

工业X射线检测深度报告：核心部件国产化， X光工业场景加速渗透

评级：推荐(维持)

姚健(证券分析师)
S0350522030001
yaoj@ghzq.com.cn

最近一年走势



沪深300表现

表现	1M	3M	12M
机械设备	-0.1%	-7.5%	5.5%
沪深300	-4.7%	-4.6%	-8.1%

重点关注公司及盈利预测



重点公司代码	股票名称	2023/06/09	EPS			PE			投资评级
		股价	2022	2023E	2024E	2022	2023E	2024E	
688301.SH	奕瑞科技	289.04	8.82	8.16	10.59	51.90	35.44	27.29	未评级
688531.SH	日联科技	154.27	1.20	2.09	3.79		73.96	40.69	增持

资料来源：Wind资讯，国海证券研究所（注：未评级标的盈利预测采用Wind一致预期）

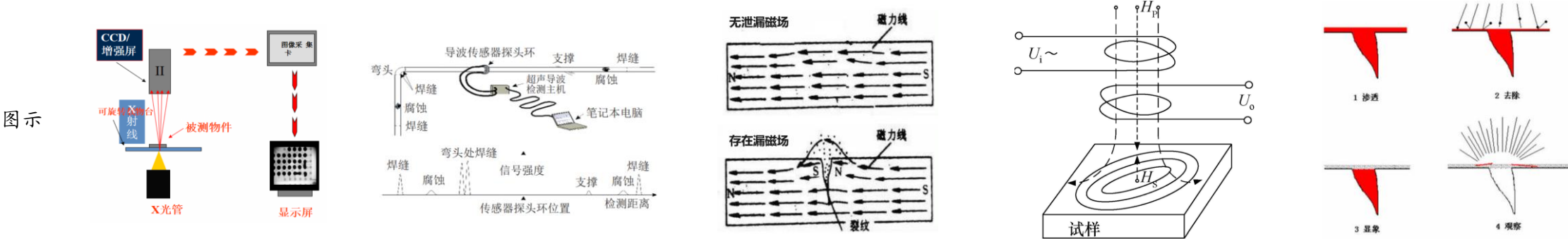
- ◆ **受益下游需求高景气，工业X射线检测设备市场空间广阔。**X射线检测具备明显优势，广泛应用于锂电池检测，集成电路及电子制造检测，一体化压铸检测，工业铸件、焊件及压力容器检测，异物检测和公共安全检测等领域。我们测算，2022-2025年我国动力电池X射线检测设备累计新增市场空间约73.2亿元；新能源汽车一体化趋势下，2025/2030年全球新能源汽车一体压铸所需X射线检测设备市场空间预计达到10.32/36.29亿元。
- ◆ **核心部件X射线源、探测器需求旺盛，国产化率提升。**微焦点X射线源长期由国外垄断，日联科技已具备部分量产能力，国产化率有望逐步提升。X射线源、探测器均属消耗品，需1:1搭配使用。下游需求拉动下，X射线源、探测器需求有望较快增长，尤其在新能源电池领域，我们测算，到2025年，预计全球动力电池与储能电池领域X射线源和探测器市场空间分别达24.5/14.7亿元。
- ◆ **奕瑞科技：国内数字化X线平板探测器龙头企业。**公司产品线从医疗拓展至工业领域，工业安防系列产品贡献新成长极。通过募投项目扩充探测器产能的同时，积极布局上游核心部件，有望实现探测器核心原料的国产化，打开成长天花板。
- ◆ **日联科技：国内唯一实现闭管式热阴极微焦点 X 射线源量产的企业。**日联科技90kV、130kV微焦点X射线源已实现批量生产，并制定了已有产品扩产和新产品研发及产业化计划，计划于三年内（2023-2025）实现微焦点X射线源的完成自主可控。预计日联科技2023-2025年分别实现营收8.53/12.33/16.56亿元，同比增长76.01%/44.55%/34.32%；实现归母净利润1.66/3.01/4.23亿元，同比增长130.93%/81.77%/40.65%，维持“增持”评级。
- ◆ **投资建议：**建议关注工业X射线检测设备领域A股上市公司奕瑞科技、日联科技。
- ◆ **风险提示：**下游景气度不及预期风险；国际贸易摩擦风险；重点关注公司产能释放不及预期风险；重点关注公司核心技术泄密风险；重点关注公司业绩不及预期风险；测算仅供参考，以实际为准。

- X射线工业检测应用广泛，新能源场景带来增量场景需求
- 微焦点射线源加速国产化，带动X光加速渗透
- 建议关注：奕瑞科技（探测器）、日联科技（射线源）
- 风险提示

- 工业无损检测主要采取射线检测、超声检测、磁粉检测、涡流检测、渗透检测等常规方式及激光、电磁波、红外线等非常规检测方法。其中，X射线具备适用性广、可视性好、精度高（可达纳米级）等优势，应用场景广泛。

表：工业无损检测常用方式

检测方式	射线检测	超声检测	磁粉检测	涡流检测	渗透检测
原理	X射线通过被测部件时，部分被密度较大的材料区域吸收，密度较低的区域吸收X射线较少。穿过目标的X射线的这种吸收和变化量提供了图像对比度	换能器将电脉冲转换为声波，并在被测部件中传播，如果存在缺陷，声波将比预期更早地反射回换能器	铁磁性材料工件被磁化后，工件缺陷使工件表面和近表面的磁感应线发生局部畸变而产生漏磁场，吸附施加在工件表面的磁粉形成目视可见的磁痕，从而显示出不连续性的位置、大小、形状和严重程度	探头或线圈使用交流电，其交变磁场诱发被测部件产生涡流电流，部件缺陷引起涡流电流强度和分布状况的变化，并显示在阴极射线管或仪器上	渗透剂在毛细管作用下，渗入表面开口缺陷内；在去除工件表面多余的渗透剂后，通过显象剂的毛细管作用将缺陷内的渗透剂吸附到工件表面形成痕迹，从而显示缺陷的存在
优势	检测精度高，缺陷显示直观，底片可长期保存，容易检出局部厚度差缺陷，几乎适用于所有材料	穿透能力强，灵敏度高，面积型缺陷检出率较高，设备轻便，成本低廉	效果直观，灵敏度高，检测速度快，工艺简单，适应性好，成本低廉	检测速度快，准确性高，可定量检查，厚度误差±0.05mm，可实现自动检测和记录	效果直观，设备简单、便于携带，成本低廉
局限	对裂纹类缺陷的检出率受透照角度影响；不能检出垂直照射方向的薄层缺陷；检测成本较高	难以用于复杂形状或不规则外形的部件检测；部件材质、晶粒度等和缺陷位置、取向、形状等对检测结果有一定影响；检测结果不直观，无直接见证记录	只适用于检测铁磁性材料表面和近表面缺陷，深度一般不超过1~2mm；难以定量确定缺陷埋藏的深度和缺陷自身的高度；缺陷判断需要较高技术经验	只适用于导电金属材料或能感生涡流的非金属材料表面及近表面缺陷检测，难以用于形状复杂的部件	只适用于表面开放型的缺陷；只能对缺陷做出定性判断，凭经验对缺陷的深度做出粗略的估计；渗透剂可能存在腐蚀性和挥发性

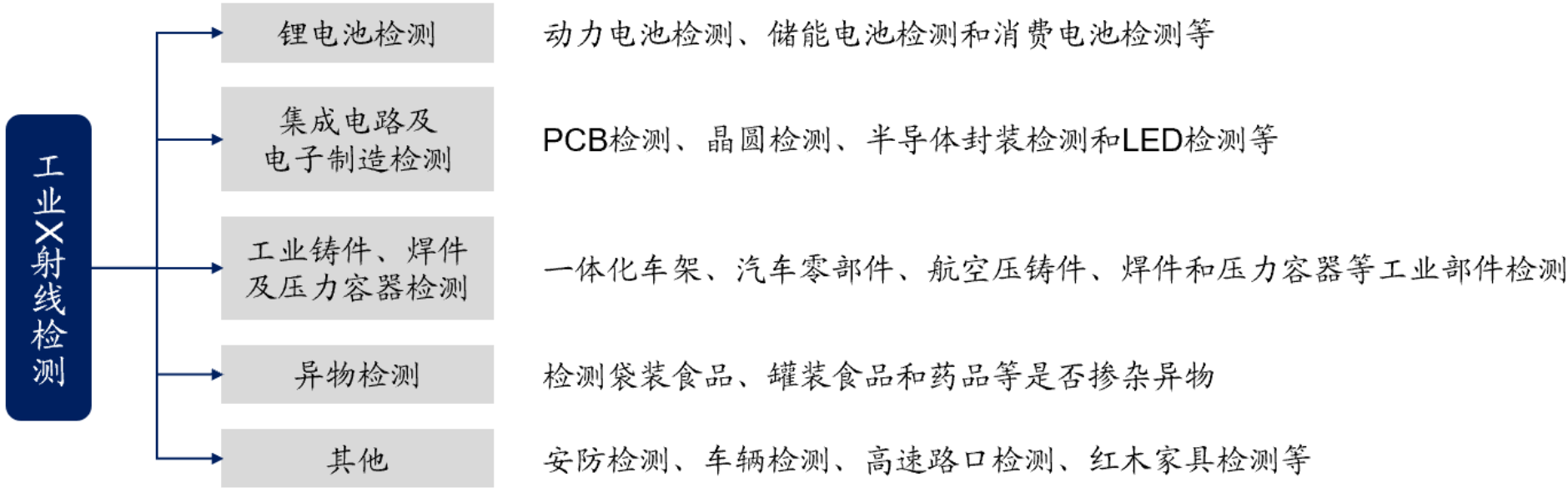


资料来源：日联科技，艾兰特科技，悦和，四川特种设备公众号，仁成精密钢管厂，中国设备监理协会公众号，八方资源网，《残余奥氏体含量涡流检测仿真与特征提取》（韩赞东等，2016），国海证券研究所

工业X射线检测应用场景广泛

- X射线检测在工业中的应用主要包括：锂电池检测，集成电路及电子制造检测，一体化压铸检测，工业铸件、焊件及压力容器检测，异物检测和公共安全检测等领域。受益下游需求快速增长，X射线检测设备市场空间预计保持较快增长。根据沙利文咨询统计和预测，除医疗领域外，2021年我国X射线检测设备合计市场规模为119.0亿元，预计到2026年增长至241.4亿元。

图：工业X射线检测应用场景





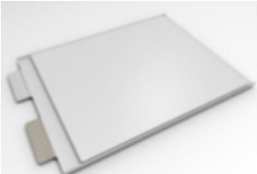
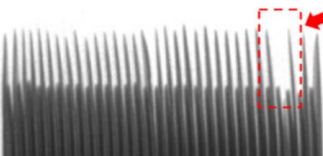
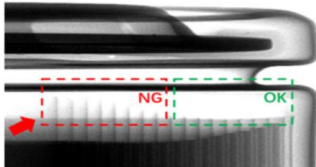


资料来源：沙利文咨询，日联科技招股书，国海证券研究所

X射线检测为锂电池下线交付必备工序

- X 射线检测已成为各类锂电池下线交付前的必备工序。X 射线检测装备可实现锂电池生产过程中的电芯卷绕对齐度、极耳焊接质量等工艺的检测，广泛应用于动力类电池（包括卷绕型、叠片型）、消费类电池、储能类电池内部缺陷的影像检测，保证新能源电池的安全性和可靠性。

图：锂电池X射线检测范围

检测产品图示	按应用领域分类			按生产工艺分类	
	动力电池	储能电池	消费电池	卷绕电池	叠片电池
					
	极片对齐度不良	极片数量错误	极片褶皱	电芯入壳尺寸不良	
					
产品缺陷及图示					
缺陷描述	电芯负极片包覆正极片的距离不在工艺值要求范围内；图像表现为负极片顶点与正极片顶点之间的距离大于或小于工艺值			电芯在装入电池外壳时电芯与外壳之间的结构距离与工艺值要求不符图像表现为电芯与外壳之间的结构距离不在工艺值范围内	

资料来源：日联科技招股书，国海证券研究所

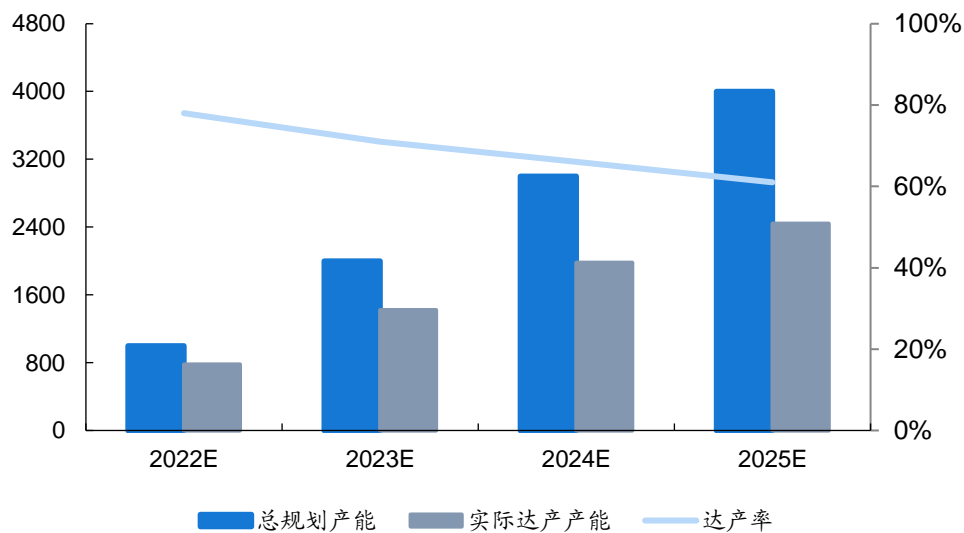
动力电池加速扩产带动X射线检测设备需求增长

- 2019年3月，美国马萨诸塞州的一辆2018款雪佛兰Bolt在充电状态下起火，2019年-2021年10月，该车型至少发生了13起自燃事件。该车型装载的正是LG电子生产的动力电池。据2021年10月通用汽车与LG电子达成的协议，LG电子向通用汽车支付高达19亿美元（约合人民币122亿元）的召回成本和费用。
- 现阶段国内头部动力电池企业的产能具备动力与储能电池共线生产能力。从规划产能看，根据GGII(2023/01)，到2025年，中国锂电池市场规划产能超4TWh，考虑到实际建设周期、公司策略调整等因素，预计实际达产率约60%~80%。我们按照每GWh X射线检测设备价值量约600万元、达产率50%保守计算，2022-2025年我国动力电池X射线检测设备累计新增市场空间约73.2亿元。

图：LG电池自燃



图：我国动力电池与储能电池规划产能与有效产能预测（GWh）

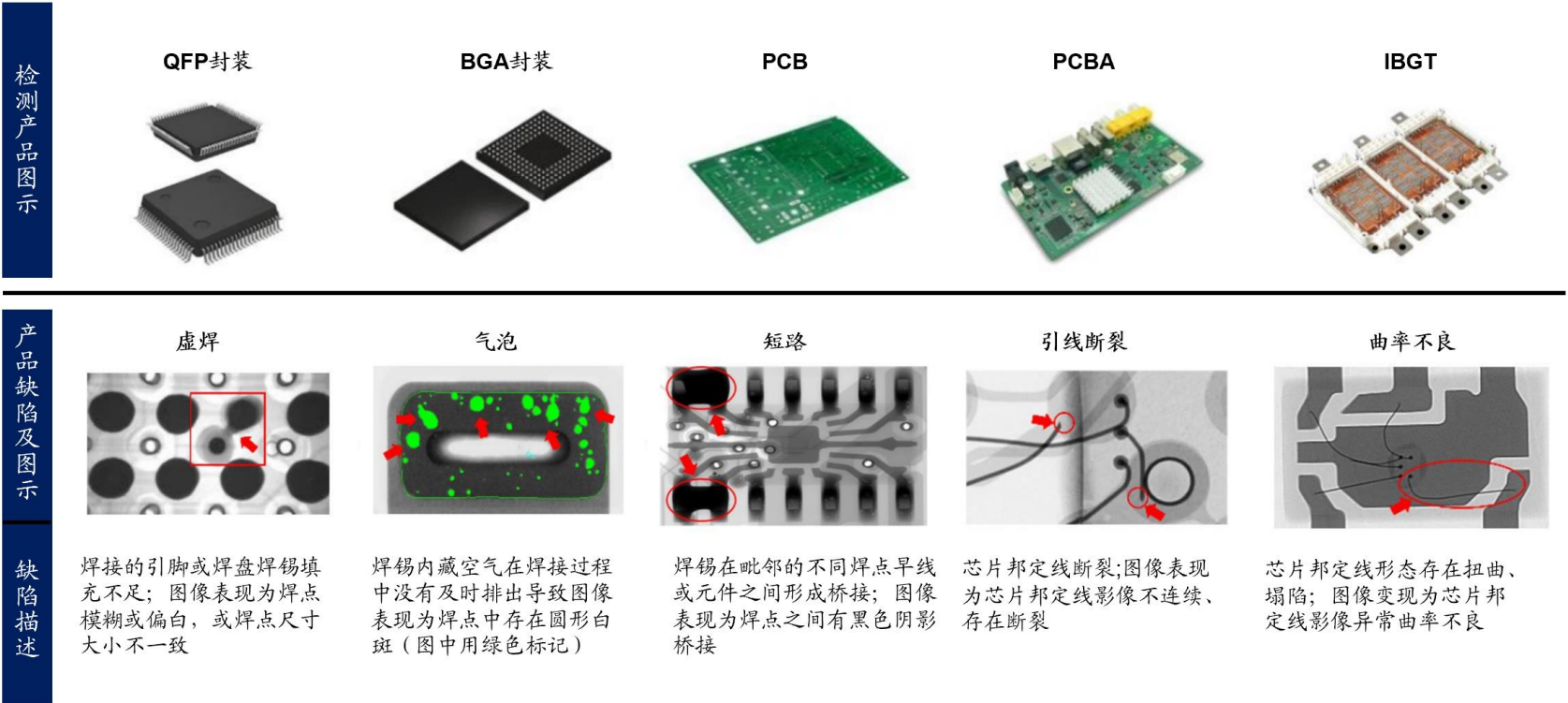


资料来源：扬子晚报，高工锂电公众号，国海证券研究所

X射线检测可应用于集成电路及电子制造领域

- 集成电路及电子制造领域涉及电子零件的制造/组装、PCB印刷、封装等。随着电子产品的轻便化、智能化发展，半导体的尺寸在不断缩小，对集成电路封装密度的要求逐渐提高，与之相对应的缺陷要求检测精度需达到纳米或微米级别。据日联科技招股书，目前，工业X射线检测设备或微焦点X射线检测设备（精度在百纳米至15微米以下）可满足复杂的集成电路及电子制造工艺的多环节检测要求。

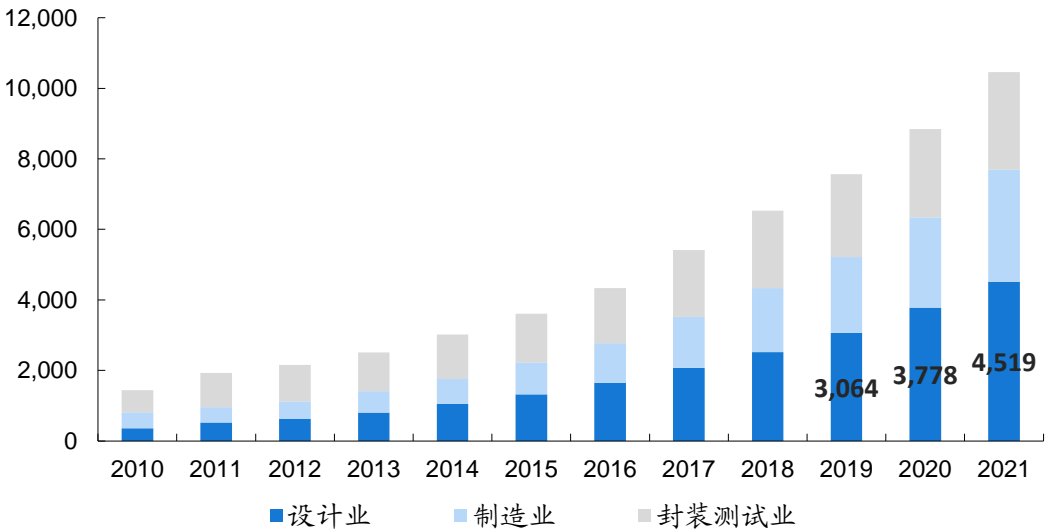
图：集成电路及电子制造领域部分X射线检测范围



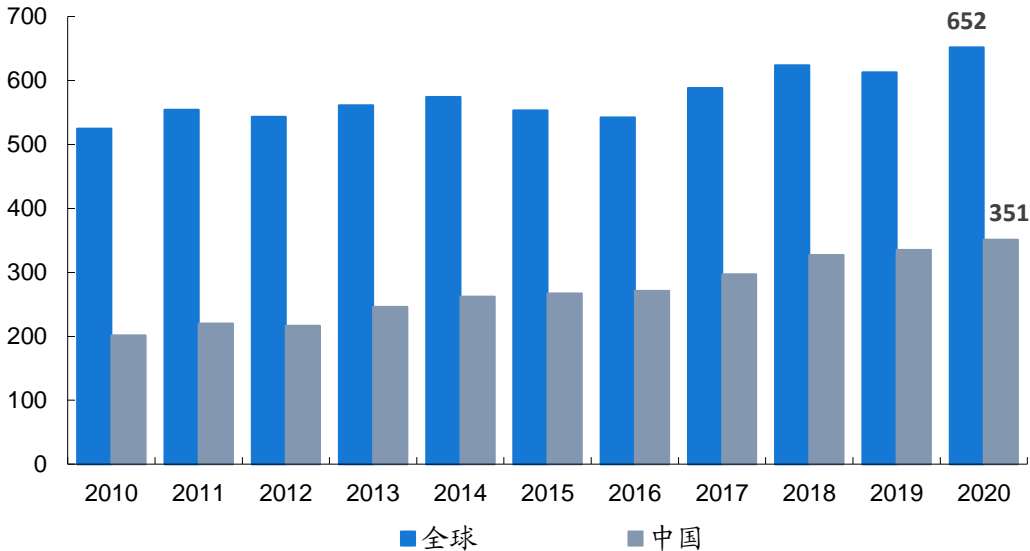
资料来源：日联科技招股书，国海证券研究所

- 集成电路中半导体的生产流程包括晶圆制造、晶圆测试、芯片封装、封装后测试等，X射线检测可以用于晶圆的检测与封装后检测工艺中。集成电路X射线检测设备按精度要求可以分为微米级、百纳米级，按检测类型可以分为2D检测设备和3D/CT检测设备，目前，集成电路X射线检测设备以德国、美国和日本等国外厂商为主，特别是百纳米级检测精度的检测设备市场主要集中国外厂商中，国产替代空间广阔。
- 在电子制造 X 射线检测领域，微焦点 X 射线检测设备可以获得器件的内部结构，发现隐藏在封装体内部的各种缺陷。电子制造X射线智能检测设备主要分为在线式和离线式两类：在线型高端3D/CT检测设备基本由国外垄断，日联科技已成为国内离线式检测设备市场龙头企业，并实现部分在线式2D检测设备国产替代。

图：我国集成电路产业结构（单位：亿元）



图：全球及我国PCB产值（单位：亿美元）





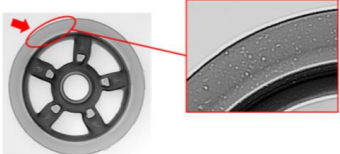
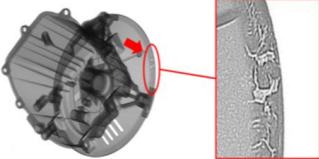
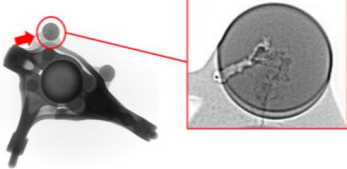
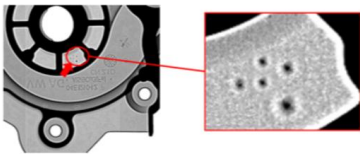


资料来源：Wind，Prismark，日联科技招股书，中国半导体行业协会，国海证券研究所

X射线检测广泛应用于传统工业

- X射线检测具备直观、灵敏的优势，便于定量分析，在传统工业中，已被广泛应用于铸件（如汽车零部件、一体化压铸成型车架、汽车轮毂等）、结构件（如航空航天、军工零部件等）和压力容器（如钢管、钢瓶、高压锅炉等）等产品及其缺陷检测。

图：铸件、焊件及材料领域部分X射线检测范围

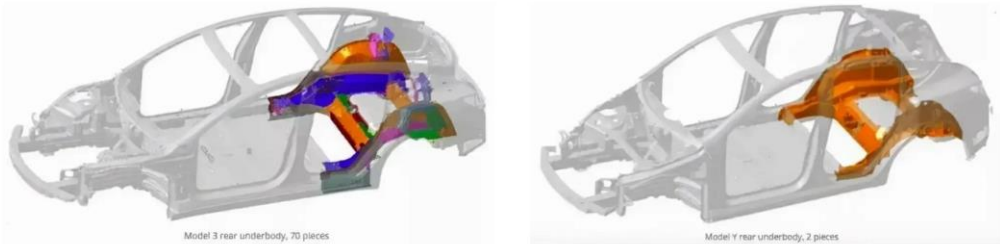
检测产品图示	汽车轮毂	一体压铸成型车架	铁/铝铸件	钢管/钢瓶/压力容器
				
	气孔	疏松	裂纹	夹渣
				
产品缺陷及图示				
缺陷描述	铸件生产时材料中的气体未及时逸出造成气孔缺陷: 图像表现为圆形孔状白斑, 轮廓圆滑	铸件生产时工作温度不合理或铸件厚度不均匀会造成疏松缺陷; 图像表现为孔状白斑, 轮廓粗糙	铸件生产时其固态收缩过程受阻, 会在其内部产生应力, 造成铸件裂纹缺陷: 图像表现为条状的白斑	铸件生产时有外来物混入、精炼效果不良或材料剥落会造成夹渣缺陷: 图像表现为点、条、块状的黑斑

资料来源：日联科技招股书，国海证券研究所

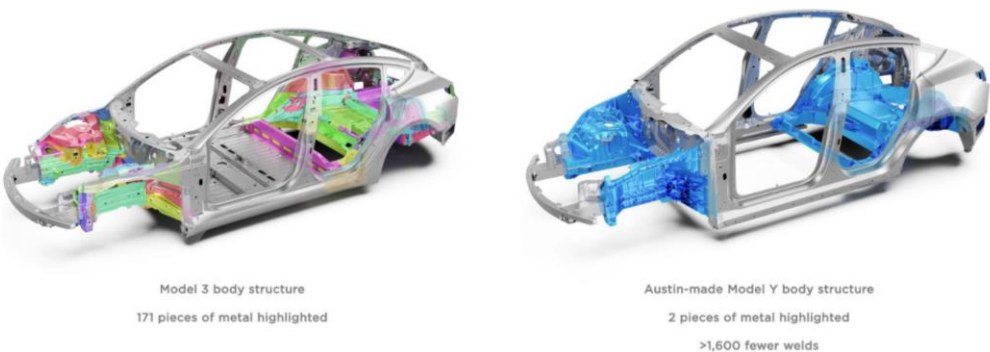
- 轻量化设计需求推动下，新能源汽车车身的关键零部件正朝着薄壁、高性能、大型化等方向发展。特斯拉在其四大汽车工厂均部署了6000吨级大型压铸机，将原车身的70个零件减少至1~2个大零件，提高了对X射线检测设备的技术要求。2022年特斯拉将一体化压铸延伸到前地板，前后地板合计将171个零件减少至2个，焊接点减少超1600个。蔚来、小鹏、理想等企业紧随其后进行规划和布局，一体化压铸成大势所趋，拉动X射线检测需求增长。

图：特斯拉一体化压铸拓展至前地板

特斯拉后地板一体化压铸零部件从70个减少到1~2个大型铝铸件：



奥斯汀工厂制Model Y车身结构零部件从171个减少到2个：



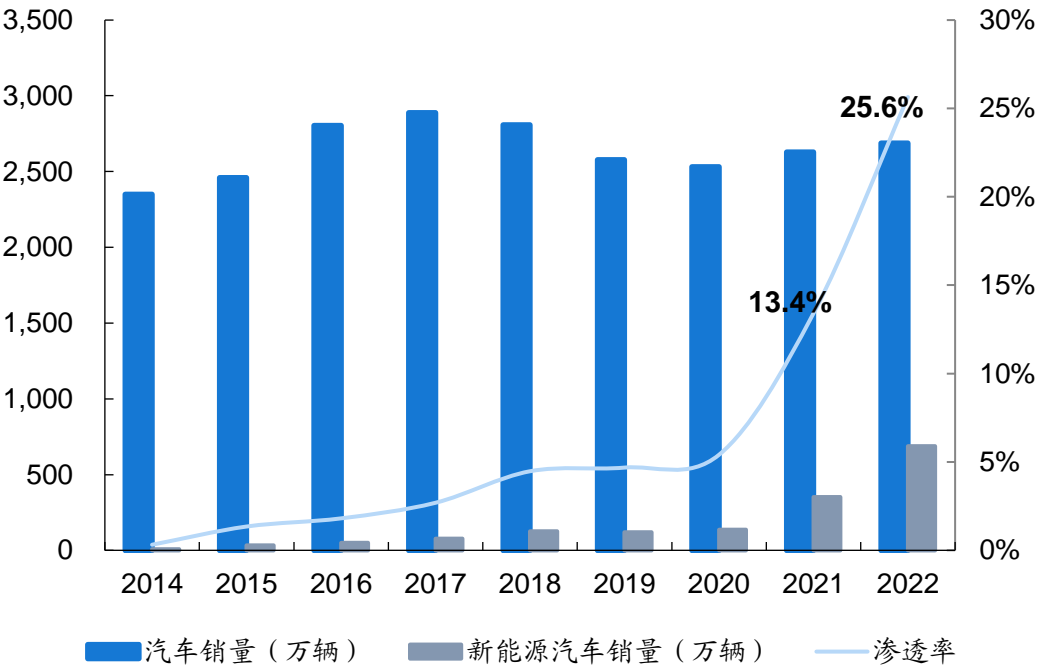
表：全球部分车企一体化压铸布局

主机厂	布局模式	布局车型	压铸机供应商	模具供应商	压铸件供应商
特斯拉	自建+采购 (计划中)	Model Y、Cybertruck	意德拉/布勒 (计划中)	赛维达	特斯拉
蔚来	采购	ET5、ES7	力劲科技	广州型腔	文灿股份 /美利信
小鹏	自建+采购	2023年 新平台车型	力劲科技	广州型腔	广东鸿图
理想	采购	W平台车型	力劲科技	文灿模具 (估计)	文灿股份 /美利信
高合	采购	后续新车型	力劲科技	-	拓普集团
沃尔沃	自建	2025年后 新车型	布勒集团	-	-
长城	自建	-	力劲科技	赛维达	长城精工

资料来源：特斯拉，佐思汽研，水木清华研究中心，国海证券研究所

- 特斯拉计划用2~3个大型压铸件替换由370个零件组成的整个下车体总成，重量将降低10%，对应续航里程可增加14%。
- 2022年，我国新能源汽车销量达688.7万辆，同比增长95.6%，渗透率迅速提升至25.6%，预计2023年新能源汽车销量将达1000万辆左右。电动化、一体化趋势下，X射线检测设备需求增长，我们测算，2025/2030年全球新能源汽车一体压铸所需X射线检测设备市场空间预计达到10.32/36.29亿元。

图：我国新能源汽车销量及渗透率



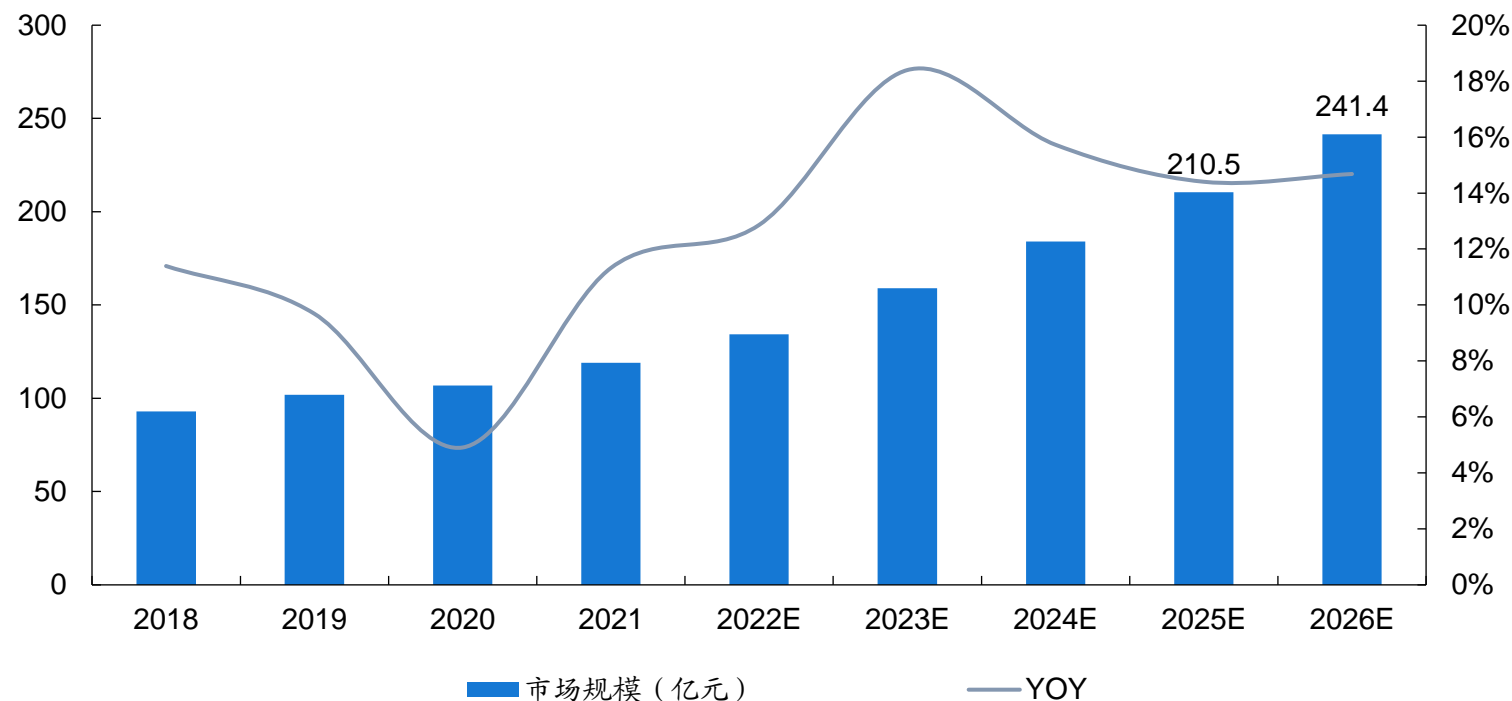
表：一体压铸X射线检测设备市场空间测算

	中国		全球	
	2025	2030	2025	2030
乘用车产量 (万辆)	2759.3	3521.7	7883.8	9267.5
新能源产量占比	42%	48%	22%	26%
新能源乘用车产量 (万辆)	1152.5	1693.4	1720.1	2419.1
一体压铸技术渗透率	20%	50%	20%	50%
使用一体压铸技术的新能源车产量 (万辆)	230.5	846.7	344.0	1209.5
6000/7000T压铸部位 (个/辆)	2	2	2	2
9000T及以上压铸部位 (个/辆)	4	4	4	4
一体压铸设备年压铸件数 (万个/台)	10	10	10	10
6000/7000T一体压铸设备需求 (台)	46.1	169.3	68.8	241.9
9000T以上一体压铸设备需求 (台)	92.2	338.7	137.6	483.8
X射线检测设备需求 (台)	138.3	508.0	206.4	725.7
X射线检测设备均价 (万元)	500	500	500	500
X射线检测设备市场空间 (亿元)	6.91	25.40	10.32	36.29

资料来源：Wind，国海证券研究所

- 根据沙利文咨询的统计和预测，除医疗健康应用领域外，2021年我国X射线检测设备的市场规模约为119亿元。受益下游集成电路及电子制造、新能源电池等行业需求较快增长，X射线检测设备预计在未来五年将维持较快增长的趋势，预计到2026年，我国X射线检测设备除医疗健康领域外的其他主要应用领域的市场规模为241.4亿元，2021-2026年CAGR为15.2%。

图：我国X射线检测设备（除医疗领域外）市场规模及预测



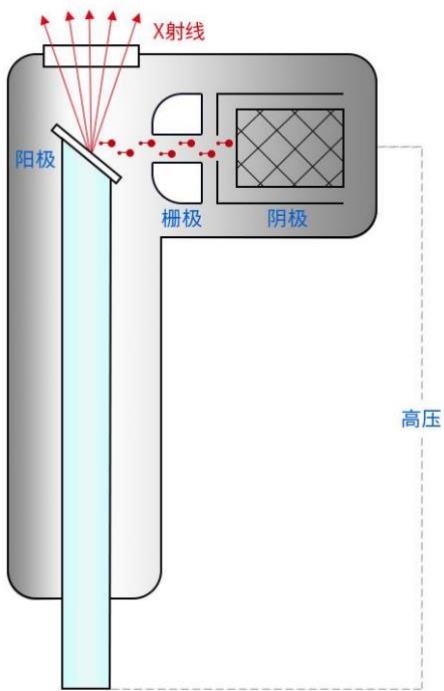
资料来源：沙利文咨询，国海证券研究所

- X射线工业检测应用广泛，新能源场景带来增量场景需求
- 微焦点射线源加速国产化，带动X光加速渗透
- 建议关注：奕瑞科技（探测器）、日联科技（射线源）
- 风险提示

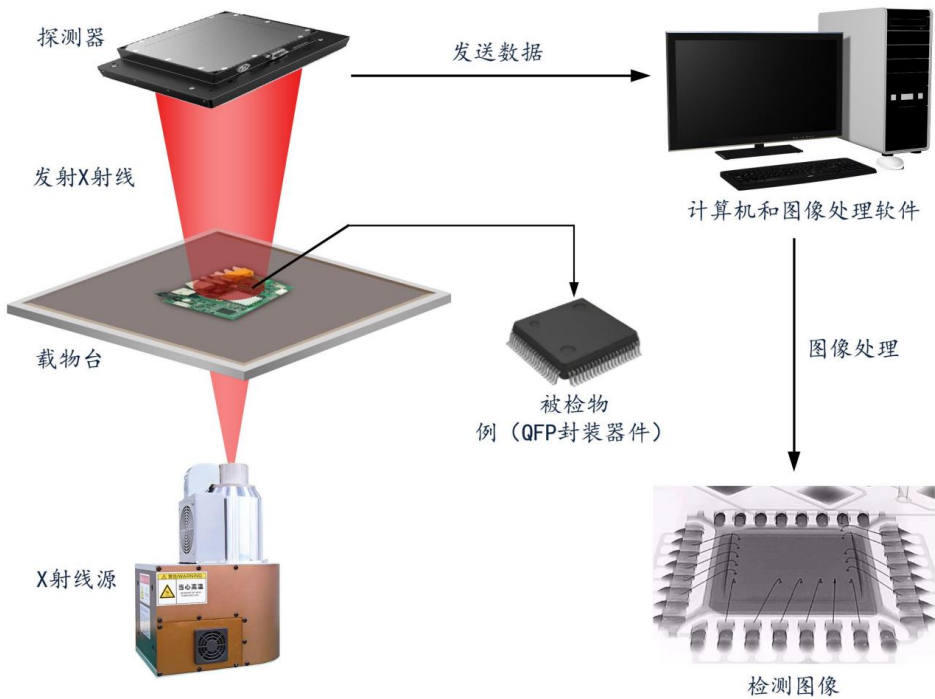
X射线检测原理：射线穿过样品后的辐射强度形成X光图像

- 在X射线管中，从阴极发射的电子，经阴极、阳极间的电场加速后，轰击X射线阳极靶，将其动能传递给靶上的原子，其中约1%左右的能量转化为X射线，并从X射线照射窗中射出。X射线穿过待检样品，与样品中的原子发生作用引起辐射强度的衰减，探测器接收到射线照射，产生于辐射强度成正比的电信号，在计算机系统中形成图像。若样品存在缺陷或结构差异，将导致不同部位透射射线强度不同，呈现出差异化的黑白图像。

图：X 射线真空管结构



图：工业X射线检测原理



资料来源：日联科技招股书

产业链：X射线源、探测器为工业X射线检测上游核心部件

图：工业X射线检测产业链



资料来源：沙利文咨询，国海证券研究所

- X射线源阴极发射的电子聚焦到靶上的一个点，称之为焦点。X射线发射源的焦点尺寸决定了检测精度，即焦点尺寸越小，检测精度越高；管电压决定了X射线的光子能量和穿透能力，管电压越高，X射线源的穿透能力越强；管电流决定了图像信噪比质量，管电流越高，光子剂量越大，成像信噪比越好。在集成电路、电子制造、新能源电池等精密制造领域，为满足高精度检测要求，须配置微米级、纳米级焦点尺寸X射线源，即微焦点X射线源。根据密封方式的不同，可分为开放式X射线管和封闭式X射线管，物理结构的差异使得开管比闭管更容易获得较小的焦点。

表：工业X射线源应用领域及技术特点

应用领域	主要技术参数		封装形式	技术特点	应用具体工艺环节
	X射线源焦点	电压及输出功率			
集成电路	焦点尺寸： 0.1~15μm	输出管电压：≤160kV 输出功率：≤80W	封闭管/开放管	射线源的焦点尺寸非常小，可以实现纳米级别精度检测：绝大多数集成电路检测设备使用开放管射线源，实现高精度检测但维护成本较高	晶圆切割检测、集成电路封装检测等
电子制造	焦点尺寸： 1~80μm	输出管电压：≤300kV 输出功率：≤500W	封闭管/开放管	两种封装形式的射线源焦点尺寸均较小，检测精度高：射线源FOD小，可实现高几何放大倍率的检测	PCBA焊接质量检测、SMT质量检测、汽车电子配件X射线检测
新能源电池	焦点尺寸： 5~80μm	输出管电压：≤150kV 输出功率：≤75W	封闭管	射线源焦点尺寸小，检测精度高，绝大多数检测场景是在线式检测；3C类电池所需射线源管电压90~110kV，动力类电池所需射线源管电压130~150kV	动力类电池X射线检测、3C类电池X射线检测设备、储能电池检测等
铸件焊件及材料	焦点尺寸： 400~1000μm	输出能量：≤450kV 输出功率：≤4500W	封闭管/开放管	电压高，可穿透高密度检测物：绝大多数金属铸件使用的封闭管射线源焦点尺寸大，无法进行精密检测：开放管射线源可在高电压下实现高精度检测，但维护成本较高	铸件X射线检测、焊件X射线检测、材料X射线检测
公共安全	焦点尺寸： 1000~5000μm	最大管电压：≤450kV 最大输出功率：≤4500W	封闭管	电压高，穿透力强：需长时间连续出束：焦点尺寸大，无法进行精密检测	快递物流安检，地铁、客运站、机场安检，高速公路、公安检查站、监狱汽车物流园区、司法监狱等场景的整车检测

资料来源：日联科技招股书，国海证券研究所

日联科技微焦点射线源打破国外垄断，国产化率有望逐步提升

- 长期以来，封闭式热阴极微焦点X射线源技术和供应主要由日本滨松光子和美国赛默飞世尔垄断，二者2022年相继提出上调销售价格或减少供应量。目前国内微焦点X射线源尤其是130kV及以上的微焦点X射线源供不应求，根据日联科技招股书（2023/03），日联科技90kV、130kV微焦点X射线源已实现批量生产，处于产能爬升阶段，国产化率有望持续提高。2022H1，日联科技自制X射线源单独销售收入76.33万元，毛利率超70%，随着产能扩充，盈利能力有望继续提升。

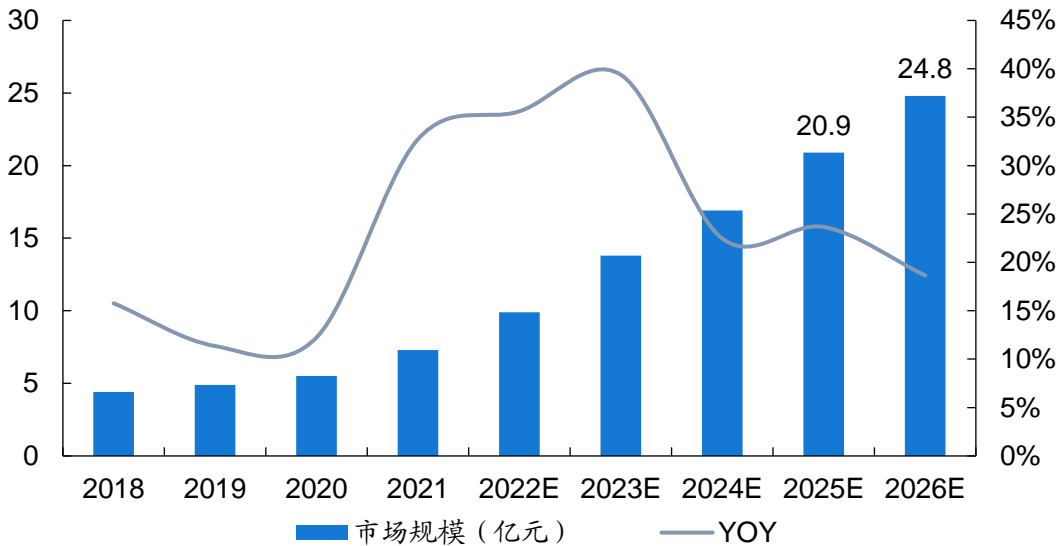
表：各类型X射线源境内外相关公司技术储备与产业化情况

射线源类型	封闭形式	焦点尺寸	最大管电压	技术难度	主要应用领域	国产化程度	日联科技相关技术储备情况	境内外可比公司相关技术储备情况	产业化情况	自产自用情况
微焦点X射线源	封闭式	3~80μm	≤180kV	极高	集成电路封测、电子制造、新能源电池	低	日联科技攻克了高纯铂栅控微孔电子枪制备、三级电子光学微焦点聚焦、微尖高密度电子覆膜阴极制备和一体化耐高压固态高频高压发生器制备等技术难点，掌握了玻璃真空封接、陶瓷真空封接、陶瓷金属化、中低压真空绝缘陶瓷、环氧高压灌封等关键技术，在X射线源产品设计、关键材料、生产设备、技术工艺和技术团队等方面均实现了完全自主可控。	无境内可比公司，境外可比公司主要包括赛默飞世尔、滨松光子；可比公司产业化时间较早，赛默飞世尔、滨松光子已掌握封闭式微焦点X射线源关键技术。	日联科技90kV/130kV封闭式微焦点X射线源已产业化；赛默飞世尔80kV/90kV/110kV/130kV封闭式微焦点X射线源已产业化；滨松光子90kV/100kV/110kV/130kV/150kV/180kV封闭式微焦点X射线源已产业化	赛默飞世尔、滨松光子不存在自产自用情况，仅作独立产品对外销售；日联科技自研射线源自产自用占比约为15%
	开放式	0.1~3μm	≤300kV	极高	集成电路晶圆检测	无	日联科技正在开展160kV开放式射线源相关研发工作，已掌握直热式电子枪、六硼化铀电子枪、电磁偏转对中、磁场聚焦、可控恒流源、双端高压发生器及160kV~450kV高压发生器等开放式射线源的关键技术。	无境内可比公司，境外可比公司主要包括依科视朗、X-WorX等，已掌握开放式微焦点X射线源关键技术。	日联科技未实现产业化；依科视朗160kV/225kV开放式微焦点X射线源已产业化；X-WorX多型号开放式微焦点X射线源已产业化	依科视朗开管射线源主要用于自产自用；X-WorX开管射线源主要用于对外销售
大功率X射线源	封闭式	400~1000μm	≤450kV	较高	汽车制造、航空航天、压力容器、工程机械	低	日联科技已储备研制大功率X射线源所需的电子枪制备、阳极制备、真空封接及225kV高压发生器等基础技术能力及工艺能力。	境内外可比公司主要包括Varian、COMET、成都凯赛尔，境外可比公司产业化时间较早，Varian、COMET已掌握大功率X射线源核心技术，特别是在中高压真空绝缘陶瓷技术方面存在一定优势；境内可比公司成都凯赛尔已掌握大功率X射线源相关技术。	日联科技未实现产业化；Varian160~320kV大功率X射线源已产业化；COMET 75~450kV大功率X射线源已产业化；成都凯赛尔160~350kV大功率X射线源已产业化	Varian、COMET、成都凯赛尔无自产自用情况
普通X射线源	封闭式	1000~5000μm	≤450kV	低	公共安全、异物检测	较高	日联科技已具备研制普通X射线源所需的玻璃真空封接、双端高压发生器、辐射屏蔽环氧高压灌封等基础技术能力及工艺能力。	境内外可比公司主要包括伟杰科技、上海超群、丹东荣华等，普通X射线源国产化程度较高，可比公司已掌握普通X射线源相关技术。	日联科技未实现产业化；伟杰科技80kV~200kV普通X射线源已产业化；上海超群：100kV~200kV普通X射线源已产业化；丹东荣30kV~350kV普通X射线源已产业化	伟杰科技存在少量自产自用情况；上海超群、丹东荣华无自产自用情况

资料来源：日联科技招股书，国海证券研究所

- 受益下游需求高景气，根据沙利文咨询的统计和预测，除医疗健康外，2021年我国微焦点X射线源市场规模约7.3亿元；预计到2026年，市场规模有望增长至24.8亿元，五年CAGR为27.7%。在新能源电池领域，随着全球动力电池扩产加速，我们测算，2025年全球动力电池与储能电池领域微焦点X射线源新增市场规模约8.0亿元；X射线源属于耗材，在线型设备使用的X射线源使用寿命通常为1-3年，预计2025年全球替换需求约16.5亿元。
- 此外，由于X射线源处于“一源难求”的局面，已成为影响下游行业发展的典型“卡脖子”元器件，许多领域X射线源需求尚未显现或亟待解决，例如双层铝封不透明包装药品检测、红木家具结构检测等。随着X射线源产能提升和国产化率提高，应用场景有望继续拓展，预计中长期仍将处于卖方市场，市场空间广阔。

图：我国微焦点X射线源（除医疗领域外）市场规模及预测



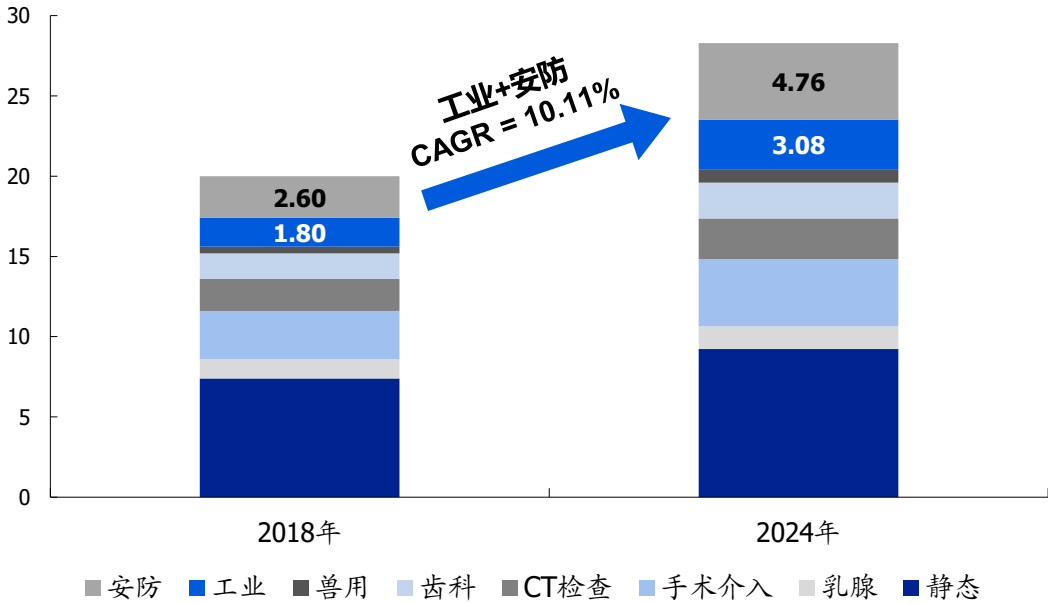
表：全球动力电池与储能电池领域X射线源市场空间测算

	2022E	2023E	2024E	2025E
实际达产产能（GWh）	958	1264	1667	2200
每GWh产线微焦点射线源数量（台）	6	6	6	6
单价（万元/台）	25	25	25	25
每GWh产线微焦点X射线源价值量（万元）	150	150	150	150
当年新增需求（亿元）	6.9	4.6	6.1	8.0
使用寿命（年）	2	2	2	2
替换需求（亿元）	7.2	9.5	12.5	16.5
市场空间（亿元）	14.0	14.1	18.6	24.5

资料来源：日联科技公告及招股书，沙利文咨询，GGII，EVTank公众号，国海证券研究所

- 根据Yole Développement预测，2018年全球工业数字化 X 线探测器（工业+安防）的市场规模约为4.4亿美元，2024年市场规模将达到7.8亿美元，六年CAGR约10%；工业X线探测器占总体X线探测器市场规模比重有望从2018年的22.0%提高至2024年的27.7%。新能源电池检测、半导体后段封装检测、安全检查是 X 线探测器需求最主要的新增长点。
- 在新能源电池领域，随着全球动力电池扩产加速，我们测算，2025年全球动力电池与储能电池领域X线探测器新增市场规模约4.8亿元；探测器与X射线源1:1搭配使用，同样作为消耗品，使用寿命2年左右，预计2025年X线探测器替换需求约9.9亿元；综上，2025年，全球动力电池与储能电池领域X线探测器市场空间约14.7亿元。

图：2018–2024年全球X线探测器细分市场份额（亿美元）



表：全球动力电池与储能电池领域X线探测器市场空间测算

	2022E	2023E	2024E	2025E
实际达产产能（GWh）	958	1264	1667	2200
每GWh产线X线探测器数量（台）	6	6	6	6
单价（万元/台）	15	15	15	15
每GWh产线X线探测器价值量（万元）	90	90	90	90
当年新增需求（亿元）	4.1	2.8	3.6	4.8
使用寿命（年）	2	2	2	2
替换需求（亿元）	4.3	5.7	7.5	9.9
市场空间（亿元）	8.4	8.4	11.1	14.7

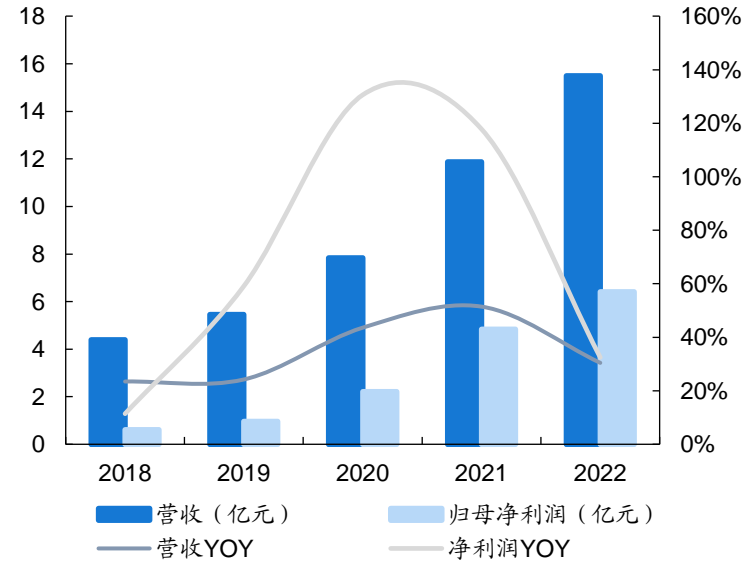
资料来源：《X-Ray Detectors for Medical, Industrial and Security Applications 2019》（Yole Développement），EVTank，GGII，日联科技招股书，国海证券研究所

- X射线工业检测应用广泛，新能源场景带来增量场景需求
- 微焦点射线源加速国产化，X光加速渗透
- 建议关注：奕瑞科技（探测器）、日联科技（射线源）
- 风险提示

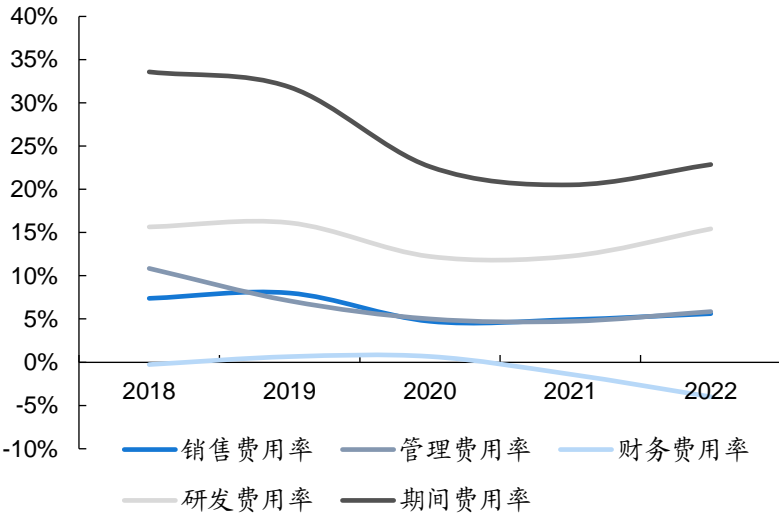
奕瑞科技：数字化X线平板探测器全球领先

- 国内数字化X线平板探测器龙头企业，医疗探测器市场份额多年位列国内第一，是全球为数不多同时掌握非晶硅、IGZO、CMOS和柔性基板四大传感器技术并具备量产能力的X线探测器公司之一。
- 疫情下业绩稳健增长，持续加大研发投入，盈利能力持续提升。奕瑞科技2022Q4业绩受到疫情较大影响，2022年实现整体营收15.49亿元，同比增长30.47%；实现归母净利润6.41亿元，同比增长32.49%，实现稳健增长。奕瑞科技降本增效效果明显，期间费用率由2018年的33.58%下降至2021年的20.52%，2022年期间费用率略有上升，主要系股权激励成本及研发投入加大。奕瑞科技2022年研发投入2.39亿元，同比大幅增长63.87%。奕瑞科技2022年毛利率/净利率分别为57.34%/41.23%，同比增长2.09/0.42pct，再创新高。

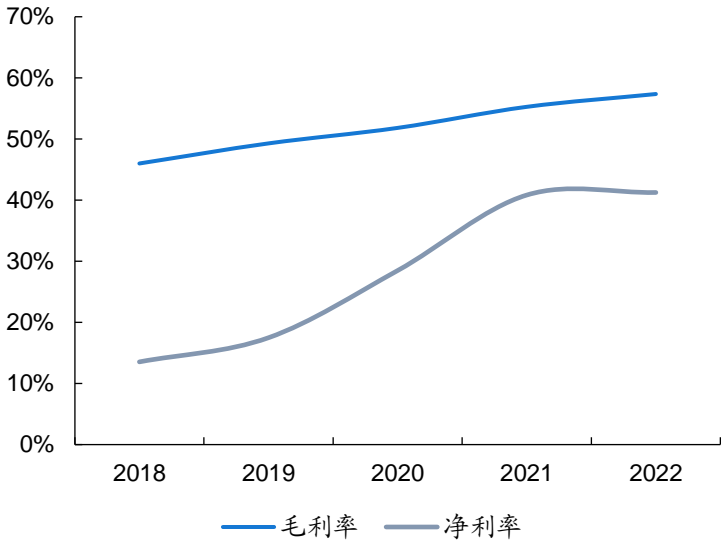
图：奕瑞科技营收、净利规模及同比增长



图：奕瑞科技费用率情况



图：奕瑞科技毛利率、净利率情况



资料来源：Wind，国海证券研究所

产品持续高端化，布局新型探测器市场打开成长天花板

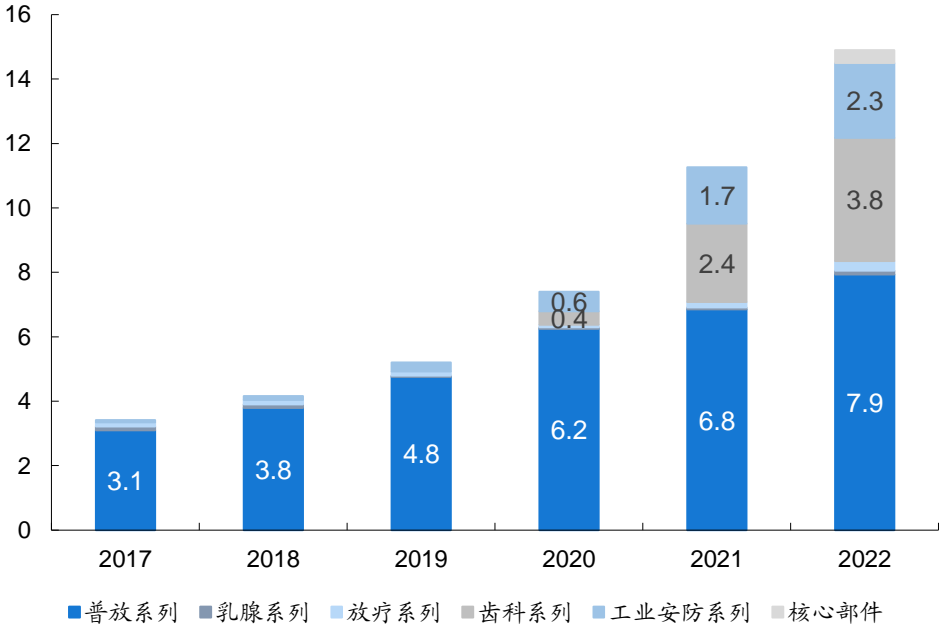
- 奕瑞科技产品线已覆盖医疗和工业领域多种应用场景，并向产业链上游核心部件拓展。2022年，奕瑞科技主营业务探测器实现收入14.49亿元，占比93.6%，其中，普放/齿科/工业探测器收入分别突破7.9/3.8/2.3亿元；高压发生器、组合式射线源、闪烁体、PD 等核心部件收入规模超 4000 万元；实现境外主营业务收入 5.25 亿元，占比36.2%。
- 根据奕瑞科技2022年10月发布的可转债募集说明书，奕瑞科技持续加大对CMOS探测器、TDI 探测器、CT探测器等新型探测器和高压发生器、球管、组合式射线源等核心部件的研发投入，可转债募投项目达产后，将新增3.2万台/年CMOS平板探测器、10万个/年CMOS口内探测器、2000台/年CT探测器，以及9900kg /年新型闪烁体材料产能。短期来看，奕瑞科技普放产品稳健增长，齿科+工业探测器贡献第二成长极；中长期来看，奕瑞科技加速拓展海外市场，积极布局上游核心部件，有望实现探测器核心原料的国产化，依托成本优势和规模效应打开成长天花板。

表：奕瑞科技细分产品

应用领域	产品系列	产品用途	下游客户
医疗 静态	普放有线系列	固定式DR，适用于人体胸部、腹部、骨骼与软组织的数字化X线摄影诊断	飞利浦、西门子、GE、日本岛津、锐珂、柯尼卡美能达、万东医疗、富士、上海联影、东软医疗、深圳蓝韵
	普放无线系列	移动式 and 固定式DR，适用于人体胸部、腹部、骨骼与软组织的数字化X线摄影诊断	
	兽用系列	应用于小动物、大动物各部位的数字化X线摄影拍片	-
医疗	胃肠系列	DRF,适用于胃肠造影、泌尿外科、骨科或三维锥形束CT等应用	-
	C臂系列	C型臂X射线机/DSA，适用于骨科手术及心脏、神经等造影介入应用	-
医疗 动态	乳腺系列	乳腺系列，该产品适用于乳腺X线数字照相全领域和数字断层三维成像应用，可用于人体乳腺癌的筛查和诊断	GE、上海联影、圣诺医疗
	放疗系列	放疗，可以配合直线加速器集成在放射医疗、放射外科应用及质子治疗系统	医科达、安科锐、新华医疗
	齿科系列	CBCT、全景等临床应用 齿科口内X线拍摄系统	北京朗视、菲森科技、美亚光电、博恩登特、啄木鸟
工业	便携检测系列	工业和安防，可适用于野外移动无损检测	宁德时代、VJ Group、Baker Hughes、日联科技、正业科技、善思科技、太易检测、深圳卓茂
	电子检测系列	电子类器件或产品无损检测，如芯片封装、PCB焊接、电池检查等	
	动力电池无损检测系列	动力电池无损检测系列	
	铸件检查系列	工业铸件、管道焊缝等无损检测	
安防	线阵系列	主要应用于不同通道尺寸的通道式安检机及高速公路绿色通道车辆检查	中盾安民、安天下

资料来源：奕瑞科技公司公告，奕瑞科技招股书，国海证券研究所

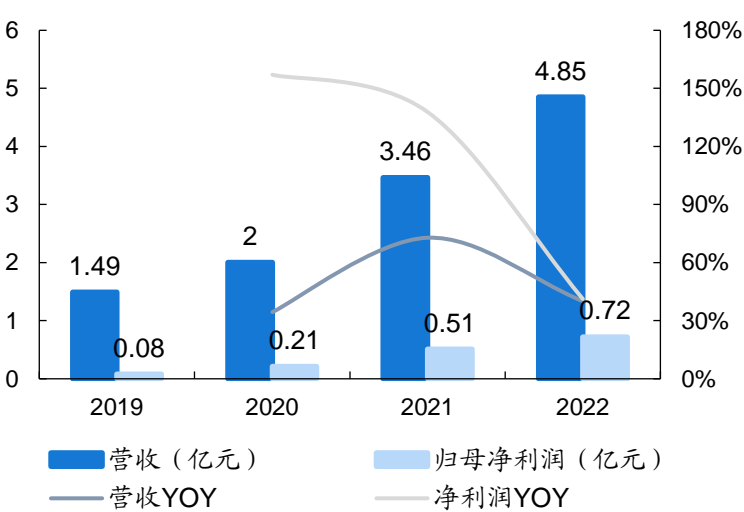
图：奕瑞科技分业务营收情况（单位：亿元）



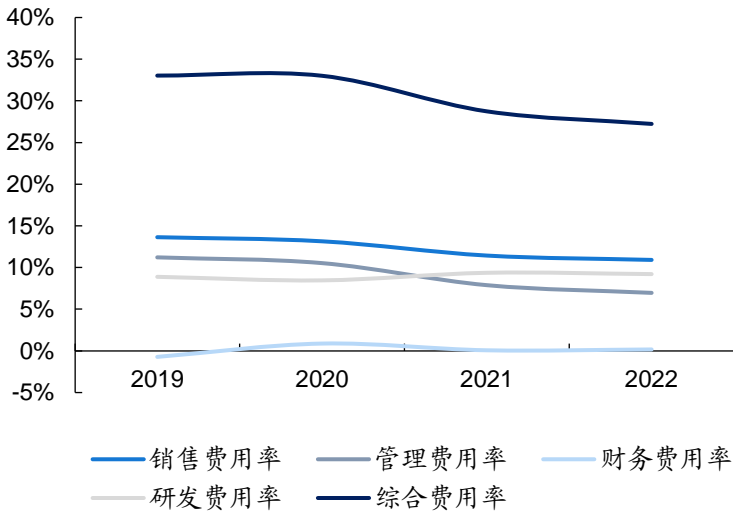
日联科技：引领微焦点X射线源国产替代

- 闭管式热阴极微焦点 X 射线源国内领先企业，打破集成电路封装检测国外垄断，在电子制造领域积累了安费诺、立讯精密等超过2000家客户；日联科技新能源电池X射线检测业务规模国内第二，2022/8-2023/3，已取得宁德时代500台130kV微焦点 X 射线源订单；一体化压铸成型车架检测装备领域，日联科技已向特斯拉上海超级工厂交付首台一体化压铸成型车架 X射线检测设备。
- 业绩保持较快增长，规模效应逐渐凸显。2020-2022 年，日联科技分别实现营收2.00/3.46/4.85亿元，同比增长34.41%/72.77%/40.05%；实现归母净利润0.21/0.51/0.72亿元，同比增长156.97%/137.72%/41.15%。日联科技期间费用率由2019年的33.04%下降至2022年的27.23%，主要系营收高速增长、规模效应逐步凸显所致。

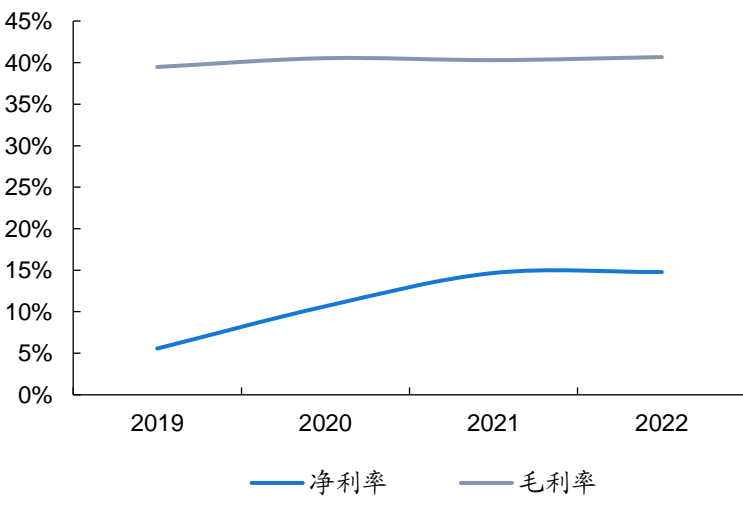
图：日联科技营收、净利规模及同比增长



图：日联科技费用率情况



图：日联科技毛利率、净利率情况

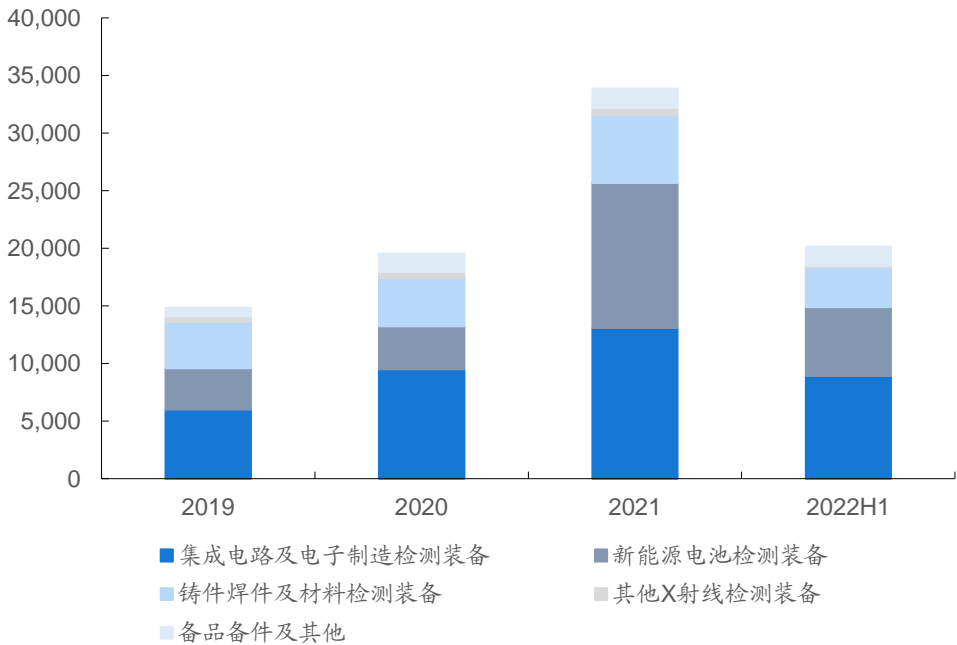


资料来源：Wind，国海证券研究所

X射线源研发与扩产计划明确，巩固领先优势

- 日联科技X射线检测设备收入占比90%以上，预计2023年同比增长50%。2022H1，集成电路及电子制造检测设备/新能源电池检测设备/铸件焊件及材料检测设备收入分别为0.89/0.60/0.35亿元，占比44.26%/29.69%/17.28%。
- 据日联科技招股书（2023/3），日联科技90kV、130kV微焦点X射线源已实现批量生产，225kV高压发生器具具备量产能力。2022H1，日联科技X射线智能检测装备产能455台，X射线源产能250个。日联科技制定了已有产品扩产和80kV、110kV、120kV、150kV的研发及产业化计划，计划于三年内（2023-2025）完成微焦点X射线源自主可控，X射线检测设备中应用自产X射线源的比例将逐步由目前的35%左右提升至95%以上。

图：日联科技分业务营收占比



资料来源：日联科技招股书，国海证券研究所

表：日联科技自产微焦点X射线源扩产计划

项目	2022年	2023年	2024年	2025年
自产X射线源产能提升安排（套）	450~470	1050~1150	1700~1800	2300~2400
自产X射线源独立销售计划（套）	100~220	400~450	600~650	700~750
检测设备应用自产X射线源的数量比例	30%~35%	60%~65%	85%~90%	95%~100%
公司应用自产X射线源检测设备预计实现收入情况（万元）	8000	25000	45000	65000

表：日联科技IPO募投项目（2023/3）概况

序号	项目名称	项目投资总额（万元）	拟使用募集资金金额（万元）	建设期
1	X射线源产业化建设项目	11800.00	11800.00	2年
2	重庆X射线检测装备生产基地建设项目	28200.00	28200.00	2年
3	研发中心建设项目	11325.00	11325.00	3年
4	补充流动资金	8675.00	8675.00	
总计		60000.00	60000.00	

预计业绩保持较快增长，盈利能力增强

● 主要假设：

1) 集成电路产品包括SMT以及封装测试两大类产品线，主要系国产替代带动收入增长，预计2023-2025年收入增速分别为65%/40%/35%，毛利率保持为39%；

2) 新能源相关产品主要系电池产能扩张以及下游客户渗透率提升预期，预计2023-2025年收入增速分别为70%/45%/40%；自制率提升带动毛利率提升至35%

3) 铸件产品2023-2025增速预期分别为35%/30%/30%，考虑到其检测尺寸需求，并不适用于微焦点射线源，毛利率稳定；

4) 备品备件及其他产品2023年开始明显提速，考虑微焦点射线源产能释放，预计2023-2025年收入增速分别为183%/65%/30%。

● 盈利预测与评级：预计日联科技2023-2025年分别实现营收8.53/12.33/16.56亿元，同比增长76.01%/44.55%/34.32%；实现归母净利润1.66/3.01/4.23亿元，同比增长130.93%/81.77%/40.65%，维持“增持”评级。

● 风险提示：原材料价格波动及产品毛利率下行风险，产能释放不及预期风险，市场拓展不及预期风险，下游景气度不及预期风险，国际贸易摩擦风险，二级市场股价大幅波动风险。

资料来源：Wind，国海证券研究所

表：日联科技盈利预测

	2020	2021	2022	2023E	2024E	2025E
集成电路及电子制造检测装备						
营业收入（亿元）	0.95	1.31	2.10	3.47	4.85	6.55
YOY	58%	38%	60%	65%	40%	35%
毛利率	39%	40%	38%	39%	39%	39%
新能源电池检测装备						
营业收入（亿元）	0.37	1.26	1.31	2.22	3.23	4.52
YOY	4%	236%	53%	70%	45%	40%
毛利率	38%	34%	30%	35%	35%	35%
铸件焊件及材料检测装备						
营业收入（亿元）	0.42	0.59	0.75	1.01	1.31	1.71
YOY	4%	42%	27%	35%	30%	30%
毛利率	37%	36%	33%	35%	35%	35%
其他X射线检测设备						
营业收入（亿元）	0.05	0.06	0.02	0.06	0.06	0.06
毛利率	14%	41%	39%	40%	40%	40%
备品备件及其他（射线源）						
营业收入（亿元）	0.16	0.17	0.60	1.7	2.8	3.64
YOY	109%	6%	260%	183%	65%	30%
毛利率	54%	58%	59%	65%	70%	72%
总营收（亿元）	2.00	3.46	4.85	8.53	12.33	16.56
YOY	35%	73%	40%	76%	45%	34%
毛利润	0.78	1.31	1.83	3.64	5.49	7.41
毛利率	39%	38%	38%	43%	45%	45%
归母净利润（亿元）	0.21	0.51	0.72	1.66	3.01	4.23
YOY	157%	138%	41%	131%	82%	41%

- X射线工业检测应用广泛，新能源场景带来增量场景需求
- 微焦点射线源加速国产化，X光加速渗透
- 建议关注：奕瑞科技（探测器）、日联科技（射线源）
- 风险提示

- **下游景气度不及预期风险：**若全球集成电路、电子制造和新能源汽车造等下游行业景气程度下降，将导致工业微焦点X射线检测装备行业需求下降；
- **国际贸易摩擦风险：**微焦点X射线源长期由国外厂商垄断，若国际贸易摩擦升级，可能限制X射线源进口，对国内X射线检测装备公司经营造成负面影响；
- **重点关注公司产能释放不及预期风险：**微焦点X射线源国内供给短缺背景下，若重点关注公司产能释放不及预期，短期内将难以打破国外垄断，行业发展受限；
- **重点关注公司核心技术泄密风险：**核心技术是公司技术竞争力的重要组成部分，若核心技术泄密，公司将难以维持技术优势，对公司经营造成不利影响；
- **重点关注公司业绩不及预期风险；**
- **测算仅供参考，以实际为准。**

机械小组介绍

姚健，复旦大学财务学硕士，7年证券从业经验，现任国海证券机械研究团队首席，主要覆盖锂电设备、光伏设备、激光、检测检验、工业机器人、自动化、工程机械等若干领域，专注成长股挖掘。

分析师承诺

姚健，本报告中的分析师均具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立，客观的出具本报告。本报告清晰准确的反映了分析师本人的研究观点。分析师本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收取到任何形式的补偿。

国海证券投资评级标准

行业投资评级

推荐：行业基本面向好，行业指数领先沪深300指数；
中性：行业基本面稳定，行业指数跟随沪深300指数；
回避：行业基本面向淡，行业指数落后沪深300指数。

股票投资评级

买入：相对沪深300 指数涨幅20%以上；
增持：相对沪深300 指数涨幅介于10%~20%之间；
中性：相对沪深300 指数涨幅介于-10%~10%之间；
卖出：相对沪深300 指数跌幅10%以上。

免责声明

本报告的风险等级定级为R4，仅供符合国海证券股份有限公司（简称“本公司”）投资者适当性管理要求的客户（简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。客户及/或投资者应当认识到有关本报告的短信提示、电话推荐等只是研究观点的简要沟通，需以本公司的完整报告为准，本公司接受客户的后续问询。

本公司具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告中的信息均来源于公开资料及合法获得的相关内部外部报告资料，本公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证，也不保证其中的信息已做最新变更，也不保证相关的建议不会发生任何变更。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。报告中的内容和意见仅供参考，在任何情况下，本报告中所表达的意见并不构成对所述证券买卖的出价和征价。本公司及其本公司员工对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。本公司或关联机构可能会持有报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等服务。本公司在知晓范围内依法合规地履行披露义务。

风险提示

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告为作出投资决策的唯一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在决定投资前，如有需要，投资者务必向本公司或其他专业人士咨询并谨慎决策。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。

若本公司以外的其他机构（以下简称“该机构”）发送本报告，则由该机构独自为此发送行为负责。通过此途径获得本报告的投资者应自行联系该机构以要求获悉更详细信息。本报告不构成本公司向该机构之客户提供的投资建议。

任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。本公司、本公司员工或者关联机构亦不为该机构之客户因使用本报告或报告所载内容引起的任何损失承担任何责任。

郑重声明

本报告版权归国海证券所有。未经本公司的明确书面特别授权或协议约定，除法律规定的情况外，任何人不得对本报告的任何内容进行发布、复制、编辑、改编、转载、播放、展示或以其他方式非法使用本报告的部分或者全部内容，否则均构成对本公司版权的侵害，本公司有权依法追究其法律责任。

国海证券 · 研究所 · 机械研究团队

心怀家国，洞悉四海



国海研究上海

上海市黄浦区绿地外滩中心C1栋
国海证券大厦

邮编：200023

电话：021-61981300

国海研究深圳

深圳市福田区竹子林四路光大银
行大厦28F

邮编：518041

电话：0755-83706353

国海研究北京

北京市海淀区西直门外大街168
号腾达大厦25F

邮编：100044

电话：010-88576597