

GNSS 系统完好性产品编码规范

Specification for coding of GNSS system integrity products

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和缩略语	1
4.1 符号	2
4.2 缩略语	2
5 总体要求	2
5.1 编码要求	2
5.2 形式要求	2
5.3 结构要求	2
6 产品类别及编码形式	3
7 数据流编码	3
7.1 编码原则	3
7.2 数据流信息标识	3
7.3 数据前导信息编码	3
7.4 电文头编码	4
7.5 数据内容编码	4
7.6 校验码编码	6
8 文件编码	6
8.1 编码原则	6
8.2 文件名编码	6
8.3 文件头编码	6
8.4 文件数据部分编码	8
附录 A (资料性) 数据字段号说明	11
附录 B (资料性) 数据流编码校验算法	12
附录 C (资料性) 空间信号误差文件编码示例	13
参 考 文 献	15

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国地理信息标准化技术委员会卫星应用分技术委员会（SAC/TC 230/SC3）归口。

本文件起草单位：中国测绘科学研究院、中国人民解放军战略支援部队信息工程大学、中国科学院上海天文台、武汉大学、中国科学院精密测量科学与技术创新研究院、中国地震台网中心、国家基础地理信息中心、中国地质环境监测院。

本文件主要起草人：秘金钟、谷守周、徐彦田、许长辉、陈明剑、陈 轲、宋淑丽、吕翠仙、宋 敏、王阅兵、王孝青、赵文祯。

GNSS 系统完好性产品编码规范

1 范围

本文件规定了GNSS系统完好性产品的总体要求、产品类别及编码形式、文件编码、数据流编码等内容。

本文件适用于GNSS数据精密后处理和实时导航应用等任务中GNSS系统完好性产品的生成、存储和使用。

2 规范性引用文件

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

GB/T 39267 北斗卫星导航术语

3 术语和定义

GB/T 39267界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

GNSS 系统完好性产品 product of GNSS system integrity

对GNSS系统提供信息的准确度进行度量的产品，用于识别GNSS系统提供的信息是否超过阈值门限。

注：按照产品应用场景，GNSS系统完好性产品分为实时完好性产品和事后完好性产品两种类型。

3.2

实时完好性产品 real-time product of integrity

以数据流形式实时播发的完好性产品。

注：实时完好性产品在GNSS实时导航应用场景下使用。

3.3

事后完好性产品 post products of integrity

经事后处理得到的完好性产品。

注：事后完好性产品在GNSS数据后处理场景下使用。

3.4

空间信号误差 signal-in-space error

在某一历元下卫星覆盖地球表面的区域内，卫星轨道误差和卫星钟差在信号传播距离上产生的最大误差。

3.5

空间信号精度 signal-in-space accuracy

导航电文中播发的轨道和钟差的预测精度。

3.6

空间信号监测精度 signal-in-space monitoring accuracy

利用零均值高斯分布模型对空间信号精度的估计误差进行描述，该高斯分布的方差称空间信号监测精度。

4 符号和缩略语

4.1 符号

下列符号适用于本文件。

- C: BDS。
- E: Galileo。
- G: GPS。
- M: 多个卫星导航系统。
- R: GLONASS。

4.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

- BDS: 北斗卫星导航系统(BeiDou Navigation Satellite System)
- DF: 数据域(Data Field)
- Galileo: 伽利略卫星导航系统(Galileo Navigation Satellite System)
- GLONASS: 格洛纳斯卫星导航系统(Global Navigation Satellite System)
- GNSS: 全球卫星导航系统(Global Navigation Satellite System)
- GPS: 全球定位系统(Global Positioning System)
- NavIC: 印度星座导航(Navigation with Indian Constellation)
- PRN: 伪随机噪声码(Pseudo Random Noise Code)
- QZSS: 准天顶卫星系统(Quasi-Zenith Satellite System)
- UTC: 协调世界时(Coordinated Universal Time)

5 总体要求

5.1 编码要求

产品编码要求如下:

- a) 唯一性: 每类 GNSS 系统完好性产品的编码命名应唯一;
- b) 全覆盖: 每类 GNSS 系统完好性产品应包含现有的全球卫星导航系统;
- c) 可兼容: 产品编码设计由英文字母或阿拉伯数字组成, 满足 Windows、Linux、国产操作系统等跨平台移植的要求;
- d) 可扩展性: 产品编码设计应对 NavIC、QZSS 等区域导航系统以及其他 GNSS 完好性产品具有拓展适应能力。

5.2 形式要求

产品编码形式要求如下:

- a) 实时完好性产品应按照数据流形式进行编码。
- b) 事后完好性产品应按照文件形式进行编码;

5.3 结构要求

5.3.1 数据流结构

产品编码数据流结构如下:

- a) 数据流应以数据帧形式播发;
- b) 数据帧结构包含数据流前导信息、GNSS 系统完好性产品数据、校验码;
- c) 数据流应对产品信息设定唯一信息标识;
- d) GNSS 系统完好性产品数据应由电文头和数据内容组成。

5.3.2 文件结构

产品编码文件结构如下:

- a) 采用文件后缀名标识文件类型;
- b) 文件产品应由文件头和文件数据部分组成。

6 产品类别及编码形式

GNSS系统完好性产品类别包括：广播轨道精度、广播钟差精度、空间信号误差、空间信号精度和空间信号监测精度，每类产品都包含BDS、GPS、GLONASS、Galileo 4种卫星系统。GNSS系统完好性产品GNSS系统完好性产品类别、产品类型及编码形式见表1。

表1 GNSS系统完好性产品类别、产品类型及编码形式

序号	产品类别	产品类型	编码形式	后缀名	产品类型标识符
1	广播轨道精度	实时完好性产品和事后完好性产品	数据流和文件	sorb	SORB
2	广播钟差精度	实时完好性产品和事后完好性产品	数据流和文件	sclk	SCLK
3	空间信号误差	事后完好性产品	文件	sise	SISE
4	空间信号精度	事后完好性产品	文件	sisa	SISA
5	空间信号监测精度	事后完好性产品	文件	sima	SISMA

7 数据流编码

7.1 编码原则

- 按照“信息类型”设定数据流信息标识，用于识别产品类型；
- 按照“数据前导信息、GNSS系统完好性产品数据、校验码”顺序进行编码；
- GNSS系统完好性产品数据按照“电文头、数据内容”顺序进行编码；
- GNSS系统完好性产品数据长度应为整字节数，若为非整字节数，则用0补足最后一个字节。

7.2 数据流信息标识

数据流产品信息类型和产品类型见表2。

表2 数据流产品信息类型和产品类型

序号	信息类型	产品类型
1	1386	BDS广播轨道精度
2	1387	GPS广播轨道精度
3	1388	GLONASS广播轨道精度
4	1389	Galileo广播轨道精度
5	1390	BDS广播钟差精度
6	1391	GPS广播钟差精度
7	1392	GLONASS广播钟差精度
8	1393	Galileo广播钟差精度

7.3 数据前导信息编码

7.3.1 码位设计

数据前导信息按照“同步码、保留位、数据长度”顺序进行编码，位于每帧数据的最前端，数据前导信息编码码位结构见表3。

表3 数据前导信息编码码位结构

码位	第1~8比特	第9~14比特	第15~24比特
码位信息	同步码	保留位	数据长度

7.3.2 码位信息说明

数据前导信息编码码位信息说明见表 4。

表 4 数据前导信息编码码位信息说明

序号	码位信息	比特数	备注
1	同步码	8	固定内容，具体为“11010011”
2	保留位	6	固定内容，具体为“000000”
3	数据长度	10	以字节表示的 GNSS 系统完好性产品数据长度

注：数据部分长度可变，且为整字节数；若为非整字节数，则补足最后一个字节。

7.4 电文头编码

7.4.1 码位设计

按照“信息类型、历元时刻、更新间隔、电文标志、卫星参考基准、生产者 ID、解决方案 ID、卫星数”顺序进行编码，电文头编码码位结构见表 5。

表 5 电文头编码码位结构

码位	第25~36比特	第37~56比特	第57~60比特	第61比特	第62比特	第63~78比特	第79~82比特	第83~88比特
码位信息	信息类型	历元时刻	更新间隔	电文标志	卫星参考基准	生产者 ID	解决方案 ID	卫星数

7.4.2 码位信息说明

电文头编码码位信息说明见表 6，数据字段号说明见附录 A。

表 6 电文头编码码位信息说明

序号	码位信息	数据字段号	数据类型	比特数
1	信息类型	DF001	uint12	12
2	历元时刻	DF002	uint20	20
3	更新间隔	DF003	bit(4)	4
4	电文标志	DF004	bit(1)	1
5	卫星参考基准	DF005	bit(1)	1
6	生产者 ID	DF006	uint16	16
7	解决方案 ID	DF007	uint4	4
8	卫星数	DF008	uint6	6

注：bit(n)：n 个位字段，每 1 个位字段为 0 或者 1。

7.5 数据内容编码

7.5.1 编码原则

- 数据内容编码包含卫星 PRN 号、星历标识、完好性产品信息；
- 数据内容编码分为广播轨道精度数据内容编码和广播钟差精度数据内容编码；
- 广播轨道精度数据内容包含轨道面径向精度、轨道面切向精度、轨道面法向精度。

7.5.2 广播轨道精度数据内容编码

7.5.2.1 码位设计

按照“卫星 PRN 号、星历标识、轨道面径向精度、轨道面切向精度、轨道面法向精度”顺序进行编码，并按照卫星数重复编码，广播轨道精度数据内容编码码位结构见表 7。

表 7 广播轨道精度数据内容编码码位结构

码位	第一颗卫星					...	第n颗卫星 (n为数据包含的卫星数)				
	第 89~94 比特	第 95~104 比特	第 105~124 比特	第 125~144 比特	第 145~164 比特	...	第 $76 \times (n-1) + 89 \sim 76 \times (n-1) + 94$	第 $76 \times (n-1) + 95 \sim 76 \times (n-1) + 104$ 比特	第 $76 \times (n-1) + 105 \sim 76 \times (n-1) + 124$ 比特	第 $76 \times (n-1) + 125 \sim 76 \times (n-1) + 144$ 比特	第 $76 \times (n-1) + 145 \sim 76 \times (n-1) + 164$ 比特
数据字段名称	卫星 PRN 号	星历标识	轨道面径向精度	轨道面切向精度	轨道面法向精度	...	卫星 PRN 号	星历标识	轨道面径向精度	轨道面切向精度	轨道面法向精度

7.5.2.2 码位信息说明

广播轨道精度数据内容编码码位信息说明见表 8，数据字段号说明见附录 A。

表 8 广播轨道精度数据内容编码码位信息说明

序号	码位信息	数据字段号	数据类型	比特数
1	卫星 PRN 号	DF009	uint6	6
2	星历标识	DF010	bit(10)	10
3	轨道面径向精度	DF011	int20	20
4	轨道面切向精度	DF012	int20	20
5	轨道面法向精度	DF013	int20	20

7.5.3 广播钟差精度数据内容编码

7.5.3.1 码位设计

按照“卫星 PRN 号、星历标识、广播钟差精度”顺序进行编码，并按照卫星数重复编码，广播钟差精度数据内容编码码位结构见表 9。

表 9 广播钟差精度数据内容编码码位结构

码位	第一颗卫星			...	第n颗卫星		
	第89~94比特	第95~104比特	第105~124比特	...	第 $36 \times (n-1) + 89 \sim 36 \times (n-1) + 94$ 比特	第 $36 \times (n-1) + 95 \sim 36 \times (n-1) + 104$ 比特	第 $36 \times (n-1) + 105 \sim 36 \times (n-1) + 124$ 比特
码位信息	卫星 PRN 号	星历标识	广播钟差精度	...	卫星 PRN 号	星历标识	广播钟差精度

7.5.3.2 码位信息说明

广播钟差精度数据内容编码码位信息说明见表 10，数据字段号说明见附录 A。

表 10 广播钟差精度数据内容编码码位信息说明

序号	码位信息	数据字段号	数据类型	比特数
1	卫星 PRN 号	DF009	uint6	6
2	星历标识	DF010	bit(10)	10
3	广播钟差精度	DF014	int20	20

7.6 校验码编码

7.6.1 码位设计

按照“校验码”进行编码，校验码码位位置位于每帧数据最后端，占 24 个比特位。

7.6.2 码位信息说明

校验码编码码位信息说明如下：

- a) 校验码所用校验算法为数据流编码校验算法；
 - b) 用于校验数据完整性。
- 数据流编码校验算法见附录 B。

8 文件编码

8.1 编码原则

文件编码原则如下：

- a) 文件编码包含文件名编码、文件头编码和文件数据部分编码；
- b) 按照“文件头、文件数据部分”顺序进行编码。

以空间信号误差文件为例给出文件编码示例，空间信号误差文件编码示例见附录 C。

8.2 文件名编码

8.2.1 码位设计

按照“产品生成机构、周计数、周内天、连接符、小时数、文件后缀标识符、后缀名”顺序进行编码，文件名编码码位结构见表 11。

表 11 文件名编码码位结构

码位	第1~3位	第4~7位	第8位	第9位	第10~11位	第12位	第13~16位
码位信息	产品生成机构	周计数	周内天	连接符	小时数	文件后缀标识符	后缀名

8.2.2 码位信息说明

文件名编码码位信息说明如下：

- a) 产品生成机构：采用 3 个大写英文字符编码；
- b) 周计数：文件存储数据时间的周计数，时间系统为北斗时，采用 4 位数字编码，不足位则在左边补 0 以补足位；
- c) 周内天：文件存储数据时间的周内天，采用 1 位数字编码（从 0 到 6，星期日为 0）；
- d) 连接符：采用“_”编码；
- e) 小时数：文件数据时间(UTC)，采用 2 位数字编码，不足位则在左边补 0 以补足位；
- f) 文件后缀标识符：采用“.”编码；
- g) 后缀名：采用 4 字符编码，后缀名说明见表 1。

示例：CGS08872_15.sise，表示此产品为 CGS（中国测绘科学研究院）生成的空间信号误差产品，文件数据时间为 2023 年 1 月 3 日（北斗 887 周，星期二）15 时。

8.3 文件头编码

8.3.1 编码原则

文件头编码原则如下：

- a) 文件头编码包含首行编码、次行编码、第三行编码、注释行编码、结束行编码；
- b) 按行编码；
- c) 通过字段名称识别信息。

8.3.2 首行编码

8.3.2.1 码位设计

按照“版本类型、产品类型标识符、卫星系统标识符、字段名称”顺序进行编码，首行编码码位结构见表 12。

表 12 首行编码码位结构

码位	第1~9位	第10~20位	第21~25位	第26~40位	第41位	第42~60位	第61~80位
码位信息	版本类型	空格	产品类型标识符	空格	卫星系统标识符	空格	字段名称

8.3.2.2 码位信息说明

首行编码码位信息说明如下：

- a) 版本类型：定义为 1.00，右对齐；
- b) 产品类型标识符：见表 1，右对齐；
- c) 卫星系统标识符：C、G、R、E 和 M。
- d) 字段名称：设定为“VERSION / TYPE”，左对齐。

8.3.3 次行编码

8.3.3.1 码位设计

采用“产品生成程序、产品生成机构、产品生成时间、字段名称”顺序进行编码，次行编码码位结构见表 13。

表 13 次行编码码位结构

码位	第1~20位	第21~40位	第41~60位	第61~80位
码位信息	产品生成程序	产品生成机构	产品生成时间	字段名称

8.3.3.2 码位信息说明

次行编码码位信息说明如下：

- a) 产品生成程序：采用英文字符，左对齐；
- b) 产品生成机构：采用英文字符，左对齐；
- c) 产品生成时间：采用“yyyymmdd hhmmss UTC”，左对齐；
- d) 字段名称：设定为“PGM / RUN BY / DATE”，左对齐。

8.3.4 第三行编码

8.3.4.1 码位设计

按照“时间系统、字段名称”顺序进行编码，第三行编码码位结构见表 14。

表 14 第三行编码码位结构

码位	第1~2位	第3~6位	第7~60位	第61~80位
码位信息	空格	时间系统	空格	字段名称

8.3.4.2 码位信息说明

第三行编码码位信息说明如下：

- a) 时间系统：对文件数据部分的时间系统进行说明，采用英文字符，右对齐；
- b) 字段名称：设定为“TIME SYSTEM ID”，左对齐。

8.3.5 注释行编码

8.3.5.1 码位设计

按照“文件注释信息、字段名称”顺序进行编码，注释行为可选项，可多行，位于文件头第三行以

后、最后一行之前。注释行编码码位结构见表 15。

表 15 注释行编码码位结构

码位	第1~60位	第61~80位
码位信息	文件注释信息	字段名称

8.3.5.2 码位信息说明

注释行编码码位信息说明如下：

- a) 文件注释信息：文件必要的附加注释说明，采用英文字符，左对齐；
- b) 字段名称：设定为“COMMENT”，左对齐。

8.3.6 结束行编码

8.3.6.1 码位设计

按照“字段名称”进行编码，结束行编码码位结构见表 16。

表 16 结束行编码码位结构

码位	第1~60位	第61~80位
码位信息	空格	字段名称

8.3.6.2 码位信息说明

结束行编码码位信息说明如下：

- a) 标识文件头内容已结束；
- b) 字段名称：设定为“END OF HEADER”，左对齐。

8.4 文件数据部分编码

8.4.1 编码原则

文件数据部分编码原则如下：

- a) 文件数据部分编码包含时间信息编码、完好性产品信息编码、文件结束符编码；
- b) 时间信息编码占一行；
- c) 完好性产品信息每颗卫星占一行，具体行数由卫星数确定；
- d) 文件结束符占文件的最后一行。

8.4.2 时间信息编码

8.4.2.1 码位设计

按照“时间信息标识符、年、月、日、时、分、秒”顺序进行编码，时间信息编码码位结构见表17。

表 17 时间信息编码码位结构

码位	第1位	第2位	第3~6位	第7位	第8~9位	第10位	第11~12位	第13位	第14~15位	第16位	第17~18位	第19位	第20~28位
码位信息	时间信息标识符	空格	年	空格	月	空格	日	空格	时	空格	分	空格	秒

8.4.2.2 码位信息说明

时间信息编码码位信息说明如下：

- a) 时间信息标识符：以“>”表示；

- b) 年：采用 4 位数字；
- c) 月、日、时、分：采用 2 位数字，不足位则在左边补 0 以补足位数；
- d) 秒：采用长度为 9 位的浮点数，6 位小数，右对齐。

8.4.3 完好性产品信息编码

8.4.3.1 广播轨道精度码位设计

按照“卫星系统标识符、卫星PRN号、星历数据标识、轨道面径向精度、轨道面切向精度、轨道面法向精度”顺序进行编码，广播轨道精度编码码位结构见表18。

表 18 广播轨道精度编码码位结构

码位	第1位	第2~3位	第4位	第5~8位	第9位	第10~15位	第16位	第17~22位	第23位	第24~29位
码位信息	卫星系统标识符	卫星PRN号	空格	星历数据标识	空格	轨道面径向精度	空格	轨道面切向精度	空格	轨道面法向精度

8.4.3.2 广播钟差精度码位设计

按照“卫星系统标识符、卫星PRN号、星历数据标识、广播钟差精度”顺序进行编码，广播钟差精度编码码位结构见表19。

表 19 广播钟差精度编码码位结构

码位	第1位	第2~3位	第4位	第5~8位	第9位	第10~15位
码位信息	卫星系统标识符	卫星PRN号	空格	星历数据标识	空格	广播钟差精度

8.4.3.3 空间信号误差码位设计

按照“卫星系统标识符、卫星PRN号、星历数据标识、空间信号误差”顺序进行编码，空间信号误差编码码位结构见表20。

表 20 空间信号误差编码码位结构

码位	第1位	第2~3位	第4位	第5~8位	第9位	第10~15位
码位信息	卫星系统标识符	卫星PRN号	空格	星历数据标识	空格	空间信号误差

8.4.3.4 空间信号精度码位设计

按照“卫星系统标识符、卫星PRN号、空间信号精度”顺序进行编码，空间信号精度编码码位结构见表21。

表 21 空间信号精度编码码位结构

码位	第1位	第2~3位	第4位	第5~10位
码位信息	卫星系统标识符	卫星PRN号	空格	空间信号精度

8.4.3.5 空间信号监测精度码位设计

按照“卫星系统标识符、卫星PRN号、空间信号监测精度”顺序进行编码，空间信号监测精度编码码位结构见表22。

表 22 空间信号监测精度编码码位结构

码位	第1位	第2~3位	第4位	第5~10位
码位信息	卫星系统标识符	卫星PRN号	空格	空间信号监测精度

8.4.3.6 码位信息说明

完好性产品信息码位信息说明如下：

- a) 卫星系统标识符：编码方式见 8.3.2.2. 的 c) ；
- b) 卫星 PRN 号：采用 2 位数字，不足位则在左边补 0 以补足位数；
- c) 空间信号误差、空间信号精度、空间信号监测精度：采用长度为 6 位的浮点数，2 位小数，右对齐，单位：m；
- d) 星历数据标识：采用 4 位数字，右对齐；
- e) 轨道面径向精度、轨道面切向精度、轨道面法向精度和广播钟差精度：采用长度为 6 位的浮点数，2 位小数，右对齐，单位：m。

8.4.4 文件结束符编码

文件结束符设定为“EOF”，占其所在行的第1~3位，位于文件最后一行，标识文件内容已结束。

附 录 A
(资料性)
数据字段号说明

数据字段号说明见表 A.1。

表 A.1 数据字段号说明

序号	数据 字段号	码位信息	可编码数据 范围	比例 因子	数据 类型	说明
1	DF001	信息类型	0~4095	1	uint12	产品信息类型编码号
2	DF002	历元时刻	0s~604799s	1s	uint20	BDS: 自 BDS 周开始的秒计数; GPS: 自 GPS 周开始的秒计数; GLONASS: 自 GLONASS 天开始的秒计数; Galileo: 自 Galileo 周开始的秒计数; 单位:s
3	DF003	更新间隔	0~3	1	bit(4)	表示数据更新时间间隔, 取值为: 0=60s;1=600s;2=1800s;3=3600s
4	DF004	电文标志	0~1	1	bit(1)	具有相同电文组, 相同历元时刻电文传输标志 0: 系列电文的最后一条; 1: 后续还要传输其它同组电文
5	DF005	卫星参考 基准	0~1	1	bit(1)	标志轨道精度对应的卫星参考基准 0: ITRF; 1: 局部参考面
6	DF006	生产者 ID	0~65535	1	uint16	用于识别产品生成结构
7	DF007	解决方案 ID	0~15	1	uint4	用于识别产品解算策略
8	DF008	卫星数	0~63	1	uint6	表示卫星数量
9	DF009	卫星 PRN 号	0~63	1	uint6	卫星 ID
10	DF010	星历标识	0~1023	1	bit(10)	广播星历身份标识
11	DF011	轨道面径向 精度	-209.7148m~ 209.7148m	0.4mm	int20	表示相对于广播轨道面径向精度
12	DF012	轨道面切向 精度	-209.7148m~ 209.7148m	0.4mm	int20	表示相对于广播轨道面切向精度
13	DF013	轨道面法向 精度	-209.7148m~ 209.7148m	0.4mm	int20	表示相对于广播轨道面法向精度
14	DF014	广播钟差 精度	-209.7148m~ 209.7148m	0.4mm	int20	表示相对于广播钟差精度

附录 B

(资料性)

数据流编码校验算法

数据流编码校验算法采用CRC-24Q校验算法，奇偶校验的24位比特能够防止区间误差和随机误差，其漏检概率 $\leq 2^{-24} = 5.96 \times 10^{-8}$ ，位出错概率 ≤ 0.5 。

CRC 校验是从电文前缀符的第一位开始，到可变长度电文区的最后一位结束，校验初值设定为0。24位比特序列 $(p_1, p_2, \dots, p_{24})$ 由信息位 $(m_1, m_2, \dots, m_{8N})$ 序列生成。其中， N 表示比特总数，由同步码、信息长度和信息组成。

校验位序列按照公式 (B.1) 和公式 (B.2) 计算

$$g(X) = \sum_{i=0}^{24} g_i X^i \dots \dots \dots (B.1)$$

$$g_i = \begin{cases} 1 & i = 0, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 14, 17, 18, 23, 24 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \dots \dots \dots (B.2)$$

式中：

$g(X)$ ——24比特的校验位序列构成的编码，称为CRC-24Q；

g_i ——CRC-24Q中的某位；

X ——多项式变量；

i ——CRC-24Q比特位数，为0~24。

$g(X)$ 的二进制生成多项式按照公式 (B.3) 和公式 (B.4) 计算：

$$g(X) = (1 + X)p(X) \dots \dots \dots (B.3)$$

$$p(X) = X^{23} + X^{17} + X^{13} + X^{12} + X^{11} + X^9 + X^8 + X^7 + X^5 + X^3 + 1 \dots (B.4)$$

式中：

$p(X)$ —— X 的初始约束多项式。

信息序列 $m(X)$ 表示为：

$$m(X) = m_k + m_{k-1}X + m_{k-2}X^2 + \dots + m_1X^{k-1} \dots \dots \dots (B.5)$$

式中：

$m(X)$ ——信息序列；

$m_i (i = 1 \sim k)$ ——信息位；

k ——电文序列中为1的比特位数。

$g(X)$ 除以 $m(X)X^{24}$ 后的结果是一个商和阶小于24的余数 $R(X)$ ，校验位 $p_i (i = 1 \sim 24)$ 是 $R(X)$ 中 X^{24-i} 的系数。

附录 C

(资料性)

空间信号误差文件编码示例

空间信号误差文件编码示例见图 C.1，空间信号误差文件编码示例说明见表 C.1。

0	10	20	30	40	50	60	70	80
1	1.00	SISE		M		VERSION / TYPE		
2	EXAMPLE V2.1	CGS		20200101 001000 UTC		PGM / RUN BY / DATE		
3	BDT					TIME SYSTEM ID		
4	EXAMPLE OF SISRE FILE					COMMENT		
5	THE DATA IN THIS FILE IS SAMPLE DATA					COMMENT		
6						END OF HEADER		
7	> 2023 01 03 15 00	0.000000						
8	C01	22	1.23					
9	C02	22	1.23					
10	...							
11	C60	22	1.23					
12	G01	22	1.23					
13	G02	22	1.23					
14	...							
15	G32	22	1.23					
16	R01	22	1.23					
17							
18	R26	22	1.23					
19	E01	22	1.23					
20							
21	E26	22	1.23					
22	EOF							

图 C.1 空间信号误差文件编码示例

表 C.1 空间信号误差文件编码示例说明

行数	信息内容	信息说明
第一行	1.00	版本类型
	SISE	空间信号误差文件产品标识符
	M	卫星系统标识符,表示此文件中包含多个卫星系统空间信号 误差信息
	VERSION / TYPE	文件头第一行的字段名称
次行	EXAMPLE V2.1	产品生成程序
	CGS	产品生成机构
	20200101 001000 UTC	产品生成时间
	PGM / RUN BY / DATE	文件头次行的字段名称
第三行	BDT	数据部分的时间系统为北斗时
	TIME SYSTEM ID	文件头第三行的字段名称
第四行	EXAMPLE OF SISRE FILE	文件头的注释信息
	COMMENT	文件头注释行的字段名称
第五行	THE DATA IN THIS FILE IS SAMPLE	文件头的注释信息

	DATA	
	COMMEN	文件头注释行的字段名称
第六行	END OF HEADER	文件头结束行的字段名称，表示文件头已结束，后续为文件数据部分
第七行	>	时间信息标识符
	2023 01 03 15 00 0.000000	数据时间为 2023 年 1 月 3 日 15 时 0 分 0 秒
第八行	C01	BDS PRN 01 卫星
	22	BDS 广播星历数据标识
	1.23	空间信号误差
第九行至 倒数第二行	C02 22 1.23 ... C60 22 1.23 G01 22 1.23 G02 22 1.23 ... G32 22 1.23 R01 22 1.23 R26 22 1.23 E01 22 1.23 E26 22 1.23	同第八行说明
最后一行	EOF	文件结束符，表示文件内容已结束

参 考 文 献

- [1] GB/T 39398—2020 全球连续监测评估系统（iGMAS）监测评估参数
 - [2] MH/T2018.4—2017 民用航空空中交通管理管理信息系统技术规范第4部分：GNSS完好性监测数据接口
 - [3] WS/T306—2023 卫生健康信息数据集分类与编码规则
-

GNSS 系统完好性产品编码规范 编制说明

一、概况

1.1 任务来源

2022 年 9 月 6 日，自然资源部下达《自然资源部办公厅关于印发 2022 年度自然资源标准制修订工作计划的通知》（自然资办发[2022]39 号），本文件是自然资源部发布的 2022 年自然资源卫星应用行业标准计划项目之一，项目编号：202233001，标准计划名称《GNSS 系统完好性产品编码规范》。本文件由全国地理信息标准化技术委员会卫星应用分技术委员会归口，由中国测绘科学研究院牵头起草。计划周期：24 个月。

1.2 目的意义

完好性是 GNSS 导航系统及其增强系统的重要系统功能和指标。随着 BDS 向全球提供服务及与 GPS/GLONASS/Galileo 导航系统逐步升级优化，卫星导航用户定位精度显著提高，特别是一些新技术如 PPP-RTK、网格 RTK 的出现，精度达到了厘米量级甚至优于 1 个厘米，已基本满足绝大部分用户对精度的需求。与之相比，决定用户安全性能的导航系统完好性问题日益凸显。目前民航系统将卫星导航作为飞机导航的辅助手段而不是单一的主控手段，从用户安全的角度考虑，导航系统的完好性拥有比精度更加重要的地位。

综合当前导航系统模式，BDS、GPS、GLONASS、Galileo 并存，为完好性监测发展提供了良好契机。GPS 系统在设计、研发、建设系统本身时主要考虑精度、覆盖度、连续性等指标，没有考虑完好性问题，在系统设计上存在缺陷，导致系统还不能满足高安全性能要求的需要。为保证系统完整，当发展 GPS 增强系统时，在局域差分 GPS 系统和广域差分 GPS 系统建设上加入了完好性的概念并

实施建设。欧洲发展的 Galileo 系统作为后发系统，借鉴了美国 GPS 系统的一些经验，特别将卫星定位系统完好性作为一个明确的概念重点推出，创造一些系统完好性监测的指标、概念、定义以及新的说法，提出了全球完好性系统和局域完好性系统。Galileo 完好性伴随 Galileo 系统的建设而不断完善。北斗卫星导航系统同样面临完好性监测问题。

国内外 GNSS 卫星导航系统的完好性监测研究虽然逐步深化完善，但无论是在系统建设、标准规范，还是算法研究、用户应用模式等方面，仍然没有完全进入实用阶段，其主要原因是没有相关行业和国家标准作为支撑。

目前，为满足 GNSS 高精度定位的需求，国家已制定了系列 GNSS 高精度应用国家标准和北斗专项标准，如《卫星导航定位基准站网基本产品规范》（GB/T35767—2017）、《卫星导航定位基准站网络实时动态测量（RTK）规范》（GB/T 39616—2020）、《北斗/全球卫星导航系统（GNSS）基线处理及网平差软件要求与测试方法》（BD 420020—2019）、《北斗/全球卫星导航系统（GNSS）网络 RTK 中心数据处理软件要求与测试方法》（BD 420021—2019）等，较好地满足了实际工程需求，但当前所有的标准在应用中都未考虑也不能识别当前 GNSS 系统或卫星是否运行正常，无法有效剔除不可用的卫星或者系统，进而对用户造成无法估量的损失。

GNSS 系统级完好性监测是指基于 GNSS 发射段卫星存在的误差进行的完好性监测，主要处理的误差包括卫星轨道误差和卫星钟差。根据不同的数据处理方法，如将卫星轨道误差与卫星钟差统一考虑，可以提炼出诸如空间信号误差 SISE、空间信号精度 SISA、空间信号监测精度 SISMA 等指标。而当对卫星轨道误差和卫星钟差分别考虑时，可以进行广播轨道精度和广播钟差精度。

为保障用户安全可靠使用 GNSS，亟需能够表征 GNSS 系统级完好性标准配合

已有的系列 GNSS 高精度应用国家标准和北斗专项标准协调使用。因此，本文件制定 GNSS 卫星系统级完好性产品文件格式和播发规程。

1.3 主要起草人及工作分工

编制任务下达后，中国测绘科学研究院为牵头单位，中国人民解放军战略支援部队信息工程大学、中国科学院上海天文台、武汉大学、中国科学院精密测量科学与技术创新研究院、中国地震台网中心、国家基础地理信息中心和中国地质环境监测院等共同成立了编制组。

编制组成员包括总体技术负责人和长期从事卫星应用 GNSS 卫星定位专业领域的专业技术人员，各成员分工合作开展标准各章节的编写。编制组主要人员组成及分工见表 1。

表 1 编制组人员分工

序号	姓名	单位	任务分工	备注
1	秘金钟	中国测绘科学研究院	提出标准总体结构方案,主持标准编写,总体协调,关键技术审核,标准整体技术内容把关,内容审核	
2	谷守周	中国测绘科学研究院	标准技术内容编制、汇总和格式修改	
3	徐彦田	中国测绘科学研究院	提供技术资料、参与标准技术内容编制	
4	许长辉	中国测绘科学研究院	提供技术资料、参与标准技术内容编制	
5	陈明剑	中国人民解放军战略支援部队信息工程大学	提供技术资料、参与标准技术内容编制	
6	吕翠仙	武汉大学	提供技术资料、参与标准技术内容编制	
7	宋敏	中国科学院精密测量科学	提供技术资料、参与标准技术内	

序号	姓名	单位	任务分工	备注
		与技术创新研究院	容编制	
8	王阅兵	中国地震台网中心	提供技术资料、参与标准技术内容编制	
9	王孝青	国家基础地理信息中心	提供技术资料、参与标准技术内容编制	
10	宋淑丽	中科院上海天文台	提供技术资料、参与标准技术内容编制	
11	周伟莉	中科院上海天文台	提供技术资料、参与标准技术内容编制	
12	赵文祎	中国地质环境监测院	提供技术资料、参与标准技术内容编制	

1.4 主要工作过程

1.4.1 征求意见稿阶段

2022年8月,编制组在梳理GNSS完好性理论发展现状和应用需求的基础上,开展了大量的调研工作,包括国内外有关现有标准,以及GNSS系统完好性的实际实施情况,编制组开始起草标准草案。

2022年9月-2023年12月,以标准草案为基础,编制组又以电话、社交软件、电子邮件和视频会议的形式与GNSS应用领域生产作业单位、大学、科研院所的多位技术专家和生产专家进行多次交流探讨,并根据专家意见对标准草案进行修改完善;2023年4月,编制组还针对术语中就广播轨道精度名字如何定义进行了讨论,最后编制组决定沿袭国家标准采用广播轨道精度的表述,广播钟差精度采用了相同的处理策略。2023年10月编制组对标准正文和标准编制说明进一步讨论并修改完善,2023年12月26日组织专家对标准征求意见稿和编制说明的内容、格式、范围等进行了技术讨论。2024年1月完成了标准意见稿和编制说明。

1.4.2 送审稿阶段

暂无。

1.4.3 报批稿阶段

暂无。

二、 标准编制原则和确定标准主要内容的依据

2.1 标准编制原则

(1) 一致性原则

本文件涉及对象是GNSS系统完好性产品，采用的手段是以文件和数据流两种对GNSS完好性产品进行编码，因此术语和定义与GB/T 39267—2020北斗卫星导航术语相互协调，保持标准内容间的一致性，避免新制定标准同已经颁布实施或正在报批的相关标准之间的冲突和矛盾。确保GNSS系统完好性产品在卫星导航专业领域内及相关领域逻辑上的完整性和一致性。

(2) 简明性原则

GNSS完好性产品编码涉及文件和实时数据两种编码形式，其涵盖的内容信息和格式定义应简洁明了，确保GNSS完好性产品在信息交流过程中尽可能简明，以提高效率。

(3) 准确性原则

GNSS完好性产品内容和格式的定义应准确可用，如广播轨道精度不仅包含三维方向的精度还应包含相应轨道的 IODE 信息。标准编制的所有阶段均遵守国家标准 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定，保证文件编制的规范性、准确性。

(4) 稳定性原则

GNSS 系统完好性产品编码规范是基于更好地对 GNSS 的运行状态监控保障其服务能力编制，随着相关工作的不断开展，逐渐补充新的内容和方法。目前，GNSS 运行状态监控、服务状态监控、GNSS 数据处理等任务中使用了本文件中的技术内容，规范了工作内容，有效保证了 GNSS 运行状态监控、GNSS 数据处理的工作效率。对于已有的产品定义，如广播轨道精度、广播钟差精度等已在自然资源、交通、农业领域涉及 GNSS 产品应用以及 GNSS 运行状态监控、服务性能监控和 GNSS 数据处理中大范围使用，继承其已有的定义，保证测绘成果的稳定性。

2.2 国内外调研情况

目前国内外尚未有 GNSS 系统级完好性产品的相关标准或技术规范。中国民用航空总局空中交通管理局发布的《民用航空空中交通管理信息系统技术规范》（MH/T2018）第 4 部分：GNSS 完好性监测数据接口（MH/T2018.4—2017）对卫星系统运行状态（是否健康）进行了描述，但未对卫星系统的完好性信息进行规定，同时也仅仅是规定的文件格式，未定义实时播发格式。中国卫星导航系统管理办公室发布的《北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件公开服务信号 B1C（1.0 版）》、《北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件公开服务信号 B2a（1.0 版）》、《北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件公开服务信号 B2b（1.0 版）》、《北斗卫星导航系统空间信号接口规范 第 1 部分：公开服务信号 B1C》（GB/T 39414.1-2020）、《北斗卫星导航系统空间信号接口规范 第 2 部分：公开服务信号 B2a》（GB/T 39414.2-2020）给出了卫星完好性状态标识，采用电文完好性标识（DIF）、信号完好性标识（SIF）、系统告警标识（AIF）、空间信号精度指数、空间信号监测精度指数等参数进行描述，分布表征播发的

电文是否超出预测精度、信号是否正常及 SISMAI 值是否有效等，但未给出完好性参数的具体数值，同时该文件给出了空间信号精度指数如卫星轨道的切向和法向精度指数、卫星轨道径向及卫星钟固定偏差精度指数、卫星钟频偏精度指数、卫星钟频漂精度指数和空间信号监测精度指数，但同样未给出卫星轨道、卫星钟差、空间信号精度和空间信号监测精度的具体数值信息。中国卫星导航系统管理办公室发布的《北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件公开服务信号（2.1 版）》《北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件公开服务信号 B1I（1.0 版）》《北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件公开服务信号 B3I（3.0 版）》中给出了北斗系统区域用户距离精度指数、北斗系统差分及差分完好性信息（区域用户距离精度（RURA）、用户差分距离误差（UDRE）及等效钟差改正数（ Δt ））和北斗完好性及差分信息卫星标识等方面给出了相关定义。中国卫星导航系统管理办公室发布的《北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件星基增强服务信号 BDSBAS-B1C（1.0 版）》播发了完好性信息（用户差分距离误差 UDRE，不包括格网电离层垂直误差 GIVE）。中国卫星导航系统管理办公室发布的《北斗卫星导航系统公开服务性能规范（3.0 版）》通过电文完好性标识（DIF）表征卫星/空间信号状态，表示空间信号精度是否超出信号播发的 SISA 值。

当前，无论是卫星系统或者行业都未对 GNSS 系统完好性产品进行系统定义与梳理，因此为保障 GNSS 用户安全使用 GNSS 定位导航，需要对 GNSS 完好性产品的格式和实时播发编码方式进行技术规定。

2.3 主要技术内容的说明

根据产品的使用场景将产品按照时效性进行分类，分为文件和数据流编码格式两种形式。本文件中规定的 GNSS 系统完好性产品应不少于广播轨道精度和广播钟差精度、空间信号误差、空间信号精度、空间信号监测精度等。

对于文件编码，需确定 GNSS 系统完好性产品的文件命名规则，文件名以后缀名标识 GNSS 系统完好性产品类型，文件名中要有计算单位标识、产品时间等信息；进而制定文件的文件格式，根据文件内容，将文件分为文件头和数据两部分组成，其中文件头部分包含 GNSS 系统完好性产品的文件版本类型、文件类型、产品生成程序、产品生成机构、产品生成时间、卫星系统、时间系统等信息；数据部分包含 GNSS 系统完好性产品数据历元时刻、卫星编号、产品信息等内容。

对于数据流编码，需确定 GNSS 完好性产品的类型组成及类型号，然后设计 GNSS 完好性产品数据流编码格式，数据流编码应将其分为电文头和数据部分两部分，其中电文头应包含电文类型、GNSS 完好性产品历元时刻、更新间隔、卫星参考基准、生产者 ID、卫星数等信息，同时应定义每个信息的数据类型及所占位的比特数；数据部分包含具体的卫星号、卫星星历数据龄期、GNSS 系统完好性产品信息等内容；同时为了实现电文量最大的压缩比，应定义每个信息的压缩方式及计算方案。

2.3.1 标准的范围

本文件规定了GNSS系统完好性产品的总体要求、产品类别及编码形式、文件编码、数据流编码等内容。

适用于GNSS数据精密后处理和实时导航应用等任务中GNSS系统完好性产品的生成、存储和使用。

2.3.2 总体要求

规定了产品编码的编码要求、形式要求和结构要求，其中结构要求中规定了文件结构和数据流结构。

2.3.3 产品类别及编码形式

规定了 GNSS 系统完好性产品的产品类别、产品类型及编码形式。

2.3.4 文件编码

规定了 GNSS 系统完好性产品的编码原则、文件名编码、文件头编码和文件数据部分编码。文件名编码规定了码位设计和码位说明。文件头编码规定首行编码、次行编码、第三行编码、注释行编码、结束行编码。文件数据部分编码规定了编码原则、时间信息编码、完好性产品信息编码和文件结束符编码。

2.3.5 数据流编码

规定了 GNSS 系统完好性产品的数据流信编码的编码原则、数据流信息标识、同步码/保留位/数据长度编码、电文头编码、数据内容编码和校验算法编码。其中同步码/保留位/数据长度编码、电文头编码和校验算法编码规定码位设计和码位说明。数据内容编码规定了编码原则、广播轨道精度数据内容编码和广播钟差精度数据内容编码。

三、 验证试验的情况和结果

3.1 文件编码可用性验证

1) 测试数据与方法

本次测试采用 2022 年 1 月 1 日模拟生成的文件编码数据，具体文件如下：

- 广播轨道精度文件；
- 广播钟差精度文件。
- 空间信号误差文件；
- 空间信号精度文件；
- 空间信号监测精度文件；

2) 测试结果

编制组根据编码格式对模拟生成的文件编码数据进行读取，对文件中的时间、产品计算单位及空间信号误差、空间信息精度各类 GNSS 系统完好性产品信息都能够正确读取，验证了文件编码的可用性。

3.2 产品实时编码可用性验证

1) 测试数据与方法

本次测试采用 2022 年 1 月 1 日模拟生成的产品实时编码数据，具体数据如下：

- 广播轨道精度实时编码；
- 广播钟差精度实时编码。

在测试服务器上利用 rtklib 的 strsvr 工具建立了 TCP Server 数据通信模式，端口为 37001，具体如图 1 所示：

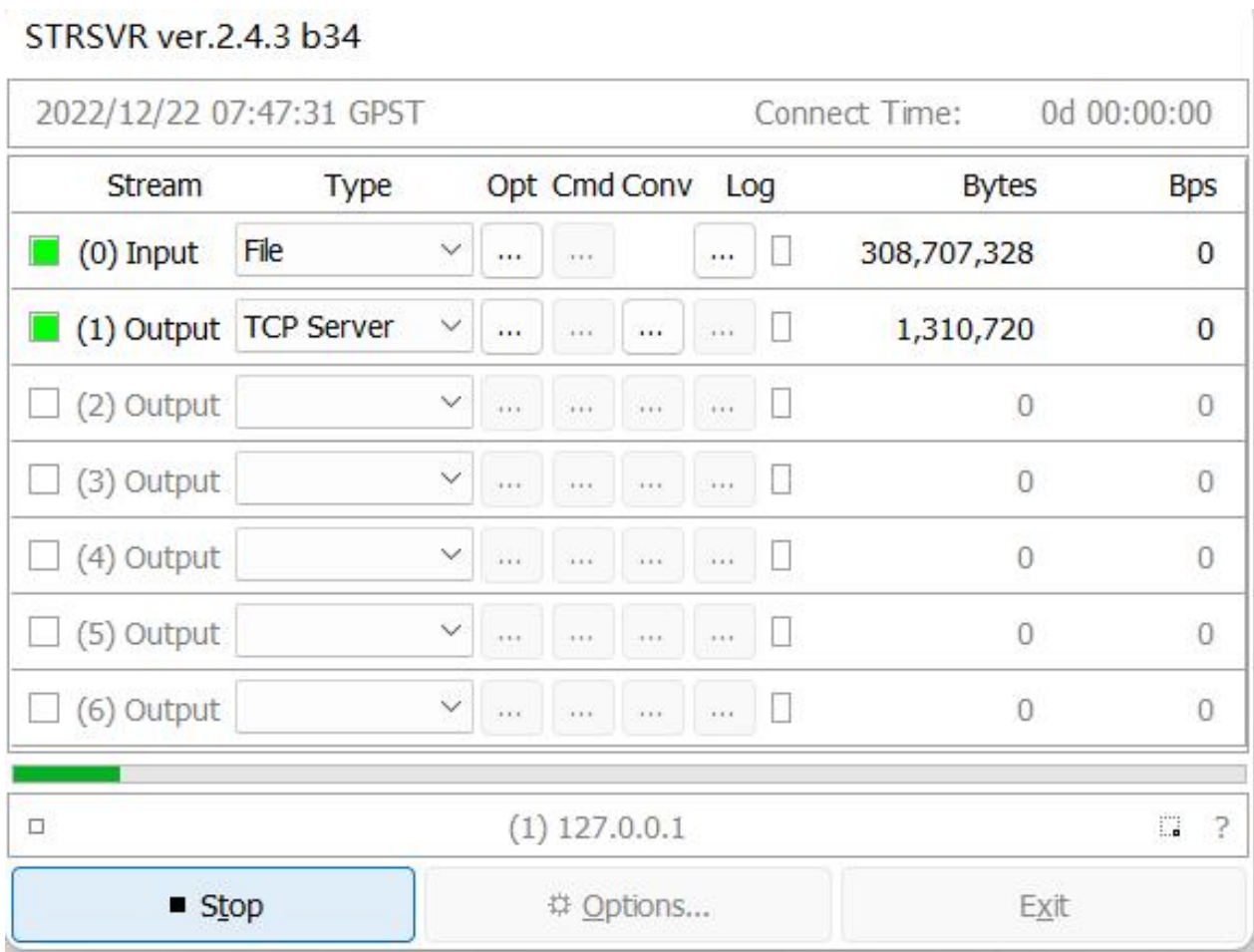


图 1 产品实时编码测试图

2) 测试结果

编制组利用自己编制的 GNSS 系统完好性产品编码程序，对广播轨道精度和广播钟差精度等信息进行解码，并与编码前的数据进行对比分析，验证了编码和解码的正确性。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况

经从国际互联网及国家标准、行业标准共享服务平台检索，美国交通部 2020 年发布了《GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS) CIVIL MONITORING PERFORMANCE SPECIFICATION 3rd Edition》中对 GPS 系统空间信号精度标准、空间信号完好性标准验证、民用信号监测需求进行了分析，但并未对完好性产品的文件格式

及实时数据流播发格式进行规定，同时未涉及 BDS、GLONASS、Galileo 的相关内容。尚未有相关国家标准、行业标准、他国国家标准记录情况，因此本文件填补了相关标准的空白。

五、 与现行法规、标准的关系

本文件依据《中华人民共和国测绘法》《中华人民共和国标准化法》修订，符合我国现行法律、法规有关规定。本文件涉及对象是 GNSS 系统完好性产品，采用的手段是以文件和数据流两种对 GNSS 完好性产品进行编码，因此术语和定义与 GB/T 39267—2020 北斗卫星导航术语相互协调，保持标准内容间的一致性，避免新制定标准同已经颁布实施或正在报批的相关标准之间的冲突和矛盾。确保 GNSS 系统完好性产品在卫星导航专业领域内及相关领域一致性和逻辑上的完整性。标准编制的所有阶段均遵守国家标准 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定，保证文件编制的规范性、准确性。

六、 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

七、 废止现行有关标准的建议

无。

八、 实施标准的要求和措施建议

本文件的使用者在实施本文件时，应按照本文件规定的文件格式对 GNSS 系统完好性产品进行读取、识别与编码，同时按照本文件规定的的数据流格式开展数据解析与使用，同时遵守本文件的规范性引用文件。

使用单位应做好标准宣贯工作，并结合各单位实际情况贯彻实施本文件。

本文件颁布实施后，编制组将根据全国地理信息标准化技术委员会及其卫星应用分技术委员会的安排，积极做好标准的宣贯培训等工作。为发挥本文件作为 GNSS 系统完好性产品编码规范，建议今后有关国家标准、行业标准制修订时，认真做好与本文件之间的协调。

九、 其他应予说明的事项

无。

十、 参考文献

- [1] GB/T 39267—2020 北斗卫星导航术语
- [2] GB/T 39398—2020 全球连续监测评估系统（iGMAS）监测评估参数
- [3] MH/T2018.4—2017 民用航空空中交通管理信息系统技术规范第4部分：GNSS完好性监测数据接口
- [4] WS/T306—2023 卫生健康信息数据集分类与编码规则
- [5] 北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件公开服务信号 B1C（1.0 版），2017 年 12 月
- [6] 北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件公开服务信号 B2a（1.0 版），2017 年 12 月
- [7] 北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件公开服务信号 B2b（1.0 版），2020 年 7 月
- [8] 北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件公开服务信号 B3I（1.0 版），2018 年 12 月
- [9] 北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件公开服务信号（2.1 版），2016 年 11 月
- [10] 北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件公开服务信号 B1I（3.0 版），2019 年 2 月
- [11] 北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件星基增强服务信号 BDSBAS-B1C（1.0 版），2020 年 7 月
- [12] 北斗卫星导航系统公开服务性能规范（3.0 版），2021 年 5 月
- [13] IS-GPS-200 Revision D, 2004.12
- [14] GLONASS INTERFACE CONTROL DOCUMENT, Edition 5.1, 2008
- [15] Galileo Open Service Signal In Space Interface Control Document, Issue 1.3, 2016.12
- [16] IGS State Space Representation (SSR) Format, V1.00, 2020.10