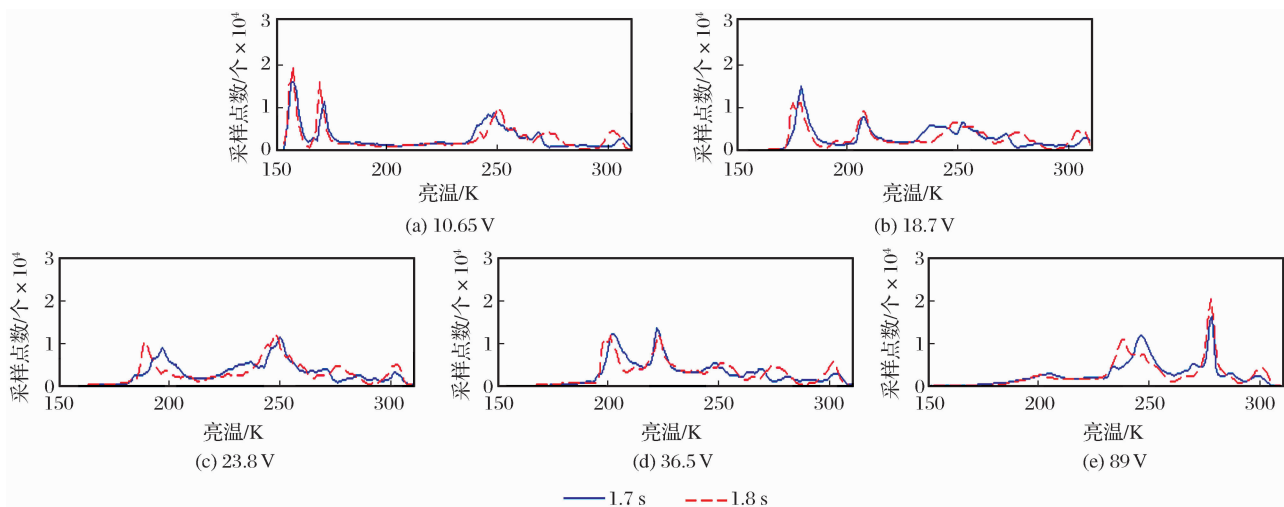


图 1 垂直极化方式下的亮温直方图

Fig. 1 Brightness Temperature histogram under the way of vertical polarization

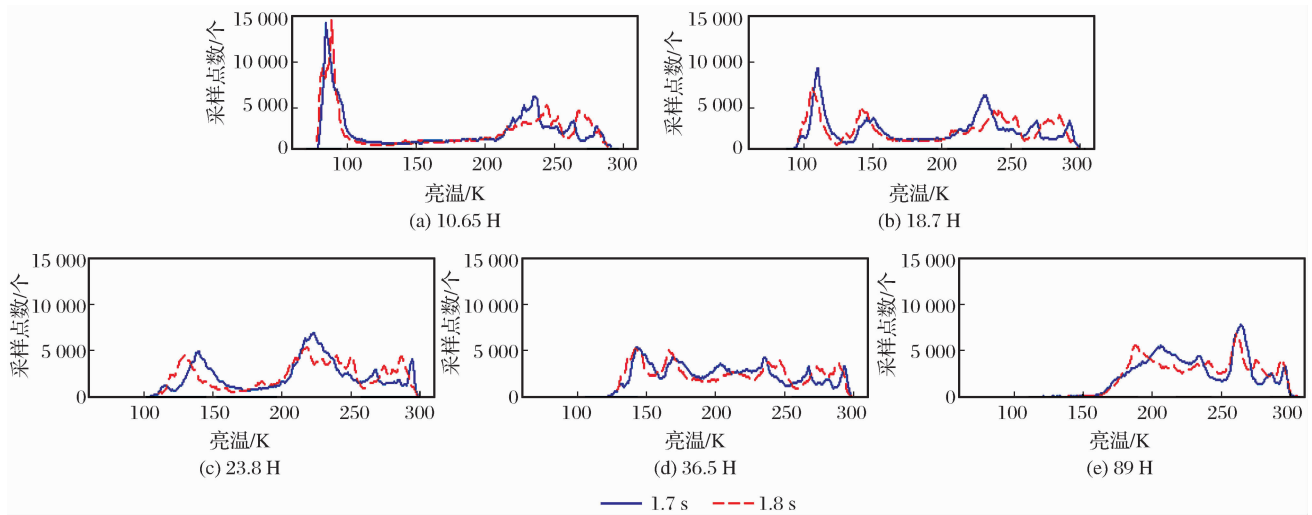


图 2 水平极化方式下的亮温直方图

Fig. 2 Brightness Temperature histogram under the way of horizontal polarization

表 1 1.7 s 扫描周期下的动态范围

Table 1 Dynamic ranges under 1.7 s scan period

10.65 V	10.65 H	18.7 V	18.7 H	23.8 V	23.8 H	36.5 V	36.5 H	89 V	89 H
153.38	78.80	167.59	93.85	168.67	104.88	173.91	122.37	122.77	121.30
314.96	291.72	318.02	298.69	311.41	298.67	311.88	299.25	307.79	302.81

表 2 1.8 s 扫描周期下的动态范围

Table 2 Dynamic ranges under 1.8 s scan period

10.65 V	10.65 H	18.7 V	18.7 H	23.8 V	23.8 H	36.5 V	36.5 H	89 V	89 H
151.71	77.73	162.03	94.40	161.19	107.42	165.94	126.28	138.46	135.79
310.78	289.51	313.95	297.60	309.29	299.25	308.45	298.94	309.30	305.51

将信息熵的概念引入图像处理中,根据图像每个像素灰度做出灰度直方图统计,设总像素数为 M ,灰度级 i 的象限个数为 N_i ,灰度级 i 出现的概率为 p_i ,则 $p_i = N_i/M$, $\sum p_i = 1$,图像的信息熵为:

$$H(i) = - \sum p_i \log_2 p_i \tag{1}$$

通过计算信息熵比较不同扫描周期下图像的信息量,信息熵越大,图像中包含的信息越多^[7],计算结果见表 3。

表 3 信息熵

Table 3 Information enthory

单位:比特

	10.65 V	10.65 H	18.7 V	18.7 H	23.8 V	23.8 H	36.5 V	36.5 H	89 V	89 H
1.7 s	6.7418	7.1299	6.7825	7.3618	6.7092	7.2492	6.5460	7.3094	6.6322	6.9249
1.8 s	6.6848	7.1229	6.7728	7.4102	6.6672	7.3015	6.5878	7.2942	6.5057	6.9947

结果表明:在 10 个通道中,有些通道 1.7 s 时的信息熵较小,有些通道 1.8 s 时的信息熵较小,两种扫描周期下遥感图像的信息量相当。表明扫描周期的差异没有引起图像信息量的明显区别。

3.3 MTF

MTF 的涵义是描述系统再现成像物体空间频率范围的能力,较之仅凭某一个数字量(分辨率、清晰度等)对成像系统进行质量评价更具权威性。理想的成像系统要求 100% 再现成像物体细节,但现实中肯定

存在不同程度的衰减,说明成像系统不能把输入的影像全部再现出来,也就是说凡是经过成像系统所获得的图像都不同程度损失了影像的对比度。MTF 值越大,成像系统再现成像物理细节能力越强、灰度对比越明显。MTF 在光学系统的质量评价中比较常见,而对微波图像的质量评价则未在其他文献中出现。本文主要通过选择空间一致的区域,将 MTF 作为一种横向比较的工具引入到对微波图像的质量评价中,当然,精确的灰度对比则需要采用其他方式。

比较常用的获取遥感图像 MTF 值的方法是刃边法^[8],刃边法的特点是:可以得到图像 MTF 关于空间频率的一条曲线,Nyquist 频率点所对应的 MTF 值就代表遥感图像的 MTF 值,该方法符合卫星在轨的特性。

MTF 的计算方法如下^[9]:

(1) 选取刃边图像并求边缘扩展函数 ESF (Edge Spread Function)。

从图像中选取刃边图像,要求刃边两侧区域的灰度值有一定差异,如一边较黑,一边较白,还要求每个区域的灰度比较均匀。在理想情况下,黑白区域的分界线应该是一条直线。选取好刃边图像后,垂直于分界线读取刃边图像的灰度值,用直线将相邻灰度值连接起来,得到边缘扩展曲线。在遥感图像中,一般海陆边界的灰度值差异较大,选作刃边图像比较合适。因此,文中沿飞行方向和扫描方向分别在澳大利亚南海岸和非洲西海岸选取了刃边图像。

(2) 对 ESF 进行 3 次样条插值。

由于采样点的数量较少,由这些点连接而成的 ESF 不平滑,无法准确地反映实际的 ESF 曲线。对

ESF 曲线进行 3 次样条插值,可以使曲线更加平滑,更接近实际的曲线,从而提高 MTF 的计算精度。

(3) 对插值后的 ESF 曲线进行微分得到线扩展函数 LSF(Line Spread Function)曲线,并进行归一化处理,以减少噪声的影响。

(4) 取包括峰值及足够宽度的区间进行 LSF 曲线的离散傅立叶变换,得到图像关于频率的 MTF 曲线,再进行归一化处理。文中图像质量评价所采用的 MTF 值为 Nyquist 频率点所对应的 MTF 值。Nyquist 频率的确定需要通过刃边采样点数量以及插值间隔设定的数值来确定^[10]:

Nyquist 频率=插值数据数量·间隔量/2+1 (2)

表 4 和表 5 分别给出了沿飞行方向和扫描方向时,不同扫描周期下的 MTF 值。对比表 4 和表 5 可以看出,无论是 1.7 s 还是 1.8 s,89 GHz 时的 MTF 值均明显大于其他频点,表明 89 GHz 通道图像的对比度强于其他频点。此外,1.7 s 在 89 GHz 通道的 MTF 值大于 1.8 s,其他频点则不存在明显规律。上述结果表明,1.7 s 扫描周期下 89 GHz 通道图像的对比度比 1.8 s 的强。

表 4 飞行方向的 MTF
Table 4 MTF along flight direction

MTF	10.65 V	10.65 H	18.7 V	18.7 H	23.8 V	23.8 H	36.5 V	36.5 H	89 V	89 H
1.7 s	0.008208	0.007897	0.011975	0.003566	0.012520	0.008200	0.007857	0.011814	0.228850	0.232300
1.8 s	0.006851	0.004950	0.002063	0.001192	0.016445	0.007515	0.010042	0.013076	0.064644	0.042453

表 5 扫描方向的 MTF
Table 5 MTF along scan direction

MTF	10.65 V	10.65 H	18.7 V	18.7 H	23.8 V	23.8 H	36.5 V	36.5 H	89 V	89 H
1.7 s	0.007372	0.009116	0.012864	0.009714	0.010383	0.007683	0.005134	0.002565	0.076007	0.038772
1.8 s	0.007800	0.008220	0.012784	0.011686	0.009452	0.011162	0.010072	0.006895	0.026229	0.013163

3.4 功率谱

遥感图像的功率谱综合反映了图像的空间纹理特征,功率谱分析法将图像所包含的空域信息转化成频域信息,通过考察高频分量的增减情况来对比分析遥感图像质量的相对优劣。一般来说,当图像质量下降,高频分量丢失的同时会使图像的纹理结构变模糊,致使图像功率谱各分量之和有所下降。因此,可以借助功率谱进行遥感图像质量的对比分析^[11]。

图像功率谱的计算可采用周期图的方法,计算原理如下。假设图像转换物理量之后函数为 $f(x,y)$,在离散情况下其二维傅立叶变换为:

$$F(u,v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) e^{-j2\pi(ux/M+vy/N)} \tag{3}$$

其中: M 为 x 轴方向上的样点个数, N 为 y 轴方向上的样点个数, $u = 0,1,2,\cdots,M;v = 0,1,2,\cdots,N-1$,图像的功率谱为:

$|F(u,v)| = [F(u,v)F^*(u,v)]^{1/2} \tag{4}$

其中: $F^*(u,v)$ 为 $F(u,v)$ 的共轭复数。离散图像功率谱各分量之和为:

$$\text{Sum} = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} |F(u,v)|^2 \Delta u \Delta v \tag{5}$$

遥感图像质量对比分析时可直接借助图像功率谱各分量之和,本文采用下列系数作为一种尺度:

$r = 20 \cdot \lg \text{Sum} \tag{6}$

在气象卫星图像中,一般反差最大处为海陆分界线,当星载遥感仪器的性能指标下降时,图像的高

频分量丢失,水陆分界线将变得模糊,据此可以有效地检测遥感图像的质量。文中在澳大利亚南海附近选取 100×100 个像素的区域,海陆比例大致相等,

并以最高 5% 的空间分量之和为功率谱评价尺度。表 6 给出了功率谱计算的结果。
通过对比可以看出,水平极化时的功率谱值大

表 6 功率谱
Table 6 Power spectrum

功率谱	10.65 V	10.65 H	18.7 V	18.7 H	23.8 V	23.8 H	36.5 V	36.5 H	89 V	89 H
1.7 s	107.99	110.80	107.56	110.84	105.61	108.95	106.26	110.01	101.09	105.60
1.8 s	98.20	100.76	98.96	102.00	98.19	101.55	98.46	102.00	94.91	100.09

于垂直极化;1.7 s 扫描周期下的功率谱值大于 1.8 s,表明 1.7 s 扫描周期下图像的纹理结构比 1.8 s 清晰。这主要是因为 1.8 s 扫描周期较长,造成顺轨方向上的像元之间存在着空隙,从而使得图像的纹理结构变得模糊。

3.5 通道间配准

在轨通道间配准情况的测试采用亮温数据的梯度变化模拟出天线方向图,再进行通道配准的分析方法。计算步骤和 MTF 一致,得到线扩展函数以后进行归一化,从而得到天线方向图。通道间配准

采用的原始数据和计算 MTF 的原始数据一致。图 3 和图 4 分别为 1.8 s 和 1.7 s 扫描周期下的天线方向图,(a)~(d)分别代表沿飞行方向垂直极化、沿飞行方向水平极化、沿扫描方向垂直极化和沿扫描方向水平极化的天线方向图。
按照各通道天线方向图峰值与 89 GHz 峰值的偏差定义通道配准,从图中可看出,飞行方向各个频点观测像元的配准情况明显优于扫描方向。表 7 和表 8 给出了根据经纬度计算得到的偏差值。总的来说,1.7 s 扫描周期下通道间的配准情况优于 1.8 s。

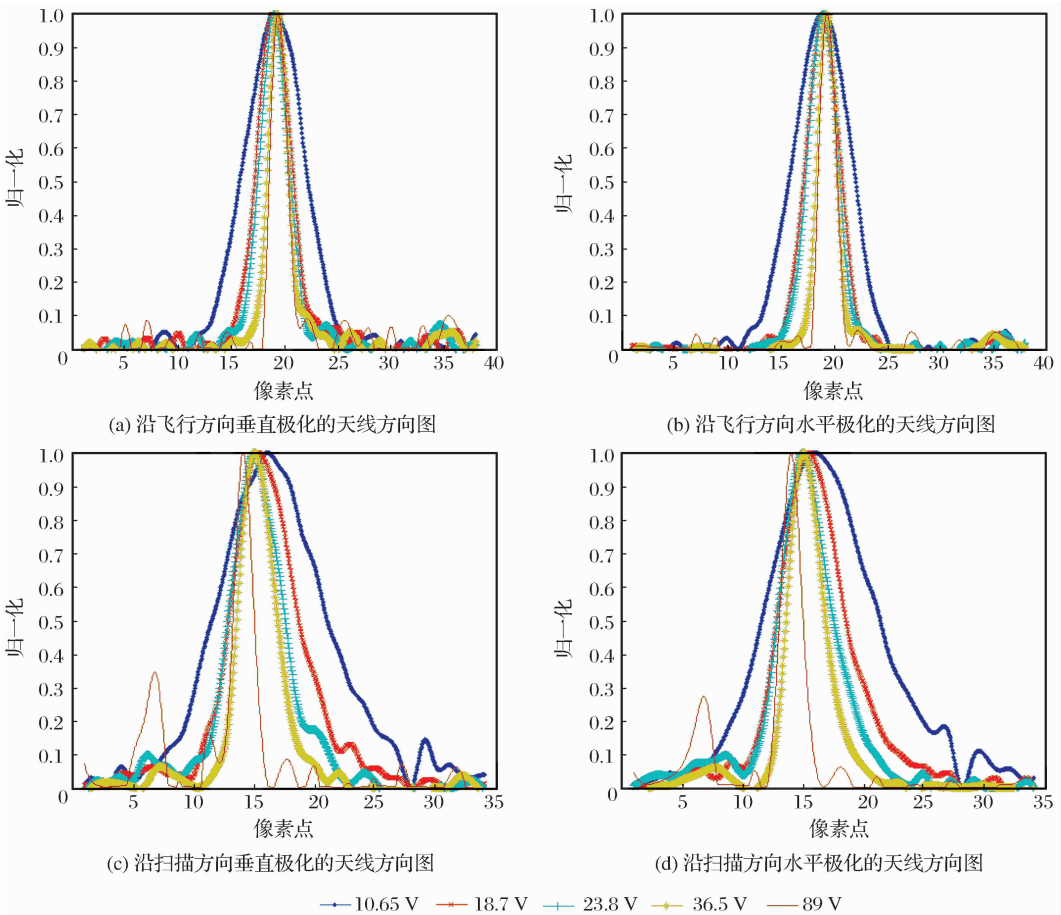


图 3 1.8 s 扫描周期下的天线方向图

Fig. 3 Antenna pattern under 1.8 s scan period

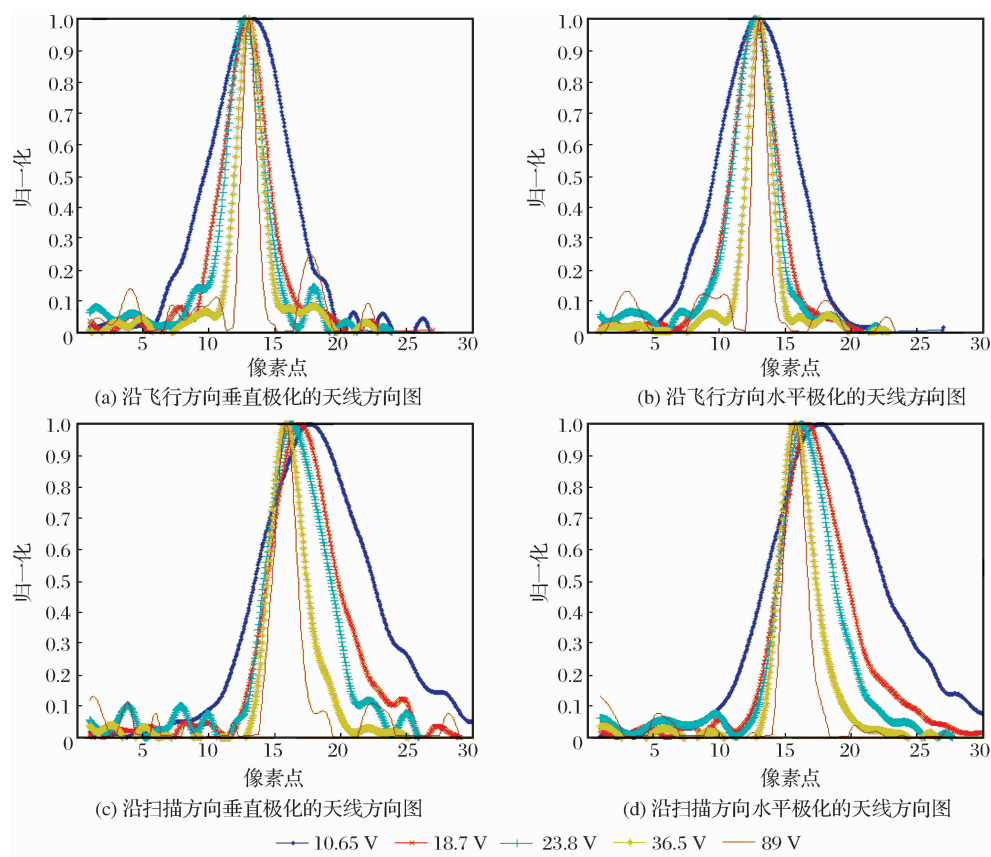


图 4 1.7 s 扫描周期下的天线方向图

Fig. 4 Antenna pattern under 1.7 s scan period

表 7 沿飞行方向各通道与 89 GHz 观测像元的偏差

Table 7 The difference between channel 89 GHz and other channels along flight direction								
沿飞行方向/m	10.65 V	18.7 V	23.8 V	36.5 V	10.65 H	18.7 H	23.8 H	36.5 H
1.7 s	3 384.0	1 127.3	3 944.5	0	564.1	3 380.8	3 380.8	0
1.8 s	3 588.8	4 771.5	4 186.8	0	4 186.8	4 771.5	4 186.8	598.0

表 8 沿扫描方向各通道与 89 GHz 观测像元的偏差

Table 8 The difference between channel 89 GHz and other channels along scan direction								
沿扫描方向/m	10.65 V	18.7 V	23.8 V	36.5 V	10.65 H	18.7 H	23.8 H	36.5 H
1.7 s	12 672.0	7 240.7	2 896.4	362.2	13 756.0	6 878.4	3 257.2	362.1
1.8 s	12 877.0	7 726.1	5 794.7	6 116.6	12 233.0	8 692.0	6 116.6	6 760.6

4 结 语

遥感图像的质量评价非常复杂,同时又是监测星上仪器工作状态的一个重要指标。本文对 FY-3B 微波成像仪在 1.7 s 和 1.8 s 两种扫描周期下的图像质量进行了全面评价,采用了直方图、信息熵、功率谱以及通道间配准作为图像质量评价指标,并首次将 MTF 用于微波图像的质量评价中。根据以上研究,可以做如下 5 点评价:

(1) 不同扫描周期下亮温的直方图比较相似,峰

值的数量以及出现的位置也大致相同。除了 89 GHz 低温端偏差比较大以外,其他频点的动态范围相当。

(2) 不同扫描周期下遥感图像的信息量相当。

(3) 1.7 s 扫描周期下的功率谱值大于 1.8 s,表明 1.7 s 扫描周期下图像的纹理结构比 1.8 s 清晰。

(4) 1.7 s 在 89 GHz 通道的 MTF 值大于 1.8 s,表明 1.7 s 扫描周期下,89 GHz 通道获取图像的对比度比 1.8 s 的强。

(5) 1.7 s 扫描周期下各个频点观测像元的配准情况优于 1.8 s。

总的来说, FY-3B 微波成像仪图像表现出图像清晰、层次丰富, 表面结构特征和纹理也清晰可见、连续性好。比较大的地物特征, 如: 海岸线、湖泊和山脉等都能清楚地反映出来。扫描周期的差异对图像质量影响不大, 但是综合各个评价指标来看, 1.7 s 扫描周期下的图像质量略优于 1.8 s。当然, 扫描周期的最终确定还必须综合考虑不同扫描周期对卫星姿态和扫描周期稳定性的影响。

参考文献(References):

- [1] Yang Hu, Shi Jianchen. On the Estimation of Land Surface Parameters by Using FY-3A Microwave Radiometer Imager (MWRI)[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2005, 20(1): 194-200. [杨虎, 施建成. FY-3A 微波成像仪地表参数反演研究[J]. 遥感技术与应用, 2005, 20(1): 194-200.]
- [2] Yang Zhongdong, Gu Songyan, Qiu Hong, *et al.* CBERS-1's CCD Image Quality Evaluating and Cross Calibrating Study [J]. Journal of Remote Sensing, 2004, 8(2): 113-120. [杨忠东, 谷松岩, 邱红, 等. 中巴地球资源一号卫星 CCD 图像质量评价和交叉定标研究[J]. 遥感学报, 2004, 8(2): 113-120.]
- [3] Ma Demin. Quality Evaluating of High Spectrum Pictures[J]. Infrared, 2004, (7): 18-23. [马德敏. 高光谱图像质量评价[J]. 红外月刊, 2004, (7): 18-23.]
- [4] Wang Qinjun, Tian Qingjiu. Quality Evaluation of LISS3 Image from IRS-P6 Satellite[J]. Geography and Geo-Information Science, 2007, 23(3): 11-14. [王钦军, 田庆久. IRS-P6 卫星 LISS3 图像数据质量评价[J]. 地理与地理信息科学, 2007, 23(3): 11-14.]
- [5] Guo Qiang, Li Xinyao, Chen Guilin. On-orbit MTF Evaluation for Thermal Infrared Band of FY-2 Satellite and Its Application in Image Quality Improvements[J]. Journal of Infrared and Millimeter Waves, 2009, 28(5): 335-341. [郭强, 李欣耀, 陈桂林. FY-2 卫星热红外波段 MTF 在轨评价及其在改进图像质量中的应用[J]. 红外与毫米波学报, 2009, 28(5): 335-341.]
- [6] Sun Lu, Bi Duyan. The Improved Iterative Algorithm based on Entropy for Image Threshold Segmentation [J]. Computer Applications and Software, 2008, 25(10): 225-226, 238. [孙路, 毕笃彦. 基于信息熵的图像分割阈值迭代改进算法[J]. 计算机应用与软件, 2008, 25(10): 225-226, 238.]
- [7] Xue Dongjian, Zhang Donghui, He Zhangwei, *et al.* Application of Multi-source Remote Sensing Image Fusion in Geohazard Investigation[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2011, 26(5): 664-669. [薛东剑, 张东辉, 何政伟, 等. 多源遥感影像融合技术在地质灾害中的应用[J]. 遥感技术与应用, 2011, 26(5): 664-669.]
- [8] Ping Ping, Gao Weiwei, Wang Bo. MTF-based Resources for Satellite Image Restoration[J]. Computer Knowledge and Technology, 2010, 6(17): 4750-4751. [平平, 高维维, 王博. 基于 MTF 的资源卫星图像恢复[J]. 电脑知识与技术, 2010, 6(17): 4750-4751.]
- [9] Zhao Zhanping, Fu Xingke, Huang Qiaolin. On Orbit MTF Test Research of Remote Sensors based on Knife-edge Method[J]. Spacecraft Recovery & Remote Sensing, 2009, 30(2): 37-43. [赵占平, 付兴科, 黄巧林. 基于刃边法的航天光学遥感器在轨 MTF 测试[J]. 航天返回与遥感, 2009, 30(2): 37-43.]
- [10] Li Xiaobin, Zhou Chunping, Chi Yunfeng. Simulation of In-orbit Satellite Image MTF Measurement Using Edge Method [J]. Image Technology, 2007, (6): 33-39. [李晓斌, 周春平, 迟云峰. 刃边法计算在轨卫星图像 MTF 的仿真分析[J]. 影像技术, 2007, (6): 33-39.]
- [11] Gu Songyan, Fan Tianxi. Power Spectrum Analysis on the Image Quality of FY-2 & GMS-5 IR Channels [J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology, 1999, 10(3): 374-378. [谷松岩, 范天锡. FY-2 和 GMS-5 红外通道遥感图像质量的功率谱分析[J]. 应用气象学报, 1999, 10(3): 374-378.]

Image Quality Evaluation of MWRI from FY-3B Satellite

Wu Qiong, Yang Lei, Yang Hu

(National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081, China)

Abstract: In November 5th 2010, new generation meteorological FY-3B satellite successfully was launched, Microwave Radiation Imager (MWRI) can all day get radiation information from earth surface and atmosphere. Two scan periods were set during orbit test, 1.7 s and 1.8 s separately. In this paper, image quality differences were analyzed in detail. On the study of image quality evaluation, statistical method was used to compare the dynamic range of image. By using power spectrum, space texture of image can be contrasted. What's more, information entropy was used as a tool to evaluate the information magnitude. Finally, the image contrast and match situation among different channels were studied. The results show that 1.7 s is obviously better than 1.8 s in space texture, channel match and contrast, which means the image quality of 1.7 s is better than 1.8 s. The conclusion can be an important reference of MWRI instrument parameter design.

Key words: Microwave Radiation Imager; Image quality evaluation; Power Spectrum; Information entropy; Modulation Transfer Function (MTF)