

ICS 49.020

CCS M50/59

团体标准

T/CI 064-2022

机载惯性导航装置通用指南

General guide for airborne inertial navigation devices

2022-9-15 发布

2022-9-15 实施

中国国际科技促进会 发布

目次

目次.....	I
1. 范围.....	1
2. 规范性引用文件.....	1
3. 术语.....	2
3.1.	2
惯性 Inertia.....	2
3.2.	2
惯性导航 Inertia Navigation.....	2
3.3.	2
惯性测量 Inertia Surveying.....	2
3.4.	2
导航 Navigation.....	2
3.5.	2
导航参数 Navigation Parameter.....	2
3.6.	3
横滚角 Roll Angle.....	3
3.7.	3
俯仰角 Pitch Angle.....	3
3.8.	3
偏航角 Yaw Angle.....	3
3.9.	3
惯性导航系统 Inertial Navigation System.....	3
3.10.	3
初始对准 Initial Alignment.....	3
4. 技术要求.....	3
4.1. 合格鉴定.....	3
4.2. 一般要求.....	3
4.3. 结构.....	4

4.4. 功能.....	5
4.5. 电源.....	6
4.6. 装置性能特性.....	6
4.7. 装置可靠性.....	6
4.8. 维修性.....	6
4.9. 运输性.....	7
4.10. 标准件.....	7
4.11. 绝缘性能.....	7
4.12. 耗能.....	8
4.13. 安全性.....	8
4.14. 环境要求.....	8
4.15. 噪声.....	8
5. 试验方法.....	8
5.1. 检验条件.....	9
5.2. 质量试验.....	9
5.3. 性能试验.....	10
6. 标志、包装、运输和贮存.....	10
6.1. 标志.....	10
6.2. 包装.....	10
6.3. 运输.....	11
6.4. 贮存.....	11

前 言

本文件按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》起草。

某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由西安理工大学提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件由西安理工大学、西北工业大学、西安帝和电子科技有限公司、信息产业部电子综合勘察研究院、中国电子科技集团公司第二十研究所、陕西蓝悦无人机技术有限公司、中航工业西安飞行自动控制研究所、西安工业大学。

本文件主要起草人：弋英民、李艳恺、薛向宏、范笑林、张新雨、苑易伟、刘柏均、刘准钊、梁军利、郭生和、南亚林、李江、孙政、刘战国、李华、历东平。

本文件为首次发布。

机载惯性导航装置通用指南

1. 范围

GB/T20001 的本部分确立了起草指南标准的总体原则和要求，规定了指南标准的结构以及标准名称、范围、总则、需考虑的因素和附录等要素的编写和表述规则。规定了大型无人机载惯性导航装置的技术要求、试验方法、标志包装、以及运输贮存规范。

本部分适用于大型无人机载惯性导航系统的设计、大型无人机载惯性导航装置的制造与检验、惯性导航领域技术研发和惯导装置验收产品。

本部分不适用于提供指南的管理体系标准的起草。

2. 规范性引用文件

本文件声明：以下文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。引用标准具体如下：

GB 191 包装贮存运输图示标志

GJB 145A-1993 防护包装规范

GJB 585 惯性技术名词术语

GJB441-1988 机载电子设备机箱、安装架的安装形式和基本尺寸

GB T 3181-1995 漆膜颜色标准

GJB 1185A-2005 机载惯性导航系统通用规范

GJB 13-1984 舰船电气规范

GJB 2532 舰船电子设备通用规范

GJB 6388-86 运输包装收发货标志

GB 4064 电气设备安全设计导则

GJB 900-90 系统安全性大纲

GJB/Z 27-1992 电子设备可靠性热设计手册

GJB 747 舰船电气设备外壳基本技术要求

- GJB 368B-2009 装备维修性工作通用标准
- GJB 729 惯性导航系统精度评定方法
- GJB 1182-1991 防护包装和装箱等级
- GJB 150.1-1986 军用装备实验室环境试验方法 总则
- GJB 150.3-1986 军用装备实验室环境试验方法 高温试验
- GJB 150.4-1986 军用装备实验室环境试验方法 低温试验
- GJB 150.10-1986 军用装备实验室环境试验方法 霉菌试验
- GJB 150.11-1986 军用装备实验室环境试验方法 盐雾试验
- GJB 150.15-1986 军用装备实验室环境试验方法 加速度试验
- GJB 150.16-1986 军用装备实验室环境试验方法 振试验
- GJB 150.18-1986 军用装备实验室环境试验方法 冲击试验

3. 术语

除另有规定外。本标准涉及的相关术语按 GJB 585。

3.1.

惯性 Inertia

物体本身固有的保持其运动运动状态不发生变化的特性。

3.2.

惯性导航 Inertia Navigation

利用惯性敏感器建立的方向基准和测定的运载体加速度而实现自动推算瞬时速度和位置的自主式导航。

3.3.

惯性测量 Inertia Surveying

利用惯性保持的方位和检测的加速度而实现姿态和位置的测量。

3.4.

导航 Navigation

引导运载体到达预定目的地的过程。

3.5.

导航参数 Navigation Parameter

导航过程中表征可测量的运动或位置的参数。

3.6.

横滚角 Roll Angle

运载体横轴与水平面之间的夹角。

3.7.

俯仰角 Pitch Angle

运载体纵轴与水平面之间的夹角。

3.8.

偏航角 Yaw Angle

运载体的纵轴相对于预定航向在水平面内的角位移。

3.9.

惯性导航系统 Inertial Navigation System

利用惯性敏感器、方向基准和最初的位置信息来确定运载体的姿态、位置、速度和加速度的自主式导航系统。简称惯导。

3.10.

初始对准 Initial Alignment

确定惯性敏感器输入轴与惯性系统采用的坐标系关系的过程。

4. 技术要求

4.1. 合格鉴定

按本指南提交的装置应是经鉴定合格或已批准的产品。

4.2. 一般要求

惯性导航装置是完全独立自主，不会受到外界电磁干扰的影响，可以连续提供位置、速度、姿态信息。该装置由基本组成部分和自定义部分组成。基本部分包括惯性传感器单元(IMU)、核心处理器、蓄电池组、备用蓄电池组、惯性导航装置安装壳体、数字接口装置。自定义部分包括显示器、独立电源等(另有规定除外)。惯导系统装置将以下基本组成部分固定在壳体内，进行封装，完成装置安装，见图 1：

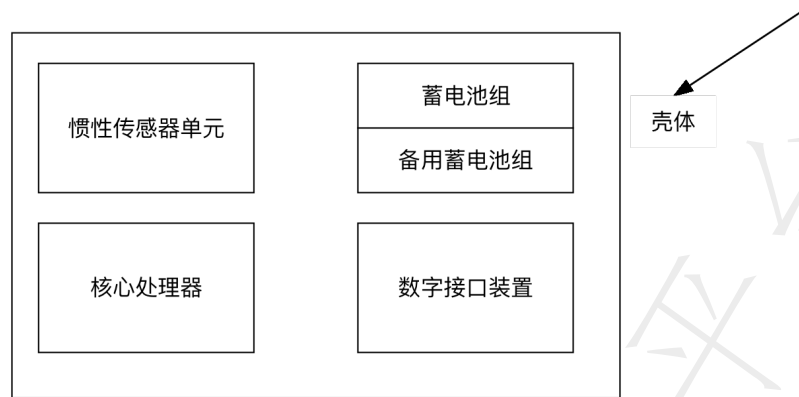


图 1 惯性导航系统组成示意图

4.2.1 材料

材料应选择为非磁性或弱磁性材料且所选金属部件应防止电化学腐蚀, 尽可能选用硅片、石英, 或者结合光电材料等来制造传感器。产品零件所用的材料应符合相关专业标准和规定, 避免选用国家限制进口的或限制适用的材料。

4.2.2 尺寸

大型无人机载惯性导航装置产品的最大外形尺寸和安装尺寸按 GJB 441-1988 的规定。

4.2.3 重量

大型无人机载惯性导航装置按产品规范的规定和 GJB 441 的重量要求。

4.2.4 颜色

大型无人机载惯性导航装置的外表漆膜颜色按 GB/T 3181 规定, 颜色选取按详细规范规定。

4.2.4 外观

大型无人机载惯性导航装置外表面不应有锈蚀以及划伤、压痕和磨损等缺陷; 表面涂层应平滑完好, 颜色一致, 无脱皮或颜色不均现象; 装置的标志和印记应正确清晰。

4.3. 结构

大型无人机载惯性导航装置的结构要求应按 GJB 1185、GJB 2532 或详细规范规定主要如下:

- a、装置结构设计考虑装置的安全、可靠, 便于拆卸、安装、维修和保养。
- b、装置结构应力设计应保证装置在各类大型无人机工作产生的振动、冲击等条件下能正常工作, 其精度指标达到规定的要求。

c、装置的模块化设计，电子设备的硬件和软件均采用模块化设计思想，每个模块要保证功能的完整性和独立性，既要考虑维修和更换的便利，还要保证模块拥有足够的强度和刚度。

d、装置的外壳防护按 GJB 747 或详细规范规定。

e、装置的安装标校应按照详细规范规定。

f、装置中的各零部件安装要求均按照详细规范进行安装

g、装置中的热设计应按照 GJB/Z 27-1992 规定进行。

4.4. 功能

大型无人机载惯性导航装置在正常工作时应具备以下基本功能：

a、装订功能

通过外部计算机设备可以实现人工装订初始经纬度、速度、姿态、时间、航向等参数。

b、导航功能

该装置在工作过程中，能独立自主实现导航功能，即自主输出无人机位置信息、速度信息、姿态信息。

c、显示功能

装置能通过可视化界面显示各种导航参数。如经度、纬度、高度、航向角、横滚角、俯仰角以及东向、北向、天向速度。在调试和测试时，能显示需要的导航参数以及装订的各种参数。

d、输入输出功能

装置按标准接口完成输入和输出功能，对无人机提供所需的导航信息。

e、自检功能

装置应具有完善的自我检测能力，各模块带有正常工作与故障的指示灯，当发生故障时进行报警和断电操作。

f、零漂的校正与测漂定标功能

装置具有惯性传感器陀螺仪的零漂校正、测漂定标功能和加速度计的零漂校正、测漂定标功能。

g、自我保护功能

该装置应具有自我保护功能，当发生突然断电或设备故障的突发情况时，

装置能够进行相应自我保护，同时具有保障操作人员安全的措施。

h、其他功能

根据开发人员需要，装置应预留接口和相应的处理能力，如故障记录、监控、存储等功能，按详细规范规定。

4.5. 电源

4.5.1 主电源

主电源的种类和特性按照 GJB 13-1984 的规定。

4.5.2 备用电源

装置中应配备蓄电池组作为备用电源，电压范围为 12~36V，当主电源发生突发情况时，装置自动切换至备用电源，以保持装置正常工作，具体要求由装置详细规范规定。

4.6. 装置性能特性

4.6.1 准备时间

装置通电到进入工作状态的准备时间(包括上电、初始对准、标校等)，具体要求由详细规范规定。

4.6.2 装置精度

- a、位置定位精度以圆概率误差(CEP)表示，以规定时间间隔内的误差评定。
- b、姿态误差以均方根误差(RMS)表示。
- c、速度误差以均方根误差(RMS)表示。

装置在正常的环境条件下，应尽可能保证精度。在恶劣环境条件下，允许适当降低精度，装置具体精度指标按详细规范规定。

4.7. 装置可靠性

装置的平均无故障时间(MTBF)来体现产品在规定时间内保持功能的一种能力。故障主要体现为导航性能发散、导航功能失效等故障。规定值由合同规定。

4.8. 维修性

4.8.1 维修级别

装置按三级维修体制进行维修性设计。

一级维修(现场维修)是指对装置简易零部件进行更换、对设备清洁维护等简易操作，便可使装置正常工作。

二级维修(基地维修)是指对装置需要从无人机的固定仓内卸下进行维修,需要专用的测试设备。

三级维修(返厂维修)是指对装置内部零件无法进行修复,需要运用专业的设备进行修复处理。

4.8.2 维修性定量要求

装置维修性定量指标用平均修复时间(MTTR)表示。机载维修的平均修复时间 $MTTR \leq 60\text{min}$ 。

4.8.3 维修性定性要求

装置维修性定性要求如下:

- a、检测、诊断应准确快速。
- b、具有良好的互换性和通用性
- c、尽量采用模块化设计,便于拆卸。
- d、具有完善的防差措施及识别标记。
- e、尽最大限度保护维修安全,降低维修内容,降低维修技能要求。
- f、应具有完整的维修性配套工具。

4.9. 运输性

装置应适应海、陆、空交通运输工具的运输。

4.10. 标准件

装置的设计应最大限度地采用标准零件,具体标准零件地要求和种类按装置详细指南规定。

4.11. 绝缘性能

装置内的各模块之间的独立电路与壳体之间的绝缘电阻应符合表一的要求,具体检测点由详细规范规定。

表 1

MΩ

试验条件	绝缘电阻	
	冷态	热态
正常	≥ 20	≥ 10
湿热	≥ 1	

4.11.1 绝缘介电强度

装置内模块各独立电路之间与其壳体之间的绝缘介电强度,在试验的标准大气条件下进行试验应无击穿、火花及电晕现象,具体检测点由装置详细规范规定。

4.12. 耗能

装置的启动和正常工作状态的耗能指标应符合产品规范的要求。

4.13. 安全性

装置的安全性应符合 GB 4064 和 GJB 900 的要求。

4.14. 环境要求

装置应满足下列环境条件：

4.14.1 高温

应经受住 50°C 的温度试验。

4.14.2 低温

应经受的住-40°C 的低温试验。

4.14.3 湿热

除另有规定外，应能经受住 GJB 150.9 规定的湿热试验。

4.14.4 盐雾

除另有规定外，应能经受住 GJB 150.11 规定的盐雾试验，合格要求按装置详细规范规定。

4.14.5 霉菌

除另有规定外，装置的元器件和材料能在 GJB 150.10 规定的霉菌条件下，长霉等级应不超过 2 级。

4.14.6 振动

装置能经受的住 GJB 150.16 第二章第四类、第五类规定的振动条件。

4.14.7 冲击

装置能承受飞机正常飞行过程中的冲击，冲击的等级由 GJB 150.18 规定。

4.17.8 加速度

装置能在 GJB 150.8 规定的条件下，符合 4.2.4 和 4.6 条的要求。

4.15. 噪声

装置的噪声应不大于 70dB。

5. 试验方法

除合同或订单中另有规定外，生产方应负责完成本指南规定的所有试验，具

体实施标准按 GJB 150 和本指南要求进行的装置试验,当二者出现意见不统一时,具体以本指南为主。

5.1. 检验条件

5.1.1 标准条件

试验的标准大气条件按 GJB 150.1 第 3.1 条规定。

5.1.2 测试设备精度

对测试设备精度按 GJB 150.1 第 3.3 条规定。

5.1.3 安装要求

被试设备在试验设备中的安装要求,按 GJB 150.1 第 3.5.3 条规定。

5.1.4 试验条件允许误差

试验设备的试验条件允许误差,按 GJB 150.1 第 3.2 条规定。

5.2. 质量试验

5.2.1 检验项目

鉴定检验项目应按以下规定的检验项目进行检验,定期检验项目可根据具体情况增减。

- a、外观质量、重量、尺寸、颜色检查。
- b、功能检查。
- c、装置性能特性检查。
- d、电源检查。
- e、装置可靠性检查。
- f、维修性检查。
- g、绝缘介电强度检查。
- h、耗能检查检查。
- i、安全性检查。
- j、装置在 4.14 中的要求检查。
- k、噪声试验检查。

5.2.2 检验顺序

具体的检验顺序按 5.2 所规定的检验顺序进行。若另有规定也运行改变检验顺序。

5.2.3 检验数量

除另有规定外，取一台产品进行检验。

5.2.4 合格判据

当对所规定的检验项目完成所有试验且全部符合要求时，则判定该装置为合格。当其中有任何一项未通过，但经过返修、更换零件后再次进行试验，试验结果符合要求后，可判定该装置合格。若第二次试验未通过，则判定装置不合格。

5.3. 性能试验

5.3.1 静态试验

将装置固定在静基座上，上电后装置处于正常工作状态，在规定的時間间隔连续对装置进行采样，将装置输出的位置、速度、姿态数据进行记录画图分析，具体要求按 GJB 729 规定进行评定。

5.3.2 动态试验

5.3.2.1 转台试验

将装置按规定方向固定在转台上，按设备需求设定的速率进行转台试验，检查装置的工作情况和输出数据的准确性。

5.3.2.2 车载试验

将装置安置在光滑铝板上，并水平固定在试验车上，按规定路线和车速进行动态试验，最终按规定 GJB 729 对装置进行精度评定。

5.3.2.3 飞行试验

将装置搭载在大型无人机上，按规定飞行路线和飞行速度进行试验，按规定 GJB 729 对装置进行精度评定。

6. 标志、包装、运输和贮存

6.1. 标志

大型无人机载惯性导航装置应以铭牌作为产品标志，标志上需要有产品名称、型号、序号、制造单位和生产日期。

6.2. 包装

装置的防护包装按 GJB 145A-1993 规定，其等级按 GJB 1182-1991 进行规定，且包装箱应带有以下信息内容：

a、产品代号。

- b、包装箱号。
- c、制造单位。
- d、重量。
- e、箱子大小尺寸(长×宽×高)。
- f、装箱日期。
- g、数量。
- h、到站单位和负责人电话。
- i、发货单位和负责人电话。
- j、储运标识。

6.3. 运输

装置包装好装入包装箱后,采用通常的运输工具即可,在运输过程中,轻拿轻放,避免颠簸、踩踏和风吹雨打暴晒。

6.4. 贮存

大型无人机载惯性导航装置的贮存应按详细规范规定。
