

BD

中国第二代卫星导航系统重大专项标准

BD 410002A-2022

替代BD 410002-2015

北斗/全球卫星导航系统（GNSS）接收机 差分数据格式（一）

BeiDou/Global Navigation Satellite System (GNSS) receiver
differential data format (I)



2022-08-01 发布

2022-09-01 实施

中国卫星导航系统管理办公室 批准

目 次

前言.....	I
引言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语、定义和缩略语.....	1
3.1 术语和定义.....	1
3.2 缩略语.....	3
4 电文内容和数据格式.....	5
4.1 概述.....	5
4.2 通用电文格式.....	5
4.2.1 通用格式.....	5
4.2.2 标准电文头.....	6
4.2.3 电文类型.....	8
4.3 电文内容及格式.....	10
4.3.1 电文类型 1—差分 GPS 改正数.....	10
4.3.2 电文类型 2—DELTA 差分 GPS 改正数.....	13
4.3.3 电文类型 3—GNSS 参考站参数.....	13
4.3.4 电文类型 4—参考站坐标基准.....	13
4.3.5 电文类型 5—GPS 星座健康状态.....	15
4.3.6 电文类型 6—GNSS 空帧.....	16
4.3.7 电文类型 7—DGPS 信标台信息.....	16
4.3.8 电文类型 8—伪卫星参数.....	18
4.3.9 电文类型 9—GPS 部分改正数.....	18
4.3.10 电文类型 10—P 码差分改正数.....	18
4.3.11 电文类型 11—L1 与 L2 的 C/A 码差值.....	19
4.3.12 电文类型 12—伪卫星参考站参数.....	19
4.3.13 电文类型 13—地面发射台参数.....	19
4.3.14 电文类型 14—GPS 周时.....	19
4.3.15 电文类型 15—电离层延迟参数.....	19

4.3.16	电文类型 16—GPS 特殊信息	21
4.3.17	电文类型 17—GPS 星历	21
4.3.18	动态高精度电文	22
4.3.19	电文类型 18—RTK 未改正的载波相位观测值	23
4.3.20	电文类型 19—RTK 未改正的伪距观测值	23
4.3.21	电文类型 20—RTK 载波相位改正数	23
4.3.22	电文类型 21—RTK 高精度伪距改正数	23
4.3.23	电文类型 22—参考站附加信息	23
4.3.24	电文类型 23—参考站天线类型信息	25
4.3.25	电文类型 24—参考站天线参考点参数	26
4.3.26	电文类型 25~26	28
4.3.27	电文类型 27—DGNS 信标台扩充信息	28
4.3.28	电文类型 28~30	31
4.3.29	电文类型 31—差分 GLONASS 改正数	31
4.3.30	电文类型 32—GLONASS 参考站参数	31
4.3.31	电文类型 33—GLONASS 星座健康状态	32
4.3.32	电文类型 34—GLONASS 部分改正数或空帧	33
4.3.33	电文类型 35—GLONASS 信标台信息	33
4.3.34	电文类型 36—GLONASS 特殊信息	35
4.3.35	电文类型 37—GNSS 时间偏差	36
4.3.36	电文类型 38 到 40	37
4.3.37	电文类型 41—通用 GNSS 差分改正数	37
4.3.38	电文类型 42—通用 GNSS 部分改正数 (N>1)	45
4.3.39	电文类型 42—GNSS 空帧 (N=1)	45
4.3.40	电文类型 43—通用 GNSS 卫星信号健康状态	46
4.3.41	电文类型 44—通用 GNSS 信息	47
4.3.42	电文类型 45—Galileo 完整性数据	47
4.3.43	电文类型 46—BDS 星历	47
4.3.44	电文类型 47—B-CNAV 星历电文	50
4.3.45	电文类型 48~57	50
4.3.46	电文类型 58—紧急报警	50
4.3.47	电文类型 59—专用电文	50
4.3.48	电文类型 60~63—多用途电文	50

5	GNSS 接收机与数据链设备接口.....	50
5.1	总则.....	50
5.2	GNSS 接收机与数据链收/发设备的接口.....	51
5.3	接口原则.....	51
5.3.1	概述.....	51
5.3.2	字节格式规则.....	51
5.3.3	最高有效位优先规则.....	51
5.3.4	比特滑动规则.....	52
5.3.5	终端设备规则.....	52
5.3.6	完整电文解码规则.....	52
5.4	设备选项.....	52
5.5	接口实例.....	52
5.5.1	数据流控制方法.....	52
5.5.2	无线电信标台 MSK 数据链.....	53
6	DGNSS 应用.....	53
6.1	应用领域.....	53
6.2	常见的 DGNSS 系统.....	53
附录 A	(规范性附录) 差分电文的校验算法.....	54
附录 B	(资料性附录) DGPS 参考站的基准选择.....	56
附录 C	(资料性附录) 载波相位观测值及其改正数的数据质量.....	58
附录 D	(资料性附录) 伪距观测值及其改正数的数据质量和多路径误差因子.....	60
附录 E	(资料性附录) 差分系统中的载波相位改正数.....	62
附录 F	(资料性附录) RTK 系统的实现要点.....	64
附录 G	(资料性附录) 俄罗斯字母表示法.....	67
附录 H	(资料性附录) PZ-90 和 WGS84 坐标系转换.....	68
附录 I	(资料性附录) DGNSS 设备配置及其设计要求.....	69
附录 J	(资料性附录) DGNSS 的用户需求与应用.....	77
附录 K	(资料性附录) 国际上常用基于无线电导航的 DGNSS 系统.....	82
附录 L	(资料性附录) 向前兼容电文类型.....	85
	参考文献.....	101

BD 410002A-2022

前 言

本标准代替 BD 410002-2015 《北斗/全球卫星导航系统 (GNSS) 接收机差分数据格式 (一)》，与 BD 410002-2015 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了与 BDS 的 B1C、B2a、B2b、B3I 信号相关的 ICD 等规范性引用文件（见第 2 章）；
- b) 在规范性引用文件中用 BDS-SIS-ICD 2.1 取代了 BDS-SIS-ICD 2.0（见第 2 章）
- c) 增加了与 BDS B1C、B2a、B2b 信号相关的 ICD 等规范性引用文件（见第 2 章）；
- d) 增加了对 GB/T 39267-2020 的引用（见第 3 章）；
- e) 增加了附录 L，将部分被删除的电文类型的格式说明内容在附录 L 中给出；
- f) 更新了电文类型的状态（见 4.2.3 的表 3）、DGNSS 参数的范围和说明（见 4.3.4.1）；
- g) 更新了动态高精度电文（RTK 电文）的格式及说明内容（见 4.3.18）；
- h) 更新了表 46-GNSS 信号 ID 中与 BDS 信号 ID 有关的内容（见 4.3.37.2）；
- i) 更新了表 48-卫星位置计算资源中与 BDS 有关的内容（见表 4.3.37.3）
- j) 更新了 BDS 星历电文（见 4.3.43）；
- k) 删除了电文类型 44-通用 GNSS 信息（见 4.2.3）；
- l) 删除了电文类型 2 的定义（见 4.2.3）；
- m) 删除了电文类型 8 的定义（见 2015 版 4.3.8）；
- n) 删除了电文类型 13 的定义（见 2015 版 4.3.13）；
- o) 删除了电文类型 18 的定义和内容说明（见 2015 版 4.3.19）；
- p) 删除了电文类型 19 的定义和内容说明（见 2015 版 4.3.20）；
- q) 删除了电文类型 20 的定义和内容说明（见 2015 版 4.3.21）；
- r) 删除了电文类型 21 的定义和内容说明（见 2015 版 4.3.22）；
- s) 删除了电文类型 31 的定义和内容说明（见 2015 版 4.3.31）。

本标准由中国卫星导航系统管理办公室提出。

本标准由全国北斗卫星导航标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：武汉大学、武汉理工大学、武汉导航与位置服务工业技术研究院有限责任公司、中国地质大学（武汉）、浙江时空道宇科技有限公司、上海司南卫星导航技术股份有限公司、千寻位置网络有限公司、中国航天标准化研究所、国网思极神往位置服务（北京）有限公司。

BD 410002A-2022

本标准主要起草人：刘晖、钱闯、王怡欣、温景仁、李作虎、徐欣彤、鲍焯青、刘峻宁、姜卫平、刘莹、周斌、张一、王立端、唐健、周玉霞、董浩。

本文及其所代替文件的历次版本发布的情况为：

——2015年首次发布为BD410002-2015；

——本次为第一次修订。

引 言

为了实现接收机差分数据的统一交换和处理，根据 GNSS 接收机应用需求，结合我国北斗实际应用情况，特制定本标准。

本标准参考了国际海事无线电技术委员会（Radio Technical Commission for Maritime Services, RTCM）制定的差分全球导航系统服务标准，对部分电文或字段进行了扩充，以支持北斗卫星导航系统(BeiDou Navigation Satellite System, BDS)。本标准在 RTCM 10402.4（2013-7-30）的基础上，增加了 BDS 星历电文和通用电文组可适用于陆地、水上等高精度差分应用中的 GNSS 接收机设计、研制和使用。

北斗/全球卫星导航系统（GNSS）接收机差分数据格式（一）

1 范围

本标准规定了全球卫星导航系统（GNSS）接收机差分数据的内容和格式。

本标准适用于陆地及水上差分应用中GNSS接收机设计、研制和使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 39267-2020 北斗卫星导航术语

BDS-SIS-ICD-2.1 北斗卫星导航系统空间信号接口文件-公开服务信号2.1版

BDS-SIS-ICD-B1I-3.0 北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件 B1I 3.0 版

BDS-SIS-ICD-B1C-1.0 北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件 B1C 1.0 版

BDS-SIS-ICD-B2a-1.0 北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件 B2a 1.0 版

BDS-SIS-ICD-B2b-1.0 北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件 B2b 1.0 版

BDS-SIS-ICD-B3I-1.0 北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件 B3I 1.0 版

GPS-SPS-SS-2.0 全球定位系统标准定位服务信号标准（版本 2）（Global positioning system standard positioning service signal specification 2nd edition）

IS-GPS-200H （美国）全球定位系统接口控制文件（Global positioning system directorate system engineering & intergration interface specification-navstar GPS space segment/navigation user interfaces）

GLONASS-ICD-5.1 （俄罗斯）全球导航卫星系统GLONASS接口控制文件（Global navigation satellite system GLONASS interface control document navigational radiosignal in bands L1,L2 edition 5.1）

IS-QZSS-1.6 （日本）天顶星系统导航服务接口规范（Quasi zenith satellite system navigation service interface specification for QZSS v1.6 draft）2014-9

OS-SIS-ICD-1.1 欧洲 GNSS（Galileo）开放服务空间信号接口控制文件（European GNSS open service signal in space interface control document issue 1.1）

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

GB/T 39267-2020 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

电离层延迟 Ionospheric Delay

导航卫星信号通过电离层时，由于电离层折射引起的传播速度变化及传播路径完全而产生的附加延迟。

3.1.2

对流层延迟 Tropospheric Delay

无线电信号经过地球大气中的对流层时,由于对流层折射引起的传播速度变化及传播路径完全而产生的附加时延。

3.1.3

广播星历误差 Broadcast Ephemeris Error

广播星历计算得到的导航卫星位置相对于实际卫星位置的差值。

3.1.4

卫星钟误差 Satellite Clock Error

又称为卫星钟差。卫星的钟面时与卫星导航系统的系统时间之间的差值。

3.1.5

差分定位 Differential Positioning

通过对观测量或位置等做差以改进无线电导航系统定位精度的技术。在已知点上设置卫星导航基准接收机,根据由此获得的卫星导航观测值或误差修正量,实时或事后提供给差分用户设备,使用户设备接收并利用修正量以提高其定位精度。

3.1.6

参考站 Reference Station

又称为差分参考站,也称为基准站(base station)。一般由GNSS接收机、天线、电源和通信设备等组成。参考站天线需要安置在已知位置上,在一定时间内连续观测、记录卫星信号,用于提供观测值改正值、原始观测值或其它信息,是差分技术中重要的组成部分。

3.1.7

流动站 Rover Station

又称为差分流动站或用户站,一般由GNSS接收机、天线、通信设备、电源、电子手簿等组成。流动站是用户作业使用的主要设备,用于接收来自参考站(或系统的)改正数据、原始数据等并进行定位计算。

3.1.8

伪距差分 GNSS Pseudorange Differential GNSS

又称为码差分(Code differential)。在差分参考站GNSS接收机产生各可见卫星的伪距改正值及其变化率,并发送给流动站,以此提高流动站(用户)定位精度的方法。

3.1.9

载波相位差分 GNSS Carrier Phase Differential GNSS

对两台(或多台)GNSS接收机观测到的同一组卫星信号(包括载波相位和码伪距的观测量)进行双差及其他处理,从而得到厘米甚至毫米级相对位置精度的技术方法。

3.1.10

实时动态测量 Real-Time Kinematic Survey ; RTK

又称为常规 RTK。在差分参考站 GNSS 接收机和流动站 GNSS 接收机之间建立实时数据链路，实时进行载波相位差分处理，通过载波相位模糊度的快速解算技术实现高精度动态实时相对定位的技术方法。

3.1.11

局域差分 Local Area Differential GNSS

在较小区域内提高 GNSS 定位性能的一种技术。该技术通过一个或多个参考站观测值为局域用户进行的差分定位。

3.1.12

广域差分 Wide Area Differential GNSS

是在较大区域内通过误差修正等手段提高 GNSS 定位性能的一种技术。利用布设在较大区域内的多个 GNSS 参考站，监测视野内的 GNSS 卫星，通过集中数据处理，分类获得误差改正参数和完好性信息，并发送给用户，使用户获得较高定位性能。误差改正参数通常包括星历误差改正、卫星钟误差改正和电离层延迟改正参数等。

3.1.13

星基增强系统 Satellite-Based Augmentation System (SBAS)

利用卫星播发差分修正、完好性信息及其它信息，在大范围内提高卫星导航用户精度及其它性能的增强系统。

3.1.14

网络实时动态定位 Network Real-Time Kinematic Positioning

由数据处理中心对覆盖在一定范围内多个参考站的同步观测数据进行处理，生成差分数据并播发，该区域内的流动站接收卫星信号和差分信号，实现实时动态定位（RTK）的技术。

3.1.15

连续运行参考站系统 Continuously Operating Reference System

由分布于不同区域的安装有 GNSS 接收机等设备的参考站、通信系统、数据处理中心等构成的地理空间信息基础设施。可连续跟踪接收卫星信号，汇总原始观测数据，处理得到卫星轨道、钟差、载波相位改正值、伪距改正值等各类数据产品的系统。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ANSI——American National Standards Institute，美国国家标准协会；

AODC——Age Of Data Clock，时钟数据龄期；

AODE——Age Of Data Ephemeris，星历数据龄期；

- ARP—Antenna Reference Point, 天线参考点;
- ASCII—American Standard Code for Information Interchange, 美国信息交换标准代码;
- BDCS—BeiDou Coordinate System, 北斗坐标系统;
- BDS—BeiDou Navigation Satellite System, 北斗卫星导航系统;
- BDT—BeiDou System Time, 北斗时;
- CGCS2000—China Geodesy Coordinate System 2000, 2000 国家大地坐标系;
- CTS—Clear to Send, 清除发送;
- DCE—Data Communication Equipment, 数据通信设备;
- DGNSS—Differential GNSS, 差分 GNSS;
- DME—Distance Measuring Equipment, 距离测量设备;
- DTE—Data Terminal Equipment, 数据终端设备;
- ECEF—Earth Centered Earth Fixed, 地心地固坐标系;
- EGNOS—European Global Navigation Overlay System, 欧洲增强系统;
- EIA—Electronic Industries Alliance, (美国) 电子工业协会;
- FEC—Forward Error Correcting, 前向纠错;
- GNSS—Global Navigation Satellites System, 全球卫星导航系统;
- HDOP—Horizontal Dilution of Precision, 水平位置精度因子;
- IALA—International Association of marine aids to navigation and Lighthouse Authorities, 国际灯塔导航协会;
- IGS—International GNSS Service, 国际 GNSS 服务局;
- IOD—Issue of Data, 数据龄期;
- IODC—Issue of Data Clock, 钟差数据期号;
- LSB—Least Significant Bit, 最低有效位;
- MSB—Most Significant Bit, 最高有效位;
- MSK—Minimum Shift Keying, 最小频移键控;
- OTF—On the Fly, 运动中初始化;
- PPS—Precise Positioning Service, 精密定位服务;
- PRC—Pseudo Range Corrections, 伪距改正数;
- RDF—Radio Direction Finder, 无线电测向仪;
- RRC—Range-Rate Corrections, 距离变化率改正数;
- RSIM—RTCM GPS Reference Stations and Integrity Monitors, 差分参考站完好性监测标准;
- RTCM—Radio Technical Commission for Maritime services, 海事无线电技术委员会;
- RTK—Real Time Kinematic, 实时动态定位;

RTS——Request to Send, 发送请求;
 SA——Selected Availability, 选择可用性;
 SPS——Standard Positioning Service, 标准定位服务;
 TACAN——TACTical Air Navigation, 塔康导航系统;
 TOW——Time of Week, 周时;
 UART——Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, 通用异步收发器;
 UDRE——User Differential Range Error, 用户差分距离误差;
 VOR——VHF Omni-directional Range, VHF 全向测距;
 WAAS——Wide Area Augmentation System, 广域增强系统。

4 电文内容和数据格式

4.1 概述

本章规定了用于改正差分参考站和流动站（用户）各种误差的数据格式和内容。误差包括：

- a) 卫星星历预报误差;
- b) 卫星钟预报误差;
- c) 电离层延迟误差;
- d) 参考站的对流层延迟误差;
- e) 由 SA 技术人为引起的误差（仅对于 GPS);
- f) 差分对流层延迟误差;
- g) 参考站钟差。

注：用户距离参考站较近的条件下， a)、b)、c)、d)、e)、f)项是用户和参考站的公共误差；距离增长时， a)、c)、d)、e)、f)项的公共部分将减少。g)项影响用户绝对时间的确定。

本章还规定了历书和卫星健康数据的数据格式和内容。

用于 DGNS 的数据统称为差分数据。差分数据被编码为多种类型的电文，统称为差分电文，每种类型的电文具有唯一的识别符，标识符范围从 1 到 64。

本章规定的电文编码和校验方法与 GPS 卫星导航电文的字长度、字格式、校验算法等相近，差异在于：GPS 导航电文子帧长度固定，差分电文帧长度可变。

SA 关闭的情况下，最小数据率主要由电离层变化率、数据链可靠性和捕获 DGNS 服务的时间共同确定。在通信信道许可的条件下，可提高电文的数据率和重复率。

4.2 通用电文格式

4.2.1 通用格式

差分电文由若干帧电文组成，每帧电文包括 2 个字的标准电文头，N 个字的数据（N 的取值范围从 0 到 31），总长度为 N+2。每个电文字长度均为 30bit，电文字的最后 6bit 是校验区，校验算法与 GPS 卫星导航电文的校验算法相同，见附录 A。

每帧电文中最多可包含 N=31 个 30bit 字的数据，全长共 33 个电文字。

不同类型的电文 N 值不同，同类电文的 N 值也有可能不同。电文类型 6，34 和 42 在没有数据时为
空电文，仅由 2 个 30bit 字的电文头组成，其 N=0。

4.2.2 标准电文头

4.2.2.1 电文头格式

每帧电文的第 1 个和第 2 个字包含信息有：前缀、电文类型等建立帧同步所需的信息，以及参考站
信息、参考时间和健康状态等信息，电文头格式见图 1，说明见表 1。

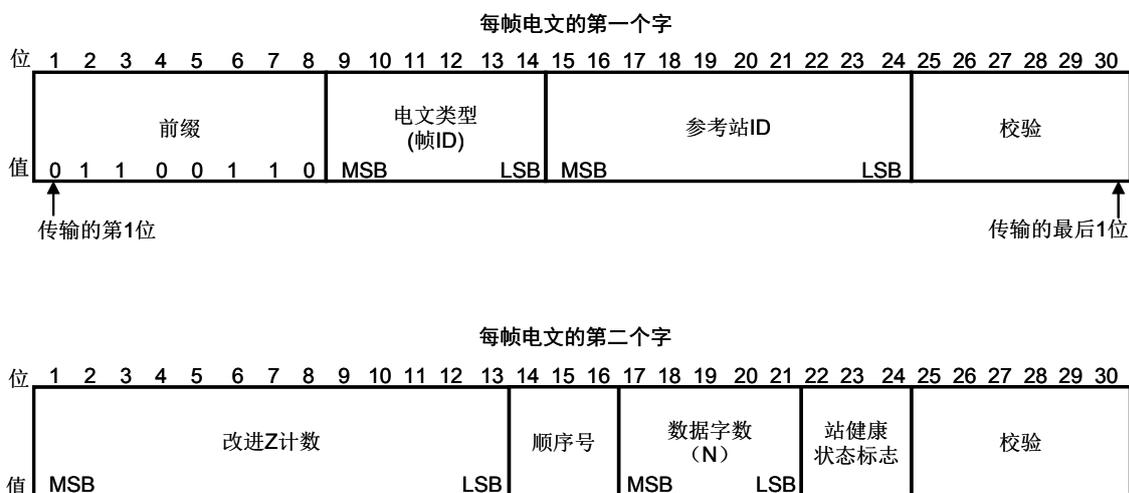


图 1 电文头格式

4.2.2.2 前缀

每帧电文均以二进制的“01100110”为前缀，后面紧跟 6bits 的电文类型（帧 ID）和 10bit 的参考
站 ID。电文帧同步应由用户按类似 GPS 卫星导航电文帧同步的方法完成。

4.2.2.3 电文类型（帧 ID）

电文类型（帧 ID）表示本帧电文的电文类型号，范围为 1~64，电文类型及说明见 4.2.3。

表 1 每帧电文第 1 个和第 2 个字的内容

字	内容	比特数	比例因子 及单位	范围及说明
1	前缀	8	—	—
	电文类型（帧 ID）	6	1	1~64 ^a
	参考站 ID	10	1	0~1023
	校验	6	—	见 4.2.2.9
2	改进 Z 计数	13	0.6s	0s~3599.4s
	顺序号	3	1	0~7
	数据字数 (N)	5	1 个字	0~31 个字
	参考站健康状态标志	3	—	8 种状态，见 4.2.2.8
	校验	6	—	见 4.2.2.9

^a二进制 000000 表示 64。

4.2.2.4 参考站 ID

参考站 ID 是由参考站设置的 0~1023 数字，用于识别参考站。

4.2.2.5 改进 Z 计数

改进 Z 计数的比例因子是 0.6s，取值范围为 0h~1h，且以 GPS、GLONASS 或 BDS 时间为参考，而非 UTC。

对于非伪卫星电文，改进 Z 计数表示电文参数的参考时刻。

对于伪卫星电文，改进 Z 计数不仅表示电文参数的参考时刻，也是下一帧电文（以前缀开始）的开始时刻，在无伪卫星传输时，改进 Z 计数仅作为电文参数参考时间。

4.2.2.6 顺序号

顺序号是一个递增的数字，范围 0~7，每帧电文的顺序数递增，到达最大数字（7）后归零。

4.2.2.7 数据字数

电文中包含的 30bit 数据字数（即 N 值），电文帧长度比此数值 N 大 2。如果 N=0，说明电文头字后无内容。

4.2.2.8 参考站健康状态标志

参考站健康状态标志由 3bit 组成，定义见表 2。

参考站健康状态标志为“111”表示参考站未工作或工作不正常，“110”表示未进行参考站的广播监控，从“101”到“000”的 6 种状态代表用户差分距离误差（UDRE）的比例因子，用于计算电文类型 1、2、9、31、34 中 UDRE 值的计算。在电文类型 1、2、9、31、34 的 UDRE 值时，应使用表 6 给出的数值上限，并乘以表 2 给出的 UDRE 比例因子，见 4.3.1.5 和 4.3.29.5。

表 2 参考站健康状态标志

代码	说明
111 ₂	参考站未工作或工作不正常
110 ₂	未监控参考站的广播
101 ₂	UDRE 比例因子=0.10
100 ₂	UDRE 比例因子=0.20
011 ₂	UDRE 比例因子=0.30
010 ₂	UDRE 比例因子=0.50
001 ₂	UDRE 比例因子=0.75
000 ₂	UDRE 比例因子=1.00

注：仅指参考站的 GPS/GLONASS 或 BDS 部分，GPS/GLONASS、GPS/BDS 联合参考站的健康状态可能与本表不一致。

4.2.2.9 校验

差分电文每条 30bit 电文字的最后 6bit 是校验区，由参考站对差分数据编码后生成，用户在解码时应根据校验算法对差分电文进行错误探测，并使用通过错误探测的差分电文。差分电文的校验算法和校验流程见附录 A。

4.2.3 电文类型

差分电文可分为四种状态：固定（见注 1）、暂定（见注 2）、保留（见注 3）和未定义（见注 4）。最多可以有 63 种类型的电文，目前共定义了 44 种，说明见表 3，各类电文格式和内容见本章 4.3。

表 3 中标注为停用、即将停用的电文是由于 GNSS 接收机制造技术发展。

注 1：最终定义的，且在今后不会改变的电文称为固定类电文。

注 2：具有试验性质，格式暂不固定的电文称为暂定类电文。

注 3：预留的，用于特定用途的电文称为保留类电文。

注 4：未定义用途和内容及格式的电文称为未定义类。

表 3 差分电文类型说明

电文类型（帧 ID）	说明	状态
1	差分 GPS 改正数	固定
2 ^a	DELTA 差分 GPS 改正数	固定，淘汰
3	GNSS 参考站参数	固定
4	参考站坐标基准	固定
5	GPS 星座健康状态	固定
6	GNSS 空帧	固定
7 ^a	DGPS 信标台信息	固定，即将淘汰
8 ^a	伪卫星参数	暂定，淘汰
9	GPS 部分改正数	固定
10 ^a	P 码差分改正数	保留，淘汰
11 ^a	L1 与 L2C/A 码差值	保留，淘汰

表 3 差分电文类型说明（续）

电文类型（帧 ID）	说明	状态
12 ^a	伪卫星参考站参数	保留，淘汰
13 ^a	地面发射台参数	暂定，淘汰
14	GPS 周时	固定
15	电离层延迟参数	固定
16	GPS 特殊信息	固定
17	GPS 星历	固定
18	RTK 未改正的载波相位观测值	固定，淘汰
19	RTK 未改正的伪距观测值	固定，淘汰
20 ^a	RTK 载波相位改正数	固定，淘汰
21 ^a	RTK 高精度伪距改正数	固定，淘汰
22 ^a	参考站附加信息	固定，即将淘汰
23	参考站天线类型信息	固定
24	参考站天线参考点参数	固定
25~26	未定义	未定义
27	DGNSS 信标台扩充信息	固定
28~30	未定义	未定义
31 ^a	差分 GLONASS 改正数	暂定，淘汰
32 ^a	GLONASS 参考站参数	暂定，即将淘汰
33 ^a	GLONASS 星座健康状态	暂定，即将淘汰
34 ^a	GLONASS 局部改正数或空帧	暂定，淘汰
35 ^a	GLONASS 信标台信息	暂定，即将淘汰
36	GLONASS 特殊信息	固定
37	GNSS 时间偏差	固定
38~40	未定义	未定义
41	通用 GNSS 差分改正数	暂定
42	通用 GNSS 部分改正数	暂定
43	通用 GNSS 卫星信号健康状态	暂定
44	通用 GNSS 信息	保留
45	Galileo 完整性数据	保留
46	BDS 卫星星历	固定
47	BDS 特殊信息	固定
48~57	未定义	未定义
58	紧急报警信息	保留
59	专用电文	固定
60~63	多用途电文	保留

^a 表示这些电文在后续标准中即将停止使用或被其他电文取代，不建议再使用。

4.3 电文内容及格式

4.3.1 电文类型 1—差分 GPS 改正数

4.3.1.1 电文格式

电文类型 1 用于播发 GPS 伪距和距离变化率改正数，又称差分改正电文，其格式见图 2，内容见表 4。

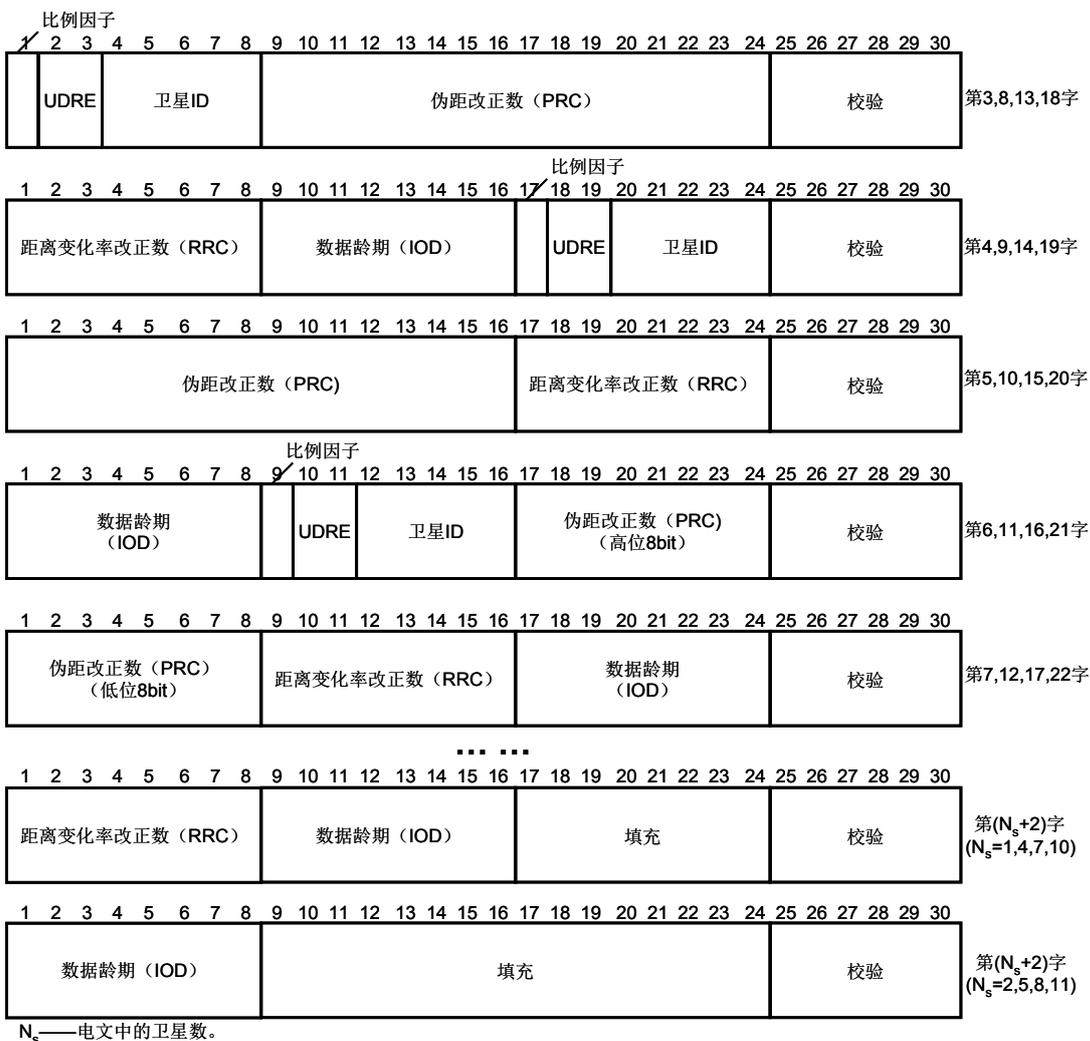


图 2 电文类型 1 的格式

4.3.1.2 伪距改正数 (PRC)

参考时刻 t_0 的伪距改正数 (PRC) (以下记为 $PRC(t_0)$) 是计算的几何距离与改正后的伪距观测值差值, t_0 为电文头中的改进 Z 计数 (见 4.2.2.5)。改正后的伪距观测值是原始伪距观测值消除以下影响后得到的:

- a) 以米为单位的接收机钟差;
- b) T_{GD} , 即卫星 L1 和 L2 信号的群延迟差;

- c) 以米为单位的卫星钟差；
d) 以米为单位的卫星相对论影响改正。

参考站在计算差分改正数时，应消除多路径对 $PRC(t_0)$ 的影响，但不应进行电离层和对流层延迟的模型改正。受数据龄期影响，伪距改正数 $PRC(t_0)$ 会逐渐产生偏差，因此参考站应及时频繁的更新发送该数据，用户也应及时接收并更新该数值。

表 4 电文类型 1 的内容

参数	比特数	比例因子和单位	范围及说明
比例因子	1	见表 5	2 种状态，见 4.3.1.4
用户差分距离误差 (UDRE)	2	见表 5	4 种状态，见 4.3.1.5
卫星 ID	5	1	1~32 ^a
伪距改正数 (PRC) ^b	16	0.02m 或 0.32m	(-655.34m~655.34m)或 (-10485.44m~10485.44m) ^c
距离变化率改正数 (RRC) ^b	8	0.002m/s 或 0.032m/s	(-0.254m/s~0.254m/s)或 (-4.064m/s~4.064m/s) ^d
数据期号 (IOD) ^e	8	—	—
总计	$40 \times N_s$	—	—
填充字段 ^e	$8 \times [N_s \bmod 3]$	bit	0, 8, 或 16
校验	$6 \times N$	—	见 4.2.2.9
注 1: N_s =电文中的卫星数。 注 2: N =电文中的数据字数，帧长度= $N+2$ 字。			
^a 全零 (00000) 表示 32 号卫星。			
^b 以二进制补码表示。			
^c 二进制数 (1000 0000 0000 0000) 表示故障，用户应立即停止使用此卫星。			
^d 二进制数 (1000 0000) 表示故障，用户应立即停止使用此电文。			
^e 若 N_s 不是 3 的整数倍，则最后数据电文字中会包含 8bit 或 16bit 的填充字段。			

4.3.1.3 距离变化率改正数 (RRC)

距离变化率改正数 (RRC) 用于对伪距改正数预报值进行改正，当伪距改正数老化时，使用 RRC 可延长其使用龄期。RRC 可用于改正用户的速度，但不能将 RRC 作为载波相位改正数使用。

4.3.1.4 比例因子

计算伪距改正数 $PRC(t_0)$ 和距离变化率改正数 RRC 时，应乘以由该比例因子确定的系数，见表 5。一般应选择较小的比例因子，以保证改正数有较高的精度，必要时也可用较大的比例因子以增加改正数的适用范围。

表 5 电文类型 1 和电文类型 2 中的比例因子

代码	数值	说明
0	0	伪距改正: 0.02m; 距离变化率改正: 0.002m/s
1	1	伪距改正: 0.32m; 距离变化率改正: 0.032m/s (参考表 4)

4.3.1.5 UDRE

UDRE 是用户差分距离误差，它是参考站伪距观测值误差的估计值 (1 倍中误差)，其中包含了多

路径、信噪比和其它误差项的影响，见表 6。

用户计算 UDRE 时应使用表 6 定义的上限，并乘以电文头中参考站健康状态标志中的 UDRE 比例因子（见表 2）。

表 6 电文类型 1 的用户差分距离误差（UDRE）

代码	十进制数值	UDRE 范围 m
00	0	≤1
01	1	>1 且 ≤4
10	2	>4 且 ≤8
11	3	>8

4.3.1.6 数据期号（IOD）

数据期号（IOD）用于确保用户和参考站使用同一组导航电文的轨道和时钟信息。由于参考站总是基于当前的导航电文计算差分改正数，因此用户进行计算时，应首先测试当前所用导航电文的 IOD 是否与电文类型 1 的 IOD 相同，如不同，应更新导航电文或从其他电文类型 1 获得正确的 IOD。

4.3.1.7 填充字段

电文类型 1 应包含参考站上所有可见的 Ns 颗卫星的改正数，由于每颗卫星的数据需要 40bit，并非 30bit 的整数倍，因此如果 Ns 不是 3 的倍数，则在每帧电文最后应加上 8bit 或 16bit 的填充字段，以达到 30bit 字的边界。

填充字段应由交替的 1 和 0 组成，以区别于电文头前缀（见 4.2.2.2）。

4.3.1.8 电文类型 1 的差分改正计算

在 GPS 时间 t 时，某颗卫星的伪距改正数 PRC(t)应按下式计算：

$$PRC(t)=PRC(t_0)+RRC \times (t-t_0) \dots \dots \dots (1)$$

式中：

- PRC(t)——用户在 t 时刻的伪距改正数，单位为米（m）；
- PRC(t₀)——电文类型 1 中的伪距改正数（PRC），单位为米（m）；
- RRC——电文类型 1 中的距离变化率改正数（RRC），单位为米每秒（m/s）；
- t——观测值的 GPS 时刻，单位为秒（s）；
- t₀——电文头中的改进 Z 计数，单位为秒（s）。

用户的伪距观测值 PRM(t)加上改正数后可得到改正后的伪距值，见下式：

$$PR(t)=PRM(t)+ PRC(t) \dots \dots \dots (2)$$

式中：

- PR(t)——改正后的伪距观测值，单位为米（m）。
- PRM(t)——用户在 t 时刻的伪距观测值，单位为米（m）；
- PRC(t)——用户在 t 时刻的伪距改正数，单位为米（m）；

式（1）和式（2）计算时应注意比例因子的使用，见表 5。对每颗卫星都按照式（1）和式（2）进

行计算，完成伪距改正处理后，即可进入后续的定位及导航计算。

4.3.2 电文类型 2—DELTA 差分 GPS 改正数

由于目前用户接收机基本都采用并行通道，卫星星历发生变化时，其差值在亚米级，因此这一电文不再使用。为保证向前兼容，本文本在附录 L 中给出。

4.3.3 电文类型 3—GNSS 参考站参数

4.3.3.1 电文格式

电文类型 3 以厘米级的精度给出了 GPS 参考站天线相位中心的 ECEF 坐标，若需要使用天线相位中心改正达到更高的精度要求，可以使用电文类型 24 代替类型 3。其格式见图 3，内容见表 7。

4.3.3.2 坐标基准

若使用区域坐标参考框架，需保证在服务区域定位误差在限差要求范围内。

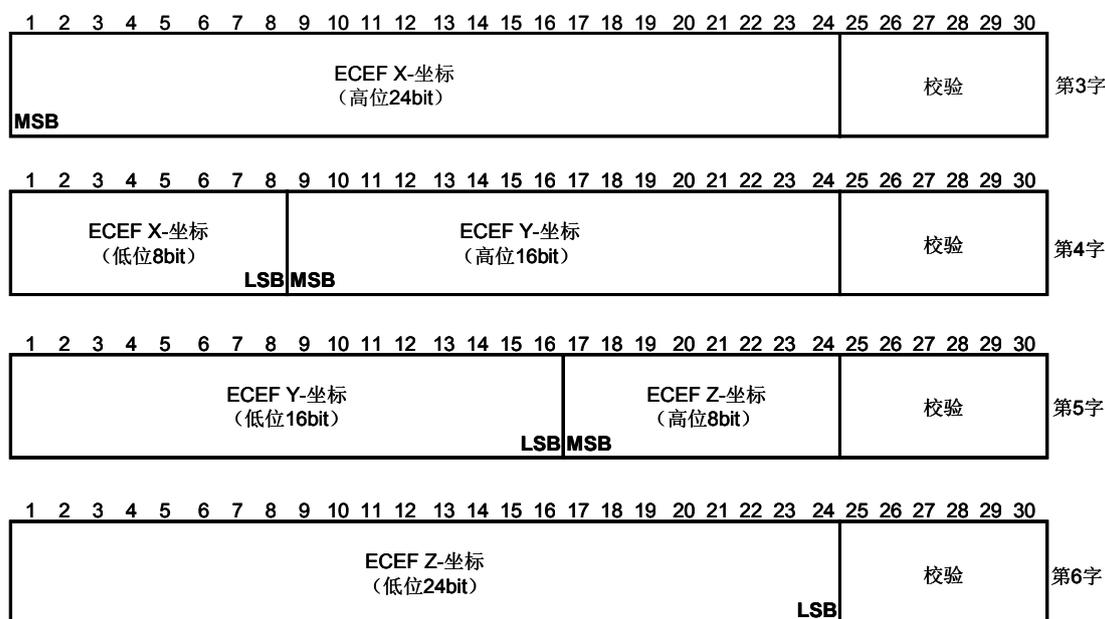


图 3 电文类型 3 的格式

表 7 电文类型 3 的内容

参数	比特数	比例因子和单位	范围
ECEF X-坐标	32	0.01m	(-21474836.47m~21474836.47m) ^a
ECEF Y-坐标	32	0.01m	(-21474836.47m~21474836.47m) ^a
ECEF Z-坐标	32	0.01m	(-21474836.47m~21474836.47m) ^a
校验	24	—	见 4.2.2.9

^a 以二进制补码方式表示。

4.3.4 电文类型 4—参考站坐标基准

4.3.4.1 电文格式

电文类型 4 包含以 ASCII 码表示的参考站坐标基准名称，并提供其与 GNSS ITRF 参考框架的偏差

值。该电文通常与电文类型 3 或 32 联合使用。电文类型 4 的格式见图 4，内容见表 8。

表 8 电文类型 4 的内容

参数	比特数	比例因子和单位	范围及说明
DGNSS	3	1	000=GPS 001=GLONASS 010~111 = Reserved
DAT	1	1	0=本地基准 1=全球基准
保留	4	—	ASCII 码字符
基准名字符 #1	8	—	ASCII 码字符
基准名字符 #2	8	—	ASCII 码字符
基准名字符 #3	8	—	ASCII 码字符
基准名字符#1	8	—	ASCII 码字符
基准名字符#2	8	—	ASCII 码字符
参考站坐标偏移量 DX ^a	16	0.1m	-3276.7m~3276.7m
参考站坐标偏移量 DY ^a	16	0.1m	-3276.7m~3276.7m
参考站坐标偏移量 DZ ^a	16	0.1m	-3276.7m~3276.7m
校验	24	—	见 4.2.2.9

^a 以二进制补码方式表示。

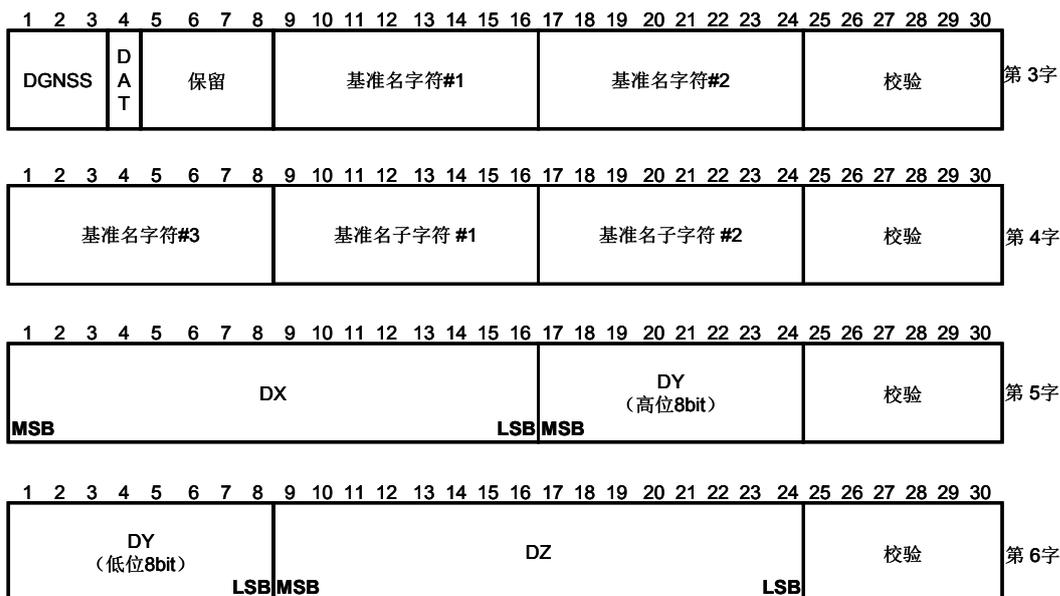


图 4 电文类型 4 的格式

4.3.4.2 DGNSS

表示参考站所用的卫星系统。

4.3.4.3 DAT

表示参考站的基准类型，“0”为本地基准，“1”为全球基准。

4.3.4.4 基准名字符 #1、#2 和 #3

三个 ASCII 码的字符，表示参考站的基准代码，该代码可在国际海道测量局出版物 S-60 中查得。如果基准代码未知，应三个空字符填充。用户自定义基准表示为“999”。

4.3.4.5 基准名字字符#1和#2

两个 ASCII 码字符，第一个字符应为“-”，第二个字符由美国国家制图局出版的技术报告 DMA TR8350.2 给出。如果基准名字字符未知，应适用两个空字符表示。

4.3.4.6 参考站坐标偏移量 DX、DY 和 DZ

DX、DY、DZ 三个参数给出了参考站相对于 ECEF 的坐标偏移量。

当 DAT=0 时，应在参考站坐标上加上参考站坐标偏移量 DX、DY 和 DZ，修正到 GNSS 系统坐标框架下。但由于两个基准的差异不仅是偏移，在坐标轴方向还有微小的旋转角存在，因此在使用本地基准时，若用户与参考站的距离过长，则用户定位精度会有所降低。关于 DGPS 坐标基准的使用见附录 B。

当参考站采用全球坐标参考框架时，则 DAT=1 且 DX=DY=DZ=0。

4.3.5 电文类型 5—GPS 星座健康状态

4.3.5.1 电文格式

电文类型 5 又称为卫星健康状态电文，包含参考站所见卫星的工作状态，以及即将进入参考站视野内卫星的估计状态等信息。电文类型 5 的格式见图 5，内容见表 9。

表 9 电文类型 5 的内容

参数	比特数	说明
保留	1	保留位，为编号超过 32 的 GPS 卫星使用
卫星 ID	5	范围为 1~32 ^a
IOD 链	1	0=本电文参考时间是电文类型 1、9 中的 IOD 时刻；由于电文类型 2 停用，因此其中总为 0。
数据健康	3	卫星健康状态信息，见 4.3.5.2
C/No	5	卫星信号信噪比，比例因子是 1dBHz，范围是 25dBHz~55dBHz，第 15 位是 LSB。00000=未跟踪此卫星；00001=25dBHz；11111=55dBHz
健康使能	1	0=用户应根据卫星导航电文中的健康状态进行使用 1=用户可忽略该卫星导航电文中的健康状态，强制使用该卫星数据
新导航数据	1	0=参考站未获取新的导航电文 1=参考站正在获取该卫星新的导航电文，不久将更新电文类型 1 或 9 中的 IOD 值
卫星丢失警告	1	0=卫星状态无变化 1=某段时间后卫星状态将从健康改为非健康，紧接的 4bit 给出此段时间长度
到非健康状态的时间	4	表示到卫星状态发生改变的预计时间长度，比例因子是 5min，范围从 0min~75min，第 22 位是 LSB。0000=卫星状态马上要变为非健康；1111=卫星状态将在 75min 后改变为非健康
保留	2	保留
总计	40×N _s	
校验	6	见 4.2.2.9

注 1：N_s=电文中的卫星数。
^a全零（00000）表示第 32 号卫星。

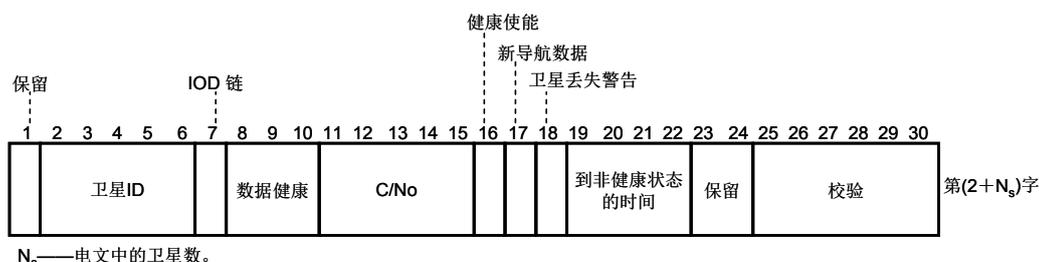


图 5 电文类型 5 的格式

4.3.5.2 数据健康状态

表示卫星的工作状态，见表 10。卫星工作状态的更多信息见 GPS-SPS-SS-2.0 中的 2.4.5.3。

表 10 电文类型 5 的数据健康状态

代码	说明
000	所有数据正常
001	卫星导航电文校验错误
010	卫星导航电文中的遥测字 (TLM) / 交接字 (HOW) 格式错误，即导航电文前缀不正确
011	卫星导航电文中 HOW 字的 Z 计数错误，Z 计数未反映实际的码相位
100	卫星导航电文子帧 1、2 和 3 中发生错误
101	卫星导航电文子帧 4 和 5 中发生错误
110	上载数据发生错误
111	数据错误，即某个或多个子帧中的 TLM 和/或 HOW，以及其它部分发生错误

4.3.5.3 电文类型 5 的播发

每帧电文可包含一颗或多颗卫星健康信息，也可包含参考站不可见的卫星健康信息，其播发频率可根据需要由参考站自行设定。

4.3.6 电文类型 6—GNSS 空帧

4.3.6.1 电文格式

电文类型 6 不包含参数，仅包含标准电文头和 0 或 1 个数据字 (N=0 或 1)。N 的取值取决于电文同步过程中所需电文字数的奇偶性。若 N=1，则电文中数据字的 24bit 用交替的 1 和 0 填充。

4.3.6.2 电文类型 6 的播发

在以下情况下可使用电文类型 6：在较低通信速率，需要电文进行填充时；当参考站处于非工作状态时，广播参考站信息，使用户建立并保持对后续电文的同步。

4.3.7 电文类型 7—DGPS 信标台信息

电文类型 7 即将淘汰，将被电文类型 27 取代。

4.3.7.1 电文格式

电文类型 7 提供 DGPS 信标台的位置、频率、服务范围、健康状态和识别符等信息，又称 DGPS 信标台历书电文。电文中采用广播站 ID 进行信标台的识别。电文类型 7 的格式见图 6，内容见表 11。

表 11 电文类型 7 的内容

参数	比特数	比例因子和单位	范围及说明
位置数据-经度	16	0.002747°	(-90°~90°) ^{a,b}
位置数据-纬度	16	0.005493°	(-180°~180°) ^{a,b}
信标台范围	10	1km	0km~1023km
广播频率	12	100Hz	190kHz~599.5kHz
信标台状态	2	—	00=正常工作 01=未进行完好性监测 10=状态未知 11=不可使用
广播站 ID	10	1	0~1023

表 11 电文类型 7 的内容 (续)

参数	比特数	比例因子和单位	范围及说明
比特率	3	1bps	000=25bps; 001=50bps; 010=100bps; 011=110bps; 100=150bps; 101=200bps; 110=250bps; 111=300bps
调制方式 (MOD)	1	—	0=MSK; 1=FSK
同步方式 (SYNC)	1	—	0=异步; 1=同步
广播编码 (CODE)	1	—	0=未编码; 1=FEC 编码
总共	$N_b \times 72$		
校验	$N \times 6$		见 4.2.2.9
注 1: N_b = 电文中信标台的数量。			
注 2: N = 电文中的数据字数, 帧长度 = $N+2$ 字。			
^a “+”表示北纬或东经, “-”表示南纬或西经。			
^b 以二进制补码表示。			

每个信标台共三个电文字

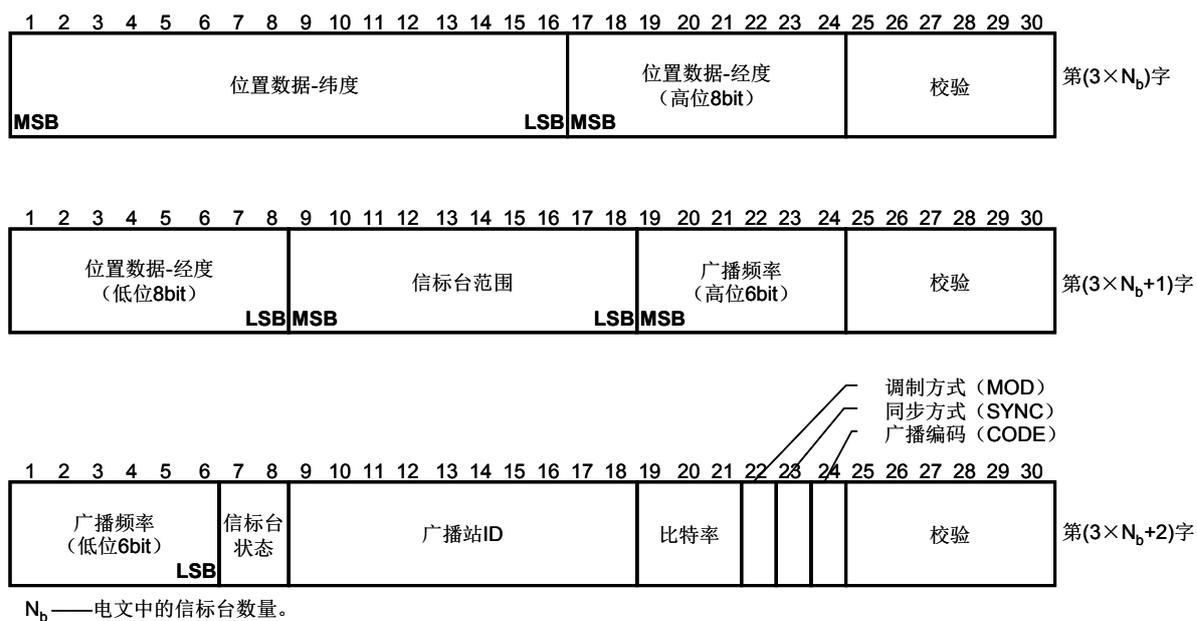


图 6 电文类型 7 的格式

4.3.7.2 位置数据-纬度和经度

电文类型 7 以二进制补码方式提供信标台的纬度和经度信息, 分辨率在纬度方向约 0.3km, 经度方向约 0.6km。用户用此数据可确定距离最近的信标台站。

4.3.7.3 信标台范围

信标台可用的服务范围, 由信标台自行设定。

4.3.7.4 广播频率

信标台数据广播的工作频率, 应符合国际航海、航空等组织的有关规定。

4.3.7.5 信标台状态

表示信标台的健康状态，共四种：“正常工作”、“未进行完好性监测”、“状态未知”和“不可使用”，用户根据此状态决定是否采用该信标台数据。

4.3.7.6 广播站 ID

由 IALA 分配的号码，范围从 0 到 1023。

注：IALA 为全球信标台分配唯一的广播站 ID，可从 IALA 网站 www.IALA-AISM.ORG 查询得到。

4.3.7.7 调制方式 (MOD) 和同步方式 (SYNC)

提供信标台数据广播时所用的调制方式和同步方式，用户根据此信息进行数据解码操作。

4.3.7.8 广播编码 (CODE)

表示信标台数据广播是否采用了 FEC 纠错编码。

4.3.7.9 电文类型 7 的播发

电文类型 7 播发的频率不宜太高，在航海应用中一般是每 10min 更新 1 组电文。但若信标台健康状况发生变化，则应立刻发送本电文。

为在电文类型 7 及时反映其它信标台信息，一般需要信标台联网以同步更新所有数据。

4.3.8 电文类型 8—伪卫星参数

由于该电文从未被使用过，因此该已被淘汰。为保证向前兼容，本文本在附录 L 中给出。

4.3.9 电文类型 9—GPS 部分改正数

4.3.9.1 电文格式

电文类型 9 用于播发部分卫星组的伪距改正数和距离变化率改正数，其内容和格式与电文类型 1 相同，见 4.3.1。

与电文类型 1 不同的是，电文类型 9 仅包含首选卫星组的改正数据，并不是参考站上所有可见卫星的改正数据，对参考站时钟的稳定度要求较高。

采用电文类型 9 的优点在于：数据延迟小于电文类型 1；具有更高的抗噪性，并允许更快的重新同步；对数据链的传输速度要求较低，可在信标台等低速数据链上使用，两组电文数据延迟的比较见表 12。

表 12 电文类型 1 和电文类型 9 的数据延迟比较

卫星数	电文类型 1 的数据最大延迟 s	电文类型 9 的数据最大延迟 s
4	5.4	5.4
6	7.2	6.3
8	9.6	8.1
9	10.2	8.4

注：表中数值是在通信速率为 100bps 时测得的。

4.3.10 电文类型 10—P 码差分改正数

预留的用于 P 码改正数广播的电文，格式和内容待定，电文类型 10 已停用。值得指出的是在 RTCM

3 版本的标准中已经被定义，具有效率更高的优势，建议在 RTK 应用程序中使用 RTCM 3 版本。

4.3.11 电文类型 11—L1 与 L2 的 C/A 码差值

电文类型 11 是预留的用于 L2C/A 码改正数广播的电文，由于该电文尚未被使用过，因此已经被淘汰。如果需要对 L2C 进行改正，可以通过电文类型 41 获得 L2C 改正数信息。

4.3.12 电文类型 12—伪卫星参考站参数

电文类型 12 是预留的用于伪卫星参考站信息广播的电文，由于该电文尚未被使用过，其格式和内容也未定义，因此已经被淘汰。

4.3.13 电文类型 13—地面发射台参数

电文类型 13 标识了发送差分数据的发射台的位置和预计作用范围，由于其从未被使用过，因此已经被淘汰。为保证向前兼容，本文本在附录 L 中给出。

4.3.14 电文类型 14—GPS 周时

该电文未来经扩展后，可包含 GNSS 时间系统间的转换信息。

4.3.14.1 电文格式

电文类型 14 用于恢复 GPS 时间信息，又称为时间标记电文，内容见表 13。

表 13 电文类型 14 的内容

参数	比特数	比例因子和单位	范围及说明
GPS 周	10	1week	0week~1024week
周内小时数	8	1h	0hour~167hour
跳秒	6	1s	0s~63s
校验	6	—	见 4.2.2.9

4.3.14.2 GPS 周和周内小时数

本电文的前 18bit 用于给出 GPS 周以及周内小时数，由此可推导出年、月、日、小时。

周内小时数可从 GPS 导航电文给出的 TOW 计算得到。TOW 是以 1.5s 为单位，因此周内小时数可以通过 TOW 除以 2400 得到，即 周内小时数=Int[TOW/2400]。

4.3.14.3 跳秒

是 GPS 时与 UTC 的差值，用户用此数值可将 GPS 时间改正为 UTC 时间。

4.3.14.4 电文类型 14 的播发

由于电文头中的改进 Z 计数只提供了小时内秒数，未给出小时数和天，因此如要获得完整的 GPS 时间信息，则必须使用电文类型 14。

电文类型 14 每小时至少应广播两次，一次在整小时开始后，另一次在半小时处。

4.3.15 电文类型 15—电离层延迟参数

4.3.15.1 电文格式

电文类型 15 用于提供参考站处沿卫星视线方向电离层延迟和电离层延迟变化率改正数，双频用

户用此电文可减少电离层误差影响，电文类型 15 的格式见图 7，内容见表 14。需要指出的是，每颗卫星需要使用 1.5 个字（36bit，不包括校验位）。同样需要指出，对 GPS/GLONASS（或 GPS/BDS）等双系统接收机应在不同电文中分别播发不同系统信息。

表 14 电文类型 15 的内容

参数	比特数	比例因子和单位	范围
保留	1	—	保留为卫星号大于 32 时使用
GNSS 系统标识	2	—	00=GPS; 01=GLONASS; 10=Galileo; 11=BDS
卫星号	5	1	1~32 ^a
电离层延迟	14	1cm	0cm~16383cm
电离层延迟变化率改正数 ^{b,c}	14	0.05cm/min	-409.55cm/min~409.55cm/min
总计	$N_s \times 36$	—	—
校验	$N \times 6$	—	见 4.2.2.9

注 1: N_s =电文中的卫星数量。
注 2: N =电文中的数据字数，帧长度= $N+2$ 字。

^a 全零（00000）表示 32 号卫星。
^b 二进制数“10 0000 0000 0000”表示不要使用此参数。
^c 以二进制补码表示。

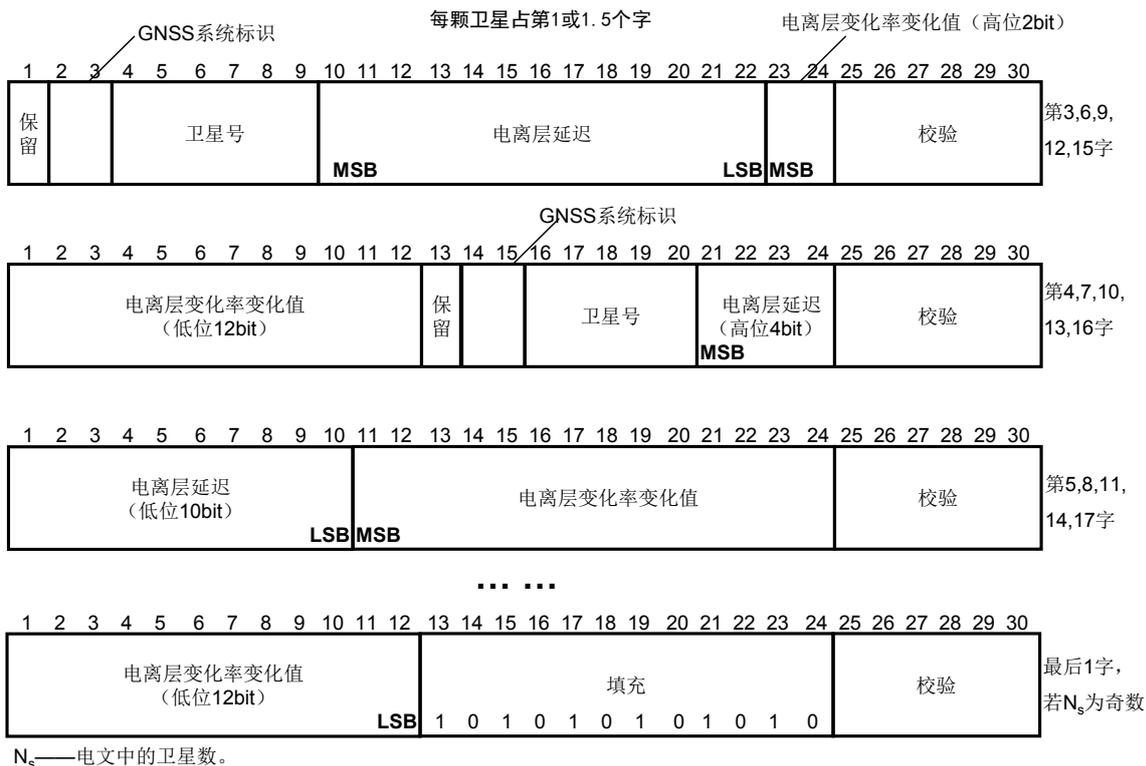


图 7 电文类型 15 的格式

4.3.15.2 电离层延迟改正数的使用

用户利用电文类型 15 可消除伪距改正数中的电离层影响，组成“无电离层组合”改正数。

在某 GPS 时刻 t，利用电离层延迟和电离层延迟变化率改正数，仿照电文类型 1 的关于用户伪距观

表 15 电文类型 17 的内容

参数	电文字 顺序号	比特数	比例因子和单位	范围及说明 ^a
周数	3	10	1week	星历周数 0week~1023week
IDOT	3	14	$2^{-43}\pi/s$	倾角变化率
IODE	4	8	—	星历数据期号
t_{oc}	4	16	2^4s	卫星钟参考时刻, 0s~604784s
a_{f1}	5	16	$2^{-43}s/s$	卫星钟钟速
a_{f2}	5	8	$2^{-55}s/s^2$	卫星钟钟漂
C_{rs}	6	16	$2^{-5}m$	轨道半径的正弦调和改正的振幅
Δn	6/7	16	$2^{-43}\pi/s$	平均角速度的改正值
C_{uc}	7	16	$2^{-29}rad$	升交距角的余弦调和改正的振幅
e	8/9	32	2^{-33}	偏心率
C_{us}	9	16	$2^{-29}rad$	升交距角的正弦调和改正的振幅
\sqrt{A}	10/11	32	$2^{-19}m^{1/2}$	轨道长半轴的平方根
t_{oe}	11	16	s	星历参考时刻, 0s~604784s
Ω_0	12/13	32	$2^{-31}\pi$	参考时刻升交点赤经与 GPS 周开始时格林尼治赤经之差
C_{ic}	13	16	$2^{-29}rad$	轨道倾角的余弦调和改正振幅
i_0	14/15	32	$2^{-31}\pi$	参考时刻的轨道倾角
C_{is}	15	16	$2^{-29}rad$	轨道倾角的正弦调和改正振幅
ω	16/17	32	$2^{-31}\pi$	近地点角距
C_{rc}	17	16	$2^{-5}m$	轨道半径的余弦调和改正的振幅
$\dot{\Omega}$	18	24	$2^{-43}\pi/s$	升交点赤经变化率
M_0	19/20	32	$2^{-31}\pi$	参考时刻的平近点角
IODC	20	10	—	星钟数据期号
a_{f0}	20/21	22	$2^{-31}s$	卫星钟钟偏
PRN 号	21	5	1	1~32 ^b
填充	21	3	—	填充区域, 固定为 101
t_{GD}	22	8	$2^{-31}s$	卫星 L1 和 L2 信号的群延迟差
L2 测距码	22	2	—	01=P 码开; 10=C/A 码开
卫星精度	22	4	—	0~6 为 $2^{(1+N/2)}m$; 6~14 为 $2^{(N-2)}m$; 15=未知
卫星健康	22	6	—	01=L2 P 码数据开; 00=L2 P 码数据关
L2 P 码标记	22	1	—	01=L2 P 码数据开; 00=L2 P 码数据关
填充	22	3	—	填充区域, 固定为 101
总计		480	—	
校验		120	—	见 4.2.2.9

^a 范围由比特数和比例因子决定。
^b 全零 (00000) 表示第 32 号卫星。

4.3.18 动态高精度电文

动态高精度电文 (RTK 电文) 由电文类型 18、19 和电文类型 20、21 组成, 它们提供可用于测量及高精度导航定位的信息。由于电文类型 18、19 和电文类型 20、21 不再继续使用, 因此被删除。RTK 及网络 RTK 应用, 建议采用 RTCM 版本 3 (RTCM 10403 系列标准) 或者《GNSS 接收机差分数据格式 (二)》标准 (BD 410003-XXXX)。

——载波相位观测值及其改正数的数据质量参见附件 C。

——伪距观测值及其改正数的数据质量参见附件 D。

——差分系统中的载波相位改正数详见附件 E。

——RTK 的实现要点详见附件 F。

4.3.19 电文类型 18—RTK 未改正的载波相位观测值

该电文已不再使用。为保证向前兼容，在附录 L 中给出。

4.3.20 电文类型 19—RTK 未改正的伪距观测值

该电文已不再使用。为保证向前兼容，在附录 L 中给出。

4.3.21 电文类型 20—RTK 载波相位改正数

该电文已不再使用。为保证向前兼容，在附录 L 中给出。

4.3.22 电文类型 21—RTK 高精度伪距改正数

该电文已不再使用。为保证向前兼容，在附录 L 中给出。

4.3.23 电文类型 22—参考站附加信息

电文类型 24 可以用于取代 RTK 中的电文类型 3 和 22，它通过引入 ARP 很好的解决了天线校准问题。电文类型 22 即将停用，用户接收设备应尽量使用电文类型 24。

4.3.23.1 电文格式

电文类型 22 用于提供参考站信息，包括：亚毫米级精密度的参考站坐标改正数；参考站的天线高，用户使用此信息可以进行天线高实时改正。电文类型 22 应与电文类型 3 或 32 联合使用，可以用电文类型 23 和 24 替代电文类型 3、22、23 和 32 的组合。电文类型 22 的格式见图 9，其内容见表 16。

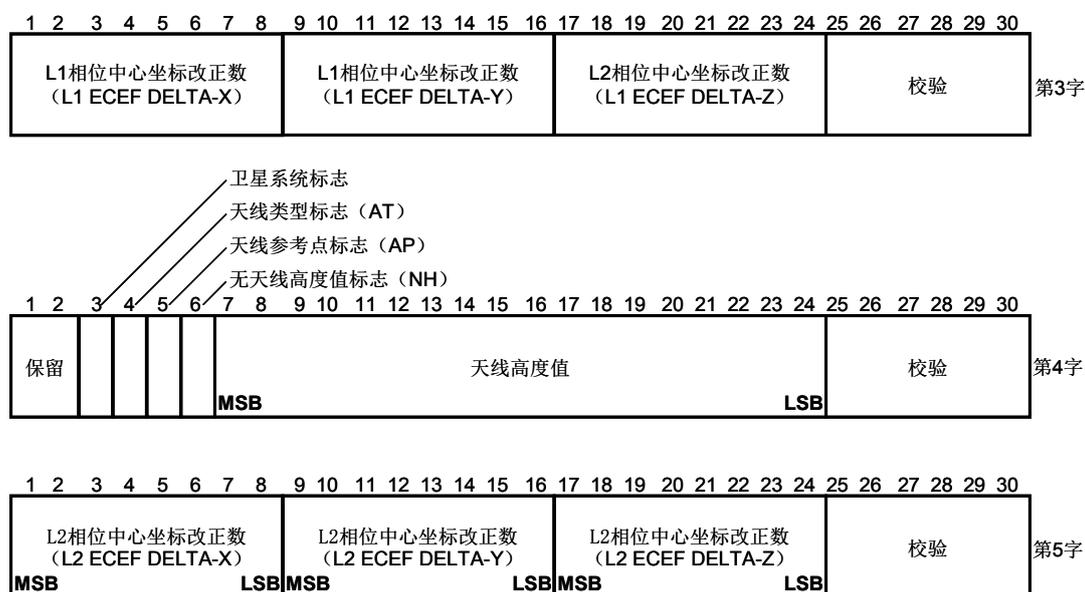


图 9 电文类型 22 的格式

4.3.23.2 L1 相位中心坐标改正数

电文类型 22 提供参考站天线 L1 相位中心在 ECEF 坐标系下的改正数，须与电文类型 3 或 32 联合使用。

4.3.23.3 L2 相位中心坐标改正数

电文类型 22 提供参考站天线 L2 相位中心相对于 L1 相位中心的坐标改正数，须与电文类型 3 或 32 联合使用。

4.3.23.4 天线高度值

电文类型 22 提供参考站天线 L1 相位中心的高度值，通常为正值，与 L1 相位中心坐标改正数的分辨率相同。如果没有播发天线高度值信息，则无天线高度值标志 (NH) 置 1，且此字段用交替的 1 和 0 进行填充。

4.3.23.5 电文类型 22 的使用

根据电文头中数据字数 N 的取值，电文类型 22 可分为以下三种情况：

- 若 N=1，表明电文中没有提供天线高度值，此时无天线高度值标志 (NH) 置 1；
- 若 N=2，表明电文中只有天线 L1 相位中心高度而没有 L2 的信息；
- 若 N=3，表明电文中同时提供天线 L1 和 L2 相位中心坐标改正数，使用时应分别加上电文类型 3 或 32 的参考站天线相位中心的 ECEF 坐标，以得到天线 L1 相位中心 ECEF 坐标，再加上本电文提供的天线 L2 相位中心改正数后，得到天线 L2 相位中心高度。

表 16 电文类型 22 的内容

参数	比特数	比例因子 和单位	范围
L1 相位中心坐标改正数 (L1 ECEF DELTA-X)	8	1/256 cm	-128/256cm~127/256cm
L1 相位中心坐标改正数 (L1 ECEF DELTA-Y)	8	1/256 cm	-128/256cm~127/256cm
L1 相位中心坐标改正数 (L1 ECEF DELTA-Z)	8	1/256 cm	-128/256cm~127/256cm
保留	1	—	
卫星系统标志	2	—	00=GPS 电文；01=GLONASS 电文
天线类型标志 (AT)	1	—	0=本电文后无电文类型 23；1=本电文后有电文类型 23。 见 4.3.24
天线参考点标志 (AP)	1	—	0=本电文后无电文类型 24；1=本电文后有电文类型 24。 见 4.3.25
无天线高度值标志 (NH)	1	—	0=电文中有天线高度信息；1=电文中无天线高度信息
天线高度值	18	1/256 cm	当 NH=0 时，为(0~1023+255/256)cm； 当 NH=1 时，填充 1010101010101010
L2 相位中心坐标改正数 (L2 ECEF DELTA-X)	8	1/16 cm	-128/16 cm~127/16 cm
L2 相位中心坐标改正数 (L2 ECEF DELTA-Y)	8	1/16 cm	-128/16 cm~127/16 cm
L2 相位中心坐标改正数 (L2 ECEF DELTA-Z)	8	1/16 cm	-128/16 cm~127/16 cm
总计	24, 48, 72	—	—
校验	6×N ^a	—	见 4.2.2.9
注：N=电文中的数据字数，帧长度=N+2 字。			
^a N = 1, 2 或 3。			

4.3.24 电文类型 23—参考站天线类型信息

4.3.24.1 电文格式

电文类型 23 提供参考站使用的天线类型信息。电文类型 23 的格式见图 10，内容见表 17。

电文类型 23 中的天线标识符和天线序列号的长度分别由电文中的天线标识符字数（NAD）和天线序列号字数（NAS）给出，因此电文中除前 2 个电文字（第 3 字和第 4 字）格式固定外，其余部分格式并不固定，用户使用时应予以注意。

4.3.24.2 天线标识符（AD）

电文类型 23 中的天线标识符采用 IGS 天线命名方法，每种高精度测量类天线都有唯一的标识符。IGS 中天线标识符字符数限制为 20，电文类型 23 则允许更多字符，以备未来使用。

4.3.24.3 配置号

参考站的运营者应使用配置号(SETUP ID)标识特定的参考站接收机和天线的组合方法。配置号为零表示应采用标准检校模型进行天线校正，非零表示应采用非标准模型进行天线校正。每当参考站出现可影响天线相位中心高度值的变化时，应将电文中的配置号递增。

如果配置号发生变化，则意味着参考站天线相位中心高度可能发生变化，用户与参考站的运营者应一起检查当前所使用的天线相位中心改正数是否有效，运营者应尽可能详细地向用户提供有关信息。

表 17 电文类型 23 的内容

参数	比特数	比例因子和单位	范围
保留	1	—	0
参考站 ARP 参数标志（AR）	1	—	0=本电文后无电文类型 24； 1=本电文后有电文类型 24
序列号标志（SF）	1	—	0=电文中无天线序列号； 1=电文中有天线序列号
天线标识符字符数（NAD）	5	1	0~31
天线标识符（AD）	8×NAD	—	8bit ASCII 字符
配置号	8	1	0=标准 IGS 模式； 1=特定配置号 ^a
保留	3	—	
天线序列号字符数（NAS）	5	1	0~31
天线序列号（AS）	8×NAS	—	8bit ASCII 字符
填充	8	—	10101010
总计	32+8×（NAD+NAS）		
校验	6×N		见 4.2.2.9
注 1：NAD=天线标识符字符数。 注 2：NAS=天线序列号字符数。 注 3：N=电文中的数据字数，帧长度=N+2 字。 ^a 用户应向参考站的运营者咨询非零配置号的含义。			

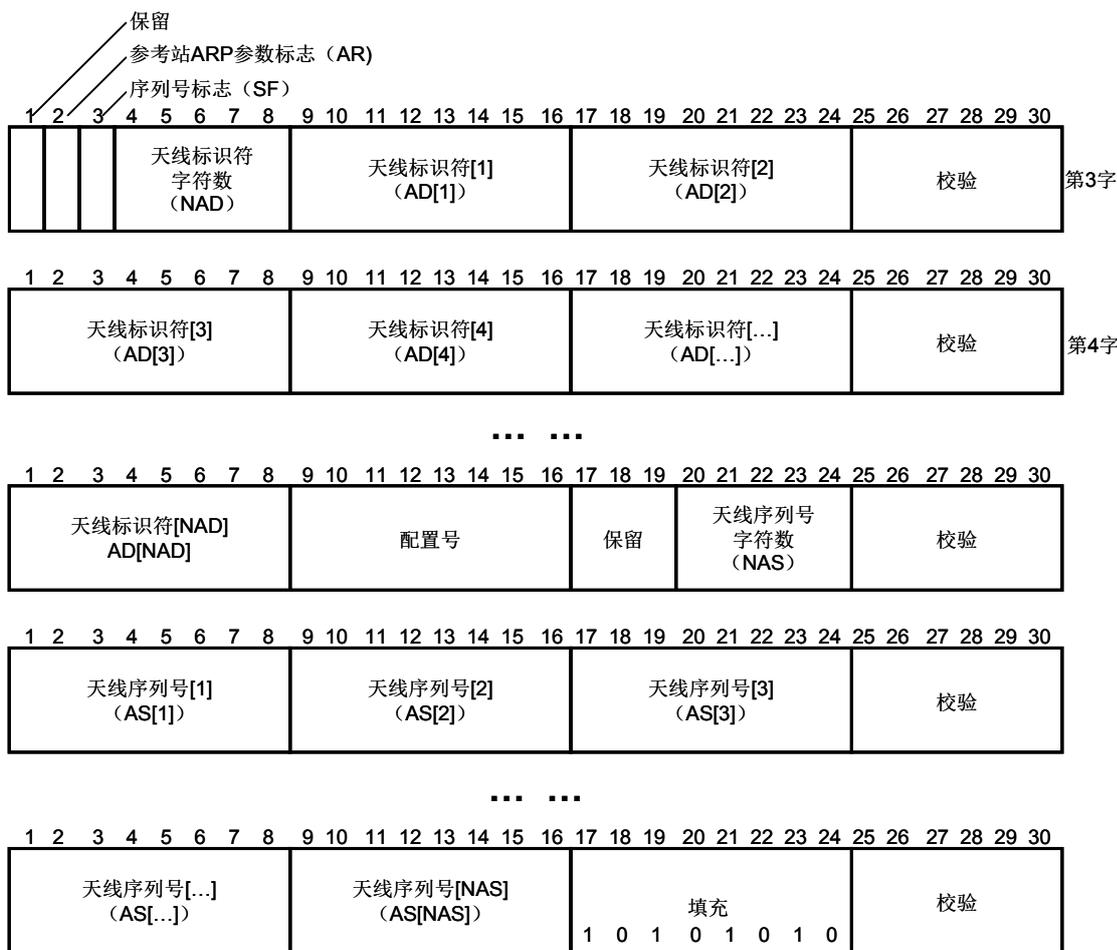


图 10 电文类型 23 的格式

4.3.24.4 天线序列号 (AS)

天线序列号是由天线生产厂商提供的唯一号码。序列号应与天线标识符不同，以免用户使用时发生混淆。

4.3.24.5 填充

用于电文末尾，必要时由交替的 1 和 0 组成的 8bit 字节填空，字节数从 0 到 2。当电文中没有天线序列号记录又需要填空时，填充字节就紧接着配置号，如果电文中有天线序列号记录且需要填空时，填充字节则紧接天线序列号。

4.3.25 电文类型 24—参考站天线参考点参数

4.3.25.1 电文格式

电文类型 24 可用来取代电文类型 3 和 22 的组合进行 RTK 操作，解决天线相位中心受天线校准方法影响，空间位置不唯一的问题。

电文类型 3 和 22 的组合用于标识出参考站天线的物理特性，用户借此可重建参考站天线相位中心坐标。但由于天线相位中心空间位置取决于校准过程中所使用的天线校准方法，其数值并不唯一，即使

是相同的天线，在使用不同的校准方法时，天线相位中心位置也会不同。电文类型 24 利用天线参考点（ARP）来标识天线高度。电文类型 24 格式见图 11，内容见表 18。

表 18 电文类型 24 的内容

参数	比特数	比例因子和单位	范围及说明
天线 ARP 坐标 (ECEF X)	38	0.0001m	(-13743895.3472m~13743895.3472m) ^a
保留	2	—	“00”
天线 ARP 坐标 (ECEF Y)	38	0.0001m	(-13743895.3472m~13743895.3472m) ^a
保留	2	—	“00”
天线 ARP 坐标 (ECEF Z)	38	0.0001m	(-13743895.3472m~13743895.3472m) ^a
保留	1	—	“0”
天线高信息标志 (AH)	1	—	0=电文中未提供天线高信息； 1=电文中提供天线高信息。
天线高	18	0.0001m	当 AH=0 时，无此记录； 当 AH=1 时，0m~26.2144m
保留	6	—	000000 ^b
总计	当 AH=0 时，120bit 当 AH=1 时，144bit	—	
校验	6×6 (AH=0) 6×7 (AH=1)	—	见 4.2.2.9

^a 以二进制补码方法表示。
^b 保留区的比特位置 0。

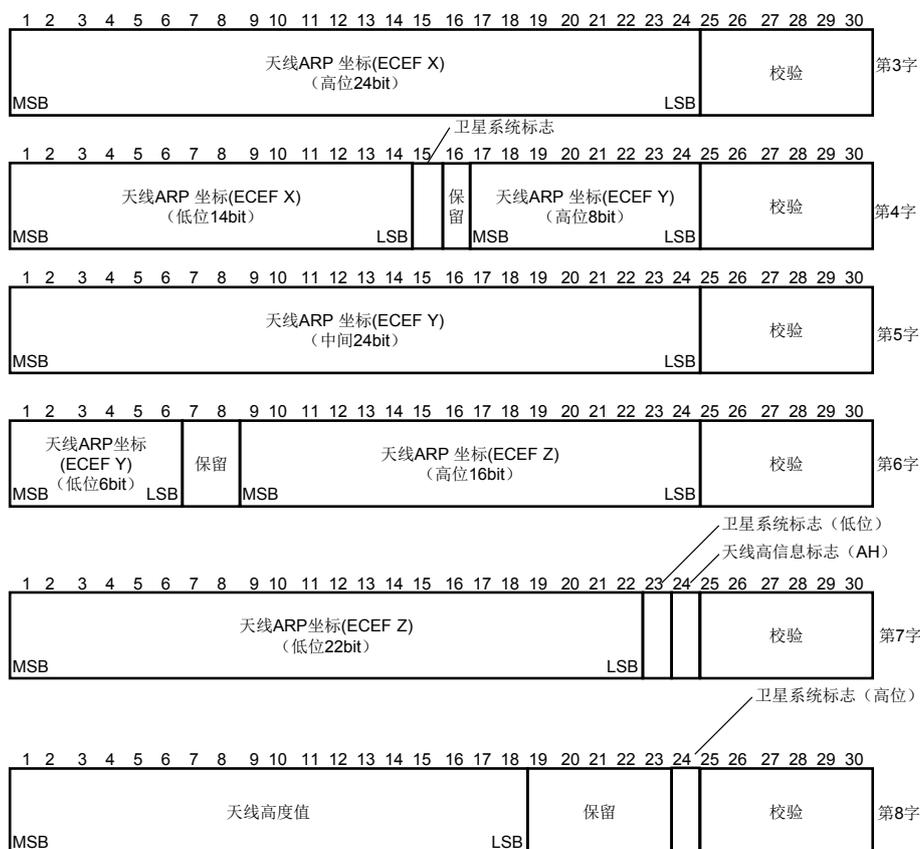


图 11 电文类型 24 的格式

4.3.25.2 天线 ARP 坐标

电文类型 24 中的天线 ARP 坐标给出参考站天线 ARP 在 GNSS 坐标系下的 ECEF 坐标，注意不能采用本地基准坐标，该数值以二进制补码表示，数值可正可负。

天线参考点（ARP）指的是天线上一个物理点，一般位于天线安装面的底部。

4.3.25.3 天线高信息标志（AH）

电文类型 24 中的天线高信息标志（AH）用于标识电文中是否含有天线高度值记录。当 AH=0 时，表示电文中无天线高度值记录，此时电文中数据字数为 7；当 AH=1 时，表示电文中有天线高度值记录，此时电文中数据字数为 8。

4.3.25.4 保留

电文类型 24 的保留区是为向后兼容使用，在电文格式和内容未固定前，应全部置零。

4.3.25.5 电文类型 24 的使用

电文类型 24 不与电文类型 3 和 22 混合使用。如果用户同时接收到电文类型 24、电文类型 3 和 22，一旦决定使用电文 24，则应忽略电文类型 3 和 22 的信息。

为提供完整的天线相位信息，电文类型 24 应与 23 一起播发和使用。对于 GPS/GLONASS/BDS 联合参考站，应分别播发含 GPS 坐标的电文、含有 GLONASS 坐标的电文、含有 BDS 坐标的电文。

基于本标准的 RTK 应用应尽量使用电文类型 24 和 23。为了保持向前兼容性，在现场的所有接收机都已升级到使用首选类型 24 之前，建议同时广播冗余消息类型 22 和 3。

4.3.26 电文类型 25~26

本标准未对电文类型 25 和 26 进行定义，留待今后根据需求使用。

4.3.27 电文类型 27—DGNSS 信标台扩充信息

4.3.27.1 电文格式

电文类型 27 用于提供 DGNSS 信标台位置、频率、工作状态及其名称等信息，又称 DGNSS 信标台扩展历书电文。每个信标台中可安置两个互为备份的参考站。与电文类型 7 不同的是：本电文用参考站 ID 代替广播站 ID。

电文类型 27 的格式见图 12，内容见表 19。

表 19 电文类型 27 的内容

参数	比特数	比例因子和单位	范围及说明
位置数据-纬度	16	0.002747°	(-90°~90°) ^{a,b}
位置数据-经度	16	0.005493°	(-180°~180°) ^{a,b}
第一个参考站 ID	10	1	0~1023
播发频率	12	100Hz	190kHz~595kHz ^c
信标台状态	2	—	00=无线电信标台全面运行；01=测试模式； 10=无有效信息；11=不在运行中（或计划中的站点）
第二个参考站 ID	10	1	0~1023。见 4.3.27.3
信标台比特率	3	—	000=25bps；001=50bps；010=100bps； 011=200bps；100~111=保留

表 19 电文类型 27 的内容 (续)

参数	比特数	比例因子和单位	范围及说明
基准标志 (DAT)	1	—	0=全球基准; 1=本地基准
保留 (R)	1	—	设置为“1”
广播编码方式 (BC)	1	—	0=无附加编码; 1=FEC 编码。
完整性模式 (IM)	2	—	“00”=仅预播发完整性监测模式; “01”=仅后播发完整性监测模式; “10”=预播发完整性监测模式和后播发完整性监测模式; “11”=保留。
星座标识	7	—	每一个比特代表不同的卫星星座。一个比特确定标识相关的参考站为这一星座提供数据/信息。空余的比特位可以用于以后增加的卫星星座标识。 0=GPS; 1=Galileo; 2=GLONASS; 3=SBAS; 4=QZSS; 5=BDS; 6~7=空余
信标台名称	63	—	9 个 7bit 的 ASCII 字符 d
总计	144×Nb	—	—
校验	36×Nb	—	见 4.2.2.9。
注: Nb=电文中信标台的数量			
a “+”表示北纬或东经, “-”表示南纬或西经。 b 以二进制补码表示。 c 全 0 表示 190kHz, 全 1 表示 599.5kHz。 d 由 8 bit ASCII 码去掉最高位得到。信标台名称应符合 IALA 的规定, 见 www.iala-aism.org。			

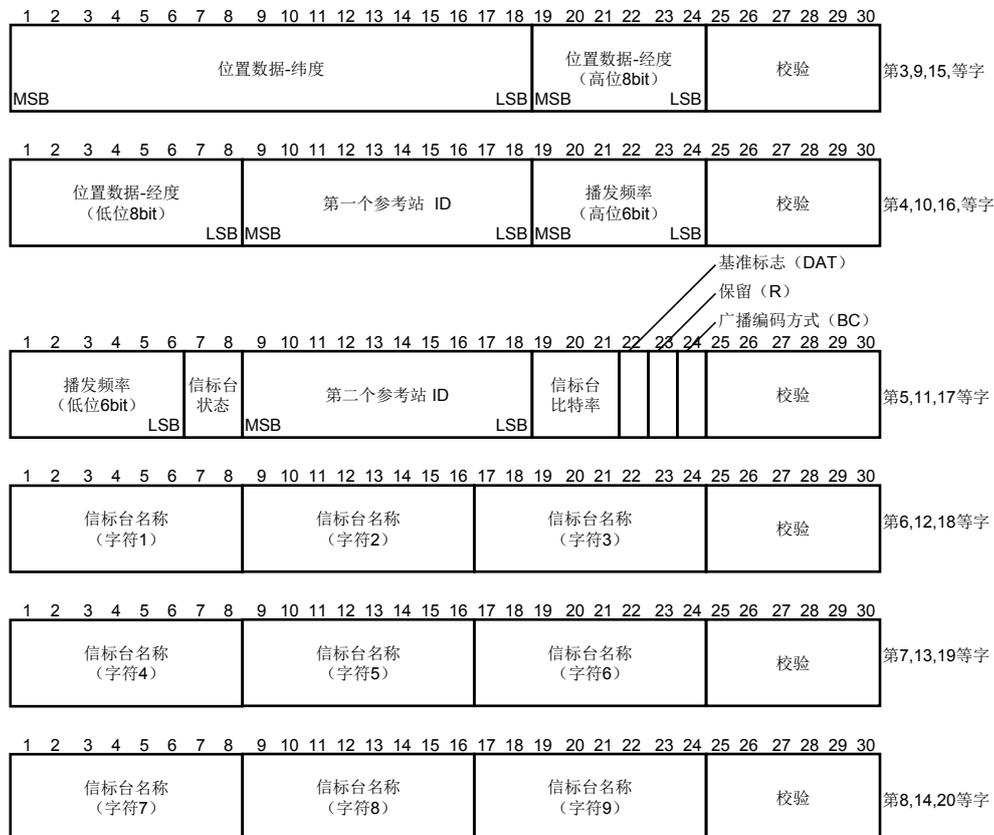


图 12 电文类型 27 的格式

4.3.27.2 位置数据-纬度和经度

电文类型 27 以二进制补码方式提供信标台的纬度和经度信息，其精度在纬度方向为 0.3km，在经度方向为 0.6km，该精度为用户确定下一个最近的信标台或参考站提供了足够的精度。

4.3.27.3 参考站 ID

电文类型 27 可以给出两个参考站 ID。如果电文中只有 1 个参考站，则应将第二个参考站 ID 设置为与第一个参考站 ID 相同。

参考站 ID 的范围是 0~1023，由 IALA 给出，各信标台参考站 ID 可以访问 IALA 网站 www.iala-aism.org。

4.3.27.4 播发频率

信标台数据广播的工作频率范围 190kHz~595kHz，应符合国际航海、航空等组织的有关规定。

4.3.27.5 信标台状态

标识信标台的健康状态，共四种：“无线电信标台全面运行”、“测试模式”、“无有效信息”和“不在运行中（或计划中的站点）”，用户根据此状态信息决定是否采用该信标台数据。

4.3.27.6 基准标志（DAT）

本电文中应用基准标志标识出参考站的坐标基准，可以选择 ITRF 或本地基准。如果本地基准与 ITRF 基准差异很小，则可将此标志置为 0。

4.3.27.7 广播编码方式（BC）

表示信标台数据广播是否采用了 FEC 纠错编码。

4.3.27.8 完整性模式（IM）

电文类型 27 的 IM 字段用来提高站间的转换效果，方法是引入另一套完整性检测标准。

此字段是用于标识广播差分信息的参考站所用的完备性检测方法，包括广播后完备性检测和广播前完备性检测。

在广播后完备性监测模式下，完备性监测站与最终用户使用同一传输通道，在完备性监测站完成数据监测并向参考站回报完整性报告之前，终端用户将获取改正数据信息。检测出的任何错误将在后续广播数据中予以指出。

在广播前完备性检测模式下，参考站通过与最终用户不同的另一传输通道向完备性检测站提供改正数据，这样，在参考站向用户广播实际改正数据前，完备性监测站可以进行数据检测并将结果回报给参考站。

广播后完备性检测模式常用于验证传输数据链（如 激励器/发射机的可用性），因此广播前完备性检测和广播后完备性检测通常一起部署。

4.3.27.9 信标台名称

本电文中的信标台名称长度应在 9 个字符以内，并与 IALA 列表中的简明格式一致。信标台的参考站和用户设备应定期从 IALA 网站下载信标台名称等信息。电文中未使用的字段应以 0 填充。

表 20 电文类型 32 的内容

参数	比特数	比例因子和单位	范围
ECEF X-坐标	32	0.01m	(-21474836.47m~21474836.47m) ^a
ECEF Y-坐标	32	0.01m	(-21474836.47m~21474836.47m) ^a
ECEF Z-坐标	32	0.01m	(-21474836.47m~21474836.47m) ^a
校验	24	—	见 4.2.2.9

^a 以二进制补码方式表示。

4.3.30.2 电文类型 32 的坐标基准

电文类型 32 中的参考站坐标基准应采用 PZ-90.02，与 ITRF 相差不超过 50cm。

若使用非 ITRF 基准，则应持续播发电文类型 4。为避免用户使用错误的基准数据，建议电文类型 32 和电文类型 4 联合播发。

4.3.31 电文类型 33—GLONASS 星座健康状态

新的通用 GNSS 电文类型 43 包含了电文类型 33 的基本信息，因此该电文即将停止使用。

4.3.31.1 电文格式

电文类型 33 提供 GLONASS 星座健康状态，格式见图 14，内容见表 21。

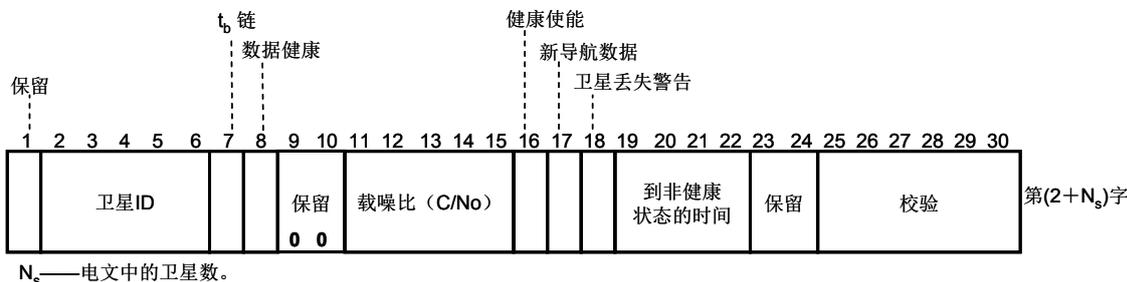


图 14 电文类型 33 的格式

表 21 电文类型 33 的内容

参数	比特数	说明
保留	1	保留位，为编号超过 32 的 GLONASS 卫星使用
卫星 ID	5	范围 1~32 ^a
t_b 链	1	0=改正数计算是基于当前星历； 1=改正数计算不是基于当前星历，且星历发生变化而 t_b 没有改变。
数据健康	1	0=工作健康； 1=参考站认定该卫星处于非健康状态，即使导航电文中健康状态为健康
保留	2	以 00 填充
信噪比 (C/N0)	5	卫星信号信噪比。比例因子为 1dBHz，范围从 25 dBHz -55 dBHz，第 15 位是 LSB。 00000=未跟踪此卫星；00001=25 dBHz；11111= 55 dBHz
健康使能	1	0=用户应根据卫星导航电文中的健康状态进行使用； 1=用户可忽略该卫星导航电文中的健康状态，强制使用该卫星数据。

表 21 电文类型 33 的内容 (续)

参数	比特数	说明
新导航数据	1	0=参考站未获取新的导航电文； 1=参考站获取了新的导航电文，并用于计算伪距改正数。
卫星丢失报警	1	0=卫星状态无变化； 1=某段时间后卫星状态将从健康改变为非健康，紧接的 4bit 给出此段时间长度。
到非健康状态的时间	4	表示到卫星状态发生改变的预计时间长度，比例因子为 5min，范围是 0min~75min，第 22 位为 LSB。 0000=卫星状态马上要变为非健康；1111=卫星状态将在 75min 后改变为非健康
保留	2	00
总计	$40 \times N_s$	—
校验	25-30	见 4.2.2.9
注 1: N_s =电文中包含的卫星数。		
注 2: N =电文中包含的数据字数，帧长度= $N+2$ 字。		
^a GLONASS 星位号，全零 (0000) 表示第 32 号卫星。		

4.3.32 电文类型 34—GLONASS 部分改正数或空帧

新的通用 GNSS 电文类型 42 更加简洁且性能更高，因此建议使用电文类型 42 代替电文类型 34。

4.3.32.1 电文格式

电文类型 34 可分为以下两种格式，分别用于不同目的：

- a) 数据字数 $N > 1$ 时，是部分改正数电文，用于广播首选卫星组的差分改正数，电文格式与电文类型 31 相同，见 4.3.29。与电文类型 31 不同的是，电文类型 34 仅包含首选卫星组的改正数据，而并不是参考站所有可见卫星的改正数据。使用电文类型 34，参考站时钟的稳定度应较高。采用电文类型 34 的优点在于：数据延迟小于电文类型 31；对数据链的传输速度要求较低，可在信标台等低速数据链上使用。为确保所有用户都对新的 t_b 及其相关的星历进行了解码，参考站应延迟 96s 使用基于 t_b 的改正数来生成电文类型 34；
- b) 数据字数 $N \leq 1$ 时，为空帧，用于参考站和用户的电文同步或其它目的。电文中不包含任何参数，数据字数 $N=0$ 或 $N=1$ ， N 的取值取决于电文同步时所需电文字数量的奇偶性。当 $N=1$ 时，应用交替的 1 和 0 填充数据字的前 24bit。

4.3.33 电文类型 35—GLONASS 信标台信息

电文类型 27 不需要单独的 GLONASS 消息，建议采用电文类型 27，本电文即将停止使用。

4.3.33.1 电文格式

电文类型 25 提供 DGLONASS 信标台的位置、频率、服务范围、健康状态和识别符等信息，又称 DGLONASS 信标台历书电文。电文中采用广播站 ID 进行信标台的识别。电文类型 35 的格式见图 15，内容见表 22。

每个信标台共三个电文字



N_b——电文中的信标台数量。

图 15 电文类型 35 的格式

表 22 电文类型 35 的内容

参数	比特数	比例因子和单位	范围
位置数据-经度	16	0.002747°	(-90°~90°) ^{a,b}
位置数据-纬度	16	0.005493°	(-180°~180°) ^{a,b}
信标台范围	10	1km	0km~1023km
广播频率	12	100Hz	190kHz~599.5kHz
信标台状态	2	—	00=工作正常；01=未进行完好性监测； 10=状态未知；11=不要使用
广播站 ID	10	1	0~1023
比特率	3	—	000=25bps；001=50bps；010=100bps；011=110bps； 100=150bps；101=200bps；110=250bps；111=300bps
调制方式 (MOD)	1	—	0=MSK；1=FSK
同步方式 (SYNC)	1	—	0=异步；1=同步
广播编码 (CODE)	1	—	0=未编码；1=FEC 编码
总共	N _b ×72		
校验	N×6		见 4.2.2.9
注 1：N _b =电文中信标台的数量。			
注 2：N =电文中包含的数据字数，帧长度=N+2 字。			
^a “+”表示北纬或东经，“-”表示南纬或西经。			
^b 以二进制补码表示。			

4.3.33.2 位置数据-纬度和经度

电文类型 35 以二进制补码方式提供信标台的纬度和经度信息，分辨率在纬度方向约 0.3km，经度方向约 0.6km。用户用此数据可确定距离最近的信标台站。

4.3.33.3 信标台范围

信标台可用的服务范围，由信标台自行设定。

4.3.33.4 广播频率

信标台数据广播的工作频率范围 190kHz~599.5kHz，应符合国际航海、航空等组织的有关规定。

4.3.33.5 信标台状态

标识信标台的健康状态，共四种：“正常工作”、“未进行完好性监测”、“状态未知”和“不要使用”，用户根据此状态决定是否采用该信标台数据。

4.3.33.6 广播站 ID

由 IALA 分配的号码，范围从 0 到 1023。

注：IALA 为全球信标台分配唯一的广播站 ID，可从 IALA 网站 www.IALA-AISM.ORG 查询得到。

4.3.33.7 调制方式 (MOD) 和同步方式 (SYNC)

提供信标台数据广播时所用的调制方式和同步方式，用户根据此信息进行数据解码操作。

4.3.33.8 广播编码 (CODE)

表示信标台数据广播是否采用了 FEC 纠错编码。

4.3.33.9 电文类型 35 的播发

电文类型 35 播发的频率不能太高，在航海应用中一般是每 15min 更新 1 组电文。但若信标台健康状况发生变化，则应立刻播发本电文。

4.3.34 电文类型 36—GLONASS 特殊信息

4.3.34.1 电文格式

电文类型 36 用于广播 GLONASS 参考站工作状态信息，也可用于广播其它文本信息，如相邻服务区域信息等。电文格式见图 16 所示，图中显示了广播“TOPM”字符的方法。

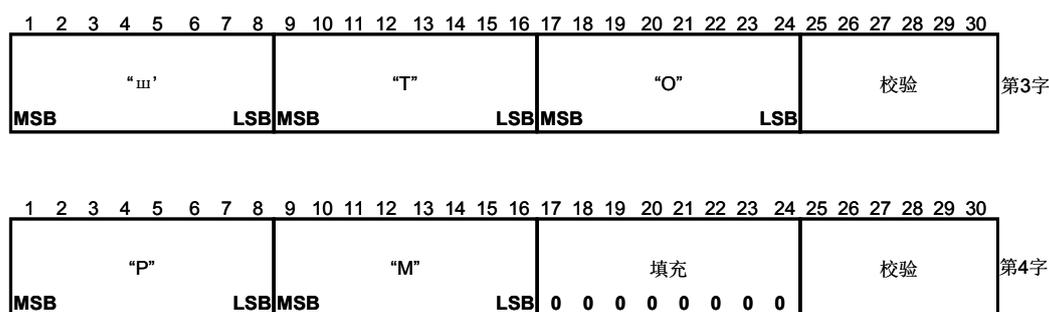


图 16 电文类型 36 的格式

4.3.34.2 电文类型 36 的播发

电文类型 36 使用 7bit 的英文 ASCII 字符或 8bit 的俄文 ASCII，俄文 ASCII 表示法见附录 J。

电文类型 36 中的 ASCII 信息长度可达到 90 个字符。发送方式为 MSB 在前，LSB 在后。最后的电文字如果未使用完，则剩余部分应用 0 进行填充。

4.3.35 电文类型 37—GNSS 时间偏差

4.3.35.1 电文格式

DGNSS 改正数依赖于卫星系统采用的时间系统，当参考站同时处理两个或两个以上卫星系统时，由于系统采用的时间系统不同需要进行时间转换，电文类型 37 通过提供系统间的时间偏差满足不同系统联合解算的需要。其电文格式见图 17，其电文内容见表 23。

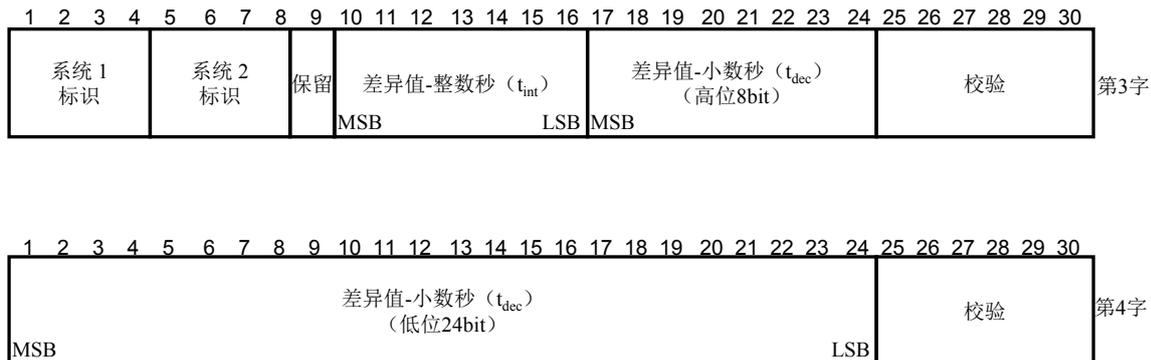


图 17 电文类型 37 的格式

表 23 电文类型 37 的内容

参数	比特数	比例因子和 单位	范围及说明
系统 1 标识	4	—	1=GPS; 2=GLONASS; 3=Galileo; 4=SBAS; 5=QZSS; 6=BDS; 0,7~15=保留
系统 2 标识	4	—	同上
保留	1	—	0
差异值-整数秒 (t _{int})	7	1s	(-64s~63s) ^a
差异值-小数秒 (t _{dec})	32	2 ⁻³² s	(-0.5s~0.5s) ^a
总共	48	—	—
校验	12	—	见 4.2.2.9
注：电文数据字数 N=2，帧长度为 4。			
^a 以二进制补码方式表示。			

4.3.35.2 电文类型 37 的播发

对于 GPS/GLONASS (或 GPS/BDS) 联合参考站，电文类型 37 提供的时间偏差必须为固定值。电文播发频率根据两个时间基准的变化率、用户终端精度需求以及播发数据丢失状况确定。需要说明的是电文类型 37 必须在相关系统改正数之前播发，也就是，第二个系统的改正数紧随最后一条电文类型 37 之后。

4.3.35.3 电文类型 37 的使用

用户在接收到电文类型 37 后，应按下式使用：

$$Time_1 = Time_2 + t_{diff}$$

式中：

Time₁——系统 1 的时间，单位为秒 (s)；

Time₂——系统 2 的时间，单位为秒 (s)；

t_{diff}——系统时间差异值，由电文类型 37 中的 t_{int} 和 t_{dec} 相加得到，即 t_{diff}=t_{int}+t_{dec}，单位为秒 (s)。

电文类型 37 中的参数由参考站计算得到，t_{diff}的精度保持在 1ns 左右。

用户在未接收到新的电文类型 37 之前，应一直使用最后电文中的 t_{diff} 参数，直到接收到新参数为止。t_{diff} 直至下一条电文播发对于 Z 计数有效。

4.3.36 电文类型 38 到 40

本标准未对电文类型 38 到 40 进行定义，留待今后根据需求使用。

4.3.37 电文类型 41—通用 GNSS 差分改正数

电文类型 41~44 为所有 GNSS 系统所设计，支持伪距差分处理，不支持 RTK 操作。

这些电文支持 GPS、GLONASS、QZSS、Galileo 和 BDS，同样可以用于未来新增加的系统类型。

这些电文都是以一个 13bit 的电文头开始（如表 24 所示），此后为一组具体卫星数据（如图 18 和表 25、表 26 所示）。电文头标识 GNSS 类型，在多系统操作中，使用不同电文存放不同系统的改正信息。

4.3.37.1 电文内容

电文头部分（见表 24）包含 GNSS 系统 ID、GNSS 信号 ID、星历类型、使用标识和电离层延迟存在标识。不同卫星系统的电文内容见表 25 和表 26。

典型电文帧以电文头开始，其后为若干颗卫星的具体电文信息（如图 18 所示）。

表 24 电文类型 41 和 42 头部分内容

参数	比特数	单位	范围
GNSS 系统 ID	4	1	GNSS 系统 ID，见表 28
GNSS 信号 ID	4	1	0-15，见表 27
星历类型	2	1	0-3，见表 29
使用标识	2	1	0-3，见表 30
电离层延迟存在标识	1	无	0=电文中不包含电离层延迟信息； 1=提供每颗卫星的电离层延迟信息。

表 25 电文类型 41 和 42 GPS/GLONASS/QZSS/BDS 具体内容

参数	比特数	比例因子 和单位	范围
GNSS 系统 ID	6	1	1~64，见表 28
GNSS UDRE	4	见表 31	16 种状态
GNSS 数据期号	8	1	见表 32
GNSS PRC (t ₀)	14	0.02m	±163.83 二进制，10 0000 0000 00002 表示出现问题，用户设备应停止使用该卫星伪距改正信息。

表 25 电文类型 41 和 42 GPS/GLONASS/QZSS/BDS 具体内容 (续)

参数	比特数	比例因子 和单位	范围
电离层延迟 (t_0)	12	0.02m	0~81.90 当电文头的电离层存在标识为 1 时, 提供电离层延迟改正参数; 1111 1111 1111 ₂ 表明出现问题, 用户设备应停止使用电离层延迟改正 信息; 无偏差, (例如 TGD) 用于计算电离层延迟。
总计	32×Ns 或 44×Ns		当电文头的电离层存在标识为 1 时, 提供电离层延迟参数
填充	总计数模 24		基于电文中的卫星数, 电文长度可能不足 24bit, 此时应用报警模式, 使用 1/0 交替填充电文最后部分。
校验	N×6		
Ns=卫星改正数个数; N =电文中的数据字数, 帧长度=N+2 字。			

表 26 电文类型 41 和 42 Galileo 具体内容

参数	比特数	比例因子 和单位	范围
GNSS 系统 ID	6	1	1~64, 见表 28
GNSS UDRE	4	见表 31	16 种状态
GNSS 数据期号	10	1	见表 32
GNSS PRC (t_0)	14	0.02m	-163.83~163.83。二进制, 10 0000 0000 0000 ₂ 表示出现问题, 用户设 备应停止使用该卫星伪距改正信息。
电离层延迟 (t_0)	12	0.02m	0~81.90。当电文头的电离层存在标识为 1 时, 提供电离层延迟改正信 息; 1111 1111 1111 ₂ 表明出现问题, 用户设备应停止使用电离层延迟 改正信息; 无偏差, TGD 用于计算电离层延迟。
总计	34×Ns 或 46×Ns		当头部分电离层存在标识为 1 时, 提供电离层延迟参数
填充	总计数模 24		基于电文中的卫星数, 电文长度可能不足 24bit, 此时应用报警模式, 使用 1/0 交替填充电文最后部分。
校验	N×6		
Ns=卫星改正数个数; N =电文中的数据字数, 帧长度=N+2 字。			

表 27 GNSS 信号 ID

GNSS 系统	信号 ID	信号	载波频率 (Hz)
GPS	0	保留	
	1	L1 C/A	1575.420
	2	L1 P	1575.420
	3	为 L1C 保留	1575.420
	4	L2C	1227.600
	5	L2P	1227.600
	6	L5	1196.450
	7-15	保留	
GLONASS	0	保留	

表 27 GNSS 信号 ID (续)

GNSS 系统	信号 ID	信号	载波频率 (Hz)
	1	G1 C/A	1598.0625-1609.3125
	2	G1 P	1598.0625-1609.3125
	3	G2 C/A	1242.9375-1251.6875
	4	G2P	1242.9375-1251.6875
	5-15	保留	
GALILEO	0	保留	
	1	E5a	1176.450
	2	E5b	1207.140
	3	E5ab	1191.795
	4	E6-A	1278.750
	5	E6-BC	1278.750
	6	E1-A	1575.420
	7	E1-BC	1575.420
8-15	保留		
BDS	0	保留	
	1	B1I	1561.098
	2	B2I	1207.140
	3	B3I	1268.520
	4	B1C	1575.420
	5	B2a	1176.450
	6	B2b	1207.140
	7-15	保留	
SBAS	0	保留	
	1	GPS L1	1575.420
	2	GPS L5	1176.450
	3-15	保留	1176.450
QZSS	0	保留	
	1	L1 C-A	1575.420
	2	L1C	1575.420
	3	L2C	1227.600
	4	L5	1176.450
	5	L1-SAIF	1575.420
	6	LEX	1278.750
	7-15	保留	

表 28 GNSS 系统和卫星 ID

GNSS 系统 ID	GNSS 名称	卫星 ID
1	GPS	GPS 卫星 ID 由 1 至 63, 对应 GPS 卫星 PRN 码, 目前使用的 PRN 码仅限于 1~32, 33~63 保留, 卫星 ID “0” 表示不可用。
2	GLONASS	GLONASS 卫星 ID 由 1 至 24 对应 GLONASS 卫星编号。卫星 ID25 至 63 保留为未来使用。卫星 ID “0” 表示不可用。
3	Galileo	Galileo 卫星 ID 由 1 至 36 对应 Galileo 卫星 ID 码。卫星 ID37 至 63 保留为未来使用。卫星 ID “0” 表示不可用。
4	SBAS	SBAS PRN 码范围为 120-158, 由卫星 ID 加 100 得到。卫星 ID “0” 表示不可用, 1 至 19 和 59 至 63 保留为未来使用。
5	QZSS	QZSS PRN 码范围为 183-202, 由卫星 ID 加 180 得到。卫星 ID “0” 表示不可用, 1 至 2 和 17 至 63 保留为未来使用。
6	BDS	BDS 卫星 ID 由 1 至 63, 对应 BDS 卫星 PRN 码。卫星 ID “0” 表示不可用。
0,7-15	保留	

4.3.37.3 卫星星历类型

卫星星历类型（见表 29）标识电文中计算卫星位置的资源和方法，利用星历类型及 IOD 对用户使用的卫星星历进行比较，以确保用户与参考站使用相同的卫星星历。

此外，对于 BDS IOD 参数，除表 31 给出的星历外，暂不支持 B2b-PPP 的导航电文。

表 29 卫星星历类型

GNSS	星历类型	卫星位置计算	IOD	参考
GPS	0	NAV (C/A 和 P 通道)	IODE	ICD-GPS-200
	1	L2C CNAV	(t_{oe})	ICD-GPS-705
	2	L5 CNAV	(t_{oe})	ICD-GPS-705
GLONASS	0	L1	Tb	GLONASS-ICD-5.1
Galileo	0	C/NAV	IODnav	OS-SIS-ICD-1.1
	1	F/NAV	IODnav	OS-SIS-ICD-1.1
	2	I/NAV	IODnav	OS-SIS-ICD-1.1
BDS	0	D1 NAV	$\text{mod}(toc / 720, 240)$	BDS-SIS-ICD-2.1 BDS-SIS-ICD-B1I-3.0 BDS-SIS-ICD-B3I-1.0
	1	D2 NAV	$\text{mod}(toc / 720, 240)$	BDS-SIS-ICD-2.1 BDS-SIS-ICD-B1I-3.0 BDS-SIS-ICD-B3I-1.0
	2	B-CNAV1	IODE	BDS-SIS-ICD-B1C-1.0
	3	B-CNAV2	IODE	BDS-SIS-ICD-B2a-1.0
	4	B-CNAV3	IODE	BDS-SIS-ICD-B2b-1.0
SBAS	0	电文类型 9	电文类型 9 的 IOD	RTCA DO-229
QZSS	0	NAV	TBD	TBD
	1	CNAV	TBD	TBD
	2	CNAV2	TBD	TBD

4.3.37.4 使用标识

使用标识（见表 30）表明在 t_0 和 t 时间段使用的最大改正周期。当该标识表明超过这一时间域，应停止使用相应的改正值。标识的具体值由服务提供商根据发布的供应商标准确定。

表 30 卫星使用标识

CODE	使用最大改正
00 ₂	15s
01 ₂	30s
10 ₂	60s
11 ₂	120s

4.3.37.5 电离层延迟标识

电离层延迟改正标识用以表明改正数是否包含每颗卫星 12bit 的电离层延迟域（见表 25 和表 26）。

4.3.37.6 UDRE

UDRE（见表 31）是用户差分距离误差，它是参考站伪距观测值误差的估计值（1 倍中误差），其中包含了多路径、信噪比和其它误差项的影响。用户接收机为谨慎起见应使用其上限值。当包含电离层延迟参数时，UDRE 需给出无电离层延迟观测值。说明，最终的 UDRE 值由电文头部分（见表 31）测站健康状态信息的 UDRE 信息和 UDRE 比例因子获得。

表 31 GNSS 用户差分距离误差

UDRE 比例因子	1	0.75	0.5	0.3	0.2	0.1
UDRE 比特值 (b)	UDRE (m)					
0	0.040	0.030	0.020	0.012	0.008	0.004
1	0.062	0.047	0.031	0.019	0.012	0.006
2	0.096	0.072	0.048	0.029	0.019	0.010
3	0.149	0.112	0.074	0.045	0.030	0.015
4	0.231	0.173	0.115	0.069	0.046	0.023
5	0.358	0.268	0.179	0.107	0.072	0.036
6	0.555	0.416	0.277	0.166	0.111	0.055
7	0.860	0.645	0.430	0.258	0.172	0.086
8	1.333	0.999	0.666	0.400	0.267	0.133
9	2.066	1.549	1.033	0.620	0.413	0.207
10	3.202	2.401	1.601	0.961	0.640	0.320
11	4.963	3.722	2.481	1.489	0.993	0.496
12	7.692	5.769	3.846	2.308	1.538	0.769
13	11.923	8.942	5.961	3.577	2.835	1.192
14	18.480	13.860	9.240	3.544	3.696	1.848

表 31 GNSS 用户差分距离误差 (续)

UDRE 比例因子	1	0.75	0.5	0.3	0.2	0.1
UDRE 比特值 (b)	UDRE (m)					
15	> Row 14					

例如:

- a) 若文件头部分 UDRE 比例因子为 0.3, 卫星的 UDRE 比特值为 0, 则 $0.0\text{m} \leq \text{UDRE} \leq 0.012\text{m}$;
- b) 若文件头部分 UDRE 比例因子为 0.75, 卫星的 UDRE 比特值为 6, 则 $0.268\text{m} \leq \text{UDRE} \leq 0.416\text{m}$;
- c) 若文件头部分 UDRE 比例因子为 1.0, 卫星的 UDRE 比特值为 15, 则 $\text{UDRE} > 18.480\text{m}$ 。

4.3.37.7 数据期号 (IOD)

数据期号 IOD (见表 32) 标识 GNSS 导航数据, 尤其是参考站用以计算差分改正的卫星位置。这些值一般一天改变数次。用户可以将其与接收到的卫星 GNSS 导航数据中的 IOD 进行比较, 用以保证用户接收设备与参考站使用的是同一组卫星轨道和钟参数。若二者不符合, 用户接收设备应采取相应的措施获得参考站使用的参数信息。两种方法可以达到这一目的: 一是由电文类型 1, 2, 9, 41 或 42 获得正确的 IOD 值, 二是由适宜的卫星获得另一组导航数据。一般参考站使用卫星播发的导航数据, 用户接收机在设计时应考虑到参考站接收机播发新卫星星历时可能会产生周期为 120s 的延迟。

表 32 GNSS 数据期号说明

GNSS 系统 ID	GNSS 名称	GNSS 数据期号
1	GPS	对于 GPS, 数据期号为 8bit 的 IODE, 见 IS-GPS-200H。
2	GLONASS	GLONASS 不使用 IOD, 但是在正常运营期间, 卫星星历的变化与时间索引 (t_b) 的变化相符合。因此在电文中包含 7bit 的时间索引, 用户通过将其与 GLONASS 导航数据的 t_b 相比较确定用户设备结果和参考站改正数是否是基于同一组轨道和钟参数。时间索引包含 8bit IOD 的 7 个 MSB, IOD 的 MSB 设置为“0”并被忽略。即对于 GLONASS—M 卫星, 星历的改变总是伴随着 t_b 的变化, 避免了版本 2.2 和 2.3 的复杂程序。
3	Galileo	Galileo 系统 IOD 通常包含一个“0”, 后接提议的 10bit 的 IODnav 的 7 个 LSB, 相应的定义见 Galileo OS SIS ICD。虽然不常见但可能发生两个连续的 IOD 的 7 个 LSB 相同的情况, 这是 Galileo 系统 IOD 将有一个“1”构成, 后面跟随 10bit 的 IODnav 的 7 个 LSB。
4	SBAS	见 RTCA Do-229
5	QZSS	数据期号为 8bit 的 IODE, 见 IS-QZSS-1.6。
6	BDS	——对于 D1 和 D2, 由 toc 计算得到, 有 $\text{BDS IOD} = \text{mod}(\text{toc} / 720, 240)$ ——对于 B-CNAV1/B-CNAV2/B-CNAV3, 为导航电文中的 IODE 字段, 有 $\text{BDS IOD} = \text{IODE}$
7-15	保留	

对于 GPS 而言, IOD 取决于其信号源, 即来自 C/A 码还是 P 码。GPS 的 IOD 参考 ICD-GPS-200 标准导航数据, 包含 8bit IODE (在 ICD-GPS-200 定义)。对于 CNAV, 卫星的 IOD 取为 CNAV t_{oc} 的 8 位最低有效位。

GLONASS 不包含 IOD 定义。在正常运营期间, GLONASS 卫星星历的变化与时间索引 (t_b) 的变化相符合。因此在电文中包含 7bit 的时间索引, 用户通过将其与 GLONASS 导航数据的 t_b 相比较确定

用户设备定位结果和参考站改正数是否基于同一组播发轨道和钟参数。时间索引构成 8bit IOD 的 7 个最低有效位，最高有效位设置为“0”并可忽略不计。即对于 GLONASS—M 卫星，星历的改变总是伴随着 t_0 的变化，避免了电文类型 31（已停用）采用的复杂程序。

QZSS 使用与 GPS 相同的导航参数（和方法），因此电文中 QZSS 的所有元素的定义与 GPS 相似，GNSS 信号 ID 除外。

Galileo 计划的 IODnav 长 10bit，然而只有 8bit 位于 GNSS 的 IOD 数据域内，因此针对 Galileo 的电文的格式应作出相应的改变。此外，电文中所有的 Galileo 相关参数都是“暂定”的，因为最终的 Galileo ICD 在本文发布时尚未发布。目前建议的方法是：Galileo 系统 IOD 通常包含一个“0”，后接提议的 10bit 的 IODnav 的 7 个最低有效位，相应的定义见 Galileo OS SIS ICD。虽然不常见但可能发生两个连续的 IOD 的 7 个 LSB 相同的情况，这是 Galileo 系统 IOD 将有一个“1”构成，后面跟随 10bit 的 IODnav 的 7 个最低有效位。

BDS 数据龄期长 8bit，对于 D1 和 D2 类型的导航电文，由导航电文中的 toc 计算得到，有 $BDS\ IOD = \text{mod}(toc / 720, 240)$ ，对于 B-CNAV1、B-CNAV2 和 B-CNAV3，为导航电文中的 IODE 字段，有 $BDS\ IOD = IODE$ 。

4.3.37.8 电文类型 41 使用

这一电文类型为用户提供 t 时刻的伪距改正数（PRC（ t ））

$$PRC(t) = PRC(t_0) \dots\dots\dots (10)$$

式中：

PRC（ t_0 ）——16 位的伪距改正数，单位为米（m）；

t_0 ——GNSS 信息播发时间，单位为秒（s），以 0.6s 间隔增加，称为“改进 Z 计数”，通过信号第 2 个字提供（见表 1）。改正数与 6 位的 GNSS 卫星编号相关联。

用户获得的伪距观测值 PRM（ t ）按照如下方式修正：

$$PR(t) = PRM(t) + PRC(t) \dots\dots\dots (11)$$

式中：

PR（ t ）——改正后的伪距观测值，单位为米（m）。

电文类型 41 包含基于参考站一个星座所有卫星某一信号的所有相关数据。由于电文中卫星数不同。电文长度可能不能达到 24bit 字长，这时电文空余的部分使用“1”和“0”交替填充以与电文头的同步代码相区分。电文类型 41 的格式如图 18 所示。

伪距改正 PRC（ t_0 ）随时间增加将会偏离正常值，因此需要以尽可能高的频率更新和播发伪距改正。用户设备需相应的更新改正数，并使用电文头中使用标识指明的时间段的改正数。

需要指明的是不存在距离变化率改正 RRC。参考站在计算差分改正数时不进行电离层延迟和对流层延迟模型改正。

伪距观测值应针对以下误差进行调整，单位为米：

- a) 接收机钟相对于电文中的 GNSS 时间的偏差，这一偏差不会影响位置计算；
- b) 与卫星星历对应的卫星钟偏差；
- c) 若星历与使用信号间存在群延迟，需修正群延迟；
- d) 相对论效应改正，由星座 ICD 指定。

参考站也可以对伪距观测值进行多路径效应和参考站接收机天线进行改正，但是在计算差分改正数时不对电离层和对流层延迟进行模型改正。

若电离层延迟改正标识表明电文中包含 12bit 的电离层延迟改正参数，则这一改正值适用于电文中涉及的所有卫星。电离层延迟针对特定频段提供，频段由 GNSS 信号 ID 标识（见表 27 和图 18）。这一延迟量用以削弱电离层延迟的影响，否则随着用户接收机与参考站距离的增加将会造成较大的定位误差。和 PRC 值一样，电文中不包含电离层延迟改正的变化信息，因此应根据电文头部分的使用标识的指示时间使用这一信息。由于电文中的 PRC 受到电离层延迟的影响，可以按照下式构造“无电离层延迟”观测值

$$PR_{\text{ionofree}}(t) = (PR_{\text{rover}}(t) - \text{IONO}_{\text{rover}}(t)) + (PR_{\text{ref}}(t_0) - \text{IONO}_{\text{ref}}(t_0))$$

用户接收设备同样从其伪距观测值中减去电离层延迟影响，单频接收机只有当可以将电离层延迟转化为其频率时才适用。

4.3.38 电文类型 42—通用 GNSS 部分改正数 (N>1)

电文类型 42 与电文类型 41 的目的相同，包含主要差分 GNSS 改正。然而，与电文类型 41 不同的是，电文类型 42 不需要完整的卫星集合，卫星改正数具有不同的时间基准，因此，相较于只播发电文类型 41 的电台，它们需要使用更稳定的钟，以避免由于电文类型 42 之间未模型化的钟漂造成的导航精度降低。

电文类型 42 可以用以提高易受脉冲噪声干扰的数据链路的性能，例如无线电信标数据链。三颗卫星组可以从两方面显著提高数据链性能。一方面当电文类型 42 包含部分可用改正数（例如对三颗卫星的改正数）时，使用最新改正数而非与电文头相关的信号传播时间补偿。另一方面，电文类型长度较短，因此电文头播发频率更高，其抗噪声能力较高，可以实现更快速的再同步。也就是，部分改正信息可以在接收后快速利用，从而进一步减少平均 PRC 延迟，降低信号对信道噪声的敏感性。

此外还需要说明的是在以上的讨论中将卫星组视为由三颗卫星组成是在电文类型 9 中的传统做法，在电文类型 42（同样适用于电文类型 9）中可以任意分组（从 1 到 N_s ）。

4.3.39 电文类型 42—GNSS 空帧 (N=1)

电文类型 42 为 3 个字长（包含 60bit 的电文头），电文结构见图 19。为修正 Z 计数，信号前 4bit 为卫星星座标识（见表 28）。剩余的 20bit 数据由“1”和“0”交替填充。校验位需进行测试。不同于电文类型 6，电文类型 42 的空帧长度只能为 1 (N=1)，需要时作为传输填补，即当参考站没有电文可以播发时提供电文，或将电文头与为指明的历元对齐，但是这一电文从不播发，仅供不时之需。当误差增长缓慢，不需要高频率电文播发时，可以用作填充电文。作为短电文，可以提供用户额外前缀，有助于帧

同步的创建和保持。此外，这一电文类型可以用来指示差分 GNSS 参考站健康状态。

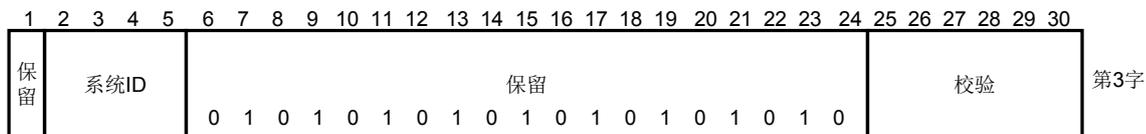


图 19 电文类型 42-GNSS 空帧

4.3.40 电文类型 43—通用 GNSS 卫星信号健康状态

电文类型 43 提供 GNSS 卫星系统及信号的健康状态信息，该电文可以提供一颗或多颗卫星信息，其播发周期由参考站确定。电文内容如图 20 和表 33 所示，具体说明见表 34。



图 20 电文类型 43 的电文格式

表 33 电文类型 43 头部分

参数	比特数	单位	说明
保留	1		
系统 ID	4	1	GNSS 系统 ID, 见表 28
保留	19		交互的“1”和“0”
校验	6		

表 34 电文类型 43 内容，卫星具体数据

参数	比特数	单位	说明
卫星 ID	6	1	1-64, 见表 28
信号 ID	4	1	0-15, 见表 27 和图 18
GNSS 数据有效性状态	1	1	Bit=0 表示导航数据有效; Bit=1 表示导航数据可能无效 (对 Galileo 系统, 为“无保障工作”) 对于 Galileo 系统的具体含义, 参考 Galileo OS SIS ICD。
GNSS 信号健康状态	2	1	0=OK; 1=信号停用; 2=除非星历数据表明其为非健康状态, 认为卫星处于健康状态; 3=信号最近被测试。 对于 Galileo 系统的具体含义, 参考 Galileo OS SIS ICD。
信噪比 (C/N ₀)	5	1dB-Hz	卫星信噪比在参考站测定。 “00001”=25dB-Hz; “00010”=265dB-Hz; ... “11111”=55dB-Hz

4.3.41 电文类型 44—通用 GNSS 信息

电文类型 44 为保留电文，供将来电文扩展使用。

4.3.42 电文类型 45—Galileo 完整性数据

GNSS 可以提供完整性信息。相较于 RAIM，使用这一完整性信息用户可以更高的置信水平和可靠性计算保护水平。Galileo 完整性信息在 DGNSS 观测站覆盖区域“关联的”Galileo 卫星处于亚临界状态或高纬度/海拔 SBAS 卫星可见性低时播发。此外，使用 Galileo 操作系统接收机的用户也将得益于完整性信息的日常播发。

4.3.43 电文类型 46—BDS 星历

电文类型 46（见表 35）包含 BDS 卫星星历信息。注：在使用 B-CNAV1、B-CNAV2 华人 B-CNAV3 导航电文参数时，需进行尺度因子和单位的换算，以保证与 D1 和 D2 导航电文相应参数的一致性。

表 35 电文类型 46 的内容

参数	30bit 字位置	比特数	尺度因子和单位	范围和备注
整周计数	3	13	1week	0~8191。 见 BDS-SIS-ICD-B1I-3.0 第 5.2.4.4， BDS-SIS-ICD-B3I-1.0 第 5.2.4.4。
导航电文类型	3	4	—	0~16。其中： 0 表示电文无效； 1 表示 D1 导航电文； 2 表示 D2 导航电文； 3~16 保留。
IDOT	3/4	14	$2^{-43}\pi/s$	$-9.31\times 10^{-10}\pi/s\sim 9.31\times 10^{-10}\pi/s$ ， D1 导航电文中的 IODT 参数，见 BDS-SIS-ICD-B1I-3.0 第 5.2.4.12，BDS-SIS-ICD-B3I-1.0 第 5.2.4.12， BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.12。
AODE	4	5	—	D1 导航电文的 AODE 字段，见 BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.11， BDS-SIS-ICD-B1I-3.0 第 5.2.4.11， BDS-SIS-ICD-B3I-1.0 第 5.2.4.11。

表 35 电文类型 46 的内容 (续)

参数	30bit 字位置	比特数	尺度因子和单位	范围和备注
t_{oc}	4/5	17	2^3s	范围为 0s~604792s, 见 BDS-SIS-ICD-B1I-3.0 第 5.2.4.9, BDS-SIS-ICD-B3I-1.0 第 5.2.4.9, BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.10。
a_{f1}	5	22	$2^{-50}s/s$	D1 导航电文的钟差参数之一, 见 BDS-SIS-ICD-B1I-3.0 第 5.2.4.9, BDS-SIS-ICD-B3I-1.0 第 5.2.4.9, BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.10。
a_{f2}	5/6	11	$2^{-66}s/s^2$	见 BDS-SIS-ICD-B1I-3.0 第 5.2.4.9 BDS-SIS-ICD-B3I-1.0 第 5.2.4.9, BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.10。
C_{rs}	6/7	18	$2^{-6}m$	范围是-2048m~2048m。见 BDS-SIS-ICD-B1I-3.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-B3I-1.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.12。
Δn	7	16	$2^{-43}\pi/s$	范围是 $-3.73 \times 10^{-9}\pi/s \sim 3.73 \times 10^{-9}\pi/s$, 见 BDS-SIS-ICD-B1I-3.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-B3I-1.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.12。
C_{uc}	8	18	$2^{-31}rad$	范围是 $\pm 6.10 \times 10^{-5}rad$, 见 BDS-SIS-ICD-B1I-3.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-B3I-1.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.12。
e	8/9/10	32	2^{-33}	范围是 0~0.5 见 BDS-SIS-ICD-B1I-3.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-B3I-1.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.12。
C_{us}	10	18	$2^{-31}rad$	范围是 $-6.10 \times 10^{-5}rad \sim 6.10 \times 10^{-5}rad$, 见 BDS-SIS-ICD-B1I-3.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-B3I-1.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.12。
\sqrt{A}	10/11/12	32	$2^{-19}m^{1/2}$	范围是 $0m^{1/2} \sim 8192m^{1/2}$, 见 BDS-SIS-ICD-B1I-3.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-B3I-1.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.12。
t_{oe}	12	17	2^3s	范围是 0~604792s, 见 BDS-SIS-ICD-B1I-3.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-B3I-1.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.12。
FILL	12	3	—	“101”
Ω_0	13/14	32	$2^{-31}\pi$	范围是 $-\pi \sim \pi$, 见 BDS-SIS-ICD-B1I-3.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-B3I-1.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.12。
C_{ic}	14/15	18	$2^{-31}rad$	范围是 $-6.10 \times 10^{-5}rad \sim 6.10 \times 10^{-5}rad$, 见 BDS-SIS-ICD-B1I-3.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-B3I-1.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.12。
i_0	15/16	32	$2^{-31}\pi$	范围是 $-\pi \sim \pi$, 见 BDS-SIS-ICD-B1I-3.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-B3I-1.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.12。
C_{is}	16/17	18	$2^{-31}rad$	范围是 $-6.10 \times 10^{-5}rad \sim 6.10 \times 10^{-5}rad$, 见

表 35 电文类型 46 的内容 (续)

参数	30bit 字位置	比特数	尺度因子和单位	范围和备注
				BDS-SIS-ICD-B11-3.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-B31-1.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.12。
ω	17/18	32	$2^{-31}\pi$	范围是 $-\pi\sim\pi$, 见 BDS-SIS-ICD-B11-3.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-B31-1.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.12。
C_{rc}	18/19	18	$2^{-6} m$	范围是-2048m~-2048m, 见 BDS-SIS-ICD-B11-3.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-B31-1.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.12。
$\dot{\phi}$	19/20	24	$2^{-43}\pi/s$	范围是 $-9.54\times 10^{-5}\pi/s\sim 9.54\times 10^{-5}\pi/s$, 见 BDS-SIS-ICD-B11-3.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-B31-1.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.12。
M_0	20/21	32	$2^{-31}\pi$	范围是 $-\pi\sim\pi$, 见 BDS-SIS-ICD-B11-3.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-B31-1.0 第 5.2.4.12, BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.12。
AODC	21	5	—	范围是 $-\pi\sim\pi$, 见 BDS-SIS-ICD-B11-3.0 第 5.2.4.8, BDS-SIS-ICD-B31-1.0 第 5.2.4.8, BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.9。
a_0	21/22	24	$2^{-33}s$	见 BDS-SIS-ICD-B11-3.0 第 5.2.4.9, BDS-SIS-ICD-B31-1.0 第 5.2.4.9, BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.10。
SVPRN	22/23	6	1	BDS 卫星的 PRN 号
t_{GD1}	23	12	$0.1ns/2^{-34}$	导航电文中的 t_{GD1} 字段, 见 BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.8, BDS-SIS-ICD-B11-3.0 第 5.2.4.10, BDS-SIS-ICD-B31-1.0 第 5.2.4.10。
t_{GD2}	23	12	$0.1ns/2^{-34}$	导航电文中的 t_{GD2} 字段, 见 BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.8, BDS-SIS-ICD-B11-3.0 第 5.2.4.10, BDS-SIS-ICD-B31-1.0 第 5.2.4.10。
SV URAI	24	4	—	导航电文中的 URAI 字段, 见 BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.5, BDS-SIS-ICD-B11-3.0 第 5.2.4.5, BDS-SIS-ICD-B31-1.0 第 5.2.4.5。
卫星健康信息	24	9		卫星健康信息字段, 见 BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.16, BDS-SIS-ICD-B11-3.0 第 5.2.4.17, BDS-SIS-ICD-B31-1.0 第 5.2.4.17。
卫星自主健康标识 (SatH1)	24	1	0~1	SatH1 字段, 见 BDS-SIS-ICD-2.1 第 5.2.4.6, BDS-SIS-ICD-B11-3.0 第 5.2.4.6, BDS-SIS-ICD-B31-1.0 第 5.2.4.6。
BDS IOD	24	8	0~255	——对于 D1 和 D2, 由 toc 计算得到, 有 BDS IOD = mod (toc / 720, 240)。
总共		519	—	
填充		1	—	10 交替

表 35 电文类型 46 的内容 (续)

参数	30bit 字位置	比特数	尺度因子和单位	范围和备注
校验位		126	—	

4.3.44 电文类型 47—BDS 特殊信息

电文类型 47 应使用可打印的 ASCII 码, 长度可达到 90 个字符。发送方式为 MSB 在前, LSB 在后。如果最后电文字未用完, 则应用 0 填充电文字剩余部分。采用 8bit 的 ASCII 码, 应将 MSB 置 0。

电文格式如图 21 所示, 图中显示广播“BEIDOU”字符的方法。

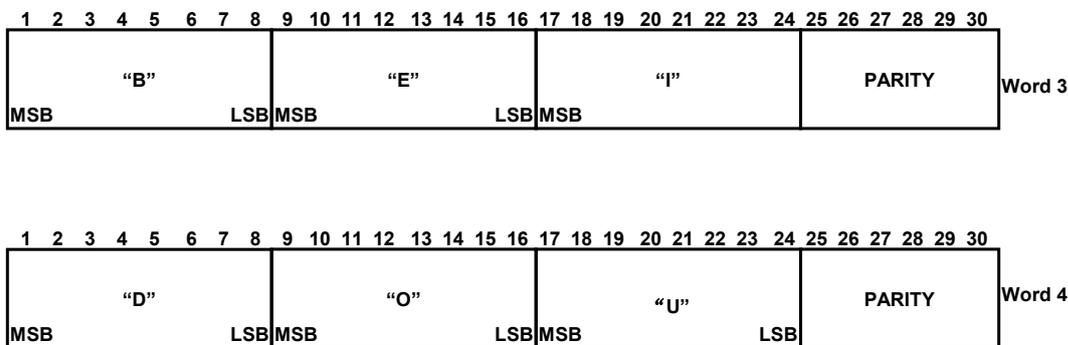


图 21 电文类型 47 的格式

4.3.45 电文类型 48~57

电文类型 48 到 57 尚未定义, 留待以后新的应用需求出现时使用。

4.3.46 电文类型 58—紧急报警

电文类型 58 保留为美国国家 DGPS 网播发紧急报警信息和其他临界完整性信息服务, 满足实时报警功能。

4.3.47 电文类型 59—专用电文

电文类型 59 是专用电文。由参考站运行商自行制订电文格式和内容, 并允许有多个子电文类型。本电文的第三字的前 8bit 可提供电文制订者的标识符。

4.3.48 电文类型 60~63—多用途电文

电文类型 60 到 63 是保留电文, 可用于传输差分 Loran-C、差分 Chayka、差分 Omega、气象信息或其它导航信息。

5 GNSS 接收机与数据链设备接口

5.1 总则

第 4 章介绍了各种电文类型的数据格式和内容, 实际应用中还应利用数据传输设备将信息从

DGNSS 参考站传输到用户。数据传输设备又称数据链设备，包括数据发送器和数据接收器等设备。DGNSS 系统配置及涉及要求见附录 I。

本章规定了参考站 GNSS 接收机和数据发送器、数据接收器和用户 GNSS 接收机之间的数据交互、接口等方式，以提高应用中的兼容性和协同工作能力。

5.2 GNSS 接收机与数据链收/发设备的接口

GNSS 接收机与数据链收/发设备之间的接口建议采用通用商业标准，信号电平符合 EIA232 或 EIA422/EIA449 通信协议¹⁾，见表 36。

串行数据的传输建议遵循 ANSI 的制订的 ANSI-X3.15 和 ANSI-X3.16 协议²⁾，宜采用 8 个数据位、无效验、1 个停止位的接口协议，传输速率最低 300bps。

表 36 信号电平对照表

接口协议	信号电压	二进制状态/信号条件	
		1/标记	0/空白
EIA232	信号针到地	-25V ~ -15V	+15V ~ +25V
EIA422	差分，信号针“A”到“B”	-6V ~ -2V	+2V ~ 6V

5.3 接口原则

5.3.1 概述

本标准所规定的差分数据电文采用 30 bit，MSB 优先原则，不同于 UART 设备使用的 8bit LSB 优先原则，因此在电文编码和解码过程中应采用字节格式规则、最高有效位优先规则等进行操作。

5.3.2 字节格式规则

符合 ANSI X3.15 协议的 UART 设备中，一个 8bit 字节的数据位传输顺序是：传输的第 1 个数据位记为“a₁”，最后一个传输的数据位记为“a₈”，a₁ 是 LSB。此顺序与差分电文的 MSB 优先的传输顺序不同，应按 5.3.3 的规则进行“字节滚动”。

DGNSS 参考站和用户设备在进行差分信息的传输时均应支持“8 取 6”的操作（从 a₁ 到 a₆）。a₁ 到 a₆ 是电文信息，a₇ 是标记位，a₈ 为空白位。

5.3.3 最高有效位优先规则

差分电文中的二进制数据按第 4 章规定的顺序以 MSB 优先方式进行传递。符合 ANSI-X3.15 协议 UART 则按 LSB 优先的顺序进行传递。因此若使用符合 ANSI-X3.15 协议的 UART 设备，在差分电文离开参考站设备之前和差分电文进入用户设备之后，都应按以下方法进行“字节滚动”操作：

- 参考站广播每个 6bit 字节前，对 6bit 字进行位操作，使 a₁ 和 a₆，a₂ 和 a₅，a₃ 和 a₄ 位置交换；
- 用户在接收电文后，应对每个 6bit 字节进行位操作，使 a₁ 和 a₆，a₂ 和 a₅，a₃ 和 a₄ 位置交换。

¹⁾ EIA232、EIA422/EIA449 是（美国）电子工业协会制订的串行通信协议，计算机等设备的串行接口均遵循此协议。

²⁾ ANSI-X3.15 和 ANSI-X3.16 是美国国家标准协会制订有关信息处理中比特顺序、字符结构等的协议，计算机等设备的信息表示、串口通信中数据传输多遵循此协议。

注：ANSI X3.15 规定：ASCII 字符的比特顺序应该是 LSB 优先，就 7bit ASCII 字符而言是连续按 b_1 到 b_7 的顺序排列，就 8bit ASCII 字符而言是连续按 a_1 到 a_8 的顺序排列。

5.3.4 比特滑动规则

通常情况下，数据链接收机或调制解调器会将接收到的比特按 8bit 字节进行装配，并不假定有特定的同步字节或“字”存在。因此，用户需要恢复与差分电文的数据同步，如同 GNSS 接收机恢复与卫星导航电文的数据同步一样。

用户设备在设计时，不能假定 30bit 电文字的字边界与数据链中的 8bit 字节之间存在一致关系，差分电文的数据同步与解码应采用 GNSS 接收机对卫星导航电文的数据同步与解码方法，该方法是通过判断差分电文前缀 01100110（见 4.2.2），并进行电文字校验（见 4.2.2）进行数据同步，二者缺一不可。

5.3.5 终端设备规则

如果数据链设备采用 EIA232 或 EIA449 标准接口连接器，则 GPS 设备接口应按数据终端设备(DTE)接口配线。

5.3.6 完整电文解码规则

在接收到完整的电文数据之前不能对电文数据进行解码。否则会出现接收到的第一颗卫星的改正数被使用，而后面电文字无法通过校验的情况，这会导致由参考站钟漂产生的定位误差，详见 I.2.9。

如果参考站配备有高稳定度的时钟，且使用电文类型 9，则用户可不考虑此规则。

5.4 设备选项

DGNSS 应用中，一般只考虑参考站经数据发送器、数据接收器到用户接收机的正向流程，不用考虑从用户到参考站的逆向通信过程，但 CORS 等系统中可以配置双向数据链。

电文类型 7、13 等电文提供了参考站自身信息，其目的是向用户提供用于自动通信控制的信息，用户设备可据此自动选择接收频率和数据率等参数。

5.5 接口实例

5.5.1 数据流控制方法

有几种方法可以控制 GNSS 设备和数据链路之间的数据流。通常使用的一种方法称为硬件握手。通常在参考站设备上使用它来控制数据链路发送器。例如，考虑配置为 DTE（数据终端设备）的 GNSS 接收器和配置为 DCE（数据通信设备）的数据链路。GNSS 设备和数据链之间的数据流控制可采用以下方式：硬件握手、软件握手、设置固定通信速率等方式。

- a) 在硬件握手方式中，两者可通过 RTS/CTS 或其它方式进行硬件流控制；
- b) 在软件握手方式中，两者可通过 XON/XOFF 或其它方式进行软件流控制；
- c) 如果不能用硬件或软件握手方式，则可以用设定数据通信速率的方法，在数据链可承受的范围内，设定参考站 GNSS 接收机数据输出的速率，此时数据链应能以相应的速率进行数据缓冲和管理。

5.5.2 无线电信标台 MSK 数据链

利用海洋无线电信标台传输 DGNSS 差分数据是一种完成差分数据链路的方法。典型的过程如下：

- a) 信标台的 MSK 调制解调器通过 RS-232 或其它链路从参考站接收差分数据；
- b) 参考站产生 30bit 差分电文字并均分成 5 个 6bit 字节，加上两个比特位后形成标准的 8bit 字节，以 LSB 优先的方法传输给 MSK 调制解调器；
- c) 信标台 MSK 调制解调器从 8bit 字节中去除掉开头、结尾以及两个最高比特位，只发射含有差分数据的 6bit 字节；
- d) 用户 MSK 接收机接收并解调该信标台发送的无线电信号，将 6bit 字节装配进一个 8bit 字节（见 5.3.2），将 8bit 字节数据发送给用户 DGNSS 接收机；
- e) 用户 DGNSS 接收机应通过恢复差分电文头前缀并进行校验的方式重建比特位顺序，以便与电文流同步并进行解码。大多数情况下（约占电文总数的 83%，即 6 次中有 5 次），30bit 电文字的开始不会正好位于在 8bit 字节的边界上，因此用户在数据同步时应采用比特滑动规则，见 5.3.4。

6 DGNSS 应用

6.1 应用领域

DGNSS 应用涵盖了涉及航海、陆地和航空的导航与定位的各个领域，其用户需求与应用分析见附录 J。

6.2 常见的 DGNSS 系统

在 GNSS 出现之前，航海、航空和陆地载体主要依靠无线电导航系统进行导航与定位。GNSS 及 DGNSS 技术出现后，针对这些系统进行了改造和升级，附录 K 给出了目前国际上常用的基于无线电导航的 DGNSS 系统。

附 录 A
(规范性附录)
差分电文的校验算法

A.1 总则

本附录介绍差分电文的校验算法，该算法与 GPS 导航电文的校验算法一致，更多信息见 GPS-SPS-SS-2.0 中的 2.5.2。

校验算法

差分电文的校验算法见图 A.1。

$D_1 = d_1 \oplus D_{30}^*$ $D_2 = d_2 \oplus D_{30}^*$ $D_3 = d_3 \oplus D_{30}^*$ $\vdots \quad \vdots$ $\vdots \quad \vdots$ $D_{24} = d_{24} \oplus D_{30}^*$ $D_{25} = D_{29}^* \oplus d_1 \oplus d_2 \oplus d_3 \oplus d_5 \oplus d_6 \oplus d_{10} \oplus d_{11} \oplus d_{12} \oplus d_{13} \oplus d_{14} \oplus d_{17} \oplus d_{18} \oplus d_{20} \oplus d_{23}$ $D_{26} = D_{30}^* \oplus d_2 \oplus d_3 \oplus d_4 \oplus d_6 \oplus d_7 \oplus d_{11} \oplus d_{12} \oplus d_{13} \oplus d_{14} \oplus d_{15} \oplus d_{18} \oplus d_{19} \oplus d_{21} \oplus d_{24}$ $D_{27} = D_{29}^* \oplus d_1 \oplus d_3 \oplus d_4 \oplus d_5 \oplus d_7 \oplus d_8 \oplus d_{12} \oplus d_{13} \oplus d_{14} \oplus d_{15} \oplus d_{16} \oplus d_{19} \oplus d_{20} \oplus d_{22}$ $D_{28} = D_{30}^* \oplus d_2 \oplus d_4 \oplus d_5 \oplus d_6 \oplus d_8 \oplus d_9 \oplus d_{13} \oplus d_{14} \oplus d_{15} \oplus d_{16} \oplus d_{17} \oplus d_{20} \oplus d_{21} \oplus d_{23}$ $D_{29} = D_{30}^* \oplus d_1 \oplus d_3 \oplus d_5 \oplus d_6 \oplus d_7 \oplus d_9 \oplus d_{10} \oplus d_{14} \oplus d_{15} \oplus d_{16} \oplus d_{17} \oplus d_{18} \oplus d_{21} \oplus d_{22} \oplus d_{24}$ $D_{30} = D_{29}^* \oplus d_3 \oplus d_5 \oplus d_6 \oplus d_8 \oplus d_9 \oplus d_{10} \oplus d_{11} \oplus d_{13} \oplus d_{15} \oplus d_{19} \oplus d_{22} \oplus d_{23} \oplus d_{24}$
<p>其中：</p> <p>d_1, d_2, \dots, d_{24} 是电文字参数。</p> <p>D_{29}^*, D_{30}^* 是上一条电文字的最后 2bit（即上一条电文字的第 29 位和第 30 位）。</p> <p>$D_{25}, D_{26}, \dots, D_{30}$ 是电文字校验比特位。</p> <p>$D_1, D_2, \dots, D_{29}, D_{30}$ 是完整的差分电文字。</p> <p>\oplus 是模二和运算符。</p>

图 A.1 差分电文校验算法

A.2 校验流程示例

用户接收到差分电文后应进行校验，以确定是否存在差错，用户不能使用校验失败的差分电文。建议的差分校验流程见图 A.2。

图 A.2 中：

- a) D_{29}^*, D_{30}^* 是上一条电文字的最后 2bit（即上一条电文字的第 29 位和第 30 位）；
- b) $D_1, D_2, \dots, D_{29}, D_{30}$ 是用户接收的差分电文字；
- c) d_1, d_2, \dots, d_{24} 是电文字参数；
- d) $D_{25}, D_{26}, \dots, D_{30}$ 是差分电文字中的校验比特位；

e) $JD_{25}, JD_{26}, \dots, JD_{30}$ 是由 d_1, d_2, \dots, d_{24} 和 D_{29}^*, D_{30}^* 按图 A.1 计算出的校验比特位。

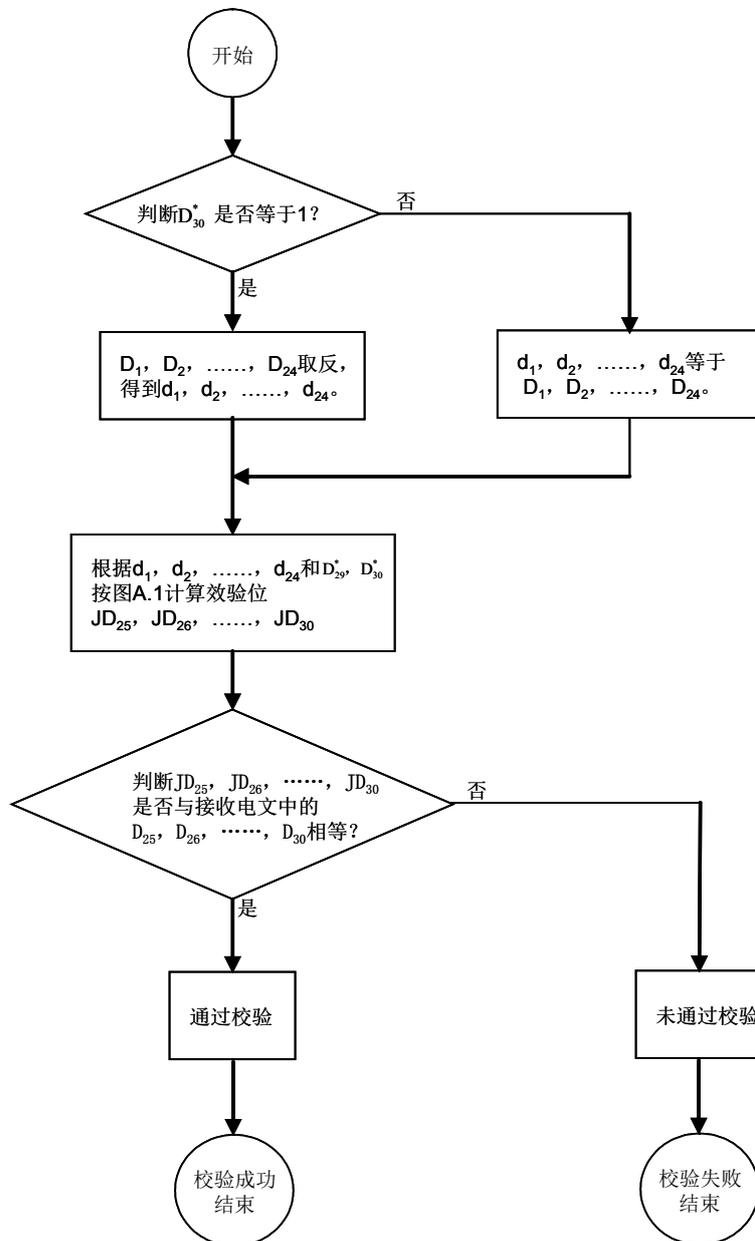


图 A.2 差分电文校验的流程

附录 B (资料性附录)

DGPS 参考站的基准选择

B.1 总则

GPS 在在以地球为中心的地心地固坐标系 ECEF 框架下运行，该坐标系统由 WGS84 参考椭球模型描述，没有绝对的坐标参考点。传统的基于大地水准面的大地或局部基准（又称为本地基准）则多是区域性质的平面坐标系，一般具有绝对参考点。如果服务的用户是基于本地基准进行作业，可选择以下方式之一向参考站输入参考站坐标：

- a) 将参考站坐标设置为 WGS84 坐标，用户也得到 WGS84 的差分定位结果，再根据转换参数，由用户将 WGS84 坐标转换到本地基准坐标；
- b) 将参考站坐标设置为本地基准坐标，用户直接得到本地基准坐标。

以上两种方法各有优缺点，本标准建议采用方法 a)。若采用方法 b)，需分析参考站坐标基准差异对用户定位结果的影响。

B.2 参考站坐标基准差异对用户定位结果的影响分析

DGPS 系统中，伪距、载波改正数等的计算都是基于参考站到卫星的视线向量，用户也将改正数应用到用户到卫星的视线向量上。参考站到卫星的视线向量与用户到卫星的视线向量并不一致，二者的差异随着用户距离参考站的距离增加而增加。

如果在参考站输入本地基准坐标，则可以认为是在参考站 WGS84 坐标上加上一个平移向量，数值大小由本地基准和 WGS84 坐标系在参考站处的转换关系决定。由于参考站到卫星的视线向量与用户到卫星的视线向量存在差异，用户处的平移向量并不等同于参考站处的平移向量，因此在用户处会产生平面位置误差，其大小与参考站位置、本地基准与 WGS84 的差异、用户到参考站的距离有关。

图 B.1 反映了当用户距离参考站的距离分别为 10km、50km、100km、150km、200km、250km 和 300km 时，参考站处基准差异对用户平面位置的影响（二倍中误差的估计值）。用户定位数据由 GPS 仿真器模拟得到，用户天线假定位于海平面且任意分布于全球，假定参考站和用户的定位结果没有误差。从图 B.1 可以看出，如果参考站采用本地基准，为保证用户定位精度，应限制用户到参考站的距离。

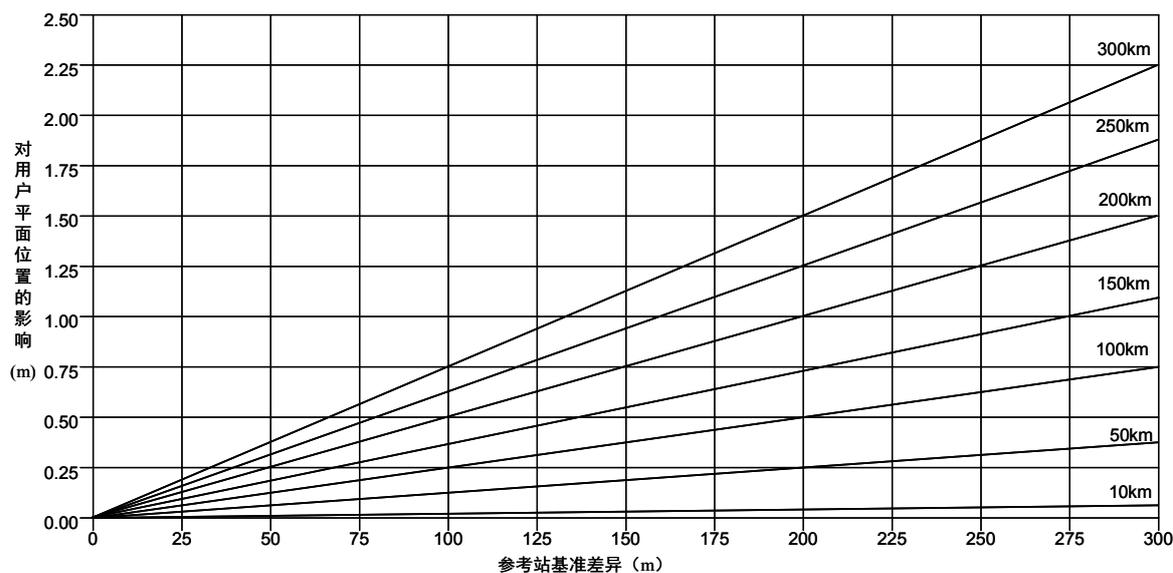


图 B.1 参考站基准差异对用户平面位置的影响

B.3 参考站坐标基准设置方法的比较

如果参考站使用 WGS84 坐标，其优点在于：改正数仅代表 GPS 的观测误差；用户设备需要提供转换到其它基准的算法。缺点在于：给用户引入了 WGS84 坐标系下绝对定位的不确定因素（不确定性的一倍中误差约为 0.75m~1.0m），例如由大陆漂移所带来的误差；WGS84 和本地基准转换算法的潜在误差。

如果参考站使用本地基准坐标，其优点在于：用户定位结果自动转换到本地基准，无须进行调整。缺点在于：参考站到本地基准的平移量会限制改正数的可用距离；由于用户和参考站到卫星存在视线差，因此平移量不能完全适用于用户，会进一步限制系统的有效作业距离；用户在切换参考站时，很难确定应使用哪个基准。

B.4 北美地区 DGPS 坐标基准的选择

在北美地区，DGPS 系统参考站均使用三维的 1983 北美基准（NAD83），同一个点的 NAD83 坐标和 WGS84 坐标近似，差异小于 2m。

附 录 C
(资料性附录)
载波相位观测值及其改正数的数据质量

C.1 总则

本附录介绍一种评估载波相位观测值、载波相位改正数数据质量的方法，除采用该方法外，还可采用其它方法来进行数据质量的评估，只要结果符合差分电文的规定即可。

本附录包括载波相位观测值、数据质量因子的定义以及量化为差分电文中 3bit 数据质量字段的方法等内容。

载波相位观测值

接收机载波相位观测值是由接收机相位锁相环 (PLL) 的相位锁定状态经下式运算得到的。

$$\cos(2\Delta\phi) = (I^2 - Q^2) / (I^2 + Q^2) \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

$\Delta\phi$ ——接收机载波相位观测值，单位为弧度；

I——相同相位分量，单位为弧度；

Q——正交相位分量，单位为弧度。

对于 GPS 而言，I、Q 分量是 20ms（一个数据位）上的积分值（或累计值）；对于 GLONASS，则是 10ms（一个数据位）上的积分值（或累计值）。其中， $(I^2 - Q^2)$ 与 $\cos(2\Delta\phi)$ 成正比，也与 GPS 50Hz 信号的信噪比、GLONASS 的 100Hz 信号的信噪比成正比。

载波相位观测值及其改正数的数据质量因子

根据式 (C.1)，可按式 (C.2) 可以构成接收机载波相位观测值的数据质量因子。

$$DQI = \frac{1}{4\pi} \arccos(\cos(2\Delta\phi)) \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

DQI ——接收机载波相位观测值的数据质量因子，单位为弧度；

$\Delta\phi$ ——接收机载波相位观测值，单位为弧度。

数据质量因子的量化

为适应差分电文中 3bit 的数据质量字段，应对式 (C.2) 得到的数值按下式进行量化。

$$DQI(x) \leq \frac{1}{256} e^{x/\sqrt{5}} \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：

$DQI(x)$ ——差分电文中 3bit 载波相位数据质量因子，单位为周；

x ——数据质量字段的十进制等价数值，见表 C.1。

$DQI(x)$ 的数值分辨率可以保证实时动态差分应用中厘米级的定位精度要求。

表 C.1 差分电文中的载波相位数据质量

二进制代码 (x)	$DQI(x)$ 周
000 (0)	≤ 0.00391
001 (1)	≤ 0.00696
010 (2)	≤ 0.01239
011 (3)	≤ 0.02208
100 (4)	≤ 0.03933
101 (5)	≤ 0.07006
110 (6)	≤ 0.12480
111 (7)	> 0.12480 或 $\cos \Delta\phi < 0$

附 录 D
(资料性附录)
伪距观测值及其改正数的数据质量和多路径误差因子

D.1 总则

本附录介绍一种评估伪距观测值及其改正数数据质量的方法，并概要介绍了多路径误差因子。除采用本附录方法外，还可采用其它方法来进行数据质量的评估，只要结果符合差分电文的规定即可。

D.2 伪距观测值误差

对于短时间段内的伪距观测值，其误差可用下式进行估计：

$$\sigma_r = \frac{c}{R_0} \times \sqrt{\frac{B_L d N_0}{2S} \times \left(1 + \frac{2N_0}{(2-d)ST}\right)} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

- σ_r ——伪距观测误差，单位为米（m）；
- c ——光速， 3×10^8 m/s；
- R_0 ——P 码或 C/A 码的分辨率，单位为片每秒（片/秒）；
- S/N_0 ——信噪比估计值，单位为分贝（dB）；
- T ——对于 GPS 为 0.02s，对于 GLONASS 为 0.01s；
- d ——早/晚间隔的相关因子，无量纲；
- B_L ——环路带宽，单位为赫兹（Hz）。

对于点结果，其误差可用下式进行估计：

$$\sigma_r = \frac{c}{R_0} \times \sqrt{\frac{B_L d N_0}{2S} \times \left(1 + \frac{N_0}{ST}\right)} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中：

- σ_r ——伪距观测误差，单位为米（m）；
- c ——光速， 3×10^8 m/s；
- R_0 ——P 码或 C/A 码的分辨率，单位为片每秒（片/秒）；
- S/N_0 ——信噪比估计值，单位为赫兹（Hz）；
- B_L ——若对伪距相位观测进行了后平滑，则 $B_L = 1/2T_I$ ，单位为赫兹（Hz）；
- T ——对于 GPS 为 0.02s，对于 GLONASS 为 0.01s；
- T_I ——平滑间隔，单位为秒（s）。

D.3 伪距观测值及其改正数的数据质量因子

差分电文中伪距观测值及其改正数的数据质量因子可基于式 (D.1) 和式 (D.2) 经量化得到, 见下式。

注: 按此方式定义的伪距观测值及其改正数的数据质量因子实际是由环境噪声引起的伪距一倍中误差的短时间估计值, 并不包含多路径和电离层延迟等影响。

$$DQI(x) \leq 0.02e^{0.4x} \dots\dots\dots (D.3)$$

式中:

$DQI(x)$ ——量化后的伪距观测值数据质量因子, 单位为米 (m);

x ——4bit 数据质量字段的十进制等价数值, 见表 D.1。

表 D.1 伪距观测值数据质量因子

二进制代码 (x)	$DQI(x)$ m
0000 (0)	≤ 0.020
0001 (1)	≤ 0.030
0010 (2)	≤ 0.045
0011 (3)	≤ 0.066
0100 (4)	≤ 0.099
0101 (5)	≤ 0.148
0110 (6)	≤ 0.220
0111 (7)	≤ 0.329
1000 (8)	≤ 0.491
1001 (9)	≤ 0.732
1010 (10)	≤ 1.092
1011 (11)	≤ 1.629
1100 (12)	≤ 2.430
1101 (13)	≤ 3.625
1110 (14)	≤ 5.409
1111 (15)	> 5.409

D.4 多路径误差因子

多路径影响与参考站设计有关, 较难估计。如果在伪距中进行了多路径影响改正, 则多路径误差因子就是残余多路径影响的一倍中误差估计值。

可采用以下两种方式近似估计多路径影响: 在短时间 (2min~3min) 内采用载波相位平滑伪距的方法进行估计, 此方法要求时间间隔足够短, 以避免电离层延迟影响。第二种方法是采用后处理方法, 即用前几天的多路径影响来近似改正, 从而得到残余多路径影响的估计值, 即多路径误差因子。

附录 E (资料性附录) 差分系统中的载波相位改正数

E.1 总则

利用载波相位观测值进行差分定位和导航有两种方式：一是将伪距、载波相位等观测数据从参考站传输到用户，即电文类型 18 和电文类型 19 的方式；第二种类似于码差分，即参考站与用户之间只传输改正数，如电文类型 20 和电文类型 21 的方式。

采用传输改正数的方法，可以降低定位结果受数据通信时间延迟或数据发送频率的影响，也可减少用户的计算量，但对卫星信号失锁恢复及星历匹配等提出较高的要求。

本附录讨论影响载波相位改正数的主要因素，并分析采用载波相位改正数方法的优缺点。

E.2 载波相位观测值对接收机钟差的要求

伪距测量实际上是确定信号离开卫星的时间和到达接收机天线的时差（即信号传播时间），此数值乘以光速即可得到伪距观测值。信号离开卫星的时间应利用导航电文中的卫星钟差参数进行修正，数值很小。信号到达接收机天线的时差应进行接收机钟差改正，也可在观测 4 颗以上卫星时，作为未知参数进行计算。一般情况下，如果要达到 30m 的定位精度，则要求接收机时钟达到 100ns 的精度。

载波相位测量实际上是进行的卫星钟和接收机钟之间的多普勒测量，数值比光速小很多，因此对接收机钟差的要求要远低于伪距测量的要求。若假定伪距观测时要求接收机钟精度达到 100ns，则接收机相对于卫星的多普勒频移最大值约为 5000Hz，而载波相位观测的最大误差主要是由 L1 频率的 0.0005 周所引起的，实际距离约为 0.1mm。因此，若要达到 1mm 的载波相位测量精度，对接收机钟精度要求为 1ms。

E.3 载波相位差分对接收机钟精度的要求

载波相位差分对接收机钟的要求与第 E.2 章中的要求一致。

在载波相位差分时，参考站和用户端都不应对接收机钟差进行平滑或滤波处理，否则会加大噪声影响，导致定位结果精度降低。用户应逐个历元计算接收机钟差参数，这样参考站钟差等都将为用户接收机钟参数所吸收，不至影响用户的定位精度。

E.4 载波相位改正数的产生

E.4.1 参考站产生载波相位改正数的步骤

在参考站上产生载波相位改正数应遵循以下步骤进行：

- a) 在载波相位观测值上加入整周模糊度的近似数，使之代表卫星与接收机间的真实距离（载波相位距离）。整周模糊度的近似值可由人工设定，或从相应的伪距观测值推导得出；

- b)消除参考站接收机钟差和钟漂的影响。只要参考站钟差维持在 1ms 以内，且用户对接收机钟差是逐个历元进行求解的，则接收机钟差残差将不会影响用户的定位结果。

E. 4.2 载波相位改正数中参考站钟差的消除方法

载波相位改正数要求参考站和用户接收机钟差的变化应均匀、不能有大的跳变。更重要的是在传输改正数时，参考站接收机钟差不应有大的跳变。根据此要求，可用以下方法从载波相位改正数中消除参考站接收机钟差影响：

- a) 在参考站接收机开始跟踪卫星的第一个历元时，求各卫星的载波相位距离（加入整周模糊度）与到卫星几何距离之间的差值。将所有差值的平均值作为参考站接收机钟差先验值，再从每颗卫星载波相位距离中减去钟差先验值后，该结果作为载波相位改正数传输给用户。第一个历元的所有卫星的载波相位改正数平均值应为 0；
- b) 在第二个及后续历元中，计算所有连续跟踪卫星的载波相位距离与几何距离的差值，与第一个历元的差值求差后得到差值变化值，求所有连续跟踪卫星的差值变化值的平均值，在钟差先验值上加上此平均值即得到该历元的参考站接收机钟差。从每颗卫星的载波相位距离中减去该历元钟差后，结果作为载波相位改正数传输给用户。历元间只要连续跟踪到一颗卫星，按此方法就可得到该历元的参考站接收机钟差。

采用以上方法的优点在于，参考站跟踪到的卫星数增加或减少时，不会引起参考站接收机钟差大的跳变。缺点在于，当卫星数增加或减少时，载波相位改正数的平均值可能会偏离零点。

E. 5 采用载波相位改正数的优点

采用播发载波相位改正数的方式优点在于：

- a) 由于载波相位改正数的变化比原始载波相位观测值的变化要慢的多，由改正数延迟导致的改正数的误差也要小的多，因此参考站和用户接收机的时间同步要求大为降低；
- b) 由于载波相位改正数数值变化较慢，在它们失效前可以持续使用一段时间，因而降低了对通信链路可靠性的要求；
- c) 载波相位改正数数据量较小，可以减小数据通信的数据传输率，即用较低速率的通信方法来实现高精度定位；
- d) 采用原始数据时，用户必须计算参考站到卫星的距离。采用载波相位改正数的方法，用户只需计算大气折射影响，降低了用户计算量。

E. 6 采用载波相位改正数的缺点

采用播发载波相位改正数的方式缺点在于：

- a) 用户依赖于参考站进行计算的完好性和可靠性。计算结果的精度水平必须与用户一致；
- b) 系统发生故障时，难以进行故障分析和排查。对于分布式的参考站网络，则更为困难。

附录 F (资料性附录) RTK 系统的实现要点

F.1 总则

为了使 RTK 系统的用户达到厘米级的定位精度，RTK 系统的设计应尽可能地降低因计算精度、天线相位中心偏移等因素带来的影响。

本附录针对 RTK 系统中的某些重要环节进行讨论，包括卫星位置计算精度、天线相位中心稳定性要求等内容。

F.2 卫星位置计算的精度

卫星位置计算即根据接收到的卫星导航电文中的卫星轨道参数和卫星钟参数，计算在某确定时刻该卫星在地心地固系中 XYZ 坐标和卫星钟差值。

RTK 系统中，参考站和用户端对同一卫星位置和钟差的计算精度应相同（理想状态下应达到亚毫米级的计算精度），且有效数字位数应相同。

卫星位置计算中涉及三角函数和开方等运算，在这些运算过程中，中间参变量的有效数字取值应远高于最后结果（位置坐标）的有效数字位数，以避免因截尾误差造成的计算精度降低。

F.3 天线相位中心稳定性

早期应用中，L1 和 L2 频率的相位中心被各自模型化为一个点：电文类型 22 的扩展部分可发送 L2 相位中心相对 L1 相位中心的偏差量。长期研究表明，这种解释过于简单，并不能满足动态 GPS 测量中高精度应用的要求。

天线相位中心的位置是随着信号入射角的变化而变化的，变化方向和大小取决于卫星的方向、方位角和高度角，且对于 L1 和 L2 其变化也不相同，相对于模型化的相位中心点可以达到几十个毫米。因此，在参考站和用户端使用不同类型的天线时，其位置精度会受到明显的影响。此外，天线相位中心的稳定性也受到天线设计和抑制板配置的影响。

目前，国际科研机构利用多种方法进行天线相位中心校准，并得到毫米级精度的模型化的天线校准表。由于校准方法尚未标准化，因此 RTK 系统的服务提供者可自行决定是否采用天线校准模型，或是早期的单点相位中心模型。

RTK 系统中，参考站应在差分电文中提供足够的天线配置信息。电文类型 23 可将参考站的天线类型和配置号传递给用户。本标准采用 IGS 方法，采用天线标识符和序列号来识别每种天线，其中天线标识表明了天线模型、生产厂家及其使用的模型类型，以及一些诸如底板和保护罩等附件类型。每种天线通过天线标识和天线序列号来定义，序列号由生产厂家给出。此外，IGS 也为各种天线提供模型化的校准值。

建议 RTK 系统的服务提供者在参考站上使用已公布的天线校准表中的天线类型，否则应进行天线校准，或主动提供兼容的校准表。某些服务提供者可能会将参考站天线进行单独校准，此时必须保证能以合适的方式和格式将校准信息发布给用户。天线单独校准参数及其配置数据可以用电文类型 23 广播给用户。

本标准中的电文类型 22、电文类型 23 和电文类型 24 可用于向用户提供天线类型、校准参数等信息，其中，电文类型 24 中以 ARP 为参考表示天线相位中心。

F.4 数据期号（GPS）和日时（GLONASS）

在使用导航电文和卫星钟改正数据时，参考站和用户都应使用相同数据期号（GPS）或相同日时（GLONASS）的数据。由于参考站和用户端的接收机设备在接收导航电文的流程上可能存在差异，因此当在参考站计算改正数并传递给用户时，二者所用的星历数据可能会有所不同。

建议参考站在接收到新数据期号（或新日时）的星历数据后，等待 90 秒后再利用新数据计算改正数并进行传送，而不是计算并播发两个数据期号（或日时）的改正数。这样，用户的接收设备就有足够的时间来采集新数据期号（或新日时）的星历数据。

F.5 坏的参考站数据

参考站发送的差分电文中不能包含有任何卫星的错误或无效数据。

F.6 无电离层组合观测值的使用

本标准目前不支持无电离层组合观测值的使用。

F.7 半周观测值的使用

早期，L2 载波是通过“平方”接收机来恢复的，这会导致半周观测值。目前的接收机都可跟踪全波 L2 载波信号并获得较好的信噪比，很少使用半波接收机。在动态应用中则根本不使用。本标准不支持半波观测值的使用。

F.8 时钟跳变的影响

GNSS 中的伪距约等于实际距离加上接收机钟差，由于接收机存在钟漂，因此伪距数值会不断变化，直至超过其最大范围，所以接收机应设计成能够不时地调整钟差，以使钟差维持一个较小的数量级（如 1ms）。调整接收机钟差将导致所有卫星伪距值的跳变，用码观测值减去载波观测值，即可看到所有卫星数据的跳变。建议在调整时，也用同一数值来调整载波相位观测值，这种调整不会对 RTK 系统的用户产生影响，但可保证互用性。

电文类型 18 和 19 中相邻历元的伪距和载波相位观测值应满足下式要求。

$$\frac{|\rho_j - \rho_k|}{|t_j - t_k|} \approx \frac{|\phi_j - \phi_k|}{|t_j - t_k|} \times \frac{c}{f} \dots\dots\dots (F. 1)$$

式中:

t_j 和 t_k ——相邻历元 j 、 k 的时间, 单位为秒 (s);

ρ_j —— t_j 时的伪距, 单位为米 (m);

ρ_k —— t_k 时的伪距, 单位为米 (m);

ϕ_j —— t_j 时的载波相位, 单位为周;

ϕ_k —— t_k 时的载波相位, 单位为周;

c ——光速, 单位为米每秒 (m/s);

f ——标称载波频率, 单位为赫兹 (Hz)。

F. 9 P 码和 C/A 码的联合使用

P 码 (或 Y 码) 用户可以使用接收 P 码载波和 P 码伪距信息的参考站的差分数据。由于 P 码和 C/A 码波长不同, 也非完全同步, 因此如果用户使用 C/A 码, 参考站使用 P 码, 就会产生米级的伪距测量误差, 反之亦然。

F. 10 参考站网络

电文类型 18 和类型 19 的数据由单个参考站确定。当用户离参考站几十公里以外时, 整周模糊度的精度和可靠性就开始变差, 因此要覆盖成百上千平方公里的区域就需要建立大量的参考站。为解决此问题, 参考站网络技术得以发展, 该技术可显著地减少大区域内参考站数量。

目前的动态电文尚能完全支持参考站网络技术。例如, 无法支持对电离层、对流层延迟等误差源的分离及编码和播发等。

在某种参考站网络技术中, 网络软件生成“虚拟”观测值, 目的是获得与从用户位置接近的参考站 (虚拟站) 等价的观测值, 其特征与在“虚拟”站上采集到的实际观测值一样, 电离层和对流层延迟也应与该处的延迟一致。同样, 观测值也必须像真实参考站那样加入天线相位中心偏差的影响。

附 录 G
(资料性附录)
俄罗斯字母表示法

G.1 总则

电文类型 36 用于传输 DGLONASS 参考站的信息，为与标准的 ASCII 码兼容，本附录给出俄文字母的扩展 ASCII 码表。

G.2 俄罗斯字母列表

扩展 ASCII 表中，0 到 127 是标准的 ASCII 码，俄罗斯字母对应于从 128 到 191 的部分，见表 G.1。

表 G.1 俄罗斯字母扩展 ASCII 码表

代码	字符	代码	字符	代码	字符	代码	字符
128	А	144	Р	160	а	176	р
129	Б	145	С	161	б	177	с
130	В	146	Т	162	в	178	т
131	Г	147	У	163	г	179	у
132	Д	148	Ф	164	д	180	ф
133	Е	149	Х	165	е	181	х
134	Ж	150	Ц	166	ж	182	ц
135	З	151	Ч	167	з	183	ч
136	И	152	Ш	168	и	184	ш
137	Й	153	Щ	169	й	185	щ
138	К	154	Ъ	170	к	186	ъ
139	Л	155	Ы	171	л	187	ы
140	М	156	Ь	172	м	188	ь
141	Н	157	Э	173	н	189	э
142	О	158	Ю	174	о	190	ю
143	П	159	Я	175	п	191	я

附录 H
(资料性附录)
PZ-90 和 WGS84 坐标系转换

H.1 总则

本附录给出 PZ-90 和 WGS-84 坐标系的转换方法。

H.2 PZ-90 和 WGS84 坐标系的转换

建议采用下式进行 PZ-90 和 WGS84 坐标系的坐标转换。

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} DX \\ DY \\ DZ \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Scale & RZ & -RY \\ -RZ & Scale & RX \\ RY & -RX & Scale \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} \dots\dots\dots (H. 1)$$

式中：

$[X \ Y \ Z]$ ——WGS84 坐标系的坐标，单位为米 (m)；

$[X' \ Y' \ Z']$ ——PZ-90 坐标系的坐标，单位为米 (m)；

DX ——原点在 X 坐标轴方向上的平移量， $DX=0$ m；

DY ——原点在 Y 坐标轴方向上的平移量， $DY=0$ m；

DZ ——原点 Z 坐标轴方向上的平移量， $DZ=0$ m；

RX ——坐标系围绕 X 坐标轴的旋转量， $RX=0$ ，单位为弧度秒；

RY ——坐标系围绕 Y 坐标轴的旋转量， $RY=0$ ，单位为弧度秒；

RZ ——坐标系围绕 Z 坐标轴的旋转量， $RZ=-0.343$ ，单位为弧度秒；

$Scale$ ——尺度比， $Scale=1.000$ 。

注：DX、DY、DZ、RX、RY、RZ、Scale 等转换参数需要采用最新成果。

附录 I (资料性附录) DGNS 设备配置及其设计要求

1.1 总则

DGNS 的典型操作过程如下：将参考站的 GNSS 接收机安置在已知点上，计算差分改正数，将这些改正数向用户广播。DGNS 消除了参考站和用户端之间共同的大部分误差，显著地提高了定位精度，此过程见图 I.1。

虽然传送的信息量较大，但 DGNS 仍采用改正用户伪距观测值而不是改正观测位置的方法，这样做的理由是：用户观测的卫星与参考站观测的卫星可能有所不同，此时，如果仅有一颗卫星相同，那么非公共卫星的定位误差可能很大。两者观测到不同卫星的原因有：

- a) 参考站和用户端所用的接收机选择卫星的标准可能不同；
- b) 由于用户端和参考站间的环境差异，两者对低高度卫星的能见度不同；
- c) 用户端可能采用全视野接收机，可观测所有可见卫星；
- d) 用户端和参考站之间的距离较长时，两者对卫星的可见性不同。

如果采用广播伪距改正数的方式时，用户端利用参考站可见卫星的改正值修正相应的卫星观测值，并以修正后的观测值进行定位，即可解决以上卫星可见性不同的问题。

本附录介绍 DGNS 的系统结构、组成和设备配置等要求，可供 DGNS 的系统运营商、设备制造商等参考。

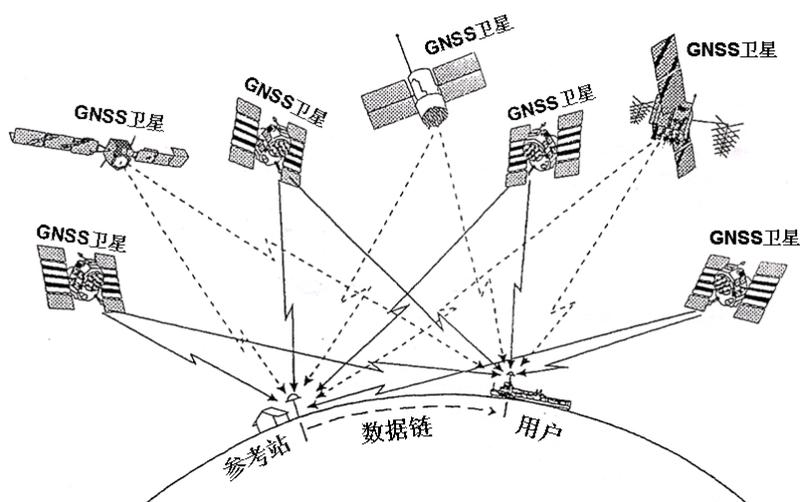


图 I.1 DGNS 构成

1.2 参考站设备

1.2.1 组成

参考站由 GNSS 接收机、数据链等设备组成，其中 GNSS 接收机由 GNSS 天线、GNSS 传感器、数据处理器等组成，数据链由天线、发射机等组成，见图 I.2。

参考站架设时，GNSS 天线和数据链天线应安置在开阔地带，应精确确定 GNSS 天线相位中心的空
间位置坐标。

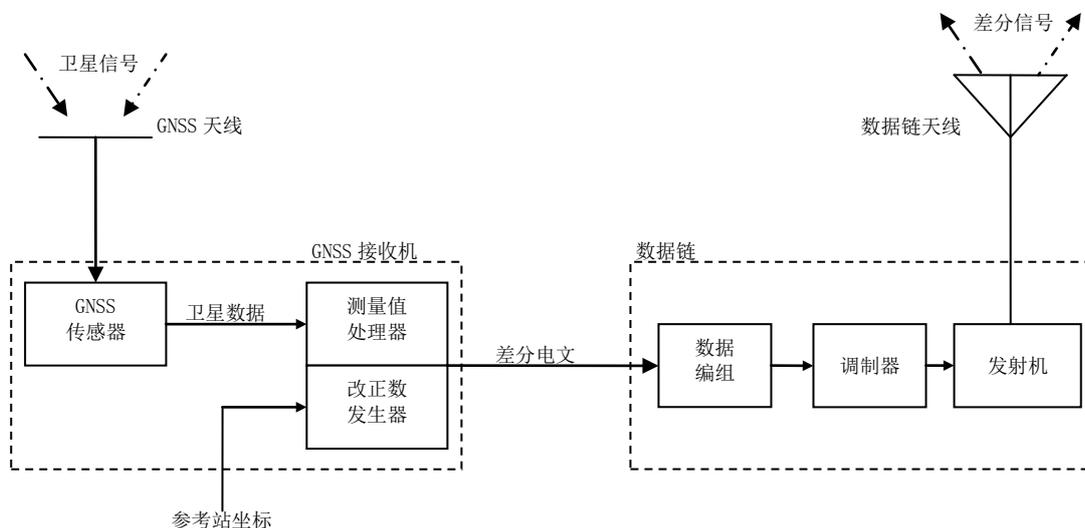


图 1.2 DGNSS 参考站结构框图

1.2.2 接收机结构

参考站 GNSS 接收机应是多通道的，每个通道观测不同的卫星并产生改正数。

参考站 GNSS 接收机应是全视野的，可观测视野内的全部卫星。

参考站 GNSS 接收机对卫星数据的采集速度应快于用户 GNSS 接收机。

1.2.3 卫星捕获

参考站 GNSS 接收机应可设定卫星信号的信噪比阈值，屏蔽该阈值以下卫星的信号接收。即当某颗卫星升起时，接收机连续接收并跟踪该卫星信号，当其信噪比达到某个合适值（即阈值）且观测值稳定后，在连续采集到足够数据后播发该卫星的改正数据。继续该步骤直至每颗健康卫星。

为减小低高度角卫星信号受大气、地面折反射的影响，参考站 GNSS 接收机应可设定卫星截止高度角，屏蔽该角度以下卫星的信号接收。

1.2.4 观测值

参考站 GNSS 接收机应能够同时跟踪码相位和载波相位，并由一个内置信号发生器跟踪时间延迟来跟踪码相位，用卫星的已知码相位进行相位调制，直至和卫星信号相关。

由于卫星的运动，信号的时间延迟通常快速地增大和减少，也会导致载波频率发生多普勒频移。由于卫星位置精确已知，多普勒频移和时间延迟量可以精确观测得到，因此，参考站 GNSS 接收机可利用多个 10s 的距离观测值进行平均，以降低观测值的不确定性。

参考站 GNSS 接收机应根据精确已知的卫星和参考站空间坐标，确定距离误差和距离变化率。

利用载波相位跟踪，距离变化率确定精度可优于 1cm/s。

1.2.5 差分改正数的参考时刻

1.2.5.1 卫星导航系统间的时间偏差

由于 GPS、GLONASS 和 BDS 都是伪距测量系统，需要一个差分改正数的参考时刻，该时刻通过卫星观测值计算得到，而不是与地面时间比对的结果。这样做的目的在于：减小差分改正数数值范围，维持在 RTCM SC-104 格式可表达的范围内；保证足够的稳定性，以在多个历元间使用电文类型 9 或 34。

任何类型的 DGNS 服务都应采用基于卫星时间的差分改正数参考时刻。不同卫星导航系统采用并维持不同的时间系统。GPS 差分改正数基于 GPS 时间，GLONASS 差分改正数基于 GLONASS 时间，BDS 差分改正数基于 BDS 时间。GPS/GLONASS(或 GPS/BDS)联合参考站可以生成两个系统的差分改正数，用户可以混合 GPS 和 GLONASS(或 GPS 和 BDS)卫星观测值及其相应的差分改正数计算联合定位结果，但在计算中，GPS 时间和 GLONASS 时间(或 GPS 时间和 BDS 时间)的瞬间偏差是未知的，该偏差会转移到距离观测值的非公共误差中。当用户观测到足够卫星后，即可以计算出两个系统间的时间偏差。如果参考站上 GPS 和 GLONASS (或 GPS 和 BDS)的时间偏差已知，则用户采用较少的卫星也能获得满意的定位精度。

由于以上的原因，电文类型 37 给出了卫星导航系统间的时间偏差。电文类型 1 和 9 的差分改正数参考时刻基于参考站的 GPS 时间，电文类型 31 和 34 的差分改正数参考时刻基于参考站的 GLONASS 时间。GPS/GLONASS(或 GPS/BDS)联合参考站应产生电文类型 37，向用户广播两个系统的时间偏差。

1.2.5.2 预报改正数的使用

对于大多数用户，建议参考站计算出每个参考时刻的伪距和距离变化率改正数，并向用户广播。

对于基于参考时刻的可预测时间且间隔均匀的应用，参考站可以计算伪距和距离变化率的改正数的先验误差并提交给用户，用户以此可估计出下一帧电文参数的精度值。

1.2.5.3 差分改正数参考时刻的处理方法

本标准中，差分改正数的参考时刻是用电文头中的改进 Z 计数表示的，以下记为 t_0 。 t_0 和当前时刻 (t) 的关系会影响用户使用改正数的方法，以下是 DGNS 参考站使用的 3 种主要方法。

- a) “过去”： t_0 表示过去的某个时刻，即 $(t_0-t) < -0.6s$ 。参考站利用 t_0 之前和之后的观测值精确估算出 t_0 的 PRC 和 RRC，此方法主要用于事后应用和近实时应用；
- b) “当前”：PRC 和 RRC 的 t_0 与所用最新观测值的差异在 0.6s 以内，即 $abs(t_0-t) < 0.6s$ 此时差分改正数的延迟主要是由通信延迟造成的。该方法主要用于实时应用；
- c) “未来”： t_0 可能是未来某个时刻，即 $(t_0-t) > 0.6s$ 。此方法可抵消通信延迟的影响，但要求计算精确的伪距加速度值。如果在 t_0 和 t 之间伪距加速度发生明显变化，则会在差分改正数中引入明显误差，该误差是无法用差分方法抵消的。

DGNS 系统运营商应根据用户需求确定该使用何种方法。在许多要求高精度，但对实时性要求不

高的应用中，可采用近实时的方法，即将 t_0 和 t 的差异控制在 30s 以内。“当前”方法提供了最佳的实时定位能力，参考站差分改正数中不包含预计误差。对于实时用户， t_0 的差分改正数可容易外推到 t 的差分改正数，近实时用户可以在 t_0 处获得最佳的定位精度。

1.2.6 卫星健康状态的评估

GNSS 卫星本身可以提供信号可靠性和精度标志。参考站应通过比较伪距观测值与参考站到卫星的几何距离来独立检查卫星信号的可靠性。

如果卫星传输了不正确的信号，则在 GNSS 地面控制站上载新的健康信息前，参考站应能立刻检测出并在差分电文中做出标识。参考站也应识别出卫星信号的显著变化，或是因 SA 或其它误差引起的明显变化。

1.2.7 电离层影响

电离层可以导致卫星信号的传播群延迟，在太阳活动高峰期内可达到 100m，其它时间大约为 20m~30m，采用电离层模型可消除大部分影响。

DGNSS 应用中对电离层延迟的处理有以下两种方式：

- a) 不使用电离层模型：参考站不对电离层建模，依靠用户和参考站电离层的相关性消减电离层影响。在用户和参考站距离较近时，由于用户处的卫星信号路径与参考站处的卫星信号路径相似，差分计算中用户的群延迟将被抵消。对于远离参考站的用户（如几百公里），参考站和用户的群延迟将有所不同，其差值在几米左右，见图 I.3。此方法在参考站与用户较近，电离层活动不频繁时较为有效；
- b) 使用电离层模型：通过对电离层建模（如采用导航电文中提供的电离层参数），可消除大部分群延迟。如果参考站和用户都使用该模型，则可以明显提高定位精度。可以不断采用新的电离层模型来取代早期模型，不断提高 DGNSS 定位精度。

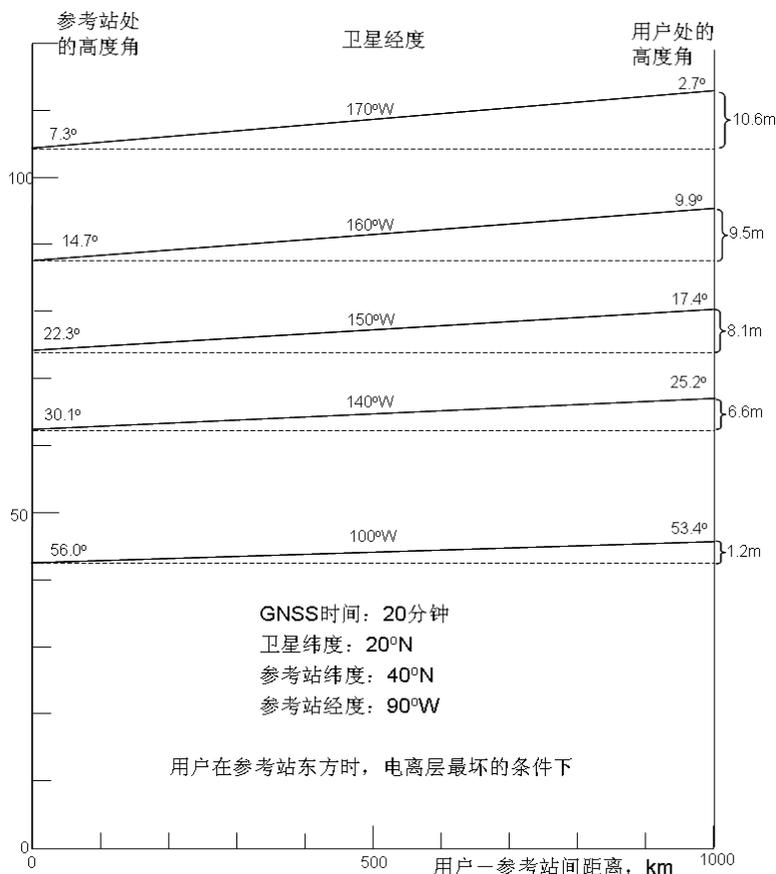


图 I.3 电离层的相关性估计

1.2.8 对流层影响

对流层对卫星信号的折射系数几乎是一致的,但不是完全统一,在对流层顶端接近一致。其数值取决于温度、气压和水汽的局部压力。对流层引起的时间延迟典型值是天顶方向 3m 处,高度角为 3° 时为 50m,简单的不包含任何温度和气压观测值的模型可以很好地消除该影响。高度角大于 5° 时的非模型误差小于 1m。

导航应用中一般无须考虑对流层的影响。测量应用中,可通过建立模型、测量局部大气参数等方法减弱对流层延迟的影响。

1.2.9 参考站时钟要求

一般应用中,参考站和用户即使采用低稳定度的石英振荡器(石英钟),也可实现高精度的差分定位。利用时间同步技术,石英钟可以同步到与 GNSS 时间 100ns 的精度,因此定位和导航应用中,无须在参考站上安装铷钟和铯钟。如果参考站的所有观测值的时间同步精度在 100ns 以内,且电文中的所有差分改正数基于统一的时间基准,则用户的差分定位结果中则无误差。

在以下特殊应用中,可在参考站或用户配置低漂移、高稳定的高质量时钟:

a) 用户以时间传递模式工作,那么参考站时间漂移误差将直接影响用户的观测值,因此需要在参

考站安装高质量的时钟并通过差分提高时间传递的精度；

- b) 在某些能见度有限的地区，通过安装高质量时钟，用户可在 3 颗卫星或 2 颗卫星加上固定高程进行作业；
- c) 对于低带宽数据链，使用电文类型 9 可改善差分性能，使用高质量的时钟则可以缩短电文类型 9 改正数的平均数据龄期。

1.2.10 多路径影响

参考站和用户端观测环境可能会在参考站和用户天线上引入显著的传播路径误差。参考站接收机的信号处理的设计应尽量减少多路径误差的影响，GNSS 天线设计也应将多路径影响消除到最小。

本标准中，电文类型 19 和 21 包含了参考站多路径误差，电文类型 1, 2, 9, 31 和 34 的 UDRE 是包含多路径误差在内的所有误差的总体误差。

1.2.11 参考站坐标基准

DGNSS 参考站使用其已知位置来计算差分改正数。GPS 接收机使用 WGS84 基准，GLONASS 接收机使用 PZ-90 基准，BDS 接收机使用 CGCS2000 基准，这些基准和 ITRF-2000 之间的误差在 0.5m 左右。

本标准允许参考站采用本地基准，但基准的改变将影响用户的定位结果，可能会造成显著的定位误差，见附录 B。如果选择本地基准，建议定期广播电文类型 4，以告知用户在参考站选择的基准。

1.3 用户设备

1.3.1 组成

用户设备由 GNSS 接收机、数据链等组成，其中 GNSS 接收机由 GNSS 天线、GNSS 传感器、数字处理器等组成，数据链由天线、接收机等组成，见图 I.4。

1.3.2 接收机结构

用户的 GNSS 接收机可以是多通道型，或者是单/双通道、并行、串行或序贯（多路复用）计数型接收机。

用户的 GNSS 接收机应可观测到全视野或分布最好的卫星组。

1.3.3 差分改正数的应用

用户的 GNSS 接收机定位时，应从类型 1 或 9、31 或 34 的电文中解出伪距和距离变化率，计算出当前时刻的差分改正数，见 4.3.1.8。

电文类型 1 中包含参考站确定的卫星健康信息，见 4.3.1，用户可根据需求决定如何使用该信息。

在应用程序需要时，用户可以利用载波相位跟踪。它通常用于辅助码相位跟踪，尤其是对于串行通道接收机。它也可以用来测量船只，车辆或飞机的速度。

基于载波的测量和 RTK 应该使用 RTCM 10403 版本。

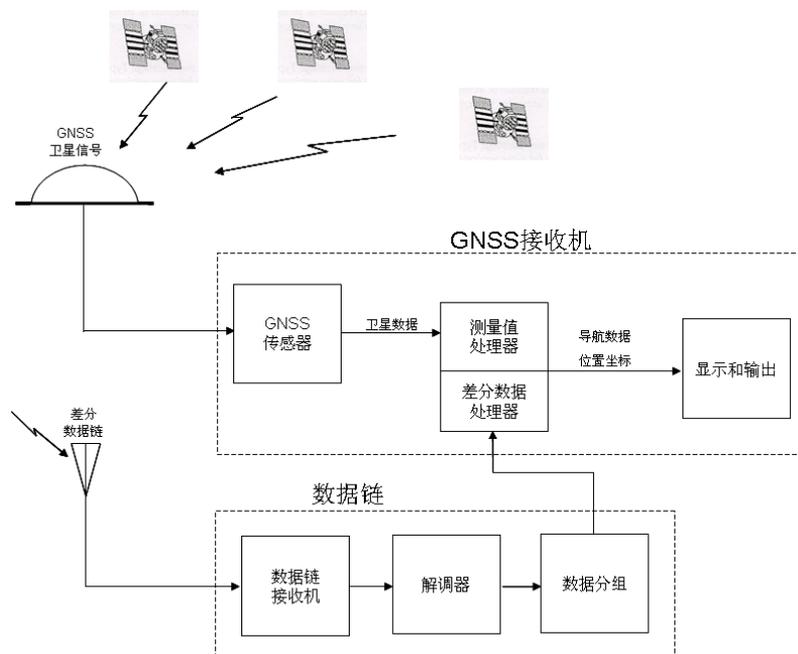


图 I.4 DGNSS 用户设备结构框图

1.3.4 GPS/GLONASS/BDS 接收机

GPS 差分改正数是基于 WGS84 基准，GLONASS 差分改正数是基于 PZ-90 基准，BDS 差分改正数是基于 CGCS-2000 基准。GPS/GLONASS(或 GPS/BDS)联合接收机应可进行导航系统坐标基准换算，确定系统间的时间差异，利用电文类型 37 通知用户，见 4.3.35。

1.4 数据链

数据链用于在参考站与用户间传输差分电文，数据链可采用多种模式并以几种频率中的任何一种频率进行差分电文传输。

在参考站，差分电文经编码后调制在数据链载波上形成差分信号，用户数据链接收到差分信号后，通过解调，将数据链间的协议等附加信息剥离后，还原出差分电文，通过 GNSS 接收机进行处理。

如果 DGNSS 设计为向公众提供服务，则其数据链可能要求遵照有关公众通信系统的协议标准。如果 DGNSS 设计为提供非公众性服务，则可以在数据链中加入加密算法，以限制非许可用户的使用。

对于航海用户，可以将 DGNSS 差分电文调制到无线电信台信号上，以低功率、现有频率进行超视距的差分信息传输，此方法具有较大的应用潜力，实际上，无线电信标已成为差分电文传输的国际标准。

1.5 伪卫星技术

伪卫星是一种特殊的 DGNSS 系统，其差分信号采用与 GNSS 相同的调制方法、编码和频率。GPS 伪卫星的测距码与真实卫星的长度相同但结构不同，GLONASS 伪卫星通常用信道 0 或 25 广播。

伪卫星不仅广播测距码，也广播差分电文，电文的广播速率可从 50bps 提高到 250bps。伪卫星采用与 GNSS 卫星相同频率广播差分改正数，用户无须使用数据链天线、数据链接收机和界面设备。

伪卫星技术可以提高观测值的可靠性，改善几何因子而提高精度，较为适合于小区域内的陆地/航海应用。

伪卫星信号不能干扰 GNSS 卫星信号，在用户靠近伪卫星参考站时，应避免干扰正常的 GNSS 卫星信号。

1.6 RTK 技术

GNSS 的载波相位观测值已被大量应用于静态、动态和伪动态测量中，以实现精密定位。用户采用本标准中的 RTK 电文，可实时达到分米级以上的定位精度。早期的 RTK 作业中常使用已知点初始化或静止观测初始化的方式，目前多采用 OTF 技术进行无初始化作业。OTF 技术可以使得用户在运动中完成初始化过程，GPS/GLONASS 联合接收机可以在几秒中内完成初始化。

RTK 作业需要在参考站和用户间建立高速的数据传输，用户得到的是相对于参考站的坐标差。由于 RTK 采用载波相位观测值，因此其数据更新率应比常规 DGNSS 高，通常应达到 0.5s 到 2s，且需要逐个历元的运算操作。

RTK 精度随着到参考站的距离而降低，因此多采用视线内传播方式。

RTK 的应用包括建筑、疏浚、海上测量、陆地测量、地震测量、潮汐基准测定、航空近进以及降落导航、车辆导航、摄影控制测量、陆地测绘的参考点测量、自动导航和控制、距离控制以及传感器检校等等。

附 录 J
(资料性附录)
DGNSS 的用户需求与应用

J.1 总则

据测试, 不进行差分改正时, GPS 的定位精度约为 20m (置信度 95%), GLONASS 的定位精度约为 45m (置信度 95%), BDS 的定位精度约为 20m (置信度 95%), 可以满足部分航海和陆地导航的要求。陆地水路船舶导航、船舶靠港、进港等应用则对卫星导航定位的精度、可用性等指标提出了较高要求, 宜采用 DGNSS 进行定位和导航。

本附录介绍 DGNSS 应用的用户需求, 其中包含航海、航空、陆地测量等各个领域的应用需求。

J.2 各类导航应用的用户需求

J.2.1 船舶导航

由于 GNSS 可以提供全球覆盖的、精度优于 50m 的定位服务, 因此广泛应用于船舶导航中。根据船舶航行的地域, 可将船舶导航划分为陆地水路、进港和进近、海岸和大洋等几类。

大洋航行的位置精度要求为 1nm~2nm (即 1.8km~3.7km), 海岸航行的精度要求为 0.25nm (即 0.46km)。非差分的 GNSS 也能满足大洋和海岸航行的要求。大洋航行的需求见表 J.1, 海岸航行的需求见表 J.2。

表 J.1 民用航海需求—大洋阶段

应用	定位精度 (二倍中误差)		覆盖范围	可用性	更新率	定位类型	模糊度 (99.9%置信度)
	期望值	重复性					
航行安全	最小值: 2nm~4nm (3.7km~7.4km) 需求值: 1nm~2nm (1.8km~3.7km)	—	全球	12h 内至少 达到 99.0%	15min 或按需求; 最大 2h	平面	可解算
大型船舶 效率最大 化	0.1nm~0.25nm (185m~460m)	—	除两极外的 全球区域	99.0%	5min	平面	可解算
资源开发	1.0m~100m	1.0m~100m	全球	99.0%	1min	平面	可解算
搜寻操作	0.1nm~0.25nm (185m~460m)	0.25nm(460m)	国家海域	99.0%	1min	平面	可解算
注 1: 定位可靠性取决于使用时间。 注 2: 系统的服务容量应为无限制。 注 3: 表中定位精度数值按用户需求而定。							

船舶内陆水路航行时对导航定位精度要求较高, 船舶监控等领域则要求确保卫星信号的完整性。在港口和进港导航精度要求为 8m~20m (置信度 95%), 见表 J.3。DGNSS 可满足港口导航的精度要求。测试表明, 采用 DGNSS 的定位精度可以到 5m (置信度 95%)。

船舶在进港进近及在港口周边区域的机动会影响其它船舶的安全通过，在有多个转向的港口通道中，船舶应采用航路点导航方式，此类应用中要求导航系统可以提供相对轨迹的横向位置、横向偏移以及到航路点时间等信息。对于大型船舶，由于其长度可与通道宽度相比，因此在通行中也需要航向信息。DGNSS 的精度和高动态性能有足够能力支持航路点导航，在船舶进近和进港操作中的需求见表 J.4。

J. 2. 2 航空导航

航空导航可以分为航路导航、着陆及滑行等阶段。航路导航要求达到 100 m（置信度 95%）的定位精度即可。精密着陆需要高精度的垂直引导（4.1m，二倍中误差）和水平引导（17.1m，二倍中误差）。

LASS 是一种支持近进和着陆操作的陆基 DGNSS 系统，采用 RTCM SC-104 标准格式，也可为飞行器滑行和机场车辆运营提供精密定位服务。

通过地面彩旗等辅助设备，DGNSS 也可为靠近地面飞行的飞行器提供沿指定航路方向的高精度引导服务，如农业飞播作业等它的航空应用。

表 J.2 民用航海需求—海岸阶段

应用	定位精度（二倍中误差）		覆盖范围	可用性	更新率	定位类型	模糊度 (99.9%置信度)
	期望值	重复性					
航行安全	0.25nm(460m)	—	海岸水域	99.7%	2min	平面	可解算
游船等小型船舶的航行安全	0.25nm~2nm (460m~3700m)	—	海岸水域	99.0%	5min	平面	可解算
捕鱼船（包括商业体育钓鱼）	0.25nm(460m)	50ft~600 ft (15m-180m)	海岸水域/捕鱼区域	99.0%	1min	平面	—
资源开发	1.0m~100m	1.0m~100m	海岸区域	99.0%	1s	平面	—
研究，执法船	0.25nm(460m)	300ft~600ft (90m~180m)	海岸水域/捕鱼区域	99.7%	1min	平面	—
娱乐运动捕鱼	0.25nm(460m)	100ft~600ft (30m~180m)	海岸区域	99.0%	5min	平面	可解算
注 1：定位可靠性取决于使用时间。 注 2：系统的服务容量应为无限制。 注 3：表中定位精度数值按用户需求而定。 注 4：覆盖范围以美国地区为例。							

表 J.3 民用航海需求—陆地水路

应用	定位精度（二倍中误差）		覆盖范围	可用性	更新率	定位类型	模糊度 (99.9% 置信度)
	期望值	重复性					
航行安全	2m~5m	2m~5m	内陆水路	99.9%	1s~2s	平面	可解算
游船等小型船舶的 航行安全	5m~10m	5m~10m	内陆水路	99.9%	5s~10s	平面	可解算
水工及工程船舶	0.1m~5m	0.1m~5m	内陆水路	99.9%	1s~2s	平面或三维	可解算
注 1：定位可靠性取决于使用时间。 注 2：系统的服务容量应为无限制。 注 3：表中定位精度数值按用户需求而定。 注 4：覆盖范围以美国地区为例。							

表 J.4 民用航海需求—进近和进港

应用	定位精度（二倍中误差）		覆盖范围	可用性	更新率	定位 类型	模糊度 (99.9% 置信度)
	期望值	重复性					
大型船舶和拖船 等的航行安全	8m~20m	—	进港和近进	99.7%	6s~10s	平面	可解算
小型船舶等的航 行安全	8m~20m	8m~20m	进港和近进	99.9%	5s~10s	平面	可解算
资源开发	1m~5m	1m~5m	进港和近进	99.0%	1s	平面	可解算
工程及工程船舶	平面 0.1m~5m 垂直 0.1m	平面 0.1m~5m 垂直 0.1m	进港等	99.0%	1s~2s	平面或 三维	可解算
钓鱼，旅游及其它 小型船舶	8m~20m	4m~10m	进港和近进	99.7%	根据需求	平面	可解算
注 1：定位可靠性取决于使用时间。 注 2：系统的服务容量应为无限制。 注 3：表中定位精度数值按用户需求而定。 注 4：覆盖范围以美国地区为例。							

J.2.3 陆地导航与车辆跟踪

运营者可以通过 GNSS 与地面移动通信网络（如 GSM、CDMA 等）相结合，实现在控制中心对车辆进行调度。城市、乡村和警察部队、公共汽车、卡车和出租车辆、火车等都可使用此服务。

大多数城市车辆用户可以通过 DGNS 获得更高的定位精度，以精确区分车辆位于城市中的哪一条街道。

采用 DGNS 有助于提高铁路运输的安全性和有效性，可使或者、轨道控制更为有效。

DGNS 中的 RTK 技术可以使机械精确地沿着设计的路径移动，通过建立局部的 RTK 系统可以明显提高地表采矿、建筑施工等应用中车辆的运行效率。

J.3 DGNS 的其它应用

J.3.1 海上石油天然气勘探

早期，海洋石油天然气的勘探是通过接收来自岸边固定参考站、离岸平台或锚定浮标发射的 LF、

MF、HF、VHF、UHF 或 SHF 等无线电信号，来实现海上定位。由于无线电信号受地球曲率、电离层反射干扰等影响，因此通常需要安装多个发射台，且须保持较好的覆盖几何图形。整个系统也仅能为少数船舶提供定位服务。

目前，DGNSS 已取代上述的无线电定位成为海上石油天然气勘探的主要定位方法。采用 DGNSS 时，采用单个参考站点即可作业，其精度仅与 GNSS 设备、数据链特性、参考站到用户的距离有关。

石油天然气地质勘探的许多阶段都需要精密定位，包括：

- a)开发：水道测量、目标探测、常规地震测量、三维地震测量、井点测量和水管线测量；
- b)评估：建筑查证；
- c)声学设备定位；
- d)野外开发：储藏区勘探、裂缝定位；
- e)生产：开采场地；
- f)后生产：封套切除、站点清理；
- g)大地控制：基于陆地参考站的站点定位。

J.3.2 其它海上应用

DGNSS 可用于民用海洋学、深海采矿、水道测量、海岸和航道工程和其它海上应用浮标施工等海洋测量的各个领域。

- a)民用海洋学包括海洋地质、地球物理以及洋流测量等内容，在离岸 150km~600km 处，定位精度需求为 1m~10m（置信度 95%），垂直精度为亚米级。
- b)深海采矿需要绘制精确的海底地形图并进行平台的精确定位。由于 DGNSS 定位精度随距离增加而快速降低，因此用户到参考站的距离应有所限制。目前可以通过建立 CORS，用卫星通信的方式向用户提供差分改正数的方法解决以上问题。
- c)水道测量包括浅滩定位和危险区域定位等内容，在使用大比例尺（1:10000 以上）时，需要 5m（置信度 95%）的位置精度。
- d)海岸和航道工程包括疏浚作业、建筑防浪堤、港口设计、港口维护、潮汐测量等内容，一般而言疏浚作业需要达到平面米级的定位精度。RTK 可以满足分米级精度的测量需求。
- e)其它海上应用包括浮标定位、浮标位置确定、电缆安置和修复以及商业捕鱼等，DGNSS 的定位精度可满足它们的要求。

J.3.3 陆地测量应用

DGNSS 可应用于高速公路、铁路、土地产权、地震测量、大地测量等陆地测量的各个领域。其中陆地地震测量与海上离岸测量相似，即将声波送入地壳，由声谱显示仪采集测量区域内的反射信号。声波是特殊车辆发出的低频调频信号，通过确定车辆和声谱显示仪的位置，即可得到地质图。该应用需要 1m~2m（置信度 95%）的定位精度。

J.4 小结

综上所述，DGNS 可以实时提供厘米级到米级的定位精度，广泛应用于航海、航空、陆地等各个定位与测量领域。

附 录 K
(资料性附录)
国际上常用基于无线电导航的 DGNSS 系统

K.1 总则

在 GNSS 出现以前,国际上航海、陆地导航等常使用无线电导航方法,建立了多个覆盖国家、大洋的如罗兰 C、无线电信标等无线电导航系统。在 GNSS 和 DGNSS 技术出现后,这些无线电导航系统多进行了改造,利用其频率及设备资源广播 DGNSS 差分数据信息,对大洋及海岸地区的船舶定位起到了重要的作用。

本附录简要介绍目前国际上常用的无线电导航系统,以及基于这些系统改造、升级后建立的 DGNSS 系统。

K.2 无线电导航系统

K.2.1 无线电信标系统

无线电信标是一种用于沿海、航空和陆地范围内,向载体提供定向和测距服务的无线电导航系统。

无线电信标由多个工作于 LF 和 MF 的全向无线电发射台站组成,用于向用户提供地面波信号。用户采用 RDF 确定飞行器或船舶载体到发射台站的方位。

用于航空的无线电全向信标台工作于 190kHz~415kHz 和 510kHz~535kHz,用于航海的无线电信标台工作于 283.5kHz~325kHz。

无线电信标的定向精度很大程度上依赖于 RDF 接收机的设计,典型值是 3 度(2 倍中误差),即用户距信标台 10nm 可达到 0.5 nm,距信标台 50nm 可达到 2.5nm。

K.2.2 罗兰 C 和 CHAYKA

罗兰 C 是早期的航海无线电导航系统,多用于美国海岸附近民用航海导航定位。

罗兰 C 是一种脉冲双曲线定位系统,基本单元是信号发射台,同一地区的发射台构成一个台站链,多个台站链覆盖更大的区域。罗兰 C 信号发射台工作的中心频点为 100kHz,实现定位最少需要 3 个台站。罗兰 C 可以向大范围内提供可靠的地波服务,典型系统的覆盖范围可达到 1000nm。采用更高灵敏度的接收机可以获得更大的覆盖范围。罗兰 C 可在覆盖范围内提供 1 天 24 小时,可用性 99%的定位服务,用户定位精度与用户位置有关,95%的标称绝对精度可达到 0.25nm (0.46km),相对精度和重复性可以达到 20m~100m。

CHAYKA 是与罗兰 C 类似的无线电导航系统,也采用相同的频率,参考站主要布设于俄罗斯沿岸地区。

K.2.3 VOR、VOR/DME 和 TACAN

美国的三种在飞行途中提供基本导航功能的系统，分别是 VHF 全方向测距（VOR）、距离测量设备（DME）和战术航空导航（TACAN）系统。VOR 用于提供方向，DME 提供距离，TACAN 主要向军事用户提供方向和距离。

这些系统都是采用 VHF/UHF 的视距系统，地面覆盖范围较为有限，但在 20000ft（6100m）高度上它们的覆盖半径可以达到 200nm（370km）。

VOR 系统的绝对精度（2 倍中误差）典型值为 1.4° ，即在 10nm（18km）距离上可以达到 0.25nm（0.46km），或是在 100nm（185km）距离上达到 2.5 nm（4.6km）的定位精度。相对精度和重复精度可以达到 0.25° 。DME 测距系统的绝对、相对和重复性可以达到 0.1nm（0.18km）。TACAN 性能相似。

K.3 基于无线电导航系统的 DGNS 系统

K.3.1 航海无线电信标台 DGNS 系统

航海无线电信标台 DGNS 系统是在航海用无线电信标台上增加 DGNS 参考站的接收机等设备，利用无线电信标频率广播差分数据的 DGNS 系统。它可为船舶进港和进近提供优于 10m（2 倍中误差）的定位精度。该系统中的每个信标台可架设多个 GNSS 参考站，互为备份。IALA 制订了全球信标台的识别方法，常用的是信标台广播站 ID、参考站 ID 和信标台标识符等，并定期公布全球信标台的各类信息。本标准电文类型 7、27 和 35 中分别采用了不同的识别方法，使用中应予以注意，见 4.3.7、4.3.27 和 4.3.33。

航海无线电信标台 DGNS 系统多采用电文类型 1、2、3、5、6、7、9 和 16，某些信标台也广播电文类型 15。如果地面参考站上具有原子钟，通常用电文类型 9 以代替电文类型 1。

航海无线电信标台 DGNS 系统的完好行监测可以采用 RTCM 委员会制订的差分 GPS 参考站和完整性监测推荐标准（RSIM）。

注：有关航海无线电信标台 DGNS 系统的更多信息可见 IALA 的出版物及其网站，网址为 www.iala-aism.org。

K.3.2 基于罗兰 C 的 DGNS 系统

基于罗兰 C 的 DGNS 系统又称为 Loran-Comm 系统，它是在罗兰 C 台站增加 DGNS 参考站的接收机设备，将差分数据调制在罗兰 C 无线电导航信号形成的 DGNS 系统。该系统采用了 90 年代由 Delft 技术大学开发的 3 态脉冲位调制技术。

Loran-Comm 通过信息内容的最小化、3 态脉冲位调制的数据压缩、循环校验码、RS 纠错编码等技术，使其具有较强的抗噪声和抗干扰性，用户可以在距参考站很远的距离上接收信号并进行差分定位。

Loran-Comm 系统由 3 部分组成：参考站和完好性监测站、发射台和 Loran-Comm 用户接收机。与常规 DGNS 参考站相比，该系统的参考站需要另外的与罗兰 C 集成的定时和控制设备。定时设备包括 2 到 3 个铯钟，用于提供稳定的时间基准。

Loran-Comm 系统的参考站接收机与常规 DGNS 的参考站接收机也不相同，它可提供 2 组二进制数据流脉冲，定时设备根据此脉冲提供脉冲位调制，用于控制罗兰 C 发射台的速率。

Loran-Comm 系统中的发射台作用距离较长（大于 600 km）。所有链的信息采用同频发射，同一链中采用 TDMA 技术区分各参考站，用 CDMA 技术区分不同链，并采用同步数据通信方式。

Loran-Comm 系统的用户接收机可以是具有信号解调和附加解码功能的罗兰 C 接收机，或是特殊用途的 Loran-Comm 接收机。最简单的接收机无须具有全部罗兰 C 导航能力，但应具有罗兰 C 系统数据库，可识别并跟踪罗兰 C 信号，其中数据库和接收的信息应组织成本标准规定的格式和内容。全功能的罗兰 C 接收机增加了以下功能：通过比较 GNSS 卫星和罗兰 C 伪距进行扩展完好性监测；GNSS 卫星和罗兰 C 伪距位置解的联合计算；由跟踪的 GNSS 卫星和低噪声的罗兰 C 速度数据解算载体速度参数等。

目前本标准并不能完全适用于 Loran-Comm 系统，将来通过制订兼容的信息内容等方式解决。

附录 L
(资料性附录)
向前兼容电文类型

L.1 电文类型 2—DELTA 差分 GPS 改正数

为保证向前兼容，本节给出电文类型 2 的格式和说明。

L.1.1 电文格式

电文类型 2 播发伪距和距离变化率改正数的改正数，用于消除由于参考站和用户设备不能同步解调卫星星历时出现的定位误差。电文类型 2 的格式见图 L.1，内容见表 L.1。

在对卫星星历解码时，参考站所用的接收机通常快于用户所用接收机，因此在某个时间段内，特别是在观测到新的卫星时，参考站和用户可能会使用不同的星历，这会导致用户的定位误差。在此情况下需要使用电文类型 2 进行改正。

如果参考站设计为推迟新星历的使用时间，用户设计为在更新全部可见卫星的星历前一直使用旧星历进行计算，则可以不使用电文类型 2。

L.1.2 比例因子

计算 DELTA 伪距改正数 (DELTA PRC) 和 DELTA 距离变化率改正数 (DELTA RRC) 时，应乘以由该比例因子确定的系数，见表 5。

L.1.3 UDRE

即用户差分距离误差，与电文格式 1 的用户差分距离误差 (UDRE) 定义相同，见 4.3.1.5。

L.1.4 数据期号 (IOD)

与电文格式 1 的数据期号 (IOD) 定义相同，见 4.3.1.6。

L.1.5 填充字段

与电文类型 1 中的填充字段定义相同，见 4.3.1.7。

表 L.1 电文类型 2 的内容

参数	比特数	比例因子和单位	范围及说明
比例因子	1	见表 5	见表 5
用户差分距离误差 (UDRE)	2	见表 6	见表 6
卫星号	5	1	1~32 ^a
DELTA 伪距改正数 (DELTA PRC) ^b	16	0.02m 或 0.32m	(-655.34m~655.34m) 或 (-10485.44m~10485.44m) ^c
DELTA 距离变化率改正数 (DELTA RRC) ^b	8	0.002m/s 或 0.032m/s	(-0.254m/s~0.254m/s) 或 (-4.064m/s~4.064m/s) ^d
数据期号 (IOD)	8	—	—
总共	40×N _s	—	—
填充 ^e	8×[N _s mod 3]	—	0, 8, 16
校验	6×N	—	见 4.2.2.9
注 1: N _s =电文中的卫星数。			
注 2: N=电文中的数据字数，帧长度=N+2 字。			

表 L.1 电文类型 2 的内容 (续)

参数	比特数	比例因子和单位	范围及说明
a 全零 (00000) 表示 32 号卫星。 b 以二进制补码表示。 c 二进制数 1000 0000 0000 0000 表示故障, 用户应立即停止使用此卫星。 d 二进制数 1000 0000 表示故障, 用户应立即停止使用此电文。 e 若 N_s 不是 3 的整数倍, 则最后一个数据电文字中会出现 8bit 或 16bit 的填充字段。			

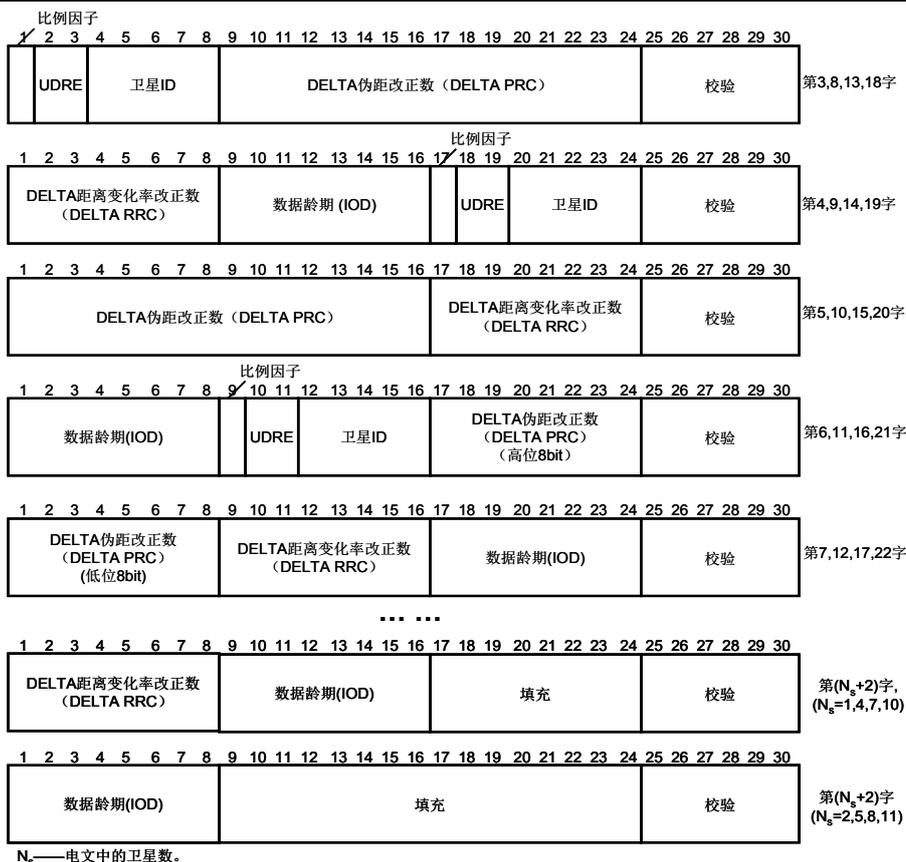


图 L.1 电文类型 2 的格式

L.1.6 电文类型 2 参数的计算

卫星导航电文发生变化时,参考站应首先使用新旧两套导航电文计算出两组伪距改正数和距离变化率改正数: PRC (old IOD) 和 RRC (old IOD), 以及 PRC (new IOD) 和 RRC (new IOD)。然后下式进行求差计算, 得到 DELTA 伪距改正数 (DELTA PRC) 和 DELTA 距离变化率改正数 (DELTA RRC)。

$$\text{DELTA PRC} = \text{PRC (old IOD)} - \text{PRC (new IOD)} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

DELTA PRC——电文类型 2 中的 DELTA 伪距改正数, 单位为米 (m);

PRC (old IOD) ——旧 IOD 时刻的伪距改正数, 单位为米 (m);

PRC (new IOD) ——新 IOD 时刻的伪距改正数, 单位为米 (m)。

$$\text{DELTA RRC} = \text{RRC (old IOD)} - \text{RRC (new IOD)} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

DELTA RRC——电文类型 2 中的 DELTA 距离变化率改正数，单位为米（m）；

RRC（old IOD）——旧 IOD 时刻的距离变化率的改正数，单位为米（m）；

RRC（new IOD）——新 IOD 时刻的距离变化率的改正数，单位为米（m）。

参考站进行数据编码和发播时，应同时广播电文类型 1 和电文类型 2。在电文类型 1 中使用新的导航电文计算的伪距改正数和距离变化率改正数，即 PRC（new IOD）和 RRC（new IOD）。在电文类型 2 中按式(3)和式(4)计算 DELTA 伪距改正数(DELTA PRC)和 DELTA 距离变化率改正数(DELTA RRC)。

参考站应在导航电文变化后几分钟时间内连续播发电文类型 2，以保证用户有足够的时间更新所有可见卫星的导航电文。

L. 1. 7 电文类型 2 参数的使用

用户应按照以下方法使用电文类型 2: 首先使用与电文类型 2 中 IOD 一致的导航电文计算卫星位置和时钟；其次取得电文类型 1 数据；最后按下式计算正确的伪距改正数：

$$\begin{aligned}
 \text{PRC}(t) = & (\text{PRC}(\text{new IOD}) + \text{DELTA PRC}) \\
 & + (\text{RRC}(\text{new IOD})) \times (t - t_1) \dots\dots\dots (3) \\
 & + (\text{DELTA RRC}) \times (t - t_2)
 \end{aligned}$$

式中：

PRC（t）——用户在 t 时刻的伪距改正数，单位为米（m）；

PRC（new IOD）——来自电文类型 1 中的伪距改正数，单位为米（m）；

RRC（new IOD）——来自电文类型 1 中的距离变化率改正数，单位为米每秒（m/s）；

DELTA PRC——来自电文类型 2 中的 DELTA 伪距改正数，单位为米（m）；

DELTA RRC——来自电文类型 2 中的 DELTA 距离变化率改正数，单位为米每秒（m/s）；

t——观测值的 GPS 时刻，单位为秒（s）；

t₁——电文类型 1 的改进 Z 计数，单位为秒（s）；

t₂——电文类型 2 的改进 Z 计数，单位为秒（s）。

L. 2 电文类型 8—伪卫星参数

为保证向前兼容，本节给出电文类型 8 的格式和说明。

L. 2. 1 电文格式

电文类型 8 提供伪卫星信息，又称伪卫星历书电文。格式与电文类型 7 相似，见图 6，内容见表 L.2。

表 L.2 电文类型 8 的内容

参数	比特数	比例因子和单位	范围
伪卫星位置数据-经度	16	0.002747°	(-90°~90°) ^{a,b}
伪卫星位置数据-纬度	16	0.005493°	(-180°~180°) ^{a,b}
伪卫星号码 ^c	6	1	0~63
伪卫星状态	2	—	00=伪卫星工作正常； 01=未定义； 10=未知状态； 11=不可使用

表 L.2 电文类型 8 的内容（续）

参数	比特数	比例因子和单位	范围
伪卫星名称	28	—	4 个 7bit 的 ASCII 字符
保留 ^d	4	—	—
总共	$N_p \times 72$	—	—
校验	$N \times 6$	—	见 4.2.2.9
注 1: N_p =电文中伪卫星数。 注 2: N =电文中的数据字数, 帧长度= $N+2$ 字。			
^a “+”表示北纬或东经, “-”表示南纬或西经。 ^b 以二进制补码表示。 ^c 不能与 GNSS 卫星号码冲突。 ^d 用于 30bit 电文字剩余字段的填充。			

L. 2. 2 伪卫星位置数据—经度、纬度

二进制补码方式的伪卫星纬度和经度信息, 分辨率在纬度方向约 0.3km, 经度方向约 0.6km。

L. 2. 3 伪卫星号码

伪卫星号, 即二进制的伪卫星扩频码编号, 该号码应唯一且不能与现有的 GNSS 卫星号重复。

L. 2. 4 伪卫星名称

伪卫星名称由 4 个 7bit 的 ASCII 字符表示, 如 LAJ1 或 JFK3 等。

L. 3 电文类型 13—地面发射台参数

为保证向前兼容, 本节给出电文类型 13 的格式和说明。

L. 3. 1 电文格式

电文类型 13 用于向用户通报广播差分数据发射台的位置和预计作用范围, 由 2 个 30bit 字组成, 内容见表 L.3。电文类型 13 已停用。

表 L.3 电文类型 13 的内容

参数	比特数	比例因子和单位	范围及说明
地面发射台状态标志	1	—	1=工作异常; 0=工作正常
地面发射台范围标志	1	—	1=范围与电文类型 7 不一致; 0=范围与电文类型 7 一致
保留	6	1	0~63
地面发射台纬度	16	0.1°	$(-90^\circ \sim 90^\circ)^{a,b}$
地面发射台经度	16	0.1°	$(-180^\circ \sim 180^\circ)^{a,b}$
地面发射台范围	8	4km	$4\text{km} \sim 1024\text{km}^c$
总共	48	—	—
校验	12	—	见 4.2.2.9
^a “+”表示北纬或东经, “-”表示南纬或西经。 ^b 以二进制补码表示。 ^c 全零表示 1024km。			

L. 3. 2 地面发射台状态标志

用于标识地面广播站的工作状态。若置 1, 则表明地面发射台工作不正常或即将不正常, 此时地面发射台应及时广播电文类型 16, 告知用户具体信息。

L. 3. 3 地面发射台范围标志

用于通报地面发射台作用范围是否与电文类型 7 一致。若置 1, 则表明地面发射台范围与电文类型 7 中给出的范围不同 (见 4.3.7.3), 具体数值由后续的地面发射台范围给出。

L.4 电文类型 18—RTK 未改正的载波相位观测值

为保证向前兼容，本节给出电文类型 18 的格式和说明。

L.4.1 电文格式

电文类型 18 只适用于 GPS 和 GLONASS 的 RTK 应用。电文类型 18 对于 GPS 是固定的，对于 GLONASS 是暂定的。电文类型 18 的格式见图 L.2，内容见表 L.4。

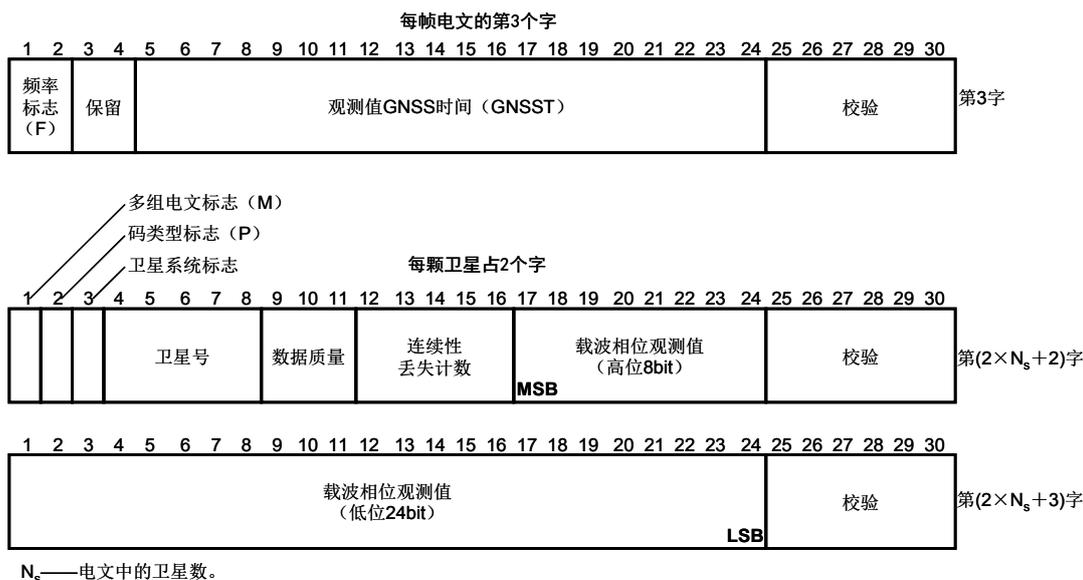


图 L.2 电文类型 18 的格式

表 L.4 电文类型 18 的内容

参数	比特数	比例因子和单位	范围
频率标志 (F)	2	—	00=L1 电文; 10=L2 电文; 01=保留; 11=保留
保留	2	—	
观测值 GNSS 时间 (GNSST)	20	1μs	0μs ~ 599999μs, 见 4.3.19.2
多组电文标志 (M)	1	—	0=最后一条电文; 1=还有后续电文
码类型标志 (P)	1	—	0=C/A 码电文; 1=P 码电文
卫星系统标志	1	—	0=GPS 电文; 1=GLONASS 电文
卫星号	5	1	0~31 ^a
数据质量	3	—	见 4.3.19.5
连续性丢失计数	5	1	0~31
载波相位观测值	32	1/256 周	-8388608 周~8388608 周
总计	48×N _s +24	—	
校验	N×6	—	见 4.2.2.9
注 1: N _s =电文中的卫星数。			
注 2: N=电文中的数据字数, N=2N _s +1, 帧长度=N+2 字。			
^a 对于 GPS, 全零 (00000) 表示第 32 号卫星; 对于 GLONASS 则为卫星的星位号。			

L.4.2 观测值 GNSS 时间 (GNSST)

用于计算载波相位观测值的观测时间，对于 GPS 卫星即是 GPS 时，对 GLONASS 卫星则为

GLONASS 时。观测时间计算如下：

$$\text{观测时间} = \text{观测值 GNSS 时间 (GNSST)} + \text{改进 Z 计数 (来自电文头)}$$

电文中所有载波相位观测值都应由该观测时间决定，同历元的 L2 载波相位观测值的 GNSST 应与 L1 的 GNSST 一致。

观测值 GNSS 时间 (GNSST) 是一个估计值，其中包含参考站接收机钟差的影响，可用下式表示：

$$\text{GNSST} = \text{RT} + \text{CE} \dots \dots \dots (4)$$

式中：

GNSST——电文中的观测值 GNSS 时间，单位为秒 (s)；

RT——观测值的参考站接收机时间，单位为秒 (s)；

CE——参考站接收机钟差估计值，单位为秒 (s)。

同一历元同一卫星载波相位观测值 (电文类型 18) 和伪距观测值 (电文类型 19) 的 RT 应数值相同。

为使用户正确地恢复观测值的参考站接收机时间，参考站接收机应满足以下条件：

- a) 钟差估计值 CE 应小于 1.1ms；
- b) 应对卫星信号均匀采样，采样时刻应处于时钟“脉冲沿”，采样间隔必须是 500ms、200ms、125ms、100ms、50ms、40ms、25ms、20ms 和 10ms 之一。如果接收机每秒生成一个观测值，则观测值应与接收机时钟的整秒脉冲对齐，对齐精度应优于 0.5ms。如果接收机每秒生成多组观测值，则其采样间隔应保证有一个观测值位于整秒脉冲附近；
- c) 应等间隔地生成并发送差分电文，时间间隔应为 1s、2s、3s、4s、5s、6s、10s、12s、15s、20s、30s 和 60s 之一。参考站接收机观测值的采样应满足 b) 的要求。

在满足以上要求后，用户即可正确地恢复接收机时间 RT 和参考站接收机钟差 CE。例如：若电文中的 GNSST=0.471014s，则 RT=0.47s，CE=0.001014s；若电文中的 GNSST=0.248972s，则 RT=0.25s，CE=-0.001028s。

L. 4. 3 多组电文标志 (M)

由于 GPS 时间和 GLONASS 时间属于不同的时间系统，因此，对于 GPS 和 GLONASS 观测值应产生不同的电文类型 18 和 19，见 4.3.18.4。

如果同时使用 GPS 和 GLONASS 观测值，且几乎同时获得，则多组电文标志应表示为：

- a) 对于 GPS，有：
 - 是电文类型 18 的 L1 载波相位观测值，M=1；
 - 电文类型 18 的 L2 载波相位观测值，M=1；
 - 电文类型 19 的 L1 伪距观测值，M=1；
 - 电文类型 19 的 L2 伪距观测值，M=1。
- b) 对于 GLONASS，有：

- 电文类型 18 的 L1 载波相位观测值, M=1;
- 电文类型 18 的 L2 载波相位观测值, M=1;
- 电文类型 19 的 L1 伪距观测值, M=1;
- 电文类型 19 的 L2 伪距观测值, M=0。

如果同时使用 GPS 和 GLONASS 观测值, 但观测值不同步, 则多组电文标志应表示为:

a) 对于 GPS, 有:

- 电文类型 18 的 GPS 时间 1 的 L1 载波相位观测值, M=1;
- 电文类型 18 的 GPS 时间 1 的 L2 载波相位观测值, M=1;
- 电文类型 19 的 GPS 时间 1 的 L1 伪距观测值, M=1;
- 电文类型 19 的 GPS 时间 1 的 L2 伪距观测值, M=0。

b) 对于 GLONASS, 有:

- 电文类型 18 的 GPS 时间 2 (或 GLONASS 时) 的 L1 载波相位观测值, M=1;
- 电文类型 18 的 GPS 时间 2 (或 GLONASS 时) 的 L2 载波相位观测值, M=1;
- 电文类型 19 的 GPS 时间 2 (或 GLONASS 时) 的 L1 伪距观测值, M=1;
- 电文类型 19 的 GPS 时间 2 (或 GLONASS 时) 的 L2 伪距观测值, M=0。

L. 4. 4 码类型标志 (P)

用于标识数据是 C/A 码数据还是 P 码数据。注意同频率上的 P 码相位观测值与 C/A 码相位观测值不等价, 二者不能混合使用。

L. 4. 5 数据质量

电文类型 18 的数据质量是以 $1/256 \times e^{x/\sqrt{3}}$ 表示的载波相位观测值精度 (一倍中误差) 的估计值, 单位为周, 式中 x 的定义见表 L.5。

表 L.5 电文类型 18 的数据质量

二进制代码 (x)	载波相位观测值误差 (周)
000 (0)	≤ 0.00391
001 (1)	≤ 0.00696
010 (2)	≤ 0.01239
011 (3)	≤ 0.02208
100 (4)	≤ 0.03933
101 (5)	≤ 0.07006
110 (6)	≤ 0.12480
111 (7)	> 0.12480

L. 4. 6 连续性丢失计数

反映卫星载波相位观测值连续性的中断情况。卫星载波相位观测值的连续性可能因周跳或信号失锁而中断, 每次中断后, 应将此连续性丢失计数递增, 以反映接收机对卫星信号跟踪的连续性情况。

L. 4. 7 载波相位观测值

载波相位观测值以二进制补码表示, 数值有正负。在无有效数据时, 应停止发送本电文。用户解码时, 应注意二进制补码符号位的处理, 以正确恢复参考站的载波相位观测值。

L.5 电文类型 19—RTK 未改正的伪距观测值

为保证向前兼容，本节给出电文类型 19 的格式和说明。

L.5.1 电文格式

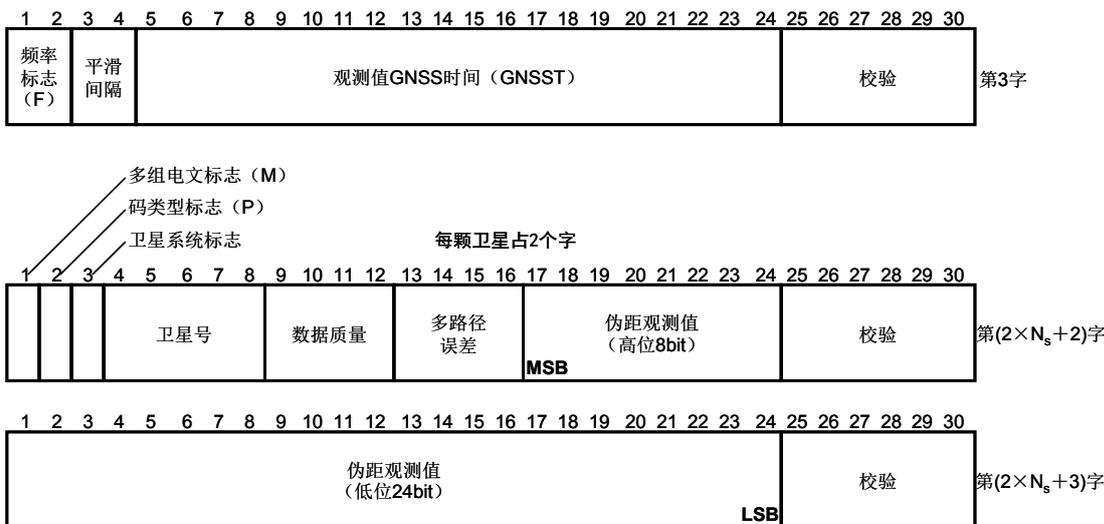
电文类型 19 只适用于 GPS 和 GLONASS 的 RTK 应用。电文类型 19 对于 GPS 而言是固定的，对于 GLONASS 而言是暂定的。电文类型 19 的格式见图 L.3，内容见表 L.6。

表 L.6 电文类型 19 的内容

参数	比特数	比例因子和单位	范围及说明
频率标志 (F)	2	—	00=L1 电文; 10=L2 电文; 01=保留; 11=保留
平滑间隔	2	—	见 4.3.20.2
观测值 GNSS 时间 (GNSST)	20	1 μ s	0 μ s~599999 μ s, 见 4.3.20.3
多组电文标志 (M)	1	—	0=数据集中的最后一条电文; 1=还有后续电文
码类型标志 (P)	1	—	0=C/A 码电文; 1=P 码电文
卫星系统标志	1	—	0=GPS 电文; 1=GLONASS 电文
卫星号	5	1	0~31 ^a
数据质量	4	—	见 4.3.20.6
多路径误差	4	—	见 4.3.20.7
伪距观测值	32	0.02m	0m~85,899,345.90m
总计	48 \times N _s +24		
校验	N \times 6		见 4.2.2.9

注 1: N_s=电文中的卫星数。
 注 2: N=电文中的数据字数, N=2 \times N_s+1, 帧长度=N+2 字。
^a 对于 GPS, 全零(00000)表示第 32 号卫星; 对于 GLONASS 则为卫星的星位号。

每帧电文的第3个字



N_s——电文中的卫星数。

图 L.3 电文类型 19 的格式

L.5.2 平滑间隔

表示载波相位平滑伪距的时间间隔，见表 L.7。

表 L.7 电文类型 19 的平滑间隔

二进制代码 (十进制数值)	平滑时间间隔 (Min)
00 (0)	0~1
01 (1)	1~5
10 (2)	5~15
11 (3)	未定义平滑间隔

L. 5.3 观测值 GNSS 时间 (GNSST)

用于计算伪距观测值的观测时间，对于 GPS 卫星即是 GPS 时，对 GLONASS 卫星则为 GLONASS 时。观测时间计算如下：

观测时间=观测值 GNSS 时间 (GNSST) + 改进 Z 计数 (来自电文头)

电文中所有伪距观测值都应由该观测时间决定，同历元的 L2 伪距观测值的 GNSST 应与 L1 的 GNSST 一致。

伪距 (PR) 可按下式计算：

$$PR=c \times (RT-TT) \dots \dots \dots (5)$$

式中：

PR ——到卫星的伪距，单位为米 (m)；

RT ——观测值的接收机时间，单位为秒 (s)；

TT ——信号发射时间，单位为秒 (s)；

c ——光速，单位为米每秒 (m/s)。

观测值 GNSS 时间是对观测时 GNSS 时间的估计值。电文类型 18 中关于观测值 GNSS 时间的规定也适用于电文类型 19，见 4.3.19.2。

L. 5.4 多组电文标志 (M)

电文类型 18 中关于多组电文标志的规定也适用于电文类型 19，见 4.3.19.3。

L. 5.5 码类型标志 (P)

用于标识该电文数据是 C/A 码数据还是 P 码数据。若参考站接收机采用交叉相关技术，即利用 L2-L1 的观测值，从 L1 C/A 码伪距重建 L2 伪距，则码类型标志 $P=0$ (C/A 码) 且频率标志 $F=10$ (L2)。

L. 5.6 数据质量

电文类型 19 的数据质量是伪距测量精度 (一倍中误差) 的估计值，以 $0.02e^{0.4x}$ 表示，单位为米 (m)，其中 x 的定义见表 L.8。

表 L.8 电文类型 19 的伪距观测值数据质量

二进制代码 (x)	伪距观测值误差 m
0000 (0)	≤ 0.020
0001 (1)	≤ 0.030
0010 (2)	≤ 0.045
0011 (3)	≤ 0.066
0100 (4)	≤ 0.099
0101 (5)	≤ 0.148

表 L.8 电文类型 19 的伪距观测值数据质量

二进制代码 (x)	伪距观测值误差 m
0110 (6)	≤0.220
0111 (7)	≤0.329
1000 (8)	≤0.491
1001 (9)	≤0.732
1010 (10)	≤1.092
1011 (11)	≤1.629
1100 (12)	≤2.430
1101 (13)	≤3.625
1110 (14)	≤5.409
1111 (15)	>5.409

L.5.7 多路径误差

电文类型 19 的多路径误差是以 $0.1e^{0.4x}$ 表示的多路径误差估计值，单位为米 (m)，其中 x 的定义见表 L.9。如果参考站没有区分多路径和非多路径误差源，则应设置为“未确定”。

表 L.9 电文类型 19 的伪距观测值多路径误差

二进制代码 (x)	多路径误差 m
0000 (0)	≤0.100
0001 (1)	≤0.149
0010 (2)	≤0.223
0011 (3)	≤0.332
0100 (4)	≤0.495
0101 (5)	≤0.739
0110 (6)	≤1.102
0111 (7)	≤1.644
1000 (8)	≤2.453
1001 (9)	≤3.660
1010 (10)	≤5.460
1011 (11)	≤8.145

表 L.9 电文类型 19 的伪距观测值多路径误差 (续)

二进制代码 (x)	多路径误差 m
1100 (12)	≤12.151
1101 (13)	≤18.127
1110 (14)	>18.127
1111 (15)	未确定

L.6 电文类型 20—RTK 载波相位改正数

为保证向前兼容，本节给出电文类型 20 的格式和说明。

L.6.1 电文格式

电文类型 20 对于 GPS 而言是固定的，对于 GLONASS 而言是暂定的。电文类型 20 的格式见图 L.4，内容见表 L.10。

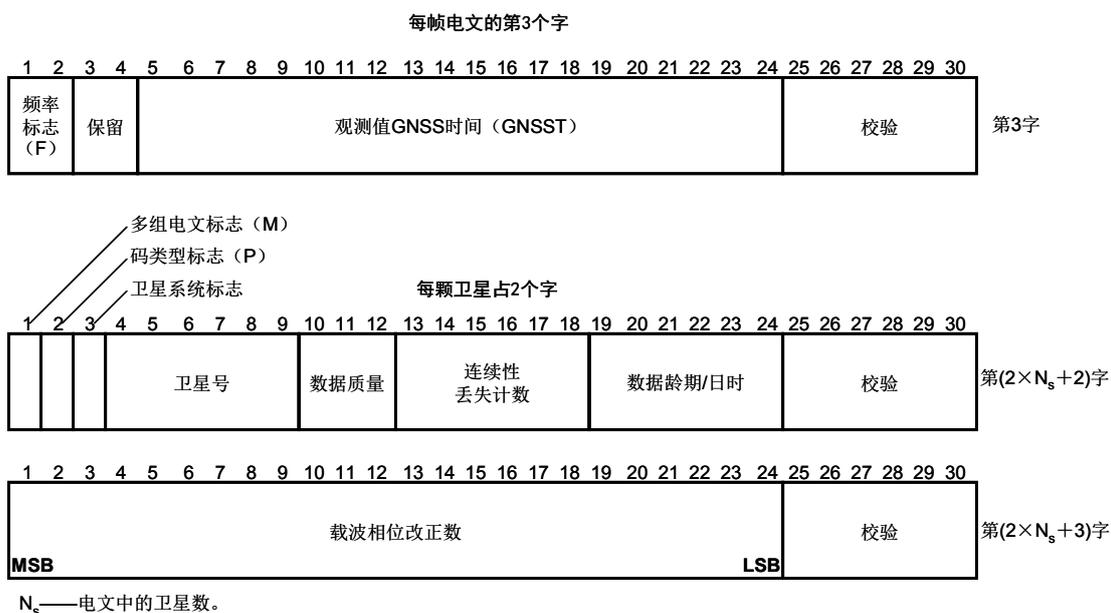


图 L.4 电文类型 20 的格式

表 L.10 电文类型 20 的内容

参数	比特数	比例因子和 单位	范围及说明
频率标志 (F)	2	—	00=L1 电文; 10=L2 电文; 01=保留; 11=保留
保留	2	—	—
观测值 GNSS 时间 (GNSST)	20	1μs	0μs~599999μs, 见 4.3.21.2
多组电文标志 (M)	1	—	0=数据集中的最后一条电文; 1=还有后续电文
码类型标志 (P)	1	—	0=C/A 码电文; 1=P 码电文
卫星系统标志	1	—	0=GPS 电文; 1=GLONASS 电文
卫星号	5	1	0~31 ^a
数据质量	3	—	见 4.3.21.5
连续性丢失计数	5	1	0~31, 见 4.3.21.6
数据期号/日时	8	1	对于 GPS 为 0~255; 对于 GLONASS 为 0~127。见 4.3.21.7
载波相位改正数	24	1/256 周	-32768 周~32768 周, 见 4.3.21.8

表 L.10 电文类型 20 的内容 (续)

参数	比特数	比例因子和 单位	范围及说明
总计	48×N _s +24	—	—
校验	N×6	—	见 4.2.2.9
注 1: N _s =电文中的卫星数。			
注 2: N=电文中的数据字数, N=2×N _s +1, 帧长度=N+2 字。			
^a 对于 GPS, 全零 (00000) 表示第 32 号卫星; 对于 GLONASS 则为卫星的星位号。			

L.6.2 观测值 GNSS 时间 (GNSST)

用于计算载波相位改正数的观测时间, 对于 GPS 卫星即为 GPS 时, 对 GLONASS 卫星则为 GLONASS 时。观测时间计算如下:

观测时间=观测值 GNSS 时间 (GNSST) + 改进 Z 计数 (来自电文头)。

电文中所有载波相位改正数都应由该观测时间决定, 同历元的 L2 载波相位改正数的 GNSST 应与 L1 的 GNSST 一致。

GNSST 应是对观测时 GNSS 时间的估计值。电文类型 18 中关于观测值 GNSS 时间的规定也适用于电文类型 20, 见 4.3.19.2。

L. 6.3 多组电文标志 (M)

由于 GPS 时间和 GLONASS 时间属于不同的时间系统, 因此对于 GPS 和 GLONASS 观测值应产生不同的电文类型 20 和 21, 见 4.3.18.4。

如果同时使用 GPS 和 GLONASS 观测值, 且几乎同时获得, 则多组电文标志应表示为:

a) 对于 GPS, 有:

- 电文类型 20 的 L1 载波相位改正数, M=1;
- 电文类型 20 的 L2 载波相位改正数, M=1;
- 电文类型 21 的 L1 伪距改正数, M=1;
- 电文类型 21 的 L2 伪距改正数, M=1。

b) 对于 GLONASS, 有:

- 电文类型 20 的 L1 载波相位改正数, M=1;
- 电文类型 20 的 L2 载波相位改正数, M=1;
- 电文类型 21 的 L1 伪距改正数, M=1;
- 电文类型 21 的 L2 伪距改正数, M=0。

如果同时使用 GPS 和 GLONASS 观测值, 但观测值不同步, 则多组电文标志应表示为:

a) 对于 GPS, 有:

- 电文类型 20 的 GPS 时间 1 的 L1 载波相位改正数, M=1;
- 电文类型 20 的 GPS 时间 1 的 L2 载波相位改正数, M=1;
- 电文类型 21 的 GPS 时间 1 的 L1 伪距改正数, M=1;
- 电文类型 21 的 GPS 时间 1 的 L2 伪距改正数, M=0。

b) 对于 GLONASS, 有:

- 电文类型 20 的 GPS 时间 2 (或 GLONASS 时) 的 L1 载波相位改正数, M=1;
- 电文类型 20 的 GPS 时间 2 (或 GLONASS 时) 的 L2 载波相位改正数, M=1;
- 电文类型 21 的 GPS 时间 2 (或 GLONASS 时) 的 L1 伪距改正数, M=1;
- 电文类型 21 的 GPS 时间 2 (或 GLONASS 时) 的 L2 伪距改正数, M=0。

L. 6.4 码类型标志 (P)

用于标识数据是 C/A 码数据还是 P 码数据。注意同频率上的 P 码相位观测值与 C/A 码相位观测值不等价, 二者不能混合使用。

L. 6.5 数据质量

电文类型 20 的数据质量是以 $1/256 \times e^{x/\sqrt{3}}$ 表示的载波相位观测值精度（一倍中误差）的估计值，单位为周，式中 x 定义见表 L.11。

表 L.11 电文类型 20 的数据质量

二进制代码 (x)	载波相位改正数误差 (周)
000 (0)	≤ 0.00391
001 (1)	≤ 0.00696
010 (2)	≤ 0.01239
011 (3)	≤ 0.02208
100 (4)	≤ 0.03933
101 (5)	≤ 0.07006
110 (6)	≤ 0.12480
111 (7)	> 0.12480

L. 6. 6 连续性丢失计数

反映卫星载波相位改正数连续性的中断情况。卫星载波相位改正数的连续性可能因周跳或信号失锁而中断，每次中断后，应将此连续性丢失计数递增，以反映接收机对卫星信号跟踪的连续性情况。

L. 6. 7 数据期号 (IOD)

用于通知用户参考站计算载波相位改正数时所用的卫星导航电文的龄期。

对于 GPS 参考站，该数值与卫星导航电文中的数据期号一致。建议参考站在接收到更新后的卫星导航电文后，推迟 96s 再使用，以保证用户有足够的时间更新卫星导航电文。

对于 GLONASS 参考站，见 4.3.29 电文类型 31 中参数的计算与使用。

L. 6. 8 载波相位改正数

载波相位改正数的计算与使用见 4.3.18.3。

为避免载波相位改正数出现较大偏差，可用以下方法之一设置载波相位观测值整周数初始值：

- a) 整周初始值可等于观测值 GNSS 时间的伪距观测值。
- b) 将初始时刻的载波相位改正数的整周数设为 0。

载波相位改正数应对接收机钟差进行改正，不应进行电离层延迟或对流层延迟改正。L1 载波相位改正数应是全波长，并确定其符号。当无有效数据时，应停止播发本电文。

L. 7 电文类型 21—RTK 高精度伪距改正数

为保证向前兼容，本节给出电文类型 21 的格式和说明。

L. 7. 1 电文格式

电文类型 21 对于 GPS 而言是固定的，对于 GLONASS 而言是暂定的。电文类型 21 的格式见图 L.5，内容见表 L.12。

表 L.12 电文类型 21 的内容（伪距改正数）

参数	比特数	比例因子和单位	范围及说明
频率标志 (F)	2	—	00=L1 电文；10=L2 电文；01=保留；11=保留
平滑间隔	2	—	见 4.3.22.2

表 L.12 电文类型 21 的内容（伪距改正数）

参数	比特数	比例因子和单位	范围及说明
观测值 GNSS 时间 (GNSST)	20	1 μ s	0 μ s ~ 599999 μ s, 见 4.3.22.3
多组电文标志 (M)	1	—	0=数据集中的最后一条电文; 1=还有后续电文
码类型标志 (P)	1	—	0=C/A 码电文; 1=P 码电文
卫星系统标志	1	—	0=GPS; 1=GLONASS
卫星号	5	1	0~31 ^a
距离变化率改正数比例因子 (RSF)	1	—	0=精确确定; 1=概略确定
数据质量	3	—	见 4.3.22.6
伪距改正数比例因子 (PSF)	1	—	0=精确确定; 1=粗略确定
多路径误差	3	—	见 4.3.22.7
数据期号/日时	8	1	对于 GPS 为 0~255; 对于 GLONASS 为 0~127。见 4.3.21.7
伪距改正数 ^b	16	当 PSF=0 时为 0.02m; 当 PSF=1 时为 0.32m	当 PSF=0 时为-655.34m~655.34m; 当 PSF=1 时为-10485.44m~10485.44m
距离变化率改正数 ^b	8	当 RSF=0 时为 0.02m/s; 当 RSF=1 时为 0.32m/s	当 RSF=0 时为-0.254m/s~0.254m/s; 当 RSF=1 时为-4.064m/s~4.064m/s
总计	48 \times N _s +24	—	—
校验	N \times 6	—	见 4.2.2.9

注 1: N_s=电文中的卫星数。
注 2: N=电文中的数据字数, N=2 \times N_s+1, 帧长度=N+2 字。

^a 对于 GPS, 全零 (00000) 表示第 32 号卫星; 对于 GLONASS 则为卫星的星位号。
^b 以二进制补码表示。

每帧电文的第3个字



图 L.5 电文类型 21 的格式

L.7.2 平滑间隔

表示载波相位平滑伪距的时间间隔, 见表 L.13。

表 L.13 电文类型 21 的平滑间隔

二进制代码 (十进制数值)	平滑间隔 min
---------------	-------------

表 L.13 电文类型 21 的平滑间隔

二进制代码 (十进制数值)	平滑间隔 min
00 (0)	0~1
01 (1)	1~5
10 (2)	5~15
11 (3)	未定义

L. 7.3 观测值 GNSS 时间 (GNSST)

用于计算伪距改正数的观测时间, 对于 GPS 卫星即是 GPS 时, 对 GLONASS 卫星则为 GLONASS 时。观测时间计算如下:

$$\text{观测时间} = \text{观测值 GNSS 时间 (GNSST)} + \text{改进 Z 计数 (来自电文头)}$$

电文中所有伪距改正数都应由该观测时间确定, 同历元的 L2 伪距改正数的 GNSST 应与 L1 的 GNSST 一致。

GNSST 应是对观测时 GNSS 时间的估计值。电文类型 18 中关于观测值 GNSS 时间的规定也适用于电文类型 21, 见 4.3.19.2。

L. 7.4 多组电文标志 (M)

电文类型 21 的多组电文标志与电文类型 20 的多组电文标志定义一致, 见 4.3.21.3。

L. 7.5 码类型标志 (P)

用于标识该电文数据是 C/A 码数据还是 P 码数据。若参考站接收机采用交叉相关技术, 即利用 L2-L1 的观测值, 从 L1 C/A 码伪距重建 L2 伪距, 则码类型标志 P=0 (C/A 码) 且频率标志 F = 10 (L2)。

L. 7.6 数据质量

电文类型 21 的数据质量是伪距测量精度 (一倍中误差) 的估计值, 见表 L.14。

表 L.14 电文类型 21 的数据质量

二进制代码 (十进制数值)	伪距改正数误差 m
000 (0)	≤0.10
001 (1)	≤0.25
010 (2)	≤0.50
011 (3)	≤1.00
100 (4)	≤2.00
101 (5)	≤3.50
110 (6)	≤5.00
111 (7)	> 5.00

L. 7.7 多路径误差

电文类型 21 的多路径误差 (一倍中误差) 的估计值, 见表 L.15。如果参考站没有区分多路径和非多路径误差源, 则该区域应设置为“未确定”。

表 L.15 电文类型 21 的多路径误差

二进制代码 (十进制数值)	多路径误差 m
000 (0)	≤0.10
001 (1)	≤0.25

表 L.15 电文类型 21 的多路径误差

二进制代码（十进制数值）	多路径误差 m
010 (2)	≤0.50
011 (3)	≤1.00
100 (4)	≤2.50
101 (5)	≤5.00
110 (6)	>5.00
111 (7)	未确定

L. 7. 8 数据期号 (10D)

电文类型 21 的数据期号与电文类型 20 中数据期号定义一致，见 4.3.21.7。

L. 7. 9 伪距改正数

电文类型 21 的伪距改正数按下式计算得到，式中变量单位为米 (m)：

$$\text{伪距改正数} = \text{几何距离计算值} - \text{观测值 GNSS 时间的伪距观测值}$$

伪距改正数应进行参考站接收机钟差改正、卫星钟差和卫星相对论效等项改正，但不进行 t_{GD} 改正。

多路径误差残差应在多路径误差标识中反映出来。

参考文献

- [1]. RTCM Recommended Standards For Differential GNSS Edition 2.4(RTCM SC-10402.4),RTCM
 - [2]. User's Handbook on Datum Transformations Involving WGS84, Special Publication No.60 (S-60) .International Hydrographic Bureau
 - [3]. National Imagery and Mapping Agency publication, Technical Report DMA TR8350.2, National Imagery and Mapping Agency
 - [4]. Interface Between Data Terminal Equipment& Data EIA-232 EIA232 (EIA-232-1987), Electronic Industry Association
 - [5]. Electrical Characteristics of Balanced Voltage Digital Interface Circuits EIA-422 EIA422 (EIA-422-1978), electronic Industry Association
 - [6]. General purpose 37-position&9-position Interface for Data Terminal Equipment and Data Circuit-Terminating Equipment Employing Serial Binary Data Interchange EIA-449 EIA449 (EIA-449-1985), Electronic Industry Association
 - [7]. Bit-Sequencing/American National Code/Information ANSIX3.15 ANSI-X3.15 (ANSI-X3.15-1976), American National Standards Institute
 - [8]. Character Structure&Character Parity Sense/Seria ANSIX3.16 ANSI-X3.16 (ANSI-X3.16-1976), American National Standards Institute
-