

# **《多光路光轴平行性测试方法》 征求意见稿编制说明**

中科院长春光学精密机械与物理研究所

2018 年 5 月

# 国家标准《多光路光轴平行性测试方法》

## 征求意见稿编制说明

### 1. 工作简况

#### 1.1 任务来源

国家标准《多光路光轴平行性测试方法》是根据国标委综合[2017]77号文《国家标准委关于下达2017年第二批国家标准制修订计划的通知》进行制定的。项目编号：20170960-T-491。项目周期为2017年7月至2019年7月。本标准归口全国光电测量标准化技术委员会。

#### 1.2 协作单位

本标准由中国科学院长春光学精密机械与物理研究所（以下简称“长光所”）为主要起草单位，长春理工大学和中国科学院光电研究院为参与起草单位。起草单位及承担工作见表1。

表1 起草单位及承担工作

| 起草单位              | 承担任务                         |
|-------------------|------------------------------|
| 中科院长春光学精密机械与物理研究所 | 主要起草，承担了本标准的主要起草任务           |
| 长春理工大学            | 协助起草                         |
| 中科院光电研究院          | 协助起草，从技术角度、标准化角度对标准草案进行校核、完善 |

#### 1.3 主要工作过程

##### 1.3.1 成立标准编制组

本标准项目下达后，由长光所组织成立了国家标准编制组，其人员组成及分工见表2。

表2 编制组人员及分工

| 序号 | 姓名  | 职称    | 单位                | 任务分工      |
|----|-----|-------|-------------------|-----------|
| 1  | 叶露  | 研究员   | 中科院长春光学精密机械与物理研究所 | 标准和编制说明编制 |
| 2  | 沈湘衡 | 研究员   | 中科院长春光学精密机械与物理研究所 | 标准和编制说明编制 |
| 3  | 何静  | 高级工程师 | 中科院长春光学精密机械与物理研究所 | 标准化工作     |
| 4  | 张磊  | 副教授   | 长春理工大学            | 编制说明编制    |
| 5  | 周维虎 | 研究员   | 中科院光电研究院          | 标准和标准化工作  |

##### 1.3.2 制定标准编制计划

标准编制组根据标准完成周期，并与光电测量标委会进行充分沟通，制定了详细的国标编制计划。

### 1.3.3 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2017年第十期“标准制修订全过程质量提升”研修班培训。

### 1.3.4 编制标准讨论稿

2017年7月~11月，标准编制组在长光所多年工作的基础上形成了标准草案，根据实际应用状况进行了内容充实，并按GB/1.1要求进行了格式修改，形成了《多光路光轴平行性测试方法》工作组讨论稿及编制说明。

2017年12月8日，全国光电测量标准化技术委员会在北京召开了“标准编制组和专家组会议”，标准编制组汇报了《多光路光轴平行性测试方法》工作组讨论稿及编制说明，与会专家进行了讨论，提出了建议和修改意见。

2017年12月9日，全国光电测量标准化技术委员会审议了工作组讨论稿，各位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。

### 1.3.5 编制标准征求意见稿

2018年2月~5月，标准编制组根据建议和修改意见，对《多光路光轴平行性测试方法》及编制说明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标委会。

## 1.4 国家标准主要起草人及其所做的工作

本标准编制组负责人叶露（女），长春光机所研究员，1986年毕业于长春理工大学（原长春光学精密机械学院）光学仪器专业，1993年获光学专业硕士学位，从事光学和光电设备总体性能检验检测工作至今。主要负责制定标准的总体工作，参加过921-2工程等多个项目的检验与检测设备研制工作。作为课题负责人主持了航天科工集团多光谱多光轴平行性校准装置、海军航空工程学院成套准直仪、XX基地多功能平行度测试仪、光电对抗战储装备等项目的研制。提出了多光谱多传感器光电设备光轴平行性的检验方法，解决了强激光与红外不同谱段转换与能量控制技术难题，设计并研制成功三大类二十余套高精度检验设备。

编制组主要成员张磊（男），长春理工大学，副教授。2002年毕业于长春理工大学，并留校任教，2009年获长春理工大学光学工程博士学位，一直从事光学检测工作至今。主持过国家863项目、吉林省自然科学基金项目、多项与多光谱多光轴平行性检测有关的项目。主要负责制定标准和编制说明的具体工作。

## 2. 标准编制原则和主要内容的论据

### 2.1 编制原则

#### 2.1.1 基本原则

本标准按照 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则进行标准编制。

#### 2.1.2 通用性原则

标准编制组对国内光电设备的分类和配置情况进行了调查和分析，认为当前及相当一段时期内，多光路光电设备普遍采用的仍是多个成像光学系统配置，或同时具有激光发射系统与成像光学系统配置的方式，绝大多数工作在可见、近红外、中波红外和长波红外的各个波段。因此，本标准在设计和选择测试方法时，针对光电设备中通常配备的可见光相机、红外相机和激光测距、激光对抗等大功率激光器之间的平行性测试进行，可以满足当前及相当一段时期内的通用需求。

本标准规定的测试方法不包含紫外波段等特殊应用情况，但本方法的原理亦可应用到这些特殊谱段。

#### 2.1.3 实用性原则

标准编制组对国内光电设备多光路光轴平行性测试方法进行了分析和总结，认为标准中提出的两种测试方法都是通过利用光学原理和技术，建立光学测量的条件和基准，通过谱段转换，形成不同谱段传感器各自的可探测目标，进而给出各个传感器光轴与光学目标基准的偏差，然后通过调整传感器光轴指向，可以达到使各个传感器光轴相互平行的目的。

两种方法原理清楚、目的明确、技术成熟、操作方便。该两种方法配合使用可以解决和适应各种不同结构的光电设备平行性测试需求，并且可在生产、检验和使用等各个方面普遍应用。

#### 2.1.4 适用性原则

##### 2.1.4.1 测试场所

对光电设备多光路光轴平行性进行测试，通常分为室内检验测试和外场检验测试两种场所。

外场检验测试中，通常利用光电设备周边的固定目标或树立特制靶板，使设备各系统同时瞄准该固定目标或特制靶板，以固定目标或靶板上的特定标记建立瞄准和基准点，读取各系统的瞄准点与基准点的误差，计算并确定各系统光轴之间的平行度误差。该方法不使用专用的光电检测设备，虽简单实用，但容易受环境限制，同时，由于被测光电设备周边固定目标和特制靶板在形状大小、距离远近、颜色选择等方面的多样性差异，难以实现普遍性和通用性，因此本标准不涉及以上外场测试方法的内容。

本标准主要适用于室内检验测试，在符合被测光电设备检验和使用环境条件要求的外场，也可应用本标准开展检验测试工作。

#### 2.1.4.2 测试阶段

对光电设备的检验和测试大体上可分为过程检验测试和最终检验测试两个阶段，关注的重点和测试的对象不同。

在过程检验测试时主要针对的是单元指标，解决的是各传感器与机械轴装调后的初始对齐、激光发射轴与激光接收轴组合后的初始对齐以及激光轴与主机械轴或主光轴装调后的初始对齐问题，需要用到光学方法和机械方法结合进行，在解决了这些问题并通过了过程检验测试的基础上，才能进入最终检验和测试阶段的工作。

在最终检验和测试阶段，光电设备已经完成整机的装配，单元指标已经合格，此时是检验和测试整机的总体技术指标，针对的是各个单元之间的平行性相互关系和整体性能。本标准设计的测试方法全面考虑了该阶段特点，只采用光学测量原理，就可以满足整机平行性测试需求，因此本标准更适于在最终检验和测试阶段的使用。

### 2.2 主要内容的论据

我国自 1958 年开始研制大型光电跟踪测量设备，经过几十年的努力，光电设备的总体性能和单项指标已经接近或达到国际先进水平，但是在检测能力和水平上，由于缺少公开的资料，在测试方法和测试设备方面尚无法与国外相比较。

基于开展平行性测试的重要性，我国各研制和生产单位以及有关院校发表过相关文章并搭建过试验装置，对平行性测试方法进行了积极探索。

长光所和长春理工大学自 1958 年开始研制光电跟踪测量设备至今，通过长期的工程实践积累和测试设备的开发，并在搜集、分析和学习相关资料及深入理解用户要求的基础上，逐步探索并完善了多光路光轴平行性测试方法。2012 年，长光所发布实施了所标准《多光路光轴平行性测试方法》。

因此，编制组依据本领域多年的实践探索和借鉴相关资料，总结出被各方认可并运用多年的测试方法，其中主要内容的论据如下。

#### 2.2.1 关于全口径覆盖法和分束法

无论全口径覆盖法还是分束法，都是利用光学原理，通过平行光管生成平行光建立测量的条件和基准，同时通过谱段转换技术，形成不同谱段传感器各自的可探测目标，它们之间只是测量设备的整体结构形式有所不同而已。

同时，由于这两种结构形式已经在国内不同单位应用多年，效果良好，在领域内已达成了共识，不存在歧义，因此本标准以此作为多光路光电设备光轴平行性的测试方法。

### 2.2.2 关于光谱范围

当前国内生产和使用的大部分光电设备中配置的各类成像光学系统与激光发射系统主要包括可见光相机系统、红外相机系统和激光测距系统、激光对抗系统等。因此，本标准采用的测试方法将光谱范围限定在从可见、近红外、中波红外和长波红外的各个波段。不包含紫外波段等特殊波段。

### 2.2.3 关于测试基准

由于检验测试的目的是为了确定被测试光电设备各系统之间的光轴平行性，因此需要建立测试基准，本方法采用的测试基准建立在测试仪器设备端。为了方便理解和应用，在附录 A 和附录 B 中给出了测试仪器的标定方法。

### 2.2.4 关于测试精度

利用本标准规定的方法开展平行性测试，可以获得定量并精确的数据，但是最终测量精度既取决于测量设备也取决于被测量设备，如测量设备输出平行光束的不平行度、被测量设备的分辨率以及环境影响等。本标准尽管对以上因素和环节没有规定，但不影响方法本身的含义与作用，在实际操作时应应对各种影响给予足够重视，以便取得合理的精度。

### 2.2.5 关于测试设备

本标准只定义了采用全口径覆盖法和分束法时与之匹配的设备的的基本结构形式，领域内的技术人员都能够充分理解其含义并正确使用。由于被测试设备的多样性特点，我们在描述测试设备时，并未规定测试设备本身的具体设计和实施方案，没有涉及到诸如焦距长短、星点孔尺寸、分划板图形、靶面器件及光源亮度等具体细节。

领域内的技术人员可按实际需要自主设计具体的测试设备，我们鼓励有关人员探索使用 CCD 靶面、光谱转换晶体及智能控制等新技术。

## 3. 主要试验的分析、综述报告，技术经济论证和预期的经济效果

### 3.1 主要试验的分析、综述报告

主要试验以一个研制项目为具体实施例，进行分析和综述。

某战车上的光电观瞄系统及炮口轴线的平行性测试项目，光电观瞄系统包括可见光观瞄、红外观瞄、激光发射和目视观瞄系统，这四个光学系统的光轴一致性需要进行测试，同时光电观瞄系统和炮口的轴线也需要测试平行性，这些平行性参数是战车实施精确打击的重要衡量标准。

观瞄系统的四个系统采用全口径覆盖法进行测试，使用一个大口径反射式平行光管覆盖四个光学子系统，如图 1 所示，本例情况下观瞄系统中子系统集中在  $\Phi 400\text{mm}$  的圆域内，大口径反射式平行光管做到  $\Phi 400\text{mm}$  的口径就可以实现全覆盖，同时大口径反射式平行光管的出射光束平行性误差

小于光电探测单元的像元角分辨力，测量步骤采用标准中的测试步骤 6.1 和 6.2，即可完成测试任务。

由于战车的光电观瞄系统和炮口的横向距离较远，最大可以达到 1000mm，由于成本、重量及体积的限制，大口径反射式平行光管很难做到  $\Phi 1000\text{mm}$  的口径，所以利用分束组件使大口径反射式平行光管出射的一小部分光束平移，平移出来的光束与大口径反射式平行光管自身发出的光束平行，平移出来的光束对准炮口轴线系统，两束平行光束间的平行性误差应小于光电探测单元的像元角分辨力，测量步骤采用标准中的测试步骤 6.3，即可完成测试任务。

被测品的光学轴线较多，可分为两种类型进行测试。

(1) 被测品具备可视化接收功能的光轴。大口径反射式平行光管的后焦面上放置分划板，采用宽光谱光源（包括可见光和红外光）照射，产生可见和红外波段的平行光，可用于测试被测品具备接收功能的光轴，例如光学观瞄镜、电视摄像机、红外热像仪和炮口等轴线的光轴一致性。

(2) 被测品具备发射光束功能的光轴。大口径反射式平行光管后焦面上放置带有星点孔的激光转红外靶板，用以接收被测品发出的光束，可用于测试被测品的激光发射光轴与基准轴线的偏差。

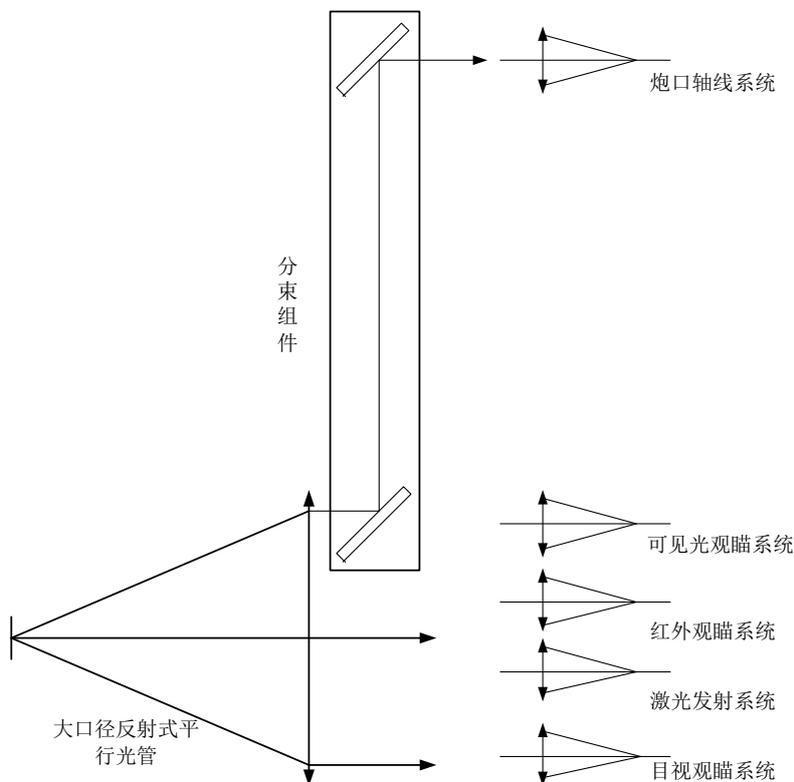


图 1 战车光电观瞄系统及炮口轴线的平行性测试

### 3.2 技术经济论证

自从我国填补了光电设备研制和生产能力的空白之后，大量的光电设备产品就被广泛应用于民用和军用等不同领域，对提高人民生活水平和保障国家安全带来了日新月异的体验与影响。因此，进一步完善和提升光电设备的质量是十分必要的。

随着应用需要和技术进步，光电设备已经从单一的成像光学系统配置发展到多个成像光学系统配置，或同时具有激光发射系统与成像光学系统配置的方式，形成了多光路多光轴的结构形式，并且不同的光路工作在不同的光谱范围。

为了实现设计功能，满足总体质量要求，这些系统需要达到和保持规定的指向一致性的基本性能要求。这些要求在有关的产品设计规范、验收大纲和相关军标中均有体现。

光电设备多光路光轴的指向一致性可以用多光路光轴之间的平行性衡量，是影响总体性能的重要指标，其指标不合格意味着该产品存在严重缺陷。因此，在对光电设备进行指向一致性检验检测时，应提供多光路光轴平行性测试方法。

目前存在的测试方法没有明确和统一的规定，对检验检测过程缺少权威的指导性，因此建立《多光路光轴平行性测试方法》的国家标准，对提高光电设备的总体性能、统一测试方法、完善和规范检验检测过程、提升光电设备领域的整体水平具有重要和现实的意义。

### 3.3 预期的经济效果

本标准针对光电设备的研制生产过程，建立了多光路光轴平行性的测试方法，填补了国内相关检测标准的缺失。该标准的发布实施一方面可对光电设备的平行性质量符合性建立可行的基准条件，可以提高过程效率，对产品的可靠性、维修性及保障性具有支持效应；另一方面本标准可在产品检验、测试和使用过程中发挥积极作用，具有明显的社会效益，同时也可创造出一定的经济效果。

## 4. 采用国际标准和国外先进标准的程度及对比情况

现阶段国内外尚无涉及多光路光轴平行性测试方法的专项标准。本标准针对多光路光轴平行性检测问题，提出相应的检测方法，测试方法分类明确、原理清晰、同时给出测试设备的标定方法。本标准符合现阶段光电设备技术的发展，关键核心技术具有先进性。

本标准提出的内容具有完全自主知识产权。

## 5. 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准编制基于编制组多年项目研制的总结，与有关的现行法律、法规和强制性国家标准没有冲突。

## 6. 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

## 7. 国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议

建议将本标准作为国家推荐性标准实施。

## 8. 贯彻标准的要求和措施建议

本标准发布后，可通过对相关用户单位、研制单位进行宣贯和培训，使本标准规定的测试方法得以广泛、有效实施。

## 9. 废止现行有关标准的建议

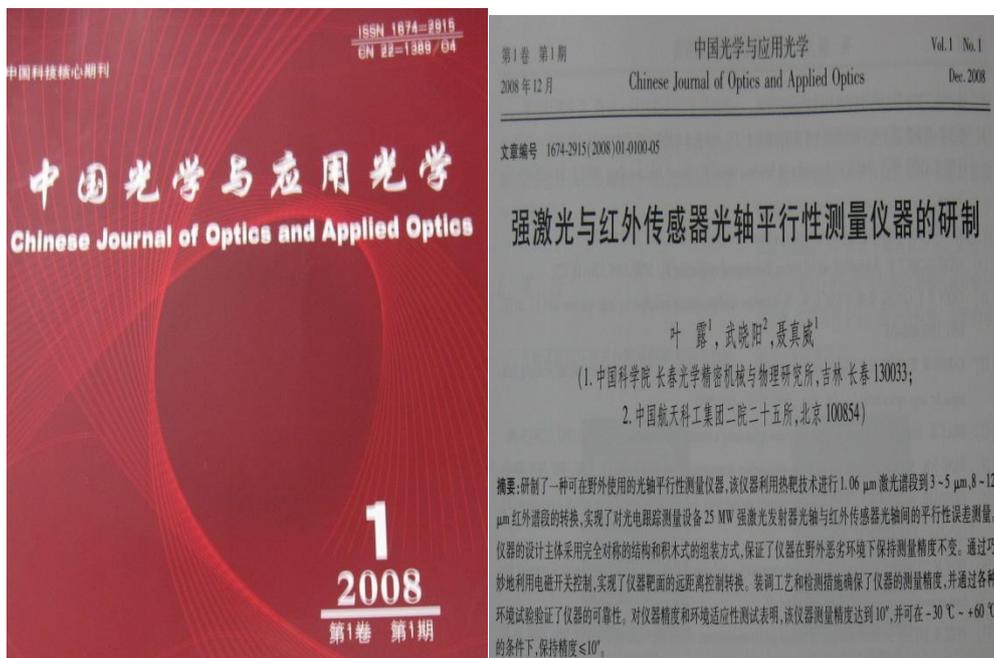
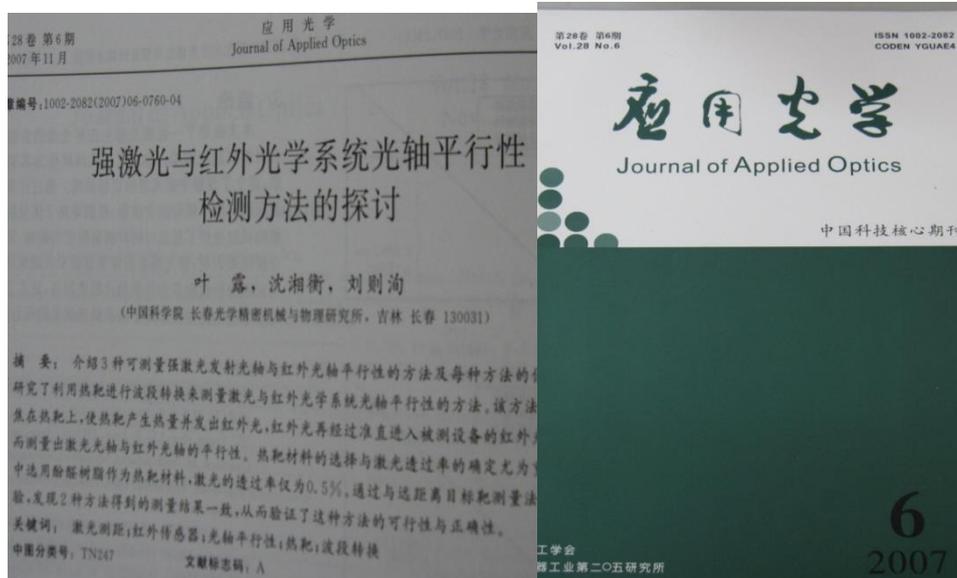
本标准为首次发布，没有需要废止的现行有关标准。

## 10. 其它应予说明的事项

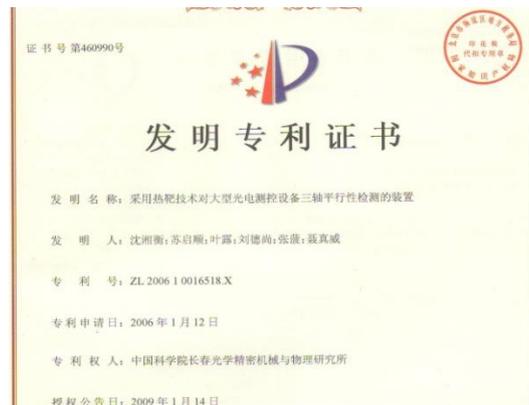
本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

## 附件：编制组开展多光路光轴平行性测试的相关成果

### 1 发表的部分文章

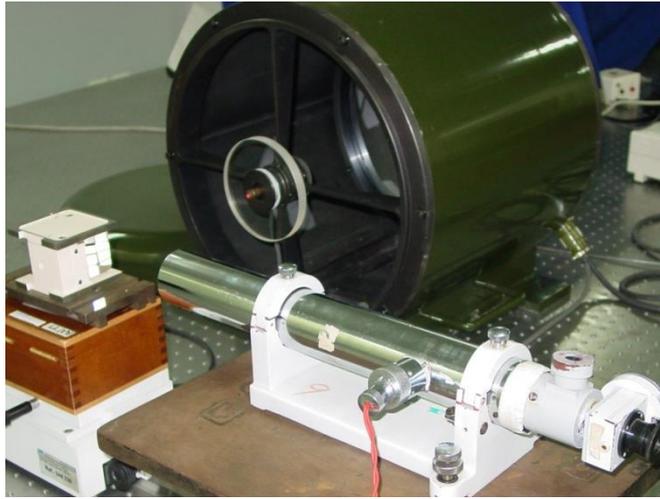


## 2 授权专利

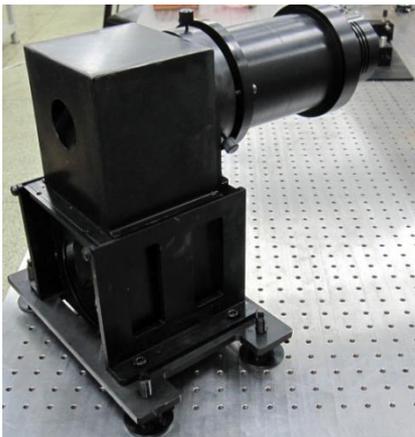
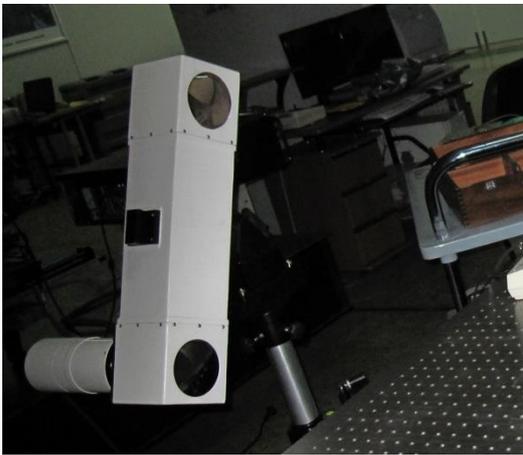




### 3 相关测试设备



全口径覆盖法采用的大口径平行光管及标定实验



分束法采用的光轴平行性测试仪