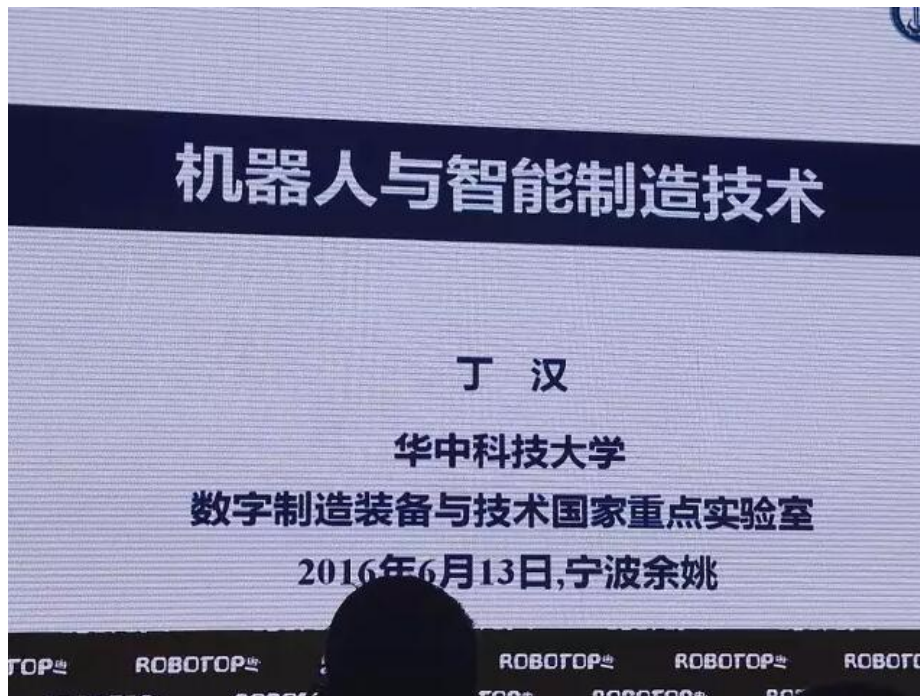


# 丁汉院士：机器人与智能制造技术

（“离开了产品创新，单独谈智能制造，这纯粹就是炒概念，必须要是为了这个产品创新，智能制造怎么样使它缩短，使创新更加方便。”

“中国制造 2025 核心就是以智能制造为主攻方向。我觉得实现什么化不重要，最重要是把产品质量搞上去，效率搞上去，怎么赢得市场。在市场上站稳脚跟，这是更重要的。”“所以制造行业，永恒的主题还是高品质。”“设计是灵魂，设计带动我们的发展。”）

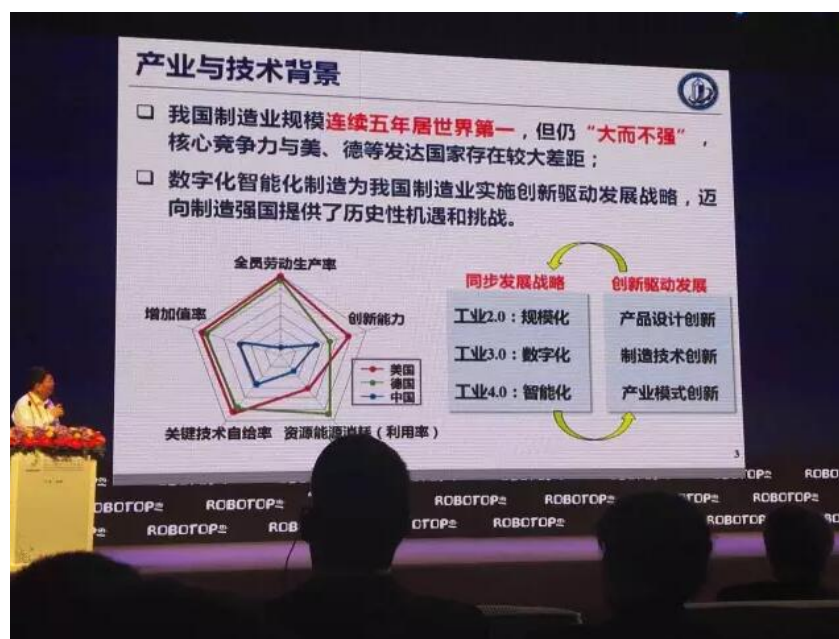
分享中国科学院院士，华中科技大学数字制造装备与技术国家重点实验室主任丁汉教授在第三届中国机器人峰会暨全球海归千人宁波峰会上的主题报告《机器人与智能制造技术》，根据语音整理，全文如下：



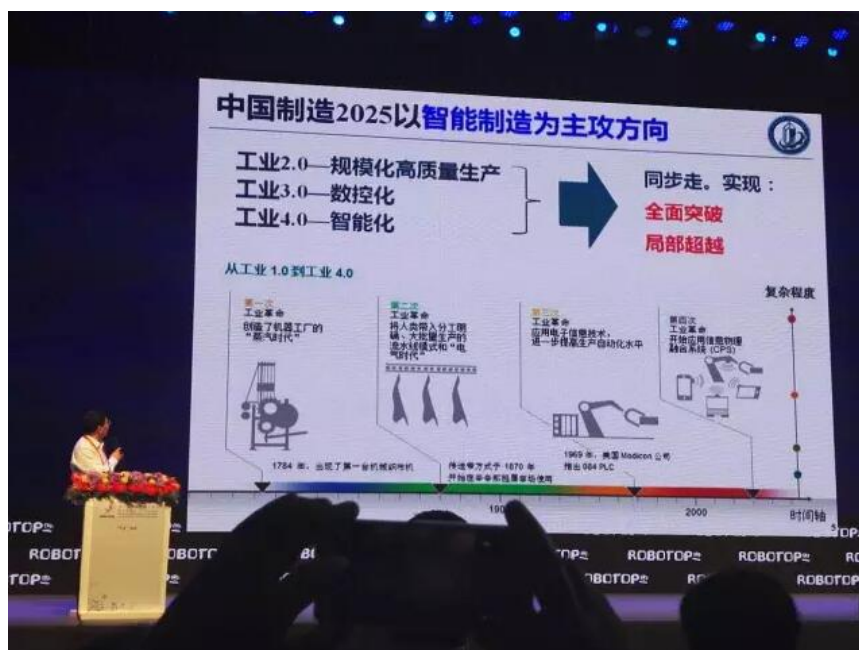
尊敬各位来宾，各位专家，大家上午好。今天非常荣幸有这个机会来参加第三届机器人峰会，也有机会把我在智能制造方面一些体会跟大

家分享一下。我报告主要分三方面进行，首先讲一下智能制造技术，第二个讨论一下机器人技术的发展思考，第三个介绍一下近期的工作。

大家知道我们国家的制造业的现状应该来讲体量是很大的，主要的不足可能在于一些核心技术，以及创新能力和国际上的差距比较大。我们整个国家的制造业发展的现状，应该是参差不齐的。可能在同一个表现规模化、数字化，智能化的并行状态，有些企业的产业的水平比较高一点，可能已经达到了一些数字化和智能化。但是有些企业还处再一个水平比较低端，人工作业的阶段。在这个过程中我们怎么样能够创新驱动发展，我觉得一方面要解决好产品创新的问题。因为产品创新是引领，制造，包括机器人技术是给一个保障。所以产品创新应该是一个行业的龙头，一个产品可以带动一个行业，产品模式创新也是很重要的。所以我们今天讲智能制造技术应该更加大方面的概念，但是我们国家目前来讲跟国际上相比，可能主要在这个整个的创新能力和我们的关键技术的方面，我们跟国际上发达国家所谓制造强国有一个比较大的距离。



我们国家的制造业应该经历了这四个阶段，从最早的起步阶段到成长阶段，已经到崛起阶段。那么到今天这样的阶段是非常关键的阶段，就是转型阶段。那么这个阶段，我觉得挑战性更加大。面临的问题更加的多。我们经历了从无到有，从小到大，但是如何解决从大到强，这个使命非常艰巨的，并且花的时间也会比较漫长。需要的心态更加需要平和一点。那我们国家在这个方面，实际上高度重视，中科院，包括国家发改委、财政部、工信部出台了相关的智能制造的专项。国务院去年发布中国制造 2025 计划，把中国制造提到国家战略高度，所以制造业转型升级和制造强国是我国将来实现必然的选择。那么，这个中国制造 2025 核心就是以智能制造为主攻方向。



大家知道我们从工业，现在提得比较多是工业 4.0，实际上来讲，最早我们工业是从蒸汽机，解决大批量的生产，慢慢随着数控机床和机器人的出现，进行了数控化，叫做数字化时代。那么，所谓的智能化，我觉得更加漫长一点，像智能化更加跟传感技术、信息技术、人工智能

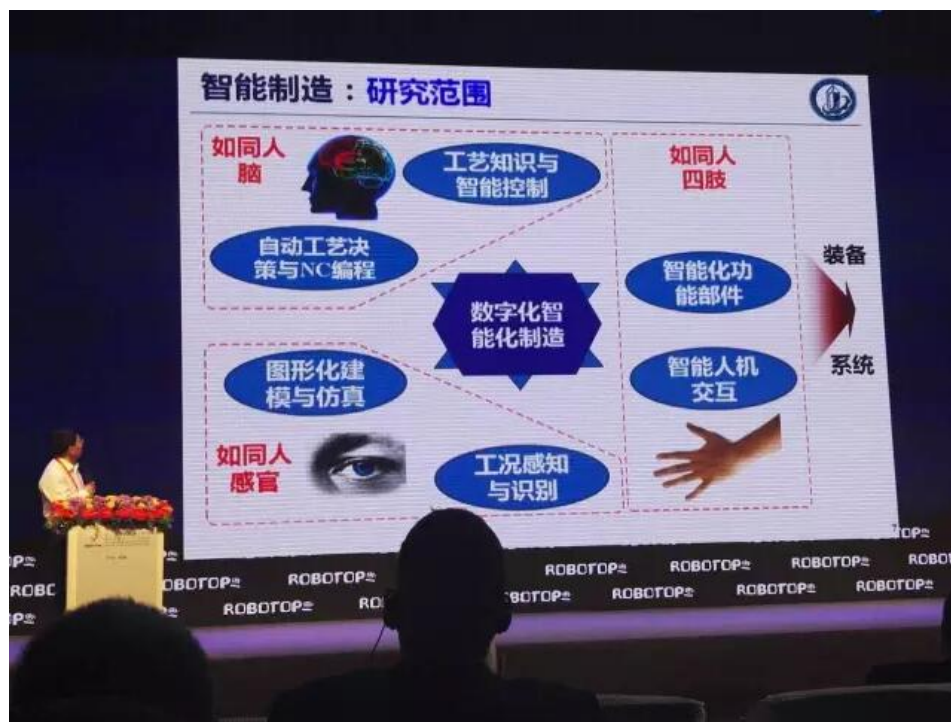
技术，包括大数据技术密切相关的，所以智能化技术面临的挑战更多一点，这里面确实牵涉到局部突破的问题，每个企业特点不一样，不是一定要实现智能化。我觉得实现什么化不重要，最重要把产品质量高上去，效率搞上去，怎么赢得市场。在市场上站稳脚跟，这是更重要的，但是有些企业行业的变化特点，周期变化非常快。必须要驱动，所以有些企业，做导轨的，我最近刚刚到瑞典去了，那个东西变化不快，导轨要做好。一个导轨可能我们最近买的都是好几百万，但是它的东西不要搞那么大的智能化、数字化。可能需要工匠精神更加大一点。但是确实有一些行业变化非常大，没有一个很好数字化，信息化手段响应不了市场，反映速度慢就失去了市场。



这个智能制造的概念很大。我觉得概念不大，但是内涵很重要，无非这个过程中如何把人的知识，能够积累，能够推理，并且在这个过程中工艺知识不断积累，同时在这个过程中装备，有它自己进化能力，最后的目的我觉得还是实现高品质的制造，所以制造的行业，我永恒的



主题还是高品质，高效的制造是永恒的核心，不管叫什么名字，这个是永恒的。这里面大家通过现在的信息化的手段，能够使得它这个装备的性能，有一个适应能力，同时使它工艺知识不断的积累，制造业很重要一个特点就是长期的积累，工艺知识的积累很重要。而不是说买了几个机器人回来买了几个装备就是智能化了。那个可能差得比较远。最近我们做机器人的一个实验，现在最难做的，最困惑是工艺的磨抛，这里需要一个长期的积累，但是智能制造里面可能有几个核心的部分，一个就是我们讲的数字制造，一个就是载体，机器人。但这里面贯穿整个过程的还是一些人工智能的技术。



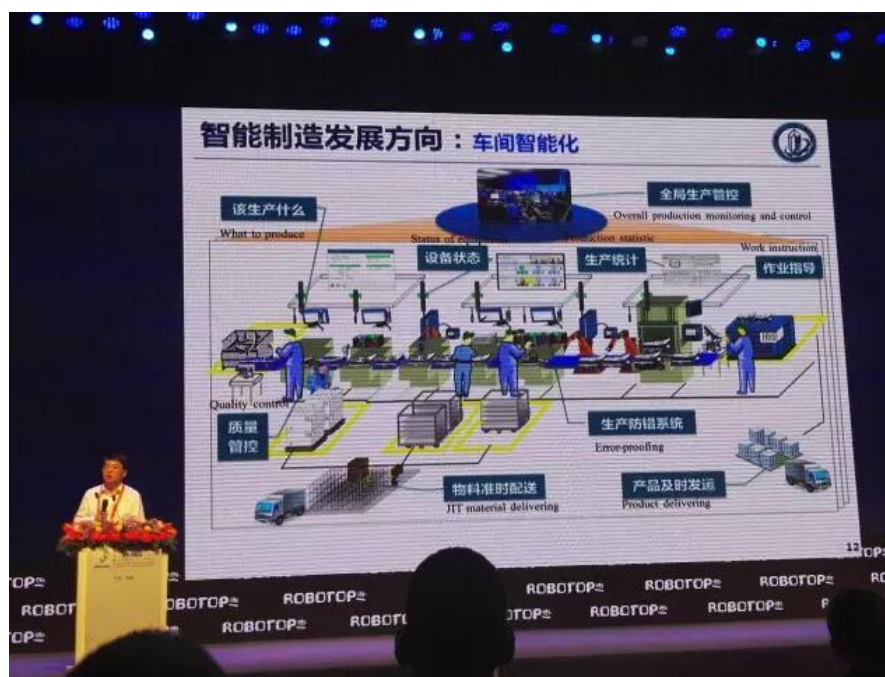
这里面简单讲了一下智能的发展，牵涉到一些系统、软件，包括一些传感器，这里面涉及到的问题还是比较多一些。有很多跟制造业相关的技术。

智能制造的发展应该是有积累的，我觉得智能制造最早应该得益于数字化，这是一个基础。就是 KAPP、RE、RP 技术，虽然离开数字和谈智能化是空话。



随着这个互联网的出现，资源可以动态的存储，这里面慢慢的通过一些方法，就能够实现智能化。智能化体现，它的过程可能在产品设计里面更加重要。我们谭院士谈了产品里面的智能化。因为设计是灵魂，设计带动我们的发展。这个里面有智能设计和制造过程，制造过程就是对状态进行感知，分析、决策，最后到执行。所以讲智能制造也不是一蹴而就的，也是分这样几个阶段，从我们最早的开幕技术到互联网资源共享，到人工智能和手段的出现，慢慢走向智能化，所以智能制造是一个长远的坚持不懈的追求目标。而不是仅是一个概念的阶段。但是智能制造有几个核心特征，我觉得最主要的就是通过数字化、智能化手段可以把客户的需求，到产品的开发，产品的生产，产品的服务可以串成一个整线，这是最主要的，另外一个很重要的第二条线，就是在内部一条

线，在设计、生产、物流到营销两条线，所以智能制造要实现这两个线的集成，一个是客户到产品服务的这个线贯穿。

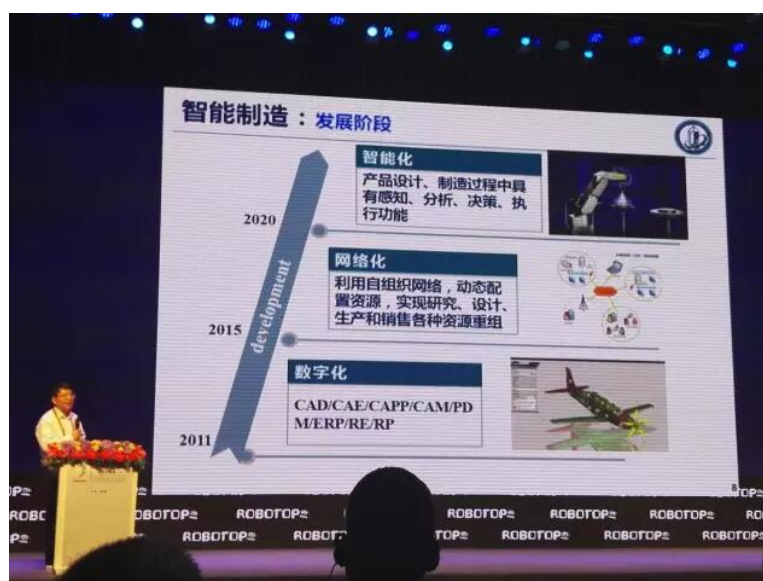


第二个在这个过程中，从设计到生产，到物流，整个过程是一个很大的范畴，我们每位老师，每个企业只能做其中一部分。这是我个人对智能制造的一个特征的理解。我认为有两条主线一个就是客户需求到产品服务，一个定单设计开始，围绕这个设计，怎么样组织生产，怎么样组织物流，怎么样组织营销，这两条主线做得比较好的话确实能够带动技术的进步。提高企业竞争力，为企业带来实在的实惠，帮助转型升级。这里面最为核心是产品的智能化更加核心，大家知道智能的产品，带来了很大的一个变化，就是最近提到了深圳大江做无人机，几年前我看几个小伙子捣鼓，能够到现在六七十个亿，我们国家很多中低端产品还是在过剩，但是供不应求在一些中高端，所以设计的改变一点，可能带来一场非常大变化。所以我个人认为智能制造很重要的特点就是产品的智能化。因为人们对产品的要求不断的提高，当你这个产品增加一些智能

以后，你的竞争力就大大提升。所以在产品创新是很重要的。所以离开了产品创新，单独谈智能制造，这是纯粹就是炒概念的，必须要是为了这个产品创新，我智能制造怎么样创新的过程，使它缩短，使创新更加方便。那么这个产品的创新这里面有很多了。可以根据企业不同的情况，怎么样把这个，有的产品创新，就是我设备加几个传感器，可以把整个过程个性化的定制，那这也是。你有这个功能，人家没有，你的产品可能就比较好卖。还有我加一些传感器，可能有一些算法，有一定的自主性，可以跟人交互，有些机器跟人之间可以沟通我觉得产品创新表现得非常多。这可能是各个其在市场慢慢摸索，怎么样找到一个比较正确，有市场的产品创新的道路。那么，当然比较难的是我们高校做得比较多的是装备的智能化。因为装备加工过程当中有很多状态，有大量的积累，所以是比较是长时期的，为什么国外很多企业不大，但是装备做得好，他们几十年，数百年就做这个，就像这次任正非他也强调，我多少年来，就做一个事实。所以装备的智能也是这个问题，把装备做得很好，在中国装备在高端市场有市场，就是做到极值，每个方面，每个细节到最好。这大量的市场。不是我们今天开完大会把智能装备搞出来的，绝对不可能的。这里面需要大量的融合，大量的实验，大量的能够排除干扰，把这个装备实验慢慢做实。装备的智能化，还是应该来讲非常艰苦漫长的道路。现在做得比较多是车间的智能化，得很好了，很多数字化车间，很多企业做得非常好。包括我最近去美的看了一下，美的买库卡机器人，就发现它行业的变化，对数字化车间需求非常大。所谓数字化车间就是每个状态信息采集，实时知道这个车间按照这个需求，这个信息看版，

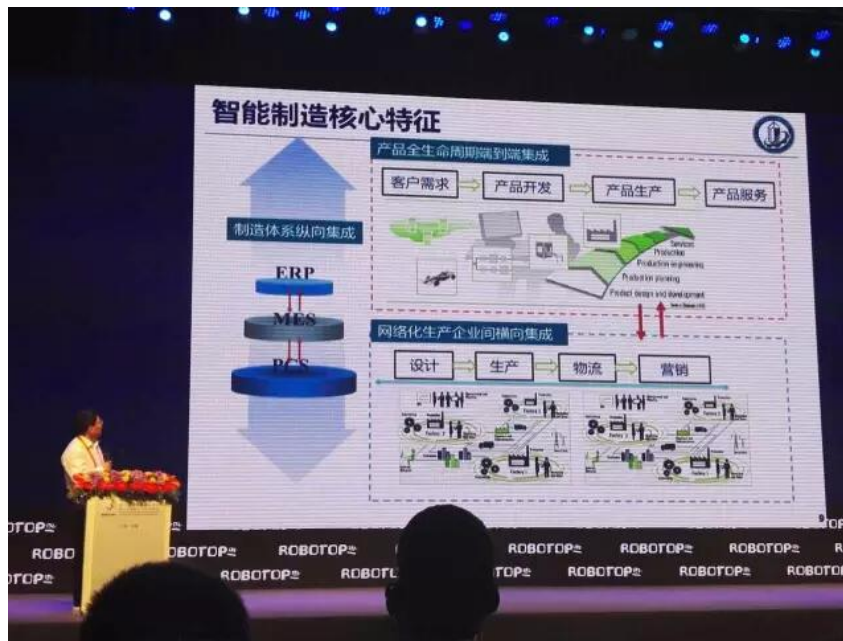


这个应该应该讲还是容易一点。这块还是一个工作量的问题。这是车间智能化。但是更大一点就是工厂的智能化。这块应该也做得到。越大反而好做，越小反而比较难。就是我们加工一个复杂零件，把这一点搞成光滑可能十年都不可以，数字化车间可能两年就做出来的，这里面有很大的变化，所以制造，有时候很小一个事要花很长时间把它做下来。



智能制造最核心有这几个技术，一个就是数字制造技术，数字化就是制造要有模型，还有能够方针，这里面有很多的方面，这里面包括了产品的设计，创新设计，以及数控技术，还有产品管理，企业协同技术，这里面方方面面的涉及到的问题非常多的。牵扯到很多方面，就是数字化制造的基础。离开了数字化就根本谈不上智能化。

第二个技术是传感，各式各样的传感器在企业里面用得越多，信息掌握得多。可能有各式各样的，有嵌入，有绝对，有相对的，有静止的，有动的，这种传感器支持我们获取信息重要手段。可以灵活配置，变化非常的方便，不像机床傻大笨粗的。集群的技术对智能制造是非常重要的。一个重要的组成部分。



今天这个机器人，从 1959 年，第一台诞生以来，机器人在国民服务，制造业另面发挥了及其重要的作用。我们看了可以在机器人，工业机器人的出现最大成功是汽车，汽车用得机器人最大。现在慢慢扩大老人护理、安全，太空勘探。在各行各业发挥重要的作用，不可替代的作用。



但是中机器人，和对我们的要求差远，我们看到机器人，各方面感知能力很差的，只能在结构化的环境中工作，我们人机合作都是简单的

工作，我们讲特种机器人很多的交互是远远不能满足我们的要求，今天的机器人的技术，它的功能和适实用性和人类的愿望有很大的差距，所以需要几代人拼命的工作，并且有其他学科的进步共同推动机器人的发展，所以对机器人的期望值不能太高。先进的机器人和我们期望的机器人应该有很大的差距。

机器人应该成为新的增长点，达沃斯论坛也谈到是一个新的工业革命，麦肯锡到机器人到带来产值是万亿美元。这是机器人的先进性可以看得出来的。



世界各国都在制订机器人的计划。欧盟关注机器人制造里面的应用，他们明确提出机器人做到 50，怎么样城市经济人创新基地，世界第一应用国家迈向机器人领先的时代在我们中国，我总书记两院大会提出把机器人水平上去，占领尽多市场，我们机器人碰到很好的机遇，但是怎么样把水平搞上去，还是要花很长的时间，通过我们在水平上去，能够占领市场，但是随着中国制造国车，机器人迎接来非常好的机遇。



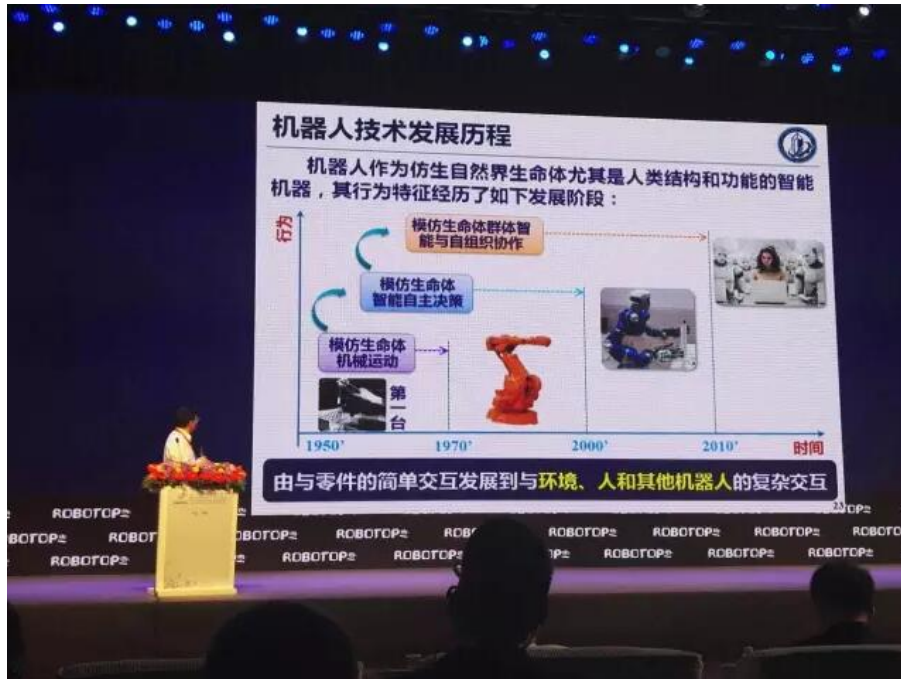


机器人可以讲在制造业领域，搬运、焊接，慢慢的会走向有智能型的智能里面也可能出现机器人。我们做博士论文的时候，蔡老师说是我们答辩主席，我们做的是喷漆机器人，进度最低的我们现在可以做焊接机器人，最近我们可开始做加工的机器人，因为加工，精度，有精度要测量，有测量要求就很高。要精度光表现就简单多了。

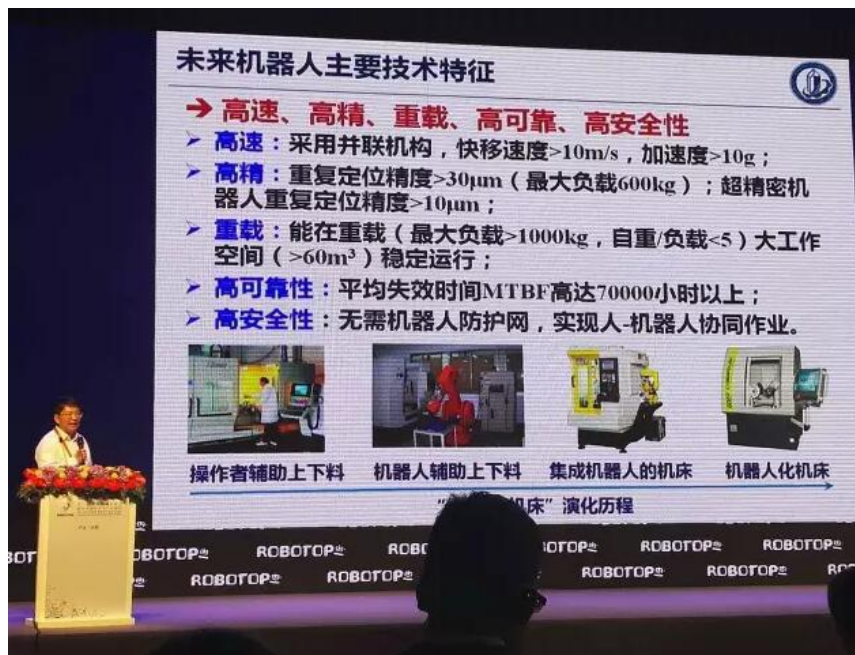




随着机器人的发展历程经历了这样几个阶段，最早是模拟生命体简单的应用。慢慢的模拟生命体的智能自主决策，现在机器人做得比较多是模拟的智能，模拟整个群体智能。



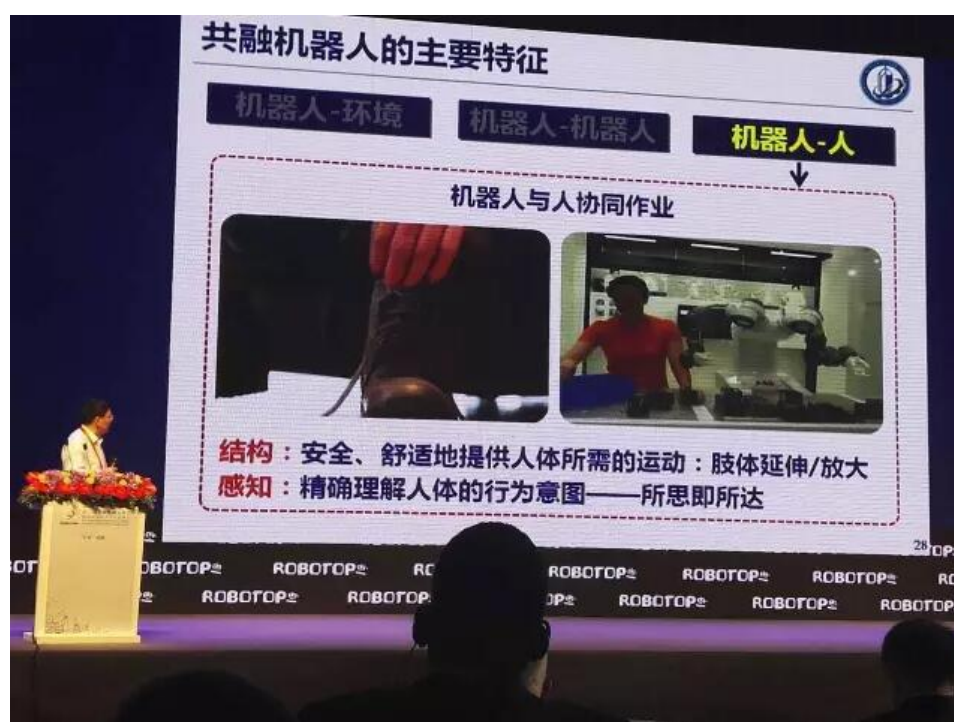
今天的机器人，未来的机器人我可能会将由现在的简单交互，发展到与环境、人的交互。机器人发展会呈现这样的变化趋势。有两点肯定，无论机器人怎么发展，高可靠，高速、重载，高安全性肯定的。不管什么东西，机器人动力学，机器人传感，机器人结构，像并联机构，。未来机器人有特点一个就是本，效率可靠，安全，就是力气也大，灵活，这是一个特点。第二个特点可能就会出怎么样机器人共融的环境。江两环境中机器人人类共同把一个事情做好。而不是机器人把人替代，人发挥人的优势，机器人发挥机器人的优势。共融。我觉得这个机器人一方面方面共融，操作者共融，跟其他人自然交互，能够适应复杂的环境。将来是机器人和环境共融的发展是未来的趋势。



这里可以看出机器人的与环境的共融，这个步行机器人可以在复杂的路面。还有怎么样能够在负责工程里面加工。将来可能有无限多的自由度，主要目的通过自由度保持跟环境的适应，同时保持它的各种状态下能够适应这样的环境。那么，还有一个很重要的机器人和机器人之间要相互了解。这里看到几个小飞机在空中能够搬这个题目，我觉得非常好的。



这一方面牵扯到个体的自主，能够独立的判断。同时群体之间，有感知、认知博弈，很重要就是机器和人协同，将来可能在机器人里面，能够跟人舒服，延伸人体，尤其是老龄一些肢体的放大，能够精确理解人的，所思即所答。这是未来机器人主要的发展的方向一方面在本体方面继续追求刚才说的特点。另外在重载方面要支持机器人和人的各方面的融合。我还是非常重要的。

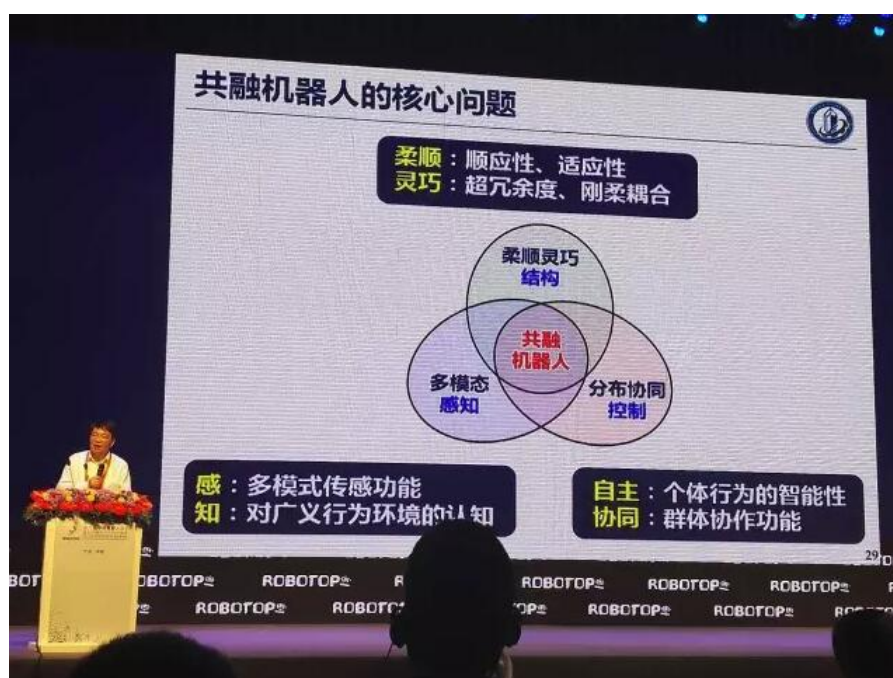


要达到这些实现这个，我觉得在这里呼吁一下，我们国家机器人的发展，一定要有深深的扎根在基础理论上，离开了基础研究，离开了这些基本的问题的研究，机器人的发展缺乏后续的动力，所以机器人发展的动力一定来源于科学的发展。这个科学的发展把问题解决了，真正机器人的技术进一步发展。我觉得在机器人将来的核心问题可能还是三方面。



一个就是机构，有这样的顺应性，另外感知，多模态，对环境理解多认知。还有分布协调控制。这个支持我们改变机器人发展必不可少的一部分。所以我觉得大家拼命做机器人产业的同时，也要建机器人科学中心，机器人研发的基地。离开了这样科学中心，那么你后续的发展缺乏动力，你可能会一阵子做完了以后，发现再过几年继续徘徊，再过十年还是徘徊。这样你就可能被别人拉下来，会落后。

这里面就是提到这两点，供大家参考。



第三点讲一下自己的思考，制造技术的发展，体现了很多方面的因素。这里面值得一提的德国的佛浪霍夫研究所，我当时去的是 93 年。去年也去了一次。他每个所关注一个关键技术。把这个技术做透，能够在企业里用，成熟度可以做到 7、8、9 这样的水平。这种模式非常好。就是政府长期支持，但只给你三分之一的钱。你可以搞项目，给你三分之一的钱，跟企业合作三分之一。所以我有一点思考，我也做过科技部



973 项目，但是有些技术为什么走不到市场上去，这里面可能有两个问题。



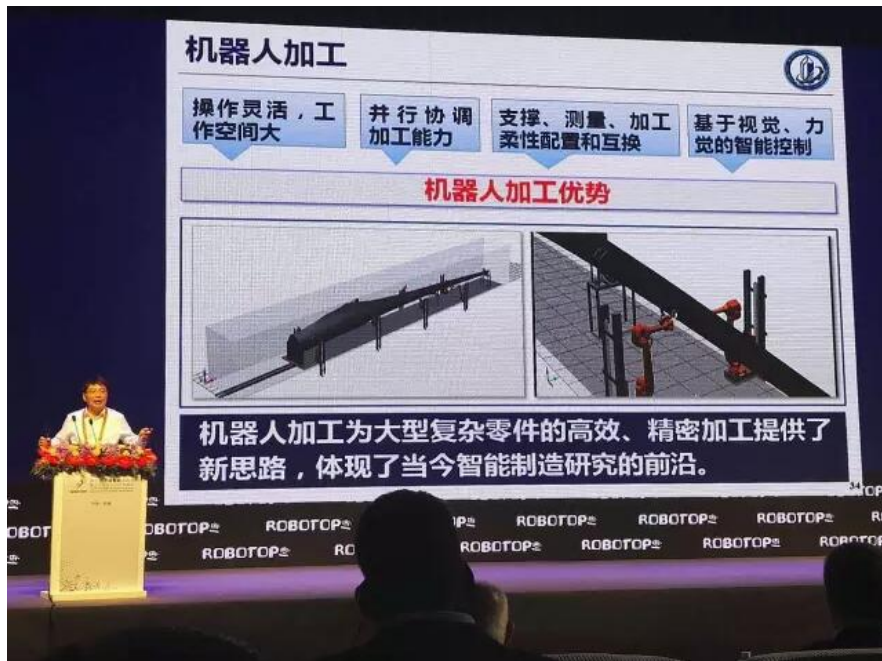
一个高校老师关注的是文章，企业关注的是成套的彻底的解决方案。所以这个过程当中，差零点零几，这个技术走不出实验室。在这样的思考下，我们最近我们在江苏也成立了一个无锡研究院，这个目的地是以德国这个研究所为对标。我们很多是跟企业联系非常多的。在落户不到三年，感觉到智能制造，这个对很多企业需求量很大的。但是这里面，机会是非常好。这个研究院可以把一些城市里研究生毕业留在研究院，然后花时间把这个技术做可靠，我们研究院从三年前刚刚建立至今发展了有一百多号专职人员，这个人员将来对技术的推动，可能更加重要一点。



那么，这里我们虽然主要还是做三个技术，一个就是数字化技术，怎么样把工艺提高，智能化技术就是装备的智能。还有智能化车间技术，这个在江苏这一代，应该在智能制造方面确实做出了一些比较好的案例。真正把帮企业解决了一些问题。好比我们研究院在无锡研究所旁边，跟他们企业的工程人员，长时间在一起交流。那么就是你一个问题的解决，需要学校的人，也需要企业人一起工作，一起交流，通过问题驱动，把这个问题解决，一个碉堡，一个碉堡攻下来。然后真正把企业竞争力提升。我觉得这个很重要一个方向就是机器人加工，我觉得非常重要。因为大家知道这个机床，非常大。但是也非常笨重，因为机床追求精度要好。所以导轨很长，一个大型的零件加工，零件有多长，机床有多大。带来的这些问题还是非常多的。这里有一个机器人一些技术，不仔细讲了。



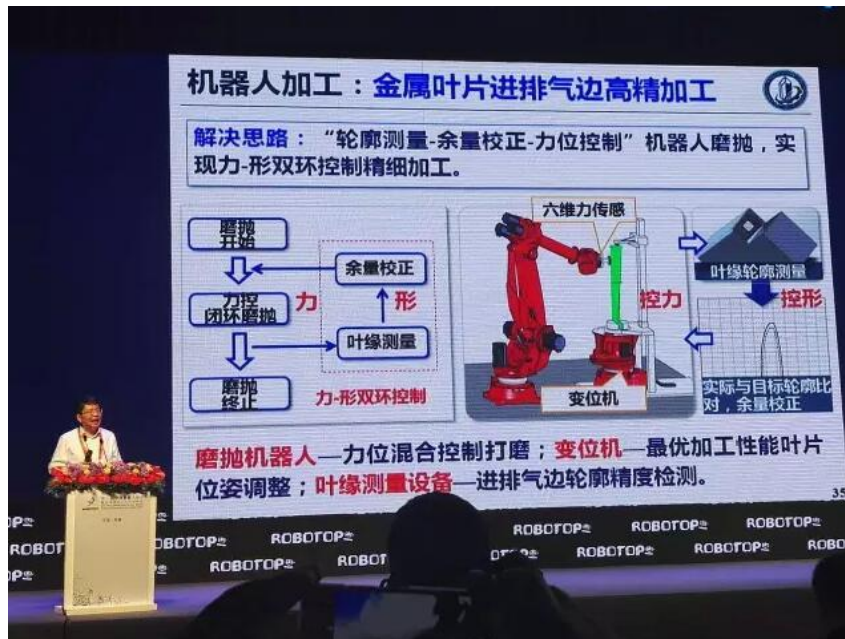
最近我们做得比较好的就是大型风电叶片，我现场看有很多工人工作，环境非常恶劣，我觉得机器人要尽快进入这个行业，通过几台机器人，搞个六七台机器人并行加工，这样能实现叶片加工，这个就不讲了。



将来的机器人一定会出现一些能工巧匠的机器人，但是能工巧匠机器人在机器人机构，机器人控制、机器人方面、机器人测量都有一些新



的挑战，还有一些很多方面的，不讲了。我觉得将来机器人加工应该是一个很好的智能制造一个新的方向。

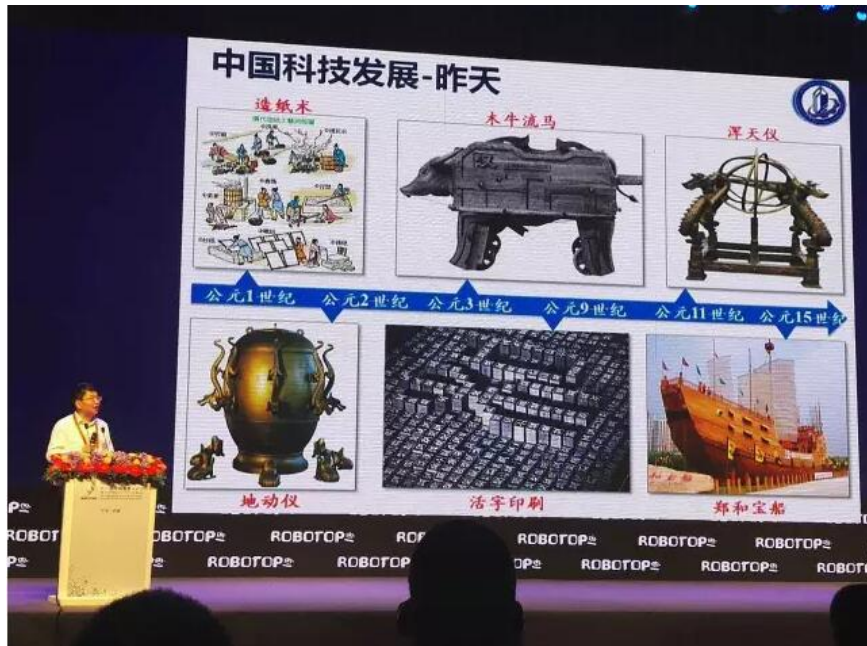


可以发挥机器人的优点，同时弥补，数控机床，加工一些大型零件不足。这一点，我觉得这个工作还是非常重要的。



那么中国科技应该发展到今天，我们国家在人类文明史上留下我们自己的痕迹，最早从我们造纸术，到地动仪，我们国家在整个科技发展史上有自己的地位。





但是中国古代的文明，科技文明，我觉得是来源于我们祖先的能工巧匠，他们能工巧匠经验传承支撑了我们古代灿烂的文明。但是近代科技，我们国家通过这几个大的驱动，包括两弹一星，月球车的驱动，我们国家的发展到很高的阶段。



但是将来的制造技术的发展可能不简单的就是一个经验传承，我觉得将来的制造技术的发展可能就是一个学科的交叉，更加多了。尤其是跟信息、材料、力学、物理交叉，通过学科交叉慢慢走向智能化。



所以总而言之，不管叫什么智能制造也好，追求的一定是适应性，以及自律性，同时面向我们国家的高端装备的重大需求，离开了国家的需求，可能你很难有发展。还要加强基础研究，拓展学科新增长点，培养高水平人进来，同时在国际舞台上加强合作，真正能够实现我们的制造从数字化走向智能化，为国家制造强国的贡献力量，谢谢各位专家。



作者简介：丁汉，机械电子工程专家，华中科技大学教授。1982年毕业于长安大学，1985年获武汉理工大学硕士学位，1989获华中科技大学博士学位，现任华中科技大学机械科学与工程学院院长、数字制造装备与技术国家重点实验室主任。长期从事数字制造理论与技术研究：建立了复杂曲面宽行加工理论，突破了多轴联动高效加工的关键技术；提出了高速加工稳定性分析的全离散法，保证了复杂工况下无颤振高效加工；提出了机器人操作规划的空间几何推理方法，研制了大叶片机器人“测量-操作-加工”一体化（3M）磨抛系统。研究成果在航天、能源和汽车领域得到应用。曾获国家自然科学基金二等奖、国家科技进步奖二等奖等。2013年增选为中国科学院技术科学部院士。