

3 船载GPS卫星导航仪的认知 与维护保养

3.2 船载GPS卫星导航仪的结构组成

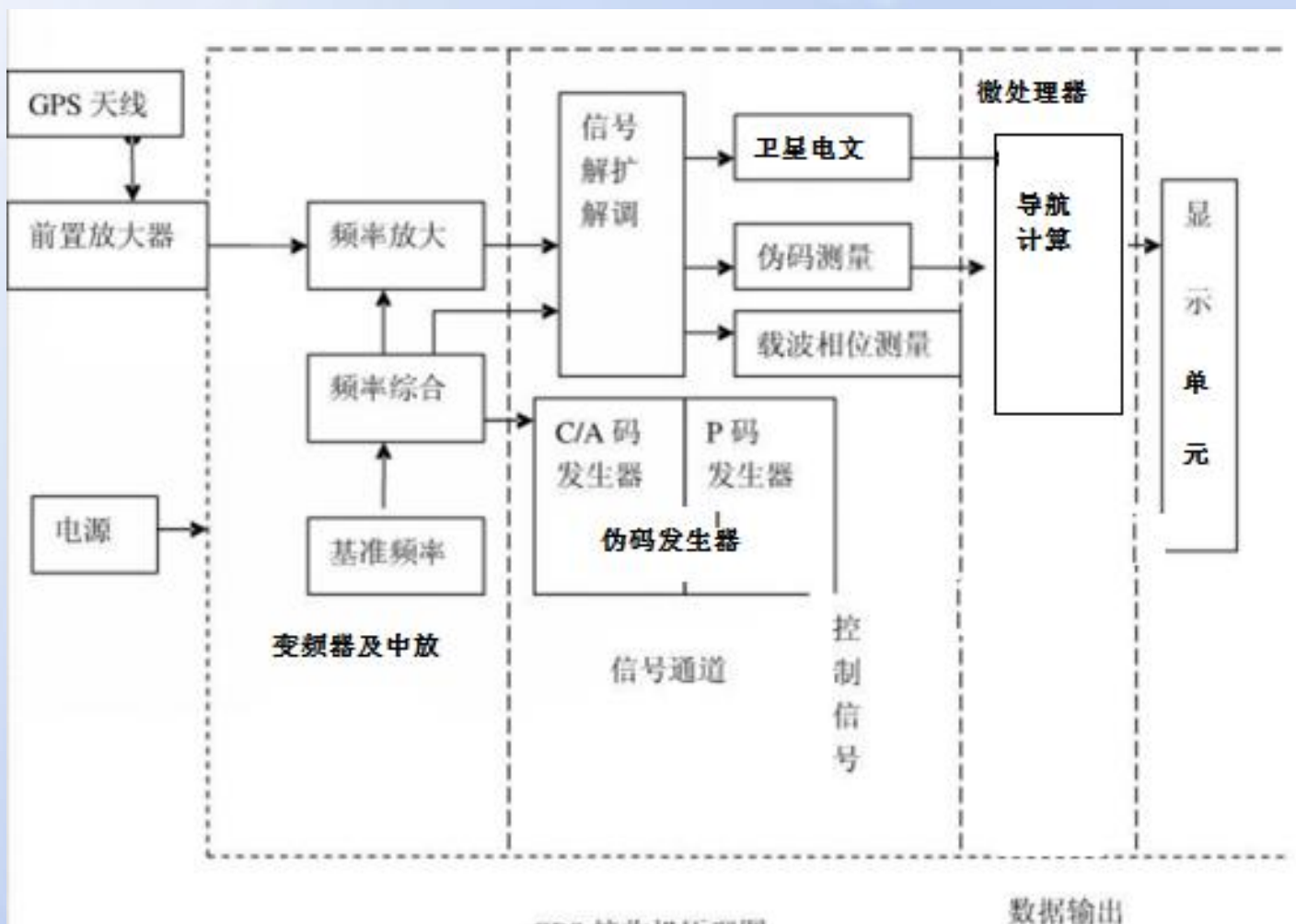
- 一、GPS卫星导航仪结构
- 二、GPS卫星导航仪接口
- 三、GPS卫星导航仪定位误差

一、GPS卫星导航仪结构

- 卫星导航仪
- CA码相关型导航仪
- 组成：硬件、机内软件、GPS数据的后处理软件包构成
- 硬件：天线单元、主机单元、电源
- 天线在室外
- 主机：变频器、信号通道、微处理器、显示模块

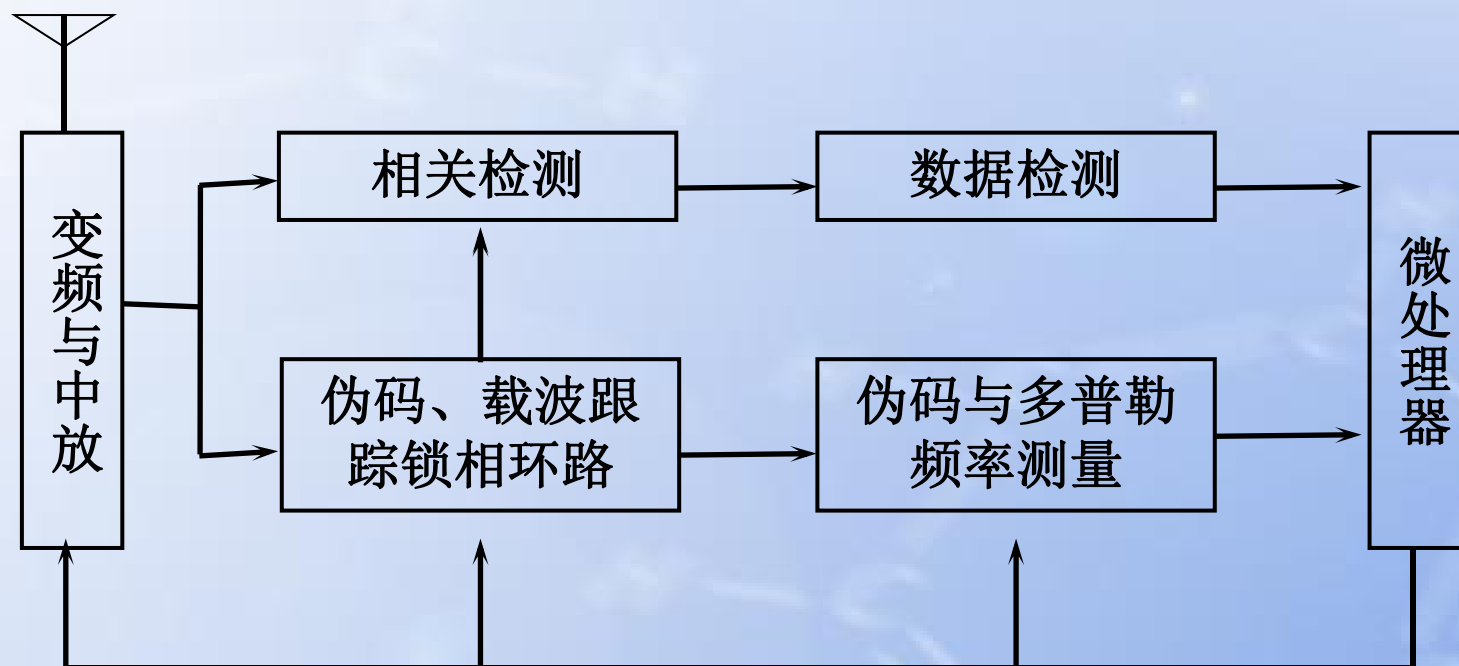
一、GPS卫星导航仪结构

- 卫星导航仪



一、GPS卫星导航仪结构

CA码、单频GPS接收机



一、GPS卫星导航仪结构

1、变频器及中频放大器

接收天线部分完成射频信号的接收，即把卫星播发的电磁波转换成便于处理电信号。

GPS接收机接收信号：导航电文+C/A码伪距，P码伪距；

L_1 载波相位 φ_1 、 L_2 载波相位 φ_2

L_1 多普勒频移 D_1 ， L_2 多普勒频移 D_2 。

天线将GPS卫星信号的极微弱的电磁波能转化为相应的电流，前置放大器则是将GPS信号电流予以放大。射频器（RF）—将高频1575M通过混频、滤波降到中频。经过GPS前置放大器的信号仍很微弱，为了使接收机通道得到稳定的高增益，并且使L频段的射频信号变成中频信号，必须采用变频器。

一、GPS卫星导航仪结构

2. 信号通道（基带）

- 相关型信号通道是接收机的核心部分，是软硬件结合的电路。相关通道电路中设有伪码相位跟踪环和载波相位跟踪环。
- 完成信号捕获、跟踪、解扩、解调及伪距测量，载波相位测量
- GPS信号通道的作用：搜索并跟踪卫星
解调出广播电文、伪距测量、载波相位测量和多谱勒频移测量
- GPS接收是发射的逆过程，发射时采用了伪码扩频调制和载波发射调制双重调制，从卫星接收到的信号是扩频的调制信号，接收GPS信号必须进行频率解调（变频）和伪码解扩双重解调才能得到导航电文

一、GPS卫星导航仪结构

2. 信号通道（基带）

- 捕获——通过检测伪随机码和本地码相关输出为最大，即可**捕获卫星**。采用**相关探测法**——每次移动本地码半个码元进行相关比较
- **二维搜索**：由于多普勒效应可能会使变频后的中频信号超出中频带通滤波器，载波锁相环搜索不到信号。必须要进行频率搜索和伪码搜索二维搜索，才能捕获卫星信号，获得导航电文。
- **跟踪**：伪码锁相环路使本机跟踪伪码在时间上和接收的伪码对准，自动捕获和跟踪卫星码，
- 载波锁相环路使本机跟踪载波在频率和相位上和接收的载波对准，自动捕获和跟踪卫星载波。

一、GPS卫星导航仪结构

2. 信号通道（基带）

●伪距测量:

- GPS信号伪码和本机跟踪伪码在相关器中比较，档两者一直是输出为最大，表示相关检测到GPS数据调制载波信号。
- GPS数据调制载波与本机跟踪载波混频后，检出GPS数据码信号
- 数据码经过同步、检测、滤波得到GPS电文
- 跟踪载波与本机基准振荡波之差为多普勒频移
- 跟踪伪码与本机基准伪码比较，测得信号传播延时，即伪距

一、GPS卫星导航仪结构

3. 微处理器——控制与计算核心。

GPS导航接收机的计算功能是由接收机内的微处理器CPU和部分存储器及相关软件来完成的。

工作包括开机自检、判断本机工作状态给出故障报警，控制协调接收机、码跟踪锁相环、载波跟踪锁相环工作，跟踪伪码和载波相位。选择卫星，搜集卫星数据，校正大气层传播误差，测量伪距和多普勒频率，计算永和的位置、速度和导航信息，进行定位导航。完成人机对话，手动选型、航线设计自动导航、导航报警、控制显示。响应和控制与其他设备（如组合导航）的联系与数据交换

一、GPS卫星导航仪结构

3. 微处理器

GPS 接收机所有工作都是在微处理的指令控制下自动完成的，其作用归纳起来有以下几点：

①开机后对设备进行自检，并显示自检结果，测定、校正并存储各通道的时延值。

②根据各通道跟踪环路所输出数据码，解译出 GPS 卫星星历，并根据实测伪距，计算出观测点的三维坐标（WGS—84坐标系），并按预置的位置更新率不断更新观测点座标。

③根据测得的观测点近似座标和 GPS 卫星星历，计算出所在轨卫星的升降时间、方位和高度角。

④记录用户输入的观测点信息如天线高度，气象信息等。

⑤根据预先设置的航路点座标和测得的观测点座标计算导航参数，如航偏距，航偏角、航速等。

一、GPS卫星导航仪结构

4. 显示单元及外设

配有**液晶显示屏**提供接收机工作信息

控制键盘，用户通过键盘控制接收机工作，进行定位与导航操作等。**接口电路**用于 GPS 接收机与其它设备的连接，通过接口电路可以将 GPS 接收机内数据传递给其它设备，常用的标准接口有RS232接口，RS422 接口及NMEA0183 接口等。

大屏显示器直接显示大量导航信息甚至导航数字地图。



一、GPS卫星导航仪结构

5. GPS接收机电源

接收机电源分**外部电源**和**机内锂电池**两种。

船用导航型 GPS 接收机外电源常采用10~28V之间不可调直流稳压电源，也可采用可充电的直流镉镍电池组，交流供电需稳压电源或专用电源变换器

机内锂电池用于为 **RAM 存储器**供电，**以防止关机后数据丢失。**

二、GPS卫星导航仪接口

（一）GPS导航仪输出外设及功能简介

通过统一的接口标准和通信协议与其他设备连接，信息共享。GPS连接外设及功能 P194表格。

测深仪**动态船位和水深数据同步显示** 储存打印

雷达显示**动态船位**，显示雷达目标（光标）位置

自动舵实现**航路点导航**，**航线控制**

电子海图实现**航路点导航**，**航迹标绘**

VDR**记录船舶动态船位**

AIS显示AIS动态船位，提供AIS系统同步时间

IBS显示动态船位，提供时间基准实现**航路点导航**，**航迹标绘**、**航线控制**

陀螺罗经**校正罗经纬度误差与速度误差**

二、GPS卫星导航仪接口

(二) GPS导航仪接口标准

1. 通信标准

采用RS232 或RS422串行通信接口

RS232 近距离15m以内

RS422 远距离（大于几十米）

RS422 接口针的含义 5针用于I/O通信

RS 232-C接口针定义

信号地线SG



二、GPS卫星导航仪接口

(二) GPS导航仪接口标准

1. 语句通信格式

GPS的通信协议必须满足NMEA0183协议

NMEA “National Marine Electronics Association”（国际海事电子协会），也是数据传输标准工业协会。NMEA协议是为了在不同的GPS（全球定位系统）导航设备中建立统一的BTCL（海事无线电技术委员会）标准，由美国国家海事电子协会制定的一套通讯协议。NMEA实际上已成为GPS接收机最通用的数据输出格式，同时也被用于GPS接收机接口的大多数软件包里。

二、GPS卫星导航仪接口

(二) GPS导航仪接口标准

1. 语句通信格式

GPS接收机根据NMEA-0183协议的标准规范，将位置、速度等信息通过串口传送到PC机、PDA等设备NMEA0183的通信参数为：(1)波特率：4800baud；(2)数据位：8；(3)奇偶校验：无；(4)停止位：1位。通信语句以ASCII为基础信息格式：\$aaaaa, df1, df2... .. <CR><LF>NMEA-0183是一套定义接收机输出的标准信息，该协议定义的语句非常多，常用的或者说兼容性最广的语句只有\$GPGGA、\$GPGSA、\$GPGSV、\$GPRMC、\$GPVTG、\$GPGLL等。

二、GPS卫星导航仪接口

(二) GPS导航仪接口标准

1. 语句通信格式信息格式举例:

\$GPGGA, <1>, <2>, <3>, <4>, <5>, <6>, <7>, <8>, <9>, M, <10>, M, <11>, <12>*hh<CR><LF>
>

<1> UTC时间, hhmmss (时分秒) 格式

<2> 纬度ddmm. mmmm (度分) 格式 (前面的0也将被传输)

<3> 纬度半球N (北半球) 或S (南半球)

<4> 经度dddmm. mmmm (度分) 格式 (前面的0也将被传输)

<5> 经度半球E (东经) 或W (西经)

<6> GPS状态: **0=未定位, 1=非差分定位, 2=差分定位, 6=正在估算**

<7> 正在使用解算位置的卫星数量 (00~12) (前面的0也将被传输)

<8> HDOP水平精度因子 (0.5~99.9)

<9> 海拔高度 (-9999.9~99999.9)

<10> 地球椭球面相对大地水准面的高度

<11> 差分时间 (从最近一次接收到差分信号开始的秒数, 如果不是差分定位将为空)

<12> 差分站ID号0000~1023 (前面的0也将被传输, 如果不是差分定位将为空)

二、GPS卫星导航仪接口

（二）GPS导航仪接口标准

1. 语句通信格式

信息格式：

NMEA种类	说明
GPGGA	GPS全球定位数据（定位时间、纬度、经度、定位质量、卫星数量、DOP值）
GPGLL	定位地理信息（经度及纬度）
GPGSA	卫星PRN码（伪随机噪声码）
GPRMC	推荐最小数据量的卫星GPS信息（UTC 定位质量、纬度、经度、对地速度、对地航速、磁差）
GPGSV	卫星状态指示（卫星编号、仰角、信噪比）
GPVTG	地面速度信息（对地速度、对地航向）

三、GPS卫星导航仪定位误差

GPS 导航仪定位误差的大小与所选用的卫星几何图形及测距误差的大小有关。GPS系统的误差主要来自于卫星、信号传输和卫星导航仪，测量误差可以等效于距离误差，故称用户等效测距误差。总的定位误差可由精度几何因子（GDOP）和用户等效测距误差的乘积来确定。

三、GPS卫星导航仪定位误差

(一) 伪测距误差:

- 1. 卫星误差: {
 - 星历表误差
 - 卫星钟剩余误差
 - 群延迟误差
- 2. 信号传播误差: {
 - 电离层折射误差
 - 对流层折射误差
 - 多径效应
- 3. 卫星导航仪误差: {
 - 导航仪通道间误差
 - 导航仪噪声
 - 量化误差

三、GPS卫星导航仪定位误差

(二) 几何误差

若测距误差为定值，用户与卫星的空间几何图形不同时，定位的误差也不相同。

精度几何因子（GDOP）

用来描述用户与卫星的几何关系，对定位误差影响的大

$$GDOP = \sqrt{(PDOP)^2 + (TDOP)^2}$$

$$PDOP = \sqrt{(HDOP)^2 + (VDOP)^2}$$

GDOP——精度几何因子；

PDOP——三维位置精度几何因子；

HDOP——水平方向精度几何因子；

TDOP——时钟偏差几何因子；

VDOP——高程精度几何因子

GDOP值越小，选用的卫星的几何图形配置越理想，位置和时间的偏差值也越小。

三、GPS卫星导航仪定位误差

(二) 几何误差

误差表达式： 葛

伪测距误差($\leq$) $\times$ **PDOP** = 位置误差 葛

伪测距误差($\leq$) $\times$ **TDOP** = 时钟误差 葛

伪测距误差($\leq$) $\times$ **VDOP** = 高程误差 葛

伪测距误差($\leq$) $\times$ **HDOP** = 水平位置误差

$$\text{若} \left\{ \begin{array}{l} CA \leq 8.6 \text{ m} \quad \xrightarrow{\text{HDOP} = 1.5} 12.9 \text{ m 误差} \\ P \leq 4.3 \text{ m} \quad \xrightarrow{\text{HDOP} = 1.5} 6.5 \text{ m 误差} \end{array} \right.$$

船上 **HDOP = 10** 时，定位值可用

三、GPS卫星导航仪定位误差

(三) 测速误差

水平 0.03 ~ 0.13 m/s
垂直 0.05 ~ 0.21 m/s

GDOP 同样适用

(四) 海图标绘误差：大地坐标系不同引起误差

尽量采用所使用海图的测地系。GPS卫星导航仪自动选择WGS-84坐标系。在高精度定位时，需要进行大地坐标转