激光雷达（激光探测及测距）是一项光学遥感技术，它利用激光对地球表面进行密集采样，以产生高精度的 x,y,z 测量值。激光雷达主要用于机载激光制图应用程序中，正日益成为替代传统测量技术（如摄影测量）的具有成本效益的新技术。激光雷达能生成可通过 ArcGIS 进行管理、显示、分析以及共享的离散多点云数据集。

激光雷达系统的主要硬件组成部分包括一组车辆（飞机、直升机、车辆以及三脚架）、激光扫描系统、GPS（全球定位系统）和 INS（惯性导航系统）。INS 系统测量激光雷达系统的滚动角、俯仰角与前进方向。

激光雷达是一个主动光学传感器，它在沿着特定的测量路径移动时向一个目标发射激光束。激光雷达传感器中的接收器会对从目标反射回来的激光进行检测和分析。这些接收器会记录激光脉冲从离开系统到返回系统的精确时间，以此计算传感器与目标之间的范围距离。这些距离测量值会与位置信息（GPS 和 INS）一起转换为对象空间中反射目标实际三维点的测量值。

完成激光雷达数据采集测量之后，将通过分析激光的时间范围、激光的扫描角度、GPS 位置和 INS 信息将点数据后处理成高度精确的地理配准 x,y,z 坐标。

## 激光雷达回波

从激光雷达系统发射的激光脉冲会从地表面和地表上的物体反射：植被、建筑物以及桥梁等等。发射出的一个激光脉冲可能会以一个或多个回波的形式返回到激光雷达传感器。任何发射出的激光脉冲在向地面传播时，如果遇到多个反射表面则会被分割成与反射表面一样多的回波。

最先返回的激光脉冲是最重要的回波，它将与地表最高的要素相关联，比如树顶或建筑物顶部。第一个回波也可能表示地面，在这种情况下激光雷达系统只会检测到一个回波。

多个回波可以检测在向外发射的激光脉冲的激光脚点内的多个对象的高程。中间的回波通常对应于植被结构，而最后的回波对应于裸露地表 terrain 模型。

| **激光雷达属性** | **描述** |
| --- | --- |
| [强度](http://desktop.arcgis.com/zh-cn/arcmap/10.6/manage-data/las-dataset/what-is-intensity-data-.htm) | 生成激光雷达点的激光脉冲的回波强度。 |
| 扫描角度等级 | 发射的一个激光脉冲最多可以有五个回波，这取决于反射激光脉冲的要素以及用来采集数据的激光扫描仪的功能。第一个回波将标记为一号回波，第二个回波将标记为二号回波，以此类推。 |
| 回波数 | 回波数是某个给定脉冲的回波总数。例如，某个激光数据点可能是总共五个回波中的二号回波（回波编号）。 |
| [点分类](http://desktop.arcgis.com/zh-cn/arcmap/10.6/manage-data/las-dataset/lidar-point-classification.htm) | 每个经过后处理的激光雷达点可拥有定义反射激光雷达脉冲的对象的类型的分类。可将激光雷达点分成很多个类别，包括地面、裸露地表、冠层顶部和水域。使用 LAS 文件中数字整数代码可定义不同的类。 |
| 飞行航线的边缘 | 将基于值 0 或 1 对点进行符号化。在飞行航线边缘标记的点将赋值 1，所有其他点将赋值 0。 |
| RGB | 可以将 RGB（红、绿和蓝）波段作为激光雷达数据的属性。此属性通常来自在激光雷达测量时采集的影像。 |
| GPS 时间 | 从飞机发射激光点的 GPS 时间戳。此时间以 GPS 一周的秒数表示。 |
| 扫描角度 | 扫描角度是 -90 度到 +90 度之间的值。在 0 度时，激光脉冲位于飞机正下方的最低点。在 -90 度时，激光脉冲在飞机的左侧；而在 +90 度时，激光脉冲在飞机的右侧，且与飞行方向相同。当前多数激光雷达系统都小于 ±30 度。 |
| 扫描方向 | 扫描方向是激光脉冲向外发射时激光扫描镜的行进方向。值 1 代表正扫描方向，而值 0 代表负扫描方向。正值表示扫描仪正从轨迹飞行方向的左侧移动到右侧，而负值正相反。 |

最后的回波并非始终从地面返回。比如，考虑这样一种情况，一个脉冲在向地面发射的过程时撞到粗壮的树枝，根本没有达到地面。在这种情况下，最后的回波不是从地面返回，而是从反射了整个激光脉冲的树枝返回。