

顶尖机床制造现场的 TP 特质

文 | 刘仁杰

华南理工大学精益团队 2007 至 2011 年间实地访问了日本和中国主要的机床企业，总结了很多经验，每年举行 TPS 研讨会推广精实系统应用知识，

应邀辅导广东众多机床制造企业，带动了长达十余年的机床产业 TPS 学习风潮。

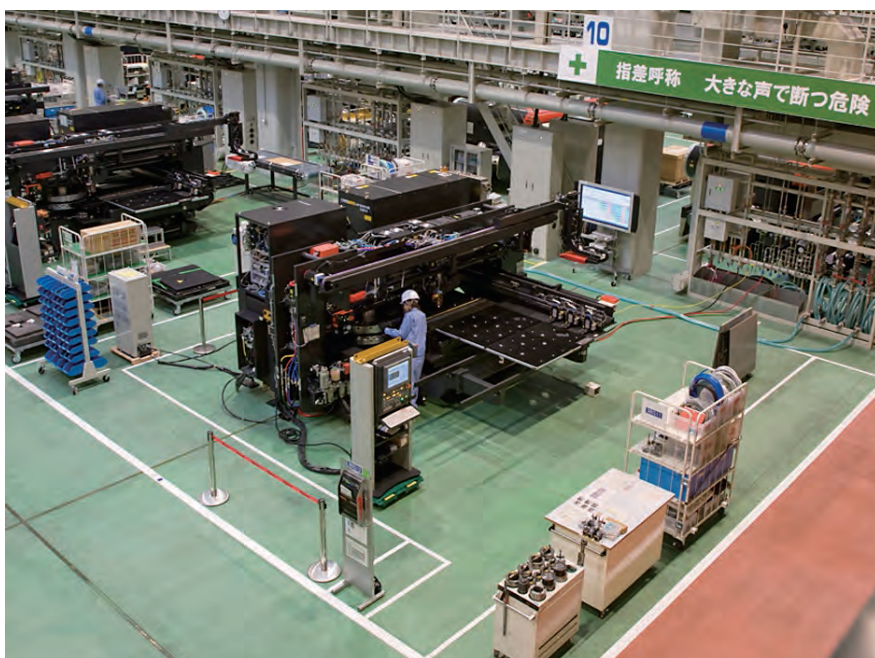
2020 年 2 月，我们再度前往 DMG

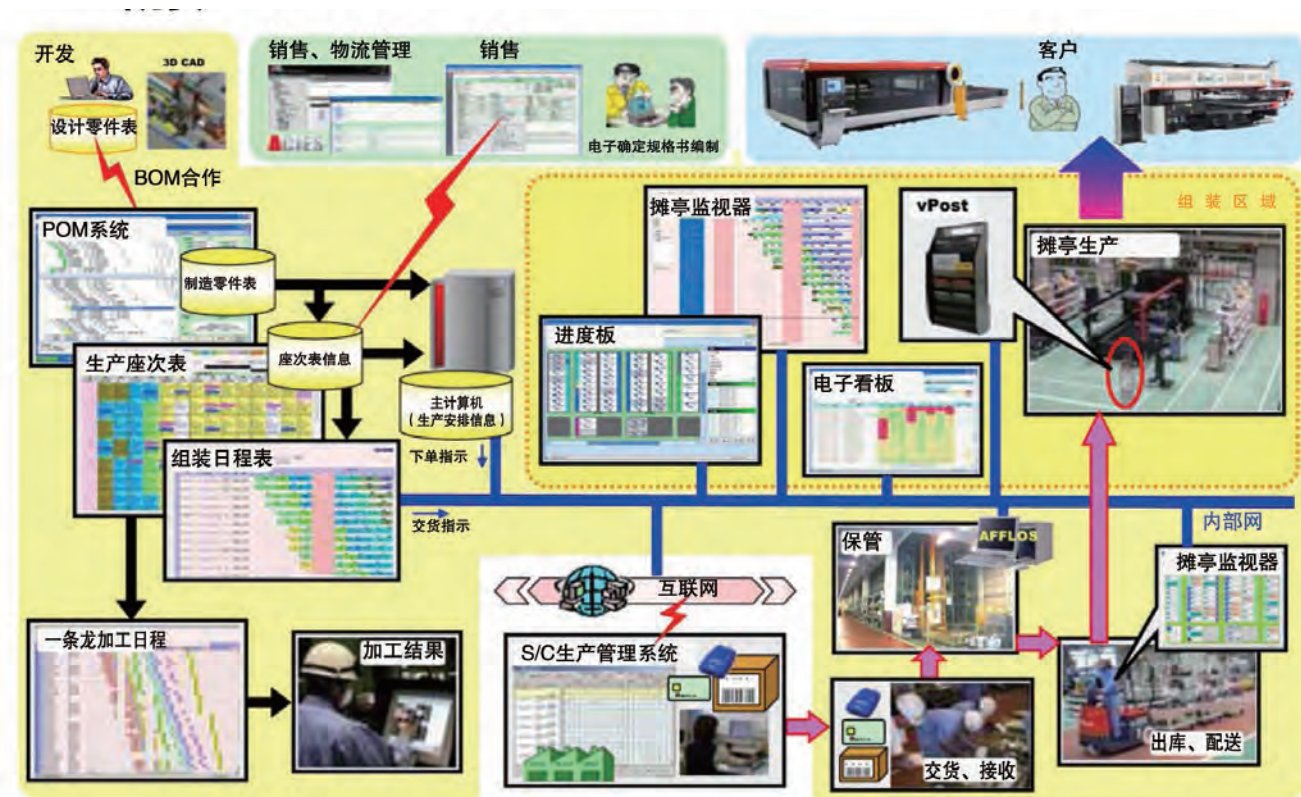
森精机与 AMADA，进行访问与交流，检视十余年间日本领导厂商在 TPS 实践的持续深化。我们发现，机床产业多样少量的产业特质，正结合顾客价值创造，逐渐在日本顶尖企业，呈现了丰富的 TPS 实践内涵。我们相信，中日两地的 TPS 实践成果，将持续提升中国机床企业的总体能力。

本文试图有系统地回答机床产业界的经常提问，从 DMG 森精机、AMADA 等企业的具体成果，分享机床现场第一线的 TPS 特质观察。这个精简版论述采用 TPS 的后拉概念，从依照出货需求的组装开始，区分为 6 个主题。

明确的组装 LT：有效派工与拉式供料

相对于汽车产业，机床组装的最大特征是采取定点装配、人员移动模式，以明确的 SOP 与 LT(Lead Time, 制程时间) 作为基础。由 M-BOM 经过平





准分解的装配分站，支配着组装派工与配套供料的顺畅程度。2005年这个装配节拍化的概念首先实践在AMADA富士宫事业所，被视为重要的里程碑，成为中日机床企业竞相学习的对象。

DMG森精机在2000年代初期，推动由一个人组装全机的Auto Camp方式，2010年起逐步进化到目前中型车床从结构精度到组装完工的12日节拍组装模式。无独有偶，崑立机电也在2011年推动精实变革，2013年对外公开MC节拍装配线。在这三家主流企业的推波助澜之下，2010年代后期定点节拍装配模式已经成为全球机床产业的主流。

2020年实地检视领先企业的组装现场，都已在精实基础上摸索数字化转型，呈现了两大特色。第一，组装派工与SOP精进的相互活用，亦即透过与作业同步的插卡或扫描QR-code取得的报工数据，定期检讨标准工时、改善SOP，提高能效。第二，有效拉动长达40天的物料采购、进料与组装前的物料配套。

资材可视化：配套供料、店面管理、先期确认

符合装配手順与需求的高水平配套供料车，是一流机床组装现场的特色，也是让组装同仁专心装配的关键。

这个配套供料车的形成可区分成三部曲。第一，组装SOP的M-BOM装配分站能力，基础源于现场组装同仁关于SOP的共识形成、制定与精进。第二，资材同仁进料与备料的店面管理能力。除了传统的先进先出与储位管理之外，特别关注因应配套供料要求的可视化水准与事前掌握能力。第三，从采购或外包到进料的先期确认能力。特别是透过与协力厂商的长期互动，一方面正确掌握其排程结构进行有效跟催，另一方面带动相互学习、同步进行生产流程变革。

中国素以产业集群著称，第三点的带动供应链厂商共同变革的能力，已经成为重要指标。在组装厂的带动鼓吹下，



部分加工、钣金与模块厂商陆续加入大学的 TPS 课程，非常令人欣慰。当然，外包厂商能否成为组装厂实践 TPS 的重要助力，关键还是在组装厂本身的制程改善能力；亦即组装厂本身的变革能力，支配协力厂的模块单件流与加工精实化。

模块暨副线的组装单件流

AMADA 的转塔、DMG 森精机的刀塔、威立机电的主轴与上银科技的滑块，共同特色就是组装的单件流变革。单件流组装让 LT 非常短，达到 100% 为后制程组装的目标。他们都历经批量组装的孤岛作业时代，组装完成的库存动辄达到数周，成品组装现场却仍然缺料，理由是模块组装与最终产品组装没有连动关系。

以 AMADA 的转塔为例，转塔组装

采用单件流 cell 模式后，每套转塔 LT 约 8 小时，完全可以依照需要组装。我们看到 6 个工位，作业员在可以调整高度和旋转的工作台，用工具循序将零件组成转塔。右侧有大型零件的储位，前方有一台可以左右上下移动的有轨车，担任大型零件的搬运。左边有物料架。正后方是工具架，工具架的旁边有小型零件料架，让操作者方便拿取零件和工具。工具架的旁边，有 LCD，以 3D 的方式显示转塔的组装方式和程序，让每位组立人员根据 SOP 作业。在完成的转塔店面区，保持一至两天的安全库存，约六至九组转塔，有效防止制造过多或缺料。

上银科技说：“几年前仍采批量组装，LT 冗长，带给机床客户很大的困扰；这几年实践模块单件流，已大幅缩短 LT。希望下一波景气到来时，能够有效

支持机床厂商缩短交期与提升产效。”让我们拭目以待！

机械加工的精实变革

广东拥有非常完整的加工外包供应链，机床厂长期享受外包的价格优势。然而，在广东机床厂试图避开标准机的竞争红海，迈向复合化、客制化等机种升级的过程，加工能力却成为非常严峻的发展限制。虽然中国主流厂商开始摸索内制或联盟，总体成果仍然非常有限，极可能成为未来发展的最大瓶颈。

关于这点，持续坚持内制的 DMG 森精机与 AMADA，至少提供了两点重要的启发。

第一，长期而言，机械加工厂兼具缩短本身机床组装 LT、对使用顾客展示加工价值的双重意义。机械加工厂的精实化、复合化与五轴化，已经蔚为趋势。精实化提升铸件加工流程的同步与链接、复合化变革则有效缩短了 LT，对组装的有效配套作出贡献。中国加工厂商实践加工精实过程，极需组装厂顾客的鼓励与牵成。我们仍然看到机床组装厂用传统单一的成本要求，扼杀了加工厂配合多样少量改善交期的意愿，非常可惜。



第二，致力于质量稳定与加工工法改善，提升加工价值。DMG 森精机的新加工厂用德国大型 DMC340 取代日本五面加工机、将日本机台主轴立卧头改善为万向头，分别提高了 49% 与 15% 的产效。AMADA 的土岐厂则纳入热处理，发展从素材到成品的一贯加工厂，大幅缩短交期。两家企业的加工变革被认为是精实智慧加工的新尝试，已经在提升顾客价值上得到验证。

活络的人力资源应用

如同前面所述，TPS 主张为后制程制造，透过节拍组装、配套供料、单件流、精实加工与店面管理，达成消除浪费、缩短 LT，效果十分显著。与此同时，人力资源活用也从技能学习，多能工培

育，进入了全新的活络境界。扼要整理各企业的活络机制，可汇整成三大项。

第一，打破定员制度，动脑筋建立缓冲机制，确保人员有效产出。DMG 森精机设置一条因应美国销售需要的库存机组装线，没有固定编制，闲置战力随时可以透过扫描 QR-code 加入组装工作。威立机电精装室设有大型机模块店面，在活用剩余人力的同时，有效压缩了大型机现场的实际组装 LT。这些无固定编制、不紧急、一定需要的最低店面数量，有效吸纳了现场分散的多余人力。

第二，敦促检讨既有标准、提升解决问题能力。包括管理部门从报工、质量等数据，列举具有潜力的问题，激发现场同仁的思考与解决；邀请现场一同

检讨智慧化方案，检视目的与流程，提升实用性。这些案例显示，数字变革不仅能够带动制造系统的可视化，所累计的数据正逐步支持标准化、精进前述精实流程。

第三，自主自律推动改善活动。迥异于由上而下的大型改善项目，上银科技活用内部人才，自主自律推动相关改善活动，包括 TPM 改善发表活动、TPS 改善竞赛活动等，在业界传为美谈。

生产技术暨信息系统的问题解决

广东省机床产业在 2018 年创造生产值与出口值的历史高峰之后，面临严峻的挑战。本文聚焦顶尖企业制造现场，从 TPS 观点提供了机床企业达成顾客价值的系统性检视指标。最后，我们要强调，前述 5 项“可视化指标”的背后，还存在两项基础能力，需随同 TPS 的实践水平同步精进，才得以相得益彰。

第一个是生产技术能力，反映在质量与 SOP 的精进。生产技术能力支撑制程与产品的稳定，生产技术能力愈高，有效配套、单件流与节拍装配等流程愈安定。因此，TPS 是生产技术与流程技术的集合体，也就是大野耐一提倡的“自动化”与“JIT”两根支柱，历久而弥新。

第二个是信息系统能力，反映在 MPS、采购与生管的精进。这是让接单、采购、进料、加工、模块组装，到最终组装与出货，得以顺畅的基础系统能力。1980 年代纳入 BOM 表的 MRP、2000 年代跨越企业内外藩篱的 ERP，到最近的 IoT 应用，结合精实系统的导入、致力于问题解决，管理效能才得以凸显。MFC