

推荐性国家标准

《光电测量 智能驾驶汽车用激光雷达主要参数测试方法》

（征求意见稿）编制说明

1 工作简况

1.1 任务来源

根据国家标准化管理委员会2020年11月23日下达的《国家标准化管理委员会关于下达第三批推荐性国家标准计划的通知》（国标委发[2020]48号），计划制定推荐性国家标准《光电测量 智能驾驶汽车用激光雷达主要参数测试方法》，计划编号：20204105-T-491。由中国科学院光电研究院牵头，全国光电测量标准化技术委员会（SAC/TC487）归口。

1.2 协作单位

2019年9月《光电测量 智能驾驶汽车用激光雷达主要参数测试方法》国家标准的任务下达后，牵头单位中国科学院空天信息创新研究院迅速组织相关单位成立了标准编写组，协作单位是中国科学院微电子研究所、国家激光器件质量监督检验中心、北京万集科技股份有限公司、北京华为数字技术有限公司、上海禾赛光电科技有限公司、北京北科天绘科技有限公司、速腾聚创、深圳市镭神智能系统有限公司、中国北方车辆研究所、北汽新能源研究所、国家轿车质量监督检验中心、北京理工大学、北京亮道智能汽车技术有限公司。

1.3 主要工作过程

1.3.1 制定标准编制计划

在北京召开了编写组会议。标准编写组通过调查研究现有国际上的相关标准、技术指南，并结合涉及的与智能驾驶汽车用激光雷达主要参数测量相关的潜在需求，根据立项答辩专家意见，重新梳理标准内容，拟定了本标准的编制思路与框架结构。与会代表针对智能驾驶汽车用激光雷达主要参数测量的特点，认真讨论了智能驾驶汽车用激光雷达所涉及的主要参数测量要求。

标准编制小组根据标准完成周期，与光电测量标委会进行多次沟通，制定了国标编制实际了解考察的计划，以便了解国内实际激光雷达的应用领域和销售情

况。为后续的试验研究工作，和测量参数的确定奠定基础。

1.3.2 参加标准化培训

标准编制组主要成员参加了由国标委国家标准技术审评中心主办的2020年11月18日-20日在浙江乌镇的第二期“新版GB/T 1.1—2020与标准质量提升研修班”培训。

1.3.3 标准讨论稿编制

2020年-2021年，对北京万集科技股份有限公司、上海禾赛光电科技有限公司进行了现场调研和激光雷达专题讨论。对北京万集科技股份有限公司已开发的各种类型的激光雷达进行了多次调研并现场咨询，对激光雷达的各项指标测试和采用的方式和方法进行了现场讨论。尤其是北京万集科技股份有限公司已在开发的智能车路协同，系统采用先进的无线通信和新一代互联网等技术，全方位实时车车、车路动态实时信息交互，并在全时空动态交通信息采集与融合的基础上开展车辆主动安全控制和道路协同管理。对上海禾赛光电科技有限公司与相关技术人员进行了激光雷达技术讨论和咨询。于2021年4月下旬参观了高线束激光雷达上海车展，在展会现场咨询了国际和国内品牌轿车使用激光雷达的情况及发展趋势，以及激光雷达的制造厂商。

2020年10月30日，标准编制组组织了光电测量方面的相关专家对已形成的标准草案稿进行了讨论，形成的意见归纳如下：

——汽车在道路行驶中，与太阳光的干扰有关，不同的光照情况下测量最大测程时会有一定的影响；

——重复频率测量，对于激光雷达最好采用频率计数器较好；最大测程要说明使用的目标靶标板的反射率是多少。

——激光雷达的随机振动，装载在不同车型，如商用车和乘用车等。

——正常运行的车载激光雷达的激光辐射安全、机械性能以及环境适应性需要切合实际确定相应的指标。

——最大测程的测量条件要给出使用的目标靶标板是多少反射率的参数。

——在不同的光照环境条件下，出射激光的中心视场和边缘视场得到的测距数据是不一样的。

——激光雷达的可靠性指标：MPTF如何确定；与车规当中的要求如何衔接需认真考虑的。

2020年10月31日，全国光电测量标准化技术委员审议了工作组讨论稿，全体委员一致同意将工作组讨论稿修改后形成征求意见稿，广泛征求意见。

2020年-2021年，对北京万集科技股份有限公司、上海禾赛光电科技有限公司进行了现场调研和激光雷达专题讨论。对北京万集科技股份有限公司已开发的各种类型的激光雷达进行了多次调研并现场咨询，对激光雷达的各项指标测试和采用的方式和方法进行了现场讨论。尤其是北京万集科技股份有限公司已在开发的智能车路协同，系统采用先进的无线通信和新一代互联网等技术，全方位实时车车、车路动态实时信息交互，并在全时空动态交通信息采集与融合的基础上开展车辆主动安全控制和道路协同管理。对上海禾赛光电科技有限公司与相关技术人员进行了激光雷达技术讨论和咨询。于2021年4月下旬参观了高线束激光雷达上海车展，在展会现场咨询了国际和国内品牌轿车使用激光雷达的情况及发展趋势，以及激光雷达的制造厂商。

1.2.3 征求意见稿

2021年4月-6月，标准编写组根据与会专家的建议和修改意见，以及上述的调研的情况，对标准及编制进行了再次修改和完善，形成最终征求意见稿及编制说明提交TC487标委会秘书处。

1.2 主要参加单位和工作组成员及其所做的工作

本标准制定工作牵头单位为中国科学院光电研究院，主要参加单位包括：中国科学院微电子研究所、国家激光器件质量监督检验、北京万集科技股份有限公司、北京华为数字技术有限公司和上海禾赛光电科技有限公司。参加起草单位包括：北京北科天绘科技有限公司、速腾聚创、深圳市镭神智能系统有限公司、中国北方车辆研究所、北汽新能源研究院、国家轿车质量监督检验中心、北京理工大学、北京亮道智能汽车技术有限公司。

主要起草单位负责标准的编写和试验验证工作，参加起草单位负责提出修改意见及相关的调研和部分验证工作。

2 标准编制原则和主要内容的论据

2.1 标准编制原则

本标准按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第 1 部分：标准的结构和编写》、GB/T20001.4-2015《标准编写规则第 4 部分：试验方法标准》和 GB/T20001.10-2014《标准编写规则第 10 部分：产品标准》给出的规则进行标准编制。本标准符合国家法律、法规及其相关标准的要求。本标准编制过程中，坚持了下列原则：

(1) 协调性原则：本标准与国家相关政策法规保持一致；贯彻执行我国标准化工作精神，尽可能采用国际通用的要求和试验方法。GB/T 15313-2008《激光术语》(ISO 11145: 2006, MOD)(相应更新的国际标准 ISO 11145: 2016 Optics and photonics—Lasers and laser-related equipment—Vocabulary and symbols)、GB/T 29299-2012《半导体激光测距仪通用技术条件》、GJB 1324-91《固体脉冲激光测距仪通用规范》、GJB 5251-2004《静态目标光学特性测量通用要求》、GB/T 26829-2011《脉冲激光测距仪测距参数的室内测试方法》、GB/T 21436-2008《汽车泊车测距警示装置》、GB/T 16818-2008《中、短程光电测距规范》、GB/T 18902-2002《超高频测距仪性能要求和测试方法》和 ISO 16750-1: 2018 Road vehicles—Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment—Part 1: General (GB/T 28046.1—2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第 1 部分：一般规定) 等系列标准，以及现有的相关国家标准的协调一致，保持本标准的先进性和合理性。本着促进技术进步、提高产品质量、促进经济发展的原则，在原有试验研究的基础上，参照相关国家标准、行业标准、国外标准，确定技术指标及试验方法，保持本标准的科学性和指导性。

(2) 合理性原则：

自二十世纪七十年代开始，具有自动驾驶功能的智能汽车研究一直处于高速发展的阶段，无论是军方还是商业民用的智能车，在经历了初期的视觉识别后，都不约而同的选择激光雷达来作为自主车辆环境感知系统的检测传感器。如表 1 所示是国内外主要智能汽车所采用的激光雷达传感器情况，可见，随着研究的深入和智能车辆全方位检测的需求，激光雷达的使用数量从一个变成多个，类型从二维平面扩展到三维立体空间，垂直扫描分辨率从单线、单线多拼，变化到 4 线、16 线、64 线等。

表 1 国外主要智能驾驶汽车用激光雷达主要参数

| 公司 | 型号 | 激光通道 | 最大测量距离 | 测距分辨率 | 精度 | 水平视场角度 | 水平角分辨率 | 垂直视场角度 | 垂直角分辨率 | 采样点频率(点/秒) | 最大帧频 | 价位 |
|----------------|-------------|------|--------|-------|---------|----------|------------|--------|--------|------------|------|----------|
| 美国 Velodyne | HDL-64 | 64 | 120m | | ±2cm | 360° | 0.08~0.35° | 26.8° | ~0.5° | 1.3M | 20Hz | \$80,000 |
| | HDL-32 | 32 | 100m | | ±2cm | 360° | 0.08~0.35° | 40° | 1.33° | 0.7M | 20Hz | \$20,000 |
| | VLP-16 | 16 | 100m | | ±3cm | 360° | 0.1~0.4° | 30° | 2° | 0.3M | 20Hz | \$7,999 |
| | PUCK LITE | 16 | 100m | | ±3cm | 360° | 0.1~0.4° | 30° | 2° | 0.3M | 20Hz | |
| | VLP-32 | 32 | 200m | | ±3cm | 360° | | | | 1.2M | 20Hz | 在研 |
| 日本 Hokuyo | UTM-30LX | 1 | 30m | 1~3cm | ±3~5cm | 270° | 0.25° | | | | 40Hz | \$5,000 |
| | UXM-30LX-EW | 1 | 50m | 0.1cm | ±5~10cm | 190° | 0.25° | | | | 20Hz | \$5,000 |
| 德国 SICK | LMS151 | 1 | 50m | 1cm | ±3cm | 270° | 0.25/0.5° | | | | 50Hz | \$5,000 |
| | LMS511 | 1 | 80m | 1cm | ±3cm | 190° | 0.25/0.5° | | | | 50Hz | \$6,000 |
| 德国 IBEO | LUX | 4/2 | 200m | 4cm | 10cm | 85°/110° | 0.125° | 3.2° | 0.8° | 20k | 50Hz | \$20,000 |
| | LUX HD | 4 | 120m | 4cm | 10cm | 110° | 0.125° | 3.2° | 0.8° | 20k | 25Hz | \$25,000 |
| | LUX 8L | 8 | 200m | 4cm | 10cm | 110° | 0.125° | 6.4° | 0.8° | 40k | 25Hz | \$30,000 |
| | miniLUX | 1 | 40m | 4cm | 10cm | 180° | 1° | 1.8° | | | 25Hz | \$15,000 |
| | Scala | 4 | 250m | 10cm | | 145° | 0.25° | 3.2° | 0.8° | 100k | 25Hz | 在研 |
| 日本 TOYOTA | SPAD | 1 | 80m | | | ~80°×2 | 0.05° | 11° | 0.05° | 350k | 10Hz | 在研 |
| | LIDAR | | | | | | | | | | | |
| 美国 Quanergy | M8-1 | | 300m | | 1.5cm | 180°×2 | 0.1° | | | | 30Hz | 在研 |

本测量方法采用的测量仪器为全站仪：用于测量激光雷达水平/垂直视场角范围，要求其测量精度必须高于激光雷达精度，至少达到毫米级测量精度。支架用于固定全站仪，保证全站仪在测量时稳定可靠。

a) 水平（垂直）视场角测量方法

在室内长约标称距离 1/4 至 1/2 长度的场地，两端分别安置激光雷达测距仪与参考靶标板，调整摆放方向与激光雷达垂直。通过激光雷达获取靶标板的点云数据的三维坐标，并调整靶标板位置使其分别位于激光雷达水平（垂直）视场左右（上下）边界位置，分别记为 A 点和 B 点（C 点和 D 点），激光雷达获取水平（垂直）点云数据的三维坐标。

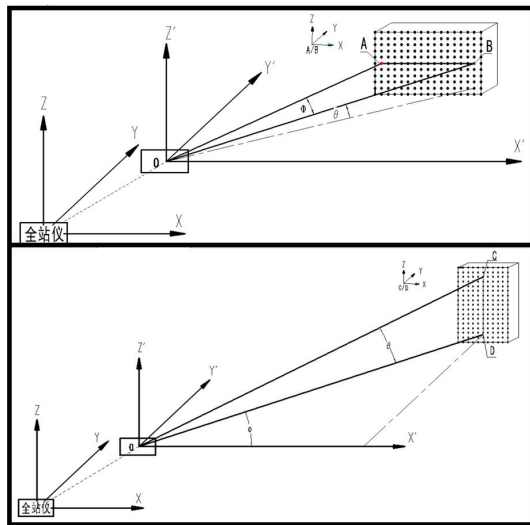


图 1 激光雷达水平/垂直视场角测量装置示意图

如图 1 所示，将全站仪安置在距激光雷达大于 3m 的位置处，锁定好安放支架，不能随意挪动，保证全站仪在测量时稳定可靠；通过全站仪记录激光雷达中心参考点 O，结合靶标板点 A 和 B（C 和 D）的点云数据求得全站仪坐标系下的三维坐标，以此计算得到 OA（OC）之间的距离 D_{OA} （ D_{OC} ）、AB（CD）间的距离 D_{AB} （ D_{CD} ）和 OB（OD）间的距离 D_{OB} （ D_{OD} ），则该激光雷达的水平视场角 φ 和垂直视场角 θ 分别计算为式（1）和式（2）。

$$\varphi = \arccos \frac{D_{OA}^2 + D_{OB}^2 - D_{AB}^2}{2D_{OA} \cdot D_{OB}}$$

$$\theta = \arccos \frac{D_{OC}^2 + D_{OD}^2 - D_{CD}^2}{2D_{OC} \cdot D_{OD}}$$

b) 水平（垂直）角分辨率测量方法

在规定的测量条件下，在激光雷达的显示界面上获取其通道数的线数，再以多次测量的水平（垂直）视场角平均值除以激光雷达通道数的线数计算得出水平（垂直）角分辨率。

c) 最大测程测量方法

如图 2 安装测试装置，在最大测程处，在离地平面适当高度上竖立一个垂直于地平面尺寸为 0.5m×0.5m 的特定靶标板（靶标板的尺寸、表面特性由产品详细规范规定）或者使用由承制双方共同确定的目标物，距离的标定精度至少应为被测量容差的三分之一，以规定的重复频率测距不少于一个循环次数（以规定的重复频率连续测距 6 次），用微机或其他方法录取距离显示最大测程结果。

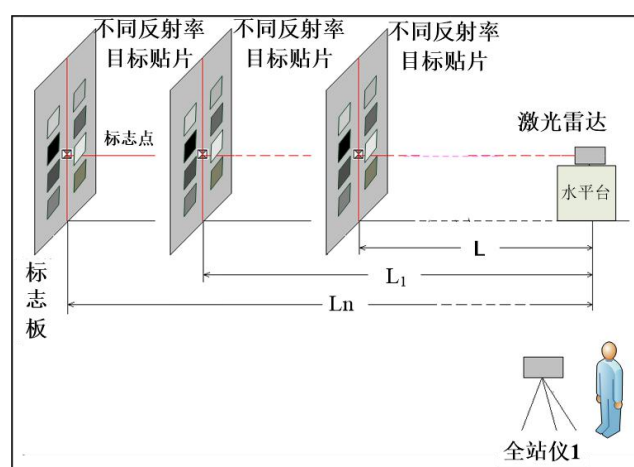


图 2 最大测程测试子装置示意图

(3) 可操作性原则：本标准试验方法参照 GJB 5251-2004《静态目标光学

特性测量通用要求》、GB/T 26829-2011《脉冲激光测距仪测距参数的室内测试方法》、GB/T 26829-2011《脉冲激光测距仪测距参数的室内测试方法》的规定执行，并进行细化和整理优化，确保我国研制的智能驾驶汽车用激光雷达产品优势企业得到良性发展，在保护企业和使用者利益的同时保障生产厂家的生存空间。

2.2 标准内容确定的说明

激光雷达凭借测量精度高、测距范围大等特点，已越来越多地应用于各个领域。激光雷达可通过测量激光束的反射信息精确获得每个反射点的空间位置，尤其是多线束头的连续扫描，能够获取比较密集的激光点云数据，从而精确扫描出环境物体的轮廓及位置。

本标准规定的智能驾驶汽车用激光雷达主要参数测试方法的术语和定义、测试条件及要求、主要参数测试方法和相关性能参数测试等内容，是在参阅了国外已有生产厂商标称指标以及科研机构的研究开发，国内开发的整体概况归纳整理，并进行了相应代理厂家和国内研发机构开展的研究工作，在调研咨询，以及大量资料查询的基础上进行了初步的确定。目前本标准是以脉冲法激光雷达为基础编制的适用于智能驾驶汽车用车载激光雷达，其他类型的激光雷达也可参照本标准。

激光雷达产品是产业链的核心。其测量结果直接关系到确定物体的位置、大小、外部形貌甚至材质的判读，涉及对人身安全和国防安全的评估。对该类产品的出厂质量检测和使用中的安全监控迫在眉睫，标准的制定为政府监督市场、为检测机构提供有效的技术依据、为市场贸易给予支撑。

3 主要试验（或验证）情况分析

本标准规定的技术要求和试验，目前采用的参数来源于各个研究机构长期的实验研究及相关检测中心的报告。后续主要拟从两方面入手，一是选取商业化的市售激光雷达，但考虑到目前国内商用化的激光雷达还有待开发，需要联合生产厂商和科研机构共同协调寻求合适的激光雷达，以满足试验的需求。本着国内生产，应用于不同场景与行业领域，产品定位高端、中端和低端全覆盖的原则挑选被测样品。二是参照国际通行的工作规则，在国内与相关国家级检测中心和检测机构进行合作，进行选取被测激光雷达的主要参数性能的环比测试与实验，确定主要基本参数，为国家标准制定提供技术依据。

4 有关专利的说明

本标准未涉及知识产权问题。

5 预期达到的社会效益等情况

国务院发布的《中国制造 2025》，“到 2025 年，掌握自动驾驶总体技术及各项关键技术，建立较完善的智能网联汽车自主研发体系、生产配套体系及产业集群，基本完成汽车产业转型升级”。

目前，智能网联汽车推动车载激光雷达的整车装配。激光雷达产品具有可靠性、安全性、全天时探测优势，并且随着低成本激光雷达产品逐步推出，将大范围应用在车载激光雷达领域。

全球激光雷达市场，北美占据整个市场收入的 45%左右，欧洲占据 33%市场份额，我国市场仍处于起步阶段。2013 年中国激光雷达市场规模 2.09 亿元，2016 年中国激光雷达市场规模 2.89 亿元，2018 年中国激光雷达市场规模达到了 3.49 亿元，伴随国家政策的支持以及应用领域的拓展，中国激光雷达市场规模出现了快速增长的趋势。

激光雷达产品是产业链的核心。其测量结果直接关系到确定物体的位置、大小、外部形貌甚至材质的判读，涉及对人身安全和国防安全的评估。对该类产品的出厂质量检测和使用中的安全监控迫在眉睫，标准的制定为政府监督市场、为检测机构提供有效的技术依据、为市场贸易给予支撑。

6 采用国际标准和国外先进标准情况

本标准规范性引用下列国外先进标准：

(1) ISO 11145 Optics and photonocs—Lasers and laser-related equipment — Vocabulary and symbols

(2) ISO 16750-1: 2018 Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 1: General (GB/T 28046.1—2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第1部分：一般规定)

(3) ISO 16750-2: 2012 Road vehicles—Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment—Part 2 : Electrical loads (GB/T 28046.2—2019 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第2部分：电气负荷)

(4) ISO 16750-3: 2012 Road vehicles—Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment—Part 3: Mechanical loads (GB/T 28046.3—2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第3部分: 机械负荷)

(5) ISO 16750-4: 2006 Road vehicles—Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment—Part 4: Climatic loads (GB/T 28046.4—2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第4部分: 气候负荷)

(6) ISO 16750-5:2010 Road vehicles—Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment—Part 5: Chemical loads (GB/T 28046.5—2013 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第5部分: 化学负荷)

(7) ISO 16331-1: 2017 Optics and optical instruments—Laboratory procedures for testing surveying and construction instruments—Part 1: Performance of handheld laser distance meters

(8) ISO 17123-4: 2012 Optics and optical instruments—Field procedures for testing geodetic and surveying instruments—Part 4: Electro-optical distance meters (EDM measurements to reflectors)

(9) IEC 60825-1: 2014 Safety of laser products—Part 1: Equipment classification and requirements

7 与现行相关法律、法规、和强制性标准的协调性

本标准是新制订的，专门针对智能驾驶汽车用激光雷达主要参数的测试方法，标准中的要求和主要参数测试都参照了相关的国家标准。

本标准符合我国有关现行法律、法规的相关规定，与我国现行法律、法规和相关标准协调一致，与其他相关标准无矛盾和不协调的地方。

8 重大分歧意见的处理经过和依据

目前无重大意见分歧。

9 标准性质的建议说明

建议将本标准作为推荐性国家标准发布并实施。

10 贯彻标准的要求和建议措施

建议由全国光电测量标准化技术委员会和相关的行业标准化管理机构组织贯彻本标准的相关活动,利用各种条件(如工作组活动、行业协会的管理和活 动、专家培训、标准化技术刊物、网上信息、产品认证等)尽最大可能向所有车载激光雷达的设计、生产、应用单位,以及有关的检测机构宣贯该标准。建议本标准征求意见后尽快组织送审稿审查后尽快发布,并在发布之日起,相关质检机构开始执行本标准。

11. 废止现行有关标准的建议

本标准为首次发布,与现行有关标准一致,无废止内容。

12. 其他应予以说明的事项

由于中科院机构调整,本标准项目牵头单位“中国科学院光电研究院”并入“中国科学院空天信息创新研究院”。特此说明。

《光电测量 智能驾驶汽车用激光雷达主要参数测试方法》

国家标准制订工作组

2021年6月30日