

GPS-PFD 说明文档



GPS-PFD

by SAM TOKI STUDIO

v1.01 (2025/12/26)

<https://SamToki.github.io/GPS-PFD>

目录

1. 简介	5
2. 使用前须知	5
2.1. 使用环境	5
2.2. 离线使用	5
2.3. 安全与隐私	5
3. 教程	6
3.1. PFD（主界面）	6
3.1.1. 导航栏	6
3.1.2. 信息栏	6
3.1.3. 模式指示器（Mode annunciator）	7
3.1.4. 姿态仪（Attitude indicator）	8
3.1.5. 空速表（Airspeed indicator）	9
3.1.6. 高度表（Altimeter）	10
3.1.7. 垂直速度表（Vertical speed indicator/Variometer）	10
3.1.8. 朝向指示器（指南针，Heading indicator）	10
3.1.9. 测距仪（DME）	11
3.1.10. 航向台（Localizer）	11
3.1.11. 下滑道（Glide slope）	11
3.1.12. 指点标（Marker beacon）	11
3.1.13. 无线电高度表（Radio altimeter）	12
3.1.14. 决断高度	12
3.1.15. 警告系统	12
3.1.16. PFD 菜单	13
3.2. 机场库	15
3.2.1. 机场	15
3.2.2. 机场属性	15
3.2.3. 跑道	16
3.2.4. 跑道属性	16
3.2.5. 管理	17
3.3. 设定	18
3.3.1. 权限	18
3.3.2. 飞航模式	18
3.3.3. 姿态仪	18
3.3.4. 速度	19
3.3.5. 高度	21
3.3.6. 朝向	21
3.3.7. 导航	21
3.3.8. 警告系统	22

3.3.9. 显示.....	22
3.3.10. 声音.....	23
3.3.11. 国际化.....	24
3.3.12. PWA	25
3.3.13. 其他.....	25
3.3.14. 开发者选项	25
3.3.15. 用户数据	25
3.4. 帮助	26
4. 使用方式	27
4.1. 在线使用	27
4.2. 完全离线使用.....	27
4.2.1. 下载资源.....	27
4.2.2. 直接打开文件（File 协议）	27
4.2.3. 使用本地服务器（HTTP 协议）	27
5. 常见问题与解答	28
5.1. GPS 状态始终为「不可用」。	28
5.2. 手动操作感觉很迟缓。	28
5.3. 手动操纵速度，超速后空速表貌似会卡住，降不下来。	28
5.4. 朝向指示器从359度转至1度时，罗盘朝反方向大幅转动。	28
6. 技术说明	30
6.1. 图解各种速度、高度之间的区别.....	30
6.2. 图解各种速度的推导步骤	31
6.3. 计量单位	31
6.4. 算法	32
6.4.1. 姿态.....	32
6.4.2. 真空速.....	32
6.4.3. 飞机外气温	32
6.4.4. 飞机外气压	32
6.4.5. 飞机外空气密度.....	32
6.4.6. 表速.....	33
6.4.7. 马赫数.....	34
6.4.8. 失速速度	34
6.4.9. 通过两地经纬度计算距离	34
6.4.10. 导航朝向	34
6.5. 襟翼参考标尺.....	35
6.5.1. 波音 737-800	35
6.5.2. 空客 A320.....	35
6.6. 警告的触发条件.....	35
6.6.1. 倾角过大	35

6.6.2. 不要下降	36
6.6.3. 偏离下滑道	36
6.6.4. 下降率过大、拉杆	37
7. 参与进来	38
7.1. 反馈	38
7.2. 翻译	38
8. 免责声明	38
9. 隐私权声明	38
10. 版权说明	39
11. Credits	39
12. 鸣谢	39

1. 简介

GPS-PFD，利用 [GPS](#) 与[加速计](#)，在移动设备上模拟飞机驾驶舱的 [PFD](#)。

备注：这里的「GPS」指的是[位置服务](#)，其利用以 GPS 为代表的[卫星导航系统（GNSS）](#)来精确定位。卫星导航系统包括美国 GPS、俄罗斯 [GLONASS](#)，以及中国[北斗](#)等。加速计亦称加速度传感器、重力感应器，用于测量姿态、速度与高度。

2. 使用前须知

2.1. 使用环境

建议在搭载了 GPS 芯片与加速计的移动设备（智能手机或平板电脑）上使用本应用程序。否则核心功能可能不可用。在交通工具上可能需要靠窗才能接收到 GPS 信号。GPS 可能会非常耗电，因此建议使用时连接移动电源（充电宝）。

2.2. 离线使用

在没有网络连接的飞机上，您需要离线使用本应用程序。有两种方式来离线使用：

- 断网前先在线访问一次。
- 下载资源至本地，在本地运行网页。

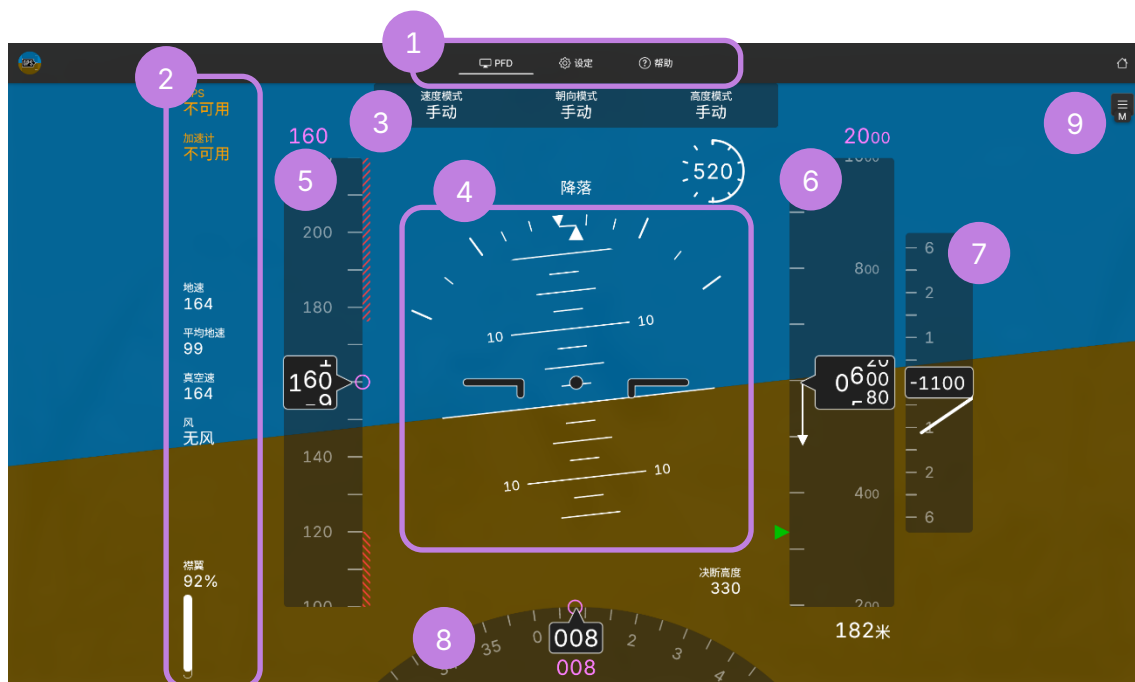
详见「[使用方式](#)」。

2.3. 安全与隐私

详见[免责声明](#)与[隐私权声明](#)。

3. 教程

3.1. PFD（主界面）



- ① 导航栏 ② 信息栏 ③ 模式指示器 ④ 姿态仪
⑤ 空速表 ⑥ 高度表 ⑦ 垂直速度表 ⑧ 朝向指示器 ⑨ PFD 菜单

3.1.1. 导航栏

用于在「[PFD](#)」「[机场库](#)」「[设定](#)」「[帮助](#)」之间导航。点击按钮即可跳转至对应的部分。右上角的「[主页](#)」用于跳转至「[Sam Toki 的个人网站](#)」。若您[完全离线使用本应用程序](#)，这个链接可能会失效。

滚动网页时，当前所在部分对应的导航栏按钮会高亮。

3.1.2. 信息栏

(1) GPS 状态

GPS 的可用状态。可能显示「正常」「信号弱」「不可用」或「被禁止」。在 GPS 可用时，若位置精度小等于10米，高度数据可用，且高度精度小等于20米，则显示「正常」。否则显示「信号弱」。

(2) 加速计状态

加速计的可用状态。可能显示「正常」「不可用」或「被禁止」。

(3) 地速 (Ground speed)

您相对于地面的水平速度。

为了显示流畅，地速以及 PFD 面板中的大部分数据都设计了显示延迟。

(4) 平均地速

如字面意思。该信息可用于计算[测距仪 \(DME\)](#) 中的「预计剩余时间」。具体取决于[有关设定](#)。

(5) 真空速 (True airspeed)

您相对于周围空气的速度。真空速与[地速](#)、风速、[您的朝向](#)、风向，以及[垂直速度 \(vertical speed\)](#) 有关。详见[技术说明](#)。

(6) 风

显示风向与风速。风向0度为正北，90度为正东，180度为正南，以此类推。若风速为0则显示「无风」。

当有风且[朝向指示器](#)可用时，这里会显示一个相对于您的朝向的风向标。例如若风向标垂直向下，则风迎面吹来（即 head wind）。

(7) 襟翼 (Flaps)

[襟翼](#)是飞机在低速状态下用于提升升力的装置。您可在 [PFD 菜单](#) 调节襟翼展开的百分比。襟翼设定会影响最大[限速](#)。

3.1.3. 模式指示器 (Mode annunciator)

指示速度模式、高度模式、朝向模式以及飞航模式 (flight mode)。

(1) 速度模式

速度模式有「GPS」「加速计」「双通道」与「手动」四种。详见「设定」中的「[速度模式](#)」。

(2) 高度模式

高度模式有「GPS」「加速计」「双通道」与「手动」四种。详见「设定」中的「[高度模式](#)」。

(3) 朝向模式

朝向模式有「GPS」与「手动」两种。详见「设定」中的「[朝向模式](#)」。

(4) 飞航模式 (Flight mode)

飞航模式用于决定参考出发机场还是到达机场的数据，以及切换[近地警告系统 \(GPWS\)](#)的模式。飞航模式可在特定条件下自动切换。

在普通样式的 PFD 面板，飞航模式显示于[姿态仪](#)正上方（波音 PFD 显示自动驾驶模式的位置）。

飞航模式有以下六种：

- 出发地面：初始模式。各种功能都参考出发机场的数据。在[表速 \(indicated airspeed\)](#) 大等于 [V_R \(抬头速度\)](#) 的情况下，当飞机离地30英尺，即切换至起飞模式。
- 起飞：最小限速生效。「不要下降」(Don't sink) 警告可用。当飞机离地3000英尺，即切换至巡航模式。
- 巡航：各种功能转为参考到达机场的数据。「不要下降」警告失效。当飞机下降至3000英尺，即切换至降落模式。
- 降落：「偏离下滑道」(Glide slope) 警告可用。[无线电报高 \(radio altitude callout\)](#) 生效。[决断高度 \(decision altitude\)](#) 生效。「[自动切换跑道](#)」可用。当飞机下降至30英尺，即切换至到达地面模式。
- 到达地面：最小限速失效。「偏离下滑道」警告失效。决断高度失效。当表速下降至5节，即切换至出发地面模式，并对调机场。
- 紧急返航：各种功能都参考出发机场的数据。「偏离下滑道」警告可用。无线电报高生效。决断高度生效。当飞机下降至30英尺，即切换至出发地面模式。

3.1.4. 姿态仪 (Attitude indicator)

(1) 地平线

[姿态仪](#)背景的蓝色部分代表天空，棕色部分代表地面。交界处即为地平线。地平线最大显示20度的[俯仰](#)。

(2) 飞机标志

PFD 面板中央静止不动的白色（在浅色主题下）形状即为飞机标志。

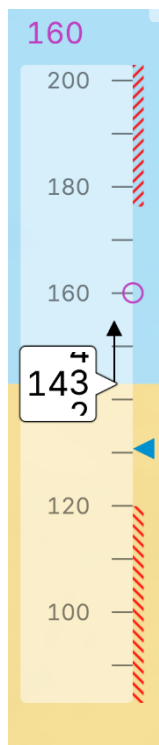
(3) 俯仰 (Pitch)

中央的刻度指示俯仰姿态。若飞机抬头10度，则飞机标志位于俯仰刻度的+10度。

(4) 横滚 (Roll)

顶部的刻度指示横滚姿态。若飞机右倾10度，则横滚指针（正三角）指向横滚刻度的右10度。

3.1.5. 空速表 (Airspeed indicator)



(1) 当前表速 (指示空速, Indicated airspeed)

表速反映单位时间内流经机翼的空气粒子的数量，从而反映机翼的升力。由于高处空气稀薄，飞机的表速不变时，真空速在高处会更快。因此飞机在高处运行效率更高。

白色（在浅色主题下）的速度气泡指示当前表速。空速表的量程为 0~999 公里/小时 (539 节)。若出现「原始速度」小于「垂直速度」的异常情况（在手动模式下容易触发），表速可能会归零。若马赫数 (Mach number) 大等于 0.5，则会在下方显示。

(2) 速度趋势 (Speed trend)

速度气泡右侧，带箭头的黑色竖线指示速度趋势。假若加速度保持不变，速度将在10秒后抵达黑色箭头指示的值。

(3) 限速

上下两边的红条指示限速。底部的是最低限速，顶部的是最高限速。

最低限速由「最小表速」与失速速度共同决定。若启用「计算失速速度」，最低限速取最小表速与失速速度两者中的较大值。若禁用之，最低限速等于最小表速。

最高限速由 V_{MO} (襟翼收起时最大表速)、 V_{FE} (襟翼全开时最大表速)、 M_{MO} (最大马赫数) 共同决定。首先计算一个「最大表速参考值」。若 V_{MO} 为240节， V_{FE} 为160节，襟翼展开75%，则最大表速参考值为180节。以此类推。然后将 M_{MO} 转换为表速，与最大表速参考值比较。取其中较小值，即为最高限速。

(4) 平均表速

蓝色箭头指示平均表速。

(5) MCP 速度

品红色数字与圆圈指示 MCP 设定的速度。MCP 速度有「表速」与「马赫数」两种模式。实际应用中，在高空时通常使用「马赫数」模式。

(6) 起飞速度

指示 V_1 （中断起飞速度）与 V_R 两种起飞速度。仅在 [飞航模式](#) 为「出发地面」时显示。若启用了 [速度警报](#) 声音，且飞航模式为「出发地面」，则到达 V_1 时会有播报。

3.1.6. 高度表（Altimeter）

(1) 当前高度（Altitude）

高度反映您与海平面的垂直距离。由于系统获取的是 GPS 高度，高度表无需气压校准。高度表的量程为 -2000~50000 英尺。

(2) 高度趋势（Altitude trend）

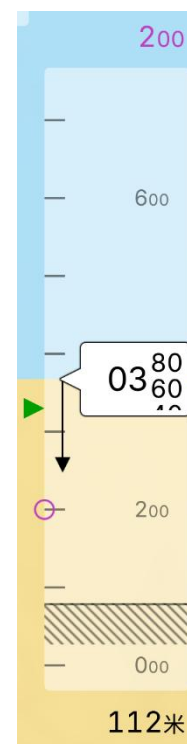
假若垂直速度保持不变，高度将在6秒后抵达黑色箭头指示的值。

(3) 地面高度

灰色条纹指示地面高度。[跑道高度](#) + [座位高度](#) = 地面高度。

(4) 决断高度（Decision altitude）

绿色或黄色的箭头指示[决断高度](#)。地面高度 + 相对决断高度（decision height）= 决断高度。飞机降落时，若已抵达决断高度而跑道仍然不可见，则必须[复飞（go around）](#)。



(5) MCP 高度

品红色数字与圆圈指示 MCP 设定的高度。若启用了 MCP 高度，且飞航模式非两种地面模式，则接近 MCP 高度（±400英尺）时会有绿色提示。若启用了[高度警报](#)声音，还会有蜂鸣声（altitude alert；程序内部为避免混淆而称作 altitude beep）。

3.1.7. 垂直速度表（Vertical speed indicator/Variometer）

垂直速度即爬升或下降的速度。垂直速度单位为英尺/分钟（默认）时，指针向上指向1，气泡显示「+1000」，表示每分钟爬升1000英尺。单位为米/秒时，指针向上指向1，气泡显示「+1.0」，表示每秒爬升1米。[垂直速度表](#)的量程为 -9999~9999 英尺/分钟。品红色数字与圆圈指示 MCP 设定的垂直速度。

3.1.8. 朝向指示器（指南针，Heading indicator）

指示您的朝向。解读方法与[风向](#)相同。若朝向数据来自 GPS，当您静止不动时系统无法得知朝向。若启用了[导航](#)，会显示导航朝向（bearing）箭头。品红色数字与圆圈指示 MCP 设定的朝向。

3.1.9. 测距仪 (DME)

测距仪测量您与机场之间的水平距离，预测到达机场前的剩余时间。

(1) 跑道

当前活动机场 (active airport) 的选定跑道。例如降落时即显示到达机场的选定跑道之名称。

(2) 距离

当前您与机场 (准确地说是其选定跑道) 之间的水平距离。若大等于10000公里则显示「距离过远」。

(3) 预计剩余时间 (ETA)

根据当前距离与地速计算出的时间。若大等于100小时则不显示。

3.1.10. 航向台 (Localizer)

指示您的朝向与导航朝向之间的偏差。仅在飞航模式为「降落」或「紧急返航」时显示。量程为 $-2 \sim 2$ 度。例如若您的朝向为60度 (东偏北)，导航朝向为61度，则航向台显示右偏一格。您需要略微右转以对齐航向。

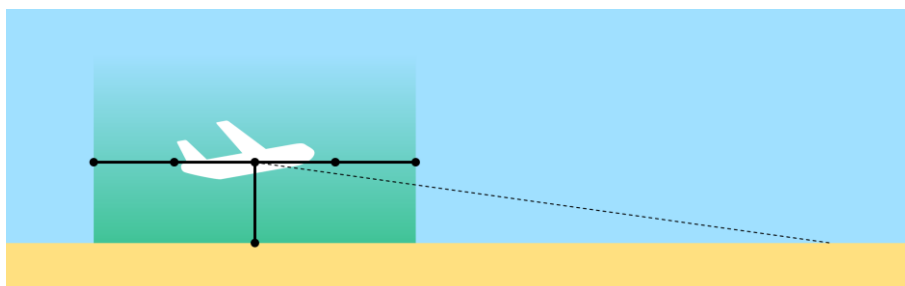
3.1.11. 下滑道 (Glide slope)

指示您的下滑角度与预设下滑道角度之间的偏差。仅在飞航模式为「降落」或「紧急返航」时显示。量程为 $-0.7 \sim 0.7$ 度。例如若您的下滑角度为2.8度，标准下滑道为3度，则下滑道显示偏上。您需要降低下降率以对齐下滑道。

下滑道使近地警告系统的下滑道警告功能可用。

3.1.12. 指点标 (Marker beacon)

模拟指点标系统。当您的朝向与导航朝向之间的偏差不超过2度，且您与跑道之间的水平距离与预设值之间的偏差不超过无线电高度的2倍 (如下图所示绿色区域)，指点标即会闪烁。仅在飞航模式为「降落」或「紧急返航」时显示。



3.1.13. 无线电高度表（Radio altimeter）

指示当前高度与地面高度之间的相对高度。无线电高度介于 -999~2500 英尺时，[无线电高度表](#)开始显示。显示值介于 -99~999 时额外显示刻度，介于 0~999 时额外显示进度圆环。其显示精度被刻意降低，以防止数字剧烈跳动。但随着高度下降，显示精度会越来越高。

若启用了高度警报声音，且飞航模式为「降落」「到达地面」或「紧急返航」，则会有无线电报高。无线电高度下降至2500、1000、500、400、300、200、100、50、40、30、20、10、5，以及决断高度上方100（Hundred above）、决断高度上方80（Approaching minimums）、决断高度（Minimums）时，会有语音提示。不同声音方案的无线电报高会有些许差异。

3.1.14. 决断高度

详见[上文](#)。

降落至决断高度时，决断高度会闪烁3秒，然后持续高亮。落地后决断高度取消高亮。

3.1.15. 警告系统

警告系统包括姿态、速度与高度三种警告。警告的触发条件详见[技术说明](#)。三种警告可同时显示与播放，但一种警告内的两条警告不能同时显示与播放。越靠后的警告优先级越高。例如若「偏离下滑道」与「拉杆」警告同时生效，系统只会显示与播放拉杆警告。

(1) 姿态警告

- 倾角过大（Bank angle）

(2) 速度警告

- 空速过低（Airspeed low）
- 超速（Overspeed）

(3) 高度警告

- 不要下降（Don't sink）
- 偏离下滑道（Glide slope）
- 下降率过大（Sink rate）
- 拉杆！（Pull up!）

3.1.16. PFD 菜单

(1) 控制

在此可切换全屏，进行手动操作（在手动模式下），调节 MCP，调节襟翼，重置加速计速度，以及重置平均速度（平均地速与平均表速）。

(2) 手动操作

手动操作改变的是参数的趋势（可理解为加速度）。

- 俯仰操作步进 ± 0.25 度/秒，最大 ± 50 度/秒。
- 横滚操作步进 ± 0.5 度/秒，最大 ± 100 度/秒。
- 速度操作步进 ± 0.2 节/秒，最大 ± 40 节/秒。
- 高度操作步进 ± 133.33 英尺/分钟，最大 ± 26666.67 英尺/分钟。
- 朝向操作步进 ± 0.5 度/秒，最大 ± 100 度/秒。

假若在静止状态时按5次加速键，速度趋势将增加并保持为1节/秒，速度会稳定地每秒增加1节。

(3) MCP

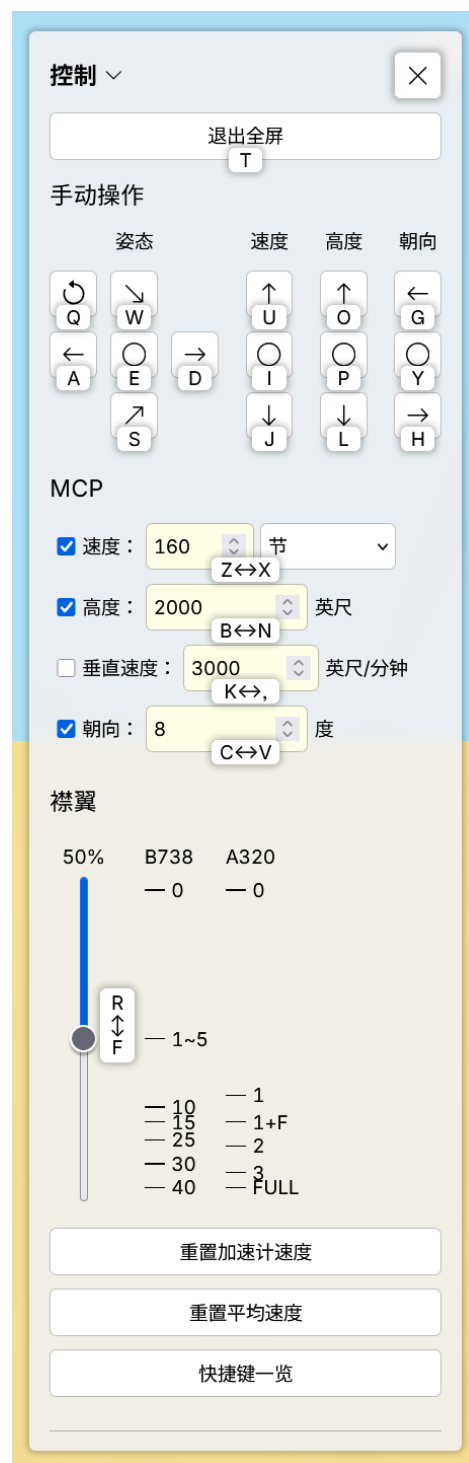
MCP 有4个设定项：

- 速度：0~539 节。
- 高度：-2000~50000 英尺。
- 垂直速度：-6000~6000 英尺/分钟。
- 朝向：0~359 度。

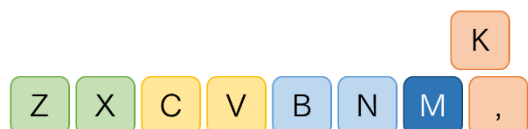
前三者单位可变。所有设定项默认值均为0。本功能没有实际意义。

(4) 襟翼

襟翼滑条旁有波音 737-800 与空客 A320 两款最常见民航客机的襟翼参考标尺。



(5) 快捷键一览



(6) 跑道

在此切换活动机场的跑道，查看每条跑道的朝向偏移与距离。「自动切换跑道」工作时，切换按钮会禁用。

(7) 选项

此处收录了「设定」中的部分设定项，方便快速调节。

(8) 技术信息（原始数据）

此处的信息用于开发调试用途，默认隐藏。若您感兴趣的话不妨自行研究。

3.2. 机场库



您可在机场库更换出发地与目的地。

3.2.1. 机场

筛选功能用于检索含有指定内容的机场。例如在上图中筛选「羽田」，则筛选出第2座机场。其他3座机场会被隐藏。

点击一座机场即可将出发机场或到达机场切换至该机场。每座机场右侧的三个按钮分别为生成副本、导出、删除。删除机场前会有二次确认。点击「对调」来对调出发机场与到达机场。点击「新建」来创建新的机场。「按名称排序」功能视操作系统的语言设定，可能不会按照汉语拼音顺序来排列机场。

3.2.2. 机场属性

在此更改选中的机场的属性。请记得在起飞前更新两座机场的天气数据。

(1) 基本属性

包括名称、地区、代码三条属性。可自由填写。

(2) 机场气温

设定机场的气温（等同于地面气温）。该数据在普通的天气服务上即可查询。

机场气温限定 -50~50 °C 之间，[单位可变](#)，默认15°C。

(3) 相对湿度

设定机场的相对湿度。该数据在普通的天气服务上即可查询。

相对湿度为 0~100 之间的整数，单位为%，默认50%。

(4) QNH

设定机场的 [QNH（修正海平面气压）](#)。气压数据在普通的天气服务上即可查询，但其气压可能并非 QNH。

QNH 限定 900~1100 百帕之间，[单位可变](#)，默认1013.25百帕（标准大气压）。

3.2.3. 跑道

在此切换出发机场的跑道。跑道列表强制按名称排序。点击「新建」来创建新的跑道。

3.2.4. 跑道属性

在此更改选中的跑道的属性。

(1) 名称

跑道名称由两部分组成：

- 朝向：两位数。09表示正东，18表示正南。以此类推。
- 后缀：一个字母。常见的 L/C/R 分别表示左/中/右跑道。

(2) 坐标

设定跑道（头）的经纬度坐标。北纬、东经是正值，南纬、西经是负值。您可使用网络上的各种地图工具查询该数据。这里推荐一款「[Elevation Finder](#)」。

Elevation Finder

This tool can be used to find an estimate for the elevation of a point on the earth. Click/tap the map or type the address in the text box.

Find Elevation Map



纬度为 -90~90 之间的五位小数，单位为角度，默认0.00000度。

经度为 -180~180 之间的五位小数，单位为角度，默认0.00000度。

(3) 跑道高度

设定跑道的海拔高度。您可使用网络上的各种地图工具查询该数据。

跑道高度限定 -1640~16404 英尺，[单位可变](#)，默认0英尺。

(4) 下滑道角度

详见[上文](#)。

设定跑道的下滑道角度。此值为 0~10 之间的两位小数，单位为角度，默认3.00度。

(5) 指点标距离

详见[上文](#)。

设定外、中、内三种指点标与跑道之间的水平距离。限定 0~10.8 海里，[单位可变](#)，默认分别为5.00、0.50、0.10海里。

(6) 相对决断高度

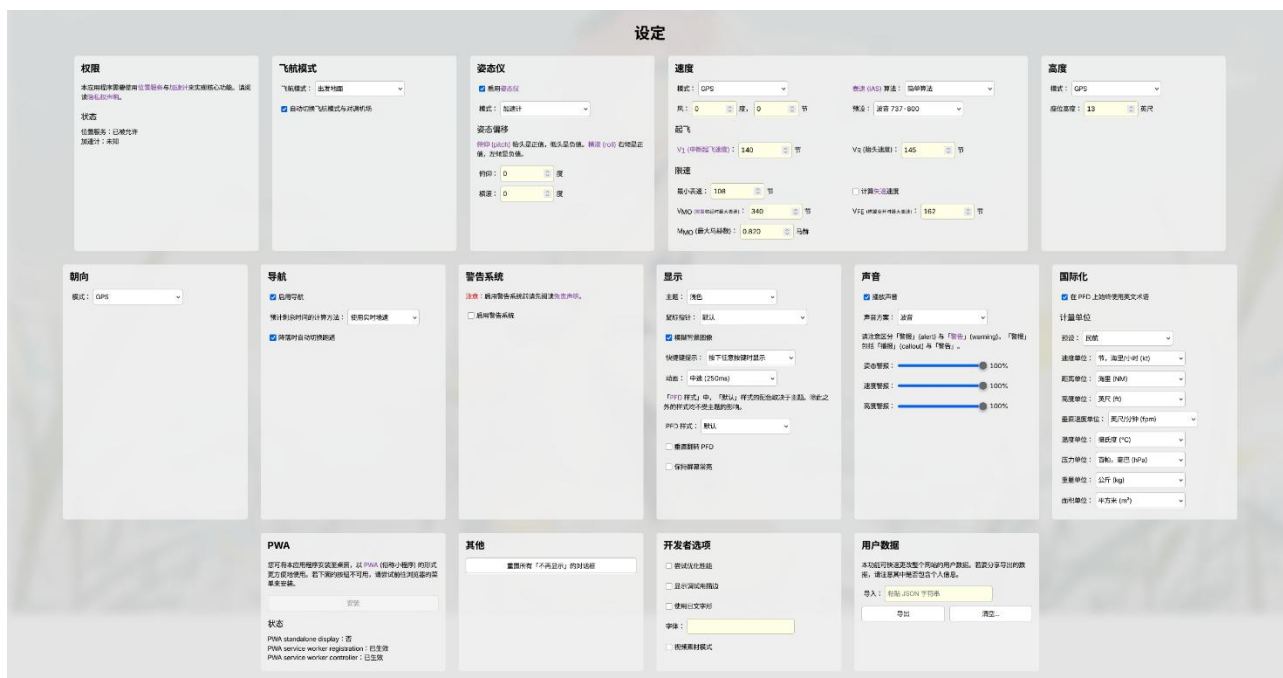
相对决断高度限定 49~2461 英尺，单位可变，默认250英尺。

3.2.5. 管理

「导入」功能可导入机场或整个机场库。支持批量导入，每行一个对象。

若要分享导出的数据，请注意其中是否包含个人信息。「重置机场库」可将机场库恢复至初始状态，仅有内置机场。重置前建议先备份当前机场库。

3.3. 设定



3.3.1. 权限

本应用程序需要使用位置服务与加速计来实现核心功能。请阅读隐私权声明。在此查看权限状态。

[苹果公司](#)出于加强保护用户隐私的理由，在 [iOS 13+](#) 环境下，您需要手动允许本应用程序使用加速计。

3.3.2. 飞行模式

(1) 飞行模式

切换飞行模式。可选出发地面、起飞、巡航、降落、到达地面，以及紧急返航等六种模式。默认为出发地面模式。

(2) 自动切换飞行模式与对调机场

如字面意思。默认启用。

3.3.3. 姿态仪

(1) 启用姿态仪

姿态仪开关。若启用姿态仪，表速的计算会将俯仰姿态考虑在内，失速速度的计算会将横滚姿态考虑在内。建议在能固定好设备的情况下启用姿态仪。默认启用。

(2) 模式

切换姿态模式：

- 加速计（默认）：从加速计获取姿态数据。加速计利用重力感应来判断设备的姿态。注意一些浏览器（例如 [Google Chrome](#)）可能刻意降低加速计数据的精度，导致姿态显示有卡顿的感觉。
- 手动：手动更改姿态数据。俯仰范围 -90~90 度，横滚范围 -180~180 度。

(3) 姿态偏移

姿态偏移适用于无法自由摆放设备的情况。俯仰抬头是正值，低头是负值。横滚右倾是正值，左倾是负值。点击「校零」可将当前姿态作为端正姿态。例如若设备前倾30度，俯仰为 -30 度，校零功能就会将俯仰偏移设为 +30 度。姿态模式为「手动」时姿态偏移无效。

俯仰偏移为 -90~90 之间的整数，单位为角度，默认0度。

横滚偏移为 -90~90 之间的整数，单位为角度，默认0度。

3.3.4. 速度

(1) 模式

切换速度模式：

- GPS（默认）：仅从 GPS 获取速度数据。
- 加速计（不推荐）：仅从加速计获取速度数据。用加速计计算速度可能会有严重的误差。
- 双通道：从 GPS 与加速计获取速度数据。每次 GPS 速度更新时，加速计速度会与 GPS 速度对齐。
- 手动：手动更改速度数据。范围 0~2000 公里/小时。

(2) 表速算法

GPS 与加速计只能测量地速，因此[空速](#)需要通过算法从地速转换而来。有四种表速算法供您选择。相较于简单算法，高级算法额外需要温度、湿度以及气压数据。「直接使用真空速」适用于汽车、火车等地面交通工具。这些交通工具的速度表指示的速度相当于真空速。详见[技术说明](#)。

(3) 风

设定风向与风速。由于现实环境中风是不断改变的，本功能缺乏实际意义。

风向为 0~359 之间的整数，单位为角度，默认0度。风速限定 0~539 节之间，[单位可变](#)，默认0节。

(4) 速度预设

快速切换起飞速度与限速。有三种预设供您快速选择：

- 波音 737-800：最常见的民航客机之一。 V_1 140节， V_R 145节，最小表速120节， V_{MO} 340节， V_{FE} 162节， M_{MO} 0.82马赫。
- 空客 A320：最常见的民航客机之一。 V_1 140节， V_R 145节，最小表速120节， V_{MO} 350节， V_{FE} 177节， M_{MO} 0.82马赫。
- 地面交通工具： V_{MO} 与 V_{FE} 为120公里/小时。

(5) 起飞速度

设定 V_1 与 V_R 两种起飞速度。起飞速度限定 0~539 节之间，单位可变，默认分别为140节与145节。

(6) 最小表速

若飞机的表速低于此值，飞机可能会因为升力不足而失速（掉下来）。

最小表速限定 0~529 节，单位可变，默认120节。

(7) 计算失速速度

若无法得知飞机实时的重量，失速速度是不可靠的。本功能没有实际意义。默认禁用。

若启用，则会额外提供四个设定项：重量、机翼面积、襟翼收起时最大升力系数、襟翼全开时最大升力系数。这些参数用于计算失速速度。详见[技术说明](#)。

(8) V_{MO} 、 V_{FE} 与 M_{MO}

若襟翼收起/全开的飞机的表速高于 V_{MO}/V_{FE} ，飞机可能会因为压力过大而出现结构损坏甚至解体。若表速高于 M_{MO} ，飞机的部分表面可能突破音障，同样地导致结构损坏。

V_{MO} 限定 11~539 节，单位可变，默认340节。

V_{FE} 限定 11~539 节，单位可变，默认162节。

M_{MO} 限定 0.5~9.999 马赫，默认0.82马赫。

3.3.5. 高度

(1) 模式

切换高度模式：

- GPS（默认）：仅从 GPS 获取高度数据。
- 加速计（不推荐）：仅从加速计获取高度数据。用加速计计算高度可能会有严重的误差。
- 双通道：从 GPS 与加速计获取高度数据。每次 GPS 高度更新时，加速计高度会与 GPS 高度对齐。
- 手动：手动更改高度数据。范围 -2000~50000 英尺。

(2) 座位高度

座位高度限定 0~66 英尺，单位可变，默认13英尺（波音 737-800）。

3.3.6. 朝向

(1) 模式

切换朝向模式：

- GPS（默认）：从 GPS 获取朝向数据。
- 手动：手动更改朝向数据。范围 0~359 度。

3.3.7. 导航

导航功能参考自[仪表着陆系统（ILS）](#)。包括测距仪、导航朝向、[航向台](#)、下滑道以及指点标。

(1) 启用导航

导航功能开关。

(2) 预计剩余时间的计算方法

设定预计剩余时间的计算是基于实时地速还是平均地速。若使用实时地速，且乘坐走走停停的交通工具，预计剩余时间可能会剧烈波动。若使用平均地速，且乘坐飞机，预计剩余时间在降落阶段可能严重偏小。默认使用实时地速。

(3) 降落时自动切换跑道

在飞行模式为「降落」，GPS 坐标可用，朝向可用，且无线电高度介于 200~3000 英尺时，本功能生效。本功能会持续监视活动机场的所有跑道。先筛选位于前方（朝向偏移不超过10度）的跑道，再于其中选出距离最短者。若没有跑道在前方，则直接选择距离最短者。

3.3.8. 警告系统

在此开关警告系统。启用警告系统前请先阅读免责声明。默认禁用，防止意外在公共场合播放警告系统的警报声音。

从这里开始涉及「Sam Toki 的个人网站」全站通用的选项，这些选项会同步至 Sam Toki 的其他网页应用（web app）。但若您完全离线使用本应用程序，用户数据同步可能不会工作。

3.3.9. 显示

(1) 主题

切换网页的整体外观。目前有以下选项：

- 自动（默认）：根据操作系统或浏览器的设定，自动选择「浅色」或「深色」主题。
- 浅色：Sam Toki 的浅色版网页 UI。若浏览器不支持「自动」，则会回退至该主题。
- 深色：Sam Toki 的深色版网页 UI。
- 苏菲的炼金工房2：模仿「[苏菲的炼金工房2](#)」游戏 UI。
- 原神：模仿「[原神](#)」游戏 UI。
- 高对比度：适合视障人士。若操作系统或浏览器启用了高对比度功能，则系统会强制应用该主题。

(2) 鼠标指针

切换网页内鼠标指针的外观。「无」表示不更换鼠标指针。其余选项对应的鼠标指针均为 SAM TOKI STUDIO 的原创鼠标指针作品。

(3) 模糊背景图像

如字面意思。若您感觉背景图像影响阅读，可启用此选项。默认启用。

(4) 快捷键提示

更改快捷键提示组件的行为。选项如下：

- 禁用：不要显示快捷键提示。
- 按下无关按键时显示：当按下在本应用程序不起作用的按键时，快捷键提示出现并持续15秒。这可以提示您可能按错了键，并寻找正确按键。按下鼠标键时快捷键提示将立即隐藏。
- 按下任意按键时显示（默认）：当按下任意按键时，快捷键提示出现并持续15秒。按下鼠标键时快捷键提示将立即隐藏。
- 始终显示：如字面意思。即使按下鼠标键也不会隐藏。

(5) 动画

更改动画效果的速度，或关闭动画效果。默认中速（250ms）。

(6) PFD 样式

更改 PFD 面板的外观。目前可用的样式有「普通」「[HUD](#)」与「汽车仪表盘」。普通样式的配色取决于[主题](#)。除此之外的样式均不受主题的影响。在 OLED 屏幕上使用 HUD 样式可以[省电](#)。

(7) PFD 字体

更改 PFD 面板的字体。可选[黑体（Sans-serif）](#)、[宋体（Serif）](#)、[等宽字体（Monospace）](#)、[Inter](#) 与 [Century Gothic](#)。前三者受浏览器字体设定的影响。

(8) 垂直翻转 PFD

如字面意思。当您需要从镜面查看 PFD 时，可启用该功能。默认禁用。

(9) 保持屏幕常亮

防止移动设备自动关闭屏幕（锁屏），以便您持续查看 PFD。默认禁用。

3.3.10. 声音

(1) 播放声音

声音总开关。默认启用。

(2) 方案

更改警报声音。可选「波音」与「空客」两种声音方案。

(3) 姿态警报

控制姿态警报的音量。姿态警报即倾角过大警告。默认100%。

请注意区分「警报」(alert)与「警告」(warning)。「警报」包括「播报」(callout)与「警告」。

(4) 速度警报

控制速度警报的音量。速度警报包括 V₁、空速过低警告与超速警告。默认100%。

(5) 高度警报

控制高度警报的音量。高度警报包括 MCP 高度蜂鸣声、无线电报高、不要下降警告、偏离下滑道警告、下降率过大警告以及最为人熟知的拉杆警告。默认100%。

3.3.11. 国际化

本应用程序目前仅支持中文（简体），因此暂无语言设定。

(1) 在 PFD 上始终使用英文术语

将 PFD 面板上的文字替换为专业的英文术语，与真实的 PFD 更加相似。例如「地速」与「真空速」会显示为「GS」与「TAS」。默认禁用。

(2) 计量单位预设

快速切换计量单位。有两种预设供您快速选择：

- 全部公制（米制，metric）。
- 民航：民航业惯用计量单位，偏好海里（NM）与英尺（ft）。

(3) 速度单位

切换地速、真空速、表速等的单位。可选公里/小时（km/h）、英里/小时（mph）、节（海里/小时，kt）。默认单位为节。

(4) 距离单位

切换测距仪的距离单位。可选公里（km）、英里（mi.）、海里。默认海里。

(5) 高度单位

切换高度表的单位。可选米（m）、英尺，以及「英尺，在旁边显示米制」。默认英尺。

(6) 垂直速度单位

切换垂直速度表的单位。可选米/秒（m/s）、英尺/分钟（fpm）。默认英尺/分钟。

(7) 温度单位

切换温度单位。可选摄氏度（°C）、华氏度（°F）。默认摄氏度。

(8) 压力单位

切换航空业使用的气压单位。可选百帕（毫巴，hPa，hectopascal ~~终将成为你~~）、英寸汞柱（inHg）。默认百帕。

(9) 重量单位

切换重量（物理质量）单位。可选公斤（kg）、磅（lb）。默认公斤。

(10) 面积单位

切换面积单位。可选平方米（m²）、平方英尺（sq ft）。默认平方米。

3.3.12. PWA

您可将本应用程序安装至桌面，以 [PWA](#)（俗称小程序）的形式更方便地使用。在此安装与查看 PWA 的工作状态。

3.3.13. 其他

重置所有「不再显示」的对话框。

3.3.14. 开发者选项

此处的选项原则上用于开发调试用途，不建议启用。请保持它们不勾选或留空。

3.3.15. 用户数据

导入、导出或清空「Sam Toki 的个人网站」在您的浏览器中存储的所有用户数据。

导出的用户数据可能包含您此前主动输入的个人信息，因此若要分享则请务必注意。

3.4. 帮助

[illegible]

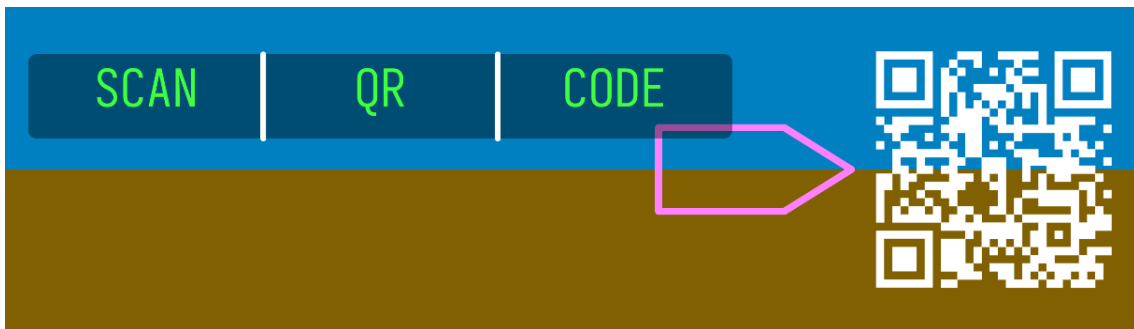
详见本文档的其他章节。

4. 使用方式

4.1. 在线使用

直接访问 <https://SamToki.github.io/GPS-PFD> 即可。

可扫描二维码：



首次载入时，系统会在您的浏览器缓存应用程序的组件。下次载入就无需网络连接了。此外，您可[将本应用程序安装至桌面](#)，以 PWA（俗称小程序）的形式更方便地使用。

4.2. 完全离线使用

4.2.1. 下载资源

前往本应用程序最新的 [GitHub Release](#)，下载并解压文件包。

4.2.2. 直接打开文件（File 协议）

在解压后的文件中找到 index.html 并用浏览器打开（通常双击即可）。若发现「正在初始化」提示不消失，且点击按钮没有反应，则说明您的浏览器拒绝在使用 File 协议的网页上运行 [JavaScript](#) 脚本。这时请使用本地服务器。

4.2.3. 使用本地服务器（HTTP 协议）

本地服务器有多种部署方法。这里推荐通过 [Visual Studio Code](#) 上的 [Live Server 插件](#)来简单快捷地实现。

在 Visual Studio Code 上安装该插件之后，用 Visual Studio Code 打开解压后的文件夹，定位至 index.html，点击右下角「Go Live」。等待数秒，本地服务器开始运行，浏览器自动启动并载入本应用程序。

5. 常见问题与解答

5.1. GPS 状态始终为「不可用」。

请尝试：

- 启用操作系统的位置服务。
- 在操作系统的权限设定中允许浏览器使用位置服务。
- 在浏览器中允许本应用程序使用位置服务。
- 将设备移动至开阔地带。若在交通工具内，将设备置于窗边。

5.2. 手动操作感觉很迟缓。

从 v0.39 Beta Test 版本开始，手动操作的逻辑变更为改变参数的**趋势**（可理解为加速度）。举例说明：速度为100节，每秒加速5节。按下减速键，速度不会降低，而速度趋势会降至每秒加速4节。一秒后速度升至104节。继续按减速键，让速度趋势变为负值，速度才会开始降低。

5.3. 手动操纵速度，超速后空速表貌似会卡住，降不下来。

手动操纵的「原始速度」上限为2000公里/小时，表速（IAS）的**显示上限**为999公里/小时。因此若原始速度过大，表速显示可能会卡在最大值。若速度单位为节（默认），表速显示会卡在539.5节（即999公里/小时）。严重超速后，您需要**减速一段时间**，空速表才会有反应。

您可在技术说明了解更详细的内容。

问题来源：<https://github.com/SamToki/GPS-PFD/issues/1>

5.4. 朝向指示器从359度转至1度时，罗盘朝反方向大幅转动。

~~简言之，这不是 bug，是 feature（手动狗头）~~

由于 GPS 数据约每秒更新一次，朝向的原始数据可能如下例子所示：

180→190→190→190→190→200→200→200→200

如果直接将原始数据呈现出来，则十分欠缺流畅感。参考市面上一些 GPS 指南针 app 便知。因此系统为了显示流畅而设计了显示延迟，使上述例子的显示效果变成：

180→185→188→189→190→195→198→199→200

当然这只是举例。实际上刷新率很高，比这更流畅得多。但这个设计带来了问题。
359→001 不会发生，取而代之的是：

359→180→090→045→022→011→005→002→001

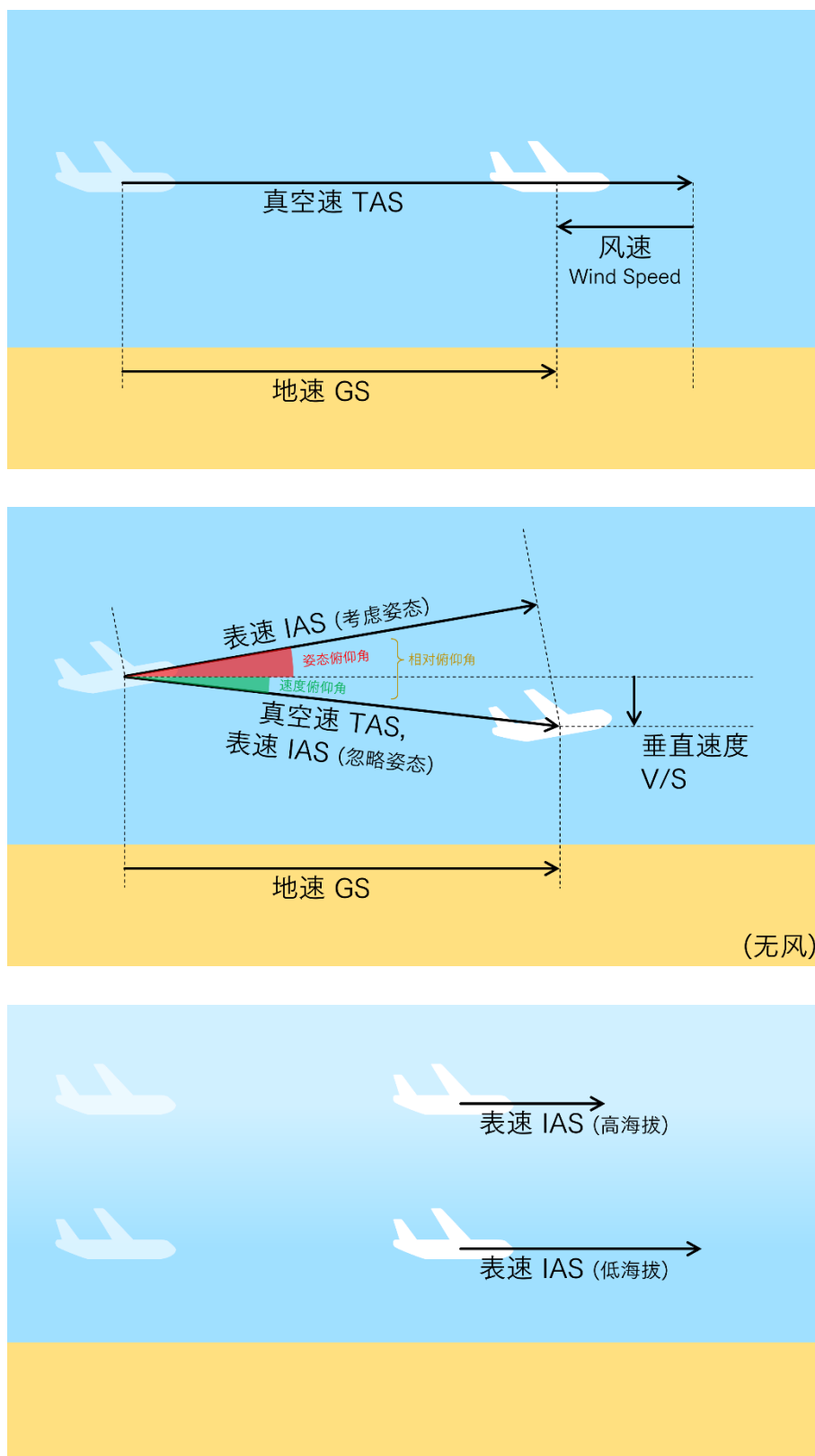
我目前想到了一个解决办法。添加一个变量，当原始数据变化幅度大于180度时，比如从359变成1，这个变量会从359变成361。将该变量用于罗盘显示，取该变量除以360的余数用于其他用途。

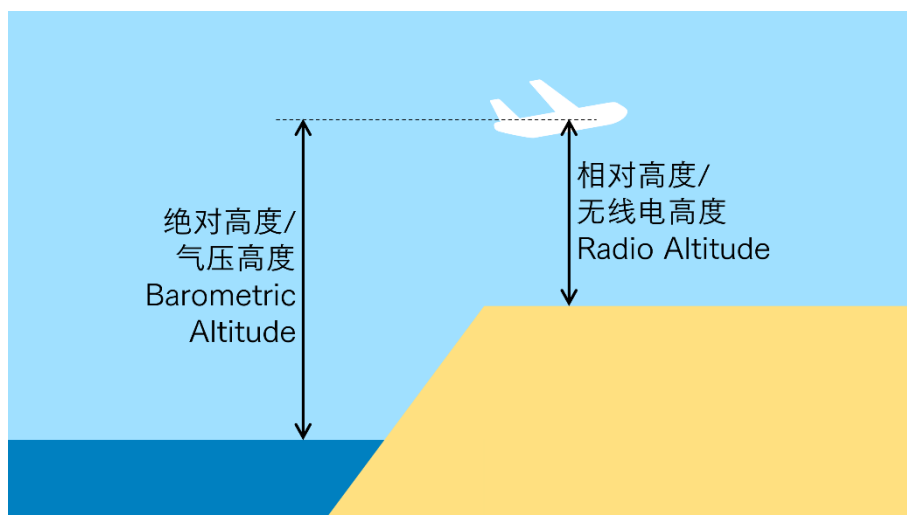
我会在后续版本尝试解决这个问题。

问题来源：<https://github.com/SamToki/GPS-PFD/issues/3>

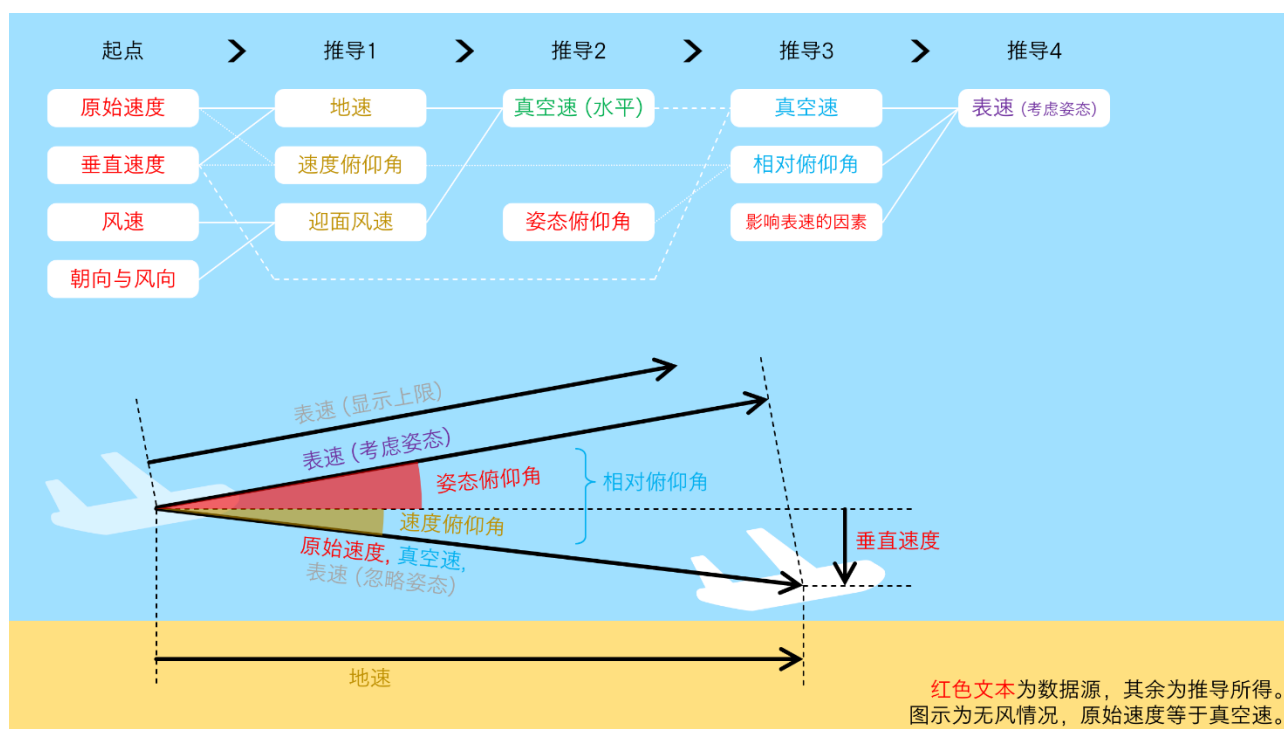
6. 技术说明

6.1. 图解各种速度、高度之间的区别





6.2. 图解各种速度的推导步骤



6.3. 计量单位

程序内部的计算全部采用公制单位。然后根据公式需要或用户设定，换算为其他单位。

长度单位为米（m），无论水平或垂直。重量单位为公斤（kg）。时间单位为毫秒（ms）。速度单位为米/秒（m/s）。温度单位为开尔文（Kelvin）。压力单位为百帕（hPa）。角度计算采用角度制。

下文中的公式即采用这一套计量单位，除非特别标注。

6.4. 算法

6.4.1. 姿态

重力加速度为 $g = 9.80665\text{m/s}^2$ 。向前加速度为 a_F ，向右加速度为 a_R ，向上加速度为 a_U 。俯仰为 P ，抬头是正值，低头是负值。横滚为 R ，右倾是正值，左倾是负值。

$$P = -\arcsin\left(\frac{a_F}{g}\right)$$

$$R = \text{atan2}(a_R, -a_U)$$

参考资料: <https://youtube.com/watch?v=p7tjtLkIlFo>

6.4.2. 真空速

地速为 v_{GS} 。风的相对朝向为 WRH 。若风迎面吹来， WRH 为180度。风速为 v_{WS} 。垂直速度为 v_{VS} 。真空速为 v_{TAS} 。

$$v_{TAS} = \sqrt{[v_{GS} - v_{WS} \cdot \cos(WRH)]^2 + v_{VS}^2}$$

若 $[v_{GS} - v_{WS} \cdot \cos(WRH)]$ 为负，则额外将 v_{TAS} 乘以 -1。

6.4.3. 飞机外气温

飞机高度为 h 。地面高度为 h_G 。地面气温为 T_G 。飞机外气温为 T 。

$$T = T_G - 2 \times \frac{h - h_G}{304.8}$$

参考资料: <https://aviation.stackexchange.com/a/44763>

6.4.4. 飞机外气压

重力加速度为 $g = 9.80665\text{m/s}^2$ 。Molar mass of air 为 $M = 0.0289644\text{kg/mol}$ 。

Universal gas constant 为 $R = 8.31432 \frac{\text{N}\cdot\text{m}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$ 。飞机高度为 h 。QNH 为 p_{QNH} 。飞机外气温为 T 。飞机外气压为 p 。

$$p = p_{QNH} \cdot e^{\frac{-gMh}{RT}}$$

参考资料: <https://www.omnicalculator.com/physics/air-pressure-at-altitude>

6.4.5. 飞机外空气密度

Specific gas constant for dry air 为 $R_D = 287.058 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$ ，specific gas constant for water vapor 为 $R_W = 461.495 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$ 。飞机外气温为 T 。摄氏度的飞机外气温为 $T_C = T + 273.15$ 。相

对湿度为 RH (%)。飞机外气压为 p 。Water vapor pressure 为 p_W ，dry air pressure 为 p_D 。飞机外空气密度为 ρ 。

$$p_W = 6.1078 \times 10^{\frac{7.5T_C}{T_C+237.3}} \times \frac{RH}{100}$$

$$p_D = p - p_W$$

$$\rho = \frac{100p_D}{R_D T} + \frac{100p_W}{R_W T}$$

参考资料: <https://www.omnicalculator.com/physics/air-density>

6.4.6. 表速

ISA 海平面空气密度为 $\rho_{SL} = 1.225\text{kg/m}^3$ 。ISA 海平面声速为 $v_S = 340.3\text{m/s}$ 。ISA QNH 为 $p_{SL} = 101325\text{Pa}$ 。真空速为 v_{TAS} 。飞机高度为 h 。飞机外空气密度为 ρ 。不考虑俯仰姿态的表速为 v_{IAS} 。

(1) 简单算法

$$v_{IAS} = v_{TAS} \div \left(1 + 0.02 \times \frac{h}{304.8}\right)$$

(2) 高级算法A

$$v_{IAS} = v_{TAS} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho_{SL}}}$$

(3) 高级算法B

$$v_{IAS} = v_S \cdot \sqrt{5 \times \left[\left(\frac{\rho \div 2 \times v_{TAS}^2}{p_{SL}} + 1 \right)^{\frac{2}{7}} - 1 \right]}$$

若 v_{TAS} 为负，则额外将 v_{IAS} 乘以 -1。

(4) 直接使用真空速

$$v_{IAS} = v_{TAS}$$

飞机速度矢量与俯仰姿态之间的夹角为 θ 。考虑了俯仰姿态的表速为 v_{IAS2} 。

$$v_{IAS2} = v_{IAS} \cdot \cos\theta$$

参考资料: <https://aerotoolbox.com/airspeed-conversions/>、
<https://aviation.stackexchange.com/a/25811>

6.4.7. 马赫数

真空速为 v_{TAS} 。摄氏度的飞机外气温为 T_c 。声速为 v_s 。马赫数为 $MACH$ 。

$$v_s = 331.15 + 0.61T_c$$

$$MACH = \frac{v_{TAS}}{v_s}$$

6.4.8. 失速速度

飞机重量为 m 。重力加速度为 $g = 9.80665\text{m/s}^2$ 。飞机外空气密度为 ρ 。机翼面积为 S 。Max lift coefficient 为 C_{Lmax} 。不考虑横滚姿态的失速速度为 v_s 。

$$v_s = \sqrt{\frac{2mg}{\rho S C_{Lmax}}}$$

横滚角度的绝对值为 θ 。考虑了横滚姿态的失速速度为 v_{s2} 。

$$v_{s2} = v_s \cdot \sqrt{\frac{1}{\cos\theta}}, \theta \in [0, 90)$$

参考资料: <https://academicflight.com/articles/accelerated-stall-speed/>、
https://www.al-nasir.com/www/JA/calculator/exec_calc.php?ID=load_factor

6.4.9. 通过两地经纬度计算距离

地球半径为 $r = 6371008.8\text{m}$ 。甲地纬度为 Lat_1 ，经度为 Lon_1 。乙地纬度为 Lat_2 ，经度为 Lon_2 。两地距离为 d 。

$$x = \sin^2\left(\frac{Lat_2 - Lat_1}{2}\right) + \cos(Lat_1) \cos(Lat_2) \sin^2\left(\frac{Lon_2 - Lon_1}{2}\right)$$

$$d = 2r \cdot \text{atan2}(\sqrt{x}, \sqrt{1-x})$$

参考资料: <https://stackoverflow.com/a/27943>

6.4.10. 导航朝向

甲地纬度为 Lat_1 ，经度为 Lon_1 。乙地纬度为 Lat_2 ，经度为 Lon_2 。导航朝向（即从甲地朝向乙地的方位角）为 b 。

$$x = \cos(Lat_2) \sin(Lon_2 - Lon_1)$$

$$y = \cos(Lat_1) \sin(Lat_2) - \sin(Lat_1) \cos(Lat_2) \cos(Lon_2 - Lon_1)$$

$$b = \text{atan2}(x, y)$$

参考资料: <https://www.igismap.com/formula-to-find-bearing-or-heading-angle-between-two-points-latitude-longitude/>

6.5. 襟翼参考标尺

6.5.1. 波音 737-800

襟翼位置	UP	1	2	5	10	15	25	30	40
%	0	50.56	50.56	50.56	73.03	78.65	84.27	92.70	100
最大表速(节)	340	250	250	250	210	200	190	175	162

6.5.2. 空客 A320

襟翼位置	0	1	1+F	2	3	FULL
%	0	69.36	78.03	86.71	95.38	100
最大表速(节)	350	230	215	200	185	177

6.6. 警告的触发条件

6.6.1. 倾角过大

本警告在飞机离地至少9.144米（30英尺）时可用。飞机离地高度为 h_R 。触发警告的倾角为 BA 。

$$BA = 10 + 25 \times \frac{h_R - 9.144}{36.576}, h_R \in [9.144, 45.72]$$

若 h_R 超过45.72米（150英尺）， BA 保持为35度。

参考资料: <https://skybrary.aero/articles/bank-angle-awareness>

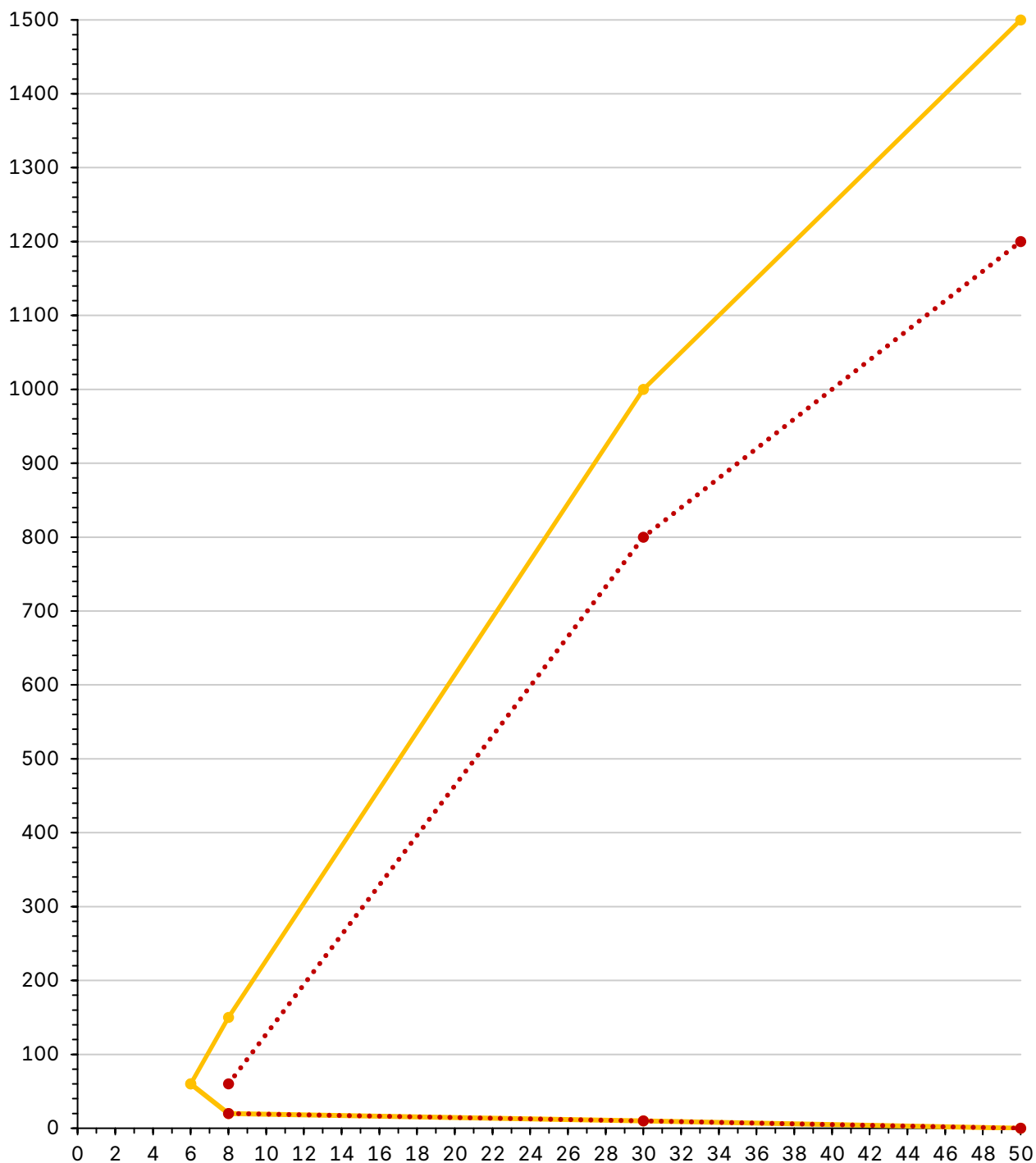
6.6.2. 不要下降

飞航模式为「起飞」时，下降率大等于0.508米/秒（100英尺/分钟）。

6.6.3. 偏离下滑道

本警告在飞航模式为「降落」或「紧急返航」，且无线电高度介于 60.96~304.8 米（200~1000 英尺）时可用。下滑道角度偏差值小于 -0.455 度（1.3 dots）时触发警告。

6.6.4. 下降率过大、拉杆



上图中，横轴为下降率（米/秒），纵轴为飞机离地高度（米）。两条黄线之间为「下降率过大」警告的触发范围，两条红线（虚线）之间为「拉杆」警告的触发范围。

参考资料：

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:FAA_excessive_sink_rate_graph.svg

7. 参与进来

7.1. 反馈

您可使用 [GitHub Issues](#)、[电子邮件](#)或[哔哩哔哩（B站）私信](#)来向我提供反馈，感谢您的支持！推荐使用前两种渠道，我能第一时间收到您的反馈。

7.2. 翻译

Help me translate the webpage into your language! Please contact me if you are interested.

8. 免责声明

本应用程序仅供娱乐用途，不能替代飞机驾驶舱仪表。

首先，系统能够测量的数据有限。空速、风、无线电高度、[偏航（yaw）](#)等无法测量。因此这些数据或是依赖算法转换，或是依赖手动设定，抑或是直接被忽略。其次，数据不保证准确。GPS 与加速计只能测量地速，因此空速需要通过算法从地速转换而来。GPS 高度也不如[气压高度计](#)可靠。其三，数据更新可能有延迟。一方面系统为了显示流畅而设计了显示延迟，另一方面 GPS 信号也会有延迟。

鉴于上述原因，您尤其需要注意，警告系统很可能出现误报。请勿在公共场合外放警告系统的警报声音。

在交通工具上使用时，请固定好您的设备，且不要一边驾驶交通工具一边操作设备。

若您不当使用本应用程序造成损失，SAM TOKI STUDIO 恕不负责。

9. 隐私权声明

本站为 [GitHub Pages](#) 静态网站，只使用浏览器的 Local Storage 功能在本地存储用户数据。您可随时手动删除。本站不使用 [Cookies](#)，不收集任何个人信息。

出于安全考虑，[GitHub 的服务器可能会记录您的 IP 地址](#)。SAM TOKI STUDIO 无法访问这些数据。

本应用程序使用的位置服务与加速计涉及敏感数据。系统不会（且没有必要）保存这些数据。关闭网页时这些数据立即丢失。

10. 版权说明

本站的源代码遵循 [GNU GPL v3 软件开源协议](#)。本站的部分内容为他人作品，版权为原作者所有，本站遵循 [fair use](#) 原则使用并于 [Credits](#) 标注来源。

除上述内容之外，本站所有内容以及排版、美术设计均保留版权。

「苏菲的炼金工房」是 [KOEI TECMO GAMES](#) CO., LTD. 的作品与商标。「原神」是 [miHoYo](#) Inc. 的作品与商标。「iOS」是 [Apple](#) Inc. 的商标。

本文档保留版权。

11. Credits

应用程序本体的 Credits 在此不作记载，以网页上的内容为准。

本文档「[图解各种速度、高度之间的区别](#)」与「[图解各种速度的推导步骤](#)」中的飞机图标来自 [ICOOON-MONO](#)。

12. 鸣谢

[@carrot2003](#) 于 [issue #5](#) 提出姿态仪校零功能。

[@Aetherchive](#) 协助进行实机测试。