

# 智能制造与超低温技术产品开发融合初探

李 军<sup>1\*</sup> 赵林华<sup>2</sup>

1. 佳伟建设集团有限公司, 安徽 230000

2. 中国电科集团公司16研究所直属公司, 安徽 230000

**摘 要:** 智能制造 (Smart Manufacturing) 融合了人工智能、计算机自动控制技术以及先进制造技术, 对制造业价值链优化创新有重要意义, 也是未来工业制造的主要发展方向之一。智能制造在发展过程中不断进行进行各种融合, 目前已经进入深度融合阶段。此文结合我们承担完成的国防工程配套超低温项目, 谈谈超低温技术产品开发融合智能制造的情况, 与大家探讨商榷。

**关键词:** 智能制造; 信息化; 超低温技术

## 一、超低温技术概念

超低温技术就是采用适当的方法和系统装置, 获得低于120K环境的一种技术。目前在工业生产或科研领域, 经常需要基于超低温液化气体进行制冷, 把需要冷却的材料、工件或仪器浸泡到77K (-196℃) 液氮温区或4.2K (-269℃) 液氦温区冷却, 以获得正常的工作环境和满意的性能指标<sup>[1]</sup>, (如图1温度划分与技术对应表所示), 例如医院的大型超导磁共振诊断仪中的超导磁体必须预冷到液氮温度才能正常工作; 某些精密加工件需要浸泡液氮进行温度冲击, 以保证工件材料晶相组织的稳定性和抗超低温性能; 空间探测和国防装备所用的红外探测器、夜视仪也需要在超低温条件下正常工作, 只不过它需要的冷量小、瞬时, 采用超低温制冷机冷头的热传导冷却需要被冷却的部件, 以达到工作响应温度要求。下图2为超低温技术获诺贝尔奖情况。

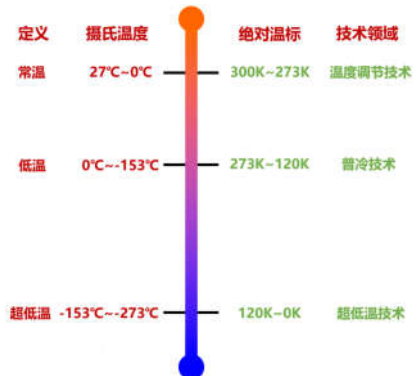


图1 温度划分与技术对应表

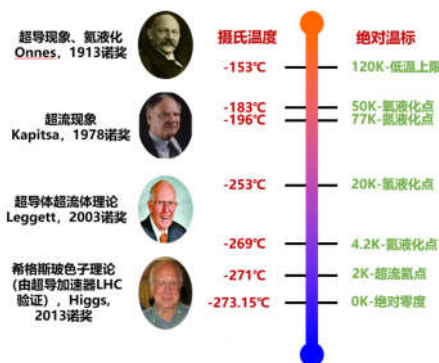


图2 超低温技术获诺贝尔奖情况

## 二、智能制造的理解

智能制造属于一种融合了各种技术的制造技术, 主要如人工智能和自动控制技术等, 目前在工业自动化领域, 这种技术开始受到广泛关注<sup>[2]</sup>。

智能制造技术可以是一个五层的金字塔构造 (如下图3所示)。如底层是企业原有的产品、服务、管理。在此基础上, 企业融合智能化技术, 产生智能产品与服务, 在产业升级和改造方面有重要的意义。第三层为智能装备, 智能产线和设备, 这也引发生产模式的改变。第四层为智能管理、物流与供应链。而智能决策处于最顶层, 和控制决策存在密切关系。

智能制造涉及到的要素很多, 如传感设备、云计算、物联网、机器人、增材制造等, 在运行过程中还必须有大数据技术、增强现实等智能技术支撑<sup>[3]</sup>。

\*通讯作者: 李军, 1975年10月, 男, 汉族, 山东临朐人, 佳伟建设集团有限公司项目经理, 高级工程师, 本科。研究方向: 智能技术与信息系统集成。

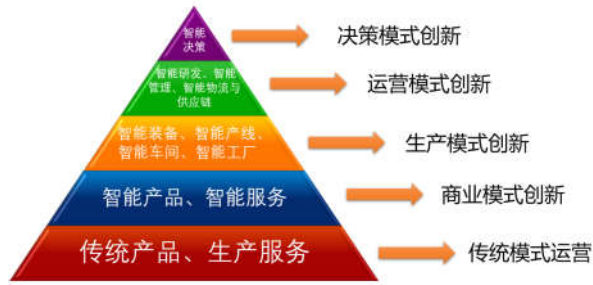


图3 智能制造“金字塔”构造

### 三、智能制造技术在超低温制冷产品研制中的应用与探讨

#### (一) 产品智能化提升（超低温接收机和神光Ⅲ图片）

配套国家“嫦娥奔月”工程的超低温接收机（见图4）从原材料采购，零部件加工、处理，整机装调、试验，检测、现场安装进行信息化、数字化管理，有效提高了产品质量。承担完成的中国工程物理研究院“神光Ⅲ”（图5）超低温冷冻靶项目采用哈尔滨工业大学六自由度机器人配套，控制系统增加智能调控软件、人机交互界面，从而产品获得用户好评、军委表彰<sup>[4]</sup>。



图4 嫦娥奔月工程配套超低温接收机

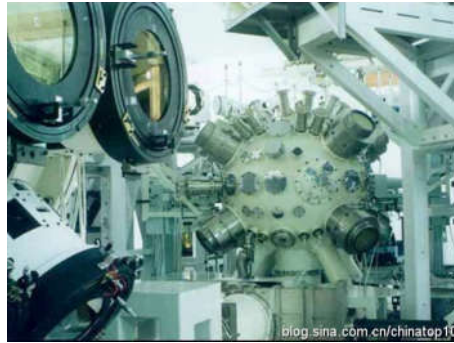


图5 神光Ⅲ装置

#### (二) 服务智能化体现

智能服务（如图6所示）主要是通过传感器采集产品的实时信息，然后进行一定预防性干预，对存在缺陷的零部件进行及时的更换，更好的满足客户服务要求。在运行中对产品和设备的大数据进行采集，据此进行高效科学的决策。开发面向客户的APP，针对产品进行定向性的服务，以便满足客户的特异性要求。



图6 智能产品

超低温制冷产品中我们布置有多种传感监测器（大型超低温制冷机如下图7所示），以便及时掌控系统内温度、压力、流量、制冷量、变化情况和设备运行状态，借助网络通讯可以远程指导用户进行设备维修保养，通过物联网及时了解每台设备的工作环境及状况，为用户提供智能化服务<sup>[5]</sup>。



图7 大型超低温制冷机（千瓦级）

（三）加工和工艺装备的智能化

超低温制冷设备（图8为4.5K超低温制冷系统）是涉及热力学、传绝热、电磁学、真空技术、控制技术于一体的精密机械设备，通过采购先进的智能化加工和工艺装备或对原有的装备进行智能化改造（图9为智能装备），可以大大提高产品质量，降低生产成本<sup>[6]</sup>。



图8 4.5K超低温制冷系统



图9 智能装备

智能化的焊接机器人（如图10所示）不需要回避人的活动，取料的时候，所有零件是随机摆放的，它具有了机器识别功能，可以准确的拿到焊接所需要的零件，根据要求调整功率、速度、焊料量进行最佳工作<sup>[7]</sup>（如图11增材制造与传统制造融合所示）。



图10 双臂焊接机器人

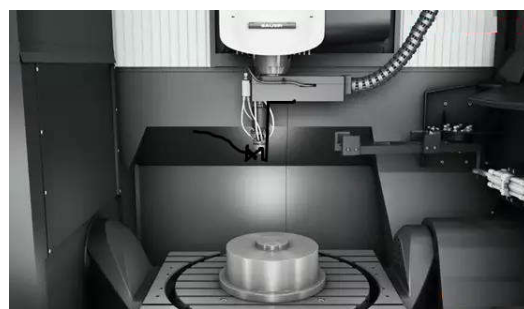


图11 增材制造与传统制造融合

（四）智能生产线

智能生产线上（如图12智能生产线案例所示），在生产和装配期间，通过传感器采集数据，进行一定的传输和处理后，通过显示器对相关状态信息进行显示。利用不同类型的传感器和机器视觉实现质量监控目的，将一些残次品自动剔除。统计分析采集的数据，同时确定出相关质量问题产生原因，同时也可满足类似产品的混线生产相关要求，为工艺调整提供支持。对小批量生产也有较高的支持性；在实际应用过程中相关设备出现故障情况下，可利用备用设备进行生产，而避免出现中断问题；人工操作的工位也可方便的进行智能协助。



图12 智能生产线案例

目前，由于中、大型超低温制冷装备主要为国防、科研等前沿技术研究提供配套，不涉及批量、大规模生产，故智能化生产线建设和运营经验缺乏，有待学习加强<sup>[8]</sup>。

(五) 智能车间

智能车间（如图13所示），能够实现全局的生产管控，知道该生产什么，了解设备状态，能够进行生产统计、作业指导、质量管控，具有生产防错系统，能够实现物料的准时配送以及产品的及时发运。



图13 智能车间

智能车间里除了有基本的技术之外，还有一些新的技术。比如海尔现在有一个虚实融合技术，把数字化的三维空间和生产实际数据做了一个集成，虚实融合系统显示的数据都是设备当前持续作业的工单，如果出现故障看见的是它真正的状态。以前我们做虚拟仿真，现在把真实产品上的传感器采集的数据，传到数字化的样机做仿真分析，这个就比原来更真了，因为数据都是来自于真实的工况，这里包括一些车间数据的统计以及物流数据。

(六) 智能工厂

一个工厂有多个车间，一个车间有多条生产线。虽然有这么多企业遍布全球，但是对外来讲一个企业可以是一个车间、一个工厂；这个智能工厂（如图14）可以统一接单，统一调度。这个时候MES不仅仅是车间的系统，还是一个企业级的制造工厂。在这个工厂里还有一些新的管理，比如说智能刀具管理等，同时还可以利用一些AGV立体仓库。西门子的全球工厂，有一个24米高的自动化立体仓库，能够做到高速和精准定位。还有数字化的质量检测，比如一个卡尺，卡一下数据就录入进去了，不再需要手工录入。



图14 智能工厂

还有整体计划制定，我们倡导企业需要建立一个生产控制中心，未来我们还应该建立生产智慧中心。

(七) 智能设计研发



图15 智能设计研发

智能设计研发方面，进行可制造性分析（图16），我们采用三维仿真设计，能够做到“纸上谈兵”与实际研发工作的巧妙对应。使用大数据、云计算、智能制造分析软件开展工艺优化设计，倡导工艺数字化。



图16 可制造性分析

(八) 智能管理

智能制造首先需要企业的信息化，传统企业各个部门各自分管一部分分散的数据，智能制造要求把所有的数据都放在在一个数据库里。

核心运营系统包括ERP、HCM、CRM、SRM、SCM、MDM、EAM、企业门户等。实现智能管理的基础是核心系统无缝集成。

通过智能管理使决策层更好的掌控全局，科学决策，高效解决企业运营与发展中出现的问题，从容应对市场。

(九) 智能制造物流与供应链建设

一般中、小企业建议利用社会优良物流与供应商进行合作；大型集团企业才建立智能制造物流与供应链系统。为了物流的方便以及供应链的完整，通过EDI进行供应链协同，让制造商的供应链协作信息化、自动化（如图17）。

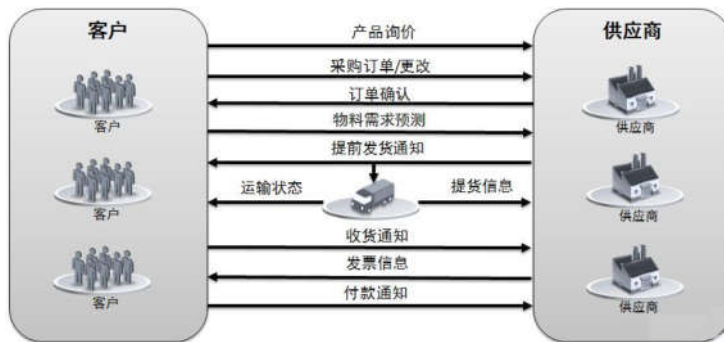


图17 通过EDI进行供应链协同

(十) 智能决策

业务智能、业务分析与企业绩效管理要有机结合，这点非常重要。智能决策，首先依托于结构化数据，其次便是来自于生产的大数据，现场与质量、产品运用相关的大数据（图18）。依靠这些数据才能进行业务智能、业务分析，业务智能、业务分析与企业绩效管理有机结合才能助推企业智能决策，科学合理发展。

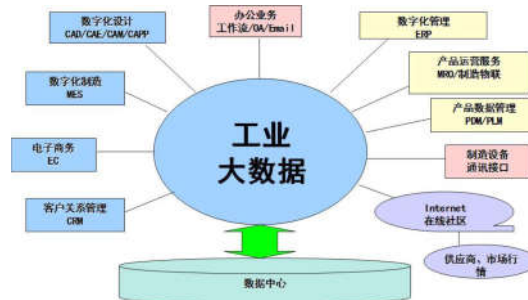


图18 工业大数据

四、超低温制冷产品研制智能化融合建议

超低温制冷设备在生产制造过程中，无论是单纯的人工作业还是半人工作业，均存在人为操作失误的情况。目前企业缺乏有效地监管措施来保证装配过程中关键且影响产品性能的零配件的正确性，只能在装配、工艺性能检测、电性能检测完成后进行制冷性能检测时才能发现，若有装错的情况，必须重新拆散零件再拿回生产线装配，造成了大量的人力、物力的浪费，而且耽误时间，影响产品订单的交期；此外，在超低温制冷设备的整个试验过程中，对产品的性能的判断往往需要人为的干预，虽然判断产品合格与否的条件由检测工程师给出，但生产人员和检验人员往往因为疏忽或是无法整个试验时间段内分秒不差紧盯着每一台产品，对产品试验途中发生的问题无法100%发现。为此超低温制冷产品研制进行智能化融合十分必要，建议如下：

(一) 生产条件智能化改进措施

1. 在超低温制冷设备中适当增加传感器数量，实现数据精准化；在控制器上，对应增加温度、湿度、压力、功耗等监控调节功能。
2. 在超低温制冷设备的主控制电路上，设置电流传感器、电压传感器，用于采集制冷设备主控电路中的运行参数。
3. 在主控制器上设置网络通信模块。
4. 设置一个Web服务器。
5. 在产品上安装一条形码，每台产品的条形码都是唯一的。
6. 在公司所有关键零部件进货入库时安装各自的条形码。
7. 在生产现场设置条码扫描器及显示屏。
8. 在生产现场有无线WiFi网络。
9. 在仓库现场设置条码扫描器。
10. 在仓库现场有无线WiFi网络。

(二) 智能化装配

1. 当接到超低温制冷产品订单时，设计人员要将客户对产品提出的要求以及前期样机试验情况转换成与此订单产品对应的关键零部件清单、标准工艺参数、标准电性能参数以及标准制冷性能参数等，并将这些内容存储到Web服务器中。
2. 在产品生产过程中，在机架上贴含有此产品相关信息的条形码。
3. 生产装配人员按正常程序装配产品，当产品装配完毕，在进行抽真空工序前，由操作人员用条码扫描器先扫描机架上的产品条形码。然后对扫描获取的信息传输到Web服务器，后者则将相关型号产品的产品型号、关键零部件清单自动调出并发送到本条形码产品的主控制器中。接着对此产品对应关键零部件上的条码进行扫描。关键零部件的条码扫描结束后会将扫描到的关键零部件信息发送到本主控制控制器中，主控制器会将实际装配的关键零部件信息与服务器调入的标准清单进行比对。比对结果会显示在显示屏上，同时将相关信息发送到服务器。进行对比分析如果发现符合则表明装配过程正确，可以流入下道工序。如果不一致则会显示哪些地方有出入，由操作人员进行返工。返工后再一次进行扫描比对，直到完全一致才流入下道工序，智能装配过程结束；服务器会将接收到的装配结果及过程（含

不合格的过程)存储并标记。

### (三) 智能工艺参数检测

1. 智能装配过程结束后,超低温制冷设备产品一般会进行保压检漏、抽真空、加注制冷剂相关操作。在此类操作前,接着对产品条形码进行扫描,产品条形码通过WiFi发送到Web服务器,服务器则将对对应型号产品的标准工艺参数自动从服务器调出发送至本主控制器中。

2. 智能装配过程结束后,在对制冷设备产品进行保压、抽真空、加注制冷剂的操作等工艺过程的操作时,真空度检测装置、保压性能检测装置、制冷剂加注机等会检测到制冷设备产品的真空度、保压参数、制冷剂加注量等参数,并将检测到的数据发送到本主控制器中。主控制器会将其与服务器调入的标准工艺参数进行比对,比对结果会显示在生产现场的显示屏上并上传至服务器。如果比对符合要求则可以流入下道工序,相反情况下则对存在偏差的参数进行显示,然后根据设定的程序进行返工处理,返工后接着对比工艺参数,一直到满足要求后进行下一步操作,智能检测完毕;接收的工艺参数及过程相关信息根据一定格式进行保存。

### (四) 智能电性能参数检测

1. 智能工艺参数检测过程结束后,超低温制冷设备产品一般会进行耐压、绝缘电阻、泄漏电流、接地电阻、功率等电性能参数的检测,在进行这些电性能参数检测的操作前,接着对产品条形码进行扫描,将采集的信息通过WiFi传输到服务器,服务器则将对对应型号产品的电性能参数自动从服务器调出发送至本主控制器中。

2. 智能工艺参数检测过程结束后,在对制冷设备产品进行耐压、绝缘电阻、泄漏电流、接地电阻等电性能参数的检测操作时,综合电性能检测装置会检测到制冷设备产品的耐压、绝缘电阻、泄漏电流、接地电阻等参数,并将检测到的数据发送到本主控制器中,主控制器会将其与服务器调入的标准电性能参数进行比对,比对结果会显示在生产现场的显示屏上并上传至服务器,如果比对符合要求则可以流入下道工序,相反情况下则对存在偏差的参数进行显示,然后根据设定的程序进行返工处理,返工后接着对比工艺参数,一直到满足要求后进行下一步操作,智能检测完毕;接收的工艺参数及过程相关信息根据一定格式进行保存。

### (五) 智能运行监控与服务

借助物联网、5G网络技术,对产品运输、运行情况进行监控,站在用户角度为用户着想,及时解决过程中有可能出现的问题,提供优良贴心的服务。

## 五、结束语

智能制造技术是伴随信息技术的不断普及而逐步发展起来的,智能制造综合应用了机器控制、知识工程相关的技术,针对生产过程和工艺进行建模,以便在无人操作情况下也可正常的生产。

近年来,智能制造开始进入迅速发展阶段,很多先进的智能机器人也被引入其中,这些机器人可进行自主决策控制,有一定学习和判断能力。智能化技术与产品已深入到我们工作生活的方方面面,使用智能化技术改造传统产业已是大势所趋,让我们紧跟国家5G、6G前进步伐,借助智能制造技术实现经济转型和再次腾飞。

### 参考文献:

- [1]龙锦中.多种智能制造系统融合和应用研究[J].现代制造技术与装备,2019,(4):210-211.
- [2]谭建荣.智能制造是智能技术与制造技术的融合[R].2018中国制造论坛,2018,(1).
- [3]何汉斌.智能制造装备的发展现状与趋势[J].科学技术创新,2018,(31):150-151.
- [4]彭琨.浅析智能制造在装备制造业中的应用[J].内燃机与配件,2019,(19):223-224.
- [5]高煜.我国经济高质量发展中人工智能与制造业深度融合的智能化模式选择[J].西北大学学报(哲学社会科学版),2019,(5):28-35.
- [6]李少波,陈永前.大数据环境下制造业关键技术分析[J].电子技术应用,2017,(2):18-21,25.
- [7]冯瑞琳.基于人工智能与制造业的深度融合发展分析[J].现代商贸工业,2019,(24):193-194.
- [8]杨家荣.人工智能与制造业融合的现状与思考[J].上海电气技术,2019,(2):1-5,15.