

ICS 号

中国标准文献分类号

团 体 标 准

T/GLAC XXXXX.3-2021

室内定位系统：第 3 部分 北斗室内伪卫星组网技术要求及部署规范

BDS INDOOR PSEUDOLITES NETWORKING TECHNICAL REQUIRMENTS AND DEPLOYMENT
SPECIFICATIONS

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国卫星导航定位协会 发布

目 次

前 言.....	3
引 言.....	4
1 范围.....	5
2 规范性引用文件.....	5
3 术语、定义及缩略语.....	5
3.1 术语和定义.....	5
3.2 缩略语.....	7
4 规范性技术要素.....	7
4.1 北斗伪卫星室内组网技术要求.....	7
4.1.1 大尺度空间环境下北斗伪卫星室内组网规则.....	7
4.1.2 小尺度空间环境下北斗伪卫星室内组网规则.....	8
4.1.3 狭长空间环境下北斗伪卫星室内组网规则.....	8
4.2 北斗伪卫星室内组网信号要求及部署规范.....	8
附录 A 精度因子计算方法及要求.....	9
附录 B 多场景室内伪卫星组网 DOP 值仿真分析结果.....	13
参考文献.....	18

前 言

本文件属于室内定位领域，主要用于规范北斗室内伪卫星的使用、安装和组网等方面技术。

本文件由中国卫星导航定位协会室内定位专业委员会归口。

本文件起草单位：中国电子科技集团公司第 54 研究所、卫星导航系统与装备技术国家重点实验室、中国测绘科学研究院、东南大学、香港理工大学。

本文件主要起草人：蔚保国、黄璐、张衡、梁晓虎、李隼、李雅宁、程建强、李得海、潘树国、翁多杰、李爽、贾浩男、范广伟、陈冲。

引 言

在室内伪卫星独立定位系统中，除了伪卫星硬件设备和定位算法外，定位精度、可靠性以及定位覆盖范围主要取决接收到的可见伪卫星的数目和可见卫星构成的几何分布这两个重要因素。同时，室内伪卫星主要安装在建筑物或隧道等室内空间，提高北斗等卫星导航系统的可用性和连续性。如果不加约束地使用伪卫星，其他无线电服务可能受到影响。因此，本文件的内容包括室内伪卫星组网技术要求、部署规范以及伪卫星信号要求，标准的重点是伪卫星在室内环境中的组网准则。

北斗室内伪卫星组网技术要求与部署规范

1 范围

本文件规定了北斗室内伪卫星组网技术要求、伪卫星部署规范以及信号要求。

本文件适用于北斗室内伪卫星在室内环境使用过程中的部署规范，以支持北斗室内伪卫星的安全使用。

2 规范性引用文件

BD110001-2015 北斗卫星导航术语。

BD120003-2015 北斗卫星导航系统时间

BD120007-2015 卫星导航定位坐标系

3 术语、定义及缩略语

“BD110001-2015 北斗卫星导航术语”确立的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 术语和定义

3.1.1

伪卫星 Pseudolite

北斗伪卫星是一种播发与 GNSS 信号兼容的导航增强设备，通过播发 B1、L1 两个频点导航定位信号，商品化 GNSS 接收机或芯片在不改变硬件模块的条件下，只需升级软件即可实现伪卫星信号的接收。

3.1.2

远近效应 Near-Far Effect

远近效应是一种互相关干扰问题，接收机距离伪卫星太远则由于信号较弱接收不到。距离伪卫星太近，则可能导致伪码间的互相关性干扰接收机对其他伪卫

星信号的正常捕获和跟踪，使得接收机捕获到实际上并不存在的卫星信号。

3.1.3

多径效应 Multipath effect

多径效应是伪卫星信号经不同路径传播后，各分量场到达接收端时间不同，按各自相位相互叠加而造成干扰，使得原来的信号失真，或者产生错误。

3.1.4

精度因子 Dilution of Precision

在伪卫星组网和定位中，通常使用精度因子（DOP, dilution of precision）来衡量伪卫星的空间几何分布对定位精度的影响，DOP 越小，精度越高。

3.1.5

圆概率误差 Circular Error Probable

通常利用一定百分比可能性的圆概率误差（CEP）来描述水平方向上的定位误差情况。如果 50% 的伪卫星定位结果在水平方向上的误差小于一个值，那么这个值就称为 50% 可能性的圆概率误差。

3.1.6

伪卫星天线 Pseudo Satellite Antenna

伪卫星天线为全向天线，极化方式为右旋圆极化。

3.1.7

室内伪卫星坐标系统 Indoor Pseudolite Coordinate System

北斗室内伪卫星系统采用北斗坐标系（BeiDou Indoor Coordinate System，简称 BDICS），与北斗卫星导航系统坐标体系一致。

3.1.8

大尺度空间 Large-scale space

通常室内空间环境内视距条件好，信号传播多径效应较弱，视距区域长度、宽度大于 10m，场景层高大于 4m[6,7]；例如：体育场馆、候机大厅等。

3.1.9

小尺度空间 Small-scale space

通常室内空间环境结构复杂，信号多径效应较严重，通常视距区域长度、宽度小于 10m，场景层高小于 4m[6,7]；例如，办公室区域，地下车库等。

3.1.10

狭长空间 Long and narrow space

通常场景空间结构为狭长区域，如走廊，隧道等。

3.2 缩略语

- HDOP—水平精度因子(Horizontal Dilution Of Precision)
- VDOP—高程精度因子(Vertical Dilution Of Precision)
- GDOP—几何精度因子(Geometric Dilution Precision)
- PDOP—位置精度因子(Position Dilution of Precision)
- TDOP—钟差精度因子(Time Dilution of Precision)

4 规范性技术要素

4.1 北斗伪卫星室内组网技术要求

本文件仅规范常规室内场景下的伪卫星组网规则，将室内空间场景近似简化为由长、宽、高，构成的长方体，在实际使用中，根据具体的场景可划分为多个近似的长方体分别按本文件部署。根据伪卫星信号功率、空间信号衰减属性以及 HDOP 值来确定不同室内场景下最优二维定位精度的基站布网方式。所部署的伪卫星均在视距范围内，每颗伪卫星天线位置均需要全站仪准确标定，统一坐标系后，方可进行定位试验。具体组网的要求如下：

4.1.1 大尺度空间环境下北斗伪卫星室内组网规则

该环境下，可选择阵列式或分布式的部署方式，也可根据实际应用环境的建筑结构采用两者相结合的方式部署，具体描述如下：

(1) 阵列式部署要求

- 待定位区域可见星数大于 3 颗；

- 阵型半径及部署高度与实际环境的大小有关，可通过计算 DOP 值调整（DOP 值计算可参考本文件附录 A）。例如，固定阵元半径调整高度或者固定高度调整阵元半径；
- 满足水平定位误差优于 1m，要求 HDOP 小于 40。

(2) 分布式部署要求

- 待定位区域可见星数大于 3 颗；
- 伪卫星天线均匀部署在环境顶部与墙面交接处，成等边多边形；
- 因环境限制不能布设在最优位置，可以将天线两两夹角保持在 45° - 135° 之间；
- 保证天线面与水平面夹角 35° - 45° 向下；
- 满足 1m 定位精度，要求 HDOP 小于 40。

4.1.2 小尺度空间环境下北斗伪卫星室内组网规则

该环境下，采用分布式部署方式，具体要求如下：

- 待定位区域可见星数大于 3 颗；
- 伪卫星天线均匀部署在环境顶部与墙面交接处，成等边多边形；
- 因室内环境限制不能布设在最优位置时，可以将天线两两夹角保持在 45° - 135° 之间；
- 保证天线面与水平面夹角 35° - 45° 向下；
- 满足 1m 定位精度，要求 HDOP 小于 40。

4.1.3 狭长空间环境下北斗伪卫星室内组网规则

- 待定位区域可见星数大于 1 颗；
- 伪卫星天线布设在场景的两端，保证天线面与水平面夹角 35° - 45° 向下，相对部署，可实现一维定位。

4.2 北斗伪卫星室内组网信号要求及部署规范

在使用室内伪卫星时，未经授权使用可能会干扰临近的导航接收机的正常使用，并可能增加伪卫星网络之间的互相干扰，因此，需要对伪卫星进行有效监管，以使伪卫星系统运营商必须保证不会干扰建筑物附近室外运行的接收机，具体要求如下：

- 在 1559-1610 MHz 频带授权室内伪卫星，伪卫星信号优先使用脉冲调制方式（TDMA），以克服远近效应的影响；
- 等效全向辐射功率小于-55 dBm，防止信号溢出干扰室外 GNSS；
- 在连续信号条件下：ISR≤-10 dB 时，伪卫星信号对 GNSS 信号无影响；
- 在脉冲信号条件下：脉冲占空比在 1/10，伪卫星信号对 GNSS 信号无影响；
- 北斗伪卫星 BI 频点标称载波频率为 1561.098MHz，LI 频点标称载波频率为 1575.42MHz；
- 北斗伪卫星信号用户室内接收最小电平为-128.5dBm。

注：详细理论推导见附录 A，典型案例见附录 B

附录 A 精度因子计算方法及要求

1. 观测方程

伪卫星的布设决定着其定位测量结果，几何布局结构越好，定位结果越可靠，精度也越高。影响 DOP 值的主要因素是观测方程的获取，通常用户位置的计算方程为：

$$\Delta \rho_j = a_{xj} \Delta x_u + a_{yj} \Delta y_u - c \Delta t_u \quad (1)$$

其中， $\Delta x_u = x_u - \hat{x}_u$ ， $\Delta y_u = y_u - \hat{y}_u$ ， $\Delta t_u = t_u - \hat{t}_u$ ， x_u ， y_u 为接收机的真实位置， t_u 为用户时钟与系统时之间的偏差， \hat{x}_u ， \hat{y}_u 为接收机的估计位置， \hat{t}_u 为时间偏差估计值。 c 为光速， a_{xj} 、 a_{yj} 表示由近似用户位置指向第 j 颗伪卫星的单位矢量的方向余弦。那么观测矩阵 H 为：

$$H = \begin{bmatrix} a_{x1} & a_{y1} & 1 \\ a_{x2} & a_{y2} & 1 \\ a_{xj} & a_{yj} & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

H 它表征用户与卫星的几何关系。由此即可算出 HDOP。

例如，通常室内阵列伪卫星接收机 u 与信道 i 之间的多普勒观测方程可以表示为：

$$\frac{c}{f} \cdot D_u^i = \dot{R}_u^i + c \cdot dt_u^i - c \cdot dt^s + \dot{\varepsilon}_u^i \quad (3)$$

其中， D_u^i 为室内阵列伪卫星接收机 u 与发射通道之间的多普勒测量； c 为光速； f 为导航信号频率； \dot{R}_u^i 为伪卫星接收机 u 与发射天线 i 之间的几何距离变化率； dt_u^i 为接收机时钟偏差率； dt^s 是伪卫星时钟偏差率， $\dot{\varepsilon}_u^i$ 是组合误差残差，主要包括天线相位中心偏差、多径误差和热噪声。几何距离的变化率可以通过下述公式计算：

$$\begin{aligned} \dot{R}_u^i &= \frac{(x_u - x^i) \times \dot{x}_u + (y_u - y^i) \times \dot{y}_u + (z_u - z^i) \times \dot{z}_u}{\sqrt{(x_u - x^i)^2 + (y_u - y^i)^2 + (z_u - z^i)^2}} \\ &= \begin{bmatrix} e_x^i & e_y^i & e_z^i \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \dot{x}_u \\ \dot{y}_u \\ \dot{z}_u \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (4)$$

其中， x_u ， y_u 和 z_u 为接收机的三维坐标； \dot{x}_u ， \dot{y}_u and \dot{z}_u 为接收机的速度，可通过四个多普勒观测和最小二乘估计来求解； x^i ， y^i and z^i 为伪卫星发射信道的三维位置。 $\begin{bmatrix} e_x^i & e_y^i & e_z^i \end{bmatrix}$ 称为几何矩阵。

室内北斗伪卫星的多普勒观测方程可以表示为：

$$\begin{bmatrix} e_x^1 & e_y^1 & e_z^1 & 1 \\ e_x^2 & e_y^2 & e_z^2 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ e_x^n & e_y^n & e_z^n & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{x}_u \\ \dot{y}_u \\ \dot{z}_u \\ c \cdot dt_u^i - c \cdot dt^s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{c}{f} \cdot D_u^1 \\ \frac{c}{f} \cdot D_u^2 \\ \dots \\ \frac{c}{f} \cdot D_u^n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{\varepsilon}_u^1 \\ \dot{\varepsilon}_u^2 \\ \dots \\ \dot{\varepsilon}_u^n \end{bmatrix} \quad (5)$$

2. 最小二乘定位方法

上述方程（5）左侧的矩阵定义为 A ，右侧的两列向量分别定义为 b （左一）和 ε （右一），因此方程（5）可以写成

$$A \cdot \mathbf{v}_{u,s} = \mathbf{b} + \varepsilon \quad (6)$$

初始速度 \mathbf{v}_u 用于更新求解过程，此时牛顿迭代法可以被描述为

$\mathbf{v}_{u,0} = (\dot{x}_{u,0}, \dot{y}_{u,0}, \dot{z}_{u,0})$ ，最小二乘更新解为：

$$\Delta \mathbf{v}_{u,0} = (A^T A)^{-1} A^T \mathbf{b} \quad (7)$$

此时，瞬时速度可以通过以下公式来更新：

$$\hat{\mathbf{v}}_{u,1} = \mathbf{v}_{u,0} + \Delta \mathbf{v}_{u,0} \quad (8)$$

位置 $\mathbf{r}_{u,1}$ 可以表示为:

$$\mathbf{r}_{u,1} = \mathbf{r}_{u,0} + \hat{\mathbf{v}}_{u,1} \cdot \Delta t \quad (9)$$

这里的 $\mathbf{r}_{u,0}$ 为 \mathbf{r}_u 的初始位置, $\mathbf{r}_{u,1}$ 也就是接收机 u 的位置坐标, Δt 代表观测数据的时间间隔。

3. 精度因子计算规则

在卫星导航定位系统中,有很多方法可以评定伪卫星的几何分布结构对定位精度的影响,精度因子(DOP)由于计算较为简单并且表达直观成为其中较为常用的一种衡量尺度。在同等用户等效距离误差的条件下, DOP 值越小,往往代表星座分布结构越好,定位精度越高。

常用精度因子有几何精度因子(GDOP)、位置精度因子(PDOP)、水平精度因子 (HDOP)、垂直精度因子(VDOP)和时间精度因子(TDOP)。它们之间存在如下简单关系: $\text{HDOP}^2 + \text{VDOP}^2 = \text{PDOP}^2$ 、 $\text{PDOP}^2 + \text{TDOP}^2 = \text{GDOP}^2$ 。

由于室内伪卫星处于静止状态,并且用户通常在水平面上运动,因此通常用 HDOP 衡量定位精度。

如果采用多普勒定位方法,精度因子 (DOP) 的计算可以表示为:

$$\text{cov}(\Delta \mathbf{v}_u) = \sigma_{\Delta \hat{e}}^2 \cdot (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \quad (10)$$

如果定义 $(\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1}$ 为 \mathbf{H} , 则 HDOP 被表示为 \mathbf{H} 的对角线元素。那么 \mathbf{H} 的对角线元素为:

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} v_x DOP^2 & & & \\ & v_y DOP^2 & & \\ & & v_z DOP^2 & \\ & & & v_t DOP^2 \end{bmatrix} \quad (11)$$

如果采用多普勒差定位方法,那么 \mathbf{H} 的对角线元素可以表示为:

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} v_x DOP^2 & & \\ & v_y DOP^2 & \\ & & v_z DOP^2 \end{bmatrix} \quad (12)$$

因此 HDOP 可以表示为:

$$\text{HDOP} = \sqrt{v_x DOP^2 + v_y DOP^2} \quad (13)$$

这里, $v_x DOP^2$ 为 X 轴的 DOP 值, Y 和 Z 同理。

4. 精度因子要求

- 在计算精度因子时，各个伪卫星测量值的权重应当认为是相等的，即使某接收机采用加权最小二乘法作为定位算法，它仍然应该用等权的最小二乘法来计算 DOP 值。这样尽管不同接收机之间的定位算法和定位性能或许不同，但是如果他们使用同一套可见伪卫星，那么他们输出的 DOP 值相等；
- 要实现优于 1m 的定位精度，水平精度因子 HDOP 要求小于 40；
- 可见伪卫星数目越多，相应的 DOP 值越小；
- 二维平面定位中，伪卫星在接收机处的观测矢量相互垂直，DOP 值最小，几何分布最优；
- 三维定位中，DOP 值与用户接收机/伪卫星组成的多面体体积 V 有关， V 越大，DOP 越小，几何分布最优。
- DOP 只与伪卫星几何分布有关，与测量误差无关；

5. 信号传播损耗对几何布局的影响要求

- 部署伪卫星时要保证各颗伪卫星发射的信号到达接收机的传播损耗动态范围最小。由于室内伪卫星发射机主要用于室内环境，没有大气等因素干扰且尽量使多径信号减至最小，因而直射波传播可按自由空间来考虑。自由空间传播损耗动态范围计算可参考如下公式：

$$L_{bs} = 10 \lg \left[\frac{4\pi d}{\lambda} \right]^2 = 20 \lg \left[\frac{4\pi d}{\lambda} \right] = 32.45 + 20 \lg d + 20 \lg f \text{ (dB)} \quad (14)$$

式中 f 为波长换算的相应的工作频率(MHz)， d 为收发间距离(km)。

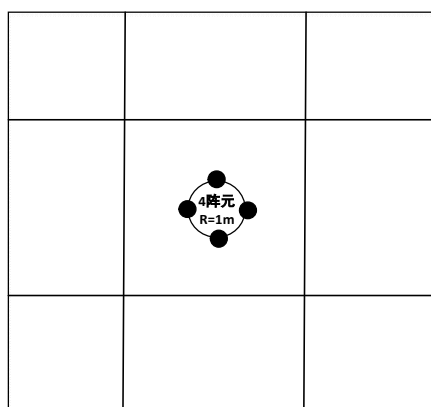
- 远近效应。在室内部署伪卫星时要考虑远近效应的影响，通常自由空间传播损耗动态范围越小，远近效应的影响越弱。
- 多径效应。多径效应不仅会使调制到载波上的伪随机码失真,还会使载波相位本身发生畸变。在最坏的情况下，可能使接收机跟踪环失锁。因此在室内部署伪卫星时要尽量从几何分布上降低多径的影响。在发射功率一定时，通常自由空间传播损耗动态范围越小，多径效应的影响越弱。

附录 B 多场景室内伪卫星组网 DOP 值仿真分析结果

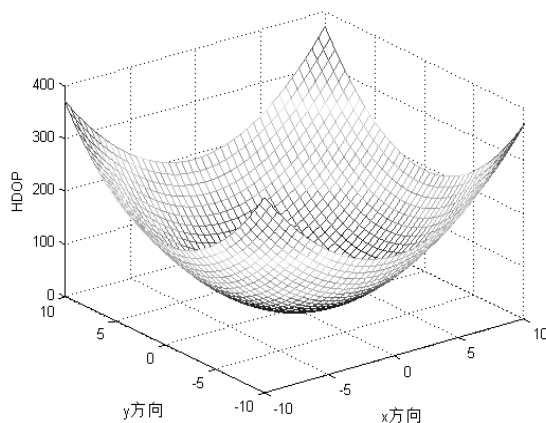
1) 大尺度空间环境仿真分析

(1) **案例 1-阵列式部署：**在 $20\text{m}\times 20\text{m}\times 15\text{m}$ 的室内环境中，阵列式部署伪卫星天线，要求定位误差优于 1m ，覆盖整个室内区域。部署需要满足如下要求：

首先，对阵元半径 $R=1\text{m}$ 的圆形阵进行仿真测试，将阵列式伪卫星部署在房屋顶部中心区域；4 颗全向天线均匀分布在圆周上，如图 1 所示；



(a) 阵列式伪卫星部署位置

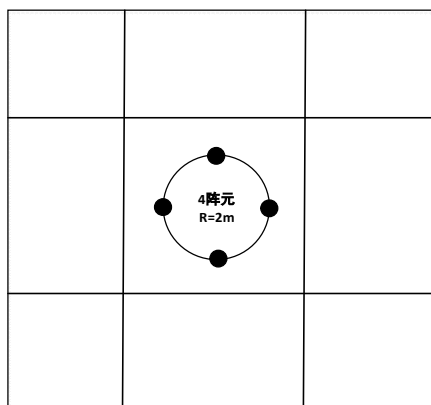


(b) HDOP 仿真结果

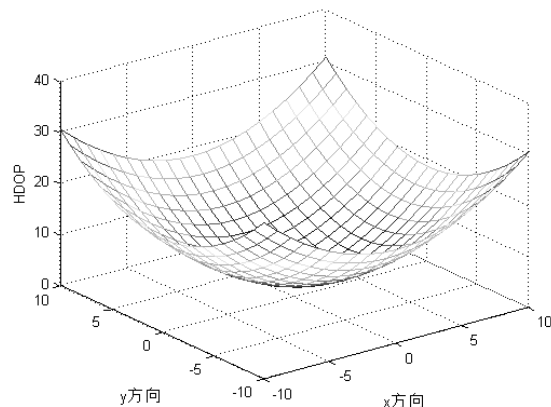
图 1 阵列式部署 HDOP 仿真结果图

伪卫星阵列天线距离房间地面 $H=13\text{m}$ ；从仿真结果可以看到，HDOP 最大值为 360 左右，经测试，要求定位误差优于 1m 的范围仅覆盖 $8\text{m}\times 8\text{m}$ 的中心区域。

然后，对阵元半径 $R=2\text{m}$ 的圆形阵进行仿真测试，将阵列式伪卫星部署在房屋顶部中心区域；4 颗全向天线均匀分布在圆周上，如图 2 所示；



(a) 阵列式伪卫星部署位置



(b) HDOP 仿真结果

图 2 阵列式部署 HDOP 仿真结果图

伪卫星阵列天线距离房间地面 $H=13\text{m}$ ；从仿真结果可以看到，HDOP 最大值为 30 左右，经测试，在 $20\text{m}\times 20\text{m}$ 的整个测试区域内，定位误差优于 1m 。

接着，对阵元半径 $R=3\text{m}$ 的圆形阵进行仿真测试，将阵列式伪卫星部署在房屋顶部中心区域；4 颗全向天线均匀分布在圆周上，如图 3 所示；

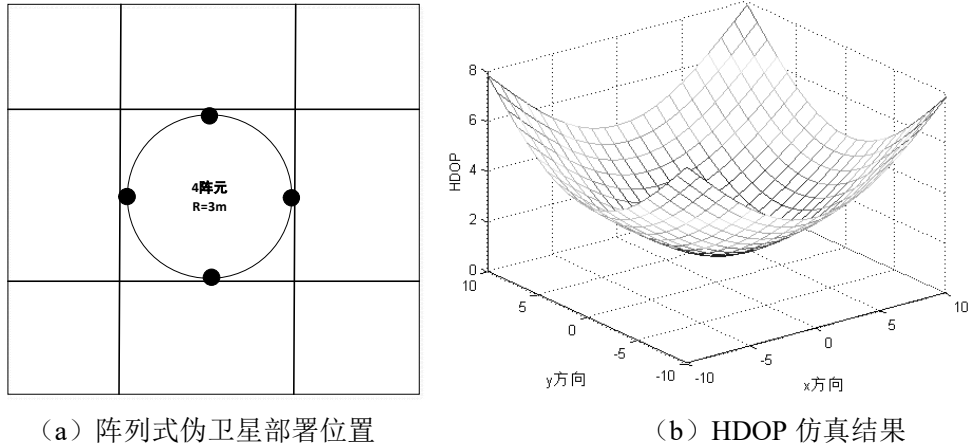


图 3 阵列式部署 HDOP 仿真结果图

伪卫星阵列天线距离房间地面 $H=13\text{m}$ ；从仿真结果可以看到，HDOP 最大值为 8 左右，经测试，在 $20\text{m}\times 20\text{m}$ 的整个测试区域内，定位误差优于 1m 。因此，增加阵元半径会获得更小的 HDOP 值，同理，我们也可以固定阵元半径，调整布设高度，直到满足 HDOP 精度因子要求。经测试，大尺度室内空间环境下，布设高度越高，HDOP 值越小。

(2) 案例 1-分布式部署：在 $20\text{m}\times 20\text{m}\times 15\text{m}$ 的大尺度室内环境中，分布式部署伪卫星要求定位误差优于 1m ，覆盖整个室内区域。部署需要满足如下要求：

首先，在房间墙面与顶部交接处均匀部署 3 颗伪卫星天线，距离地面 $H=13\text{m}$ ，如图 4 所示（俯视图），黑色圆为伪卫星天线位置。

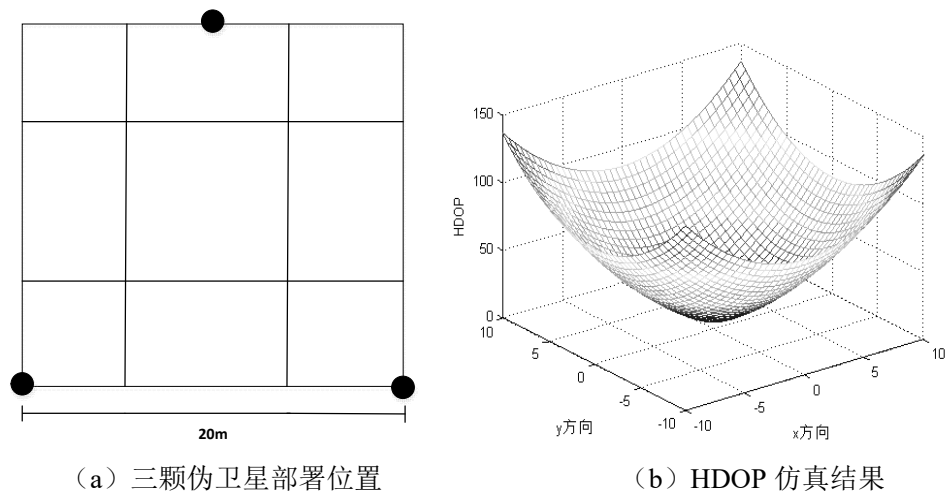


图 4 分布式部署 HDOP 仿真结果图

从仿真结果可以看到，HDOP 最大值 135 左右，经测试，要求定位误差优于 1m 的范围仅覆盖 2m×2m 的中心区域。

然后，在房间墙面与顶部交接处均匀部署 4 颗伪卫星天线，距离地面 $H=13\text{m}$ ，如图 5 所示（俯视图），黑色圆为伪卫星天线位置。

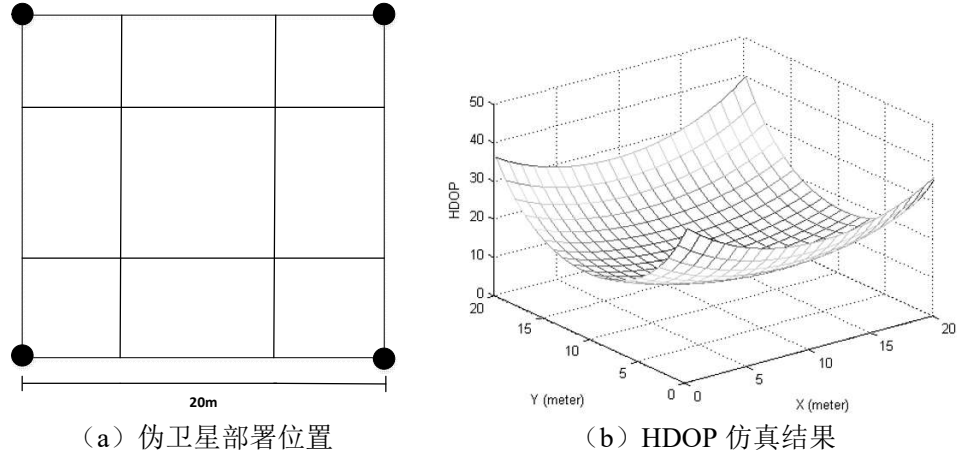


图 5 分布式部署 HDOP 仿真结果图

从仿真结果可以看到，HDOP 最大值为 36 左右，经测试，在 20m×20m 的整个测试区域内，定位误差优于 1m。

接着，在房间墙面与顶部交接处均匀部署 5 颗伪卫星天线，距离地面 $H=13\text{m}$ ，如图 6 所示（俯视图），黑色圆为伪卫星天线位置。

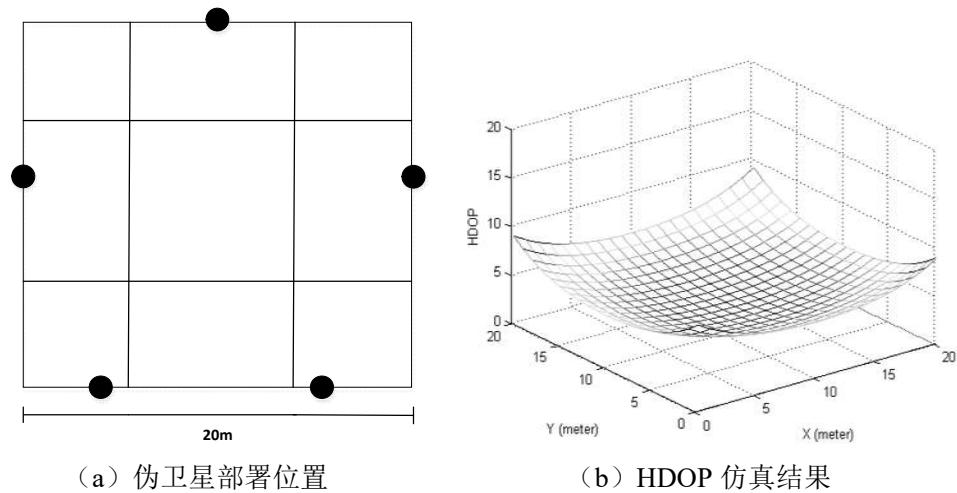


图 6 分布式部署 HDOP 仿真结果图

从仿真结果可以看到，HDOP 最大值为 8 左右，经测试，在 20m×20m 的整个测试区域内，定位误差优于 1m。因此，增加阵元数量可以减小 HDOP 值。

2) 小尺度空间环境仿真分析

案例 2-分布式部署：在 $10\text{m}\times 8\text{m}\times 3.5\text{m}$ 的小尺度室内环境中，部署伪卫星设备，要求定位精度优于 1m ，覆盖整个室内区域。伪卫星部署需要满足如下要求：

首先，在房间顶部与四面墙的交接处部署 4 颗伪卫星天线距离地面 3.3m ，组成等边四边形，如图 7 所示。

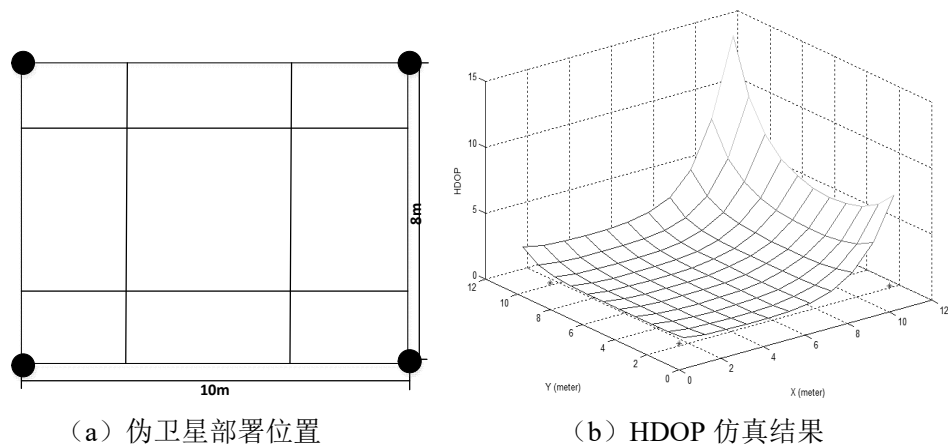


图 7 分布式部署 HDOP 仿真结果图

从仿真结果可以看到，HDOP 最大值为 12 左右，经测试，在 $10\text{m}\times 8\text{m}$ 的整个测试区域内，定位误差优于 1m 。

然后，在相同房间内测试阵列式伪卫星部署方式，选择半径为 1m 的阵型，天线距离地面 $H=3.3\text{m}$ ，如图 8 所示。

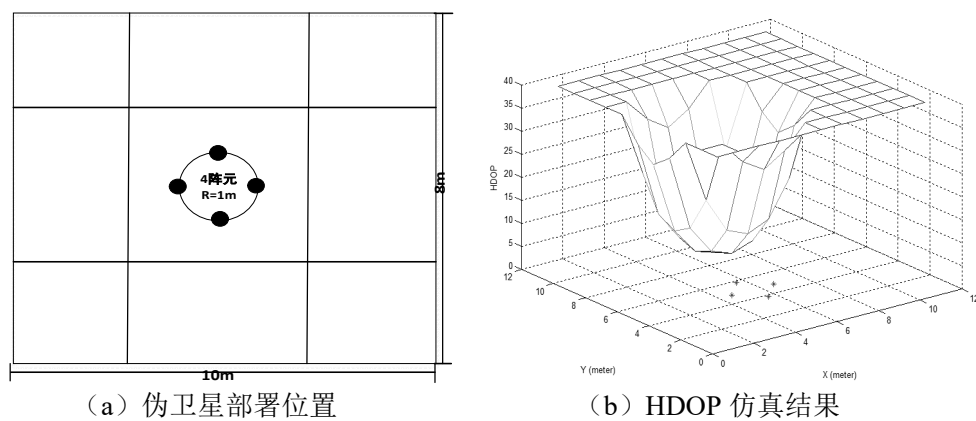
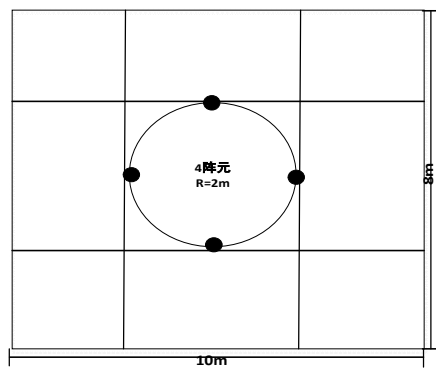
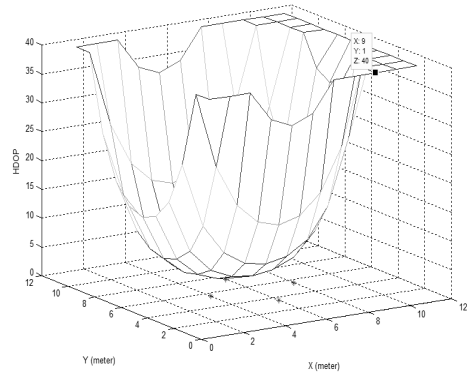


图 8 分布式部署 HDOP 仿真结果图

从仿真结果可以看到，HDOP 小于 40 的覆盖范围仅为 $5\text{m}\times 5\text{m}$ ，经测试，无法覆盖整个测试区域。当把阵元半径提高到 2m 时，如图 9 所示，HDOP 值减小，虽然 HDOP 小于 40 的区域占 92%，但是仍然无法覆盖整个测试区域。



(a) 伪卫星部署位置



(b) HDOP 仿真结果

图9 分布式部署 HDOP 仿真结果图

综上所述，在小尺度空间环境下，理论上更适合采用分布式部署方式。

3) 狭长空间环境仿真分析

案例 3: 在 $20\text{m} \times 2\text{m} \times 3\text{m}$ 隧道环境中，实现一维定位，精度优于 1m ，覆盖整个区域。2 颗伪卫星天线部署在区域两端，距离地面 2.5m 左右，天线面与水平方向倾斜 $30\text{-}45^\circ$ 相对部署，如图 10 所示。

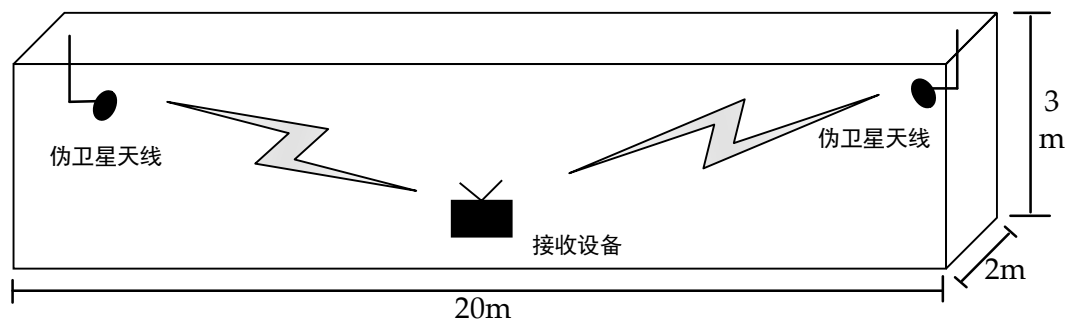


图 10 狭长区域伪卫星部署方案

注，所有结论均有理论仿真和实地测试得到。

参考文献

- [1] IS-GPS-200E,<http://www.losangeles.af.mil/shared/media/document/AFD-100813-045.pdf>.
- [2] ECC 第 128 号 Report: “使用 GNSS 伪卫星所需的技术与运行规定”.
- [3] ECC 第 145 报告号: “全球导航卫星系统(GNSS)中继器监管框架”.
- [4] ETSI TS 136 171 V9.1.0 (2010-07): “支持辅助 GNSS (A-GNSS) 的要求(3GPP TS 36.171, 9.1.0 版本, 第 9 版) .
- [5] 北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件,http://www.beidou.gov.cn/yw/xwzx/201802/t20180209_14125.html.
- [6] 《GNSS 伪卫星定位系统原理及应用》, 蔚保国等, 中国电子科技集团公司第五十四研究所, 2019:103-108.
- [7] 《住宅建筑模数协调标准》1987 年发布.
- [8] 室内定位系统中无线信号传播的统计建模与应用[D], 梁尧等. 哈尔滨工业大学, 2009:63-79.