

# T/GXDSL

## 团 体 标 准

T/GXDSL —2026

### 红外衍射主动透雾装置

Infrared Diffraction Active Fog-Penetrating Device

(工作组讨论稿)

(本草案完成时间: 2026 - 6 - 12 )

2026 - - 发布

2026 - - 实施

广西电子商务企业联合会 发布

# 目 次

前 言 .....	II
1 引言 .....	1
2 范围 .....	1
3 规范性引用文件 .....	1
4 术语和定义 .....	2
4.1 红外衍射主动透雾装置 .....	2
4.2 衍射光学元件 .....	2
4.3 光学透雾 .....	2
4.4 能见度回收率 .....	2
5 产品组成与分类 .....	3
5.1 产品组成 .....	3
5.2 产品分类 .....	3
6 技术要求 .....	3
6.1 正常工作条件 .....	4
6.2 光学性能要求 .....	4
6.3 透雾性能要求 .....	4
6.4 电气安全与电磁兼容性 .....	5
6.5 环境适应性 .....	5
7 试验方法 .....	6
7.1 通用试验环境条件 .....	6
7.2 光学性能测试 .....	6
7.3 透雾性能测试 .....	6
7.4 环境与可靠性试验 .....	6
8 检验规则 .....	7
8.1 检验分类 .....	7
8.2 出厂检验 .....	7
8.3 型式检验 .....	7
9 标志、包装、运输和贮存 .....	8
9.1 产品标志 .....	8
9.2 包装要求 .....	8
9.3 运输要求 .....	8
9.4 贮存要求 .....	8

## 前 言

本文件依据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。

本文件由广西产学研科学研究院提出。

本文件由广西电子商务企业联合会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

# 红外衍射主动透雾装置

## 1 引言

为贯彻落实《国家标准化发展纲要》《“十四五”国家科技创新规划》中标准化与科技创新融合、高端装备国产化、公共安全能力现代化的核心要求，针对我国公共安全、智慧交通、远距离观测等领域，在雾、霾低能见度场景下光电探测能力不足的突出问题，补齐衍射主动透雾装备的国内标准空白，特制定本文件。雾、霾环境中的大气气溶胶散射效应，会大幅衰减可见光信号，限制光电设备全天候作业能力。近红外波段光波具备优异的衍射穿透特性，结合衍射光学元件（DOE）波前调制、光场调控核心技术，可有效突破传统去雾成像技术瓶颈，实现低能见度环境下的高效成像探测。结合国内光电产业技术现状，立足自主可控、规范引领的原则，系统规定了红外衍射主动透雾装置的技术指标、试验方法与检验规则。本标准填补了国内该类装备团体标准空白，可规范行业研发、生产与检测工作，助力高端透雾成像装备国产化升级，提升我国智能光电感知装备核心竞争力，支撑公共安全、智慧城市等领域高质量发展。

## 2 范围

系统规定了红外衍射主动透雾装置的术语和定义、产品组成与分类、核心技术要求、试验验证方法、检验判定规则、标志、包装、运输及贮存规范。适用于采用近红外波段光源、依托衍射光学元件完成主动照明光场调控与精准成像的主动式透雾光电装置，是该类装备研发定型、批量生产、质量检验、工程应用的通用依据。其他采用主动红外照明原理的透雾成像、探测设备可参照本文件执行。

## 3 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，其最新有效版本（包含所有修改单、增补公告）均适用于本文件。

- GB/T 191—2008 包装储运图示标志
- GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验第2部分：试验方法试验A：低温
- GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验第2部分：试验方法试验B：高温
- GB/T 2423.3—2016 环境试验第2部分：试验方法试验Cab：恒定湿热试验
- GB/T 2423.10—2019 环境试验第2部分：试验方法试验Fc：振动(正弦)
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP 代码）
- GB 7247.1—2012 激光产品的安全第1部分：设备分类、要求
- GB/T 9254—2021 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法
- GB/T 13384—2008 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 19894—2005 数字电视广播设备测量方法
- GB/T 38152—2019 无人驾驶航空器系统术语
- GA/T 1127—2013 安防视频监控摄像机通用技术要求

#### 4 术语和定义

GB/T 38152—2019、GA/T 1127—2013 界定的术语和定义，以及下列专属术语和定义适用于本文件。

##### 4.1 红外衍射主动透雾装置

以近红外波段（典型工作中心波长 808 nm、850 nm、940 nm）光源为主动照明载体，依托衍射光学元件实现照明光束的精准整形、匀化与光场调控，搭配近红外增透光学镜头、高灵敏近红外图像传感器，结合嵌入式智能图像去雾增强算法，实现低能见度雾、霾环境下远距离、高清晰成像的国产化智能光电探测装置。

##### 4.2 衍射光学元件

基于光的衍射物理机理，通过微纳浮雕结构精准调制光波相位、振幅与传播方向，可定制生成平顶光束、均匀照明光场、结构光阵列等目标光场分布的核心精密光学元件，是实现主动透雾高效成像的核心核心器件。

##### 4.3 光学透雾

依托近红外波段（780 nm~1100 nm）光波波长较长、衍射绕射能力优异、大气气溶胶衰减损耗低的物理特性，无需算法补偿、仅通过光学特性实现雾天环境有效成像的技术方式。

##### 4.4 能见度回收率

标准模拟雾环境下，装置开启红外衍射主动透雾功能后的极限探测识别距离，与关闭透雾功能时的极限探测距离的百分比，是量化装置透雾性能的核心评价指标。

## 5 产品组成与分类

### 5.1 产品组成

红外衍射主动透雾装置为一体化智能光电系统，核心由四大功能单元组成，各单元协同实现光学透雾、光场调控、图像采集与智能增强全流程功能，核心组成如下：

5.1.1 主动照明单元：作为装置能量输出核心，搭载高稳定性近红外激光二极管（LD）或高可靠性发光二极管（LED）光源，配套恒功率、抗干扰驱动电路，保障复杂环境下光源稳定输出，为远距离透雾成像提供可靠照明支撑；

5.1.2 衍射光调控单元：装置核心功能单元，由高精度衍射光学元件（DOE）、光束准直系统、扩束匀化系统集成，实现照明光束的畸变校正、口径拓展、光场均匀化调控，解决传统主动照明光斑不均、能量集中、探测盲区大的行业问题；

5.1.3 成像采集单元：搭载近红外专属增透镜头，支持可见光与近红外双波段像差精准校正、自动对焦自适应调节，匹配低照度、高灵敏 CCD/CMOS 图像传感器，可适配弱光、雾天复杂环境成像采集需求；

5.1.4 图像处理单元：基于 FPGA/DSP 嵌入式高速处理芯片，集成自主可控的智能去雾、图像增强、细节修复算法，实现实时图像优化，消除衍射伪影、色彩失真、细节缺失等问题，保障成像画质稳定性与清晰度。

### 5.2 产品分类

按照设备整体结构形式、安装适配场景，将产品分为两类，适配不同工程应用需求：

——I型 分体式：照明单元与成像单元独立模块化设计、分离式安装，适配大范围、远距离、复杂工况（高空、弯道、大范围安防区域）场景，可灵活调整照明与成像角度、距离；

——II型 一体式：照明单元、衍射调控单元、成像采集单元高度集成于同一防护外壳，结构紧凑、安装便捷、通用性强，适配道路交通监控、城市安防、园区监测等常规标准化应用场景。

## 6 技术要求

本章规定的各项技术指标基于国家公共安全、智能装备、户外光电设备通用标准制定，兼顾技术先

进性、产业可实现性、工程实用性，所有指标为产品定型、生产、检验、应用的强制性核心要求。

## 6.1 正常工作条件

装置在我国户外通用复杂自然环境下应持续稳定工作，无性能衰减、无故障停机、无结构损坏，标准工作条件如下：

6.1.1 工作温度：-20℃~+55℃，适配我国南北地区高低温极端户外工况；

6.1.2 相对湿度：环境温度+40℃时，相对湿度不大于95%，适配梅雨、沿海高湿环境；

6.1.3 大气压力：86 kPa~106 kPa，适配平原、丘陵、高原大部分国内应用区域；

6.1.4 防护等级：室外工程应用设备防护等级不低于IP66（符合GB/T 4208—2017），具备全天候防尘、防水、防淋雨能力，适配户外露天长期服役场景。

## 6.2 光学性能要求

光学性能是装置透雾成像的核心基础，需满足双波段成像、高效衍射、均匀照明、高透光性的高端装备指标要求。

6.2.1 工作波段：成像系统支持可见光（400 nm~780 nm）、近红外（780 nm~1100 nm）双波段高清成像，可实现日常晴朗环境可见光彩色成像、雾天低能见度环境近红外透雾成像的智能切换。主动透雾专用工作中心波长为850 nm ± 10 nm 或 940 nm ± 10 nm，波段适配性强、环境抗干扰性优，契合国内户外光电装备通用波段标准。

6.2.2 衍射光学元件（DOE）效率：作为核心精密器件，衍射光学元件在设备额定工作波长下的有效衍射效率不低于85%，保障照明光能高效利用，降低光能量损耗，提升远距离透雾探测能力，达到国内先进衍射光学器件应用水平。

6.2.3 照明均匀性：在设备额定有效作用距离50 m处，经DOE整形匀化后的照明光斑，照度均匀性（最小照度/平均照度）不小于0.4，有效消除局部过亮、过暗、照明盲区，保障全域成像画质均匀一致，避免局部探测失效。

6.2.4 镜头透过率：设备成像镜头在780 nm~1000 nm核心透雾波段内的光线透过率不低于80%，最大限度保留近红外有效光信号，减少光学损耗，提升弱光、雾天环境成像灵敏度与清晰度。

## 6.3 透雾性能要求

透雾性能为装置核心应用指标，对标国内公共安全、交通安防高端装备技术水准，量化极端雾况下的探测识别能力与成像质量。

6.3.1 极限透雾距离：在标准化模拟雾场环境下，装置需具备稳定、可靠的远距离探测识别能力，可清晰识别指定尺寸目标轮廓，核心指标如下：能见度50 m中度雾况环境：有效识别距离 ≥ 200 m；

能见度 20 m 重度雾况环境：有效探测距离  $\geq 80$  m。该指标可满足高速公路、城市安防、边境观测、应急救援等重点领域低能见度预警探测需求。

6.3.2 能见度回收率：在能见度 50 m 标准雾况下，装置透雾功能开启后的极限探测距离，相较于标准晴朗天气（能见度 $\geq 10$  km）极限探测距离的能见度回收率不低于 35%，量化体现装置雾天环境下的成像探测保持能力，保障复杂气象条件下装备作业有效性。

6.3.3 图像主观评价：经衍射调控与智能去雾算法处理后的输出图像，需满足高端安防成像质量标准，无工艺、器件引入的画质缺陷：色彩一致性良好，无异常失真，透雾模式下黑白/伪彩色图像纯净，无额外偏红、偏紫等杂色干扰；图像边缘轮廓清晰、层次分明，无衍射元件引发的重影、伪影、光斑畸变等光学缺陷；画面动态范围适配雾天成像场景，无大面积过曝、欠曝问题，目标细节、背景信息保留完整，满足人工识别与智能算法分析需求。

#### 6.4 电气安全与电磁兼容性

立足装备安全可靠、适配国内电力与电磁环境标准，保障设备长期安全服役、不干扰周边电子设备，符合国家机电设备安全规范。

6.4.1 激光安全等级：采用激光光源的装置，其激光辐射安全等级严格符合 GB 7247.1—2012 中 Class 3B 类及以下安全要求，杜绝激光辐射安全隐患，适配户外公共场景大规模应用。

6.4.2 电磁兼容：装置工作过程中的无线电辐射发射限值，满足 GB/T 9254—2021 中 B 级设备要求，具备优良的抗电磁干扰能力与低辐射特性，可适配城市复杂电磁环境、多设备密集部署场景。

#### 6.5 环境适应性

装置需具备优异的户外环境耐受能力，经高低温、湿热、振动等模拟工况试验后，外观结构无变形、破损、松动，各项透雾核心性能指标仍满足 6.3.1 要求，保障设备全生命周期稳定工作。环境试验参数严格按照下表执行：

6.5.1 低温工作试验：试验温度  $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，设备通电工作状态下持续试验 2 h，试验后恢复 1 h 再进行性能检测；

6.5.2 高温工作试验：试验温度  $+55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，设备通电工作状态下持续试验 2 h，试验后恢复 1 h 再进行性能检测；

6.5.3 恒定湿热试验：试验环境温度  $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度  $93\% \pm 3\%$ ，持续试验 48 h，试验后恢复 2 h 再进行性能检测；

6.5.4 振动试验：试验频率 10 Hz~55 Hz、振幅 0.35 mm，三个轴向分别持续试验 30 min，试验后直接核查设备结构与性能。

## 7 试验方法

本章统一规范装置各项性能、环境、安全指标的试验条件、测试流程、计算方法与判定依据，确保试验数据精准、可复现、可对标，为产品质量检测、性能定级提供标准化支撑。

### 7.1 通用试验环境条件

除专项气候环境试验外，所有光学性能、透雾性能、电气性能测试均在标准实验室环境下开展，环境参数如下：环境温度：15℃~35℃；相对湿度：45%~75%；大气压力：86 kPa~106 kPa。

### 7.2 光学性能测试

7.2.1 工作波段验证：采用高精度光谱分析仪对接装置镜头接口，采集成像传感器前端光谱响应数据，绘制光谱响应曲线。测试结果需满足光谱响应覆盖 400 nm~1100 nm 全波段，且在 850 nm±10 nm 核心工作波段存在明显响应峰值，验证设备双波段成像与透雾专用波段适配性。

7.2.2 DOE 效率测试：采用中心波长 850 nm 标准激光器作为入射光源，垂直照射待测衍射光学元件样品，通过高精度光功率计分别测量入射光总功率（ $P_{in}$ ）、0 级直透光功率、1 级有效衍射光功率（ $P_1$ ）。衍射效率计算公式如下：
$$\eta = (P_1 / P_{in}) \times 100\%$$
测试计算所得衍射效率数值需不低于 85%，判定为合格。

7.2.3 照明均匀性测试：在无光干扰标准暗室环境中，将装置固定于距离标准漫反射白屏 50 m 位置，开启主动透雾照明功能。采用高精度照度计，分别采集光斑中心点、中心 0.5 m 半径圆周上均匀分布 4 个点位的照度数据，计算五点照度算术平均值（ $E_{avg}$ ）与最小照度值（ $E_{min}$ ），照明均匀性计算公式如下：
$$U = E_{min} / E_{avg}$$
计算结果不小于 0.4 即为合格，保障照明光场全域均匀稳定。

### 7.3 透雾性能测试

7.3.1 试验场地布置：优先采用室内大型可控环境仓搭建标准化模拟雾场，无环境仓条件时可选用无遮挡、无气流干扰、长度达标室外长直试验路段。采用专业气溶胶雾发生器生成均匀稳定人工雾场，搭配高精度能见度仪（测量精度±5 m）实时监测、闭环调控雾场能见度，保障试验环境稳定可控。试验目标优先选用 USAF 1951 标准分辨率测试卡，或 1.5 m×1.5 m 标准模拟目标，统一试验判定标准。

7.3.2 极限透雾距离测试：通过雾发生器精准调控雾场，使环境能见度稳定维持在 50 m±5 m 标准区间。将待测装置固定于观测基准位置，通过配套显示终端实时观测标准测试目标，采用由近及远梯度测距方式，精准记录人眼可清晰分辨目标完整轮廓的最大探测距离、可识别目标细节的最大识别距离，对照标准指标判定产品透雾性能是否达标。同理完成能见度 20 m 雾况下的极限探测距离测试。

### 7.4 环境与可靠性试验

7.4.1 高低温试验：严格依据 GB/T 2423.1—2008、GB/T 2423.2—2008 规范开展试验，装置保持通电正常工作状态，分别进行+55℃高温、-20℃低温稳态试验，温度稳定后持续工作 2 h，试验结束后恢复常温，检查设备结构完整性、成像功能与透雾性能，全程无故障、无性能衰减即为合格。

7.4.2 外壳防护试验：按照 GB/T 4208—2017 中 IP66 防护等级试验标准，完成设备防尘、防水喷淋试验，试验后拆解检查设备内部，无积尘、无进水、无器件受潮损坏，且设备各项功能正常即为合格。

## 8 检验规则

为严控产品质量、统一行业质检标准，规范产品出厂、定型、量产全流程质量管控，将产品检验分为出厂检验和型式检验两类，检验结果作为产品合格判定、市场准入、工程应用的核心依据。

### 8.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验，出厂检验为逐台必检项目，型式检验为周期性、定型性抽检项目。

### 8.2 出厂检验

所有成品设备出厂前必须逐台完成出厂检验，全部项目合格后方可出厂销售、交付应用，检验项目包含：

8.2.1 外观结构检验：目视检查设备外壳、镜头、接口、铭牌无破损、变形、划痕，装配工艺规整；

8.2.2 主动照明功能检验：通电启动设备，验证近红外主动照明功能开启、切换正常，光源工作稳定无频闪、暗区；

8.2.3 基础成像功能检验：通过标准分辨率测试卡测试设备成像清晰度、分辨率，基础成像性能达标；

8.2.4 电气安全检验：完成绝缘电阻、电气强度测试，设备电气性能安全合规。

### 8.3 型式检验

型式检验为产品全面性能验证检验，覆盖本标准第 6 章全部技术要求项目，出现以下任一情况时，必须开展型式检验：

8.3.1 新产品研发定型、老产品升级改造、转产试制阶段的定型鉴定；

8.3.2 产品结构、核心材料、关键生产工艺发生重大调整，可能影响设备光学、透雾、环境适配核心性能时；

8.3.3 产品常态化量产过程中，每两年开展一次周期性型式检验；

8.3.4 产品长期停产超过 12 个月，恢复批量生产前；

8.3.4 国家质量监管部门、行业主管部门提出型式检验要求时。

型式检验全部项目合格，方可判定产品性能符合本标准高端技术要求，准予持续量产和工程应用。

## 9 标志、包装、运输和贮存

本章规范产品全流程标准化管控要求，保障产品出厂、运输、仓储、交付全过程质量可控，契合国家机电产品包装储运通用标准。

### 9.1 产品标志

每台设备需配备清晰、耐磨、不易脱落的专用铭牌，完整标注产品核心信息，满足产品溯源、标准化管理要求，标注内容包含：制造商全称、注册商标；产品标准名称、型号规格；产品唯一出厂编号、生产日期；设备电源额定参数、电气参数；激光辐射安全警告标志（激光光源机型专属）。

### 9.2 包装要求

产品包装严格执行 GB/T 13384—2008 机电产品通用包装标准，具备防震、防潮、防尘、防碰撞防护能力。包装箱内必须配齐装箱清单、产品合格证、官方使用说明书、配件清单。包装箱外壁印刷清晰、规范的储运标识，包含产品型号、数量、外形尺寸、净重、毛重及“向上”“怕湿”“防震”等储运图示标志，标志样式符合 GB/T 191—2008 规范。

### 9.3 运输要求

包装合格后的产品可适配公路、铁路、航空等各类常规运输方式，运输全程需规避雨雪直接淋袭、剧烈颠簸、强力挤压、高空抛掷，保障设备光学器件、精密电路无损伤，确保运输后产品性能完好。

### 9.4 贮存要求

产品需存放于专用标准化库房，贮存环境温度维持在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，环境相对湿度不大于 80%，库房内无腐蚀性气体、无易燃易爆物品、无粉尘堆积，通风干燥、避光防尘，保障产品长期贮存无老化、无损坏、性能稳定。