

# LAS 格式解析及其数据的读取与显示

赵自明<sup>1,2</sup> 史兵<sup>2</sup> 田喜平<sup>1,2</sup> 赵松<sup>1</sup>

(1. 信息工程大学测绘学院 河南郑州 450052; 2. 61363 部队 陕西西安 710054)

**摘要:** LAS 格式是机载激光雷达测量系统 (LIDAR) 的标准数据格式。2009 年 7 月 14 日, 美国摄影测量与遥感 (ASPRS) 协会下的 LIDAR 委员会发布了 LAS 格式最新标准 1.3 版。现对 1.3 版与目前较为常用的 1.0 版进行了解析与比较, 同时简要介绍了已发布的 LAS 2.0 版, 最后以 VC++ 作为开发平台, 应用内存映射与 OpenGL 技术实现对 LAS 文件中的点集数据进行快速读取显示, 并通过试验验证了读取和显示效果。

**关键词:** LIDAR LAS 格式解析 读取 显示

## 1 引言

机载激光雷达测量 (简称 LIDAR) 是一种新兴的遥感手段。它由激光测距系统, 卫星导航、惯性导航 (DGPS / IMU) 组合系统组成, 能够直接、快速、高效地测量地形表面三维坐标, 可以便捷地由激光点云数据生成数字表面模型 (DSM)。目前投入商业运行的机载激光雷达系统主要有: TopScan、Optech、TopSys, 以及 Leica 公司的 Leica ALS50 等。典型 LIDAR 处理软件有: TerraScan、LID-MAS、LIDAR-analyst 等。各硬(软)件商也分别提供了自己的 LIDAR 数据格式, 常见的有: Leica 采用 ASCII 形式的 Pts, Ptx 格式及 TerraScan 采用二进制的 Bin、Ts 格式等。采用 ASCII 形式的 LIDAR 数据读取方便, 但是数据没有压缩, 占用内存较大。所以在进行 ASCII 形式的不同 LIDAR 文件格式转换时会带来三个问题: 第一, 由海量数据所导致的格式转换速度过慢; 第二, 转换后数据细节信息容易丢失; 第三, 数据长度不固定难以建立索引。鉴于上述问题, 美国摄影测量与遥感 (ASPRS) 协会下的 LIDAR 委员会于 2003 年发布了 LIDAR 数据的标准格式 LAS 1.0 版。此后, 经过不断改进, 又陆续发布了 1.1 版、2.0 版 (暂定)、1.2 版和 1.3 版。其中, 2.0 版 (暂定) 在 1.3 版发布后开始重新修订。

LAS 文件是二进制格式, 具有规定的文件头结构和数据组织, 能够包含更多的信息, 并且占用的存储空间相对较小, 但是读写 LAS 文件需要专业软件。本文将对 LAS 文件格式进行分析, 并介绍一种如何使用 VC++ 和 OpenGL 实现 LAS 文件快速读取显示的方法。

## 2 LAS 格式结构

ASPRS 在 2003 年发布的 LAS 1.0 版, 定义了 LAS 格式的基本框架, 较好地估计了 LIDAR 数据的特点, 其结构合理, 已经得到各大 LIDAR 系统生产厂商和国际标准化组织的承认。其后发布的 1.x 版都是在此基础上扩充、发展起来的。因此本文先介绍 1.0 版结

构, 再对 1.3 版的新增部分进行说明。

### 2.1 LAS 1.0 格式介绍

一个符合 LAS 1.0 标准的 LIDAR 文件由三个部分组成: 公用文件头区、变长纪录区和点数据纪录区。其中, 公用文件头区纪录的是工程 ID、采集日期、生成方式、点个数、使用坐标系、比例尺因子和坐标偏移量、最值等基本信息。变长纪录区的长度是灵活可变的, 用来纪录数据的投影信息、元数据和用户自定义信息等。点数据纪录区包含了数据点的三维坐标, 点分类及回波强度信息等。其具体数据结构如图 1 所示。

### 2.2 1.3 版新增部分说明

2009 年 7 月 14 日, 美国摄影测量与遥感 (ASPRS) 协会下的 LIDAR 委员会发布了 LAS 格式最新标准 1.3 版。1.3 版同 2005 年发布的 LAS 1.1 版, 2008 年发布的 1.2 版一样都延续了 1.0 版的原有框架, 并在此基础上对已有功能进行了改进和添加。

(1) 考虑到 1.0 版无法存储激光回波波形信息, 1.3 版对文件格式进行了调整, 增加了扩展变长纪录区 (或称为波形数据区), 用于说明激光回波波形信息, 在原有的变长纪录区中添加波形描述符。若文件中不包含回波波形信息则按照原有格式存储。1.3 版结构变化示意如图 1 所示。

(2) 公共文件头区新增了文件源 ID 字段、全局编码和波形数据区指针。同时原 GUID 改为工程 ID, 这样就为 LIDAR 点建立了新的索引。文件源 ID 和工程 ID 联合使用时每个 LIDAR 点都可以被唯一识别; 全局编码是用来定义文件的全局属性, 包括 GPS 时间类型、波形数据定位和回波合成类型。在 LAS 1.3 版中, 为纪录获取激光点的时间所引入的 GPS 时间有两种, 即普通 GPS 时和标准 GPS 时 (卫星 GPS 时)。标准 GPS 时不会像前者一样因在每个周日零点归零导致 LIDAR 点时间记录混乱, 而且精度可以达到  $1 \times 10^{-9}$  秒 (校准后), 能够满足 LIDAR 系统对时间高精度的测量要求。波形数据定位的定义是为了说明波形数

据由文件内部还是外部提供；波形数据区指针的作用是指向扩展变长纪录区的起始位置。

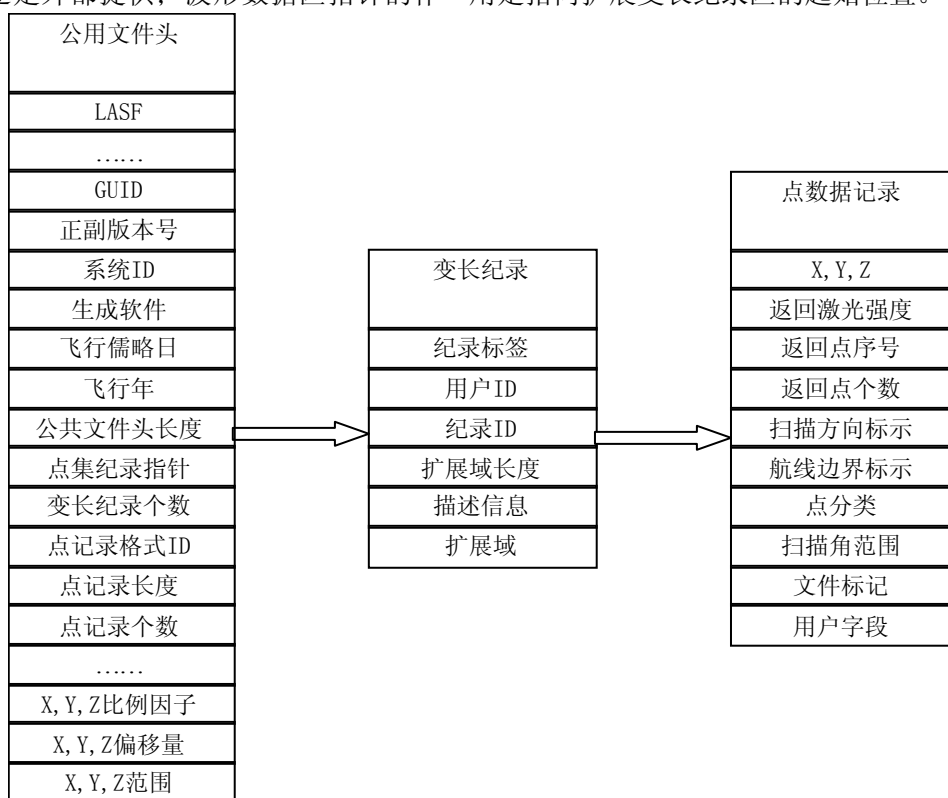


图1 LAS 1.0 格式结构图

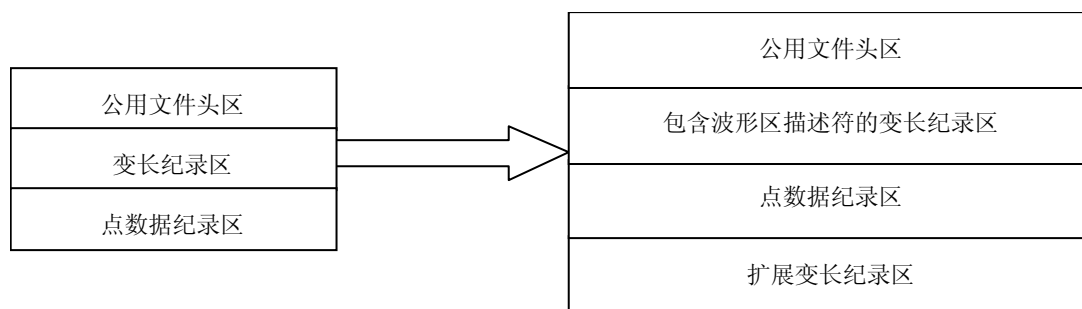


图2 1.3 版结构变化示意图

(3) 为了方便后期的识别与处理，扩充了点分类的类型。每个 LIDAR 点分类字段的前四位可以用来定义该点为未分类、地面点、植被点、建筑物点、误差点、水面点等类型。用户还可以根据需要进行注册属于自己的分类。后三位用来标明关键点或合成点。

(4) 通过航摄、卫星相片将点云“彩色化”后，为了方便存储 LIDAR 点的颜色信息，1.3 版的“格式 2”“格式 3”、“格式 5”点数据记录增加了红、绿、蓝字段，用于保存每个点的颜色通道。

(5) 由于增加了激光回波波形信息，1.3 版定义了“格式 4”、“格式 5”点数据记录，增加以下七个字段来存储每个 LIDAR 点的回波波形数据：波包描述符索引、波形数据偏移量、波形数据长度、返

回点波形位置及坐标参量  $X(t)$ 、 $Y(t)$ 、 $Z(t)$ 。三个坐标参量定义了一组线性方程（如右式 1）来外推出回波波形。其中， $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  为空间起源点的位置（即 LIDAR 点坐标）， $X_0$ 、 $Y_0$ 、 $Z_0$  表示空间锚点位置， $t$  为时间，单位为皮秒（百亿分之一秒）。 $X$ ， $Y$ ， $Z$  的单位由文件选用的坐标系来确定。

$$\begin{cases} X = X_0 + X(t) \\ Y = Y_0 + Y(t) \\ Z = Z_0 + Z(t) \end{cases} \quad (1)$$

(6) 在 1.3 版中，扩展变长纪录区与变长纪录区的格式是相同的。不同之处在于当纪录区的两个

字段“用户 ID”和“纪录 ID”值分别为“LASF\_Spec”、“65535”时,该记录区为扩展变长纪录区。需要说明的是如果 LAS 文件的扩展变长纪录区存在,它必须保存在文件的末尾。

### 2.3 LAS2.0 版(暂定)简介

2007 年发布的 LAS2.0 版(暂定)是对 1.0 版的一次大规模调整,目的是为了适应更广泛的软硬件

要求。2.0 版(暂定)结构灵活、可扩展的特性使机载、地面激光扫描仪甚至任何三维点云共用相同的文件存储格式成为可能。为了区分不同类型的点数据, LAS2.0 版(暂定)中新增元数据区,用户可以根据自身需要在元数据区定义新的字段名和数据类型。2.0 版结构变化示意如图 3 所示。

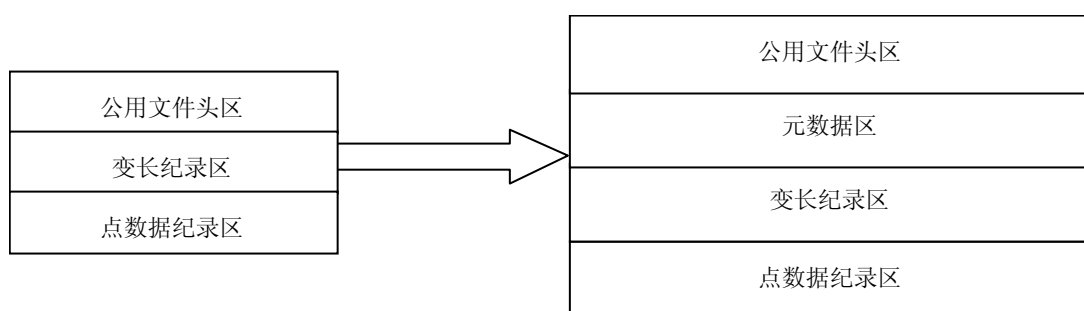


图 3 2.0 版结构变化示意图

此外, 2.0 版(暂定)放弃引用 GeoTIFF 栅格坐标机制, 在公用文件头区新增坐标系类型字段, 定义了四种坐标系供用户选择: 适用于 WTK 坐标转换机制的地理、投影坐标系, 笛卡尔坐标系, 适用于高精度 GPS 测量的正椭球坐标系和负椭球坐标系。

### 3 LAS 格式文件的读取与显示

由于 1.0 版目前最为常用, 且结构简单。后续发布的版本都是在 1.0 版的原有框架上发展起来的。本文针对 LAS1.0 版格式结构, 以 VC++ 作为开发平台, 应用 OpenGL 技术实现对 LAS 文件中的点集数据进行快速读取显示。读取显示流程如图 4 所示。

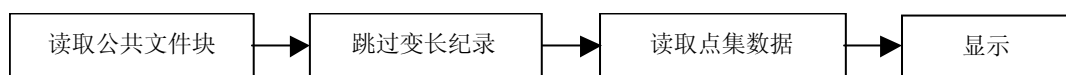


图 4 读取显示流程图

LAS 格式文件数据量巨大, 如果在数据读取中用传统的 I/O 文件读取技术很难满足快速读取的操作要求, 而用多线程对文件输入和输出(I/O), 由于其中多线程之间互拆、同步等问题, 编程复杂。因此 LAS 文件简洁快速地读取和显示一直是编程中的巨大瓶颈。本文使用内存映射技术, 将数据所在的内存空间作为虚拟内存来使用, 数据访问与操作不需要输入输出系统调用, 也不需要高速缓冲区, 使得 LAS 文件的读取与显示更为高效。其具体步骤如下:

(1) 调用 CreateFile 函数创建或打开 LAS 文件内核对象:

```
HANDLE CreateFile (LPCTSTR lpFileName,
    DWORD dwDesiredAccess,
    DWORD dwShareMode,
    LPSECURITY_ATTRIBUTES
    lpSecurityAttributes,
    DWORD dwCreationDisposition,
    DWORD dwFlagsAndAttributes,
    HANDLE hTemplateFile );
```

(2) 调用 CreateFileMapping 函数创建此 LAS

文件映射对象, 获取 LAS 文件内核的大小与位置:

```
HANDLE CreateFileMapping (HANDLE hFile,
    LPSECURITY_ATTRIBUTES lpAttributes,
    DWORD flProtect,
    DWORD dwMaximumSizeHigh,
    DWORD dwMaximumSizeLow,
    LPCTSTR lpName );
```

(3) 调用 MapViewOfFile 函数将 LIDAR 数据映射到进程的地址空间:

```
LPVOID MapViewOfFile (HANDLE
    hFileMappingObject,
    DWORD dwDesiredAccess,
    DWORD dwFileOffsetHigh,
    DWORD dwFileOffsetLow,
    SIZE_T dwNumberOfBytesToMap );
```

(4) 根据得到的 LAS 文件结构信息跳过变长纪录;

(5) 利用 OpenGL 中空间三维点的绘制函数 glBegin(GL\_POINTS), glVertex3f(x,y,z), glEnd() 完成对地址空间中 LIDAR 数据的显示。

(6) 关闭文件映射对象和文件对象。

4 文件读取与显示实验

本文引用 2007 年某地的 1.0 版 LIDAR 数据进行实验，分别采用传统读取方法与内存映射技术对 12

组不同数据量的 LAS 文件进行读取。表 1 为两种方法完成读取所消耗的时间比较。

表 1 LAS 文件两种读取方式消耗时间比较

文件大小 (M)	19	21	26	39	118	137	157	177	197	236	256	275
传统方法 (ms)	5852	11004	16336	21089	27143	32672	37915	43631	48725	54183	64881	70174
内存映射 (ms)	4826	7185	10687	14343	17783	21439	25020	28535	30631	36361	44131	47591

由表 1 的比较分析可以看出，LAS 文件越大，内存映射技术在读取上的优势越明显。

下面对第一个文件进行显示。图 5 为实验区航摄影像。图 6 和图 7 为 LIDAR 数据显示效果图。



图 5 实验区航摄影像



图 6 正视图



图 7 倾斜视图

5 结束语

随着机载激光雷达系统 (LIDAR) 的不断发展，其标准数据格式 (LAS) 也在不断改进更新。美国摄影测量与遥感 (ASPRS) 协会下的 LIDAR 委员会发布的 LAS 格式最新标准 1.3 版，在原有 1.0 版的基础上，改进了时间记录方法，增加了可用于存储点数据颜色，回波波形信息的部分。开始重新修订的 2.0 版则更加注重灵活、可扩展性，以便适应更广泛的软硬件要求。由于读写 LAS 文件需要专业软件，最后本文设计了一种可以快速读取显示 LAS 文件的方法，为日后的 LIDAR 数据处理提供参考。

参考文献

[1] 刘春, 姚银银, 吴杭彬. 机载激光扫描 (LIDAR) 标准数据格式 (LAS) 的分析与数据提取[J]. 遥感信息, 2009, 38 - 42.  
[2] 张靖, 高伟. LAS 格式解析及其扩展域的应用[J]. 测绘科学, 2008, 33 (3), 154 - 155.