

doi: 10.7690/bgzdh.2020.10.005

## 导航设备对作战系统跟踪精度影响分析

郑 锦, 张家宾

(中国人民解放军 91404 部队, 河北 秦皇岛 066000)

**摘要:** 针对舰艇平台导航信息影响导航设备精度的问题, 对其影响作战系统跟踪精度的因素进行分析。分别通过卫星导航组合设备输出时间、定位误差和姿态精度对作战系统雷达、红外警戒探测设备跟踪精度的影响进行分析, 对导航设备对作战系统跟踪能力的影响进行探讨, 并通过惯性导航设备的艏向角数据进行测量及验证。分析结果表明, 该研究可为警戒探测设备跟踪精度超差问题原因提供参考。

**关键词:** 导航设备; 跟踪精度; 定位误差; 姿态精度

**中图分类号:** TJ83 **文献标志码:** A

## Analysis of Navigation Equipment Influence on Tracking Accuracy of Fight System

Zheng Jin, Zhang Jiabin

(No. 91404 Unit of PLA, Qinhuangdao 066000, China)

**Abstract:** The navigation information of warship platform makes influence on navigation equipment accuracy, analyze the factor which makes influence on tracking accuracy of flight system. Analyze the satellite navigation equipment export time, influence of positioning error and attitude accuracy on radar and infrared warning equipment tracking accuracy. Discuss the influence of navigation equipment on tracking ability of fight system. Use heading angle data of navigation equipment to carry out measurement and verification. The analysis results show that the research can provide the reference for low tracking accuracy of warning detection equipment.

**Keywords:** navigation equipment; tracking accuracy; positioning error; attitude accuracy

### 0 引言

雷达与红外警戒设备作为水面舰艇作战信息感知能力的主要设备, 担负着全舰的警戒探测任务, 为全舰防空反导、对海打击、对陆作战等提供目标探测和跟踪作用。水面舰艇反导作战时, 从前端传感器发现跟踪目标、上报作战指挥控制系统到指控系统下达目标、武器进行攻击整个过程中, 每个环节出问题都会影响系统的反导作战能力<sup>[1]</sup>。其中传感器相当于作战系统的眼睛, 如果发现和跟踪目标出问题会直接影响后端武器系统使用, 甚至使整个系统丧失反导能力。

影响警戒探测设备精度的原因很多, 分析原因往往只考虑传感器本身, 忽略了舰艇平台导航等信

息影响, 但导航系统作为舰艇航行时可以依赖的自主式导航装备, 不仅导航设备的定位误差和姿态精度影响到舰艇作战系统的整体战术性能<sup>[2]</sup>, 而且卫星导航组合设备输出的 UTC 时间也会影响系统作战能力, 尤其是反导作战能力。

### 1 时间对跟踪精度影响分析

#### 1.1 问题描述

如图 1 所示, 在某型舰作战系统对超低空导弹目标跟踪实验中, 雷达能够及时发现并稳定跟踪目标, 但实验后进行数据处理时, 发现警戒搜索雷达对导弹目标探测时系统差约为  $- \times \times \times$  m, 且方位趋势和真值趋势明显不一致。

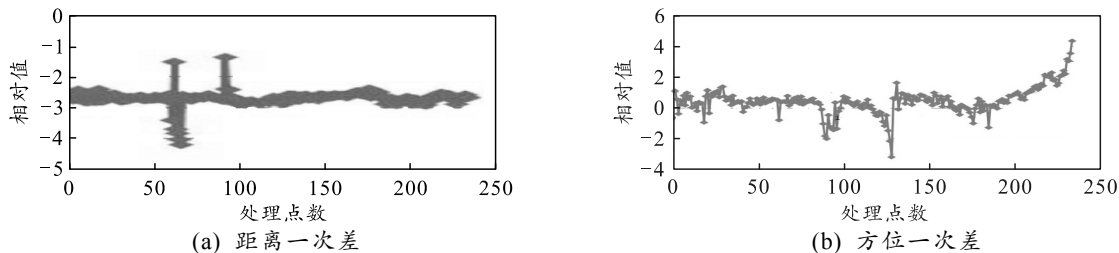


图 1 系统一次差曲线

收稿日期: 2020-05-20; 修回日期: 2020-06-20

作者简介: 郑 锦(1976—), 女, 辽宁人, 硕士, 高级工程师, 从事水面舰艇作战系统试验研究。E-mail: 1545780648@qq.com。

比对数据发现：警戒搜索雷达对导弹背站探测时，距离系统差约  $\times \times$  m，且方位趋势和真值趋势明显不一致<sup>[3]</sup>。

## 1.2 系统跟踪超差原因分析

### 1.2.1 雷达精度分析

实验结果原因分析：实验前后均对雷达距离、方位相关参数进行了检查确认，雷达方位、距离参数和前期动态标定参数一致，系统状态未变，前期标定结果表明，雷达对空中目标跟踪性能满足精度指标要求。实验过程中雷达工作正常，可以及时发现并稳定跟踪目标，雷达测量原理分析不会出现对同一目标探测时背站和向站距离系统差有正负情况，且实验记录数据表明雷达始终和舰上时统设备定时正确；因此，初步判定雷达本身技术状态不会引起“对超低空目标背站探测时，距离系统差约  $\times \times$  m，向站探测时系统差约为  $-\times \times \times$  m”的实验结果<sup>[4]</sup>。

### 1.2.2 问题定位

根据目标向站和背站系统差正负符号不同，可能会与系统时间有关。定时统设备和卫星导航组合用户设备进行连续工作跟踪观测。实验中，卫星导航组合用户设备采用了 GPS 和北斗的组合授时方式。在后续检查中，卫星导航组合用户设备仍然工作在 GPS 和北斗的组合导航授时方式。通过检测录取设备定时后录取网络报文数据发现：卫星导航组合用户设备工作在 GPS 和北斗的组合导航授时方式时，绝大多数时统设备时间和真实时间一致，但在连续跟踪过程中，发现 11:01:01:1 258 379 时检测录取设备和时统设备定时，在 15:01:01:3 238 576 时开始对网络报文（此时和标准时统及短波比定时统时间和真值时间一致）进行数据录取，出现了同一时刻检测录取设备比正确时间慢 1 s（记录数据见表 1）的情况。表明 11 点检测录取设备定时统设备时间比真值时间慢 1 s。

表 1 检测录取设备时间和真值时间对比

检测录取设备时刻	真值时刻
15:01:16 1358399	15:01:17 13570
15:01:21 2632596	15:01:22 26310
15:01:26 3908494	15:01:27 39070
15:01:31 5182880	15:01:32 51810
15:01:36 6459000	15:01:37 64580

理论推测在实验开始同样出现了舰上时间比真值慢 1 s 的情况，将实验中雷达探测数据测量值时

间加上 1 s 与目标时间真值比对分析，结果与雷达对空中目标跟踪性能趋势一致，真实反映了雷达对超低空目标的跟踪情况<sup>[5]</sup>。

### 1.2.3 设备排查

分别对时统设备、检测录取设备、卫星导航组合用户设备进行跟踪监测。发现时统设备在同步功能、授时功能、设定及显示功能、守时功能均正常。检测录取设备也未出现异常。发现卫星导航组合设备当卫导 GPS 定位或卫导组合定位时，输出的 UTC 时间比正常的 UTC 时间相差 1 s，且正常定位后，长时间内不能恢复。

### 1.2.4 原因分析

卫导 G/G 单板具有 RTC 时钟芯片，程序会在 `tmp = ReadRTC(pUTCTime)` 处读取 RTC 获得错误的 UTC 时间。然后把 UTC 时间转换成 GPS 时，如果读取的 RTC 有问题，则 UTC 的时间就会有问题，从而造成 GPS 时间出现偏差<sup>[6]</sup>。同时在 `unc_TimeTickHook.c` 中会有系统时间 `SysTime` 对 UTC 时的修正，`SysTime` 由 work 状态的卫星时可以获得，但是 `SysTime` 对 UTC 时的修正还取决于 `SysTimeInited` 的取值为 1 时，程序中即便由卫星获得准确时间，在 `SysTime` 对 UTC 时的修正时，又有 `SysTimeInited` 这个判断，此时 `SysTimeInited` 的值将会是 0，直到 `UTCTime.Hour >= 24`，才会进行一次修正，或者等到星历更新时才会进行一次 UTC 时间的转换。

对比设置本地时间之后与采用 `SystimeToUTCTime()` 修正 UTC 之前的 UTC 时间与周内秒和 60 的差值，如果两者相差 16 s 则 UTC 时正常，若不是，则 UTC 不正常。

周内秒： $438402 \% 60 = 42$ ，UTC 时：014624 相差 18 s，错误。

调用 `SystimeToUTCTime()` 后，

周内秒： $438403 \% 60 = 43$ ，UTC 时：014627 相差 16 s，正确。

从以上数据可以看出：从 RTC 中读取的 UTC 时是不正确的（绿色显示的 UTC 时，在前后 2 s 的时间内发生了 3 s 跳变），直到 `SystimeToUTCTime()` 后 UTC 才恢复正常。

在 UTC 获取时间的流程中，由于读取 RTC 时间的错误和 `SysTimeInited` 修正值的判断偏差，造成长时间不正确（直到星历过期）的现象。

### 1.3 更改措施

在卫星导航组合设备程序 ChkLocalTimeSeted() 设置本地时间时, 调用 SystimeToUTCTime() 修正 UTC 之前的 UTC 时间与周内秒 60% 的差值(不用等到收齐星历后), 达到两者相差 16 s, 此时 UTC 时正常, 输出的 GPS 时间也正常<sup>[7]</sup>。

修改 GPS 程序后, 为确保程序运行的可靠性, 同步更新与之相对应的其他单元的程序。整改完成后, 连续跟踪观察未出现时间不正确的现象。卫星导航组合用户设备软件对作战系统时间统一功能进行完善, 保证授时正确稳定。

分析原因后, 用示波器对导航输出时间秒脉冲进行检查, 发现导航输出时间和外时统时间正好差 1 个秒脉冲, 与分析原因吻合。由于引起超差原因与舰上传感器无关, 并且验证时间相差 1 s。在数据处理时, 对时间进行修正, 修正后的距离一次差曲线见图 2, 后续实验结果和时间修正后的该航次实验结果一致, 表明该型舰作战系统对导弹目标跟踪性能实验结果有效。

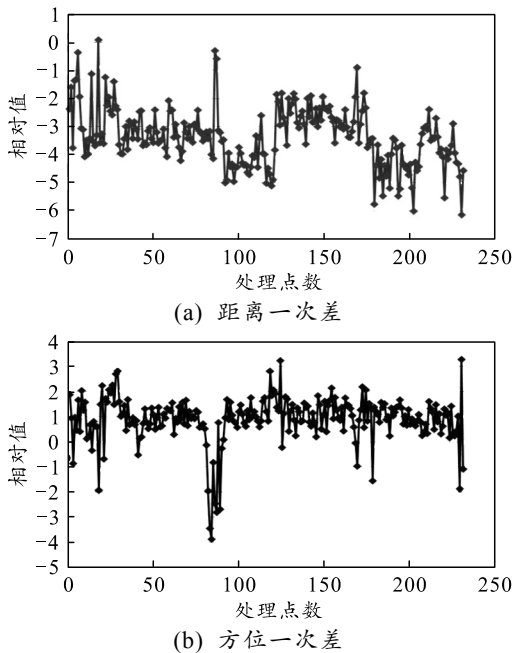


图 2 修正后系统一次差曲线

## 2 位置信息对跟踪精度影响分析

### 2.1 问题描述

作战系统对导弹目标跟踪精度实验中, 经数据处理, 发现红外警戒设备方位系统差超出了指标要求。从红外警戒设备的方位一次差结果看, 目标在舰左右舷的趋势和结果一致; 从雷达的方位一次差结果看, 其系统差与红外警戒设备的趋势一样。综

合分析, 可初步排除该问题是由设备自身状态所致, 导航系统引起的偏差可能性较大。

### 2.2 问题定位

通过对实验数据的综合分析, 初步确定精度超差是由导航的船向超差导致。为确定问题, 对惯性导航设备的状态进行了检查, 发现实验当天惯性导航设备使用的启动方式为紧急启动, 该启动方式下, 系统参数可能发生了变化<sup>[8]</sup>, 导致输出的船向数据不准确, 引起红外警戒设备航向精度超差。

针对此问题, 笔者以在舰上船艏线架设陀螺经纬仪和自准直经纬仪测量的数据作为真值, 采用与惯性导航设备输出船向角数据进行比较的方法, 确定惯性导航输出船向角的准确性。测试时, 惯性导航设备工作状态保持实验时状态(紧急启动)。通过测量发现: 惯性导航设备值比测量值小  $\times \times'$ , 测量时间 6 h, 初步判定惯性导航设备输出的船向角超差。

### 2.3 分析验证

为验证问题定位的准确性, 按照上述测量方法, 对惯性导航设备工作在正常启动方式的船向角数据进行测量, 惯性导航设备输出的船向角数据与真值数据差为  $+0. \times \times'$ , 测量时间 4 h。重复上述方法, 重新将惯性导航设备工作在紧急启动方式, 惯性导航设备输出的船向角数据为与真值数据差为  $\times \times'$ 。测试结果表明: 惯性导航设备紧急启动方式输出的船向角数据精度超差, 正常启动方式输出的船向角数据精度满足要求。

经查惯性导航设备的系统日志, 实验时惯性导航设备工作在紧急启动方式, 惯性导航设备输出的船向角数据超差, 导致红外警戒设备方位精度超差。

根据惯性导航设备工作原理方案, 紧急启动方式的找北精度与水平陀螺仪的常值漂移准确性有关, 而水平陀螺仪常值漂移值受水平陀螺仪标度准确性影响, 而当水平陀螺仪标度不准确时会引起紧急启动找北值存在误差。正常启动与紧急启动方式相比, 惯性导航设备对准过程中惯性平台除了“东北天”“西北天”2 个位置, 增加了“南东天”位置, 惯性导航设备经“南东天”和“北西天”2 个位置解算可以消除水平陀螺仪标度不准确的影响, 能够保证找北准确性<sup>[9]</sup>。按方案原理, 为消除水平陀螺仪标度不准确的影响, 可进行“水平定标”操作, 对参数调整后, 紧急启动能够满足船向精度指标要求。