# 附录C：硬件规格

本附录提供了无人水面艇可视化系统开发和测试所用的硬件规格，以及推荐的运行环境配置。

## C.1 开发环境硬件规格

### C.1.1 开发工作站配置

| 组件 | 规格 | 说明 |
| --- | --- | --- |
| 处理器 | Intel Core i7-11700K (8核16线程, 3.6GHz) | 支持高性能计算与多线程模拟 |
| 内存 | 32GB DDR4 3200MHz | 足够处理大规模模拟数据 |
| 显卡 | NVIDIA GeForce RTX 3070 (8GB GDDR6) | 支持3D可视化和GPU加速计算 |
| 存储 | 1TB NVMe SSD | 高速文件读写 |
| 操作系统 | Ubuntu 20.04 LTS / Windows 10 Pro | 双系统支持不同开发场景 |
| 显示器 | 27英寸 4K显示器 (3840x2160) | 提供高分辨率可视化界面 |
| 网络 | 1Gbps以太网 + WiFi 6 | 支持远程操作和高速数据传输 |

### C.1.2 便携式开发设备

| 组件 | 规格 | 说明 |
| --- | --- | --- |
| 型号 | MacBook Pro 16" (2021) | 便携式开发和演示 |
| 处理器 | Apple M1 Pro (10核CPU) | 高性能低功耗 |
| 内存 | 32GB 统一内存 | 支持多任务开发环境 |
| 存储 | 1TB SSD | 存储代码和测试数据 |
| 显示器 | 16英寸Liquid Retina XDR (3456 x 2234) | 高分辨率显示 |
| 操作系统 | macOS Monterey | 支持Unix开发环境 |
| 网络 | WiFi 6 + Bluetooth 5.0 | 无线连接与测试 |

## C.2 服务器环境规格

### C.2.1 开发服务器

| 组件 | 规格 | 说明 |
| --- | --- | --- |
| 处理器 | Intel Xeon E5-2680 v4 (14核28线程, 2.4GHz) | 多核心支持并行计算与多用户访问 |
| 内存 | 64GB DDR4 ECC | 支持多个并行模拟实例 |
| 存储 | 2TB NVMe SSD + 8TB HDD RAID 5 | 系统与数据分离存储 |
| 网络 | 10Gbps以太网 (双端口) | 高带宽数据传输 |
| 操作系统 | Ubuntu Server 20.04 LTS | 稳定的服务器环境 |

### C.2.2 云部署规格

| 服务提供商 | 实例类型 | 规格 |
| --- | --- | --- |
| AWS | EC2 c5.2xlarge | 8 vCPU, 16GB RAM, 高达10Gbps网络 |
| Google Cloud | n2-standard-8 | 8 vCPU, 32GB RAM, 10Gbps网络 |
| Azure | Standard\_F8s\_v2 | 8 vCPU, 16GB RAM, 高级SSD, 最大磁盘吞吐量 |
| 阿里云 | ecs.c6.2xlarge | 8 vCPU, 16GB RAM, 2.5Gbps带宽 |

## C.3 测试环境规格

### C.3.1 客户端测试设备

| 设备类型 | 型号 | 操作系统 | 浏览器 |
| --- | --- | --- | --- |
| 台式计算机 | Dell XPS 8940 | Windows 11 Pro | Chrome 96, Edge 96 |
| 笔记本电脑 | Lenovo ThinkPad X1 Carbon | Windows 10 Pro | Firefox 95, Edge 90 |
| 苹果台式机 | iMac 27" (2020) | macOS Big Sur | Safari 15, Chrome 95 |
| 苹果笔记本 | MacBook Air M1 | macOS Monterey | Safari 15 |
| Linux工作站 | System76 Thelio | Ubuntu 20.04 LTS | Firefox 94 |

### C.3.2 移动设备测试

| 设备类型 | 型号 | 操作系统 | 屏幕分辨率 |
| --- | --- | --- | --- |
| iOS手机 | iPhone 13 Pro | iOS 15.1 | 1170 x 2532 |
| iOS平板 | iPad Pro 12.9" (2021) | iPadOS 15.1 | 2732 x 2048 |
| Android手机 | Samsung Galaxy S21 Ultra | Android 12 | 1440 x 3200 |
| Android平板 | Samsung Galaxy Tab S7+ | Android 11 | 2800 x 1752 |
| Windows平板 | Microsoft Surface Pro 8 | Windows 11 | 2880 x 1920 |

## C.4 推荐运行环境

### C.4.1 最低硬件要求

| 组件 | 最低规格 | 建议规格 |
| --- | --- | --- |
| 处理器 | 双核CPU, 2.0GHz以上 | 四核CPU, 2.5GHz以上 |
| 内存 | 4GB RAM | 8GB RAM |
| 显卡 | 集成显卡, 支持WebGL | 独立显卡, 2GB显存以上 |
| 存储 | 100MB可用空间 | 500MB可用空间 |
| 网络 | 10Mbps互联网连接 | 50Mbps互联网连接 |
| 显示器 | 1366 x 768分辨率 | 1920 x 1080或更高分辨率 |

### C.4.2 软件环境要求

| 组件 | 最低版本 | 建议版本 |
| --- | --- | --- |
| Python | Python 3.7+ | Python 3.9+ |
| 操作系统 | Windows 8.1, macOS Catalina, Ubuntu 18.04 | Windows 10/11, macOS Big Sur, Ubuntu 20.04 |
| 浏览器 | Chrome 80+, Firefox 80+, Safari 14+ | 最新版Chrome, Firefox, Edge或Safari |
| 网络 | 支持WebSocket | 支持WebSocket和HTTP/2 |

### C.4.3 移动设备要求

| 组件 | 最低规格 | 建议规格 |
| --- | --- | --- |
| iOS | iOS 13+, iPhone 8或更新机型 | iOS 15+, iPhone 11或更新机型 |
| Android | Android 9.0+, 4GB RAM | Android 11.0+, 6GB RAM |
| 平板 | iPad Air 2, Galaxy Tab S5e或同等设备 | iPad Pro, Galaxy Tab S7或更高端设备 |
| 网络 | WiFi 802.11n | WiFi 802.11ac或WiFi 6 |

## C.5 硬件性能对可视化系统的影响

硬件性能对无人水面艇可视化系统有显著影响，特别是以下几个方面：

1. **3D渲染性能**：GPU性能直接影响3D场景渲染的流畅度和细节水平。高端GPU可以支持更复杂的水面效果和更多的场景对象。
2. **模拟计算速度**：CPU性能影响物理模拟计算速度，特别是在复杂环境或多艇协同模拟场景中。
3. **响应时间**：服务器硬件性能和网络带宽影响从模拟计算到前端显示的延迟。
4. **并发连接能力**：在多用户使用场景下，服务器内存和CPU核心数决定了系统可以同时支持的连接数量。
5. **移动设备兼容性**：移动设备的GPU性能和屏幕分辨率影响移动端可视化体验质量。

综合测试表明，推荐配置下的系统可以实现60FPS的稳定帧率，即使在复杂场景中也能保持30FPS以上的性能，保证良好的用户体验。