



注意△本文档的所有权和解释权归咸鱼用户 jay-eason 所有，[点击查看](#)咸鱼宝贝

一、Colmap稀疏重建

安装Colmap

1. 下载 Colmap，如果不需要使用稠密重建无需下载带 CUDA 版本的（稍大），这里给一个国内下载链接：

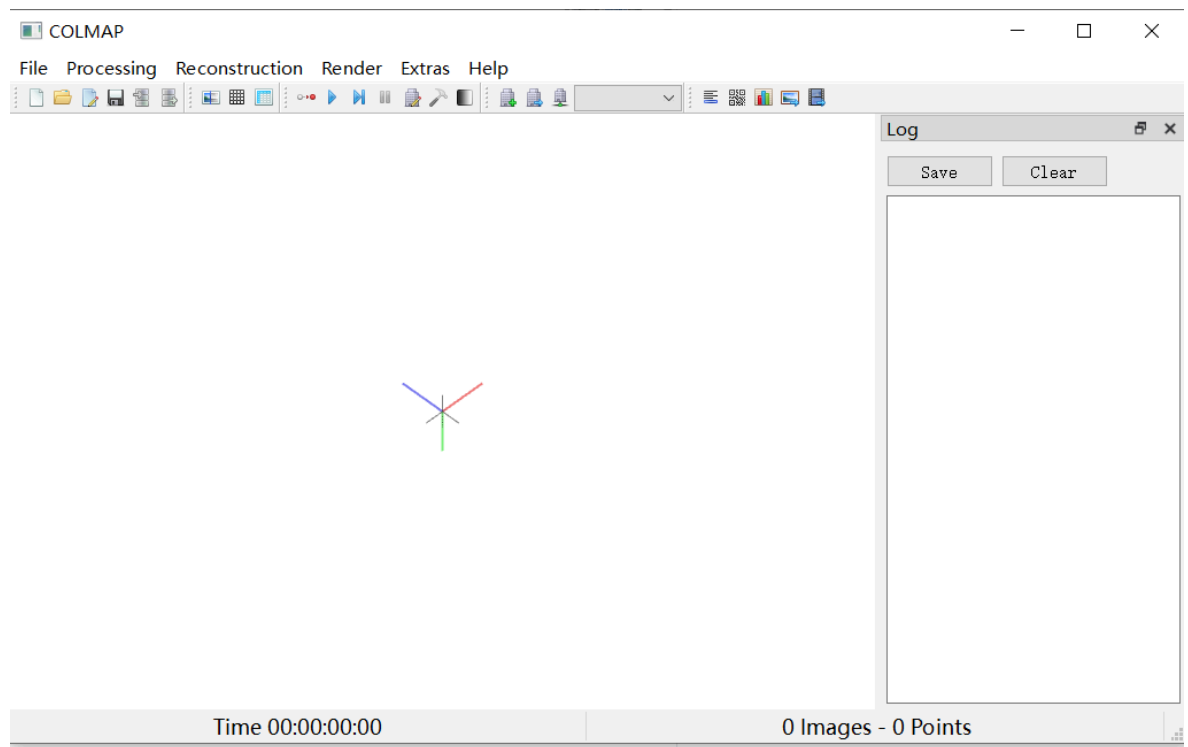
链接：<https://pan.baidu.com/s/1KUbkKhDCvjo0ws2DkFON3pQ?pwd=ddnp>

提取码：ddnp

2. 解压后文件夹应是这样的：

名称	修改日期	类型	大小
bin	2022/8/4 16:59	文件夹	
image folder	2022/8/4 17:13	文件夹	
lib	2022/8/4 16:59	文件夹	
workspace	2022/8/4 17:21	文件夹	
COLMAP.bat	2022/1/25 21:11	Windows 批处理...	3 KB
PR_a19256	2022/8/4 18:33	文件	7,168 KB
PR_b19256	2022/8/4 18:33	文件	11,264 KB
RUN_TESTS.bat	2022/1/25 21:13	Windows 批处理...	2 KB
test_from_file_transform.txt	2022/8/4 17:01	文本文档	1 KB

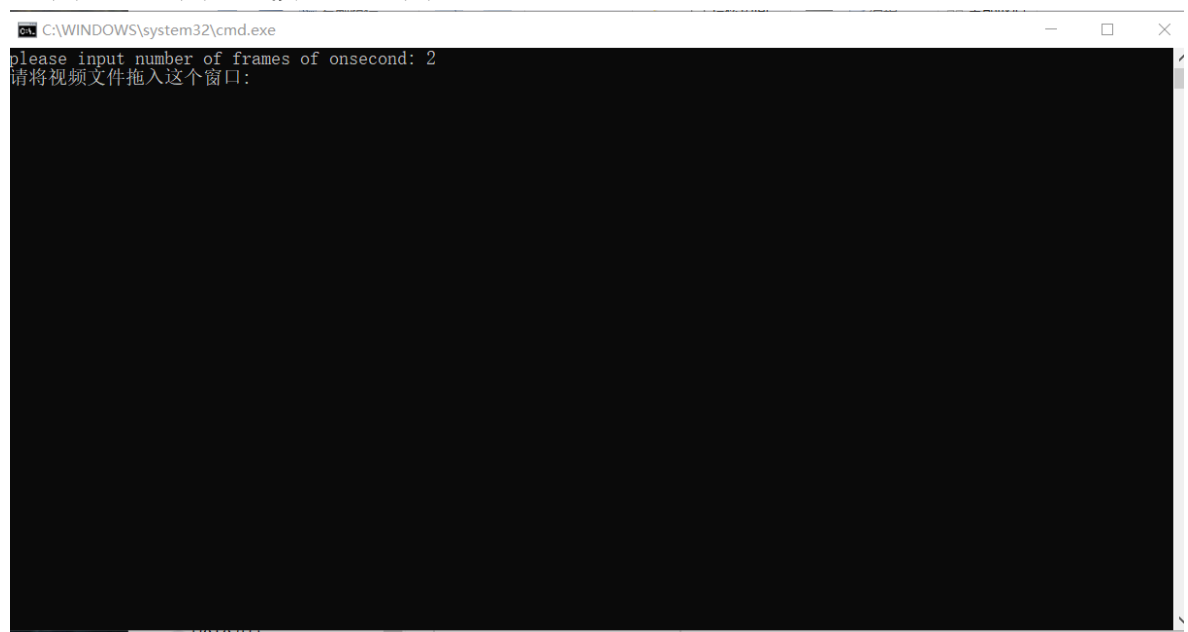
双击 COLMAP.bat 打开命令行，稍等片刻即可见到 colmap 图形界面：



准备你的数据

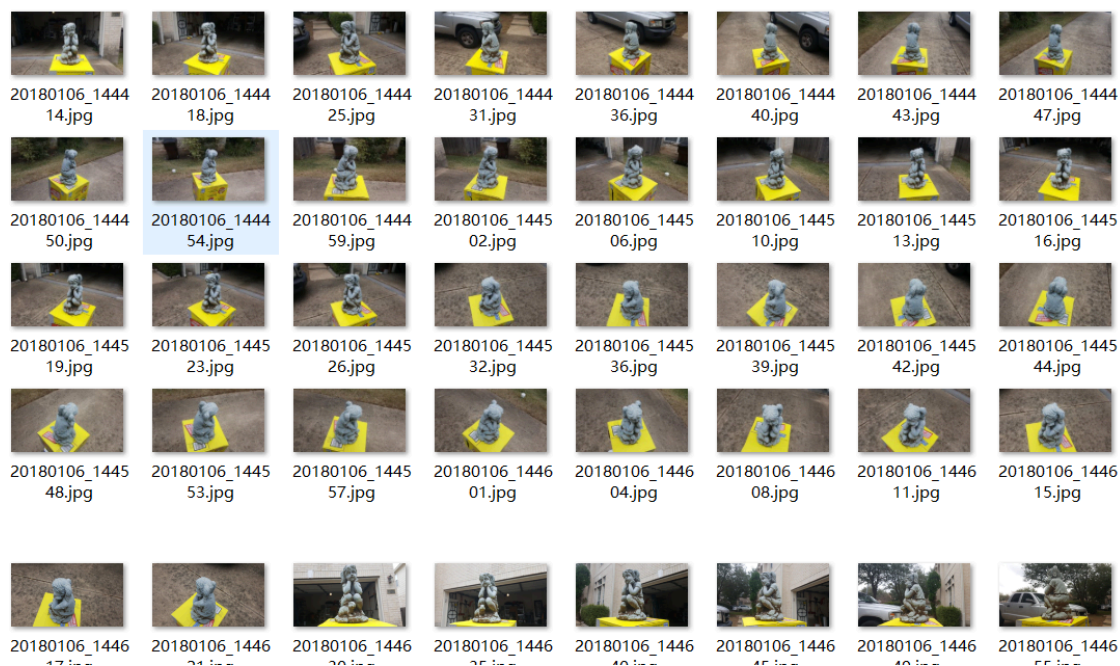
1. 通过视频抽帧获取图片(可选)：

- 打开视频抽帧脚本，输入每秒要抽帧数量，这里输入2（一般视频每秒有 24/30/60 帧），抽帧脚本可以咸鱼下单或者在qq上找作者要。
- 将视频拖入视频抽帧脚本（视频目录不要包含中文和空格）



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Stream #0:0 -> #0:0 (hevc (native) -> png (native))
Press [q] to stop, [?] for help
Output #0, image2, to '_frames\frame%03d.png':
Metadata:
  major_brand      : qt
  minor_version    : 0
  compatible_brands: qt
  com.apple.quicktime.creationdate: 2024-03-29T22:39:54+0800
  com.apple.quicktime.location.accuracy.horizontal: 22.708547
  com.apple.quicktime.location.ISO6709: +38.8832+121.5300+032.045/
  com.apple.quicktime.make: Apple
  com.apple.quicktime.model: iPhone 13
  com.apple.quicktime.software: 15.4.1
  encoder          : Lavf61.1.100
Stream #0:0(und): Video: png, rgb48be(pc, gbr/bt2020/arib-std-b67, progressive), 1920x1080, q=2-31, 200 kb/s, 1 fps, 1
tbn (default)
Metadata:
  creation_time : 2024-03-29T14:39:54.000000Z
  handler_name  : Core Media Video
  vendor_id     : [0][0][0][0]
  encoder       : Lavc61.3.100 png
Side data:
  DOVI configuration record: version: 1.0, profile: 8, level: 4, rpu flag: 1, el flag: 0, bl flag: 1, compatibility
id: 4
Ambient Viewing Environment, ambient_illuminance=314.000000, ambient_light_x=0.312700, ambient_light_y=0.329000
[out#0/image2 @ 0000025e376da000] video:492441KiB audio:0KiB subtitle:0KiB other streams:0KiB global headers:0KiB muxing
overhead: unknown
frame= 56 fps=4.8 q=-0.0 Lsize=N/A time=00:00:56.00 bitrate=N/A speed=4.81x
抽帧完成，帧图像存放在: _frames
Press any key to continue . . .
```

- 生成的照片储存在脚本目录的 `_frames`，新的视频抽帧生成的文件夹会覆盖之前的文件！



2. 通过拍照或者视频抽帧获取的图片要尽量清晰，尤其注意要避免**运动模糊**，模糊的照片会对稀疏重建算法造成较大影响，尽可能挨个检查一下，删除质量较差的照片。

使用Colmap获取相机位姿

使用Colmap生成OpenMVS需要的文件

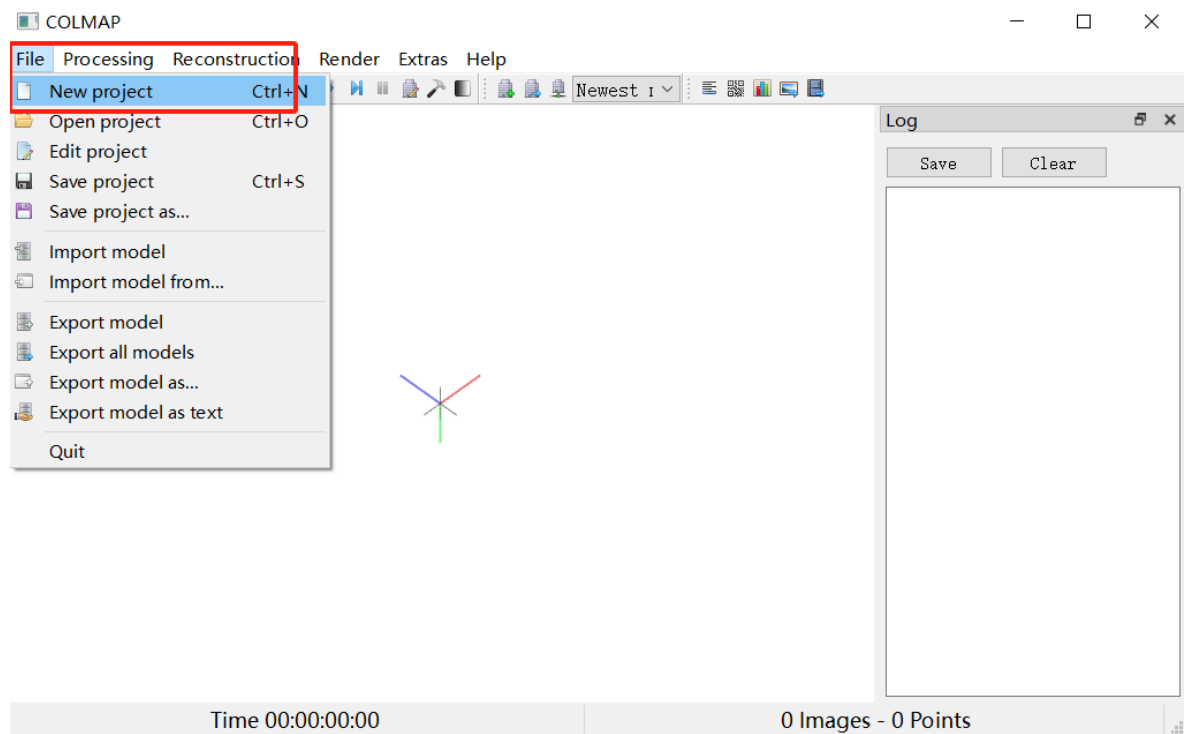
1. 新建文件夹，目录结构：

```
toy/  
  images/  
    toy1.jpg;  
    toy2.jpg;  
    ....  
  sparse/  
    toy.db  
    xxx.txt  
    ...  
    xxx.ini  
    xxx.nvm  
    ...
```

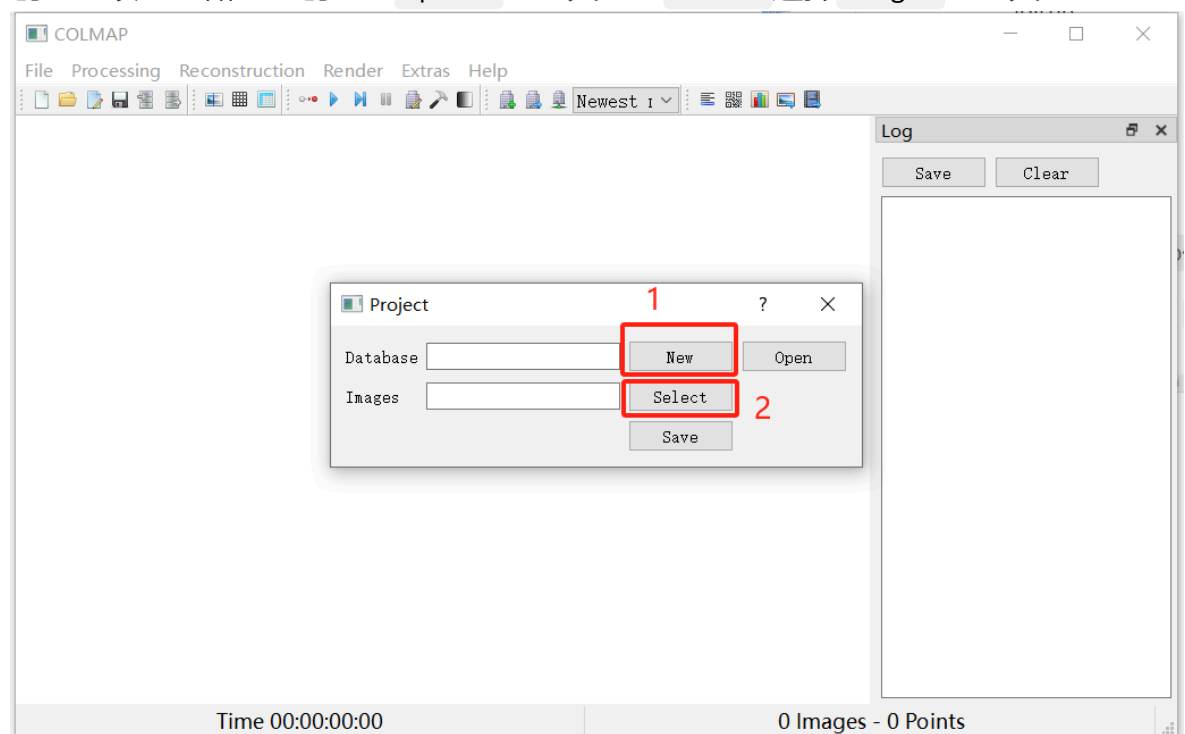
这里的 `toy` 可以自己随意命名,在这里用其举例说明

注意一定要将储存colmap信息的文件夹名命名为 `sparse` (此时是空文件夹)，储存照片的文件夹命名为 `images` (将之前获得的照片放入该文件夹内)

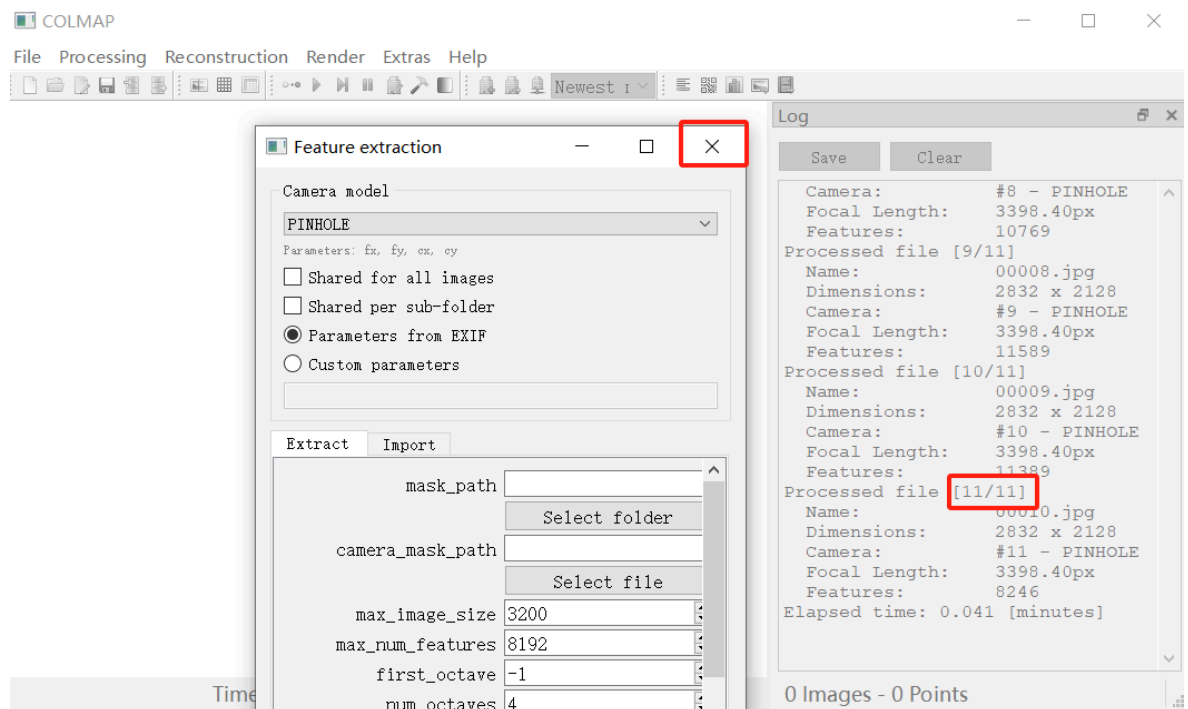
2. 打开 Colmap 图形界面， `File->New project` (如果目录包含中文则会创建不成功)



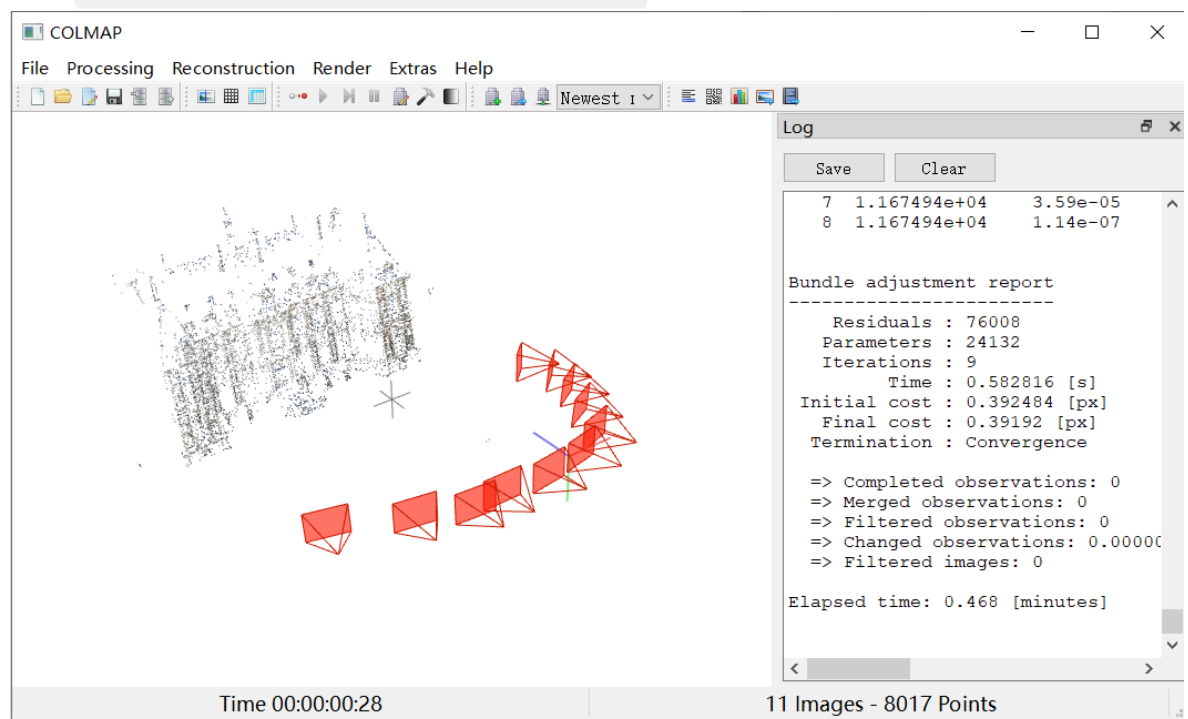
3. 创建新项目，储存在创建的 `sparse` 文件夹下，`Select` 选择 `images` 文件夹



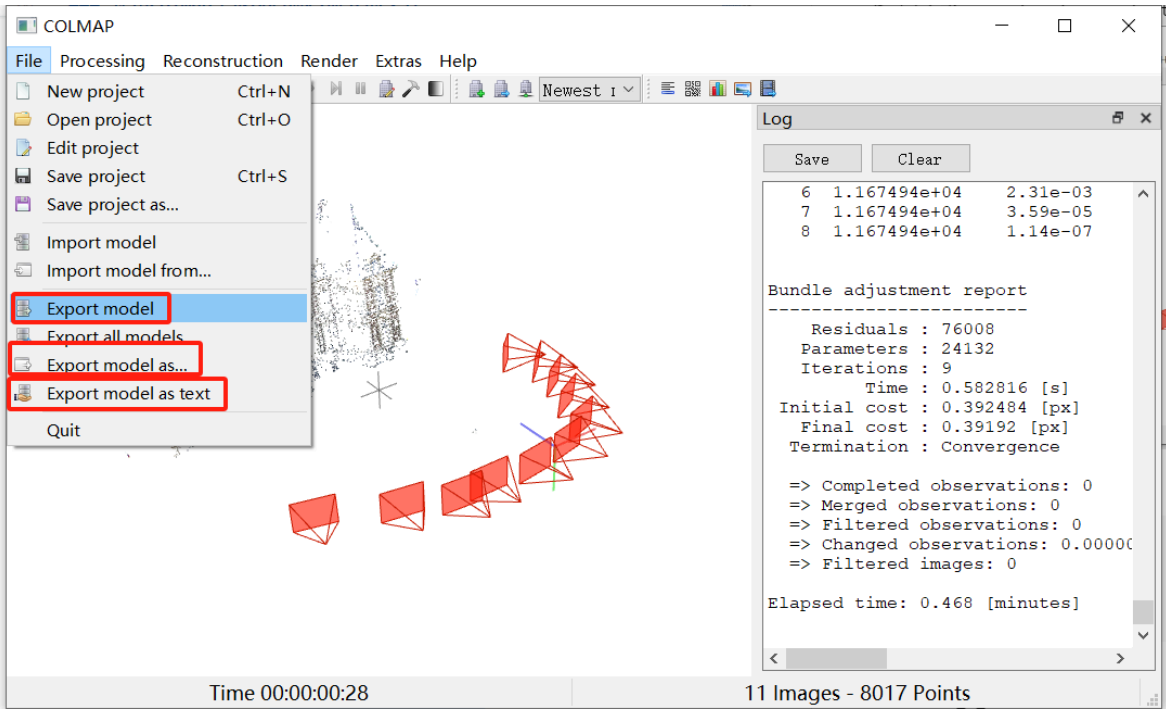
4. 点击 `Processing`->`Feature extraction` 相机模式设置为 `PINHOLE`，其他参数默认。点击 `Extract` 进行提取，完成后点击关闭。



5. 点击 Processing->Feature matching 参数默认, 直接点击 run, 完成后点击关闭。
6. 点击 Reconstruction->start reconstruction, 等待重建完成。



7. 稀疏重建后导出到 sparse 文件夹内 :



Export model
Export model as...
Export model as text

保存后的 sparse 文件夹应当包含以下文件

名称	修改日期	类型	大小
2.db	2024/5/7 23:13	ANSYS v150 .db ...	18,264 KB
cameras.bin	2024/5/7 23:17	BIN 文件	1 KB
images.bin	2024/5/7 23:17	BIN 文件	2,682 KB
points3D.bin	2024/5/7 23:17	BIN 文件	697 KB
nvm.nvm	2024/5/7 23:17	NVM 文件	1,413 KB
project.ini	2024/5/7 23:17	配置设置	5 KB
cameras.txt	2024/5/7 23:17	文本文档	1 KB
images.txt	2024/5/7 23:17	文本文档	4,406 KB
points3D.txt	2024/5/7 23:17	文本文档	1,009 KB

至此 colmap 任务完成，保存关闭即可(覆盖ini文件)。

二、OpenMVS使用

命令行使用

1. 将toy文件夹拖动到 InterfaceCOLMAP.exe 上打开（简单快捷），或者使用命令

```
InterfaceCOLMAP.exe -w ...你的路径/toy
```

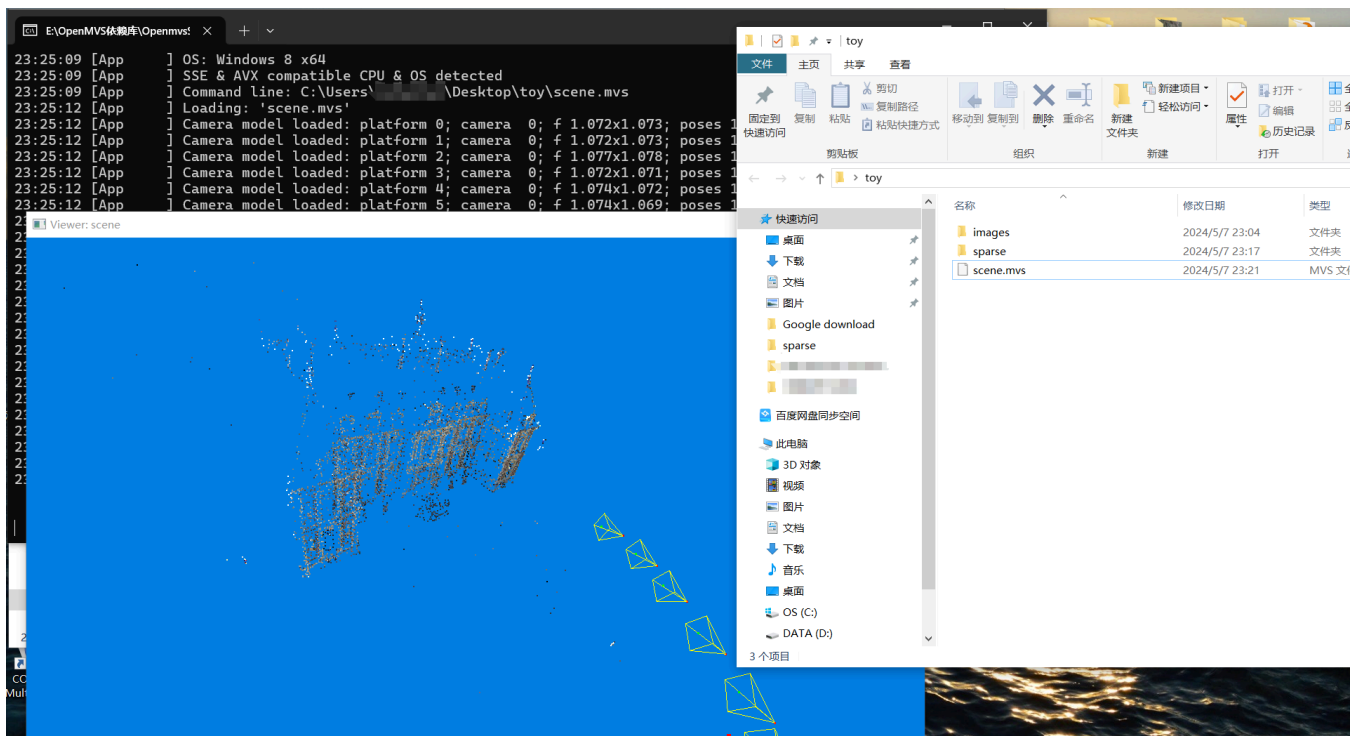
其他使用方法可以查看官网，或者双击 InterfaceCOLMAP.exe 查看命令含义（在文件夹下生成的.log文件内查看）

Generic options:

-h [--help]	produce this help message
-w [--working-folder] arg	working directory (default current directory)
-c [--config-file] arg (=InterfaceCOLMAP.cfg)	file name containing program options

...

程序运行完毕后会生成 scene.mvs 文件，可以使用 openmvsSamples 文件夹下的 Viewer.exe 查看（将 .mvs 文件拖动到 exe 文件上）



2. 将生成的 `scene.mvs` 拖动到 `DensifyPointCloud.exe` 生成稠密点云。
3. 完成后将生成的 `scene_dense.mvs` 拖动到 `ReconstructMesh.exe` 上重建网格。
4. 完成后将生成的 `scene_dense_mesh.mvs` 拖动到 `RefineMesh.exe` 上优化网格。
5. 完成后将生成的 `scene_dense_mesh_refine.mvs` 拖动到 `TextureMesh.exe` 上贴图。
6. 查看方式：

- 将要查看的 `mvs` 文件拖动到 `Viewer.exe` 上打开即可查看，有的电脑可能缺乏一些动态库或者不兼容的问题无法使用 `Viewer.exe`，可以使用第二种方式查看。
- 生成的模型文件为 `.ply` 格式文件，可以使用 `meshlab` 查看。

注意： `ply` 格式是广泛使用的储存三维点云、网格、贴图的数据交换格式， `mvs` 文件仅限 `OpenMVS` 使用

通过Vsual Studio运行

有许多人询问用如何通过 VS 运行 OpenMVS，现新增通过 Viual Studio 运行案例的方法。

操作步骤

1. 首先确保你已完成或具备以下条件：

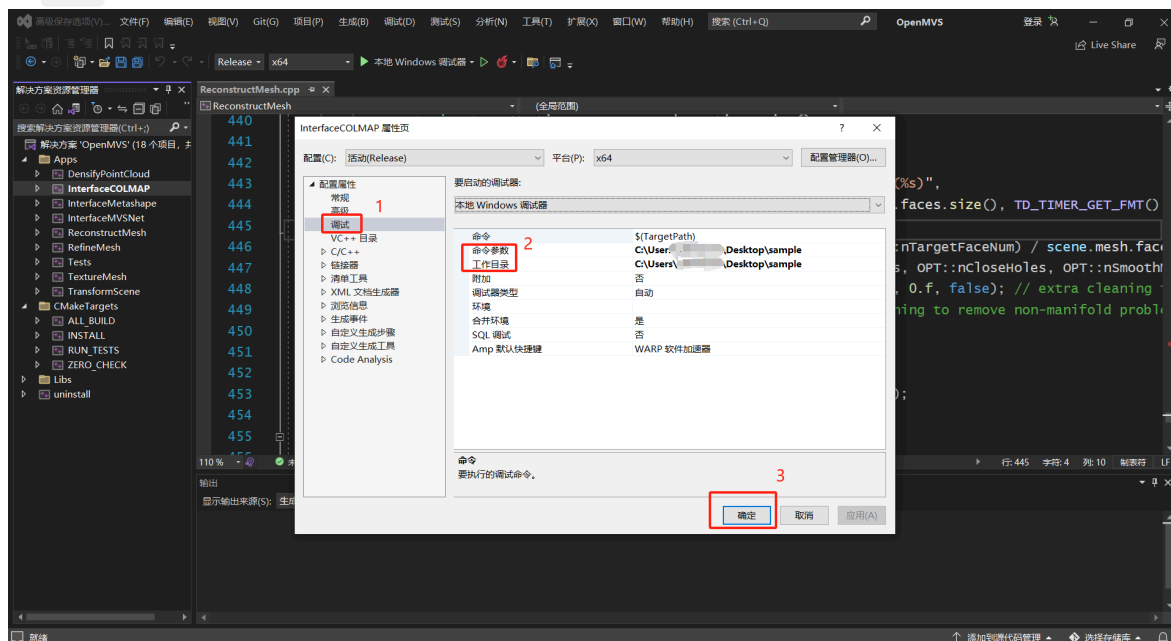
- 已经编译完成（如果你更改了代码需要重新编译，如果没有则不需要，因为在生成 exe 文件的时候已经编译过了）

- 你已经完成了 colmap 的重建，并将文件保存在了 sparse 中。

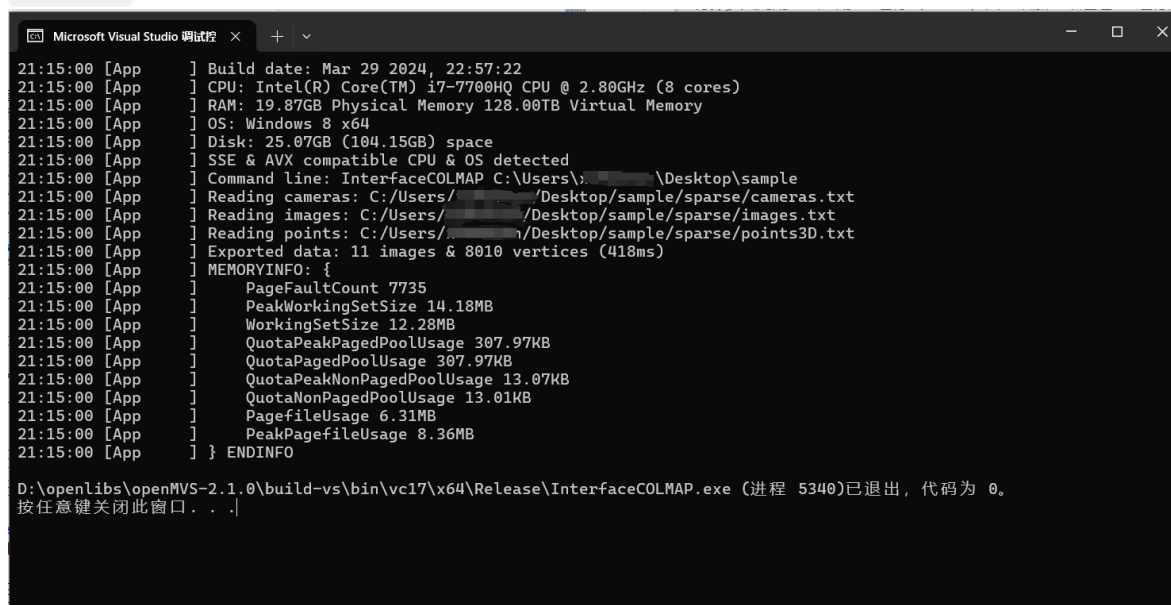
注意：对于使用官方案例重建（或者你已经有了一个 mvs 文件）的直接查看第3步

2. 从 COLMAP 文件生成最初的 .mvs 文件：

- 右键点击 InterfaceCOLMAP 项目 -> 设置为启动项目
- 右键 属性 -> 调试，命令参数 和工作目录 都设置为你的项目文件夹，在本文档案例中是 toy 文件夹，点击确定。



- Ctrl+F5 运行项目，这时候如果成功会弹出命令行对话框

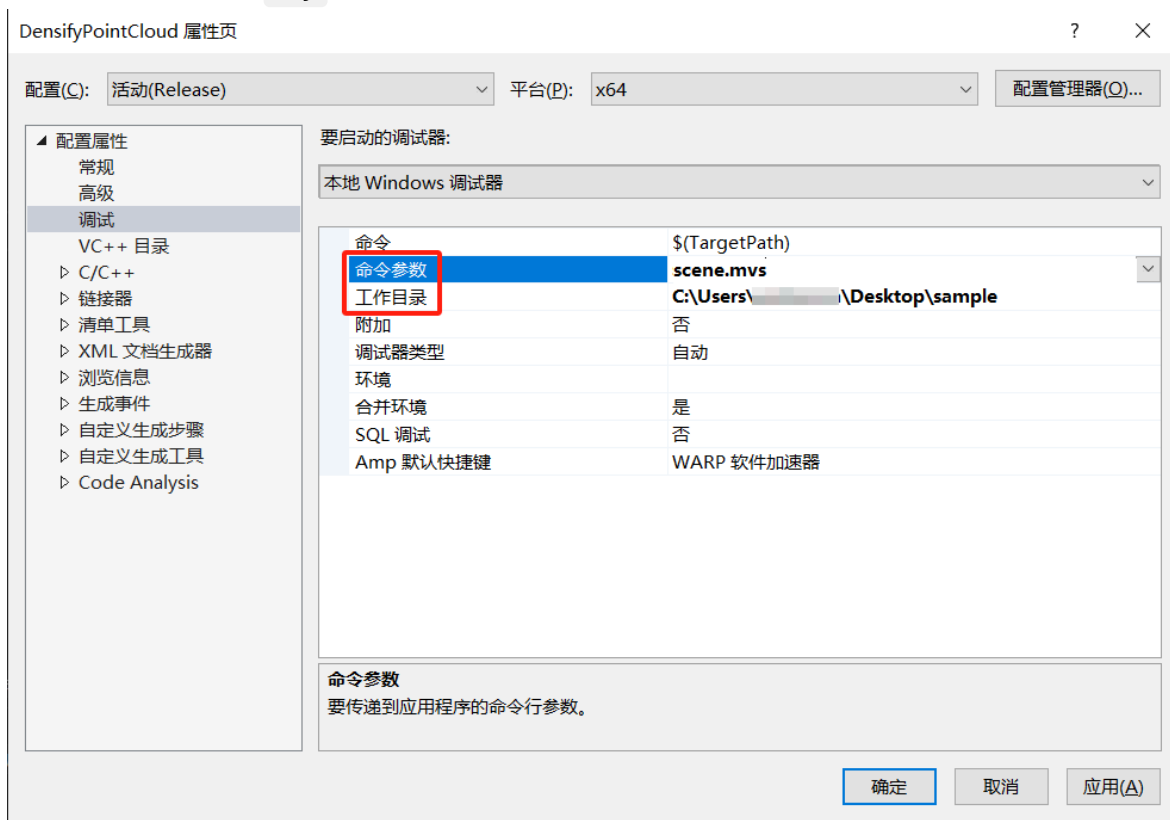


- toy 目录文件夹下如果新生成了一个 scene.mvs 文件则说明已经运行成功

名称	修改日期	类型	大小
images	2024/5/10 20:56	文件夹	
sparse	2024/5/10 20:59	文件夹	
InterfaceCOLMAP-240510211500001...	2024/5/10 21:15	文本文档	2 KB
scene.mvs	2024/5/10 21:15	MVS 文件	482 KB

3. 生成稠密点云：

- 右键点击 `DensifyPointCloud` 项目 -> 设置为启动项目
- 右键 属性 -> 调试，命令参数设置为 `scene.mvs`，工作目录设置为你的项目文件夹，在本文档案例中是 `toy` 文件夹，此后工作目录一直都是这个目录。点击确定



- `Ctrl+F5` 运行项目，如果弹出命令行出现进度数值，说明运行成功。

```
D:\openlibs\openMVS-2.1.0\bin
21:44:57 [App] RAM: 19.87GB Physical Memory 128.00TB Virtual Memory
21:44:57 [App] OS: Windows 8 x64
21:44:57 [App] Disk: 25.08GB (104.15GB) space
21:44:57 [App] SSE & AVX compatible CPU & OS detected
21:44:57 [App] Command line: DensifyPointCloud scene.mvs
21:44:57 [App] Camera model loaded: platform 0; camera 0; f 1.077x1.078; poses 1
21:44:57 [App] Camera model loaded: platform 1; camera 0; f 1.072x1.071; poses 1
21:44:57 [App] Camera model loaded: platform 2; camera 0; f 1.074x1.072; poses 1
21:44:57 [App] Camera model loaded: platform 3; camera 0; f 1.074x1.069; poses 1
21:44:57 [App] Camera model loaded: platform 4; camera 0; f 1.076x1.069; poses 1
21:44:57 [App] Camera model loaded: platform 5; camera 0; f 1.073x1.063; poses 1
21:44:57 [App] Camera model loaded: platform 6; camera 0; f 1.077x1.062; poses 1
21:44:57 [App] Camera model loaded: platform 7; camera 0; f 1.076x1.058; poses 1
21:44:57 [App] Camera model loaded: platform 8; camera 0; f 1.085x1.064; poses 1
21:44:57 [App] Camera model loaded: platform 9; camera 0; f 1.072x1.073; poses 1
21:44:57 [App] Camera model loaded: platform 10; camera 0; f 1.072x1.073; poses 1
21:44:57 [App] Scene loaded from interface format (11ms):
11 images (11 calibrated) with a total of 63.22 MPixels (5.75 MPixels/image)
8010 points, 0 vertices, 0 faces
21:44:57 [App] The camera directions mean is unbalanced; the scene will be considered unbounded (no ROI)
21:44:57 [App] Point-cloud composed of 8010 points with:
- visibility info (37989 views - 4.74 views/point):
  0 points with 1- views (0.00)
  349 points with 2 views (4.36)
  2816 points with 3 views (35.16)
  4845 points with 4+ views (60.49)
  2 min / 4.7427 mean (2.15378 std) / 14 max
21:44:57 [App] Preparing images for dense reconstruction completed: 11 images (239ms)
21:44:57 [App] Selecting images for dense reconstruction completed: 11 images (10ms)
Estimated depth-maps 1 (9.09% 20s, ETA 3m)...
```

4. 优化网格：

- 使用 RefineMesh 项目，与之前流程相同（设置启动项、右键属性、Ctrl+F5 运行），目录文件不变，但是命令参数为新生成的 mvs 文件。

5. 贴图：使用 TextureMesh 项目，流程与之前相同，略...

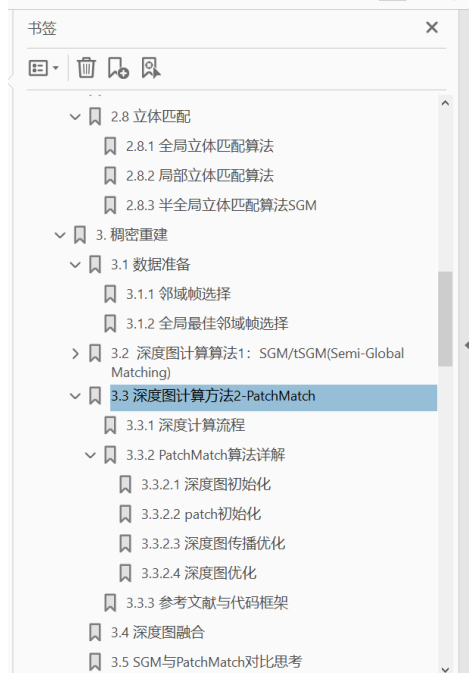
OpenMVS解析文档

联系作者获取OpenMVS原理详解 + 逐行源码解析文档

```

{
    ASSERT(!in_facets.empty());
    static const int facet_vertex_order[] = {2,1,3,2,2,3,0,2,0,3,1,0,0,1,2,0};
    int coplanar[3];
    const REAL prevDist(inter.dist);
    for (const facet_t& in_facet: in_facets) {
        ASSERT(!Tr.is_infinite(in_facet));
        const int nb_coplanar(intersect(Tr.triangle(in_facet), seg, coplanar));
        if (nb_coplanar >= 0) {
            // skip this cell if the intersection is not in the desired direction
            // 计算in_facet所在的平面到点的距离，如果比上个大则跳过。期望的方向是所穿过的facet距离点的越来越近
            const REAL interDist(inter.ray.IntersectsDist(getFacetPlane(in_facet)));
            if ((interDist > prevDist) != inter.bigger)
                continue;
            // vertices of facet i: j = 4 * i, vertices = facet_vertex_order[j,j+1,j+2] negative orientation
            // 每个facet有三个顶点，顶点顺序是逆时针方向。
            inter.facet = in_facet;
            inter.dist = interDist;
            switch (nb_coplanar) {
            case 0: { // 相交于面上
                // face intersection
                inter.type = intersection_t::FACET;
                // now find next facets to be checked as
                // the three faces in the neighbor cell different than the origin face
                // 在邻域cell中不同于相交的这个face的其它三个face放入out_facets参与下一次求相交计算
                out_facets.clear();
                const cell_handle_t nc(inter.facet.first->neighbor(inter.facet.second));
                ASSERT(!Tr.is_infinite(nc));
                for (int i=0; i<4; ++i)
            }
            }
        }
    }
}

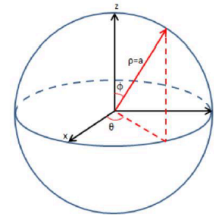
```



法向量 n_i 计算:

$$n_i = \begin{bmatrix} \cos \theta \sin \phi \\ \sin \theta \sin \phi \\ \cos \phi \end{bmatrix} \quad (36)$$

上式中，是用以 C_i 为中心的球坐标系计算。



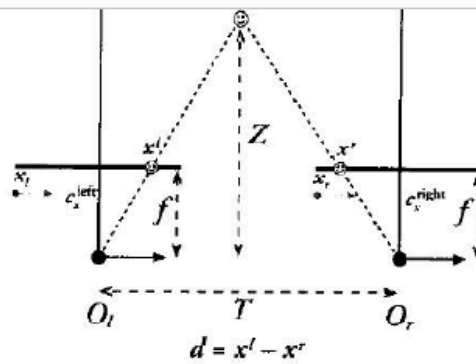
$$m(p, f) = 1 - \rho_p(x, y) \quad (37)$$

$$w(p, q) = e^{-\left(\frac{(p_x - q_x)^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(p_y - q_y)^2}{2\sigma_y^2}\right)} \quad (38)$$

$$\rho_p(x, y) = \frac{\frac{1}{\text{norm}(w)} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w(i, j) (S_{xg}(i, j) - \bar{S}_{xg}) (g(i, j) - \bar{g})}{\sqrt{\frac{1}{\text{norm}(w)} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w(i, j) (S_{xg}(i, j) - \bar{S}_{xg})^2} \sqrt{\frac{1}{\text{norm}(w)} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w(i, j) (g(i, j) - \bar{g})^2}} \quad (39)$$

代价计算时，减少计算量的小技巧推导:

$$H = \begin{bmatrix} H[0] & H[1] & H[2] \\ H[3] & H[4] & H[5] \\ H[6] & H[7] & H[8] \end{bmatrix} \quad (40)$$



利用三角形关系我们很容易推出Z值:

$$\frac{T - (x^l - c_x^{left} + c_x^{right} - x^r)}{Z - f} = \frac{T}{Z} \Rightarrow Z = \frac{fT}{x^l - x^r + c_x^{right} - c_x^{left}} \quad (8)$$

如果主点 c_x^l, c_x^r 坐标相同则可简化为:

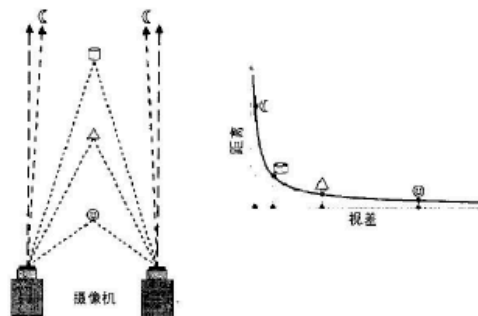
$$\frac{T - (x^l - x^r)}{Z - f} = \frac{T}{Z} \Rightarrow Z = \frac{fT}{x^l - x^r} \quad (9)$$

因为视差 $d = x^l - x^r$, 且 Z 为我们的深度值 $depth$, 故:

$$depth = \frac{fT}{d} \quad (10)$$

• 视差与深度图关系:

- 视差与深度成反比, 视差接近0时, 微小的视差变化会产生较大的深度变化
- 当视差较大时, 微小的视差变化几乎不会引起深度多大的变化
- 因此, 立体视觉系统仅物体距离相机较近时具有较高的深度精度



• 极线校正

- 校正过程: 将相机在数学上对准到同一观察平面上, 使得相机上像素行是严格对齐的