

广西 IE 工作者（乙巳芒种号）

主办：广西工业工程师学会 <http://www.gxiie.org>

2025 第 3 期总 51 期

P1. 生产维护进化之路：

从 TPM 到预测性维护的精益与数字化实践

P3. 组织的三座隐形金矿：

管不住的成本，就是流失的利润

P5. 当议工作研究（Work Study）是工业工程

独门绝活的看家本领



生产维护进化之路：

从 TPM 到预测性维护的精益与数字化实践

导语

在现代制造业中，设备的可靠运行对于提高生产效率、降低成本至关重要。本文将深入挖掘生产维护的历史源流，从**全员生产维护（TPM）**到**精准可控的预测性维护（PdM）**，并结合实务建议与精益思维，帮助企业推动“零故障、零浪费、全面精益”的生产环境建设。

一、渊源探秘：TPM 如何诞生于精益土壤

TPM（Total Productive Maintenance，全员生产维护）起源于日本，于1971年由 Nippon Denso（电装）率先实践并获得 PM 奖，后由日本设备维护协会（JIPM）推广。TPM 倡导“全员参与”，以八大支柱为执行体系，包括焦点改善、自主维护、计划保全等，致力于实现“零故障、零缺陷、零事故”的生产目标，是精益生产的重要基石维基百科。

二、TPM 操作方法：八大支柱架构

TPM 的具体实施基于八大活动：

- 焦点改善（Focused Improvement）
- 自主维护（Autonomous Maintenance）
- 计划保全（Planned Maintenance）
- 品质保全（Quality Maintenance）
- 初期管理（Early Equipment Management）
- 教育训练（Training & Education）
- 事务效率化（Office TPM）
- 安全·健康·环境（SHE）管理

这八大支柱形成从日常检查到计划保养，再到持续改善的循环，显著提升设备综合效率 OEE（Availability × Performance × Quality）。

三、数字化升级：引入预测性维护（PdM）

预测性维护（Predictive Maintenance，PdM）通过实时状态监测来判断设备是否接近故障阈值，从而“按需维护”——避免无谓停机和浪费，是比传统定期维护更经济有效的维护策略。

它将 TPM 的文化基础与数字监控技术结合，实现维护活动精准化：

- TPM 提供组织与流程基础，确保全员参与与问题可视；
- PdM 提供技术工具，通过振动、温度、油液等传感器精准掌握设备状态。

预测性维护（PdM）的历史演进

尽管**预测性维护（PdM）**在如今数字化浪潮中颇具“未来感”，但它的历史由来已久：

- **二战时期（1940 年代）**，英国皇家空军顾问 C.H.Waddington 开创性地提出“基于飞行后状态判断维护”的思路，替代单纯依赖飞行小时数的周

期维修，通过实际状态触发维护，大幅提升飞机飞行效率，效率提升约 60% 以上。

- **20 世纪 60–70 年代**，随着设备复杂度提升，振动分析、红外热成像、油液分析与超声波检测等 PdM 技术逐步发展成熟，推动 PdM 向系统化演进。

- **1990 年代起**，虽然技术已具备最初条件，但 PdM 的普及受限于分散数据及巡检方式。直到传感器、信息化基础设施普及，PdM 方才获得广泛推广。

- **21 世纪尤其是最近十年**，随着物联网（IoT）、云计算、人工智能与大数据等技术飞跃，PdM 从离线监控跃升为实时在线状态监测，成为制造业核心维护策略之一。

这条演进路径揭示：**PdM 能在当下广泛应用的根本原因是——技术成熟、成本下降、平台完善。**

四、实践指南：融合 TPM 与 PdM 的落地路径

1. 识别关键设备

优先选择那些位于生产瓶颈环节、投资成本高、且难以巡检的核心设备作为 PdM 试点。

2. 开展试点并嵌入流程

在 TPM 的自主维护和计划保全环节引入 PdM 工具：如振动传感器、热成像、油液检测等，实现“监测 → 预警 → 维护”的闭环流程。

3. 构建技术平台

借助 CMMS 或 IoT 平台，实现传感器数据汇聚、告警触发与维护指引的自动化管理维基百科。

4. 培养文化与技能

在 TPM 的教育训练支柱中融入 PdM 内容（如振动分析基础、异常识别等），提升基层操作与维修团队的识别和判断能力。

5. 评估优化与推广

通过数据分析比较试点设备的 OEE、停机时间和维护成本表现，具有效果后再向更多设备、更多车间推广。

五、结语：精益+智能，成就未来维护生态

TPM 是设备可靠性的坚实基础，而 PdM 则为维护提供精准预测技术，让整体维护体系更高效。两者结合，将传统经验式维护升级为数据驱动的智能维护，助力制造企业迈向**智能化与精益融合的新时代**。

（作者：张超，广西工业工程师学会专家、高级经济师。）

组织的三座隐形金矿：

管不住的成本，就是流失的利润

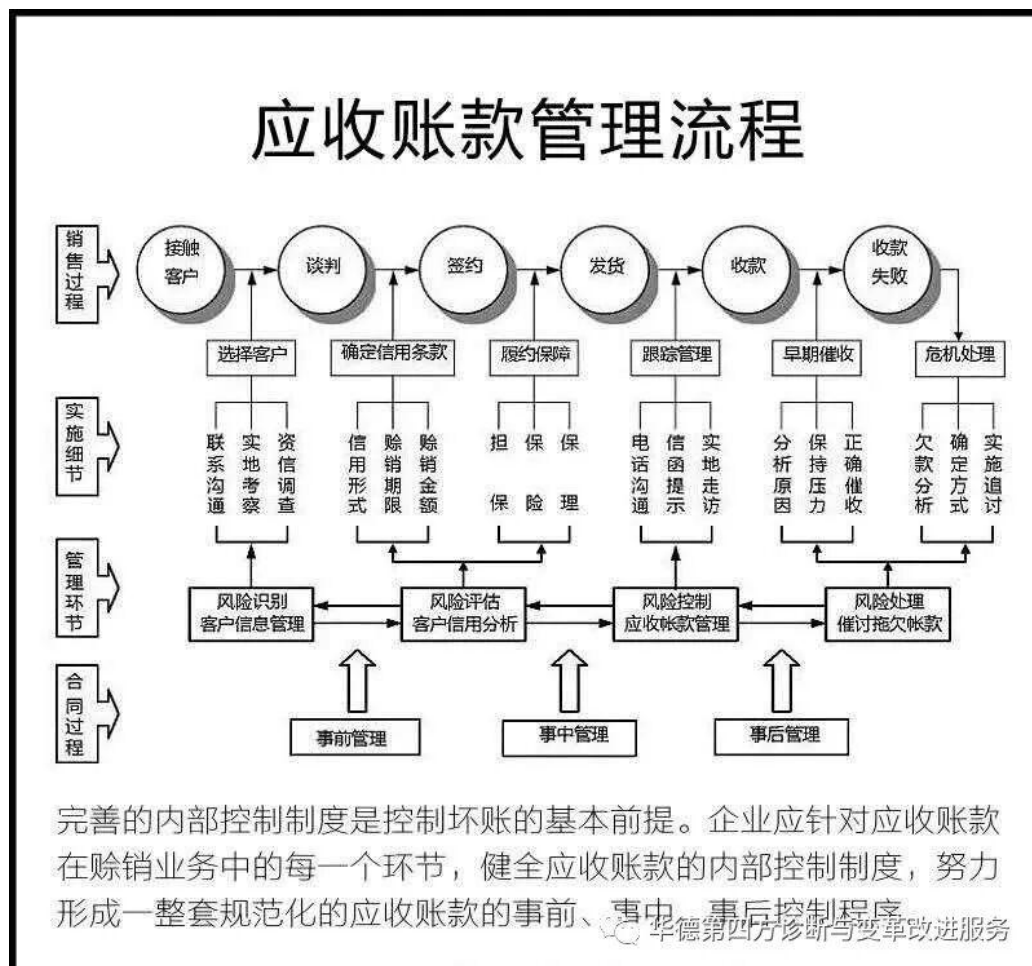
当下很多制造业盈利能力堪忧，老板感叹生意难做，这是现实，以后可能是常态。赚钱要靠别人的脸色，省钱要看自己的角色，既要开源，更要节流，好的节流之策才更有本钱去做开源之事。而企业内部的三座隐形的“金矿”，更是值得我们企业家足够的重视。

隐形金矿 1：

多少应收未收？多少利润变成了应收与库存？

很多公司把应收款看成了营销部门的事，或者是财务的事，多靠业务员的个人能力与财务的跟催能力管控巨大的应收款项。

而实际上，应收款的管控是一个全过程的流程能力，没有事前预防，事中管控，事后跟催的环环相扣，很难做好应收。



这是一家公司的生命线，与其寄托在个体能力上，不如嵌入到流程能力中去预防，预警与应急。

隐形金矿 2：

搞不清产品与商品，多少产品变成了库存？

在库、在途的库存摊薄了资金使用效率，吞噬了很多制造业仅有的利润，

尤其是在很多企业的生产现场，又变成了另外一个个隐形仓库。



也包含在客户端的仓库，很多公司会感觉松一口气，这总算不在我这边了，而事实上，只要你的应收没有落袋为安，你的风险依旧高悬。

去很多客户现场，我很喜欢看看各种仓库，也经常听到仓储物流主管抱怨，我们的仓库面积不够用，经常爆仓？

而我的问题是：如此的管理，会有够用的仓库吗？

隐形金矿 3:

全面质量损失成本，管不住的成本，就是流失的利润。

不客气的讲，很多企业的质量损失成本足以赶得上其微博的利润，从看得见的跑冒滴漏，到看不见的质量补货、扣款，“质量不行数量补”。

而在办公环节的质量损失更是惊人，多少经理人一年到头白天在开永远没有结果的会？而仅有晚上能安心处理点事务？有多少下属职员的一天忙忙碌碌下来有几个钟在做真正有价值的事？

问题是，作为企业主，您真正看到了吗？

（作者：白华永 T&D 首席质量变革顾问）

当议工作研究（Work Study）是工业工程

独门绝活的看家本领

一个提问多年的问题，就是工业工程有没有一门别的工程专业没有、而只有工业工程特有的看家本领？但是很少有人能够直截了当地回答，有或者没有。

那么这种情况应该可以理解为不少人觉得没有，或者觉得说不清楚。俗话说没有金刚钻别揽瓷器活，一个专业技术不能明确地告诉社会它有哪样非它莫属的特长，它凭什么在江湖立足，凭什么实现大野耐一说的“赚钱的工业工程”？

由于中国国家人力资源和社会保障部的职业资格序列里尚无明确设置工业工程职业岗位，导致中国大陆所谓 IE 从业人员构成亦无清晰的界限，但总体看来可以划分出非 IE 本专业从业人员和科班出身 IE 本专业从业人员。在基层所见前者占多数，其 IE 专业技术能力主要来自于外资企业工作经验；后者则表现比较复杂，重点名校毕业的学生在知识掌握和应用上比较好。

对非 IE 本专业人员来说，一般不看重 IE 理论知识的掌握，依赖经验强调所谓实战，对工业工程有没有看家本领的问题不关注。科班出身 IE 则由于在学校接受教育时基本没有考虑过这个问题，学生和教师对这个问题冷丁提出均是不予正面回答。

显然，不管是否科班都回避不了这个问题，如果真的没有特长技术支撑，将不仅无力和其它专业工程师同台竞技，甚至没有存在价值。

其实，仔细研讨泰勒《科学管理原理》可以结论，工业工程与当时美国五大工程不同的就是工作研究（Work Study），直到今天也是与其它工程专业不同的技术，它的作用是增加了管理（Management）职能，从迅速提高生产率到今天的效率、成本和质量的优化技术。也就是说，工作研究（Work Study）就是工业工程独门绝活的看家本领，是 IE 工作者独有的金刚钻，科班出身 IE 一出校门就应该对工作研究在理论上滚瓜烂熟、实践上粗通脉络，半路出家 IE 则宜实践与理论相结合，不仅知其然更知其所以然。。

明确这个问题事关工业工程技术人员理论自信、专业自信和道路自信。不管科班还是非科班的 IE 工作者在初入职业时就可以明确地知道自己可以胜任工艺、工时、质量、布局、计划、调度、采购、储运、研发、销售等多方面工作，其任务就是把产品用最合适的速度、成本、质量生产出来并销售出去。

目前存在的问题主要有两个方面，一是科班出身 IE 由于高等教育的历史原因很多人并没有掌握应该掌握的理论体系和方法，二是半路出家 IE 只有从外资企业师傅带徒弟获得的局部经验，大面积地限制了工业工程在内资企业的正确运用和发展，像发达国家和地区那样广泛运用在服务业、金融业就只能表现在少数高校的研究性运用。

解决方案说起来也可以简单，一是提高高校教师的专业水平，二是对在职管理人员和工程技术人员增加工业工程继续教育。

总之，面对高速增长向高质量增长转型的要求，企业必须建立更加稳健的基础工作体系，而工业工程为社会提供了切实可行的路径，也可以说是不二法门。

以丰田生产方式（TPS）为例，经过八十年研磨已经从最初的生产管理体系形成完整的经营管理系统。它以标准作业均衡生产为基础，以自働化（JIDOKA）和准时制（JIT）为支柱，追求最高的效率、最短的提前期、最低的成本、最好的质量这样的综合目标，注重消除一切浪费、坚持持续改善，帮助企业不断地为全世界提供适销产品而盈利。

这时我们不得不提时任丰田汽车生产调查部部长的中山清孝先生可谓一语道破天机之语：“所谓丰田生产方式其实就是美国工业工程在日本企业的应用”。所以，学习工业工程理论技术，才能导入丰田生产方式的精髓，才能完成企业自身思想革命，才能从追求规模扩张转向价值创造、从依赖外部增长红利转向挖掘内部潜能，才能让企业在微利环境中保持竞争力，才能坚持续续改善、务实经营从而在不确定的未来可持续发展！

在发达国家和地区，工业工程理论技术的朴素部分（朴素 IE）已经被很多其它专业技术人员所掌握，成为多元综合素质人才，润物细无声地提高了国民素质。在中国大陆拿来主义习惯下，除了外资企业设有专门的 IE 部门主动有意识地使用工业工程技术外，大多数内资企业很少知道工业工程的正确使用方法，这也许与沉默郁闷的业态有关，要害还是在不知道自己有哪些金刚钻，哪里敢揽瓷器活。建议 IE 工作者适当高调一些，伟人说过“过分地谦虚就是骄傲了”。

搁笔之时，忽然想起 19 世纪那位最早发现并坚持建议医生进入产房为产妇接生之前应先洗手消毒的欧洲医生，一个简单的动作就把产妇感染死亡率从 25-30%降低到 2-3%，今天人们已经难以相信这样简单的事情当年推行起来竟是那么艰难。也许正是因此今天提醒中国内资企业经营管理专业人员和专业工程技术人员不厌其烦的使用基于工业工程工作研究理论技术的朴素 IE 也需要不厌其类的叮咛。

（作者为广西工业工程师学会首席发起人、高级经济师）

编后语：

只有当企业培养出一群属于自己的有 IE 背景的人才时，才会让 5S、TPS、6sigma、Lean-6Sigma、SPC、TPM、FMEA、QFD、TRIZ、CIMS、精益生产、并行生产、敏捷制造、虚拟制造、世界级制造等各种先进制造技术插上翅膀；而目前最快捷、最有效、最低成本的途径就是为企业在职工程技术人员和管理骨干提供工业工程继续教育——培养企业自己有 IE 背景的复合型骨干人才队伍！而培养企业自己有 IE 背景的复合型骨干人才队伍的最有效途径就是，从学习 IE 理论的朴素部分入手！