

使用 QGIS 配准无人机航片

本文出自：吴建玲 QGIS 课堂

随着无人机在各个行业的普及，无人机航片成为很多应用系统空间数据的重要来源。无人机航片具有成像快、分辨率高、针对性强的优点，广泛用于保险定损、灾情应急监测、设施巡检、农作物面积调查等方面。

然而，由于种种原因，通过无人机拍摄的照片拼接得到的正射航片与其他地理空间数据叠加时经常出现较明显的偏差，需要进行配准以校正其空间位置，因此，本文将使用 QGIS 的配准工具演示无人机正射航片配准的过程。

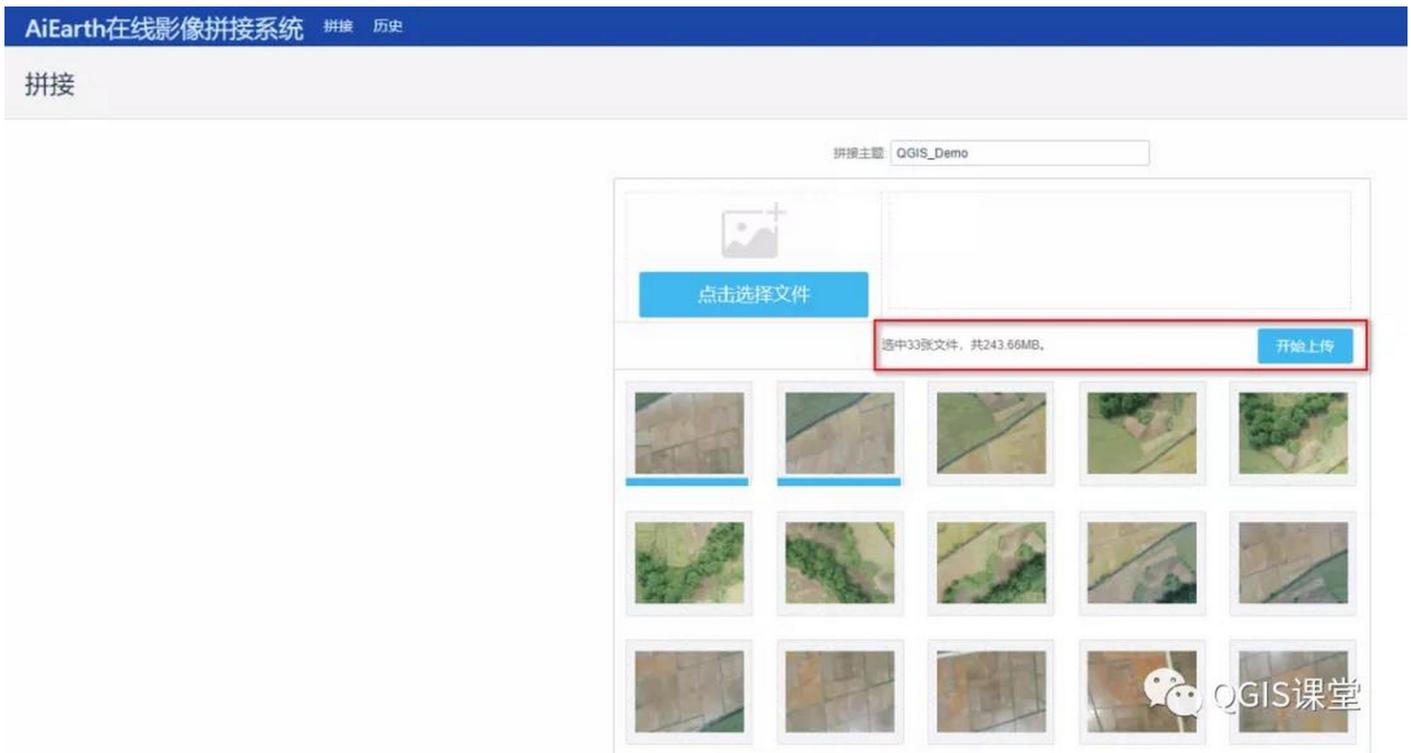
一、数据情况

本文选用的示范数据为 2020 年 7 月中左右无人机拍摄的河北省某地系列照片，经过拼接得到 CGCS 2000 Albers 投影的航片。

二、拼接无人机照片

使用无人机拍摄获取原始照片后，需要将照片拼接成一个大航片。可以使用 PhotoScan、Pix4Dmapper、Global Mapper 等专业软件进行拼接，但是专业软件费用不低，用起来比较复杂，这里推荐一个在线、易操作的无人机航片拼接网站——AiEarth 在线拼接系统，地址为：<http://aw.aiearth.cn:7080/stitch/login.html>。

浏览器中输入上面地址后，简单注册一下，就可以把自己无人机拍摄的照片上传到网站。



上传完成后，点击【开始拼接】按钮，从弹出对话框选择“深度拼接”，等待拼接完成。根据照片数量多少，等待的时间各不相同，个人经验：40-50 张照片大约 7-8 分钟即可得到结果。



拼接结束后，可以下载拼接得到的正射影像，也可以叠加到地图上查看拼接结果。



三、加载无人机航片和参考底图

下载并解压缩示范数据。启动 QGIS，点击工具栏的按钮，打开数据源管理器对话框，依次点击【栅格】标签->【文件】->【栅格数据集】右边的【...】按钮，找到示范数据的存储路径，点击【添加】按钮，将示范数据加载到 QGIS 的地图窗口中。

此时，地图窗口可以看到一幅无人机航片的拼接图，右键点击该图层，点击【属性】打开图层属性对话框，航片的基本信息如下：

投影：CGCS_2000_Albers；

单位：米；

大小：5090 X 5130；

分辨率：约 0.05 米。

接下来，加载天地图影像作为配准参考底图。

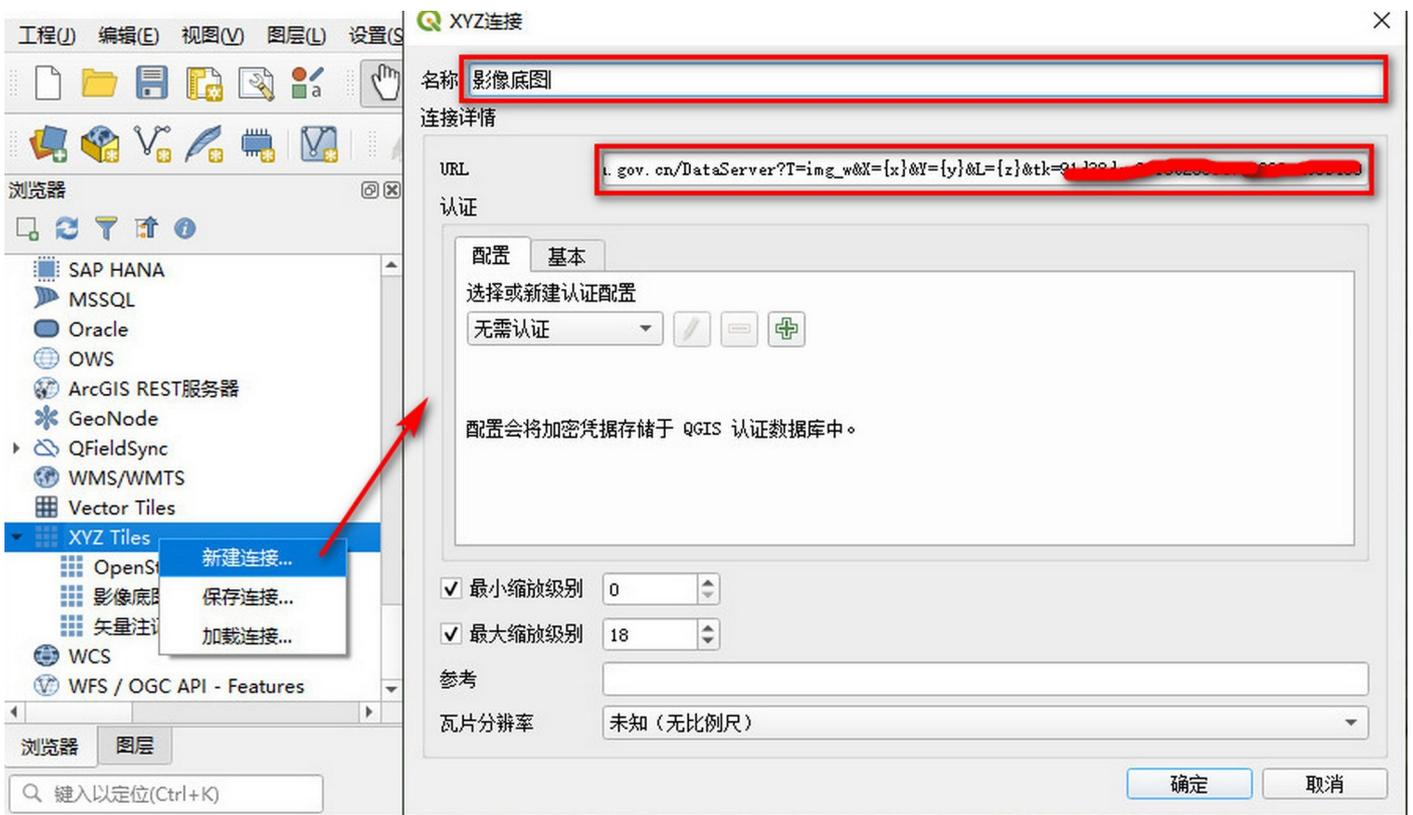
在【浏览器】面板中，找到并右键点击【XYZ Tiles】节点->【新建连接】，在弹出的对话框中设置参数：

名称：任意，本文使用“影像底图”；

URL：http://t0.tianditu.gov.cn/img_w/wmts?

`service=wmts&request=GetTile&version=1.0.0&LAYER=img&tileMatrixSet=w&TileMatrix={z}&TileRow={y}&TileCol={x}&style=default&format=tiles&tk=ec899a50c7830ea2416ca182285236f3`

点击【确定】按钮，将天地图影像的连接添加到 QGIS 的浏览器面板的 XYZ Tiles 节点。



双击“影像底图”连接，打开天地图影像，并在图层面板中选中该图层，按住鼠标左键将其拖拽到下方。

观察无人机拍摄的航片与天地图影像底图，发现二者之间有 2-5 米的偏差，在航片上方道路附近误差特别明显，如下图：



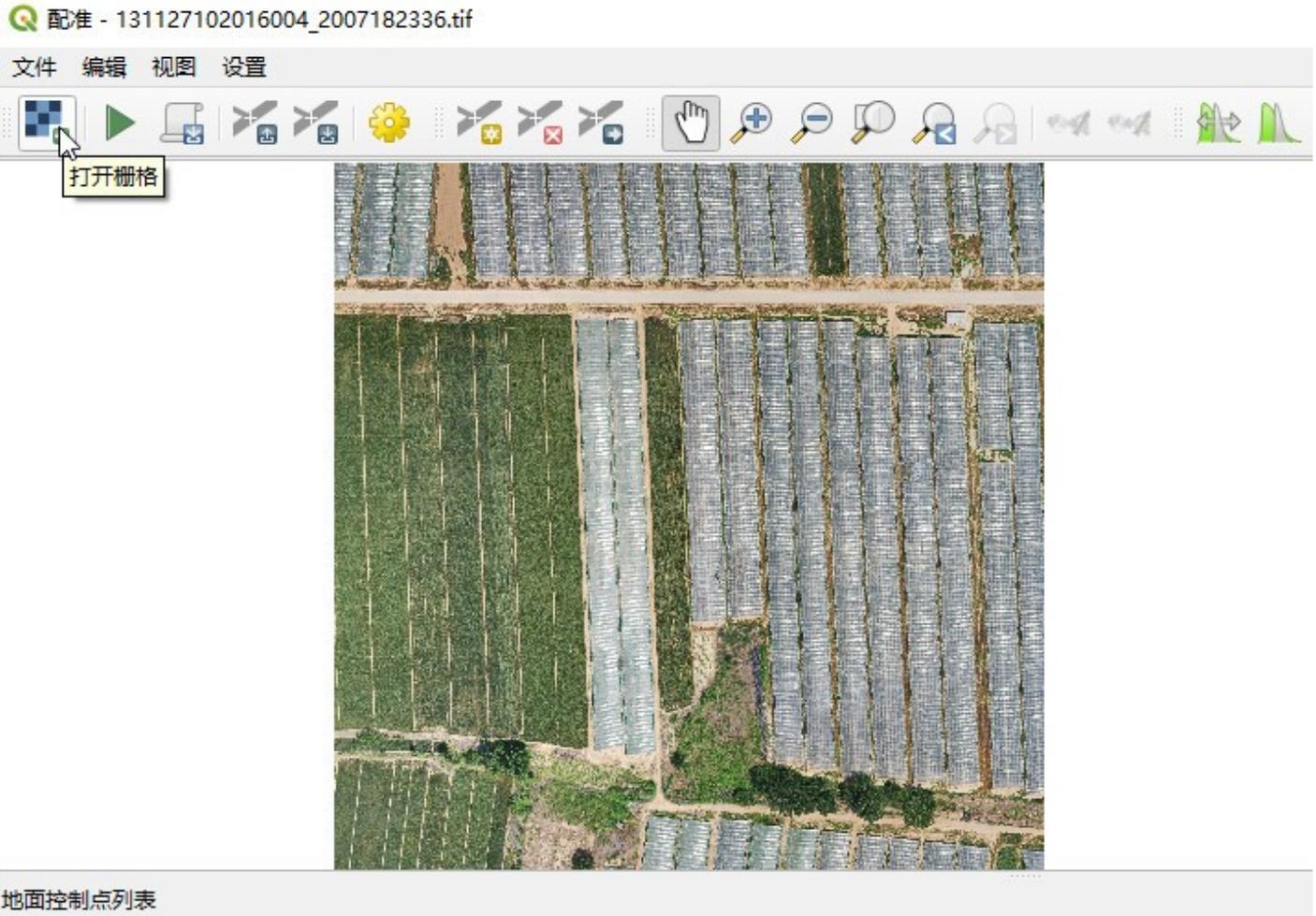
四、配准

接下来，我们将使用 QGIS 的配置工具，以天地图影像作为底图，尝试将无人机航片进行配准，使其能与天地图叠加。

点击菜单【栅格】>【配准工具】，打开配准窗口。

配准窗口由菜单栏、工具栏、地图区域和地面控制点列表组成。

在配准窗口中，点击工具栏中的【打开栅格】按钮，找到下载的示范数据，添加到地图区域中。



点击工具栏的【变换设置】按钮，设置如下参数：

变换类型：指的是配准使用的算法，此处选择：“多项式 2”；

重采样方法：立方体；

目标空间参照系：CGCS_2000_Albers；先打开示例数据，再导入影像底图，工程默认坐标就是此

输出栅格：任意合适的存储位置。

关于变换类型的说明：

变换类型指的是配准算法，应根据输入数据情况、配准精度要求和控制点数量选择不同的配准算法，可选择算法如下：



线性 (Linear)

一种简单方便的配准方法，不改变待配准航片的坐标值，通过线性变换算法生成坐标信息文件（即栅格坐标文件，扩展名为“.tfw”）对航片进行平移、缩放（不提供旋转）使航片得到正确的坐标参照系。如果不想改变待配准航片坐标值且待配准为矩形，输出结果仍为矩形，可使用此方法。至少需要 2 个地面控制点。

赫尔默特（Helmert）

又称为“正交变换（orthogonal transformation）”，与线性（Linear）算法一样，仅需要 2 个控制点即可完成航片的配准，不同之处在于，赫尔默特算法在平移、缩放的基础上，提供了旋转变换，并且在输出结果中改变了原始航片的坐标值。

多项式 1（Polynomial 1）

一阶多项式是最常用的配准算法，又称为仿射变换，除了平移、缩放和旋转之外，具有纠正地图变形的功能，它假设地图因变形而引起实际比例尺在 X 方向和 Y 方向变化不相同。至少需要输入 3 个控制点。

多项式 2、多项式 3（Polynomial 2-3）

高阶多项式可以校正更加复杂的图像畸变，例如待配准航片的旋转、扭曲等变形。高阶多项式需要更多的控制点，如：“多项式 2”需要输入至少 6 个控制点，“多项式 3”需要输入至少 10 个控制点。

薄板样条法（Thin Plate Spline TPS）

使用多个局部多项式将图像拉伸以匹配控制点，并使得整体的表面曲率最小。样条函数可将源控制点准确地变换至目标控制点；但不能保证距控制点的像素距离是准确的，适用于控制点很重要并且需要进行精确配准的场景，至少需要 10 个控制点。

投影（Projective）

当成像角度与投影面（如地面）不垂直时，可以用投影配准算法，适用于倾斜摄影、扫描地图和遥感影像，至少需要 4 个控制点。

控制点是一些列已知坐标的点，用于将无人机航片的位置与参考底图对应位置联系起来。选择控制点是配准中的关键步骤，一般选用在航片和参考底图都能精确识别的位置作为控制点，例如道路或者河流的交叉点、小溪口、土地或者堤坝的尽头、已建成建筑物的一角、街道的拐角或者两个篱笆墙的交叉点等。

由于我们要采用“多项式 2”变换方法，需要至少 6 个控制点。经过观察，发现示范数据所覆盖区域范围的主要地物为农田、田间道路、田埂和农业设施，因此在选择控制点时，尽量考虑交叉路口、田埂交叉点、农田的一角、农业设施的一角等易于识别并具有典型特征的位置。

首先，设置显示控制点的标识符。点击配准窗口菜单栏【设置】>【配置配准工具】，在弹出对话框中勾选“显示标识符”，如下图所示：

点击工具栏上的图片【添加控制点】按钮，此时鼠标变成十字形，表示可以在航片上添加控制点了。使用工具栏的【平移】、【放大】、【缩小】移动和放大/缩小待配准航片，寻找可作为控制点的位置，例如下图中农田的一角，点击鼠标左键，即可在航片上增加一个控制点：



在配准窗口增加一个控制点后，将会弹出对话框，要求输入该点对应的地图坐标。输入地图坐标有两种方式：
一是，不需要参考图层，直接在对话框的“横坐标/东”、“纵坐标/北”文本框中输入该点精确的坐标值（坐标值可以通过 GPS 测量得到）；

二是，可以到 QGIS 主地图窗口，找到对应的点并点击鼠标左键得到地图坐标值。

本文采用第二种方法，即从地图上找点。点击对话框中的【从地图画布】按钮，返回 QGIS 主地图窗口。

在地图主窗口中，通过放大、缩小、移动地图，找到与航片对应的那个农田角落，当鼠标为十字形时，将交叉中心对准角点，点击鼠标左键，完成该控制点地图坐标的采集。这个过程颇具挑战性，因为参照底图有时为矢量，有时为分辨率较低的遥感影像（比无人机拍摄到的正射影像分辨率低），给识别地物带来困难，需要仔细观察方能找到与无人机航片对应的相同位置点。

点击鼠标左键获取地图坐标值后，配准窗口的“输入地图坐标”对话框再次弹出，点的“横坐标/东”、“纵坐标/北”数值已自动填入对应的文本框中。

点击【确定】按钮，确认添加该控制点。此时，配准窗口地图区域将出现一个红点，表示控制点位置；左下角黄色的数字表示该点的编号。在配准窗口下方的控制点列表中详细给出控制点的信息，包括：

显示：是否显示该控制点；

ID：控制点的编号；

原始 X：控制点在待匹配的无人机航片中的 X 坐标；

原始 Y：控制点在待匹配的无人机航片中的 Y 坐标；

目标 X：控制点目标位置的 X 坐标；

目标 Y：控制点目标位置的 Y 坐标；

dX（像素）：“原始 X”与“目标 X”之差，单位为像素；

dY（像素）：“原始 Y”和“目标 Y”之差，单位为像素；

残差（Residual）（像素）：根据 ArcGIS 的 GIS 术语，指的是原始坐标值与估计值之间的差。但经过计算，这里实际上是均方根误差，由 dX 的平方加上 dY 的平方和开根号得到。

使用相同的步骤选取其他控制点，需要注意的是：

-- 在保证控制点质量的前提下，控制点数量越多，配准的误差越小；

-- 应尽量保证控制点均匀分布在航片区域内，例如四个角点附近至少各选取一个控制点，内部区域也应尽量均匀选择控制点。

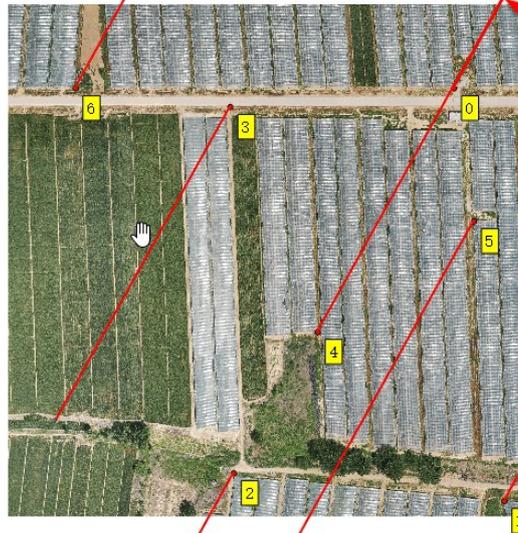
-- 为方便选取控制点，参考底图的范围应完全覆盖航片的区域，并适当外延。

-- 参考底图越精细、详细程度越高，配准的效果越好。

控制点选取完成后，点击工具栏的【开始配准】按钮，QGIS 将会根据所设定的配准算法、重采样方式等参数进行配准，输出配准结果并在下方的地面控制点列表中显示具体的误差，同时，地图上也以红色线条的方式显示误差值，线条越长，该点误差越大。

从下图可以看出，编号为 4、5 控制点的误差较大（从这两个点牵引出来的红线也较长），超过 10 像素。使用工具栏的图片、图片 按钮移动、删除控制点，修改和编辑控制点，直到精度符合要求为止。也可以切换到地图主窗口，将配准结果图层的透明度设置为 50%，图层混合模式设置为“添加”，查看配准无人机航片与参考底图的叠加情况。

经过配准，航片与天地图在线瓦片比较准确地叠加，可以与同一个坐标系其他地理空间数据进行叠加显示和分析了。



误差的直观表示

地面控制点列表

显示	ID	原始X	原始Y	目标X	目标Y	dx (像素)	dy (像素)	残差 (像素)
<input checked="" type="checkbox"/>	0	982287	4.10913e+06	982291	4.10914e+06	3.7551	-6.80228	7.76992
<input checked="" type="checkbox"/>	1	982312	4.10893e+06	982316	4.10892e+06	0.347999	-0.630392	0.720068
<input checked="" type="checkbox"/>	2	982177	4.10894e+06	982175	4.10894e+06	-2.10496	3.81309	4.35552
<input checked="" type="checkbox"/>	3	982175	4.10912e+06	982174	4.10913e+06	-4.32526	7.83511	8.94968
<input checked="" type="checkbox"/>	4	982219	4.10901e+06	982219	4.10901e+06	5.88088	-10.6531	12.1685
<input checked="" type="checkbox"/>	5	982297	4.10907e+06	982300	4.10907e+06	-5.02399	9.10085	10.3955
<input checked="" type="checkbox"/>	6	982098	4.10913e+06	982094	4.10914e+06	1.47023	-2.6633	3.04216