

第2章 飞行仪表



警告：在空速、姿态、高度或航向指示不可用的时候，参照备份仪表。



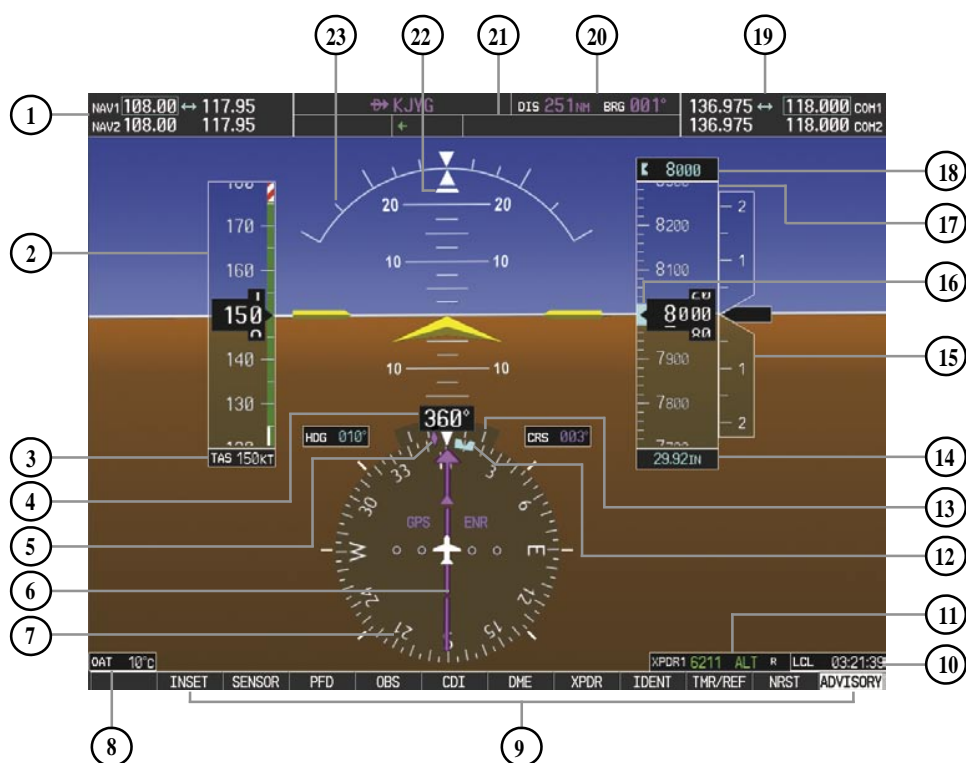
注意：自动飞行控制系统 (AFCS) 在特定仪表上提供额外的读数和游标。参阅AFCS章节了解这些读数和游标的细节情况，因为它们会在某些AFCS飞行指示模式下出现。

用两台PFD来显示大尺寸的人工地平仪，空速表、高度表、垂直速度表和航道偏离信息，可以提高飞行员的处境意识。除飞行仪表外，导航，通讯，地形，空中交通和天气信息也能够在PFD上显示，详见本书其它章节。

以下飞行仪表和飞行数据是在每台PFD上都显示的：

- 空速表, 显示：
 - 真空速
 - 速度带
 - V速度信号旗
- 带侧滑指示器的人工地平仪
- 高度表, 显示：
 - 气压拨正值设置
 - 预选高度窗
- 无线电高度 (如安装)
- 垂直偏离指示, 下滑道和下滑路径指示器
- 垂直速度表 (VSI)
- 垂直领航 (VNV) 指示器
- 水平状态显示仪 (HSI)，显示：
 - 转弯率指示器
 - 方位角 (BRG) 指针及信息窗
 - 测距机 (DME) 信息窗
- 航道偏离指示器 (CDI)
- 外界大气温度 (OAT)
- 系统时间
- 风数据

PFD还显示各种报警和信号牌信息。



- | | |
|-------------------|---------------|
| ① NAV 频率窗 | ⑬ 转弯率指示器 |
| ② 空速表 | ⑭ 高度表气压拨正值指示 |
| ③ 真空速 | ⑮ 垂直速度表 (VSI) |
| ④ 当前航向 | ⑯ 高度游标 |
| ⑤ 当前航迹 (Track) 指示 | ⑰ 高度表 |
| ⑥ 航道偏离指示器 (CDI) | ⑱ 预选高度窗 |
| ⑦ 水平状态显示器 (HSI) | ⑲ COM 频率窗 |
| ⑧ 外界大气温度 (OAT) | ⑳ 领航状态栏 |
| ⑨ 软按键 | ㉑ AFCS 状态栏 |
| ⑩ 系统时间 | ㉒ 侧滑指示器 |
| ⑪ 应答机状态窗 | ㉓ 地平仪 |
| ⑫ 航向游标 | |

图 2-1 主飞行显示器(默认状态)



- | | |
|---------------------------|-----------------|
| ① 空中交通信号牌 | ⑨ 报警窗口 (ALERTS) |
| ② 无线电高度表 | ⑩ 信号牌窗口 |
| ③ 预选航向 | ⑪ 预选航道 |
| ④ 风数据 | ⑫ 下滑道指示器 |
| ⑤ 插入地图 | ⑬ 比较器窗口 |
| ⑥ DME信息窗 | ⑭ 指点标信号牌 |
| ⑦ 方位角指针信息窗 | ⑮ AFCS 状态信号牌 |
| ⑧ 最低下降高度 (MDA) / 决断高 (DH) | |

图 2-2附加的PFD信息

2.1 飞行仪表

空速指示器



注意：参阅飞行手册 (POH) 了解速度数据和V速度。

空速指示器是以含有滚动数字的活动带表示空速。真空速数值以节为单位在速度带的下方显示。活动带上的长刻度以10节为间隔，短刻度以5节为间隔。空速指示自20节开始，任何时候的显示范围都是60节。当前指示空速数值在黑色箭头内显示。该箭头以黑色显示直至达到最大操作空速(V_{MO})的时候，转为红色（图 2-4）。

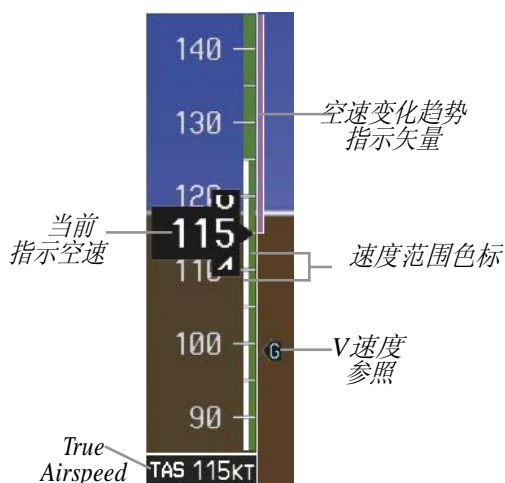


图 2-4 红色箭头表示超速

活动带的旁边有以不同颜色标示的范围色标（白，绿，红/白色条）。这些颜色代表襟翼操作范围、正常操作空速范围和最大操作空速 (V_{MO})。红色范围是空速低的提示。

空速变化趋势矢量是垂直的品红色线，在速度带旁边向上或向下延伸，趋势矢量的末端代表预计保持当前加速度6秒后的达到的空速。如果趋势矢量线跨过 V_{MO} ，当前指示空速的读数变为黄色。如果当前空速恒定，或系统故障导致任何计算空速的数据不可用，则趋势矢量不显示。

V速度 (V_r , V_x , V_y , 和 V_{Glide}) 的数值是可以更改的, 也可以在Timer/References 窗口上将它们的信号旗启用或关闭。启用的时候, V速度在活动带的右侧相应位置显示。默认的设置是: 电源重开的时候, 所有V速度数据复位, V速度信号旗关闭。

变更V速度和开启/关闭信号旗:

- 1) 按下TMR/REF软按键。
- 2) 转动大FMS旋钮高亮度显示相应的V速度。
- 3) 用小FMS旋钮以1节的增量改变V速度值 (速度改变为非默认值的时候, 旁边会出现一个星号)。
- 4) 按ENT键或转动大FMS旋钮高亮度显示ON/OFF字段。
- 5) 顺时针转动大FMS旋钮开启, 或逆时针转动关闭。
- 6) 按CLR键或TMR/REF软按键关闭窗口。

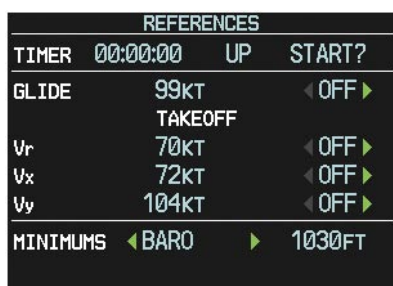


图 2-5 Timer/References (时间/参照) 窗口

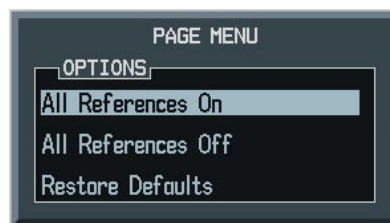


图 2-6 Timer/References 菜单

将全部 V速度信号旗开启/关闭:

- 1) 按下 TMR/REF软按键。
- 2) 按下MENU键。
- 3) 在高度亮显示的‘All References On’上按下ENT键以开启全部信号旗。
- 4) 如需关闭所有信号旗, 转动FMS旋钮高亮度显示‘All References Off’然后按下ENT键。

开启/关闭起飞 (TAKE OFF) V速度信号旗

- 1) 按下 TMR/REF软按键。
- 2) 按下MENU键。
- 3) 如需开启起飞V速度信号旗, 在高亮度显示的‘Takeoff References On’上按ENT键。
- 4) 如需关闭起飞V速度信号旗, 转动FMS旋钮高亮度显示 ‘Takeoff References Off’然后按下ENT键。

恢复所有V速度默认设置:

- 1) 按下 TMR/REF软按键。
- 2) 按下MENU键。
- 3) 转动FMS旋钮高亮度显示‘Restore Defaults’然后按下ENT键。

姿态指示器（人工地平仪）

姿态信息以虚拟的蓝色天空、棕色地面和白色地平线来表示。人工地平仪显示俯仰(以俯仰刻度上的黄色飞机符号表示), 滚转, 和侧滑信息。

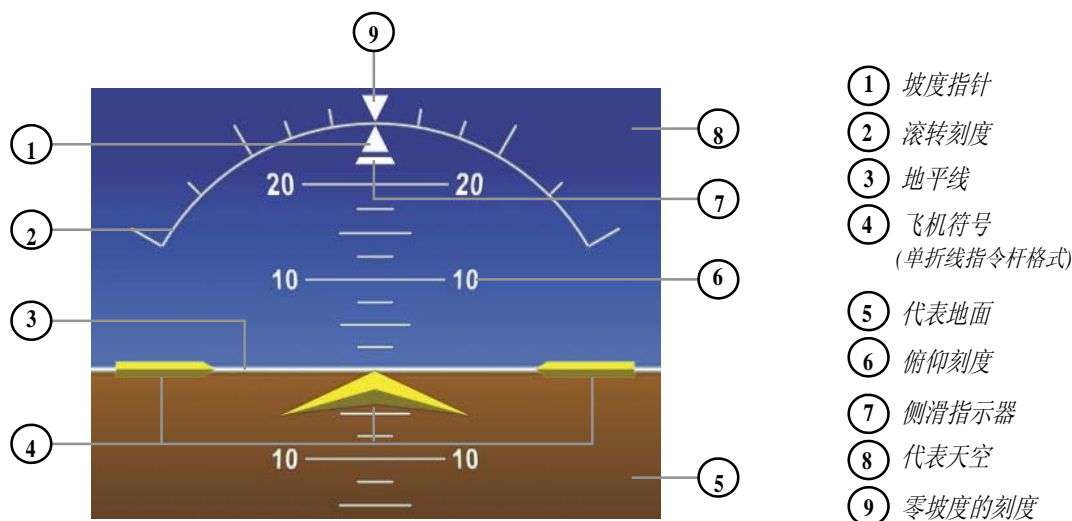


图 2-7 人工地平仪

地平线是俯仰刻度的一部分。俯仰主刻度线在地平线的上方和下方分别以 10° 间隔显示到 80° 。在上仰 45° 至下俯 25° 的范围内, 有每 5° 间隔的刻度线。上仰 20 至下俯 20 的范围内, 还有间隔 2.5° 的短刻度线。

滚转刻度上的白色倒三角形代表零坡度。两侧 30° 和 60° 的位置上有主刻度线, 10° , 20° , 45° 上有小刻度线。滚转刻度上的活动三角形指针位置就指示当前坡度。

坡度指针下方的白色杆就是侧滑指示器。它会随坡度指针移动, 水平方面的运动不代表加速度。白色杆相对于坡度指针的左右位置就代表内侧滑和外侧滑。一条杆的长度就相当于传统侧滑仪上一个小球宽度的位移。



图 2-8 侧滑指示器

高度表

高度表用滚动的高度带表示600英尺范围的气压高度值。主刻度及读数显示的间隔为100英尺。小刻度的间隔是20英尺。黑色指针指示当前高度。

预选高度窗位于高度带的上方，有一个高度游标符号在里面。高度带上有对应的活动游标；如果预选高度位置在当前显示的高度带以外，在高度带的相应边缘位置会出现主度游标。（更多预选高度的信息见AFCS章节）。

设定预选高度：

转动度ALT SEL旋钮，以100英尺的增量（进近时增量减为10英尺）选择预选高度，预选值可达飞机的实用升限值。

如设定，也可以将最低下降高度/决断高度（MDA/DH）选作预选高度。

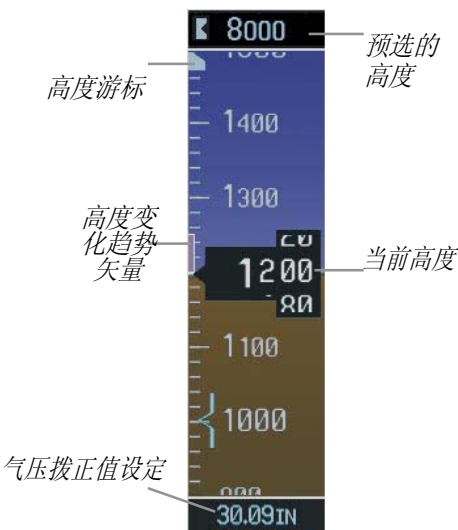


图 2-9 高度表

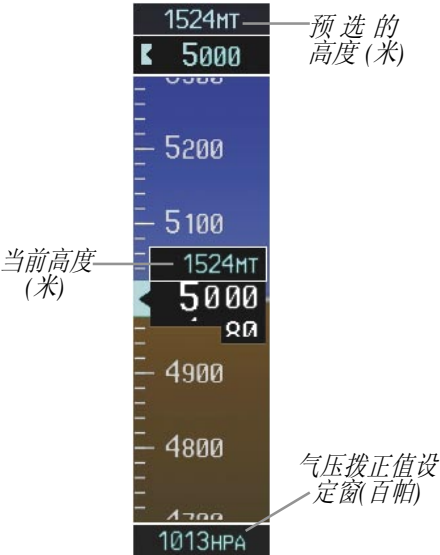


图 2-10 高度表 (公制单位)

预选高度和当前高度也可以用米来显示(仅在英尺读数的上方显示米;图 2-10)。注意高度带的刻度比例和读数是不变的。

以米来显示高度:

- 1) 按下PFD软按键显示第二层软按键。
- 2) 按ALT UNIT键。
- 3) 按METERS键打开高度米读数(见图2-10)。
- 4) 按BACK 键两次返回顶层软按键。

高度带的左边有一个品红色的高度变化趋势矢量。它的末端当表保持当前垂直速度6秒后,将要达到的高度。如果高度保持恒定,或系统故障导致用来计算高度的数据不可用,趋势矢量将不被显示。

高度带的下方是气压拨正值设定窗,以英寸汞柱(in Hg)表示,选用公制单位的时候为百帕(hPa)。调节气压拨正值会使VNV垂直领航偏离数值发生突变。如果拨正值变化较大,飞机可能需要几分钟时间才能重新回到下降路径上。如果在具有VNV垂直领航目标高度的航路点附近调节气压拨正值,飞机可能无法及时回到符合高度限定的下降路径上。

设定高度表气压拨正值:

转动BARO旋钮即可。

设定标准气压 (29.92 in Hg):

按下 BARO旋钮的顶端键即可将拨正值设为标准气压。

或:

- 1) 按下PFD软按键显示第二层软按键。
- 2) 按下STD BARO键,这时拨正窗上显示 STDBARO。

改变高度表拨正值的气压单位:

- 1) 按下PFD软按键显示第二层软按键。
- 2) 按下ALT UNIT 软按键。
- 3) 按下IN软按键将显示的气压单位设为英寸汞柱(in Hg)。
或,按下HPA 软按键将显示的气压单位设为百帕 (hPa; 见图2-10)。
- 4) 按下BACK键两次返回顶层软按键。

如果两台PFD显示的气压拨正值相差超过0.02 in Hg，读数会变为黄色。
一旦将拨正值同步 (同步BARO 接通)，在余下的飞行里面它们会一直保持同步。

将高度表气压拨正值同步：

- 1) 用FMS旋钮选择AUX- System Setup 页面。
- 2) 按下FMS顶端键激活光标。
- 3) 转动大FMS旋钮高亮度显示同步窗口 (Synchronization) 里面的 ‘Baro’。
- 4) 顺时针转动小FMS旋钮将内容变为 ON 或逆时针转动变为OFF。
- 5) 按下FMS旋钮顶端键关闭光标。

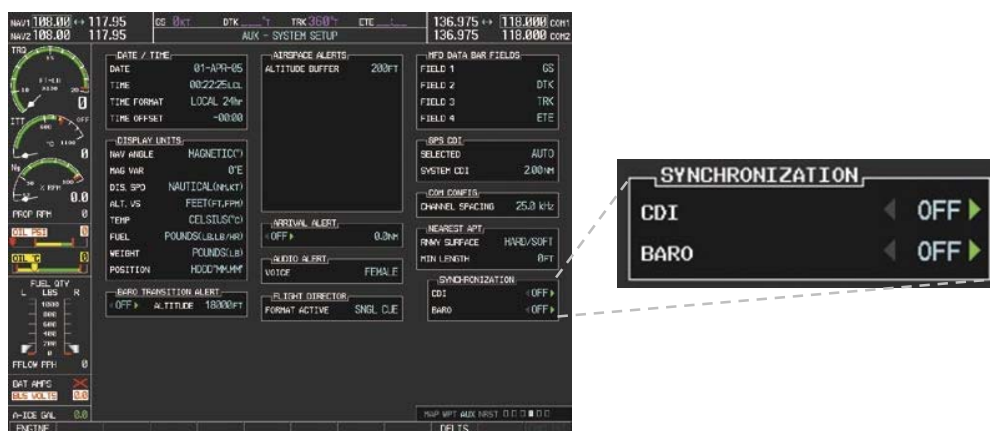


图 2-11 气压拨正值同步
(AUX-System Setup 页面)

穿越过渡高度（任何方向）时，拨正值的“过渡高度报警”会提醒飞行员调节拨正值。这时气压拨正值会以浅蓝色字符闪亮显示。

设定拨正值的“过渡高度报警”：

- 1) 用FMS旋钮选择AUX- System Setup 页面。
- 2) 按下FMS顶端键激活光标。
- 3) 转动大FMS旋钮高亮度显示‘Baro Transition Alert’窗口的‘OFF或ON’。
- 4) 转动小FMS旋钮将报警调为OFF或 ON，然后按下ENT键。
- 5) 在高度字段高亮度显示的时候，转动小FMS旋钮设定需要的高度然后按下ENT键。
- 6) 按下FMS顶端键可以取消选择，关闭光标。



图 2-12 气压拨正值的“过渡高度报警”（Baro Transition Alert）
(AUX-System Setup 页面)

垂直速度表(VSI)

垂直速度表 (VSI; 图 2-13) 是在一固定的速度带上以数字读数和在1000、2000fpm的位置用刻度线来显示飞机的垂直速度。小刻度线的间隔是500fpm。当前垂直速度值用箭头指示，指向固定的垂直速度带。升降速度大于100fpm时，数字读数才会出现。如果升降速率大于2000fpm，指针会满偏，读数会出现在指针旁。

一旦“1分钟内到达下降顶点” (“TOD [Top of Descent] within 1 minute”) 的报警发出，为达到预定垂直领航VNV目标高度所需的垂直速度就会以折线形 (<) 的品红色符号(RVSI; 见图 2-13) 显现。参阅飞行管理章节和AFCS章节了解VNV功能的详情，参阅本章2.2节“补充飞行数据”，关于PFD上的VNV指示。

垂直偏差

垂直领航 (VNV) 使用的时候，垂直偏差指示器(VDI; 图 2-13) 用一个品红色折线形 (<) 符号表示VNV的气压高度偏差；VDI与“TOD within 1 minute”报警同时显示。满偏（2个点）代表1000英尺的高度偏差。当垂直偏差不可用时，VDI不显示。参阅飞行管理章节和AFCS章节了解VNV功能的详情，参阅本章2.2节“补充飞行数据”，关于PFD上的VNV指示。

现用NAV频率调为ILS频率时，下滑道指示器（图2-14）在高度表的左边的显示。绿色的菱形符号为下滑道指示，相当于传统仪表的下滑道指针。如果NAV所调的频率为航向道频率，没有下滑道信号，“NO GS”（无下滑道）信号牌就会出现。

支持WAAS垂直引导(LNAV+V, LNAV/VNAV, LPV)的GPS进近所使用的下滑路径（glidepath）与前面所说的下滑道（glideslope）指示是类似的。飞行计划加载了这类进近、且选用的导航信号源为GPS以后，下滑路径指示器（Glidepath Indicator, 图2-15）就以品红色菱形符号出现。如果过最后进近点（FAF）以后进近类形降级，“NO GP”（无下滑路径）信号牌就会出现。

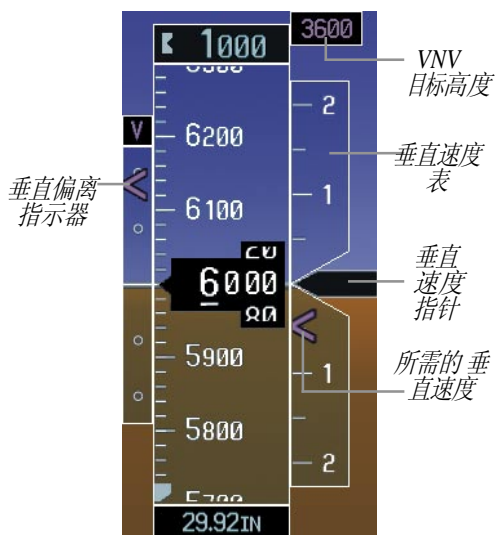


图 2-13 垂直速度表 和 偏差指示器 (VSI 和 VDI)

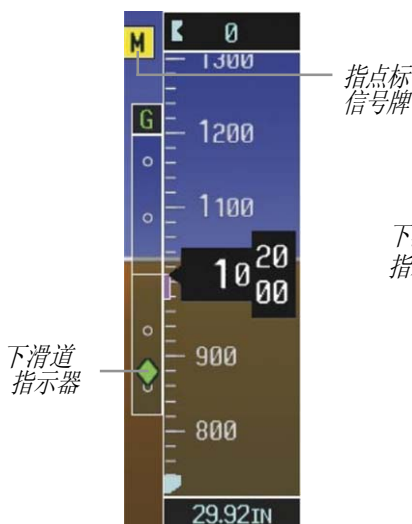


图 2-14 下滑道指示器 (Glideslope)

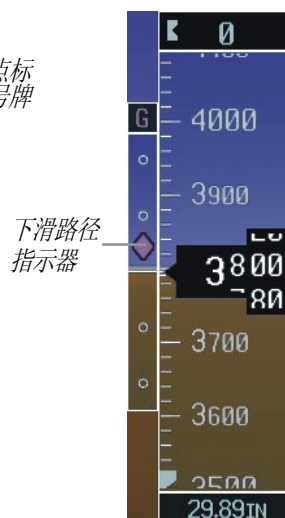


图 2-15 下滑路径指示器 (Glidepath)

190-00749-00 Rev. B

HSI的140°弧模式其实是放大的罗盘卡。它包括有航道指针、向背台指示器、滑动的航道偏离指示器（向背台指示器和偏离指示器组合在一起）和偏离标尺。过台的时候，向背台指示器翻转指向飞机后方，和传统指示器一样。根据不同的导航模式，弧模式的HSI的航道偏离指针（CDI）有两种形式：箭头(GPS, VOR, OBS)或棱形(LOC)。

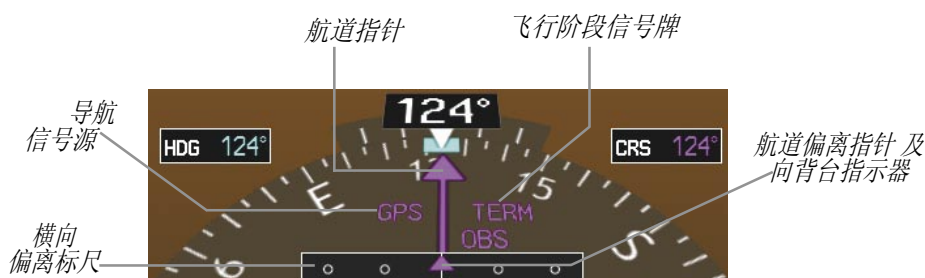


图 2-17 HSI 弧

选定的磁航向在HSI的左上侧以浅蓝色显示，浅蓝色的航向游标显示在罗盘卡的相应位置上。

调节选定的航向：

转动**HDG**旋钮可以同时调整两台PFD上航向游标的位置。

按下**HDG**旋钮顶端的同步按键，即可以把航向游标调到当前航向位置上。

选定的航道在HSI的右上侧显示，其颜色因导航信号源而不同：GPS是品红色，NAV（VOR，LOC是绿色）。

调节选定的航道：

转动**CRS**旋钮调节选定的航道 (给每台PFD)。

按下**CRS**旋钮顶端的同步按键将CDI指针回中，再将航道指针转到当前航路点或导航台（见“调节GPS航道”章节中的OBS模式内容）的方位。

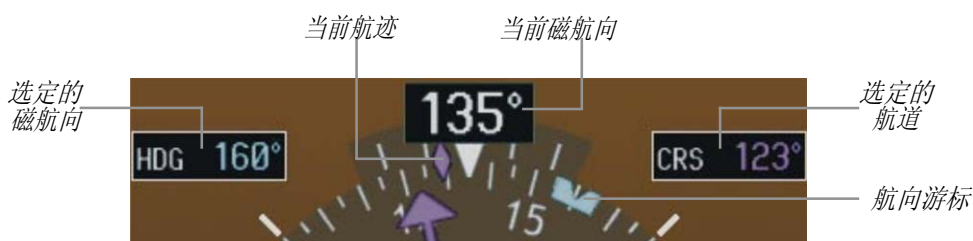


图 2-18 航向及航道指示

导航用的角度 (航迹、磁向、航道、方位角) 要么以计算的磁差(‘MagVar’)校正, 要么直接参照真北 (标注‘T’), 这是可以在AUX - System Setup页面设置的。如果飞行计划加载的进近程序是以真北为参照的, 系统会在适当的时候发出信息将角度值设为“真向”。



图 2-19 航向及航道指示(真向)

改变导航角度的设置:

- 1) 用FMS旋钮选择AUX- System Setup页面。
- 2) 按下FMS旋钮顶端键激活光标。
- 3) 转动大FMS旋钮高亮度显示‘Display Units’ (显示单位) 窗 (图 2-20)的 ‘Nav Angle’ (导航角度)。
- 4) 转动小FMS旋钮高亮度显示需要的设置, 然后按下ENT键。
 - TRUE- 角度参照真北 (以‘T’标示)
 - MAGNETIC – 角度以计算磁差值校正(‘Mag Var’)



图 2-20 导航角度设置
(AUX-System Setup页面)

转弯率指示器

转弯率指示器位于罗盘卡的正上方。纵轴线左右两侧的刻度线分别表示半个标准转弯率和一个标准转弯率。品红色的转弯率趋势线表示当前的转弯率。趋势线的末端是根据当前转弯率预测的6秒后航向。趋势线停在标准转弯率刻度线上的时候，就代表当前的转弯是标准转弯，同时也是对与当前航向相差18°的预测。当转弯率大于每秒4°的时候，品红色趋势线的外侧会出现一个箭头，这时趋势线不再代表对6秒后航向的预测。



图 2-21 转弯指示器和趋势线

方位角指针和信息窗口

- 注意：ADF接收机是选装设备。
- 注意：HSI以弧的模式显示的时候，方位角指针和信息窗口不能使用。

HSI上可以显示两条方位角指针及其信息窗口，信号源可以是（NAV, GPS, 和 ADF）。指针为浅蓝色的单针(BRG1)或双针(BRG2)；相应信息窗口里面会有指针的示例图标。方位角指针不会遮盖CDI指针，并以一个白圈（在选定方位角指针但数据不可用，不必显示的时候出现）与CDI指针分开。

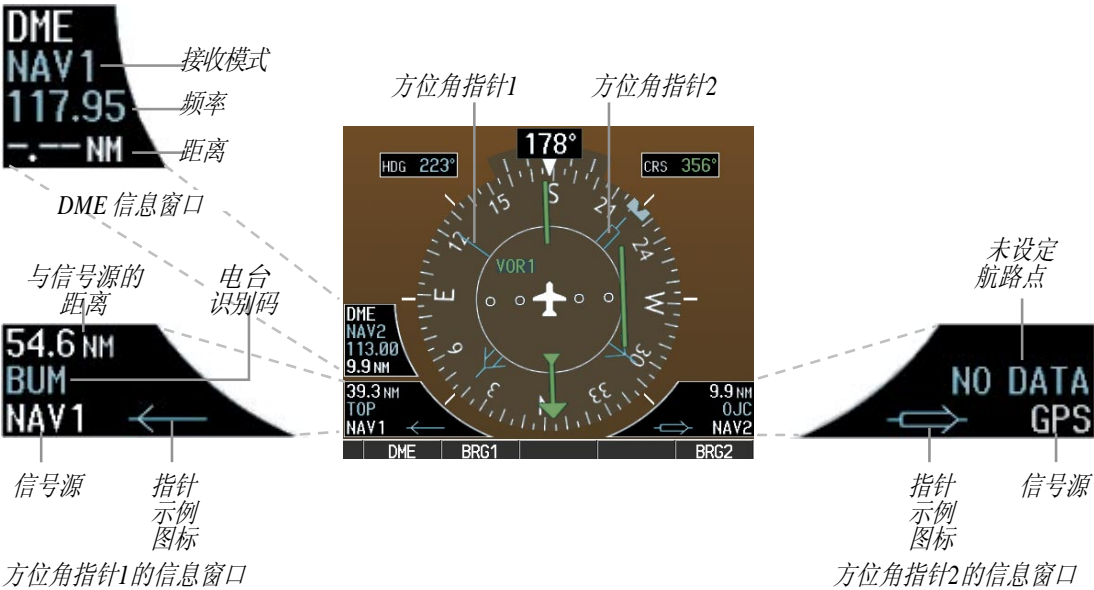


图 2-22 HSI与方位角指针、DME信息窗口

方位角指针显示的时候，它对应的信息窗口(图 2-22)也在HSI的下侧显示：

- 方位角信号源 (NAV, GPS, ADF)
- 指针图标(BRG1 = 单针, BRG2 = 双针)
- 频率 (NAV, ADF)
- 导航台/航路点 识别码(NAV, GPS)
- 经GPS推算的大圆距离

如果NAV电台是方位角指针的信号源，并且调谐到ILS频率(参阅音频面板及CNS章节了解电台的频率调谐)的话，方位角指针会从HSI上消失，频率会被字符“ILS”取代。如果NAV1或NAV2是信号源，且在接收距离之内的时候，频率会被电台识别码取代。如果GPS是信号源，当前航路点代码会取代频率的显示。

以下情况会让方位角指针从HSI上消失并在信息窗口上显示“NO DATA”（没有数据）：

- 调出VOR频率，但收不到信号
- 方位角指针的信号源选为GPS，但当前没有设定航路点

选择方位角显示和变换信号源：

- 1) 按下PFD软按键。
- 2) 按下 BRG 软按键显示需要的指针及相应信号源信息窗口。
- 3) 再次按下 BRG软按键以将指针信号源变换为GPS
- 4) 第三次按下 BRG 软按键将信号源变换为ADF(如ADF接收机已选装)。
- 5) 再次按下BRG软按键即可关闭指针和信息窗口。

DME 信息窗口

DME 信息窗口(图 2-22)位于BRG1信息窗口的上方，显示 DME 识别码，调频模式(NAV1, NAV2, 或 HOLD)，频率，和距离。信号无效的时候，显示距离的位置变为：“-.- - NM”(参阅音频面板和CNS章节关于频率调谐的内容)。

显示DME信息窗口：

- 1) 按下PFD软按键。
- 2) 按下DME 软按键以显示DME信息窗口。
- 3) 再次按下DME 软按键以关闭DME信息窗口。

航道偏离指针 (CDI)



注意：如果选择航道后飞机航向变化超过105°，弧形HSI的CDI变换到偏离标尺的对侧，且跟踪方向相反。

航道偏离指针在标尺上向左或右横向移动，代表飞机相对与航道的位置偏差。如果航道偏差数据不可用，CDI指示不显示。

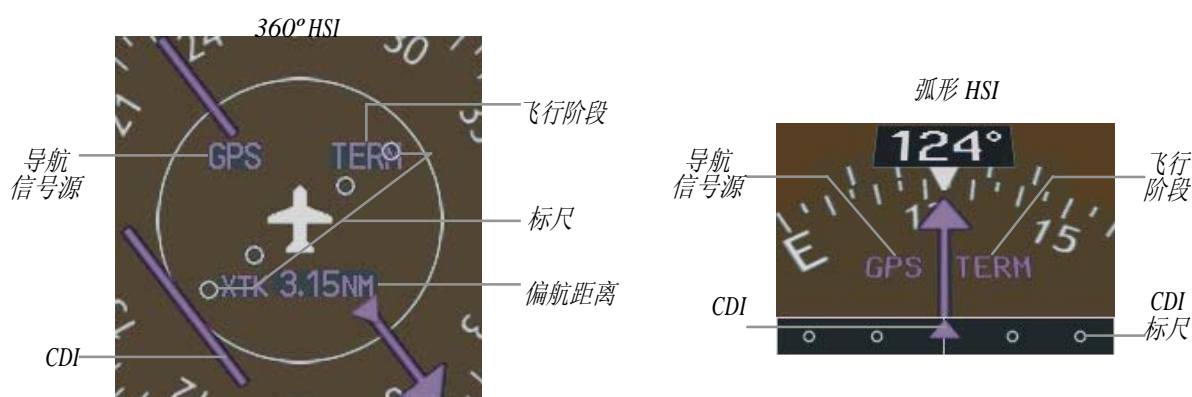


图 2-23 航道偏离指针

可以选用两类信号源：GPS或NAV（VOR，LOC）。并以不同颜色表示：品红色为GPS，绿色为VOR和LOC。指针与GPS耦合的时候，标尺满偏值由GPS推算距离来定义。指针与VOR或LOC耦合的时候，CDI同样与机械仪表一样有角度限制。指针与GPS耦合时，如果偏移超出标尺的最大范围（两个点），在白色飞机符号下方会显示偏航距离（cross-track error，XTK）。

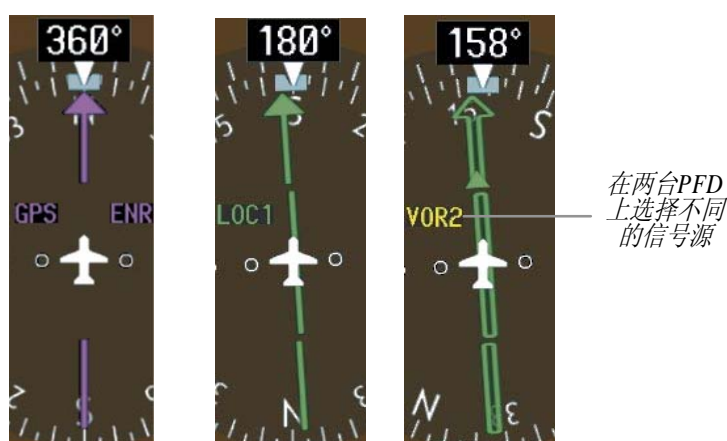


图 2-24 导航信号源

变换导航信号源：

- 1) 按下**CDI**软按键 将信号源由GPS变为VOR1或LOC1。该操作同时会将浅蓝色频率调谐框移到PFD左上角的NAV1备用频率上。
- 2) 再次按下**CDI**软按键将信号源由 VOR1或LOC1 变换为 VOR2或LOC2。该操作同时会将浅蓝色频率调谐框移到PFD左上角的NAV2备用频率上。
- 3) 第三次按下**CDI**软按键即可将信号源重新选为GPS。

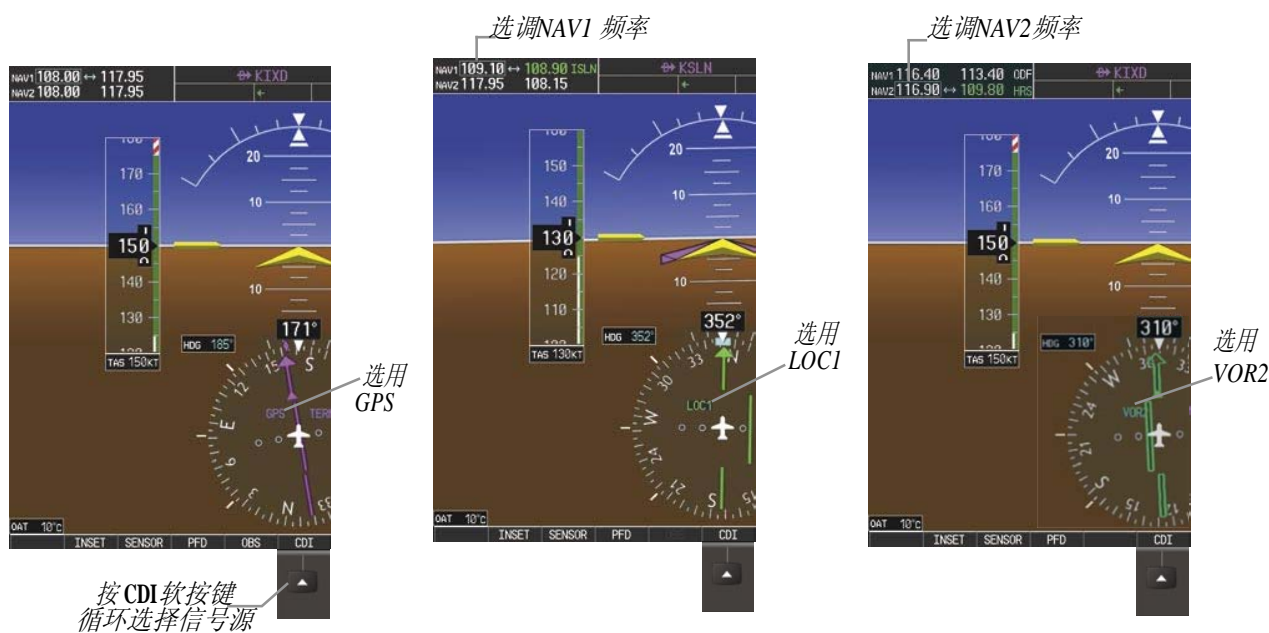


图 2-25 选择导航信号源

满足以下所有条件的时候，系统自动将导航信号源从GPS转为LOC，并相应变换CDI标尺：

- 现用飞行计划加载了LOC或ILS进近程序
- 当前航段是飞往最后进近点(FAF)，FAF在15海里距离以内，飞机正飞向FAF
- 已调谐出可用的LOC频率
- GPS CDI 偏差距离在满偏范围的1.2倍以内

CDI自动转为以LOC作为信号源以后，除非GPS信号失去，否则GPS方向引导功能（GPS steering）一直可用，直到航向道建立（LOC capture）于FAF之前。激活Vector-to-Final（雷达引达至最后进近点）的进近方式，也会自动将CDI转换以LOC为信号源，转换后GPS方向引导功能就不可用了。

如果两台PFD上选用的VOR/LOC导航信号源相同，两显示器上的信号源信号牌转为黄色（除非将它们同步）。只要将两边的CDI设为同步，它们会在剩余的飞行里面一直保持同步。

将CDI同步：

- 1) 用FMS旋钮选择AUX- System Setup 页面。
- 2) 按下FMS旋钮顶端键激活光标。
- 3) 转动大FMS旋钮高亮度显示同步窗口（Synchronization）中的 ‘CDI’。
- 4) 顺时针转动小FMS旋钮选择ON，或逆时针转动选择OFF。
- 5) 按下FMS旋钮顶端键关闭光标。

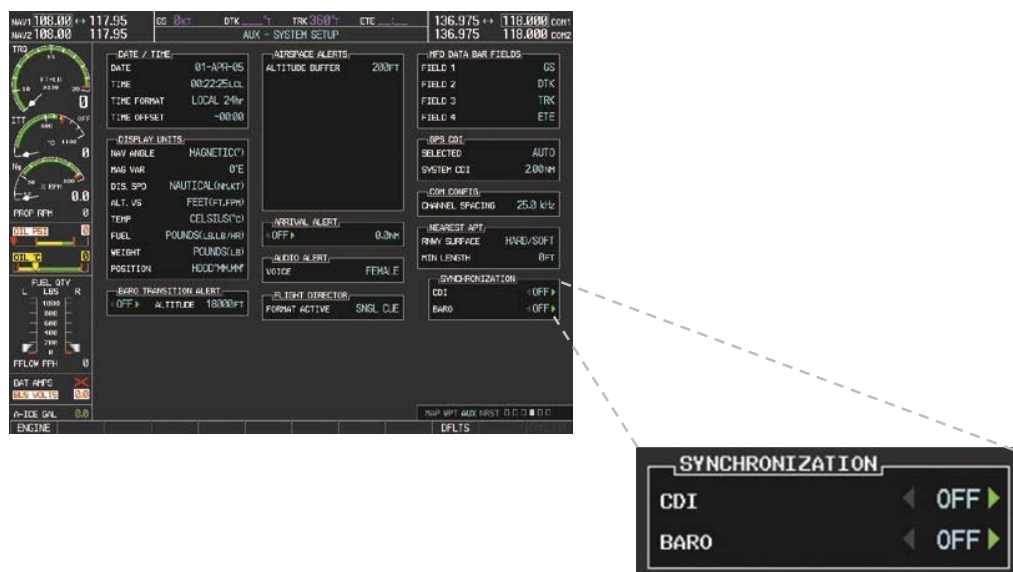


图 2-26 CDI同步设备
(AUX-System Setup 页面)

GPS CDI 比例

GPS作为导航信号源的时候，飞行计划各航段自动步进，HSI上显示各飞行阶段的信号牌。正常情况下飞行阶段信号牌是品红色的，但存在需警示(Caution)的情况时，它转为黄色。如果飞行计划中的当前航段是需保持航向的航段，品红色‘HDG LEG’信号牌会在飞机符号下方出现。

当前GPS CDI比例设置在AUX - System Setup页面的GPS CDI窗口里面的“SYSTEM CDI”字段，可以设为2.0 nm, 1.0 nm, 0.3 nm, 或Auto(图 2-27)。如果自选的比例小于航路(enroute)和终端(terminal)飞行阶段的自动设置值，CDI就会按自选值指示，而不是按飞行阶段信号牌对应的自动设置值来指示。

调整GPS CDI 设定：

- 1) 用FMS选择AUX- System Setup页。
- 2) 按下FMS旋钮顶端键以激活光标。
- 3) 转动大FMS旋钮高亮度显示‘GPS CDI’窗口中的‘Selected’字段。
- 4) 转动小FMS旋钮选定需要的数据，然后按下ENT键。
- 5) 按下FMS旋钮顶端键或CLR 键可取消选择。

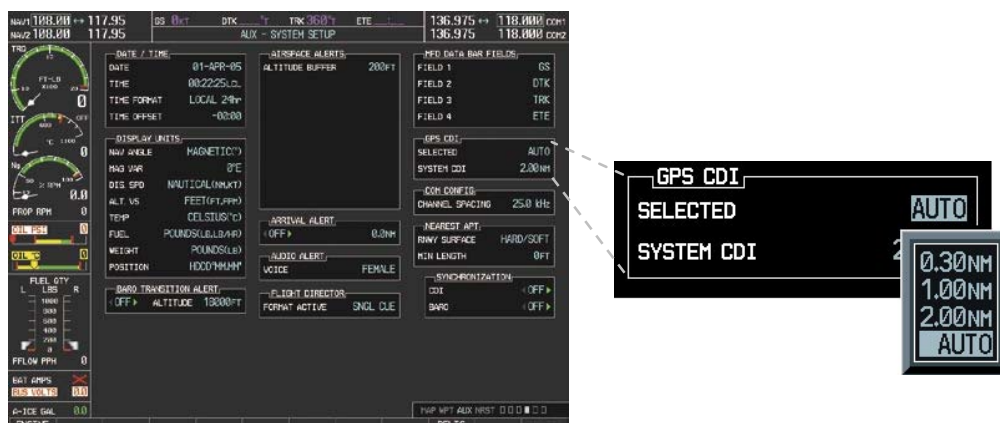


图 2-27 GPS CDI设置
(AUX-System Setup 页面)

设为‘Auto’ (默认)的时候, GPS CDI 比例根据当前飞行阶段自动进行调整(图 2-28, 表 2-1)。

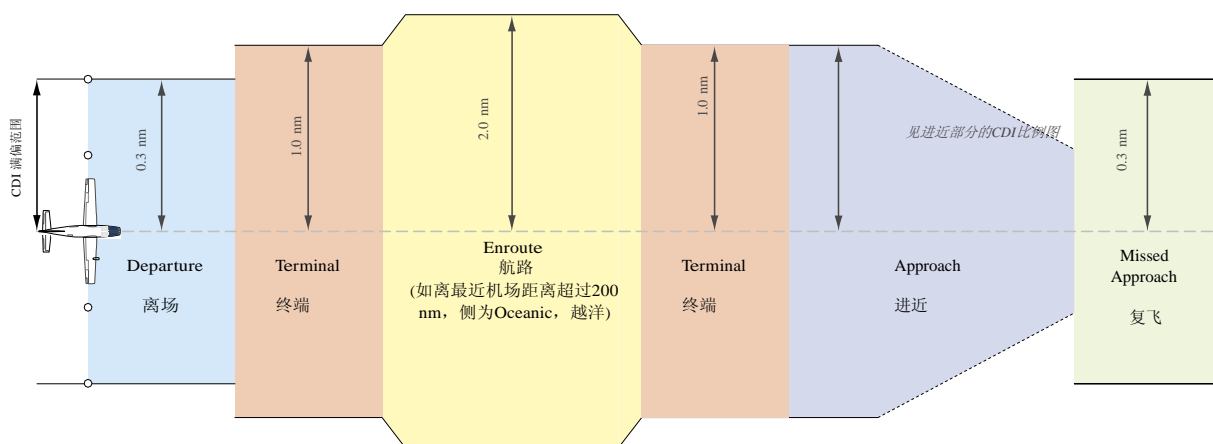


图 2-28 自动CDI比例

- 只要激活离场程序, CDI比例就自动调整为Departure (0.3 nm)。
- 在以下条件下, 系统将比例调为终端Terminal(1.0 nm):
 - 离场程序的下一航段与不离场跑道对齐
 - 离场程序的下一航段不是CA, CD, CF, CI, CR, DF, FA, FC, FD, FM, IF, 或 TF 航段(见附录C术语汇编, 关于航段定义的部分)
 - 离场程序的任一航段不是 CA 或 FA 航段以后
- 离起飞机场30nm以外, 自动进入航路(enroute)飞行阶段, CDI比例在1海里飞行距离之内调为2.0nm,但以下情况除外:
 - 按计划执行离场程序, 但直到抵达离场程序的最后一个航路点(如果该点在起飞机场30nm以外), 飞行阶段信号牌和CDI比例才开始转换。或者离场程序的最后一个航路点的下一航段被提前执行, 或激活了直飞(direct-to)某个航路点的功能。
- 如果离场程序已经完成, 但最近的机场在200nm以外, 且还没执行进近程序, CDI比例就自动调为跨洋飞行阶段即oceanic flight (2.0 nm)。
- 离目的地机场31nm以内(终端区), CDI比例会在1海里飞行距离之内由2.0 nm 减为1.0 nm, 但以下情况除外:
 - 按计划执行进场飞行程序, 但直到抵达进场程序的第一个航路点(如果该点在目的地机场的31海里以内), 飞行阶段信号牌和CDI比例才开始转换。
- 在进近阶段, CDI比例进一步减小(见 图2-29 和 2-30)。这个过渡一般发生在FAF的2.0nm范围以内。只要激活进近程序, 或选择“雷达引导至最后进近点”(Vectors-To-Final, 即VTF), CDI比例就变为进近阶段的数值。
 - 如果当前航路点就是FAF, 飞机的航迹以及相对FAF的方位角必须在最后进近航路的45°范围以内。
 - 如果当前航路点复飞程序的一部分, 当前航段及正在执行的复飞程序航段必须与最后进近航段对齐, 且飞机必须尚未飞越初始转弯点。

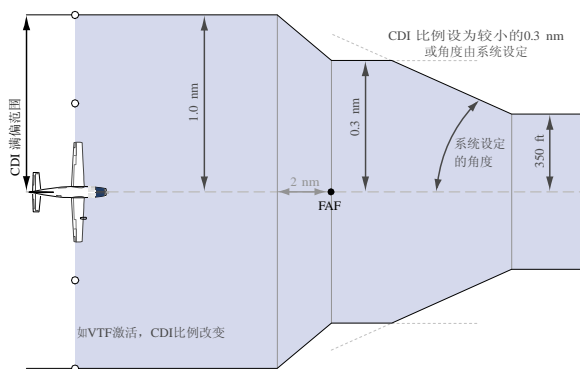


图 2-29 典型的 LNAV 和 LNAV+V 进近 CDI 比例

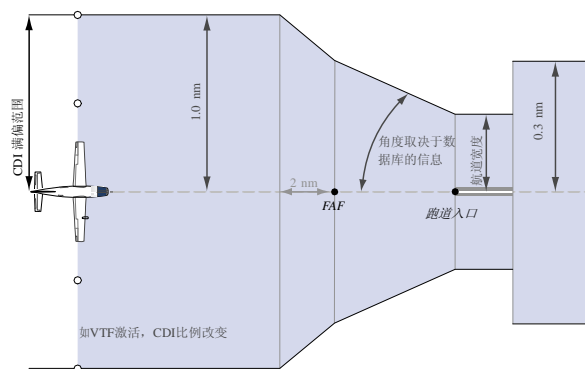


图 2-30 典型的 LNAV/VNAV 和 LPV 进近 CDI 比例

- 激活复飞状态的时候，CDI比例变为 0.3 nm。
- 在下述情况下，系统会自动回复到终端（terminal）模式：
 - 复飞程序的下一航段并不与最后进近路径对齐
 - 复飞程序的下一航段不是CA, CD, CF, CI, CR, DE, FA, FC, FD, FM, IF, 或 TF 航段
 - 复飞程序的任一航段不是 CA 或 FA 航段以后

飞行阶段		信号牌*	自动CDI满偏比例调节
离场	Departure	DPRT	0.3 nm
终端区	Terminal	TERM	1.0 nm
航路	Enroute	ENR	2.0 nm
越洋	Oceanic	OCN	2.0 nm
进近 (非精密)	Approach (Non-precision)	LNAV	由1.0 nm减小到350 feet (见 图 2-29)
进近 (带垂直引导的非精密)	Approach (Non-precision with Vertical Guidance)	LNAV + V	
进近	Approach (LNAV/VNAV)	L/VNAV	由1.0 nm减小到特色的航道宽度，然后 变为0.3 nm (见 图 2-30)
进近	Approach (LPV)	LPV	
复飞	Missed Approach	MAPR	0.3 nm

* 飞行阶段信号牌一般以品红色显示，但在警示条件下，颜色会变为黄色。

表 2-1 GPS CDI比例自动调节

OBS 模式



注意：“航路点自动步进”挂起的时候，VNV功能被禁用。

进入全向航道选择模式 (OBS Mode)，可挂起GPS飞行计划的航路点自动步进功能（导航信号源必须选为GPS）。此时，即使飞机飞过了当前（active-to）航路点，系统也不会自动指向下一航路点。HSI飞机符号的右下方会显示“OBS”信号牌。

在OBS模式下，活动地图上的当前航路点上会出现一条航道线。如需要，就可以调整向/背航路点的航道了。退出OBS模式后，GPS飞行计划就恢复正常操作，按刚才OBS模式下所调整的新航道飞往航路点，并继续按航路点自动步进的方式工作。

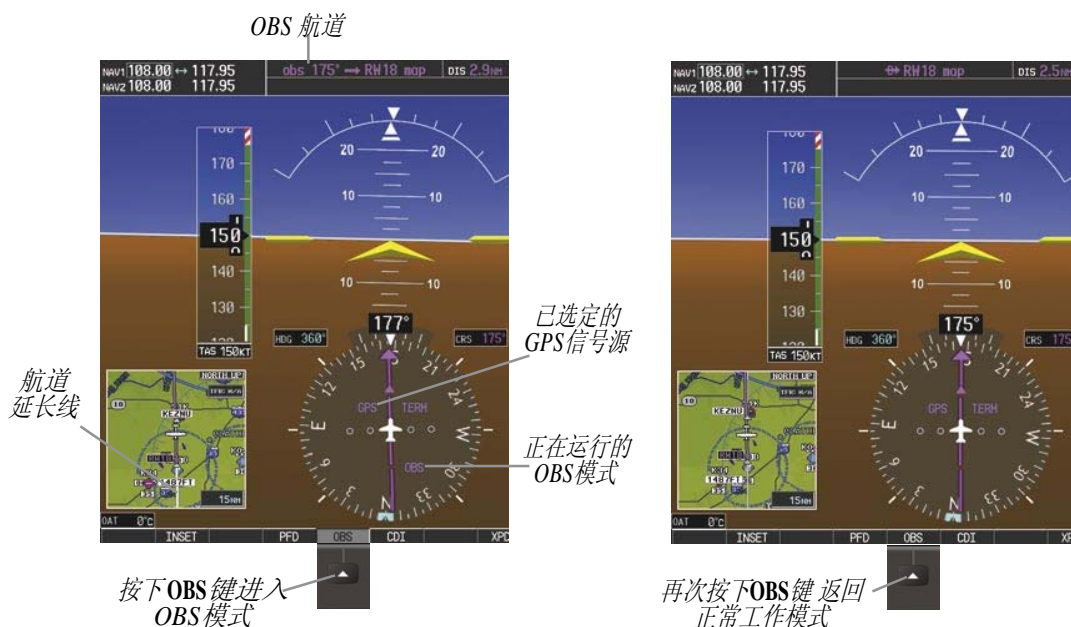


图 2-31 全向航道选择模式 (Omni-bearing Selector, OBS)

执行GPS飞行计划的时候进入/退出OBS模式：

- 1) 按下OBS软按键选择进入OBS模式。
- 2) 转动CRS旋钮选择合适的航道向/背航路点飞行。按下CRS旋钮，可将下一航路点的方位角设定为预选航道。
- 3) 再次按下OBS软按键返回“航路点自动步进”模式（automatic waypoint sequencing）。

飞机飞过复飞点的时候 (MAP), “航路点自动步进” 被挂起。‘SUSP’在 HSI (飞机符号的右下角) 上取代‘OBS’, 同时, OBS键名称变为SUSP。按下SUSP键可恢复进近航路点的自动步进。

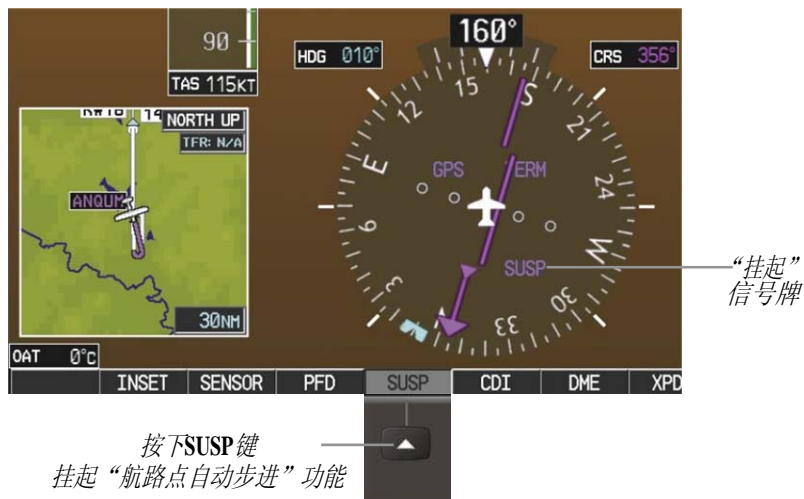


图 2-32 挂起 “航路点自动步进” (Automatic Waypoint Sequencing) 功能

2.2 补充飞行数据



注意：按下DFLTs 软按键(在第二层PFD 软按键里面)关闭高度表的米显示，插入地图和风数据。

除飞行仪表外，PFD还显示各种补充信息，包括温度、风数据、垂直导航（VNV）指示。

温度显示

在正常显示模式下，PFD的左下角默认显示外界大气温度（OAT），单位为摄氏度(°C)，在备份显示模式下，它显示在真空速的下方。

正常显示模式



备份显示模式

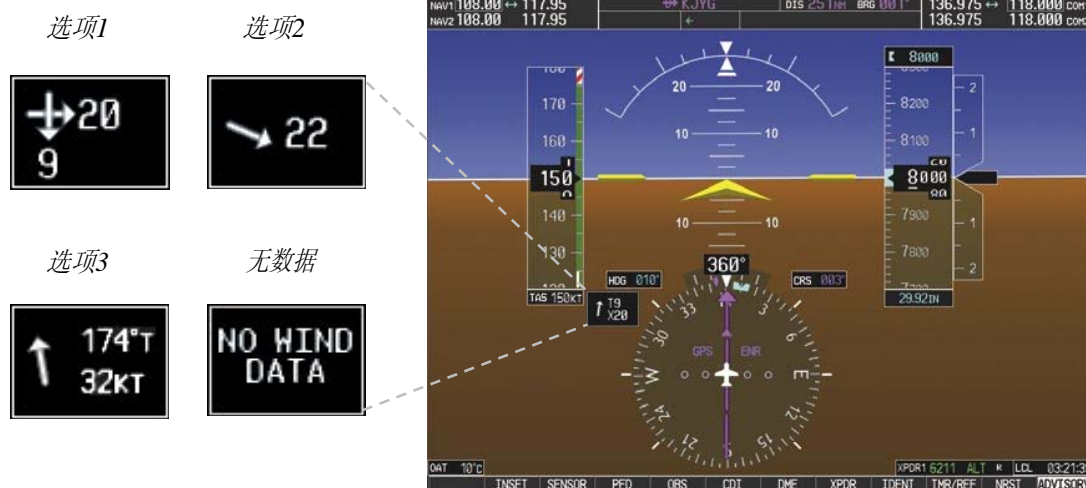
OAT 20°C



图 2-33 外界大气温度

风数据

HSI左上方的窗口显示相对于飞机的风向和风速（节），风信息无效或不可用时，窗口显示“NO WIND DATA”（没有风数据）。风数据可以用不同形式显示：



垂直导航 (VNV) 指示

带VNV的飞行计划激活的时候，PFD上就会出现VNV指示器（VNV 目标高度，RVSI，VDI），还会有“TOD within 1 minute”（1分钟内到达下降顶点）信息和“Vertical track”（垂直航迹）语音报警。详见飞行管理和AFCS章节的VNV特性。在表2-2的条件下，PFD上的VNV指示器会就关闭。



图 2-35 垂直导航指示器 (PFD)

条件	VNV 指示器关闭		
	所需的垂直速度 (RVSI)	垂直偏差指示器 (VDI)	VNV 目标高度
飞机预达下一个TOD的时间 大于1分钟，且不在下降航段上	X	X	X
因飞行计划改变，飞机预达下一个TOD的时间 大于1分钟	X	X	X
取消VNV (按下MFD上的CNCL VNV 软按键)	X	X	X
因不支持的飞行计划航段，无法计算距当前航路点的距离(见飞行管理章节)	X	X	X
飞机低于当前VNV目标高度超过 250 feet	X	X	X
当前偏航距离和航迹角已超限	X	X	X
以允许的最大飞行路径角度垂直速度和也无法满足高度限制航路点的要求。	X	X	
到达当前飞行计划的最后一个高度限制航路点	X	X (30 秒以前)	X

表2-2 VNV指示器关闭的条件

2.3 PFD 信号牌和报警功能

以下是PFD显示的信号牌和报警功能。更多信息请参阅附录A的报警和信号牌部分。

系统报警

出现警告（warning）、警示（caution）、咨询报警（advisory alert）或G1000信息咨询（message advisory）的时候，相关信息就会出现在PFD右下角的报警窗口（Alerts Window，图2-36）上。系统报警信息只是提供G1000系统问题或状态的报告，不一定需要飞行员处置。多个系统报警信息可以在报警窗口同时显示。可以用FMS旋钮滚动显示报警信息。按下ALERTS 软按钮可以开启/关闭报警窗口。如果报警窗口已经打开，新的信息出现后，可按下ALERTS 软按钮确认，信息显示变灰色。

报警发出的时候，ALERTS字符变为显示相应的信号牌。信号牌会闪亮并发出相应的声音报警，并保持到按下软按钮为止。这时，软按钮回复为ALERTS字符，再次按下的就会打开报警窗口。

信号牌窗口位于垂直速度表的右方，以缩写字母显示飞机的报警。字符的颜色取决于报警的级别：警告（warning）为红色，警示（caution）为黄色，咨询报警（advisory alerts）为白色。报警按优先级别显示。新的警告和警示显示在报警窗口顶端，咨询显示在底端。

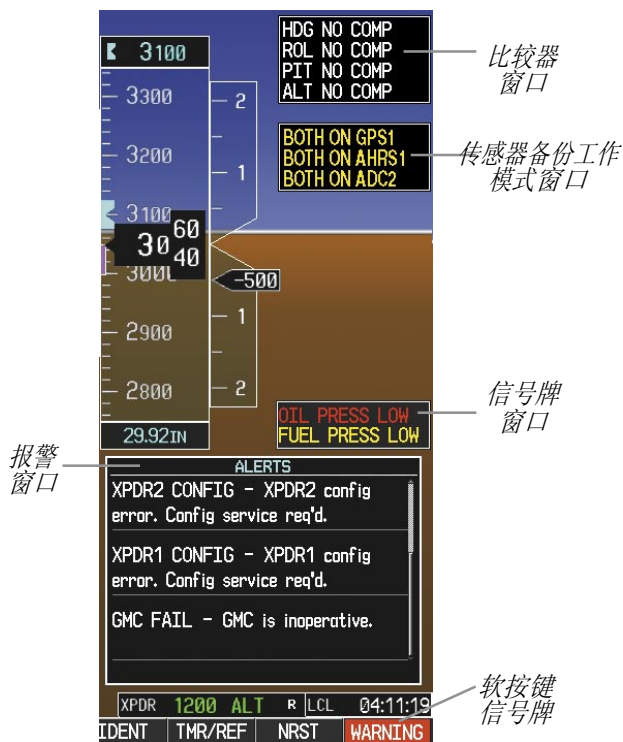


图 2-36 G1000 报警系统
(Alerting System)

警告 (Warning) 是时间紧迫并需要马上注意的。闪亮的WARNING软按键信号牌和声音信号 (每两秒一次的谐音) 表示存在警告。直到确认 (按下WARNING软按键), 闪亮的信号牌和声音才会终止。

警示 (Caution) 表示飞机存在非正常情况, 可能需要飞行员处置。闪亮的CAUTION软按键信号牌和单次的声音信号 (一次谐音) 表示存在警示情况。直到确认 (按下CAUTION软按键), 闪亮的信号牌才会终止。

咨询报警 (advisory) 代表一般的信息, 不需要飞行员马上采取行动。闪亮的ADVISORY软按键信号牌 (没有声音信号) 表示出现咨询信息。直到确认 (按下ADVISORY软按键), 闪亮的信号牌才会终止。



图 2-37 软按键 信号牌(ALERTS软按键上的字符)

关键的参数由多个冗余的传感器产生, 并通过比较器来对比。如果传感器信号之间的容差超过一定值, 比较器窗口就会在PFD的右上角出现, 显示‘MISCOMP’ (miscompare, 不一致)说明出现误差。如果其中一个或两个传感器的数值不可用, 就会出现‘NO COMP’ (no compare, 无法比较)信号牌。



图 2-38 比较器窗口

PFD右上角会出现一个窗口, 说明传感器在备份工作模式。这些信号牌反映备份传感器给一台或两台PFD提供数据。按下SENSOR软按键可以打开ADC1, ADC2, AHRS1,和AHRS2软按键。可以用这些软按键变换每台PFD上连接具体哪个传感器。如果某些类型的传感器故障, G1000可能会自动选用别的传感器。GPS传感器是不能人工变换的。



图 2-39 传感器备份工作模式窗口

指点标信号牌

指点标信号牌在PFD高度窗的左侧显示。收到外指点标信号显示蓝色，中指显示黄指，内指显示白色。参阅音频面板及CNS章节了解指点标信号牌的更多信息。

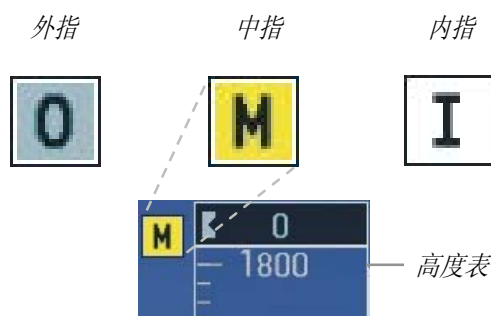


图 2-40 指点标信号牌

空中交通报警信号牌 (选装)

空中交通情况以符号显示在插入地图(PFD), 领航地图 (MFD), 和MFD地图页面组的其它各页面上。当探测到交通咨询 (Traffic Advisory, TA) 的时候, 自动出现以下情况:

- PFD插入地图出现, 显示空中交通
- 黄底黑字的 ‘TRAFFIC’信号牌(图 2-41)在高度表的左上方闪亮5秒, 并保持显示直至周围没有TA为止。
- 发出单声的 “TRAFFIC”语音报警

如果有新的TA出现, 会再次发出新的语音报警。



图 2-41 空中交通活动信号牌

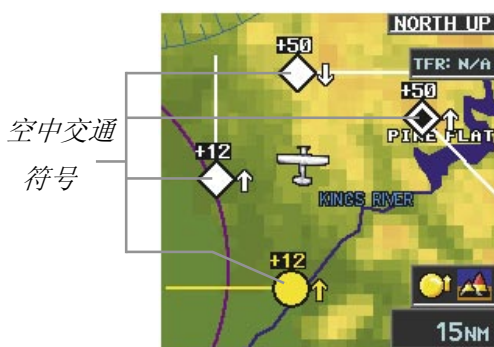


图 2-42 带空中交通显示的插入地图

TAWS 信号牌 (选装)

地形提示及报警系统(Terrain Awareness and Warning System, TAWS) 信号牌出现在PFD高度表的左上角。参阅危险回避章节和附录A关于TAWS报警及信号牌的内容。



图 2-43 空中交通和TAWS信号牌的示例

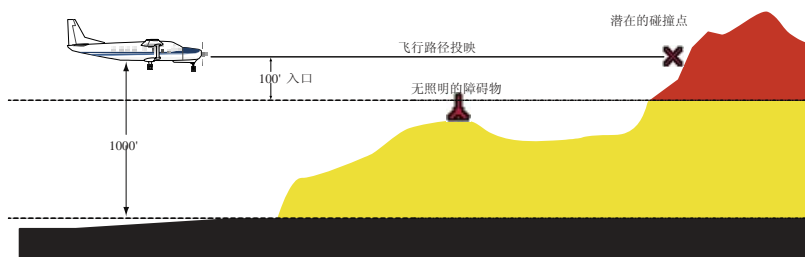


图 2-44 地形色标

高度报警

接近预选高度的时候，高度报警功能提供视觉和声音报警。只要预选高度改变，声音报警就复位。高度报警是基于的PFD上显示的高度信息和AFCS控制组件的XFR键的。高度报警功能独立于AFCS之外。



图 2-45 PFD 选择指示器

接近预选高度的时候，以下情况出现：

- 离预选高度1000英尺的时候，高度窗显示转为浅蓝色底黑色字，并闪亮5秒，发出一次谐音。
- 飞机差200英尺到达预选高度的时候，高度窗显示转为黑色底浅蓝色字，并闪亮5秒。
- 到达预选高度以后，如果飞机飞出偏差区域 (预选高度 \pm 200英尺)，高度窗变为黑色底黄色字，闪亮5秒，并发出一次谐音。



图 2-46 高度报警的视觉信号

低高度信号牌



注意：仅在WAAS可用的时候，这个低高度信号牌功能才可用。在有TAWS的系统里面，除非TAWS禁用，否则这个信号牌也不显示。

在执行带高度引导的RNAV GPS进近，FAF是当前航路点的时候，如果飞机高度低于预定的FAF高度超过164英尺的时候，低高度信号牌就会出现。黄色底黑色字的‘LOW ALT’信号牌会出现在高度点的右上角，闪亮几秒后保持显示，直到低高度状况解除。



图 2-47 GPS WAAS 进近时的低高度信号牌

最低下降高度/决断高报警

为加强高度警觉，可以设置基于气压高度表或无线电高度(选装)的最低下降高度(Minimum Descent Altitude, MDA)/决断高 (Decision Height, DH)报警。激活该功能的时候，MDA/DH窗口会就在高度表的左下角显示，并且高度带上会有相应高度的游标（只要该高度在高度带的显示范围之内）。

接近MDA/DH的时候，以下视觉信息会给飞行员报警：

- 当飞机下降至MDA/DH的2500英尺范围内时，以浅蓝色字显示最低高度值、名为 ‘BARO MIN’ 或 ‘RA MIN’ 的窗口就会出现。浅蓝色的最低高度游标也会在高度带的对应位置上显示。
- 当飞机穿越MDA或DH上方100英尺高度的时候，游标和字符都变为白色。
- 当飞机到达MDA/DH，游标和字符都变为黄色，并伴有语音报警：“Minimums Minimums”。如果将无线电高度表选为MDA信号源，表示当前无线电高度的字符即变为黄色。

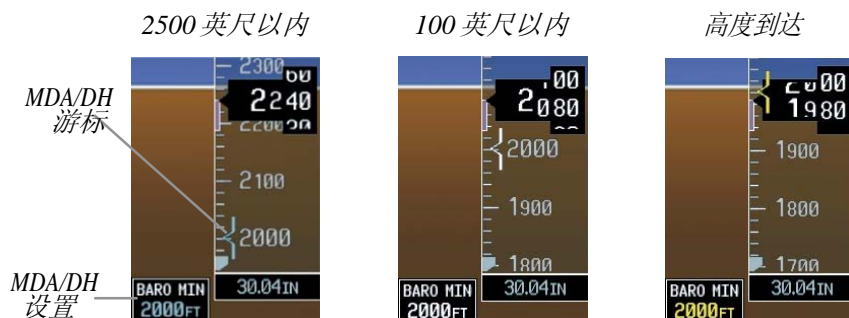


图 2-48 气压MDA/DH高度报警的视觉信号牌

飞机在地面或高于设定高度150英尺以上之前，该报警被禁用。如果飞机抵达MDA/DH以后重新爬升，只要高于MDA/DH 50英尺，该报警就关闭。

MDA/DH 设置值可以在任何一台PFD上设定，也可以设为两台同步。电源关闭、重开后，该设置复位。

设定MDA/DH

- 1) 按下TMR/REF 软按键。
- 2) 转动大FMS旋钮高亮度显示 ‘Minimums’字段(图 2-49)。
- 3) 转动小FMS旋钮选择最低高度信号源：气压高度表 (BARO; 图 2-49) 或无线电高度表(RADALT; 图 2-51)默认值是关闭 (OFF)。按下 ENT键或转动大FMS旋钮高亮度显示下一字段。
- 4) 用小FMS旋钮输入需要的高度(从0到16,000 英尺)。
- 5) 按下CLR或TMR/REF 软按键关闭窗口。。

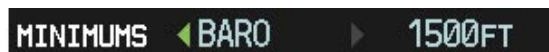


图 2-49 气压高度表最低高度设定
(Timer/References 窗口)

无线电高度表

当无线电高（无线电高度表测量的地高）在-40和2500英尺之间的时候，它在航向窗上的上方以绿色字显示 (图 2-50)。随着地高减小，无线电高度表的变得不那么灵敏(表 2-3)。当选择无线电高度作为最低高度的信号源的时候，显示无线电高的字符变为黄色 (图 2-52)。高度表上有一地面线条 (图 2-53)表示飞机的地高。如果无线电高度表数据无效，黄字的“RA FAIL”信息会无线电高度窗上显示 (图 2-54)。



图 2-50 当前无线电高

无线电高范围	显示最近的
-40至200 英尺	5英尺
200至1500英尺	10英尺
1500 至 2500英尺	50英尺

表 2-3 无线电高度表灵敏度

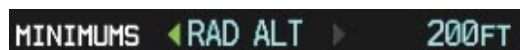
图 2-51 RAD ALT 设置
(Timer/References 窗口)

图 2-52 无线电高度 用作MDA/DH信号源

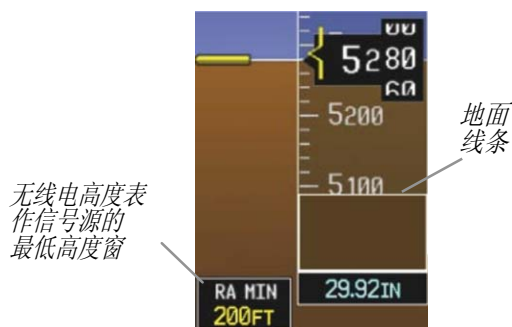


图 2-53 地面线 (无线电高)



图 2-54 无线电高度表数据失效

2.4 非正常操作

非正常GPS状况

当GPS出现非正常工作状况的时候，表2-4列出的信号牌会在HSI上显示；示例见图2-55。详见飞行管理章节的地标目视领航模式（Dead Reckoning Mode）。

信号牌	位置	描述
LOI	飞机符号的左下方	失去数据完整度监测（Loss of Integrity Monitoring）– GPS数据的完整度不满足当前飞行阶段的要求。
WARN	飞机符号的左下方	警告（Warning）– RAIM 功能探测到GPS位置误差超限。
INTEG OK	飞机符号的左下方	完整度（Integrity OK）– GPS数据完整度恢复到正常限制范围以内 (信号牌显示5秒)。
DR	飞机符号的右上方	地标目视领航（Dead Reckoning）– 系统正以投射位置而不是GPS位置来计算导航数据及后续的当前飞行计划航路点

表 2-4 HSI上的GPS非正常工作状态信号牌



图 2-55 HSI信号牌示例

地标目视领航模式（DR）导致CDI指针消失（当GPS为导航信号源的时候），PFD上的以下项目以黄色显示：

- 当前航迹游标
- 风数据 (基于GPS信息计算)
- 方位角指针信息窗口中的距离
- GPS方位角指针

在地标目视领航模式下，以上项目需核实。

非正常姿态

当飞机进入非正常俯仰姿态，地平仪上会出现一个大型的红色折线形符号，指向地平线的位置（上仰大于 50° 或下俯大于 30° 以后出现。）。

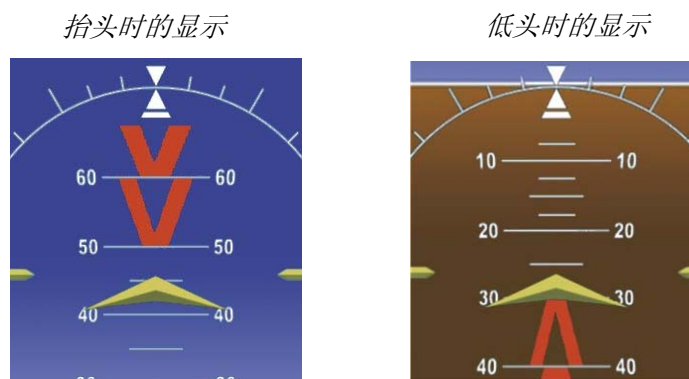


图 2-56 俯仰姿态报警

如果俯仰超出 $+30^\circ/-20^\circ$ 或坡度超出 65° ，有些PFD上显示的信息就会消失。

高度表、空速、垂直速度和HSI会保留，方位角信息、报警和信号牌窗口也会显示。以下信息会从PFD上消失（相应的软按键也关闭）：

- | | | |
|----------------|---------------------|-------------------------------|
| • 空中交通信号牌 | • 系统时间 | • MDA/DH读数 |
| • AFCS信号牌 | • PFD 设置菜单 | • 垂直偏离指示器，
下滑道和下滑路
径指示器 |
| • 飞行指引仪指令杆 | • PFD右下角的窗口 | • 高度表气压拨正值窗口 |
| • 插入地图 | – Timer/References窗 | • 预选高度窗 |
| • 外界大气温度 (OAT) | – 最近的机场 | • VNV目标高度 |
| • DME信息窗口 | – 飞行计划 | |
| • 风数据 | – 信息 | |
| • 预选航向窗 | – 仪表程序 | |
| • 预选航道窗 | – ADF/DME 调谐 | |
| • 应答机信息窗 | | |