

TBXXX/T

X X X X X 团 体 标 准

TBXXXXX—202X

近红外光学定位系统空间位置精度测试方法

Near-infrared Optical Positioning System Spatial Position Accuracy Test Method

(初稿 20230510)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

广东省生物医学工程学会 发布

目 次

前言.....	I
引言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
3.1 近红外光学定位系统.....	1
3.2 空间几何尺寸测量误差.....	1
3.3 测量结果一致性.....	1
3.4 空间移动位置定位误差.....	1
3.5 空间单点移动定位误差.....	1
3.6 长时间测量稳定性.....	1
3.7 外界温度敏感性.....	1
3.8 球形反射精度测试靶.....	1
3.9 视场范围.....	2
4 测试条件.....	2
4.1 测试环境条件.....	2
4.2 稳定时间.....	2
4.3 测试场地.....	2
4.4 检测项目和主要检测设备.....	2
5 测试方法.....	3
5.1 空间几何尺寸测量误差.....	3
5.2 空间几何尺寸移动定位误差.....	4
5.3 空间单点移动定位误差.....	6
5.4 长时间测量稳定性.....	7
5.5 外界温度敏感性.....	7
5.6 视场范围.....	7
参考文献.....	8

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。

本文件由广东省生物医学工程学会提出并归口。

本文件起草单位：华南理工大学、广东省医疗器械质量监督检验所、广东省第二人民医院、广州艾目易科技有限公司。

本文件主要起草人：杨荣骞、侯春雨、宋盟春、孙鸿涛、关沛峰、黄志强、薛富云。

本文件为首次发布。

近红外光学定位系统空间位置精度测试方法

1 范围

本文件规定了近红外光学定位系统的测试方法。
本文件适用于近红外光学定位系统的测试。

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。

JJF 1001 通用计量术语及定义
JJF1059.1测量不确定度评定与表示

3 术语和定义

3.1 近红外光学定位系统 Near infrared optical positioning system

通过捕捉空间近红外光信号，对空间近红外光信号的移动进行准确空间定位分析，并生成可以输出或储存近红外光信号空间坐标的设备。

3.2 空间几何尺寸测量误差 Space geometric dimension measurement error

对近红外光学定位系统输出的空间坐标进行数据分析，标定物在特定位置点的空间几何尺寸计算值与标定物的量值溯源值存在的误差。

3.3 测量结果一致性 Measurement result uniformity

使用同一测试方法，在不同时间或在不同环境条件下进行测量，其测量结果的一致程度。

3.4 空间移动位置定位误差 Positioning accuracy of spatial mobile position

标定物在空间中移动，于不同的位置采集标记物的空间坐标，测量分析每个位置标记物的空间几何尺寸计算值与标定物的量值溯源值存在的误差。

3.5 空间单点移动定位误差

单个球形反光标记物在空间位置移动过程，两次采集球形反光标记物空间位置并分析其移动位置的数值，测量分析结果与球形反光标记物实际移动位置的误差。

3.6 长时间测量稳定性

近红外光学定位系统开机后间隔一定时间进行定位误差测试，分析多次精度测试的结果一致性。

3.7 外界温度敏感性

在不同温度下进行精度测试，分析不同温度下的定位误差测试的结果一致性。

3.8 球形反射精度测试靶 Reflecting sphere calibration plate

具有固定空间位置并进行过量值溯源的用于近红外光学定位系统空间尺寸标定的标准器。

3.9 视场范围 Field of view range

近红外光学定位系统空间尺寸测量覆盖的最大区域。

4 测试条件

4.1 测试的环境条件

温度：15℃~35℃；相对湿度：25% RH ~75%RH

4.2 稳定时间

光学定位系统在开启状态下工作 15min 后进行测量。

4.3 测试场地

常温下性能测量尽量减少近红外光的干扰，近红外光干扰强度不大于 0.1 mW/cm²。场地区域按照不得小于制造商在随附文件中标注的视场范围，一般不小于 5m×5 m×3 m。

4.4 检测项目和主要检测设备

针对近红外光学定位系统空间位置精度的检测项目和主要检测设备如表 1 所示。

表 1：检测项目和主要检测设备

序号	检测项目	主要检测设备	检测设备技术要求
1	空间几何尺寸测量误差	球形反射精度测试靶	靶球直径约 10 mm，靶球间距（350-400）mm，位置尺寸测量不确定度： $U=0.01\text{mm}$ ； $k=2$
2	空间移动位置定位误差	球形反射精度测试靶、空间三轴滑动导轨测试台	靶球空间位置尺寸测量不确定度： $U=0.01\text{mm}$ ； $k=2$ ；三轴导轨定位精度：MPE：±0.03mm
3	空间单点移动定位误差	球形反射精度测试靶、空间三轴滑动导轨测试台	靶球空间位置尺寸测量不确定度： $U=0.01\text{mm}$ ； $k=2$ ；三轴导轨定位精度：MPE：±0.03mm
4	长时间测量稳定性	球形反射精度测试靶、空间三轴滑动导轨测试台	靶球空间位置尺寸测量不确定度： $U=0.01\text{mm}$ ； $k=2$ ；三轴导轨定位精度：MPE：±0.03mm
5	外界温度敏感性	球形反射精度测试靶、空间三轴滑动导轨测试台	靶球空间位置尺寸测量不确定度： $U=0.01\text{mm}$ ； $k=2$ ；三轴导轨定位精度：MPE：±0.03mm
6	视场范围	球形反射精度测试靶、空间三轴滑动导轨测试台	靶球空间位置尺寸测量不确定度： $U=0.01\text{mm}$ ； $k=2$ ；三轴导轨定位精度：MPE：±0.03mm

5 测试方法

5.1 空间几何尺寸测量误差

测量设备：球形反射精度测试靶

近红外光学定位系统空间几何尺寸测量误差方法如下：

5.1.1. 按说明书的要求连接并启动设备；

5.1.2. 将球形反射精度测试靶放置在近红外光学定位系统的测试范围区域内，对球形反射精度测试靶的标记靶球靶球 1 和 2 进行测量（如图 1 所示）。通过光学定位系统输出的标记靶球 1 和 2 的空间坐标值，记为 $A1 = (x_1, y_1, z_1)$ 和 $A2 = (x_2, y_2, z_2)$ 。测试标记靶球 1 和 2 之间的标准距离尺寸

(350-400) mm，记为 K 。按公式 (1) ~ (4) 计算空间几何尺寸测量误差 E ：

$$E = \bar{D} + S \quad (1)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{D} - D_i)^2}{n-1}} \quad (2)$$

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i \quad (3)$$

$$D_i = \sqrt{(x_{1i} - x_{2i})^2 + (y_{1i} - y_{2i})^2 + (z_{1i} - z_{2i})^2} - K \quad (4)$$

式中：

E ——空间几何尺寸测量误差

n ——测试次数 ($n \geq 10$)；

D_i ——第 i 次测量时的测量误差；

\bar{D} ——测量误差平均值；

S ——测量误差的标准差；

K ——靶球间距；

(x_{1i}, y_{1i}, z_{1i}) , (x_{2i}, y_{2i}, z_{2i}) —第 i 次测量时标记靶球 1 与标记靶球 2 的位置坐标值；

5.1.3. 将球形反射精度测试靶正对近红外光学定位系统，并使标记靶球 1 和 2 的连线与水平面平行放置，采集数据，重复次数不少于 10 次，按 b) 中公式计算测量误差，得到 x 轴方向测量误差；

5.1.4. 将靶标沿笛卡尔坐标系六个方向进行测试如图 2 所示，分别在 XOY 平面内与 Y 轴正方向成 $0^\circ \sim 20^\circ$ 夹角（左/右倾斜方向）、 $70^\circ \sim 90^\circ$ 夹角（左/右倾斜方向），在 YOZ 平面内与 Y 轴正方向成 $50^\circ \sim 70^\circ$ 夹角（前/后倾斜方向）重复 5.1.3 的测试过程，测试靶摆放位置如图所示：

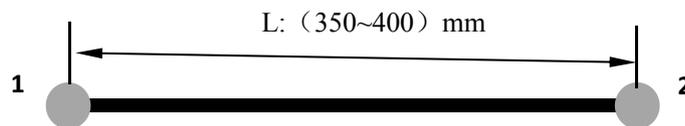


图 1 测试靶球及摆放位置示意图

左右倾斜 $0^\circ \sim 20^\circ$



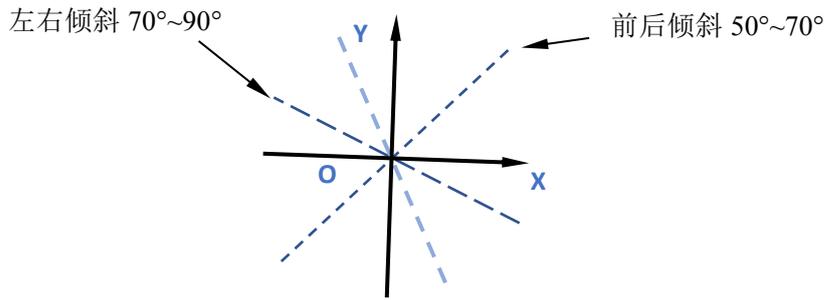


图2 测试靶球及摆放位置示意图

5.2 空间几何尺寸移动定位误差

测量设备：球形反射精度测试靶、空间三轴滑动导轨测试台

近红外光学定位系统空间几何尺寸移动定位误差方法如下：

5.2.1) 将近红外光学定位系统正对空间三轴滑动导轨测试台放置，使近红外光学定位系统的测量范围涵盖在空间三轴滑动导轨测试台的移动区域内。

5.2.2) 将球形反射精度测试靶安装在空间三轴滑动导轨测试台的移动 Y 轴端上，如图 3 所示；

5.2.3) 在近红外光学定位系统的有效视场范围内取远、中、近三个垂直于近红外光学定位系统 Z 轴方向的平面，记为 T_1 、 T_2 、 T_3 ，如图 4(a)所示；在每个截平面上均匀分布选取 9 个位置点，记第 j 个平面的第 k 个位置为 P_k^j ，进行空间位置坐标测量，如图 4(b)所示。

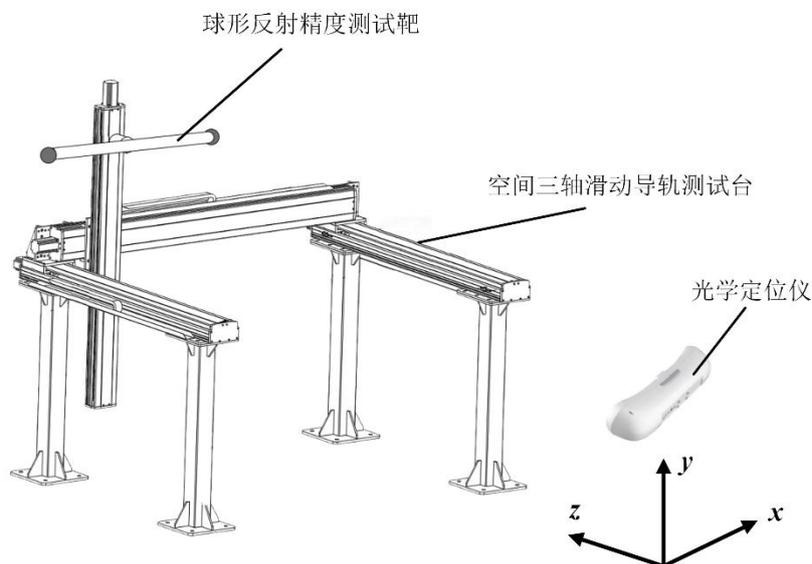


图3 球形反射精度测试靶空间三轴滑动导轨测试台安装示意图

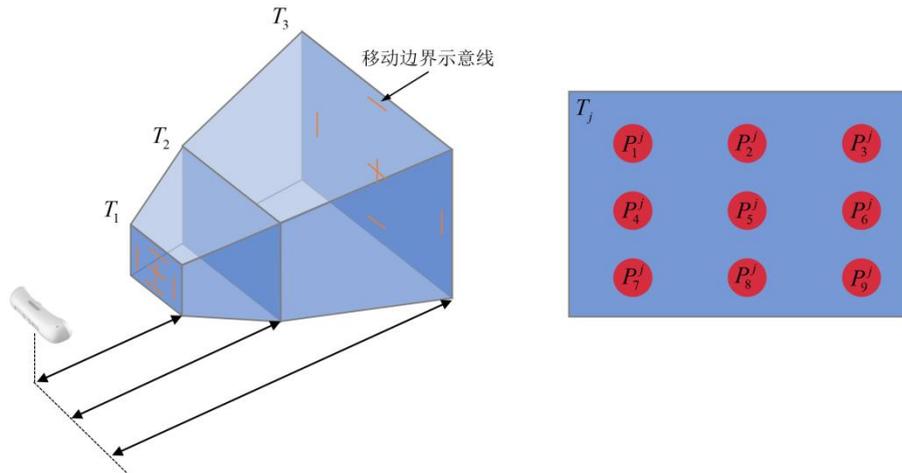


图4 靶标空间三维测试移动位置示意图

5.2.4) 在 T_1 面内移动球形反射精度测试靶到位置 P'_k ，将球形反射精度测试靶正对近红外光学定位系统，并使标记靶球 1 和 2 的连线与水平面平行放置，采集数据，重复次数不少于 10 次，按公式 (1)-(4) 计算测量误差，得到 T_1 面内 x 轴、z 轴方向测量误差；

5.2.5) 在 Z 轴方向移动球形反射精度测试靶到 T_2 、 T_3 位置，在 T_2 、 T_3 面内移动球形反射精度测试靶重复 5.2.4 的操作，得到 T_2 、 T_3 位置的测量误差；

5.3 空间单点移动定位误差

测量设备：单个球形反射靶球、空间三轴滑动导轨测试台

近红外光学定位系统空间单点移动定位误差方法如下：

5.3.1 将近红外光学定位系统正对空间三轴滑动导轨测试台放置，使近红外光学定位系统的测量范围涵盖在空间三轴滑动导轨测试台的移动区域内。

5.3.2 将球形反射精度测试靶球安装在空间三轴滑动导轨测试台的移动 Y 轴端上，如图 3 所示；

5.3.3 在近红外光学定位系统的有效视场范围内取远、中、近三个垂直于近红外光学定位系统 Z 轴方向的平面，记为 T_1 、 T_2 、 T_3 ；在每个平面上取 9 个位置，记第 j 个平面的第 k 个位置为 Q'_k ，如图 5(b) 所示；

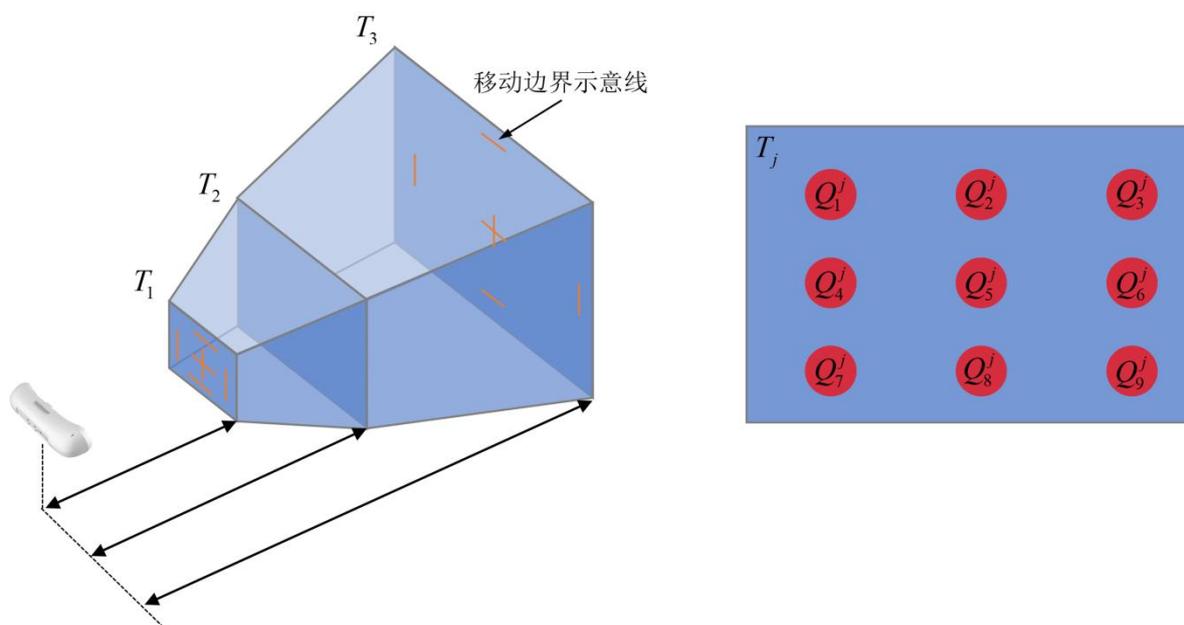


图5 靶球空间三维测试移动位置示意图

5.3.4 移动球形反射靶球到位置 Q_i^j ，将球形反射靶球正对着近红外光学定位系统，通过光学定位系统输出的球形反射靶球的空间坐标值，记为 $A_0 = (x_0, y_0, z_0)$ ；定义 T_1 、 T_2 、 T_3 截面与光轴线交点分别为 O_1 、 O_2 、 O_3 形成 XO_iY 面，控制滑动导轨运动，将球形反射靶球分别沿着 x^- 、 x^+ 、 y^- 、 y^+ 、 z^- 、 z^+ 方向移动距离 δ ，通过光学定位系统输出的球形反射靶球的空间坐标值，记为 $A_i = (x_i, y_i, z_i)$ ，其中 $i=1,2,3,4,5,6$ ；若移动后球形反射靶球不在有效视场范围内，则该方向的移动无效。按公式（5）~（9）计算第 t 个方向的单点空间移动误差：

$$E_t' = \bar{D}_t' + S_t' \quad (5)$$

$$S_t' = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (\bar{D}_t' - D_i')^2}{m-1}} \quad (6)$$

$$\bar{D}_t' = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m D_i' \quad (7)$$

$$D_i' = \sqrt{(x_i - \bar{x}_0)^2 + (y_i - \bar{y}_0)^2 + (z_i - \bar{z}_0)^2} - \delta \quad (8)$$

$$\bar{x}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m x_{0i}, \quad \bar{y}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m y_{0i}, \quad \bar{z}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m z_{0i} \quad (9)$$

式中：

m ——测试次数 ($m \geq 10$)；

D_i' ——第 i 次测量时的单点空间移动误差；

\bar{D}'_t ——第 t 个方向的单点空间移动误差平均值；

S'_t ——第 t 个方向的单点空间移动标准差；

(x_i, y_i, z_i) ——第 i 次测量时移动后单个球形反射标记物的位置坐标值；

\bar{x}_0 、 \bar{y}_0 、 \bar{z}_0 —— n 次测量的平均值。

5.3.5 将空间三轴滑动导轨测试台上的球形反射靶球沿近红外光学定位系统的 X 轴负方向移动，采集数据，重复次数不少于 10 次，按 5.3.4 中公式 (5) - (9) 计算测量误差，得到 X 轴负方向空间移动误差；

5.3.6 将空间三轴滑动导轨测试台上的球形反射靶球沿近红外光学定位系统的 X 轴正方向、Z 轴负方向、Z 轴正方向、Y 轴负方向、Y 轴正方向移动，采集数据，重复次数不少于 10 次，按 5.3.4 中公式 (5) - (9) 计算测量误差，得到 X 轴正方向、Z 轴负方向、Z 轴正方向、Y 轴负方向、Y 轴正方向空间移动误差；

5.4 长时间测量稳定性

近红外光学定位系统开机后 15 分钟，按照 5.1-5.3 给出的测试方法进行误差测量，在设备稳定运行 2 个小时、4 个小时、6 个小时、24 个小时的时间节点时，分别按照 5.1-5.3 给出的测试方法进行误差测量并记录，将 5 个时间点测量结果的标准差值作为近红外光学定位系统长时间测量稳定性的评价值。

5.5 外界温度敏感性

在温度为 15℃、20℃、25℃、30℃、35℃ 的环境中，按照 5.1-5.3 给出的误差测量方法进行测量，将 5 个不同环境温度下测量结果的标准差值作为近红外光学定位系统外界温度敏感性评价值。

5.6 视场范围

5.6.1 将近红外光学定位系统正对空间三轴滑动导轨测试台放置，使近红外光学定位系统的测量范围涵盖在空间三轴滑动导轨测试台的移动区域内。

5.6.2 将球形反射精度测试靶安装在空间三轴滑动导轨测试台的移动 Z 轴端上，如图 5 所示；

5.6.3 在距离近红外光学定位系统光轴线 1.0 m 位置的垂面内，采用球形反射精度测试靶标在 XOY 面内移动，X 轴（正负方向）总长不小于 0.56 m，Y 轴（正负方向）总长不小于 0.52 m。在距离近红外光学定位系统光轴线 2.4 m 位置的垂面内，采用球形反射精度测试靶标在 XOY 面内移动，X 轴（正负方向）总长不小于 1.55 m，Y 轴（正负方向）总长不小于 1.32 m。

5.6.4 也可依据产品说明书来定具体视场范围大小值。

参考文献

- [1] GB/T 36481-2018 信息技术场景记录仪通用规范
 - [2] GB/T 16697-2017 单传感器应用电视摄像机通用技术要求及测量方法
 - [3] GB/T 29298-2012 数字（码）照相机通用规范
-