

第 1 节：认识 Google Earth Engine

Google Earth Engine (GEE) 是由谷歌公司开发的众多应用之一。借助谷歌公司超强的服务器运算能力以及与 NASA 的合作关系，GEE 平台将 Landsat/Sentinel 等可以公开获取的遥感图像数据存储在谷歌的磁盘阵列中，使得 GEE 用户可以方便的提取、调用和分析海量的遥感大数据资源。

GEE 在设计之初就是为了服务科研人员而构建的，因此在概念上可以将 GEE 视为一种工具，类似于菜刀之于厨师或者猎枪之于猎手，而不应该将其当作一种复杂的计算机编程平台。通过本节的学习，我们将能理解 GEE 的基本操作逻辑和 GEE 的基本数据类型。

1.1 GEE 中的通用地理学思维

1.1.1 空间发现

GEE 与谷歌公司的另一款名为 Google Earth 的软件具有类似的空间发现功能，即可以展示地球表面客观存在的现象和地貌。例如我们要找到故宫的位置以及遥感图像，在 Google Earth 中可以进行如下操作。

- 1) 在搜索栏中输入“北京 故宫”
- 2) 观察结果，获得地理发现。

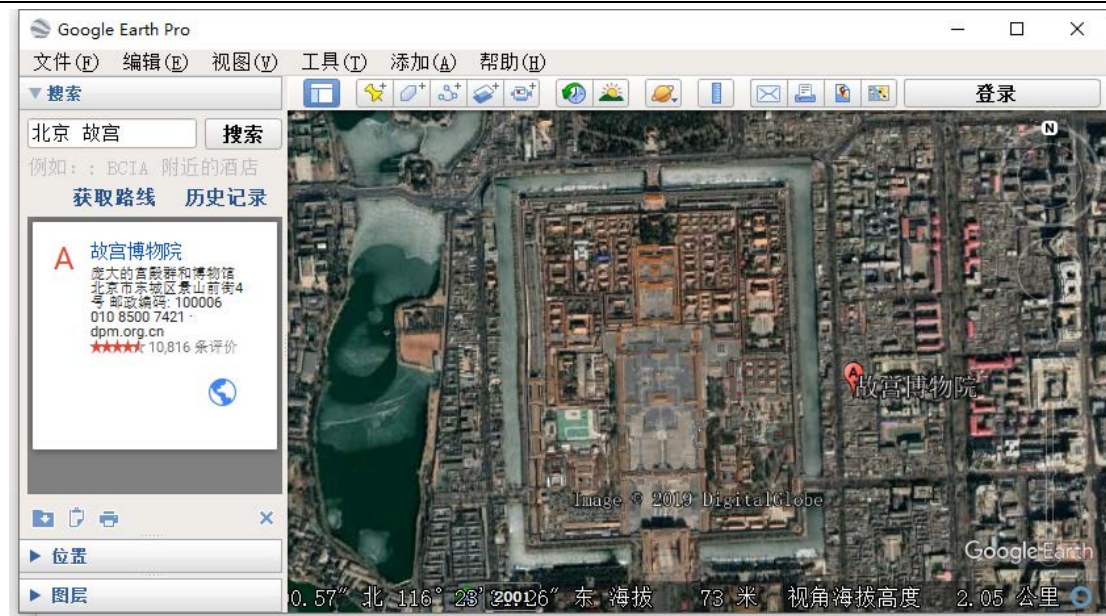


图 1.1 利用 Google Earth 进行地理发现

同样的，GEE 也具有类似的地理发现功能。也以发现故宫为例，在 GEE 中，我们利用 `Map.setCenter()` 命令将 GEE 的观察窗口移动到故宫的位置，同时将 GEE 的底图设置为卫星图像，具体命令如下所示。

- 1) 点击 GEE 底图框右上角的卫星图像按钮；
- 2) 在 Code Editor 中输入“Map.setCenter(116.39, 39.91)”指令。
- 3) 观察结果。

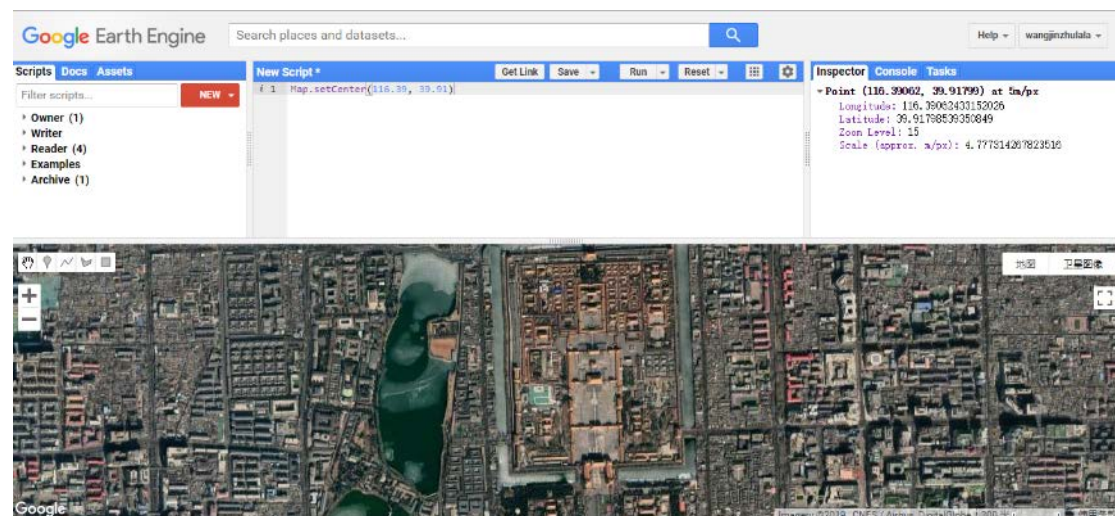


图 1.2 利用 GEE 进行地理发现

从上述例子中可以看出 GEE 具有与其他常见的地理/地图软件产品相类似的“观察地球”的功能，但是 GEE 与其他产品的显著不同点在于其依靠命令而不是点击进行操作。这种操作方式相对 Google Earth 来说较为繁琐，而且不符合人的操作直觉，但在后边的学习中我们会发现正是这种基于指令的操作方式给予了 GEE 更大的自由空间，让用户能够更加灵活的对地理数据进行分析 and 处理。

1.1.2 空间叠加

GEE 与其他地理信息系统(GIS)平台类似的地理思路还包括图层叠加。在分析地理问题时，常常需要考虑某一种或几种因素(因)对目标因素(果)的影响。这种影响关系在 GIS 系统中常常表现为将不同图层叠加后获得结果图层的过程。例如，利用坡向数据增强高程数据显示效果的过程就可以看作是叠加坡度和高程数据得到结果图层的过程。

在 ArcGIS 中增强重庆地区高程数据的显示的具体操作如下：

- 1) 加入中国的 DEM 数据
- 2) 加入中国行政区数据
- 3) 利用属性筛选重庆的行政区边界
- 4) 利用重庆行政边界对中国的 DEM 数据进行裁剪，得到‘重庆_DEM’
- 5) 利用工具箱中的‘hillshade’工具处理‘重庆_DEM’得到‘重庆_Hillshade’
- 6) 在‘显示工具栏’中将‘重庆_Hillshade’的透明度调整为 70%
- 7) 得到结果。

将上述操作实施在 GEE 中的代码如下。可以看出 GEE 与 ArcGIS 在操作思路几乎是完全相同的，因此可以将 ArcGIS 的操作步骤作为注释加入到代码中。

```
var DEM = ee.Image("USGS/SRTMGL1_003");
// 加入 DEM 数据

var China_Provinces = ee.FeatureCollection("users/wangjinzhulala/China_Provinces");
// 加入中国行政区数据

var Chongqing = China_Provinces.filterMetadata('NAME','equals','Chong_Qing').first().geometry()
// 利用属性筛选重庆的行政区边界

var DEM_Chongqing = DEM.clip(Chongqing)
// 利用重庆行政边界对中国的 DEM 数据进行裁剪，得到‘重庆_DEM’
var HillShade_Chongqing = ee.Terrain.hillshade(DEM_Chongqing)
// 利用工具箱中的‘hillshade’工具处理‘重庆_DEM’得到‘重庆_Hillshade’

Map.centerObject(Chongqing,7)
// 将地图的显示中心定位到重庆，缩放级别调整为 7

Map.addLayer(DEM_Chongqing,
              {"bands":["elevation"],"min":0,"max":2500,"palette":["ff6a13","e8ff2d","60ff56"]},
              'DEM_ChongQing')

Map.addLayer(HillShade_Chongqing,
              {"opacity":0.7,"bands":["hillshade"],"gamma":1},
              'HillShade_ChongQing')
//将‘重庆_Hillshade’的透明度调整为 70%，得到结果。
```

我们在现阶段并不需要掌握上述代码的具体语法和用法，但是却可以通过对代码单词的理解大概推断出这段代码在做什么。同时，可以把代码想象成为相应注释在 ArcGIS 中的点击操作，这将有助于我们理解“点击操作”和“命令操作”的异同。

更进一步的分析可以发现，本例中 ArcGIS 与 GEE 具有 1) 在操作思路几乎完全相同的特点，而且 2) 虽然 GEE 的命令操作方式相对于 ARCGIS 的点击操作更加复杂，但即使没有学习代码也是可以直观理解这些命令的。理解这两点对于我们树立学习 GEE 的信心，以及认识 GEE 是“面向地理科研人员而非程序员的工具”和“即使没有代码经验也可以较好的利用 GEE”这两个结论具有较大的帮助。

最后，上述两个操作的结果如下图所示：

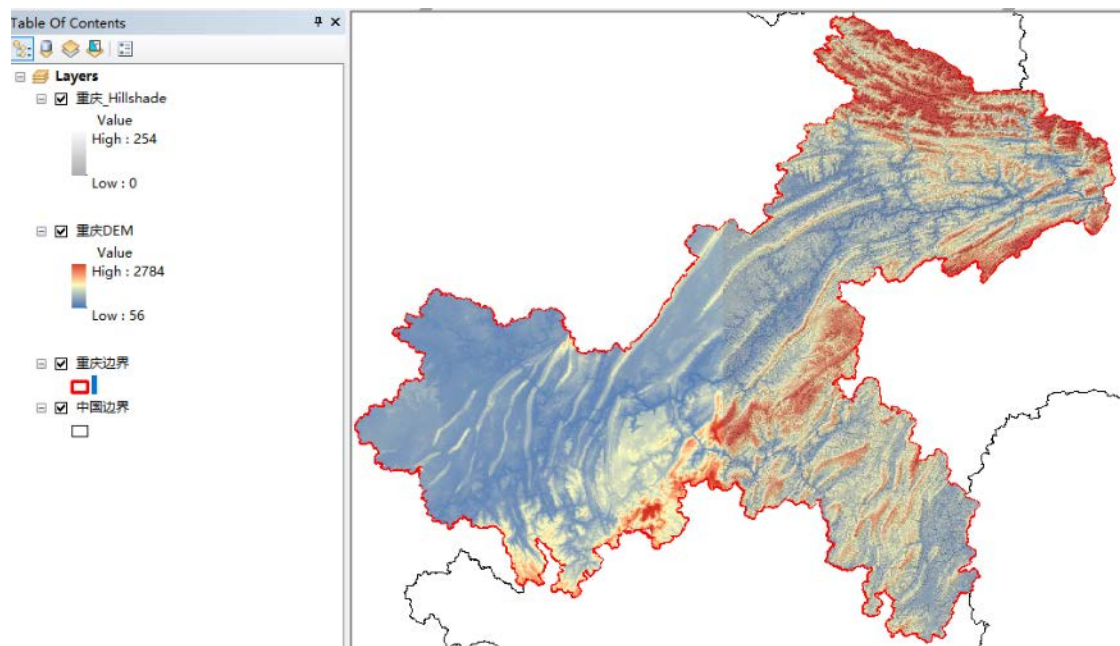


图 1.3 利用 ArcGIS 进行高程渲染

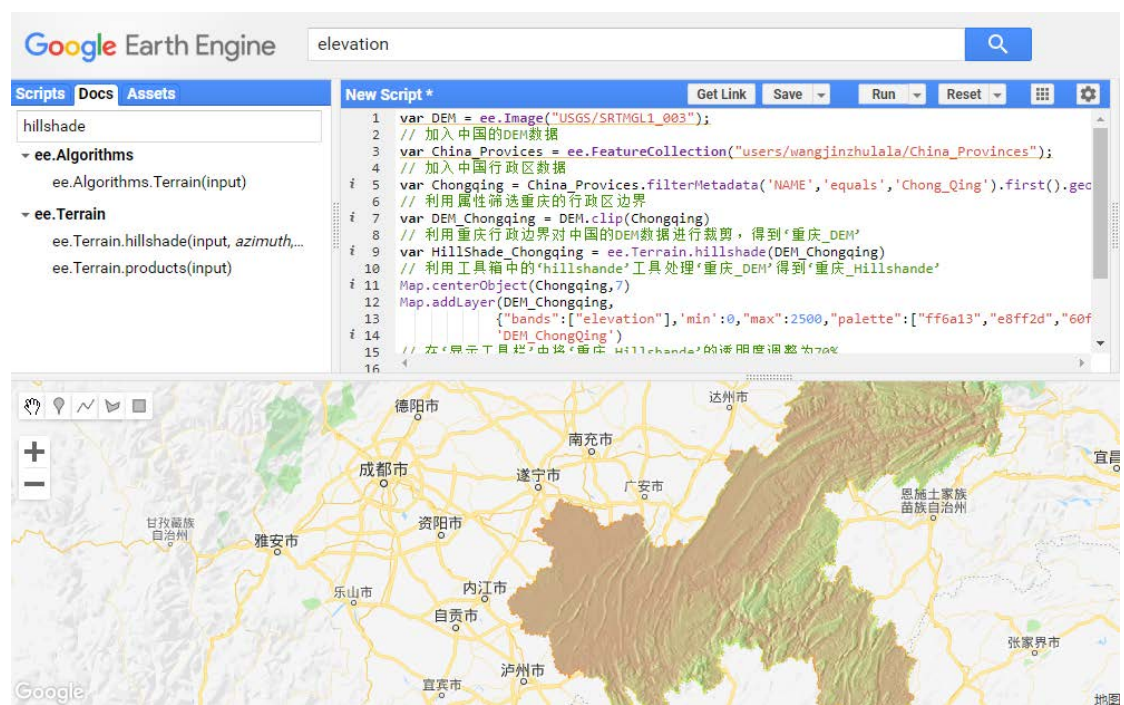


图 1.4 利用 GEE 进行高程渲染

1.2 GEE 中的数据

GEE 中存储着海量的遥感数据，熟悉这些数据能够让用户更加便捷的实现空间和地理分析目标。总体上，GEE 的数据可以分为 4 个种类：栅格数据，栅格集数据，矢量数据，矢量集数据。

GEE 中的栅格数据主要包括来源自遥感卫星的数据和空间插值数据产品。GEE 中来自遥感卫星的数据如表 1.1 所示：

1.2.1 栅格数据

表 1.1 GEE 中的主要卫星数据

数据集	空间分辨率	时间分辨率	时间覆盖	空间覆盖
Landsat				
Landsat 8 OLI/TIRS	30m	16day	2013-Now	Global
Landsat 7 ETM+	30m	16day	2000-Now	Global
Landsat 5 TM	30m	16day	1984-2012	Global
Landsat 4–8 surface reflectance	30m	16day	1984-Now	Global
Sentinel				
Sentinel 1 A/B ground range detected	10m	6day	2014-Now	Global
Sentinel 2A MSI	20m	10day	2015-Now	Global
MODIS				
MOD08 atmosphere	1°	daily	2000-Now	Global
MOD09 surface reflectance	500m	1/8day	2000-Now	Global
MOD10 snow cover	500m	1day	2000-Now	Global
MOD11 temperature and emissivity	1000m	1/8day	2000-Now	Global
MCD12 Land cover	500m	Annual	2000-Now	Global
MOD13 Vegetation indices	500/250m	16day	2000-Now	Global
MOD14 Thermal anomalies & fire	1000m	8day	2000-Now	Global
MCD15 Leaf area index/FPAR	500m	4day	2000-Now	Global
MOD17 Gross primary productivity	500m	8day	2000-Now	Global
MCD43 BRDF-adjusted reflectance	1000/500m	8/16day	2000-Now	Global
MOD44 veg. cover conversion	250m	Annual	2000-Now	Global
MCD45 thermal anomalies and fire	500m	30day	2000-Now	Global
ASTER				
L1 T radiance	15/30/90m	1day	2000-Now	Global
Global emissivity	100m	Once	2000-2010	Global
Other imagery				
PROBA-V top of canopy reflectance	100/300m	2day	2013-Now	Global
EO-1 hyperion hyperspectral radiance	30m	Targeted	2001-Now	Global
DMSP-OLS nighttime lights	1km	Annual	1992-2013	Global
USDA NAIP aerial imagery	1m	Sub-annual	2003-2015	CONUS
地形				
Shuttle Radar Topography Mission	30m	single	2000	60°N–54°S
USGS GMTED2010	10m	single	Multiple	US
USGS National Elevation Dataset	7.5"	single	Multiple	83°N–57°S
GTOPO30	30"	single	Multiple	Global
ETOPO1	1'	single	Multiple	Global

注：来源 Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone [J]. Remote Sensing of Environment

GEE 中其他的主要栅格产品包括土地利用数据，气象数据和人口数据等。这些数据与遥感影像数据相比，主要用来反映某些社会因子的空间分布，或者反映地表以上空间的自然特征，

具体数据产品见表 1.2。

表 1.2 GEE 中的其他栅格产品

数据集	空间分辨率	时间分辨率	时间覆盖	空间覆盖
土地利用				
GlobCover	300m	Non-periodic	2009	90°N–65°S
USGS National Landcover Database	30m	Non-periodic	1992-2011	CONUS
UMD global forest change	30m	Annual	2000-2014	80°N–57°S
JRC global surface water	300m	Monthly	1984-2015	78°N–60°S
GLCF tree cover	30m	5year	2000-2010	Global
USDA NASS cropland data layer	30m	Annual	1997-2015	CONUS
气象				
Global precipitation measurement	6'	3h	2014-Now	Global
TRMM 3B42 precipitation	15'	3h	1985-2015	50°N–50°S
CHIRPS precipitation	3'	5day	1981-Now	50°N–50°S
NLDAS-2	7.5'	1h	1979-Now	North America
GLDAS-2	15'	3h	1948-2010	Global
NCEP reanalysis	2.5°	6h	1948-Now	Global
ORNL DAYMET weather	1km	12 Images	1980-Now	North America
GRIDMET	4km	1day	1979-Now	CONUS
NCEP global forecast system	15'	6h	2015-Now	Global
NCEP climate forecast system	12'	6h	1979-Now	Global
WorldClim	30"	12 Images	1960-1990	Global
NEX downscaled climate projections	1km	1day	1950-2099	North America
人口				
WorldPop	100m	5year	Multiple	2010–2015
GPWv4	30"	5year	2000-2020	85°N–60°S

注：来源 Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone [J]. Remote Sensing of Environment


1.2.2 矢量数据

简单来说，矢量数据可以理解为点、线和面类型的数据。在处理空间问题时，常常需要确定某个地理要素的位置(例如某区域商店的位置)，或者某些线状地物的位置(河流、道路等)，以及某些面状物的分布(行政边界等)。

在确定矢量空间要素空间特征的基础上，再给这些空间要素贴上标签(名称，面积，权属等)，那么就得到了包含一定信息的矢量数据。我们通常将这种矢量数据成为“特征矢量”(Feature)，将其空间形状称为“地理特征”(Geometry)，将贴上去的标签信息称为“属性”(Property)。

我们分别从 ArcGIS 和 GEE 中添加并查看 Feature 的信息，以此加深对矢量数据的理解。在 ArcGIS 中的操作如下：

- 1) 加入中国省级行政边界；

2) 利用  工具点击西藏地区；

3) 观察弹出框信息。

通过操作，我们发现弹出框中显示了“Kind”、“Name”、“Shape_Area”等信息。在本例中，Geometry 就是下图深绿色的面，Property 就是弹框下部的“Field”以及“Value”信息，而两者的集合就是一个“Feature”。

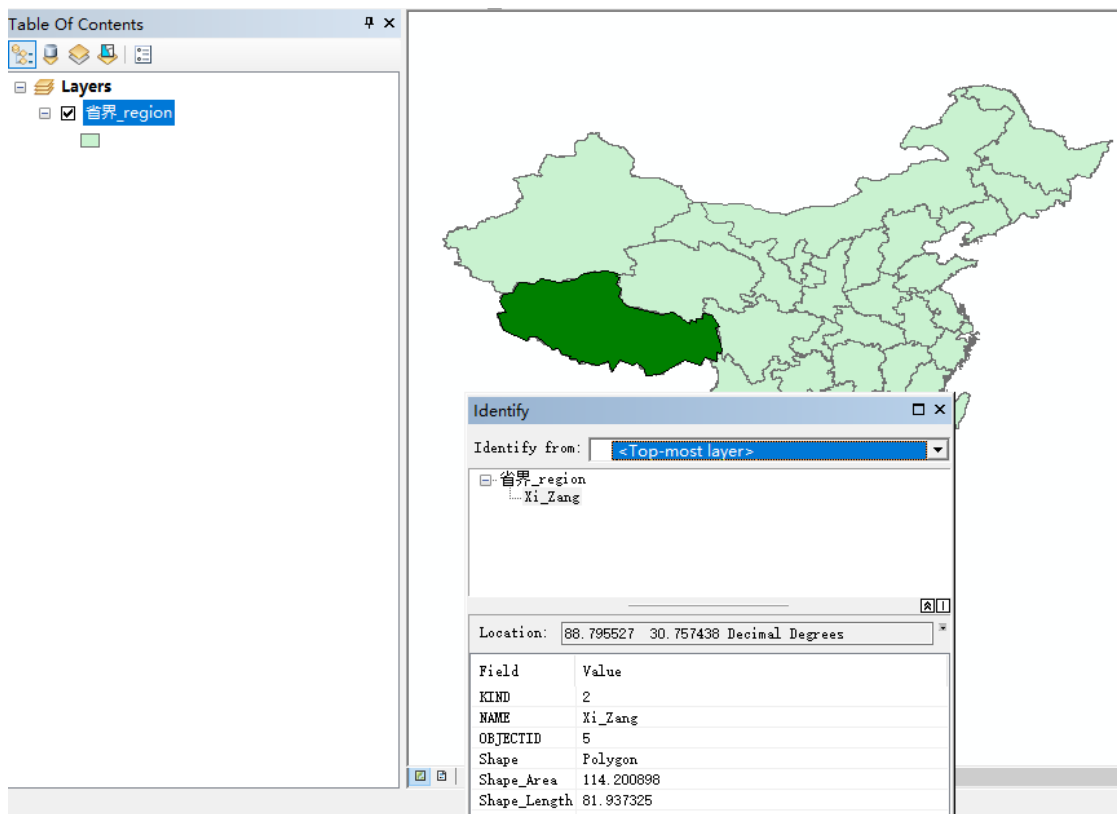


图 1.5 利用 ArcGIS 观察 Feature 数据

同样的，根据在 ArcGIS 中的操作思路，在 GEE 中实现这个例子的代码如下：

```
var China_Provinces = ee.FeatureCollection("users/wangjinzhulala/China_Provinces");  
//加入中国行政界线，并重命名为 China_Provinces  
Map.centerObject(China_Provinces,4)  
//将显示中心调整为 China_Provinces，缩放级别调整为 4  
Map.addLayer(China_Provinces)  
//将 China_Provinces 以默认方式显示在地图上
```

当代码运行完毕后，点击屏幕右上方的 **Inspector** 栏目，等鼠标变成十字查询状态后，点击西藏地图的任意位置，观察 **Inspector** 栏目中的信息。可以发现，GEE 比 ArcGIS 能更加详细的反映矢量信息，首先 Feature 下边的 Type 显示出点击的矢量是一个 Feature 数据，然后这个数据的 Id(可以理解为这个数据在 GEE 中的“身份证”)也显示了出来；然后下边是 Geometry 信息，可以看出西藏边界是一个 Type 为 Polygon 的数据(可以理解为面)，这个数据由 17598 个坐标点组成，这些坐标点存储在一个 List 数据集中；最下边 Property 信息，可以看出 Feature 的“Kind”、“Name”、“Shape_Area”等属性信息。具体情况见图 1.6。

更进一步的思考，我们可以发现，相对于 ArcGIS 来说，GEE 的操作相对繁琐，但是能获得更多的信息。另外，在上述表达中出现了“Type”、“List”、“Polygon”等概念，我们通过本例也能对这些概念也有直觉上的理解。最后，GEE 相对 ArcGIS 虽然操作更加复杂，但是利用代码能更加自由的对空间数据进行分析 and 操作，这在后续的学习会得到体现。

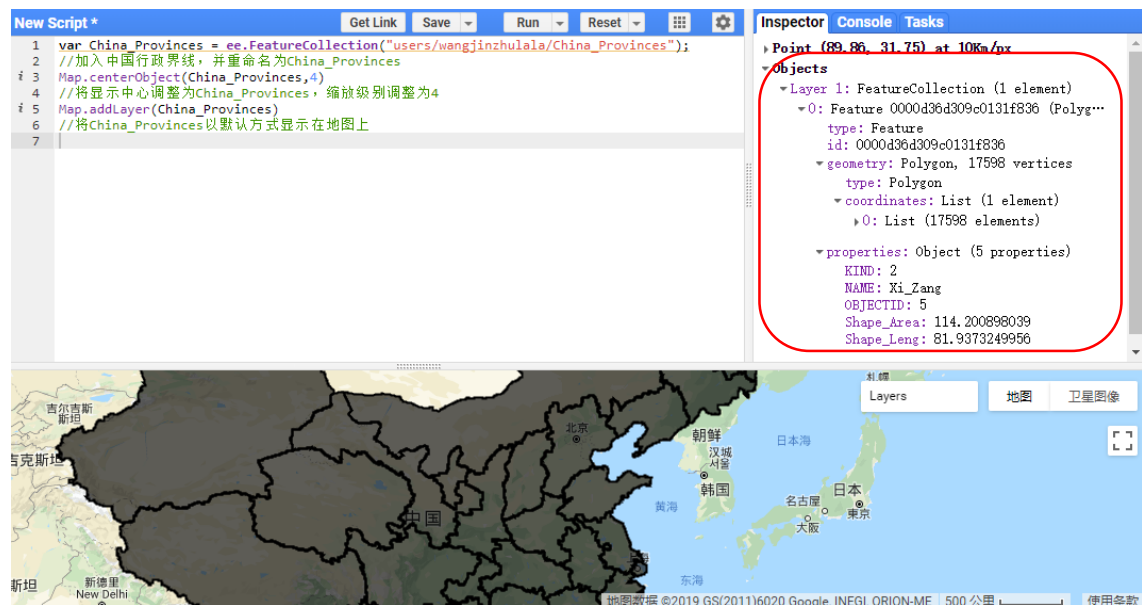


图 1.6 利用 ArcGIS 观察 Feature 数据

1.3 空间数据的坐标

无论是栅格数据还是矢量数据，在空间分析的语境中都必不可少的涉及到“坐标”这一概念。“坐标”可以理解为一位置系统(类比人民币和美元)，“坐标变换”可以理解为从一种位置系统向另一种位置系统的数学变换(类比人民币兑美元 6:1 或者美元兑人民币 6:1)。

在 GEE 中，当系统处理栅格数据时，会首先确定栅格左上角的坐标(例如 E 107.35, N29.75)，然后根据每个栅格的大小(例如 30m×30m)将栅格中的每个像素“铺”在底图上。在处理矢量数据时，根据上一小节的表述可知，矢量数据的空间属性本质上是由点构成的，因此首先确定参考点的坐标(例如 E 107.35, N29.75)，然后利用数学公式将其他点的坐标计算出来。

上述表达中采用经纬度来表达点的坐标位置，这是一种称为“地理坐标系”的表述方法，另一种常用的坐标系是“投影坐标系”，投影坐标系常在计算面积时使用。中国有自己的投影坐标系(西安 80,北京 94 等)，美国有美国的投影坐标系(San_Francisco_CS13 等)。因为地球不是完美的几何图形，因此理论上采用所在地区的投影坐标系是最准确的。限于篇幅，这里对坐标系的讨论偏向直觉和概念，更多细节还需要结合专业知识加深学习。



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

本材料由王金柱（西南大学&迪肯大学）创作。如有需要请与我联系。

This doc contributed by Jinzhu Wang of Southwest University & Deakin University.

Email: wangjinzhu1a@gmail.com