

2022年

中国PHM行业 研究报告

版权所有©2022深圳市亿渡数据科技有限公司。本文件提供的任何内容（包括但不限于数据、文字、图表、图像等）均系亿渡数据独有的高度机密性文件（在报告中另行标明出处者除外）。未经亿渡数据事先书面许可，任何人不得以任何方式擅自复制、再造、传播、出版、引用、改编、汇编本报告内容，若有违反上述约定的行为发生，亿渡数据公司保留采取法律措施，追究相关人员责任的权利。



CONTENTS 目录

第一章 中国PHM行业概述	04
行业定义	05
技术原理	06
发展历程	07
市场规模	08
竞争格局	09
驱动因素	10
发展趋势	11
第一章 中国PHM行业概述	12
产业链图谱	13
产业链上游	14
产业链中游	16
产业链下游	17
第二章 行业典型企业介绍	21
安徽容知日新科技股份有限公司	22
江苏东华测试技术股份有限公司	23
北京博华信智科技股份有限公司	24

- **MRO:** 维护维修运行管理系统，指工厂或企业对其生产和工作设施、设备进行保养、维修的系统。
- **PHM:** 故障预测与健康管理系统，利用数据，经过信号处理和数据分析等运算手段，实现对复杂工业系统的健康状态进行检测、预测和管理的系统性工程。
- **浴缸曲线:** 指产品从投入到报废为止的整个寿命周期内，其可靠性的变化呈现一定的规律。如果取产品的失效率作为产品的可靠性特征值，它是使用时间作为横坐标，以失效率为纵坐标的一条曲线。因该曲线两头高，中间低，有些像浴缸，所以称为“浴缸曲线”。
- **PC:** 个人计算机，一种大小、价格和性能适用于个人使用的多用途计算机。台式机、笔记本电脑、小型笔记本电脑、平板电脑以及超级本等都属于个人计算机。
- **Windows:** 一般指Microsoft Windows，是美国微软公司以图形用户界面为基础研发的操作系统，主要运用于计算机、智能手机等设备。
- **OS X:** 一般指macOS，是一套由苹果开发的运行于Macintosh系列电脑上的操作系统。
- **Linux:** 全称GNU/Linux，是一种类UNIX操作系统，主要受到Minix和Unix思想的启发，是一个基于POSIX的多用户、多任务、支持多线程和多CPU的操作系统。

第一章

行业概述

Industry overview



PHM聚焦于工业运行过程中的健康状态监测、预测及管理



检修维护从人工升级到信息化和智能化，从单点部件测试升级至系统集成化PHM



需求的不断复杂化和相关技术的持续进步推动着PHM技术发展并由监测转向预测



全球及中国PHM市场均保持快速增长势头，多个行业领域具有较大的潜在市场空间



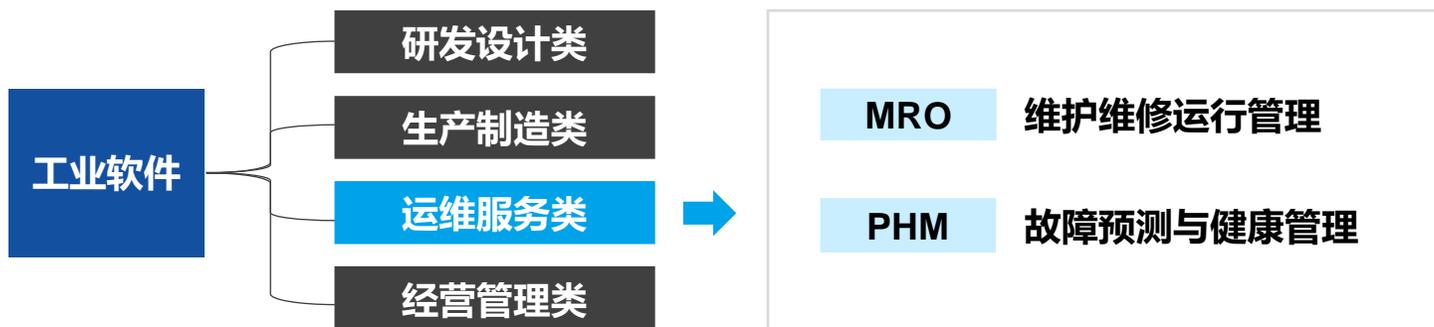
国外具有竞争力的PHM企业多为设备供应和服务商，中国PHM企业规模仍然偏小



通过PHM能延长设备的有效寿命，未来工业信息化和智能化升级将进一步带来需求



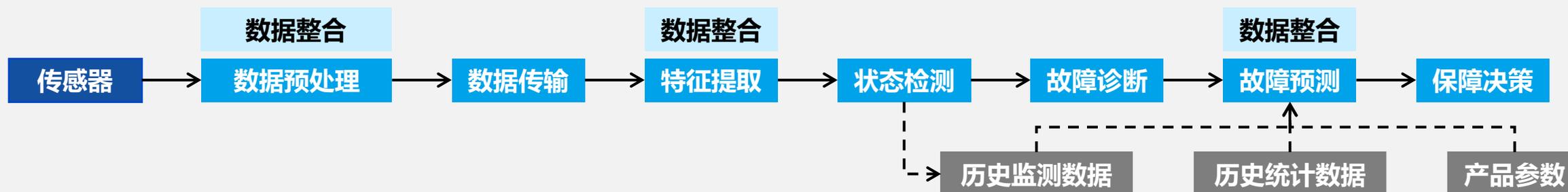
PHM系统整体将向着智能化和网络化升级，专业化的PHM企业将更具竞争优势



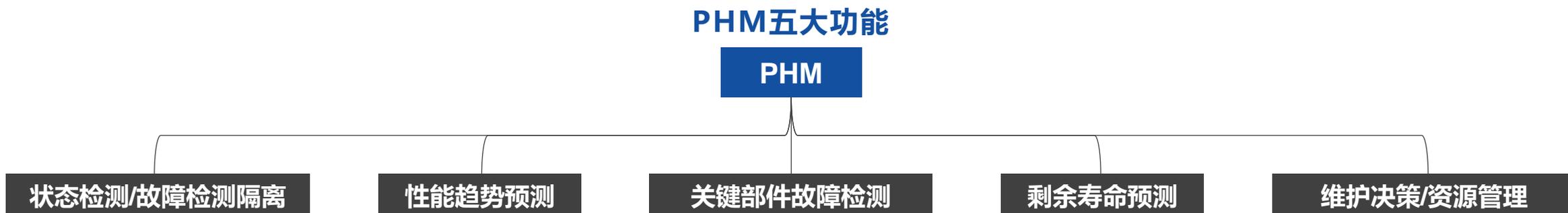
- 工业软件按制造业生产周期分类：研发设计、生产制造、经营管理、运维服务
- 运维服务类主要包括：MRO（维护维修运行管理）、PHM（故障预测与健康健康管理）等

- **PHM，即故障预测与健康健康管理**，是指通过识别和抓取目标设备运行中的相关信息并进行数据分析，确定故障性质、部位和起因，准确预报设备故障的程度和趋势的系统。
- PHM聚焦于复杂工程健康状态的监测、预测和管理，**最早应用于航空航天领域**，是从工程领域提炼，并且不断系统化、体系化的一门系统工程学科。
- PHM一般应具备**故障检测、故障隔离、增强的诊断、性能检测、故障预测、健康管理、部件寿命追踪能力**。以典型的故障诊断与预测流程为例，系统内包含了数据采集、数据预处理、数据传输、特征提取、数据融合、状态监测、故障诊断、故障预测、保障决策等环节。

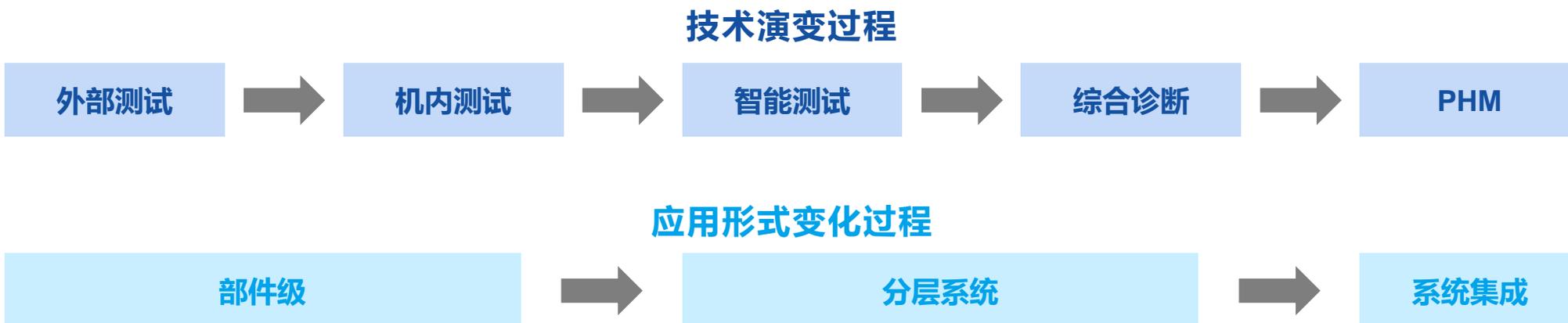
PHM的故障诊断与预测基本流程



- 传统工业时代，工业设备的维护一般需要依靠具有较多经验积累的工人来进行故障判断，且通常是设备出现故障后再进行维修；
- 现代工业时代，工业设备的维护一般依靠传感器、工业软件等工具来进行精准的数据收集和数据分析，同时再辅以高级预测模型来进行故障判断，通常设备出现故障之前已进行有效故障预测并主动解决；



- 相较于传统工业时代，PHM 将基于事件驱动的维修（事后维修）、时间驱动的维修（定期维修）等基于当前健康状态的故障检测与诊断，变成了基于未来健康状态的预测。



定期维护
预防性维护

视情维护

故障预测与健康管理
PHM

1950

20世纪60年代末

美国航空航天局设立了机械故障预防小组，英国有关部门设立了机械保健中心，这一时期以外部测试为主，PHM的雏形诞生

1970

进入20世纪70年代

航空航天领域相关维护难度随着机械、设备和系统的复杂程度提升而不断加大，外部测试已无法满足需求，机内测试被正式引用到维修中，这是PHM的重要支撑技术

1990

20世纪80年代

为进一步改善机内测试的效能，智能开发得到发展，机内测试升级为智能测试

20世纪90年代

综合诊断的概念被提出，通过综合诊断方案来实现更精准高效的设备检测维护

2010

进入21世纪

随着信息技术、计算、存储等进一步发展，PHM技术推动维护管理实现了全方位的升级

- PHM从过去的部件与分系统级，发展到覆盖整个平台各个主要分系统的系统集成级
- PHM实现了从健康监测向健康管理的转变，从对当前健康状态的故障预测与诊断转向对未来健康状态的预测
- PHM实现了从被动性的反应性维修活动转向主动性、先导性的维修活动

我国PHM发展历程

人工判断
经验为主

仪器检测
数据记录

数据监测
数据分析

智能监测
实时分析

我国在PHM系统设计与验证基础理论与方法研究方面起步较晚，同样先在航天航空领域开展基础研究，到目前已将理论实际应用到风电、石化、冶金等工业领域；

全球市场

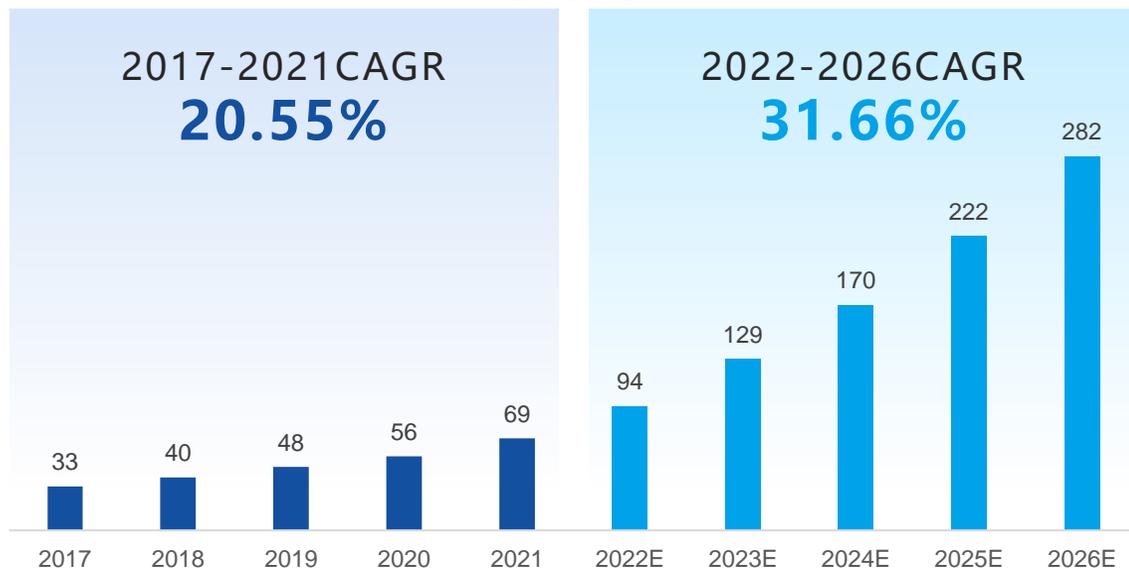
- 2017-2021年PHM在各行业领域的展开应用为市场规模增长奠定良好基础，至2021年全球PHM市场规模达到69亿美元，5年CAGR为20.55%。
- 由于各行业领域的PHM应用深度不一，部分重点领域如清洁能源、军工武器等市场需求还将在环境利好的作用下持续增长，预计2026年全球PHM市场规模将扩大至282亿美元，5年CAGR为31.66%。

中国市场

- 2017-2021年中国PHM市场处于开拓阶段，其中以风电、石化、钢铁等领域为代表为PHM市场发展提供动力，至2021年中国PHM市场规模达到35.78亿元，5年CAGR为28.07%。
- 工业设备的状态监测与故障诊断是实现智能制造的重要环节之一，各行业领域的渗透率还有进一步提升的空间，同时如航空军工类的潜在空间庞大，预计2026年中国PHM市场规模将扩大至161.37亿元，5年CAGR为36.48%。

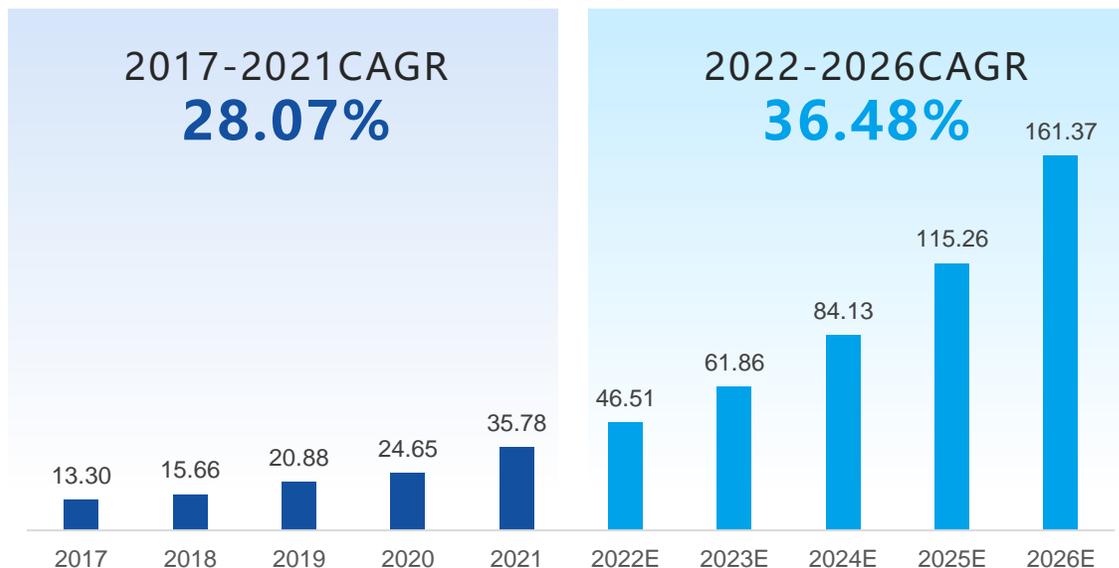
2017-2026年全球PHM市场规模及增长

单位：亿美元



2017-2026年中国PHM市场规模及增长

单位：亿元



国外PHM企业



- 国外PHM市场主要参与者多为国际知名的设备供应商或大型的状态监测企业，企业规模较大，大多以产品销售为主。
- 国外PHM市场主要参与者在在中国市场主要专注于电力工业、石油和天然气、冶金等领域。
- 国外PHM市场主要参与者中具有代表性的为SKF（瑞典）和Bently Nevada（美国），两者都是以设备供应为主，产品主要应用于航空航天、电力、石油化工、冶金、机械、纸浆和造纸等行业。
- 国外PHM市场主要参与者在国内的商务谈判条款和付款要求等相对严格，且实施较为完善的本地化后续支持和技术服务的难度相对较大，这是中国PHM相关企业可以形成竞争优势的突破口。

国内PHM企业



技术力和产品创新能力较强，能够提供整体综合解决方案，产品可应用于多个行业



第一梯队

具有一定技术力，企业规模偏小，专注于某些特定行业领域



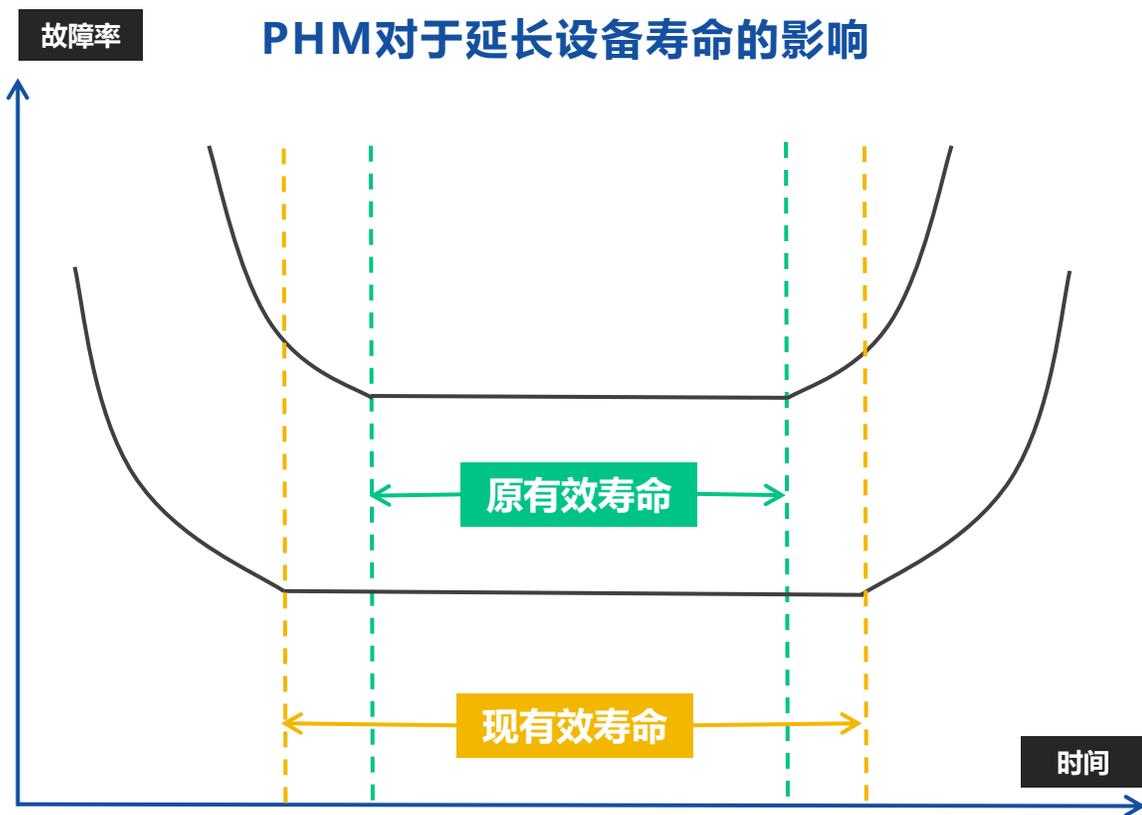
第二梯队



第三梯队

代理商，自身不具备研发能力和生产能力

- 我国工业设备状态监测与故障诊断行业发展时间较短，尚处于快速发展阶段，行业内的大多数企业规模较小，不具备为客户提供工业设备状态监测与故障诊断系统解决方案能力。根据企业规模、技术研发力、服务能力可分为上图三个梯队。
- 当前我国PHM行业整体规模偏小，具有综合竞争力的企业数量少，其中容知日新、博华科技、东华测试、威锐达、恩普特、江凌股份等在风电、石化、冶金、军工等行业有较好应用。



根据“浴缸曲线”的理论，PHM对于延长设备寿命具有重要意义。按照PHM系统的指导，不断调整预测模型，在维护过程中选择成本最低的维护策略和排程计划，同时综合考虑其他设备的维护需求，制定全局最优的维护方案，最终延长设备的有效寿命。

通常情况下的设备生命周期

- 通常设备在使用寿命开始时，一般因操作和适配等问题会多次出现故障。
- 但随着时间的推移设备运行进入稳定期，维护过程持续缩短，故障发生进入低概率区间。
- 到了使用后期设备的故障率会因为老化、折损等问题而不断提高，最终设备报废。

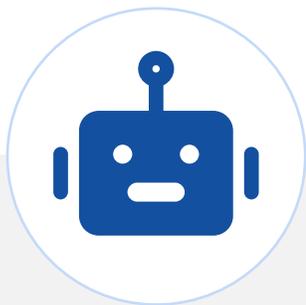
工业信息化、智能化升级

确保工业生产制造的价值稳定，同时减少生产制造过程中的浪费

在持续工业自动化升级的过程中，要实现一定程度的自我检查和预测

在工业生产制造的过程中，进一步实现绿色化、低或零故障、低或零意外率

当前工业企业在生产各环节产生的数据持续增长，数据对工业生产的驱动作用逐渐增强，这在一定程度上展现出信息化和工业化的融合。未来工业数据软件、工具、服务等产品需求将持续扩大。



智能化

- 随着高精度、高性能和高信息量的现代化传感器技术不断获得突破和实现产业化应用，状态监测与故障诊断的新方法也不断出现，例如**模糊诊断、专家诊断、神经网络诊断以及上述各种诊断的复合**。
- 在诊断方法方面，**人工智能AI**已具有较为优异的理论基础及工具，对于复杂系统而言，诊断确实需借助于人工智能，才能达到最佳效果。



网络化

- 由于工业生产的复杂程度不断提高，工业设备故障判断的难度也在同步扩大，包括一些**瞬态过程和异常原因难以通过传统的监测方式来追溯**，同时数据分析与诊断的反馈也不够高效。
- **通过网络化**在线设备状态监测，能够实现设备状态的传输与数据存储分析，**实现工业设备的全覆盖、动态、连续监控**，并且可以对监测数据进行诊断分析，预知和判定当前设备的损坏程度与危险级别，为设备的定期与不定期安检和维修提供科学依据。



专业化

- PHM的**专业化程度正在持续加强**；
- PHM的开展将以一体化为主，能够**提供专业化设备状态监测与故障诊断软硬件系统、拥有丰富诊断技术人才的整体解决方案提供商**将会成为主流。
- 工业企业将更倾向于将其所在地的监测中心与专业机构连接，专业的服务商将有效依托积累下的诊断案例和服务经验为工业企业客户提供动态、实时和精确的远程诊断服务。

第二章

产业链概述

Industrial chain overview



产业上游主要为硬件，软件，电子、通信、仪器仪表、传动器件供应商；产业中游的国内外企业的规模差距大，技术研发型企业更具优势；产业下游包括各类细分行业



PHM系统一般包括有线、无线和手持；企业多以销定产，直销为主，经销为辅



受益于国家政策以及绿色发展需求，风电市场持续增长，新增和投资达到近五年峰值；风电是应用PHM的领先下游领域，较多存量设备和可靠技术指导为市场发展提供支撑



民用航空市场规模持续扩大，航空器维护中存在的诸多痛点将为民航维修市场增长奠定良好基础



钢铁、石油化工、机械制造业产业持续向好，未来长期运行中的维护均需PHM支持

上游

硬件



软件



电子元器件

通信器件

仪器仪表器件

传动器件

中游

PHM

国外企业

国外参与PHM市场竞争的企业一般为大型设备供应商或状态监测企业，这类企业经营规模大、技术和经验积累多，服务行业种类丰富。



国内企业

国内参与PHM市场竞争的企业一般有三大类，其中具有综合竞争力的企业数量少，多数企业在单个行业领域中拥有经验，以技术研发为核心的企业在行业中更具优势。



下游

电力（风电）

军工（航空）

石化

冶金

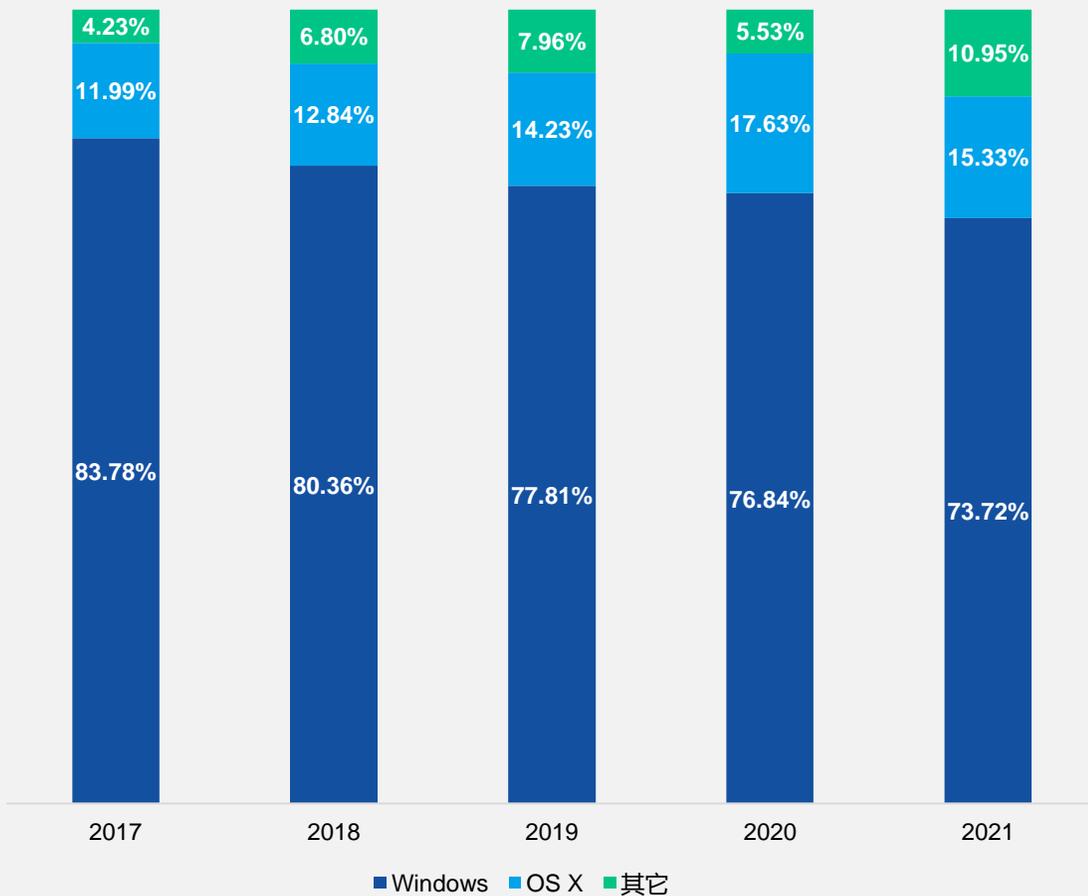
机械

交通（船舶）

高端装备

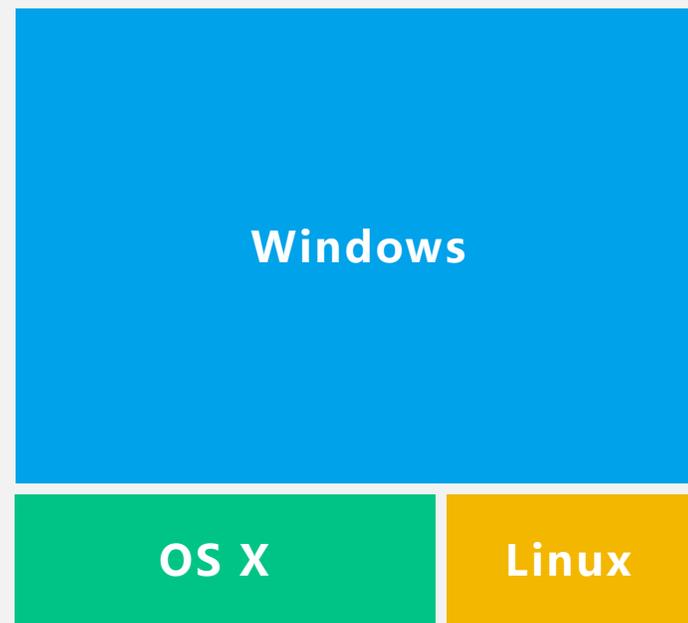
.....

2017-2021年全球桌面操作系统市场份额变化情况



操作系统是管理PC硬件与软件资源的计算机程序，全球桌面操作系统市场主要产品包括Windows、OS X、Linux、Chrome OS等。2017年以来微软旗下的Windows市场占有率始终表现为绝对领先，但占有率持续下降，至2021年Windows的市场占有率下降至73.72%，苹果旗下的OS X的市场占有率为15.33%，其他操作系统占有率为10.95%。

我国桌面操作系统市场分布



我国操作系统基本由Windows占绝大市场份额，OS X一直保持增长，但规模偏小；而基于开源Linux开发的我国自有操作系统数量较多，但规模更小，在较长时间内都难以改变现有垄断格局。

- 2017-2018年电子信息制造业增加值增速保持在高位，明显高于整体工业增加值增速，对工业生产的带动明显；
- 2019年经济增长有所放缓，电子信息制造业增加值和工业增加值增速差收窄，2020年受到疫情冲击二者进一步下降；
- 2021年疫情影响趋弱后，电子信息制造业增加值增速显著反弹，增速为近十年新高，进一步凸显电子信息制造业的发展前景持续向好。

2017-2021年中国电子信息制造业增加值和工业增加值增速对比



数据来源：工信部、亿渡数据整理

- 2017年末电子元器件景气和规模指数均处于较高位；2018年受制于需求趋近饱和、贸易摩擦、宏观经济逐步承压等因素的影响，电子元器件景气和规模指数大幅下降并延续至2019年；
- 2020年受到疫情负面冲击，电子元器件景气指数进一步下探，但规模指数保持稳定；2021年在疫情逐步缓和后，景气指数有所反弹，但反弹程度仍然不足，较2019年仍有一定差距，规模指数变化较小，未来市场供给仍然偏紧，但受经济下滑影响，需求回升相对缓慢。

2017-2021年中国电子元器件景气和规模指数



数据来源：义务·中国小商品指数、亿渡数据整理



生产模式

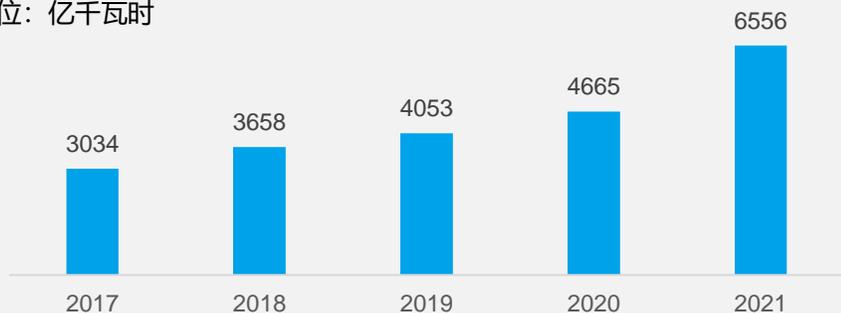
- “以销定产”是PHM企业主要采用的生产模式。
- 产品一般包括：自行生产+外协加工。
- 自行生产：核心元件。
- 外协加工：焊接、表面处理、注塑等。

销售模式

- “直销为主+经销为辅”是PHM企业主要采用的销售模式。
- 直销模式下，通过直接客户接触、学术交流会议、技术交流会议、产品展会和推介会、网络招投标等方式获取订单。
- 经销模式下，企业与经销商/代理商通过商务洽谈达成销售意向，根据销售订单向代理商销售产品。

2017-2021年风电发电量

单位：亿千瓦时



2017-2021年，中国风电市场受益于国家有关部门要求全国各地提高可再生能源的占比、提升清洁能源利用率、加速实现“双碳”目标等因素，市场规模持续扩大，风电发电量和装机容量持续扩大，至2021年已达到6556亿千瓦时和32848万千瓦

2017-2021年风电装机容量和新增容量

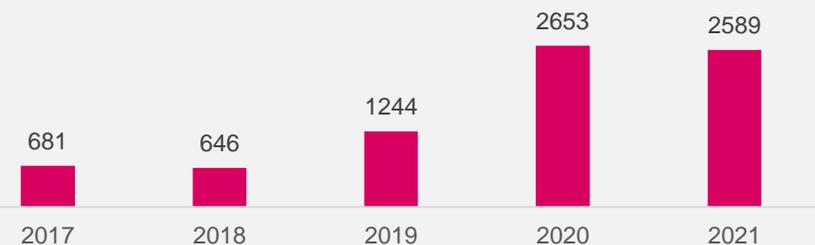
单位：万千瓦



2017-2019年，中国新增风电装机容量平稳增长，2020年在取消补贴政策调整的影响下实现大幅增长，2021年进入风电平价阶段，但十四五规划和“双碳”目标等政策指引仍然确保风电新增容量保持在较高位，2021年风电新增容量回落至4757万千瓦，显著高于除2020年外其余年份；

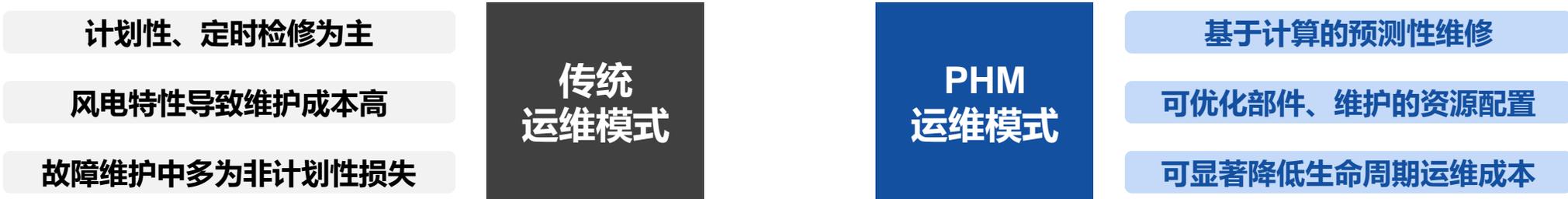
2017-2021年风电年度电源投资额

单位：亿元



2017-2019年，中国风电年度电源投资规模稳步增长，2020-2021年，在抢装风电的基础上，风电电源投资规模大幅度扩大，受限于“能耗双控”投资规模还能进一步释放，2021年风电年度电源投资额达到2589亿元。

风电行业传统运维和PHM运维差异对比

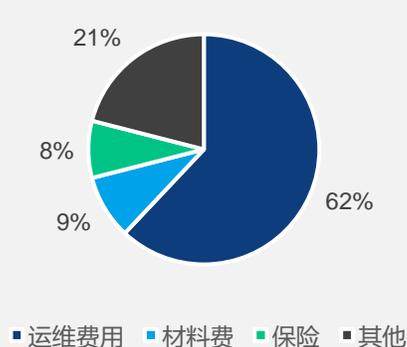


- 风电设备一般放置在偏远地区，海上风电设备更为孤立。在前述特性的影响下，风电设备的运维管理成本高。
- 风电设备运维一般包括：设备管理、技术管理、安全管理和运维人员管理；设备管理是运维的最核心环节，风机在服役过程中因为需要承受交变载荷和外部环境腐蚀，因而设备损耗和故障较为频繁，其中因叶片、发电机、齿轮箱等发生故障导致风机暂停运行的事故占比接近90%，而这类故障的维修费用占整体费用的近80%。

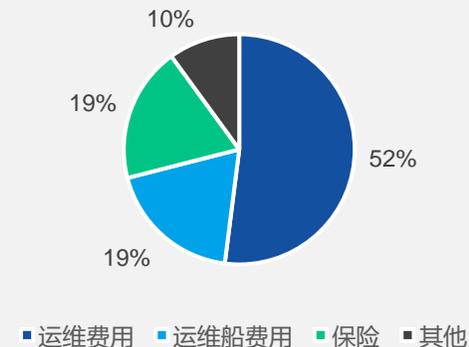
风电行业是应用PHM的领先下游领域

- 风电设备的运行环境相对恶劣，采用PHM具有突出的经济性。
- 风电设备的存量市场大，大量设备的投运时长已较长，已逐步进入故障高发阶段。
- 国家有关部门相关指导性文件为风电行业维护发展提供可靠的技术参照和标准。

陆上风电设备运维成本



海上风电设备运维成本



- 2020年爆发新冠疫情，我国民用航空市场受到了严重冲击，航班数量大幅度削减，国际航班长时间停摆，航空公司的经营难度增大，同时大量民用飞机的停用也抬高了维护成本。
- 2021年新冠疫情得到有效控制后，民用航空市场实现较快恢复，客货和邮政运输需求开始反弹，民航运力投入重新加大，这为我国民航机队存量和增量增长增添动能；至2021年我国运输飞机在册架数为4054架，通用航空在册航空器3018架。
- 随着运输飞机和通用航空器数量的增长，相对应的作业时长也将同步增长，2021年全行业运输航空公司完成运输飞行小时932.16万小时，更长的作业时长意味着更多的维护需要。

民用航空维修中存在的痛点

- 国外相关企业在运维产业链上的优势，为其打造“低价购买，高价运维”的模式奠定了基础，这导致运维成本居高不下。
- 航空器缺少PHM的监测会在一定程度上使得人工检修不全面而留下的问题形成安全隐患，最终会有较大概率造成不可逆事故。
- 事后维修会导致大面积航空器停飞，影响航线运力，最终给航空企业带来损失。
- 有效预测故障初期所形成的成本将远小于故障后期连锁反映带来的成本费用。

2017-2021年中国运输飞机和通用航空器数量



- 2017-2021年中国重点原材料工业生产加工势头总体向好，2020年的新冠疫情未对生产加工产生负面影响，重点工业产品的需求保持增长。
- 粗钢、天然气、原油和石油、有色金属等核心原材料对宏观经济增长和社会发展建设均具有重要意义，随着工业加工生产的智能化、绿色化、信息化的推进，未来原材料工业将获得更多发展助力。

- 2017年以来机械制造业整体保持较快增长，重点为通用设备制造业，专用设备制造业，电气机械和器材制造业，计算机、通信和其他电子设备制造业，至2021年四个细分增加值同比增速均超过10%，这表明四个细分的产品规模、营业收入、利润等都有保障，行业增长内生动力强。

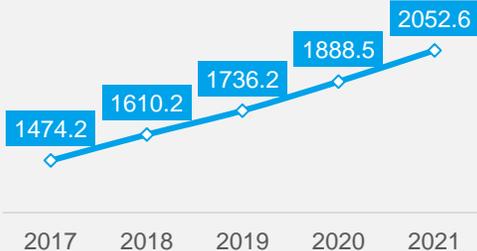
中国粗钢产量

单位：亿吨



中国天然气产量

单位：亿立方米



中国原油加工(上)和石油产量(下)

单位：亿吨

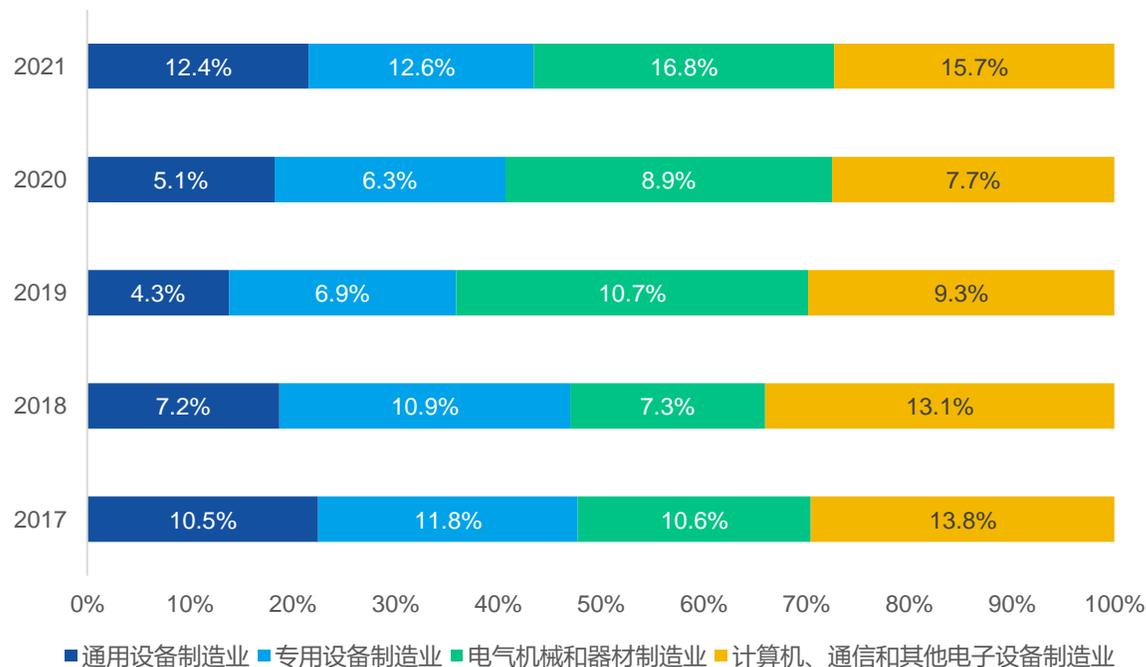


中国十种有色金属产量

单位：万吨



2017-2021年中国机械制造业细分增加值增速



第三章

行业典型 企业介绍

Industrial enterprise



安徽容知日新科技股份有限公司



江苏东华测试技术股份有限公司



北京博华信智科技股份有限公司

企业介绍

安徽容知日新科技股份有限公司（简称“容知日新”），成立于2007年，2021年登陆科创板。公司致力于成为一家专业的工业设备智能运维整体解决方案提供商，主要产品为工业设备状态监测与故障诊断系统。

公司核心业务

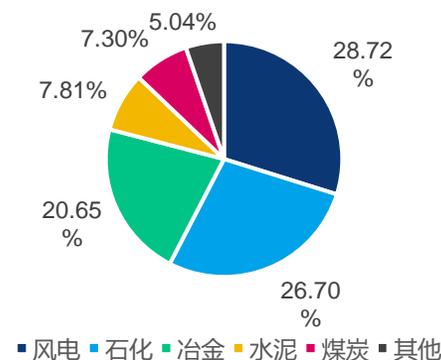
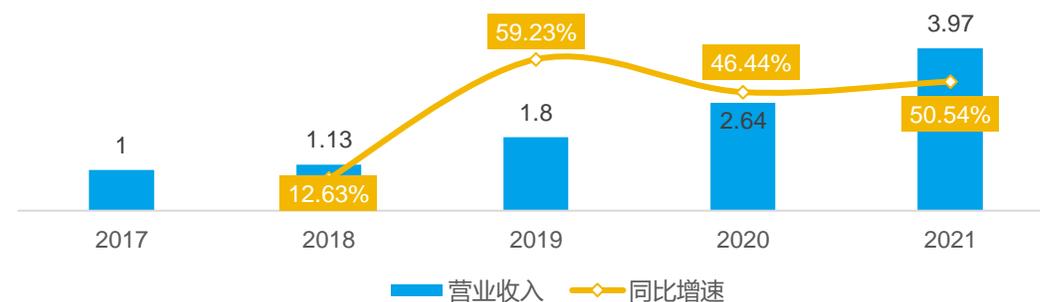
以传感器收集物理信号，智能算法进行实时监测和故障诊断

- 容知日新当前已拥有自主设计制造软硬件产品的能力。
- 容知日新自主开发的传感器可用于收集振动、温度、位移、冲击等物理量。
- 数据将通过有线或无线设备向上传递至服务器，利用智能算法对其进行处理，从而完成故障预警和设备状态分析。
- 容知日新的服务器已积累大量回发数据。
- 容知日新的风电、石化和钢铁客户均为国内大型知名企业或下属子公司。

公司基本财务数据

2017-2021年容知日新的营业收入保持快速增长势头，尤其自2019年以来营业收入增速持续位于在45%以上；2021年容知日新的营业收入规模增长至3.97亿元，同比增速为50.54%，这主要是得益于公司在风电、石化、冶金领域业务增长显著，同时在煤炭、水泥等领域也有效开拓了客户群。

2017-2021年容知日新营业总收入情况 单位：亿元



2021年容知日新营业收入构成

2021年容知日新营业收入来自风电、石化、冶金、水泥、煤炭和其他领域，其中风电、石化和冶金是容知日新三大核心业务，占比均超过20%。

数据来源：上市公司财报、亿渡数据整理

企业介绍

江苏东华测试技术股份有限公司（简称“东华测试”），成立于21993年，2012年登陆创业板。公司是国内领先的数据采集与测试分析系统企业，多年来深耕结构力学性能测试领域，专注于设备仪器及配套软件的研发、生产和销售，并提供应用解决方案和技术服务。

公司核心业务

最核心业务

结构力学性能研究

结构安全在线监测和防务装备故障预测与健康
管理 (PHM)

开拓的新业务

基于PHM的设备智能维
保管理平台

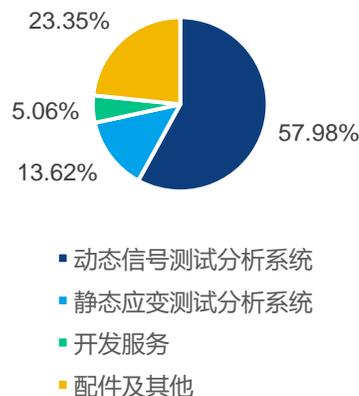
电化学工作站

- 2021年东华测试在结构力学性能测试核心基石业务的基础上，开拓了PHM和电化学工作站心业务。
- 东华测试基于PHM的设备智能维保管理平台已形成了针对多个行业的全面解决方案，包括化工、钢铁和水务等领域已有实际应用。

公司基本财务数据

2017-2018年东华测试的营业收入处于低位，但实现了由负转正，2019年后东华测试的营业收入保持增长势头，至2021年营业收入扩大至2.57亿元，同比增速25.22%，主要是得益于公司已积累一批稳定客户，同时核心子公司开拓了PHM和电化学工作站业务。

2017-2021年东华测试营业收入情况 单位：亿元



2021年东华测试营业收入构成

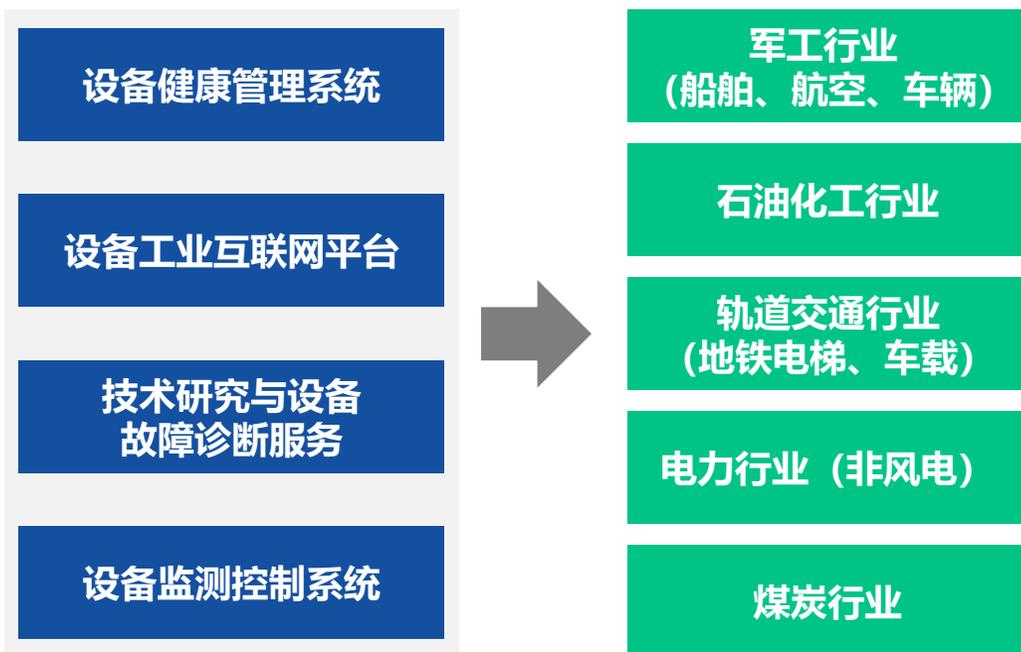
2021年东华测试营业收入中，动态信号测试分析系统的占比达到约58%，是东华测试的核心业务，此外静态应变测试分析系统和开发服务也在营业收入中占有一定比例。

数据来源：上市公司财报、亿渡数据整理

企业介绍

北京博华信智科技股份有限公司（简称“博华科技”），成立于2006年，2014年登陆新三板，2022年筹备上市创业板。公司是一家专注于关键设备健康管理领域的高新技术企业，主要从事军工装备与工业设备监控系统、健康管理平台的研发、生产和销售。

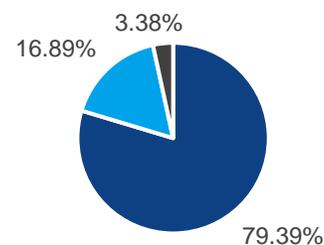
公司核心业务



公司基本财务数据

2017-2021年博华科技的营业收入保持增长势头，自2018年以来增速在高位区间波动，2019-2020年增速逐步回落，2021年增速再次反弹至高位，2021年博华科技的营业收入为2.96亿元，同比增速为76.30%，这主要是得益于公司已定型批产的军用产品陆续实现大规模销售，为业务规模增长奠定良好基础。

2017-2021年博华科技营业收入情况 单位：亿元



2021年博华科技营业收入构成

2021年博华科技营业收入中设备健康管理系统占比突出，达到79.39%，是公司最为核心的业务。

- 设备健康管理系统
- 技术研究与设备故障诊断服务
- 设备工业互联网平台

数据来源：上市公司财报、亿渡数据整理

版权声明

本报告为亿渡数据制作，报告中所有的文字、图片、表格均受有关商标和著作权的法律保护，部分文字和数据采集于公开信息，所有权为原著者所有。没有经过本公司书面许可，任何组织和个人不得以任何形式复制或传递。任何未经授权使用本报告的相关商业行为都将违反《中华人民共和国著作权法》和其他法律法规以及有关国际公约的规定。

免责声明

本报告中行业数据及相关市场预测主要为行业研究员采用桌面研究、行业访谈、市场调查及其他研究方法，建立统计预测模型估算获得，只提供给用户作为市场参考资料。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。在不同时期，亿渡数据可能撰写并发布与本报告所载资料、看法及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息及资料保持在最新状态，本公司将随时补充、更新和修订有关信息及资料，但不保证及时通知或发布。在任何情况下，本公司亦不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

