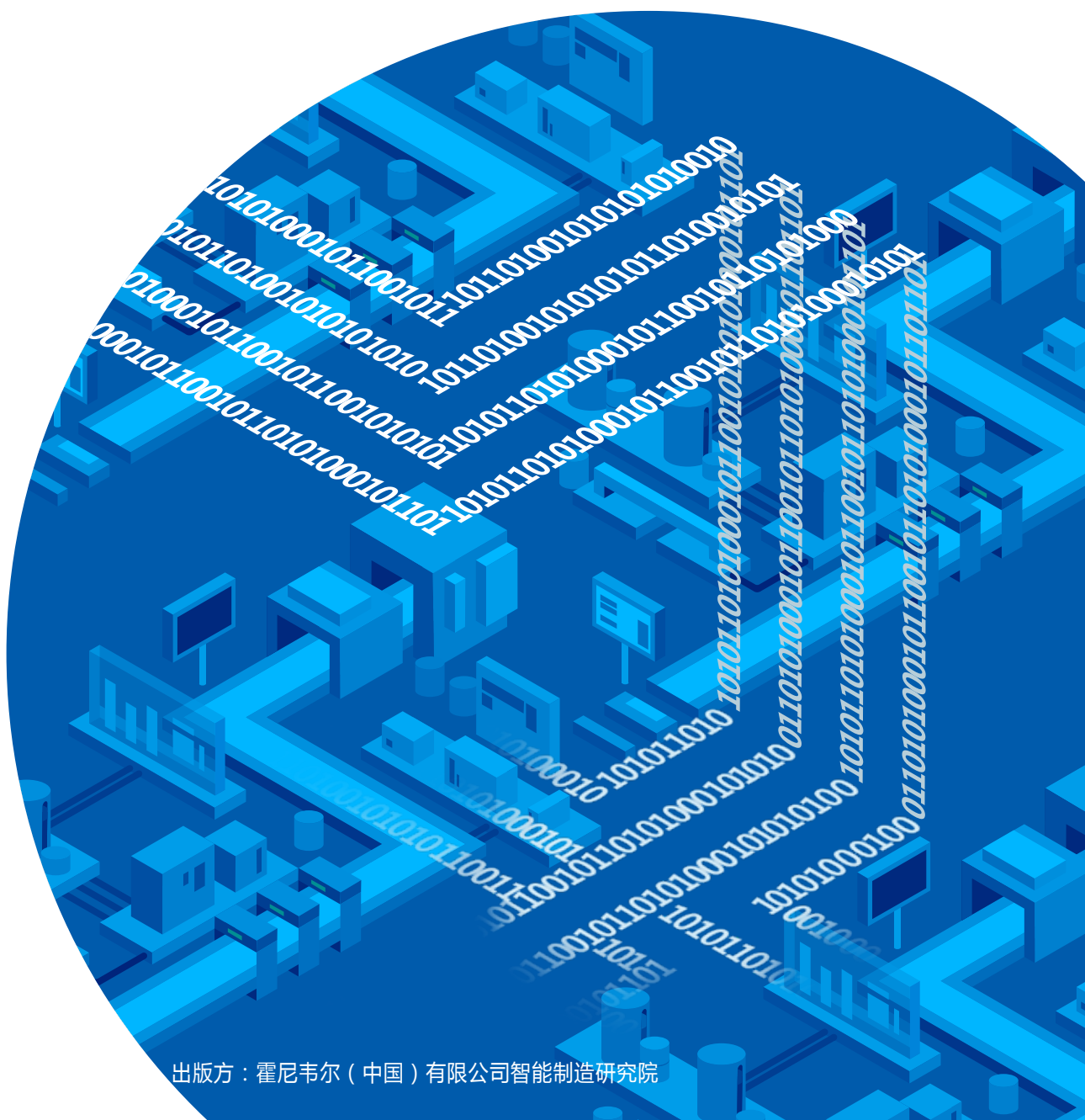


Honeywell

流程工业智能工厂白皮书 ——从洞察到成果

Smart Manufacturing for China's Process Industry:
From Insights to Outcome



卷首语

“近年来中国制造业的生态环境、产业结构与发展模式等都发生了深刻变化，带来了新的发展机遇与挑战。随着中国劳动力成本和工业转型需求的提升，以及政策和技术的支持力度加大，中国智能制造进入到实质性落地阶段，迎来发展的破局时刻。此时，我们更加需要真正适合中国企业实际情况和需求的洞见和解决方案，引导企业扎实地迈入智能制造新纪元。”

霍尼韦尔一直深耕流程工业，在自动化技术和石化炼化技术等领域有着深厚的积淀，更重要的是，霍尼韦尔一直伴随着中国的改革开放过程，对中国市场和中国企业有深刻的认识。这本白皮书诚恳坦率地总结了霍尼韦尔多年的观察和实践，提出了一个成功的智能工厂应该具备的要素和可实现的路径，并配以实际的案例，值得一读。我相信，中国的流程工业将能够从中获益，在进一步的升级改造中实现跨越性发展，完成智能制造的转型。”

傅向升

中国石油和化学工业
联合会副会长

前言

在制造业全球分工日益深入的经济背景下，业务管理的决策需要变得更加敏捷和准确；企业运营必须更加高效；技术的进步对操作人员的专业技能水平要求更高；项目的执行需要在更短时间、更低风险和有限预算内完成等等。在这个变革的环境中，传统工业国，如德国和美国，分别提出了工业4.0和工业互联网的规划，分别定义了智能工厂模型¹。

与此同时，中国制造业在经过近四十年的飞速发展，已经成为全球工业的重要支柱。今天，超过90%的笔记本电脑、80%的空调、70%的移动电话和64%的太阳能电池板都是“中国制造”。2011年，中国更是取代美国成为全球第一大工业增加值贡献国²。

但在取得辉煌成就的同时，中国的制造业在新的信息时代所面临的挑战也极为严峻：

- 产业结构不合理，新产能重复投资造成产能过剩
- 老旧产能效率低下，安全、环境问题凸显
- 管理理念和机制存在差距
- 产品同质化，附加值不高
- 人口老龄化，技能劳动力出现短缺

工业化与信息化的结合为中国制造业升级提供了新的方法论和路径，中国工业和信息化部于2016年提出了中国的智能制造模式：**智能制造**是基于新一代信息通信技术与先进制造技术深度融合，贯穿于设计、生产、管理、服务等制造活动的各个环节，具有自感知、自学习、自决策、自执行、自适应等功能的生产方式³。

随着上世纪七十年代发明的分布式控制系统（DCS）的普及应用，流程工业较早实现了自动化控制。行业的下一个挑战，是如何通过数字化、互联化并向智能化应用迈进，实现这个转变的关键，在于如何将生产运行中巨量数据和信息，变为对业务的洞察与知识；通过和相关应用场景匹配的数字孪生智能分析和预测，提高投运率/可靠性等关键资产管理水平，实施生产过程实时优化，提高企业生产实时决策能力，实现流程管理精益化和数字化，进而提升企业运营绩效。

¹德国的智能制造战略：人、机器和资源将会如同在一个社交网络里自然地相互沟通协作，生产出来的智能产品能够理解自己被制造的细节以及将如何使用，并积极协助生产过程。美国国家标准与技术研究院（NIST）对“智能制造”的定义是：针对工厂、供应链和客户需求不断变化的要求和条件，能实时响应的一体化协同制造系统。

²麦肯锡2017《工业4.0对中国化工企业的启示》

³工业和信息化部 and 财政部发布的《智能制造发展规划（2016-2020年）》





智能工厂的发展趋势

许多面向未来的制造企业都试图通过智能制造战略提高企业管理水平和盈利能力，一些赋能智能工厂的关键技术应运而生：

云计算

工业云计算是包括业务流程、事物、系统、组件和人在内的智能网络系统，它可以整合数据存储和在线软件应用。

虚拟化

经过数年的发展，虚拟化技术现在已经发展出多种形式种类，包括操作系统虚拟化、服务器虚拟化、控制器虚拟化等，这项技术使虚拟测试和虚拟试运行成为可能。

数字化工具

新的数字化工具的出现，比如性能分析器、系统文档变更管理、风险管理器、在线备件库等简化了跨多业务的流程，并能降低一半相关的维护工作。

数据互联

通过数据的全局互联和系统的互通互享，挖掘数据获取对业务的深刻洞察。其中一个关键是工业互联网软件平台的发展，这类平台通常包含有数据的安全协议和数据分析软件，是连接工业物联网数据连接层、接口层和云服务层的重要工具。

虚拟现实技术

通过实现移动互联、虚拟和增强现实，为现场、远程和集中工人提供实时支持。

智能分析

包括机器学习、深度学习、实时优化等人工智能技术。



这其中，如何把专家体系和工厂运营实时连接起来，正是数据互联的核心。目前很多过程制造企业虽然有很多专家，拥有很多技能，但是主要针对的是已经发生的事件，做事后的分析和处理，失去了很多效率提升的机会。而数据互联改变了游戏规则。而关联的基础便是“数字孪生”技术。**数字孪生 (Digital Twin)**，是指通过数字化的手段在虚拟的数字世界中构建一个与物理世界中的实体一致的数字镜像，以此来实现对该物理实体的了解、分析和优化。虚拟空间中映射出的数字镜像，可拆解、可复制、可转移、可修改、可删除、可重复操作……极大的加速了操作人员对物理实体的了解，让很多原来受限于物

理条件而无法完成的操作变成可能。

借助数字孪生工具，企业可以在云端运行一个完全模拟现场的高保真模型，专家从云端获取现场的运行状态和实时数据，同时比对数字孪生模型的运行状态，对现场过程性能进行分析，提供优化和可靠性指导，预防和避免设备故障和非计划停车，进一步提高生产效率。




另一项值得注意的技术是**模型的优化决策**，即基于模型决策可以提高决策的科学性和准确性，加入优化求解器就可以获得优化的结果，用计划优化软件排产和选择原料就是基于模型优化决策的典型应用。

“





那么，如何定义一个成功的“流程工业智能工厂”呢？

流程工业智能工厂应当考虑从工艺设计、工程建设到生产运行管理全生命周期生产及管理的自动化、数字化和智能化，并从自动控制到智能运营管理均采用成熟可落地的先进技术，帮助企业达到安全生产、降本增效和提高决策效率的目的，通过数据驱动策略的部署为企业最终实现数字化转型赋能。

流程工业智能工厂的总体目标：

-  确保生产安全
-  提升决策效率
-  提高企业效益

流程工业智能工厂的特征：

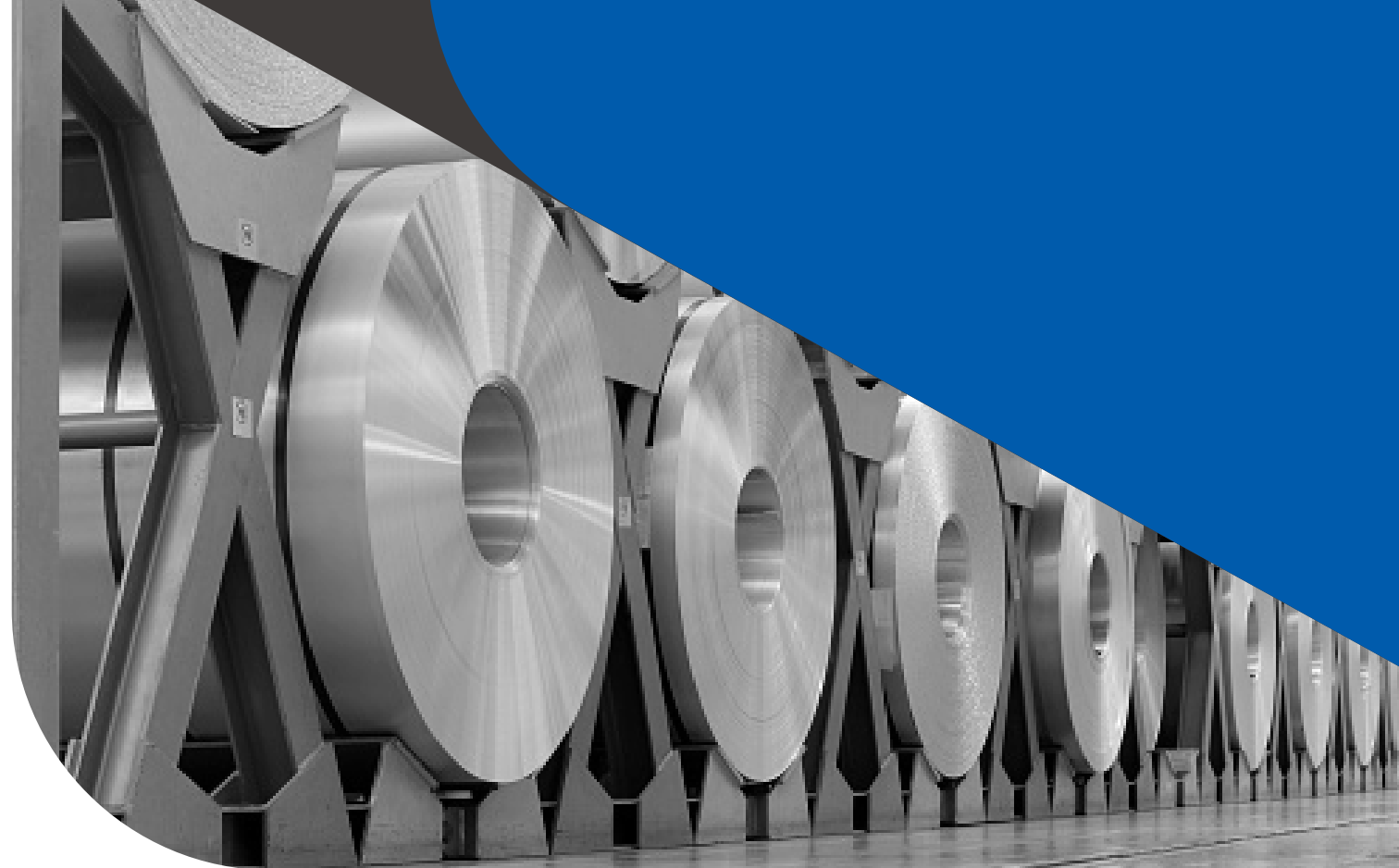
-  基于模型、数据分析等智能化技术的优化决策
-  专家知识、经验与数字化的深度结合
-  从设计、工程的数字化交付到智能运营的一体化
-  KPI驱动从自动控制到智能运营的整体优化



实现端到端的**供应链优化**是企业利用优化技术获得效益的一大来源，其核心是优化排产，这需要（用LP技术）为生产装置建模，同时及时导入原材料、能源和产品的价格信息和市场预测信息，通过优化器给出几种生产和原料采购优化方案供企业决策者决策，让企业决策者真正做到基于模型的优化决策，形成一种数据驱动和科学决策的企业文化。

霍尼韦尔互联工厂为智能工厂建设提

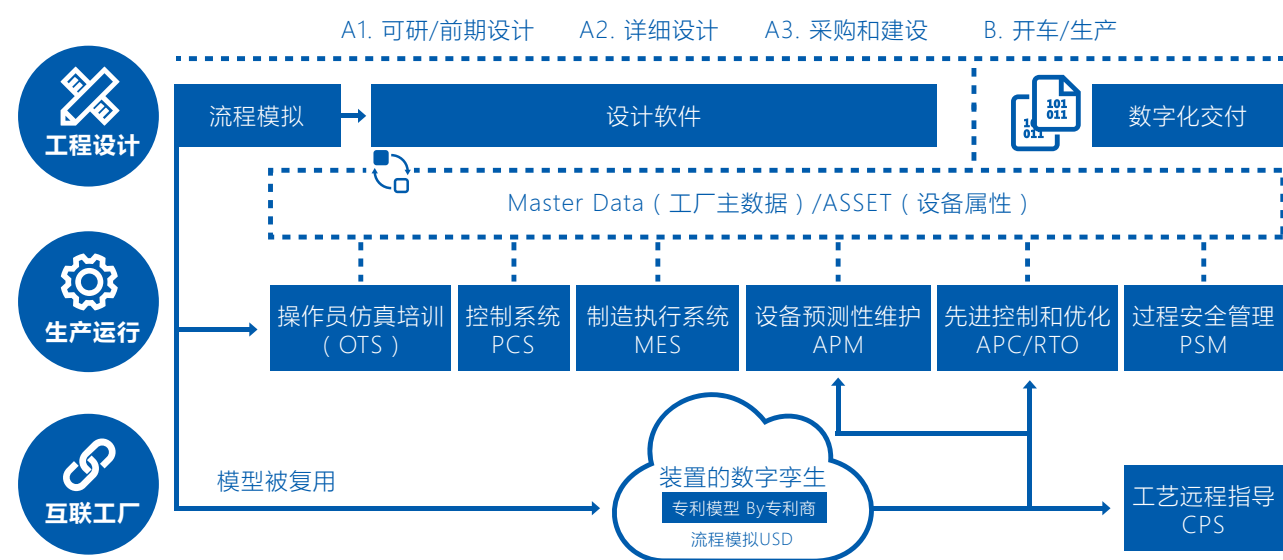
供了一种新的软件交付模式——软件即服务（SAAS），企业无需一次性有很大的固定资产投入，也不需要招聘资深的软件专业人员，就可以享用新技术带来的成果。如上面谈及的资产性能管理（APM），由对设备和工艺更为了解的互联工厂专家人员来解决数字孪生设计、故障模型，和高级数据分析等技术难点，而用户只通过统一的操作界面就可以实现设备预测性维护带来的效益提升，从而减少了对人员能力的需求。



2 横向的实施过程

充分利用设计阶段数字化交付成果，实现从可研/前期设计、详细设计、采购建设到开车/生产的全生命周期的数字化建设和转型。

智能工厂的生命周期从何而始，这是一个往往被忽略的问题。霍尼韦尔的的经验是，如果能够在设计伊始就通过数字化技术实现各阶段的数字化交付，能够极大的提高智能工厂落地的效率，并提升总体的效果。



充分利用设计和建造阶段的数字化成果会对智能化工厂运营阶段的系统建设带来很多便利。例如，工厂主数据和设备属性在设计阶段就被有效地组织和管理的的话，运营系统对这些信息的需求可以直接导入，从而节省了信息收集时间和配置不对应的返工时间。另外一个例子是采用控制系统组态软件与设计系统的接口，这样可以节省90%的设计和控制系统组态工程师的交接时间。

通常在设计阶段，工程公司会采用工艺模型来设计工厂，这些被精确建立的模型可以被复用，作为装置数字孪生体，进一步为运行阶段的高级应用赋能——资产性能管理（APM）对装置性能的监视、对实时优化（RTO）非线性增益的校正，以及互联工厂远程工艺优化指导。

对于中国的流程工业来说，智能工厂项目采用成熟技术确保应用落地很关键。企业需要专业人士和相应的机制来评估采用技术的成熟度和供应商的综合递交能力，确保纸面上效益可以落到实处。

此外，企业的管理文化建设也是重要的一环——数字化、智能化转型的关键在于自下而上的推进，企业管理者对于智能制造必须拥有正确的思维定位。数字化转型的成功并不仅依靠技术，所有部门都要加强培训，参与战略落地，积极面对新技术及其带来的改变（比如云技术是大数据分析的基础，而安全问题可通过手段解决）；选择有经验、能力可靠的供应商进行合作也是转型的成功保障之一。

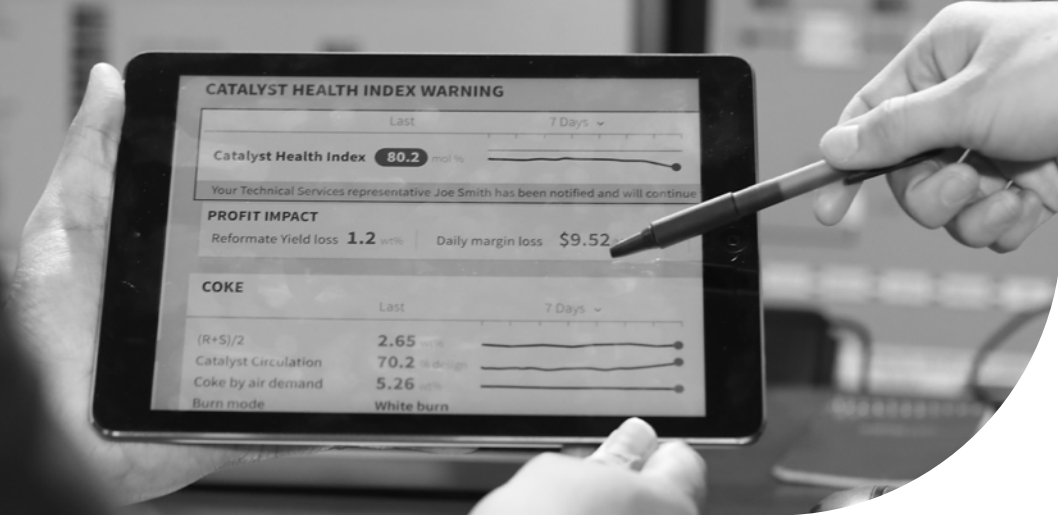
从洞察到成果

“在实际的应用中，智能工厂并不是一个静态的存在，而是一个根据工厂实际情况出发，并以结果为导向的一个动态的智能化升级过程，实现从最初级的自动化控制层级向高级别的互联工厂的升级。

控制和性能的优化

上海赛科石油化工有限公司（简称“上海赛科”）从2006年开始应用霍尼韦尔操作员仿真培训（OTS）、先进控制（APC）、在线实时优化（RTO）以及报警管理等一系列解决方案，具备了从初级控制和工厂操作向高级别的互联工厂发展的技术基础。十几年来，双方无间合作，希望将传统高科技技术和互联工厂的互联性进一步有效结合。2017年，上海赛科将10套过程单元现有的仿真培训系统升级至霍尼韦尔互联工厂最新Unisim® 技能培训和管理套件，并且将此管理套件置于工厂的云桌面管理系统，打破了传统培训系统地点和时间的局限性，为工厂人员培训提供有效的解决方案，帮助工厂实现安全、无事故、高效的运营。

挑战	方案	成果
<ul style="list-style-type: none">▶ 如何提升工厂操作能力；▶ 如何有效管理操作员技能；▶ 如何验证和优化工厂操作及控制性能。	<ul style="list-style-type: none">▶ 利用APC系统实施了多个先进过程控制项目，对乙烯处理量进行实时优化。▶ 报警管理系统和操作员仿真培训系统等技术手段。▶ 霍尼韦尔互联工厂UniSim®操作员技能培训系统是基于云技术的解决方案，让操作员可轻松接入模拟环境实施培训和技能开发。它通过云技术在整个工厂范围内实现操作员之间的彼此互联，有助于集中管理并部署模拟学习，降低生命周期维护成本。	<ul style="list-style-type: none">▶ APC系统下，乙烯上游的处理量提高1%▶ 通过报警管理系统和操作员仿真培训系统等技术手段提高了生产安全水平，确保了装置的一次开车成功▶ 云技术仿真培训方案，打破了传统培训操作的地点和时间局限，可通过互联随时随地进行培训管理▶ 远程管理系统有效管理操作员技能评定▶ 对工艺和控制优化方案的验证延伸了培训的效果



数字化运营的价值

中化国际（控股）股份有限公司下属成员企业圣奥化学科技有限公司（简称“圣奥化学”）是全球领先的聚合物添加剂综合服务商。作为其两化融合试点建设项目，圣奥化学在其安徽铜陵的工厂启动了生产管理执行系统项目（一期）。项目中，霍尼韦尔为安徽圣奥提供了包括物料管理、仓库管理、计量管理、生产计划、生产运行、生产统计、能源管理、工艺管理、质量管理等一整套解决方案，即霍尼韦尔智能生产管理执行系统（MES）。

“霍尼韦尔智能生产管理执行系统帮助安徽圣奥规范生产操作、简化生产管理流程、提升企业管理效率的同时，也提高了各部门和岗位之间的协同作业能力，确保圣奥化学智能工厂信息化建设试点项目顺利实施。”

中化国际副总经理、圣奥化学首席执行官苏斌表示。

挑战	方案	成果
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 如何进一步降低生产成本； ▶ 如何提升管理效率，释放劳动力，实现员工职责转变； ▶ 如何解决生产数据获取不及时、不全面、数据准确性差的问题； ▶ 如何抓住主要矛盾，解决化工生产本质安全问题； ▶ 如何改善信息传递与沟通效率。 	<p>霍尼韦尔为圣奥化学提供了一整套智能生产管理执行系统（MES）解决方案。该解决方案可以实时采集全厂生产控制系统（DCS）数据，集成地磅数据、SAP数据、包装生产数据、和质量数据等，建立一个全厂的数据中心和一个统一的信息发布平台，动态实时显示全厂工艺流程控制、质量检测数据、生产操作情况、生产订单完成情况、以及库存情况等。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 实现多数据源的集成和全局共享，实现了物料进出厂作业自动化 ▶ 及时发现异常和缺陷，消除安全隐患，质检效率提升30% ▶ 堵塞管理漏洞，防止效益流失，盘点效率提升了78% ▶ 大幅提高工作效率，降低人工成本，为精益管理提供强大支撑，其中用于统计的人工成本下降60%以上

数字孪生的应用

位于华东地区的山东万华化学集团股份有限公司（以下称“万华”）拥有当前世界上最大的Olefex装置，丙烯年产量高达750,000吨。在推动公司智能化的过程中，万华采用了霍尼韦尔互联工厂工艺可靠性顾问（Process Reliability Advisor）对其位于山东烟台工厂的UOP C3 Oleflex™ 丙烷制烯烃装置进行监测。

“这就好像把我们全球最优秀的工程师跟科学家送到万华丙烷脱氢的装置的旁边，能够用他们的深厚的知识技术来为万华化学来服务，能够达到他们装置的操作的最优化。”

霍尼韦尔UOP中国研发总监韦丹华说。

挑战	方案	成果
<p>进行运营规范性监测，以获取关键绩效信息和流程建议。</p>	<p>部署霍尼韦尔工艺可靠性顾问（Process Reliability Advisor），通过复杂软件提供整个霍尼韦尔UOP工艺流程的工厂数据和故障模型，助力工厂更平稳地运行，并提前检测问题，避免中断生产和工厂盈利损失。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 以最大产能稳定运营 ▶ 更快，更准确地调整运营

在地球的另外一端，挪威伦丁石油公司正采用霍尼韦尔的数字孪生和资产性能资料库来对其远在600公里以外的北海油气平台进行精确能源管理。通过获得的详细数据资料和洞察分析，挪威伦丁石油公司在奥斯陆的工程师们可以与油气平台的操作员一起提高平台的运营效率，减少二氧化碳排放。

挑战	方案	成果
<p>远程管理海上油气平台的运营和能效，同时监测环境影响。</p>	<p>霍尼韦尔的互联资产管理系统将挪威伦丁在奥斯陆的工程师同100多种资产联系起来，帮助实施资产效率的远程监控，并对平台的压缩机、泵、涡轮机和其他设备进行监测，保证其正常运行。此外，霍尼韦尔的解决方案将其他状态监视系统的数据集成到一个统一的数据源中。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 远程评估平台的实时能效情况及相关排放需求 ▶ 通过日常损耗监测判断未来几个月可以减少的损耗 ▶ 根据目前的运行情况，只要实现5.5%的能效提高，每年就有望节约123万美元的能源开支

远程管理的效力

在智利首都圣地亚哥，智利国家铜业公司（Codelco）同霍尼韦尔一起在市中心建了一个世界一流的全天候远程运营中心，通过将矿厂的一些功能迁移到市中心，来减少工人的安全风险，提高生产力和工人的生活质量。运营中心里具备远程操作和监控设备、测试开发和培训实验室、会议室、视频会议中心等。今天，这个远程运营中心可以利用数据分析、预测性维护和霍尼韦尔互联工厂的专家知识，为Codelco工厂实现生产和生产力的显著提升，并提高营收。



挑战	方案	成果
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 铜矿安全； ▶ 人员安全； ▶ 高级技工的流失； ▶ 生产力不高。 	<p>霍尼韦尔为远程中心提供完整的互联工厂解决方案，包括高级过程控制系统、技能管理、互联资产等。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 操作员可以通过相机镜头和高清屏幕清晰地看到矿山内外的环境，并通过掌握和分析大量数据来提高生产力 ▶ 运营管理人员可以实时收到可能出现的问题的警报，通过修改流程来预防突然停工 ▶ 每年因产品质量改善和生产力水平提升带来了额外4500万美元的收益

过程安全的保障

保障流程工业过程安全运营有两大主要挑战：既要保障操作人员的操作合规与安全，又需要在系统层面把控项目运营的各个阶段的安全性和一致性。

巴西的布拉斯科(Braskem)公司是南美最大的石化公司，它为其墨西哥分公司部署了霍尼韦尔的可穿戴技术，就是利用智能工厂改进安全性和培训过程的典型案例。这家石油化工企业希望提高生产力以及工艺过程的合规性，并利用熟练员工的丰富经验，

为参训人员有效提供关键见解和信息，同时为现场工人提供支持。

霍尼韦尔面向现场工人技能和生产力的解决方案将工厂性能与工人绩效直接联系在一起，这对于任何一家工业企业的成功来说都至关重要。通过将现场工人和远程建议连接起来，霍尼韦尔智能可穿戴设备还减少了专家进行现场巡检的需求，使员工们可以继续学习或者与同事们有效分享自己的知识。

流程行业每天都在生产、加工、存储和输送大量的危险化学品，除了采用控制系统完成对生产装置的常规控制外，还需要根据风险降低要求设置安全仪表系统和其它安全保护系统，以便在生产装置异常及/或安全仪表系统异常时按照预定逻辑将生产装置维持在安全状态，所以需要正确地选择安全系统并在全生命周期内维持其安全完整性等级（SIL）满足设计目标。

过程安全生命周期内的典型活动一般包括：过程危险分析及保护层分析、可靠性计算及安全需求规格书、安全因果逻辑实现、功能测试计划、以及运行和维护。保持生命周期内数据的更新是非常具有挑战性的工作，原因在于生命周期内的不同阶段在使用不同的专用工具，这些工具之间缺乏联系，各阶段间的数据输入/交换只能通过手工完成，因而造成了整个安全生命周期内的数据更新缓慢，人为失误增多，缺乏对过程风险的快速识别能力，以及安全保护系统的实际安全完整性等级低于设计目标等诸多问题。例如：一个2~3年设计周期的项

目，因为工艺调整、设备调整、逻辑调整等原因产生了多个版本的项目文件，会带来大量的数据维护工作；再加上项目组态调试阶段的变更，会最终造成项目交付时缺乏一个完整的清单，能够正确罗列出所有的安全仪表功能以及合理的测试维护计划，来保障安全保护系统的完整性。而安全保护系统的不完整也将使生产过程面临着诸多未知的风险。

针对这些问题，霍尼韦尔的过程安全解决方案创造性地将安全生命周期内各阶段的管理工具统一到一个平台之中，实现各阶段数据的自动同步更新和过程的自动化。该解决方案可以帮助用户识别生成过程中的风险，通过减少安全保护系统的误跳车为用户创造可观的价值——每次误跳车可能造成上百万美元的损失；也可以帮助工程承包商提高工作效率，减少高达65%左右的项目时间成本，创造上百万美元的效益；该解决方案还可以帮助用户实现如版本控制、变更管理、可靠性数据积累等多种管理功能，实现安全生命周期内的持续改进。



中国智能制造规划的首选合作伙伴

在数字化转型过程中，机器学习、大数据和自动化技术使工厂能够精确采集、分析和传输数据，从而为整个制造企业提供更高的效率、可持续性和质量控制。先进的智能制造企业正在利用数字孪生优化工厂运营。通过匹配虚拟和物理世界，工厂可以对数据进行分析，对系统中的业务和其他背景数据进行监控，从而帮助工业终端用户实现更优化的性能。

尽管数字化有助于提高效率、可持续性和生产力水平，但是企业不可能凡事亲力亲为，毕竟工厂的核心竞争力是提供产品，而不是开发数据分析技术。解决方案就是选择像霍尼韦尔这样一家领先的合作伙伴，他们对流程工业的独特需求有深入的理解，能够设计逐步推进的数字化进程，既能保证可持续的控制系统寿命，还能确保随时无缝升级。

霍尼韦尔处于这场技术革新的前沿，可以提供新一代自动化技术基础和能能力，并深谙如石油炼化、造纸、采矿等工业背后的技术细节、工艺知识和运营逻辑，从而帮助类似工厂提高可靠性和效率、改善收益和利润率并降低风险。霍尼韦尔业界领先的先进解决方案、分析软件、专家知识能对过程、自动化系统和设备性能进行预测性分析和优化，在能效、安全和安防、环保、全球化和生产力等方面帮助全球客户解决它们在智能化过程中面临的各类挑战。



关于我们

霍尼韦尔（中国）有限公司智能制造研究院隶属霍尼韦尔（中国）有限公司，由霍尼韦尔旗下的特性材料和技术集团管理。研究院成立于2019年10月，致力于结合国际领先的智能制造趋势和技术以及中国企业的实际情况，为中国的智能制造技术及行业发展提供洞察和咨询服务，每年将出版相关的市场研究和技术趋势报告。《流程工业智能工厂白皮书——从洞察到成果》是研究院发布的“智能工厂系列”白皮书的第一章节，后续章节将在未来陆续发布。

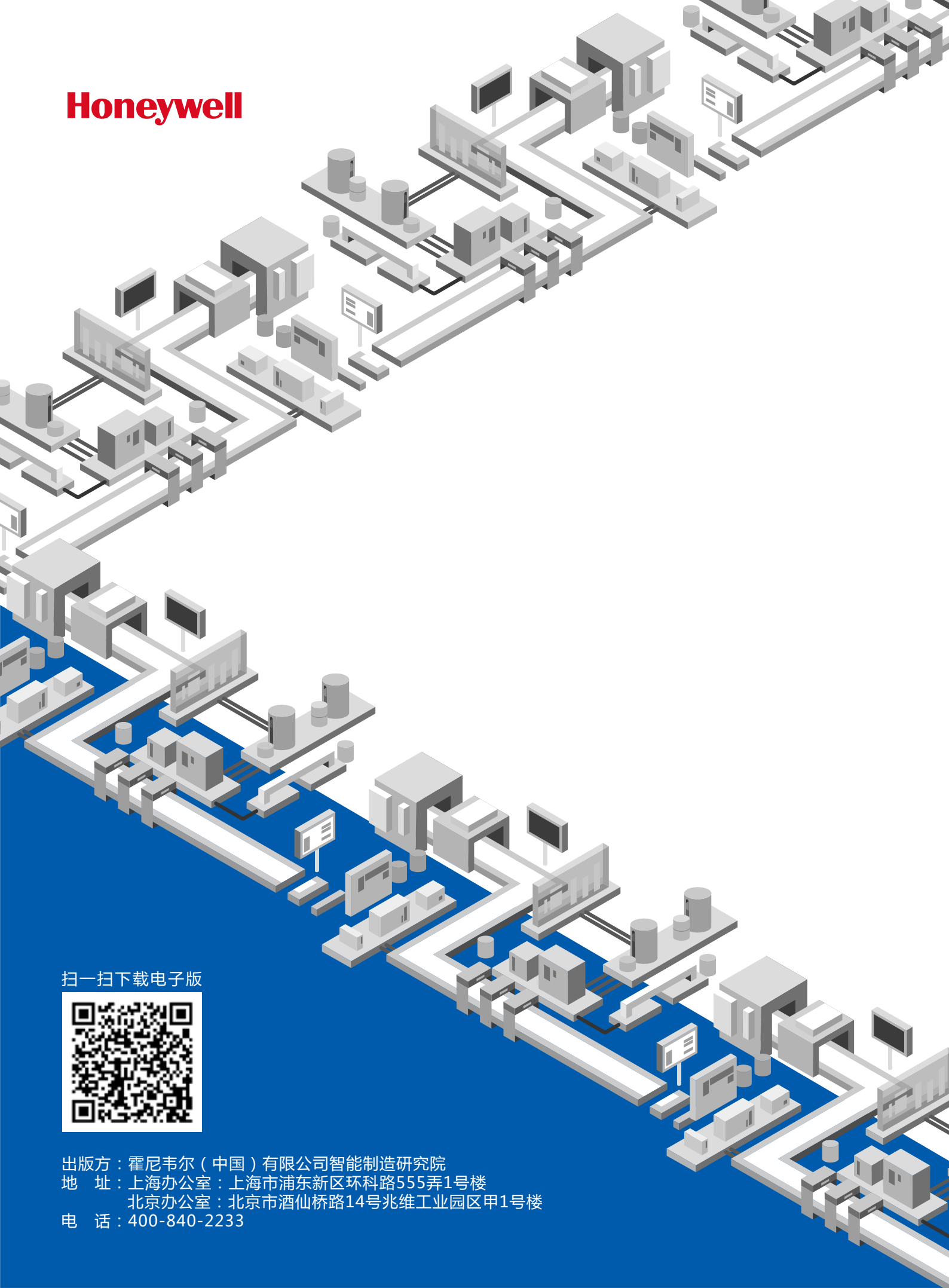
霍尼韦尔特性材料和技术业务集团2018年全球年销售额达107亿美元，是全球领先的特性材料、工艺技术和自动化方案供应商。该集团的过程控制部是分布式控制系统（DCS）的发明者，引领工业自动化行业长达半个世纪之久，其技术应用于全球超过15,000家生产基地，覆盖超过125个国家和地区。集团旗下的霍尼韦尔UOP业务部有超过4900个专利和应用，并且全球36种炼油工艺中的31种是霍尼韦尔UOP的发明。此外，UOP技术助力全球60%汽油、40%液化天然气和70%聚酯纤维的生产。

编辑委员会

感谢参与撰写《霍尼韦尔流程工业智能工厂白皮书——从洞察到成果》的各位编者：余锋、陈延、刘茂树、罗兆雄、周麓波、徐水根、姜亚春、吴佳骏、刘期彬、吴翀。

感谢他们基于对行业发展和相关技术应用的洞察和提出的独到见解和前瞻看法。

Honeywell



扫一扫下载电子版



出版方：霍尼韦尔（中国）有限公司智能制造研究院
地 址：上海办公室：上海市浦东新区环科路555弄1号楼
北京办公室：北京市酒仙桥路14号兆维工业园区甲1号楼
电 话：400-840-2233