本章目录

从例程入口到实验结果

第二章　实验平台配置

2.1　关键工具介绍

2.2　平台安装与首次仿真

2.3　平台架构与开发流程

2.4　API与SDK开发接口

2.5　例程体系与实验路线

2.6　习题与课堂讨论

本节 3 个教学单元

2.5.1 例程定位与任务选择

教材对应：第 2.2.4 节

2.5.2 代表任务的复现与判读

教材对应：第 2.4 节

2.5.3 例程索引与条件性进阶

教材对应：第 2.4 节

2.5 例程体系与实验路线

2.5.1 例程定位与任务选择：本节任务

完成一项有输入和输出的实验

- **找到文件：**例程包括说明、程序或模型、配置与数据；统一入口按任务组织资源。
- **匹配条件：**离线解析需要已有日志；仿真、编译与部署各有软件和设备依赖。
- **保持基准：**先复现原始配置并保留输入与结果，再进行单项改动。
- **解释产物：**说明记录的对象、时间和物理量，解释改动带来的变化。

PX4飞控日志（ULog）按主题解析并转为逗号分隔值（CSV）表格（配合2.5.2）
https://github.com/PX4/pyulog

本地查找：[安装目录]\RflySimAPIs\2.RflySimUsage\分组目录\例程目录\Readme.pdf

例程复现的结果，是可解释且能再次得到的输入输出关系。

2.5 例程体系与实验路线

2.5.1 例程定位与任务选择：任务入口

在例程广场定位第二章任务



图：左侧菜单中的例程广场



图：第二章入口的名称与目录

- **打开本章：**例程广场→“2.实验平台配置”，即目录2.RflySimUsage。
- **读取要求：**进入具体例程，打开Readme.pdf，核对软件、硬件和预期产物。

2.5.1 例程定位与任务选择：资料分工

课程资料与单例说明怎样配合

资料	内容与用途
PPT.pdf / Intro.pdf	PPT.pdf为本章课件；Intro.pdf导读组件、接口与开发流程
Index.pdf	本章全部例程的清单、简介与跳转链接
API.pdf	本章接口的入口、参数与数据格式，不含操作步骤
单例 Readme.pdf	目标与要求、关键知识点、详细步骤与预期效果

教材2.4建议：PPT.pdf → Intro.pdf → Index.pdf与API.pdf，再读单例Readme.pdf

章节文档给背景，Readme把当前任务落实到具体文件。

2.5 例程体系与实验路线

2.5.1 例程定位与任务选择：条件选择

按用途分三组，进阶组以前两组为基础

类别	典型任务	条件与结果
接口学习 **0.ApiExps**	查资料、配环境、接消息	按任务安装依赖；得到可用接口或环境
基础使用 **1.BasicExps**	配置、日志、模型与操纵	运行具体功能；得到配置、数据或响应
进阶开发 **2.AdvExps**	图像接入、SDK与工具开发	补齐开发条件；得到新接口或应用

按当前任务补足依赖，无须先安装所有开发环境。

2.5.1 例程定位与任务选择：复现步骤

先保存基准，再改变一个条件

- **原样复现：**阅读本例要求，保持程序、模型和参数不变，获得第一份输出。
- **保存基准：**记录例程、版本、对象ID和配置，并保留原始结果文件。
- **单项改动：**只改一个输入，先写出预期变化，再运行并检查对应输出。
- **结果说明：**用时间、物理量或图像变化说明差异；把有效配置和结果一起提交。

相机练习示例（见2.5.2）

固定分辨率、位姿与目标 → **仅改视场角** → 比较画面覆盖范围

固定其余条件的单项对照，便于追查输出变化的原因。

本章目录

代表任务的复现与判读

第二章　实验平台配置
2.1　关键工具介绍
2.2　平台安装与首次仿真
2.3　平台架构与开发流程
2.4　API与SDK开发接口
2.5　例程体系与实验路线
2.6　习题与课堂讨论

本节 3 个教学单元

2.5.1 例程定位与任务选择

教材对应：第 2.2.4 节

2.5.2 代表任务的复现与判读

教材对应：第 2.4 节

2.5.3 例程索引与条件性进阶

教材对应：第 2.4 节

2.5.2 代表任务的复现与判读：任务总览

五类代表任务：输入、输出与判据

代表任务	输入	输出	判读依据
离线日志	配套ULog	主题CSV	时间对齐位置与模式
配置复用	机型与实验配置	保存的实验	重启后条件一致
运动与启动	启动脚本、动作	轨迹与状态记录	动作与记录对应
动力与续航	质量、动力参数	悬停与续航预测	悬停时间满足目标
场景与相机	场景、载具、相机	场景画面与图像	编号、成像随设置变化

五类任务并列选择；共同方法是保留条件、复现、记录并解释差异。

2.5.2 代表任务的复现与判读：离线日志

把配套离线ULog转为主题CSV

e4_Log-Reads-Python38Env：打开RflyTools中的Python38Env终端再转换。

配套 log.ulg → ulog2csv log.ulg → log_主题_实例.csv ×32

样例输出文件（日志名_主题_实例号）	内容
log_vehicle_local_position_0.csv	北东地位置x、y、z与速度vx、vy、vz
log_battery_status_0.csv	电池电压、电流等记录
log_actuator_outputs_0.csv	执行器输出记录

2.5.2 代表任务的复现与判读：离线日志

读一个主题：高度变化对应起飞、保持与返航

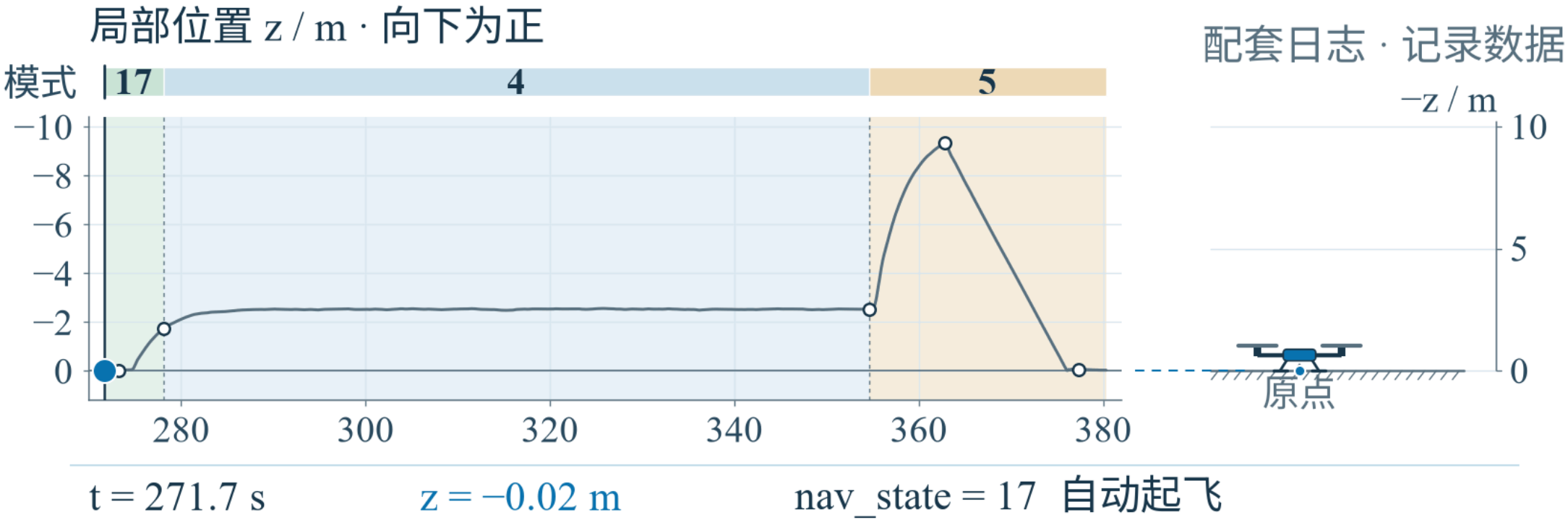
- **时间：** $t = \text{timestamp}/10^6$，单位为秒；本例约每0.1 s一条，间隔并不恒定。
- **位置：** x、y、z为北东地坐标，单位m；z轴向下为正，z为负即在起点上方。
- **模式：** vehicle_status主题的nav_state，本日志中17=自动起飞、4=保持、5=返航。

nav_state与阶段（起始时刻）	z的变化与关键时刻
17 自动起飞（271.6 s起）	273.2 s离地，z由0变为约−2.5 m
4 保持Hold（278.1 s起）	z稳定在约−2.5 m，持续约76 s
5 返航Return（354.6 s起）	362.9 s时z最小约−9.3 m，377.4 s着陆

把位置与飞行模式按时间对齐，才能用日志解释一次飞行。

2.5.2 代表任务的复现与判读：离线日志

配套日志：竖直位置z与导航状态对时



图：配套日志记录，采集环境未核实；竖直位置z与nav_state对时

模式说明任务阶段，位置反映运动响应；两者须沿同一时间轴判读。

2.5.2 代表任务的复现与判读：数据来源

日志的来源决定能回答的问题

比较项	自驾仪 ULog	CopterSim CSV（e13_Log-Get）
记录内容	飞控估计状态、传感与控制输出	真值：位置、速度、姿态、转速
先核对象	主题、字段与单位	载具ID、表头与单位
分析时间列	timestamp/10^6（微秒→秒）	runnedTime(s)（秒）

1	0:runnedTi	22:MotorR	23:MotorR	24:MotorR	25:MotorR	26:MotorR	27:MotorR	28:MotorR	29:MotorR	3
6313	126.95	5232.76	5230.93	5232.54	5236.24	0	0	0	0	
6314	126.965	5232.45	5227.9	5234.57	5236.25	0	0	0	0	
6315	126.99	5227.91	5228.46	5239.45	5235.15	0	0	0	0	
6316	127.01	5226.55	5231.23	5240.88	5233.5	0	0	0	0	
6317	127.025	5226.3	5234.42	5239.85	5233.43	0	0	0	0	

图：CopterSim CSV第0列时间与第22–25列电机转速；两类日志按共同事件对齐

ULog记录飞控内部量，CopterSim CSV记录仿真真值。

2.5 例程体系与实验路线

2.5.2 代表任务的复现与判读：配置保存

SimCreate保存可再次启动的实验



图：机型配置

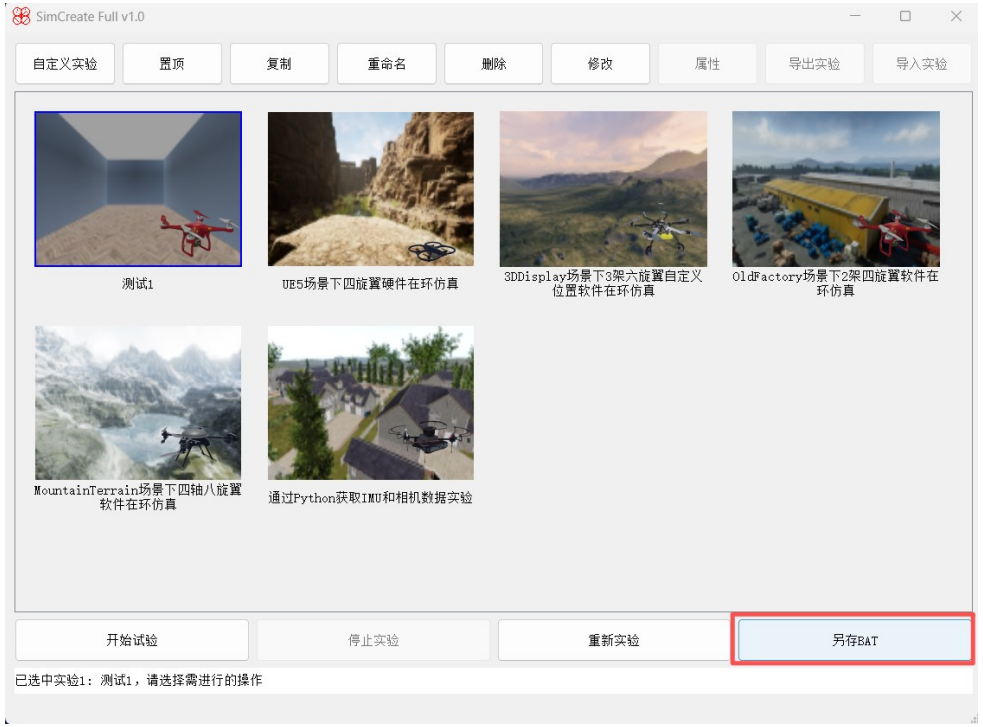


图：实验配置

- **机型：**选外观、运动模型与模式，点“保存机型”。
- **实验：**勾选机型，设数量、ID、初始状态与场景，点“保存实验”并命名。
- **复用：**点“开始实验”后，核对条件是否恢复。

2.5.2 代表任务的复现与判读：配置复用

只改初始航向，检查配置是否复用



图：SimCreate主界面，红框为“另存BAT”

- **配置A：**保存单机实验并“另存BAT”，运行后记录基准航向。
- **配置B：**复制A，仅改初始航向，另取名称保存。
- **复用判据：**朝向按设置变化，ID、机型和场景保持一致。

2.5.2 代表任务的复现与判读：记录准备

文件名与载具ID先对应

步骤	操作	检查
准备	把CopterSim1–3.csv复制到 [安装目录]\CopterSim	文件名中的数字即载具ID； 扩展名须为.csv
启动	桌面RflyTools→SITLRun，输入3	CopterSim显示区出现ID 1–3
记录	仿真开始后，在QGC中选ID 起飞、前飞、降落	记下每个动作的时间

e13_Log-Get读取：在CMD窗口结束仿真并关闭程序后，用Excel打开CSV。

判断：文件变大，位置、速度和电机转速随动作变化。

CopterSim文件名中的ID，把数据对应到具体仿真实例。

2.5.2 代表任务的复现与判读：运动与记录

用时间和响应解释一次运动任务

动作	看哪列、怎样变化
全程	第0列runnedTime（单位s）相邻行实际相减；第1列copterID对准载具
起飞	第5列PosE[2]：北东地坐标z向下为正，起飞后由约0变为负值
前飞	第3、4列PosE[0/1]与第6–8列VelE持续变化，哪列变取决于航向
悬停	第22–25列电机转速基本稳定（日志来源页截图中约5230 rpm）

目标、动作、时间和状态对应后，运动记录才有含义。

2.5.2 代表任务的复现与判读：启动组织

手动与脚本启动组织同一实验

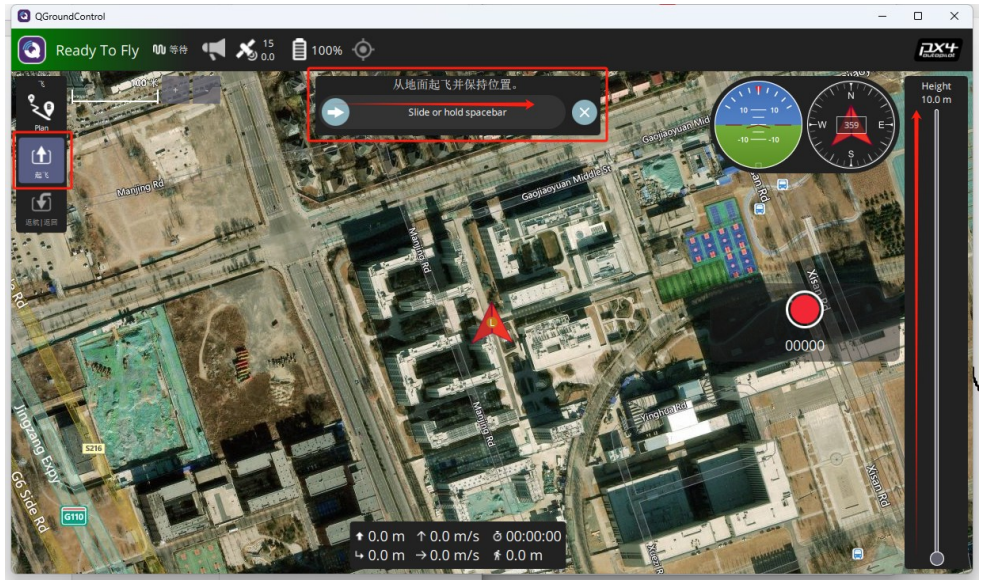


图：WinWSL中输入make px4_sitl none

e5_Manual-SIL：手动依次开CopterSim、RflySim3D、PX4，3D Fixed后起飞。

e6_BAT-Startup：OneStartup.bat开软件并构建PX4；完整启动用SITLRun。

CopterSim送模拟测量给PX4；
PX4回传执行量，模型再计算运动。



图：QGC起飞按钮与滑动确认（红框）

启动脚本组织程序与连接，测量和执行量的交换形成底层闭环。

2.5.2 代表任务的复现与判读：启动组织

SITLRun.bat用变量设定编号与初始位置

变量	默认值	作用
START_INDEX	1	起始编号；设为1且数量为3时，ID为1–3
ORIGIN_POS_X/Y	0、0	网格原点(m)；起始编号为1时即首机位置
ORIGIN_YAW	0	初始偏航角，单位°
VEHICLE_INTERVAL	2	相邻载具的间距，单位m；多架排成方形网格

查看：用记事本打开RflySimAPIs\SITLRun.bat；SimMode、UE4_MAP等见课件2.4。

修改：REM开头的行是注释；只改对应的一行，并先备份原文件。

启动脚本把仿真条件写成变量，改一个变量就改变一项条件。

2.5 例程体系与实验路线

2.5.2 代表任务的复现与判读：参数计算

设计输入形成动力与续航预测



图：e1_CopterSim-Usage中的详细参数计算，红框为悬停结果

- **设计输入：**选内置模型，设质量、尺寸与动力参数，点击计算。
- **悬停预测：**$T = mg$，单桨推力$T/4 = C_T\omega^2$；续航≈能量/平均功率。
- **配置生效：**存储并使用参数；比较时保留基准。

计算值是给定模型和条件下的预测，用于选择与比较配置。

2.5.2 代表任务的复现与判读：参数计算

一步验算：由质量推出悬停转速与油门

步骤	依据的关系	代入上页截图的数值
①推力平衡	总推力平衡重力：$T = mg$ 四桨均分，单桨推力$T/4$	$m = 1.5\,\mathrm{kg}$，$g = 9.8\ \mathrm{m/s^2}$ $T = mg = 14.7\,\mathrm{N}$，$T/4 = 3.675\,\mathrm{N}$
②推力→转速	单桨推力$T/4 = C_T\omega^2$ C_T为推力系数，ω为转速	$C_T = 1.23 \times 10^{-5}\,\mathrm{N/(rad/s)^2}$， 得$\omega = \sqrt{3.675/C_T} \approx 547\,\mathrm{rad/s}$
③转速→油门	稳态转速$\omega_{ss} = C_R\sigma + \omega_b$ 斜率C_R、截距ω_b，σ取0–1	$C_R = 728\,\mathrm{rad/s}$，$\omega_b = 151.58\,\mathrm{rad/s}$ 油门$\sigma = (547 - 151.58)/728 \approx 54.3\%$

核对：折合5220 rpm、油门54.3%，与界面一致；悬停19.3 min，超过要求的15 min。

易错：把总推力14.7 N代入②，会得约10440 rpm、油门129%，与界面明显不符。

悬停推力等于重力，推力系数把推力换成转速，转速—油门直线再给出油门。

2.5.2 代表任务的复现与判读：实验条件

场景和载具是两类配置对象

图：不同场景与载具

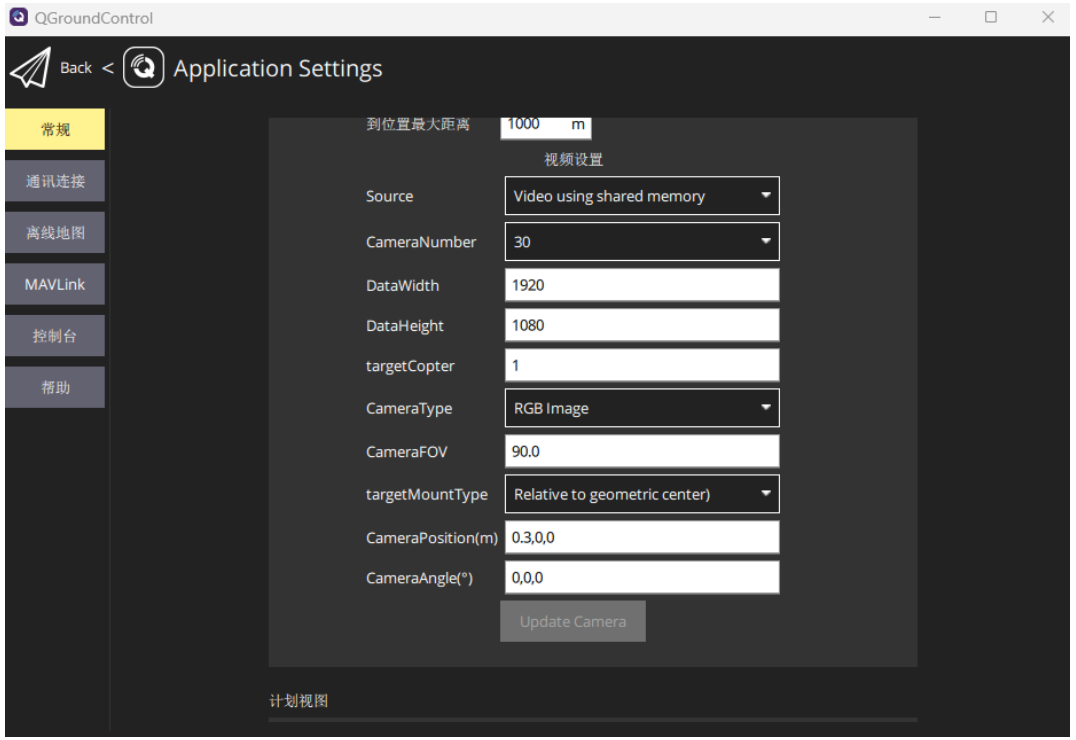


- **环境条件：**室内、道路、森林与山地，
提供不同空间与可见特征。
- **载具对象：**多旋翼、地面载具、固定翼，
各自采用对应运动模型。
- **配置分工：**场景描述环境，DLL等模型计算运动。

场景改变环境与观测，载具模型决定被仿真的运动对象。

2.5.2 代表任务的复现与判读：相机接入

将指定仿真相机接入QGC



图：e1_QGCLoadimage的QGC视频与相机设置

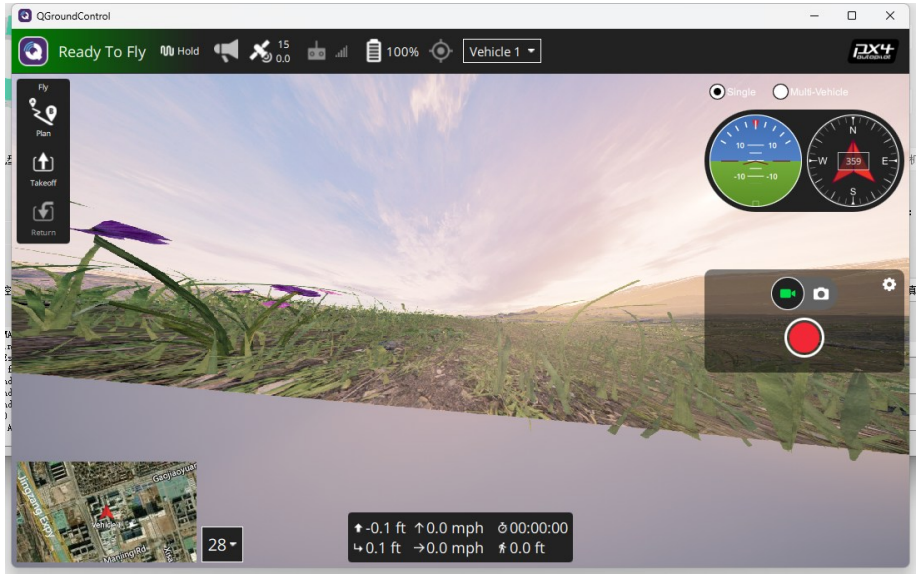
- **入口：**配套QGC→应用设置→常规，Source选Video using shared memory。
- **相机：**targetCopter选载具，CameraNumber（28–31）选相机；图像经共享内存读取。
- **更新：**点击Update Camera经UDP提交，变灰后点Back看新画面。

2.5.2 代表任务的复现与判读：成像判读

显示方式与相机参数分别判断



图：地图主视图，画中画为30号相机



图：28号相机图像作为主视图

编号选相机，主视图只改布局；分辨率管采样，视场角管覆盖，位姿管视点。

分辨率改变像素采样，视场角改变画面覆盖范围。

本章目录

例程索引与条件性进阶

第二章　实验平台配置
2.1　关键工具介绍
2.2　平台安装与首次仿真
2.3　平台架构与开发流程
2.4　API与SDK开发接口
2.5　例程体系与实验路线
2.6　习题与课堂讨论

本节 3 个教学单元

2.5.1 例程定位与任务选择

教材对应：第 2.2.4 节

2.5.2 代表任务的复现与判读

教材对应：第 2.4 节

2.5.3 例程索引与条件性进阶

教材对应：第 2.4 节

2.5.3 例程索引与条件性进阶：软件说明索引

工具入口与软件资料各有职责

链接仅适用默认 C 盘 PX4PSP 目录；其他路径请从本机例程目录打开。

RflySimUI（统一入口）

由桌面RflySim启动；导航工具、检索实验并查阅说明。

PX4Switch

图形化切换PX4版本与编译命令，如px4_fmu-v6x_default。

e1_RflySimSoftwareReadme

按软件名查参数、通信和启动方法；工具从统一入口启动。

CopterSim（e1_RflySimSoftwareReadme子目录）

查阅模型、通信、参数计算和运动仿真说明。

2.5.3 例程索引与条件性进阶：0.ApiExps/e1_RflySimSoftwareReadme

驱动、固件和运行环境查什么

链接仅适用默认 C 盘 PX4PSP 目录；其他路径请从本机例程目录打开。

drivers

飞控常用驱动的安装包driver.msi；电脑识别不到飞控时运行修复或重装。

Firmware

PX4软件架构、WSL编译环境与源码目录，含多旋翼控制源码解析。

Python38

学习解释器、库和编辑器配置；实际版本用python --version查看。

QGroundControl

查状态显示、交互与任务配置等地面站说明。

驱动连接设备，固件提供控制程序，Python环境执行脚本。

2.5.3 例程索引与条件性进阶：0.ApiExps/e1_RflySimSoftwareReadme

三维显示与实验配置资料

链接仅适用默认 C 盘 PX4PSP 目录；其他路径请从本机例程目录打开。

RflySim3D

查三维场景显示、载具外观和交互说明。

RflySimUE5

查UE5场景与显示配置；本机需具备相应引擎。

SimCreate

保存机型与实验条件，组织可重复的仿真启动。

viscreate

配置虚拟传感器及相关图像输出。

WinWSL

查Linux运行与开发环境的配套说明。

显示、实验组织与传感器配置分工不同，按任务组合使用。

2.5.3 例程索引与条件性进阶：0.ApiExps

配置、请求接口与可选环境

链接仅适用默认 C 盘 PX4PSP 目录；其他路径请从本机例程目录打开。

e2_FWConfig

固定翼航迹飞行：在QGC规划起飞、航点与着陆并执行；含SITL与HITL流程。

e3_ReqCopterSim

发现节点并重设通信、初始状态、模型和场景；脚本含解锁运动。

e4_VMware

配置VMware虚拟机，在Windows主机内运行独立的Linux环境。

e5_Ubuntu

配置Ubuntu系统和开发工具，为相应Linux程序提供环境。

请求接口可重设仿真条件，虚拟机与Ubuntu为相应程序提供环境。

2.5.3 例程索引与条件性进阶：e3_ReqCopterSim调用顺序

节点发现、配置重设与运动控制

上一页链接仅适用默认 C 盘 PX4PSP 目录；其他路径请从本机例程目录打开。

阶段	本例实际调用范围
节点发现	getSimIpList列出已发现的CopterSim；getSimIpID(1)取1号IP，未收到心跳时主动探测；sendReSimIP让它回传本机。
配置修改	sendReSimUdpMode等5个接口重设通信、位姿、DLL模型与地图；可见四旋翼变六旋翼、场景变VisionRing。
运动控制	InitMavLoop连接后等isPX4Ekf3DFixed为真，再initOffboard、SendMavArm解锁、SendPosNED(0,0,−20,0)飞到上方20 m。

前提： HexarotorModelCTRL.dll已放入[安装目录]\CopterSim\external\model。

发现可主动探测，重设改变仿真条件，控制目标驱动后续运动。

2.5.3 例程索引与条件性进阶：0.ApiExps

固件构建与ROS环境按需选择

链接仅适用默认 C 盘 PX4PSP 目录；其他路径请从本机例程目录打开。

e6_PX4Build

配置PX4构建链，按目标生成仿真程序或板载固件。

e7_ApmBuild

配置ArduPilot构建链，为选定机型生成程序。

e8_RosInstall

配置ROS环境，支持对应通信和开发例程。

e9_Ros2Install

配置ROS 2环境，匹配例程要求与依赖版本。

PX4与ArduPilot各有构建链，ROS版本需对应应用所用接口。

2.5.3 例程索引与条件性进阶：0.ApiExps

容器与通信桥接的部署入口

链接仅适用默认 C 盘 PX4PSP 目录；其他路径请从本机例程目录打开。

e11_docker

容器封装应用与依赖；跨架构构建需支持目标架构。

e12_PX4ROS2

经MicroXRCEAgent连接PX4与ROS 2，收发状态与控制话题。

e14_GazeboSim

配置Gazebo仿真分支及其运行依赖。

e10_Mavros / 1.MavrosInstall

建立MAVROS环境，在MAVLink与ROS话题、服务间转换消息。

桥接程序转换两端消息，连接配置决定状态与控制目标的去向。

2.5.3 例程索引与条件性进阶：0.ApiExps

控制与视觉的跨语言子例程

链接仅适用默认 C 盘 PX4PSP 目录；其他路径请从本机例程目录打开。

e10_Mavros / 2.Mavros1Offboard

ROS 1通过MAVROS发送位置目标，观察Offboard下的运动。

e10_Mavros / 3.Mavros2Offboard

ROS 2通过MAVROS发送位置目标，并接收模式与解锁状态。

e13_VisAPIPyCpp / 1.rosCppExps

C++订阅图像、深度或点云消息，学习传感器数据接收。

e13_VisAPIPyCpp / 2.rosPythonExps

Python订阅传感器话题，学习ROS消息与图像格式转换。

控制发送目标，视觉接收观测；语言变化不改变任务的输入输出。

2.5.3 例程索引与条件性进阶：1.BasicExps

模型、显示与离线数据的基础入口

链接仅适用默认 C 盘 PX4PSP 目录；其他路径请从本机例程目录打开。

e1_CopterSim-Usage

参数计算与仿真；硬件在环分支另需实体自驾仪。

e2_DLL-Load

加载固定翼或多旋翼DLL模型，观察对应载具运动；HITL需飞控。

e3_RflySim3D-Shortcut-Instruct

练习三维观察与快捷交互，辨认对象和视角。

e4_Log-Reads-Python38Env

解析附带ULog，检查主题CSV；任务见2.5.2。

运动模型计算状态，视角改变观察方式，日志保存状态数据。

2.5.3 例程索引与条件性进阶：1.BasicExps

启动、代码生成与外部运动接口

链接仅适用默认 C 盘 PX4PSP 目录；其他路径请从本机例程目录打开。

e5_Manual-SIL

用手动方式辨认组件启动依赖。

e6_BAT-Startup

阅读完整启动脚本，理解构建、配置与进程组织。

e7_Code-Generation

Simulink生成控制代码并编入固件；需代码生成组件。

e8_SwarmAPI

当前样例为单机盘旋；需要MATLAB/Simulink条件。

2.5.3 例程索引与条件性进阶：1.BasicExps

板型、构建目标与固件部署对应

链接仅适用默认 C 盘 PX4PSP 目录；其他路径请从本机例程目录打开。

e15_Identify-Hardware-Command

识别连接设备，确认实际板型。

e9_Build-Firmware

按板型选择构建目标，生成对应固件。

e10_Firmware-Upload

向匹配飞控烧录固件；需USB数据线与驱动，重启后核版本。

e12_PX4-App

开发板载应用并设置开机启动；先做SITL，板上分支需Pixhawk 6X。

板型决定构建目标，生成固件再部署到匹配设备。

2.5.3 例程索引与条件性进阶：1.BasicExps

日志、场景、航线与外部操纵

链接仅适用默认 C 盘 PX4PSP 目录；其他路径请从本机例程目录打开。

e13_Log-Get

空CSV放在CopterSim.exe所在目录；开始仿真后记录，关闭后读取。

e14_Scene-Load

切换室内、森林等场景，比较空间限制与可见特征。

e16_RoutePlanning

在QGC绘制并执行HITL航线；需Pixhawk 6C、遥控器与接收器。

e17_RCusbSIL

接入配套USB遥控器，观察输入与运动响应。

记录、环境、任务与操纵输入分别对应不同的实验结果。

2.5.3 例程索引与条件性进阶：1.BasicExps

配置与模型数据的复用入口

链接仅适用默认 C 盘 PX4PSP 目录；其他路径请从本机例程目录打开。

e18_PX4VersionSwitch

PX4Switch可切换版本与编译目标；PX4CMD只改目标，源码须已兼容。

e19.VisCreateUsage

保存虚拟传感器配置，得到对应观测输出。

e20.CopterSimJsonUsage

用JSON配置定向通信；需3台局域网主机或虚拟机。

e21.SimcreateUsage

保存并复用机型与实验配置，见2.5.2。

e22.flyeval2CopterSim

将FlyEval评估结果导出XML，供CopterSim加载动力学模型。

JSON配置通信去向，XML传递模型，实验配置组织仿真启动。

2.5.3 例程索引与条件性进阶：2.AdvExps

四个进阶入口增加什么能力

链接仅适用默认 C 盘 PX4PSP 目录；其他路径请从本机例程目录打开。

e1_QGCLoadimage

接入图像并配置相机；需要平台配套QGC。

e2_RflySimAPIUsage

学习SDK模块与调用方法，把状态、图像或控制接口接入程序。

e3_QGCDevEnvDep

按说明获取QGC源码，配置Qt与编译器，修改名称或图标。

e4_MPDevEnvDep

获取Mission Planner源码，配置Visual Studio并编译定制地面站。

SDK把平台能力接入应用，地面站开发则从源码生成定制程序。

2.5.3 例程索引与条件性进阶：选学分支

按现有条件选择可交付的任务

现有条件	可选任务	可交付结果
电脑与配套环境	日志、配置、图像	主题CSV、配置、图像解释
MATLAB/Simulink	生成代码、单机外控	代码产物或轨迹记录
相应ROS环境	MAVROS、视觉接收	目标消息或相机数据
匹配飞控 USB数据线	板型、固件、HITL	固件版本、心跳与状态记录

先选可完成的任务，再按需要扩展软件或硬件条件。

2.5.3 例程索引与条件性进阶：问题定位

从当前产物缩小问题范围

- **记录文件仍为空：**查CSV是否放在[安装目录]\CopterSim、编号是否等于载具ID、仿真是否已开始；关闭CopterSim后再读。

- **有遥测无响应：**状态回传正常，问题在控制侧，查目标ID、是否解锁、模式是否接受目标（如Offboard）及是否3D Fixed。

- **有图像未变化：**图像走共享内存、参数走UDP；查targetCopter与CameraNumber，改后点Update Camera，再点Back看新画面。

- **问题说明：**写明例程、条件、复现步骤和实际输出，以及预期与观察的差异。

2.5.3 例程索引与条件性进阶：实验交付

交付一份别人能复现的记录

- **任务与条件：**写明具体例程、版本、对象和所需软件或硬件。
- **基准与改动：**保存原始输入；明确本次只改变的变量及预期影响。
- **输出与判断：**提交实际文件或连续观测，说明时间、对象、物理量或图像变化。
- **复用与说明：**保留可复用配置和必要步骤，解释实际结果及其原因。

示例：在Python38Env中对配套log.ulg执行ulog2csv log.ulg，得到32个CSV。
判断：vehicle_local_position的z由0变为约−2.5 m，即升高2.5 m，保持约76 s。
对照：vehicle_global_position的alt由约101.7 m变为104.2 m，同样升高约2.5 m。
解释：vehicle_status的nav_state为17→4→5，即自动起飞→保持→返航。