

探秘阿斯麦光刻机和背后的客服工程师

世界能够变成今天这样，与这份工作密不可分。『我觉得自己有一份史上最酷的工作。但我没有意识到，整个



布林娜·霍尔在一家你可能没听说过的绝顶重要的公司从事着最有价值的工作。这家公司叫阿斯麦(ASML)。她去年进入阿斯麦工作，在此之前对公司一无所知。她也不知道自己作为客户支持工程师究竟要做什么工作——她管自己叫“炫酷的机械师”。霍尔完全没有想到，这份工作会在全球经济中发挥至关重要的作用。当霍尔去芯片制造厂值班时，会先套上无尘服。她走进一个房间，这里的空气极其纯净，比医院手术室的空气还要洁净100倍。但极紫外线光刻机是每一家工厂的瓶颈。如果它发生故障，整个工厂都会陷入瘫痪。因此，阿斯麦会聘用员工在世界各地全天候值班。霍尔便是其中一员。

驾驭天价光刻机

这台全世界都依赖的设备叫“极紫外线光刻机”，她接受过专门培训，知道该如何驾驭这台机器。这台机器可以生产出地球上最先进的芯片。制造这台机器所采用的科学技术听起来就像来自科幻小说——这些突破太过神奇，一度被视为天马行空的臆想。不起眼的硅片由此华丽身为现代生活的引擎。即使在当今，全世界也只有几百台这种极紫外线光刻机，而且价格贵得出奇。霍尔负责维护的这台设备价值1.7亿美元，而最新型号的设备售价约为3.7亿美元。但这些天价机器最引人注目的地方可能是，它们都由同一家公司制造，这家公司便是阿斯麦。阿斯麦就像是把芯片业黏合在一起的胶水。因为这家荷兰公司负责所有的极紫外线光刻系统，这些系统生产出的芯片用于许许多多的设备，比如你的手机、电脑、平板电脑、电视，甚至可能还有你的汽车。这些机器已经变得不可或缺，而它们的正常运转依赖霍尔所做的那些幕后工作。霍尔是一名被派到阿斯麦客户的半导体制造工厂工作的工程师。她的工作地点在美国爱达荷州博伊西的美光科技公司总部。我套上自己的无尘服，跟着她走进芯片制造工厂。我利用这个千载难逢的宝贵机会，从幕后窥视了这台兴许是有史以来最重要的机器。极紫外线光刻机可谓人间奇迹。它们的故事可以追溯到40年前，追溯到诞生在荷兰一个漏雨小棚子里的公司。这家公司名为“先进半导体材料光刻技术公司”——现在仅使用缩写“ASML”。当时，用极紫外光来打印芯片还是一个天马行空的想法。要将其变为现实，所需的时间和金钱远远超出对这项神奇技术抱有憧憬的梦想家的预期。这一过程包括让熔融的锡液滴蒸发，产生地球上无法自然产生的光线。液滴被每秒发生5万次爆破的激光双脉冲击碎。第一个脉冲使液滴变平。第二个脉冲让液滴彻底消失，变成发出极紫外光的离子体。随后，这些光被迄今为止发明的最平滑的反射镜收集起来，反射到硅晶片上，蚀刻出数十亿个微小的晶体管图样。

如何在芯片上置入越来越多晶体管，使芯片速度越来越快，这是事关半导体行业命运的关键问题。答案是：让光的波长越来越短。阿斯麦的首批光刻工具可产生波长为436纳米的光。最新的机器已将波长缩短到13.5纳米。这样一来，它们就能制造出精度比人的头发丝还要细一万倍的芯片。

“阿斯麦的前线部队”

我对极紫外光刻技术了解得越多，越发觉得这项技术非同凡响。我了解到的种种细节中，有两处令我最为难忘。这些异常复杂的机器从实验室步入制造厂，花费了长达几十年的时间。直到最近，人们还不确定该公司在极紫外线光刻领域的大胆下注能否获得回报。2012年，阿斯麦遇到资金短缺问题，向英特尔、三星电子和台积电出售了23%的股权。这意味着，阿斯麦最大的几家客户为该公司的成功投下了真金白银。阿斯麦很快就加快了生产进度，不过仍是龟速。该公司在2010年就交付了第一套极紫外线光刻系统。但直到2020年，该公司才交付第100套系统。去年是繁忙的一年：阿斯麦总共交付42台极紫外线光刻机。目前只有6家公司拥有这些芯片制造设备。但许多其他公司间接依赖阿斯麦，其中包括有史以来价值最高的公司。苹果和英伟达都自己设计芯片，并将生产外包给台积电的芯片厂。这意味着，从建设人工智能数据中心到制造iPhone手机，一切都要依靠阿斯麦的技术。极紫外线光刻机已经变得至关重要。该公司现在有一支由1万多名员工组成的客户支持大军，以保障机器的正常运转。“他们是阿斯麦的前线部队。”该公司首席客户官吉姆·孔门说。阿斯麦的客户希望他们的光刻机日夜不停运转。但正如荷兰记者马克·希因克在讲述该公司发展历程的《专注》一书中所写的那样，干扰不可避免，也无法预测。台积电担心地震。英特尔曾将光刻机出故障的原因归咎于另一种轰隆作响的事物——风向发生变化，带来附近奶牛场产生的甲烷气体。撇开奶牛排气带来的意外不谈，这些机器其实很少发生故障。但极紫外线光刻机是每一家工厂的瓶颈。如果它发生故障，整个工厂都会陷入瘫痪。因此，阿斯麦会聘用员工在世界各地全天候值班。霍尔便是其中一员。

跟机器打交道的任何工作都很有意思

早在霍尔听说阿斯麦之前，就有迹象表明她很适合这份工作。现年29岁的霍尔在美国西雅图长大，是一个痴迷于打出完美绳结的女童子军。她在埃德蒙兹社区学院获得副学士学位，是该校火箭俱乐部的负责人。在华盛顿州立大学，她主修材料科学与工程，并帮助一位写量子力学教科书的教授整理过笔记。她热爱策划露营旅行，虽然她其实并不喜欢露营。业余时间，她会做手工，喜欢缝纫，还喜欢拼复杂的睿思拼图。这一切为她驾驭一台拥有10多万个零件的机器奠定了良好基础。“你总在解决问题。”阿斯麦的另一名工程师说，“怎样才能提高效率？哪些地方可以优化？是否可以作出某种尝试？”阿斯麦的客户支持岗位需要招聘认真、严谨、注重细节的工程师，霍尔拥有适合这份工作的技术头脑和特质。霍尔的一位教授听说一家半导体公司正在招聘，于是霍尔请这位教授转递了一份自己的简历，很快就收到阿斯麦发来的电子邮件，请她去应聘。当面试官问她能否适应在狭小空间内身着无尘服工作时，她顿时产生了兴趣。然后，她发现这份入门级工作要求经常出差。只这一点，便足以让她接受阿斯麦的工作邀请。“我一直想去旅行。”霍尔说，“我连美国西海岸都没怎么去过。”霍尔的第一次长途旅行是去中国台湾。她在那里待了一个月，在阿斯麦的培训中心参加“Fab Ready 1”课程，熟悉极紫外线光刻机的各个部件：扫描仪(带有镜子的部件，这些镜子将光线聚焦到硅晶片上)、光源(产生光线的部件)，还有驱动激光器(带有激光器的部件)。她还了解到，每个部件都有自己的拟人化称谓。在美光科技的芯片工厂，扫描仪被称作“莫妮卡”——出自情景幽默喜剧《老友记》中的角色。“因为一切都必须完美无缺。”霍尔说，“条件必须恰到好处，它才能正常工作。”霍尔回到博伊西接受在职培训时了解了“莫妮卡”的性情。此外，她还参加了为期数月的“Fab Ready 2”课程，以发展专业技能。霍尔当了将近一整年的学徒，才获准独自从事极紫外线光刻

机的维护工作。霍尔不在各大洲跑的时候，就在距离美光科技园区不远的阿斯麦办事处工作。她的工作是12小时轮班制，从早晨6点到晚上6点。

有时候，她会直接去工厂；有时候，她坐在办公桌前，看着多台屏幕上的数字。到这个时候，霍尔开始把注意力转向她打算在“计划内停机”期间执行的一系列操作。“计划内停机”是例行的停机预防性维护，目的在于尽可能降低“计划外停机”的风险。毕竟，比修理机器更令人满意的事情莫过于拥有一台不需要修理的机器。

但她认为，跟机器打交道的任何工作都很有意思，与人打交道反而让她很有压力。“我们的机器很复杂，它有自己的个性，但它仍是一台机器。只要你按对按钮，它就会相应地运转。”霍尔说，“人比我所了解的任何机器都要复杂得多。”

“没有什么比专注于解决问题更好的”

近半个世纪前，博伊西的4个创业者在一家牙医诊所的地下室里创立了美光科技。如今，美光科技正在这里建造一座投资150亿美元的工厂，要将尖端内存制造业务带回美国本土。正在建设的工厂有10个足球场那么大，其地基所需的混凝土量相当于帝国大厦的4倍。美光科技园区的数十台巨型起重机旁边，是该公司已经建成的研发工厂。工厂内有一台重量超过30万磅(约合136吨)的机器，是用3架波音747货机从荷兰运来的。霍尔每过几天就会到芯片厂里看看那台极紫外线光刻机。“没过几天，我就会心痒。”她说，“我总会找个理由进去看看。”于是，我们走了进去。她每次进入无尘室，都会把自己从头到脚捂得严严实实，因为哪怕是一丁点灰尘都可能带来灾难性后果。她还确保自己不用上厕所。“我会有意识地少喝水。我也不喝咖啡。”她说。这里灯光昏黄，又热又吵，让人有种手足无措的感觉。但对她来说并非如此。她在芯片厂里如鱼得水。霍尔讲起如何排除极紫外线光刻机的故障，就像篮球健将斯蒂芬·库里谈论投篮一样兴奋。“当我排除设备故障时，就好像周遭的一切都安静了下来。我只专注于完成这一件事。没有什么比专注于解决问题更好的了。”我们进入工厂底层时，这台机器已经退出了生产状态。我们有两个小时。时间很紧张。她瞥了一眼笔记本电脑，查看了这项服务计划的细节。然后，我们穿过迷宫般的厂房，直到霍尔停下脚步，移开一个柜子的门，钻到机器里面。当她在狭小的空间里摆弄纠缠不清的电缆时，我环顾四周，发现到处都是红色的紧急按钮。还没等我担心会不会撞上，霍尔就钻了出来。

“有一根水管没能正常工作。”她肯定地说。水道堵塞意味着水管无法正常冷却。现在，水管出现了发热问题。当霍尔触摸软管时，能感觉到轻微的变形。这有可能成为一个大问题，即使是这种几乎察觉不到的变形也有可能造成水管破裂，进而导致整台机器瘫痪。水管破裂会激活泄漏传感器，使机器立即停机，相当于按下下一个红色紧急按钮。阿斯麦的工程师其实知道这个电路承受着压力，他们已经制订了一个计划，打算在下次计划内停机时解决这个问题。不过还得等上3周。霍尔向美光科技的一名管理人员说明了情况，他授权她当场进行维修。于是，她找了2个水桶。为避免更换软管时水四处喷溅，霍尔先把水管里的水放干，直到2个桶差不多都接满为止。她小心翼翼地更换了特氟龙软管，装上用于监控的热传感器，然后关上身后的门。现在该让机器继续工作了。“从工程学的角度来看，这有点枯燥。”霍尔说，“但看到我的机器正常运转，为我们的客户生产芯片，我有一种自豪感。”她完全按照自己应该遵循的方式，完成了自己应该做的事情。这里发生的一切，外人永远不会知道。

据《参考消息》



中国制造全球化正当时

全球制造格局正在发生巨大的变化。在全球各地工厂的兴起所引发的供应链碎片化的同时，大量的新兴区域化市场也在兴起。尽管各国贸易保护主义的措施在全球越来越多地蔓延，但对于中国制造而言，这也是一个寻找全球市场的全新机会。如果中国制造能够“抓紧全球化机遇、抓紧中国制造业优势以及抓紧中国的超大规模市场”，中国产品就一定能以更快的速度、更高的质量、更强的品牌走向全球。第一，中国企业要抓紧全球化机遇。中国产品的制造能力已经在过去外资企业主导的全球化进程中，经历了深刻的锤炼。以中国家电产品为例，2003年，我率领TCL、海尔等中国企业代表团参加了在美国拉斯维加斯举办的国际消费类电子产品展览会(CES)。海尔给我留下了深刻的印象。那时，国内主流冰箱产品以单开门为主，海尔则投资了几百万元在展会上大力宣传推广双开门冰箱。这使得海尔双开门冰箱声名大噪，此后海尔品牌也在美国深入人心。

20年后的今天，中国电子消费品市场已经发生了翻天覆地的变化。2022年，中国品牌在全球消费电子市场中贡献了37%的销售额。其中，手机和扫地机器人品牌在海外市场的销量占比均达43%。在全球智能手机市场份额排名前五的手机厂商中，中国企业占据了三席。中国仅用了20余年的时间，便实现了从OEM(原厂委托制造，即“贴牌生产”)到ODM(原厂委托设计)，再到OBM(原始品牌制造)的飞跃。现在可以说是中国电子消费品的品牌全球化最兴旺的时刻。这得益于中国企业抓住了全球化机遇，与全球价值链紧密地缠绕在一起。第二，中国企业要抓紧中国制造业优势。中国拥有最完整、高效的产业链优势：从劳动密集型产品，如玩具、服装等，到技术密集型产品，如电子产品、盾构机、高铁等。中国制造在全产业拥有巨大的优势，没有其他任何一个国家能像中

国这样做到产业链如此完整和高效，而这些产业的底层技术又是相互关联的。中国手机电池的发展，为汽车动力电池提供了基础能力的支撑；而用于手机壳加工的钛合金技术，又为电解槽的壳体提供了新的动力。这些产品都是从中国的土壤中生长的，又开始向全球市场挺进。中国制造已经建立了自己的比较优势，从而可以在全球寻找到更多市场。第三，中国企业要抓紧中国的超大规模市场。一个品牌只有在国内市场站稳脚跟，才能走向全球并取得成功。中国超大规模市场对于中国品牌来说是一个最理想的窗口和最佳“热身场”。与欧美消费者相比，中国消费者对商品性价比、交付的速度以及后续服务等要求更高。如果一个品牌在国内已经打响知名度，那么在海外市场就有更大的机会取得成功。中国企业在利用好国内大市场积极苦练内

功的同时，也要积极进行能力外溢。要用两只眼睛看市场，即“一只眼睛看国内，一只眼睛看国外”，以更加均衡地发展自己的能力。中国企业在做到“三个抓紧”的同时，也要克服中国制造出海的短板。然而这些短板并非政策，也并非人才。在我看来，中国品牌当前的“软肋”是文化。如果缺乏强有力的文化属性，那么中国品牌出海必然缺乏支撑力。现在，越来越多海外品牌，尤其是欧美品牌强调文化属性，特别是在食品、化妆品等领域，它们的共同特点是既重视本国文化，也强调本土文化。这是一种前所未有的转变，比如奢侈品牌巴宝莉在2019年春节专门推出了春节元素的产品。三星集团会长曾告诉我，三星产品在东南亚国家畅销的关键在于品牌背后有偶像剧、韩国等文化支持。这些大大小小成功和失败的经验与教训，会

让我们理解中国企业出海其实是一个系统性的时代命题。中国企业出海，本质也是一个全球化的过程、一个形成全球思维的过程。这个主角也并不都是企业，中国各级政府、各领域专家甚至大学生也都可以积极拥抱中国“走出去”的全球化浪潮。当全球许多国家，如墨西哥、爱尔兰、匈牙利、尼日利亚等都在中国积极招商引资的时候，我们的视角也要发生变化。各级政府、政策研究者也要多走出去，看一看全球正在发生的景象。当中国企业2023年在匈牙利的投资已经占近60%的时候，我们的专家、学者也要去当地看清楚它背后的逻辑。在全球地缘政治形成的不确定性越来越高的时候，中国企业更需要在海洋中练就搏击惊涛骇浪的能力。中国制造要实现高质量发展，在客场积极拥抱全球化，现在正是时候。原文为中国国际经济交流中心副理事长、商务部原副部长魏建国为《大出海：中国制造全球出征的关口和突破》(林雪萍 著 中信出版社)一书写的推荐序。