



杨春生，加拿大工程院院士。现任广州大学人工智能学院/研究院院长、佳都科技集团首席技术专家。福耀科技大学杰出访问教授，加拿大卡尔顿大学、哈尔滨工程大学客座教授。曾任加拿大国家研究院首席科学家、日本名古屋工业大学特聘教授，并担任加拿大国家科学与工程委员会、爱尔兰科学院等国际权威机构学术评委。从事可信人工智能技术研究 34 余年，主要研究方向为鲁棒机器学习、智能制造、预测运维和智能系统。

加速推进智能预测运维技术应用落地

杨春生

本世纪伊始，美国国防部为了确保新一代战斗机 JSF（Joint Strike Fighter）无故障连续作战能力，投入巨资研究开发 JSF 的运维技术，称之为预测运维 PHM（Prognostic and Health Management）技术。PHM 旨在颠覆传统的舆情运维 CBM（Condition-based Maintenance）技术，变被动为主动，把系统异常状态排除在发生之前，确保系统的无间断运行，从而提高系统的连续可用性和安全性，同时大幅度降低运维成本。由于其技术的先进性，前瞻性以及可能带来的经济效益，PHM 自诞生之时就受到了极大的关注，更是得到了科研院所和工业界的追捧。在加拿大，国防部不但参与 JSF PHM 研究计划，还专门成立了以工业部航空运输局为中心的跨部门合作单位，研究这一新兴技术。在欧洲，NATO（North Atlantic Treaty Organization）也成立了专门研究机构从事这一技术的研究和开发。在学术界，来自传感检测、计算机人工智能、可靠性工程、控制工程、航空航天等不同领域的科学工作者，更是开始了史无前例的 PHM 的研发。著名咨询公司麦肯锡，曾经预测 PHM 技术以其颠覆性的运维思想和革新的技术工具可以提高 27% 的生产效率。PHM 技术一度被预言是工业物联网的“杀手级”应用，被认为是最有需求、最有前景，同时也是最难落地的技术之一。

PHM 是一门新兴的交叉学科，涉及到传感检测、数据采集和处理、机器学习、建模技术、模型性能评价、故障预测、故障诊断、故障排除、运维优化，系统设计与实施、工业物联网等一系列技术，其核心是故障预测。它的主要任务是建立高性能的预测模型，以准确预测系统或部件故障以及估算其寿命，从而为系统的健康管理和运维优化提供可靠的决策依据。目前，针对复杂系统无法直接建立有效可行的物理预测模型，其核心模型依然是数据驱动的机器学习模型。因此，这类模型秉承了传统机器学习模型的所有秉性，面临同样的技术挑战：模型性能取决于数据质量和应用场景，模型泛化能力差，投资回报难以估算，模型不透明等。这就是 PHM 发展初期被认为是最难落地的革新技术的原因。多年来，尽管众多企业涉足该领域，但它的应用落地却一直不尽如人意。

近年来，随着可信人工智能技术（如鲁棒机器学习、迁移学习）的发展，特别是以 Transformer 为框架的预训练模型（亦称大模型）的涌现，给 PHM 的再次腾飞带来了无限的空间。以往面临的数据质量、数据标注、泛化能力、性能改善等一系列挑战都可以迎刃而解。目前，成功落地的 PHM 系统日益增多。2017 年，加拿大太平洋铁路公司成功实现了全球第一个铁路运维 PHM 系统，落地运维以来连续多年保持零安全事故，97% 的故障在发生前被排除，运维成本大幅度降低。最近，广州佳都科技集团在全球首次研发成功地铁预测运维系统“佳易维”，并成功应用于地铁安全运维。“佳易维”基于预训练的 PHM 大模型、时空决策大模型、通用语言大模型、视觉大模型、多模态大模型等技术，对设备全生命周期内的运行数据、周边环境数据、设备故障/维修履历、核心部件更换履历等进行数字化统计分析，对其健康状态与故障趋势等进行分析预测，实现全寿命周期管理，变“故障修/计划修”为“状态修”的运维范式。其预测模型的准确率超过 95%，故障定位时间较传统方式缩短 80%，非计划停机时间减少 40%，为地铁交通运维提质增效，成为 AI 赋能的典范。类似成功应用 PHM 的案例不胜枚举。随着 AI 技术的飞速发展，智能预测运维技术必将成为 AI 赋能智能制造与高端装备安全运维的重要支撑技术。是时机大力加速推进智能预测运维技术应用落地了！