

4.2 地图切片

地图切片是采用预生成的方法，将地图存放在服务器端，然后根据用户提交的不同请求，将相应的地图瓦片发送给客户端的过程。它是一种多分辨率的层次模型，按照一定的规则将数据处理成以“级 - 行 - 列”方式组织的图片集或数据集，以类似于金字塔的形式存储。从瓦片金字塔底层到顶层，表示的地理范围不变，但分辨率越来越低。

地图切片的优势在于能够减小地图加载的时间和带宽消耗，提高地图的显示效率和用户体验。当用户在地图上进行缩放或平移操作时，地图软件会动态加载和显示对应范围的地图切片，而不是加载整张地图，这样可以减少数据传输量和地图渲染的计算量。

地图瓦片的加载过程：客户端提交一个特定地图范围和级别请求，服务端通过“级 - 行 - 列”，返回对应的底图瓦片给客户端，进行渲染，如图 4-2 所示。

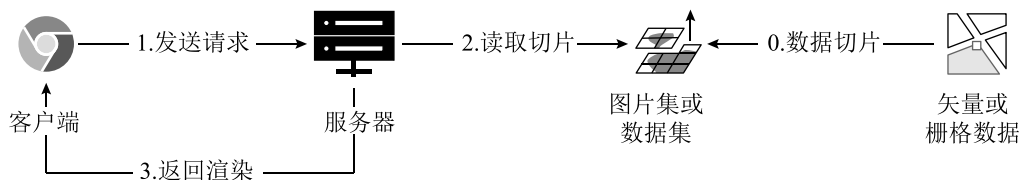


图 4-2 获取地图切片的流程

地图切片有其自身的优势，具体如下。

（1）按需加载。一方面，地图切片通过预先生成和存储瓦片的方式，将地图数据按照一定的规则划分为若干个固定大小的瓦片（Tile），用户请求时只加载当前视图区域的数据，而不是整个地图，大大提高了地图的加载速度和响应性能。另一方面，由于只加载当前屏幕的可见部分，可以显著减少数据的传输量，这对于移动设备和低带宽连接尤为重要；当用户再次访问已经查看过的地图区域时，浏览器可以直接使用之前缓存的瓦片，不需要重新下载，进一步节约了宽带资源。

（2）多级缩放。地图切片通常使用分层结构（例如，XYZ 切片方式），这允许地图在不同的分辨率下保持清晰和高效，用户可以根据需要切换不同的地图细节，获得更加丰富的地图信息。

（3）优化用户体验。用户可以通过 Ajax 技术异步下载每个地图切片，使得用户的每一步交互（如移动地图）都不必再次下载所有的地图切片，用户可以在更短的时间内看到地图内容，减少了等待时间，从而提升地图的交互性和用户体验。

（4）跨平台兼容性。地图切片可以适用于 Web、桌面端和移动端等各种设备和操作系统，使地图服务可以轻松地跨多个平台部署。

（5）支持离线访问。用户可以预先下载并缓存地图切片，即使在网络连接不可用时也能查看地图。

4.2.1 切片原理

栅格切片概念的背后，是一个基于预先设定好的包含自定义符号和样式的原始数据集，所有的瓦片都是使用同一套样式规则。这种方式的一个缺点是，当数据集有修改时，

全部的瓦片生成程序都需要重新运行，生成新的瓦片。

矢量切片操作的是矢量数据，服务侧只需要存储矢量数据的几何特征，矢量要素的符号、渲染和放大等级等都运行在客户端。所以，矢量瓦片使得改变符号和拓扑结构变得容易。

一般而言，相同的范围和放大级别，所需要的矢量瓦片大小一般少于栅格瓦片。地图切片的发展也是先有栅格切片，才逐渐出现矢量切片。学习切片原理，首先需要了解几个概念，包括切片范围、切片原点、切片大小、切片分辨率等，如图 4-3 所示。

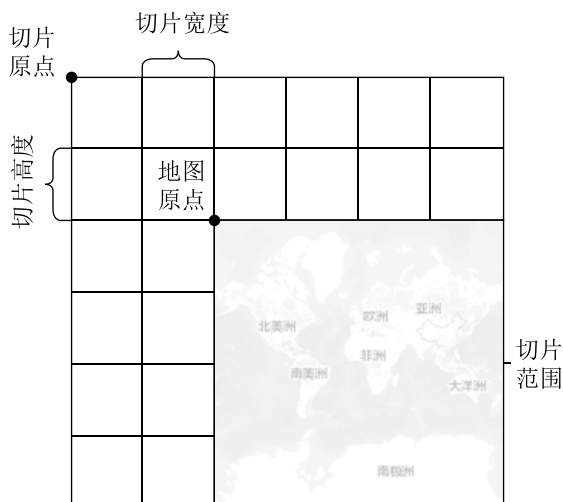


图 4-3 地图切片

1. 切片范围

切片范围（Tile Extent）是指在制定切片规则时，需要定义一个大于数据范围或者与数据范围一致的切片范围，它与数据范围不是同一个概念。数据范围是数据的实际范围，而切片范围是指切片的规则范围，如 EPSG:4326 下的切片范围可设置为 $[-180, -90, 180, 90]$ 。

2. 切片原点

在确定了切片范围后，需要定义一个切片原点（Tile Scheme Origin）。切片原点的选择有两种：左上（如 xyz）或者左下（如 tms）。切片原点的选择主要影响“级 - 行 - 列”中的“列”，如在有些框架中将 tms 的请求地址可以写成 $\{z\}/\{x\}/\{-y\}$ ，代表切片原点位于地图的左下角。同理，切片地图的原点也与切片原点方向一致，都为左上角或左下角。

3. 切片大小

切片大小（Tile Size）由每个切片的宽度 $\times$ 高度决定。对于栅格切片，切片大小是指切片完成后每张图片的大小。对于矢量切片，切片大小指的是客户端在渲染切片数据时所呈现出来的大小。早期切片的大小是 256 像素，这个和当时计算机的分辨率比较小有很大关系，随着技术的进步，现在很多切片会采用 512 像素的大小，矢量切片在渲染时就是采用的这个大小。

4. 切片分辨率

切片分辨率（Tile Resolution）是根据切片范围和切片大小计算而来的，如切片的范围为 $[-180, -90, 180, 90]$ ，切片的大小为 256 像素，则在第 0 级时分辨率的计算公式为 $(180 - (-180)) / 256 = 1.40625$ 。切片分辨率和级别相对应，其计算公式为：

$(x_{\max} - x_{\min}) / \text{tileSize} * \text{Math.pow}(2, \text{zoom})$

其中, $(x_{\max}, x_{\min})$ 表示经度范围, 分别为经度最大值和最小值。tileSize 表示切片大小, zoom 表示级别。从最小级别到最大级别对应的分辨率所形成的组称为分辨率组。

与分辨率对应的还有一个概念——比例尺, 可以通过分辨率计算得到比例尺。如果地图单位是米, dpi=96, 1 英寸=2.54 厘米, 1 英寸=96 像素, 最终换算的单位是米, 两者的转换关系则为:

$\text{Scale} = 1 : (96 * \text{Resolution} / 0.0254)$

其中, Scale 表示比例尺, Resolution 表示分辨率。

地图切片在服务端预先分层切片全量渲染, 形成类似的金字塔模型, 如图 4-4 所示。其中, 0 级只包含一个切片, 这也是地图的切片范围。1 级时, 地图被切片成 2×2 个切片, 2 级时, 地图切片为 4×4 个, 以此类推, 第 n 级的切片为 $2^n \times 2^n$ 。地图在每个级别的切片范围都是一样的, 但每一级的要素不一样, 展示的内容也不同。

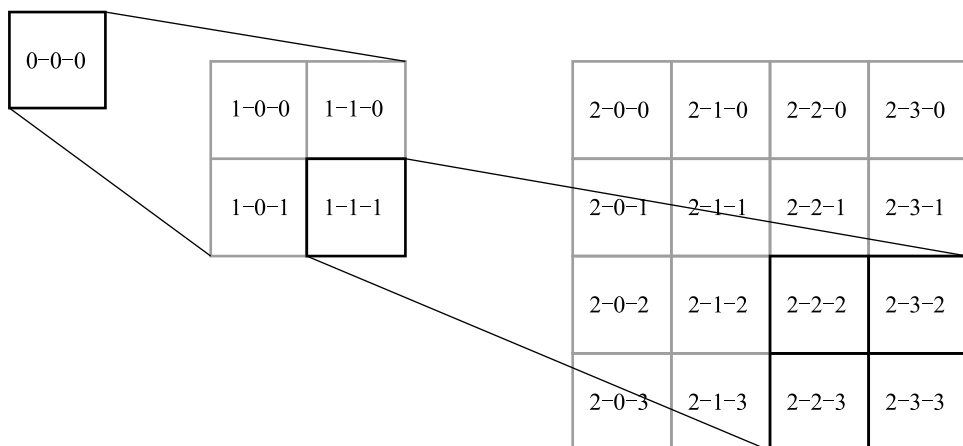


图 4-4 切片原理

用户每次访问时, 根据当前的地理范围映射到瓦片坐标的图片索引 (XYZ), 然后从后端请求这些图片索引, 客户端拿到图片后按照顺序依次渲染图片即可。

4.2.2 切片类型

地图切片包括栅格切片和矢量切片。这是两种不同的数据切片技术, 在实际应用中, 根据应用场景和数据特征不同, 选择合适的切片技术可以提高 Web 地图应用的性能和用户体验。

1. 栅格切片

栅格切片可用于遥感影像、数字地图和卫星图像等大型栅格数据集的发布, 或大数据量矢量数据的切片发布。使用栅格切片可以提高数据处理效率, 但是, 栅格切片缺乏灵活性, 切片一旦生成就无法再改变样式。栅格切片缺乏实时性, 当数据发生变化时, 需要重新执行切片操作。另外, 栅格切片的数据完整性受损, 无法进行属性查询等操作。栅格切片的分辨率通常是固定的, 这可能会导致某些区域的数据精度过低, 从而影响数据分析和处理的准确性。

2. 矢量切片

为了弥补栅格切片的不足，发展出矢量切片。矢量切片是将数据按照规则进行裁切并保存，客户端根据需求发送请求，服务器返回对应参数的数据给客户端做渲染，因此矢量切片对于客户端的要求比栅格切片高一些。

相比栅格切片，矢量切片可以保留原始矢量数据的准确性和细节，数据精度更高、矢量切片更灵活，具有更细粒度的数据划分。矢量切片的数据信息接近无损，且矢量数据通常比栅格数据的体积更小。矢量切片样式可改变和定制，可以更灵活地控制地图的样式和交互性，实现更复杂的地图效果和用户体验。最后，矢量切片的数据更新快，更加灵活，比较适用于需要高精度地图数据和复杂地图效果的应用场景。

4.2.3 切片服务

常见的切片服务有 XYZ、TMS 和 WMTS 等格式，前面小节中有所提及，本节结合切片进行详细说明。

1. XYZ 服务

XYZ 是最常用、也最常见的一种切片服务格式，谷歌、高德、OSM 等都是采用这种方式。它的切片坐标是 EPSG:3857，切片四至为 $[-20037508.34, -20037508.34, 20037508.34, 20037508.34]$ ，切片原点为左上角，即 $[-20037508.34, 20037508.34]$ 。

XYZ 服务在请求时需要在 URL 中指定 xyz 参数，其中 z 为地图级别，x 为行号，y 为列号。以 OSM 为例，获取一个 OSM 的地图服务的方式为 `https://tile.openstreetmap.org{z}/{x}/{y}.png`。

2. TMS 服务

TMS 是 OSGeo 创建的协议，GeoServer 等开源地图服务就是通过该格式提供切片服务。TMS 的切片坐标和切片四至均与 XYZ 服务一致，只是其切片原点不同。TMS 服务的切片原点为左下角，即 $[-20037508.34, -20037508.34]$ 。

在有些框架中，调用 TMS 服务需要指定其切片方式为 TMS。同时，为方便在有些框架中使用，TMS 服务也支持通过 `{z}{x}{-y}` 的方式调用。

3. WMTS 服务

WMTS 是 Web 地图切片服务（Web Map Tils Service）的简称，与 XYZ 切片服务的方式类似，只是其“级 - 行 - 列”的参数变成了 `tilematrix`、`tilerow`、`tilecol`，因此需指定其 `tilematrixset` 参数。一个完整的 WMTS 的请求 URL 示例如下，URL 中参数的具体含义，请参考 4.1 节中的说明。

```
https://ip:port/geoserver/gwc/service/wmts?layer=lzugis:province&tilematrixset=
EPSG:4326&Service=WMTS&Request=GetTile&Version=1.0.0&Format=image/png&TileMatrix
=EPSG:4326:3&TileCol=13&TileRow=33
```

4.2.4 切片工具

切片工具有开源工具和商业工具，商业工具如 Arcgis Server、Supermap Server 等，本节主要讲开源的切片工具：GWC 和 QGIS。

1. GWC

GWC (GeoWebCache) 是一个基于 Java 的瓦片服务器，可以将 WMS 服务进行切片缓存。

地图客户端在调用 WMS (Web 地图服务) 服务时，由于服务器实时出图，这可能会增加等待时间。GeoWebCache 通过在请求时保存 (缓存) 地图图像或切片来优化这种体验，实际上充当客户端 (例如 OpenLayers 或 Google Maps) 和服务器 (例如 GeoServer 或任何 WMS 兼容服务器) 之间的代理。

当请求新的地图和切片时，GeoWebCache 会拦截这些调用并返回预渲染切片，或者调用服务器以根据需要渲染新切片。因此，一旦存储了瓦片，地图渲染的速度就会提高很多倍，从而大大改善用户体验。图 4-5 所示就是上述所讲的 GWC 工作流程。

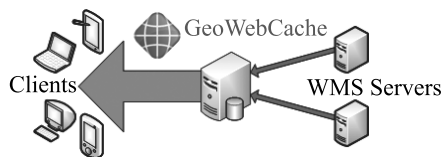


图 4-5 GeoWebCache 工作流程

使用 GeoWebCache 首先需要进行安装，有两种方式。

1) war 包安装

访问 GWC 官方网站 (<https://www.geoWebcache.org/>)，下载最新安装包 (geoWebcache-1.15.0-war.zip)。这是一个 Java 的 war 包，将其解压后直接放到 Tomcat 的 Webapp 目录下，启动 Tomcat (可以参考 5.2 节)。启动后，在浏览器中输入地址 `http://IP:端口/geoWebcache`。GeoWebCache 的 Web 界面如图 4-6 所示。

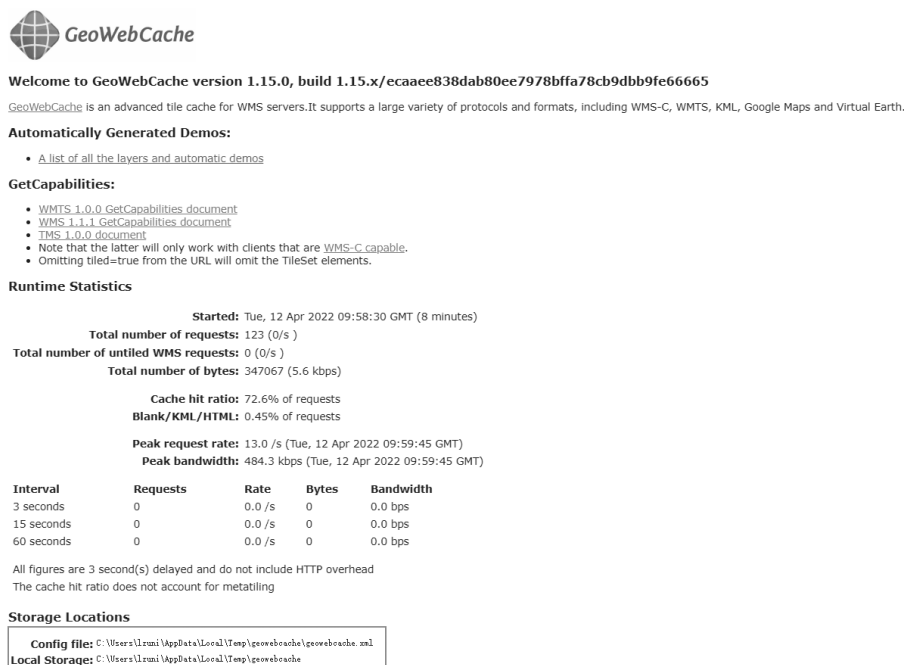


图 4-6 访问 GeoWebCache

单击页面上的“A list of all the layers and automatic demos”字样，可以看到已经配置好的图层列表，如图 4-7 所示。在该列表中，可以对图层进行切片或者预览等操作。

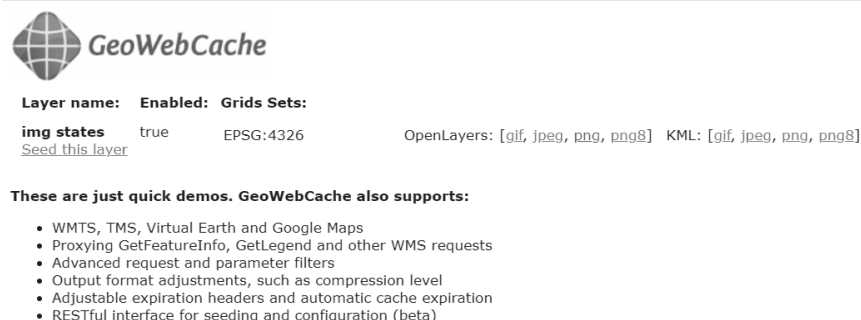


图 4-7 GeoWebCache 图层列表

在 GeoWebCache 页面最底部的“Storage Location”中，显示了配置文件的位置。找到 geoWebcache.xml 文件，使用记事本打开后如图 4-8 所示。在配置文件中，Service Infomation 为服务信息，说明服务的能力等，gridsets 为切片网格配置，layers 节点为配置好的需要切片的文件。



图 4-8 GeoWebCache 配置

2) GeoServer 中集成

除了直接下载安装包外，GeoServer 中也集成了 GWC，可以在 GeoServer 中使用 Tile Caching 下的 Tile Layers 功能进行切片，如图 4-9 所示，具体使用方式参考第 5 章的有关内容。

GWC 默认只支持栅格切片，进行矢量切片还需要添加矢量切片插件，具体可以参考 5.5 节中插件的下载与安装及矢量切片插件的相关内容。