

附件 1：

团 体 标 准

T/CMEA ××××-2025

城镇排水管道原位固化修复用 紫外光固化设备

Ultraviolet curing equipment of rehabilitation cured-in-place pipe for urban drainage pipelines

（征求意见稿）

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。

2025-××-××发布

2026-××-××实施

中国市政工程协会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	2
4 分类和标记	3
5 技术要求	4
6 试验方法	10
7 检验规则	13
8 标志、包装、运输、贮存、质量证明	14
附录 A（规范性） UV 灯管辐照强度测试方法	16
附录 B（规范性） UV LED 灯辐照强度测试方法	18

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。

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。

本文件由中国市政工程协会提出。

本文件由中国市政工程协会市政管道与非开挖技术专业委员会归口，由安徽普洛兰管道修复技术股份公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见和建议，请寄送至安徽普洛兰管道修复技术股份公司（地址：安徽省池州市皖江江南新兴产业集中区洛河路8号，邮政编码：247100）。

本文件主编单位：安徽普洛兰管道修复技术股份公司

本文件参编单位：深圳市博铭维技术股份有限公司、武汉中仪物联技术股份有限公司、东莞市尔谷光电科技有限公司、道雨耐节能科技有限公司、北京隆科兴科技集团股份有限公司、城明环境（浙江）有限公司、邵阳特启新材料有限公司、广东通顺市政工程有限公司、深圳市施罗德工业集团有限公司、深圳市东熙汇通科技有限公司、徐州市水利工程建设管理中心、河南金亿达环境科技有限责任公司。

本文件主要起草人：

本文件主要审查人员：

城镇排水管道原位固化修复用 紫外光固化设备

1 范围

本文件规定了城镇排水管道原位固化修复用紫外光固化设备（以下简称“紫外光固化设备”）的术语、定义和缩略语、分类和标记、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存、质量证明。

本文件适用于管径为DN100~DN2000的紫外光原位固化修复用软管的固化设备。

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 191 包装储运图示标志
- GB/T 1236 工业通风机 用标准风道性能试验
- GB/T 1413 系列 1 集装箱 分类、尺寸和额定质量
- GB 1589 汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值
- 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 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 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动(正弦)
- GB/T 2820.6 往复式内燃机驱动的交流发电机组 第6部分：试验方法
- GB/T 2820.10 往复式内燃机驱动的交流发电机组 第10部分：噪声的测量(包面法)
- GB 2894 安全标志及其使用导则
- GB/T 2951.11 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第11部分：通用试验方法-厚度和外形尺寸测量-机械性能试验
- GB/T 2951.31 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第31部分：聚氯乙烯混合料专用试验方法-高温压力试验-抗开裂试验
- GB/T 3098.1 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱
- GB/T 4208 外壳防护等级(IP代码)
- GB 4793.1 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分：通用要求
- GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件
- GB/T 5338 系列1集装箱 技术要求和试验方法 第1部分：通用集装箱
- GB/T 6388 运输包装收发货标志
- GB 7251.1 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则
- GB/T 7401 彩色电视图像质量主观评价方法
- GB/T 9286 色漆和清漆 划格试验
- GB/T 9330 塑料绝缘控制电缆
- GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准
- GB/T 12706.1 额定电压1kV(Um=1.2kV)到35kV(Um=40.5kV)挤包绝缘电力电缆及附件第1部分：额定电压1kV(Um=1.2kV)和3kV(Um=3.6kV)电缆
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 15706 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小
- GB/T 16697-2017 单传感器应用电视摄像机通用技术要求及测量方法

GB/T 16855.1 机械安全 安全控制系统 第1部分：设计通则
GB/T 18380.33 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第33部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 A类
GB/T 24342-2009 工业机械电气设备 保护接地电路连续性试验规范
GB 36886 非道路柴油移动机械排气烟度限值及测量方法
GB/T 38120 蓝光防护膜的光健康与光安全应用技术要求

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语、定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

紫外光固化设备 Ultraviolet light curing equipment

对紫外光原位固化修复用软管进行充气、固化，且具有动力、搭载等功能的各单元集成系统。一般由固化机、风机、发电机、搭载装置等单元构成。

3.1.2

固化机 curing machine

对紫外光原位固化软管进行固化的设备。一般由发光部件、灯架、摄像单元、综合电缆、电缆卷盘装置、控制装置、扎头及配（辅）件等构成。

3.1.3

UV 灯管 UV lamp

一种能发出特定波长紫外线光、充有高压金属卤化物的发光部件。

3.1.4

UV LED 灯 UV LED light

一种能发出特定波长紫外线光、由LED灯珠构成的发光部件。

3.1.5

灯架 lamp holder

一种能适应不同管径、具有测量管壁与管内温度、搭载摄像单元及UV灯管或UV LED灯的固化机部件。可通过更换灯架的灯腿或调整灯腿张开幅度等方式，适应不同规格的管径。

3.1.6

综合电缆 composite cable

一种用于在控制装置与灯架间传输信号、供电且承担卷盘装置牵引灯架功能的多芯电缆。

3.1.7

卷盘装置 coiling device

一种用于自动盘卷综合电缆且能自动或手动牵引灯架运动的固化机部件。

3.1.8

扎头 packer

一种用于在软管充气过程中密封软管两端，且具有灯架快速进出、综合电缆能自由进出与移动、连接外部供气气管、测量管内气压等功能的快速拆装装置。

3.1.9

搭载装置 carrier device

用于集成固化机、风机、发电机等，实现一体化操控固化作业的箱体或专用车辆。

3.2 缩略词

下列所列缩略语适用于本文件。

UV 紫外光(ultraviolet)

UV LED 紫外线发光二极管(Ultraviolet Light Emitting Diode)

UV-CIPP 紫外光原位固化法(Ultraviolet-Cured in-Place Pipe)

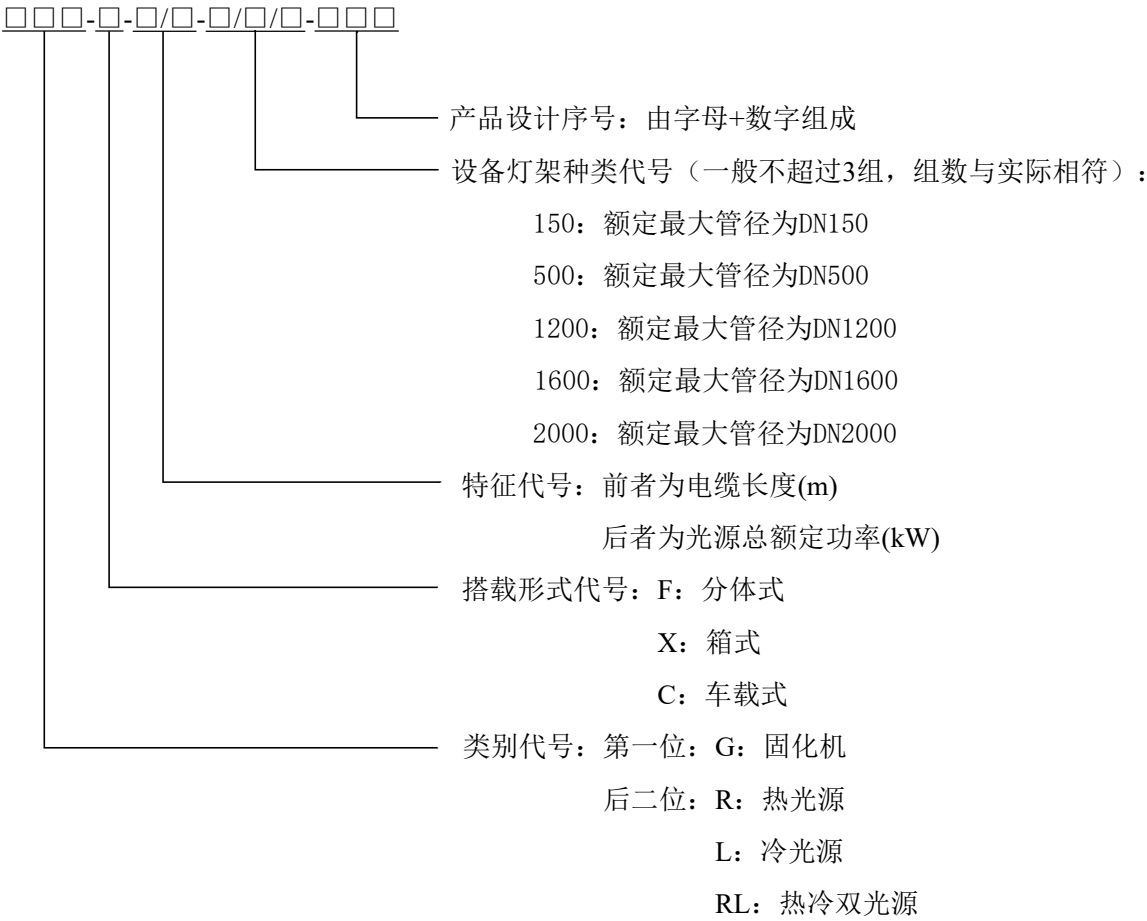
4 分类和标记

4.1 分类

- 4.1.1 紫外光固化设备可按光源、搭载装置、灯架类型及修复最大管径等进行分类。
- 4.1.2 紫外光固化设备按光源可分为：UV 灯管固化设备、UV LED 灯固化设备、组合光源设备。
- 4.1.3 紫外光固化设备按搭载装置可分为：分体式固化设备、箱式固化设备、车载式固化设备。
- 4.1.4 紫外光固化设备按灯架类型和修复最大管径可分为：150 设备、500 设备、1200 设备、1600 设备、2000 设备；其灯架及修复管径范围宜符合下列要求：
- 1) 150 设备，由 100 型灯架、150 型灯架组合而成，修复管径范围为 DN100~DN150；
 - 2) 500 设备，由系列灯腿、500 型灯架组合而成，修复管径范围为 DN200~DN500；
 - 3) 1200 设备，由系列灯腿、500 型灯架、1200 型灯架组合而成，灯架配置可选用，修复管径范围为 DN200~DN1200；
 - 4) 1600 设备，由系列灯腿、500 型灯架、1200 型灯架、1600 型灯架组合而成，灯架配置可选用，修复管径范围为 DN200~DN1600；
 - 5) 2000 设备，由 1600 型灯架、2000 型灯架组合而成，灯架配置可选用，修复管径范围为 DN1600~DN2000。

4.2 标记

紫外光固化设备的标记方法如下：



- 示例 1：
热光源固化设备（车载式）的产品标记为：GR-C-200/12-500/1200/1600-JD1。该设备电缆长度为200m，光源总额定功率为12kW，配置500型、1200型及1600型灯架，设计序号为经典第1次。
- 示例 2：

热光源固化设备(箱式)的产品标记为: GR-X-160/8-500/1200-JD2。该设备电缆长度为160m, 光源总额定功率为8kW, 配置500型及1200型灯架, 设计序号为经典第2次。

示例 3:

冷光源固化设备(分体式)的产品标记为: GL-F-100/1.4-500-LL1。该设备综合电缆长度为100m, 光源总额定功率为1.4kW, 配置500型灯架,设计序号为蓝龙第1次。

示例 4:

热冷双光源固化设备(分体式)的产品标记为: GRL-F-100/1.4-500-ZJ3。该设备综合电缆长度为100m, 光源总额定功率为1.4kW, 配置500型灯架,设计序号为紫舰第3次。

5 技术要求

5.1 一般要求

紫外光固化设备应满足下列要求:

- a) 安全性应符合 GB 4793.1 的规定;
- b) 机械设计应符合 GB/T 15706 的规定;
- c) 电气设计应符合 GB/T 16855.1 的规定;
- d) 对管径 DN800 及以上的场景, 所配风机宜采用双风机配置;
- e) 适用于电磁强度不超过 150 G 的磁场环境;
- f) 适用于海拔高度 1000 m 以下的环境。

5.2 整机性能

5.2.1 整机外观

紫外光固化设备整机外观应符合下列要求:

- a) 设备箱体表面应平整光洁, 不应有磕碰、划伤、变形等机械损伤; 金属边缘及开孔处应倒圆或倒角, 且不应有毛刺、飞边; 表面处理应符合设计要求;
- b) 箱体采用保护涂层或进行防腐处理时, 涂层应均匀连续, 不应有起泡、龟裂、脱落及明显磨损现象; 金属零部件表面不应有锈蚀、裂纹、变形等缺陷; 防腐层附着强度应符合 GB/T 9286 的规定;
- c) 连接件应安装牢固, 紧固件应采取防松措施, 如使用防松螺母、弹簧垫圈等。设备启动和运行过程中, 不应有异常声响, 各运动部件应能按设计要求平稳动作, 且不应有卡滞现象;
- d) 内部电气件布局应合理, 导线应排列整齐, 并用线槽或扎带固定, 固定间距不应大于 300 mm; 导线线号应采用双色或单色醒目标识, 标识应清晰、耐磨, 且应符合 GB 7251.1 的布线规定;
- e) 灯架表面应无残留树脂、油污、灰尘等杂物, 反射面应无明显划痕或氧化层;
- f) 综合电缆外护套表面应光滑平整, 不应有鼓包、凹坑、破损或老化现象, 护套厚度偏差应控制在 ± 0.2 mm 范围内;
- g) 按钮开关应操作灵活, 动作应无卡滞, 标识清晰可见;
- h) 固化机搭载装置表面应设置清晰且持久的安全警示标识, 标识的样式与尺寸应符合 GB 2894 的规定, 安全色应符合 GB/T 38120 的规定。

5.2.2 整机环境适应性

紫外光固化设备应能在下列气候环境条件下正常工作:

- a) 环境温度: $-15^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$;
- b) 相对湿度: 温度为 25°C 时, 相对湿度不超过 85%;
- c) 规定部件应满足: 经 GB/T 2423.10 规定的振动试验后, 外观及结构应无损坏, 且功能检查结果需满足设计要求。

5.2.3 整机安全性

整机安全性应符合下列要求:

- a) 设备绝缘性能应符合 GB/T 5226.1 的相关规定, 应配置接地装置, 接地装置应符合 GB/T 24342-2009 中 6.1 和 6.2 的要求;

- b) 设备结构应稳固，连接件应无松动；
- c) 搭载装置内的风管及烟囱管应设置安全防护，外露部分应设置隔热防护；
- d) 机械传动部件及安全用电部位应设置警示标志；
- e) 设备的紧急停机和紧急排气装置应可靠有效。

5.2.4 整机环保性

整机环保性应符合下列要求：

- a) 设备噪声排放应符合 GB 12523 的规定；
- b) 尾气排放应符合 GB 36886 的规定。

5.3 关键部件性能

5.3.1 发光部件

用于紫外光固化的发光部件应符合下列规定：

- a) 固化机发光部件的应用环境应满足：环境应干燥，不得有水侵入；
- b) 发光部件在工作过程中，应避免明显震动和碰撞；
- c) 发光部件包括含镓、汞的 UV 灯管及 UV LED 灯；
- d) 含镓、汞的 UV 灯管的紫外灯波长范围为 350 nm~450 nm，主峰值波长宜为 420 nm；
- e) UV LED 灯波长范围为 365 nm~405 nm，主峰值波长宜为 395 nm 或 405 nm，光谱半宽 ≤ 20 nm；
- f) UV 灯管的功能性参数宜符合表 1 的规定；

表 1 UV 灯管功能性参数

功率 (W)	灯电压 (V)	灯电流 (A)	安装形式（以下之一）
400/600	130 $\pm$ 5	3.0~4.7	插拔式、螺纹式、两端固定式
1000	140 $\pm$ 5	7.2 $\pm$ 0.5	插拔式、螺纹式、两端固定式
1500	150 $\pm$ 5	10 $\pm$ 0.5	插拔式、螺纹式、两端固定式
2000	160 $\pm$ 5	12.5 $\pm$ 0.5	插拔式、螺纹式、两端固定式

- g) UV 灯管使用参数宜符合表 2 的规定；

表 2 UV 灯管使用参数

功率 (W)	开灯间隔 (s)	UV灯管距离内衬管壁距离范围 (mm)	辐照强度 (mW/mm ²)
400/600	30	300~400	≥ 58
1000	30	300~400	≥ 75
1500	30	300~400	≥ 85
2000	30	300~400	≥ 75

- h) UV LED 灯的功能性参数宜符合表 3 的规定；

表 3 UV LED 灯功能性参数

单条灯板UV LED灯珠数量（颗）	最大电压（V）	最大电流（A）	最大功率（W）	安装形式
4	30	2	60	灯珠焊接在灯板上，螺丝固定灯板，灯板端子焊接供电线缆
6	45	2	90	
8	60	2	120	
12	90	2	180	

- i) UV 灯管在额定工作条件下的正常使用寿命应不小于 500 h；UV LED 灯在额定驱动电流及散热条件下的正常使用寿命应不小于 3000 h；
- j) UV 灯管的重启间隔宜控制在 5 min~10 min。

5.3.2 灯架

灯架应符合下列要求：

- a) 灯架主体结构应采用铝合金或不锈钢，结构宜满足表 4、表 5 要求；

表 4 热光源设备灯架结构

灯架类型	固化管理范围	适应管径调节方式	灯架组成节数及单节长度
150型	DN100~DN150	更换不同规格灯腿	单节或多节，单节长度不大于 2m
500型	DN150~DN500	更换不同规格灯腿	单节或多节，单节长度不大于 2m
1200型	DN600~DN1200	限位开关或编码器控制	单节或多节，单节长度不大于 1.1m
1600型或2000型	DN900~DN2000	限位开关或编码器控制	单节或多节，单节长度不大于 1.6m

表 5 冷光源设备灯架结构

灯架类型	固化管理范围	适应管径调节方式	灯架组成节数及单节长度
500 型	DN150~DN500	更换不同规格灯腿	单节或多节，单节长度不大于 0.7m
1600 型	DN600~DN1500	限位开关或编码器控制	单节或多节，单节长度不大于 1.0m

- b) 灯架主要参数宜符合表 6、表 7 要求；

表 6 热光源设备灯架主要参数

灯架类型	单节重量（kg）	收缩状态下的最小尺寸（mm）	搭载摄像头数量（个）	配置UV灯管数量及单支灯管功率（个×w）
150型	≤8±1	≤78±5	1或2	4/6×400/600
500型	≤10±1	≤90±5	1或2	4/6×400/600

表6 热光源设备灯架主要参数（续）

灯架类型	单节重量 (kg)	收缩状态下的最小尺寸 (mm)	搭载摄像头数量 (个)	配置UV灯管数量及单支灯管功率 (个×w)
1200型	≤20±1	≤450±5	1或2	4/6×1000
1600或2000型	≤49±1	≤580±5	2	4/6×1500

表7 冷光源设备灯架主要参数

灯架类型	单节重量 (kg)	收缩状态极小尺寸 (mm)	摄像头数量 (个)	配置UV LED灯组数及最大功率 (组×w)
500型	≤9±1	≤150±1	1或2	8×180/(6×360)
1600型	≤35±1	≤465±1	2	2×1080/(2×600)

- c) 灯架开合度的允许偏差应为设定值的±5 mm；
- d) 灯架应设置多个温度传感器，用于检测固化中及已固化的内衬管壁温度、待固化软管内壁温度和内衬管内空气温度；各检测点的测量误差应不超过±5℃；
- e) 灯架的机械连接应符合 GB/T 15706 的强度要求；
- f) 灯架的电路安全应符合 GB/T 16855.1 的规定；
- g) 灯架应设置便于拆装的摄像单元安装接口。

5.3.3 摄像单元

摄像单元应符合下列要求：

- a) 摄像头单元应由机芯、控制电路板及铝合金外壳等组成，且应安装牢固；
- b) 工作温度范围应为-20℃～+100℃，存储温度范围应为 - 40℃～+100℃；
- c) 防水等级应达到 IP67；
- d) 内置高清机芯，图像分辨率应不小于 2 MP；
- e) 图像质量评价应采用五级损伤制，各项评分应不低于 4 分；
- f) 摄像单元的视频存储格式应至少支持 MPEG、AVI、MP4、WMV、H. 265 中的一种；图片存储格式应支持 BMP、JPEG 中的一种；
- g) 摄像单元配套存储介质的容量应不小于 128 GB。

5.3.4 综合电缆

综合电缆应符合下列要求：

- a) 电缆的长度、线径设计应考虑固化机功能及施工需要，并应兼顾卷盘的排线结构；
- b) 最大适用管径不大于 DN500 的设备，综合电缆长度不小于 80 m；最大适用管径大于 DN500 的设备，综合电缆长度不小于 150 m；
- c) 长度测量误差应控制在±0.5%以内（相对实际长度）；
- d) 在常温（23℃±2℃）条件下，电缆直径的允许偏差应为±0.3 mm；
- e) 综合电缆的额定抗拉力应符合表 8 规定，且在使用寿命内不应变形、不应断裂；

表8 综合电缆额定抗拉力

综合电缆直径 (mm)	拉断力 (N)
<18	≥5000
≥18, 且<24	≥8000
≥24	≥10000

- f) 电缆的所有绝缘层应在 $150^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 环境下, 按 GB/T 2951.31 进行 7×24 h 老化测试, 测试结果应满足: 线性收缩率 $\leq 2\%$, 并无变形或粘连现象;
- g) 综合电缆的制造应符合下列规定:
- 1) 电力电缆部分应符合 GB/T 12706.1 的规定;
 - 2) 控制电缆部分应符合 GB/T 9330 的规定;
 - 3) 阻燃性能应符合 GB/T 18380.33 的规定;
- h) 综合电缆航空插头的防水等级应达到 IP67。

5.3.5 卷盘装置

卷盘装置应符合下列要求:

- a) 卷盘的主要部件应采用铝合金或不锈钢制造;
- b) 卷盘应具有可靠的自动排线、换向及防松功能, 电缆排线应整齐且松紧适宜;
- c) 卷盘的收卷性能应满足设计的综合电缆线径及长度布设要求;
- d) 线缆连续工作 4h 的温度应不超过其额定承受温度, 超出时应配备降温设施;
- e) 卷盘牵引灯架的行走速度应控制在 $0.1 \text{ m/min} \sim 5 \text{ m/min}$ 范围内。

5.3.6 扎头

扎头应符合下列要求:

- a) 扎头应采用铝合金或不锈钢制造;
- b) 扎头的结构型式宜符合表 9 的规定;

表 9 扎头的结构型式

管径	结构型式
$\geq \text{DN}100, \leq \text{DN}600$	整体
$< \text{DN}600, \leq \text{DN}1200$	二等分
$> \text{DN}1200, \leq \text{DN}2000$	三等分

- c) 扎头最大外圆尺寸的公差应为 $\pm 0.5 \text{ mm}$;
- d) 除过线孔按设计允许微量漏气外, 扎头端盖周边应实现气密性密封, 扎头与软管的接触处结构应便于绑扎操作, 且绑扎后应无气体泄漏。

5.3.7 压力表与压力传感器

设备充气时, 测试压力表与传感器的软管内压力示值的绝对误差应不超过 1 kPa 。

5.3.8 风机

风机应符合下列要求:

- a) 风机功率的确定宜符合表 10 的规定;

表 10 风机功率选型依据

序号	固化管径 (mm)	额定功率 (kW)	光源类型
1	DN100~DN1200	≥ 15	UV灯管
2	DN1200~DN1600	≥ 18.5	
3	DN1600~DN2000	≥ 22	
4	DN100~DN500	≥ 7.5	UV LED灯
5	DN600~DN1200	≥ 15	
6	DN1200~DN1600	≥ 18.5	
7	DN1600~DN2000	≥ 18.5	

b) 风机压力宜符合表 11 的规定。当管径满足以下条件时，压力应符合相应要求：

- 1) 管径 $>DN1000$ 时，压力应为 20 kPa~25 kPa；
- 2) $DN300<管径\leq DN1000$ 时，压力应为 30 kPa~55 kPa；
- 3) $DN100\leq管径\leq DN300$ 时，压力应为 55 kPa~75 kPa。

表 11 风机压力规定

序号	风机额定功率(kW)	风机压力(kPa)	备注
1	7.5	≥ 55	
2	11	≥ 80	宜双风机
3	15	≥ 90	
4	18.5	≥ 110	

5.3.9 发电机

发电机功率的确定宜符合表12的规定。

表 12 发电机功率选型依据

序号	固化管径 (mm)	额定功率 (kW)	光源类型
1	DN100~DN1200	≥ 30	UV灯管
2	DN1200~DN1600	≥ 40	
3	DN1600~DN2000	≥ 50	
4	DN100~DN500	≥ 16	UV LED灯
5	DN600~DN1200	≥ 25	
6	DN1300~DN1600	≥ 30	

表 13 发电机功率选型依据（续表）

序号	固化管径（mm）	额定功率（kW）	光源类型
7	DN1600~DN2000	≥30	

5.3.10 搭载装置

搭载装置的技术要求宜符合下列要求：

- a) 箱式搭载装置应符合 GB/T 1413 对尺寸与额定载荷的要求；
- b) 车载式搭载装置应符合 GB 1589 中关于外廓尺寸及质量限值的标准，具体要求为：
 - 1) 外廓宽度应≤2.55 m；
 - 2) 外廓高度应≤4 m；
 - 3) 单轴轴荷应≤13000 kg。

6 试验方法

6.1 整机性能检验

6.1.1 外观检验

外观检验采用目视方式；光线不足处应采用辅助光线照射。

6.1.2 环境适应性试验

6.1.2.1 低温试验

以规定部件的低温试验代替整机低温试验。规定部件的低温试验应符合GB/T 2423.1-2008中5.3的规定，测试条件为：温度-15℃，持续时间16 h；试验后应检查功能是否正常。规定部件及测试内容应符合表13的要求。

表 14 部件及低温测试项目与要求

测试名称	测试内容	判定标准
灯架	开合动作、部件灵敏度	驱动电机电流≤0.5 A，开合值反馈误差≤5 mm
摄像头单元	功能动作、水平/垂直旋转	旋转无卡滞，图像传输无延迟
显示屏	功能操作、成像清晰度	触控响应时间≤200 ms，图像无失真

6.1.2.2 恒定湿热试验

恒定湿热试验应符合GB/T 2423.3的规定，测试条件为：温度(40±2)℃、相对湿度(85±3)%、持续时间12h；试验后应检查功能是否正常。

6.1.2.3 振动环境适应性

以规定部件的振动试验代替整机振动试验。规定部件的振动试验应符合GB/T 2423.10的规定。试验开始前对受试样品进行外观、结构和功能的检查。受试样品应按使用或运输安装姿态固定在振动台面上。受试样品在不工作状态下，按表14规定的试验条件，分别对三个互相垂直轴线方向进行振动。试验结束后应进行外观、结构和功能的检查。

表 15 部件振动适应性测试项目及参数

规定部件	振动试验项目	参数值
灯架、摄像单元、显示屏	频率范围	5~55 Hz(扫频振动)
	位移幅值	0.35 mm(55 Hz时)
	扫频速率	≤1 oct/min
	扫频方向	X、Y、Z三个正交轴线方向
	扫频循环数	2次（单次循环5→55→5 Hz）

6.1.3 安全性能试验

安全性能试验应按GB 4793.1的规定执行。

6.1.4 环保性试验

紫外光固化设备的环保性应符合下列要求：

- 设备噪声试验应按 GB 12523 的规定执行；
- 涉及尾气排放的试验应按 GB 36886 的规定执行。

6.2 关键部件性能试验

6.2.1 发光部件测试应符合下列要求：

6.2.1.1 UV 灯管测试：

UV灯管测试应符合下列要求：

- 应采用光谱仪测试 UV 灯管的波长及主波峰值；
- 应采用万用表测量 UV 灯管在工作状态下的电压和电流值；
- 应采用卷尺测量 UV 灯管在工作状态下与管壁的距离；
- 应采用秒表测量 UV 灯管的开启时间；
- 应采用 UV 能量计测试 UV 灯管在工作状态下的辐照强度；若逐个测试单支 UV 灯管，其测试方法应符合表 15 及附录 A 的规定；

表 16 不同功率 UV 灯管的测试距离与测试时长规范

UV灯管功率 (W)	测试距离 (mm)	测试时长 (s)
400/600	200	120
1000	225	120
1500	225	120
2000	485	120

- UV 灯管累计使用 100 h 后，每间隔 50 h 应进行一次强度检测；当检测值低于出厂数据的 50% 时，应立即更换。

6.2.1.2 UV LED 灯测试：

UV LED灯测试应符合下列要求：

- a) 应采用光谱仪测试 UV LED 灯的波长及主波峰值；
- b) 应采用万用表测量 UV LED 灯在工作状态下的电压和电流值；
- c) 应采用卷尺测量 UV LED 灯在工作状态下与管壁的距离；
- d) 应采用秒表测量 UV LED 灯的开启时间；
- e) 应采用 UV 能量计测试 UV LED 灯在工作状态下的辐照强度；若逐个测试单个 UV LED 灯，其测试方法应符合表 16 及附录 B 的规定；

表 17 不同功率 UV LED 灯测试距离及时长参数表

UV LED灯功率 (W)	测试距离 (mm)	测量时长 (s)
5	100	2
9	115	2
15	125	2

- f) UV LED 灯累计使用 200 h 后，每间隔 50 h 应进行一次能量检测；当检测值低于出厂数据的 50%时，应立即更换。

6.2.2 灯架测试：

灯架测试应符合下列要求：

- a) 应通过目视确认灯架主体结构、摄像头单元数量及灯管配置；
- b) 应采用电子秤称量灯架重量，采用卷尺测量关键尺寸；
- c) 应通过目视评估开合度误差及功能完整性，采用红外温度计测试温度偏差；
- d) 机械连接强度测试应符合 GB/T 3098.1 的要求；电路安全性能测试应符合 GB 7251.1 的要求。

6.2.3 摄像单元测试：

摄像单元测试应符合下列要求：

- a) 应通过目视检查摄像单元主体结构及安装质量；
- b) 耐高温测试应符合 GB/T 2423.2-2008 中 5.3 的规定, 测试条件为：100℃，8 h；
- c) 防水等级测试应符合 GB/T 4208 的要求；
- d) 图像分辨率测试应符合 GB/T 16697-2017 中第 8 章的规定；
- e) 图像质量评估应按 GB/T 7401 中五级损伤制的规定执行；
- f) 应通过计算机查看设备存储文件格式；
- g) 应通过计算机查看设备存储介质容量。

6.2.4 综合电缆测试：

综合电缆测试应符合下列要求：

- a) 应采用钢卷尺测量综合电缆长度，精度为±0.5%，测量结果应符合本文件 5.3.4 要求；
- b) 应采用游标卡尺测量综合电缆外径，精度为±0.3 mm，测量结果应符合本文件 5.3.4 要求；
- c) 对比测量值与设计值，计算长度偏差率，偏差率应≤±0.5%；长度偏差判定规则按本文件 5.3.4 的规定执行；
- d) 耐高温老化试验应符合 GB/T 2423.2-2008 中 5.3 的规定, 试验条件为：温度（150±2）℃，持续时间 16h；
- e) 电缆额定抗拉力测试应按 GB/T 2951.11-2021 第 9 章拉伸试验方法执行，其断裂拉力应≥500 N；
- f) 护套使用寿命加速老化试验应按 GB/T 2951.31-2021 第 8 章方法执行，老化后拉伸强度和断裂伸长率的保持系数应≥0.8；
- g) 航空插头防水等级测试应按 GB/T 4208 中 IP67 等级的要求执行。

6.2.5 卷盘装置测试：

卷盘装置测试应符合下列要求：

- a) 应通过目测确认卷盘主要部件结构完整，且该结构应符合本文件 5.3.4 的规定；
- b) 应通过目测检查自动卷盘过程中电缆的排线、自动换向的整齐度及松紧度；
- c) 应通过目测检查电缆全部拉出至全部收卷过程中的排线整齐度及松紧度；
- d) 应采用非接触式温度仪检测电缆连续工作 4 h 的温度，采用卷尺与秒表检测行走速度，检测结果应符合本文件 5.3.5 的规定。

6.2.6 扎头测试：

扎头测试应符合下列要求：

扎头绑扎于软管内部后充气时，扎头过线孔处的密封性、扎头端盖周边的密封性及扎头与软管接触处的结构应符合本文件 5.3.6 的规定。

6.2.7 压力表与压力传感器测试：

压力表与压力传感器测试应符合下列要求：

设备充气时，应直接观察压力表显示的软管内压力值与屏幕上显示的传感器检测的软管内压力值之间的误差，该误差应小于本文件 5.3.7 的规定值。

6.2.8 风机压力、风量测试：

风机压力、风量测试应符合下列要求：

- a) 应检查供应商合格报告；
- b) 当供应商无合格报告时，风机压力、风量测试应按 GB/T 1236 的规定执行。

6.2.9 发电机噪声、负荷测试：

发电机噪声、负荷测试应符合下列要求：

- a) 应检查供应商合格报告；
- b) 当供应商无合格报告时，发电机噪声试验应按 GB/T 2820.10 的规定执行，发电机负荷测试应按 GB/T 2820.6 的规定执行。

6.2.10 搭载装置测试：

搭载装置测试应按下列要求：

- a) 箱式搭载装置的外观及内部尺寸应采用最小刻度为 1 mm 的钢卷尺测量，其安全性与使用性能应符合 GB/T 1413 的要求，且角件性能应满足 GB/T 5338 的规定；
- b) 车载式搭载装置的外观及外廓尺寸应采用最小刻度为 1 mm 的钢卷尺测量，其安全性与使用性能应严格执行 GB 1589 中关于轴荷及质量限值的规定；
- c) 搭载装置尾气等其他性能，应检查供应商合格报告；当供应商无合格报告时，尾气检测应按国 VI 及以上排放的检测标准进行。

7 检验规则

7.1 出厂检验

7.1.1 每台紫外光固化设备出厂前，须经制造商质检部门进行出厂检验，检验项目、方法及判定标准应符合表 17 的规定。

7.1.2 对于已在供应商处完成的出厂检验项目，供应商应提供加盖公章的合格证明；经制造商复核确认后，该项目可替代重复检验。关键项目不得替代，必须由制造商复检。

7.1.3 所有项目合格的，判定为出厂合格；若有 1 项非致命缺陷不合格，允许更换部件后对该项目及关联项进行复检；若出现致命缺陷或同一项目连续 2 次复检不合格，则判定为不合格，不得出厂。复检记录需注明原因，并与初检记录一并存档。

7.2 检验项目

紫外光固化设备的出厂检验项目应按表17的规定进行。

表 18 检验项目

检验项目			出厂检验	判定依据	检验方式
整机性能	外观		●	5.2.1	6.1.1
	环境适应性	气候	○	5.2.2	6.1.2.1 6.1.2.2
		振动	○	5.2.2	6.1.2.3
	安全性		○	5.1、5.2.3	6.1.3
	环保性		○	5.2.4	6.1.4
关键部件性能	UV灯管与UV LED灯		●	5.3.1	6.2.1
	灯架		●	5.3.2	6.2.2
	摄像头单元		●	5.3.3	6.2.3
	综合电缆		○	5.3.4	6.2.4
	卷盘装置		●	5.3.5	6.2.5
关键部件性能	扎头		●	5.3.6	6.2.6
	压力表与压力传感器		●	5.3.7	6.2.7
	风机		●	5.3.8	6.2.8
	发电机		●	5.3.9	6.2.9
	搭载装置		●	5.3.10	6.2.10
注：●表示必测项目；○表示选测项目					

8 标志、包装、运输、贮存、质量证明

8.1 标志

8.1.1 设备铭牌应固定于紫外光固化设备明显且不易碰撞损坏的位置，其内容、格式及耐久性应符合 GB/T 13306 的规定。

8.1.2 铭牌应永久标识下列内容：

- 产品名称、型号规格；
- 核心技术参数（如固化管径范围、紫外光波长、额定功率）；
- 生产制造企业全称及注册商标；
- 生产日期及出厂编号。

8.1.3 紫外光固化设备应设置运行状态标志，明确标识“运行中”“待机”“故障”等状态。

8.1.4 紫外光固化设备上安全标志应符合 GB 2894 的规定：对带电部件，应设置“当心触电”标志；对机械运动部件，应设置“当心机械伤人”标志；对高温部件，应设置“当心烫伤”标志；在设备整体危险区域周边，应设置“注意安全”综合警示标志。

8.1.5 分体式固化设备的包装储运图示标志应符合 GB/T 191 的规定，该标志应粘贴于包装件的两侧面及顶面。

8.1.6 分体式固化设备的运输包装收发货标志应符合 GB/T 6388 的规定，该标志应清晰耐久，在运输过程中不易脱落。

8.2 包装

8.2.1 固化机在出厂前应进行整机清洁、干燥处理及传动部件防锈处理。

8.2.2 组装于搭载体内的紫外光固化设备部件，应采用螺栓固定、缓冲垫隔离等方式牢固定位，确保运输过程中无松动、碰撞或结构变形，以避免部件损坏。

8.2.3 设备零部件的包装、加固、防雨及防潮措施，应符合 GB/T 13384 的规定。

8.2.4 设备出厂时，包装内应附带下列文件：

- a) 装箱清单；
- b) 质量证明文件。

8.3 运输

在运输过程中，应采取加装缓冲垫、使用防雨密封包装、禁止与腐蚀性物质混装等防护措施，以确保搭载装置及外部件不受冲击挤压、雨淋受潮和化学品腐蚀。

8.4 贮存

8.4.1 设备应贮存在通风良好、清洁干燥的场所，且应远离热源及污染源；严禁与易燃易爆品、腐蚀性物质等有害物品混放。

8.4.2 设备内部及贮存环境中，不应存放易燃、易爆物及腐蚀性的化学物品；贮存场所应避免强烈机械震动、冲击及强磁场的干扰。

8.5 证明文件

产品出厂时，应随附产品质量证明，其内容至少应包括以下文件及信息：

- a) 固化机合格证。应明确标注制造商名称（或商标）、产品名称与规格型号、出厂日期、核心技术参数、检验员签字及检验专用章，并注明“经检验符合相关标准及设计要求”；
- b) 固化机技术文件。包括使用说明书、易损件列表、随机工具及备件清单。易损件列表中的紫外灯清单，应列明灯体上的编号；
- c) 配套部件证明文件。包括搭载装置、发电机、风机等配套部件的合格证及技术文件，技术文件应包括使用说明书、随机工具及备件清单。若配套部件无原厂证明文件，应在装箱单中注明部件名称、规格、替代来源及质检结果。

附 录 A
(规范性)
UV 灯管辐照强度测试方法

A. 1 试样

试样应由测试需求方提供，每组试样数量不应少于3个，且需满足一致性要求（如规格、生产批次相同）。

A. 2 试验环境

试样应在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的空气中静置不少于2 h，试验环境温度需保持 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。

A. 3 试验装置

A. 3. 1 试验装置应设计为封闭式结构，具体形式如图A. 1。

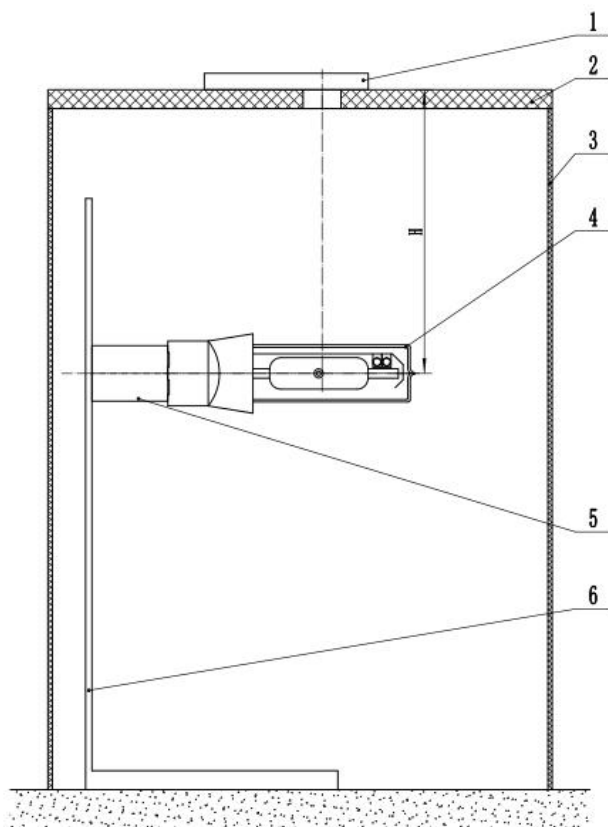


图 A. 1 UV 灯管辐照强度试验装置

标引序号说明：

- 1—UV能量计；
- 2—遮挡板；
- 3—挡光圆罩；
- 4—UV灯管；
- 5—UV灯管座；
- 6—支架。

A. 3. 2 UV灯管功率、测试距离与对应辐照强度的对照关系见表A. 1。

表 A.1 UV 灯管功率、测试距离与对应辐照强度的对照表

序号	UV灯管功率(W)	测试距离(mm)	辐照强度 (mW/cm ²)
1	400/600	200	≥58
2	1000	225	≥75
3	1500	225	≥85
4	2000	485	≥75

注：测试距离指UV灯管中心线至测试仪器探头或固化物体表面的垂直距离（单位：mm）。

A.4 试验步骤

A.4.1 试验装置应按照图A.1的结构及装配要求组装。

A.4.2 灯泡点亮10 min后，放置UV能量计进行测量，计时120 s后取走仪器，读取并记录测量数值。

附 录 B
(规范性)
UV LED 灯辐照强度测试方法

B.1 试样

试样应由测试需求方提供，每组试样数量不应少于3个，且需满足一致性要求（如规格、生产批次相同）。

B.2 试验环境

试样应在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的空气中静置不少于2 h，试验环境温度需保持 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。

B.3 试验装置

B.3.1 试验装置应设计为封闭式结构，具体形式如图B.1。

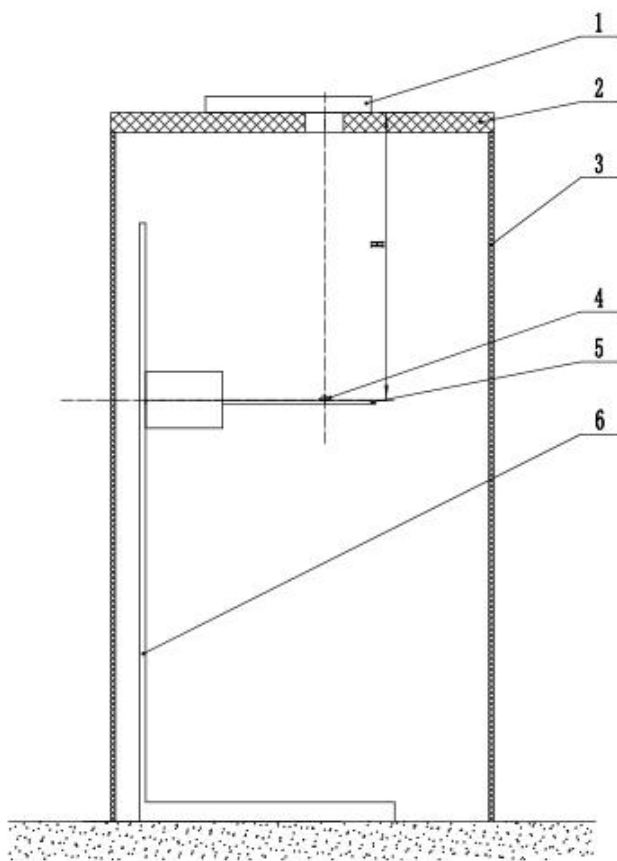


图 B.1 UV LED 灯辐照强度试验装置

标引序号说明：

- 1—UV 能量计；
- 2—遮挡板；
- 3—挡光圆罩；
- 4—UV LED 灯；
- 5—UV LED 灯电路板；
- 6—支架。

B.3.2 UV LED 灯功率、测试距离与对应辐照强度的对照关系见表B.1。

表 B.1 UV LED 灯功率、测试距离与对应辐照强度的对照表

序号	UV LED灯功率(W)	测试距离(mm)	辐照强度 (mW/cm ²)
1	5	100	≥55
2	9	115	≥50
3	15	125	≥40

注：测试距离指UV LED灯中心线至测试仪器探头或固化物体表面的垂直距离（单位：mm）。

B.4 试验步骤

B.4.1 试验装置应按照图B.1的结构及装配要求组装。

B.4.2 UV LED灯点亮10 min后，放置UV能量计进行测量，计时2 s后取走仪器，读取并记录测量数值。