

《对地观测卫星激光测高数据产品》

编制说明

行业标准项目名称： 对地观测卫星激光测高数据产品

行业标准项目编号： 2017-18-CH/T

送审行业标准名称： 对地观测卫星激光测高数据产品

（此栏送审时填写）

报批行业标准名称： 对地观测卫星激光测高数据产品

（此栏报批时填写）

承担单位： 自然资源部国土卫星遥感应用中心

当前阶段： 征求意见 送审稿审查 报批稿报批

编制时间： 二〇二二年五月

《对地观测卫星激光测高数据产品》 编制说明

一、 工作简况

1. 任务来源

为加快推进测绘地理信息标准体系建设，促进测绘地理信息转型升级，发挥标准在测绘地理信息事业改革创新中的支撑保障作用，原国家测绘地理信息局下发了《关于下达 2017 年-2018 年测绘地理信息标准项目计划的通知》（测科函[2017]35 号），决定由原国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心（机构改革后为自然资源部国土卫星遥感应用中心）承担《对地观测卫星激光测高数据产品标准》项目的具体实施工作。在 2019 年 5 月 14 日，自然资源部发布的《自然资源部继续执行标准计划项目清单》（索引号 000019174/2019-00280）将《对地观测卫星激光测高数据产品标准》（2017-18-CH/T）继续纳入自然资源部的标准编制工作中，自然资源部国土卫星遥感应用中心继续承担该标准的具体编制实施。

2. 目的意义

测绘卫星是国家民用空间基础设施的重要组成部分，是信息化、智能化和现代化社会的战略性基础设施。随着我国社会和经济高速发展对测绘地理信息事业的新要求，采用新的航天遥感探测技术手段，提高测绘地理信息产品精度，是我国测绘地理信息行业未来重要发展方向之一。卫星激光测高技术由于能够提供非常的高程精度，弥补光学测绘卫星高程精度低的不足，越来越受到行业重视。2016 年，资源三号 02 星搭载的试验性激光测高载荷取得圆满成功。我国首颗民用亚米级光学传输型立体测绘卫

星“高分七号”已于2019年11月3日正式发射，“陆地生态系统碳监测卫星”于2022年8月4日成功发射，这两颗卫星都搭载了对地观测激光测高仪，未来将有更多型号的卫星激光测高仪发射升空，对地观测激光测高技术将迎来蓬勃发展的良好机遇。

卫星激光测高数据能用于高精度控制点获取、林业树高和生物量估算、极地冰盖和海冰厚度测量、大型湖库水位测量、云高测量等，在测绘、农业、林业、水利等各个领域具有广阔的应用价值。但目前国内尚无对地观测卫星激光测高数据产品的统一标准，这对卫星激光测高应用与发展形成了制约，因此亟需建立对地观测卫星激光测高数据产品标准规范，指导和规范化对地观测卫星激光测高数据产品的生产与应用。

3. 起草单位及主要起草人

1) 承担单位和协作单位

本标准由自然资源部国土卫星遥感应用中心作为主编单位，自然资源部测绘标准化研究所、国家林业与草原局调查规划设计院、住房和城乡建设部遥感应用中心、中科院空天信息创新研究院、上海技术物理研究所、中国水利水电科学研究院作为参编单位共同完成。

2) 主要起草人及所做工作

标准起草任务下达后，自然资源部国土卫星遥感应用中心联合协作单位成立了起草组，人员分工见下表。

表 1. 主要起草人及完成的主要工作

序号	姓名	工作单位	所做主要工作
1	唐新明	自然资源部国土卫星遥感应用中心	项目组长，负责方案、起草和编制说明编写工作
2	李国元	自然资源部国土卫星遥感应用中心	项目副组长，参加方案确定、标准制定和修订等工作
3	高显连	国家林业与草原局调查规划设计院	参加方案确定、标准制修订等
4	陈继溢	自然资源部国土卫星遥感应用中心	参与标准制订和意见整理等工作
5	周晓青	自然资源部国土卫星遥感应用中心	参与讨论和部分技术内容修订
6	张 静	自然资源部测绘标准化研究所	参与讨论和部分技术内容修订
7	张 宁	住房和城乡建设部遥感应用中心	参与讨论和部分技术内容修订
8	高小明	自然资源部国土卫星遥感应用中心	参与讨论和部分技术内容修订
9	王 霞	自然资源部国土卫星遥感应用中心	参与讨论和部分技术内容修订
10	郭金权	自然资源部国土卫星遥感应用中心	参与讨论和部分技术内容修订
11	薛玉彩	自然资源部国土卫星遥感应用中心	参与讨论和部分技术内容修订
12	么嘉棋	自然资源部国土卫星遥感应用中心	参与讨论和部分技术内容修订
13	刘 诏	自然资源部国土卫星遥感应用中心	参与讨论和部分技术内容修订
14	冯铁惠	自然资源部国土卫星遥感应用中心	参与讨论和部分技术内容修订
15	王 成	中科院空天信息创新研究院	参与讨论和部分技术内容修订
16	尹 彤	自然资源部测绘标准化研究所	参与讨论和部分技术内容修订
17	黄庚华	上海技术物理研究所	参与讨论和部分技术内容修订
18	刘迎春	国家林业与草原局调查规划设计院	参与讨论和部分技术内容修订
19	黄诗峰	中国水利水电科学研究院	参与讨论和部分技术内容修订

4. 主要工作过程

1) 立项启动

2017年9月-2018年4月,立项启动。依据原国家测绘地理信息局2017年9月5日下发的《关于下达2017年-2018年测绘地理信息标准项目计划的通知》(测科函[2017]35号),项目组正式成立,并对国外对地观测卫星ICESat、ICESat-2、GEDI等激光测高数据产品分级相关资料进行收集整理,基于《航天高光谱成像数据预处理产品分级》、《高分辨率光学卫星标准产品分级体系研究》、《高分辨率SAR卫星标准产品分级体系研究》明确了对地观测卫星激光测高数据产品分级框架,编写《对地观测卫星激光测高数据产品分级标准编制实施方案》。

2) 起草阶段

2018年5月-2019年4月,形成标准草案;依据对地观测卫星激光测高数据产品分级标准编制实施方案,开展相关撰写工作并形成草案,在此基础上不断修改、完善该标准草案。

2019年5-11月,形成征求意见稿;依据自然资源部2019年5月14日发布的《自然资源部继续执行标准计划项目清单》(索引号000019174/2019-00280),结合国产卫星工程研制进展及测高载荷的特点,继续完善标准草案,同时在内部开展交流,征求编写单位国家林业与草原局调查规划设计院有关专家的意见建议,并按照标准要求对文字编辑处理,完成标准征求意见稿、标准编写说明等文件。

3) 征求意见

根据2019年12月10日测绘分技委秘书处发的“关于征求《对地观测卫星激光测高数据产品》等2项标准(征求意见稿)意见的函(自然资标

研函〔2019〕29号)”，按有关标准化工作管理程序的要求，《对地观测卫星激光测高数据产品》(征求意见稿)共征集行业内52家相关单位和该领域专家的意见和建议，收到反馈意见76条，经认真吸纳总结后完成送审稿的编制工作，其中采纳66条，部分采纳5条，未采纳5条。2020年1-3月，形成送审稿。

4) 送审阶段

2022年1月20日，全国地理信息标准化技术委员会测绘分技术委员会在北京以线上和线下结合的方式组织召开了测绘行业标准《对地观测卫星激光测高数据产品》送审稿审查会。审查委员会听取了编写组关于该标准编制的说明，审查了送审稿及相关材料，经质询和讨论形成审查意见。审查委员会一致同意通过该标准送审稿的审查，建议按照专家审查修改意见修改后以推荐性行业标准报批。

5) 报批阶段

编写组按审查会上专家提出的意见和建议，进行了认真修改和整理，共修订意见32条，形成报批稿。

二、 标准编制原则以及主要内容

1. 编制原则

a) 以需求为导向

面向国家重大战略和行业重点业务工作的需求，围绕测绘地理信息标准体系建设、测绘地理信息转型升级等目标，明确对地观测卫星激光测高数据产品的等级标准，促进对地观测卫星激光测高数据的规范化生产、管理与应用。

b) 以现有卫星标准产品分级体系研究成果为基础

分析现有卫星标准产品数据内容和生产技术方法，明确其与卫星激光测高数据产品之间的联系与区别，确定卫星激光测高数据产品的分级准则及内容。

c) 适用可行

需要考虑长期业务化卫星激光测高数据生产工作的可行性，未来国产激光测高卫星的发展趋势。

2. 确定标准主要内容的论据

标准化的产品体系是国产卫星激光测高数据产品走向工程化应用的基础和前提条件。虽然我国对月观测的“嫦娥”系列卫星上搭载过激光测高系统，但其观测条件、仪器性能、精度指标等与对地观测有很大区别，此外，国外先后建立了 ICESat/GLAS、ICESat-2/ATLAS、GEDI 等为代表的激光测高卫星产品体系，但基本处于科学探索阶段不具有普适性，而且其载荷与国内存在一定差异，如国产的激光测高卫星同时装备了能记录地物影像的足印相机，国外的产品体系仅能作为参考而不能作为我国后续激光测高卫星数据产品分级的统一标准。因此，为了适应不同用户、不同应用领域的需求差异，结合我国激光测高卫星的实际特点，构建国产对地观测卫星激光测高数据产品体系十分必要。

三、 主要技术内容

本标准是针对国产对地观测卫星激光测高载荷的特点在《机载激光雷达数据处理技术规范》、《机载激光雷达数据获取技术规范》、《1:25 000 1:50 000 光学遥感测绘卫星影像产品》以及相关产品生产标准等行业规范

的基础上制定的。为说明标准主要内容与指标确定的依据，以下对本标准的卫星激光测高产品分级体系的确定过程进行阐述。

1. 开展对地观测卫星激光测高数据产品相关标准研究

研究对地观测卫星激光测高数据产品等级划分遵循的规范，主要包括产品分级、产品数据构成等内容，依据对地观测卫星激光测高数据处理流程，形成不同等级的数据产品，并明确各级产品的数据构成，形成对地观测卫星激光测高数据产品必须遵循的标准规范。

(1) 产品分级

根据数据处理级别、地理定位精度以及覆盖范围，对地观测卫星激光测高数据产品分为0级原始数据、1级能量校正产品、2级测高产品、3级专题要素高程测量产品、4级高程变化监测与反演产品共5个级别。

对地观测卫星激光测高数据产品分级描述见表1。

表1 对地观测卫星激光测高数据产品分级描述

产品级别	级别名称	级别描述
0	原始数据	卫星下传的与激光测高相关的各类原始数据
1	能量校正产品	对激光波形/光子数据进行能量校正，对足印影像进行辐射校正的产品
2A	初级测高产品	利用星上实时姿态、轨道数据进行初步几何定位处理形成的高程测量产品
2B	标准测高产品	利用事后处理的精密姿态、轨道数据、几何定标参数，经过全波形处理、足印影像几何定位、大气改正、潮汐改正等形成的高程测量产品
3A	足印级专题要素高程测量产品	针对高程控制点、植被、极地冰盖、海冰、湖泊、海浪、云等特定要素，提取高程分布特征形成的以激光点为单元的高程测量产品
3B	格网级专题要素高程测量产品	针对陆地地形、植被、极地冰盖、海冰等特定要素，提取高程分布特征，采用内插、综合等方法形成的以格网为单元的高程测量产品
4A	高程变化监测产品	基于多时相观测提取的陆地地形、植被高度、极地冰盖高程、海冰厚度以及湖泊水位等高程变化产品
4B	反演产品	基于特定的模型和算法，利用激光测高数据对大气光学厚度、海洋风速以及植被生物量等进行反演的产品

(2) 产品构成

对地观测卫星激光测高数据产品的构成见表2。

表2 各级对地观测卫星激光测高数据产品构成

产品级别	产品编号	产品名称	产品构成
0	L0_SLA00	原始数据	卫星下传的与激光测高相关的各类原始数据，包括姿态数据、轨道数据、测距数据、波形/光子数据、足印影像数据及相关辅助数据
1	L1_SLA01	能量校正产品	激光光轴监视相机、温度、增益、电压等数据文件，经波形能量校正后的发射和接收波形，进行辐射校正处理后的激光足印影像
2A	L2A_SLA02	初级测高产品	激光粗测距值以及根据卫星实时轨道和姿态数据、激光飞行时间等，计算的初步三维地理坐标，高程对应地面平均高
2B	L2B_SLA03	标准测高产品	采用大气改正模型和大气辅助数据改正由于大气延迟造成的测距误差，采用潮汐改正模型改正由于地球潮汐现象产生的坐标偏移，波形特征参数和激光足印中心点三维坐标或信噪分离和质量控制后的光子点云数据，激光光斑形状特征参数、具有地理信息的影像以及激光光斑质心在足印影像上的位置，附加了数据质量控制标签
3A	L3A_SLA04	云高测量产品	云层高度、厚度、空间分布等专题测量成果
	L3A_SLA05	广义激光高程控制点产品	对标准测高产品进行筛选提取，包括激光足印中心点三维坐标和激光足印影像，能用作广义控制点使用的产品
	L3A_SLA06	足印级陆地高程产品	经分类、滤波获得的地面高程产品
	L3A_SLA07	足印级陆地冰高程产品	南北极、格陵兰岛以及青藏高原等区域的陆地冰高程测量产品
	L3A_SLA08	足印级海冰厚度产品	北极或沿海地区海冰厚度测量产品
	L3A_SLA09	湖库水位产品	内陆湖泊、水库的水位测量产品
	L3A_SLA10	足印级植被高度产品	利用波形或光子点云获得植被高度及冠层结构信息产品
	L3A_SLA11	足印级水下地形产品	沿海浅水或内陆湖库水下地形测量产品
	L3A_SLA12	足印级海面高产品	海洋的瞬时海面高度产品
3B	L3B_SLA13	格网级陆地高程产品	多源的足印级陆地高程产品内插成的格网级产品
	L3B_SLA14	格网级极地冰盖高程产品	多源的足印级陆地冰高程产品内插成的格网级产品
	L3B_SLA15	格网级海冰厚度产品	多源的足印级海冰厚度产品内插成的格网级产品
	L3B_SLA16	格网级水下地形产品	多源的足印级水下地形测量产品内插成的格网级产品
	L3B_SLA17	格网级植被高度产品	多源的足印级极地植被高度产品内插成的格网级产品

产品级别	产品编号	产品名称	产品构成
4A	L4A_SLA18	陆地高程变化监测产品	长时间序列的陆地高程变化监测产品
	L4A_SLA19	冰盖高程变化监测产品	长时间序列的陆地冰高程变化监测产品
	L4A_SLA20	海冰厚度变化监测产品	长时间序列的海冰厚度变化监测产品
	L4A_SLA21	湖库水位变化监测产品	长时间序列的湖泊、水库水位变化监测产品
	L4A_SLA22	植被高度变化监测产品	长时间序列的森林植被高度变化监测产品
4B	L4B_SLA23	大气光学厚度反演产品	基于回波波形或光子点云反演出的大气光学厚度产品
	L4B_SLA24	海洋风速反演产品	基于海浪高，采用相关的动力学物理模型反演的海洋风速产品
	L4B_SLA25	森林生物量反演产品	采用回波波形或光子点云计算出的树高产品，结合生物量模型反演出森林生物量产品

2. 开展对地观测卫星激光测高数据产品标准内容设计

研究对地观测卫星激光测高数据各级产品的要求。确定对地观测卫星激光测高数据各级产品采用的坐标系统、高程系统与时间系统，方便各级产品在各个领域的应用；明确产品精度，包括定位精度、影像精度、波形处理精度，确保各级产品在实际应用中的有效性；规范对地观测卫星激光测高数据各级产品检验的各个项目等内容。

(1) 产品要求

国产对地观测卫星激光测高数据产品坐标系统采用 2000 国家大地坐标系（CGCS2000），高程系统采用 CGCS2000 大地高。

对地观测卫星激光测高时间系统采用协调世界时（UTC）的北京标准时间（CST）。

(2) 产品精度

激光足印中心平面精度一般应优于激光足印直径的 1/3 大小，如高分

七号卫星激光足印直径约 20 米，则激光足印中心平面精度应优于 6.67 米。

激光足印中心点高程精度与地形相关，一般要求平坦区域激光足印中心高程精度应优于 2 倍的线性体制激光采样间隔或光子体制激光死时间对应的距离值；如高分七号卫星激光采样间隔为 0.5 纳秒，则绝对平坦地区高程精度应优于 0.15 米。

(3) 产品处理流程

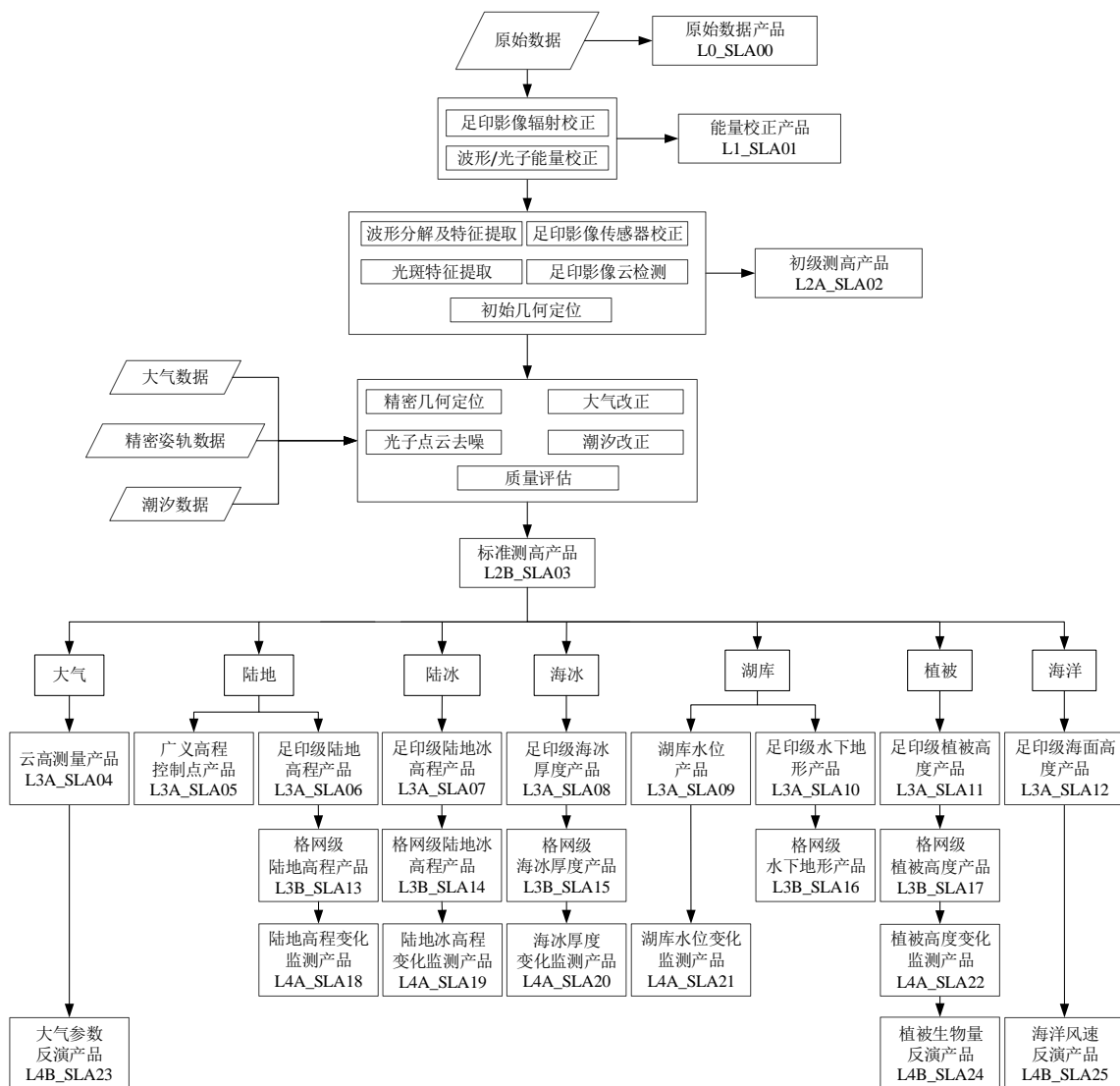


图 1 对地观测卫星激光测高数据产品生产总体流程

四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情

况。

目前，国内外并无关于对地观测卫星激光测高数据产品的相关标准。本标准编制过程既考虑了现有国家标准和行业标准规范，也考虑了我国卫星激光测高产品应用需求，引用的相关标准和资料包括：

GB/T 17159 大地测量术语

GB/T 24356 数字测绘成果质量检查与验收

GB/T 19710 地理信息元数据

五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

本技术规定与现行法律、法规和强制性标准无不协调。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

七、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

建议将本标准作为推荐性行业标准使用。

八、贯彻标准的要求和措施建议

为了贯彻实施本标准，建议国家、行业协会开展本标准应用技术的培训、宣传工作。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、其他应予说明的事项

无。

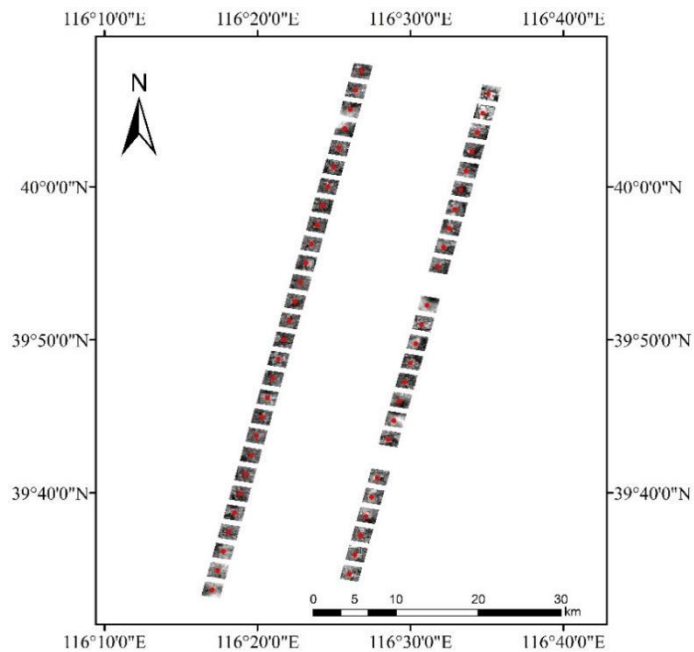
附录：

高分七号激光测高数据产品样例数据

● 样例数据基本信息：

卫星	高分七号
传感器	激光测高仪
采集时间	2020-06-20
轨道号	3495
足印影像分辨率（米）	3.2
足印影像幅宽（千米）	1.76x1.76
激光点数	52
激光波束	2
激光地面光斑直径（米）	波束 1: 19 波束 2: 21
激光重复频率（Hz）	3
激光波长（纳米）	1064
激光回波采样频率（GHz）	2
左上角经纬度	116.438177E, 40.133975N
右上角经纬度	116.596959E, 40.105795N
右下角经纬度	116.429725E, 39.528935N
左下角经纬度	116.272226E, 39.556997N

● 激光点样例数据分布



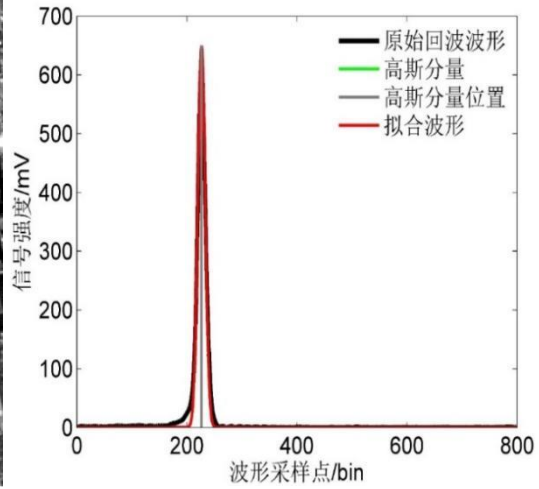
激光点和足印影像分布图

● 激光点样例数据详情

(1) 位于水面的激光点



(a) 足印影像(红色为激光点位)



(b) 激光全波形回波及高斯分解结果

全波形特征:

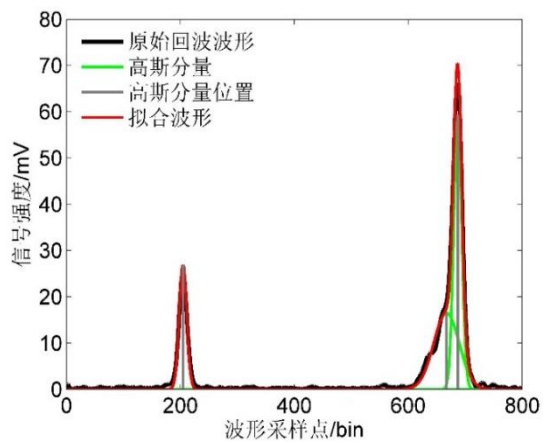
- ✓ 回波高斯分量个数: 1
- ✓ 振幅: 650.53473
- ✓ 中心位置: 226.64389
- ✓ 标准差: 6.6592197

激光足印位于水面, 回波全波形只有一个波峰

(2) 位于建筑物的激光点



(a) 足印影像(红色为激光点位)



(b) 激光全波形回波及高斯分解结果

全波形特征:

- ✓ 回波高斯分量个数: 3
- ✓ 振幅: 26.9102, 16.5128, 59.3087
- ✓ 中心位置: 204.65955, 667.1116, 686.8690

✓ 标准差：6.5777, 22.3222, 6.9672

激光足印位于高楼之间，全波形回波具有明显的多个波峰，第一个对应楼顶，最后一个对应地面，靠近地面的一个较矮的回波分量对应地面的植被。

建筑物高度： $(686.8690 - 204.65955) * 0.5 \text{ ns} * 0.15 \text{ m/ns} = 36.166 \text{ m}$