

中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

激光清障仪技术规范

Technical specification of laser obstacle clearer

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2026-08-07）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 产品分类及组成 2

 4.1 按是否具备调焦功能分类 2

 4.2 按结构形式分类 3

 4.3 按光源类型分类 3

 4.4 清障仪基本组成 3

5 技术要求 4

 5.1 基本要求 4

 5.2 性能要求 4

 5.3 激光安全防护要求 6

 5.4 环境适应性要求 6

 5.5 供电要求 7

6 试验方法 7

 6.1 基本要求试验 7

 6.2 性能要求试验 7

 6.3 激光安全防护 9

 6.4 环境适应性试验 10

 6.5 供电要求检查 11

7 检验规则 11

 7.1 检验分类 11

 7.2 检验条件 11

 7.3 检验项目 11

 7.4 检验规则 12

8 标志、包装、存储与运输 13

 8.1 标志 13

 8.2 包装 13

 8.3 贮存 14

8.4 运输	14
附录 A（资料性） 激光清障仪作业安全指南	15
A.1 概述	15
A.2 环境安全	15
A.3 人员安全	15
图 1 清障仪整体结构和逻辑关系	4
表 1 清障仪主要组成部分及要求	3
表 2 不同距离下的光斑尺寸（x 方向）的要求	5
表 3 检验项目内容	11

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这些专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国光辐射安全和激光设备标准化技术委员会（SAC/TC284）归口。

本文件起草单位：中国科学院空天信息创新研究院、武汉华工激光工程有限责任公司、中国合格评定国家认可中心、四川红岸基地智能科技有限公司、北京中安锐盾科技发展有限公司、武汉锐科光纤激光技术股份有限公司、南通斯派特激光科技有限公司、潍坊华光光电子有限公司、亮剑（洛阳）激光科技有限公司、深圳市星汉激光科技股份有限公司、广东电网有限责任公司东莞供电局、北京北创芯通科技有限公司、北京创鑫智造激光科技有限公司、国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司、杭州奇点感知技术有限公司、苏州纽芬奇机电科技有限公司、上海迪方电气科技有限公司、北京中泰极光科技有限公司、南京顺泰科技有限公司、许继电气股份有限公司、江苏国源激光智能装备制造有限公司、山东惠工电气股份有限公司、哈尔滨工业大学（深圳）、国网信息通信产业集团有限公司、浙江工业大学、中国计量科学研究院、华中科技大学、湖北省标准化与质量研究院、湖北省产品质量监督检验研究院、北京凯普林光电科技股份有限公司。

本文件主要起草人：廖利芬、周小庄、陈晓芳、陈国鑫、张启迪、闫大鹏、桑魏魏、梁盼、左竞、周少丰、李婷、蔡晓峰、柯常军、衣佳民、张志强、秦金垒、胡利炆、顾云飞、文程、张江涛、李和平、雍明超、陈正、苏文斌、于楠、张叶峰、姚建华、孙青、唐霞辉、高家鸣、朱超、沈志明、朱弘钊、付驰威、王粤、周健航、吴念、邹智洛、刘钊、窦中山、金东臣。

引 言

激光清障仪是一种利用激光束热效应实现非接触式清除障碍物的专用设备。近年来，激光清障仪在电力输电线路异物清除、交通路障清理、消防排烟破拆、应急救援等领域得到了日益广泛的应用。随着激光功率提升、聚焦范围增大、光斑控制精度提高以及设备小型化等技术的不断进步，激光清障仪替代传统人工高空、高危作业已成为主要趋势。

目前，全国已有 100 余家企业涉足激光清障仪的研发、生产、检测和应用，市场需求预计超过 10 万套。但由于行业内尚缺乏统一的技术规范，各生产厂家没有统一的产品设计、生产标准可依，导致产品质量和安全防护水平良莠不齐，制约了产品的推广与应用。本文件的制定旨在规范激光清障仪的产品分类、技术要求、试验方法及检验规则，为产品的设计、制造、检验、验收和使用提供技术依据，解决产品在设计、生产、验收、检测中的实际问题，满足生产企业、检测方和应用端的需求。

本文件在编制过程中，充分考虑了当前激光清障行业的技术水平和应用需求，以开放性、有效性、科学性、适用性为原则，适用范围涵盖了电力、交通、消防、应急救援等多个领域，在技术要求上规定了激光波长、功率、光束质量、光斑尺寸、瞄准偏差、聚焦范围、云台运动性能等关键性能指标，以及设备安全、环境适应性和供电等要求。本文件作为 4 类激光产品的设备技术规范，从设备本体安全角度做出规定；而作业现场的环境安全和人员安全管理涉及作业流程和操作行为，属于使用环节的管理范畴，以资料性附录的形式给出指南供参考，两者在标准体系中的定位和作用不同。

本文件的发布实施，将填补国内外激光清障领域的标准空白，有助于规范激光清障仪的市场秩序，促进激光清障技术的健康发展，更好地服务于电力、交通、消防、应急救援等公共基础设施领域。

激光清障仪技术规范

1 范围

本文件规定了激光清障仪的分类方式，规定了激光清障仪的技术要求及试验方法，明确了检验规则及产品包装、运输等要求。

本文件适用于平均功率 $\leq 3\text{kW}$ ，有效作用距离 $\leq 800\text{m}$ ，且用于地面作业的激光清障仪。其他类型激光清障仪参考本文件。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

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 2423.22-2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化

GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 4798.2-2021 环境条件分类 环境参数组分类及其严酷程度分级 第2部分：运输和装卸

GB/T 7247.1-2024 激光产品的安全 第1部分：设备分类和要求

GB/T 10320-2011 激光设备和设施的电气安全

GB/T 15175-2012 固体激光器主要参数测量方法

GB 44703-2024 光辐射安全通用要求

GB/T 13384-2008 机电产品包装通用技术条件

3 术语和定义

GB/T 7247.1-2024、GB/T 15175-2012 及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

激光清障仪 laser obstacle remover

一种以高功率激光器为能量源，通过光束传输、瞄准定位和控制系统，将激光能量聚焦于目标障碍物，利用其热效应实现非接触式切割、气化或熔融，并避免损伤被保护主体的专用激光装置。

3.2

有效作用距离 effective operating distance

在规定的环境条件和激光参数下，激光清障仪能对特定目标物达到预期清除效果的距离范围。

3.3

作用光斑尺寸 effective spot size

激光束垂直辐照于靶标表面，在规定的功率密度和时间下，形成有效烧蚀区域的几何轮廓尺寸。

3.4

发射头 laser transmitter head

将激光器输出的激光进行准直或聚焦并定向发射至目标的末端执行组件。

3.5

瞄准偏差 aiming deviation

在有效作用距离范围内，瞄准装置的指示中心（如十字准心）与实际激光作用点光斑几何中心之间的角偏差，单位为角秒（"）。

3.6

聚焦范围 focusing range

发射头可以调节激光光斑焦点位置的距离范围。

3.7

作用时间 action time

激光开始发射到达到预期作用目的的总时长。

3.8

手持控制终端 handheld control terminal

手持控制激光清障仪工作状态的装置。

3.9

支撑脚架 support tripod

支撑云台和激光聚焦装置、激光瞄准装置的支架。

3.10

云台 pan-tilt unit

带动发射头实现多轴旋转、姿态调整与定位的机械装置。

3.11

云台步进角度 pan-tilt step angle

云台在接收单次步进控制指令时，其执行机构所能实现的最小角位移量，单位为度（°）。

3.12

移动电源 power bank

由电池或电池组、相应的电路及外壳组合而成，可以提供稳定直流输出的非固定式电源系统。

4 产品分类及组成

4.1 按是否具备调焦功能分类

激光清障仪（以下简称“清障仪”）按是否具备调焦功能可分为：

——固定焦距清障仪，不可调节激光焦点位置。

——可变焦距清障仪，根据障碍物距离调节激光焦点位置。

4.2 按结构形式分类

- 按激光器主机与发射头的耦合形式分类：
- 连体式清障仪：激光器主机与发射头固定连接。
 - 分体式清障仪：激光器主机与发射头可分离。

4.3 按光源类型分类

- 按光源类型分类：
- 光纤激光清障仪：使用光纤激光器作为光源的清障仪。
 - 二氧化碳激光清障仪：使用二氧化碳激光器作为光源的清障仪。

4.4 清障仪基本组成

清障仪由激光器主机、发射头、供电模块、云台、支撑架（适用时）、控制模块、安全保护模块等组成，主要组成部分及功能见表 1，整体结构见图 1。

表 1 清障仪主要组成部分及要求

序号	组成部分	功能
1	激光器主机	由激光发生模块、控制与驱动单元、热管理系统及其机箱防护组件构成的集成化功能体。
2	供电模块	为整机提供稳定电源（锂电池或外接电源），含电压转换与保护电路。
3	发射头	实现光斑控制、十字瞄准、视场图像采集、测距、防倾倒感应功能。
4	云台	实现激光方向控制，承载发射头并实现水平/俯仰旋转，支持远程操控瞄准。
5	支撑架（适用时）	支撑发射头及云台，多采用三脚架并具备减震或调平功能。
6	控制模块	处理控制指令与反馈信号，协调激光启停、云台运动等，并提供人机交互界面。
7	安全保护模块	包含急停按钮、电子围栏、钥匙开关等，防止激光误触发。

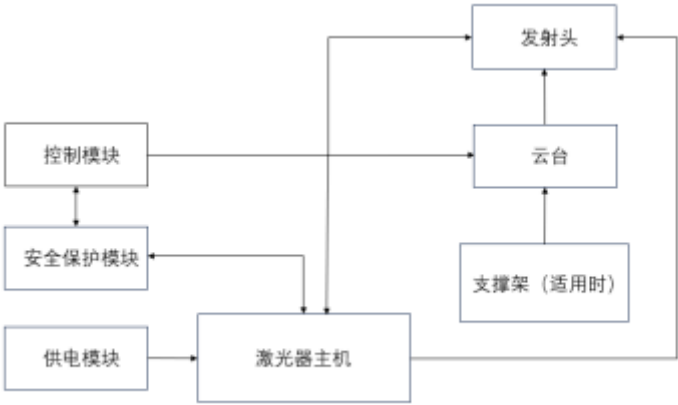


图 1 清障仪整体结构和逻辑关系

5 技术要求

5.1 基本要求

5.1.1 外观要求

清障仪的结构与外观的要求符合下列规定：

- 各部件外表应光洁、平整，无凹痕、划伤、裂缝、变形等缺陷；
- 各零部件正确安装，牢固可靠，操作部分动作顺畅、无卡滞；
- 输出窗口玻璃应无破损、无污染；
- 标志、铭牌、文字及符号应清晰、耐久。

5.1.2 使用功能要求

激光清障仪应至少具有切割、熔化、气化等清除功能，可应用于以下领域：

- 能源交通领域：对风筝、遮阳网、建筑防尘网、广告布、塑料薄膜、挂线无人机、马蜂窝、树枝等具有切割功能，对鸟巢具有修边功能，对树干具有修枝功能；
- 应急领域：对彩钢瓦、钢筋、钢板、水泥、冰柱、砖块、石头、玻璃等具有切割功能；
- 安防保障领域：对危险品具有远程非接触销毁功能。

5.2 性能要求

5.2.1 激光波长

清障仪的激光波长应符合下列规定：

- 光纤激光清障仪的激光波长和标称波长的偏差 $< 10\text{nm}$ 。
- 二氧化碳激光清障仪的激光波长和标称波长的偏差 $< 0.1\text{ }\mu\text{m}$ 。
- 使用其他类型激光器时，激光波长由制造商标明，其偏差由制造商与用户协商确定。

5.2.2 激光功率

激光功率应可调，标称功率与实际输出功率偏差应 $<10\%$ 。

5.2.3 激光功率不稳定性

在标称最大功率下，激光功率不稳定性应<5%。

5.2.4 光束质量

在标称最大功率下，光纤激光清障仪光束质量 M2 应≤1.3，二氧化碳激光清障仪光束质量 M2 应≤1.2。

5.2.5 光斑尺寸

x 方向光斑尺寸对应光斑平面上的相对两点最大长度，y 方向光斑尺寸对应与 x 垂直方向的光斑长度，x 方向和 y 方向光斑尺寸的比值≤1.3。在不同作用距离下，光斑尺寸应符合表 2 的规定。特殊尺寸由厂家标明激光功率、距离、出光时长下作用在指定目标物上的光斑尺寸。

表 2 不同距离下的光斑尺寸（x 方向）的要求

序号	距离（单位：m）	光纤激光清障仪光斑尺寸 （单位：mm）	二氧化碳激光清障仪光斑尺寸 （单位：mm）
1	≤10	≤3	≤8
2	(10, 50]	≤5	≤15
3	(50, 100]	≤10	≤30
4	(100, 200]	≤15	≤40
5	(200, 400]	≤18	/
6	(400, 600]	≤20	/

5.2.6 瞄准偏差

瞄准偏差应在 20 角秒以内。

5.2.7 聚焦范围

适用于可变焦距类清障仪，应覆盖制造商声明的有效作用距离，且在该距离范围内的光斑尺寸应符合表 2 的规定。

5.2.8 云台旋转角度

水平旋转角度范围应覆盖-120° ~+120°，垂直旋转角度范围应覆盖-45° ~+60°。

5.2.9 云台步进角度

云台步进角度≤ 0.01°。

5.2.10 云台瞄准时间

云台瞄准时间≤10s。

5.3 激光安全防护要求

5.3.1 分类规则的要求

依据 GB/T 7247.1-2024，激光清障仪应为 4 类激光产品，整机的安全设计和标识等应满足 4 类激光产品的防护要求。

5.3.2 对设备安全的要求

清障仪的安全设计应满足以下设备自身安全要求：

- a) 急停与联锁：主机和手持控制终端上均应设置显著、易操作的紧急停止按钮。设备应配备钥匙开关或等同功能的授权装置。
- b) 出光告警：在准备出光时，设备应有指示灯闪烁，并发出警告声音，且操作及附近人员清晰可听可视；确认出光后，设备发射激光时，应有连续的可听或可视信号告警。且激光告警信号应具备夜间可视性。
- c) 告警信号可视性：告警指示灯在透过激光防护眼镜观察时仍应清晰可见。
- d) 电气安全：应符合 GB/T 10320-2011 的规定，具备过压、欠压、过流、过温等保护功能。
- e) 激光器主机、激光发射头、发射头观瞄系统三个激光发射相关核心器件间设置连接校验，若出现三者间任意两者的断连应立即停止出光。
- f) 倾倒防护：设备（尤其是分体式发射头及云台）应具备倾倒检测功能，发生超出安全范围的倾斜或倾倒时，应自动切断激光输出并发出声光报警。
- g) 限位保护：云台旋转轴应具备机械限位保护。
- h) 模块安全：分体式设备应具备连接状态确认。接口应有防尘、防异物装置。出光过程中连接异常断开时，应自动切断激光输出。
- i) 复位功能：因安全联锁导致激光关闭后，应经人工手动复位，激光才能再次启动。

激光清障仪的作业环境安全和人员安全管理要求参见附录 A。

5.3.3 对标识的要求

激光清障仪的标识应符合 GB 44703-2024 和 GB/T 7247.1-2024 的规定，应包含 4 类激光产品的警告标记、危险符号、说明标记（含激光类别、标准名称、最大输出功率、波长等）、窗口标记、挡板标记等。

5.4 环境适应性要求

5.4.1 工作温度

工作温度范围：-10℃~+40℃。

5.4.2 贮存温度

贮存温度范围：-20℃~+55℃。

5.4.3 恒定湿热

清障仪经恒定湿热试验后能正常工作。

5.4.4 温度冲击

清障仪经温度冲击试验后能正常工作，不产生结构和性能上的损坏。

5.4.5 振动（模拟运输）

清障仪经振动（模拟运输）试验后能正常工作，不产生结构和性能上的损坏。

5.4.6 外壳防护

清障仪的外壳防护等级应不低于 GB/T 4208-2017 中 IP X2 的要求。

5.5 供电要求

清障仪供电方式应为 AC 220V 或移动电源，且应具有电量、电压显示功能。供电符合下列规定：

- a) 应满足移动电源相关标准的规定，具备相应的合格证明材料。
- b) 在满功率状态下连续工作，激光功率保持在标称最大功率 70% 以上的时间应 $\geq 30\text{min}$ 。

6 试验方法

6.1 基本要求试验

6.1.1 外观检查

手动与目视检查清障仪的结构和外观。

6.1.2 使用功能检查

手动与目视检查清障仪具有的功能。在户外实际操作，对各类典型目标物进行清除作业，记录作用效果。

6.2 性能要求试验

6.2.1 激光波长

在室内环境下，按照 GB/T 15175—2012 第 5.1 条规定的方法进行试验。

6.2.2 激光功率

在室内环境下，在距离发射头出光口的指定位置处，按照 GB/T 15175—2012 第 5.2 条规定的方法进行试验。

6.2.3 激光功率不稳定性

在室内环境下，按照 GB/T 15175—2012 第 5.10.2 条规定的方法进行试验。

6.2.4 光束质量

在室内环境下，光纤激光器清障仪在 QBH 输出头处测试，按照 GB/T 15175—2012 第 5.9 条规定的方法进行试验。

6.2.5 光斑尺寸

6.2.5.1 试验工具

游标卡尺（分辨率 $\leq 0.1\text{mm}$ ）、测距仪。

6.2.5.2 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 设置目标物（如不锈钢板）使其表面与激光出射方向垂直。
- b) 将清障仪聚焦至制造商声明的测试距离范围（在制造商声明的范围内选取表 2 中分段的各个距离）。
- c) 发射激光（通常在最大功率下），在目标物上形成烧蚀光斑时停止出光。
- d) 使用游标卡尺测量光斑在 x 方向（最大尺寸）和 y 方向（垂直于最大尺寸）的尺寸。
- e) 记录激光功率、目标物材质、距离及测得的光斑尺寸（x 方向、y 方向）。
- f) 光斑尺寸的结果用两个方向的值表示：dx、dy。
- g) 圆形光斑可以只测一个方向的光斑尺寸。

6.2.6 瞄准偏差

6.2.6.1 试验工具

游标卡尺（分辨率≤0.1mm）、测距仪。

6.2.6.2 试验步骤

在室外测试环境在风力≤3 级、人眼可视静态目标下测量。试验步骤如下：

- a) 设置目标物（如不锈钢板）使其表面与激光出射方向垂直。
- b) 将清障仪聚焦至制造商声明的测试距离点（覆盖表 2 中的关键距离）。
- c) 使用瞄准装置十字准心对准目标物上某一点。
- d) 发射激光，在目标物上形成烧蚀光斑时停止出光。
- e) 测量烧蚀光斑几何中心与瞄准十字准心对应点之间的线性偏差 d（mm）。
- f) 按公式（1）计算瞄准偏差（单位"）。)

$$\theta = \arctan\left(\frac{d}{L}\right) \times 0.206 \times 10^6 \quad (1)$$

式中：

L —— 清障仪与目标物之间的距离，单位为米(m)， $\arctan(d/L)$ 单位为弧度（rad）。

6.2.7 聚集范围

6.2.7.1 试验工具

测距仪，游标卡尺。

6.2.7.2 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 从最小可调距离至最大可调距离，至少选取最小，最大，中间三个测试点。。
- b) 在每个测试点，按 6.2.5 的方法测量光斑尺寸，确认其符合制造商声明的聚焦状态。
- c) 记录能有效聚焦的距离范围。

6.2.8 云台旋转角度

6.2.8.1 试验工具

角度尺。

6.2.8.2 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 将发射头安装在云台上并启动。
- b) 控制云台向水平正、负方向旋转，分别测量其最大旋转角度，记录实际范围。
- c) 控制云台向垂直正、负方向旋转，分别测量其最大旋转角度，记录实际范围。

6.2.9 云台步进角度

6.2.9.1 试验工具

带毫米刻度的钢直尺、测距仪。

6.2.9.2 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 在距离云台旋转中心水平距离 10m 处，放置带毫米刻度的直尺。
- b) 控制云台使瞄准点从 0 刻度移动至 2mm 刻度处。重复进行 3 次。
- c) 垂直方向按相同方法测试。
- d) 记录瞄准点准确到达目标刻度的步进次数 N ，按公式 (2) 计算云台的最小可控角度。

$$\theta = 0.01 \div N$$

6.2.10 云台瞄准时间

6.2.10.1 试验工具

秒表。

6.2.10.2 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 在 10m 处放置两个直径为 10mm 的靶标点，两点中心间直线距离 50cm。
- b) 在接收到目标坐标指令后，云台从静止状态启动，使瞄准点稳定停留在 A 点，控制云台瞄准点从 A 点移动至 B 点，并达到锁定状态。
- c) 使用秒表记录从 A 点移动至 B 点过程所需时间。

6.3 激光安全防护

6.3.1 分类规则检查

依据 GB/T 7247.1-2024 第 4 章的规定，检查制造商提供的产品分类证明文件及设备本身的安全等级标识。

6.3.2 设备安全检查

通过模拟操作、功能验证和目视检查等方式进行。

- a) 模拟按下急停按钮、关闭钥匙开关。
- b) 在设备准备出光（如开启光闸）但尚未出光的状态下，检查是否有红色或黄色指示灯闪烁，并发出警告声音。在操作控制器位置及设备附近区域，确认该声光告警信号清晰可见、可视。

- c) 在激光持续发射期间, 检查是否有连续的可听(如蜂鸣)或可视(如指示灯常亮/闪烁)信号告警。
- d) 检查电气安全相关认证或测试报告, 模拟供电异常, 验证保护功能。
- e) 手动倾斜发射头或云台至超出安全角度, 验证激光是否自动切断并报警。
- f) 手动操作云台至软件和机械限位, 验证运动停止。
- g) 对于分体式设备, 断开光器主机与发射头的连接, 检查接口防护; 在出光中模拟断开, 验证激光输出立即自动切断。
- h) 触发安全联锁后, 验证必须手动复位才能重启激光。

6.3.3 标识检查

目视检查所有标识的位置、耐久性和内容完整性。

6.4 环境适应性试验

6.4.1 工作温度和贮存温度试验

6.4.1.1 低温试验

清障仪低温试验如下:

- a) 低温工作: 按照 GB/T 2423.1-2008 “试验 Ad” 进行。将通电待机状态的清障仪放入低温箱, 以 $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速度降温至 $-10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 保温 2h。在试验箱内按 6.2.2 测量激光功率, 并检查基本功能。
- b) 低温贮存: 按照 GB/T 2423.1-2008 “试验 Ab” 进行。将非工作状态的清障仪放入低温箱, 以 $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速度降温至 $-20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 保温 48h。恢复至常温后, 检查基本功能和激光功率。

6.4.1.2 高温试验

清障仪高温试验如下:

- a) 高温工作: 按照 GB/T 2423.2-2008 “试验 Bd” 进行。将通电待机状态的清障仪放入高温箱, 以 $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速度升温至 $+40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 保温 2h。在试验箱内按 6.2.2 测量激光功率, 并检查基本功能。
- b) 高温贮存: 按照 GB/T 2423.2-2008 “试验 Bb” 进行。将非工作状态的清障仪放入高温箱, 以 $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速度升温至 $+55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 保温 48h。恢复至常温后, 检查基本功能和激光功率。

6.4.2 恒定湿热试验

按照 GB/T 2423.3-2016 进行。将非工作状态的清障仪放入试验箱, 在温度为 $+40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $93\% \pm 3\%$ 的条件下保持 48h。恢复至常温常湿后, 检查基本功能和激光功率。

6.4.3 温度冲击试验

按照 GB/T 2423.22-2012 “试验 Na” 进行。将非工作状态的清障仪在低温 -20°C 和高温 $+55^{\circ}\text{C}$ 之间进行 5 次循环, 温度转换时间不超过 3 分钟。试验后检查基本功能。

6.4.4 振动(模拟运输)试验

按照 GB/T 4798.2-2021 表 5 选取 2M4 等级进行试验。

6.4.5 外壳防护试验

防护试验分别按 GB/T 4208-2017 中第 13 章和第 14 章规定的方法进行。

6.5 供电要求检查

供电要求检查方法如下：

- a) 使用 AC 220V 或移动电源供电，检查清障仪供电方式。
- b) 目视检查移动电源所具备的合格证明材料。
- c) 在常温下（10℃～25℃），使用移动电源给清障仪供电，满功率开机，连续工作 30min 后测量激光功率，或者记录激光功率下降至满功率 70%时的时间。
- d) 目视检查电量、电压信息显示功能。

7 检验规则

7.1 检验分类

本文件规定的检验为：

- a) 型式检验；
- b) 出厂检验。

7.2 检验条件

除非另有规定，所有的室内检验都应在环境温度 25℃±3℃进行、相对湿度≤85%（不结露）、大气压强 86kPa～106kPa 和技术协议规定的工作技术条件下进行。

7.3 检验项目

本文件规定的清障仪检验项目见表 3，其中出厂检验项目中标记为“•”的项目为基本检验项目，标有“x”的为无需检验项目。

表 3 检验项目内容

检验项目		要求	试验方法	检验分类	
				型式检验	出厂检验
功能要求	外观	5.1.1	6.1.1	•	•
	外观	5.1.1	6.1.1	•	•

表 3 检验项目内容（续）

性能要求	激光波长	5.2.1	6.2.1	•	X
	激光功率	5.2.2	6.2.2	•	•
	激光功率不稳定性	5.2.3	6.2.3	•	X
	光束质量	5.2.4	6.2.4	•	X
	光斑尺寸	5.2.5	6.2.5	•	X
	瞄准偏差	5.2.6	6.2.6	•	X
	聚焦范围	5.2.7	6.2.7	•	X
	云台旋转角度	5.2.8	6.2.8	•	•
	云台步进角	5.2.9	6.2.9	•	X
	云台瞄准时间	5.2.10	6.2.10	•	X
激光安全要求	分类	5.3.1	6.3.1	•	•
	设备安全	5.3.2	6.3.2	•	•
	标识	5.3.3	6.3.3	•	•
环境适应性要求	工作温度	5.4.1	6.4.1	•	X
	贮存温度	5.4.2	6.4.1	•	X
	恒定湿热	5.4.3	6.4.2	•	X
	温度冲击	5.4.4	6.4.3	•	X
	振动（模拟运输）	5.4.5	6.4.4	•	X
供电方式		5.5	6.5	•	•
注：标有“•”的为检验项目，标有“X”的为无需检验项目。					

7.4 检验规则

7.4.1 型式检验

7.4.1.1 说明

本文件规定的型式检验包括清障仪产品设计定型检验、生产定型检验、例行检验。

7.4.1.2 时机

有下列情况之一，应进行型式检验：

- a) 新产品定型鉴定时；
- b) 结构、材料、工艺重大改变可能影响产品性能时；
- c) 停产超过两年恢复生产时；
- d) 转厂生产时；
- e) 国家质量监督机构提出要求时；
- f) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

7.4.1.3 规则

由制造厂随机选定一台及以上数量清障仪作为检验样品，对表 7 中“型式检验”项目进行检验。所有项目均符合要求则判定合格；任一项目不符合则判定不合格。检验不合格，在查找原因和改进工艺重新生产后，可重新提出型式检验。

7.4.2 出厂检验

7.4.2.1 时机

有下列情况之一，应进行出厂检验：

- a) 清障仪经组装调试后；
- b) 需要重复检验时。

7.4.2.2 规则

将清障仪或需要重复检验的清障仪全数作为检验样品，对表 3 中“出厂检验”项目进行检验。所有项目均符合要求则判定合格；任一项目不符合则判定不合格，返修后重新检验。

7.4.3 复检

有下列情况之一，应进行复检：

- a) 出厂检验不合格经返修后；
- b) 经维修后；
- c) 库存超过 12 个月出厂前；
- d) 使用超过 5 年。

8 标志、包装、存储与运输

8.1 标志

8.1.1 清障仪标志

每台清障仪在适当的、明显的位置应至少有下列标志：

- a) 制造商名称；
- b) 清障仪的名称和型号；
- c) 清障仪序列号和出厂日期；
- d) 光辐射安全标识。

8.1.2 包装箱标志

包装箱上标志应符合 GB/T 13384—2008 中 7.1 和 7.2 的规定，并至少包括：

- a) 制造商名称及地址；
- b) 清障仪名称。

8.2 包装

8.2.1 随机文件

8.2.1.1 每台清障仪至少附有下列产品随机文件：

- a) 清障仪使用说明书（含技术规格、安全提示、操作指南、维护保养、保修信息等）；；
- b) 产品合格证（含制造企业名称、产品名称/型号、检验员代号、检验日期）；
- c) 装箱单；
- d) 随机备附件清单。

8.2.2 包装要求

清障仪的包装应符合 GB/T 13384-2008 的规定，应有防雨、防潮和缓冲防震措施，确保在正常储运条件下产品安全。

8.2.3 标配件

清障仪的标配件应包含：

- a) 护目镜；
- b) 使用说明书；
- c) 产品合格证。

8.2.4 选配件（适用时）

清障仪的选配件包含：

- a) 备用电池；
- b) 其他制造商规定的附件。

8.3 贮存

清障仪的贮存要求应符合下列规定：

- a) 清障仪入库前应进行检查；
- b) 包装后的清障仪应贮存在 $-20^{\circ}\text{C} \sim 55^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不超过 80% ，无腐蚀性气体，通风、隔热、保温、干燥、防震良好的库房内。

8.4 运输

清障仪的运输要求应符合下列规定：

- a) 搬运和放置按照包装箱上的标志进行，严格遵守搬运和运输上的相关规则；
- b) 不和易燃、易爆、易腐蚀的物品同车装运；
- c) 装车平稳、牢固；
- d) 运输时有防雨、防日晒、防撞击和防跌落措施。

附 录 A
(资料性)
激光清障仪作业安全指南

A.1 概述

本附录给出了激光清障仪在作业过程中涉及环境安全和人员安全管理的推荐性指南，供设备使用单位和操作人员参考。激光清障仪属于4类激光产品，作业过程中应采取相应的安全防护措施。

A.2 环境安全

A.2.1 作业区域管控

作业前可划定激光危险区，并在危险区边界设置清晰、醒目的警示标志和物理围挡。

A.2.2 光路安全控制

出光方向为安全的开阔区域，确保光路无人员、易燃易爆物及非目标反射体。对于可能产生镜面反射的目标物，可采取偏移光路或增设吸收装置等措施。

A.2.3 消防措施

作业现场宜配备与清除材料类型相匹配的消防器材，并指定专人负责消防安全。操作人员应提前预判并防范引燃周边非目标物的风险。作业时应避免照射易燃材料（如松树、枯木等），光纤激光不宜直接照射导线、建筑及反光表面。宜在作业点下方配备防火毯和干粉灭火器等消防器材，作业完成后观察确认无复燃方可撤离。

A.2.4 烟雾防护

可根据清除材料产生的烟尘性质，采取相应的排烟或除尘措施，确保操作人员吸入的烟尘浓度符合职业健康要求。

A.2.5 作业环境条件

不宜在雷雨天作业；能见度低于50m的大雾天不宜作业。夜间作业时，设备作业区域配备足够的照明装置。小雨天气作业时，设备确保IP X2及以上防护有效。

A.3 人员安全

A.3.1 安全培训

操作人员需要通过激光安全培训，合格后方可操作激光清障仪。

A.3.2 双人操作制

作业现场宜至少有两人参与操作，一人为操作员，一人为安全员。激光发射宜经安全员确认。

A.3.3 权限管理

手持控制终端宜通过密码、指纹或人脸识别等方式进行身份验证。

A.3.4 目标区域人员识别

可视化瞄准系统宜具备目标区域内人员的自动识别功能。识别到人员闯入时，宜自动闭锁激光激发系统并发出告警。

A.3.5 人员防护装备

作业区内的所有人员佩戴与激光波长匹配、光密度值（OD 值）不低于 4+的防护眼镜，防护眼镜不影响操作设备的可视性。宜根据烟雾等级佩戴相应的呼吸面罩。激光防护眼镜符合 GB/T 17736《激光防护镜 技术要求》的规定，且标注适用波长和光密度值；呼吸面罩符合 GB 2626《呼吸防护用品 自吸过滤式防颗粒物呼吸器》的规定。

A.3.6 远程操控与定位

设备具备远程控制功能，宜配备定位模块。

A.3.7 安全检查

A.3.7.1 环境安全检查

可通过目视检查、操作验证和文件审查等方式进行：

- 检查是否配备了警示标志和物理围挡；
- 评估作业方案，检查是否包含光路安全分析；
- 检查现场是否配备了与作业匹配的消防器材；
- 检查是否配备了排烟除尘设备及其性能文件。

A.3.7.2 人员安全检查

可通过实际操作、功能测试和记录查验等方式进行：

- 模拟双人操作流程，验证需二次确认方能出光；
 - 验证手持终端需通过密码或生物识别方能进入操作界面；
 - 在瞄准视场内模拟人形目标，验证激光激发被锁定；
 - 操作出光流程，检查出光前、出光中告警信号（声、光）是否有效；
 - 佩戴防护眼镜观察告警灯，确认其可视性；
 - 检查是否配备了合格的激光防护眼镜和防烟尘面罩；
 - 检查控制系统是否支持远程操作，检查定位模块功能。
-