中小制造企业的精实智慧制造经验

文 | 巫茂炽

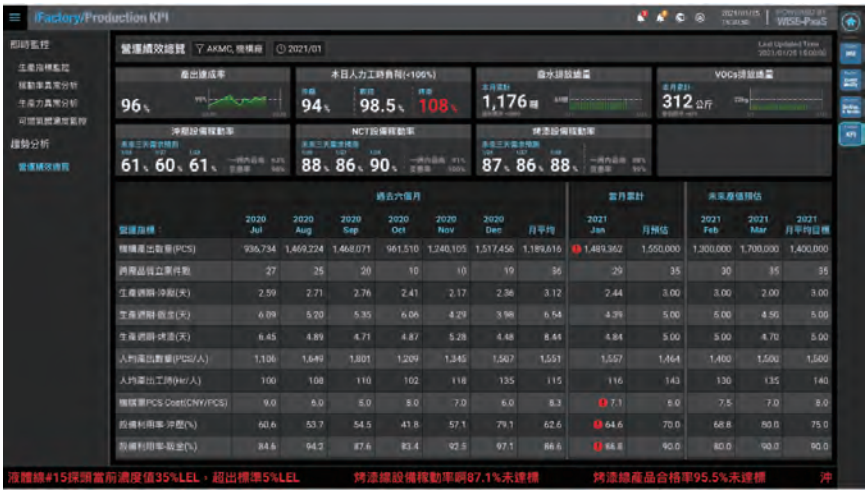
朴实无华的精实智能制造

精实智能制造的目的在于透过制造流程的精实化与智慧化，达成消除浪费与创造价值。精实系统以突显问题与稳定制程作为主轴，迈向连结制程与配套供料；智能化则囊括数字信息共享与流程自动化，提升可视化与管控能力。

制造现场的新近案例显示，尽管现场智能化设备水平大幅提升，包括导入智能排程软件、机器手臂、SMB(机顶盒)，却无法解决配套供料问题，在降低在制品库存、提升产效或缩短交期上仍乏善可陈。这个智慧化过程，呈现了欠缺目的与不重视制程标准等问题，这正是精实系统的强项。因此，历经 PDCA 的合理流程，结合信息的传达、运算，以及因应流程的设备优化，有机会形成精实结合智慧的全新竞争力。

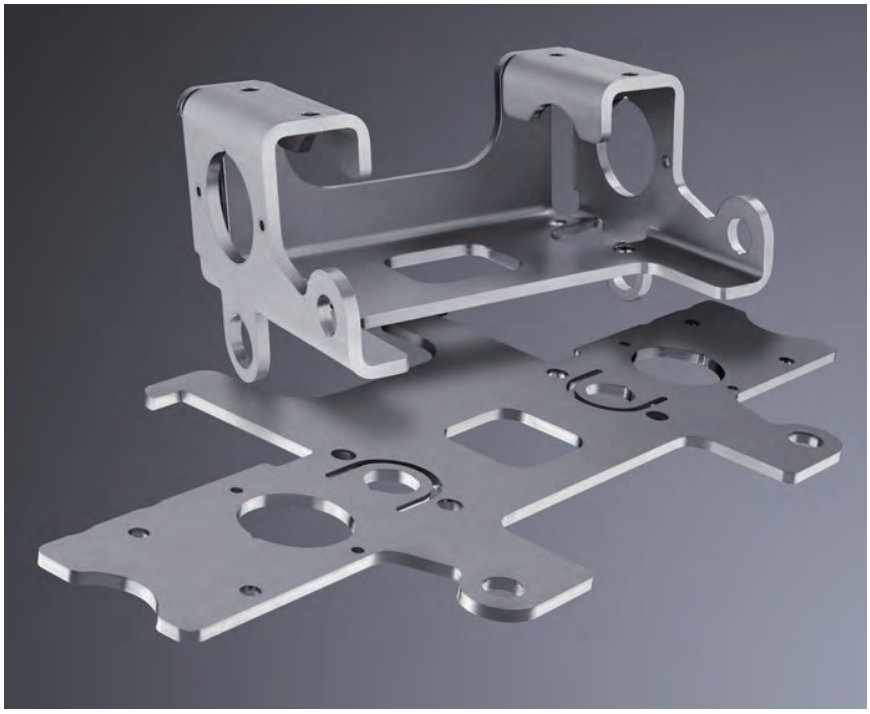
最近五年，全球制造回流、美中贸易纷争、新冠疫情的推波助澜，机床、手工具、自行车、健身器材等行业呈现了巨大的波动。如何掌握急单商机？如何避免订单波动造成大量库存？使得许多中小制造企业面临着前所未有的严峻挑战。业界人士十分好奇，如果方法得当，精实系统与智能制造的导入，又会扮演何种角色？

东海大学的 TPS(丰田生产体系) 课程，每年约与 8 家企业合作。以 2018 ~ 2022 年的 41 家次为例，除了上银科技、硅品等少数大型企业



之外，多数是中小企业，甚至是仅有十数人的小型企业。本文以其中约占60%、未满 100 人的中小企业，作为分类解析的对象。

我们按照学生在这些中小企业现场，掌握现况、突显浪费，以及提出解决方案的频度，区分为三群。亦即精实改善类 (A)、数字化自动化类 (B)、先精实化再智慧化类 (AB)。



精实化的挑战与智慧化的限制

A 群是传统的中小企业学习精实系统，改善案例众多。典型改善案例大多来自机械加工与产品组装。机械加工包括制程的合并或连结、换模改善，其中用人机组合图提升人均效率，达成为后制程制造的配套率提升，让人印象最为深刻。产品组装则是以单件流、节拍组装、并行操作、配套供料、横向水蜘蛛应用最为常见，展现多能工对提高作业平衡率的贡献。从宏观看，精实改善是一种从传统的批量生产迈向能够调适多样少量需求的小批量模式，是支持产业升级与转型的必然变革。我们用两家企业，说明其改善内容、成果与挑战。

A1 约 20 人，机械加工、搬运与组装，都采取单能工与批量方式。譬如：塑料护盖分别由两人各自用单机制造本体与上盖，再由搬运人员送到组装区，组装后放入租来的成品仓库。学生指出人员等待、库存与搬运的庞大浪费，建议将两项加工与组装合并为 1 人，亦即运用数控设备人可离机的特质，让作业员同时制造本体与上盖，并连贯完成组装，结果不仅效率提高了一倍，LT 缩短为十分之一。

经过一年的后续追踪发现，A1 因为老员工不愿意改变既有作业模式，无意愿成为能够兼做组装的多能工，企业仅勉强落实了一人两机的改善。被问及是否进一步活用人机组合图到其他产品的计划？董事长特助 (第二代) 说：老员工管理不易，需要时间。

A2 约 70 人，改善对象是小型木工机的组装，正努力从批量组装朝向单件流。学生选定一个机种进行 VSM 分析，指出了现场半成品堆积多、人员走动多、制程不稳定、重工多等问题。经过对现有组装作业与工时的绵密分析，改善前线平衡率仅 62%，证实浪费严重。学生运用标准化与平准化的原理，提出 SOP 与分站改善，以及马达装配等两个不稳定制程的重新训练，缴出了平衡率提升至 82%、人均产值提升 42% 的成绩。

两年后，A2 的新任总经理 (第二代) 联络刘老师，寻求辅导的可能性。他认同学生所提出的节拍组装设计，但是，在将精实手法扎根与向其他产品展开的过程，由于缺乏制程分析与改善的人才，面临很大瓶颈。

整体而言，A 类企业虽然非常多，但持续改善的却很少，关键在于精实改善的两大课题：提升改善能力与培育多能工。检视这两项能力的提升，又要追朔到让从业员拥有持续改善或学习意愿的领导、授权与激励制度的同步变革。

相对于 A 类，过去 5 年参与 TPS

课程合作、致力于数字化自动化的 B 类企业，只有两家。B1 想用智慧化追赶已经实施精实改善的同行，被总经理与学生连手模拟证实「完败」，可改善的空间非常有限（详情请参阅 MA138 期《精实水平与智能制造》p.105）。

B2 约 50 人，表面上有相当的管理制度，采取分工与批量生产，半成品暨成品库存非常多，惟运用一人多机等配置，个别人员效率不错。干部认为产品的种类多、流程长、部分制程需要外包，制程连结的推动困难，否决了学生改善批量生产的建议。在老板的强烈期待与学生协助下，将部份作业困难或模式固定的制程，导入了机器手臂，有效减少了对人力的依赖。老板得意的说，招募作业员愈来愈困难，自动化是必然道路。

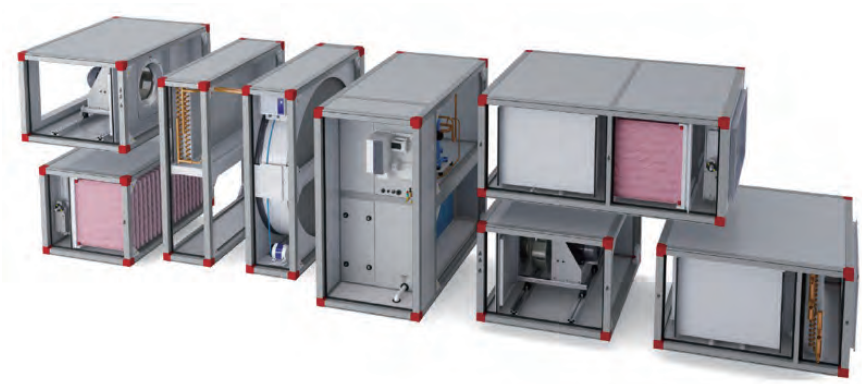
整体而言，B1 与 B2 虽然导入了最新锐的数字工具或自动化设备，制造现场却仍然停留在非常传统的批量生产，半成品暨成品库存的浪费依旧，工厂宛如大型仓库。

精实智能制造的理想模式

基于先精实化再智慧化的 AB 类企业，是精实智能制造的理想模式，我们特别列举久扬塑料与托纳斯的案例，分享读者。

久扬塑料员工 15 人，连续两年与东海大学合作。2021 年初期成果类似 A 类企业，他们进一步掌握制程时间、解决质量等不稳定因素，实施按照需求制造，成品库存降成原来的五分之一，整个现场士气高昂。2022 年学生聚焦在更复杂的把手，改善前是三人各用一台塑料机分别生产把手的内衬、外壳与盖子，一人搬运，一人组装，LT 超过 100 小时。学生着眼于制程合并后的人机互动流程改善，在兼顾精实流程与自动化，亦即使用符合新流程需求的客制化机器手臂，朝向精实智能目标迈进。总体而言，精实改善的一人多工程成果最为惊人，3 人整合成为 1 人；聚焦在组装机器手臂，相较于尚未接受精实洗礼的规划，生产力与 LT 分别提高了 30% 与 36%。

托纳斯员工 50 人，产销瑞士 Tornos 的走心式车床与多轴机。学生透过访厂及 VSM 分析发现，预组装与主线组装的衔接存在制造过多过早、欠缺配套观念等浪费，造成平均 2,400 分钟的等待时间。他们提出搭配主线需求的副线组装模式，排除上述浪费，达成 LT 缩短 32%、消除半成品库存浪费的效果。托纳斯在逐步实践精实改善的同时，正将精实组装结合国内客制化产品的销售。以 2022 年 6 月出货的某客制机台为例，是因应汽车零组件厂生产流程的 TT（节拍时间）需求，取代了旧有产线的日系机台。托纳斯提出的解决方案，包括结合「产线自动上下料高度」的护盖设计、链接前后制程的省力作业、交期缩短 30% 等。何世维总经理说，除了精实系统达成的质量与交期之外，瑞士总公司的计划单可随时转成客制单，也是客制订单准时交货的基础。

很多人认为，结合自动化与数字转型的智能制造，只有大企业才能做到，久扬塑料与托纳斯推翻了这个偏见。两个案例显示，老板直接主导的中小企业，在结合精实化与智慧化过程，具备更为雄厚的潜力。

陈振益董事长与何世维总经理 2020 年才开始参加东海大学的 TPS 演讲会，两年间的锐意变革，让我们非常敬佩。他们不仅积极学习精实系统，耐心地与员工对话，对导入智能制造与活用产学合作资源，也不遗余力。我们认为，精实化的制程连结与消除浪费，以及智慧化的管控能力与最佳解追求，不仅证明精实系统与智能制造的相辅相成，也说明支持中小制造企业迎接全新挑战的关键要因。MFC