



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 44001—2024

## 空间环境 地磁场参考模型

Space environment—Geomagnetic reference models

[ISO 16695:2014, Space environment (natural and artificial)—  
Geomagnetic reference models, MOD]

2024-04-25 发布

2024-04-25 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 参考系 .....	1
4.1 概述 .....	1
4.2 地心参考系 .....	2
4.3 大地参考系 .....	2
4.4 大地坐标到地心坐标的变换 .....	3
5 地磁矢量规范 .....	3
5.1 概述 .....	3
5.2 地心参考系中的地磁要素 .....	3
5.3 大地参考系中的地磁要素 .....	4
5.4 地磁矢量分量从地心坐标系到大地坐标系的变换 .....	5
6 地磁场参考模型规范 .....	6
6.1 地磁势 .....	6
6.2 地磁场参考球面半径 .....	7
6.3 子模型的年代 .....	7
6.4 子模型的有效性 .....	7
6.5 高斯系数随时间的变化 .....	7
6.6 地心坐标系中地磁矢量分量的计算 .....	8
6.7 空间波长 .....	9
6.8 两个模型之间的均方根差 .....	9
7 地磁场参考模型使用方法 .....	9
7.1 计算地球表面附近的参考地磁要素 .....	9
7.2 计算近地空间的参考地磁矢量 .....	10
7.3 计算磁层中的参考地磁矢量 .....	10
附录 A (资料性) 本文件与 ISO 16695:2014 技术差异及其原因 .....	11
附录 B (资料性) 可用的地磁场参考模型 .....	12
参考文献 .....	17

## 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。

本文件修改采用 ISO 16695:2014《空间环境(自然和人工) 地磁场参考模型》。

本文件与 ISO 16695:2014 相比做了下述结构调整：

- 增加了“规范性引用文件”和“术语和定义”两章；
- 附录 B 对应 ISO 16695:2014 的附录 A。

本文件与 ISO 16695:2014 相比,存在较多技术差异,在所涉及的条款的外侧页边空白位置用垂直单线(∟)进行了标示。这些技术差异及其原因一览表见附录 A。

本文件做了下列编辑性改动：

- 将标准名称改为《空间环境 地磁场参考模型》，为与我国技术标准体系保持一致；
- 将图 1 的部分图注重新进行了标注,将图中所有出现的字母和符号(ISO 16695:2014 在正文中的部分符号定义)都注明在图注中,为与我国技术标准体系保持一致(见图 1)；
- 将“地磁分量  $X'$ ,  $Y'$  和  $Z'$  的单位矢量分别指向  $\varphi'$ ,  $\lambda$  和  $-r$  方向”的表述进行了修改,其中  $X'$  分量指向  $-\varphi'$  向(见 5.2)；
- 将公式(24)的表述进行了修改,这里是关于磁场  $Z$  分量时间导数的坐标变换,在公式中各磁场分量上部加入“.”符号(代表时间导数)[见公式(24)]；
- 增加了 6.3 中的示例(见 6.3)；
- 将公式(26)、公式(32)~公式(42)中的外源场球谐系数  $g_n^m$  和  $h_n^m$  分别替换为  $j_n^m$  和  $k_n^m$ ,以便同内源场球谐系数进行区分[见公式(26)、公式(32)~公式(42)]；
- 根据用户需求,在附录 B 中更新了模型网址,并增加了外源场模型；
- 调整了参考文献,根据增加内容加入了[6]~[9]。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国科学院提出。

本文件由全国宇航技术及其应用标准化技术委员会(SAC/TC 425)归口。

本文件起草单位：中国地震局地球物理研究所、北京卫星环境工程研究所、中国科学院国家空间科学中心、中国航天标准化研究所。

本文件主要起草人：焦立果、沈自才、王馨悦、赵军浩、李昌宏、钟秋珍。

## 引 言

几个世纪以来,地磁场参考模型作为位置和时间的函数用来描述地磁矢量场(包含方向和强度)。这些模型广泛应用于高层大气、电离层和磁层的研究,以及描述近地空间环境;进而为航天器和地基系统导航、航线及姿态确定和子系统控制提供了必要的参考。

地磁场在这些模型中由标量地磁势的球谐展开来表示。这种表示方法是由高斯(Gauss)(1777年—1855年)提出的,此后一直被用来描述地磁场。地磁场展开的球谐系数通常被称为高斯系数。1969年,国际地磁和高空物理协会(IAGA)提出了国际地磁场参考模型(IGRF),它采用高斯系数表示来描述地磁场。本文件反映了这些模型的既定规范,包括公式和计算程序。

观测地磁场来自于地球内部和外部源。所有这些源都影响科学或导航仪器,但其中只有一部分在地磁场参考模型中得到体现。目前,地磁场中最主要的成分(占比约95%)来自于地球液态外核中的铁水流动所产生的磁场,称为地核场/主磁场。地核场每年都有明显的变化,使用高斯系数的线性外推可推测未来的地球磁场。国际地磁场参考模型指定了起始日期(年代)的高斯系数,并提供了一组未来五年的长期变化(SV)系数。由于地核场不可预测的非线性变化,预测地磁场参考模型仅在特定时期内有效,用户随后需更新到新版本。

其他源也会对地磁场带来影响:地壳和上地幔中的磁性矿物产生了岩石圈磁异常,在局部可能非常显著;导电海水在背景磁场下流动,切割磁力线所产生的电流对观测磁场也有一些弱贡献;上层大气和近地空间的时变电流产生外部磁场,而外部磁场不会随时间平均而变为零,其贡献可由使用线性时变高斯系数的外源场模型来计算;时变外部磁场进一步在地球和海洋中诱发感应电流,产生次级感应磁场。关于如何分离各种不同的内部源和外部源没有普遍共识,因此由地磁场参考模型的制定者来指定哪些内部和外部源包括在他们的模型中,以及对模型中外源场的径向适用范围提出限制。

# 空间环境 地磁场参考模型

## 1 范围

本文件规定了地磁场参考模型建模要求,描述了任意位置和时间的地磁场参考模型(包含各种内源场和外源场,依模型制定者而定)的计算方法。

本文件适用于空间环境、军事国防、大地构造和自然灾害等各领域的应用。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中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。

ISO 19111 地理信息 空间参考坐标(Geographic information—Referencing by coordinates)

注: GB/T 30170—2013 地理信息 基于坐标的空间参照(ISO 19111:2007, IDT)

ISO 22009 空间系统 空间环境(自然和人工) 地球磁层磁场模型[Space environment (natural and artificial)—Model of the Earth's magnetospheric magnetic field]

## 3 术语和定义

ISO 19111 和 ISO 22009 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 地磁势 geomagnetic potential

描述地磁场能量/做功属性的一种参量。

注: 地球周围某点地磁势的大小等于将一个假想的磁单极子(N极)从无穷远处(地磁势为零)移到该处地磁场所做之功的负值。根据地磁势计算任一点地磁场值。

### 3.2

#### 高斯系数 Gauss coefficients

以球谐级数展开形式来描述场分布函数的地磁场模型的系数。

### 3.3

#### 地磁要素 geomagnetic elements

描述地磁场矢量的要素。

注: 包括北向分量  $X$ 、东向分量  $Y$ 、垂向分量  $Z$ 、总强度  $F$ 、磁倾角  $I$ 、磁偏角  $D$  和水平强度  $H$  共 7 个。

### 3.4

#### 子模型 sub-model

构成地磁场参考模型的一系列不同年代的模型。

## 4 参考系

### 4.1 概述

对于远离地球的位置,通常使用地心球/球极坐标系,并将磁场矢量分解为基于该地心坐标系的分