

组合导航耦合方式解释

1 概述

GNSS/INS组合导航系统体系结构的不同主要表现在三个方面：对惯性导航参如何校正；使用什么类型的GNSS测量；INS和组合算法如何辅助GNSS用户设备。这三方面在很大程度上是相互独立。根据组合结构的不同，通常将GNSS/INS组合导航系统分为非耦合、松耦合、紧耦合、深耦合等几类，下面逐个进行解释。

2 非耦合

组合GNSS和INS最简单的方法是非耦合（uncoupled）系统，这里GNSS只是简单地以一定的时间间隔，重置惯性导航参数。已安装INS的飞机进行GPS改造时，常采用这种结构。严格来说，非耦合系统并不是真正意义上的组合。

3 松耦合

松耦合（loosely coupled）GNSS/INS组合导航系统，使用GNSS位置和速度作为组合算法的测量输入，与INS校正类型或GNSS辅助无关。由于GNSS用户设备已经融入了导航滤波器，因此松耦合系统是一个级联结构。这是位置域组合。简单来说，就是GNSS导航结果修正INS累积误差。

4 紧耦合

紧耦合（tightly coupled）GNSS/INS组合导航系统，使用GNSS伪距和伪距率、伪距增量或者ADR测量作为组合算法的输入，同样不考虑INS校正类型或GNSS辅助。这是距离域组合。也就是说，INS与GNSS在观测量层面进行融合，GNSS观测量辅助INS，INS辅助GNSS

数据处理，以提高精度和稳定性。

5 深耦合

深耦合 (deeply coupled) GNSS/ INS组合导航系统，将GNSS/ INS组合和GNSS信号跟踪合并为单个估计算法。这种组合采用GNSS相关通道中的I和Q信号作为测量，生成用于控制GNSS接收机中参考码和载波的NCO命令。这是跟踪域的组合。INS介入GNSS信号处理层面，INS辅助GNSS信号捕获、跟踪，可以改善GNSS动态灵敏度，动态精度，抗干扰性能。

6 对比

表 1 耦合方式对比表

	松耦合	紧耦合	深耦合
信息融合深度	GNSS导航结果	GNSS观测量	GNSS信号
接收机调整	不需要	导航解算	基带控制
实现难度	容易	较难	复杂
动态性能	一般	较好	优越
完好性	抗干扰能力差	少于4颗卫星持续更新	好，接收机观测质量改善
系统成本	一般需要战术级以上IMU器件	一般需要战术级以上IMU器件	较低，可采用MEMS IMU
现状	低端商用	商用/军用	研究/军用

7 其他术语

超紧耦合 (ultratightly coupled, UTC) 这一术语通常用来描述带有GNSS跟踪环辅助的跟踪域和距离域的组合，而紧密耦合 (closely coupled) 这一术语用于位置域和距离域的组合。