

# 受“千钧”重负 保滴水不漏

## ——乐普实业自主研发海水淡化膜外壳

◎本报记者 孙瑜

朱拜勒是沙特阿拉伯东部港口，也是工业重镇。这里即将建成世界最大膜法海水淡化厂，全球唯一一个产水量达到100万吨/天的海水淡化项目——朱拜勒2期反渗透海水淡化替换项目。

日前，最后一批用于朱拜勒2期反渗透海水淡化替换项目的膜外壳在天津港装箱启运，标志着中国建筑材料科学研究总院有限公司所属哈尔滨乐普实业有限公司(以下简称“乐普实业”)顺利完成该项目膜外壳交付任务。这也是国产膜外壳首次运用于百万吨级别的膜法海水淡化项目。

膜法是一种利用特殊材料将海水中的水分子和盐分进行分离，从而得到人类可饮用淡水的技术。海水淡化过程中，需要对海水施加一定压力，让水分子通过膜材料。作为膜元件的重要配套组成部分，膜外壳能承受过滤时的高压，确保淡化过程顺利进行，堪称海水淡化膜法的“守护者”。

每天，全球有超过1亿吨净水从乐普实业生产的膜外壳中产出。作为工信部评选的制造业单项冠军企业，乐普实业生产的膜外壳应用于全球许多知名海水淡化项目，市场占有率居国内第一、世界前列。

### 攻克密封技术难题

科技日报记者近日走进乐普实业德州生产基地，观摩膜外壳的生产过程——一束束洁白的玻璃纤维丝经过树脂缠绕后，进入高温固化炉定型，再完成打磨、加工、水压检测、表面处理等步骤。所有产品待工人检验合格后，被装上运输车。

“膜外壳最核心的组件就是玻璃钢壳体。壳体需要承受过滤时的工作压力，要防渗漏、耐疲劳、耐腐蚀。”乐普实

业研发部部长刘晓伟告诉记者，在壳体设计过程中，需要考虑纤维缠绕角度、局部补强和缠绕固化工艺参数等多方面因素。

在膜外壳制造过程中，研发部门攻克了多项技术难题。密封技术是膜外壳制造的核心技术之一。刘晓伟介绍，膜外壳密封不过关很容易发生渗漏，导致安全事故。一支膜外壳有近20处密封点，最小直径约为23.5毫米，最大直径可达190毫米。以1000磅力/平方英寸的膜外壳为例，每处密封点要承受近70公斤力/平方厘米的水压，这对密封技术要求极高。

密封点结构较复杂，是制造过程中的关键点。“比如，端板密封区域容易析出盐分，形成结晶。结晶的长期累积会造成密封圈密封失效进而发生渗漏，导致外侧受力金属件发生腐蚀。”刘晓伟说，随着水处理的原水介质成分越来越复杂，端部密封失效的问题日益凸显。

针对这一问题，研发人员设计研制了一种新结构，它可利用水流冲刷掉密封点析出的盐分。实验结果显示，在研发人员设计的一种新工况模拟设备上，新结构部件达到了预期效果。“这项结构研究形成的专利正在受理中。”刘晓伟告诉记者，关于膜外壳密封性能研究，乐普实业已申请3项专利。

目前，乐普实业共获得授权专利74项、软件著作权6项，编制了两项国家标准。乐普实业掌握了膜外壳从设计到制造全产业链条的核心技术，引领着膜外壳技术的发展方向。

### 打开全球市场大门

新加坡大泉海水淡化厂、美国加利福尼亚卡尔斯巴德海水淡化项目、阿联酋阿布扎比塔维勒独立海水淡化项目……在世界大型海水淡化项目中，都能看到乐普实业膜外壳的身影。

“乐普实业膜外壳制造经历了从自主建设到逐步实现国产化，最后走向全球的过程。”乐普实业生产副总经理杨东伟告诉记者，乐普实业在打开全球市场大门过程中，最关键的是拿下澳大利亚班达巴(Bundamba)水处理工程。

澳大利亚Bundamba水处理工程建成时为世界第三大深度污水处理项目，是当时南半球规模最大的循环水工程的一部分。2007年，该工程提出了对18英寸开口直径膜外壳的需求。

“当时普通膜外壳开口直径也就8英寸左右，全球范围内没有企业生产过18英寸膜外壳。”杨东伟说。

乐普实业决定在国际市场与世界品牌一较高下。项目要求高，时间也分外紧张。乐普实业研发人员加班加点进行结构设计、力学计算、模具设计与加工、配方设计等工作。

但进程卡在爆破环节。“通过6倍设计压力爆破试验，是制造产品合格的标准。”刘晓伟回忆，“膜外壳需要在6倍设计压力下不发生爆破，但在实际测试中，18英寸膜外壳总是在压力接近这一临界值时，其压力读数就便停止上升，导致无法继续增加压力。我们推测产品内部发生了渗漏。”

刘晓伟说，技术人员拿着手电筒钻进直径不到半米、长度将近9米的膜外壳内寻找渗漏点。在对渗漏点进行修补后，产品一次性通过了6倍设计压力爆破试验。

直到如今，18英寸膜外壳仍是世界上直径最大的海水淡化项目商用膜外壳。

杨东伟说，通过这次与世界品牌的较量，乐普实业18英寸膜外壳打响了名号，国内外订单不断增多，乐普实业由此进入出口海外的快车道。2022年国际海水淡化新增产能统计数据显示，乐普实业全球市场份额达60%，在中东、北非地区备受信赖。

### 加快智能制造步伐

近年来，乐普实业推动数字化智能化发展，膜外壳生产效率不断提高。刘晓伟向记者演示了乐普实业自主开发的膜外壳处理参数计算软件。在初始页面上输入膜外壳数量、进水量、回收率等数据后，软件通过自动计算，会实时提供一套设定合理、性价比高的膜外壳串联连接方案。

“乐普实业还开发了膜外壳数字化模拟、生产和检测工具。在设计阶段，我们可使用计算机软件计算和模拟符合要求的膜壳壁厚，并利用有限元数字工具核算壳体强度是否达标。”乐普实业副总经理王秋野介绍，乐普实业还通过传感器的快捷反馈，精准保障每批次、每个型号产品性能和质量的一致性。

在朱拜勒2期反渗透海水淡化替换项目中，乐普实业通过数字化设备和混装侧开口技术避免了流量的过剩。通过计算机工具设计的管路排布科学合理，不仅有利于提高生产率，还能减少能源消耗。

乐普实业智能制造的理念从产品延伸到生产设备。乐普实业将自动试压泵从简单的手动打压一停止模式，升级为根据预设压力升压一保压一卸压一数据记录模式。这一改进节省了手动记录压力数据的时间，确保了试压过程的安全性和可靠性，提高了工作效率。

“乐普实业在高端化、智能化、绿色化方向布局膜外壳技术创新项目，研发应用碳纤维、耐特殊介质新材料，实现关键共性技术研究和产业化应用示范。”王秋野说，下一步，乐普实业将推动人工智能、大数据、物联网等信息技术与膜外壳设计制造深度融合，通过研发新的绿色制造工艺及设备加工技术，推进清洁生产，提升资源综合利用水平。

# 国内首艘大型Mark III Flex薄膜式LNG船交付

科技日报(丁天安 郑雷 记者代小佩)记者12月2日从中国船舶集团有限公司旗下中国船舶工业贸易有限公司获悉，我国自主研发的国内首艘大型Mark III Flex薄膜式液化天然气(LNG)船——“阿尔谢丽拉”(AL SHEILILA)在上海举行命名交船仪式。

据介绍，该船是江南造船(集团)有限责任公司(以下简称“江南造船”)顺应国

际最新LNG船设计理念，自主研发设计的第一代17.5万立方米Mark III Flex薄膜式LNG船。它具有主流、可靠、节能环保等特点，综合经济性指标达到国际先进水平。

该船不仅具有更高的抗疲劳性能，还配备江南造船自主研发的智能船舶系统，船舶能效水平高。

该船居住舱室振动指标达到客船

标准，具备优异舒适性。此外，该船围护系统安装质量高，环氧树脂厚度C2/C3值占比大于85%，绝缘板平整度小于0.5毫米，围护系统气密性试验(SBTT)表现也优于国际主流水平。

2022年，中国船舶工业贸易有限公司联合江南造船，与阿布扎比国家石油公司旗下的物流服务公司(ADNOC

L&S)先后签订6艘17.5万立方米LNG船建造合同。这是当时国内首次承接大型Mark III薄膜式LNG船订单，也是我国在大型LNG船领域首个面向国际油气公司的订单，开创了我国船厂在大型LNG船建造领域与国际油气公司直接合作的先河。本次命名交付的是该系列船的首制船，实现了提前2个月交付。

# 太重工程机械公司装上“超级大脑”

◎本报记者 赵向南  
通讯员 王泽龙

确保生产各环节流程运转流畅，生产信息实时更新……山西太重工程机械有限公司(以下简称“太重工程机械公司”)员工谈到公司的应用制造运营平台(以下简称“管理平台”)时，纷纷赞不绝口。

近日，工信部发布2024年中小企业数字化转型典型案例，太重工程机械公司选送的管理平台，从全国1500多个参选案例中脱颖而出。工信部发布该案例时评价道，管理平台具有应用成效显著、示范效应明显的特点，能为中小企业数字化

转型提供指引和参考。

### 信息全链贯通

作为世界范围内规模最大、工序最全的挖掘机制造企业，太重工程机械公司产品覆盖微、小、中、大、超大机型，涵盖燃油、氢能、甲醇、混动等类型。

公司产品众多、工序繁多，如何组织协调生产，确保不出错、效率高?在数字化转型中，我们拥抱人工智能、5G等技术，建设管理平台，打破信息壁垒，进行生产要素的整合与高效联动，开展精细化管理。”太重工程机械公司副总经理贺磊说。

“管理平台集成多项先进技术，是

一座建在云端的‘智慧工厂’。”太重工程机械公司信息化部门主管刘艳冰说，管理平台深度融合人工智能与5G等技术，将太重智能高端工程挖掘机产业园相关的人、机、料、法、环、测等生产要素进行有效整合与高效联动，广泛应用于生产执行、设备保养、质量检验等多个场景。

“这一数字化平台，让太重制造成长为太重‘智’造，破解了工厂各环节流程不畅、信息流通受阻等难题，实现了生产信息全流通与生产进度全透明，为企业精益生产和智能制造提供了有力支撑。”刘艳冰说。

### 人工智能排产

11月18日，新一周的工作准备开始，管理平台根据本月的订单交期、产能负荷、物料准备等情况，更新任务分析、设备检测、上线调整等工作，并将生产计划下发到各工序。

据介绍，人工智能排产功能是管理平台的最大亮点。太重工程机械公司生产管理部计划员朱雅坤介绍，产品需求、人员配比、物流供应等看似是一个个单一环节，实则涉及生产计划与生产过程全生命周期的数据自动化管理。“管理平台就像一个‘超级大脑’，能根据市场需求、产能状况、物料供应、设备状态等多种复杂因素，把生产计划安排得明明白白。比如，管理平台会帮助我们决定今天生产哪个型号的挖掘机、用哪个物料清单和工艺路线、一个班次生产多少台……智能决策让生产变得更有序、效率更高。”

值得一提的是，管理平台还具有自我预防、自我诊治能力。“现在大家常说‘未病’，预防大于治疗。管理平台通过分析设备数据，可以预测设备故障，提前预警、预先维护，大大降低设备‘病倒’的可能性。”公司装备管理部主任王双辉说。

### 平台走上“云端”

订单的增加对管理平台的便捷性、高效性等提出更高要求。为此，太重工程机械公司将管理平台上“云”，极大方便了平台的扩展和维护。

“如何上‘云’?关键是将5G技术贯穿数据传输全流程。目前，我们实现了极低延迟和高可靠性的数据传输，各工位、设备可以实时接收、更新数据，增强生产各环节的互联互通。”王双辉介绍。

平台走上“云端”，使远程工作和多地点访问成为现实。平台可以利用云基础设施存储海量生产数据，并进行深度分析，优化生产流程。王双辉说，职工在任何有网络的地方随时访问平台，进行高效工作协作和信息交流，大大提高了工作效率和团队协作能力，为公司的高效运营提供了有力保障。

“使用管理平台后，公司生产计划准确性提升45%，生产效率提高15%。我们走出了一条生产要素投入少、资源配置效率高、资源环境成本低、经济及社会效益好的新增长路径。”贺磊说，公司将持续推进信息化、数字化、智能化，进一步推进人工智能与生产经营创新协同，实现高质量发展。

## 全球首台千吨级 新能源架桥机研制成功

科技日报(记者吴纯新 通讯员段宏杰)12月2日，记者从中铁高新工业股份有限公司获悉，全球首台千吨级多模式新能源架桥机——“应龙号”日前在珠肇高铁江机段J1ZQ-8标完成首架任务，标志着全球首台千吨级新能源架桥机研制成功。

“应龙号”由中铁高新工业股份有限公司旗下中铁科工集团有限公司研制。这台新设备配置“增程器+动力电池”动力源系统及其控制策略，首次将新能源技术应用在架桥机上，应用后燃油消耗可降低40%。

“这相当于我们为架桥机安装了一颗‘绿色心脏’，推动铁路建设搬提运架全系列特种工程装备智能化、绿色化转型。”中铁科工集团有限公司党委副书记、总经理李方敏介绍。

珠肇高铁桥梁建设与广湛高速铁路相邻，桥墩间距小，存在不同的线路高低差，整个线路工况极其复杂。研发团队在单主梁架桥机基础上实现模块化衍生设计，设置专用单线中支腿，配合超低位转换支撑，同时采用双跨架桥的全新架桥方案，以满足超限宽窄轨施工条件下的高效架设需求。

这种工艺工法上的全新设计，让架桥机像“变形金刚”一样，可在多种模式间自如转换，实现单、双线箱梁架桥的快速转换和高低宽窄的灵活高效切换。

据悉，珠肇高铁是广东省自主投资建设管理的第一条时速350公里高铁，是珠江两岸协同、高质量发展的重要战略性高铁，连接珠海、江门、佛山、肇庆，项目建成后将实现轨道与航空无缝衔接，沿线珠三角主要城市间将实现高铁“1小时通达”。

## 特大型航空货场如何“智”造

◎本报记者 孙越 通讯员 李健 芦文

11月28日，科技日报记者在河南郑州新郑国际机场看到，机场三期北货运区正忙碌着装卸货物。自2020年开工起，北货运区工程就与一个词密不可分——“智慧建造”。

该工程是全国首个“空铁联运”综合性货物集散中心，开创性地推行全新机场建造模式——民航+非民航工程总承包(EPC)模式，即将土建施工及场道施工、目视助航施工等专业施工进行整合。该项目由中建三局集团有限公司(以下简称“中建三局”)作为牵头单位进行统筹和管理，成为全国首个机场领域全专业EPC工程。

时任项目经理宋瑞告诉记者：“这是一种全新建造模式，在建设方面没有完整的经验可以借鉴。在设计上，我们采用集成式国际货站站工艺设计技术，16个功能区、4个集装设备站台区、3个货车站台区等所包含的流程环节均在货站内完成，功能集约，货物流转高效，方便监管。可以说，这是一种‘智慧建造’模式。”

“智慧建造”的一个关键词是“数字化”。中建三局团队应用数字模拟技术，实现1200万立方米土方平衡和100万延米不同类型的市政管网高效施工；运用激光平整技术，实现10万平方米室内重载地坪高精度施工；应用可移动装配式临时围界技术，通过定型化加工制作、轨道快速滑动安拆等措施，确保3600米临时围界高速周转，实现飞行区不停航施工。

“智慧建造”的另一个关键词是“信息化管理”。中建三局中原公司总工程师方园举例说，项目采用模块化立体货架升降式转运车(ETV)存取系统，可以提高货物中转、存储、提取效率；创新应用纤维织物空气分布系统，确保冷链中心制冷均衡，对大面积的多点温度、湿度、二氧化碳含量、空气清洁度、供电电压电流等各项参数情况进行监测记录，保证冷链产品储存、运输环境的安全。

此外，中建三局还联合南京禄口国际机场空港科技有限公司研发基于5G射频频识别的无人自动导向车(AGV)智能规划导航以及基于物联网的货站作业管理、一体化视频监控物流信息等系统，实现对货场物流更加智慧、精准的分析研判，大幅提升货物转运效率。

“我们将成果进行总结，形成《基于EPC模式的特大型智慧航空货场建造及运维关键技术》，可为全国智慧航空货运发展提供可复制、可推广的经验。”方园说。

## 图片新闻

### 湖南：打造智能农机产业链



农机在农业大省湖南发挥了重要作用。自2020年起，湖南早稻生产的机械插秧面积每年以5%的速度递增。2023年，全省水稻耕种收全程机械化率达83.46%，农业科技水平整体位于全国前列。

近年来，湖南发挥本省工程机械国家先进制造业集群优势，大力支持相关企业开展技术攻关及研发创新，不断优化农机在农业社会化服务中的作用，加速推动湖南从传统农业向现代农业的转变。

图为11月29日拍摄的湖南郴州粮油机械有限公司生产车间。  
新华社记者 王婧婧摄



图为山西太重工程机械有限公司挖掘机智慧工厂。

王泽龙摄