# 1. 实验名称及目的

### 1.1. 实验名称

RflySim 工具链飞控硬件配置

#### 1.2. 实验目的

详细介绍了基于 RflySim 平台推荐的飞控硬件系统的配置和使用方法。

#### 1.3. 关键知识点

#### 1.3.1. 关键知识点1

硬件在环(HITL 或 HIL)是一种模拟模式,其中正常的 PX4 固件在真实的飞行控制器硬件上运行。这种方法的好处是可以在真实的硬件上测试大多数实际的飞行代码。

在 RflySim 工具链中,相比较 SIL 仿真,HIL 仿真时用户将设计完成的控制器上传到 P X 4 软件支持的飞控硬件环境下,通过串口线直接连接的方式与 CopterSim 软件中的 DLL 模型进行通信,CopterSim 将传感器数据(例如,加速度计、气压计、磁力 计等)通过 US B 数据线发送给飞控硬件系统;Pixhawk 系中的 PX4 自驾仪软件将收到传感器数据进行滤 波和状态估计,将估计的状态信息通过内部的 uORB 消息总线发送给控制器;控制器再通 过 USB 数据线将每个电机的 PWM 控制指令发回 给 CopterSim,从而形成一个硬件在环仿 真闭环。



#### 1.3.2. 关键知识点 2

RflySim 工具链理论上支持 PX4 官方支持的所有飞控固件的 HIL 仿真,截止 2024 年 7 月份支持 PX4 软件的主流飞控的不同版本固件如下表所示。

它旦	飞城夕秋	<b>PX4</b> 版本					
11. 2	切上有小	V1.12.3	V1.13.2	V1.14.2			
1	MindPX Hardware &	airmind mindpx-v2 d	<u>airmind_mindpx-</u>	airmind mindpx-v2 de			
1	MindRacer Hardware	<u>efault.px4</u>	v2_default.px4	<u>fault.px4</u>			
2	CUAV Nora Flight Co	cuay pore default py/	cuav_nora_defaul	cuay pore default py/			
2	ntroller	<u>cuav_nora_ueraun.px4</u>	<u>t.px4</u>	<u>cuav_nora_deraun.px4</u>			
3	CUAV X7 Flight Contr	cuav_x7pro_default.p	cuav_x7pro_defau	<pre>cuav_x7pro_default.px</pre>			

	ollar	×4	lt px4	4
		<u></u>	<u>n.px+</u>	
4	e+ Flight Controller	none	none	<u>cubepilot cubeorangepl</u> <u>us default.px4</u>
5	CubePilot Cube Orang e Flight Controller	cubepilot cubeorange default.px4	<u>cubepilot cubeora</u> <u>nge default.px4</u>	<u>cubepilot_cubeorange_</u> <u>default.px4</u>
6	CubePilot Cube Yello w Flight Controller	cubepilot_cubeyellow default.px4	cubepilot_cubeyel low_default.px4	<u>cubepilot_cubeyellow</u> <u>default.px4</u>
7	Holybro Durandal	holybro_durandal-v1 default.px4	holybro durandal- v1 default.px4	holybro_durandal-v1_d efault.px4
8	Holybro Kakute H7 &	holybro_kakuteh7_def ault.px4	holybro_kakuteh7 default.px4	holybro_kakuteh7_defa ult.px4
9	DroPix Flight Controll er &	none	<u>px4_fmu-v2_defa</u> <u>ult.px4</u>	<u>px4_fmu-v2_default.px</u> <u>4</u>
10	Pixhack V3 & Pixhack 1 & Holybro Pixhawk Mini	<u>px4_fmu-v3_default.p</u> <u>x4</u>	px4_fmu-v3_defa ult.px4	px4_fmu-v3_default.px <u>4</u>
11	Drotek Pixhawk 3 Pro	<u>px4 fmu-v4pro defau</u> <u>lt.px4</u>	<u>px4 fmu-v4pro d</u> <u>efault.px4</u>	<u>px4 fmu-v4pro defaul</u> <u>t.px4</u>
12	mRo Pixracer	<u>px4_fmu-v4_default.p</u> <u>x4</u>	<u>px4 fmu-v4 defa</u> <u>ult.px4</u>	<u>px4_fmu-v4_default.px</u> <u>4</u>
13	Holybro Pixhawk 5X	<u>px4 fmu-v5x default.</u> <u>px4</u>	<u>px4 fmu-v5x def</u> <u>ault.px4</u>	<u>px4 fmu-v5x default.p</u> <u>x4</u>
	CUAV V5+ Autopilot			
1.4	& CUAV V5 nano Aut	px4_fmu-v5_default.p	px4_fmu-v5_defa	px4_fmu-v5_default.px
14	opilot & Holybro Pixh	<u>x4</u>	<u>ult.px4</u>	4
	awk 4 Mini			
15	Holybro Pixhawk 6C & Holybro Pixhawk 6 C Mini	<u>px4 fmu-v6c default.</u> <u>px4</u>	px4 fmu-v6c def ault.px4	px4 fmu-v6c default.p <u>x4</u>
16	Holybro Pixhawk V6U	<u>px4_fmu-v6u_default.</u> <u>px4</u>	px4_fmu-v6u_def ault.px4	px4_fmu-v6u_default.p <u>x4</u>
17	Holybro Pixhawk 6X & CUAV Pixhawk V6 X & ARK Electronics ARKV6X	<u>px4 fmu-v6x default.</u> <u>px4</u>	<u>px4_fmu-v6x_def</u> <u>ault.px4</u>	<u>px4_fmu-v6x_default.p</u> <u>x4</u>
18	mRo Pixracer	<u>mro pixracerpro defa</u> <u>ult.px4</u>	mro pixracerpro default.px4	<u>mro pixracerpro defau</u> <u>lt.px4</u>
19	卓翼 Racer	droneyee zyfc-h7 def ault.px4	none	none

另外,经 RflySim 官方测试并在未来长期支持的飞控型号可见 <u>https://rflysim.com/doc/z</u> <u>h/B/2.Pixhawk.html</u>。同时,在安装完成 RflySim 后,可在[RflySim 安装目录]\QGroundCont rol\configData\FCU\_FirmwareRes</u>文件夹中找到本地的支持的不同版本的长期支持的飞控固 件,当然,也可在本实验对应的飞控文件夹下获取可见:<u>文件目录</u>。

## 2. 实验效果

本实验可基于 RflySim 工具链实现手动/自动启动四旋翼、固定翼无人机的硬件在环仿

真,具体实验效果如下:





# 3. 文件目录

### 例程目录: [安装目录]\RflySimAPIs\1.RflySimIntro\2.AdvExps\e2\_FCUIntro\

文件夹/文件名称	说明		
1.Pixhawk2.4.8\Readme.pdf	飞控 Pixhawk 2.4.8 详细配置说明		
2.Pixhawk6x\Readme.pdf	飞控 Pixhawk 6X 或 6X mini 详细配置说明		
3.CubePilot\Readme.pdf	CubePilot 飞控详细配置说明		
4.CUAVV5Nano\Readme.pdf	雷迅飞控 V5 Nano 详细配置说明		
5.ZY Racer\Readme.pdf	卓翼飞控 Racer 详细配置说明		
6.Pixhawk6c\Readme.pdf	飞控 Pixhawk 6C 或 6C mini 详细配置说明		
HILPara.params	硬件在环仿真飞控参数		
FixWingPW.plan	QGC 地面站航点规划文件		

### 4. 运行环境

这号	<b>护</b> 供 更 史	硬件要求		
11, 4	$\mathbf{X}$	名称	数量	
1	Windows 10 及以上版本	笔记本/台式电脑①	1	
2	RflySim 平台免费版及以上版本	Pixhawk 6X 飞控 <sup>2</sup>	1	
3		Type-C 数据线	1	

①: 推荐配置请见: <u>https://rflysim.com</u>

②:须保证平台安装时的编译命令为: px4\_fmu-v6x\_default,固件版本根据实验步骤说明自 行选择。其他配套飞控请见: <u>https://rflysim.com/doc/zh/B/2.3Pixhawk6X.html</u>

### 5. 实验步骤

### 5.1. 飞控固件及状态还原

### 5.1.1. 飞控固件还原

在开启硬件在环仿真之前,需要将飞控中的固件还原为官方固件,具体步骤如下,此 处以 Pixhawk 6X mini 飞控为例,进行步骤说明。

打开 RflySim 工具链中的 QGroundContrl 软件,进入 Vehicle Setup->固件中,如下图所示,即可选择 PX4 任意版本的固件,需要注意的是:该界面中

- PX4 Pro v1.14.3: 为 PX4 官方在线最新固件;
- ArduPilot: 为 ArduPilot 官方在线最新固件;
- RflySim 1.14.2 HIL: 为 RflySim 工具链生成的固件;
- RflySim 1.13.2 Stable: 为 RflySim 工具链生成的固件。

O QGroundControl	_	×
Back < 😵 Vehicle Setup		
GGroundControl 可以升後 Fixhark 该會、Six数時和 PA4 光流传感器上的同件。 Plug in your device vie 短期後音: FX4 FMU V6C 已连接上启动加载器: 随作 5 飞花板1 同存大小: 1966080		

#### 选择之后,点击"确认",等待烧录完成!

QGroundControl ·	-	×
Back < 😵 Vehicle Setup		
<i>國 概</i> 況 固件 设置		
CCroundControl 可以升级 Pixhawk 设备、SiX数传和 PX4 光法传感器上的固件。 Plug in your device via USB to start firmware upgrade. 実現设备: PX4 FMU V0X 已接た日动加数器: 版本: 5 飞控板ID: 53 闪存 A: 196080 use local firmwareFilename ./configData/FCU_FirmwareRes/PX4_Firmware_v1.13.2/px4_fmu-v6x_default.px 正在下數回任 来自: ./configData/FCU_FirmwareRes/FX4_Firmware_v1.13.2/px4_fmu-v6x_default.px4 下軟完成 MAY_AUTOFILOT = 12 解压缩 airframe_xml 成功 解压缩 iirframe_xml 成功 解压缩 iinframe_xml 成功 解压缩 jirframe_xml 成功	4	

### 5.1.2. 飞控状态还原

进入 QGC 地面站的"参数"一栏中,选择"工具->加载文件",在弹出的对话框中选择本实验文件夹中的 <u>HILPara.params</u>文件。

Back < Store Vehicle Setup	
	Here and the second second
□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □	
Standard BAT_CRIT_THR 7.00 % Critical threshold	访固件's 默认值
机架 Battery Calibration BAT_EMERGEN_THR 5.00% Emergency threst 重置为貌	具'的配置默认值
回回 過控器         Sensors         BAT_LOW_THR         15.00 %         Low threshold         Lm設文件.	
Geometry 清除遥控	调整参数
Commander 重合 好行	
Multicopter Position Control	
DShot	
安全         EKF2	En La Ca
Events	State
Failure Detector	ALL ALL
Flight Behavior FW TECS	
FW Attitude Control	Mar

确认设置的机架为: HIL Quadcopter X。HIL Quadcopter X 为 X 型的四旋翼无人机,若更换其他载具此处也因设置成其他的机架,如:固定翼无人机应选择为 Standard Plane 机架。

QGroundControl		- O X
🖗 Back < 😵	Vehicle Setup	
概况	Simulation (Copter)	Simulation (Plane)
固件	<u>e</u>	ደ
机架	?	
通行器		$\mathcal{A}$
飞行模式	HIL Quadcopter X 🗸	HILStar (XPlane) 👻
▶ 电源	Simulation (VTOL)	Standard Plane
• 电机	بد	
安全		
PID Tuning	$\rightarrow$	
Flight Behavior	SIH Tailsitter Duo 👻	Standard Plane
参数	Standard VTOL	Tilt-Quad
		<u>^</u>

(若上一步确认为该机架可不操作本步)选择完成后,在该界面右上角选择"应用并重启"。 即可将刚才所选择的机架应用成功。

QGroundControl					-		×
A Back < 😵	Vehicle Setup						
🧖 概況	机架设置	1月, 这路设置并可能污布一些飞行参数的数值。					
固件	你已经连接了 HIL Quadcopter X。要更改此配	置,请在下方选择所需的机型,然后点击"应用并」	<b>乱启"。</b>		ſ	应用并重	重启
机架	Airship	Autogyro	Balloon	Coaxial Helicopter			
in a second second				(			

确认选择"安全->硬件在环仿真->HITL enable"选项。

QGroundControl					_		×
Back < 😵 Ve	hicle Setup						
概况		<ul> <li>留待但不着陆</li> </ul>					
固件		📄 窗待并在指定	时间后着陆				
e ta ta		留待时间		0.0	_	S	
机架		留待高度		10.0		m	
通行器	着陆模式设置						
飞行模式	8 9 8 9	着陆下降速率:		0.7		m/s	
▶ 电源		✓ л	秒后锁定:	2.00		S	
<b>止</b> 电机	无线数传日志						
<b>全</b> 安全		储存数传日志到飞胡	L里	己启用		-	
PID Tuning							
Flight Behavior	硬件在环仿真						
参数		已启用HITL:		HITL enabled		•	

对于 PX 4 版本为 1.13 及以上版本,还需要确认 UAVCAN\_ENABLE 参数设置为"Disable"。

QGroundControl					- 1	×
Back < 😵	Vehicle Setup					
🦪 概況	搜索: UAV	清除 只显示	修改			
國件	UAVCAN_ENABLE	Disabled	UAVCAN mode			
机架						
通过 通控器						
₩ 飞行模式						
一一 电源						
<b>止</b> 电机						
安全						
우승수 PID Tuning						
Flight Behavior						
<b>%</b> \$\$						

重启飞控,使得修改的参数应用(若未修改则不用操作此项)。

QGroundControl				- 0 ;	×
🖾 Back < 😵	Vehicle Setup				
机 概况	搜索:	清除 只显示修改		л.	刷新
固件	Standard	BAT_CRIT_THR	7.00 %	Critical thresh	全部重置为固件's 默认值 重置为载具'的配置默认值
	Battery Calibration	BAT_EMERGEN_THR	5.00 %	Emergency the	加载文件
机架	Sensors	BAT_LOW_THR	15.00 %	Low threshold	保存到文件
<b>00</b> 遥控器	Geometry				清除遥控调整参数
0.0.	Commander				
100 飞行模式	Multicopter Position Control				
──● 电源	DShot	İ			
▲ 电机	EKF2				
	Firents	I			

对于 PX 4 版本为 1.14 及以上版本,在进行四旋翼 HIL 仿真时,还需要在"执行器->HIL" 中单击"Identify & Assign Motors",在弹出的界面中选择"Yes"即可。

QGroundControl		- 🗆 X
🖾 Back < 😵	Vehicle Setup	
● ● 遥控器	执行器 设置 Geometry: Multirotor	高级 Actuator Outputs
飞行模式		PWM MAIN UAVCAN HIL
── 电源	Position X Position Y Direction CCW	/ Identify & Assign Motors
▲ 执行器	Motor 1:         0.15         0.15         ✓           Motor 2:         -0.15         -0.15         ✓	Function Rev Range (for Servos)
安全	Motor 3: 0.15 -0.15	Channel 1: Motor 1 🔻
PID Tuning	Motor 4: -0.15 0.15	Channel 2: Motor 2 🔻
Flight Behavior	3, (1)	Channel 3: Motor 3  Channel 4: Motor 4

在进行固定翼 HIL 仿真时,需要按照	卜图进行设置即刂。
---------------------	-----------

Back <	• Vehicle Setup								
< ₩况	执行器 设置								高级
固件	Geometry: Fixed Wing				Actuator Ou	tputs			
Ja ta	Motors 1 🔻				PWM MAIN	UAVCAN	HIL		
机采	Motor 1:					Function		Rev Range (for Servos)	
◎ ◎ 遥控器					Channel 1:	Single Channe	el Aileron 🔻		
100 飞行模式	Type	Roll Torque Pitch Torq	ue Yaw Torq	ue Trim	Channel 2:	Elevator 🔻		✓	
──● 电源	Servo 1: Single Channel Aileron 🔻	1.00		0.00	Channel 3:	Motor 1 🔻			
<b>A 1</b> 47 10	Servo 2: Elevator 🔻	1.00		0.00	Channel 4:	Rudder 🔻			
执行器	Servo 3: Rudder 🔻		1.00	0.00	Channel 5:	Disabled 🔻			
安全	Servo 4: (Not set) 🔻	0.00 0.00	0.00	0.00	Channel 6:	Disabled 🔻			
PID Tuning	Actuator Testing				Channel 7:	Disabled 🔻			
<b>0</b>					Channel 8:	Disabled 🔻			

另外,若需要使用 1.14 版本的 PX 4 软件编译自己的飞控固件,则还需要在[RflySim 安装目录]\Firmware\boards\<飞控制造商>\<飞控芯片型号>\default.px4board 文件中,增加一段程序: CONFIG\_MODULES\_SIMULATION\_PWM\_OUT\_SIM=y。如: Pixhawk 6X 飞控地址为: [RflySim 安装目录]\Firmware\boards\px4\fmu-v6x\default.px4board。

≡ defau	t.px4board ×		⊳
E: > PX4	PSP > Firmware > boards > px4 > fmu-v6x > ≡ default.px4board		
94	CONFIG_SYSTEMCMDS_VER=y	>_PWM_OUT_SIM=y Aa _ab _* 第1项,共1项 个	$\downarrow \equiv \times$
95	CONFIG_SYSTEMCMDS_WORK_QUEUE=y		
96	CONFIG_MODULES_SIMULATION_PWM_OUT_SIM=y		
97	CONFIG_MODULES_PX4_SIMULINK_APP=y		
98			

### 5.2. 手动开启硬件在环仿真(四旋翼)

双击打开"\*\桌面\RflyTools\CopterSim.lnk"快捷方式,并在其"仿真模式"选项选择标签"PX4\_HITL",此时,按照下图方式将飞控链接到电脑中,可看到在飞控选择中显示出"USB串行设备 COM \*",其他配置保持默认。



点击"开始仿真"。

coptersim Full V3.t	05										- 0	
<b>Q_</b> 0	机架类型	整机质量		机架轴距		飞行海拔		◯ 品牌型号			r 10 e	
ଙ୍କତ	四旋翼 ~	1.5	kg	450	nn	50	n	○ 自定义设计	- T	Uiii ż	大迎王	
	电机品牌:							型号:				
	DJI(大疆)			~				2312 KV960			~	
× 1	螺旋桨品牌:							型号:				
	APC			~				10x4.5MR			~	
	由调品牌							刑문.				
S 📕 S	Hobbywing(好盈)			~				XRotor 20A			~	
	电池品牌:							型号:				
CONTRACTOR OF THE OWNER	ACE (格氏电池)			~				LiPo 35-11.1V-	25C-5500mAh		~	
to 파이프스테이 chi					21.99		mi da wi	ten 3	## ======		비사 사실 등을 위해 파	1
11) 望奴据库:					月昇	194	无急的	//4/	(現坐)年	,	004301013	4
terID: 三维Clas	ssID: 使用DLL模型文	件:	仿	真模式:		三维场景地	图:	联机 赴	2点位置: 🗌	]GPS坐标	偏航:	
terID: 三维Clas -1	ssID: 使用DLL模型文	件:	( ) ♪■◆↓	真模式: X4_HITL	) <b>8</b> /±+±-	三维场景地 ✓ 3DDisplay	।® : /	联机 赴 ── □ x:	L点位置: □ 03	] GPS坐标 7: _0	偏航: yaw:0	
terID: 三维Clas 一1 飞控选择 : US	ssID: 使用DLL模型文 3B 串行设备 COM6	<b>≇</b> : √	俏 > P 波特率 921600	真模式: X4_HITL	通信模 UDP_Fu	三维场景地 3DDisplay 式:	l图: / 开始	联机 赴 ~ □ x:	2点位置: 03 停止伤真	) GPS坐标 7: 0	<b>偏航:</b> yaw:0 重新仿真	
terID: 三维Clas -1 飞控选择: US	ssID: 使用DLL模型文 3B 串行设备 COM6	⊈: 	仿 > P 波特率 921600	真模式: X4_HITL :	通信模 UDP_Fu	三维场景地 SDDisplay 式: 11 ~	l图: / 开始	联机 赴	8点位置: 〇 0 3 停止仿真	] GPS坐标 7: 0	<b>偏航:</b> yaw:0 重新仿真	
terID: 三维Clas -1 飞控选择 : US Sivation success terSim: UDP des	ssID: 使用DLL模型文 BB 串行设备 COM6	件 : 	仿 > P 波特率 921600	真模式: X4_HITL	通信模 UDP_Fu	三維场景地 3DDisplay tt: 11	l图: , 开始	联机 走 ✓ □ x: 仿真	3点位置: 〇 0 3 停止仿真	) CPS坐标 7: 0 Z -8.04	<b>偏航:</b> yaw:0 重新仿真	
terID: 三维Clas -1 飞控选择: US tivation success terSim: UDP des terSim: 127.0.0 Orin LL4: 40.15	ssID: 使用DLL模型文 58 串行设备 COM6 :full tination IP list incl .1 40302, 116.2593683,50	t‡:  udes	伯 > P 波特率 921600	真模式: X4_HITL :	通信模 UDP_Fu X	三维场景地 3DDisplat ft: 11 ~ (	·图: / 开始	联机 赴 了 x: 仿真 Y 0 Vy 0	2点位置: 〇 03 停止仿真	) CPS坐标 7: 0 Z -8.04 Vz 0	<b>偏航:</b> yaw:0	
terID: 三维Clas 	ssID: 使用DLL模型文 58 串行设备 COM6 full titination IP list incl ).1	⊈: 	使 波特率 921600	真模式: X4_HITL :	通信模: UDP_Fu X V	三维场景地 3DDispla; 11 √ 0 x 0	·图: , 开始	Щ Ц Ц Ц Ц Ц Ц Ц Ц Ц Ц Ц Ц Ц Ц Ц Ц Ц Ц Ц	2点位置: 〇 03 停止仿真	) CPS坐标 /: 0 Z -8.04 Vz 0 V 0	<b>偏航:</b> yaw:0_ 重新仿真	

等待 CopterSim 左下方信息栏中出现 "PX4: GPS 3D fixed & EKF initialization finished."。

双击打开"\*\桌面\RflyTools\RflySim3D.lnk"软件,即可看到生成的载具和场景。



双击打开 "\*\桌面\RflyTools\QGroundControl.lnk" 软件,点击左侧起飞按钮,设置右侧的悬停高度,滑动上方的滑块。即可看到四旋翼无人机正常起飞。



虚拟游戏手柄控制方式,进入 QGC 地面中的 "Application Setting->常规->飞行试图"中, 勾线选"虚拟游戏手柄"。

QGroundCo	ontrol –	×
Back <	Application Settings	
常规	飞行视图	
通讯连接	使用起飞前检查清单	
	量 强制执行预飞清单	
高线地图	在车辆上保持地图输入	
	显示 <b>Telemetry</b> (发送关于远程系统信息的数据集)日志重播状态	
MAVLink	✔ 虚拟游戏手柄 Auto-Center Throttle	
控制台	使用垂直仪表板	
	在罗盘上显示额外的标题指示器	
帮助	锁定罗盘机头上仰	
	Show simple camera controls (DIGICAM_CONTROL)	
	Update home position based on device location. This will affect return to home	
	Enable Custom Actions	
	Guided Command Settings	

再返回主界面中即可看到游戏手柄。



在点击"起飞"按钮之后,即可通过该手柄控制飞机,同时,点击上方的飞行模式即可进 行切换。



仿真完成后, 依次关闭上述所有软件即可。

### 5.3. 自动开启硬件在环仿真(四旋翼)

按照下图的方式链接飞控,相关注意事项可在图中看到。



双击运行"\*\桌面\RflyTools\HITLRun.lnk"脚本,在弹出的 cmd 对话框中输入飞控的 端口号(如: 4)。即可自动启动 RflySim3D、CopterSim、QGroundControl 软件。



等待 CopterSim 中左下角显示: PX4: GPS 3D fixed & EKF initialization finished.

CopterSim Full v3.	05								_		×
Q.Ø	机架类型	整机质量	机架轴距	٦	、行海拔	0	) 品牌型号		기며야	흐흐	
<b>T</b> O	四旋翼 ~	1.5	<b>kg</b> 450	<b>nn</b> 5	0	m (	自定义设计	<u>I</u>	代間チョ	迎王	
	电机品牌:						型号:				
	DJI(大疆)		~				2312 KV960				
1 N 1	螺旋桨品牌:						型号:				
	APC		~				10x4.5MR				
	申调品牌:						型号:				
<b>N</b>	Hobbywing(好盈)		~				XRotor 20A				
	电池品牌:						型号:				
and the second	ACE(格氏电池)		~				LiP∘ 3S-11.1	V-25C-5500mAh			
机型数据库:			×	计算	模型	型参数	t	口入模型库	删除	当前机型	
CopterID: 三维Cla	ssID: 使用DLL模型S	て件:	仿真模式:		三维场景地	종 :	联机	起点位置: 🗌 🛛	GPS坐标	偏航:	
1 -1			∨ PX4_HITL	~	3DDisplay		✓ □ x:	0 y:	0	yaw:0	°
			波特率:	通信模式:							
飞控选择 : US	SB 串行设备 COM6	~	921600	UDP_Full	~	开始(	方真	停止仿真	1	新仿真	
PX4: Command SET_M PX4: Init MAVLink	NODE ACCEPTED	1		x o			Υ 0		Z -8.04		
PX4: Awaiting GPS/ PX4: Enter Manual	/EKF fixed for Positi Mode!	on control		Vx	0		<b>∀</b> y 0		Vz 0		
PX4: Command ARM/I PX4: Found firmwar	DISARM ACCEPTED re version: 1.14.2dev	ACCEPTED		φ	0		θο		ψο		
PX4: EKE2 Estimate PX4: GPS 3D fixed	& EKF initialization	finished.		lat	40.1540302		lon 116.25	93683	alt 58.04		
PX4: GPS 3D fixed	& EKF initialization	finished.		∎ lat	40.1540302		lon 116.25	A3683	alt <u>58.04</u>		

在 QGC 地面站中,点击左侧起飞按钮,设置右侧的悬停高度,滑动上方的滑块。即 可看到四旋翼无人机正常起飞。



虚拟游戏手柄控制方式,进入 QGC 地面中的 "Application Setting->常规->飞行试图" 中,勾线选"虚拟游戏手柄"。

QGroundCo	ontrol –	×
Back <	< 🕲 Application Settings	
常规	飞行视图	
通讯连接	使用起飞前检查清单	
	强制执行预飞清单	
离线地图	在车辆上保持地图输入	
	显示Telemetry(发送关于远程系统信息的数据集)日志重播状态	
MAVLink	✔ 虚拟游戏手柄 Auto-Center Throttle	
控制台	使用垂直仪表板	
1.0.07.1.1	在罗盘上显示额外的标题指示器	
帮助	锁定罗盘机头上仰	
	Show simple camera controls (DIGICAM_CONTROL)	
	Update home position based on device location. This will affect return to home	
	Enable Custom Actions	
	Guided Command Settings	

再返回主界面中即可看到游戏手柄。



在点击"起飞"按钮之后,即可通过该手柄控制飞机,同时,点击上方的飞行模式即可进 行切换。



仿真完成后, 依次关闭上述所有软件即可。

### 5.4. 其他类型载具启动硬件在环仿真(固定翼)

RflySim 工具链同时也支持其他载具的硬件在环仿真,下面将以固定翼为例进行配置固定翼无人机的硬件在环仿真,手动配置的具体步骤如下:

首先,需要确认地面站中的机架是否设置为 Standard Plane 机架,具体设置方式可见<u>飞</u> <u>控状态还原</u>,同时,需要按照<u>飞控状态还原</u>步骤进行设置。

双击打开 "\*\桌面\RflyTools\CopterSim.lnk"快捷方式,使用 DLL 模型文件选择"Fix WingModel",并在其"仿真模式"选项选择标签"PX4\_HITL","三维场景地图"中选择"OldFactory"地图,该地图中有固定翼的滑行跑道,仿真更加逼真,设置起点位置为"-250,-119,0",表示无人机在场景中的初始化位置,"通信模式"选择为"UDP\_Full"。此时,按照下图方式将飞控链接到电脑中,可看到在飞控选择中显示出"USB 串行设备 COM \*",其他配置保持默认。



点击"开始仿真"。

8 CopterSim Full v3.05									-	o x
ଭୁଡ	机架类型	整机质量	机架轴	距	飞行海拔		○ 品牌型号		旧立设备	3
ିତ	四旋翼 ~	1.5	<b>kg</b> 450	nn	50	π	○ 自定义设计	Ľ	내며 가 밴딩	E
	电机品牌:						찢묵:			
	DJI(大疆)		~				2312 KV960		~	
	螺旋桨品牌:						型号:			
	APC						10x4.5MR			
-	电调品牌:									
a 📕 🗦	Hobbywing(好盈)		~				XRotor 20A		~	
	电池品牌:						空亏: LiPo 20-11 1V-2	50-5500mth		
	HOD (101 4-676)						2110 00 11.17 2.	50 000000000000000000000000000000000000		
机型数据库:			~	计算		模型参数	加入相	莫型库	删除当前机	型
CopterID: 三维ClassII	D: 使用DLL模型文件	<b>‡</b> :	仿真模式	:	三维场景	地图:	联机 起点	京位置: □ GF	S坐标 偏航:	
1 -1	FixWingModel		∨ PX4_HITI	<b></b>	∨ OldFact	ory		250 y:	-119 yaw:	0
		1	波特率:	通信相	: 江美					
飞控选择 : USB A	事行设备 COM6	<u> </u>	921600	UDP_1	Full ~	开始	36月	停止伤真	重新伤!	1
PI4: Armed by externa	l command				W 171 0		7 11E E4E		7 07 001	
PX4: Executing Missio	n				A 1/1.0		1 -113. 345		2 -07.001	
CopterSim: FWM correc FX4: [logger] /fs/mic	t for channel #4 rosd/log/2024-07-23	3/03_18_38.ul≨	g		Vx 14.513		Vy 0.185		Vz2.841	
PX4: Takeoff on runwa PX4: Takeoff detected	ly I				Φ -0.114		A 11 724		10 0.041	
PX4: #Takeoff airspee	d reached				+ <u>-0.114</u>				• 0.801	
PX4: #Navigating to w	aypoint			- I	lat 171.79980	14253	lon -115.54533	72988	alt -67.661	

等待 CopterSim 左下方信息栏中出现 "PX4: GPS 3D fixed & EKF initialization finished."。 双击打开 "\*\桌面\RflyTools\RflySim3D.lnk" 软件,即可看到生成的载具和场景。



双击打开"\*\桌面\RflyTools\QGroundControl.lnk"软件,点击左侧"Plan"按钮,在新的界面中点击"打开",选择本文件统计目录下的 <u>FixWingPW.plan</u>文件,再点击右上角的"上传任务",即可将航点信息上传到飞机中。



滑动上方滑块解锁飞机并开始起飞。



在 RflySim3D 中即可看到固定翼无人机正常起飞并按照航点飞行。



自动开启固定翼硬件在环仿真实验的方式与<u>自动开启硬件在环仿真(四旋翼)</u>类似,但 运行的脚本有所不同。双击运行"[RflySim 安装目录]\RflySimAPIs\HITLRunFw.bat"脚本, 在弹出的 cmd 对话框中输入飞控的端口号(如: 4)。即可自动启动 RflySim3D、CopterSim、 QGroundControl 软件。

Please input the Pixhawk COM port list for HIL Use ',' as the separator if more than one Pixhawk E.g., input 3 for COM3 of Pixhawk on the computer Input 3,6,7 for COM3, COM6 and COM7 of Pixhawks	
Available COM ports on this computer are: COM4: Legacy FMU	
Recommended COM list input is: 4	
My COM list for HITL simulation is:4_	

等待 CopterSim 中左下角显示: PX4: GPS 3D fixed & EKF initialization finished。安装 上面步骤导入固定翼的航点文件 <u>FixWingPW.plan</u>进行解锁即可正常起飞并按照航点飞行。

# 6. 参考资料

- [1]. <u>https://px4.io/</u>
- [2]. https://github.com/PX4/PX4-Autopilot
- [3]. https://docs.px4.io/main/en/index.html
- [4]. https://docs.px4.io/main/en/simulation/hitl.html
- 7. 常见问题

无