

# 2026年 多光谱AI行业发展白皮书

2026年9月

## ■ 摘要

中国多光谱AI行业正从商业化验证迈向规模化放量。多光谱AI是一种跨波段感知与智能决策融合的体系化能力，以紫外、可见光、近红外、热红外等多波段光热感知为基础，通过信号配准、波段融合与AI模型解析，将温度、辐射、放电、燃烧及结构异常等物理状态转化为可量化数字特征，支撑状态评估、风险预警与决策支持。它是物理AI感知层的核心解析层之一，解决了传统机器视觉“看不全、辨不明、响应慢”的困境，实现了全天候、非接触、趋势性的物理世界精准洞察。

应用场景方面，泛安全领域已成为多光谱AI最早实现规模化落地的核心方向。典型场景包括：数据中心（关键设备温度监测、全局安全态势感知）、电力系统（输电/变电/配电侧巡检）、新能源汽车产业链（电池制造微米级缺陷检测）、公共安全与城市治理（森林防火等）以及工业制造、医疗等多元化垂直场景。

2025年中国多光谱AI市场规模约200亿元，2025—2030年复合增长率约31.8%。竞争格局方面，行业逐步形成涵盖底层光学器件、多光谱AI模组、智能终端及垂直大模型服务的多元化供给体系。少数企业具备“模组+终端+行业大模型”的全链路交付能力，中游集成与算法厂商正逐步构建“数据—模型—产品—场景”的闭环能力，行业竞争焦点由单一产品向综合场景理解与持续服务能力演进。

## ■ 未来多光谱AI技术和应用方向

未来技术发展方向呈现三大趋势：一是多模态融合感知与端云协同。在红外、紫外、可见光等多波段感知基础上，部分解决方案还可与雷达、声学等其他感知模态协同，通过多维信息互证提升复杂场景下的研判能力。二是产品小型化。通过SoC异构计算、超表面光学、晶圆级封装及模型轻量化，将多光谱感知能力嵌入手机、可穿戴设备、无人机等移动终端，拓展分布式部署场景。三是低成本化。依托量子点CMOS、非制冷红外、计算光谱成像等新技术，推动核心传感器成本持续优化，结合自动化标定、迁移学习与OTA迭代，加速技术从“高精尖”走向普惠化。

应用方向上，短期以泛安全高价值场景（数据中心、电力、新能源、应急）为爆发点，商业模式从产品集成、项目制交付、系统集成向平台化部署与持续性服务演进。企业竞争壁垒将从早期的场景实践与工程化能力，升级为“数据—模型—场景—服务”的综合能力。

## ■ 多光谱AI未来展望

未来，多光谱AI行业价值将沿  $V = P \times S \times n$  持续释放：其中， $P$ （光谱覆盖宽度）反映可覆盖和利用的光谱范围， $S$ （有效样本点数）反映可用于识别与分析的有效采样规模， $n$ （全网在线连接数）反映实际接入系统并保持在线的感知节点规模。多光谱AI将由此构建覆盖广域物理世界的智能监测与风险预警能力，推动安全治理从被动响应走向主动预防。该公式用于解释行业价值增长来源，不作为企业估值或市场规模的直接计算公式。

■ 目录

- ◆ 第一章——多光谱AI行业定义与范畴 08
  - 多光谱AI定义与定位 09
  - 多光谱AI技术原理 10
  - 多光谱AI与相关技术对比区分 11
  - 多光谱AI业务模式与客户价值 12
- ◆ 第二章——多光谱AI应用场景与价值 13
  - 数据中心 14
  - 电力系统 18
  - 新能源 22
  - 公共安全与城市治理 27
  - 其他应用领域简述 30
- ◆ 第三章——多光谱AI产业链结构 32
  - 产业链全景图 33
  - 商业模式分析 34
- ◆ 第四章——多光谱AI市场规模 35
  - 物理AI及感知智能行业概况 36
  - 多光谱AI市场规模及增长驱动因素 37

■ 目录

- ◆ 第五章——多光谱AI竞争格局 ----- 38
  - 中国多光谱AI行业厂商市场表现对比 ----- 40
- ◆ 第六章——多光谱AI产业发展趋势 ----- 41
  - 多光谱AI产业技术方向 ----- 42
  - 多光谱AI潜在应用领域与增长空间 ----- 45
- ◆ 第七章——多光谱AI市场展望 ----- 48
  - 未来展望，多光谱AI价值模型：  $V=P\times S\times n$  ----- 49

# 研究背景及行业定义总结

- 项目研究方法及步骤
- 多光谱AI行业定义总结与测算方法概览

# 项目研究方法及步骤

## 研究方法



- 沙利文拥有体系化的数据、信息、资料收集和整理归档体系，覆盖众多细分行业相关的需求，沙利文都可以精准匹配到对应的资源，并快速搜集所需要的信息和数据。
- 沙利文通过一手专家访谈、二手公开信息搜集并结合沙利文内部分析反复交叉验证并建立合理的数据模型，从而输出达到定性与定量指标均衡的专业观点。沙利文内部的QC体系会实时跟进每一次数据和观点的输出。

### 一手专家访谈

一手专家访谈是指与多位在多光谱AI产业链内从事相关工作的资深人士进行深度交流，以获取市场最新的信息。专家访谈主题涵盖市场发展现状、主流下游应用现状和趋势、以及产业链各环节的商业模式等。我们对专家背景进行了严格筛选，确保其具备扎实的行业知识与一线实践经验。本次项目中，参与访谈的专家既包括多光谱AI硬件与软件供应商、EPC/系统集成商，也覆盖了典型下游应用方（如数据中心运营商、新能源电池制造商、电力公司、应急管理部门等）。所有受访专家均在各自领域从业超过5年，深度参与多光谱AI相关产品的研发、部署、运维，能够从不不同角度提供真实、前沿的市场洞察。

### 二手公开信息搜集

二手信息搜集是指对公开渠道信息进行搜集、整合，包括上市企业招股书、上市企业年报、公司官方网站、公司官方公众号、第三方研究报告、公开新闻报道等。沙利文会对公开信息进行筛选、甄别，识别出有价值、高质量的二手信息资料，以丰富整体调研的内容维度。本次项目中，主要应用的二手信息主要来源于市场调研企业、天眼查、地方政府官网、企业年报、新闻信息等。

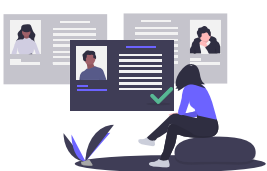
### 沙利文内部分析

沙利文内部分析是指对上述一手专家访谈及二手公开信息搜集获取的大量信息进行整合，并对信息内容及逻辑进行判断以及交叉验证。在确认信息真实、可靠的基础上，沙利文会进一步对相关企业的品牌进行深度分析，最终输出高质量的调研结果。

## 研究步骤

### 二手信息搜集：

沙利文通过系统性的二手信息搜集，全面获取行业宏观数据、政策法规、市场报告及学术文献等公开资料，初步构建行业全景认知。在此基础上，筛选出市场中的主要参与者，形成代表性企业名单，并对市场规模、增长驱动因素及竞争格局形成初步研判框架。



### 对比交叉分析验证结论：

沙利文将来自二手资料的数据、一手访谈的洞察以及沙利文自有数据库的历史数据进行严谨的交叉验证与多维度分析。通过定量与定性相结合的方法，对行业规模、增速、细分市场结构、竞争格局及未来趋势等核心结论进行反复校验与校准，最终确保白皮书研究成果的客观性、准确性与前瞻性。

### 第一步



### 第二步

#### 一手专家访谈：

沙利文对产业链各环节的资深专家、行业分析师及代表性企业高管进行深度访谈。访谈内容不仅涵盖各企业的市场定位、商业模式与竞争态势，更重点探讨行业整体规模、关键增长点、技术发展趋势、消费者行为变迁以及未来挑战与机遇，以获取对行业动态的深入洞察与定性判断。



### 第三步

## 多光谱AI的行业定义

### 行业定义与定位、相关企业类型定义及下游应用范围

多光谱AI是物理AI感知层中以多波段光学感知与AI解析为核心的技术路径，定位于感知智能体系中的重要光学感知环节。通过紫外、可见、红外等多波段获取光学与热辐射信息，并利用AI进行融合识别，拓展单一可见光感知的信息维度。

**行业定义：**多光谱AI是以紫外、可见光、近红外、热红外等多波段光热感知为基础，通过信号配准、波段融合与AI模型解析，将温度、辐射、放电、燃烧及表面/结构异常等物理状态转化为可量化数字特征，支撑状态评估、异常识别与决策支持的技术能力。

**多光谱AI公司：**多光谱AI公司是指以多光谱感知与AI融合为核心技术底座，聚焦物理世界智能化改造中的多光谱感知与智能解析环节，搭建多光谱AI模型与真实场景之间的桥梁，面向垂直行业提供端到端解决方案的企业。这类公司的典型特征包括：

- ① 具备多波段传感器融合与产品集成能力；
- ② 拥有垂直领域AI模型开发与迭代能力；
- ③ 能够实现从数据采集、跨波段融合解析到风险预警与决策支持的闭环落地。

**下游应用范围：**应用领域覆盖多个高价值垂直场景，重点包括数据中心（电气火灾预警、关键设备温度监测、全局安全态势感知）、新能源汽车产业链（电池制造微米级缺陷检测、充电桩过热预警等）、电力系统（输电侧、变电侧、配电侧）、应急管理（森林防火、城市安全、边防/海洋态势感知），以及工业制造、医疗等多元化垂直场景。

### 市场规模测算及验证方法

#### 整体测算方法论（自下而上与自上而下相结合，且含交叉验证）

- 本报告采用复合测算模型。宏观层面结合全球及中国的产业政策、新基建投资规模与智能化转型趋势，设定行业增长边界；微观层面聚焦数据中心、电力系统、新能源及应急等高价值场景，基于行业实际落地体量进行自下而上的区间估算。最终结合产业链上下游的深度调研进行交叉验证与动态校准，确保测算结果的合理性与严谨性。

#### 中国市场测算展开

- 核心场景与产业链调研锁定：围绕多光谱AI的落地实况，对上游核心器件、中游系统集成与智能决策、以及下游千行百业的落地需求进行综合摸排，锁定产生实际采购的核心场景。
- 专家校准与市场区间认定：综合解决方案成本结构、数据积累、模型迭代、部署节奏与行业落地条件，结合沙利文行业专家库深度访谈，对市场规模进行区间认定与动态微调，不局限于单一设备或客单价折算。

#### 全球市场测算延展

- 全球市场以中国市场，外加北美、欧洲、东南亚等主要区域独立测算后汇总，结合核心地域的电网改造进度、数据中心建设热潮及新能源渗透率，评估多光谱AI技术在全球各区域的拓展节奏与滞后周期，进而推演全球整体市场规模。

## CHAPTER 1

# 多光谱AI行业定义与范畴

- ❑ 多光谱AI定义与定位
- ❑ 多光谱AI技术原理
- ❑ 多光谱AI与相关技术对比区分
- ❑ 多光谱AI业务模式与客户价值

# 01

# 多光谱AI的定义与定位

**多光谱AI行业定义**

多光谱AI是以紫外、可见光、近红外、热红外等多波段光热感知为基础，通过信号配准、波段融合与AI模型解析，将温度、辐射、放电、燃烧及表面/结构异常等物理状态转化为可量化数字特征，支撑状态评估、风险预警与决策支持的技术能力。



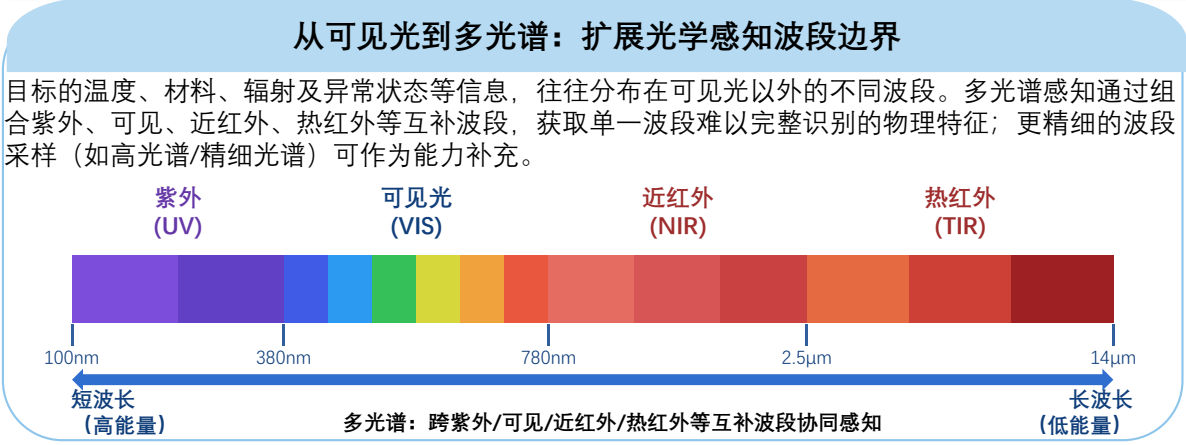
注：多光谱AI是物理AI感知层中光学感知路径的核心实现之一，非物理AI感知层全部。热/声/电/力等感知方式用于补全光学盲区或协同理解物理信号。输出主要为预警、诊断、评估与处置建议/联动信号；实际响应与处置由业务系统、人员或受控执行单元完成。

来源：公开信息整理，专家访谈，弗若斯特沙利文

多光谱AI技术原理

**多光谱AI技术原理**

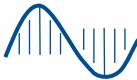
多光谱AI通过不同光谱通道获取同一目标或环境的差异化信息，在完成通道间的标定与配准后，对具有互补性的光谱信息进行融合，并借助AI模型实现目标识别、状态分析与异常研判。AI并非简单叠加多幅图像，而是从不同光谱信息的关联关系中提取有效特征，将原始感知数据转化为可供业务判断的信息。



## 多光谱AI与相关技术的对比区分

在感知技术谱系中，传统机器视觉成本最低但受限于光照、几何外观、拍摄视角及物体遮挡；单波段红外/紫外虽可全天候工作却信息单一，且易受复杂环境干扰；高光谱信息丰富但数据量大、成本高昂、实时性差。多光谱AI恰处其中：在信息丰富度、经济性、稳定性与部署复杂度之间具有较好的综合平衡。

多光谱AI与相关技术的对比区分

| 对比维度          | 可见光机器视觉                                                                                                            | 单波段非可见光成像                                                                                              | 多光谱成像<br>(多光谱AI)                                                                                                   | 高光谱成像                                                                                                   |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 光谱通道/<br>感知范围 | <br>可见光<br>(1~3波段)                | <br>单个特<br>定波段        | <br>两个及以上具有<br>不同光谱响应的<br>波段/通道融合 | <br>数十至数百<br>连续波段    |
| 主要感知<br>信息    | <br>几何外形（形状、尺<br>寸、轮廓、颜色、纹<br>理等） | <br>单一物理量<br>(温度或者放电) | <br>组合物理属性                        | <br>化学结构反映<br>光谱物理特征 |
| 易用性           | ★★★★★                                                                                                              | ★★★★★                                                                                                  | ★★★★★                                                                                                              | ★★                                                                                                      |
| 信息承载<br>能力    | ★★                                                                                                                 | ★★★★                                                                                                   | ★★★★★                                                                                                              | ★★★★★★                                                                                                  |
| 经济性           | ★★★★★                                                                                                              | ★★★★★                                                                                                  | ★★★★★                                                                                                              | ★★                                                                                                      |
| 稳定性           | ★★★★                                                                                                               | ★★★★★                                                                                                  | ★★★★★                                                                                                              | ★★★★                                                                                                    |
| 综合<br>得分      | ★★★★★                                                                                                              | ★★★★★                                                                                                  | ★★★★★                                                                                                              | ★★★★                                                                                                    |

注：以上评价基于5分制，分数越高代表表现越优。

多光谱AI并非在单一性能指标上取代其他光学感知技术，而是在信息获取能力、工程易用性、经济性与稳定性之间形成更均衡的综合表现，适合需要多维感知且强调规模部署的应用场景。

注：以上对比基于公开技术资料与行业专家访谈，各维度评价为相对比较，具体方案选择需结合实际场景需求、预算约束与部署条件综合评估。

来源：公开信息整理，专家访谈，弗若斯特沙利文

# 多光谱AI的业务模式与客户价值

## 多光谱AI业务模式细分



### 未来形态

随着感知与AI技术逐步向空间与设备端下沉，多光谱AI的场景化方向可延伸至环境智能（Ambient Intelligence）形态，即将多光谱感知与AI解析能力嵌入基础设施、设备和运行环境中，以低打扰、持续在线的方式运行，实现对物理状态的长期跟踪与动态响应。在这一形态下，感知不再依赖人工携带或临时部署，而是成为环境的一部分，支撑更广泛、更持续的智能化运维与管理。

## 客户核心价值

- 看得更全：获取可见光之外的紫外、红外信息，发现肉眼与单传感器无法察觉的异常
  - 发现更早：在故障初期捕捉温度、放电、热场等征兆，提前预警
- 判断更准：多通道数据相互验证，减少误判与漏判
  - 决策更快：输出可直接使用的预警、诊断与处置建议，缩短研判时间
  - 部署更灵活：端侧/云侧按需选择，适配不同场景的算力与实时性要求
- 运维更省：早期预警与预测性维护，减少非计划停机与紧急维修
  - 管理更主动：从被动响应事故转向事前预警与持续状态跟踪
  - 投资更持久：系统可随场景数据持续优化，适应业务变化与扩展需求

## CHAPTER 2

# 多光谱AI应用场景与价值

- ❑ 数据中心
- ❑ 电力系统
- ❑ 新能源
- ❑ 公共安全与城市治理
- ❑ 其他应用领域简述

# 02

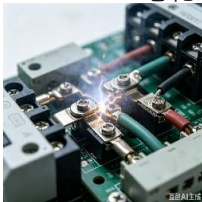
多光谱AI应用场景与价值：数据中心应用概览

基础设施全方位智能监测



柜内监测-电力设备健康监测

配电柜、UPS电池组等区域，探测由电气连接松动、绝缘老化等产生的不可见电火花或电弧，电池老化后产生的热失控和电解液泄漏



空间感知+移动巡检-机房安全全方位预警

服务器/机柜温度巡检，明火与烟雾识别、电火花、人员闯入等监测及警报



资产动态感知与位置核查

自动识别机柜U位占用情况，核对服务器资产标签，实现物理资产的数字化管理



当前产品

摄像头、手持式红外热成像仪、传统温感探测器、巡逻机器人等

多光谱AI产品

固定式多光谱AI监测装置

巡检机器人搭载

智能监测系统

来源：公开信息整理，专家访谈，弗若斯特沙利文

多光谱AI应用场景与价值：数据中心应用细节（1/3）

发展阶段

多光谱AI适用场景举例

当前产品

多光谱AI产品

基础设施智能巡检

核心场景规模化应用

柜内监测-电力设备健康监测

配电柜、UPS电池组等区域，探测由电气连接松动、绝缘老化等产生的不可见电火花或电弧，电池老化后产生的热失控和电解液泄漏

空间感知+移动巡检-机房安全全方位预警

服务器/机柜温度巡检，明火与烟雾识别、电火花、人员闯入等监测及警报

资产盘点与位置核查

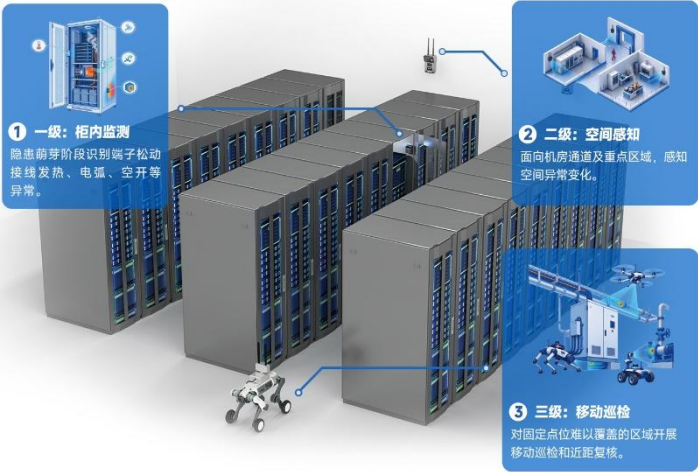
自动识别机柜U位占用情况，核对服务器资产标签，实现物理资产的数字化管理

- 固定式烟雾探测器，传统温度传感器
- 巡检机器人搭载普通摄像头 + 单红外传感器
- 人工巡检

- 固定式多光谱AI监测装置
- 巡检机器人搭载多光谱AI监测装置
- 提供7x24小时不间断监测与秒级报警

三级协同感知防线

通过柜内监测、空间感知和移动巡检三层协同，覆盖关键设备内部、机房公共空间及固定设备难以持续触达的区域，帮助识别电、热、火等早期风险信号。



多光谱AI产品优势对比

| 维度      | 识别及警报实时性          | 检测准确度                                | 成本效益                    |
|---------|-------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| 传统方案    | 差，难提前预警，易错过最佳灭火时机 | 受光线、噪音等因素干扰，会出现明显的识别偏差               | 高度依赖人工巡检，效率低，无法24小时覆盖   |
| 多光谱AI方案 | 可提前识别异常，秒级报警      | 红外 / 紫外 / 可见光多波段交叉验证，并结合行业数据AI分析精准判断 | 多方位全面实时覆盖，极大降低人工成本和事故损失 |

# 多光谱AI应用场景与价值：数据中心应用细节（2/3）

## 基础设施全方位智能监测

### 案例分享1 - 算力柜发热与负载异常识别

**项目类型：**某人工智能算力中心高功率GPU机柜集群

**具体痛点：**训练任务启停频繁，机柜功耗与出风温度随负载快速变化。传统固定阈值温度告警难以区分正常负载升温与局部散热/连接异常；阈值过低则满载误报频繁，过高则遗漏升温速率异常的早期局部问题；运维人员难凭单张热像图判断根因。

**部署方式：**在重点算力柜内部署多光谱AI感知模组，近距离采集服务器进风口、GPU托盘、电源模块及连接部位的红外与可见光信息，并接入BMC负载、功耗、风扇转速及冷通道温度。端侧模型持续识别局部热点与温升斜率，大模型按机柜、设备和任务周期完成数据对齐，以同负载设备、相邻机柜及历史运行曲线作为比较基线。

**识别内容：**区分正常负载升温与局部散热/连接异常，识别升温速率、局部热点及热区位置，排除光线/视角与负载波动干扰造成的误判。

**应用价值：**减少高负载场景无效告警，提前发现未达过温阈值但已异常的局部隐患；输出具体检查路径与可追溯热像/负载/风扇记录，提升算力中心运维效率与训练连续性，获得客户认可。



### 案例分享2 - 供配电隐患前置识别 + 人工巡检盲区

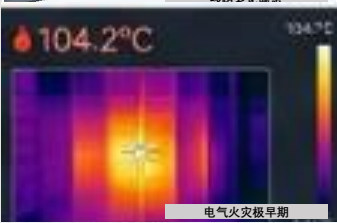
**项目类型：**某运营商地市BCD类机房

**具体痛点：**①传统烟感响应滞后；②已部署的热释离子极早期预警系统受机房灰尘干扰严重，预警准确率欠佳；③线路老化、施工维保中的人为失误（如遗留火种）等隐蔽风险难以通过传统手段发现，人工巡检无法覆盖所有时段与角落。

**部署方式：**引入多光谱AI防火预警分析仪，利用多光谱成像穿透灰尘干扰，并结合AI算法对设备接点、线路老化部位及施工区域进行可视化监测。

**识别内容：**精准识别线路接点、老化部位的异常热辐射，智能辨别施工焊割、不当照明等产生的人为火光与高温风险点，将监测目标从“环境烟雾”精确到“隐患行为与设备状态”。

**应用价值：**该方案被业主明确评定为“可视化防火预警创新项目”。其核心价值在于：有效解决了灰尘导致的误报问题，同时直接针对“线路老化电气火灾”和“人为失误火患”两大最紧迫的极早期预警难题，提供了主动、可视化的防控手段，满足了行业最严监管要求，成为关键的风控与合规工具。



■ 多光谱AI应用场景与价值：数据中心应用细节（3/3）

火灾预警

案例分享3 - 多光谱AI + 四足机器人协同巡检

**项目类型：**数据中心移动巡检补盲

**具体痛点：**数据中心人工巡检频率不足、设备状态识别易出差错、故障预警滞后；固定摄像头存在机柜底部、背部、电池架后排等盲区；运维人员进入高危区域存在人身安全风险。

**部署方式：**采用“四足机器人 + 多光谱感知模组 + 集中管控平台”三方协同架构：

四足机器人负责移动导航：配备激光雷达，自主建图、规划路线、灵活避障，适应机房内狭窄通道与楼梯，实现24小时不间断自主巡检。

多光谱感知模组负责风险识别：搭载高清可见光摄像头与红外热成像，融合视觉+大模型的多模态智能体，实时采集仪表读数、设备状态、温度数据，精准识别异常温升与设备故障。

集中管控平台负责结果回传：巡检数据通过无线网络实时回传后台，平台自动输出巡检报告，异常自动生成工单推送运维人员，形成“识别—回传—告警—处置”闭环。

**识别内容：**服务器故障灯、仪表读数、设备接点异常温升、配电柜温度突变、电池热失控前兆等。

**应用价值：**填补固定点位与人工巡检之间的移动盲区，将故障预警窗口提前至温度异常阶段，极大减轻人工现场巡视工作量。该方案已在数据中心、水利、应急等场景推广应用，实现“固定感知+移动补盲+人工复核”的三层防护闭环。



商业模式 + 未来发展方向

|      |                                                                                                          |                                                                                                                        |                                                                                                              |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 商业模式 | <b>产品集成商模式</b> <ul style="list-style-type: none"><li>❑ 标准多光谱终端</li><li>❑ 多光谱模组集成在巡检机器人、无人机等设备上</li></ul> | <b>AI大模型服务</b> <ul style="list-style-type: none"><li>❑ 通过积累案例数据和安全规则，在客户本地（私有化、云端服务器）训练模型</li><li>❑ 提供端侧迭代更新</li></ul> | <b>场景化成套解决方案</b> <ul style="list-style-type: none"><li>❑ 提供包含前端设备、后台平台、AI大模型服务（训练、调优、二次复核）的全方面解决方案</li></ul> |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 未来发展方向 | 多光谱AI在数据中心领域的应用与演进方向包括：                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|        | <ul style="list-style-type: none"><li>❑ 多模态数据融合分析：在可见光、红外、紫外基础上，逐步融入声学、气体传感等多维数据，通过AI综合分析提升异常识别与根因判断能力。</li><li>❑ 设备健康趋势跟踪：通过对服务器、交换机等IT设备的热分布、电晕/电弧及外观状态进行持续多光谱融合监测，结合历史数据建立温度变化基线与电气异常基线，辅助识别设备状态异常趋势。</li><li>❑ 能效管理辅助：与楼宇自控系统联动，通过实时监测机柜微环境温度、空调送/回风效率，为制冷策略优化提供数据参考。</li><li>❑ 行业场景方案积累：针对金融、政务、互联网等不同行业数据中心的特殊需求，积累场景化部署经验与配置方案，缩短后续项目的交付与落地周期。</li></ul> |

多光谱AI应用场景与价值：电力系统应用概览



多光谱AI应用场景与价值：电力系统应用细节（1/3）

| 行业细分/发展阶段   | 输电侧                                                                                   | 变电侧                                                                                         | 配电侧                                                                                                      |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | <div>❑ 线路 / 通道 / 特高压</div> <div>❑ 重点应用场景</div>                                        | <div>❑ 变电站 / 换流站</div> <div>❑ 已有项目布置</div>                                                  | <div>❑ 配网 / 配电房</div> <div>❑ 试点拓展场景</div>                                                                |
| 多光谱AI适用场景举例 | <div>线路本体</div> <div>绝缘子缺陷、导线 / 金具电晕放电、设备发热、雷击烧灼点检测</div>                             | <div>设备状态监测</div> <div>变压器 / 断路器 / 避雷器过热、局部放电监测</div>                                       | <div>线路监测</div> <div>10kV 及以下配网线路树障、外破、设备温度异常监测</div>                                                    |
|             | <div>通道隐患</div> <div>树障、山火、外力破坏、导线弧垂异常监测</div>                                        | <div>站内安全预警</div> <div>烟火、电火花、人员闯入、表计读数异常监测</div>                                           | <div>配电房监测</div> <div>电缆终端、刀闸触点发热、局部放电监测</div>                                                           |
|             | <div>特高压场景</div> <div>换流阀温度、局部放电监测</div>                                              | <div>特高压场景</div> <div>换流阀厅关键设备温度、局部放电监测</div>                                               |                                                                                                          |
| 当前产品        | <div>○ 固定式可见光感知设备</div> <div>○ 手持式 红外检测设备</div> <div>○ 人工巡检 + 人机协同模式</div>            | <div>○ 固定式红外热像仪、传统视频监控系统</div> <div>○ 人工巡检 + 定期红外测温，依赖人工经验判断</div> <div>○ 巡检机器人搭载普通摄像</div> | <div>○ 挂轨式巡检机器人搭载普通摄像头</div> <div>○ 一体化线路智能监测终端，仅测温功能</div> <div>○ 人工巡检 + 定期红外测温，依赖人工经验判断</div>          |
| 多光谱AI产品     | <div>○ 无人机 + 多光谱模组 + 专用缺陷算法平台</div> <div>○ 固定式多光谱监测装置，云台 / 枪型，杆塔及通道 7×24 小时在线监测</div> | <div>○ 巡检机器人 / 四足机器狗搭载多光谱感知设备</div> <div>○ 变电站智能管控平台 / 无人值守运维平台集成多光谱 AI 分析模块</div>          | <div>○ 轻量化枪型多光谱监测装置，手持 / 巡检车搭载</div> <div>○ 固定式多光谱在线监测终端</div> <div>○ 多光谱 AI + 机器人集群协同巡检方案（试点项目应用）</div> |

多光谱AI产品优势对比，输电端应用举例

| 维度      | 缺陷识别准确率       | 检测精度                                      | 检测速度                                  | 缺陷检出范围            | 成本效益                     |
|---------|---------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|--------------------------|
| 传统方案    | 较差            | 仅能识别显著外观缺陷、温度异常，无法区分放电 / 发热成因             | 人工巡检 / 定点抽检，单条线路巡检耗时数天                | 雷击烧灼点难以准确识别       | 单条线路重复巡检成本高，设备利用率低       |
| 多光谱AI方案 | 设备缺陷识别准确率大幅提升 | 红外 / 紫外 / 可见光多波段交叉验证，精准区分电晕放电、设备过热，定位故障根源 | 无人机 + 多光谱自动化巡检，单次巡检即可完成全线路缺陷筛查，效率提升显著 | 可识别数十米外约厘米级的雷击烧灼点 | 一机多用，单次巡检覆盖多类缺陷，综合成本大幅下降 |

注：以上数据来源于真实项目，实际效果因部署环境、设备型号及运行工况不同可能存在差异。

来源：公开信息整理，专家访谈，弗若斯特沙利文

## 多光谱AI应用场景与价值：电力系统应用细节（2/3）



### 输电侧

案例分享1 - 山区线路“巡不到、看不清”，人工难触达难题

项目类型：山区输电线路无人机多光谱AI巡检

多光谱AI方案：国网博尔塔拉供电公司在新疆天山深处的110千伏皇古牵线，运用“无人机+多光谱+AI”全链条体系巡检；200倍变焦镜头；识别准确率90%以上，漏检率降低85%。

实施效果：传统人工巡检单基铁塔需2小时，无人机20分钟可完成5基杆塔巡视，相较于传统人工巡检，单次巡检效率提升10倍以上。AI可实时分析导线磨损、绝缘子裂纹数十类典型缺陷。



### 变电侧

### 配电侧

### 输电侧

案例分享2 - 极早期故障预警难题

背景：特高压换流站极早期故障预警难题

多光谱AI方案：陕皖±800kV特高压直流输电工程宝塔山换流站投运多光谱在线监测装置，该装置将可见光、红外、紫外三维感知技术引入特高压阀厅，实现对设备局部放电、温度异常等故障的可视化监测与精确定位。

实施效果：创新融合可见光、红外、紫外；结合双目视觉与三维数字孪生技术；实现故障点部件级空间精确定位。



### 变电侧

### 配电侧

### 输电侧

案例分享3 - 隐患定位难题

背景：某地市供电公司迎峰度夏城区配网巡检，现场发现多处温升异常、杆塔存在电流异响，但无法准确定位放电点位。

多光谱AI方案：无人机多光谱AI，融合紫外/红外/可见光/激光测距，同步检出电、热、外伤隐患，精准定位绝缘子绑扎部位放电、柱上开关引线异常温升缺陷。

实施效果：3km 城区配网线路仅需 40 分钟完成巡检，缺陷检出率 > 90%，巡检效率较人工提升 1 倍以上；实现不停电非接触检测，保障人员安全。



注：以上数据来源于真实项目，实际效果因部署环境、设备型号及运行工况不同可能存在差异。

来源：公开信息整理，专家访谈，弗若斯特沙利文

多光谱AI应用场景与价值：电力系统应用细节（3/3）

| 输电侧/变电侧/配电侧 |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 商业模式        | 设备直销模式                                                                                                                                        | 场景化成套项目总包模式                                                                                                                                              | 算法与平台授权服务模式                                                                                                                                     | 存量设备智能化技改模式                                                                                                                                                                     | 专业化巡检运维服务模式                                                                                             |
|             | <ul style="list-style-type: none"><li>❑ 为电力多场景提供标准化多光谱硬件终端，是当前行业最成熟、落地量最大的商业模式</li><li>❑ 主要通过电网招投标、框架协议采购落地，适配各级电网常态化设备更新、新建场站配套需求。</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>❑ 针对电力数字化、智能化改造项目，提供「产品终端+AI算法+边缘计算+云端平台」一体化总包解决方案，是目前国网数字化投资的核心落地形式</li><li>❑ 适配新建场站、智能化示范工程、空天地一体化巡检项目</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>❑ 依托电力多光谱AI专属算法、行业大模型能力，为电力设备厂商、集成商、电网平台提供软件授权与模型迭代服务</li><li>❑ 合作对象：电力设备集成商、各地电力工程服务商、无人机巡检服务商</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>❑ 针对电力行业大量存量传统监测设备（单红外摄像头、普通视频感知设备、传统测温终端）精度低、功能单一、无AI识别能力的痛点，提供模块化技改升级方案，无需整体更换设备，改造成本低、推广阻力小</li><li>❑ 适配全国海量存量配电房、变电站、输电监测点位</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>❑ 依托多光谱AI智能巡检能力，为电网、发电集团提供常态化外包运维服务，替代传统人工巡检，形成长期持续性现金流</li></ul> |

| 未来发展方向 | 技术融合：多模态全息感知深化。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | <p>在光谱技术基础上，融合激光雷达、声学成像、电磁场感知、气体传感（如六氟化硫泄漏监测）、温湿度等非光学模块，打造空地一体化全息感知网络；实现“声 - 光 - 电 - 气”多维度数据交叉验证，提升故障判断准确率，降低误报率。</p> <p>❑ 智能升级：从辅助识别到自主决策。结合电力行业大模型，实现巡检策略自动规划、无人机航线动态调整、风险评估、执行故障闭环处置；依托气象、历史数据，实现新能源发电功率预测、智能调度，支撑虚拟电厂、绿电直连业务。</p> <p>❑ 架构优化：云 - 边协同与模型轻量化。边缘侧部署轻量化模型，实现 100ms 级快速响应，就地完成数据筛查、故障预警、简单指令下发（如联动断路器断电），降低数据传输压力，提升时效性；云端负责长期预测、模型迭代、数据沉淀，形成算法正向优化循环。</p> <p>❑ 系统集成：深度嵌入数字孪生。多光谱 AI 作为数字孪生核心感知层，实时更新设备状态、健康指数、环境参数；模拟故障传播路径、自动生成应急预案，支撑电力设备全生命周期管理；适配国产数字孪生底座平台，实现前端预测算法突破，提升平台自主可控性。</p> <p>❑ 设备演进：传感器小型化、低成本化。适配配网高密度部署需求，传感器向小型、易嵌入方向发展（如直接挂载 / 嵌入输电线路、高压柜内部）；规模化量产下，小型设备成本有望下降，推动多光谱 AI 在配网、用电侧的普及；开发国产化 AI 芯片 + 多光谱模组，降低成本，适配电力行业国产化替代需求。</p> |

多光谱AI应用场景与价值：新能源应用概览



来源：公开信息整理，专家访谈，弗若斯特沙利文

多光谱AI应用场景与价值：新能源应用细节（1/4）

| 发展阶段        | 电池制造                                                                                                                     | 充电桩                                                                                                                                      | 光伏                                                                                                                                                    | 风电                                                                                                                                       | 储能电站                                                                                                                                                       |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 多光谱AI适用场景举例 | <div>□ 加速商业化/技术成熟期；头部厂家已规模性部署产品应用</div> <div>极片涂层缺陷检测</div> <div>极片微裂纹检测</div> <div>电池壳精密测量与缺陷识别</div> <div>电芯焊接检测</div> | <div>□ 加速商业化/初步规模化期；部分厂家开始部署产品应用</div> <div>充电时过热预警</div> <div>电弧/电火花检测</div> <div>电池热失控早起预警</div> <div>接触不良检测</div> <div>充电过程电池监测</div> | <div>□ 较为成熟/规模化应用；技术规范要求配备自动化故障诊断系统</div> <div>热斑检测与故障诊断</div> <div>组件隐裂、遮挡及松动检测</div> <div>火灾隐患实时预警</div> <div>周界入侵与安全感知</div> <div>电站全周期精细化运维</div> | <div>□ 加速商业化/技术成熟期；头部厂家已规模性部署产品应用</div> <div>叶片表面缺陷检测</div> <div>塔筒结构监测</div> <div>齿轮箱在线诊断</div> <div>机舱温度异常监测</div> <div>线路与升压站巡检</div> | <div>□ 加速商业化/从验证向规模化复制；持续推进储能智能化安全监测</div> <div>电池热失控早期预警</div> <div>电芯级故障精准定位</div> <div>储能集装箱综合安全感知</div> <div>气体泄漏与电解液泄漏检测</div> <div>电站全生命周期智慧运维</div> |
| 当前产品        | <div>○ 可见光AOI系统</div> <div>○ 传统三坐标测量仪</div> <div>○ 人工抽检</div>                                                            | <div>○ 手持式红外成像仪</div> <div>○ 传统温感探测器</div> <div>○ 可见光视频监控系统等</div>                                                                       | <div>○ 2D/3D机器视觉系统</div> <div>○ 红外热成像检测</div> <div>○ 人工巡检</div>                                                                                       | <div>○ 人工巡检</div> <div>○ 手持式红外热成像仪</div>                                                                                                 | <div>○ 人工巡检</div> <div>○ 传统BMS</div> <div>○ 固定式红外热成像系统</div>                                                                                               |
| 多光谱AI产品     | <div>○ 多光谱感知模组</div> <div>○ 多光谱检测终端设备</div> <div>○ 多光谱融合成像系统</div>                                                       | <div>○ 多光谱智能前端终端（集成红外和可见光）</div> <div>○ 多光谱AI模组</div> <div>○ 整体解决方案</div>                                                                | <div>○ 多光谱感知模组</div> <div>○ 多光谱检测终端设备</div> <div>○ 整体解决方案</div>                                                                                       | <div>○ 多光谱感知模组</div> <div>○ 多光谱检测终端设备</div> <div>○ 无人机自动化巡检系统</div> <div>○ 整体解决方案</div>                                                  | <div>○ 多光谱感知模组</div> <div>○ 多光谱检测终端设备</div> <div>○ 整体解决方案</div>                                                                                            |

多光谱AI产品优势对比，电池制造举例

| 维度       | 缺陷检出率     | 检测精度                              | 检测速度                    | 缺陷检出范围                                  | 工艺反馈          |
|----------|-----------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|---------------|
| 可见光AOI方案 | 常规缺陷检出率一般 | 受限于可见光波长范围，对亚表面缺陷和材料成分差异难以识别      | 传统抽检，单件检测时间数十秒至数分钟      | 仅几何外观：划痕、凹坑、尺寸偏差、毛刺等表面可见缺陷              | 被动缺陷标识        |
| 多光谱AI方案  | 检出率提升明显   | 亚微米级；极片微裂纹可检测直径0.1 mm（传统方法0.5 mm） | 在线全检：电池壳全尺寸扫描缩短至10秒/件以内 | 几何外观 + 物理属性：涂层均匀性、材料应力异常、成分偏析、亚表面缺陷、微裂纹 | 数据反哺工艺，实现闭环优化 |

注：以上数据来源于真实项目，实际效果因部署环境、设备型号及运行工况不同可能存在差异。

来源：公开信息整理，专家访谈，弗若斯特沙利文

## 多光谱AI应用场景与价值：新能源应用细节（2/4）

电池制造

充电桩

光伏

风电

储能电站

### 案例分享1：

背景：锂电池极片涂布、辊压等工序中，微米级缺陷（裂痕、异物、涂层不均）可能导致电池短路甚至安全事故，传统人工目检效率低、漏检率高。某头部动力电池制造商溧阳“灯塔工厂”需同时应对微米级精度、毫秒级节拍、十亿分之一失效率三重极限挑战。

多光谱AI方案：该公司自研多光谱融合成像方案，利用不同频段光组合将2D图像转化为类3D信息，极片扫描仅需300毫秒；检测数据实时上传“藏经阁”大模型平台，并行神经网络自动识别划痕、颗粒、涂布不均等20余类缺陷。

实施效果：缺陷率从PPM（百万分之一）下降至PPB（十亿分之一），产品单体失效率降至十亿分之三以下。该方案已在多个海外工厂复制推广。



### 案例分享2：

背景：某新能源电机工厂产线中，电机组装前需用等离子设备对结合面进行表面除尘。该工序直接影响后续点胶密封质量，必须100%确认等离子头处于有效工作状态，产线才能流转至下一工位。若除尘失效未被察觉，将导致电机密封不良，质量缺陷。

多光谱AI方案：引入多光谱AI在线监测系统，实时、准确地反演出等离子头的工作状态，输出异常判定/联动信号，由PLC执行停机，有效阻止不合格品流入下道工序，同时同步对该工位进行设备过热预警与早期火灾隐患监测，实现了一机多能。

实施效果：实现对隐蔽工艺过程的“可视化”监控，降低因除尘失效导致的密封不良风险，支撑更高水平的质量一致性目标。能额外提供设备健康状态监测与极早期火灾预警能力，一次投入实现质量控制、设备管理与安全生产多重收益。

电池制造

充电桩

光伏

风电

储能电站



### 案例分享3：

某银行地下车库原用某大厂热释电方案，打火机测试需1分钟才报警、探测距离仅5-6米。后部署多光谱AI终端（紫外+热成像+可见光）可实现瞬间报警、探测距离超10米，在该项目中体现出更快响应和更远探测距离。

注：以上数据来源于真实项目，实际效果因部署环境、设备型号及运行工况不同可能存在差异。

来源：公开信息整理，专家访谈，弗若斯特沙利文

多光谱AI应用场景与价值：新能源应用细节（3/4）

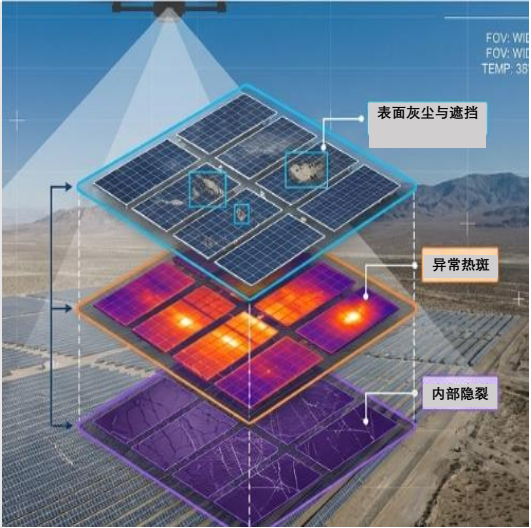
- 电池制造
- 充电桩
- 光伏
- 风电
- 储能电站

案例分享4：

背景：在某大型光伏电站中，面板表面积存的灰尘、鸟粪、落叶等异物，以及潜在的电池片隐裂、热斑效应，影响发电效率与电站安全。传统依赖人工或可见光无人机巡检的方式，效率低下、成本高昂，且无法在早期有效识别因异物遮挡导致局部过热而形成的“热斑”。这些热斑不仅造成显著的发电量损失，长期积累更可能诱发火灾，威胁电站资产安全。

多光谱AI方案：采用基于多光谱成像（可见光、红外测温、紫外）与AI算法的智能巡检方案。系统可同步感知异物遮挡导致的温度异常与电气故障引发的紫外放电，通过AI精准识别热斑、分类异物并定位故障，实现自动化诊断。

实施效果：有效提升发电效率（减少热斑损失），预警火灾风险，并将运维模式升级为自动化、精准化，显著降低运维成本，保障电站安全与经济运行。



- 电池制造
- 充电桩
- 光伏
- 风电
- 储能电站

案例分享5：

背景：在深圳某街道，应急管理部门负责对辖区内大量使用、存储锂电池的中小企业及仓库进行重点安全监管。此前，为落实数字化管理，街道部署了1700余套基于“5G烟感+IOT平台”的方案。然而系统误报率畸高，日均产生数百条无效报警，迫使工作人员24小时值守并疲于进行电话或现场核实；设备在复杂工业环境下故障频发，后期维护需逐一上门测试，成本高昂；最关键的是传统感烟技术对锂电池“爆燃”特性完全失效，报警严重滞后，使监管工作陷入“耗人、耗钱、不治本”的被动局面。

多光谱AI方案：引入了“4G无线双光谱防火预警分析仪+IFAS智能预警平台”。采用可见光、红外/热成像与紫外光融合的AI算法，能在锂电池热失控的爆燃瞬间或线路过热的极早期精准识别，实现超前预警。通过平台实现预警信息在业主、物业、监管方间的实时、可视化同步推送，变“单点报警”为“多方联动”，将应急办从“接线员”解放为“调度员”。设备稳定性强，支持远程在线监测，有效降低运维成本。

实施效果：误报率大幅降低超过90%，基层人员从每日处理数百条无效报警的困境中解脱，人力得以高效利用。



注：以上数据来源于真实项目，实际效果因部署环境、设备型号及运行工况不同可能存在差异。

来源：公开信息整理，专家访谈，弗若斯特沙利文

多光谱AI应用场景与价值：新能源应用细节（4/4）

|        | 电池制造                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 充电桩                                                                                                                                   | 光伏                                                                                                                                                                                                                                                                | 风电                                                                                                                                                                                                                            | 储能电站                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 商业模式   | <ul style="list-style-type: none"><li>向电池厂或AOI系统集成商销售多光谱感知模组、在线检测系统（硬件+嵌入式AI）</li><li>提供AI模型训练与算法迭代升级服务，按产线数量或年费收取</li><li>与头部电池厂联合开发定制化检测方案，分担研发费用并分享长期收益</li></ul>                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"><li>向充电场站运营商销售多光谱智能终端，支持报警联动断电与远程推送</li><li>提供安全监测SaaS服务，收取年度订阅费</li></ul>                          | <ul style="list-style-type: none"><li>销售无人机自动化机库+多光谱相机+AI识别平台（软硬件一体化）</li><li>提供巡检即服务（DaaS），按次或按年收取无人机巡检及缺陷分析报告费</li><li>SaaS运维平台按装机容量（元/MW/年）订阅，提供热斑分布图、发电损失评估、运维工单生成服务</li></ul>                                                                                | <ul style="list-style-type: none"><li>提供无人机巡检服务，按风机台数或飞行架次收费，交付叶片、塔筒缺陷检测报告</li><li>为存量风电场提供无人化技改升级服务，包括设备部署、系统集成、人员培训</li><li>与叶片制造商合作，将多光谱检测嵌入出厂质检流程，提升产品质量管控</li></ul>                                                      | <ul style="list-style-type: none"><li>向储能系统集成商或电站业主销售AI安全监测系统（含多光谱传感器、边缘计算单元、预警平台）</li><li>提供安全运营SaaS服务，按装机容量（元/MWh/年）收取预警、健康评估等费用</li><li>为已投运储能电站提供技改升级服务，升级为多光谱AI主动预警系统</li></ul>                                                                                                                |
| 未来发展方向 | <ul style="list-style-type: none"><li>适配下一代电池新工艺：面向固态电池、干法电极、高硅负极等新体系，开发专用的多光谱检测方案，解决传统可见光无法穿透或无法识别材料内部缺陷的难题。</li><li>AI大模型赋能缺陷根因分析：将海量缺陷检测结果与工艺参数关联，自动推断缺陷产生的根本原因（如涂布头压力波动、浆料黏度变化），辅助工艺工程师快速定位问题。</li><li>全流程在线全检覆盖：从极片涂布到注液前，实现每道工序的100%在线全检，替代传统抽检模式，推动缺陷率从PPM级向PPB级跃升。</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>车桩云协同预警：将充电桩侧的可见光影像、热成像、电弧信号与车辆BMS的电压、内阻信号融合，构建车桩一体热失控预测模型，在电池故障发生前数分钟至数十分钟发出预警并联动断电。</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>空地一体无人值守电站：高空卫星普查宏观异常→中空无人机高频巡检→地面机器人近距离复核，协同实现全天候无人化运维。</li><li>组件退役智能评估：利用多光谱长期监测数据，建立组件健康衰减模型，预测剩余寿命与发电能力，指导技改、更换与回收时机，避免过早或过晚更换造成损失。</li><li>边缘AI实时诊断：在无人机或固定监控端侧部署轻量化AI模型，实时识别热斑和隐裂，异常图像回传云端复核，减少传输带宽与后台算力消耗</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>端云协同的智能运维闭环：边缘AI服务器实时分析热成像和可见光画面，即时报警；云端大模型定期迭代算法，并通过数字孪生技术构建风机的虚拟镜像，模拟故障演化路径，指导现场检修。</li><li>叶片全生命周期健康档案：从出厂、安装、运行到退役，每台风机叶片建立独立的光谱健康档案，记录每次巡检发现的裂纹位置、尺寸、扩展趋势，辅助制定最佳维修或更换时机。</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>AI大模型+多模态传感深度融合：将声波、红外光谱、气体浓度、电压、电流等多维信号输入大模型，自动学习不同故障类型的特征模式，实现“自学习、自适应”的电池健康管理，无需人工设定阈值。</li><li>从单站智能到集群协同：通过云平台连接多个储能电站，集中分析各站运行状态，识别跨场站的共性风险，统一调度运维资源，降低整体风险。</li><li>储能资产全周期健康档案：从电芯出厂、模组组装、电站投运到退役，建立健康档案，记录每一次预警、故障处置、维修记录，为资产交易、保险理赔等提供依据。</li></ul> |

多光谱AI应用场景与价值：公共安全与城市治理应用概览



来源：公开信息整理，专家访谈，弗若斯特沙利文

多光谱AI应用场景与价值：公共安全与城市治理细节（1/2）

| 行业细分        | 森林防火                                                                                                                     | 城市安全/公共安全                                                                                                          | 边防/海洋态势感知                                                                                              |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 多光谱AI适用场景举例 | <div>❑ 规模化应用阶段</div> <div>森林火险气象等级监测</div> <div>森林火情早期预警</div> <div>森林火灾蔓延趋势预测</div> <div>灾后植被恢复监测</div>                 | <div>❑ 规模化应用阶段</div> <div>城市执法/综合治理</div> <div>智慧工地（人员违规操作识别、陌生人闯入预警）</div> <div>文物古建防火</div> <div>电动车棚/充电防火</div> | <div>❑ 规模化应用阶段</div> <div>非法捕捞自动识别预警</div> <div>禁渔期渔船类型识别</div> <div>边境走私/偷渡监测</div> <div>海洋生态监测</div> |
| 当前产品        | <div><div>○ 红外摄像机</div><div>○ 传统热成像</div><div>○ 人工瞭望塔</div></div>                                                        | <div><div>○ 红外摄像机</div><div>○ 传统监控杆</div><div>○ 人工巡逻</div></div>                                                   | <div><div>○ 红外摄像机</div><div>○ 传统瞭望塔</div><div>○ 人工巡逻</div></div>                                       |
| 多光谱AI产品     | <div><div>○ 多光谱预警感知终端配套软件（火情分析平台）</div><div>○ 整体解决方案（监测+预警+扑救调度）</div></div>                                             | <div><div>○ 多光谱预警感知终端</div><div>○ 配套软件（城市安全大脑平台）</div><div>○ 整体解决方案（多场景联动+AI预警+处置调度）</div></div>                   | <div><div>○ 多光谱预警感知终端</div><div>○ 配套软件（海洋/边防智能监管平台）</div><div>○ 整体解决方案（多场景联动+AI预警+处置调度）</div></div>    |
| 未来发展方向      | <div><div>○ 部署空天地多源感知组网（卫星+无人机+地面AI终端）的区域，火情可实现分钟级发现</div><div>○ AI火灾推演引擎，辅助扑救决策</div><div>○ 灾后生态AI监测，支撑修复验收</div></div> | <div><div>○ 云边端协同，多场景风险秒级预警</div><div>○ 古建数字孪生，隐患闭环处置</div><div>○ 电动车棚智能防火，异常自动断电+报警</div></div>                   | <div><div>○ 跨域协同管控，非法行为精准打击</div><div>○ 海洋生态AI监测，环保执法有据</div></div>                                    |

多光谱AI产品优势对比，森林防火举例

| 维度                 | 定位能力                 | 误报情况                   | 覆盖范围                                               | 运维模式                 | 夜间/雾霾场景效率 |
|--------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|-----------|
| 传统方案（瞭望塔+单光谱+人工巡逻） | 人工估算，误差大             | 易受太阳反光、树叶晃动等外界因素干扰     | 视距受限，盲区多                                           | 定期人工上山巡检、记录          | 几乎失效      |
| 多光谱AI方案            | 多光谱联动测角+GIS，火点精准快速定位 | AI过滤光影/农村烟囱/车辆，误报率明显降低 | 可见光、红外、紫外等多光谱通道同步感知，降低单一波段被遮挡或失效风险，提升复杂环境下目标检测的准确性 | 远程状态监测+异常告警，人工巡检频次减少 | 精准识别      |

注：以上数据来源于真实项目，实际效果因部署环境、设备型号及运行工况不同可能存在差异。

来源：公开信息整理，专家访谈，弗若斯特沙利文

多光谱AI应用场景与价值：公共安全与城市治理细节（2/2）

森林防火

城市安全/公共安全

边防/海洋态势感知

案例分享1

项目类型：重点林区空地一体化智能防火监测

具体痛点：传统“人工瞭望+单光谱监测”受地形遮挡、夜间/雾霾影响，火情发现滞后；林区与居民区交织，人为活动频繁，早期火情难以被传统手段捕捉。

部署方式：睢宁县于2019年启动“智慧林火”工程，在重点森林防火关键区域布设23处云台及双光谱热成像摄像机，实现5公里半径监测，覆盖率超过95%；引入深度学习算法，整合气象、应急等12类数据构建预警模型系统，推行“10分钟查报”机制（AI识别火情1分钟内推送，护林员与无人机5分钟内协同核查）。

识别内容：烟雾自动识别、火点识别；系统对林下火、坡下火等隐蔽火源实现早期发现。

应用价值：烟雾自动识别准确率92%，火点识别准确率96%，监测效率较传统人工提升20倍；自2020年以来已成功预警早期火情27起；睢宁县连续6年未发生重大森林火灾。



森林防火

城市安全/公共安全

边防/海洋态势感知



案例分享2：

项目类型：重点场所电气火灾AI全链条预警 - 区域治理能力实践

具体痛点：工贸危化企业、养老院、学校等重点场所，传统“烟感+温感”仅能在明火发生后报警，无法识别线路老化、接触不良、电弧等隐蔽电气隐患。2025年以来，电气故障引发事故占总数的25.83%，已成为火灾最主要的成因之一。对于区域管理者而言，难点在于：如何在不断增加大量人力的情况下，实现对辖区内分散的重点场所电气安全状况的实时掌握与主动干预。

部署方式：龙游县在工贸危化企业、养老院、学校等重点场所试点应用电气火灾AI技术全链条预警系统，构建由高精度数字传感器和云端AI算法组成的产品集群；配套部署AI多光谱融合技术防火报警系统，融合动态视频图形AI与多光谱物理感知AI算法，专为锂电池仓库、粉尘涉爆区域等高风险环境设计。试点期间已在9家单位部署80个监测点，数据接入统一平台形成“线上预警—线下排查—整改验收”全闭环管控。

识别内容：数字传感器对电气线路进行实时数据抓取，精准定位隐患点位，智能识别问题性质及具体位置，有效区分误报源。

应用价值：精准辨识出28.57%的误报源；整套体系形成从线上预警到线下排查整改的全闭环管控，成功帮助试点单位在电气设备管理和运维上降低成本达70%。

森林防火

城市安全/公共安全

边防/海洋态势感知

案例分享3：

项目类型：重点水域智慧禁捕立体监管

具体痛点：酉水河作为长江禁捕重点水域，战线长、地形杂、夜间执法难，非法电鱼、偷捕多发生在凌晨高发时段；此前靠人工巡逻与普通监控，执法取证难、成本高。

部署方式：保靖县于2022年启动智慧渔政系统建设，如今高清监控点位已实现重点水域全覆盖；系统集成热成像云台和AI行为识别技术，搭载水位传感器和船只识别功能，构建立体化监管网络；通过与公安“天网工程”数据互通，实现违法线索自动推送、执法过程全程留痕。

识别内容：24小时捕捉非法捕捞特征，即使深夜或暴雨天气，也能通过红外热成像锁定人体热源；自动区分作业船舶与公务船舶；一旦发现异常目标，立即通过短信、APP向执法人员推送精准坐标。

应用价值：2024年下半年系统升级后，全县非法捕捞案件同比下降68%，行政处罚执行率达100%。



多光谱AI应用场景与价值：其他应用领域简述

| 发展阶段        | 工业                                                                                                  | 食品                                                                                                                       |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | <div>□ 规模化应用阶段，逐渐转向事前预警阶段</div>                                                                     | <div>□ 商业化初期，多数产品形态都在研发落地中</div>                                                                                         |
| 多光谱AI适用场景举例 | <div>电气火灾预警</div> <div>生物质燃料堆场防火</div> <div>油气管道巡检</div> <div>化工园区气体泄漏</div>                        | <div>食材新鲜度无损检测</div> <div>肉类/果蔬品质分级检测</div> <div>食品加工异物/污染检测</div>                                                       |
| 当前产品        | <div><div>○ 可见光摄像头</div><div>○ 独立烟感/温感</div><div>○ 手持单气体检测仪</div><div>○ 定期人工巡检</div></div>          | <div><div>○ 传统化学试剂检测</div><div>○ 单一电化学气体传感器</div><div>○ 人工感官评价</div></div>                                               |
| 多光谱AI产品     | <div><div>○ 多光谱感知模组</div><div>○ 多光谱AI融合监测终端</div><div>○ 多光谱AI大模型平台</div></div>                      | <div><div>○ 多光谱感知模组</div><div>○ 多光谱检测终端设备</div><div>○ 多光谱融合成像系统</div></div>                                              |
| 多光谱AI优势     | <div><div>○ 多波段融合，24小时不间断</div><div>○ 可极早期识别温度突变、电弧、低浓度气体泄露</div><div>○ 边缘AI秒级响应，自动报警联动</div></div> | <div><div>○ 非接触、无损，数秒内完成分析</div><div>○ 利用近红外光谱捕捉腐败气体特征吸收峰</div><div>○ 可提供温度分布图谱，而非单点温度</div><div>○ 模块化设计，易集成</div></div> |
| 多光谱AI面临挑战   | <div><div>○ 高精度多光谱传感器成本仍偏高</div><div>○ 偏远或欠发达地区工业区网络通信保障难</div></div>                               | <div><div>○ 缺乏统一的行业标准和认证</div><div>○ 不同食材模型泛化难度大</div><div>○ 痕量成分（ppm级）检测精度有限</div></div>                                |

## 多光谱AI应用场景与价值：其他应用领域细节（2/2）

工业

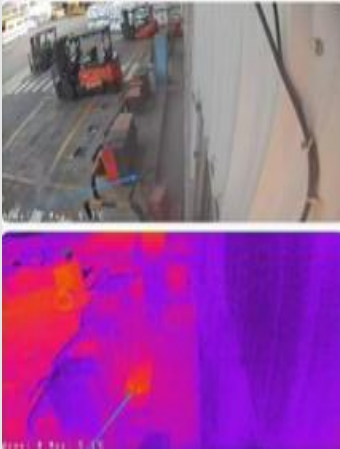
食品

### 案例分享1

背景：华南某注塑工厂，专注于特种功能复合材料的研发与生产。其生产工艺要求高温高湿的特殊环境，加之核心生产设备长期处于高负荷运转状态，导致厂内电气线路及设备老化、损伤风险显著增高。此前，该工厂已多次因突发性电气线路隐患，导致非计划停产，造成直接经济损失并严重威胁生产安全。

多光谱AI方案：引入了AI多光谱防火预警系统，融合多光谱成像分析与人工智能算法，能够实时捕捉监测区域内不可见的红外光谱与可见光信息。其核心能力在于对电气类隐患的极早期、精准识别，可在线路或设备因接触不良、老化、过载等产生微小电火花或局部温度异常升高的初期阶段（远未达到明火或产生烟雾时），即发出精准预警，实现从“灾后报警”到“灾前预警”的质变。

实施效果：2025年系统连续发出“高温预警”，数据显示某区域温度从90.3℃持续攀升至101.7℃。工作人员接报后赶赴现场，在设备线路开始喷发危险电火花的临界状态，成功实施断电隔离。此次从系统首次持续报警到明火风险显现，间隔长达十余分钟，为应急响应赢得了决定性时间窗口。



工业

食品

### 案例分享2:

背景：在面包、糕点等烘焙食品的规模化生产中，产品在烤箱中的烤制温度与均匀度是决定其色泽、口感与安全性的核心工艺指标。传统品控依赖于人工在出料时使用手持测温枪进行抽查，这种方式存在效率低下、存在烫伤风险、数据不连续且易遗漏等问题，导致品质控制严重依赖老师傅的经验，难以实现标准化与数字化。

多光谱AI方案：系统采用双光谱或三光谱融合成像技术，能够有效穿透烤箱开门瞬间涌出的热蒸汽干扰，直接、非接触地精确测量每一盘产品的表面温度分布，而非单点温度。内嵌的AI算法可实时分析温度场图像，自动识别产品是否烤制均匀、是否存在局部过焦或未熟等异常，并立即给出“合格/不合格”的判决结果，减少对人工主观判断的依赖。

实施效果：实现从“人工抽样”到“全自动全检”的跨越，提高全检覆盖率与品质一致性。数字化温度档案为质量追溯与工艺优化提供了坚实数据基础。



## CHAPTER 3

# 多光谱AI产业链结构

□ 产业链全景图

□ 商业模式分析

# 03

产业链概况

多光谱AI已形成从上游感知器件、到中游系统与解决方案、再到下游行业应用较为完整的产业链。

多光谱AI行业产业链全景图

上游：相关供应链

技术壁垒高，产业创新的源头。多光谱成像能力的突破（如更高分辨率、更宽波段、更低成本）始于上游器件的进步。



中游：系统集成与智能赋能

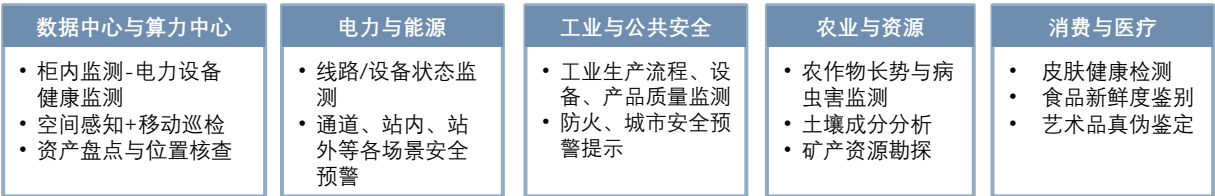
产业链的核心和价值凝聚环节。中游企业将上游的“原材料”整合，注入自研的算法与软件，形成面向不同场景的智能解决方案。竞争焦点已从单一设备转向“感知+算法+场景理解”的综合能力。

|              |                                                                                                                                                                    |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 解决方案/平台式交付厂商 | <b>技术底座层。</b> 该层企业交付的是可被集成的核心能力，算法、软件、嵌入式模组、行业智能决策平台。其客户主要为系统集成商，而非最终用户。<br><b>典型交付物：</b> 多光谱AI算法SDK与授权；多光谱AI大模型服务（平台化分析、模型训练、场景适配）；多光谱AI嵌入式模组（供第三方设备集成）；行业智能决策软件。 |
|              |                                                                                 |

|            |                                                                                      |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 终端/产品式交付厂商 | <b>以多光谱模组、相机、感知终端等标准化或半标准化产品作为主要交付形态。</b>                                            |
|            |  |

下游：千行百业的落地场景

产业链的价值实现端，也是驱动技术迭代和产业发展的根本动力。多光谱AI技术正从传统的“泛安全”领域，快速渗透到工业、能源、农业、医疗、交通等国民经济主战场。



资料来源：弗若斯特沙利文

## 多光谱AI行业商业模式分析

多光谱AI行业的商业模式并非单一平台化或订阅化路径，而是以产品、软件服务、部署运维、数据运营等多种业务形态并行存在，根据客户类型与应用场景灵活组合，共同构成行业多元化的收入与价值来源。

中国多光谱AI行业商业模式分析

|               | 交付产品                                                                                           | RTM（渠道路径）                                                                                | 具体案例（公司/产品）                                                                                             |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 多光谱感知与模组能力    | <ul style="list-style-type: none"><li>多光谱AI模组</li></ul>                                        | <ul style="list-style-type: none"><li>制造商 → 系统集成商（SI） → 终端客户</li></ul>                   | <ul style="list-style-type: none"><li>海清智元（多光谱AI模组）</li></ul>                                           |
| 终端能力 + 场景理解能力 | <ul style="list-style-type: none"><li>一体化智能终端</li></ul>                                        | <ul style="list-style-type: none"><li>制造商 → 终端客户</li></ul>                               | <ul style="list-style-type: none"><li>凌云光（工业相机）</li><li>云深处科技（移动智能巡检终端）</li></ul>                       |
|               | <ul style="list-style-type: none"><li>行业解决方案（含软硬件）</li></ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"><li>方案商 → 终端客户（招投标/项目制为主）</li></ul>                    | <ul style="list-style-type: none"><li>海清智元（电力智慧巡检方案）</li></ul>                                          |
| 模型建立与迭代能力     | <ul style="list-style-type: none"><li>算法SDK、软件授权</li><li>数据库以及模型优化迭代服务</li></ul>               | <ul style="list-style-type: none"><li>算法商 → 独立软件开发商/设备商 → 终端客户</li></ul>                 | <ul style="list-style-type: none"><li>商汤科技（SenseMARS平台）</li><li>旷视科技（算法授权）</li><li>虹软科技（视觉算法）</li></ul> |
| 平台部署与运维能力     | <ul style="list-style-type: none"><li>云端AI服务</li><li>模型训练平台</li><li>API接口（线上订阅+线下支持）</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>平台商 → 云市场/技术伙伴 → 终端客户</li><li>平台商 → 终端客户</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>华为云ModelArts</li><li>腾讯云TI平台</li></ul>                            |
| 光谱解释能力        | <ul style="list-style-type: none"><li>数据分析报告</li><li>监测预警服务</li><li>数据产品（直接销售数据产品）</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>数据服务商 → 终端客户</li></ul>                             | <ul style="list-style-type: none"><li>航天宏图（遥感数据服务）</li><li>珈和科技（农业遥感）</li><li>四象科技（InSAR监测）</li></ul>   |

## CHAPTER 4

# 多光谱AI市场规模

- 物理AI及感知智能行业概况
- 多光谱AI市场规模及增长驱动因素

# 04

# 多光谱AI市场规模

## 全球及中国物理AI行业市场发展现状

物理世界经济体量巨大，AI渗透仍处早期阶段



80%  
全球GDP来自  
物理世界相关  
产业

制造、物流、交通、零售、能源、建筑、农业等实体经济活动贡献全球约80%的GDP。

来源：麦肯锡全球研究院 (2023)



约17.6万亿美元  
全球制造业增加值规模  
(2025年)

制造业构成全球经济主体，2025年全球制造业增加值约17.6万亿美元，为AI渗透提供广阔空间。

来源：世界银行 (World Bank)



约50万亿美元级<sup>1)</sup>  
物理AI潜在价值  
重塑空间

黄仁勋在2026年CES上提出，物理AI有望重塑制造与物流等实体产业，潜在价值空间约50万亿美元级。

来源：NVIDIA CES 2026 Keynote

物理AI正加速连接数字世界与实体经济，智能终端（如机器人、智能汽车、无人机等）是其核心落地载体，通过数据积累与模型迭代持续提升能力，持续推动AI在实体经济的深度落地。在这一进程中，多光谱AI作为物理AI感知层的关键技术方向，正发挥越来越重要的作用。中国物理AI市场的增长主要来自三方面：一是新能源汽车、新型电网、工业巡检等应用场景密集，构成重要基本盘；二是多光谱感知、边缘智能与云网边缘协同能力逐步成熟，适配复杂现场部署，提升实时响应、环境鲁棒性与系统集成能力，降低落地门槛；三是“人工智能+”行动及基础设施安全新规推动电力、数据中心等场景的政企采购需求持续释放。

“物理世界是更大的经济载体，AI渗透仍处早期阶段，潜在价值空间巨大”

### AI在物理世界仍处早期渗透阶段



数字世界  
渗透率高，应用广泛

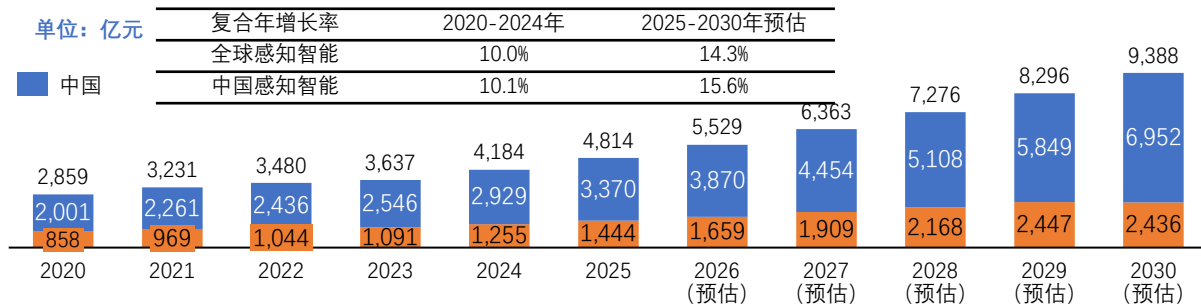


物理世界  
渗透率低，潜力巨大



## 全球及中国感知智能行业市场规模

感知智能构成物理AI的感知层基础，涵盖多光谱（含红外/热成像）、工业视觉等技术，并包含信号处理、感知算法与软硬件协同能力，而多光谱AI是感知智能中面向物理状态识别的关键技术方向之一。



2025-2030E随着多模态传感器成本进一步下探及工业/电力场景的需求释放，增速维持高位。其核心驱动力在于实体产业对“可视化、可量化、可预警”的底层感知能力依赖度全面加深。



未来，中国感知智能市场预计增速达15%，主要因素包括：（1）硬件供应链优势：依托全球领先的光电传感器、工业相机及边缘算力盒制造产能，中国具备交付效率与成本优势。（2）高密度场景催生精细化感知需求。电网、数据中心、新能源等场景对温度、放电、烟雾等早期信号的识别需求持续升级，以热成像为代表的多光谱感知在部分场景中的应用正逐步深化，渗透至产线、配电室等精细节点。

### 感知智能

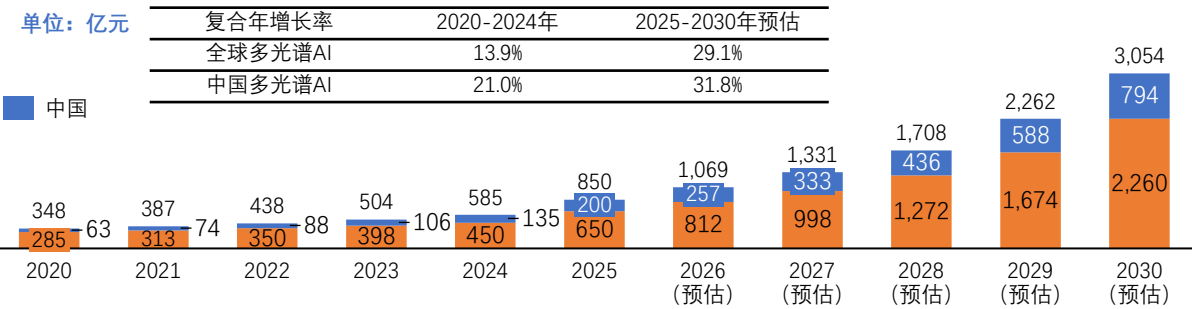
统计口径：统计口径指利用AI技术使机器通过传感器感知、理解并响应外部环境的产业集合，聚焦视觉类（多光谱、工业相机）、听觉及新型传感与配套算法等软硬件综合口径。中国市场发展特征及驱动因素：中国市场占全球市场比重较高，主要受益于感知层硬件国产化水平提升，以及电网、数据中心、新能源等高密度应用场景的持续需求。

备注：(1) 50万亿美元级规模指物理AI相关实体产业潜在重塑空间/经济价值空间

来源：公开信息整理，专家访谈，弗若斯特沙利文，  
机器视觉产业联盟（CMVU）

多光谱AI市场规模

全球及中国多光谱AI行业市场规模



全球市场增长受跨行业共性需求牵引：泛安全（火灾、城市监测等）是目前应用较集中的方向，机器人与自动化设备正加速集成多光谱载荷，智能家居与食品安全等领域则处于技术逐步渗透与细分深耕阶段，共同推动多光谱AI向更广泛的产业应用拓展。

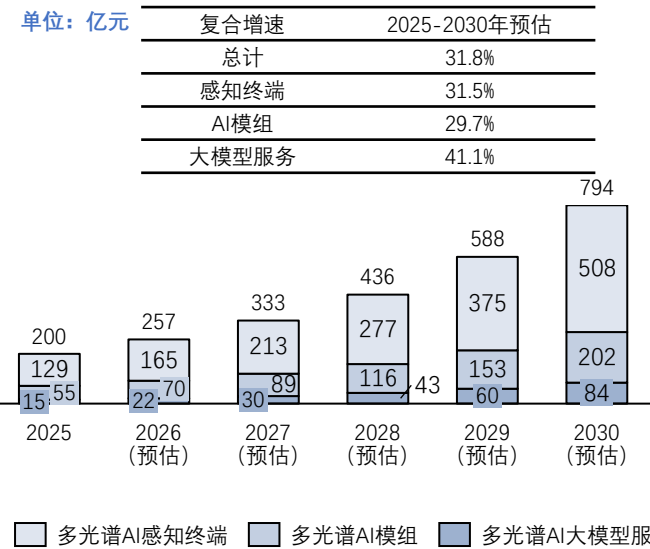


中国多光谱AI增速快于全球，原因包括：

- 技术全栈化抬升交付效率。行业由早期模块化、分段式产品模式，转向覆盖嵌入式模组、大模型平台与集成终端的全链条能力，平台化与一体化交付使解决方案整体性与客户覆盖面同步提升。
- 传感与算力小型化打开下沉空间。传感器集成与光学堆栈技术进步，使紫外、红外及可见光多波段整合于紧凑低功耗模块；轻量化神经网络、高效能DSP/NPU及端侧算力架构实现多光谱数据实时融合，推动低光成像、材料识别与安全监测等场景的应用范围持续扩大。
- 高密度场景需求持续释放与定制化趋势并行。电网、IDC、新能源及城市安全等场景对温度、放电、设备老化等早期信号的识别需求持续升级，同时客户对定制化方案的需求逐步显现，推动行业服务模式向软硬件一体化方向演进，大模型服务成为增长较快的细分方向。



中国多光谱AI行业细分及驱动因素



多光谱AI感知终端 多光谱AI模组 多光谱AI大模型服务

**泛安全场景需求逐步显现**

电力、数据中心、新能源等场景对温度、放电、热场及表现/结构状态等早期信号的识别需求持续升级，多光谱AI的应用范围持续扩大，在泛安全主流场景中的需求逐步显现。

**端侧算力与传感器成本下探推动应用下沉**

轻量级NPU与多光谱光学堆栈集成使终端单价持续下降，推动多光谱从单点高端项目向产线工位、配电柜等更广泛场景拓展，端边云协同能力逐步增强。

**定制化需求上升推动行业服务模式演进**

下游场景对多光谱AI方案的差异化需求日益显著，行业服务模式逐步向“终端+模型迭代+处置建议”的综合解决方案演进，大模型服务成为增长较快的细分方向。

**多光谱AI**  
统计口径：多光谱AI指以紫外/可见光/近红外/热红外等多波段光热感知为基础，经配准、融合与AI模型解析，支撑状态评估、风险预警与决策支持的技术能力市场；细分包含：①多光谱AI感知终端；②多光谱AI模组；③多光谱AI大模型服务。中国市场发展特征及驱动因素：中国市场受益于多光谱传感器能力下探，以及数据中心、电力巡检、新能源等场景对状态精准识别与早期预警需求日益凸显，多光谱应用范围持续扩大。

备注：多光谱AI细分分项合计因四舍五入与总计存在轻微尾差

来源：公开信息整理，专家访谈，弗若斯特沙利文

## CHAPTER 5

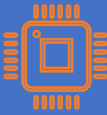
# 多光谱AI竞争格局

□ 中国多光谱AI行业厂商市场表现对比

05

# 中国多光谱AI行业厂商市场表现对比

本页从中国多光谱AI模组市场、大模型服务市场、感知终端市场及多光谱AI企业综合市场四个角度展示2025年厂商营收、市场份额及排名。前三项对应三类细分产品/服务市场，综合市场排名反映企业多光谱AI业务整体收入规模。各项排名相互独立，不直接等同于技术能力或综合竞争力评价。

|                                                                                                               |                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div></div> <div>维度一</div>   | <div>模组玩家排名</div> <div>对应市场：中国多光谱AI模组市场</div> <div>评估依据：2025年模组营收、市场份额、排名</div> <div>定位与意义：模组是系统的“感官神经末梢”，承担着光谱信号的采集与初步处理。该维度反映各厂商模组产品在中国市场的商业化规模与市场表现，是衡量核心硬件组件出货规模的重要标尺。</div>             |
| <div></div> <div>维度二</div>   | <div>大模型服务玩家排名</div> <div>对应市场：中国多光谱AI大模型服务市场</div> <div>评估依据：2025年大模型服务营收、市场份额、排名</div> <div>定位与意义：大模型是系统的分析研判环节，负责将原始光谱数据转化为高价值洞察。该维度反映各厂商大模型服务产品在中国市场的商业化规模与市场表现，是衡量算法服务商业化成果的核心指标。</div> |
| <div></div> <div>维度三</div> | <div>感知终端玩家排名</div> <div>对应市场：中国多光谱AI感知终端市场</div> <div>评估依据：2025年终端营收、市场份额、排名</div> <div>定位与意义：感知终端将多光谱感知、算法及硬件组件集成为可直接部署的前端感知设备。该维度反映各厂商感知终端产品在中国市场的商业化规模与市场表现。</div>                       |
| <div></div> <div>维度四</div> | <div>多光谱AI公司排名</div> <div>对应市场：中国多光谱AI市场*</div> <div>评估依据：2025年多光谱AI公司营收、市场份额、排名</div> <div>定位与意义：反映厂商多光谱AI业务整体商业化规模及市场表现。</div>                                                             |

\*注：多光谱AI公司界定范围多光谱相关收入需占比50%或以上。

# 中国多光谱AI行业厂商市场表现对比

本页从中国多光谱AI模组市场、大模型服务市场、感知终端市场及多光谱AI企业综合市场四个角度展示2025年厂商营收、市场份额及排名。前三项对应三类细分产品/服务市场，综合市场排名反映企业多光谱AI业务整体收入规模。各项排名相互独立，不直接等同于技术能力或综合竞争力评价。

### 中国多光谱AI公司排名

2025年收入，百万人民币



657百万元

海清智元

具有多环节能力的综合领先



542百万元

Teledyne



180百万元

求是光谱



121百万元

智谱华章



103百万元

一目科技



### 多光谱AI模组重点玩家

根据2025年相关营收、市场份额及综合业务能力评估排序

仅展示部分头部梯队玩家，非穷尽



Teledyne



思特威



韬睿



海清智元



求是光谱



### 多光谱AI大模型服务重点玩家

根据2025年相关营收、市场份额及综合业务能力评估排序

仅展示部分头部梯队玩家，非穷尽



海清智元



商汤科技



Teledyne



智谱华章



一目科技



### 多光谱AI感知终端重点玩家

根据2025年相关营收、市场份额及综合业务能力评估排序

仅展示部分头部梯队玩家，非穷尽



高德红外



奥林巴斯



霍尼韦尔



海清智元



大立科技

## CHAPTER 6

# 多光谱AI产业发展趋势

- 多光谱AI产业技术方向
- 多光谱AI潜在应用领域与增长空间

06

## 多光谱AI行业产业技术方向（1/3）

多光谱AI先以可见/红外/紫外等多波段光热感知为基础，通过配准、融合与AI识别实现跨通道互证，提升复杂环境识别稳定性，降低误报与漏检；并可进一步协同雷达、声波等异构信号扩展感知维度。计算架构向端云协同演进：端侧负责实时推理与低时延响应，云端/行业模型支持复杂理解、根因分析与处置建议，二者协同提升效率。实际执行由业务系统、人员或受控执行单元完成。

### 中国多光谱AI行业产业技术方向

从“单一传感”向“多维互证”跃迁，突破物理机理与环境感知天花板



#### 趋势一：多模态融合感知，端云协同重构

■ **多场景感知范式升维，从“单一传感”向“多模态融合”跃迁**，单一传感器受限于物理机理与环境扰动，存在明显的感知天花板。多模态融合将成为复杂场景感知的主流路径，通过整合红外、雷达、声波等不同物理原理的异构数据，实现多维度互证，有效降低高误报率与复杂环境下的漏检问题。

**技术架构：**建立异构数据时空配准与联合标定体系，将雷达点云、声纹波形与图像像素统一映射；构建决策级融合引擎，设定动态权重机制（如：融合可见光轮廓、红外体温与雷达微动特征，进行综合研判以识别异常目标），实现全天候、多视角的冗余感知。

#### 当前面临挑战：

- ❑ 融合权重难定：在传感器结论冲突时，如何动态调整信任度缺乏自适应标准。
- ❑ 系统复杂度高：多套设备联动对安装、调试、维护的工程量要求极高。

■ **智能计算架构向端云协同演进**：端侧负责低时延推理与实时响应；云端结合行业知识库做根因分析、态势研判与处置建议支持，并通过模型更新持续迭代。实际执行由业务系统、人员或受控执行单元完成。

**技术架构：**端侧部署轻量化模型执行低功耗、毫秒级的异常初筛与目标检测；云端垂直大模型接收端侧上传的疑难特征或关键帧，结合行业知识库（RAG）进行根因分析与态势研判；通过模型蒸馏与参数更新，实现端云能力的双向闭环迭代。

#### 当前面临挑战：

- ❑ 端云通信瓶颈：偏远地区网络带宽不足，影响关键证据回传。
- ❑ 模型割裂：端侧与云端模型常由不同团队开发，数据接口和特征表达不一致，协同效率低。

## 多光谱AI行业产业技术方向（2/3）

产品小型化正在将多光谱AI从实验室专用设备推向可广泛嵌入现场设备的感知终端。通过软硬协同，即为硬件层面的异构集成、超表面光学、晶圆级封装，与软件层面的模型轻量化、端侧推理、低功耗调度，使得多光谱感知能力得以突破体积、功耗与成本的限制，优化现有应用，加速渗透至消费电子、可穿戴设备、移动机器人等规模化市场，为多光谱AI的普惠化应用奠定物理基础。

### 中国多光谱AI行业产业技术方向

#### 趋势二：产品小型化，从笨重机器到便携形态

■ 多光谱AI系统正经历从实验室台式设备到便携式形态，甚至到毫米级嵌入式感知单元的范式跃迁。小型化不仅仅是物理尺寸和功耗的压缩，更是软硬件协同设计的系统级工程。硬件层面通过超表面光学、SoC异构计算、晶圆级封装实现体积与功耗的指数级下降；软件层面通过模型剪枝、量化、蒸馏，将大模型压缩至适合端侧实时运行的轻量版本。两者结合，使得多光谱在现有应用场景下更加常态，以及其能够嵌入手机、智能手表、无人机、机器人等移动终端，打开分布式、移动化、普适化的全新应用空间。

#### 技术路径

##### 产品维度

- ❑ SoC异构计算：集成CPU、GPU、NPU至单芯片，体积小、功耗低。
- ❑ 超表面与计算光学：超透镜替代传统镜头组，厚度从厘米级降至亚毫米级。
- ❑ 晶圆级封装：探测器、滤光片、透镜一体化堆叠，模组体积向1cm<sup>3</sup>级别迈进。

##### 软件维度

- ❑ 模型轻量化：通过蒸馏、剪枝、量化，将模型压缩至MB级。
- ❑ 端侧实时推理：针对NPU优化，毫秒级响应，无需上传云端。
- ❑ 低功耗调度：动态唤醒与休眠，支撑电池设备长时间工作。

#### 当前面临挑战

##### 产品挑战

- ❑ 光学性能妥协：小型化导致进光量显著下降（光圈减小），信噪比降低，在弱光或远距离场景下成像质量远不及传统大镜头设备。
- ❑ 轻量化模型精度天花板：在极低算力和存储下，模型表达能力受限，复杂场景（如多目标、遮挡、恶劣天气）下的识别准确率不如云端大模型。



## 多光谱AI行业产业技术方向（3/3）

低价化使多光谱AI突破了长期以来的成本壁垒，有望从医疗、航天等领域的高端应用场景下沉至工业检测、消费电子、智慧农业等千亿级普惠市场。这得益于硬件层面量子点CMOS、非制冷红外等新技术将核心传感器成本推进更低成本区间，以及软件层面自动化标定、迁移学习与OTA迭代大幅降低部署运维成本。

### 中国多光谱AI行业产业技术方向

#### 趋势三：从“高精尖”到“普惠化”的成本破局

■ 成本优化的核心是硬件成本结构改善与软件部署效率提升。一方面，通过新材料、新工艺及光学与探测器集成优化，降低核心感知部件与终端成本；另一方面，通过自动化标定、迁移学习、模型轻量化与端侧推理等软件手段，降低部署、适配与持续运维成本，推动多光谱AI从标杆项目走向规模化应用。

#### 技术架构

产品维度：

- ❑ 量子点CMOS单芯片：胶体量子点材料直接在标准CMOS上沉积短波红外感光层，无需昂贵III-V族外延，成本降至1/10。
- ❑ 非制冷红外 + AI去噪：淘汰制冷机和机械斩波器，采用微测辐射热计配合深度学习去噪算法，模组BOM持续下降。
- ❑ 计算光谱成像：用编码掩模+压缩感知算法替代物理分光元件，硬件增量成本低。
- ❑ 国产化光学与标准化模组：国产红外透镜、滤光片替代进口，统一接口与驱动，降低物料与定制费用。

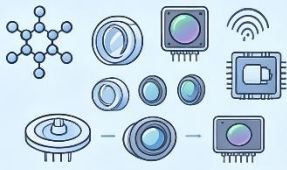
软件维度：

- ❑ 自动化标定与质量校验：针对多光谱/红外等通道差异、温度漂移、镜头污染与装调一致性，建立出厂自动标定、温度补偿和状态校验流程，减少现场调试与返工。
- ❑ 场景化模型适配：基于光谱库与行业场景数据做预训练/迁移适配，结合少量现场样本持续微调，降低新场景数据采集、标注和验证成本。
- ❑ 端云协同模型迭代：通过云端模型管理、评估与下发，结合现场反馈样本持续优化轻量模型，减少硬件改动和现场升级，提升长期运维效率。

#### 当前面临挑战

- ❑ 产品：低成本方案的光谱分辨率、信噪比仍低于传统仪器，高端检测场景难以替代。
- ❑ 软件：低成本硬件的批次差异大，需要复杂校准算法；消费级应用生态尚未形成，用户使用习惯仍需培育。

#### 硬件成本优化模块



硬件与工艺优化，进入更优成本区间

#### 终端与场景落地



多光谱AI终端嵌入行业场景

#### 软件与运维效率



软件与云端协同，降低部署及运维成本

推动多光谱AI从标杆项目走向规模化应用

来源：公开信息整理，专家访谈，弗若斯特沙利文

FROST & SULLIVAN  
沙利文

44

# 多光谱AI潜在应用领域与增长空间（1/3）

## 多光谱AI未来发展概述

多光谱AI已在数据中心、电力系统、能源设施、工业制造及公共安全等高价值行业的场景形成明确应用；中国多光谱AI市场规模预计2030年达794亿元，且2025—2030年复合增长率预计达 31.8%；市场整体呈现高速发展趋势。

在核心行业持续深化的同时，工业检测、智慧农业、食品质检、健康检测和消费电子等领域也为多光谱AI提供了进一步的拓展空间。

## 多模态融合感知应用场景趋势



## 应用场景：个人睡眠环境感知智能产品



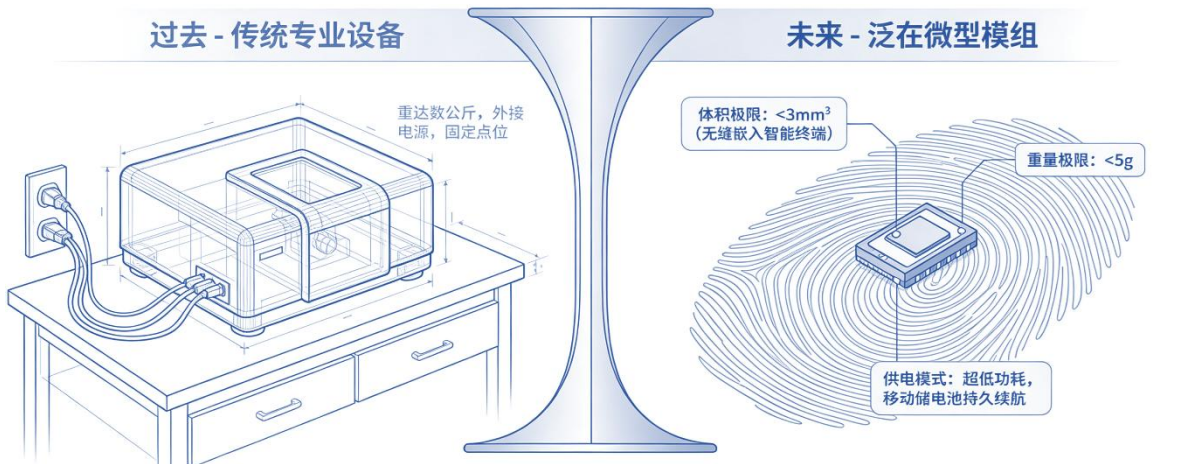
**当前阶段：**睡眠环境产品已能持续感知温度、湿度、空气质量、光照等卧室环境信息，并结合用户习惯与主观反馈，形成个性化环境参考区间；可对闷热、空气污浊、光照干扰等状态进行提示，并在授权与设备兼容条件下联动空调、净化器、加湿器或照明，辅助改善睡眠环境。整体仍偏向体验优化与场景智能化，个性化模型和跨设备协同仍在迭代。

**未大规模商业化原因：**①环境感知需长期稳定适应卧室高湿、弱光、静音与低功耗约束，数据质量和设备一致性要求高；②用户睡眠感受主观性强，环境偏好存在个体差异，模型需结合反馈持续校准；③跨品牌家电协议、权限与联动体验不统一，端侧隐私与数据授权机制仍需完善。

**关键条件：**①多模态环境传感与端侧/云端协同能力成熟，兼顾低功耗、静音与长期稳定性；②基于用户反馈与时段趋势形成个性化环境参考，而非固定阈值告警；③明确非医疗定位，仅提供环境洞察与改善参考，实际调节由用户授权及兼容设备执行。

# 多光谱AI潜在应用领域与增长空间（2/3）

## 产品小型化未来应用场景趋势



## 应用场景：个人皮肤健康管理



**当前阶段：**早期商业化与标杆试点并行阶段。硬件端已实现手机集成量产，便携式高光谱检测仪已民用量产，云端AI测肤中间件已规模化部署。系统可实时分析黑色素浓度、胶原蛋白含量、紫外线损伤累积、皮肤水分等指标，并与历史数据对比，给出护肤建议或早期预警（如疑似色斑恶变风险）。但受限于真实场景环境光干扰、肤色偏见及医疗合规边界，尚未形成面向大众消费者的可复制规模化市场。

**未大规模商业化原因：**①消费级场景环境光、拍摄角度、用户操作规范性差异大，导致光谱数据噪声多；②多光谱模组微型化成本仍较高，且需与手机摄像头深度集成，增加BOM与设计复杂度；③涉及皮肤病变预警等医疗级功能时面临严格器械认证要求，非医疗用途的检测结果与专业设备存在差距，易引发用户信任危机。

**关键条件：**①模型在环境光、拍摄角度和操作差异下保持识别稳定性；②传感模组小型化与成本结构优化，便于消费终端集成；③硬件与个性化健康管理服务协同，形成可持续的用户价值与商业模式。

## 应用场景：小型化工业巡检设备



**当前阶段：**标杆试点与早期商业化阶段。目前已在光伏、半导体、高端复合材料制造等特定工业场景落地，实现通过卡片大小的多光谱检测仪（集成短波红外+热成像）对传统重型检测设备的初步替代。技术验证已完成，证明了其在检测内部裂纹、杂质及过热隐患方面的有效性，正处于向更多工业细分领域渗透的初期。

**未大规模商业化原因：**①工业现场高温、高湿、强震动环境对设备防护与续航要求极高；②不同材料（碳纤维、晶圆等）需定制化算法模型，难以开箱即用；③中小企业ROI测算复杂，配套软件与培训成本仍存。

**关键条件：**①设备满足高温、高湿、强震动等工业环境要求，具备连续稳定工作能力；②建立覆盖主流材料的通用缺陷特征库与适配模型，降低二次开发成本；③数据与MES/QMS系统打通，为产线处置、工艺调整或停线联动提供判断依据，实际处置由业务系统或人员执行。

## 多光谱AI潜在应用领域与增长空间（3/3）

### 产品低成本化未来应用场景趋势

#### 应用场景：智慧农业

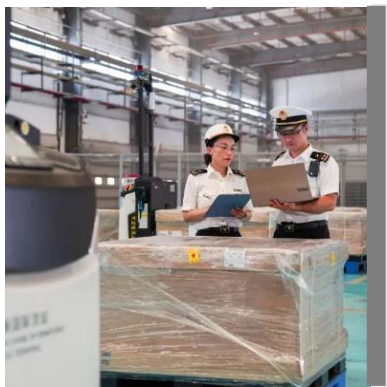


**当前阶段：**已在设施农业、果园及大田监测等场景形成试点案例，通过轻量化站点与低功耗传感降低部署成本，但受场景碎片化与标准化不足制约，尚未向中小农户规模复制。

**未大规模商业化原因：**①成本偏高，超出小农户承受能力；②农业场景碎片化、标准化程度低；③数据孤岛普遍；④复合型人才匮乏。

**关键条件：**①研发模块化、低成本的多光谱AI工具；②制定全国统一的设备接口与数据标准；③通过政府补贴降低初始投入门槛。

#### 应用场景：物流、零售质量抽检



**当前阶段：**标杆试点与早期商业化并行推进。低成本多光谱检测设备已在大型仓储节点部署，用于水果、蔬菜、冷冻食品等品类的无损快检，并与业务系统联动，辅助入库及退换货判定，目前正向更多物流节点延伸。整体而言，该方案有助于缩短质检链路、减少对人工抽样送检的依赖，并向全量快检替代传统抽检的方向演进。

**未大规模商业化原因：**①业务系统接口标准不一，设备与后端系统打通存在定制成本；②供应链对现场快检结果的信任与结算依据尚需建立，实验室报告仍具强参考性；③不同温湿度环境会影响光谱稳定性，需场景化校准与模型适配。

**关键条件：**①极简的硬件形态：一体机设计，无需拆箱即可扫描，适应仓库一线工人的操作习惯。②毫秒级实时反馈：检测时间压缩至3秒内，确保流水线不卡顿，实现“即来即检”。③深度系统集成：与ERP/WMS无缝对接，实现质检数据留痕、异常预警及退换货/拦截流程辅助触发。实际处置由业务系统、人员或受控流程执行完成。

#### 应用场景：白色家电与消费电子的感知智能升级



**当前阶段：**渗透率快速提升期。低成本红外热成像模组批量进入家电产业链，空调、厨电、洗烘机等产品正从被动执行指令向主动感知环境与用户升级。冰箱品类引入气体、温湿度等多维感知，向状态理解与主动提示演进。

**典型方向：**

- ❑ 空调：通过红外阵列感知人体位置与体表温度，实现“风避人吹”与个性调温，实现节能15%~30%；
- ❑ 厨电：烤箱/微波炉实时监测食物表面温度场，自动调节火力防止烤焦；灶具检测锅具干烧自动熄火；
- ❑ 洗烘机：滚筒内衣物温湿度实时感知，优化烘干程序，避免过度烘干损伤面料，提升能效等级；
- ❑ 冰箱：通过多维信号感知食材存储环境变化，形成新鲜度风险分级与异常提示，可联动净化功能。产品定位为辅助感知与提醒，不替代食品可食性判断。

**未大规模普及原因：**模组良率与稳定性需提升；算法需适配不同安装环境与用户习惯；跨品牌协议与用户隐私机制待完善；消费端对增值功能的付费意愿仍在形成。

**关键条件：**传感模组成本与可靠性持续优化；端侧模型在低功耗下保持稳定识别；感知结果用于体验优化与风险提示，实际控制由设备或用户确认执行。

## CHAPTER 7

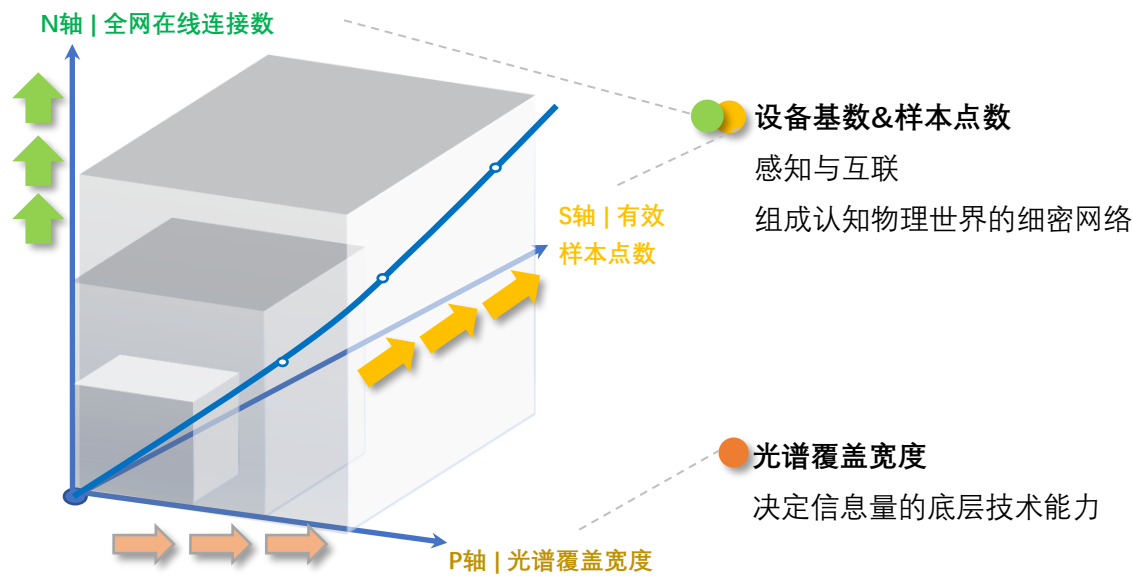
# 多光谱AI市场展望

□ 未来展望，多光谱AI价值模型： $V=P \times S \times n$

07

多光谱AI价值模型

多光谱AI行业价值模型：V=P×S×n



P

光谱越宽，识别越深

- 多波段覆盖：覆盖红外、紫外、可见光等更多光谱范围
- 信息维度扩展：获取更多肉眼不可见的物理特征信息
- 感知能力增强：提升对目标状态、变化和异常的识别能力

S

样本越多，数据越细

- 采样点增加：获取更多可用于识别与分析的有效数据点
- 信息颗粒度提升：提升对目标对象和场景的观测精度
- 分析基础增强：为AI识别、判断和预警提供更充分的数据基础

n

连接越广，渗透越全

- 在线节点增加：接入系统并持续在线的感知节点持续增加
- 连接形态丰富：固定终端、模组、机器人、无人机等多种节点协同接入
- 网络规模扩大：多光谱感知能力持续覆盖更多真实物理节点

V：随光谱宽、连接数、感知点扩展而逐渐膨胀的多光谱AI行业价值

## ■ 法律声明

- ◆ 本报告著作权归沙利文所有，经沙利文同意引用或刊发时，应在允许范围内使用，并确保内容完整、准确、保持原意，不得擅自修改、拼接或进行误导性删减，注明出处为“沙利文”。因不当使用本报告所产生的一切后果由使用者自行承担。
- ◆ 本报告分析师具有专业研究能力，保证报告数据和信息来源包括公开信息、专家访谈及沙利文内部研究与分析等合法合规渠道，观点产出及数据分析基于分析师对行业的客观理解，本报告不受任何第三方授意或影响，沙利文拥有对报告的最终解释权。
- ◆ 本报告所涉及的观点或信息仅供参考，不构成任何投资建议。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。在法律许可的情况下，沙利文可能会为报告中提及的企业提供或争取提供投融资或咨询等相关服务。本报告所指的公司或投资标的的价值、价格及投资收入可升可跌。
- ◆ 本报告的部分信息来源于公开资料，沙利文对该等信息的准确性、完整性或可靠性拥有最终解释权。本文所载的资料、意见及推测仅反映沙利文于发布本报告当日的判断，过往报告中的描述不应作为日后的表现依据，沙利文不保证本报告所含信息保持在最新状态。在不同时期，沙利文可发出与本文所载资料、意见及推测不一致的报告和文章。同时，沙利文对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，读者应当自行关注相应的更新或修改。任何机构或个人应对其利用本报告的数据、分析、研究、部分或者全部内容所进行的一切活动负责并承担该等活动所导致的任何损失或伤害。