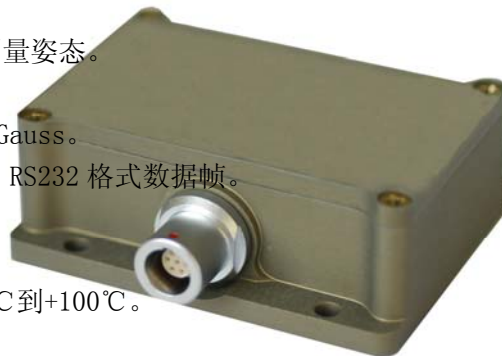


# LP3501 使用说明书

## 产品特点

- ◆ 三轴磁阻传感器测量空间磁场，双轴倾角测量姿态。
- ◆ 内置软磁、硬磁补偿功能。
- ◆ 高速高精度 A/D 转换，磁场测量精度  $100 \mu \text{ Gauss}$ 。
- ◆ 内置微处理器计算传感器与磁北夹角，输出 RS232 格式数据帧。
- ◆ 具有简单有效的用户标定指令。
- ◆ 具有指向零点修正功能。
- ◆ 工作温度范围  $-40^{\circ}\text{C}$  到  $+85^{\circ}\text{C}$ 。保存温度  $-55^{\circ}\text{C}$  到  $+100^{\circ}\text{C}$ 。



## 产品描述

LP3501 罗盘中使用的传感器有：三轴磁阻传感器和二轴倾角传感器。其中，磁阻传感器测量地球磁场，倾角传感器测量罗盘的姿态。输出的指向是罗盘指北轴线在水平面的投影和地磁北线在地面投影的夹角。

由于电子罗盘是根据地磁原理计算磁航向角，降低或消除外界干扰磁场对其输出精度的影响，是在工程应用中必须解决的问题。影响电子罗盘定向精度的因素很多，如磁传感器的安装误差、磁罗盘装置自身存在的数据采集与转换误差(统称为电器误差)，多轴磁传感器存在的非正交误差、干扰磁场引起的磁罗差等。对于安装误差、电器误差、非正交误差，可以通过改善设计、制造安装工艺等措施来消除或削弱其对罗盘航向精度的影响。使用环境中铁磁介质引起的干扰磁场引起的磁罗差，是对罗盘航向精度影响最大、最难以控制的。

在没有干扰磁场时，罗盘在水平面旋转一周，输出的  $(H_x-H_y)$  理想曲线是一圆心位于坐标原点的正圆；硬磁干扰产生于永久磁铁或被磁化的金属，这些干扰与罗盘的相对位置固定，在罗盘的输出值上增加一个定值，罗盘在水平面旋转一周，输出的  $(H_x-H_y)$  曲线是偏心圆；软磁干扰产生于地球磁场和罗盘附近的任何磁性材料之间的相互作用，其干扰程度与罗盘的方向有关。一般情况下，受软磁干扰时，罗盘水平旋转一周，输出的  $(H_x-H_y)$  曲线是斜椭圆，见图 1。

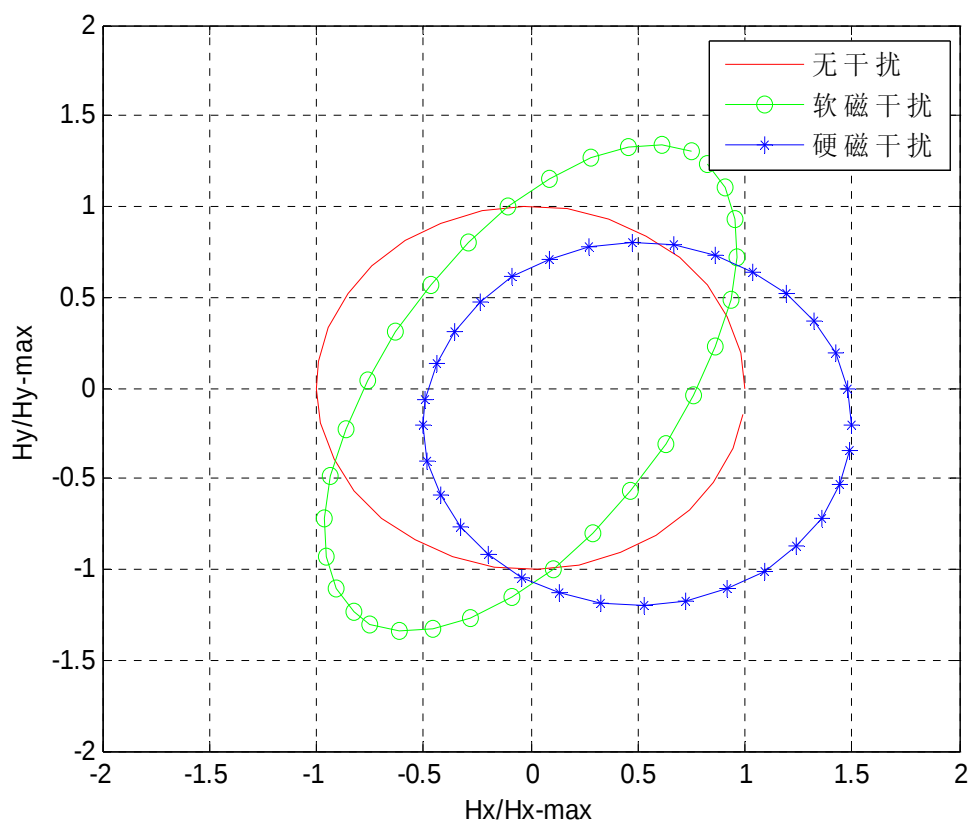


图 1

罗盘是检测磁场的传感器，对于外界干扰磁场和地球磁场，罗盘无法做到实时、完全的区分，在使用中为罗盘提供干扰磁场小的位置是保证罗盘精度的关键，同时，在使用中减少罗盘的线加速度和转动加速度是保证罗盘精度的另外一个关键。

## 产品应用范围

- ◆ 车载定点双向卫星通讯设备电子指北针。
- ◆ 船载动中卫星电视接收设备天线方位的电子指北针。
- ◆ 车载动中卫星电视接收设备天线方位的电子指北针。
- ◆ 车载定向无线电检测设备上的电子指北针。
- ◆ 车载雷达天线方位的指北针。

## 产品型号表（见表 1）

| 型号     | 接口            | 输入电压      | 温度范围      | 温度补偿 | 说明        |
|--------|---------------|-----------|-----------|------|-----------|
| LP3501 | RS485 或 RS232 | 4.5V~5.5V | -40℃~+85℃ | 有    | 封装或 OEM 板 |

表 1

## 技术指标

注：以下数据均属于 LP3501-232 的测试数据。

1. 俯仰角和横滚角的主要指标(环境温度=25℃, 电源=+5V, 速度=10 次/秒)(见表 2)

| 指标        | 最小  | 典型     | 最大    | 单位  |
|-----------|-----|--------|-------|-----|
| 测量范围      |     | 双轴±60  |       | °   |
| 分辨率       |     | ±0.1   |       | °   |
| 精度(0°)    |     | <±0.1  | <±0.2 | °   |
| 精度(<±15°) |     | <±0.1  | <±0.2 | °   |
| 精度(<±30°) |     | <±0.15 | <±0.3 | °   |
| 精度(<±60°) |     | <±0.3  | <±0.5 | °   |
| 非线性       | 0.2 | <0.5   | <1    | %   |
| 重复性       |     | ±0.2   |       | °   |
| 温度漂移      |     | 0.004  |       | °/℃ |

表 2

2. 指向的主要指标(环境温度=25℃, 电源=+5V, 速度=10 次/秒)(见表 3)

| 指标         | 最小  | 典型    | 最大   | 单位  |
|------------|-----|-------|------|-----|
| 分辨率        |     | ±0.2  |      | °   |
| 测量精度       |     | ±0.5  | ±1.5 | °   |
| 精度(俯仰 20°) | 1   | 1.5   | 2    | °   |
| 精度(俯仰 30°) | 1.5 | 2     | 2.5  | °   |
| 非线性        |     | 0.5   | 0.8  | %   |
| 重复性        |     | ±0.4° |      | °   |
| 温度漂移       |     | 0.015 | 0.03 | °/℃ |

表 3

3. 其它指标(测试温度=25℃)(见表 4)

|           | 最小               | 正常  | 最大   | 单位    |
|-----------|------------------|-----|------|-------|
| 工作电压 4.5  |                  | 5   | 5.5  | V     |
| 工作电流      |                  | 50  | 130  | mA    |
| 工作温度 -40  |                  |     | +80  | ℃     |
| 存储温度 -55  |                  |     | +100 | ℃     |
| 最大干扰磁场    |                  |     | 20   | Gauss |
| 磁场的测量范围   |                  | 0.6 | 3    | Gauss |
| 串口数据格式 96 | 00, n, 8, 1 BPS* |     |      |       |

表 4

#### 4. 极限指标(见表 5)

|        | 最小   | 最大   | 单位 |
|--------|------|------|----|
| 极限电源电压 | -0.2 | 6.0  | V  |
| 极限温度   | -50  | +125 | °C |

表 5

注：长期工作在极限条件下，会造成数据失准，或者造成产品永久性损坏。

#### 5. 串口输出电压的范围，依照 RS-232 的技术指标（见表 6）

|         | 最小   | 典型   | 极值   | 单位 |
|---------|------|------|------|----|
| A-B 端电压 | ±0.2 | ±1.5 | ±4.5 | V  |
| GND     | 0    | 0    | 0    | V  |

表 6

#### 6. 总电流消耗 vs. 软磁标定时间

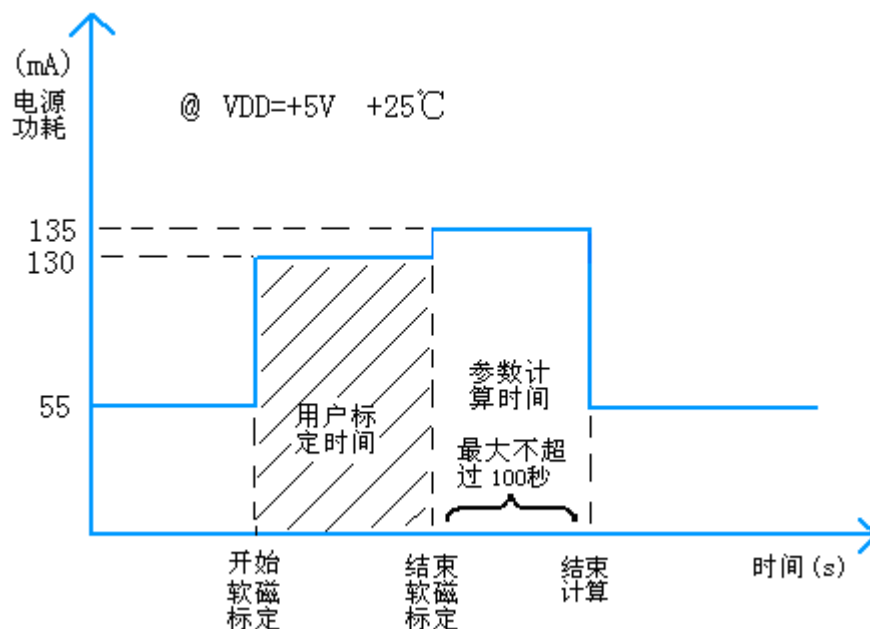


图 2

### LP3501 数据输出格式

LP3501-232 罗盘的接口是 RS-232 串行接口，串口数据格式：9600，n，8，1。每帧输出 20 字节 16 进制数。数据结构如下（见表 7）

| 字节位置    | 数据类型       | 数据内容                                             |
|---------|------------|--------------------------------------------------|
| 字节 1    | 单字节 16 进制数 | “0xAA” 数据帧头                                      |
| 字节 2    | 单字节 16 进制数 | 罗盘执行命令的响应结果。如与命令字相同，表示已经执行这条命令。响应“0xEE”表示没有执行命令。 |
| 字节 3, 4 | 保留         | X 轴加速度值                                          |
| 字节 5, 6 | 保留         | Y 轴加速度值                                          |

|           |          |                                               |
|-----------|----------|-----------------------------------------------|
| 字节 7, 8   | 双字节有符号整数 | 罗盘俯仰方向与水平面夹角, 转换成角度的算法如下: 整数/1000/3.14159*180 |
| 字节 9, 10  | 双字节有符号整数 | 罗盘横滚方向与水平面夹角, 转换成角度的算法如下: 整数/1000/3.14159*180 |
| 字节 11, 12 | 双字节有符号整数 | X 轴方向磁场强度                                     |
| 字节 13, 14 | 双字节有符号整数 | Y 轴方向磁场强度                                     |
| 字节 15, 16 | 双字节有符号整数 | Z 轴方向磁场强度                                     |
| 字节 17, 18 | 双字节无符号整数 | 罗盘与磁北的偏角, 转换算法: 整数/100                        |
| 字节 19     | 保留       |                                               |
| 字节 20     | 单字节数     | 前面全部数据的累加校验和                                  |

表 7

## 命令表及命令详解

### 1. 命令表 (见表 8)

| 序号 | 命令字  | 含义                        | 说明                                           |
|----|------|---------------------------|----------------------------------------------|
| 1  | 0x01 | 响应速度设置, 2 次/秒             | 掉电保留速度设置。                                    |
| 2  | 0x02 | 响应速度设置, 5 次/秒             |                                              |
| 3  | 0x03 | 响应速度设置, 10 次/秒 (罗盘开机默认速度) |                                              |
| 4  | 0x04 | 响应速度设置, 15 次/秒            |                                              |
| 5  | 0x05 | 响应速度设置, 20 次/秒            |                                              |
| 6  | 0XF5 | 开始水平面转动标定                 | 此处命令字用于产品工厂标定, 在罗盘长期使用精度降低时可以使用。命令参照工厂标定说明书。 |
| 7  | 0XF6 | 开始侧向水平面转动标定               |                                              |
| 8  | 0XF7 | 转动磁场数据保存                  |                                              |
| 9  | 0xF8 | 结束转动标定                    |                                              |
| 10 | 0XE0 | X 角度最大点                   |                                              |
| 11 | 0xE1 | X 角度最小点                   |                                              |
| 12 | 0xE2 | Y 角度最大点                   |                                              |
| 13 | 0xE3 | Y 角度最小点                   |                                              |
| 14 | 0xE4 | 纪录角度范围                    |                                              |
| 15 | 0XFA | 角度零点标定 1                  |                                              |
| 16 | 0XFB | 角度零点标定 2                  |                                              |
| 17 | 0xFC | 纪录角度零点                    |                                              |
| 18 | 0xD0 | 开始硬磁标定                    | 硬磁标定                                         |
| 19 | 0xD1 | 结束硬磁标定                    |                                              |
| 20 | 0xA5 | 允许设置罗盘零点指向                | 设置罗盘零点指向, 可以消除磁偏角误差。                         |
| 21 | 0xE5 | 磁北修正                      |                                              |
| 22 | 0xE8 | 清除磁北修正                    |                                              |
| 23 | 0xA2 | 单次输出                      | 掉电保留                                         |
| 24 | 0xA4 | 连续输出                      | 掉电保留                                         |
| 25 | 0x13 | 开始软磁标定                    | 软磁标定                                         |
| 26 | 0x15 | 结束软磁标定                    |                                              |

表 8

### 2. 命令详解

LP3501 罗盘为用户提供 16 条指令. LP3500 接到指令后, 在数据帧的第二字节显示指令执行情况, 如果与命令相同表示已经执行指令, 如果是 " 0xEE ", 表示命令无法执行。

### 1. 响应速度设置: 命令字: 0x01, 0x02, 0x03, 0x04, 0x05.

调整罗盘响应速度, 连续输出方式下有效. 命令字与输出速度对应表格如下 (见表 9)

| 命令字  | 0x01  | 0x02  | 0x03   | 0x04   | 0x05   |
|------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 输出速度 | 2 次/秒 | 5 次/秒 | 10 次/秒 | 15 次/秒 | 20 次/秒 |

表 9

### 2. 硬磁标定: 命令字 0xD0, 0xD1

发送命令字 0xD0, 缓慢转动罗盘, 转动范围超过 360 度, 为保证标定精度, 建议罗盘俯仰范围小于 20 度. 发送命令字 0xD1, 记录保存罗盘标定结果.

### 3. 罗盘指向设置: 命令字, 0xE5, 0xE8

发送命令字 0xA5 进入指向设置状态, 发送 0xE8 命令清除原有指向设置.

发送命令字 0xA5 进入指向设置状态, 发送 0xE5 命令设置当前指向为零.

### 4. 角度零点设置: 命令字 0xFA, 0xFB, 0xFC

将罗盘平放在平面上, 发送 0xFA 命令, 再将罗盘反向 180 度平放在平面上, 发送 0xFB 命令, 最后发送 0xFC 命令, 记录角度零点.

### 5. 软磁标定: 命令字 0x13, 0x15

A、串口发送命令标定: 发送命令字 0x13, 灯闪烁表明进入软磁标定状态, 将罗盘在水平/空间缓慢旋转一周以上 (如果是在空间旋转, 则角度保持在  $\pm 30^\circ$  以内).

发送命令字 0x15, 命令字先显示错误数据帧数 (一般为 0), 接着等待几十秒左右后, 如果命令字显示 AD, 表示采样数据帧分布的范围太小, 软磁标定不成功; 如果命令字显示 AB, 表示软磁标定成功; 如果命令字显示 AC, 表示软磁标定失败, 需要重新进行软磁标定.

B、ISMC 标定: 将 ISMC 线短路接低电平 (GND), 灯闪烁表明进入在系统软磁标定状态, 将罗盘在水平/空间缓慢旋转一周以上 (如果是在空间旋转, 则角度保持在  $\pm 30^\circ$  以内).

将 ISMC 线悬空 (与 GND 断开), 命令字先显示错误数据帧数 (一般为 0), 接着等待几十秒左右后, 如果命令字显示 AD, 表示采样数据帧分布的范围太小, 软磁标定不成功; 如果命令字显示 AB, 表示软磁标定成功; 如果命令字显示 AC, 表示软磁标定失败, 需要重新进行软磁标定.

注: 在进行软磁标定时尽量缓慢旋转罗盘, 并且旋转一周以上, 使四个象限的数据都能采集到. 如果环境中干扰磁场很强, 罗盘水平旋转一周, 指向范围达不到  $0^\circ \sim 360^\circ$ , 此时的软磁标定效果可能会较差, 甚至有可能软磁标定不成功. 理论上, 采样数据帧数越大, 并且四个象限的数据都采集到, 那么标定分数越小就代表精度越好.

### 6. 标定顺序

a. 软磁标定 (水平/空间转动标定), 标定过程中 LED 灯闪烁, 标定完 LED 灯熄灭.

b. 硬磁标定.

注: 一般情况下, 建议用户只用其中一种方法进行标定, 在特殊环境下可以用两种方法进行标定. 如果选择两种方法标定, 标定顺序是先做软磁标定, 再做硬磁标定. 如果改变了前面的标定参数, 则后面的标定参数将会被清除. 例: 如果依次进行了软磁标定、硬磁标定两种标定后, 用户又重新进行了软磁标定, 则用户必须再执行一次硬磁标定, 此时的效果才是两种方法的标定效果.

软磁补偿可以代替硬磁补偿, 但是由于软磁补偿消耗的功率略高, 选择哪种补偿方式需要根据实际情况决定.

## 3. 标定图示 (见图 3)



图 3

## 接线定义及尺寸

### 1. PCB 板接线定义（见表 10）

| 插头引脚号码 | 名称                | 说明                                                |
|--------|-------------------|---------------------------------------------------|
| 1      | +5V               | 直流电源输入正极                                          |
| 2      | +5V               | 备用直流电源输入（不接）                                      |
| 3      | GND               | 直流电源输入负极                                          |
| 4      | B                 |                                                   |
| 5      | A                 |                                                   |
| 6      | N. C              | NOT CONNECTED（不接）                                 |
| 7      | $\overline{ISMC}$ | In-System Magnetic Calibration<br>启动在系统软磁标定，低电平有效 |
| 8      | N. C              | NOT CONNECTED（不接）                                 |
| 9      | N. C              | NOT CONNECTED（不接）                                 |
| 10     | GND               | 直流电源输入负极                                          |

表 10

### 2. PCB 板机械尺寸：（如图 4，单位：mm）

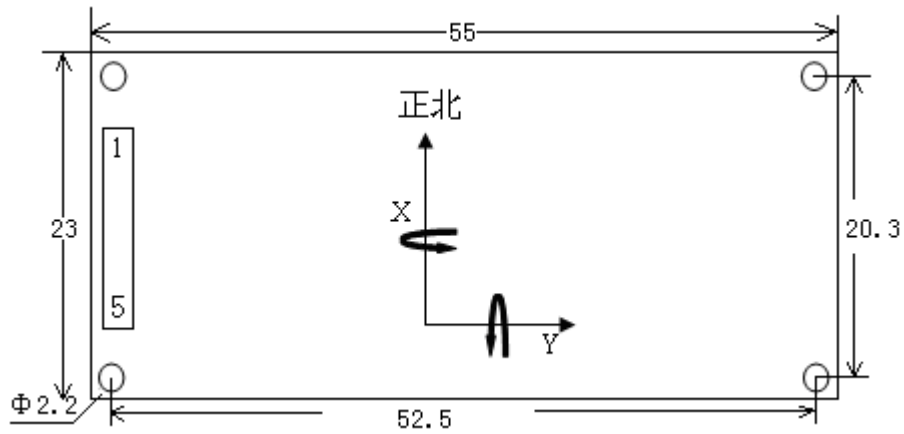
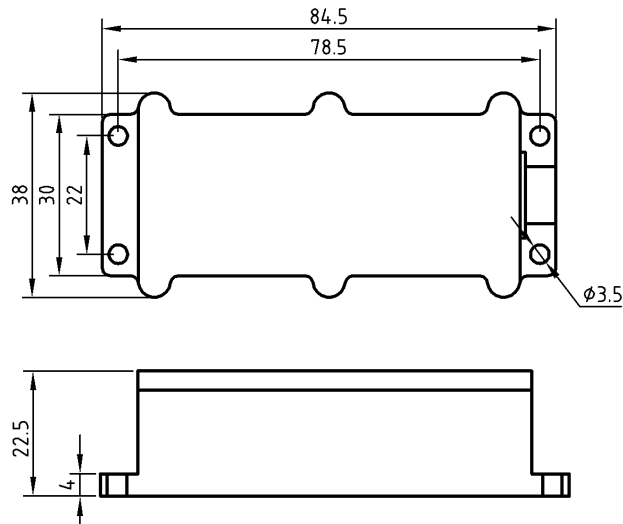


图 4

### 3. 封装产品机械尺寸：（如图 5，单位：mm）



铝制外壳，表面采用硬质阳极化处理，耐腐蚀；  
 主机重量  $75 \pm 3g$ 。  
 采用欧度七芯防水插座，防护等级 IP55；

| 引脚 | TTL 接口 |       | 485 接口 |      | 232 接口 |      |
|----|--------|-------|--------|------|--------|------|
|    | 线色     | 标签    | 线色     | 线色   | 线色     | 标签   |
| 1  | 黑      | GND   | 黑      | GND  | 黑      | GND  |
| 2  |        |       |        |      |        |      |
| 3  | 红      | VCC   | 红      | VCC  | 红      | VCC  |
| 4  | 橙      | TTLRX | 橙      | B    | 橙      | RX   |
| 5  | 黄      | TTLTX | 黄      | A    | 黄      | TX   |
| 6  | 绿      | GND   | 绿      | GND  | 绿      | GND  |
| 7  | 棕      | ISMC  | 棕      | ISMC | 棕      | ISMC |