

中国光电

王大珩

CHINA OPTOELECTRONICS MAGAZINE 2021年第4期 / 总第105期

洞察光电趋势

——CIOE2021展后报告

P08

更多资讯尽在



杂志官方微信公众号



四川泰瑞创通讯技术股份有限公司是一家高科技公司，2008年9月于成都成立。注册资本5000万人民币。办公及生产车间占地面积超过5000m²，公司在北京、深圳、杭州、香港均设立销售分部。

公司主营产品有 Copper, SGMII, SFP, SFP+, CWDM, DWDM, 25G SFP28, 100G QSFP28, 400G QSFP-DD 等全系列5G前传解决方案、数据中心解决方案、传输解决方案光模块产品。

公司拥有一支经验丰富的管理团队和独立知识产权的研发团队，由行业内具有丰富经营管理、技术开发、市场营销及生产运营经验的资深人士组成；产品已通过了UL/FDA/TUV等安规认证，以及ISO9001质量管理体系认证、ISO14001:2015环境管理体系认证、ISO45001 职业健康与安全管理认证。

泰瑞创始终坚持自主创新，以客户为中心，以质量为本，坚持“高品质、低成本、快反应、重细节、强改善”的公司理念。泰瑞创必将乘风破浪，勇往直前。



四川泰瑞创通讯技术股份有限公司

Sichuan Trixon Communication Technology Corp.,Ltd.

地址：成都市双流区新兴工业园天王大道
1000号联东U谷2栋

Tel: 028-6302 5144

Web: www.trixontech.com

Email: info@trixontech.com



产品手册

One-Stop Fiber Optic Solution

5G



Fiber array (FA)

Filter type CWDM-Mux Demux

Filter type DWDM-100GHZ,200GHZ

Filter type FWDM

CCWDM MUX/DEMUX

AAWG-100G 200G

Filter type DWDM-100GHZ,200GHZ

AWG- 50G 100G

Plane waveguide optical splitter (PLC splitter)

Optical fiber connector

PLC planar waveguide chip

4 Channel AWG

CONTENTS | 目录



特别关注 Special Focus

- P8 / 第 23 届中国光博会展后报告
- P10/ 展会概览
- P10/ 观众数据及分析
- P13/ 参展商数据及分析
- P16/ 同期论坛
- P20/ 整年度线上线下全面营销平台

光电与时代同行 Contemporary Players

P24 / 解读 3D 视觉技术风向: 的卢深视用定制化破局落地挑战

——的卢深视模组方案事业部总经理崔哲以“传感+AI3D 全栈提升支付安全与体验”为主题，分享了 3D 视觉的特点、价值和在一些人们日常生活重要场景中的应用情况。

学术 Academia

P28 / 激光清洗在石化领域的应用前景浅析

——本文介绍了石化领域清洗需求和技术现状，发现现有技术不能完全满足石化行业发展新要求，综述了近年来国内外激光清洗技术的发展，其为激光清洗在石化领域的应用提供了理论基础和思路参考，分析了激光清洗技术在石化领域的应用场合，并浅析了具体的研究方向及应用前景。

业界 Industry

P40 / 全国各地 5G 建设提速, 相关产业迎最佳发展期

——随着目前 5G 商用部署的持续推进，国内新一轮 5G 建设正进入加速期，产业链业绩也将迎来持续释放。

P41 / Omdia 观点: 下一代 PON 生态系统足够强大 25G 和 50G PON 均有市场空间

——Omdia 宽带接入高级首席分析师 Julie Kunstler 表示，下一代 PON 生态系统足够强大，可以支持不同的运营商战略和选择。在不断增长的 PON 设备市场中，供应商必须专注于各自的优势和机遇。

P42 / 十年之内, 激光雷达技术谁将胜出?

——在国外激光雷达厂商纷纷上市，国内激光雷达创企也跃跃欲试的当下，不少人也存在质疑。激光雷达是不是一项成熟的技术，为何还有连上市厂商在走原理不同的技术路线，未来十年内，激光雷达技术是否会决出一个胜者？

应用 Applications

P44 / 2021 年 3D 视觉感知行业细分应用领域市场规模前景预测及全产业链重点企业发展战略研究

——3D 视觉感知技术经历了从工业级向消费级拓展的过程，核心技术的不断突破和迭代，让大规模产业化应用成为可能。经过近十余年的起步、发展，3D 视觉感知行业即将迎来快速增长时期，消费电子、生物识别、AIoT、工业三维测量、汽车自动驾驶等是其主要应用领域。

P51 / 一文读懂什么是“元宇宙”

——它叫元宇宙，当下最火红的概念，捧它的人说他会重构整个互联网，贬它的一方说：不过是把前些年“虚拟现实”换个马甲而已，它究竟为何，接下来就让我们一一剖析。

CIOE 直通车 CIOE News

P56 / 提升科技硬实力 助推产业蓬勃发展——“中国光电博览奖”获奖名单重磅揭晓

——宗旨为进一步推进中国光电产业技术发展，与国际先进的光电技术产品共促共进；激励参展参会企事业单位对新技术、新产品竭力创新的积极性。

P58 / 产业学术无缝对接, 创新研发全线贯通——中国光学学会学术大会嘉宾演讲及听众反馈

——中国光学学会学术大会是国内最具权威性和影响力的光学光电子行业高端学术会议，每两年举办一届。本次会议旨在分享前沿技术，并结合中国光博会企业资源，搭建“产、学、研、用”高效对接平台，推广新技术、新产品、新应用、新模式，促进教育链、人才链与产业链、创新链有机衔接，深化“产、学、研、用”融合与产业链上下游协同创新发展。为推动新旧动能转换、激发创新创造活力提供强有力的支撑。

聚焦协会 Association News

P60 / 党建促发展, 务实建堡垒, 深光协顺利召开党支部成立大会

——8月3日，经上级党组织工作委员会审核决定，深光协正式成立中共深圳市光学光电子行业协会党支部，并颁发了《关于同意成立中国共产党深圳市光学光电子行业协会党支部的批复》。

P61 / 激活企业第三“利润空间”，“企业+”政策申报主题大讲堂成功举办

——“企业+”大讲堂由深光协精心打造特色品牌活动，旨在培养会员企业综合竞争力，围绕“知识产权、政策补贴、人力资源、银企对接、财税管理、宣传推广”等方向展开分享，每期大讲堂以“知识指导+经验分享”相结合模式，邀请各个领域的专家、大咖进行干货分享，促进企业员工业务水平提高，推动企业可持续发展。

P62 / 蓝光激光器破局市场: 避开同质竞争, 革新高反材料加工领域

——更多的厂商机构转而寻求新型激光器的横向突破，而近几年兴起的“蓝光激光器”被普遍认为新型激光器中一个值得关注的方向。

P63 / 国家重点研发计划课题绩效评价会在瑞波光电顺利召开

——2021年8月24日，国家重点研发计划战略性先进电子材料重点专项“高光束质量、低阈值、长寿命、低成本红光LD材料及器件关键技术与工程化研究”项目的课题绩效评价会在深圳瑞波光电顺利召开。

P64 / 凯普林天津自动化生产基地搬家庆功会顺利举办

——9月27日下午，凯普林天津自动化生产基地顺利落户位于天津市空港经济区东九道69号崭新的办公园区里，凯普林人共同庆祝此次乔迁。

产品 Products

P56 / 展品直击

小编四处搜寻，为大家呈现部分展商的火热新品。

主办 /Sponsors

中国科学技术协会
China Association for Science and Technology
中国国际光电博览会
China International Optoelectronic Exposition

协办 /Co-Sponsors

中国科学院
Chinese Academy of Sciences
中国光学学会（下属 22 个专业委员会）
Chinese Optical Society
中国电子商会
China Electronic Chamber of Commerce
中国科协新技术开发中心
New Technology Development Center - CAST
中国科学院光电研究院
Academy of Opto-Electronics, Chinese Academy of Sciences
中国电子科技集团公司
China Electronics Technology Group Corporation
中国兵器工业集团公司
China North Industries Group Corporation
武汉光电国家研究中心
Wuhan Optoelectronic National Research Center
广东省光学学会
Guangdong Optical Society
深圳市光学学会
Shenzhen Optical Society
深圳市光学光电子行业协会
Shenzhen Optics & Optoelectronics Industry Association
深圳贺戎博闻展览有限公司
Shenzhen UBM Herong Exhibition Co., Ltd.

总编 /Editor-in-Chief

阳子 Yang Zi

主编 /Chief Editor

王雅娴 Wang Yaxian

编辑 /Editors

李丹青 Achin

美术编辑 /Art Editor

林兆欣 Zhaoxin Lin

摄影记者 /Photographer

红瓢子 Hong

网络编辑 /Website Editor

光博君 CIOE6666

广告及赞助 /Advertisement

邓璐 Lisa

发行 /Publisher

李洁 Li Jie

地址 /Address

中国广东省深圳市南山区海德三道海岸大厦东座 607 室
Room 607, East Block, Coastal Building, Haide 3rd Road,
Nanshan District, Shenzhen, Guangdong Province, P.R. China

邮编 /P.C.

518054

电话 /Tel.

(0755) 86290901

传真 /Fax.

(0755) 88242599

电邮 /E-Mail

yaxian.wang@cioe.cn

网址 /Website

http://www.cioe.cn magazine.cioe.cn

微信公众号 /Wechat Public Account

CHINAOPTO



光电微课堂

品牌推广 / 技术分析 / 人脉拓展 / 专业交流

涵盖行业--手机、汽车电子、机器视觉、国防安防、数据中心、医疗

线上微课堂

- 微信社群线上讲授+实时讨论
- 产业及应用知名专家、技术达人定期分享
- 专业行业社群满足学习及沟通需求

线下微课堂

- 北、上、深等地微课堂线下活动
- 产业及应用知名专家、技术达人定期分享
- 专业活动满足学习及社交需求

两步快速加入社群

第一步:发送名片申请入群

第二步:发送感兴趣的行业

2步

添加【光博君】企业微信

扫描右边二维码,等你来撩!



扫一扫添加光博君企业微信

第24届中国国际光电博览会 欢迎您!

WELCOME

同期六大主题展



信息通信展
INFORMATION AND COMMUNICATION EXPO



精密光学展&
摄像头技术及应用展
PRECISION OPTICS EXPO & CAMERA EXPO



激光技术
及智能制造展
LASER TECHNOLOGY & INTELLIGENT MANUFACTURING EXPO



智能传感展
INTELLIGENT SENSING EXPO



红外技术及应用展
INFRARED APPLICATIONS EXPO



光电子创新&
新型显示创新技术展
PHOTONICS INNOVATION & DISPLAY EXPO



关注CIOE官方公众号



添加光博君企业微信

2022.9.7-9.9 深圳国际会展中心(宝安新馆)



第 23 届中国光博会 展后报告

目录

- P10 展会概览
- P10 观众数据及分析
- P13 参展商数据及分析
- P16 同期论坛
- P20 整年度线上线下全面营销平台

展会回顾

尽管 2021 全球新冠疫情仍未平息，但我们却步入到一个“新型确定时代”！中国经济经过几十年的能量累积，尽管这两年不断遇到贸易制裁、全球经济低迷等各种问题，但并没伤到元气，且依然生机勃勃，这股力量的释放让我们的民族意识逐步觉醒。过去，我们总会认为别人才是标准答案。现在我们突然意识到，原来别人不一定是都对，我们也可以做得更好！

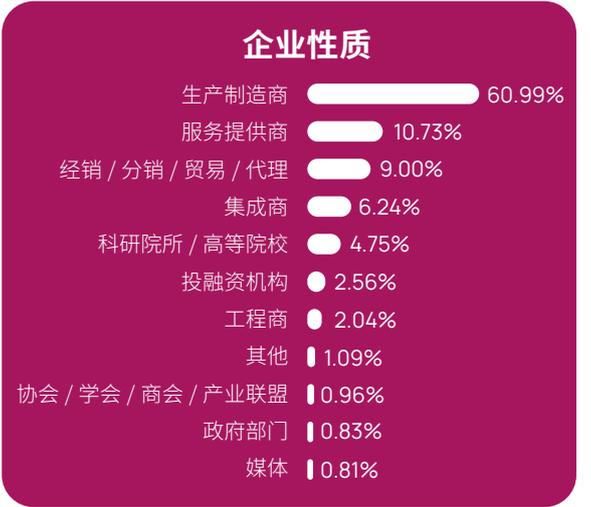
正是这种艰苦奋斗、埋头苦干的实业家精神，让我们站在了一个新的历史分水岭，我们能看到更远的目标，我们能看到更美的风景。我们有理由相信中国的经济发展，相信我们的光电行业虽困难与挑战并存，但处处蕴含机遇，未来必将势如破竹，葳蕤蓬勃！

第 23 届中国国际光电博览会（简称：CIOE 中国光博会） 在深圳国际会展中心圆满落幕，为行业呈现了一场最受期待的年度视觉与智慧的光电盛宴。在 3 天的展会中，向业界展示了通信、精密光学、光学镜头及模组、激光、红外、传感等板块的光电硬核科技。同时在 CIOE 上看到了光电技术正在消费电子、半导体、通信、安防、医疗、智能驾驶、先进制造、电力、能源等领域大显身手，创新技术层出不穷，应用场景多点开花，也看到了全国知名科研院所、高校、孵化企业展示的中国自主研发力量。

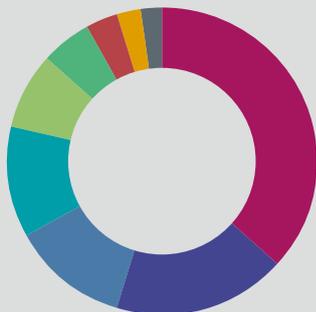
新一轮科技革命正加速演进，下游的应用创新不断需要光电技术的赋能，在要求更高技术更新的同时，也给光电产业带来了新一轮的发展机遇。



观众数据分析



观众九大应用领域总体占比



光通信、信息处理 / 存储	34.35%
先进制造	18.21%
消费电子 / 娱乐	14.81%
半导体加工 / 制造	11.94%
安防 / 国防	5.38%
传感及测试测量	5.26%
医疗	4.57%
能源	3.25%
照明 / 显示	2.23%

观众满意度

97.59%



满意度

对 2021 年展会总体表示满意或非常满意

96.65%



继续参观

表示会继续参观 CIOE 中国光博会

97.55%



值得推荐

观众愿意向同事及行业伙伴推荐 CIOE 中国光博会

九大观众领域所属行业的具体分析



光通信、信息处理 / 存储

器件 / 模块	28.47%
设备商	25.12%
光纤 / 线缆	10.97%
互联网服务提供商	8.89%
运营商	8.43%
系统集成商	6.35%
材料 / 配件	4.91%
工程商	2.95%
数据中心服务提供商	2.26%
网络规划及运维	1.11%
其他	0.54%



先进制造

光学材料及元件	17.36%
智能装备 / 机器人	16.23%
光学加工装备	14.32%
激光加工设备	13.10%
摄像头及模组	10.71%
汽车主机厂商	8.38%
工业相机 / 机器视觉	7.11%
工业激光器	6.45%
五金模具	4.32%
3D 打印	1.55%
其他	0.47%



消费电子 / 娱乐

手机	23.84%
汽车电子	14.47%
平板 / 电脑 / 周边	13.82%
AR/VR	12.35%
视听 / 数码电子产品	11.92%
家用电器	9.63%
可穿戴产品	7.35%
服务机器人 / 无人机	6.27%
其他	0.35%



安防 / 国防

监控设备及系统	24.87%
红外产品	21.35%
安防系统集成商	15.13%
航空 / 航天	11.43%
门禁产品及系统	7.61%
消防 / 警用	6.54%
安防工程商	5.24%
安检	3.85%
海洋 / 船舶	3.71%
其他	0.27%



半导体加工 / 制造

半导体设备	24.48%
封装及测试	18.99%
半导体材料	17.81%
芯片制造	15.13%
PCB / 集成电路	9.02%
电路设计	8.55%
其他	6.02%



能源

锂电池	29.25%
电力电网	23.53%
太阳能	22.59%
石油石化	12.47%
煤炭	10.90%
其他	1.26%



医疗

生物医疗	42.20%
医疗影像	35.05%
美容 / 健康	16.53%
其他	6.22%



传感及测试测量

智能传感器	46.08%
测试测量仪器	39.98%
物联网	11.75%
其他	2.19%



照明 / 显示

LED 封装 / 照明	47.28%
LED 显示屏	20.05%
触摸屏 / 平板显示	19.97%
其他	12.71%

VIP 特邀买家服务

为具有明确采购需求或采购计划的行业管理高层及专业人士精心搭建的贸易沟通平台，展前了解买家的采购需求，推荐和匹配符合要求的参展商和产品列表，展会现场为双方提供一对一对接，实现采购需求的精准匹配。

现场采购对接与洽谈活动

995_场

参与配对的参展商

695_家

VIP 特邀买家到场人数

1,866_人

参观企业

九大应用领域、科研院所及高校组织大量的行业及终端用户参观

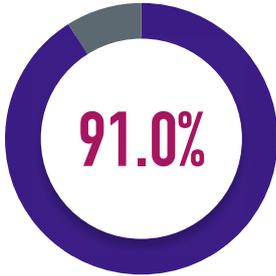
通信	中国移动、中国联通、中国电信、中国广电、华为、中兴、上海诺基亚贝尔、烽火通信、三星研究院、腾讯、百度、阿里巴巴、字节跳动、快手等；
先进制造	比亚迪、小鹏汽车、奥林巴斯工业、富士康、捷普精密、立讯精密、广汽研究院、北汽研究院、未来机器人、德赛自动化等；
消费电子 / 娱乐	OPPO、VIVO、华为终端、Apple、Amazon、小米、阿里巴巴、联想、博世、TCL、歌尔股份、小马智行、路畅科技、优必选、石头世纪、商汤、大疆创新等；
安防 / 国防	海康威视、大华股份、华为机器视觉、宇视科技、深圳海关、深圳边检、深圳机场、涂鸦智能、中钞信达等；
半导体加工 / 制造	中兴微电子、华为海思、中科光芯、深南电路、华强半导体、中科院半导体研究所、华润半导体、联合微电子中心等；
能源	国家电网、南方电网、广东电网、粤电集团、中广核、深圳能源集团、比亚迪锂电池、欣旺达、赛能科技等；
医疗	腾讯人工智能实验室、迈瑞医疗、开立医疗、西门子磁共振、神州医疗设备、瑞沃德生命科技、永士达医疗、迪澳生物科技等；
科研院所 / 高校	中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、中科院上海技物所、季华实验室、广东粤港澳大湾区国家纳米科技创新研究院、中国电信股份有限公司广东研究院、中国科学院深圳先进技术研究院、华中科技大学武汉光电国家研究中心、北京大学、清华大学、浙江大学、哈尔滨工业大学、长春理工大学、中山大学、华南师范大学、深圳大学等；
传感及测试测量	中际物联、奥比中光、艾迈斯欧司朗、歌尔股份、七海测量、一念传感等；
照明显示	海洋王照明、创维液晶、绎立锐光、极光光电、光台实业、四川九洲光电等；

* 以上为部分企业名单，排名不分先后



展商整体数据

来自 25 个国际和地区的 3010 家参展企业



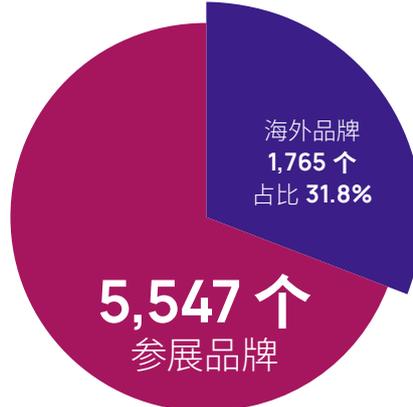
表示会继续在 CIOE 中国光博会参展



对 2021 年展会总体参展效果表示满意或非常满意



愿意向同行及行业伙伴推荐 CIOE 中国光博会



5 大国际展团



美国



德国



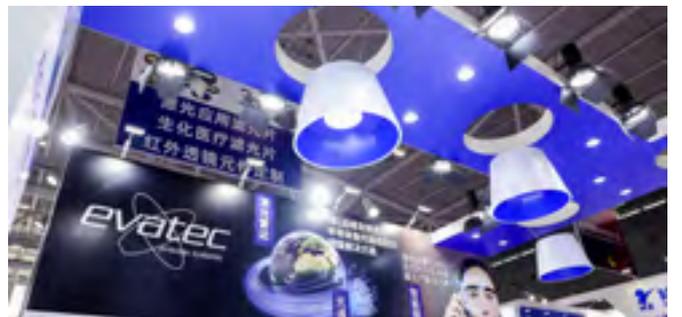
丹麦



加拿大



日本





信息通信展

INFORMATION AND COMMUNICATION EXPO

观众关注及采购产品分析



九大应用领域观众占比分析



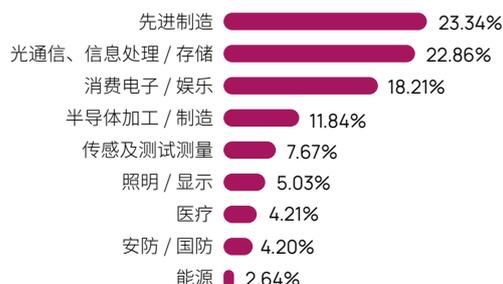
激光技术及智能制造展

LASERS TECHNOLOGY & INTELLIGENT MANUFACTURING EXPO

观众关注及采购产品分析



九大应用领域观众占比分析



红外技术及应用展

INFRARED APPLICATIONS EXPO

观众关注及采购产品分析



九大应用领域观众占比分析

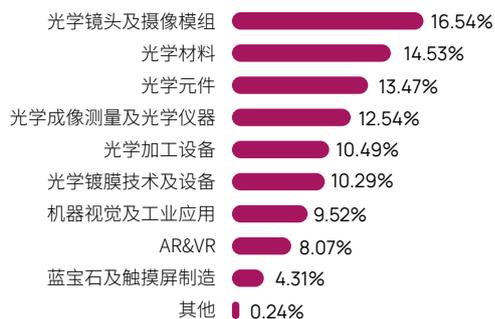




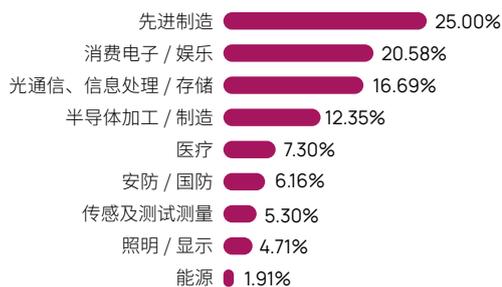
精密光学展 镜头及摄像模组展

PRECISION OPTICS, LENS & CAMERA MODULE EXPO

观众关注及采购产品分析



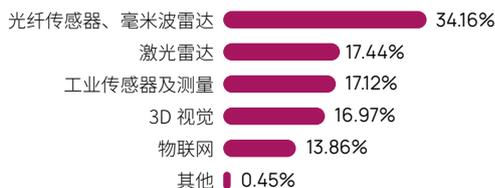
九大应用领域观众占比分析



智能传感展

INTELLIGENT SENSING EXPO

观众关注及采购产品分析



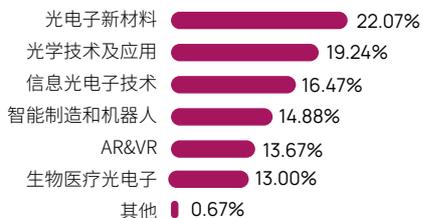
九大应用领域观众占比分析



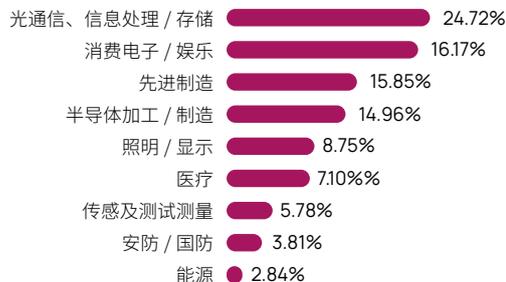
光电子创新展

PHOTONICS INNOVATION EXPO

观众关注及采购产品分析



九大应用领域观众占比分析





中国国际光电高峰论坛
CHINA INTERNATIONAL
OPTOELECTRONIC CONFERENCE



80⁺

主题论坛 (场)



550⁺

演讲嘉宾 (位)



550⁺

专题演讲 (场)



9,000⁺

参会听众 (人)

洞察光电趋势，聚焦产学研用融合

会议综述：

CIOE 中国光博会同期举办的中国国际光电高峰论坛是产、学、研、用四位一体多层次国际交流平台，围绕学术、产业、应用等会议方向，全面深入探讨光电领域的最新技术和研究方向，为光电企业布局未来提供了一个得天独厚的交流平台和更多强有力的可持续发展支撑，是中国光电产业领域规模最大和级别最高的光电产业盛会。历年来会邀请海内外光电行业专家、行业领军企业、政府名流全面深入探讨光电领域的最新技术和研究方向、光电行业热点和市场趋势。

行业大咖云集，共话发展新方向



敖立

中国信息通信研究院技术与标准研究所所长、正高级工程师



唐雄燕

中国联通研究院副院长、首席科学家



张德朝

中国移动通信集团有限公司基础网络技术研究所副所长



李俊杰

中国电信光传输专业首席专家



谢崇进

阿里巴巴 资深技术总监



周治平

北京大学教授、OSA, SPIE, IET Fellow



袁永强

华为光传送领域副总裁



邹贤能

开放数据中心委员会 (ODCC) 主席、腾讯网络平台部总经理



巩岩

苏州医工所副总师



秦振凯

华为 Camera TDT 经理



邱双忠

虹软副总裁



吴旭东

舜宇集团高级市场总监



徐敏

复旦大学上海超精密光学制造工程技术研究中心主任



祝世宁

中国科学院院士



韩家广

天津大学太赫兹研究中心教授



刘银年

中国科学院上海技术物理研究所 研究员



马明明

博士、中车株洲电力机车有限公司国家先进轨道交通装备创新中心 新中心所长



马淑贞

深圳市大族光子激光技术有限公司 总经理



盛辉

深圳泰德激光科技有限公司 副总经理兼首席技术专家



唐霞辉

华中科技大学光电信息学院教授、博士生导师，激光加工国家工程研究中心副主任



张庆茂

华南师范大学教授 中国光学学会激光加工专委会 副主任



赵全忠

中科院上海光学精密机械研究所 研究员、博士生导师，南京萃智激光应用技术研究院院长



Angus Pacala

Ouster 首席执行官



Sven Otte

Sicoya 首席执行官

* 以上为部分嘉宾名单，排名不分先后

信息通信 系列会议

- 下一代光传送网技术发展论坛
- 光电子芯片集成技术与应用论坛
- 打造超宽光联接, 迈向 400G / 800G 时代
- 2021 千兆光网创新发展论坛
- 光器件、光模块新技术进展与应用论坛
- 下一代数据中心光互连论坛
- 千兆光接入技术发展论坛
- IPEC 国际光电标准与产业发展论坛
- 2021 亚太云峰会 - 绿色数据中心创新论坛

- 光学技术及应用新风向
- 医疗内窥镜产业发展研讨会
- 基于镜头模组的成像技术高峰论坛
- 微纳超构制造与检测技术论坛
- CIOE 光学真空镀膜大会 --- 高性能光学膜与镀膜技术的应用突破
- 人工智能在机器视觉的应用与展望
- AR 显示与环境感测在智慧城市的应用
- 第三届中德合作创新粤港澳大湾区论坛 --- 微纳光学制造

光学 系列会议

激光 系列会议

- 国际激光技术及创新应用市场发展研讨会
- 协同创新, 促进激光技术向超快精密集成化应用发展
- 新基建赋能激光技术创新发展研讨会 - 汽车及动力电池产业制造应用新发展

- 太赫兹技术及应用论坛
- 国际红外材料, 系统器件及市场发展高峰论坛
- 红外技术向民用领域进军发展研讨会
- UVC LED 进阶应用大会

红外 系列会议

光 + 应用高峰论坛 3,000+ 听众人数

针对光电技术在各个应用领域的发展, CIOE 首次在业界提出“光+”概念, 联合专业媒体、应用协会举办了 24 场会议全面探讨了光电技术在新兴应用领域的落地及解决方案。(以下仅部分会议名称, 排名不分先后)

光 + 人工智能:

- 人工智能与智慧安防创新发展论坛
- AI + 智能家居高峰论坛

光 + 智能制造:

- 5G 新材料创新应用发展高峰论坛
- 智能传感器创新应用发展高峰论坛

光 + 机器人 / 汽车:

- 第四届“光”+ 智能汽车技术高峰论坛
- 车载摄像头成像质量评估标准研讨会
- 全球自主移动机器人产业峰会
- 第二届机器视觉在工业机器人中的应用

光 + 视觉:

- 第二届 5G AR(增强现实)技术应用高峰论坛
- 第三届 AR/VR 光学应用高峰论坛
- 第三十一届“微言大义”研讨会: 3D 视觉技术及应用

国际高端论坛

第六年与国际权威分析机构 Yole Développement 合作，探讨最新光电子市场和硬科技，助力企业了解海外光电业界发展，寻找项目合作机会、拓展高端人脉圈。

- YOLE 汽车成像 & 激光雷达国际高端论坛 2021
- YOLE 光收发器 & 硅基光电子技术国际高端论坛 2021
- YOLE 消费级 3D 传感国际高端论坛 2021
- 欧洲光电产业协会技术展望大会
- 英国光电日 - 非凡创新助力可持续未来
- 第二届德国光电日 - 德国光电技术赋能未来应用
- 中欧硅基光电子论坛 - 开放式硅基光电子学制造平台

900+
听众人数



全球光电大会 (OGC)

亚洲地区第一个直属 IEEE 的全球光电学术会议。2021 年 CIOE 中国光博会同期共计举办了 43 场，其中线上会议 19 场，线下会议 24 场，9 个专题分别为：激光技术、光通信与网络、红外技术及应用、精密光学、光纤技术及传感、光电器件及应用、生物光子、人工智能光子学、硅光子学等；6 场特别专题会议、3 场 WORKSHOP。

400+
听众人数



中国光电博览奖

由全国政协教科卫体委员会副主任、科技部原副部长曹健林教授提议，中国国际光电博览会主席团发起设立的。第一届获奖名单在 CIOE 现场评选及颁布，由陕西源杰半导体、山东华光、苏州慧利仪器、季华实验室四家单位申报项目获得金奖，苏州旭创、MRSI、杰普特光电、浙江大立、成都光明等八家单位申报项目获得银奖，青岛海信、深圳瑞波、飒特红外、宇瞳光学等共 22 家单位申报项目获得优秀奖。



中国光学学会学术大会

会议由中国光学学会、中国科学院信息技术科学部、中国工程院信息与电子工程学部主办，深圳大学、深圳技术大学、中国国际光电博览会、深圳市光学光电子行业协会联合承办。大会共设立 22 个专题，涵盖光学、光学工程领域近 100 个子专题。



光电 | 微课堂

信息通信：17 场

400G/800G 高速光模块测试方案、全球光通信设备市场的最新进展；

光学：15 场

定制 OEM 光谱仪、自动驾驶环境感知技术摄像头内参标定；

红外：10 场

热成像工业测温安全生产应用实践分享、红外热成像如何加快技术和应用的落地；

激光：11 场

生物医疗应用与半导体激光器、激光焊接在 3C 行业的应用等；

传感：18 场

激光雷达市场需求及产品更新、3D 结构光的优势与行业应用分享

科研院所：5 场

基于薄膜光谱分光的高光谱成像技术、CIOMP-SiC 制备技术及应用；

* 以上仅为部分微课堂课程名称，
查看更多可扫码进入微课堂课程页面

- 线上微课堂及线下分享会两种形式；
- 线上微课堂是通过直播平台 + 实时讨论的社群活动，视频讲解形式让课堂互动更生动；
- 线下分享会是技术探讨和交流的非正式的聚会活动，面对面沟通更顺畅；



非展期会议



信息通信：

- 2021 中国光通信高质量发展论坛
- 当 AI 遇到光：智能光网络
- 硅光集成与数据中心应用线上研讨会
- 5G/F5G 双千兆与应用线上研讨会

传感：

- “人脸识别·金融支付”创新峰会
- 视觉技术赋能机器人产业发展
- 3D 视觉助力智慧安防快速落地

光学：

- 2021“与光同行”光电产业研讨会(苏州站)

激光：

- 2021 大湾区激光芯片产业峰会

红外：

- 光电技术高效助力电力行业发展

光电：

- 全球光电先进技术及产业发展研讨峰会



线上线下相结合 365 天多渠道触达精准人群

<p>官方网站</p> <p>年曝光量: 210 万+</p>  <p>WWW.CIOE.CN 传递企业形象, 让需求客户第一时间找到你。</p>	<p>展商邀请函</p> <p>邀请函浏览量: 16 万次</p>  <p>为参展商定制的邀请系统, 操作简单, 一键生成邀请函模式方便转发。</p>	<p>非展期活动交流</p>  <p>不定期在全国各地举办高峰论坛、沙龙活动, 助力企业进行人脉拓展、新品新技术发布等;</p>
<p>电子快讯</p> <p>数据量: 110 万+</p>  <p>针对光电行业及九大应用领域精准分类推广。</p>	<p>展会采访直播</p> <p>采访企业数量: 200+ 家</p> <p>采访曝光量 110 万次</p>  <p>展会现场邀请专业媒体对参展商进行独家采访, 并通过线上方式实现在线与观众即时互动。</p>	<p>应用行业参观指引手册</p>  <p>针对光电技术在不同行业的应用, 分别制作手机及消费电子、汽车电子、数据中心、国防安防、医疗、智能制造、科研院所及高校、绽放科研之光等指引手册, 让应用人士快速找到相关产品;</p>
<p>微信推广</p> <p>微信粉丝量: 14 万+</p> <p>行业交流群: 123 个</p> <p>全年微信阅读量: 61.1 万次</p>  <p>高曝光量, 用户群体高度集中, 互动性强。</p>	<p>合作媒体</p> <p>合作媒体数量达: 160 家</p> <p>海外媒体合作覆盖: 70 个国家和地区</p> <p>新闻转发曝光量: 50 万次</p> <p>抖音广告展示量: 80 万次</p>  <p>与行业媒体、大众媒体、自媒体、新闻发布综合平台合作, 集中资源进行信息的有效传播。</p>	<p>《中国光电》杂志</p>  <p>发行量: 2 万 / 期</p> <p>中国光学事业奠基人、两院院士王大珩先生为杂志题名, 是聚焦光电行业及应用领域发展的专业季刊。读者群体涵盖光电企业、应用领域重点买家企业的采购及研发高层、协会学会、光电院校、政府部门等;</p>

光电 与时代 同行

光电先锋人物专访

目录

P24 解读 3D 视觉技术风向：的卢深视用定制化破局落地挑战

——的卢深视模组方案事业部总经理崔哲以“传感 + AI3D 全栈提升支付安全与体验”为主题，分享了 3D 视觉的特点、价值和在一些人们日常生活重要场景中的应用情况。

解读 3D 视觉技术风向 的卢深视用定制化破局落地挑战

记者：王雅娴

第 23 届中国光博会于 2021 年 9 月 16-18 日在深圳国际会展中心举行，本次中国光博会共占据 8 个展馆，包含 6 大主题展区。在智能传感展区聚集了众多 3D（三维）视觉领域的代表公司，其中不乏多家新锐创企。同期举行的中国国际光电高峰论坛上，主办方专门设置了 3D 视觉研讨会，其中的卢深视模组方案事业部总经理崔哲以“传感+AI 3D 全栈提升支付安全与体验”为主题，分享了 3D 视觉的特点、价值和在一些人们日常生活重要场景中的应用情况。

“的卢深视用 6 年布局 3D 视觉，走出技术突围之路。”



的卢深视模组方案事业部总经理崔哲

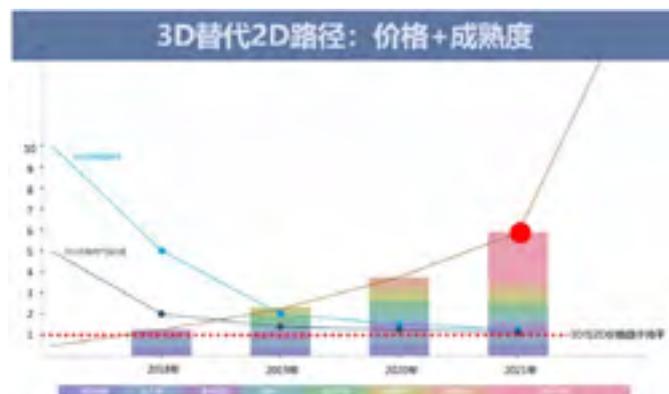
目前，2D 照片数据已经泛滥，且复制和批量修改成本极低，无法作为人像隐私数据得到保护，而 3D 数据由于采集门槛更高、没有批量修改工具，仿制成本高、彩色+深度数据需匹配等特点更适用于在一些需要机器视觉的领域应用。从 2017 年苹果公司在 iPhone X 增加 Face ID 人脸解锁应用后，3D 视觉逐渐被用户熟悉，现已广泛应用于安防、消费电子、机器人等领域，围绕 3D 视觉提供各类技术和解决方案的玩家也不断增多。作为重要玩家之一的的卢深视不仅在 3D 视觉的模组方面进行了布局，发布了智慧楼宇等解决方案，在 3D 视觉算法上也有所突破。目前的卢深视产品和解决方案已经落地应急防疫、金融支付、海关边境等多个场景。作为

国内较早进入 3D 视觉领域并且专注于全栈产品解决方案的厂商，的卢深视是如何把握 3D 视觉发展趋势，进而成功实现众多应用落地的？小编通过对话的卢深视模组方案事业部总经理崔哲，对的卢深视在 3D 视觉领域的技术、产品发展和布局情况进行深入解读

3D 视觉发展的三个阶段

无论 2D 视觉传感器还是 3D 视觉传感器，作用都是获取到现实世界的精确图像数据，然后提供给计算机进行分析。

通过提高成熟度，降低成本，凭借更优性价比，3D 传感器实现了“降维打击式替代”2D 传感器，将发展成为机器标配的“眼睛”。



从行业未来发展角度看，根据 Tractica 数据，全球 3D 传感器和硬件子系统市场将从 2017 年的 82 亿美元增长到 2025 年的 579 亿美元，3D 视觉的未来市场发展空间巨大。



因为了解到 3D 视觉的优势和市场发展空间，早在 2015 年，的卢深视就开始进入 3D 视觉领域。

相比于那些在 2017 年苹果公司推出 Face ID 人脸识别解锁该典型 3D 视觉应用之后进入此赛道的企业，的卢深视经历了更多 3D 视觉的不同发展阶段，也对不同时期行业里存在的问题或挑战有较深的感知。

崔哲谈道，3D 视觉行业的起步期（2017 年之前）重要问题或者说挑战是，如何将 3D 视觉的优势和特点介绍给行业用户。

因为作为一项新技术，行业用户不知道 3D 视觉能解决机器视觉领域的哪些问题，更不用说 3D 视觉的价值和优势了。

在中国 3D 视觉市场起步期，的卢深视是从 3D 视觉能够帮助机器获取更多维度的视觉信息、更多维度的视觉信息可以带来算法更多的应用这一角度，作为切入点，来突出 3D 视觉的优势，让行业用户快速了解 3D 视觉的优势，并决定使用 3D 视觉的技术和产品。

他举例说，像的卢深视 2015 年创立不久就开始做的边疆全省 3D 人脸识别卡口项目，的卢深视帮助用户实现了千万级别大库的黑名单报警功能、白名单记录功能以及对重点监控人员的行为分析，这些功能的实现，就主要是依托 3D 视觉收集到的多维度数据。

到了 3D 视觉市场成长期（2017 年之后的一段时期），一些行



业用户开始认可 3D 视觉技术和产品，这时如何将 3D 视觉技术和产品推广到更大的领域，则成为各 3D 视觉行业玩家需要面临的重要问题。

苹果在这个阶段发挥了重要的作用，崔哲提到因为当时（2017 年）苹果发布了新款 iPhone (iPhone X)，上面配备 Face ID 功能，其中就用到了结构光 3D 视觉技术，这让消费者对 3D 视觉技术、产品接受和认知程度提高了，相应的无论是终端的应用需求还是开始做上游器件的厂商都开始增多。

目前，3D 视觉行业的主要挑战是如何通过降低成本、功耗和体积，将 3D 视觉的产品做到真正的消费级。



的卢深视总结的 3D 视觉智能架构及技术演进路径

他说，在大概 2017 年之前，3D 传感器专业级的价格可能要 10 万左右，民用级的精度略好的都需要两三千。现在 3D 传感器的价格已经逐渐接近二维视觉传感器的价格区间了，下一步就是将 3D 传感器的价格降到和 2D 传感器一样的程度。

3D 视觉不断发展，的卢深视认为 3D 视觉可分为两种未来的发

展方向：偏专业方向和偏民用方向，这两个方向对于 3D 视觉传感器的要求会不同。

崔哲谈道，偏专业方向的 3D 视觉传感器或者技术的下一步是向更高的数据精度、更好的图像质量、更远的探测距离方向发展。

例如安防领域，用户可能会要求传感器，实现在露天环境下，对几十米范围内的空间进行高精度的探测。

而偏民用方向，他认为 3D 视觉首先就要解决消费者的体验问题，首先是成本，3D 视觉厂商要将 3D 视觉成本降到更低；其次就是要将 3D 视觉传感器等产品做到集成化、小型化和低功耗，因为消费者使用手机、可穿戴设备等时，对于上面装有的传感器体积是有要求的。

的卢深视也是朝这两个方向在不断探索的。

的卢深视的两大主攻方向，深度匹配应用特性

3D 视觉行业是一个较新的赛道，除了跟上整个行业的发展方向和发展速度之外，各玩家会采取不同策略，来实现扩大市场占有率等目标。

崔哲谈道，从产业角度，3D 视觉厂商想要推进 3D 识别技术和产品落地，核心点在于这个产品或技术可以帮行业用户所在的产业解决实际问题。

例如刷脸门锁和刷脸支付，对 3D 传感器的需求是不同的。

像刷脸门锁大部分是电池驱动，如果功耗过高，消费者就需要经常更换门锁上面的电池，这样带给消费者的体验就会变差。所以



的卢深视刷脸门锁产品 3D-FaceID lite 重明系列 3205

对智能门锁来说，视觉传感器的功耗高低是相当关键的。

但对于刷脸支付产品来说，可能功耗就不那么重要了，因为很多刷脸支付设备都是供电的。



的卢深视刷脸支付产品

因为了解到每个行业对视觉传感器的需求特点是存在差异的，所以的卢深视会基于行业给出更定制化的解决方案。

如针对刷脸支付等应用，的卢深视推出高精度 RGBD 相机青鸾。这种结构紧凑的结构光 RGBD 相机，支持 HDR（高动态范围成像）功能，以保证逆光场景下的清晰度；同时支持多种安装方式，易于集成，也可做尺寸的快速匹配，并且视场设计成竖直视场，更适用于刷脸场景。

而针对智能门锁等相关应用，的卢深视则研发出另一种模组：3D-FaceID 智能模组重明，这种模组的优势就是体积小，其体积只有 46.9mm（宽）*12.3mm（厚）*20.8mm（高）大小；功耗低，内置锂电池单次充电最高使用时间可达 1 年；有休眠状态、可支撑长期工作；还可以在夜晚正常使用。

的卢深视还在这两种产品上增加了算法开发模块或算法升级模块，行业用户可以根据具体的细分应用场景再做优化和调整。

总的来说，的卢深视的技术研发路径就是，第一步是找场景，第二步是基于场景进行分析、调优。

这个过程中需要对行业用户在不同场景下的需求进行分析。

而如何去获取行业用户在某一场景下的需求或某一行业的需求，的卢深视选择从大客户切入，然后了解该行业对视觉传感器的

共性需求，并复制这些经验，进而设计出适合于这个行业的较通用型产品。

的卢深视不仅技术研发上基于场景、基于行业来进行，在探索 3D 视觉评价指标和行业标准过程中也是从具体的应用入手的。

目前，3D 视觉领域的产品或技术的评价指标，以及相关的行业标准还在探索或起草阶段，行业里并没有成熟或较统一的认知。

例如，如何评价一个传感器是否适合于某个 3D 人脸识别算法等问题，有一些更宽泛的评价指标可用来评价，像图像质量，更具体来说来说是数据精度、分辨率等指标。

在实际研发中，的卢深视发现这些普适性高的指标可能不足以满足其评价自身产品如传感器等的需求，所以的卢深视会从应用角度反推相关的评价指标，进而探索出一套更符合实际生产、应用的指标体系。

的卢深视的五大核心技术方向

的卢深视一共有 3D 人脸识别、3D 视觉传感器、3D 目标重建测量、3D 人像动态捕捉分析、交互与虚拟数字人这五类核心技术方向。

现在可能 3D 人脸识别技术的相关产品落地更多一些，比如，的卢深视从 2015 年成立后进行的边疆全省 3D 人脸识别卡口，到 2017 年中标的港珠澳大桥人脸识别安检项目，再到 2020 年开始建



某城市地铁 AFC 刷脸进站项目中应用到的的卢深视产品、技术

设的国内一线城市地铁 AFC 刷脸进站项目。

除了参与重要 3D 视觉应用项目，的卢深视也参加到一些 3D 人脸识别相关的国家标准和行业标准的起草制定过程中，例如公安部《安防人脸抓拍设备技术要求标准》、中国银联《中国银联刷脸付 3D 识别数据技术指南》等。

同时，像最近热度很高的元宇宙、AR 等领域相关的 3D 视觉技术，的卢深视也有布局。

早在 2016 年，的卢深视就开始进行在沉浸式人机交互与虚拟数字人相关研究工作。小编了解到，目前的卢深视在该方向上是以底层核心技术研究为主。

像 3D 人脸识别之外的 3D 生物识别信息认证如瞳孔识别、掌纹识别等，以及 3D 人像动态捕捉分析等可以预判用户行为的相关技术，的卢深视也都有涉及。的卢深视的 3D 视觉技术布局已经覆盖了 3D 视觉大部分的分支技术。

结语：三维视觉应用范围广，或成机器标配

无论是去年的中国光博会还是本届中国光博会，展会上都出现了 3D 视觉相关的展台或体验区，这背后是 3D 视觉技术发展多年，尤其是近 5 年蓬勃发展的结果。

在众多 3D 视觉行业玩家中，的卢深视发挥前瞻性策略，提前预判到了 3D 视觉是机器视觉的必然发展趋势，同时的卢深视专注利用实际应用样本去进行优化设计，并且进行了技术布局，这些行动让的卢深视在 3D 视觉行业竞争愈发激烈的现在，自身的价值得到显现。

的卢深视的切入方向基本上是和人们日常生活息息相关，例如安检、支付等，也是希望通过 3D 视觉的优势，给人们带来生活便利。

随着 AR、VR、和机器人等发展，3D 视觉这种符合人类特性的机器视觉技术，将发挥更大作用，3D 视觉技术可能成为每个机器必配的一双“眼睛”。

激光清洗在石化领域的应用前景浅析

段成红, 陈晓奎, 罗翔鹏*

北京化工大学机电工程学院, 北京 100029

摘要: 激光清洗是利用激光高能特点去除基体表面附着物的表面工程技术, 逐渐在微电子、模具、建筑和航空航天等领域示范应用。石化作为国民经济的支柱产业, 却鲜有激光清洗技术应用的报道。本文介绍了石化领域清洗需求和技术现状, 发现现有技术不能完全满足石化行业发展新要求, 综述了近年来国内外激光清洗技术的发展, 其为激光清洗在石化领域的应用提供了理论基础和思路参考, 分析了激光清洗技术在石化领域的应用场合, 并浅析了具体的研究方向及应用前景。

关键词: 激光清洗技术; 石化领域; 应用场合

1 引言

激光清洗是通过光学系统得到高能激光束, 以振动、烧蚀等作用去除基体表面附着物的表面处理技术, 原理如图 1 所示。激光清洗有很多优点, 例如: 激光具有高能特性, 能够有效清除微米级与纳米级颗粒^[1]; 激光清洗无机械接触, 不会对清洗对象造成意外的机械损伤, 也不存在磨损问题; 激光清洗不需要化学溶剂, 省去了废液处理步骤, 同时避免对设备造成不必要的化学腐蚀, 也无需清洗后的干燥操作^[2]; 激光清洗的废料主要是固体碎屑、粉末, 体积小易处理, 对环境 and 人类危害小; 相对于超声波清洗其噪声更低; 激光清洗可进行选择性清洗; 采用光纤激光器可实现远距离操作; 激光清洗操作方式多样, 可手工操作, 也易于自动化控制。

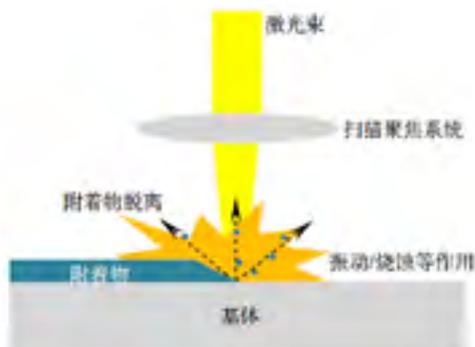


图 1 激光清洗原理示意图

由于具有上述优点, 激光清洗在很多生产领域迅速得到应用, 例如模具内花纹除胶^[3]、古建筑与石质文物除尘垢^[4-5]、船舶板材表面除锈^[6-7]、飞机金属蒙皮和复合材料部件除漆^[8]、高铁表面除漆^[9]等。经过调研发现, 石化领域现用清洗技术存在一定的不足^[10-13], 难以满足我国日益严格的环保法规要求, 探索激光清洗技术在石化的应用, 为传统清洗技术替换升级作技术储备是必要的, 且前景十分广阔。

2 石化清洗需求及清洗现状

2.1 清洗需求

2.1.1 污垢清洗

石化企业拥有数量庞大的化工设备, 这些设备往往是露天集中安置, 承受高温或低温工况, 内部有腐蚀性或黏性生产原料。与其他行业相比, 石化设备的这种工作环境使其更易在与大气、粉尘、工作介质和油类等接触过程中, 在内外壁沉积生成一层对运行、产品或人体有害的覆盖层, 称为工业污垢。

石化设备常见污垢主要有五种, 即大气尘垢、水垢、化学反应生成的污垢、腐蚀产物生成的污垢和生物污垢^[11]。大气尘垢中油污较多时会影响传热。水垢最为常见, 介质为水或汽的设备都会结水垢, 分布量大且面广。化学反应生成的污垢比较牢固, 若壁温过高, 还会导致结焦。腐蚀产物生成的污垢不仅增加热阻, 污染产

品,还会增加表面粗糙度,进一步加剧污垢沉积。如石化管壳式换热器管板、折流板等处腐蚀性污垢容易积聚,垢下腐蚀连续进行从而导致泄漏等问题,此类污垢需要及时清除。介质里的微生物在设备和管道内会生成生物污垢,且会扩散。

设备形成的这些污垢一方面会导致生产效率降低,耗费更多的原料、水和能源,降低产品质量,严重时被迫停产;另一方面会导致部件性能降低,使用寿命缩短,更易出现各种各样的安全事故,造成人员伤亡和巨大的经济损失。为保证化工设备正常运转,在开工前或者运行一段时间后,需对设备整体或部分进行清洗。

2.1.1.2 停工维修前清洗

现代石化行业工序长,工艺更加复杂,装备服役过程中一些关键零部件,如搅拌釜的转轴和叶片、塔的塔板和接管等往往会由于磨损、腐蚀、疲劳和事故等原因失效,从而影响设备正常运行。严重时可能导致腐蚀性物质、有毒气体泄漏,以及火灾等发生。为保证安全生产和减少不必要的经济损失,在生产过程中加强设备的检查与维护是必要的。

一方面,化工厂通过中控室监测设备实时状态与现场巡逻结合起来及时发现和处理问题;另一方面,化工厂每几年进行一次停车检修。根据装置规模大小,检修时间长短不一,但最少需要两三周时间。现在由于防护技术及管理水平的提高,设备和管道可以三到五年一修。

设备停工检修时,需要进行检测的区域,尤其是受到腐蚀或应力集中、容易产生裂纹、穿孔等缺陷的区域,必须使用清洗技术将表面的漆层和垢层去除干净,露出基材的材料本体。清洗时要求不损伤基材并不扩大缺陷,然后使用无损检测技术进行检查。对于部分缺陷可采用人工修补,比如裂纹,先制坡口并清理污垢,后用原始母材或相应合金材料进行堆焊、熔覆并退火消除焊接应力,再进行加工、测试等;也可以采用更先进的激光增材制造技术进行修复。不管采用何种修复手段,必须首先对问题区域进行清洗。

为进一步缩短维修周期、减少停工时间、降低成本,石化行业停工维修前需要一种比目前传统方法更便捷高效、绿色环保和安全的清洗技术。

2.2 清洗技术现状

国内外石化设备的清洗技术主要分为化学清洗、物理清洗以及环保型的微生物清洗技术。

化学清洗采用化学试剂及其水溶液去除物体表面污垢,图2(a)^[12]为工人正在制备化学清洗溶液。如要清洗设备的某些零件,需将零件拆除浸泡在化学试剂中,或在现场对零件涂抹化学试剂。酸、碱、中性等化学试剂虽然有效,但是会产生废液、废水,环境污染大;排放前通常需对废液、废水进行处理,包括化学处理,增加成本且易产生二次污染。

物理清洗最早是捅、刷、磨、铲等,其劳动强度大,效率和质



图2 (a) 化学清洗;(b) PIG 清洗;(c) 喷砂清洗;(d) 高压水射流清洗^[12]

表1 国内各清洗方法所占市场份额^[13]

清洗方法	市场份额/%	
化学清洗	约 70	
物理清洗	高压水射流清洗	约 20
	超声波清洗	约 5
	PIG 清洗	约 3
	干冰等清洗	约 2
微生物清洗	很少	

量取决于工人熟练程度，一般较低，而且难以处理人不易到达的地方。随着技术创新和发展，PIG 清洗技术和射流清洗技术（如喷砂清洗、喷丸清洗、干冰清洗、高压水射流清洗等）先后出现。前者只适用于管道和设备内部清洗，后者可能对清洗对象造成意外机械损伤和磨损，导致设备失效。另外这些清洗设备大多需要存装清洗剂，不易携带和移动，对于位置较高的化工设备无法直接清洗，往往要将化工设备拆卸到地面。图 2(b) 为 PIG 清洗技术，图 2(c) 为喷砂清洗，图 2(d) 为高压水射流清洗。此外，还有超声波清洗技术，产生的噪声污染对人体健康有害，清洗后还需干燥等工序。

微生物清洗只适用于特定污垢，受垢型限制其市场份额很小。

我国各类清洗方法所占市场份额如表 1 所示，可见约 70% 的市场份额为化学清洗^[13]。现代石化领域对清洗技术的要求日益提高，要尽可能降低清洗成本、提高清洗效率和质量、对环境友好，显然化学清洗技术和传统的物理清洗技术不能完全满足这些新要求。

石化设备结构复杂，往往需要控制清洗区域，而不同区域对清洗效率和质量要求不同。比如容器筒体连续区较难出现缺陷且对表面质量要求不高，可选择快速清洗。对于可能出现缺陷的连接处、焊缝等，要求清洗过程不能扩大缺陷。这需要降低清洗速度，提高清洗质量。此时可采用分层剥离清洗的方法，尽量在不损伤基体的前提下完成清洗。然而，不管是化学清洗还是传统物理清洗，均不能精确控制清洗区域和质量。

清洗技术对保证石化设备安全、正常、高效运转具有重要的现实意义，然而现用清洗技术并不能完全满足石化行业需求。并且近年来，日益严格的环保法规给传统清洗技术带来巨大挑战，因此需要探索和引进新的绿色清洗技术，如激光清洗技术。

与石化领域传统清洗技术对比，激光清洗技术拥有以下几个特点：

- 1) 不需要或仅需少量溶液辅助；
- 2) 可清洗的附着物和基材种类多；
- 3) 可有效清除表面附着物而基材损伤小；
- 4) 可控制清洗区域和质量；
- 5) 可制成便携式，移动性好；
- 6) 易实现自动化操作；
- 7) 设备寿命长，运行仅耗电力，总体成本低。

目前激光清洗技术在石化领域的应用少有报道，作为一项新技术，在石化领域应用还需要开展工艺方法、安全评价、设备研发和规范标准等方面的研究。

3 激光清洗技术

3.1 概念及分类

1916 年，物理学家爱因斯坦提出受激辐射理论，为激光诞生奠定了物理学基础。1960 年，梅曼制作出世界上第一台红宝石激光器^[14]，激光由此诞生。激光一经问世，其应用就飞速发展，有激光切割、激光焊接、激光打标、激光雕刻等。1969 年，来自美国加州大学伯克利分校的 Bedair 和 Smith 率先提出激光清洗的概念^[15]。

激光清洗是利用激光与物质相互作用去除基体表面附着物的绿色无损表面清洗技术。激光清洗质量和效率受众多参数的相互影响。当其他参数相同时，峰值功率越高，峰值功率密度越高，越容易达到附着物被清洗的阈值功率密度，实现需求的清洗效果。平均功率等于单脉冲能量乘以脉冲频率，是影响清洗效率的重要参数。当其他参数相同时，平均功率越高，激光清洗效率越高。

激光清洗过程中的作用对象有四种，即：

- 1) 附着物



图 3 激光清洗不同作用对象示意图。(a) 附着物；(b) 附着物层内气体；(c) 基体；(d) 预覆液膜

激光使附着物受热膨胀, 膨胀力大于附着物和基体间吸引力时附着物脱落; 或者激光直接使附着物蒸发、气化、分解、烧蚀或燃烧。如美国加州大学的 Barone 等人用激光烧蚀清洗了青铜表面腐蚀氯化物孔洞^[16]。

2) 附着物层内气体

激光使附着物层内的环境气体等离子体化, 对附着物产生冲击作用使其剥离。如中国工程物理研究院的叶亚云等人利用这种方法去除了镀金 K9 玻璃表面直径 15 nm 的 SiO₂ 微粒^[17]。

3) 基体

激光使基体产生热弹性波, 使附着物破碎脱落。

4) 预覆液膜

激光作用于预涂覆的液膜, 使液膜发生爆炸沸腾, 能量传递给表面附着物, 使其粉碎脱离。南开大学的宋峰等人关于液膜辅助激光清洗分别对基底强吸收、基底与液膜共同吸收、液膜强吸收的 3 种情况给予分析讨论, 揭示了其中的机理^[18]。

激光清洗时不同作用对象的示意图见图 3。前三种称之为“干式”清洗, 在工业中应用最多, 对于油漆、橡胶等多种常见附着物, 选用合适的激光器和工艺参数即可有效去除。第四种称之为“湿式”清洗, 液膜起辅助作用, 用于去除一些较难清除的附着物。该方法虽然会产生废液, 但是和传统化学清洗方法相比, 其产生的废液数量很少, 危害性更小。对于石化行业的易燃、有腐蚀性或有毒污垢, 为避免激光清洗时造成污染物燃烧或扩散, 可采用“湿式”清洗, 即选用合适的液膜阻燃或者吸收污染物, 根据需求还可从废液中提取有用成分, 节约原料。也可采用高功率、高重复频率的脉冲激光进行“干式”清洗, 使部分光束转换成声波。反射声波和入射声波相互干涉产生高能波, 小范围内爆炸冲击将污垢层化成粉末, 用吸尘装置清除, 避免污染物扩散。

3.2 发展概况

激光清洗概念提出于 20 世纪 60 年代末期, 但直到 20 世纪 90 年代初期才真正在工业生产中应用。经过数十年的研究与发展, 激光清洗已成为能够清洗大量不同基材和附着物的可靠技术^[19]。可清洗的基材类型有铜、铁、钢、钛、铝、复合材料、硅、玻璃、石材和纸等, 附着物类型有涂层、橡胶、硫化物、氧化物、微粒、泥垢、油污、油漆、水垢、铁锈和霉菌等等, 基本满足石化领域的清洗需求。目前, 激光清洗在工业上的应用覆盖微电子、建筑、模具、汽车、高铁、文物、核电、船舶、航空航天等领域, 而石化领域亟待开发。

近年来, 国外研发出了更高功率的激光器, 激光清洗设备体系更加完备, 研究范围不断扩大, 层次不断深入, 研究方向主要为工艺优化、质量监测与表征以及探索最新应用上。国内虽然起步晚,

但是院校、企业和研究院所已经做了大量基础工艺、机理研究和设备研发等工作。受环保需求和政策驱动, 国内激光清洗呈集群产业化发展, 核心部件如高功率激光器国产化还有较长路要走。国内外研究人员在机理研究、实验验证、工艺优化和实际应用等方面的工作为激光清洗在石化领域的应用提供了理论基础和实践参考。

3.2.1 国外进展

国外激光清洗技术起步早, 诞生了如德国 CleanLASER、美国 IPG 和意大利 EL.EN.S.p.A 等专业提供激光清洗设备和的大型企业。CleanLASER 公司提供背包式低功率清洗机及大型高功率清洗系统或工作站。目前公司主要开发方向是可在清洗塑胶挤出和橡胶硫化模具的设备。光纤激光器领导者 IPG 专业研发用于激光清洗的光纤激光器, 针对汽车行业的白车身研发的高功率脉冲激光器能够成功清除铝-硅涂层而不影响焊缝力学特性。2015 年, IPG 使用 6 kW 连续光纤激光器实现了对美国空军 F-16 和 C-130 的全机身除漆。EL.EN.S.p.A 公司专业研制文物用激光清洗机, 清洗机结构紧凑, 重量较轻, 通过特殊结构设计和程序优化保证清洗的精密度和准确度, 可清洗珍贵的壁画、镀金文物和雕塑等。

近年来, 在前人工艺和机理研究基础上, 国外关于激光清洗的研究集中在工艺优化、质量监测与表征和探索新应用上。如西班牙 Mateo 等人使用激光清洗黄铜样品上带有污染物和颜料的漆层。保证清洗效果的前提下降低了每个脉冲所需能量和激光发射量。用光学显微镜和傅里叶变换红外光谱仪对清洗前后的样品进行检测, 如图 4 所示, 结果显示样品表面样貌完整, 漆层完全消除^[20]。其通过监控等离子体发射信号判断清洗进程, 从而精细调控清洗工艺参数。但该方法成本较高, 工业应用存在效益问题。

意大利 Striova 等人用激光和传统化学清洗方法从壁画底材上去除自然老化和人工老化的虫胶漆, 并用光学工具评估清洗过程。比如显微轮廓仪评估表面形貌变化以及光学相干层析仪评估漆层厚度, 还考虑了反射模式下的傅里叶变换红外光谱和比色测量提供的分子表征。这种全面的分析方法可保证清洗过程可控性和安全性^[21]。意大利 Senesi 等人用激光去除风化石灰岩古迹中的黑色结壳。首次引入微计算机断层扫描 (μ -CT) 和微 X 射线荧光光谱 (μ -XRF) 技术评估两个具有相似化学成分的样品。结果显示, 在一个样品中, 硫酸钙在黑壳去除后仍有部分残留; 而另一个样品中, 硫酸钙层由于结构更紧凑、黑壳几乎完全烧蚀。在这两种情况下, 激光清洗均未导致原始石材的结构改变或机械损伤^[22]。葡萄牙 Gameda 等人通过实验室试验评估使用激光技术从岩石基质中去除生物性斑块的可行性, 结果表明激光清洗可应用于多矿物岩型, 而紫外光照射可成功去除菌落。对于高孔隙率石头还需进一步研究

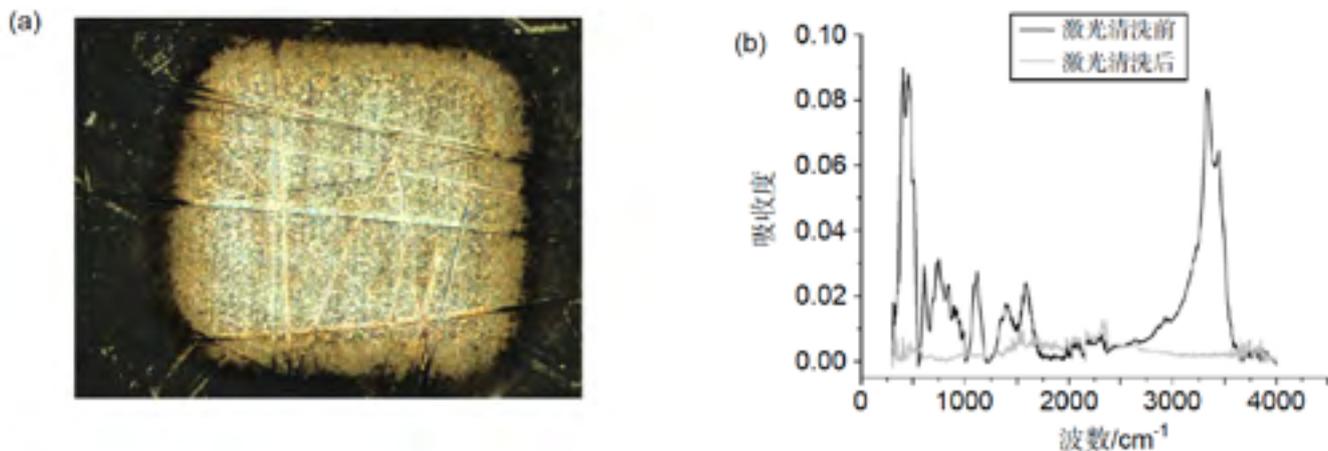


图4 激光清洗试样显微照片及红外光谱图。(a) 清洗后显微照片；(b) 清洗前后红外光谱^[20]

优化激光工艺^[23]。

意大利 Genna 等人研究了激光清洗预处理对碳纤维增强基复合材料 (CFRP) 与聚碳酸酯板 (PC) 连接性能的影响。首先采用 30 W 调 Q 的 Yb: YAG 光纤激光器清洗 CFRP 材料表面, 然后采用 200 W 连续激光器连接 CFRP 和 PC 板。对比未预处理试样, 预处理可显著提高连接强度, 最佳工艺可提高两倍以上强度^[24]。意大利 Maffini 等人对由氧化钨化合物污染的托卡马克第一镜进行了激光清洗实验研究。分析了不同激光波长对清洗过程的影响, 以及多重污染 / 清洗循环对清洗结果的影响。从镜面反射率恢复和镜面完整性方面评价了清洗效果。结果表明, 激光清洗是清洗第一镜非常有潜力的手段^[25]。西班牙 Palomar 等人使用 1064 nm、532 nm 和 266 nm 的激光清洗受污银件, 清洗效果通过重量法、比色法、扫描电子显微镜、X 射线光电子能谱和显微拉曼光谱进行表征。根据结果, 532 nm 激光最适合清洗纯银制品, 但是三种波长激光均不推荐用于清洗纯银历史文物^[26]。

3.2.2 国内进展

国内关于激光清洗的研究和设备开发起步较晚, 整体水平与国外差距较大^[27], 尤其是高功率的激光清洗设备和方案。近年来, 部分高校、企业和研究院所逐渐开展了激光清洗在工业领域的应用研究, 并开发了激光清洗设备, 实际应用案例不断增多。如华中科技大学自主研发了平均功率 250 W 的脉冲式 YAG 激光清洗设备, 用于清洗轮胎模具^[3]。江苏国源激光智能装备有限公司研发了平均功率 100 W、200 W、500 W 和 1000 W 的光纤激光清洗机, 并做了金属模具、车轮车架等对象的清洗实验, 结果显示清洗效果很好, 基体未损伤, 激光清洗机及清洗案例如图 5 所示。

近年来, 国内激光清洗研究主要集中在工艺和机理探索, 按

照研究对象来看, 研究主要集中在激光除漆、激光除锈和激光清洗文物等方面。除漆、除锈、除烟熏物和除氧化膜等在石化领域是比较常见的清洗需求, 前人研究成果可为激光清洗技术引入石化领域提供参考。

1) 激光除漆

四川大学的鲜辉等人用电磁场理论描述了激光在油漆层中传输过程, 然后利用激光器清洗两种不同颜色的油漆, 结果验证了理论分析的正确性^[28]。四川大学的刘彩飞等人用有限元法模拟不锈钢激光除漆过程的温度场。结果显示, 温度场呈带尾彗星状, 激光能流密度和重复率越大, 扫描速率越小, 温度累积效应越明显, 激光除漆效率越高^[29]。四川大学的陈康喜等人根据激光除漆时的发射光谱及元素成分变化研究激光除漆机理。油漆中碳含量明显降低说明发生的是烧蚀, 激光能量越高则油漆烧蚀越剧烈^[30]。四川大学的陈林等人基于激光诱导击穿光谱技术测量激光除漆过程等离子体的发光光谱。结果表明, 在清洗即将结束时等离子体电子密度和温度呈下降趋势, 结束时 Ti 元素信号强度呈现跳跃减少, 该现象可用于判断除漆进程^[31]。

南开大学的宋峰等人计算了短脉冲激光清洗油漆过程中的热应力和粘附力, 对比得到清洗条件, 建立了一维短脉冲激光除漆模型^[32]。南开大学的田彬等人详细分析了激光波长、激光能量、脉冲宽度、材料性质等工艺参数对除漆阈值和除漆效率等的影响, 并归纳了激光除漆的特点、原理和应用^[33]。

中国科学院沈阳自动化研究所的胡太友等人研究激光除漆对 Ti17 合金表面组织性能的影响, 观察除漆后基材表面三维形貌图, 如图 6 所示, 发现表面出现大量凹坑和褶皱硬化层, 表面显微硬度提高^[34], 但显微硬度提升较小, 工程应用价值较低, 且其试验激

光功率较小,不超过 20 W,后续需作进一步探讨。华中科技大学的郭为席等人运用数码照片分析程序计算激光清洗油漆的清洁率,找出其完全清洗阈值和损伤阈值^[35]。长春理工大学的李帅等人研制了高功率光纤调 Q 脉冲激光器及剥离实验系统,对高铁车厢表面清漆层剥离效率可达到 1 m²/h^[9]。华中理工大学的王泽敏利用脉冲激光清洗 3 种颜色漆层,结果发现激光能量密度改变时,清洗过程存在 4 种阈值,最终能够完全清除表面油漆而不损伤基体^[36]。

2) 激光除锈

上海交通大学的解宇飞等人针对造船业清洗要求,提出采用单线扫描沟槽轮廓特征的方法确定激光除锈工艺。实验结果表明,在一定范围内该方法确定的工艺能够达到船板涂装清洁度标准及表面粗糙度要求^[6]。南开大学的王欢等人用声光调激光器进行除锈实验,并建立 ANSYS 激光除锈三层模型,模拟和实验得到最佳的激光能量密度及清洗机理^[37]。装甲兵工程学院的乔玉林等人用高重频高能量的激光清洗碳钢表面锈蚀,结果发现激光能将表面完全清

洗干净,而且不会使表面发生氧化反应^[38]。军械技术研究院的宋佳飞等人用 20 W 光纤激光器对弹药进行除锈除漆试验,证明了激光清洗技术应用于弹药清洗维护是可行的,但需调控工艺参数保证表面处理质量和作业效率^[39]。长春理工大学的王曼曼等人对比了激光清洗与传统清洗方式的区别,并用自研的手持式激光清洗机对金属表面进行清洗。结果发现清洗时采用慢速和快速扫描组合的方式效果最好。过高的激光扫描频率会使基材氧化,过低则清洗不干净^[40]。

3) 激光清洗文物

中国地质大学的齐扬等人分别采用激光“干式”和“湿式”方法清洗山西大同云冈石窟砂岩遗址,砂岩表面存在墨迹、烟熏黑垢、漆层和石灰,实验确定其损伤阈值和清洗阈值,然后对西 43 窟墨迹和烟熏现场实施了安全有效的清洗^[41]。此外,该团队到四川绵阳碧水寺进行清洗实验,现场效果如图 7 所示,可见激光能够有效清除建筑表面烟熏污染物^[5],但未考虑清洗效率,而效率作为

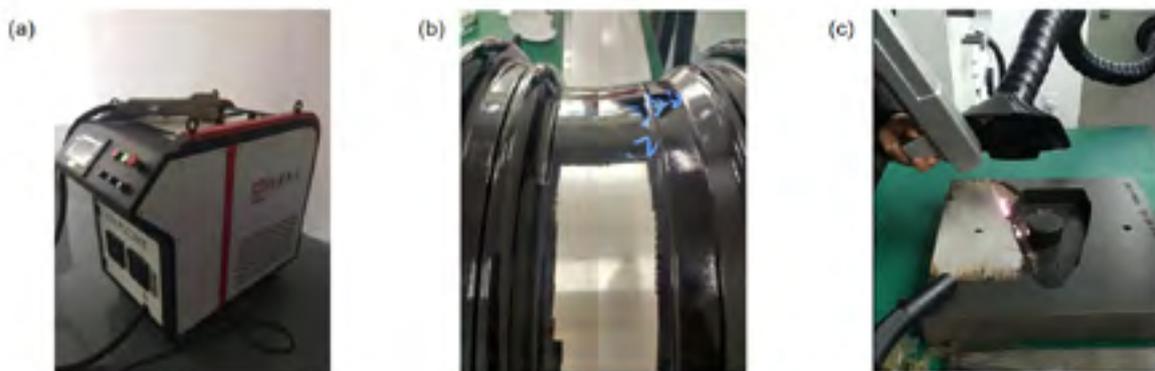


图 5 (a) 200 W 激光清洗机;(b) 激光清洗轮毂;(c) 激光清洗模具

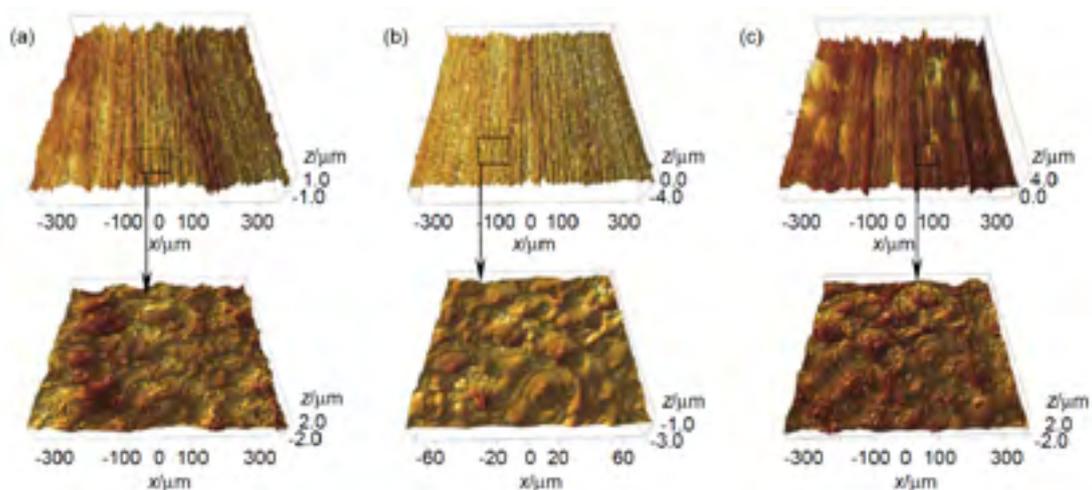


图 6 不同激光功率除漆后基材表面三维形貌图。(a) 10 W;(b) 15 W;(c) 20 W^[34]



图 7 烟熏污染物激光清洗前 (a) 和部分清洗后 (b) 照片^[5]

实际应用的重要参数,需作进一步研究。

北京大学周双林等^[42]采用适当的激光工艺参数清洗鍍金造像,清洗后造像轮廓清晰并恢复鍍金光泽。上海博物馆张力程等^[43]使用激光垂直照射液膜法清洗汉代彩绘陶俑表面的黑斑,部分区域清洗效果较好,部分区域需要其他清洗方法来达到最佳的清洗效果。

4) 激光清洗其他相关研究

西安航天复合材料研究所的韩红敏等人采用短脉冲激光处理铝合金表面,合适的峰值功率、清洗速度和清洗次数可使铝合金表面生成更加致密的氧化膜,抗氧化性提升,并且工件有效粘接面积增加,粘接可靠性提升^[44]。苏州热工研究院有限公司的陈国星等人用不同激光功率(300 W、400 W、500 W)清洗不锈钢表面氧化层,借助能谱仪和扫描电子显微镜检测样品清洗前后表面成分分布及形貌,白光干涉仪检测粗糙度变化及清洗厚度,最终确定 400 W 时清洗效果最佳,部分检测结果如图 8 所示^[45]。但文中未对 400 W 功率时的工艺参数,如扫描速度、离焦量等进行深入研究,以达到最佳的工艺效果。

大连理工大学的刘伟嵬等人用 Nd: YAG 固体脉冲激光器清洗磷酸铁锂电池正极,实现废旧电池电极片的再制造,并通过热传导模型获得清洗过程的温度分布函数,确定最佳脉冲激光能量密度为

0.142 J/mm^{2[46]}。南京航空航天大学的占小红等人用 50 kHz 的红外脉冲激光清洗碳纤维增强树脂基复合材料,改变激光功率和扫描速度,观察表面形貌,结果发现功率合适时可完全清除表层树脂和污染物而不损伤碳纤维^[47]。华中科技大学的张自豪等人使用自主研发的 250 W 脉冲式激光清洗机清洗轮胎模具,得到清洗阈值约为 250 mJ/mm²,更高的激光峰值功率与平均功率有助于提升清洗速度和质量^[3]。

综上所述,目前国内外院校、企业和科研院所研发激光清洗设备的技术日益提高,有能力针对石化需求研发专用设备。其他领域的成功应用是激光清洗技术安全引入石化领域的有力保障。研究人员的工艺和机理探索工作证明激光清洗技术对于多种领域不同的基体和附着物是安全有效的,其效率和质量可通过工艺优化提高;质量监测与表征研究工作改善了激光清洗的过程调控。激光清洗技术引入石化领域已经有了大量可以借鉴的研究基础。

4 激光清洗在石化领域的应用前景

为解决目前石化在役设备清洗时停工时间长、成本高、环保差、不易选区清洗、可能二次受损和对于位置较高的设备不易直接清洗等问题,需要前沿性探索更加便捷高效、绿色环保、安全可靠的激

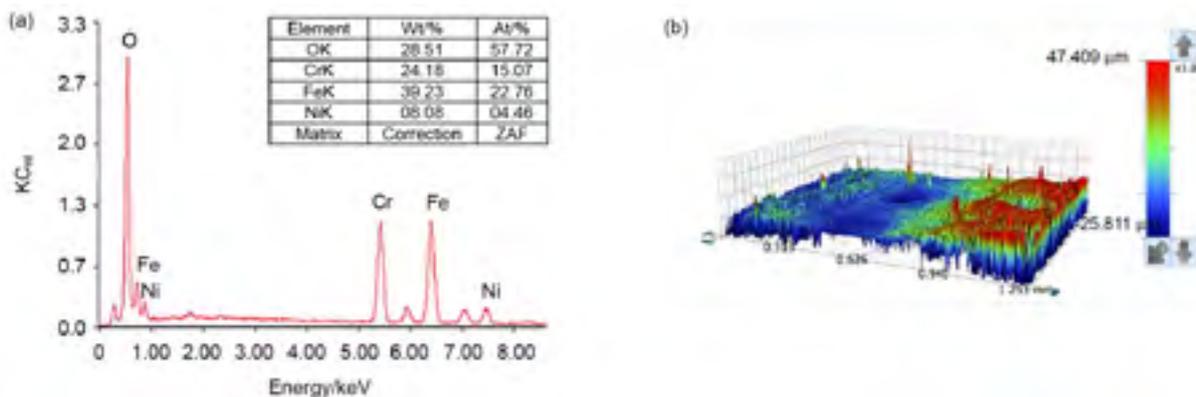


图 8 400 W 激光清洗后 304 不锈钢试件表面成分 (a) 及三维形貌 (b)^[45]

光清洗技术在石化在役设备上的应用，新技术引进需求迫切。

4.1 应用场景

激光清洗在石化领域可以应用的设备非常多，如换热器、罐、釜、塔、储槽、管道、压缩机和离心机等。本文选择两种石化领域应用较多的设备，对比传统清洗方法展示激光清洗的优越性和适用性。

4.1.1 板式换热器

板式换热器是一种由花纹状换热板依次重叠在框架上，压紧而成的换热器，如图 9(a) 所示^[12]。其传热效率高，体积相对紧凑，大量应用于石油、化工、冶金、纺织等行业^[48]。当板式换热器内部结垢增多时，其传热效率下降，压降超标，影响系统正常运行，所以需要定期清洗。

板式换热器常见污垢有水垢、黏泥、结焦和腐蚀产物。对于不易拆卸的板式换热器，常用化学清洗剂反向反复冲洗，但是效果不太理想。框架式板式换热器拆卸简单，大多采用机械法和化学法结合的方式进行清洗。具体流程是首先进行拆解，将板片从设备上取下。然后进入清洗阶段，板片分解后用高压水枪顺着纹理反复冲刷，去除表面泥土、渣粒等异物，过程中可配合软刷使用，如图 9(b) 所示^[12]。结垢较多的板片需要放入脱脂槽、清洗槽浸泡，去除表面油脂、水锈等异物。板片清洗完成后检查清洗效果、缺陷等，干燥后装回换热器。

传统清洗方式会产生废液、废水，不符合我国对工业日益严

格的环保要求。清洗完成后板片的干燥也费时费力。本团队使用手持式激光清洗机清洗换热板，如图 9(c) 所示，可见较厚垢层被完全去除，后续可直接组装，简单方便。

4.1.2 汽包罐

汽包是指极限压力下水汽融合形成的分子集合。汽包罐是能够承受汽包压力的一种容器，是锅炉中最重要、最笨重且价格昂贵的部件，而锅炉是石化行业常用加热、加压设备。汽包罐的压力和壁温变化会产生疲劳效应和热应力，设备可靠性要求高^[49]，因此石化企业会定期对汽包罐进行清洗和检查维护。

汽包罐常见污垢有油污、铁锈及水垢，常见缺陷有锅筒焊缝、集箱、接管等部位存在的裂纹、气孔等。汽包罐筒体上有上升管、下降管等诸多接管，内部分汽空间和水空间两部分，结构复杂，需要清洗维护的区域多却不易清洗。化工领域现在常用的清洗方法是将位置较高的汽包拆卸到地面进行清洗和检查维护，由人工采用软化水清洗或刷子清扫。图 10(a) 是在拆卸锅炉汽包罐，图 10(b) 是工人在对汽包清洗维护^[12]。

汽包罐清洗需求明确，然而现用清洗方式费时费力，劳动强度大，不易控制清洗力度和区域，清洗过程可能导致缺陷扩大。激光清洗可以在不损伤基体的前提下选区精确去除油污、铁锈、水垢等污染物，并且可制作成便携式设备，由工人带到高空作业，减少设备拆卸时间，节约人工等成本。图 10(c) 为本团队采用 200 W 手持式激光清洗机对焊缝区清洗的情况，清洗 4 次后可见亮白色的



图 9 (a) 板式换热器^[12]; (b) 高压水清洗换热板^[12]; (c) 激光清洗换热板



图 10 (a) 锅炉汽包罐^[12]; (b) 清洗维护^[12]; (c) 激光清洗设备焊缝

基底和焊接痕迹，清洗时未损伤基底及周边区域。

4.2 难点分析

激光清洗技术在石化领域实际应用存在以下难点：

1) 石化行业现场可能存在残留的易燃易爆气体、液体等，激光清洗石化在役设备时必须做好防护工作，在保证清洗过程人员和设备安全的前提下也要兼顾清洗效率和质量。如何制定合适的工艺规程、标准和安全评价体系是应用的关键难点；

2) 激光清洗的效率和质量与激光能量密度、扫描速度、扫描间距、焦点精准度及监测反馈等诸多因素有关。各因素的影响规律如何，如何精准调控单个影响因素，如何协调多因素共同作用，最终实现清理需求，尤其是超快或微损要求是应用的另一个难点。

4.3 研究内容

模具、建筑等行业的激光清洗技术经验可为石化应用提供参考，但不能直接借用。石化行业与其他行业相比，污垢类型、安全系数、工况、效率等要求存在差异，必须进行针对性的工艺研究和设备研发。这些工作不仅需要人才和时间的投入，而且需要大量资金和设备支撑。具体研究工作可从以下几个方面开展：

1) 对不同清洗层、不同区域制定相应的激光清洗工艺指标和安全防护标准；

2) 探究激光清洗参数对材料清洗效率与质量影响规律；

3) 采用有限元法模拟激光清洗过程温度场和应力场，研究其清洗机理；

4) 研发设备并采用合适的激光清洗工艺参数及防护措施对在役设备进行激光清洗，形成经验证合格有效的石化在役设备用激光清洗工艺规程及安全评价体系；

5) 探讨激光清洗在石化领域应用的评价方法。基于以上工作，评价可从以下几个方面入手，即是否符合清洗工艺指标和安全防护标准，工艺调控机制是否完善，清洗机理是否明确，设备是否可靠以及是否通过实践验证等；

6) 研究高功率快扫激光清洗工艺，分层剥离精细化激光清洗工艺，外壁、内壁等不同场景激光清洗工艺；

7) 与传统清洗工艺进行效率、成本和效果对比，形成复合清洗工艺。

4.4 市场前景及意义

激光清洗板式换热器，可有效减少废水、废渣排放，省略干燥步骤，提高效率；激光清洗汽包罐可控制清洗力度和区域，保护设备。由此可见，激光清洗具有高效、精确、环保等优点，是石化行业实现提质增效，减排节能，由传统清洗方式向新型清洗方式转变的理想手段。

石化行业是我国经济的支柱产业，激光清洗技术的推广应用预计会带来可观的经济和社会效益。国家统计局数据显示，2017年我国治理工业污染投资高达682亿元。石化行业是工业污染的重要源头之一，采用更环保的激光清洗技术代替传统技术可减少三废排放，有效节约企业和国家的污染治理投资，符合国家绿色发展战略要求。此外，化学清洗等对工人健康有害，即使提高待遇，依然很少人愿意从事该工作。激光清洗技术可为工人降低健康成本，为企业降低招工难度和用工成本。

根据中国清洗协会统计，目前中国工业清洗行业市场规模约为1500亿元，激光清洗相比传统清洗方法具有许多优势，有望逐渐增大市场份额。市场调研报告显示，2018年全球激光清洗市场达5.89亿美元，预计未来五年复合年增长率为4.22%，打开石化市场后年增长率有望进一步提高，推动激光清洗产业自身发展。中国石化市场仅占全球石化市场的27%，如果激光清洗全球推广，市场前景广阔。

此外，石化设备经过激光清洗后，如需后续处理，仍可选择激光技术。例如，对于缺陷检查，使用激光全息检测技术；对于缺陷修复，使用激光增材制造技术，恢复其原始结构，或者新增高性能材料，提高设备寿命；对于表面改性，使用激光冲击强化和激光毛化技术，提高其服役性能。由此可见，激光清洗技术在石化在役设备的应用对于激光全技术链条引入石化领域、推动石化行业产业升级具有重要意义。

5 结论与展望

石化领域现用清洗技术存在不易选区清洗、可能二次受损等问题，不能很好满足行业需求。近年来，日益严格的环保法规也给传统清洗技术带来巨大挑战。便捷高效、绿色环保、安全可靠的激光清洗技术在石化应用中有望解决当前困境。激光清洗被评为21世纪最具发展潜力的清洁技术，但目前激光清洗技术在石化领域的应用鲜有报道，其在石化应用还需要开展工艺方法、安全评价、设备研发和规范标准等方面的研究。基于我国和世界现有研究成果和技术水平，未来针对石化领域进行激光清洗产业化推广是切实可行的。

参考文献

- [1] Shi X K, Xu C Y, Wang J. Research on mechanism of laser-assisted cleaning micron contaminate particulates on substrate with supersmooth surface[J]. China Mechanical Engineering, 2000, 11(10): 1138-1141.

- 史兴宽,徐传义,王健.超光滑基底表面污染微粒的激光清洗技术[J].中国机械工程,2000,11(10):1138-1141.
- [2] Zhou G L, Wu J F, Chen J G, et al. Laser technology applied for moulding cleaning[J]. China Rubber/Plastics Technology and Equipment, 2002, 28(9): 13-15.
周桂莲,吴俊飞,陈建国,等.激光技术应用于模具清洗[J].橡塑技术与装备,2002,28(9):13-15.
- [3] Zhang Z H, Yu X C, Wang Y, et al. Experimental study about cleaning of tire molds with pulse YAG laser[J]. Laser Technology, 2018, 42(1): 127-130.
张自豪,余晓物,王英,等.脉冲YAG激光清洗轮胎模具的实验研究[J].激光技术,2018,42(1):127-130.
- [4] Zhang B J, Tie J H, Liu J W. Cleaning technique for ancient architecture and stone relics[J]. Cleaning World, 2004, 20(5): 25-28.
张秉坚,铁景沪,刘嘉玮.古建筑与石质文物的清洗技术[J].清洗世界,2004,20(5):25-28.
- [5] Ye Y Y, Qi Y, Qin L, et al. Laser cleaning of contaminations on the surface of stone relics[J]. Chinese Journal of Lasers, 2013, 40(9): 0903005.
叶亚云,齐扬,秦朗,等.激光清除石质文物表面污染物[J].中国激光,2013,40(9):0903005.
- [6] Xie Y F, Liu H W, Hu Y X. Determining process parameters for laser derusting of ship steel plates[J]. Chinese Journal of Lasers, 2016, 43(4): 0403008.
解宇飞,刘洪伟,胡永祥.船舶板材激光除锈工艺参数确定方法研究[J].中国激光,2016,43(4):0403008.
- [7] Liu H W, Zhou Y M. Technology and application of optical fiber laser derusting of ship steel plates[J]. Marine Technology, 2016(6): 87-93.
刘洪伟,周毅鸣.船用板材激光除锈应用技术[J].造船技术,2016(6):87-93.
- [8] Jin S, Wang J X, Yuan X D, et al. Laser paint removal technology for aircraft metal skin and composite materials[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2018, 61(17): 63-70.
靳森,王静轩,袁晓东,等.飞机金属蒙皮以及复合材料表面激光除漆技术[J].航空制造技术,2018,61(17):63-70.
- [9] Li S, Li Y, Li P, et al. Study on the varnish stripping experiment based on the high power fiber laser[J]. Infrared and Laser Engineering, 2017, 46(S1): S106008.
李帅,李野,李磐,等.基于高功率光纤激光器的清漆剥离实验研究[J].红外与激光工程,2017,46(S1):S106008.
- [10] Wang Y F. Discussion on off-line cleaning of petrochemical equipment[J]. Cleaning World, 2018, 34(8): 16-19.
王懿峰.浅谈石油化工设备的离线清洗[J].清洗世界,2018,34(8):16-19.
- [11] Jin Z W. Development of petrochemical equipment cleaning technology[J]. Process Equipment & Piping, 2008, 45(4): 62-64.
靳兆文.石化设备清洗技术进展[J].化工设备与管道,2008,45(4):62-64.
- [12] Baidu contributors. Baidu image[EB/OL]. (2020-03). <https://image.baidu.com>.
- [13] Zhou Y W, Xu B C, Han F. Application status and developing trends of Chinese I & I cleaning technology[J]. China Cleaning Industry, 2010(1): 33-36.
周雅文,徐宝财,韩富.中国工业清洗技术应用现状与发展趋势[J].中国洗涤用品工业,2010(1):33-36.
- [14] Zhou B K, Gao Y Z, Chen T R, et al. The Principle of Laser[M]. 7th ed. Beijing: National Defense Industry Press, 2014.
周炳琨,高以智,陈倜嵘,等.激光原理[M].7版.北京:国防工业出版社,2014.
- [15] Bedair S M, Smith Jr H P. Atomically clean surfaces by pulsed laser bombardment[J]. Journal of Applied Physics, 1969, 40(12): 4776-4781.
- [16] Barone P, Stranges F, Barberio M, et al. Application of laser ablation to cleaning process of the corrosion chloride patina formed on bronze surfaces in air and marine water[J]. Journal of Physical Science and Application, 2013, 3(3): 135-140.
- [17] Ye Y Y, Yuan X D, Xiang X, et al. Clearance of SiO₂ particles on K9 glass surfaces by means of laser shockwave[J]. Laser Technology, 2011, 35(2): 245-248.
叶亚云,袁晓东,向霞,等.激光冲击波清洗K9玻璃表面SiO₂颗粒的研究[J].激光技术,2011,35(2):245-248.
- [18] Song F, Liu S J, Zou W F, et al. Steam laser cleaning[J]. Cleaning World, 2005, 21(9): 27-29, 34.
宋峰,刘淑静,邹万芳,等.蒸气式激光清洗[J].清洗世界,2005,21(9):27-29,34.
- [19] Lei Z L, Tian Z, Chen Y B. Laser cleaning technology in industrial fields[J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2018, 55(3): 030005.
雷正龙,田泽,陈彦宾.工业领域的激光清洗技术[J].激光与光电子学进展,2018,55(3):030005.

- [20] Mateo M P, Ctvrtnickova T, Fernandez E, et al. Laser cleaning of varnishes and contaminants on brass[J]. Applied Surface Science, 2009, 255(10): 5579–5583.
- [21] Striova J, Salvadori B, Fontana R, et al. Optical and spectroscopic tools for evaluating Er:YAG laser removal of shellac varnish[J]. Studies in Conservation, 2015, 60(S1): S91–S96.
- [22] Senesi G S, Allegretta I, Porfido C, et al. Application of micro X-ray fluorescence and micro computed tomography to the study of laser cleaning efficiency on limestone monuments covered by black crusts[J]. Talanta, 2018, 178: 419–425.
- [23] Gameda B T, Lahoz R, Caldeira A T, et al. Efficacy of laser cleaning in the removal of biological patina on the volcanic scoria of the rock-hewn churches of Lalibela, Ethiopia[J]. Environmental Earth Sciences, 2018, 77(2): 36.
- [24] Genna S, Lambiase F, Leone C. Effect of laser cleaning in Laser Assisted Joining of CFRP and PC sheets[J]. Composites Part B: Engineering, 2018, 145: 206–214.
- [25] Maffini A, Uccello A, Dellasega D, et al. Laser cleaning of diagnostic mirrors from tungsten–oxygen tokamak-like contaminants[J]. Nuclear Fusion, 2016, 56(8): 086008.
- [26] Palomar T, Oujja M, Llorente I, et al. Evaluation of laser cleaning for the restoration of tarnished silver artifacts[J]. Applied Surface Science, 2016, 387: 118–127.
- [27] Shi S D. Researches on theoretical model, numerical simulation and application of painting removal by laser cleaning[D]. Tianjin: Nankai University, 2012.
施曙东. 脉冲激光除漆的理论模型、数值计算与应用研究 [D]. 天津: 南开大学, 2012.
- [28] Xian H, Feng G Y, Wang S P. Laser transmission model in paint and related experimental[J]. Journal of Sichuan University (Natural Science Edition), 2012, 49(5): 1036–1042.
鲜辉, 冯国英, 王绍朋. 激光透过油漆层的理论分析及相关实验 [J]. 四川大学学报 (自然科学版), 2012, 49(5): 1036–1042.
- [29] Liu C F, Feng G Y, Deng G L, et al. Temperature field analysis and experiment study about paint irradiated by moving laser based on FEM[J]. Laser Technology, 2016, 40(2): 274–279.
刘彩飞, 冯国英, 邓国亮, 等. 有限元法移动激光除漆的温度场分析与实验研究 [J]. 激光技术, 2016, 40(2): 274–279.
- [30] Chen K X, Feng G Y, Deng G L, et al. Study on the mechanism of laser paint removal based on emission spectrum and composition analysis[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2016, 36(9): 2956–2960.
陈康喜, 冯国英, 邓国亮, 等. 基于发射光谱及成分分析的激光除漆机理研究 [J]. 光谱学与光谱分析, 2016, 36(9): 2956–2960.
- [31] Chen L, Deng G L, Feng G Y, et al. Study on the mechanism of laser paint removal based on LIBS and time resolved characteristic signal[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2018, 38(2): 367–371.
陈林, 邓国亮, 冯国英, 等. 基于 LIBS 及时间分辨特征峰的激光除漆机理研究 [J]. 光谱学与光谱分析, 2018, 38(2): 367–371.
- [32] Song F, Zou W F, Tian B, et al. Model of one-dimensional thermal stress applied in paint removal by Q-switched short pulse laser[J]. Chinese Journal of Lasers, 2007, 34(11): 1577–1581.
宋峰, 邹万芳, 田彬, 等. 一维热应力模型在调 Q 短脉冲激光除漆中的应用 [J]. 中国激光, 2007, 34(11): 1577–1581.
- [33] Tian B, Zou W F, He Z, et al. Paint removal experiment with pulsed Nd:YAG laser[J]. Cleaning World, 2007, 23(10): 1–5.
田彬, 邹万芳, 何真, 等. 脉冲 Nd:YAG 激光除漆实验 [J]. 清洗世界, 2007, 23(10): 1–5.
- [34] Hu T Y, Qiao H C, Lu Y, et al. Effects of laser De-painting on microstructure and properties of Ti17 alloy[J]. Surface Technology, 2018, 47(3): 7–12.
胡太友, 乔红超, 陆莹, 等. 激光除漆对 Ti17 合金表面组织性能的影响 [J]. 表面技术, 2018, 47(3): 7–12.
- [35] Guo W X, Hu Q W, Wang Z M, et al. Paint removal research on high power pulse TEA CO₂ laser[J]. Optics & Optoelectronic Technology, 2006, 4(3): 32–35.
郭为席, 胡乾午, 王泽敏, 等. 高功率脉冲 TEA CO₂ 激光除漆的研究 [J]. 光学与光电技术, 2006, 4(3): 32–35.
- [36] Wang Z M, Zeng X Y, Huang W L. Parameters and mechanisms of paintcoat laser cleaning[J]. Materials Protection, 2000, 33(4): 21–22, 59.
王泽敏, 曾晓雁, 黄维玲. 脉冲激光除漆机理及工艺参数的研究 [J]. 材料保护, 2000, 33(4): 21–22, 59.
- [37] Wang H, Man S J, Liu L S, et al. Mechanism of derusting by laser-diode pumped acousto-optic Q-switch Nd:YAG laser[J]. Cleaning World, 2018, 34(5): 37–41.
王欢, 蔺诗洁, 刘丽飒, 等. LD 泵浦声光调 Q Nd:YAG 激光扫描除锈机制 [J]. 清洗世界, 2018, 34(5): 37–41.
- [38] Qiao Y L, Zhao J X, Wang S J, et al. Laser cleaning and elemental composition analysis of rusty surface[J]. Laser & Infrared, 2018, 48(3): 299–304.

- 乔玉林, 赵吉鑫, 王思捷, 等. 锈蚀表面的激光清洗及其元素组成分析 [J]. 激光与红外, 2018, 48(3): 299-304.
- [39] Song G F, Li L C, Xia F J, et al. Application study on laser washing technology in ammunition repair[J]. Laser & Infrared, 2017, 47(1): 29-31.
宋桂飞, 李良春, 夏福君, 等. 激光清洗技术在弹药修理中的应用探索试验研究 [J]. 激光与红外, 2017, 47(1): 29-31.
- [40] Wang M M, Zhang X M, Ding Y F. Development of hand held laser cleaning system[J]. New Industrialization Strategy, 2017, 7(12): 1-6.
王曼曼, 张心明, 丁蕴丰. 手持式激光清洗系统的研制 [J]. 新型工业化, 2017, 7(12): 1-6.
- [41] Qi Y, Zhou W Q, Chen J, et al. Laser cleaning of contaminants on the surface of Yungang grottoes[J]. Safety and Environmental Engineering, 2015, 22(2): 32-38.
齐扬, 周伟强, 陈静, 等. 激光清洗云冈石窟文物表面污染物的试验研究 [J]. 安全与环境工程, 2015, 22(2): 32-38.
- [42] Zhang X T, Zhang P Y, Yang C, et al. Laser cleaning technology in the conservation of gilt bronze[J]. Sciences of Conservation and Archaeology, 2013, 25(3): 98-103.
张晓彤, 张鹏宇, 杨晨, 等. 激光清洗技术在了一件鎏金青铜文物保护修复中的应用 [J]. 文物保护与考古科学, 2013, 25(3): 98-103.
- [43] Zhang L C, Zhou H. Restoration of a polychrome female pottery figurine from Han Dynasty using laser cleaning techniques[J]. Sciences of Conservation and Archaeology, 2017, 29(2): 67-75.
张力程, 周浩. 激光清洗技术在了一件汉代彩绘女陶俑保护修复中的应用 [J]. 文物保护与考古科学, 2017, 29(2): 67-75.
- [44] Han H M, Han J P, Song K W, et al. A method of laser purge aluminum alloy[J]. Journal of Solid Rocket Technology, 2017, 40(6): 776-779.
韩红敏, 韩建平, 宋可为, 等. 铝合金的一种激光表面处理方法 [J]. 固体火箭技术, 2017, 40(6): 776-779.
- [45] Chen G X, Lu H F, Zhao Y, et al. Effect of power on laser cleaning result of stainless steel surface[J]. Opto-Electronic Engineering, 2017, 44(12): 1217-1224.
陈国星, 陆海峰, 赵滢, 等. 激光功率对不锈钢表面清洗效果影响的研究 [J]. 光电工程, 2017, 44(12): 1217-1224.
- [46] Liu W W, Liu L H, Zhang H, et al. Theoretical and experimental study on laser cleaning of cathode from lithium-ion batteries[J]. Cleaning World, 2016, 32(6): 17-23.
刘伟崑, 刘丽红, 章恒, 等. 锂离子电池电极片的激光清洗理论与实验研究 [J]. 清洗世界, 2016, 32(6): 17-23.
- [47] Zhan X H, Fan X X, Gao C Y, et al. Study on the surface of carbon fiber reinforced epoxy resin composites for pulse laser cleaning technology[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2017, 60(20): 38-42.
占小红, 范喜祥, 高川云, 等. 脉冲激光清洗碳纤维增强树脂基复合材料表面研究 [J]. 航空制造技术, 2017, 60(20): 38-42.
- [48] Yang G, Feng H X, Wang X L, et al. Research progress of plate heat exchanger[J]. Chemical Engineering & Equipment, 2019(5): 240-241, 74.
杨刚, 冯翰翔, 汪向磊, 等. 板式换热器的研究进展 [J]. 化学工程与装备, 2019(5): 240-241, 74.
- [49] Liu Y, Yang X X, Gong L Z, et al. Risk assessment for boiler drum on fuzzy comprehensive evaluation[J]. Petro-Chemical Equipment, 2013, 42(3): 16-20.
刘芸, 杨晓翔, 龚凌诸, 等. 基于模糊综合评价的锅炉汽包风险评估 [J]. 石油化工设备, 2013, 42(3): 16-20. 

全国各地 5G 建设提速，相关产业迎最佳发展期

记者：杜峰

地方政府正积极释放政策红利推进 5G 网络建设。近期，福建、广东、江苏、四川、贵州等地密集出台“十四五”新型基础设施建设规划，5G 建设成为重中之重。与此同时，运营商集采方面也在实现量价齐升。

随着目前 5G 商用部署的持续推进，国内新一轮 5G 建设正进入加速期，产业链业绩也将迎来持续释放。

各地 5G 新基建规划陆续出炉

新型基础设施建设投资进入快速扩张期。近日，地方版新基建“十四五”规划陆续出台，聚焦发展数字经济，拓展 5G 应用，加快工业互联网、数据中心等加快建设。

多省份列出了到 2025 年的规划：贵州明确，届时大数据产业集群规模达 3000 亿元，同时全省建成 5G 基站 13 万个，每万人拥有 5G 基站数达到 33 个，5G 网络实现城市和乡镇全面覆盖、重点应用场景深度覆盖；江西省表示，全省所有设区市建成千兆城市，5G 基站超过 10 万个，实现城市和乡镇 5G 网络全面覆盖、重点应用场景深度覆盖；四川省表态，5G 基站数量将达到 25 万个，数据中心机架规模达到 50 万架；江苏省提出，5G 基站数将增长到 25.5 万个，省级工业互联网平台达到 100 个，大数据中心在用标准机架数达到 70 万架。

运营商开启大规模 5G 集采

作为 5G 建设的主力军，近期，运营商都在加速 5G 设备的集采。



光纤光缆是 5G 信息传输网络的重要基石。10 月 12 日，中国电信发布了 2021 年室外光缆集采信息，预估采购规模为 4300 万芯公里；而在 2020 年，中国电信集采了 7500 万芯公里的室外光缆。10 月 11 日，中国移动 2021 年—2022 年普通光缆集采也尘埃落定，最终长飞、富通、亨通、中天、烽火等 14 家厂商入围；中国移动本次招标最高限价 98.6 亿元，成交均价超过 60 元 / 芯公里，而去年则约为 40 元 / 芯公里，涨幅超过 50%，开始恢复到 2019 年的水平，“V”型反转趋势明显；今年中国移动的普通光缆集采呈现量价齐升的局面。

除了光纤光缆集采，此前运营商还进行了 5G 设备集采。6 月 25 日，中国移动发布 5G 700M 无线网主设备集采招标公告，涉及 48 万个 5G 基站发标；8 月 1 日，中国电信和中国联通 2.1G 5G 无线主设备集采落地，集采规模共约 24.2 万个，释放了国内 5G 建设再次加速的信号。

5G 产业迎来全新发展机遇

5G 时代正在加速到来。根据工信部最新公布的数据来看，截至 9 月底，我国的 5G 基站建站数量已经达到了 115.9 万个，到今年年底全国有望建成约 140 万个 5G 基站，将覆盖所有县级以上城市和发达乡镇。另外，在 5G 建设上，我国一贯坚持适度超前的原则，持续推进，并通过 5G 虚拟专网、混合虚拟专网等方式，建设重点行业 5G 应用。

中国电子信息产业发展研究院规划所工业投资研究室副主任樊蒙表示，5G、工业互联网、人工智能等新型基础设施建设及其带动的 5G、大数据等行业的快速发展，将产生长期性、大规模的投资需求，极大拉动有效投资新增量。

东吴证券表示，伴随 5G 建设稳步推进，投入持续加大，主要设备商将继续受益；5G 持续渗透下，运营商 C 端业务企稳回升，B 端业务收入快速起量，运营商板块投资机会凸显。

5G 网络的逐步完善，催生 5G 终端和新应用新场景，超高清视频、云游戏、AR/VR、物联网、车联网、工业互联网等将迎来快速爆发期。通信设备、物联网、云计算硬件、IDC 等细分领域被业内人士普遍看好，5G 产业迎来全新的发展机遇。■

Omdia 观点：下一代 PON 生态系统足够强大 25G 和 50G PON 均有市场空间

C114 通信网 艾斯

C114 讯 11 月 29 日消息（艾斯）来自市场研究公司 Omdia 的最新报告称，围绕 25G PON 与 50G PON 的争论愈演愈烈。有人担心，不同的升级路径会损害 PON 生态系统。不过，Omdia 宽带接入高级首席分析师 Julie Kunstler 表示，下一代 PON 生态系统足够强大，可以支持不同的运营商战略和选择。在不断增长的 PON 设备市场中，供应商必须专注于各自的优势和机遇。

25G PON 正蓄势待发

ITU-T 和 IEEE 对 GPON 和 EPON 的标准分别有助于 PON 的广泛接受和部署。自 2008 年以来，2.5G GPON 和 1G EPON OLT 端口合计出货量超过了 6800 万个。如今，10G PON 的部署和升级正在顺利进行，包括 ITU-T 标准的 XG-PON1 和 XGS-PON 以及 IEEE 标准的 10G EPON。宽带论坛等行业组织已经制定了相关技术规范协议并进行了推广，使得客户端设备的供应和 OLT 到 ONT/ONU 互操作性变得更容易。自 2008 年以来，ONT/ONU 端口出货量超过了 9.6 亿个。

虽然运营商更喜欢标准化的 25G GPON，但许多运营商正在推进部署计划。25G PON 正在通过与 GPON 和 XGS-PON 相同的光纤接入网实现新的业务和应用。一些运营商正在部署 25G PON，以支持基于 PON 的点到多点光纤高效拓扑的 small cell xHaul 传输。批发和开放接入运营商需要更多的带宽，基本上是更大的管道，25G PON 可以支持更多的零售客户，从而带来更多的收入来源。许多运营商使用 PON 基础设施来提供企业接入服务，25G PON 可以轻松支持 10G 甚至 15G 对称带宽产品。

Omdia 与多家运营商讨论了 25G PON 部署计划。他们强调了以下几点内容：

- 眼下对 25G PON 的需求。
- 由众多供应商和运营商组成的 25GS-PON MSA（多源协议）小组。这一 MSA 侧重于技术规范，例如光学和确保与 GPON 和 10G GPON 共存。
- 数据通信市场中 25G 光学器件的大量使用。

供应商必须选择一种策略

FTTH 是 PON 技术的最初用例，如图 1 所示。如今，

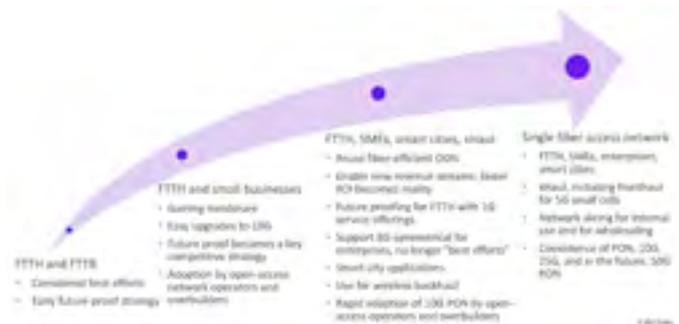


图 1: PON 在光纤接入中的作用不断扩大。资料来源:Omdia。

PON 技术支持广泛的运营商策略。PON 的持续成功取决于其适应、满足不同运营商战略的能力，以及加强其作为基于光纤的接入解决方案的作用。

Julie Kunstler 表示，由于运营商类型的多样化和策略的不同，PON 设备供应商的负担正在增加。PON 设备供应商必须在仔细评估其内部优势和资源的基础上，选择支持哪些运营商战略。例如，华为并没有追求 25G PON 的机会，其最大的电信客户，如中国移动和中国电信也没有这么做。这些中国运营商没有使用 25G PON 支持 5G small cell xHaul 运输或支持任何批发或开放接入策略的计划。然而，中国运营商对采用 50G PON 作为其 10G PON 网络的下一次重大升级很感兴趣。华为正在开发 50G PON。它还具备内部自研芯片

设计能力，有望实现 50G PON MAC ASIC 的开发。

相反，诺基亚为欧洲、北美以及亚洲和大洋洲的部分国家的运营商提供 25G PON 支持。诺基亚也计划支持 50G PON。诺基亚认为 25G PON 和 50G PON 都有机会。与此同时，诺基亚开发了自己的 PON MAC ASIC，目前支持 GPON、10G PON 和 25G PON。

PON 市场已经成熟，可支持如今的多种运营商策略。现在是时候将“与……相比”改为“和……一起”，让运营商做出关于 25G PON 和 50G PON 的明智决策。

【注：Omdia 由 Informa Tech 的研究部门（Ovum、Heavy Reading 和 Tractica）与收购的 IHS Markit 技术研究部门合并而成，是一家全球领先的技术研究机构。】

十年之内，激光雷达技术谁将胜出？

作者：周凯扬

随着 L2 级别及以上的量产车型越来越多，激光雷达以不及掩耳之势席卷了汽车市场。就如同手机内的 SoC 与传感器一样，激光雷达也成了 OEM 在宣传新车型时的“硬实力”之一，各大激光雷达厂商也成了一起站台宣传的合作伙伴。

在国外激光雷达厂商纷纷上市，国内激光雷达创企也跃跃欲试的当下，不少人也存在质疑。激光雷达是不是一项成熟的技术，为何还有连上市厂商在走原理不同的技术路线，未来十年内，激光雷达技术是否会决出一个胜者？

固态之争

机械激光雷达虽然视场角优异、分辨率高，但由于存在机械结构过车规困难、价格高昂等缺点，尽管起步较早，却有些后劲不足。与此同时集成化、芯片化使得车用激光雷达不免朝着固态发展，就连机械激光雷达大厂 Velodyne 也开始推 Velarray 系列的固态激光雷达。固态激光雷达中也衍生了 MEMS、OPA 以及 Flash 这些不同的固态或混合固态技术。



Velarray H800 激光雷达 / Velodyne

MEMS 使用微振镜替代了机械激光雷达中的扫描仪，将机械部件集成到单个芯片上，可以做到毫米级的尺寸、更低的成本和更高的良率，也被不少 OEM 视为最易跟上车规量产节奏的激光雷达。

但 MEMS 方案往往激光功率不高，所以有效距离要稍短一些，长距离下难以实现优秀的分辨率。

OPA（光学相控阵）激光雷达则是完全取消了机械结构，采用多个光源组成阵列，通过控制每个发射单元的相位差来控制输出的激光束方向。这种方案可以做到更高的量产一致性，但就目前的工艺水平来说，OPA 的制造加工难度较大，短期内实现大规模量产并不现实。

Flash 激光雷达的原理其实近似于摄像机，该技术并非 MEMS 和 OPA 这样的扫描式，通过单次脉冲实现全局成像，无需扫描器件，同样是一种完全固态的方案，也更容易通过车规认证。但也正是因为如此，Flash 激光雷达也集成了一些困扰摄像机的问题，比如在日光等环境光下性能降低、光学串扰引起的明亮物体几何失真等等，要想解决这些问题的话反而会进一步限制了 Flash 激光雷达的探测距离和分辨率。

FMCW 是否为潜在的最优解？

无论是 OPA、Flash 还是 MEMS，目前市面上这些不同的固态激光雷达多数采用了 TOF 来进行测距，通过发送激光脉冲来测量与物体之间的距离。这种测量方式经过多年的发展已经相当成熟，数据可靠性相当高，而且对应激光光源的成本也不高，但仍存在一些局限性，比如部分条件下测量时间较长和容易受到激光信号干扰等。

相较之下，FMCW（调频连续波）解决了 ToF 的干扰问题，有效地将光能传播到连续波信号中。除此之外，FMCW 激光雷达可以在更低的功率下检测到更远距离的物体，这样不仅解决了探测距离的问题，还解决了护眼问题。



Aeris FMCW 激光雷达 / AEVA

不少人也认为 FMCW 可能是车用激光雷达的“优胜者”，连英特尔也打算与 Luminar 合作后，推出自研的 FMCW 激光雷达，只不过这个面世日期要晚至 2025 年。这是因为与 ToF 相比，FMCW 依然是一个不成熟的测距技术，而且激光光源成本较高，对于本身就承受做到“一千美元以下”的激光雷达厂商来说，显然不是当下的最优解。将 FMCW 集成到单个芯片上也吸引了不少厂商为之努力，但短期来看，商业落地依然存在较大难度。

市场的选择

在车用激光雷达市场中，直接“上车”的前装市场自然是最大的蛋糕，也是对激光雷达性能、量产与成本最大的考验。OEM 在对激光雷达选取上，必须要考虑到这些因素，而且影响大规模量产的一大因素还有车规认证。从市场选择的角度上来看，MEMS 凭借成熟的技术、低成本以及车规量产，成了近年来出镜率最高的激光雷达技术。



ML-30s 激光雷达 / 一径科技

然而在不少追求“真自动驾驶”的方案上，后装反而更加常见，比如 Robotaxi 这一领域。自动驾驶的方案商在选择了车型后，会采用不同的激光雷达来改装车型。比如英特尔在今年 IAA Mobility 上，就与 SIXT 合作推出了在德国运营的 Robotaxi 方案。英特尔采用了蔚来的 ES8 作为首发车型，长距激光雷达用到了 Luminar 的激光雷达，而短距激光雷达用到了一径科技的 ML-30s MEMS 激光雷达。

国内也有不少自动驾驶方案以及负责测试与标准制定的厂商，他们也纷纷开始了相关的道路测试与试运营，比如元戎启行、AutoX 和中科院深圳先进院等。与寻常的乘用车前装不同，Robotaxi 对于外形的需求并不算挑剔，所以加装在车顶和周身的激光雷达模组并没有对体积提出过高要求。此外，因为用于“真自动驾驶”，实际性能要求要高出一截，因此机械激光雷达反而在此类应用中得以广泛应用。

结语

我们分析了激光雷达各个技术优劣以及市场的选择，从短期来看，不同技术的市场占比依然难以做到悬殊的差距，无法判别出谁才是真正的胜者。那么对于激光雷达厂商来说，他们在技术路线的选取，除了技术储备之外，还需要考虑什么呢？答案其实也在成本和量产上。

做到更好的性能固然重要，但汽车行业成本是一个不可忽视的关键，只有先做到产品降本才能实现快速商业化，加快“上车”进程。接着继续积累优势、降低成本，并通过获得的数据来优化软件 and 算法。

MEMS 从目前来看是符合这一趋势的，但 FMCW 这样的技术依然有潜力，未来成熟之后会不会驱动技术转型呢？不少车厂、激光雷达厂商也在走一步看一步，但他们的要务依然是尽快实现商业落地，并非每家厂商都有大把时间与成本来做研发。就拿禾赛科技来说，据了解其终止科创板上市的部分原因就是短期内需要资金投入产能与研发中，因此终止后不久就进行了 3 亿美元的 D 轮融资。

激光雷达作为又一大传感器市场，已经把主战场设在了汽车领域，展开了成本与量产等一系列大战，但几大“主战方”并没有出现实力悬殊的局面，这也是一件好事。无论这一竞争是否会持续十年，最终带来的必将是更成熟的技术。

（文章来源：电子发烧友网）

2021年3D视觉感知行业细分应用领域市场规模前景预测及全产业链重点企业发展战略研究

来源：中金企信国际咨询

3D视觉感知技术经历了从工业级向消费级拓展的过程，核心技术的不断突破和迭代，让大规模产业化应用成为可能。经过近十余年的起步、发展，3D视觉感知行业即将迎来快速增长时期，消费电子、生物识别、AIoT、工业三维测量、汽车自动驾驶等是其主要应用领域。3D视觉感知产业链长，涵盖上游的元器件供应商或代工厂，中游的3D视觉感知方案商，以及下游的各类应用场景客户，在技术、资金、人才等多方面形成了较高的行业门槛和壁垒。

- 3D视觉感知行业概况 -

(1) 行业发展历程:3D视觉感知技术最早应用于工业领域，主要用于工业设备与零部件的高精度三维测量以及物体、材料的微小形变测量等，代表产品如德国高慕公司(GOM)的ATOS系列三维扫描仪和ARAMIS三维形变测量系统用于工业零部件三维尺寸和形变测量；瑞典海克斯康(HEXAGON)的PrimeScan扫描仪能够对工业部件实现高精度3D数字化作业；CorrelatedSolution, Inc. (美国CSI公司)的VIC-3D系列扫描仪可以通过数字图像相关法的原理，对物体表面的任意点进行位移、应变的测量。为了满足工业领域严苛的工作环境与高达微米级的测量精度，用于工业检测的3D视觉测量设备一般为多种技术融合使用，比如利用相位结构光以及高精度工业相机组成的工业三维测量仪器，致使设备成本高、体积大、功耗高，应用普及缓慢。随着底层元器件、核心算法等技术的快速发展，3D视觉感知技术逐渐由工业领域向消费级领域推广。国内外一些公司先后推出了消费级3D视觉感知产品。2010年，微软发布了第一代基于结构光技术的3D视觉感知产品Kinect，用于捕捉三维空间中人体的运动，实

现通过体态的人机交互。英特尔于2013年发布基于结构光技术的产品RealSense，用于实现手势识别、面部分析、背景移除及3D扫描等功能。谷歌于2014年公布了基于iToF技术的ProjectTango平板电脑和开发工具包，为用户提供运动跟踪、深度感知、区域建模等功能。奥比中光于2015年成功开发出3D深度引擎芯片MX400，量产了基于结构光技术的消费级3D视觉传感器Astra，用于三维建模、骨架跟踪、手势识别等应用。经过国内外公司的努力推广，3D视觉感知行业正式起步发展。

早期所推出的3D视觉感知产品相对于工业级产品而言，虽然成本、体积、功耗都得到显著的降低，但其应用大都聚焦在三维建模、人机交互等领域。随着3D视觉感知技术的进一步迭代与优化，也逐渐向对成本、功耗、体积等要求更加严格的应用领域拓展，比如智能手机、移动支付、AIoT等。

2017年苹果发布iPhoneX，搭载了前置3D结构光视觉传感器，用于人脸解锁、人脸支付等功能，给用户带来更加便捷、安全的体验。苹果手机的引领使得3D视觉传感器在手机领域得以规模化应用，同时也标志着3D视觉感知技术在消费级领域开始规模化普及。基于3D视觉感知的相关应用如生物识别、三维重建、骨架跟踪、AR交互、数字孪生、自主定位导航等应用在消费电子、金融、零售、餐饮、汽车、AIoT等行业落地应用。3D视觉感知行业迎来初级发展时期。

2018年以来，刷脸支付逐步成为一种规模应用的支付新方式。

除了刷脸支付，3D 视觉传感器在智能门锁、3D 看房等领域也在加速落地。此外，3D 视觉感知技术路线也越来越丰富，华为、魅族等厂商的智能手机都相继搭载了基于 iToF 技术的后置 3D 视觉传感器，2020 年苹果在其 iPadPro 及 iPhone12Pro 中搭建了全新的基于 dToF 技术的 Lidar 扫描仪；谷歌旗下 Waymo 公司搭载激光雷达及多传感器的无人驾驶汽车已进行多年测试，于 2020 年 10 月在凤凰城推出没有安全员的无人驾驶出租车服务。大疆创新的无人机如 PhantomPro/Pro+、Mavic2Pro/Zoom 等型号产品搭载了双目视觉系统，通过图像测距来感知障碍物。3D 视觉感知行业即将迎来快速增长时期。

总的来说，3D 视觉感知行业经过数十年的发展，由早期的工业级成功向消费级拓展，且应用领域仍在不断拓宽，行业经历了起步、初级发展时期，即将迎来快速增长时期；为了满足越来越多应用领域需求，3D 视觉感知技术也越来越丰富和全面；3D 视觉感知产品也随着底层元器件及核心算法的发展，向低成本、低功耗、小体积、高性能的方向发展。

(2) 市场规模:随着 2D 成像逐步向 3D 视觉感知升级，3D 视觉感知市场处于规模快速增长的爆发前期。2019 年全球 3D 视觉感知市场规模为 50 亿美元，且市场规模将快速发展，预计在 2025 年达到 150 亿美元，2019-2025 年复合增长率约为 20%。其中占比较高且增长较快的应用领域为消费电子和汽车。随着结构光技术和 ToF 技术近几年在手机端的普及应用，3D 视觉感知在消费电子市场的市场规模迅速增长，同时也带动了 3D 视觉感知行业快速增长；同时 3D 视觉感知在汽车领域的应用也在不断优化升级，预计 2024 年开始随着 Lidar 在汽车自动驾驶中逐渐成熟应用，以汽车行业的巨大市场潜力，届时 3D 视觉感知行业将迎来新一轮的快速增长。其中各分类应用市场规模和未来增长预测如下：

2019-2025 全球 3D 成像和传感市场规模预测



2019 年 3D 视觉感知在消费电子市场的市场规模约为 20.2 亿美元，占总市场规模的比例约 40%，2025 年增长至 81.7 亿美元，占总市场规模的比例约 54%，市场占比进一步提升。目前 3D 视觉感知在消费电子领域相对成熟的应用主要为影像的处理，如识别人脸来进行解锁、支付，拍照背景虚化、人像美拍等；随着技术的完善，预计未来 3-5 年基于 3D 视觉感知的交互功能和增强现实的功能应用会渐渐成熟。

在汽车市场，2019 年 3D 视觉感知的市场规模为 8.5 亿美元，占总市场规模的比例约 17%，2025 年增长至 36.7 亿美元，占总市场规模的比例约 25%，市场占比仅次于消费电子市场。目前 3D 视觉感知主要应用于汽车的自动驾驶，和车载摄像头识别。目前自动驾驶的应用以 Level3 以下高级辅助驾驶为主，未来 5 年会逐步提升至 Level4、Level5，实现完全的自动驾驶。

3D 视觉感知主要应用的另外三类市场工业、国防与航天和医疗，2019 年的市场规模分别为 10.4 亿美元、8.8 亿美元和 2.6 亿美元，占总市场规模的比例分别为 21%、17% 和 5%。但这三类市场因其稳健的行业特点，增长速度相对较慢，预计 2025 年市场规模分别增长至 17.1 亿美元、12 亿美元和 3.3 亿美元，市场占比分别降低至 11%、8% 和 2%。

3D 视觉感知的六大技术路线，目前均有一定的市场应用，但是结构光，ToF 和 Lidar 技术基于其自身的技术特点，更能满足消费电子和汽车自动驾驶的场景应用需求，具有更大的市场应用空间。这三类技术目前应用占比已高于其他 3D 视觉感知技术，未来随着消费电子和汽车自动驾驶市场的增长，结构光、ToF 和 Lidar 技术的市场占比会进一步提升。

2019-2025 全球 3D 成像和传感市场规模预测



(3) 产业链情况:3D 视觉感知产业是一个新兴行业，产业链经过近十年的不断探索、研发及应用，已形成一条包括上游、中游、下游和应用终端的产业化链条。

3D 视觉感知产业链分析



产业链上游主要为提供各类 3D 视觉传感器硬件的供应商或生产商。3D 视觉传感器主要由深度引擎芯片、光学成像模组、激光投影模组以及其他电子器件、结构件等构成。其中光学成像模组的核心部件包括感光芯片、成像镜头、滤光等核心元器件；激光投影模组包括激光发射器、衍射光学元件、投影镜头等核心元器件。感光芯片供应商有索尼、三星、韦尔股份、思特威等；滤光片供应商有 Viavi、五方光电等，光学镜头供应商有大立光、玉晶光电、新旭光学等；激光发射器供应商有 Lumentum、菲尼萨（Finisar）、艾迈斯半导体（AMS）等，衍射光学元件供应商有 CDA、AMS、取光科技等。此外上游环节中传感器模组生产商主要基于 3D 视觉传感器的设计进行生产设备的定制，产线设计与优化，实现规模化生产。

产业链中游为 3D 视觉感知方案商。主要基于深度引擎算法结合应用进行各类 3D 视觉传感器的方案设计，其中部分 3D 视觉感知方案商已具备完整的 3D 视觉感知方案的能力，涉及三合一模组 / 系统设计、光学成像模组、激光投影模组的设计与生产，3D 视觉感知系统和组件的标定、对齐、补偿、校准，核心元器件如激光器、衍射光学元件、滤光片等定制设计，深度引擎芯片的设计，以配套固件、开发工具包 SDK 等软件的研发，代表企业如苹果、微软、英特尔、华为、奥比中光等。

产业链下游主要为根据终端的各类应用场景开发各类应用算法的应用算法方案。目前已具备一定商业应用的算法包括：人脸识别、活体检测算法，三维测量、三维重建算法，图像分割、图像增强优化算法，VSLAM 算法，骨架、姿态识别、行为分析算法，沉浸式 AR、虚拟现实算法等。随着 3D 视觉感知应用场景的丰富，会有更多的应用算法商业化。

3D 视觉感知产业链中,公司的技术能力覆盖上、中、下游。

产业应用终端主要是基于 3D 视觉感知技术的各类应用场景客

户，包括消费电子（智能手机、平板设备、电视等）、生物识别（刷脸支付、智能门锁门禁、身份识别等）、工业（工业扫描、工业机器人等）、AIoT（3D 空间扫描、服务型机器人、AR/VR 设备等）以及汽车（车载激光雷达、车载视觉传感器等）等众多客户，如魅族、OPPO、蚂蚁集团、惠普、优必选、凯迪仕等；此外，应用终端还包括家庭、零售、学校、医院、药店、政府、企业、工厂、公共运输领域（包括但不限于地铁、公交、高铁、飞机等）等。

3D 视觉感知行业的整体发展与上游核心元器件的升级迭代紧密相关。为促使 3D 视觉传感器实现快速迭代、达到较好性能并满足特定行业需求，产业链上游元器件的定制化研发是必经之路。包括对核心感光芯片的功能、架构、像素、材料掺杂等重新设计研发，对激光投影模组中的激光阵列芯片、衍射光学元件进行定制化设计研发，配套研发出一系列深度引擎算法及深度引擎芯片等。

然而，多数 3D 视觉感知技术如 iToF、dToF 等依然处于起步发展阶段，整体行业也处于发展前期，因此产业链上游企业难以提供专用于 3D 视觉感知技术的核心元器件，早期在产品开发过程中，主要选自己已经成熟应用于其他行业的元器件，比如光学镜头、感光芯片、滤光片均来自于 2D 成像行业，激光发射器则来自于光通信、激光加工行业。由于这些元器件的非专用化，导致 3D 视觉感知行业的发展遭受瓶颈。

产业链中游 3D 视觉感知方案商由于直接进行 3D 视觉感知产品研发，同时对接上、下游企业，因此对 3D 视觉感知技术拥有最为全面的系统级理解能力，是整个产业链中最为重要的环节。3D 视觉感知方案商需要深入理解客户的需求，并整合上游产业链资源以开发出相应的产品，因此 3D 视觉感知行业产业链的发展具有其独特的特点，即依托于中游企业，带动上游企业研发并提供定制化的元器件，下游应用算法方案商算法迭代优化，共同促进客户向 3D 视觉智能化升级。如 2017 年苹果同上游器件企业定制开发了用于手机前置结构光的一系列核心器件，包括 VCSEL 激光器、DOE、滤光片等；2020 年苹果同上游企业索尼合作研发了用于激光雷达的 dToF 感光芯片。奥比中光于 2015 年定制开发了公司第一代用于结构光 3D 视觉传感器的深度引擎芯片 MX400，并于 2017 年、2018 年推出了第二、第三代深度引擎芯片 MX6000、MX6300，公司的新一代深度引擎芯片 MX6600 也已处于量产流片中；2018 年奥比中光同上游企业定制开发了用于手机前置结构光的一系列核心器件，包括 VCSEL 阵列芯片、DOE、滤光片等。通过对上游核心元器件的定制，提高了 3D 视觉传感器对于下游应

用场景适用性，提升了用户体验，促进了各类客户向 3D 视觉感知智能化升级。

- 3D 视觉感知应用发展情况 -

3D 视觉感知技术与产品经过多年的发展，目前已在消费电子、生物识别、AIoT、工业三维测量、汽车自动驾驶等多个领域实现了推广应用，并在国民经济中发挥着越来越重要的作用。

(1) 消费电子领域应用:智能手机是 3D 视觉感知技术在消费电子领域最大的应用场景之一。2017 年 9 月以来，苹果公司的 iPhoneX、iPhone11、iPhone12 手机系列均搭载了前置结构光 3D 视觉传感器，并在 iPhone12Pro 上同步搭载了基于 dToF 技术后置激光雷达扫描仪；安卓端包括华为 Mate 系列、P 系列，OPPOFindX，魅族 17Pro、18Pro 等陆续有十余款智能手机分别在前置和后置视觉传感器中不断尝试使用结构光和 ToF 技术。3D 视觉感知技术的加载使智能手机在解锁、支付、拍照、AR 互动、图片美化、三维空间扫描等功能的用户体验得到了升级或实现。

基于 IDC 于 2020 年 12 月发布的全球智能手机市场的数据，2024 年全球智能手机出货量预计可达 14.7 亿台。另外根据下图 IDC2020 年发布的全球智能手机价格分布预测估算，中端及以上机型（售价在 200 美金以上）占比超过一半，预计销售数量将超过 7.3 亿台。随着智能手机前、后置的 3D 视觉应用的不断探索，同时屏下结构光和前后置 iToF 和 dToF 技术的应用，加上未来各项技术的不断成熟和迭代所带来的软硬件成本下降，结构光 /ToF 等技术将在中高端机型中普及，从而进一步提高在智能手机领域的渗透率。

随着 3D 视觉感知技术的不断发展，其在消费电子领域的应用正在不断拓展。除智能手机外，还广泛适用于电脑、电视等多种终端设备。2020 年 3 月，苹果推出的新款 iPadPro 平板搭载了激光雷达扫描仪，用于环境的三维检测和三维扫描，可以实现如测量、游戏、购物、装修等各类 AR 体验；2020 年 4 月康佳发布了 APHAEA 旗舰新品全球首款 AI 电视内置 3D 视觉传感器，可用于 3D 刷脸购物、AI 健身、AR 游戏、家居智能场景联动等。根据 IDC 于 2021 年发布的报告，2020 年全球 PC（不包括平板电脑）出货达到了 3.0 亿台，较 2019 年增幅约 13.1%；2020 年全球平板电脑出货量达到了 1.6 亿台，较 2019 年以来增幅约 13.6%；2020 年全球智能视频娱乐系统（包括电视、游戏主机等）出货量为 2.96 亿台，预计未来将稳步增长。3D 视觉感知技术在消费电子各领域

给用户带来较好的用户体验，未来具有较大的市场渗透空间。

伴随着国家不断出台的如《关于促进消费扩容提质加快形成强大国内市场的实施意见》《推动重点消费品更新升级畅通资源循环利用实施方案（2019-2020 年）》等支持政策，预计 3D 视觉感知技术在消费电子领域的各项应用将不断成熟，相关市场渗透率会进一步提升。

(2) 生物识别领域应用:生物识别是一种通过计算机、光学、声学、生物传感器等多个技术领域密切结合，利用人体固有的生理特性，如指纹、人脸、虹膜等和行为特征如笔迹、声音、步态等进行个人身份鉴定的方法。随着对于身份识别和保密需求的日益增加，各类新兴生物识别的技术不断发展，通过 3D 视觉感知技术实现的生物识别方法逐渐落地于不同的应用场景。相较于指纹、虹膜、2D 人脸识别及掌纹，3D 人脸识别的特点如下：

生物识别方法	3D 人脸识别	2D 人脸识别	虹膜	指纹	掌纹/静脉/声纹/笔迹/人脸
精度	高	一般	极高	高	高
安全系数	高	一般	高	一般，容易被伪造	较高
稳定性	稳定	一般	终生不变	易磨损	易磨损
采集成本	中	中	高	低	中
便利程度	高	高	低	一般，接触式识别，部分人无法识别	一般，接触式识别
常用应用场景	刷脸支付、门禁、门禁、交通、身份验证等	门禁、安防等	目前应用场景较少	手机、考勤、金融等	目前应用场景较少

目前，3D 人脸识别技术主要有以下应用场景：

① 3D 刷脸支付：3D 刷脸支付是继二维码支付后由 3D 视觉感知技术驱动的新一代支付方式，起源于 2018 年，支付宝率先发布“蜻蜓”3D 刷脸支付终端，2019 年，微信的 3D 刷脸支付终端“青蛙”正式上线，同年，银联系试点的 3D 刷脸支付终端“蓝鲸”正式发布。相较于银行卡支付和 QR 码支付，3D 刷脸支付更加快捷便利，无需输入密码即可完成支付验证。截至 2020 年末，在支付宝、微信支付、银联商务、拉卡拉等第三方支付公司的积极推动下，全国已合计完成超过百万台线下支付设备的铺设。

随着移动支付和 3D 视觉感知技术的日渐成熟，预计将会有更多的线下支付场景使用刷脸支付，包括便利店，无人自助场景（如自动售卖机、智能快递柜）以及部分新兴的支付场景（如 ATM/自动取款机、医院、学校等），将会进一步带动 3D 视觉感知行业的快速发展。据 2020 年 5 月中国银联发布的《2020 年中国银行

卡产业发展报告》，2019年通过银联认证的主要终端生产厂商累计销售传统POS终端1,944.3万台，累计销售智能POS机终端459万台，合计POS机终端出货量超过2,400万台，该数据未包含出货量更大的用于扫码支付的扫码枪和扫码摄像头。刷脸支付基于优异的便利性、安全性将逐步渗透至线下支付的各领域，未来具有较大的市场空间。

② 3D 门锁门禁：3D 视觉感知技术在生物识别领域的应用还包括家庭、零售、学校、医院、药店、政府、企业、工厂、公共运输（包括但不限于地铁、公交、高铁、飞机等）的刷脸门锁、门禁、闸机场景。

在刷脸门锁、门禁场景下，搭载3D人脸识别的门锁、门禁避免了接触式的识别过程，相较于传统的密码锁和指纹锁给用户带来了更好的便利性。此外，3D人脸识别技术的特点（如较高的识别精度和稳定性）与门锁门禁的安全性需求天然契合。随着相关技术的不断成熟，智能门锁、门禁的制造成本将逐渐下降，结合我国居民可支配收入上升带来的消费升级，智能门锁、门禁的性价比将进一步提升，引领传统门锁、门禁的智能化转型。根据中金企信统计数据，2018年，我国智能门锁市场出货量达1,630万套，预计2022年，我国智能门锁市场出货量将达4,770万件，2018-2022年复合增长率预计为30.8%。

在刷脸闸机场景下，搭载3D视觉传感器的闸机可广泛应用于机场、地铁站、停车场等多个场所，助力公共运输业的数字化转型。2019年4月，国内首条采用3D人脸识别闸机的地铁线路—济南地铁1号线开启商业运营，闸机一分钟可通过30-40名乘客，无需任何介质，大幅提升了用户体验和地铁运营效率。

3D人脸识别还将在更多场景为用户提供便利服务。例如在政府、医院、药店等场景，可以快速、准确地对到访者进行身份辨别。在学校等教育类场景，可以为学生提供体测服务，采集完整的人体数据后通过科学分析处理，形成对应的体质数据分析及个体运动方案。

(3) AIoT 领域应用：3D视觉感知技术在AIoT领域的应用包括3D空间扫描、服务机器人、AR交互、人体/动物扫描、智能农牧、智慧交通、安防行为识别、体感健身等。

在3D空间扫描应用领域，由3D视觉传感器阵列组成的3D

房屋扫描设备可快速对房屋内部进行高精度、快速地三维重建，更精准地还原房屋信息，进一步实现模拟实景的3D看房，提高用户的在线看房体验。此外，3D空间扫描可以对空间进行多点、多角度的扫描拍摄，在房屋的初始建设、消防布置、装修等多个阶段提供全方位的室内地图构建，最终生成VR空间三维模型，实现空间内的全景查看。相较于传统的线上看房，VR看房可以帮助终端用户更直观地感受到房间的立体感和空间感，体验优于普通照片看房的真实感。根据贝壳的上市招股书披露，2019年贝壳的VR看房吸引了约4.2亿次线上观看，截至2020年6月30日的前三个月中，每天平均可促成约159,000个VR家庭展示。

在服务机器人应用领域，3D视觉传感器可以帮助服务机器人高效完成人脸识别、距离感知、避障、导航等功能，使其更加智能化。目前已实现落地的应用包括扫地机器人、自动配送机器人、引导陪伴机器人等，服务于家庭、餐厅、旅馆、医院等多个线下场景。根据中金企信统计数据，2017年全球商用机器人市场规模为213.2亿美元，预计2022年全球市场规模可达538.0亿美元，2017-2022年复合增长率预计为20.3%。在AR领域，3D视觉感知技术可帮助AR设备对周围环境进行三维重建，使得虚拟的立体影像更好的叠加在现实场景中，同时3D视觉感知可以识别人的手势、动作从而实现人与虚拟影像的交互。该功能可广泛应用于零售购物、远程医疗、工业维修、交互设计、教育培训、信息展示、游戏等不同的场景，提供丰富的用户体验。目前该场景的应用尚处于技术研发和产品优化迭代阶段。在直播设备方面，搭载3D视觉传感器的直播一体机通过采集人体及空间的实时3D信息，可以更好的区分前景和背景画面，在无需背景绿布的情况下，实现更精准的抠图、拼图、AR影像叠加等，目前直播一体机已得到行业企业的认可和推广。3D视觉通过对人体动作的捕捉还可用于远程监护、体感健身等。针对老人群体，搭载3D视觉传感器的监护设备可以在家中进行实时监测，基于深度点阵图识别等技术通过仅采集人体的3D信息（无需采集图像信息）来完成对老人的动作、姿态进行识别和预警，在维护用户安全的同时保护其个人隐私。针对健身人群，搭载3D视觉传感器的健身镜能准确捕捉人体动作，让健身爱好者在家就可以通过专业的健身镜跟着健身教练进行各类健身运动。

在人体扫描领域，针对儿童及青少年群体，3D视觉感知技术的应用主要包括3D体态仪、智能体测设备等。其中，3D体态仪可以快速采集学生的体型数据，自动进行体态评估，有助于发现学生不良体态、肥胖类型等健康风险；智能体测设备利用人脸识别对

学生身份进行快速确定，自动绑定学生测量及体检数据，便于后续建立个性化的分析模型，为学生提出改善方案；

3D 视觉感知还可以通过对快速移动人体和物体的识别、定位等功能用于体育运动的评比，如乒乓球机器人利用高速小物体跟踪算法、乒乓球轨迹 3D 重现等技术，实现自动发球、识别跟踪、判断评分等。

综上所述，3D 视觉感知技术在 AIoT 领域有许多潜在可探索挖掘的应用场景，将为行业的长期市场需求发展奠定基础。

(4) 工业领域应用:3D 视觉感知在工业领域主要应用于三维扫描、微小形变测量、弯管角度测量分析、工业机器人的定位与导航等方面。三维测量一直是工业领域不可或缺的技术环节，此前相关技术主要由欧美国家的大型工业生产厂商主导，如德国 GOM 公司。近年来，随着国内企业对高精密 3D 测量技术的不断积累，国产设备以较高的性价比开始逐步替代进口设备，且不断拓展工业领域新的应用。

工业三维扫描设备可实现非接触式的对工业设备、零部件等表面三维数据的细致、精确、快速获取。同时结合全局自动拼接技术，可以实现几十米超大工件的快速高精度测量。广泛适用于各种有三维数据需求的行业，如汽车工业、航空航天工业、数码家电、文博文创及医学等领域。

微小形变测量，通过 3D 视觉感知技术实现对设备、零部件、材料以及微小物体等变形过程中物体表面的三维坐标、位移及应变的测量。可用于科研单位、汽车、军工等行业材料力学研究、土木工程研究、高速冲击实验、部件变形测量等。

3D 视觉感知在工业领域的另一应用是弯管测量仪，利用工业级相机从各个角度拍摄弯管的二维图像，通过图像识别、立体视觉、摄影测量、多相机空间标定、三维重建等技术，快速实现弯管三维外形的智能化高效在线测量检测，大幅提高生产制造效率、大幅降低人力和检具成本，最终基于云端数据的分析可以实现数据追溯、智能化的工艺优化。

工业机器人应用主要是通过搭载 3D 视觉传感器以实现距离感知、避障导航、三维地图重建等多项功能，从而更好地完成分拣、搬运、排障等多项服务，大幅减少人工需求。根据统计数据，

2018 年全球工业机器人销量约为 42.2 万台，预计 2022 年全球工业机器人销量将稳定增长至 58.4 万台，2018-2022 年复合增长率约为 8.46%。

(5) 汽车领域应用:3D 视觉感知技术在汽车领域的应用主要分为车外和车内应用，其中车外应用包括自动驾驶 Lidar，360 度 3D 环视和车外身份识别等，车内应用包括驾驶员检测以及车内交互。

Lidar 是汽车由 L2/L3 级别自动驾驶向 L4/L5 高级别自动驾驶进化的核心器件。目前较为成熟的是机械旋转式 Lidar，一般被安装在汽车顶部和四周，通过每秒发射数千个激光脉冲加上机械式的旋转来采集车辆周围环境 360 度的 3D 数据。此外，基于 dToF 技术的面阵式 Lidar 被认为是未来自动驾驶汽车主流 Lidar 产品之一，是目前众多 Lidar 公司加大投入、争相竞争的关键技术。预测 2025 年全球汽车需求量约为 7,900 万辆，Lidar 的出货量预计为 465 万套，则搭载 Lidar 的自动驾驶汽车销量比例将大幅提升。

汽车自动驾驶的实现需要感知车身周围 3D 信息的 360 度环视系统。通过在汽车上搭载全方位的包括激光雷达在内的 3D 视觉传感器（覆盖近距、中距及远距），让汽车可以实现 360 度、无盲区的高精度三维场景重建，在此基础上结合自动驾驶决策和控制系统以实现无人驾驶汽车高精度自主避障、导航。因此基于 3D 视觉感知技术的 360 度 3D 环视将成为自动驾驶汽车的核心需求。目前汽车上搭载的环视系统为 2D 环视，通过多个 2D 摄像头所拍摄图像的拼接来得到汽车周边的 2D 图像，并实时提供给驾驶员以辅助其进行驾驶。未来，面向自动驾驶汽车，2D 环视将逐步升级为 3D 环视。

3D 视觉感知的识别功能也已经应用在了汽车领域。人脸识别可以对驾驶员身份进行认定，完成个性化的设置。2020 年，凯迪拉克发布 2021 款 XT4，支持配备“人脸识别解锁启动系统”，该系统基于双目红外 3D 人脸识别技术，当系统绑定的驾驶员靠近车辆时，系统将自动启动，经过身份认证后可实现无感解锁启动车辆。驾驶员检测，通过在车内搭载 3D 视觉传感器可以捕获驾驶员的面部特征和行为特征，实现对驾驶员的实时检测，比如检测驾驶员是否处于疲劳驾驶状态，是否有闭眼、打哈欠和注意力不集中等情况，也可以预警危险驾驶行为，例如玩手机或抽烟等。车内交互方面，通过在车内搭载 3D 视觉传感器实现对驾驶员的手势、动作进行识别，进一步基于手势、动作来实现对车辆的操控，比如对车内娱乐系统、空调、应急灯等的无接触操控。2017 年以来，宝马发布的

5系和7系轿车均配备了基于ToF技术的手势识别系统，可实现音量调节、电话接听、切换摄像机视角及启动导航等功能。

随着国家不断推出如《智能汽车创新发展攻略》《车联网（智能网联汽车）产业发展行动计划》等一系列鼓励支持智能汽车的相关法规和政策，预计未来产业链将不断完善，相关应用场景关注度和认可度不断提升。根据前瞻产业研究院的预测，2019年全球车载摄像头市场规模为112亿美元，中国市场规模为47亿元人民币，随着车道偏离预警、汽车碰撞预警和自动泊车的逐步普及，单车所需搭载摄像头的数量不断增加，预计到2025年全球车载摄像头市场规模将达到270亿美元，中国车载摄像头市场规模有望突破230亿元人民币。

- 行业未来发展趋势 -

随着5G技术的推广普及，人工智能和物联网应用将迎来快速发展，推动视觉技术加速从2D成像向3D视觉感知跨越，成为各行各业智能化升级的关键共性技术，催生出越来越多的应用场景，旺盛的需求同时也将倒逼各种主要3D视觉感知技术快速进化迭代，推动行业加快发展。

1、2D成像向3D视觉感知升级：在过去的数十年中，2D成像技术有了长足的发展。AI算法及算力逐步可以通过2D相机产生的平面图像对环境进行识别、判断和追踪。然而，2D图像仅能够提供固定平面内的形状及纹理信息，无法提供AI算法实现精准识别、追踪等功能所需的空间形貌、位姿等信息。3D视觉感知技术则充分弥补了2D成像技术的缺陷，在同步提供2D图像的同时，还能够为AI算法及算力提供视场内物体的深度、形貌、位姿等3D信息。基于3D视觉感知技术研发出的3D视觉传感器可以采集人体、物体以及空间的3D信息，配合AI算法能够实现多种2D成像技术难以实现的功能。使得AI的相关应用如生物识别、三维重建、骨架跟踪、AR交互、数字孪生、自主定位导航等应用有了更好的体验。3D视觉感知技术将成为促使人工智能更广泛应用的关键共性技术。

2、3D视觉感知应用领域将更加多样化且行业渗透率更高：智能物联网时代是行业发展方向，智能化将逐步应用于“衣、食、住、行、工、娱、医”等人类生活的各领域。简单重复性的工作更多将由智能化的机器来完成。3D视觉感知技术是智能化的基础，可以精准还原三维世界，并基于高质量的源头数据作智能化的分析，促使机器更好地实现在简单重复性的工作方面对人类的超越，为我

们的日常生活带来极大便利和效率的提升。

人类生活的丰富多彩，也意味着未来智能化功能的多种多样。随着3D视觉感知技术的不断成熟，越来越多场景开始利用3D视觉感知技术向智能化升级。3D视觉感知技术的应用从工业级场景到消费级场景，目前拓展至消费电子、生物识别、AIoT、工业三维测量等多个领域。未来随着底层技术的进一步迭代、应用型技术的不断创新、多技术路径丰富与全面融合、产业链的不断完善、成本持续的降低等，3D视觉感知技术将具备更强大的功能，在原有应用领域拓展和渗透更多场景，并持续落地到自动驾驶汽车、数字孪生、高精度加工、AR交互等更多新的应用领域。

3D视觉传感器在手机端的主要应用为脸解锁、拍照背景虚化、人像美拍、AR特效、3D扫描等。目前各类应用已取得较好的用户体验，如苹果手机的前置刷脸解锁应用，华为手机后置iToF传感器用于拍照景深的提取和图像的优化，均取得了较好用户反馈，促进了销量。目前多家手机厂商均尝试在其旗舰机型和高端机型上搭载3D视觉传感器，未来随着技术演进，成本的降低，手机端的各类应用将有更好体验和更多的功能，各手机品牌将向逐渐从旗舰机型向高端、中端、低端机型普及。

在刷脸支付方面，2018年和2019年已经完成一定规模的线下渗透。但是2020年突发的疫情影响，线下零售业受到重创，使得刷脸支付应用的推广进展暂时放缓，预计在疫情过后，刷脸支付的应用将迎来快速的普及。

除手机和刷脸支付领域外，3D视觉感知技术也在智能电视、平板电脑、个人电脑、机器人、智能门锁、门禁、工业检测、投影交互、3D空间扫描、智慧客厅、智能监护、智慧物流、自动驾驶、人体测量、体感健身等领域逐步渗透。

随着3D视觉感知各技术进一步的完善，其他应用场景定制化的专用设备将会具有更好的性能，支撑更好的用户体验；产业链的完善、量产成本的降低也将加速3D视觉感知技术在其他应用领域进一步拓展和渗透。

- 3D视觉感知技术要求不断提升 -

当前3D视觉感知产品核心零部件国产化、定制化程度不高，导致产品的成本、性能、体积、功耗等先进性指标仍有较大提升空间。国外企业在3D视觉感知技术方面占有一定的优势，但我国拥

有规模最大、增速最快的应用市场，因此 3D 视觉感知行业的发展势必要经过国外占优、中外抗衡等阶段，而在发展过程中，需要通过不断提升核心零部件的定制化以及国产化程度，从而确保在技术先进性指标上具备领先优势，才能保证在国际竞争中占有一定的优势。

目前 3D 视觉感知产品在诸多领域已有初步应用，但技术迭代速度缓慢导致产品应用推广受阻，难以满足下游市场对 3D 视觉感知多样化、不断增长的应用需求。2D 视觉时代经过几十年的时间，在图像分辨率、算力、成像性能等方面都取得了巨大的进步。而目前，3D 视觉也正面临分辨率、精度、算力等方面的快速迭代期，未来随着分辨率及精度越来越高，边缘端算力也越来越强，对 AI 视觉算力芯片的要求也将不断凸显。加快技术迭代将促使 3D 视觉感知技术加速向应用领域落地。为了将 3D 视觉感知技术通过不断迭代以具备领先的技术，对全领域技术路线布局以及全栈式技术研发能力的要求也将不断提升。

3D 视觉感知正逐步拓展下游市场的各类应用，由于智能设备的多样化，对 3D 视觉的精度、成本、测量范围等要求均不一样，单一 3D 视觉感知技术难以满足各类方案的需求。企业需要在掌握核心芯片、光学、算法等底层核心能力的基础上，尽可能具备结构光、iToF、双目、dToF、Lidar、工业三维测量等全领域技术路线布局及相关产品开发的能力。

另外，3D 视觉感知行业正处于快速发展阶段，在很多细分领域的实际应用仍待进一步探索。由于行业的技术门槛较高，且客户需要的不仅仅是一颗传感器或者软件算法，而是一整套的解决方案以及技术支持体系。因此企业需具备涵盖系统设计、芯片设计、算法研发、光学系统、软件开发、量产技术等全栈式技术研发能力，覆盖产品从设计、研发到制造的全周期研发流程，为客户提供包含芯片开发 + 硬件量产 + 应用算法在内的完整 3D 视觉感知应用方案。

（文章来源：据中金企信国际咨询最新同时发布《2022-2028 年中国 3D 视觉感知行业市场全景调研分析及投资可行性研究预测报告》、《中国 3D 门锁门禁市场专项调研及投资前景可行性预测报告（2022 版）》、《全球与中国市场商用机器人前景预测及投资可行性分析报告（2022 版）》）

一文读懂什么是“元宇宙”

来源：赛立信通信研究部

他们说这是互联网的终局，于是大佬们毫不犹豫抛出手上的筹码：相关概念第一股 Roblox，现在的市值已经超过了四百亿美金，而一年前它的估值才不过四十亿美金；中国版 Roblox——代码乾坤获得字节跳动 1 亿人民币战略投资；游戏开发商 Epic 完成一轮 10 亿美元的融资——这家公司已经持续亏损超过数亿美元。它叫元宇宙，当下最火红的概念，捧它的人说他会重构整个互联网，贬它的一方说：不过是把前些年“虚拟现实”换个马甲而已，它究竟为何，接下来就让我们一一剖析。

一、概念

元宇宙（Metaverse）一词来源于 Neal Stephenson 的科幻小说《Snow Crash》，Metaverse 一词由 Meta 和 Verse 组成，Meta 表示超越，verse 代表宇宙（universe），在里面人们利用虚拟现实技术打造了一个完全区别于现实世界的虚拟宇宙，人们可以在其中生活、工作、享乐，一切的一切都宛如现实。说到这里，很多人就会想起电影《玩家一号》的“绿洲”，可绿洲展现的，侧重于一个娱乐世界。《Snow Crash》的作者花了相当的笔墨描述细节，呈现了更多的维度，差不多就是黑客帝国那个样子，在那里现实世界只是用来维系基本的生存，所有的工作、生活都在虚拟世界中展开——线上的世界已经大于线下真实的世界。

根据这种愿景归纳，元宇宙有着以下的特征：1、拟真，要推进虚拟世界与真实社会的融合，离不开用户在虚拟世界的正向体验，用户在里面越能够得到类似于真实世界的感知，这种融合就越是加速，并最终发生整体迁移；2、开源，一个“世界”这么大的工程，很难通过顶层设计规划出来，只能通过制定技术标准与协议，让更多的开发者参与到其中，才能不断的扩展元宇宙的边界与层级；3、经济，经济是驱动一切的引擎，是调节各种生产资料的基础，元宇宙的世界当然也离不开。

资本之所以押注于此，主要因为在计算机 / 互联网的发展过程中，人机交互的沉浸感总是在不断提升的，从最开始的命令行，到



windows 系统的图形界面，再到手机终端的手势操作，还有已经破圈的 VR/AR 设备，都是践行着这一规律。在此趋势下，虚拟与现实的距离也逐渐缩小是大概率事件。而在诸多对于未来的概述中，元宇宙是技术路线最合理、最符合当下认知的一种构思。

二、发展情况

当前元宇宙主要在游戏领域铺开，集中在模式创新，参与的公司前赴后继（更多只是为了在股票市场中获得新概念的加持），但是目前做出示范性产品的，也只有 Roblox。表面看 Roblox 是一个类似于“玩具概念”的儿童乐园，小朋友在里面通过游戏进行学习，但是真正有价值的地方是，它是一个具有生命力的社区，具体表现为两方面：1、一个儿童之间的社交平台，而且这种社交链接是在线下线上反复横跳的，根据 Roblox 官方资料显示，大部分新玩家都是通过朋友、家人、老师等才进入坑；2、一个非常成熟的开发者社区，在 2018 年，就有超过 400 万创作者在里面，合计提供超过 4000 万款游戏，头部创造者年收入最高能超过 300 万美元。

这是一个很了不起的成就！因为用户

跟开发者可以类比成鸡跟蛋的问题，有用户自然有开发者愿意进入社区，有更多的开发者进入又会吸引更多的用户，但构建这种正向的循环可太难了，基本属于可遇不可求（谋事在人，成事在天）。这些年做出成果的一个巴掌数得来，做不下去的项目比比皆是，其中苹果整个 IOS 生态算一个，曾经暴雪也算一个，DOTA、英雄联盟起源就是暴雪的自定义地图，但是暴雪没把握住。Steam 里面的创意工坊算半个，刀塔自走棋就是这么来的，但 Steam 更侧重于渠道属性。

三、瓶颈

目前制约元宇宙大规模商用，主要是技术上并没有形成足够的突破性。例如，虽然 AR/VR 设备已经进入了成熟期，销量已经逼近千万了，但是使用设备时会带来晕眩感仍是迈不过的坎——耳朵里的前庭系统所感受到的运动状态和戴上设备后视觉系统不一致，就会产生不协调，就容易产生晕眩感。

还有基础设施的部署情况，就是 5G 跟云计算的大规模普及，因为 AR/VR 这种随身设备不可避免受到体积跟重量的限制，但是更高分辨率的画面，更流畅的场

景切换又需要更强劲的硬件作为支撑，同时达到轻便而且性能强劲，又会陷入了价格高企的境地。一种解决方案就是通过云服务，把算力从终端移到云端，这就需要大带宽、低时延网络，但是目前 5G 的渗透率仍一般，放眼全球，由于美国政府的持续打压，网络技术有了国界，也拖慢了全球 5G 网络部署的进度。

最后一点就是政策上的，按元宇宙的描述，它里面是一个自给自足的循环生态系统，有自己的货币，这些年比特币的强势崛起，让各种的“币”为大众所认识，但是这方面的讨论仍然很激烈，不少国家进行了立法的监管，例如我国是明令禁止虚拟货币的，游戏内货币则有严格的规定，例如文化部发文《关于进一步加强网吧及网络游戏管理工作的通知》中指出：网络游戏经营单位发行的虚拟货币不能用于购买实物产品，只能用于购买自身提供的网络游戏等虚拟产品和服务；消费者如需将虚拟货币赎回为法定货币，其金额不得超过原购买金额，究竟元宇宙里面的货币会怎么样，相信要漫长讨论才能形成社会共识。

四、结语

回望过去十年，苹果公司在 3/4G 时代真的是赢麻了，虽然很多公司都把 iPhone 作为靶，但是打败苹果的永远不可能是下一台乔布斯定义的智能机，元宇宙作为下一个时代的可行性，值得各方去准备，正是现在看不清前路，后来者才有弯道超车的可能。前文所述，元宇宙的底层技术是 5G/6G、云服务等，这正是电信运营商优势所在，利用自身资源，在网络保障、产品研发、内容汇聚、应用创新等方面与产业伙伴开展全面合作，争取在元宇宙的时代拓展更多的施展空间。□

2021 年中国内窥镜行业市场分析，硬式内窥镜市场处于快速上升阶段

文章来源：整理自前瞻产业研究院

本文核心数据：内窥镜发展历程，主要竞争主体类型，内窥镜行业竞争格局，中国硬式内镜行业市场规模，荧光硬镜与白光硬镜对比。

内窥镜经历四次技术革新

全球内窥镜的发展趋势及技术壁垒内窥镜共经历 4 次大的技术革新，从最初的硬管式内窥镜(1806~1932)、半曲式内窥镜(1932~1957)、纤维式内窥镜(1957 以后)，到了如今的电子内窥镜(1983 以后)。近年来，电子内窥镜为了实现高清成像，逐渐发展为高清电子内窥镜，并分别与超声技术、共焦显微镜技术相结合，发展出了超声内窥镜和共焦内窥镜。



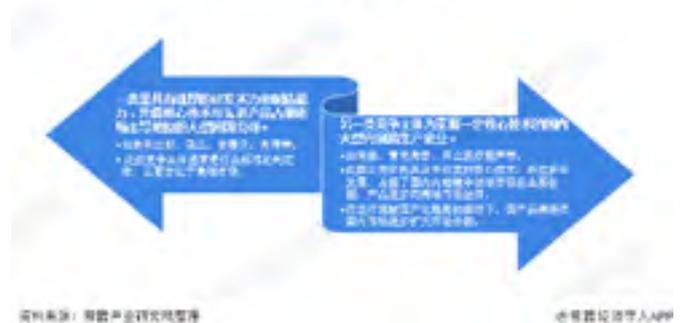
中国内窥镜两大类竞争主体

我国医疗器械行业经过多年的发展，基本形成了充分竞争市场，随着贸易全球化的深入，国外医疗器械产品全面参与国内市场的竞争，市场化程度不断加深，竞争主体数量不断增加。相比国际市场，国内市场集中度较低，呈现出企业数量多、单个企业规模偏

小、技术水平偏弱、产品竞争同质化等特点。

然而，随着企业自主创新意识的不断提升，技术水平的不断提高，以及政府对医疗器械行业的政策扶持，国内医疗器械市场逐步健康发展，同时涌现出一批技术领先的龙头企业，将逐步完成进口替代。作为医疗器械重要细分产品的内窥镜，国内内窥镜市场主要存在两大类竞争主体。一类是占据市场主导地位的大型跨国公司，另一类为掌握一定核心技术的国内大型内窥镜生产企业。

图表 2：中国内窥镜行业主要竞争主体类型



国产品牌的竞争主要集中在中低端市场

内窥镜行业目前国产化率不足 20%，国产品牌的竞争主要集中在中低端市场。近年来我国内窥镜生产企业通过技术引进和自主研发，使得产品质量与进口产品的差距不断缩小，凭借优秀的性能和价格优势，在中高端市场取得一定的优势。目前国家鼓励国产医疗器械自主创新和推进医疗器械质量提升，技术差距的不断缩小及基层医疗机构采购量的上升，将带动国产品牌“双线”增长。

随着国内内窥镜技术的进步，尤其是 COMS 图像传感器技术替代 CCD 图像传感器技术的趋势下，国外厂商的技术垄断有望被

打破，国内企业面临重大机遇。国内具备较强综合实力的医疗器械厂家也在积极把握技术突破机遇，向内窥镜行业进军，基于成熟的研发体系，开发出高质量、生物安全性高、操作便利性更强的内窥镜产品，有望逐步实现进口替代。

图表4. 我国内窥镜行业竞争格局



资料来源：前瞻产业研究院整理

前瞻产业研究院APP

现有格局形成原因

我国内窥镜行业现有市场竞争格局形成原因主要有以下几点：

图表5. 我国内窥镜行业现有格局分析

原因分析	分析结论
内窥镜行业壁垒高	<ul style="list-style-type: none"> 技术壁垒：光学、机械、材料等核心技术壁垒较高，研发投入大，研发周期长，国内企业起步较晚，技术积累不足。 品牌壁垒：品牌知名度、市场占有率、客户忠诚度等构成品牌壁垒，国内企业品牌影响力较弱。 渠道壁垒：销售渠道、售后服务网络等构成渠道壁垒，国内企业渠道建设不完善。 资金壁垒：生产、研发、销售等环节需要大量资金投入，国内企业资金实力较弱。 人才壁垒：行业人才短缺，特别是高端研发人才，国内企业人才储备不足。
内窥镜行业集中度低	<ul style="list-style-type: none"> 产品同质化严重：国内企业产品同质化严重，缺乏核心竞争力。 研发投入不足：国内企业研发投入占营收比例较低，技术创新能力不足。 品牌影响力弱：国内企业品牌影响力较弱，市场占有率低。 销售渠道不完善：国内企业销售渠道不完善，售后服务不到位。 资金实力弱：国内企业资金实力较弱，难以支撑大规模生产和研发。 人才流失严重：国内企业人才流失严重，特别是高端研发人才。
内窥镜行业竞争激烈	<ul style="list-style-type: none"> 外资企业占据主导地位：外资企业技术先进，品牌影响力大，市场占有率高。 国内企业数量众多：国内企业数量众多，竞争激烈。 价格战激烈：国内企业为了抢占市场份额，纷纷采取价格战策略。 技术创新能力不足：国内企业技术创新能力不足，难以突破核心技术壁垒。 售后服务不到位：国内企业售后服务不到位，客户满意度低。

资料来源：前瞻产业研究院整理

前瞻产业研究院APP

内窥镜分类及用途

近年来，内窥镜在临床中被广泛应用于不同科室和不同疾病治疗。主要分为软管式内窥镜和硬管式内窥镜，二者使用范围有一定交叉但并无高低之分。根据使用范围的不同，有时硬式内窥镜、软式内窥镜。硬镜广泛应用于喉镜、鼻镜、子宫镜等观察领域，尿道电切镜、高频电切手术用内窥镜等有创手术场景，还有心血管内窥镜等。

硬镜按用途可以分为腹腔镜、胸腔镜、宫腔镜等类别。各类硬镜与配套设备搭配使用完成各种类型疾病的诊断和治疗。硬镜

的主要配套设备有摄像系统主机，摄像头，冷光源，监视器，台车等。硬镜主要进入人体无菌组织、器官或者经外科切口进入人体无菌腔室，如腹腔镜、胸腔镜、关节镜、椎间盘镜、脑室镜等。硬镜为棱镜光学系统，最大优点是成像清晰，可配多个工作通道，选取多个视角。

图表1. 硬管内窥镜用途分类



资料来源：前瞻产业研究院整理

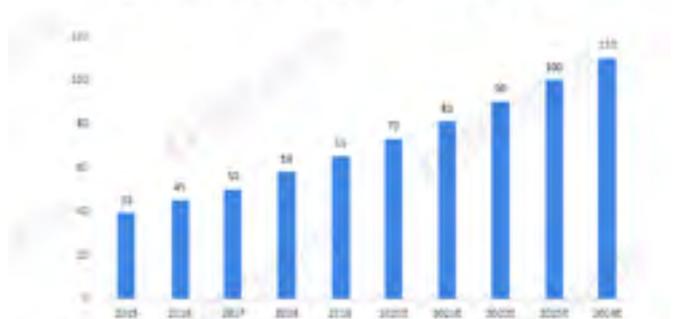
前瞻产业研究院APP

硬管内窥镜市场处于快速上升阶段

硬镜的应用领域广泛，主要应用于进入人体无菌组织、器官或者经外科切口进入人体无菌腔室，包含的产品包括腹腔镜、椎间盘镜、关节镜、高频电切手术用的硬管内窥镜等。

据 Frost&Sullivan 研究报告，中国硬管式内窥镜市场处于快速上升阶段，市场规模于 2019 年达到 65.3 亿元人民币，2015 年至 2019 年的年复合增长率为 13.8%，远高于全球硬管式内窥镜市场的同期增速。预计到 2024 年，中国硬管式内窥镜器械的市场规模将以 11.0% 的年复合增长率增长至 110 亿元人民币。

图表2. 2015-2024年中国硬管内窥镜行业市场规模(单位:亿元)



资料来源：Frost & Sullivan 前瞻产业研究院整理

前瞻产业研究院APP

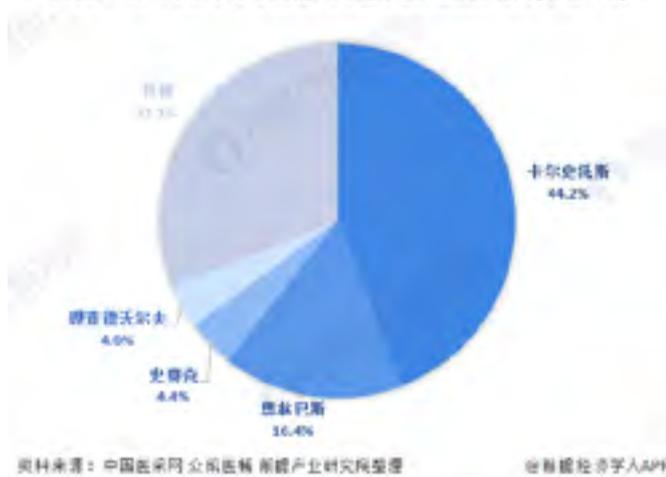
日本和德国企业占据国内市场

硬式内窥镜由于其核心技术 - 光学技术壁垒较高，主要被日

本和德国企业占据国内市场。其中卡尔·史托斯、奥林巴斯、史赛克等几家公司合计占据大部分国内市场份额，而国内的硬镜生产企业主要有沈阳沈大、浙江天松、杭州好克光电等，占市场份额较小，产品处于低端市场，且产品性能方面也与进口产品差距较大。

根据众成医械汇总 2021 年上半年 1332 家医院公布内窥镜招投标中标结果来看，在内窥镜硬镜市场，2021 年上半年，卡尔史托斯、奥林巴斯、史赛克分别以 44.2%、16.4%、4.4% 的市场份额，合计占比超 60%。

图表3, 2021年上半年中国硬式内镜行业企业竞争格局(单位: %)

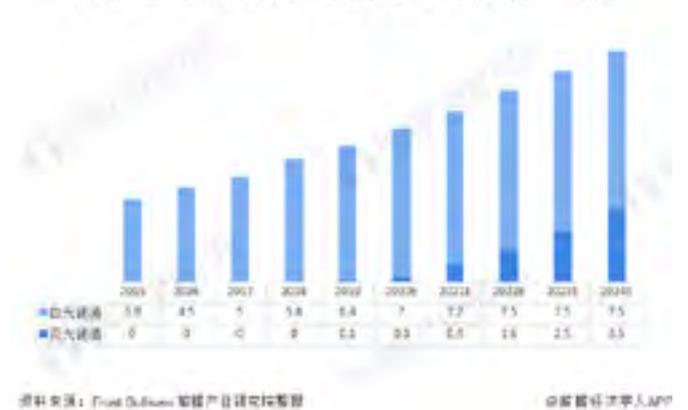


组织表层的图像外，还能同时实现表层以下组织的荧光显影(如胆囊管、淋巴管和血管显影)，对术中精准定位和降低手术风险起到关键的作用。相比于白光内窥镜，荧光内窥镜在设计制造和镀膜技术上存在技术难度，主要是为了实现在从白光图和荧光图切换时不需调节焦距(宽光谱范围内矫正像差)，实现高透过率和高对比度。

荧光内窥镜或将迎来高速发展

据 Frost&Sullivan 研究报告，由于中国荧光硬镜推广时间较晚，从 2019 年开始荧光硬镜市场规模为 0.1 亿元，预计荧光硬镜市场份额不断增长，未来或有替代部分白光硬镜市场的趋势，预计 2024 年达 3.5 亿元，年复合增长率近 100%。我国白光硬镜和荧光硬镜的市场规模和预测如下图所示(包括荧光及白光)：

图表5, 2015-2024年中国荧光及白光硬镜行市场规模(单位: 亿元)



新型医用内窥镜技术 - 荧光内窥镜

按照内窥镜的工作光谱范围，硬镜包括白光内窥镜和荧光内窥镜。其中，白光内窥镜的图像基于 400-700nm 的可见光光谱，展现的是人体组织表层的图像，其工作光谱为白光光谱。

荧光内窥镜是从 2016 年发展起来并得到大量应用的新型医用内窥镜技术，工作光谱在 400-900nm 的范围，除了能够提供人体

图表4, 荧光硬镜与白光硬镜对比分析

项目	对比分析
内窥镜成像原理	白光内窥镜成像原理为白光内窥镜成像原理，与白光内窥镜成像原理类似，但其成像原理不同，其成像原理为白光内窥镜成像原理，其成像原理为白光内窥镜成像原理，其成像原理为白光内窥镜成像原理。
内窥镜成像特点	白光内窥镜成像特点为白光内窥镜成像特点，其成像特点为白光内窥镜成像特点，其成像特点为白光内窥镜成像特点，其成像特点为白光内窥镜成像特点。

资料来源：前瞻产业研究院整理

提升科技硬实力 助推产业蓬勃发展 ——“中国光电博览奖”获奖名单重磅揭晓

中国光电博览奖 获奖名单重磅揭晓

“中国光电博览奖”是由全国政协教科卫体委员会副主任、科技部原副部长曹健林教授提议，中国国际光电博览会主席团发起设立的。一年一届，在每年的中国光博会期间颁布授奖。是以光电高新产品和高新技术为主的成果奖。其宗旨为进一步推进中国光电产业技术发展，与国际先进的光电技术产品共促共进；激励参展参会企事业单位对新技术、新产品竭力创新的积极性。

该奖项征集得到了广大参展企业的高度关注与积极参与，经三轮专家团评审并报主席团审核，有效参评项目 97 项中共有 37 个参评项目入围，最终 34 个项目参与了 2021 年 9 月 15 日在展馆现场举行的“中国光电博览奖”现场评审。现场评审团成员包括全国政协委员、教科卫体委员会副主任、科技部原副部长曹健林先生；中国科学院顾瑛院士、骆清铭院士；工信部通信科技委专职常委、亚太光通信委员会主任毛谦等十余位专家，经过一天的现场评审并最后审核，最终决出 2021 年“中国光电博览奖”获奖名单（附后）。

同时，备受业界特别是中国国际光电博览会参展企业关注的“中国光电博览奖”终审评选获奖名单，在 2021 年 9 月 16 日晚

上举行的第 23 届中国国际光电博览会（CIOE）开幕欢迎晚会暨 2021 年“中国光电博览奖”颁奖典礼上隆重揭晓。中国科学院祝世宁院士、顾瑛院士，中国工程院范滇元院士、中国科学院空天信息创新研究院樊维维副院长等嘉宾为获奖企业授牌。

感谢所有参评企业并向各获奖企业表示热烈祝贺。以下附上获得 2021 年“中国光电博览奖”金奖、银奖及优秀奖的获奖企业、获奖产品名单，为大家呈现本次汇聚众多光电高新产品的奖项盛况。

因篇幅有限，欲了解更多奖项相关内容，请关注：“CIOE 中国光博会”公众号浏览更多：



- 获奖名单 -

金奖 1	陕西源杰半导体科技股份有限公司	第五代移动通信前传 25Gbps 波分复用直调激光器
金奖 2	山东华光光子股份有限公司	高功率 808nm 半导体激光器
金奖 3	苏州慧利仪器有限责任公司	数字化高精度激光干涉仪
金奖 4	季华实验室	极大规模集成电路制造装备专用射频电源研发及产业化
银奖 1	苏州旭创科技有限公司	单载波 400G ZR QSFP-DD DCO 相干光模块
银奖 2	MRSI Systems, Myconic Group	MRSI-HVM-P1.5 微米多功能高精度自动化贴片解决方案
银奖 3	深圳市杰普特光电股份有限公司	200W MOPA 脉冲光纤激光器
银奖 4	杭州微影智能科技有限公司	红外热成像三光谱光电转台产品开发项目
银奖 5	成都光明光电股份有限公司	高折射低色散新型重调火石光学玻璃关键技术及应用
银奖 6	深圳珑璟光电技术有限公司	基于光波导核心技术的 AR 光学模组
银奖 7	浙江大立科技股份有限公司	200 万像素非制冷红外焦平面探测器
银奖 8	中国科学院光电技术研究所	紫外光刻机
优秀奖 1	青岛海信宽带多媒体技术有限公司	低功耗方案的 400G 系列产品
优秀奖 2	武汉敏芯半导体股份有限公司	25G APD
优秀奖 3	深圳市迅特通信技术股份有限公司	5G 前传 WDM 解决方案
优秀奖 4	北京至格科技有限公司	AR 衍射光波导及光学显示模组产业化
优秀奖 5	长飞光纤光缆股份有限公司	抗辐照光纤光缆
优秀奖 6	深圳瑞波光子有限公司	905nm 激光雷达芯片
优秀奖 7	深圳市联赢激光股份有限公司	高功率蓝光激光器及其复合焊接应用
优秀奖 8	广州飒特红外股份有限公司	汽车夜间安全驾驶辅助系统
优秀奖 9	江苏亨通光电股份有限公司	光纤激光器用系列光纤及产业化
优秀奖 10	中山市博顿光电科技有限公司	离子束微纳加工核心部件与整机组装
优秀奖 11	浙江大学光电科学与工程学院	紧凑型高光谱成像技术
优秀奖 12	艾迈斯半导体(深圳)有限公司	TMD2636 微型接近传感器模块
优秀奖 13	长春长光光器科技有限公司	超精密磁流变抛光加工设备
优秀奖 14	北京华卓精科科技股份有限公司	大尺寸纳米精度单工件台
优秀奖 15	东莞市宇瞳光学科技股份有限公司	1/1.7" F1.6 1200 万像素恒定光圈变焦镜头
优秀奖 16	浙江舜宇智领技术有限公司	高像素车载前视感知摄像模组的研发
优秀奖 17	南阳利达光电有限公司	新一代超精密微棱镜关键技术研究及产业化
优秀奖 18	苏州八匹马超导科技有限公司	大口径低温真空泵及其核心部件的研发和产业化
优秀奖 19	北京灵犀微光科技有限公司	光波导引领消费级 AR 核心显示技术
优秀奖 20	苏州长瑞光电有限公司	面向 100G 光通信模块应用的 4*25G VCSEL 阵列芯片
优秀奖 21	恩纳基智能科技无锡有限公司	半导体芯片高精度贴装检测智能装备
优秀奖 22	南京芯视界微电子科技有限公司	单光子 d-TOF 激光雷达芯片研发及产业化



感谢大家持续关注本次评选活动，小编也在“CIOE 中国光博会”公众号中推出“中国光电博览奖”系列精选回顾，欲关注精选内容可扫码了解更多：

——关于中国光博会

作为极具规模及影响力的光电产业综合性展会，第 24 届光博会将于 2022 年 9 月 7-9 日在深圳国际会展中心举办，同期六展覆盖信息通信、激光、红外、紫外、精密光学、镜头及模组、传感等版块，面向光电及应用领域展示前沿的光电创新技术及综合解决方案，掌握行业最新动向、洞察市场发展趋势、助力企业与光电行业上下游进行商贸洽谈，达成商业合作。

——关于“中国光电博览奖”

经中国国际光电博览会(CIOE)组委会提议、CIOE 主席团批准，并于评审专家委员会专题会议讨论通过设立的，以光电新产品和新技术为主题的产品技术成果奖。启动这一重大活动的目的是为了进一步推进中国光电产业技术发展，鼓励参展企事业单位研发新产品和开展技术创新的积极性，通过活动向行业呈现中国光电技术最新成果，为参展企事业单位提供展示自身技术实力和科研成果的机会。



产业学术无缝对接，创新研发全线贯通

——中国光学学会学术大会嘉宾演讲及听众反馈



中国光学学会学术大会是国内最具权威性和影响力的光学光电子行业高端学术会议，每两年举办一届。9月18日-20日，2021年中国光学学会学术大会在深圳国际会展中心隆重召开。会议由中国光学学会、中国科学院信息技术科学部、中国工程院信息与电子工程学部主办，深圳大学、深圳技术大学、中国国际光电博览会、深圳市光学光电子行业协会联合承办。

本次会议旨在分享前沿技术，并结合中国光博会企业资源，搭建“产、学、研、用”高效对接平台，推广新技术、新产品、新应用、新模式，促进教育链、人才链与产业链、创新链有机衔接，深化“产、学、研、用”融合与产业链上下游协同创新发展。为推动新旧动能转换、激发创新创造活力提供强有力的支撑。

大会邀请三位专家做大会报告，分别是中国科学院院士，东南大学崔铁军教授为大家带来电磁空间的表征调控与电磁新基建方面的分享、浙江大学光电科学与工程学院戴道铎教授为大家带来硅光集成方面的分享、

华为技术有限公司唐晓军博士分享“华为发布光通信未来十年发展趋势”。（以上排名不分先后）



中国科学院院士，东南大学首席教授崔铁军
分享电磁空间的表征调控与电磁新基建

本次会议邀请了中国科学院院士，东南大学崔铁军教授为大家带来电磁空间的表征调控与电磁新基建方面的分享。崔教授在本次会议中分享的电磁空间的准确表征、调控与利用对国防及国民经济均具有战略意义。本报告主要阐述电磁空间的准确表征、信息超材料（包括数字编码超材料、可编程超材料、软件超材料和智能超材料）对电磁空间波场和数字信息的实时调控、基于信息超材料的电磁信息论及简化电子信息系统架构

等。着重讨论电磁空间在国民经济建设中的应用前景，包括为无人驾驶和车联网构建毫米波地图、为5G和6G无线通信构建准确的通信模型及定制信道等。把电磁空间和国家新基建有机结合，开展电磁新基建，使电磁空间的规划与调控在初始阶段即融入基础设施建设。

崔铁军教授是中国科学院院士，东南大学首席教授，IEEE Fellow，长期从事电磁超材料和计算电磁学的研究工作。创建了信息超材料新体系，开发了自主可控的电磁专用仿真软件，取得了显著的经济与社会效益。发表学术论文500余篇，被引用38000余次（H指数96）。研究成果入选2010年中国科学十大进展，作为第一完成人获2011年教育部自然科学一等奖、2014年国家自然科学二等奖、2016年军队科学技术进步一等奖、及2018年国家自然科学二等奖。

在本次会议中，浙江大学光电科学与工程学院戴道铎教授也为大家带来硅光集成方面的分享，主题是“硅光集成：发展与挑战”，硅光技术具有CMOS兼容性及高集成度等突出优势，在全球范围内受到学界和业界高度重视，经过20余年迅速发展，已成为光子集成领域新兴主流研究方向，被认为是支撑未来光互联、光计算、光测量、光传感等信息光电子应用的关键技术，具有广阔的应用前景。为满足日益复杂且多样化的实际需求，亟需从工作机制及制备工艺等方面进行全面探索，突破单元器件性能瓶颈和功能芯片集成规模。本报告总结介绍硅光集成领域的发展现状趋势，重点分析大规模光子集成的随机散射损耗、随机相位误差、高速光电



浙江大学光电科学与工程学院戴道铎教授分享“硅光集成：发展与挑战”

探测等基础问题，结合系列高性能硅光器件，探索硅基片上微纳尺度光-物质相互作用调控的新方法、新结构、新波段与新机制，讨论其未来发展中面临的重大挑战及发展前景。

戴教授是浙江大学求是特聘教授 / 博士生导师、国家杰出青年科学基金获得者、国家重点研发计划项目负责人，现为光电科学与工程学院副院长、教育部光子学与技术国际合作联合实验室主任、浙江大学先进光子学国际研究中心主任，任 Springer Nature 出版社 SCI 期刊《Optical and Quantum Electronics》主编、《Optics Letters》主题编辑、《IEEE PTL》副编辑。长期致力于高性能高集成度硅光器件及应用研究，在多模硅光子学、片上偏振调控、硅+光子学 (Silicon-plus Photonics) 等方面取得重要进展，在 Nature、Nature Comm.、Proc. IEEE、Light Sci. Appl.、Phys. Rev. Lett.、Laser Photon. Rev. 等期刊发表论文 220 余篇 (特邀综述 20 余篇)，顶级会议美国 OFC 等大会 / 教程 / 主旨 / 特邀报告等 90 余次，多次任亚洲通信与光子学大会 ACP 2018/2021 等大会技术委员会主席 / 共主席。论文被引用 11700 余次，入选 2014-2020 年爱思唯尔《中国高被引学者榜单》，先后获得浙江省科学技术一等奖 (2007)、浙江省高校科研成果一等奖 (2012)、中国光学学会光学科技一等奖 (2020)、王大珩光学奖-中青年科技人员光学奖 (2020) 等奖励荣誉。



华为技术有限公司唐晓军博士作题专题报告

同时，大会也邀请了华为技术有限公司唐晓军博士分享相关话题。唐博在本次会议中分享“华为发布光通信未来十年发展趋势”，及光通信未来十年关键发展七大趋势。唐博是华为技术有限公司传送与接入产品线首席技术规划师、技术规划部长，物理电子学及光电子学博士。1998 年加入华为，历任开发部长、PDT 经理、PDU 部长、海外产品线代表、技术规划部长等职务。多年来一直致力于传送接入等光网络的产品研发和技术研究，曾主持华为 MSTP 产品、WDM/OTN 产品及传送网软件平台及转发平台的研发，推进传送网 T-SDN 业务的研发。目前负责布局光系统、光算法、光感知、光智能、光器件的研究，主导开展光领域的先进技术规划、发展及项目落地，推进光产业的长期技术演进及发展。

深入交流 汇聚一堂

本次会议设立 21 个专题，涵盖光学及光学工程领域近 100 个子专题研究方向。汇聚来自高校、科研院所、企事业单位等从事光学及光学工程领域的专家、科研人员及企业代表参会。会后小编也采访到一些参会专家及代表。

• 合肥物质所王老师表示：会议组织非常好，现场协调及吃住行等各项后勤保障很周到，现场问题反馈处理也非常高效，最重要的是这次能同时参观展会以及听报告，收获很多。

• 来自华南师范大学张院长说：“在美丽的鹏城，高水平的光学学术论坛和光电产业展览的融合，为我们带来一场学术、技术和产业交流的饕餮盛宴。感谢大会为我们提供了一个沟通与交流的平台，在这里光学界的专家与学子、工程师无缝交流，不仅推动了光学前沿理论技术的交流，更推动了会展业和产业界的融合与交流。”

• 浙江大学杨老师表示：这次在深圳举办的光学大会是一次疫情期间举办非常成功的大会，全国各地光学工作者在非线性和微纳光学、生物光子学、薄膜光学、光学教育等方面深入交流，受益匪浅。

• 中山大学物理学院董院长说：此次大会非常难得的，中国光博会和中国光学学会学术大会的同期举办实践了产业+学术的无缝对接。产学研交叉融合，尤其是创新性研究领域，全产业链贯通，非常好的尝试。业内各板块的朋友也一次性见了，效率更高。

• 华为的张总表示：特别感谢中国光学学会和深圳市光学光电子行业协会，以及中国光博会，一次做完了原来需要跑 2 个城市做的事情。展会上看新产品认识新朋友，大会上学习新技术了解新趋势，希望多能有这样的产学研结合。

• 北京航空航天大学刘教授说：“收获很大，每次都参加，这次差点参加不了。后疫情时代下，特别感谢各个主办单位的付出，希望能早点结束，一切回归正轨。”

• 中科院长春光学精密机械与物理研究所的范工表示：好的产业需要好的平台，今年挺难得的，国内最权威最顶级的行业盛会 and 全国最大最好的光电展无缝拼接了。期待更多这样的强强联合。■

党建促发展，务实建堡垒，深光协顺利召开党支部成立大会

为深入贯彻党的十九大精神，学习习近平总书记重要讲话精神。同时，进一步加强协会及会员企业党组织建设和规范党员管理，发挥党支部基层党组织的战斗堡垒作用和共产党员的先锋模范作用，践行“党建促发展、党建育人才、党建强创新”的创新党建模式。我会于今年年初向上级党组织工作委员会申请筹建协会党支部。

8月3日，经上级党组织工作委员会审核决定，深光协正式成立中共深圳市光学光电子行业协会党支部，并颁发了《关于同意成立中国共产党深圳市光学光电子行业协会党支部的批复》。



8月13日下午，协会组织全体党员、积极分子在深光协会议室召开党支部成立大会，选举产生第一届支部委员会，并就支部未来的各项工作安排进行讨论交流；成立大会由深圳市光学光电子行业协会会长杨宪承同志主持。



大会在《义勇军进行曲》中拉开序幕，杨宪承同志宣读《关于同意成立中国共产党深圳市光学光电子行业协会党支部的批复》。随后，采用无记名投票方式选举支部委员。由朱宝华同志宣读投票选举结果，彭文达同志当选支部书记、尹志安同志当选为支部宣传委员、穆奕彤同志当选为支部组织委员。



最后，由彭文达书记对未来各项工作进行安排，并表示：一是提高思想重视。协会党支部应当不断创新，借助网络媒体工具，不定期开展线上会议，应发挥个人

特长、集思广益，集体营造生动活泼、畅所欲言的支部氛围，将支部建设成为学习型、创新型、优质服务型的基层党组织；二是加强支部凝聚力。利用自身平台优势和资源优势，加强与会员企业，以及会员企业党组织的合作交流，探索发现新的契合点，凝聚党员力量，将党建与业务工作紧密结合，努力将协会党支部打造成坚强有力的战斗堡垒，为光电产业发展推波助澜；三是发挥辐射效应。各位党员应充分认识到自身的重大责任，在崭新的起点上，以身作则，率先垂范，发挥党员“先锋模范”作用，带动周边年轻党员、流动党员寻找组织，实现可持续发展。



深光协党支部的成立对协会的发展有着十分重要的意义，未来党支部将结合会员企业发展需求，践行“党建促发展、党建育人才、党建强创新”的创新党建模式，将党建优势、组织优势、党员作用优势转变为企业发展、产业发展、人才发展的优势，共同推动光电产业高质量发展。■

激活企业第三“利润空间”，“企业+”政策申报主题大讲堂成功举办

“企业+”大讲堂由深光协精心打造特色品牌活动，旨在培养会员企业综合竞争力，围绕“知识产权、政策补贴、人力资源、银企对接、财税管理、宣传推广”等方向展开分享，每期大讲堂以“知识指导+经验分享”相结合模式，邀请各个领域的专家、大咖进行干货分享，促进企业员工业务水平提高，推动企业可持续发展。

为进一步加强企业对政策申报内在逻辑理解，激活企业第三“利润空间”。7月30日下午，深圳市光学光电行业协会联合合纵天下咨询集团举办的“企业+如何跟随趋势获得政策红利”主题大讲堂在深圳南山区海岸城东座会议室成功举办。



吸引了瑞波光电、昂纳信息技术、珑璟光电、迅特通信、赓旭光电、昇旻光学、英诺激光、鑫金泉精密、力策科技、晶至新材料、激埃特光电、德赛自动化、泰德激光、维达力、柠檬光子、网联光仪等会员企业代表参加了此次活动。

此次活动中，政策咨询专家、合纵天

下金牌讲师唐春霞老师在会上表示：2021年深圳市计划各项补贴近2200余项，涉及资金超500亿元，按照实施项目所处的不同发展阶段和环节（包括：研发阶段、应用示范阶段、实现量产阶段、运营应用、技术改造、销售推广），主要分别由相关主管部门组织申报、评审等工作，对满足条件的项目给予认定或资助。

三大重点补贴方向：

- 奖励制：因获得某资质或荣誉得到政府的奖励。如国家高新技术企业、贯标证书奖励、红点奖等。
- 报销制：因有前期投入而采取事后补贴的方式。如高新企业培育资助（原研发资助）、智能化改造、高技术产业化、产业链等。
- 人才制：因公司内部人员规模资质所享受的补贴。如人数规模大的企业有适岗培训、以工带训、稳岗补贴等；拥有高学历高技术人才有后备级、地方级、领军级以及各区配套人才。

企业自身需要找准核心定位，政策补贴的目的是为了引导企业创新发展，增强企业的核心竞争力，不断推动深圳经济高质量的可持续发展，深圳市政府高度重视对企业的支持与服务，实施多项产业补贴政策助推企业发展，推动产业转型升级。

随后，向企业代表详细的介绍了《深

圳市各项扶持政策》，从政府资金分布解读，企业可申报项目分类，重点项目解读等相关的方向全面解读深圳市扶持政策，并梳理了资助方式分类，匹配政策所需信息，提供项目分析方法，项目验收流程等具体操作流程指引，针对政策补贴方式多样，补贴额度上限不一，补贴比例幅度跳跃，企业项目繁多等问题，让企业全面了解政策，更好的进行规划分析，为企业解决了政策上的疑惑。

在互动问答环节，参会人员从自身具体需求出发，提出了关于“专精特新”小巨人申报、孔雀人才补贴申报、技术改造项目扶持计划专项等问题，合纵天下咨询集团资深专家团队在现场进行了详细的解答。

面对深圳“双区”驱动、“双区”叠加的黄金发展期，此次宣讲活动受到了参会企业的一致好评，参会企业代表纷纷表示，此次活动干货满满，受益良多。

通过政策宣讲会，企业可以精准掌握有利于自身发展的政策先机，提前谋划发展方向，做好企业发展规划和项目申报的各项准备工作，将政策优势转化为人才优势，政策红利转化为企业红利。今年协会将重点帮助会员企业了解政府政策和申报工作，竭尽全力为各企业答疑解惑，做好政府与企业间的纽带和桥梁作用。■

蓝光激光器破局市场：避开同质竞争，革新高反材料加工领域

伴 随万瓦级光纤激光器在市场上如雨后春笋般涌现，技术发展的路线之争愈发暗流汹涌，市场增速放缓，同质化竞争让产品功率的提升逐渐触及天花板，垂直的高功率叠加路线愈发艰难。因此，更多的厂商机构转而寻求新型激光器的横向突破，而近几年兴起的“蓝光激光器”被普遍认为新型激光器中一个值得关注的方向。

差异化破局：蓝光激光器成国内外关注焦点

所谓蓝光激光器，就是指位于蓝色波段光源的激光器，其波长约在 400 nm-500 nm 范围内，工业级的蓝光激光器一般是一种半导体激光器。蓝光激光具有波长短、衍射效应小、能量高等特性，在材料加工、光信息存储、显示技术、通信技术、激光医疗等都有广阔应用前景。

蓝光激光器起步较晚，2015 年，德国半导体激光器厂商 DILAS 公司首次推出一款波长为 450nm 的蓝光可视光半导体激光系统，最大输出功率 25 瓦，采用光纤芯径为 200 μm 或 400 μm ，可以扩展至 100 瓦，可用于材料加工；同年，日本岛津公司宣布成功研制光纤耦合型高亮度蓝光直接二极管激光器“BLUE IMPACT”，采用蓝光氮化镓类半导体激光，是全球首个完成产品化的激光加工用光源。

2017 年，美国 NUBURU 公司最早研制出蓝光半导体激光器，继而在 2018 年推出 150W，2019 年推出 500W 蓝光激光器；2019 年，德国 Laserline 公司在上海光博会首次展示了全球第一款 1kW 商用蓝光半导体激光器。

同时段，国内有一家机构也实现高功率蓝光激光器突破。2020 年 9 月，广东粤港澳大湾区硬科技创新研究院（简称“硬科院”）首次推出自主研发的工业级蓝光半导体直接输出激光器，输出功率为 500W；今年 3 月，硬科院又进一步突破，推出 1000W 蓝光半导体激光器。该系列产品主要用于高反材料的焊接、熔覆，3D 打印等，不仅填补了国内在该领域的市场空白，其技术也处于世界领先水平。

新技术路线：实现“无飞溅焊接”，较红外光效率提升至少 8 倍

据了解，广东硬科院是经广东省科学技术厅批复，由广州高新技术产业开发区管委会举办、依托中国科学院西安光学精密机械研究所、西科控股联合共建的省属新型研发机构。其蓝光激光器研发团队隶属硬科院光电技术创新中心，是由深耕光电行业几十年的资深海归博士带领，兼有光学、结构、电气、工艺等经验丰富的技术人才。通过对激光加工市场深入的调研和技术路线的对比，团队发现：相比红外光，

蓝光在材料加工领域更具先天优势。

据硬科院首席科学家扈金富介绍：“红外激光器在许多工业运用领域表现出色，但在相应波段的高反金属加工方面并不理想，而蓝光对同样材料的吸收率是红外光 10 - 20 倍，同时用蓝光激光加工还能改善红外激光加工导致的飞溅问题。”



以硬科院自主研发的蓝光激光器为例，在加工工业领域最常见的高反材料“铜”时，若使用常规红外激光器所需功率约为 4000 瓦，而蓝光激光器则只需 400-800 瓦即可实现加工；同时，铜金属对蓝光的高吸收率大大增加了工艺过程窗口，可通过参数控制对焊接效果进行细微调整，实现“无飞溅焊接”；除了质量上的提升，蓝光焊接铜金属还具有明显的速度优势，至少比



蓝光半导体激光器 (500W / 1000W)

红外激光焊接快 8 倍。

“技术路线上，我们的蓝光激光器是采用行业首创的‘自由空间输出 + 细光束

矩形光斑 + 高填充面阵光束’结构，兼顾高功率、小尺寸、轻重量，其体积仅为固体激光器体积的 1/10——1/5，系统稳定性更强，避免了固体激光器需要经常维修的情况。” 扈金富表示道。

产业化应用: 革新高反材料加工领域, 新能源电池、3C 优势突出

蓝光激光器虽然是激光领域发展的新秀，但在高反材料加工领域有着明显的优势，目前在新能源电池焊接、3C 以及合金等领域已逐渐崭露头角。

如在锂电子电池的焊接中，蓝光激光器完美适配应用场景。锂离子电池通过将多个薄铜片和铝片相邻地分层来实现高能量密度，其中多层电极片的连接和电池极耳的焊接，都可以使用蓝色激光器焊接，其比常规的超声波焊接和红外激光焊接速

度更快，一致性也更好；焊接过程中无飞溅污染物，也有效避免了因此导致的电池短路、影响性能安全等问题。

蓝色激光也适用于电子产品大批量制造上，例如手机、平板电脑和计算机的制造——任何以铜为主要元件的应用。蓝色激光在焊接铜、不锈钢和铝方面已经证明了其优势。事实上，蓝色激光也适用于薄金属之间的低 / 无缺陷快速连接。此外，在显示、存储、探测、医疗等领域，蓝光激光器也逐渐受到市场关注。

蓝光激光器作为新兴技术路线，虽然尚处于发展初期，但却已在高反材料加工领域初现峥嵘。随着激光产业由高速发展阶段向高质量发展阶段转换，差异化壁垒逐渐显现，蓝光激光器也将在高精尖产业领域展现更多可能。■

国家重点研发计划课题绩效评价会在瑞波光电顺利召开

2021 年 8 月 24 日，国家重点研发计划战略性先进电子材料重点专项“高光束质量、低阈值、长寿命、低成本红光 LD 材料及器件关键技术与工程化研究”项目的课题绩效评价会在深圳瑞波光电顺利召开。来自全国各地的项目咨询专家组专家、项目（课题）负责人、骨干研究人员、管理人员等专家技术人员参加了会议。

该项目由深圳瑞波光电有限公司作为项目牵头单位，汇聚了我国在大功率红光半导体激光器产业链上的重点优势企业、院校与研究所等骨干力量，形成了多支在理论研究、技术开发、产品实现和产业化等方面经验丰富的管理和技术创新团队，为下一步的芯片国产化替换奠定了坚实的基础。■



凯普林天津自动化生产基地搬家庆功会顺利举办

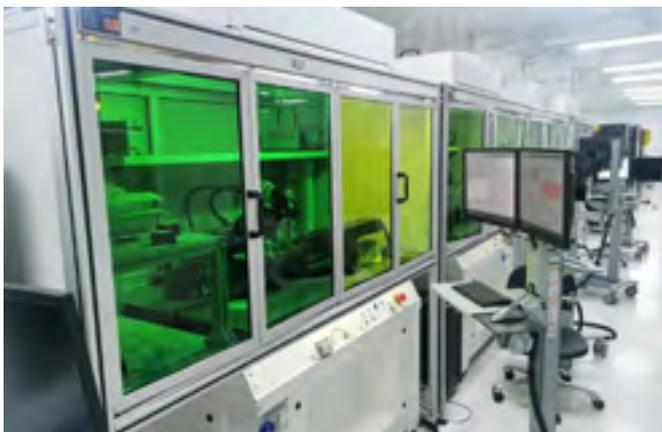
2021年9月27日下午，凯普林天津自动化生产基地顺利落户位于天津市空港经济区东九道69号崭新的办公园区里，凯普林人共同庆贺此次乔迁。



此次搬迁仅耗时6天，这是凯普林速度——正是无数这样的6天，成就了凯普林屹立激光领域18年。单说数字，非亲历者可能缺少概念。这是数百台高精度设备的生产线搬迁、调试和复产；这是近千人的协同作战与周密计划；这是上千箱物料、超两万平米水电的统筹与调试……在没有延误生产交付的情况下，凯普林仅用6天提前完成原本“14天搬移+7天预案”的搬迁计划。

超越自我 开拓创新

科技革命、产业变革，世界版图正在重构。在明确的战略规划下，凯普林光纤、超快事业部应运而生。如今，集自动化、智能



化的全新22000㎡生产基地拔地而起，凭借技术创新、规模效应、质量提升，为客户提供更高效的服务。

时至今日，天津产线价值超过百万的自动化生产设备达100台以上，早已具备半导体激光器、光纤激光器、超快激光器的规模制造能力。

做激光领域的领跑者

此次搬迁仅耗时6天，这一切的最终实现有赖于这群以奋斗为本的凯普林人。持之以恒的拼搏精神，吃苦耐劳的工作作风，以及成为激光领域领跑者的坚定信念，最终塑造了创变非凡的凯普林人。此次庆功会，除了庆贺乔迁，更多篇幅留给了每位参与搬迁的员工，答谢并表彰这些一路同行的凯普林人——一家企业连同具体真实个体的成长史诗，互为映照，互相成就。



成就自我 成就非凡

多年来专注高科技产品研发和生产，“创新”的技术追求和“严谨”的行事风格或许已刻进了凯普林的DNA。

18年栉风沐雨，激情、热爱当然不可或缺，若对一家企业的内核描述仅止于此未免有些轻率，破界、纯粹、高效、非凡、可靠的产能供给、持续稳定的价值输出等才是凯普林在激光世界屹立经年的真正原因。C



深圳市光学光电子行业协会

SHENZHEN OPTICS & OPTOELECTRONICS INDUSTRY ASSOCIATION

协会简介

深圳市光学光电子行业协会(简称深光协)成立于1990年,是经深圳政府最早批准设立的行业类协会之一,会长杨宪承。协会由信息通信、精密光学、激光制造、红外技术、光电传感、光电显示等相关领域企业、机构、高校组成,旨在促进光学光电子产业聚合创新,以专业活动为支撑,以渠道资源为动力,以品牌推广为路径,以增量市场为目标,为会员企业提供深层次、多元化、全方位的一站式服务。

资源共享

全面链接光电子相关行业“政企学研资”五类渠道资源。

以技术共融为目的,推动技术创新与应用合作。

技术共融

价值共生

打通企业价值增值路径,促进企业共生共赢。

凝心聚力共发展,抓住时代机遇铸就命运共同体。

共发展

电话:+86 755 88242548 / 88242545

邮箱:szooia@szooia.org.cn

地址:深圳市南山区海德三道海岸大厦东座608

网站:www.szooia.org.cn





上海先普气体技术有限公司



上海先普气体技术有限公司是经上海市认定的高新技术企业。公司引进国外先进技术以及产品的设计生产理念，开发和生产各类气体纯化器与气体纯化系统。产品广泛用于电子、光电、光纤、光伏和气体等行业中超高纯度气体制造、分析和应用。

先普气体纯化产品可满足整条 IC 生产线对于大宗气体的纯化要求，先普纯化器可用于纯化 N₂, H₂, O₂, Ar, He 等各种气体，纯化指标达到各分项杂质含量 < 0.1ppb，单台纯化设备气体流量最大可到 20000Nm³/h。先普的产品已广泛应用于半导体领域众多知名芯片制造厂。

产品说明：先普 9NS 系列产品是专门为半导体行业所设计的 9N 高性能纯化系统，用于纯化惰性气体，气体流量从 10Nm³/h 到 20000Nm³/h，纯化后气体中 H₂O、O₂ 等分项杂质最低可达到 0.1ppb 级别。

地址：上海市闵行区中春路 1288 号 17 幢

电话：021-54427619

传真：021-54427619-807

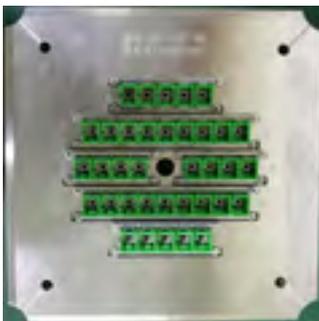
网址：www.simpuretech.com

邮箱：mail@simpuretech.com



东莞胜明实业有限公司

专业从事：MPO 研磨机·编程研磨机·四角研磨机·研磨盘·压接机·固化炉 ... 始终以客户为中心随时候命、持续创新，始终为客户提供快速高效、便捷及时、安全可靠的服务体验，助力客户创造最大的价值。公司秉承“承载信任、助力成功”的服务理念，保持锐意进取、注重品质的态度，强化人才战略。



产品说明： 1、SC/APC-36 研磨盘：采用先组装，后研磨的工艺，适用 SC/PC 单、多模光纤连接器的生产，采用 IPC 结构，实现对每一个连接头独立加压。2、mpo 编程研磨机：配套使用胜明实业研磨夹具根据实际情况调整设备参数，去除散件及工艺的影响，干涉可达到 100% 直通率，端面 3d 指标超出 GR-326 要求。3、编程四角研磨机：配套使用胜明实业研磨夹具（独立加压的研磨夹具）无需调整设备。去除散件及工艺的影响，干涉可到达 100% 直通率，偏移主要集中在 35um 以内，端面 3d 指标超出 GR-326 要求。

地址：广东东莞清溪镇罗马路天生湖工业园

传真：86-0769-38833075

电话：86-0769-38833080

网址：www.dgsmsy.com

邮箱：szsm88@vip.163.com



大连华邦化学有限公司

大连华邦化学有限公司由中科院多位气体纯化专家与归国学者联合成立的大连高新技术企业，2019年认定为省瞪羚企业。团队掌握催化剂、吸附剂、Getter等核心技术，专注于纯化技术20年。生产的N₂、H₂、O₂、Ar\He、XCDA、CO₂、NH₃等气体纯化器已成功应用于国内多条12英寸产线（大连、无锡、广东、北京、上海、合肥、武汉等），以及数十条6~8英寸、TFT、LED、IGBT等产线，气体杂质脱除深度<0.01~1ppb，单台流量最大可达30,000Nm³/h，并可为客户提供超纯气体现场供应及管理、维保服务。



常温管式纯化器(POU)



9N N₂、H₂、O₂、Ar、He、NH₃、CO₂、XCDA 气体纯化器

地址：高新区庙岭工业园

传真：0411-84796695

电话：86-400-115-8088

邮箱：ruan.fang@hpcdl.com

网址：www.hpcdl.com



深圳新海讯光电有限公司

深圳新海讯光电有限公司是一家光通讯企业，成立于2011年，总部位于中国深圳，并在中国湖南设有子公司，现拥有员工约400名，场地面积约4000平方米。新海讯光电专注于高速光通信领域10年，一直秉承以品质为核心，以技术创新为驱动的理念，致力于为数据中心、企业和运营商提供整体解决方案。



AAWG



PLC 光分路器

地址：广东省深圳市宝安区福永街道和平和景工业园富园广场3楼

电话：86-0755-23217403

网址：www.seacentfiber.com

邮箱：changlong.xu@xinhaixun.com

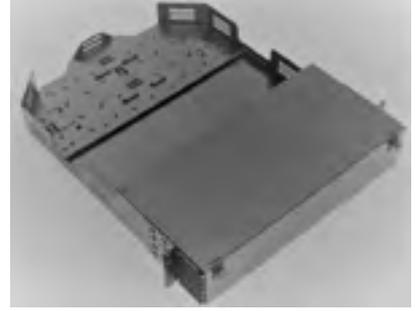


东莞市镭赛精密五金电子有限公司

镭赛 13 年来专注于各类光纤配线箱，光纤配线盒，光器件模块封装盒，光纤分路器等光电金属配件，防水控制箱。集研发，生产，销售和服务为一体。直接提供和配套服务的终端客户有：CISCO, GOOGLE, Legrand, HUAWEI 等国际知名企业。



光纤配线模块金属盒



光纤配线箱

地址：广东省东莞市寮步镇华南工业城金富路 17 号

电话：86-0769-81736528

网址：www.lacyindustry.com

传真：86-0769-81038858

邮箱：andy-gyb@163.com



北京欧屹科技有限公司

北京欧屹科技有限公司是以激光、光电仪器、电子封装设备为核心业务的专业代理经销商和集成服务商，欧屹科技主创成员具有 20 多年的技术和行业经验，我们为客户引进国内外先进的激光器、光电仪器、光电系统、电子封装设备等高精尖仪器设备。激光类：微光学透镜，高功率半导体激光器及其加工系统，飞秒激光器及其加工系统。光电测量类：双折射测量仪，应力测量仪，白光 + 激光共聚焦显微镜，激光干涉内径测量仪，奈米级三维形貌仪。电子封装类：划片机，裂片机，抛光机，减薄机，白光干涉共聚焦显微镜等。欧屹科技成立十几年来，以专业的技术支持和完善的售后服务，为广大用户提供全方位的支持和服务，我们的理念是“以诚信立足、为客户创造价值”。



应力双折射测量系统

地址：北京市昌平区回龙观西大街 115 号龙冠大厦 3 层

网址：www.oelectron.com

电话：010-69798892

邮箱：sales@oelectron.com

BOLIN®
焊料专家

栢林焊片 呵护中国芯

中国预成型焊片开创者

汕尾市栢林电子封装材料有限公司

是中国预成型焊料的开创者，现已发展成为微电子和光电子封装行业领先的金属封装材料解决方案供货商，是国内相关行业焊料的主要国产供货商之一。

公司坚持以客户需求为导向、坚持以产品品质为根本，打造了符合行业特色的现代化焊料生产体系，具备ISO9001质量管理体系认证和GJB9001B武器装备质量管理体系体系认证。公司既能为客户提供小批量、快响应、设计多变的试样级焊料生产服务，也能为批产客户提供大批量、质量稳定的大规模焊料生产配套，在国内电子、国防、汽车、通讯和医疗等行业的大中型客户中，树立了良好的口碑。

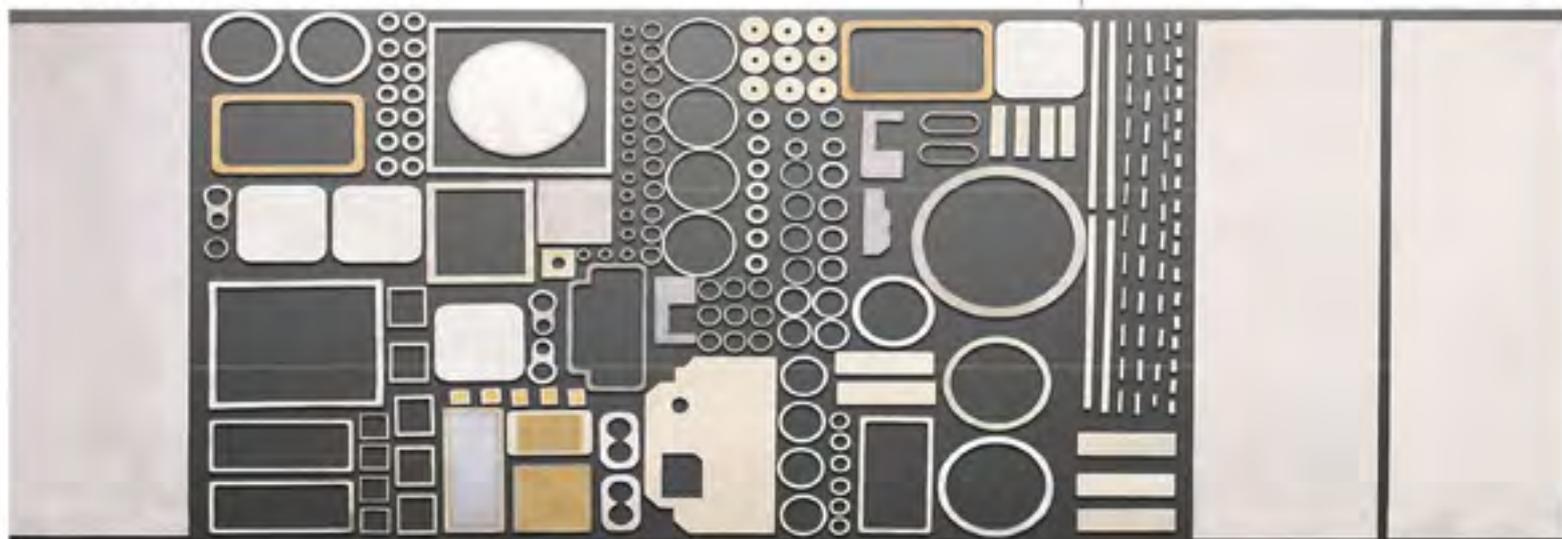
公司拥有专业的研发技术团队，是国家高新技术企业，市级企业研发中心，科技创新示范基地，并与重点高校共建焊料研发实验室。具有完备的产品研发、试制和量产的人才储备和硬件设施，满足客户对不同产品尺寸和精度的要求，并能针对焊料特性和选用为客户提供优质的技术咨询与服务。

更多信息请访问：

公司网站：www.bolinmaterial.com

销售部：0660-6782773

技术咨询：13418797007



创新材料·为散热量身定制

导热界面材料解决方案系统供应商



NF-150系列

1W-15W/m.k

 400-716-0881

Email: vip@nfion.com

深圳市诺丰电子科技有限公司

Add. 深圳市沙井镇新和大道向兴路恒明珠工业园3栋



公司简介

Company profile

全磊光电股份有限公司坐落于美丽的海滨城市厦门，公司专注于III-V族化合物半导体材料外延片的研发、生产与销售，包含InP和GaAs基多种光电产品，主要为光通信和智能传感行业客户提供高性能的激光器（FP/DFB/EM-L/VCSEL）和探测器（MPD/PIN/APD）外延片，产品技术达到国内领先、国际先进水平，并批量供应给中国、日本以及欧美国家的多个客户。

全磊光电拥有一支由国内外行业专家、博士、硕士组成的核心人才队伍，是该行业的领军团队。公司在厦门总部建有“全磊化合物半导体研究院”、器件仿真设计中心、MOCVD外延产线及相应的检测中心，并在苏州工业园区设有全资子公司苏州全磊光电有限公司。公司已荣获厦门市高层次人才“双百计划”A+类、“专精特新”中小企业、“苏州金鸡湖科技创业领军人才”、“高新技术企业”等荣誉称号。目前公司已申请核心专利40余项，并拥有20余项授权专利和2项商标等核心知识产权。

经过近几年的快速成长，公司已成为业内知名的“具有硬实力，掌握硬科技”的高科技企业。随着公司厦门总部生产规模的进一步扩大，全磊光电将发展成为国内领先、国际一流的化合物半导体领军企业，为5G网络、物联网、人工智能、大数据等应用领域提供强劲的中国“芯”。

产品应用

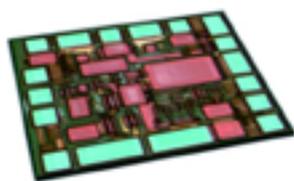
Products application





深圳市汇光芯创光电技术有限公司,专注于先进光电技术应用,为光通信、工业、射频微波与科研用户提供专业的物料选型、核心器件供应以及系统方案支持,同时提供一系列高品质且独到的测试组件解决方案来满足高可靠性和高性价比测试之需。凭借对应用深入的了解和灵活快捷的服务,确保您的测试及互联需求能被精准和高效得到满足。

公司产品 Our Products



LENS

**Uniphase
Performance
-3.8mm**



ISG-D2811 28G
baud/s Linear
EML Driver

最佳光通接头产品
峻立塑料透镜
苏纳硅透镜

ICOP 自有
品牌:射频微波同轴
低损稳相测试组件

25Gb/s InGaAs APD
Chip on Carrier

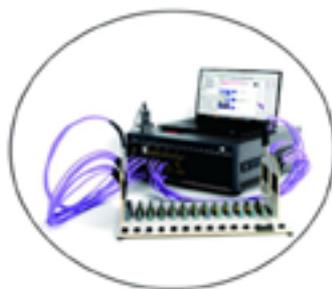
以色列品牌光纤
包覆和涂层光
学粘合剂



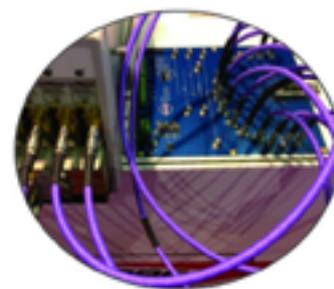
高速误码仪



光衰减仪/光开关



测试解决方案



测试解决方案

HDV FIBER

Fiber Optic Access One-stop Solutions Provider
光纤接入网一站式解决方案提供商

ODM & OEM professional manufacturer
ODM&OEM专业制造商



Main products 主营产品

OLT
(Optical line terminal)

ONU (光猫)
(Optical network unit)

SFP Optical module
(SFP光纤模块)

Fiber switch
(光纤交换机)

Media converter
(收发器)

HDV is the only company in the world that focuses on in-depth ODM incubation of customer access network equipment.

海荻威是一家致力于遍布全球的电信接入网设备的ODM厂商

Support customization types
(HDV'S ODM "9D" standard):

- 1D: logo customization;
- 2D: default configuration;
- 3D: packaging customization;
- 4D: shape ID customization;
- 5D: function requirement customization;
- 6D: hardware exclusive customization;
- 7D: UI exclusive customization;
- 8D: SKD;
- 9D: CKD factory incubation.

支持定制类型
(HDV的ODM "9D" 标准):

- 1D: logo定制;
- 2D: 默认配置;
- 3D: 包装定制;
- 4D: 形状ID定制;
- 5D: 功能需求定制;
- 6D: 硬件专属定制;
- 7D: UI专属定制;
- 8D: SKD;
- 9D: CKD工厂孵化。

Shenzhen HDV Photoelectron Technology Co.,Ltd
深圳海荻威光电科技有限公司

TEL: +86 755 8600 0116

FAX: +86 755 8600 0112

WEB: www.hdv-fiber.com

E-mail: alex@hdv-tech.com

Address: 6/f and 8/f ,Building B,Fenghuang Huayuan

Industrial Zone,Fuyong Town,Baoan District,Shenzhen,518103.China





四川和泰光纤有限公司

Sichuan Hetai Optical Fibers Co.,Ltd

四川和泰光纤有限公司

Sichuan Hetai Optical Fibers Co.,Ltd

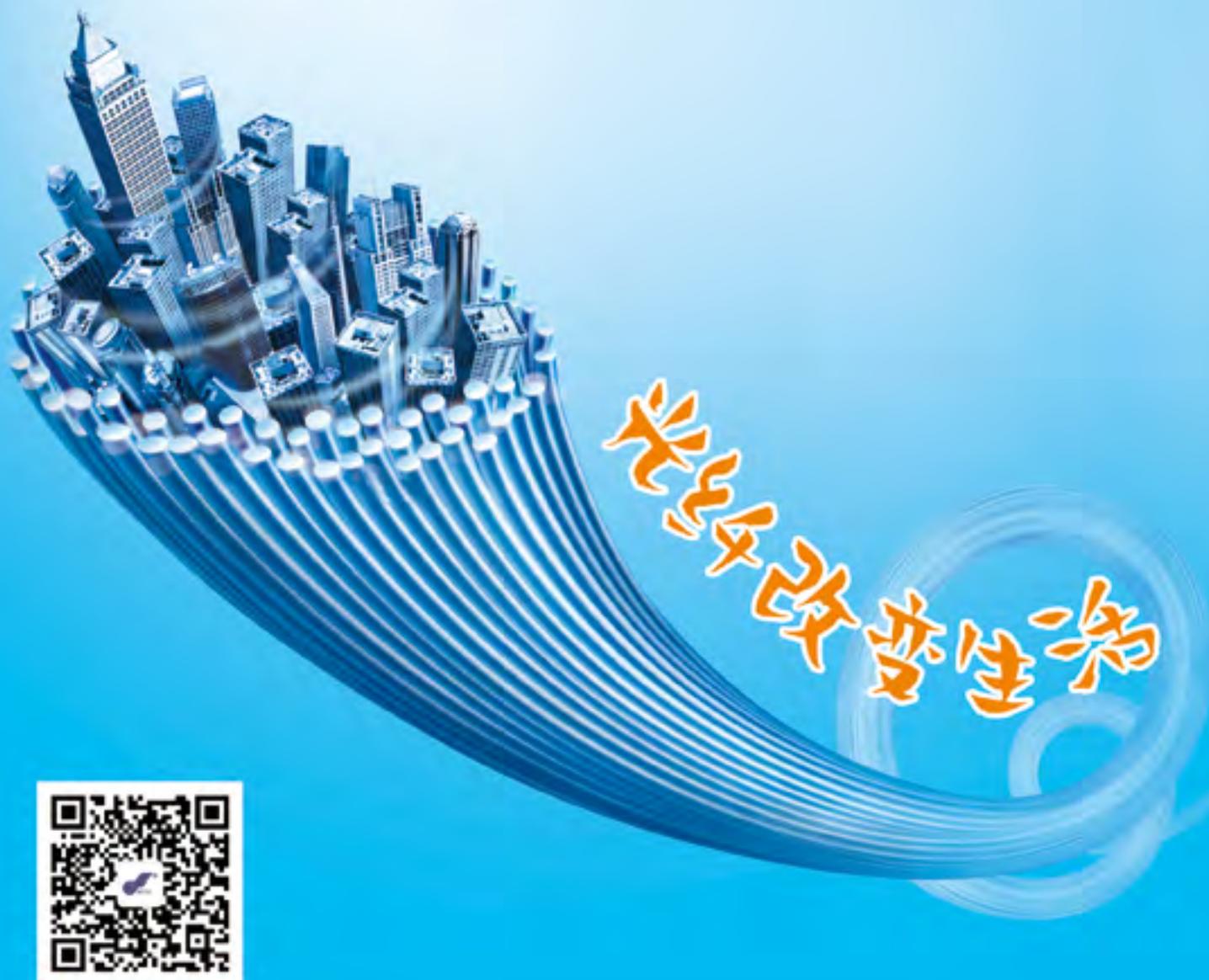
地址：四川省南充市顺庆区潞华北路四段211号

Add:No.211, section 4,YingHua North Road, Nanchong,Sichuan Province,China

<http://www.htgxgs.com> E-mail: htwmb@ht-tx.com

联系电话：0817-2729080

Tel:0817-2729080



学术 · 产业 · 应用

洞察光电趋势，聚焦产学研用融合

CIOEC中国国际光电高峰论坛

2022年9月7日-9月9日 深圳国际会展中心(宝安新馆)

● 通信产业论坛

- 光传送网技术发展论坛
- 千兆光接入宽带发展论坛
- 数据中心光互联演进趋势论坛
- 光电子芯片集成及制造、封装技术论坛
- 全光网络在智慧园区/智慧城市建设中的应用论坛

● 光学产业论坛

- 主论坛:光学领域最新技术及应用探讨
- 车载光学技术及应用发展论坛
- 光学成像及检测在机器视觉中的应用
- 基于镜头模组的成像技术高峰论坛
- 半导体微纳光学与检测技术高端论坛
- 医疗影像光学技术研讨会
- CIOE光学真空镀膜大会

2022年拟定 主题方向

● 激光产业论坛

- 国际激光技术及创新应用市场发展研讨会
- 激光增材及再制造技术应用发展研讨会
- 激光与智能结合,促进汽车制造技术革新
- 先进激光技术在医疗美容领域应用发展研讨会
- 高品质超快激光在精细加工中的应用

● 红外产业论坛

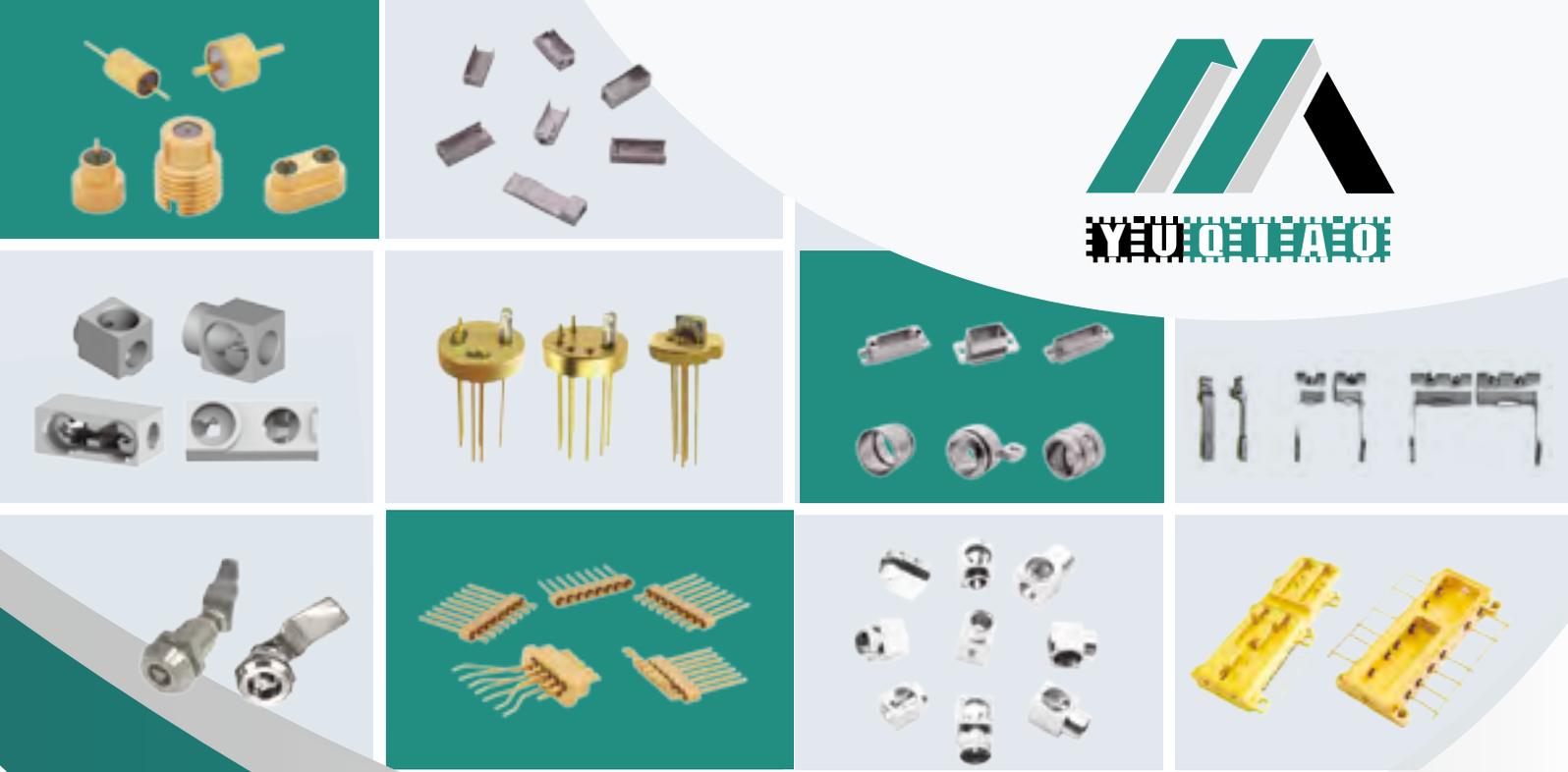
- 红外材料与器件技术创新发展高峰论坛
- 红外技术在智能消费电子领域应用发展研讨会
- 红外技术在电力系统中的应用发展研讨会
- 太赫兹技术趋势及应用论坛
- UVC LED应用大会

*以上仅是暂定主题方向,如有变更,主办方拥有最终解释权。

光+应用论坛

全球光电大会OGC论坛

CIOE&YOLE国际论坛



专业从事各种精密结构件加工!

丹阳市裕桥精密元件有限公司成立于2012年，是一家专业从事开发、生产、销售、服务于各种军用和民用粉末冶金注射成形（不锈钢粉末冶金和钛合金粉末冶金）精密结构件及五金件机械加工件的生产科技型企业。公司拥有多项专利，与国内的重点院校进行了产学研合作，使公司的科研能力达到国际先进水平。公司已通过ISO9001:2015国际质量体系认证、GJB9001C-2017国军标质量体系认证、国家三级保密认证，为国家高新技术企业。公司占地30亩，拥有现代化厂房16000平方米，现有职工210人。目前涉及到的市场领域主要有光通信、不锈钢五金件、封装壳体、玻璃绝缘子、航天航空电连接器外壳等。广泛应用于移动通信、雷达、人工智能、航天航空和船舶制造等多个军、民领域。



丹阳市裕桥精密元件有限公司

Danyang Yuqiao Precision Component Co., Ltd.

地址：丹阳市开发区前进路128号（精密制造产业园）
ADD: No. 128 Qianjin Road, Danyang Development Zone
(Precision Manufacturing Industrial Park)

TEL: +86-511-86160665
EMAIL: sales@jsyuqiao.com

FAX: +86-511-86988596
HTTP: www.jsyuqiao.com