专家洞察

工业企业的数字化转型

决策模型是转型核心
响应时间是衡量标准
用户体验是终极目标

IBM 商业价值研究院

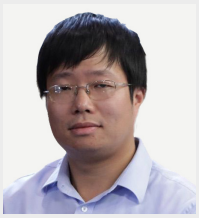
IBM

主题专家

张思民

IBM 服务部 大中华区
认知业务决策支持团队 副合伙人
Watson IoT/ 工业 4.0 解决方案负责人
jacheung@cn.ibm.com

张思民是 IBM 全球企业咨询服务部大中华区 Watson IoT/ 工业 4.0 的解决方案负责人。他一直在帮助大型流程和离散制造企业踏上工业 4.0 和数字化转型之旅。这一旅程包括数字化转型战略规划、工业 4.0 解决方案设 计以及工业物联网平台构建和实施。



罗意

IBM 服务部 大中华区
Watson IoT/ 工业 4.0 首席咨询师
shluoyi@cn.ibm.com

罗意是 IBM 全球企业咨询服务部大中华区 Watson IoT/ 工业 4.0 解决方案的资深精益制造专家。他为大型制造业提供基于精益生产与精益供应链的理念，结合工业 4.0 参考模型与工业互联网架构的数字化转型咨询与落地服务。加入 IBM 之前，他拥有 10 多年的大型制造业供应链领域甲方管理工作经验与 5 年精益供应链乙方咨询经验。

致谢

王莉，高级咨询经理，IBM 商业价值研究院，
gbswangl@cn.ibm.com

扫码关注 IBM 商业价值研究院

官网　微博　微信　微信小程序

作为工业制造的最佳参照，军事上的数字化变革为企业转型带来深刻启示。

谈话要点

工业企业数字化的核心是决策模型

数字化的核心是决策应变，衡量标准是变化发生到有效对策的时间。

组织模式转型的目标是决策权前移

组织数字化转型的目标，是决策权向前线人员转移，让离客户更近的人调配资源，尤其是计划后的应变。

转型需要新的指挥系统的支持

需要建立一个能支撑实时感知变化、实时分析变化、实时制定最优决策，并能将决策自动执行的数字化平台。

工业企业的数字化转型

——从两次海湾战争谈起

工业，自建立的第一天起，其组织形式与管理工具就不可避免地接受军事组织的“溢出效应”。譬如，FRACAS（Failure Report Analysis and Corrective Action System，故障报告、分析和纠正措施系统）由美军在 1980 年颁布，而后逐渐演化为民用装备制造业的通行标准；运筹学 (operations research) 先在军事领域大放异彩，而后才进入制造业指导生产计划、物资储备、资源分配与设备调度；抽样检验作为质量管理的基石，其首次应用可追溯到二战时期的美国海军；甚至是最常见的工厂金字塔型组织结构，也来源于部队的层级管理。

因此，军事是工业制造的最佳参照。假如将提出工业 4.0 的 2013 年作为制造业数字化转型元年，建立第一支数字化部队的 2003 年则是军事数字化转型实践的开始。因此，要理解刚刚起步的制造业数字化转型，我们需要将视线放远，来观察军事数字化转型的路径与组织方式，其标志性的起点就是第一次海湾战争。

1991 年 1 月 17 日凌晨，以美国为首的多国部队发动对伊拉克的战争，经过 38 天空中打击以及 100 小时地面进攻，面对装备 4200 辆坦克、2800 辆装甲车的 50 多万伊军，联军仅以 340 人阵亡、776 人战斗受伤的微小代价，将伊军赶出科威特并歼灭驻科威特战区的伊军主力，取得了战争史上少见的一边倒完胜。参战伊军 2.5 万人阵亡，7.5 万人负伤，8.6 万人被俘，损失绝大部分的飞机和坦克。双方的战损比约为 330：1，超过了全世界包括美国自己在内的所有军事评论家最乐观的想象。[1]

之所以会出现这样的落差，是因为军事评论家是通过对双方的硬体能力对比来推测战争的结果，即使是美军自己，在战前亦按 4.6 万个床位预备伤员。但真正决定胜负的却是军队组织方式的变化，作为人类历史上第一场信息化战争，美军通过信息技术极大地压缩了指挥系统的层级，令后端的指挥人员尽可能快地直接指挥前端的作战人员，将命令传递的中间环节压缩到极限。反映到战场上，虽然双方作战人员的总人数、总坦克数相差无几，但在每一个孤立战斗中，美军总能调集数倍于伊军的资源实现空地一体战，这并不是双方的作战计划有高下，而是计划传递到执行的速度在决定胜负。

联军与伊军，最致命的差距并非在装备上。海湾战争，是一支拥有先进装备且在组织上完成信息化转型的军队，在屠杀另一支装备也很先进但却沿用旧有组织形式的军队。换言之，假如组织不能完成符合技术革新的转型，徒有技术先进的装备没有任何意义。这一点在我国近代史上早已昭然若揭，被西式枪炮武装起来的旧式淮军在甲午战场上一败涂地，装备落后且组织先进的人民军队却夺取了解放战争的胜利。

2003 年开始，美军开始尝试数字化转型。在第一次海湾战争中，美军从发现目标到摧毁目标需要 72 小时，因此只能对雷达站、固定工事、指挥部等固定目标具备精确打击能力，而第二次海湾战争，美军已初步具备发现即摧毁的能力，其原因是数字化技术赋予美军实时感知及应变决策的能力。如果说信息化技术仅是在加速命令传导过程的话，那么数字化技术在加速命令的形成本身。在这样的组织体系下，指挥与执行的边界是模糊的，最前端的作战人员并非是被动接受指挥的对象，他们通过数据链感知变化，参与到指挥过程中来。一个身处最前线的侦察兵，甚至可以参与调动舰射巡航导弹、战斗轰炸机、自行火炮等战斗资源，对战场上新发现的目标优先级进行决策。于是，二战中常见的狂轰滥炸不见了，取而代之的是外科手术式的精确打击。

我们可以想象，一支用旧有体系组织起来，采用自上而下树状单向指挥体制的部队，即使用最先进的数字化技术与主战装备武装，其结局与海湾战争的伊拉克军队一样，是注定要覆亡的。相应的，一支在组织上不进行数字化转型的制造型企业，纵有再多的数字化试点，充其量也不过是数字化技术的堆砌罢了，这样的量变绝无可能产生质变。

军事上已经发生的数字化变革，将对制造型企业的数字化转型产生以下深刻的启示：

1. 数字化的核心是决策应变，衡量标准是变化发生到有效对策的时间
2. 组织数字化转型的目标，是决策权向前线人员转移，因此数字化组织的重点由离前线（客户）越近的人员调配资源，而不是由层级越高的人员调配资源，而更为关键的是计划后的应变。
3. 要完成决策权转移，我们需要建立一个能支撑实时感知变化、实时分析变化、实时制定最优决策，并能将决策自动执行的数字化平台（新的指挥系统）。

我们的文章将围绕以上三点分别进行论述。

数字化的核心

——决策模型

制造型企业围绕一系列决策触发、生成、变更、传递、执行来运行，其决策是否优化以及决策效率直接决定企业的成败。制造型企业的决策跨多层级多领域，从单个机台的参数优化、单产线的平衡效率优化、单车间的排产优化、直到整条供应链的计划优化等，都离不开决策。因此，假若我们按决策类型的不同去理解数字化转型路径，不仅事倍功半而且不能穷尽。那么，我们有没有可能用一个简单的模型来描述数字化转型的核心呢？答案是有的。正如经典物理世界能够用牛顿三定律描述，相对论能用爱因斯坦的 E=mc2 描述一样，下图 1 就是这样的一个最简模型，这也是理解数字化决策的第一步。

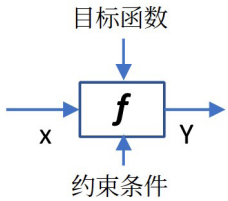
在这个模型中，有两个要素比较关键：目标函数和约束条件。

- **目标函数**是评价决策优劣的标准。比如：当我们做一个排产决策时，可以用“产能最大化”来判断不同决策孰优孰劣。
- **约束条件**决定决策的可选边界。约束条件又可以分成硬约束与软约束。硬约束是物理上的约束条件，譬如在排产决策模型中的材料制约与产能制约；软约束是管理约束。

软约束与目标函数可以相互转换。譬如排产模型可以有多个目标，如果我们把产能最大化、加班时数最小化、重点客户交期最短化都作为模型目标，那该模型就是典型的多目标优化问题，其处理方式有两种：一种是对多目标作加权优化；另一种是将主目标函数以外的目标转化为软约束条件，比如重点客户交期不高于 10 天，人均加班小时数不高于每周 10 小时的前提下，以产能最大化进行决策优化。

图 1

数字化转型的决策模型



赋予前线人员足够决策的信息，给予决策优化模型支持，让前线能听到炮火的人作决定。

在决策模型中，决策触发的灵敏度越高，决策在时间维度上的表现就越好；目标、约束、变量的维度越多，其决策难度就越高。用人脑来决策偏离最优决策越多，也就越需要智能算法来进行决策优化，这就是为什么智能制造与机器学习、人工智能紧密关联的原因。

然而，模型复杂与新技术的应用并不能直接带来企业利益的提升，正如同华丽词藻的堆砌不能成就美文，建筑材料的堆砌不能成就广厦，先进装备的堆砌不能成就军队战斗力。从精益供应链的角度出发，惟有被终端用户接纳的价值才是真正的价值提升。我们需要找到一种方式，能结构化用户体验，并能让整个组织应用决策模型为用户带来惊喜“体验”。惟有如此，一幅工业企业数字化转型的画卷才能得以逐渐呈现。

组织模式转型推动决策权前移

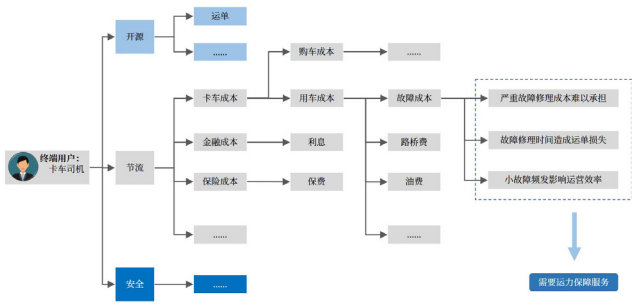
——用户体验的结构化、让前线能听到炮火的人作决定

数字化时代中，“以客户为中心”不再是一句口号、一个空泛的概念，而必须是一组结构化的、计算机可以处理的数据项。否则，一切决策模型，都不能保证其目标函数指向用户体验提升的方向。这里的用户可以是“终端客户”、“合作伙伴”、也可以是“内部员工”。体验则是“用户”通过购买及使用产品与服务满足自我消费或经营需求的过程。比如，购买及使用手机的体验是消费者实现其“社交”需求的过程。

让我们尝试用一个简单的案例将用户体验结构化（见图 2）。在这个案例中，作为终端用户的卡车司机，其购买及使用卡车是实现其“盈利”需求的过程。从基础数据项出发，我们可以把“盈利”再拆解为“开源”和“节流”两个子项，然后逐步导出客户所需要的产品与服务，比如“运力保障服务”。“运力保障服务”的结构化描述更加直接，就是车辆的开动率，因故障维修导致的停机时间越短，开动率就越高。

图 2

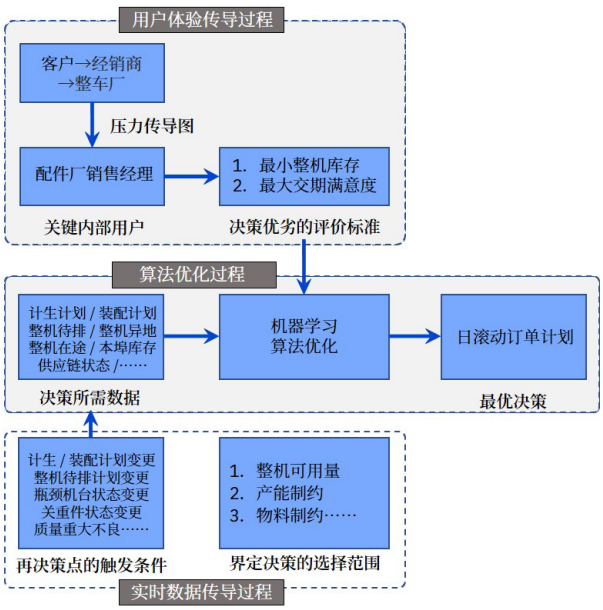
结构化用户体验



如上所述，“用户”既可以是“外部客户”、“合作伙伴”、也可以是“内部员工”。用同样方式，我们也可以把内部员工（如销售经理、客服人员、采购经理、生产厂长、研发经理等）的“体验”，即员工完成其工作（KPI）的过程，结构化描述出来。图 3 描述了一位汽车零配件制造厂商销售经理的“用户体验”、完成日滚动订单计划、及满足其体验的“决策模型”。

图 3

内部员工体验与决策模型



结构化描述“用户”（客户、伙伴、员工）与“体验”（通过产品 / 服务实现需求的过程）之后，我们接下来要解决的问题就是如何给用户带来惊喜体验、同时实现企业盈利，也就是解决工业企业如何实现“大规模、订制化”生产这个工业 4.0 提出的核心命题。

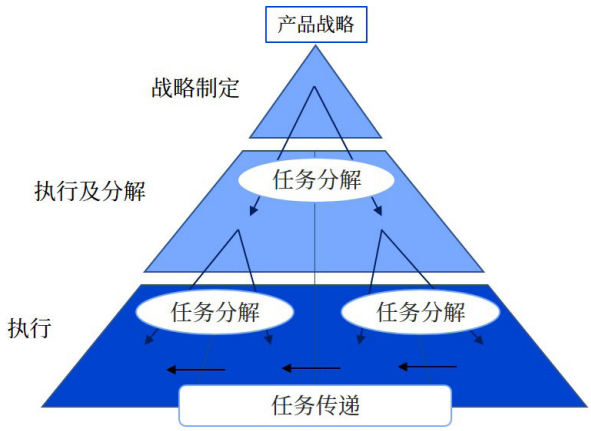
这个命题需要从两个维度去解：

1. 企业如何通过数字化手段，把自身产品与服务的交付效率提升到极致？
2. 企业如何通过数字化手段，整合生态伙伴的资源，为用户提供全方位的产品与服务？

我们先探讨第一个维度，即，如何大幅度提升工业企业成品交付与服务的效率？要解这个题，我们就得首先剖析一个典型工业企业的现有组织与运作模式。传统工业企业组织与运作模式的特点可以用“金字塔架构、瀑布式决策、流程式驱动”来高度概括（见图 4）。

图 4

传统企业的组织与运作模式（流程信息化）



这种源自二战及之前军队管理模式的组织与运营模式有以下几个显著特点：

1. 金字塔架构：公司的人员分布呈标准金字塔形状；
2. 瀑布式决策：高层领导做中长期战略决策。中层干部做信息传递及部分决策。前线人员根据标准作业指导书执行决策；
3. 流程式驱动：通过纵向及横向流程把一个纵向多层级与横向多段决策串联起来，驱动研发、生产、供应链、营销及服务价值链的有序运转。

在很大程度上，这个组织形式源自于人脑处理变量能力的局限性。在目标、约束及变量有限的情况下，一般人还能够较为清晰地描述他的决策逻辑。而一旦这些因素增加、对实时性要求提高时，人就只能说这个决定是来自于自己的“丰富经验”了。传统组织的一个关键作用就是把多目标、多约束、多变量的决策“流水线化”，让每一个岗位做有限决策，再通过流程串起来解决复杂决策。

当然，这个决策过程一定是缓慢的、响应变化的能力自然是低下的、过程中产生的资源浪费（如漫长决策链条产生的牛尾效应带来的物料及成品库存）是也是严重的。

另外，由于企业除前线销售与客服人员之外的大部分人员并不接触最终用户，“以客户为中心”实际上是无实质内容的口号，而金字塔结构的组织形态使得企业实际上是“以上级领导为中心”了。

所谓让前线能听到炮火的人作决定，其前提条件是赋予前线人员足够决策的信息，并用决策优化模型对其进行决策支持。如果缺乏信息与决策优化系统，前线人员必然受制于管道视野与人脑算力的限制，即使能做决定，也会陷入一叶障目或局部最优化。因此，决策模型的建立是前线决策的前提条件。

整合生态合作伙伴的力量，共同为客户提供全方位的体验。

工业企业数字化转型的核心任务，就是利用数字化技术（实时感应产品交付与服务执行的物联网技术，多目标 / 多约束 / 多变量的实时决策算法模型），从现有“金字塔架构、瀑布式决策、流程式驱动”的组织与运行模式中抽离出“目标函数”、“约束条件”、“输入变量”与“输出体验”等因子，再逐步汇聚这些因子与构建越来越复杂的决策模型，最终实现企业响应变化的极致能力，为用户带来惊喜体验（见图 5）。

建立新的指挥系统

——数字化企业生态与支撑转型的数字化平台

当组织从“用户体验”视角看世界，看到的一定不是某个单一产品，而是一个支持用户实现其需求的一个配套体系、一个完整生态。手机不是我们的目的，手机是我们实现社交体验的手段之一，与之配合的还有互联网、微信等产品 / 服务构成的生态。运输公司购买卡车的目的不是卡车，而是通过收发运单实现公司盈利。为了实现盈利，运输公司每天都要在“开源”与“节流”上精打细算，过程中就自然形成了对卡车生态伙伴的需求（见图 6）。

图 5

从反映传统企业的流程信息化到数字化企业的数据与决策

图 6

从“用户体验”视角看卡车生态

所谓术业有专攻。任何一家工业企业都不可能、也不应该大包大揽地把用户对某一生态（社交网络或运输业务）里的所有产品与服务的需求都通过自己研发与生产。

解决这个问题的有效办法是，工业企业构建以自有产品为核心、支持用户体验的“生态整合平台”。大家熟悉的生态平台有苹果、天猫、亚马逊、滴滴出行等等。生态平台的核心不是生产制造、而是利用数字化手段，即一系列“决策方程”，“撮合”供求双方以最低成本实现互动或交易。

从“用户体验”的视角来看，工业 4.0 中提出的“大规模、订制化”生产指的其实不应该是一家企业的能力，而是由多个数字化企业组成的生态系统的综合能力。

预览已结束，完整报告链接和二维码如下：
https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=1_38365