

QJ

中华人民共和国航天行业标准

FL 1680

QJ 20617—2016

陆地观测卫星影像定位精度在轨测试方法

In-orbit test method for image geolocation accuracy of land observation satellite

2016—12—14 发布

2017—03—01 实施

国家国防科技工业局 发布

前 言

本标准的附录 A 和附录 B 为资料性附录。

本标准由中国航天科技集团公司提出。

本标准由中国航天标准化研究所归口。

本标准起草单位：中国资源卫星应用中心。

本标准主要起草人：黄世存、曾 湧、傅俏燕、王 奇、王静巧、陈卫荣。

陆地观测卫星影像定位精度在轨测试方法

1 范围

本标准规定了陆地观测卫星影像定位精度在轨测试的测试要求、测试程序、数据处理及不确定度分析等内容。

本标准适用于陆地观测卫星（以下简称卫星）光学影像在轨期间平面定位精度的检验与评价。其他类型的对地观测卫星光学影像平面定位精度的检验与评价可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包含勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GJB 5088—2002 资源卫星在轨图像质量评定方法

QJ 20094 陆地观测卫星地面处理系统术语

QJ 20331—2014 陆地观测卫星可见光近红外遥感器在轨场地定标方法

QJ 20334—2014 陆地观测卫星在轨场地定标地表光学特性测量规程

3 术语和定义

GJB 5088—2002、QJ 20094 和 QJ 20334—2014 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

定位精度 geolocation accuracy

遥感影像经几何校正处理后，从影像上测定的某个参考目标的坐标位置与其实际位置之间的偏差。

4 方法概述

影像定位精度在轨测试方法可分为直接比较法与有理函数模型法。

直接比较法是将陆地观测卫星影像 L2 级产品作为待测影像，计算其与参考数据的位置误差，获得待测影像的定位精度，适用于待测影像为 L2 级产品的测试。

有理函数模型法是将陆地观测卫星影像 1 级产品作为待测影像，利用待测影像附带的有理多项式系数文件参数（内含有理多项式系数、归一化平移和归一化比例等参数），构建待测影像有理函数模型，得到检测点在待测影像上的虚拟像素坐标值，并计算其与检测点在待测影像上真实像素坐标值的位置误差，获得待测影像的定位精度，适用于待测影像为附带有理多项式系数文件的 L1 级产品的测试。

5 测试要求

5.1 待测影像

待测影像测试要求如下：

- a) 待测影像为 L1 级或 L2 级产品；
- b) 待测影像的卫星侧摆角度不大于 5° ；

- c) 待测影像应清晰, 无掉线、缺行、条带、条纹等质量缺陷, 云、雾、雪的覆盖率不超过 5%;
- d) 待测影像应处于不同轨道位置上, 且景数不少于 25 景。

5.2 参考数据

5.2.1 平面参考数据

平面参考数据来源一般为全球定位系统 (GPS)、地形图、数字正射影像图 (DOM) 等。待测影像地面像元分辨率在 0.5m~100m 时, 平面参考数据精度要求按表 1 的规定。

表 1 平面参考数据精度要求

待测影像地面像元分辨率, m	0.5	1	2	5	10	30	100
平面参考数据中误差最大值, m	0.16	0.3	0.6	1.6	3.3	10	33

对表 1 中未列出的待测影像地面像元分辨率对应的平面参考数据精度要求, 可参照待测影像地面像元分辨率乘以 0.3 倍计算确定。

5.2.2 高程参考数据

高程参考数据来源一般为全球定位系统 (GPS)、地形图等。高程参考数据精度为表 2 所确定的比例尺地形图的 1/3 等高距。

表 2 地形图比例尺要求

待测影像地面像元分辨率, m	0.5	1	2	5	10	30	100
最小地形图比例尺	1:200	1:500	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000	1:50000

对表 2 中没有列出的待测影像地面像元分辨率对应的最小地形图比例尺要求, 可参照最小地形图比例尺分母是地面像元分辨率数值的 500 倍计算确定。

5.3 检测点

检测点要求如下:

- a) 在待测影像和参考数据上选取的检测点应成对出现, 且为同名点;
- b) 选取的检测点应易于判读和精确定位;
- c) 每景待测影像至少选取 5 个检测点, 且均匀分布。

5.4 测试数据记录

测试中应记录待测影像与参考数据检测点坐标值, 记录表格式参见附录 A 中图 A.1 和图 A.2。

6 测试程序

6.1 直接比较法

测试程序如下:

- a) 读入待测影像;
- b) 读入与待测影像具有相同数学基础的参考数据;
- c) 在待测影像及参考数据上选取检测点, 读取坐标;
- d) 计算第 i 个检测点的位置误差 D_i ;
- e) 重复步骤 c)、d), 记录全部待测影像所有检测点位置误差 D_i 。

6.2 有理函数模型法

测试程序如下:

- a) 读入待测影像及其有理多项式系数文件 (内含有理多项式系数、归一化平移参数与比例参数);

- b) 读入具有地理坐标的参考数据;
- c) 在待测影像及参考数据上选取检测点,记录检测点在待测影像上的真实像素坐标 (r',c') 与在参考数据上的地理坐标 (B,L,H) ;
- d) 计算检测点在参考数据上地理坐标的归一化值 (B_n,L_n,H_n) ;
- e) 计算该检测点在待测影像上归一化的虚拟像素坐标值 (r_n,c_n) ;
- f) 获得检测点虚拟像素坐标值 (r,c) ;
- g) 计算第 i 个检测点的位置误差 D_i ;
- h) 重复步骤 c) ~g), 记录全部待测影像所有检测点位置误差 D_i 。

7 数据处理

7.1 检测点位置误差 D_i

7.1.1 直接比较法

按公式 (1) 计算第 i 个检测点的位置误差 D_i ;

$$D_i = \sqrt{(x_i - x_{i0})^2 + (y_i - y_{i0})^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- D_i ——第 i 个检测点的位置误差的数值, 单位为米 (m);
- x_i ——待测影像上第 i 个检测点 x 方向上的坐标值, 单位为米 (m);
- x_{i0} ——参考数据上第 i 个检测点 x 方向上的坐标值, 单位为米 (m);
- y_i ——待测影像上第 i 个检测点 y 方向上的坐标值, 单位为米 (m);
- y_{i0} ——参考数据上第 i 个检测点 y 方向上的坐标值, 单位为米 (m)。

7.1.2 有理函数模型法

7.1.2.1 按公式 (2) 计算检测点在参考数据上地理坐标的归一化值 (B_n,L_n,H_n) 。

$$\begin{cases} B_n = \frac{B - B_0}{B_s} \\ L_n = \frac{L - L_0}{L_s} \\ H_n = \frac{H - H_0}{H_s} \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- B_n,L_n,H_n ——归一化的地理坐标, 取值位于-1.0~1.0 之间;
- B,L,H ——检测点在参考数据上的地理坐标;
- B_0,L_0,H_0 —— B,L,H 对应的归一化平移参数;
- B_s,L_s,H_s —— B,L,H 对应的归一化比例参数。

7.1.2.2 按公式 (3) 计算该检测点在待测影像上归一化的虚拟像素坐标值。

$$\begin{cases} r_n = \frac{P_1(B_n,L_n,H_n)}{P_2(B_n,L_n,H_n)} \\ c_n = \frac{P_3(B_n,L_n,H_n)}{P_4(B_n,L_n,H_n)} \end{cases} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

r_n, c_n ——归一化虚拟像素的坐标值, 取值位于-1.0~1.0 之间;

P_1, P_2, P_3, P_4 ——形式相同的多项式, P_1 的展开形式见公式 (4)。 P_2, P_3, P_4 只需将公式 (4) 中的有理多项式系数 $a_{i,j} = (1, 2 \dots, 20)$ 分别替换为有理多项式系数 $b_{i,j} = (1, 2 \dots, 20)$ 、 $c_{i,j} = (1, 2 \dots, 20)$ 、 $d_{i,j} = (1, 2 \dots, 20)$ 即可。

$$P_1 = a_1 + a_2 H_n + a_3 L_n + a_4 B_n + a_5 H_n L_n + a_6 H_n B_n + a_7 L_n B_n + a_8 H_n^2 + a_9 L_n^2 + a_{10} B_n^2 + a_{11} H_n L_n B_n + a_{12} H_n^2 L_n + a_{13} H_n^2 B_n + \dots \dots \dots (4)$$

$$a_{14} L_n^2 H_n + a_{15} L_n^2 B_n + a_{16} H_n B_n^2 + a_{17} L_n B_n^2 + a_{18} H_n^3 + a_{19} L_n^3 + a_{20} B_n^3$$

7.1.2.3 按公式 (5) 获得检测点虚拟像素坐标值 (r, c) 。

$$\begin{cases} r = r_s r_n + r_0 \\ c = c_s c_n + c_0 \end{cases} \dots \dots \dots (5)$$

式中:

r, c ——虚拟像素的坐标值;

r_s, c_s —— r, c 对应的归一化比例参数;

r_0, c_0 —— r, c 对应的归一化平移参数。

7.1.2.4 按公式 (6) 计算第 i 个检测点的位置误差 D_i 。

$$D_i = K \times \sqrt{(r_i - r'_i)^2 + (c_i - c'_i)^2} \dots \dots \dots (6)$$

式中:

K ——待测影像地面像元分辨率的数值, 单位为米 (m);

r_i ——待测影像上第 i 个检测点 x 方向上虚拟像素的坐标值, 单位为米 (m);

r'_i ——待测影像上第 i 个检测点 x 方向上真实像素的坐标值, 单位为米 (m);

c_i ——待测影像上第 i 个检测点 y 方向上虚拟像素的坐标值, 单位为米 (m);

c'_i ——待测影像上第 i 个检测点 y 方向上真实像素的坐标值, 单位为米 (m)。

7.2 均方根误差 (RMSE)

按公式 (7) 计算待测影像的 RMSE。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i^2} \dots \dots \dots (7)$$

式中:

$RMSE$ ——待测影像的均方根误差的数值, 单位为米 (m) ;

n ——检测点数。

7.3 90%置信度圆误差 (CE90)

获得待测影像 CE90 的数据处理过程如下:

对所有检测点的位置误差 D_i 按升序重新排列。

按公式 (8) 计算待测影像的 CE90。

$$CE90 = D_l + (D_{l+1} - D_l) \times f \dots \dots \dots (8)$$

式中：

CE_{90} ——90%置信度圆误差的数值，单位为米（m）；

D_I ——重新排列后的第 I 个检测点的位置误差取整数部分的数值，单位为米（m）；

I 、 f ——分别为 $(n \times 0.9 + 0.5)$ 的整数与小数值。

8 不确定度分析

8.1 不确定度分析一般要求

不确定度分析一般要求如下：

- a) 列出影像定位精度测量参量的不确定性因素；
- b) 测量或估算每个不确定性因素的不确定度；
- c) 根据测量参量的计算公式和不确定度合成规则，计算合成标准不确定度。

8.2 不确定度分析因素

影像定位精度在轨测试不确定性因素包括以下几个方面（具体分析示例参见附录 B）：

- a) 在待测影像与参考数据上采集检测点坐标的测量误差；
- b) 参考数据本身的定位误差；
- c) 地形起伏引起的定位误差；
- d) 卫星高度变化（该因素只针对有理函数模型法），影响待测影像定位精度。

8.3 不确定度计算方法

依据误差传递理论对影像定位精度在轨测试的不确定度进行分析，相关分析计算公式见 QJ 20331—2014 中附录 A。

附录 A
(资料性附录)

卫星影像定位精度在轨测试检测点记录表

A.1 基于直接比较法的卫星影像定位精度在轨测试检测点记录表

基于直接比较法的卫星影像定位精度在轨测试检测点记录表格式见图 A.1。

基于直接比较法的卫星影像定位精度在轨测试检测点记录表							
序号	待测影像坐标值 (m)		参考数据坐标值 (m)		X/Y 误差 (m)		水平误差 (m)
	X	Y	X	Y	Δx	Δy	D
RMSE:							
CE90:							
测试方法	测试人			记录人		测试日期	

图 A.1 基于直接比较法的卫星影像定位精度在轨测试检测点记录表格式

A.2 基于有理函数模型法的卫星影像定位精度在轨测试检测点记录表

基于有理函数模型法的卫星影像定位精度在轨测试检测点记录表格式见图 A.2。

基于有理函数模型法的卫星影像定位精度在轨测试检测点记录表							
序号	待测影像坐标值 (像素)		参考数据坐标值 (像素)		X/Y 误差 (像素)		水平误差 (像素)
	X	Y	X	Y	Δx	Δy	D
RMSE:							
CE90:							
测试方法	测试人			记录人		测试日期	

图 A.2 基于有理函数模型法的卫星影像定位精度在轨测试检测点记录表格式

附 录 B
(资料性附录)

卫星影像定位精度在轨测试不确定度分析示例

B.1 基于直接比较法的卫星影像定位精度在轨测试不确定度分析示例

基于直接比较法的卫星影像定位精度在轨测试不确定度分析示例见表 B.1。

表 B.1 基于直接比较法的卫星影像定位精度在轨测试不确定度分析示例

序号	不确定度因素	不确定度 %
1	在待测影像上采集检测点坐标的测量误差	1.5
2	在参考数据上采集检测点坐标的测量误差	1.5
3	参考数据定位误差	0.2
4	高程起伏引起的定位误差	0.5
合成标准不确定度		2.2

B.2 基于有理函数模型法的卫星影像定位精度在轨测试不确定度分析示例

基于有理函数模型法的卫星影像定位精度在轨测试不确定度分析示例见表 B.2。

表 B.2 基于有理函数模型法的卫星影像定位精度在轨测试不确定度分析示例

序号	不确定度因素	不确定度 %
1	在待测影像上采集检测点坐标的测量误差	1.5
2	在参考数据上采集检测点坐标的测量误差	1.5
3	参考数据定位误差	0.2
4	高程起伏引起的定位误差	0.5
5	卫星高度变动引起的定位误差	0.1
合成标准不确定度		2.2

中华人民共和国航天行业标准

陆地观测卫星影像定位精度
在轨测试方法

QJ 20617—2016

*

中国航天标准化研究所出版

北京市丰台区小屯路 89 号

邮政编码：100071

中国航天标准化研究所

印务发行部印刷、发行

版权专有 不得翻印

*

2017 年 2 月出版

定价：20 元