

《三维空间标准靶标场校准规范》编制说明

一、任务来源

依据市场监管总局相关计量技术规范制定计划部署，受全国几何量长度计量技术委员会委托，由中国计量科学研究院牵头，联合陕西省计量科学研究院、河北省计量监督检测研究院、吉林省计量科学研究院、苏州市计量测试院等单位共同起草《三维空间标准靶标场校准规范》。本规范的制定是响应我国三维测量领域计量技术发展需求，完善几何量计量技术规范体系的重要举措。

二、目的意义

随着智能制造、航空航天、高端装备制造等领域的快速发展，激光扫描仪、全站仪、摄影测量系统等三维测量仪器的应用日益广泛，其测量精度直接影响产品质量控制与工程建设成效。三维空间标准靶标场作为此类三维测量仪器校准的核心基准设施，由多个标准靶标按特定规则排列组成，能够为三维测量仪器提供统一、可靠的量值溯源依据。

目前，国内三维空间标准靶标场的设计、制造与使用缺乏统一的技术规范，不同机构搭建的三维空间标准靶标场在靶标类型选择、布局设计、计量特性要求等方面存在差异，导致其校准结果的一致性和可比性不足，难以满足高精度三维测量的量值溯源需求。为规范三维空间标准靶标场的计量特性、校准条件和校准方法，保障其量值准确可靠，促进三维测量技术的规范化应用，提升我国三维测量领域的计量保障能力，特制定本规范。

三、规范制订技术依据

本规范在编制过程中，严格遵循国家计量技术规范的编写要求，重点参照以下基础性和专业性计量技术规范及标准：

1. JJF 1071 《国家计量校准规范编写规则》
2. JJF 1001 《通用计量术语及定义》
3. JJF 1059.1 《测量不确定度评定与表示》
4. JJF 1422 《坐标测量球校准规范》
5. JJF 1214 《基线场校准规范》

JJF 1859 《标准球棒校准规范》

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

四、规范的主要内容及关键技术

（一）规范的主要内容

本规范的结构和内容符合 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》的要求，主要包括引言、范围、引用文件、术语、概述、计量特性、校准条件、校准项目和校准方法、校准结果表达、复校时间间隔等核心章节，同时包含测量不确定度评定示例、校准证书格式等附录，形成了完整的校准技术体系。

（二）规范的关键技术

1. 校准对象界定：

明确规范适用于由三个及以上标准靶标按一定规则排列组成，用于扫描仪、全站仪、摄影测量系统等三维测量仪器校准的标准测量场地，涵盖球型靶标场、球面反射靶标场、平面靶标场等主要形式。其中球型靶标场范围一般不小于 10m×6m×3m、靶标数一般不少于 10 个、水平角测量范围大于 180°、垂直角测量范围大于 60°；平面靶标场测量范围建议不小于 200m×200m×50m，清晰界定了校准范围。

2. 计量特性确定：

针对三维空间标准靶标场的核心技术指标，规定了球型靶标直径、球型靶标球体圆度、靶标间距、靶标间距稳定性等计量特性要求。其中，球型靶标直径一般不小于 100mm，球型靶标球体圆度优于 0.1mm；球型靶标场靶标间距测量不确定度优于 $U=30\mu\text{m}+6\times10^{-6}L$ ($k=2$)，有球杆连接的球面反射靶标场靶标间距测量不确定度优于 $U=10\mu\text{m}$ ($k=2$)，无球杆连接的球面反射靶标场靶标间距测量不确定度优于 $U=30\mu\text{m}+6\times10^{-6}L$ ($k=2$)，平面靶标场水平测量不确定度优于 $U=10\text{mm}$ ($k=2$)、高程测量不确定度优于 $U=20\text{mm}$ ($k=2$)；同时明确了靶标间距稳定性的评定方法，即相邻两周期测量结果的变化量不大于校准结果的不确定度 U 。

3. 校准条件规范：

环境条件方面，推荐室内靶标场的温度变化不大于 0.5℃/h，相对湿度 ≤80 %RH，且校准环境应无灰尘、振动和强光等影响测量的因素，确保校准过程的稳定性。

测量标准及设备方面，明确了激光跟踪仪、全站仪、GNSS 接收机及环境参数测量设备等测量标准的技术要求，具体如下表所示：

序号	校准项目	测量标准及其他设备	技术要求
1	球型靶标直径	激光跟踪仪	空间距离示值误差： MPE:± (7μm+3×10 ⁻⁶ L)

			环境参数测量设备	温度：MPE：±0.1℃ 气压：U=10Pa（k=2）
2	球型靶标形状 误差		激光跟踪仪	空间距离示值误差： MPE:±（7μm+3×10 ⁻⁶ L）
			环境参数测量设备	温度：MPE：±0.1℃ 气压：U=10Pa（k=2）
3	靶 标 间 距	球型靶标 间距	激光跟踪仪	干涉测距：MPE:±0.5×10 ⁻⁶ L 空间距离示值误差： MPE:±（7μm+3×10 ⁻⁶ L）
			环境参数测量设备	温度：MPE：±0.1℃ 气压：U=10Pa（k=2）
		球面反射 靶标场靶 标间距	激光跟踪仪	干涉测距：MPE:±0.5×10 ⁻⁶ L 空间距离示值误差： MPE:±（7μm+3×10 ⁻⁶ L）
			环境参数测量设备	温度：MPE：±0.1℃ 气压：U=10Pa（k=2）
		平面靶标 场靶标间 距	全站仪	测距：I级；测角I级；
			GNSS接收机	静态测量精度:3mm+0.5×10 ⁻⁶ L
			环境参数测量设备	温度：MPE：±0.2℃ 气压：U=10Pa（k=2）

注：也可使用满足技术要求的其他标准器进行校准。

4. 校准方法细化：

针对不同校准项目制定了具体操作流程：

球型靶标直径：校准使用激光跟踪仪，将激光跟踪仪架设在被测球型靶标场附近（距离最近球型靶标不小于 2m），使用跟踪仪配套靶球在球型靶标表面测量标准球，采样点数不小于 50 个，测量点分布区域应大于球面一半且均匀分布在球的可测区域，以距离跟踪仪最近点为极点，测量点位置需至少包括极点、45°环线、90°环线，通过最小二乘法拟合球面获取直径及球心坐标。

球型靶标直径：测量次数不少于 2 次，取测量平均值作为球型靶标直径测量结果。

球型靶标形状误差（球度误差）：按球型靶标直径校准方法测量球面点，按照最小二乘法拟合球面，计算各测点到拟合球心的距离，其极值即为形状误差，按照公式（1）计算： $\Delta=r_{\max}-r_{\min}$ （其中 $r_{\max}$ 为最小二乘拟合球外测量点到拟合圆圆周最大距离， $r_{\min}$ 为最小二乘拟合球内测量点到拟合圆圆周最小距离），测量次数 2 次，取 2 次测量结果大的值作为测量结果。

球型靶标间距：按球型靶标直径校准方法得到每个球型靶标的球心坐标，按照公式（2）计算靶标间距（其中（ x_m ， y_m ， z_m ）为第 m 个靶心坐标，（ x_n ，

y_n, z_n) 为第 n 个靶心坐标), 测量次数不少于 2 次, 取测量平均值作为靶标间距测量结果。

球面反射靶标场靶标间距: 采用激光跟踪仪干涉测距模式, 通过平面反射镜调整光路, 分别测量两个及多个靶球阵列靶标间距, 测量次数不少于 2 次, 取测量平均值作为靶球阵列靶标间距测量结果。

平面靶标场靶标间距: 使用全站仪依次瞄准各个平面靶标场靶点, 测量该点位置坐标, 按公式 (2) 计算平面靶标场靶标间距; 不通视靶标场采用将 GNSS 接收机天线置于平面靶标中心, 测量该点位置坐标, 按公式 (2) 计算平面靶标场靶标间距。

五、总结

本规范的起草过程充分吸纳了国内计量机构、校准实验室、研发制造企业的意见和建议, 基于中国计量科学研究院及各参加起草单位的长期校准实践和技术研究, 在确保科学合理、易于操作的前提下, 明确了三维空间标准靶标场的校准技术要求。

本规范的发布实施, 将为国内三维空间标准靶标场的校准工作提供统一的技术依据, 有效解决当前校准方法不统一、计量特性不明确等问题, 保障三维测量仪器量值溯源的准确性和一致性, 对推动我国三维测量技术在航空航天、高端制造、工程建设等领域的高质量应用具有重要意义。

在此, 感谢全国几何量长度计量技术委员会的指导, 以及各兄弟计量机构、研发制造企业在规范制定过程中给予的支持和帮助。

《三维空间标准靶标场校准规范》编写组

2025 年 12 月 30 日