

机床智慧化的精实数位价值

译 | 李建

自动化技术，创造了机床精度更好、更有效率、故障报警以及省人化等数值控制价值。机床智慧化是在既有的自动化和资讯科技的基础下，强化加工现场管理数据，即时收集、分析的数位技术，提高设备运转的数据价值创新。譬如设备异常的预警、加工实际情况即时可视化、检视现场加工数据挖掘浪费，进一步导入精实 (Lean) 改善的课题。

精密零件加工厂使用设备的观点，机床智慧化的精实数位价值，包括保证设备性能优异且能持续稳定可靠运转的评

价指标，例如设备稼动率与 OEE、加工精度与速度的优化、设备健康管理。以及加工流程连贯缩短 LT、有效产出的评



数位转型需要经历3阶段



数位化 Digitization

准备数位转型的工具



数位优化 Digital Optimization

熟悉应用数位工具



数位转型 Digital Transformation

改变商业模式和企业文化

量指标，譬如加工途程可视与 SOP 的 VSM 化、加工途程的浪费与优化、设备与零件的生产资讯。

智慧化除了为顾客创造价值，同时也要增加自己的竞争力和价值。本文以加工厂导入精实数位加工的实际案例，说明机床智慧化与加工线精实改善融合的共创价值，以及分享运用控制器指令与回授资料的低成本数据采集方案，创造设备制造商和设备使用者双赢的数据价值。

机床智慧化的精实数位价值

CNC 机床透过通讯标准平台 (OPC UA ; Open Platform Communication Unified Architecture)，让与设备连线的电脑可以即时取得运转资料，并存入资料库。这

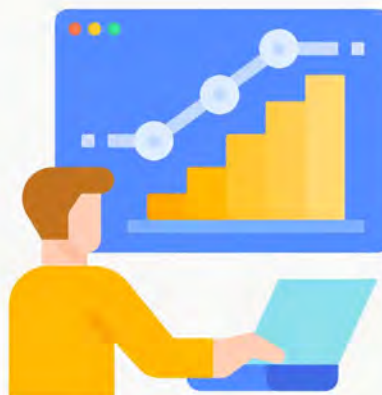
些设备运转数据资料，可归纳为两大类，第一类是机器的运转数据，如设备运转事件时间、振动、声音、温度、速度、变形、电流、距离、机构运动次数、机器故障警报等。第二类是机械的加工数据，如执行的加工程式、开始加工时间、完成加工时间、执行的次数等与加工相关的资料。

设备的运转数据和加工数据，可以创造多样化的价值，最普遍的是分析检讨设备投资效益的稼动率、提高加工精度与产能的性能优化等。本文则聚焦在“设备健康管理”、“加工途程 VSM (Value Stream Mapping) 化”、“加工途程的浪费与优化”等加工产线的精实改善，以及“设备与零件的生产资讯”，分享机床在加工厂的精实数位价值。

设备健康管理，是运用预警机制，落实预防保养，以

企业数位转型5步骤

1. 高层主管确定目标
2. 调查现况制定计划
3. 整合资源和产业知识
4. 带领员工开始执行
5. 数据分析、优化调整



保养维修取代无预警故障停机抢修，让机器设备在排程时（Planned Production Time）可以正常的持续运转，创造设备的最大可动率和产值。机床在切削加工过程，机构的运动会产生振动、摩擦、温升、变形、切屑、运转时间、作动次数、移动距离等机构劣化的潜在因素，初期的劣化经过适当的保养可以恢复如新，若劣化因素没有尽快排除，日积月累最终会故障停机。设备运转的资料，经过预防保养的望闻问切诊断模式，发现机器有劣化症状时，立即发出预警讯息，管理者安排在非加工排程期间停机保养，确保机器保持健康、运转正常，用数据做好设备的健康管理，创造设备不会故障

停机的价值。就像人的检康检查一样，发现异常在第一时间控制或改善，不产生病痛影响生活作息，达到延年益寿的效果。

加工途程 VSM 化，是纪录并呈现零件加工途程，每个工序物料与时间的实际流动资讯。机械零件从素材到零件，要经过很多道工序的加工，如机械加工的车削、铣削、研磨等途程。这些加工途程的先后顺序、使用的设备、工序等，是零件的标准加工途程。零件在每个途程的工序有加工时间、有上下料的换料时间、有更换刀具夹具的换模时间、以及等待下工序上线加工的时间和数量，透过机联网取得以上资料，

将零件加工的实际流动资讯可视化，如每个工序的加工时间、等待时间和数量、换料时间或换模时间。零件每次加工的实际资讯，用价值流图（VSM）突显实际流动资讯，关注每次加工实际状况异同、以及和标准之间的差异，是分析检讨加工途程浪费的重要资讯。

加工途程的浪费与优化，是运用加工途程的实际流动数据优化产线，创造加工途程的改善价值。以精实管理的浪费观点，检视 VSM 可以发现加工途程的浪费，最明显的是等待时间、换模时间、换料时间等每次的差异。重视这些差异才能落实、检讨、优化 SOP，如等待时间冗长、换料与换模的时间不一致，需要深入检讨包括人员、设备、SOP 的步骤，找到这些变异的因子并解决它。除了确保每次都可以在标准时间内完成，若发现不合理并改善它，进一步优化标准时间。内外换模、加工批量大小、急单与插单、交期变动等，都是隐藏在加工现场的浪费问题，这些问题是管理需要重视的议题，应设法改善、精进与优化加工产线和 SOP。

设备与零件的生产资讯，是将机联网的报工资讯，透过资讯工具的整理归纳运算，自动产生管理需要的设备生产力与零件完工的生产日（时、周或月）报表。每一台设备加工的零件、工序、数量等加工日志资料，都被机联网采集并汇整为加工日志资料，经由资讯系统的运算，快速且正确产生每一台设备的加工产量资讯，以及每一项零件的每个工序已完工、预计完工与交期资讯。

加工厂需要掌握现况、突显问题，追求途程连起来、缩短交期，创造与顾客一起受惠的价值，以上的精实加工价值模式，可以提升加工厂的产值与缩短交期。

设备稼动率或 OEE（Overall Equipment Effectiveness，整体设备效率）是检视加工设备有效产出的指标。加工途程的浪费与优化，是衡量加工产线的精实指标。设备稼动率高，不一定能够缩短零件加工的交期。反之，工序连贯、没有异常停机、最少浪费的精实加工途程，一定可以提高设备稼动率。

价值模式决定采集数据

2023 年底在某企业的智慧制造产品研发会议上，一位资讯技术主管拿出一个白板，上面写了很多他可以从机器上采集到的各种数据，他苦恼的说：我可以从机床上采集到这些数据，但是不知道这些数据要做什么用？这个发言告诉我们，数据采集的技术问题比较容易克服。数据应该要创造什

么价值，才是智慧制造的关键课题和挑战。

输入（Input）资料，透过逻辑运算处理（Process）产出（Output）结果，及时输入正确资料，立即呈现作业加值成果，是资讯系统创造价值的模型。从机器上采集数据是为了协助设备使用者以及他的客户创造价值，所以我们应该先确定，为顾客理清现况、突显问题、解决痛点的数据价值模式，再根据顾客的价值模式，决定应该采集设备哪些数据。输入资料就是 IoT（Internet of Things）要从设备采集的数据，所以“价值模式决定采集数据”，是我回覆提问者的解决方案。也就是说，数据都有，可以创造价值的数据，就是要采集的对象。

价值模式需要的数据 IoT 从机器上取得后，可以直接或间接使用，譬如电流、压力、变形，作动次数等可以直接使用。但温升、作动时间、运动距离、换模时间、等待时间、加工时间等，须采集两个或以上的复数数据，经过比较演算的结果才能使用。

低成本的数据采集

采集设备的运转实际状态数据，可从设备的内部控制系统和外部感测器两大类取得。善用控制器的资讯，以最低成本取得价值模式需要的数据，是精实管理的精髓。

设备的控制系统，若无法提供价值模式需要的数据，则需追加外部感测器，这是不得已需要增加的成本。如上所述的设备健康管理及计算 OEE 需要的良率数据，需要增加适当的外部感测器（Sensor）、转换器（Converter）和数据撷取介面（Interface）等物料成本。故机器的线上量测系统、温度感测器、应变规等，需要追加费用，才能得到需要的数据。

活用设备控制系统既有的控制命令与回授讯号，譬如开始加工时间、结束加工时间、换刀指令、直线运动的距离、伺服马达电流等，控制器都有这些数据，不需要增加额外的材料成本。多样少量加工的 F 企业，导入精实数位加工系统，包含加工途程 VSM 化、加工途程的浪费与优化、设备与零件的生产资讯、设备稼动率等，这些价值模式需要的数据，设备的控制系统都可以取得，不需加装外部感测器，数据采集的成本很低，善用这些数据创造的价值无限大。MFC