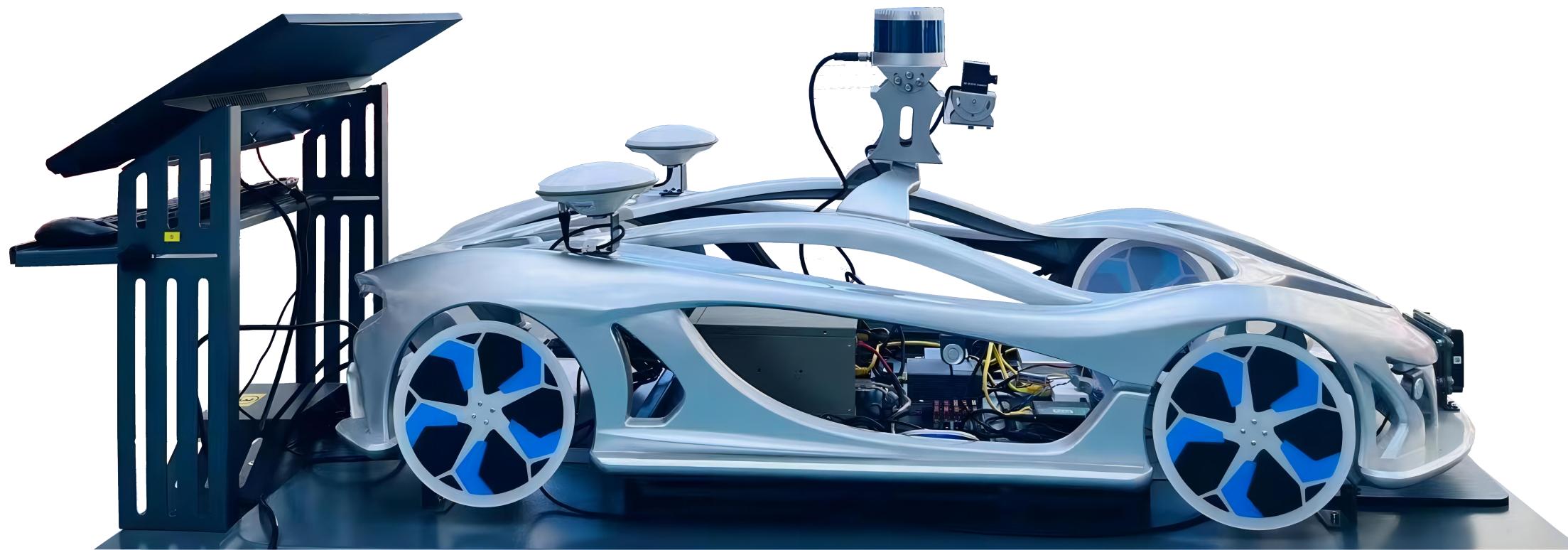


任务五 智能网联汽车惯性导航故障装配与调试

学习活动1 惯性导航的装配



组织教学

- 1、考勤
- 2、检查学生实训工装、精神状态
- 3、强调6S与实训安全
- 4、角色分工



思政教育

1、了解“新时代北斗精神”

进步





任务来源

我校校企合作单位“**蚂蚁侠科技（深圳）有限公司**”接到**4台ANT Auto--003环境传感器小车**装配与调试的生产订单，现委托我校校中厂“**深圳市XXX汽车修理厂**”完成环境传感器的装配与调试，前期已完成智能汽车超声波雷达装配与调试，现要求完成**惯性导航装配与调试，并通过质量检验。**





任务来源

一体化课程

学习任务

学习活动

智能汽车环境感知传感器装配与调试

学习任务一：智能汽车视觉传感器装配与调试

学习任务二：智能汽车激光雷达装配与调试

学习任务三：智能汽车超声波雷达装配与调试

学习任务四：智能汽车毫米波雷达装配与调试

学习任务五：智能汽车惯性导航装配与调试

1. 惯性导航的装配（2课时）

2. 惯性导航参数标定

3. 惯性导航磁校准与磁修正航向校准

4. 惯性导航陀螺分辨率与加计分辨率校准

5. 惯性导航装调过程异常处理



学习目标

知识目标

1.能准确描述**惯性导航的定义、组成、原理等**；
2.能通过**阅读及分析“智能汽车环境感知传感器装配图、线路图”确定惯性导航安装要求及线束连接顺序**。

能力目标

1.通过观看“惯性导航装配”视频，分析“智能汽车环境感知传感器装配图、线路图”，小组完成惯性导航装配流程图制作、优化、汇报。
2.能根据惯性导航配件清单，**清点并检查配件**；
3.能使用卷尺确定惯性导航和天线安装位置，**利用冲击钻、内六角扳手完成惯性导航的安装**。
4.能根据线路图，确定IMU与天线的线束连接，以及主机上USB接口连接。

素养目标

1.能够**自觉遵守法律、法规**以及技术标准规定；
2.能培养认真负责的态度以及弘扬**持之以恒**的精神；
3.能够与同学和教师建立良好的合作关系，具备良好的**团队协作**精神；
4.能够在实际操作过程中，培养动手实践能力，培养**质量意识、安全意识、节能环保意识、规范操作意识及创新意识**。

思政目标

1.激发学习兴趣，并立志投身**科技强国**建设当中；
2.通过观看“新时代北斗精神”视频，让学生领会自主创新、开放融合、万众一心、追求卓越的精神内涵，培养学生以**爱国主义**为核心的民族精神和以改革创新为核心的时代精神。



一、识读任务书，明确任务要求。

蚂蚁侠科技（深圳）有限公司任务通知单

客户名称	蚂蚁侠科技（深圳）有限公司		具体地址	广东省深圳市坪山区龙田街道		
联系人	XXX		联系电话	1576739XXXX		
设备型号	MY Auto--003		数量	4 台		
下达日期	XXXX 年 XX 月 XX 日					
任务要求	根据提供的智能汽车环境感知传感器装配图、线路图完成惯性导航装配与调试，并参照行业、企业要求，完成最终检验。					
派遣工程师	XXX	联系电话	1597599XXX			
完成日期	XXXX 年 XX 月 XX 日					
责任人	XXX					

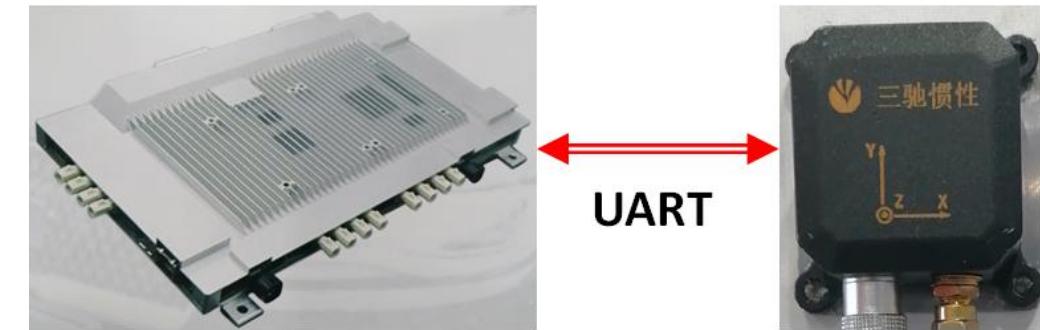


二、相关知识学习。

(一) 惯性导航系统 (INS) 认知

1. 惯性导航系统定义

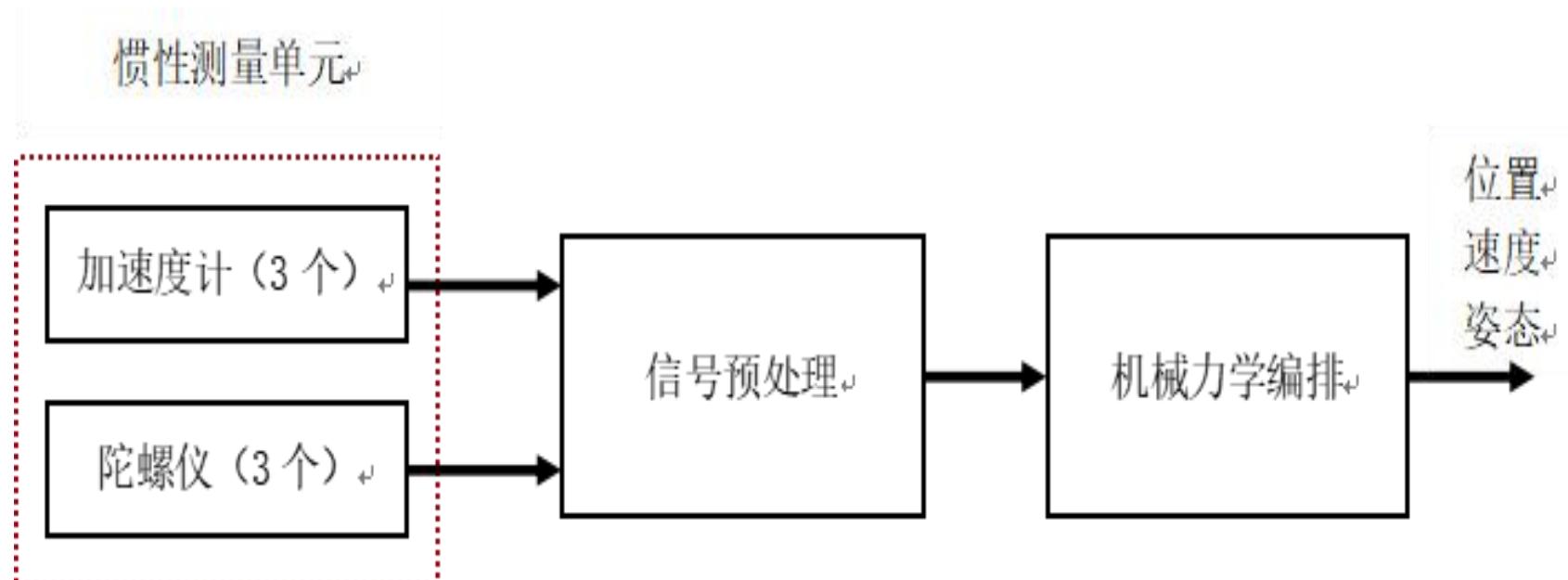
是一种利用惯性传感器测量载体的角速度信息，并结合给定的初始条件实时推算速度、位置、姿态等参数的自主式导航系统。具体来说，惯性导航系统属于一种推算导航方式。即从一已知点的位置根据连续测得的运动载体航向角和速度推算出其下一点的位置，因而可连续测出运动体的当前位置





2. 惯性导航系统的组成

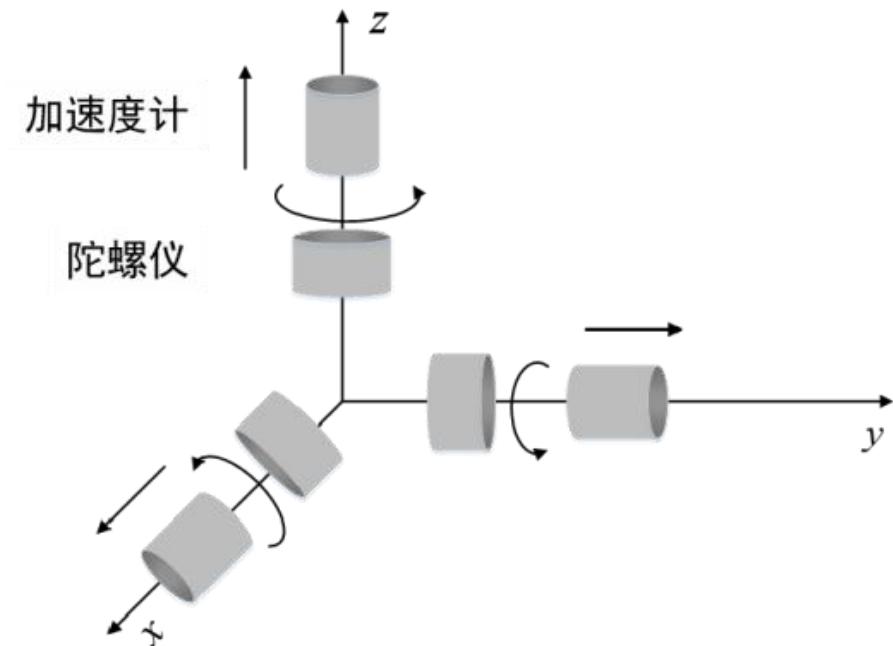
惯性导航系统 (INS) 是利用惯性测量单元 (IMU) 的角度和加速度信息来计算载体的相对位置的一种定位技术。如图所示，其主要由3个模块组成：惯性测量单元、信号预处理单元和机械力学编排模块。





2. 惯性导航系统的组成

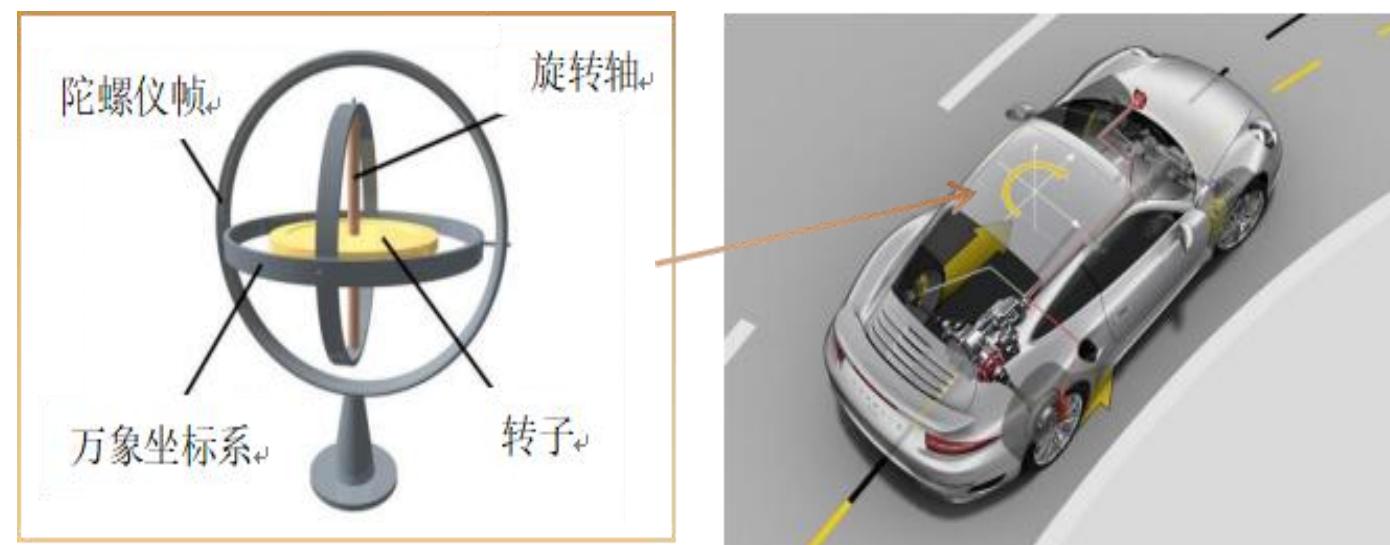
一个惯性测量单元包括3个相互正交的单轴加速度计（Accelerometer）和3个相互正交的单轴陀螺仪（Gyroscopes），惯性测量单元结构如图所示。信号预处理部分对惯性测量单元输出信号进行信号调理、误差补偿并检查输出量范围等，以确保惯性测量单元正常工作，如图所示。





2. 惯性导航系统的组成

陀螺仪的工作原理：如图所示，转子可以在内部框架内高速旋转。内框可以绕内框轴相对于外框自由转动，外框绕外框轴相对于支架自由转动，两个旋转的角速度称为牵连角速度。旋转轴、内框架轴和外框架轴的轴线相交于一点，称为陀螺支点，整个陀螺可以围绕支点任意旋转。





3. 惯性导航系统工作原理

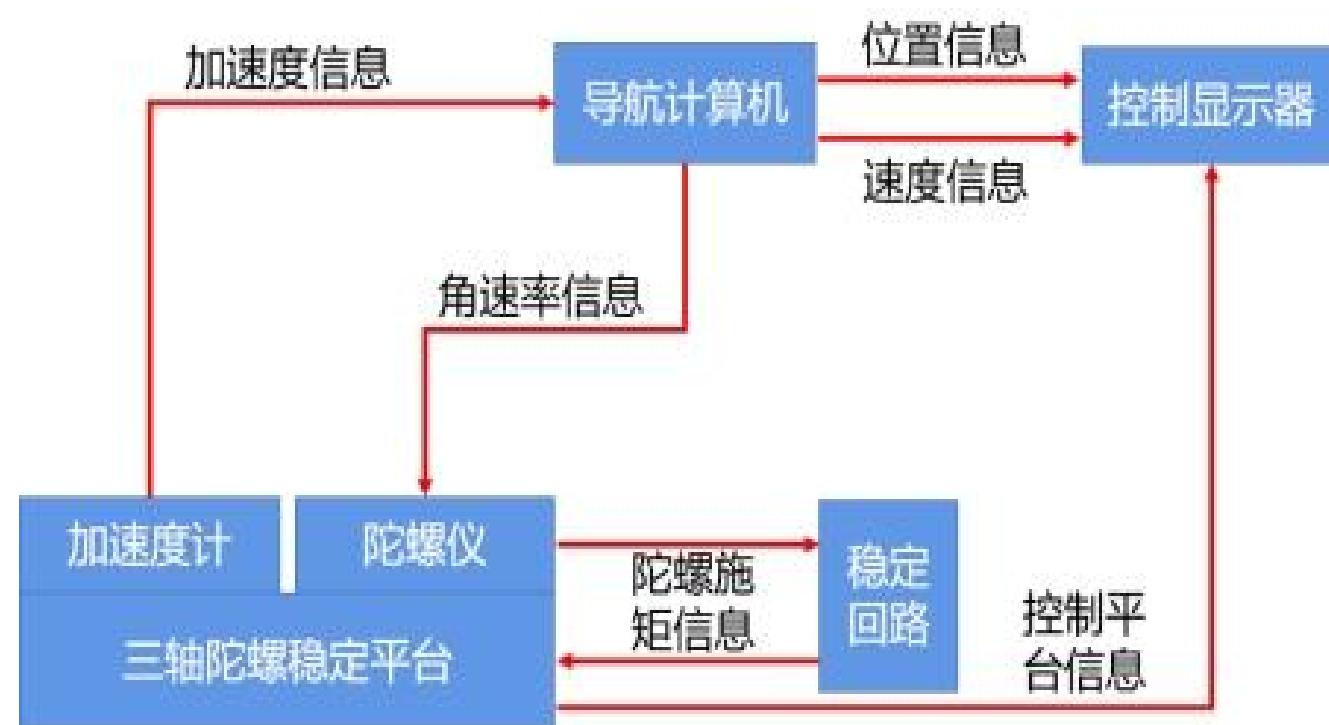
惯性导航的基本工作原理是以牛顿力学定律为基础，通过测量载体在惯性参考系的加速度，将它对时间进行积分，且把它变换到导航坐标系中，就能够得到在导航坐标系中的速度、偏航角和位置等信息。

惯性导航系统是一种不依托于外在参考系的自主式导航系统。惯性系统导航使用陀螺仪测量物体的角速度一方面通过四元数角度解算形成自主的导航坐标系，另一方面计算得到物体的航向和姿态角。在自主形成的导航坐标系中，加速度计首先测量物体的加速度，其次对该加速度一次积分和二次积分得到在该坐标系中的速度和位移。



(1) 平台式惯导系统的工作原理

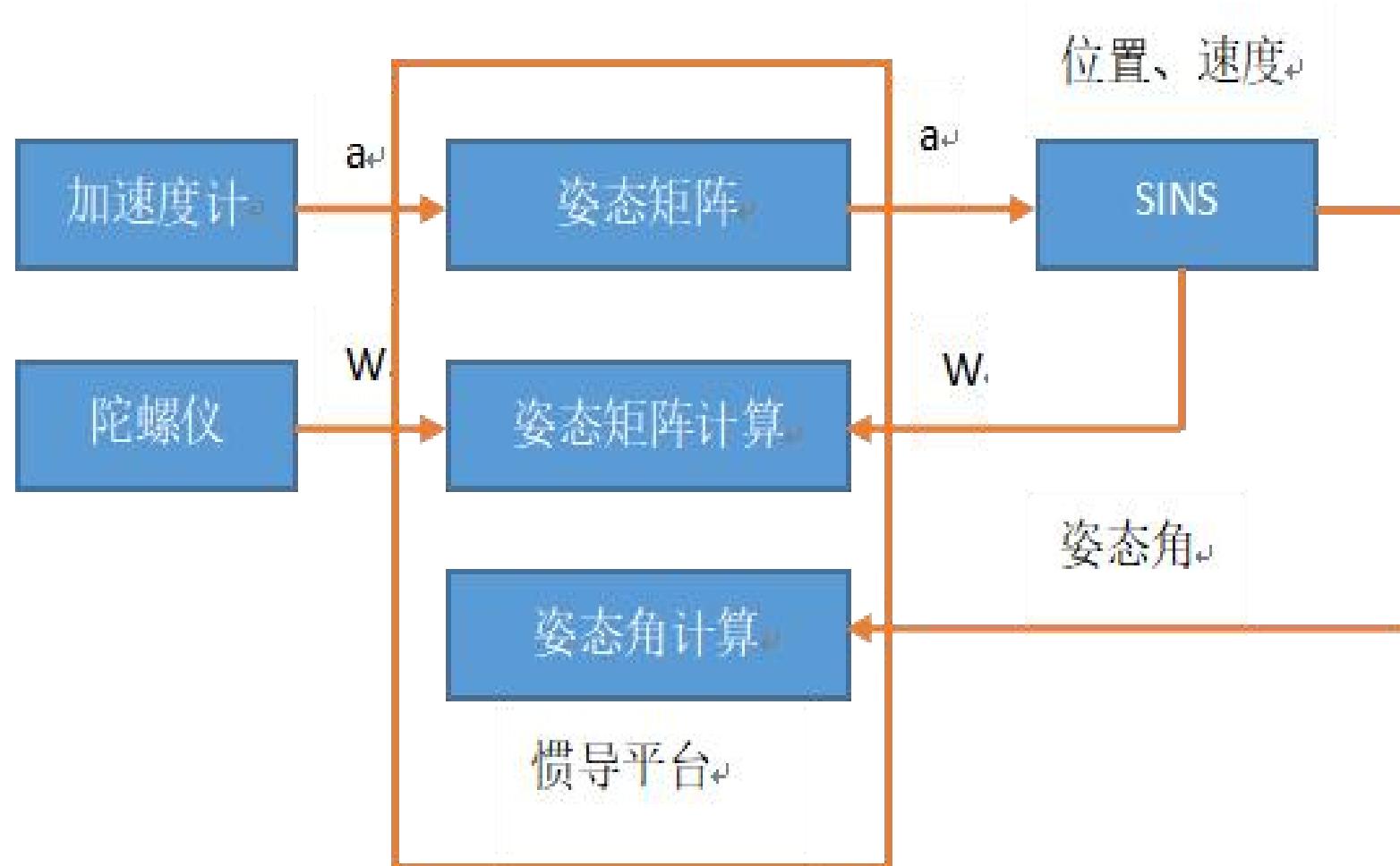
平台式惯导系统由三轴陀螺稳定平台(包含陀螺仪)、加速度计、导航计算机、控制显示器等组成，如图所示。





(2) 捷联式惯导系统的工作原理

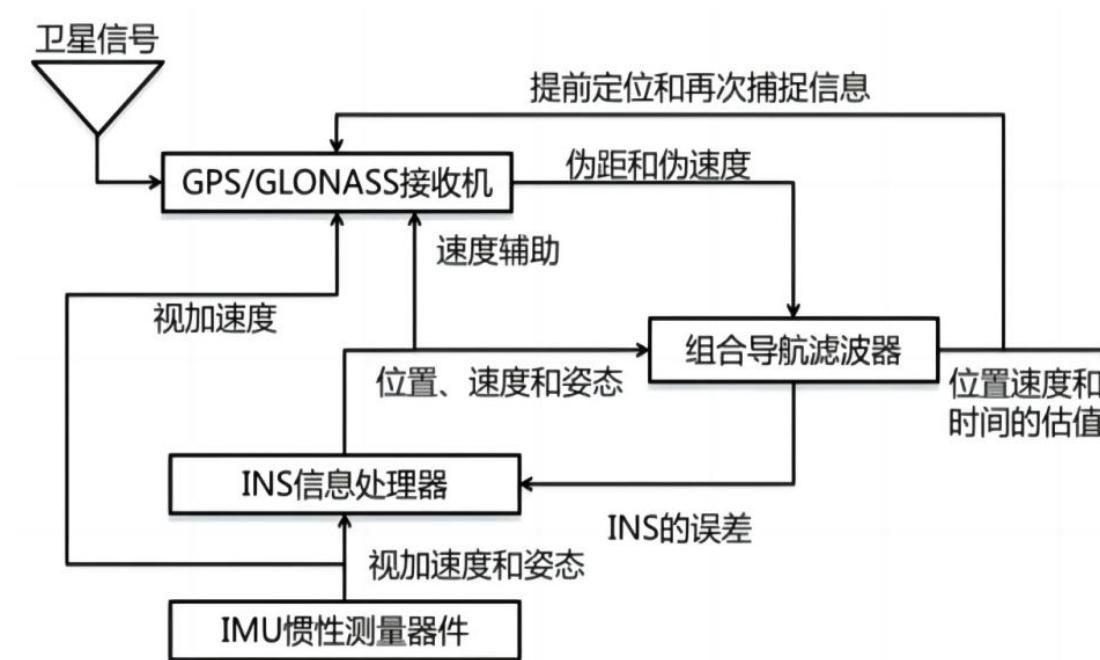
捷联式惯导系统的基本原理：捷联式惯导没有物理平台，利用计算机技术模拟出载体的姿态矩阵，通过姿态矩阵计算出载体的姿态和航向信息。捷联式惯性导航系统原理图如图所示，陀螺仪、加速度计和运动载体连接在一起。将陀螺仪的角速度 $\omega_b \text{ ib}$ 和角速度 $\omega_b \text{ in}$ 相减，得到载体坐标系相对于导航坐标系的角速度 $\omega_b \text{ nb}$ ，再进行姿态矩阵 $C_n \text{ b}$ 变换，将载体坐标系中的加速度 $a_b \text{ ib}$ 转换到导航坐标系的加速度 $a_n \text{ ib}$ 。姿态矩阵中的姿态元素包括姿态和航向角等导航信息。惯性导航系统由以下几个模块组成，所示。





4. 惯性导航与GPS的融合

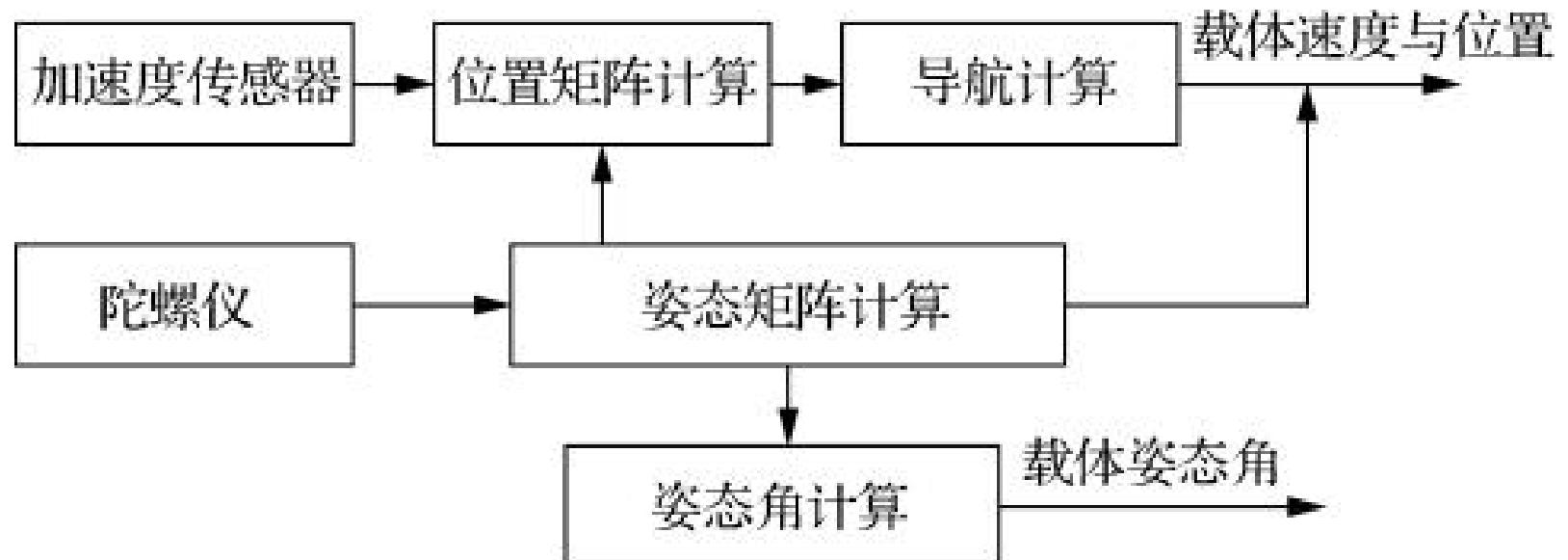
全球导航卫星系统是应用最广泛的定位系统，它使用方便，成本低，定位精度可达到5米。然而，定位导航系统的应用也面临着易受干扰、动态环境可靠性差、数据输出频率低、高层建筑卫星信号闭塞等问题。如果将卫星定位导航和惯性导航系统结合起来，两个导航系统可以相互补充，形成一个有机的整体，如图所示。





5. 惯性导航系统采用测量方式

一般采用加速度传感器和陀螺仪传感器来测量载体参数。





1. 加速度传感器

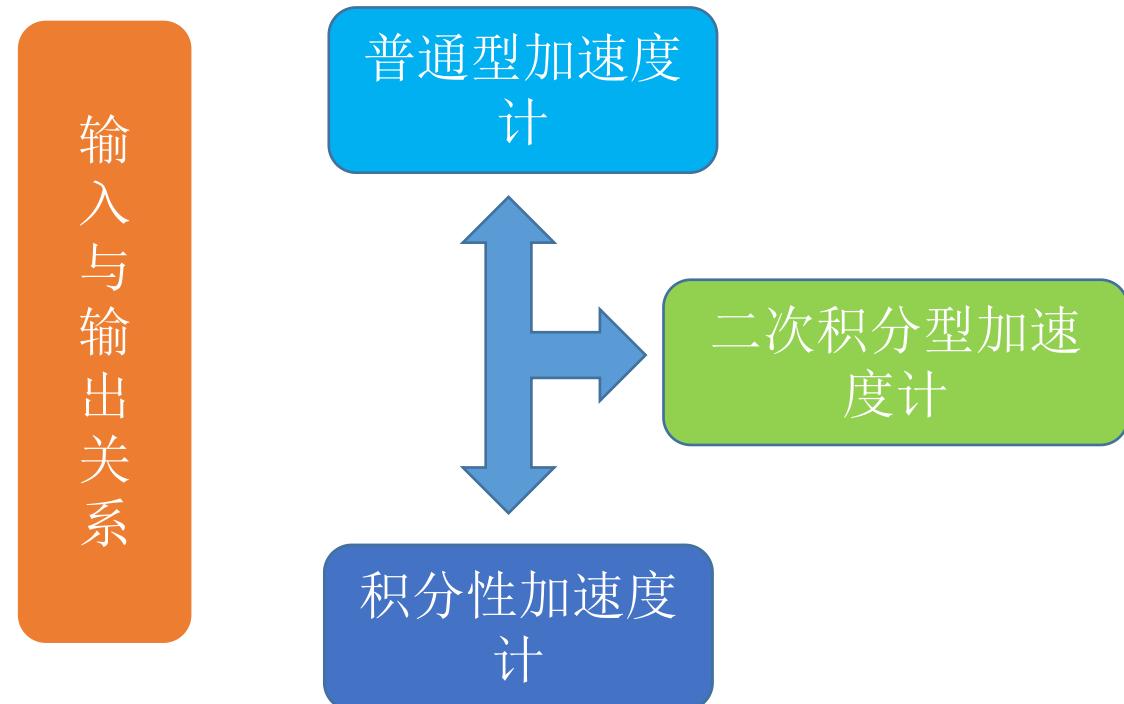
(1) 定义：加速度计是用来感测运动载体沿一定方向的比力的惯性器件。





(2) 加速度计的分类:

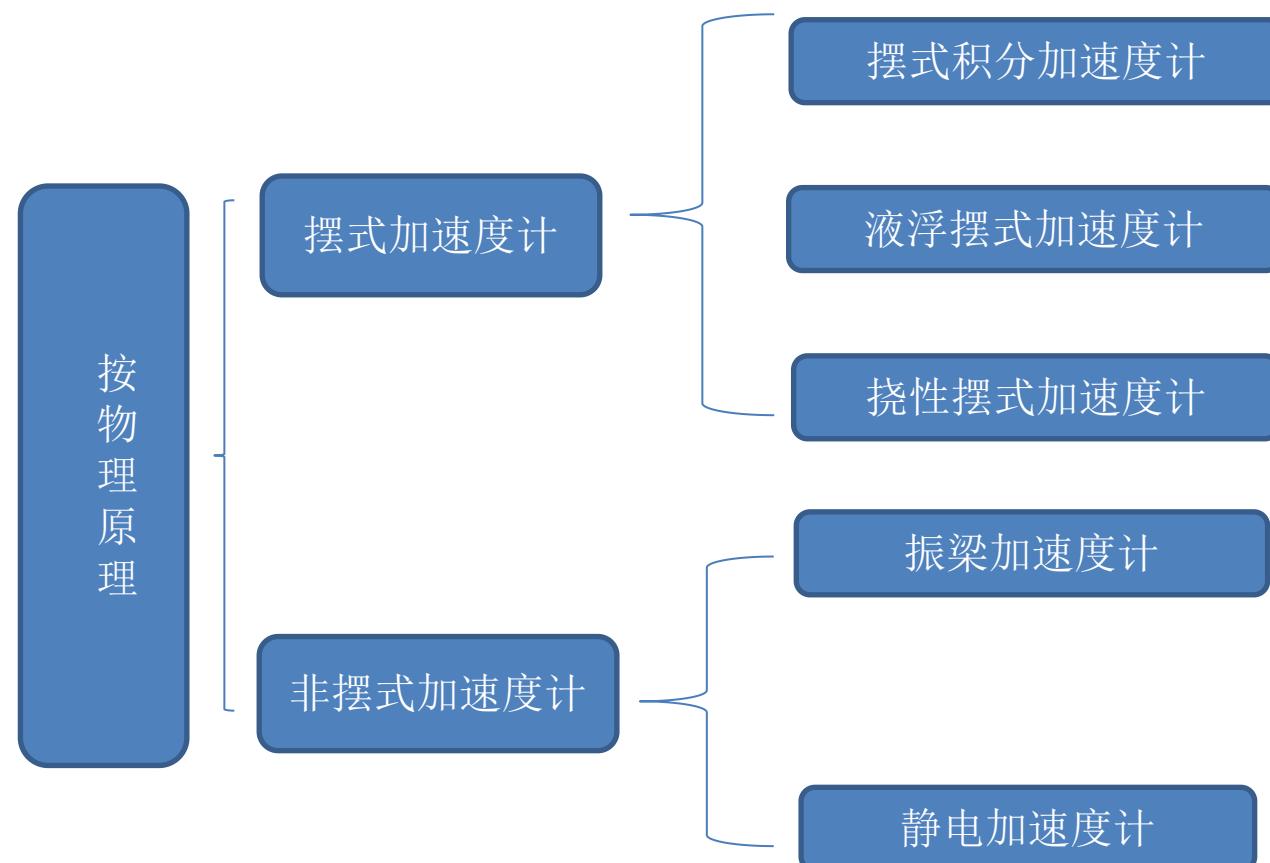
①按照输入与输出的关系





(2) 加速度计的分类:

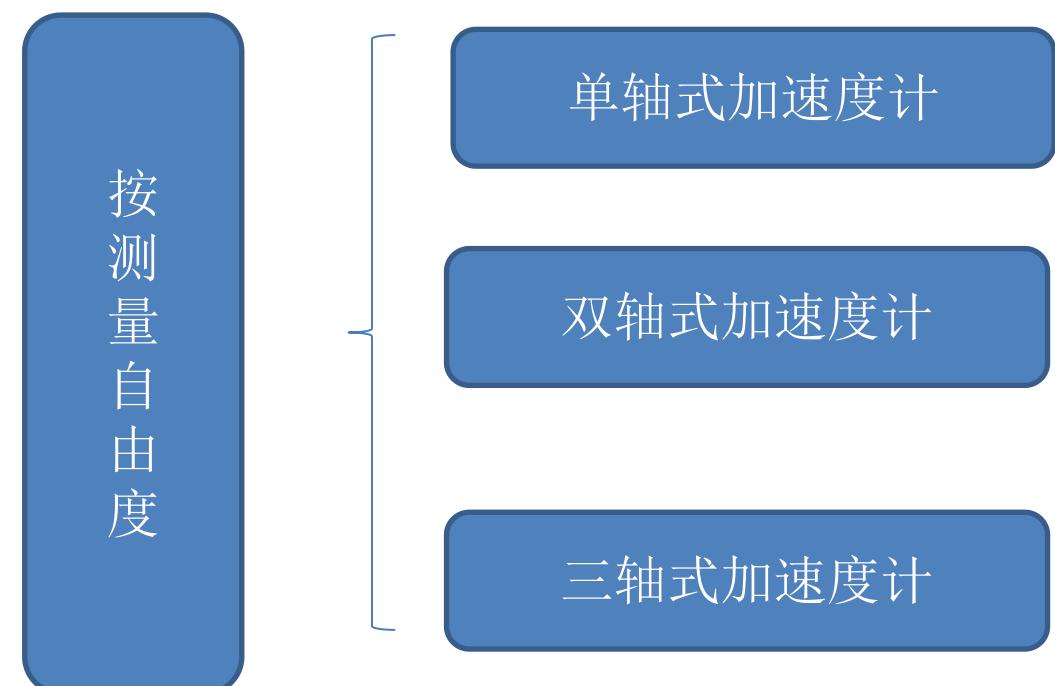
②按物理原理分类





(2) 加速度计的分类:

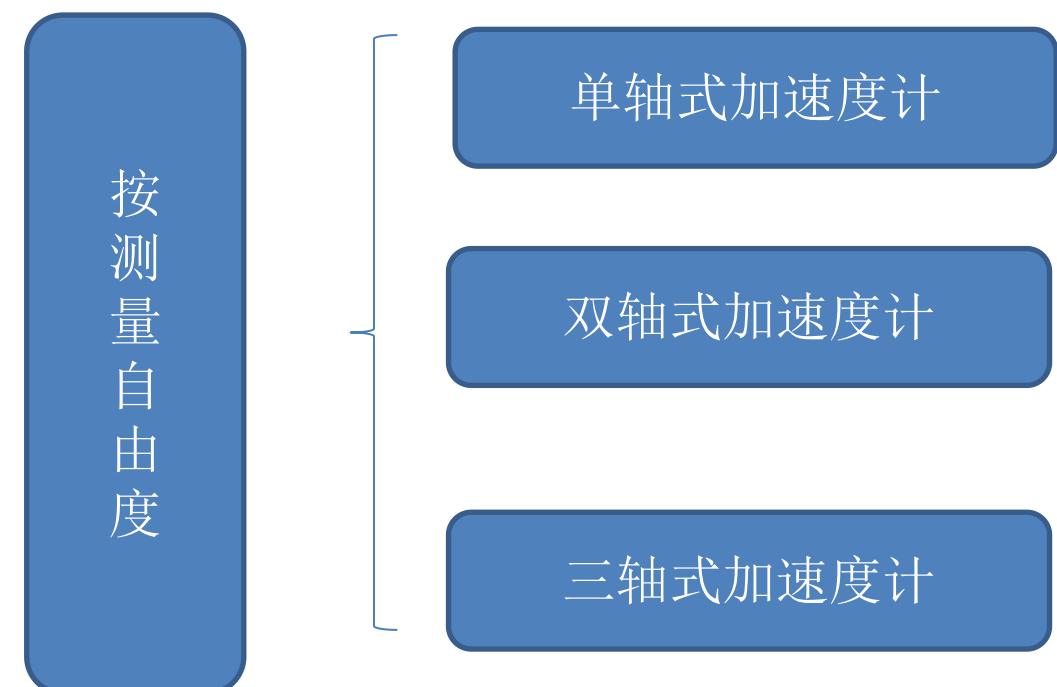
③按测量的自由度分类





(2) 加速度计的分类:

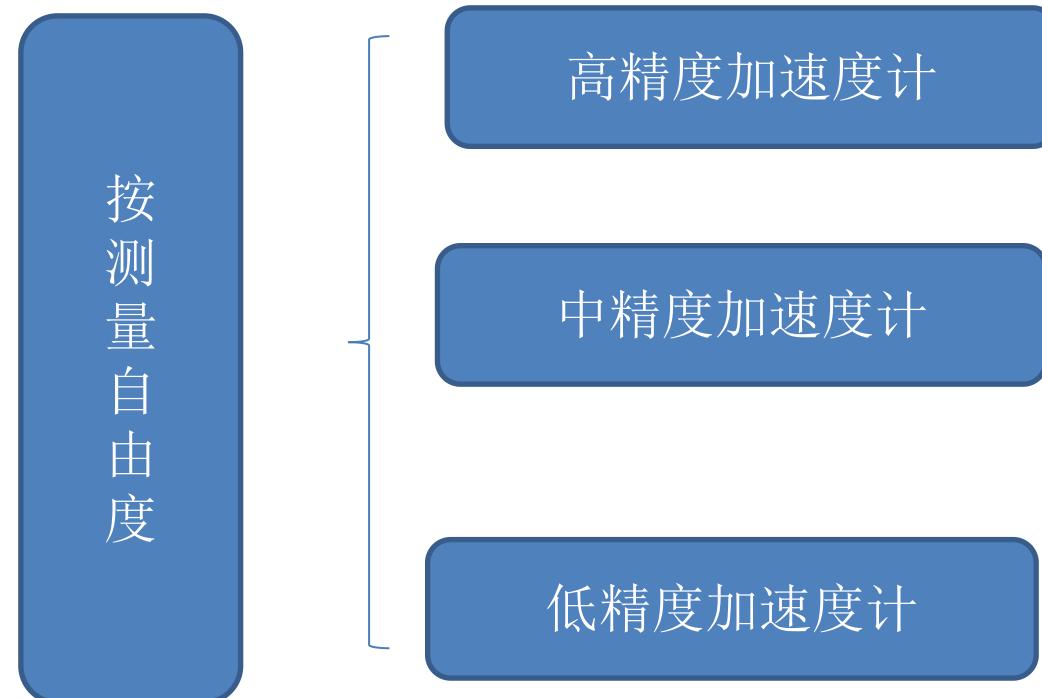
④按测量的自由度分类





(2) 加速度计的分类:

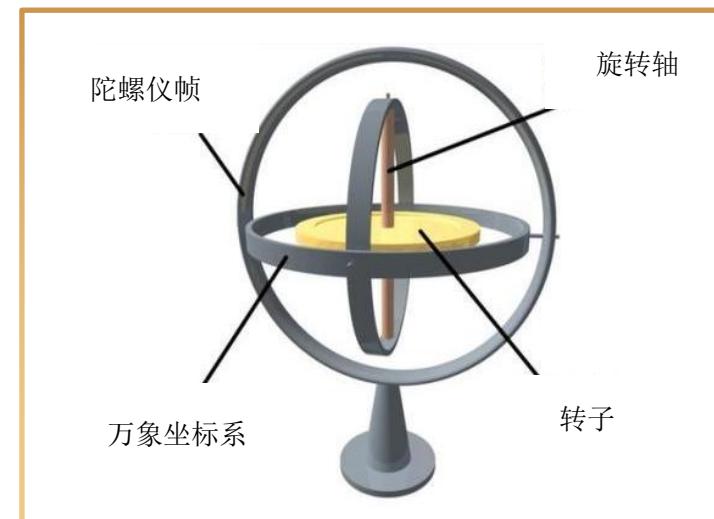
⑤按测量精度分类





2.陀螺仪

(1) 定义：传统意义上的陀螺仪是安装在框架中绕回转体的对称轴高速旋转的物体。现在习惯上把能够完成陀螺功能的装置统称为陀螺。





(2) 陀螺仪分类:

①按陀螺转子主轴所具有的进动自由度数目分类

按陀螺自由度数

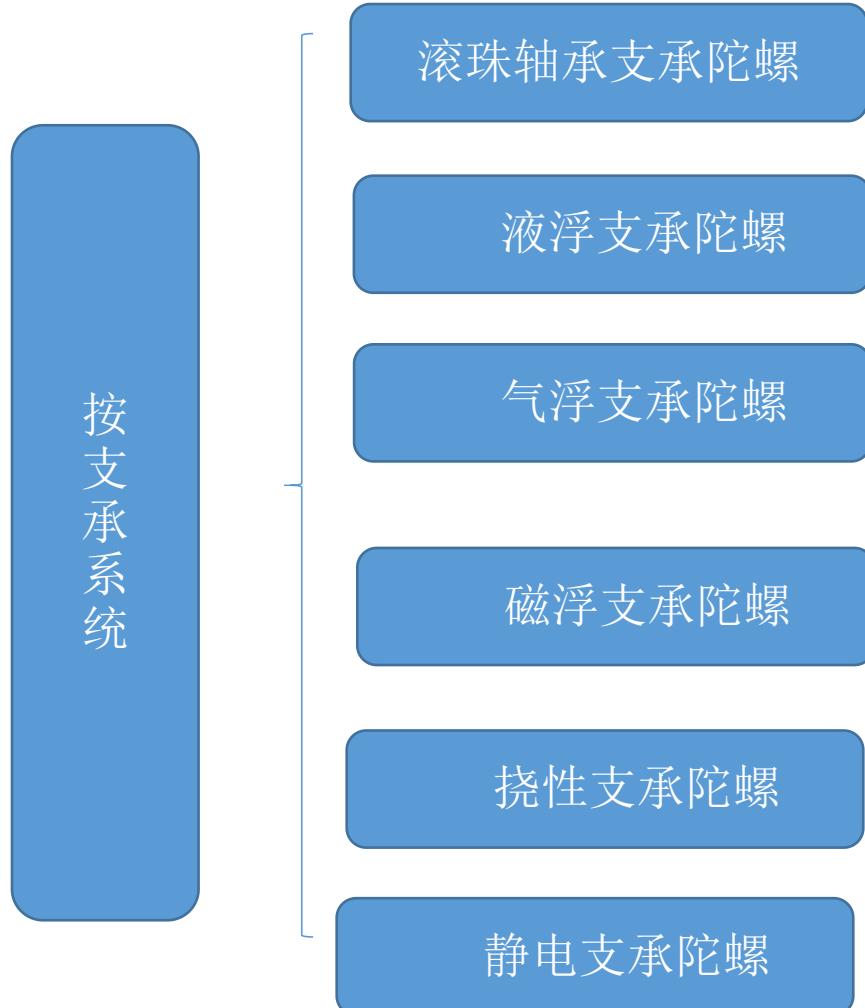
二自由度陀螺仪

单自由度陀螺仪



(2) 陀螺仪分类：

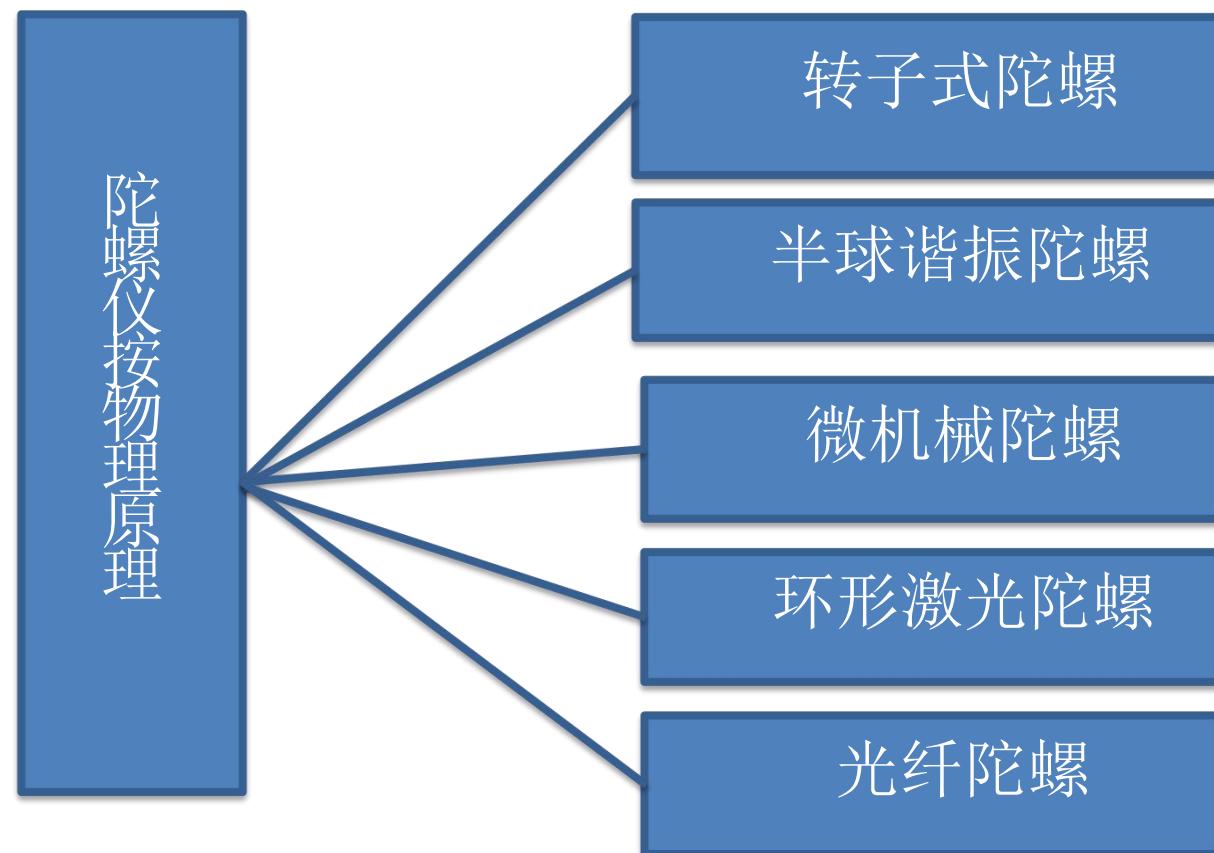
②按支承系统分类





(2) 分类：

③按物理原理分类

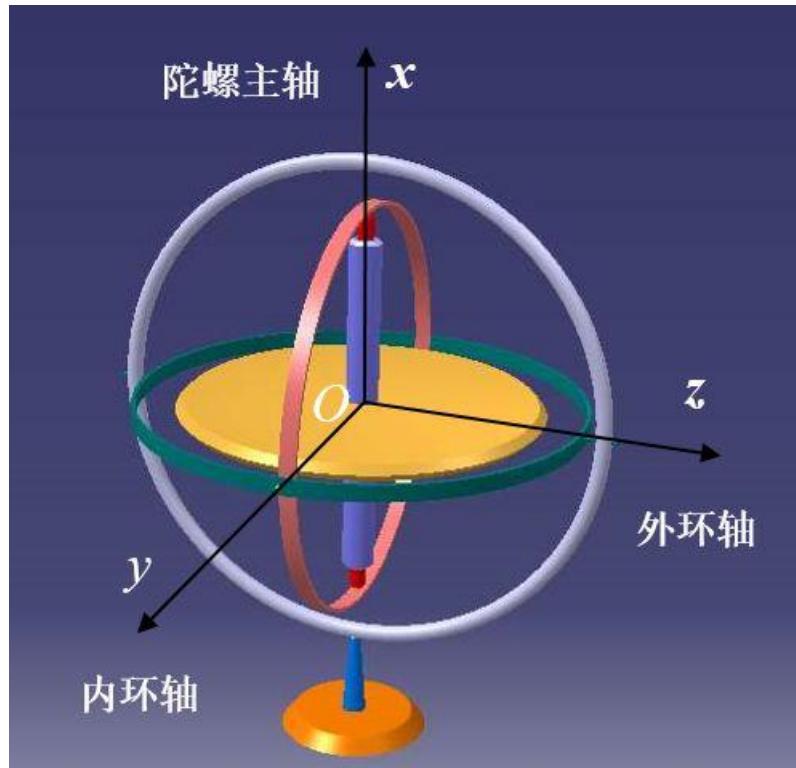




(3) 利用定轴性、进动性这两个性质根据牛顿定律可以计算出某一方向的角速度，如图所示。

定轴性：高速运转的刚体在不受外力矩的作用下旋转轴方向相对惯性空间不变。

进动性：陀螺仪转子高速转动时，陀螺仪内环轴方向受力后，陀螺主轴绕外环轴转动；外环轴方向受力后，陀螺主轴绕内环转动。这与转子静止时不同。





6. 惯性测量单元 (IMU)

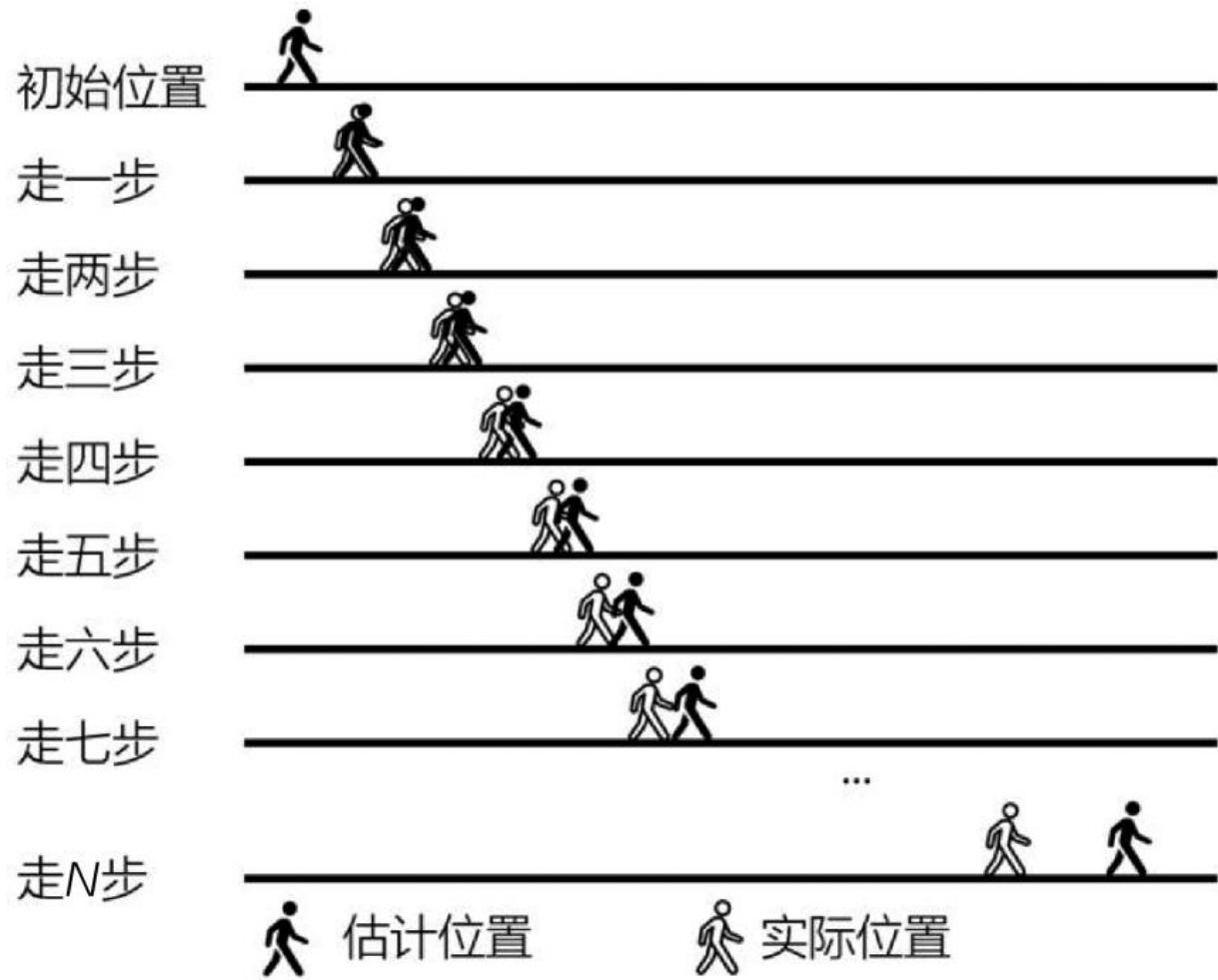
速度传感器和陀螺仪结合，一个解决速度，一个解决方向





7. 惯性测量单元 (IMU) 原理

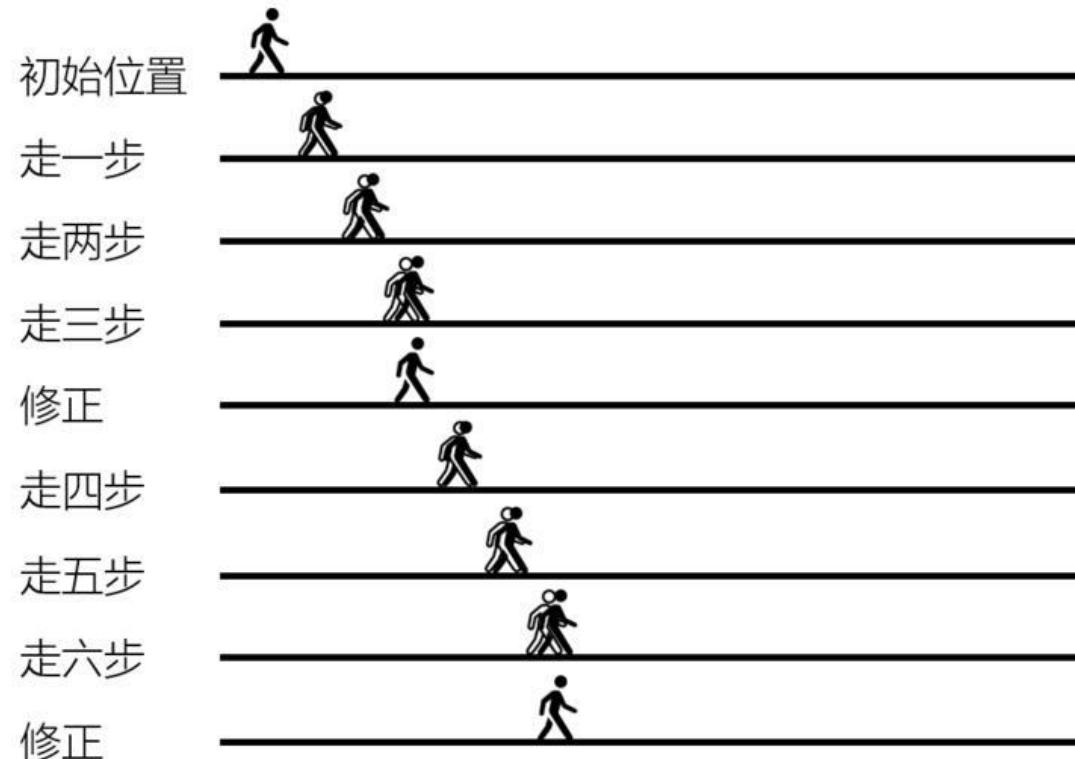
走第一步时，估计位置（黑人所在位置）与实际位置（白人所在位置）还比较接近；但随着步数增多，估计位置与实际位置的差别越来越大。





7. 惯性测量单元 (IMU) 原理

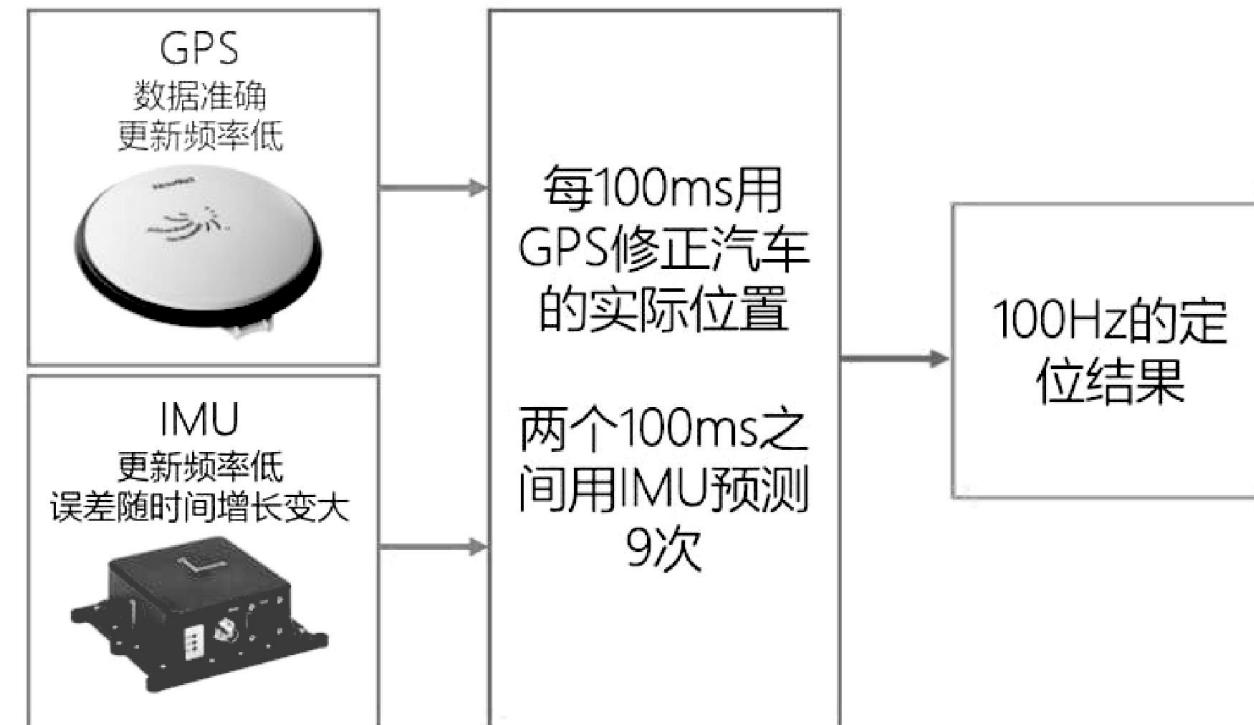
GPS的作用就类似于摸到的东西之后对自己的位置进行的修正，IMU的作用就类似于小碎步，不对地对自己的位置进行推算。不断的修正和不断的推算，就能保证自己的定位相对稳定





7. 惯性测量单元 (IMU) 原理

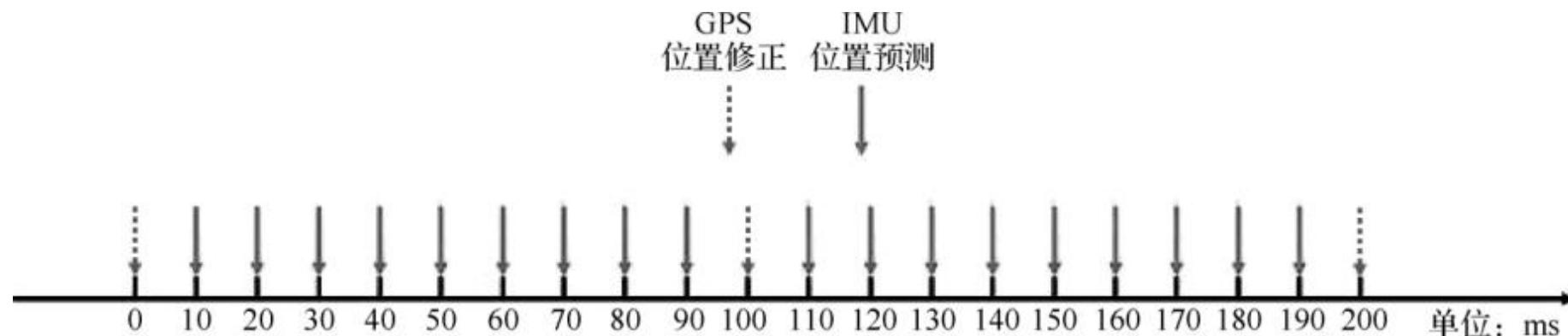
在无人驾驶系统中，GPS的更新频率一般为10Hz，IMU的更新频率一般为100Hz。两个传感器共同工作时，可以给出频率100Hz的定位输出。





7. 惯性测量单元 (IMU) 原理

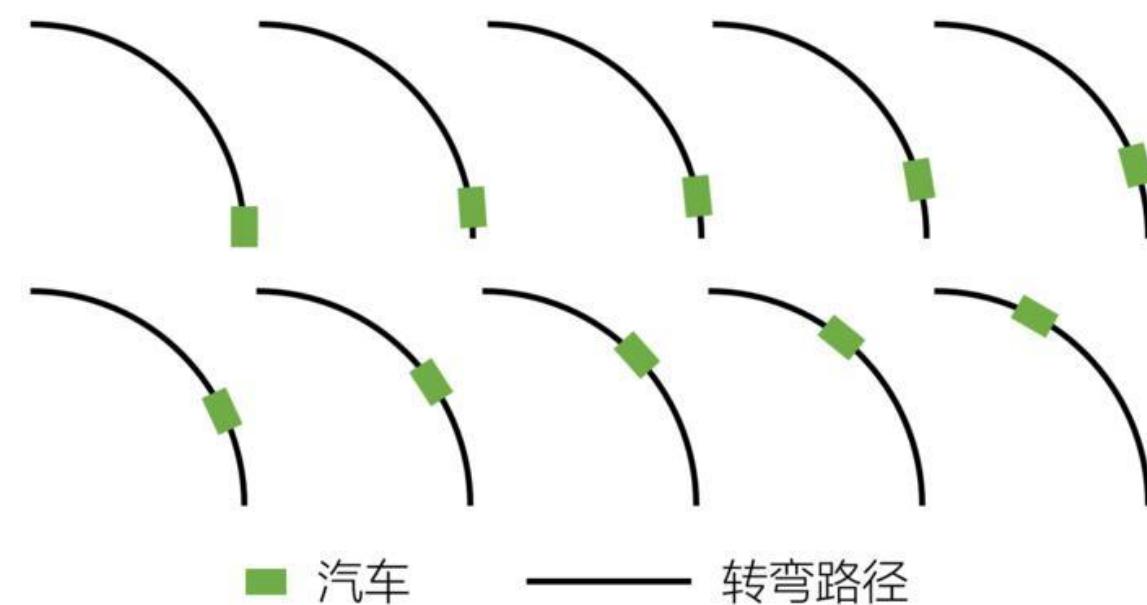
在0~100ms的周期中，使用IMU进行9次位置的估计，待新的GPS定位数据进来时，则进行修正，以此实现高频率的定位结果输出。GPS与IMU相辅相成地实现了无人驾驶汽车的稳定定位。





7. 惯性测量单元 (IMU) 原理

有了100Hz的稳定定位，无人驾驶汽车在处理路径跟随问题时，就能保持极高频率的定位和控制。每走一小步，便重新进行转向盘转角的计算，进而控制无人驾驶汽车沿着既定的轨道行驶。





8. 惯性导航系统的作用

弥补GPS：在GPS信号丢失或者很弱的情况下，暂时填补GPS留下的空缺，用积分法取得最接近真实的三维高精度定位。

配合激光雷达：GPS+IMU为激光雷达的空间位置和脉冲发射姿态提供高精度定位，建立激光雷达云点的三维坐标系。



9. 惯性导航系统的特点

1. 优点

- (1) 由于它是不依赖于任何外部信息，也不向外部辐射能量的自主式导航系统，故隐蔽性好，也不受外界电磁干扰影响；
- (2) 可全天候在全球任何地点工作；
- (3) 能提供位置、速度、航向和姿态角数据，所产生的导航信息连续性好而且噪声低；
- (4) 数据更新率高，短期精度和稳定性好。



9. 惯性导航系统的特点

2. 缺点

- (1) 由于导航信息经过积分而产生，定位误差随时间而增大，长期精度差；
- (2) 每次使用之前需要较长的初始对准时间；
- (3) 设备的价格较昂贵；
- (4) 不能给出时间信息。



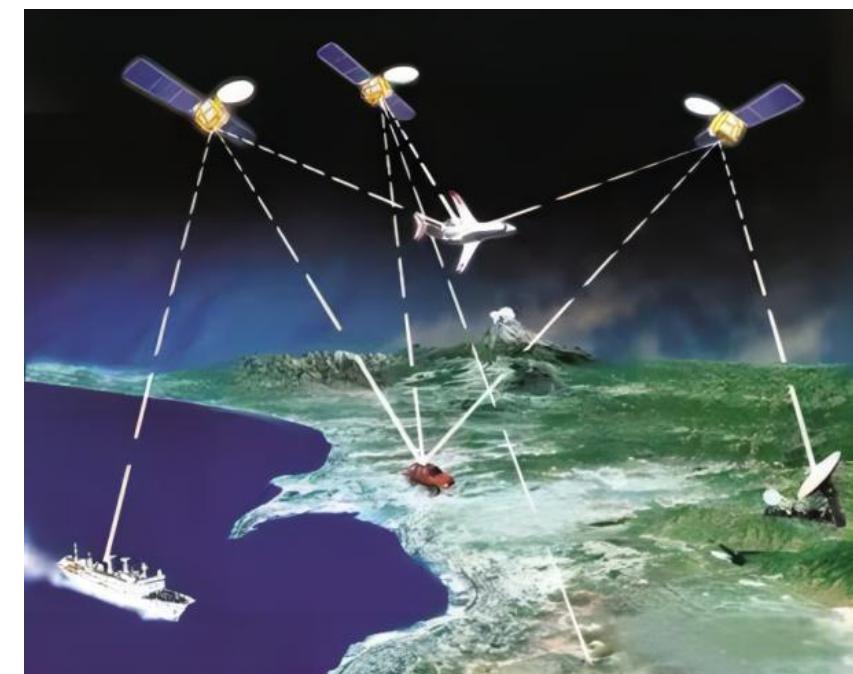
(二) 惯性导航技术指标及工作标准

1. 惯性导航技术

(1) 惯性导航技术概述

惯性导航技术是用来实现运动物体姿态和运动轨迹控制的一门技术，它是惯性仪表、惯性稳定、惯性系统、惯性制导和惯性测量等相关技术的总称。

惯性导航技术主要包括陀螺技术、加速度计技术和航位推测技术。





陀螺技术是利用高速旋转的陀螺提供运载体角位移或角速度的技术。

加速度计技术是测量运载体线加速度的技术。

航位推测技术是根据已知运载体的初始位置，利用由陀螺和加速度计敏感出的运载体运动航向和加速度推算出运载体当前位置的技术。





惯性导航技术的发展趋势是，提高陀螺仪水平，采用陀螺监控技术，以减小漂移率，提高系统定位精度；加强自检测技术，提高设备的维修性；运用现代数字技术，减小设备体积和提高设备可靠性，缩短初始对准时问，提高使用方便性；降低设备成本。随着计算机技术和新型惯性元件技术水平的提高，捷联式惯性导航技术将会得到更大发展。



(2) 惯性技术原理

惯性导航技术是惯性技术的核心和发展标志，惯性导航系统（Inertia navigation system, INS）利用陀螺仪和加速度计（统称为惯性仪表）同时测量载体运动的角速度和线加速度，并通过计算机实时计算出载体的三维姿态、速度、位置等导航信息。





2. 惯性导航技术的特点

惯导系统同时具有信息全面、完全自主、高度隐蔽、信息实时与连续，且不受时间、地域的限制和人为因素干扰等重要特性（见表）可在空中、水中、地下等各种环境中正常工作。

/	惯性导航	无线电导航	天文导航	卫星导航系统
自主性	完全自主	非自主	完全自主	非自主
信息全面性	全面	不全面	不全面	不全面
导航误差	随时间积累	随作用范围增加	受气候影响	不随时间积累
抗干扰能力	强	弱	强	弱
实时导航能力	强	弱	弱	弱
成本	较高	较低	高	低



2. 惯性导航技术的特点

惯性导航系统的主要不足是导航误差会随时间积累，且成本相对较高，随着其他导航技术尤其是卫星导航技术，如GPS技术的成熟和广泛应用，研究人员曾担心惯导技术未来的前景。

但是几次高技术局部战争中，电子战、导航战、体系化作战模式的出现证明了几乎仅有惯性导航系统都能在强电磁干扰的极端恶劣环境下持续、稳定地工作，这进一步强化了惯性系统在武器装备中不可替代的地位。



3. 惯性导航技术的发展方向

惯性导航系统的设计和发展须要考虑权衡的主要因素有：

①必须针对并满足应用的需求，其中导航性能（尤其是精度）和价格成本是首要的两个特性指标。价格成本包含系统自身成本、维护成本和使用寿命。因此对于很多导航应用，合理的价格仍然被置于应用要求的最前面。导航性能包括：导航的精确性、连续性、完整性、易用性，易用性是指系统易于使用和维护、系统的自主性等。

②实际的应用环境是最大的挑战。系统的体积、功耗、可靠性和可用性会关系到惯性导航系统能否在具体的应用环境中被采用。

③提高惯性导航系统的通用性，拓展应用领域。



3. 惯性导航技术的发展方向

惯性导航系统发展和技术进步呈现以下特点：

1. 在无法接收 GNSS 信号或需要高度导航可靠性的应用场合，高性能的自主 INS 仍具有不可替代的作用。
2. GNSS 技术的快速发展和进步，将取代部分传统的 INS 应用领域。
3. INS 与其他多种导航手段组合，尤其是 GNSS / INS 组合导航系统，受到普遍关注。
4. 地面车辆导航等民用市场发展迅速，价格低廉的一体化、小型化、多模式组合导航设备成为市场发展的三个重要方向，这既是惯性导航系统发展的机遇，也是挑战。
5. 舰船导航系统的设计和发展



明确任务

计划决策

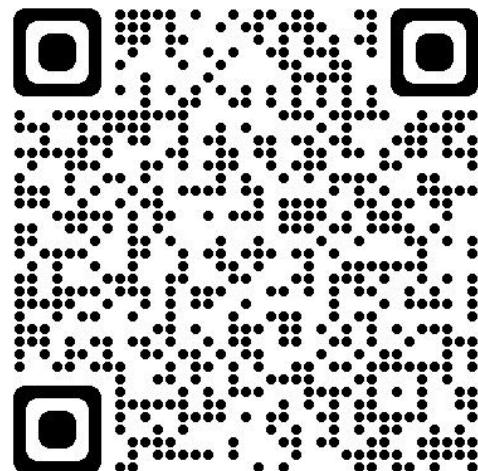
任务实施

任务检查

总结反馈

一、惯性导航装配流程图绘制

- (一) 观看“惯性导航装配”微课，小组探究，确定IMU及天线的安装位置
- (二) 游戏闯关，分组抢答
- (三) 小组讨论，绘制惯性导航装配流程图；

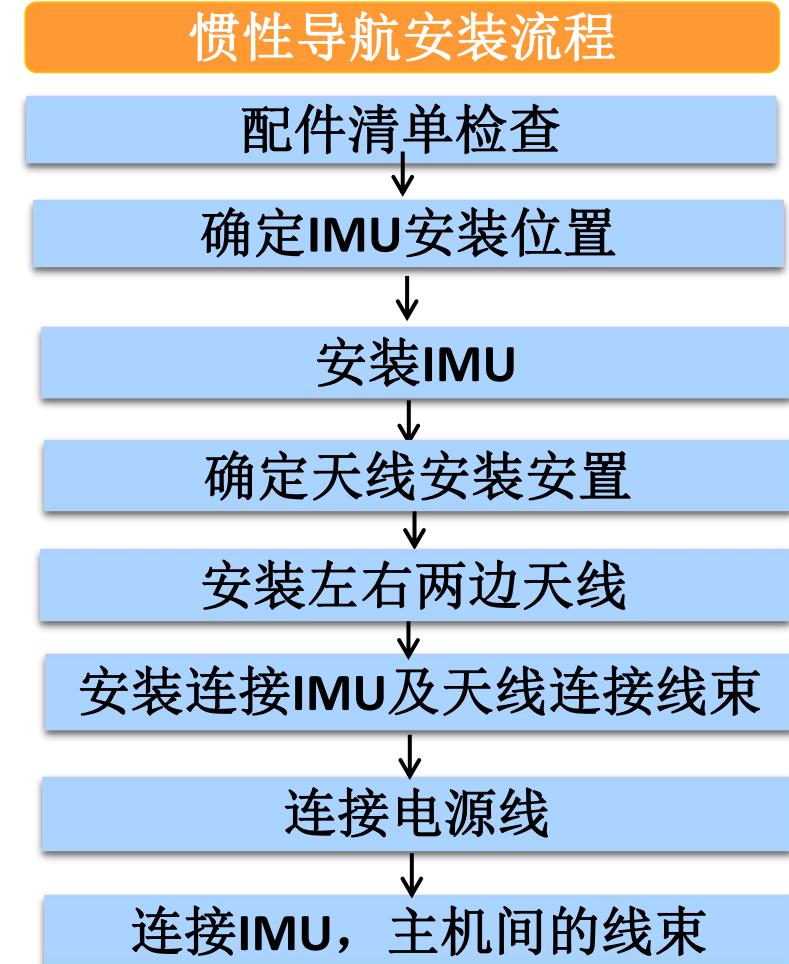




二、惯性导航装配流程图优化

(一) 小组代表展示成果，开始找茬游戏；

(二) 结合教师点评，小组合作优化“惯性导航装配”流程图。



惯性导航装配流程图



明确任务

计划决策

任务实施

任务检查

总结反馈

一、配件清单检查

1. 检查IMU外形和外观





明确任务

计划决策

任务实施

任务检查

总结反馈

一、配件清单检查

2. 检查天线数目、外形和外观





明确任务

计划决策

任务实施

任务检查

总结反馈

一、配件清单检查

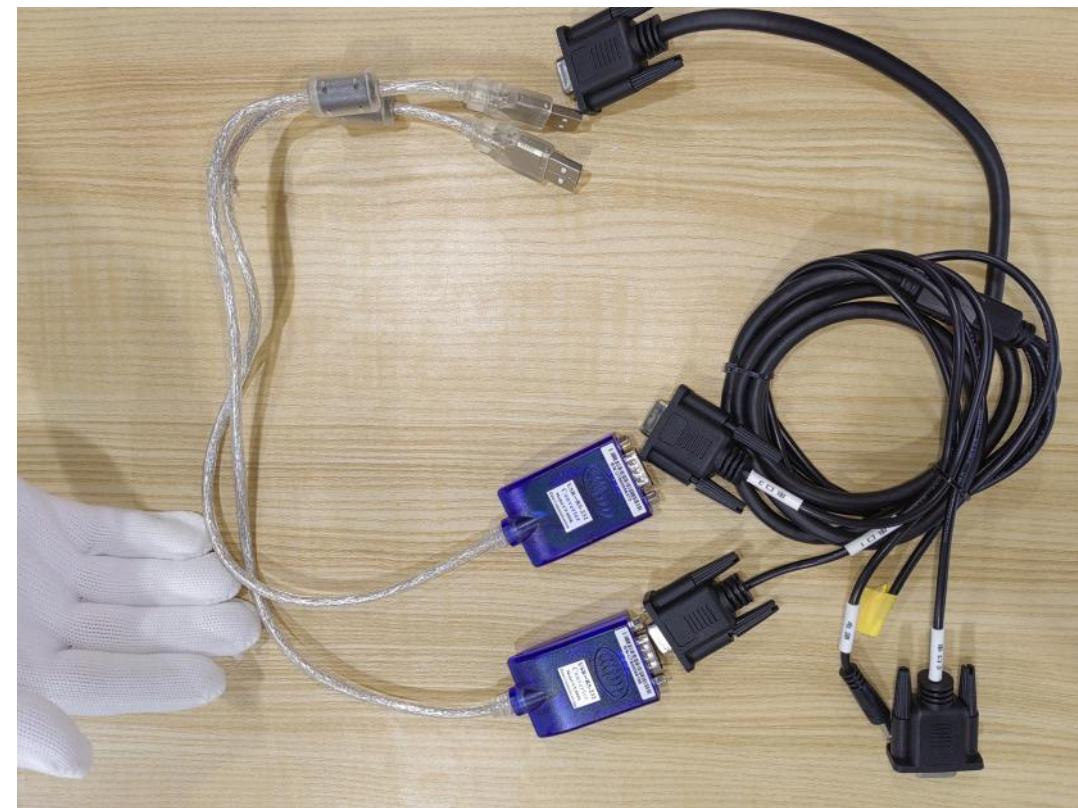
3. 检查天线线束数目、外形和外观





一、配件清单检查

4. 检查电源线、232转USB线束外形和外观





明确任务

计划决策

任务实施

任务检查

总结反馈

一、配件清单检查

5. 检查固定螺栓数目、外形外观





明确任务

计划决策

任务实施

任务检查

总结反馈

二、惯性导航装配

1. 确定IMU安装位置





明确任务

计划决策

任务实施

任务检查

总结反馈

二、惯性导航装配

2. 安装IMU





明确任务

计划决策

任务实施

任务检查

总结反馈

二、惯性导航装配

3. 确定天线安装安置





明确任务

计划决策

任务实施

任务检查

总结反馈

二、惯性导航装配

4. 安装左右两边天线





明确任务

计划决策

任务实施

任务检查

总结反馈

二、惯性导航装配

5. 连接IMU及天线连接线束





明确任务

计划决策

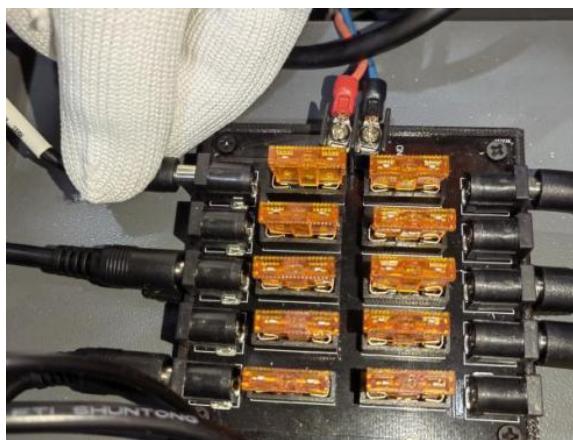
任务实施

任务检查

总结反馈

二、惯性导航装配

6. 连接电源线、IMU与主机间的线束





一、自检、互检、终检

- (1) 检验IMU、天线安装位置，线束连接是否符合要求。
- (2) 质量检验。
- (3) 在工作页中记录结果。



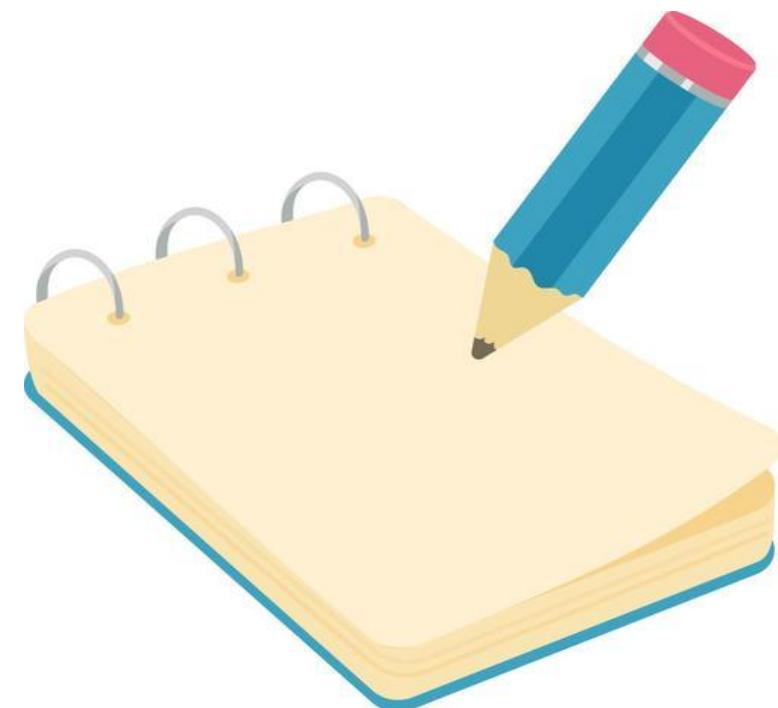


一、师生总结

小组讨论，总结本次任务的优点与不足，并派代表进行汇报。

二、自我评价、组内互评、教师评价

小组讨论，总结本次任务的优点与不足，完成评价表，认真听老师对各组的评价，进行记录并反思。认真听老师对**惯性导航装配**思路的总结，记录、体会并感悟检修过程的精髓，并派代表进行汇报。





作业布置

1、简单描述“惯性导航装配”步骤及注意事项。





任务拓展

1、梳理“惯性导航上位机使用”步骤。



谢谢大家！

