

阿里云研究中心 白皮书 系列

工业大脑白皮书

人机边界重构 - 工业智能迈向规模化的引爆点



ABOUT



作者：阿里云研究中心高级战略专家 王岳
联系方式：Yveswang.wy@alibaba-inc.com

工业智能的源泉是既有产线的存量数据，以21世纪的智慧指挥20世纪的机器，同样可以实现智能，而非一味得追求无人化生产线。ET工业大脑通过建立数据流与业务流的双螺旋结构，找准大数据及AI技术的发力点，发掘业务流程里的“窍门”，让产线像人一样思考，实现生产制造流程中的产线智能协同，降本增效。

—— 闵万里/阿里云人工智能首席科学家

CONTENTS

引言

第一章 人与机器边界的重构

07

第二章 智能化、数字化与自动化三位一体打造机器智能工厂

09

第三章 工业大脑的四块拼图 – 云计算、大数据、机器智能与专家经验

11

第四章 像烹饪一样部署工业大脑

13

/ 让每一位厨师都变成“厨神”

第五章 工业大脑的正确打开方式 – Think big, do small

15

/ 一个新组织
/ 一个新平台
/ 一套新标准
/ 工业大脑四步走
/ 业务场景识别的“三个找寻原则”

第六章 工业大脑的四种“超能力”

19

/ 跨界复制
/ 认知反演
/ 微创手术
/ 知识普惠

第七章 工业大脑 + 精益管理 = 精益智能

21

第八章 永不消逝的智能

24

第九章 打造制造业的天猫 – 大脑生态+智力共享+工业互联网平台

27

/ 哑铃型工业大脑生态加速知识的裂变
/ 智力众包让大脑发育更成熟
/ “1+N”工业互联网平台是大脑的生长土壤

第十章 一场没有终点的旅程

29

引言

20世纪50年代，英国科学家图灵第一次提出了“机器思维”概念，相信有一天机器将拥有智能，可以像人类一样进行思考，人工智能概念就此应运而生。不过，这种提法显然高估了人类的智力。机器独特的数据化思维方式与智能体系，在很多方面，比人类看问题更为透彻。机器可以感知到设备未来几时发生故障，可以通过数据模型逆向推导出生产参数间的最优路径，也可以发现芯片上肉眼看不到的纳米级瑕疵。尽管机器智能尚处婴儿时期，但已经充分证明其可以做到很多人类做不到的事情。

如今，制造业正大踏步地迈入机器智能时代，人类给予机器更多的信任，后者则将承担更多的决策任务。如此一来，人类可以腾出大量时间做更多需要想象力与创造力的工作，并将其转化成知识传授给机器，让机器变得更聪明。可以预见，机器智能时代将出现大规模的人机协同，协同不止停留在物理层面，而更多的是脑力间的协同。人类大脑与机器大脑的合作与互补将成为未来制造的新范式，同时也将制造更美好的未来！

第一章：人与机器边界的重构

未来的世界，人类和机器将难分彼此，人类将不再是万物之灵！
- 《机器之心》作者雷·库兹韦尔

回顾过去200年工业发展历程，人与机器间的关系不断发生变化。1764年，第一台机械织布机的发明，人类开始从自家的手工作坊搬到工厂，尝试操作机器完成纺织工作。1913年，福特第一条T型车流水线的问世，人类开始与机器协同进行规模化的生产/组装任务。1969年，第一台可编程控制器（PLC）的问世，人类首次可以远程给机器下指令，替代自己完成繁重的、重复性的生产工作。每一次人与机器间关系的变化，都意味着制造水平又一次质的飞跃。在数字化时代的今天，制造业所面临的新挑战对人机关系又提出了新的需求。

挑战一 规模化、客制化与个性化生产长期并存

一方面，消费者与日俱增的个性化需求，以及C2B、C2M定制化模式的出现，要求工厂具备多品种、小批量、个性化、按需生产的柔性生产能力。同时单件规模化生产依然是制造企业赖以生存的方式。两者如何共存于同一个生产环境中，做到“刚柔并济”，同时满足不同消费群体的需求，显得力不从心。

挑战二 工业知识封闭与缺少沉淀

发达的制造业国家把先进工业知识埋在设备和系统中，中国企业大价钱引进的技术，仅仅获得的是知识的使用权，而不是拥有权，知其然不知其所以然，自主可控的知识严重缺失。此外，由于劳动力成本攀升，导致技术工人、工程师人才频繁进出，经验与知识却没有留存下来，企业陷入到原地踏步，重复造轮子的窘境。

挑战三 难以捅破的生产天花板

随着工业现代化的不断演进，自动化和精益化的生产系统已经发展到了一个很高的水平，但也越来越接近生产的天花板。工厂缺少行之有效的手段让隐形和碎片化的工业问题浮出水面。单纯的工业内部解决方案已经很难进一步提升生产良率、降低能耗、优化设备的利用率或是提升产品检测的效率，工厂运营管理水平已经到达了瓶颈。

人机间边界有待再一次重构以应对上述挑战。云计算、大数据、物联网、人工智能等新一代数字技术的爆发，为人机边界重构提供了机遇。机器不仅“手脚”更灵活，也开始有了感知与认知能力，这让机器与人类上升到更为深层次的交互 - 思想交互。机器渴望从人类那里汲取更多的知识，而后者也乐此不疲的“授业解惑”。两者智力上的协同与互补为未来工厂的发展定下了基调。（如图1）

图1: 工业4.0 -大规模人机脑力协同



来源：阿里云研究中心

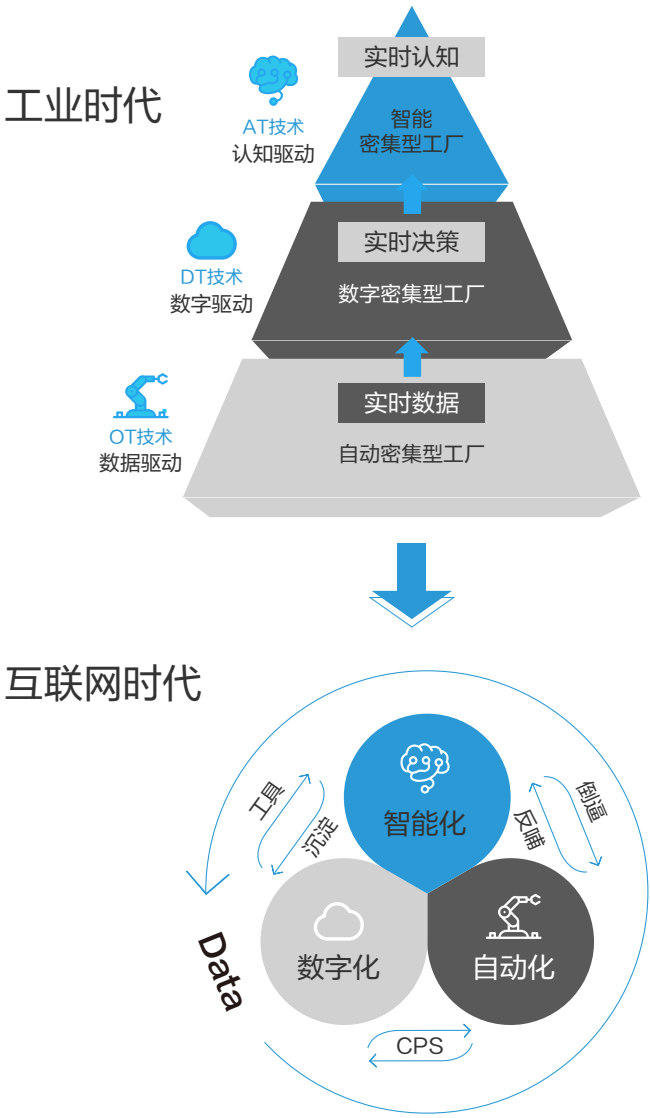
第二章：智能化、数字化与自动化三位一体打造机器智能工厂

人类需要一个什么样的未来工厂？美国第32届总统卡尔文·库利奇曾说过，“建一座工厂就是盖一座圣殿，在工厂干活就是住那里做礼拜”。理想的未来工厂，机器不仅帮助人类跳脱繁重、单调的体力工作，且具有“思考能力”的机器还将替代人类完成大多数决策工作，减轻人类的脑力负担，后者可以有更多精力从事更有创意、更有创造力、更有趣味性的工作。这种由人类教赋予机器智能，由机器随时、随地完成复杂决策与逻辑操纵任务的工厂，称之为机器智能工厂。机器智能工厂与工厂自动化、数字化、智能化的发展路径并不相矛盾，而是该路径最终达到的终局。

从自动化、到数字化再到智能化的发展被众多制造企业奉为未来工厂的标准路径。而互联网时代，上述工厂三步曲并不是呈绝对的线性式发展。得益于中国互联网技术带来的后发优势，中国制造企业可以并联或是交叉方式推进上述三个工厂模式，且三者间相互促进、融合，形成良性循环 - 数据智能与专家知识融合形成的新知识沉淀到设备以及数字化工具中，加速知识的重用与共享；自动化技术（OT）与数字技术（DT）融合激发数据的流动，为智能的开发提供足够充足的养料；而数据智能所带来的价值与效益，激发企业管理层在自动化与数字技术上的投资欲望，且有助进一步发现OT与DT部署上的盲点，进一步将数据打穿，更好的为智能服务。

智能化、数字化与自动化三位一体打造机器智能工厂。工厂从无脑到有一颗工业大脑将是继工业1.0机械时代、工业2.0自动化时代以及工业3.0信息时代之后又一次跨越。（如图2）

图2: 工业4.0 - 大规模人机脑力协同



来源：阿里云研究中心

第三章：工业大脑的四块拼图 – 云计算、大数据、机器智能与专家经验

工业大脑的思考过程，简单地讲是从数字到知识再回归到数字的过程。生产过程中产生的海量数据与专家经验结合，借助云计算能力对数据进行建模，形成知识的转化，并利用知识去解决问题或是避免问题的发生。同时，经验知识又将以数字化的呈现方式，完成规模化的复制与应用。一个完整的工业大脑由四块关键拼图组成 – 分别是云计算、大数据、机器智能与专家经验。（如图3）

图3: 工业4.0 – 大规模人机脑力协同



来源：阿里云研究中心

/ 云算力让想象变为可能

从远古时代的结绳记事、到算盘的问世、再到计算器与电脑的大规模应用，每一次计算工具升级都带来巨大的生产力。比如中国第一代原子弹的研发过程中，大量的计算都是由算盘完成的。而云计算的出现，让更多天马行空的想法快速变成现实。部署在云端的上万台电脑可以随时合体成一台超级电脑，

每秒处理上千万条指令，撬动工厂中沉睡的数据资源，由此产生的价值是无法想象的。

/ 大数据是智力进化的养分

工厂就像是热带雨林，数据是栖息在雨林中的各种生物，虽然有万种之多，但我们却很少能够看见，因为数据都深埋在设备、工具与系统中。数据中的隐形线索承载着大量的碎片化信息与知识。当这些沉底的数据在不同维度、不同时间、不同频率、不通场景下被唤醒，且数据间能够相互结合、关联或是比对，那么碎片化的知识将被重新拼织起来，为机器与人类专家就问题诊断提供关键依据。

/ 专家经验将复杂问题简单化

由于掌握丰富的工艺参数与设备机理认知，行业专家可参与包括问题识别、确认、模型与算法优化的全过程。专家凭借经验、常识，甚至是直觉，通过排除法做到复杂问题简单化，确保机器智能与实际业务需求吻合，便于模型与算法的开发。比如光伏行业的工艺专家可以在上千个生产参数中快速识别参数间的因果性，并排除对生产质量影响微小的参数，极大减轻建模、算法的工作量，同时提高准确性。

/ 机器智能打破认知边界

数字时代，制造企业的核心竞争力不在于拥有多少资产，而在于拥有多少代码。机器智能具备三个人类所不具备的能力。

- 1、机器智能具有生成和分析大量可能性的能力，可以穷尽所有的“选项”，扩展认知的边界，创造新的知识，摆脱“老师傅”的认知局限。
- 2、机器智能有完整的记忆能力，会记住每一件事，留意每一条蛛丝马迹，然后再确定这些保存完好的经历中哪些部分对解决问题是重要的。
- 3、与人脑不同，思维需要存在一个身体里。机器智能则可以完全脱离载体，同时在多个地点复制或展示智能。

第四章：像烹饪一样部署工业大脑

工业大脑的部署过程不难理解，与烹饪的过程非常相似，可以简单分为四个步骤：

1、准备食材 – 海量的工业数据就是工厂中的食材，采集到的数据需要新鲜（实时）、丰富（全维）、料足（全量）。数据采集需不影响正常生产，采集过程可采用小步推进的方式，先从过去历史数据与离线数据入手，当数据不足以支撑模型训练时，再对关键设备升级改造，逐步开放更多关键数据，补足缺失的数据维度。从最初的离线数据批量上云再到实时数据上云，根据算法模型要求和双方约定好的数据采集频率进行数据采集。

2、食材清洗 – 收集上来的食材（数据）并不能直接用于烹饪。需要进行清洗，包括过滤脏数据与噪音、解决数据的多源异构、找回丢失的数据以及修正错误的数

据。接下来，还要根据用途，对食材（数据）进行分割、分解、分类，以便为下一步的“烹饪”（数据建模与算法）做好准备。

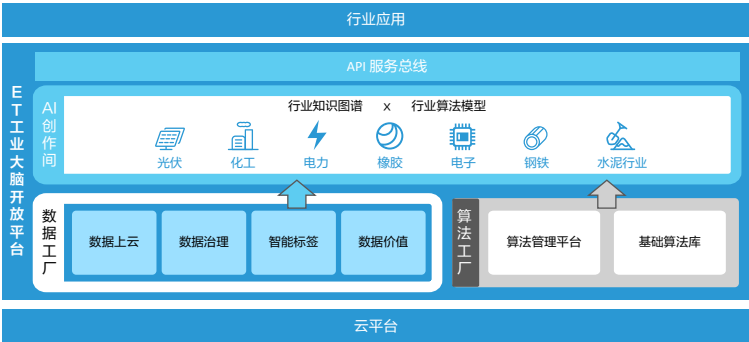
3、烹饪与菜谱开发 – 烹饪过程中，食材之间以及与调味料之间，随着温度的变化，会产生不同的化学反应。食材与调料的配比，以及对火候的把握决定了菜肴最终的味道。食材不同配比的调试也就是菜谱开发的过程，生产过程亦是如此，比如炼钢过程中的炉温控制，只有挖掘出煤气热值、压力波动、空燃比等关键参数间的最优关系，并通过实时的参数调节，才能有效降低能耗，提升轧钢的质量稳定性。因此需要以数据关键变量为基础，外加对锅炉燃烧机理的认知，通过锅炉燃烧数据模型与最优算法找出最优的参数组合。

4、菜谱改进 – 用新菜谱做出的菜肴需要小范围试吃，以收集顾客的反馈，以做进一步改进。同理，基于模型推导出的最优参数，需要回归到实际生产环境中，以小批量生产来验证效果，做效益分析评估，并根据生产反馈做进一步参数优化，直至可以应用到大规模生产当中。

让每一位厨师都变成“厨神”

工业大脑的最终目标不是外面请大厨来亲自做菜，而是让每一家工厂都变成“餐厅”，让工厂中的每一位工程师都成为“厨神”。工业大脑则是负责帮助建造厨房、提供厨具、以及配菜与配方，帮助厨师快速开发满足客人不同口味的菜肴。（如图4）

图4：工业大脑开放平台



来源： 阿里云研究中心

1、厨房（数据工厂）– 负责存储与管理来自不同渠道的食材（数据）。包括来自生产设备、仪器仪表、工业软件、图像、语音与视频的数据，甚至是来自外部的电商数据与天气数据都可被有序的、实时的存放在数据工厂中。根据数据不同的特性与用途进行统一管理，确保数据的全量、干净、与标准，以备随时数据调用与上传。

2、厨具（算法工厂）– 食材的加工与烹饪离不开高质量的厨具。算法工厂的作用是为算法提供各种工具上的支持，包括提供数据格式和数据接入的管理，支持接入多种计算平台的算法，对算法进行版本的管理、定义算法所能使用的的数据范围、资源范围和场景等。

3、配菜（AI创作间）– 大脑的AI创作间负责配菜，提高烹饪效率。依托创作间，模版工程师准备好行业模板与通用的算法模板，将数据与算法用业务化的语言进行表达。算法工程师则根据实际业务场景来选择和使用这些模板，并在此基础上开发出企业专属的智能算法与应用。

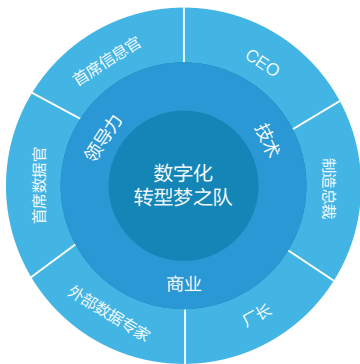
第五章：工业大脑的正确打开方式 – Think big, do small

偶尔的小聪明有时可以解决大问题， 但如要切实可靠地解决问题， 则需要一个真正智能的过程。一个新组织、一个新平台以及一套新标准可加速工业大脑的整体推进。

一个新组织

企业CEO要有数字化变革的魄力，从思想和战略上提供支持，并且在大脑执行过程中的关键节点给予指导。而项目的具体执行需要一个由首席信息官/首席数据官、制造总裁、厂长、以及外部大数据专家组成的跨职能“数字化梦之队”。（如图5）

图5: 数字化转型“梦之队”



来源： 阿里云研究中心

首席信息官/首席数据官 – 既要充分理解数据价值，又要谙熟企业业务，还要充分做好迎接数据治理挑战的准备。项目过程中，CIO需要扮演资源路由的角色、整合内外部资源，同时做好IT与业务语言的转换工作，并全程把控项

目实施的风险与进度。

制造总裁 or 厂长 – 负责工业大脑的中长期规划，明确工业大脑的落地场景、目标以及与之相关的KPI。制造团队的车间主任、工艺工程师、设备工程师、制成工程师需要参与建模、算法以及验证和评估的全过程，充分发挥经验与行业know-how上的优势。

外部大数据专家 – 积极引入行业外的创新经验与最佳实践，提供行业领先的云计算与大数据工具，负责算法与模型的开发，以及效果评估，完成项目交付。

团队中，每个角色都有可能成为团队的领导者，领导力、业务洞察能力以及数字能力是成为领导的必备素质。

一个新平台

工业大脑需要一个数字化底座 – 数据中台。当有了数据中台，企业无须浪费大量精力在无法直接产生业务价值的数据管理环节上，而是可以更加专注利用数据做增值业务上的创新。依托数据中台，数据的自动化接入、数据归集、清洗加工、数据仓库构建、数据可视化以及数据治理都将不再是问题。同时，数据中台通过丰富的接口服务能够对接各类工业生产设备与业务系统并可，支持各类生产优化算法模型应用的部署和运行。

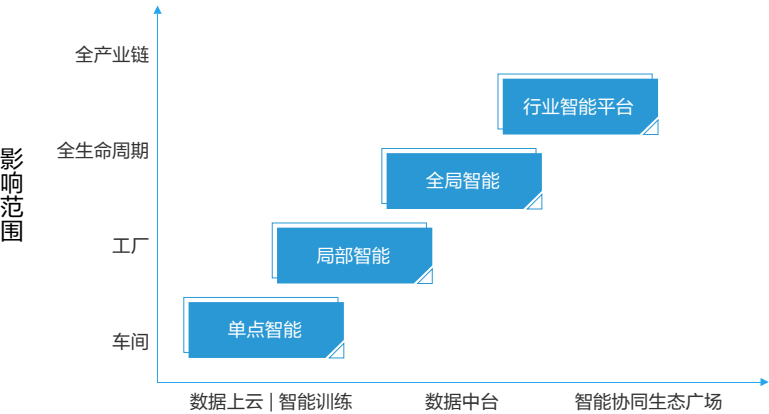
一套新标准

用精益思维管理工业大脑执行的全过程，将流程标准化，减少过程中的浪费、停滞与低效。这套规范的标准动作包括方法论、建模过程、数据质量、模型评估、容错机制、团队管理、风险管理等各方面的标准化，同时包括如何与现有工厂管理标准体系相融合。做到不同的人，在不同的工厂、不同的应用场景下，遵循这套统一的标准，都能确保工业大脑项目稳定与可持续的输出。

工业大脑四步走

工业大脑全局规划与顶层设计固然重要，但在执行层面则需“小、快、准”，以最低成本、最少时间、最小风险快速启动工业大脑，并逐步扩展与优化。工业大脑的实施路径可以分为以下四个步骤：（如图6）

图6:



来源：阿里云研究中心

- 1、单点智能：工业大脑项目团队，精准聚焦关键业务场景，评估项目的可行性以及所需投入的资源。通过试验、试点的方式，快速启动，完成数据在云端的算法训练，以及实际产线上的测试与持续改进。
- 2、局部智能：第一阶段单点上形成的突破将加大管理层扩展工业大脑应用的信心，进一步尝试其它生产场景的优化与改进。同时引入数据中台，加强数据间的互联互通与数据的智能化管理，为大脑的规模化、体系化部署打下基础。
- 3、全局智能：3.工业大脑开始进入到企业的核心业务战略。企业管理层与大数据项目团队将开始系统性地对工业大脑做整体布局。大脑跨产线、跨车间、跨工厂、直至横跨价值链的大规模应用与复制，加速企业的全局智能升级。

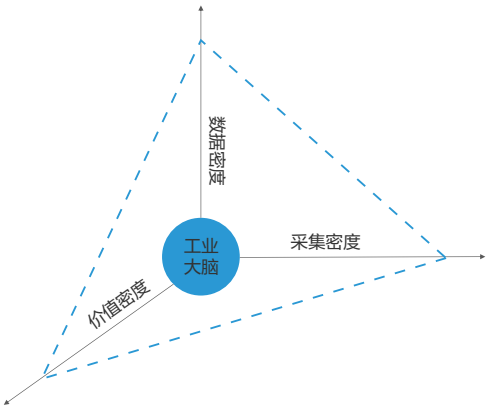
4、智能平台：工业大脑的使命是“授之以渔”，目的是为企业培训出一支能看懂数据、用好数据的团队。团队获得的不止是解决问题的工具，更重要的是解决问题的能力与方法。企业最终目标是转型成为赋能行业的数字化转型专家，基于工业大脑开放平台，将能力开放给所在行业的上下游企业。

业务场景识别的“三个找寻原则”

工厂就像一片撒满碎金子的沼泽，企业需要具备灵敏的业务嗅觉，以及手术刀式的精准业务场景切入，工业大脑才能快速寻找到属于企业自己的金矿。这里可以参考业务场景识别的“三个找寻原则”。（如图7）

- 1、找寻数据密度最大的地方，哪个生产环节产生的数据越多，数据压强越大，工业大脑的实施的难度就越低；
- 2、找寻采集密度最强的地方，哪个环节的数据全量、全维、实时采集能力越强，且数据间可形成闭环，算法的准确性就越高；
- 3、找寻价值密度最高的地方，哪个环节对生产运营影响越大或是产生价值越高，且可以效益量化，就是工业大脑需要集中火力的地方；（如图7）

图7: 三个价值找寻原则



来源：阿里云研究中心

第六章：工业大脑的四种“超能力”

工业大脑的价值还远未得到充分的开发，但已向我们展示了其独特的能力。凭借4种“超能力”，工业大脑正成为制造业数字化转型的最佳助手。

／ 跨界复制

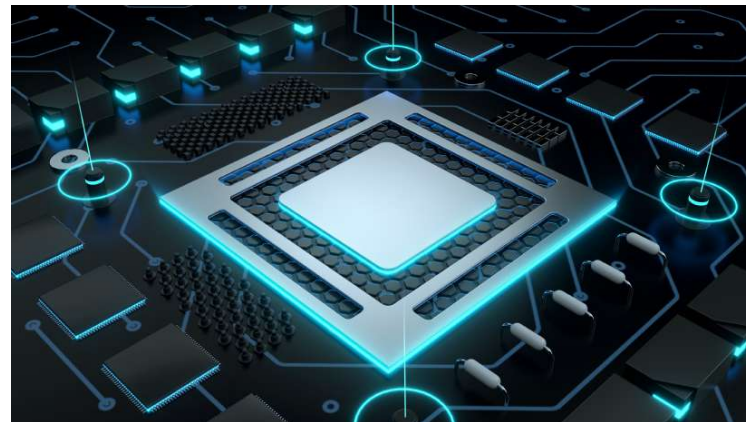
找寻跨行业的最小抽象，60%的工业大脑可以横跨制造全链条，且可做到跨行业复制。比如用于电池片良率提升的工艺参数推荐技术，也可以应用在多晶硅、硅片及电池组件的生产良率优化。恒逸石化工业大脑项目在能耗优化上的经验积累，同样可以复制到钢铁、水泥、纺织等行业。实践证明，工业大脑在图像识别、智能排产、设备预测性维护、能耗优化等方面的沉淀，具有较通用的性，可以跨行业复用。同时项目的交付时间从最初需要半年时间，甚至可以缩短到几周。

／ 认知反演

工业大脑强大的数学能力加上足够的计算速度，远远超过人类的计算承载力，同时处理上百万种情况。大脑可以在由海量数据形成的复杂拓扑网络中，以难以置信的速度放大关键的数据节点，并识别数据间的最优量化关系。这种认知反演的方式突破了“老专家”传统的思维定式，将隐性和碎片化的工业问题变得显性化，并由此生成新的知识。

／ 微创手术

数字世界的试错成本远低于物理世界。大脑就像做微创手术一样，并不需要大量的硬件投入与生产线的改变，仅通过在虚拟环境中对数据的改动与优化，即可产生明显的价值与收益，且路线不对可及时调头。



／ 知识普惠

知识、经验、方法、工艺与实践可封装在模型、SaaS软件和工业APP中，基于工业互联网平台传播，加速知识的流动。比如，阿里云工业大脑AI创作间将行业算法模型，行业知识、大数据能力、AI算法融合到一起，大幅降低算法门槛，车间里的专家师傅即便不懂写代码，也一样可以进行智能应用的开发。

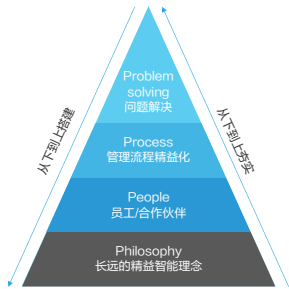
第七章：工业大脑+精益管理=精益智能

多年来，丰田精益管理模式被奉为制造业的“管理圣经”。丰田精益即是工具，也是文化，旨在帮助员工持续改善工作（Kaizen），杜绝一切浪费和无法产生价值的环节。丰田模式是工业时代，需要依仗大量劳动力的生产方式下的产物，意味着更加倚重员工，而不是减少对员工的依赖。然而，随着越来越多自动化设备、工业软件取代人类员工，精益制造的光环正快速褪去，甚至少数企业家认为“精益已死”。显然，这一观点是站不住脚的。虽然工厂对员工的依赖减少，但无论是生产设备、产线、工业应用还是生产参数都是由人类设计、开发。既然有人的参与，就会有浪费与不合理的存在，只是浪费从显性化变为隐性化，隐藏在数据中，更加难以发现，比如锅炉设备控制参数的不合理，导致过多燃煤的消耗，或是轮胎生产过程中，不同产地橡胶的配比不精确，影响了轮胎的稳定性。因此，工业大脑与精益管理存在极强的互补性，一是精益管理是基础，不能在错误的流程上做数字化与智能化，二是精益管理过程中识别出的，由数据造成的浪费，只有借助大数据/工业大脑等数字手段才能解决。

精益智能的4P金字塔

当精益管理与工业大脑走到一起，将突破旧有精益模式的“音障”，升维成精益智能。精益智能由4P金字塔搭建而成，其包括：问题解决（problem solving），流程（Process），People（员工）与Philosophy（理念）。（如图8）

图8：智能精益4P金字塔

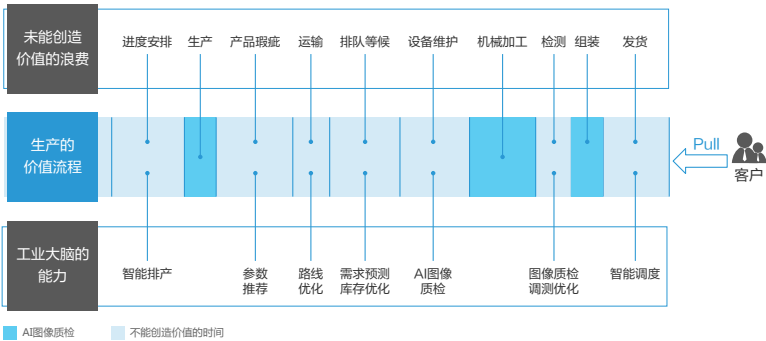


来源：阿里云研究中心

第一层 - 问题解决

工业大脑与精益管理的目标不谋而合，都是旨在缩短从原物料到生产最终成品的消耗时间，有助于促成最佳质量、最低成本及最短的送货时间。精益管理在生产价值流中识别的7大浪费均可通过工业大脑做到小的、渐进的、连续的改善。（7大浪费包括：生产过剩、现场等候时间、不必要的运输、过度处理、存货过剩、不必要的移动搬运、瑕疵）。（如图9）

图9：工业大脑解决生产过程的7大浪费



来源：阿里云研究中心

第二层 - 流程标准化与数字化

正确的流程方能产生优异的结果。工业大脑管理流程的精益化是以低成本、高效率达成生产持续性改善的关键。要借助精益工具将工业大脑的执行、监督、管理与决策流程固化，并对流程做持续改进。不仅如此，优化的流程需要以数字化形式展现，工厂员工与跨职能团队遵循一套统一的数字化流程即可保证工业大脑稳定、高质量的输出。

第三层 – 员工与合作伙伴培养

机器会贬值，而人员通过长期的学习会不断升值。企业需学会投资于“人”，培养深谙精益智能哲学的领导者，打造学习型组织，培育、教导工厂员工。工厂员工至少要把日常5%的时间用在辨识问题的根源，以及用大数据预防问题发生的可行性研究上。此外，积极邀请外部数据与算法合作伙伴共同学习企业生产方式，形成长期绑定的合作关系，通过“干中学”，加快大脑的创新与落地。

第四层 – 形成长期的精益智能理念

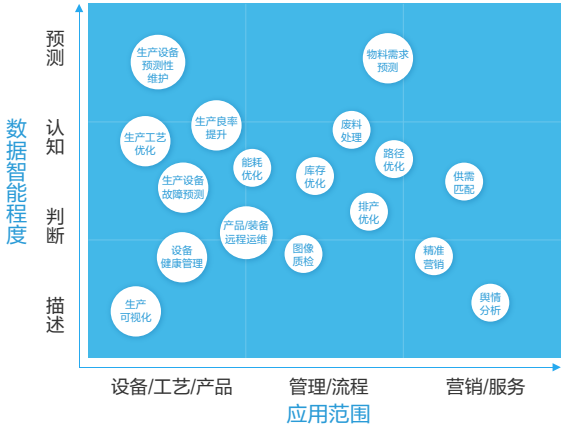
将精益智能变成企业的DNA。精益智能以长期理念为基础，着眼持续性的投入与长期的成果。同等重要的是，企业有责任将精益智能的理念灌输给客户、合作伙伴，甚至是行业的竞争者，为社会与国家创造更高价值。



第八章：永不消逝的智能

工业大脑不会退休、不会跳槽、不知疲惫、智力也永不会衰退。未来，大脑会像空气一样，虽空虚无形，但无处不在、永不消逝。工业大脑无形的力量将渗透到制造的全生命周期中，且能力将成指数级增长。（如图10）

图10: 工业大脑全生命周期管理



来源： 阿里云研究中心

/ 良率提升

天合光能是一家全球领先的太阳能电池片生产企业，其成功借助工业大脑，人工智能技术提升光伏电池片生产 A 品率。公司首先把从车间实时采集到的上千个生产参数传入工业大脑，通过人工智能算法，对所有关联参数进行深度学习计算，精准分析出与生产质量最相关的30个关键参数，并搭建参数曲线模型，在生产过程中实时监测和调控变量，最终将最优参数在大规模生产中精准落地，提升生产 A 品率7%，创造数千万元利润。

案例二维码



/ AI图像质检

浙江正泰新能源是国内规模最大的民营光伏发电企业。企业在生产电池片过程中都是通过肉眼做产品质检，成本高、效率低。如今，企业利用AI图像技术，将带有产品缺陷的5万多张图片上传到云计算平台，通过深度学习与图像处理技术进行算法训练。优化的AI算法，其识别准确度可达到95%以上，碎片率（瑕疵品）下降50%。不仅如此，从图像拍摄到数据接收、处理，然后到数据上传MES系统做缺陷判定，再到最后MES系统下达指令给机械手臂抓取缺陷产品，整个流程耗时不到一秒，仅为原先的一半，且检测过程无需人工参与。

案例二维码



/ 检测效率提升

京信通信是全球领先的无线通信与信息解决方案和服务提供商。产品调试一直是通信生产过程中的瓶颈工序。调测成本占总生产成本比重高达30-40%，单个产品平均耗时超过1个小时。京信通信通过云端汇总、打通生产关键环节数据，以测试/检测数据为主体，利用算法模型进行制程能力的综合分析、评估、优化。最终，检测指标项从平均300个点位降到200个，产品整体调试效率优化35%。

案例二维码



/ 能耗优化

恒逸石化是中国一家大型化纤生产企业。化纤属于高耗能行业，公司每年煤炭消耗达几亿元人民币。公司以提升燃煤发电效率作为首个突破口，利用喷煤到产出蒸汽整个流程中采集到的数据，基于工业大脑构建算法优化模型，准确实时预测蒸汽量，并向燃煤工程师推荐最优燃煤工艺参数指导实际生产，进而降低总体燃

案例二维码



煤消耗。最终，燃煤效率提升 2.6%，这意味着一家工厂一年可节省上千万元的燃煤成本。

/ 设备预测性维护

盾安集团是中国一家风力发电民营企业，其利用物联网与算法模型技术提前预测风机故障。通过温度传感器对整个风机的温度测点进行实时监控，并对海量温度数据进做深度学习，构建风机故障检测与感知预测模型，最终做到提前1-2周识别风机微小故障并预警，单台风机单次重大事件维护成本大大降低。

/ 工艺优化

中策橡胶集团是中国最大的轮胎制造企业。作为一种天然植物，橡胶并不能像工业化流水线的出品一样标准，不同原产地、不同批次等因素，都可能带来指标的波动。ET工业大脑对中策橡胶的各类数据进行深度运算和分析，并给出最优方案。比如，哪几个产地的原料组合在一起质量最好，某个工艺处理环节该用怎样的参数可以使混炼胶的性能更稳定。通过云计算，中策橡胶集团的混炼胶平均合格率提高3到5个百分点，达到国际水平。

第九章：打造制造业的天猫

- 大脑生态+智力共享+工业互联网平台

工业大脑是制造业的“新物种”，其智力发育更像是蝴蝶的蜕变过程，需要经历卵（工业大脑应用）、幼虫（模型/算法沉淀）、蛹（工业大脑开放平台）、成虫（工业智能协同网络）四个变态发育阶段。未来，围绕大脑构建的生态、智力共享模式、与工业互联网平台将直接决定工业大脑的进化程度。

（如图11）

图11: 工业大脑的变态发育过程



来源：阿里云研究中心

／ 哑铃型工业大脑生态加速知识的裂变

哑铃型的生态可有效打通数据、设备、系统、行业以及人之间的壁垒，让数据与知识产生裂变效应。哑铃左侧是数据生态，生态中包括自动化厂商，物联网解决方案服务商，数据接入服务商等，实现高可用、低成本的数据采集、设备互联，促进多源异构数据集成、交换；中间部分是工业大脑平台，平台提供丰富的数据采集插件，沉淀了成千上万种设备的机理模型、数据字典与知识图谱极大降低开发门槛；右侧是算法与应用生态，生态中的系统集成商、软件开发商与大数据初创企业通过大脑开放平台，快速实现模型的训练和算法开发，提供各种行业颗粒化场景的大数据应用。同时，优秀的行业算法又可回流到平台中，形成新的大脑模版，赋能更多的软件开发者与制造企业用户。

／ 智力众包让大脑发育更成熟

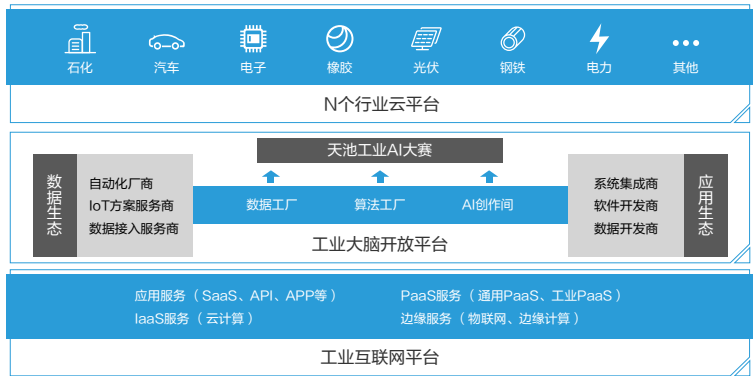
开源与分享是互联网技术发展的加速器。分享经济极大地调动社会资源，推动整个互联网行业的快速发展。工业界同样需要打破长期以来的封闭体系，让工业知识有序开放与分享。企业界以外的设计师、工业界以外的软件工程师都能以众包的模式，填充工业界知识工作者的缺失，同时带来知识的流动。美国通用电气多年前就采用众包模式，将一个发动机托架的设计要求公布到网上，在全世界征集能满足设计要求的人。最终获胜的作品，重量比通用电气公司资深工程师设计的还轻了85%。同样，阿里云组织的天池工业AI大赛也是采用智力众包模式，将真实的业务场景数据脱敏后开放给社会上的大数据与算法专家，优秀的算法可转化为工业大脑的解决方案服务更多的企业。

／ “1+N” 工业互联网平台是大脑的生长土壤

以SupET平台为例，一个横向的工业云平台赋能N个垂直行业平台的“1+N”工业互联网平台模式正快速形成网络效应。工业大脑即需要工业互联网平台为其造血，同时又是平台发展的引擎。向下，工业大脑扎根横向云平台获得强大的数据与计算能力，同时云端的算法与应用可以与设备动态交互，实时下达控制指令。向上，工业大脑服务众多垂直行业平台，以及平台之上的万家企业，提供丰富的算法、模型与应用。同时，一个或是多个能够解决生产/运营难题的杀手级工业应用（killing Apps）可以为平台带来巨大的流量。

设想一下，当工业大脑生态、智力共享平台与工业互联网平台组合在一起，将形成一个像天猫一样的工业智能协同网络。网络上的参与者之间自组织、自交互，即分享能力，又是能力分享的受益者。强大的网络协同效应将加速工业智能的无限繁殖，最终的目的是打破知识的封闭性，让知识能够像水一样绵绵不断地流入到每一家制造企业。（如图12）

图12:



来源：阿里云研究中心

第十章：一场没有终点的旅程

工业大脑是人类智慧与机器智慧深度融合的产物，其完全站在一个全新的角度，用数据、算力与算法破解工厂密码。工业大脑已逐渐超脱工具的角色，形成制造业的一套解决问题的方法、一种管理理念和一种精益文化。工业大脑正快速融入制造业DNA, 企业的组织、文化、流程、人才结构与商业模式也将由此发生重大改变。

工业大脑的旅程看不到终点，因为人与机器的进化脚步不会停歇。法国思想家布莱斯·帕斯卡说过，人类的全部尊严就在于思想。人类应当善用机器来成就自己，让大脑在更高层次上完成机器无法完成的复杂推理与复杂决策。同时，人类也要给予机器足够的信任与敬畏，让机器充分施展才华。在漫漫旅途中，人与机器应学习如何更好相处，共同成长，并一起欣赏沿途的风景。

特别感谢

刘松
阿里巴巴集团副总裁

田丰
阿里云研究中心主任

闵万里
阿里云人工智能首席科学家

陈鹏宇
阿里云工业大脑资深产品专家

胡鑫
阿里云制造业务总经理

杨国彦
阿里云工业大脑业务总监

吴金海
阿里云战略拓展部副总经理

此外，特别感谢阿里云工业大脑团队的意航、云超、萝博、沐瑾、昊海、通贯、吴剑弘、剑馨、宽谷

感谢我们的合作伙伴

（以下排名不分先后）

华敏洪 | 天合光能 | 制造副总裁

张利民 | 中策橡胶 | 副总经理

廖宁平 | 恒逸石化 | 首席信息官

葛鑫 | 京信通信 | 制造副总经理

黄海燕 | 正泰新能源 | 制造副总裁

廖海涛 | 迪森热能 | 首席信息官

飞天战略营

