



中华人民共和国国家标准

GB/T 44451—2024

卫星导航定位探空系统 探空仪

Satellite navigation and positioning sounding system—Radiosonde

2024-09-29 发布

2024-09-29 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 组成	1
5 技术要求	1
5.1 外观和结构	1
5.2 功能	2
5.3 静态测量性能	2
5.4 动态测量性能	3
5.5 信号校验码及调制发射性能	3
5.6 数据传输入网通信协议	4
5.7 电池	4
5.8 采样速率	4
5.9 重量和尺寸	4
5.10 功耗	4
5.11 环境适应性	4
6 试验方法	5
6.1 试验环境条件	5
6.2 试验用仪器仪表	5
6.3 组成	6
6.4 外观和结构	6
6.5 功能	6
6.6 静态测量性能	6
6.7 动态测量性能	8
6.8 信号校验码及调制发射性能	9
6.9 数据传输入网通信协议	10
6.10 电池	10
6.11 采样速率	10
6.12 重量和尺寸	10
6.13 功耗	10
6.14 环境适应性	10
7 检验规则	12

7.1	检验分类	12
7.2	检验项目	12
7.3	缺陷的判定	13
7.4	定型检验	13
7.5	出厂检验	14
8	标志和随行文件	14
8.1	标志	14
8.2	随行文件	15
9	包装、运输和贮存	15
9.1	包装	15
9.2	运输	15
9.3	贮存	15
附录 A (规范性)	探空仪数据协议	16

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国气象局提出。

本文件由全国气象仪器与观测方法标准化技术委员会(SAC/TC 507)归口。

本文件起草单位：中国气象局气象探测中心、中国人民解放军国防科技大学、中国气象局气象干部培训学院、天津华云天仪特种气象探测技术有限公司、中国人民解放军 61540 部队、上海长望气象科技股份有限公司、南京大桥机器有限公司、航天新气象科技有限公司、太原无线电一厂有限公司。

本文件主要起草人：杨荣康、李欣、赵世军、纪翠玲、杨加春、任晓毓、姜明波、杜智涛、陈曦、郭启云、刘子萌、阎红、张健、黄晓杰、卢轶。

卫星导航定位探空系统 探空仪

1 范围

本文件规定了卫星导航探空系统中探空仪(以下简称探空仪)的技术要求、检验规则,以及标志、包装、运输和贮存等,并描述了相关的试验方法。

本文件适用于卫星导航体制的探空仪的设计、生产和检验。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 191—2008 包装储运图示标志

GB/T 2423.7—2018 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ec:粗率操作造成的冲击(主要用于设备型样品)

GB/T 2828.1—2012 计数抽样检验程序 第1部分:按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

盒内温度 temperature in box

探空仪保温盒内的工作环境温度值。

3.2

基值测试 base test

在地面自然状态下,利用标准装置,对探空仪温度、湿度和气压传感器准确度进行的测试。

4 组成

探空仪由气象传感器及转换模块、卫星导航及数据处理模块(由导航定位芯片及其外围辅助模块组成)、信号发射模块、电池、包装盒等组成。

5 技术要求

5.1 外观和结构

5.1.1 探空仪外观应平整,曲面无变形、无明显伤痕和污染;金属零件不应有锈蚀及机械损伤。

5.1.2 热敏电阻涂覆层应均匀无斑点、疵点；产品标识和功能说明标志应清晰牢固。

5.1.3 探空仪的元器件焊接和结构件的装配应准确、牢固可靠；紧固件应无松动；塑料件应无开裂、变形现象。

5.2 功能

应具备下列功能：

- a) 测量地面至 36 km 高度大气的温度、气压、相对湿度及探空仪的空间位置；
- b) 将气象传感器测量的原始信号经计算转换为测量要素值并通过无线方式并对外发送；
- c) 初始化保存探空仪频点、传输速率、发射功率、工作模式、卫星星历导入信息等；
- d) 自动采集电池电压、盒内温度、卫星定位精度因子、卫星颗数、卫星信号状态等监测信息，并通过无线方式对外发送；
- e) 存储探空仪校准参数信息；
- f) 对温度、湿度、气压、定位信息进行质量控制，包括：采样瞬时值的质量控制（变化极限范围）、瞬时气象值的质量控制（变化极限范围）和综合质量控制；
- g) 满足常规与长时观测；
- h) 具备数据加密传输功能。

5.3 静态测量性能

应满足表 1 中的要求。

表 1 静态测量性能要求

要素		技术指标	
温度	测量范围	-90 °C~+50 °C	
	允许误差	±0.2 °C	
湿度	相对湿度测量范围	0%~100%	
	相对湿度允许误差	±3%	
气压	测量范围	气压传感器:1 060 hPa~100 hPa 高度反算:1 060 hPa~3 hPa	
	允许误差	±1.3 hPa(1 060 hPa~500 hPa), ±0.7 hPa(500 hPa~50 hPa)	
空间位置和速度	定位时间	冷启动定位时间	≤2 min
		热启动定位时间	≤10 s
		重新捕获时间	≤2 s
	定位准确度	水平位置允许误差	±8 m
		垂直位置允许误差	±16 m
		高度测量允许范围	地面至海拔 36 km
	移动速度	导航测速范围	≤150 m/s
测量准确度		0.2 m/s	

表 1 静态测量性能要求（续）

要素		技术指标
基值测试	温度允许偏差	$\pm 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$
	相对湿度允许偏差	$\pm 5\%$
	气压允许偏差	$\pm 1.5\text{ hPa}$
注：气压采用定位提供的高度反算，或在低空采用气压传感器测量，高空使用高度反算。		

5.4 动态测量性能

应满足表 2 中的要求。

表 2 动态测量性能要求

要素		技术指标要求
温度	一致性	0.2 $^{\circ}\text{C}$ [气候]
		0.2 $^{\circ}\text{C}$ (0 km~16 km), 0.3 $^{\circ}\text{C}$ (>16 km)[常规]
	测量准确度	0.3 $^{\circ}\text{C}$ (0 km~16 km), 0.4 $^{\circ}\text{C}$ (>16 km)[气候]
		0.4 $^{\circ}\text{C}$ (0 km~16 km), 0.8 $^{\circ}\text{C}$ (>16 km)[常规]
湿度	相对湿度一致性	3%[气候]
		5%[常规]
	相对湿度测量准确度	4%[气候]
		5% (>-40 $^{\circ}\text{C}$), 10% (-40 $^{\circ}\text{C}$ ~-60 $^{\circ}\text{C}$)[常规]
气压	一致性	1.0 hPa(>100 hPa), 0.3 hPa(100 hPa~10 hPa), 0.1 hPa(<10 hPa)
	测量准确度	1.3 hPa(>100 hPa), 0.5 hPa(100 hPa~10 hPa), 0.2 hPa(<10 hPa)
风向	测量高度范围	0 km~36 km
	测量范围	0 $^{\circ}$ ~360 $^{\circ}$
	测量准确度	3 $^{\circ}$ (风速>3 m/s)
风速	测量高度范围	0 km~36 km
	测量范围	0 m/s~150 m/s
	测量准确度	0.3 m/s
有“[]”标记的指标项,气候观测用探空仪选取不低于标记“气候”的指标项,常规观测用探空仪选取不低于标记“常规”的指标项。		

5.5 信号校验码及调制发射性能

应满足表 3 中的要求。

表 3 信号校验码及调制发射性能要求

参数	技术指标要求
校验码	采用国际电报电话咨询委员会制定的循环冗余校验 CRC-CCITT 16 位校验码
发射频率	400.15 MHz~406 MHz, 频点设置步长 1 kHz
发射功率	≤ 100 mW
调制方式	高斯频移键控(GFSK)
发射谱宽	≤ 50 kHz(-50 dBc)
载波频率稳定度	探空仪未加保温状态下在温度-40℃~+50℃变化条件下,中心频率允许偏移不大于 4 kHz
调制速率	默认 2 400 bps,可设置为 4 800 bps、9 600 bps

5.6 数据传输入网通信协议

5.6.1 交互协议应满足附录 A 中表 A.1 的要求。

5.6.2 探测数据编码格式应满足表 A.2 的要求。

5.6.3 近程通信组网名词定义协议应满足表 A.3 的要求。

5.7 电池

在温度-30℃工作状态下,应满足常规观测时间大于 2 h 或长时观测时间大于 8 h 的供电需求。

5.8 采样速率

应不少于 1 次/s。

5.9 重量和尺寸

5.9.1 重量(待施放状态):常规观测时应不大于 120 g;长时观测时应不大于 170 g。

5.9.2 尺寸:长度应不大于 90 mm,宽度应不大于 65 mm,高度应不大于 280 mm。

5.10 功耗

应不大于 1.8 W。

5.11 环境适应性

应满足表 4 中的要求。

表 4 环境适应性条件

环境参数		技术条件
工作环境	温度	-90℃~50℃
	湿热	相对湿度 95%,35℃
	气压	5 hPa~1 060 hPa
	淋雨	降雨强度 100 mm/h~150 mm/h,雨滴直径 0.5 mm~4.5 mm,持续时间 30 min
贮存环境	温度	-50℃~50℃
	湿热	相对湿度 95%,40℃

表4 环境适应性条件（续）

环境参数		技术条件
机械条件(运输状态)	振动	单一频率正弦振动,频率10 Hz~20 Hz,加速度29.4 m/s ² ,持续振动时间30 min
	自由跌落	高度1 000 mm

6 试验方法

6.1 试验环境条件

应符合下列要求:

- a) 环境温度:15℃~35℃;
- b) 空气相对湿度:30%~80%。

6.2 试验用仪器仪表

所用的试验仪器仪表和设备应满足本试验要求,所用标准器应在计量有效期内。

测量性能试验用的部分仪器仪表见表5,其他仪器仪表在试验方法所提及的相关试验标准中给出。

表5 试验用仪器仪表

序号	仪器仪表	性能指标	要求
1	一等标准铂电阻温度计	温度范围	-90℃~50℃
		最大允许误差	±0.02℃
2	恒温槽	温度控制范围	-90℃~50℃
		温度均匀性	0.01℃
		温度波动性	±0.02℃
3	精密露点仪	相对湿度测量范围	10%~100%
		露点温度最大允许误差	±0.2℃
		相对湿度最大允许误差	±1%
4	双压法标准湿度发生装置	相对湿度调节范围	10%~95%
		相对湿度场波动度	±1.5%(-10℃以上)
		相对湿度场均匀度	1.5%
		温度调节范围	-30℃~50℃
		温度波动度	±0.2℃
		温度均匀度	0.3℃
5	标准气压计	气压范围	50 hPa~1 100 hPa
		最大允许误差	±0.1 hPa
6	温度-压力自动控制装置	气压测量范围	5 hPa~1 100 hPa
		气压最大允许误差	±0.01%FS ^a
		恒温槽温度范围	-30℃~60℃

表 5 试验用仪器仪表（续）

序号	仪器仪表	性能指标	要求
7	卫星导航信号发生器	GPS L1频点	1 575.42 MHz
		B1频点	1 561.098 MHz±2.046 MHz
		GPS L1通道数	12
		B1通道数	16
		信号电平	≥-150 dBm
8	卫星导航探空接收机	接收频率范围	400 MHz~406 MHz
		接收灵敏度	<-120 dBm

^a FS代表量程。

6.3 组成

目视检查。

6.4 外观和结构

目视、手动并结合实际操作检查。

6.5 功能

通过探空施放试验,对功能进行逐项检查。

6.6 静态测量性能

6.6.1 温度

至少随机抽取 5 个探空仪,将被测温度传感器与标准温度计的铂电阻在相同温度下直接比较进行试验:

a) 探空仪的热敏电阻与标准温度计的铂电阻插入恒温槽中足够深度,使二者感温部分处于同一水平面,其转换电路置于槽外;

注:足够深度是指插入深度再增加 1 cm,被测传感器测量误差测试结果变化不超过 0.02 °C。

b) 测试点应取温度测量范围的下限、上限,以及测量范围内任意点,共不少于 10 个点;

c) 在每个测试点上,槽温达到设定温度并稳定后方可进行数据读取,宜取以 1 s 间隔的 10 次读数的算术平均值作为测试点的标准值和示值;

d) 各测试点的温度测量误差均在规定的范围内时判定被测温度传感器测量误差符合要求。

6.6.2 湿度

至少随机抽取 5 个探空仪,将被测湿度传感器与露点仪探头在相同湿度下直接比较进行试验:

a) 探空仪的湿度传感器与露点仪探头应置于双压法湿度发生器有效工作区域,其转换电路置于箱外;

b) 测试室温度分别调至 25 °C±2 °C(常温)和-30 °C±2 °C(低温);

c) 测试点应在相对湿度 95% 选取一个测试点、在相对湿度低于 10% 选取一个测试点,其他测试点在测量范围内的任意选取,一共不少于 8 个测试点;

- d) 测试从高湿度点开始,逐点下降,不进行升湿趋势的测试;
- e) 在每个测试点上,温度和湿度稳定后方可进行数据读取,宜取以 1 s 间隔的 10 次读数的算术平均值作为测试点的标准值和示值;
- f) 各测试点的相对湿度测量误差均在规定范围内时判定被测相对湿度传感器测量误差符合要求。

6.6.3 气压

至少随机抽取 5 个探空仪,将被测气压传感器与标准气压计在相同压力下直接比较进行试验:

- a) 探空仪气压传感器置于温度-压力自动控制装置中;
- b) 连接被测气压传感器、标准气压计与自动标准压力发生器的通气管路漏气造成的最大压力差应不超过被测气压传感器最大允许误差的十分之一;
- c) 箱内温度分别设定为 $\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- d) 测试点应取气压 1 060 hPa、100 hPa,以及测量范围内任意点,共不少于 7 个点;
- e) 按降序对以上测试点逐点进行测试;
- f) 在每个测试点上,压力稳定后方可进行数据读取,宜取以 1 s 间隔的 10 次读数的算术平均值作为测试点的标准值和示值;
- g) 各测试点的气压测量误差均在规定范围内时判定被测气压传感器测量误差符合要求。

6.6.4 空间位置和速度

6.6.4.1 定位时间

至少随机抽取 3 个探空仪,按下列方法进行。

- a) 冷启动定位时间:将 24 h 以内未加电的探空仪安放在卫星导航信号发生器发出的信号环境中,给探空仪加电并开始计时,待出现稳定的定位数据,此时间间隔为冷启动定位时间。
- b) 热启动定位时间:
 - 1) 主控芯片有备电时,探空仪定位 12.5 min 后,卫星导航信号发生器保持工作状态,关闭探空仪不超过 2 h;然后给探空仪加电并开始计时,待出现稳定的定位数据,此时间间隔为热启动定位时间。
 - 2) 主控芯片无备电时,探空仪通过控制线缆连接,稳定定位 12.5 min 后,探空仪保持通电工作状态,关闭卫星导航信号发生器信号不超过 2 h;然后通过线缆给探空仪发送重启指令,同时打开卫星导航信号发生器信号,并开始计时,出现稳定的定位数据,此时间间隔为热启动定位时间。
- c) 重新捕获时间:将探空仪安放在卫星导航信号发生器发出的信号环境中并给探空仪加电,待出现稳定的定位数据后,关闭卫星导航信号发生器,待确定没有定位数据后,打开卫星导航信号发生器,同时记录时间,待定位信息再次出现稳定的数据时,此时间间隔为重新捕获时间。

6.6.4.2 定位准确度

至少随机抽取 3 个探空仪,使用卫星导航信号发生器模拟至少 3 个不同的空间位置,记录不少于 1 min 探空仪接收卫星导航信号发生器的信号后输出的经度、纬度和海拔高度,计算记录经度、纬度和海拔高度的平均值与模拟器设置经度、纬度和海拔高度的差值。

6.6.4.3 移动速度

至少随机抽取 3 个探空仪,采用卫星导航信号发生器模拟移动速度,计算不少于 10 min 测量结果

与标准移动速度的标准偏差,作为移动速度的测量准确度。

6.6.5 基值测试

至少随机抽取 3 个探空仪,将探空仪放置于基值测试环境中稳定 90 s,记录和比较探空仪和标准设备的标准值。

6.7 动态测量性能

6.7.1 一致性

6.7.1.1 测试方法

一只气球同时携带一个作为标准器的探空仪和两个相同型号的探空仪进行探测,记录和比较两个相同型号探空仪的测量结果,标准偏差即为一致性。有效测试次数应不少于 30 次,测试每天 1 次~2 次(早、晚次数应一致)。

6.7.1.2 数据处理及评定

将各次施放同一气压层的差值作为一组进行统计,用公式(1)计算系统误差 \bar{X} :

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

x_i ——同一气压分层各次施放被试探空仪与标准器间的差值;

n ——测量次数。

用公式(2)计算标准偏差 S_z :

$$S_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots(2)$$

6.7.2 测量准确度

6.7.2.1 测试方法

方法同 6.7.1.1,记录和比较标准器探空仪和被测探空仪的测量结果,合成各层标准偏差即为测量准确度。

6.7.2.2 数据处理及评定

比对施放的各气象要素数据分 15 个气压层,分别为:地面至 ≥ 850 hPa、 > 850 hPa~700 hPa、 > 700 hPa~500 hPa、 > 500 hPa~400 hPa、 > 400 hPa~300 hPa、 > 300 hPa~250 hPa、 > 250 hPa~200 hPa、 > 200 hPa~150 hPa、 > 150 hPa~100 hPa、 > 100 hPa~70 hPa、 > 70 hPa~50 hPa、 > 50 hPa~30 hPa、 > 30 hPa~20 hPa、 > 20 hPa~10 hPa、小于 10 hPa。统计各气压分层的系统误差和标准偏差。

将各次施放同一气压层的差值作为一组进行统计,用公式(1)计算系统误差,用公式(2)计算标准偏差。

公式(2)中的 S_z 为被试探空仪和标准器的综合标准偏差,被试观测系统一层气压层标准偏差 S 用公式(3)计算:

$$S = \sqrt{|S_z^2 - S_k^2|} \dots\dots\dots(3)$$

式中:

S_R ——标准器某气象要素的标准偏差,采用标准器的自比对的标准偏差。

将各气压层标准偏差 S_i 进行合成,用公式(4)计算标准偏差误差合成 S_a :

$$S_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n S_i^2}{n}} \dots\dots\dots(4)$$

6.8 信号校验码及调制发射性能

6.8.1 校验码

通过卫星导航探空接收机接收探空仪数据,计算分析其原始数据,应符合表 A.2 中规定的校验码要求。

6.8.2 发射频率

至少随机抽取 3 个探空仪,在工作频段上,通过指令将探空仪设置在工作频段内的任意频点(精确到 1 kHz),通过频谱仪查看实际的发射频点,记录分析探空仪发射频率。

6.8.3 发射功率

6.8.3.1 测试环境

测试环境应宽敞,周围无金属等反射物体。

6.8.3.2 直接测量法

至少随机抽取 3 个探空仪进行测试,将探空仪天线与发射机电路断开并安装高频接插件,首先用频谱仪检查探空仪信号是否正常,然后取下天线,将高频插件直接连接在功率计上测量。

6.8.3.3 替代测量法

至少随机抽取 3 个探空仪进行测试,信号源置脉冲工作方式,工作频率设置为被试探空仪的实际发射频率。将信号源输出至专用功率放大器输入端,功率放大器的一端输出通过衰减器与功率计连接,一端接发射天线。

频谱仪输入端接收天线与功率放大器发射天线间距离为 60 cm~100 cm,调节信号源输出,使专用功率放大器输出平均功率分别为 100 mW 和 50 mW,分别记录频谱仪显示的信号强度,然后关闭信号源。

调节被试探空仪处于工作状态,将发射机放在原功率放大器的位置上,发射天线与功率放大器天线的水平位置保持一致,记录频谱仪显示信号强度。判断被试探空仪的发射信号强度值是否在使用信号源发射时的两个信号强度值之间。

6.8.4 调制方式

将探空仪通电,通过卫星导航探空接收机(检验为 GFSK 调制方式)接收同频点的探空仪信号,查看接收机能否正常解调并通过数据处理终端显示探空仪数据,记录正常接收并显示的状态。

6.8.5 发射谱宽

至少随机抽取 3 个探空仪,频谱仪输入端连接接收天线,加电使探空仪处于调制工作状态,然后在频谱仪上记录相对中心频率 f_0 的幅度 U_0 两边 -50 dBc 处的频带宽度 Δf 。

6.8.6 载波频率稳定度

至少随机抽取 3 个探空仪,将被试探空仪处于裸机状态,放入温度试验箱中。对探空仪加电,待频谱仪指示稳定后开启试验箱温度调节,使试验箱温度降至 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,稳定 5 min 后记录频谱仪指示的发射频率 f_1 ;再使温度试验箱温度升至 $50\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,稳定 5 min 后记录频谱仪指示的发射频率 f_2 。然后将 f_1 与 f_2 作差即为载波频率偏移。

6.8.7 调制速率

设置数据传输速率为 2 400 bps、4 800 bps、9 600 bps,检查地面接收系统数据接收情况,接收机应能够接收并正确解调出信号。

6.9 数据传输入网通信协议

将被试探空仪与基测箱、卫星导航探空接收机连接,通过软件按照附录 A 的进行逐条测试,验证传输入网通信协议。

6.10 电池

至少随机抽取 5 个探空仪,在 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境中,探空仪处于待施放状态,采用电池供电,接通电源同时计时,并用频谱仪检测探空仪的发射信号,记录电池的电压直至探空仪信号不稳定或消失的时间。

6.11 采样速率

至少随机抽取 3 个探空仪,通电后,通过配套的接收机接收探空仪数据,记录接收到的每包数据时间,连续记录 30 s,每包数据间的时间间隔平均不大于 1 s。

6.12 重量和尺寸

探空仪待施放状态用称重量具量其重量,使用卡尺测量其尺寸。

6.13 功耗

将探空仪开机通电后,使其静置 5 min 稳定后,使用万用表对其进行功耗测量。

6.14 环境适应性

6.14.1 工作环境

6.14.1.1 温度

随机抽取 3 个探空仪,在施放状态下进行试验:

- a) 低温温度为 $-70\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,高温温度为 $50\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 持续时间为 2 h;
- c) 过程中检测探空仪发射频率、频谱宽度,并观察信号强度。

注: $-90\text{ }^{\circ}\text{C}\sim -70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境适应性结合实际施放验证。

6.14.1.2 湿热

随机抽取 3 个探空仪,外接电源供电进行试验:

- a) 温度为 $35\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 相对湿度为 $95\%\pm 3\%$;

- c) 持续时间为 12 h;
- d) 过程中检测探空仪发射频率、频谱宽度,并观察信号强度。

6.14.1.3 气压

随机抽取 3 个探空仪,在施放状态下进行试验:

- a) 箱内温度从室内自然条件开始,逐渐下降至 $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 温度达到 $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后开始降低观测箱内压力,最低至 5 hPa;
- c) 过程中检测探空仪发射频率、频谱宽度,并观察信号强度。

6.14.1.4 淋雨

随机抽取 3 个探空仪,在施放状态下进行试验:

- a) 模拟降雨强度为 100 mm/h~150 mm/h,雨滴直径为 0.5 mm~4.5 mm;
- b) 持续时间为 30 min;
- c) 停止淋雨后,检测探空仪发射频率、信号强度和频谱宽度。

6.14.2 贮存环境

6.14.2.1 温度

随机抽取 2 个探空仪,在包装状态下进行试验:

- a) 低温温度为 $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$,高温温度为 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 持续时间为 16 h;
- c) 试验前、后分别测量每个探空仪的发射频率、频谱宽度、发射功率;
- d) 试验后,在室内正常温度条件下,对常规和长时探空仪电池进行测试。

6.14.2.2 湿热

随机抽取 2 个探空仪,在包装状态下进行试验:

- a) 温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 相对湿度为 $95\%\pm 3\%$;
- c) 持续时间为 48 h;
- d) 试验前、后分别测量每个探空仪的发射频率、频谱宽度、发射功率;
- e) 试验后,在室内正常温度条件下,对常规和长时探空仪电池进行测试。

6.14.3 机械条件

6.14.3.1 振动

随机抽取 2 个或者 2 个以上探空仪进行试验:

- a) 对包装状态下的探空仪进行试验;
- b) 按产品正常工作时的位置紧固在振动台上,重心位于振动台面的中心区域,使激振力直接传给受试产品;
- c) 单一频率正弦振动,频率 10 Hz~20 Hz,加速度 29.4 m/s^2 ;
- d) 持续振动时间 30 min;
- e) 停止后进行外观和发射频率、频谱宽度、发射功率的测量。

6.14.3.2 自由跌落

随机抽取 2 个探空仪,按 GB/T 2423.7—2018 的自由跌落试验方法一进行试验:

- a) 对包装状态下的探空仪进行试验;
- b) 跌落高度选取 1 000 mm;
- c) 试验面为产品正常朝上时的底面;
- d) 最后进行外观和发射频率、频谱宽度、发射功率的测量。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为下列两类:

- a) 定型检验;
- b) 出厂检验。

7.2 检验项目

检验项目见表 6。

表 6 检验项目

序号	检验项目		定型 检验	出厂 检验	技术要求 章条号	试验方法 章条号
1	组成		●	—	第 4 章	6.3
2	外观和结构		●	—	5.1	6.4
3	功能		●	—	5.2	6.5
4	静态测量性能	温度	●	○	5.3	6.6.1
5		湿度	●	○	5.3	6.6.2
6		气压	●	○	5.3	6.6.3
7		空间位置和速度	●	○	5.3	6.6.4
8		基值测试	●	●	5.3	6.6.5
9	动态测量性能	温度	●	—	5.4	6.7
10		湿度	●	—	5.4	6.7
11		气压	●	—	5.4	6.7
12	动态测量性能	风速	●	—	5.4	6.7
13		风向	●	—	5.4	6.7
14	信号校验码及调制发射性能		●	●	5.5	6.8
15	数据传输入网通信协议		●	○	5.6	6.9
16	电池		●	○	5.7	6.10
17	采样速率		●	—	5.8	6.11
18	重量和尺寸		●	—	5.9	6.12

表 6 检验项目 (续)

序号	检验项目		定型 检验	出厂 检验	技术要求 章条号	试验方法 章条号
19	功耗		●	○	5.10	6.13
20	环境适应性	工作环境	●	—	5.11	6.14.1
21		贮存环境	●	—	5.11	6.14.2
22		机械条件(运输状态)	●	—	5.11	6.14.3
注：“●”表示必检项目；“○”表示需要时进行检验的项目；“—”表示不进行检验的项目。						

7.3 缺陷的判定

7.3.1 致命缺陷

对人身安全构成危险或产品严重损坏致基本功能性能丧失的,应判为致命缺陷。

7.3.2 重缺陷

下列性质的缺陷应判为重缺陷:

- a) 测量性能误差超过规定的范围;
- b) 突然的电气或结构失效引起的产品单一功能丧失,但可通过更换部件恢复的。

7.3.3 轻缺陷

发生故障时,无须更换零部件,仅作简单处理即能恢复产品正常工作,这类故障判为轻缺陷。

7.4 定型检验

7.4.1 检验条件

在下列情况下进行:

- a) 新产品定型时;
- b) 主要设计、工艺、材料及元器件有重大变更,存在影响产品性能下降的风险时;
- c) 停产 2 年以上再生产时。

7.4.2 检验项目

表 6 中规定的定型检验项目,包括项目 1~项目 22。

7.4.3 抽样方案

应按下列方法抽样:

- a) 至少应提供 100 个探空仪;
- b) 动态性能测试抽样不少于 60 个;
- c) 静态性能测试抽样不少于 20 个;
- d) 环境适应性测试抽样不少于 20 个。

7.4.4 合格判据

鉴定检验的样机按表 6 规定的项目检验后,检验项目全部达到产品规范规定的要求为合格;如果不能达到产品规范规定的要求时,应判定鉴定检验不合格。

7.4.5 不合格品处理

对鉴定检验不合格的产品,应在经过采取措施并证明样机存在的问题确实得到解决后,方可重新提交鉴定检验,重新鉴定检验的项目由鉴定单位决定。

7.5 出厂检验

7.5.1 检验项目

表 6 中规定的出厂检验项目。

7.5.2 抽样方案

按下列方法抽样:

- a) 项目 8、项目 14 逐台检验;
- b) 对有需要的,按 GB/T 2828.1—2012 的表 1 检验水平 S-2,表 2-A 的 AQL 等于 2.5,确定检验的样本数。

7.5.3 合格判定

检验项目均未出现缺陷则可判定出厂检验合格。

7.5.4 不合格处理

7.5.4.1 若出现的不合格为轻缺陷时,可纠正后继续进行检验。

7.5.4.2 若导致不合格的为重缺陷时,终止本次检验。批量产品整改后,按 GB/T 2828.1—2012 的表 2-B 的加严检验一次抽样方案重新进行检验。

7.5.4.3 若导致不合格的为致命缺陷,终止本次检验。批量产品整改后,按定型检验抽样方案进行定型检验。

8 标志和随行文件

8.1 标志

8.1.1 产品标志

探空仪应在适当的位置标明下列内容:

- a) 产品型号名称及商标;
- b) 生产企业名称;
- c) 生产日期、批号;
- d) 仪器编号。

8.1.2 包装标志

应包括下列内容:

- a) 产品名称型号；
 - b) 制造厂名；
 - c) 包装箱编号；
 - d) 产品数量、体积、外形尺寸及重量；
 - e) 符合 GB/T 191—2008 规定的“易碎物品”“向上”“怕雨”“堆码层数极限”等标志。
- 需要时还应标明发货、收货单位名称。

8.2 随行文件

应包括下列内容：

- a) 合格证；
- b) 装箱单。

9 包装、运输和贮存

9.1 包装

9.1.1 包装箱应牢固,内有防振动等措施。

9.1.2 包装箱内应有随行文件。

9.1.3 每个包装箱内都应有装箱单。

9.2 运输

9.2.1 装箱后的探空仪可用航空、公路、铁路和水路等多种运输方式。

9.2.2 运输过程中应防止剧烈振动、挤压、雨淋及化学物品侵蚀。

9.2.3 搬运应轻拿轻放,码放整齐,不应滚动和抛掷。

9.3 贮存

探空仪应贮存在相对湿度不大于 80%,温度在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 并且没有急剧变化,通风良好和无腐蚀性有害气体,无强烈的机械振动、冲击、强电磁场作用的室内。

附 录 A
(规范性)
探空仪数据协议

探空仪交互协议见表 A.1~表 A.3。

表 A.1 探空仪交互协议

序号	指令类型	帧头	命令描述	数据方向	数据	说明	帧尾
1	设置探空仪频点	7F FF FF	0xF6	→	Freqz(2B) +DIV(1B)	例如:Freqz=403,设置为 (F-400)×1 000+1=3 001=0x0BB9= 0x0B,0Xb9; DIV=0x01(该字节固定不变)	无
		10 02	0x02	←	OK/Error (1B)	0:失败;1:成功	10 03
2	查询探空仪频点	7F FF FF	0xA8	→	无	—	无
		10 02	0x08	←	Freqz(2B)	参照上面设置频点命令	10 03
3	设置调制速率	7F FF FF	0xA4	→	B(1B)	B : 0:2 400 bps; 1:4 800 bps; 2:9 600 bps	无
		10 02	0x04	←	OK/Error (1B)	0:失败;1:成功	10 03
4	查询调制速率	7F FF FF	0xAA	→	无	—	无
		10 02	0x0A	←	B(1B)	B : 0:2 400 bps; 1:4 800 bps; 2:9 600 bps	10 03
5	设置发射功率	7F FF FF	0xf7	→	B(1B)	B : 0~3(3:高功率;0、1、2:低功率)	无
		10 02	0xf7	←	OK/Error (1B)	0:失败;1:成功	10 03
6	查询发射功率	7F FF FF	0xf7	→	B(1B)	B : 0~3(3:高功率;0、1、2:低功率)	无
		10 02	0xf7	←	OK/Error (1B)	0:失败;1:成功	10 03
7	设置工作模式	7F FF FF	0xed	→	B1(1B) +B2(1B)	B1 B2: 0x04 0xfc 工厂模式 B1 B2: 0x01 0xfd 禁用数据质控发射模式 B1 B2: 0x11 0xfd 使能数据质控发射模式	无
		10 02	0xed	←	B1(1B) +B2(1B)	B1 B2: 0x04 0xfc 工厂模式 B1 B2: 0x01 0xfd 禁用数据质控发射模式 B1 B2: 0x11 0xfd 使能数据质控发射模式	10 03
8	查询工作模式	7F FF FF	0xec	→	无	—	无
		10 02	0xec	←	B1(1B) +B2(1B)	B1 B2: 0x04 0xfc 工厂模式 B1 B2: 0x01 0xfd 禁用数据质控发射模式 B1 B2: 0x11 0xfd 使能数据质控发射模式	10 03
9	系统软件复位	7F FF FF	0xee	→	无	—	无
		10 02	0xee	←	B(1B)	B : 0x11	10 03

表 A.2 探空仪探测数据编码格式

字节位置	定义	说明
1-4	码组标识符	帧头(0x7f 0xff 0xff 0xee)
5-8	探空仪编号	4B 编号
79	电压监控	电池电压,比例因子为 10,分辨率为 0.1 V,0 V~10.0 V
80	盒内温度监控	比例因子为 1,分辨率为 1 °C,-40 °C~50 °C
81	采样时间	比例因子 100,采样时间保留 2 位小数,0.01 s~0.99 s
82-83	温度 1(计算)(signed short int)	低字节在前,高字节在后 比例因子为 100,分辨率为 0.01 °C,-99.00~99.00
84-85	温度 2(计算)(signed short int)	低字节在前,高字节在后 比例因子为 100,分辨率为 0.01 °C,-99.00~99.00
86-87	湿度(计算)(unsigned short int)	低字节在前,高字节在后 比例因子为 100,相对湿度分辨率为 0.01%,0~100.00
88-90	气压(计算)	低字节在前,高字节在后 比例因子为 100,分辨率为 0.01 hPa,0~1 200.00
91	近程通信帧循环滚动编号	0-29
92	探测高度控制装置的电池电压	比例因子为 10,分辨率为 0.1 V
93	探测高度控制装置的启动原因代码	见“探测高度控制装置启动原因”
94	特殊应用标识	00 常规探空仪 0x0A 熔断器 0x0B 挂载臭氧
95-96	数据组流水号	高字节在前,低字节在后,0~65 535
97	预留	预留 1 字节
98-99	校验和	字尾[16 比特校验和为无符号短整型数,其为所有信息字节(包括帧头)求 CRC-CCITT 16 校验和。低字节先发,高字节后发]
<p>注 1: 字节 34 至卫星状态包编号表示本数据包中卫星状态信息的编号(3 bit),从 0 开始,要发送 24 颗卫星的状态信息,则该编号为 0~7;以及参与解算卫星数(5 位)。</p> <p>注 2: 字节 35-46 卫星状态信息中,共三组,每组四字节,第一字节中 7 bit 表示卫星号(其中 GPS 的卫星号为 1~32,北斗 2 的卫星号为实际卫星号+50),第 8 个 bit 代表该颗卫星是否参与计算,参与计算则为 1,不参与计算则为 0;信噪比占用 1 个字节;方位和仰角信息合并占用 2 个字节,仰角最大为 90,占用 7 bit,方位角最大为 360,占用 9 bit,需要将方位角的 1 个 bit 移至仰角所占字节中。</p> <p>注 3: HDOP(Horizontal Dilution of Precision): 水平定位准确度因子,是描述水平坐标准确度的误差程度,值为纬度和经度误差平方和的开根号值,值越小定位准确度越高,最准确时准确度近似 1。</p>		

表 A.3 近程通信组网名词定义协议

序号	定义	CLUSTER ID	方向	帧头	数据	说明
1	接收其他设备地址信息	0x1001	←	3F 3F FF	Type(1B)+ID(1B)+ NwkAddr(2B)+ PNwkAddr(2B)+ MacAddr(8B)	Type:1:探空仪 2:终端 3:基测箱 ID:自定义设备标号 NwkAddr:网络地址 PNwkAddr:父节点网络地址 MacAddr:MAC地址
2	发布设备网络地址信息	0x1003	→	3F 3F FF	TAddr(2B)+res(6B)+ RAddr(2B)+res(6B)+ JAddr(2B)+res(4B)	TAddr:探空仪网络地址 RAddr:熔断网络地址 JAddr:基测网络地址 Res:为保留字节
3	串口数据无线透传	0x1002	→ ←	BF BF FF	SType(1B)+SID(1B)+ DType(1B)+DID(1B)+ DTUdata(?B)	SType:自身设备类型 SID:自身设备ID SType:目标设备类型 DID:目标设备ID DTUdata:要透传的一串数据
<p>注1: 中心节点上电自动建立网络,终端节点上电自动加入网络。其中参数设置如下: zgApsUseExtendedPANID[Z_EXTADDR_LEN] = {0x57,0x58,0x43,0x2D,0x00,0x00,0x00,0x01};(扩展网络ID) ZDAPP_CONFIG_PAN_ID=0x2019 DEFAULT_KEY="{0x58, 0x59,0x5A,0x32,0x30,0x31,0x39,0x30,0x35,0x32,0x37,0x31,0x36,0x35,0x30,0x31}"。</p> <p>注2: 建立、加入网络成功后,即按照上述协议进行网络地址信息记录和数据无线透传(应用层的端口号为8)。</p>						

中华人民共和国
国家标准
卫星导航定位探空系统 探空仪
GB/T 44451—2024

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址:www.spc.net.cn

服务热线:400-168-0010

2024年9月第一版

*

书号:155066·1-77306

版权专有 侵权必究