

上云记④

【阅读提示】

太阳能电池，我国外贸“新三样”之一。上云，工业企业转型升级、通向未来的必经之路。

生产太阳能电池的光伏企业与上云相遇，能碰撞出什么火花？

唐山海泰新能科技股份有限公司通过设备上云提高了生产效率。同时，企业的信息化、智能化升级还包含了对未来的考量。

海泰新能：探索“黑灯工厂”的“先手棋”

河北日报记者 魏雨

从1天到1秒

3月18日，唐山海泰新能科技股份有限公司（以下简称海泰新能）3号车间，20000平方米的厂房内，3条光伏组件产线保持24小时高效运转。

从切割电池片开始，光伏组件在这里需要经历串焊、层压、组框、质检等15道工序，才能最终加工成型——它是光伏发电的核心部件，负责将太阳能转化成电能。

完成这15道工序，一块光伏组件要走过100多米长的产线，经过18台设备以及25名工人的手。整个生产过程运转流畅，有条不紊。这一切，离不开高度自动化的设备和熟练的工人，更离不开建立在5G基础上的设备云管理平台。

2021年，位于玉田县的唐山海泰新能与中国移动上海产业研究院达成合作，后者通过5G等信息化手段为海泰新能打造智慧工厂。历时5个月，一期工程完成设备上云，海泰新能3号车间的342台设备当年全部纳入云管理平台。

“每台设备都装了一个20厘米见方的信号盒。经过协议转换，设备的生产信息、运行状况等参数通过这个信号盒，被连接到云管理平台。”海泰新能信息化部主任李晓东指着串焊机内部的一个黑色盒子说。

此刻，生产车间外的中控大屏上，所有设备的运行情况一览无余，包括设备的故障情况、温度湿度环境、生产速率等。

上云，让设备运行的情况一目了然。它直观的展示作用，为生产决策提供了依据。

李晓东的手指向大屏右上方的柱形图，图上显示着各个生产工序的节拍。所谓节拍，可以简单理解成生产节奏。如果节拍数过大，意味着当前工序生产节奏慢，出现了产品积压，导致产线运转不畅。

“以前，产线运转不畅时，工作人员要到各个工序拿着秒表掐时间，测量两块光伏组件的平均过站时间，算出节拍数，再将所有设备的数据汇总。”李晓东表示，设备上云后，哪个环节出了问题实时可见，可以马上下达指令，调度生产。

设备上云后，云管理平台这个“智慧大脑”还可以对收集的数据进行计算分析，大大提高了产线的生产效率。

在一台大型层压机旁，李晓东从一张小桌的抽屉里拿出一沓表格，表格密密麻麻，记录的是层压机运行的70多个参数，包括温度、压力值、抽真空值等。

“层压机的参数设置决定了光伏组件的质量。一条生产线三台层压机，原来需要对每台机器的参数进行抄录、计算，得出哪台设备性能最优，再将最优参数配置到其他两台设备。这个过程一般需要一天时间，而将结果反馈回生产线进行参数调优，往往已经是第二天了。”李晓东说，通过云管理平台内置的模型，1秒钟就可以计算出最优参数，实时改进工艺。

光伏组件生产的15道工序中，质检环节对人工依赖大，对工作人员的眼力是个考验。海泰新能与中国移动上海产业研究院合作的二期工程，开发出AI质检功能，尝试以技术手段解决质检问题。

光伏组件完成封装后，顺着传送带来到了质检工序。组件从质检台穿过，质检台下，三台高速摄像头拍下光伏组件的图片，

将其实时传输到质检台上的两块显示器上。

质检员张秀丽花了大约10秒扫描完图像，在一张纸条上写下“7×3，虚焊”。

“一块光伏组件由横向6行、纵向24列，共计144块小电池片组成。这块组件的第3行、第7列的那一块电池片存在虚焊问题，需要人工翻修。”该项目负责人、中国移动上海产业研究院产品经理贾根鹏解释。

张秀丽在扫描图像的同时，质检台上的另一块小显示器用时不到1秒，就自动锁定了第7×3块电池片，用红色的框框圈定出来。“这个自动识别系统，就是AI质检，目前处于试运行阶段。不过，它已经显示了快速、准确的判断能力。未来，AI质检将实现对人工质检的替代。”贾根鹏说。

在海泰新能的工厂，智能化、信息化还体现在很多方面。从2020年开始，公司就已经着手对各个环节进行信息化改造。陆续将仓储管理、项目管理、数据存储、人流、资金流等纳入云上平台。

在李晓东看来，光伏作为新兴行业，选择拥抱智能化、信息化的新技术是与生俱来的本能。“当然，这样的选择还与行业面临的竞争压力密不可分。”

为了“在竞争中上得了牌桌”

海泰新能在上云中的投入带来了生产效率的提升。不过，上云之于目前的海泰新能来说，更像是锦上添花。

一个重要的原因在于，海泰新能的设备已经实现了高度自动化。实际生产中，这些设备的利用率又几乎“拉满”。自然而然，上云为企业带来的直接增益有限。

海泰新能的设备上云和AI质检二期工程，总共投入了350万元。根据测算，二期工程投入使用后，至少两年才能收回成本，这样的回报周期在光伏行业实际上是有点长的。“我们的设备平均三年更新换代，到时候，二期工程的成本可能还没收回来，产线就要重新设计。”海泰新能品质部总监高明说。

看不到明确的回报，企业为何还要投入？

“光伏是一个风口浪尖上的行业，竞争极其激烈，几乎到了‘拼刺刀’的时候。”高明说，现在，每千瓦时光伏组件价格降到1元以内，而且还在下降，企业利润很微薄，“到了以1分钱为单位计算成本、收益的地步”。

高明表示，为了在竞争中取胜，必须把生产效率、成本控制、质量把控做到极致。在此背景下，上云是企业的必由之路。“光伏行业的最终格局还没有确立，对任何一个企业来说还有机会。把握住智能化、信息化升级的机会，才能在竞争中上得了牌桌。”高明说。

时刻保持前瞻意识，这可能是包括海泰新能在内的光伏企业的共同特点。“中国光伏行业诞生的时间虽然不长，但经历了好几次大风大浪，才确立了在世界上的领先地位。海泰新能也曾一度面临危机。能从危机中走出来的企业，普遍考虑问题更长远。”高明说。

在未来生产布局中，海泰新能探索向黑灯工厂方向发展。“黑灯工厂是真正的无人工厂，它需要强大的信息化、智能化作支撑。某种程度上说，今天我们在上云方面的探索，更重要的是在以后的发展铺路。现在先把基础设施建起来，并在建设过程中积累经

验。”李晓东说。

海泰新能在信息化上的投入，为虚拟工厂搭建了雏形，这或许会为不久后的新产线建设提供便利。

“目前，企业在考虑扩建产线。放在以前，如何设计新产线使其效能最优，需要花费不少力气。不过，一期工程设备上云之后，经过不断调整，产线已经达到最优状态，产线配置在管理平台上形成了一套数据模型。根据这套数据模型，就能延伸出虚拟工厂，这就是新生产线的雏形。”李晓东说。

仅就当下看，上云还能给企业带来一些隐形好处，其中最主要是生产变得可控、可预期。

光伏行业对技术人才和熟练工人的争夺非常激烈，企业人员流动很频繁。而一个熟练的技术工人需要至少三个月的培养期，产线频繁换人，会让生产稳定性变得不可控。

“上云减少了生产对人的依赖，规避了员工由于技术不熟练、情绪波动等问题导致的产品质量隐患，让产品的交付保障能力变得更强。”高明表示，这些收益是数据体现不出来的。

上云的隐形好处还包括，不少光伏组件购买者会要求产品信息可追溯。海泰新能搭建的私有云信息存储系统，可以确保产品信息25年内可追溯。“此举可以增加用户对企业的信任感。”高明说。

一个不断进化的“小孩”

质检台上，海泰新能3号车间4号产线质检员张秀丽的面前是两台55寸的显示器。

一台是用来做EL检测，也叫电致发光检测，发现如虚焊、过焊、隐裂、断栅等缺陷。另一台做外观检测，检查电池片的排布、间距，以及组件表面有无异物等。

按照生产节拍，一块光伏组件通过质检工序的时间是24秒。这就意味着，张秀丽要在24秒内，检查完每块显示器的各144块电池片，还要留出几秒钟的时间，标注可能出现的问题。

记者站在张秀丽旁边，看到她不停左右摇头，用力观察。这样的动作，她每个工作日都要重复8个小时以上。张秀丽的兜里随身带着一瓶眼药水，用来缓解眼睛酸涩问题。即便如此，随着精力消耗，到了临下班时间，她也会感到视觉疲劳。随之而来的，是漏检率上升。

“AI质检系统的应用，一方面是提升效率，保证质检的精确度，另一方面，它也是对人的解放。把人从繁重的劳动中解放出来，这是技术进步的重要意义之一。”高明说。

那这套AI质检系统是如何替代人工发挥作用的？

“这套AI质检系统包含了几十种深度学习模型，每个模型对应一种缺陷类型。整套系统纳入千万级的参数，可对任何细小缺陷实现自动、快速识别。”贾根鹏说。

贾根鹏做了一个类比，学习模型好比是一个小孩，参数水平代表了小孩的智力水平。为了让小孩提高智商，增强分辨不同缺陷类型的能力，就要调高参数水平。怎么提高呢？需要不断给它“喂”学习资料，“喂”作业。这个作业，就是海量标注出各类缺陷的光伏组件图片。

海量图片的标注是这项工作的难点。它不单需要将每种常见缺陷的细小差别都标注清楚，而且，还要给定标准，告诉模型哪些缺陷是在质量标准许可范围内，边界在哪里。“给定的标准好比



上图:3月19日,海泰新能生产车间内,品质部总监高明在查看层压机的运行参数。

下图:3月19日,海泰新能的一条光伏产线上,工作人员在检查光伏组件的线盒焊接。
本组图片由河北日报记者魏雨摄

就是作业的答案。”贾根鹏补充道。

海泰新能和中国移动上海产业研究院的工作人员对这套AI质检系统进行了8个月训练，最终使它臻于成熟，变成一个聪明的“小孩”。

经过测试，AI质检的漏检率约为千分之二，相当于一个优秀质检员的水准。“后续，随着‘喂’给它的数据量不断增加，它还会继续进化。”贾根鹏说。

在完成对质检员工作替代的基础上，这个8个月大的“小孩”已经显示出了超越质检员的能力。

张秀丽在检查一块光伏组件时，发现了一块电池片存在隐裂缺陷。这个缺陷立即被AI质检锁定了。AI质检的小显示器上，这块有问题的电池片被红色方框圈定。与此同时，AI质检还用更小的方框圈定了5块电池片上可能存在问题的20多处点。

“这些点位可能存在细微缺陷，不过，这些缺陷在现行产品质量允许的范围内，因此符合出厂标准。”高明表示，这些细小的问题，如果只靠质检员的眼睛恐怕很难发现，但AI质检可以做到。

AI质检发现细微问题的能力，让海泰新能看到了提升产品质量的可能。“未来，依靠AI质检，发现和解决更多产品细节问题，可以把光伏组件的质量提升一个层次。从小处说，这是在塑造企业竞争优势；从大处说，是在引领行业前进。”高明说。

AI质检系统还可以帮助企业改进生产工艺，目前已经开始发挥作用。

登录AI质检后台，能看到一张专门设计的光伏组件缺陷图。工程师们将经过AI质检的数以万计的光伏组件信息收集起来，把缺陷类型和缺陷位置在图上进行标注。

贾根鹏表示，缺陷集中的区域，相关设备的工艺或者参数设置可能有问题。通过AI质检的数据反馈，有助于生产线改善工艺，不断提升产品良品率。

“AI与制造业的结合为企业带来了无限想象力，对企业来说，要保持敏锐性，在这条道路上不断探索。”高明说。

相关

人工智能是推动新一轮科技革命和产业变革的战略性技术，人工智能与制造业深度融合，将有力推动制造业高端化、智能化、绿色化、融合化。

目前在我国，黑灯工厂、灯塔工厂等一批新型工厂涌现，围绕智能语音交互、图像识别、机器学习、大数据计算、数据可视化等新技术，人工智能得到广泛应用。

智能分拣。利用机器学习技术，经过多次训练，机器人就会掌握分拣技巧、次序。通常经过几个小时的学习，机器人就可以达到与熟练工人相当的水平。

设备健康管理。基于对设备运行数据的实时监测，利用特征分析和机器学习技术，一方面可以进行设备的故障预测，另一方面，面对设备突发故障，能够迅速进行诊断，定位故障原因并提供相应的解决方案。

基于视觉的表面缺陷检测。利用机器视觉，快速识别出产品表面微小、复杂的产品缺陷，如产品表面是否有污染物、表面损伤、裂缝等。对检测出的有缺陷的产品，系统还可以自动做可修复判定，并规划修复路径及方法。

基于声纹的产品质量检测与故障判断。利用声纹识别技术实现异响的自动检测，发现不良品，并比对声纹数据库进行故障判断。

智能决策。制造企业在产品质量、运营管理、能耗管理等方面，可以应用机器学习等人工智能技术，结合大数据分析，优化调度方式，提升企业决策能力。

数字孪生。数字孪生是客观事物在虚拟世界的镜像。它集成了人工智能、机器学习和传感器数据，建立了一个可以实时更新、现场感极强的模型，用来支撑物理产品生命周期各项活动的决策。

创成式设计。在进行产品设计时，只需要在系统指引下，设置期望的参数及性能等约束条件，如材料、重量、体积等。人工智能算法就能根据设计者意图生成成百上千种可行性方案。

需求预测。以人工智能技术为基础，可以建立起精准的需求预测模型，实现企业的销量预测、维修备件预测等，为决策者提供参考。

人工智能在制造业中的应用